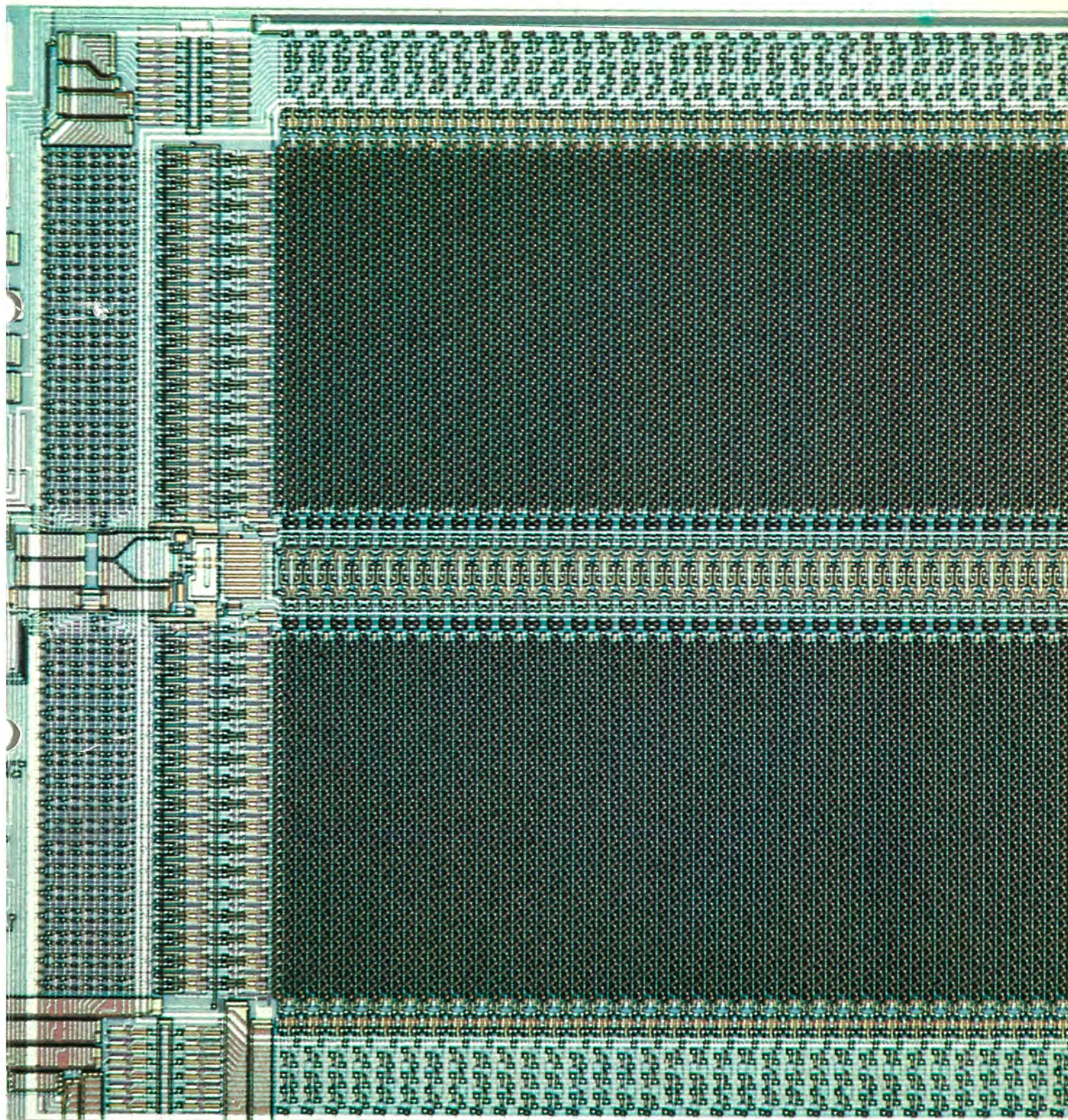


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.52 No.4

半導体特集

三菱電機技報

Vol. 52 No. 4 APRIL 1978

半導体特集

目次

特集論文

大容量 MOS RAM	市山寿雄・田中正・谷口 真・飛田洋一・有田 豊	269
4ビットワンチップマイクロコンピュータ	松尾和義・藤田紘一・山田罔裕・磯田勝房・畑田昭良	273
インテグレート インジェクション ロジック	内田晶久・登坂高夫・樫本裕三・宮本和俊	278
高信頼度樹脂封止形トライアック BCR10AM	市村隆彦・山本 武・森 敏	282
800 MHz 帯移動無線用高利得トランジスタシリーズ	亘 善彦・草野裕次・小山正治・山内真英・赤坂洋一	286
高速 DSA MOS メモリ	下西和博・大倉五佐雄・中野隆生	290
光・電波とセンサデバイス	須崎 渉・三井 茂・中田仗裕	295

普通論文

関西電力大飯原子力発電所納め3相 500 kV 1,240 MVA 変圧器	菅 寿郎・渡辺次男・但馬常夫・山田雄治・玉置栄一	303
輸送中の落下衝撃	高山臣旦・飯島康司・中野孝三	308
移動無線用テレプリンタシステム MDS-31	伊藤博方・太田堯久・石川新助・畑中靖通	313
カセットテープレコーダのワウ・フラッタ解析	川地正男・村山悦朗	318
規格形エレベータ《エレベット》の制御方式	小沢靖彦・田辺富男・鈴木茂彦	322
制御用双方向光伝送システム	橋本 勉・竹居敏夫・須崎 渉・三井 茂・新谷 健	326
論理回路図自動作画システム (LODAS)	伊藤重治・西村芳朗・井上真典・加藤礼二・中塚久世	330
特許と新案		301
緩衝装置・リニアアクチュエータ・曲げ加工装置		
当社の登録特許・実用新案一覧		300・340
スポットライト		335
石油テーブル・有線ロボット気象計・きゅうりの自動選別仕分装置・ノーヒューズシャ断器・ 分電盤用及び溶接機用漏電シャ断器・ワイヤカット放電加工機 (表紙3)		

FEATURING SEMICONDUCTORS

CONTENTS

FEATURED PAPERS

Large-Capacity MOS RAMs	Toshio Ichiyama et al.	269
A 4-Bit, 1-Chip Microcomputer Incorporating an A/D Converter and a Touch-Key Keyboard Interface	Kazuyoshi Matsuo et al.	273
Integrated Injectin Logic	Masahisa Uchida et al.	278
The BCR10AM High-Reliability Molded-Plastic Triac	Takahiko Ichimura et al.	282
A Series of 800MHz-Band, High-Gain RF Power Transistors for Mobile 2-Way Radio Applications	Wataru Yoshihiko et al.	286
High-Speed DSA MOS Memories	Kazuhiro Shimotori et al.	290
Semiconductor Devices for Optical, Microwave and Sensor Applications	Wataru Susaki et al.	295

GENERAL PAPERS

A 3-Phase 500kv 1240MVA Transformer for the Oi Nuclear-Power Station	Hisao Kan et al.	303
On Dropping Shocks Experienced in Transit	Shigeaki Takayama et al.	308
The Type MDS-31 Teleprinter System for Mobile Telecommunications	Hiromichi Ito et al.	313
An Analysis of Wow and Flutter in Cassette Tape Recorders	Masao Kawaji & Etsuo Murayama	318
A Control System for the ELEPET Standardized Elevator	Yasuhiko Ozawa et al.	322
A Bidirectional Optical-Fiber Transmission System for Control Applications	Tsutomu Hashimoto et al.	326
The LODAS System for Automatic Drafting of Logic Circuit Diagrams	Shigeharu Ito et al.	330

表紙

16 K ビット ダイナミック MOS RAM: M58759S

M58759S はアクセスタイム 200 ns, 最大消費電力 460 mW の性能を有し, 大形計算機からマイクロコンピュータまで広い応用分野に適した代表的 IC メモリで, N チャンネル 2 層ポリシリコンゲート MOS プロセスにより, 3.66 mm×6.08 mm のシリコン小片 (チップ) 上に約 45,000 コの素子を集積化して作られたものである。表紙は, チップの一部を示したものである。

COVER

The M58759S 16KB Dynamic MOS RAM

The M58759S, with access time of 200ns and maximum power consumption of 460mW, is a representative IC memory suitable for a broad range of applications from microcomputers to the largest main frames. It is manufactured using N-channel 2-layer silicon-gate MOS technology, and integrates some 45,000 semiconductor elements on a 3.66×6.08mm chip. The cover photo is magnification of a portion of the chip.

アブストラクト

大容量MOS RAM

市山寿雄・田中 正・谷口 真・飛田洋一・有田 豊

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P269～272

MOS RAMの発展は著しく、大容量化に向かって着実に進んでいる。高密度、高性能を特長とするダイナミックRAMは4 Kビットの時代から16 Kビットの時代へと、一方使いやすさを特長とするスタティックRAMは1 Kビットの時代から4 Kビットの時代へと変わりつつある。今回当社で開発した16 Kビット ダイナミックRAM M58759Sと、4 Kビット スタティックRAM M58724Sについて述べる。

高速DSA MOSメモリ

下西和博・大倉五佐雄・中野隆生

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P290～294

MOS ICながら高速動作が可能なDSA MOS (Diffusion Self Aligned MOS)の製法とその基本特性、4 Kビット ダイナミック及びスタティックRAMに応用した結果について述べる。DSA MOS ICのしきい値電圧は、全イオン注入プロセスによって精密に制御され、従来実現が困難視されていたDSA化ダイナミック及びスタティックMOS RAMが可能となり、60ns及び50nsのアクセスタイムをえることができた。

4ビット ワンチップ マイクロコンピュータ

—A/D変換器、タッチキーボードインタフェース内蔵—

松尾和義・藤田紘一・山田固裕・磯田勝房・畑田昭良

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P273～277

M58840Pは、家電製品・事務機器の制御用として開発した4ビット ワンチップ マイクロコンピュータである。温度・照度・流量・速度などのアナログ量の制御を可能にするA/D変換器と、操作パネルの無接点化を実現するタッチキーボードインタフェースをワンチップに内蔵している。68種の基本命令、3段のサブルーチンを可能とし、2 K語のROMと512ビットのRAMを持つ。開発支援ツールとして、エバリエーションチップ、アセンブラ、シミュレータを持つ。

光・電波とセンサデバイス

須崎 渉・三井 茂・中田仗祐

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P295～299

最近当社で開発した光、マイクロ波、センサ関係の素子のうち特に内外から注目されているTJSレーザダイオード、光通信用SAS発光ダイオード、PISアバランシェ ホトダイオード、GaAsショットキーダイオード、GaAsFET及び感熱サイリスタについて、その特長と応用の概要を解説し、これら新半導体素子を理解し、広く応用する上での手がかりとした。

インテグレート インジェクション ロジック

内田晶久・登坂高夫・榎本裕三・宮本和俊

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P278～281

最近Integrated Injection Logic (I²L)によるバイポーラLSIがつぎつぎ発表されている。この論文ではI²Lの基本構造、基本回路及び電気的特性について述べ、更にI²LのLSI化具体例として、ラジオ受信周波数カウンタ用IC(M54823P)及びこれと併用するクロック用IC(M54860P)を採り上げ、LSI化の問題点及び解決法について述べる。

関西電力(株)大飯原子力発電所納め、3相500kV、240MVA変圧器

菅 寿郎・渡辺次男・但馬常夫・山田雄治・玉置栄一

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P303～307

関西電力(株)大飯原子力発電所に納入された3相 500kV 1,240MVA変圧器は、我が国の最大容量器で電圧についても500kVである記録品である。本稿ではこの変圧器の構造及び特長を紹介するとともに、製品に先立って試作した実証器による絶縁検証試験、温度上昇試験、油流分布測定試験などの内容及びそれらの結果について述べる。

高信頼度樹脂封止形トリアックBCR10AM

市村隆彦・山本 武・森 敏

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P282～285

従来のキャンタイプ素子に匹敵する特性と信頼性を有するガラス被覆樹脂封止形トリアック BCR 10AMを開発し、量産を開始した。このBCR 10AMは、ガラスパッシベーション技術の確立により、この電流容量クラスの樹脂封止形素子では初めて動作接合温度を125℃まで保証している。また、新しい電極構造の採用によりキャンタイプ素子に劣らない通電能力と信頼度を有しており、今後キャンタイプ素子との置き換えが進むものと予想されている。

輸送中の落下衝撃

高山臣旦・飯島康司・中野孝三

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P308～312

家庭電気製品が輸送中に受ける落下衝撃について、時計式3方向衝撃記録計を使用して全国5地域の荷扱い状況を調査した。その結果をもとに、重量・送り先等の要因分析や統計的手法を用いて重量と落下高さの関係を明確にし、落下試験基準の整備見直しを行い、包装合理化の推進に役立てている。ここでは、落下衝撃の発生状況と規格化までの経過について報告する。

800MHz帯移動無線用高利得トランジスタシリーズ

亘 善彦・草野裕次・小山正治・山内真英・赤坂洋一

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P286～289

800MHz帯の電話システムが進められている。これらの移動局に使用される送信用高周波高出力トランジスタは電源電圧12.5Vで動作し、小形軽量化のために高利得化が要請されていた。今回当社は従来トランジスタよりも高利得化を図った高信頼度高周波高出力トランジスタシリーズの開発に成功した。これらにはB⁺、As⁺イオン注入技術の開発適用を始め種々の新規技術を採用した。ここでは重点開発技術と得られたトランジスタ特性について述べる。

移動無線用テレプリンタシステムMDS-31

伊藤博方・太田堯久・石川新助・畑中靖通

三菱電機技報 Vol.52・No.4・P313～317

移動無線でのデータ伝送には、データ伝送回線としてきわめて劣悪であること、及び車載用として適した出力装置がない等の問題があった。この論文はこのような問題を解決した移動無線用テレプリンタシステムの概要と、その試作結果について述べたものである。

移動無線としての伝送回線特性に適合した変調方式、同期方式、誤り制御方式及び車載用としての環境条件、使用条件に適合した感熱式プリンタ方式について、具体的に解説した。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 290~94 (1978)

High-Speed DSA MOS Memories

by Kazuhiro Shimotori, Isao Okura & Takao Nakano

Diffusion self-aligned (DSA) ICs are capable of particularly high-speed operation considering they are MOS devices. The article describes production methods, and discusses the results of their use in 4KB dynamic and static RAMs. By means of all-ion-implantation technology precise control has been applied to the threshold voltage of the DSA MOS ICs, making possible dynamic and static MOS RAMs using DSA technology and having access times of 60 and 50ns.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 269~72 (1978)

Large-Capacity MOS RAMs

by Toshio Ichiyama, Tadashi Tanaka, Makoto Taniguchi, Yoichi Tobita & Yutaka Arita

There have been remarkable developments in MOS RAMs, with steady steps toward larger capacities—dynamic RAMs, which feature high densities and high performance, moving from the 4-kilobit to the 16KB era; and static RAMs, which feature ease of use, moving from 1 to 4KB. The article describes the M58759S 16KB dynamic RAM and the M58724S 4KB static RAM, which have recently been developed by Mitsubishi Electric.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 295~99 (1978)

Semiconductor Devices for Optical, Microwave and Sensor Applications

by Wataru Susaki, Shigeru Mitsui & Josuke Nakata

The article presents a general description of some of the optical, microwave and sensor devices that have recently been developed by Mitsubishi Electric's Semiconductor R&D Dept., with particular emphasis on those which have aroused international interest—such as the TJS laser diode, the SAS light-emitting diode for optical-fiber communications, the PIS avalanche photo diode, the GaAs Schottke diode and GaAs FET, and the thermally sensitive thyristor—as a means of promoting the understanding and wider application of these devices.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 273~77 (1978)

A 4-Bit, 1-Chip Microcomputer Incorporating an A/D Converter and a Touch-KeyBoard Interface

by Kazuyoshi Matsuo, Koichi Fujita, Kunihiro Yamada, Katsufusa Isoda & Akiyoshi Hatada

The M58840P is a newly developed 4-bit 1-chip microprocessor for business-machine control applications. An A/D converter, which is capable of handling such values as temperature, luminous intensity, flow rate or speed, and a touch-keyboard interface that has enabled the elimination of contacts from the operating panel, are incorporated on the chip, which also makes possible 68 basic instructions and a 3-level subroutine and incorporates a 2-kiloword ROM and 512-bit RAM. Also discussed are an evaluation chip, assembler and simulator that served as supportive tools in development.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 303~07 (1978)

A 3-Phase 500kV 1240MVA Transformer for the Oi Nuclear-Power Station

by Hisao Kan, Tsugio Watanabe, Tsuneo Tajima, Yuji Yamada & Eiichi Tamaki

The 3-phase 1240MVA transformer delivered to Kansai Electric Power's Oi Nuclear-Power Station is not only Japan's largest in terms of capacity but at 500kV is also a record holder in terms of voltage. The article describes the construction and features of the transformer, and presents the methodology and results of insulation-verification tests, temperature-rise tests, oil-flow distribution measurements, etc. conducted preliminarily on an experimental model.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 278~81 (1978)

Integrated Injection Logic

by Masahisa Uchida, Takao Tosaka, Yuzo Kashimoto & Kazutoshi Miyamoto

Recently there has been rapid development of bipolar LSIs using integrated injection logic (I²L). The article discusses the basic structure, basic circuitry and electrical characteristics of I²L, and, taking as examples the M54823P IC for radio-reception frequency counters and the M54860P IC for common-use blocks, discusses solutions to problems of LSI design.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 308~12 (1978)

On Dropping Shocks Experienced in Transit

by Shigeaki Takayama, Yasuji Iijima & Kozo Nakano

Investigations were conducted on general handling conditions affecting the transportation of home electrical appliances in order to determine dropping shocks. A clock-driven triaxial shock recorder was used. The results made it possible to clarify, by means of factorial analyses and statistical methodology, the relationship between weight and height of drop, and to revise and refine standards for dropping tests. This has been most useful in the rationalization of packaging. The article reports on the occurrence of dropping shocks, and the process by which standards were established.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 282~85 (1978)

The BCR10AM High-Reliability Molded-Plastic Triac

by Takahiko Ichimura, Takeshi Yamamoto & Satoshi Mori

A glass-passivation molded-plastic triac, designated the BCR10AM, has been developed and placed in mass production. It offers performance and reliability comparable to those of conventional can-type devices. Thanks to progress in glass-passivation technology, it has for the first time become possible to assure an operational junction temperature of 125°C for molded-plastic devices of this current-capacity class. The adoption of a new electrode structure has provided a current-carrying capacity and reliability in no way inferior to those of can-type devices, and it is anticipated that the new device will increasingly supersede devices of the can type.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 313~17 (1978)

The Type MDS-31 Teleprinter System for Mobile Telecommunications

by Hiromichi Ito, Takahisa Ota, Shinsuke Ichikawa & Yasumichi Hatanaka

Data transmission from mobile terminals has suffered from the dual problems of extremely poor performance in terms of data transmission and the unavailability of output devices suited to vehicle mounting. The article describes a mobile teleprinter system that has solved these problems, and reports on the results obtained using a prototype. Specific explanations are provided of the methods of modulation, synchronization and error control that make the transmission path suitable for mobile terminals, and of the thermal printer, which is suited to the environmental and usage conditions affecting mobile equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 286~89 (1978)

A Series of 800MHz-Band, High-Gain RF Power Transistors for Mobile 2-way Radio Applications

by Wataru Yoshihiko, Yuji Kusano, Masaharu Koyama, Masahide Yamanouchi & Akasaka Yoichi

With the expansion of 800MHz-band radiotelephone services, there is a need for higher-gain RF power transistors, which are used for mobile-station transmission and operate at 12.5VDC, in order to facilitate the design of compact, lightweight equipment. Mitsubishi Electric has recently succeeded in developing a series of reliable transistors that offers higher gain than conventional devices. The new transistors apply a number of new technologies, notably B⁺ and As⁺ ion-implantation technology. The article discusses the important development technologies and the performance characteristics of the transistors obtained.

アブストラクト

<p>カセットテープレコーダーのワウ・フラッタ解析 川地正男・村山悦朗 三菱電機技報 Vol.52・No.4・P318～321</p> <p>テープの性能向上、ドルビー回路の出現等により、ハイファイ用としてカセットテープレコーダーが最近急速に普及してきた。それに伴い、種々の面でカセットテープレコーダーの性能に対する要求がきびしくなってきた。中でもワウ・フラッタは、録音・再生の繰り返しごとに原信号の質を損ない、忠実な再生をむずかしくするため、最も重要な特性の1つである。本文はこのワウ・フラッタに寄与する要因を考察し、実験との対応を試みた結果についての報告である。</p>	<p>制御用双方向光伝送システム 橋本 勉・竹居敏夫・須崎 渉・三井 茂・新谷 健 三菱電機技報 Vol.52・No.4・P326～329</p> <p>光ファイバは広帯域性、耐誘導雑音性に優れ、各種の信号伝送への適用が考えられている。今回、光ファイバ伝送による制御用監視制御システムの基本的モデルとして開発し、光IC／ファイバ国際会議併設展示会に出展した制御用双方向光伝送システムの結果について報告する。このシステムの特長は、1本の光ファイバを用いて2つの光信号を双方向に伝送すること、光信号を分割して同時に2台のカラーテレビ受像機に画像を映し出すことである。</p>
<p>規格形エレベータ《エレベット》の制御方式 小沢靖彦・田辺富男・鈴木茂彦 三菱電機技報 Vol.52・No.4・P322～325</p> <p>中低速エレベットの乗心地を単相力行制御により改善し、高速《エレベット》は加速終了時と減速開始時のジャークを減らす改良とともに、高揚程用に再床合せ装置を加えた。いずれの速度制御方式にも大電力用トライアックを採用し、回路構成を簡素化して信頼性を一層向上させた。故障自動通報システムに簡易形を追加し、停電時自動着床装置はエレベータの持つ運動のエネルギーや不平衡トルクを活用する経済性の高い方式を開発した。</p>	<p>論理回路図自動作画システム(LODAS) 伊藤重治・西村芳朗・井上真典・加藤礼二・中塚久世 三菱電機技報 Vol.52・No.4・P330～334</p> <p>論理装置製作に果たす回路図の役割は大きい。近年の技術革新に伴う設計、変更量の増大はまた図面作成の工数とミスの増大を生じている。この図面品質の向上と設計工数の削減を図るために、論理素子間の接続関係を与えるだけで用紙上での論理シンボルの配置、シンボル端子間の配線の最適決定を行い、論理回路図を自動的に作成するシステムを開発した。このシステムへの入力情報は、設計情報マスタに登録され、他のCAD・CAMシステムにも利用される。</p>

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 326~29 (1978)

A Bidirectional Optical-Fiber Transmission System for Control Applications

by Tsutomu Hashimoto, Toshio Takei, Wataru Suzuki, Shigeru Mitsui & Takeshi Shintani

The superior broad-band characteristics and resistance to inductive noise possessed by optical fibers have suggested their use for a variety of signal-transmission applications. The article describes a bidirectional optical-fiber transmission system for control applications that has been developed as the basis for an optical-fiber monitoring and control system and exhibited at the 1977 International Conference on Integrated Optics and Optical-Fiber Communication. The most outstanding feature of this system is that it achieves bidirectionality using a single optical fiber, and that it branches the optical signal to output displays on two color TV receivers.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 318~21 (1978)

An Analysis of Wow and Flutter in Cassette Tape Recorders

by Masao Kawaji & Etsuo Murayama

Thanks to improvements in tape characteristics and the appearance of the Dolby noise-reduction system, cassette tape recorders have recently grown rapidly in popularity for hi-fi applications, and this in turn has increased the severity of demands for high-quality reproduction. One of the most important factors in performance is wow and flutter, which makes it more difficult to obtain playback with quality approaching that of the source signal upon successive repetitions of the recording and playback process. The article takes up the factors contributing to wow and flutter, and reports on the results of tests and steps designed to improve actual performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 330~34 (1978)

The LODAS System for Automatic Drafting of Logic Circuit Diagrams

by Shigeharu Ito, Yoshiro Nishimura, Shinsuke Inoue, Reiji Kato & Hisayo Nakatsuka

In the manufacture of logic equipment, circuit diagrams play an important role, but the technological advances of recent years have resulted in increases in the volume of design work and the number of alterations, as well as in the number of production processes and of errors. In order to improve the quality of drawings, and reduce the number of processes to produce them, a system has been developed that, given simply the connective relationships among logic elements, will arrange logic symbols on paper, and determine optimum routing between symbol terminals, thereby automating the production of logic diagrams. Input data for this system is retained in a design data master file for use with other computer-aided design and manufacturing systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 4, pp. 322~25 (1978)

A Control System for the ELEPET Standardized Elevator

by Yasuhiko Ozawa, Tomio Tanabe & Shigehiko Suzuki

It has been possible to improve the riding characteristics of medium- and low-speed ELEPETs by means of single-phase control of powering, and to reduce jerks at the end of acceleration and the beginning of deceleration, as well as to incorporate a releveling device for installations with long elevator travel. In both speed-control systems, reliability has been raised by the use of high-power triacs and simplified circuitry. A simplified type of automatic fault-reporting system has been added, and a highly economical emergency-landing device has been developed that makes use of the energy of motion and unbalanced torque of the elevator.

大容量MOS RAM

市山寿雄*・田中正**・谷口真*・飛田洋一**・有田豊**

1. ま え が き

1971年に1,024ビットのダイナミックMOS RAMが発表されて本格的なICメモリの時代に入ってから、ICメモリは主にコンピュータのメインメモリ用として着実な発展をとげてきた。技術革新の著しいLSIの中でもICメモリは常にその最先端にあり、新技術の先導役となってきた。1チップあたりのメモリ容量は2～3年で4倍の割合で増加し、現在ではダイナミック形では16Kビットが、スタティック形では4Kビットが主流になろうとしている。この間の生産技術の向上は著しく、歩留りが向上するにつれビットあたりの価格は急激に下がり、現在ではコアメモリをはるかにしのぐものになっている。メモリと言えばICメモリしか思い浮かばない時代が間もなく来るであろう。このようなICメモリの発展に伴い、それまでメモリを使用しなかった分野でもメモリを盛んに使用するようになってきており、マイクロプロセッサの出現と相まって電子業界に一大変革が起ころうとしている。

ICメモリを大別すると、高性能、高密度を特長とするダイナミックRAMと、使いやすさを特長とするスタティックRAMとに分類できる。本稿では両者の代表として、当社製の16KビットダイナミックMOS RAM M58759 Sと、4KビットスタティックMOS RAM M58724 Sの紹介を行う。

2. 16 K ビット ダイナミック MOS RAM

16KビットダイナミックMOS RAMに使用するパッケージとピン配置は早くから統一する動きがあった。これは4KビットダイナミックMOS RAMにおいて各メーカが独自のパッケージとピン配置を使用したため、メーカ間の互換性がなく市場が混乱したためである。16KビットダイナミックMOS RAMに使用されるパッケージは16ピン形標準DILパッケージである。この16ピンパッケージにチップを入れることが最も難しい点であった。このために幾つかの工夫がなされている。本稿ではこれらの製造上の新しい技術及び設計上のポイントについて述べる。

2.1 製品概要

今回開発した16KビットダイナミックMOS RAM M58759 S(MK 4116相当)の主な仕様は次のとおりである。

- (1) 最大アクセス時間：200ns
 - (2) 最大消費電力：462mW
 - (3) リフレッシュ時間：2ms
 - (4) 128リフレッシュサイクル
 - (5) リードサイクル、アーライトサイクル（出力端子が高インピーダンスになるライトサイクル）、リードモディファイライトサイクルはすべて同一サイクル時間で実行可能
 - (6) リードサイクルとアーライトサイクルだけでICを動作させれば、ICのデータ入力端子とデータ出力端子の共通使用可能
 - (7) ページモード動作可能（アクセス時間とサイクル時間を速くする動作である）
 - (8) $\overline{\text{RAS}}$ オンリーリフレッシュ動作可能（出力端子を高インピーダンス状態にしたままメモリセルをリフレッシュする動作である）
 - (9) すべての入出力端子はTTLコンパティブル
 - (10) アドレス入力のマルチプレクス方式の採用（行アドレス信号と列アドレス信号を時間分割でICに与える方式である）
- このようにM58759 Sは従来のダイナミックRAMに比べて実装密度が高く、使いやすい製品である。図1.にM58759 Sのチップ写真を示す。

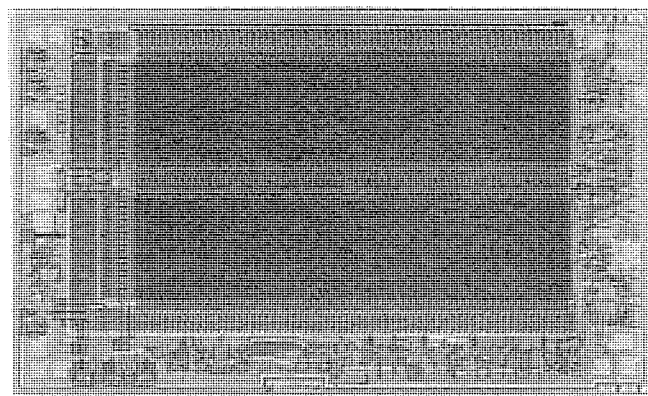


図 1. M58759 S のチップ写真

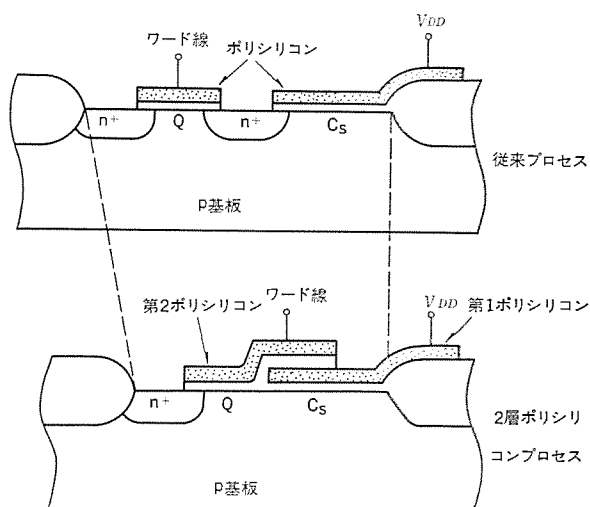


図 2. メモリセルの断面構造図

態にしたままメモリセルをリフレッシュする動作である）

(9) すべての入出力端子はTTLコンパティブル

(10) アドレス入力のマルチプレクス方式の採用（行アドレス信号と列アドレス信号を時間分割でICに与える方式である）

このようにM58759 Sは従来のダイナミックRAMに比べて実装密度が高く、使いやすい製品である。図1.にM58759 Sのチップ写真を示す。

2.2 Nチャンネル2層ポリシリコンゲートMOSプロセス

このような16KビットダイナミックRAMを実現するために1トランジスタ形メモリセルを使用し、製造技術としてはメモリセルにポリシリコンを2層使用したNチャンネルシリコンゲートMOSプロセスを採用した。この方式によるメモリセルの断面構造図を従来のプロセスで作られたメモリセルの断面構造図と比較して図2.に示す。

2層ポリシリコンプロセスによるメモリセルではスイッチトランジスタQとデータを蓄積するメモリ容量Csとの間に拡散領域がなく、メモリセル面積は従来より25%程度小さくなった。データを蓄積するメモリ容量Csは第1ポリシリコンで構成され、スイッチトランジスタQは第2ポリシリコンで

構成される。メモリセル以外の周辺回路のゲート電極は製造技術と製品の動作特性から検討した結果、第1ポリシリコンを使用した。

2.3 設計のポイント

集積度と電気的特性とを向上させるため、設計的に次のような工夫がなされている。

(1) アドレスバッファ回路のマルチプレクス化

行アドレスバッファ回路と列アドレスバッファ回路とを1個のアドレスバッファ回路で両方の機能を果たすようにした。これによってアドレスバッファ回路の数が従来の半分にになり、高密度化に寄与した。

(2) センティアンプ回路の高感度化、ダイナミック化

4 Kビットダイナミック RAM に比べ、センティアンプ回路の入力信号が小さくなり、かつセンティアンプ回路の数が2倍になっている。このためセンティアンプ回路の高感度化、ダイナミック化が重要なポイントとなった。

(3) デコーダ回路の2ウェー化

1本のデコーダ回路で2本のワード線を制御するこの方式は、メモリセルの寸法を小さくすることを可能とし高密度化に役立っている。

2.3.1 全体の回路構成と信号の流れ

図3に全体の回路構成と信号の流れを示す。 $\overline{\text{RAS}}$ (Row Address Strobe) 信号はアドレスバッファ回路、行デコーダ回路、センティアンプ回路を制御する。更に $\overline{\text{CAS}}$ (Column Address Strobe) バッファ回路も制御する。 $\overline{\text{CAS}}$ 信号はアドレスバッファ回路、列デコーダ回路、出力バッファ回路、R/W バッファ回路、データ入力バッファ回路を制御する。

アドレスバッファ回路はマルチプレクス化されているため1サイクルに2回動作することになる。

2.3.2 レイアウト構成

LSI のレイアウト構成はその LSI の性能やチップ面積に大きな影響を与える重要な要因である。このレイアウト構成には幾つかの方法が考えられるが、我々はセンティアンプ回路の動作の安定性が優れている図4のレイアウト構成を採用した。

センティアンプ回路を中央に、その上下に8 Kビットのメモリアレイ、その外側に列デコーダを配置したこのレイアウトはセンティアンプ回路のバランスが最もとりやすく、しかもビット線の容量も最小にできるため、センティアンプ回路の感度を最高にすることができる。

このレイアウト構成はデータ入力信号と同相 (I/O) 及び逆相 ($\overline{\text{I/O}}$) の信号を使用して、メモリセルへのデータの書き込みと読み出しを行うため、高速かつ低消費電力のデータ書き込み、読み出しが実行できる。

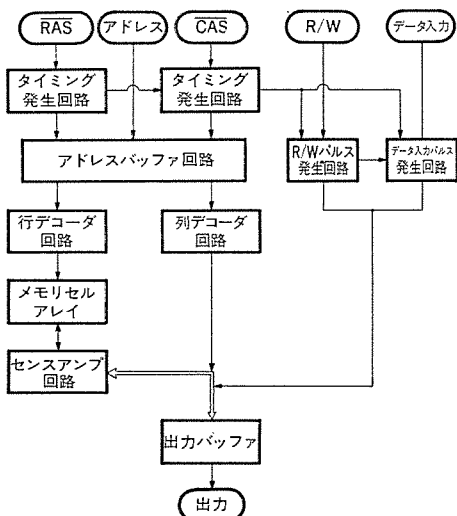


図3. M 58759 S の全体の回路構成と信号の流れ

2.3.3 センティアンプ回路

1本のビット線に接続するメモリセルの数は64個で、4 Kビットダイナミック RAM のときの2倍になる。このためビット線の容量とメモリセルのデータ蓄積容量の比は4 Kビットダイナミック RAM のときより大きくなる。これはセンティアンプ回路の入力信号が小さくなることを意味し、センティアンプ回路の感度を従来よりよくする必要がある。

一方、センティアンプ回路の数も128個で4 Kビットダイナミック RAM のときの2倍になっているため、消費電力の点からセンティアンプ回路には小形のダイナミック回路を採用する必要がある。我々は以上の条件を満足する回路として図5の回路を採用した。

この回路は図6のようなタイミングで動作する。まずビット線をスタンバイ時に V_{DD} レベルまで充電させておき、メモリセルからデータを読み出した後センティアンプ回路を動作させ、メモリセルの内容が“H”レベルのときはそのメモリセルが接続されたビット線を“H”レベルのまま保持し、メモリセルの内容が“L”レベルのときはそのメモリセルが接続されたビット線をGNDレベルまで放電させる。

この回路の特長は、センティアンプ回路を構成するトランジスタ数が少なく、高密度化に適していることである。また回路構成が簡単なため、センティアンプ回路の左右の容量バランスがとりやすく、高感度化にも適している。トランジスタ Q_1 、 Q_2 と Q_3 は左右のビット線をスタンバイ時に V_{DD} レベルまで充電するためにおかれている。トランジスタ Q_4 と Q_5 で構成された回路はメモリセルの内容を検知し増幅する働きをする。

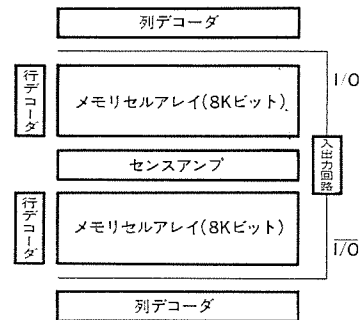


図4. M 58759 S のレイアウト構成図

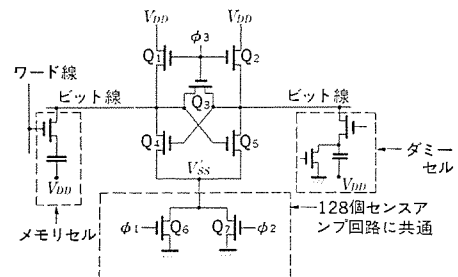


図5. M 58759 S のセンティアンプ回路図

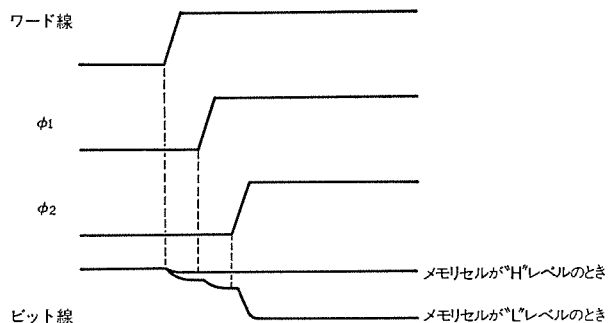


図6. M 58759 S のセンティアンプ回路の動作

トランジスタ Q_6 と Q_7 は全 センサンプ回路に共通に使用されているものであり、センサンプ回路の高感度化のための重要なポイントになっている。センサンプ回路を高感度にするためには V_{SS} の放電時間を長くする必要がある。しかしこの放電に時間がかかり過ぎてはアクセス時間が遅くなり高速化できない。この相反する2つの要求を満足するために V_{SS} の放電はトランジスタ Q_6 と Q_7 で行われる。 Q_6 はメモリセルからデータが読出された後、 V_{SS} を徐々に放電させてセンサンプ回路をゆっくり動作させる。これによってセンサンプ回路の入力信号は検知され、少し増幅される。入力信号がある程度増幅された後、 Q_7 がオンしてセンサンプ回路の動作を速くする。

このようにセンサンプ回路の動作を2段階で行うことにより、センサンプ回路の高感度化と高速化が可能となった。

2.4 実測特性

M 58759 S の実測特性は次のとおりである。

\overline{RAS} 信号からのアクセス時間の平均値は 143 ns である。 \overline{RAS} アクセス時間と \overline{CAS} アクセス時間の関係を図 7. に示してあり、周囲温度、電源電圧とも最悪値における測定である。

電源電流波形を図 8. に示す。この電源電流のほとんどが AC 電流であり、 V_{DD} 電源の平均電流は 25 mA である。したがってこのときの消費電力は 330 mW である。

今回開発した 16K ビットダイナミック MOS RAM は以上のようにア

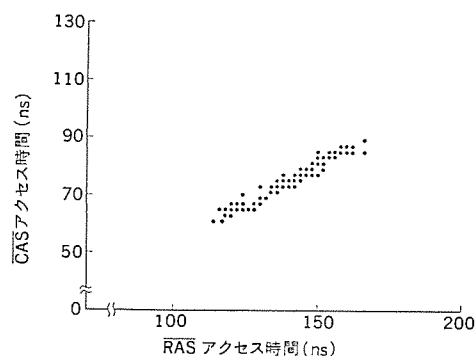


図 7. M 58759 S の \overline{RAS} アクセス時間と \overline{CAS} アクセス時間

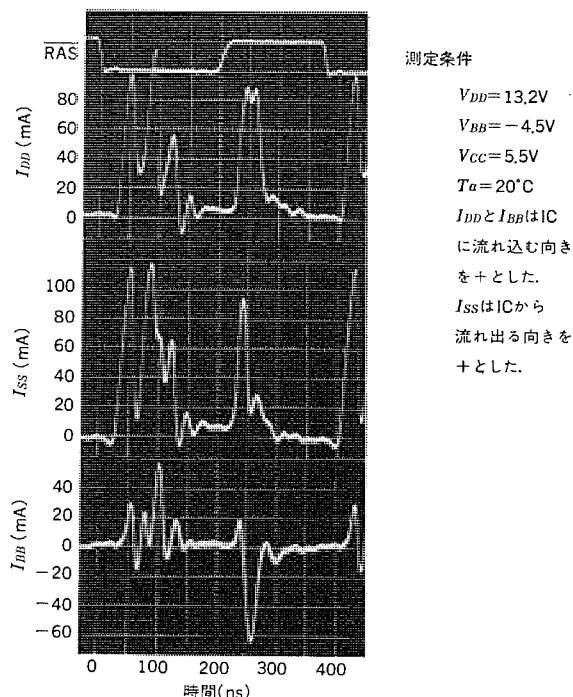


図 8. M 58759 S の電源電流波形

クセス時間、消費電力とも良好な結果が得られた。

3. 4 K ビット スタティック MOS RAM

M 58724 S (i2114 相当), M 58754 S (TMS 4044 相当) はそれぞれ 1 Kワード \times 4 ビットと、4 Kワード \times 1 ビット構成のスタティック MOS RAM である。ショートチャンネルのトランジスタの採用とパターンの微細化により、従来の4倍のメモリ容量を1チップに収めることに成功した。ここでは、M 58724 S の技術的内容について述べる。

3.1 製品概要

図 9. に M 58724 S のチップ写真を示す。入力と出力を共通にした I/O 端子を採用することで 18 ピンパッケージに収められている。アクセスタイム規格により、200 ns, 300 ns, 450 ns の3種類があり、標準消費電力は 250 mW である。当社の 1 Kビットスタティック MOS RAM M 58751 P と比較すると、アクセスタイムは 450 ns から 200 ns になり、ビットあたりの消費電力は半分になるなど特性は一段と向上した。 $+5V$ の単一電源で動作し、入出力は TTL コンパティブルである。更にダイナミック RAM のようにクロックを必要とせず、リフレッシュ操作も不要であるなど非常に使いやすい製品である。

3.2 メモリセル

メモリセルは図 10. に示すように 6 素子形のフリップフロップである。負荷トランジスタにデプレッション形トランジスタを使用した ED-MOS 構成を採用した。セルサイズを小さくするため、新たに開発したプロセスによりトランジスタのショートチャンネル化を図った。その結果、従来の 60% 程度のトランジスタサイズで同じだけの電流駆動能力が得られた。また、アルミの配線幅・間隔、コンタクト寸法などの設計基準も一段と厳しくした結果、従来の 55% のセルサイズに縮小することができた。

3.3 設計のポイント

一般に MOS IC の動作速度は内部の寄生容量と、その容量を充放

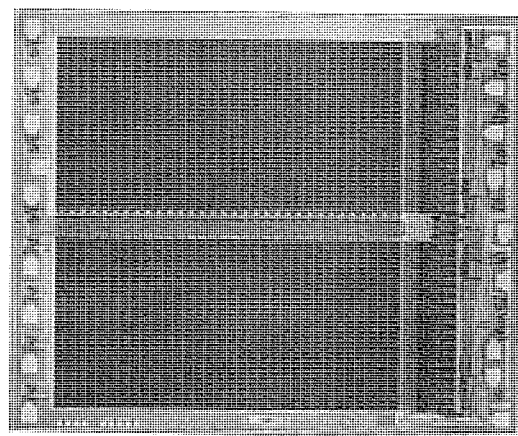


図 9. M 58724 S のチップ写真

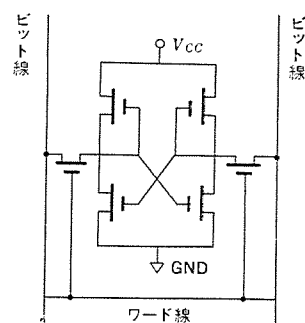


図 10. M 58724 S のメモリセル

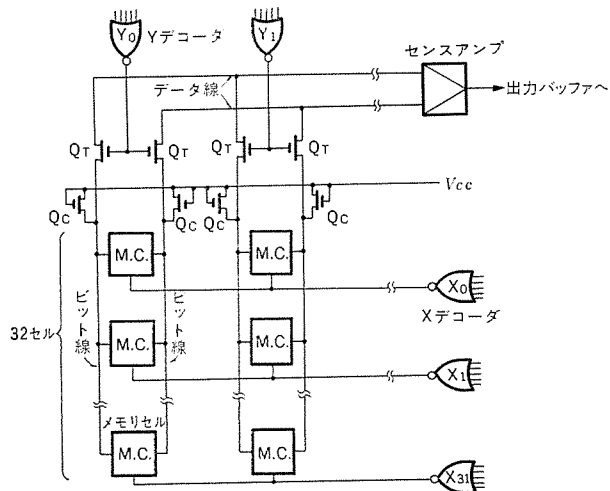


図 11. 従来の 1 K ビット RAM (M 58751 P) の回路構成

電するトランジスタの特性に大きく依存している。M 58724 S ではショートチャンネル化でトランジスタの特性を向上し、微細パターン化でチップ面積を縮小することで寄生容量を減少させ、更に回路上の工夫を行うことで高速化を実現した。

高速化のため回路工夫した点について次に述べる。説明のため、図 11. に 1 K ビットスタティック MOS RAM M 58751 P の回路構成を示す。スタティック RAM を高速化するうえで最大のネックになるのは、図 11. のビット線の充放電である。ビット線はメモリアレイの端から端まで達し、その長さは M 58751 P では 2 mm にも及び、そのためその寄生容量はかなり大きくなり、1 ~ 2 pF となる。メモセルからデータを読み出す際にはこの大きな容量を小さなメモセルで放電しなければならない、150 ~ 200 ns もの放電時間を要する。また、ビット線には充電用の補助トランジスタ Q_C がつけてあるが、メモセルとのパランスの関係上大きなトランジスタはつけられない。そのため、ビット線の充電にも長時間を要する。1 K ビットスタティック RAM ではこの 1 対のビット線に接続しているセルの数は 32 であるが、4 K ビットスタティック RAM では倍の 64 になり一段と寄生容量が増え、高速化の障害となる。そのため、従来と同じ回路構成をそのまま踏襲するだけでは特性の改善は望めず、むしろ悪化してしまう。1 K ビットスタティック RAM では、図 11. のようにビット線はトランジスタ Q_T を介してデータ線と直列に接続されていた。そのため、ビット線の容量にデータ線の容量が加わったものが全体の寄生容量となっていた。4 K ビットスタティック RAM でこの方式を採用すると、3 ~ 4 pF もの寄生容量となりアクセスタイムは遅くなってしまふ。そこで、M 58724 S では図 12. のようにビット線とデータ線との間にセンスアンプを設け、ビット線とデータ線を分離するようにした。この方式により、メモセルが駆動しなければならないのは純粋にビット線の容量だけになる。センスアンプは 2 列ごとに 1 個設け、各列の切換えは A_6 , \bar{A}_6 で行うようにした。2 列ごとに 1 個としたのは、1 列ごとに設置する場合よりもセンスアンプ及び Y デコーダの数が半分にになり、面積が小さくでき、しかも消費電力が減らせるからである。

高速化の設計上でもう 1 つのポイントは、いかに高感度のセンスアンプを実現するかということである。前述したように、ビット線の充放電速度は遅いので、充放電が完了するのを待っていたのでは極

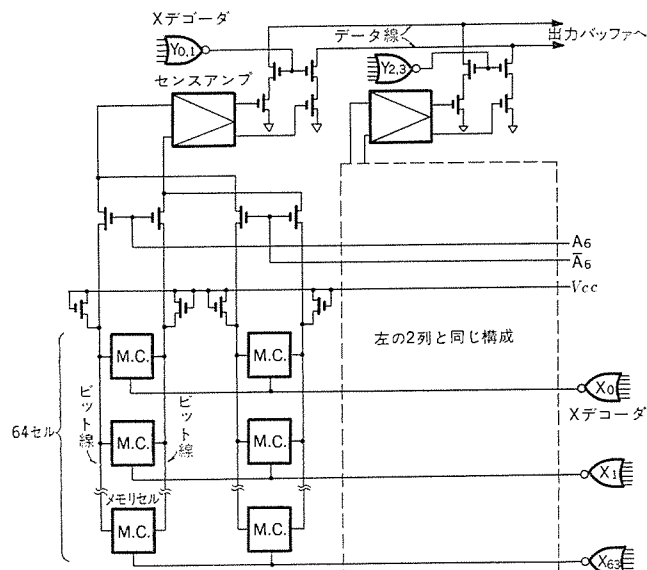


図 12. 4 K ビット RAM (M 58724 S) の回路構成

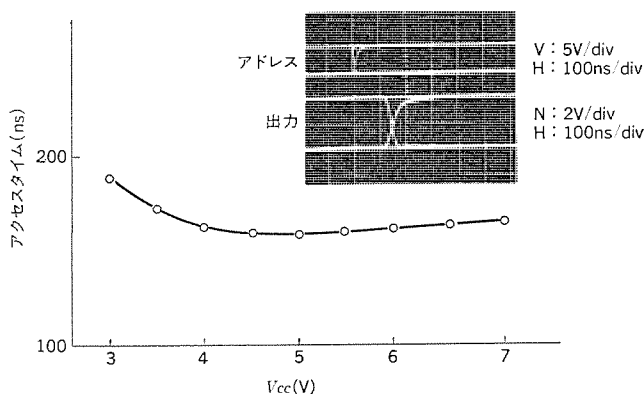


図 13. アクセスタイムの電源電圧依存性及び出力波形

めてアクセスタイムが遅くなってしまふ。高速化のためには、充放電の途中の中間電圧で確実に動作するセンスアンプが必要となる。今回 M 58724 S 用に設計したセンスアンプは 2 本のビット線を入力とする差動増幅器形である。その感度は極めて高く、実測では 2 個の入力の電位差が 200mV あれば動作することを確認した。

以上のように、M 58724 S では回路構成上の工夫と、高感度センスアンプの採用で高速化を図った。

3. 3 実測特性

実測したアクセスタイムの電源電圧依存性と、出力波形の例を図 13. に示す。このようにアクセスタイムは十分速く、電源電圧による変動も極めて少ない良好な結果が得られた。

4. む す び

以上、代表的な大容量メモリである 16K ビットダイナミック MOS RAM、及び 4 K ビットスタティック MOS RAM について述べた。半導体技術の発展は加速度的であり、超 LSI 時代の到来も間近であると言われている。IC メモリにおいても、既に 64K ビットダイナミック MOS RAM が一部で発表されるなど大容量化をめぐる情勢の変化は極めて急激である。大容量化は IC メモリに課せられた宿命であり、今後とも新技術を取り入れながら限りなく大容量化が進められていくであろう。

4ビット ワンチップ マイクロコンピュータ

—A/D変換器、タッチキーボードインタフェース内蔵—

松尾和義*・藤田紘一*・山田園裕*・磯田勝房*・畑田昭良*

1. ま え が き

機械装置においては、その価格の10%程度が電子部品であり、その中の1/2程度が制御回路であり、残り1/2はエネルギー変換及びインタフェースで構成されていることがたびたびある。この制御回路にマイクロプロセッサが用いられる。マイクロプロセッサ開発初期段階では、CPUの価格は10万円を超えており、したがって応用製品も産業用の機械装置の中価格の比較的高いものであった。今やCPUの価格は8ビットで数千円、4ビットのものは更に安価である。更に最近は一チップの中にCPUの外にメモリ、周辺回路の一部を内蔵するマイクロコンピュータが出現し、性能価格比が徐々に改善されて家電製品のうち数万円以上するものに適用できる段階に達した。当初は高価な家電製品にだけしか使用されないであろうが、1度使用され始めてマイコンの機能が使いこなされ、装置の制御機能がより高級になると多くの家電製品に应用が広がり始める。このようにして制御の質の転換が需要量の向上を呼び、量の飛躍がマイコンの生産コストの低減につながり、連鎖反動的に低価格家電製品へと応用面の拡大が波及していくと思われる。筆者らは、この市場動向に答えるべく4ビットワンチップマイクロコンピュータを開発した。既に多くの4ビットマイコンが市販されているが、今回報告するものは入出力回路としてA/D変換器と、タッチキーボードインタフェース内蔵するものである。本文ではそのハードウェア、ソフトウェア、開発支援システム、及びその応用について述べる。

2. 4ビット ワンチップ マイクロコンピュータ

2.1 概 要

近年の集積回路技術は、CPU、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、I/Oインタフェース回路、クロックゼネレータなど、コンピュータとしての機能を得るために必要な回路ブロックをすべてワンチップに集積したワンチップマイクロコンピュータを生んだ。

各種機器装置は、価格性能比と信頼性の向上から電子化が推進されている。この電子化の立役者として、とりわけマイクロコンピュータが注目されている。それぞれの応用機器に対して、それが最適な専用のマイクロコンピュータは存在するであろうが、経済的な見地から既存の標準マイクロコンピュータを採用しているのが現状である。

筆者らは、電子化が推進されている機器装置の1つの大きな要求として、制御モードの中で取扱うアナログ信号を直接処理するマイクロコンピュータの分野があることに着目し、A/Dコンバータを内蔵する4ビットワンチップマイクロコンピュータの開発に着手した。この4ビットワンチップマイクロコンピュータの仕様を決定するに当たり次のことに留意した。標準マイクロコンピュータの実使用に当たっては、常に冗長性、最適性が問題になる。

これに対処するため、将来の機能の展開を考慮して、論理設計を進めた。すなわち、15チャンネルのアナログ入力、大形けい光表示管を直接駆動する出力ポートなど、可能な限りの周辺回路を内蔵させ、またソフトウェアに関しては、ワンチップというハードウェアの制限の中で

得られるより高い性能を実現するため、プログラムステップ数の効率の向上のため1語命令を主体とした複数機能命令体系とすることを考慮した。

2.2 ハードウェアの構成と機能

M58840- $\times\times\times$ Pの概要を表1に、そのブロック図を図1に示す。各回路ブロックは、4ビットのバス3組を中心に配置され、データの転送はすべてこのバスを介して行われる。制御部分は、PLA (プログラムロジックアレイ) とし、バスは専用バス方式とせず共通バス方式を採用した。このことにより内部操作の制御をPLAに集中させることができる。

また、内部制御機構をより単純化するためすべての命令実行時間を等しくし、また、共通バスを3組持たせることにより、一命令の処理能力を大きくした。

M58840Pの外部とのコミュニケーションは、割込み端子と3組の入

表1. M58840- $\times\times\times$ Pの性能概要

品 種		M 58840-×××P	
プ ロ セ ス		P チャンネル E/D MOS	
命 令 数		68 種	
命 令 実 行 時 間		10 s	
サブルーチン ネスティング数		3 段 (含割込み 1 段)	
ク ロ ッ ク ゼ ネ レ ー タ		内蔵 (CR 又はセラミックフィルタ外付)	
A/D コ ン バ ー タ		内蔵 (8 ビット 15 チャンネル)	
メ モ リ 容 量	ROM	2,048×9 ビット	
	RAM	512 ビット	
ポ ー ト	入 力	タッチキー	15 ビット (タッチキーインタフェース内蔵)
		ポ ー ト S	4 ビット×2
		ポ ー ト D	11 ビット
	出 力	ポ ー ト S	8 ビット*
		ポ ー ト D	11 ビット**
		入 出 力 特 性	入出力耐電圧
出 力 電 流	-8 mA/ポート出力, -15 mA/ディスクリート出力		
電 源		-15 V	
パ ッ ケ ー ジ		40 ピンプラスチック	
消 費 電 力		250 mA (標準)	
動 作 温 度		-10~75°C	

*, ** 大形けい光表示管直接駆動可能

* 大形LED直接駆動可能

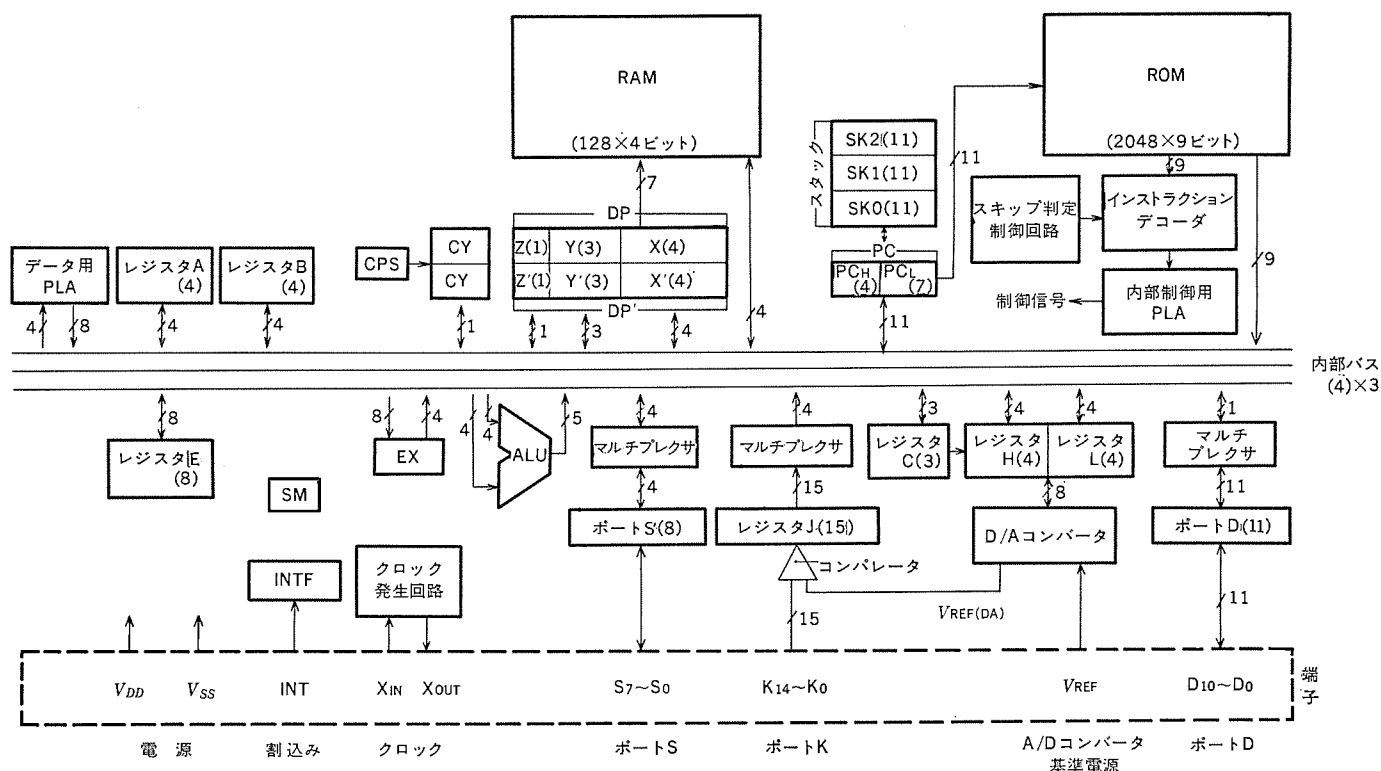


図 1. M58840-xxP のブロック図

出力ポートにより行われる。入出力ポートとしては、ポートD (11ビット)、ポートS (8ビット)、アナログ入力ポートとしてポートK (15ビット) を持つ。ポートD は、1ビットずつ個別に入出力処理を行うことができる 11ビット構成のポートで、ビット指定は内部レジスタYにより行われる。キーボードやディスプレイのデシット信号としてはもとより、M58840-xxPにより制御されるべきスイッチなどのオン・オフと、外部ステータスのテストに使用される。-15mAの電流を流す能力を持ち大形けい光表示管を直接駆動する。ポートSは、出力時には8ビットを1度に、入力時には4ビットずつ個別に処理する入出力ポートである。セグメントデータの出力や、外部ラッチとのデータのやり取りに使用される。ポートKは、15ビットのアナログ入力ポートで、各ビットごとにアナログデータを8ビットのデジタル値に変換する。このポートKに、各種のアナログセンサやタッチキーが取付けられる。

