

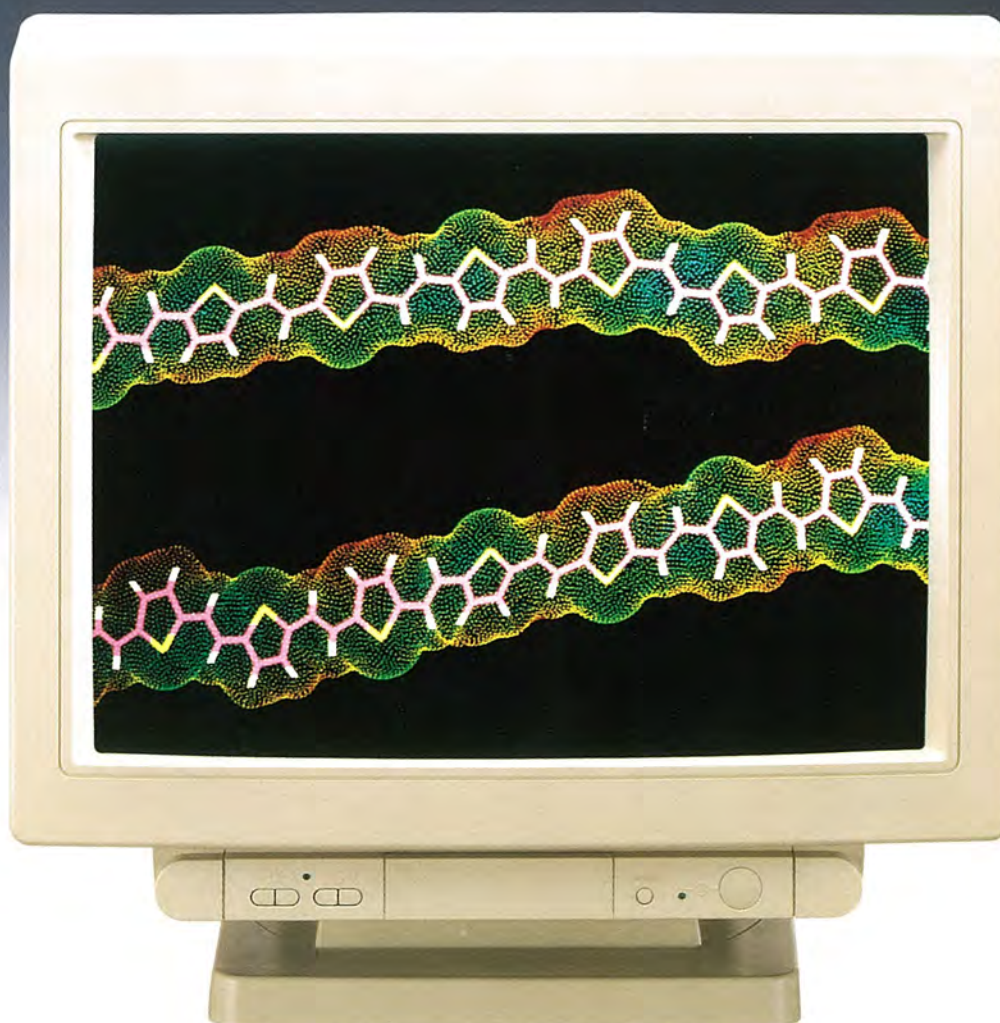
MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.67 No.5

5
1993

特集 “材料技術の展開と応用”



特集 “材料技術の展開と応用”

目次

特集論文

材料技術について考える	1
田中昭二	
材料技術の現状と展望	2
野間口 有・山本 泰	
金属系及び酸化物系超電導線の高性能化	5
宮下章志・久保芳生・永井貴之・内川英典・中村史朗・田口 修	
光・電子デバイス用 π 共役系高分子材料	9
肥塚裕至・津村 顯・藏田哲之・信時英治・洲上宏幸・濱野浩司	
次世代DRAM用高誘電率キャパシタ膜材料	14
佐藤一直・渡井久男・小蒲哲夫・難波敬典・檜垣孝志	
エキシマレーザ露光用レジスト材料	19
久保田 繁・熊田輝彦・肥塚裕至・塙 哲郎・森本博明	
静磁波デバイス用YIG膜	23
渡辺幹男・竹谷 元・堀 昭夫・沢田隆夫・岡部正志・浅尾英喜	
耐アーク性低温硬化型セラミック絶縁材料	27
加藤和晴・足達廣士・池田幸作・村上忠禧	
プリント配線板の最近の技術動向	31
小田幸雄・嶋貫 誠・山崎遼一・小原雅信・鶴瀬英紀	
電子部品用銅合金	39
久保園健治・栗田敏広・伊藤久敏・北風敬三	
フェライトデバイス——映像用フェライト及びEMC関連デバイス——	43
堤 広宣・齊藤 晃・田中龍二・井上 淳	
先端複合材料の設計と応用技術	47
小野利夫・川上和夫・宇都宮 真・菅野俊行	

普通論文

火力発電所用サイリスタ起動装置	52
木村秀夫・上田健二・豊田 勝	
電源開発(株)東地域制御所納め制御室のトータルデザイン	57
柳田英行・伊藤一彦・藤田慎一・田中 節・久後秀友	
地図情報支援施設管理システム	63
中村春雄・森 研一	
オフィスコンピュータにおけるオープンネットワーク機能のサポート	69
長谷川隆之・木幡康博・富塚 潔	
三菱クライアント・サーバコンピュータ“apricotシリーズ”のシステム化機能	74
山口重幸・秋間文和・吉田 稔・大高謙二	
ファクシミリを使った遠隔学習塾システム	80
加川順一・遠藤 淳・岡本俊也・高柳 勉・田村卓也	
三菱商事(株)納めマルチメディア通信システム	86
増田 仁・佐田耕一・佐々木武男・高橋律夫・田中 斉	

特許と新案

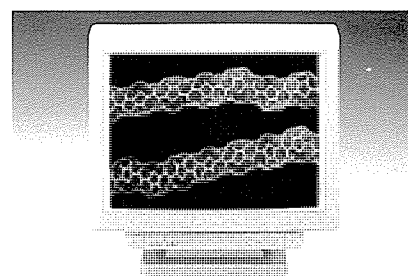
エレクトロクロミック表示材料, アナログ-デジタル変換装置	93
吸音材	94
スポットライト	
“ワークトップ ローボーイ冷蔵庫” MR-J48M形	91
三菱B/NET工事用仮設分電盤システム	92
三菱B/NET照明制御システム用伝送ターミナル	(表3)

表紙

材料設計技術

計算科学の進展はますます加速されており、物性シミュレーション、プロセスシミュレーション等が材料技術の中で大きな位置を占める時代が予測される。

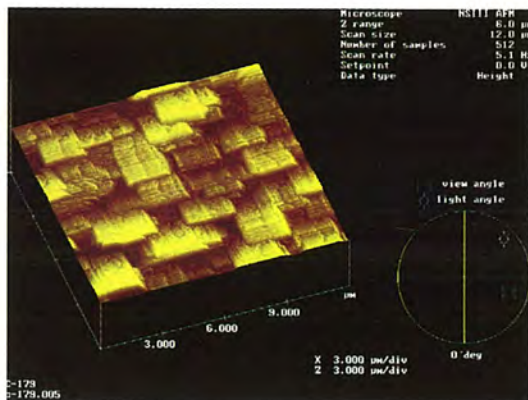
画面は分子動力学計算から求めた π 共役系導電性高分子であるポリチエニレンビニレンの静電ポテンシャル分布図である。分子鎖のパッキング、ドーピングの安定状態を静電ポテンシャルから解析することにより、材料設計が可能となる。



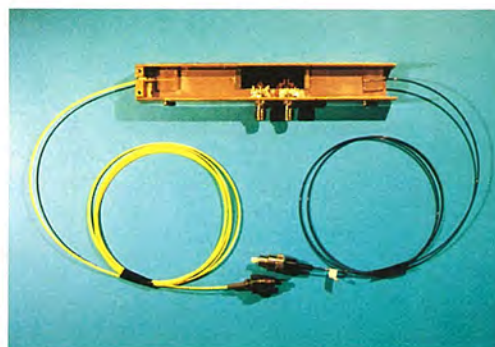
三菱電機技報に掲載の技術論文では、国際単位“SI”〔SI第2段階(換算値方式)を基本〕を使用しています。ただし、保安上、安全上等の理由で、従来単位を使用している場合があります。

材料技術の展開と応用

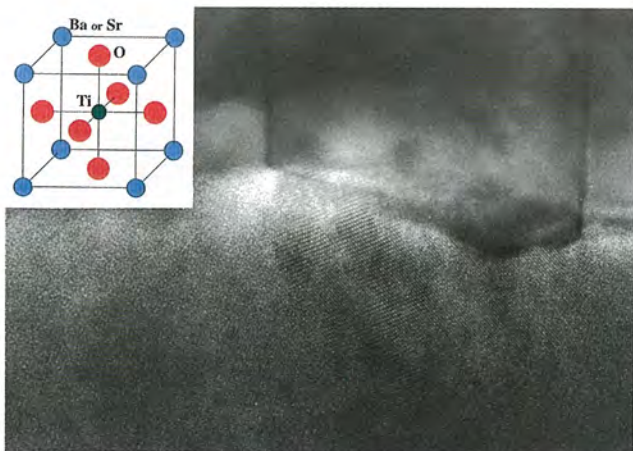
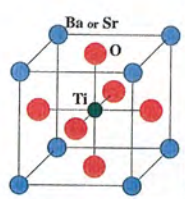
最近の三菱電機の研究開発と応用製品の一端を写真で紹介する。



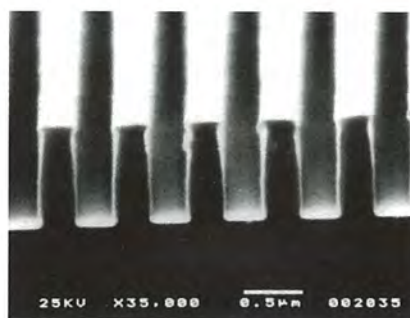
①



②



③



④



⑤



⑥

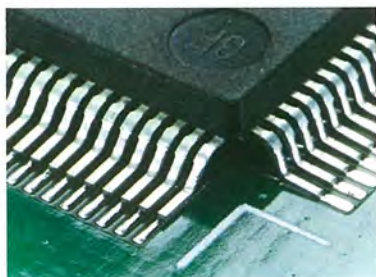


⑦

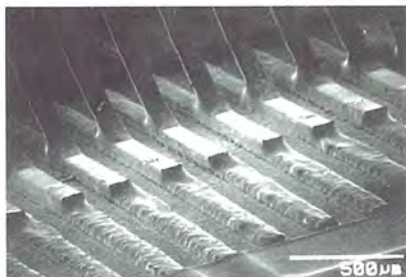


⑧

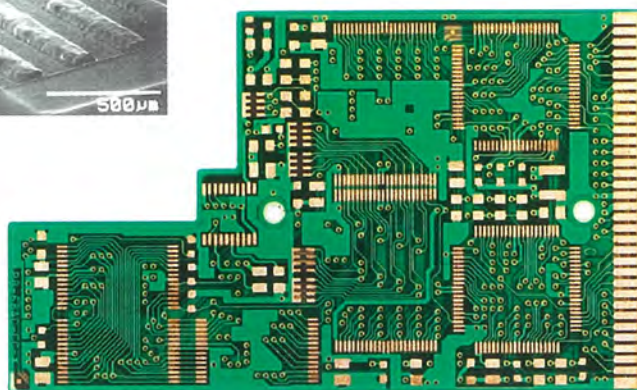
- ①原子間力顕微鏡によるイットリウム系高温超電導膜の表面解析
- ②高温超電導薄膜を電極に用いた共振タイプの光変調器
- ③ $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$ 高誘電率薄膜の電子顕微鏡写真とペロブスカイト型構造 (p. 442参照)
- ④エキシマレーザ露光用ポジ型化学増幅レジスト (p. 447参照)
- ⑤電圧センサ用ゲルマン酸ビスマス単結晶
- ⑥VTR用MIG (Metal In Gap) 型磁気ヘッド
(MIGヘッドを搭載した回転ドラムとヘッド摺動面の顕微鏡写真)
- ⑦代替フロン対応冷蔵庫内箱材料
- ⑧9.5インチ TFTカラー液晶ディスプレイ



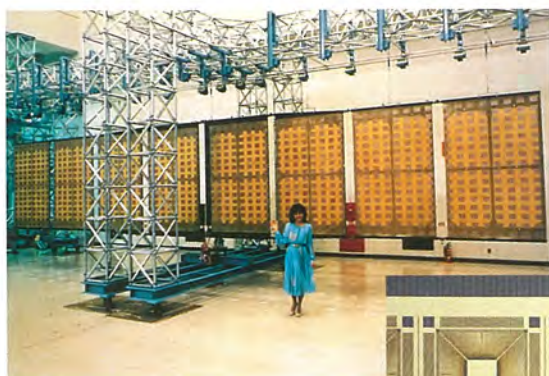
⑨



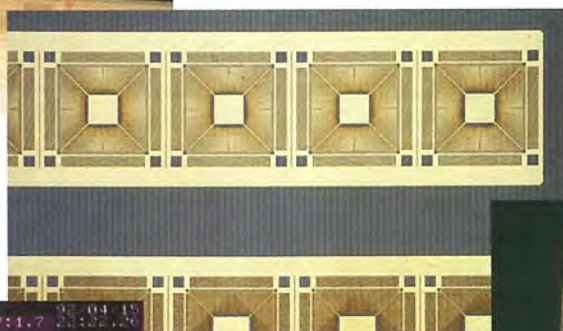
⑩



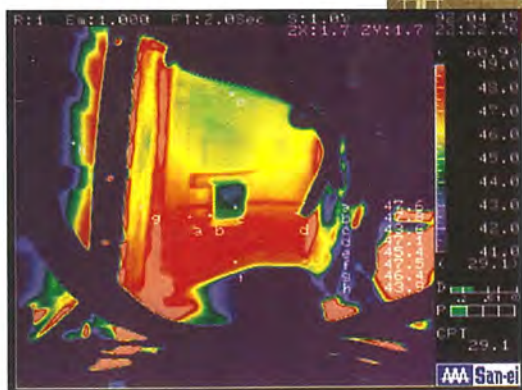
⑪



⑫



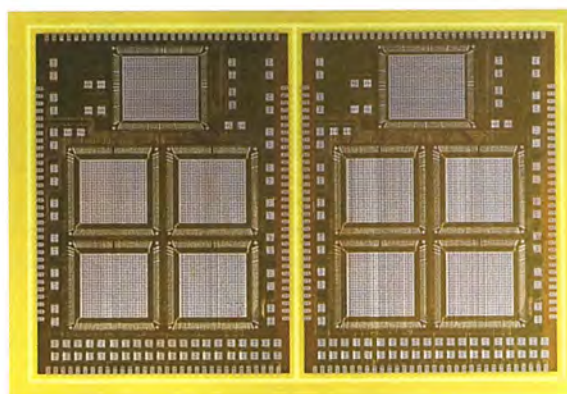
⑬



⑮



⑭



⑯

- ⑨無電解はんだめっき(薄付け)処理配線板、リード部のはんだ付け状況 (p.459参照)
- ⑩オフコン用プリント配線板、0.25mmピッチTCPパッド部
(厚付け無電解はんだめっき処理)
- ⑪薄板小型プリント配線板、ICカード用板厚0.47mm
- ⑫合成開口レーダアンテナ (p. 475参照)
- ⑬ICリードフレーム用銅合金MF224HC (p. 467参照)
- ⑭炭素繊維強化プラスチック製ミラー (p. 475参照)
- ⑮ディスプレイモニター用高性能一般形状偏向ヨーク放熱効果の検討 (p. 471参照)
- ⑯マルチチップモジュール用銅ポリイミド配線板 (p. 459参照)
- ⑰放射ノイズ対策用EMCデバイス (p. 471参照)
- ⑱ICソケット用高強度銅合金



⑰



⑱

アブストラクト

材料技術の現状と展望

野間口 有・山本 泰

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.2~4 (1993)

当社では、宇宙機器から家庭電器に至るまで、多岐にわたる材料を使用している。材料技術は製品の信頼性に深くかかわるだけでなく、その進展は多くの技術的ブレークスルーの契機にもなっている。将来的にも、高度情報化社会の実現を支える超高集積デバイスの開発やエネルギー／地球環境問題の解決などにあって期待が大きい。ここでは、当社のこれら材料技術への取組状況と、原子レベルの構造と機能を設計する段階に入った材料技術のトレンドを紹介する。

静磁波デバイス用YIG膜

渡辺幹男・竹谷 元・堀 昭夫・沢田隆夫・岡部正志・浅尾英喜
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.23~26 (1993)

磁性単結晶YIG(Yttrium Iron Garnet)膜は、マイクロ波領域における損失が小さく、外部磁場の強さによって磁気共鳴周波数を大きく変えることができる。本稿では、置換元素によるYIG膜の飽和磁化と格子定数の制御、及び異方性磁界の影響を含めた磁気共鳴周波数の温度特性について述べる。試作したYIG膜は、結晶性や共振特性に優れており、静磁波デバイスへの応用が期待できる。

金属系及び酸化物系超電導線の高性能化

宮下章志・久保芳生・永井貴之・内川英典・中村史朗・田口 修
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.5~8 (1993)

超電導線における高性能化の研究開発について述べた。パルスコイル用 Nb_3Sn 超電導線においては、新しい急速昇温熱処理を試み、これによって臨界電流の磁界依存性の改善を達成した。また、パウダインチューブ法によって線材化したBi系2223相テープを用い、組織の单相化、結晶の配向化について検討を加え、試作したパンケーキコイルにおいて4.2Kで0.8T、20Kで0.4Tの磁界を発生することに成功した。

耐アーク性低温硬化型セラミック絶縁材料

加藤和晴・足達廣士・池田幸作・村上忠禧
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.27~30 (1993)

1,000℃程度の耐熱性と優れた耐アーク性(420秒以上)をもち、複雑な形状品が成形可能な低温硬化型セラミック絶縁材料を開発した。この材料は、新規開発した金属リン酸塩化合物を無機結合剤として用いており、200℃以下の低温硬化が可能で、無焼結プロセスで成形できる。加熱硬化後の寸法収縮が小さい(0.8~1.5%)ので、寸法精度の良い成形品を金型成形のみで得ることができる。以上の特性により、低電圧電磁接触器用消弧室に適用できた。

光・電子デバイス用 π 共役系高分子材料

肥塚裕至・津村 顕・蔵田哲之・信時英治・瀨上宏幸・濱野浩司
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.9~13 (1993)

この論文では π 共役系高分子材料に着目してその光・電子機能の特長について概説した後、半導体材料及び非線形光学材料としての応用について述べた。半導体材料としての応用では、 π 共役系高分子材料を用いた薄膜トランジスタ(TFT)でアモルファスシリコンTFT並みのキャリア移動度が達成されること、非線形光学材料についてはその特性の現状と、特性向上には分子ビーム蒸着法による分子の高配向化が有効であることを報告する。

プリント配線板の最近の技術動向

小田幸雄・嶋貫 誠・山崎遼一・小原雅信・鶴瀬英紀
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.31~38 (1993)

プリント配線板の最近の技術動向を述べるとともに、当社におけるプリント配線板の歴史及び新製品の紹介を行う。新製品としては、当社が独自に開発した耐熱性基材HHR(Hybrid Heat Resistant resin)を応用した配線板と、実装時のはんだ付け性を向上させる無電解はんだコート配線板及びパターンの高密度化に対応したサブウェイ配線板、MCM(Multichip Module)用銅ポリイミド配線板を取り上げて解説する。

次世代DRAM用高誘電率キャパシタ膜材料

佐藤一直・渡井久男・小蒲哲夫・難波敬典・檜垣孝志
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.14~18 (1993)

ペロブスカイト酸化物である SrTiO_3 及び $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$ をRFスパッタリング法で薄膜化し、得られた膜についてDRAM用高誘電率キャパシタ膜材料としての適用性を検討した。これらの膜は次世代DRAMのメモリセル構造を平坦化し得る特性($t_{\text{eq}} \leq 1.0\text{nm}$, リーク電流密度 $\leq 10^{-8}\text{A}/\text{cm}^2$)を示した。また、粒径・組成などを制御することにより、膜疲労につながる反転分極を抑制し得ることを見いだした。

電子部品用銅合金

久保菌健治・栗田敏広・伊藤久敏・北風敬三
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.39~42 (1993)

IC・コネクタ等、各種電子部品の表面実装化や信頼性向上が進む中で、これらに使用される銅合金についても、高度かつ多様な諸特性が要求される。

今回、この要求に対応した最近の開発製品として、①高強度・高導電性銅合金、②耐腐食性に優れた銅合金線、③めっき信頼性に優れたリフローはんだめっき製品、④接触安定性に優れた表面改質製品を紹介する。

エキシマレーザ露光用レジスト材料

久保田 繁・熊田輝彦・肥塚裕至・塙 哲郎・森本博明
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.19~22 (1993)

エキシマレーザ露光技術で使用できる化学増幅系ポジ型レジストと、常に安定したパターン形成が可能なレジスト適用プロセスを新規に開発した。分子内の一部を酸で分解可能な保護基で置換したベース樹脂を開発することにより、0.3 μm のラインアンドスペースパターン及び0.35 μm のコンタクトホールパターンの形成を達成した。また、実績のあるノボラック型i線レジストと同等以上のドライエッチング耐性を示した。

フェライトデバイス

——映像用フェライト及びEMC関連デバイス——

堤 広宣・斉藤 晃・田中龍二・井上 淳
三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.43~46 (1993)

情報処理機器の発展を電磁デバイスとして力強く支えるフェライトデバイスに関し、映像機器及びノイズ対策関連デバイスに着目し当社の取組状況を紹介する。前者は材質と形状面からの新技術を、後者は多様化するEMC関連技術に対応した新製品・技術を述べた。これらのデバイスは、今後の電子機器の発達とそれに伴う諸規制の強化等により、ますます重要なキーデバイスとなるものであると考える。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 23~26 (1993)

Magnetic Films for Magnetostatic Wave Devices

by Mikio Watanabe, Hajime Takeya, Akio Hori, Takao Sawada, Masashi Okabe & Hideki Asao

Yttrium iron garnet (YIG) single-crystal magnetic films have small propagation loss in the microwave range, and their magnetic-resonance frequencies can be varied widely through applied magnetic-field intensity. This report discusses control of the saturation magnetization and lattice constant of YIG films through a substituted element. It also touches on the temperature characteristics of the magnetic resonance frequency, including the effect of the anisotropy magnetic field. Trial-fabricated YIG films have excellent crystallinity and resonance characteristics, leading to the expectations that the films will find applications in magnetostatic wave devices.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 2~4 (1993)

The Present and Future of Materials Technology

by Tamotsu Nomakuchi & Yasushi Yamamoto

At Mitsubishi Electric a wide variety of materials are used in products ranging from aerospace equipment to consumer appliances. Materials technology is closely related to product reliability. Advances in this area provide the occasion for breakthroughs in other technologies. In the future, materials are expected to play important roles in the development of ultra-large-scale integrated devices to support our information-oriented society and resolve problems involving energy and the global environment. The article introduces current materials technology activities at Mitsubishi Electric as well as trends in this area as it enters the stage where the designing of structures and functions at the atomic-level are being pursued.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 27~30 (1993)

An Arc-Resistant, Low-Temperature Hardened Ceramic Insulating Material

by Kazuharu Kato, Hiroshi Adachi, Kosaku Ikeda & Tadaki Murakami

A ceramic insulating material capable of being formed into complex shapes and hardened at low temperatures has been developed. Its characteristics include heat resistance to temperatures of near 1,000°C and excellent arc resistance (more than 420sec). The material employs a new metal phosphate compound as an inorganic binding agent, can be hardened under 200°C, and can be molded without sintering. The size shrinkage after hardening by heating is minimal, so that molded parts with good dimensional accuracy can be casted using a metallic mold. These features allow application of the material in the arc-extinguishing chambers of low-voltage electromagnetic contactors.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 5~8 (1993)

Improvement in the Superconducting Properties of Metal Oxide Superconducting Wires

by Shoji Miyashita, Yoshio Kubo, Takayuki Nagai, Fusaoki Uchikawa, Shiro Nakamura & Osamu Taguchi

Research and development aimed at improving the performance of superconducting wires is described. Nb₃Sn superconducting wire for use in pulse coils was subjected to new rapid-heating treatment, improving the magnetic field dependence of the critical current. Bi-based 2223-phase tape prepared using the powder-in-tube method was used in studies on producing a single phase and crystal orientation; a trial-fabricated pancake coil successfully produced magnetic fields of 0.8T at 4.2K and 0.4T at 20K.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 31~38 (1993)

New Printed Circuit Board Products and Recent Technical Trends

by Yukio Oda, Makoto Shimanuki, Ryoichi Yamazaki, Masanobu Kohara & Hideki Tsuruse

The article describes recent engineering trends in printed circuit boards, recounts the history of printed circuit boards at Mitsubishi Electric, and describes new products. The new products described are a printed circuit board based on a heat-resistant base material, hybrid heat-resistant resin (HHR), a printed circuit board coated with an electroless solder to improve soldering reliability during mounting, a "subway" printed circuit board designed for use with high-density patterns, and a copper polyimide printed circuit board for use with multichip modules (MCMs).

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 9~13 (1993)

π -Conjugated Polymers for Optical and Electronic Devices

by Hiroshi Koezuka, Akira Tsumura, Tetsuyuki Kurata, Hideharu Nobutoki, Hiroyuki Fuchigami & Kouji Hamano

This paper focuses on π -conjugated polymers and reviews their optical and electronic features, including a discussion of their applications as semiconductor and nonlinear optical materials. In such applications as semiconductors, thin-film transistors (TFTs) employing π -conjugated polymers have achieved carrier mobilities comparable to those of amorphous silicon TFTs. The current status of their features as nonlinear optical materials, as well as their effectiveness to improve molecular orientation using molecular beam evaporation, are reported.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 39~42 (1993)

Copper Alloys for Electronic Parts

by Kenji Kubozono, Toshihiro Kurita, Hisatoshi Ito & Keizo Kitakaze

With the current trends toward more reliable surface mounting of ICs, connectors and other electronic components, various advanced features have also been required of the copper alloys used in them. The article introduces the following new products recently developed to meet these needs: copper alloy with high strength and high dielectrical conductivity alloy, copper-alloy wire with excellent corrosion resistance, reflow solder-plated products with excellent plating reliability and surface-enhanced products with excellent contact stability.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 14~18 (1993)

High-Dielectric-Constant Materials for Next-Generation DRAM Capacitors

by Kazunao Sato, Hisao Watarai, Tetsuo Ogama, Keisuke Nanba & Takashi Higaki

RF sputtering was used to prepare the perovskite oxides SrTiO₃ and (Ba_xSr_{1-x}) TiO₃ in thin film form, and the suitability of these films as highly dielectric materials for use in capacitors in DRAMs was studied. These films exhibited excellent properties (teq ≤ 1.0nm, leakage current density ≤ 10⁻⁶A/cm²), enabling flattening of the memory-cell structure of next-generation DRAM devices. By controlling the grain size, composition and other film parameters, it was found that polarization reversal, which causes fatigue, can be limited.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 43~46 (1993)

A Ferrite Device for High Resolution Display and EMC Applications

by Hironobu Tsutsumi, Akira Saito, Ryuji Tanaka & Jun Inoue

Among the electromagnetic ferrite devices supporting the development of information-processing equipment, the article focuses on devices related to video equipment and noise reduction, and introduces R&D by Mitsubishi Electric in these areas. The former is discussed with respect to new technology emphasizing material properties and part shapes; the latter involves new products and technology coping with diversifying EMC-related technology. These devices are expected to grow more important with the further development of electronic equipment and the accompanying intensification of associated regulations.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 19~22 (1993)

Photoresist Materials for Excimer-Laser Lithography

by Shigeru Kubota, Teruhiko Kumada, Hiroshi Koezuka, Tetsuro Hanawa & Hiroaki Morimoto

Positive chemical-amplification photoresist materials which can be used in excimer-laser photolithography, as well as a process for resist application that enables reliably stable pattern formation, were developed. By developing a base resin with a protective group for part of the molecule using an acid substitute reaction, formation of 0.3 μ m line-and-space patterns and 0.35 μ m contact-hole patterns was possible. In addition, dry-etching durability comparable to or surpassing that of the well-tested novolac i-line resists was obtained.

アブストラクト

先端複合材料の設計と応用技術

小野利夫・川上和夫・宇都宮 真・菅野俊行

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.47～51 (1993)

カーボン繊維とエポキシ樹脂を組み合わせた炭素繊維強化プラスチック(CFRP)に代表される先端複合材料(ACM)は、比強度や比剛性が高く、熱膨脹率が小さいという特長をもつので、宇宙、航空、建築など多くの産業分野で使用されている。当社は、1970年代から積極的にACMの開発と応用展開に取り組んできており、宇宙・電子機器へ適用してきた。ここでは、最近の開発状況と応用技術を紹介する。

オフィスコンピュータにおける

オープンネットワーク機能のサポート

長谷川隆之・木幡康博・富塚 潔

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.69～73 (1993)

オープンネットワーク機能強化の一環として、当社のオフィスコンピュータ“MELCOM80/GSファミリー”で、TCP/IPによる異機種との連携機能をサポートした。これにより、MAXYを始め、他社パソコンやUNIXワークステーションとの高度な連携処理が可能になり、ユーザーのシステム構築の自由度が大きくなる。本稿では、これらの製品のうち、特にM4324エミュレータを取り上げ、実現方式等を詳しく述べる。

火力発電所用サイリスタ起動装置

木村秀夫・上田健二・豊田 勝

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.52～56 (1993)

ガスタービンは大容量化に向かって開発競争中であるが、従来方式の起動装置での対応は容量的に難があるため、サイリスタ起動装置を開発した。ガスタービンは起動中に、点火→着火→加速というプロセスが存在するため、負荷反抗トルクが様々な形に変化し、起動装置の出力制御が困難である。このたび、負荷転流形インバータ(起動装置に適用)と発電機励磁装置とのコンビネーションによる最適制御を実現し、目下順調に稼働中である。

三菱クライアント・サーバコンピュータ“apricotシリーズ”のシステム化機能

山口重幸・秋間文和・吉田 稔・大高謙二

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.74～79 (1993)

三菱クライアント・サーバコンピュータ“apricotシリーズ”の新製品(高性能・大容量化したFTサーバ、マルチメディア指向のXENワークステーションとLANターミナルLS Pro)の登場に合わせて、そのハードウェア機能を生かしたシステム化製品(ネットワークOS、FTMANAGER、FOAS/CS)をリリースした。本稿では、これらの機能と技術的背景を中心に述べる。

電源開発(株)東地域制御所納め制御室のトータルデザイン

柳田英行・伊藤一彦・藤田慎一・田中 節・久後秀友

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.57～62 (1993)

従来の人間工学的側面に加えて、人間の心理面・生理面からくる欲求の充足を意図した制御室のデザインを実施し、完成させた。デザインコンセプトとして、快適な労働環境、独創性と先進性、監視性と操作性、を設定した。コンセプトの具体化のため、機器配置、機器デザイン、内装デザイン、照明計画の検討を実施した。その結果、機能面のみならず、使う人間の感性面にとっても快適な環境を創出し得た。

ファクシミリを使った遠隔学習塾システム

加川順一・遠藤 淳・岡本俊也・高柳 勉・田村卓也

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.80～85 (1993)

三菱ファクシミリメール“MELFANET”に光ディスクファイリング機能を付加したファクシミリ学習システムを構築した。このシステムは生徒宅の家庭用ファクシミリと学習塾のファクシミリを結ぶ通信ネットワークシステムであり、(株)京大アカデミーに導入し、平成4年12月から稼働している。ファイリング処理に検索キーの自動採番方式を取り入れることにより、光ディスクへの問題用紙の高速ファイリングを実現した。

地図情報支援施設管理システム

中村春雄・森 研一

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.63～68 (1993)

近年、上下水道分野などを始めとした公共・公益施設の整備が進み、数多くの埋設物が構築されている。年々、高度化・複雑化するこれら施設において、効率的な維持管理や最新情報の管理が求められている。既存地図のイメージによる初期入力費用の低減やラスタマッピングと光ファイリングを組み合わせたことなどの特長をもつ三菱設備情報管理システムを活用して、諫早市水道局の水道施設を対象に地図情報支援施設管理システムを構築したので、その概要を紹介する。

三菱商事(株)納めマルチメディア通信システム

増田 仁・佐田耕一・佐々木武男・高橋律夫・田中 斉

三菱電機技報 Vol.67・No.5・p.86～90 (1993)

情報通信システムに高度化のニーズが高まる中、従来から通信手段として利用されてきた電信、ファクシミリ、電子メールをMHS手順によって融合したマルチメディア通信システムを三菱商事(株)向けに開発し、平成4年5月から全面稼働を開始した。メディアを利用者に意識せずに通信を実現したこのシステムは、東京・ニューヨーク・ロンドンに拠点を置き、全世界をカバーする商社の基幹通信システムである。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 69~73 (1993)

Open Network Support for Small Business Computers

by Takayuki Hasegawa, Yasuhiro Kohata & Kiyoshi Tomizuka

As part of efforts to enhance the functions of open networks based on the Mitsubishi MELCOM80/GS family of small business computers, a function for linking with other computers through the TCP/IP protocol was added. As a result, high-level links with the personal computers of other manufacturers and UNIX workstations, in addition to the corporation's MAXY lineup, are now possible, adding more freedom to system construction by the user. Among the products providing these functions, the article focuses on the M4324 emulator in particular, and describes its operation and architecture in detail.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 47~51 (1993)

Design and Application Technologies for Advanced Composite Materials

by Toshio Ono, Kazuo Kawakami, Shin Utsunomiya & Toshiyuki Sugano

Advanced composite materials (ACM) typified by carbon-fiber-reinforced plastics (CFRP), which combine carbon fibers and epoxy resin, have high specific strength and rigidity as well as low thermal expansion. Because of this they are being used in space, aeronautics, construction and numerous other areas of industry. Mitsubishi Electric has been engaged in ACM development and application since the 1970's, and has applied them in aerospace and electronic equipment. The article introduces the recent state of development and application technologies.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 74~79 (1993)

The Functions of the "Apricot" Series of Mitsubishi Client-Server Computers

by Shigeyuki Yamaguchi, Fumikazu Akima, Minoru Yoshida & Kenji Ohtaka

With the appearance of Mitsubishi's Apricot series of client-server computers (high-performance, large-capacity FT servers, XEN-LSII and LS Pro for multimedia work stations), system integrating products (a network OS, FTMANAGER, FOAS/CS) making use of the hardware functions of these systems were also released. The article describes the functions of these new products in the light of recent technical trends.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 52~56 (1993)

A Thyristor Starting Device for Thermal Power Stations

by Hideo Kimura, Kenji Ueda & Masaru Toyoda

Competition to develop large-capacity gas turbines is currently on the rise, but inadequate starting devices using conventional starting methods restrict development. This paper reports the development of a new thyristor starting device. At the time of starting a gas turbine, a series of operations (ignition, combustion and acceleration) take place. During this interval, the enormous variations in load torque characteristics make it difficult to control the output of the starting device. A load-commutating inverter (used in the starting device) and the generator exciting device were combined to achieve optimal control and smooth operation. The new device was installed in domestic thermal power stations last year and has proved effective.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 80~85 (1993)

A Tutoring System Incorporating the Use of a Facsimile Machine

by Jun'ichi Kagawa, Jun Endo, Toshiya Okamoto, Tsutomu Takayanagi & Takuya Tamura

A facsimile learning system was constructed in which an optical-disk filing function was added to a Mitsubishi MELFANET facsimile machine. This is a communication network system linking a facsimile machine in the home of a student with the facsimile at a private preparatory school. This system was delivered to Kyodai Academy Co., Ltd. and has been in operation since December 1992. By adopting an automated number selection method for search keys in filing, printed problem forms can be rapidly filed on an optical disk.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 57~62 (1993)

A Fully Integrated Supervisory Control Room for The Electric Power Development Co.'s Most Recent Control Station

by Hideyuki Yanagita, Kazuhiko Ito, Shin'ichi Fujita, Takashi Tanaka & Hidetomo Kugo

A supervisory control room was designed with emphasis on the psychological and physiological needs of human operators in addition to ordinary ergonomic considerations. Design priorities were a comfortable working environment, creative and advanced features, and monitoring and operation functions. In order to specify detailed design concepts, the equipment placement, equipment design, interior design and lighting plans were studied. As a result, an environment which is not only functional but also comfortable with respect to human senses was created.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 86~90 (1993)

Multimedia Communications System for Mitsubishi Corporation

by Hitoshi Masuda, Kouichi Sada, Takeo Sasaki, Norio Takahashi & Hitoshi Tanaka

Amid mounting demands for more sophisticated information-communication systems, a multimedia communications system which uses a message handling system (MHS) protocol to merge telegraph, facsimile and electronic mail in a private network was developed for Mitsubishi Corporation. Full-scale service began in May 1992. This system enables communication using different media while remaining transparent to the user. Nodes are installed in Tokyo, New York and London to make the base of Mitsubishi Corporation's worldwide communications system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 5, pp. 63~68 (1993)

A Facilities Management System Incorporating Map Information

by Haruo Nakamura & Ken'ichi Mori

Recent years have seen progress in the construction of public facilities, including the advancement of potable water and sewage systems. These facilities grow more dense and complex with each passing year. A means for their efficient maintenance and management, and for management of information describing the current state of such facilities, are essential. Utilizing the Mitsubishi Facilities Information Management System, a map information support management system was constructed for use with waterworks facilities under municipal control. This system reduces the volume of information required for input by imaging existing maps and combining raster mapping and optical filing. The article summarizes the features of this system.

材料技術について考える

高温超電導体が発見されてから、6年以上を経過してしまっただ。初期のフィーバー状態から覚めて、研究開発は新材料から新材料へと着実な進歩が続けられている。

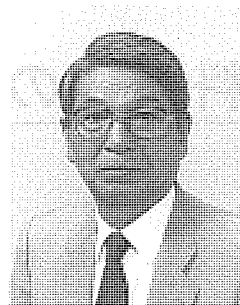
この高温超電導体は、これまでの材料という概念から余りにも遠い存在であった。セラミックス的であると同時に、金属的であり半導体的でもあった。その上、磁性とも関連があり、最後に高温超電導という思いもかけぬ物性の所有者でもあった。したがって、その作製法も、初めは、粉末を焼結させるという従来のセラミックスの手法が用いられた。その手法が比較的簡単であったために、多くの研究者が、この研究に着手することができたのも事実である。また、薄膜の作製法も、これまで考えられてきたあらゆる手法が試みられ、現在に至っても、どの作製法が最も優れているかという結論は得られていない。

このようなこともあり、発見当初、研究者の間には、一つの固定観念ともいべきものが存在していた。それは、この物質がセラミックスであるがために、融点が高く、融解させることは極めて難しいということであった。しかし、しばらくすると、この一連の酸化物群は、その組成が複雑であるが故に、他の構造の簡単なセラミックスに比べて融点が高く、あるものに至っては摂氏千度以下の融点さえ存在することが分かってきたのである。

融解して固化させることが容易にできるならば、それは金属や半導体における様々な製造技術を適用することが可能ではある。

財国際超電導産業技術研究センター
副理事長
超電導工学研究所 所長

田中 昭二



実際に、その後の発展の経過を見ると、金属学的な急速凝固から始まって、結晶成長の方向制御、さらには、固液界面の研究から単結晶引き上げ法へと進み、どうやら、材料学の王道を歩み始めたように思われる。半年前に、初めて引き上げられたイットリウム系酸化物超電導体の単結晶を見た時の感激は、今も忘れられない。そこで、私が半導体研究者として過ごした30年の歴史が、いきなり復活したことを確認した。そして、難行を極めた高温超電導研究開発の将来像がくっきりと浮かび上がってくることを実感したのである。

1986年、高温超電導体の存在を初めて確認した時、私が自ら受けた衝撃は極めて大きかった。永い間夢見ていた高温超電導が、こんなにも簡単な物質に存在していたとは、これまで夢にも思っていなかったからである。人間の知識の浅はかさと、自然の神秘にうちひしがれる思いであった。この物質に比べれば、どれ程複雑な物質群に囲まれて、我々は生きているのだろうか。私は神（それが存在するならば）への恐れと、それに向かい合う人間の精神の存在を実感したように思われる。それ以来、この世に存在する物質あるいは材料というものの奥深さを信ずるようになった。この奥深さに対応する人智が働く限り、材料技術の将来は明るく、これから、まだまだ画期的な新材料の発見が続くのではなかろうか。後は、これに携わる人々の忍耐と気力の問題になると思われる。

材料技術の現状と展望

野間口 有*
山本 泰**

1. ま え が き

天然材料の時代から人工材料の時代へ、そして更に、原子分子レベルにさかのぼ（遡）って構造と機能とを合わせて設計する時代へ、と科学技術の進展によって、材料及びそれを取り扱う技術の地平は拡大を続けている。“材料を制するものは技術を制す。”という言葉がある。これは、現代のような高度産業技術社会にあって、それを最も根本のところから支えているのがほかならぬ“材料”であることを端的に言い表している。社会に大きなインパクトを及ぼす技術的ブレークスルーは、多くの場合、材料技術の進展によってもたらされてきた。そして、製品が人々に安心して使ってもらえるものとなるためには、材料レベルからのきちんとした検討によって裏付けられたものでなければならないことも、今や常識である。

このような意味において、材料技術は総合エレクトロニク

スメーカー三菱電機(株)における最も重要かつ基本的な技術の一つである。本稿では、当社におけるその現状と将来展望について概観したい。

2. 当社における材料技術

当社製品に必要な材料の種類は多岐にわたっている。表1に当社の各事業分野が必要とする材料・材料技術を示す。材料そのものの開発に関しては、材料ユーザーとして材料メーカーと協業するケースが多いが、一部電子材料などに関しては自社開発、自社生産を行っている。以下、事業分野別に取組状況を述べる。

2.1 重電・産業・自動車分野

モータの耐熱グレードは絶縁材料の性能で決まるなど、重電の分野では絶縁材料が重要な役割を果たしている。C種耐熱含浸樹脂、モールド樹脂などの有機絶縁材料、マシナブルセラミックス、低温硬化セラミックスなどの無機絶縁材料と

表1. 事業分野別の材料技術

材 料 技 術	重電・産業・自動車機器	情報通信・電子デバイス	家庭電器・AV機器
【有機・高分子材料】 表示・記録材料 機能性高分子 絶縁材料 プラスチック材料 接着・塗装技術	電力機器用絶縁材料 大電流回路基板材料 制振材料	高分子分散型液晶 光導電性記録材料 感熱記録材料 レジスト材料 プリント基板材料 層間絶縁膜 非線形有機光学材料 導電性高分子	フロン対策用冷凍機油 脱フロン発泡断熱材 液晶ポリマー 吸音プラスチック 吸湿性ポリマー 光学プラスチック
【無 機 材 料】 誘電体セラミックス 光学セラミックス 磁性セラミックス 構造セラミックス 炭素材料	避雷器用酸化亜鉛材料 電圧センサ用単結晶材料 高温超電導材料 NFB用消弧材料 マシナブルセラミックス 燃料電池電極材料	赤外線センサ用単結晶 マイクロ波用フェライト SAW素子用圧電体膜 IC用高誘電率絶縁膜 メモリ用強誘電体薄膜	CRT電子銃エミッタ材料 CRT用蛍光材料 偏向ヨークフェライト EMCデバイス材料
【半導体材料】 シリコン半導体 化合物半導体	—	単結晶Si, Poly-Si, a-Si, Si/Ge, GaAs, ZnSe, InGaAsP	—
【金 属 材 料】 導電性材料 磁性材料 構造用金属	超電導線 磁性銅板 VST用電極材料	ICリードフレーム材 コネクタ銅合金 高導電性IC配線材料 光磁気記録材料	磁気ヘッド用磁性金属 プレコート銅板
【複 合 材 料】 繊維強化複合材料	GIS用GFRPロッド	人工衛星用CFRP 繊維強化金属	—
【材料基盤技術】 材料分析技術 信頼性評価技術	絶縁信頼性診断技術など	半導体欠陥分析技術など	熱交換器防食技術など

注 NFB: No-Fuse Breaker, SAW: Surface Acoustic Wave, EMC: Electromagnetic Compatibility, CRT: Cathode Ray Tube, VST: Vacuum Switch Tube, GIS: Gas Insulated Switchgear, GFRP: Glass Fiber Reinforced Plastics, CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics

種々の材料を開発してきており、その成果は産業・自動車機器の分野にも適用されている。

重電の分野では現在、100万V級超超高压送電、直流送電技術の開発が始まっている。送電のエネルギー損失を低減し、将来のエネルギー問題解決に是非必要な技術である。これらに向けて、高抵抗化など従来に増して厳しい性能が要求される避雷器用酸化亜鉛素子材料、電圧センサ用途の $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ 単結晶などの開発を行っている。

当社は、超電導材料の研究開発に30年を越す歴史をもっており、 Nb_3Sn 化合物線材の内部拡散法による独自の多心線製造技術を開発している。高温超電導材の研究開発も行っており、1988年から国のムーンライト計画(現、ニューサンシャイン計画)にも参画し、イットリウム系CVD膜で77Kにおいて $660\text{W}/\text{cm}^2$ の世界トップクラスの臨界電流密度を得ている。また、材料開発のみならず線材の研究にも注力し、ビスマス系線材のコイル化を行い、20Kにおいて0.4T{4,000G}の磁界発生を達成している。

2.2 情報通信・電子デバイス、宇宙分野

半導体デバイスは微細化の一途をたどっており、極微小の結晶欠陥がデバイス性能に影響を及ぼす段階にきており、材料/材料プロセス技術面での詳細な検討が必要になっている。シリコンデバイスの代表であるDRAMは64Mビット、256Mビットへと開発が進み、経済的に見合う単純な構造の実現を目指して高誘電率キャパシタ膜などの新しい課題が生じている。また、デザインルール $0.2\mu\text{m}$ 級の微細パターンを形成するためのレジスト材料、信頼性の高い配線材料の開発も不可欠である。

レーザ等の光デバイスやHEMT等の高速素子の分野では、高性能化を目指して化合物半導体のヘテロ接合、超格子構造などの応用が進んでいる。超格子の概念は、材料の物性定数を、材料固有の値に縛られることなく、任意に設計・制御することを可能にした。当社のフェライト開発の歴史は古く、戦前に逆上る。現在も、偏向ヨーク用フェライトコアなどのフェライト応用デバイスの自社生産を、プリント基板、銅合金、IC用リードフレーム等とともにやっている。また、電子セラミックス、磁性セラミックスは、マイクロ波フィルタ、移相器など通信機器、各種センサ類のキーマテリアルであり、結晶育成技術からデバイス化まで幅広い研究開発を実施している。大容量の記録方式である光磁気記録の分野でも、ダイレクトオーバーライトを可能にする当社独自の記録媒体の開発に成功している。

このほか、当社の複合材料の歴史は富士山頂のGFRPレドームの開発に始まるが、人工衛星の製造メーカーとして、CFRP衛星構体の開発にほぼ20年の歴史をもっている。この成果は超軽量太陽電池パドル、衛星用パラボラアンテナ、45m径電波望遠鏡パラボラアンテナなどに適用され、当社宇宙技術の一翼を担っている。

2.3 家庭電器分野

家庭電器の大きな成長の背景には、新製品の開発、コストダウン、機能・品質面の向上が次々と図られたことがある。これらにおいて、材料、部品の新規開発・改良が果たした役割は大きい。

家電製品におけるプラスチックの使用は、拡大の一途をたどってきた。きょう(筐)体に始まり機構部品へのエンジニアリングプラスチックの採用は、小型軽量化、組立省力化に大きく寄与してきている。また、低騒音化に対応する材料として、吸音プラスチックなどの開発・適用も行った。冷蔵庫、ルームエアコン等では、塗装工程の不要なプレコート鋼板の使用を拡大している。

オゾン破壊係数の大きい特定フロン規制への対応も重要である。当社では、1995年までの全廃を目指して、冷蔵庫用ウレタン断熱材の発泡剤、圧縮機の冷媒などの全面的な見直しを行っている。

一方、家庭電器の機能、性能に直結する材料部品も種々開発している。VTRの高画質を実現するための磁気ヘッド材料もフェライトから金属薄膜まで開発している。MIG(Metal in Gap)型の磁気ヘッドでは、1992年度のR&D100賞を受賞した。また、当社が誇るダイアトーンスピーカーでは、ほう化炭素振動板、液晶ポリマー振動板の開発が高音質化に寄与している。カラーテレビでも大画面・高輝度化のために、大電流電子ビーム放出材料、高輝度蛍光材料などの開発を行っている。

3. 今後の展望

前章では、宇宙機器から家庭電器に至る広いビジネス分野で活用されている材料技術への当社の取組状況について述べた。高度情報化、環境・エネルギー問題の深刻化といった社会動向の中にあって、材料技術はますますその重要性を増していくものと思われる(表2)。

このような観点から、当社にとって注目すべき材料技術の今後を展望してみよう。

(1) 高度情報化に向けて

高度情報化社会にあって、エレクトロニクスは今後ともリーディングテクノロジーの位置付けに変わらない。マルチメディア化など情報量の大容量化にあって、デバイスとしては超高集積化、高速化の道を歩み、1,000万トランジスタのチップ、ギガビット級のDRAM、テラビット級の通信デバイス、そして数百万画素をもつ高精細大画面のディスプレイの時代がそう遠くない時機に到来しよう。

超高集積化に対応して、SRによる超微細リソグラフィを始め、 $0.1\mu\text{m}$ を目指す技術開発が始まっている。超高集積化素子では、微細故に生じるデバイス特性の統計的ゆらぎ、発熱の処理問題などでも限界に近づいている。そのため、新しいアーキテクチャの検討に合わせて、超電導材料など新材

表 2. 材料技術の将来展望

製品実用化予想時期			主な材料技術
1993	2000	2020(年)	
燃料電池	超電導リニアモーターカー 宇宙ステーション スペースプレーン 超高速・柔軟なコンピュータ	核融合炉	超電導線 高温超電導線 電極材料 電解質材料 三次元CFRP 傾斜機能材料 超微細加工技術 ウェーハスケールインテグレーション 光素子 分子素子 バイオ素子 非線型光学材料 量子効果素子 光変調素子 ジャイアントマイクロエレクトロニクス 液晶材料 新冷媒/断熱材 エコマテリアル
広帯域ISDN 高精細大画面ディスプレイシステム 脱フロン/材料リサイクル製品	テラビット光通信		

料の活用も注目すべき課題となってくる。

さらに、究極のデバイス構造を目指して、原子分子レベルで物質構造を観察し、制御するアトムテクノロジーの研究も始まっている。非線形光学材料などを用いた光素子、生体を模倣したバイオ素子、分子構造の中に情報処理能力をもった分子素子など大いに期待されるところである。材料そのものが機能を発揮し、材料とデバイスの境界がオーバーラップする時代が近づきつつある。

(2) 環境・エネルギー問題に向けて

21世紀では、地球環境/エネルギー問題も解決が求められており、材料技術の果たすべき役割は大きい。

核融合炉を目指して超電導材料などの検討を行っているが、こういった集中型電力システムのみでなく、燃料電池、太陽電池などを利用した分散型エネルギーシステムも重要である。これら電池の実用化には電極材料などの高性能化が不可欠である。

一方、特定フロン全廃に続く脱フロン技術の開発、廃家電対策としてのプラスチック材料のリサイクルや廃棄物エネルギーの活用などの検討を始めている。しかし、材料の使用は、多かれ少なかれ環境への影響が懸念される。このため、土に帰る生分解性高分子などエコマテリアルの実用化への取組も重要である。

(3) ますます進展する新素材の開発

上に述べた以外にも、現代の科学技術の多くの分野で行われている“極”又は“超”への挑戦によって、更に新しい技術が生まれてくるものと思われる。極低温、超高温、超高压、

極微少重力、超高真空、超高純度……等の条件下での材料開発は、従来にない特性、機能の発現を可能にすると考えられる。

計算科学の進展もますます加速され、材料技術の中で大きな地歩を占める時代が到来するであろう。そこでは、ワークステーションの中に巨大な化学実験工場が設置され、フラーレンのように新しい分子の存在が次々と予言される。

さらに、材料を診断して分析評価する面でも、精度そして情報の質が飛躍的に進歩しよう。このような進展は、従来にない新しい物質観の確立を我々に迫るものであり、そのことがまた新しい物質の創製を展開させる力となるであろう。

このような認識のもとに、当社材料技術部門は、国のプロジェクトを始めとして先進的研究に参加し、次世代技術の確立に挑戦している。先にあげたニューサンシャイン計画の超電導電力応用技術のほかに、産業科学技術研究開発制度の先進機能創出加工技術や原子分子極限操作技術、バイオ素子、光反応材料などがその例である。

4. む す び

この論文では、当社主要製品のかぎ(鍵)を握る材料技術への取組状況とそれらの今後の展望について述べた。現在は、科学と技術が融合した時代、異種技術が融合してまた新しい技術をつくり出す時代と言われるが、そのような現象が最も強く現われているのが材料技術分野であるといえよう。先行的基础的研究と応用開発の両面にわたって、積極的な進展を図っていきたい。

金属系及び酸化物系超電導線の高性能化

宮下章志* 内川英興**
久保芳生* 中村史朗***
永井貴之* 田口 修+

1. ま え が き

液体ヘリウム温度 (4.2 K) で動作する超電導マグネット用線材として、NbTi, Nb₃Sn, V₃Ga の金属系超電導材料が実用化されている。一方、液体窒素温度 (77 K), 液体水素温度 (20 K) における低磁界発生, 又は液体ヘリウム温度における 20 T 以上の高磁界発生では, 高い臨界温度・臨界磁界をもつ酸化物系高温超電導線材が期待されている。

当社は、1962 年以来、超電導線材の研究を行っており、核融合実験炉用パルスマグネット、超電導エネルギー貯蔵 (Superconducting Magnet Energy Storage : SMES), 高分解能磁気共鳴イメージングシステム (Magnetic Resonance Imaging : MRI), 磁気浮上鉄道等へ適用できる線材開発を進めている⁽¹⁾。

こうした超電導線材の開発において、長尺で均一な線材を得るための線材化技術・製造技術とともに、良質な超電導相を生成させるためのプロセスの研究開発が非常に重要であり、線材の高性能化を達成するためには、線材断面の組織観察、組成分析を行うことにより、断面構成・熱処理条件を最適化し、臨界電流密度 (J_c) の向上、磁界特性の改善を図る必要がある。

本稿では、主として材料的見地から、金属系としてパルスコイル用 Nb₃Sn 超電導線材、酸化物系として Bi 系 Ag シース超電導テープの高 J_c 化を目標とした研究開発について紹介する。

2. 金属系超電導線材

2.1 内部拡散法による Nb₃Sn 超電導線材

Nb₃Sn の製造方法の中でも当社独自技術の内部拡散法⁽²⁾は、Cu マトリックスの中心に Sn 心、その周囲に Nb フィラメントを配し、拡散反応によって Nb₃Sn を生成させるのが特徴である。内部拡散法は最終線径まで冷間加工が可能であり、高 Sn ブロンズと Nb フィラメントの反応により、高性能な Nb₃Sn 超電導線材の製造が可能である。一方、あらかじめブロンズと Nb フィラメントで構成するブロンズ法によって製造された線材に比べて、中心に配した Sn の Cu マトリックス中への拡散過程 (ブロンズ生成過程) が新たに加わり、Nb₃Sn 生成までの過程はやや複雑である。内部拡散法による Nb₃Sn の生成過程を図 1 に示す。

内部拡散法による Nb₃Sn の生成は、600 °C 以下の段階的昇温熱処理において、線材の中心に配した Sn が Cu マトリックスに拡散し、マトリックスがブロンズ化する前熱処理、さら

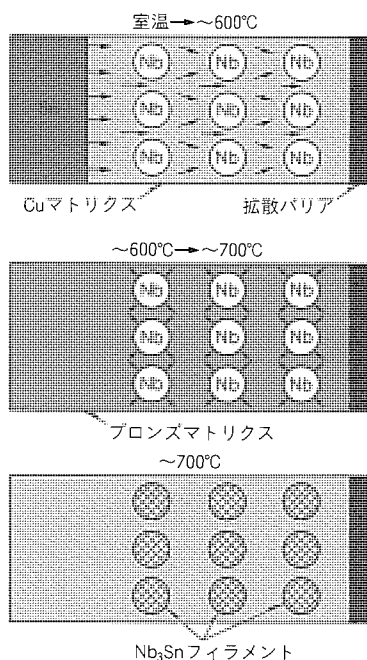


図 1. 内部拡散法による Nb₃Sn の生成過程

表 1. Nb₃Sn 超電導線材の仕様

線 径	(mm)	0.91
フィラメント径	(μm)	3.6, 3.9
フィラメント数		868 × 7
モジュール数		7
バリヤ材		タンタル

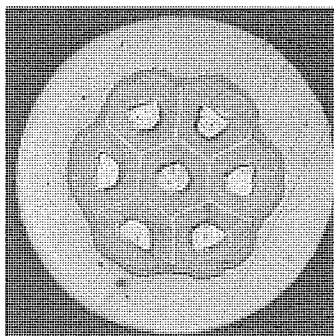


図 2. Nb₃Sn 超電導線材の断面

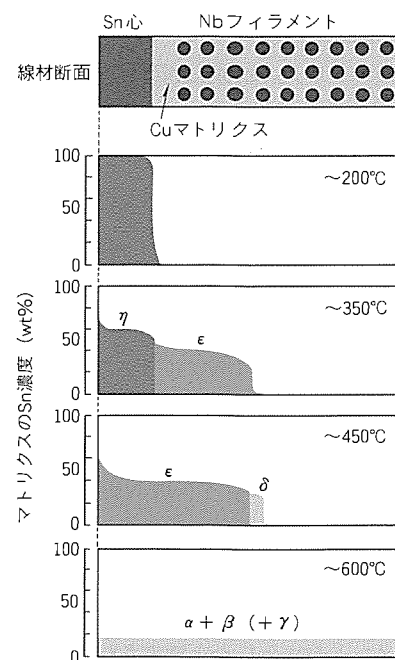


図 3. 段階的な前熱処理を施した線材の Sn 濃度分布

に Nb_3Sn を生成させるために、 700°C 前後に熱処理温度を上げ、ブロンズ中の Sn と Nb フィラメントの反応により、 Nb_3Sn が生成する後熱処理に分けることができる。

ブロンズ、 Nb_3Sn 生成過程では、 Sn 、 Cu の拡散状態は順次変化し、多種のブロンズ相がマトリクス中に中間生成するとともに Sn 、 Cu の相互拡散で生じるカーケンドールボイドの生成が複雑に関連するので、熱処理条件の選択は非常に重要となる⁽³⁾。

2.2 パルスコイル用 Nb_3Sn 超電導線材の開発

内部拡散法では、ブロンズ法に比べてマトリクス中の Sn 濃度を高く設計できるために、線材断面における Nb_3Sn の占積率を高くすることで、非常に J_c の高い線材を製造することができる可能性をもつ。しかしながら高 J_c をねらった線材では、 Nb フィラメント同士がかなり接近した構造となる。この線材に従来の段階的前熱処理、 Nb_3Sn 生成熱処理を施すと J_c が設計値よりやや低下する傾向が見られた。

そこで線材の断面観察を実施したところ、一部フィラメントが環状に結合し、その周辺にボイドが生じることが分かった。また、フィラメントの結合が生じた領域の内側と外側の Nb_3Sn フィラメントを比較すると、外側のフィラメントは化学量論組成 ($\text{Nb}:\text{Sn}=3:1$) からずれ、 Sn がやや少ないことが分かった。

フィラメントが環状に結合し、その内周、外周の Nb_3Sn 生成に差が生じる原因を探るため、段階的前熱処理した線材断面のマトリクス中 Sn 濃度を EPMA により分析した。実験に用いた線材の断面写真を図 2、線材の仕様を表 1 に示す。

線材は 200°C 、 350°C 、 600°C と段階的に前熱処理を施し、各温度において取り出した線材の断面について Sn の濃度分析を行った。その結果を図 3 に示す。

前熱処理において、 Cu-Sn 平衡状態図⁽⁴⁾によると、所望のマトリクス組成に到達するまでに多くの Cu-Sn 中間相が生成する。線材中心から Sn が外周に拡散するにつれて、順次マトリクスの Sn 濃度は変化し、 η 、 ε 、 δ 、 γ 、 β 、 α 相が出現、混在する状態となる。

フィラメントが結合した部分の周辺マトリクスでは、 $\sim 350^\circ\text{C}$ の温度において η 、 ε 相が内側 3 層の Nb フィラメント領域まで生成した後、 Sn の外周方向への拡散が抑制され、この拡散相外周部分がフィラメントの結合及びボイドが生じる領域とほぼ一致した。この η 、 ε 相の混相領域は $\sim 450^\circ\text{C}$ に温度が上がると、 η 相は ε 相と Sn 液相に相分離する。

高 J_c パルスコイル用 Nb_3Sn 超電導線材に従来の段階的前熱処理を施した場合、この $\sim 450^\circ\text{C}$ 以上の熱処理温度における液相の出現により、ボイドが急激に生成したと考えられる。このボイドが原因となり、 Nb_3Sn 生成時にフィラメントが結合したと推定される。この環状に結合したフィラメント領域の内側と外側をつなぐ Sn の拡散路は、ボイドと Nb_3Sn の生成によってかなり絞られていると考えてよい。

環状に結合したフィラメントの内側と外側の Sn 供給量を比較した場合、内側のほうが、もともと Sn 心が存在した部分の面積分が外側より多く、フィラメントの環状結合部分で Sn の拡散路が絞られていると考えると、外側の Sn 供給量は設計値よりやや少ないことになる。これが外側のフィラメントの Sn 濃度が低く J_c が低下した原因と考えられるが詳細は検討中である。

2.3 新しい熱処理を施した線材とその超電導特性

従来のように、段階的に昇温してブロンズを形成させる前熱処理は、高 J_c パルスコイル用 Nb_3Sn 超電導線材のように Nb フィラメントが接近した断面構造の線材では、フィラメント同士が結合し、 Nb_3Sn フィラメント生成にも不均一が生じやすく、高 J_c の達成が難しいことが分かった。

この問題を解決するために、急速昇温熱処理 (急熱処理) によってブロンズマトリクスを生成、さらに Nb_3Sn 生成を行う方法を試みた。急熱処理の特徴として、溶融状態になった Sn が Cu マトリクス中に急速に拡散し、ブロンズ中間生成相の発生を抑えながら迅速に所望のブロンズを生成させることができる。急熱処理及び段階的前熱処理を施した線材の J_c-B 特性を図 4 に示す。

急熱処理を施した線材の断面観察から、急熱によるマトリクス中の液相生成に起因する Nb フィラメントの動きは見られず、フィラメント同士の結合はほとんど見られなかった。

この熱処理を施した線材の 10 T における J_c は、線材に加わる電磁力が圧縮方向のとき、 $1,230\text{ A/mm}^2$ と非常に高い値を得ることができ、磁界依存性も改善された。

2.4 パルスコイル用 Nb_3Sn 超電導線材の課題

現在のパルス用途を目指した線材は、フィラメント径が $2\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ まで細径化しており、 Nb_3Sn の詳細分析を困難なものにしている。さらに、良質な Nb_3Sn を得るためには Nb_3Sn 結晶自体の特性評価も重要であり、今後線材の高性能化とともに、微小領域における分析技術の向上が必要である。

