

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.58 No.11

電子デバイス特集

三菱電機技報 Vol. 58 No. 11 1984

電子デバイス特集

目 次

特集論文

細ネックカラーブラウン管用多段集束電子銃	1
野阪英荘・佐野金治郎・高田純一	
コンパクトディスクプレーヤー用MLP-2形光ピックアップ	4
近藤光重・木目健治朗・鹿間信介・河野慶三・田村義基	
コンパクトディスクプレーヤー用光ピックアップサーボコントロールIC	8
野口直樹・西村清光・平沢和夫・桑原徹	
CD方式DAD信号処理LSI	13
増田紀隆・七戸大助・本郷勝信・菅野宏・中尾佳生	
CMOS搭載形厚膜サーマルヘッド	18
沢江哲則・山下博実・遠藤孝文・畠部悦生・飛田敏男	
高選択性セラミックガスセンサ	22
小峰義治・沢田隆夫・佐藤建	
高密度基板実装技術	26
高田充幸・高砂隼人・竹原克尚・杉浦博明・後藤基之	

普通論文

人工島に建設された最新鋭中間負荷火力発電所の電気設備	30
—御坊火力発電所1号機—	
大久保忠明・谷口政弘・白石元勝・篠原旬一・犬塚敬彦	
新規格形エレベーター《エレベット アドバンスV》	34
花木幸一・城健次・鈴木茂彦・勢力峰生・牧野克己	
三菱電機ワイヤカット放電加工機F1シリーズ	39
荒横淳・鶴本和夫・弥富剛	
光ファイバ貫通部	44
神代哲哉・武田淳	
バイポーラ標準ロジックIC ALSTTLシリーズの機能と性能	48
中井義幸・平田善彦・小山恒弘	
新しい構造をもつ電球形螢光灯《ピカッ灯ぴかいちくん》	54
山崎均・武田隆夫・山本広二・中野志津雄・田中紀彦	
中部電力(株)総合パケット交換網	59
早川正人・梶原誠・岩橋努・池田健夫・山埜史雄	

特許と新案

カラー画像表示陰極線管	66, 67, 68
カラー受像管	
半導体記憶装置	
車両用電気装置の制御方式	
同調点検出回路	

スポットライト

大形環境試験設備	63
ビデオテックスター ミナルVT200	64
VTR《ファンタス680》	65
電気掃除機TC-980形シリーズ	(表3)

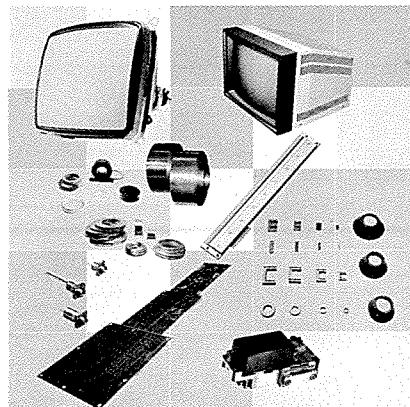
表紙

電子デバイス特集

本格的ニューメディア時代の到来により、各種電子部品の生産は前年度比30%台の伸びを示したが、今後とも需要はますます拡大するものと予想される。

精度の高い商品を創り出すためには、高品質、高性能の部品を集積する必要があり、また、部品の製品化には高度な関連技術も必要である。

本号は電子デバイスをとり上げて特集号としたが、表紙には、そのうちの、高解像度ブラウン管とその部品、サーマルヘッド、光ピックアップ、高密度実装プリント基板などを示した。



アブストラクト

細ネックカラーブラウン管用多段集束電子銃

野阪英莊・佐野金治郎・高田純一

三菱電機技報 Vol.58-No.11-P1~3

カラーテレビ受像機の小形化、省資源化の時代の要請と共に、カラーブラウン管のネック部をより細くして、それに対応しようとしている。細ネック化への移行と共に、ネック部に装着される電子銃も細くなり電子レンズ口径を小さくし、画面フォーカス性能を劣下させる。我々は、大形細ネックカラーブラウン管へも十分実用できるフォーカス性能をもつ細ネック多段集束電子銃を開発、量産したのでその概要を報告する。

CMOS搭載形厚膜サーマルヘッド

沢江哲則・山下博実・遠藤孝文・畠部悦生・飛田敏男

三菱電機技報 Vol.58-No.11-P18~21

感熱記録技術は、サーマルヘッドの性能のアップと共に著しく普及してきている。この報告は、感熱記録装置の高性能化及び実装、保守の観点から、小形化、軽量化で、しかも低電力で駆動するCMOSを搭載した、サーマルヘッドについて報告する。

コンパクトディスクプレーヤー用MLP-2形光ピックアップ

近藤光重・木目健治朗・鹿間信介・河野慶三・田村義基

三菱電機技報 Vol.58-No.11-P4~7

光ピックアップを使うコンパクトディスクは、従来の針式レコードよりもS/N比が高く、ダイナミックレンジが広く小形であるためレコードプレーヤーの主流になりつつある。当社ではCDプレーヤーのキーパーツである光ピックアップの量産化に成功し、MLP-1形光ピックアップとして内外のユーザーの好評を得たが、今回これを更に小形化、性能向上とコストダウンを図ったMLP-2形光ピックアップを発売することになったのでその概要について報告する。

高選択性セラミックガスセンサ

小峰義治・沢田隆夫・佐藤 建

三菱電機技報 Vol.58-No.11-P22~25

各種雰囲気中のガス検知にはセラミック半導体ガスセンサが、その簡便さから多用されているが、ガス選択性能が劣るという欠点がある。我々はアルコールに触媒効果を有する水酸アバタイトとZnO膜あるいはSnO₂膜とをハイブリッド化して、アルコールに選択性を有するセンサを開発した。電極のRuO₂も触媒として機能する。RuO₂電極の触媒効果はチタンとニオブの複合酸化物センサでも認められH₂Sなど悪臭ガスに高い選択性を示す。

コンパクトディスクプレーヤー用光ピックアップサーボコントロールIC

野口直樹・西村清光・平沢和夫・桑原 徹

三菱電機技報 Vol.58-No.11-P8~12

デジタルオーディオの登場以来、高性能化、合理化を目指してコンパクトディスクプレーヤー用の半導体の開発が急ピッチで進んでいる。コンパクトディスクプレーヤーに使用される光ピックアップは、フォーカス／トラッキング／スライドモータサーボ、高周波増幅、オートマチッククレーザパワーコントロールなどの機能が必要である。この論文では、ディスク上の信号を高精度でとらえる、3ビーム方式光ピックアップ用サーボコントロールICを開発したので、その内容を述べる。

高密度基板実装技術

高田充幸・高砂隼人・竹原克尚・杉浦博明・後藤基之

三菱電機技報 Vol.58-No.11-P26~29

電子機器の高機能化への要求に対応するために、平面的に高密度実装された複数の基板を組み合わせて多階層化することにより、立体的な実装の高密度化を図った。これは、三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》を用いた厚膜抵抗体の最適化、はんだベーストによるチップ部品の両面実装などからなっている。また、厚膜ハイブリッドICの信頼性についてもいくつかの検討を行った。これらについて、高密度に実装されたモジュールを例にとって紹介する。

CD方式DAD信号処理LSI

増田紀隆・七戸大助・本郷勝信・菅野 宏・中尾佳生

三菱電機技報 Vol.58-No.11-P13~17

半導体技術の急速な進歩により、信号処理技術分野は従来のアナログからデジタルへと大きく転換しつつある。ここではその一つであるCD方式DADプレーヤーの心臓部をなす同期、復調、誤り訂正、ディインタリープ、補間などの信号処理用として開発したLSIについて述べる。このLSIは、従来、他社では2~3チップ構成であった機能をCMOS 1チップで実現し、更に、同期方式の改良、誤り訂正能力の向上、消費電力の低減などを達成したものである。

人工島に建設された最新鋭中間負荷火力発電所の電気設備 —御坊火力発電所1号機—

大久保忠明・谷口政弘・白石元勝・篠原旬一・犬塚敬彦

三菱電機技報 Vol.58-No.11-P30~33

関西電力(株)御坊火力1号は我が国における代表的な大容量最新鋭省エネルギー形中間負荷火力であり、かつ電源立地の点からは我が国で初めての外洋埋立て人工島方式の発電所であるという建設上的一大特長をもっている。本稿ではこのプラントにおいて人工島方式の発電設備として特に重点課題となった屋外機器の耐塩害対策と、中間負荷火力としての機能を十分満足させる自動化設備に採用された新技術を電気設備の面から紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 18 ~ 21 (1984)

A Thick-Film Thermal Head with CMOS Drivers

by Tetsunori Sawae, Hiromi Yamashita, Takafumi Endo,
Etsuo Hatake & Toshiro Tobita

Improvements in thermal-head performance have led to the widespread application of thermal-printing technology. The article reports a compact, lightweight thick-film thermal head with CMOS drivers for low power consumption, in which special consideration was given to ease of installation and maintenance and to high printer performance.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 22 ~ 25 (1984)

Ceramic Gas Sensors with Pronounced Selectivity

by Yoshiharu Komine, Takao Sawada & Ken Sato

The simplicity and convenience of ceramic semiconductor gas sensors have led to their widespread use in a variety of atmospheres despite their poor selectivity. Mitsubishi Electric has recently developed a new ceramic gas sensor with improved selectivity for alcohol using a hybrid combination of hydroxide apatite catalyst and films of zinc or tin oxide (ZnO or SnO_2). A ruthenium dioxide (RuO_2) electrode also functions as a catalyst. The catalytic effect of this electrode has also been established with titanium and niobium oxide sensors, and provides good selectivity for malodorous gases such as hydrogen sulfide (H_2S).

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 26 ~ 29 (1984)

High-Density Packaging Technology

by Mitsuyuki Takada, Hayato Takasago, Masataka Takehara,
Hiroaki Sugiura & Motoyuki Goto

To meet the demand for increasingly high-performance electronic equipment, three-dimensional high-density packages have been achieved by combining several high-density planar printed-circuit boards into multilayer modules. The packages use thick-film resistors optimized by the Mitsubishi Multi 16 personal computer and solder-paste chip-component mounting on both sides of the boards. The article discusses the reliability of thick-film hybrid ICs and describes high-density packaging technology citing modular examples.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 30 ~ 33 (1984)

The Electrical System of Gobo No. 1 Thermal-Power Station: A Modern Middle-Load Station on an Artificial Island

by Tadaaki Okubo, Masahiro Taniguchi, Motokatsu Shiraishi,
Jun'ichi Shinohara & Takahiko Inuzuka

Gobo, No. 1 Thermal-Power Station of the Kansai Electric Power Company is typical of energy-saving middle-load thermal-power stations in Japan. It is also Japan's first thermal-power station on an artificial island reclaimed from the open sea. The article introduces the measures taken to protect the station's outdoor equipment from damage by salt, one of the key issues for facilities built on artificial islands. The article also discusses, in terms of the electrical system, the innovative technology applied to the automated facilities for satisfactory middle-load thermal-power generation functions.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 1 ~ 3 (1984)

A Multi-Step-Focus Electron Gun for Mini-Neck Color CRTs

by Eisho Nosaka, Kinjiro Sano & Jun'ichi Takada

Reducing the diameter of CRT necks is a necessary accompaniment to the current demand for miniaturized color TV sets with low power consumption. Thinner tube necks mean that thinner electron guns must be mounted in the neck, with smaller electron lens diameters, consequently degrading screen focus performance. The article introduces a multi-step-focus electron gun developed and mass-produced by Mitsubishi Electric with focusing performance fully applicable for large-screen mini-neck color CRTs.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 4 ~ 7 (1984)

An Optical Pickup for the Model MLP -2 Compact Disc Player

by Mitsuhide Kondo, Kenjiro Kime, Shinsuke Shikama,
Keizo Kono & Yoshimoto Tamura

Compact discs players with optical pickups offer a higher signal-to-noise ratio, a wider dynamic range, and smaller size than conventional record players using styluses. Compact disc players are already beginning to establish themselves as the dominant form of record player. Following the initial success in mass producing the Model MLP-1 with an optical pickup, which won worldwide acceptance, Mitsubishi Electric is now marketing the Model MLP-2, its compact, low-cost successor with upgraded performance. The article focuses on the advanced optical pickup.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 8 ~ 12 (1984)

An Optical Pickup Servocontrol IC for Compact Disc Players

by Naoki Noguchi, Kiyomitsu Nishimura, Kazuo Hirasawa & Toru Kuwahara

Since the advent of digital audio, there has been rapid development of semiconductors to improve the performance and production efficiency of compact disc players. The optical pickup for compact disc players provides a variety of functions including those of the focus, tracking, and slide-motor servomechanisms, RF amplification, and automatic laser-power control. The article introduces a Mitsubishi servocontrol IC, developed to achieve high-precision reading of the signals from the disk using a three-beam optical pickup.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 13 ~ 17 (1984)

A Signal Processor for Digital-Audio Compact Discs

by Noritaka Masuda, Daisuke Shichinoe, Katsumoto Hongo,
Hirosi Kanno & Yoshio Nakao

Rapid advances in semiconductor technology are bringing about a change from analog to digital methods in signal-processing technology. The article introduces LSIs developed to perform the critically important signal processing for CD-type digital audio discs, including synchronization, decoding, error correction, and de-interleave and interpolation functions. Unlike our conventional approach using two or three chips, the new signal processor is a single-chip CMOS LSI with improvements in both the method of synchronization and the error-correction capability, and low power consumption.

アブストラクト

新規格形エレベーター《エレベット アドバンスV》

花木幸一・城 健次・鈴木茂彦・勢力峰生・牧野克己

三菱電機技報 Vol.58.No.11-P34~38

大幅な省エネルギーと快適さ・使い易さを一層向上した規格形エレベーター《エレベット アドバンスV》を開発し、発売した。《エレベット アドバンスV》は、駆動制御にVVVF（可変電圧・可変周波数）制御方式を、群管理に心理的待ち時間評価方式を採用するとともに、かご室のデザインを一新し、操作・表示部を出入口側のコーナにまとめて設置した。本稿はこの《エレベット アドバンスV》の概要を紹介する。

バイポーラ標準ロジックIC ALSTTLシリーズの機能と性能

中井義幸・平田善彦・小山恒弘

三菱電機技報 Vol.58.No.11-P48~53

現在、バイポーラ標準ロジックICはLSTTLが最も多く生産されているが、この後継品種としてアドバンストLSTTL（ALSTTL）が期待されている。ALSTTLは当社製品で比較して、LSTTLのゲート当たり平均伝搬時間6 nsとゲート当たり消費電力2 mWに対し、4 nsと1.2 mWとなる。ここではALSTTLの構造設計及び基本回路設計並びに得られた電気的特性、外形及び信頼性について報告する。

三菱電機ワイヤカット放電加工機F1シリーズ

荒横 淳・鶴本和夫・弥富 剛

三菱電機技報 Vol.58.No.11-P39~43

ワイヤカット放電加工機は、金型加工の生産性向上には不可欠な生産設備として定着している。最近の放電加工技術の基礎研究及び半導体素子応用技術、機械解析技術、新材料などの周辺技術の進歩で、ワイヤカット放電加工機の加工速度、加工精度は飛躍的な向上を遂げている。この論文では当社のワイヤカット放電加工機F1シリーズにおいて、高速、高精度及び自動化の技術的課題を解決するために開発した機能について述べる。

新しい構造をもつ電球形蛍光灯《ピカッ灯ぴかいちくん》

山崎 均・武田隆夫・山本広二・中野志津雄・田中紀彦

三菱電機技報 Vol.58.No.11-P54~58

電力費高騰の昨今、白熱電球の大きな欠点である経済性の低さをカバーすべく、その代替光源として電球形蛍光灯が商品化されてきている。しかし、住宅用を含めた大きな需要に対応するためには、更に明るさの向上とコンパクト化が必要であった。

このたび新しいランプ構造を完成し、明るさアップとコンパクト化を両立させた電球形蛍光灯《ピカッ灯ぴかいちくん》を商品化したので、その技術内容、特性、経済性などについて報告する。

光ファイバ貫通部

神代哲哉・武田 淳

三菱電機技報 Vol.58.No.11-P44~47

光通信では、信号伝送路が光ファイバとなるため、従来の電気通信で電線貫通部と呼ばれていた部分については、光ファイバ貫通部が必要となる。貫通部に要求される機能としては、気密性、低損失性であり、更に使用される環境によって、これらの機能を保証しなければならない。今回、我々はハーメチックシール方式及び有機材シール方式の各方式において耐環境性（耐熱性、耐放射線性、耐震性など）に優れた光ファイバ貫通部を開発したので報告する。

中部電力(株)総合パケット交換網

早川正人・梶原 誠・岩橋 努・池田健夫・山埜史雄

三菱電機技報 Vol.58.No.11-P59~62

各電力会社では、最近の系統運用自動化の進展などに伴う情報量の増大に対応するため、従来、制御用、事務用情報など、個々の用途向けてあった情報網を、より高効率な総合網化する動きが活発である。このたび、中部電力(株)においても、三菱電機(株)、富士通(株)、日本電気(株)との共同研究をもとに総合パケット交換網を開発し、総合試験を経て実用化に入ったので、その概要を紹介し、三菱電機(株)製作のCDT用パケット多重化装置を中心に説明する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 48 ~ 53 (1984)

The Functions and Features of the M74ALSOOP Series of Advanced Low-Power Schottky TTL Devices

by Yoshiyuki Nakai, Yoshihiko Hirata & Tsunehiro Koyama

Low-power Schottky TTL (LSTTL) ICs predominate in current standard logic IC production. The advanced LSTTL (ALSTTL) IC is its urgently awaited successor. Compared to conventional Mitsubishi LSTTL ICs with an average propagation time per gate of 6ns and a power consumption per gate of 2mW, the new ALSTTL ICs offer an average propagation time of 4ns and a power consumption of 1.2mW. The article introduces the structural design, basic circuit design, electrical characteristics, and package dimensions, and discusses reliability of this new device.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 34 ~ 38 (1984)

The Elepet Advance V, a New Standardized Elevator

by Koichi Hanaki, Kenji Shiro, Shigehiko Suzuki, Mineo Seiriki & Katsumi Makino

Mitsubishi Electric has developed and marketed the Elepet Advance V, an elevator significantly upgraded in terms of power consumption, comfort, and ease of operation. The Elepet Advance V adopts a variable-voltage, variable-frequency (VVVF) system for drive control and the psychological waiting-time evaluation system for elevator group control. Another feature is a totally new car design with the operation and display panels located at the front corner of the side wall. The article introduces the Elepet Advance V.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 54 ~ 58 (1984)

Compact Self-Ballasted Fluorescent Lamps with a Newly Developed Globular Structure

by Hitoshi Yamazaki, Takao Takeda, Koji Yamamoto, Shizuo Nakano & Norihiko Tanaka

The burgeoning cost of electric power has triggered the development of self-ballasted fluorescent lamps to replace conventional incandescent lamps, with their high running costs. Improvements in brightness and smaller size enable such lamps to meet the great potential demand for domestic lighting. Mitsubishi Electric has developed and marketed a new globular fluorescent lamp known in Japan as the "Pikatto Pikaichi-Kun" that satisfies the demands for brightness and compactness. The article introduces the technical features, characteristics, and cost-saving advantages of this fluorescent lamp.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 39 ~ 43 (1984)

Series F1 Wire-Cut EDMs

by Jun Aramaki, Kazuo Tsurumoto & Takeshi Yatomi

Wire-cut EDMs have become indispensable to high productivity in die manufacturing. Dramatic improvements in wire-cut EDM machining rates and accuracies have been achieved by recent advances in basic EDM research and the technologies for peripheral equipment including semiconductor applications, machine analysis, and new materials. The article describes the technical issues overcome in developing the essential functions for high-speed, high-precision automated machining in the Series F1 wire-cut EDMs.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 59 ~ 62 (1984)

A Packet-Switching Network for the Chubu Electric Power Co.

by Masato Hayakawa, Makoto Kajiwara, Tsutomu Iwahashi, Takeo Ideda & Fumio Yamano

In processing the enormous volumes of information increasingly generated by the electric-power utility companies as they automate system operation, there is a growing trend to integrate previously discrete information networks for control and administration in order to achieve more efficient information network systems. Based upon cooperative research with Fujitsu, Ltd., Nippon Electric Co., and Mitsubishi Electric Corp., the Chubu Electric Power Co. has developed a packet-switching network. Having successfully passed the stage of overall testing, the packet-switching network is now being practically implemented. The article introduces the switching network while spotlighting a packet multiplexer for cyclic data transmission (CDT) manufactured by Mitsubishi Electric.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 58, No. 11, pp. 44 ~ 47 (1984)

Optical-Fiber Penetration Devices

by Tetsuya Kojiro & Jun Takeda

Optical communications use optical-fiber signal-transmission lines and optical-fiber penetration instead of conventional wire penetration. Optical-fiber penetration devices must be gastight and have low transmission losses, characteristics which must be guaranteed irrespective of ambient conditions. Mitsubishi Electric has developed two methods of optical-fiber penetration, which are introduced in the article: hermetically sealed and organic material sealed. Both provide excellent resistance to environmental factors, including heat, radiation, and seismic disturbance.

1. まえがき

近年、カラーテレビ受像機のコンパクト化、省資源化などの進展に伴い、カラーテレビ受像機に使用されるカラーブラウン管の偏向ヨーク装着部のネック外径を細くし、従来以上に偏向系を小形化し、偏向電力の低減が図られてきている。

したがって、カラーブラウン管のネックガラス外径が、従来の $29.1 \text{ mm}\phi$ から $22.5 \text{ mm}\phi$ へと細ネック化してきたため、そのネックガラス部に装着する電子銃も小形化（細ネック化）する必要がでてきた。しかしながら、電子銃が細ネック化されると電子ビームを集束する電子レンズ口径が小さくなり、画面のフォーカス性能が悪くなることが予想される。この細ネック化への動きは当初、小形の 14 インチ管で始まったが、最近では、次第に大形管へと展開しつつある。特に 18~20 インチ管などの大形管においては、フォーカス性能品質の劣下はカラーテレビの商品力を失うことになりかねない。

今回、我々は従来発表した位相空間理論⁽¹⁾を更に改良し、コンピュータシミュレーション技術を導入し、大形カラーブラウン管の細ネック化に対し、十分実用できるフォーカス性能をもつ細ネック多段集束形電子銃を開発し、量産に移行したので、その概要について報告する。

2. 電子ビーム径を決める諸因子

カラーブラウン管に配設された電子銃の電子光学系は、図 1 のように書くことができる。図の左端は電子ビームの仮想物面であり、電子銃の 3 極部に相当する。中央は主電子レンズ、右端は画面である。 a^* 、 b^* はそれぞれ仮想物面とレンズ間及びレンズと画面間の距離、 ϕ_0 、 ϕ_i はレンズの物体側及び像側の空間電位であり、レンズの主要定数を焦点距離 f_0^* 、 f_i^* 、球面収差係数 K_{so}^* 、 K_{si}^* で与えられるものとする（ここで * は各値がレンズの半径 R で規格化したことを表す）。物体としての大きさ R_0^* 、最大発散角 θ_0 （ビームの質を表す ε_N^* は $R_0^* \theta_0 / \sqrt{\phi_0}$ である）をもつ電子ビームを図 1 に示す光学系で画面に集束したときに得られる最小ビーム径が r_{jj}^* である。

さて、図 1 において画面で r_{jj}^* 得られるとき、画面でのビーム径を決定している代表電子 A、B の空間軌道を共に示している。電子 A は物体の端 R_0^* から最大発散角 θ_0 で射出する電子ビームであり、レンズ正面において r_m^* となり、そのためレンズ球面収差による過剰屈折を受け中心軸の反対側に進み、画面に達する。一方、電子 B は物体の端 R_0^* から最大発散角の約半分で、電子 A と反対方向に出射する電子で、レンズ正面で、電子 A の約半分の径をなし、レンズにより十分な屈折力を受けないまま画面に達する。これら二つの電子が画面で同じ径 r_{jj}^* をもつとき、ビーム径は最小となり r_{jj}^* になる。

ところで、電子ビームの質を表す ε_N^* （エミッタンスと称す）を一定としたとき r_{jj}^* の最小値が、適当な R_0^* 、 θ_0 及び a^* に対して得られる。この最小値 $(r_{jj}^*)_{\min}$ は電子ビームのエミッタンス ε_N^* とレンズの主要定数 f_0^* 、 f_i^* 、 K_{so}^* 、 K_{si}^* 及び b^* により決められ、得るこ

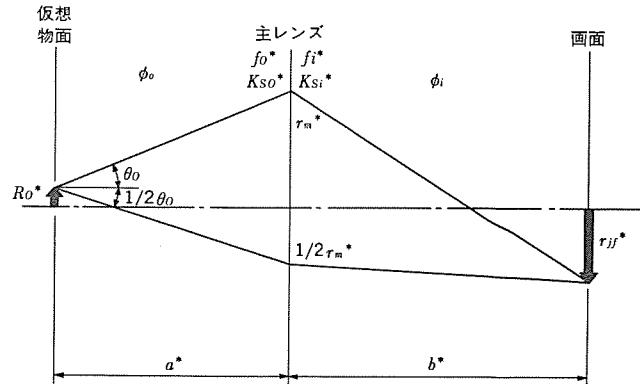


図 1. ブラウン管用電子銃の電子光学系

とが可能な最小ビーム径である⁽¹⁾。この状態は主レンズ部と電子放射部（3極部に相当する）とが整合（主レンズに入射する電子ビームの最大発散角 θ_0 が最適状態であることを言う）がとれているとき得られるものである⁽²⁾。最小ビーム径の近似式として次式がある⁽¹⁾。

$$(r_{jj}^*)_{\min} \approx -b^* \left(\frac{4\varepsilon_N^*}{3\sqrt{\phi_i}} \right)^{3/4} \left(\frac{K_{sr}^*}{a^*} \right)^{1/4}$$

上式から明らかなように、 $(r_{jj}^*)_{\min}$ を小さくするためには、エミッタンス ε_N^* 、レンズの固有収差係数 K_{sr}^* ($K_{sr}^* = K_{so}^* \sqrt{\phi_0/\phi_i} = K_{si}^* \sqrt{\phi_i/\phi_0}$) を小さくし、高圧 ϕ_i を高く、仮想物面と主レンズ間の距離 a^* を大きくすることが効果的である。ところが電子光学レンズ系の結像式 $\left(\frac{f_0^*}{a^*} + \frac{f_i^*}{b^*} = 1 \right)$ から、レンズ口径が小さくなると b^* が大きくなり、結像式を満足させるためには、必然的に a^* を小さくする必要がでてくる。したがって、細ネック化による主レンズ口径の減少は上式の最小ビーム径 $(r_{jj}^*)_{\min}$ を増大させることになってしまふ。この最小ビーム径 $(r_{jj}^*)_{\min}$ の増大を防ぐため、単に a^* を大きくするだけでは主レンズ部に入射する電子ビーム径 r_m^* が増大し、レンズの強い作用を受け、画面上で集束しなくなる。

これを防ぐためには、レンズの屈折力（電位比 ϕ_0/ϕ_i ）を弱くして、すなわち高圧 ϕ_i を一定に考えればフォーカス電圧 ϕ_0 を高くすることで行うことができる。最近のカラー管用インライン形電子銃のフォーカス電圧が従来の 28% フォーカスから 30~33% フォーカスへ若干移行したのも、少しでも a^* を大きくするためである。しかしながら、フォーカス電圧上昇に伴う電圧供給部での耐電圧特性の劣下及び互換性などにより実用上のフォーカス電圧を更に高くすることは望ましくない。

例えば、インライン方式 3 電子ビーム電子銃の場合、図 2 に示すように、従来の $29.1 \text{ mm}\phi$ ネックの場合、レンズ口径は $5.5 \text{ mm}\phi$ であったが、 $22.5 \text{ mm}\phi$ の細ネックの場合はレンズ口径を $4 \text{ mm}\phi$ にする必要がある。この場合、レンズ口径の減少をフォーカス電圧を実用的に許容される 30~33% フォーカス電圧に上昇させ、 a^* を大きくしても約 20% のビーム径の増大が予想される。また高圧（画面電位） ϕ_i は現在 $25\sim28 \text{ kV}$ と高く、ビーム径の増大を防ぐため、これ以上高圧 ϕ_i を

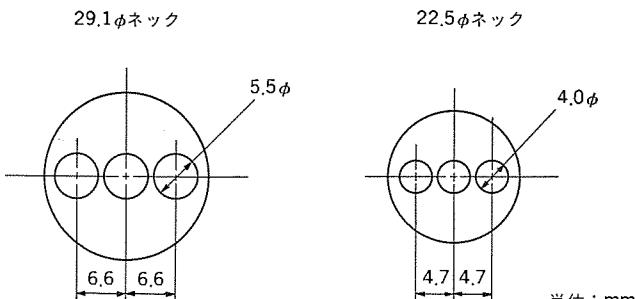


図 2. 電子レンズ口径比較

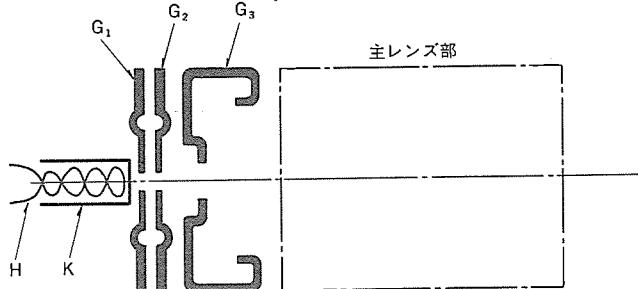


図 3. 新形 3 極部断面略図

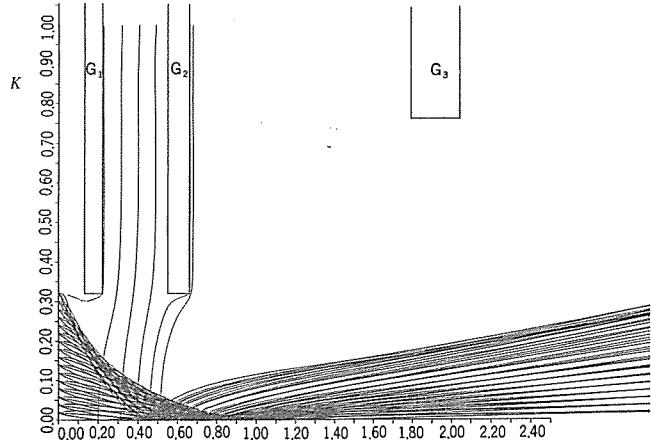


図 4. 電子軌道計算 ($I_b=3\text{mA}$)

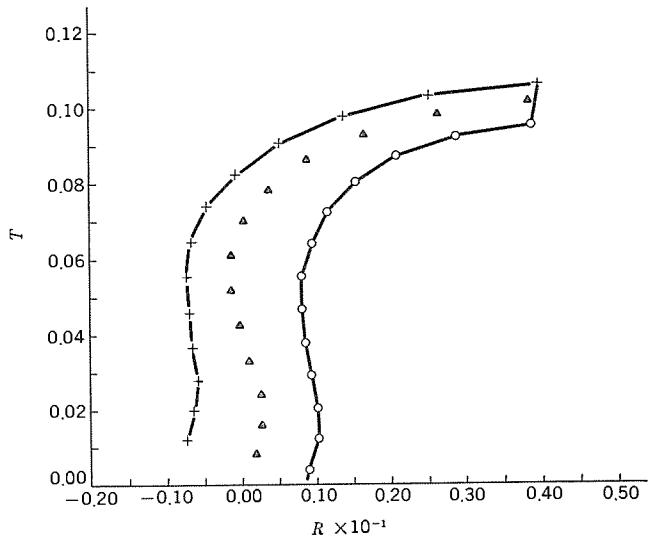


図 5. 仮想物面における位相図 ($I_b=3\text{mA}$)

高くすることはカラーブラウン管の耐電圧特性の劣下を誘発し望ましくない。

次に固有収差係数 K_{sr}^* について考えると、 K_{sr}^* はレンズの動作条件には依存しないレンズ固有の収差係数でありバイポテンシャルレンズの場合は $K_{sr}^*=0.55$ で一定である⁽¹⁾。ユニポテンシャルレンズの場合はバイポテンシャルレンズよりも大きいが、中間電極の長さにより変化し、中間電極の長さが、電極口径の 2 倍以上に長くなるとバイポテンシャルレンズの場合と同じ値に近づく。したがって、電子ビーム径の増大を防ぐため、更に K_{sr}^* を小さくすることはできず、これ以上の改善を望むことはできず、電子ビーム径の増大を防ぐ有効な因子とならない。

最後にエミッタス ε_N^* について考えると、 $\varepsilon_N^* (=R_0^*\theta_0\sqrt{\phi_0})$ を小さくすることは $(r_{jj}^*)_{\min}$ の近似式から明らかかなように、3/4 乗の依存性をもっていることから大きなビーム径の改善が期待できる。今回、我々は細ネックインライン方式電子銃のフォーカス性能劣下を防ぐため、エミッタス ε_N^* を小さくした新形 3 極部を開発し、マルチステップフォーカスレンズと結合させた細ネック多段集束電子銃を開発した。

3. 細ネック多段集束電子銃の設計と特性

一般にレンズの選択には、レンズの固有収差係数 K_{sr}^* が小さく、仮想物面と主レンズ間の距離 a^* が大きく、かつ主レンズと 3 極部とが整合がとれることが重要である。例えば、 K_{sr}^* の小さいバイポテンシャルレンズは整合を十分とることができない。したがって多段収束レンズにする必要がでてくる。今回開発した細ネック電子銃の基本レンズ系には、フォーカス電圧を従来と余り変えることなく、多段収束レンズ系の K_{sr}^* をバイポテンシャルレンズのそれに近づけ a^* を大きくでき、しかも高電流域でも 3 極部と主レンズとの整合がとりやすいマルチステップフォーカス形多段集束レンズを採用した。この多段集束レンズは 29.1 mmφ ネックで実績のある主レンズに UPF レンズを、その前段に BPF レンズを配したものである。

さて、主レンズ系はマルチステップフォーカスレンズを採用したが、3 極部はエミッタス ε_N^* を小さくするため、各種 3 極部のコンピュータシミュレーションによるエミッタス图形を求め、球面収差の小さい 3 極部の幾何学構造を見い出した。図 3. は今回開発の新形 3 極部の断面略図を示したものである。図 4., 図 5. はコンピュータシミュレーションによる電子軌道、仮想物面における位相図の実施例を示したものである。

新形 3 極部の特長を従来の 29.1 mmφ ネック電子銃に比べ列記する。

(1) G_2 電極の薄肉化

従来 G_2 電極の孔部板厚に関し各種の提案がなされているが、主レンズに BPF レンズを採用した時の組合せが多く、例えば HI-BPF レンズとの組合せでは G_2 電極孔径の約 80% の値に設定している⁽⁵⁾。これ

は主レンズと 3 極部の整合を良くするためである。今回我々が採用した主レンズ系はマルチステップフォーカスレンズであるため、 G_2 電極孔部板厚で主レンズとの整合をとる必要がなく、エミッタス本意の設計が可能となった。一般に 3 極部のエミッタス ε_N^* を小さくするため、高圧浸透率を高め、クロスオーバー点の電位を上げることが重要である。このため G_2 電極の孔部板厚を薄くすると効果的である。従来の BPF レンズを採用した主レンズとの組合せでは、整合を取ることが出来ず不可能であったが、今回開発した多段集束電子銃では 3 極部と主レンズ部との整合を主レンズ部の前段レンズで行えるため、 G_2 電極の孔部板厚を従来以上に薄くすることができた。量産性を考慮して、我々は G_2 電極孔部板厚を従来に比べ約 40 % 減じた。

(2) G_3 電極形状

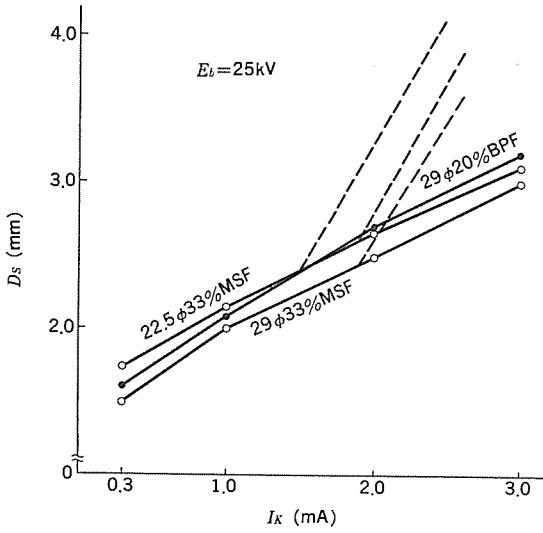
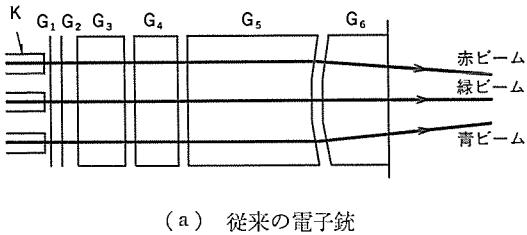
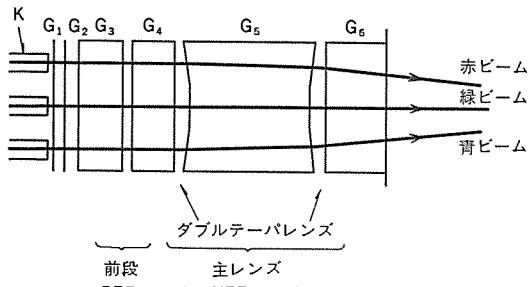


図 6. 18 インチ - 90 度偏光管でのビームスポット径比較



(a) 従来の電子銃



(b) 今回開発の細ネック多段集束レンズ

図 7. ダブルテーパレンズの構成図

G_3 電極の G_2 電極対向側の孔部形状をへこ(凹)ませ、 G_2-G_3 電極対向部で構成されるリフローカスレンズを大口径化し、最大発散角 θ_0 を小さくすることで画面上電子ビーム径を小さくした。

以上の 2 項目を採用し 3 極部のエミッタス ε_N^* を減じることができた。我々はこの新形 3 極部とマルチステップフォーカスレンズ形主レンズ系との組合せにより、細ネック化に伴う電子ビーム径の増大を十分抑制することができた。図 6. は今回開発した細ネック多段集束電子銃を 18 インチ 90 度偏光カラーブラウン管に採用したときのビームスポット径を、従来の 29.1 mmφ ネックと比較して、その性能を示した。

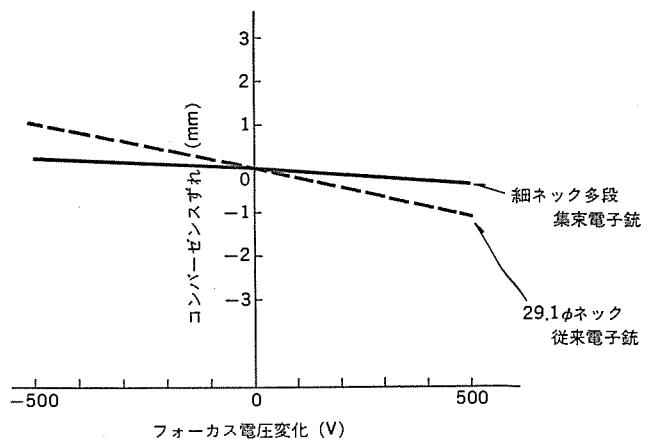


図 8. フォーカス電圧変化に対するコンバーゼンスずれの比較

その他、今回開発した細ネック多段集束電子銃の主レンズ部には図 7. に示した、ダブルテーパレンズを採用し、インライン 3 電子ビームの集中を行える設計とした。このため、フォーカス調整によるフォーカス電圧変化に対するサイドビーム（赤色ビーム、青色ビーム）の集中ずれの問題も大幅に改良することができ、実用的効果が非常に大きくなつた⁽⁶⁾。図 8. は従来の 29.1 mmφ 電子銃のコンバーゼンスずれ特性と比較して、今回開発の細ネック多段集束電子銃のその特性を示したものである。

4. むすび

カラーブラウン管の細ネック化は、時代の要請と共に、今後も更に拡大していくものと考えられる。一方細ネック化による今までのフォーカス性能品質を落とすことは許されない。

今回開発した細ネック多段集束電子銃は、レンズ口径を実用的大きさに選定し、電子放射部となる 3 極部の構造をエミッタスを小さくする点からとらえ、ユーザーの要請にこたえたものである。更に今後ともフォーカス性能の向上のため電子レンズ口径の大口径化、複合レンズによる大口径化などの改良も進むものと思われる。今後の技術改良の参考になれば幸いである。

参考文献

- (1) 熊野、竹延：テレビジョン学会技術報告 ED 464, IDP 46-2
- (2) 竹延、野坂：電気通学会，ED 80-47, IE 80-31
- (3) 野坂ほか：テレビジョン学会全国大会 1983 年, 5-3, p. 107~108
- (4) 熊野、上山：収差を考慮した新しい電子軌道解析法 ED403, IDP 37-6
- (5) 公開特許公報 昭 54-145472
- (6) 公開特許公報 昭 57-165528

コンパクトディスクプレーヤー用MLP-2形光ピックアップ

近藤光重*・木目健治郎*・鹿間信介*・河野慶三*・田村義基**

1. まえがき

昭和57年秋に発売が開始されたコンパクトディスク(CD)プレーヤーは、各社の品ぞろえも進み需要も漸増している。CDプレーヤーは従来の針式プレーヤーに比べ音楽がPCM(パルスコード変調)録音されたディスクを光ピックアップ(光PU)を使用して再生するところから、雑音がなくダイナミックレンジが広く記録密度が高い(小さなディスクに長時間の録音ができる)と言う大きな特色があり、夢のプレーヤーとして普及が待たれているものである。

当社ではこのCDプレーヤーのキーパーツである光PUに早くから着目して開発を進め、昭和58年春には量産化に成功しMLP-1形光PUとして、社内はもとより社外の有力プレーヤーメーカーにも採用され好評を博してきた。MLP-1形光PUは開発当初から徹底して高性能と使いやすさを追求した製品で、トラッキングセンサに3ビーム法を採用しているためトラック追従性に優れ、小形、低騒音などの特長を持っていった。今回開発したMLP-2形光PUはMLP-1形の特長を持っていた。