データ処理は、ALU、スキップ判定回路、データ操作回路、データ用PLAと各レジスタにより実行される。

ALUは、加算とインクリメントとデクリメント、スキップ判定回路は、スキップの条件判定を行う。スキップ判定回路はデータの排他的論理和、データ比較、データ補数変換、ビット操作など、それぞれのレジスタなどに分散重複していた諸機能を1つに集中させたものである。データ用PLAは4ビットのアクкумуляタのデータを8ビットにデコードする。このPLAは、16個のAND論理回路と8個のOR論理回路を使って構成されており、任意に組合せて使用者の目的に合うデコーダを構成することができる。

レジスタは、一般の4ビットマイクロコンピュータに比べ多く持っている。データポイントレジスタ (以後データポイントと称する) は、RAMのアドレスを指定するレジスタである。RAMは16語単位の8つのファイルに分かれており、このファイル間のデータ転送などを1つのデータポイントで能率よく行うため、データポイントのファイル指定ビットを命令のイメディエート値により修飾可能としている。データポイントは2組持ち、

割込み処理及びRAMのデータ処理をより強力なものにする。

このほかにレジスタ類には、ALUの演算結果を格納するレジスタA、テンポラリレジスタとして使われるレジスタB、ポートSにより出力するデータを保持するレジスタE、D/A変換のデジタル値を指定するレジスタHとレジスタL、レジスタHとレジスタLのビットポインタであるレジスタCがある。

プログラムカウンタは7ビットの純2進カウンタと、4ビットのページ指定を行うレジスタより構成されている。スタックを3個持ち、サブルーチン呼出しのネスティングを3段まで可能としている。

2.3 命令

M58840-xxPの命令セット (表2.) は、1語命令を主体に (1語命令56, 2語命令4, 3語命令2) 構成され、次のように分類される。

- (a) レジスタ間転送命令
- (b) RAM・レジスタA間転送命令
- (c) RAMアドレス命令
- (d) 演算命令
- (e) データ比較命令
- (f) ビット操作命令
- (g) 割込み命令
- (h) ROMアドレス命令
- (i) A/Dコンバータ命令
- (j) 入出力命令
- (k) その他

M58840-xxPは、プログラム格納用のROMが内蔵され、このためM58840-xxPの命令は、プログラムステップ数を節約するため次に示す特長を持つ。

(1) 複数機能命令を持つ

複数機能命令とは1つの命令で複数の機能を実現可能としたもので

表 2. M58840- $\times \times \times P$ の 命 令

項目 分類	ニモニック	語	マシ ン サイクル	機 能	スキップ条件	CY
レジスタ 間 転 送 命 令	TAB	1	1	$(A) \leftarrow (B)$	—	—
	TBA	1	1	$(B) \leftarrow (A)$	—	—
	TAY	1	1	$(A) \leftarrow (Y)$	—	—
	TLA	1	1	$(L) \leftarrow (A)$	—	—
	THA	1	1	$(H) \leftarrow (A)$	—	—
	TEAB	1	1	$(E_7 \sim E_4) \leftarrow (B) \quad (E_3 \sim E_0) \leftarrow (A)$	—	—
	TEPA	1	1	$(E_7 \sim E_0) \leftarrow \text{データ用PLA} \leftarrow (A)$	—	—
	TAJ	1	1	$(Y_1 Y_0) = 0 \quad (A) \leftarrow (J_3, J_2, J_1, J_0)$ $(Y_1 Y_0) = 1 \quad (A) \leftarrow (J_7, J_6, J_5, J_4)$ $(Y_1 Y_0) = 2 \quad (A) \leftarrow (J_{11}, J_{10}, J_9, J_8)$ $(Y_0 Y_1) \quad A \leftarrow (X, J_{14}, J_{13}, J_{12})$	—	—
	XAL	1	1	$(A) \leftrightarrow (L)$	—	—
	XAH	1	1	$(A) \leftrightarrow (H)$	—	—
RAM・レジスタ 間転送命令	TAM j	1	1	$(A) \leftarrow (M_{(DP)})$ $(X) \leftarrow (X) V_j \quad (j=0 \sim 3)$	—	—
	XAM j	1	1	$(A) \leftrightarrow (M_{(DP)})$ $(X) \leftarrow (X) V_j \quad (j=0 \sim 3)$	—	—
	XAMD j	1	1or2	$(A) \leftrightarrow (M_{(DP)}), \quad (Y) \leftarrow (Y) - 1$ $(X) \leftarrow (X) V_j \quad (j=0 \sim 3)$	$(Y)=15$	—
	XAMI j	1	1or2	$(A) \leftrightarrow (M_{(DP)}), \quad (Y) \leftarrow (Y) + 1$ $(X) \leftarrow (X) V_j \quad (j=0 \sim 3)$	$(Y)=0$	—
RAMアド レス命令	TYA	1	1	$(Y) \leftarrow (A)$	—	—
	LXY x, y	1	1or2	$(X) \leftarrow x \quad (x=3 \sim 0)$ $(Y) \leftarrow y \quad (y=15 \sim 0)$	連続記述	—
	LZ z	1	1	$(Z) \leftarrow Z \quad (z=0,1)$	—	—
	INY	1	1or2	$(Y) \leftarrow (Y) + 1$	$(Y)=0$	—
	DEY	1	1or2	$(Y) \leftarrow (Y) - 1$	$(Y)=15$	—
演 算 命 令	LCPS i	1	1	$(CPS) \leftarrow i \quad (i=0,1)$	—	—
	LA n	1	1orn	$(A) \leftarrow n \quad n=15 \sim 0$	連続記述	—
	AM	1	1	$(A) \leftarrow (A) + (M_{(DP)})$	—	—
	AMC	1	1	$(A) \leftarrow (A) + (M_{(DP)}) + (CY)$ $(CY) \leftarrow \text{キャリ}$	—	S/R
	AMCS	1	1or2	$(A) \leftarrow (A) + (M_{(DP)}) + (CY)$ $(CY) \leftarrow \text{キャリ}$	$(CY)=1$	S/R
	A n	1	1or2	$(A) \leftarrow (A) + n$	キャリ=0 (ただしn=6を除く)	—
	SC	1	1	$(CY) \leftarrow 1$	—	S
	RC	1	1	$(CY) \leftarrow 0$	—	R
	SZC	1	1or2	—	$(CY)=0$	—
	CMA	1	1	$(A) \leftarrow (\bar{A})$	—	—
比較 命令	SEAM	1	1or2	—	$(A) = M_{(DP)}$	—
	SEY y	1	1or2	—	$(Y) = y$ $y=15 \sim 0$	—
	ビット 操作命令	1	1	$(M_{j(DP)}) \leftarrow 1 \quad j=3 \sim 0$	—	—
割 込 命 令	RB j	1	1	$(M_{j(DP)}) \leftarrow 0 \quad j=3 \sim 0$	—	—
	SBZ j	1	1or2	—	$(M_{j(DP)}) = 0$ $j=3 \sim 0$	—
	EI	1	1	INTF \leftarrow 1	—	—
割 込 命 令	DI	1	1	INTF \leftarrow 0	—	—
	INTH	1	1	Accept INT="High"	—	—
	INTL	1	1	Accept INT="Low"	—	—

項目 分類	ニモニック	語	マシ ン サイクル	機 能	スキップ条件	CY
R O M ア ド レ ス 命 令	B	0	1	$(SM)=0 : (PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_0$ $(SM)=1 : (PC_H) \leftarrow F_{16}$ $(PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_0$	—	—
	BM	0	1	$(SM)=0 : (SK_2) \leftarrow (SK_1) \leftarrow (SK_0)$ $\leftarrow (PC), (PC_H) \leftarrow E_{16}, (PC_L)$ $\leftarrow E_6 \sim E_0, (SM)=1$ $(SM)=1 : (PC_H) \leftarrow E_{16}, (PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_0$	—	—
	BL	0	2	$(PC_H) \leftarrow E_{10} \sim E_7$ $(PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_0 \quad SM=0$	—	—
	BML	0	2	$(SK_2) \leftarrow (SK_1) \leftarrow (SK_0) \leftarrow (PC)$ $(PC_H) \leftarrow E_{10} \sim E_7, (PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_0, SM=0$	—	—
	BA	0	2	$(SM)=0 : (PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_4, A_3 \sim A_0$ $(SM)=1 : (PC_H) \leftarrow F_{16}$ $(PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_4, A_3 \sim A_0$	—	—
	BMA	0	2	$(SM)=0 : (SK_2) \leftarrow (SK_1) \leftarrow (SK_0) \leftarrow (PC)$ $(PC_H) \leftarrow E_{16}$ $(PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_4, A_3 \sim A_0$ $(SM)=1$ $(SM)=1 : (PC_H) \leftarrow E_{16}$ $(PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_4, A_3 \sim A_0$	—	—
	BLA	0	3	$(PC_H) \leftarrow E_{10} \sim E_7$ $(PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_4, A_3 \sim A_0, (SM)=0$	—	—
	BMLA	0	3	$(SK_2) \leftarrow (SK_1) \leftarrow (SK_0) \leftarrow (PC)$ $(PC_H) \leftarrow E_{10} \sim E_7$ $(PC_L) \leftarrow E_6 \sim E_4, A_3 \sim A_0, (SM)=0$	—	—
	RI	1	1	$(PC) \leftarrow (SK_0) \leftarrow (SK_1) \leftarrow (SK_2) \quad (SM)=0$	—	—
	RT	1	1	$(PC) \leftarrow (SK_0) \leftarrow (SK_1) \leftarrow (SK_2) \quad (SM)=0$	—	—
	RTS	1	2	$(PC) \leftarrow (SK_0) \leftarrow (SK_1) \leftarrow (SK_2) \quad (SM)=0$	無条件スキップ	—
A/D コ ン バ ー タ 命 令	LC7	1	1	$(C) \leftarrow 7$	—	—
	DEC	1	1or2	$(C) \leftarrow (C) - 1$	$(C)=7$	—
	SHL	1	1	$(C_2)=0 : (L(C_1-C_0)) \leftarrow 1$ $(C_2)=1 : (H(C_1-C_0)) \leftarrow 1$	—	—
	RHL	1	1	$(C_2)=0 : (L(C_1-C_0)) \leftarrow 0$ $(C_2)=1 : (H(C_1-C_0)) \leftarrow 0$	—	—
	CPA	1	1	$(J) \leftarrow \text{ポートKの入力とD/A}$ コンバータの比較結果	—	—
	SZJ	1	1or2	—	$(J(Y))=0$ ただし、 $(Z)=1, 0 \leq (Y) \leq 14$	—
	CPAS	1	1	$(J) \leftarrow \text{ポートKの入力とD/A}$ コンバータの比較結果	—	—
	CPAE	1	1	CPASの実行を終了	—	—
	SD	1	1	$(D(Y)) \leftarrow 1 \quad (Z)=1 \quad 0 \leq (Y) \leq 10$	—	—
	RD	1	1	$(D(Y)) \leftarrow 0 \quad (Z)=1 \quad 0 \leq (Y) \leq 10$	—	—
入 出 力 命 令	SZD	1	1or2	—	$(D(Y))=0$ $(Z)=1, 0 \leq (Y) \leq 10$	—
	OSAB	1	1	$(S_7 \sim S_4) \leftarrow B \quad (S_3 \sim S_0) \leftarrow A$	—	—
	OSPA	1	1	$(S_7 \sim S_0) \leftarrow \text{データ用PLA} \leftarrow (A)$	—	—
	OSE	1	1	$S \leftarrow E$	—	—
	IAS i	1	1	$i=0 : (A) \leftarrow (S_7 \sim S_4)$ $A \leftarrow i=1 : (A) \leftarrow (S_3 \sim S_0)$	—	—
	CLS	1	1	$(S) \leftarrow 0$	—	—
	CLD	1	1	$(D) \leftarrow 0$	—	—
	CLDS	1	1	$(S), (D) \leftarrow 0$	—	—
	NOP	1	1	No Operation	—	—
	その他	1	1	No Operation	—	—

A : レジスタA

B : レジスタB

C : レジスタC

E : レジスタE

H : レジスタH

L : レジスタL

J : レジスタJ

X : レジスタX

Y : レジスタY

Z : レジスタZ

DP : データポインタ

(レジスタX, レジスタY, レジスタZで構成される)

CPS : 2組のDPとCYを選択するためのセレクト

PC : プログラムカウンタ

SK : スタック

CY : キャリーフラグ

D : ポートD

J : ポートJ

S : ポートS

SM : サブルーチンモード, フリップフロップ

 \leftarrow : データ転送方向 \leftrightarrow : データ交換

V : 排他的論理和

+ : 和演算

() : カッコ内に書かれた内容を示す

サフィクス : サフィクスを付けられたもののビットを示す

```

LZ  0 ..... } データポインタを3016に設定
LXY 30 ..... }
LABO TAM 1 ..... (A)←(M(DP)), (X)←(X)Vn
XAMI 1 ..... (A)←(M(DP)), (Y)←(Y)+1, (X)←(X)Vn skip if (Y)=0

```

B LABO.....LABOへ分岐

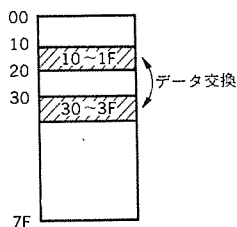


図 2. ファイルデータ 相互転送例

2つのファイル (RAM) 3016~3F16 と 1016~1F16 のデータを、レジスタAを介して相互交換する例で、プログラムはメモリ容量5語で実現する。命令 TAM~B を15回くり返し、16回目でBをスキップして、このルーチンを終了する。TAM, XAMI のオペランドのイメディエート値は、レジスタX と排他的論理和をとり、データポインタのファイル指定を変更する。この場合、TAM 実行中ではファイル指定は3であり、イメディエート値は1であるので、TAM 実行後にはファイル指定は1 (012←112V012) となる。(ただし、ファイルとは、RAM 領域を16語ずつ0番地より区切ったメモリブロックを指す)

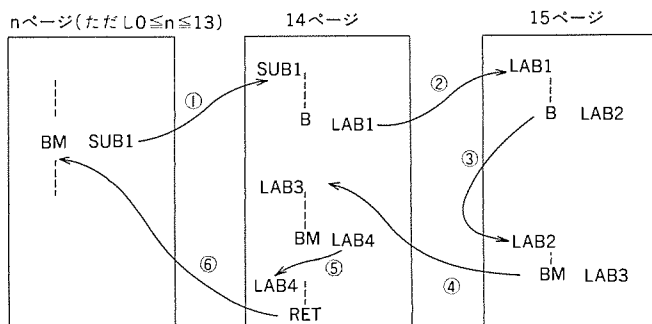


図 3. サブルーチン 格納専用 ページの使用例

n ページにおいて BM (1 命令語 サブルーチン呼出し分岐命令) で、14 ページのサブルーチン SUB1 を呼び出す。(①) 以後、第14・15 ページにおいて、1 語のサブルーチン呼出し分岐命令 BM, BMA は、第14 ページへの分岐命令 (④⑤) に、1 語の分岐命令 B, BA は、第15 ページへの分岐命令 (②③) として働き、第14・15 ページが、1 語で自由に分岐できる。

このようなモードが終了するのは、リターン命令 (⑥) (及びページ外分岐、ページ外サブルーチン呼出し分岐命令) が実行されたときである。

ある。複数機能命令を使用したファイル相互データ転送例を図2. に示す。5語で、16語のファイル2つのデータを入替えることができる。

(2) サブルーチン 格納専用 ページ

サブルーチン呼出し分岐命令には、任意ページ外サブルーチン呼出し分岐命令 BML, BMLA (2 語命令) と、専用ページへのサブルーチン呼出し分岐命令 BM, BMA (1 語命令) がある。後者のものは使用ひん(頻)度の高いサブルーチン呼出しをページ外からでも1ワードで実現しようとしたもので、専用ページは第14ページ、専用ページの拡張ページとして、第15ページがあてられている(図3.)。もちろんページ外分岐命令などにより、第14・15ページは他のページ同様に使用できる。

(3) 多分岐命令

分岐命令、サブルーチン呼出し分岐命令の内、BA, BLA, BMA, BMLA は、分岐先の番地の下4ビットがそのときのアキュムレータの値によって修飾される。これらの命令の前に、アキュムレータに変数を入れるルーチンを置くことにより、多分岐させることができる。

(4) 命令の連続記述 スキップ

データポインタにイメディエートデータを設定する命令 LXY と、アキュムレータにイメディエートデータを設定する命令 LA は、連続して実行されると2つめ以降異なる命令がくるまでスキップされる。これは、ひとまとまりの処理ルーチンに条件に応じてパラメータを与えるときなどに用いられ、プログラムのシーケンスなども単純なものにすることができる。

3. A/D 変換器

A/D 変換器を大別すると、比較形と計数形とがある。比較形は、A/D コンバータのアナログ値と、計測すべきアナログデータをコンパレータで比較することにより A/D 変換を行う方法で、比較的速いが精度はそれほど高くなくてよい分野に用いられる。計数形は、A/D 変換すべきデータの振幅を時間幅変換後、パルス数を計数してデジタル化するもので、速度は速くなくてよいが、精度が要求される分野に用いられる。

今回我々が採用した方法は、前者の比較形による方式で、15チャンネル8ビットのA/D変換器を構成している。その心臓とも言うべきコンパレータは、PチャンネルMOS回路(IC化されている従来のほとんどのものは、バイポーラかCMOSによる)により、チョッパ形増幅手法を用いている。図4.に、A/D変換器を構成するハードウェア部を示す。このハードウェア部はソフトウェア(プログラム)でコントロールすることにより、はじめてA/D変換が実行されるもので、コントロールするプログラムのアルゴリズムを変えることにより、逐次比較法又は追従比較法を選択することができる。

まず、A/D変換器を構成するハードウェア部の機能について述べる。

(1) D/A 変換器

外部より与えられる V_{REF} を基準電圧にし、レジスタHとレジスタLにより与えられる8ビットのデジタル量に対応したアナログ量 $V_{REF(DA)}$ を発生させる。レジスタHとレジスタLはレジスタAとデータの転送ができ、レジスタCにより各ビットごとにデータのセットとリセットができる。

(2) コンパレータ

D/A変換器の出力 $V_{REF(DA)}$ と各入力信号とを比較し、入力信号のほうが大きいとき、コンパレータラッチに“1”を、そうでないときは“0”を出力する。

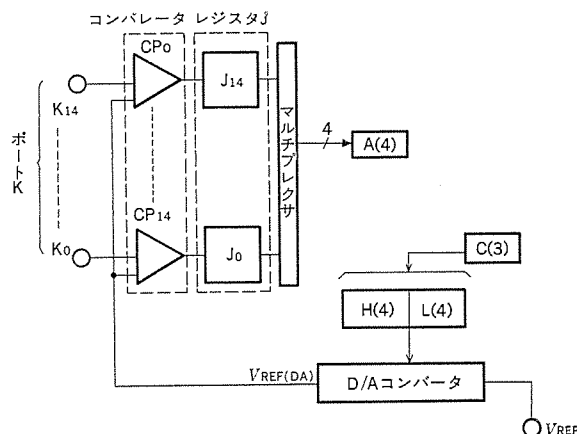


図 4. A/D 変換器関連 ブロック図

次に、プログラムにより処理される逐次比較法と追従比較法について、そのアルゴリズムを簡単に述べる。

(1) 逐次比較法

レジスタH, レジスタL をクリアし、次にMSBに“1”をセットする。その時のアナログ量 $V_{REF(DA)}$ と入力信号を比較し入力信号が大きければMSBの内容をそのままにし、小さければMSBを“0”にしてから、次のMSB-1のビットを“1”にセットする。以下、同様の手順をLSBまでの8回繰り返せば、入力信号のアナログ量をデジタル量に変換した値(8ビット)が、レジスタH, Lに求まる。

この手法は、アナログ量の大小にかかわらず一定の変換速度を有し変化量の多いアナログ量の検出、又は異なった多チャンネルのアナログ量の検出などの応用に適する。

(2) 追従比較法

アナログ量 $V_{REF(DA)}$ と入力信号を比較し、入力信号が大きければレジスタH, Lの内容を+1し、入力信号が小さければレジスタH, Lの内容を、-1する。以下、同様の手法を繰り返し、+1と-1が交互に起きようになった時点で変換を終えると、入力信号のアナログ量をデジタル量に変換した値(8ビット)がレジスタH, Lに求まる。

この手法は、あらかじめ変化の少ないアナログ量が分かっている応用に適しており、(初期値の検出にはある程度の変換時間を必要とするが、以降の)変換速度が速い。

4. 開発用支援ツール

(1) ハードウェアサポート

(a) エバリエーションチップ

M58842Sは、64ピンデュアルインラインパッケージに入っている。外付けされテストされるプログラムのためのプログラムカウンタ出力端子と、インストラクションコード入力端子を持ち、ユーザのプログラムを最終製品のシステム上で評価することができる。

(b) 評価用基板 EV 840 (形名 PCA 040)

試作用基板で、M58842Sのほかに、テスト用のプログラムを格納するPROMなど、試作に必要なものが取付けられている。

(c) デバッグマシン

プログラム開発用のツールで、デバッグされるべきプログラムの実行、シングルステップ、アドレスホルト、ROM, RAMの内容の表示と変更など、プログラムデバッグに必要な機能を持っている。

(2) ソフトウェアサポート

(a) クロスアセンブラ(実行計算機、ミニコン《MELCOM》70)アセンブラ言語によりプログラム開発を可能としソースプログラム入力媒体は紙テープと紙カードのどちらでも可能。

(b) シミュレータ

トレース、アドレスホルト、ROM, RAMのデータ表示と変更など、対話形でプログラムデバッグができる。

(c) PROMライタ用紙テープ作成プログラム

オブジェクトプログラムがEPROMにプログラム可能な形でPROMライタ

用の紙テープとして出力される。

5. 応 用

M58840- $\times\times\times$ Pを使った電子レンジへの応用例の概念図を図5.

に示す。タッチキーと表示をもち、電子レンジのコントロールは、ブザー、ファン、ヒータ、マグネトロンをオン・オフし、センスするアナログ入力温度のみで、ドアの開閉はスイッチ入力とし、50/60Hzの切換えは、ポートDの1つに、電源 V_{SS} 又は V_{DD} を印加することにより区別する。

50Hz又は60Hzの入力は、時間をカウントするもので、この場合には割込み端子を用いている。割込み端子を用いると、時間をカウントするルーチンとメインルーチンを独立させることができ、プログラムの構成を簡単にすることができる。

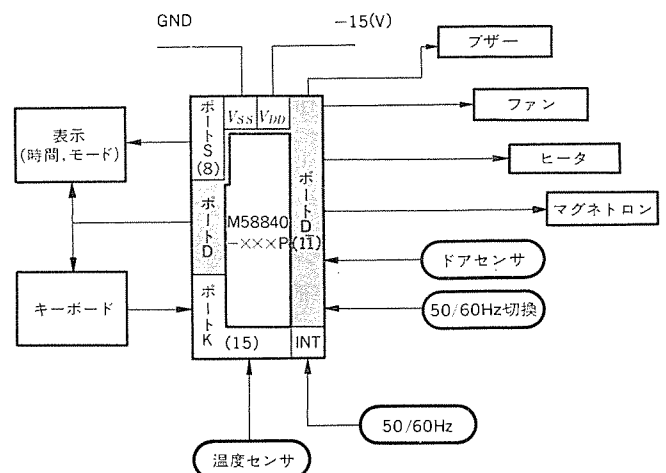


図 5. 電子レンジへの応用例

6. む す び

各種機器へのマイクロコンピュータの応用は、途に着いたばかりで、使用者側からLSIメーカーに対する要求もまだ体系化されていない状態だと考えられる。今後、マイクロコンピュータの応用技術が確立するにしたがいLSIメーカーに対する要求が次第に具体化するとともに、一方では市場が広はん(汎)に拡大していくので、未知の新技术が展開される可能性がある。汎用マイクロコンピュータか専用マイクロコンピュータかの議論も、にわかに結論は出しにくい段階である。

しかし、機器商品の性能価格比の向上という課題は、独立システムの究極の姿として、要求機能に対して最適な専用マイクロコンピュータの開発が多発することは十分考えられる。M58840- $\times\times\times$ Pは、各回路ブロックを独立させ、それらの相互間の操作を共通バスと制御用PLAに集中化したため、そういう将来の展開性を備え得たものと考えられる。今後新分野から要求される機能が出現してくると考えられるが、ここで提供された機能ではカバーしきれないさまざまな要求に対してこのマイクロコンピュータを基礎に今後の技術を積み上げていきたいと考える。

インテグレート インジェクション ロジック

内田 晶久*・登坂 高夫*・榎本 裕三*・宮本 和俊**

1. ま え が き

最近 I²L (Integrated Injection Logic) による バイポーラ LSI の製品が次々と発表されている。I²L は高密度、低消費電力などの優れた特長を有しており、今後更に発展が期待できる。この論文では I²L の基本構造、基本動作、動作周波数及び信頼性について述べ、IC 化手法についてラジオ受信周波数カウンタ用 IC (M 54823 P) 及びクロック用 IC (M 54860 P) をとりあげ紹介する。

2. I²L

2.1 基本構造

I²L は昭和 47 年に西独 IBM 社及びオランダ Philips 社から発表された注入形論理素子である。その基本構造を図 1. に示す。従来のバイポーラ IC との基本的な相違点は次のとおりである。

- (1) 素子間を分離する層が無い。
- (2) npn Tr のエミッタとコレクタが従来の IC と比べ逆になっている。
- (3) エミッタが n⁺ 層で共通になっている。
- (4) 横方向 pnp Tr が電流供給源となっているので抵抗が不要。
- (5) I²L と従来のバイポーラ IC を同一基板上に組込むことができる。

すなわち、pnp Tr はエミッタ p₁、ベース n₁、コレクタ p₂ から構成され、ベース接地で使用されている。一方 npn Tr はエミッタ n₁、ベース p₂、コレクタ n₂ から構成され、エミッタ接地で使用されている。ここで n₁ 及び p₁ 領域は pnp Tr と npn Tr で共通に用いられ、内部配線の役割をしている。pnp Tr のエミッタ p₁ は別名インジェクタと呼ばれる。これは、この pnp Tr が npn Tr のベース電流の定電流源の役目をしているからである。

2.2 基本動作

このような特長を有する高密度化の可能な I²L の基本構造を回路図で表現したものが図 2. である。I²L で構成されたシステムが安定に動作するためにはこの基本回路の動作条件である npn Tr の出力

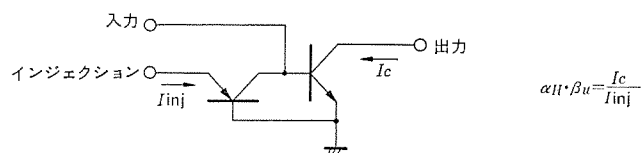


図 2. I²L 基本回路

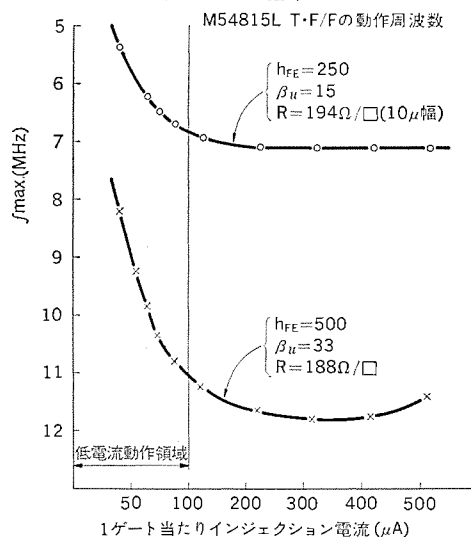


図 3. 動作周波数

電流吸収能力が次段に接続される I²L を十分カットオフの状態にもちこめるだけの電流を吸収しうることである。これはインジェクタから見た場合の複合電流増幅率 $\alpha_H \cdot \beta_u$ (pnp Tr の注入効率 α_H と npn Tr の電流増幅率 β_u の積) が最小 2 以上必要であり、この値が大きいほど安定に動作することになり、次段に同様の基本回路が多数接続できるようになる。

この複合電流増幅率を上げるため、ベース領域 p₂ の周辺に n⁺ 領域をもうけ横方向へ流れる無効電流を減らし実質的 β_u の向上に努め、高比抵抗のエピ層 n₁ を形成して pnp Tr の注入効率 α_H を高め、また npn Tr のコレクタ/ベースの面積比を一定以上に保つことにより広範囲な温度での動作を保証している。

2.3 周波数特性

次に I²L をシステムに組込む場合問題となるのはその動作周波数であるが、低電流動作領域では接合に形成される空乏層容量に蓄積される電荷の充放電時間で規定されるのでインジェクタからの注入電流に比例して動作スピードは上がる。しかしある電流以上になるとベース幅、比抵抗等の形状や固有のパラメータに影響される電子正孔再結合プロセスで規定される固有の動作周波数に達する。図 3. は現在の量産品でその様子を示したものである。現在量産レベルでは最高動作周波数はトグル形フリップフロップで 6 MHz の動作を保証しているが、今後ますます高速化が要求されるものと思われる。

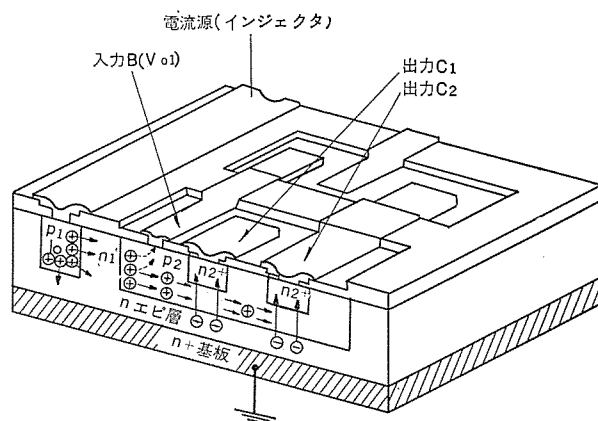


図 1. I²L 基本構造

3. 信頼性

I²Lでは複合電流増幅率がその動作保証の目安となるため、この値の経時変化に注目して、(1)ブレッドボードを用いて単体レベルでの評価を行い、ウェアロセスや設計の基本的な信頼性を調べ、その後、(2)簡単な回路(10進カウンタ)、(3)完成品(3機種)と順次集積度を上げて、総合的な信頼性を確認した。

3.1 単体トランジスタ

単体トランジスタを14Pinセラミックパッケージに封じ、表1.の試験を行った。図4.は高温動作における複合電流増幅率 $\alpha_H \cdot \beta_u$ の初期値と1,000時間後の比較である(値は設計目標値を1として規格化してある)。経時変化はほとんどない。図5.はステップストレス試験における $\alpha_H \cdot \beta_u$ の変化である。保存温度が250°C程度から値が減少している。しかし、200°C以下ではほとんど変化していないこと、高温動作及び保存でもほとんど変化していないことから、実使用温度の状態においての経時変化は問題ないと考えられる。また各試験において、リーク電流、ジャンクション耐圧など他の電気的パラメータにも問題はなかった。

3.2 10進カウンタ

D-フリップフロップ4つを、36コ of I²L基本回路で構成した10進カウンタを14Pinプラスチックモールドパッケージに封じ表2.の試験を行った。図6.はステップストレス試験における動作最高周波数の変化を示す。このパラメータは内部トランジスタの β_u に大きく依存するものであるが、

表 1. 単体トランジスタの試験条件

試 験	条 件
高 温 動 作	125, 175°C
高 温 保 存	150°C
高温保存ステップストレス	150→300°C 50°C 100 h ステップ

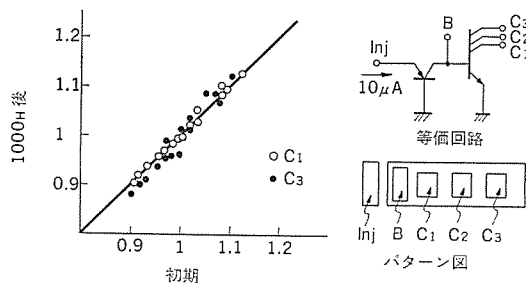


図 4. 高温動作、175°Cでの $\alpha_H \cdot \beta_u$ の変化
(目盛は設計目標値を1とした値)

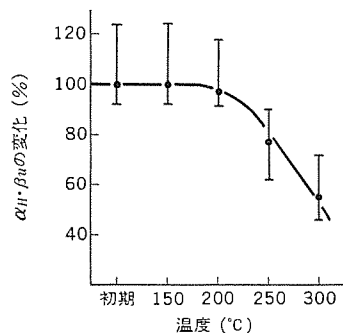


図 5. ステップストレス試験での $\alpha_H \cdot \beta_u$ の変化
(初期の平均値を基準とする範囲は $\pm 3\sigma$)

表 2. 10進カウンタの試験内容

試 験	条 件
高 温 動 作	75, 125°C
高 温 保 存	150°C
高温保存ステップストレス	100→250°C 50°C 100 h ステップ

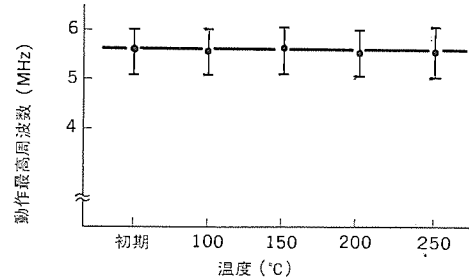


図 6. ステップストレス試験での動作最高周波数の変化
(範囲は $\pm 3\sigma$)

表 3. 完成品の試験内容と結果

試 験 項 目	条 件	試 料 個 数	試験時間 (h)	故 障 数		
				M54820P	M54812L	M54810L
高温動作寿命	100°C	40	1,000	0	0	0
高 温 保 存	125°C	22	1,000	0	0	0
高温高湿保存	65°C 95%RH	22	1,000	0	0	0
熱的 ス ト レ ス	ハンダ耐熱	260°C 10 s	22 3 回 繰返す	0	0	0
	熱 衝 撃	0~100°C 15 サイクル				
	温 度 サイクル	-55~125°C 15 サイクル				

250°Cでもほとんど変化していない。このことから単体トランジスタに相当するI²L基本回路での複合電流増幅率の減少は、回路設計で十分に補償されており、I²L回路として十分な信頼性を有している。他の試験においても全く問題はなかった。

3.3 完成品

次の3品種の完成品について試験を行い

M54820P…デジタル周波数カウンタ 24Pin Pパック

M54812L…基準周波数発生器 8Pin Pパック

M54810L…時計用分周器 8Pin Pパック

表3.に試験内容及び結果を示す。高温動作及び保存の温度は、各製品の絶対最大定格の温度以上で試験を行ったが、表に示すように結果は良好である。また、他の試験でも問題はなく、I²Lは実用上十分な信頼性を有していると考えられる。

次にこのように信頼性も保証されたI²Lにより開発したLSIについて紹介する。

4. 周波数カウンタ用IC (M54823P)

近年海外短波放送を受信するため、受信周波数の正確な(把握)が要求されている。更にAM及びFM帯についても同様である。しかし現在のラジオのほとんどは指針式であるため精度におのずと限界がある。そこで指針式表示に代わる方法として、受信周波数をデジタル表示管で表示するためのICをI²L構造の特長を生かし開発した。基本原理はラジオの受信周波数を f_a 、中間周波数の補正值を f_{pre} とすると、局部発振周波数 f_0 は次式で示される。

$$f_0 = f_a + f_{pre}$$

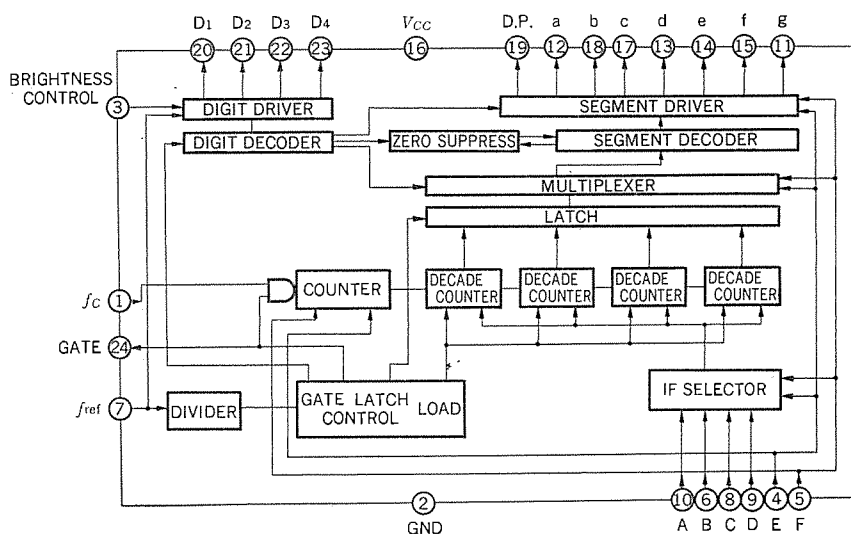


図 7. M 54823 P ブロック図

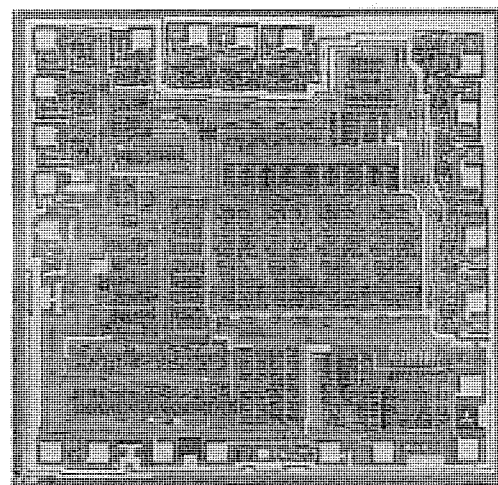


図 8. M 54823 P パターン写真

表 4. 機能及び電気的特性

項 目	記 号	特 性
電 源 電 圧	V_{CC}	5 V $\pm 10\%$
カ ウ ン ト 周 波 数	f_c	2.0 MHz
基 準 周 波 数	f_{ref}	6.25 kHz
セ グ メ ン ト 電 流	I_{seg}	30 mA
デ ィ ジ ッ ト 電 流	I_{dig}	7.5 mA
電 源 電 流	I_{cc}	45 mA
駆 動 表 示 素 子	—	赤, 緑色 LED

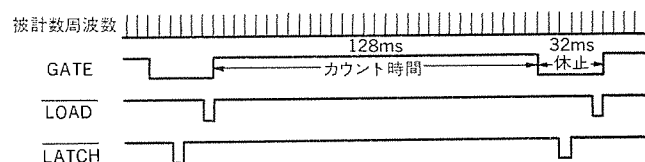


図 9. 基本 タイミングチャート

そこで、中間周波数の補正値の補数をプリセットしたカウンタで局部発振周波数をカウントし、ディジタル表示管に受信周波数を表示する。周波数カウンタの IC 化例として、M 54823 P のブロック図を図 7. に、機能及び電気的特性を表 4. に、パターン写真を図 8. に示す。以下 M 54823 P の設計方法につき述べる。

この IC は入力周波数 (f_c) を計数するカウンタ部を中心とし、基準周波数 (f_{ref}) を分周し各部に制御命令を与える制御回路、中間周波数の補正値を選択する回路、ダイナミック点灯のためのラッチ、マルチプレクサ、けた信号及びセグメント信号のデコーダ、カソード共通形 7 セグメント LED の駆動回路からなっている。更にゲート出力端子を有し、この信号をラジオ以外の外部回路との同期信号として用い、応用分野を広げるべく留意した。基本タイミングチャートを図 9. に示す。

FM 帯の周波数は最高 120 MHz 程度であり、これを入力信号として M 54823 P の f_c 入力端子に直接印加することは、IIL の電気的特性上現在では不可能なので、図 13. の応用回路図に示すようにこの IC の前段に更に高速分周段を付け、M 54823 P の f_c 最高周波数は 2.0 MHz とした。これに使用するインジェクション電流は 50 μA /Gate とした。また周波数カウント用の 4 けたの 10 進カウンタの前段に分周器を入れ、最下位けたの表示のちらつきをなくした。これらのカウンタは低消費電力化のため、I²L の特長を生かし、周波数に応じた電流逓減方式を用いた。ここで問題となるのはインジェクション電流の少ないレベルの制御信号で、より多い電流レベルの回路を制御

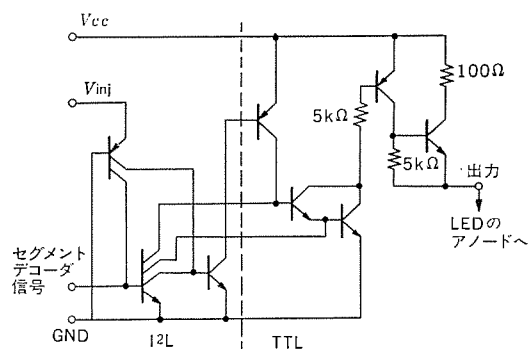


図 10. セグメント駆動回路

する方法である。I²L ゲートの電流吸収能力は低温動作及び歩留りを考慮し、インジェクション電流の 3 倍とした。したがってインジェクション電流が 3 倍以上異なる回路間では、電流レベルの低い回路からの制御信号を 1 度電流増幅し、より多い電流レベルの回路を制御しなければならない。種々な解決法が考えられるが、チップサイズへの寄与及び歩留りを考慮し、低電流レベルのゲートを多数並列配置し、それらの出力をアンドタイすることにより解決した。I²L 部から LED ドライバ部の駆動では上記の問題は更に厳しくなる。すなわち数 μA の I²L 部から 30 mA 流す LED ドライバを駆動しなければならない。前述の方法では不可能なので、I²L では通常のバイポーラ IC を同一基板上に組込むことができるという利点を生かし、図 10. の回路を採用し解決した。

以上 M 54823 P の設計方法、問題点、解決法を述べたが、設計評価の結果、目標規格を満足していることが判明した。

5. クロック用 IC (M 54860 P)

クロック用 IC (M 54860 P) は上記周波数カウンタの応用分野を広げるため開発したもので、24 時間までの経過時間を計時するトリップメータも内蔵している。通常のクロック用 IC との相違点は出力形式である。この IC では前記周波数カウンタとの併用を意図しており、時刻及び経過時間を直列パルス列に変換して出力する。基本原理は時刻及び分けたの値をダウンカウンタで直列パルス列に変換するものである。出力端子には時刻及び経過時間を示す数値の 4 倍のパルスが出力される。例えば、12 時 59 分なら 5,036 個のパルス列が出力される。

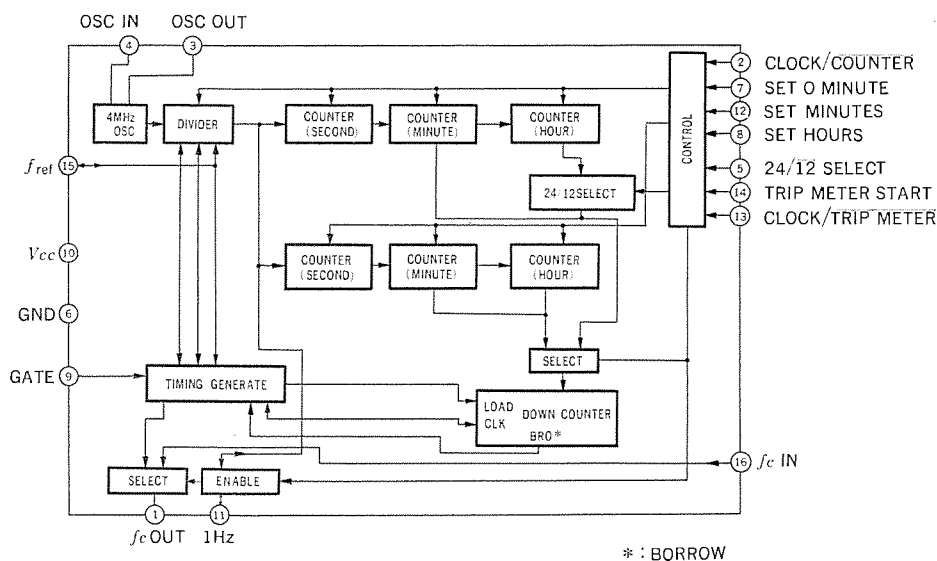


図 11. M 54860 P ブロック 図

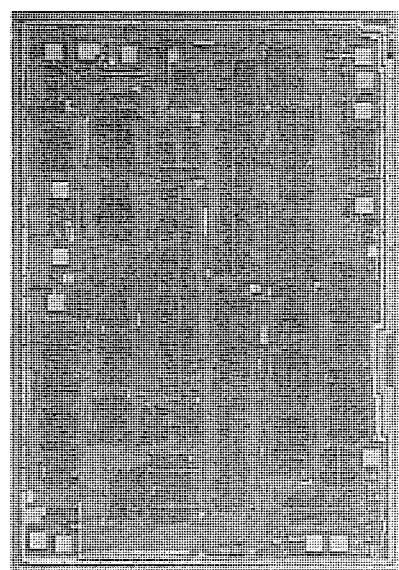


図 12. M 54860 P パターン 写真

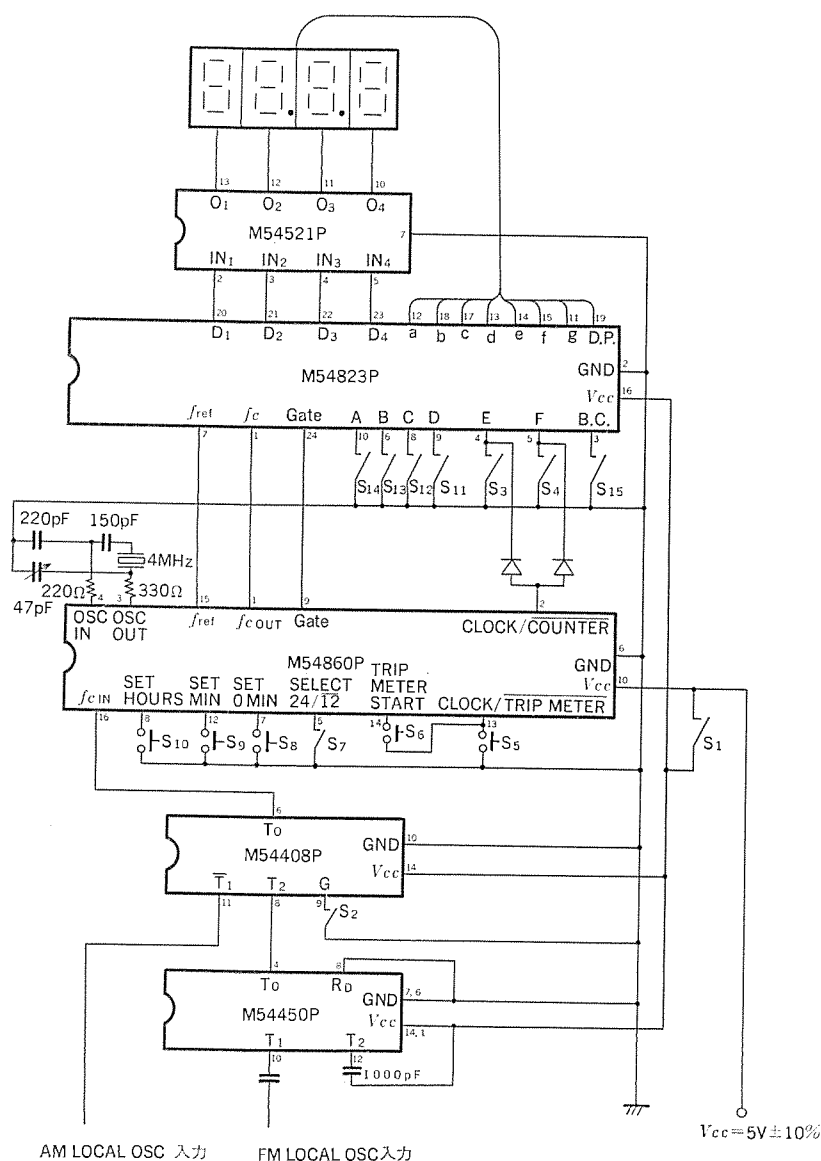


図 13. M 54860 P/M 54823 P 応用回路図

ブロック図を図 11. に示す。基本構成は 4.0 MHz の水晶振動子を外付けし、内蔵の発振回路で 4.0 MHz の標準周波数をつくる。この信

号を分周し前記周波数カウンタに基準周波数を与える 6.25 kHz の f_{ref} 出力端子、更に分周し発振周波数の微調整のための 1 Hz 出力端子、次にクロック及びトリップメータ用の秒、分、時けたのカウンタ、またこれらのカウンタの並列データを直列パルス列に変換するためのダウンカウンタ、時及び分修正などのコントロール回路よりなっている。パターン写真を図 12. に示す。

前記周波数カウンタは周波数を表示するときだけ電源電圧を加えるのに対し、クロックは常時使用するので消費電力をできるだけ小さくする必要がある。そこで前記周波数カウンタより更に電流通減方式を多用した。そのためインジェクション電流の異なる回路間の接続では、I²L の npn トランジスタを活性領域で使い、縦方向 pnp トランジスタで電流増幅するという特殊な方法で問題を解決した。また各出力信号の高周波成分がラジオに雑音を与えないよう配慮した。図 13. に M 54823 P 及び M 54860 P を用いた応用回路図を示す。

6. む す び

以上 I²L の特長を紹介し、製品化の具体化例として M 54823 P 及び M 54860 P について概説した。I²L は種々の特長を有しており、今後高速化 (ECL 内蔵)、大電流駆動、高耐圧化を図り応用分野の拡大を図らねばならない。またラジオ受信周波数のデジタル表示についても、更に進歩した方式として PLL シンセサイザ方式があり、IC 化を検討する必要がある。

終わりに M 54823 P 及び M 54860 P の開発にあたり、種々ご教示、ご尽力いただいた関係各位に感謝いたします。

高信頼度樹脂封止形トリアックBCR10AM

市村隆彦*・山本 武*・森 敏*

1. ま え が き

最近、省資源・省エネルギー及び製品の高級化・長寿命化を意図して家庭電化製品、事務機をはじめ各種民生機器及び産業機器に中容量のトリアックの用途が拡大するにつれて、この種のトリアックとしては、従来のTO-66等のキャンタイプのようなものではなく経済性、量産性のより優れた樹脂封止形で、しかも高信頼度のものが要求されるようになった。

今まで、一部樹脂封止形のトリアックも市販されていたが、これらは定格、特性、信頼性等が100～110℃の接合温度でしか保証されておらず、十分従来のキャンタイプの素子に置き換えることができなかった。このようなモールド化を阻んでいた問題をガラスパッシベーション技術を中心にして、10 Aクラスでは国内初の定格最高接合温度125℃を保証した高性能の樹脂封止形トリアックBCR10AMシリーズ(図1.)の開発及び量産化に成功した。

本稿ではガラスパッシベーション構造の樹脂封止形トリアックBCR10AMの構造、製法及び製造技術上の諸問題、特に高信頼性を実現するための重要な点となるガラスパッシベーション技術について述べ、更にBCR10AMの定格、特性及びその応用について述べる。

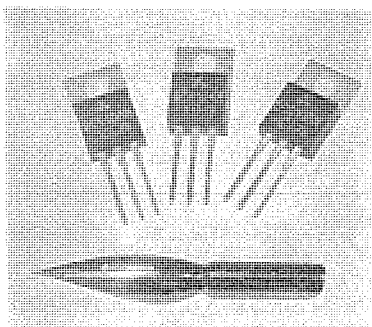


図 1. 高信頼度樹脂封止形トリアックBCR10AM

2. 三菱高信頼性樹脂封止形トリアックの特長

BCR10AMは、ガラスパッシベーション技術や外装設計に新しい方式を採用したため、高温電圧印加に対しても、また長時間の断続通電においても優れた信頼性を有している。以下に製造技術及び構造上のいくつかの特長について述べる。

2.1 BCR10AMの構造と製法

2.1.1 構造

BCR10AMの構造の概略を図2.に示す。この素子の構造上の特長は図示するように上部電極板を用いていることである。

上部電極板は T_1 電極のメタライズ層上にはんだをろう材として設置され、電極金属の厚みを必要十分な厚さで確保し、 T_1 電極上で電流が横方向へ広がりやすくしている。この上部電極板の採用により、従来の構造に比較して接合ケース間の熱抵抗が約20%減少し、より高いケース温度での使用が可能になるとともに、同様の効果に

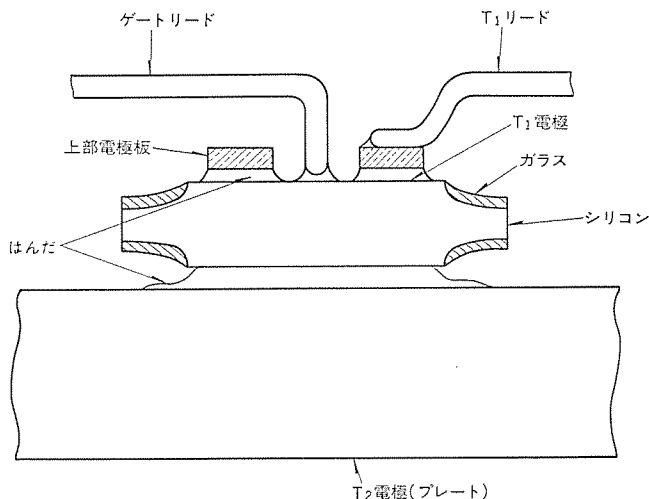


図 2. BCR 10 AM の素子構造

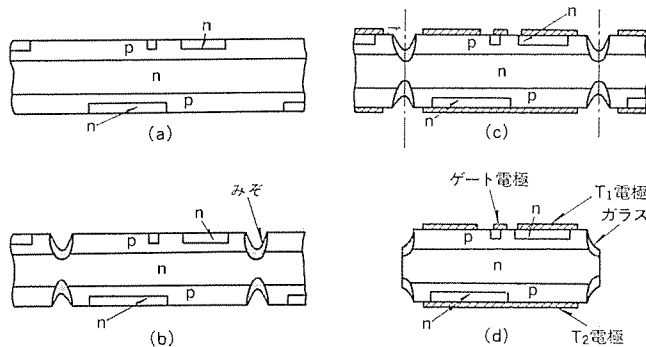


図 3. BCR 10 AM の製造工程

よりサージ電流耐量も約20%向上し100 A以上のサージ電流耐量を保証できるようになった。以上のように上部電極板の採用により、素子の通電能力を高めることができた。同時に断続通電に対する安定性を向上させるため、チップをろう付けする T_2 電極の構造に独自の工夫を行い、キャンタイプの同クラス素子に匹敵する信頼性水準を確保することができた。

更に、この構造は電極板、電極リード及びチップをはんだ付けで行っており、ワイヤを使っていないため、従来の組立てにしばしば見られたワイヤの断線あるいはボンディング不良による素子の故障はない。

2.2 製法

BCR10AMの製造工程を図3.に示す。まずn形シリコン基板にp形ベース層及び、n形エミッタ層を不純物拡散によって両面に形成し、トリアックの基本構造を作る。(図3.(a))その後ウエハの両面からみぞを形成してpn接合を露出させ、みぞの内部にガラス膜を被着してパッシベーション処理を行い(同図(b))メタライズ後みぞの中心部からウエハを切断して(同図(c))BCR10AMチップを製作する。(同図(d))