また、物理的フィラメントの結合とは別に、フィラメントの電磁氣的結合を防ぐために、マトリクスの材料的改質が必要であり、材料開発の次の課題となる。

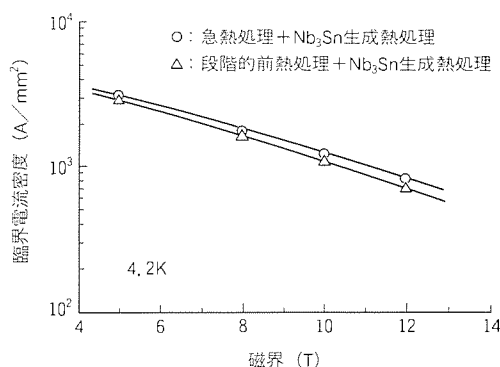


図 4. 急熱処理を施した線材の J_c の磁界依存性

3. 酸化物系超電導線材

3.1 Bi系Agシース超電導線材

酸化物超電導材料の中でもBi系2223相(高温相: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$, $T_c = 110\text{K}$)は、パウダインチューブ法によって線材化が容易であり、一般的に焼成とプレスを組み合わせた処理が施される。

Bi系2223相の結晶は板状であり、その J_c は構造敏感量なので、 J_c を向上させるためには、単相化、配向度等の要因を制御する必要がある。単相化は仕込粉末組成と焼成条件を最適化することで達成されるが、2223相は生成条件の範囲が狭いために完全な単相化は難しく、Pbを添加することで最適焼成温度領域をわずかに広げている⁽⁵⁾。また、結晶の配向化は、機械的加工によって実現される⁽⁶⁾。以下に2223相線材における単相化、結晶配向化について述べる。

3.2 2223相の単相化

2223相の生成機構は幾つか提案されているが⁽⁷⁾、いずれにしても2223相は2212相(低温相: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_y$, $T_c = 80\text{K}$)とCa-Pb-Cu-Oとの反応によって生成すると考えられる。Ca-Pb-Oは溶融温度が $\sim 830^\circ\text{C}$ であり、2212相との反応過程では半溶融状態となり、2212相から2223相への変態速度を促進する。

Bi系2223相の生成は、焼成温度と同時に焼成雰囲気によって強く影響される。ここでは、A ($\text{Bi}_{2.0}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_{2.2}\text{Ca}_{1.9}\text{Cu}_{3.1}\text{O}_y$)、B ($\text{Bi}_{2.0}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_{2.2}\text{Ca}_{2.2}\text{Cu}_{3.5}\text{O}_y$) 仕込組成のテープを雰囲気を変えて焼成した場合の J_c の焼成温度依存性を図5に示す。

各組成とも焼成雰囲気中の酸素分圧を変化させることで、

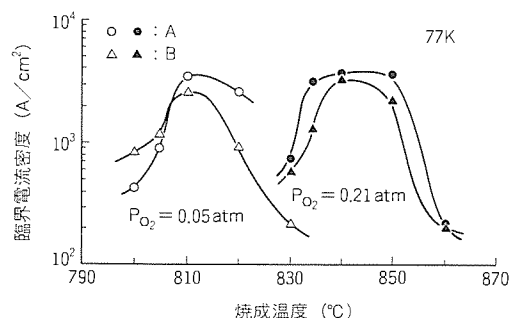
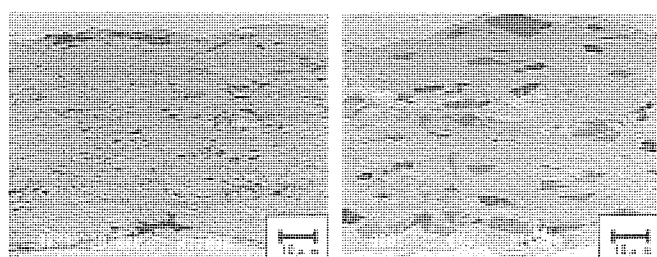


図5. 雰囲気を変えて焼成した線材の J_c の焼成温度依存性



(a) A組成 (b) B組成

図6. A, B組成のテープの断面組織像

最高の J_c が得られる焼成温度が異なり、酸素分圧を下げることで最適焼成温度が低下する。A, B組成のテープの J_c の差は少なく、 J_c の焼成温度、雰囲気依存性もほぼ同じ結果が得られた。

各組成の代表的テープ断面の組織を図6に示す。Aテープは2223相の中に2212相(明るい領域)が層状に存在する組織、一方、Bテープは2223相の中にCa-Cu-O, Cu-O(暗い領域)が粒状に析出した組織となっている。両者ともに空け(隙)も多く観察され、組織的改善の余地は大きい。このように、同じような J_c 特性をもつ2種類の試料においても組織は異なるのが実状であり、ピンニング力の改善を目指した微細分散組織を形成する上でも、さらに詳細な相の生成過程の検討が必要である。

3.3 2223相の配向処理

結晶の配向化については、プレス、圧延等の機械的手法によってテープを加工することで比較的容易に結晶軸が配向し、輸送電流を向上させることができる。A組成のテープを用いて一軸プレスによって結晶配向を行った場合の J_c のプレス圧力依存性を図7に示す。

プレス圧力が2 GPaまでは圧力の増加に伴って J_c は単調に増加するが、それ以上の圧力で J_c は飽和気味である。今回用いたテープの厚さは0.2 mmであるが、 J_c のプレス圧力依存性はテープの厚さにも影響され、さらにテープを薄くすることでより効果的な結晶の配向処理を行うことができる。

3.4 線材作製とパンケーキコイルの試作

上記A組成のテープを使用してパンケーキコイルを作製した。Ag製ビレットに粉末を充てん(填)した後、押出し、スウェーijing、線引き、圧延加工によって所望の形状のテープ線材を得た。テープに焼成と結晶配向性を高めるプレスを組み合わせた処理を実施した後に、コイル巻を行った。テープの絶縁材料としては $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ テープを用いた。

作製したコイルの諸元を表2に、またコイル全体を図8に示す。焼成された10枚のシングルパンケーキは、常電導接続によってシリーズに接続されている。

図9にパンケーキコイルの J_c の温度依存性を示す。40 K以下において J_c の磁界依存性は比較的少ないが、60 K以上において J_c はわずかな磁場で急減する。各パンケーキの特

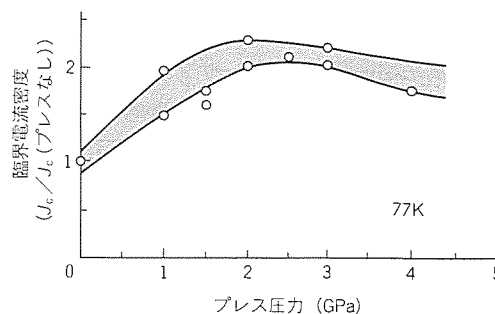


図7. テープの J_c のプレス圧力依存性

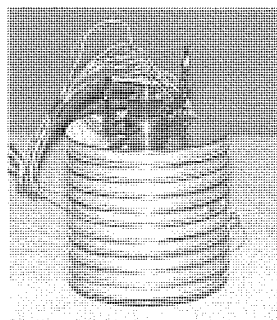


図 8. 試作したパンケーキ
コイル

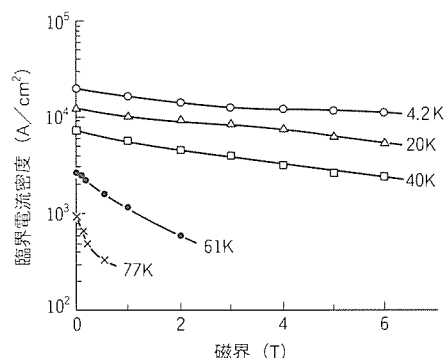


図 9. パンケーキコイルの J_c の温度依存性

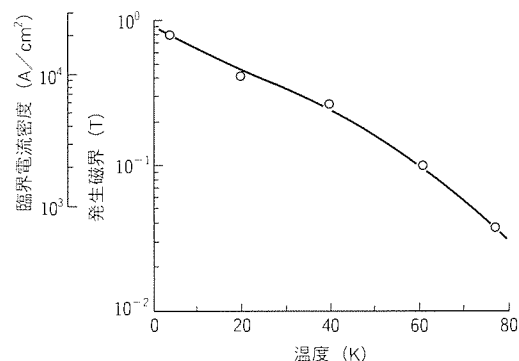


図10. パンケーキコイルの発生磁界の温度依存性

表 2. 試作したパンケーキコイルの諸元

コイル	外径 (mm)	78
	内径 (mm)	7
	高さ (mm)	61
導体寸法 (幅×厚さ×長さ) (mm)		4.5×0.45×4,500 (テープを 3 枚積層)
ターン数		31×10

性のばらつきはほとんどないが、コイル化によってコイル上下端のパンケーキの J_c が低下する端部磁界効果が見られた⁽⁷⁾。

図 10 にパンケーキコイルの発生磁界の温度依存性を示す。このコイルは液体ヘリウム温度において 0.8 T、液体水素温度において 0.4 T を発生し、今後、 J_c の改善とともに発生磁界の向上が期待できる。

3.5 Bi 系 Ag シース超電導線材の課題

現在、20～30 K までの温度における磁界中の J_c は実用レベルに近づいているが、77 K における磁界中の J_c は非常に低く、液体窒素中における応用を困難にしている。今後、酸化物超電導線材が本格的に実用化されるためには、77 K において有効に働くピンニングセンターを導入し、77 K における磁界中の J_c の飛躍的向上が急務である。

4. む す び

金属系超電導線材と酸化物系超電導線材を主として材料開発の側面から紹介した。従来から超電導線材は、EPMA、SEM を主体とした分析結果を頼りに、断面構成・組成・熱処理条件の最適化による組織制御を行うことで、 J_c の向上、磁界特性の改善が図られてきた。

今後、金属系超電導線材では、サブミクロンまでフィラメントが細径化した交流用超電導線材の開発が進み、線材の高性能化とともに、加工技術の高度化が要求される。ナノスケールでの線材評価、分析法の開発と合わせて複合材料としての加工時における変形挙動の解析をしっかりと行い、線材設計を進めなければならない。

また、酸化物系超電導線材では、液体窒素中で利用するために 77 K における磁場中特性の改善というブレークスルー

が必要であるが、マイルストーンとして 4.2 K、20 T 以上で利用するコイル、又は 20 K において 5 T 程度を発生できるコイル作製が更に加速されると思われる。その実用化のためには、2223 相の生成過程を詳細に把握することで従来の線材製造プロセスの改良を進めるとともに、薄膜的組織、構造制御ができる新しい線材製造プロセス技術の創造が必要と考える。

参 考 文 献

- (1) 特集“超電導の進展”，三菱電機技報，66，No.5（1992）
- (2) Hashimoto, Y., Yoshizaki, K., Tanaka, M.: Processing and Properties of Superconducting Nb_3Sn Filamentary Wires, Proc. ICMC-5, 332（1974）
- (3) 久保芳生，永井貴之，内川英典，宇都宮 真：東北大学金属材料研究所強磁場超伝導センター年次報告，186（1992）
- (4) Raynor, G. V.: Annotated Equilibrium Diagram Series, No. 2, The Inst. of Metals, London（1944）
- (5) Takano, M., Takada, J., Oda, K., Kitaguchi, H., Miura, Y., Ikeda, Y., Tomii, Y., Mazaki, H.: High- T_c Phase Promoted and Stabilized in the Bi, Pb-Sr-Ca-Cu-O System, Jpn. J. Appl. Phys., 27, L1041（1988）
- (6) Asano, T., Tanaka, Y., Fukutomi, M., Jikihara, K., Maeda, H.: Properties of Pb-Doped Bi-Sr-Ca-Cu-O Superconductors Prepared by the Intermediate Pressing Process, Jpn. J. Appl. Phys., 28, L595（1989）
- (7) Chen, Y. L., Stevens, R.: 2223 Phase Formation in Bi (Pb)-Sr-Ca-Cu-O : I, The Role of Chemical Composition, J. Am. Ceram. Soc., 75, No. 5, 1142（1992）
- (8) 下畑賢司，藤田重人，横山彰一，中村史朗，宮下章志，樋熊弘子，宇佐美 亮，内川英典：Bi 系 2223 テープを用いたコイル内の I_c 分布，応用物理学関係連合講演会講演予稿集，春季（1993）

光・電子デバイス用 π 共役系高分子材料

肥塚裕至* 信時英治**
津村 顯* 淵上宏幸**
蔵田哲之** 濱野浩司**

1. ま え が き

高度情報化社会の進展に伴い、情報の高速・大量処理に対応する各種デバイスの開発が活発化している。その一つがこれまでのエレクトロニクスに代わる光を利用した情報の処理である。そのためには、いろいろな光デバイスが必要である。例えば、出力用の表示デバイスでは、情報量の増大に伴って大面積化が求められており、その代表的なものとしてアモルファスシリコン薄膜トランジスタ (a-Si TFT) を駆動素子とする液晶表示素子の開発が進められている。また、電子の代わりに光を用いる全光情報処理の観点では、新しい光制御デバイスとして光スイッチや光変調素子等が求められており、これら光デバイスを構成するキーとなる材料である非線形光学材料の研究開発が進められている。しかし、これらデバイスは Si や GaAs 等に代表される無機半導体をベースとして開発が進められてきた。

近年になって高分子材料、特に π 共役系高分子材料が光・電子機能に優れていることから注目を集め、材料の研究とともにそのデバイスへの適用が検討されている。ここでは、 π 共役系高分子材料の特徴と、その半導体材料及び非線形光学材料への応用について述べる。

2. π 共役系高分子の光・電子機能

2.1 π 共役系高分子のバンド構造

π 共役系高分子材料は、その高分子骨格が一重結合と二重結合が交互に繰り返された共役二重結合からなるポリマーの総称である。共役二重結合は σ 結合と π 結合で構成されており、 σ 結合は分子軸方向の sp^2 混成軌道同士の重なりによって結合が形成されており、電子 (σ 電子) はその結合方向だけに局在化している。これに対して、 π 結合は分子軸に垂直な p_z 軌道同士の重なりによって形成される。 π 結合を構成する電子 (π 電子) は炭素と炭素の間の特定の結合に局在せず、分子鎖全体に広がり (非局在化)、全体としてバンドを構成する。 π 共役系高分子のバンド構造は p_z 軌道からなる結合性及び反結合性 π 分子軌道がそれぞれ集まってできた価電子帯と伝導帯、及びそれらを隔てる禁制帯からなり、無機半導体と同じバンド構造である (図 1)。

このように、 π 共役系高分子のバンド構造は、分子全体に非局在化した π 電子によって構成されているという特徴をもっている。この π 電子が光励起や電界などによって他の有機

材料には見られない光・電子機能を発現することになる。

2.2 半導体機能

π 共役系高分子材料の禁制帯幅は 1 ~ 4 eV であり、そのままの状態では単なる絶縁体である。しかし、 π 共役系高分子では化学的・電気化学的方法によって容易に価電子帯中の π 電子を抜き去ったり (酸化, p ドーピング), 伝導帯中に電子を注入 (還元, n ドーピング) することによって、 π 共役系高分子の電子状態を変調・制御することができる。p 又は n ドーピングによって、 π 共役系高分子はそれぞれ p 又は n 型の材料になり、ドーピング量によって電気伝導度を絶縁体領域から金属領域に至る幅広い範囲で制御することができる。このように π 共役系高分子はドーピング量を制御することによって半導体材料として利用することができる。

2.3 非線形光学機能

非線形光学効果とは、レーザ光などの高強度の光によって引き起こされる種々の効果の総称である。その起源は、光電場によって物質の内部に誘起される非線形分極である。光の電場 E に対する物質の分極は、次式で表される。

$$P = \chi^{(1)}E + \chi^{(2)}E \cdot E + \chi^{(3)}E \cdot E \cdot E + \dots \quad (1)$$

第一項が線形分極で通常の屈折率や誘電率を与える。第二項以下が非線形分極であり、この非線形分極によって起こる種々の現象が非線形光学効果である。係数 $\chi^{(n)}$ ($n \geq 2$) が非線形光学定数である。非線形光学効果には種々の効果があるが、最近では 3 次の非線形光学効果が注目されている。その理由としては、材料の屈折率が光の強度に依存して変化する 3 次の非線形光学効果が、光情報処理に用いられる光・光制御デバイス実現に必要不可欠と考えられているからである。 π 共役系高分子では、分子鎖全体に非局在化した π 電子の光

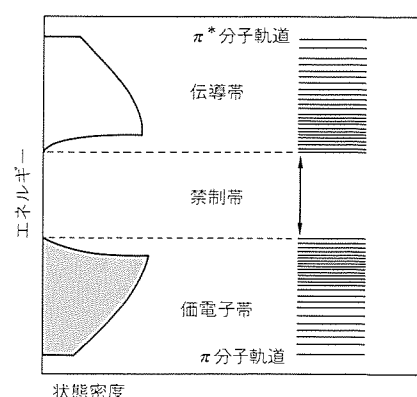


図 1. π 共役系高分子材料のバンド構造

電場への応答がこの非線形光学効果の源であるため、応答速度がピコ秒からフェムト秒レベルと大変速いのが特徴である。

3. 半導体材料としての応用

上で述べたように π 共役系高分子のバンド構造は無機半導体のそれに類似していることから、 π 共役系高分子を用いて Schottky 型接合素子⁽¹⁾、ヘテロ接合素子⁽²⁾や電界効果トランジスタ⁽³⁾等のいろいろな半導体素子を作製することができる。この中で、高分子材料の特徴を生かし、しかも特性的に無機半導体素子と同等の特性を示すデバイスに薄膜トランジスタ (TFT) がある。

トランジスタの特性を支配する重要なパラメータとして半導体材料のキャリア移動度 (μ) がある。 μ が大きければ小さなゲート電圧で大きなチャネル電流を流すことができるばかりか、応答速度も速くなる。代表的な TFT で、液晶表示ディスプレイの駆動素子である a-Si TFT の μ は $0.1 \sim 1 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ である。

π 共役系高分子を利用した初めてのトランジスタは電解重合法で作製されたポリチオフェンを半導体として用いていた⁽³⁾。このときのポリチオフェンの μ は約 $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ レベルであった。キャリア移動度 μ を大きくする一つの方法は、

キャリアがホールの場合には価電子帯幅を、キャリアが電子の場合には伝導帯幅を大きくする必要がある。価電子帯幅又は伝導帯幅を大きくすることは、共役二重結合の長さである π 共役長を長くすることに相当する。電解重合ポリチオフェンでは、 α - β 結合に由来する結合欠陥のために π 共役長はそれほど長くなく、そのために μ が大きくなかった。そこで、 π 共役系高分子の π 共役長を長くすることのできる高分子量で、しかも、スピンコート法等の簡便な方法で半導体層を作製することが可能なポリ (2, 5-チエニレンビニレン) (PTV) を用いることにした⁽⁴⁾。

PTV 自身はいかなる溶剤にも不溶であるが、その前駆体ポリマーは有機溶剤に可溶である。前駆体ポリマーの繰り返し単位数 (n) は約 1,000 であった (図 2)。PTV 前駆体は約 $1 \text{ } \mu\text{m}$ 以上の膜であれば加熱処理だけで PTV へと変換させることができる。しかし、ここでは PTV の膜厚としてゲート電圧を印加しないときのソース・ドレイン間でのリーク電流を低く抑えるために $600 \sim 800 \text{ } \text{\AA}$ と極めて薄い膜を用いている⁽³⁾。しかし、PTV 前駆体ポリマーが薄い場合には、単なる加熱処理だけでは PTV への変換は困難である。PTV 前駆体ポリマーから PTV ポリマーへの変換にはプロトン酸が有効な触媒となる。そこで、ガラス基板上に Cr ($1,000 \text{ } \text{\AA}$) からなるゲート電極、さらにゲート絶縁膜である SiO_x ($5,000 \text{ } \text{\AA}$) を設けた基板上に PTV 前駆体ポリマーをスピンコート法で塗布した後、微量の塩酸ガスを含む窒素気流下で 200°C で加熱処理を施すことによって、PTV ポリマーへと変換させた。その後、ソース及びドレイン電極となる一対の ITO (Indium-Tin-Oxide) 電極を通常のリソグラフィで設けた (図 2)。作製したトランジスタはチャネル長が $5 \text{ } \mu\text{m}$ 、チャネル幅が 5 mm の絶縁ゲート型電界効果トランジスタである。

図 3 には作製したトランジスタの特性を示す。負のゲート電圧 (V_G) を印加するに従い、チャネル電流 (I_c) が増大する蓄積 (エンハンスメント) 型のトランジスタである。また、大きいドレイン電圧 (V_{DS}) 領域でチャネル電流の飽和 (ピンチ

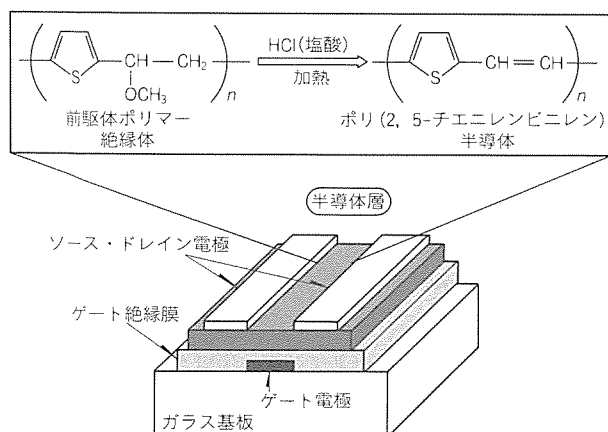


図 2. PTV ポリマー薄膜トランジスタの構造と PTV ポリマーへの変換反応式

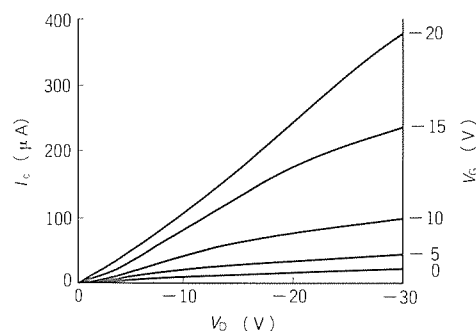


図 3. PTV ポリマー薄膜トランジスタの電気特性

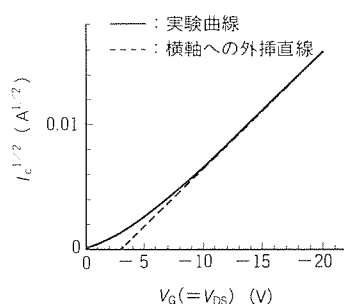


図 4. PTV ポリマー薄膜トランジスタにおける $\sqrt{I_c}$ と V_G の関係

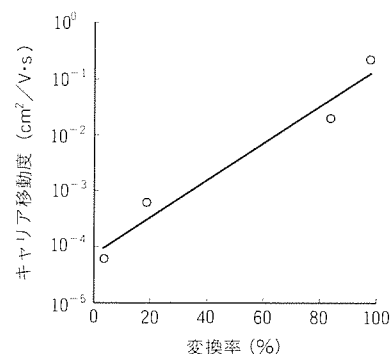


図 5. PTV ポリマー薄膜トランジスタにおける PTV ポリマーへの変換率とキャリア移動度

オフ) がみられる。TFT のチャネル電流の飽和領域におけるチャネル電流-ゲート電圧特性は次式で表される⁽⁵⁾。

$$I_C = W\mu C_{OX} (V_G - V_{th})^2 / 2L \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 W 、 L 、 μ 及び C_{OX} はそれぞれチャネル幅、チャネル長、キャリア移動度、ゲート容量であり、 V_{th} はチャネルが動き始めるゲート電圧である。トランジスタのキャリア移動度を見積るためにチャネル電流の平方根を縦軸に、ゲート電圧を横軸にプロットした(図4)。式(2)から予想されるように大きいドレイン電圧領域で直線が得られ、横軸との接点から V_{th} が -3 V、直線の傾きと式(2)からキャリア移動度が計算でき $0.2 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ であった⁽⁶⁾。このキャリア移動度の大きさは、ほぼ a-Si TFT のそれに匹敵する。

図5には前駆体ポリマーから PTV ポリマーへの変換率による μ の変化を示す。変換率は FT-IR スペクトルにおける $1,095 \text{ cm}^{-1}$ の前駆体ポリマーにおける C-O-C 伸縮振動による吸収と、 806 cm^{-1} のチオフェン環の C-H 面外変角振動に基づく吸収を比較することによって求めた。 μ は変換率が4%のときには $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ レベルであるのに対して、変換率の向上、すなわち π 共役長が長くなるに伴って直線的に増加し、98%のはほぼ完全な PTV への変換後では μ は $0.2 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ となっている。このことから、 π 共役系高分子の電子機能の向上には π 共役長を長くすることが重要なことが分かる。

4. 非線形光学効果の応用

4.1 π 共役系高分子材料の非線形光学特性

現在知られている π 共役系高分子材料は応答速度が速いが、3次の非線形光学定数は小さい。そこで新しい材料を開発する前に、デバイス側から非線形光学材料として必要な特性を把握する必要がある。導波路型デバイスは、導波路内に光を閉じこめるために光強度を大きくでき、また光路長を長くで

きることから非線形光学効果を有効に利用できる。導波路型光スイッチや光変調デバイスを対象にして π 共役系高分子材料の非線形光学定数の評価を行った。以下に π 共役系高分子材料の薄膜導波路特性や電界変調効果について、3章で半導体材料として用いた PTV ポリマーを ATR (Attenuated Total Reflection) 法によって評価した。

ATR 測定は図6に示す Kretschmann 配置で行った⁽⁷⁾。まず、プリズムの底面に金属薄膜を形成し、その上に測定対象となる材料薄膜の導波路を形成する。光はプリズム内部から入射してプリズム底面の金属面で全反射するが導波路の導波モードの励起が起るときには、入射光のエネルギーが導波路に移動するため、反射光強度が減少する。したがって、反射光強度をプリズム底面への入射角の変化に対して測定すると、導波モードの励起される角度で反射光強度の減少が観測される。導波路における導波モードが立つ条件は、その膜厚と屈折率によって決まる。また、導波モードはその電場の偏光方向によって二つのモードに分けられる。伝搬する光の電場方向が膜面の面内方向にある場合が TE モード、膜面に対して垂直な場合が TM モードである。

この導波路に図6に示すように、もう一方の電極によって電場を印加すると、媒質に非線形光学効果の一つである電気光学効果が発生する。電気光学効果とは、電場の印加によって屈折率が変化する効果であるが、電場の二乗に比例する効果が2次の電気光学効果(カー効果)であり、3次の非線形光学効果に対応する。

作製した試料の構造を図7に示す。膜厚約 500 \AA の Au 蒸着膜を設けた BK-7 ガラス基板を下部電極基板とした。 π 共役系高分子材料としては PTV ポリマーを用いて、下部電極基板上に3章と同様の方法によって約 $2,000 \text{ \AA}$ の PTV ポリマー薄膜を設けた。次に絶縁膜と導波路を兼ねる層としてシリコンラダーポリマー(菱電化成製: ラダーコート)膜 ($1.6 \mu\text{m}$ 厚) をスピコートによって作製した。ここでは、PTV ポリマーとシリコンラダーポリマーの2層が導波路となっている。電場変調効果を測定するときの上部電極としては、ガラス基板に蒸着した Au (500 \AA) / Cr (300 \AA) (積層) 膜を用いた。

作製した試料の導波路モードを測定した結果を図8に示す。入射光としては波長が 830 nm の半導体レーザを用いた。プリズムの屈折率 ($n_p = 1.50$)、シリコンラダーポリマーの屈

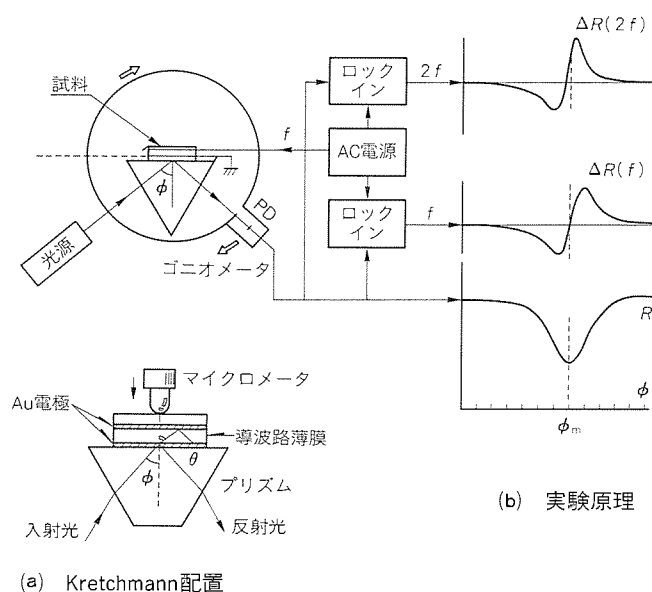


図6. 電場変調ATR法

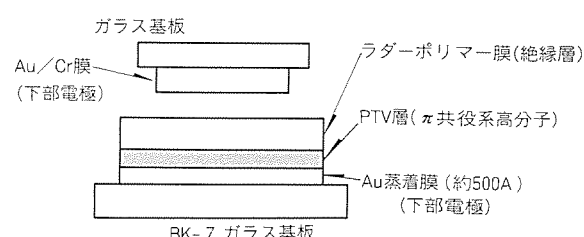


図7. 変調ATR測定用試料の構成

折率($n=1.55$)を用いて、導波モードを同定し、PTV ポリマー層の膜厚と屈折率を求めた。ここで、光はPTV ポリマーとシリコンラダーポリマーの2層を伝搬し、クラッド層が下部 Au 層と上部の空気層とした4層導波路モデルを用いて計算を行った。この結果、PTV 屈折率として1.9、膜厚としては2,100 Åの値を得た。

次に、得られた導波モードのうち、一つのモード(ここでは TM_5 モード)についてその変調特性を測定した。印加電圧は20V、周波数は1 kHz であり、電場の周波数 f に対して $2f$ で位相検波して測定した。測定結果を図9に示す。図から分かるように元の導波モードに対して微分形となる変調信号が観測された。この特性を解析して非線形光学定数 $\chi^{(3)}$ を求めた。ここで解析の手順としては、まず導波モード曲線の微分を計算して測定結果とフィッティングすることによって共振角度の変化分 $\Delta\phi_m$ を求めた。次に、導波モード条件の式によって共振角度変化と屈折率変化の定量的な対応を求め、非線形光学定数を決定した。その結果、屈折率の変化量 Δn は 1.2×10^{-5} の値となり、式(3)

$$\Delta n = \chi^{(3)} E^2 / 2n \quad \dots\dots\dots (3)$$

に従い、PTV ポリマーの3次の非線形光学定数 $\chi^{(3)}$ として $3.7 \times 10^{-19} \text{ m}^2/\text{V}^2$ ($2.6 \times 10^{-11} \text{ esu}$) が得られた。

π 共役系高分子を導波路型デバイスの一つであるマッハツェンダー型光変調デバイス(図10)に適用した場合を考えてみる。このデバイスでは、入射光が二つの光路に分割されており、片方の光路において変調が行われることにより、二つの導波路で位相差が生じて最後に結合したときに光強度の変調ができる。デバイス動作のためには、 π の位相差を生じさせることが必要である。位相差 $\Delta\phi$ は、

$$\Delta\phi = (2\pi/\lambda) \Delta n \cdot L \quad \dots\dots\dots (4)$$

で表される。上の結果を代入すると $\Delta\phi = \pi$ のときに必要なデバイス光長 L は4 cm になる。伝搬中の光ロスや集積化の点を考慮すると、光路長で2~3けた小さくすることが必要である。したがって、非線形光学定数 $\chi^{(3)}$ については、少なくとも2~3けた程度その値を大きくすることが必要である。駆動電圧を小さくするためには、非線形光学定数 $\chi^{(3)}$ を

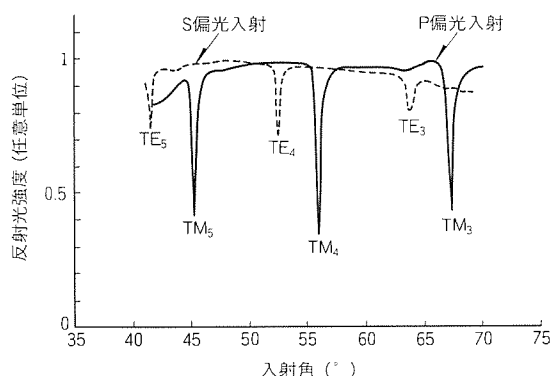


図8. PTV膜の導波路モード特性

更にもう1~2けた大きくしなければならない。

4.2 非線形光学特性の向上

前述のように π 共役系高分子の非線形光学特性は実用レベルには達していない。有機非線形光学特性は、材料を構成する分子個々の特性の重ね合せとなることから、分子の配列を制御した分子配向薄膜を作製することにより、非線形光学機能を向上させることが可能と考えられる。そこで、分子配向制御の試みとして分子ビーム蒸着法を用いた配向薄膜の作製を検討した。

まず、化学重合ポリチオフェンの真空蒸着薄膜を作製した。到達真空度が 10^{-5} Torr 台での蒸着ではアモルファスの膜しか得られないが、蒸着時の基板温度を150℃から200℃程度に加熱することによって、剛直なポリチオフェン主鎖が基板に対して77°とほぼ垂直方向に配向している膜が得られることが分かった⁽⁸⁾。そこで、分子構造が明らかで、精製も容易な低分子量ポリチオフェンであるチオフェン6量体(α -sexithienyl: 以下“6 T”いう。)を用い、さらに高真空下でK (Knudsen) セルを用いて分子線蒸着を行った。その結果、到達真空度が 1×10^{-9} Torr 程度の高真空下で、約1 Å/min のたい(堆)積速度で薄膜を作製すると配向性が非常に高くなることが分かった。

図11には基板温度25℃で作製した6 T 薄膜の斜め入射における偏光吸収スペクトルを示す。ここでは、分子配向の効果を正確に評価するため入射光を基板に対して45° 傾けて入射している。図中のS 偏光入射では、光電場の方向は膜の面内方向と平行となり、垂直入射の場合と同じ吸収スペクトルが得られている。一方、P 偏光入射では、膜に垂直方向

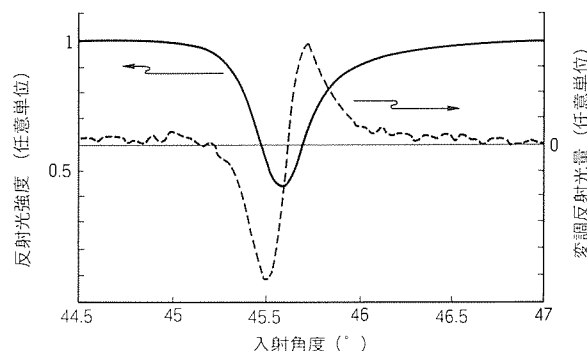


図9. 導波モードの電場変調ATR特性

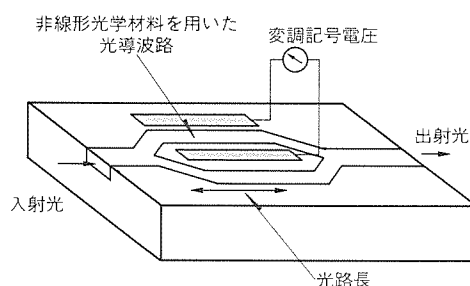


図10. マッハツェンダー型光変調デバイスの概念

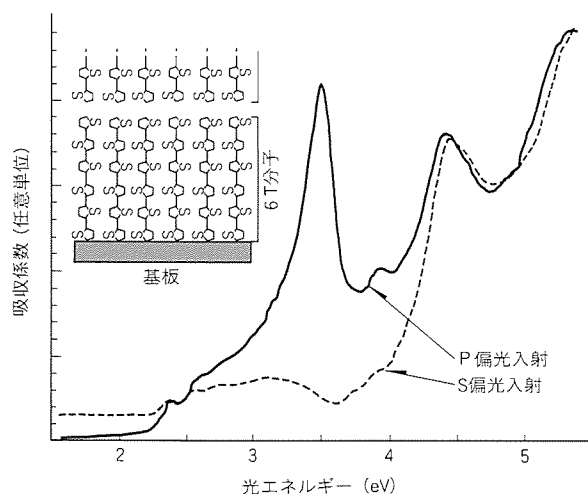


図11. 6T配向薄膜の斜め入射における偏光吸収スペクトル

の吸収成分を検知できるが、3.5 eVに急しゅん(峻)な吸収ピークを示している。この吸収ピークはそのエネルギーから6T分子の分子長軸方向に遷移モーメントをもつ π - π^* 吸収に同定される。この結果から、この6T薄膜では6T分子が図11中に示すように垂直に配向していることが分かった。6Tの無配向膜や溶液中のスペクトルでは、この π - π^* 吸収はブロードであるのに対し、非常に先鋭化し、しかも短波長シフトしていることから一種の結晶状態である会合体を形成しているものと考えられる。

分子線蒸着によって作製した6T配向薄膜の非線形光学定数 $\chi^{(3)}$ を、第3高調波発生を利用したTHG(Third Harmonic Generation)メーカフリンジ法によって評価した。基本波には波長1.06 μm のYAGレーザを用いた。その結果、6T分子が配向していることに加え、分子の会合化によって、非線形光学定数 $\chi^{(3)}$ は、分子が配向していない場合($\chi^{(3)}: 1.4 \times 10^{-18} \text{ m}^2/\text{V}^2$ ⁽⁹⁾)に比べて少なくとも1けた以上大きい値($\geq 2.1 \times 10^{-19} \text{ m}^2/\text{V}^2$ ($1.5 \times 10^{-11} \text{ esu}$))となった。このように、 π 共役系高分子材料の非線形光学特性を向上させるには分子を精密に配向させることが一つの方法であることが分かった。

5. む す び

これまで有機材料は無機材料をりょうが(凌駕)できないと思われてきた。しかし、ここで報告したように有機材料である π 共役系高分子材料の光・電子機能も無機材料のそれに近づきつつある。今後は π 共役系高分子材料の更なる特性向上に加えて、高分子材料の特徴である大面積化が容易なこと、

加工性が良いこと等を生かしたデバイスへの適用が期待される。

参 考 文 献

- (1) Koezuka, H., Etoh, S.: Schottky Barrier Type Diode with an Electrochemically Prepared Copolymer having Pyrrole and N-methylpyrrole Units, *J. Appl. Phys.*, **54**, No.5, 2511~2516 (1983)
- (2) Koezuka, H., Hyodo, K., MacDiarmid, A. G.: Organic Heterojunctions Utilizing Two Conducting Polymers: Poly (acetylene) / Poly (N-methylpyrrole) Junctions, *J. Appl. Phys.*, **58**, No. 3, 1279 ~ 1284 (1985)
- (3) Tsumura, A., Koezuka, H., Ando, T.: Macromolecular Electronic Device: Field-effect Transistor with a Polythiophene Thin Film, *Appl. Phys. Lett.*, **49**, No.18, 1210~1212 (1986)
- (4) Fuchigami, H., Tsumura, A., Koezuka, H.: A New Type of TFT Based on a Polymeric Semiconductor, *Extended Abst. of the 1991 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials*, Yokohama, 596 (1991)
- (5) Sze, S. M.: *Physics of Semiconductor Device*, Wiley, New York (1969)
- (6) 洲上宏幸, 津村 颯, 肥塚裕至: ポリチエニレンビニレンを用いた薄膜トランジスタ, 第53回応用物理学学術講演会18p-Z-12 (1992)
- (7) Morichere, D., Dentan, V., Kajzar, F., Robin, P., Levy, Y., Dumont, M.: Kerr Effect and Electrostriction in Thin Polymeric Films. Application to Polysilane Films, *Opt. Commun.*, **74**, No. 1, 2, 69 ~ 74 (1989)
- (8) Kurata, T., Fuchigami, H., Koezuka, H., Yamamoto, T., Fukuda, T.: Molecular Orientation in Vacuum-deposited Poly (thiophene) Film Studied by Second-harmonic Generation, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **31**, No.12A, 3869~3872 (1992)
- (9) Fichou, D., Garnier, F., Charra, F., Kajzar, F., Meslier, J.: Linear and Non-linear Optical Properties of Thiophene Oligomers, *Spec. Publ. R. Soc. Chem.*, **69**, 176~182 (1989)

次世代DRAM用高誘電率 キャパシタ膜材料

佐藤一直* 難波敬典***
渡井久男** 檜垣孝志+
小蒲哲夫**

1. ま え が き

LSIの主要機種であるDRAMは、半導体デバイスのテクノロジードライバとして、ほぼ3年に4倍のペースで集積度を向上させてきた。高集積化に伴ってDRAMのキャパシタセル面積は縮小するが、メモリのソフトエラー対策のため、キャパシタには従来と同程度の蓄積電荷量を確保する必要がある。現在までキャパシタ膜材料としてはSiの酸化膜(比誘電率 $\epsilon_r=3.8$)又は窒化膜($\epsilon_r\sim 7.6$)が用いられてきた。

図1に示すように4M DRAMにおいて初めて三次元セル構造が採用されたが、今後もこれらの材料を使い続ける限り、蓄積電荷量を確保するにはキャパシタセル構造を高度に立体化し、キャパシタの実面積を減らさないように工夫する必要がある。この結果、DRAMの製造工程数が増加し、ビットコストの上昇が避けられないと考えられている。つまり、次世代DRAMは半導体デバイスとしての物理的限界に到

達する前に、メモリデバイスとしての価格的魅力を失う可能性があり、工程数削減を目指した技術的ブレイクスルーが待望されている。そこで、三次元セルからもう一度平面セル構造へと回帰させるために、高誘電率材料をキャパシタ膜へ適用する試みが検討されている。

この論文は、平面セル構造をもつ次世代DRAM開発の一環として、ペロブスカイト型構造をもつ SrTiO_3 (以下“ST”という。)⁽¹⁾とSrの一部をBaで置換した $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\cdot\text{TiO}_3$ (以下“BST”という。)⁽²⁾を取り上げ、高誘電率キャパシタ膜材料としての適用性を検討した結果について紹介するものである。

2. 高誘電率キャパシタ膜材料

2.1 高誘電率キャパシタ膜の必要性

DRAMのメモリセルは、電荷を蓄積するキャパシタ1個とスイッチングトランジスタ1個とから成り立っている。キャパシタに蓄積される電荷量 Q は、

$$Q = CV \dots\dots\dots (1)$$

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 S/d \dots\dots\dots (2)$$

で表わされる。

ここで、 C :蓄積容量、 V :電圧、 ϵ_r :キャパシタ材料の比誘電率、 ϵ_0 :真空の誘電率、 S :電極面積、 d :キャパシタ厚、

まえがきに記したように、ソフトエラー耐性を保つため、DRAMの集積度が增大してもキャパシタの蓄積電荷量を大幅に減少させる訳にはいかない。

式(1)、式(2)から分かるように、キャパシタ容量を確保するためには、①キャパシタ膜を薄くすること、②キャパシタ面積を大きくすること、③比誘電率の大きなキャパシタ

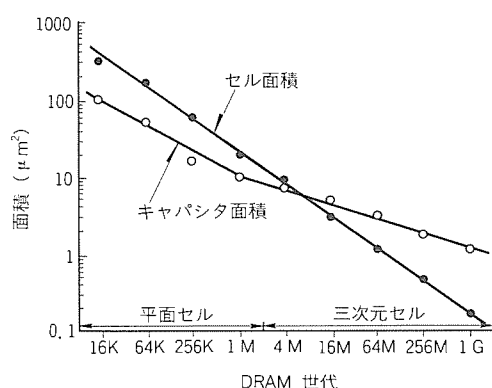


図1. DRAMの変遷

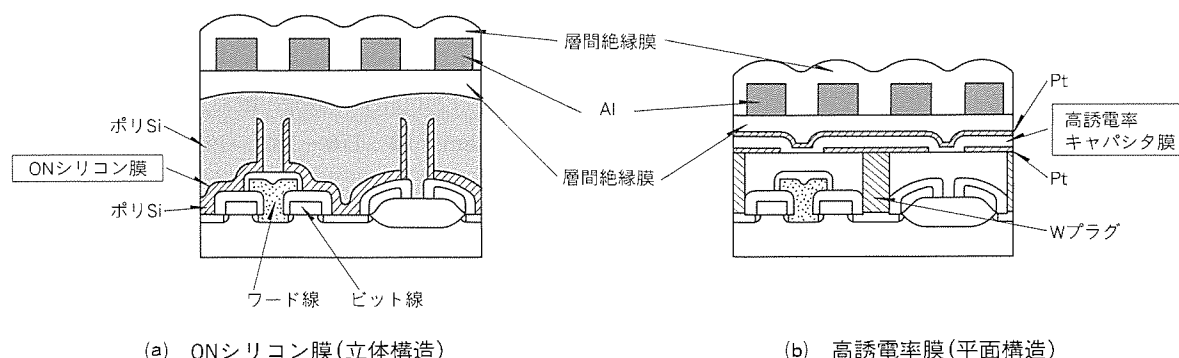


図2. 次世代DRAMセル構造例

膜を使用することの三つの方法がある。従来の DRAM では Si の酸化膜又は窒化膜 (一部を酸化した ON 膜として使用される場合が多い。) をキャパシタ膜材料として用いており、膜厚の低減と電極面積の増大によって蓄積容量の確保に努めてきた。しかしながら、現状の DRAM において、これ以上の膜厚低減は困難となっており、次世代 DRAM では更に広い電極面積を確保する必要が生じている。

その結果、図 2(a) に示すような複雑なセル構造^(注1)をとらざるを得なくなっている。ここでもし、高い比誘電率をもつ材料を DRAM のキャパシタに適用できれば、図 2(b) に示すような平面構造のキャパシタセルが可能であり、DRAM の工程数の削減とビットコストの低減が実現できる。そこで、比誘電率の大きなキャパシタ膜材料の開発が期待されている。

DRAM 用キャパシタ膜は、より微小な面積で大きな電荷を蓄積し、蓄積した電荷を少なくともメモリ書換えの時間は保持することを要求される。キャパシタ膜への電荷蓄積容量は一般に単位面積当たりの蓄積容量を SiO_2 の膜厚に換算した t_{eq} ^(注2) で表し、電荷の保持特性を示すリーク電流密度とともにキャパシタ膜を評価する際の最も重要な因子となっている。例えば、64 MDRAM ではそれぞれ $t_{\text{eq}} \leq 1.0 \text{ nm}$ 、リーク電流密度 $\leq 10^{-8} \text{ A/cm}^2$ 程度の特徴が要求されており、集積度の向上を達成するためには t_{eq} 及びリーク電流密度の値を更に減少させる必要がある。

表 1 に、現在検討されている代表的なキャパシタ膜材料を示した。表に示したように、ペロブスカイト型構造をもつ複合酸化物の $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (以下“PZT”という。) や ST、BST は大きな誘電率を示す。このうち PZT や BST は強誘電体材料として知られ、キュリー温度以下で強誘電相とな

(注 1) 図 2(a) において、キャパシタ膜としての ON 膜は膜厚が薄すぎるためにポリ Si 電極の境界線で表している。

(注 2) 蓄積電荷量の式から分かるように、蓄積容量 C が大きいキャパシタ膜ほど t_{eq} は小さくなる。

表 1. キャパシタ膜用材料と比誘電率

キャパシタ用材料	バルク比誘電率 ϵ , 室温
SiO_2	3.8
Si_3N_4	7.6
Ta_2O_5	22
PZT *	~1,200
SrTiO_3	~300
$(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$	組成によって大きく変化 ($x=0.50$ のとき, ~1,000 $x=0.65$ のとき, ~6,000)

注 * 組成 $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ のときの値を示した。

表 2. スパッタリング成膜条件

成膜法	RF スパッタリング法
ターゲット組成	SrTiO_3 又は $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$
基板温度 (°C)	500~750
スパッタガス雰囲気	$\text{Ar}/\text{O}_2 = 0/10 \sim 9/1$
スパッタガス圧力 (Pa)	1~50

る。室温 (使用温度域) より高いキュリー温度をもつ強誘電体材料をキャパシタ膜に適用した場合使用温度域では強誘電相となるため、DRAM の書換えごとに自発分極の反転が生じ、絶縁性の劣化を招く疲労現象が発生するものと懸念されている。したがって、高い誘電率をもち、使用温度域では自発分極をもたない常誘電相の材料を選択することが望ましい。

PZT は全組成域で 290°C 以上のキュリー温度となるが、BST では Ba と Sr の組成比により、キュリー温度は絶対零度から 130°C まで変化する。つまり、室温付近の使用温度域で PZT は全組成域で自発分極の反転が起きるが、BST では Ba と Sr の組成比を調整することにより、自発分極を抑えることが可能となる。そこで、この BST を高誘電率をもち使用温度域で自発分極をもたない材料となり得るものと考え、次世代 DRAM 用キャパシタ膜への適用を検討した。

2.2 成膜条件

キャパシタ膜への適用を考える場合、100 nm 以下の膜厚の薄膜を作製し、その性質を評価する必要がある。ここでは、プロセスが簡便で酸化物形成に実績のある RF スパッタリング法を用いて薄膜を作製し、各種の測定・評価を行った。

表 2 に今回行った成膜条件を示す。BST ターゲットとしては、 $x = 0.5, 0.65, 0.75$ の組成のものを使用した。熱酸化によって形成した SiO_2 表面層をもつ Si ウェーハを基板とした。この基板に Pt スパッタ膜を下部電極として形成し、この上に BST 膜、上部 Pt 電極を成膜し、評価サンプルとした。

2.3 膜構造

得られた ST 膜及び BST 膜は、すべてペロブスカイト型構造をもっていた。一例として、図 3 に BST 膜の X 線回折プロファイルを示す。Pt 電極と Si 基板の回折ピークも併せてのせてあるが、それ以外のピークはすべて BST に帰属された。

得られた ST 膜及び BST 膜について格子定数を求めた。格子定数は (110) 面の回折ピークから計算した。ST 膜の格子定数は約 3.90 \AA であり、バルクの文献値⁽³⁾ 3.91 \AA に近い値であった。BST 膜の格子定数は、基板温度や組成によ

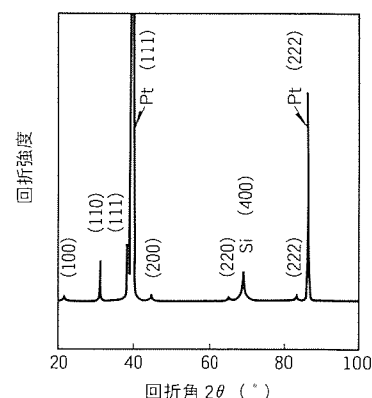


図 3. BST 膜の X 線回折プロファイル

て $4.02 \sim 4.05 \text{ \AA}$ の間で変化した。バルクの BST では、 $x = 0.5 \sim 0.75$ の組成域で $3.95 \sim 3.97 \text{ \AA}$ の格子定数となることが知られており、今回得られた BST 膜は文献値に比べて 2% 程度大きな格子定数を示した。また、バルクの BST は $x = 0.50$ 及び 0.65 で立方晶、 $x = 0.75$ では正方晶になるとされているが、今回の薄膜では $x = 0.5 \sim 0.75$ の組成域で立方晶系の回折パターンとなっていた。

次に、結晶形状や結晶粒径などを調べるために透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察を行った。代表的なサンプルの観察結果を表 3 に示す。表に示すように、成膜温度が高くなるとともに結晶粒径が大きくなり、結晶形状も塊状微結晶から柱状結晶へと変化した。また、成膜時間を長くすると基板面に対して平行方向の結晶粒径はあまり変化しないが、垂直方向の結晶粒径は大きく成長することが分かった。サンプル No. 2 及び No. 4 の BST 膜の断面 TEM 像 (暗視野) を図 4 に示す。暗視野像では特定の回折ピークのみを検出するため、明るい部分のかたまりが一つの結晶粒を表している。比較的低温で成膜した No. 2 膜では $10 \sim 30 \text{ nm}$ の微結晶粒からなる膜構造となり、高温成膜で得られた No. 4 膜では膜厚方向

にそろった柱状構造をとる様子が分かる。両方の膜において、Pt 電極と BST 膜の界面は BST と Pt の結晶粒が直接接しており、Pt、BST 以外の層又はアモルファス層は観察されなかった。

2.4 誘電特性

ST 膜及び BST 膜の誘電特性を検討した。ST 膜、BST 膜ともに成膜温度を高くすると、比較的高い比誘電率を示すことが分かった。膜厚 280 nm の ST 膜では比誘電率が約 250 であり、表 1 に示したバルクの値に近い値を示した。一方の BST 膜はバルクの値に比べてかなり低い比誘電率を示した。

次に、膜厚 100 nm 前後の ST 膜及び BST 膜 ($x = 0.65$) の比誘電率の膜厚依存性を評価した。得られた結果を図 5 に示す。ST 膜の場合は、膜厚が 50 nm 付近に減少するまで比誘電率はあまり変化せず、 50 nm 付近から少し減少する傾向を示した。一方の BST 膜の場合は、図に示したとおり膜厚が減少するに従って比誘電率も大きく減少した。DRAM 用キャパシタ膜では 100 nm 以下の膜厚で使用することが予想される。この範囲の膜厚の ST 膜、BST 膜では、BST 膜

の方が高い比誘電率をもつものの、その差は小さくなる傾向にあった。

本来、比誘電率は膜厚によらず一定の値を示すはずであるが、このように BST 膜の比誘電率はバルクに比べてかなり低い値となった。この原因としては、① 電極界面での低誘電率層 (シリコン酸化膜又は BST アモルファス膜) の形成若しくは ② 強誘電体のグレインサイズ効果^(注3)が考えられる。図 4 に示したように電極界面には BST、Pt 以外の層又はアモルファス層は見られなかったことから、① の低誘電率層の存在によって比誘電率が下がったものとは考えられない。そこで、② のグレインサイズ効果が現れたものと考え、これを検討するため、BST 膜を構成する結晶粒の大きさと比誘電率の値を整理した。その結果、図 6 に示したとおり、膜厚ではなく粒径に対して比誘電率は滑らかに変化することが分かった。つまり、BST 膜についてもグレインサイズ効果が生じ、粒径とともに比誘電率が減少

(注3) BaTiO₃などのセラミックでは粒径が μm オーダーに小さくなると、誘電率が減少し、キュリー温度が低下することが知られており、グレインサイズ効果と呼ばれている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

表 3. BST スパッタ膜の誘電率と膜構造

No	成膜温度 (℃)	膜 厚 (nm)	比誘電率	結 晶 粒 徑			膜 構 造 (結晶形状)
				TEM		X線回折 (nm)	
				垂直方向*1 (nm)	平行方向*2 (nm)		
1	550	105	290	10~50	10~50	50	塊状微結晶
2	600	65	280	10~30	10~30	40	塊状微結晶
3	700	80	330	70	20~100	75	柱状結晶
4	700	220	700	220	20~50	210	柱状結晶

注 * 1 基板面に対して垂直方向、つまり膜厚方向

* 2 基板面に対して平行方向

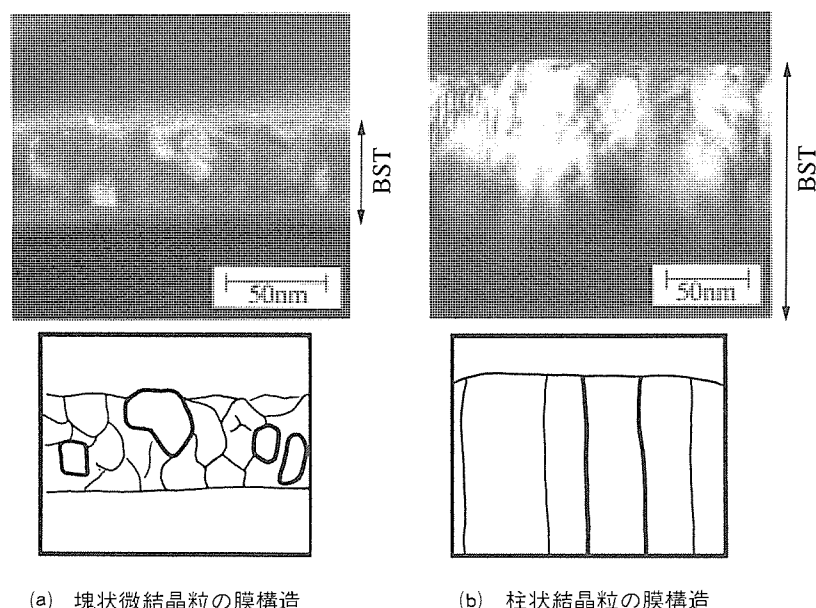


図 4. BST スパッタ膜の断面 TEM 像 (暗視野像)

したものと考えられる。なお、ここでの粒径の値は、パラメータとして数値化するために X 線回折ピークの半値幅から計算したものをを用いたが、基本的には膜厚方向の結晶粒径に一致するものである。

次に比誘電率の温度変化を測定した。ST 膜の比誘電率は測定温度が室温から 120℃ へ上昇すると約 10% 減少した。BST 膜 ($x = 0.65$) の比誘電率の温度変化を図 7 に示す。この組成の BST はバルクでは室温付近にキュリー温度をもつ。このキュリー温度で比誘電率約 10,000 と極大となり、温度がキュリー温度から高くなるか低くなるかどちらかにずれると比誘電率は急激に減少することが知られている。今回の BST 膜では、バルクのときのように温度に対して比誘電率が鋭く変化することはなかった。図 7 には、粒径が 40 ~ 210 nm の BST 膜についての結果を示しているが、結晶粒径が

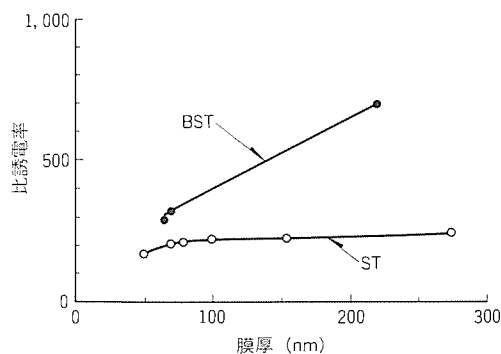


図 5. ST膜及びBST膜の比誘電率の膜厚依存性

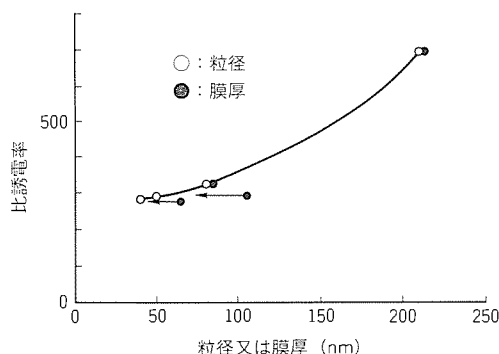


図 6. BST膜の比誘電率と粒径

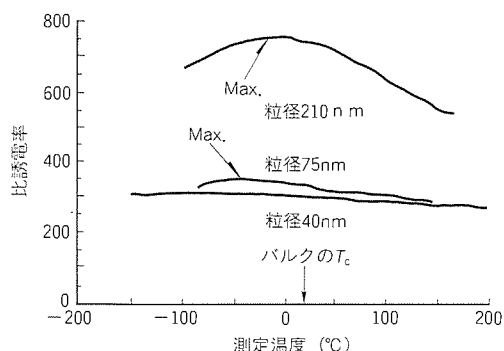


図 7. BST膜の比誘電率の温度依存性

小さいためか、粒径 210 nm の BST 膜でも比誘電率の極大値は 700 程度とバルクの極大値より 1 けた小さな値となった。また、粒径が小さくなるにつれ、比誘電率の値が小さくなるとともに極大値を示す温度も低温側にシフトした。さらに、粒径が小さくなるとともに比誘電率のカーブ自体もゆるやかなものになり、40 nm 粒径の BST 膜では温度に対して比誘電率はほとんど変化しなかった。

2.5 リーク電流

メモリの書換えの間にキャパシタから必要以上に電流のリークがあると、DRAM の誤動作を招く。そこで、ST 及び BST 膜の電流リークについて検討した。図 8 に、異なる温度で成膜した BST 膜 (膜厚 70 nm) のリーク電流密度の測定結果を示した。図に示したように、リーク電流密度は印加電圧とともに増加するが、2 V 付近までは成膜温度によらずゆるやかな増加を示した。リーク電流密度の値自身は成膜温度が高くなるにつれて大きくなり、特に成膜温度 750℃ の BST 膜では 2.5 V 付近から急激なリーク電流密度の増加がみられた。表 3 に示したように成膜温度 600℃ の BST 膜は塊状微結晶粒からなる膜構造をもち、成膜温度 700℃ 及び 750℃ の BST 膜は柱状結晶粒からなる膜構造をもつ。この結晶構造の違いが、リーク電流密度の挙動の違いを招いたものと考えられる。DRAM の動作電圧と考えられる 1.5 ~ 2.0 V の範囲の印加電圧に対して BST 膜のリーク電流密度は $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{ A/cm}^2$ であるが、ST 膜についてもほぼ同程度の値であった。

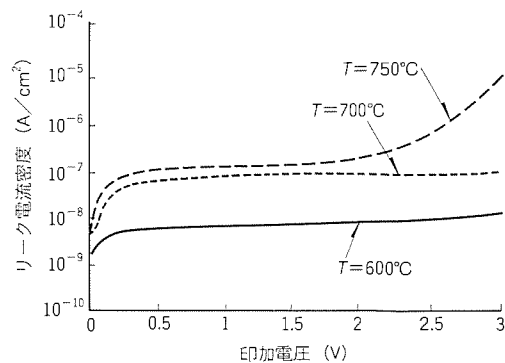


図 8. BST膜のリーク電流密度

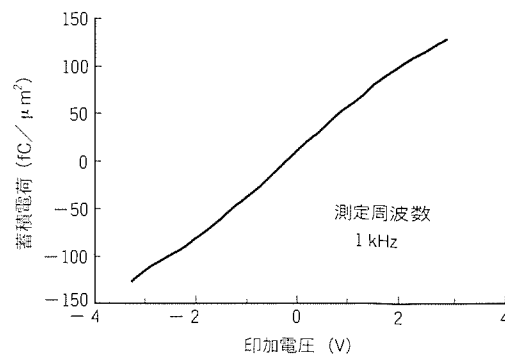


図 9. BST膜の蓄積電荷量

3. DRAM適用へ向けての課題

今回検討したST膜及びBST膜をDRAMに適用する場合、 t_{eq} 及びリーク電流密度の低減を図るのはもちろんであるが、その他にも使用温度範囲内で残留分極をもたず、安定した特性をもつ常誘電体となることが要求される。図9にBST膜への蓄積電荷が印加電圧によってどのように変化するかを示した。DRAMの動作電圧は ± 2 V付近であるが、このときのBST膜の蓄積電荷密度は約 $\pm 80 \text{ fC}/\mu\text{m}^2$ となった。キャパシタ膜として確保すべき蓄積電荷密度は $\pm 50 \text{ fC}/\mu\text{m}^2$ 程度と言われており、BST膜はキャパシタ膜として十分なだけの電荷を蓄積できるものと考えられる。また、図から分かるとおり、蓄積電荷密度は印加電圧に対してはつきりとしたヒステリシスを示さなかった。このことはこの組成のBST膜が残留分極をもたない常誘電体として振る舞うことを示している。この組成域ではバルクでは強誘電体であり、今回の結果と異なっている。薄膜化することでなぜ常誘電体になるのかについては今後検討していくつもりである。

また、2.4節でも述べたとおり、Ba/Sr組成比や成膜条件の調整により、DRAM使用温度域で安定した特性をもつBST膜が得られるものと考えられる。

4. む す び

ペロブスカイト酸化物である SrTiO_3 及びSrの一部をBaで置換した $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$ をスパッタリング法で薄膜化することにより、DRAM用高誘電率キャパシタ膜材料としての適用性を検討した。