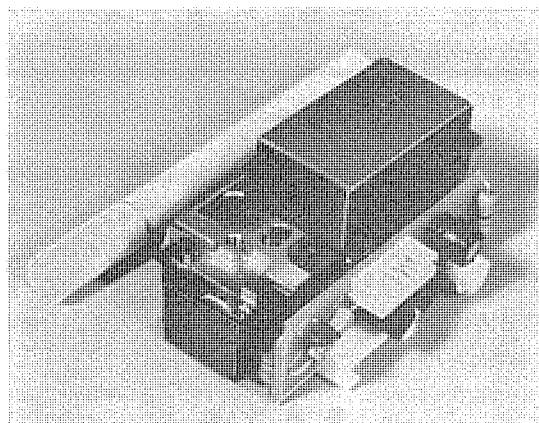


図1 MLP-2形光ピックアップの外観

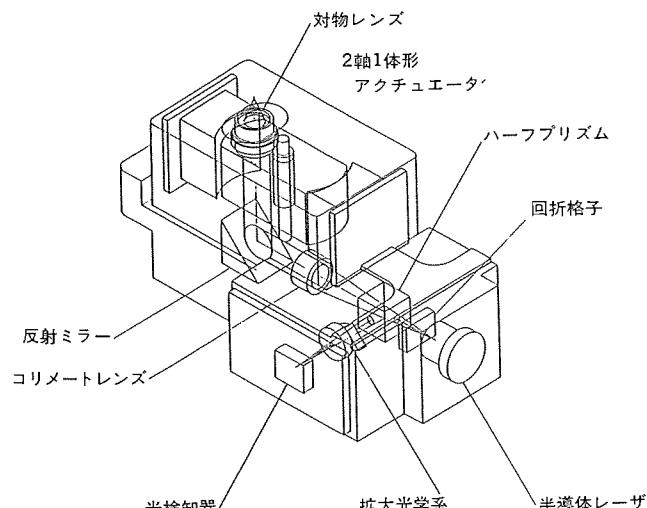


図2 MLP-2形光ピックアップの構造

生かし、これまでの量産の経験を取り入れて更に一層の小型へ軽量化と性能の改良を図ったものである。図1.にMLP-2形の外観、図2.に構造を掲げる。

2. アクチュエータ

ディスク上の情報信号を光学的に非接触で読み取るためには、ディスクのねじれ、偏心、外乱などによって生ずるディスクの面振動やトラックずれに応じて光スポットを、焦点方向とラジアル方向に追跡制御することが必要である。こうした制御は、一般にレンズやミラーといった光路中の光学部品を駆動し制御動作させることにより行われており、こうした装置をアクチュエータと呼んでいる。

MLP-2形のアクチュエータの構成は図3.に示すように、固定軸の周りを回動するとともに、この固定軸にそってしゃう(摺)動するコイルホルダの一端に対物レンズが固定されている。すなわち、回動することによりトラック追従を行い、摺動することにより焦点制御を行う。固定軸にはテフロン系樹脂がコーティングされており、アルミ軸受との間で低摩擦で動作するように構成されている。コイルホルダにはトラッキング用コイルとフォーカス用コイルの二組のコイルが巻かれており、両端に置かれたマグネットによる磁束で回動力と摺動力を発生する。なお、図には描かれていないが、可動部はゴム弾性体で固定部に結合されており、トラッキング動作が常に回動中心付近で作動するようになつていて、アキュエータ部は一つのサブアセンブリとして独立のベース上に組み立てられており、本体に取り付けた後で姿勢調整が可能な構造となっている。

以上のように構成された2軸1体形アクチュエータには次のような特長がある。

(1) トラッキング動作が固定軸を中心に回動動作する方式であるため、ダイナミックバランスをとることにより、トラッキング動作方向の外乱振動に対する影響がほとんどなく、他の方式に比べて耐振性の点で有

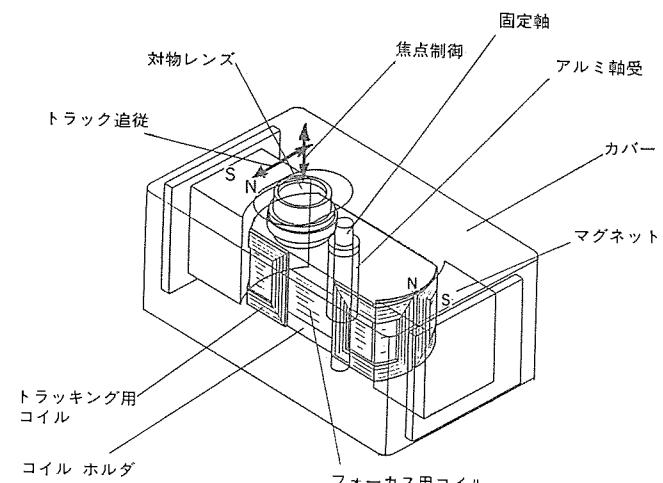


図3 アクチュエータの構造

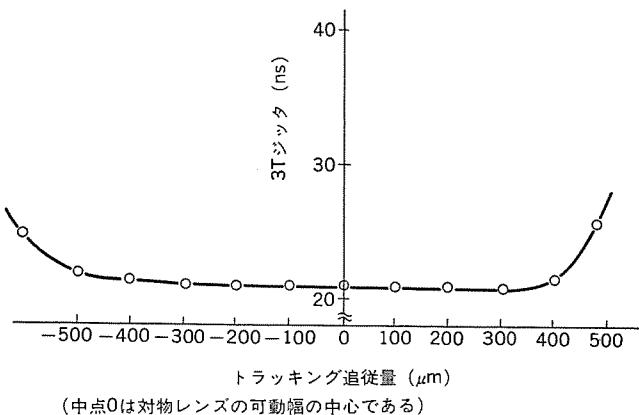


図 4. ラッキング追従特性

利である。

(2) アクチュエータ動作が固定軸で規制されており、常にディスク面と対物レンズ光軸がほぼ直光して動作する。このため、対物レンズの光軸傾きが非常に少なく、対物レンズの有効視野径(像高)が小さくでき、かつ安価なレンズが使用できる。

(3) ラッキング動作がディスク面に対してほぼ平行であるため、ラッキング追従による再生性能の劣化が少ない。図4にMLP-2形のラッキング追従量に対する3Tジッタの特性の典型例を示す。一般に3Tジッタは35~40 ns以下でかつそのときの追従幅が±200 μm以上あれば安定な再生が可能とされているが、MLP-2形においては±400 μmの追従幅でもほとんど再生特性の劣化がなく、ラッキング追従幅に十分な余裕がある。

(4) アクチュエータの姿勢調整が可能であり、本体部の収差、対物レンズの鏡筒に対するレンズ光軸傾きによる収差、ディスク傾きによる収差の影響を、アクチュエータサブアセンブリの姿勢調整を行うことにより補正し、各部品の歩留りを向上させるとともに、ピックアップのプレーヤー取付面に対するディスクの最良再生傾角のずれを補正することが可能である。

このように、今回採用された2軸1体形アクチュエータにより、光PUのラッキング性能の向上と共に対物レンズの性能や組立精度などに対する要求が緩和された。

3. 光学系の小形化

CDプレーヤーは小形・薄形化の傾向にあり、光PUもより一層の小形・薄形化が要求されており、光PUの大部分をしめる光学系の小形化をいかに達成するかがキーポイントになる。集光だけに限定すれば、短光路で構成することが可能であるが、センサ系にあっては反射光学系の拡大倍率は大きい程、光検知器サイズを大きくでき、製造上も調整上も都合がよい。しかし先に述べたように、光路はできる限り短くしたい。その方法として、倍率は一定のまま対物レンズの焦点距離を短くしたり、拡大光学系を用いたりする方法が考えられる。

一方、対物レンズの焦点距離を小さくすると、対物レンズとディスク間の作動距離(WD)が小さくなつて、対物レンズがディスクに衝突する危険が出てくるためプレーヤーへの光PUの取付精度、ひいては

レーザーのメカ部全体の精度に対する要求が厳しくなり実用的ではない。今回開発したMLP-2形では反射光路に図2に示すような拡大光学系を採用し、その倍率を可変にし組立後調整する構造とした。この結果光路長はMLP-1形に比べ40%短縮することができた。

4. ラッキングセンサ

CDプレーヤーではディスクに幅約1 μm、ピッチ1.6 μmでスパイラル状に刻まれたトラックに、直径約1 μmの光スポットを追従させて信号を読み取っている。ディスク面ぶれなどから生ずる光PUとトラックとの距離の変動を補償するのがフォーカスサーボで、ディスクの偏心などから生ずるトラックのディスク半径方向の変動を補償するのがラッキングサーボである。このうち、ラッキングサーボ系の不安定は、従来の針式プレーヤーでもよく経験される通り音飛びや同一箇所の繰返し再生などのような不快な現象を発生する。通常のディスクでは、トラックの偏心やセンターホールのずれなどからトラックの半径方向の変動は±100 μm程度あるが、光スポットのずれは±0.1 μm以内の精度で追従することが必要である。

トラックと光スポットのずれを検出するには色々な方式が提案されている。当社ではMLP-1形とMLP-2形に一貫して3ビーム法を採用しているが、この方法ともう一つの有力な方式であるプッシュプル法について説明し、3ビーム法を選定した理由について述べる。

3ビーム法は、LD出射光を回折格子によって0次光と±1次の回折光の三つに分け、図5.(a)のようにトラックに照射する。このうち0次光に相当する中央のスポットを信号読取り用、両側スポットをラッキングセンサ用に使い、三つのスポットのディスクからの反射光を図5.(b)のように光検知器上に導く。検知器E,Fに両側スポットの反射光が当り二つの出力の差を取ると、図のようにトラックずれに対する出力信号が得られる。プッシュプル法は、ピットから反射される0次回折光のファーフィールド断面上強度分布が、トラックずれにより非対称に変化するのを光スポット中心で2分割された検知器で検出し、その差を取ると図5.(b)と同じような特性の出力信号が得られる。

両方式を比較すると、光PUとディスクとのアライメントでは3ビーム法の方がシビアであるが、ピット深さによるセンサ感度の変化やディスクの傾きによるセンサ出力のオフセットについては、3ビーム法が優れている。図6にディスク傾きに対するオフセットの発生の状況を比較した実験結果を示す。プッシュプル法では3ビーム法に比べ、ディスク傾きに対するオフセット発生量が4倍以上であることが分かる。逆に同

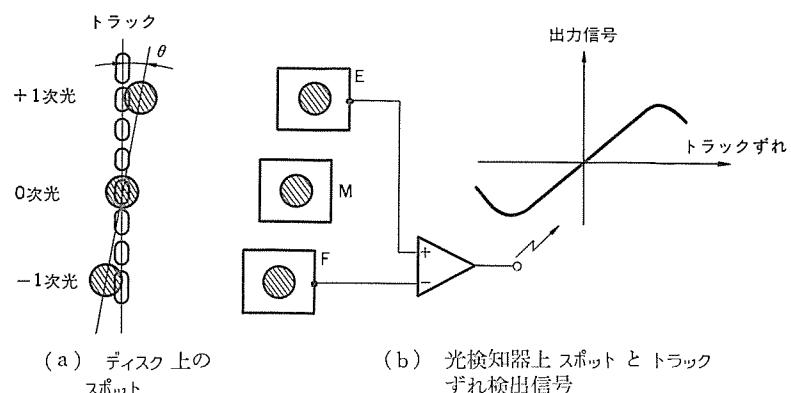


図 5. 3ビーム法 ラッキングセンサの検出原理

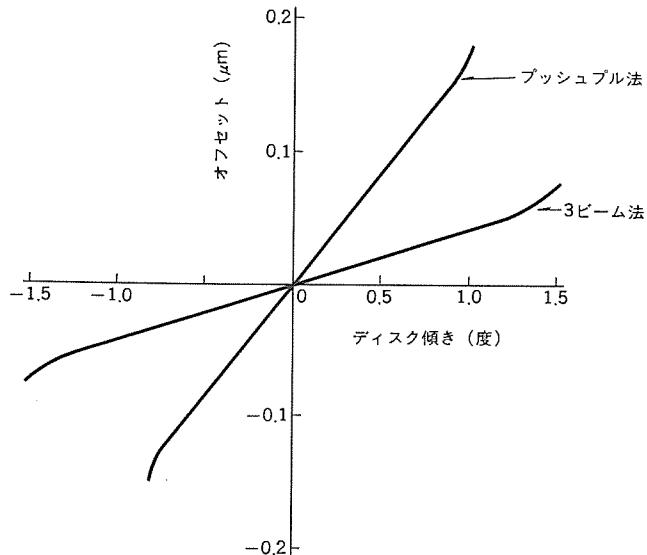
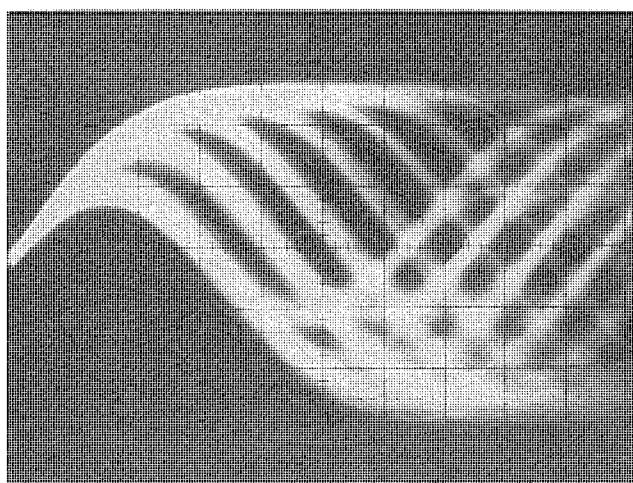


図 6. ディスク傾角に対するトラッキング検出出力のオフセット発生(実験値)

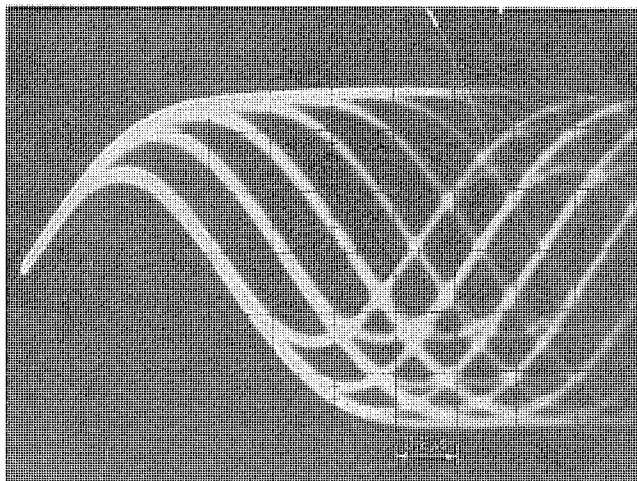
一オフセットに対するディスク傾きの許容量が $1/4$ になる。このような理由から当社では安定再生を優先して 3 ビーム法を MLP-1, MLP-2 形に一貫して採用している。

5. レーザダイオード (LD) の C/N 特性の改善

従来から縦シングルモード LD にわずかに光が帰還されると、LD の雑音(光出力のゆらぎ)が増加することが知られている。このため通常光 PU では、 $1/4$ 波長位相板と偏光ビームスプリッタを組み合わせたアイソレータにより、ディスクからの反射光が LD に戻らないように構成されている。ところが実際にはディスクの材質が複屈折性をもつため、反射光は完全にはアイソレートされず、わずかに LD に戻ってしまう。このため、縦シングルモード LD を使用した光 PU でディスクを



(a) 光帰還率 $\approx 0\%$ の場合



(b) 光帰還率 $> 1\%$ の場合

図 8. 再生アイパター

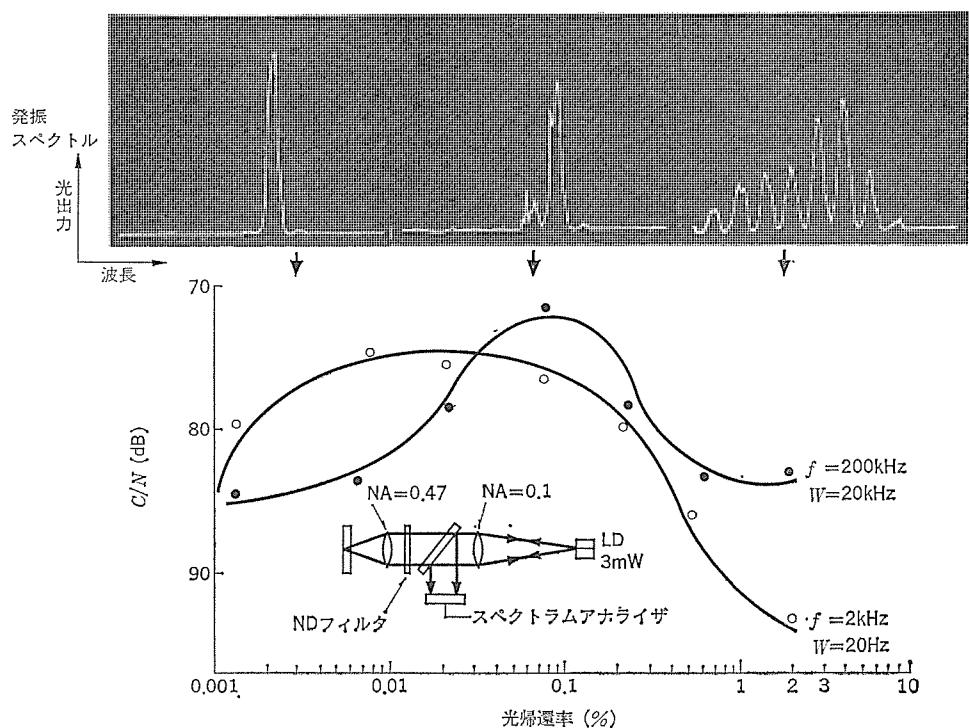


図 7. 光帰還率と LD ノイズ特性

再生すると、LD の雑音増加が起こり、C/N(Carrier to Noise Ratio, バンド巾 20 kHz で測った S/N 比)が低下して再生信号の品質が劣化するという問題が生ずる。

この問題は光 PU の開発において、通常の LD が縦シングルモード発振であるという事物により一層顕在化し、縦シングルモード LD の C/N 改善は光 PU 開発の最重要課題である。これに関し、1981 年 Miles ら⁽¹⁾により、一定以上の光を縦シングルモード LD に帰還することにより、低域での C/N を改善したという報告があった。我々もこの観点からの C/N 改善を試みることにし、光 PU 系をシミュレートした光学系において光帰還率と C/N、縦モードの関係を TJS レーザについて調べた。図 7. はその実測データで、横軸は LD 光出力に対する

る光帰還率 (% 表示), 縦軸は C/N (dB 表示) である。

図のように TJS 形 LD では, 2 kHz 以下の サーボ 帯域で 0.002~0.4 % の光帰還により, RF 帯域で 0.01~0.4 % の光帰還により顕著な C/N の低下がみられる。更に サーボ 帯域, RF 帯域の C/N は, 共に 1 % 以上の光帰還で大きく改善され, 戻り光が全く無い状態, すなわち free punning 状態の C/N まで改善される。また, それぞれの帰還率に対する発振縦 モードは図 7. の写真に示すように, 帰還率が 0.001 % 付近ではシングルモードであるが, 0.01 % 付近から副縦 モードが成長を始め, 0.1 % 付近ではモード競合の状態になり, C/N が最も低下した状態と対応している。更に光帰還量を増やして 2 % 程度になると, 安定なマルチモードになり C/N が改善された状態と対応している。

このように TJS 形 LD では, 戻り光が全く無い状態からわずかに戻り光がある状態 (0.1 % 程度) に変移すると急激に C/N が低下する。これに対して, 最初から 2 % 以上の戻り光がある状態であると, 戻り光がわずかに増減しても C/N はほとんど変わらない。すなわち光 PU の光学系を光帰還率 2 % 以上に設計すると, ディスクの複屈折による光帰還率の変動による C/N の劣化は起らない。図 8. に光帰還率をほぼ 0 % とした光 PU で再生した時のアイパターンと, 光帰還率を 2 % 以上にした光 PU で再生した時のアイパターンを示す。なお, MLP-2 形では 1/4 波長位相板と, 偏光ビームスプリッタの代りにハーフプリズムを使って所定の光帰還率を得ている。

6. 半導体レーザ

MLP-2 形に使った半導体レーザは, 当社製の ML-4402 である。この半導体レーザは主としてデジタルオーディオディスク用として量産が進められてきたものであり, その特長は昨今のデジタルオーディオディスクに用いられる光学系に適応したものとなっている。性能上の特色として,

(1) ディスクを外部共振器の一部とする複合共振モードを利用し, 更に内部縦 モード制御を行うことにより低雑音を実現している。(2) % 以上の光帰還率で $S/N \geq 90$ dB ($f = 20$ kHz, BW = 300 Hz) が得

られる)

- (2) 結晶成長 パラメータの制御により長寿命を実現した。
- (3) 非点隔差が小さく集光性能が良い。
- (4) 低動作電流 (~40 mA) である。
- (5) 発光位置精度が高い ($\pm 50 \mu\text{m}$)。

などが挙げられる。

7. む す び

以上述べたように, MLP-2 形光 PU では従来の MLP-1 形に対し以下のような改良を行った。

(1) MLP-1 形では互いに独立であったトラッキングと, フォーカスのアクチュエータを 2 軸 1 体化した。この結果,

- (a) 小形化
 - (b) トラッキング追従性能の向上
 - (c) 対物レンズの収差に対する要求性能が緩和され, 対物レンズの構成枚数が減少
 - (d) マグネットが 2 対から 1 対に減少, などの効果があった。
- (2) 拡大光学系を採用し光路長を 40 % 短縮した。
- (3) LD への光帰還率を増し, 光 PU 再生系の雑音を低減した。
- (4) LD の出射光量安定回路 (ALPC 回路) を内蔵した。この結果,
- (a) LD の耐サージ性が向上した。
 - (b) ユーザーでの LD パワー調整が省略可能となった。

(5) (1)と(2)を合わせて MLP-2 形は MLP-1 形に比べ体積比で 40 % の小形化を実現した。

CD プレーヤーは, 今後更に低価格化が予想されるとともに, 車載用などへの用途拡大が期待されている。キー パーツである光 PU は, こうしたプレーヤー動向に対応すべく, 低価格化, 耐温耐振特性の向上が更に望まれる。

参 考 文 献

- (1) MILES et al : APPLI. PHYS. LETT. 38, p. 848 (1981)

コンパクトディスクプレーヤー用 光ピックアップサーボコントロールIC

野口直樹*・西村清光*・平沢和夫**・桑原徹***

1. まえがき

従来のアナログディスクプレーヤー や テープレコーダー では実現できなかった、低ひずみ率、広ダイナミックレンジ、高 S/N 比が得られるデジタルオーディオは、デジタルテープレコーダーの開発から始まった。当初の業務用テープレコーダーから、VTR を媒体とした PCM プロセッサによって、一般にもデジタルオーディオが普及し始めた。このデジタルテープレコーダーの信号処理技術をもとに、現在のデジタルオーディオディスク (DAD) の原形ともいえる、直径 30 cm の円盤とビデオディスクプレーヤーを用いたものが、昭和 52 年に試作された。昭和 57 年、変調方式などに工夫がなされ、文字どおり直径 12 cm と小形なディスクを用いたコンパクトディスク (CD) プレーヤーが発売された。

CD プレーヤーはディスク自体がコンパクトなこと、操作性が良いこと、また半導体レーザを内蔵した光ピックアップを用いた光学方式のもつ技術イメージがユーザーの期待を得て、家庭用デジタルオーディオとして注目された。昭和 57 年秋から各社で商品化された“第 1 世代” CD プレーヤーは、比較的大形で高額であった。しかし、昭和 58 年秋からの“第 2 世代”的セットでは、光ピックアップの小形軽量化、低価格化な信号処理用 LSI の開発によって、小形軽量化に加え“第 1 世代”的半額という急激な低価格化が進められている。

今回、CD プレーヤーの入力部となる光ピックアップのサーボコントロール部を 1 チップに集積し、セットの小形軽量化、低価格化に適した M51562P を開発したので、以下に光ピックアップのサーボコントロールシステムの概要と、それに対応した M51562P の動作、特長について述べる。

2. CD プレーヤーシステムの構成

CD プレーヤーのシステム構成を図 1 に示す。ディスクに刻まれたデジタル信号は、光ピックアップにより読み取られ高周波増幅で増幅される。このとき、信号を正確に読み取るためにフォーカスサーボ、トラッキングサーボ、スライドモータサーボ、オートマチックレーザパワーコントロールにより光ピックアップを制御する。この増幅された信号が、波形整形、PLL (フェーズロックループ) 回路を通り、EFM 復調、フレーム同期検出回路に送られ、EFM 復調されると同時にフレーム同期信号や、後の DA コンバータに必要なビットクロック、ワードクロック、LR クロックが取り出される。その後に RAM (ランダムアクセスメモリ) を使った誤り訂正、補間を通り、L, R 信号に分離され、16 ビット DA コンバータのデジタル入力信号となる。

DA コンバータの出力はスイッチングにより生じる、ひげ状の雑音を含んでいるため、この雑音を取り除くディグリッヂ、更に LPF (ローパスフィルタ) を通ってアナログ信号が output される。また、CD プレーヤーは常に線速度が一定になるように回転させる必要があるため、CLV (コンスタントリニアベロシティ) モータサーボによりモータを制御する。以上が CD プレーヤーシステムの概略である。

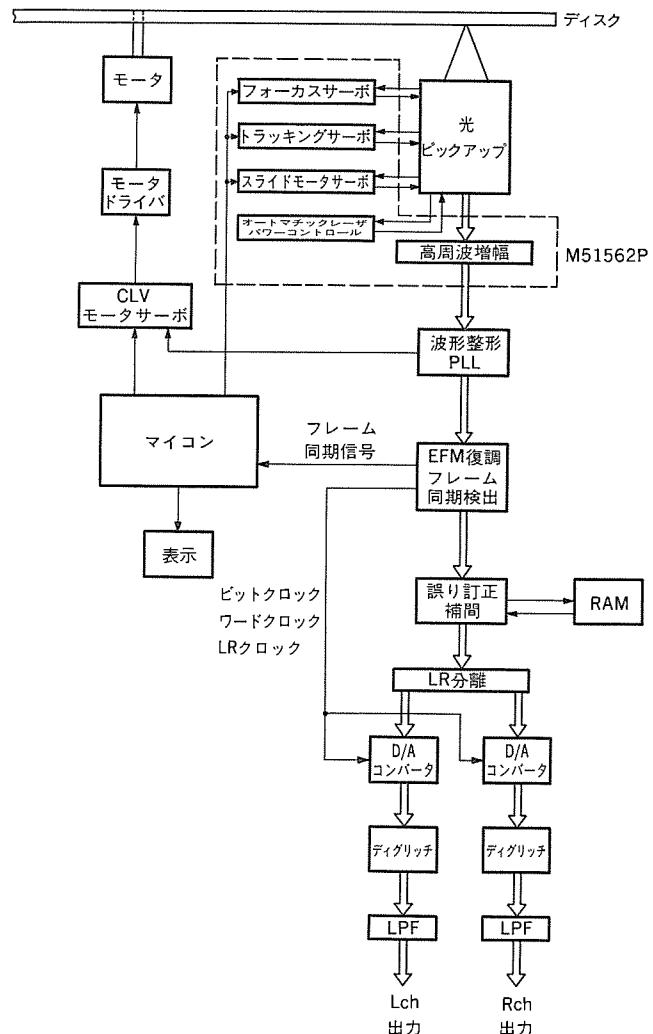


図 1. CD プレーヤーシステムの構成

3. CD プレーヤーのピックアップサーボシステム

CD プレーヤーに用いられる光ピックアップには、対物レンズ、1/4 波長板などの光学系と各アクチュエータ、半導体レーザー、光ディテクタが内蔵されており、その様子をサーボコントロールシステムと合わせ図 2 に示す。半導体レーザーから発せられたレーザ光が対物レンズを通りディスク面に当たられ、その反射光を光ディテクタで検出し、その電気信号とマイコンからの指令により各アクチュエータにフィードバックをかけてサーボコントロールを行う。

サーボコントロールには 4 種類あり、各機能は、

(1) フォーカスサーボ

対物レンズを上下させることにより、ディスク面にレーザ光の焦点を合わせる。

(2) トラッキングサーボ

ミラーの角度を調整することにより、ディスク面のトラック上にレーザ光

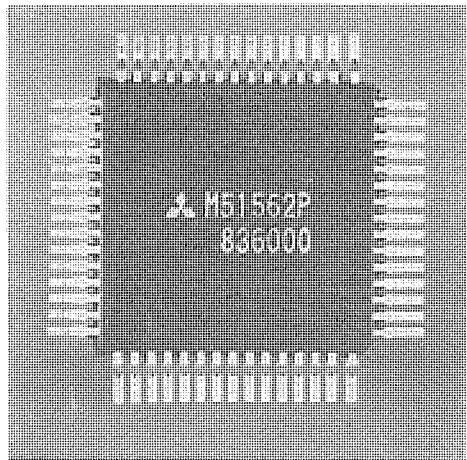
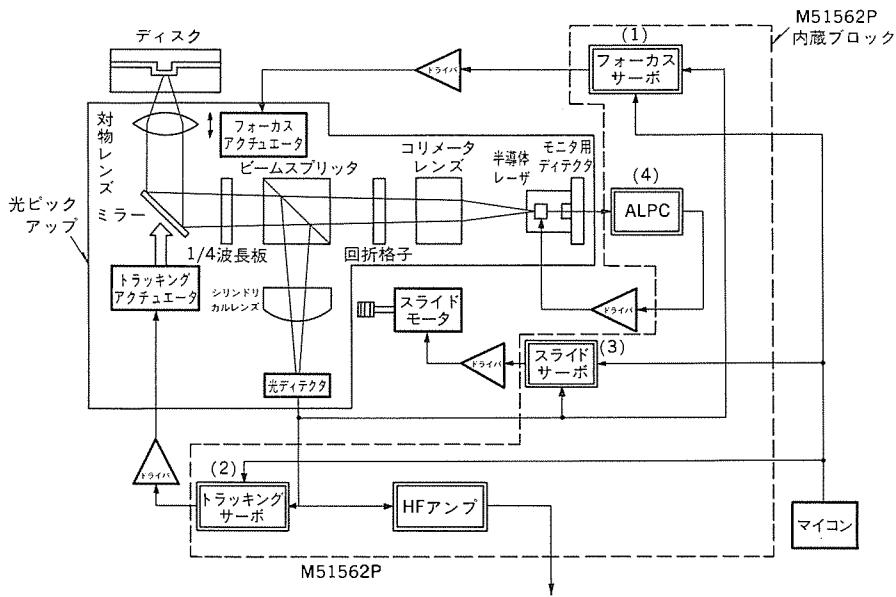


図 2. 光ピックアップサーボコントロールシステム

図 3. 60 ピンフラットパッケージ
M 51562 P

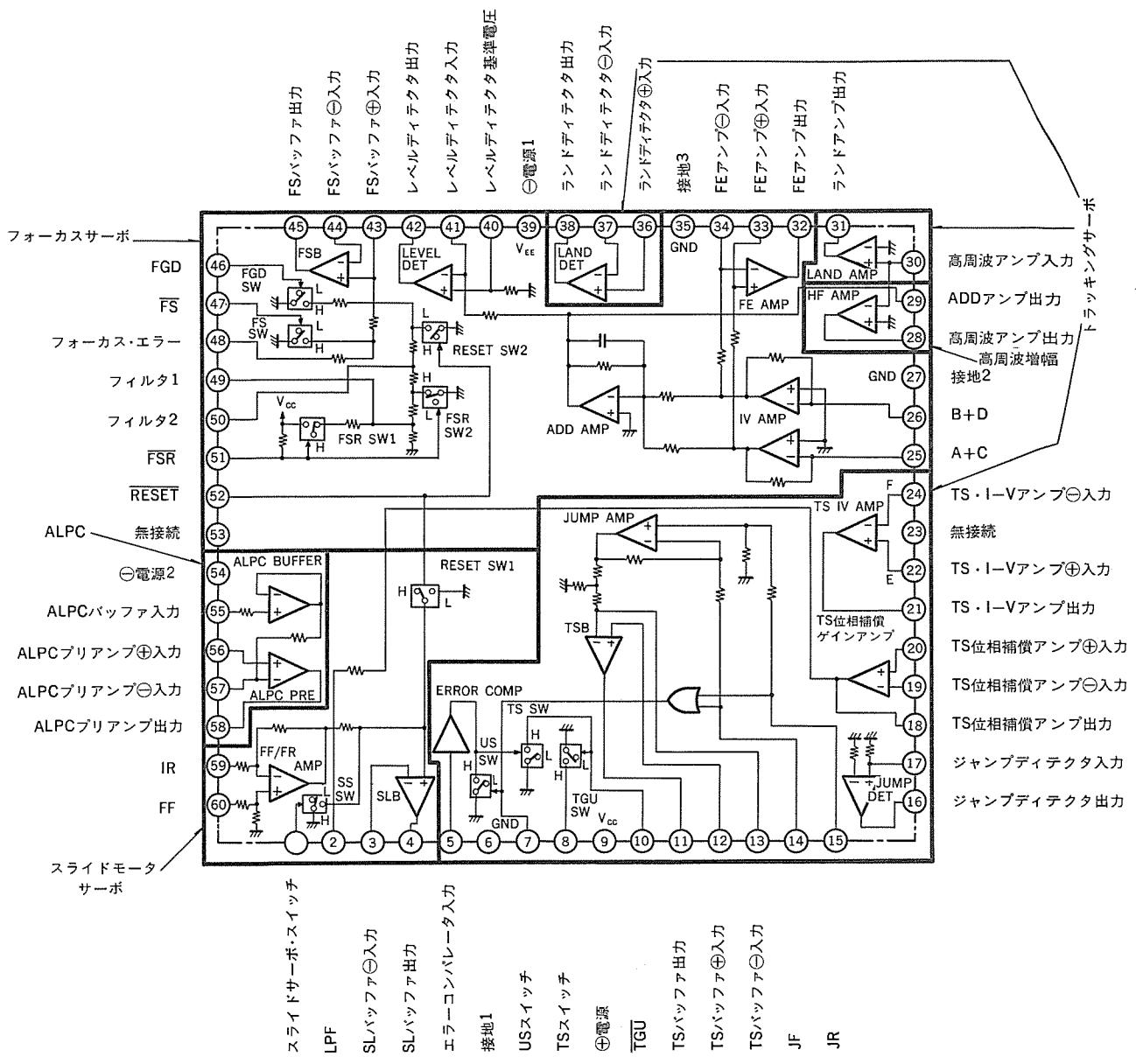


図 4. ピン接続図及びブロック図

を追従させる。

(3) スライドモータサーボ

ピックアップ全体をモータにより内・外周へとスライドさせる。

(4) オートマチックレーザパワーコントロール (ALPC)

半導体レーザの出力を常に一定に保つ。

である。ディスクに刻まれたデジタル信号は、光ディテクタで検出され、高周波増幅 (HF アンプ) で増幅され波形整形へ送られる。

4. M 51562 P の構成と特長

3 章(2)のトラッキングサーボの方式には、3ビーム方式、ツッシュプル方式などがあるが、M 51562 P は後者に比べ安定な動作が得られる3ビーム方式に適するように設計されている。外形は図3.に示す超小型で実装密度が高い60ピンフラットパッケージである。

図2.において、M 51562 P に内蔵された部分を破線で示した。図からわかるように、M 51562 P は、各アクチュエータを駆動するドライバを除く光ピックアップサーボコントロールに必要な機能をすべて1チップに内蔵している。これらの機能を実現するため、M 51562 P は19個のOPアンプ、10個のトランジスタスイッチで構成されており、従来ディスクリート部品で組まれた基板において、1個のプリアンプIC、14個のOPアンプ(ICとしては7個)、10個のトランジスタスイッチであったものを1チップ化している。図4.にM 51562 P のピン接続図及びブロック図を、図5.に応用回路例を示す。

図4.の中で太線で示したように、M 51562 P はフォーカスサーボ、トラッキングサーボ、スライドモータサーボ、オートマチックレーザパワーコントロール、高周波増幅の五つのブロックに分けられる。以下各ブロックについて動作と特長について述べる。

4.1 フォーカスサーボ

光ピックアップ、ドライバとこのICによって構成されるフォーカスサーボループの動作と特長、及びディスクがセットに収納されたとき行われるフォーカス初期引込動作、ジャストフォーカス(合焦点)検出のメカニズムの概略について述べる。

(1) フォーカスサーボループ

フォーカスサーボループの構成を図6.に示す。四分割光ディテクタ(A, B, C, D)からの電流信号、A+C, B+D はそれぞれ25ピン、26ピンに印加され、二つのIVアンプ(電流電圧変換増幅器)により電圧に変換される。この二つの信号は、FE(フォーカスエラー)アンプにより(B+D)-(A+C)の差成分になり32ピンに出力され、更にループ利得調整用のボリューム(VR2)を通って48ピンに印加される。

48ピンの信号はFS(フォーカスサーボ)スイッチなどのスイッチ群を通り、FSB(フォーカスサーボバッファ)に入力され45ピンに出力される。この出力はドライバにより電力変換され、フォーカスクチュエータを駆動しレンズを動かし、再び四分割光ディテクタの信号変化となりループを構成する。ここで、エレアンプは光ディテクタからの微小信号を検出するため、標準70nAの低入力バイアス電流構成の増幅器となっている。また、

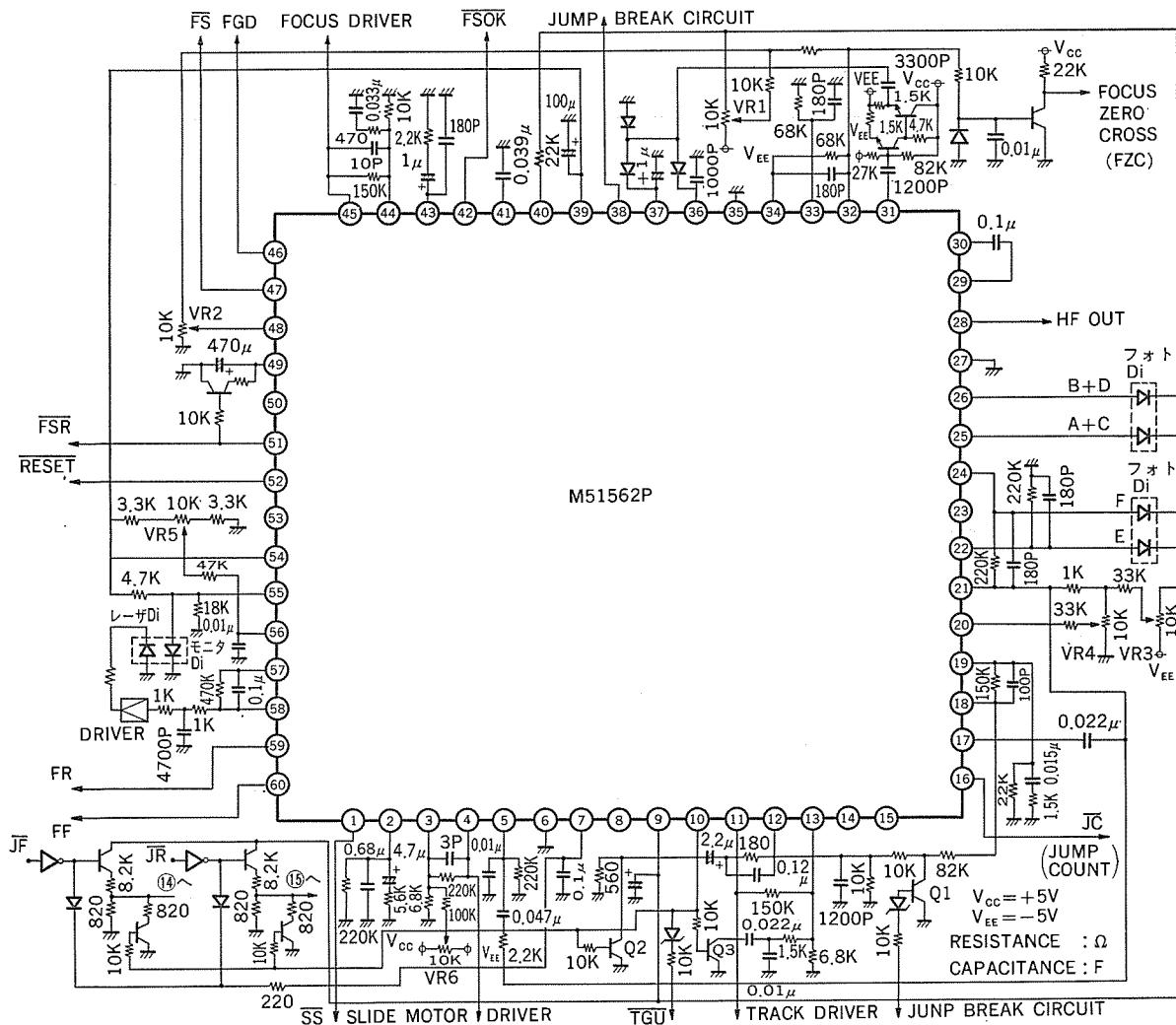


図5. 応用例 CD 方式 DAD プレーヤー用 サーボシステム (3ビーム)

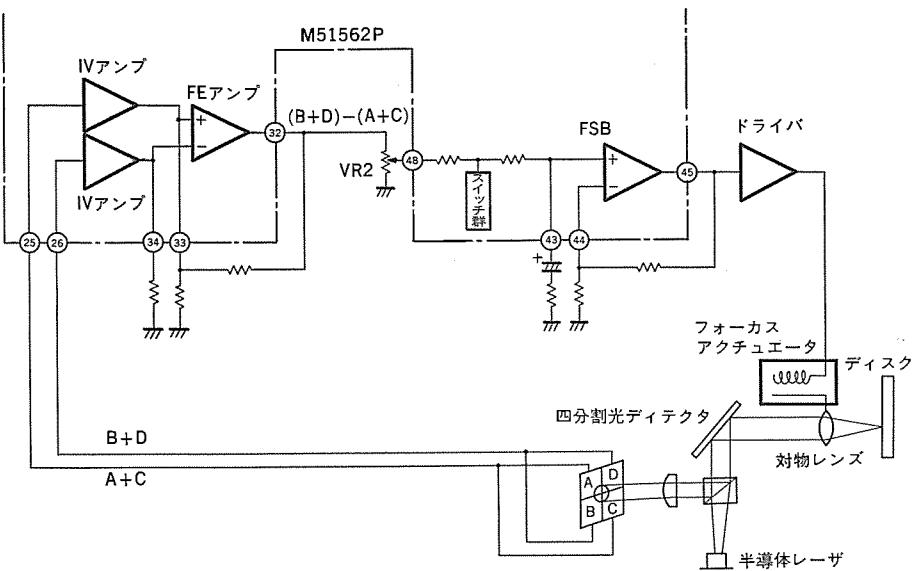


図 6. フォーカスサーボループ

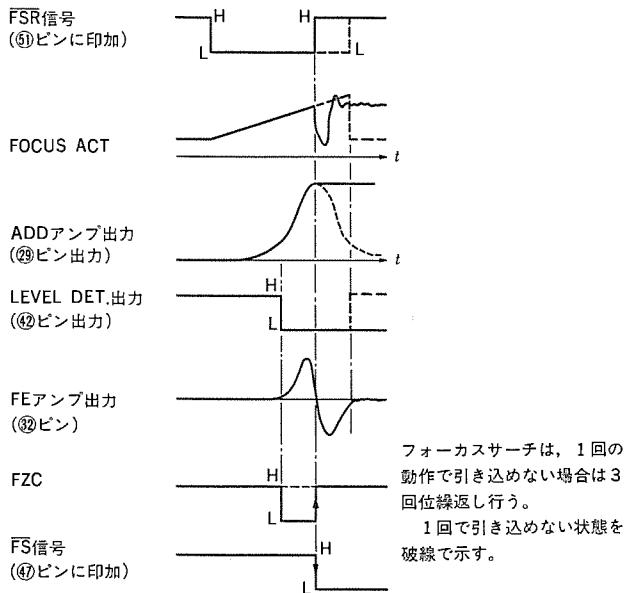


図 7. フォーカス 初期引込動作 (フォーカスサーチ)