ウエハは両面から同じ位置にみぞを形成するために割れやすく、これが歩留り低下の大きな要因の1つになりやすいが、ガラスパッシベ

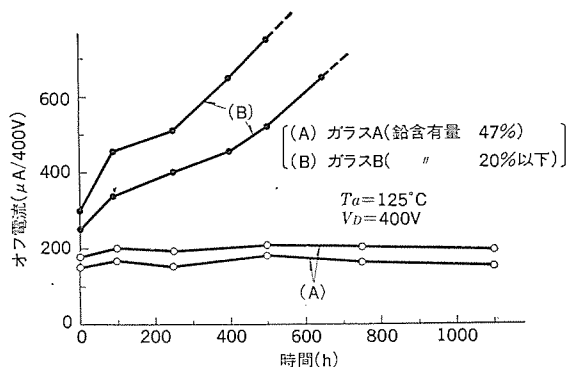


図 4. ガラス中の鉛含有量による高温電圧印加試験結果

表 1. BCR 10 AM の信頼性試験結果

試験項目	条 件	n	r
高温電圧印加	$T_j=125^{\circ}\text{C}$, $V_D=500\text{V}$, $t=1,000\text{h}$	40	0
連続通電	$I_T=10\text{A}$, $T_C=100^{\circ}\text{C}$, $t=1,000\text{h}$	40	0
断続通電	$I_T=10\text{A}$ ($T_j=50^{\circ}\text{C} \rightarrow 125^{\circ}\text{C} \rightarrow 50^{\circ}\text{C}$) 30,000 回	20	0
高温保存	$T_a=125^{\circ}\text{C}$, $t=1,000\text{h}$	40	0
低温保存	$T_a=-40^{\circ}\text{C}$, $t=1,000\text{h}$	40	0
高温高湿	$T_a=85^{\circ}\text{C}$, 湿度 95%, $t=1,000\text{h}$	40	0
温度サイクル	$T_a=25^{\circ}\text{C}$, 10 分 $\rightarrow -40^{\circ}\text{C}$, 30 分 $\rightarrow 25^{\circ}\text{C}$, 10 分 $\rightarrow 125^{\circ}\text{C}$, 30 分 $\rightarrow 25^{\circ}\text{C}$, 10 分を 20 回	40	0
熱 衝 撃	0°C の水 5 分 $\rightarrow 100^{\circ}\text{C}$ の水 5 分 20 回	40	0
はんだ耐熱	260°C のはんだに 10 秒リード部分のみ浸し(漬)	40	0

ション素子に適した製造技術の開発改良により、歩留りに影響するほどのウエハ割れを防止することができた。

以上の製法において、特に重要な技術であるガラスパッシベーションについて次節で詳しく述べる。

2.2 ガラスパッシベーション技術

ガラスパッシベーションは、pn 接合表面を保護するシリコン酸化膜などより十分厚くして外部ふい気の影響を受けにくくすることができるので、素子の高信頼度化、高耐圧化をはかる上で優れた方法である。それゆえ、高耐圧素子でも樹脂封止形にすることができ、安定した特性を得ることができる。しかし、このためには次の条件を満たすことが最低限必要である。

- (1) ガラスを用途に応じて適切に選択する。
- (2) ガラス膜厚をできるだけ厚くする。

ガラスの種類には、大別して鉛系ガラスと亜鉛系ガラスとがあるが、それぞれに一長一短があり適切な選択が必要である。一般に表面を安定化させるためには亜鉛系が優れ⁽¹⁾⁽²⁾、耐腐食性において鉛系ガラスが優れている。

BCR 10 AM のパッシベーションに使用しているガラスは、実使用温度ではシリコン表面の安定化でも亜鉛系ガラスに対してそん色なく、かつメタライズ工程で薬品を使うことが多いため耐腐食性に優れた鉛系ガラスを選択した。鉛系ガラスの中でも、鉛の含有量の大小により高温電圧印加に対する電気特性の安定性は図 4. に示すように大きな差がある。すなわち、鉛の含有量が多いガラスは表面をより安定化させるが、一方でガラスの熱膨張係数が大きくなり、ガラス膜厚が大きくなると割れやすくなるという問題がある。我々はガラス膜形成の際にガラスとシリコンの界面に発生するひずみを最小限にして、

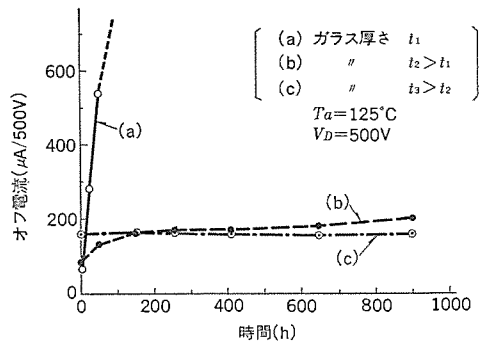


図 5. ガラス厚さによる高温電圧印加試験結果

ガラスにクラックが発生しないようなガラス膜形成条件を見出したことにより、鉛含有量の大きいガラスを使用することが可能になった。

ガラス膜を厚くする目的は、ガラスとモールド樹脂の界面に電荷が蓄積されてもガラスとシリコンの界面に影響が出ないように電気容量 C を小さくす

るためである。そのため、シリコン酸化膜と同等以上の安定化処理を行うにはガラス膜の厚さは式 (1) で示すようにシリコン酸化膜とガラスの比誘電率の差以上に厚くする必要がある。

$$C \propto \varepsilon / t \dots \dots \dots (1)$$

ここに C : 電気容量

ε : 比誘電率

t : 絶縁膜の厚さ

ここで、シリコン酸化膜の比誘電率は 3.9、鉛ガラスの比誘電率は 8 ~ 10 であるため、ガラスの厚みはシリコン酸化膜の最大可能厚さ約 3μ の 3 倍以上の 10μ 以上が最低限必要である。BCR 10 AM の場合にも、図 5. に示すようにガラス膜が薄いと高温電圧印加試験でオフ電流が増加する。このガラスの場合、金属イオンのマイグレーションによる素子故障の可能性はほとんどない⁽³⁾。

また、ガラス膜を被着形成したみぞの中心部からウエハを切断する場合に、ガラス膜にクラックを生じることが多く、これが製造技術上重要な問題になるが、切断の際にガラスにひずみを与えない新しい方法を工夫することにより歩留り、信頼性とも良好な切断方法を確立している。

以上のように、耐腐食性の強い鉛系ガラスのうち、高温での電圧印加にも安定している鉛含有量の大きいガラスを使い、かつ膜厚も厚くすることにより信頼度の高い半導体素子をつくることができ、同時に、動作接合温度も従来の樹脂封止形素子では最高 110°C であったものを 125°C まで上昇させることができた。

2.3 BCR 10 AM の信頼性

BCR 10 AM は構造上の工夫により長時間の断続通電に対しても従来の樹脂封止形素子より一層信頼性が向上した。表 1. にこの素子の信頼性試験成績一覧を示す。寿命試験、環境試験とも JIS 7021 規格にもとづいて行ったものであり、なかでも、高温電圧印加試験におけるオフ電流の経時変化は、図 5. (c) に示すようにほとんどない。

以上の信頼性試験の結果は、ガラスパッシベーションの効果が顕著に発揮され、従来のキャンタイプトライアックに匹敵する信頼性水準であることを示している。

3. 定格と特性

高信頼度中電力トライアック BCR 10 AM の定格・特性の一覧は表 2. に示すとおりである。以下にその内の主な定格と特性について述べる。

3.1 電流定格

図 6. は、抵抗又は誘導負荷において任意の放熱板を取付けた BCR

表 2. BCR 10 AM の主要定格と特性一覧

項 目	記 号	単 位	耐 圧 ク ラ ス			
			4	6	8	10
ピーク繰返し オフ電圧*1	V_{DRM}	V	200	300	400	500
ピーク非繰返し オフ電圧*1	V_{DSM}	V	300	400	600	700
実効オン電流	$I_{T(RMS)}$	A	10 ($T_C=100^{\circ}\text{C}$, 商用周波数, 正弦波 360 度連続通電)			
サージオン 電 流	I_{TSM}	A	100 (60 Hz, 正弦波 1 サイクル波高値, 非繰返し)			
電 流 2 乗 時 間 積	I^2t	A ² s	41.6 (60Hz, 半波 1 サイクルサージオン電流に対する値)			
接 合 温 度	T_J	°C	-40~-+125			
保 存 温 度	T_{stg}	°C	-40~-+125			
オ フ 電 流	I_{DRM}	mA	2 ($T_J=125^{\circ}\text{C}$, V_{DRM} 印加)			
オ ン 電 圧	V_{TM}	V	1.7 ($T_C=25^{\circ}\text{C}$, $I_{TM}=1.5\text{ A}$, 瞬時測定)			
ゲートトリガ 電 圧	$V_{FCT\text{ I}}$	V	1.5 ($T_J=25^{\circ}\text{C}$, $V_D=6\text{ V}$, $R_L=6\ \Omega$, $R_G=330\ \Omega$)			
	$V_{RCT\text{ I}}$	V	1.5 ($T_J=25^{\circ}\text{C}$, $V_D=6\text{ V}$, $R_L=6\ \Omega$, $R_G=330\ \Omega$)			
	$V_{RCT\text{ III}}$	V	1.5 ($T_J=25^{\circ}\text{C}$, $V_D=6\text{ V}$, $R_L=6\ \Omega$, $R_G=330\ \Omega$)			
ゲート非トリ ガ電圧*2	V_{GD}	V	0.2 ($T_J=125^{\circ}\text{C}$, $1/2V_{DRM}$ 印加)			
ゲートトリガ 電 流	$I_{FCT\text{ I}}$	mA	30 ($T_J=25^{\circ}\text{C}$, $V_D=6\text{ V}$, $R_L=6\ \Omega$, $R_G=330\ \Omega$)			
	$I_{RCT\text{ I}}$	mA	30 ($T_J=25^{\circ}\text{C}$, $V_D=6\text{ V}$, $R_L=6\ \Omega$, $R_G=330\ \Omega$)			
	$I_{RCT\text{ III}}$	mA	30 ($T_J=25^{\circ}\text{C}$, $V_D=6\text{ V}$, $R_L=6\ \Omega$, $R_G=330\ \Omega$)			
熱 抵 抗	$R_{th(j-c)}$	°C/W	1.8 (接合-ケース間)			
転流時オフ 電圧上昇率*2	$(dv/dt)_c$	$\text{V}/\mu\text{s}$	6 ($T_J=125^{\circ}\text{C}$, $(di/dt)_c$ = -5 A/ms , $V_D=200\text{V}$)		10 ($T_J=125^{\circ}\text{C}$, $(di/dt)_c$ = -5 A/ms , $V_D=400\text{V}$)	
重 量	—	g	1.95			

*1 ゲート端子開放状態の値

*2 V_{GD} , $(dv/dt)_c$ は最小値

10 AM に商用周波数正弦波の電流を 360 度連続通電した場合の許容ケース温度と実効オン電流との関係を示したものである。ここで BCR 10 AM のケース温度とは放熱板取付け面である T_2 タブの温度を指すのであるが、BCR 10 AM の場合、定格最高接合温度が 125°C まで保証されているため、実効オン電流 10 A に対し許容ケース温度を 100°C と非常に高く設計できる。また、同図に従来のキャンタイプと接合温度 110°C の樹脂封止形のトライアックの許容ケース温度と実効オン電流との関係を示し、BCR 10 AM と比較した(当社比)。すなわち、従来の樹脂封止形の素子は実効オン電流 8 A が通電可能なケ

ース温度は 82°C であるのに対し、BCR 10 AM の場合 8 A で 105°C ま

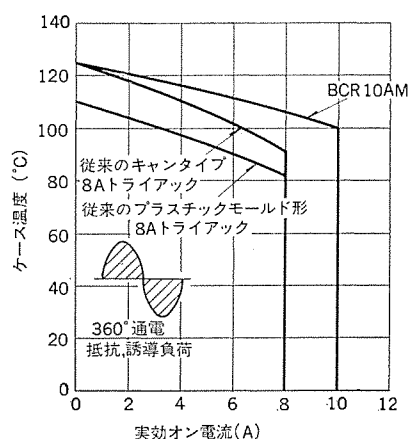


図 6. 実効オン電流の限界値

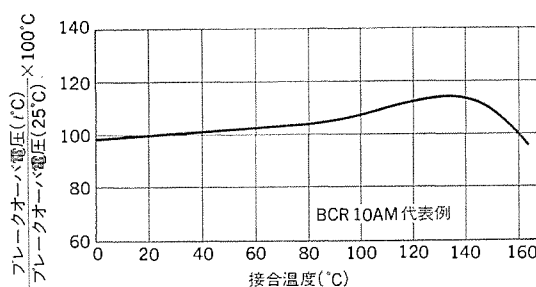


図 7. ブレークオーバー電圧の温度依存性

で使用できる。また、キャンタイプの素子は定格最高接合温度については BCR 10 AM と同じ 125°C であるが、熱抵抗及びオン状態損失が大きいため実効オン電流 8 A が通電可能なケース温度は 92°C で BCR 10 AM より 13°C 低い。

以上のように BCR 10 AM はガラスパッシベーション技術により定格最高接合温度 125°C を保証したことや、オン状態損失や熱抵抗を小さくすることにより従来のものに比べ、許容ケース温度を非常に高く設計することができるようになった。

3. 2 電圧定格

表 2. に示すように BCR 10 AM はガラスパッシベーション技術を採用することにより、接合温度を 110°C から 125°C に上昇させたのにもかかわらず、定格ピーク繰返しオフ電圧 (V_{DRM}) が最高 500 V の耐圧クラスまであり、サージ電圧に対してもピーク非繰返しオフ電圧 (V_{DSM}) が最高で 700 V まで保証されている。したがって、BCR 10 AM は 100 V 又は 200 V の電源で直接制御することができる。また図 7. にブレークオーバー電圧の温度依存性を示す。この図から分かるように、BCR 10 AM はガラスパッシベーション技術により、高温においても高耐圧を維持することができる。

3. 3 ゲートトリガ特性及び転流特性

BCR 10 AM は表 2. に示すように小電力トライアック並みのゲートトリガ特性を持っており、IV モード (ゲート: +, T_2 : -) を除く各モードで 30 mA のゲートトリガ電流と、1.5 V のゲートトリガ電圧を保証しており、この種のトライアックとしては非常に高感度である。

一般にゲートトリガ感度が高い程、転流特性が悪くなる傾向を示すが BCR 10 A の場合には、上述のとおりゲートトリガ感度が高いにもかかわらず、転流特性は 10 A クラスのトライアックとして十分な値 [転流時オフ電圧上昇率 $(dv/dt)_c=6\text{ V}/\mu\text{s}\cdots 4$, 6 クラス, $10\text{ V}/\mu\text{s}\cdots 8$, 10 クラス] を保証することができた。

4. 応 用

3 章でも述べたように、BCR 10 AM はガラスパッシベーション技術を中心とし信頼性を追求するとともに、定格最高接合温度を 125°C まで保証しているため、実効オン電流 10 A に対し、ケース温度が 100°C になるまで通電可能であることや、上部電極板を採用することにより断続通電寿命に強いなどの特長を持っている。したがって、交流の無接点スイッチとしてヘアドライヤー、赤外線こたつ、ファンコイルユニット及び調光装置などの家庭電化製品や複写機をはじめ小形電動機、ヒータ、ソレノイド等の制御用として各種産業機器への応用が期待できる。その中でもとりわけ点灯時に大きな突入電流が流れる白熱電球やハロゲンランプ、及び始動電流が大きい電動機の制御に対して BCR 10 AM の果たす役割は大きい。ここでは BCR 10 AM を小形調光装置、単相コンデンサ電動機の可逆運転回路及び最近話題を集めている

SS リレーへ応用した例について述べる。

4. 1 小形調光装置

白熱電球用の小形調光装置はホテル・病院・ショールーム及び家庭における応接間・居間・寝室などその使用範囲は広いが、それらのほとんどがスタンドに内蔵されたり、あるいは従来のスイッチに代わり、標準の壁埋込み用スイッチボックスに取付けられて使用

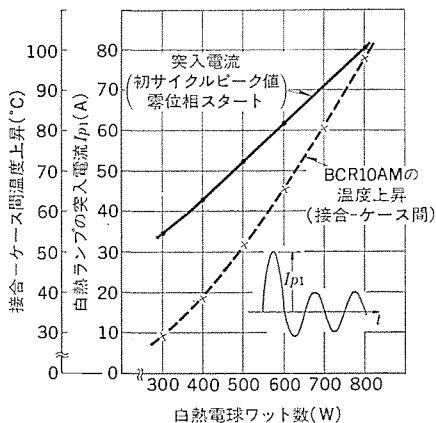


図 8. 白熱電球の突入電流とトライアック BCR 10 AM の温度上昇
調光装置

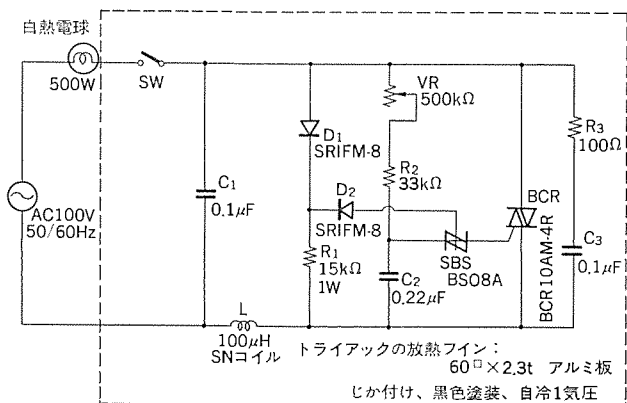


図 9. 500 W 白熱電球の調光装置回路例

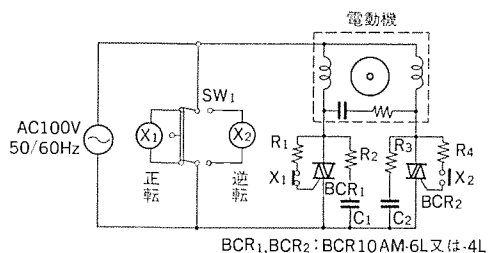


図 10. 単相コンデンサ電動機の正転・逆転制御回路例

されている場合が多い。したがって調光装置にトライアックを使用するための注意点としては、(1) 狭いスペースに組込まれるため、トライアック及びその他の回路部品からの発熱をうまく放散させること、(2) 突入電流に耐えるトライアックを使用すること、(3) 高温・高湿度の厳しい環境に耐えるトライアックを使用すること、などである。白熱電球の突入電流については図 8. に示すように 500 W で 52 A (ピーク値) にもなり、これに対する BCR 10 AM の接合温度はケース温度よりも約 32°C 上昇する。したがって周囲温度や放熱板の条件等を考慮すると BCR 10 AM の場合、500 W (100 V) 程度までの調光が可能である。図 9. は白熱電球用小形調光装置の回路図である。回路は VR と C₂ よりなる移相回路によってトライアックのトリガ位相を制御するとともに、交流電源が零になるごとに SBS に C₂, D₂, R₁ の経路でゲート電流を流して SBS をトリガさせ、C₂ の残留電荷を放電させることにより、ヒステリシス特性を軽減させたものである。

4.2 単相コンデンサ電動機の正転・逆転制御回路

小形電動機制御応用の 1 例として、BCR 10 AM を可逆単相コンデンサ電動機の正転・逆転制御回路に用いた例を図 10. に示す。

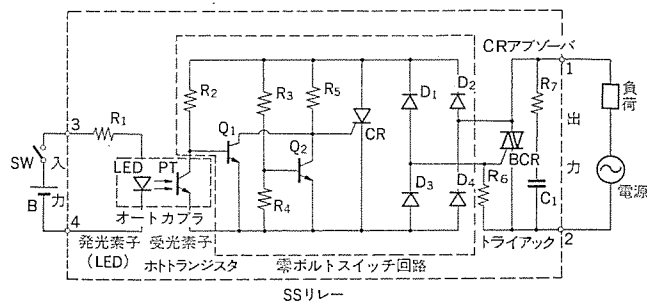


図 11. SS リレーの回路例

図で SW₁² を正転又は逆転側に投入することにより、リレー X₁ 又は X₂ が動作し、BCR₁ 又は BCR₂ がトリガする。この正転・逆転制御の実際の応用例としては今のところ自動ドア及びベルトコンベアなどであるが、この回路はトライアック 2 個により比較的簡単に制御することができるので、今後ますます多くの分野で使用されることが期待できる。

4.3 SS リレー

SS リレーとはソリッドステートリレー (Solid State relay) を略したもので、従来の電磁継電器に代わるものとして最近、非常に注目された製品である。図 11. に SS リレーの回路を示す。この SS リレーは、その中でも全固体形 SS リレー又は完全形 SS リレーと呼ばれているもので、ホトカプラ、零ボルトスイッチ回路、トライアック及び CR アブゾーバから構成されている。このような SS リレーに使用されるトライアックとしては、まず高信頼度であることはもちろん、高性能でかつ安価であることが必要である。BCR 10 AM は前述のようにガラスパッシベーション技術により高信頼度であることは言うまでもなく、接合温度を 125°C まで引上げるとともにゲートトリガ特性や転流特性等についても、従来のキャンタイプのものと同等の性能を有し、樹脂封止化と量産効果の向上によりキャンタイプより非常に安価でもあるので、SS リレー用のトライアックとして最適である。

5. む す び

ガラスパッシベーション技術をトライアックに応用することにより、素子の信頼性の向上、樹脂封止化及び定格接合温度を 110°C より 125°C への引上げなどを実現することができた。その結果、樹脂封止形トライアック BCR 10 AM は従来のキャンタイプのトライアックと十分置き換え可能となり、中電力の交流電力制御用として BCR 10 AM がより広範囲の分野で使用されることが期待できる。

また、この種のガラスパッシベーション技術をより大容量のものへと押し進めていくことにより、将来中容量トライアックのほとんどが経済性、量産性のより優れたしかも高信頼度の樹脂封止形の素子に移行するものと予想される。

最後に、この高信頼度樹脂封止形トライアックの開発にあたって多大のご指導とご援助をいただいた関係者のかたがたに深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) D. R. Kerr : IBM Journal, 8, 385 (1964)
- (2) 森本 : 電気学会, 高電力半導体常置専門委員会, 109 (昭 51)
- (3) 山本, 小柴, 武田, 松藤 : 電気学会全国大会, 454 (昭 50)

800MHz帯移動無線用高利得トランジスタシリーズ

亘 善彦*・草野裕次*・小山正治*・山内真英*・赤坂洋一**

1. ま え が き

自動車との電話通話を可能とする 800 MHz 帯の電話システムが電信電話公社の都市自動車無線及び米国の自動車電話システム等により進められている。これらシステムの移動局は、電源として自動車バッテリーが用いられるため、送信用高周波高出力トランジスタも電源電圧 12.5 V で動作し、小形軽量化のために高利得化が要請されていた。当社ではこのような要請にこたえるべく、今回新たに当社従来品よりも高利得化を図った高信頼度高周波高出力トランジスタ新シリーズ MTM 128, MTH 129, MTH 130, MTH 063 の開発を行いその目的を達成した。これらのトランジスタ設計に当たっては 1.5 μm の微細なパターンのいわゆるフィッシュボーンエミッタ構造で拡散形エミッタ安定化抵抗を採用したチップと高周波特性を十分考慮した新規外装とを組合せ、プロセス技術では従来の熱拡散接合形成技術に代わって、ベースにボロン、エミッタにひ素のイオン注入技術を開発適用し、また微細なパターンでも形成でき、信頼性の高い新しい金電極形成技術を開発適用した。このように種々の新規技術開発と最適な適用とにより今回得られた高周波高出力トランジスタは、当社従来トランジスタと比較して大幅に高周波特性が向上した。この論文では重点開発技術としてイオン注入技術と外装設計、及び得られたトランジスタの電気的特性を述べる。

2. 重点開発技術

2.1 イオン注入技術

イオン注入法は、従来の熱拡散法に比べてドーする不純物量や形成する接合深さの制御性に優れ、特に高周波高出力トランジスタに要求されるような浅い接合形成に適している。シリコン (Si) 中のひ素 (As) は拡散係数が濃度に強く依存するため、階段状の分布が得られる上、拡散係数が小さいなど、高周波トランジスタのエミッタとして優れた性質をもっている。著者らは、高濃度の As 注入を高周波高出力トランジスタに応用するため、以下の問題を検討した。

(1) As 分布の精密制御：高周波高出力トランジスタのエミッタ接合深さ、電流増幅率 (h_{fe}) の制御性を高めるためにはイオン注入の優れた特長の 1 つである不純物分布の高精度の制御性を生かすことが必要である。このためには注入直後の分布を正確に知り、熱処理後の分布を精度よく予知し、制御しなければならない。

(2) イオン注入による結晶欠陥：特に電気的特性に及ぼす熱処理ふんい気をはじめとする熱処理プロセスを検討し、接合リークのない優れたトランジスタ静特性を得なければならない。

(3) ボロン (B⁺) イオン注入ベースとの相互作用によ

るエミッタ押し出し効果： h_{fe} の制御性、コレクタベース耐圧、コレクタベース接合容量など、高周波高出力トランジスタの性能指数に大きく影響する。

2.1.1 As エミッタ プロファイル

図 1. は Si へ As⁺ イオンを注入したときの濃度分布を He⁺ 後方散乱法で測定した結果である。As 注入分布はガウス分布でよく近似できる。注入飛程、及び分布の広がりを与える分散値は、LSS 理論による計算値に比べ、それぞれ 10 % 及び 20 % 程度大きい⁽¹⁾。

As⁺ イオン注入により注入層はほぼ完全に非晶質化するが、結晶性の回復と As の電気的活性化のために注入後、熱処理を行う。図 2. は 1,000°C で熱処理した As の再分布を示したものである。図で明らかなように、As の拡散は顕著な濃度依存性をもつため、階段状の分布が得られる。トランジスタの h_{fe} の精密な制御のためには、まず As の拡散機構をシミュレートし、実用上、十分な精度で熱処理後の As 分布を予知することが必要である。Si 中の As の拡散係数は As 濃度 C とともに増加し、 10^{20} cm^{-3} 以上の As 濃度で最大値をとったあと減少していくことが実験的に知られている。このような濃度依存性を説明するために、次のような拡散係数とモデルが提唱されている。

$$D = f \cdot g \cdot h \cdot D_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

D_i は、As 濃度が低い場合の真性拡散係数であり、次式で表される。

$$D_i = 24 \exp\left(-\frac{4.08 \text{ eV}}{kT}\right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式 (1) 中、 f は As 濃度の増大による Si 空孔の濃度変化に起因する拡散の増速係数であり、 h は As の濃度こう配による内部電界に

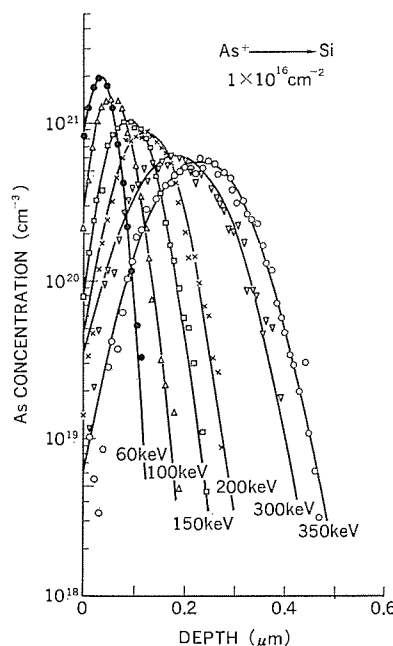


図 1. Si 中へイオン注入した As の濃度分布

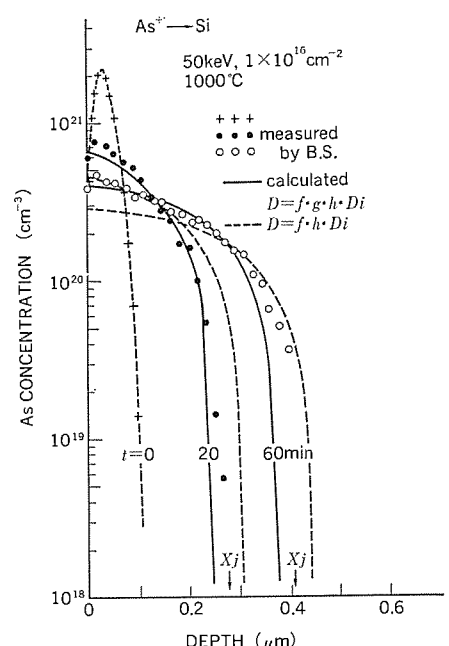


図 2. イオン注入し、熱処理したあとの As 濃度分布、測定値と計算値の比較

起因する拡散の増速係数である。また、 g は高濃度にドーパされた As がクラスタを形成するという Hu のモデル⁽³⁾による減速係数である。

図 3. は、以上述べた As 拡散係数の濃度依存性を考慮して計算した As の拡散係数で、実線は式(1)の場合を表し、点線は As クラスタ形成の効果 g を取り入れていない拡散係数である。このような拡散係数から As 濃度分布を求めるため、次の非線形の拡散方程式

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D(c) \frac{\partial c}{\partial x} \right] \dots\dots\dots (3)$$

を Crank-Nicolson 法による陰差分方程式に展開し、解の収束を速めるために逐次過緩和法 (SOR 法) を用いて数値計算を行った。図 2. の実線及び点線は、As 濃度分布の計算結果を示したものである。実線は式(1)の拡散係数を用いた結果であり、点線は As クラスタ形成効果を取り入れない拡散係数を用いた結果である。表面付近では実線のほうが測定値を再現しており、接合位置 x_j 付近でも測定値と多少のズレはあるが 10 % 以内に収まっている。このシミュレーション法により種々のベース深さ、濃度に対し、最適のエミッタ深さを与える注入条件とアニール条件の組合せを設定することができるよ

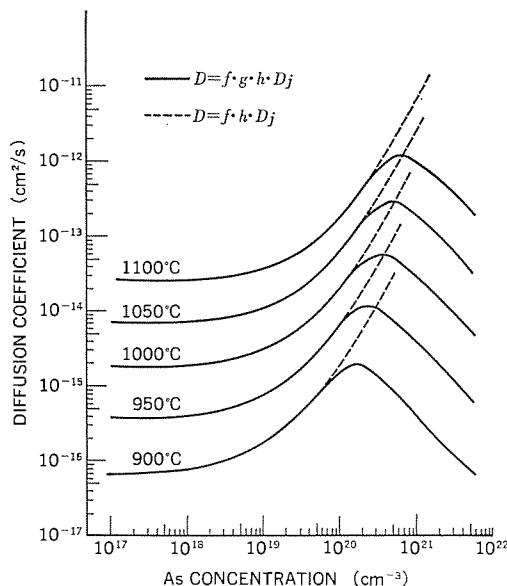


図 3. As 拡散係数の濃度依存性

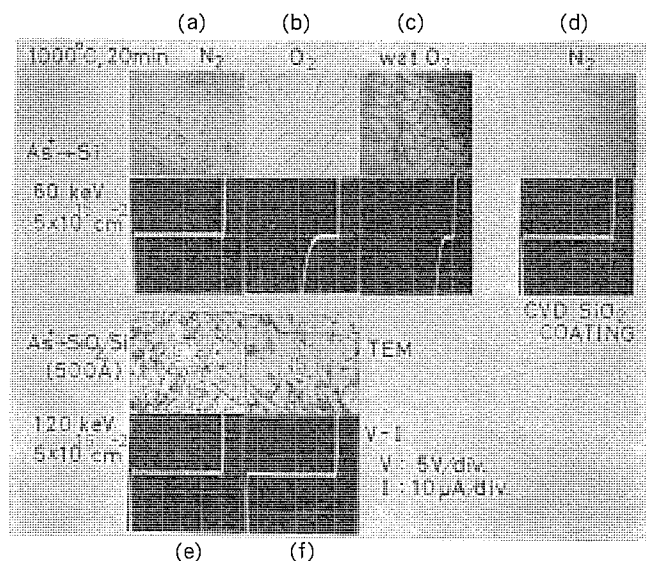


図 4. As⁺ 注入層の接合特性と 2 次欠陥の熱処理ふんい気依存性

うになった。

2. 1. 2 電気特性に及ぼす熱処理効果

高周波高出力トランジスタのエミッタに必要な高濃度の As をイオン注入すると、注入領域はほぼ完全に非晶質化するが、1,000°C 程度の高温で熱処理すると非晶質層は再結晶化し、As は格子位置を占めることが知られている。熱処理の過程で成長する 2 次欠陥は熱処理ふんい気に依存する。図 4. は、As⁺ 注入で形成した n⁺ 層の接合特性に及ぼす熱処理ふんい気の依存性と、それぞれの場合に観察される 2 次欠陥の透過電子顕微鏡写真を示したものである。(a) は N₂ ふんい気、(b) は dry O₂ ふんい気、(c) は wet O₂ ふんい気で熱処理したもので、また、(d) は CVD SiO₂ で注入層を覆った後、N₂ ふんい気で処理したものである。一方(e)、(f)は Si へ直接 As を注入せず、表面の 500 Å の SiO₂ 膜を通して注入し、それぞれ N₂ 及び dry O₂ 中で熱処理したものである。酸性化ふんい気では、転位ループあるいは転位網が発生し、接合特性が劣化すること⁽⁶⁾、また SiO₂ を通して注入すると、SiO₂ 中の O のノックオン注入効果に起因すると思われる欠陥の発生が見られることが分かる。また、CVD SiO₂ で表面を覆うと、注入不純物の Out diffusion を防ぎ、欠陥の発生を抑えることができる。

以上の基礎データをもとに、高周波高出力トランジスタのパフォーマンスとの対応をとり、最適なベース、エミッタ形成プロセスを開発した。この結果接合リークのない安定したトランジスタ特性を歩留りよく得ることができるようになった。

2. 1. 3 As エミッタによるエミッタ押し出し効果

エミッタ押し出し効果は h_{fe} の制御性を悪化させ、更にベース幅を広くして f_T の低下を招くだけでなく、 V_{CEO} の低下、CB 接合面積の増大による接合容量の増加など、高周波高出力トランジスタの性能向上を阻む主要因の 1 つとなる。

従来のりんを用いたエミッタでは、図 5. (b) に示すようなエミッタ押し出し効果を抑えることは不可能であった。これは、りん拡散時に生ずる過剰の Si 空孔がベース不純物のボロンの拡散を増速するために起こると理解されている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。著者らは、このエミッタ押し出し効果を抑えるため、As エミッタの開発が不可欠であると判断した。実際に As エミッタでの押し出し効果を調べると、ベース幅 W_B との間に図 6. に示す関係があることが分かった。図中縦軸の δ はエミッタ押し出し、若しくは吸い込み量を示し、正の場合は押し出し効果

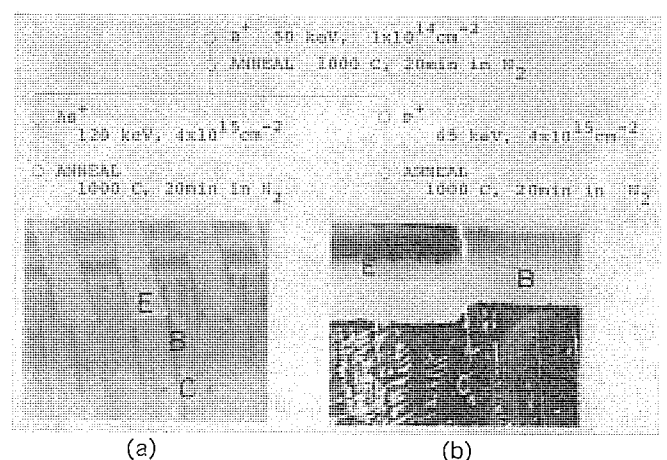


図 5. As エミッタとりんエミッタのエミッタ押し出し効果の差 (接合断面写真) (a) As エミッタの場合 (b) りんエミッタの場合 (ベース形成はいずれも B⁺ 注入による)

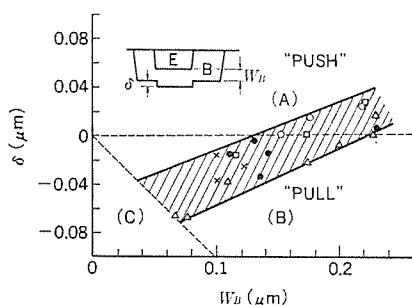
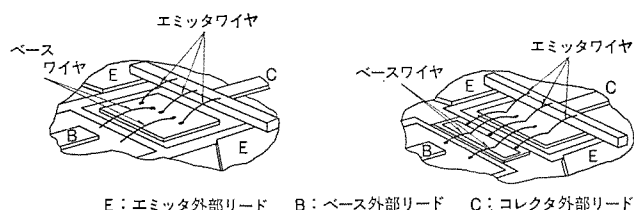


図 6. As^+ 注入の エミッタ押し出し効果と ベース 幅の関係



(a) 従来外装 (b) 新視外装

図 7. 新旧外装及びワイヤボンダ法の比較

を意味し(領域(A)), 負の場合は吸い込み効果が生じていることを示す(領域(B)), 更にベース幅 W_B が狭くなり, エミッタ吸い込み効果が大きくなるとベース領域が形成されず, コレクタ, エミッタ短絡が生ずる(領域(C)). 種々のベース, エミッタ形成条件で得られた結果は図 6. に示す斜線の領域に含まれ, W_B の増大に伴い δ が負→正の傾向を持つことを示している。実用上, 注目すべき点は As イオン注入エミッタではほとんど平坦なベース・コレクタ接合が得られ, 実用の W_B の範囲 (0.15~0.25 μm) ではエミッタ吸い込み, 若しくは押し出し量は 200 Å 以下で, ベース深さの 5~10 % 程度であることである。図 5. (a) は As^+ 注入エミッタのエミッタ押し出し効果を示す断面写真で, エミッタ押し出し効果は全くみられない。著者らは以上の結果から, ベースに B^+ , エミッタに As イオン注入を用いた高周波高出力トランジスタの製造プロセスを開発し, 電力利得の大幅な改良と歩留り向上に成功した。

2.2 外装設計

高周波トランジスタのチップ性能を十分生かすために, 外装も従来外装そのままではなく, エミッタリードインダクタンスの低減と電極間帰還容量の低減が実現でき, かつコスト的にも満足できるよう従来外装を基本にして種々検討した結果, 図 7. (a) に示す従来外装のメタライズ設計を変更し, 図(b)に示すようにした。これはベース, エミッタメタライズ間にエミッタメタライズをそう入したものであり, 次のような効果が得られた。

- (1) チップの 1 エミッタパッドに 2 本のボンディングワイヤを接続することが可能となり, エミッタボンディングワイヤのリードインダクタンスを従来に比べて 70 % 程度に低減させることができた。
- (2) コレクタ, ベース電極間帰還容量が従来外装の 0.51 pF に比べ, 0.35 pF に低減させることができた。エミッタ, ベース間帰還容量は従来外装の 1.5 pF に比べ, 1.6 pF と同程度に抑えられた。
- (3) エミッタメタライズ上に MOS コンデンサを組込み, ベースボンディングワイヤのインダクタンスを利用したマッチングネットワークを外装内に組込むことが可能となったためト

ンジスタの入力インピーダンスを増大させることができ, 結合損失の低減, 帯域の拡大が可能となった。

3. 電気的特性

前章までにおいて, 800 MHz 帯高周波高出力トランジスタのウエハプロセス及び外装設計についてその特長を述べてきたが, これらの技術を用いて設計製造された 800 MHz 帯高周波高出力トランジスタシリーズ MTM 128 (900 MHz, 12.5 V, 1 W), MTH 129 (900 MHz, 12.5 V, 3 W), MTH 130 (900 MHz, 12.5 V, 8 W), MTH 063 (900 MHz, 12.5 V, 14 W) の電気的特性を紹介しその特長を述べる。

図 8~図 11. は, これらの 800 MHz 帯トランジスタの高周波特性を示したものである。これらのトランジスタはすべてエミッタ接地を採用している。以下各トランジスタの特性を簡単に紹介する。

MTM 128 は, 5 W あるいは 10 W セットのプリアンプ段用として設計されたトランジスタで, $V_{CC}=12.5 \text{ V}$, $f=900 \text{ MHz}$, $P_{in}=0.25 \text{ W}$ において標準値 $P_0=1.2 \text{ W}$ が得られ, 電力利得 $G_{pe}=7 \text{ dB}$ を有している。

MTH 129 は, 同じく 5 W あるいは 10 W セットのドライブ段用として設計されたトランジスタで, $V_{CC}=12.5 \text{ V}$, $f=900 \text{ MHz}$, $P_{in}=1 \text{ W}$ で $P_0=4 \text{ W}$ 以上, 電力利得 6 dB 以上が得られている。飽和電力も 8 W 以上と極めてよく伸びており, 10 W セットのドライブ用としても十分な性能を有したトランジスタである。

MTH 130 は, アンテナ出力 5 W のセットの終段用に設計されたトランジスタで, $V_{CC}=12.5 \text{ V}$, $f=900 \text{ MHz}$, $P_{in}=3 \text{ W}$ において, $P_0=11.5 \text{ W}$ が得られ, 電力利得 5.8 dB を有している。この値はアンテナフィルタの損失を考慮しても十分な電力を高利得で供給することができることを示している。

MTH 063 は 10 W セットの終段用として設計されたトランジスタで, $V_{CC}=12.5 \text{ V}$, $f=900 \text{ MHz}$, $P_{in}=4 \text{ W}$ において出力電力 $P_0=15 \text{ W}$

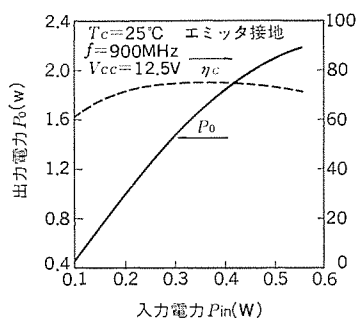


図 8. MTM 128 出力電力, コレクタ効率 - 入力電力特性

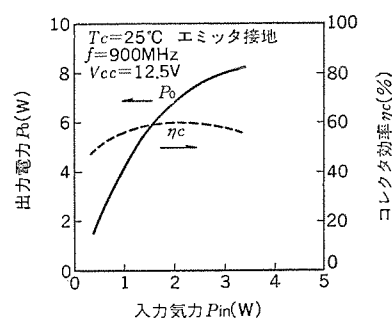


図 9. MTH 129 出力電力, コレクタ効率 - 入力電力特性

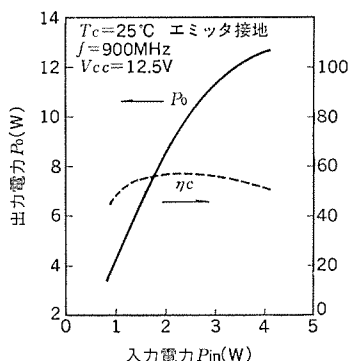


図 10. MTH 130 出力電力, コレクタ効率 - 入力電力特性

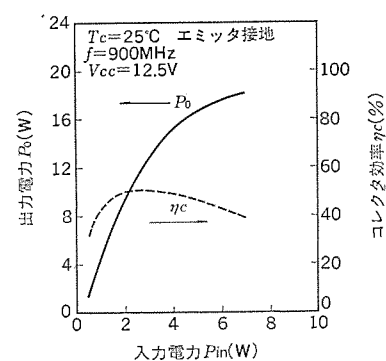
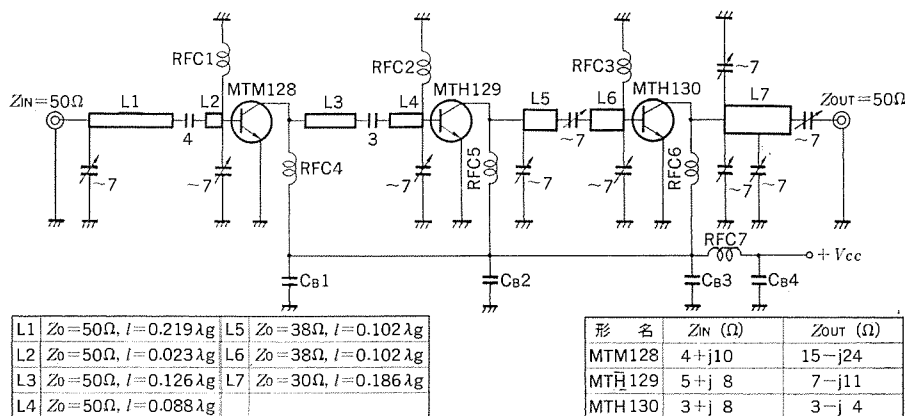


図 11. MTH 063 出力電力, コレクタ効率 - 入力電力特性



注) L1~L7 ストリップ線路 PCB: $\epsilon_r=2.7$
テフロンガラス両面銅張基板(エドライトCCL-FG)コンデンサの単位 pF

図 12. 850 MHz, 8 W 電力増幅回路

表 1. 800 MHz 帯高周波高出力トランジスタの最大定格, 電気的特性

形名	最大定格						出力電力 (最小値)				コレクタ出力容量 C_{ob} (pF)
	V_{CBO} (V)	V_{EBO} (V)	V_{CEO} (V)	I_C (A)	P_C (W)	T_J ($^{\circ}C$)	P_o (min) (W)	P_{in} (W)	f (MHz)	V_{CC} (V)	
MTM128	35	4	17	0.5	5	175	1	0.25	900	12.5	4
MTH129	35	4	17	1	12	175	3	1	900	12.5	12
MTH130	35	4	17	3	20	175	8	3	900	12.5	42
MTH063	35	4	17	4	30	175	14	6	900	12.5	65

を得ることができ, 電力利得 5.7 dB を有する。この利得の値は 400 MHz 帯の高周波高出力トランジスタの利得に匹敵する値であり, 極めて優れた高周波特性を示している。

以上紹介してきたように, これらの 800 MHz 帯高周波高出力トランジスタシリーズは, エミッタ接地高周波電力増幅特性において, いずれも極めて高い電力利得を有し, 当社における従来トランジスタの特性を大幅に上回る優れた性能を有するものである。

表 1. は各トランジスタの最大定格, 電気的特性をまとめたものである。これらのトランジスタは移動無線機用のため, 定格動作電圧は $V_{CC}=12.5V$ としている。またこれらのトランジスタは, 上述した高周波特性の外に以下の特長を有している。

(1) 破壊強度が高い: $V_{CC}=15.2V$, 定格出力電力において無限大の負荷 VSWR (全位相) に耐える。

(2) エミッタ安定化抵抗, 金電極, ガラスコート の採用により高信頼度である。

(3) MTM128 を除き, 入力に MOS コンデンサを利用したインピーダンス変換回路を内蔵しており入力インピーダンスが高い。

特に第 3 の項目は

(a) 整合回路の素子数を減少させることができ, 回路構成を簡単にすることができる。

(b) 入力インピーダンスが大きいため, 結合損失を小さくできる。

等の利点を有し, 回路設計の取扱いが容易になっている。

図 12. は MTM128, MTH129, MTH130 を用いた出力電力 8 W の高周波電力増幅回路の応用例である。この回路図に示すように各段間の整合回路は簡単になっている。この回路により, $f=850$ MHz, $V_{CC}=12V$ 入力電力 0.1 W で出力電力 8 W, 総合コレクタ効率 40% が得られる。

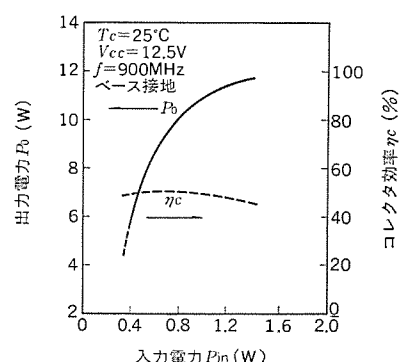


図 13. MTH130 ベース接地 出力電力, コレクタ効率 - 入力電力特性

以上, エミッタ接地トランジスタについて述べたが, ベース接地トランジスタについて検討した結果を紹介する。図 13. は MTH130 のチップをベース接地形に組立て C 級動作で高周波特性を測定した結果である。現在は実験段階であり低入力レベルで不安定性を示すが, 入力電力 0.4 W 以上では安定に動作し電力利得 10 dB 以上と極めて高い利得が得られた。一般にベース接地ではエミッタ接地に比べて超高周波において有利と言われており, これはエミッタ接地に比べてしゃ断周波数が高いこと, またエミッタ接地では寄生リアクタンスが負帰還効果をもたらすのに対し, ベース接地では正帰還として働くことによると説明される。今回試作したベース接地トランジスタはこれらの効果により高利得が得られたものと考えられる。しかしベース接地では前述したように寄生リアクタンスが正帰還効果を及ぼすため動作の安定性に問題があると思われ, この問題を解決するために回路技術的な手法による設計方法の検討が必要であろう。現時点ではエミッタ接地, ベース接地の優劣はつけがたい。

4. む す び

800 MHz 帯移動無線機用高周波高出力トランジスタ新シリーズに開発適用したイオン注入技術と, 外装設計及び得られた電気的特性について述べた。これらの設計, 製造技術は 800 MHz 帯高周波高出力トランジスタに限らず一般の高周波高出力トランジスタにも広く適用できる基礎技術であり, 今後これら技術の適用発展を図り, 当社高周波高出力トランジスタのより高周波化, 高出力化, 高利得化を進めていく予定である。終わりにこの技術の開発に協力いただいた関係各位に対し深謝する。

参 考 文 献

- (1) K. Tsukamoto, Y. Akasaka and K. Horie : Japan. J. appl. phys, 16, 663 (1977)
- (2) T. L. Chiu and H. N. Ghosh : IBM J. Res, Developm. 15, 472 (1971)
- (3) S. M. Hu and S. Schmidt : J. appl. Phys, 39, 4,272 (1968)
- (4) R. Gereth, P. G. Van Loon and W. Williams : J. Electrochem Soc, 112, 323 (1965)
- (5) J. E. Lawrence : J. appl. Phys, 37, 323 (1966)
- (6) K. Tsukamoto, Y. Akasaka, Y. Watari, Y. Kusano, Y. Hirose and G. Nakamura : 第 9 回固体素子コンファレンス (1977 東京)

1. ま え が き

MOS メモリ の大容量化と高速化に対する技術開発は、設計・プロセス両面の技術の進歩によって、目覚ましい速度で進められ、市場の飽く要求(廉価、高信頼性、高速、低消費電力、大容量)を満たしてきた。

MOS メモリ の内、特にダイナミック RAM (Random Access Memory) の大容量化についてみると、1 チップ 当たりのビット数の増加は、1960 年代の終わりから現在にかけて、ほぼ年率 2 倍の開発速度で進められており、これは主に 1 ビットを構成するデバイス数を 6 個のスタティック形から 4 個、3 個、2 個のダイナミック形とすることとアドレス入力を多重化することによって達成されてきた。2 素子形のダイナミックメモリは、1 ビットが 1 個の MOS トランジスタ (MOST) と 1 個の MOS キャパシタからなり、今のところ実用的な記憶素子の最小単位と考えられているが、メモセルからの読出し電圧が極めて小さく、この微小電圧を検出し増幅する高感度なセンスアンプの設計が実用化のかぎと考えられていた。

一方、スタティック MOS RAM の高速化についてみると 1976 年の ISSCC で 1 K スタティック MOS RAM でアクセスタイム 70 ns が Intel 社から⁽¹⁾、同じく '77 年には 4 K スタティックでアクセスタイムが 45 ns のものが HMOS (High performance MOS) プロセスによって実現され⁽²⁾、MOS ながらバイポーラ並みの速度に近くなっている。スタティック MOS RAM は通常 1 ビット当たり 6 個の MOST を用いるが、セルサイズを縮小し高性能化をはかるためにイオン注入で値の制御された高抵抗のポリシリコンを負荷素子としている例 (Mostek 社, Semi, Inc. 社等) もある。いずれにしても回路技術の進歩はもとよりパターン寸法、チップサイズの縮小による浮遊容量の減少と、MOST のショートチャンネル化による大きな電流駆動能力がスタティック MOS RAM の高速化、低消費電力化の大きな要因になっている。

高速・高性能化の要因の 1 つである MOST のショートチャンネル化についていえば、p, n 両不純物原子の 2 重拡散の拡散深さの違いによって実効チャンネル長を決定する VMOST (V-groove MOST)、プレーナ形 DSA (Diffusion Self Aligned) MOST あるいは DMOST (Double Diffused MOST) は通常の光露光技術の範囲内で 1 μm 以下の実効チャンネル長を実現でき、高速 MOS RAM の 1 つの可能性を与えるものと考えられる⁽³⁾⁽⁴⁾。本稿は、これらの内プレーナ形 DSA MOST を 4 K ビットのダイナミック及びスタティック RAM に応用し高速化を達成するための要因、問題点を分析し、それらを解決するための回路・プロセス上の方法について述べる。

2. 基本デバイスの特性

2.1 ウエハプロセス

新しく開発したプレーナ形シリコンゲート DSA MOS IC のウエハプロセスを図 1. に示す。この図は、デプレッション形の MOST を共存させた構造について示す。基板は DSA MOST の利得をあげ、かつ接合

容量、基板効果定数を小さくするために、100~200 $\Omega\text{-cm}$ の高比抵抗 p 形シリコンを用いた。また集積度を向上させるために、ゲートポリシリコンと、ソース電極を直接に接続するための直接コンタクト(ないしはエピコンタクト)を採用した。図示した不純物原子の導入は N^{++} 領域の形成を除いて、すべてイオン注入(4 回)によった。このプロセスの特長をまとめると次のようになる。

(1) フィールド酸化膜を選択酸化法で形成しているので、フィールド酸化膜と分離拡散を自動位置決めできる。また表面の段差を軽減でき微細加工がしやすい。

(2) シリコンゲートを用いているので、ゲート電極とベース(実効チャンネル長を決めるソース端の低比抵抗 P 形領域)、ソース・ドレインの自動位置決めができるので帰還容量を減少できる。

(3) 不純物原子をイオン注入法で導入しているので、濃度の制御を精密に行え、特に DSA MOST, デプレッション MOST のしきい値電圧のばらつきを小さくすることができダイナミック回路への応用が可能である。またゲート酸化膜を除去せずに、ベース、ソース・ドレインを作り、更に不純物導入後のボロンガラス、リンガラスを除去する必要がないので、ゲート電極端でゲート酸化膜がアンダカットされることがない。このため不純物分布の再現性がよく、ゲート耐圧が向上する。

(4) ソース・ドレインをゲート端近傍を除いて熱拡散による n^{++} 領域にし必要なシート抵抗まで下げることができる。

現状の代表的なプロダクトパラメータは、ゲート長 4 μm 、ゲート酸化膜厚は 800 \AA 、 n^{+} 領域の拡散深さ 0.6 μm 、ベース幅 0.5 μm 、アルミ配線幅等は最小 5 μm となっている。

2.2 基本素子の特性

図 2. に、上述のプロセスによる DSA MOST の出力特性を示した。(a) は、ベースが形成されている側をソースとした片方向素子の順接続特性、(b) はソース・ドレインを逆にした逆接続特性、(c) は、片方向素子の非対称性をなくするために、ソース・ドレイン両側にベースを形成した双方向素子の特性である(ゲート幅、ゲート長はおのおの

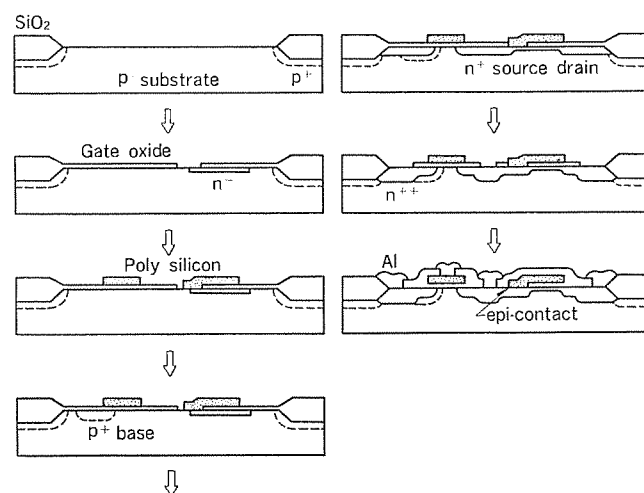
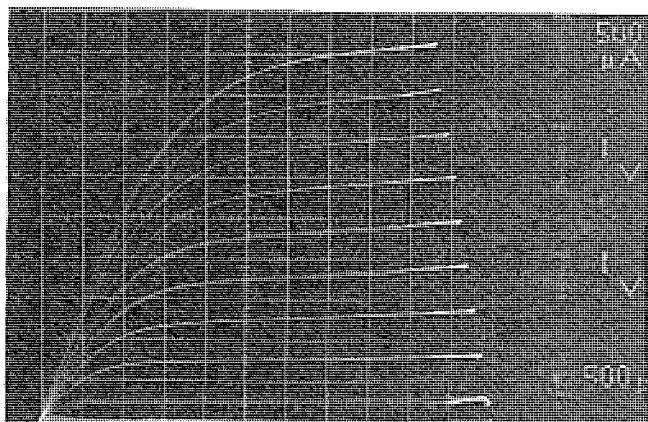
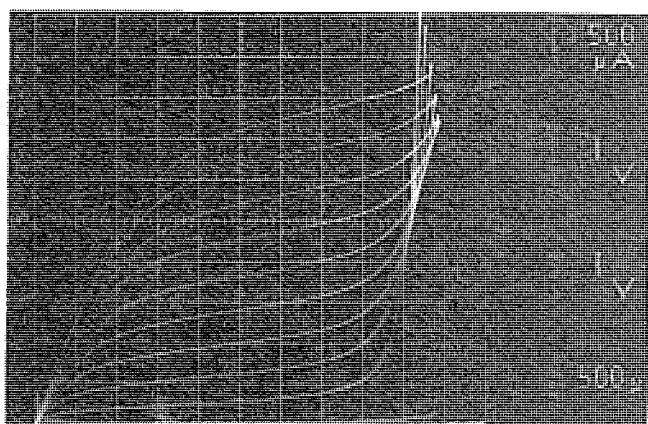


図 1. DSA ED MOS IC の製造手順

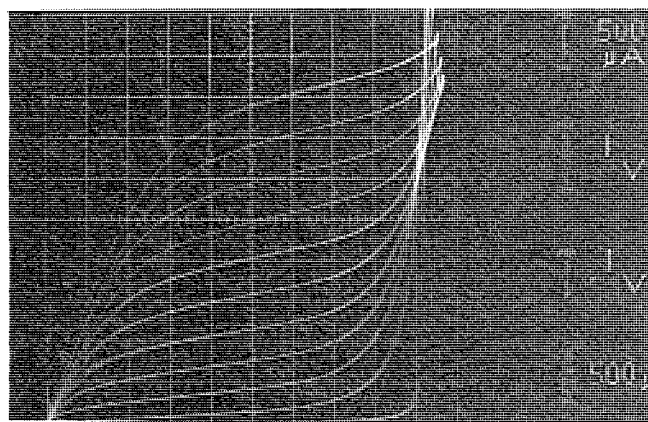
25 μm , 4 μm)。図 2. から分かるように、逆接続の場合、順接続特性に比べてパンチスルー電流が増えているが、これはしきい値電圧がベース領域ではなく、 π 領域のほうで決定され、しかもそれがドレイン電圧の影響を受けて低くなっていることに対応したドレイン電流の増大として考えることができる。双方向素子は、このパンチスルー電流を抑え、ソース・ドレインに関して対称な特性を示しているが、実効チャンネル長が長くなっているのに対応してドレイン電流が片方向の場合に比べて減少している。これらの特性は、用途によって適宜使いわけることにより、高性能メモリ実現のための有力な手段を与えてくれる。