その結果、これらの膜は次世代DRAMのメモリセル構造

の平たん化を実現し得る特性をもつことが分かった。また、その膜特性をバルクでの特性によって近づけることにより、キャパシタ特性の向上が図れるものと期待される。薄膜物性に基づく着実な取組により、信頼性の高いデバイス製作を実現していく所存である。

参 考 文 献

- (1) Kuroiwa, T., Honda, T., Watarai, H., Sato, K. : Electric Properties of SrTiO_3 Thin Films Prepared by RF Sputtering, Jpn. J. Appl. Phys., **31**, 3025 ~ 3028 (1992)
- (2) Makita, T., Horikawa, T., Kuroki, H., Tanimura, J., Mikami, N., Sato, K., Nunoshita, M. : Electrical Properties and Film Structures of $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\cdot\text{TiO}_3$ Thin Films by RF Sputtering, 1992 MRS Fall Meeting, G8-8 (1992)
- (3) McQuarrie, M. : Structural Behavior in the System $(\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ and Its Relation to Certain Dielectric Characteristics, J. Am. Ceram. Soc., **38**, 444 ~ 449 (1955)
- (4) Arit, G., Hennings, D., deWith, G. : Dielectric Properties of Fine-grained Barium Titanate Ceramics, J. Appl. Phys., **58**, 1619 ~ 1625 (1985)
- (5) Mukhortov, V. M., Nikitin, Ya. S., Zakharchenko, I. N., Radchenko, M. G., Dudkevich, V. P. : Phase Transitions in Heteroepitaxial Ferroelectric $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{TiO}_3/(001)\text{MgO}$ Thin Film, Zh. Tech. Fiz., **58**, 1449 ~ 1452 (1988)

エキシマレーザ露光用レジスト材料

久保田 繁* 埴 哲郎***
熊田輝彦* 森本博明***
肥塚裕至**

1. ま え が き

半導体デバイスの急速な集積度向上は写真製版技術を駆使した微細加工技術の発展に支えられており、現在では64Mビットのデバイスに焦点を合わせた、0.35 μm級の微細加工技術開発が進められている。

一般に光学系の解像度 (R) は次式で与えられる。

$$R = K(\lambda/NA)$$

ここで λ は露光波長、 NA はレンズの開口数、 K は転写プロセスで決まる定数である。この式から λ を短くするか NA を大きくするかで高解像度化を達成することが可能となる。しかし、焦点深度を考慮すると NA を大きくすることには限界があり、露光波長を短波長化することが高解像度化に最も有用な手段となる。これまでの半導体デバイスでは水銀灯のg線(436nm)、i線(365nm)を光源とする露光技術が用いられてきたが、集積度をより向上させるためにエキシマレーザ光(248nm)を光源とする露光技術が注目されている⁽¹⁾。

従来からこのエキシマレーザ露光技術に適用することを目的としたレジストの開発例が幾つか報告されている⁽²⁾。しかし、実際の半導体デバイス作製に使用できるレベルのレジストは少ない。特に、ポジ型レジストに関しては、そのほとんどのものが実用上問題があるといっても過言でない。そのために、当社ではエキシマレーザ露光用に使用するためのポジ型レジストの開発に取り組んでいる。この報告ではエキシマレーザ露光用のポジ型レジストの開発状況について述べる。

2. 化学増幅系レジスト

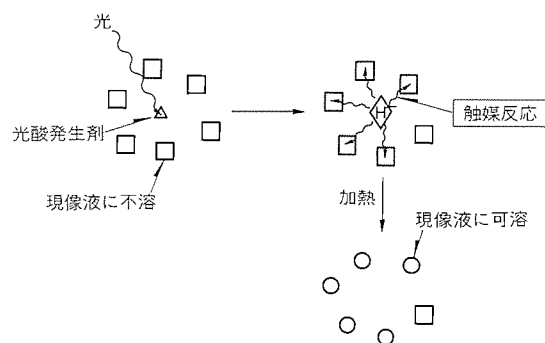
これまで多くのレジストが開発され半導体の製造に供されてきたが、これらレジストで利用されている反応機構は逐次的な光反応によるものである。すなわち、レジスト分子に直接光エネルギーを与えて反応を起こさせる方式である。近年、化学増幅反応機構を利用したレジストがItoとWillsonらによって提案され⁽³⁾、高感度レジストを実現できる技術として注目されている。この反応方式の特徴は、光エネルギーを与えて触媒を発生させ、その後加熱を行うことによって触媒反応を起こさせることにある。

化学増幅反応の原理を図1に示した。従来の逐次反応ではその反応系に吸収された1個の光量子は最大限1個の化学反応を起こすだけである。そのため、多数のレジスト分子を反

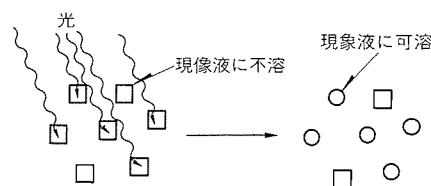
応させるには分子の数だけ光量子が必要となる。一方、化学増幅反応機構を用いたレジストでは、1個の光量子で発生した1個の活性種(触媒)により、多数のレジスト分子の反応を起こすことができる。この反応は触媒が活性を失うまで継続して起こるため、化学増幅系レジストでは少ない露光量で多くのレジスト反応を起こすことができる。実際、光照射を受けて発生した1個の触媒が800~1,100個のレジスト分子の反応を引き起こすことが確かめられている⁽⁴⁾。この触媒反応は連鎖的な反応となり、従来レジストでは比較にならないほどの高感度化が達成できる。当社では、この反応機構に基づいたエキシマレーザ露光用ポジ型レジストの開発を進めてきた。

3. 高解像度レジストの設計

ポジ型レジストは露光部が現像液に溶解するタイプのレジストである。この場合、レジストの未露光部も現像液にある程度溶解するため、露光部と未露光部との現像液に対する溶解性の差がレジストの解像性に影響を与える。図2に示したように、通常、露光部の現像液に対する溶解速度と未露光部の溶解速度の比を“溶解速度比”と定義する。この溶解速度比が低い場合、レジスト未露光部の溶解が無視できなくなる。すなわち、現像中に未露光部の表面と側面の膜減りが起こり、



(a) 化学増幅型(一つの光子で多数の化学反応)



(b) 従来型(一つの光子で一つの化学反応)

図1. 化学増幅反応の原理

レジストパターンの形状が劣化する。この様子を図2右に模式的に示した。一方、溶解速度比が大きい場合にはレジストの未露光部の溶解を最小限に抑えることができるので、形状の優れたパターンが形成できる。この現象中に発生するレジスト端面の傾斜はレジストパターンが微細化するにつれ顕著になるので、高解像度化のためにはこの溶解速度比をできるだけ大きくする必要がある。

レジストを材料構成別に分類すると、表1に示したように分けることができる。化学増幅反応機構を用いるレジストでは触媒を発生するための光触媒発生剤が必要になるため、逐次反応型レジストより1成分多くなっている。現在、g線、i線のポジ型レジストとして逐次反応型2成分レジストが多用されているが、このレジストでは露光部と未露光部との溶解速度比は千倍以上に達している。このような大きな溶解速度比が得られるのは、このレジストのベース樹脂であるノボラック系樹脂と感光剤（ジアゾナフトキノン系化合物）との相互作用が非常に大きいことに起因する⁽⁵⁾。すなわち、ノボラック樹脂は単体では現像液に可溶であるが、感光剤が存在する場合、感光剤との相互作用により、現像液に対する溶解性が極端に低下する性質（溶解抑制効果）をもっている。

当社ではエキシマレーザ露光用ポジ型レジストの開発を進めるに当たり、エキシマレーザ光に対する透明性の観点から、ポリビニルフェノールのベース樹脂として選定した。また、化学増幅反応機構を利用するという点から、溶解抑制剤を添加した3成分系レジスト組成の検討を行ってきた。しかしながら、開発初期では図3に示したように、露光前後の溶解速

度比は極めて低く（4～6前後）、前述のジアゾナフトキノン型のレジストのような大きな溶解抑制効果が得られないことが分かった。

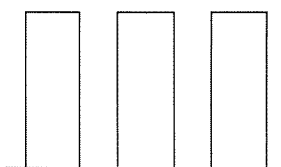
この抑制効果が低い原因は、ベース樹脂であるポリビニルフェノールの現像液に対する溶解性が高すぎるためによることが分かり、ポリビニルフェノールの溶解性を制御する必要が生じた。制御の手段として幾つかの手法を検討した結果、図3に示したように、水酸基の一部を疎水性の保護基で置換することにした。しかも、保護基は溶解抑制剤と同様に、露光によって発生した触媒の作用を受けて、水酸基に戻るものを選択した。具体的な保護基としてt-ブトキシカルボニル基（t-BOC基）を反応させたポリビニルフェノール（t-BOC-PVP）について、保護基置換率（t-BOC基の導入率）と溶解速度の関係を調べた結果を図4に示した。保護基置換率が増加するにつれ、ポリマーの溶解性が直線的に低下することが分かる。このt-BOC-PVPをベース樹脂に用いることにより、図3で示すように、未露光部と露光部との溶解速度差を大幅に拡大することが可能となった。保護基置換率と溶解抑制剤の添加量をそれぞれ最適化することにより、レジスト組成を決定し、高解像度化に必要な千倍以上の溶解速度差を容

表1. レジストの種類と材料構成

レジストの種類		材料構成
逐次反応型	1成分レジスト	感光性単独重合体
	2成分レジスト	ベース樹脂+感光剤
化学増幅反応型	2成分レジスト	単独重合体+光触媒発生剤
	3成分レジスト	ベース樹脂+溶解抑制剤+光触媒発生剤

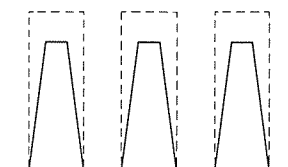
$$\text{溶解速度比} = \frac{\text{露光部が現像液に溶解する速度}}{\text{未露光部が現像液に溶解する速度}}$$

大きいとき
(1,000倍以上)



高解像度

小さいとき
・膜減り
・パターンが細る



低解像度

図2. 溶解速度比と解像度の関係

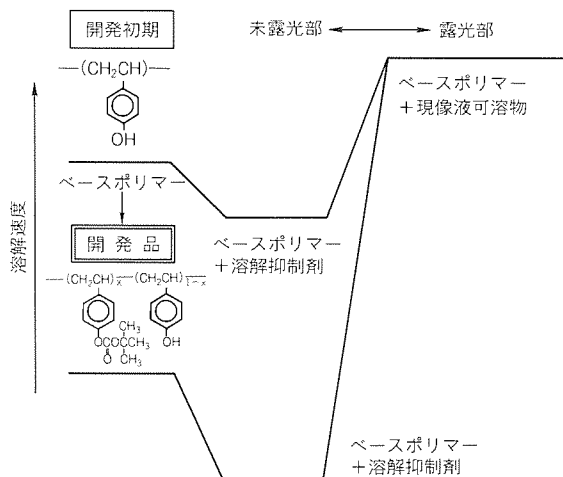


図3. 溶解速度比を拡大するためのベース樹脂改良

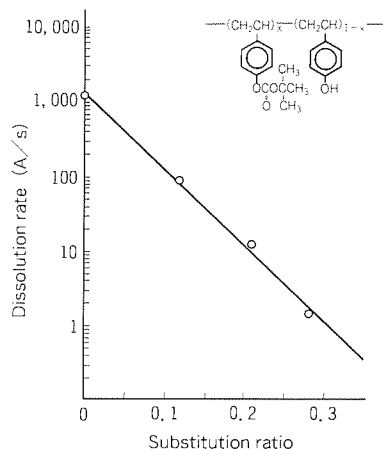


図4. ベース樹脂の保護基置換率と溶解速度の関係

易に達成することができた⁽⁶⁾。

4. 開発レジストの適用プロセス

化学増幅反応機構を利用したレジストでは、通常露光後に触媒反応を促進するための加熱が施される。この一連の工程のなかで露光と加熱 (PEB) 間の放置時間が長くなると、レジストパターン形状の劣化が起こる。具体的には図 5 の SEM 写真に示したように、レジスト表面に現像液に不溶な部分 (表面難溶化層) が発生する。これはレジストの露光部に発生した触媒のうち、レジスト表面に近い部分の触媒活性が低下したために起こるものと予測される。実際、露光後のレジスト内部の触媒量 (開発レジストでは触媒として酸を使用している) を定量したところ、レジストの最表面層だけの酸濃度が低下していることが分かった。レジストを用いる環境下では、現像液 (テトラメチルアンモニウムヒドロキシド) やレジスト付着性強化剤 (ヘキサメチルジシラザン) などアルカリ性の気体を発生する薬品が多く使用されている。このため、これらアルカリ性の気体がレジスト表面に吸着されて、触媒である酸と中和反応を起こすために触媒活性が低下したものと考えられる⁽⁷⁾。この表面難溶化層の発生は化学増幅反応機構を利用するポジ型レジストの共通的な問題点であり、レジストを実デバイス製造に適用するためには、プロセス安定性の観点から必ず解決しなくてはならない重要な課題である。

開発したレジストを安定した条件で使用するために、図 6 に示すような新しいレジスト適用プロセス (上層塗布プロセ

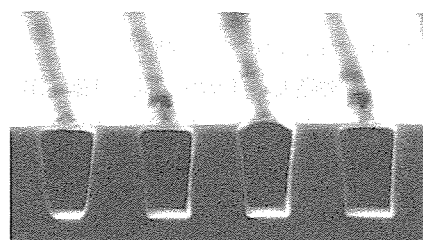


図 5. 表面難溶化層が発生したレジストパターン SEM 写真

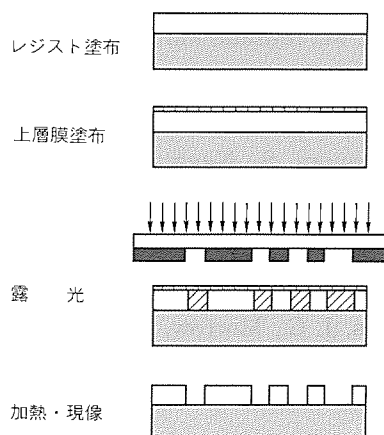


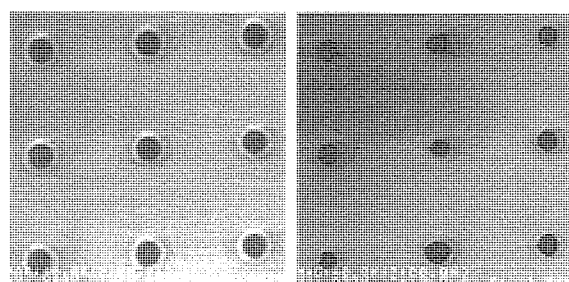
図 6. 新規に開発したレジスト適用プロセス

ス)を開発した。図に示したように、開発したプロセスではレジスト上に新規に開発した特殊なオーバコート材を塗布してから、露光、加熱、現像を行う。オーバコート材はレジストとのミキシングを避ける必要があるため水溶性の樹脂を主成分とし、表面から侵入するアルカリ性気体の影響を回避するための酸化合物を含んでいる。酸化合物としてはレジストの純度を低下させないために、有機酸を使用した。開発した上層塗布プロセスでは、露光後、通常のプロセスと同様に、加熱及び現像を行うことにより、安定したパターンを形成することができた。図 7 に開発したプロセスの効果を示す。開発プロセスを適用する前 (写真右) には、表面難溶化層が発生するためにコンタクトホール の穴径が設計よりも狭くなり、しかも、それぞれが不均一であった。一方、開発プロセスを適用した場合 (写真左) には、設計どおりの均一なコンタクトホールを形成することができた。

5. 開発レジストの特性

5.1 パターニング性

今回開発したポジ型レジストでは、先に述べたように、レジスト組成を最適化することによって千倍以上の溶解速度比を達成することができたため、高解像度のパターン形成を容易に行うことができる。前章で述べた上層塗布プロセスを用いてエキシマレーザステッパーにより、パターニングを行っ



(a) 開発プロセスで露光 (b) 従来プロセスで露光

図 7. 開発したプロセスと従来プロセスとのパターニング性比較

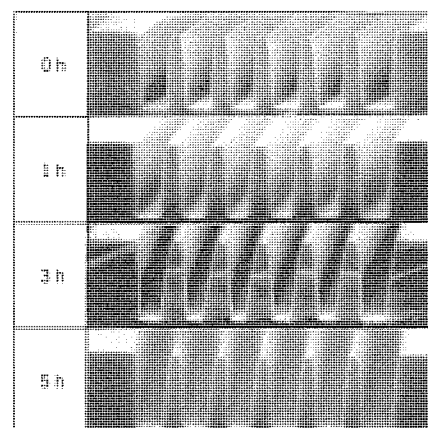


図 8. 開発したレジストの 0.30 μm L&S パターン SEM 写真

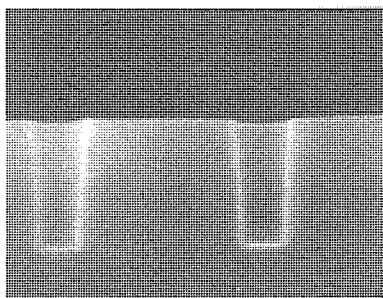
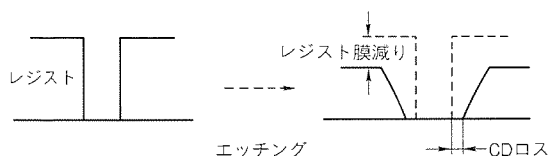


図 9. 開発したレジストの 0.35 μm コンタクトホールパターン SEM 写真

表 2. 開発したレジストのドライエッチング耐性
単位: μm

エッチング 時間 (s)	CD ロス		レジスト膜減り	
	開発レジスト	i 線レジスト	開発レジスト	i 線レジスト
150	0.01	0.04	0.08	0.09
300	0.06	0.07	0.18	0.19
450	0.11	0.26	0.30	0.30



た際に得られたレジストパターンの SEM 写真を図 8 に示す。0.30 μm のラインアンドスペース (L&S) パターンをもつマスクを通して露光した結果を示したが、形状の優れたパターンが形成された。また、露光後の加熱までの放置時間を 5 時間まで変化させた場合のレジストパターンを併せて示したが、図から明らかなように、上層塗布プロセスを用いることにより、レジストパターン形状の劣化は起こらず安定したパターン形成を行うことができた。さらに、コンタクトホールパターン (0.35 μm) の SEM 写真を図 9 に示したが、極めて形状の優れたホールが得られた。これらの評価結果は、開発したポジ型レジストがエキシマレーザ露光用のレジストとして有用であることを示している。

5.2 エッチング耐性

半導体素子はレジストパターンを基板上に転写して微細加工が施される。通常、加工手法として異方性のプラズマを用いたドライエッチング技術が用いられるため、精度の良い加工を行うには、レジストのドライエッチング耐性が決め手となる。これまでの半導体素子の微細加工に使用されてきたレジストはノボラック樹脂を主成分とした材料で構成されており、ドライエッチング耐性は良好であった。今回開発したレジストのドライエッチング耐性を評価するため、i 線露光用のノボラック型ポジ型レジストと比較して測定し、その結果を表 2 に示した。ドライエッチングは二酸化シリコン基板を加工するモデル的な条件で行い、レジストの熱による変形を防止

するため紫外線露光処理をレジストに施してから行った。表 2 から明らかなように、レジストの膜減り、CD ロスなど i 線ポジ型レジストと同等以上の特性を示す結果が得られた。このことから、開発したレジストは実デバイス製造に用いることができる優れたドライエッチング耐性をもっていることが明らかである。

6. む す び

以上、次世代リソグラフィ技術として注目されているエキシマレーザ露光法で用いることができるポジ型化学増幅系レジストに関して、そのレジスト材料の開発経緯、新たに開発したレジスト適用プロセス (上層塗布プロセス)、及びレジスト特性について述べた。

開発したレジストは L&S パターンで 0.30 μm 及びコンタクトホールパターンで 0.35 μm の解像度をもっているだけでなく、現在最も多用されている i 線ポジ型レジストと同等以上のドライエッチング耐性を保持している。さらに、新規に開発した上層塗布プロセスは、これまでポジ型化学増幅系レジストの共通的な問題であった表面難溶化層の発生を防止できる有用なプロセスである。

本稿で紹介したポジ型化学増幅レジストは、エキシマレーザ露光法を更に進展するみち (途) を開くレジスト材料として、今後、64 M ビット以降の次世代半導体デバイスの生産に大きく貢献するものと期待される。

参 考 文 献

- (1) Jain, K. : Excimer Laser Lithography, SPIE Optical Engineering Press (1990)
- (2) 上野 巧, 岩柳隆夫, 野々垣三郎, 伊藤 洋: 短波長フォトリソ材料, ぶんしん出版 (1988)
- (3) Ito, H., Willson, C. G. : Polym. Eng. Sci., **23**, 1012 ~ 1018 (1983)
- (4) McKean, D. R., Schaedeli, U., MacDonald, S. A. : J. Polym. Sci. Polym. Chem., **27**, 3927 ~ 3935 (1989)
- (5) Koshiba, M., Murata, M., Matui, M., Harita, Y. : Proc. SPIE, **920**, 364 ~ 371 (1988)
- (6) Kumada, T., Kubota, S., Koezuka, H., Hanawa, T., Kishimura, S., Nagata, H. : J. Photopolym. Sci. Technol., **4**, 469 ~ 472 (1991)
- (7) MacDonald, S. A., Clecak, N. J., Wendt, H. R., Willson, C. G., Snyder, C. D., Knors, C. J., Deyoe, N. B., Maltabes, J. G., Morrow, J. R., McGuire, A. E., Holmes, S. J. : Proc. SPIE, **1466**, 2 ~ 12 (1991)

静磁波デバイス用YIG膜

渡辺幹男* 沢田隆夫*
竹谷 元* 岡部正志*
堀 昭夫* 浅尾英喜**

1. ま え が き

磁性単結晶 YIG (Yttrium Iron Garnet) 膜は、マイクロ波領域における損失が小さく高い Q 値が得られること、外部磁場の強さによって磁気共鳴周波数を大きく変えることができること、固有抵抗が高いことなどの特長がある。この特長を生かし、磁性単結晶 YIG 膜はマイクロ波デバイスや静磁波デバイス、マイクロ磁気デバイス、光磁気デバイスなどへの応用が考えられている。

ここでは、静磁波デバイスに使用する YIG 磁性単結晶膜について述べる。YIG 膜の結晶性の良否は、マイクロ波の伝搬損失に影響を与える。そこで、結晶性を良くするためのエピタキシャル成長条件の検討とその最適化を行った。また、YIG 膜の磁気共鳴周波数の温度変動は、静磁波デバイスの共振特性に大きな影響を及ぼす。これまで磁気共鳴周波数及びその温度変動は、磁性膜の飽和磁化によって考えられてきた。しかし、温度変動要因を詳細に検討したところ、磁気共鳴周波数の温度変動は飽和磁化の温度変動のほかに、これまで無視されていた異方性磁界の温度変動も大きく影響することが明らかになった。

この論文では、まず磁性膜中を伝搬する静磁波について述べる。次に、静磁波素子に用いる磁性単結晶 YIG 膜の作製方法と開発した YIG 膜の特性、さらに異方性磁界を正確に評価する方法について述べる。

2. 静 磁 波

静磁波 (Magnetostatic Wave : MSW) は、直流磁界を印加した磁性体の磁気スピンのマイクロ波帯の高周波磁界と共鳴して伝搬する電磁波である。

膜面に垂直に直流磁界を印加した磁性単結晶 YIG 膜を図 1 に示す。YIG 膜内には、電子のスピン (自転) によって磁気モーメントが生ずる。磁気モーメントは、電子の自転軸方向を向いており、直流磁界方向を軸に歳差運動を行う。これらの電子スピンは、自ら磁界を発生しているため相互作用を起こす。この YIG 膜上にマイクロストリップトランスジューサを形成し、これに電流を流すと誘起される磁界などによって局部的に歳差運動が乱され、この乱れが順次近傍の電子スピンの伝搬する。この電磁波が静磁波と呼ばれる。

静磁波の伝搬モードは、YIG 膜の膜面と直流磁界の印加方向の関係によって 3 種類に分類される。図 1 は膜面に垂直

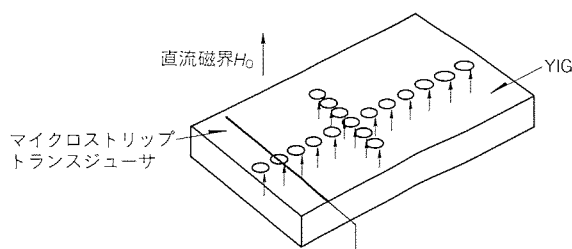
に直流磁界を加えた場合であり、静磁前進体積波 (Magnetostatic Forward Volume Wave : MSFVW) が伝搬する。膜面に平行に直流磁界を加えた場合には、静磁後進体積波 (Magnetostatic Backward Volume Wave : MSBVW) や静磁表面波 (Magnetostatic Surface Wave : MSSW) が伝搬する。ここでは、静磁前進体積波を用いた場合について検討した。

静磁波は、遅延線やフィルタ、共振器、発振器、S/N エンハンサ、光変調器などのマイクロ波デバイスに応用できる^{(1) (2)}。

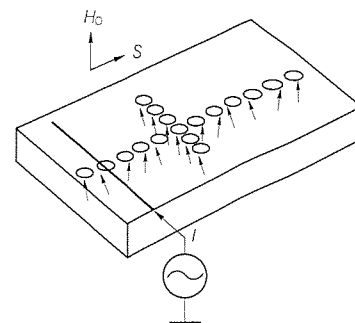
3. 静磁波共振器用磁性単結晶YIG膜の作製方法

磁性単結晶 YIG 膜の作製には液相エピタキシャル (Liquid Phase Epitaxy : LPE) 法を用いた。

図 2 に作製装置の概略を示す。装置は上部の試料回転昇降機構部、下部の電気炉部及び加熱制御部で構成されている。まず、所定量に調合した原料混合物とフラックスを白金のつぼに入れ、電気炉にセットする。次にこの原料を加熱して溶融させた後、融液の温度を下げて過飽和状態とし、アルミナ



(a) 一様な歳差運動 ($I = 0$)



(b) 乱れた歳差運動 ($I \neq 0$)

図 1. YIG 薄膜内の電子スピンによる磁気モーメントの歳差運動 (S : 波の進行方向)

棒先端の白金製基板ホルダに取り付けた GGG (Gadolinium Gallium Garnet) 単結晶基板を溶融した液体中に浸す。この GGG 基板を回転させながら YIG を液相エピタキシャル成長させる。YIG 膜の厚みは融液の過飽和度と、GGG 基板を融液中に浸す時間で定まる。所定時間経過した後、基板を融液中から引き上げ (図 3), スラックス等を取り除くために洗浄する。

クラックやピットのない良質な磁性単結晶 YIG 膜を作製するためには、基板と膜の格子定数の不整合度を 0.1% 以内に抑えることが必要である⁽³⁾。そのため、YIG と格子定数が比較的一致している GGG 単結晶を基板に用い、さらに YIG 結晶中の Y 元素の一部をイオン半径の大きな La 元素で置換することによって YIG 膜の格子定数を調整し、基板と膜の格子定数の不整合度を 0.1% 以内に抑えている。その詳細は 4.3 節で述べる。

4. 磁性単結晶 YIG 膜の特性

磁性単結晶 YIG 膜面に垂直に磁界を印加し、マイクロ波を結合すると、静磁前進体積波が励振される。このときの磁気共鳴周波数、すなわち共振周波数 f は式 (1) で示される⁽⁴⁾。

$$f = \gamma \times (H_0 + H_a - N \times 4 \pi M_s) \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 f は共振周波数 (Hz), γ は磁気回転比 (3.52×10^4 Hz・m/A) (2.8×10^6 Hz/Oe), H_0 は印加磁界 (A/m), H_a は異方性磁界 (A/m), N は YIG 膜の形状によって決まる反磁界係数 (ここでは 1 とした。), $4 \pi M_s$ は飽和磁化 (T) である。

この静磁波共振器として使用される YIG 膜には、マイクロ波の伝搬損失を下げるために高い結晶性が要求される。また、式 (1) から分かるように、膜の飽和磁化と異方性磁界を正確に把握すること、及びそれを制御することが共振器を設

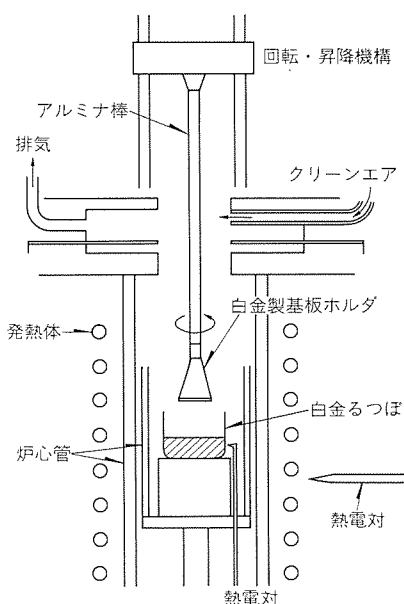


図 2. 磁性単結晶 YIG 膜作製装置の概略

計する上で重要となる。

この章では、磁性単結晶 YIG 膜の①飽和磁化とその制御方法、②異方性磁界とその評価方法、③結晶性について述べる。

4.1 飽和磁化

飽和磁化の測定は VSM (振動試料型磁力計) を用いて行った。純粋な磁性単結晶 YIG ($Y_3Fe_5O_{12}$) の飽和磁化は室温で 0.176 T {1,760 ガウス} である。この飽和磁化は YIG 結晶中の Fe 元素を Ga 元素で置換することによって変化する。Ga の置換量を多くすると飽和磁化は減少する。そのため、式 (1) から、Ga 置換量を変えて飽和磁化を制御することによって共振周波数を変えることができる。

さらに、磁性単結晶 YIG 膜の飽和磁化は温度によって変化する。VSM 内の試料の周囲温度をヒータで変えて飽和磁化を測定することにより、飽和磁化の温度特性を求めた。図 4 に飽和磁化の温度特性の測定結果を示す。図中の□印は元素の置換を行わない純粋な YIG 膜の場合であり、他は置換によって飽和磁化を変えた YIG 膜の場合である。いずれの膜についても、20 ~ 100℃ の範囲で温度を上げると飽和磁化は直線的に減少する。また、温度に対する変動量は飽和磁化の高い膜ほど大きく、飽和磁化が小さくなるとともにこう (勾) 配は緩くなる。

4.2 異方性磁界

異方性磁界は結晶磁気異方性、成長誘導磁気異方性、膜に働く応力などによって生じる^{(5)~(7)}。この異方性磁界は飽和

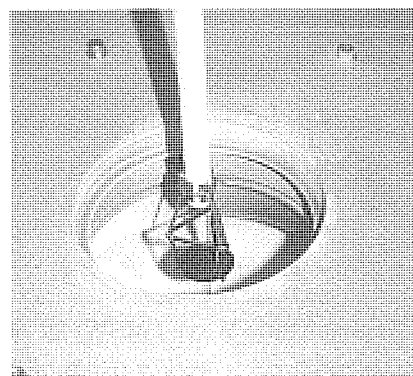


図 3. 磁性単結晶 YIG 膜作製装置の基板引き上げ外観

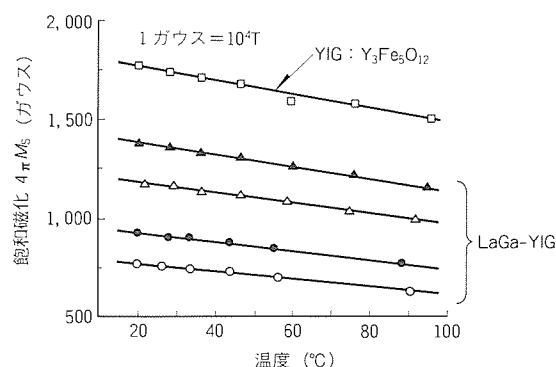


図 4. 磁性単結晶 YIG 膜の飽和磁化の温度特性

磁化と比べると絶対値が小さいので、式(1)から分かるように、共振周波数そのものに対する影響は少ない。しかし、異方性磁界は飽和磁化と同様に温度特性をもち、共振周波数の温度特性に大きな影響を及ぼす。そのため、温度特性を評価する上で、異方性磁界は無視できない。

異方性磁界の温度特性を直接かつ単独に測定することは難しい。我々は、温度特性を評価するために、共振周波数から換算する方法を用いて、飽和磁化と異方性磁界を併せた温度特性を測定した。

測定装置の構成を図5に示す。定電流電源を用いて電磁石に一定の電流を通じ、YIG膜共振器に一定の磁界 H_0 を印加する。この状態で恒温槽の温度を制御し、YIG膜共振器の温度を一定に保つ。このときの共振周波数をネットワークアナライザを用いて各温度について測定する。測定温度の範囲は $-30 \sim 60^\circ\text{C}$ である。この方法により測定した共振周波数 f の温度特性は、式(1)から式(2)で示され、異方性磁界と飽和磁化の影響を含んでいる。

$$\frac{df}{dt} = -\gamma \times \frac{d(N \times 4\pi M_S - H_a)}{dt} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 t は温度($^\circ\text{C}$)である。これより、YIG膜の温度係数 α ($79.6 \text{ A/m} \cdot ^\circ\text{C}$)を次の式(3)で定義する。

$$\alpha = \frac{1}{\gamma} \times \frac{df}{dt} \dots\dots\dots (3)$$

図6に飽和磁化が 0.093 T {930 Gauss}のLaGa-YIG膜共振器について測定した共振周波数の温度特性を示す。実線は共振周波数の実測値である。点線は飽和磁化のみの温度係数から計算した共振周波数である。両者を比較すると、共振周波数の変化量は、実測値の方が飽和磁化のみの温度係数から換算した結果よりも小さい。また、飽和磁化が温度に対して直線的に変化しているため、これから計算した共振周波数も直線的に変化しているのに対し、実測値は曲線的に変化している。この両者の違いが異方性磁界の影響であると考えられる。このLaGa-YIG膜共振器の 20°C における共振周波数の温度変化から求めた温度係数 α は式(3)から $-95.5 \text{ A/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 。

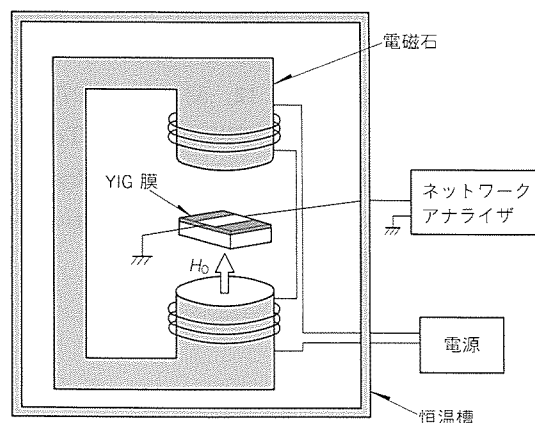


図5．磁性単結晶YIG膜の異方性磁界測定装置の概略

$^\circ\text{C} \{-1.2 \text{ Oe}/^\circ\text{C}\}$ となる。

また、飽和磁化の異なる各LaGa-YIG膜について同様の測定を行い、それぞれについて、 20°C における温度係数 α を求めた。その結果を図7に示す。これよりYIG膜の飽和磁化と共振周波数の温度変化から求めた温度係数 α の関係は直線で近似できる。したがって、LaGa-YIG膜の飽和磁化と異方性磁界を併せた温度特性は、膜の飽和磁化から求めることができる。

4.3 結 晶 性

静磁波デバイスにおけるマイクロ波の伝搬損失を小さくするためには、結晶性の優れたYIG膜が必要である。

結晶性を向上させるには基板の格子定数と膜の格子定数をいかに整合させるかがポイントとなる。今回用いたGGG単結晶基板の格子定数が 12.383 \AA であるのに対し、純粋なYIG膜の格子定数は 12.376 \AA であるので、両者はほぼ等しい(不整合度： -0.06%)。しかし、飽和磁化を調整するためにFe元素をGa元素で置換すると、Gaのイオン半径はFeよりも小さいために、置換度の増加とともに膜の格子定数は小さくなり、格子定数の不整合量は大きくなる。そこで、YIG膜中のY元素をイオン半径の大きいLa元素で置換するとこにより、格子定数を調整して基板との格子定数の整合性を向上させた。この際、膜の格子定数が基板に比べて小さくなると割れが入りやすくなり、また、大きくなるとピット

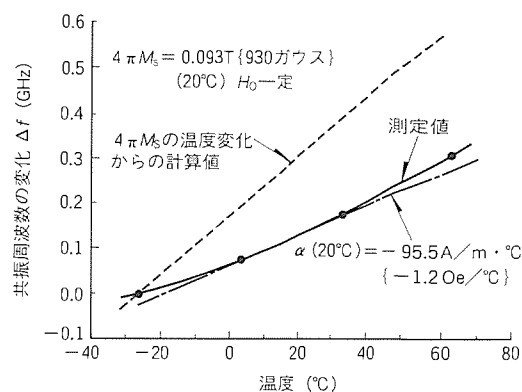


図6．共振周波数の温度に対する変化

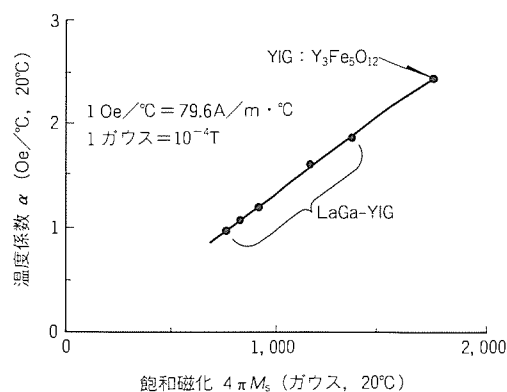
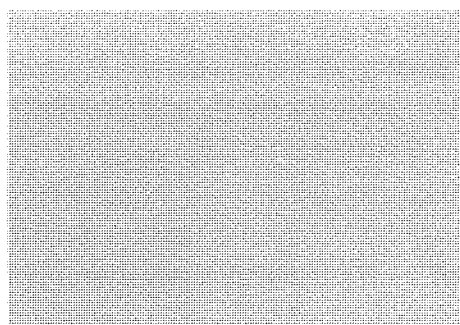
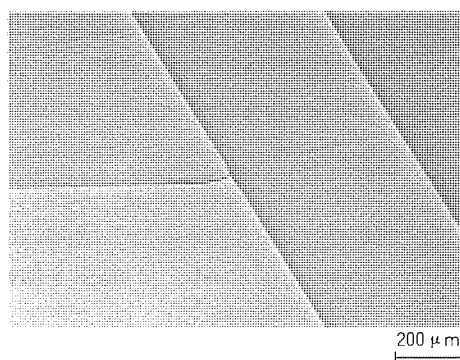


図7．磁性単結晶YIG膜の飽和磁化と温度係数の関係



(a) クラック，ピットなし



(b) クラック，ピットあり

図 8 . 磁性単結晶 YIG 膜

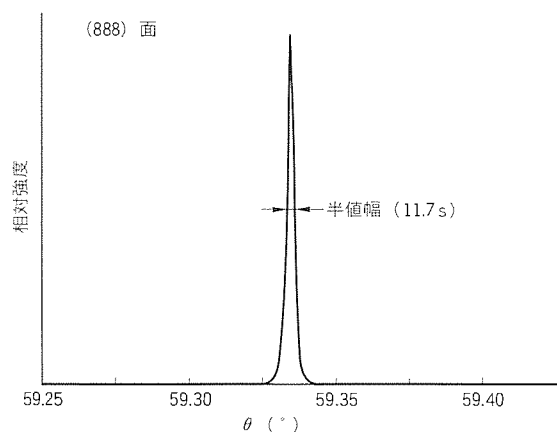


図 9 . LaGa-YIG 膜の X 線 ロッキングカーブ

が発生する。そのため、基板と膜の格子定数の不整合度を 0.1 %以内に抑えることが重要である⁽³⁾。

試作した LaGa-YIG 膜の外観を図 8 に示す。格子定数の不整合度が大きい図 (b) ではクラックやピットが見られるが、不整合度を 0.1 %以内に抑えた (a) では割れやピットは存在しない。(a) の膜の格子定数を 5 結晶 X 線回折装置 (フィリップ社製) を用いて測定したところ、 12.382 \AA と GGG 基板とほぼ一致している (不整合度: -0.008%)。

単結晶材料の結晶性を厳密に評価するには、X 線ロッキ

ングカーブの半値幅を測定する必要がある。結晶性の良いものほどロッキングカーブがシャープになり、半値幅が狭くなる。

図 9 に LaGa-YIG 膜の X 線ロッキングカーブを 5 結晶 X 線回折計で測定した例を示す (図 8 (a) の YIG 膜の場合)。ピットやクラックなどのない膜でも X 線ロッキングカーブの半値幅は La や Ga の置換量によって 10 ~ 30 秒程度の変化がみられた。図 8 (a) の膜は、半値幅が 11.7 秒と狭く GGG 単結晶基板の半値幅 9.7 秒と同程度であることから、結晶性に優れていることが分かる。

5. む す び

磁性単結晶 YIG 膜の作製法と、作製した YIG 膜の飽和磁化や異方性磁界、結晶性、温度特性、及びそれらの評価方法や制御方法について述べた。YIG 膜の Y を La で、また Fe を Ga で置換することによって、格子定数と飽和磁化を制御するとともに結晶性に優れた膜を作製した。さらに、異方性磁界の影響を評価する方法によって、磁性単結晶 YIG 膜の磁気共鳴周波数の温度特性を正確に把握した。開発した磁性単結晶 LaGa-YIG 膜は、静磁波共振器を始めとするマイクロ波デバイスへの応用が期待できる。

参 考 文 献

- (1) 浅尾英喜, 宮崎守泰, 大橋英征, 石田修己: 静磁波デバイス, 三菱電機技報, **64**, No. 9, 737 ~ 741 (1990)
- (2) 堤 誠: 静磁波のマイクロ波機器への応用, 電子通信学会, **65**, No. 9, 997 ~ 999 (1982)
- (3) 堺 啓太郎, 富永 滋: LPE ガーネット膜の作成技術, 応用物理, **43**, No. 8, 811 ~ 814 (1974)
- (4) 太田恵造: 磁気工学の基礎, 共立出版 (1973)
- (5) Hansen, P., Roschmann, P., Tolksdorf, W.: Saturation Magnetization of Gallium - substituted Yttrium Iron Garnet, J. Appl. Phys., **45**, No. 6, 2728 (1974)
- (6) Hoekstra, B., Robertson, J. M., Stacy, W.T.: The Origin of the Uniaxial Anisotropy in Thin Films of $(\text{YLaPb})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ and its Variation along the Growth, Mat. Res. Bull., **12**, 53 ~ 64 (1977)
- (7) Glass, H.L., Wliaw, J.H., Ellioff, M.T.: Temperature Stabilization of Ferrimagnetic Resonance Field in Epitaxial YIG by Ga, La Substitution, Mat. Res. Bull., **12**, 735 ~ 740 (1977)

耐アーク性低温硬化型 セラミック絶縁材料

加藤和晴* 村上忠禧+
足達廣士**
池田幸作***

1. ま え が き

電路開閉機構をもつ電気機器は、通電状態で電路を開いた場合、火花又はアークの発生を伴うことが多い。特にアークが発生するような高電圧・大電流の場合、そのアークエネルギーを処理してアークを消滅させ、電流を遮断するために消弧機構を設ける。大気中で遮断を行う開閉機器の場合、耐アーク材料からなる消弧板又は消弧室（消弧板を組み合わせた形）が組み込まれており、その中でアークを冷却することで電流遮断を確実にできるようにしている。

耐アーク材料としては、発生するアークの状態、要求消弧性能に応じて有機系、無機系の各種材料が使い分けられている。有機系材料は、加工が良好で低価格であるが、アークが触れた場合、分解・飛散したり燃焼したりする。他方、無機系材料はもともと不燃性の材料であり、そのような危険性はない。特に、アスベスト系材料は、結晶水を含有しており、その気化熱による冷却効果が良好で、消弧性、熱衝撃性に優れていることから多用されてきた。しかし、アスベストは特定化学物質であり、安全衛生の面で問題にされ、廃止の方向にある。セラミック（磁器）系材料は耐熱性が高く熱伝導性も良好で消弧性に優れているが、熱衝撃に弱く、寸法制御性が悪いという欠点がある。そこで、無機系材料の欠点を克服し、有機系材料のように形状加工性が良好な材料の実現を指向して、アスベスト系と同等以上の耐アーク性とセラミック系並みの高耐熱性を備え、複雑形状成形加工性をもつ低温硬化型セラミック絶縁材料を新規開発した。

ここでは、耐アーク材料の一般論と低温硬化型セラミック絶縁材料について、特性及び適用例を述べる。

2. 耐アーク材料による消弧

2.1 消弧原理

耐アーク材料を使用する目的は、アークエネルギー（熱）を吸収し、冷却して電流遮断を確実にするためと、発生する超高温のアークから機器を保護するためである。

耐アーク材料によるアーク熱の吸収冷却は、次の三つの現象の組合せが作用していると考えられる。

- 耐アーク材料自体の熱容量が大きく熱伝導によって吸熱
 - 耐アーク材料構成成分の蒸発、分解時の気化熱による吸熱
 - 耐アーク材料のアーク接触部溶融時の溶融潜熱による吸熱
- 熱伝導による吸熱効果は、熱伝導率が大きく熱容量の大き

いセラミック（磁器）系材料が大きい。

気化熱による吸熱が利用できるものはガスを発生する材料で、発生ガスは水蒸気・炭酸ガス・水素などである。材料中に結晶水、水酸化物、炭酸塩化合物を含有する無機系材料は水蒸気、炭酸ガスを、有機系材料では、炭酸ガス、水蒸気、水素が発生する。

有機系、無機系を問わずほとんどすべての材料はアークが接触した場合分解してガスを放出するか、溶融してアーク熱を吸収する。この溶融物の電気抵抗が低いと再び電流が流れて遮断不良が発生したり、未溶融部との接着性が悪いと脱落・消耗が大きくなる。したがって、耐アーク材料はこれらのことを考慮して構成成分を選定する必要がある。

実用材料としては、前述したようにセラミック（磁器）系材料、アスベスト系材料がある。セラミック（磁器）系材料は耐熱性が高く大容量の開閉機器に使用されている（表1上段）。アスベスト系材料はセラミック系に比べて発生ガスが多いので、消耗の点ではセラミック系に劣るが、遮断性は優れており、表1下段に示すような機種に用いられている。

2.2 耐アーク材料の要求性能

消弧・電流遮断を実現するため、耐アーク材料には以下のような性能が要求される。

- 電気絶縁性をもっていること。
- アークを冷却する消弧性を具備すること。
- アーク接触時の消耗が少ないこと。
- アーク発生時の圧力・温度・振動などにより、破壊しない機械強度をもっていること。
- アーク接触時の発生ガスも含め材料が安全衛生上問題のないこと。

これらの特性をすべて満足できる材料は、無機質のセラミック系材料しかないが、熱衝撃に弱く、寸法制御性が悪いという欠点があった。

3. 低温硬化型セラミック絶縁材料

表1. セラミック系／アスベスト系耐アーク材料

材 料 名	適 用 機 種
ジルコン磁器 コーゾライト磁器 アルミナ磁器	磁気遮断器、高圧電磁接触器 直流遮断器 ノーヒューズブレーカ
アスベストセメント系 アスベストリン酸系	低圧電磁接触器 車両用制御器、ノーヒューズブレーカ

3.1 開発経緯

セラミックスは、通常図1に示すように、所定の組成に調合した原料粉体を目的の形状に成形した後加熱し、粉体粒子間に固相反応や液相反応による焼き締めを起こさせて（焼結という）作製される。この結果として、融点が高い、硬度が高い、圧縮され難い、酸化や腐食に強いといった特長をもっている。一方、作製した製品を種々の形状に加工することは極めて困難である。加工を最小限にとど（留）めるため、最終製品形状に近い寸法に成形してから焼成が行われている。さらに、焼成中には大きな収縮が起こるため、その収縮分（10～20％）を考慮に入れて成形する必要がある、最終寸法精度を制御することは非常に難しい。一次焼成（仮焼）や二次焼成（焼結）の後でダイヤモンド工具で加工して寸法精度を確保しているのが現状である。

また、先にも述べたように、セラミック（磁器）系材料は消弧性に優れているが、物体内・表面間に温度差ができやすく、アークが接触する際の急熱・急冷により、破損しやすい（熱衝撃に弱い）という欠点ももっている。

こうしたセラミックス固有の問題を解決するために、①低温で硬化が可能（高温での加熱処理が不要）で、②硬化後の寸法収縮が小さく、③寸法精度良く複雑形状成形が可能で、④耐熱・耐アーク性に優れたセラミック絶縁材料を指向し、“低温硬化型セラミック絶縁材料”を開発した。

開発のポイントを次においた。

- (1) 低温硬化型無機結合剤の開発
- (2) 耐アーク性材料の組織構成は、低温硬化型無機結合剤と強度発現材料（無機層状物）及び耐アーク物質（無機フィラー）との複合形態（図2）

3.2 低温硬化型無機結合剤の開発

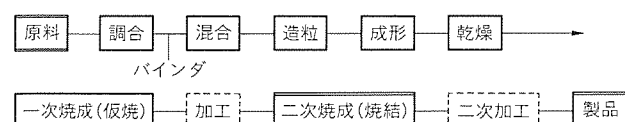


図1. セラミックスの基本的製造プロセス

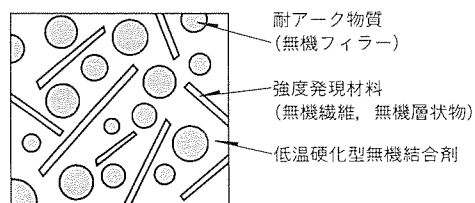


図2. 低温硬化型セラミック材料の材料構成

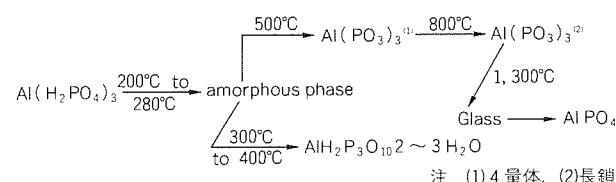


図3. リン酸アルミニウムの熱変化(Al/P=1/3)

低温（200℃以下）で硬化する無機系結合剤として、水ガラス系、リン酸系、セメント系などが知られているが、いずれも電気絶縁性、耐水性に問題がある。材料の絶縁抵抗が低下するのは、大気中の水分によって吸湿するため、耐水性を付与できれば電気絶縁性も改善することができる。筆者らは、①水溶性リン酸塩の水溶液は分子間の水素結合のために結合剤として適度な粘性をもっていること、②耐水性は複合する金属の種類や含有量を上げることによって改良される点に着目して、金属リン酸塩化合物を用いた新規な低温硬化型無機結合剤の開発を進めた。リン酸及びリン酸塩は表2に示すように非常に多くの種類が存在する⁽¹⁾。リン酸系結合剤の強度、付着性、耐熱性は金属（M）とリン（P）の比によって変化することが知られている⁽²⁾。第1正リン酸塩と酸性ピロリン酸塩では水に可溶であるが、第2正リン酸塩及び中性ピロリン酸塩では水に溶けにくくなり、第3正リン酸塩になると水に不溶となる。すなわち、M₃PO₄のように構造中に水素結合がなくなりM/Pが大きくなると耐水性が発現する。金属リン酸塩の熱変化をリン酸アルミニウムを一例として図3⁽³⁾に示す。耐水性のあるAl(PO₃)₃やAlPO₄を生成させるには500℃付近の加熱が必要である。そこで、より低温での耐水性付与を目的に硬化剤の検討を進めた。その基本はM/Pを大きくすることにある。まず、金属リン酸塩化合物の主構成成分であるリン酸と各種金属水酸化物の反応を、ついで硬化剤の検討を行った。

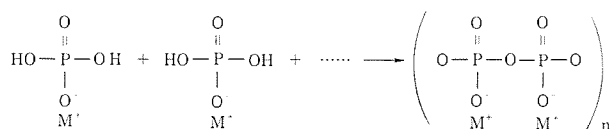
3.2.1 金属リン酸塩の検討

金属リン酸塩化合物の主構成成分として、リン酸（P）と各種金属水酸化物（MOH）との反応を検討し、水酸化アルミニウム（Al(OH)₃）を選択した。

リン酸と各種金属水酸化物との反応は次式のように縮重合反応が起こっている可能性がある。

表2. リン酸塩の種類⁽¹⁾

正リン酸及び縮合リン酸	リン酸塩
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ 正リン酸	MH ₂ PO ₄ 第1正リン酸塩 M ₂ HPO ₄ 第2" M ₃ PO ₄ 第3"
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{HO}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ ピロリン酸	M ₂ H ₂ P ₂ O ₇ 酸性ピロリン酸塩 M ₄ P ₂ O ₇ 中性"
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ \text{HO}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ トリメタリン酸	(MPO ₃) ₃ トリメタリン酸塩
(HPO ₃) _n ポリメタリン酸	(MPO ₃) _n ポリメタリン酸塩
H _{n+2} P _n O _{n+1} ポリリン酸	M _{n+2} P _n O _{3n+1} ポリリン酸塩



選択した水酸化アルミニウムは、この反応によると思われる反応溶液の粘度増加に伴う顕著な糸引現象が観察された（Al 以外はこの現象は顕著でなく、反応も急激・不均一であった）。Al 系では、この縮重合反応の進行により、原料粒子接着性、硬化強度をもっていると判断した。図 4 には Al 系の M/P と糸引発現時間との関係を示した。M/P が 1/3 ~ 1/1 の範囲で糸引現象が確認され、リン酸濃度が大きいほど発現時間も早くなる傾向を示した。糸引現象の発現に伴って粘度が増加するので、作業性を考慮すると、M/P が 1/2 ~ 1/1 の領域が都合が良い。

図 5 には Al 系の M/P と固化乾燥時間との関係を示した。M/P が 1/3 以外の試料では 90℃ で、1/3 の試料では 200℃ の加熱で固化乾燥でき、低温硬化が可能であることが分かった。M/P の大きい領域では、生成したリン酸アルミニウム (Al (H₂PO₄)₃) に過剰な水酸化アルミニウム (Al (OH)₃) が硬化剤として作用し低温硬化が可能になったと考える。

実用に際しては均一反応とするため、85%正リン酸 (H₃PO₄) と水酸化アルミニウム (Al (OH)₃) を 3:1 mol の比率で反応させ、水を添加して 50%濃度に調整し Al 系金属リン酸塩とした。

3.2.2 Al 系金属リン酸塩の耐水性向上

低温加熱での Al 系金属リン酸塩の耐水性を実現するため、硬化剤の検討を行った。図 6 に硬化剤の種類と固化速度及び耐水性発現温度との関係を示す。Al 系金属リン酸塩溶液は酸性であるため、塩基性酸化物では反応性が急激に進み、ポットライフがなく作業性に支障を来す。一方、酸性酸化物では、ポットライフは十分長いが、耐熱性を付与するには 500℃ 付近の加熱が必要である。したがって、ポットライフもあり、150 ~ 200℃ の温度で反応固化し、耐水性を発現する可能性のある複合酸化物を硬化剤として検討した。この結果、Ca 系の CaO・SiO₂ (wollastonite)、Zn 系の 2 ZnO・SiO₂ (willemite) の 2 種類が選択できた（二者以外の硬化剤添加金属リン酸塩では乾燥後大気中放置時に吸湿した。）。2 ZnO・

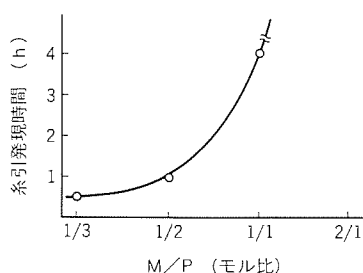


図 4. Al 系の M/P と糸引発現時間との関係

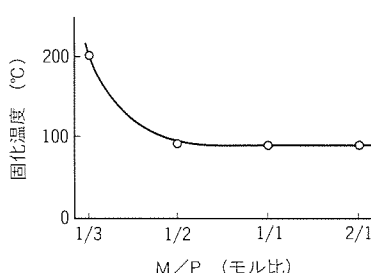


図 5. Al 系の M/P と固化温度との関係

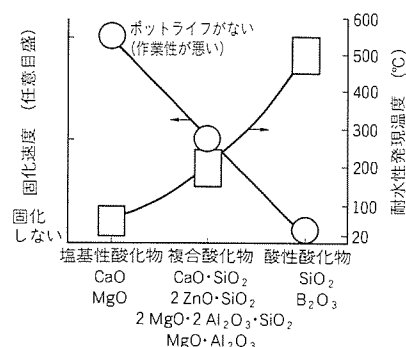


図 6. 硬化剤の種類と固化速度及び耐水性発現温度との関係

SiO₂として、筆者らが以前に開発した主構成相が 2 ZnO・SiO₂である ZnO-SiO₂-B₂O₃系材料（以下“ZSB 系硬化剤”という。）を合成して使用することにした。

3.2.3 低温硬化型無機結合剤の調整

原料として 50 wt % のリン酸アルミニウム (Al (H₂PO₄)₃) を作製し、これに水酸化アルミニウム (Al (OH)₃)、ZSB 系硬化剤を混合調整した（表 3）。

ここで、硬化反応物質としては ZSB 系以外に、未反応リン酸との反応性が良好で、アークが接触した場合に水蒸気を発生してアーク熱冷却効果が期待できる水酸化アルミニウム (Al (OH)₃) も過剰に配合した。

4. 低温硬化型耐アーク材料の作製

耐アーク材料を対象とした材料の組合せを検討し、前述した新規開発低温硬化型無機結合剤と耐アーク物質（無機フィラー）及び強度発現材料（無機層状物）からなる複合形態の材料構成（表 4）で成形品を作製した。材料強度は無機フィラーと低温硬化型無機結合剤のみでは不十分であり、強度を補

表 3. 低温硬化型無機結合剤の原料と配合構成

原 料	質量比率 (wt%)
金属リン酸原料 Al (H ₂ PO ₄) ₃ 50wt%aq.	64.10
硬化反応物質 ZSB系硬化剤	6.41
Al (OH) ₃ 粉末	29.49

表 4. 耐アーク性成形品の材料構成

材料構成	期待される効果	質量比率 (wt%)
無機層状化合物 合成マイカ	● 強度発現 ● 電気絶縁性 ● 易加工性	12.94
無機フィラー ジルコン (ZrO ₂ ・SiO ₂)	● 耐アーク性 ● 耐熱衝撃性 ● 耐熱性	29.10
アルミナ (Al ₂ O ₃)	● 耐アーク性 ● 熱伝導性 ● 耐熱性	22.63
低温硬化型 無機結合剤	● 低温硬化で 結合効果発現	34.83
セラミックカラー	● 着色	0.50

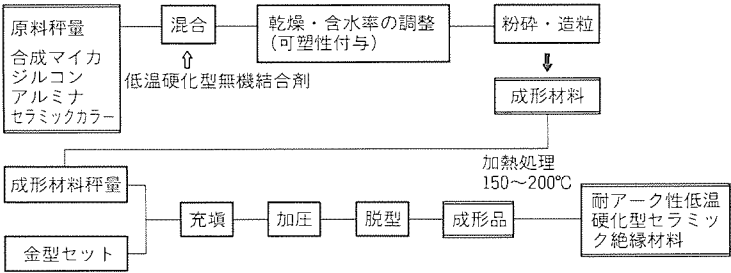


図 7. 耐アーク性低温硬化型セラミック絶縁材料の作製プロセス

表 5. 耐アーク材料の特性比較

材 料 特 性	開 発 品	従 来 品	
	低温硬化型セラミック絶縁材料	アスベスト-セメント系	ジルコン磁器
曲げ強度 ($\times 10^{-1}$ MPa) *	400	300	400
耐アーク性 (s)	> 420	300	> 420
絶縁抵抗 (150℃乾燥後) (Ω)	5.0×10^{12}	2.0×10^8	$> 10^{13}$
20℃, 90%RH (100h 放置後)	2.5×10^8	1.8×10^6	—
寸法収縮率 (%)	0.8~1.5	3~5	10~20
溶解率 (%)	0.2	8.0	0

注 * $1 \text{ kg/cm}^2 \approx 10^{-1} \text{ MPa}$

強効果によって発現する無機層状化合物の合成マイカを複合した。無機フィラーとしては、アーク熱をよく吸収する、熱容量・熱伝導率が大きく、高融点である、低コストなアルミナ (Al_2O_3) を用いた。さらに、耐熱衝撃性の向上を図るため、高融点で熱膨張係数が小さいジルコン ($\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$) を配合した。また、製品の着色対策としてセラミックカラーを添加した。

耐アーク性低温硬化型セラミック絶縁材料の作製プロセスを図 7 に示す。このプロセスにおいて、加圧時に無機結合剤で接着された原料粒子が塑性変形して金型形状にち (緻) 密充てん (填) する成形条件を検討した結果、低温硬化型無機結合剤の含水率が狭部充填に大きく作用していることが判明した。すなわち、低温硬化型無機結合剤の金属リン酸原料であるリン酸アルミニウム水溶液 (初期濃度 50 wt %) の含水率を調整することにより、成形材料が加圧によって塑性変形することを見いだした。特に、リン酸アルミニウムの濃度を 63 ~ 68 wt % に調整した場合には、粘土のような可塑性が得られた。この性質を利用することで、当初の目的の一つであった複雑形状品の成形が可能となった。また、成形品は低温 (150 ~ 200℃) 加熱処理で機械的強度が発現するので、非焼結プロセスが可能になる。

表 5 に得られた成形品の特性を従来品と比較して示す。開発成形品の寸法収縮率は、通常のセラミックスの収縮率 (10 ~ 20 %) に比べて 0.8 ~ 1.5 % と非常に小さく、寸法精度の良い成形品が金型成形のみで得られる。水中浸せき (漬) 後の溶解率は 0.2 % と耐水性に優れた結果を示した。曲げ強さ ($400 \times 10^{-1} \text{ MPa}$) は、従来消弧材料として使用されてきたアスベスト-セメント系材料に匹敵する実用レベルの値であ

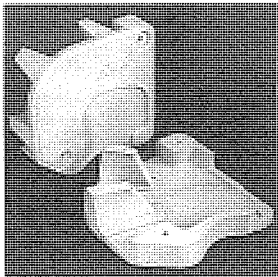


図 8. 低電圧電磁接触器用消弧室外観 (分解時)

る。絶縁抵抗もセラミック系材料と遜色なく、耐アーク性については、420 秒以上という高い値を示し耐アーク材料として適している。

5. 特 長

開発した耐アーク性低温型セラミック絶縁材料は成形品で次の特長をもっている。

- (1) 耐アーク性、電気絶縁性に優れる。
- (2) 高温での加熱処理が不要で (150 ~ 200℃ で反応硬化) 非焼結プロセスが可能である。
- (3) 複雑形状品が成形可能である。
- (4) 加熱硬化後の寸法収縮が小さい。
- (5) 耐熱性に優れている (1,000℃)。

6. 適 用 例

低電圧電磁接触器用消弧室に、開発した低温硬化型セラミック絶縁材料の適用を検討した。成形品の外観を図 8 に示す。単相遮断試験 (開閉頻度: 1,200 回, 254 V, 1,000 A) を実施した結果、1 万回遮断試験後もき (亀) 裂、破損などの不具合は認められず、優れた遮断性能をもつことが確認された。この材料は、菱電化成 (株) で製造する。

7. む す び

耐熱・耐アーク材料としての低温硬化型セラミック材料について述べた。現在、遮断器用消弧材料への適用も検討中である。今後更に複合する材料の種類の拡張、最適組成の追求、製造プロセスの適正化を進め、耐アーク材料以外の耐熱絶縁材料分野での用途展開も図っていく。