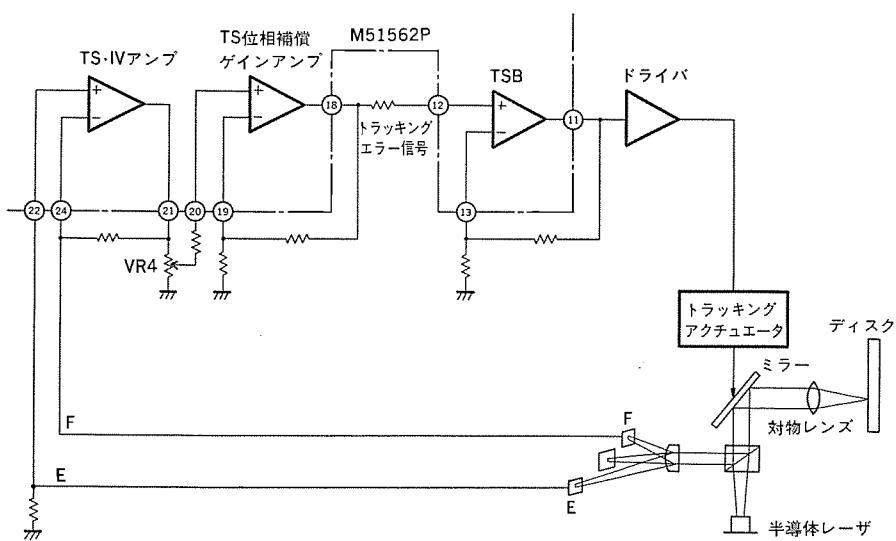


図 8. トラッキングサーボループ

高電圧利得、高出力電流を要求される FSB には、開回路電圧利得 85 dB、負荷 $3 \text{ k}\Omega$ に出力電流 3 mA 以上の供給能力をもった増幅器を採用している。

(2) フォーカス 初期引込動作と ジャストフォーカス の検出

ディスクがセットに収納されると、マイコンから対物レンズを起動させるためのパルスが 51 ピンに印加される。このパルスにより 45 ピン出力は、49 ピンに接続されたコンデンサで設定される時定数をもったスローパーで立ち上がる。この出力により対物レンズはゆっくりと移動し、その途中で焦点が合うと、 $A+C=B+D$ となり FE 信号 (32 ピン) は 0 となり、FZC (フォーカスゼロクロス) 出力は "H" となる。また、光ディテクタから検出される $A+B+C+D$ 信号

(29 ピン) もあるばつ(閾)値より大きくなるため、レベルディテクタ出力 (42 ピン) が "L" となる。レベルディテクタ出力と FZC はマイコンの入力に接続されていて、レベルディテクタの "L" と FZC の $L \rightarrow H$ の立上がりを検出し FS(フォーカスサーボ) 信号を $H \rightarrow L$ に出力する。FS 信号は 47 ピンに印加され、FSSW がオフとなりサーボループが動作する。以上のタイミングチャートを図 7. に示す。

4.2 トラッキングサーボ

トラッキングサーボループの構成を図 8. に示す。M 51562 P は 3 ビーム方式に対応しており、二つの副ビームを検出するトラッキング用光ディテクタ E, F からの信号が 22 ピン、24 ピンに印加される。この信号は TS・IV (トラッキングサーボ 電流電圧変換) アンプにより電圧変換され、TS 位相補償ゲインアンプで増幅されトラッキングエラー信号として 18 ピンに出力される。この入力は TSB (トラッキングサーボバッファ) に入力され、出力 11 ピン、ドライバ、トラッキングアクチュエータ、トラッキング用光ディテクタとループを構成する。ここで、TS・IV アンプはフォーカスサーボの IV アンプ以上の微小信号を扱うため、標準 2nA と低入力バイアス電流のものを用いている。また、TSB も FSB と同じ高利得、高出力電流の増幅器となっている。

4.3 スライドモータサーボ

スライドモータは、ピックアップ全体をディスクの内周から外周、又はその逆方向に動かしているモータであり、これにサーボをかけるとミラーのトラッキング方向のずれが機械的センターに近くなり、トラッキングサーボが安定にかかるようになる。前述のトラッキングエラー信号がローパスフィルタ (2 ピン) を通り SLB (スライドバッファ) に入力され、SLB 出力、電力変換、スライドモータ駆動という動作をする。また、FF/FR (ファーストフォワード、ファーストリバース) アンプの出力が SLB の入力に接続されていて、この出力によってもスライドモータは駆動される。この SLB も前述の FSB, TSB と同様、高利得、高出力電流の増幅器となっている。

4.4 オートマチックレーザパワーコントロール (ALPC)

半導体レーザのモニタ用ディテクタからの信号が、ALPC バッファの入力(55 ピン)に印加され、ALPC プリアンプで増幅され 58 ピンに出力される。この出力はドライバ、半導体レーザを通して再びモニタ用ディテクタに戻り、レーザパワーを一定に保つためのフィードバックループを構成する。半導体レーザから電流を引き込むために、ALPC バッファ、ALPC プリアンプは、接地電位(0 V)から負電源電位(-5 V)間に構成されている。これらのアンプは、他の回路に比べて大きな電流を扱うために、接地点の寄生抵抗が最小限になるようチップパターンレイアウト上の工夫をしている。更に、負電源端子も別に設け他の回路への影響を少なくし、また半導体レーザを駆動するドライバへ直接出力する ALPC プリアンプには、負荷 510Ω で出力電流 2 mA 以上の大出力電流構成の増幅器を採用している。

4.5 信号増幅用高周波増幅

フォーカスサーボのところで説明したとおり、四分割光ディテクタの出力信号(A+B+C+D)は、IV アンプ、ADD アンプを通り 29 ピンに出力される。これを更に次の波形整形の TTL を駆動するのに必要なレベルにまで増幅するのが、HF(高周波)アンプである。ディスクに刻まれている高い周波数のデジタル信号をそのまま増幅するため、周波数帯域が 2 MHz 以上伸びた広帯域増幅器を用いている。HF アンプと IV アンプ+ADD アンプの周波数特性を図 9 に示す。また、高周波用に接地点を設け、更に内部配線をチップレイアウト上で工夫することにより、高周波系の増幅器(IV アンプ、ADD アンプ、HF アンプ)から他の増幅器への干渉を防ぐようにした。

以上のように、M 51562 P は多くの OP アンプ、トランジスタスイッチを内蔵し、かつ FSB、TSB、ALPC プリアンプでは大きな出力電流を取り出すことができるが、各アンプのバイアス電流の最適設計により正電源回路電流 $I_{CC0}=30\text{ mA typ}$ 、負電源回路電流 $I_{EE0}=30\text{ mA typ}$ と低消費電流を実現している。従来のウェーハプロセスに比べ基本

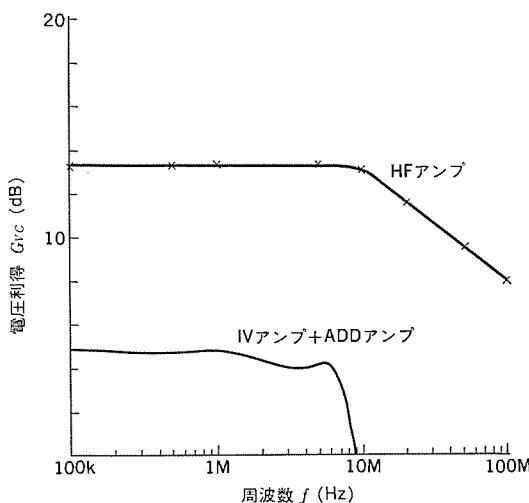


図 9. HF アンプと IV アンプ+ADD アンプの周波数特性

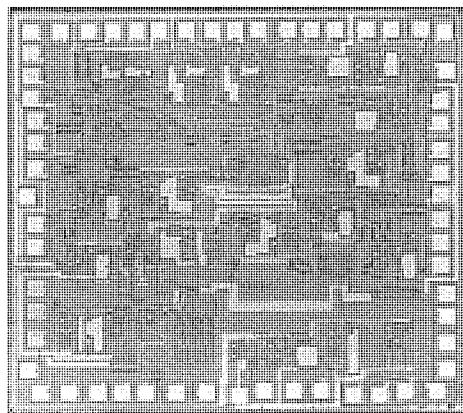


図 10. M 51562 P のチップパターン

トランジスタのセルサイズを 36 % に縮小でき、カットオフ周波数 1 GHz 以上の性能をもった $3\mu\text{m}$ ルールの高周波、高密度バイポーラウェーハプロセスを用いており、チップサイズは $3.46\text{ mm} \times 3.10\text{ mm}$ であり、チップパターンを図 10 に示す。

5. 光ピックアップサーボコントロール IC の今後

CD プレーヤー用 IC の開発が進み、今後更にセットの小型化、低価格化が推し進められていくだろう。電子回路部の低価格化、省部品化と同時に、ピックアップの光学系の主要部品である各種レンズもプラスチックレンズが採用され、感度が低下する傾向にあり、それに伴い一段と強力なサーボコントロールが要求されサーボ回路利得の大きなものが必要となろう。

また、光学系のばらつきの影響を少なくするため、トラッキングサーボ系に AGC(オートマチックゲインコントロール)アンプを取り入れる方法や、各サーボループのオフセットを自動的に調整する技術、マイコンの負荷を減らすためにロジック部分をピックアップサーボ用 IC に取り込む技術などが考えられている。また、光ピックアップから IV アンプまでの配線をなくすために、IV アンプのみ 1 チップとし、全体として 2 チップ構成にする提案などがなされている。

6. む す び

CD プレーヤー用ピックアップサーボコントロール IC M 51562 P についてその概要を述べた。光ピックアップのサーボコントロールに必要な機能をすべて 1 チップに内蔵し、低消費電流、小形パッケージによりセットの低価格化、低消費電力化、小型化に大きく貢献した。

今後、車載用 CD プレーヤーも本格化することが予想され、小形で高性能なサーボコントロール IC が要求される。また、CD プレーヤーに限らず、光ピックアップを信号検出手段としているビデオディスクプレーヤーや産業用光ディスクメモリなどに対応したサーボ IC への対応も考えられる。

(昭 59-8-9 受付)

1. まえがき

近年の半導技術の進歩にはめざましいものがあり、中でもシステム技術、回路技術、CAD技術などの設計技術と、超微細加工を可能とする生産技術、装置技術により、LSIのコストパフォーマンスは急速に向上し、このLSIを応用した電子機器の高機能化、高性能化、小形化、低価格化に大きく貢献している。オーディオ分野への応用もその一つである。民生用オーディオシステムのような、コスト制限の厳しい機器に使用される実時間のオーディオ信号処理は、従来アナログ信号処理が主体であったが、LSIの集積度、動作速度が飛躍的に向上したことにより、高速、大規模回路を必要とするデジタル信号処理でもローコストで実現できるようになり、特に高忠実度が要求される音楽再生分野においては、従来スタジオ機器にのみ用いられていたデジタル信号処理が、民生用のオーディオシステムにも採用されつつある。デジタルオーディオの中でPCM(Pulse Code Modulation)レコードの代表的標準方式としてCD(Compact Disc)方式のDAD(Digital Audio Disc)システムがある。この方式は現在、世界で最も多く製品化されている方式であり、アナログレコードにとってかわるエジソン以来の革新として、大きな期待が寄せられている。

当社は、このCD方式DADプレーヤーの心臓部として必要な、デジタル信号処理を実行する1チップCMOS LSI M50420-001Pを開発したのでここに紹介する。

2. CD方式DADプレーヤーシステムの構成

CD方式DADプレーヤーシステムは図1.のようになっている。ディスクの径は12cmで約60分の演奏が可能である。ディスクのモータは読み取り

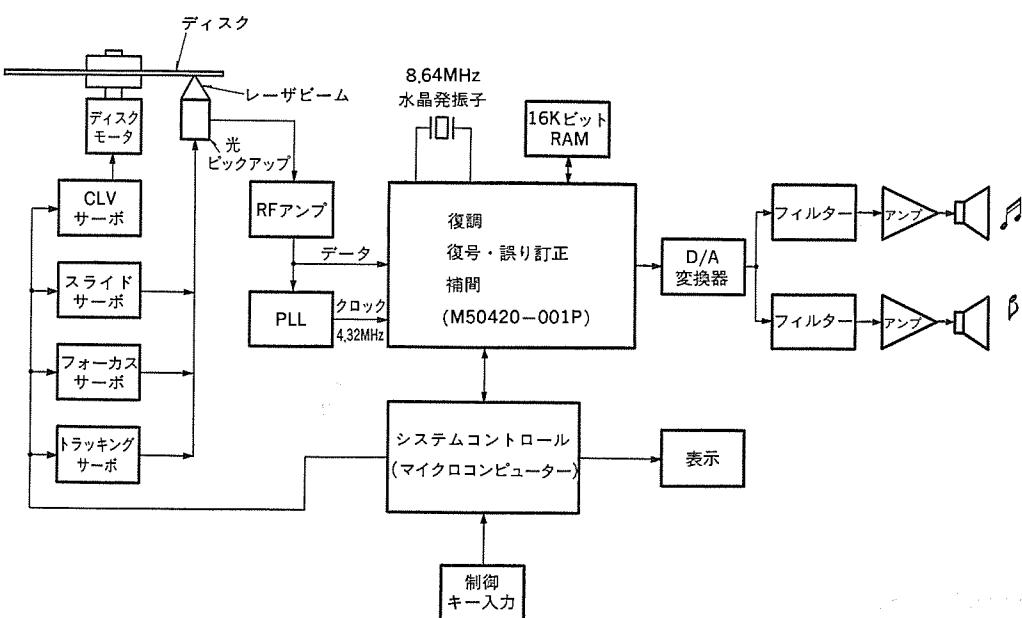


図1. CDプレーヤーシステム

り線速度が約1.3m/s一定となるようCLV(Constant Linear Velocity)サーボをかける。ディスク上のデジタル情報は、光ピックアップでディスクにレーザ光線を当て、その反射光をフォトダイオードで検出して読み取る。この光ピックアップはトラック位置決めモータのスライドサーボ、トラック追跡のトラッキングサーボ、光学焦点合わせのフォーカスサーボにより制御する。

光ピックアップで読み取ったデータからPLL回路により4.32MHzのクロックを抽出する。このクロックとデータを信号処理LSIに送る。このLSIが今回開発したLSI M50420-001Pであり、データの一時記憶用の16KビットRAMを接続するだけで、ディスクからの情報を復調、復号し、強力な誤り訂正、補間を実行し、D/A変換器へ音楽データを送出する。D/A変換器でアナログに変換された音楽信号はローパスフィルタを通して、増幅されてスピーカーへ出力される。またこれらCDプレーヤーシステムの制御キー入力、ディスプレイ出力、サーボ及び信号処理はマイクロコンピュータによりコントロールされる。

3. CD方式DADシステムの信号処理

CD方式DADシステムの記録、再生における信号処理の流れは図2.のようになっている。上段が記録系、下段が再生系を示す。記録系では、まずステレオ左右チャンネルのアナログ信号を44.1kHzでサンプリングし、16ビットに量子化する。この16ビットデータを上位、下位それぞれ8ビットのシンボルに分割する。以降このシンボルを単位として信号処理を行う。続く符号化処理では、誤り訂正に必要なパリティシンボルを付加し、更にバースト符号誤りを訂正可能な短い符号誤りに分解するための時間軸操作を行う。最後に8ビットのシンボルを14ビットに変換するEFM変調(Eight to Fourteen Modulation)をかけ、

これに同期パターン、マージンビットを附加してディスク上に記録する。再生系の信号処理は記録系と逆の流れであり、図中点線で囲んだ部分の信号処理をM50420-001Pが実行する。その実行過程においてデータに誤りがあればこれを訂正し、訂正能力を越える誤りについては前後のデータから補間する。

ディスクに記録される信号のフレーム構成は図3.のようになっている。音楽信号左右チャンネル各6サンプル分、すなわち24シンボルにQパリティ、Pパリティ各4シンボルを付加し、これに同期パターン

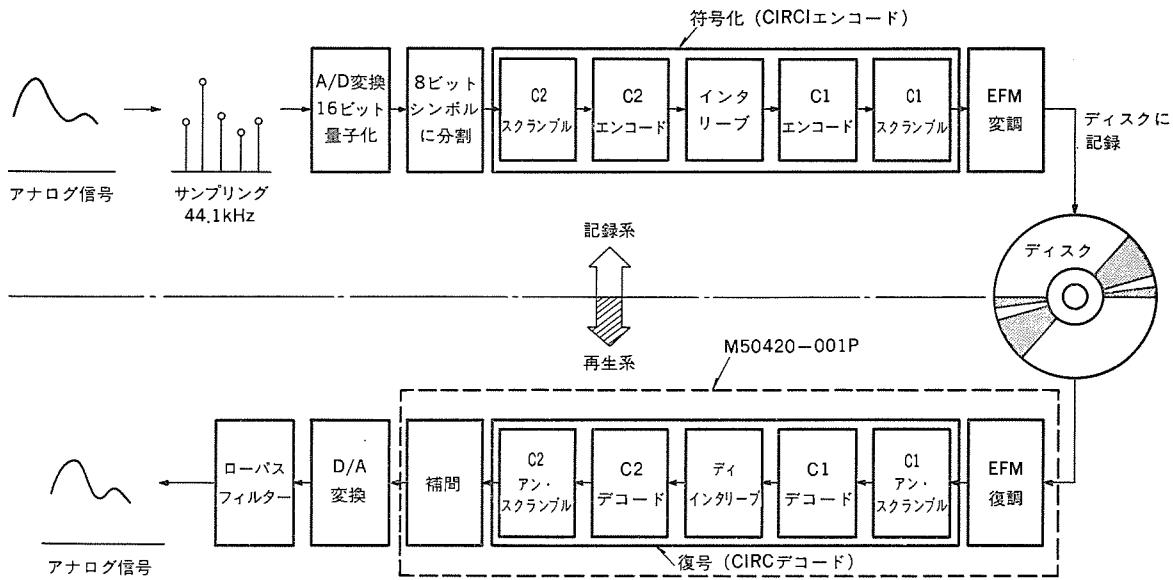


図 2. CD 方式 DAD 信号処理 ブロック図

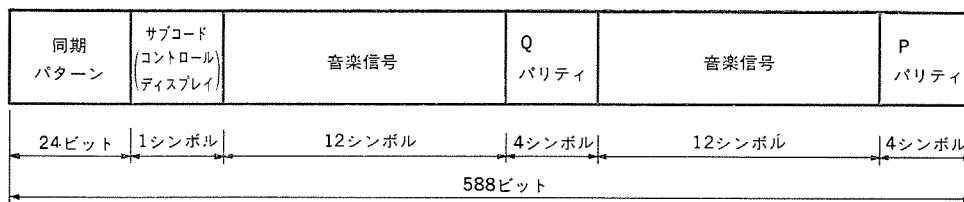


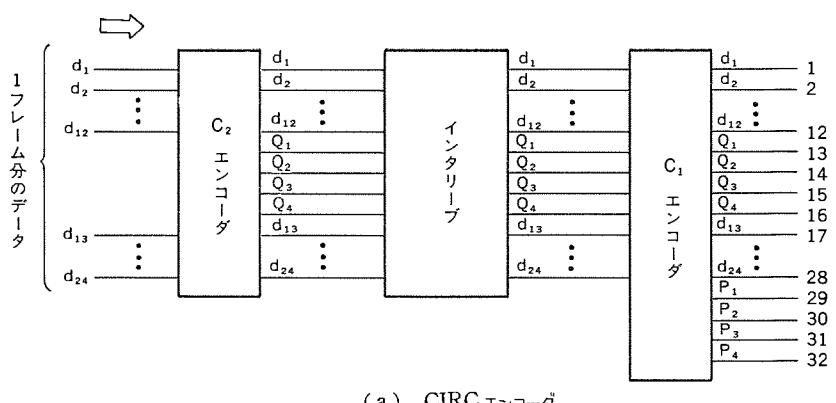
図 3. CD 方式 DAD の フレーム構成

24ビット、サブコードと呼ばれるコントロール・ディスプレイ情報1シンボル、及びマージンビットを加え、588ビットで1フレームを構成する。マージンビットはシンボルデータの結合、及びパワースペクトラムの低域周波数成分を減少させるために各シンボル、同期パターン間に3ビット付加される。

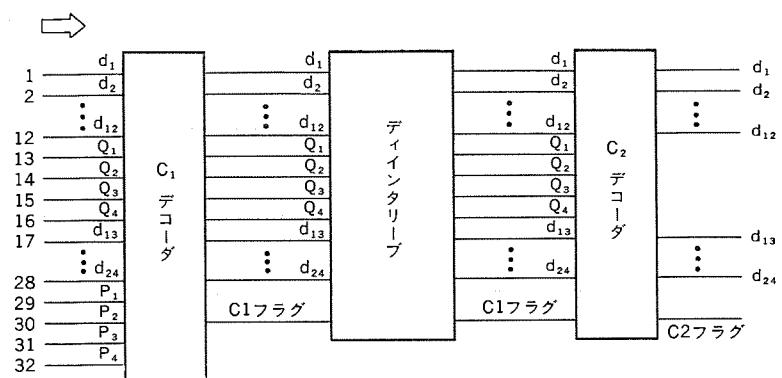
4. CD 方式 DAD システムの誤り訂正符号

光学式ディスクに用いる誤り訂正符号は、主にディスク製作工程などで生ずるランダム符号誤り、及びディスク面上の傷、指紋、サーボ系の乱れなどで生ずるバースト符号誤りに対し強力な誤り訂正能力を持つ必要がある。CD方式に使われている誤り訂正符号は、ランダム符号誤りに対する訂正能力の高いリードソロモン符号に、バースト符号誤りを時間的に分解するインタリーブの手法を組み合わせた CIRC (Cross Interleave Reed Solomon Code) とよばれる訂正符号である。

図 4. (a) CIRC エンコーダ(符号器)、CIRC デコーダ(復号器)のブロック図を示す。図 4. (a) の 2C エンコーダ、C1 エンコーダは GF(2⁸) のリードソロモン符号エンコーダであり、それぞれ1フレーム24シンボル、28シンボルに対しパリティシンボル Q₁~Q₄, P₁~P₄ を付加する (GF



(a) CIRC エンコーダ



(b) CIRC デコーダ

図 4. CIRC エンコーダ及びデコーダブロック図

はガロア有限体)。図4.(b)のC1デコーダ、C2デコーダはそれぞれ図4.(a)のC1エンコーダ、C2エンコーダに対応し、2重誤り訂正、更に消失フラグ(誤りの可能性が有るという情報)を用いて消失訂正を行うことができる。図4.(b)においてC2デコーダは、C1デコーダより渡されるC1フラグ(消失フラグ)を利用する。図4.(a)のインターブとは、各シンボルごとに4フレーム間隔の異なる量の遅延を与える、データを時間的に分解する操作であり、図4.(b)のディインタリーブは、逆に時間的に分解されたデータを元の時間軸上に配列する操作である。これによりバースト符号誤りを、訂正可能なランダム符号誤りに分解することができる。

更にインターブによりC1デコーダ、C2デコーダ、が異なるデータ列についてデコードするため、消失フラグを有効に利用できる。時間軸処理としては、他にランダム性の比較的短い誤りに対処するためのC1とC2の前後にスクランブルがある。C2デコーダでは検出可能、訂正不可能な誤りシンボルにC2フラグを立て、補間の情報をとする。

5. M50420-001 P の概要

CDプレーヤーの信号フォーマットに適合したデジタル信号処理を実行し、関連する必要機能を実現するには従来2~3チップ構成が必要であったが、当社はCDプレーヤーの小形化、低価格化の要求にこたえ、更に誤り訂正能力を強化した高性能LSIとして1チップに集積した。ウェハプロセスはNウェルのCMOS構造で、NチャネルMOSトランジスタを多用し、デザインルールは最小寸法2μm、最小トランジスタチャンネル長2.5μmの最新技術を行い、消費電力の低減、回路動作の高速化と大規模回路の高集積化を図った。図5にチップ写真、表1に基本仕様を示す。

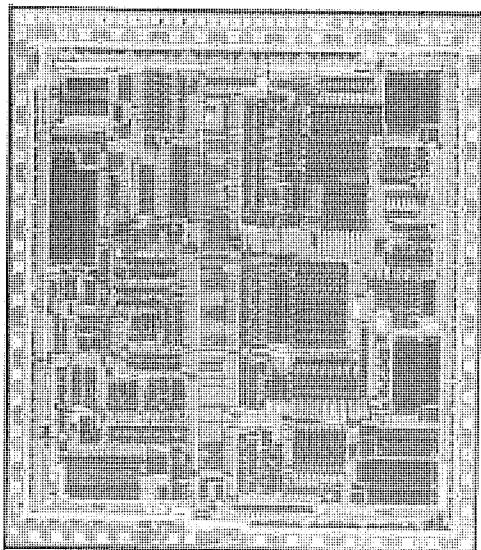


図5. M50420-001 P チップ写真

表1. M50420-001 P 基本仕様

フ ロ セ ス	ス	ス
チ ッ プ サ イ ズ	メ モ リ サ イ ズ	CMOS
ト ン ジ ス タ 数	約3万箇	0.24 mm × 7.22 mm
電 源 電 圧	+5V	
消 費 電 流	約17mA	
動 作 周 波 数	8.64 MHz	
イ ン タ フ エ ー ン バ ッ ケ ー ジ	LSTTL	
	QIL 72Pin	

仕様を示す。

6. M50420-001 P の機能

M50420-001 P のEFM信号の同期、復調、CIRC符号の復号及び補間処理の機能ブロック図を図6に示す。

内部のデータ処理は、外部の16KビットRAMをデータとフラグの一時記憶用メモリとして使い、マイクロプログラム処理方式により実行する。処理プログラムのうち、メインプログラムにおいてCIRC符号のC1デコード、ディインタリーブ、C2デコードを実行し、メインプログラムに優先する割り込みプログラムにおいて、EFMデータの復調とシンボルデータの外部RAMへの書き込み、及び補間を含めたD/A変換器への出力処理を実行する。次にM50420-001 Pの主な機能について述べる。

6.1 クロックシステムとジッタ吸収

EFMデータの読み込みは、PLL回路でデータから抽出したクロックを用いる。一方D/A変換器へのデータの送出には、8.64 MHzの水晶発振器から分周された高精度のクロックを用いる必要がある。この二つのクロック系統はCLVサーボにより同一周波数に制御されるが、EFMデータの読み込みクロックはディスクの回転によっているので、回転むらなどにより両クロック系統の間に必ずジッタを生ずる。M50420-001 Pはこのジッタを±4フレームまで吸収することができる。通常の演奏状態ではCLVサーボは位相制御状態であり、ジッタは±1フレーム内におさまる±4フレームは十分な量である。

6.2 フレーム同期制御

EFM信号を復調するためには、復調回路をEFM信号に対しフレーム単位で同期させる必要がある。同期はずれはバースト符号誤りを生

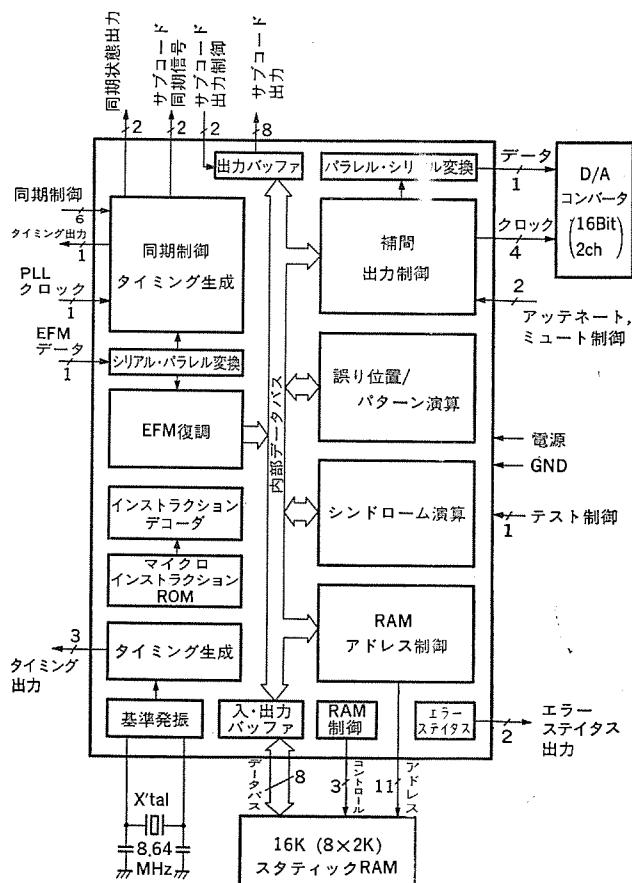


図6. M50420-001 P ブロック図

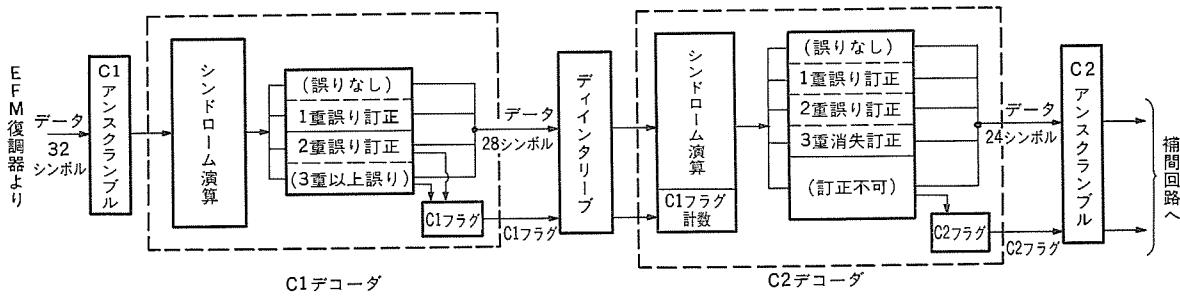


図 7. M 50420-001 P C1 · C2 復号部ブロック図

する。したがって、同期制御方式は誤り訂正能力と同様に異音の発生に関して大きな影響をもつ、M 50420-001 P ではこの同期制御方式をプレーヤーのサード系の特性の違いに合わせて、8方式のうちから選択することができる。非同期時(サーチモード)における同期条件3種類、同期時(非サーチモード)における同期条件4種類で、これらの組合せで8方式が選択できる。同期条件が満たされた場合、EFMデータの読み込みクロックと復調回路のタイミングの同期が成立する。

6.3 EFM 復調

EFM 変調は最小反転間隔3ビット、最大反転間隔11ビットで8ビットのシンボルデータを14ビットに変換する。変調により専有周波数帯域幅が狭くなり、またクロック成分が増加しPLLによるクロック抽出が容易になり、更に直流成分を少なくすることで、トラッキングが安定にできるなどの利点がある。

M 50420-001 P では EFM 信号を復調するため、ディスクから読み取ったデータをエッジ検出器に通し、変化点を“1”とする NRZ(Non Return to Zero) 信号に変換する。更にシフトレジスタにより直並列変換した EFM データを、PLA(Programmable Logic Array) を用いた変換テーブルに転送し、8ビットのシンボルデータに変換し、これを外部 RAM へ書き込む。LSI 内部の信号処理はこの8ビットのシンボルを単位として行う。

6.4 サブコード復調

EFM 信号にはプレーヤーシステムのコントロール及びディスプレイ情報としてサブコードが、1フレームに1シンボル含まれ98フレームで1ブロックを構成する。サブコードを読み取るための14ビットの同期パターン S_0 及び S_1 がブロックの最初にあり、その同期パターンが両方とも検出された場合、または一方が検出された場合、それぞれ検出パルスを外部の制御用マイクロコンピュータへ出力する。同期パターン以外のサブコードデータは EFM 復調回路を通して、8ビット並列、または4ビット並列 × 2ワードで外部へ出力する。

6.5 CIRC 復号及び誤り訂正

M 50420-001 P で採用した復号方法はハードウェアが過大にならず、かつ種々の誤りパターンを効果的に検出し、訂正できるように考案されたもので、後述のような強力な誤り検出、訂正能力を持っている。この復号法では、C1 デコーダで1重、2重誤りを訂正し、C2 デコーダでは1重、2重誤りと3重消失を訂正する。復号はフレーム単位で実行する。またデータ(シンボル)、フラグの受け渡しは外部 RAM を介して行い、アンスランブル、ディインタリープの時間軸変更操作を、外部 RAM のアドレスを所定の値に設定することにより処理する。

図 7. に復号部のブロック図を示す。C1、C2 デコーダは、まず外部 RAM より入力されるシンボル列 $V_p(V_{n-1}, V_{n-2}, \dots, V_1, V_0)$ に対し式(1)の演算を行へ、シンドローム S_0, S_1, S_2, S_3 を求める(ただし、C1 では $n=32$ 、C2 では $n=28$ 、すべて GF 上の演算)。

$$S_i = \sum_{j=0}^{n-1} \alpha^{i \cdot j} \cdot V_j \quad \dots \dots \dots (1)$$

$i=0, 1, 2, 3$

ここで α は $GF(2^8)$ の元

C2 デコーダでは同時に C1 フラグを計数する。

次に式(2)に示す演算を行う。

$$\left. \begin{array}{l} a = S_1 \cdot S_1 + S_0 \cdot S_2 \\ b = S_0 \cdot S_3 + S_1 \cdot S_2 \\ c = S_1 \cdot S_3 + S_2 \cdot S_2 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

以上のようにして求めたシンドローム $S_0 \sim S_3$ と a, b, c の値及び C2 デコーダでは C1 フラグの計数結果とにより、誤りの状態を判定し、所定の処理プログラムに従って処理を進める。例えば、シンドローム $S_0 \sim S_3$ がすべて0なら誤りなしと判定し、復号処理は終る。また、シンドローム $S_0 \sim S_3$ がすべて0でなく、 a, b, c がすべて0であれば1重誤りと判定し、式(3)、式(4)により誤りの位置 x と誤り量 e_x を算出し、1重誤りを訂正する。

$$a^x = S_1 / S_0 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$e_x = S_0 \quad \dots \dots \dots (4)$$

また、C2 デコードで C1 フラグが立っているシンボルが3個の場合は3重消失と判定し、式(5)により誤り量 e_z, e_y, e_x を算出し、3重消失を訂正する。

$$\left. \begin{array}{l} e_z = \frac{S_1 \alpha^x \alpha^y + S_2 (\alpha^x + \alpha^y) + S_3}{\alpha^z (\alpha^z + \alpha^{2z}) (\alpha^z + \alpha^y)} \\ e_y = \frac{e_z \alpha^z (\alpha^x + \alpha^z) + S_1 \alpha^x + S_2}{\alpha^y (\alpha^x + \alpha^y)} \\ e_x = \frac{e_y \alpha^y + e_z \alpha^z + S_1}{\alpha^x} \end{array} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

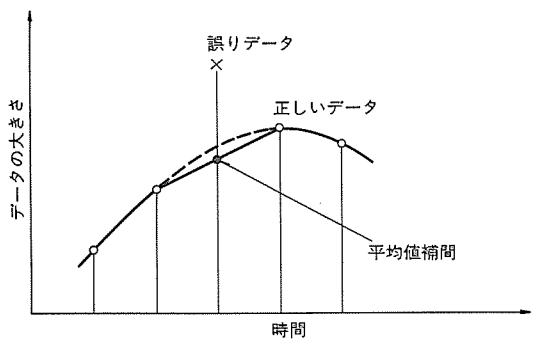
ここで $\alpha^x, \alpha^y, \alpha^z$ の x, y, z は C1 フラグの立っているシンボルの位置である。2重誤りの場合にも同様の計算を行い、誤りを訂正する。また C1 デコードでは2重以上の誤りの場合に C1 フラグを立て、C2 デコードでは訂正できない誤りを検出した場合に C2 フラグを立てる。誤りシンボル V_x の訂正手順としては、まず誤り位置 x のシンボル V_x を外部 RAM から読み出し、これに式(6)のように誤り量 e_x を加えて訂正する。

$$V'_x = V_x + e_x \quad \dots \dots \dots (6)$$

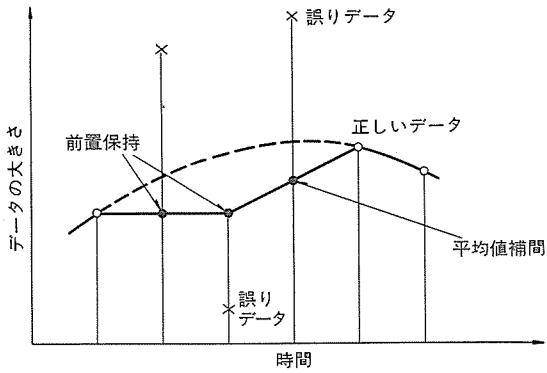
次に訂正したシンボル V'_x を外部 RAM へ書き込むという順に行う。

6.6 補間及び出力処理

補間回路では誤り訂正能力を越える誤りについては、C2 フラグ情報によりデータ誤りを補間する。補間処理の実行例を図 8. に示す。単独に誤りデータがある場合には、前後の正しいデータの平均値をとり補間する。連続して誤りデータがある場合は、誤り直前の正しいデータを保持し、最後の誤りデータは保持されたデータと次の正しいデータとの平均値をとって補間する。D/A 変換器へのデータ出力は16ビット直列で、曲の頭出し、早送りなどのためミューティング及び -12 dB,



(a) 単独に誤りデータが有る場合



(b) 連続して誤りデータが有る場合

図 8. 補間処理

-18 dB のアッテネートを設定できる。

6.7 誤り検出、訂正能力

図 9. は M 50420-001 P で採用した復号方法の誤り検出、訂正能力をランダム符号誤りについて計算機でシミュレーションした結果を示したものである。図中補間音とは、誤りの検出はできたが訂正できずに補間された音を示し、異音とは誤り検出ミスにより誤ったデータがそのまま出力された音を示す。ディスクの標準的なシンボルエラーレート (SER) は 10^{-3} 程度であるが、その場合の異音、補間音の生起確率は極めて小さく無視できる。更に、ひどく汚れたディスクの SER は 10^{-2} 程度であるが、その場合でも異音の生起確率は 2か月の連続演

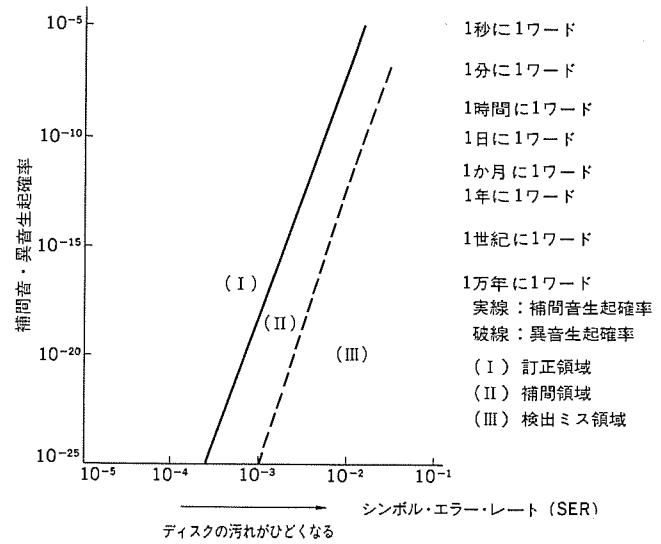


図 9. ランダムエラー訂正能力表

奏で 1 回である。一方 バースト符号誤りに対しては、訂正可能な誤りの長さは約 11 フレーム（ディスク上で約 2 mm）、平均値補間可能な誤りの長さは 48 フレーム（ディスク上で約 8.5 mm）である。このように M 50420-001 P は強力な誤り訂正能力をもっている。

7. むすび

以上、今回開発した CD 方式 DAD プレーヤー用信号処理 LSI の復調、復号、誤り訂正、補間などのデジタル信号処理機能について述べた。この LSI が CD プレーヤーシステムの高性能化、小型化とコストパフォーマンスの向上に大きく寄与し、CD プレーヤー普及の一助となると考える。今回の LSI 開発はデジタル信号処理をオーディオ分野に適用した一例であるが、今後とも半導体技術の進歩により DAT (Digital Audio Tape)、デジタル TV、衛星放送など、他のオーディオビデオ分野で多くのデジタル信号処理用 LSI が開発されよう。当社は VLSI の技術を高め、これをあらゆる方面に応用し、電子機器の高性能化、多機能化を図るために一層の努力を傾けていく所存である。

CMOS搭載形厚膜サーマルヘッド

沢江哲則*・山下博実*・遠藤孝文*・畠部悦生**・飛田敏男***

1. まえがき

感熱記録の普及には著しいものがあり、例えばファクシミリでは既に過半数が感熱記録方式となっている。従来の高速ファクシミリ、高速プリンタの市場から複写機分野への適用には、大形サイズ化のサーマルヘッドの誕生が待たれている。各々の用途に応じてサイズに違いはあるが、機器へ実装する場合、操作性が簡単で、小形軽量のサーマルヘッドが望まれている。更にサーマルヘッドの低価格化への技術革新が要求されている。

これに対して、新しく開発したCMOS搭載形厚膜サーマルヘッドの特長は、32ビットのCMOSシフトレジスタ・ドライバチップを発熱抵抗体と同一基板上にワイヤボンディング法で実装し、発熱基板サイズを従来のI²Lチップ搭載形に比べて、1/2と著しく小形化しており、しかも発熱体分離形で8ドット/mmの分解能を持つことにある。この技術は交互リード形を採用した場合、16ドット/mmの分解能をも実現可能とする。更に進めて交互リード形で、2ms/ラインの高速記録、12ドット/mmの分解能を持つ、A3サイズ記録用のサーマルヘッドも開発した。この結果、一方ではサーマルヘッドのコスト低減を可能とし、他方では高品質サーマルヘッドとして複写機分野へのサーマルヘッドの進出を実現した。

ここでは、厚膜サーマルヘッドの高速化・高解像度化に対する位置づけ、及びCMOS搭載形サーマルヘッドの構成と特性について述べ、最後に機器実装に関するCMOS搭載形サーマルヘッドの周辺回路技術を紹介する。

2. 高速化・高解像度化の問題

感熱記録は、サーマルヘッドにより感熱記録紙、インクシートなどの記録媒体にジュール熱を与えて直接可視像を得る記録方式である。サーマルヘッドは、セラミックなどの基板上に発熱抵抗体を一定の間隔で一列に配列したもので、各発熱抵抗体は画信号に応じて選択的に通電される。

サーマルヘッドの発熱抵抗体総数をLとし、Mドットずつ同時に駆動し、N回で1ラインを終了する場合、1ライン当たりの記録時間Tは次式で与えられる。

$$T = t \cdot N \quad (1)$$

ここで、t : Mドット同時記録時間

L : 1ラインの発熱抵抗体総数(M×N)

式(1)から記録時間Tを短縮するには第1にtを小さく、第2にNの回数を1回にすることが望ましい。N=1の場合、同時記録ドット数が多くなるため、大きな記録電源を必要とする。通常黒印字率に応じて、黒印字率が少ない場合N=1、黒印字率が多い場合N=4~16と分割駆動することにより、小さな電源で実質的には高速で記録することが可能である。発熱抵抗体の各ビットにドライブ用ICチップを接続した構造の場合、ダイオードマトリクス形構造のサーマルヘッドなどに比べて、分割数を黒印字率により自由に選択できるために