(a) 順方向 DSA MOST



(b) 逆方向 DSA MOST



(c) 双方向 DSA MOST

図 2. DSA MOST の出力特性
W=25 μm L=4 μm $V_{th}=1.0\text{ V}$

表 1. しきい値電圧の制御性の比較

プ ロ セ ス	ベースイオン注入量	しきい値電圧	標準偏差
熱 拡 散 プ ロ セ ス	$1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$	0.48 V	0.23 V
全イオン注入 DSA MOS プロセス	$4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$	1.40 V	0.10 V
	$6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$	1.97 V	0.15 V

DSA MOST のしきい値電圧は、低比抵抗な P 形 (ベース) 領域の不純物分布によって決定されるため、その精密な制御が従来困難視されていた。このため、しきい値電圧のばらつきを小さく抑える必要のあるダイナミックメモリには応用されてこなかった。しかし、不純物の導入量を精密に制御できるイオン注入技術の発展にしたがい、この問題は解決された。表 1. は、ベース領域のみをイオン注入による場合と、ベース、ソース・ドレイン両領域ともイオン注入による場合のしきい値電圧のばらつきを示す⁽⁷⁾。ベースとしてはボロン、ソース・ドレインはリンによるプロセスによる比較であるが、両工程ともイオン注入を採用することによりしきい値電圧の制御性が向上することが分かる。

3. 4 K ビット ダイナミック RAM の設計⁽⁸⁾

図 3. は、試作した 4 K ワード×1 ビット構成のダイナミック RAM のブロック図である。図示したように 2 つの 32×64 ビットメモリセルがセンスアンプの両側に位置しデータの入出力は、R/W 制御回路、I/O 制御回路を経てシングルエンドでなされている。また A_0 から A_{11} までの 12 本のアドレス信号は、同時にメモリに供給される。メモリセルは、1 層ポリシリコンによる 2 素子形で、転送ゲートには図 2. (c) に示した双方向 DSA MOST を用いた。これは、この転送ゲートがソース・ドレインに関して対称な特性が要求されることと、パンチスルー電流によるメモリセルの保持電荷の喪失を防ぐためである。図 4. はメモリセルの断面図である。

回路設計にあたって、MOS RAM においては一般にアドレスバッファにおける遅延時間及びセンスアンプから出力回路への遅延時間が大

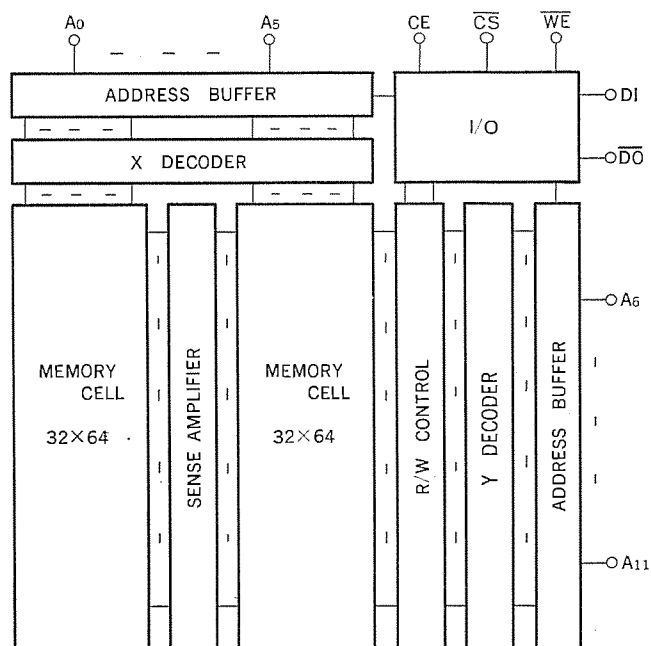


図 3. 4 K ワード×1 ビットダイナミック RAM のブロック図

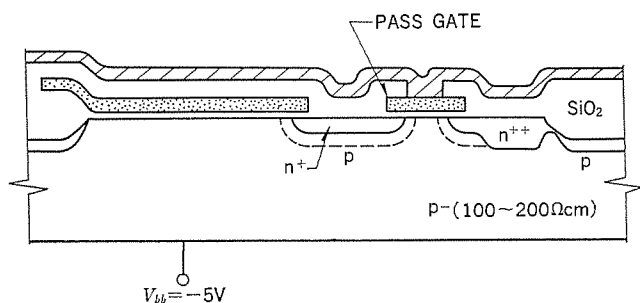


図 4. 2 素子形 ダイナミックメモリセルの構造

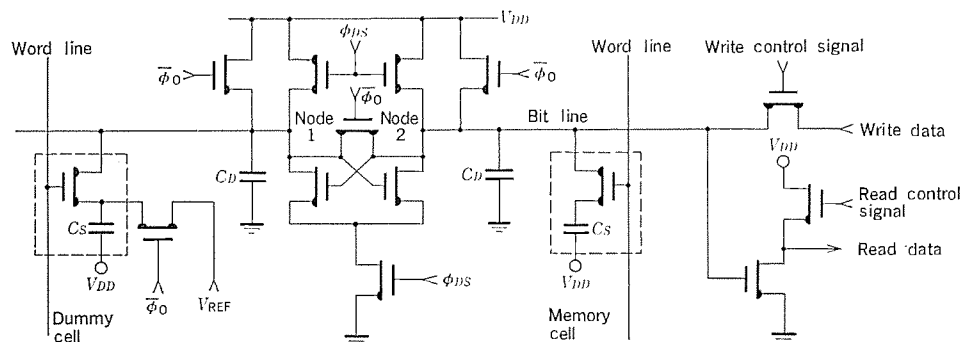


図 5. センスタンプ回路とメモリセル及びダミーメモリセル

表 2. 4 Kワード×1ビット ダイナミック RAM の性能一覧

使 用 技 術	Nチャンネル シリコンゲート π プレーナ DSA ED MOS
チ ャ ッ プ サ イ ズ	4.35×4.90 mm
メ モ リ 構 成	4,096 語×1 ビット
セ ル 構 造	1 トランジスタ+1 キャパシタ
電 源	V _{DD} =12 V, V _{CC} =5 V V _{SS} =0 V, V _{BB} =-5 V
信 号 レ ベ ル	クロック以外 TTL コンパチブル
ク ロ ッ ク レ ベ ル	12 V
出 力 抵 抗	20 Ω
読 出 し ア ク セ ス タ イ ム	60 ns
サ イ ク ル タ イ ム	180 ns
リ フ レ ッ シ ュ 時 間	2 ms
消 費 電 力	950 mW

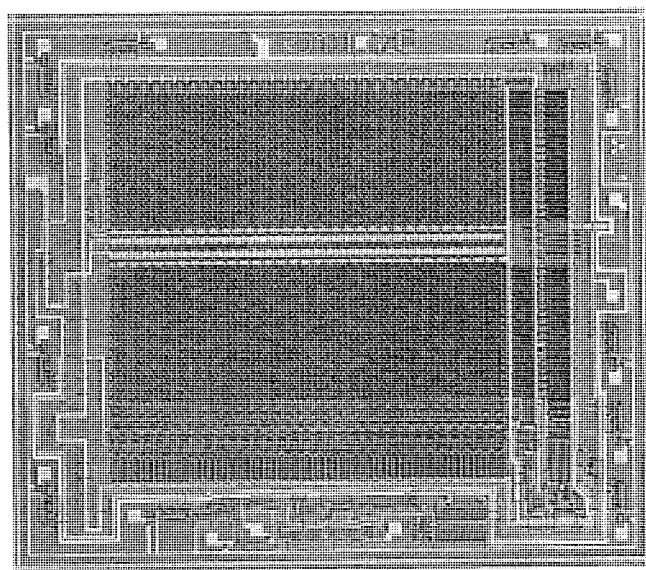


図 6. ダイナミック RAM のチップパターン

きいことに注目し高速化をはかった。図 5. は センスタンプ回路とその左右に配置されたメモリセル及びダミーメモリセルを示したものである。スタンバイでは ϕ_0 が高電位 (約 12 V) でダミーメモリセルに基準電圧 V_{REF} (約 5 V) を、また、ノード 1, 2 の浮遊容量 C_D を 10 V に充電する。メモリがアクセスされると、 ϕ_0 がまず低電位になり、ノード 1, 2 は 10 V の浮遊状態に、またダミーメモリセルの容量は 5 V の浮遊状態になる。この状態において、メモリセル (及びダミーメモリセル) から信号を読み出すために ϕ_{DS} を高電位にする。 ϕ_{DS} は、行デコーダによって選択された行とセンスタンプに関して反対側にあるダミーメモリセル

を駆動するためワード線に供給される。これによってメモリセル及びダミーメモリセルの転送ゲートが導通し、メモリセルに V_S の電位が記憶されていたとすると、ノード 1, 2 に次式で示される電位差が生ずる。

$$|\Delta V| = \frac{|V_{REF} - V_S|}{1 + C_D/C_S}$$

ここで C_S はメモリセル (及びダミーメモリセル) の容量値である。この電位差がノード 1, 2 にあらわれて後、 ϕ_{DS} を高電位にしてセンスタンプを活性化し、電位差 ΔV の増幅を行

う。DSA MOST の電流駆動能力が大きいため、 $V_S=0$ V の場合はノード 2 の高速な放電と、ノード 1 への高速な再充電がなされる。周辺回路においても、このような高速化が達成され、アクセスタイム 60 ns, サイクルタイム 180 ns, 消費電力 950 mW の性能が得られた。表 2. に主な特性を示した。図 6. は、試作した RAM のチップ写真である。チップサイズは 4.35×4.90 mm で 22 ピンパッケージに収納が可能である。

4. 4 K ビット スタティック RAM の設計

4 章では、DSA MOST を高速スタティック RAM に応用した結果について述べる。図 7. は試作した 4 K RAM のブロック図である。行デコーダを中心として左右に 32×64 個のメモリセルを配置した。列デコーダ、プリセンスタンプは上方に、プリチャージ回路が下方に、周辺にはアドレスバッファ、データ入出力バッファ、クロック発生回路がある。メモリセルは 6 個の MOST で構成されるスタティックフリップフロップを用いた。

高速化達成のため TTL レベルのチップ選択信号 (\overline{CS}) をチップ選択だけでなく、チップ内部で MOS レベル (5 V) のクロック信号を発生させた。 \overline{CS} バッファは図 8. に示したように ED インバータレイで構成され、これをチップ内で 4 個用いて、大きな浮遊容量を分担し高速化をはかった。

図 9. は、行デコーダとワード線駆動回路を示したものである。スタンバイでは \overline{CS} 信号が高電位にあり (したがって \overline{CE} は 5 V) ラッチ形のアドレスバッファで作られているアドレス信号とその補信号は、低電位にとどまっている。チップが選択され、アドレス信号がチップ内に取り込まれると ϕ_{DS} が高電位になり、 Q_{15} を通して高抵抗、大容量のワード線を駆動する。ワード線は、図 10. に示したようにメモリセルの転送ゲートを導通させる。同図で ϕ_{DS} 信号は、 ϕ_{DS} 信号と同じ方法で発生され $Q_8 \sim Q_{11}$ から成る列駆動回路を駆動する。列駆動信号は $Q_{13} \sim Q_{17}$ に供給され、メモリデータが、メモリセル ($Q_{22} \sim Q_{27}$) から読出され、ビット線に電位変化を与えた直後に、プリセンスタンプを活性化し、

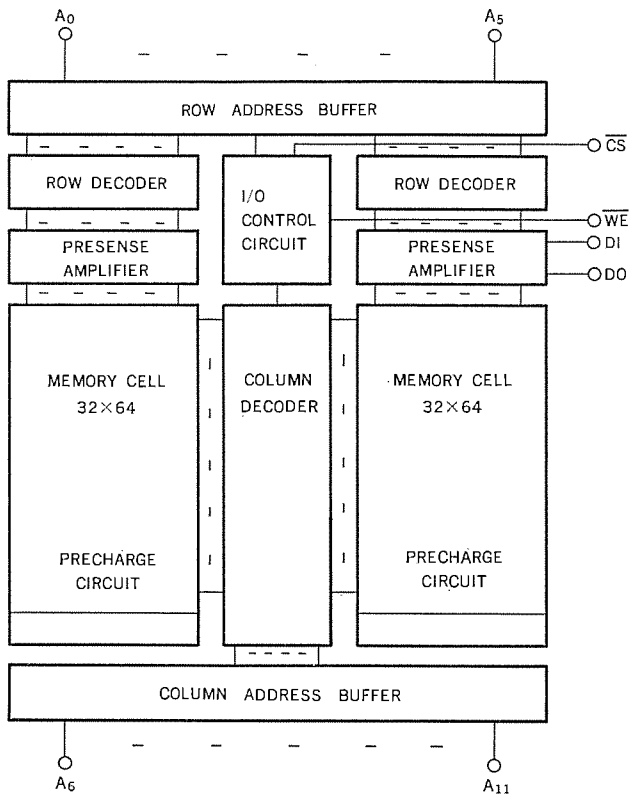


図 7. 4 K ワード×1 ビット スタティック RAM のブロック図

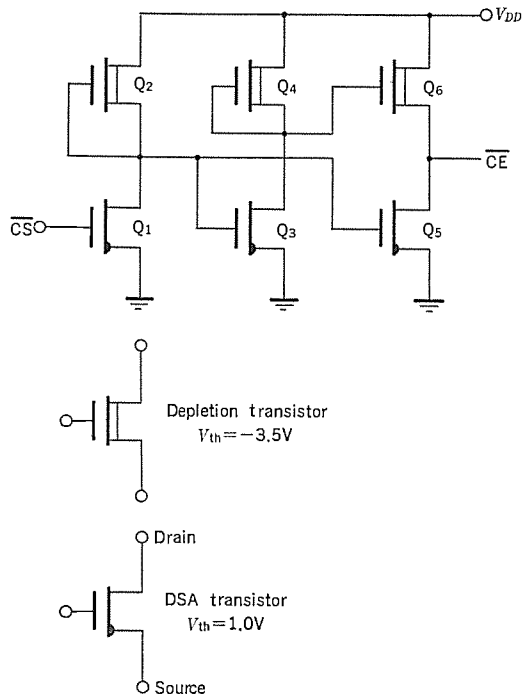


図 8. チップ 選択 バッファ 回路図

ビット線の電位変化を増幅する。増幅されたデータは、データ線に転送され主増幅器に送られる。

図 9. の Q_{15} 、図 10. の Q_4 、 $Q_{13} \sim Q_{16}$ 、 Q_{22} 、 Q_{23} は動作中に転送ゲートとなるので対称な特性を有する双方向 DSA MOST を本来用いるところであるが、図 2. から分かるように、5 V 程度の電圧領域では片方向 DSA MOST が正常な動作に必要なだけの対称性を有しているので、片方向 DSA MOST を図示したような配置（ドッ

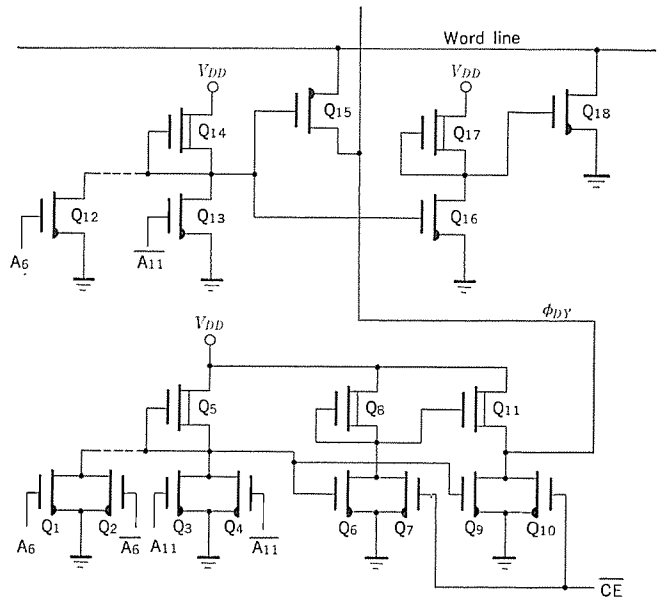


図 9. 行 デコーダ と ワード 線 駆動 回路 図

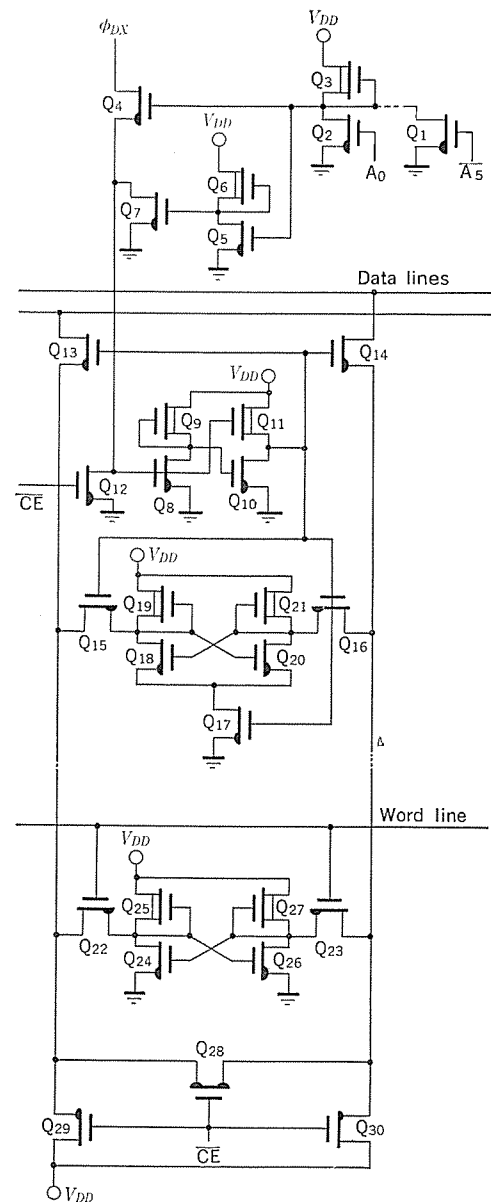


図 10. 列 デコーダ と 列 プリセンスアンプ 回路 図

表 3. 4Kワード×1ビット スタティック RAM の性能一覧

使 用 技 術	Nチャンネル シリコン ゲート π プレーナ DSA ED MOS
チ ッ プ サ イ ズ	5.24×5.36 mm
セ ル サ イ ズ	53×62 μm
電 源	5 V
信 号 レ ベ ル	TTL コンパチブル
出 力	3 状態
ア ク セ ス タ イ ム	50 ns
サ イ ク ル タ イ ム	120 ns
消 費 電 力	630 mW

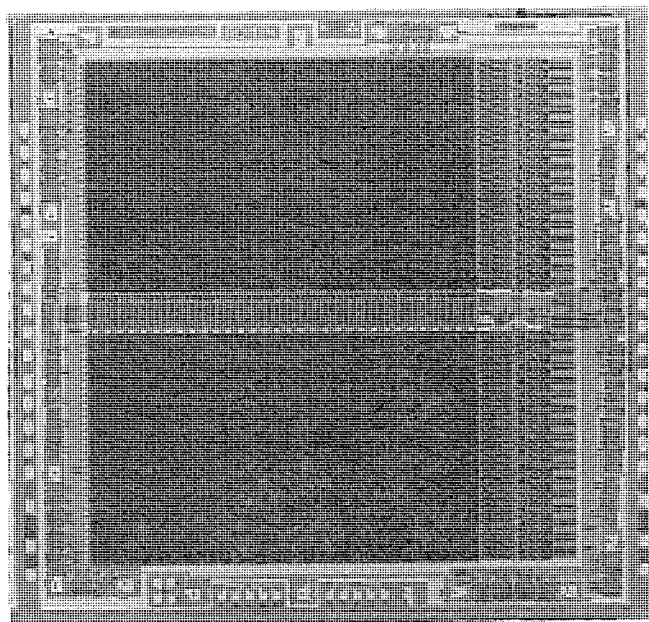


図 11. スタティック RAM のチップパターン

トはソース電極を示している)で採用した。このようにすることによって図 9. の Q_{11} の負荷容量, 図 10. のビット線, データ線の接合容量を減少させることができ, 高速化をはかることができた。

表 3. に主な特性を示した。アクセスタイムは 50 ns, 消費電力がサイクルタイム 120 ns のときに 630 mW(電源電圧は 5 V)である。図 11. は試作した RAM のチップ写真である。チップサイズは 5.24×5.36 mm, 1ビットのセル面積は 53×62 μm である。DSA MOST のゲート長は 4 μm であるが, 他の配線などの最小線幅として 5 μm の設計基準を採用した。

5. む す び

従来から, MOS IC はバイポーラ IC に比べて集積度の点では優れているが動作速度の点では劣ると考えられてきた。しかし最近のプロセス技術, 回路技術の向上によって, この差はだんだんと縮まってきている。MOS IC において高速性を得るためには, チャンネル長を短くして, 大きな電流を駆動できる MOST を実現すること, 微細パターン化を進めて浮遊容量を小さくすることが必要であるが, ショートチャンネル化についてみると, 2重拡散の拡散長の差によって実効チャンネル長を決める DSA MOST は, 1 μm 以下のチャンネル長の実現が可能であり, MOS IC の高速化の有力な手法と考えられる。本稿では, 種々な DSA MOST の内, プレーナ形シリコンゲート構造による DSA MOS IC のプロセスとその特長, DSA MOST の特性, 4Kビットのダイナミック, スタティック RAM に応用し高速性を達成するためにとった方法とその結果について述べた。DSA MOST のショートチャンネル効果の少なさ, 拡散により実効チャンネルを決めることによる制御性の良さ, という利点は将来にも保持され, 今後高速・高密度メモリ, ロジックの実用化に供せられる有用なデバイスと考えられる。

このメモリの実現にあたり種々ご討議いただいた, 元電子技術総合研究所の垂井康夫氏, 電子技術総合研究所の林豊氏に深謝いたします。

参 考 文 献

- (1) R. D. Pashley et. al. : ISSCC Dig. Tech. papers, p. 138-139, Feb. (1976)
- (2) R. D. Pashley et. al. : ISSCC Dig. Tech. papers, p. 22-23, Feb. (1977)
- (3) V. G. McKenny : ISSCC Dig. Tech. papers, p. 16-17, Feb. (1977)
- (4) T. R. O'Connell et. al. : ISSCC Dig. Tech. papers, p. 14-15, Feb. (1977)
- (5) Y. Tarui et. al. : 1st Conf. SSD, supplement to J. Japan Soc. Appl. Phys. 39, p. 105 (1970)
- (6) Y. Tarui et. al. : 2nd Conf. SSD, supplement to J. Japan Soc. Appl. Phys. 40, p. 193 (1971)
- (7) I. Ohkura et. al. : 8th Conf. SSD, Japan Jour. Appl. Phys, 16, supplement 16-1, p. 167 (1977)
- (8) K. Shimotori. et. al. : ISSCC Dig. Tech. papers, p. 76-77, Feb. (1977)

1. ま え が き

この論文は、当社が開発を進めている光、マイクロ波、センサ関係の素子のうち、特に内外から注目を集めているTJSレーザダイオード、光通信用SAS発光ダイオード、PISアバランシェホトダイオード、低雑音及び高出力GaAs FET、GaAsショットキーダイオード、及び感熱サイリスタについて、その特長と応用の概要をまとめたものである。

2. 光 デ バ イ ス

レーザダイオード、高放射輝度発光ダイオード、アバランシェホトダイオードは、光ファイバ通信、光波精密測距装置などの基幹素子として、本格的な実用の段階を迎えようとしている。また、レーザダイオードは、PCM方式によるビデオやオーディオ用ディスクなどの光源として大きな需要が期待されている。

この章では、当社が開発した他に比類のない特長を有する(1)安定な単一モード発振を内外で初めて実現したTJSレーザダイオード、(2)光ファイバとの高効率光結合ができるマイクロ球レンズ付SAS-LED、(3)高速・低雑音PIS-APDについて述べる。図1.は、これらの素子の外観を示している。

2.1 TJSレーザダイオード

2.1.1 構造上の特長

TJSレーザダイオードは、0.3 μm 程度の薄いGaAs p⁺pn 接合構造をpn 接合面と垂直な方向に2つのAlGaAs層ではさむ構造である。発光を生ずるp-GaAs領域は、屈折率が最も大きく、光導波路を形成する。電流は、2つのAlGaAs-GaAsヘテロ接合にはさまれた薄いストライプ状のGaAs層を上記ヘテロ接合に沿って“横方向に、流れるため、TJS(Transverse Junction Stripe)レーザダイオードと呼んでいる⁽¹⁾⁽²⁾。

2.1.2 性能上の特長

(1) 単一モード発振：光導波路を形成するp-GaAs活性領域の断面積は、通常のストライプ形レーザの約1/5の0.3×2.0 μm^2 程度で

あるため、高次横モードが完全に抑制され、図2.に示すような単一モード発振が得られ、レーザ出力10 mW以上でも安定である⁽²⁾。

(2) 低しきい値電流：従来の数分の一の25 mA程度と低い⁽²⁾。

(3) 高速応答：1.5 GHz以上まで平たんな変調ができる。

(4) 優れた直線性：レーザ出力の電流に対する直線性に優れ、アナログ変調が可能である。

(5) 長寿命：単一モード発振レーザダイオードとして内外で初めて1万時間以上の寿命を達成した(レーザ出力2 mW)⁽³⁾。レーザ出力3 mWで試験中であり、3,000時間経過時点でもほとんど劣化は認められない。表1.はTJSレーザダイオードMLX-201の代表特性を示す。

2.2 SAS-LED

2.2.1 構造上の特長

SAS-LEDは、AlGaAs-GaAs 2重ヘテロ接合を有するLEDの円形にへこんだ発光面の中心にマイクロ球レンズを透明樹脂で固定した構造を有し、伝送距離数km、伝送帯域数10 MHzの光通信用光源として用いられる。へこんだ発光面は球レンズを発光面の中心に自動的に設定する作用を有するため、SAS(Self-Aligned Sphere Lens)-LEDと呼んでいる⁽⁴⁾。発光面の直径は35 μm 、球レンズの直径と屈折率は、それぞれ100 μm と2.0である。

2.2.2 性能上の特長

(1) 光ファイバとの高効率結合：球レンズの集光作用により、光

表 1. 単一モードTJSレーザダイオードの代表特性(周囲温度25°C)

項 目	記 号	代 表 値	単 位
しきい値電流	I_t	30	mA
レーザ出力	P	2	mW
動作電圧	V_{OP}	1.8	V
波 長	λ_L	870	nm
応 答 周 波 数	f_C	>1	GHz
ビームひろがり角*	$\theta_{ }, \theta_{\perp}$	15, 40	deg

* $\theta_{||}$, θ_{\perp} は、それぞれヘテロ接合に対して平行、垂直な面内のビームひろがり全半値角を示す。

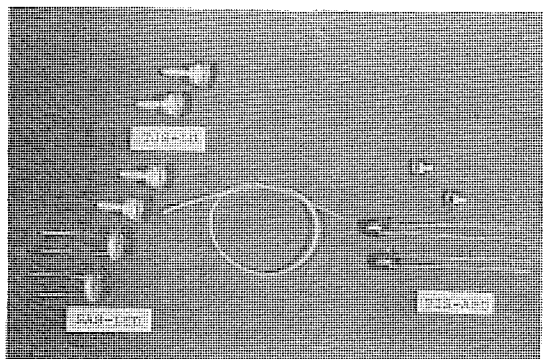
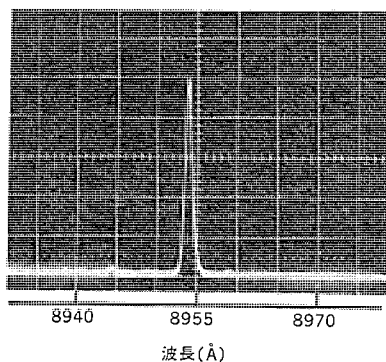
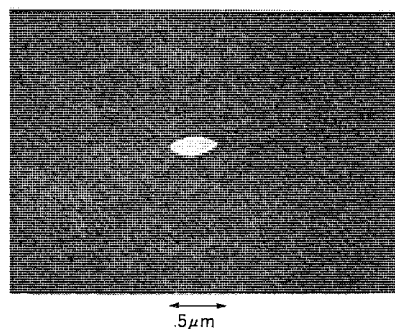


図 1. TJS-LD, SAS-LED, PIS-APDの外観



(a) スペクトル分布



(b) 近視野像

図 2. TJSレーザダイオードの単一モード発振特性

表 2. SAS-LED の代表特性 (周囲温度 25°C, 電流 50 mA)

項 目	記 号	代 表 値	単 位
動 作 電 圧	V_{OP}	1.6	V
シャ断周波数	f_c	30	MHz
ピーク波長	λ_p	860	nm
スペクトル半値幅	$\Delta\lambda$	45	nm
発 光 出 力	P	2	mW
ビームひろがり半値角	θ	40	deg

軸の放射強度は、レンズがない場合に比べ約 8 倍に増加する。発光面の中心と光軸が正確に一致するため、光ファイバと理論限界に近い効率が得られる。1 例としてコア径 60 μm 、開口数 0.18 の光ファイバに対して 100 μW の光入力を得るに必要な電流は従来の約 1/3 の 50 mA 程度ですむ⁽⁴⁾。

(2) 発光効率と応答速度の最適化： 発光効率と応答速度は発光領域の不純物濃度で決まる。不純物濃度が大きくなると発光効率が減少するのに対し、応答速度は早くなる。このため、不純物濃度は発光効率と応答速度との積が最大になるように定められている⁽⁴⁾。この場合の 3 dB 帯域は 50 MHz となる⁽⁵⁾。

(3) 長寿命： 高温加速通電試験の結果 $10^3 \sim 10^7$ h の室温動作寿命が推定できる。室温で 100 μA の素子の通電試験の結果、5,000 h 経過後も故障がなく、2,000 fit 以下の故障率が達成されており、信頼度の高い素子である。

表 2. は、市販している MEK-103 の代表特性を示す。

2. 3 PIS-APD

2. 3. 1 構造上の特長

シリコン・アバランシェホトダイオード (Si-APD) は光電子増倍機能を持つ受光ダイオードである。当社では、応答の高速性と増倍過程の低雑音性を両立させるために、深い位置に接合を持ち p 形側から光を導入する PIS (p-side Illuminated Structure)-APD を開発した⁽⁶⁾。これには、新しく開発したプレーナメサ構造が適用されている⁽⁷⁾。

2. 3. 2 性能上の特長

- (1) 高速応答： 10^7 cm/s でドリフト走行するキャリアを光電流として利用するため、入射光の波長に依存しない 1 GHz 以上の高速応答となる。光パルス応答時間も 200 ps 以下と非常に早い。
- (2) 低雑音指数： 電子をアバランシェの引金キャリアとしており降伏電圧を 300 kV/cm と低く抑えているため、増倍過程の雑音指数が小さく、かつ、入射光の波長に依存しない。
- (3) 利得帯域幅積が大： 電子と正孔の衝突電離係数の比を大きく (50~200)、かつ、電子注入動作をとっているため、利得帯域幅積が 400~800 GHz と大きい。
- (4) 降伏電圧の温度依存性が小： 階段接合形 APD であるため、降伏電圧の温度依存性が $1.1 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$ と小さく、また、降伏電圧のばらつきも $\pm 5\%$ 以下である。
- (5) 高信頼性： 独自のプレーナメサ構造、及びアルカリイオンなどの可動イオンを一掃する特殊なクリーニングプロセスを導入しているため信頼性が高い (故障率 100 fit 以下)。

表 3. は、市販している PIS-APD の代表特性を示す。

表 3. PIS-APD の特性

	PD-020 B	PD-050 B	単位, 備考
受光部直径	0.2	0.5	mm
接合容量	1.2	6.0	pF ($V_a=0.9 V_B$)
光电変換効率	0.35 (at 0.8 m)		A/W (at 50 V)
増倍率	$M > 200$		at $V_B - 1 V$
降伏電圧	100~200		V
同上温度係数	1.1×10^{-3}		$1/^\circ\text{C}$
応答周波数	> 1000		MHz
雑音特性	$\sim M^{2.25}$		$M \leq 100$
漏れ電流	3×10^{-9}		A at 50 V

3. マイクロ波デバイス

通信・放送機器、レーダ等に用いられるマイクロ波半導体デバイスとしては、低雑音増幅用及び高出力発振増幅用 GaAs 電界効果トランジスタ (GaAs FET) と低雑音受動素子 GaAs ショットキーバリアダイオードが大きくクロズアップされている。この章では製品化されているこれらデバイスについて紹介する。図 3. は GaAs FET とショットキーダイオードの外観である。

3. 1 低雑音 GaAs FET

当社 GaAs FET MGF-1400-1 は設計にあたっては高利得低雑音特性を実現するため電極間の寄生容量や直列抵抗をできるだけ小さくするように工夫してある。ゲート長は 1 μm である。

基板結晶の選定から始まるエピタキシャル結晶の高品質化の結果ヒステリシスループがほとんど無い静特性を有している。図 4. は 8 GHz に

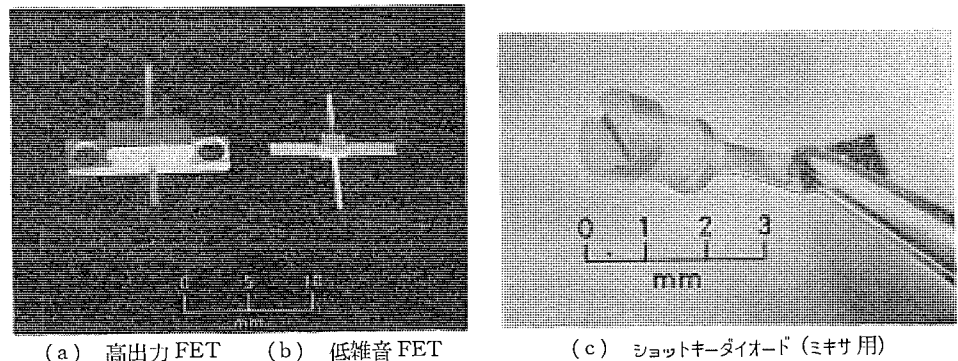


図 3. GaAs FET と ショットキーダイオードの外観

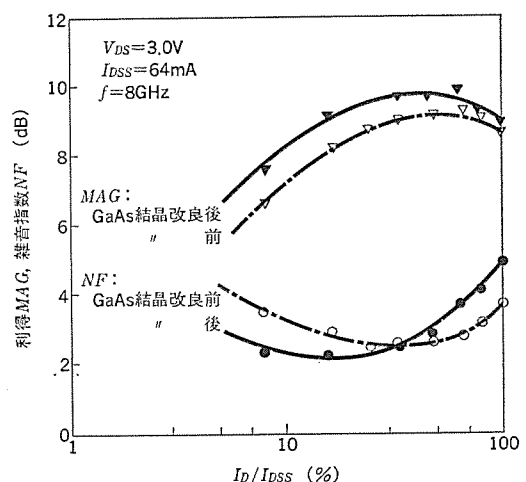


図 4. 低雑音 FET MGF-1400-1 の利得、雑音指数のドレイン電流依存性

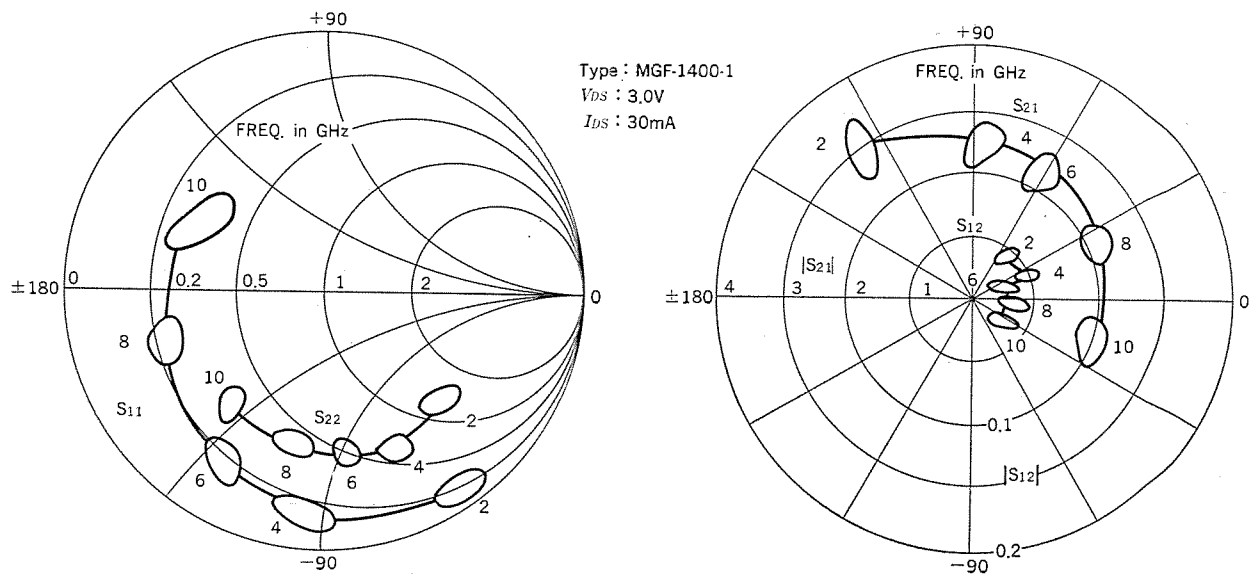


図 5. 低雑音 GaAs FET MGF-1400-1 S パラメータ特性のばらつき範囲

表 4. 中出力・高出力 GaAs FET の代表的特性

シンボル		形 名		MGP-2004	MGP-2016	MGP-2032	単 位
項 目							
1dB利得圧縮点での出力	P_{1dB}	0.1	0.1	0.55	1.0	W	
線形領域の電力利得	G_L	10	8	8	7	dB	
ド レ イ ン 効 率	η_D	44	40	35	30	%	
テ ス ト 条 件		$f=8\text{ GHz}$ $V_{DS}=6\text{ V}$ $V_{GS}=-0.9\text{V}$	$f=12\text{ GHz}$ $V_{DS}=6\text{ V}$ $V_{GS}=-1.1\text{V}$	$f=6\text{ GHz}$ $V_{DS}=8\text{ V}$ $V_{GS}=-1.5\text{V}$	$f=6\text{ GHz}$ $V_{DS}=8\text{ V}$ $V_{GS}=-1.5\text{V}$		
ドレイン飽和電流	I_{DSS}	100	100	400	800	mA	
ピンチオフ電圧	V_P	4	4	5	5	V	
相互コンダクタンス	g_m	50	50	120	240	ms	
最大発振周波数	f_{max}	50	50	30	25	GHz	

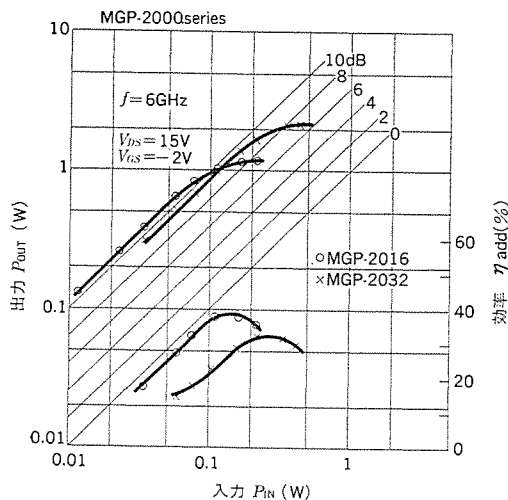


図 6. 高出力 GaAs FET MGP-2000 の入出力特性例

おける利得 MAG と雑音指数 NF のドレイン電流依存性について、GaAs エピタキシャル結晶の改良前後の例を比較して示したものである。パッケージングされた $1\mu\text{m}$ ゲート長 GaAs FET でありながら、雑音指数 2.2 dB 程度の優れた性能が実現できていることが分かる。更に利得も 1 dB 程度改善されている。

低雑音 GaAs FET は雑音最適化条件、すなわちドレイン電流が 10 mA 程度の厳しい条件下で使用される場合が多い。このような条件下においては電流ドリフト、ひいては利得のドリフトが大きな問題となる。当社 GaAs FET ではこの電流ドリフトの問題は解決されている。

図 5. は多量の当社低雑音 FET について評価した S パラメータのばらつきの範囲を示している。この図から明らかなように当社 FET はその特性のばらつきが少なく同一目的に多量に使用する場合にも適応しやすい。

100 mW 前後の中出力 FET は低雑音 FET と高出力 FET とをつなぐ素子として、また小・中出力の発振器構成用素子⁽⁸⁾として広く用いられる。当社中出力 GaAs FET MGP-2004 は上記低雑音 FET の電流仕様を変えたもので、表 4. に代表的特性を示したように、12 GHz でも利得が 8 dB 程度あり、1 dB 利得圧縮点での出力は 100 mW 以上である。

3.2 高出力 GaAs FET

高出力 GaAs FET は基本的には低雑音を目的とした小信号 FET を多数並列接続した構造となっている。高周波特性を損うことなく、いかにして大電流化と高耐圧化を図るかがその設計製作上のポイントである。

図 3. (a) に示した高出力 FET MGP-2000 はゲート長 $1\mu\text{m}$ 、ゲート幅 $1,600\mu\text{m}$ を基準とするチップが 1 又は複数個ボンディングされている。基準チップの場合 (MGP-2016) の静特性はドレイン飽和電流 I_{DSS} が 400 mA、相互コンダクタンス g_m が約 120 ms、ピンチオフ電圧 V_P が約 5 V である。

図 6. は高出力 GaAs FET の入出力特性の例を示している。この FET の最大発振周波数 f_{max} は約 35 GHz である。6 GHz での飽和出力は MGP-2016 で 1 W、MGP-2032 で 2 W であるが利得が 10 dB 前後と高いのが大きな特長である。

多チップ化出力合成の結果として 6 GHz で飽和出力 5 W、利得 6 dB が、また 8 GHz で飽和出力 2.5 W、利得 4 dB がそれぞれ実現している。当社の中・高出力 GaAs FET の主要特性パラメータを表 4. に示した。

3.3 GaAs ショットキーバリアダイオード⁽⁹⁾

当社 GaAs ショットキーバリアダイオードの大きな特長は、ショットキーバリア金

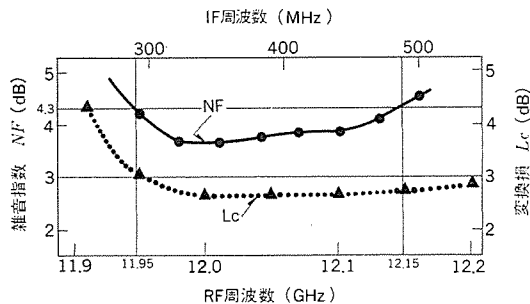


図 7. ショットキーダイオード R 03-M 34 を用いた SHF 帯
ダウンコンバータの総合雑音指数と変換損

属として NiPd 合金をめっき法で形成していることである。NiPd 合金は GaAs と熱的に反応しにくく、GaAs を用いる半導体素子としてはじめて 60°C で 15 fit という高い信頼性のダイオードを実現した。また、この方法で作られた ショットキーダイオードは理論限界に近い性能が得られ、素子ごとの特性のばらつきが小さいことが性能上の大きな特長である。

このような ショットキーダイオードの具体的な例としては、TV の難視対策及び将来の衛星放送システムに多量に使われる SHF 帯簡易受信機用 ミキサダイオード R 03-M 34 がある。外形は図 3. (c) に示したように特に立体平面回路に取付けやすいように工夫されている。

このダイオードは高いしゃ断周波数 ($f_c(\text{DC}) \geq 2,000 \text{ GHz}$) と、小さいアイデアルファクタ ($\alpha \leq 1.07$) をもち、図 7. に示すように 12 GHz で変換損 $L_c \leq 3 \text{ dB}$ 総合雑音指数 $NF_0 \leq 4.3 \text{ dB}$ (含 $NF_{\text{IF AMP.}} = 1.3 \text{ dB}$)、帯域 $\text{BW} \geq 200 \text{ MHz}$ という優れた性能の SHF ダウンコンバータの実現を可能にした。

この外、先に述べた特長をそなえた低雑音非冷却パラメトリックアンプ用パラクタダイオード R 03-V 09 や $T_{ss} \leq -55 \text{ dBm}$ の高密度ディテクタダイオード R 03-D 03 など開発されている。

4. 《サーモセンスタ》(半導体感熱スイッチ素子)

4.1 《サーモセンスタ》の構造と特性

《サーモセンスタ》は温度によってトリガできるようにした新しいタイプのサイリスタで⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ Thermally Sensitive Thyristor にちなんで名付けた当社の商品名である。図 8. は樹脂モールドタイプの《サーモセンスタ》を示す。この新素子はシリコン片に pnpn 接合を形成しその両端の p 層に陽極、n 層に陰極、中間の p 層又は n 層のいずれかにゲート電極を設けた 3 端子素子である。通常のサイリスタと違うところは、サイリスタとしての順方向ブレイクオーバー電圧が温度に対してより敏感に変化するように中間の p 層、n 層の作り方に工夫がなされていることである。また通常のサイリスタと同じようにゲート端子にトリガ電流を流してトリガすることもできるが、感熱スイッチとして使用する場

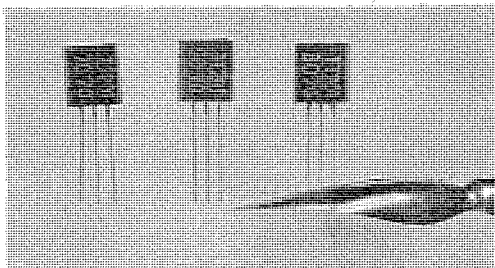


図 8. 《サーモセンスタ》

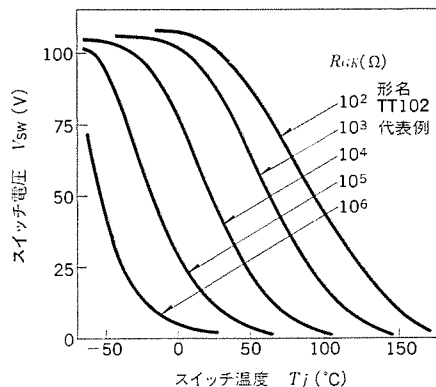


図 9. スイッチ電圧-スイッチ温度特性

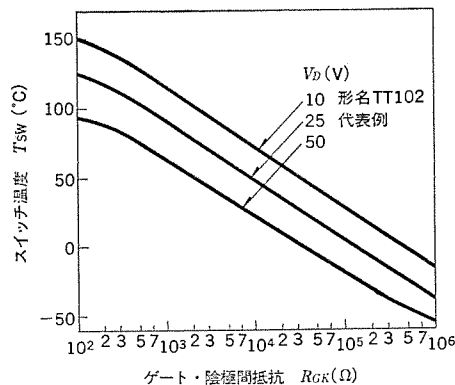


図 10. スイッチ温度-ゲート・陰極間抵抗特性

合は、中間の p 層に設けた p ゲートと陰極間、又は中間の n 層に設けた n ゲートと陽極間に抵抗器を接続しその抵抗値によってスイッチする温度を調節する。

図 9. は《サーモセンスタ》TT 102 の接合温度 (スイッチ温度 T_{sw}) と順方向ブレイクオーバー電圧 (スイッチ電圧 V_{sw}) の関係を p ゲートと陰極間に接続した抵抗 R_{gk} をパラメータにして表したものである。抵抗 R_{gk} が一定であると温度の上昇によって順方向ブレイクオーバー電圧が定まった温度領域で急激に低下する。このため《サーモセンスタ》に加える電圧が一定であると順方向ブレイクオーバー電圧がこの電圧まで低下した温度においてブレイクオーバーが起こりオフ状態からオン状態にスイッチする。このスイッチ温度は、抵抗 R_{gk} の大きさを変えることによって変えることができる。図 10. は印加電圧 V_d を一定にしたとき抵抗 R_{gk} によってスイッチ温度 T_{sw} がどのように変わるかを示す。この図より印加電圧が例えば 25 V の場合だと抵抗 R_{gk} を 1 MΩ から 1 kΩ まで変えることによりスイッチ温度 T_{sw} はマイナス 40°C からプラス 90°C まで抵抗値の対数に対してほぼ直線的に変化することが分かる。

《サーモセンスタ》は、サイリスタと同様にいったんオン状態に入るとオン電流を保持電流以下に下げるとオン状態を保持する。したがって《サーモセンスタ》がターンオフするには、温度がスイッチ温度以下に下がるとともにオン電流も保持電流以下になる必要がある。《サーモセンスタ》を交流のごとき電源で動作させているときは、正の半サイクルの終点近くでターンオフの機会ができ、温度によりオフ状態にスイッチする。《サーモセンスタ》TT 102 の主な定格と特性は次のとおりである。

(1) 最大定格

ピーク繰り返しオフ電圧 50 V ($T_j = 25^\circ\text{C}$, $R_{gk} = 1 \text{ k}\Omega$)
ピーク繰り返し逆電圧 50 V ($T_j = 25^\circ\text{C}$, $R_{gk} = 1 \text{ k}\Omega$)

実効 オン 電流 157 mA
 接合温度 $-40 \sim 125^{\circ}\text{C}$

(2) 特性

オフ電流 $100 \mu\text{A}_{\text{max}}$ ($V_D=50 \text{ V}$, $R_{GK}=1 \text{ k}\Omega$, $T_j=25^{\circ}\text{C}$)
 逆電流 $1 \mu\text{A}_{\text{max}}$ ($V_R=50 \text{ V}$, $R_{GK}=1 \text{ k}\Omega$, $T_j=25^{\circ}\text{C}$)
 オン電圧 $1.4 \text{ V}_{\text{max}}$ ($I_T=0.4 \text{ A}$, $T_a=25^{\circ}\text{C}$, 瞬時測定)

スイッチ電圧温度係数

$-0.85 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$ Typ ($V_D=50 \text{ V}$, $R_{GK}=33 \text{ k}\Omega$)

熱時定数 1 sec Typ (立上がり時間 10~90% 水中)

4.2 《サーモセンスタ》の特長と応用

《サーモセンスタ》は、サーモスタット、サーマルリッドスイッチと比較すると半導体部品であるため無接点で、かつ小形軽量であり、しかもスイッチ温度が電子的作用により広範囲にわたり外部回路によって精密に制御できる特長をもっている。また特性の均一なものを大量生産したり、複数個の素子を集積化したりすることができる。

サーミスタや熱電対などの温度センサと比較すると、《サーモセンスタ》は温度センサとスイッチ及びゲートによる制御機能を兼ね備えている。このため差動増幅回路やシュミットトリガ回路が不要となり回路が簡単ですむというメリットがある。

《サーモセンスタ》は、誕生後まだ日も浅いので今後の開発に待たれるところが多いが、このように従来の素子にはなかった新しい特長をもっているため既存の素子の置き換えにとどまらず特長を生かした独自の用途開発が期待される。表 5. は《サーモセンスタ》の用途例を使用目的別に分類したものである。

《サーモセンスタ》の最も簡単な応用例は、《サーモセンスタ》に発光ダイオードあるいはブザーを接続した温度監視あるいは温度警報器であろう。スイッチする温度は、ゲートに接続した抵抗で簡単に変更でき極めて簡単な回路ですむ。しかし《サーモセンスタ》の定格実効オン電流が 157 mA であるので、それより大きな電流をスイッチするには《サーモセンスタ》を定格電流の大きなサイリスタや電磁リレーなどの入力側に接続して使う必要がある。図 11. は、サイリスタのゲート回路に《サーモセンスタ》を接続して構成した熱応動交流スイッチの 1 例である。《サーモセンスタ》の温度が上がってスイッチ温度に達するとオフ状態からオン状態にスイッチしサイリスタを導通する。温度がスイッチ温度以下に低下すると交流電流の零点でオフ状態に復帰する。図 12. は、交流の零点近くでスイッチングできるヒータ制御回路の 1 例である。ヒータの熱が《サーモセンスタ》に伝わりスイッチ温度に達するとオフ状態からオン状態にスイッチし、サイリスタのゲートトリガ電流をバイパスしヒータ電流を

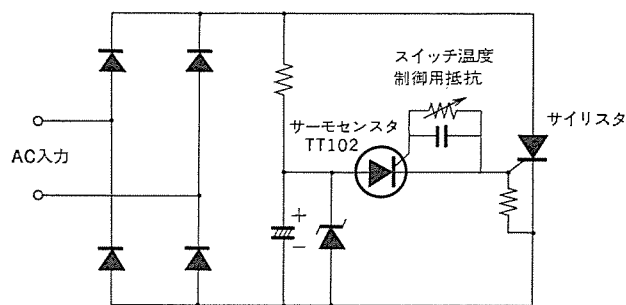


図 11. 熱応動交流スイッチ回路

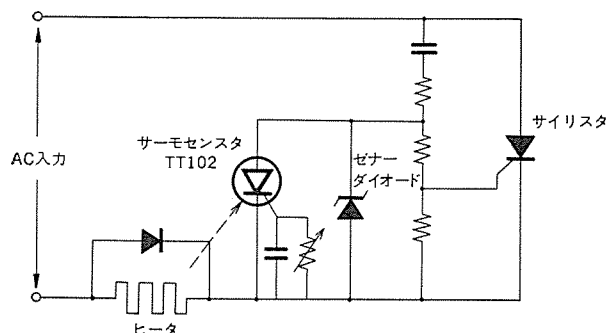


図 12. 零電圧ヒータ制御回路

ストップする。いずれの回路もサーミスタや熱電対を使用するよりも回路が簡単ですむことが分かる。

参考文献

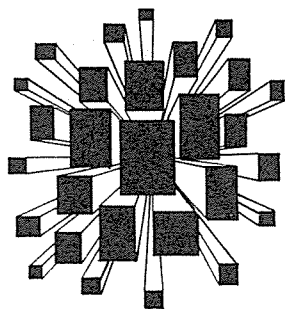
- (1) H. Namizaki : IEEE J. Quantum Electron., QE-11, 427 (1975)
- (2) W. Susaki, T. Tanaka, H. Kan, and M. Ishii : IEEE J. Quantum Electron., QE-13, 587 (1977)
- (3) K. Ikeda, H. Kan, E. Oomura, K. Matsui, M. Ishii and W. Susaki : 1977 IOOC
- (4) S. Horiuchi, K. Ikeda, T. Tanaka and W. Susaki : IEEE Trans. Electron Devices, ED-24, 986 (1977)
- (5) K. Ikeda, S. Horiuchi, T. Tanaka and W. Susaki : IEEE Trans. Electron Devices, ED-24, 1001 (1977)
- (6) 高宮, 近藤, 白幡 : 電子通信学会誌, 58-C, No. 12 (昭50-12)
- (7) S. Takamiya, K. Takahashi and S. Mitsui : 1977 Device Research Conference.
- (8) Y. Mitsui, M. Nakatani and S. Mitsui : Tech. Digest IEEE MTT-S 1977 Int. Microwave Symp., A 43 (1977)
- (9) A. Nara, T. Ishii, H. Ikegawa, S. Mitsui and K. Shirahata : Tech. Digest IEDM. pp. 366-368 (1977)
- (10) J. Nakata, T. Sogo, K. Yamanaka, T. Kameda and Y. Mihashi : Tech. Digest IEDM. pp. 275-278 (1976)
- (11) J. Nakata, T. Sogo, K. Yamanaka, Y. Mihashi and K. Shirahata : Tech. Digest IEDM. pp. 477-480 (1977)

表 5. 《サーモセンスタ》の用途例

使用目的	用途例
温度の表示, 監視, 警報	水温計, 風呂ブザー, 火災報知器
機器の過熱保護	モータ, トランス, 電力ケーブル, 半導体素子, 温水器温度リミッタ
安全, 保安装置用温度検出	過電流遮断器, ガスロ火安全器, 防火シャッタ, クーリングファン
温度の制御	電子毛布, 温風ヒータ, エアコン, 冷蔵庫, オープン, ボイラ, 複写器, こう温そう(槽)
その他	サーマルタイマ, 液面計, フローセンサ