参 考 文 献

(1) 高分子学会無機高分子研究会編：無機高分子の合成と応用, R&D レポート No. 29, 242 (1982)
(2) 華園繁弥：熱と塗料—耐熱, 耐火塗料, 30, No. 5, 8 ~ 15 (1983)
(3) Morris, J. H. et al.: J. Appl. Chem. Biotechnol., 26, No. 7 385 ~ 390 (1976)

プリント配線板の最近の技術動向

小田幸雄* 小原雅信**
 嶋貫 誠* 鶴瀬英紀*
 山崎遠一*

1. ま え が き

電子機器のダウンサイジングの潮流は、コンピュータに代表される情報通信機器の分野から始まり、家電・AV機器・産業機器・自動車用制御回路等あらゆる分野に及んでいる。

これら軽薄短小化の流れは、飛躍的な情報処理量の増大を極め、低エネルギーで実現することを可能にした。このため、情報処理の分散化とネットワーク化が急速に進み、パーソナルで人間に優しい高度情報化社会への幕が切って落とされた。

以上のような電子機器のダウンサイジングと高性能化を支えてきたものは、半導体・プリント配線板・電子部品とそれら実装技術の進歩によるものである。特に半導体技術の驚くべき進展による高機能マイクロプロセッサと大容量メモリの実現によるところが大きい。しかし一方では、電子機器の回路実装を一般的に基板実装と呼ぶように、半導体と電子部品をいかに効率的にプリント配線板に搭載するかが、電子機器設計上のポイントである。したがって、プリント配線板もまた電子機器実装の死命を制するキーデバイスの一つであるといえる。この論文は電子機器の進歩を支えるデバイスとしてプリント配線板の最近の数ある技術の中で数種に絞り、その技術動向について述べるものである。

2. 三菱プリント配線板の歴史

当社のプリント配線板の歴史は、昭和32年に他社に先駆けてガラスエポキシ両面スルーホールプリント配線板を開発したときに始まる。昭和40年には国内で初めて三次元レー

ダ及び工業用テレビに用いる、4,6層の多層配線板開発を行い、量産機種への適用を行った。さらに、パターン設計も人手によるパターン作画(アートワーク)から、コンピュータ(IBM370)による作画(CAD)を初めて昭和45年に開発した。

このような技術的バックグラウンドの下に、各地区(鎌倉、名古屋、尼崎)の当社製品製造担当製作所で個別にプリント配線板の生産を始めたが、昭和51年これらを組織的に統合し、尼崎に設計・製造を一貫して行うプリント基板工場を設立し(現プリント基板第一製造部)、社内の産業用プリント配線板の需要にこたえるべく供給を開始した。

しかし、増大する一方の社内需要とシステム・機器の高度化に対応するため、本社及び各製作所の関係者によるプロジェクトチームの検討を経て、昭和59年相模原に東部工場を発足させた。組織も相模製作所の下に統合し、プリント基板第二製造部とした。

当社はプリント配線板の基材である両面銅張り積層板及びプリプレグも生産をしている。材料から開発できる特質を生かし、システム・機器からのニーズにこたえるプリント配線板を提供している。

本稿では当社の新製品群のうち、FR-4をはるかにしのぐ耐熱性(T_g 180℃)をもつ“HHR”(Hybrid Heat Resistant resin) 基材応用配線板と実装時のはんだ付け信頼性を向上させる無電解はんだコート配線板及びパターンの高密度に対応したサブウェイ配線板、MCM用銅ポリイミド配線板を取り上げ、次章以降に詳細を述べる。

3. HHR基材配線板

3.1 HHR基材とは

HHR 基材は、当社独自で開発した新しい高耐熱性配線板用基材である。これは、耐熱性に優れた熱硬化樹脂である多官能エポキシ樹脂と、可とう性に優れた熱可塑性樹脂を分子レベルで複合化させることによって実現したものである。多官能エポキシは、汎用エポキシに対してガラス転移温度(T_g)

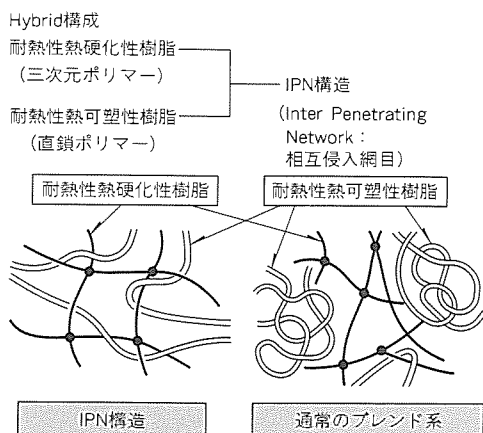


図1. 熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂の分子状模式図

表1. 各種配線板基材の耐熱性

	ガラス転移温度 (T_g)
HHR	180~190℃
FR-4	120~130℃
ポリイミド	190~210℃

は高いがもろい(脆)いという弱点をもつ。この弱点を克服するため、熱可塑性樹脂を多官能エポキシに相溶させ、部分的に架橋させることにより、多官能エポキシと熱可塑性樹脂が相互に絡み合った semi-IPN (Inter Penetrating Network) 構造を実現した。熱硬化樹脂と熱可塑性樹脂を混合硬化させた場合、IPN 構造と一般の混合の模式図を図 1 に示す。図から分かるように、一般の分散構造型はそれぞれが分離独立して存在するのにに対し、IPN 構造は相互に絡み合っているのが分かる。

この構造のため、非常に耐熱性の良い配線板基材を実現することができた。表 1 に HHR 基材と一般のガラスエポキシ基材である FR-4 及び高耐熱基材であるポリイミドとのガラス転移温度の比較を示す。この表からも分かるように、HHR 基材はガラスエポキシが主材ではあるが、ポリイミドに近い耐熱性を示し、ポリイミドよりもコストパフォーマンスの良い配線板材料である。

また、HHR 基材は、その製造方法から内部に残存するイオン性不純物が極めて少ない。そのため、配線板では最も弱いとされるスルーホール間のガラス繊維に沿った界面での銅マイグレーションが発生しにくいという、優れた特長をもつ。図 2 に FR-4 及びポリイミドと比較した銅マイグレーションの試験結果を示す。機器が携帯化され、使用環境が厳しくなる方向にあり、これに対しても、HHR 基材を用いた配線板は信頼性の高い機器の実現への寄与が期待できる。

3.2 大電流配線板

HHR 基材における特性上の優位点を最大限に生かした製品のひとつに大電流配線板がある。

大電流配線板とは、従来ブスバーやワイヤハーネスで大電流回路を形成していたものをプリント配線板上に厚銅はく(箔)を用いて大電流回路を形成したもので組立コストを大幅に低減させたものである。

大電流配線板は、数十 A を通電するパワーデバイスが実装されるプリント配線板である。大電流を流すため導体の断

面積を大きくする必要があり、一般配線板よりも厚い 70 μm 又は 175 μm 銅箔を使用している(一般のプリント配線板は 18 μm 又は 35 μm 銅箔を使用)。

この大電流配線板に HHR 基材を用いた製品の基本コンセプトを図 3 に示す。

具体的な差別化例を示す。HHR 基材を使用 (FR-4 の温度上昇値 10°C に対して HHR 基材の温度上昇値 30°C とした場合) すると以下ようになる。

	(FR-4)	(HHR)
(a) 電流量のアップが可能 (175 μm 銅箔, 導体幅 10mm)	20 A	⇒ 34 A
(b) 導体厚を薄く (同一導体幅, 温度上昇値 20°C)	175 μm	⇒ 70 μm
(c) 導体幅を小さく (175 μm 銅箔, 20 A)	10mm	⇒ 4mm

これらの具体的差別化例の中で“(b)導体厚を薄く”を利用すれば、大電流回路と制御回路の一体化が図れ、制御回路部は IC ピン間 2 本の配線が可能となる。この大電流配線板の効果を図 4 で示す。

次に種々の試験による電気特性評価結果を示す。

(1) 耐電流試験

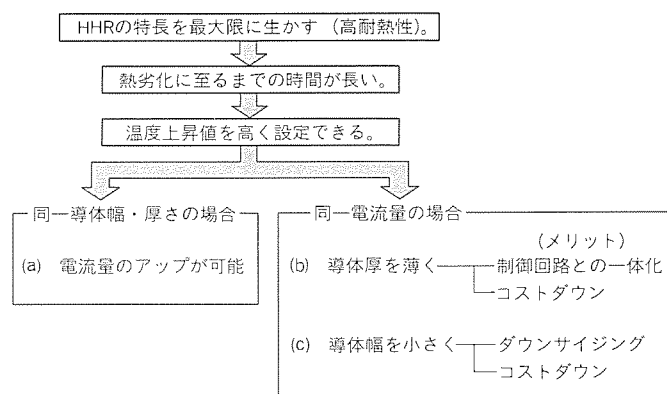


図 3. HHR大電流プリント配線板のコンセプト

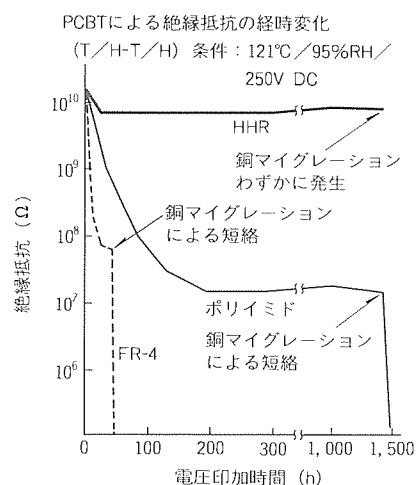


図 2. 配線板の耐銅マイグレーション特性

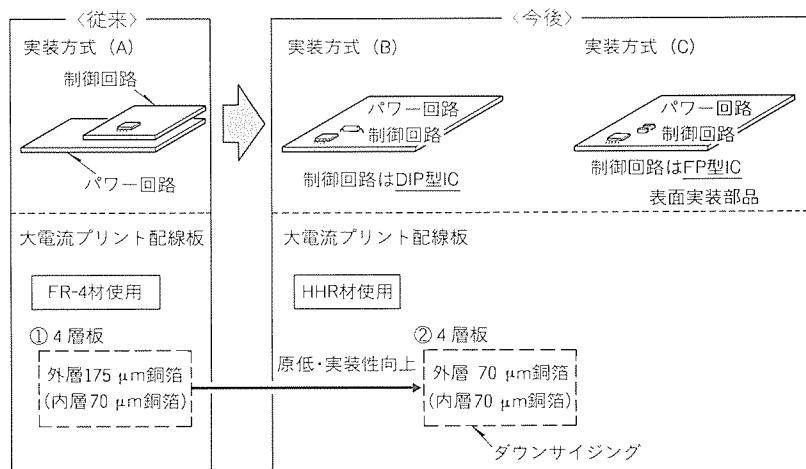


図 4. 大電流プリント配線板の効果

図5に示す試験基板を HHR 及びガラスエポキシ (以下“FR-4”という。) 基材で作リ、定格許容電流の n 倍 (4.5~7.5 倍) の電流を連続で通電させて、導体はく (剥) 離時間を測定した。その結果、表2に示すように定格許容電流の4.5倍である90Aの導体剥離までの時間は、FR-4の1時間17分に対し、HHR 基材は35時間と大幅に改善されており、HHR 基材が電流の通電によって発生する熱ストレスに対して強いことが分かる。

(2) 耐銅マイグレーション特性試験

表3に示す試験基板 (図6) を両基材で作リ、PCBT (プレッシュクッカーバイアステスト) による加速試験を行った。その結果、図7のようにFR-4では93時間で銅マイグレーションが発生し、絶縁抵抗がなくなったにもかかわらず、HHR 基材の方は500時間でも絶縁抵抗の低下がなく、高電圧回路に対して製品の信頼性が高い。

3.3 バーンインボード

C-MOS 系の LSI は高温通電試験によるスクリーニングとして全数バーンインを適用されることが多く、そのコスト低減は大きな課題となっている。特に LSI の新製品が量産化された初期では、不良率が低位安定に至るまでのあいだ長時間のバーンインが適用されるのが通例である。

アナログデジタル信号系の LSI は絶対最大定格温度が125℃が一般的で、バーンインも125℃で行われるのが一般的である。しかし、温度加速係数がリニアである領域では、125℃を超えて実施すれば、短時間でのバーンインが可能となる。例えば、135℃や145℃では、製品によって加速率を算出する必要があるが、バーンイン時間をほぼ1/2又は1/4と短縮することが可能である (10度2倍則)。したがって、バーンインの高温化によってバーンインコストを低減

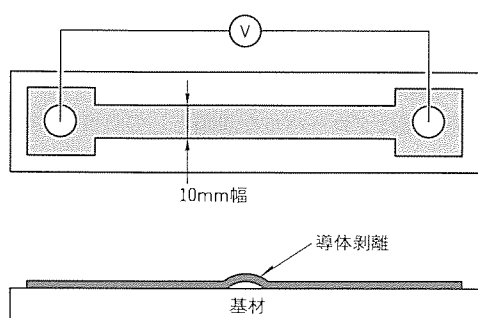


図5. 耐電流試験基板

表2. 定格許容電流の n 倍 (4.5~7.5倍) 通電による導体剥離時間

電流	基材	HHR	FR-4	参考温度 (℃)
90A		35時間	1時間17分	235~245
100A		1時間43分	7分3秒	272~282
110A		4分	3分	310
120A		2分10秒	1分55秒	320~335

することが可能となる。

一方、自動車電装品等において、アナログデジタル信号系の LSI についても、よりシステムの信頼性を高めるため、125℃を超え135℃等の保証の要求が芽生えつつある。このように、LSI のバーンイン温度を高温化するニーズに HHR 基板は最適である。

配線板から見た場合、高温バーンインのためには、バーンインボードとしての配線板の耐熱温度を高める必要が発生する。しかし、バーンインボードは消耗品であり、耐熱性が良好なポリイミド等の高価な材料を使用するのはコストがかさ

表3. 耐銅マイグレーション特性用試験基板

試験条件	
(1) PCT装置	タバイ製PCT
(2) 条件	
(a) 温度	121℃
(b) 湿度	95%
(c) 圧力	$2.013 \times 10^5 \text{ Pa} \{2 \text{ atm}\}$
(d) 印加電圧	DC250V
	+: スルーホール -: 内層パターン
(3) 試験片	
(a) スルーホール径	$\phi 0.8 \text{ mm}$
(b) ランド径	$\phi 1.3 \text{ mm}$
(c) 内層パターン幅	0.8mm
(d) ランドと内層パターンとの間げき	1.2mm

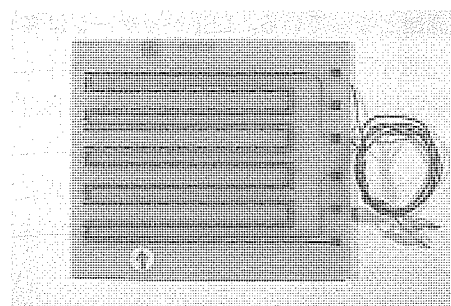


図6. 耐銅マイグレーション特性試験基板

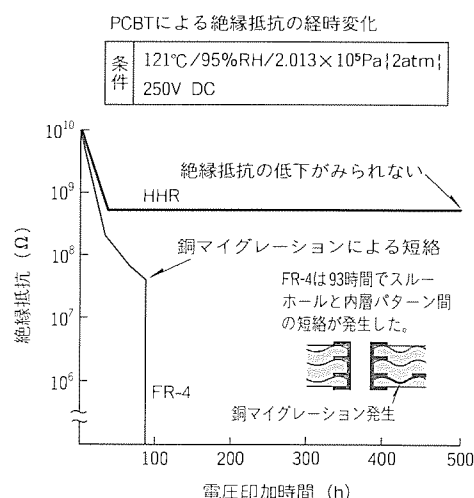


図7. PCBTによる絶縁抵抗の経時変化

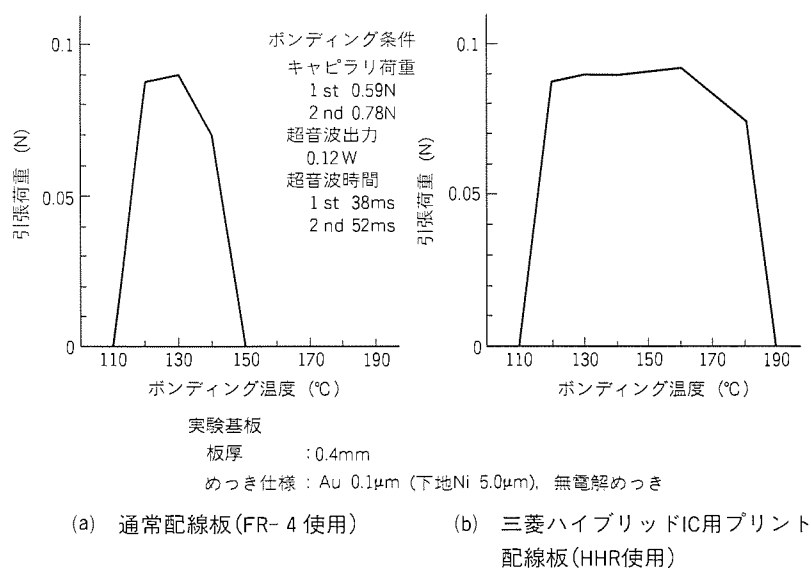


図8. ワイヤボンディング引張強度とボンディング温度

む。HHR 基材を用いたバーンインボードであれば、その耐熱特性から145℃前後の連続使用に十分に耐え、コストパフォーマンスの良い高温バーンインが可能となる。

3.4 COB用配線板

(1) COB (チップオンボード) の動向

電子機器の小型・高機能化において、高密度実装技術はキーテクノロジーである。特にLSIの実装効率を高めることが重要な課題となっている。LSIパッケージは多ピン・狭ピッチ化の傾向であるが、パッケージ自体をなくし、ベアチップの状態で基板に搭載するCOB実装方式も注目されている。

COB実装方式には、ワイヤボンディング方式とフリップチップ方式があるが、接続方式として成熟しているワイヤボンディング方式が一般的である。

ワイヤボンディングによる接続は、超音波熱圧着又は超音波エネルギーを併用した超音波熱圧着によって行われる。このため、COB実装に用いる配線板では、ワイヤボンディングの温度で基板が軟化すると超音波エネルギーや圧力を基板側が吸収してしまい、接合部に有効にエネルギーが与えられなくなる。そのため、ワイヤボンディング温度で基板が軟化しないことが重要となる。

(2) HHR 基材のワイヤボンディング性について

COB用配線板の基材として、FR-4を使用するとその T_g (ガラス転移点)の限界から、特に薄板の場合ボンディング温度は約140℃付近の狭い範囲でしか使用できない。これに対し、HHR 基材は130～160℃の広い範囲で使用可能 (図8参照)であり、このことはワイヤボンディングの条件設定を容易にし、ボンディングの信頼性の向上にもつながる。また、この条件でプリント配線板の金めっきは、電解・無電解ともに厚さ0.1 μ mでボンディングが可能であることを確認した。

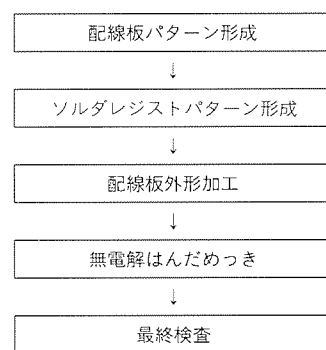


図9. 無電解はんだめっきの製造プロセス

表4. はんだめっき暫定仕様

	配線板全体	1QFP内
はんだめっき厚	6 \pm 3 μ m	\pm 1 μ m
組成比率 (Sn)	80 \pm 10%	\pm 5%

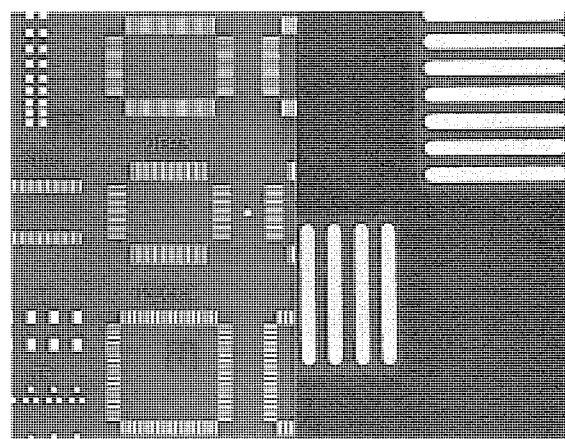


図10. 無電解はんだめっきしたQFP部フットプリント (右図はQFPパッド部拡大)

4. 無洗浄 (脱フロン) 対応配線板RSB^(注1)

4.1 環境保護と無洗浄回路実装

地球環境保護はグローバルな課題としてクローズアップされている。とくにオゾン層破壊物質に対する規制は緊急課題であり、平成5年5月15日から米国輸出製品に対し、その生産工程において該当物質を使用した場合ラベル表示義務が発生する。全社を中心に該当物質の全廃を強力に進めている。

電子機器の回路では、プリント配線板を含む電子部品の製造工程とプリント回路実装組立工程での洗浄剤として特定フロン、トリクロロエタン等がオゾン層破壊物質に該当し、回路実装後、水洗浄又は無洗浄への切替へは、各社とも緊急課題として進められている。

生産コスト上からも無洗浄が最も望ましいのはいうまでもない。また、水洗浄にしても洗浄の信頼性はフロン等に比較して劣るのは避けられない。洗浄の必要性は美観等を別にすれば回路の信頼性に依存する。すなわち、使用中に回路に漏

(注1) RSB: Reliable Solder coat Board

れ電流が発生して回路機能が損なわれたり、断線故障に至るのを防止するため、腐食性の物質を取り除く必要があり、回路実装後に洗浄を行う。したがって、回路実装工程において、同物質が入り込まない方法をとれば、回路実装後の洗浄は不要となる。

回路実装工程では、はんだ及びフラックス（又はこの混合物）を使用する。フラックスは、被はんだ付け金属表面の酸化皮膜を溶解除去し、はんだと金属表面の界面張力を下げるために使用する。したがって、活性力の高いフラックスを使用すればはんだぬれ性は良いが、その活性力のため、洗浄除去しないと時間とともに金属を腐食させる。したがって、無洗浄化のためには金属を腐食させない活性力の低いフラックスを使用する必要がある。言い換えると低活性のフラックスでもはんだ濡れ性の良い回路実装方法を実現させることである。

この課題に対し、プリント配線板に要求される特性は、はんだ濡れ性である。つまり、無洗浄が可能な低活性フラックスを用いた、はんだ濡れ性が良い、配線板のフットプリントの表面処理が必要となる。

4.2 表面処理とはんだ付けについて

配線板のフットプリントの表面酸化を防止し、部品実装の際に良好なはんだ濡れ性を確保するため、プリント配線板は表面処理が施される。その表面処理方法として一般的に行われる方法としては、ホットエアレベラー（通称 HAL）処理とプリフラックス処理とがある。

HAL は溶融はんだ浴の中に配線板を浸せき（漬）させ、

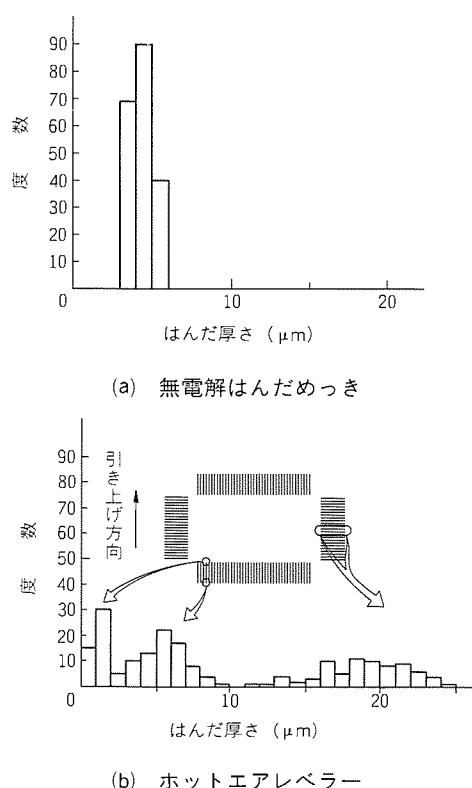


図11. QFP部フットプリントのはんだ膜厚分布

引き上げる際に高温のエアを吹き付け余分のはんだを吹き飛ばし、配線板の導体露出部にはんだをコーティングする方法である。この方法は配線板のフットプリントのみでなく、露出された金属部（一般的には銅）はすべてはんだで覆われるため、金属部の酸化を防止できる等の長所がある。一方、コーティングされるはんだの膜厚の制御が極めて困難で1 μm以下のところから数十 μm までばらつくのが通常である。このため、1 μm 前後のところでははんだ濡れ性を阻害する銅-すずの金属間化合物が表面まで生成することがあり、また膜厚のばらつきは高密度実装対応の微小ピッチの半導体パッケージ（QFP 等）の実装が困難という欠点をもっている。従来の縦型 HAL に対して、水平型で膜厚の均一性を改善する試みがあるが、HAL はエアで吹き飛ばす方法である以上、風上と風下という本質的非対称性をもっているため、均一なはんだ膜を得ることは困難である。また、高温（230～250℃）の溶融はんだに直接浸漬させる際に受けるストレスによる潜在的な影響も考えられる。

もう一つのプリフラックス処理は、導体金属のまま使用するが、実装までの間の金属酸化を防止するため、プリフラックスを塗布する方法である。この方法は、高密度実装対応のフットプリントの平たん（坦）性に優れているという特長をもっている。しかし、配線板の段階でははんだコートしないので、実装後も部品装着部分以外にはんだコーティングされないため、導体金属露出部（特にスルーホール内壁）が酸化等によって変色してくる。また、導体金属の銅とはんだペーストの間にプリフラックス層が介在するため、本質的にはんだの濡れが悪く、最近の両面実装等の多数回りフローにおいて、はんだ濡れ性を確保するのが困難である。プリフラックスとポストフラックスの組合せによっては、両者の相溶性が悪く残渣物が残ることもある。

	無電解はんだめっき	プリフラックス
リフロー 1 回目		
リフロー 2 回目		
試験条件	はんだペースト：PS10BR-450A-F56 初期塗布面積：2.85×0.30（はんだペースト）／ 3.60×0.40（フットプリント） リフロー温度：ピーク235℃、200℃以上30s	

図12. はんだ濡れ性比較

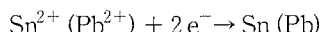
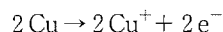
以上のように、現在一般的に用いられている表面処理方法は多くの欠点を持ち、特にはんだ濡れ性に関する欠点は、はんだ付けの際に活性力の強いフラックスを使用することによって解消することになる。このある程度以上の活性力をもったフラックスは腐食性成分をもつことが多く、実装後の洗浄工程を廃止することが困難となるのである。

4.3 無電解はんだめっきの配線板への適用

プリント配線板のフットプリントに対し、均一のはんだコーティングを施す方法として、まず考えられるのは電気めっきによる方法である。一部の配線板のフットプリント及びプリントコンタクトに既に適用されている。しかし、めっきするための給電リードを配線する必要がある、すべての回路パターンに適用できるものではない。そこで我々は無電解はんだめっきに着目し、その応用開発をこのほど完成した。

一般的に電位的に貴な金属である銅の表面に、同じく卑な金属のはんだ（すず及び鉛）を電気化学的な反応で析出させるのは困難である。しかし、ある種の錯化剤を使用すると銅が最も卑になりはんだが析出する。析出反応は概略次のよう

になっている。



無電解めっきであり、ソルダレジストで配線パターンを被覆した後この処理を施すため、金属露出部はスルーホール内壁を含めてすべてはんだでコーティングできる。その製造プロセスの概要は図9のとおりである。

このはんだコート皮膜の暫定仕様を表4に示し、この処理を施したQFP部の例を図10に示す。

QFP部のフットプリントのはんだ膜厚分布を、ホットエアレベルラー（HAL）と比較して図11に示す。図から無電解はんだめっきのはんだ膜厚が極めて均一なことが分かる。

無洗浄対応はんだペーストを塗布したときのはんだ濡れ性をプリフラックスと比較して図12に示す。このようにプリフラックス処理と比較して無電解はんだめっき処理の方がはんだ濡れ性が良く、実装時のはんだ付け作業の直行率の向上、端子の信頼性向上が期待できる（表5）。

表5. 各種はんだペーストによるはんだ濡れ性比較

はんだペースト	無電解はんだめっき処理配線板		プリフラックス処理配線板	
	リフロー1回	リフロー2回	リフロー1回	リフロー2回
H社 失活性タイプ	○	○	△	△
N社 RAタイプ	◎	○	△	△
H社 無洗浄タイプ	◎	△	△	△

注(1) リフロー条件 IRリフロー炉 peak236℃ 200℃以上約30s
リフロー回数 1回目 ペースト→リフロー加熱
2回目 リフロー加熱→ペースト→リフロー加熱

(2) 各記号の定義

◎：パッド全体が濡れる。 ○：パッドがほぼ濡れる（塗布状態より広がる）。
△：はんだ塗布状態のまま。 ×：塗布状態より凝集する。

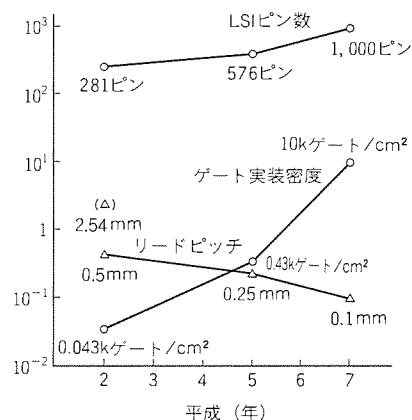


図13. 基板の高密度実装動向とLSIの多ピン・狭ピッチ化動向

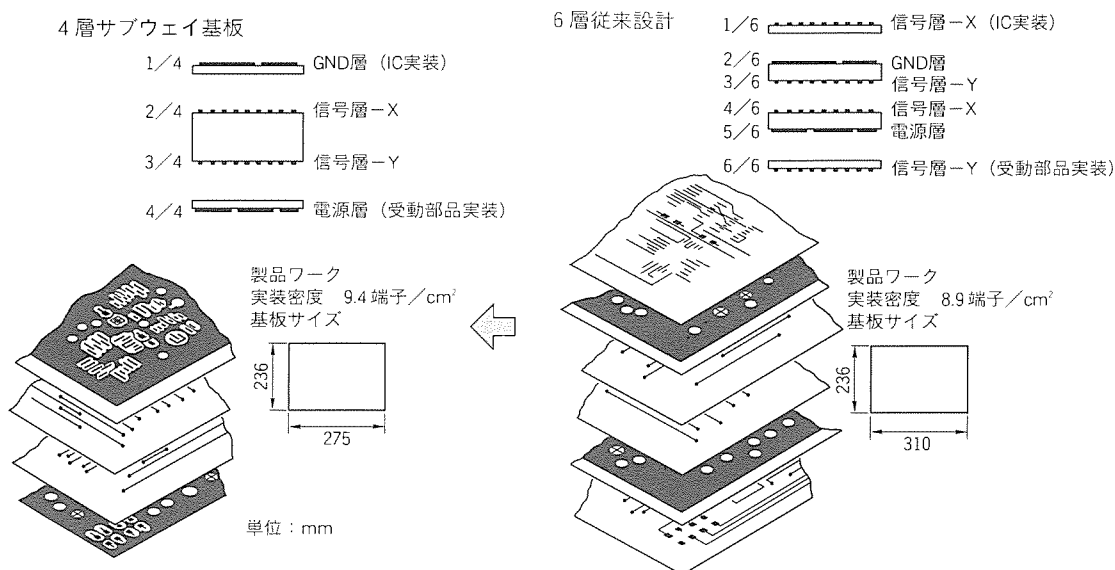


図14. サブウェイ基板の構造

5. 新デザイン・新実装方式への取組

5.1 サブウェイ配線板による実装設計

電子機器の小型・軽量・薄型化の進展とともに、基板に搭載する LSI はますます高性能・高速化している。図 13 に示すように LSI の形状は、多ピン・狭ピッチ化が進み、LSI の高密度実装技術が電子機器のダウンサイジングにおける重要な課題となっている。

パーソナルコンピュータを例にすると携帯用機器の普及と省電力・高性能に伴うマイクロプロセッサの 32 ビット化、搭載メモリの大容量化、基板サイズの縮小によって実装密度が $12 \sim 16$ 極/cm² に達し、配線板の層数が 4 層から 6 層・8 層へと増える傾向にある。一方では、低価格化競争のし(熾)烈な戦いが繰り広げられており、原低をいかに達成するかが緊急の課題である。このような市場に対して、設計力の優位性によって競合力の強化を図ったのがサブウェイ配線板である。すなわち、図 14 に示すように、内層を信号層、外層を部品搭載パッド及び給電層として使用するという逆転の発想から生まれた配線板である。この方式は基板層数の低減(6 層板の 4 層化)と面積の縮小のみならず、表面給電層のシールド効果により EMI 対策にも有効かつ実装基板の均熱化というメリットがある。層数低減にはピン間 4 本/5 本のようなパターン的高密度という方向でも進めているが、実装設計面では ASIC の活用による部品点数の低減とサブウェイ方式との併用でコスト低減を図るという方向が望ましいと考える。

5.2 新実装方式 (MCM)

高密度かつ高性能な機器では、MCM (Multichip Module) 技術が注目を集めてきた。MCM は微細な配線板に複数の LSI を裸のチップ状で搭載し、互いの電極端子を接続することにより、機能ブロックを形成する実装技術である。この結果 LSI を最も高密度に実装でき、LSI 間の配線長を小さくできる。

MCM にはプリント配線板を用いる MCM-L、セラミック多層配線板を用いる MCM-C、銅ポリイミド基板などの薄膜多層配線板を用いる MCM-D の 3 種類があり、今後広く用いられようとしている。

MCM-D は、配線板の製造には半導体製造技術に近い薄

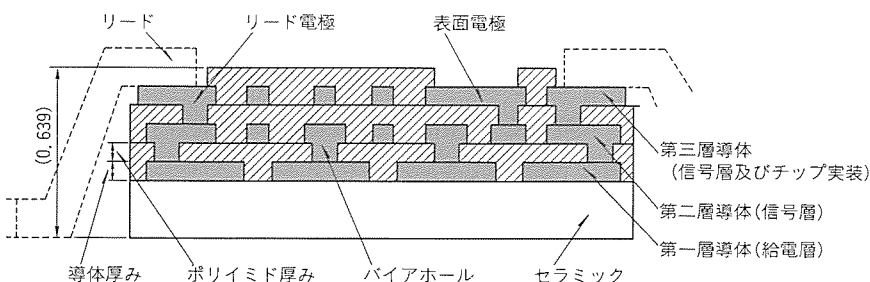


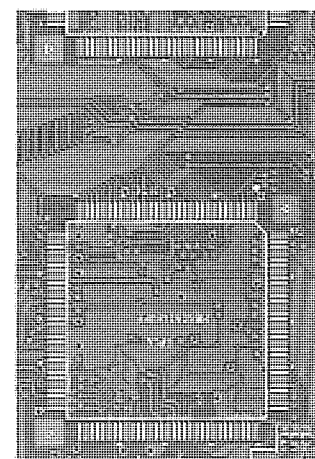
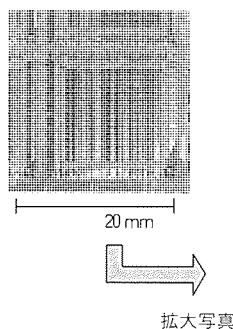
図15. 銅ポリイミド配線板断面構造

膜技術を用いるため、製造コストが高い等の理由で限られた用途にしか用いられていないが、最も高密度な微細配線を形成できる。このため、高速・小型・軽量を要求される機器に今後多く用いられることが予測される。

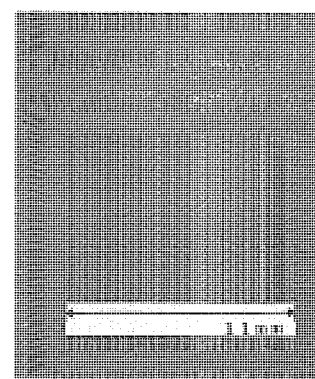
5.3 MCM用配線板(銅ポリイミド配線板)

MCM 用配線板として、より高密度な微細配線を形成でき、MCM-C に用いられる銀やパラジウムより安価で低抵抗の銅を用いた銅ポリイミド配線板(MCM-D)の開発に着手している。

銅ポリイミド配線板は、アルミナ又はアルミナイトライド基板上に $1,000 \text{ \AA}$ の第一銅導体をスパッタ方式によって付与し、写真法によって微細配線を形成する。さらに、層間絶縁層として感光性ポリイミドを塗布し、写真法によって小径バイアホールを形成する。次に無電解銅めっき、写真法による微細配線パターンニング、電気銅めっきにより、第二層配線を形成する。これを繰り返して、第三層以上を形成していく。最上層のワイヤボンディングパッド等には、ニッケル-金めっきを施す。最終的に外部接続端子(リード)を取り付け、完成品となる。図 15 に銅ポリイミド配線板の断面構造、図 16 にパターン高密度化の比較として QFP 搭載用プリント配



(a) QFP搭載用プリント配線板



(b) MCM用銅ポリイミド基板(MCPH)

図16. パタン高密度化の比較

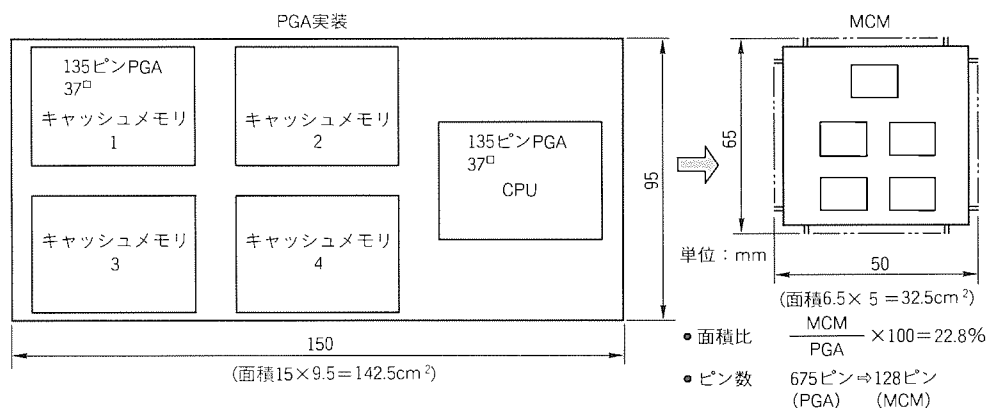


図17. MCM (実装モデル) による小型化事例

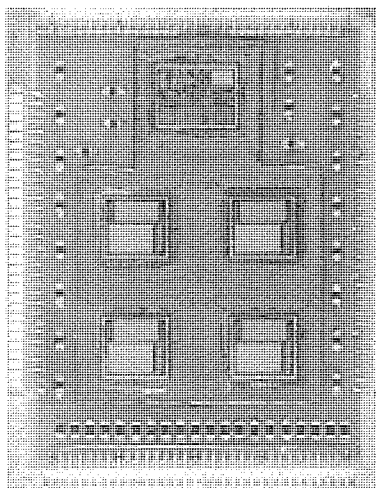


図18. CPUモジュール実装モデル

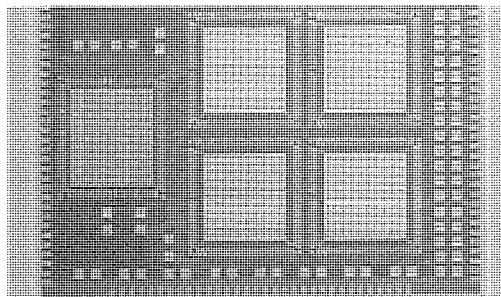


図19. CPUモジュール実装モデル用銅ポリイミド配線板

表 6. デザインルール

導体幅/間げき	最小30 μm /30 μm
バイアホール	ランド径70 μm /穴径30 μm
導体厚さ	6 μm
絶縁層厚さ	7 μm
ベース材料	ワーク□106mm
	厚み 0.6mm

線板とMCM用銅ポリイミド基板(MCPM)の比較を、図17～図19にMCM(実装モデル)による事例、表6に製造プロセスのデザインルールを示す。

以上に述べた銅ポリイミド配線板の実用化を加速するため図18に示すCPUモジュール実装モデルを試作した。32ビットCPUチップ(元は135ピンPGA実装)1個とキャッシュメモリ及び制御回路チップ(元は135ピンPGA実装)4個を45mm×60mmの銅ポリイミド配線板にワイヤボンダ実装している。入出力端子はSMTタイプで128ピン1.27ピッチの銅系リードフレームとした。

実装モデルの銅ポリイミド配線板はライン/スペース40 μm /40 μm とし、写真製版技術によるコンタクトホールとの組合せにより、図16、図19に示すようにピン間20本クラスの実装密度を実現している。

試作したMCM実装モデルの小型化(図17)事例で見ると、PGAをプリント配線板に実装した場合、CPUモジュール回路部分のピン数675ピン(135ピン/個×5個)、必要基板面積142.5 cm^2 (150mm×95mm)になる。これを

MCM実装にした場合、CPUモジュールのピン数128ピン、モジュール面積32.5 cm^2 (65mm×50mm)となり、ピン数にして22%、面積にして23%(約1/4)の小型化を図ることができた。

6. む す び

以上、当社のプリント配線板について現在の製品と開発の方向の紹介をした。今後ますます高度化するエレクトロニクスのシステム・機器とそれを構成するLSIの高機能化とともに、プリント配線板も大きく変遷を遂げていくであろう。そして、それぞれを構成するものは、独立の部品として変遷するのではなく、相互に一体となって開発の整合がとられていくであろう。

環境保護、省資源など全地球的課題と整合をとりつつ、プリント配線板もエレクトロニクスのイノベーションの一翼を担っていかなければならない。

電子部品用銅合金

久保 健治* 北風 敬三**
栗田 敏広*
伊藤 久敏*

1. ま え が き

電子機器の高性能化、小型化の進展を支えてきた IC やコネクタ、スイッチ、リレー等の電子部品に使用される銅合金は、高密度実装を実現するために、より高い信頼性の特性を求められている。最近の電子部品の表面実装化、多リード化、高精細加工化、薄板化や種々環境における信頼性向上の要求に応じるために、電子部品・材料へのニーズとしては高強度、高電気伝導率、高熱伝導率で、はんだ付け性、接続の安定性に優れ、熱や腐食環境における経時劣化が少なく、かつ高精度の加工が可能な材料が求められている。

本稿ではコネクタ、スイッチ、リレー、リードフレーム等の電子部品として使用されている銅合金材料について、当社における最近の開発製品や表面処理応用品を中心に述べる。

2. 高強度・高電導 Cu-Ni-Si-P 合金

2.1 高強度・高電導銅合金の開発動向

近年の IC、コネクタ等の高集積化や小型化に伴い、高強度・高電導性を追求した新組成の銅合金開発が盛んに行われるようになってきた。

従来、銅に他の元素を固溶させた合金が主流であったが、このような固溶合金では高強度と高電導を両立させることが困難なため、析出硬化や金属間化合物の分散を利用した新合金が次々と発表されている。実例としては、銅への固溶量の小さい Cr や Zr を添加した合金や Cu-Ni-Si 系コルソン合金のように金属間化合物を分散した合金が代表的なものであり、さらに他の元素を加え、またプロセスを変更して改善を図っている。

端子・コネクタ用合金“MM 231”，リードフレーム用合金“MM 224 HC”は Cu-Ni-Si 合金と同様に微細な金属間化合物分散が得られる Cu-Ni-P 合金とを組み合わせ Cu-Ni-Si-P の 4 元素を基本に製品化された合金であり、用途に合わせて前者は質別 1/4 H，H 材を、後者は H，EH 材の質別を標準として商品化した。

2.2 Cu-Ni-Si-P 合金の諸特性

(1) 基本特性及び強化構成

この合金の基本組成は Cu-1.5 Ni-0.18 Si-0.1 P-1.5 Zn から成り、銅マトリクス中に $\text{Ni}_5(\text{Si}, \text{P})_2$ の微細金属間化合物の均一分散、及び溶体化処理時における再結晶粒成長に対する抑制効果により、基本的なニーズである高強度・高導電性を両立させている。透過電子顕微鏡組織及び光学顕微鏡組織を図 1、図 2 に示す。

コネクタ用材料として広く用いられている C 5210 合金 (ばね用りん青銅) や IC リードフレーム用 42 Alloy と同等の強度水準に加え、高導電性 (熱伝導性) をもっている。この合金の基本特性を図 3 に示す。

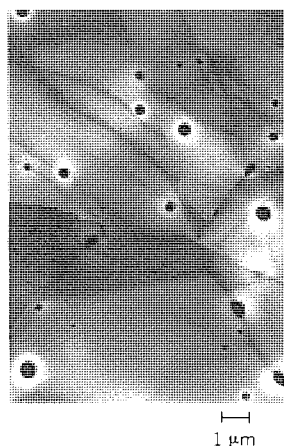


図 1. Cu-1.5%Ni-0.18%Si-0.1%P-1.5%Zn 合金の透過電子顕微鏡組織

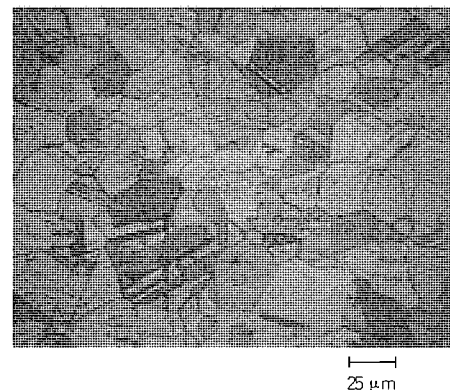


図 2. Cu-1.5%Ni-0.18%Si-0.1%P-1.5%Zn 合金の光学顕微鏡組織

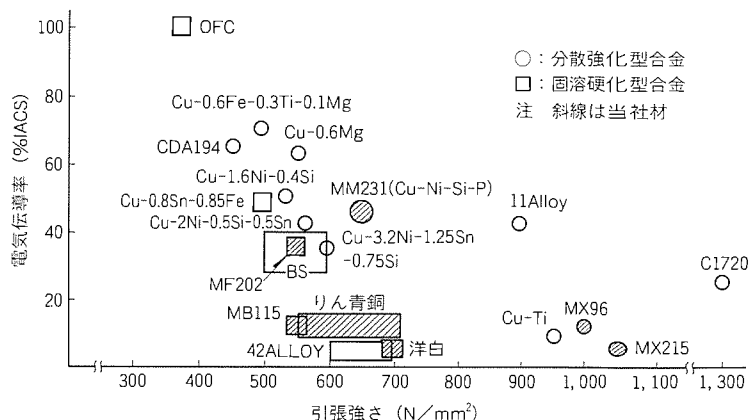


図 3. 各種材料の特性比較

表1. めっきの耐熱密着性

めっき種別	曲げ方法	剥離までの要求時間 (h)	材 料 名	耐 熱 時 間 (h), (150℃)									
				100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000
はんだDip	加熱→曲げ	150℃×1,000以上	MM231	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			りん青銅	○	○	○	○	○	○	○	×		
			Cu-0.6Mg	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
			Cu- 2Ni-0.5Si-0.5Sn	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			Cu- 2Sn-0.1Fe	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	曲げ→加熱 →曲げ戻し	150℃×1,000以上	MM231	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			りん青銅	○	○	○	×						
			Cu-0.6Mg	○	○	○	×						
			Cu- 2Ni-0.5Si-0.5Sn	○	○	○	○	○	×				

(2) めっきの耐熱密着性

電子部品用材料としては、一般的にSn、はんだ(Pb-Sn)などのめっきが施されて使用される場合が多い。ここで、銅合金については経時変化による母相のCu及びめっき中のSnとの相互拡散により、Cu-Sn金属間化合物(拡散層)を形成する。この拡散層はもろ(脆)く、はんだ付け性に著しく乏しいため、めっき性能の劣化(はく(剥)離・はんだ付け劣化など)の要因となる。

この合金系では、添加元素であるNi、Si、Pを適切な配合比のもとで、余剰固溶体の形成を抑え、微細均一なNi-Si-P化合物を形成させるプロセス、及びZn添加により、拡散層の成長及び拡散に伴うボイド発生を抑制した結果、溶融6/4はんだめっきによる評価で、150℃×1,000hの耐熱密着性をクリアする優れた信頼性が得られるようになってきている(表1)。

(3) 応力緩和特性

コネクタに用いられる材料特性の中で更に重要なニーズとして応力緩和特性が挙げられる。この特性は熱環境を含め、長期的な接続の信頼性を左右する特性であり、図4にC2600(黄銅)、Cu-2Sn-0.1Fe、MF202(Cu-2Sn-0.2Ni)との比較を含め示す。比較材は主に車載コネクタに使用されているもので、近年はエンジンルームの高温化もあり、より応力緩和の少ない材料が求められており、新合金はこの点でも優位にある。

(4) マイグレーション特性

電子部品の小型化、多リード化はリード間ピッチの狭小化に伴い、環境によってはリード間がマイグレーションによって短絡し、故障の原因となるおそれ大きい。今後ファインピッチ化が進むとマイグレーション特性は部品特性に大きな

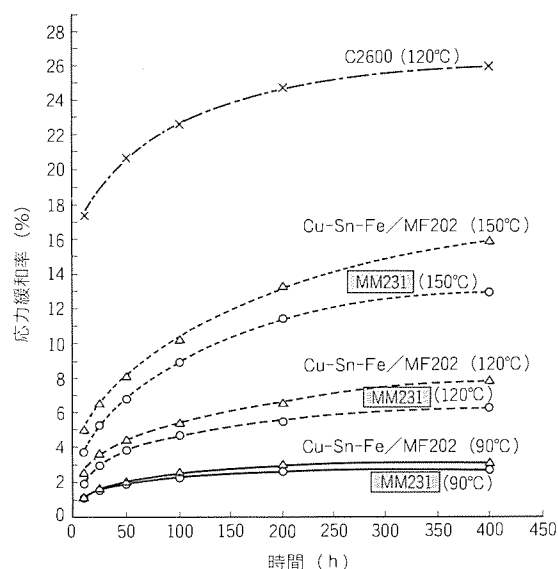


図4. MM231及び他合金の温度－応力緩和率の関係

影響を与える因子になり得る。各種銅合金のマイグレーション特性を図5に示す。評価方法として、被測定試料の間隔を1mmとし、これを純水中に浸せき(漬)して両極間が10μAの定電流によって短絡に至るまでの時間を測定した。銅合金のマイグレーション特性は、基本的には銅及び添加元素と媒体(水など)との関係による電気化学的順位と添加量に基づくものと考えられ、結果としてNi、Znを多量に含む合金系は優れた耐マイグレーション特性を示す傾向にある。また、Snを含有する合金系と併せ、多くの合金系で添加元素の種類及び添加量について比較的単純な相関が得られている。一方、この合金については、単体元素による効果ではなく、Ni-Si-P析出化合物によるマイグレーション抑制効果を利用し、総添加元素量が少ないにもかかわらず、優れた特

試料	主成分	短絡時間 (s)															
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500s以上	
Cn-Ni-Zn系	Zn-18Ni-56Cu																
C7701																	
Cu-Ni系																	
CNR	Cu-20Ni																
Cu-Ni-Sn系																	
MX215		Cu-21Ni-5Sn															
CDA72500	Cu-9Ni-2.3Sn																
MX96	Cu-9Ni-6Sn																
Cu-Sn-P系	Cu-8Sn-0.1P																
C5210																	
C5111		Cu-4Sn-0.1P															
その他合金系	Cu-1.9Be-0.3Co																
C1720																	
C2600		Cu-30Zn															
MF224HC	Cu-1.5Ni-0.1P-0.18Si-1.5Zn																

図5. 各種銅合金のマイグレーション特性

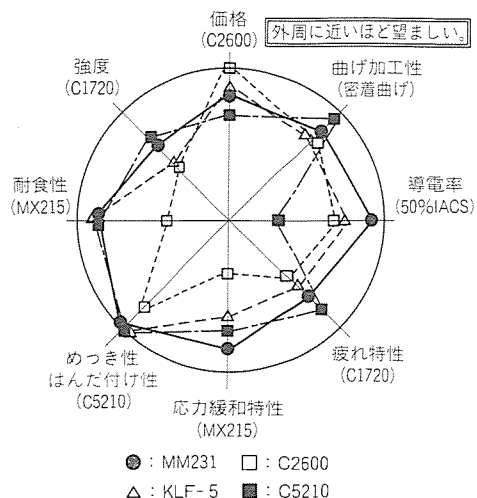


図6. MM231及び他合金の特性レーダチャート

性を得ている。

2.3 Cu-Ni-Si-P合金の適用分野

新合金 MM231 と、比較材として C5210 (ばね用りん青銅)、C2600、Cu-2Sn-0.1Fe の相対比較を図6に示す。ここに挙げた項目は、電子部品用として価格、強度、導電率(熱伝導性)、耐食性は共通のニーズであり、めっき性・はんだ付け性はコネクタリードフレームに、応力緩和特性はコネクタに、疲れ特性はスイッチ・リレー等の繰り返し応力が加わる部分に主に要求される特性である。

新合金は強度、導電率(熱伝導率)にバランス良く優れ、加えて電子部品用材として要求される一般的要求ニーズにこたえている。これらの特長を生かし、パワー系を含めたコネクタ用スイッチ、リレーまたIC用としてリード足曲がり対策としての強度と熱放散性のニーズにこたえる材料として広範囲の電子部品への適用を図っており、一部実用化に至っている。

3. 黄銅線代替C5071W合金

主としてコネクタのオスピン用として、ICリードフレーム材で実績のある Cu-2% Sn-0.2% Ni を主成分とする MF202 合金を線材(製品名 C5071W)に展開し、腐食環境における信頼性を高め、黄銅線の代替として拡大しつつある。表2に黄銅線とC5071Wの特性比較を示す。応力腐食だけでなく、電気伝導性、はんだめっきの耐熱信頼性においても代替として優位である。

4. 最近の表面処理製品

4.1 リフローはんだめっき製品

電子部品の表面実装化に伴い、はんだ付け性の信頼性に優れ、かつ安価な材料が求められているのにこたえるため、リ

表2. C5071WとC2600Wの特性比較

特 性	機 種	C5071W	C2600W	備 考
引張強さ (N/mm ²)	○	665	○	665
伸 び (%)	○	2.0	○	2.0
縦弾性係数 (kN/mm ²)	○	115	○	110
曲げ性(90°曲げ時のR) *1	○	0.4以上	○	0.4以上
ねん(捻)回破断 (回)	○	75.0	○	74.6
電気伝導率 (% IACS)	○	32	△	27
熱伝導率 (W/m・K)	○	155	△	121
応力緩和率 (%) *2	○	18	×	37
耐応力腐食性 (h) *3	○	200	×	2
はんだ濡れ性 (s) *4	○	1.5	△	2.5
めっき耐熱性 (剥離本数) *5	○	0/10	△	2/10

注*1 寸法φ0.64の場合

*2 120°C×100h、初期曲げ応力390N/mm²

*3 12.5%アンモニア雰囲気、初期曲げ応力295N/mm²で強度が半減する時間

*4 リフローはんだめっき(めっき厚さ1~2μm)(160°C×3h)

*5 リフローはんだめっき(めっき厚さ1~2μm)(150°C×1,000h)(捻回試験で剥離チェック)

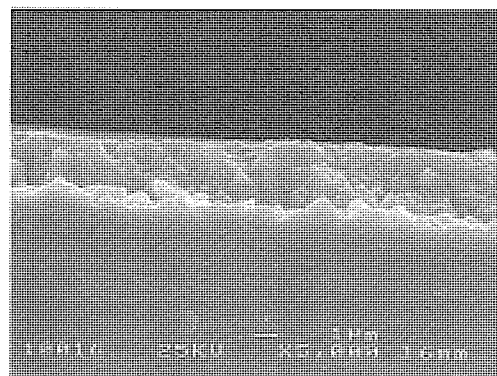


図7. リフローはんだめっきの断面観察

フローはんだめっき製品を開発した。

リフローはんだめっき製品は、従来のはんだめっき製品と比較してリフロー処理を行うことによって以下の長所がある。

(1) リフロー処理により、めっき被膜のピンホールを埋める効果があるため、従来のはんだめっきに比べて薄いめっき厚

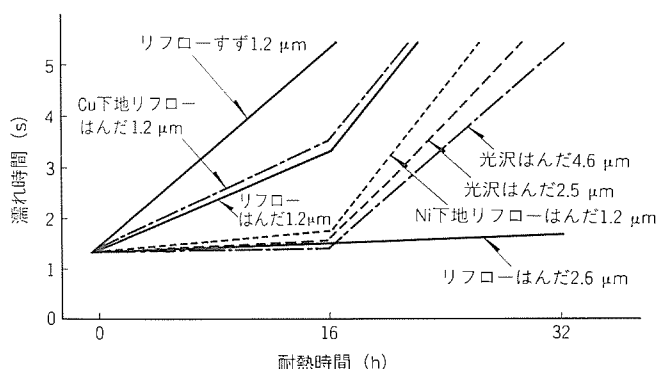


図8. 各種はんだ及びすずめっき品の耐熱後のはんだ付け性

さで高いめっき信頼性を得ることができるため、安価となる。
(2) リフロー処理により、電解めっき加工時に形成されためっき被膜の残留応力を取り除き、金属はんだと同等な延性のある被膜を形成できるため、曲げ加工性に優れた特性を示す。図7にリフローはんだめっき品の厚み方向の断面写真を示す。表面からSn-Pbのはんだ層、Cu-Snの拡散層、被めっき素材の順で構成されている。

はんだ付け性の信頼性データとして、155℃で加熱処理後のメニスコグラフによるぬ(濡)れ時間の測定結果を図8に示す。

4.2 薄銀めっきの熱拡散による表面改質

スイッチ、ボリウム等の接点となる部品では接触抵抗が小さく、かつ安価な材料が求められている。これにこたえる製品として、薄銀めっき後、加熱によって銀を銅合金の表面に熱拡散させ、表面層の安定化をねらった表面改質品を開発した。

この表面改質品は従来の銀めっき製品に比べて以下の長所がある。

- (1) 熱処理による元素の拡散により、母材と銀膜との密着性を高め、また銀被膜のピンホールを埋める効果があるため、従来の銀めっきに比べて薄いめっき厚さで接触に高い信頼性を得ることができる。
- (2) 熱処理後に圧延加工を行うことにより、銀めっきに比べて平滑でかつ光沢に優れた表面を得ることができる。
- (3) 銀はマイグレーションを起こしやすいが、この表面改質品では銀膜厚0.2 μm程度以下のものは、マイグレーションの感受性が被めっき品素材とほとんど変わらない。

接触抵抗の信頼性データとして、温度85℃、湿度85%で加速試験を行ったときの接触抵抗の測定値を図9に示す。

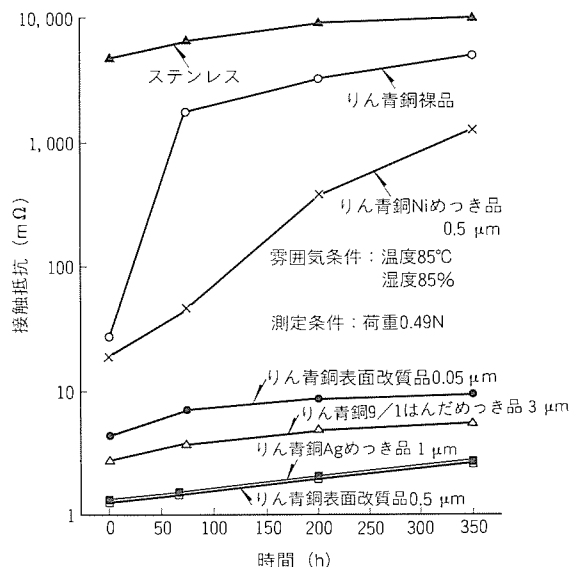


図9. 表面改質品及びめっき品等の高温・高温環境における接触抵抗変化

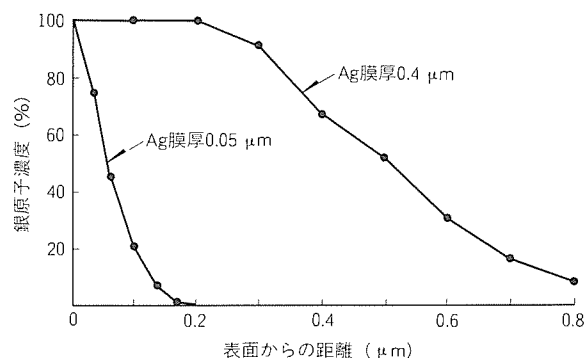


図10. 銀の熱拡散後の銀濃度プロファイル

図10に銀膜厚0.05 μm及び0.4 μmのものについて熱拡散させた後の表面から厚み方向への銀濃度プロファイルを示す。

5. む す び

当社の銅合金製品は電子部品用素材として多種多様の分野に用いられており、単に素材としての機械的・物理的特性の範囲にとどまらず、用途に応じた評価を今後も引き続きレベルアップしていく必要がある。幸いにも当社は総合電機メーカーとして、そのニーズを広範囲にとらえることができる環境にあり、総合力を生かした製品開発に今後とも役立てていく。

フェライトデバイス

——映像用フェライト及びEMC関連デバイス——

堤 広宣* 井上 淳*
齊藤 晃*
田中龍二*

1. ま え が き

フェライトはその良好な電磁特性をもっているため、情報社会の様々な分野でその技術を支えている。本稿では幅広い応用分野のうちから、情報処理に直結する映像と EMC (Electromagnetic Compatibility) 分野での当社の取組の一端を紹介する。映像関連では高性能偏向ヨーク用新材質と形状を、EMC 関連では伝導、放射各ノイズ対策用デバイスについて述べる。

2. 映像用フェライトデバイス

現在、映像表示は社会のすみずみまで浸透しており、CRT (陰極線管、すなわちブラウン管) はその中心的存在である。昨今、これら表示媒体に一般家庭では大型化、情報処理分野では高解像度化が求められている。これは取りも直さず CRT 周りのキーデバイスに電磁気特性の高度化を要求し、従来とは一線を画した新技術が必要となる。

この章では CRT の電子ビーム偏向に用いられるフェライトデバイス、DY (Deflection Yoke) コア (図 1、図 2) に着目し、その新技術を紹介する。

CRT の大型化・高解像度化が進展するにつれ、DY コアには高偏向電力に足る高磁束密度 (以下“ハイ B”という。)、高周波偏向時の低磁気損失 (以下“ローロス”という。) が要求される。また、DY は磁性体、すなわちフェライトコアと偏向磁界を発生する偏向コイルが一体となって機能するものであり、高周波、換言すると大型、高解像度になればなるほど DY 系から発生する損失熱が無視できなくなる。一般に、DY コア損失 (鉄損) は DY 巻線損失 (銅損) より小さく、DY コアは偏向磁界を形成すると同時に、系の損失熱を気中に放散する役目も負っている。当社ではこの損失と熱に着目し、