高速記録に適している。

一方、記録時間tを小さくすることも高速記録に重要な要素となり、現在t=0.5 ms程度のものが得られているが、高速記録の弊害となる熱蓄積現象を防止して初めて高速用サーマルヘッドとなり得る。図1は1ドットの記録時間の熱特性を示すものである。 τ_r は温度上昇スピードを表す熱時定数、 τ_d は温度下降スピードを表す熱時定数で、加熱、冷却の等価回路から次式で近似できる。

$$\frac{\Delta T}{P_d \cdot R_{th}} = e^{-\frac{t}{\tau_d}} \quad (\text{下降時}) \quad (2)$$

$$\frac{\Delta T}{P_d \cdot R_{th}} = (1 - e^{-\frac{t}{\tau_r}}) \quad (\text{上昇時}) \quad (3)$$

ここで ΔT : 温度差

P_d : 消費電力

R_{th} : 热抵抗

: 热下降時間

: 热上升時間

式(2)から、

$$\frac{\Delta T}{P_d \cdot R_{th}} = e^{-1} \approx 0.37 \quad (4)$$

すなわち、発熱抵抗体表面温度が63%下降した点の時間 t_1 を τ_d として表現できる。 τ_r は便宜的に1 msの通電時間で300°Cに温度上昇する電力を印加し、270°Cに至るまでの時間とした。図2. は

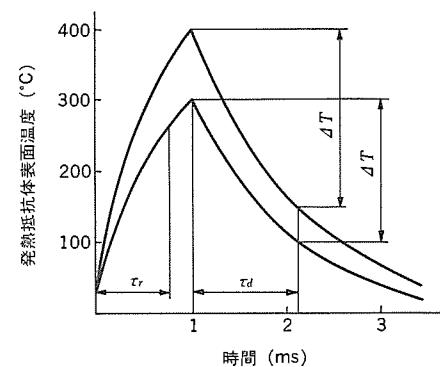


図1. 発熱抵抗体の熱応答特性

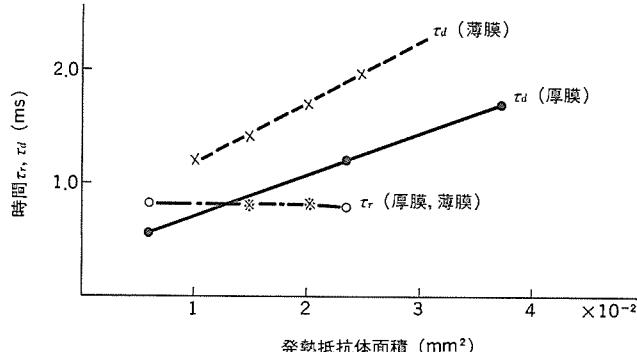


図2. 热時定数カーブ

厚膜抵抗体ビットと薄膜抵抗体ビットとを、それぞれ ドットサイズ別に τ_r と τ_d を赤外線温度計で測定しプロットしたものである。特徴は、厚膜方式は薄膜方式に比べて τ_d が小さい。すなわち下降時の熱応答が早い。

ところで厚膜 サーマルヘッド は薄膜方式に比べて信頼性は高いが、ファインパターンの作成が難しいのではないかと言われているが、当社ではこの問題を解決するため、当初から薄膜と同等の導体パターン膜厚を形成するためのスクリーン印刷技術と写真製版技術を併用することにより、導体幅 30 μm 、導体間ピッチ 84 μm で B4 サイズまで⁽¹⁾、更に今回写真製版プロセスの改良で、導体幅 25 μm 、導体間ピッチ 62.5 μm で B4 サイズと、薄膜方式と同等レベルにまで上げて生産可能となった。ただし、このようなファインパターンの場合、導体間ピッチが接近するため、上部に形成される発熱抵抗体の抵抗となり得る有効寸法が 40 μm 以下となり、次のような問題点が発生した。

- (1) 厚膜 サーマルヘッド の長所である高抵抗発熱抵抗体が形成できない。
- (2) 発熱抵抗体の抵抗値ばらつきが増大する。

上記問題を解決するため、第1に厚膜抵抗体材料の一部を構成するガラス材料を、従来のほうけい酸ガラス材料からランタン系ガラス化合物に変更した。この結果、発熱体分離形 8 ドット/mm サーマルヘッドで 500 Ω 以上の抵抗値が形成できた。第2に抵抗体材料の粒径をち(緻)密にし、印刷、焼成後の発熱抵抗体の膜形成を均一にした。この結果、抵抗値ばらつきは、発熱体分離形 8 ドット/mm サーマルヘッドで標準偏差 3 σ 値で 16.2% で構成できた。

3. CMOS 搭載形厚膜サーマルヘッド

3.1 CMOS シフトレジスタ・ドライバの特長

CMOS シフトレジスタ・ドライバの仕様を表1. に示す。この IC チップは

表 1. CMOS 32 ビットシフトレジスタドライバ

Parameter	Symbol	MIN	TYP	MAX	Unit	Note
Supply Voltage	VDD 0	4.75	5.0	5.25	V	
	VDD 1	—	—	26	V	
Supply current	IDD 0	—	1.0	1.5	mA	VDD 0=5.0 V 4.5 MHz
	IDD 1	—	1.5	3.5	mA	VDD 1=24 V
High-level Input voltage	VIH	2.4	—	VDD 0	V	
Low-level Input voltage	VIL	—	—	0.8	V	
High-level Input current	IHH*	—	—	32	μA	VIH=2.4 V LA & STB
	—	—	—	0.5	μA	VIH=2.4 V DA & CLK
Low-level Input current	IIL	—	—	-0.5	μA	VIL=0.4 V
Output voltage	VO	—	—	26	V	Heat element supply voltage
Low-level Output voltage	VOL	0.25	—	0.85	V	IOL=45 mA VDD 1=24 V
Low-level Output current	IOL	—	—	70	mA	Heat element supply current
Clock frequency	Fclk	—	—	4.5	MHz	
Clock pulse width	Tw(T)	100	—	—	ns	
Data setup time	Tsu(D)	30	—	—	ns	
Data hold time	Th(D)	70	—	—	ns	
Latch setup time	Tsu(LA)	1.5	—	—	μs	
Latch pulse width	Tw(LA)	1.0	—	—	μs	
Strobe setup time	Tsu(ST)	1.0	—	—	μs	

サーマルヘッド用に新たに開発したもので、32ビットのシフトレジスタ、ラッチ及びスイッチ回路を1チップで構成した。特長として次の点があげられる。

- (1) 発熱体駆動電圧が 26 V と高電圧である。
- (2) 発熱体駆動電流が 70 mA と大容量である。
- (3) データ転送スピードが 4.5 MHz と高速である。
- (4) ロジック消費電流が 5 V, 1 mA と省電力である。

以上のうち、(3)は高速記録性能、(4)はセラミック基板の温度上昇による画品質の低下防止に欠かせない重要な要素である。

3.2 構成

3.2.1 CMOS IC 周辺の構成

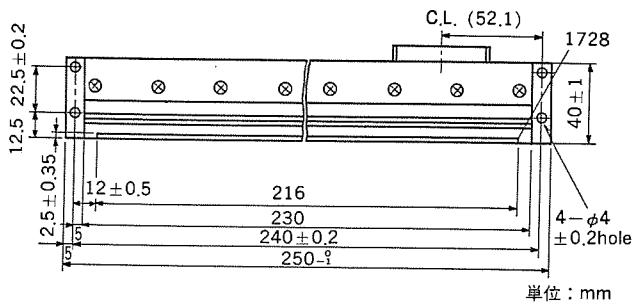
IC は多数、サーマルヘッドに搭載されるため、ノイズ対策として次の改良を行われている。

- (1) CMOS チップ上、ボンディングパッド周辺にパッドを開むようにグランドラインを設けた。
- (2) セラミック基板上のパターン電極と、外部配線用コネクタの接続には2層配線フレキシブル基板を用いて、各信号ラインは、グランドラインによって囲まれる構造とした。

なお、発熱基板は、IC チップ 2 個単位でブロックを構成し、各ブロックごとに信号電極を引き出す構造となっている。したがって IC 実装後の発熱基板単体の機能試験と、故障時の解析が 64 ビット単位で行える。IC チップの機能試験は、信頼性を保証するため、印加電力と入力信号パターンを数種類変えて、全ブロック試験を実施している。機能試験は、専用に開発したサーマルヘッド機能試験機により全自动で行っている。最後にフレキシブル基板を用いて外部コネクタと接続される。この方式で、サーマルヘッドの外形寸法は、A4 サイズ用で 250 × 40

表 2. CMOS 搭載形厚膜 サーマルヘッド の仕様

		発熱抵抗体分離形エッヂタイプ							連続形センタータイプ					
		S216-6 EGA	S108-6 EGA	S54-6 EGA	S256-8 EGA	S216-8 EGA	S104-8 EGA	S48-8 EGA						
記録幅	mm	216	108	54	256	216	104	48	303					
解像度	ドット/mm	5.9			8			11.8						
抵抗値	平均抵抗値 抵抗値ばらつき	Ω %	340~420			450~600			700~900					
標準記録条件	所要電力 通電時間 記録周期	W/ドット ms ms	0.5		0.45			0.3						
供給電源	記録電源 ロジック電源 ロジック電流	V V mA	2		1.2			1.0						
電気	転送スピード	MHz	5(typ.) 2(min)											
環境	環境温度 環境湿度	°C %RH	5~45(動作時) -20~+80(保存時) 10~90											
信頼性	寿命	km	記録紙走行 30 以上											
その他	CMOS 素子数		40	20	10	64	54	26	12					



PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME
1	COMMON	11	V _{DD0} (+5V)	21	NC	31	STROBE 1
2	GND	12	GND	22	GND	32	NC
3	COMMON	13	LATCH	23	NC	33	THERMISTOR
4	GND	14	GND	24	NC	34	THERMISTOR
5	COMMON	15	CLOCK	25	STROBE 7	35	COMMON
6	GND	16	GND	26	STROBE 6	36	COMMON
7	COMMON	17	DATA IN	27	STROBE 5	37	COMMON
8	GND	18	GND	28	STROBE 4	38	COMMON
9	V _{DD1}	19	NC	29	STROBE 3	39	COMMON
10	GND	20	GND	30	STROBE 2	40	COMMON

図 3. CMOS 搭載形厚膜 サーマルヘッド の例

×9.7となり、小形化を実現している。

CMOS搭載形厚膜サーマルヘッドの仕様を表2. IC, 外観形状を図3.に示す。表2.において発熱体分離形は、それぞれ記録幅と解像度に合わせて数機種を生産、販売している。S 303-12 A.は、12ドット/mmの解像度でA 3サイズの記録が行える交互リード電極形の高性能サーマルヘッドである。

3. 2. 2 発熱体分離形サーマルヘッド

従来の厚膜サーマルヘッドは、

図4. (a)に示すように発熱抵抗体に給電するためのリード電極を、1本おきに交互に取り出している(発熱体連続形)。そのために2ドットずつ2ドットおきに行う必要があった。これに対して発熱体分離形サーマルヘッドは、発熱抵抗体に給電するリード電極は、図4. (b)に示すように8ドット/mmサーマルヘッドの場合、125μmのピッチで交互に取り出し、一方は共通電極としてまとめ、他方の個別電極は、ワイヤボンディングによりCMOSチップに接続した。したがってダイオードチップの搭載が不要となり、発熱抵抗体をセラミック基板端面から2.5mmの位置に構成した。更に上記寸法内にスクリーン印刷にて、共通電極パターンの強化を行っている。このようにすることにより、従来から

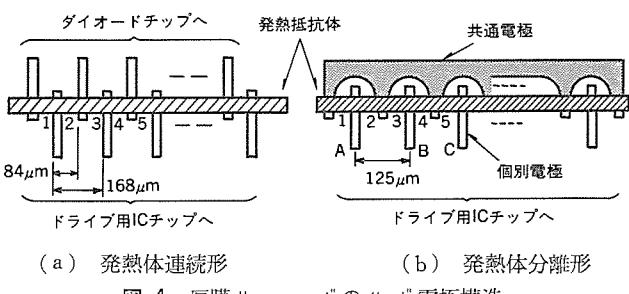


図 4. 厚膜サーマルヘッドのリード電極構造

使用しているセラミック基板に比べて、1/2サイズで発熱基板を形成することが可能となった。またセラミック基板は、熱応答特性の改善のため、発熱抵抗体下部のみグレースを施している。また複雑な多層配線ではなく、ICチップ下面のグランドパターンのみが多層配線となっており、高密度実装パターンであるにもかかわらず構造はシンプルである。

発熱体分離形サーマルヘッドの一例として、S 216-8 EGAの内部回路構成図を図5.に示す。図において、総ドット数1,728個に対して、

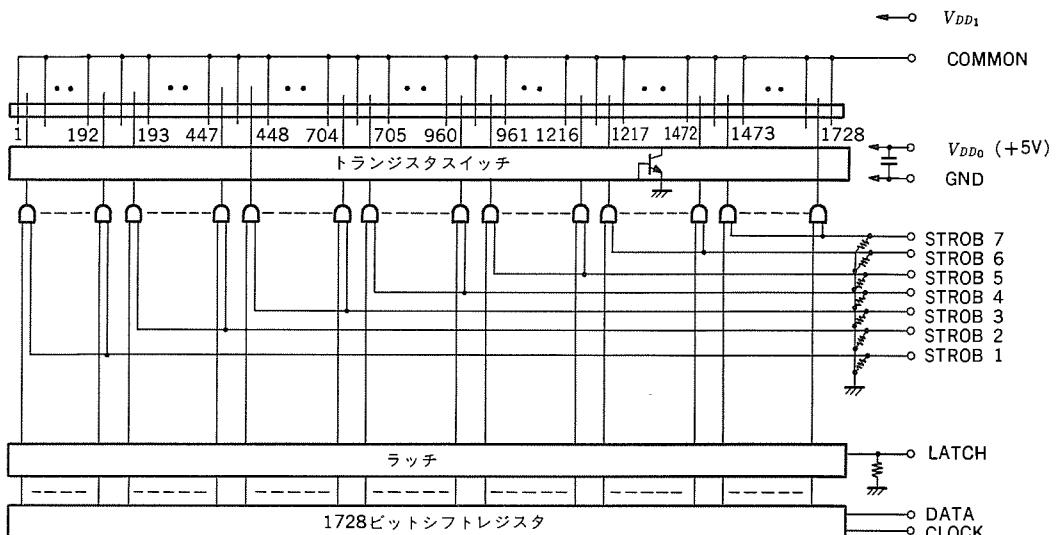


図 5. S 216-8 EGA 内部回路構成図

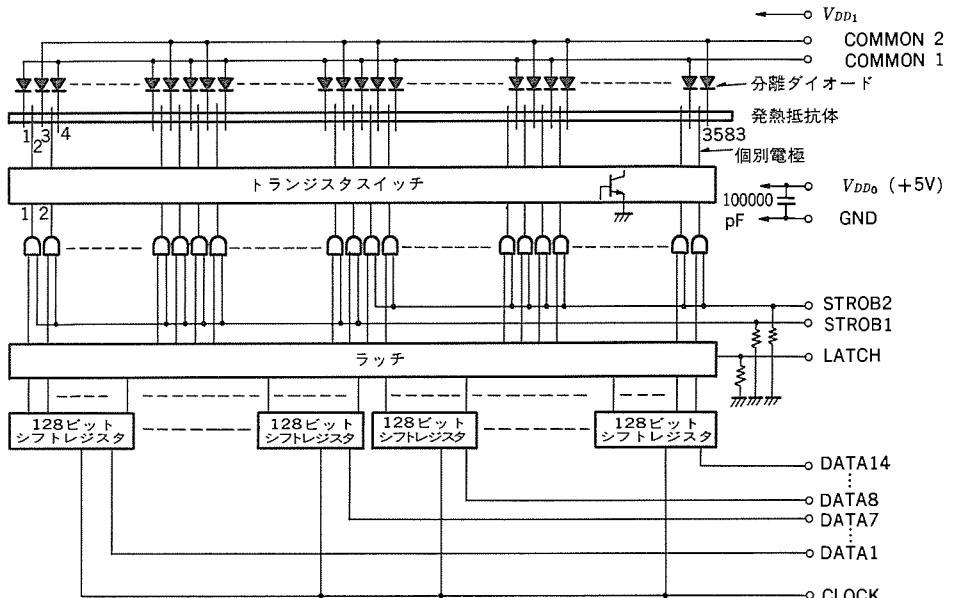


図 6. S 303-12 A 内部回路構成図

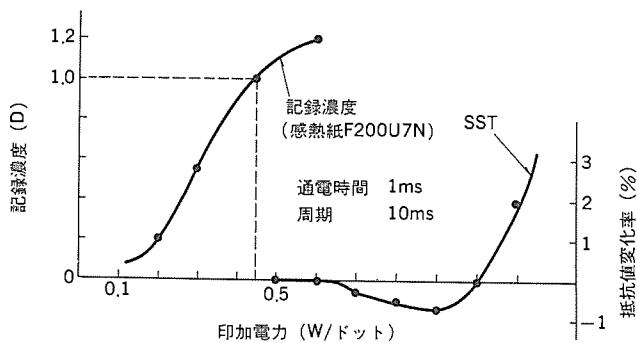


図 7. S 216-8 EGA 記録濃度特性とステップストレステスト

データ転送入力 1 本で全ビット転送を 0.4 ms 以下で完了できる。また分割駆動も容易に行えるように制御信号端子を 7 本備えている。

3. 2. 3 12 ドット/mm サーマルヘッド

表 2. に示すように S 303-12 A は、12 ドット/mm の解像度で A3 サイズの記録が可能である。内部回路構成図を図 6. に示す。マトリクス構成は、 $2 \times 1,792$ であり、1 ラインを 2 回で記録できるが、2 本の制御信号端子により高速記録が要求される場合は、1 ラインを 2 回で記録し、電源容量が制限される場合などは最大 4 回で記録する。画信号は、DATA 1 ~ DATA 14 で示す 14箇所から入力するようにした。これは画信号を短時間内にサーマルヘッドに転送できるようするためであり、この場合、128 ビットを転送するのに約 28 μ s で完了する。一方通電時間は、制御信号端子 (STROBE) に入力するが 500 μ s 程度であり、データ転送時間が通電時間に比べてネグレクトされることとなる。以上から、画信号を 1 通電時間内に複数回転送変更することが可能であることがわかる。結果、S 303-12 A の場合、次のようなデータ入力の使用法がある。

サーマルヘッドの高速記録を得るため、熱蓄積を防止する場合には、第 1 ライン印字後、第 2 ライン印字時、第 1 ライン黒ドット部は、所定時間印字後、画信号データを入れかえ白ドットとする。第 1 ライン白ドット部は、所定時間印字後、画信号データを入れかえ、黒印字のみ通電時間内で印字時間を延長する。

3. 3 特性

発熱体分離形 8 ドット/mm サーマルヘッドのステップストレステスト (SST) の結果と、印加電力に対する記録濃度特性を図 7. に示す。通電時間 1 ms、記録周期 10 ms の場合、1.0 D の記録濃度は 0.45 W であり、これは SST において抵抗値変化が生じない範囲であり、発熱抵抗体は十分な余裕がある。全黒パターンの印字走行テストでも走行距離 30 km 時の抵抗値変化は、全ビット 5 % 以下であり、寿命に関しては十分な信頼性が得られている。一方、S 303-12 A でも通電時間 1 ms、記録周期 5 ms にて、SST 値は 0.47 W であり、0.4 W まで抵抗値変化はない。

4. CMOS 搭載形サーマルヘッドの周辺回路技術

4. 1 電源シーケンス

サーマルヘッドを駆動する場合の問題点として、電源シーケンスがある。

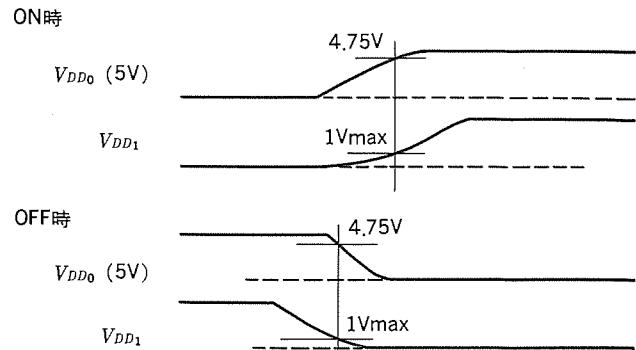


図 8. 起動・停止時の電源シーケンス

記録電源が入力されている状態で、サーマルヘッドを起動、停止させた場合、発熱抵抗体の破損につながる。この理由は、上記のような過渡状態では、セット側制御信号もサーマルヘッド側のロジック信号レベルも不安定状態となるためである。通常、これを防止するため、セット側で記録電源も制御することとなる。このため記録電源の性能アップが要求される。また記録電源それ自体大容量であるため、制御に限度がありユーザー負担が大きくなる。

このようなロスを軽減するため、CMOS 搭載形サーマルヘッドの場合、ロジック電源 (V_{DD0}) + 5 V とは別に発熱体電流制御端子 (V_{DD1}) が特別に設けられており、低電流で制御が可能となる。図 8. に示すように、(V_{DD0}) を起動し、4.75 V 以上立ち上がってから (V_{DD1}) を起動する。停止時は、(V_{DD1}) が 1 V 以下になってから (V_{DD0}) を停止する。したがって記録電源は、常に入力状態でよい。

4. 2 ノイズ

サーマルヘッドは万全のノイズ対策を実施しており、外部コネクタ配線も信号端子とグランド端子とは、交互に配線される構造となっている。このためノイズによる誤動作は皆無に等しいが、中継点における配線変更は、極力短く処理することが望ましい。

5. むすび

今回開発した CMOS 搭載形サーマルヘッドは、生産性、コストパフォーマンスに優れた厚膜方式の利点を十分に活用し、かつ従来厚膜方式の欠点とされていた高速、高解像記録を達成した。

今後、G 4 ファクシミリ、INS ファクシミリ、高速プリンタ、更に複写機など OA 端末機器の記録ヘッドとして使用されることが大いに期待される。

今後の課題として、更に材料、製造プロセスの改良により、より安価なサーマルヘッドの実現と、16 ドット/mm 厚膜サーマルヘッドの実現を目指して、より一層の高性能化と低コスト化を進めて、ユーザーの要求にこたえてゆく所存である。

参考文献

- (1) 畑部ほか：ドライバ搭載形厚膜サーマルヘッド、三菱電機技報、57, No. 6, P. 26 (昭和 58)

高選択性セラミックガスセンサ

小峰 義治*・沢田 隆夫*・佐藤 建**

1. まえがき

各種雰囲気中のガス種の選別、ガス濃度の計測には、従来から、ガスクロマトグラフなど化学的方法、ガルバニ電池など電気化学的方法、赤外吸収、化学発光など光学的方法、水素炎イオン化など電気的方法、などにより行われている。これらの方法は精度が高く、計測用には向いているが、装置が大形で高価である、ガスサンプリングを必要とすることが多い、定期的なエレメントの交換が必要な場合がある、などの問題もある。したがって、雰囲気の連続モニタリングあるいは制御には不向きである。

一方、半導体セラミックスを用いた、いわゆるガスセンサは精度的には前述の大形装置に比べて劣るが、小型で安価なこと、オンラインでの計測、制御が可能であること、などの特長をもっている。これらは次の(1)～(3)のニーズに適合しており、セラミックガスセンサの研究開発が活発に行われている。

(1) 産業界、一般家庭における都市ガス、天然ガスなど可燃性ガスの使用量が増え、センサは火災防止、人命保護のため、ますます必要になっている。

(2) 産業の発展に伴い、人間を取りまく環境は悪化してきており、その環境を監視し制御する必要が生じてきた。

(3) 機器の自動化、省エネルギーを目的としたとき、ガス流量の制御を必要とする場合が多い。

センサ材料としては、従来から、酸化すず⁽¹⁾(SnO₂)、酸化亜鉛⁽²⁾(ZnO)、酸化鉄⁽³⁾(Fe₂O₃)など△形半導体セラミックスが検討されており、SnO₂系ガスセンサは市販されている。この種のガスセンサの最大の欠点はガスの種類が選別しにくいことである。ガス漏れ警報器は都市ガス、プロパンガスなど可燃性ガスの漏れを検知し警報を出すものであるが、アルコールにも感じ誤報を出すことがあるため、補償用のアルコールのみを検知するガスセンサの開発が要望されている。

ガス選択性を高めるには触媒の効果を利用する事が有効であり、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、金(Au)、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)などが検討されている。それらにより、ある程度選択性は改善されてきてはいるが、まだ十分とはいえないのが現状であろう。

筆者らも触媒の効果に注目し、2種の触媒効果を合わせることにより、1種の触媒に比べ選択性が優れたアルコールガスセンサを開発した。このセンサは筆者らが開発した水酸アパタイト系湿度センサ⁽⁴⁾と感ガス材料であるZnOあるいはSnO₂とをハイブリッド化させたものであり、水酸アパタイトのアルコールに対する触媒効果と、電極材料である酸化ルテニウム(RuO₂)の酸化触媒効果とを利用している。RuO₂電極の効果は、チタンとニオブの複合酸化物であるTiNb₂O₇を用いたセンサでも認められ、硫化水素など悪臭ガスに対し高い選択性を示す。

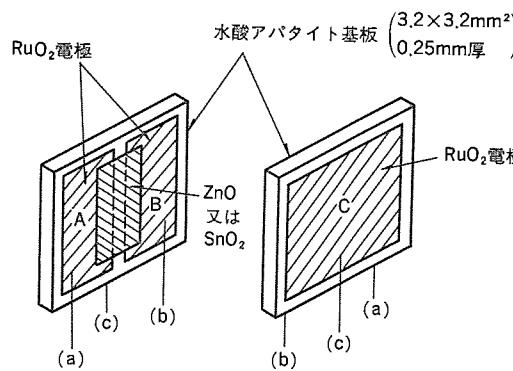
2. ハイブリッドセンサの作製

水酸アパタイト粉末の合成法、多孔質アパタイト基板の作製法は既に詳述している⁽⁵⁾ので、ここでは簡単に述べる。第2りん酸カルシウム、

炭酸カルシウム及び炭酸ナトリウムを、水酸アパタイト、Ca₉Na(PO₄)₆(OH)₂になるような比率で混合し、水の共存下、固体一水素反応により水酸アパタイト粉末が合成される。この粉末をプレス、焼成して焼結体を得る。この焼結体は粒径1.2 μm、気孔径0.8 μm、気孔率36%の多孔質セラミックスである。この焼結体から3.2×3.2 mm²、厚み0.8 mmに切り出した後、研磨して厚み0.25 mmのアパタイト基板が得られる。

次に素子の作製について述べる。図1.に示すように、基板表面にRuO₂の分離電極A、B(分離幅0.25 mm)及びそれらの上に感ガス材料を印刷する。スクリーンは325メッシュである。ZnOは市販のもの、SnO₂は自製のものを用いた。比表面積から算出される平均比表面積径はZnOで0.35 μm、SnO₂で0.11 μmである。感ガスペーストはZnOあるいはSnO₂と有機バインダのみで作られており、ガラスフリットは含まれていない。基板裏面にはRuO₂の全面電極を印刷する。全体の印刷後、リード線を接着し、800°Cで10分焼付けして素子が出来上がる。感ガス機能を持たせるには、素子を高温に保つ必要があるため素子の周囲に図2.、Bに示すようなカントリヒータを設けている。なお、A及びCはそれぞれ素子及びセンサの外観を示している。

感ガス特性は素子を高温に保ち、図1.の電極A、B間の抵抗を測定して得られる。この素子は、室温では、電極A、Bを短絡し、



(a), (b) : 0.1φPt-Rhリード線 (c) : 0.2φPt-Rhリード線

図 1. ハイブリッドセンサの構造

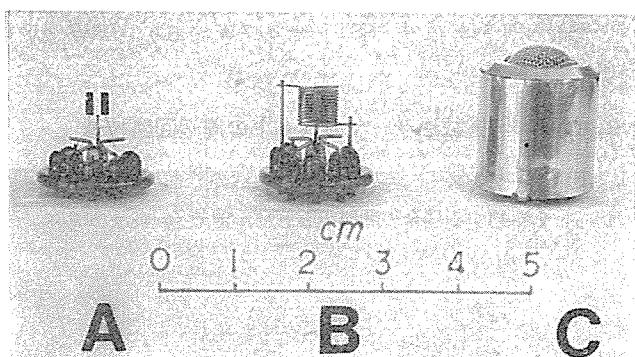


図 2. ハイブリッドセンサ

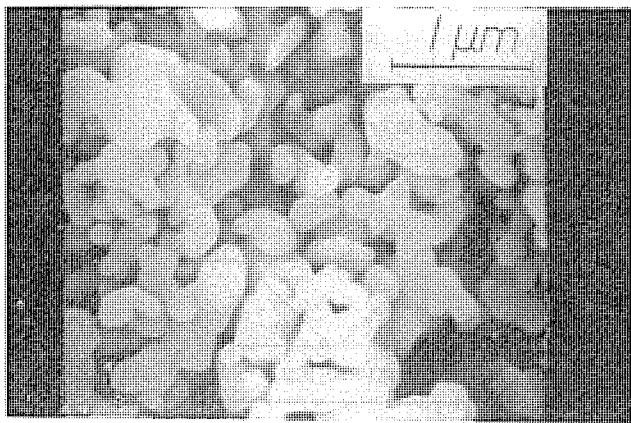


図 3. ZnO 厚膜の微細構造

これと電極Cとの間の抵抗、すなわち水酸アパタイトの抵抗を測定することにより湿度センサとしても機能する。したがって、ハイブリッドセンサは多機能センサの一種である。

図3.は ZnO 厚膜の微細構造で空孔が多い、多孔質厚膜になっている。 SnO_2 厚膜もほぼ同じ構造である。 RuO_2 電極も多孔質である。すなわち、基板、感ガス膜、電極のいずれも多孔質であり、ガスは容易に素子を透過する。

3. ハイブリッドセンサの感ガス特性

このセンサは前述のように、湿度センサとしても機能するが、その特性は既に述べている⁽⁴⁾ので、ここでは感ガス特性に限定する。ガスに対するセンサの感度は清浄な大気中の抵抗値と、ある濃度のガスを含む雰囲気中の抵抗値との比で定義される。図4.は ZnO 厚膜の大気中の抵抗値 R_0 とエタノール100 ppm雰囲気中の抵抗値 R_{100} 及び感度(R_0/R_{100})の温度依存性である。500°C以下で約50の感度を示す。低温では応答が遅くなるため、動作温度は490°Cとした。 SnO_2 厚膜では、動作温度315°Cで約30の感度である。応答時間はエタノール0→100 ppmで ZnO :1秒、 SnO_2 :1.3秒、エタノール100→0 ppmで ZnO 、 SnO_2 共に4秒である。ただし、応答時間は全変化量の90%値に達するまでの時間とした。

市販のガスセンサは、雰囲気の湿度によりかなり変化することが指摘されている。そこでハイブリッドセンサの感ガス特性の湿度依存性を調べた。相対湿度は塩化リチウム飽和水溶液の11%から、硝酸カリウム飽和水溶液の94%まで変化させた。この範囲での抵抗変化は ZnO 厚膜で±10%， SnO_2 厚膜で±20%で、高湿度程抵抗が低く

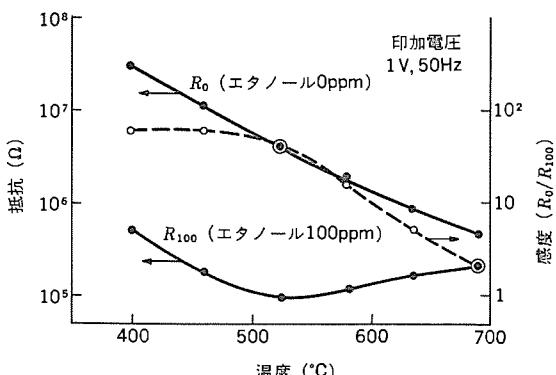


図4. 感ガス特性の温度依存性 (ZnO)

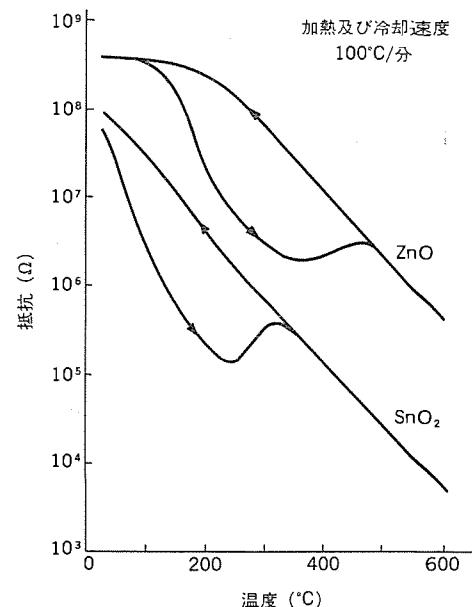


図5. 加熱及び冷却による抵抗変化

なる。しかしアルコールに対する大きな抵抗変化に比べれば無視できる程度の変化といえよう。

図5.は大気中で素子を加熱及び冷却したときの抵抗変化である。センサは大気中に2日間放置されたものである。抵抗は加熱により急激に減少し、ある極少値を示した後増大する。更に温度が上がると再び減少する。冷却時は通常の負の温度依存性を示す。冷却後直ちに同じ加熱、冷却を行うと、初回の加熱時のような現象は認められず、初回の冷却時の曲線と一致する。一方、放置時間を長くすると、加熱時と冷却時の差異は大きくなる。例えば、1か月放置されたものは、 ZnO 厚膜の場合二つの極少値が認められる⁽⁵⁾。これらの極少値は ZnO あるいは SnO_2 の粒子表面への、大気中酸素の吸着、イオン化に伴う抵抗の増大により現れるものである。

すなわち、温度を上げていくと、ある温度以上で酸素の化学吸着が始まり、吸着酸素が半導体中の自由電子を捕そく(捉)しイオン化するため抵抗が増大する。更に高温になると、酸素の吸脱着が平衡するようになり、再び抵抗は低下する。次に冷却すると、吸脱着が遅くなり、高温での表面状態がほぼそのまま凍結されて室温にもどる。そのため加熱時のような異常な抵抗変化は示さない。しかし、室温でも徐々に吸着酸素は脱着されるため、長期間放置されると、再び加熱時の異常な抵抗変化が認められるようになる。センサの応答性を考えると、酸素の吸脱着が平衡に達する温度以上が好ましい。一方、感度の面からは低温が好ましい。したがって、図5.の昇降温の曲線が一致する温度がセンサの動作温度として好ましい。 ZnO 、 SnO_2 の動作温度は、このようにして定めた。このときの吸着酸素は、後述するように、 ZnO では O^- 、 SnO_2 では O^- と O_2^- である。

図6.は SnO_2 厚膜のガス選択性である。可燃性ガスには不感である。 ZnO 厚膜でもほぼ同じ結果である。これらはハイブリッドセンサがアルコールガスに優れた選択性をもっていることを示している。水酸アパタイト基板をアルミナ基板に代えると、エタノールに対する感度は半分以下、応答は1分以上、酸素の吸脱着が平衡に達する温度は600°C以上になる。これらの差異は水酸アパタイトがアルコールガス及び大気中の酸素を効率よく半導体粒子表面へ供給していることを示している。電極材料を他のものに代えると、エタノール100 ppmでの感度は5以

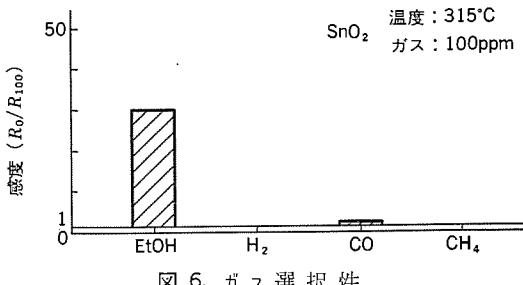


図 6. ガス選択性

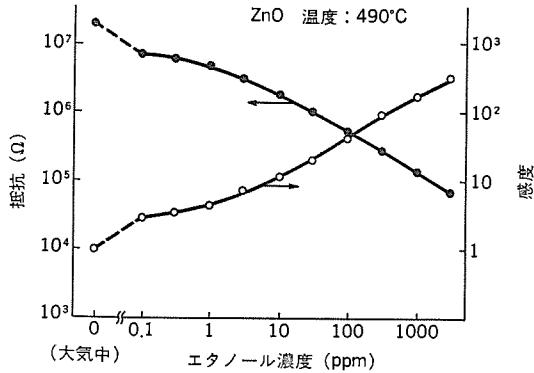
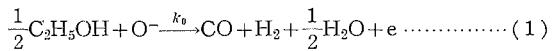


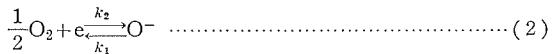
図 7. エタノール濃度(分圧)依存性

下になる。すなわち、 RuO_2 は半導体表面に吸着されたアルコールガスと酸素との反応を促進させる役目を果たしている。

図 7. は ZnO 厚膜での抵抗及び感度のエタノール濃度、すなわちエタノール分圧依存性である。抵抗はエタノール分圧の $-1/2$ 乗にはほぼ比例している。この分圧依存性は次のように説明される。すなわち、 ZnO 粒子表面に吸着されたエタノール及び酸素は次式により酸化され、その際の自由電子放出により抵抗が下がる。



この反応で減少する O^- は、吸着 O^- と大気中酸素との平衡



がくずれ、



により供給される。この反応は自由電子を必要とするため式(1)の自由電子の増大は制限される。ただし、 k_0 、 k_1 及び k_2 は反応速度定数である。自由電子の密度 n_e の増加率は式(1)及び式(3)から、

$$\frac{dn_e}{dt} = k_0 \cdot P_{\text{EtOH}}^{1/2} \cdot [\text{O}^-] - k_1 \cdot P_{\text{O}_2}^{1/2} \cdot n_e \quad (4)$$

で表される。ただし、 P_{EtOH} 、 P_{O_2} は、それぞれエタノール及び酸素の分圧で、 $[\text{O}^-]$ は吸着酸素イオンの濃度である。一定温度では $([\text{O}^-] + n_e)$ で与えられる全電子密度 N は一定である。また、 $N \gg n_e$ と考えられるため、 $[\text{O}^-] \approx N$ となる。式(1)と式(3)が平衡に達すると、 $dn_e/dt = 0$ になり、

$$n_e = \frac{k_0}{k_2} \cdot \frac{P_{\text{EtOH}}^{1/2}}{P_{\text{O}_2}^{1/2}} \cdot N \\ \propto P_{\text{EtOH}}^{1/2} \quad (5)$$

が得られる。したがって抵抗 R は、

$$R \propto n_e^{-1} \propto P_{\text{EtOH}}^{-1/2} \quad (6)$$

となり、図 7. のエタノール分圧依存性と一致する。

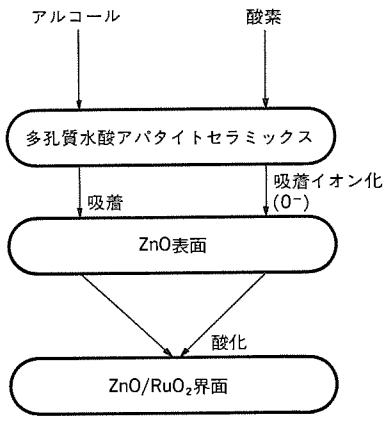


図 8. 感ガス機構

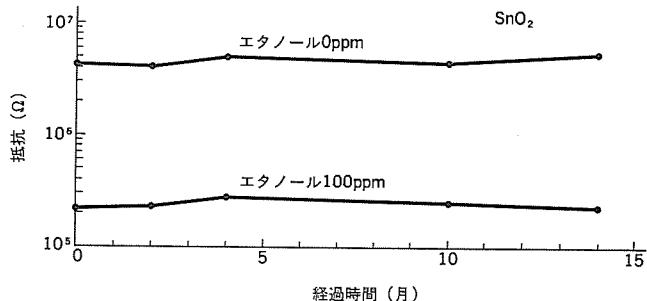
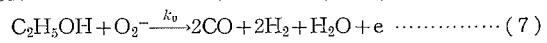


図 9. 連続通電による経時変化

吸着酸素を O_2^- とすると式(1)及び式(3)は、それぞれ、



となり、式(6)は、

$$R \propto P_{\text{EtOH}}^{-1}$$

となる。すなわち、抵抗はエタノール分圧の -1 乗に比例することになる。したがって、 ZnO では O^- が吸着していると結論される。 SnO_2 の場合、抵抗はエタノール分圧の $-1/2$ 乗と -1 乗との間の依存性を示すことから O^- と O_2^- が吸着しているものと考えられる。これらの結果は山添らの結果⁽⁷⁾⁽⁸⁾とも、ほぼ一致している。

以上から ZnO 厚膜についての感ガスマニズムを推察したものが図 8. である。水酸アバタイトによりアルコール、酸素は効率よく ZnO 粒子表面に吸着され、酸素はイオン化する。これらは ZnO と RuO_2 との界面で RuO_2 により効率よく反応し、生成する自由電子により抵抗が下がる。アルコールが無くなると、酸素のみが吸着、イオン化するため自由電子が捕捉され抵抗が上がる。 SnO_2 厚膜についても、その感度、選択性、応答性が ZnO 厚膜に近似しているので、ほぼ同じメカニズムと考えられる。

センサの安定性をみるために、ヒータ及び素子に連続通電して経時変化を調べた。センサは通常大気中に置かれ、測定時エタノール 100 ppm の雰囲気に入れた。図 9. は SnO_2 厚膜についての結果であり、14か月経過の段階では、特性のばらつきはあるが、経時的な変化は認められない。

4. 硫化水素ガスセンサ

筆者らは酸化チタン(TiO_2)と酸化ニオブ(Nb_2O_5)との複合酸化物である TiNb_2O_7 の電気抵抗が、硫化水素(H_2S)、メチルメルカプタン(CH_3SH)など悪臭ガス中で大きく変化することを見い出した⁽⁹⁾。そこで、こ

の材料を用いてセンサを作製し、感ガス特性を測定した。

初めにセンサの作製について述べる。材料はチタンブロキシドとNb₂O₅粉末である。Ti-ブロキシドのエタノール溶液中にNb₂O₅粉末を分散させ、これに水を加えて、チタンの水酸化物とNb₂O₅との混合物を沈殿させる。乾燥後、500°Cで2時間仮焼する。粉碎後、プレス、焼成(1,300°C、2時間、大気中)して3.2×3.2×0.8 mm³の焼結体を得る。0.3 mm厚に研磨後、RuO₂分離電極の印刷、リード線の取付けを行う。これを800°Cで焼付けて素子が出来上がる。ハイブリッドセンサと同様に、素子周囲にはヒータが設けてある。

図10.は感度のH₂Sガス濃度依存性である。活性炭を通じた清浄な空気とH₂Sガスとを混合し、10 l/minの流量で素子に供給した。H₂Sの濃度チェックはガスクロマトグラフで行っている。R₀はH₂Sガスを含まないときの素子の抵抗である。H₂S 10 ppmでの感度は約50である。感度2を検知限界とすると0.1 ppm以上のH₂Sが検知可能である。動作温度を上げると応答は速くなり、感度は低くなる。420°Cでの応答時間は0→10 ppmで1.8分、10→0 ppmで8.6分であった。