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
816130	磁性薄膜記憶装置	{ 土屋英司・杉浦俊夫 近藤 隆・井上康郎	816672	エレベータ運転方式	石 嶋 進・中田 稔
816131	追尾レーダ方式	{ 渡部 優・遠藤義昭 伊藤 信一	816173	エレベータ装置	瀬原田三郎
816132	発信装置	武田克己・高橋賢治	816174	パルスレーダのトリガ発生方式	赤木治生
816133	マーク読取装置	弘中一光・丸山寿一	816175	測距装置	長能宗彦
816134	アンテナ装置	{ 武市吉博・水沢丕雄 片木孝至	816176	自動追尾発振装置	沢田道弘・森中明善
816135	加振装置	小林利行	816177	放電間隙装置	平野昌彦・井上武男
816136	ホール効果装置	梶原康也	816178	デジタル信号伝送方式	永島 弘
816137	半導体装置の製造方法	蒲生 浩・川上 明	816179	レーダシステムの表示方式	若林 勝
816138	レーダアンテナ	福井清緝	816180	遠心脱水機	藤沢正人
816139	探知装置	{ 渡辺 優・玉真哲雄 川口義弘・江口紀英	816181	乾式コンデンサブッシング	橋 孝司
816140	電気車制御方式	北岡 隆・芦谷正裕	816182	放電間隙装置用消弧板の製作方法	{ 井上武男・石井勇雄 阪本芳昭
816141	貨車加減速装置	岸本 健・小倉新三	816183	けい光放電灯装置	{ 竹田俊幸・安西良矩 野田昭吉
816142	動力車の動力伝達装置	平尾新三	816184	クラッチモータ	横山昌弘
816143	機関の吸気加熱装置	浅山嘉明	816185	金属イオン回収装置	星野昌弘・小林 功
816144	サイリスタ点弧装置	梶野幸男・寺田節夫	816186	線状共重合体の製造方法	{ 西崎俊一郎・江藤昌平 中島博行
816145	リニアモータ列車の制御装置	尾畑喜行	816187	鎖状共重合体の製造方法	{ 西崎俊一郎・江藤昌平 中島博行
816146	カセグレンアンテナ	水沢丕雄・浦崎修治	816188	漁業用けい光水銀ランプ	{ 大盛真次・近藤 登 尾崎彰紀
816147	半導体素子	大久保利美	816189	物品送り装置	浅沼 博
816148	列車位置信号装置	尾畑喜行	816190	螢光灯の外部導入線整形装置	{ 服部 睦・安藤 茂 畑山健一
816149	デジタル回路	高田信治	816191	ダイオード・マウント	武富大児・白幡 潔
816150	リニアモータ列車の非常運転装置	尾畑喜行	816192	塗料	柴山恭一・藤田和嗣
816151	リニアモータ列車の制御装置	尾畑喜行	816193	硬化性樹脂組成物	不可三晃・森脇紀元
816152	移動磁性体の着磁装置	村西有三	816194	硬化性エポキシ樹脂組成物	{ 福島二郎・安田和男 西崎俊一郎
816153	電気式フライホイール	小川裕三	816195	暖房装置	福島 満・藤井雅雄
816154	リニアモータ列車の電源制御装置	尾畑喜行	816196	掛け金装置	{ 服部信道・岩田尚之 杉田 信
816155	半導体装置の電極の製造方法	加藤忠雄	816197	掛け金装置	{ 服部信道・岩田尚之 杉田 信
816156	電圧調整継電装置	稲垣宏明・松本忠士	816233	開閉装置	安田正行・永田秀次
816157	電線被覆剥取装置	勝木康教	816235	温度検出装置	{ 林田素行・若本六夫 安川 武
816158	排気ガス浄化装置	三木隆雄	816236	電極検出方法	{ 近藤芳行・菅沼 惇 佐々木勝男・松谷勝巳
816159	信号選択回路	{ 山中彪生・松本直己 吉田日出夫	816251	放射線による木材殺虫施設	{ 山本守之・津田栄一 三富至道
816165	ポンプの起動方式	安田宜弘	817104	絶縁線の製造方法	{ 野崎憲章・松田禎夫 伊藤公男・寺谷 宏
816161	故障点標定装置	前田耕二	817105	ネマチック液晶組成物	柴山恭一・小野 博
816162	パルス制御回路	杉本維平	817106	ネマチック液晶組成物	柴山恭一・小野 博
816163	事故点標定装置	前田耕二			
816164	母線保護装置	高田信治・辻倉洋右			
816165	母線保護装置	高田信治			
816166	超同期静止セルヒウス装置	栗田静夫			
816167	相関装置	橋本直樹			
816168	母線保護装置	高田信治			
816169	母線保護装置	高田信治			
816170	母線保護装置	高田信治			
816171	磁性薄膜記憶装置	{ 杉浦俊夫・土屋英司 平田郁之・近藤 隆 沢江哲則			

特許と新案



緩衝装置 (実用新案 第1103959号)

考案者 遠藤正和

この考案はテレビジョン受像機等に用いられる緩衝装置に関するものである。

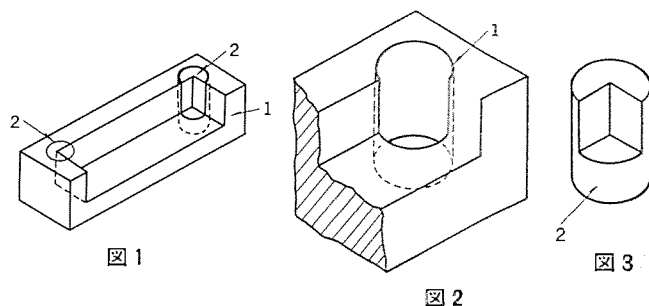
図1はこの考案の一実施例を示す斜視図であり、(1)は図2に示すように、最も割れを生じやすい角の部分に円筒状に切欠いた形状に発泡ポリスチレンのビーズを型詰めして成形された緩衝材、(2)は発泡ポリエチレンを用いて円柱形状に成形した後、図3に示すように、緩衝材(1)の角部分を形成する形状に切欠いた補強材で、例えば緩衝材(1)の円筒状切欠部の内径を補強材(2)の外径より幾分小さくすることによって、両者の接着加工を必要とすることなく圧入固定されている。

このような円筒形の形状にすることによって緩衝材(1)は応力集中をなくすことができ、また補強材(2)は緩衝材(1)によって緩衝力を得ることができる。

従来のこの種の緩衝装置は、単に発泡ポリスチレンのみを用いて成形したものであるため、角の部分に衝撃を受けると容易に割れを生じ、形状が崩れてテレビジョン受信機等の運送時の衝撃を吸収することができなかった。また繰り返し衝撃に耐える緩衝用の材料として

発泡ポリエチレンが知られているが、これは成形加工が極めて困難であり、例えば幾つかの直方体に分割成形してこれらを段ボール等のシートに接着して用いなければならなかった。

これに対しこの考案によれば、上述のように発泡ポリスチレンからなる緩衝材(1)の角部に、発泡ポリエチレンを円柱状に成形して得た補強材(2)をそう(挿)入するようにしたので、加工性が良く、かつ繰り返し衝撃にも耐える緩衝装置を容易に実現することができる。



リニア・アクチュエータ (特許 第761701号)

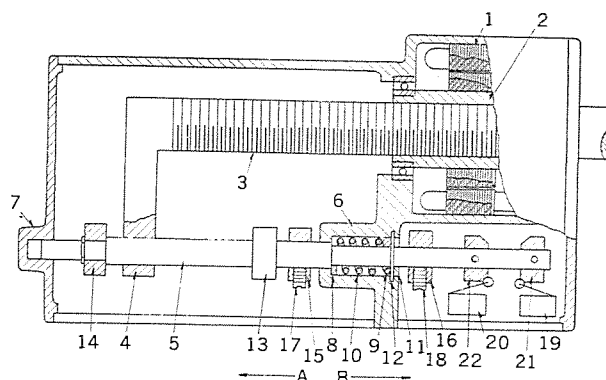
発明者 佐藤正昭

この発明は出力軸が直線運動をするリニア・アクチュエータに関し、特にその位置決め停止装置の改良に関するものである。

図において(1)は電動機、(2)はそのロータ軸で内周に離ねじが形成されている。(3)は上記離ねじにら(螺)合する雄ねじが形成され、一端(4)は後述する作動軸(5)に係合されて回り止めされ、上記ロータ軸(2)の回転により直線運動を行う出力軸、(5)はケース(6)及びカバー(7)によって移動可能に支持され、かつ上記出力軸の一端(4)を軸上に移動自在に係合する作動軸、(8)、(9)はおのの作動軸(5)にがん(嵌)合され、ケース(6)内にあって緩衝用ばね(10)をきょう(挾)持する第1及び第2のスペーサである。なおスペーサ(8)、(9)の内外径はケース(6)及び作動軸(5)とスライド可能に構成されている。(11)、(12)はおのの作動軸(5)及びケース(6)に固着された止片、(13)、(14)は上記出力軸の一端(4)と作動軸(5)との係合部が介在するように上記作動軸(5)上に所定間隔をもって取付けられた1対の作動片、(15)、(16)は上記緩衝部が介在するように作動軸(5)上に所定間隔をもって取付けられる1対のストップ、(17)、(18)はストップ(15)、(16)の取付位置を任意に調整できる取付ねじ、(19)、(20)は電動機(1)を停止させるリミットスイッチ、(21)、(22)は作動軸(5)の端部に固着されリミットスイッチ(19)、(20)を作動

させるスイッチ用カムである。

この構成において電動機(1)のロータ軸(2)が回転すると、出力軸の一端(4)は作動軸(5)をスライドしながらAあるいはB方向に直線運動をする。出力軸の一端(4)が所定距離移動すると作動片(14)あるいは(13)に当接し、作動軸(5)が出力軸(3)と共にAあるいはB方向に移動する。この作動軸(5)の移動によってリミットスイッチ(19)あるいは(20)が作動され電動機(1)を停止させる。しかしながら電動機(1)の惰力及び出力軸(3)の惰力により出力軸(3)の運動



は急速には停止しない。したがって出力軸(3)すなわち作動軸(5)は止片(11)、スペーサ(9)あるいは(8)を介して緩衝用ばね(10)を圧縮しながら更に進む。その惰行が完全に終る直前にストップ(16)あるいは(15)がケース(6)に当接し、その位置で作動軸(5)すなわち出力軸(3)が停止する。惰行はばね(10)によりすみやかに吸収され、ストップ(16)あるいは(15)がケース(6)に当る際はその力は極小である。その後逆方向に出力軸(3)が運動するとばね(10)の伸力により作動

軸(5)は自動的に元の位置に復帰する。

以上のようにこの発明によれば、リミットスイッチ作動後の惰行量がばらつきがあっても、ストップで停止させるので出力軸の停止位置にばらつきがなく、しかも緩衝用ばねにより惰行をすみやかに吸収するので、ストップに過大のショックが生じる恐れはなく、停止が円滑に行われるなど極めて優れたリニア・アクチュエータを得ることができる。

曲 げ 加 工 装 置 (特許 第788933号)

発 明 者 森 田 豊・北 村 守

この発明は電子部品のリード線などの所望の金属片を2個のローの間で連続的に所定の形状に曲げ加工する装置に関するものである。

一般に曲げ加工された部品には、スプリングバックが生じるが、曲げ加工時には、その材料を拘束のない状態にして曲げ加工するよりも、曲げ加工を行う近辺を機械的に拘束して、曲げ加工を行うほうがスプリングバック量は小さいことが知られている。特に半導体部品のような機械的に弱い電子部品は、拘束支持して曲げ加工を行わないと、半導体素子を覆っている樹脂に割れが生じたりして製品を不良にしてしまう危険が大になる。

この発明はこのような点にかんがみ、2組以上の上下ロー間で電子部品等の加工部分を連続的に拘束支持しながら、スプリングバックを順次補正し、所定の曲げ形状を得られるようにし、かつ生産性の向上を図れるようにしたものである。

図1及び図2において、上ロー(9)、(10)、(11)は原動側より歯車を介して軸(20)、(20')、(20'')、カラー(15)、キー(17a)に連結され、すべて矢印B方向に回転する。軸(20)と軸(21)、(20')と(21')、(20'')と(21'')はそれぞれ平行に軸受に保持され、別の歯車に直結されている。すなわち下ロー(12)、(13)、(14)は軸(21)、(21')、(21'')、カラー(16)、キー(17b)により矢印C方向に回転する。軸(20)、(20')、(20'')を保持しているそれぞれ左右の軸受は常にゴム等の弾性体で押下されており、それぞれの上下ローの間隔を加工部品の板厚より小さい一定値Dになるように軸受にストップが設けられている。上シュート(18)と下シュート(19)は加工部品をローに食い込みやすいように一定間隔になるように固定されている。ここで図3に示すように第1組のロー(9)の E_1 寸法と下ロー(12)の F_1 寸法及びそれに相当する第2組のロー(10)、(13)の寸法 E_2 、 F_2 、第3組のロー(11)、(14)の E_3 、 F_3 の寸法はそれぞれ $E_1 > E_2 > E_3$ 、 $F_1 > F_2 > F_3$ の関係になるように設定されている。

まず加工部品が図1のA方向より例えば自由落下などにより給送され、上シュート(18)と下シュート(19)の間を滑下して、上ロー(9)と下ロー(12)との間に食い込む。

あらかじめ上ローと下ローの間隔を加工された板厚より少ない一定値Dに設定してあるので、食い込み時には常に弾性体で押下されている左、右の軸受を介して上ローは、下ローとのすきまが板厚と等しくなるまで上昇する。すなわち弾性体のひずみ(歪)量の力

で加工部品を拘束支持しながら上下ローの回転とともに曲げ加工を行う。

第1組ローでの曲げ加工を完了した加工部品は更に上シュート(18)と下シュート(19)を滑下し、第2組ローに食い込むと同時に第1組ローと同様に上ロー(10)と下ロー(13)とにより曲げ加工を施される。必要に応じて第3組ロー、第4組ロー……と増やし、所定の形状に曲げ、2次曲げ加工を完了する。

なお被加工物が例えば鉄-ニッケルの場合には、一定値Dはその板厚の20%減が適当であり、それぞれ1組のローによって $15^\circ \sim 20^\circ$ ずつ曲げてゆくのがよい。

以上のようにこの発明によれば、電子部品のリード線等の曲げ加工を連続的に、しかもスプリングバックを補正しながら簡単な機械装置によって行うことができ、生産性を高めることができる。また確実に部品を拘束支持しながら曲げ加工を行うので樹脂などで覆っている半導体素子などに余計な力をかけることがなく、製品歩留りが向上する。

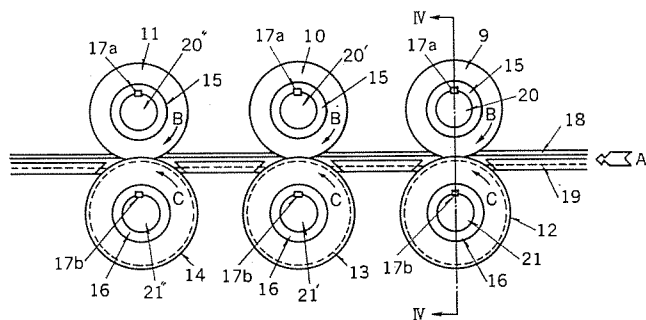


図1

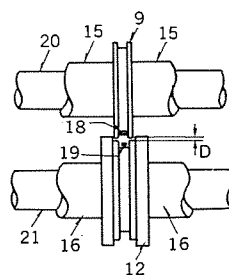


図2

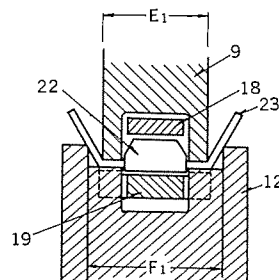


図3

関西電力(株)大飯原子力発電所納め 3相500kV1,240MVA変圧器

菅 寿郎*・渡辺次男*・但馬常夫*・山田雄治*・玉置栄一*

1. ま え が き

我が国のめざましい電力需要の増大に対処するため、全国的に500kV送電系統が運転、整備され、発電所におけるユニット容量もますます大きくなってきており、特に、原子力発電のユニット容量は急激に増大している。当社では表1.に示すように多数の原子力発電所用変圧器を製作してきたが、このたび我が国最大容量の1,240MVA変圧器2台を完成し納入した。この変圧器は、関西電力(株)大飯原子力発電所1～2号器として納入したもので、世界的にも最大級の容量であり、かつ、500kV直接昇圧用変圧器である。

ここでは、この記録的な超大容量500kV変圧器の概要を紹介するとともに、超大容量超々高圧変圧器の設計、製作の妥当性、信頼性の確認のため実施した実証試験について述べる。

2. 変圧器の定格その他

変圧器の定格などは次のとおりである。

(1) 主変圧器

形 式：3相 60Hz 外鉄形送油風冷式
 負荷時電圧調整器別置
 容 量：1,240MVA
 電 圧：1次 24kV 三角形
 2次 515kV 星形
 (中性点別置負荷時電圧調整器により540～490kV可変)
 絶縁階級：1次 20号
 2次線路 500L号
 2次中性点 30号
 インピーダンス：14%

(2) 負荷時電圧調整器

形 式：3相 60Hz 中性点接続、別置式
 送油風冷式、外鉄形フォームフィット形

電 圧：励磁側 24kV 三角形
 調整側 ±25kV 星形

切換タップ点数：17点(±8均等ステップ)

絶縁階級：励磁側 20号
 調整側 30号

端 子：励磁側 相分離母線(GMCS)に接続
 調整側 油ダクトで主変圧器中性点ラッシングに直結

負荷時タップ切換器：MRGⅢ-1600形 2台

この変圧器はより信頼度の高いものとするため、タップ切換は中性点に別置された負荷時電圧調整器によって行う方式をとっている。したがって主変圧器の実質容量は1,303MVAとなっている。また高圧側はエレファント構造でケーブルに直結され、500kV全ガス絶縁開閉所に至っている。

この変圧器の外観を図1.に、主要寸法を図2.に示す。

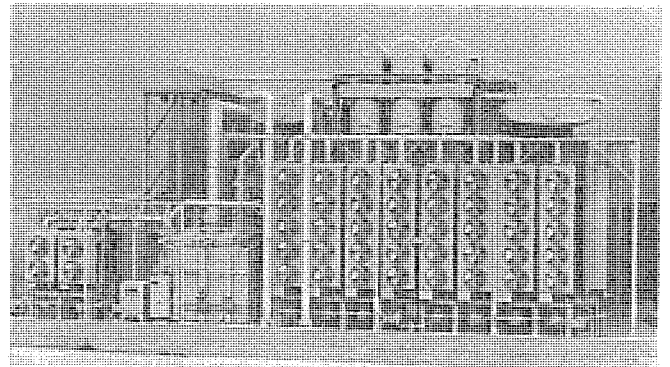


図1. 大飯発電所納め 3相 515kV 1,240MVA 変圧器

表1. 原子力発電所向け主変圧器納入実績

納 入 先	相 数	周 波 数 (Hz)	容 量 (MVA)	電 圧 (kV)		冷却方式	台 数	製作年度	備 考
				高 圧	低 圧				
関 西 電 力 (大 飯 P/S)	3	60	1,240	515	24	送油風冷	2	1975～76	別置調整器付
日本原子力発電 (東 海 P/S)	3	50	1,200	$287.5 \sim \sqrt{3} \sim 268.75$	18.525	送油風冷	1	1976	
台 湾 電 力 (国 聖 P/S)	1	60	1,050/3	$370.8/\sqrt{3} \sim \sqrt{3} \sim 345/\sqrt{3} \sim 336.4/\sqrt{3}$	21	送油風冷	7	1977	
中 部 電 力 (浜 岡 P/S)	3	60	910	$287.5 \sim \sqrt{3} \sim 275$	17.5	送油風冷	1	1977	
東 京 電 力 (福 島 P/S)	3	50	870	281.25 ± 6.25	16.575	送油風冷	1	1976	
関 西 電 力 (高 浜 P/S)	3	60	860	275 ± 12.5	22	送油風冷	2	1973	負荷時タップ切換器付
関 西 電 力 (美 浜 P/S)	3	60	860	275 ± 12.5	22	送油風冷	1	1974	"
四 国 電 力 (伊 方 P/S)	3	60	600	187 ± 8.5	18.5	送油風冷	1	1975	
九 州 電 力 (玄 海 P/S)	3	60	590	230 ± 10	19	送油風冷	1	1974	
関 西 電 力 (美 浜 P/S)	3	60	525	280 ± 7.5	17	送油風冷	1	1971	
日本原子力発電 (敦 賀 P/S)	3	60	390	$287.5 \sim \sqrt{3} \sim 275 \sim 250$	21	送油風冷	1	1968	負荷時タップ切換器付
関 西 電 力 (美 浜 P/S)	3	60	370	262.5 ± 25	17	送油風冷	1	1969	"

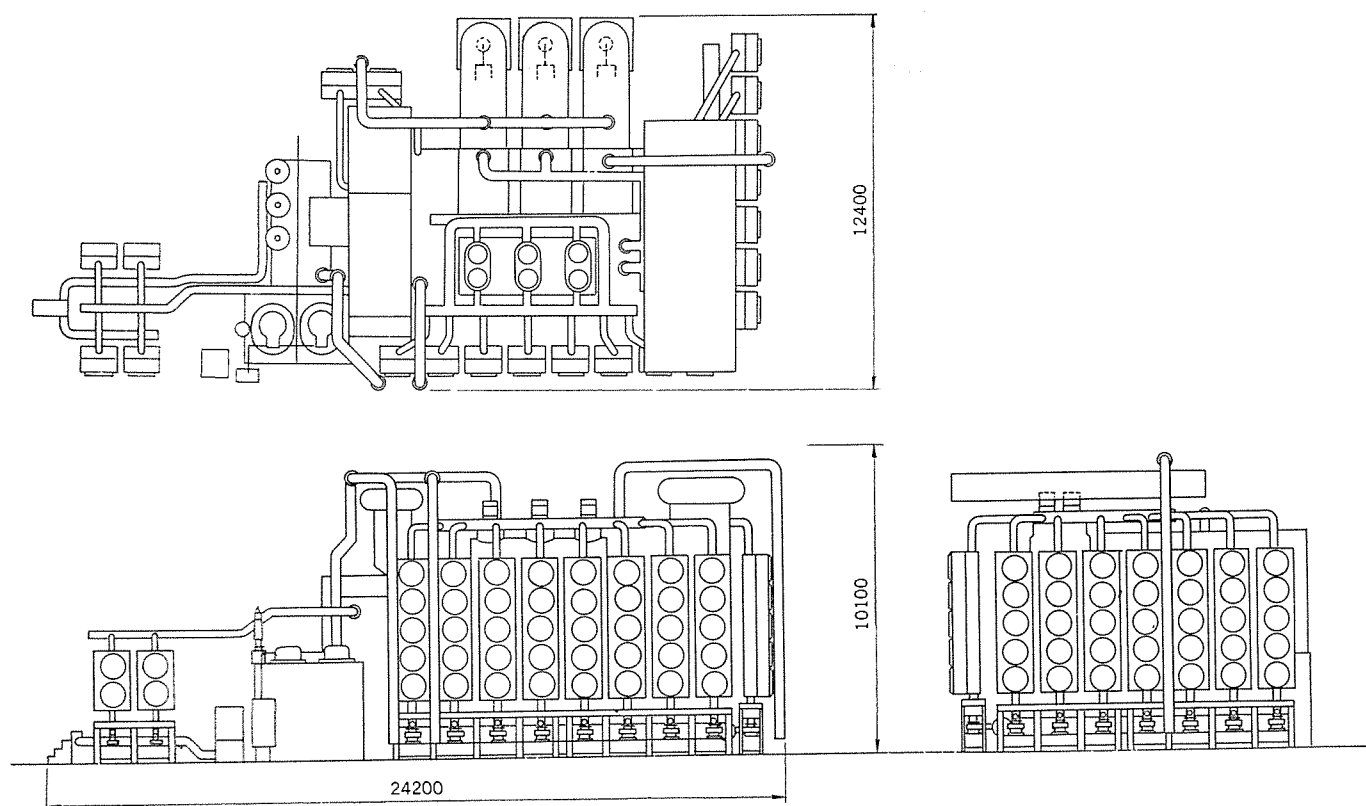


図 2. 大飯発電所納め 3 相 515 kV 1,240 MVA 変圧器の外形

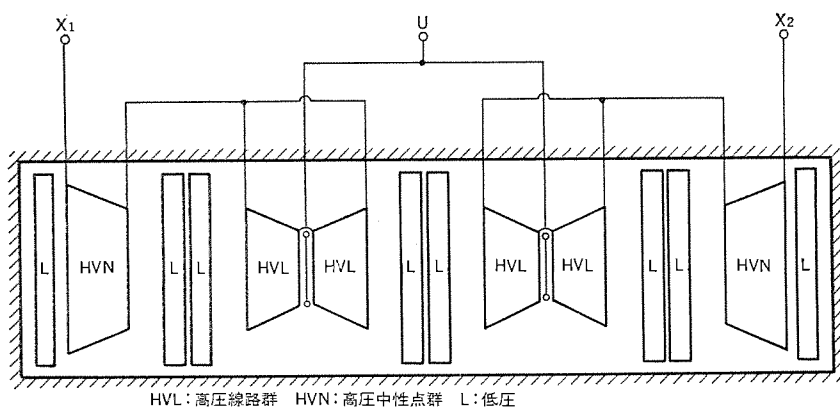
3. 構造及び特長

3.1 巻線及び絶縁構造

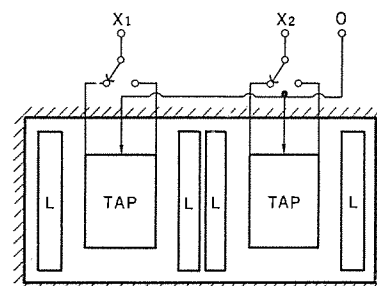
当社では高電圧大容量変圧器はすべて外鉄形構造で製作しており⁽¹⁾⁽²⁾、特に大容量変圧器では外鉄形構造のメリットが大きくなる。すなわち、外鉄形構造では高低圧巻線が交互配置されるため、その群数を適当に選ぶことによって漏れ磁束密度を適正レベルにおさえ、漂遊損失、電磁機械力などが過大にならないよう設計することができる。主変圧器は図 3. に示すように 8 群構成を採用し、高圧巻線は線路群及び中性点群をそれぞれ 2 組設けて並列接続している。線路群はおのをおのを更に 2 並列対称配置にして「つづみ形絶縁構造」としている。つづみ形絶縁構造は当社超々高圧絶縁構造の標準とし

て用いられているもので、線路端が低圧コイルに対向せず、巻線間主絶縁寸法が小さくて済みスペースファクタが良好になるうえ、高電圧部分の電界分布が非常によく、対地主絶縁距離を小さくすることが可能である。外鉄形絶縁構造は、サージプルーフ絶縁と称して内部電位振動が小さいという特長を有しているが、当社ではこの絶縁を更に改良した新絶方式（E 形絶縁）を開発し 154 kV 以上の巻線に標準的に採用してきている。主変圧器の 500 kV 巻線にはもちろんこの E 形絶縁を適用しているが、設計に当たっては電界強度や電位振動の解析を実施し絶縁性能を十分確認している。

1 次相電流は 18,100 A で非常に大きな電流になるが、上述の 8 群構成では、低圧コイルの各群 8 組を並列接続してもそれぞれのコイル電流はよくバランスし、各コイルの電流を 2,260 A に抑えること



(a) 主変圧器



(b) 負荷時電圧調整器

図 3. 巻線配置

ができる。この結果、巻線の断面形状は過大にならず低圧巻線の工作が容易となり信頼性を保持できる。

3.2 大容量化対策

大容量変圧器では、漏れ磁束による巻線、タンク、その他構造物に発生する漂遊損対策が最大の問題であり、特に局部加熱について詳細な検討を行う必要がある。このためには磁界、漂遊損、温度上昇などの理論解析の精度向上を図らねばならないが、当社では積分方程式を基礎とした3次元磁界計算⁽³⁾、コイル漂遊損計算⁽⁴⁾、油流計算⁽⁵⁾、コイル温度上昇解析など各種の設計計算プログラムを開発し、大容量変圧器設計時の数値解析精度を高めている。

これらのプログラムによる解析をもとに、巻線については機械的強度と漂遊損のバランスをとって適切な導体サイズを決めるとともに、各部の損失分布をもとめ、過大な損失が発生しないよう種々の対策を施している。また、外鉄形変圧器のコイル冷却ダクトは垂直でそれぞれ並列回路を構成しているので、本来冷却上有利な構造となっているが、更にコイル面における流れの分布を均一化しコイル各部の温度が均一となるような流路形状を採用している。

タンク及び鉄心面の漂遊損対策として、コイルからの漏れ磁束に対しては磁気シールド、大電流リードによる磁束に対しては部分的に非磁性鋼を使用するとともに、磁気シールドや導電シールドを有効に配置している。更に低圧電流ブッシング部については冷却器を通る油の一部を循環させることにより温度上昇を抑えている。

また低圧側線電流は最大31,400 Aとなるため、定格25 kA ブッシング6本を使用し、各相別々に引き出し相分離母線接続部で三角接続している。

3.3 負荷時電圧調整器

主変圧器の2次側電圧を540～490 kVに可変とするために別置き負荷時電圧調整器を用いている。図3.に示すように、2台並列使用されるタップ切換器のそれぞれに分担する負荷電流を1/2等分にするため、主変圧器の2次巻線及び調整器のタップ巻線を2組の独立回路としておのおのに1台ずつのタップ切換器を使用している。したがって、主変圧器2次中性点と調整器のタップ巻線は互いに各相2本、計6本のブッシングで油中接続されている。

3.4 付属品

変圧器の大容量化に伴って単器冷却容量の大きい冷却器が必要となり、かつ周囲環境に適合させるために耐食性の優れた冷却器が要求される。当社ではこのような要求に応じて、鉄チューブに鉄フィンを取付け、溶融亜鉛めっきしたEF形送油風冷式冷却器を開発し現在標準品として使用しているが、この変圧器では単器冷却容量が最も大きいEF-5形ユニットクーラを使用している。

変圧器保護継電器の1つとして、衝撃油圧継電器が従来から用い

られているが、変圧器が地震などの外部要因による振動を受けた場合、内部絶縁油の動揺によって誤動作することがあった。このような誤動作を防止するため従来の構造を改良した耐震形衝撃油圧継電器を製品化し、この変圧器にも採用した。

4. 製作

この変圧器は記録的製品であることから、5章で述べる実証試験により設計並びに工作面の妥当性の検証を行いこの結果を実器に反映させるとともに、過去の500 kV及び大容量変圧器の製作経験をもとに、資材の受入れから現地すえ(掘)付けにいたるまで全工程の作業標準、チェックシート、材料部品、設備機械、作業環境などを再度見直し改善を図り、万全の品質管理体制を確立させた上で製作に当たった。特に大容量化に伴う寸法・重量の増大に対応するため工作技術及び設備面においても十分検討を加え、新設及び改造した工具及び設備については使用前に品質監査を実施し、問題のないことを確認した上製作に使用した。この変圧器の輸送は、工場より発電所まで海上輸送し、現地陸揚げ後変圧器設置場所までの運搬には図4.に示す800トン自走式キングキャリアを使用した。

5. 実証試験

この変圧器は、国産最大容量であるとともに原子力発電所用であることなどから信頼性の確保向上を最重点に設計製作されねばならない。変圧器の単器容量の増大は絶縁上の問題に加えて漂遊損の増大、電磁機械力対策など多くの問題を同時に解決することを要求している。超々高圧大容量器に課せられた諸々の問題は、いずれも互いに独立して解決しうるものではなく、相互に関係しあっている。したがって、おのおの問題に対する基礎的研究の成果をいかに1台の変圧器の中にバランスよくとり入れて総合的に信頼度の高いものとするかが重要なポイントである。

以上のことから、今回超大容量器を製作するに際し、従来からの設計、製作手法をすべて見直すとともに、最近行われた各種部分モデルによる開発、試作試験の成果⁽⁶⁾⁽⁷⁾などを盛り込んだ実証試験器を製作し500 kV 1,000 MVA級変圧器のあらゆる面からの検証試験を実施した。

5.1 実証試験器

当社外鉄形変圧器の場合、主鉄心の一部が共通となっているが、各相間には磁気シールドが設けられ、各相の漏れ磁束はそれぞれ独立した磁気回路を構成していること、また各相の巻線が互いに向かい合う構造でなく、各相の巻線間には接地電位の構造物があることなどから、単相器と3相器で本質的な相違点はないため、実証試験はあらかじめ実器の1相分に相当する実証試験器を製作して実施した。

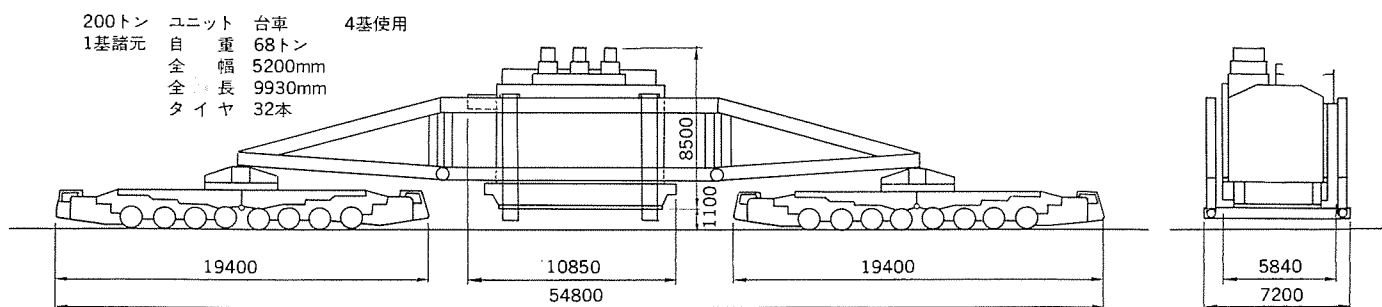


図4. 800トン自走式キングキャリア

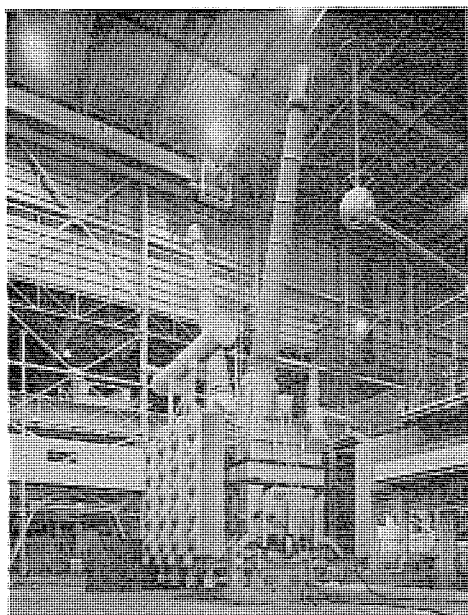


図 5. 実証試験 (第 1 次試験)

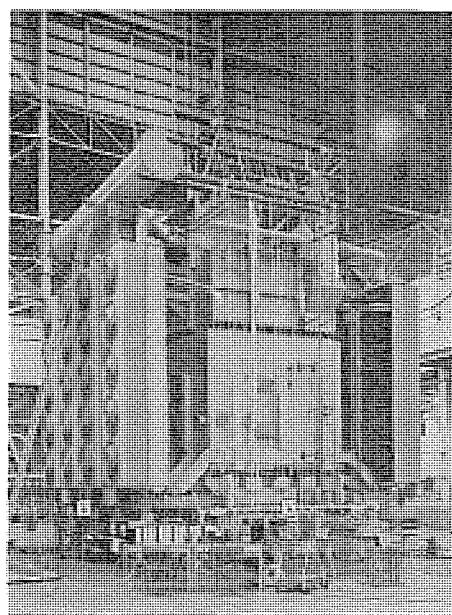


図 6. 実証試験 (第 2 次試験)

表 2. 絶縁関係試験項目

	試 験 項 目	内 容	結 果
耐 電 圧 試 験	雷 イ ン パ ル ス 試 験	1,550 kV	異常なし
	開閉インパルス試験	1,175 kV	"
	誘導耐電圧試験	750 kV 240 Hz 30秒	"
	長時間過電圧及び 部分放電測定	468 kV (1.5 E) 1時間 624 kV (2 E) 5分 468 kV (1.5 E) 1時間	異常なし
過 電 圧 試 験	雷インパルス過電圧試験	1,705 kV (110%)	異常なし
		1,860 kV (120%)	"
		2,015 kV (130%)	"
	誘導過電圧試験	825 kV (110%) 240 Hz 30秒	異常なし
		900 kV (120%) 240 Hz 30秒	"
		975 kV (130%) 240 Hz 30秒	"

変圧器内部の温度分布、油流分布などの状況を詳細に測定するためには内部に多数の測定素子を埋め込む必要があるが、これらの素子を入れることにより絶縁関係の検証が難しくなる。そこで今回の実証試験では試験を2回に分け、第1次として一般特性及び絶縁関係を主体に、第2次として温度分布、油流分布を主体に行うこととした。

また、単相器であることから低圧ブッシング取付部についての構造は実器と異なるので、この部分を検証するため別途低圧ブッシング部分を3相で完全に模擬したタンクを実器と同一寸法で製作し、現地での運転状態と全く同一条件とするため相分離母線 (GMCS) と組合せた状態での温度上昇試験を実施した。

5.2 第1次試験

図5. に第1次試験の状況を示す。この変圧器の巻線は図3. に示したように8群構成で、コイル軸長さの1/2の面を対象面として1対

の高低圧巻線群が同一鉄心脚に直列に配置されているので、実証器では左右の高圧巻線を独立して引き出し部分放電測定を左右分離して行えるようにした。第1次試験では一般の変圧器で通常実施される試験項目に加えて、絶縁裕度の検証試験及び鉄心の諸特性についての試験を実施した。

絶縁に関する主な試験項目を表2. に示す。絶縁強度の裕度を確認するために誘導耐電圧及び雷インパルス試験についてそれぞれ試験電圧の10%ステップで130%まで実施したが、十分これに耐え何ら異常が認められなかった。部分放電測定についても長時間過電圧試験時だけでなく誘導過電圧試験時にも測定し有害な内部部分放電が起こっていないことを確認した。また第1次試験終了後の詳細解体点検においても内部に放電こん跡のないことを確認し、絶縁に関して十分裕度のある設計であることが検証された。

鉄心諸特性については、110%30分間連続励磁試験を行い、励磁電流、鉄損の変化の有無、タンク振動測定などにより異常のないことを確認するとともに、105%15時間連続励磁試験を実施し、鉄心内各部に設けた熱電対による鉄心温度分布測定で異常な温度上昇がなく冷却も十分であることを確認した。

5.3 第2次試験

第1次試験においても、通常温度上昇試験、長時間温度上昇試験、鉄心温度上昇測定などにより熱的にも問題のないことが検証されたが、更に詳細に変圧器内部の温度分布、油流バランスなどを測定し、局部過熱などの異常がないことを検証するため第2次試験を実施した。この試験は第1次試験終了後、鉄心・コイル・絶縁物を解体し、各部に測定素子を組込みながら再組立し、短絡法により高圧側から定格電流を供給し、各部の温度が完全に平衡状態になった時点で測する方法をとった。

図6. に第2次試験の状況を示す。コイルの温度は、高圧コイル及び低圧コイル各部に、多数の熱電対を導体に直接取付けて測定した。各熱電対は通電中異なった電位になるため相互に絶縁して外部に引き出すとともに、今回の試験のため特に開発した特殊切換器を用いて多数の測定点を通電状態で測定できるようにした。この試験の結果、コイルに特に温度の高い箇所はなくすべての測定点で許容温度上

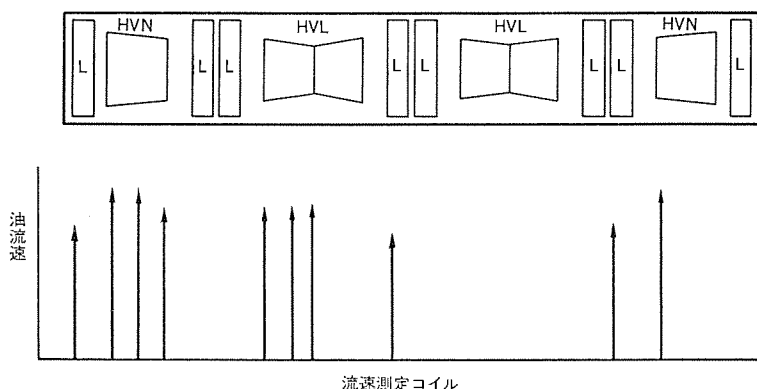


図 7. コイル 面油流速分布

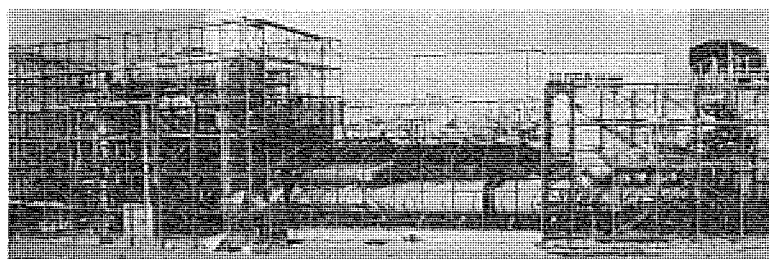
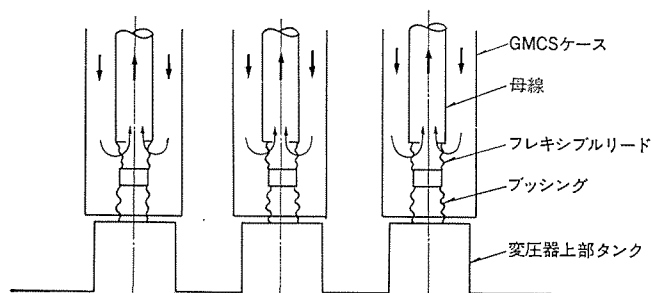
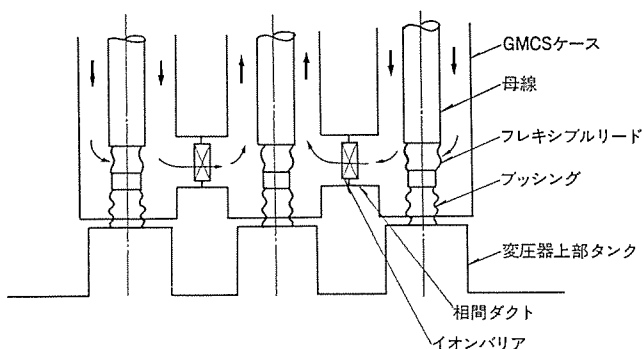


図 8. 低圧端子部と相分離母線組合せ試験



(a) R-T 方式端子部



(b) R-R 方式端子部

図 9. 相分離母線冷却方式 (矢印は風の流の方向を示す)

昇限度以下であることが検証された。電磁シールド、タンク壁など漏れ磁束による局部過熱が問題となる箇所についても熱電対、表面温度

計などにより測定したが異常は認められなかった。

各コイル冷却面の油流がバランスして流れていることを検証するためコイル冷却ダクトの流量を冷却面直線部の上下圧力損失より求めた。その結果を図 7. に示す。この結果各コイル面の油流速はほぼ均一で設計値通りであることが検証された。

5. 4 低圧端子部温度上昇試験

この試験は、実変圧器の低圧端子部分を完全に模擬したタンクを備えた電源用大電流変圧器、相分離母線 (GMCS) 及び発電機模擬端子を組合せた状態で発電機側を 3 相短絡し電源用変圧器より通電して温度上昇試験を実施したものである。供試器全体を図 8. に示す。この装置は屋外で組立て装置全体をテントで覆い、試験時、日射・風などの影響を受けないよう配慮した。試験は変圧器油温、油循環量、冷却風量などを実器と同一条件に調整し、風冷 40 kA、自冷 22 kA で各部の温度上昇を測定し、変圧器タンク部及び低圧端子部とも許容温度上昇以下であることが検証された。なお相分離母線の冷却方式については図 9. に示すように、冷却空気の流れを母線とカバー間の環状部として両端相より風を入れ端子部で中相に集めて反転し中相より取り出す R-R 方式と、冷却空気が環

状部を通して端子部に至り母線内の円筒部から取り出す R-T 方式の 2 つについて実証試験を実施したが、どちらの冷却方式についても問題ないことが検証された。これらの実証試験から変圧器容量 1,500 MVA 程度までは、今回採用した構造で問題ないことが立証されたことになる。

6. む す び

関西電力(株)大飯原子力発電所向けとして製作した我が国最大容量 3 相 500 kV 1,240 MVA 変圧器のあらましとその製作に先立って実施した実証試験の一部について紹介した。今回の実証試験においては実器に対する設計・製作の妥当性について十分検証することができ、また今後更に大容量、高電圧化する変圧器を製作するための貴重な資料を得ることができた。

最後に、この変圧器を製作する機会を与えていただくとともに、製作に当たって終始ご指導をいただいた関西電力(株)の関係各位に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 村上ほか：三菱電機技報，41，No. 3，p. 409 (昭 42)
- (2) 田村ほか：三菱電機技報，45，No. 9，p. 1,071 (昭 46)
- (3) 岩本ほか：電学誌，96，No. 9，p. 443 (昭 51)
- (4) 玉置ほか：電気学会研究会資料，TC-72-2
- (5) 渡辺ほか：三菱電機技報，50，No. 9，p. 469 (昭 51)
- (6) 田村ほか：三菱電機技報，50，No. 12，p. 675 (昭 51)
- (7) 田村ほか：三菱電機技報，51，No. 3，p. 220 (昭 52)

1. ま え が き

包装は JIS-Z-0108 によれば、『物品の輸送・保管などにあたって価値および状態を保護するために適切な材料・容器などを施す技術、および施した状態をいう。』と定義され、適正包装は『流通過程において振動・衝撃・圧縮・水・温湿度などによって物品に破損・損傷などが生じてその価値・状態の低下をきたさないよう流通の実態に即応した包装を意味する。』と定義されている。

本来ならば、適正な物流環境に即応した包装が適正包装となるが、現状の物流環境をみると不確定要素が多々あり、当面は流通実態を適確には(把)握してそれに応じた包装を施すことが包装設計者の使命となる。

当社においても、VA 活動が展開されているおりから、流通環境で遭遇する振動や落下衝撃・圧縮などからの保護、手穴などによる荷扱い性の向上などに対する包装の機能を適確に定義づけ、その評価を適正に行うために流通実態の再現試験条件を適確に定めていく必要がある。そこで、流通環境の把握・製品強度の把握・緩衝特性の把握・各種包装材料・貨物試験による確認など一連の調査・試験を実施してきている。

ところで、ここ数年の我が国の物流環境改善には著しいものがみられる。例えば、道路の整備やフォークリフトの普及などによる荷役作業の機械化による荷扱いの改善があげられる。そこで、最近の当社の物流環境を調査するために、ダミーを用いて輸送試験を行い、その際製品が受ける落下衝撃を把握してきた。更に、その結果をもとに、包装の機能を評価する基準の1つである落下試験規格の見直しを行った。この報告では、輸送試験要領とその結果並びに落下試験規格化までの経過について概要を述べる。

2. 輸送試験調査要領

物流環境を調査するため、実際の家庭用電気製品と外装・重量が同一のダミーに衝撃記録計を内蔵させ、輸送・荷扱い時の落下衝撃を把握してきたので、その調査要領を以下に述べる。

2.1 使用衝撃記録計

従来より、この種の調査は公的機関・民間企業において数多くなされてきているが、公表された資料・文献を調べると、使用衝撃記録計は大部分がラチェット式の1方向衝撃記録計と考えられ、時計式3方向衝撃記録計を使用した例は極めて少ないようである。参考までに、現在市販されている衝撃記録計を以下に示す。

- (1) 簡易形衝撃記録計：小形・軽量で1方向の最大衝撃値のみ表示する。(例) ミゼット G メータ (商品名)、ショックインジケーター
- (2) ラチェット式衝撃記録計：1方向と3方向とがあり衝撃値を記録する。(例) 吉田精機製 FIR-105 形
- (3) 時計式衝撃記録計：時間の経過とともに記録紙が送られ、衝撃値と発生時間がわかる。(例) 吉田精機製 FIR-301 形、I-O-G 社製 Hc 形

表 1. ラチェット式1方向衝撃記録計と時計式3方向衝撃記録計の特徴

	価格	寸法	重量	データ 処 理	発生場所 の 推 定	稜・角落 下の推定	稜・角落 下の高さ の定推	落下較正 試 験
ラチェット式1方向	安価	小	軽	易	不可	不可	不可	易
時計式3方向	高価	大	重	難	可能	可能	可能	難

表 1. にラチェット式1方向衝撃記録計と時計式3方向衝撃記録計の特徴を示す。これより、ラチェット式1方向衝撃記録計が多く使用される理由としてデータ処理のしやすさがあげられるが、現実の荷扱いにおいて床面と製品の落下面が平行に落とされことは極めてまれで、大部分はりょう(稜)と角から落とされると考えられる。また、稜落下あるいは角落下においては衝撃力が2方向又は3方向に分散されるために、ラチェット式1方向衝撃記録計では落下高さの推定が困難である。これらの点を考慮し、今回の試験では時計式3方向衝撃記録計を使用し、落下高さと落下方向のデータを採取して解析することにした。仕様は次のとおりである。

- 吉田精機製 FIR-301 形……±100 G 用
- 吉田精機製 FIR-3 B 形……±50 G 用
- I-O-G 製 Hc 形 ……………±100 G 用

表 2. 輸送試験対象製品の仕様

商 品 名	外 形 寸 法 (L×W×H cm)	重 量 (kg)	容 積 (m³)	才 数* (才)
照 明 器 具 (1)	55.5×38×53	7.2	0.112	4.14
照 明 器 具 (2)	67×30.5×52	8.8	0.106	3.94
テ ー ブ デ ッ キ	52.5×44×26.5	12	0.061	2.26
扇 風 機	62.5×43×45	13	0.121	4.48
ウインドファン	94×29×34.5	13.5	0.094	3.48
カラーテレビ (1)	61×56.5×47.5	19	0.164	6.07
電 子 レ ン ジ	52×55×53	30	0.152	5.61
カラーテレビ (2)	75×50.5×56	31	0.212	7.86
洗 たく 機 (1)	76×50.5×98	33	0.376	13.93
カラーテレビ (3)	72.5×64.5×74.5	48	0.348	12.89
洗 たく 機 (2)	63.5×61×110	55	0.426	15.78
カラーテレビ (4)	107×67.5×96.5	57	0.697	25.81

* 才数とは容積を表し 1才=0.027 m³ である。

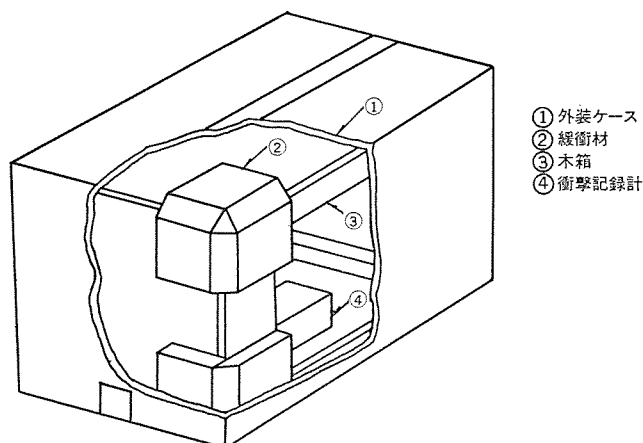


図 1. 輸送試験用ダミーの構造

2.2 サンプルの選定とその構造

当社家庭用電気製品について重量・才数を調査分析し、表 2. に示すような当社製品を代表できる 12 機種を選定した。

図 1. に輸送試験用ダミーの構成図を示す。これより分かるように、ダミーは外装箱・緩衝材・木箱より構成され、木箱内に記録計を内蔵させたものである。なお、外装箱はおのこの家庭用電気製品の箱をそのまま使用し、外観上は正規の商品と何ら変わらないようにしている。また、重量も商品に合わせて、荷扱いが実際の商品と同じになるよう配慮している。

2.3 調査地域と輸送経路

調査地域には北海道・東北・東京・中国・九州の 5 地域を選び、調査経路は工場から当社商品営業所経由で販売店までの段階とした。

輸送機関にはトラックを使用し、家庭用電気製品の貸切混載便とした。輸送経路を下に示す。

東京地区

工場→配送センター→販売店（又は販売会社）

東京地区以外

工場→商品営業所→販売会社→販売店

2.4 落下こう（較）正試験

調査で得られたデータ（衝撃加速度）を落下高さに換算するためには、換算表あるいはグラフを作成しておく必要がある。換算表を作成するための落下較正試験は、角・稜落下を考慮しているため、これらすべての方向について角度を含めて実施した。

2.5 データの読取り

調査の結果得られるデータは落下高さに換算して 11 cm 以上から落とされたものについてだけ処理することにする。この理由としては 10 cm 以下の落下は常時発生し、かつ通常の粗暴な荷扱いによる落下とは考えられないこと、記録計の感度や読取り精度及び較正試験の精度上問題が残ることがあげられる。

3. 輸送試験調査結果

3.1 落下高さ

(1) 発生最大落下高さ

5 地域における機種別の発生最大落下高さを表

表 3. 5 地域における発生最大落下高さ

項目 商品名	5 地域の発生最大落下高さ (cm)				
	北海道	東北	東京	中国	九州
照明器具 (1)	30	18	15	38	16
照明器具 (2)	51	17	15	60	29
テーブルデッキ	20	28	20	42	20
扇風機	37	43	25	45	22
ウインドファン	20	18	45	58	23
カラーテレビ (1)	31	20	30	44	50
電子レンジ	37	16	16	19	22
カラーテレビ (2)	23	27	22	38	19
洗たく機 (1)	38	23	13	25	25
カラーテレビ (3)	49	41	20	42	35
洗たく機 (2)	24	10	21	10	10
カラーテレビ (4)	23	32	17	23	18

3. に示す。これより下記のことを判明した。

(a) 発生した最大落下高さは 60 cm であり、照明器具 (2) が中国地区で受けたものであった。

(b) この落下高さは落下回数 339 回に対して 1 回しか発生していなかった。

(c) 5 地域のうち最大落下高さの発生する割合の多い地域は中国地区であった。

(d) 包装重量が 30 kg を超えた場合は、北海道地区で最大落下高さが発生していた。

(2) 落下高さ別発生落下回数

表 4. 5 地域における落下高さ別落下回数

項目 商品名 落下高さ (cm)	5 地域の落下高さ別落下回数 (回/%)					
	11→20	21→30	31→40	41→50	51→60	計
照明器具 (1)	36/85.7	4/9.5	2/4.8			42/100.0
照明器具 (2)	23/76.6	5/16.7			2/6.7	30/100.0
テーブルデッキ	22/73.3	6/20.0	1/3.4	1/3.4		30/100.0
扇風機	33/63.5	13/25.0	3/5.8	3/5.7		52/100.0
ウインドファン	31/86.1	2/5.6		2/5.6	1/2.7	36/100.0
カラーテレビ (1)	21/67.7	6/19.4	2/6.5	2/6.4		31/100.0
電子レンジ	26/92.9	1/3.6	1/3.5			28/100.0
カラーテレビ (2)	12/63.2	5/26.3	2/10.5			19/100.0
洗たく機 (1)	13/61.9	7/33.3	1/4.8			21/100.0
カラーテレビ (3)	9/39.1	5/21.7	6/26.1	3/13.1		23/100.0
洗たく機 (2)	2/50.0	2/50.0				4/100.0
カラーテレビ (4)	19/82.6	3/13.0	1/4.4			23/100.0

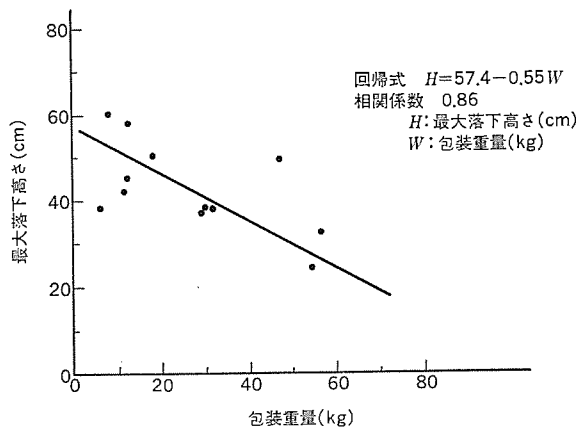


図 2. 包装重量と最大落下高さの関係

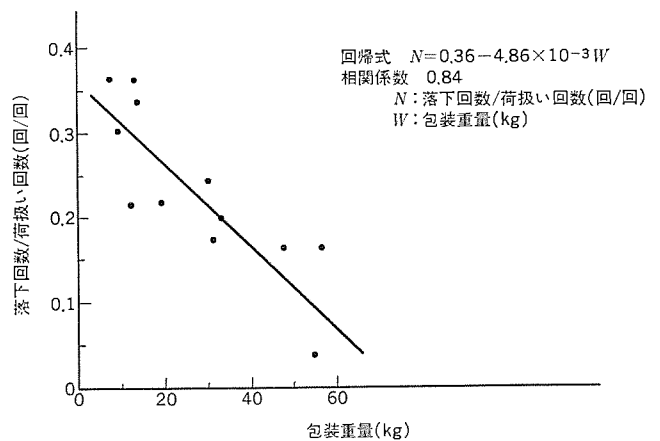


図 3. 包装重量と落下回数/荷扱い回数の関係

5 地域における機種ごとの落下高さ別発生落下回数を表 4. に示す。これより次のことが分かった。

- (a) ひざ荷役以下の荷扱いで受けたと思われる 30 cm 以下の落下が全体の 90 % 以上を占めていた。
- (b) ひざ荷役以上の荷扱いで受けたと考えられる 50 cm 以上の落下は 3 回しか発生しておらず、全体の 1 % にも及ばなかった。
- (3) 最大落下高さとの関係

図 2. に各機種の包装重量と発生した最大落下高さをプロットしたものを示す。これより、最大落下高さとの関係は下記に示す実験式で表され、直線関係にあることが分かった。

$$H = 57.4 - 0.55 W$$

ここに H : 落下高さ (cm)

W : 包装重量 (kg)

また、相関係数は 0.86 で、かなり高い関係であることから、包装設計・落下試験の際に有効に活用できる。

3. 2 落下方向別の落下回数とその比率

ここで言う落下方向とは、下記で定義したものである。

- 底面方向—底面及び底面で構成されている 4 稜 4 角を示す。
- 天面方向—天面及び天面で構成されている 4 稜 4 角を示す。
- 側面方向—側面と妻面及び側面と妻面で構成されている 4 稜 4 角を示す。

(1) 最大落下高さの発生する方向

表 5. に 5 地域で発生した落下方向別の落下回数と最大落下高さを示す。これより、最大落下高さの発生する方向は大部分が底面方向の稜であると判定できる。

(2) 落下方向別の発生回数とその比率

表 5. より、落下方向ごとに発生した落下回数の比率について以下のことが分かった。

- (a) 底面方向の落下が大部分を占めていた。

- 底面方向落下 82.6 %
- 天面方向落下 11.8 %
- 側面方向落下 5.6 %

- (b) 面で落される比率は極めて小さかった。

- 稜落下 67.8 %

- 角落下 29.2 %

- 面落下 3.0 %

つまり、底面方向の稜落下で全体の 56.3 % を占め、角落下も含めると全体の 80 % 以上を占めていた。

3. 3 荷扱い 1 回に発生する落下回数

ここでは、トラックなどの輸送機関に製品を積込む時の荷扱いを 1 回、降ろす時の荷扱いを 1 回、倉庫に積上げる時の荷扱いを 1 回、配送のための仕分けの時の荷扱いを 1 回とする。

通常、荷扱い 1 回に対して発生する落下回数は、必ずしも 1 回だけとは限らない。積付け効率を向上させるための積替えや、保管の位置替え、製品を 1 度プラッ

表 5. 5 地域における落下方向別の落下回数と最大落下高さ (回/cm)