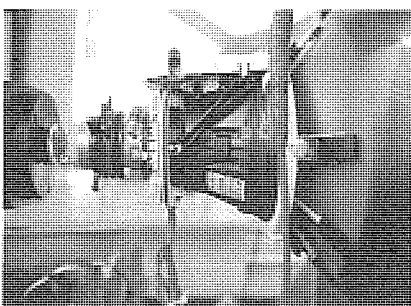


図 1. CRT ディスプレイ偏向事例

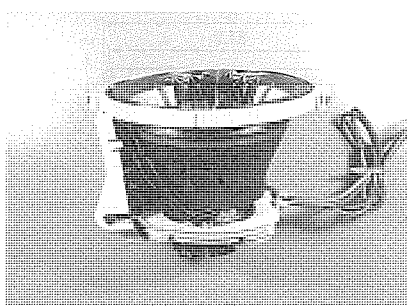


図 2. 偏向ヨーク例

材質面の改良とその応用技術的見地に立った改良を行った。

2.1 ハイ B、ローロス材の開発

従来、1 クラス上の用途に比較的高価な Ni-Zn 系フェライトが用いられてきたが、当社ではこのニーズを背景とし、材料組成、配合技術プロセス技術に改善を加え、Ni-Zn 系に匹敵する Mg-Mn 系のハイ B、ローロス材を製品化することに成功した。

すなわち、図 3 に示すように CuO, MnO, Fe₂O₃, MgO, Bi₂O₃ の最適比率を実現した結果、従来比 14 % (100℃において) のロス低減に成功し、この材質を LV26 と呼称した。また、プロセス面でも予備反応 (仮焼) 工程での反応度、造粒 (粉体成形前) 工程での結着・分散・潤滑・消泡各剤の組合せと焼成条件を改善し、均一で密度分布が高いコアを得た。

この結果、表 1 に示すように Mg-Mn 系にもかかわらず飛躍的な特性向上を実現し、実働状態でも 8 % (2.4℃) の温度低減効果がある。

2.2 高放熱構造の検討

表 1. 実働状態での発熱比較テスト結果

試 コ	験 ア	室 温 (℃)	セッ ト内 温 度 (℃)	コ ア 温 度 (℃)	コ ア 温度 上昇 (℃)	偏向電流 (A)	
						I_{P-P} H コイル	I_{P-P} V コイル
改善材 (LV26)		26.8	41.4	69.3	27.9	9.56	1.50
従来材 (LV21)		26.1	39.7	70.0	30.3	9.44	1.50

試験状態

$f_H = 63.49\text{kHz}$, $f_V = 59.67\text{Hz}$

ラスタサイズ: 300×230 (mm), 白色パターンフルスキャン

損失 : H コイル 23W, V コイル 0.06W

コア形状 : FYB4646T

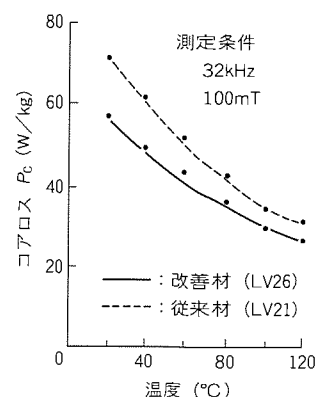


図 3. DY コアロス特性

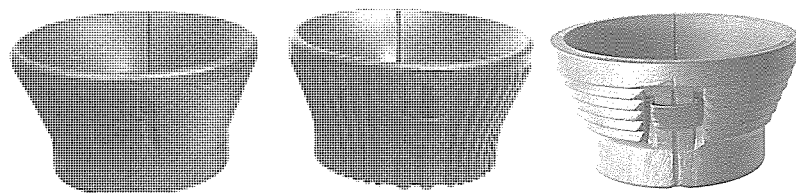
DY 巻線はサドル／トロイダル巻、サドル／サドル (S/S) 巻に大別されるが、最近には図 2 の S/S 巻が多い (巻線は DY コアの内側に内包される)。偏向電力の増加、高周波化に伴い、偏向巻線の温度上昇、DY の大型化による質量増が問題視されており、その対応策として高放熱化コア及び軽量化コアを検討した。

(1) 高放熱化形状

図 4 (b) 及び (c) に外観を示す。これらは同図 (a) の従来形状

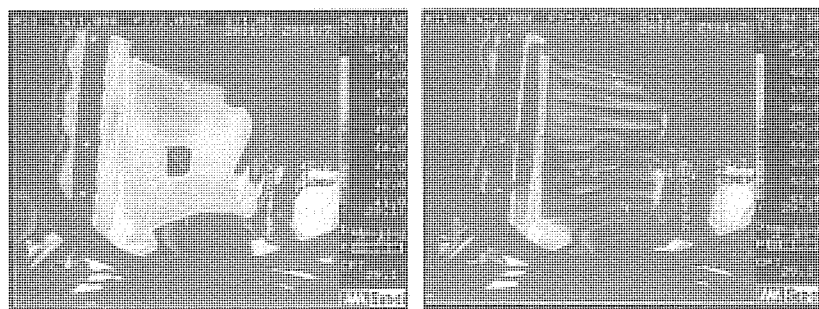
表 2. 高放熱化偏向ヨークコア

	質 量 (kg)	水平偏向コイル インダクタンス (μ H)	水平偏向コイル 温度上昇 ($^{\circ}$ C)	形 状	対象CRT
通常コア	0.260	724	27.6	図 4 (a)	小型 12インチ RGBディスプレイ $f_H=24$ kHz
フィン付き コア	0.264	718	26.9	図 4 (b)	
差	0.004	-6	-0.7		
通常コア	0.365	82	40.7	図 4 (a) 類似	大型 21インチ RGBディスプレイ $f_H=101$ kHz
フィン付き コア	0.390	82	38.0	図 4 (c)	
差	0.025	± 0	-2.7		



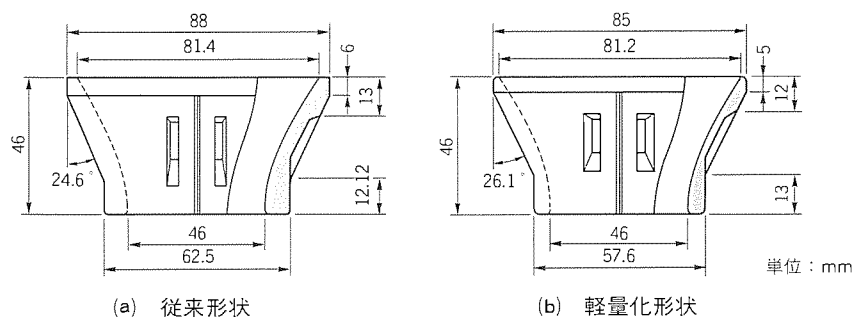
(a) 従来形状コア (b) 高放熱化形状その 1 (c) 高放熱化形状その 2

図 4. 高放熱化偏向ヨークコアの試み



(a) 従来形状 (b) 新形状

図 5. 偏向ヨーク温度上昇試験



(a) 従来形状 (b) 軽量化形状

図 6. 軽量化偏向ヨークコア

コアの内面形状を同一、かつ質量 (すなわち体積) をほぼ同一として表面積を拡大したものである。

表 2、図 5 はその結果の一例でインダクタンスその他の電磁特性を同一に保ったまま巻線温度を約 7% (2.7 $^{\circ}$ C, 101 kHz において) 下げること成功した。また、2.1 節の高性能材 (LV 26) を併用すれば 5~6 $^{\circ}$ C 減となり、DY 巻線の温度低下に威力を発揮する。

(2) 軽量化形状

内面形状を同一に保ち質量を 30% 以上軽減したものである (図 6)。表 3 の実働特性に見られるように電磁特性は不変で、かつ、当然ながら 1.3 $^{\circ}$ C 悪化するが、2.1 節高性能材 (LV 26) を併用することにより、温度上昇を抑制しながら DY の軽量化が実現できる。

当社では上記のように映像用フェライト製品の材質高性能化とともに、ディスプレイ内での動作状態に着眼し、ニーズに合致した製品を今後とも提供していきたい。

3. EMC 用デバイス

前章では高性能化による磁気損失低下を製品に応用した例を示したが、この章では損失の周波数依存性を最適化した EMC、すなわちノイズ対策デバイスについて紹介する。

デジタル化機器の普及により、機器間相互干渉・誤動作問題が発生しやすくなっている。この問題、すなわちノイズ問題はデジタル処理の高速化、電力機器のインバータ化が進展するにつれ様々な対策が必す (須) となっており、低ノイズ化は機器の品質の一部とも言われている。当社のフェライト応用デバイスは EMC、すなわち低ノイズ化対策の有力手段として広く活躍しているが、本論に入る前にその動作原理を簡単に述べておく。

フェライトデバイスは磁気損失を加味した複素透磁率 $\mu (\mu' - j\mu'')$ をもっており (図 7)、巻線を施すと $Z = R + jX$ の複素インピーダンスを呈する (図 8)。この R と X は周波数依存性を持ちフィルタとして機能する。例えば、伝導ノイズ (低周波域) では巻線を多数回巻回して X 成分を、また放射ノイズ

(高周波域)では1～2回の巻線で R 成分を主にしたフィルタとする。いずれの場合もコンデンサと違い、接地が全く不要なことが一大メリットで、使用上の制限がなく、この特性を生かした応用・製品例を紹介する。

(1) 伝導ノイズ対策用フェライトコア

図9は各種ノイズフィルタに使用される高性能フェライトコア群である。多様な形状とともに用途別材質が用意されており、電力及び情報処理機器の電源部に使われている。

表3. 軽量型偏向ヨークコア実働特性

	水平走査 周波数 (kHz)	質 量 (kg)	水平偏向コイル インダクタンス (μ H)	水平偏向コイル 温度上昇 ($^{\circ}$ C)
通常コア	32	0.324	173	31.2
薄肉コア		0.212	172	31.7
差		-0.112	-1	+0.5
通常コア	64	0.324	173	36.9
薄肉コア		0.212	172	38.2
差		-0.112	-1	+1.3

注 対象CRT: 17インチRGBディスプレイ, $f_H=64\text{kHz}$

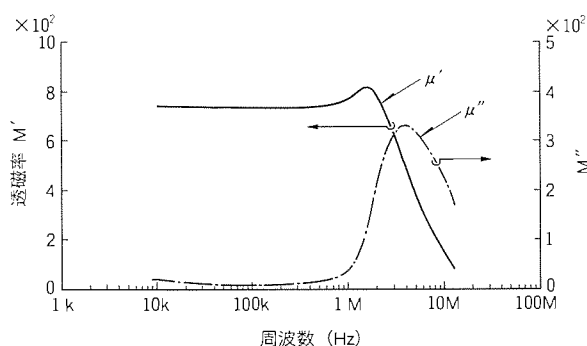


図7. 透磁率周波数特性

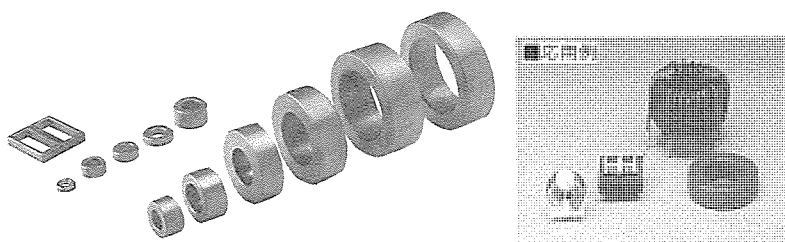


図9. ノイズフィルタ用コア例

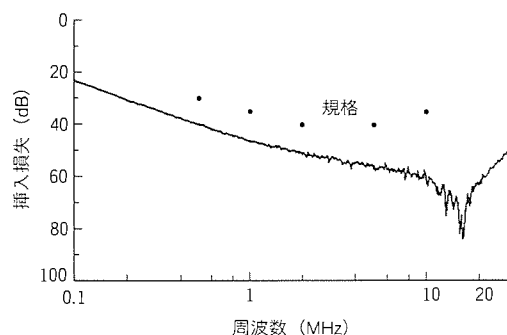


図11. ノイズフィルタ減衰特性(代表例)

(2) 伝導ノイズ対策用ノイズフィルタ

高性能コアを採用し、周波数特性を犠牲にすることなく従来比体積1/2としたノイズフィルタを製品化した。現在、用途別製品系列拡大の過程にあり、エアコン等のインバータ機器に最適である。図10はその外観、図11には減衰特性例を示す。

(3) ラジオ帯域ノイズフィルタ

図12は電力制御インバータ機器が発生しがちな中・短波帯ラジオノイズ対策用ラインフィルタで数回の電力線巻回しによって有効にノイズを抑制する。図13はインピーダンス特性例である。

(4) 放射ノイズ対策デバイス

図8の R 成分を活用したデバイスであり、デジタル制御系における放射ノイズを抑制する。図14に示すように多種形状があり、その高インピーダンス性(図15)故に広く採用されている。

従来これらデバイスにはNi-Zn系フェライトが主流であ

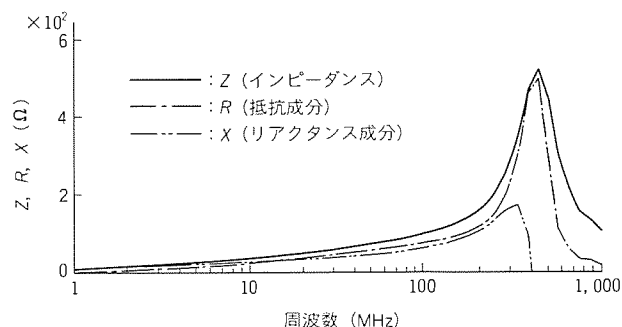


図8. フェライトデバイスのインピーダンス周波数特性

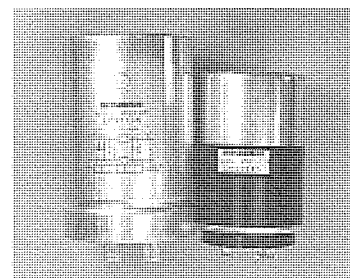


図10. ノイズフィルタ例

(左: 従来方式, 右: 新方式)

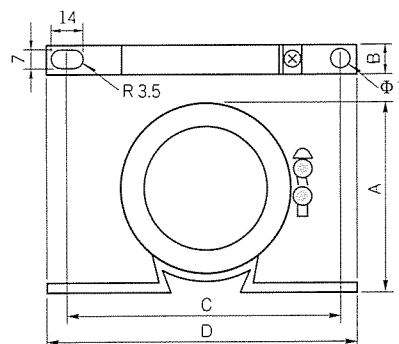


図12. ラジオノイズ対策用ラインフィルタ

単位: mm

形 名	A	B	C	D
E80078	82	23	130	150
E80096	100	25	140	160
E80128	132	34	160	180

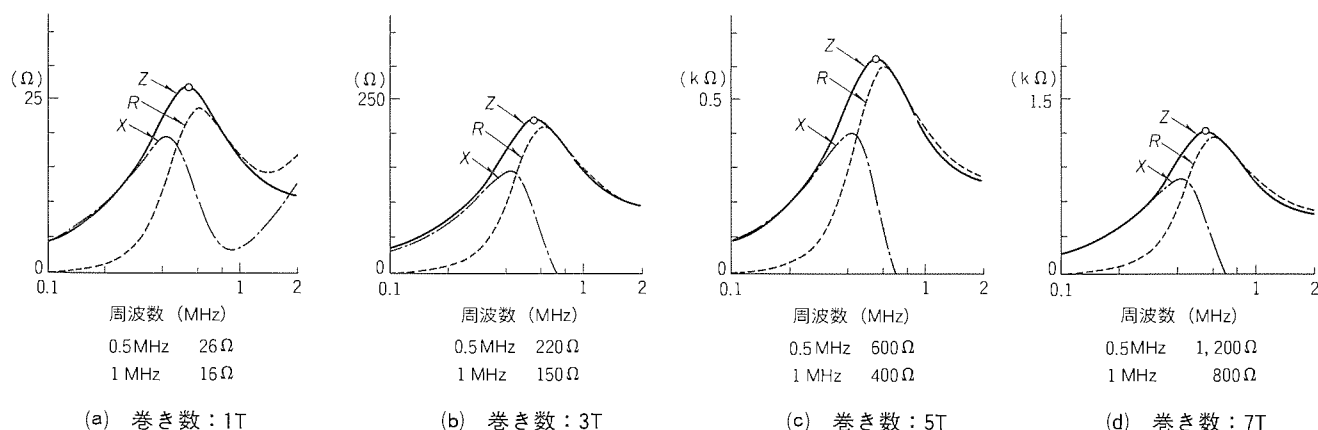


図13. ラジオノイズ対策用ラインフィルタのインピーダンス周波数特性

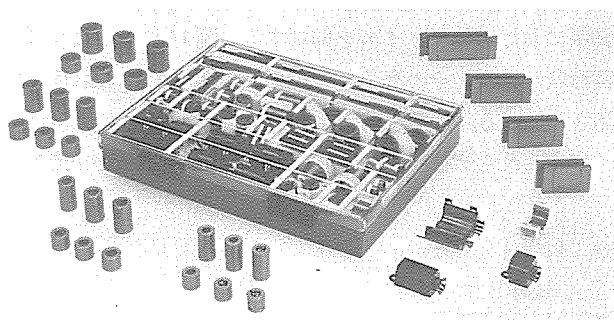


図14. 放射ノイズ対策デバイス

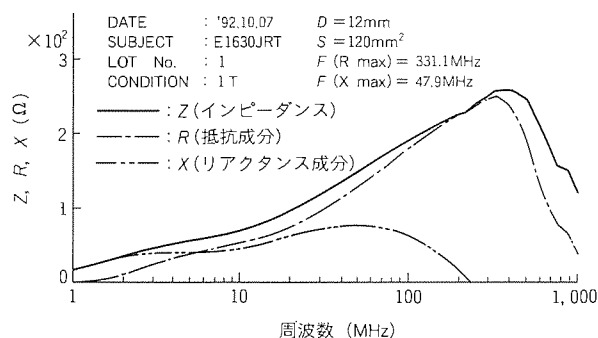


図17. 放射ノイズ対策新デバイスのインピーダンス周波数特性

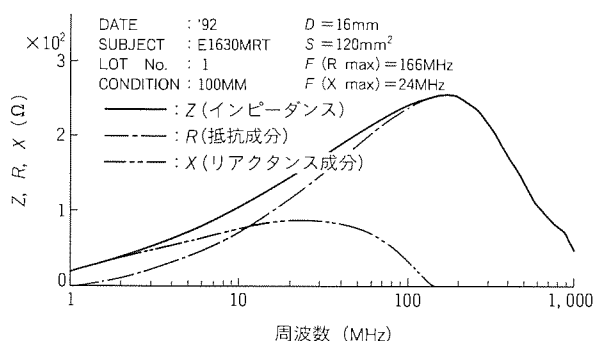


図15. 放射ノイズ対策デバイスのインピーダンス周波数特性

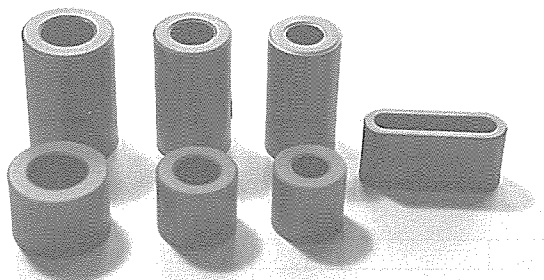


図16. 放射ノイズ対策新デバイス

ったが、当社は新材質で同デバイスを製品化し、従来特性を維持しながら低価格化に成功した。図16、図17に示すDM7系がこのデバイスである。そのコストパフォーマンス性は他に類を見ず広く市場に受け入れられる。

さらに、この新材質を応用して電子機器の小型軽量化に合

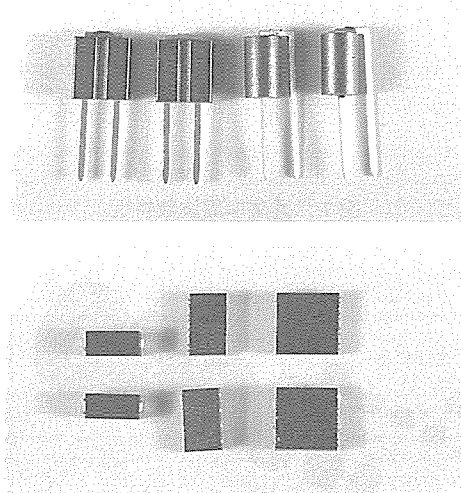


図18. オンボード型 EMC 用デバイス例

致したデバイスも製品化した。図18に示すオンボード型がそれである。いずれも小型でありながら形状・材質の最適化によってハイインピーダンス性を誇っている。

4. む す び

当社では素材の高性能化をベースに応用面での追求に力を入れており、フェライトデバイスの開発・製品適用例の一端を紹介した。今後とも情報処理機器の進展を力強く支える各種デバイスの提供を心掛けていきたい。

先端複合材料の設計と応用技術

小野利夫* 菅野俊行**
川上和夫*
宇都宮 真*

1. ま え が き

カーボン繊維やアラミド繊維とエポキシ樹脂とを組み合わせた先端複合材料 (Advanced Composite Materials: ACM) は、今や宇宙・防衛・航空・建築などの産業分野において構造材料として欠かせない存在となってきた。特にカーボン繊維強化プラスチック (CFRP) は、比強度 (強度/比重)、比剛性 (弾性率/比重) が高く、熱膨脹率が小さく、電気伝導性があり、電波を良く反射するなどの数々の特長を持っている。また、軽量性、温度変化に対する寸法安定性及び耐宇宙環境性が要求される宇宙構造体に最適な材料と見なされ、1980年代前半から衛星には相当量が使用されている。

当社は1953年に複合材料の開発に着手し、我が国で初めてガラス繊維強化プラスチック (GFRP) 製レドームを完成させ、高性能複合材料メーカーとして数々の歴史に残る製品を送り出してきた。これらの ACM の開発と応用展開についても1970年代から積極的に取り組んできている。本稿では、ACM の材料開発、設計・応用技術について動向及び今後の技術課題を述べる。

2. 複合材料技術

2.1 材料に関する開発と技術動向

ACM の強化材であるカーボン繊維及びアラミド繊維については、それぞれのメーカーで特性の改良、開発がなされている。当社は繊維と組み合わせるマトリクス樹脂及び成形プロセスの開発を主に行い、複合材料の特性向上を図ってきた。

(1) 耐熱性の向上

一般にエポキシ樹脂による CFRP の最高使用温度の限界は約200℃である。さらに、耐熱性が必要な構造体用として、約300℃の耐熱性をもつポリイミド樹脂をマトリクスとする CFRP、アルミニウムやマグネシウム合金をマトリクスとする繊維強化金属 (FRM) などの研究開発を行い、一部実用化した実績がある。

(2) 耐放射線性樹脂の開発

FRP は宇宙や原子力の分野で採用されており、その耐放射線に関する研究も多くなされている。有機材料は金属に比べて放射線損傷を受けやすいため、FRP 中から物質が揮発したり、マトリクスが変質することによって物理的、機械的性質に影響する。当社は日本原子力研究所と共同研究を行い⁽¹⁾、従来のビスフェノール A 系エポキシ樹脂に比べては

るかに優れた特性をもつ4官能エポキシとジアミノジフェニルメタン硬化剤の樹脂を開発し、信頼性の高い宇宙構造体の製作を行っている。図1は樹脂に室温で電子線ビームを照射した場合の曲げ強さの変化を示したものである。FRP に照射した場合には低吸収線量では曲げ強さは変化せず、その後、吸収線量の増加とともに低下していく。

(3) “HHR” 製 CFRP

当社がプリント配線板用として開発した高耐熱性“HHR” (Hybrid Heat Resistant Resin)⁽²⁾ は、相互侵入網目構造を形成させた新タイプのエポキシ樹脂で、ポリイミド樹脂並みの耐熱性と低吸湿性、難燃性などの優れた特性をもっている。構造用 CFRP としても応用展開を行っている。

(4) 三次元強化複合材料

複合材料の層間はく(剥)離強度、衝撃強度を向上させるため、当社では繊維を立体的に配置した三次元強化複合材料を試作し検討を行っている。1987年から(株)スリーディコンポリサーチへ出資し、自動織機開発による三次元織物の実用化を目指している。

2.2 材料特性と設計

複合材料の設計に当たっては、繊維を始めとする各素材の物性を熟知し、その特性を最大限に発揮させることが重要である。繊維強化の異方性に注意することは基本であるが、強化材の形態として一方向材を用いるか、平織り等のクロスを用いるかによっても複合材料の特性が変わる。表1に〔0/90〕の配向をもつ複合材料の特性を示す。クロスで造られた〔0/90〕材は一方向材で造られた〔0/90〕材と比べ、0°方向縦弾性係数はほとんど変わらないが、織られた繊維の蛇

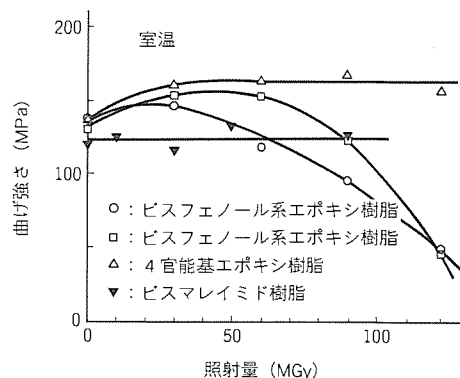


図1. 各種マトリクス樹脂の曲げ強さに及ぼす電子線照射の影響

行により、 0° 方向引張強さが22%低く、せん断強さが2.7倍もの高い値を示す。フィラメントワインディング (FW) で造られた $[0/90]$ 材は一方材とクロスの中間的存在と考えられ、特性も両者の値の間にある。

FRPはステンレス鋼やチタン合金などの金属材料に比べて断熱性能に優れ、コストや軽量化のために極低温の産業分野で期待がもたれている。CFRPとGFRPの熱伝導率の温度依存性を図2に示す。ほぼ77Kを境に熱伝導率の大小が逆転しており、これを生かして超電導コイルの支持材では、77Kより室温側にはGFRPを用い、77Kより極低温側にはCFRPを用いて断熱性能の最適設計が行われた。

CFRP等は、繊維配向によって設計上、熱膨脹率を零とすることができる。このことは、人工衛星部品のうち軌道上でいろいろな温度条件にさら(曝)されながら常に形状を一定に保つ必要のあるアンテナやセンサなどに特に重要な要求性能である。設計値にどこまで近付けられるかは、製造時の繊維配向や繊維含有率のコントロールの精度にかかっている。実際には大型のアンテナは大半がハニカムコアを用いたサンドイッチ構造タイプであるので、表皮とコア及びそれらの接着剤を含めた構造全体の熱膨脹率が零となるように設計する。また、軌道上で熱サイクルを受けたときに、複合材料内部でマイクロクラックが生じることによって形状に狂いがでる可能性があるため、材料設計に細心の注意を払っている。

最近注目されているのが吸湿による変形であり、地上で吸湿した複合材料製部材が、宇宙で脱湿して変形を生じる現象である。吸湿変形の場合にも熱変形と同様の手法で積層理論

表1. CFRPの機械的性質に対する織りの影響 $[0/90]$

項目	一方材積層	FW材	クロス
縦弾性係数	0° 方向	1.00	0.98
	45° 方向	1.00	1.10
せん断弾性係数	1.00	1.10	1.25
引張強さ (0° 方向)	1.00	0.84	0.78
圧縮強さ (0° 方向)	1.00	1.10	1.06
せん断強さ	1.00	1.75	2.68

注 一方材積層での値を1とする。

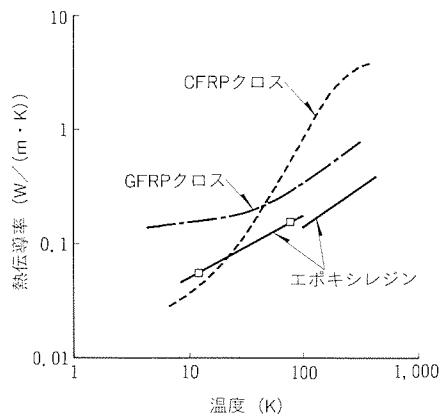


図2. FRPの低温での熱伝導率

を用いた最適繊維配向設計ができる。その一例として、一方向CFRPの湿潤膨脹係数 (Coefficient of Moisture Expansion: CME) の実測値を用いて配向設計したCFRP積層材のCMEの測定値と計算値の比較を図3に示す⁽³⁾。吸湿対策のためには、ポリエーテルエーテルケトン樹脂 (PEEK) や前述のHHRなどの低吸湿性樹脂の採用、又は金属膜による被覆などが有効である。

2.3 複合材料の最新製造技術

宇宙用の複合材料は高精度の薄肉成形品であり、ハンドレイアップやFWとオートクレーブ成形法を組み合わせで成形されている。しかし、これらのプロセスでは生産能力に限界があり、当社では将来の量産化に備え、通商産業省次世代プロジェクトの一環として薄肉チューブの連続引き成形技術を開発した⁽⁴⁾。

開発した成形法の特徴は、ホットダイを用いた連続硬化プロセスの導入と、マンドレル移動方式及びプリプレグを用いたテープワインディングの採用である。ワインディングと硬化プロセスを連続化したことによって高効率生産が可能となり、かつ従来法では不可能であった1mm以下の薄肉品が

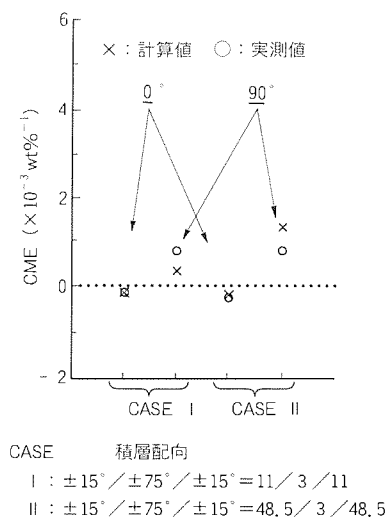


図3. CFRP積層材のCME (333K, 55%RH) (湿潤膨脹係数)

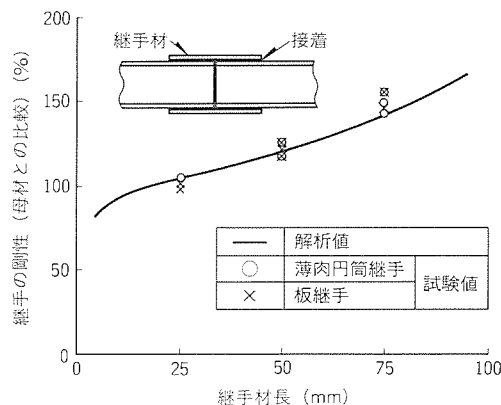


図4. 継手部の引張剛性

成形できる。高弾性カーボン繊維を損傷することなく軸方向と周方向への繊維の任意精密配向する技術を確立している。

2.4 接着・接合技術

複合材料の設計・製造に当たって、接着・接合技術は最も重要な要素技術の一つである。接合において考慮すべきポイントは応力集中である。ボルトやリベットによる機械的接合は被接合物に穴を明ける必要があり、応力集中部を強制的に導入するようなものである。したがって、接着接合の適用が大半であるが、この場合にも接着層が応力集中源となり、接着層端部に大きなせん断応力やピーリング応力が生じる。

パイプの突合せ接合に関して基本継手を作製し、理論的検討と試験による評価を行いシミュレーションした一例を図4に示す⁽⁵⁾。パイプ継手の場合にも板のラップ継手と同様の解析手法が適用できることが分かった。

最近では、JERS-1 (地球資源衛星1号) のストラットのようにダブルスカーフ方式の接着構造とし、端部での応力集中をできるだけ軽減するよう工夫をしている。

パイプ構造物の継手にも複合材料の適用が望まれるが、層間剝離強度が低いことが積層材の弱点であり、継手のような荷重分布が複雑な部材への適用を妨げている。面外方向へ繊維を入れて強度を改善する試みもなされているが、前述した三次元強化複合材料の適用が理想的である。トラス部材の継手として開発した三次元複合材部材の例を図5に示す⁽⁶⁾。

3. 宇宙・電子機器への複合材料の応用

3.1 宇宙機器への応用

人工衛星は、大容量化に加え開発・打上げコスト低減のために大型化の一途をたどっている。衛星の構造設計では、固有振動数を高くしてロケット側からの振動荷重との共振を避けることを第一に考えており、固有振動数を高めるための軽量高剛性材料が求められている。このため、軽量のCFRPが主流となり、カーボン繊維としては、主としてPAN系の弾性率500～600 GPaクラスの高剛性繊維が多用されている。最近、開発が活発化してきた弾性率800 GPa以上の超高弾性繊維に対する期待は大きく、既に一部の部材に対して適用され始めている。その他、電気絶縁性、電波

透過性を要求される部分にはアラミド繊維強化プラスチック (AFRP)、GFRPが使用される。

(1) 主構体

打上げ時の衛星全荷重を受けてロケットに伝達する構造部分を主構体という。ETS-V (技術試験衛星5号) とCS-3 (通信衛星3号) の主構体の中心となる中央円筒には、FWによるCFRP製シリンダが採用された。これらは、耐座屈を考慮した繊維配向となっている。CS-3の中央円筒を図6に示す。円すい (錐) 状のコーンはFWによる一体成形品とし、余分な接合構造を廃した。このコーンは上から下まで繊維は連続しているので強度特性に優れている。

(2) アンテナ

衛星用のアンテナの代表例を図7に示す。図はINTELSAT-VII用のパラボラ状アンテナであり、CFRP表皮とハニカムコアとのサンドイッチ構造である。このようなアンテナは宇宙空間で、+100～-180℃程度の温度変化を受け、それに対して0.2 mm rms又はそれ以下の鏡面精度を要求される。これを実現するために、熱膨脹率の小さいCFRPを用い、サンドイッチ構造の反射鏡部と剛性を補うためのリブ又はトラス構造等の背面補強部を組み合わせた構造としている。

より大型のアンテナとしては展開型アンテナがある。そのうち、びょうぶ (屏風) 型の例としてJERS-1に搭載された合成開口レーダアンテナがある。これは、左右各4枚のアンテナパネル (図8) を展開ヒンジで結合した屏風型の展開構造物であり、アンテナパネルは、電気部品である放射パネル

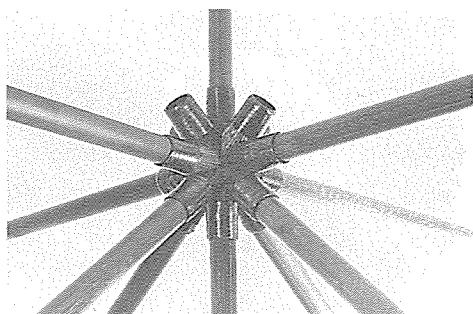


図5. 三次元複合材料継手

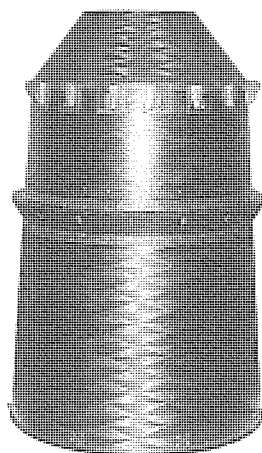


図6. CS-3の中央円筒

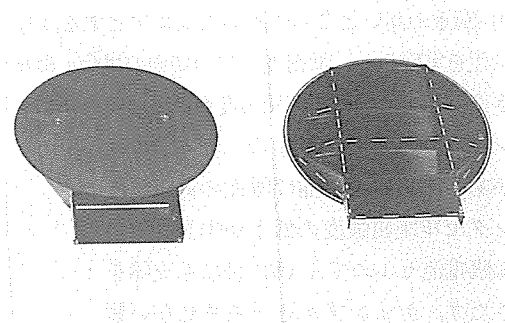


図7. INTELSAT-VII用パラボラアンテナ

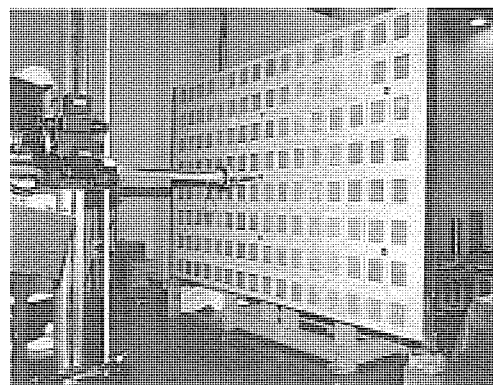


図8. 合成開口レーダアンテナ

部とこれを補強するCFRP表皮のサポートパネル部との二重サンドイッチ構造によって構成されている。サポートパネルの上面のCFRP表皮は、CFRPの電気伝導性を利用して放射パネルの地導体の役目を兼ねている。設計課題の一つに、展開状態で12mに及ぶこのアンテナの熱変形の問題があった。このアンテナパネルは非対称材料構成であるので、温度変化を受けるとバイメタル的熱変形(反り)が発生する。これを解決すべく、材料技術、製造技術、構造設計技術等を駆使し熱変形量の小さいアンテナを造り出している。例えば、サポートパネルに用いている上下面のCFRP表皮の材質と厚さを変えて非対称性を少なくするようにしている。

(3) 太陽電池パドル：セミリジッドパネル

JERS-1などに用いられた太陽電池パドル(図9)は、厚さ0.1mmの極薄の高強度CFRPシートをばねで緊張させた張力膜を、CFRPフレームに取り付けた構造になっている。このフレームは、FWで造られたオープンメッシュ状の角材の上下両面に、同じくFWを利用して所定の厚みとした一方材を積層したもので、曲げとせん断に対処できる部材としている。

(4) 太陽電池パドル：リジッドパネル

セミリジッドパネルは展開ヒンジ部にもCFRPを使用するなど軽量化を極限にまで追求した構造であるが、その反面部品点数が多いという欠点があり、コストや工期の面で問題があった。このために部品点数が少ないサンドイッチパネル形リジッドパネルの軽量化の開発を行った。表皮に複合材料を用いるほかコアと表皮の接着剤の軽量化、低密度コアの使用(荷重の高いところのみ高密度コアとする。)などを行い軽量化を実現した。低密度コアの使用の場合、セルサイズが大きくなりインタセル座屈強度が低下するほか、製造時のディンプル発生が問題となる。ディンプルがあるとパネルの曲げ剛性の低下、インタセル座屈強度の低下が生じ、また太陽電池セルのてん(貼)付にも支障をきたす。ディンプルを発生させない製造プロセスの確立が大きな開発課題であった。

3.2 地上用アンテナ、レドームへの応用

国立天文台野辺山宇宙電波観測所に設置された開口径45mの大型宇宙電波望遠鏡(図10)⁽⁷⁾は、ミリ波領域という高い周波数までの宇宙電波を観測するもので、そのパラボラ面反射パネルは電気的特性を満たすために鏡面精度が0.1mm rmsと相当に高いものでなければならず、さらにその精度を気温の変化、風圧(最大瞬間風速65m/s)、積雪

に対しても維持しなければならない。このためアンテナの反射パネルには温度による寸法変化が小さく、かつ高剛性であるCFRPをサンドイッチの表皮に使用し、オートクレーブ成形によって高精度を実現した。

GFRPの電波機器への代表的応用例としてはレーダアンテナを保持するカバーであるレドームがある。電波を透して機械的強度をもち、かつ自由な形状に作れるGFRPの特徴を最も典型的に生かした製品である。中でも気象庁富士山頂測候所に設置されたレドーム(図11)は、厚さ1.5mmのGFRP製で、富士山頂で1979年に更新されるまで14年間使用され、日本一厳しい風、氷雪、紫外線劣化にも十分耐えた実績によって複合材料の信頼性が高まり、艦船搭載、気象用レドームに応用が拡大された。

4. 民生機器等への応用

4.1 音響機器

音響機器へのCFRP、AFRPの応用例としてスピーカー振動板がある⁽⁸⁾。“DIATONE”スピーカーには、高剛性、軽量性に優れたCFRP、更に適度な内部損失をもつように改良したAFRPとアルミニウムハニカムコアからなるハニカム振動板を世界で初めて採用した。スピーカーシステムとして優れた過渡特性、力強い低音と透明感あふれる再生音が得られ注目を集めている。

4.2 光学機器

高強度、高剛性、精密な鏡面精度、高い光の反射特性が要求される光学反射鏡にもCFRPが採用されつつある。当社

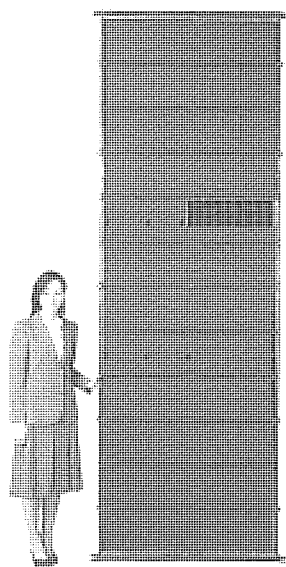


図9. 太陽電池パドル用
セミリジッドパネル

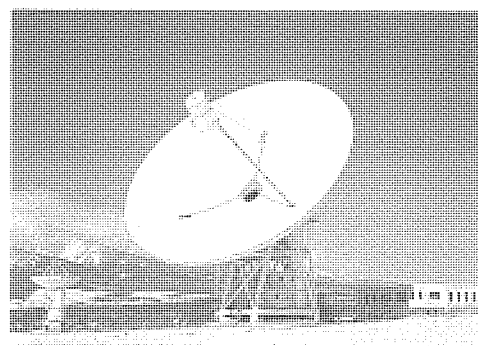


図10. 大型宇宙電波望遠鏡

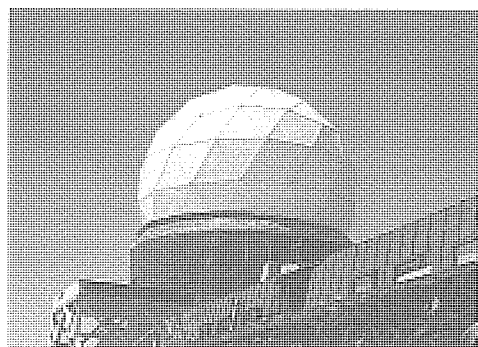


図11. 富士山頂レドーム

が開発した CFRP サンドイッチ構造ミラーは CFRP とアルミニウムハニカムコアから成るサンドイッチ構造に無機質の硬質研磨層を設け、反射膜を形成したものであり、パイロット操縦訓練用フライトシミュレータ反射鏡(図 12)、宇宙開発事業団向け直径 9 m スペースチャンバ用コリメーションミラーなどに適用した。

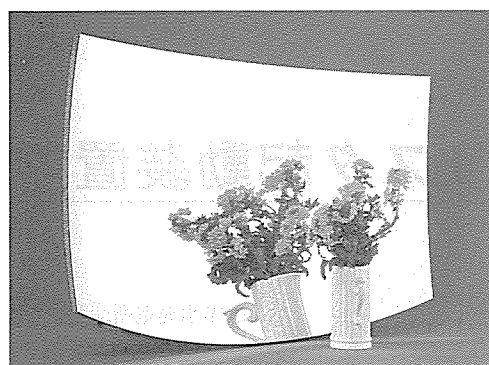


図12. フライトシミュレータ反射鏡

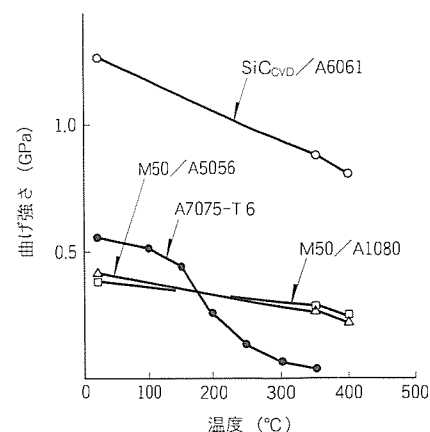


図13. FRMの高温曲げ強さ

4.3 超電導マグネット用GFRP製デュワー

パルス動作を行う超電導マグネットの極低温容器へは非導電性と断熱性が要求される。GFRP 製デュワーは金属製に比べて非導電性で渦電流を生じず、支流損がなく、熱伝導率が小さい。当社は極低温でのクラック、脱ガス特性、成形後の残存気泡率等の改良を行い⁽⁹⁾、阪大・超電導工学実験センターなどにデュワーを納入している。

5. ACMの今後の展開

ACM は、その優れた性能から自動車・車両・建築・工作機械などへの適用が活発に検討されている。これらの一般産業用途への展開は、素材の低コスト化と高効率成形技術の開発がキーとなる。

ACM の性能の向上は、繊維の開発に待つことが多く、超高弾性カーボン繊維は比剛性に加え、高熱伝導性低熱膨脹率が注目されている。マトリクスの開発には高温多湿 (Hot-Wet) の条件下で十分耐えること、低吸湿、低湿潤膨脹率が求められている。ポリシアネート、PEEK などの樹脂が吸湿性が低く、吸湿による寸法変形の観点から高寸法精度を要求する用途に検討されている。

FRM は熱伝導率が FRP よりも大きく、耐放射線、耐酸素原子劣化に関しても優れている。電子機器のシャーシやマイクロ波部品としての検討が進められており、従来の金属製に比べて信頼性が格段に向上する。複雑な応力が負荷される継手部材は、従来アルミニウムやチタン合金などの金属が用いられてきたが、三次元ランダムに強化されたウィスカ強化アルミニウムはアルミニウムより 1.5 倍高い弾性率をもち、JERS-1 構体の継手の一部に採用された。

宇宙往還機は大気圏への再突入時に空力加熱されるために 300°C 以上の耐熱性が構造体に要求され、ポリイミド樹脂マトリクスの CFRP 又は FRM が候補材料として考えられている。FRM の高温強さを図 13 に示す⁽¹⁰⁾。宇宙への FRM

の適用に当たっては宇宙構造特有の薄肉構造を満足する必要がある、薄肉大面積平板、長尺パイプの成形技術確立が求められている。

6. むすび

当社は複合材料のメーカーとして、ACM をいち早く実用化し、宇宙開発を始め先端事業に貢献をしてきた。複合材料の最大の長所は、性能設計が可能なことである。製品設計に、複合材料の異方性を考慮した構造設計技術と材料構成の最適設計技術が生かされることによって効果を発揮する。数多くの優れた特徴をもつ複合材料は、素材コストの低減と高効率成形プロセスの開発によって、更に適用範囲が拡大し、省エネルギーや省資源に寄与すると期待できる。

参考文献

- (1) Sonoda, K., et al.: Japanese Journal of Applied Physics, **28**, No.10, 1950 (1989)
- (2) 岡橋和郎ほか: 電子技術, No.6, 161 (1990)
- (3) Shimodaira, H., et al.: ICCM-VIII, 16-H (1991)
- (4) 牧 廣編: 次世代複合材料技術ハンドブック, 日本規格協会, 223~235 (1990)
- (5) 牧 廣編: 次世代複合材料技術ハンドブック, 日本規格協会, 574 (1990)
- (6) 世古博巳ほか: 第 34 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 500 (1990)
- (7) 田嶋尚志ほか: 三菱電機技報, **56**, No.7, 513 (1982)
- (8) 田中準一ほか: 三菱電機技報, **55**, No.12, 887 (1981)
- (9) 河村寿三ほか: 三菱電機技報, **58**, No.4, 273 (1984)
- (10) 向後保雄ほか: HOPE 関連構造材ワークショップ, C-III (1988)

火力発電所用サイリスタ起動装置

木村秀夫* 上田健二** 豊田 勝***

1. ま え が き

最近問題視されているCO₂に起因する温暖化などに対する地球環境改善、及びエネルギーの有効利用などの社会的ニーズから、発電設備の高効率化が今まで以上に叫ばれており、このためガスタービンを使用したコンバインドサイクル発電が急速に脚光を浴びてきている。

このような市場動向を背景として、燃焼温度の高温化などによるガスタービンの大容量化技術開発に各社しのぎを削っているが、ガスタービン用起動装置も大容量化となり、従来方式（例えば、電動機＋トルクコンバータ）ではトルクコンバータが容量的に対応困難となってきている（図1(a)）。

これに対応するため、当社は大容量ガスタービン用サイリスタ起動装置を開発し、1992年7月我が国で初めて実用化に成功、以後順調に稼働しており、ガスタービン業界で注目されている（図1(b)）。

サイリスタ起動方式は、ガスタービンに直結した発電機をサイリスタで低周波起動する方式であり、ハードウェア的に

は揚水発電所、高炉ブロー等で培われた豊富な経験を基に、ソフトウェア的には三菱重工業(株)と三菱電機(株)間の堅密な協調の下に、ガスタービン特有の特性（例えば、着火後ガスタービン反抗トルクが大幅に下がること）を十分に生かせる方式として、経済性をも併せ追及した。

2. サイリスタ起動方式の特長

サイリスタ起動方式は下記の特長をもっている。

- (1) 起動装置の大容量化が可能であり、超大型ガスタービン(20万kW以上)にも対応可能である。
- (2) 複数台のガスタービンに対し、1台の起動装置を切替え使用でき、経済的である。
- (3) 起動用電動機と全く同じ動作での起動が可能である。
- (4) 起動用電動機及びトルクコンバータが不要となるため、軸方向寸法が短くなる（図1(b)）。
- (5) 同上の理由によって発電機回転子の引抜き作業が簡単である。
- (6) 電動機起動電流による電圧降下等の現象がなく、電源系統の構成が容易である。
- (7) 出力の増減（速度上昇率の増減）が容易であり、制御性に優れている。

3. 基本 原理

同期発電機を同期電動機として使用し、サイリスタ起動装置によって同期電動機を低い回転数（ターニング回転数3r/min）から滑らかに低周波起動（速度上昇）していく。

また、低回転数域での界磁を確保するため、他励方式を採用する必要がある。

サイリスタ起動装置（図2）は、交流を直流に整流するコ

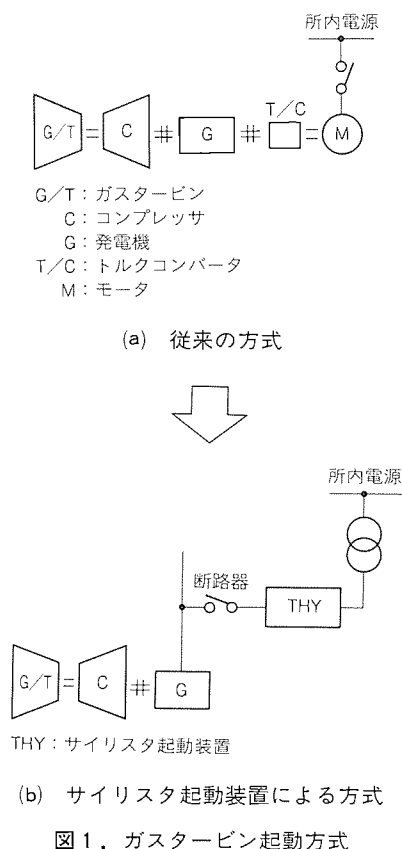


図1. ガスタービン起動方式

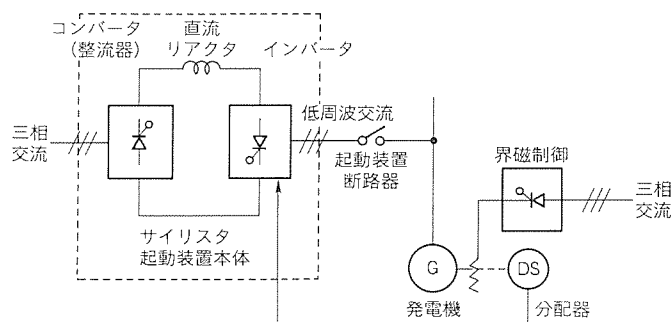


図2. 基本動作機能

ンバータ、平滑用直流リアクタ、直流を低周波交流に変換するインバータから成り立ち、インバータには同期電動機の発生逆起電圧を利用した負荷転流形インバータ（LCI）を適用した。

同期電動機出力制御は、同期電動機の端子電圧あるいは入力電流の何れかを変えることにより行うことができ、電動機端子電圧は界磁制御によって行い、電動機入力電流制御はコンバータ側直流電圧（ E_{dr} ）の上げ下げ制御によって行う。

コンバータ側直流電圧（ E_{dr} ）は、インバータ側直流電圧（ E_{di} ）より直流回路の抵抗ドロップ電圧分だけ大きく制御される（ $E_{dr} \approx E_{di}$ ）。

この電圧差 $\Delta V = E_{dr} - E_{di}$ を直流回路抵抗 R で除した直流電流 I_d が直流回路に流れる。

$$I_d = \frac{\Delta V}{R} = \frac{E_{dr} - E_{di}}{R} \dots\dots\dots (1)$$

インバータの転流制御は、発電機軸に取り付けられた分配器（DS）の出力に同期した点弧信号によって行う。

図3にインバータ交流出力によって発電機に回転磁界が発生するメカニズムを示す。

4. ガスタービン用サイリスタ起動装置

4.1 回路構成

図4に起動装置の電源を発電所主回路から分岐し、かつ励磁方式にサイリスタ励磁方式を採用した回路の一例を示す。

サイリスタ起動装置出口には、発電機主回路と接続するため断路器を設置する。ガスタービンの起動完了後、発電機主回路から起動装置を切り離すが、サイリスタのゲート遮断後に行われるため、断路器でよい。

モード	1	2	3	4	5	6
導通サイリスタ	U _i		V _i		W _i	
	Y _i	Z _i	X _i	Y _i	Z _i	X _i
電流方向	U→X Y→V	U→X Z→W	V→Y Z→W	V→Y X→U	W→Z X→U	W→Z Y→V
回転磁界の向き	↺	↻	↻	↺	↺	↻

注 サイリスタが転流するごとに、磁界は60°ずつ回転する。
モード1の場合の通電モード及び磁界の向きを以下に示す。

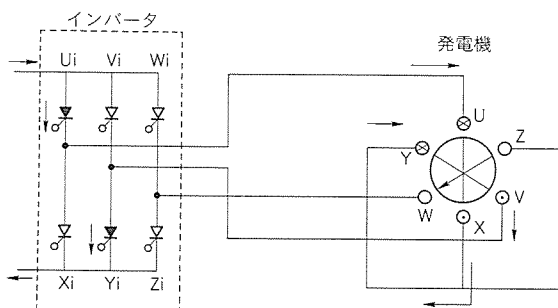


図3. 回転磁界発生原理

装置入口側には、装置内部電気事故遮断及び装置を入り／切りするために、遮断器を設置する。

4.2 サイリスタ起動装置仕様

(1) 仕様・構成

- 入力変圧器 5,000 kVA 油入自冷
12.5 / 1.25 / 1.25 kV
三相3巻線
△ / 人 / △
- サイリスタ起動装置 AC 2,300 V
AC 880 A
3,506 kVA

なお、出力 kW は同期発電機の力率が回転数とともに変化するため定義はできないが、ガスタービン切り離し速度（2,000 r/min）において 2,300 ～ 2,380 kW を計測している。

- 直流リアクトル DC 2,600 V
DC 1,080 A
4 mH（空心リアクトル）

(2) 装置定格は下記により決定

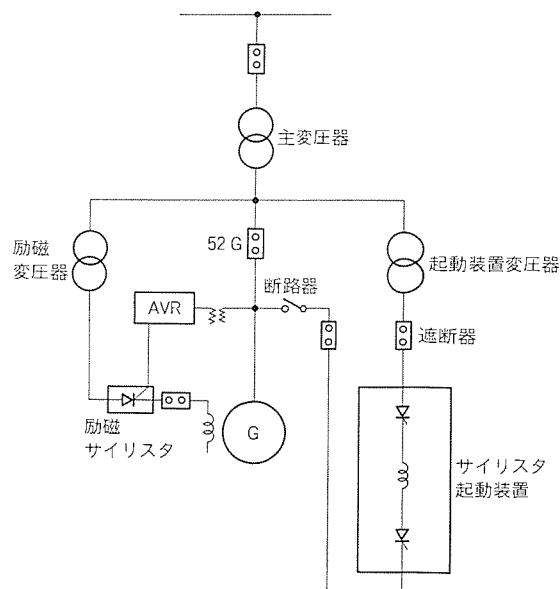


図4. 回路構成

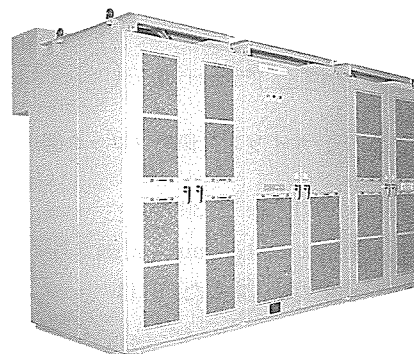


図5. サイリスタ起動装置外観

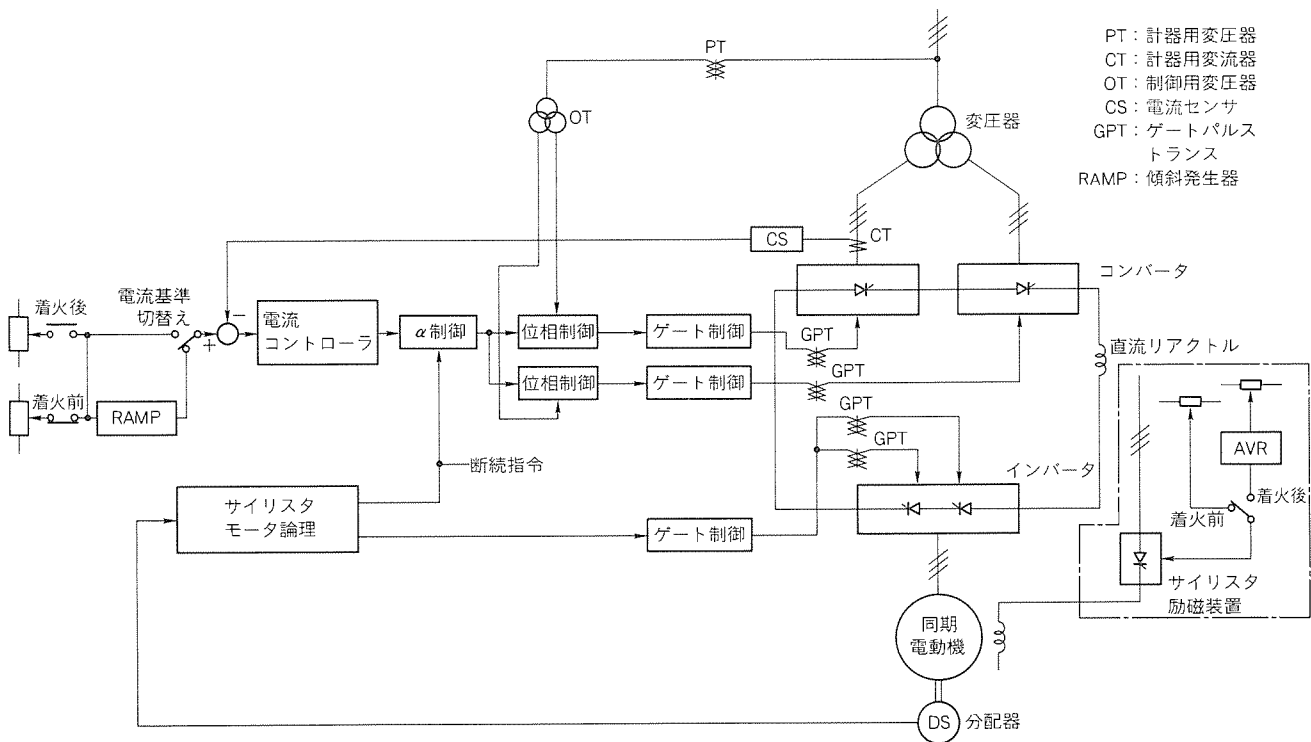


図 6. サイリスタ起動装置制御ブロック図

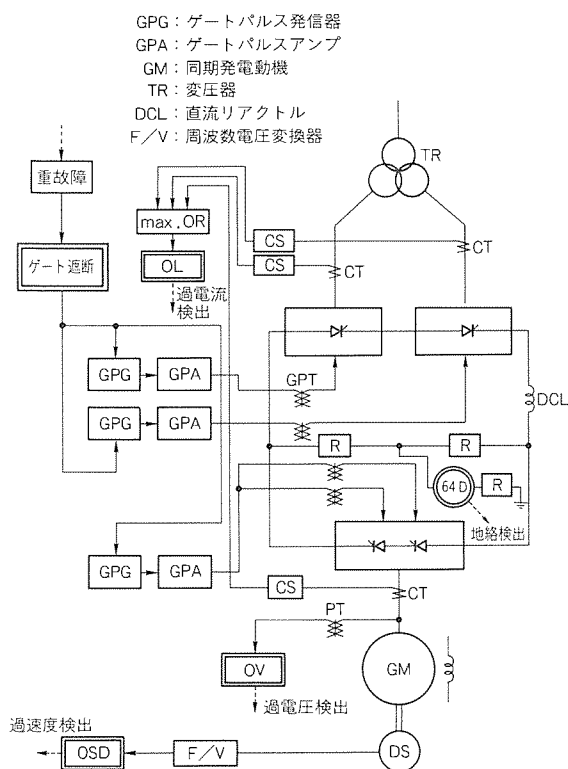


図 7. サイリスタ保護ブロック図

● 電圧 2,300 V
着火回転数が600 r/minの計画であり、発電機の V/Hz を一定にするためには

$$\frac{12.5 \text{ kV}}{50 \text{ Hz}} \rightarrow \frac{12.5 \text{ kV}}{3,000 \text{ r/min}} = \frac{V}{600 \text{ r/min}}$$

$V = 2.5 \text{ kV} \rightarrow 2.3 \text{ kV}$ とした。

起動～着火 : 9分
起動～定格回転 : 18分
起動～定格負荷 : 37分
着火～定格回転 : 9分
併入～定格負荷 : 9分

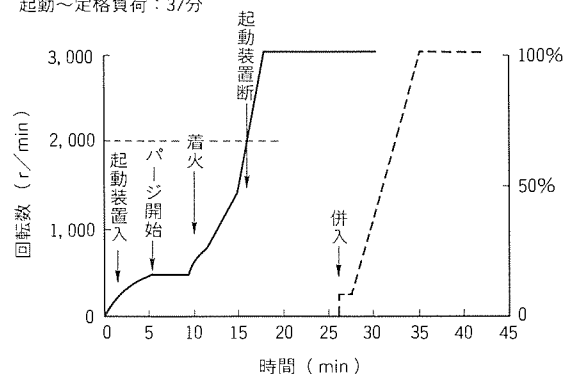


図 8. ガスタービン昇速, 昇負荷特性

● 電流 880 A (発電機側からの制限事項)

図 5 に, サイリスタ起動装置の外観を示す。

4.3 ブロック図

サイリスタ起動装置の制御ブロック図を図 6 に示す。

基本制御としては電流一定制御である。後述するように、着火前と着火後の電流値が異なるため、電流設定値は二回路切替えとなっており、コンバータ側直流電圧制御で装置出力電流を制御する。インバータ側は分配器の出力信号によって点弧する。同期電動機の回転数が低い間は逆起電圧も低く負荷転流形インバータ (LCI) が転流しないため、“サイリスタモータ論理”部によって判定し、コンバータ側で強制的に電流を遮断し、インバータ側の転流を可能とする (断続転流方式)。

サイリスタ起動装置の保護系統ブロック図を図 7 に示す。

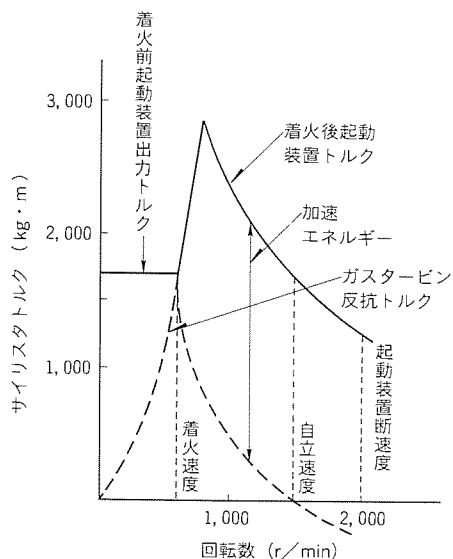


図 9. サイリスタ起動装置出力特性

サイリスタ装置の保護としては重故障として、

- (1) 過電圧 OV
- (2) 過電流 OL (瞬時過電流及び長限時)
- (3) 過速度 OSD (起動完了後の装置切離し失敗)
- (4) 地絡 64 D