選択性を調べる目的で各種のガスに対する感度を測定した。悪臭ガスの一種であるCH₃SHにはH₂Sと同等の感度を示す。アルコール類ではn-ブタノールで約6、それ以下の低級アルコールでは4以下である。ケトン類ではメチルエチルケトンで約7、ジメチルケトンで5の値を示した。ハイドロカーボン、一酸化炭素、水素、アミン類、酢酸、エステル、エー

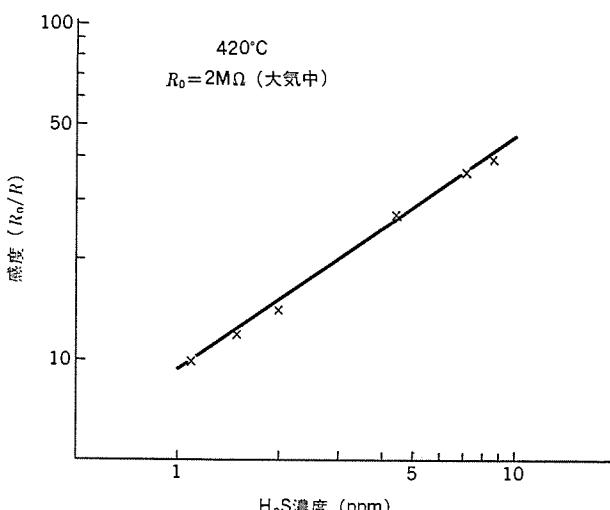


図10. H₂S濃度(分圧)依存性

テルには、ほぼ不感であった。すなわち、このセンサはH₂S、CH₃SHなど悪臭ガスに優れた選択性を示し、しかも高感度であることが明らかになった。

次に、電極材料をRuO₂の代りに金(Au)、白金(Pt)、銀パラジウム(Ag-Pd)、銀(Ag)、ニッケルを用いてセンサを作製し、H₂Sに対する感度を調べたところ、いずれも感度14以下と低い値を示した。この結果は、前述のハイブリッドセンサと同様に、RuO₂電極の触媒効果が大きいことを示している。

5. まとめ

高選択性セラミックガスセンサとして、ハイブリッドガスセンサ及びTiNb₂O₇系ガスセンサについて述べた。以下に、その要点をまとめる。

(1) ハイブリッドガスセンサはアルコールガスに対し優れた選択性を示し、しかも高感度で応答が速い。これらの特長は、水酸アパタイト基板のアルコールに対する触媒効果と、RuO₂電極の触媒作用が重畠して得られるものである。

(2) TiNb₂O₇系ガスセンサはH₂S、CH₃SHなど悪臭ガスに対し優れた選択性を有し、しかも高感度である。この場合もRuO₂電極の触媒としての作用が大きく寄与している。

6. むすび

セラミックガスセンサは使用法が簡便で、各種雰囲気のガスマニタリングあるいは制御に向いているが、選択性に乏しいという欠点があった。ここで述べたセンサは、アルコールガスあるいは悪臭ガスに優れた選択性を示すが、今後他のガスにも高い選択性を有するセンサの開発が期待される。

参考文献

- (1) 五百蔵：エレクトロニク・セラミックス，6，No. 2，p. 9 (昭50)
- (2) 一ノ瀬ほか：東芝レビュー，38，p. 585 (昭50)
- (3) 中谷ほか：National Tech. Rept., 25, p. 1,033 (昭54)
- (4) 小峰ほか：三菱電機技報，56，No. 2，p. 148 (昭57)
- (5) Y. Komine et al : Proc. of the 2nd Sensor Symposium, p. 199 (1982)
- (6) 小峰ほか：信学技報，CPM 82-44, p. 17 (昭57)
- (7) 山添：第2回センサ研究懇談会資料 (昭52)
- (8) N. Yamagoe et al. Surface Science, 86, p. 335 (1979)
- (9) 小峰ほか：第45回応物秋季講演会発表予定 (昭59)

1. まえがき

近年、各種電子機器の小型化、高機能化への要求が強い。この要求にこたえるために、各種材料、半導体を代表とする各種電子部品の進歩も著しいものがあり、これらを応用した、より効果的な高密度実装が求められてきている。

現在、回路基板としては紙フェノール基板、ガラスエポキシ基板などの有機系プリント基板、及びアルミナセラミック基板が多く使用されている。最近では高密度化の要求から、民生用でもガラスエポキシ基材を用いた両面スルーホール基板を使用し、チップ部品を実装することも多く行われており、リード付き部品とチップ部品との混在化が進んでいく。

2. 開発のねらい

各種電子部品に対応し、効率的に電子回路を実現するためには、それぞれの基板の特長を生かし、部品はんだ付け方法と適切に組み合わせることが必要であると考えられ、これらを考慮し、図1に示した高密度実装の設計概念を導入した。

これは、セラミック基板、プリント基板に持たせる実装上の機能を、前者においては基板両面へのファインパターン形成・部品実装により密度を高めることを目的とし、後者においては各種部品を搭載し、かつ前者との接続を実現することをねらいとする。つまり、電子回路のできる限り多くの部分を高密度な厚膜ハイブリッドICモジュールとして

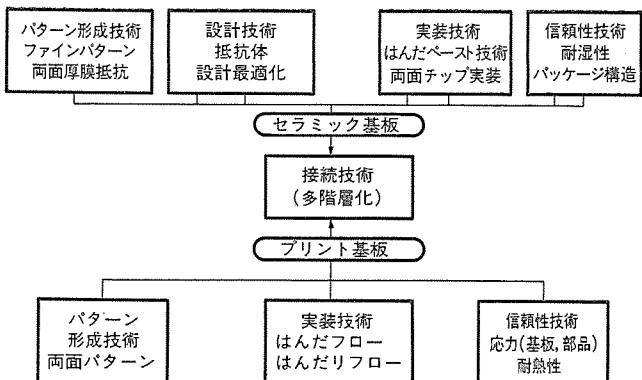


図1. 高密度実装技術

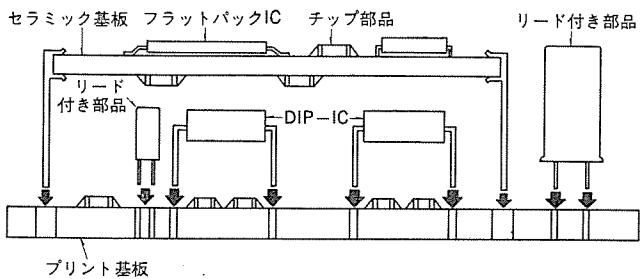


図2. 高密度実装の構成例

て構成し、一方プリント基板はこれらのモジュールのマザーボードとして用いる。ただし、プリント基板は両面スルーホール基板とし、チップ部品は片面のみに実装するものとする。

以上の概念に基づいた実装構成の例を図2に示す。セラミック基板上では、チップ部品上にDIP-IC(Dual-In-Line Packaged IC)、更にこれらの上にセラミック基板が配置され、多階層化がなされている。このような構成によれば、高さの均一化が図られ、平面的に実装密度が高められるだけでなく、立体的にも実装密度を高めることができるとなる。このように構成されたものを、多階層化モジュール(MS M : Multi Stacked Module)⁽¹⁾と呼ぶこととする。

3. 実装プロセス

多階層化モジュールを形成するプロセスを図3に示す。セラミック基板は、両面に厚膜回路が形成され、かつ両面に部品が実装される。部品としてはチップ部品、フラットパックICなどの面実装部品を、はんだペーストを用い、リフローによりはんだ付けを行う。一方、プリント基板は、両面スルーホール基板とし、リード付き部品、チップ部品をともに実装する。ただし、基板片面のみへ集合させ、リード付き部品をはんだフローにより、チップ部品をはんだペーストのリフローによりはんだ付けを行う。

上記プロセスでは、リード付き部品、面実装部品をともに合理的に実装できることから、種々の形態の電子部品に容易に対応することができる。例えば、IC、LSIはその高集積化に伴い電極数が増加し、従来多く用いられてきたDIPタイプではパッケージサイズが大きくなること、パッケージ内配線が長くなることなどの理由から、フラットパッケージ、チップキャリアなどのが使用が増加してきている。更に、小形化の要求に対応するため、リードピッチは2.54 mmから、1.27, 1.0, 0.8 mmなどへ移行してきている。これらのリードピッチの細かい、面実装タイプの部品は、はんだリフローでセラミック基板へ実装するように考えた。一方、DIP以外のパッケージの入手が困難なICもあり、これらはプリント基板に実装するように配慮した。

また、電解コンデンサに代表されるように、技術的あるいは価格的

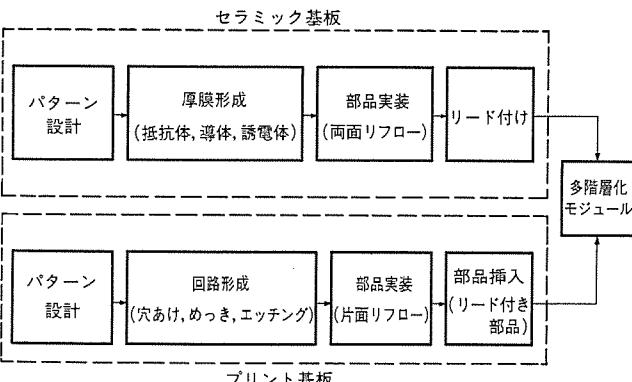


図3. 多階層化モジュール形成プロセス

にチップ部品を用いることが難しいものもあり、いくつかのリード付き部品の使用も必要で、これらはプリント基板に実装させている。

以上のように、この実装方法は各工程を基板、部品などに適するように分類、設定し、モジュール全体として各種部品が混在しても、高密度な実装ができるよう工夫されている。

4. 基本高密度実装技術

以上述べてきた高密度実装の概念及び実装プロセスを達成するための基本技術について説明する。

4.1 厚膜設計技術

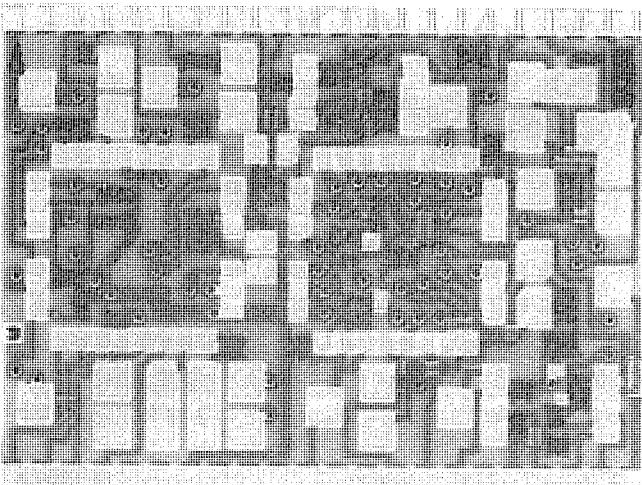
セラミック基板は高密度な厚膜ハイブリッドICとして用い、抵抗体を基板両面に形成した。この場合、一方の面の抵抗体は二度の焼成プロセスを通り、その特性、信頼性についての確認も必要となる。図4.(a)は実際の回路について試作した基板、(b)は抵抗体の特性及び信頼性を確認するためのテストパターンを実際の回路と同一の基板上に形成したものをしており、同一のテストパターンが基板両面に形成されている。

4.2 抵抗体パターン設計技術

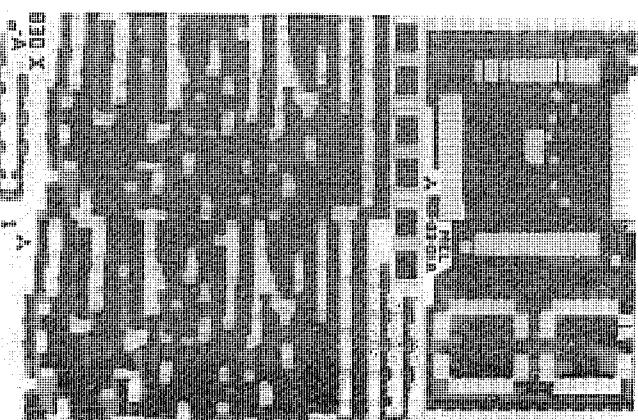
厚膜抵抗体は、酸化ルテニウム系ペーストを印刷、焼成することにより形成するのが一般的である。抵抗ペーストのシート抵抗値を ρ 、抵抗体の長さを l 、幅を W とすれば、その抵抗体の初期の抵抗値 R_t は、

$$R_t = \rho l / W \quad (1)$$

として表される。



(a)



(b)

図4. 厚膜ハイブリッドIC基板

焼成後の抵抗値のばらつきをレーザなどによるトリミングで調整するため、必要とする抵抗値の15~20%程度低い値に設計しておくのが一般的である。

今回、抵抗体の占有面積を小さくすることにより、設計の最適化を図る抵抗体設計プログラムを作成し、三菱 パーソナルコンピュータ『MUL TI 16』を用いて設計を行った。このプログラムでは、必要とする抵抗値の $C\%$ 低い値を設計抵抗値とし、この最大値、最小値をそれぞれ R_{max} 、 R_{min} とする。 N 種類の抵抗ペーストを用いることとし、設計抵抗値を N 個の範囲に分割し、 $(i-1)$ 番目と i 番目の範囲の境界値 $R(i)$ は、

$$R(i) = (R_{max}/R_{min})^{i/N} \times R_{min} \quad (2)$$

とする。同じ範囲に含まれる抵抗体は、同一の抵抗ペーストで形成する。このシート抵抗値 $R_s(i)$ は、

$$R_s(i) = (R(i-1) \times R(i))^{1/2} \quad (3)$$

とし、設計抵抗値 R である抵抗体の長さ l 及び幅 W は、

$$l=a, W=a \times R_s(i)/R \quad R_s(i) \geq R \text{ のとき}$$

$$l=a \times R/R_s(i), W=a \quad R_s(i) \leq R \text{ のとき}$$

となる。ここで a は l 及び W の最小値で、印刷工程、消費電力により制約され、近年低消費電力化の進む民生機器では、ほとんどの場合印刷工程から決定される。

抵抗ペーストの種類 N を変化させたときの抵抗体占有面積の変化を、281個の抵抗体を例にとって表したのが図5.である。抵抗ペースト数を増加させると、それに応じて抵抗体1個あたりの平均占有面積は減少していく、この傾向は図5.に示した抵抗値分布に対しては、抵抗ペーストが3種類の場合までが顕著である。生産性、コストの面からは抵抗ペースト数をできる限り少なくすることが望ましく、この例では3種類の抵抗ペーストを用いることが最適であると考えられる。

次に、抵抗ペーストを3種類に固定し、図5.で用いた281個の抵抗体の厚膜化する範囲を変えたときの様子を図6.に示す。抵抗値の低い方、あるいは高い方から数個を 2×1.25 mmタイプのチップ抵抗器とし、残りを厚膜化したとき、抵抗体1個あたりの平均占有面積は図6.のように変化し、抵抗値の高い方から6個をチップ抵抗器としたとき、占有面積は最小値をとることが分かる。

以上のようにして、抵抗ペーストの数、厚膜化の範囲を決定し、更にシート抵抗値、同一の抵抗ペーストによって形成される抵抗値の範囲などを変更することで、抵抗体設計の最適化を図った。

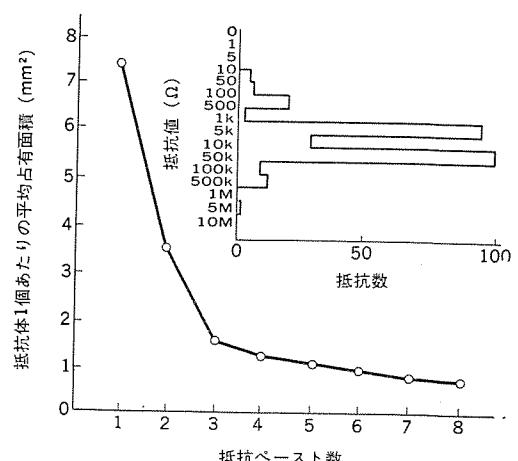


図5. 抵抗ペースト数と抵抗体占有面積の関係

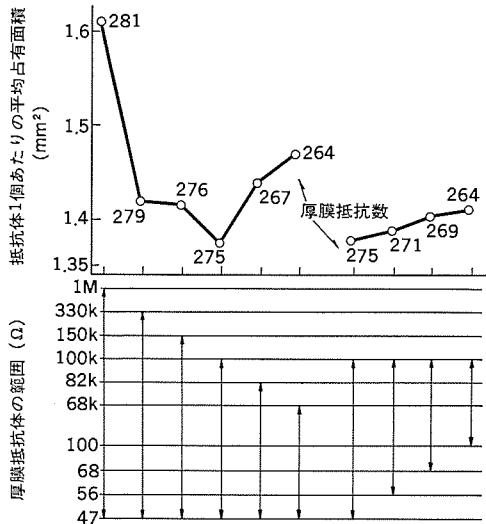


図 6. チップ 抵抗器使用による占有面積の変化



図 7. 遠赤外線 リフロー 炉

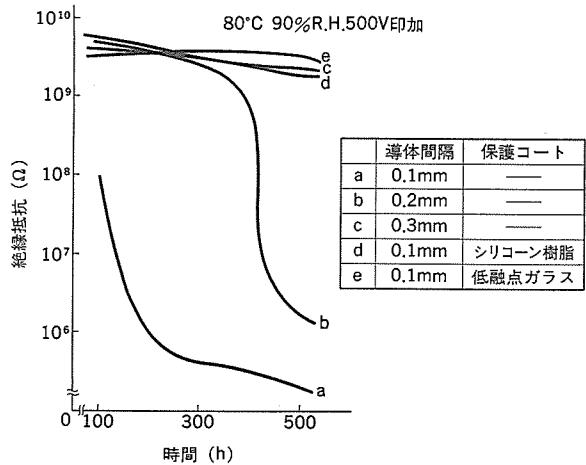


図 8. 厚膜導体の耐湿性

4.3 両面リフロー技術

4.3.1 はんだペースト印刷技術

面実装部品は、はんだペーストのリフローによりはんだ付けされる。そのため、はんだペースト印刷が基本的な技術となる。はんだペーストは、はんだ粒子、ラックスなどの混合物で、厚膜用ペーストに比べ粒径が大きいことが一つの特徴で、メッシュタイプのスクリーンではペーストのぬけが悪い。この点を解消し歩留りよく印刷するために、オープンメタルマスクを用いることとした。この方式は、印刷時マスク上に一定の厚さでペーストを残すように条件設定することで、マスクの厚さを変えずに得られる膜厚を変化させることができ、解像度もよい。また、メッシュタイプの場合、シェアレートは一定となるのに対し、この方式では開口部に応じて変化させることができる利点も有する。これらの点からオープンメタルマスク方式は、はんだペースト印刷に適した方式であると言える。

4.3.2 RMR

部品の搭載された基板面を下に向けて加熱するはんだリフロー法を、RMR⁽²⁾ (Reverse Mode Reflow Soldering) と呼ぶ。この方法の特長は、溶融はんだ、ラックス、部品に作用する重力がそれぞれを基板面から引き離す方向に働くことで、部品と基板との間隔を通常のはんだリフロー法 (CMR : Conventional Mode Reflow Soldering) による場合よりも大きくでき、接続の信頼性、残留ラックスの洗浄性を高めることができる。

RMR と CMR を併用することにより、基板両面への部品実装が容易に達成される。

4.3.3 両面リフロー装置

上に述べた RMR、CMR を併用した両面実装を達成するため、遠赤外線 フラットパネルヒーターにより、基板両面から非接触で加熱しリフローする装置を開発した。これを図 7. に示す。遠赤外線は近赤外線と比較して、物体による吸収の選択性は弱く、全体が均一に加熱される。更にこの装置では、層流を形成して温度分布の均一化を図るようにしている。基板をスライド板にのせて搬送することにより、容易に両面のはんだリフローが達成される。

4.4 多階層化リフロー技術

多階層化を達成する一つの方法として、セラミック基板上に形成された厚膜抵抗体上に部品を実装することが可能である。基板表面は厚

膜による凹凸があり、クロスオーバーを形成した箇所が最厚部となる。しかし、この部分でも、第二層導体表面の第一層導体表面からの高さは 60~70 μm であり、前述のはんだペースト印刷技術を用いて、はんだ膜厚がリフロー後 100 μm 程度になるよう制御すれば、フラットパック IC をはじめ、リードレスチップキャリアなどの各種 IC パッケージを抵抗体上に実装することができる。

4.5 厚膜の信頼性

銀 パラジウムは酸化ルテニウム系抵抗ペーストとの適合性などの理由から、厚膜導体材料として多く用いられているが、一方では銀マイグレーションによる故障発生の問題を有している。今回、最小導体幅及び間隔を 300 μm として設計することとし、同時にテスト基板も作成し、HHT テスト (High Temperature High Humidity Biased Test) により評価した。

図 8. にこの結果を示した。同じテストパターン上に低融点ガラス、シリコン樹脂をコーティングした場合についても併記した。これから、コーティングが無い場合でも、300 μm の導体間隔をとれば実用上十分な信頼性を有すること、また適当なコーティングにより更にファインなパターンでも信頼性が確保されることが判明した。

また、厚膜抵抗体に関しては、高温放置による抵抗値ドリフトも十分小さく、その特性及び信頼性についての基板面の違い（焼成工程回数の違い）による明確な差異は認められなかった。

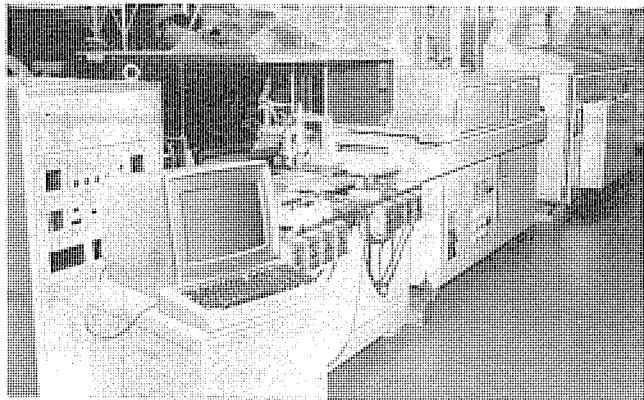


図 9. プリント基板へのチップ部品実装設備

4.6 プリント基板の実装

前述したように、多階層実装法において、プリント基板は厚膜ハイブリッドIC、あるいはリード付き部品を実装するためのマザーボードとしての機能を持たすことを優先させる。ただし、高密度化を図るために、はんだリフローによりチップ部品を実装することとし、リフロー時の基板の耐熱性、変形などの点を考慮し、ガラスエポキシ基板を用い、厚さは0.8mmとした。

プリント基板のはんだリフロー工程は、基板のはんだ付け面にチップ部品がないため、条件設定も比較的容易で歩留りよくはんだ付けができた。また、図9.に今回のプリント基板の試作に用いたチッププレーサをはじめとする一連の実装設備を示した。プリント基板の実装段階で各レベルでの多階層化がなされる。例えば、チップ部品上にDIP-IC、これらの上にセラミック基板が実装される。この方法によれば、セラミック基板のリードの近くにバイパス用のコンデンサを配置できるなど、回路構成上の利点も多い。

4.7 基板間接続

多階層実装方式においては、各基板レベルで高密度に実装されたものを、相互接続して多階層化を図る。このための有力な方法として、セラミック基板に取り付けられたリードを、プリント基板を貫通させて接続し、更に第3、第4の基板にも接続することが可能である。この方法によれば、セラミック基板間も比較的短距離で接続でき、電気的特性の点でも有利で、回路分割など設計の自由度も得られた。

5. モジュールの例

以上述べてきた多階層実装技術を用いて作成したモジュールを図10.に示す。また、このモジュールの部品点数などのデータを表1.に示す。2個のDIPタイプの厚膜ハイブリッドICと、その周辺に実装されたリード付き部品がほぼ均一の高さとなり、かつ多数のチップ部品が多階層化をして実装されており、実装密度は $10.0\text{ 個}/\text{cm}^2$ 、 $6.7\text{ 個}/\text{cm}^3$ を達成している。

6. むすび

以上紹介してきた高密度基板実装技術は、各種の電子部品を高信頼性で歩留りよく実装することができ、かつ高い実装密度が得られる。このため、小形軽量かつ多くの機能を持つことを求められる近年の電子機器の実装に適している。実装の高密度化に対する要求は、今後ますます強くなることが予想され、更に高い実装密度を達成する技術の展開が今後とも必要となると思われる。

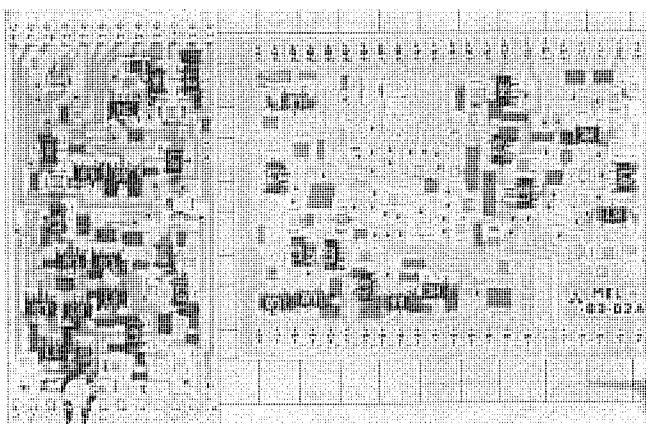
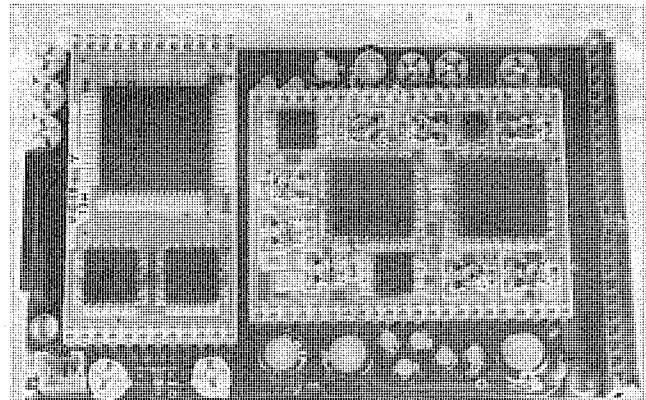


図 10. 多階層化モジュール

表 1. 実装仕様

	厚膜ハイブリッドIC		プリント基板	モジュール全体
	A	B		
基材	アルミニナセラミック	アルミニナセラミック	ガラスエポキシ	—
寸法 (mm)	40×21.2	40×30	78×48	78×48(×15)
IC	3	4	4	11
厚膜抵抗	69	74	—	143
チップ部品	ダイオードトランジスタ チップコンデンサ チップ抵抗 半固定抵抗 その他	17 13 — — —	15 43 — 8 1	16 15 41 — —
付きドット部品	電解コンデンサ その他	1 —	— —	34 18 35 18
	計	103	145	128
	実装密度 (/cm ²)	12.2	12.1	3.4
	実装密度 (/cm ³)	—	—	10.0 6.7

参考文献

- (1) M. Takada, et al : High-Density Multi-Stacked Module, Proceedings of the 3rd International Microelectronics Conference, MAY 21-23, 447-452 (1984)
- (2) H. Takasago, et al : Reverse Mode Reflow Soldering Technique, Proceedings of the 1982 International Microelectronics Conference, MAY 24-26, 278-283 (1982)

人工島に建設された最新鋭中間負荷火力発電所の電気設備—御坊火力発電所1号機—

大久保忠明*・谷口政弘**・白石元勝**・篠原旬一**・犬塚敬彦***

1. まえがき

火力発電は我が国の電源構成の中で電力安定供給の中心的役割を果してきたが、近年原子力比率の増大と昼夜間電力需要差の拡大により火力発電を取りまく環境は大きく変ってきた。すなわち、火力発電は電力需要調整用電源へと移行し、現在新設、既設ユニット共に中間負荷運用(DSS運用)が計画され、実施される例が多い。特に最近の著しい特徴は大容量600MWクラスの新鋭火力についても、営業運転開始当初から中間負荷火力としての性能を備えて建設計画がなされるようになった。

関西電力(株)御坊発電所は、我が国において代表的な大容量最新鋭省エネルギー形中間負荷火力であり、かつ電源立地の点からは我が国で初めての外洋埋立て人工島方式の発電所であるという建設上的一大特長をもっている。

1号機が本年9月完成したのを機に、このプラントにおいて人工島方式の発電設備として特に重点課題とした屋外機器の耐塩害対策と、中間負荷火力としての機能を十分満足させる自動化設備に採用された新技術を電気設備の面から紹介する。

2. プラント概要

関西電力(株)御坊火力発電所は、和歌山県御坊市の沖合に建設された我が国で初めての人工島方式による火力発電所(出力60万kW×3基、合計出力180万kW)である。人工島(35万m³)は昭和55年3月に埋立てが開始され、同57年7月に竣工した。人工島の位置は紀伊半島西岸のほぼ中央部にあって太平洋に直接面し、大形台風の上陸回数も多く気象・海象の厳しいところである。

発電設備の工事は1号機については昭和59年3月に初併列が行われ、9月に営業運転を開始した。2号機は同59年11月、3号機は同60年3月に各々営業運転を開始する予定で現在順調に建設が進められている。

3. 電気主回路構成と特長

(1) 所内電源構成

図1に電源構成を示し、その特長を次に述べる。

御坊発電所は先に述べたとおりDSS設計が採用されているが、3台同時起動を可能とするため、起動用変圧器もユニット方式とし、起動時の電源信頼性を高めている。また、所内変圧器、起動変圧器共にスプリット巻線形を採用している。

(2) 500kV GIS

送電系統は500kVガス絶縁変電所を経て送電される。500kVへの給電は関西電力(株)の火力としては初めてのケースである。

(3) 全静止形主変圧器保護リレーシステム

500kV送電系統の重要性からも主変圧器保護リレーは高速度動作が要求される。このため、火力プラント向けでは初めて全静止形保護リレーシステムを採用した。このシステムは2系列二重化、及び自動点検

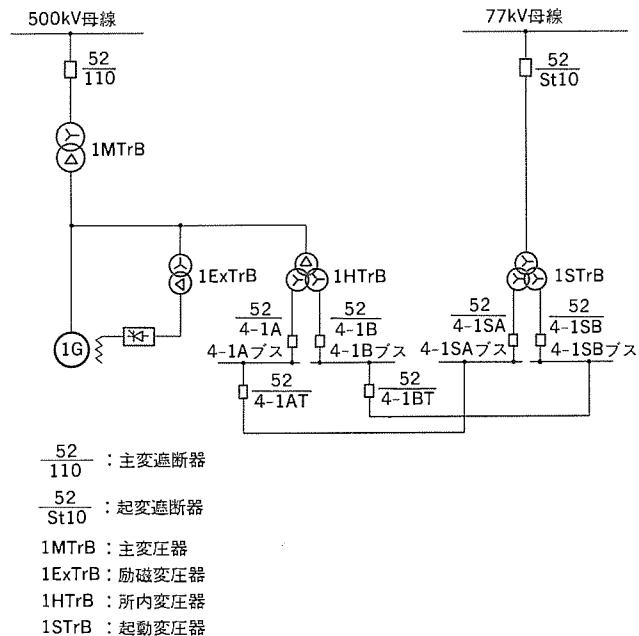


図1. 1号機電源回路構成

を有しており高い信頼性を確保している。また、関連変流器には過渡特性を持たせ外部事故時の誤動作を防止している。

(4) 速応励磁方式の採用

発電機の過渡安定度を向上させるため速応形を採用し、頂上電圧は無負荷界磁電圧の5.0倍とし、加えて制動効果を高めるためにPSS(系統安定化装置)も具備している。

(5) サイリスタ励磁装置

励磁システムはサイリスタ方式を採用し、電源は発電機主回路に直結した励磁変圧器を経てサイリスタ整流装置により発電機に供給される。

(6) 耐震設計

機器は、日本電気協会(JEAG)の「火力発電所の耐震設計指針」(58年制定)を満足する仕様としている。

4. 耐塩害対策

4.1 現地試験

御坊発電所建設地点における飛沫海水による影響を調査し、屋外機器の適切な材質、塗装仕様及び電気設備の保護対策を確立するため現地暴露試験を実施した。

試験項目は海塩粒子飛散量の環境調査と金属素材サンプル、各種塗装サンプル及び扉の開閉によって設置環境の影響を最も受けやすい制御・操作箱などの暴露試験である。

(1) 試験方法

試験は昭和56年9月から同57年10月までの約1年間実施した。海塩粒子飛散量は現地試験の期間中、月1回実測し、発電所の環境評価を行った。

現地暴露試験では金属素材サンプルは、鉄鋼板、アルミニウム板、ス

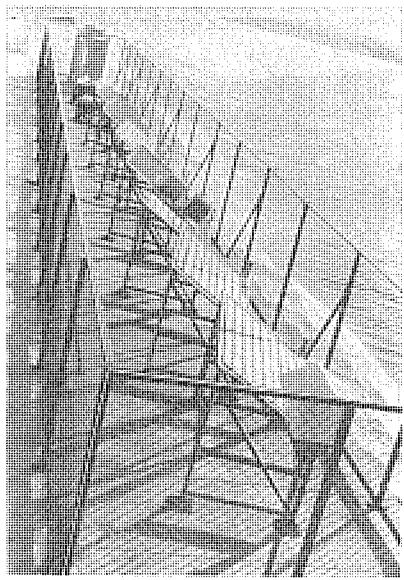


図 2. 現地暴露試験の状況

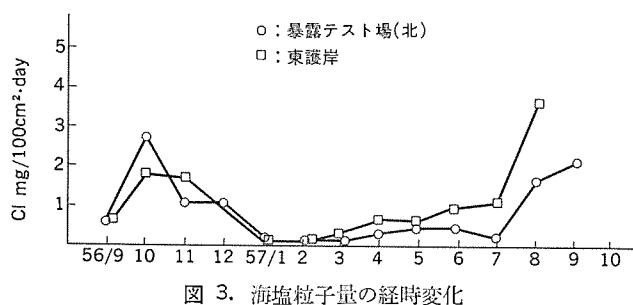


図 3. 海塩粒子量の経時変化

テンレス材などとし、3, 6, 12か月後にそれぞれの腐食量を測定した。また塗装サンプルの塗装仕様は、アルキド樹脂系塗装、エポキシ樹脂系塗装、ウレタン樹脂系塗装、ジンクリッヂ系塗装及びエポキシウレタン樹脂系塗装の組合せなどこれまで当社が特殊環境下でも実績のある塗装系を中心に、耐塩害対策をより考慮した塗装系を供試品とした。塗装サンプルは3, 6, 12か月に抜き取り、外観チェック、付着性試験を実施した。図2.に現地暴露試験の状況を示す。

(2) 試験結果

(a) 環境調査

暴露試験場所の環境としては気中塩分量が0.07~0.32 mg/m³、海塩粒子量は、通常では0.03~

3.74 Cl mg/100 cm²·dayの範囲にあり、季節では6~12月まではCl値が大きく、1~5月はCl値が小さかった(台風襲来時には、31.1 Cl mg/100 cm²·dayの異常値を示した)。いずれにしても、人工島の海塩粒子量は、一般工業地域での測定値の100倍以上となり大形台風襲来時には更に屋外機器にとって非常に厳しい環境である(図3.参照)。また、それらの値は関西電力(株)信貴変電所と比較して5

倍以上の測定値となっている。

(b) 素材及び塗装サンプル

金属素材 テストピースの試験結果は、鉄鋼が39 mg/cm²(12か月)と腐食量は大きい。一方、アルミ、ステンレス板の腐食量は6か月目以降で横ばい状態となり安定した。このことから金属は、鉄鋼では腐食が進行していくが、アルミ、ステンレスでは初期の腐食が認められるものの、6か月経過すれば大きく進展しないことがわかった。

防せい(錆)被覆材 テストピースでは、各塗装系による外観上の有意差は認められず良好であったが、付着性の経時変化ではエポキシ樹脂プライマーにウレタン樹脂エナメルを塗った塗装系が優れていた。

4.2 実験室促進試験

各種電気機器用の防食塗料の耐久性が向上するに従い、短期間の現地暴露試験のみによっては、防食塗料の長期性能を評価するのが困難になってきている。このため御坊発電所向け電気設備に適用する塩害地向け強化塗装膜の性能を実験室促進試験によって評価した。

(1) 試験方法

実験室促進試験方法及び試験期間を表1.に示す。供試料は、素材SS 41、寸法70×150×3(mm)で、塩水噴霧試験用サンプルは、スクラッチを入れたものを使用した。塗膜性能評価は、ふくれ(ASTM D 714)、さび(錆)発生度、密着性(2mm基盤目試験)について、10点満点法で評価を行った。塗膜性能の測定は、同一条件について、塗装サンプル各3枚を使用して測定し、平均値を測定データとした。

(2) 試験結果

試験結果を表2.に示す。①すべての塗装サンプルにふくれが発生せず、また、錆の発生もほとんど認められなかったので、試験に供したすべての塗装仕様が、実質的には長期間の防食性能をもっているものと判断できる。②ふくれと錆発生度の二つの評価項目について

表 1. 加速劣化試験方法及び試験期間

試験方法	試験条件	試験期間
塩水噴霧試験	JIS Z 2371	1,000時間
塩水浸漬試験	3% NaCl, 室温	100日間
ウェザーメータ	43°C, RH 60% 降雨 18分/120分	1,000時間
塩水噴霧試験/ウェザーメータ	150時間/150時間×2 +200時間/200時間	1,000時間

表 2. 防錆塗膜の加速劣化試験結果

対象機器	供試料	試験項目及び評価		加速劣化試験												ふくれ		さび		密着性	
		塩水噴霧(1,000h後)		塩水浸漬(100日後)		塩水噴霧+ウェザーメータ(1,000h後)		ウェザーメータ(1,000h後)		ふくれ	さび	密着性									
		ふくれ	さび	密着性	ふくれ	さび	密着性	ふくれ	さび	密着性	ふくれ	さび	密着性	ふくれ	さび	密着性	ふくれ	さび	密着性		
ケーブル ダクト	溶融亜鉛めっき+アルキッド	10	10	6	10	10	8	10	10	9	10	10	7								
	溶融亜鉛めっき+エポキシ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								
変圧器	アルサッド	10	10	6	10	10	10	10	10	6	10	10	7								
	エキシ+ウレタン	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								
小形電動機	アルキッド+ウレタン	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								
	エポキシ+ウレタン	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								
大形電動機	エポキシ+ウレタン(標準)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								
	エポキシ+ウレタン(厚膜)	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10								
制御盤	アルキッド	10	10	3*	10	10	10	10	10	9	10	10	10								
	ジンクリッヂ+ウレタン	10	10	4*	10	10	10	10	10	5	10	10	10								

注 * スクラッチ部からの影響大。試験前の得点は、全供試料共10点。

は、アルキッド樹脂系塗料とエポキシウレタン樹脂系塗料の間に有意差が認められないが、長期間の防食性能を評価する判断基準になると考えられる密着性については、エポキシウレタン樹脂系塗料の方が良好な結果を示している。③一部の塗装サンプルで、スクラッチ部からの塗膜の劣化進展がみられる。あて傷などの塗膜欠陥部は、塗膜劣化の起点になるので、据付け工事後の補修塗装を丹念に行う必要がある。

4.3 総合評価と対策実施内容

御坊発電所は、海塩粒子量及び鉄鋼の腐食量の測定結果から、塩害の厳しい環境であることが判明した。塗装仕様については、現地試験及び実験室促進試験の結果から、アルキッド樹脂系塗料よりもエポキシ樹脂系とウレタン樹脂系塗料の組合せが非常に安定した性能をもっていることが実証された。

(1) 耐塩塗装

変圧器、電動機、制御盤及びGISなどの屋外機器の外面塗装仕様は今回の現地暴露試験及び実験室促進試験結果を反映させ、最近の重汚損地域納入品で実績が増えつつあるエポキシ樹脂系プライマーを下塗りとし、ウレタン樹脂系エナメルで上塗りする仕様を適用した。この結果、従来に比べ補修塗装周期を延長することが可能となり、メンテナンスの省力化に寄与するものと考えられる。

(2) 屋外電動機

いかなる方向からの噴流によっても有害な影響を受けないように、屋外電動機については屋外防噴流形を採用した。なお、付属計器、スイッチ類も同様に防噴流形仕様を採用した。電線管との接続部はシリコンシーラントなどでシールを行っている。

(3) 屋外操作盤

通気口を持たない現場操作盤は二重扉方式でゴムパッキンによる密閉構造とし、扉のヒンジ、ハンドル及びボルトナットはステンレス製とした。

通気口を持つ屋外盤は上記と同様の対策以外に通気口の締切ダンパを設けており、台風時などには完全密閉となる構造としている。また、変圧器の中性点接地抵抗器盤のように台風時でもダンパを閉じることができないものは通風口のフィルタを強化している。

5. 自動化設備の特長と考慮点

中間負荷火力は系統側からの要求に応じ頻繁かつ急速な起動停止、急速負荷変化及び最低負荷での安定した運転が要求される。この対策として、少人数の運転員による容易で迅速、安全な運用が図れるよう高度な自動化技術に基づく全自動化設備を適用し、マンマシンインターフェースの拡充を図った。ここでは自動化システムの概要及びマンマシンインターフェースと制御装置の特長を主として紹介する。

5.1 自動化システムの概要

自動化システムは制御用計算機を主体に、機能的に独立したサブループ制御装置群で構成し、サブループ制御装置はアナログ制御装置、デジタル制御装置及びデジタルシーケンサ又は電磁リレーによるシーケンス制御装置からなっている。

自動化の範囲は深夜及び週末停止からのプラント起動～通常運転までの操作、通常運転中のルーチン操作及び通常運転から深夜、週末及び長期停止までの操作を含み、広範囲にわたるほとんどすべての操作を自動化の対象としている。なお、この自動化方式は計算機主体のシステムであるが、万一の計算機の不調やサブループの部分的不具合でもユニットの運転が継続できるよう、従来に増してサブループ制御装置の機能を充実させている。

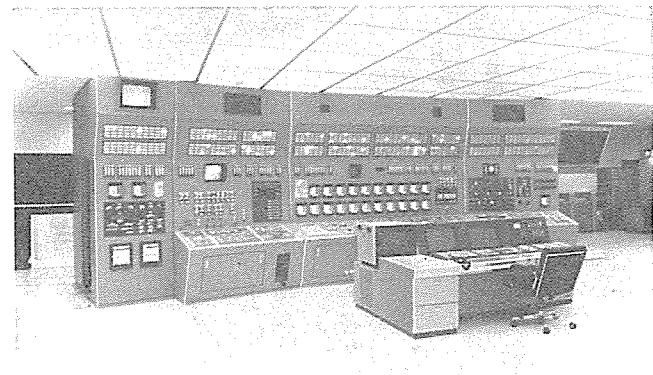


図 4. 中央制御盤の全景

5.2 マンマシンインタフェースの特長

マンマシンインタフェースの中枢としての中央制御盤はBTG盤と自動化盤とで構成し、原則として一人運転を可能とする設計としている。図4に中央制御盤の全景を示す。

自動化盤にはCRT、自動化コンソールパネル、ABC統括監視パネル、ページング及び主要補機の動作表示パネルほかを設け、正常状態での運転操作、監視が行える。

BTG盤には小形化された計器、小形照光式押ボタンスイッチを一部を除いて全面的に採用し、これにより盤の小形化を図り、運転監視の総合効率を高めている。

マンマシンインタフェースを最高の状態に維持して運用を容易にし、信頼性を高めるためにCRT、音声告知装置を有効に活用している。

5.3 制御装置の特長

頻繁な起動停止を考慮した中間負荷火力に要求される全自動化システム、制御装置は先行プラントにて実績をつくっているが、このプラントではそれらの技術を大容量ユニットへ導入するとともに、更に最新の技術を反映したものとしている。ここでは先行プラントと異なる点について以下に紹介する。