商 品 名	底 面 方 向			天 面 方 向			側 面 方 向	
	面	稜	角	面	稜	角	面	稜
照 明 器 具 (1)		27/30	5/32		5/38	1/22	1/18	3/13
照 明 器 具 (2)		21/60	3/29		4/12			2/51
テ ー プ デ ッ キ	1/14	10/22	11/28		2/22	4/42		2/20
扇 風 機		18/30	18/45		9/32	5/32		2/42
ウ イ ン ド フ ァ ン	1/12	25/58	2/20		4/43		2/15	2/18
カ ラ ー テ レ ビ (1)	3/18	17/50	5/44			4/31		2/30
電 子 レ ン ジ		18/37	10/19					
カ ラ ー テ レ ビ (2)		10/38	8/12			1/23		
洗 た く 機 (1)		12/38	6/25				2/26	1/23
カ ラ ー テ レ ビ (3)		21/49	2/32					
洗 た く 機 (2)		3/21			1/24			
カ ラ ー テ レ ビ (4)		9/32	14/23					

トホームに降ろしてからのパレットなどへの積替え作業などの発生する場合もある。

今回の調査における荷扱い1回に発生する落下回数は、ほぼ0.15～0.40回の間であり、荷扱い6回に1回落下されるものから荷扱い2回に1回落下されるものまでであった。

図3.に荷扱い1回に発生する落下回数と包装重量をプロットしたものを示す。これより、荷扱い1回に発生する落下回数と包装重量の関係は下に示す実験式で表され、直線関係にあることが分かった。

$$N=0.36-4.86 \times 10^{-3} \times W$$

ここに N : 荷扱い1回に発生する落下回数 (回/回)

W : 包装重量 (kg)

この式の相関係数は0.84でかなり高い関係にあり、落下回数は上記式で精度よく推定できる。

4. 考 察

既に述べたように、適正包装とは適正な流通環境が存在して初めて言えることである。つまり、適正な荷扱いがその前提となる。そこで当社の流通段階における荷扱いが適正であるかどうかを、5地域で発生した最大落下高さや荷扱い1回当たりの落下回数について要因分析を行い、相対的な比較を試みた。ここでは、その結果並びに今回の調査で得られたデータをもとにした規格化までの取組み方について述べる。

4.1 要因分析

調査データより、発生した最大落下高さや荷扱い1回に発生する落下回数について要因分析（多元配置分散分析）した。要因及び水準は次のとおりである。

- 送り先：北海道・東北・東京・中国・九州地区
- 荷扱い場所：工場—商品営業所間、商品営業所、商品営業所—販売会社間、販売会社
- 包装重量 (kg)：7.2, 8.8, 12, 13, 13.5, 19, 30, 31, 33, 48, 55, 57
- 落下方向：底面・天面・側面方向

ここでは、送り先及び荷扱い場所に関する要因分析結果をとりあげる。

(1) 発生最大落下高さ

発生した最大落下高さの送り先と荷扱い場所の要因分析結果を表6.及び図4.に示す。これより次のことが言える。

- (a) 送り先に関しては最大落下高さの発生する割合の多い地域は中国地区である。
- (b) 荷扱い場所に関しては工場と商品営業所間、商品営業所と販売会社間で最大落下高さの発生する割合が高い。

(2) 荷扱い1回に発生する落下回数

荷扱い1回に発生する落下回数の送り先と荷扱い場所の要因分析結果を表7.及び図5.に示す。これより次のことが言える。

- (a) 送り先に関しては中国地区における落下回数が他地域に比して著しく多い。
- (b) 荷扱い場所に関しては商品営業所と販売会社間の落下回数が他場所に比べ著しく多い。

発生最大落下高さや荷扱い1回に発生する落下回数の要因分析結果から、中国地区における最大落下高さや落下回数は他地域に比べ著しく大であるので特に悪いと言える。商品営業所と販売会社間の荷扱いは、いずれの地域においても悪いと言える。したがって、中国

表 6. 最大落下高さの送り先と荷扱い場所の分散分析結果

要 因	自由度	平 方 和	不偏分散	F ₀	F	判 定
送 り 先	4	1324.096	331.024	10.89	2.38/3.34	**
荷扱い場所	3	1586.260	528.753	17.40	2.61/3.80	**
1×2	12	810.920	67.577	2.20	1.76/2.20	**
誤 差	574	17444.598	30.391	—	—	—
計	719	30724.528	—	—	—	—

注) 1. F の上段は危険率5%のF値、下段は危険率1%のF値を表す。
2. 判定の“**”は危険率1%, 5%の両者において有意であることを表す。
“*”は危険率5%で有意であることを表す。

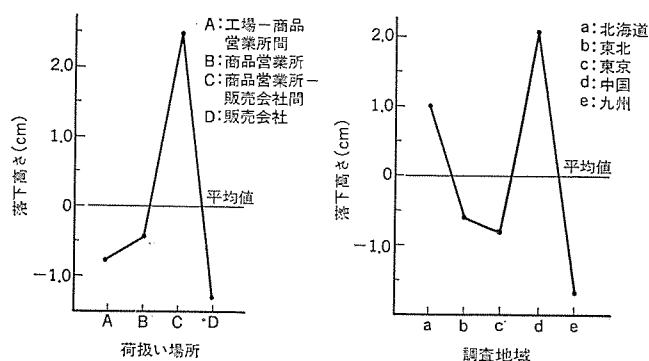


図 4. 最大落下高さの分散分析結果

表 7. 落下回数/荷扱い回数の送り先と荷扱い場所の分散分析結果

要 因	自由度	平 方 和	不偏分散	F ₀	F	判 定
送 り 先	4	6.041	1.510	7.67	2.43/3.44	**
荷扱い場所	3	12.672	4.224	21.4	2.67/3.91	**
1×2	12	4.773	0.398	2.02	1.82/2.30	*
誤 差	132	25.998	0.197	—	—	—
計	239	76.197	—	—	—	—

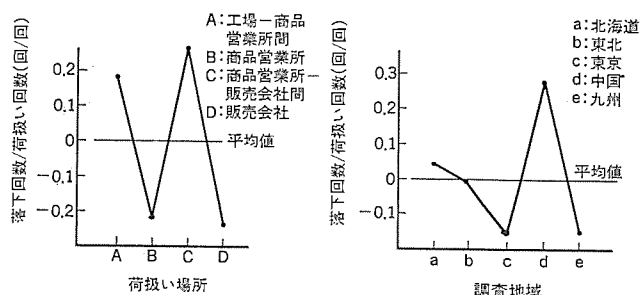


図 5. 落下回数/荷扱い回数の分散分析結果

地区及び商品営業所と販売会社間の荷扱いの改善が望まれる。

4.2 規格化

この種の調査のねらいの1つとしては、落下試験規格の設定・見直しにある。次に、当社における規格化への取組み方を述べる。規格化にあたってとりあげた項目は、落下高さや落下回数並びに落下方向の3項目である。

(1) 落下高さ

包装の機能を評価する基準として振動・落下・圧縮試験などがある。中でも、落下試験は製品に急激な衝撃を加えて、製品が破損若しくは塑性変形を生じるかどうかを確認するものであり、過酷な試

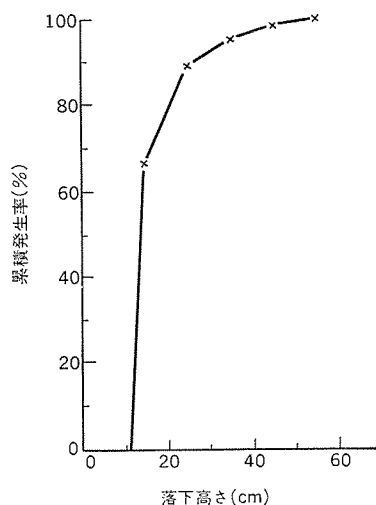


図 6. 落下高さと累積発生率の関係

験となる。したがって、落下試験の達成水準、すなわち保証落下高さを適正な高さに設定していくことが極めて重要になる。

ところで、人間が商品を扱う場合には肩荷役・腰荷役・ひざ荷役をするため、荷扱い 1 回に対して商品の受ける落下衝撃の回数は必ずしも 1 回であるとは限らない。

一般に、このような現象が発生することを調査データをもとに推定する場合、ポアソン分布の適用が妥当である。今回の調査で得られたデータも、ほぼこの分布にあてはまるので、下に示すポアソン分布の推定式により処理した。

$$p(x) = e^{-m} \cdot \frac{m^x}{x!}$$

ここに $p(x)$: x のときに発生する確率

e : 自然対数の底

m : 落下高さの平均値 (cm)

x : 落下高さ (cm)

ここでは、サンプル 12 機種を軽・中・重の 3 重量区分にわけ、落下高さと発生確率の関係として表したものを図 7. に示す。

(2) 落下回数

今回の調査における荷扱い回数と落下回数の総和を母集団と仮定し、当社の標準的な一輸送経路における荷扱い回数に対して発生する落下回数を推定する。

これは、ある性格の母集団より 1 つの集団をとり出し、その集団の性格を推定する問題である。この推定法として超幾何分布による推定が利用でき、この方法によれば当社の標準的な荷扱い回数 12 回に対して落下回数は 4～5 回と推定できる。

(3) 落下方向

従来、落下試験における落下の方向としては、多くの場合に面落下が用いられている。この理由としては、試験のしやすさや再現性を考慮していることがあげられる。しかし、今回の調査結果からも明らかのように、現実には面から落下されることは極めてまれであり、稜・角落下が大部分である。つまり、規格としては稜落下と角落下を主体にし、面落下を補足的にとり入れたものとするのが妥当である。

4.3 新規格と従来規格の比較

今回の調査結果とその考察より、当社の基準となる落下試験規格を

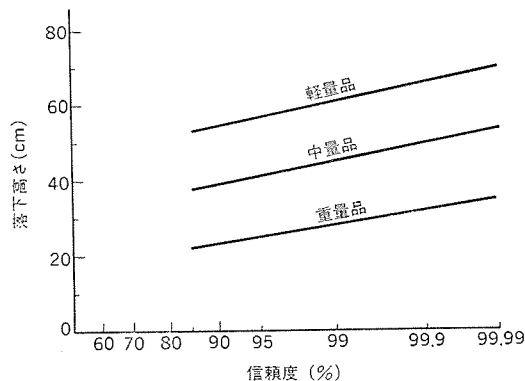


図 7. 落下高さと信頼度の関係

作成した。その具体的な数値の提示は省略するが、ここに新規格と従来規格との比較を行い、その大きな相違点を次に述べる。

(1) 最大落下高さ

新規格の最大落下高さは従来規格に比べて軽・中・重量物とも 15 cm 程度低くなっている。

(2) 繰り返し落下高さ

従来規格は同一重量内では同一落下高さで実施することになっていたが、新規格では落下方向により落下高さを変化させている。

(3)

従来規格は重量に関係なく 7 回落下又は 10 回落下が一般的であった。新規格は重量により異なり軽量物で 5 回、中量物で 4 回、重量物で 3 回落下である。

(4) 落下方向

従来規格は底面を主体にした 1 角 3 稜 3 面落下か 1 角 3 稜 6 面落下であり、天面落下を行う規格と行わない規格があった。これに対して新規格は底面方向の稜・角落下を主体にして、軽量物に対しては天面方向の稜落下又は角落下を行うことにしている。

なお、当社の従来規格は大部分が JIS 規格と同じであると考えられる。

4.4 調査結果の考察

今回の調査データから最大発生落下高さは 60 cm であり、荷扱い姿勢としては腰荷役とひざ荷役の中間程度の荷役で発生したものと推測される。また、ひざ荷役と考えられる 50 cm 程度の落下は 2 回しか発生していなかった。一般的に言われている荷扱い姿勢と落下高さの関係を示す。

- 120～140 cm 肩荷役 (かつぐ)
- 80～100 cm 腰荷役 (かかえる)
- 40～60 cm ひざ荷役 (さげる)

図 6. に落下高さとその累積発生率を示す。これより、現在の荷扱いでは肩荷役はまず行われておらず、腰荷役もほとんど行われていないようである。つまり、荷扱い状態は以前に比べ格段に良くなっていると考えられる。

5. む す び

今回提示した落下試験規格は輸送・荷扱い実態の調査結果より設定したものである。また、荷扱い実態や輸送環境は時々刻々と変化するものであり、今後も時系列的に把握していかなければならないものである。このような点を考慮し、更に今後は信頼度やサンプルサイズ及び試験日数などを統計的に処理して、より精度の高いデータを把握していく。と同時に社内物流関係部門に呼びかけて、流通段階における荷扱い作業の指導改善運動を展開していく計画を検討中である。更に、発生した最大落下高さをそのまま受け入れるのではなく、荷扱い作業の適正化を目指して社内外の物流現場に呼びかけていく。

参 考 文 献

- (1) 近藤：確率論とその応用，日科技連

移動無線用テレプリンタシステムMDS-31

伊藤博方*・太田堯久**・石川新助***・畑中靖通***

1. ま え が き

自動車・鉄道・船舶・航空機等の移動体への通信は、音声若しくはモールス電信によりなされてきたが、運転員が通信員を兼ねる場合の安全性への配慮と記録の必要とから印刷電信が望まれる。しかし従来の印刷電信装置は大形で使いづらく、伝送条件なども必ずしも移動体の特殊性を満足するものとはいえなかった。電子計算機の普及とともにこれら移動体の運行及びその周辺業務の管理は中央電子計算機の処理にゆだねられるようになり、更に通信の複雑化に伴い電波の有効利用という面からも移動無線用の効率のよい安定なデータ通信が必要となってきた。当社は劣悪な伝送条件における伝送方式を昭和45年ごろから研究してきた⁽¹⁾が、その成果に加え、新たに移動用として安定に動作するプリンタを取り入れて、移動無線用テレプリンタシステムを開発した。上記使用条件に対応するため、変調方式としてAPSK方式、誤り制御方式として自己訂正符号方式、バースト誤りに強い同期方式、耐振動耐衝撃性に優れた感熱式プリンタ等を採用した。

2. システムの概要

2.1 基本設計条件

移動無線によるデータ通信においては、既存の移動無線に適する方式であること及び移動体にとり載し安定に動作することが必要である。このため伝送条件として、移動無線でメリット2程度の弱い電界まで確実な印字通信が可能であること、及びフェージング等による長いバースト(データに対しては600ms、同期信号に対しては90ms)に耐えること、環境条件及び使用条件として、温度範囲 $-10\sim+45^{\circ}\text{C}$ 、湿度80% ($+45^{\circ}\text{C}$)、振動 $10\sim30\text{ Hz}\pm 1\text{ mm}$ 、衝撃20g、電源電圧 $\text{DC}+10\sim16.6\text{ V}$ を基本設計条件とした。

2.2 システムの構成と情報の流れ

現在のところ、データ伝送は単方向で、基地あるいは照会センタの電子計算機とはオフライン(人を介在)でつながっている。図1.にこのシステムMDS-31の構成を、図2.にこのシステムにおける情報の流れを示す。図3.に基地局の、図4.に移動局の各装置の外観を示す。この装置の主要諸元は表1.に示すとおりである。

2.3 特 長

(1) 通達性能

変調方式としてAPSK方式を採用しているので、通達性能に優れ、誤り訂正の効果と相まって音声でメリット2程度の弱い電界でも誤字率 10^{-4} を確保している。

(2) 電波の有効利用性

効率的な情報伝送方式を採用しているため、1ブロッ

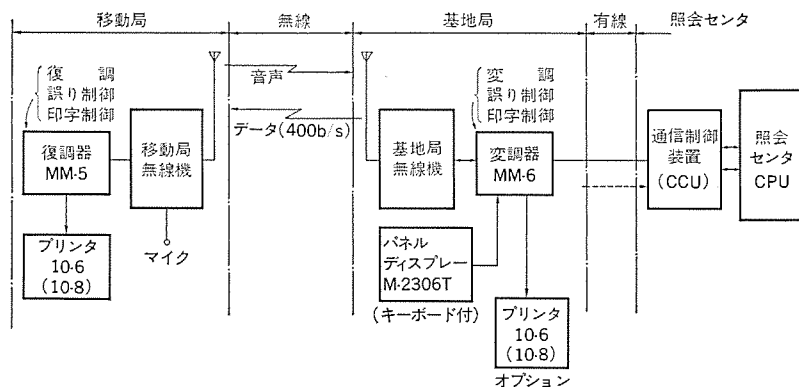


図1. 移動用テレプリンタシステムMDS-31のブロック図

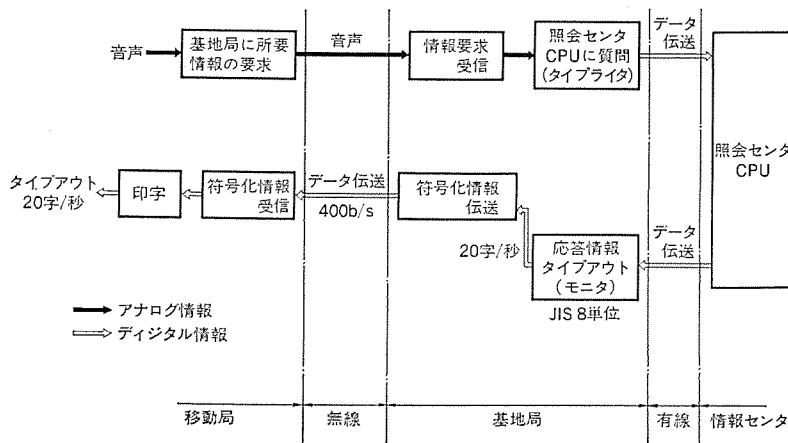


図2. 移動用テレプリンタシステムMDS-31における情報の流れの例

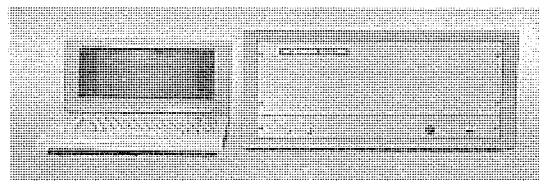


図3. 基地局の外観

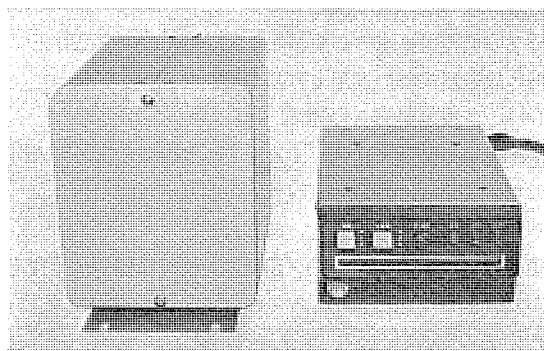


図4. 移動局の外観

表 1. MDS-31 の主要諸元

伝 送 速 度	400 bit/s, 20 字/s
使用周波数帯域幅	400~2,700 Hz
入出力インピーダンス	600 Ω ±120 Ω
入 力 レ ベ ル	-10 dBm
変 調 方 式	2 相 APSK
同 期 方 式	独立同期方式
誤 り 訂 正 符 号	短縮 BCH 符号 (18, 8, 2) (BCH 符号 (31, 21, 2) の短縮)
イ ン タ リ ー プ 数	128
印 字 方 式	ラインドット配列による感熱方式
印 字 速 度	20 字/s
文 字 構 成	10×14 ドット
行 長	32 字/行
使 用 紙	感熱紙 A 6 幅
寸法・重量・消費電力	基地局 パネルディスプレイ M 2306 T 370×230×400 mm 13 kg AC 100 V 1 A 変調器 MM-6 545×349×240 mm 24 kg AC 100 V 1 A 移動局 プリンタ IO-6 140×223×82 mm 3.8 kg DC 13.8 V 動作時 2 A 待受時 0.4 A (MM-5 含む) 復調器 MM-5 138×207×165 mm 3.1 kg

ク (128 文字) の伝送時間は約 6 秒と電波発射時間が短く、電波の有効利用ができる。

(3) 誤りの自己訂正

従来の ARQ 方式と異なり、いわゆる Forward Acting の誤り訂正を行うので再送要求の必要がなく受信側だけで自己訂正できる。このため放送形式での運用も容易にできる。

(4) 各種無線機との接続

音声帯域の信号を送受信するので、無線機とは音声入出力端子を通して接続され、任意の無線機との接続が可能である。

(5) 耐振動・耐衝撃性、低騒音性

感熱式プリンタで、耐振動・耐衝撃性に優れ移動体で安定に動作し、かつ低騒音である。

3. 伝 送 方 式

3.1 変復調方式

(1) APSK 方式の採用

データ用各種変復調方式の白色雑音に対する性能比較をすると PSK 方式 (APSK) が優れている。特に周波数オフセットのない回線では最適である。

(2) データ再生方式

最適方式である同期検波積分検出方式を採用した。クロックの再生はサブキャリアの位相変化で行い、タンク回路がなく大幅に小形化を可能とした。サブキャリアの再生には VCXO (電圧で周波数を変化できる水晶発振器) を用い、600 ms 以上の瞬断に耐える。

(3) 諸元の決定

移動無線における音声バンドで最適なサブキャリア周波数はほぼ中心の 1,200 Hz である。サブキャリア周波数の整数分の 1 がかつ $S+N/N=5$ dB 程度で誤り訂正し、誤字率 10^{-4} を確保すること、及び感熱式プリンタの消費電力から印字速度 20 字/s 前後という条件を考慮して伝送速度 400 b/s と決定した。

(4) ビット誤り率

PSK 方式のビット誤り率は、雑音がガウス分布しているものとすればよく知られた式⁽²⁾で計算できるが、FM 受信機のスレッショールド入力以下の検波雑音は幾分異なった分布をしており、かつ回線及び受信フィルタの遅延特性のための劣化及びクロック再生に伴うジッタなどのため、計算値より少し悪い結果を得る。図 5. にこの様子を示す。

3.2 符号及び同期方式

(1) 符号及びメッセージ構成

JIS-C-6220 による 8 単位符号を用い、印字記録の種類はカタカナ、英数字、記号など 128 種で、1 ブロックは 128 文字単位、1 メッセージは 1 若しくは 2 ブロックからなる。8 ビットの情報と、10 ビットのチェックコードからなる 18 ビットで 1 文字を構成し、インタリーブ数は 1 ブロックの文字数と同じ 128 とした。

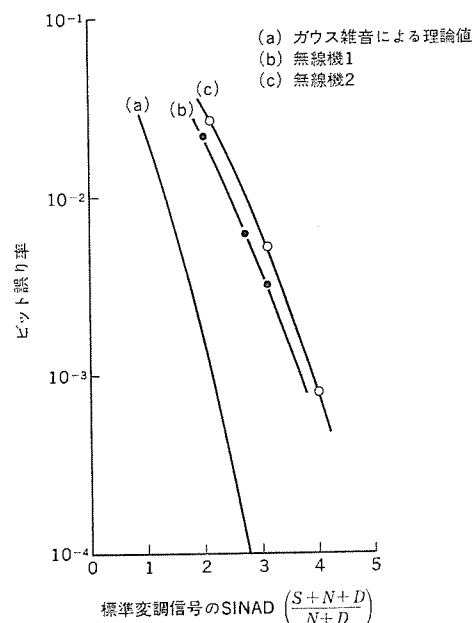


図 5. ビット誤り率特性

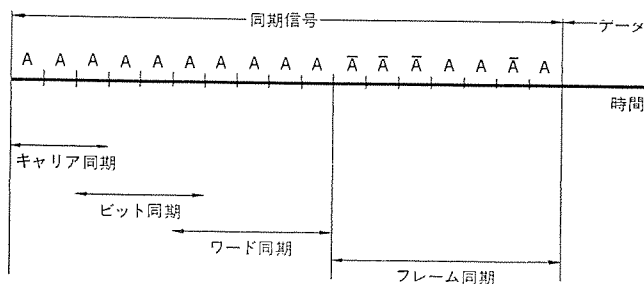


図 6. 同期信号と同期の過程

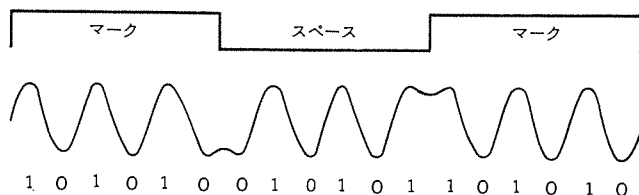


図 7. ビット同期の原理図

(2) 同期方式

誤り訂正符号の性能を十分生かすためには、同期の信頼性を十分高める必要があり、かなり長いバーストでも同期が確実に取れるような同期方式を採用した。すなわち、

$$A = \{1101010111000100\}$$

(15ビットMLS (Maximum Length Sequence) 最大周期系列)

とし、 $\underbrace{AA \cdots AA}_{10 \text{ワード}} \underbrace{\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}}_{7 \text{ワード}}$ を同期符号としている。

総符号長 = $15 \times 17 = 225$ ビット = 637.5 ms である。

この同期符号の最初の部分(Aの連続)はビット同期、ワード同期及び位相判定のために使用し、最後の7ワードをフレーム同期に使用する。同期方式に関しては、無信号時、バースト時、他データ伝送時に同期符号と誤る確率及び同期符号を判定できない確率とを考慮せねばならない。特に移動無線においてはバースト誤りについての配慮が必要であり、ビット同期又はワード同期のミス確率を含めて考えねばならない。サブキャリアの同期からフレーム同期までおよそ図6.のように時間配分した。サブキャリア同期引込みは S/N の低い範囲でおよそ100ms(40ビット、3ワード)で完了する。ビット同期はこの装置の特長の1つで、位相変調の故に図7.に示すようにサブキャリアがマークとスペースとの変化点で位相が変化することに着目したデジタル同期方式を採用したので、L、Cを用いるフィルタが不要となり回路の大幅な小形化を達成した。ワード同期は15ビットの1ワードを13 out of 15で検出し、更にワードの連続を3 out of 5にて確認している。フレーム同期はワード同期がとれた情報に基づき、ワード符号の4 out of 7で検出している。データ受信がうまく行われるための同期確率は以上のビット同期、ワード同期及びフレーム同期おのおのの確率の積で求められる。以上の同期ミス確率を計算したものを表2.に示す。これによればランダムな誤りのもとではビット同期ミス確率でさまり、 $S+N/N=4$ dBで十分使用に耐えるものと思われる。実際には移動無線では、フェージングによるバースト誤りによる同期ミスのほうが多く、ビット同期のミスは問題はない。バースト誤りについては7ワード中3ワード以下の消失を許し、また1ワード中3ビット以下の誤りを

表 2. 同期見逃し確率

$S+N/N$	ビット同期	ワード同期	フレーム同期	総合同期
2	5.5×10^{-1}	3.9×10^{-6}	9.8×10^{-8}	5.5×10^{-1}
3	1.3×10^{-2}	8.1×10^{-12}	2.6×10^{-15}	1.3×10^{-2}
4	9.2×10^{-6}	9.2×10^{-19}	1.5×10^{-24}	9.2×10^{-6}
5	9.7×10^{-10}	3.9×10^{-27}	9.8×10^{-30}	9.7×10^{-10}

許すので、下記のように $3+15+15+4=37$ ビット (90 ms) 以下のいかなるバーストにも耐える。 $\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{A}$

3 15 15 4

データが送信されていないときの受信機雑音又は音声同期パターンと誤認して同期パルスを発生する確率を、ワード同期をとることによって少なくしており、誤同期して印字する確率は全く無視し得る。

3.3 誤り制御方式

移動無線に特有な長いバースト誤りに対して、ビットインタリーブ付2ビット自己訂正符号方式を採用した。ビットインタリーブとはビットの配列替えにより集中的な誤りを分散的誤りに変換する手法であり詳細は文献(1)を参照されたい。2ビット自己訂正符号方式としてBCH符号(31, 21, 2)を短縮した短縮BCH符号(18, 8, 2)を採用し、ビットインタリーブ(インタリーブ数128)により256ビット(0.64s)以下のバースト誤りは2ビット以下の誤りに変換され自己訂正することができる。BCH符号の復号については文献(1)(3)(4)にゆずり、ここではこの装置に使用した符号の概要について述べる。

BCH(18, 8, 2)の生成多項式は

$$G(X) = (X^9 + X^2 + 1)(X^5 + X^4 + X^3 + X^2 + 1) \cdots \cdots (1)$$

である。誤字は3ビット以上の誤りが生じたとき生じるので、

$$\text{誤字率} = 18C_3 \cdot p^3(1-p)^{15} \approx 816p^3 \cdots \cdots (2)$$

である。ここで p はビット誤り率であり、ランダムと仮定している。誤字のうち他文字に化けて、誤字であると判定できない誤りを見逃し誤りというが、次のように求められる。 $G(X)$ で割切れる5ビット誤りは下記の10個だけである。

$$\begin{cases} Xr(X^{15} + X^{14} + X^{12} + X^8 + 1) \cdots \cdots r=0 \sim 2 \\ Xr(X^{13} + X^8 + X^7 + X^2 + 1) \cdots \cdots r=0 \sim 4 \\ Xr(X^{10} + X^{13} + X^{12} + X^3 + 1) \cdots \cdots r=0, 1 \end{cases}$$

これらの中の5ビット中2ビットを消して得られる3ビット誤りが見逃し誤りとなるから見逃し誤り P_F は、

$$P_F = 10 \cdot 18C_3 p^3(1-p)^{15} \approx 100p^3 \cdots \cdots (3)$$

である。これら以外の3ビット誤りはすべて検出され、全黒印字されるので全黒印字率は、

$$P_E - P_F = 716p^3 \cdots \cdots (4)$$

である。これらを図8.に示す。

FM無線機を通して得られたSINAD($S+N+D/N+D$)対誤字率のデータを図9.に示す。従来の S/N による測定では入力レベルが低いとき、変調したときと無変調の場合とでは雑音レベルが異なることがある⁽⁵⁾。SINAD法で測定した結果、図のように無線機によるばらつきはほとんどない。

4. 印字方式

4.1 概要

出力装置であるプリンタには、高信頼性、低騒音性、廉価等が要求されるが、このシステムに使用するプリンタは、移動体にとり載して動作させることから、前記条件の外に、特に小形化、振動衝撃、温湿

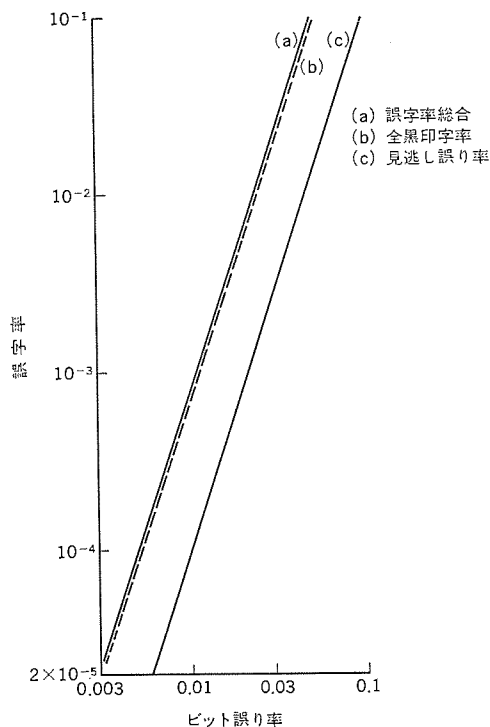


図 8. ビット誤り率対誤字率及び見逃し誤り率

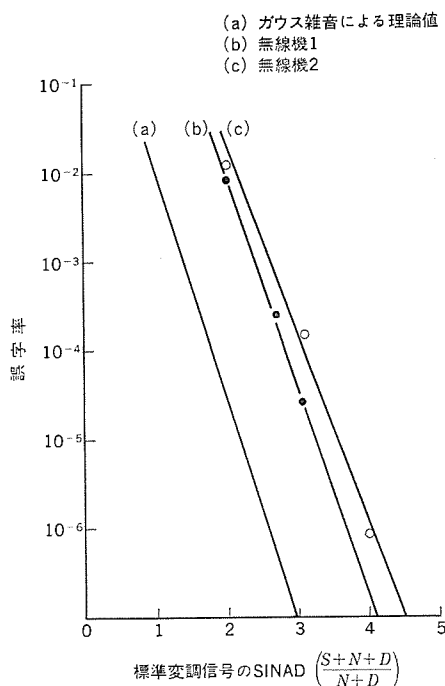


図 9. FM 無線機をととした場合の誤字率特性

度変化に対する安定化、操作の容易化に考慮をはらった。これらの条件を最もよく満足させるべく、記録方式として感熱記録方式を採用した。更に、使用する感熱ヘッドは、抵抗値が小さくとれ消費電力が少なくすむこと、及びファクシミリへの拡張性も考慮し、1列ドットの薄膜タイプとし、固定した感熱ヘッドに対しロール状に巻かれた感熱記録紙を、連続フィードさせる印字方式を採用した。

印字制御機構及び印字機構は一体化機構とし、移動体に取付けられているプラケットに2本のピン及びロックバーで装着して、保守性のためにそれ自体が容易に着脱できる構造をとっている。

4.2 印字制御

同期信号受信を起動信号としてプリンタを制御する。128文字よりなる1ブロックごとに同期信号を付加しており、これにもとづいて2ブロック以上の連続印字も可能である。印字終了後は紙排出を高速で行い、電文末尾が約3秒で現れる。これらの時間関係を図10に示す。紙送りはDCモータにより行い、通常の小型モータを簡単なシリーズレギュレータで安定化した電源により駆動する。特別のサーボ機構はないが、印字のひずみは認められない。印字中の動作電流(せん(尖)頭値及び平均値)は、移動局の場合余り大きくとれないので、データ速度、印字速度、サーマルヘッド加熱時間との関係から1ライン384ドットを8分割し48ドットずつとし、ピーク電流4A(全黒印字)、通常印字の場合平均1.2Aとした。また感熱記録のため周囲温度の影響を受けやすいが、感温素子をサーマルヘッド周辺に配置し、ヘッド駆動電圧を温度変化に追従させ、また供給線抵抗による電圧降下が印字密度により変化するが、その変化を補償するよう内部メモリにより電圧制御し、常に最適な濃度の印字ができるようにした。

4.3 印字機構

(1) ヘッド機構

ヘッド機構は紙送り機構によって定速回転するプラテンに感熱記録紙を介して、感熱ヘッドを一定圧力で押し、印字状態を形成するための機構である。感熱ヘッドは、感熱記録紙に塗布されている発色色素などのかすがヘッド面に付着することから、定期的に掃除をする必要がある。(このプリンタでは約200mフィード、1メッセージ256文字として、2,500メッセージを目安とした)。また、印字時に感熱ヘッドをプラテンに定圧押圧(約300g)する必要があるため、また感熱記録紙を装着するとき感熱ヘッドとプラテンとの間にすき間をもたせるため、ヘッド機構として図11に示す構造を採った。すなわち、感熱ヘッド上部に位置するプラテンを回転保持構造にすることにより感熱ヘッド

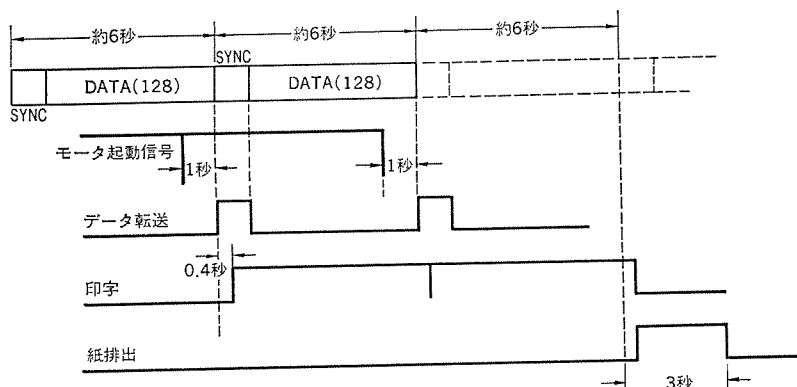


図 10. 印字の時間関係図

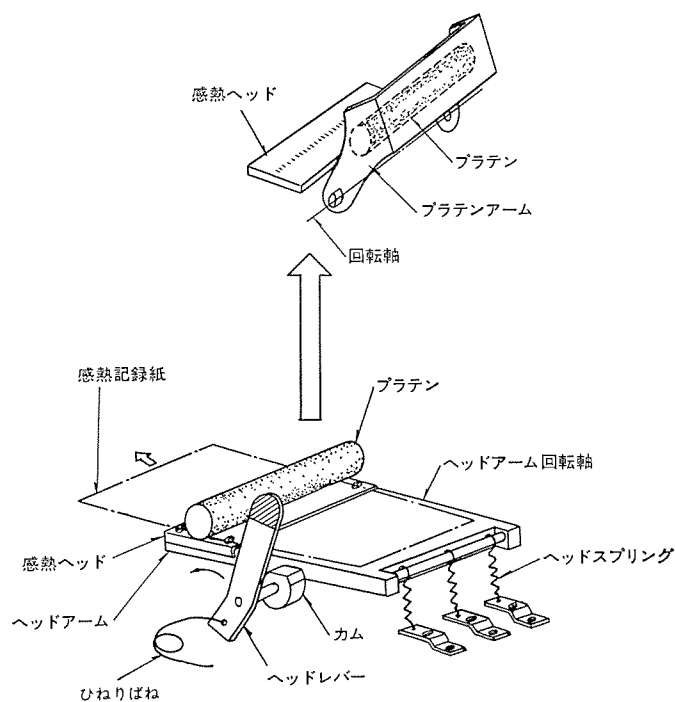


図 11. ヘッド 機構

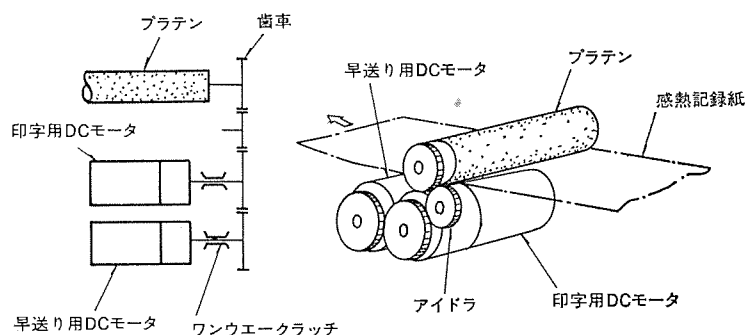


図 12. 紙 送 り 機 構

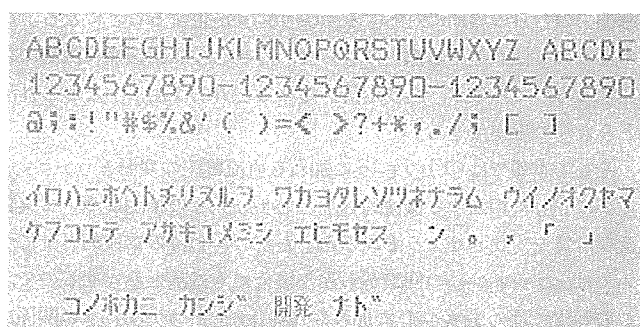


図 13. 印 字 例

の清掃を容易にし、また感熱ヘッドをヘッドアームに取付けてヘッドアーム回転軸を介してスプリングにより常時定圧押圧を実現するとともに、ヘッドレバー操作により感熱ヘッドとプラテンに間げきをもたせる構造とした。

(2) 紙送り機構

感熱記録紙のフィードは、駆動源へのプラテンまわりの負荷変動を無視できるように、また低騒音、小形化等のためにDCモータによっている。印字時のプラテン(直径17mm、硬度50度)周速は3.75mm/sであるが、記録紙の早送りができるように、早送り用DCモータを別にもち、早送り時は印字時の約5倍の速度でフィードする。紙送り機構を図12.に示すが、それぞれのモータ負荷が加わらないようにワンウェイクラッチ連結方式を採った。騒音は印字時約47ホンで極めて静かである。

4. 4 印字体

一般にカタカナ、英数字、記号などの印字では、ドットマトリクス方式として5×7又は7×9方式がとられているが、このシステムではファクシミリ、簡単な漢字等への拡張性を考慮し、10×14方式によるきめ細かい構成を採用した。ドット間ピッチは、0.25mmであり、印字例を図13.に示す。

5. む す び

既存の移動無線に適するデータ伝送装置として、雑音に強いAPSK方式、ビットインタリーブ付自己訂正符号方式、新しい同期符号方式等を採用し、室内試験において所期の成果を得た。また移動体とう載のプリンタを開発し、振動衝撃、温湿度の変化に対し安定な印字を得た。これにより移動無線において安定したテレプリンタ受信ができるものと思われる。

終わりにこのシステム開発にご指導をたまわった、警察庁津沢通信局長、増淵無線通信課長、高倉研究部長はじめ関係各位に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 松村、太田、杉村：短波無線機用の混信に強いデータ伝送装置、三菱電機技報、47、No. 12、pp. 1,265~1,271 (昭48)
- (2) M. Schwartz, W. R. Bennet, S. Stein : Communication Systems and Techniques, Mcgraw-Hill (1966)
- (3) 山本：データ通信、産報 (昭47)
- (4) R. T. Chien : Cyclic Decoding Procedures for BCH Codes, IEEE Trans., IT-10, No. 4, pp. 357~363 (1964)
- (5) 森永、富沢、奥村ほか：移動通信、電子通信学会 (昭47)

カセットテープレコーダーのワウ・フラッタ解析

川 地 正 男*・村 山 悦 朗*

1. ま え が き

テープレコーダーは Valdemar Poulsen によって発明されて以来、90 年の間にいろいろ改善されてきた。テープレコーダーの役割はとりもなおさずオーディオ信号を忠実に録音再生することにあるが、その最終的な評価を聴感に依存している実状のため、種々の特性はこれを基準に改善していく必要がある。この諸特性の中でも、最も重要なものの 1 つに ワウ・フラッタ 値がある。ワウ・フラッタ とは、テープの走行速度が短い周期で変動する現象で、この値が大きいと再生音がふるえたり、にぎったりして聞こえる。これは、テープ走行速度が変動することにより、再生信号が FM 変調を受けるからである。

近年カセットテープレコーダーの性能は、オープンリール式テープデッキにかなり近づいている。しかし、その特長は使用の簡便さと小形軽量にあり、その機構部は使われるカセットの大きさに比べてコンパクトにまとめることが必要で性能的にはおのずと制約を受け、特にワウ・フラッタ特性が問題となりやすい。しかし、今日までワウ・フラッタについての研究発表は割合少なく⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾、まして、テープを駆動するためのモータ（以下これをキャプスタンモータという）の特性を加味している例は見当たらないようである。この報告は特にキャプスタンモータの特性を含めたテープ駆動機構と、ワウ・フラッタ特性との関係を系統的に解明し、実測結果との対応を試みたものである。

2. ワウ・フラッタとその検知限

上述のとおり、ワウ・フラッタとはテープ走行速度が短い周期で変動することによって生ずる現象であり、これを数式で表せば

$$W_f = \frac{\Delta V}{V} \times 100 (\%)$$

ここで

W_f : ワウ・フラッタ量, V : 平均テープ走行速度, ΔV : テープ走行速度変動量 である。

一般にこのテープ走行速度変動の周波数が、6 Hz 以上のものをフラッタ、それ以下のものをワウと呼んでいる。

上式による W_f 値が同じでも、周波数が異なると聴感上の大きさは異なって聞こえる。上述のとおり音の最終評価は聴感によって

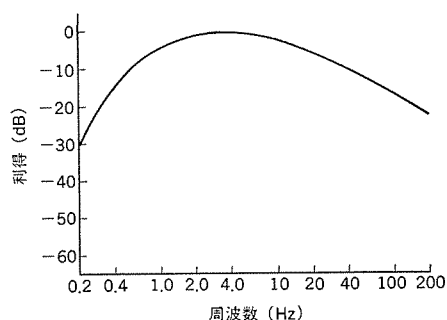


図 1. ワウ・フラッタ測定用聴感補正曲線

いるので、 W_f 値を聴感に合致させるためには補正を必要とするところとなる。聴感度と周波数との関係を表したものに聴感補正曲線があり、これを図 1. に示す。なお、これは JIS-C 5551 に定められており、これにより補正した W_f 値を WRMS で表示する。

文献⁽⁵⁾によれば、ワウ・フラッタ値の検知限は 1,000 Hz の純音の場合 0.043~0.11 % WRMS、ピアノの独奏の場合 0.14 % WRMS であるといわれている。

3. ワウ・フラッタの発生原因

ワウ・フラッタを引き起こす要因はさまざまであるが、次のように 2 つに分けられ

(1) 電源電圧の変動や、ステータとロータ間の不平衡のあることにより、モータの回転に変動が生ずる場合。

(2) テープ駆動機構部の回転部品の振れ、あるいは軸受部の摩擦力のむらによってフライホイールの回転が変動する場合。

がある。

(1)の電源電圧の変動による場合、外部から供給される交流電圧が変動することは少ないが、直流に変換する際に完全に整流できないと交流分がモータの直流電源に重畳されてしまう。

次に(2)の場合について具体的に考える。図 2. は、テープを走行させるための駆動機構（以下これをキャプスタン駆動機構と呼ぶ）の 1 例である。この図におけるキャプスタン軸、フライホイール、伝達プーリなどが偏心していたり、あるいは駆動ベルトの厚さにむらがあると、これらの部品の回転する周期に対応するテープの走行むら、すなわち、ワウ・フラッタが発生する。軸受の摩擦力のむらについても、その摩擦力のむらの周期に対応するワウ・フラッタが生ずることになる。このように寸法誤差や摩擦力のむらは、キャプスタン駆動機構の内部に存在するものであるが、テープ走行から見ると外的作用、すなわち外乱とみなすことができる。

そこで本報では(1)のモータに加わる直流電圧の変動とワウ・フラッタ、並びに(2)に相当する機械的外乱とワウ・フラッタの相関について実験及び計算を対比させようと試みた。ただし、(2)の機械的外乱については、フライホイールの回転からみた場合にも外乱とみなせるので、この報告ではフライホイールに加わる外乱トルクとワウ・フラッタの関係について考えることにした。

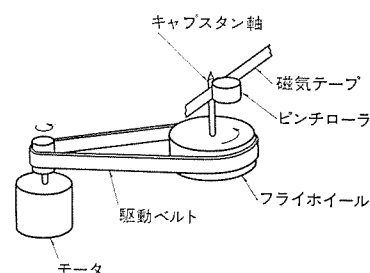


図 2. キャプスタン駆動機構

4. 記 号

この報告で用いる主な記号は次のとおりである。

- θ_0 = モータの回転変動角
- θ_1 = キャプスタン 軸側から見た モータの等価回転変動角
- θ_2 = キャプスタン 軸の回転変動角
- ω_0 = モータの回転変動角速度
- ω_2 = キャプスタン 軸の回転変動角速度
- e = モータの入力変動電圧
- i = モータの電機子の変動電流
- R = モータの電機子における直流抵抗
- K_e = モータの逆起電力定数
- K_t = モータのトルク 定数
- H = モータ と キャプスタン 軸の回転速度比
- K = ベルト のばね定数
- D_0 = モータの軸受粘性抵抗
- D_2 = キャプスタン 軸の軸受粘性抵抗
- J_0 = モータの回転部の慣性 モーメント
- J_2 = キャプスタン 軸側 フライホイールの慣性 モーメント
- τ_0 = モータの駆動変動 トルク
- τ_1 = キャプスタン 軸側から見た モータの等価駆動変動 トルク
- τ_2 = キャプスタン 軸に加わる外乱 トルク
- S = 複素変数
- $\omega = 2\pi f$: 角振動数 (f = 角周波数)
- $j = \sqrt{-1}$: 虚数単位
- $W(S)$ = モータの電圧変動に関する伝達関数
- $N(S)$ = サーボのないときの外乱 トルク に関する伝達関数
- $N'(S)$ = サーボのあるときの外乱 トルク に関する伝達関数
- L = モータ 駆動 アンペアのインダクタンス
- $R' = R + r$ (r = モータ 駆動 アンペアの直流抵抗)

5. 理 論

5.1 キャプスタンモータの電圧変動によるワウ・フラッタ

図 2. に示すようなキャプスタン 駆動機構において、キャプスタンモータとしてサーボ機能を持たない直流モータを使用したとき、このキャプスタンモータの入力電圧に変動があると、モータ軸の回転速度が変動する。このため、ベルトを介してフライホイールの回転速度も変動を受ける。テープはフライホイールと一体のキャプスタン軸によって駆動されるので、結局、電圧変動がワウ・フラッタとなって現れることになる。図 3. はその場合の等価モデルであり、このときの微分方程式は

$$e(t) = Ri(t) + Ke\omega_0(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\tau_0(t) = J_0 \frac{d\omega_0(t)}{dt} + D_0\omega_0(t) + \tau_1(t) = K_{tt}(t) \quad \dots\dots\dots (2)$$

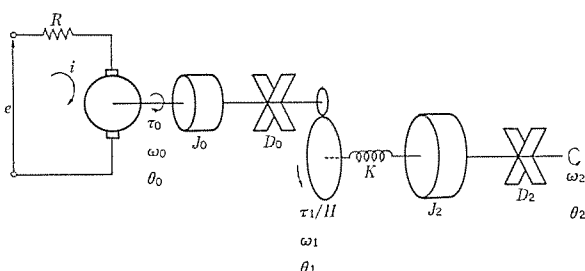


図 3. キャプスタン 駆動機構の動作モデル

$$\tau_1(t) = HK\{\theta_1(t) - \theta_2(t)\} = HK\{H\theta_0(t) - \theta_2(t)\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\tau(t)/H = J_2 \frac{d\omega_2(t)}{dt} + D_2\omega_2(t) \quad \dots\dots\dots (4)$$

初期値を 0 としてラプラス変換すると

$$E(S) = RI(S) + K_e\Omega_0(S) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\tau_0(S) = (J_0S + D_0)\Omega_0(S) + \tau_1(S)K_tI(S) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\tau_1(S) = HK\{H\theta_0(S) - \theta_2(S)\} = \frac{HK}{S}\{H\Omega_0(S) - \Omega_2(S)\} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\tau_1(S)/H = (J_2S + D_2)\Omega_2(S) \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。そこで、電圧変動 $E(S)$ によって生ずるキャプスタン軸の変角速度 $\Omega_2(S)$ 、すなわち、ワウ・フラッタの応答についての伝達関数を求める。この伝達関数を $W(S)$ とし、式 (5) ~ 式 (8) を解くことにより

$$W(S) = \frac{\Omega_2(S)}{E(S)} = \frac{1}{a + bS + cS^2 + dS^3} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ただし、

$$a = \frac{RD_0}{K_tH} + \frac{RHD_2}{K_t} + \frac{K_e}{H}$$

$$b = \frac{RD_0D_2}{K_tHK} + \frac{RJ_0}{K_tH} + \frac{RHJ_2}{K_t} + \frac{K_eD_2}{HK}$$

$$c = \frac{RJ_2D_2}{K_tHK} + \frac{RJ_0D_0}{K_tHK} + \frac{K_eJ_2}{HK}$$

$$d = \frac{RJ_0J_2}{K_tHK}$$

となり、 $S = j\omega$ とおくと

$$W(j\omega) = \frac{1}{(a - c\omega^2) + \omega(b - d\omega^2)j} \quad \dots\dots\dots (10)$$

となる。そこで定常的にキャプスタンモータの電圧が $E(j\omega)$ で変動するとき、発生するキャプスタン軸の変動角速度 $\Omega_2(j\omega)$ に関する伝達関数の絶対値は

$$|W(j\omega)| = \left| \frac{\Omega_2(j\omega)}{E(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{(a - c\omega^2)^2 + \omega^2(b - d\omega^2)^2}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

として求められる。

5.2 機械的外乱トルクによるワウ・フラッタ

5.2.1 モータにサーボのないとき

サーボのない直流モータで駆動するキャプスタン 駆動機構において、フライホイールに外乱トルク $\tau_2(t)$ が加わった場合の等価モデルを図 4. に示す。このときの方程式は

$$RI(S) + K_e\Omega_0(S) = 0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\tau_0(S) = K_tI(S) = (J_0S + D_0)\Omega_0(S) + \tau_1(S) \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\tau_1(S) = HK\{\theta_1(S) - \theta_2(S)\} = \frac{HK}{S}\{H\Omega_0(S) - \Omega_2(S)\} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\tau_1(S)/H = (J_2S + D_2)\Omega_2(S) + \tau_2(S) \quad \dots\dots\dots (15)$$

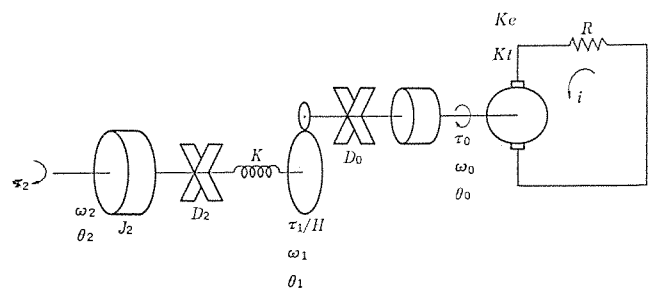
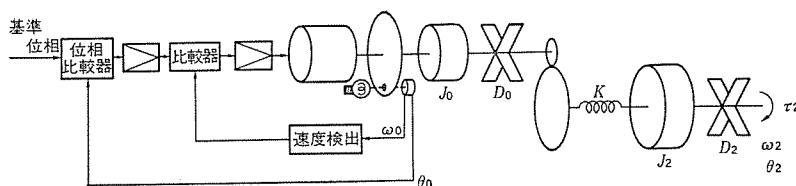


図 4. 外乱トルクを受けるキャプスタン 駆動機構の動作モデル

$$N(S) \equiv \frac{\Omega_2(S)}{-\tau_2(S)} = \frac{a_2 + b_2 S + c_2 S^2}{a_1 + b_1 S + c_1 S^2 + d S^3} \dots (16)$$


$c_2 = J_0$
である。

6.1 モータ印加電圧に変動のある場合

キャプスタンモータの印加電圧に変動を与えた場合、キャプスタン軸に生ずる変動角速度を測定する系を図 6. に示す。図のように、キャプスタンに直流電圧と交流電圧（変動電圧に相当）とを重畳して印加する。また、キャプスタン軸により 3 kHz の信号の入った磁気テープを走行させ、キャプスタン軸の角速度に変動があると、3 kHz の再生信号がその変動に相当する変調を受けるようにしている。したがって、再生信号の変調度を測定することにより、キャプスタン軸の角速度の変動分に相当する量、すなわち、ワウ・フラッタ値を讀出すことができる。キャプスタン軸の角速度（テープ速度）と録音ヘッド位置のテープ速度とでは、中間にテープというばね要素が介在しているため、厳密にはわずかな差がある。しかし他に適当な精度の高い角速度の検出手段が見当たらないため、上述のようにワウ・フラッタ量をキャプスタン軸変動角速度で代用することとした。

6.2.1 千一タにサーボのないとき

サーボのないキャプスタンモータを用いたキャプスタン駆動機構において、

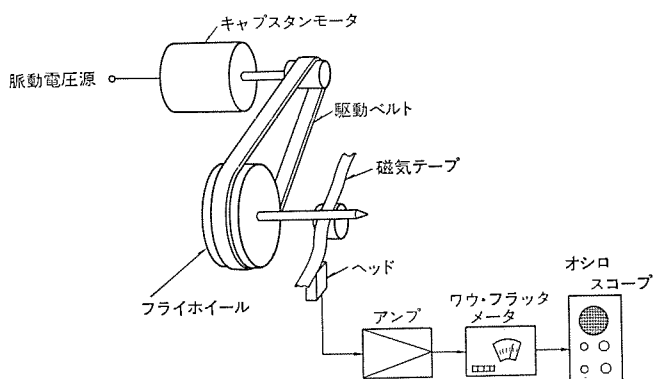


図 6. モータに脈動電圧が加わるときのワウ・フラッタ測定

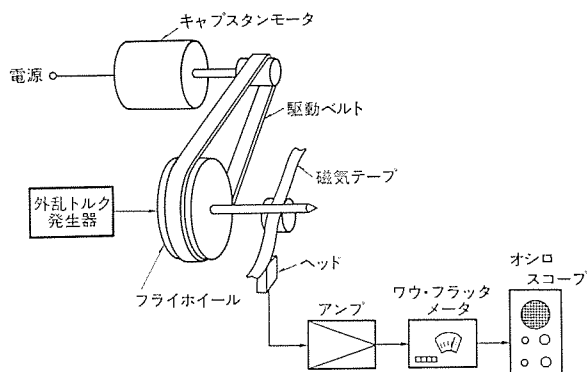


図 7. キャプスタン 駆動機構に外乱トルクが加わる時の
フウ・フラッタ測定系

5.2.2 モータにサーボのあるとき

図 5. は位相同期形 モータサポ方式を用いた キャプスタン 駆動系を示す。この駆動系において、フライホイールに外乱が加わったとき生ずるツウ・フラッタについて考える。伝達関数 $N'(S)$ を求めると

$$N'(S) = \frac{\Omega_2(S)}{-\tau_2(S)} = \frac{1}{J_2 S + D_2 + \frac{K}{S + H^2 K Y(S)}} \dots\dots\dots (17)$$

ただし

$$Y(S) = \frac{A'(S)}{1 + \frac{K_t P(S) F(S) A'(S)}{S(LS + R')}} \\ A(S) = \frac{1}{J_0 S + D_0 + \frac{(K_e + K_g \cdot F(S)) K_t}{LS + R'}}$$

てで

 $F(S)$: AFC (周波数制御) ループサーボアンプの伝達関数

$P(S)$: APC (位相制御) ループサーボアンプの伝達関数である。

図 1. で明らかとなおり、フウ・ラフタの問題となる周波数範囲が非常に低いところにあるため、一般に高い周波数に関与するような伝達要素の伝達関数は定数とみなしてよいので、ここで

$$K_r = (K_e + K_a \cdot F(0)) K_n$$

$$K_n = K_t P(0) \cdot F(0)$$

と置く。また同様に、インダクタンス L についても、低い周波数については、インピーダンス $j\omega L \neq 0$ とみなすことができるので、これを無視すると

$$N'(S) = \frac{1}{J_2 S + D_2 + \frac{K}{S + \frac{H^2 K R'}{R'(J_0 S + D_0) + K_f + K_p/S}}} = \frac{(a_2 + b_2 S + c_2 S^2) S}{a_1 + b_1 S + c_1 S^2 + d_1 S^3 + e_1 S^4}$$