を検出している。

4.4 ガスタービン起動特性

ガスタービン起動後、全負荷に到達する時間は比較的短時間であり、図 8 に示すような昇速、昇負荷特性が設定されている。

サイリスタ起動装置は、最もデリケートな制御を要する起動から着火後自立速度に到達までの範囲で使用されている。この装置の出力が大き過ぎると着火不安定、燃焼不安定などを、また、出力が小さ過ぎると昇速時間不足、排ガス温度高(=タービン入口ガス温度高)などを招くため、最も注意深く設計する必要がある。

また、着火後ガスタービン反抗トルクが下がることを利用し、図 9 に示すように着火後の起動装置の出力トルクを回転数の上昇に合わせて低下させ(出力トルク×回転数、つまり装置出力を一定に維持)、起動装置の定格出力を最小にし、経済性を追求している。

着火前のガスタービン内及び排気系のパージのため、数分間パージ運転を実施する。この回転数はガスタービン反抗トルクが等しくなった箇所で行われ、着火回転数に合わせている。表 1 にサイリスタ起動装置の出力特性を示す。

4.5 ガスタービン起動フローチャート

ガスタービンの昇速、昇負荷は完全自動化を目標としている。これら自動シーケンス制御は別途準備の制御装置の指示を受けて図 10 に示すように行われる。

5. 試運転結果

表 1. サイリスタ起動装置出力特性

	出力特性	電 流	電 圧	備 考
着 火 前	定トルク	一 定	回転数に比例	着火回転数に合わせて電流を調整。V/Hz を一定に保つため、電動機界磁電流一定。
着 火 後	定出力	一 定 (着火前よりやや大)	一 定	定出力(トルクと回転数の積が一定)であるため、全回転数域で電流×電圧の積が一定(kVA 一定)となり経済的。

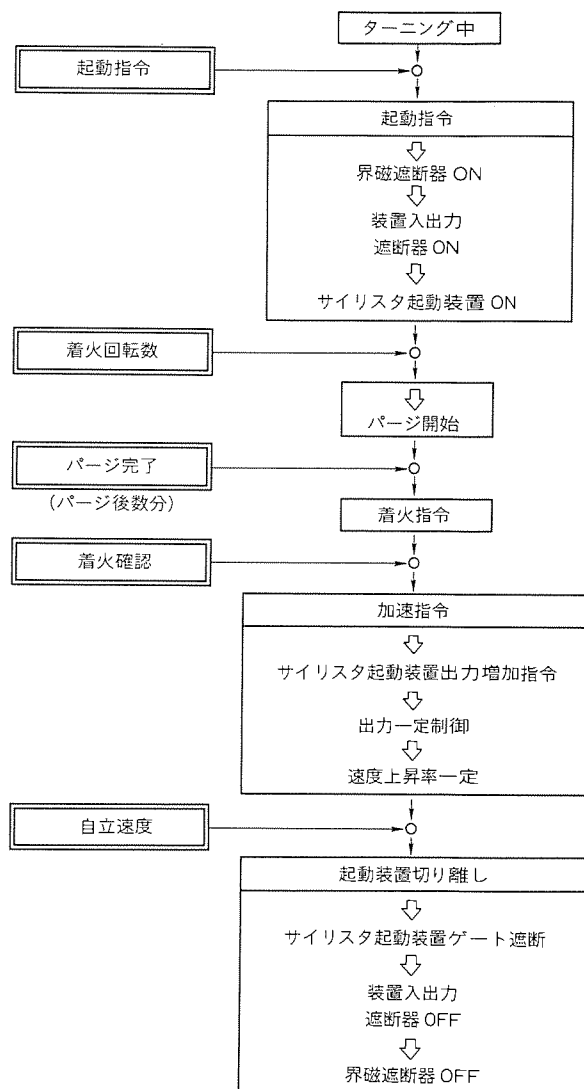


図10. ガスタービン起動フローチャート

サイリスタ起動装置を大容量ガスタービン及び発電機と組み合わせて実機検証を実施し、トラブルもなく、順調に稼働中であるが、特筆すべき点を記す。

(1) サイリスタ起動装置定格出力過不足検証

試運転の結果及びその後の運転実績に基づき、開発時の余裕値25%は不要であること確認した。

(2) 試運転調整が容易

電動機+トルクコンバータを使用する従来方式では、着火回転数調整のためのトルクコンバータのオリフィス交換に手間どったり、昇速途中におけるトルクの増減が不可能であったが、これらへの配慮が不必要になった。

(3) 発電機温度上昇値

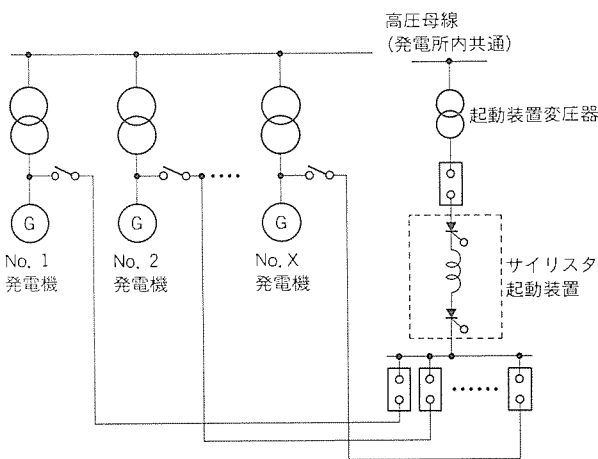


図11. 複数台ガスタービンプラントへの適用例

低回転数においてはブロウ能力が低下し、回転子や固定子巻線の冷却が期待できない。また、サイリスタ起動装置出力に含まれる高調波電流により、回転子表面に渦電流損が生じる等によって発電機内温度上昇が予測される。前者については規格許容値の 1/4 以下を実測しており、後者については回転子表面温度の実測が困難であるが主として設計許容値の約 1/2 であることを確認している。

6. そ の 他

(1) 複数台のガスタービンプラントにおけるサイリスタ起動装置適用例

複数台のガスタービンに対し、図11の回路図例に示すとおり1台の起動装置を切り替えて使用できるため経済的である。

(2) 高調波が電源系統に与える影響について

サイリスタ起動装置は、整流負荷であるため高調波を発生し、電源系統に接続されている他の電機品に影響を与える可能性がある。

表2. 電源への許容高調波電圧ひずみ率

	Vn
154 kV ライン	0.5%
66 kV ライン	1%

表3. 電流負荷の高調波電流含有率

次 数	6 相	12相	24相
5	17.5	(2.0)	(2.0)
7	11.0	(1.5)	(1.5)
11	4.5	4.5	(1.0)
13	3.0	3.0	(0.75)
17	1.5	(2.0)	(0.2)
19	1.25	(0.5)	(0.15)
23	0.75	0.75	0.75
25	0.75	0.75	0.75

注 () 内は非理論高調波

我が国では、高調波による電圧ひずみ率に対する許容値の規格はなく、慣例的に表2のとおり定められている。

サイリスタ起動装置の電源変圧器一次側には表3に示す高調波電流が発生するが、これに電源系統側のインピーダンスを掛けて高調波電圧及び電圧ひずみ率を求めることができる。電源系統側インピーダンスは起動装置の設置点によって異なるが、実証試験の時点では0.058%のひずみ率であった(0.5%の許容ひずみ率)。

7. む す び

ガスタービンの大容量化に伴うサイリスタ起動装置の実用化に成功したが、今後の技術の進歩によるガスタービンの大容量化とともに、サイリスタ起動装置の需要も増加するものと確信する。

実績を重視しながら更に検討を加え、より大容量化、高信頼性、経済性の確保のために努力する所存である。

電源開発(株)東地域制御所納め 制御室のトータルデザイン

柳田英行* 伊藤一彦* 藤田慎一** 田中 節*** 久後秀友+

1. ま え が き

系統制御所は、近年、一箇所の制御所における監視制御範囲が広がり、集中監視制御化が従来以上に進められている。この制御所において実際に監視制御を行う制御室も、その規模の拡大、高機能化に対する配慮が求められている。特にその中で、事故発生時の正確で速やかな対応及び誤操作防止を推進するために、これまで以上に運転員の居住性の向上に対する要求が高まっている。

これらの要求にこたえるため、電源開発(株)東地域制御所納め制御室を例に、デザイン CAD 技術(ワイヤフレームによる立体図、及び立体着色図)を駆使し、人間工学的にも配慮した制御室トータルデザインの実践について紹介する。

2. デザイン実施計画の策定

今回のトータルデザインを実施するに当たり、効率的かつ確実に実施できるように、顧客を含め関係者一同がデザイン作業の流れを明確に把握するために検討フローを策定した(図1)。

2.1 顧客ニーズの把握

この制御室は、人間工学面からの操作性の向上やヒューマンエラーの低減に加え、人間の心理面や生理面からくる欲求の実現も求められている。これは、そこで働く人にとっての労働環境の検討であり、作業意欲の向上・疲労の軽減・情緒の安定・安全性の向上・モラルの向上・コミュニケーションの向上などを図ることを目的としている。制御室に要求される顧客ニーズは、次の三つの視点に要約される。

(1) 機能性の視点

- 操作性・監視性の向上
- ヒューマンエラーの低減
- 人と情報の流れを考慮した機器配置

(2) 快適性の視点

- 過度な緊張感や威圧感からの開放
- 自然との接触
- 審美性の高い形態や色彩

(3) 社会性の視点

- 社会に対し経営姿勢や企業文化を発信する場
- システムの先進性を表現する場

2.2 デザインコンセプト

上記ニーズをデザインに反映するため、次のコンセプトを

設定した。

- 操作性・監視性の向上を図り、ヒューマンエラーの低減を図る。
- 人に優しい快適な労働環境を創出する。
- 独創性と先進性のある機器デザインとする。

2.3 基本計画の立案と検討

制御室のデザインは労働環境をデザインすることであり、“人と物とのかかわり”“物と空間とのかかわり”そして“空間と人とのかかわり”の三つの検討要素がある。これらを検討するには、インテリアデザイン・プロダクトデザイン・人間工学のそれぞれの側面からの検討が必要である。

主要な検討テーマとしては、機器配置・機器デザイン・内装デザイン・照明計画などが挙げられる。

2.3.1 機器配置

機器配置で重要なことは、制御室の運用方法にそった配置とすることである。このため、各機器がもつ機能の把握と相互関係を理解した上で、働く人の立場に立った検討を進める必要がある。

制御室における業務の内容を検討した結果、監視制御ゾーン・総合監視盤ゾーン・周辺機器ゾーン・ミーティングゾーンの四つのゾーンに分類することができた。ゾーニングを明確にすることにより、業務のムリ・ムダ・ムラを無くすることができる。また、業務の内容によって作業ゾーンが変わるので運転員の心理的な切替えもでき、めりはりのある業務遂行

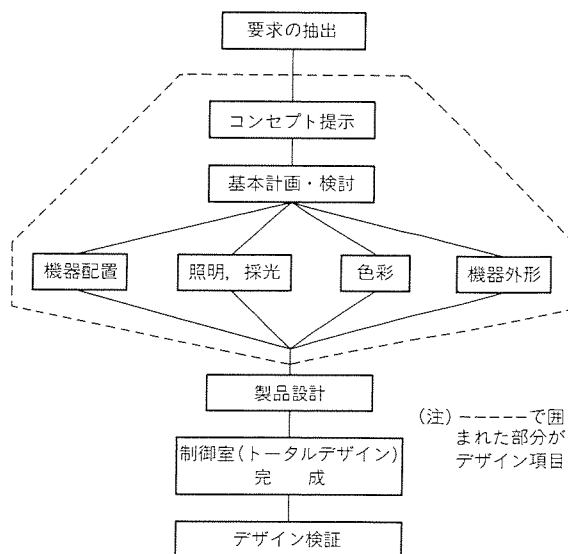


図1. 制御室トータルデザイン検討フロー

が可能となる。

運転員の主作業ゾーンである監視制御ゾーンと総合監視盤ゾーンについて検討を行ったところ、総合監視盤と制御卓との配置が4案(表1のA・B・C・D)に集約された。

4案各々についてデザインCAD技術を適用して、平面図とワイヤフレームによる立体図を作成し、主観評価を行った結果、D案が優れていると評価された(図2、図3)。

D案の特長は、次のとおりである。

- 斬新さと使いやすさのイメージが両立している。
- 各運転員の責任範囲が明確であり、業務に専念できる。
- 運転員の移動が自由で容易である。

主観評価とともに、評価にできるだけ客観性をもたせるため、先の4案の配置について16のデザイン評価項目を設け幾

何平均(相乗平均ともいう。)の算式を適用して評価を実施した。幾何平均値を求めた結果、主観評価と同様に評価点はD案が最も高くなった(図4)。

2.3.2 機器デザイン

機器デザインは、マンマシンインタフェースの向上やヒューマンエラーの低減にとって重要な要素である。また、快適な労働環境や、先進的な制御室イメージの構築にも大きく影響してくる。

(1) 制御卓デザイン

制御室のデザイン調査時に意見聴取した結果、制御卓デザインの解決すべき課題として①威圧感と圧迫感を軽減する、②筆記するスペースを十分な広さとする、③CRT画面に照明の映り込みを少なくする、などの点が明らかになった。

表1. 総合制御所機器配置の各案比較

(案)		A		B		C		D	
配置	評価項目								
総合監視盤の監視性	直長席から総合監視盤への視線妨害	下方1,000 mm の見え隠れする盤4面	△	下方500 mm の見え隠れする盤4面	○	下方1,000 mm の見え隠れする盤4面	○	下方500 mm の見え隠れする盤4面	○
	指令卓からの最小視方向角	55°で良好	○	55°で良好	○	58°で良好	○	45°で良好の限界	△
	指令卓からの最大となる視距離	8.8 m	○	8.8 m	○	9.9 m	△	9.2 m	○
	最大となる視野角	水平方向: 75° 垂直方向: 35°	○	水平方向: 75° 垂直方向: 35°	○	水平方向: 85° 垂直方向: 30°	○	水平方向: 110° 垂直方向: 35°	○
CRTの監視性	自席CRTの監視性	良	○	良	○	良	○	良	○
	CRTと総合監視盤との同時監視性	最大95°回転	△	最大95°回転	△	最大120°回転	×	最大98°回転	△
	直長席から指令卓CRT画面の見通し	4台のCRT画面が見え隠れ	△	4台のCRT画面が見え隠れ	△	2台のCRT画面が見えず、1台のCRT画面が見え隠れ	△	2台のCRT画面が見えず、他の2台が見え隠れ	△
卓の操作性	自席のCRT2台の同時操作性	良	○	良	○	良	○	良	○
	CRT操作時の通話台へのアクセス	最大距離1.5 m 振り向き角度90°~120°	○	最大距離1.5 m 振り向き角度90°~120°	○	最大距離1.5 m 振り向き角度90°~120°	○	最大距離0.9 m 振り向き角度135°	○
	指令卓相互間の運転員移動性	容易	○	容易	○	CRTデスクをう(迂)回	△	容易	○
	直長席と指令卓間の移動性	容易	○	階段	△	容易	○	段差はあるが、スロープで移動は容易	○
デザイン評価	機能的イメージ	各自の運転員席から他者は視野外	△	階段状で見えやすいが、第1卓からの監視性不良	△	自席の作業に専念でき、第1卓からの監視性良好	○	自席の作業に専念でき、第1卓からの監視性良好	○
	快適性イメージ	運転員相互間のコミュニケーションが容易	○	運転員相互間のコミュニケーションが容易	○	閉鎖感が強くCRT背面の気流騒音	×	運転員相互間のコミュニケーションがやや不良	△
	アピール性イメージ	ありふれたイメージ	△	階段状でやや新鮮	○	個性的イメージ	○	斬新さと使いやすさのイメージが両立	○
	総合的印象	親しみやすい	○	新鮮	○	ユニーク	○	近未来	○
その他の評価		見慣れた安心感	△	少しの精度感	△	複雑感	×	斬新でユニーク	○
評点(16√) ○: 5, △: 3, ×: 1		順位							
		1.302	3	1.304	2	1.294	4	1.306	1

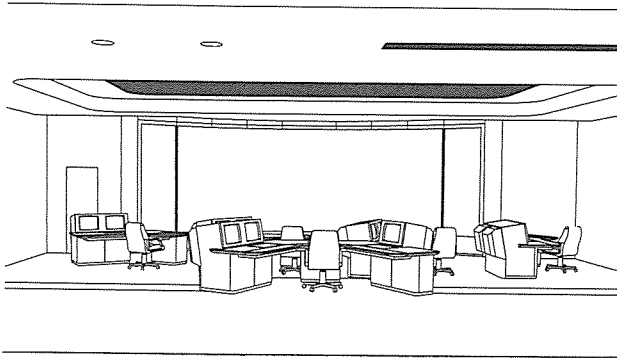


図 2. 配置 D 案のワイヤフレーム図(正面視)

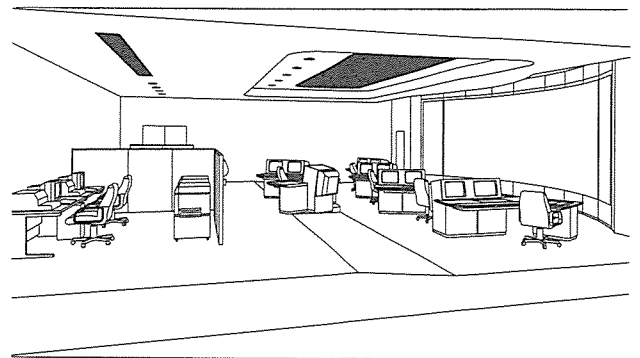


図 3. 配置 D 案のワイヤフレーム図(側面視)

これらを解決するため、1/5スケールのモデルを作成し感性面・操作性面・色彩面・製造面などの観点から広く検討を加えた。その結果、今までの制御室には見られない下記の特長のあるデザインとなり、顧客からも高い評価が得られた。

- 業務内容によって操作卓を5卓に分離独立した形態とすることにより、作業領域が明確になり、かつ、人の流れがスムーズになってシステム運用の幅が拡大
- 制御卓は、逆L字型をした広いテーブル面にCRTを左側に集中設置して広い視界を確保するとともに、軽快で開放的かつ斬新なイメージを形成(図5)
- 運転長卓は、逆U字型をしたテーブル面にCRTを左右に機能分類して設置し、制御卓と同様の特長を確保(図6)
- テーブル面の角部は、大きな曲面処理を施して、人との衝撃を和らげた造形処理
- 色彩は、制御室のインテリアとの調和を図り、ライトグレーを基調にグレーを配した明るいイメージ
- 塗装仕上げは、3分つや(艶)として照明の反射光を低減

(2) 総合監視盤デザイン

旧来の機器室イメージを排除するために、総合監視盤を壁面埋込みタイプとした。

総合監視盤は、曲面とすることによって、下記に示される人間工学面から求められる諸条件を満足することが可能となった⁽¹⁾。

- 各運転員からの視野角は、約120°(監視可能範囲)として総合監視盤の全幅監視を可能とする。
- 運転長からの視野角は、約60°(最適監視可能範囲)として総合監視盤の全幅監視を可能とする。
- 各運転員の総合監視盤に対する視方角は、約45°以上として視認性を向上する。

モザイクパネル部のベース色検討に際しては、最も複雑な系統図部分を1m四方角の原寸実物として作成し、ライトグレーとダークグレーの2色について比較検討をした。LEDの視認性においてダークグレーの方が優れていることが確認されたのでダークグレーと決定した。また、照明の反射光

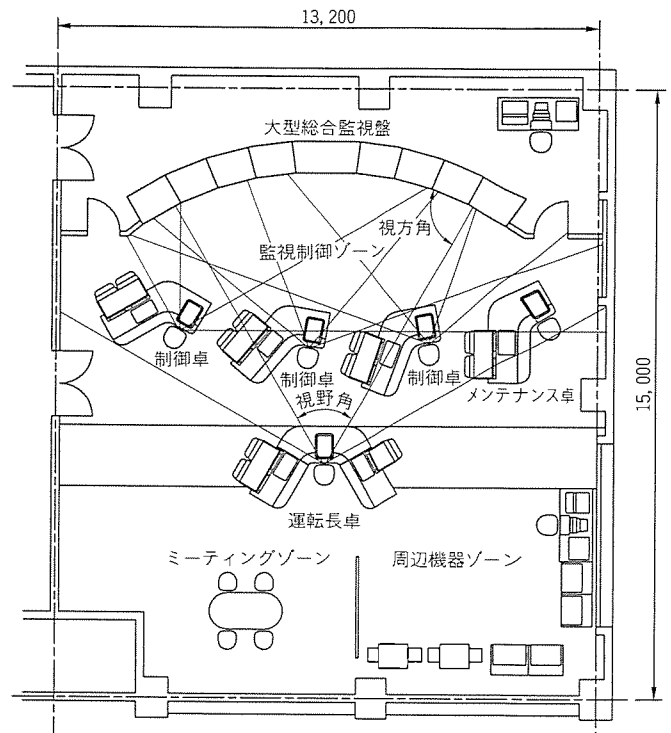


図 4. 総合監視盤の監視性検討を含む機器配置

を防止するために艶消し塗装仕上げとした。

2.3.3 照明計画

照明計画は制御室の景観のみでなく、操作性や視認性の観点からも十分な検討が必要である。業務の内容に合わせた各ゾーンについて次のように照明計画を立案した。

(1) 監視制御ゾーン

運転員が制御卓でCRT操作や筆記業務を行うので1,000lxの照度を確保し、照明の保守率等も考慮し、照度の調整が可能な蛍光灯とした。制御卓上のCRT画面への映り込みを防止するために、OAルーバを採用した。

折り上げ天井部には、コーブ照明^(注1)により、折り上げ部をライトアップして制御室の景観を高めた。

(2) 総合監視盤ゾーン

(注1) 天井近くの壁あるいは他の垂直な面に取り付け、光を上方に出して天井や上部の壁からの反射光により照明する方式

盤面の視認性を向上させるために調光可能な黒板灯^(注2)を採用して、盤面全体に均一な照度が得られる照明とした。

(3) 周辺機器ゾーン

制御卓のCRT画面への映り込みに対応してOAルーバを採用した。

照明計画でよく問題になるのは、CRT画面への映り込みである。今回の機器配置ではCRTの方向が一定でないため、シミュレーションプログラムによって、映り込む範囲と位置の検証をした(図7)。

照明の映り込み防止対策としては、OAルーバの採用と調光可能な照明器具によって対応した。

2.3.4 内装計画

監視制御室の基本色として、ウォームナチュラル系とクールナチュラル系の2系統色を選定し、デザインCADの立体着色図をプロジェクションテレビに映し出したものにより検

討をした。この結果、作業空間として適度な緊張が維持でき、しかも、ある程度リラックスできる側面をもつウォームナチュラル系の色彩で制御室をまとめることとした。

天井面は、監視制御ゾーンである制御卓と運転長卓の頭上部分を折り上げ天井として、天井から感じる圧迫感の軽減を図った。折り上げ天井部は、他の部分より床面から400mm高く3,600mm高さとなり、斬新な監視制御室イメージが得られた。

壁面には、明るいページュ系のクロス壁材を張り、光の反射を和らげることにより落ち着いた雰囲気とした。さらに反射音の低減効果により静粛性も同時に得ることができた。

制御室に窓を設けることによって自然との接点を図られ、気象情報・時間概念・季節感などともに、明るく開放的なイメージが得られた。

床面は、制御室を前後に2分して運転長卓より後方を200mm高くすることによって運転長卓から総合監視盤の視認

(注2) 配光曲線が滑らかで、壁面をむらなく広く照射できる反射板の付いた照明器具

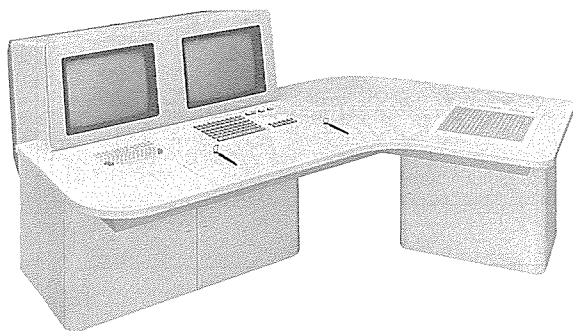


図5. 制御卓



図6. 運転長卓

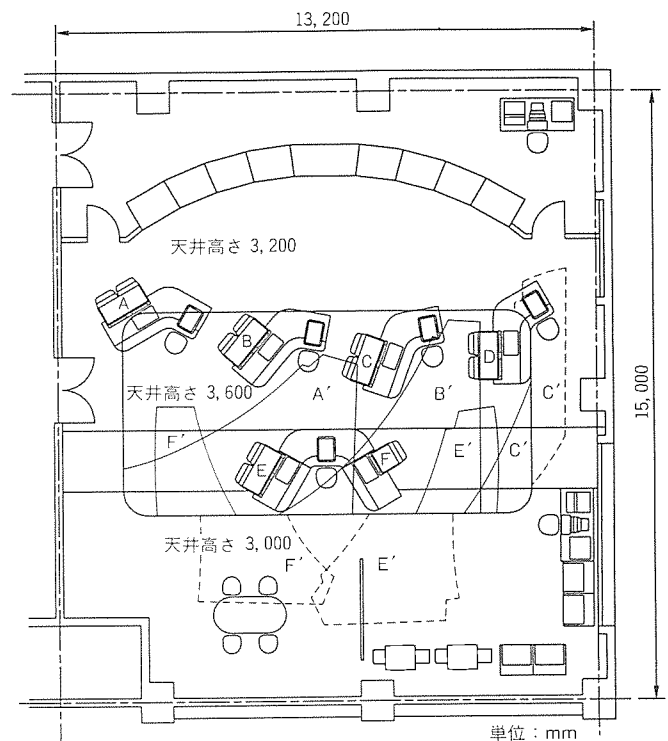


図7. 天井照明の映り込み位置と範囲の検証図

表2. 制御卓曲面部製作材質及び加工方法検討

材質及び加工方法	加工精度	強度	経済性	加工の容易性	使用実績	総合評価	コメント	備考
簡易金型による樹脂成型品	◎	△	×	◎	×	×	小型で複雑な形状の物に向く。 大型で形状が簡単な物はコスト的に不利。	
木材切削品	○	○	△	△	△	△	テーブル面にのみに使用可。 品質的に安定した物を供給することが困難。	テーブル部のみ
薄板銅板 (曲げ+溶接)	○	◎	○	△	○	○	複合的な曲げが実現困難。 電子機器に対する磁気シールド効果が得られる。	今回採用方法

性を高めるとともに、管理者としてのステータス性をも図った。高低差は滑らかなスロープとし、人の移動に抵抗のない勾配として1:8.5のスロープとした（一般的に、快適な勾配は、1:10～1:8といわれている。）。

さらに、床面には静電気のたまりにくい超静電タイプのタイルカーペットを敷くことによって、高級感と落ち着いた雰囲気を実現した。同時に、滑り止め効果による歩行の安全と、吸音効果による騒音の低減をも図った。

2.4 製品設計

以上のトータルデザインを具体化するために、以下の製品設計を実施した。

2.4.1 制御卓製品設計

制御卓の製品設計に際し、デザイン図の形状を具現化するために検討及び配慮した点は以下のとおりである。

(1) 曲面多用形制御卓の構築

今回は、曲面を多用した形状を実現することが求められたため、製作に際して最も好ましい製法（材質）などについて検討した。その検討結果を表2に示す。この検討結果に従っ

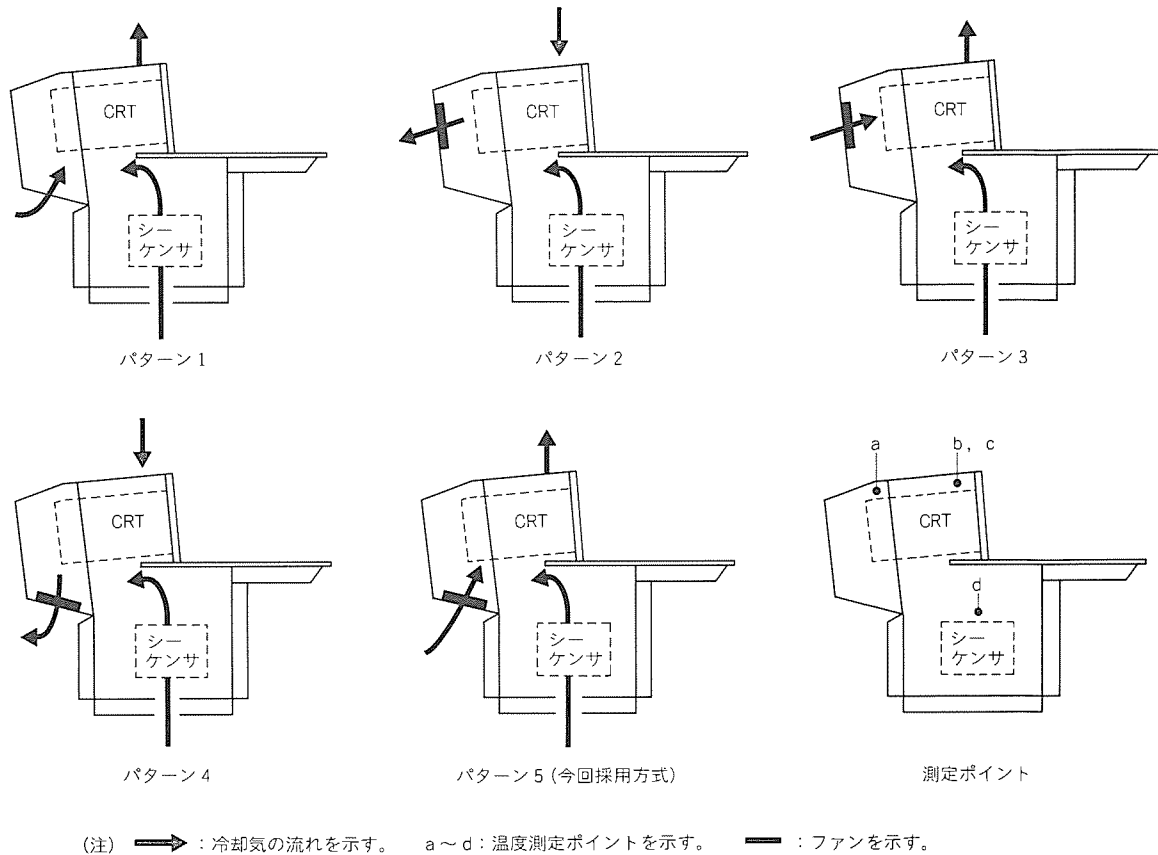


図8. 制御卓冷却試験パターン

表3. 制御卓冷却方式検討

試験パターン			測 定 点	室温 (℃)	上昇温度(℃) (上昇表示)				許容温度 範囲(℃)	評 価			
					CRT 上部			シーケンサ		温度	騒音	意匠	総合
					a	b	c						
1	無冷却	CRT 背面下部のファン取付け穴を吸気口とし、自然冷却する。	23.5	17.3	<u>32.2</u>	24.0	6.1	0～7.8	×	◎	◎	×	
2	CRT 背面吸出し	CRT 背面に、卓内から排気する方向にファンを取り付ける。	23.0	0.3	<u>9.8</u>	5.0	5.8	0～30.2	○	△	△	△	
3	CRT 背面吸込み	CRT 背面に、卓内へ吸気する方向にファンを取り付ける。	22.3	<u>7.9</u>	1.0	1.1	7.2	0～32.1	◎	○	△	○	
4	CRT 背面下部吸出し	CRT 背面下部に、卓内から排気する方向にファンを取り付ける。	22.3	0.7	<u>22.6</u>	12.1	6.4	0～17.4	×	△	◎	×	
5	CRT 背面下部吸込み	CRT 背面下部に、卓内へ吸気する方向にファンを取り付ける。	22.9	<u>9.1</u>	2.7	1.6	4.6	0～30.9	○	○	◎	◎	

注 取付けファンは、CRT ごとに2基。
測定点(a～d)の詳細は、図8による。
上昇温度のアンダーラインは、試験パターンごとの最高値を示す。

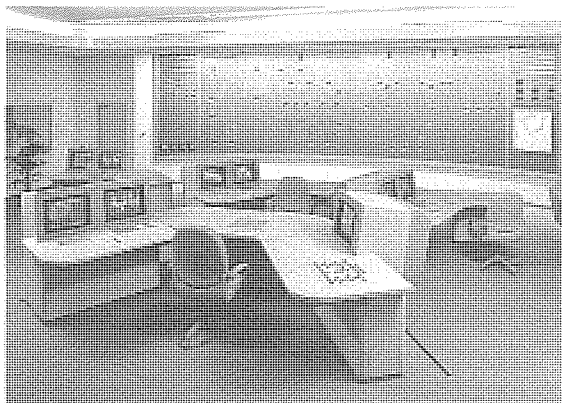


図9. 制御室

て薄板銅板を曲げ加工し溶接した物を使用した。

(2) 室内快適性確保に対する配慮

制御室内の快適性を確保するために配慮すべき点として、

①低騒音であること、②卓内収納機器 (CRT など) の冷却及び通風処理が良好に行われていることが挙げられる。そのため、デザイン的な要素と冷却効果を実機を用いて検証した。

図8に試験パターンを、表3にその概要及び評価を示す。

この結果、冷却効果に優れ、デザイン的にも優れたパターン5を採用するに至った。さらに、上記ケースを採用するに際しては、①空気の流れを設計どおりに流すため開口部以外の機密性を上げる、②機器の清浄性を保つため吸気部に防じん (塵) 対策を行う等の処理を行った。

2.4.2 総合監視盤の製品設計

総合監視盤の製品設計に際し、施行後の仕上がりを良好なものとするために配慮した点は以下のとおりである。

(1) メンテナンス性の確保

一般に配電盤設計を行う場合、その規模によっても異なるが、優れたメンテナンス性を確保するために、その配電盤の前面及び後面に扉を設けて配電盤内部のメンテナンスを行えるようにする。しかし、今回のような総合監視盤は、盤表面 (前面) にモザイクパネルを採用しているために、前面からのメンテナンス方向を確保することが不可能である。そのため、高いメンテナンス性を得るために、主要内蔵機器であるコントローラを大型のヒンジで可動型のフレームに取り付けることにより、スイング可能な構造を採用した。

これにより、①コントローラ自身の前後面メンテナンスを容易に可能とした、②モザイクパネル裏面のほぼ全面についてメンテナンスを容易に可能とした等の点において改善することができた。

3. 成 果

今回の制御室デザインの開発テーマは、デザインコンセプトに述べたように、使う人にとって機能面と感性面が両立した快適な環境の創出にあった (図9)。

今までの制御室という言葉から想像され、かつ、過剰な緊張感を与える重苦しい機器室のイメージを払しょく (拭) するために、デザイン開発途中の各ステップで、関係者と十分な意見交換をしながら開発した。これによって、より一層、使う人の立場に立った労働環境が創造でき、顧客から高い評価が得られた。

4. 今後の課題

制御室に限らず労働環境のデザインは、その快適性の向上という点から今後ますます重要になるであろう。

労働省告示の“快適職場指針”⁽²⁾や通商産業省指針の“今後のオフィスづくりのあり方”⁽³⁾などから見ても大きな社会的要望であるといえる。

デザインは、労働意識の変化や業務の質の変化、社会とのかかわりの変化などからの要望を具体的な形態で表現していく重要な責務を負っている。そのためには今後、次の点に留意してデザイン開発を行っていかねばならないと考える。

- (1) 地域社会に貢献し、共生を意図したデザイン
- (2) 高年齢層化や、女性層の進出に対応したデザイン
- (3) 創造力が発揮でき、労働意欲が高まるデザイン

5. む す び

電源開発㈱東地域制御所納め制御室のトータルデザインについて紹介したが、このような人間工学的な面に加え、人間の心理面や生理面からくる欲求を踏まえた設備の計画は、今後ますます増加すると考えられる。

今回、このような要求を満足するトータルデザインを完成することができたのは顧客、当社デザイン研究部門及び機器製作部門が一体となって計画を遂行できたためと考える。

終わりに、多大の御協力をいただいた関係者各位に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 日本規格協会：図説エルゴノミクス (1990)
- (2) 労働省：快適職場指針 (1992)
- (3) 通商産業省：今後のオフィスづくりのあり方 (1992)

地図情報支援施設管理システム

中村春雄* 森 研一**

1. ま え が き

近年、上下水道や電力・ガス等の公共・公益施設の整備に伴って、都市部の地下には上下水道及びガスの配管、電力・通信のケーブルなど数多くの埋設物が収容され、地上においても道路網・街区の整備が進み、また、多種多様の建造物が構築されている。年々高度化・複雑化する都市施設を総合的かつ効率的に維持管理するために、地図情報を用いたマッピングシステムの利用検討が盛んに行われており、一部では運用され始めている。

しかし、地図を作成し、ベクトル化(ベクトルデータに変換)するためには多大なイニシャルコストを必要とするため、大部分の公共・公益事業者、特に中小規模の事業者においては、マッピングシステムの有用性を認識しながら、なかなか導入に踏み切れないのが現状である。

諫早市水道局では、“三菱 MELFIS (Mitsubishi Electric Facility Information System)”を利用して、ラスタマッピング(イメージ入力による地図データで構成するマッピングシステム)と光ファイリングを組み合わせた“地図情報支援施設管理システム (Map Information Aided Facilities Management System)”の構築を行った。このシステムでは、既存の地図をイメージのまま入力するラスタマッピングの採用によって、地図作成のイニシャルコスト及びシステムの立ち上げに要する期間を最少限に抑えることが可能になった。

本稿では、地図情報支援施設管理システムについて、主要機能であるラスタ地図の連続スクロール、異種類の地図帳間ジャンプ、ラスタ地図と配管ベクトルデータの重ね合わせ表示、仮想メッシュ管理などの機能を中心に、諫早市水道局の導入事例を通して紹介する。

2. システム導入の背景と位置付け

2.1 システム導入の経緯

水道施設を拡充・整備し維持管理する上で、施設管理図面などの図面(台帳)情報は重要な役割を担っている。これらの膨大な図面情報を有効に管理運用する手段と体制の確立が、今後の水道事業運営にとって非常に重要な要素になる。

諫早市水道局では、水道施設台帳の整備を目的として、水道施設台帳整備事業を策定し、事業の中核として、図面情報を迅速かつ有効に管理運用する手段の確立に向けて、本シス

テムの構築を行った。

諫早市における水道事業の概要を表1に示す。

2.2 マッピングシステムの定義と分類

マッピングシステムの有用性が認識されるにつれ、マッピングシステムについて、様々な議論や検討が行われている。しかし、地図の作成及び地図情報を利用したシステムを総括的にマッピングシステムと呼ぶことが多く、非常に広範囲な概念を含んでいる。システムに対する目的の違いなどによっていろいろな意味に使われており、混乱を避けるため、以下にその定義と分類について述べる。

マッピングシステムの定義や分類を明確に行うことはなかなか困難であるが、本来“Mapping”とは“地図を作成する”ということであり、コンピュータ技術等を利用し地図を数値情報(ディジタル)化して、ディジタル地図を作成する地図作成システム(Automated Mapping:AM)を意味している。しかしながら、我が国では、“地図を利用する”システムも含めてマッピングシステム又はディジタルマッピングシステムなどと呼ぶことが一般的に多いようである。

表1. 諫早市の水道事業の概要

平成4年3月31日現在

項 目	上水道	簡易水道	合 計
行政区域内現在人口(人)	—	—	90,797
行政区域面積(km ²)	—	—	145.46
計画給水人口(人)	82,600	13,810	96,410
現在給水人口(人)	69,800	11,371	81,171
年間給水量(m ³)	9,419,294	1,278,991	10,698,285

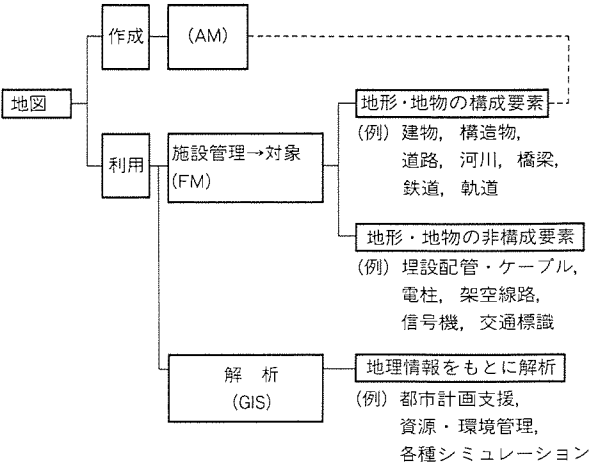


図1. マッピングシステムの定義と分類

*諫早市水道局 **三菱電機㈱制御製作所

地図を利用するシステムとしては、地図情報を利用して施設の管理を行う施設管理システム (Facilities Management : FM) と、ある一定の地域又は区域における地理的・地物的なものを対象として種々の解析やシミュレーション等を行う

地理情報システム (Geographic Information System : GIS) を最も代表的な例として挙げることができる。

施設管理システムについては、管理する施設すなわち管理対象が地形・地物の構成要素になるか、あるいはならないかによって、二つに分類することができる。地形・地物の構成要素になる建物や道路・河川などは、都市施設の情報を管理する FM における管理対象施設であると同時に、地図の作成及びメンテナンスを行う AM の分野とも重複することになる。

最近では、土地情報を扱う LIS (Land Information System) やナビゲーション (Navigation System) など、地図を利用するシステムの応用範囲は拡大の一途をたどっている。

以上のシステムの定義と分類を図 1 に示す。

2.3 システムの位置付け

水道施設は各種の配管・給水装置・弁栓等から構成され、面的な広がりをもって市内の広範囲に散在している。

この維持管理のためには、施設管理図などの詳細な図面情報とともに、施設の所在すなわち位置情報の的確な把握が重要であり、地図情報による支援が最も効果的である。

このシステムは、地図情報を利用 (地図情報支援) した施設管理システム (FM) という概念を基本としており、“地図情報支援施設管理システム”と位置付けている。

3. 地図情報支援施設管理システムの概要

3.1 システムの基本概念と特長

このシステムは図 2 に示すとおり、地図情報支援機能と台帳管理機能及び仮想メッシュ管理機能から構成されており、管理する情報は地図情報・施設情報・図面 (台帳) 情報の三つに分類することができる。システム全体の機能概念を図 3 に示す。

システムの特長を以下に述べる。

(1) 大量の図面情報を入力・保管できる光ファイリングによる

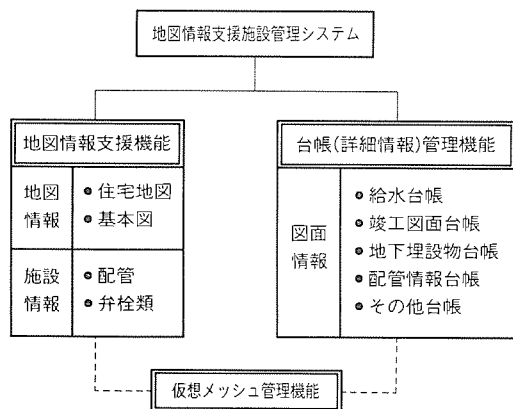


図 2. 地図情報支援施設管理システムの基本構成

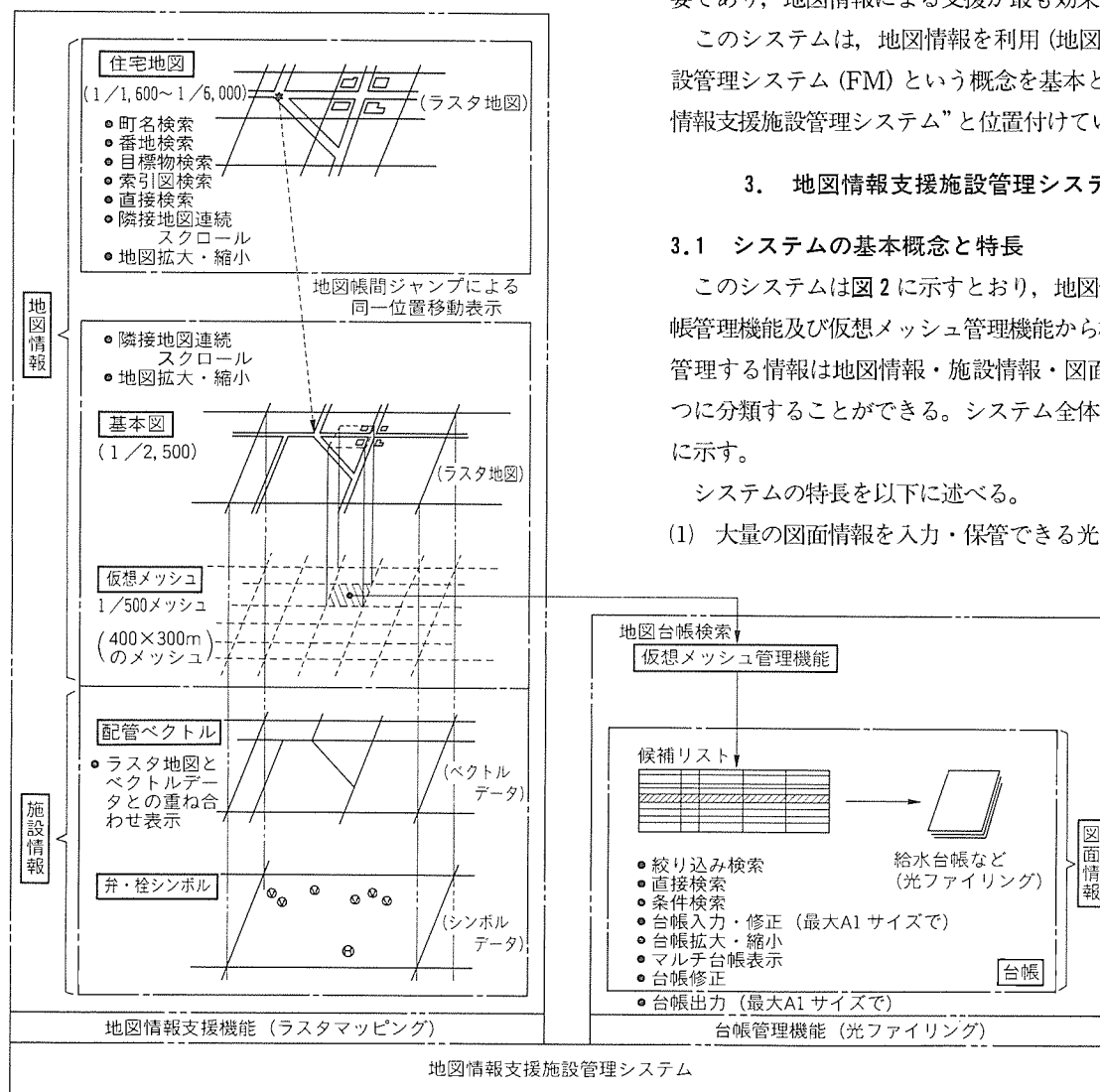


図 3. 地図情報支援施設管理システムの全体機能図

る台帳管理機能とラスタマッピングによる地図情報支援機能を組み合わせたシステムである。

(2) 配管や弁栓等の施設情報のみをベクトルデータとして管理し、施設情報以外の背景地図(地図情報)をイメージデータで入力するラスタマッピングであるため、既存地図を容易にかつ有効に利用できる。また、地図情報を作成・維持するコストの大幅削減が可能である。

(3) ラスタ地図上に配管等のベクトルデータを重ね合わせ表示することにより、施設情報を視覚的に容易に把握することができる。

(4) イメージデータで入力した縮尺及び地図内容の異なる地図帳間を同一位置でジャンプ移動することができ、施設の維持管理に求められる地図情報を既存地図(例：住宅地図と1/2,500基本図)で容易に構築することができる。

(5) 光ファイリングで保管した図面情報(台帳)をラスタ地図上から直接、仮想メッシュ単位で、検索・表示できる。さらに、このためのラスタ地図上への図面情報の対応付け作業が不要となり、入力費用・入力時間の削減が図れる。

3.2 地図情報支援機能

3.2.1 既存地図の基本條件

地図情報として利用する既存地図の基本條件は次のとおりである。

(1) 外部(施設管理を行う事業者以外)の機関で作成された地図であること。

(2) 修正等の維持管理が外部の機関で定期的に行われ、その周期が比較的小さいこと。

(3) 入手が容易であり、かつ安価であること

上記の条件に合致する既存地図の例として次の二つがある。

- 住宅地図
- 基本図(1/2,500都市計画図)

3.2.2 地図の定義と機能

地図情報はある基準座標系での空間的位置関係と非空間的な属性によって定義され、トポロジ的概念(図形の構成要素を理解しやすい形で表現する。)によって構成された点・線・面の集合である地図によって表現される。

基準座標系に基づく空間的位置関係と非空間的な属性により具現される地図の機能は次の二つである。

- (1) 空間的位置関係→位置表示機能
- (2) 非空間的属性→位置検索機能

3.2.3 住宅地図と基本図の機能

既存地図の住宅地図及び基本図(都市計画図)は以下のような特徴をもっているが、どちらも単独では、上記の二つの機能を同時に満足することはできない。

(1) 住宅地図

住宅等の場所・所在地を検索することが目的であるので、住居者名・建物名称・道路名称・町丁名・番地などの検索情報(非空間的属性)が大量に記載されており、目的とする対象物の所在地を検索するのに非常に適している。しかし異なった縮尺の地図が混在し、基準座標系に基づいての厳密な作成ではないため、一般的に地図の精度(空間的位置関係)が低く、水道施設の位置表示を行う用途には不適切である。

(2) 基本図

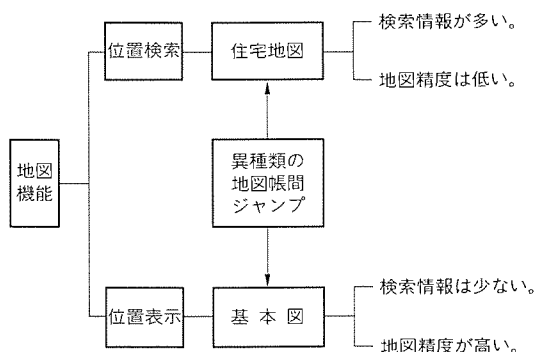


図4. 地図の機能

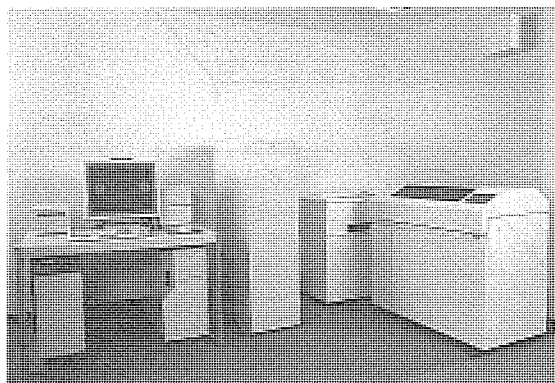


図5. システムの装置全景

表2. システムの機器仕様

機器名称	機器仕様
1. 台帳管理装置本体(GX-5000)	32ビットマイクロプロセッサ、画像処理プロセッサ 主メモリ8Mバイト、ウィンドウメモリ64Mバイト 磁気ディスク装置141Mバイト×3台内蔵 3.5インチフロッピーディスク装置×1台内蔵 RS-232C、 GPIBインタフェース
2. 20インチカラーCRT	高解像度ビットマップカラーディスプレイ 20インチ、1,280×1,024ドット キーボード、光学式マウス
3. 光ディスク装置	5.25インチ追記型、600Mバイト/両面
4. 光ディスクオートチェンジャ装置	5.25インチ追記型、600Mバイト/両面 152枚収納形、90Gバイト
5. A3イメージスキャナ	フラットベッド形、CCDによる平面固定走査 最大A3サイズ、200/400dpi
6. A1イメージスキャナ	原稿移動形、CCDによる平面固定走査 最大A1サイズ、16dot/mm
7. A3イメージプリンタ	半導体レーザビームによる電子写真方式 最大A3サイズ、400dpi
8. A1イメージプリンタ	静電記録方式 最大A1サイズ、16dot/mm
9. カートリッジMT装置	フロントローディング方式、1/4インチテープ幅 38Mバイト/本

住宅地図に比較すると、検索情報(非空間的属性)はかなり少ないが、基準座標系に基づいて作成してあるため、地図の精度(空間的位置関係)は高く、施設の位置表示には適している。

したがって、住宅地図と基本図を単独で利用しても、それほど大きな効果を生じないが、2種類の地図を併用し、それぞれの特長を生かすことにより、強力な地図情報支援を行うことができる。この2種類の地図の機能を図4に示す。

3.2.4 主要機能

地図情報支援機能の主な機能は次のとおりである。

- (1) 地図検索機能(直接、索引図、町名、番地、目標物)
- (2) ラスタ地図連続スクロール機能
- (3) 異種類の地図帳間ジャンプ機能
- (4) ラスタ地図と配管ベクトルデータの重ね合わせ表示機能

各種の地図検索機能及びラスタ地図の連続スクロール機能によって、住宅地図上の目的とする施設の所在地を検索し、異種類の地図帳間ジャンプ機能によって検索地点に対応した基本図(都市計画図)に移動する。ラスタ地図と配管ベクトルデータの重ね合わせ表示機能によって、ベクトルデータで管理している配管や弁栓類の施設情報をラスタ地図上に重ね合わせ、視覚的な表示・確認を行うことができる。

3.3 台帳管理機能と

仮想メッシュ管理機能

施設管理図等の詳細な図面(台帳)情報は大容量の記憶容量をもった光ファイリングに入力・保存を行い、図面(台帳)情報がある属性情報(水栓番号、住所、氏名、町名、番地等)をコード化したデータベースによって直接検索、絞り込み検索等の台帳管理を行える。

また、仮想メッシュ管理機能は、台帳管理機能と地図情報支援機能とをリンクする機能であり、ラスタ地図上から直接、図面情報(台帳)を検索することができる。この機能では、配管や弁栓等の位置情報を点又は点の情報(形態)として近似し、仮想的なメッシュによって区切られた区画の面単位で、その位置情報をグループ管理している。

地図情報支援機能によって目的とする水道施設等の検索・表示・確認等を行った後、台帳の種類を指定し、その場所が存在する仮想メッシュ上に登録された台帳(図面情報)の候補リストを表示して、その候補リストから個別のデータを絞り込んで検索を行うことができる。

属性情報の信頼性が低かったり不明なために、データベースの構築が不十分なデータでも、図面情報の検索等を容易に行うことが可能である。

4. 実施例の紹介

4.1 システム構成

このシステムは、マルチメディアワークステーションをベースとして、以下の機器から構成されている。

- (1) 台帳管理装置本体(GX-5000)

このシステムの各機能の処理・実行を行う。地図情報、施設情報、図面情報をマルチメディアデータベースで管理している。

- (2) 20インチカラーCRT

住宅地図、基本図の表示及び配管ベクトルの重ね合わせ表示や、台帳の検索・表示を行う。CRTはカラー表示ができ、操作はマウスを主体としている。

- (3) 光ディスク装置、光ディスクオートチェンジャ装置

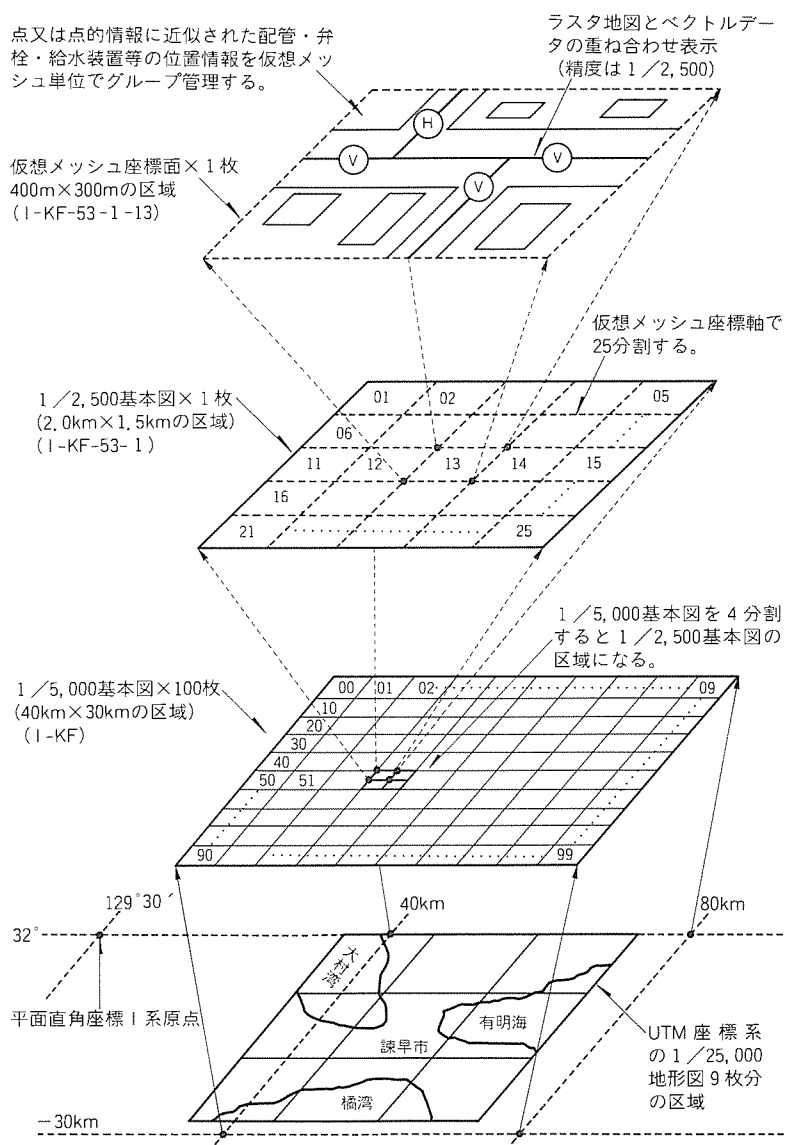


図6. 仮想メッシュの概念

住宅地図、基本図及び各種台帳が保管されている。各機能の要求に対して読み書きを行う。

(4) A3, A1 イメージスキャナ

地図や台帳などの入力に使用する。A3サイズ及びA1サイズのものを普通精度又は高精度で入力できる。

(5) A3, A1 イメージプリンタ

地図や台帳などの出力に使用する。A3サイズ及びA1サイズまで出力できる2種類のタイプがある。

(6) カートリッジ MT 装置

台帳管理装置内のデータベースのバックアップに使用する。

システムの装置全景を図5, 機器仕様を表2に示す。

4.2 システム機能

このシステムの機能について以下に述べる。

(1) 地図情報支援機能

(a) 地図検索

- (i) 町名検索 町名から目的の地図を検索
- (ii) 番地検索 番地から目的位置の地図を検索

- (iii) 目標物検索 目標物から目的位置の地図を検索
- (iv) 直接検索 地図ページから目的の地図を検索
- (v) 索引図検索 索引図上から目的の地図を検索

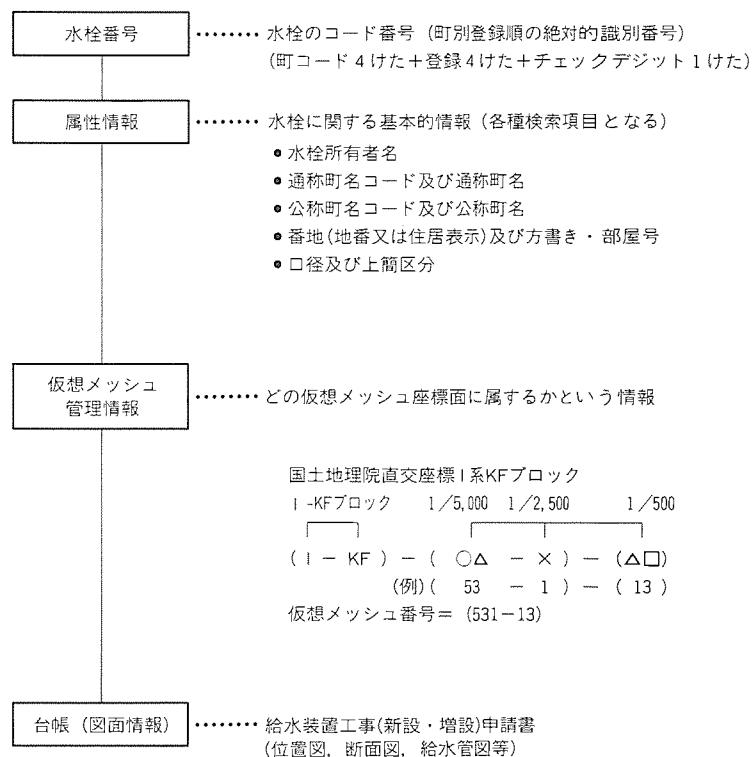
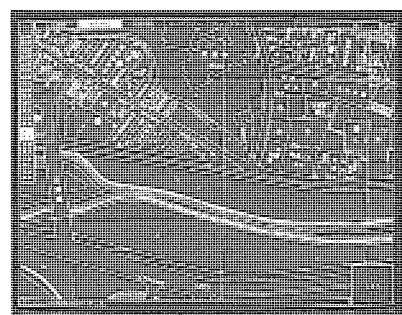
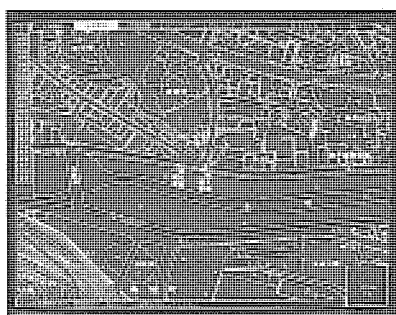


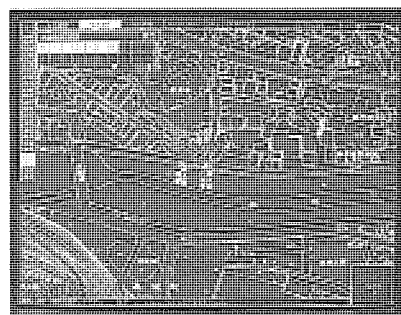
図7. 給水台帳の概念
(仮想メッシュ管理機能と台帳管理機能との関係)



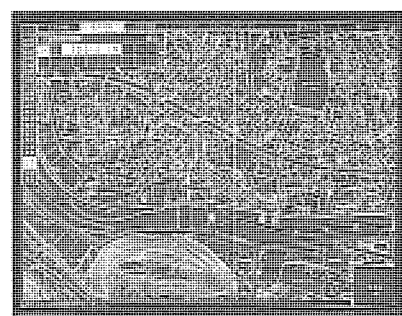
(a) 住所(町名・番地)から住宅地図を検索・表示



(b) 異種類の地図帳間ジャンプで1/2,500基本図の同一位置へ移動表示



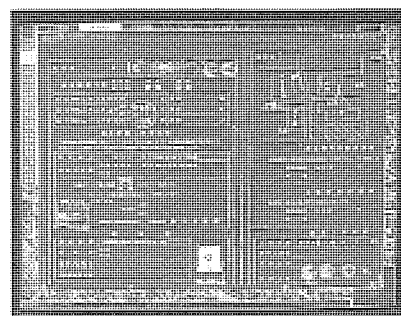
(c) 配管ベクトルを基本図上に重ね合わせ表示



(d) 基本図上に仮想メッシュを重ね合わせ表示



(e) 地図台帳表示の仮想メッシュを指示し、候補リストを表示



(f) 候補リストを指示し、目的台帳を検索・表示

図8. 地図情報支援施設管理システムの運用の一例

(b) 地図表示

- (i) ジャンプスクロール
- (ii) 連続スクロール
- (iii) 拡大・縮小
- (iv) チェックマーク (位置保留)
- (v) 異縮尺地図の接続