(1) 制御装置のデジタル化

自動バーナ制御装置と蒸気温度制御装置をデジタル化し、制御性、信頼性及び保守性などを向上させるとともに、将来の総合デジタル計装システムへのステップアップを図っている。ハードウェアは当社製のマイクロプロセッサ、《MELSEPシリーズ》を採用している(図5. 参照)。代表例として自動バーナ制御装置のシステム構成を図6.に示す。

(2) シーケンサ適用範囲の拡大

従来は特定の一部の補機サブループマスターにシーケンサを適用していたが、このプラントでは補機サブループマスター全域にシーケンサを適用し、シーケンシャル制御の信頼性、保守性、拡張性などを向上させている。表3.に適用範囲を示す。

補機サブループマスターに從属される補機の運転状態を中央室設置のCRTで表示するために、シーケンサと制御用計算機間にデータウェイを導入した。このためこのプラントでは、約600台の補機ごとのON-OFF状態がCRTにリクエスト表示可能となり、中央集中監視システムの充実が図れている。

(3) 補機インタロックリレー盤の合理化設計

補機単体保安インタロックを構成する補助リレーは自動化の進展に伴う補機台数の増加により、4,000～5,000個の多数となり、補助リレーの保守性が課題となっていたが、このプラントでは補機の系統ごとに補助リレーを機能分割して収納した独立盤を構成することにより保守性の向上を図っている。また、構造面ではリレー収納室とケーブル処理

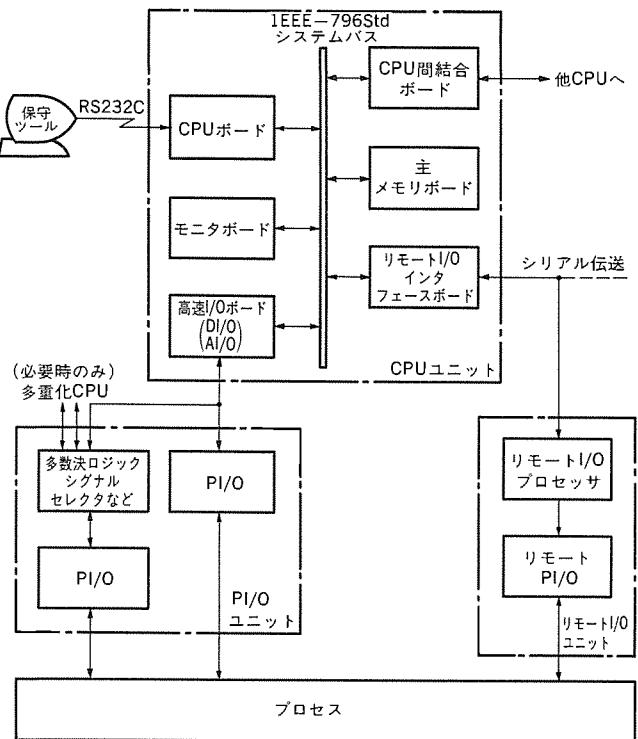


図 5. 《MELSEP 700》のシステム構成

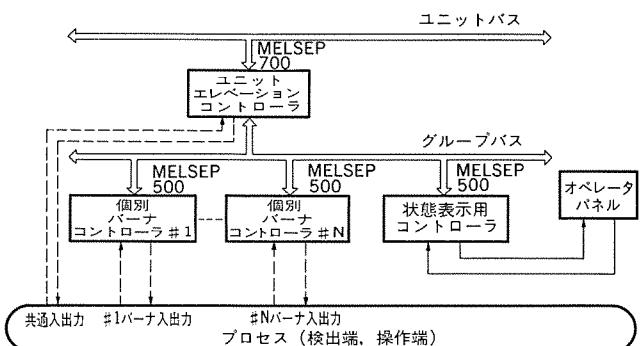


図 6. 自動バーナ制御装置のシステム構成

理室とともに筐体を2区分に独立させ、ケーブル配線時のじんあい(塵埃)や配線くずなどによるリレーへの悪影響防止並びに試運転中に発生する配線変更と、制御用ケーブル変更の並列作業化によって改造時間を短くし、十分な試運転ができることをねらっている。

(4) 構内多重伝送システム

自動化の拡大や監視機能の強化に伴い多量の信号の伝送が必要となり、ケーブルルートの確保とケーブル工事費用の抑制面からも、信号多重伝送化が必要となってくる。また、デジタル制御装置の導入拡大に呼応して、これら制御装置の信号の授受はデジタル方式によるのがトータルシステムとして協調のとれたものとなる。

このような意味からも、多重伝送方式は今後の火力発電プラントにとっても非常に重要な役割を担うことになる。このプラントではこのような背景のもとに、発電所構内設備間で多重伝送装置を部分的に採用している。適用箇所は発電所構内で距離が最も長く(約560m)かつ伝送信号が集中している燃料制御室～中央制御室間とした。伝送装置は三菱電機(株)製の《MELFLEX 310》を採用しているが、この伝送システムの概略仕様を表4に示す。

また伝送路については次の利点を考慮して光ファイバケーブルとした。

表 3. 補機サブループマスターへのシーケンサ適用範囲

表 4. 伝送システムの概略仕様（燃料制御室—中央制御室間）

項目				仕様
対符検伝容	向号定送	方方路量	式式數	1:1 NRZ 等長符号 64 ビット方式 反転 2 連装照合 + バリティチェック方式 光ファイバケーブル
全表計	ワ示測送	ード信信	ド号号	15ワード (サブコミ 18ワード) (1ワード当り 表示: 10点, 計測: 2量)
伝装	形面寸	置の法	構式數	209点 32量 1,200 B/s
				銅板製垂直自立形 1対向 (送信側 1面, 受信側 1面) 幅 600 mm × 奥 800 mm × 高 2,300 mm

- (a) 電磁誘導、静電誘導（サージ、ノイズ）に対する影響を受けない。
 - (b) 対環境性（耐水性、耐食性、耐火性）に優れている。
 - (c) 将来への拡張が容易である。

6. むすび

以上述べたごとく、人工島発電所での技術課題としての耐塩害対策については現地暴露試験、実験室促進試験などにより学術的にも貴重なデータが得られ、更にこのプラントで採用した諸方策などは今後の人工島火力発電所以外にも海上プラントなど気象・海象の厳しいところへ広く応用できるものと考える。また、最新鋭中間負荷火力としての機能を十分実現するために採用された自動化設備面での新技術は、デジタルバーナ制御装置をはじめとする制御装置のデジタル化が中心であり、構内伝送システムの採用と併せ制御システムの総合デジタル化へまた一步進んだといえる。このプラントでの新技術は今後の新設火力はもちろん、既設ユニットの中間負荷火力運用への改良にも適用拡大してゆく考えている。

参 考 文 献

- (1) 犬塚, 谷口ほか: 電通大 全国大 (昭59)

新規格形エレベーター《エレベット アドバンスV》

花木 幸一*・城 健次*・鈴木 茂彦*・勢力 峰生*・牧野 克己*

1. まえがき

当社は昭和33年に日本で初めて公共住宅用規格形エレベーターを開発し、昭和36年には一般ビル用も含めた規格形エレベーター《エレベット》を納入した。更に昭和54年には制御装置にマイクロコンピュータを採用した全電子化エレベーター《エレベットアドバンス》を発売した。《エレベットアドバンス》は、マンション、ホテル、事務所ビル、多目的複合ビルなどで活躍している。

この度、当社は、

- (1) 省エネルギー化、省電源設備化
 - (2) 快適で、かつ静肅なエレベーター
 - (3) マンション、コミュニケーション化
 - (4) 様々なビルにフィットするデザイン化
- などをねらいとして規格形エレベーター《エレベットアドバンスV》を開発し、昭和58年に発売した。

2. 《エレベットアドバンスV》の機種

《エレベットアドバンスV》は、乗用として定員6~15人、速度45~105m/minの18機種、住宅用として定員6~9人、速度45~90m/minの5機種、合計23機種がある。

3. 制御の革新

パワーエレクトロニクスとマイクロエレクトロニクスの技術の急速な進歩は、エレベーターの制御にも大きな革新をもたらした。近年工場設備やビルの電源設備に、VVVF(可変電圧・可変周波数)制御方式が導入されできている。このVVVF制御方式は、エレベーターの速度制御方式として、乗りごこちや着床精度といったエレベーターの基本性能の点からも、省エネルギー・省資源の観点からも理想的な制御方式である。

当社は既に昭和57年に高速(120~240m/min)エレベーター用VVVF制御装置を開発・実用化している。今回この技術を基にして、VVVF制御方式の規格形エレベーターを開発し、画期的な省エネルギーを実現した。更に、光通信や直列伝送方式などの最新のエレクトロニクス技術を導入するとともに、多数のマイクロコンピュータ(以下マイコンと称す)を駆使して、エレベーター制御システムの制御性能と信頼性を一層向上させた。

3.1 システムの全体構成(電子化・ソフトウェア化の拡大)

初めに、今回開発したエレベーター制御システム全体の構成について述べる。エレベーターが1台の場合の制御システムの構成を図1に、2台以上のエレベーターをグループ運転する場合の群管理システムの構成を図2に示す。図1、図2において、従来の群管理部、各台運転制御部に加えて、後で説明する信号伝送制御部や速度制御部にもそれぞれマイコンを使用しており、これらのマイコンの最適な機能分担により処理能力を高め、正確で迅速な制御を可能にした。また、従来リレーやハードロジックで構成していた制御回路の機能のうち、安全上必要最小限の機能以外はすべてマイコンのプログラムに取り込み、リ

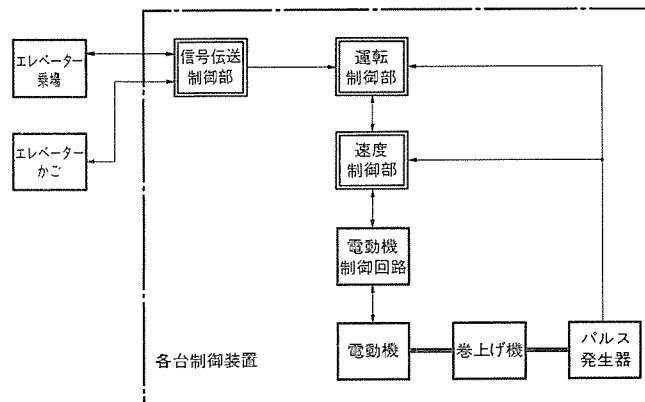


図1. 各台制御システムの構成

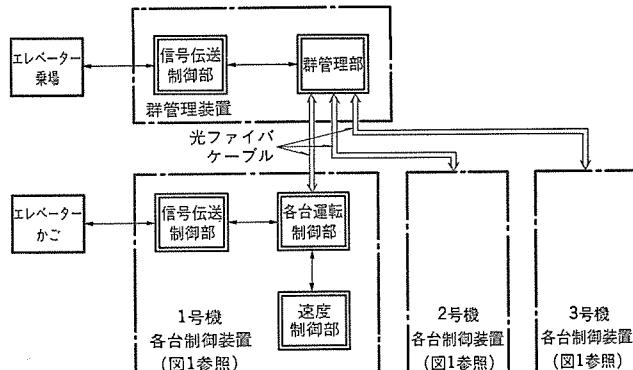


図2. 群管理システムの構成

レー や ハードロジック を極限まで減らすことができた。その結果、制御盤が小形になりシステムの信頼性も大幅に向上了。

群管理用マイコンと各台運転制御用マイコン間の信号伝送には光ファイバケーブルを用いた。光信号による信号伝送は高速でしかも電磁ノイズの影響を受けないので、高信頼度で細かな群管理制御を実現することができた。また、昇降路内のかごの位置を検出するための位置検出器も、従来の接点をカムで作動する形のものから、非接触式で無接点の電子スイッチに変更して、位置検出精度や信頼性を高めるとともに、据付け作業を容易にした。

3.2 速度制御システム(VVVF制御方式の導入)

3.2.1 構成

図3にVVVF制御方式を採用した速度制御システムの構成を示す。電源から供給された三相の交流は、いったんダイオードコンバータで直流に変換され、コンデンサで平滑された後、インバータで再び可変電圧・可変周波数の三相交流に変換されて電動機に供給される。インバータはトランジスタで構成されており、電動機のトルクリップルを小さくするため正弦波近似PWM(パルス幅調変)制御によって電動機に流れる電流が、正弦波になるように交流出力を制御する。この制御された可変電圧・可変周波数の三相交流により、電動機のトルクと回転数が制御され、エレベーターは微速から最高速まで滑らかに走行する。

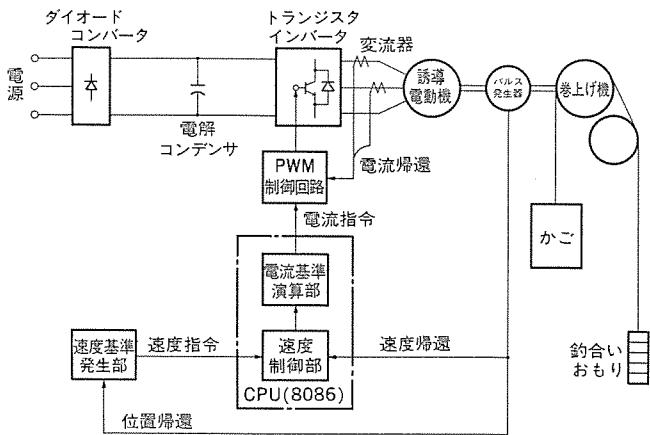


図 3. 速度制御システムの構成

トランジスタインバータの制御装置には、全速度領域にわたって高精度かつ応答性の優れた制御を行うために、16ビットマイコン8086を使用しており、そのソフトウェアは速度制御部と電流基準演算部に分かれている。速度制御部は速度指令値と速度帰還値とからすべり周波数を演算し、電流基準演算部はこのすべり周波数から電流の大きさと位相を演算して、PWM制御回路に正弦波の電流指令を送る。PWM制御回路は電流指令値を交流器からの電流帰還値と比較するとともに、PWM制御してインバータ用トランジスタのベースに導通指令を与える。

3.2.2 特長

VVVF制御方式を採用した『エレベット アドバンスV』の速度制御システムは、従来の一次電圧制御方式に比べ、次のような特長をもっている。

(1) 省エネルギー・省電源設備

VVVF制御方式は、電動機に印加する電圧と同時にその周波数も制御する方式で、電動機の回転速度によらず常に同期速度付近の損失の小さい状態で電動機を運転することができる。一方、従来の一次電圧制御方式では電動機に印加する電圧のみを制御していたため、回転速度の低い領域での損失が大きくなっていた。したがって、エレベーターのように起動・停止を繰り返すものでは、VVVF制御方式を採用することで特に大きな省エネルギー効果が得られ、消費電力は従来の一次電圧制御の場合の約50%に減少する。また、VVVF制御方式では回転速度の低い領域での力率が大幅に改善されているので、電源設備容量は従来方式の50%以下に減少する。

(2) 快適・静かな走行

VVVF制御を行うことにより、誘導電動機を直流電動機並みに制御することができ、更に16ビットマイコンを用いてデジタル速度制御を行うことにより安定した精度の高い制御が可能になり、高級高速エレベーターに迫る滑らかな乗りごこちと安定した着床が得られるようになった。また、VVVF制御に正弦波近似PWM制御方式を採用したので、電動機からエレベーターのかごや乗場、更には隣接居室に伝わる振動・騒音は従来より一層低減した。

図4にVVVF制御によるエレベーター運転時の速度、加速度及び電動機電流の波形を示す。

(3) 高い信頼性・安全性

VVVF制御装置のコンバータ・インバータ部の外観を図5に示す。ダイオードやトランジスタの電力半導体素子には、装置の小型軽量化を図るためにモジュール構造のものを使用している。このパワーモジュールは当社

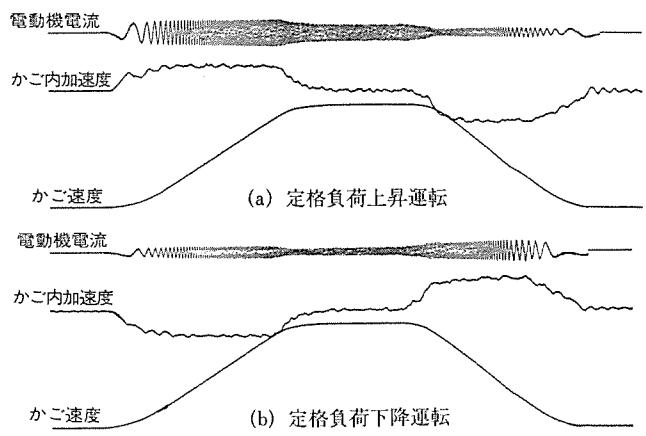


図 4. 運転特性

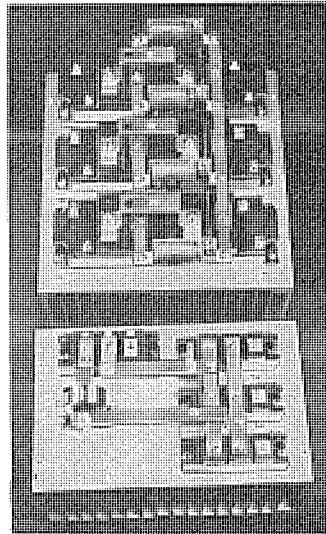


図 5. VVVF制御装置の外観

の優れた半導体技術により、高信頼度かつ断続通電や温度サイクルに対しても十分な寿命が得られる構造になっている。速度制御システムのVVVF制御化に際し、従来のエレベーターの安全装置のほかに各種の保護回路を設け、電源の異常及び制御回路の万一の故障や誤動作に対する機器の保護も万全にしている。

3.3 呼び信号伝送システム（直列伝送方式の採用）

乗場・かごと機械室との間の呼び信号線の本数低減及び標準化を図るために、呼び信号伝送システムに直列伝送方式を採用した。直列伝送とは1本の信号線で多数の信号を順次伝送する方式のこと、この方式を用いた呼び信号伝送システムの構成を図6に示す。図において、同期信号は機械室から送られるクロック信号により順次移動し、この同期信号に対応した階の呼び信号が呼び信号線に乗せられて伝送される。

直列伝送方式の採用により、従来呼びボタン1個あたり1本の配線を要していたのが、ボタンの数に関係なく数本の電線で呼び信号の伝送が可能になり、呼び信号インターフェースの点数も低減することができ、信頼性が向上した。また、ボタンインターフェースにはカスタム集積回路を使用して部品点数を低減するとともに、独自のノイズ対策により直列伝送の信頼性も高くしている。

3.4 群管理システム（心理的待ち時間評価方式の採用）

当社は、高速ギャラスエレベーターで採用している高級群管理方式（心理

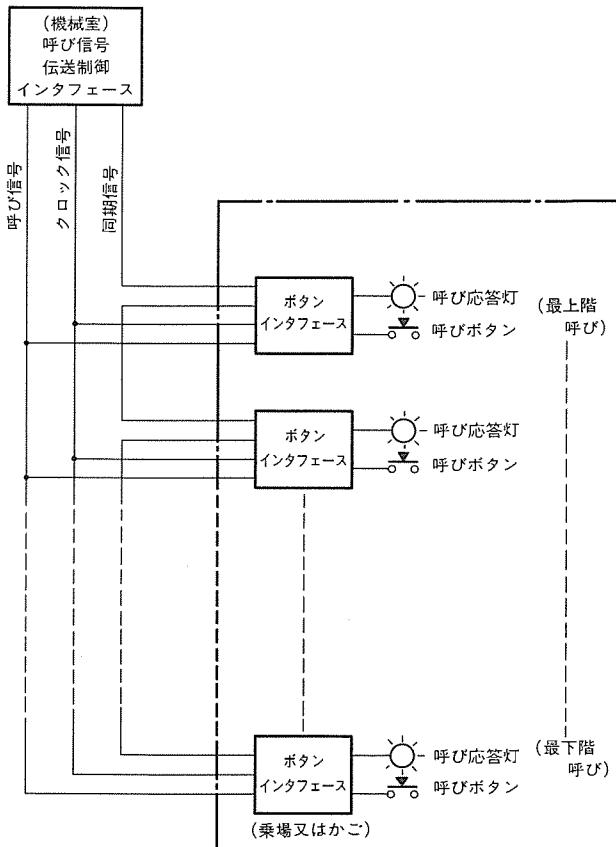


図 6. 呼信号伝送 システム の構成

的待ち時間評価方式) の思想を取り入れた新群管理方式 OS システム 21 V を開発し、これを 3 台形群管理 エレベーターに採用した。

3. 4. 1 3 C-OS システム 21 V の概要

エレベーターを待つ人の“いらいら”は、待ち時間が長くなると急激に大きくなる。3 C-OS システム 21 V では、マイコンで予測した物理的な待ち時間を、待つ人が心理的に感じる待ち時間に変換する。そして、その時間が最小となるように、サービスするエレベーターを割り当てる。

3. 4. 2 3 C-OS システム 21 V の動作の基本

煩雑さを避けるため 2 台形の群管理方式に置きかえて、3 C-OS システム 21 V の基本動作を以下に示す。

(1) 待ち時間の予測に基づく割り当て

原則的には、発生した乗場呼びの待ち時間が最小となるようにエレベーターを割り当てる。図 7. (a) では 8 階の乗場昇り呼びに対して、距離的には 1 号機の方が近い。しかし、途中にかご呼びがあるので 8 階に到着するまでに時間がかかる。この場合、短時間でサービスできる 2 号機を割り当てる。

(2) 心理的待ち時間評価による割り当て

乗場インジケータを見ている待ち客の心理を考慮して、不自然とならないエレベーターを割り当てる。図 7. (b) では、4 階の乗場昇り呼びに対して 2 号機の方が短時間でサービスできる。しかし、乗場インジケータを見ていると 2 号機は 4 階で運転方向を反転することになり、心理的異和感を与える。この場合、ごく自然な 1 号機を割り当てる。一方、図 7. (c) のように 9 階に乗場昇り呼びが発生した場合では、1 号機が 9 階に到着するには相当時間がかかる。この場合、運転方向を反転することになるが、短時間でサービスできる 2 号機を割り当てる。

4. 意匠の高級化

最近の建物には、ソフトで落ち着きのあるインテリアが求められる。また、規格形エレベーターの性能が向上するにつれて、それが設置される建物、規模も次第に拡大してきている。このような背景からエレベーターの意匠も、一層、高級で個性的なものへと市場ニーズが変化してきている。この傾向に対応するため、今回、新たに意匠面のフルモデルチェンジを図った。

4. 1 意匠の特長

エレベーターの意匠は、建物の用途、インテリアに調和するとともに、機能的なデザインでなければならない。このような観点からニューデザインは、次の項目を基本のテーマとして展開した。

- (1) 次代をリードする新感覚の意匠とする。
- (2) 意匠の個性化と多様化に対応したものとする。
- (3) 機能的で操作性のよいデザインとする。

『エレベットアドバンス V』の意匠は、これらのテーマをもとに、更に前述の制御の革新と新技術の導入による高性能マイコン化エレベーターにふさわしいイメージを具現化したものである。その主な特長は次のとおりである。

- (1) 最新の建物のインテリアの傾向を反映して、ソフトで落ち着いたイメージの照明と色彩を基調にデザインの展開を図った。
- (2) それぞれの建物の性格にふさわしいデザインとカラーコーディネーション

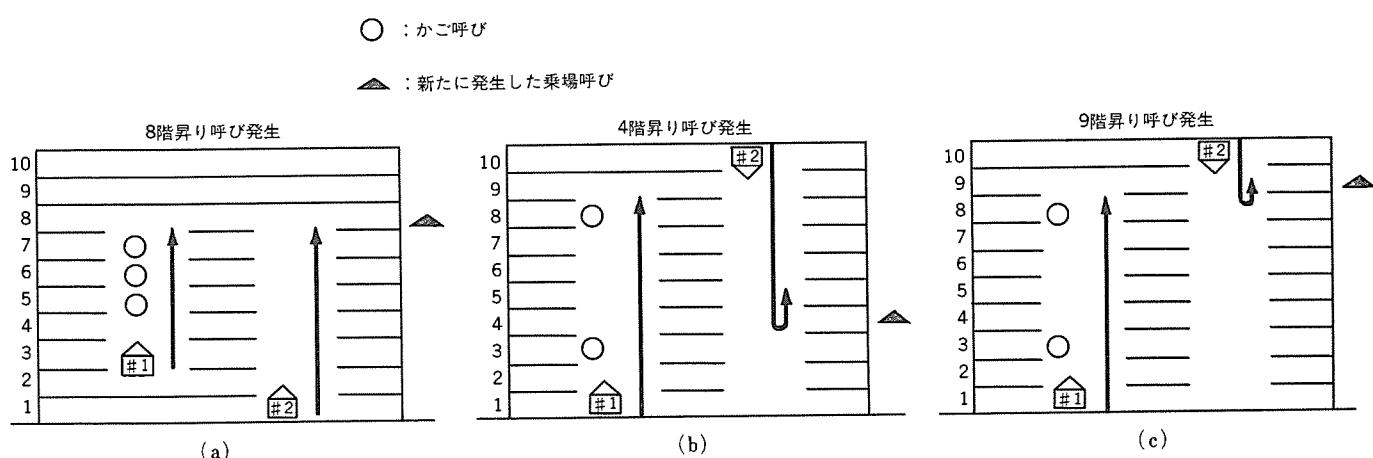


図 7. 3 C-OS システム 21 V の基本動作

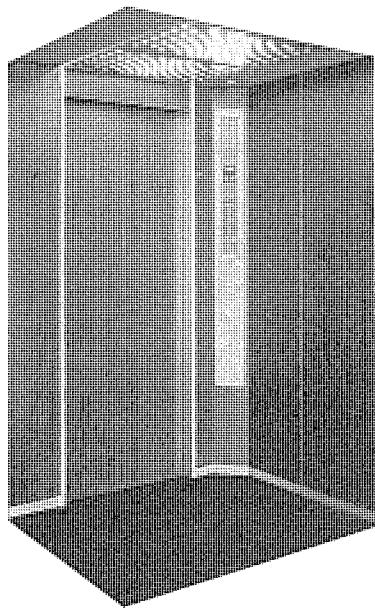


図 8. かご室

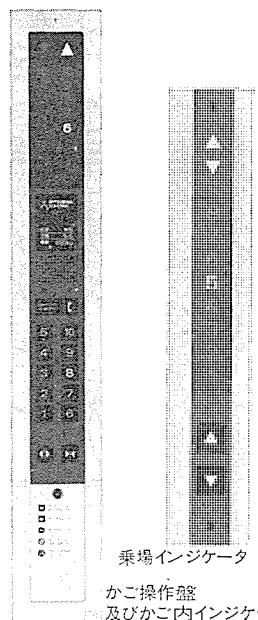
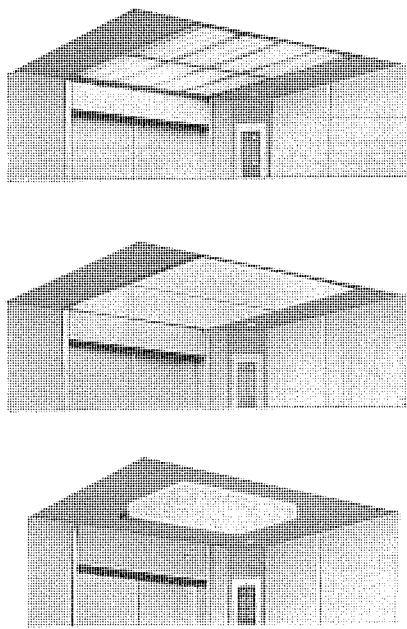


図 9. 操作信号器具

ヨンの拡大で、一層のワイドバリエーション化を図った。

(3) 長期間にわたり意匠品質を維持させるため、耐候性の優れた新意匠塗装仕上を全面的に採用した。

(4) 人間工学の面から機能性を追求し、一層使いやすく、見やすい操作盤とインジケータを実現した。

4.2 かご室の意匠

エレベーターのかご室は、建物の重要な一つの空間であり、そのデザインは、建物の目的と用途にふさわしく、トータルインテリアとして調和したものでなければならない。また、最近の建物は、個性化が進むとともに高級化指向である。しかも、規格形エレベーターは、時代とともに性能が著しく向上し、設置される建物も住宅向けから中規模のオフィス、ホテルと多種多様である。このように、幅の広い市場ニーズに対応していくには、最新の建物インテリアの傾向を反映するとともに、デザインバリエーションの自由度を十分に確保しておく必要がある。

このような観点から《エレベットアドバンスV》のかご室は、図8.に示すとおり、4種類の天井照明形式を基本として、それぞれの天井と壁及び床の内装材が自由に組み合わせができるメリットを十分に生かしたものである。このニューモデルのかご室天井は、中央部分に照明を集約することで、全体にソフトなイメージにデザインし、その周辺部分は、好みの色調を組み合わせられるようにした。また、かご室の内装仕上には、従来より好評である木目、レザー調などの質感を強調した高級化粧鋼板に、重厚なイメージのメタリック調を加えた。このようにして、ニューモデルのかご室は、294種類（従来の2.5倍）のデザインバリエーションが可能となった。

4.3 かご操作盤及びインジケータの意匠

エレベーターのかご操作盤及びインジケータは、使いやすく、見やすいことが基本条件である。また、その意匠は、かご室のインテリアと調和していかなければならない。《エレベットアドバンスV》では、図9.に示すとおり、操作盤とインジケータとを一体化して機能の集約を図り、そこで（袖）壁のコーナ部分に配置することで操作性と機能性を一段と向上させた。しかも、操作ボタンには、新形の微少ストロークの「角形マイクロタッチボタン」を採用して、操作部分に凹凸感のないタッチ感

覚のデザインとした。更に、操作・表示部分は、ソフトで落ち着きのあるブラウン系の色調で統一し、一層、高級感のある意匠に仕上げた。

また、緊急時に使用するインターホン呼びボタンと日常多用される戸開閉ボタンの表示には、国際性の高いグラフィックシンボルマークを採用して、だれにでも分かりやすく、使いやすいものとした。

4.4 標準色の充実

最近の建物インテリアの傾向を反映して、内装材の標準色にはブラウン系の色調を充実して、より高級インテリアにマッチできるようにした。かご室は、前述の高級化粧鋼板を7種類用意し、天井と床タイルの色柄の組合せで様々な雰囲気が自由に演出できる。更に、乗場の戸及び三方枠についても、10種類の標準色を用意して色調の充実を図るとともに、耐候性に優れた新アクリル系の焼付け塗装仕上げを全面的に採用した。

5. 操作性の向上

エレベーター本来の機能性を向上させるためには、制御装置などの性能を向上させることはもちろんのこと、操作・表示器具も使いやすく、見やすくて、スムーズに乗客を誘導できるものでなければならない。そのため、《エレベットアドバンスV》では、人間工学の面から一層操作性の向上を追求した。その結果、操作盤及びインジケータは、最も操作性と機能性が良いかご室の袖壁コーナ部分に45°の傾斜で配置した。

5.1 斜め操作盤の効果

乗客の乗り降りをスムーズにするためには、最少の動作で、無理なくエレベーターを操作できることが必要である。図10.は、その際の乗客の動作をシミュレーションしたものである。ここに示すとおり従来形の操作盤配置では、行先階の登録を確認するために体を約45°回転し、行先階のボタン操作のためには、ほぼ180°体を反転する必要があった。これに対して、新タイプの斜めの操作盤では、乗り込み時の姿勢のまま登録確認ができ、ボタン操作もわずかに体を回転するだけで十分である。

これにより、乗客が乗場から操作盤の登録確認をするまでの動線

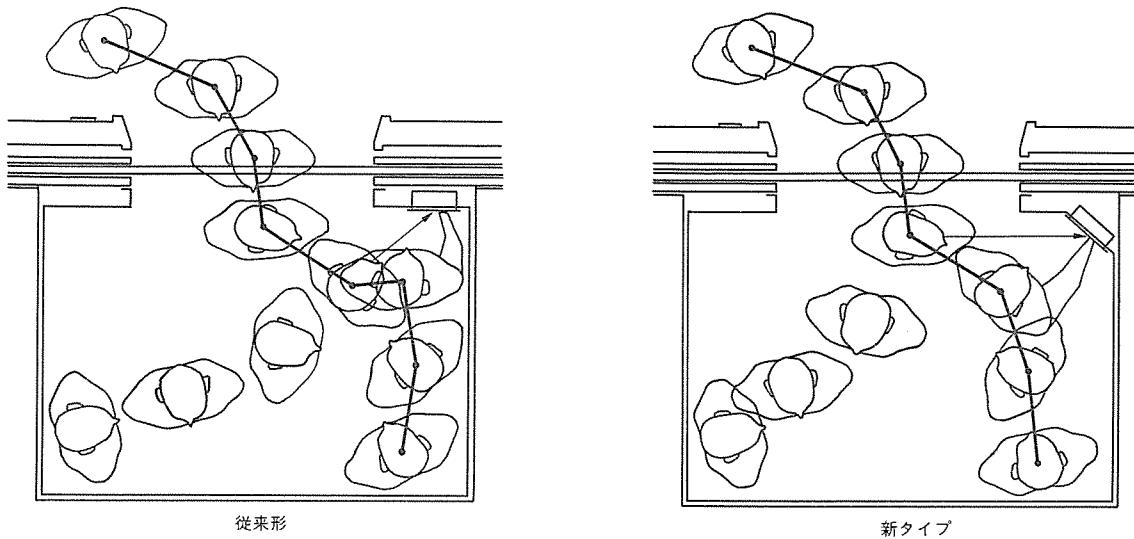


図 10. エレベーターの乗客の動線図

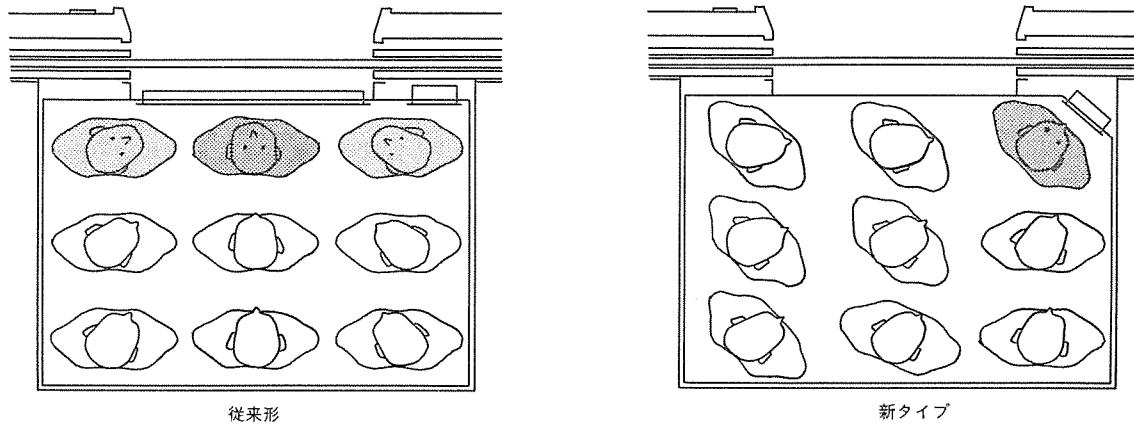


図 11. かご内 インジケータの視認性

距離は約 26 %、またボタン操作までは約 13 % の短縮が図れた。しかも、かご室内が混雑した状態であっても、他の人の陰になりにくく、操作がしやすいといった特長も生まれた。

5.2 視認性の向上（かご内インジケータ）

インジケータが見やすい乗客の視野角は、上下、左右とも約 60° 以下の範囲である。そのため、《エレベット アドバンス V》のかご内インジケータは、袖壁コーナ部分に 45° の傾斜で配置して、かご室中央部に対面させた。しかも、表示位置をこれまでより低くすることで、視認性を大幅に向上させた。また、かご室内の各種表示もここに集約化して、一層見やすくした。図 11. は、新旧タイプのインジケータの視認性を比較したものである。従来形は出入口上部に設置した場合で、最前列の乗客は全体に仰ぎ見る状態となる。これに対し、袖壁コーナ部に設置する新タイプでは、この点が大幅に改善されており、乗客は自然の姿勢で楽にインジケータを見ることができる。

6. むすび

規格形 エレベーター「エレベット アドバンス」は、現代の社会ニーズにこたえるべく、新制御システムの採用と意匠のモデルチェンジを行って、「エレベット アドバンス V」と改名した。

今後共、エレクトロニクス技術や新材料技術を最大限に活用して利用者、施主、建築家各位に満足していただけるよう、一層の努力をする所存である。

参考文献

- (1) 鈴木ほか：新しい規格形 エレベーター「エレベット アドバンス」、三菱電機技報、54, No. 4, p. 59 (昭 55)
- (2) 渡辺ほか：高速 エレベーター用新制御・駆動装置、三菱電機技報、57, No. 11, p. 1 (昭 58)
- (3) 野村：VVVF 制御を採用した規格形 エレベーター、生産と電気、36, No. 5, p. 30 (昭 59)

三菱電機ワイヤカット放電加工機F1シリーズ

荒 横 淳*・鶴 本 和 夫*・弥 富 剛*

1. まえがき

金型産業は、自動車・TV・VTR・カメラ・時計などに代表される大量生産の耐久消費材のサポートインダストリとして、今では確固たる地位を占めるに至っている。昭和60年には1兆円規模の生産額が見込まれ、低成長時代に入っても、消費者ニーズの多様化、高級指向に支えられて、比較的着実に成長している産業である。しかし、金型納期の短縮、金型生産コストの低減、金型の高精度化の要求にこだえるために金型加工の合理化が急務となっている。

ワイヤカット放電加工機は、複雑微細な抜き型の製作が容易にできる、焼入後の工具鋼、超硬合金など難切削材の加工が容易にできるなどの理由から、金型加工の合理化には不可欠な生産設備として、金型加工の主力機種となっている。金型製作の短納期化、コストダウン、そして高精度化を図るために、ワイヤカット放電加工機においてもこれまでに、多くの改良がなされてきたが、加工精度を向上しながら加

工速度を増大するという生産性の向上が現在の最も重要な課題である。F1シリーズワイヤカット放電加工機は、当社Fシリーズにおいて培った高速化・高精度化・自動化の技術を更に推しすすめ、上記課題を解決すべく当社が開発した画期的な新シリーズである。本稿では、金型加工における現状の問題点の分析とF1シリーズでこれらを解決すべく盛り込まれた最新技術について述べる。

2. 金型加工におけるニーズと技術動向

金型加工分野において、市場ニーズに対応した生産設備と、これらを開発するための基礎技術の関係を表した例を図1に示す。

図中、四角内は当社の製品群で、二重枠内はワイヤカット放電加工機(WEDM)であり、広範な金型製作ニーズに対応すべく、仕様、機能及び用途面で複合機として、あるいは専用機としてその性能向上化がますます強く要求されるようになってきた。このような生産設備・機械の開発・性能向上化には種々の基礎技術・開発ツールが

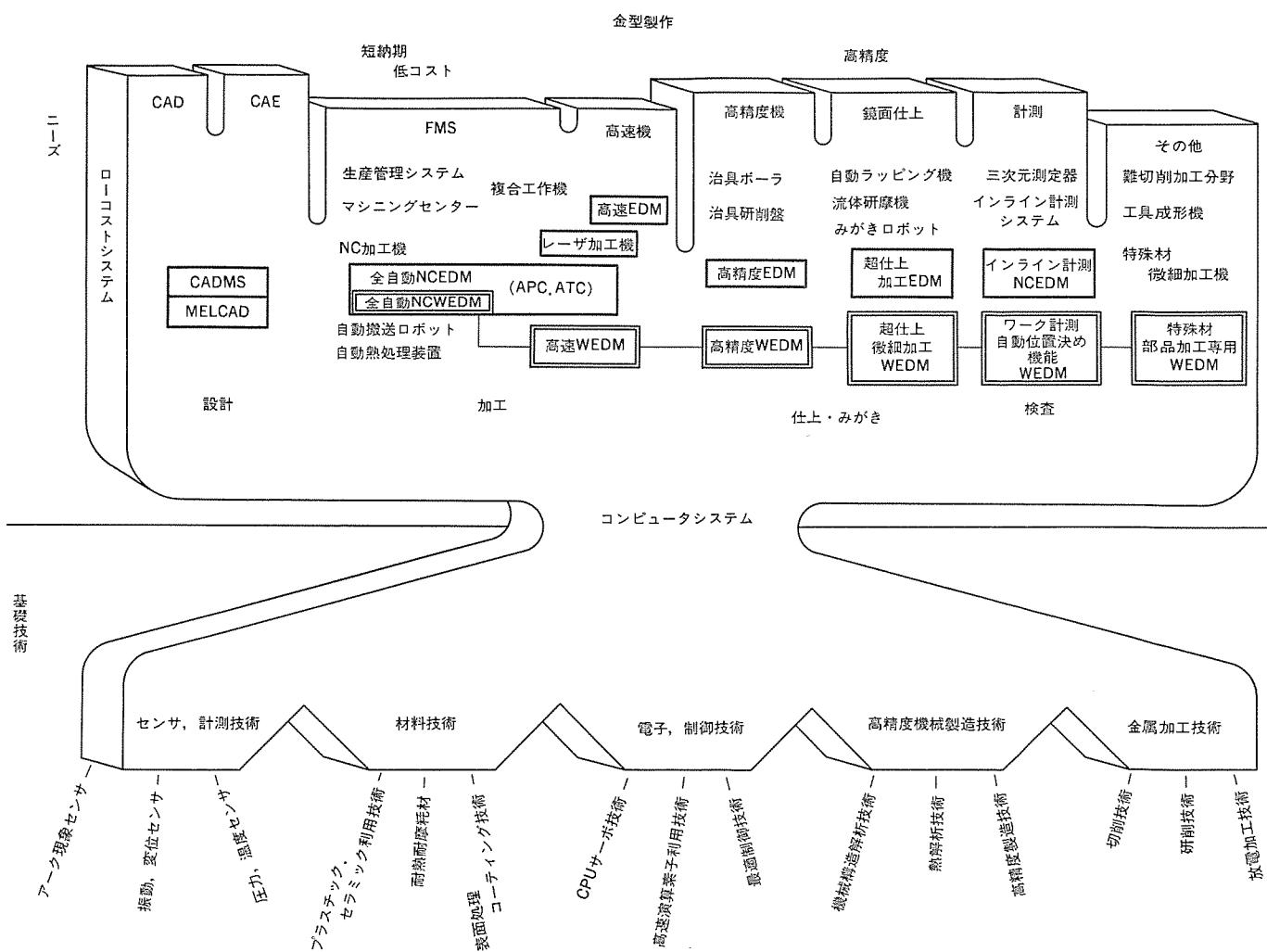


図1. 金型加工における市場ニーズと基礎技術

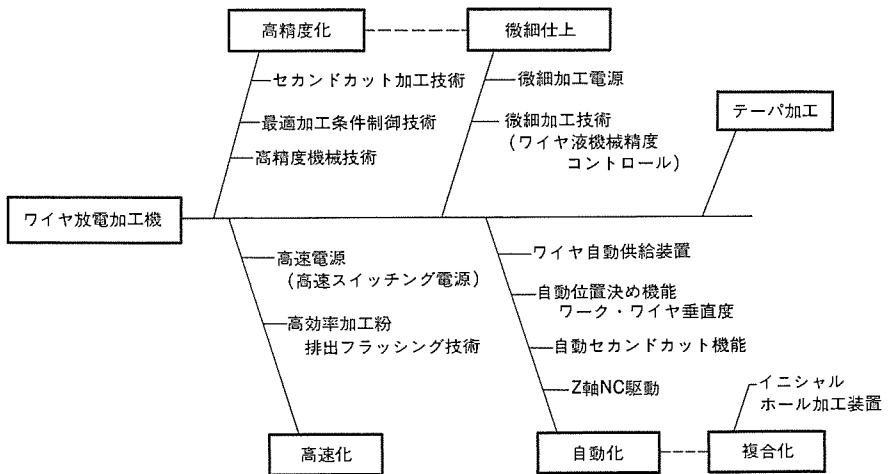


図 2. ワイヤカット放電加工機の開発技術要因

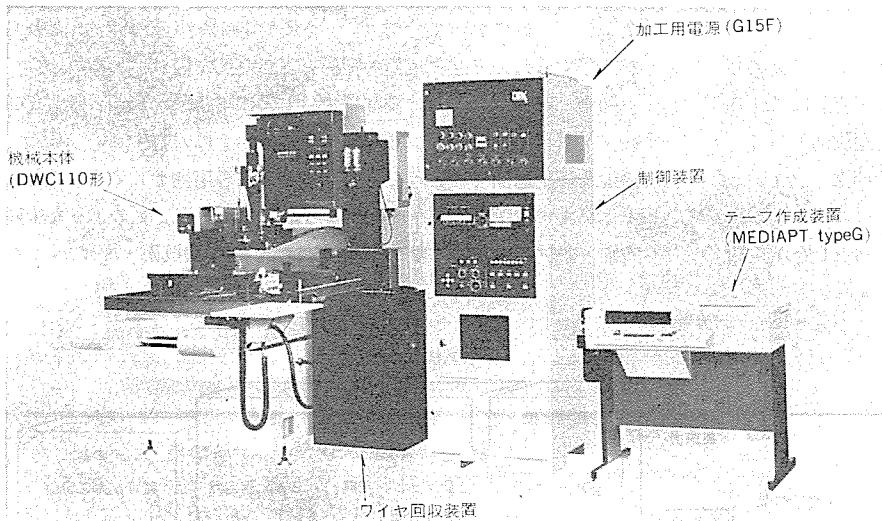


図 3. DWC 110 F 1-CNC 2 の外観

必要であるが、これらと製品との間に、最近のエレクトロニクスコンピュータシステムのかかわりがより大きくなりつつあり、この利用技術あるいは、製品化への適用が今後より重要となってくるものと予想される。