ただし、

$$a_1 = KK_n(D/R' + K_f/R'^2)$$

$$b_1 = D_0 D_2 K_p / R' + D_2 K_p K_f / R'^2 + K (D_2 H^2 + D_0 + K_f / R' + J_0 K_r / R')$$

$$c_1 = J_2 D_0 K_p / R' + J_2 K_p K_f / R'^2 + J_2 H^2 K + D_0 D_2 + D_2 K_f / R' + J_0 D_2 K_\tau / R' + J_0 K$$

$$d_1 = J_2 D_0 + J_2 K_r / R' + J_0 J_2 K_n / R' + J_0 D_2$$

$$e_1 = J_0 J_2$$

$$a_2 = D_0 K_n / R' + K_n K_f / R'^2 + H^2 K$$

$$b_2 = D_0 + K_r/R' + J_0 K_p/R'$$

フライホイールに外乱トルクを加えた場合、キャプスタン軸の変動角速度を求める測定系を図7.に示す。上記では、テープ走行からみて機械的精度不足を外乱トルクとみなしたが、フライホイールからみても同様にみなせる。そこで、フライホイールに正弦波の外乱トルクを定期的に加え、それによって発生するキャプスタン軸の変動角速度を6.1節と同様の方法で測定した。

6.2.2 モータにサーボのあるとき

図5.に示すサーボのあるキャプスタン駆動機構において、上記と同様の方法でフライホイールに外乱トルクを与えて測定した。

7. 計算及び実験結果に対する考察

図8.は図6.に示す測定系によって、キャプスタンモータの電圧変動に対するフ・フラッタ値の応答を測定した結果と、これに相当する5.1節で求めた伝達関数 $1/W(j\omega)$ の計算結果を比較したものである。これから分かるとおり、実測、計算いずれの結果も1Hz付近から周波数が高くなるにつれて応答のゲインが下がっている。また、9Hzの近傍に1度ピークを持ち、更に高い周波数では応答ゲインは急激に減少している。計算値が実測値と完全には一致しなかったが、9Hzのピークはよく一致しており、かなりよい対応をうることができた。

図9.は図7.に示す測定系によって、サーボのないキャプスタン駆動系のフライホイールに外乱トルクを加えたときのフ・フラッタの値の応答を測定した結果と、これに相当する5.2.1節に示す伝達関数の絶対値 $1/N(j\omega)$ を計算した結果を比較したものである。図から分かるように、上述の電圧変動に対する応答の場合と同様に、両者とも1Hzあたりから周波数が高くなるにつれて応答ゲインが下がり、10Hzにおいて1度ピークを持つ。更に、周波数が高くなると急激に減少していくことが分かる。図8.と同様、0.1~0.5Hzの範囲では

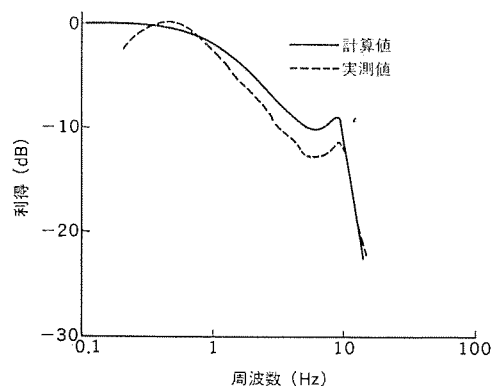


図8. モータに脈動電圧が加わるときのフ・フラッタ応答

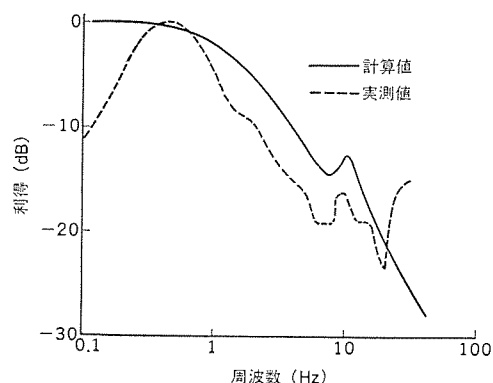


図9. キャプスタン駆動機構に外乱トルクが加わるときのフ・フラッタ応答

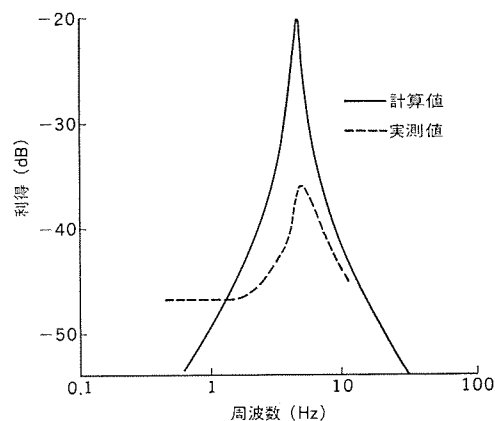


図10. キャプスタンサーボ系に外乱トルクが加わるときのフ・フラッタ応答

実測値は計算値より相当減衰しているが、その他はかなりよい対応を見せている。

図10.はサーボのあるキャプスタン駆動機構のフライホイールに外乱トルクを加えた場合フ・フラッタの値の応答を測定した結果と、これに相当する計算(5.2.2節)の結果を比較したものである。図から分かるとおり、両者とも5Hzでピークを持つバンドパスフィルタのような特性を持っている。ピークの周波数については計算と実測とはよく一致しているが、ゲインについては大幅な差がみられる。その理由としては、ここで計算のためにモデル化した各伝達要素のほかに、まだ別の不明な伝達要素が存在し、それらの伝達要素を加味できなかったことによると考えられる。

8. む す び

この報告ではテープレコーダーでよく問題となる、バックテンション変動や巻取トルク変動についてはいっさい触れられなかったが、これらの変動の影響については、その状況に応じたモデル化を行って計算する必要がある。その場合、磁気テープのばね要素・リール台の慣性・リール台の軸受抵抗、その他種々の伝達要素を含めて考えねばならない。それと同じに、本報で述べたようなモータのサーボ系の要素もそれらの系に含める必要がある。

以上を要約すると、テープレコーダーの持つ機械的諸条件とモータの諸定数及びサーボなどの電氣的諸条件との連成した伝達系に、外的要因を入力、フ・フラッタ量を出力とする関係を入れて計算と実験の両面から検討したことになり、適確なモデル化によって、フ・フラッタを改善する具体策が立てやすくなるものと考えられる。

なお、この報告はフ・フラッタ量を予知する上で最も簡単かつ基礎的内容であり、今後の研究の1ステップに過ぎない。

参 考 文 献

- (1) John G. McKnight : J. Audio Eng. Soc., 12, p. 140 (April 1964)
- (2) Werner Wittig : Feinwerktechnik, Jg. 67, H. 9, p. 365 (1963)
- (3) Werner Wittig : Feinwerktechnik, Jg. 67, H. 10, p. 397 (1963)
- (4) John G. McKnight : J. Audio Eng. Soc., 24, p. 728 (November 1976)
- (5) 黒木, 境 : NHK 技術研究, 30 (昭32-3)

規格形エレベータ《エレペット》の制御方式

小沢 靖彦*・田辺 富男*・鈴木 茂彦*

1. ま え が き

交通が不便で通勤や都心へ出るのに時間がかかる郊外の団地の入居率が低い傾向がはっきり現れ、最近の公共住宅やマンションは鉄道やバスの沿線で交通の便がよい所に高層で建設されることが多くなり、エレベータは縦の交通機関として不可欠のものとなった。一方、エレベータが生活の場に浸透したのでエレベータの事故やかん詰めに対する社会的反響は大きく、建設省の安全専門委員会や通産省の機械安全化無公害化委員会でも取り上げられ、フェイルセーフから、故障した場合出力は低下しても最低限の機能を維持するフェイルソフトが要求され、エレベータとしては段階停止を避ける方向に進みつつある。

当社では昭和47年に、始動から停止までの全行程をサイリスタを用いて制御する独自の交流帰還制御方式のダイヤグライド方式《エレペット》を発売し好評を得てきたが、上に述べたような社会情勢の変化に対し、この制御方式を高速《エレペット》用として更に改良するとともに、中低速専用の速度制御方式を新たに開発し電力消費を大幅に削減した。

停電時自動着床装置や故障自動通報システムについても、既設のエレベータにも設置しやすく、機械室に納まりのよいものを開発した。以下にその技術内容について述べる。

2. 中低速《エレペット》の制御方式

定格速度75m/分以下のエレベータでは、加減速の時間と距離が短く、各階運転でも定格速度が出せるので、減速時のみ制動力を帰還制御すれば正確な着床が得られるが、これだけでは機械系の慣性を大きくする必要があり、その結果電力消費が増大して好ましくない。当社では、この問題を解消した省電力形の新しい制御方式を昭和50年に開発し、住宅用ビル、一般事務所用ビルなどの需要の大半を占める速度60m/分以下の中低速《エレペット》に採用した。

今回更に、当社の半導体技術の進歩により実用化に成功した大電力用双方向性サイリスタ(トライアック)を採用し、一層堅ろう(牢)で信頼性の高い主回路構成をもつ制御方式を開発したので、以下にその概

要を述べる。

2.1 なめらかな乗りごちと省電力化

中低速《エレペット》制御方式の基本構成は図1.に示すように、加速時は、速度指令回路に組込まれた加速指令回路から時間とともに増加する加速信号を点弧制御回路に与え、電動機の1次側にそう(挿)入したトライアックを点弧角零すなわち始動トルク零の状態から全点弧の3相全電圧印加の状態まで無段速度制御をして、なめらかな始動・加速をする。加速の終端では接触器でトライアックを短絡し、電動機に3相全電圧を印加して加速・一定速走行をするので、損失の少ない安定した高速運転が得られる。(特許申請中)

減速時は、速度発電機によって検出された速度信号と速度指令発生装置からの信号を比較し、その差に応じて減速トルクを帰還制御するよう構成されている。しかし、これだけでは機械系の慣性を大きくする必要があるだけでなく、3相力行トルクから直流制動トルクに切替える際、負荷によって大きなトルク落差を生じ、急激な減速度となって乗りごちを悪化させる。

当社では、この点を単相力行制御を導入することにより解決し、機械系の慣性を低減して電力消費を節減するとともに、乗りごちを改善した。すなわち図2.に示すように、かごが全負荷上昇時、無負荷下降時には、電動機は負荷トルクに対応する力行トルク T_m を発生する回転速度 ω で回転しているが、減速時に電動機を3相交流電源から切り離すと、電動機トルクは T_m から急激に零になるため、大きなトルク落差を生ずる。この対策として、減速開始点で電動機をいったん単相運転にして、トルク落差を $(T_m - T_d)$ に低減する。以後はトライアックを制御して単相トルクを徐々に低減し、速度信号と速度指令信号がほぼ一致する点で直流制動トルクへ切換えれば、急激なトルク落差がなくなめらかな減速ができる。このように減速時の乗りごちを改善するとともに、減速開始点以後の惰行に必要な慣性エネルギーを単相力行運転で補充して機械系の慣性を低減し、その結果消費電力を15~20%低減して電動機及び電源設備の容量を小さくすることができた。(特許申請中) 図3.に半導体制

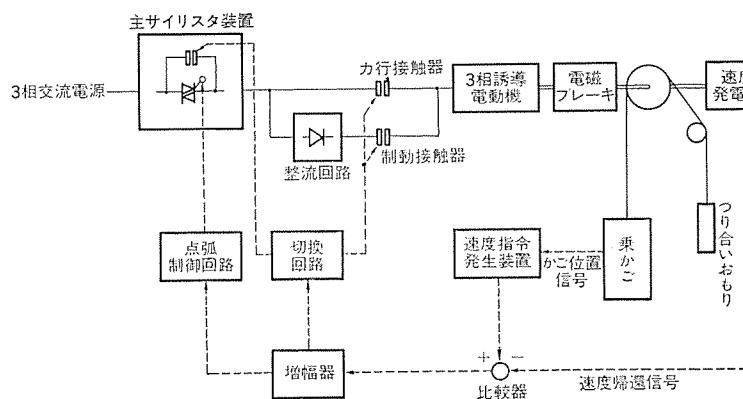


図1. 中低速用制御方式の基本構成

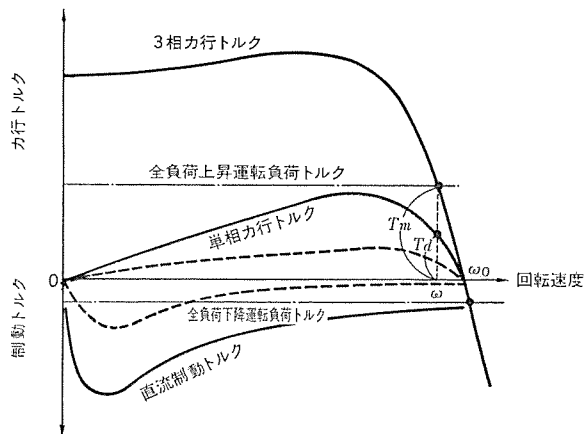


図2. 単相力行制御の原理図

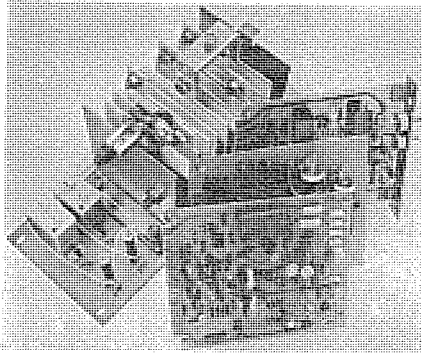


図 3. 中低速用半導体制御装置

御装置の外観を示す。

2. 2 優れた安全性と信頼性

従来、1組のサイリスタを逆並列に接続して加速制御し、減速時にはこのサイリスタを接触器で組替えて、サイリスタ2個とダイオード2個で全波整流回路を構成し、直流制動トルクを制御する方式が採用されてきた。この方式は、2個のサイリスタを制御するために2組の点弧制御回路を必要とし部品数が多かった。また、加速時と減速時に2個のサイリスタを接触器で組替えるため主回路構成が複雑であった。

この点新制御方式では、高信頼度の圧接構造をもつフラパック形大電力用トライアックとダイオードで簡素な主回路を構成して、接触器によるサイリスタの組替えを廃し部品数を低減したので、信頼性・安全性とも一段とすぐれた実用性の高い方式となった。(特許申請中) また、トライアックは加減速時のみ通電し、常時は接触器で短絡しているので素子の温度上昇が少なく、万一の点弧制御回路やトライアックの故障に対しても確実に加速でき、後述の低速自動運転と相まって信頼性を一層高めることができた。

このようなハード構成面の配慮と同時に、工場プリセットによる無調整化、すべ(据)付け・保守の容易化を一層徹底し、調整段階で信頼度が低下することなく、安定した信頼度の高い性能を発揮するよう特に配慮した。例えば、速度発電機には摩耗部分のない堅牢な交流速度発電機を巻上駆動機の軸に直結し、複雑な駆動機構もなく調整・点検を不要にした。更に、発光ダイオードを利用した装置により、計測器を使用しなくても速度帰還電圧を正確に調整・点検できるようにしたので、常に安定した性能が発揮できる。(特許申請中)

2. 3 〈低速自動運転装置〉の採用

昨今、公共住宅ビルなどを中心にエレベータの〈かん詰め故障〉に対する社会的関心が高まってきた。エレベータが故障して階間で停止したとき、かご内の乗客をできるだけ速く、安全に救出することが望ましいが、従来この種の救出は、インタホンで通報してビルの管理人やエレベータ保守員による救出を待つのが普通であった。

当社は、万一制御装置などが故障してかごが階の途中で停止した時、安全を確認した上で保守時に使用する低速運転へ自動的に切換え、低速運転で乗客を安全に最寄階へ解放する〈低速自動運転装置〉を開発し、共同住宅ビルなどに需要の多い中低速《エレベータ》の標準装備として採用した。この装置は、故障の検出をすると常時使用している電動機を低速運転側に接触器で接続し、複雑な制御装置を使用することなく最寄階まで確実に運転するものである。この結果、エレベータのかん詰め故障を低減でき、従来にも増して安心して乗れるエレベータとなった。(特許申請中)

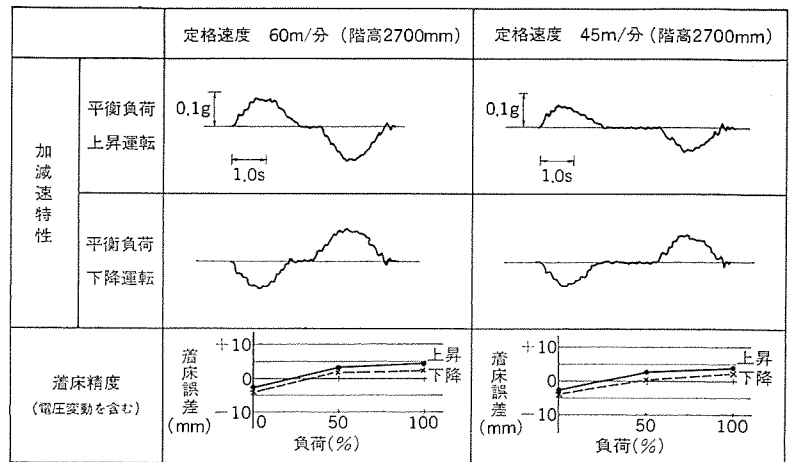


図 4. 中低速《エレベータ》の運転特性

2. 4 中低速用制御方式の性能

以上述べた制御方式によるエレベータの運転性能を図4.に示す。加速・減速ともトライアックによる無段階速度制御を行っているので、なめらかな加減速特性が得られ、減速時は安定した帰還制御によって負荷変動、電圧変動にも強い $\pm 10\text{mm}$ 以内の高い着床精度が得られた。

3. 高速《エレベータ》の制御方式

定格速度90m/分以上のエレベータでは、走行距離の短い各階運転(隣接階床間の運転)で良好な加減速特性を得るために部分速運転を行う必要がある。この点、誘導電動機の力行トルクと制動トルクを無接点で切換えて帰還制御する当社独特の速度帰還制御方式は、部分速運転も容易に制御することができるため、定格速度90m/分以上の高速《エレベータ》に特に適した制御方式である。

今回、この制御方式の特長を生かし高速《エレベータ》用として更に改良を加えた結果、乗りごこちの改良など一層の性能向上を達成することができたので、その概要について以下に述べる。

3. 1 乗りごこちの改良と省電力化

高速《エレベータ》用制御方式の基本構成は、図5.に示すように速度発電機によって検出された速度信号と速度指令発生装置からの信号を比較し、その差に応じて力行制御(交流電圧制御)用又は制動制御(直流制動電流制御)用のいずれかのサイリスタ装置を選択制御して、電動機の力行・制動トルク共に帰還制御が行えるように構成されている。この結果、各階運転では始動から停止まで、全速運転では加速中及び減速中とも、力行・制動両面の帰還制御が行われるた

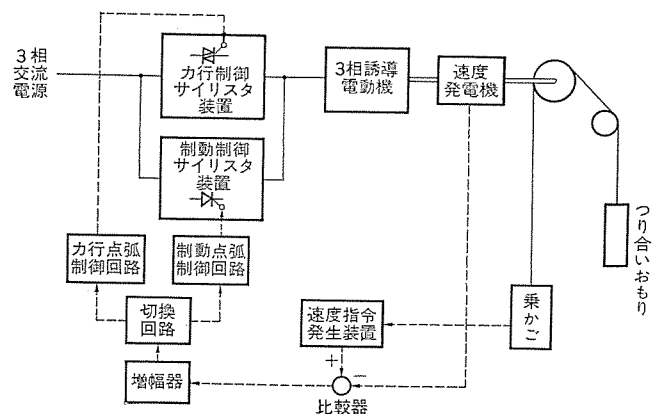


図 5. 高速用制御方式の基本構成

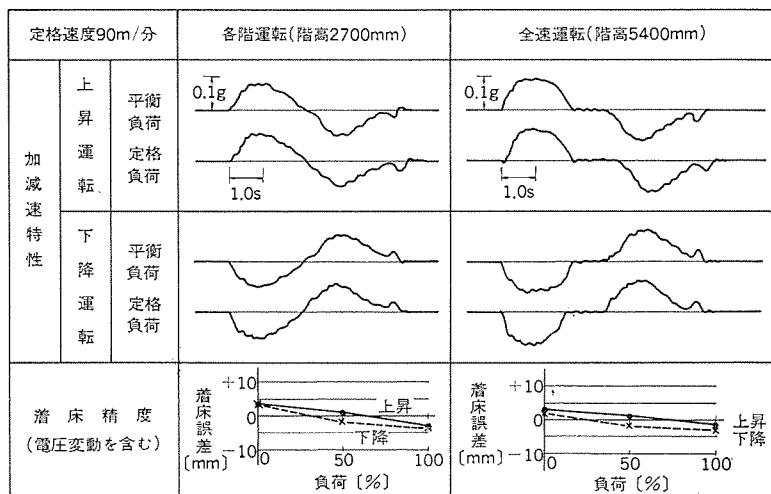


図 6. 高速《エレベット》の運転特性

め、理想速度曲線に従ってなめらかに運転される。全速走行中は、電動機の発熱及び消費電力を少なくするために、力行制御サイリスタを全点弧して電動機に3相全電圧を印加し、電動機のトルク特性と負荷トルクによって決まる速度で開ループ制御により走行する。減速開始後は帰還制御に移行するが、この切換え時にトルクの不連続が生じないように切換制御回路が設けられているため、全速走行から減速になめらかに移行することができる。

このように、高速《エレベット》はすぐれた乗りごち性能を有していたが、省エネルギーの要求にこたえるためには機械系の慣性を更に小さくする必要がある。したがって、慣性を極限まで減らしても乗りごちを損うことのないように、下記の制御方式の改良を行った。

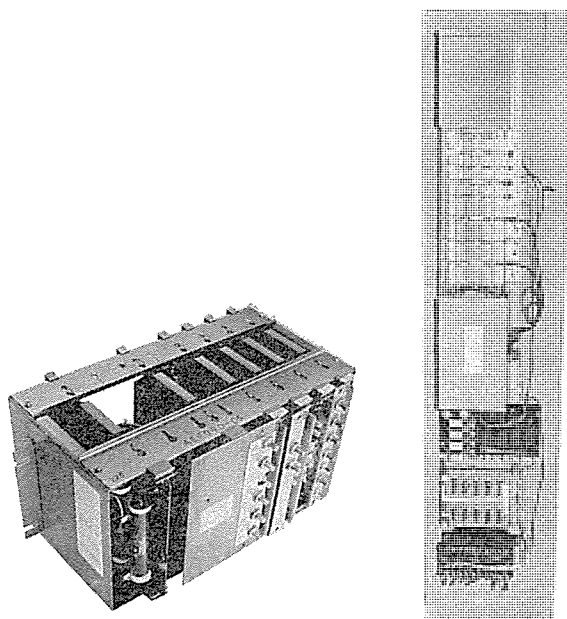
従来の制御方式において、全速運転時力行制御サイリスタを全点弧させる信号は、乗りごちに影響を与えないように、加速途中から徐々に印加している。この結果、加速終了時は電動機にほぼ全電圧が印加されるため、速度制御が飽和状態になり、加速終了時の乗りごちは電動機のトルク特性によって決まるものになる。したがって、慣性を小さくすると、定格負荷下降運転のように負荷トルクが負極性の場合には加速度の変化が急になり乗りごちが悪くなる。この点を解決するために、負荷トルクを検出して負極性負荷の場合は電動機の印加電圧を制限することにより、電動機のトルクを常になめらかに変化させるようにした。(特許申請中)

また、全速運転の減速開始時は、電動機に印加されていた3相全電圧がシャ断され直流制動制御に移行するが、このとき発生する電動機の誘起電圧の影響により点弧制御回路の出力に比して大きな制動電流が流れることがあるため、慣性を小さくすると乗りごちが損なわれる。この対策として、制動用サイリスタ点弧制御回路を新規に開発し、常になめらかに減速を開始することができるようにした。(特許申請中)

以上の改良を行った結果、機械系の慣性を小さくして、消費電力を最大20%低減し電動機及び電源設備の容量を小さくすることができた。また、図6に示すように、機械系の慣性を小さくしたにもかかわらず、各階運転・全速運転ともに無負荷から定格負荷まで従来にも増してソフトでなめらかな乗りごちの高速《エレベット》を実現することができた。

3.2 再床合わせ装置の実用化

高速《エレベット》の特長として中揚程以上のビルに適用される機会が多いが、中揚程以上のビルでは乗客の乗降に伴う綱伸びによるレベル



(a) 帰還制御部

(b) 主回路部

図 7. 高速用半導体制御装置

誤差が大きくなるので、乗客の乗降時の安全性を確保するために再床合わせ装置が必要となる。高速《エレベット》用制御方式は、電動機の力行・制動トルクを無接点で切換えて帰還制御するため、微速も容易に制御することができ、なめらかな乗りごちでレベル誤差を速やかに修正できる再床合わせ動作を実現することができた。

3.3 振動・騒音の低減

ダイヤグライド方式《エレベット》では、誘導電動機の制動法として騒音の最も小さい直流制動方式を採用し、電動機もサイリスタ制御用に専用設計されたものを使用することにより、振動・騒音の低減を図ってきた。しかし、《エレベット》が多く採用されている住宅用ビルやホテルなどにおいて最近ますます騒音低減の要望が強くなってきているので、この要求にこたえるために、巻上機などの機械系と電動機制御回路系との協調を図った結果、振動・騒音のレベルを従来より更に約10dB低減することができた。

3.4 信頼性の向上

ダイヤグライド方式《エレベット》は、高速用制御方式でも力行制御サイリスタとして大電力用トライアックを使用しているため、回路構成が簡素化され使用部品数も減り信頼性を一層向上できた。また、図7に示すように、半導体制御装置を徹底的にモジュール化し、万一の故障に際しての故障復旧時間の短縮を図った。

4. エレベータの緊急時運転と故障自動通報システム

停電や故障でも早く安全に乗客をかご内から乗場へ出すことが要求されており、当社ではこの要求に対し従来から停電時自動着床装置と故障自動通報システムを準備していたが、一層の普及をはかり乗客の安全と管理人の精神的な負担を軽減するために次のように改良した。

4.1 MELD(三菱エレベータ停電時自動着床装置)

この装置は法令で定められた安全装置と一部の安全チェックリレーが動作している場合を除き、停電や故障が発生したときエレベータを安全に低速で最寄階へ自動着床させ、乗客を乗場へ救出するものである。従来、交流エレベータ用にインバータと大容量のバッテリーで巻上電動機を

駆動していたが、今回の改良により小形直流電動機を使いバッテリーも小容量にしたので、機械室への納まりがよく既設のエレベータにも取付けやすくなった。図 8. に MELD の基本システムを示した。MELD 運転はバッテリーの電力を経済的に使用するように構成してあり、走行中に停電するとエレベータが保有する運動のエネルギーを利用して惰行させる。また電源が正常であり制御系が故障した場合は、一定時間内の低速自動運転(2章参照)を行い最寄階へ着ける。それでも最寄階に行けなかったときは、バッテリーにより電磁ブレーキを開きかごとつり合いおりの不平衡トルクを利用してエレベータを動かすが、不平衡トルクが小さく電磁ブレーキを開放しただけではいずれの方向にもエレベータが動かぬとき、小形直流電動機で下降運転を行い最寄階に着ける。(特許申請中)

MELD による上記の運転中も速度発電機や各種の完全装置により、エレベータの速度を監視し低く抑えるなど安全性についても十分な配慮をした。また着床後は自動戸開きだけでなく、乗客が乗場へ出たのち自動的に戸を閉めてその後の運転を休止するので、他の乗客が誤って乗込むこともなくまたビルの管理面からも好ましいものとした。

4.2 METAS (三菱エレベータ故障自動通報システム)

電話回線を利用して故障を自動通報するシステムを METAS-II とし、住民協力形の簡易方式を METAS-I として管理側の要求に広くこたえられるものとした。

METAS-I はかん詰め故障に限って管理人をインタホンで自動呼び出し、管理人の応答がないときはエレベータホールに〈かん詰め故障発生〉をブザーとランプで報知する。

この報知を発見した居住者が保守会社へ電話で連絡し、ブザーストップボタンを押すとブザーは鳴りやみかご内に〈しばらくおまちください。連絡中です。〉と表示が出て、かご内の乗客にも知らされる。

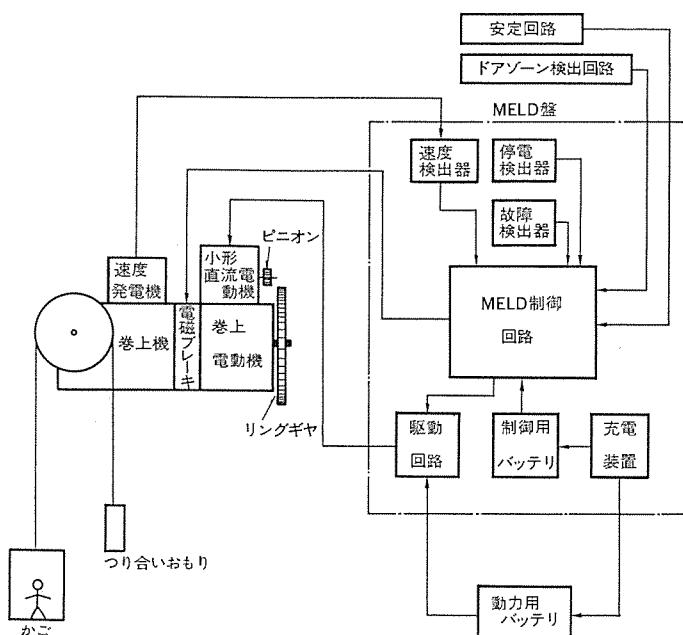


図 8. MELD の基本システム

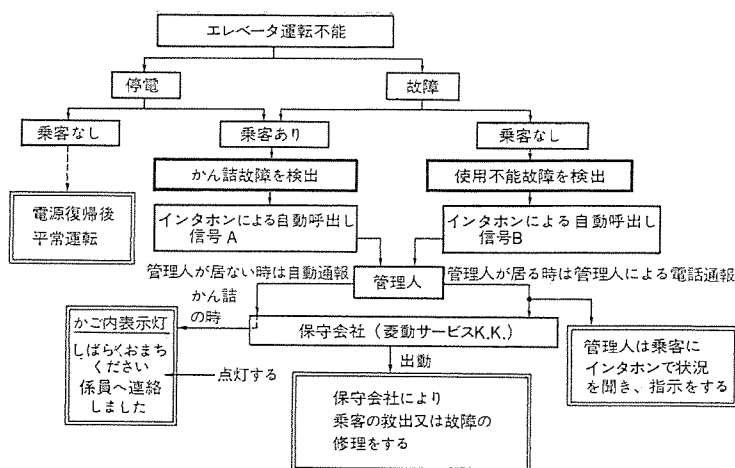


図 9. METAS-II の動作順序

METAS-II は図 9. に動作順序を示したが、管理人が居るときは管理人を経由して保守会社へ連絡するように構成した。管理人は日常ビル全体を管理しているので、乗客の状態を含め故障状況のは(把握)が早く、保守会社の判断の助けになることが多い。インタホンによる管理人の自動呼び出しは、かご内に乗客が居ない運転不能故障と乗客の居るかん詰め故障の両者共に行うが、それぞれ呼び出し音を区別しているので多忙な管理人にとって便利である。(特許申請中)

管理人が一定の呼び出し期間中に応答しなければ、保守会社へ自動通報される。自動通報を保守会社が受信しそれがかん詰め故障のときはかご内に〈しばらくおまちください。係員へ連絡しました。〉と表示を出し乗客の不安を解消するよう工夫してある。

いずれの METAS でも、停電や故障でかん詰めが発生したときの保守会社への連絡が迅速に行われるので、乗客の早期救出に効果的である。

また MELD と METAS を組合せて使用すれば、停電や万一の故障でもまず最寄階に自動着床させ自動戸開きを試み、それが不可能なとき次善の策として保守会社へ迅速に通報されるので、利用者の安全が一層向上しフェイルソフトの要求によくこたえたものになる。

MELD と METAS は公共住宅、病院や辺地に設置されるエレベータを中心に今後急速に普及するものと思われる。

5. む す び

エレベータは公共輸送機関であり、その中でも規格形エレベータは公共住宅やマンションなど生活に密着している度合いが高い。この特質に沿って、当社のダイヤグライド方式《エレペット》の制御方式が改良されてきたことを述べた。

今後、エレベータの安全性・信頼性・快適さ、更に消費電力の節減、建築コストの低減等に対する要求はますます厳しくなると思われるが、エレベータが持つ公共性を考え一層の改良に努める所存である。

参 考 文 献

- (1) 原田ほか：ダイヤグライドエレベータ(半導体制御素子による速度帰還制御方式エレベータ)、三菱電機技報 46, No. 12 (昭和 47)

制御用双方向光伝送システム

橋本 勉*・竹居敏夫**・須崎 渉**・三井 茂**・新谷 健***

1. ま え が き

光ファイバを用いた信号伝送系は、電磁誘導雑音に強いこと、電気的に絶縁されており地絡事故の危険性がないこと、伝送帯域幅が広くとれること、更に光ファイバが極めて細く軽量であること、などの特長を持っている。これらの特長を生かして、各種の信号伝送系への適用が検討され、既に実用化試験なども実施されている。

このたび、光ファイバ伝送系を工業用監視制御システム、CATVシステム、あるいはデータベースなどに適用する場合の基本的モデルとして、制御用双方向光伝送システムを開発したので、その結果について報告する。このシステムは、従来のように単に2地点間を結ぶ光ファイバ伝送系を構成するものではなく、次のような特長を持っている。

- (1) 1本の光ファイバを用いて、ビデオ信号と指令信号との2つの光信号を双方向に伝送している。
- (2) ビデオ信号を光分配器により分割して、2台のカラーテレビ受像機に映し出すことができ、同時に2カ所で監視できる。

2. 双方向光伝送システム

このシステムは、工業用監視制御システムの基本構成をモデル化したものである。工業用監視制御システムにおける信号伝送の形態としては各種の方式があるが、ここでは図1.に示すような画像により生産ラインなどの監視を行うシステムを取り上げた。図1.(a)は、被監視側に設置された複数のビデオカメラによるビデオ信号を監視側に伝送し、監視側に設置されたモニタテレビ受像機に映し出す系を構成し、監視側からの指令によって送信するビデオカメラを選択できるものである。同図(b)は、監視側に複数のモニタテレビ受像機を設置して構成され、異なった場所で同時に監視ができるようにしている。

このたび開発した制御用双方向光伝送システムは、図1.(b)の構成を信号伝送に光ファイバ伝送系を使用して実現したものであって、具体的な構成は図2.に示すとおりである。被監視側のビデオ送信機としてカラービデオカメラとビデオカセットレコーダーを使用し、監視側には

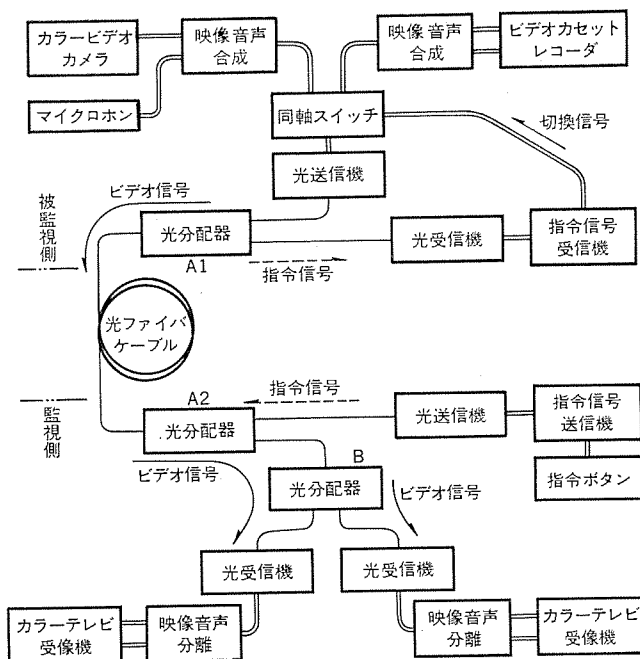


図2. 制御用双方向光伝送システム構成図

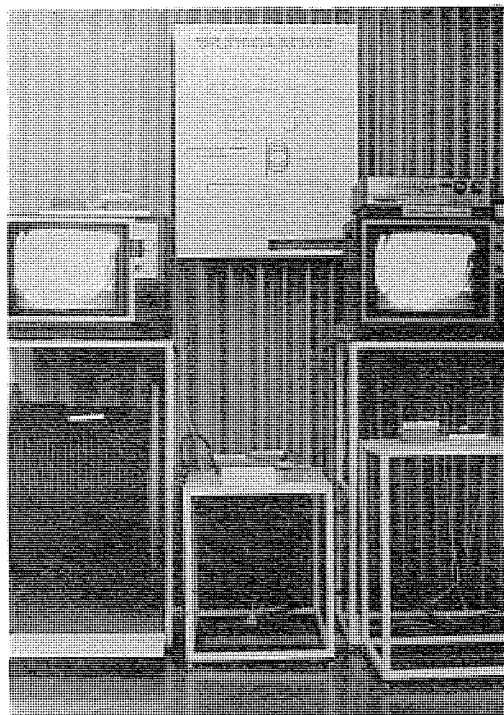


図3. 制御用双方向光伝送システム

2台のカラーテレビ受像機を設置してモニタする。監視側には指令信号送信機、被監視側には指令信号受信機と切換スイッチを設け、ビデオ信号送信機器の選択を行う。被監視側と監視側とは1本の光ファイバにより結ばれており、この光ファイバによりビデオ信号と指令信号との2つの光信号が双方向に伝送される。光ファイバの両端には2つの

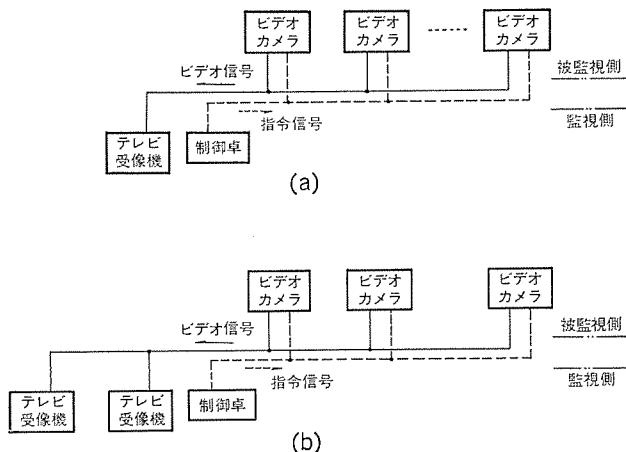


図1. 工業用監視制御システムの一例

光信号を分離して双方向に光ファイバにのせるための光分配器(図2.のA1及びA2)を設け、更に、監視側には到着したビデオ信号を2分割するための光分配器(図2.のB)を設けている。

監視側の指令ボタンの操作により送出された指令信号が光分配器A2, A1を通して被監視側で受信され、指令信号受信機によってビデオ送信機器の切換信号に変換される。切換信号が同軸スイッチを作動させ、カラービデオカメラとビデオカセットレコーダーのいずれか一方のビデオ信号が送信される。監視側に送られてきたビデオ信号は光分配器Bにより分割され2台のカラーテレビ受像機に同時に映し出される。

3. 双方向光ファイバ伝送系

1本の光ファイバを用いて双方向伝送を実現する方法としては、

- (1) 波長の異なる光信号を用い、図4.(a)図に示すように光分配器によって双方向に光信号をのせる方法⁽¹⁾と、
- (2) 同一の波長の光信号を用い、図4.(b)に示すように光分配器によって双方向に光信号をのせる方法。

とが考えられる。

(2)の方法は(1)の方法に比べて、発光波長の異なる発光素子を選択する必要がないこと、及び光分配器が容易に実現できることなどの特長を持っているので、このシステムでは(2)の方法を採用した。この方法では、伝送路である光ファイバの接続部などでの反射光が存在すると、これが相手側信号に漏れ込み、S/N比の劣化をもたらす。このため、ビデオ信号と指令信号とを周波数分割多重方式とし、光分配器のアイソレーションの不足あるいは伝送路の接続部における反射光の影響を減らしている。すなわち、被監視側から監視側へのビデオ信号はベースバンドアナログ方式で伝送し、監視側から被監視側への指令信号は搬送波(周波数5.5 MHz)を用いたディジタル振幅変調方式で伝送している。

3.1 双方向光ファイバ伝送系の構成

光ファイバ伝送系は、光送信機・光受信機・光送受信信号を分離するための光分配器、ビデオ信号を分割するための光分配器及び光ファイバケーブルで構成される。発光素子は発光ダイオード(LED)を、受光素子はアバランシェフォトダイオード(APD)を、光ファイバはポリマクラッドファイバを使用している。

指令信号はディジタル信号の形式で伝送され、光受信機における所要受信光量が低くてよいことから、光分配器A2は分配比を8:1とし、ビデオ信号系の伝送損失の軽減をはかっている。他の光分配器A1及びBは分配比が1:1である。

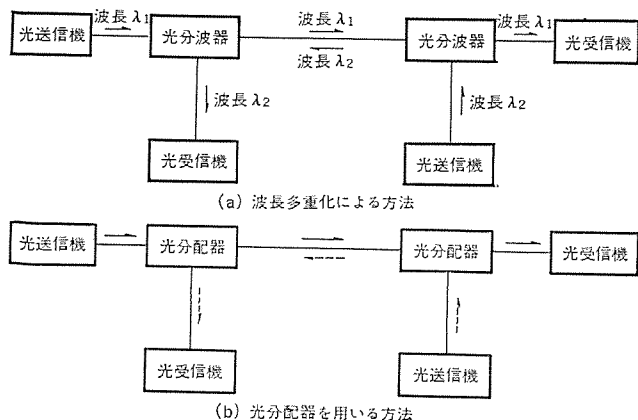


図4. 1本の光ファイバによる双方向光伝送

アナログ信号伝送においては伝送系の非直線ひずみが小さいことが必要であり、特にビデオ信号伝送の場合には最終的に映像の形で評価されるためひずみの影響が顕著に表れる。光ファイバ伝送においては、発光素子であるLEDの直線性が伝送系の非直線ひずみ特性を決めると言っても過言ではない。図5.は光送信機に使用した球レンズ装荷LED⁽²⁾の第2高調波ひずみの測定結果である。図5.から分かるように、LEDは非直線ひずみが非常に小さい。また、非直線ひずみ補償回路などを用いないLED駆動回路を使用したビデオ信号伝送実験を実施し、微分利得が2%以下、微分位相が1度以下の好結果が得られたので、無補償方式のLED駆動回路を採用することとした。

3.2 構成品

このシステムの構成品について述べる。

(1) 光ファイバ

光ファイバは、図6.(a)に示すように、コア径150 μm、クラッド径200 μm、ナイロンジャケット径0.9 mmのポリマクラッドファイバを使用した。開口数は0.39である。ポリマクラッドファイバは開口数、コア径が大きく、

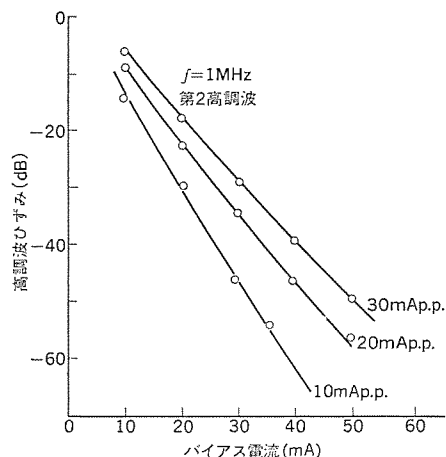


図5. 球レンズ装荷LEDの第2高調波ひずみ特性

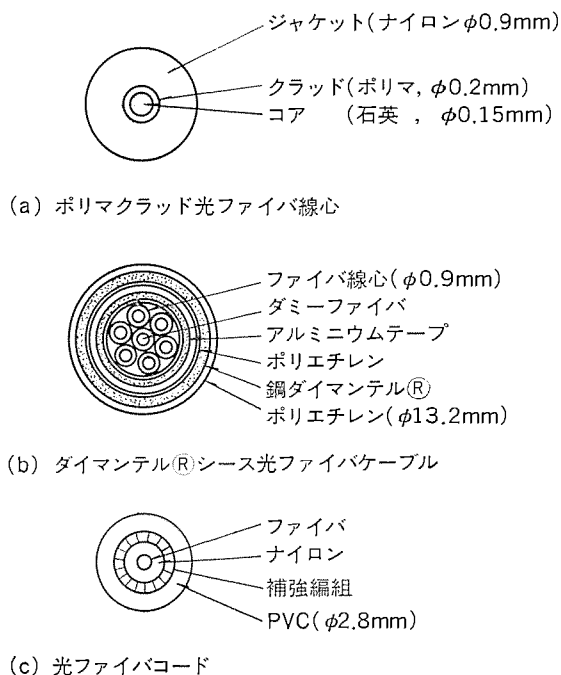


図6. 光ファイバ、光ファイバケーブル及びファイバコード

表 1. ポリマクラッド ファイバ の特性

ファイバ形式	ステップインデックス形マルチモードファイバ
コア径	150 μm
ファイバ径	200 μm
コア屈折率	1.459
開口数	0.39
伝送損失	8 dB/km (光ファイバケーブル) 光ファイバコード
伝送帯域	20 MHz \cdot km (6 dB down 値)

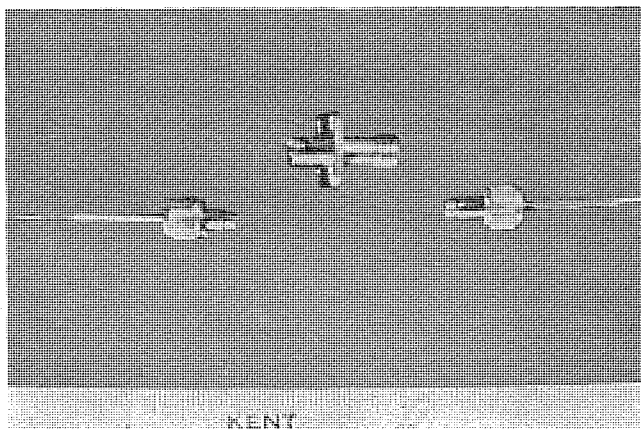


図 7. 光ファイバコネクタ

LED との結合効率が高くとれる点で有利である。表 1. はポリマクラッドファイバの特性を示す。

監視側と被監視側との間は、ダイヤモンド[®]シース光ファイバケーブルを使用した。これは図 6. (b) のような構造の 6 心ケーブルであり、機械的強度に優れ、敷設工事などについては従来の同軸ケーブルと同様の取扱いができるようになっている。このシステムでは、6 本の心線のうちの 1 本だけを使用している。

両側の端局内では、配線の容易性などを考慮して開発した光ファイバコードを使用している。図 6. (c) は光ファイバコードの断面図を示す。

(2) 光ファイバコネクタ

光ファイバコネクタは、はめ合い方式であり、外観を図 7. に示す。ポリマクラッドファイバの研磨法について検討を加え、付加損失なしに良好な研磨面を得る方法を確立することができ、コネクタの接続損失は平均 0.45 dB、ばらつき ± 0.11 dB (試料数 14 個) という良好な値が得られている。

(3) 光分配器

光分配器は、反射面付マイクロレンズ形光分配器⁽³⁾を使用した。これは図 8. に示すように、屈折率分布形マイクロレンズの子午面の一部を全反射面とした構造で、光ファイバ①からの入射光の一部が全反射面で反射され光ファイバ③へ、残りの入射光が全反射面の影響を受けずに光ファイバ②へと分割されて送り込まれる。この光分配器は、マイクロレンズと光ファイバとの配列・整列が簡単なこと、光の径路が開放部分を通らないのでごみ、ほこり、水滴などの影響を受けないことなどの特長を持っている。このシステムに用いた光分配器の特性を表 2. に示す。

(4) 光送信機

光送信機は、図 9. に示すようにモジュール化されており、寸法は 28 \times 50 \times 70 mm である。発光素子は球レンズ装荷 LED⁽²⁾ を使用して

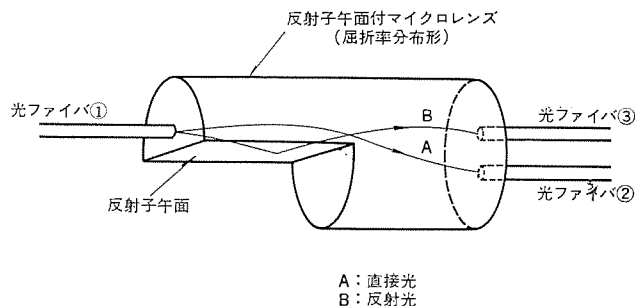


図 8. 反射面付マイクロレンズ形光分配器の構造

表 2. 光分配器の特性

構成	種類	経路	伝送損失 dB
	光分配器 A1,B	① \leftrightarrow ③	4.5
		② \leftrightarrow ③	
		② \leftrightarrow ①	33
	光分配器 A2	① \leftrightarrow ③	11.5
		② \leftrightarrow ③	2.0
		① \leftrightarrow ②	33

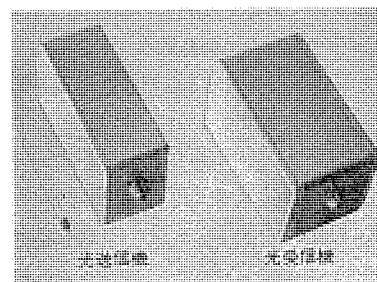


図 9. 光送信機及び光受信機

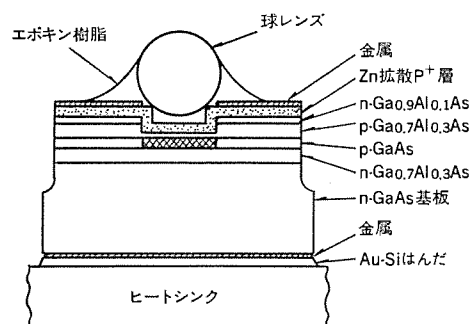


図 10. 球レンズ装荷 LED

表 3. 光送信機及び球レンズ装荷 LED の特性

光 送 信 機	
周 波 数 帯 域 幅	10~32 MHz
光 ファイバ 内 光 出 力	-3 dBm
発 光 素 子	球レンズ装荷 LED
入 力 信 号 レ ベ ル	1 V _{r-r} (75 Ω)
球 レ ン ズ 装 荷 LED	
発 光 出 力	1.5 mW ($I_F=50$ mA)
発 光 部 直 径	35 μm
ビーク波長	8,600 \AA
スペクトル半値幅	450 \AA
しゃ断周波数	50 MHz

表 4. 光受信機及び APD の特性

光 受 信 機	
周 波 数 帯 域 幅	20~38 MHz
平 均 最 小 受 信 光 量	-28 dBm (S/N 50dB)
受 光 素 子	Si-APD
出 力 信 号 レ ベ ル	1 V _{P-P} (75Ω)
APD	
受 光 面 積	0.2 mm ²
降 伏 電 圧	100~120 V
最 大 増 倍 係 数	1,000
増 倍 雑 音 指 数	$\approx M^{0.2}$
し ゃ 断 周 波 数	1 GHz 以上

表 5. 光伝送系の送受信レベルと相手系からの漏れ量

	ビデオ信号系	指令信号系
光 送 信 機 出 力	-3 dBm	-3 dBm
伝 送 路 損 失	18 dB	24 dB
光 受 信 機 入 力	-21 dBm	-27 dBm
相 手 系 か ら の 漏 れ 量	-40.5 dBm	-36 dBm

表 6. 光伝送系の性能

伝 送 帯 域 幅	20~20 MHz
微 分 利 得 (DG)	2%以下 (3.58 MHz)
微 分 位 相 (DP)	1度以下 (3.58 MHz)
入 出 力 レ ベ ル	1 V _{P-P} (75Ω)
光 ファイバ内出力	-3 dBm
$S/N=50$ dB を得るのに必要な最小平均受信光量	-28 dBm

おり、光ファイバ内光出力は駆動電流 50 mA において 0.5 mW を得ている。LED の駆動回路は前述のように無補償方式を採用しており、簡単な構成で高性能なアナログ信号伝送用光送信モジュールが実現できた。

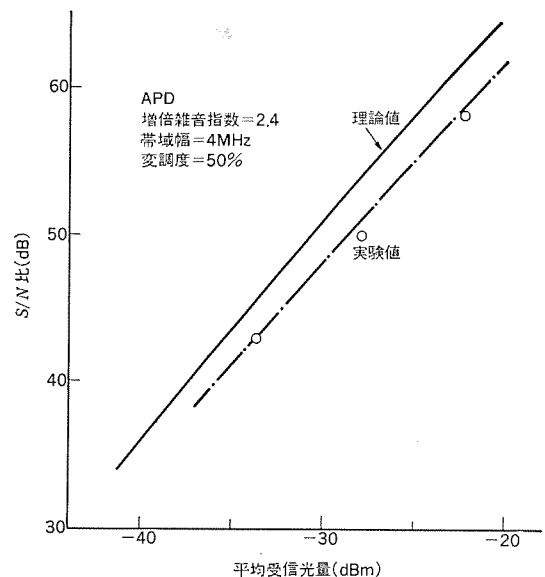
球レンズ装荷 LED は、直径 35 μ m の発光部に直径 100 μ m の高屈折率球レンズを整列し、接着固定した図 10. の構造である。放射指向性が鋭く、光ファイバとの高い結合効率を得ることができる。表 3. に光送信機及び球レンズ装荷 LED の特性を示す。

(5) 光受信機

光受信機も図 9. に示すようにモジュール化されており、寸法は 41×50×70 mm である。受光素子には APD を使用している。APD は内部増倍利得を持ち、低雑音・広帯域の受信ができることが特長であるが、降伏電圧に温度依存性があること、増倍係数のバイアス電圧依存性が大いことなどの特性を持っており、使用に際してはこれらに対する配慮が必要である。この光受信モジュールでは、APD の温度変化及びバイアス電源電圧変動に対するバイアス安定化回路を内蔵しており、外部条件に対して安定な動作ができる。また、無評価 S/N 比 50 dB を得るために必要な最小平均受信光量は -28 dBm である。表 4. に光受信機及び APD の特性を示す。

3.3 双方向光ファイバ伝送系の特性

このシステムのビデオ信号系と指令信号系の送受信レベル及び相手系

図 11. ビデオ信号伝送系の無評価 S/N 比特性

からの漏れ量を表 5. に示す。いずれも光のレベルである。また、ビデオ信号系の光ファイバ伝送系の性能を表 6. に示す。

光受信機の帯域幅を 4 MHz に設定した場合の平均受信光量に対する無評価 S/N 比の特性を測定した結果を図 11. に示す。測定条件は変調度 50%，APD の増倍係数が 20 である。平均受信光量が -28 dBm において、無評価 S/N 比 50 dB が得られている。

このシステムにおけるビデオ信号伝送系の光伝送路損失は 18 dB であり、光受信機の平均受信光量が -21 dBm となり、 S/N 比 50 dB を得るために必要な最小平均受信光量 -28 dBm に比べ十分な余裕を持った系が構成されている。

双方向光伝送システムのシステム動作は、正常に行われた。

4. む す び

1 本の光ファイバによる双方向光伝送を実現し、これを用いた制御用双方向光伝送システムを開発した。

また、球レンズ装荷 LED の発光出力を直接アナログ強度変調する方法でベースバンドカラー画像伝送を行い、LED の非直線ひずみ補償を行わない駆動回路を用いても良好な伝送特性が得られることを確認した。

このシステムは、東京で開催された光 IC/ファイバ国際会議の併設展示会に出展するとともに、同国際会議の大阪会議における CCTV システムの光ファイバ伝送に使用され、好評を得た。

今回開発したシステムを基本に、今後、各種の光データバスなどへの適用をはかる予定である。

参 考 文 献

- (1) 長船・三木：昭 52 年電子通信学会総合全国大会，No. 1949
- (2) 堀内ほか：昭 51 年電子通信学会光・電波部門全国大会，No. 309
- (3) 三宅・竹居：昭 52 年電子通信学会総合全国大会，No. 915

論理回路図自動作画システム(LODAS)

伊藤重治*・西村芳朗*・井上真典*・加藤礼二**・中塚久世**

1. ま え が き

電子機器の開発・設計・製造・保守の段階を通じて、装置の複雑な機能を記述する手段として、論理回路図は極めて重要な役割を担うものである。しかし、論理設計段階における論理回路図の作成、あるいは設計変更に伴う論理回路図の変更には、膨大な工数を必要とするのが現状である。しかも、これを人手によって正確、かつ迅速に行うことはもはや困難な状態となりつつある。このため、従来から各所で論理回路図作成の自動化に対する強い要求があった。論理回路図をはじめ、各種設計資料の自動作成の実現は、設計工数及び設計費用の削減、あるいは設計期間の短縮に多大な効果をもたらすと考えられる。更に、計算機で処理した設計情報を、各種の CAD・CAM システム に受渡すことによって、総合的な生産効率の向上が図れることなど、波及効果も期待できる。

このような意味から、今回、設計情報を入力することによって、論理回路図を自動的に作成する論理回路図自動作画システム LODAS (Logic Diagrams Automatic Drawing System) を開発したので、以下に紹介する。

2. システムの機能概要と特長

このシステム開発に際して、特に以下の点に留意した。

- (a) LODAS によって作成できる論理回路図（以下論理図と略す）の対象範囲が、できるだけ広いこと（はん(汎)用性）。
- (b) 論理機能の理解しやすさの点で、人手作成の論理図と同程度のものが作成できること（機能性）。
- (c) LODAS の関連する他の CAD システム との結合、及び各機能の改良が容易であること（拡張性）。
- (d) 人工費、計算機使用料などを含めた処理コストが、人手作成の論理図と比べて、それ以下であること（経済性）。

その結果、LODAS のシステムフローは、図 1. のような構成とした。このシステムの主要な機能と特長は次のとおりである。

(1) 図面作成

下記のような図面をプロッタによって、自動的に作成する（グラフィック COM, CRT などの利用も将来可能である）。

- 図面種類： MIL, JIS など各種規格に準拠した論理図をはじめ一般接続図、結線図など。
- 図面レベル： カード、カードバスケット、LSI などの部品。
- 図面サイズ： AO 以下の各種サイズ。