(c) 異種類の地図帳間ジャンプ

(d) 配管ベクトル管理 (重ね合わせ表示, レイヤ別表示)

(e) 地図出力

(f) 地図入力・地図修正

(2) 台帳管理機能

- (a) 地図台帳検索 仮想メッシュ管理によるリンク検索
- (b) 台帳検索 直接・各種一致検索, 絞り込み検索
- (c) 台帳出力 A4 から A1 サイズの台帳を出力
- (d) 台帳入力 A4 から A1 サイズの台帳を入力

このシステムでは地図情報として次の2種類の地図を使用している。

- 住宅地図 縮尺 1/1,500 ~ 1/6,000, B4 サイズ, 300枚
- 基本図 縮尺 1/2,500, 600mm × 800mm, 69枚

このシステムでの仮想メッシュは図6に示すように国土地理院平面直角座標 I 系に基づいており, 400m × 300m の区域を最小単位とする。これは1/2,500の基本図を更に25分の1に分割した1/500地図に相当する。

図7に給水台帳を例として台帳管理機能と仮想メッシュ管理機能の関係を示す。この他, 入力する台帳としてしゅん(埃)工図面台帳, 地下埋設物台帳, 配管情報台帳などがある。

る。

このシステムの運用の一例について図8に示す。

4.3 導入効果

水道施設を維持管理する上で, このシステムの導入効果として次のことが挙げられる。

- (1) 地図・施設・図面 (台帳) などの情報を, 常に最新状態で維持管理することができる。また, 過去の情報の履歴管理も容易にできる。
- (2) 必要な情報の検索及び抽出を迅速かつ容易に行うことができる。
- (3) 保存場所の省スペース化, 資料の破損・汚損・散逸を防ぎ, 情報の集中管理ができる。

5. む す び

以上, 地図情報支援施設管理システムの概要について諫早市水道局の導入事例を通して紹介した。このシステムは, 地図作成費用の低減化等を図った施設管理システムとして, 運用の段階に入った。今後も同様なシステムの導入が中小規模の水道事業者で増加するものと考えられ, 今回の経験をもとに更に質的機能向上を図っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 中島敏博, 森 研一, 渡辺秀雄: 設備情報管理システム, 三菱電機技報, 63, No. 9, 704 ~ 708 (1989)
- (2) バーロー, P.A. (安仁屋 政武, 佐藤 亮 訳): 地理情報システムの原理—土地資源評価への応用— (原書名: Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment), 古今書院 (1990)

オフィスコンピュータにおける オープンネットワーク機能のサポート

長谷川隆之* 木幡康博** 富塚 潔**

1. ま え が き

当社のオフィスコンピュータ“MELCOM 80/GS ファミリー”（以下“GS ファミリー”という。）では、異機種間の接続を実現するオープンネットワーク機能として、従来から OSI (Open Systems Interconnection), TCP/IP^(注1), SNA^(注2) サポート製品を提供している。

TCP/IP は LAN の事実上の標準接続手順であり、GS ファミリー上で TCP/IP 関連製品を強化していくことは、ユーザーのシステム構築に非常に有用である。

今回、GS ファミリー上の TCP/IP 関連製品の強化の一環として、異機種間で連携処理を行うオープンネットワーク製品を追加開発した。

本稿ではこれらの製品について開発の背景、特長、実装上の技術について述べる。

2. 開発の背景と特長

2.1 背 景

エンドユーザーコンピューティングの進展により、オフィ

スコンピュータ（以下“オフコン”という。）は販売管理業務などの基幹系業務を行うマシンから企業の中核マシンとして位置付けられるようになった。

オフコンをパソコンや UNIX^(注3) ワークステーションを始めとする様々なサブシステムと異機種間接続をして、データ交換を行い、それぞれの特長を生かした処理を行うシステムを構築したいという要望が増えている。

このようなユーザーニーズが TCP/IP によるオープンネットワーク機能強化の背景の一つである。

LAN の事実上の標準接続手順である TCP/IP を利用して、OADG に準拠した当社“apricot シリーズ”や AX 仕様に準拠した MAXY シリーズや他社パソコン、さらには UNIX ワークステーションと接続し連携処理を行うオープンネットワークの機能（図1）を実現することで、このよう

（注1）TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) は、米国 Texas Instruments 社の登録商標

（注2）SNA (Systems Network Architecture) は、米国 IBM 社の提唱する方式

（注3）UNIX オペレーティングシステムは、UNIX システムラボラトリーズ社が開発し、ライセンスしている。

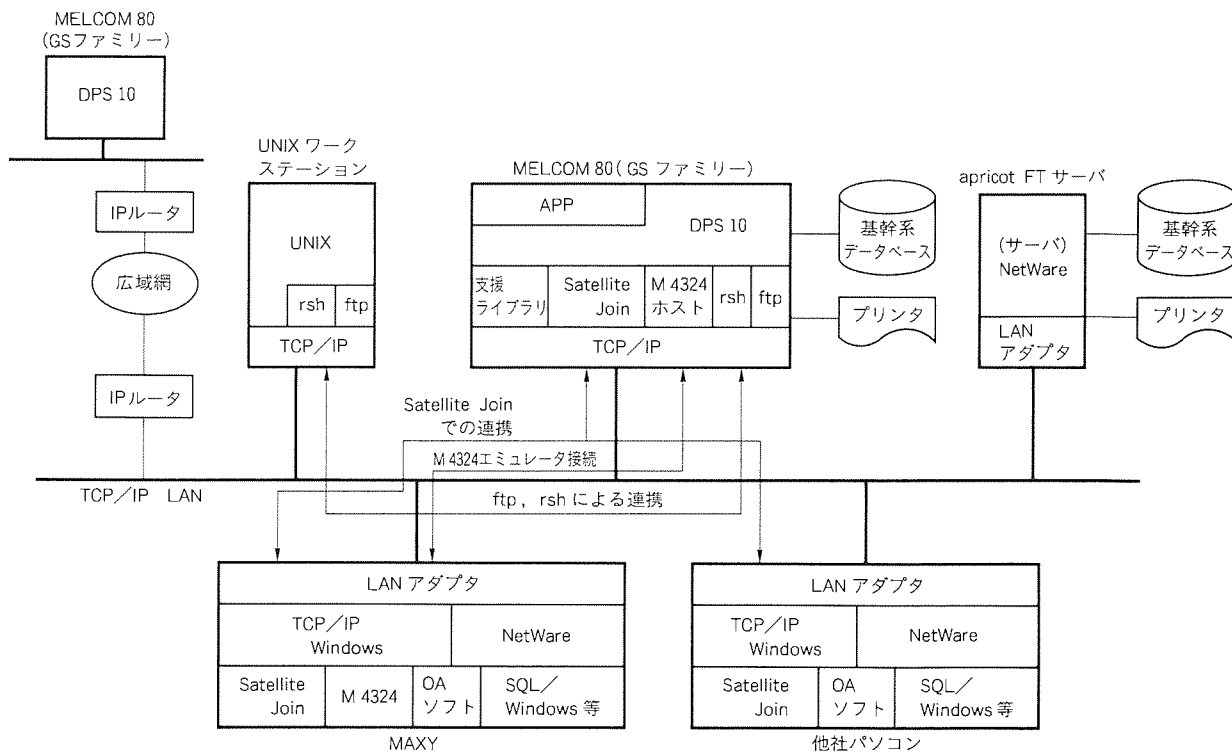


図1. システム構成例

なニーズにこたえることが可能になる。

もう一つの背景は、第三者ソフトウェアの有効利用がある。TCP/IP をベースにしたソフトウェア製品は世の中に数多く出回っており、これらの利用によりシステム構築の自由度が大きくなる。

異機種間接続が自由にできるようになることで、多くのメリットが得られる。

2.2 特 長

TCP/IP を用いた製品は数多く考えられるが、以上の背景の下、オフコンがパソコンやUNIX ワークステーション等と高度な連携処理を実現することが可能になる製品の開発を進めてきた。

以下にそれらの製品の概要と特長を述べる。

(1) M 4324 (三菱フルスクリーン端末エミュレータ) サポート

TCP/IP に接続された MAXY を、MS-Windows^(注4)環境下で GS ファミリーのワークステーションとして動作させる機能を提供している。これにより、パソコンの MS-Windows 上で動作する OA ソフトと同時に、GS ファミリーのコマンドやアプリケーションプログラムを動作させることができる。さらに、MAXY と apricot シリーズを同一 LAN 上で NetWare で接続することが可能であるため、GS ファミリーと apricot シリーズ間で簡単にデータ交換をすることができる。

(2) 他社パソコンとの連携処理 (Satellite Join)

GS ファミリーに TCP/IP で接続した他社パソコンを、GS ファミリーのトランザクション端末 (TP 端末) として使用することができる。この機能を利用することで、他社パソコンからも GS ファミリーのデータベースを利用することが可能になる。

(3) UNIX ワークステーションとの連携処理 (rsh, ftp)

ファイル転送機能として ftp (File Transfer Protocol) をサポートしている。

さらに、リモートジョブ投入機能として rsh (Remote Shell) をサポートしている。

これらによって、TCP/IP で接続された UNIX ワークステーションと GS ファミリーとの間で、ftp によりファイル転送を行った後に rsh によって転送したファイルを実行するプログラムを起動することが可能になる。

3. 実 現 方 式

ここでは、TCP/IP オープンネットワークサポート製品のうち、M 4324 ホスト側機能の実現方式について述べる。

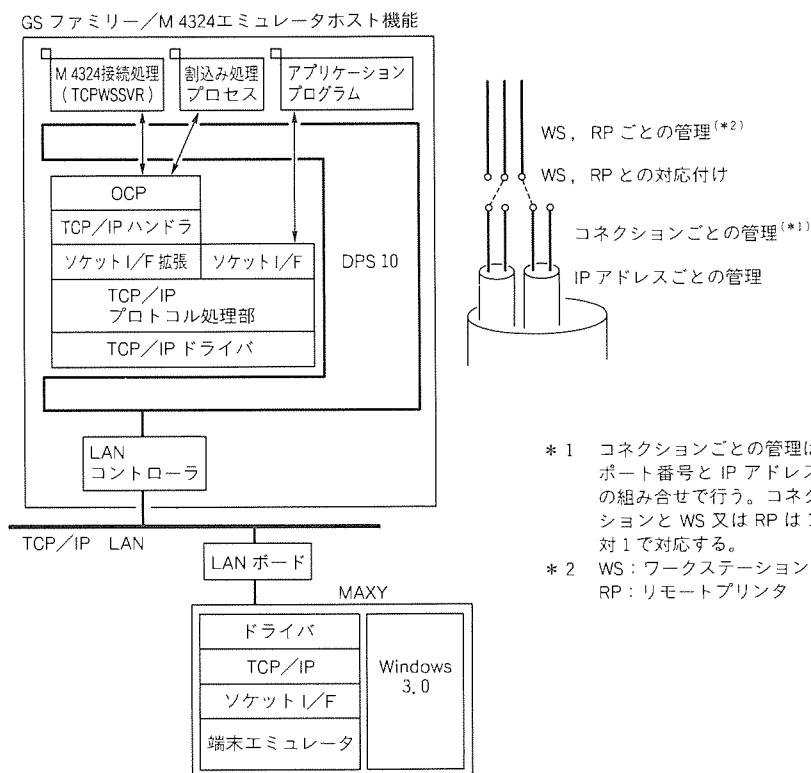


図 2. M 4324 エミュレータの構成

図 2 に M 4324 ホスト側機能の構成を示す。

端末から GS ファミリーに要求があった場合の処理概要について説明する。

TCP/IP で接続された端末からの要求は、M 4324 データストリーム形式で“TCP/IP ドライバ”及び“TCP/IP プロトコル処理部”を通り、“ソケットインタフェース拡張”と“TCP/IP ハンドラ”を経由して OCP (Online Control Program) に伝えられる。

OCP では M 4324 データストリームを解釈し、要求を割込み処理プロセスにキュー経由で通知する。

割込み処理プロセスは、要求を実行し結果を OCP に伝える。

OCP はこれを M 4324 ストリームにのせて、先ほどと逆の経路で TCP/IP を通して端末に送る。

以下、図 2 の各構成要素の役割について説明する。

(1) TCP/IP ドライバ

バス型 LAN の TCP/IP 専用のドライバである Ethernet^(注5)のフレームを受信して、上位である TCP/IP プロトコル処理部に通知する。上位から送信要求があった場合、適切なサイズのフレームに分割して Ethernet に送出する。

(2) TCP/IP プロトコル処理部

TCP 及び IP プロトコルに基づいて処理を行う。

(注 4) MS-Windows は、米国 Microsoft 社の登録商標

(注 5) Ethernet は、Xerox 社の登録商標

TCP/IPにおける相手との論理的な接続をコネクションというが、コネクションの生成・管理・消滅はこの部分で管理される。また、TCP/IPドライバやソケットインタフェースとのデータのやり取りは、mbufとclusterという独自の構造をもったバッファによって行われる。

(3) ソケットインタフェース(ソケットI/F)

TCP/IPのユーザーインタフェース部である。

ユーザーはコネクションにアクセスする(データを送受信する。)ために、ソケットと呼ばれる仮想的な端点を用いる。ソケットの管理はここで行われる。

また、mbuf、clusterとユーザーバッファとの間でデータのコピーを行ったり、ユーザーの要求とTCP/IPプロトコル処理との間で同期をとるのもここで行われる。

ユーザーに対してはソケットを通してTCP/IPにアクセスするためのマクロが提供される。

(4) ソケットインタフェース拡張(ソケットI/F拡張)

TCP/IPからの事象通知をトリガにして処理を開始するような上位プログラムを構築するための機能を提供する。

M 4324サポート、Satellite Joinサポートのために追加した機能である(4章参照)。

(5) OCP(オンライン管理)

ワークステーション又はリモートプリンタとやり取りするM 4324データストリームの解釈を行う。

OCPではワークステーション、リモートプリンタをワークステーション番号、リモートプリンタ番号単位で管理している。

(6) TCP/IPハンドラ

OCPで管理しているワークステーション番号又はリモートプリンタ番号とソケットとの対応付けを行う。また、TCP/IPレベルの接続処理、切断処理を行う。TCP/IPからの事象は“ソケットインタフェース拡張”から通知される(5章参照)。

(7) M 4324接続処理(TCPWSSVR)

TCP/IPハンドラの機能を用いてエミュレータの接続処理を行うサーバプロセスである(5章参照)。

(8) 割込み処理プロセス

端末からのパワーオン通知を受けて、コマンドインタプリタとOCPとの中継を行う。要求があったらコマンドを起動する。M 4324エミュレータに限らず、接続された端末からの要求はすべてここを経由する。

4章及び5章で、上記構成要素の実装上の技術について述べる。

表1. ソケットインタフェースのマクロの例

マクロ名	機能
listen	接続要求を受け付けられる状態にする。
accept	接続要求を受け付ける。 接続されたソケットの記述子を返す。
connect	接続要求を出す。
recv	データを受信する。
send	データを送信する。

4. ソケットインタフェース拡張

UNIXの標準的なTCP/IPソケットインタフェースで提供しているマクロの例を一部抜粋して表1に示す。

これらのマクロを呼んだときの接続処理の流れを図3に、また、送受信処理の流れを図4に示す。

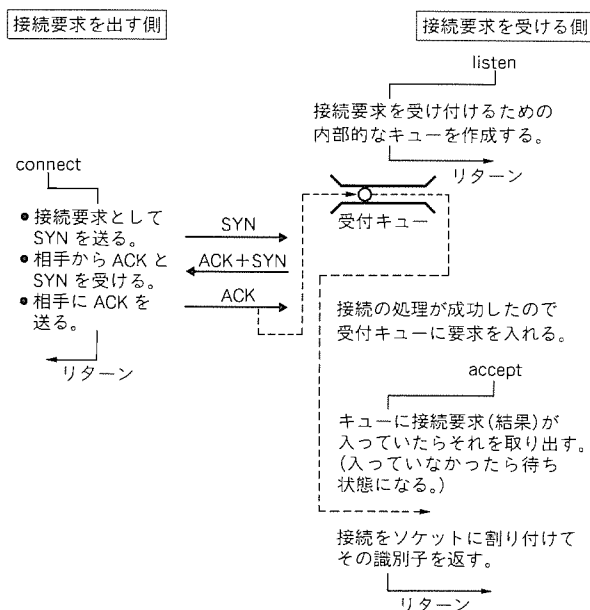


図3. 接続処理の流れ

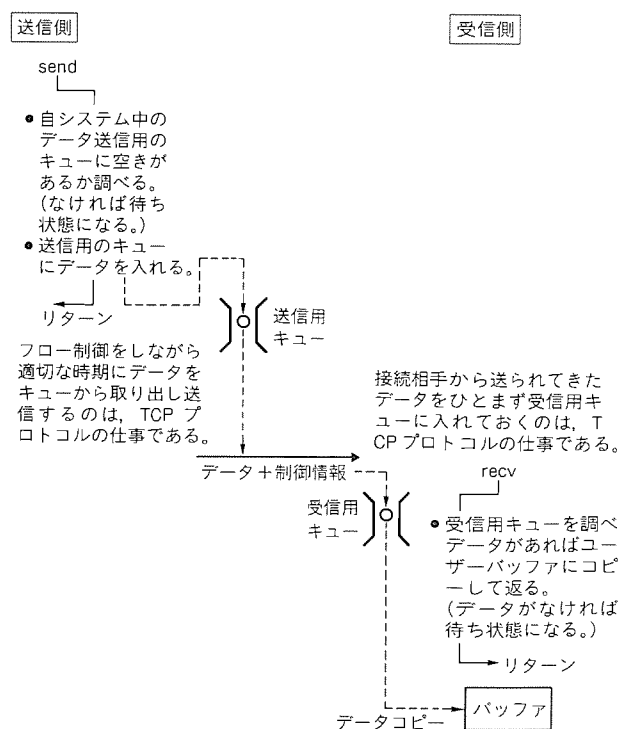


図4. 送受信処理の流れ

標準的なソケットインタフェースは、以下の仕様になっている。

- (1) connect は、接続要求が相手に受け入れられるまで(すなわち、自分が出した SYN に対する ACK が返ってくるまで)待ち状態になる。
- (2) accept では、接続要求に対する処理が終了するまで待ち状態になる。
- (3) recv では、データが受信されるまで待ち状態になる。
- (4) send では、データ送信用のキュー(送信用ウィンドウという)に空きがなければ待ち状態になる。

このほかに、待ち状態にする代わりにエラーで返るインタフェースも用意されているが、それでも待ち状態が解消されたタイミングが通知されない。

GS ファミリーで開発した M 4324 ホスト機能及び Satellite Join では、性能及び従来製品からの流用性を考慮して、TCP/IP からの事象通知をトリガにして処理を開始する構築方法を採用している。

そのため、ソケットインタフェースを拡張して、必要な事象を上位プログラムに通知する機能を追加している。

通知する事象の種類は以下のとおりである。

- 接続要求を受けた (accept を待たずに処理できる。)
- 接続要求が完了した (connect の完了。)
- データを受信した (recv を待たずに処理できる。)
- データ送信を完了した (send の完了。)
- 送信用のウィンドウに空きが発生した (send を待たずに処理できる。)
- 相手から切断された (FIN 又は RST の受信。)
- keepalive タイマのタイムアウトで切断した。

これらの事象を待ってから図 5 のようにマクロを呼べば待ち状態は発生しなくなる。

5. M 4324 の構築

GS ファミリーでは、M 4324 エミュレータのホスト側機能を実現している。エミュレータに限らず、端末とやり取りされるデータはすべて当社のデータストリームで決められた形式になっている。データストリームの解釈やコマンドインタプリタへの中継は、他の種類の端末と同様に、OCP 及びアテンションプロセスを通して行われる。

接続方法や切断方法など他の種類の端末との違いは、TCP/IP 接続処理と TCPWSSVR サーバプロセスによって吸収されている。

構成は図 2 に示したとおりである。以下、主要な構成要素について述べる。

5.1 TCP/IP ハンドラ

ソケットインタフェース拡張から、事象通知及び OCP からの要求を受けて、以下の処理を行う。

- (1) TCP/IP コネクションと端末(ワークステーション、

リモートプリンタ)の対応付け

1 本の TCP/IP コネクション(1 個のソケット)に対して 1 台の端末を割り付け、OCP から端末への入出力要求に対応する TCP/IP コネクションに渡す処理や、TCP/IP コネクションからの事象通知に対応する端末に渡す処理を行う。

- (2) TCP/IP セッションへの入出力管理とバッファ管理

OCP からの入出力要求で使用するバッファを管理する。

- (3) M 4324 プロトコル制御

M 4324 プロトコルで規定されたヘッダを付加したり、削除する処理を行う。

また、M 4324 レベルでの接続/切断、データの確定/例外応答指定等の処理も行う。

5.2 M 4324 接続処理(TCPWSSVR)

M 4324 レベルの接続処理を割込み処理プロセスに代わって行う。

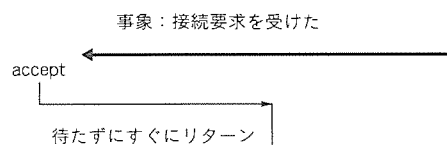
図 6 に接続処理のシーケンスを示す。

図中の TCPWSSVR は TCP/IP レベルの接続を代行して行う。相手から接続要求が来るのを accept で待ち、接続要求が来たら M 4324 レベルの接続要求(サーキットの確立要求)を出し、その後の処理を割込み処理プロセスに任せる。

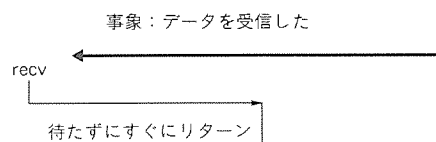
サーキットの確立要求に対する応答は“データ受信事象”として TCP/IP から通知される。

TCP/IP ハンドラでは、これを解釈し、パワーオンとし

- (1) 待たずに accept する方法



- (2) 待たずに recv する方法



- (3) 待たずに send する方法

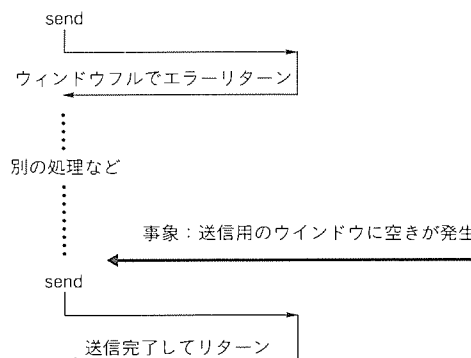


図 5. 事象通知の使い方

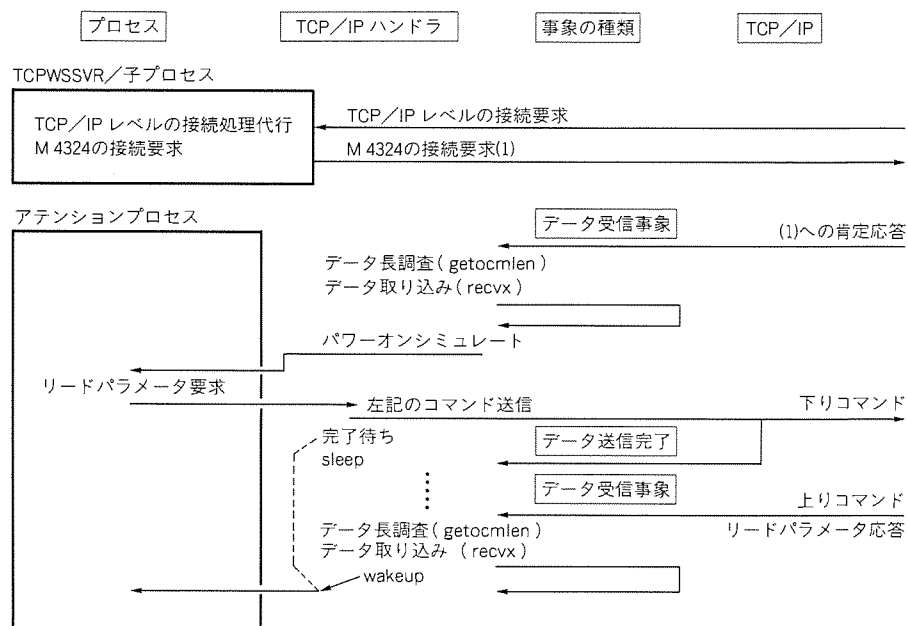


図 6 . M 4324接続処理の流れ

て割込み処理プロセスに通知する。その後、割込み処理プロセスは、端末の詳細な属性を知るためにリードパラメータコマンドを下りコマンドとして送信する。これに対する応答は、上りコマンドとして通知される。

TCP/IP ハンドラと TCPWSSVR がプロトコルの違いを吸収するので、上位のプログラムは、端末の違いを特に意識せずに使用できる。

6. む す び

オープンネットワーク機能のサポートとは、単に TCP/I

P で接続できる機能を提供するだけではない。

異機種間での接続を可能にすると同時に、接続されたサブシステム間で高度な連携処理を可能にすることも、オープンネットワーク機能サポートの意味に含まれる。

各サブシステムの特長(例えば、パソコンやワークステーションのグラフィックユーザーインターフェースや、GS ファミリーの高速なデータベース等)を生かした連携処理が、ここからはますます重要になると思われる。

今後も、エンドユーザーが使いやすいシステムを実現するために必要な機能の強化を図っていく所存である。

三菱クライアント・サーバコンピュータ “apricot シリーズ”のシステム化機能

山口重幸* 秋間文和* 吉田 稔* 大高謙二*

1. ま え が き

クライアント・サーバコンピュータとして、既に好評を博している“apricot シリーズ”に、新たにネットワーク専用サーバの FT サーバ、マルチメディア指向の apricot ワークステーション XEN-LSII と LS Pro を追加した(図1～図3、表1、表2)。

FT サーバの最上位機は、最新鋭マイクロプロセッサ i486 DX2-66MHz を搭載し、SCSI-2 インタフェースのバスマスタ型 32ビットディスクコントローラの採用によって高速化・高性能化・大容量化を図り、従来の FT 486-50S よりも CPU 性能で 1.3～1.5 倍、ディスク性能で 1.6～3.2 倍向上したネットワーク専用サーバマシンである。XEN-LSII、LS Pro はともにマイクロホンを標準装備し、AD/DA 変換機能とスピーカを内蔵したマルチメディア指向のクライアントマシンである。

このようなハードウェアの充実に加え、クライアント・サーバ型処理にふさわしいシステム化機能の充実も図っている。この一環として、最新のネットワーク OS を基盤として、自動運転システム“FTMANAGER”と、ホストコンピュータとの間でファイルを相互交換するためのソフトウェア環境“FOAS/CS”を整備した。

以下、apricot シリーズのシステム化機能と、それを支える技術的背景について紹介する。

2. システム化機能

apricot シリーズでは、以下の2点を柱に PC-LAN によるシステム構築のための製品を整備している。

●オープンなシステム構築基盤の提供

オープンな基盤である故にマルチベンダー性、豊富な IHV、ISV 製品の活用による低コストなシステム構築環境を提供する。

●運用の自動化

運用の自動化により、PC-LAN 導入後の管理部門、エンドユーザーの負担を軽減する。

その他、様々なシステム構築支援サービス、保守サービスをそろえ、システム化をサポートしている。ここでは、上記2点の代表的な製品によるシステム化機能を紹介する。

2.1 ネットワーク OS

apricot シリーズでは、FT サーバを中心としたクライアント・サーバシステムの提供を行っているが、そのシステム化製品のオープンな基盤の一つとして、以下のネットワーク OS をサポートしている。

●NetWare V3.11 及び V3.11J

●Microsoft® Multi-Vender LAN Manager V2.1

2.1.1 NetWare

NetWare は、欧米市場における代表的なパソコン LAN システム用のネットワーク OS であり、米国ノベル社で開発された。NetWare V3.11 (英語版) は最新で、最も高度なシステムを対象とした製品である。その日本語バージョンが NetWare V3.11J である。

NetWare V3.11 は英語版の豊富な NetWare オプション製品と組み合わせての利用に有効で、NetWare V3.11J は日本国内でのマルチベンダー/クライアント接続に威力を発揮する。

(1) NetWare V3.11J の特長

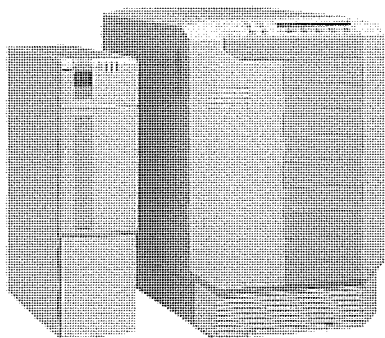


図1. FTサーバの外観
(左がエントリーサーバモデルFT486-66E、
右がスーパーサーバモデルFT486-66S)



図2. XEN-LSIIの外観

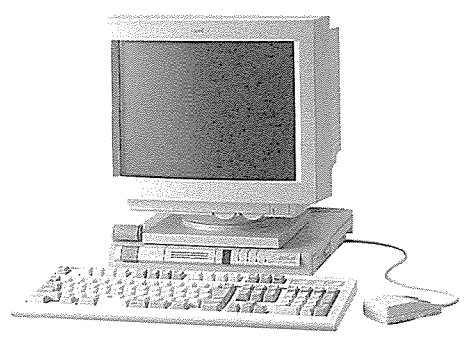


図3. LS Proの外観

(a) ファイルサーバの高速性

専用 OS の利点を生かして、大容量メモリキャッシュのサポート、エレベータシーキングによるハードディスクのシーク時間の最適化、デーモンプロセスによる遅延書込みなどを実現して高速化を図っている。

(b) 耐障害機能

ディスクミラー、ディスクデュプレックス、書込みデータのベリファイ、HotFix による不良セクタアクセスの回避、無停電電源装置のモニタリングによる電源障害対策、トランザクショントラッキングシステムによるトランザクション単位でのファイル破壊の防止などをサポートし、充実した耐障害機能を提供している。

(c) マルチベンダー接続

PC9801, PS/55, J3100 など、日本国内のほぼすべてのパソコンをクライアントとして接続可能な環境を実現している。さらに、NFS サーバ機能による UNIX ワークステーション接続や、Macintosh のクライアント接続も可能としている。

このほかにログインパスワード^(注1)によるセキュリティ機能、多彩な形態でサポートされるプリンタサーバ機能、サーバの IP ルータ機能^(注2)等を提供している。これらの機能と

当社製品や各種 ISV 製品の組み合わせにより、更に高度でオープンなパソコン LAN システムの提供を実現している。

(2) NetWare V3.11 の特長

NetWare V3.11 は、日本国内のマルチベンダー環境には十分対応できないが、その他の NetWare V3.11J の特長はすべて備え、さらにホスト接続のためのオプション製品、UNIX サーバと NetWare サーバに同時接続するためのクライアントオプション製品、LAN 間接続製品、メッセージングサービス等の豊富なオプション製品が用意され、海外の最先端製品を直ちに利用できるというメリットをもつ。

2.1.2 Microsoft® Multi-Vender LAN Manager V 2.1

LAN Manager V 2.1 は、米国マイクロソフト社によって開発されたパソコン LAN 用のネットワーク OS であり、NetWare V3.11 との比較においても、ほぼ同等の機能を備えている。Multi-Vender LAN Manager V 2.1 は、LAN

(注1)パスワード：サーバにログインするユーザーのユーザー名に対応して設定された文字列で、このパスワードの入力チェックにより、ユーザー名の不正使用を防止している。

(注2)IPルータ機能：ここでは、NetWareのサーバが異なるLANセグメント間のIPパケットルータとなる機能を指している。この機能により、NetWareサーバを介して、異なるLANセグメント間でTCP/IPによる通信が可能となる。

表 1. FTサーバのハードウェア仕様

モデル名		FT486-66S	FT486-66E	FT486-33E
C P U		i 486DX2 (66MHz)		i 486DX (33MHz)
メ モ リ	キャッシュメモリ	CPUに内蔵 8 Kバイト，外部キャッシュ128Kバイト標準装備		
	RAM	標準16Mバイト(最大64Mバイト)		標準 8 Mバイト(最大48Mバイト)
	ビデオ RAM	256Kバイト		
補助記憶装置	FDD	3.5インチ(1.44Mバイト)×1		
	HDD	標準540M／1.2G／2 Gバイト 内蔵3.5／5 インチ 540Mバイト／1.2Gバイト／2 G バイトを最大 5 台内蔵可＝最大10 Gバイト	標準540Mバイト／1.2Gバイト 内蔵3.5インチ 540Mバイト／1.2Gバイトを最大 4 台内蔵可＝最大4.8Gバイト ただし，ストリーミングテープ増設時は，最大 3 台まで	標準240Mバイト／510Mバイト 内蔵3.5インチ 240Mバイト／510Mバイトを最大 4 台内蔵可＝最大 2 Gバイト
	ディスク コントローラ	標準 1 枚，最大 2 枚 SCSI-2 インタフェース 32ビットMCAバス	SCSIインタフェース 16ビット	
	テープ装置	内蔵ストリーミングテープ装置(320／525Mバイト，DDS1.3Gバイト) 1 台内蔵可能		
	ディスプレイ	表示方式 表示色 解像度	14インチカラーディスプレイアナログRGB 262,144色中16色(VGA仕様) 640×480ドット(VGA)	
キーボード	配列・キー数	JIS配列準拠・106キー 又は ASCII配列キーボード・101キー		
マ ウ ス		2 ボタン，PS／2マウス(マウスインタフェースに接続)		
インタフェース	RS-232C プリンタ	1 チャネル標準装備(ASYNC，Dサブ25ピン) 1 チャネル標準装備(セントロニクスインタフェース，Dサブ25ピン)		
	LAN	イーサネット<オプション>又はトークンリング<オプション> ※拡張スロット上に実装		
拡張スロット		7 スロット(32ビット×5，16ビット＋VIDEO×2)ユーザー使用可能 MCA対応		
無停電電源装置		標準装備(最大30分間)	標準装備(最大25分間)	
セキュリティシステム		標準装備(登録ユーザー数：最大100人／台)		
そ の 他	電源 環境条件	AC100V±10％ 周波数50／60Hz 温度：5～35℃ 湿度：20～80％ RH(ただし結露しないこと)		
	外形寸法(mm)	410(W)×625(D)×625(H)	156(W)×496(D)×530(H)	
	質量	標準65kg	標準30kg	

Manager V 2.1 を日本語化し、さらに日本国内の主なパソコンをクライアント接続可能とした製品である。

(a) ファイルサーバの高速性

サーバの OS として、MS OS/2 を利用している。MS OS/2 の HPFS (High Performance File System)^(注3) を更に発展させた HPFS 386 を搭載してファイルアクセスの高速化を図っている。

(b) ドメイン管理^(注4)

Multi-Vender LAN Manager V 2.1 では複数のサーバを単一の管理下におく機能としてドメイン管理をサポートしている。

(c) マルチベンダー接続

Multi-Vender LAN Manager V2.1 は、apricot シリーズ、MAXY シリーズを始めとして PC 9801、J3100、PS/55、FMR、その他 AX 機のクライアント接続をサポートし、NetWare とほぼ同等なマルチベ

ンダー接続を可能とした。

2.2 システム運用

クライアント・サーバシステムの運用はエンドユーザーに任される場合が多く、したがって、その運用は容易でエンドユーザーにとって負担になってはならない。そのために、クライアント・サーバシステムの運用は極力自動化する必要がある。ここではそのための機能を提供する“FTMANAGER”と“FOAS/CS”について説明する。

2.2.1 FTMANAGER

(注3) HPFSは、従来のMS-DOSでサポートされていたFATファイルシステムに代わり、MS OS/2 でサポートされた高性能ファイルシステムである。従来のFATに比べ、大容量ファイルのサポートとその高速アクセスの実現、さらにファイル属性の強化などがその特長とされている。

(注4) ドメイン管理は、複数サーバシステムにおいて、あるユーザーが単一のログインにより複数のサーバに接続可能とし、複数サーバ間のリソースを単一サーバシステムと同じように利用するための管理技術である。

表2. ワークステーションのハードウェア仕様

モデル名		XEN-LS II			LS Pro
C P U		i 486DX2 (66MHz)	i 486DX (33MHz)	i 486SX (33MHz)	486SLC (33MHz)
メ モ リ	キャッシュメモリ	CPUに内蔵 8 Kバイト 外部キャッシュ 256 Kバイト 標準装備		CPUに内蔵 8 Kバイト 外部キャッシュなし	CPUに内蔵 1 Kバイト 外部キャッシュなし
	RAM	標準 4 Mバイト (最大 20 Mバイト)			標準 4 Mバイト (最大 16 Mバイト)
	ビデオRAM	1 Mバイト			
補助記憶装置	FDD	3.5 インチ (1.44 Mバイト) × 1			
	HDD	標準 80 Mバイト / 120 Mバイト / 210 Mバイト / 520 Mバイト 内蔵 3.5 インチハードディスク装置 80 Mバイト / 120 Mバイト / 210 Mバイト / 520 Mバイトを最大 2 台内蔵可			標準なし / 120 / 210 Mバイト 内蔵 3.5 インチ
	ディスクコントローラ	IDE インタフェース			
	テープ装置	内蔵ストリーミングテープ装置 (320 / 525 Mバイト) 1 台内蔵可能 ただし SCSI 制御装置が必要			なし
ディスプレイ	表示方式 表時色 解像度	14 インチ / 17 インチ高解像度カラーディスプレイアナログ RGB 262, 114 色中 16 色 (VGA 仕様), 262, 144 色中 256 色 (SVGA 仕様) 640 × 480 ドット (VGA), 1,024 × 768 ドット (SVGA)			
キーボード	配列・キー数	JIS 配列準拠・106 キー 又は ASCII 配列キーボード・101 キー			
マウス		2 ボタン, PS/2 マウス (マウスインタフェースに接続)			
インタフェース	RS-232C プリンタ	1 チャネル標準装備 (ASYNC, D サブ 25 ピン)			
	LAN	1 チャネル標準装備 (セントロニクスインタフェース, D サブ 25 ピン)			
	マイクロホン	イーサネット標準装備 (10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T)			
	ヘッドホン	標準装備 (3.5 mm ステレオジャック)			
	MIDI	標準装備 (D サブ 15 ピン)			なし
拡張スロット		3 スロット (16 ビット) ユーザー使用可能 ISA 対応			なし
オーディオ	タイプ マイクロホン	ディジタルステレオオーディオ 標準装備 (ステレオタイプ)			
	ADC	11.025 kHz			
	DAC	PCM: 11.025 kHz / 22.05 kHz			22.05 kHz
	FM 音源 内蔵スピーカ	YMF262 (9 チャネル, メロディー 6 音, リズム 5 音) ステレオ (1.0 W / チャネル)			FM 音源なし モノラル (0.3 W)
セキュリティシステム		標準装備 (登録ユーザー数: 最大 100 人 / 台)			
そ の 他	電源 環境条件	AC100V ± 10% 周波数 50 / 60 Hz 温度: 5 ~ 35°C 湿度: 20 ~ 80% RH (ただし結露しないこと)			
	外形寸法 (mm)	428 (W) × 430 (D) × 94 (H)			323 × 350 × 57
	質量	標準 9.5 kg			標準 5.2 kg

(1) FTMANAGER の概要

クライアント・サーバシステムの規模拡大に伴って特にサーバを中心としたシステム運用の自動化(オペレータの運用負荷軽減)に対するニーズが高まっている。

apricot FT サーバの自動運転システム FTMANAGER は、こうしたニーズに対応するシステム化製品である。FT MANAGER は、FT サーバに接続する自動電源制御装置、MCA (Micro Channel Architecture) 対応の自動電源制御ボードと、自動運転スケジューラ (ソフトウェア) で構成される (図 4)。

FTMANAGER の主な特長及び機能は次のとおりである。

- (a) 週単位又は特定日単位であらかじめ運転時刻を設定し、自動的に FT サーバの電源をオン/オフすることができる。さらに、自動電源制御装置には、電源コンセントがあり、サーバの電源オン/オフと同期させてもう 1 台のワークステーションの電源をオン/オフ可能である。これにより省力化、省エネルギー化が可能となり、人為ミスも防げる。
- (b) 回線で接続された遠隔地にあるパソコンから、あるいはホスト (EX) 機と連携してリモートで、FT サーバの電源をオン/オフすることができる。誤った指示 (間違い電話など) による誤動作を防止するため、発信元とパスワードの確認を行う。これにより遠隔地からサーバの集中管理が実現できる。
- (c) クライアント上で動作するプログラム及びサーバ上で動作するプログラムを、スケジュールにより自動実行することができる。この機能によりクライアント・サーバモデルのプログラムの自動実行を簡単に実現でき、夜間に無人で自動的にバッチ処理等を行うことが可能となる。
- (d) apricot 独自の先進機能 (内蔵 UPS、環境監視プロセッサ、セキュリティシステム) と連動し、より高い信頼性と安全性を実現している。例えば、FTMANAGER とセキュリティシステムを利用すれば、侵入者によるサーバの不正行為をシャットアウトできる。

(2) FTMANAGER のソフトウェア構成

図 4 のプログラム構成について次に述べる。

(a) 自動運転サーバアプリケーション

NetWare 上で動作し、自動電源制御装置への電源オン/オフ時刻や現在時刻の設定、自動電源制御装置、RS-232C コントローラからの割込処理、NetWare のダウン処理等を行う。また、このプログラムは、当社が NetWare のロードブルモジュール (NLM) の形式で開発したものである。クライアントユーティリティと NetWare の通信手順である SPX (Sequenced Packet eXchange) ^(注5) プロトコルを使用して信頼性の高いデータの送受信を実現し、リモート通信ユーティリティと RS-232C の手順でデータの送受信を行う。

(b) クライアントユーティリティ

MS-Windows 3.0 のクライアント上で動作し、スケジュール情報ファイルへの電源オン/オフ時刻設定やサーバの現在時刻の設定等を Windows の GUI (Graphical User Interface) により、ビジュアルに行うことができる。現在の動作モードに応じて日本語、英語のバイリンガルな画面を自動的に判定して表示する。また、サーバ、クライアント上のプログラムの時刻指定による自動実行の制御を管理する。

(注 5) Novell 社の通信プロトコルで、Xerox 社のシーケンスパケットプロトコルに基づき、Novell 社の IPX (インターネットワークパケット交換) を拡張したものである。特長として、受信したパケットをキューイングすることができたり、通信が成功したことを確認できるように、通信先から確認識別子 (ACK) を受け取る機能をもっている。

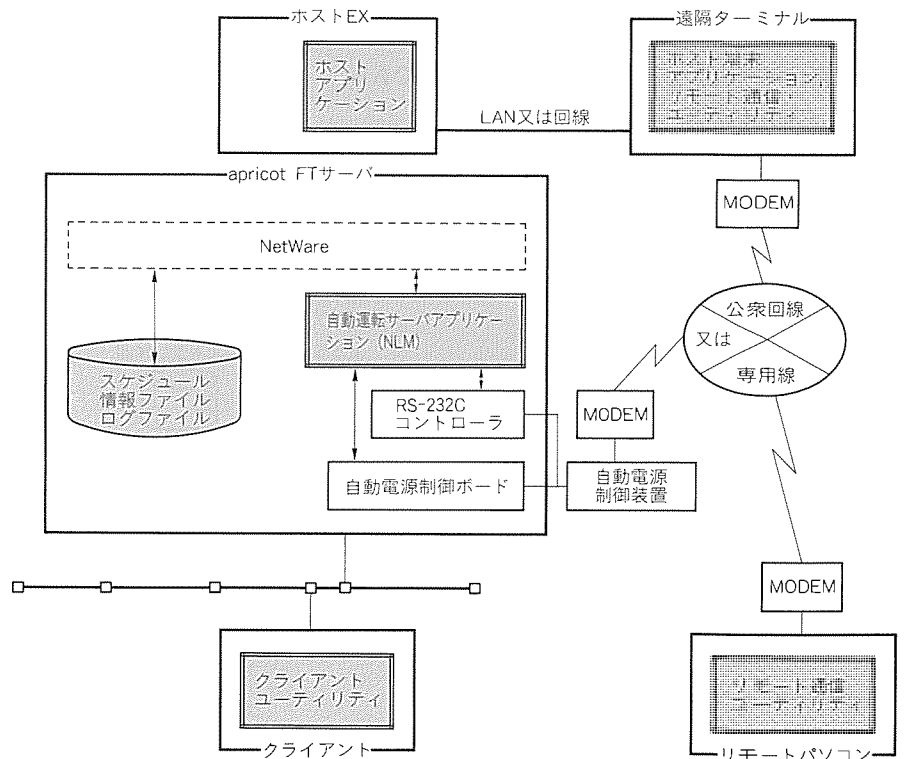


図 4. 自動運転スケジューラのプログラム構成

(c) ホストアプリケーション

EX 機の MVS, GOS の OS 上で動作するプログラムであり, EX 機から FT サーバの電源をオン/オフ, 及びサーバ上のプログラムを動作させるための処理を行う。ユーザーからは, JCL (Job Control Language) の形式で呼び出せる。

(d) ホスト端末アプリケーション

当社の端末通信管理プログラム, あるいは端末エミュレータ M4324 上で動作するプログラムである。上記(c)のホストアプリケーションからの指令を受け取り, 次の(e)のリモート通信ユーティリティに通知を行うプログラムである。Windows 対応のアプリケーションであり, 操作は簡便になっている。

(e) リモート通信ユーティリティ

上記の(d)から指令を受け取り, FT サーバ上の自動運転サーバアプリケーションに通知する通信用のプログラムである。また, このプログラムを単独に使用してリモートパソコンからの FT サーバに対する電源オン/オフ, サーバ上のプログラムの自動実行が可能である。

(f) スケジュール情報ファイル

FT サーバ上に存在するスケジュール情報のデータファイルである。(a)の自動運転サーバアプリケーションがデータのメンテナンスを一括管理する。

(g) ログファイル

(a)の自動運転サーバアプリケーションが, サーバコンソール上に表示されたメッセージをサーバ上に格納する。このファイルを調査することにより, 操作, 運用のチェックと, FTMANAGER のハードウェアの定期診断, 障害究明などに役立てることが可能である。

2.2.2 FOAS/CS

(1) FOAS/CS の概要

PC-LAN によるクライアント・サーバシステムは, 企業の支店・営業所に導入されて部門システムとして構築されることが多い。部門システムも, その規模に応じて, 全社システムであるホストとのデータ交換が必要になる。データ交換とは, 転送のほかコード変換やファイル形式の変換を行い, 転送先で利用できる形にする機能をいう。これをエンドユーザーの手を煩わすことなく自動的に実施する必要がある。

FOAS/CS (FTP Operation with Automatic Schedule for Client Server System) は, ファイル転送をベースにホストとのデータ交換を自動化する基盤として, 以下の機能を提供している。

(a) ファイル転送の自動化

あらかじめ登録されたスケジュール (例えば, 毎朝 8:00) に従って, ホストとのファイル転送を自動的に行う。

(b) ファイル転送に付随する前/後処理の自動起動

ファイル転送の前後に, サーバ側であらかじめ指定されたプログラム (例えば, ダウンロード後のデータ形式変換や受信データのサーバ DB (データベース) への投入) を自動起動する。

FOAS/CS は, FTP サーバ機能^(注6)をもつホストなら接続相手に制限はない。しかも, 接続相手が MELCOM EX シリーズの場合には, ホストに FOAS を搭載することによってファイル転送の前後にホスト側のプログラムも起動することができる。ファイルのコード, 形式変換を行うユーティリティ (HDFE/CS: Hyper Data Format Filter) も整備されている。

これらにより, 例えば, 以下の処理を自動的に行うことができる。

- ホスト上の DB から必要とするデータを抽出する。
- 抽出データをサーバにダウンロードする。
- 受信データをコード変換し, そのデータをもとにサーバ DB を更新する。

(2) FOAS/CS の構成

FOAS/CS のソフトウェア構成を以下に示す (図 5)。

(a) 管理ユーティリティ

クライアント PC 上で稼働するユーティリティで, データ交換の指定 (ファイル転送及び転送の前後に起動するプログラム等), スケジュール (データ交換をいつ開始するか) を登録するほか, 実行結果の確認を行うことができる。管理ユーティリティは, マルチベンダー環境に対応している。

(注 6) FTP (File Transfer Protocol) は TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 上のファイル転送プロトコルで, ファイル転送要求を受け付けるサーバ機能とファイル転送を要求するクライアント機能とからなる。

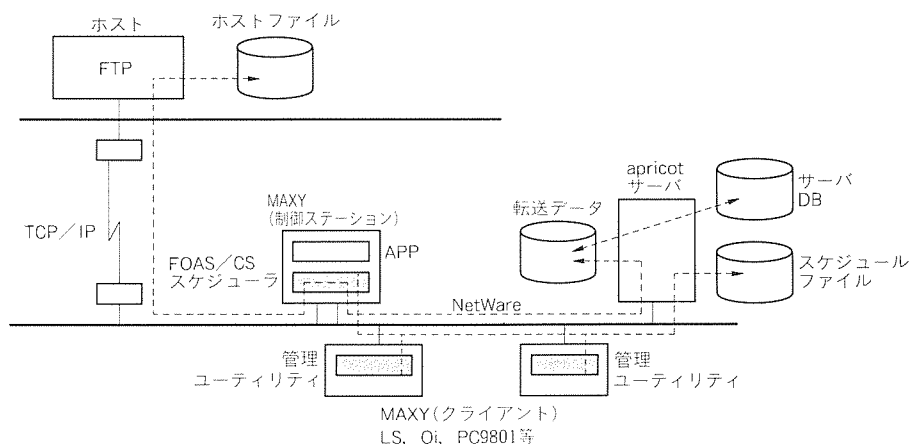


図 5. FOAS/CS のプログラム構成

(b) FOAS/CSスケジューラ

制御ステーションで稼働し、管理ユーティリティで登録された情報をもとに、ファイル転送とその前後処理を起動する。また通信相手がFOASの場合、ホスト側の前後処理の起動要求、結果確認を行う。

Windows 対応もあり、バックグラウンドで FOAS/CS スケジューラを動かしながら、制御ステーションをクライアントとして使用することもできる。

2.2.3 FTMANAGER と FOAS ／CSの連携

FTMANAGER で, apricot シリーズの FT サーバと FOAS/CS 制御ステーションを同時に自動運転し, FOAS/CS でホストデータのダウンロード/アップロードを行う具体例を示す。この例では, 夜間での無人運転を実現している(図 6, 図 7)。

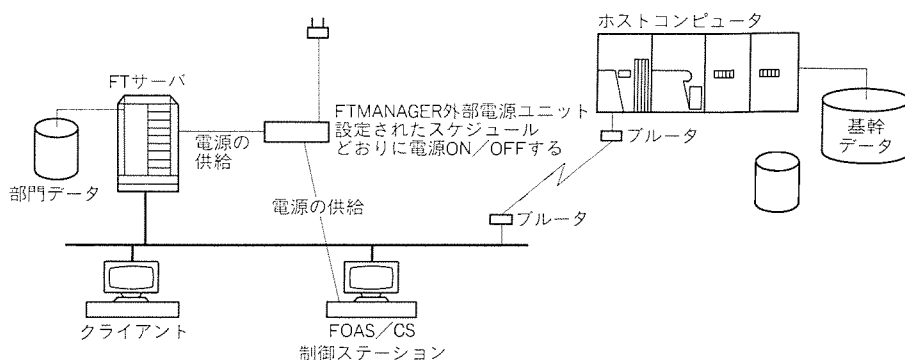


図 6. FTMANAGERにFOAS/CS制御ステーションを接続する

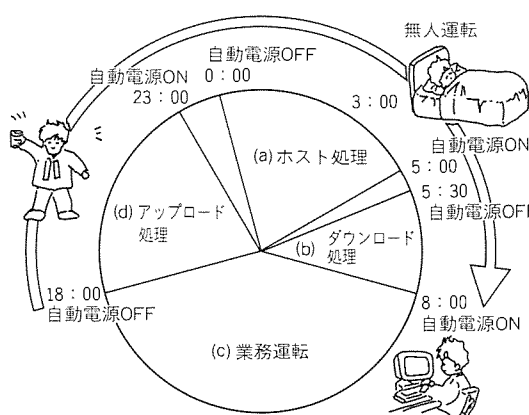


図7. FTサーバとFOAS/CS制御ステーションの自動運転スケジュール例

- (a)ホスト処理
ホスト上のバッチプログラムで基幹データから部門データを抽出する(FTサーバは電源OFFしたまま)。
- (b)ダウンロード処理
FOAS/CSが部門データをFTサーバにダウンロードする。
- (c)業務運転
FTサーバを中心とするLANを使用した業務処理を行う。
- (d)アップロード処理
1日の処理結果データをFOAS/CSがホストにアップロードする。

(a) ホスト処理 (3:00)

ホスト上のバッチプログラムで基幹データから部門データを抽出する。

(b) ダウンロード処理 (5:00～5:30)

FTMANAGERがFTサーバ及びFOAS/CS制御ステーションの電源を5:00にオンにする。FOAS/CSが部門データをダウンロードし、FTサーバに配送する。5:30になったら、FTMANAGERがFTサーバ及び制御ステーションの電源をオフにする。

(c) 日常業務 (8:00 ~ 18:00)

FTMANAGER のスケジュール運転によって FT サーバが自動運転され、FT サーバ及び各クライアントを使用した日常業務の処理が行われる。

(d) アップロード処理 (23:00～0:00)

FTMANAGER が FT サーバ及び FOAS/CS 制御ステーションの電源をオンにする。1 日の処理結果データを FOAS/CS がホストにアップロードする。0:00 には自動的に電源オフとなる。

3. む す び

三菱クライアント・サーバコンピュータ apricot シリーズのシステム化製品として、FTMANAGER と FOAS/C S の背景と特長、運用例について述べた。ダウンサイジングの進展に伴うクライアント・サーバシステムへの要求はますます大きくなっていく。

今後とも、その要求にこたえるため、ハードウェア、ソフトウェア両面での機能拡張とシステム化製品の充実を図っていく所存である。

i486は米国インテル社，NetWareは米国Novell社，MS-DOS，MS-Windows，MS OS/2は米国Microsoft社，Macintoshは米国Apple Computer社，Micro Channel，MVSは米国IBM社，PC 9801は日本電気㈱，J 3100は㈱東芝，FMRは富士通㈱，TCP/IPは米国Texas Instruments社の各登録商標である。また，UNIXオペレーティングシステムはUNIXシステムラボラトリーズ社が開発し，ライセンスしている。

ファクシミリを使った遠隔学習塾システム

加川順一* 遠藤 淳** 岡本俊也** 高柳 勉** 田村卓也**

1. ま え が き

ファクシミリは手書きの文書をそのまま相手に伝えられる簡便で高速な情報通信手段である。電話交換網に接続されるG3ファクシミリは電話機があればどこでも設置でき、広く普及している。このファクシミリを学習塾と生徒宅に設置して、通信添削学習を行う遠隔学習塾システムを構築した。

従来の学習塾は、交通の便が良い所に生徒が通う広い教室が必要であった。このシステムでは、通信ネットワークとファクシミリ端末を利用することにより、生徒は自宅での学習が可能となり、教室に通学する時間や労力の無駄を省くことができる。また、学習塾も教室を持たずに塾経営ができ、生徒募集も教室の広さや地域に限定されず、広い範囲で行うことができるようになる。

このシステムを導入した学習塾の(株)京大アカデミーは、以前からファクシミリの特長であるリアルタイム文書通信に着目し、ファクシミリで受信した答案を添削した後、各生徒

のレベルに応じた補充問題と併せて生徒宅のファクシミリに返送して指導するマンツーマンの通信添削学習を行っていた。

しかし、業務拡大に伴い、膨大な補充問題集の管理や添削答案送信作業の負荷増大、生徒の増加や対象エリア広域化に伴う通信コストの増大といった問題点が発生してきた。このような問題に対して、問題集の効率的なファイリング、添削答案の送信コスト削減、遠隔地への安価な通信の実現を目的として、MELFANET 光ファイリングシステムをベースにファクシミリを使った遠隔学習塾システムを開発し、導入した。

以下に、システムを概説し、その特長と機能を述べる。

2. システム構成

遠隔学習塾システムは、“学習指導システム”と“通信添削システム”の二つのシステムで構成されている。ネットワーク構成を図1に示す。

2.1 学習指導システム

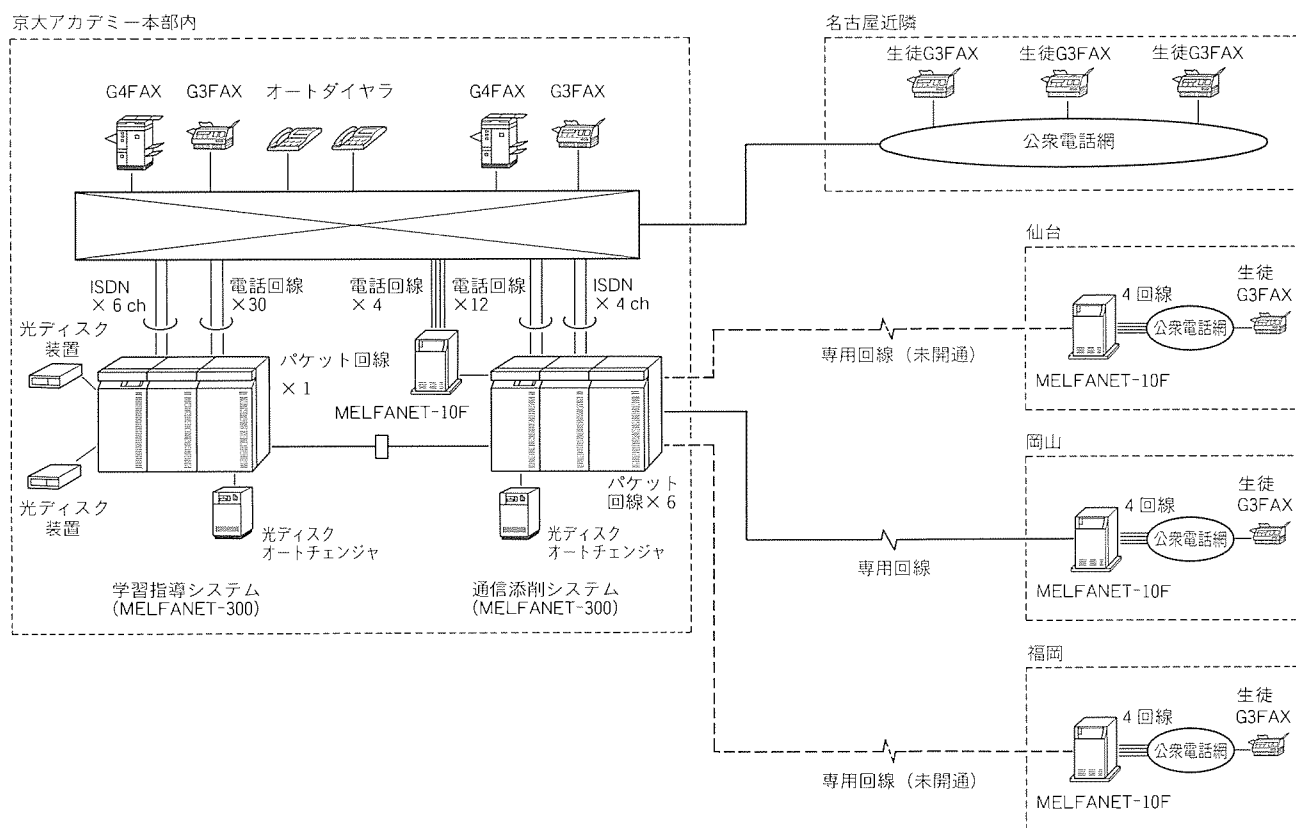


図1. ネットワーク構成

塾本部の先生用 G4 ファクシミリから入力された添削答案と光ディスク内に格納された補充問題を一つにまとめて蓄積し、名古屋近隣にいる生徒の G3 ファクシミリの出力要求に応じて配信を行うシステムである。

膨大な枚数の補充問題のファクシミリ画像を蓄積する光ディスクオートチェンジャ装置と塾-生徒間のファクシミリ蓄積交換処理を行うファクシミリ蓄積交換装置 MELFANET-300 から構成されている。図 2 に学習指導システムのハードウェア構成を示す。

2.2 通信添削システム

学習塾の本部から離れた遠隔地の生徒ファクシミリから送信された答案を、各拠点に設置したアクセスポイントで受信し、塾本部の G4 ファクシミリに出力する。また、逆に塾本部の G4 ファクシミリから入力した添削結果と光ディスク内に格納された補充問題を一つにまとめて、遠隔地の生徒ファクシミリに送信するシステムである。

遠隔地の拠点のアクセスポイントとして、生徒ファクシミリとの通信を行うファクシミリ集線装置 MELFANET-10F と MELFANET-10F の制御及び塾本部のファクシミリ蓄積交換処理を行う MELFANET-300 から構成されている。MELFANET-10F と MELFANET-300 間は専用回線で接続している。図 3 に MELFANET-10F のハードウェア構成を示す。

3. システムの特長

3.1 生徒からの要求による添削結果／補充問題の一括出力

学習指導システムでは、あらかじめ生徒ごとに設定された出力待ち行列に添削結果と補充問題の電文を格納しておく。生徒は、自宅のファクシミリ端末からシステムに電話をかけて接続し、出力待ち行列読み出しコマンドと自分の生徒番号を指定することにより、添削結果と補充問題を読み出すことができる。

これには MELFANET-300 の着呼出力機能を利用しており、添削結果の返送と補充問題の送信コストを各生徒ごとに分担させることができる。

3.2 ダイヤルパルス回線の利用

通常ファクシミリメールシステムは、ファクシミリ端末からのコマンド入力をプッシュ信号で行っている。一般家庭ではダイヤルパルス回線の契約が多いため、ファクシミリ端末自体にプッシュ信号を出力する機能がないとシステムを利用できない。

学習指導システムでは、ダイヤルパルス回線の利用を可能とするためあらかじめ生徒ファクシミリ端末の CSI (被呼端末識別番号) にコマンド (生徒番号) を登録することにより、システムに電話接続するだけで (プッシュ信号を出力しなくても) 添削結果と補充問題を読み出すことを可能とした (図 4 参照)。

3.3 補充問題の簡単な入力操作

光ディスクにファイリングされた補充問題を生徒の出力待ち行列に格納する場合、システムに電話接続した後、プッシュ信号によって補充問題の配信コマンドを入力する。補充問題の配信コマンドは、生徒番号／学年・学科コード／補充問題番号など複数のパラメータがあるため、通常のテンキー入