市場ニーズに対応すべく WEDM の要求される要因を示したのが図 2. である。この要因は大別して、高速化・高精度化・自動化に分類され、各々の目的に対して機械装置、電源装置及び制御装置の改良、開発とその装置の性能を最大限に引き出し使いこなすための加工技術、加工ノウハウの蓄積が必要である。当社 WEDMF 1 シリーズでは、種々の改良、開発と同時に加工データの蓄積と豊富な加工ノウハウを製品に綴り込むことにより、性能の大幅な向上を達成している。

F 1 シリーズの開発には、次の三つの課題とその対策が実施されている。

(1) 高速化

- ・高速加工用電源の開発により加工面粗さに対する加工速度の向上
- ・高速化に対応したワイヤ・加工液機械系の改良

(2) 高精度化

- ・仕上加工（セカンドカット法）技術の確立
- ・微細加工用電源回路の性能向上

・機械熱変形対策の強化

(3) 自動化

- ・高速・高精度化に対応したワイヤ自動供給装置のハード・ソフト面の改良と信頼性の向上

- ・荒加工から仕上加工まで自動で加工できる自動セカンドカット機能の開発

以上の項目はそれ自身相互に関連しており、これらの開発は同時に、バランスを保ちながら行うことが重要であり、F 1 シリーズは総合システムとして開発されたもので、その具体的な仕様・機能及び性能などについて次に述べる。

3. 全体のシステム構成

当社高速ワイヤカット放電加工機 F 1 シリーズとしては DWC 70 F 1, DWC 90 F 1, DWC 110 F 1, DWC 200 F 1 の 4 機種があるが、これらの代表として DWC 110 F 1-CNC C 2 システムの外観、並びに仕様を各々図 3., 表 1. に示す。

システムは機械本体、加工用電源、制御装置、テープ作成装置、加工液供給装置（図示せず）から成っている。そして、このうち機械本体、加工用電源、制御装置、加工液供給装置の各々に多くの改良を加えて今回の高速化を達成している。

4. F 1 シリーズにおける技術的展開

4. 1 加工の高速化

パワーアップを図った独自の新高速加工回路の採用により、放電効率が更に向上し、実用的な形状加工で平均加工速度 200 mm²/min を可能にした（加工条件：工作物材質 SKD-11, 板厚 60 mm, ワイヤ電極 φ 0.3 の黄銅ワイヤ）。図 4. は工作物板厚及び使用するワイヤ電極に対する最大加工速度特性である。

放電電流パルスの均一化及び放電繰返し周波数を増大させること

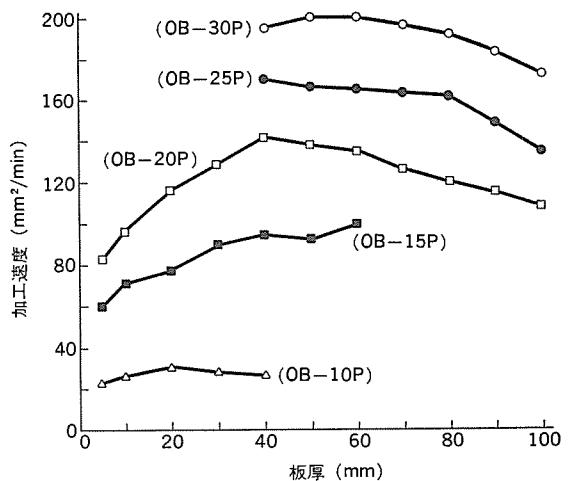


図 4. F 1 シリーズワイヤ電極別最大加工速度

表 1. 各装置の仕様一覧

<機械本体仕様>

仕様項目	DWC110 形
最大工作物寸法(参考、幅×奥行×高さ) (mm)	550×600×150
工作物最大重量 (kg)	400
テーブル寸法 (mm)	600×660(L形)
加工範囲 (X-Y) (mm)	300×450
テーブル早送り速度 (mm/min)	800
使用ワイヤ径 ϕ (mm)	0.05~0.3
最高ワイヤ送り速度 (mm/s)	180
ワイヤ張力 (g)	200~2,500
外形寸法(幅×奥行×高さ) (mm)	1,745×1,995×1,785
機械本体重量 (kg)	2,550

<加工用電源仕様>

電源回路方式	トランジスタバ尔斯回路
最大加工電流	15 A
加工電圧切換	16 ノッチ
加工セッティング	16 ノッチ
休止幅	16 ノッチ
安定回路 A	6 ノッチ
B	16 ノッチ

<テープ作成装置仕様>

制御部	マイクロコンピュータ制御
キーボード	英数字・テンキー・ファンクションキー
CRTディスプレイ	大きさ 12 インチ 文字表示 64 字×24 行 表示速度 200 字/秒 图形表示 512×384 デット
プリンタ	形式 ドット式 印字速度 80 字/秒
テープリーダ	読み取り速度 200 字/秒
テープパンチ	さん孔速度 50 字/秒
图形定義	●点=P 9種類 ●円=C 11種類 ●直線=L 8種類
経路定義	●点への移動 ●图形の回転 ●直線に沿っての移動 ●周長の計算 ●円に沿って移動 ●各種機械制御命令語 ●コーナー円弧 ●同一パターンの操作し ●円弧上の同一パターンの操作し
編集機能	文字挿入・削除、行挿入・削除、カーソルコントロール、画面転送他
その他の機能	変数計算式の使用、Z 軸座標処理、テープレス運転
オプション機能	花文字パンチ、インボリュート歯車、数式演算、点列接続プログラム

により、同一面粗さに対する加工速度、いわゆる面対加工速度が F1 シリーズでは従来から 1.5 倍(当社比)に向かっている。図 5. は F1 シリーズにおける面対加工速度特性である。また電源 G15F は仕上加工回路を内蔵しており、仕上加工領域では最良面粗さ $2 \mu\text{R}_{\max}$ を実現している。最大加工速度特性の向上と面対加工速度特性の向上により、荒加工から仕上加工までの工程の短縮・削減ができるとともに、 $\phi 0.3$ の黄銅線を用いた高速加工から、 $\phi 0.05 \sim 0.08$ の細線ワイヤ電極を用いた微細加工まで加工領域も一段と拡大した。

加工の高速化に伴う加工液圧の上昇、機械熱変形に対して機械本体は、従来にも増して高い剛性、熱ひずみ対策が考慮されている。特に高速加工による加工液の温度上昇に対して加工液冷却用のファンクーラーを標準装備とし、加工液の温度が常に室温と同一に保たれ、長時間にわたる高速加工も安定に行うことができるようになった。高

<制御装置仕様>

入力方式	紙テープ入力 テープコード ISO/EIA 切換可能
設定単位	入出力共 0.001 mm
最大指令値	X, Y 軸 ±999.999 mm
補間機能	直線・円弧補間
位置指令方式	増分/絶対値併用
スケール倍率	0.001~99.999
ミラーアイメージ	X 軸, Y 軸、単独、同時
最適送り制御	極間状態により、最適送り速度を自動選定
逆軌跡後退制御	短絡発生時に逆軌跡を戻る
ワイヤオフセット	0~9.999 mm (0.001 mm 単位)
手動送り	高速、中速、インチング (スイッチ切換)
インチング	0.001 mm/0.005 mm (スイッチ切換)
シーケンス番号	999
图形チェック	ベンディングにより图形内容を高速で作図
手動速度割り込み	手動データ入力による割り込みによる速度 F の変更可能
停電復帰	加工中の停電時、テープをもとの位置にサーチし、再加工可能
手動データ入力(MDI)	1 ブロック分の指令を読み込ませ実行させる
万能表示器	<ul style="list-style-type: none"> ●現在位置表示…軸切換えによる指令位置表示 ●テープ指令値表示 ●手動データ入力表示
各種制御機能	<ul style="list-style-type: none"> ●マシンロック ●円弧指令チェック ●ブロックディレクト ●CPU ダウン処理 ●リファレンスブロック ●ワイヤ断処理 ●シングルブロック ●送り 1 秒停止 ●フィードホールド ●30 秒短絡 ●ストロークエンド
標準機能	<ul style="list-style-type: none"> ●自動位置決め機能 ●自動原点復帰機能 ●軸交換機能 ●メモリ運転機能 ●周長計算機能 ●メモリサイクル機能 ●(テープ)編集機能
自己診断機能	アラーム内容をコード番号で表示
インターフェースチェック	各信号の状態をコード番号で表示
外形寸法(幅×奥行×高さ) (mm)	650×800×2,100 (G15F を含む)
重量 (kg)	475 (G15F を含む)

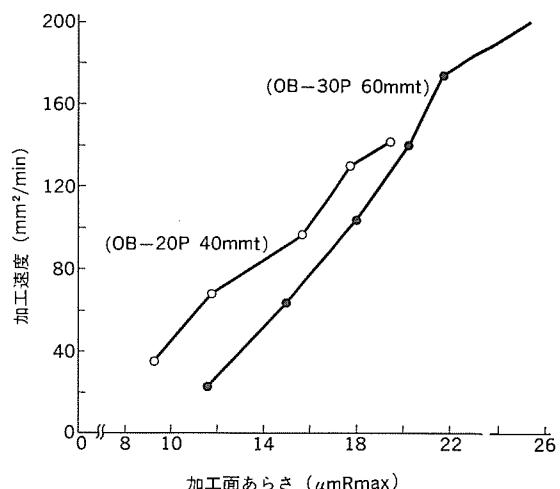


図 5. F1 シリーズ面対加工速度

速加工時の加工チップの効率的な排出を可能にし、高速加工を連続的に安定した加工とするために、放電加工間げき(隙)への加工液供

給には独自の加工液噴流機構を採用している。更に高速加工による加工液中のスラッジ量の増加に対しても、ろ過精度の高い新形高容量の紙フィルタをデュアルで使用する方式を採用し、フィルタ交換周期の長期化を図っている。

ワイヤテンション系は、ワイヤ電極を長時間、高張力で安定供給するために、5kg巻大形ワイヤボビンを装着可能とともに、使用ワイヤは回収箱に導き収納する方式を採用することによって、長時間にわたる安定した高速加工を可能にしている。

4.2 高精度化（自動セカンドカット）

4.1 節で今回のF1シリーズでの高速化についてその技術を述べてきたが、このように加工が高速になればなるほど、逆に仕上げ加工が重要になる。仕上げ加工に時間が多く費されると高速化を行った意味がなくなる。従来からこの種の仕上げ加工としては、一度加工した面を再度、オフセット量を変えて加工面に対してワイヤ電極を寄せて加工し仕上げる、セカンドカット法なる加工法がある。通常、一度加工した面を、更に2~8回加工するが、これらを総称してセカンドカット法と呼んでいる。これは一般的にファーストカットが高速であれば、それだけセカンドカット以降が余分にかかるのが普通である。これでは全体の加工として時間がかかり、高速化が達成できなくなる。

F1シリーズでは、このようなセカンドカット法を、作業者の介入なしに、しかも、だれもが同じ加工結果を得られるように加工上のノウハウを多く採り入れて自動化を図った。この自動セカンドカットの採用により、今まで多大な時間が費され、しかも高度な加工であったが、だれでも使える加工法になり、最終的に高精度かつ高速化を達成したわけである。以下に自動セカンドカットについて概略を述べる。

自動セカンドカットは、ファーストカット加工から最終仕上げ加工までの一連の動作をNCテープで指令することにより、自動的に加工を行い、高精度の所望形状を得るものである。また、セカンドカット用の諸条件の標準パターンを登録し、NCテープ作成時にこれらのパターンを呼び出すだけで、ファーストカットから最終仕上げ加工までを容易に行うことができる。

まず自動セカンドカットにおいて使用される加工条件の標準パターンを図6に示す。図で示されるように工作物材質・板厚・加工回数の3要素により登録番号を定めることにより、加工条件はセカンドカットの加工中、一義的に決定される。実加工における加工条件のパターン例を図7に示す。図は工作物SKD-11、40mmの場合の1st CUTから4th CUTまでの加工条件切換パターンである。主に変更される条件は、オフセット量、加工電源の電気条件、サーボの基準電圧などであり、その変更方法はあらかじめ種々の加工データにより積み上げられた加工ノウハウを駆使している。

次に加工方法を図8に示す。図の(a)はパンチ加工例であり、最後まで切り落とさずに残し、そのポイントを折返し点として再度加工



図6. 標準加工条件パターン

(1ST CUT M.CONDITION 40MM) N941

H1	オフセット番号
M31-	1stカットモード
M96-	タイプII 切
M90-	最適送り入
E90805	電気条件指令
E-44	平均加工電圧指令
F2000	基準速度指令

(2ND CUT M.CONDITION 40MM)

N942
H2
M32
M96
M90
E041010
E-50
F3000

被加工物

材質	SKD-11
板厚	40mm
加工	1stカット→4thカット
ワイヤ電極	OB-20P

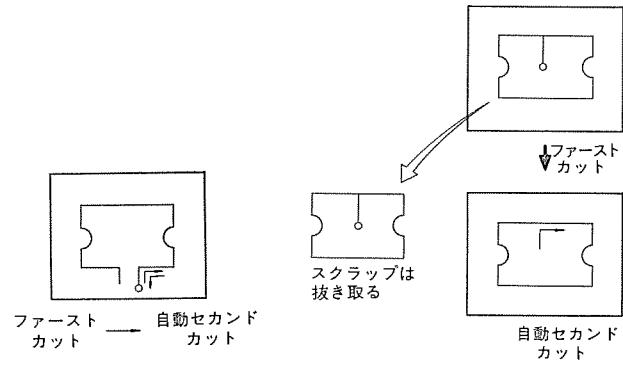
(3RD CUT M.CONDITION 40MM)

N943
H3
M33
M96
M90
E030101
E-35
F3000

(4TH CUT M.CONDITION 40MM)

N944
H4
M34
M96
M90
E020101
E-30
F3000

図7. 加工条件パターン例



(a) パンチ加工例

(b) ダイ加工例

図8. 加工方法

するセカンドカットに入る。(b)はダイ加工例であり、切断後スクラップを作業者が抜き取った後、セカンドカットに入る。以上のように自動セカンドカットでは、图形の形状定義のみで、各加工ごとに標準加工条件パターンを挿入することにより、自動的に条件が変更され、高精度に仕上げることができる。

4.3 自動化・省力化（ワイヤ自動供給装置）

ワイヤカット放電加工について、前述のようにファーストカット、セカンドカットでの高速化について説明したが、このように高速化が進むにつれ加工の段取りが問題になってくる。例えば、加工初期にワイヤをイニシャルホールに通したり、ワイヤ断線時にワイヤを再度、結線せたりする作業である。更に、順送型のように1穴ごとにワイヤを切って次のイニシャルホールへ移動して再度通して加工を開始させるという一連の作業である。このような場合、ファーストカットが高速であっても、

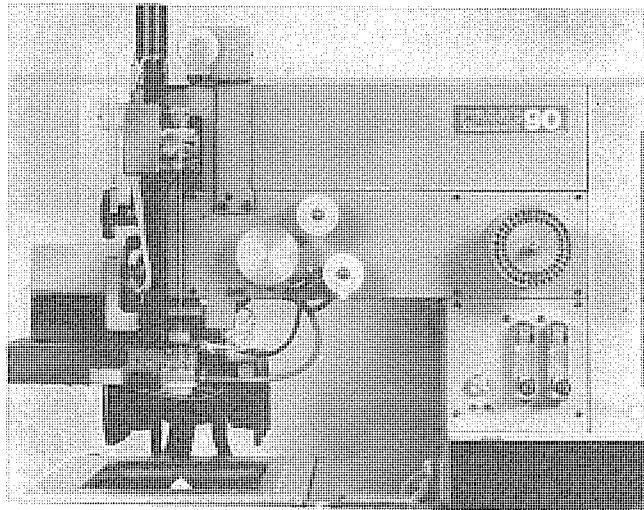


図 9. ワイヤ自動供給装置の外観

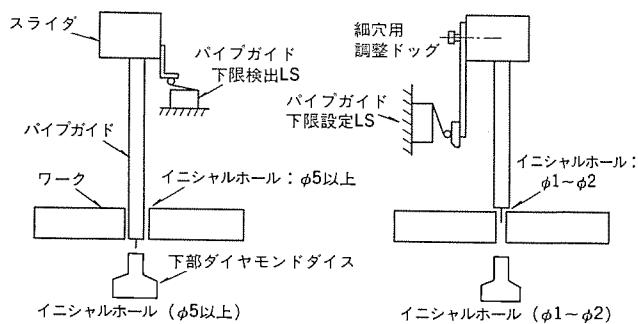


図 10. ワイヤ自動挿入方式

1穴ごとに作業者が介入し、加工が中断され、結局、総合的には加工速度が遅くなったのと等価になってしまふ。以上のような欠点を解消するために、ワイヤを自動的にイニシャルホールへ通すワイヤ自動供給装置の存在価値がより重要視されるわけである。以下に当社のワイヤ自動供給装置について説明する。

図9.にワイヤ自動供給装置の外観を示す。ワイヤ自動供給装置の機能説明については既に詳細に説明されているので、今回は概要並びに前述の順送型への適用について重点的に説明する。ワイヤを工作物のイニシャルホールへ通す方法を図10.に示す。図で示されるように、イニシャルホールの内径により2通りの方法がある。まず $\phi 5$ mm以上の場合は、パイプガイドがイニシャルホールを抜けて下部ダイヤモンドダイスと近接する位置へくる。そしてワイヤのみを送り出して下部ダイスへ通す。

次に $\phi 1\sim\phi 2$ mmの場合は、パイプガイドの外径が $\phi 4$ mmなので図のようにイニシャルホール入口近傍まで下降し、ここでワイヤのみを送り出しイニシャルホールをガイドとして下部ダイスへワイヤ電極を通す。以上のようにしてワイヤを工作物イニシャルホールへ通してワイヤ結線を完了する。これにより従来面倒であったワイヤの結線が自動化でき作業者の手間が省けたことになる。更に高速加工中にワイヤ断線が

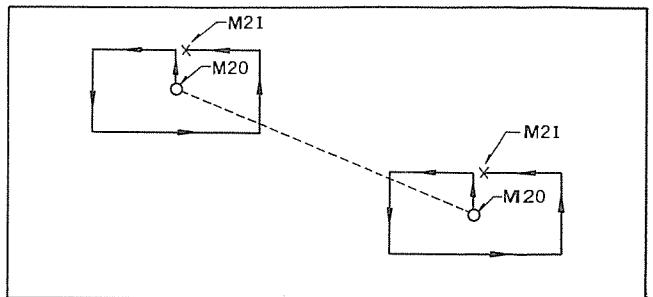


図 11. 順送型加工例

発生しても、この装置では制御装置により加工開始点すなわちイニシャルホールへ戻し、ワイヤを挿入し再度記憶している断線位置へ復帰させ自動的に再加工する機能をもっているため、安心して高速加工ができる。このような機能は、高速ワイヤカット放電加工機には、偶発的に発生するワイヤ断線へ自動的に対応し加工続行できる方法として必ず(須)であると言える。

更にこの装置では、ワイヤを挿入するだけでなく、自らワイヤを切断する機能をもっているために、順送型の加工に使用できる。図11.に順送型加工例を示す。イニシャルホールでのワイヤ挿入(コード M20)後、実加工に入り工作物を抜け落とさずに手前で止め、ワイヤ切断(コード M21)を行う。次に2穴目のイニシャルホールへ移動して再度1穴目と同様のシーケンスにより加工するわけである。このようにすれば、順送型でも自動で加工が可能になり、従来、1穴目から2穴目への移動に要した加工の中断は全く解消される。

以上のように、ワイヤカット放電加工機が高速になればなるほどワイヤ自動供給装置を用いて自動化・省略化を達成しておかないと、結局、段取り作業(ワイヤ結線、切断、テーブル移動など)の時間比率が増大して実際の金型加工時間の短縮が達成できなくなり、このような意味でもワイヤ自動供給装置が今後より重要性を増していくものと思われる。

5. む す び

本稿では、金型加工における現状の問題点の分析と、これらに対応すべく当社F1シリーズワイヤカット放電加工機において開発された最新の技術の概要を述べた。ワイヤカット放電加工機が金型加工の主力機種として定着してから多くの高速化、高精度化、自動化の技術が開発された。今後これらを基礎に、更に高度な市場の要求にこたえるべく、基本的な加工性能の向上に努めるとともに、より高度な加工ノウハウを組み込んだ生産性の高いワイヤカット放電加工機を供給していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 小林ほか：三菱電機技報, 57, No. 3, p. 24 (昭58)

1. まえがき

近年、電気通信に代って急速に光通信が各分野において導入されており、原子力分野への適用も検討されつつある。我々は從来から原子力発電所向けの格納容器電線貫通部を製作供給しており、近い将来、光ファイバケーブルの持つ広帯域性、無誘導性、軽量性のため、原子力発電所の格納容器内外での伝送線路が銅導体ケーブルから光ファイバケーブルに置き代わることを想定して、光ファイバ貫通部の開発を行った。

従来、海底光ファイバケーブル中継器部分などに使用されていた貫通部として、有機材で光ファイバケーブル貫通部周辺をシールする類のものがあり、その付帯機能は水密程度のシール性であった。光ファイバケーブルが隔壁を気密にて貫通しなければならない箇所としては、上述の原子力発電所の例だけでなく各分野に広く存在すると思われるため、我々は耐環境性(耐放射線性、耐熱性、耐圧性、耐震性)に優れた高気密、低損失の光ファイバ貫通部を得ることを主たる開発目標とした。以下に我々の開発した光ファイバ貫通部について紹介する。

2. 光ファイバ貫通部の設計検討

2.1 貫通部に要求される機能

貫通部に要求される機能を大別すると、気密性と光伝送特性における低損失性の二つに分けられる。

気密性とは光ファイバ部分と、光ファイバを保持して隔壁への取付部材となる金属部とをシールする機能であり、原子力発電所の格納容器電線貫通部に要求される $\text{He リークレート } 1 \times 10^{-6} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$ 以下を目標とした。低損失性とは光信号がその貫通部を通過することによって発生する伝送損失をできる限り小さく抑えることであり、光送受信器間のダイナミックレンジに対するマージンを大きくすることにつながる。

また、これら二つの機能のほかに、光貫通部品として適用拡大を考えると、形状寸法のコンパクト化が重要なファクタであるので、開発目標の一つとした。

2.2 貫通部の基本構造

光ファイバケーブルは従来の銅導体に比べて極めて細く、ぜい(脆)弱なガラス材料で構成されているため、光ファイバケーブルに直接何らかのシール加工を施すことは製作上、困難であり、またシール部分そのものの機械的強度も弱い。したがって、シールを構成する封密素子の部分のみ、光ファイバケーブルのクラッド部分を厚くしたオプティカルロッドを使用して、その両端を光コネクタでフィールドケーブルの光ファイバケーブルと接続する方法を採用した。

この場合、図1に示すように光ファイバケーブルのみで貫通部を構成する場合に比べて、オプティカルロッド両端面の光コネクタ部分における接続損失が付加されることから、光伝送系としては若干の損失マージンを必要とするが、極力接続損失を小さくするために、そのコネ

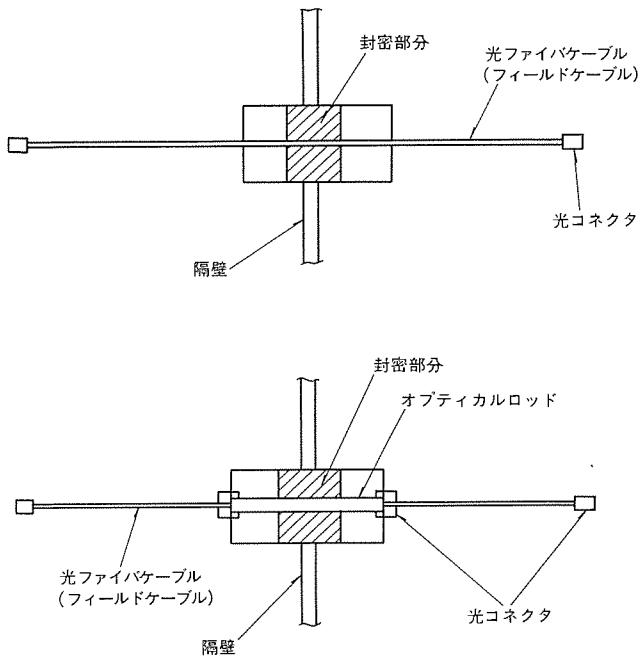


図1. 光ファイバ貫通部の基本構造

クタ部分ではオプティカルロッドのコア径と光ファイバケーブルのコア径を同一にし、かつ同心となるような構造とした。なお、外径の大きいオプティカルロッド上で封止処理ができるため、封密構造としての信頼性は大幅に改善され、かつ光ファイバ貫通部の隔壁への取付工事も光ファイバ貫通部単体であるため、フィールドケーブルを接続しない状態で行うことができ簡便になる利点もある。

2.3 オプティカルロッドの封止方法

オプティカルロッドの封止方法は、基本的には従来の電線貫通部と同様に耐環境性に優れた無機材料によるハーメチックシール方式を検討した。

2.1節に述べた隔壁への取付部材となる金属には、通常ステンレス鋼などが用いられ、オプティカルロッド(石英ガラス)との間を熱的に封着するには、熱膨脹係数がそれぞれ $170 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$, $5 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ と離れており、アルミニウムを用いた通常の電線貫通部のハーメチックシールと同様に、両者の間に中間の熱膨脹係数 $45 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ を持つコバルト金具を挿入して封着を行う(図2. 参照)。ステンレス鋼とコバルト金具との封着は、既に実績のあるろう付けあるいは溶接により可能であるが、石英ガラスとコバルト金具間は石英ガラスの機械的及び物理的特性を考慮した特殊な封着技術が必要である。

その方法としては、石英ガラスの表面をメタライズ化(マンガン、モリブデンなどを焼結し金属層を設けること)し、コバルト金具と封着する方法及び石英ガラスとコバルト金具をガラスで封着する方法が一般的にとられる。各方法にて試作実験を行った結果、製作可能であったものは、

(1) 石英ガラス表面に金属ペーストの焼付け処理後、コバルト金具との間をはんだで封着する方法。

(2) 石英ガラスとコバルト金具間に、中間の熱膨脹係数をもつ非晶質ガラスを数種類積層することにより、段階的に熱膨脹係数を変化させて封着する方法。

この2方法であった。このうち(1)のはんだ付けによる方法は、安価で簡便であるが、はんだの高温雰囲気におけるクリープ現象などがあり、高温時の信頼性に問題があるため、より信頼性の高い(2)のガラス封着による方法にて試作し性能評価試験を行った。

2.4 接続損失の要因

光ファイバ貫通部の光伝送特性を左右する前述のオプティカルロッドと光ファイバケーブルの接続部分については、以下の損失要因が考えられる。

(1) フレネル反射損失

屈折率の異なる物質の境界面を光が通過する場合に発生する損失であり、今回の場合、光ファイバケーブルとオプティカルロッド間の微少な空気の層がこれに相当する。

(2) コア径の違いによる損失

送り側光ファイバのコア径を a_1 、受け側光ファイバのコア径を a_2 とすれば $a_1 > a_2$ の場合に接続損失が発生する。

(3) 軸ずれによる損失

オプティカルロッドのコアと、光コネクタ内部の光ファイバケーブルのコアの軸ずれのために生じる損失で、光コネクタの互換性によるクリアランス及び封密素子の組立誤差が原因となる。

(4) 角度ずれによる損失

封密素子内部のオプティカルロッドと、これに接続される光コネクタ内の光ファイバケーブルの軸心が曲がっている場合に発生する損失である。

(5) 端面傾斜による損失

封密素子の内部のコバルト金具に対して、オプティカルロッドが傾斜して固定されている場合、これをコバルト金具に合わせて端面を直角に研磨するとオプティカルロッドの端面は斜めに研磨されることになり、放射する光はオプティカルロッドの中心軸とずれてくる。したがって、上述の角度ずれとは別に端面の傾斜による損失が生ずる。

(6) 端面間隔（端面の粗さ）による損失

封密素子にコネクタを接続する場合は、コネクタ内部のスプリングによりお互いのコアが密着するようになっている。しかし、端面の研磨が不完全で、くぼんでいたりすると間げきが出来、損失が生じる。

計算式は省略するが、石英ガラスの屈折率を $n=1.452$ とし、通常の製作精度、調整精度を基準に、光ファイバのコア径の誤差を $100\pm3\mu\text{m}$ 、軸ずれを $\pm2\mu\text{m}$ 、角度ずれ、及び端面傾斜を 1.04° として計

表 1. オプティカルロッドと光ファイバケーブルの接続損失（1箇所あたり）

損失要因	損失量(dB)
1. フレネル反射 $n=1.452$	0.3
2. コア径の違い $100\pm3\mu\text{m}$	0.5
3. 軸ずれ $\pm2\mu\text{m}$	0.2
4. 角度ずれ 1.04°	0.12
5. 端面傾斜 1.04°	0.05
6. 端面間隔（端面の粗さ）	0.11
計	1.28

算すると、表1.に示すように接続損失量は1.28 dBとなる。一応、この値を開発の目標値として設定し、更に精度を上げて、損失を極限まで抑えることを追求した。

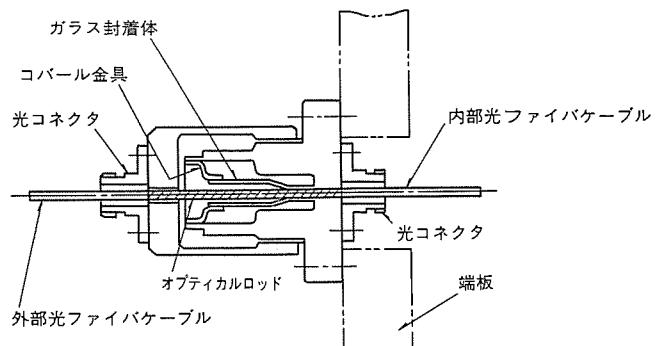
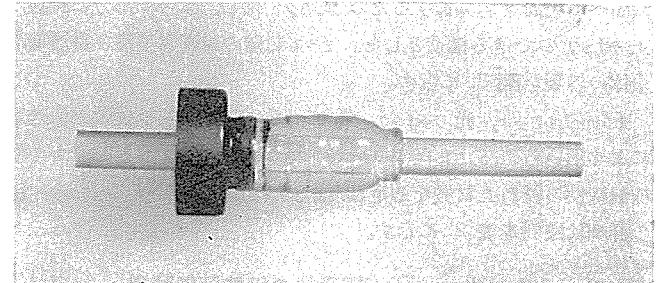
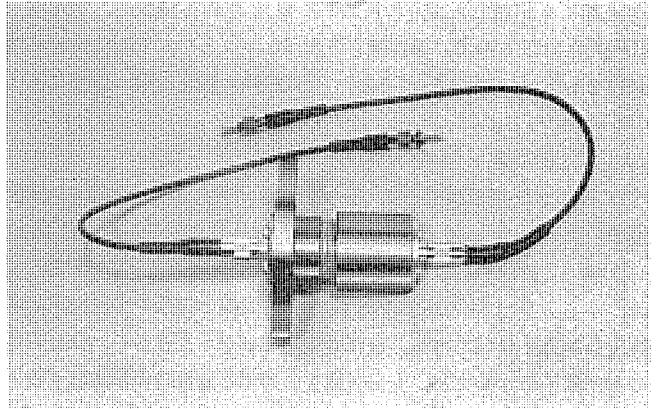


図 2. 光ファイバ貫通部の詳細構造（ハーメッシュシール方式）



(a) ハーメッシュシール（ガラス封着）封密素子



(b) 光ファイバ貫通部

図 3. 封密素子、光ファイバ貫通部の外観

表 2. オプティカルロッドと光ファイバケーブルの詳細仕様

項目	数値	
	光ファイバケーブル	オプティカルロッド
コア材質	純粋合成石英ガラス	
クラッド材質	合成石英ガラス（ドーバントB及びF）	
コア外径	$100\mu\text{m}$	$100\mu\text{m}$
素線外径	$150\mu\text{m}$	5mm
伝送損失($0.85\mu\text{m}$)	$5\text{dB/km}以下$	—
伝送帯域($0.85\mu\text{m}$)	$30\text{MHz}\cdot\text{km}$	—
開口数	0.2	
屈折率差	0.96%	
屈折率分布図		

表 3. 光ファイバ貫通部の耐環境試験データ

試料No.	封着方式	オプティカルロッド	初期特性		耐熱試験後		放射線試験後		耐振試験後		蒸気スプレー試験後	
			光伝送損失	Heリーケ試験	光伝送損失	Heリーケ試験	光伝送損失	Heリーケ試験	光伝送損失	Heリーケ試験	光伝送損失	Heリーケ試験
1			1.58 dB	検出感度	1.57 dB	検出感度	2.20 dB	3試料とも検出感度	3試料とも検出感度	2.18 dB	$3.4 \times 10^{-10} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$	
2	ガラス	1.57~1.71 dB	1.75 dB	$6 \times 10^{-8} \text{ cc/s}$	1.91 dB	$6 \times 10^{-8} \text{ cc/s}$	3.16 dB	$6 \times 10^{-8} \text{ cc/s}$	測定せず*	3.05 dB	$1.36 \times 10^{-9} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$	
3			1.73 dB	で漏れなし	2.03 dB	で漏れなし	2.47 dB	で漏れなし	で漏れなし	2.58 dB	$2.4 \times 10^{-10} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$	

注 * 加振中の光レベル変化が小さかったため測定せず。

2.5 貫通部の具体的構造仕様

以上の検討をもとに、今回採用した貫通部の構造を図2.に示す。壁面への脱着を容易にするためコンパクト化し、コネクタ部分の調整、メンテナンスのできる構造とした。ガラス封着の封密素子及び貫通部品全体の外観を図3.に示す。

オプティカルロッド、光ファイバケーブルについては、今回は短距離伝送用によく用いられるコア径100 μmのステップインデックス形とし、かつ耐放射線性の優れた材質を選定した。オプティカルロッドと光ファイバケーブルの詳細仕様例を表2.に示す。

3. 光ファイバ貫通部の性能評価試験

2.1節にも記載したように貫通部に要求される機能は、気密性と低損失性であるので、両性能を評価パラメータとして下記の耐環境性試験をシリーズに行った。なお、光伝送損失測定に用いた波長帯は0.85 μmである。

(1) 初期性能

ガラス封着した封密素子と光ファイバケーブルを光コネクタで接続し伝送損失の測定を行ったところ、1.5~2.0 dB程度であり、目標値1.28 dB×2箇所=2.56 dBを下回る好結果を得ることができた。なお、バージンのオプティカルロッドの状態で、同様の方法にて伝送損失を測定した値と比較しても、ほぼ変化していないことから、ガラス封着の封密素子については、光伝送損失に対する封着時の熱影響をほとんどなくすることができた。また気密性についてはHeリーケ試験を行ひ、検出感度 $6 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$ 以下で漏れは無かった。

その他の基礎特性として耐圧力強度を測定した。ガラス封着の封密素子については、

内圧は15 kg/cm²、外圧は100 kg/cm²まで耐え得ることを確認した。光伝送損失の測定方法を図4.に示す。

(2) 耐熱試験

190°Cの雰囲気で封密素子を10分間保持した後の伝送損失は、0.2 dB程度の増加で、気密性については $6 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$ 以下で漏れ無し。

(3) 耐放射線試験

空気中で試料に線源Co⁶⁰によるγ線を $1 \times 10^6 \text{ R/h}$ の線量率にて、集積線量 $2 \times 10^8 \text{ Rads}$ まで照射した後の伝送損失量の増加は、0.5~1.2 dB程度で最大絶対値は3 dB程度、気密性については $6 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$

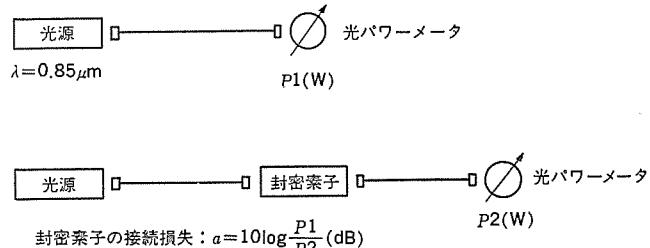


図4. 光伝送損失の測定方法

以下で漏れ無し。

(4) 蒸気スプレー試験

190°C、4.22 kg/cm²の湿熱状態にて10分間保持した後の伝送損失は、ほとんど変化なし。気密性については $6 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$ 以下で漏れ無し。

(5) 耐震試験

封密素子の軸に対して軸直角方向及び軸方向に1.5 G/10 Hzと1.0 G/30 Hzで加振したが、加振中の光強度は0.0032 dBの幅でしか変化せず、加振を停止するとともとの損失量に戻った。また気密性については $6 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{cc/s}$ 以下で漏れ無し。以上の性能評価試験の具体的データ例を表3.に示す。

4. 光ファイバ貫通部の原子力発電所の適用例

光ファイバ貫通部を原子力発電所の格納容器壁に用いた場合のシステム

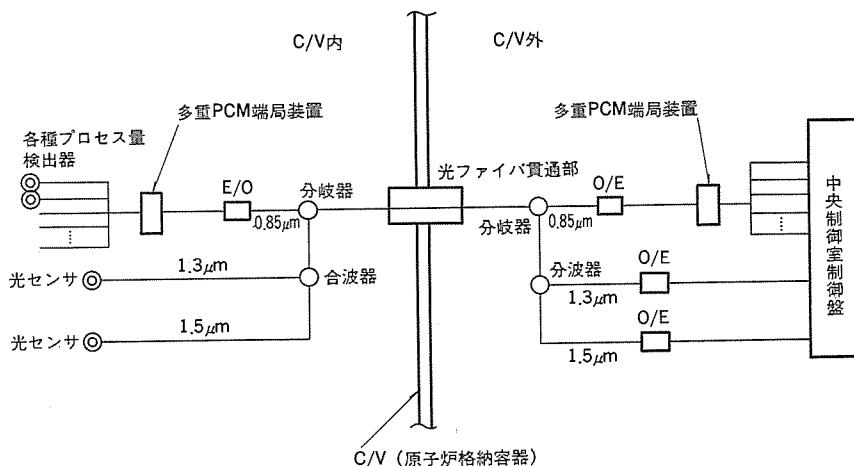


図5. 光ファイバ貫通部の原子力発電所への適用例（システム構成）

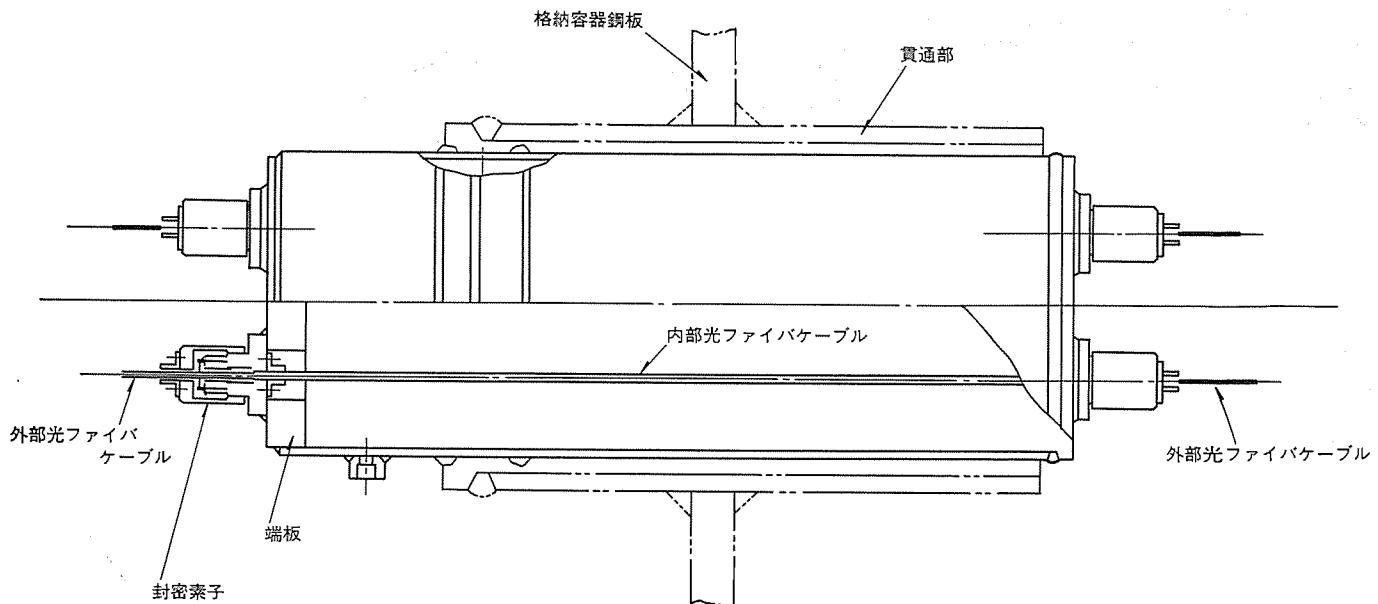


図 6. 光 ファイバ 貫通部の原子力発電所への適用例 (構造)