(2) 図面変更

図面変更の場合に、見やすさを配慮して変更以前の配置・配線状態を保ち、図面上の変更箇所を最小限にとどめる。また、この機能によって、自動配置・配線の結果を人手で変更することができる。

(3) 設計情報の入力とチェック

論理図に必要な情報を簡単に入力することができる。また、入力された情報は厳重なチェックを行い、チェックリストとして出力する。

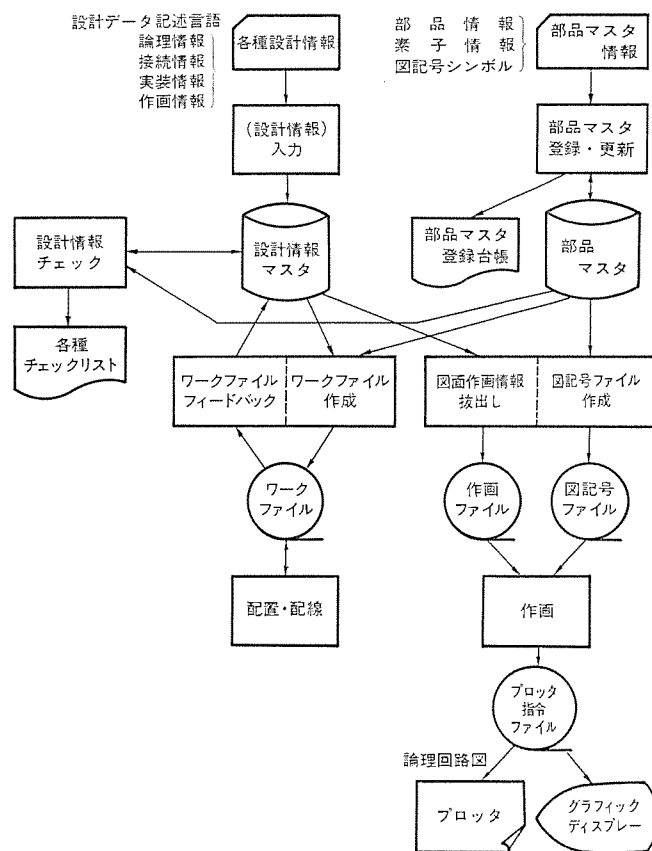


図 1. LODAS システムフローチャート

(4) 自動配置

図面用紙上での図記号の配置を、図記号間の接続関係、図記号サイズなどを考慮して自動的に決定する。あらかじめ見やすさの点から強制的に配置指定を行うこともできる。

(5) 自動配線

図面用紙上での図記号間の配線を、接続関係に従って自動的に経路決定する。また、強制的に経路指定を行うこともできる。

(6) マスタファイル

マスタファイルには、部品マスタと設計情報マスタとがある。これらのマスタは、関連する CAD システム に利用することもできる。

(7) 図記号

論理回路図用図記号、電気通信用図記号、その他各種の図記号は、いくつかの接続用端子とテキスト・ノード（部品番号、端子番号など図記号に付随する特定の文字列の索引記入情報）をもち、文字あるいは任意の図形形状から構成されるシンボルとして定義できる。

3. マスタファイル

LODAS で利用するマスタファイルには、部品マスタと設計情報マスタがある。

IC などの論理機能部品を主体とした電気部品の 資材情報、物理的情報、電気的情報及び図記号情報から構成されるのが部品 マスタである (図 2.)。これら情報の登録・更新及び登録台帳の作成は部品マスタ管理機能によって行う。登録台帳は設計情報の作成時に利用される。

3.2 設計情報マスタ

論理図作成に必要な設計情報として、カード単位の論理情報、実装情報を保有するのが設計情報マスタである(図3.)。論理情報(論理機能素子と素子間の接続情報)及び実装情報(実装レベル、実装位置

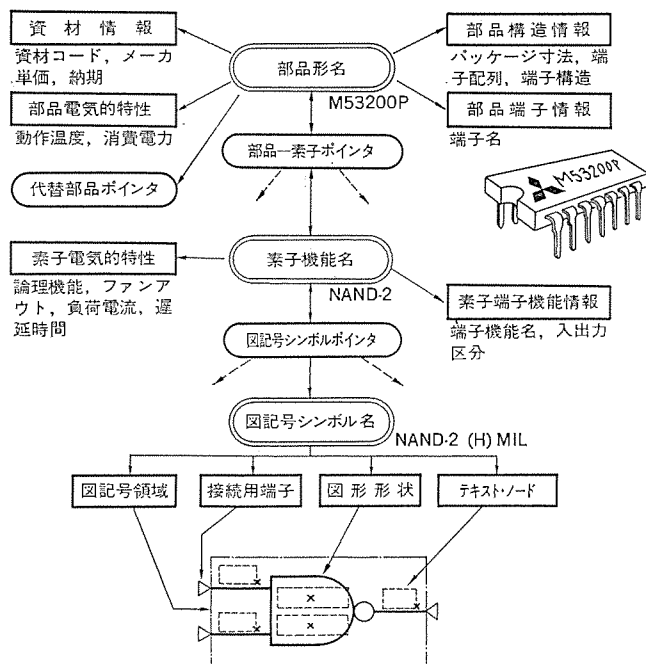


図 2. 部品マスタの構成

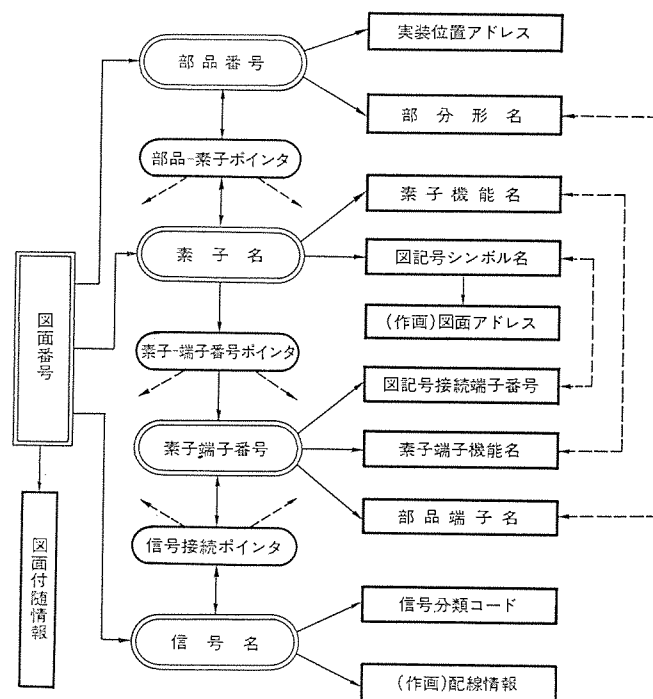


図 3. 設計情報マスタの構成

及び配線情報)は、入力機能によって設計情報マスタに登録される。更に、配置・配線機能によって論理図の作画情報(図記号の図面位置及び図面上の配線情報)が加えられる。

4. 入力

4.1 設計情報入力

この部分は、論理情報、実装情報及び図面情報などの設計情報を、設計情報マスタに登録・更新するものである。入力を簡単に行うために、情報の記述は設計データ記述言語（Design Data Description Language——D³L と略す）を用いて行う。

4.2 設計データ記述言語 D3L

D3L は、論理図作成に必要な各種設計情報を、設計作業過程に応じて簡潔に記述する能力を有する言語である。表 1. のような各種の文から構成され、以下のような特長をもっている。

- (a) 設計作業の各過程に応じて段階的に入力可能。
- (b) 初期入力及び変更入力時に同一形式で記述可能。
- (c) 各種の実装レベルに対してほとんど同一の表現が可能。
- (d) 繰り返し回路の記述が簡単。

図 11. にこの言語の記述例を示す。このリストは D3L の翻訳過程で出力される入力ソースリストである。構文解析の結果 エラー が見つめられると、該当文はリジェクトし、ソースリスト上にエラーメッセージを出力する。

表 1. D³L の 主 要 文 一 覧

文 分 類	主 要 文 と 記 述 内 容
制 御 文	<p>本言語による記述データの取扱い方をコントロールする記述文。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理モード制御文……………実行ブロック、処理区分などの制御 ・データ番号設定文……………保管されたソースデータの更新の指示 ・リピート文……………記述データの繰り返し索引のための制御
表 題 文	<p>単位記述データのまとまりを表すラベル、標題を与える記述文。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表題文……………1 図面番号又は各ページの見出し ・マクロ表題文……………マクロデータの見出し
宣 言 文	<p>記述データ中に現れる特定の名前、取扱いタイプを定義する記述文。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配列宣言文……………配列データの名前とサイズの対応付け ・タイプ宣言文……………名前と取扱い方の対応付け ・マクロ呼び出し宣言文……………既定義のマクロデータの索引 ・END 宣言文……………記述データ単位の終わり
構 成 文	<p>各種設計データの内容を記述する本言語で最も多く使用する記述文。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・接続データ構成文……………素子の論理情報と部品・素子間の接続情報 ・実装データ構成文……………部品割付け、部品実装位置、配線情報 ・作画データ構成文……………論理図作画上の図記号の配置・配線情報
パラメータ文	<p>データ記述上での補助的なパラメータの記述文。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作画パラメータ文……………論理図作画上の諸パラメータ

5. 設計情報チェック

ここでは設計情報入力部につき設計情報相互の、あるいは部品マスタ情報との関連において以下のようなチェック・処理を行う。

- (1) 使用素子・部品のマスタ登録チェック
- 素子機能名、図記号名あるいは部品形名が部品マスタに登録されているかどうかをチェックする。

(2) 素子・部品の端子数及び端子名のチェック

素子の使用端子数及び部品の端子名を部品マスタと照合チェックする。

(3) ファンイン・ファンアウトのチェック

各信号単位に接続された素子端子の入力・出力の区別あるいはファンイン・ファンアウト条件をチェックする。

(4) ワイヤード論理機能の生成

出力端子を接続することによってワイヤード論理機能を有する素子に対して、部品マスタ情報に従って該当信号中に、ワイヤード論理機能素子を自動的に生成する。

(5) 各種チェックリストの作成

D&Lで記述された設計情報に対するチェック・処理の結果を適切なメッセージとともにソースリストに出力する。同時に、索引・チェック用に以下の各種リストを作成することができる。

- (a) 素子分類接続リスト : 素子名—端子名—信号名
- (b) 信号分類接続リスト : 信号名—素子名—端子名
- (c) 使用部品リスト : 部品名—部品形名
- (d) 素子機能名分類リスト : 素子機能名—素子名—部品名

6. 配置・配線

この部分はこのシステムの最も重要な機能で、与えられた論理図情報から論理の理解しやすさと図面としての見栄えのよさを目標に、各種の図記号を図面用紙上に自動的に配置し、それらの図記号間の接続経路を自動的に決定するものである。

実際の配置・配線処理は、図記号を接続用端子をもつブラックボックスとして定義することにより、図記号規格にとらわれない配置・配線問題として取扱い、この機能部に汎用性をもたせている。このため、この機能部と設計情報マスタ間の情報の受渡しは、すべてワークファイル（中間ファイル）を介して行う。

6.1 受渡し情報

この機能部に対して受渡す情報は以下のとおりである。

(1) 入力情報

- 図面標題、用紙使用方向、図面サイズ、新規・変更の図面区別など。
- 図記号（作画サイズ、接続用端子の位置及び入出力の区別）。
- 図記号の初期配置位置（配置指定）。
- 信号接続（図記号の種別と初期に割付けられた端子番号及び信号名）。
- 信号分類（一般、ワイヤード、マルチチャンネルなどの分類）。

(2) 出力情報

入力情報に以下の情報を付加して出力する。

- 図記号配置位置（最終的な配置の位置・方向及び割付け端子番号）。
- 配線経路（接続線の経路、信号名の記入位置）。

6.2 配置指定

核となるような主要な機能を表す特定の図記号に対して、必要に応じて論理図上で配置位置を指定することができる。位置の指定方法には、確定配置指定と不確定配置指定の2通りがある。前者は指定した位置に、後者は指定した位置の近傍に図記号の配置を行う。また図面変更の際には極力変更以前の状態を保つため、変更に関係しない図記号は不確定配置されたものとして取扱う。

6.3 自動配置

図面の使用方向は任意であるが、説明を簡単にするため、ここでは

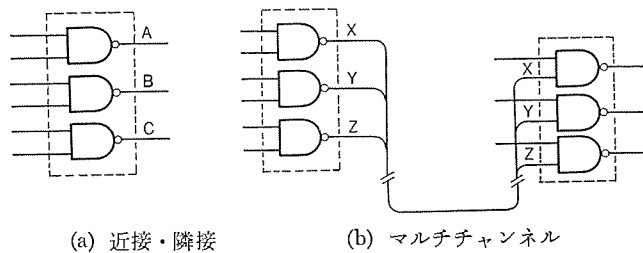


図 4. 特殊信号指定

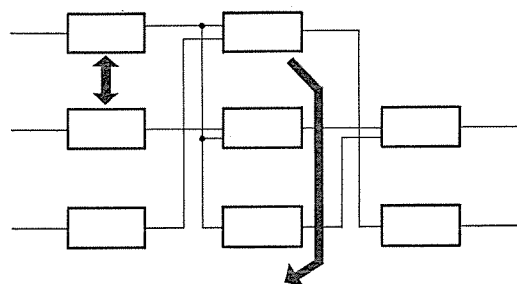


図 5. 図記号の仮配置

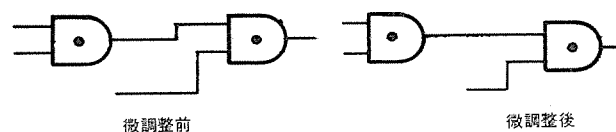


図 6. 配置の微調整

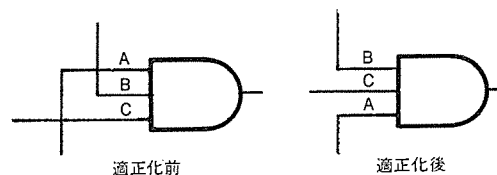


図 7. 接続端子の適正化

図記号を信号の流れに従って、左から右へと配置する場合について述べる。

(1) 入出力用端子：外部からの信号の入力又は出力用端子を表す図記号は、それぞれ図面の左端又は右端に整列配置する。

(2) 図記号のグループ化：相互に関連の強い図記号は、1つのグループとして取扱うことができる。それらは、縦方向に見栄えよく整列配置するため、1つの図記号と見なして配置決定する。グループ化の指定は、図記号の出力信号名により行い、以下の2通りがある。

●近接・隣接信号指定：図 4. (a) に示す例で、 $A \cdot B \cdot C$ 。

●マルチチャンネル信号指定：図 4. (b) に示す例で、 $X \cdot Y \cdot Z$ 。

(3) 配置手法：入出力用端子及び配置指定された図記号を核として、図記号の仮配置を行う。横方向の配置順序は信号の流れの順にまた縦方向の配置順序は配線経路の交差数が最小となるように配置を決定する（図 5.）。その後、決定された配置順序に従って図面上への配置を行う。その際、図記号相互の重なりや極端な配置の疎密が生じないようにして図面内に納める。この処理の過程で、配線の混雑度を巨視的な方法によって予測し、図記号間の間隔の適正化を図っている。最後に、最終的な配線経路の折れ曲がり、交差数を最小とするため、配置位置の微調整（図 6.）、接続端子の割付け位置の交換（図 7.）を行う。

基本形				
基本形の変形				
信号タイプ	一般信号	ワイヤードOR及びAND信号		マルチチャンネル信号

図 8. 配線の基本 パターン

6. 4 配線経路指定

用紙上での配線は信号単位に経路指定を行うことができる。また図面変更の際には配置の場合と同様に、変更に関係しない信号は前回の配線結果が経路指定されたものとして取扱う。

6. 5 自動配線

信号単位で経路決定を行う。信号分類（一般信号、ワイヤード信号、マルチチャンネル信号）別に基本的な配線パターンを定めておき（図 8.）、基本パターンあるいはその変形パターンとなるように、まず幹線（図 8. の太線）の発生を行う。その後、支線と呼ぶ幹線と幹線及び幹線と各図記号端子間を結ぶ配線を行い、接続経路を決定する。

7. 作 画

設計情報マスタから、図記号とその配置位置情報、図記号間の配線情報、図記号に付随して作画する文字情報及び図面の標題情報など図面作画に必要な情報を抜き出し、作画ファイルを作成する。同時に、部品マスタから作画する図記号の形状情報及びテキスト・ノードを抜き出し、図記号ファイルを作成する。プロッタの作画効率を考慮して、この2つのファイルに展開された図面作画情報を、図形要素ごとに最適な作画手順となるよう並べ替えた後、プロッタ装置に入力し論理図を作成する。

8. 実施例と効果

このシステムの実施例を図 9. ～図 11. に示す。図 9. は D³L による入力データのソースリスト、図 10. は信号名で分類された接続リスト、図 11. はプロッタにより

作画した論理図の 1 例である。この例での計算機使用時間は《MELCOM-COSMO》700 II を使用して約 5 分、またプロッタ作画時間は、約 10 分である。

このシステムの適用によって、次のような効果が期待できる。

- (1) 論理図を中心とした厳密な設計資料管理が可能

D1-002	77-10-14	11:04	***** SOURCE INPUT LIST *****
0000	*****		
0001	*****		
0002	*****		
0003	*****		
0004	*****		
0005	*****		
0006	*****		
0007	*****		
0008	*****		
0009	*****		
0036	*****		
0040	*****		
0041	*****		
0061	*****		
0062	*****		
0066	*****		
0067	*****		
0068	*****		
0069	*****		
0073	*****		
0079	*****		
0080	*****		
0082	*****		

図 9. 入力ソースリストと D³L による記述例

D1-004	77-10-14	11:04	***** CONNECTION LIST (CLASSIFIED SIGNAL) *****						
NO.	SIGNAL	PIN I/O	ELEMENT ID	PIN SEG NAME	ELEMENT FUNCTION	COMPONENT ID	SEG	COMPONENT TYPE	PIN NAME
1	S+SV	I/O P02-004	1<	>	*****	P02	4	HIF1-26P-2.5405	02B
		I/O R07	1<	>	R	R07	1		
2	SGND	I/O P02-006	1<	>	*****	P02	6	HIF1-26P-2.5405	03B
		IN IC13	10<5	>	P6C-6	IC13	1	SN74180N	3
		IN IC19	2<	>	OFF	IC19	1	SN7474N	3
7	GNRAH	OUT IC17-1	2<	>	INV	IC17	1	SN7404N	12
		IN OUT-006	1<	>	*****				
		IN IC01	5<1	>	OFF-4	IC01	1	SN74175N	9
		IN IC02	5<1	>	OFF-6	IC02	1	SN74175N	9
22	J0B(14)	OUT P01-007	1<	>	*****	P01	7	PCN5-21PT-1.27DS	7
		IN IC04	2<0	>	OFF-4	IC04	1	SN74175N	5
26	J0H3	OUT IC14	10<5	>	OCR-D	IC14	1	SN7402AN	6
		IN IC15-3	1<	>	NOR-2	IC15	3	SN7402N	8
29	J0H4	OUT IC16-1	2<	>	NAID-3	IC16	1	SN7410N	6
		IN IC19-1	2<	>	NOR-2	IC19	1	SN7402N	6
		IN IC15-2	2<	>	NOR-2	IC15	2	SN7402N	11
		IN IC15-3	2<	>	NOR-2	IC15	3	SN7402N	9
30	J0H5	OUT IC15-1	2<	>	NOR-2	IC15	1	SN7402N	4
		IN IC15-4	1<	>	NOR-2	IC15	4	SN7402N	3
31	J0H6	OUT IC15-2	3<	>	NOR-2	IC15	2	SN7402N	13
		IN IC15-4	2<	>	NOR-2	IC15	4	SN7402N	2
32	J0H7								

図 10. チェックリスト例（信号分類接続リスト）

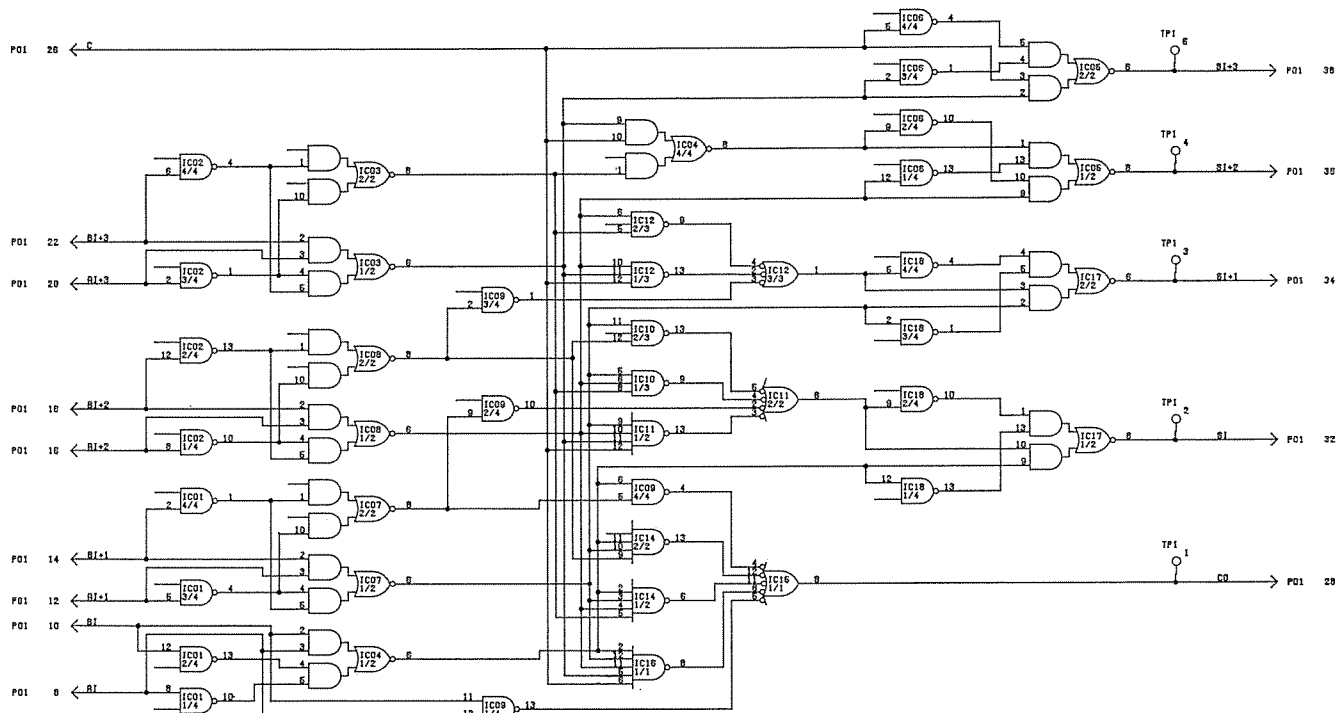


図 11. プロッタによる論理図作画例

設計変更などに対してもマスタ情報との不一致が生じないため、複雑な論理装置の設計情報を正確かつ一元的に管理することができる。

(2) 図面作成工数の大幅な削減が可能

論理図作成に専門的知識を必要とせず、図面の作成工数が人手による場合と比べて約5分の1程度で済む(論理情報の設計情報マスタへの登録を除けば、図面作成工数は10数分の1程度である)。

(3) 図面の標準化が徹底され、図面品質が向上する

図面に記入ミスがなく、だれにも見やすい統一化されたものとなる。

(4) 総合的な生産効率が向上する

開発・設計期間の短縮が図れるとともに、他のCAD・CAMシステムと共通的に情報を利用することができ、生産効率が向上する。

9. む す び

このシステムの開発により、設計作業の工数削減、図面品質の向上、図面標準化の徹底など多くの成果を得ることができた。このシステムは、電子機器の総合的な生産効率の向上を目的とする総合CADシステム(図12.)の一環として開発したものであり、関連するCAD・CAMシステムと結合して、更に大きな成果を上げることが期待されている。なお、このシステムは第1次ステップの開発を終えた段階であり、実施例のように、基本的な論理図記号によって構成される論理図については、まずまずの配置・配線性能を得ている。しかし、マイクロプロセッサ、メモリ素子など大規模な複合論理を表す図記号を多く含む論理図に対して、見栄えなどの点を問題にする場合は、一部、人手配置を併用している。今後の研究とシステムレベルアップによって、更に適用範囲、性能を高めていく予定である。

終わりに、このシステムの開発に際して多大なご支援をいただいた関係各位に深く感謝の意を表するとともに、今後ともご指導、ご協力賜うようお願いする次第である。

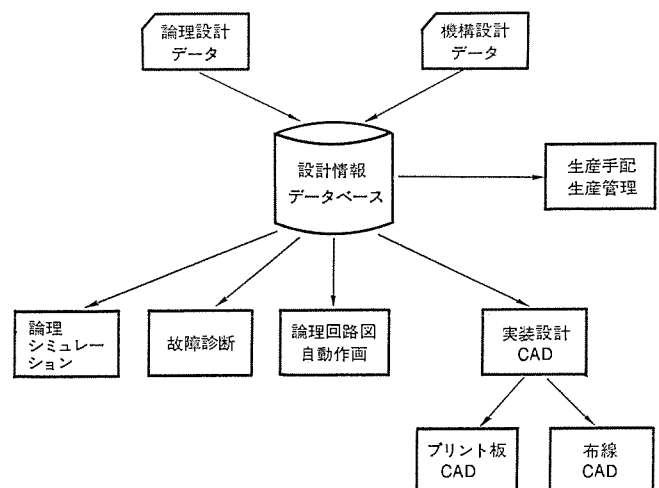


図 12. 電子機器総合CADシステム

参 考 文 献

- (1) 小島, 田中ほか: 論理図を入力データとする自動設計システム, 三菱電機技報 45, No. 3, pp. 387~393 (昭46)
- (2) 小島, 田中ほか: 設計自動化のためのデータベースとそのサポートシステム, 電子通信学会, 電子計算機研究会資料 EC-72-37 (昭47)
- (3) 三好, 武藤ほか: 論理図自動作成システム, 昭50年度情報処理学会第16回大会, pp. 183~184 (昭49)
- (4) G. Sanderson, A. Milici: A Logic and Signal Flow Diagram Subsystem, Proc. of the ACM. IEEE Design Automation Workshop, pp. 250~257 (1972)

三菱石油テーブル

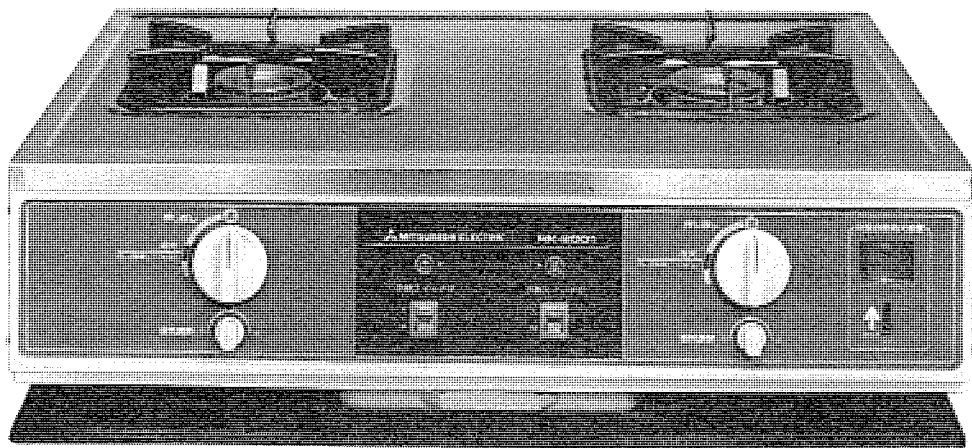
三菱電機は灯油を燃料とした新しい調理器“石油テーブル”を開発しました。この製品は灯油を完全燃焼させて、ススや臭いの問題をほとんど解決し、あわせて経済性と安全性を向上した調理器です。台所には不向きだった灯油を理想的な(調理の炎)として採用したもので、大きな注目を浴びています。

燃焼原理

従来の石油燃焼方式によるスス・臭い・タールといった石油特有の欠点を補うため、新たに気化予混合燃焼方式を採用しました。この方式は三菱クリーンヒータの技術をもとに開発したもので、予熱されたコンパクトな特殊気化室に灯油を高速空気流により給供し、瞬時の点火・消火、広範囲な火力調節を行えるようにしたものです。なお最初の立上がり予熱時間に2～3分を要します。

特長

- 燃料が灯油ですから爆発・中毒の危険性はほとんどありません。また、地震にも瞬時に完全消火する耐震自動消火装置付です。
- 着火時の一瞬を除き燃焼臭はなく、ススも出さずクリーンな燃焼です。
- 維持費はプロパンガスの $\frac{1}{5}$ 以下で経済的です。
- 2,300キロカロリー/時から1,000キロカロリー/時まで火力調節できます。また、高温燃焼でガステーブルに比べて熱効率がよく、炊めものなど強火料理も容易です。弱火もつまみひとつでできトロ火料理も安心してできます。
- 天板、汁受皿はステンレス製でサビにつよく、煮こぼれも汁受皿と本体下の予備汁受皿で確実にキャッチしますから掃除が簡単にできます。
- 台所の調理台にピッタリ収まるコンパクトサイズです。



RK-2001形三菱石油テーブル

RK-2001形三菱石油テーブル仕様一覧表

項 目	仕 様
発 熱 量	2,300kcal/時×2口
使 用 燃 料	白灯油(JIS 1号灯油)
燃 料 消 費 量	0.28ℓ/時×2口
電 源	単相100V 50/60Hz
消 費 電 力	予熱時 40W×2口 最大燃焼時 180W(2口同時使用)
送 風 電 動 機	2極くま取り電動機 60W
予 熱 ヒ ー タ	P.T.Cサーミスタ
予 熱 ス イ ッ チ	タンブラー形スイッチ×2
点 火 装 置	連続スパーク着火方式
安 全 装 置	耐震自動消火装置 落球式
外 形 寸 法	高さ165×幅595×奥行425mm
製 品 重 量	13.6kg

三菱有線ロボット気象計

三菱電機は気象観測データの迅速確実な処理を目的とした気象庁の地域気象観測網(AMeDAS)(Automated Meteorological Data Acquisition System)の一端を担う有線ロボット気象計を製作し、全国220箇所の地域気象観測所に設置しました。このシステムは観測を自動化し、全国の観測点から地域気象観測センターに1時間ごとに気象データを収集し、それを電算処理した後、各地の気象台などの気象官署に配信するシステムで、有線ロボット気象計はその気象観測とデータ伝送を行う気象観測端末装置です。

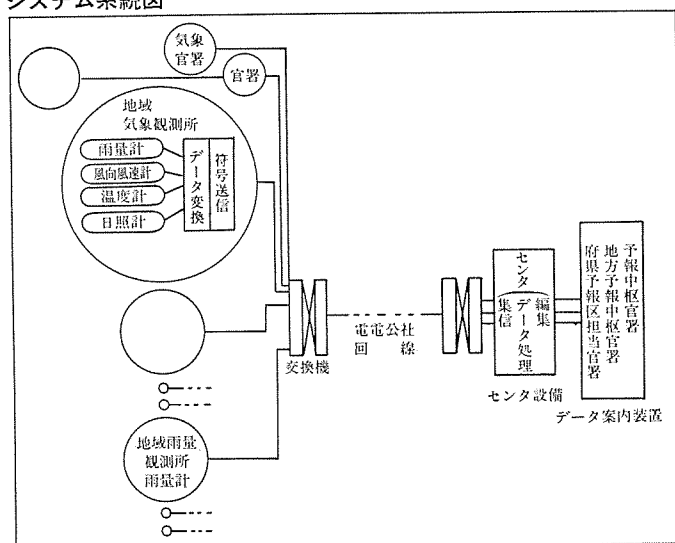
機能

- 雨量、風向、風速、気温、日照などの気象データ変換
- 電電公社(加入電話)回線、および符号送信機によるデータ送信
- 10分毎の印字記録
- デジタルデータ表示
- 停電時の動作保証

特長

- 気象庁仕様によるデジタル変換方式で、高精度計測を行います。
- 高性能のC-MOS ICを採用して、消費電力を低減しました。
- 小形で、しかもプラグインユニット方式ですから、保守点検が容易です。
- 気象観測ポール上のセンサと一体化していますから、設置、配線工事が安く上がります。
- 気象テレメータとしても使用できます。

システム系統図



感部発信器主要性能

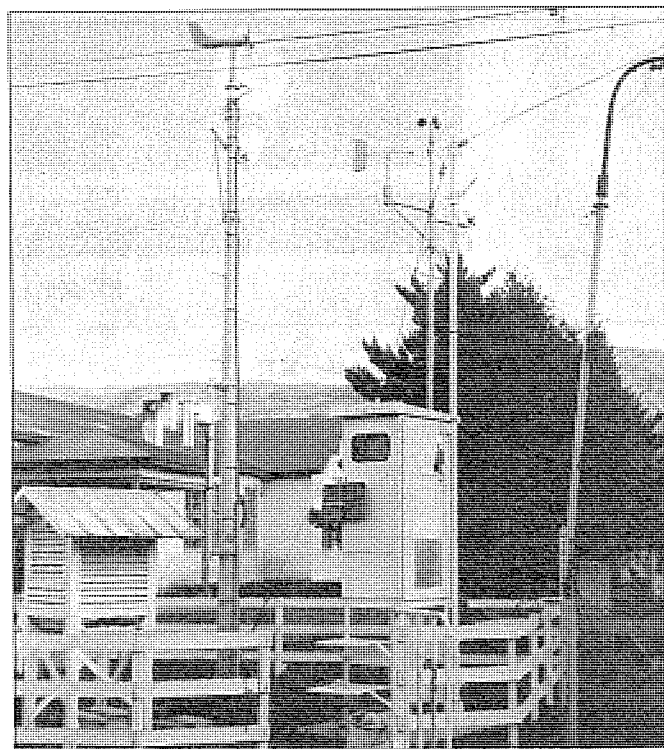
測定項目	感 部	測定範囲	データ種類	精 度
雨 量	転倒ます形	0.5mm/PULSE 20cm口径	パルス	
風 向	風車形、セルシン	0~360° 風速2.0m/s以上	セルシン出力	±2.5°(風速2.0m/s以上)
風 速	プロベラ、60m風程	60m/PULSE 2.0~60m/s	接点パルス	10m/s以下±0.5m/s以下 10m/s以上±0.5%以下
温 度	白金抵抗体	100Ω、at0°C -50°C~+50°C	抵抗値	0.3級 通風5~6m/s
日 照	太陽電池式	0.3cal/cm²/min の時 20mV	太陽電池出力	

変換部主要性能

測定項目	入力信号	測定範囲	データ種類	精 度
雨 量	0.5/1mm 接点パルス	000 ~999mm	1mmパルス 積算値	±1パルス
風 向	セルシン出力	01~16方位 (無風00、停電FF)	10分 平均値	±3°以下
風 速	10m/s 風程パルス	00~99m/s	10分 平均値	±1パルス
温 度	白金抵抗体	(000~999)×0.1 -50°C	デジタルリニア ライザによる補正	±0.3°C以下
日 照	太陽電池出力	000 ~999PULSE	2分パルス 積算値	±1パルス
時 刻	水晶発振器出力	日・時・分	数値表示	月差30秒以内

環境条件

項 目	規 格	備 考
設 置	外部筐体+観測ポール取付または 移動架+観測ポール取付	
設置環境	温度-10~50°C(室内設置) 湿度40~90%	室外筐体は通風ファン 保温装置を有する。
供給電源	AC100V 50/60Hz	



有線ロボット気象計 外観図

スポットライト

パターン認識技術採用の 三菱きゅうり(胡瓜)自動選別仕分装置

三菱電機はきゅうりの選別仕分作業の省力化を目的とした「きゅうり自動選別仕分装置」を開発しました。この装置は当社のパターン認識技術、搬送仕分技術およびコンピュータシステム技術を結集して完成したもので、選別作業を簡略化すると共に選別ムラをなくし、選別等・階級の均一性を向上します。この選別仕分技術はきゅうりに限らず他の農業関連、漁業関連およびその他の産業にも多方面に応用できるものとして注目を浴びています。

装置概要

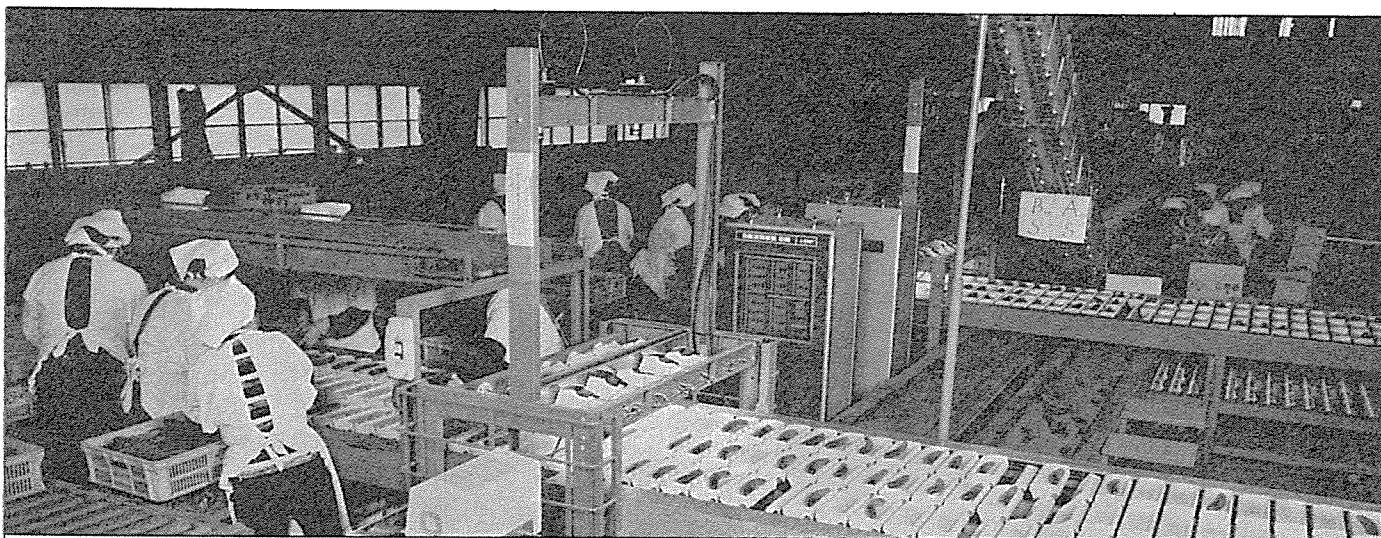
この装置は、きゅうりを長さによる階級分けと形状による等級分けを行い、各等・階級毎に分類仕分けし、あわせて各ロット(生産者)別、等・階級別の集計を自動的に行います。

選別仕分能力

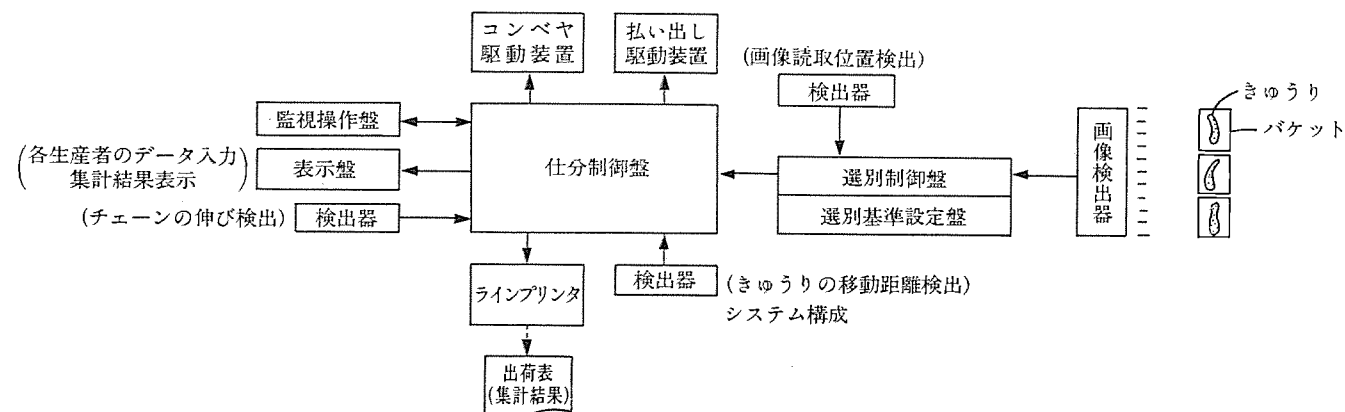
選別ライン三条の場合 36,000個/時間

機能および特長

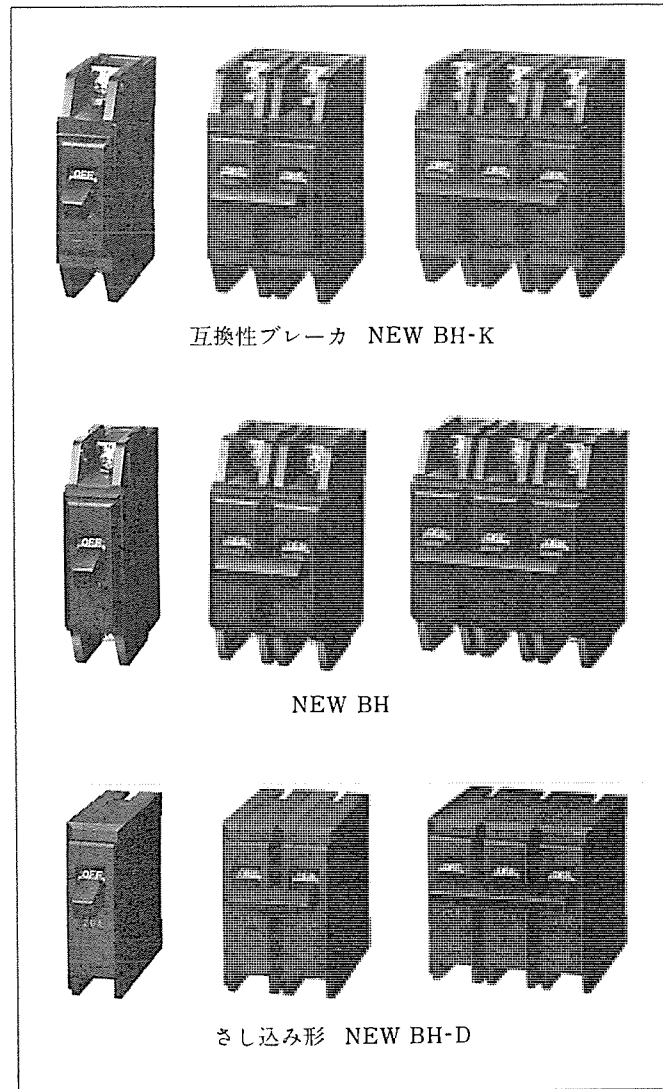
- きゅうりの置き方は規定範囲内ならば、向き・位置は自由です。
- ヘタ、花びらなどもつけたままで選別できます。
- 等・階級を瞬時に判断します。
- 規定(選別可能)範囲からはみ出したきゅうりは格外品として処理します。
- きゅうり搬送用チェーンの伸びを検出し、きゅうりの払い出し位置を自動補正できます。
- 等・階級別や生産者の個数集計など、プリントアウト機能があります。
- 選別ロット切りかわり時の待時間減少システムを採用しています。



システム構成図



三菱電機は分電盤用ノーヒューズしゃ断器BHシリーズの新しいNEW BHシリーズを発売しました。従来のBHシリーズに改良を加え、使いやすくすると共に機種を充実しました。



特長

●豊富な機種ぞろえです

次のとおり[]部分の機種を新しく加えました。

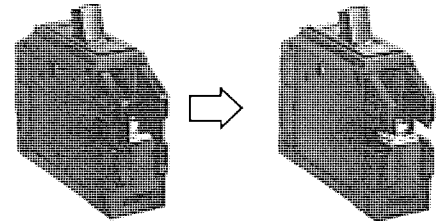
機種	NEW BH-K形			NEW BH形			NEW BH-P形		
	1極	2極	3極	1極	2極	3極	1極	2極	3極
50Aフレーム	○	○	○	○	○	○	○	○	○
100Aフレーム	—	○	○	—	○	○	—	—	—

●互換性ブレーカBH-K形の2極、3極とも100Aフレームを追加し、主回路を同一モジュールで設計できます。

●さし込み形BH-P形に3極を追加し、さし込み形による分電盤の設計範囲を拡大しました。

●便利なロックアウト付きです

電源側端子側面のモールド壁がロックアウト方式で取除けますから、単極品は直接ブスバーに共通接続できます。



●大きく操作の楽な連結ハンドルです

全機種の2極・3極の取手を、中央の単一ハンドルから幅の広い連結形ハンドルにしました。

●安全性の高い確かな機構です。

●トリップ表示

事故(過負荷・短絡)しゃ断がひと目でわかるトリップ表示をしますから、保守点検が容易です。

●トリップフリー

しゃ断器の開閉機構は取手をONの位置に押えていても過電流が流れるとトリップしますので安全です。

●共通引きはずし

どの極に過電流が流れても全極同時しゃ断します。

●速入り・速切り動作

取手の操作速度に関係なく、瞬時に開閉する速入り・速切り機構ですから確実な投入しゃ断ができます。

●取付寸法、穴あけ寸法はBHシリーズと同一です。

仕様表

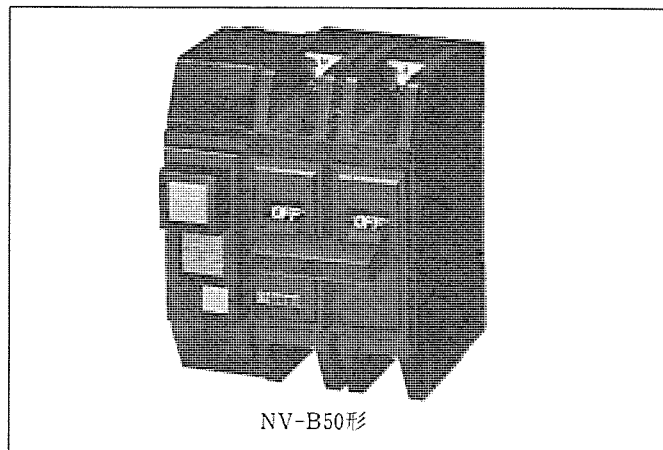
適用		互換性ブレーカ			互換性ブレーカ主回路用		一般分電盤用			分電盤主回路用		さし込式		
フレームA		50			100		50			100		50		
形名		BH-K			BH-K100		BH			BH-100		BH-P		
極数		1	2	3	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3
定格電圧 V		265			265	(110/220)・220	265			265	(110/220)・220	265	(110/220)・220	(110/220)・220
A C		125			125		125			125		125		
D C		(10)15、20、30(40)50			15、20、30(40)50		60、75、100			(10)15、20、30(40)50		60、75、100		
定格電流		5			5		5			5		5		
基準周囲温度		一般40℃ 用45℃			(40)50		(40)50			(40)50		(40)50		
定格しゃ断容量 KA	JIS	A C	110V	5	—	—	—	—	—	5	—	—	5	—
			110/220V	—	5	(5)	5	(5)	—	5	(5)	—	5	(5)
			220V	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
			265V	2.5	2.5	—	2.5	—	2.5	2.5	—	2.5	2.5	—
	NK	D C	125V	1			1			1			1	
			125V	—			—			7.5			7.5	
			250V	—			—			5			5	
			125V	—			—			5			5	

三菱 分電盤用 漏電しゃ断器NV-B50形

三菱電機はこの程、互換性ブレーカBH-K形と同一外形をもつ分電盤用漏電しゃ断器NV-B50形を開発しました。この漏電しゃ断器は分電盤の構成が統一でき組み込みが容易になるほか、数多くの特長をもっています。

特長

- BH-K形ブレーカと同じパネルカット・取付寸法で分電盤に使用できます。
- 80～242Vの範囲内で使用できますから、100V、100/200V、200Vのいずれの電路でも、同一の製品が使用できます。
- 漏電表示ボタン付ですから、地絡によるしゃ断と過負荷・短絡によるしゃ断が容易に判別できます。さらに、漏電表示ボタンは取手をリセットすれば自動的に復帰する方式ですから取扱いも簡単です。
- 漏電検出部には専用のICを使用していますから、安定した性能を発揮します。しかも、雷サージ、開閉サージが生じても誤動作しない衝撃波不動作形です。
- 開閉機構はBH-K形ブレーカと同様、大きなしゃ断電流をもっています。



NV-B50形

仕様一覧表

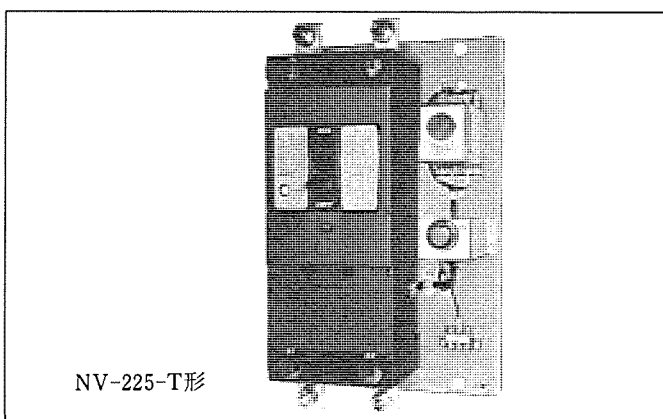
形名	NV-B50	定格しゃ断電流 KA (Sym)	AC100V	5
極数	Z	AC100/200V	5	
定格電圧 AC V	100-200両用	AC200V	2.5	
定格電流 A	15, 20, 30			
定格感度電流 mA	15, 30			
動作時間 S以内	0.1			
漏電表示方式	機械式ボタン			
		a	75	
		b	95	
		c	60	

三菱 抵抗溶接機用 漏電しゃ断器

三菱電機はこのたび、抵抗溶接機の溶接時間を検出し、所定の溶接時間を越えるような異常通電に対して溶接機回路の保護を行う漏電しゃ断器を開発しました。このしゃ断器は制御装置の故障などによって設定時間を越えて通電が行われると、変圧器・配線器具あるいは溶接物まで損傷を受けるのを防止するものです。

特長

- 溶接機の通電時間を検出し、設定された時間以上の通電があると、電路を自動しゃ断して溶接機や配線器具および溶接物を保護します。
- 電子式タイマの時間設定は連続的に可変でき、溶接条件に合わせた最適な時間設定ができます。
- 当社の専用ICを採用して、漏電保護、異常通電保護の動作を安定させました。
- 雷サージはもちろん、開閉サージに対しても誤動作しない衝撃波不動作形です。また、溶接機の過渡突入電流でも誤動作しないよう平衡特性も十分余裕を持たせてあります。



NV-225-T形

仕様一覧表

項目	形名	NV225-T	NV400-T
フレームの大きさ	A	225	400
極数		2	2
定格通電電流 A		225	400
定格電圧 AC V		200, 415 (注)	
定格周波数 Hz		50, 60 (注)	
瞬時引きはずし電流 A		固定 3,000	固定 6,000
定格しゃ断電流 (Asym) KA	AC 200V	50	100
	AC415V	35	50
定格感度電流 mA		30	
通電時間設定範囲		10～70サイクル	

(注) AC200VとAC415Vおよび50Hzと60Hzは共用ではありません。

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1131188	気体膨張式 オイルフェンス	{ 田 山 寛 三・木名瀬武男 矢 野 勇・北古賀秀敏	1133455	真空開閉器	青 木 伸 一
1131189	冷却材試料採取装置の管寄せ板	林 原 毅	1133456	真空開閉器	青 木 伸 一
1131190	オイルフェンス 巻取装置	{ 矢 野 勇・木名瀬武男 北古賀秀敏・田 山 寛 三	1133457	電気機器の積層鉄心	忍 正 寿
1131191	溶接仮付検出器	津 田 栄 一	1133458	磁気薄膜記憶装置	{ 磯 崎 真・重 徳 良 夫 小笠原光孝
1131192	限時制御装置	中 島 義 信・藤 田 昇 三	1133459	エレベータのかご呼び登録装置	丸 山 祥 男
1131808	冷蔵庫	辻 幹 夫・石 倉 正 男	1133460	閉鎖形配電盤の操作機構装置	水 溜 和 哉
1131809	異常騒音低下形横断流送風機	平 野 一 郎・武 藤 淨	1133461	配電盤のシャッター 装置	柿 沼 清
1131830	並列運転の異常検出装置	久 松 章 三	1133462	直流電流制御回路	杉 本 弘
1133444	温度調節器感温部取付構造	高 田 弘 明・大 石 建 治	1133463	押釦付制御開閉器	立 石 俊 夫
1133445	電圧調整装置	{ 平 田 毅・荒金堅太郎 綿 谷 晴 司・森 下 光 晴	1133464	半導体装置	八 原 俊 彦・星 加 春 幸
1233446	表示装置	三 井 茂	1133465	固相拡散接合装置	鳥 取 浩
1133447	押し ボタン 装置	木 村 雅 夫・杉 浦 博	1133466	流体用継手	山 本 勇
1133448	真空開閉装置	阿 部 智・福 島 助 三	1133467	温風 エアカーテン の電源制御回路	浅 野 忠
1133449	電気あんま器	川 合 輝 一・橋 本 一	1133468	積算量速隔計測装置	高 橋 賢 治
1133450	回転磁気 ヘッド 装置	橋 本 公 佑	1133469	電力線搬送用結合 コンデンサ	{ 三 浦 良 和・玉 置 栄 一 塩 見 実
1133451	表示線継電器の表示線監視装置	{ 寺 田 真・高 田 信 治 菅 井 英 介	1133470	エレベータのかご室	谷 口 道 夫
1133452	スクリュードライバ	弘 瀬 潔・中 山 卓 義	1133471	自動車ラジオ等の自動音量調整装置	土 生 功・榎 戸 保
1133453	限時開閉器	木 村 雅 夫・杉 浦 博	1133482	タイムスイッチ	新 川 成 美
1133454	電磁 スイッチ	森 下 瞭	1133473	内燃機関点火用信号装置	桃 山 勉

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 52 No. 5 ガス絶縁変電所特集

特集論文

- ガス絶縁変電所 (GIS) 特集号に寄せる
- ガス絶縁変電所 (GIS) の現状と将来展望
- ガス絶縁変電所 (GIS) の適用と構成
- ガス絶縁変電所 (GIS) の基礎技術
- ガス絶縁変電所 (GIS) の製造技術
- ガス絶縁変電所 (GIS) の信頼性向上と運転技術

普通論文

- 酸化亜鉛式避雷器

- 温風暖房機の熱交換器の高温強度
- POS ストアコントローラ
- 高圧酸化プロセス
- 加圧水型原子炉用可動形炉心内中性子検出器
- 高速ファクシミリ《メルファス》FA-300
- 細径深井戸用水中モートル
- 電磁接触器の作動特性の評価法
- 低圧進相用コンデンサ回路へのノーヒューズしゃ断器・真空電磁接触器の適用

三菱電機技報編集委員

委員長	榎 本 俊 弥	常任委員	久 保 田 伸 夫
副委員長	浦 徳 太 郎	“	平 林 庄 司
“	後 藤 正 之	委 員	遠 藤 裕 男
常任委員	佐々木二郎	“	村 上 卓 弥
“	荒 川 信 雄	“	神 谷 友 清
“	葛 野 信 一	“	橋 爪 基
“	武 藤 正	“	吉 田 太 郎
“	奈 川 敏 雄	“	土 井 貞 春
“	瀬 原 田 三 郎	“	松 村 長 延
“	高 橋 広 光	“	小 野 勝 啓
“	忍 足 博	幹 事	本 間 吉 夫
“	武 田 克 己	“	足 立 健 郎
“	清 田 浩	4 号特集担当	白 幡 潔
“	福 家 章		

三菱電機技報 52 巻 4 号

(無断転載を禁ず) 昭和 53 年 4 月 22 日 印刷
昭和 53 年 4 月 25 日 発行

編集兼発行人 本 間 吉 夫
印 刷 所 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地
大日本印刷株式会社
発 行 所 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 (〒 100)
菱電エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1785
発 売 元 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (〒 101)
株式会社 オーム社書店
Tel. (03) 291 局 0811, 振替口座 東京 20018
定 価 1 部 400 円送料別 (年間予約は送料共 5,200 円)

スポット 三菱ワイヤカット放電加工機

三菱ワイヤカット放電加工機は金型加工をはじめ、金属加工業界に広く導入され、高い信頼性と稼働率とで好評を得ています。MEDI-APT(自動プログラム装置)によって簡単にプログラムするだけで、抜型などの硬い型材料に貫通穴を、直接に無人加工できるので、省力合理化の効果が大きく、また任意に一樣のクリアランスがオフセット値指令で設定できるなど、型の性能向上に役立っています。

特長

- 1台のコンピュータでCNC制御とMEDI-APTをリアルタイム処理します。もちろん、加工中でもプログラミングできます。
- MEDI-APTは、簡単なパートプログラムを完全対話方式で入力するだけでNCテープが作成できます。また図形のチェックも行えます。
- 高精度の加工ができます。
- コンピュータを用いたNC方式ですから ワイヤカット加工に必要な制御機器を有機的にコントロールし、最適の逆行制御や加工条件制御を行います。

テーパカット装置(オプション)

(2+2)軸同時制御と加工条件制御をコンピュータでコントロールし、高度なテーパ加工を行います。

- 最大傾斜角5°まで可能です。
- 直線部で、角度を加工中でも制御変更できます。
- 角部処理、円弧処理、角状処理が任意に選択できます。
- ワイヤカット用NCテープをそのまま使用できます。
- 高さ、方向の基準面を指示できるインプット方式で、インプットは容易です。
- D C モータを採用していますから発熱による精度低下はありません。

仕様

最大テーパ角度	±10°(最大傾斜角度±5°)
最大加工板厚	100mm
角度設定単位	1秒
角度入力方法	手動入力、テープ入力
三次元図形チェック	等高線状の図形により可能
群制御台数	2台
APT	オンラインで接続可能



加工例



テーパカット装置



DWC75H CNC2形 ワイヤカット放電加工機
最大ワーク重量80kg テーブルストローク250×175mm
注 他にDWC100H(ワーク重量300kgテーブルストローク300×350mmがあります)