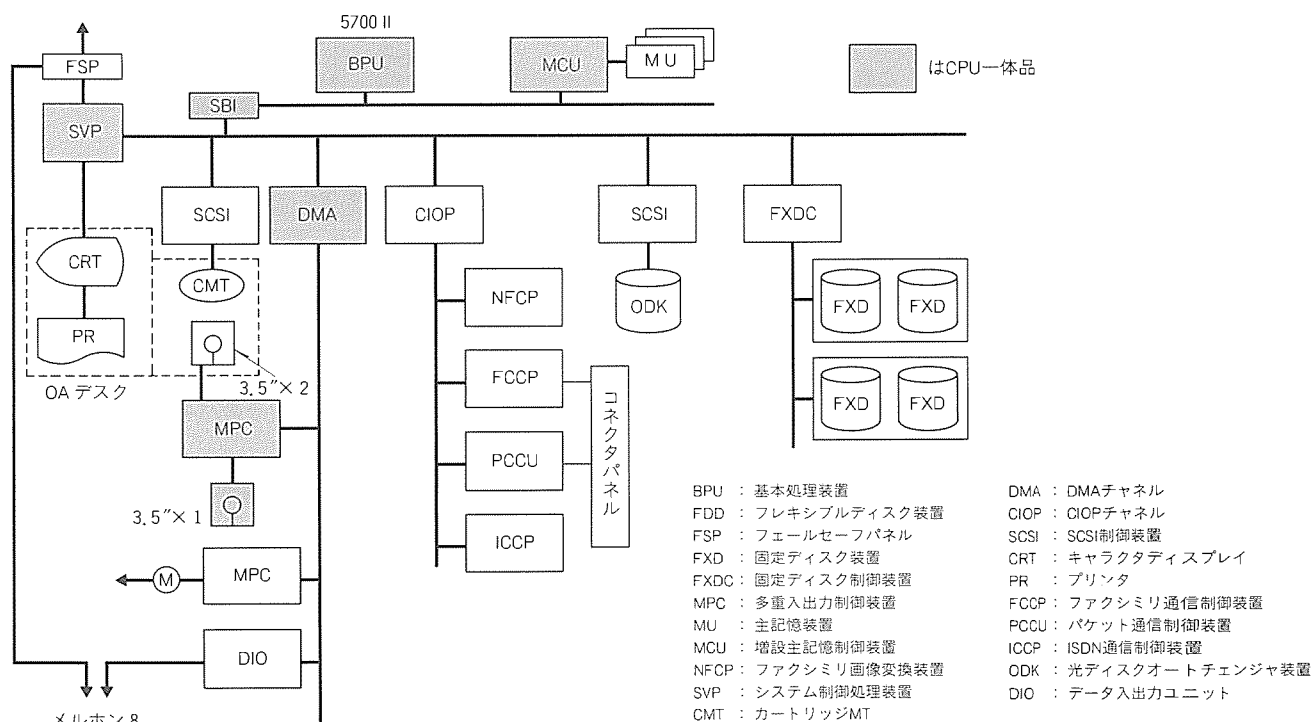


図 2. 学習指導システム MELFANET-300 ハードウェア構成

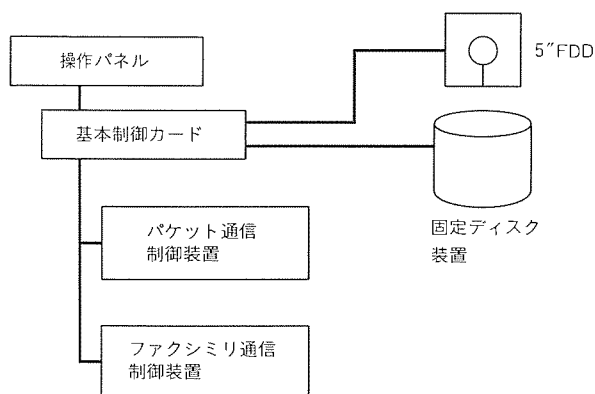


図3. 通信添削システムMELFANET-10Fハードウェア構成

力では操作が繁雑になる。そこで、入力操作を簡単にするため、キーパッドを工夫して各パラメータの選択を簡単にするとともに、液晶ディスプレイで入力内容をビジュアルに確認できるオートダイヤラを開発した(図5参照)。

3.4 高速な補充問題のファイリング処理

通常、電子ファイリングシステムでは、原稿のファイリング時に検索のためのキー登録が1件ごとに必要となるため、ファイリングに時間がかかるという問題があった。

このシステムでは、膨大な補充問題を短期間にファイリングするために、検索キーを簡易化し、番号で検索する方式とした。このため、システムが自動的に検索のための番号を採番して登録する機能を開発し、ファイリングする際は、学年/学科の分類コードを入力するだけで一度に複数件のファイリング処理を可能とした(4.2節参照)。

3.5 遠隔地の生徒との通信添削

通信添削システムでは、遠隔地の生徒との通信添削を可能とするため、各拠点ごとにシステムのアクセスポイントとなるMELFANET-10Fを設置している。これにより、遠隔地の生徒は最寄りのMELFANET-10Fから答案や添削結果等のファクシミリを送受信することができる。

MELFANET-10Fは、塾本部のMELFANET-300と専用回線で接続しており、拠点の生徒のファクシミリ端末からアナログデータで受信した電文をデジタルデータに変換して、パケット手順(X.25)で効率良くMELFANET-300に伝送する。また、蓄積機能をもっているため、電文の受信が集中しても、いったん蓄積して、トラヒックを平滑化してMELFANET-300へ伝送することができる。

3.6 生徒管理業務の簡素化

通信添削システムでは対象エリアの広域化/添削のみ(電話指導なし)/安価な授業料などから、学習指導システムに比べて生徒数が多く、入退会のサイクルが早くなる。このため、システムの加入生徒数の制限をなくして、生徒管理業務を簡素化している。生徒をいちいちシステムに加入登録しなくても、生徒が答案を送信する際生徒番号を記入したOMR(光学的マーク読取り)シートを添付することによってOMR

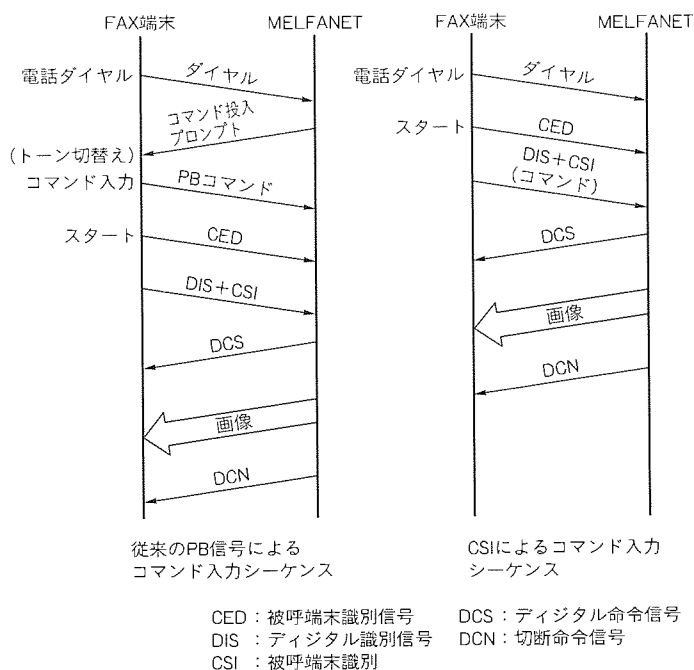


図4. 出力待ち行列読出しコマンド入力シーケンス

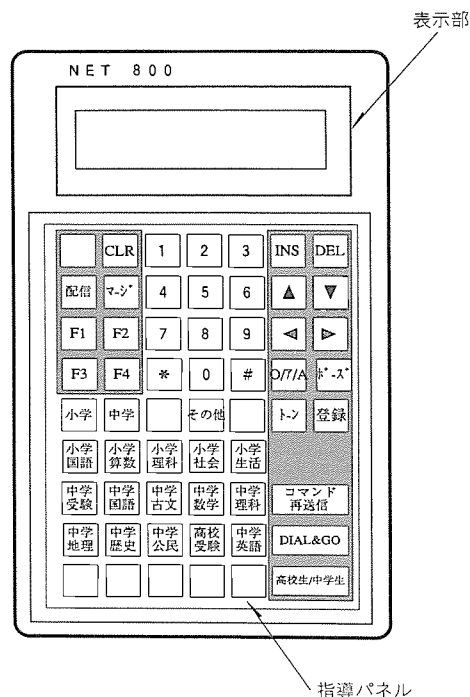


図5. オートダイヤラのパネル外観

シートの生徒番号を認識して、自動的に生徒の識別と統計データの記録を行うことができる(図6参照)。

4. 機能

遠隔学習塾システムには大きく分けて、①添削答案と補充問題の蓄積交換機能、②補充問題の光ファイリング機能、③生徒の入退会に伴う加入者管理やシステムの利用状況管理等を行う運用管理機能の三つの機能がある。これらの機能

は、図7のソフトウェア構成に示すように、MELFANET標準ソフトウェアとその上に構築されたカスタマイズソフトウェアで実現される。カスタマイズソフトウェアでは、G4ファクシミリ及びG3ファクシミリからの新たなコマンド処理と補充問題のファイリング処理機能を開発した。以下に各機能について述べる。

4.1 添削答案と補充問題の蓄積交換機能

添削答案と補充問題の蓄積交換処理は、学習指導システムと通信添削システムで異なる。各システムごとにその機能仕様を説明する(図8参照)。

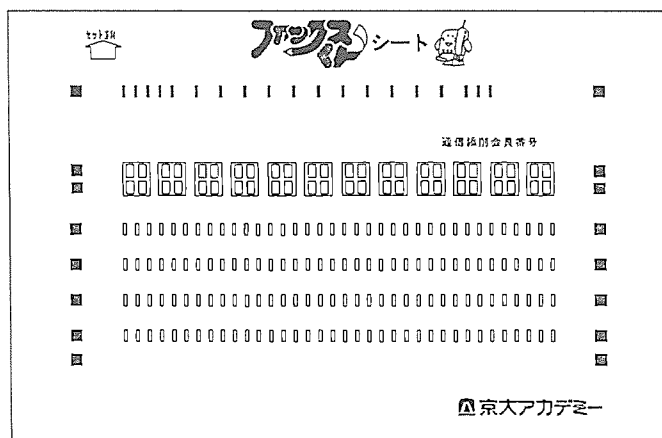


図6. 通信添削システム用OMRシート

4.1.1 学習指導システム

(1) G4ファクシミリから生徒番号を指定して送信された添削答案は、受信後G4画像からG3画像に変換して宛(宛)先生徒ごとの出力待ち行列に蓄積する。

添削答案は、同時に最大6台のG4ファクシミリから受信できる。

(2) オートダイヤラから補充問題の配信コマンドを受信すると、あらかじめファイリングされた当該の補充問題を光ディスクから読み出し、指定された生徒番号の出力待ち行列に蓄積する。

(3) 生徒ファクシミリ端末から出力待ち行列読出しコマンドを受信すると、回線を切断することなく、該当する生徒番号の出力待ち行列に蓄積した添削答案と補充問題を配信する。同時に最大30台の生徒ファクシミリ端末へ配信できる。

4.1.2 通信添削システム

(1) 生徒ファクシミリ端末から OMR シートと答案を最寄りのアクセスポイントにある MELFANET-10F で受信する。同時に最大4人の生徒と通信できる。

(2) いったん OMR シートと答案をディスクに蓄積した後、デジタルデータに変換して専用回線で本部の MELFANET-300 に転送する。

(3) MELFANET-300 は OMR シートに記入された内容に従って、宛先の G4 ファクシミリを選択し、答案だけを配

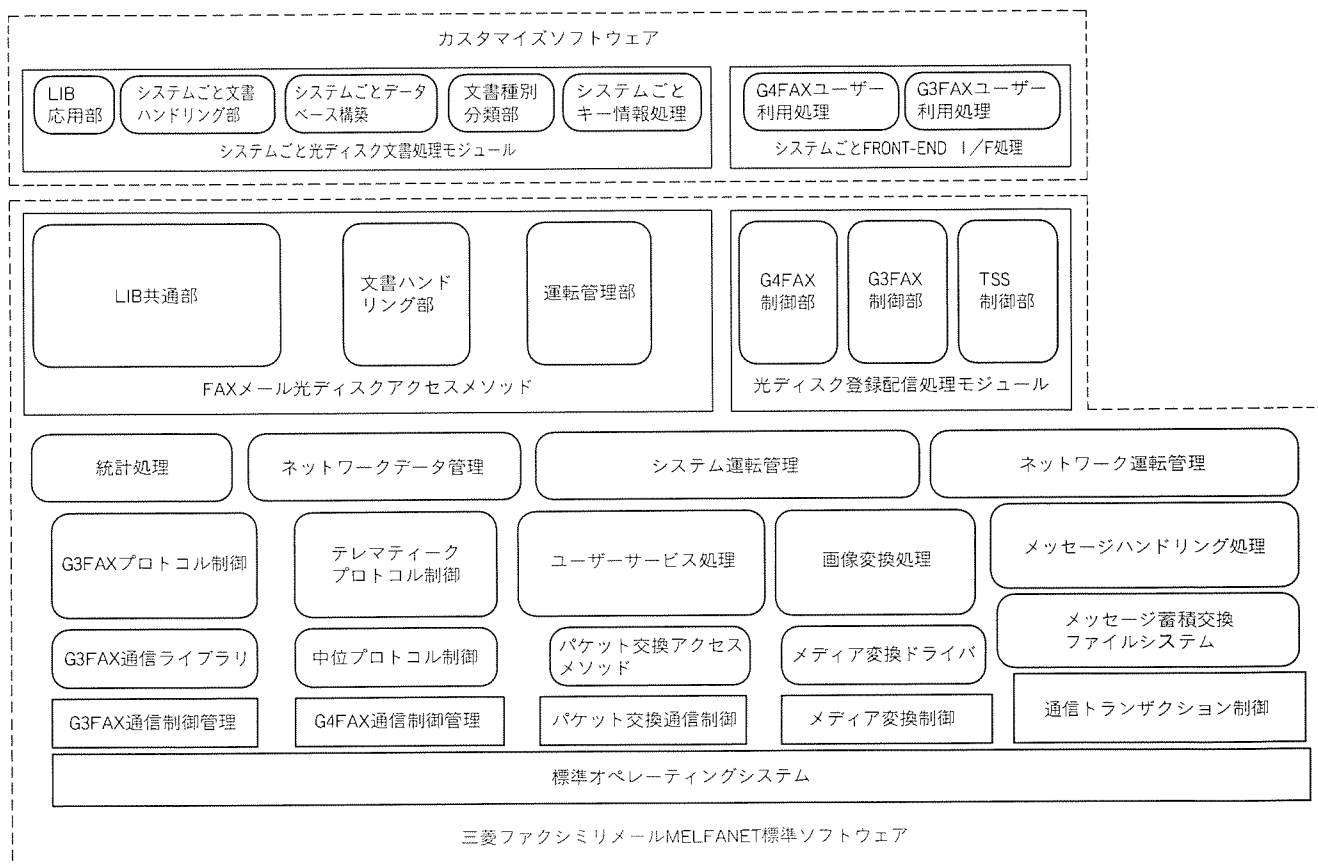
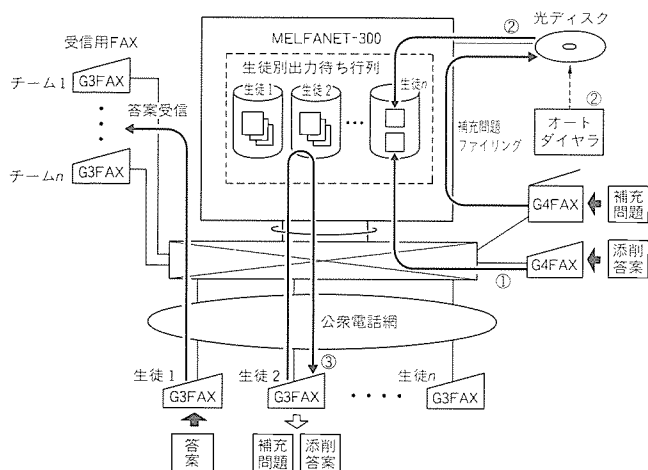
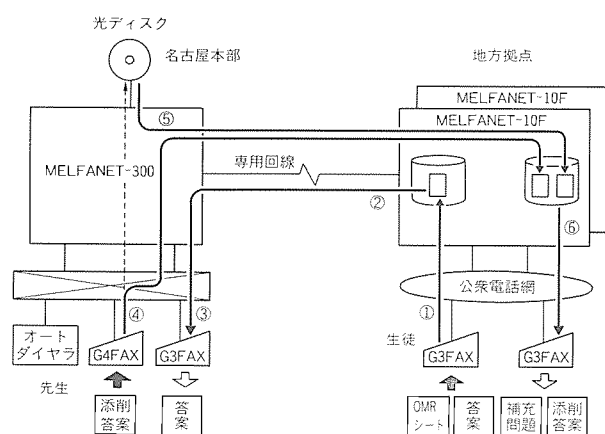


図7. 遠隔学習塾システムソフトウェア構成



(a) 学習指導システム



(b) 通信添削システム

図8. 学習指導システムと通信添削システムの処理の流れ

信する。

(4) 答案添削後、G4ファクシミリから宛先生徒の電話番号と添付する補充問題を指定して、添削答案をMELFANET-300に送信する。

答案の配信と添削答案の受信は、同時に最大4チャンネル分可能である。

(5) MELFANET-300は光ディスクから指定された補充問題を読み出し、答案と併せて一つの電文とし、G4画像からG3画像に変換して宛先に最も近いMELFANET-10Fに転送する。

電文を転送するMELFANET-10Fは、宛先生徒の電話番号から自動的に選択される。

(6) MELFANET-10Fは転送された電文をアナログデータに変換した後、宛先の生徒ファクシミリ端末に配信する。

4.2 補充問題の光ファイリング機能

遠隔学習塾システムでファイリングする補充問題は一件一葉(A4判の大きさで1枚ごと)になっており、大きく学年/学科ごとに分類される。さらに、細かく大単元/小単元/ステップ/要素(レベル)の4段階に分類されるが、このシステムでは高速のファイリングを実現するため、分類は学年/学科までとし、読出し時の検索コードとなる補充問題番号はファイリング時に連続番号で自動的に採番する機能を開発した。以下にその機能仕様を説明する。

(1) 同じ学年/学科の補充問題を複数枚まとめてG4ファクシミリにセットし、学年/学科コードを指定してMELFANET-300に送信する。

(2) 送信された補充問題は磁気ディスクに仮登録し、学年/学科コードごとに連番で補充問題番号を自動的に採番し、補充問題のヘッダ部に付与する(図9参照)。

(3) 採番した補充問題は返送用G4ファクシミリに配信するとともに、学習指導システムの光ディスクにMH画像データ、通信添削システムの光ディスクにMMR画像データと

学年コード

学科コード

学年	コード
小学4年	4
小学5年	5
小学6年	6
中学1年	7
中学2年	8
中学3年	9
高校1年	1
高校2年	2
高校3年	3
その他	0

学科	コード	学科	コード
小学国語	10	小学社会	40
中学国語	11	小学生活	41
中学古文	12	中学地理	42
高校国語	13	中学歴史	43
高校古文	14	中学公民	44
小学算数	20	中学英語	50
中学数学	21	高校英I	51
高校数I	22	高校英語	52
高校数学	23	中学受験	60
小学理科	30	高校受験	61
中学理科	31	大学受験	62

学年/学科コード 補充問題番号 ファイリング時刻

[831]-[000101] GAKS 0004001 [92-12-25-15:30] 01/01

学年 _____ 名前 _____ グループ [] [] [] []

2分野ー生物 光合成と呼吸

図9. ファイリングのコード体系

して各々登録する。

光ディスクは各オートチェンジャに56枚ずつ格納されており、学年/学科コードごとに光ディスクが割り付けられている。

(4) 万一、ファイリングが失敗した(返送用G4ファクシミ

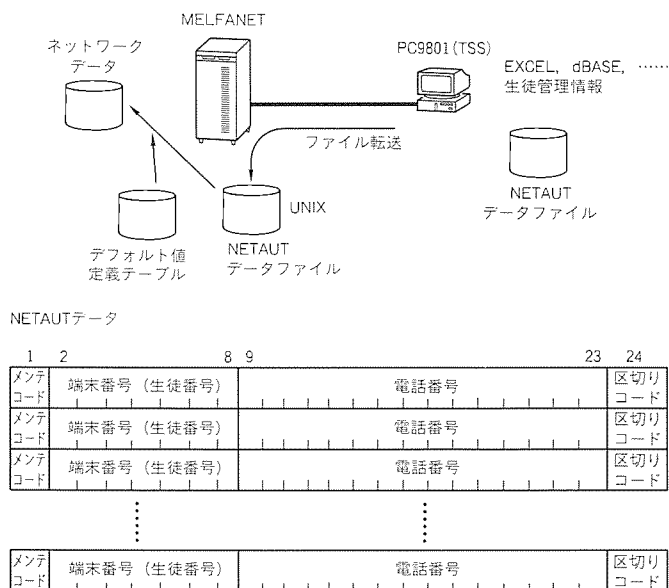


図10. ネットワークデータ自動生成ツールの概要

りに補充問題がきれいに出力されなかった) 場合は、その補充問題のみ(1)から再登録する。

(5) 光ディスクからの読出しは、管理台帳から目的の補充問題の学年／学科コード、補充問題番号を検索し、MELFANET-300に補充問題配信コマンドを送信することにより行われる。

4.3 システム運用管理機能

遠隔学習塾システムでは、膨大な生徒の入退会に伴う加入者管理と生徒ごとの学習程度を分析するためのシステム利用状況管理を、ネットワークデータ管理／トラヒック管理／システム運転管理などの MELFANET-300 のシステム運用管理機能で実現している。以下に加入者管理機能と統計処理機能について説明する。

(1) 加入者管理機能

学習指導システムでは加入者管理するために、入会した生徒をネットワークデータ中にある G3 UA データ (G3 ファクシミリ端末に関する属性データと利用機能に関する情報を規定する。)に登録する。約3,500人分の生徒のデータが登録できる。しかしながら、新たに全生徒分のデータをコンソールから入力する手間がかかるため、既設パソコンシステム上に構築されている生徒のデータベースから G3 ファクシミリ端末登録のために必要な各端末固有のパラメータ (電話番号等) を MELFANET-300 にファイル転送することにより、

他のパラメータは一律デフォルト値を用いて生成するネットワークデータ自動生成ツールを開発した (図10参照)。

一方、通信添削システムでは全国規模で膨大な生徒が入会することや入退会のサイクルが比較的早いことから、登録・削除の手間を省くため、生徒をネットワークデータには登録せず、未登録加入者送信機能と OMR 機能を利用して、ファクシミリ送信時に電話番号や OMR シートで宛先を指定する方式とした。

(2) 統計処理機能

このシステムでは通信したすべての電文について統計情報を統計ファイルに記録している。統計ファイルは、当月分の現世代と前月分の旧世代に分かれており、自動的に月替り処理を行っている。統計情報を基にファクシミリ端末ごとや装置ごとに統計処理を行い、コンソールにトラヒック状況の統計データを表示することができる。これにより、生徒の利用状況が把握できる。

また、パソコンを接続して統計情報をダウンロードすれば、市販のパッケージソフトウェアを利用して統計情報を自由に編集し、生徒ごとの学習程度の分析を行うこともできる。

通信添削システムでは、生徒をまとめてワイルド UA (未登録加入者) としているため、答案を受信する際の発信元情報が区別できなくなる。このため、答案とともに生徒識別番号を記入した OMR シートを送信することにより、発信元を認識する機能を開発した。

5. む す び

以上、ファクシミリを利用した遠隔学習塾システムの概要について述べた。

今まで学習塾は教室に通うことつまり交通手段の存在を前提にしたものであったが、情報通信技術の発展により、これからは通信手段つまり通信ネットワークと通信端末の存在を前提にする時代に向かいつつある。更にニーズが多様化、高度化すると予想される教育分野において、今後も当社の情報通信技術を駆使し、貢献していきたい。

参 考 文 献

- (1) 岡本俊也, 高柳 勉, 野村信夫:《MELFANET》光ディスクファイリング機能付きファクシミリ情報通信システムの構築, 三菱電機技報, 66, No. 6, 668 ~ 671 (1992)

B-10”又はパケット交換機(PSE)で接続し、センター間のメール装置を国際デジタル統合網によるパケット網で接続した。また、各センターにはメールシステムの状態を一元監視するために監視管理装置(NAP)を設置した。さらに、東京センターに災害が発生した場合を考慮し、バックアップ用として大阪センターにも電信メール装置と監視管理装置を設置した。

2.2 電信メールシステム

電信メールシステムの全体構成を図2に示す。東京・ニューヨーク・ロンドンの各センターに電信メール装置を設置し、メール装置間を先に述べた国際デジタル統合網によるパケット網で接続した。各電信メール装置では、国際テレコメット(株)製電信回線多重化装置で電信専用回線を、また同じく国際テレコメット(株)製テレックス制御装置で公衆回線を収容している。専用回線ではフリーラン、81D1ポーリング、83B3ポーリングのプロトコルを採用し、公衆回線では、国際テレックス網手順、日本電信電話(株)の加入電信網手順、DDD手順(公衆電話網を利用したテレックス)を採用した。また先にも述べたように、大阪にも東京センター災害時のバックアップ用として電信メール装置を設置した。

メール装置の構成を図3に示す。ハードウェアには、中央処理装置(CPU)に32ビットスーパーミニコンピュータ“MELCOM 70 MX/5700II”を採用した。24時間運転のためにCPUを二重系ホットスタンバイ方式とし、ディスクへの書き込みも二重書きとした。

2.3 ファクシミリメールシステム

ファクシミリメールシステムの全体構成を図4に示す。東京センターにファクシミリメール装置とファクシミリ集線装置を、ニューヨーク・ロンドンの各センターにはファクシミリ集線装置を設置し、公衆網経由でG3ファクシミリ端末を

収容した。ファクシミリメール装置と海外のファクシミリ集線装置間は国際デジタル統合網によるパケット網で接続した。ファクシミリ集線装置を各センターに設置することにより、ファクシミリ端末とメール装置間の通信コストが大幅に削減された。

メール装置には電信メール装置と同様 MELCOM 70 MX/5700IIを採用し、マルチメディア通信を実現するためのキャラクタ画像変換装置等を搭載した(図3)。

ファクシミリ集線装置には“MELFANET-10 F”を採用した。

2.4 電子メールシステム

当社によるシステムインテグレーションの下で、日本アイ・ビー・エム(株)が開発したシステムである。電子メールシステムの全体構成を図5に示す。東京センターに電子メール装置と端末を収容するための端末収容装置を、ニューヨーク・ロンドンの各センターには端末収容装置を設置し、電子メール端末を収容した。電子メール装置と海外の端末収容装置は、

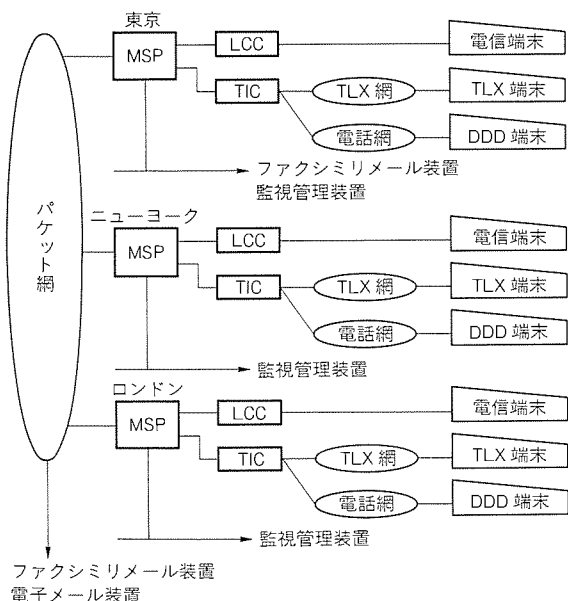


図2. 電信メールシステム論理ネットワーク構成

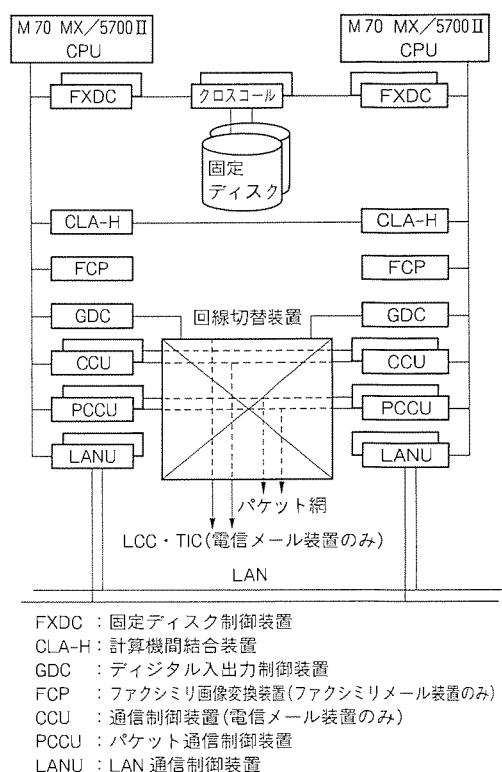


図3. 電信メール装置・ファクシミリメール装置構成

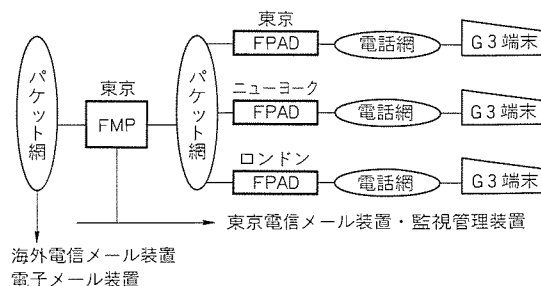


図4. ファクシミリメールシステム論理ネットワーク構成

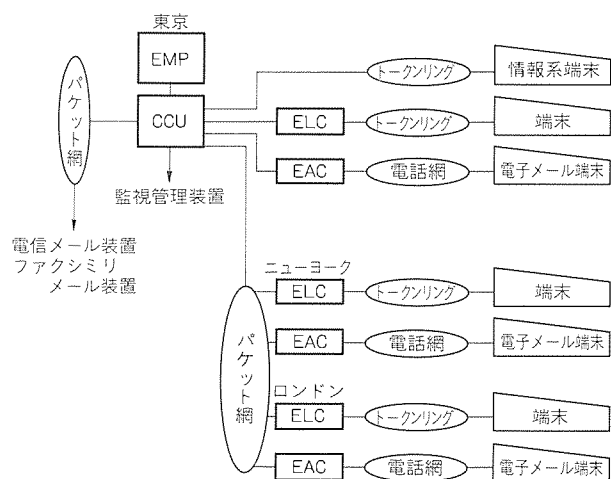


図5. 電子メールシステム論理ネットワーク構成

先に述べた国際デジタル統合網によるパケット網で接続した。

2.5 監視管理装置

メールシステムの稼働状況を一元管理するため、各センターにそれぞれ監視管理装置を設置した。東京センター設置の監視管理装置は、システム全体の統合管理機能をもたせた統合監視管理装置とした。監視管理装置の構成を図6に示す。電信メール装置と同じくハードウェアは、中央処理装置にMELCOM 70 MX/5700IIを採用した。電信メール装置、ファクシミリメール装置とはバス型LAN“MELNET B-10”で接続、電子メール装置とは専用線によるSNA手順で接続した。監視管理用の端末には三菱パーソナルコンピュータ“MAXY”のデスクトップ型を採用し、表示のビジュアル化を図った。

各センターの監視管理装置をパケット網で接続し、東京センターでシステム全体の状況が把握できるようにした。

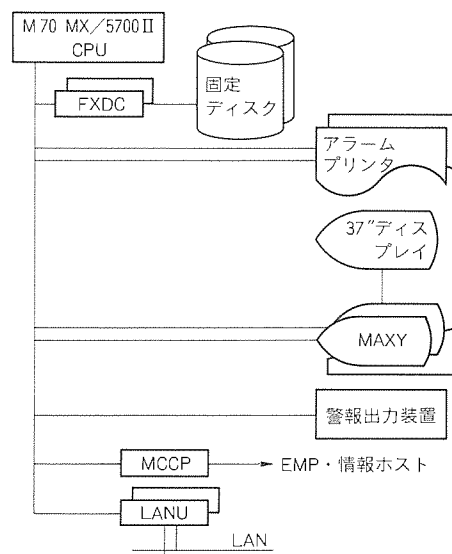
3. システムの特長

3.1 世界統一インタフェースのマルチメディア通信

従来の通信システムはメディアごとのシステムであり、また、海外システムは別システムであって、独自インタフェースによってシステム間を接続し国際通信を実現していた。

そこで新通信システムでは、電信、ファクシミリ、電子の全メール装置を国際標準であるMHS(X.400)で接続し、これによって世界統一インタフェースのマルチメディア通信が実現し、世界中に散在する端末からメディアを意識せずに通信が可能となった。

表1にマルチメディア通信範囲を示す。キャラクタコードからG3画像への変換は、ファクシミリメール装置が行う。例えば、電信端末から発信された電文がG3ファクシミリ端末あてであった場合、電文は電信メール装置からファクシミリメール装置へ送られ、ファクシミリメール装置でキャラクタコードをG3画像に変換し、所定のG3ファクシミリ端末



FXDC：固定ディスク制御装置
PCCU：パケット通信制御装置
MCCP：多回線通信制御装置
LANU：LAN通信制御装置

図6. 監視管理装置構成

表1. マルチメディア通信範囲

発信側 \ 受信側	電 信	ファクシミリ	電子メール		
			日本語	英語	テレックス
電 信	○	○	○	○	○
ファクシミリ		○			
電子メール	日 本 語	○	○		
	英 語	○	○	○	
	テレックス	○	○		○

へ出力する。

3.2 アドレスデータの一元管理

アドレス(メールの配信先)データを東京センターに設置した統合監視管理装置で一元管理し、統合監視管理装置から全メール装置へ配布する方式を採用した。これによって全メール装置が共通のアドレスデータをもち、メール装置ごとにアドレスデータをもつ場合にデータの矛盾から発生する電文のループ、不達を完全に排除した。

3.3 高 信 頼 性

通信路あるいは装置等に障害が発生して通信が不能になった場合、それが長期化すれば経営に大影響を与える。したがって、何等かの障害が発生しても短時間のうちに回復させる必要がある。また、電文は経営上の重要情報であり、通信システム内でのロストは許されない。

この通信システムではこれらの点を配慮し、以下の方策を施し、電文を紛失しない高信頼性の通信システムとした。

(1) 国際デジタル統合網の環状構造化

システム全体の基幹回線である国際デジタル統合網は、図1のとおり環状構成とした。これによって、センター間のいずれかが障害となっても、迂回路経由で通信が可能

表 2. 電信メールシステム主要機能

機能項目	主 要 機 能
電文蓄積交換	アドレスによる蓄積交換 複数アドレス、グループアドレスによる同時配信 ワイルド配信(未登録あて先への配信) 優先度指定(特急、急行、普通)
サービス機能	再送(電文の再送) 転送(電文の他あて先への配信) 配信結果検索(電文の配信/出力状況調査)
運用機能	調査(電文を運用席に再送) 回線閉そく/解除(電文の送受信の停止) 回線迂回(専用線から公衆網への迂回) 代行(電文の出力待ち行列間移動) 滞留状況表示(滞留中の電文検索) 入出力電文検索 公衆網出力不能電文の保留、再出力
その他	回線状態監視 電文蓄積交換統計データ収集

である。

(2) メール装置間回線の多重化

各センターに設置したメール装置とパケット網間はすべて2回線以上とし、メール装置間をつなぐLANも二重化した。これによってメール装置間はすべて回線が二重系となり、いずれかの回線が障害となっても通信が可能となった。

(3) メール装置のハードウェア二重化

先にも述べたように、電信メール装置、ファクシミリメール装置はCPU二重化、ディスク二重書きとし、何らかのハードウェア障害が発生してもオンライン処理を続行できる。また、ソフトウェアについてもチェックポイントジャーナルによるトランザクション処理方式を採用し、システムダウンが発生しても速やかにデータのリカバリを行い、電文を紛失することなく処理の継続ができる。

(4) 電信メールシステムの信頼性強化

ファクシミリメールは最悪でもエンド・トゥ・エンドで通信が可能なのに対し、電信メールは専用回線が主体であり、代替通信路がない。また、現在最も重要な通信メディアであるため、電信メールシステムではさらに以下の方策を行った。

(a) 国際公衆パケット網の準備

国際デジタル回線のバックアップとして国際公衆パケット網とも接続し、メール装置間の通信として国際公衆パケット網経由も可能とした。

(b) 東京センター災害時対策

日本国内の通信の要所である東京センターが災害等で使用不能になった場合、収容している専用線をMELMUX経由で速やかに大阪センターに接続を切り替え、大阪に設置した電信メール装置が代行して処理を行う。

(c) 海外センター災害時対策

ニューヨーク・ロンドンセンターが災害等で使用不能になった場合、回線迂回機能によって東京センターの電信メール装置から直接国際公衆テレックス網を通じて海外のテ

表 3. ファクシミリメールシステム主要機能

機能項目	主 要 機 能
電文蓄積交換	アドレスによる蓄積交換 複数アドレス、グループアドレスによる同時配信 ワイルド配信(未登録あて先への配信) 親展信
サービス機能	再送(電文の再送) 転送(電文の他あて先への配信) 電文入出力状況レポート 短縮・グループ番号登録
運用機能	端末閉そく/解除(電文の送受信の停止) 代替(電文の出力先変更) 滞留状況表示(出力待ち行列電文数表示) 入出力電文検索 G3運用席(出力不能電文の保留)
その他	回線状態監視 電文蓄積交換統計データ収集

レックス端末と通信できる。

(5) 障害発生通報

装置、回線に障害が発生した場合には、直ちに障害箇所を特定し復旧処置を施さなければならない。障害箇所がシステム全体の稼働にかかわる場合はなおさらである。この通信システムでは、障害が発生した場合は直ちに操作員に伝えられ、適切な処置が施せるように以下の方策を施した。

(a) 障害の影響度に応じたアラーム通報

メール装置障害、基幹回線障害など通信サービスに多大な影響のある障害を重障害、端末通信回線障害など通信サービス全体には影響しない障害を軽障害に区分し、ブザーで何れの障害が発生したのかを通報する。

(b) ビジュアルな装置稼働状況表示

各装置の稼働状況をビジュアルにMAXY及び37インチの大型ディスプレイに表示し、障害が発生した場合、当該箇所を赤色表示して、一目でどこに障害が発生したかを操作員に通知する。

(c) 障害箇所の特定化

例えばメール装置間の通信が障害となった場合、メール装置では相手装置との通信が不能になったことしか判断できず、通信回線障害か相手装置障害かの判断ができない。統合監視管理装置はすべてのメール装置の稼働状況を把握しており、個々のメール装置から通知されるアラームで障害箇所を絞り込むため、操作員が障害箇所の切り分けを容易にできる。

4. システムの機能

4.1 電信メールシステム

表2に電信メールシステムの主要機能を示す。

(1) 電文蓄積交換機能

電信端末から発信された電文は、電信回線多重化装置を経由して電信メール装置に入力される。電信メール装置ではあて先ごとに電文を展開して、メール装置内部にある出力待ち

行列に格納する。出力待ち行列はあて先ごとにあり、先着順であて先に出力する。あて先が他のメール装置配下の端末の場合、電文はMHSプロトコルによりメール装置間を中継してあて先の属するメール装置へ送られ、そのメール装置で出力される。

(2) サービス機能

出力終了した電文は一定期間保存し、一般利用者に対して再送、転送、配信結果検索等のサービス機能を用意した。

(3) 運用機能

運用者に対してメールサービスの円滑な運用が行えるように、電文の滞留状況表示、入出力電文の検索等の情報検索機能を始め、調査、代行、回線迂回、公衆テレックス回線出力不能電文の保留・再出力等の機能を用意した。

4.2 ファクシミリメールシステム

表3にファクシミリメールシステムの主要機能を示す。

(1) 電文蓄積交換機能

G3ファクシミリ端末から発信された電文(画像情報)は、ファクシミリ集線装置経由でファクシミリメール装置へ入力される。あて先等はPB信号で電文に先立ってファクシミリメール装置へ入力する。ファクシミリメール装置は、あて先ごとに電文を展開して出力待ち行列に格納する。出力待ち行列はあて先ごとにあり、先着順であて先に出力する。

電信メール装置や電子メール装置から中継されてきた電文は、キャラクタデータを画像に変換した後に出力待ち行列に格納し出力される。

(2) サービス機能

出力終了した電文は電信メールシステムと同様一定期間保存し、一般利用者に対して再送、転送、電文入出力状況レポート等のサービス機能を用意した。また、親展信機能を用意した。さらに、ファクシミリ端末では操作できるのがプッシュボタン程度しかないため、操作性向上のため、端末ごとに利用者の短縮番号によるアドレス登録、1短縮番号による複数アドレス登録を用意した。

(3) 運用機能

運用者に対してメールサービスの円滑な運用が行えるように、電文の滞留状況表示、入出力電文の検索等の情報検索機能を始め、代替、G3運用席等の機能を用意した。

4.3 電子メールシステム

表4に電子メールシステムの主要機能を示す。電文の交換はメールボックスで行い、これを支援するために電子メール

表4. 電子メールシステム
主要機能

機能項目	主 要 機 能
電文交換	電子メール文書作成 テレックス文書作成 電子メール送受信 テレックス送受信
サービス機能	再送 転送 代理受信 親展 着信案内
その他	文書のファイリング 文書の検索、ソート 掲示板 アドレスブック

表5. メディア間連携機能

機能項目	主 要 機 能
電信メール サービスコマンド	電子メールテレックスからの投入
ファクシミリメール サービスコマンド	電信メールからの投入 電子メールテレックスからの投入

表6. 監視管理装置主要機能

機能項目	主 要 機 能
監視管理	各メール装置の稼働状況監視 通信回線の状況監視 障害発生時のアラーム通報
アドレス 管理	アドレスの登録 全メール装置へのアドレス展開
統計課金 データ収集	電信、ファクシミリメール装置 からの電文交換統計の収集 情報ホストへの転送

文書作成機能、テレックス文書作成機能等を用意した。付加機能として親展、代理受信、着信案内等のサービス機能を用意した。また、文書のファイリング、検索、掲示板等の機能をもっている。

4.4 メディア間連携機能

一般利用者がメールシステムに対して行うサービス機能、マルチメディア通信を利用して、異なるメディアからも利用できる。表5にメディア間連携機能を示す。電信メールシステムに対するサービス要求は電子メールシステムからも行え、また、ファクシミリメールシステムに対するサービス要求は電信メールシステム、電子メールシステムからも行える。これは表1に示したマルチメディア通信範囲と等しく、一般利用者は電文もサービス要求もメディアを意識することなく行える。

4.5 監視管理装置

表6に監視管理装置の主要機能を示す。既に述べたメールシステムの状態管理、アドレスの一元管理のほか、電信、ファクシミリ両メールシステムが行った電文の蓄積交換状況を統計データとして各メール装置から収集した後、課金情報として情報ホストにオンラインで転送し、課金処理の自動化を図った。

5. む す び

新通信システムの完成によってメディアを意識しない通信が実現し、既設の電信ネットワーク、ファクシミリネットワーク、情報処理ネットワークが融合して、より高度な通信ネットワークとなった。また、MHSを採用したことにより、将来新たなメディアを導入する場合にも柔軟に対応できるものと期待できる。最後に、このシステム構築に当たり多大な御指導をいただいた関係者各位に深く感謝の意を表する。

スポットライト

“ワークトップ ローボーイ冷蔵庫” MR-J48M形

食生活の変化に伴う食品の多品種化や喫食回数の増加などから、家庭用冷蔵庫に対しては大容量化のニーズが高まっています。また、市場調査において現在使用している冷蔵庫の不満点としては、使い勝手にかかわる項目が常に上位に挙がっています。このようなニーズにこたえるべく大容量でありながら女性にとって使いやすい形態を考えた新しいコンセプトに基づき、480リットル5ドア“ワークトップ ローボーイ冷蔵庫”MR-J48M形を開発して、このたび新発売しました。

今後、お客様に求められる冷蔵庫とは、

- (1) 大容量でかつ使いやすい
- (2) 大型でありながら省エネルギー・静音化
- (3) おいしく保存できる

以上の三つの機能を満たす冷蔵庫として、MR-J48M形は先進の冷蔵庫技術を駆使して開発したものです。

特 長

●最上段の棚が目線の位置で使いやすい“高さ169.5cm”

日本女性の平均身長を考慮し、背伸びをせずに食品を取り出せる製品高さとなりました。

●上の扉が両開きの“冷蔵室”

従来の冷蔵庫のように腰をかがめて冷蔵室の食品をとり出す必要がなく、庫内が広く、見やすく、かつ取り出しやすい高さになったため、小物類も探しやすいデザインとなりました。

●使いやすい“引き出しダブルフリーザー”

冷凍食品が整理しやすく、取り出しやすい引き出し式フリーザーとなりました。扉の開閉による冷気の流出が少ないため、質の高いフリージングが可能となりました。

●業界初の“balancing ツインメカ ローター圧縮機”搭載による省エネルギー・静音化

電動機の両端に冷媒圧縮メカを配置することでトルク変動を軽減し、振動を従来同容量機種に比べ約 1/4 に抑えました。また、高効率化により、大容量冷蔵庫としては画期的な消費電力量59kWh/月を達成しました。

●世界初“ダイレクト給水自動製氷”

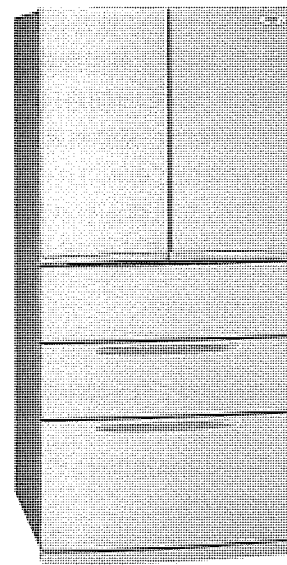
自動製氷機の定量給水部をタンクと一体化し、食品のにおいが給水部分に触れない構造にしたため、におい移りがなく、おいしい氷ができます。

●お客様の使い方を覚えて広い庫内を最適に冷やす“ニューロフアジー制御”

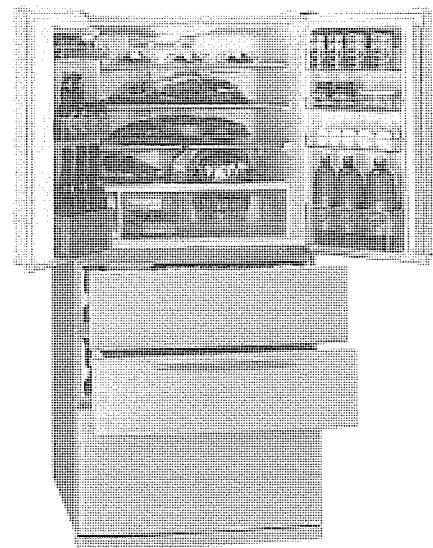
●ペットボトルが3本収納できるジャンボポケット

●冷蔵庫フラット棚前面に“高強度アルミ押出材”を装着

●扉の閉め忘れを“アラーム”でお知らせする省エネ気くばり設計



MR-J48M形冷蔵庫（扉閉）



MR-J48M形冷蔵庫（扉開）

仕 様

種 類		冷凍冷蔵庫
有効内容積	全 体	480 ℓ
	冷 蔵 室	250 ℓ
	上段冷凍室	60 ℓ
	下段冷凍室	60 ℓ
外形寸法	野 菜 室	110 ℓ
	高 さ	1,695mm
	幅	795mm
重 量 (質 量)	奥 行 き	675mm
		99kg
定格電圧・周波数		100V・50/60Hz
電動機定格消費電力		170/190W
電熱装置定格消費電力		153/153W（霜取り時）
消費電力量		59/59（kWh/月）
電源コード（有効長さ）		2.5m
冷凍室の記号		*** フォースター

消費電力量は日本工業規格(JIS C 9607)に定められた方法で測定した値で、年平均1か月当たりの消費電力量を示します。

三菱B/NET 工事用仮設分電盤システム

照明コントローラと配電制御ネットワーク機器B/NETの技術を応用し、安全で効率の良い<B/NET工事用仮設分電盤システム>を開発しました。このシステムは、コンセント回路と動力回路を照明コントローラの特有な制御機能で発停制御するもので、個別、グループ、パターン、ブロック単位でのコントロールが可能です。また、スケジュール制御による消し忘れ防止や不要照明のきめ細かい制御を行うことにより、建設現場の省エネ、省力化を図ります。

特 長

●建設現場の省エネを実現

建設現場の照明を中央監視操作盤で最大320回路まで制御できます。

●省エネ化を実現

遮断器と漏電遮断器は新形小型電気操作付きで、終業時の消し忘れを中央監視操作盤から制御できます。

●保守が容易

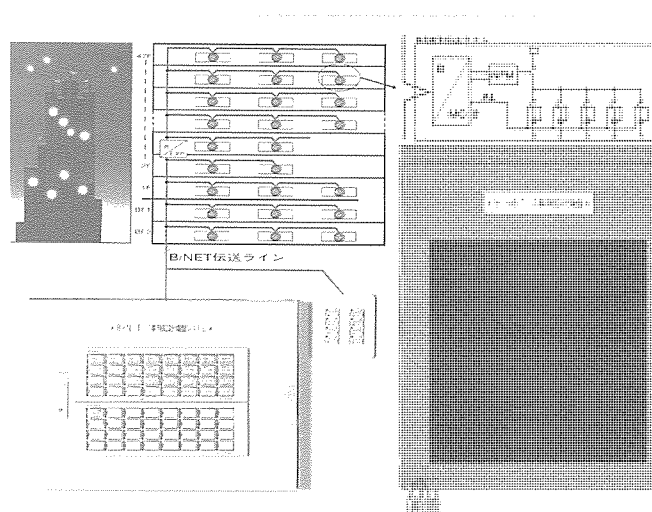
中央監視操作盤で仮設分電盤の過負荷、漏電動作が一目で分かり、保守が容易です。

●増設が容易

中央監視操作盤と各工事用仮設分電盤間は、一対のケーブルで最遠配線長1,000mまで配線でき、増設が容易です。

●高信頼性

B/NET伝送により安全で効率の良いシステムを実現しています。



●設定が簡単

専用データ設定器により、画面を見ながら対話方式で簡単に操作できます。

●漏電遮断器動作テストが可能

中央監視操作盤で漏電遮断器のテストボタン一括制御が行えるため、始業時の点検が容易です。

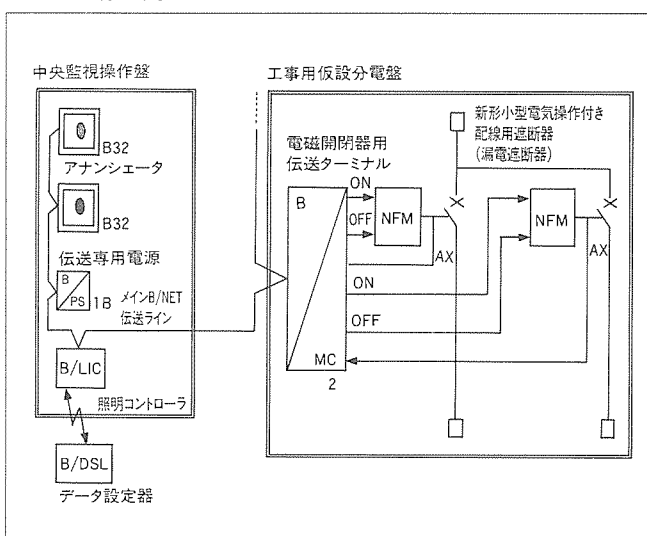
●混在システムが可能

B/NET電力エネルギー管理システムなど、他のB/NETシステムと混在させることにより総合的な省エネ・省力化が図れます。

システム構成機器の機能

品 名	形 名	機 能
新形小型電気操作付き 配線用遮断器 漏電遮断器	NFM□□-□□ NVM□□-□□	新形小型電気操作装置により遮断器の遠隔ON/OFF制御が行えます。また、切替スイッチ(自動/手動)により、手動に切り替えることでB/NETの制御から切り離すことができます。また、補助接点(AX)を電磁開閉器用伝送ターミナルに入力し、アンサバック(ON/OFF状態)として用いることにより、正確な発停状態を確認できます。
照明コントローラ	B-6PLIC	最大回路数320回路(操作320回路、制御320回路) 64パターン制御、64グループ制御、10ブロック制御 週間スケジュール、年間スケジュール
電磁開閉器用 伝送ターミナル	B-6PMC2	1台の伝送ターミナルで2台のNFMが制御可能です。ワンショット出力により上記NFMをON/OFF制御します。NFMの補助接点(AX)をアンサバックとして入力できます。
伝送専用電源	B-6PPS1B	伝送専用電源(伝送線給電タイプ)でメインB/NET伝送ラインに接続します。
アナンシェータ	B-ANN32	各遮断器を個別、全回路、グループ、ブロック、パターン制御するかを32個の操作スイッチに割り付けます。
アドレス 拡張ユニット	B-6PEXPA	B/NET伝送ターミナルの接続台数が63台を超える場合に設置します(伝送線給電タイプ)。アドレス拡張ユニットを設置することにより、最遠配線長も2,000mまで延長できます。サブB/NET伝送ラインの電源はアドレス拡張ユニットにより給電しますので、新たに伝送専用電源の設置は不要です。
データ設定器	B-DSL01	照明コントローラにシステム運用に係わるシステム登録を行います。

システム構成例





特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
特許営業グループ Tel(03)3218-2137

エレクトロクロミック表示材料 (特許 第1485783号)

発明者 野村健次, 磯田 悟, 増見達生

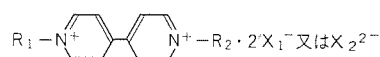
この発明は、電圧印加による酸化還元作用に基づき、可逆的に発・消光させるエレクトロクロミック表示材料に関するものである。

エレクトロクロミックディスプレイ(以下“ECD”という。)の従来からの代表的な材料として、ビオロゲン誘導体などの有機化合物を使用することが提案されているが、還元反応時(発色状態)にビオロゲン誘導体の還元物であるラジカルカオチン塩が電極表面上で徐々に結晶化するため、繰返し表示寿命やメモリ寿命の点で十分な実用レベルに達していなかった。

この発明は、上記従来の欠点を改善するためになされたもので、図の一般式で表され、対イオンとして有機置換リン酸エステルアニオン又は有機置換フォスホン酸アニオンをもつビオロゲン化合物誘導体を ECD 表示材料とするものである。すなわち、これらの対イオンを使用することによって従来のハロゲンイオンを使用した場合と比べて、電極において

還元され析出した着色物が難結晶性となる性質を知得して得られたものである。

その結果、この発明による ECD 表示材料を用いた場合には、電圧を遮断してもそのまま表示を保持させるメモリ作用が著しく改善され、繰返し寿命と耐用寿命が長くなるという効果があり、信頼性の高い ECD 素子を提供できる。



(ただし、式中 R_1 及び R_2 はアルキル基、アリル基、アラルキル基を示す。また、 X_1^- は $(R_3-O)_2P(=O)O^-$ で示されるリン酸エステルアニオン、 $R_4-P(=O)ONaO^-$ 又は $(R_5)_2P(=O)O^-$ で示されるフォスホン酸アニオンであり、 X_2^{2-} は $R_6-OP(=O)O_2^-$ で示されるリン酸エステルアニオン、 $R_7-P(=O)O_2^-$ で示されるフォスホン酸アニオンである。ここで、 R_3 ないし R_7 はアルキル基、アリル基、アラルキル基を示す。)

アナログ-デジタル変換装置 (特許 第1301235号)

発明者 磯崎 真

この発明は、アナログ-デジタル(以下“A/D”)という。)変換装置にかかわり、特に多数のアナログ入力信号をデジタル信号に変換してデータ処理装置に導入させる際に、各チャンネルごとに存在する直流ドリフト電圧偏差等を自動的に補正するようにした改良に関するものである。

図1は、従来のこの種 A/D 変換装置であり、アナログ入力信号 ($A_1 \sim A_n$) を時分割的に半導体スイッチ ($t_1 \sim t_n$) を介して順次送出するスキャナ回路(1)において、半導体スイッチに電界効果トランジスタスイッチを用いた場合にはソース-ドレイン間の抵抗値のばらつきやゲート漏洩電流が個別に異なるため、入力チャンネルごとに利得や直流ドリフト電圧の偏差が生じやすいという欠点があった。

この発明は、かかる従来の欠点を改善するためになされたもので、図2に示すように、スキャナ回路(1)から演算増幅器(2)、サンプルホールド増幅器(3)、A/D 変換器(4)を経て得られたデジタル出力信号を、CPU(5)のも取り入れ、既知の入力電圧に対するデジタル出力値から利得及びドリ

フトの補正量を演算してそれぞれ利得制御用レジスタ(7)、ドリフト制御用レジスタ(8)に一時記憶し、実使用時には、演算増幅器(2)の利得及びドリフト制御用可変抵抗器をそれぞれ各入力信号ごとの個別補正量に応じて電子的に切り替えるようにしたものである。

以上のように、この発明によれば、入力チャンネルごとに存在する不平衡を打消し補償するようにしたので、高い A/D 変換精度を保つことができ、特に入力チャンネル数が多い場合には、チャンネルごとに固定的な分散補正回路を設ける方法に比べて著しく有利である。

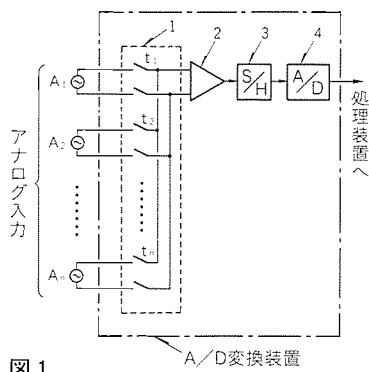


図1

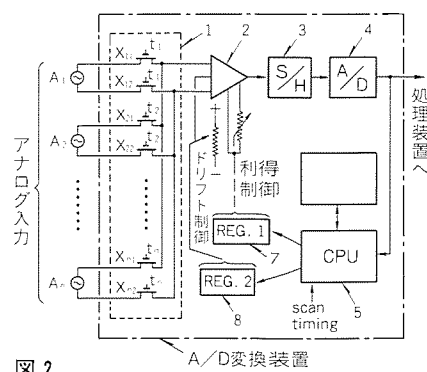


図2



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
特許営業グループ Tel.(03)3218-2137

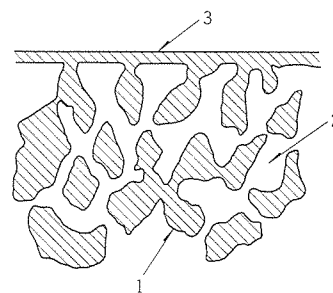
吸音材 (特許 第1459231号)

この発明は内燃機関用排気消音装置に用いる吸音材に関するものである。

従来のこの種の吸音材としてグラスウールや金属多孔体などがあったが、内燃機関運転時にガソリン等の燃焼に伴うススやタールが吸音材内部に付着して比較的短期のうちに目詰まりを起こして吸音性能が低下し、排気消音装置から放射される騒音が増加する欠点があった。

この発明はこの点にがんがみてなされたもので、図の実施例に示すように、吸音材として金属多孔体(1)を用い、その表面に吸音基材と同材質の金属薄膜(3)を溶着することによってタールやススによる吸音材の目詰まりがなく、熱膨張率の差によるヒートストレスの影響が少なく耐熱性に優れ、また、金属薄膜(3)の厚さを調整することによって所要の吸音特性を有する内燃機関用排気消音装置を得ることができる。

発明者 田中英晴、関谷睦男、内川英興
以上のように、この発明によれば、タールやススによる目詰まりがなく、高性能で長寿命の内燃機関用排気消音装置が提供できる。



図

<次号予定> 三菱電機技報 Vol. 67 No. 6 特集“地球を守る環境技術”/“快適性を追求する照明技術”

特集論文“地球を守る環境技術”

- 地球環境問題の基本的考察
- 地球環境保全に向けての当社の取組
- 無洗浄実装基板の電気的信頼性評価
- 脱フロン冷凍・空調システム
- 環境保全機器としてのロスナイ(熱交換形換気機器)
- 環境調和型の包装システム
- 家電品の製品アセスメント
- 低NOx燃焼機器
- 地球環境と水の高度処理技術
- 地球環境と衛星リモートセンシング技術

特集論文“快適性を追求する照明技術”

- 照明特集に寄せて
- “ライティングアップ”から“ライティングクオリティ”へ
- 住宅照明のデザイン開発と技術動向
- パネルライティングとその応用
- 新オフィス照明器具“Hfシリーズ”
- 新オフィス用照明制御システム“SUPER-MELSAVE”
- パネル形誘導灯“ルクセント”
- 希ガス蛍光灯の発光特性
- 高演色コンパクトメタルハライドランプ“HQI”の新シリーズ
- 最近の照明施設

三菱電機技報編集委員

委員長	山田 郁夫
委員	永田 譲蔵
〃	白井 健三
〃	谷 豊文
〃	風呂 功
〃	大原 啓治
〃	松村 恒男
〃	鈴木 幹雄
〃	小野 修一
〃	鳥取 浩
〃	岡田 久雄
幹事	長崎 忠一
5月号特集担当	竹内 嘉彦
	若本 勝嘉

三菱電機技報67巻5号

(無断転載を禁ず)

1993年5月22日 印刷
1993年5月25日 発行

編集兼発行人	長崎 忠一
印刷所	千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01) 菱電印刷株式会社
発行所	東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋 (〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel.(03) 3437局2692
発売元	東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社 Tel.(03) 3233局0641代, 振替口座東京6-20018
定価	1部721円(本体700円) 送料別 年間予約は送料共9,373円(本体9,100円)

スポットライト

三菱B/NET照明制御システム用 伝送ターミナル

体育館、アリーナ及び公共施設等における照明、空調設備のLEDや押ボタンスイッチを配置した集中監視制御パネル(グラフィックパネル)のLED、スイッチを監視制御するグラフィックパネル ドライバを開発しました。

このグラフィックパネル ドライバは照明制御システム以外の集中監視制御パネル用として応用することができます。

特 長

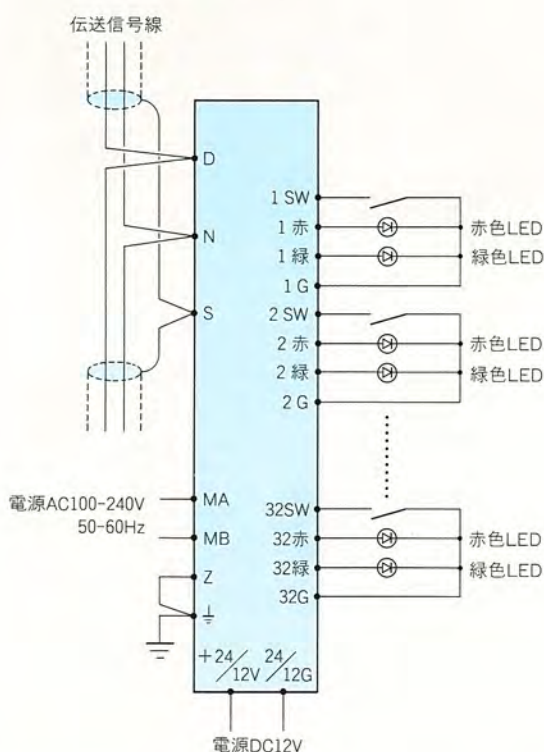
- 地図方式の簡易平面グラフィックパネルで点灯・消灯監視制御を行うため、照明のほか空調、電力、防災など設備の運転状況が直観的に理解できます。
- グラフィックパネルのLEDとスイッチはグラフィックパネルドライバの増設により32点ごとに増設できます。
- 電圧出力形と電流出力形の2タイプを準備しましたので、一般に使用される抵抗付きLEDや抵抗なしLEDが使用できます(ただし同一のドライバでの混在はできません。)



仕 様

品 名	グラフィックパネル ドライバ	
型 名	B-GPD32	
スイッチ・LED駆動用電源電圧	電圧出力形	電流出力形
	DC12V又はDC24V	DC12V (出力電流20mA)
接続LED	抵抗付きLED	抵抗なしLED
接続スイッチ	電流容量 10mA、DC24V以上	
	接触抵抗 100mΩ以下	
回 路 数	32回路	
制 御 電 源	AC100-240V 50-60Hz, 7 VA	
使用温度範囲	-10℃～+55℃	
外 形 寸 法 W×H×D	300×100×210 (mm)	
重 量 (質 量)	約3.7kg	

電流出力形



電圧出力形