構成例と貫通部構造例を図 5., 図 6. に示す。

5. む す び

今回の開発では厳しい環境条件下での寿命評価において熱劣化や、放射線劣化が少なく信頼性の高いハーメチックシール方式による光ファイバ貫通部を得ることができた。これにより、従来、貫通部の不備で光ファイバが持ち込めなかつたような厳しい環境雰囲気への光ファイバ導入が実現可能となり、光通信の適用分野拡大に大きく貢献するものと考える。

また本文で紹介した貫通部構造のほかに、壁面への永久固定を目的とし、コネクタ部分を完全固定した構造も試作検討中である。更に、今回はオプティカルロッド、光ファイバケーブルとともにステップインデックス形を用いたが、高速多重伝送を行う場合には、伝送容量が不足する。そこで、帯域が約 300 MHz 程度のグレーテッドインデックス形で、更に 3 波長多重が可能である光ファイバ貫通部を開発中であり、近日中に実用に供することができる見込みである。

最後にこの開発を当社と共同で推進された大日日本電線(株)、住友電気工業(株)の関係各位に深く感謝の意を表する。

バイポーラ標準ロジックIC ALSTTLシリーズの機能と性能

中井義幸*・平田善彦*・小山恒弘*

1. まえがき

近年、半導体集積回路(以下、ICと記す)の用途はあらゆる産業分野に広がっており、この中で標準ロジックICはほとんどの電子機器に大量に使用されている。今後、ロジック回路のマイクロプロセッサ化、ゲートアレー化、PLA(Programmable Logic Array)化などのLSI化の傾向によりロジック回路に占める標準ロジックICの構成比率は低下するが、機器の生産数量が増加することにより標準ロジックICの需要は年率10~20%で増大すると考える。

標準ロジック IC はバイポーラ形標準ロジック IC と CMOS 形標準ロジック IC に大別できる。現在、バイポーラ形標準ロジック IC で需要数が最大の機種は、LSTTL(Low-power Schottky Transistor Transistor Logic)⁽¹⁾ であるが、LSTTL をより低消費電力化、高速化した ALSTTL(Advanced LSTTL) が注目されている。ALSTTL は当社製品で比較した場合、ゲート当りの平均消費電力 P_d が 1.2 mW(LSTTL は 2 mW)、平均伝搬時間 t_{pd} が 4 ns(LSTTL は 6 ns) と LSTTL に比べ高性能化を実現している。

CMOS 形標準ロジック IC は、従来からの 4000 B シリーズを高速化 ($t_{pd} \approx 7 \sim 8 \text{ ns}$) するとともに、TTL とピン配列に互換性を持たせた 74 HC シリーズの発売が開始されている。

LSTTL, ALSTTL と 74 HC シリーズの市場での競合が論議されているが、ALSTTL は 74 HC シリーズと比較すると 10 MHz 以下の動作周波数での消費電力は大きいが、高速性及び電流駆動能力に優れ、CMOS 特有の ラッチャップ 現象もなく、将来標準ロジック IC の重要な地位を占めると予測している。

当社はこの予測のもとに ALSTTL の開発を進めており、このたび M 74 ALS 00 P シリーズとして、昭和 59 年 9 月現在 77 品種の製品開発を完了し量産を開始した。本文は上記性能を実現するための構造設計、基本回路設計並びに得られた電気的特性、外形、及び信頼性について報告する。

2. ALSTTL の構造設計

ALSTTL の低消費電力化と高速化は、主に新構造設計により達成した。低消費電力化は IC の回路を構成する抵抗値（以下、抵抗値と記す）を大きくすることにより実現できる。通常、同一構造では低消費電力化を図ると伝搬時間が長くなる。低消費電力化を図り、かつ伝搬時間を短縮するには一般に次の方法がある。

- (1) ランジスタの飽和度の低減
 - (2) ランジスタのコレクタ・基板間, ベース・エミッタ間, ベース・コレクタ間の各接合容量及び Al 配線・基板間などの寄生容量の低減
 - (3) ランジスタのベース, コレクタ, エミッタそれぞれの直列抵抗の低減
 - (4) ランジスタの遮断周波数 f_T の向上

(1) 項に対して、ALSTTL は LSTTL と同様にトランジスタのベース・コレクタ間に SBD(Schottky Barrier Diode) を接続し、飽和度を制御する方式を採用した。更に ALSTTL は効果的に伝搬時間の短縮が期待できる(2)項に注目して構造設計を行った。なお、ALSTTL の消費電力及び伝搬時間の低減に対し、(3)及び(4)項は性能向上に対する効果が小さい。したがって、これらに関し、ALSTTL は LSTTL と同等の構造設計を行った。伝搬時間は、IC 内部に寄生する種々の静電容量(以下、寄生容量と記す)と抵抗で構成される回路で決る時定数に大きく依存している。したがって、低消費電力化を図るために、抵抗値を大きくすると時定数が大きくなり伝搬時間は長くなる。

ゲート当たりの平均伝搬時間 t_{pd} は寄生容量 C と抵抗成分 R で構成される回路の時定数で近似でき、

$$t_{pd} \propto CR \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

また、ゲート当たりの平均消費電力 P_d は R に反比例し、

$$P_d \propto 1/R \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

式(1)及び式(2)から、ICの性能指数としてよく用いられる電力伝搬時間積($P_d \times t_{pd}$)は次式となる。

$$\text{電力伝搬時間積} = P_d \times t_{pd} \propto 1/R \times CR = C \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

したがって、電力伝搬時間積は回路の寄生容量に比例する。

LSTTL の電力伝搬時間積は $6 \text{ ns} \times 2 \text{ mW} = 12 \text{ pJ}$ に対し (数値は当社品の標準値), ALSTTL の目標とする電力伝搬時間積は、 $4 \text{ ns} \times 1.2 \text{ mW} = 4.8 \text{ pJ}$ である。したがって、ALSTTL は LSTTL より寄生容量を $4.8 \text{ pJ} / 12 \text{ pJ} = 1 / 2.5$ にする必要がある。上記寄生容量の低減を行うため ALSTTL は以下の構造設計を行った。図 1. は LSTTL と ALSTTL の代表的なトランジスタの構造を示す。なお、見やすくするために上面図と断面図の寸法を変えているが、ALSTTL と LSTTL の間では同一寸法で図示している。

2.1 酸化膜分離プロセス

ALSTTL が LSTTL と比較して構造上、最も異なる点は酸化膜分

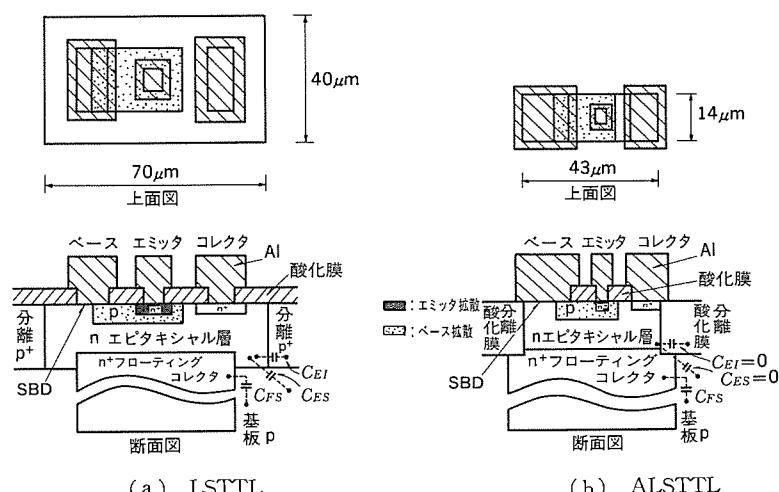


図 1. LSTTL と ALSTTL の代表的なトランジスタの構造

離方式の採用である。バイポーラ形 IC は素子相互間を分離する必要がある。LSTTL は従来から使用されている pn 接合分離方式を用いている。この分離方式は図 1. に示すように、素子の周辺を p⁺ 層で囲み、回路の最低電位に接続することにより、pn 接合ダイオードを逆バイアスし電気的に分離している。一方、ALSTTL は p⁺ 層のかわりに絶縁物である酸化膜 (SiO_2) を使用して素子分離を行った。酸化膜分離方式の採用により、ALSTTL は素子の分離領域とトランジスタのコレクタ、あるいはベース領域との接触が可能になり素子の面積が縮小できた。図 1. に伝搬時間に大きな影響がある寄生容量を示す。

LSTTL では、エピタキシャル層・分離間容量 C_{EI} 、エピタキシャル層・基板間容量 C_{ES} 、及びフローティングコレクタ・基板間容量 C_{FS} が存在する。ALSTTL では構造上 C_{ES} 及び C_{EI} が存在せず、かつ素子面積の縮小で C_{FS} が低減したことにより、上記寄生容量の和は、LSTTL と比較して $1/2.5$ にできた。また ALSTTL では、分離上の酸化膜の厚さが LSTTL に比べ、2 倍以上であること及び Al 配線の線幅を細くすることにより、ALSTTL の Al 配線・基板間静電容量は、LSTTL に比べ約 $1/3$ となり伝搬時間の短縮に寄与した。

2.2 パターンの微細化

ISAC(Implanted Self-Align Contact) エミッタ法⁽²⁾を採用することにより、エミッタコンタクトとエミッタ拡散のセルフアライン化を行った結果、ALSTTL の最小エミッタサイズは、 $4 \times 5 \mu\text{m}^2$ が可能となり、LSTTL の $10 \times 12.5 \mu\text{m}^2$ に比べ面積を $1/5$ にできベース・エミッタ間接合容量の低減が図れた。またエミッタサイズの縮小により、ALSTTL は LS TTL よりベース拡散面積を $1/2$ にできベース・コレクタ間接合容量の低減が図れた。

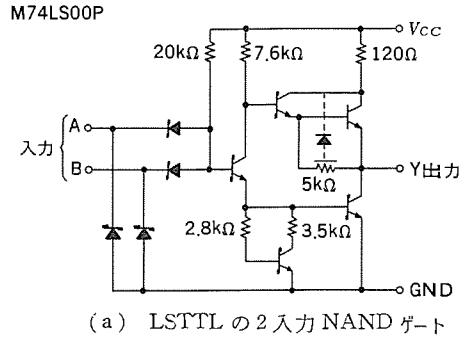
2.3 抵抗の高シート抵抗化

ALSTTL は低消費電力化の目的で抵抗値を大きくしているため、抵抗を形成する p 形不純物層のシート抵抗（以下、抵抗のシート抵抗と記す）が LSTTL と同じであれば抵抗のパターン面積が増加し寄生容量も増加する。寄生容量の増加を防止するためには、抵抗のシート抵抗を高くすればよいが、高くすると逆に抵抗値のばらつきが大きくなるとともに抵抗の温度特性が悪化する。したがって、これらの総合評価の結果、ALSTTL の高抵抗のシート抵抗は、LSTTL の 2 倍の値に設定した。

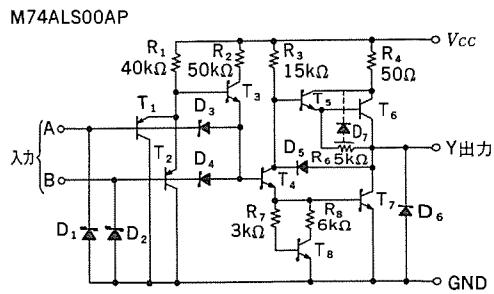
以上の構造設計により、ALSTTL の代表的なトランジスタのコレクタと接地間の寄生容量は、LSTTL に比較し $1/2.5$ に低減することができた。更にベース・コレクタ間及びベース・エミッタ間接合容量を $1/2$ 及び $1/5$ にそれぞれ低減することができた。したがって、新構造設計により ALSTTL は、LSTTL より各寄生容量の伝搬時間に対する寄与率を考慮すると総合的な寄生容量が $1/2.5$ 以下になり高速化を図ることができた。

3. ALSTTL の基本回路

ALSTTL の基本回路設計は、低消費電力化とともに LSTTL の回路に改良を加えることにより、スレショルド電圧の改善、“L”入力電流の低減、容量性負荷に対する伝搬時間の短縮、入出力信号のアンダーシュートの軽減などの特性改善を行った。以下に ALSTTL の LST TL に対する基本回路の改良点について記す。図 2. は当社製の LS TTL と ALSTTL の基本回路（2 入力 NAND ゲート）を示す。



(a) LSTTL の 2 入力 NAND ゲート



(b) ALSTTL の 2 入力 NAND ゲート

図 2. LSTTL と ALSTTL の基本回路

3.1 低消費電力化

電源電流に寄与する抵抗は R_1 , R_2 及び R_3 であるが、ALSTTL はこの内 R_1 及び R_3 の抵抗値を LSTTL の 2 倍にすることにより、電源電流を $1/1.7$ にし低消費電力化を図った。

3.2 スレショルド電圧の改善

スレショルド電圧 V_T は、入出力伝達特性で入力電圧と出力電圧が等しくなるときの入力電圧と定義すると、LSTTL は標準 ($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{cc}=5\text{ V}$) で約 1.1 V であり、推奨動作温度の上限 ($T_a=75^\circ\text{C}$) では、規格値 ($V_{IL\ max}$) に対する V_T の余裕が小さくなる欠点があった。この点を改善するために、ALSTTL はトランジスタ T_1 ～ T_3 を追加した pnp トランジスタ入力形式の回路を採用し V_T を高めた。

ALSTTL 基本回路の V_T は次式で与えられる。

$$V_T = V_{BE}(T_7) + V_{BE}(T_4) + V_{BE}(T_3) - |V_{BE}(T_1, T_2)| \quad (4)$$

ここで、 $V_{BE}(T_7)$: T_7 のベース・エミッタ間順方向電圧

$V_{BE}(T_4)$: T_4 のベース・エミッタ間順方向電圧

$V_{BE}(T_3)$: T_3 のベース・エミッタ間順方向電圧

$V_{BE}(T_1, T_2)$: T_1 又は T_2 のベース・エミッタ間順方向電圧

したがって、すべての V_{BE} の値を標準値 0.7 V として計算すると、 $V_T=1.4\text{ V}$ となり、ALSTTL の V_T は、LSTTL より 0.3 V 高くなる。

3.3 “L”入力電流の低減

ALSTTL の入力回路は、入力 pnp トランジスタ T_1 , T_2 を採用した。この結果、入力端子に“L”電圧が印加されたとき、電源から入力抵抗 R_1 を通じて流れる電流は、 T_1 又は T_2 のベース電流とコレクタ電流に分流される。このベース電流が IC から入力端子に流れ出す“L”入力電流 I_{IL} に相当し、ALSTTL の入力回路の I_{IL} は、SB D 入力形式に比較し $1/(1+h_{FE(PNP)})$ に減少させるとともに、 R_1 を LSTTL に比べ 2 倍に設計した効果により、ALSTTL は LSTTL と比較し I_{IL} を $1/2(1+h_{FE(PNP)})$ に低減することができた。

3.4 容量性負荷に対する伝搬時間の短縮

ALSTTL はダイオード D_5 の追加と抵抗 R_4 の抵抗値の低減により、容量性負荷に対する伝搬時間を短縮した。 D_5 の効果は出力が “H” から “L” に変化するときに現れる。出力端子に容量性負荷が接続されているとき、入力が “L” から “H” に変化するとトランジスタ T_4 は導通し、容量性負荷に充電されていた電荷は、出力端子から D_5 を通じ、 T_4 のコレクタ電流となり放電される。したがって、 T_4 のエミッタ電流は急速に増加し、トランジスタ T_7 のベース電流の増加に寄与するので、 T_7 は遮断状態から導通状態に急速に変化する。更に T_7 のベース電流の増加により h_{FE} 倍のコレクタ電流が流れ容量性負荷を急速に放電する。

以上の結果、 D_5 の追加で、ALSTTL は容量性負荷に対し出力 “H-L” 伝搬時間 t_{PHL} の短縮が図れた。一方、 R_4 の抵抗値を小さく設計することにより、“H” 出力電流が増加するため、ALSTTL は出力が “L” から “H” に変化すると、LSTTL より大きな “H” 出力電流で容量性負荷を急速に充電する。したがって、 R_4 の抵抗値の低減により、ALSTTL は容量性負荷に対し出力 “L-H” 伝搬時間 t_{PLH} の短縮が図れた。

3.5 入出力信号のアンダーシュートの軽減

ALSTTL は LSTTL と同様に、ダイオード D_1 及び D_2 で入力負電圧をクリンプすることにより入力信号のアンダーシュートを軽減した。更に、ALSTTL は出力にダイオード D_6 を追加し、同様に出力信号のアンダーシュートを軽減した。

4. 電気的特性

ALSTTL の電気的特性的代表例は、特性の改善を明確にするため LSTTL と比較の形で示す。各々の機種を代表する 2 入力 NAND ノード M74ALS00AP と M74LS00P について得られた諸電気的特性と測定回路を併せて図示する。

4.1 入出力伝達特性

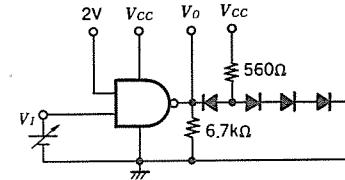
図 3 は入出力伝達特性を示す。図から、ALSTTL のスレショルド電圧 V_T は 1.42 V で LSTTL の 1.14 V より約 0.3 V 高くなっている。“L”, “H” 入力電圧の規格上の最大値及び最小値はそれぞれ $V_{IL\max}=0.8$ V, $V_{IH\min}=2$ V であるから、ALSTTL の V_T は、ほぼその中間値となり理想的な特性を得た。

4.2 入力電流 - 電圧特性

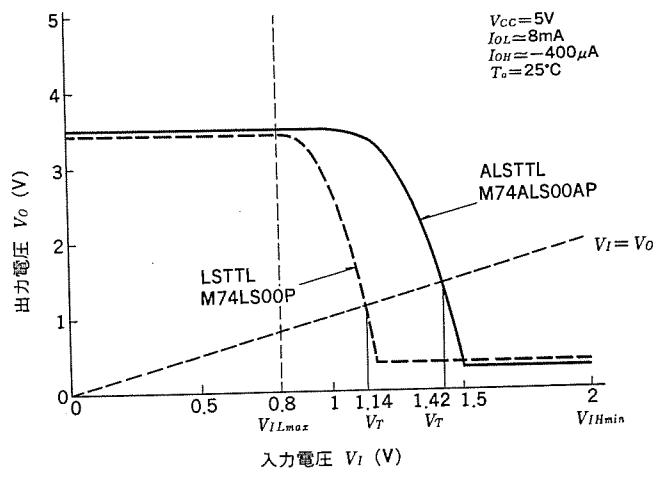
図 4 は入力電流 - 電圧特性を示す。入力電圧 V_I が 0.4 V のとき入力端子に流れ出す “L” 入力電流 I_{IL} は、ALSTTL で $-20 \mu A$, LSTTL で $-170 \mu A$ を得た。ALSTTL の I_{IL} が LSTTL の約 1/9 に減少しているのは、3.3 節で記述した効果によっている。

4.3 消費電力特性

図 5 はゲート当たりの消費電力 - 動作周波数特性を示す。負荷容量 C_L は 10 pF と 220 pF で測定した。 $C_L=10$ pF 及び $C_L=220$ pF のとき、それぞれ動作周波数が 100 kHz 及び 10 kHz 以下では、動作周波数に依存する消費電力成分が無視できるため、ゲート当たりの消費電力 P_d は、DC 特性の平均消費電力に等しく、ALSTTL の P_d は 1.2 mW, LSTTL の P_d は 2 mW で一定となっている。これらの動作周波数以上では、回路内の寄生容量や C_L を充放電する電流が動作周波数に比例して流れる効果が大きくなり、 P_d は増加する。 $C_L=10$ pF 及び $C_L=220$ pF ともに、動作周波数が約 7 MHz 以下では、ALSTTL は LSTTL より低消費電力であるが、動作周波数が約 7 MHz 以上で消費電力の関係が逆転する。

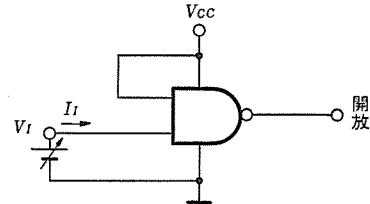


(a) 測定回路

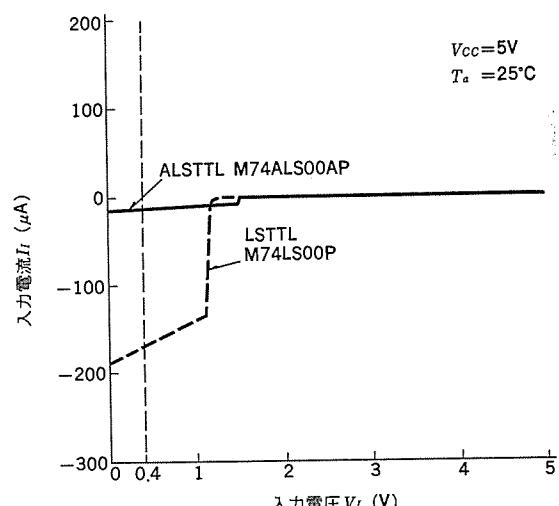


(b) 特性図

図 3. 入出力伝達特性



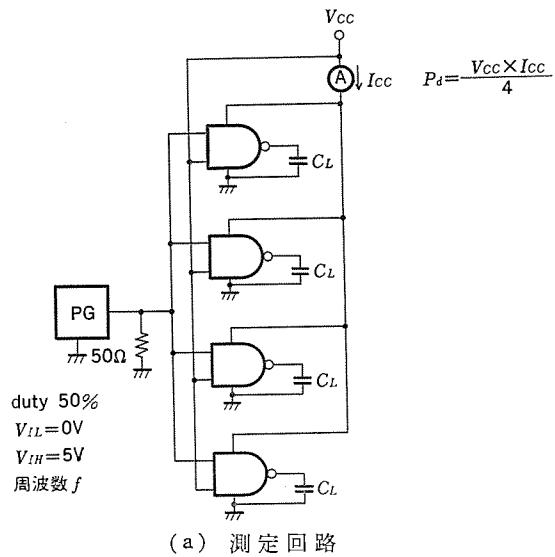
(a) 測定回路



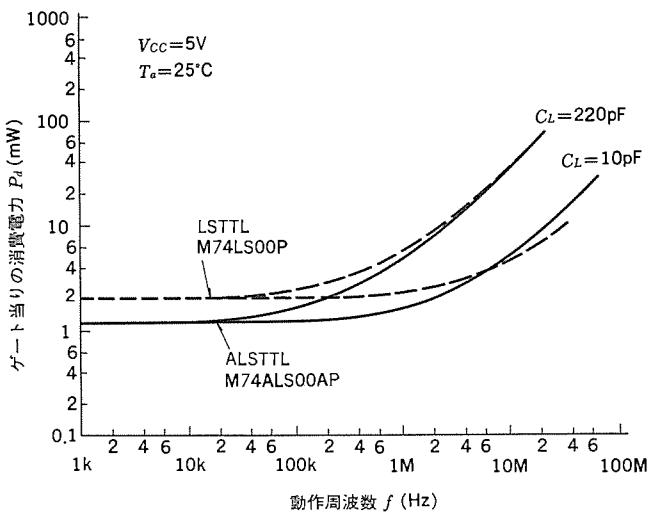
(b) 特性図

図 4. 入力電流 - 電圧特性の一例

これは 3.4 節に記した抵抗 R_4 の抵抗値の低減により、ALSTTL は回路がスイッチングするときの過渡電流が大きくなつたためである。 $C_L=220$ pF では、出力負荷容量の充放電による消費電力成分が大きいため、7 MHz 以上の高周波では、ALSTTL と LSTTL の消費電力は同程度になっている。



(a) 測定回路



(b) 特性図

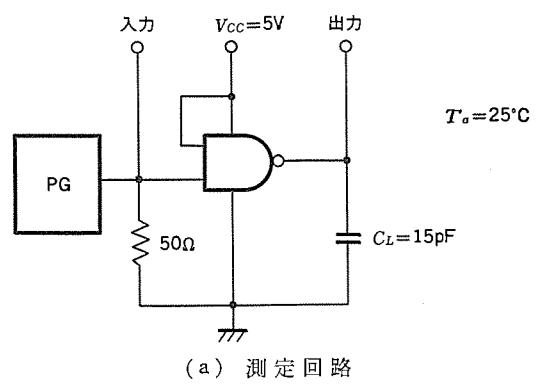
図 5. ゲート当たりの消費電力 - 動作周波数特性

なお、出力電圧の振幅が低下しない範囲において、動作周波数の上限値は、 $C_L=10\text{ pF}$ で、LSTTL の 40 MHz に対し ALSTTL は 70 MHz を、また $C_L=220\text{ pF}$ で、LSTTL の 10 MHz に対し ALS TTL は 30 MHz を得た。

4. 4 伝搬時間特性

図 6. は伝搬時間特性を示す。負荷条件は比較のため同一条件で測定を行った。同図から基準電圧を 1.3 V とすると、ALSTTL の伝搬時間は出力 “L-H” 伝搬時間 t_{PLH} が 4.4 ns、出力 “H-L” 伝搬時間 t_{PHL} が 3 ns を、LSTTL の伝搬時間はそれぞれ 6 ns、4.8 ns を得た。したがって平均伝搬時間 $t_{pd}=(t_{PLH}+t_{PHL})/2$ は、ALS TTL の場合 3.7 ns、LSTTL の場合 5.4 ns となり新構造設計の採用により高速化を実現できた。

図 7. 及び図 8. は、ALSTTL の伝搬時間の電源電圧特性及び周囲温度特性をそれぞれ示す。 t_{PLH} は電源電圧及び周囲温度 T_a に依存性をもつが、 t_{PHL} は依存性をもたずほぼ一定で良好な特性を得た。図 9. は ALSTTL と LSTTL の伝搬時間と負荷容量特性を示す。横軸は負荷容量 C_L を、縦軸は伝搬時間を $C_L=15\text{ pF}$ のときの値で正規化した値を表す。ALSTTL は 3.4 節で記したダイオード D_5 の追加及び抵抗 R_4 の抵抗値を低くした効果が現れており、LSTTL より負荷容量特性が改善された。



(a) 測定回路

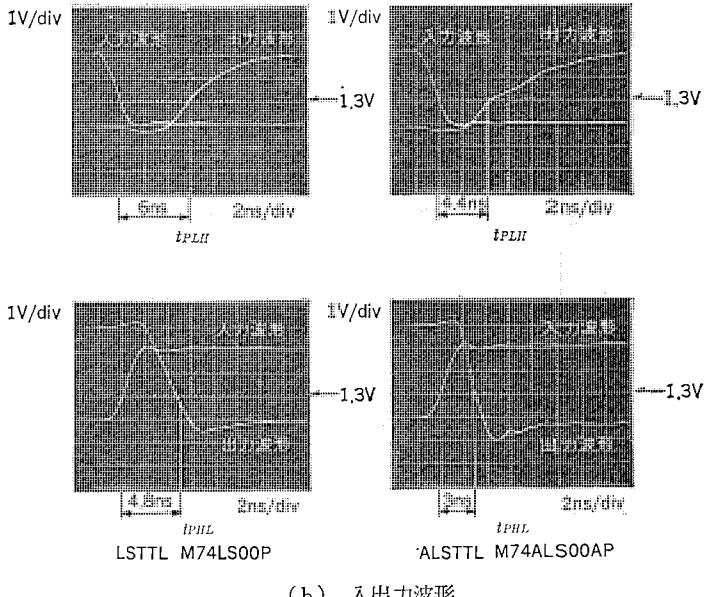
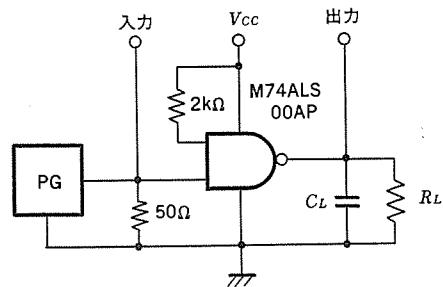
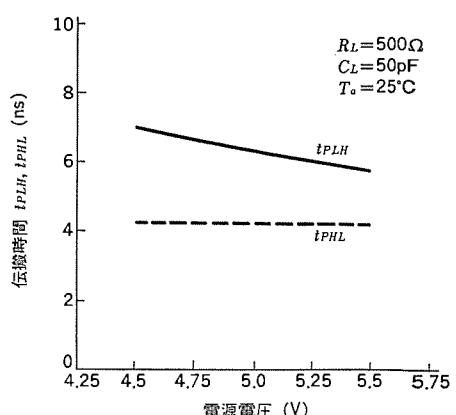


図 6. 伝搬時間(入出力波形)特性

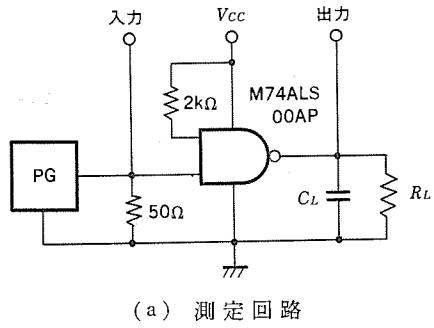


(a) 測定回路



(b) 特性図

図 7. ALSTTL の伝搬時間の電源電圧特性



(a) 測定回路

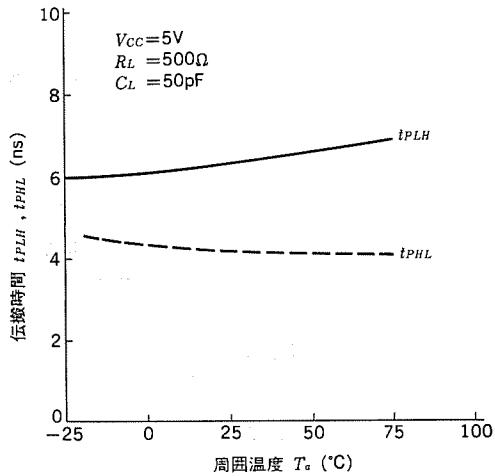
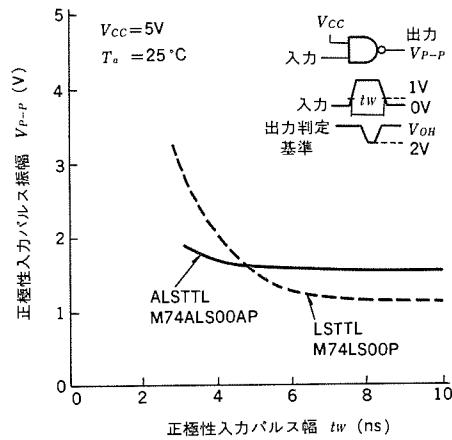


図 8. ALSTTL の伝搬時間の周囲温度特性



(a) AC ノイズマージン (正極性)

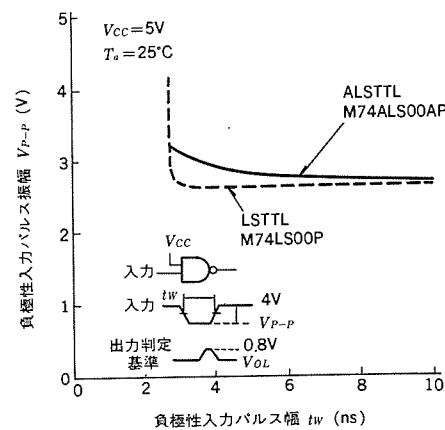
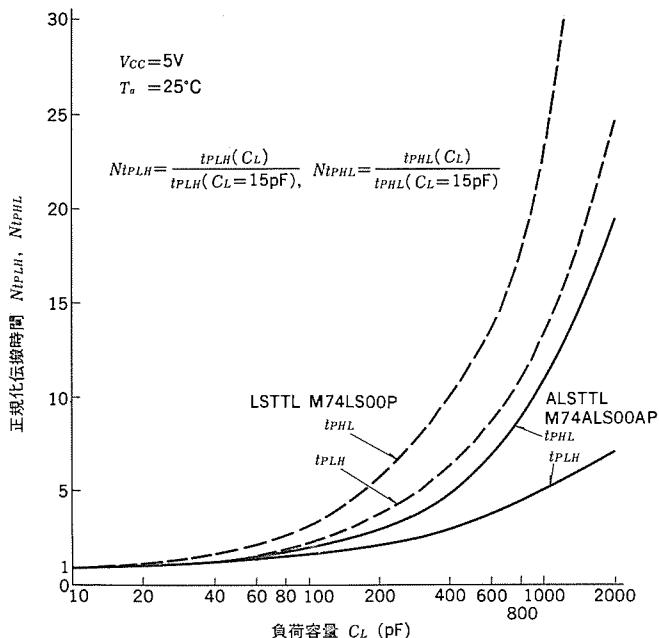
(b) AC ノイズマージン (負極性)
図 10. AC ノイズマージン特性

図 9. 伝搬時間の負荷容量特性

4.5 AC ノイズマージン

図 10. は AC ノイズマージン特性を示す。ALSTTL は LSTTL より高速であるため、入力パルス幅の狭い領域では LSTTL に比べ AC ノイズマージンが低くなっている。したがって、ALSTTL は配線間の静電容量を通じて発生する、特にパルス幅の狭いノイズ電圧（クロストローク）の影響を受けやすく、IC 間の配線は、LSTTL を用いる場合より 30 % 程度は短くすべきであり、特にガード間の配線にはワイス

表 1. 電気的特性の比較

項 目	代表品種名	M74ALS00AP (ALSTTL)	M74LS00P (LSTTL)
		t_{PLH}	5 ns
伝搬時間 (標準) $C_L = 15 pF$	t_{PLH}	5 ns	6 ns
	t_{PHL}	3 ns	6 ns
消費電力 (標準)	P_d	1.2 mW/Gate	2 mW/Gate
スレショルド電圧 (標準)	V_T	1.4 V	1.1 V
“H”出力電圧 (最小)	V_{OH}	2.6 V / 2.7 V (注)	2.7 V
“L”出力電圧 (最大)	V_{OL}	0.4 V / 0.5 V	0.4 V / 0.5 V
“H”入力電流 (最大)	I_{IH}	20 μA	20 μA
“L”入力電流 (最大)	I_{IL}	-0.1 mA	-0.4 mA
動作電源電圧	V_{CC}	4.5~5.5 V	4.75~5.25 V
	T_a	-20~+75°C	25°C
伝搬時間保証条件	V_{CC}	4.5~5.5 V	5 V
	C_L	50 pF	15 pF

注 -20~+75°C では 2.6 V, 0~7°C では 2.7 V と規定している。

4.6 電気的特性の比較

表 1. は ALSTTL と LSTTL の電気的特性の比較を示す。ALSTTL は上記特長のほかに、動作電源電圧範囲の拡大や伝搬時間規格の保証条件の拡大など、ユーザーにとって設計の自由度が増え使いやすい製品となっている。

表 2. M 74 ALS 00 P シリーズの寿命試験結果及び環境試験結果の一例

(a) 寿命試験結果

試験項目	試験条件	試料	数量	コンポーネントアワー	故障個数
高温動作寿命	$T_a=125^\circ\text{C}$	SSI	126	252,000	0
	$V_{cc}=5.5\text{V}$	MSI	76	152,000	0
高温保存	$T_a=150^\circ\text{C}$	SSI	44	44,000	0
		MSI	22	22,000	0
高温高湿バイアス	$85^\circ\text{C}, 85\% \text{RH}$ $V_{cc}=5.5\text{V}$	SSI	88	176,000	0
		MSI	114	190,000	0
高温高湿保存	$85^\circ\text{C}, 85\% \text{RH}$	SSI	60	180,000	0
		MSI	76	152,000	0
プレッシャクッカ試験	$121^\circ\text{C}, 2\text{気圧}$	SSI	152	152,000	1 (1,000時間)
		MSI	114	114,000	2 (1,000時間)

(b) 環境試験結果

試験項目	試験条件	試料数	試験結果			備考		
はんだ付け性	$230^\circ\text{C}, 5\text{s ロジン系フランクス使用}$	60	0			シリーズに実施		
熱的環境	はんだ耐熱 $260^\circ\text{C}, 10\text{s}$		156	はんだ耐熱	熱衝撃	温度サイクル		
	熱衝撃 $0\sim100^\circ\text{C}, 15\text{C } 10\text{分間}/\text{C}$			0	0	0		
	温度サイクル $-55\sim+125^\circ\text{C}, 10\text{C } 1\text{時間}/\text{C}$			0				
温度サイクル	$-65\sim+150^\circ\text{C}, 500\text{C } 1\text{時間}/\text{C}$	156	0					
端子強度	250 g, 90° 曲げ 2 回	44	0					
機械的環境	衝撃 1,500 G, 0.5 ms X, Y, Z 各方向 3 回	88	88	衝撃	自然落下	振動	定加速度	シリーズに実施
	自然落下 75 cm 高さから樹板上へ, Y ₁ 方向, 3 回			0	0	0	0	
	振動 20 G, X, Y, Z 各方向 4 回 100~2,000 Hz			0				
	定加速度 20,000 G, Y ₁ 方向, 1 分間			0				

5. 外形

ALSTTL の外形は、全品種とも 300 mil 幅の 14, 16, 20, 24 ピンプラスチックモールド DIP (Dual In Line Package) を採用しており、図 11. はその外形写真を示す。また、電子機器の小形化に対処するためプラスチックモールドフラット DIP の製品化も計画中である。

6. 信頼性

表 2. は M 74 ALS 00 P シリーズの寿命試験結果及び環境試験結果の一例を示す。この結果から、ALSTTL の $T_a=25^\circ\text{C}$ の故障率を推定するとおよそ 70 fit となる (活性化エネルギー 0.35 eV, 信頼水準 60 %)。LSTTL の市場での故障率は 10 fit 以下の実績があり、ALSTTL は LSTTL と同一の設計思想で設計しており、寿命試験データの追加収集により推定故障率は更に下がると考えられ、ALSTTL は LSTTL と同等の故障率が期待できる。今後 IC の高信頼度化の要求に対処するため、より一層の品質向上に努める考えである。

7. むすび

電子機器が多様化した現在、ユーザーの要求にこたえ、今後一層の品種増加を行なうファミリーの充実を図る予定である。今後、より高性能

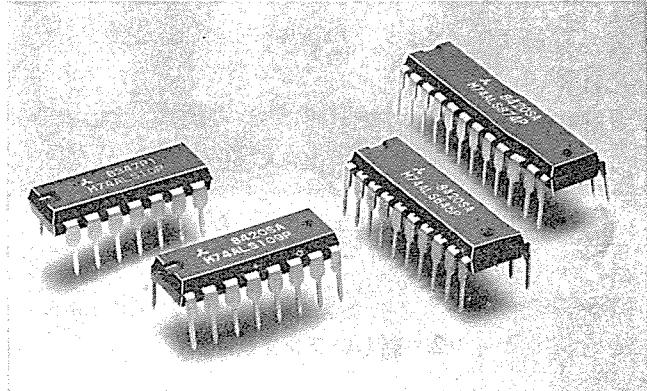


図 11. ALSTTL の外形

な新しいバイポーラ形 IC の出現が予測されるが、これに対し上記酸化膜分離方式を更に発展させ対応していく所存である。

参考文献

- (1) 浜田, 中井; LSTTL シリーズの機能と特性, 三菱電機技報, 53, No. 4 (昭 54)
- (2) 赤坂ほか: イオン注入による高速バイポーラプロセス, 三菱電機技報, 53, No. 11 (昭 54)

新しい構造をもつ電球形蛍光灯《ピカッ灯ぴかいちくん》

山崎 均*・武田 隆夫*・山本 広二*・中野志津雄*・田中 紀彦*

1. まえがき

実用光源として最も長い歴史をもつ白熱電球も、近年の蛍光灯技術により生れた電球ソケットで点灯できる電球形蛍光灯に代替され始めた。電球形蛍光灯の初期は、環形蛍光ランプと点灯回路、電球口金を一体化したタイプからスタートし、その後、直管蛍光ランプを二重に曲げて曲管とし、外面に球形カバーをかぶせたタイプなど、電球の形状に近づける努力がなされてきている。

白熱電球に比べ電力費1/3、寿命3~6倍、発熱量1/3という大きなメリットをもつ電球形蛍光灯を、住宅用を含め一般に広く普及させるために、更に明るさを向上させ、また電球のサイズ近くまでコンパクトにすることが望まれていた。

ここでは新しいランプ構造の開発により実現した、ボール電球以上の明るさで、ボール電球と同じ径のガラス球をもつ電球形蛍光灯《ピカッ灯ぴかいちくん》(図1.)の技術内容、特性などを報告する。

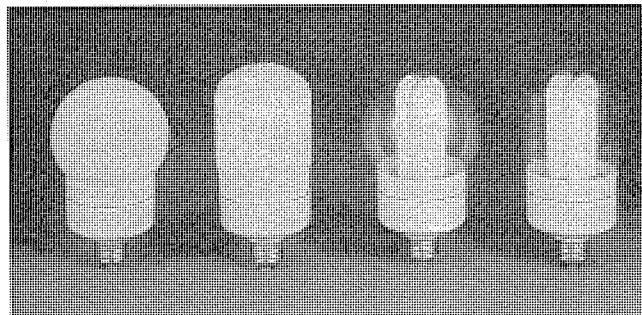


図1. 電球形蛍光灯《ピカッ灯ぴかいちくん》
(左から、球形、筒形、透明球形、透明筒形)

2. 新しいランプ構造

《ピカッ灯ぴかいちくん》の開発のねらいは、電球形蛍光灯の高効率化(明るさ向上)及びコンパクト化であり、更には、これを実現でき、かつ大量生産のできるランプ構造の具現化にあった。一般に蛍光ランプの効率(1W当りの明るさ(光束))を決める主な要因は、①放電中の水銀蒸気圧、②発光管寸法、形状、③蛍光膜の性能、であり、またランプのコンパクト性を決める主な要因は発光管寸法、形状である。

2.1 真空二重管構造

蛍光ランプは、水銀蒸気中の放電により水銀原子から放射される紫外線(主として波長254 nmの共鳴線)により、ランプ管壁の蛍光膜を発光させて照明に利用しているが、この紫外線の発生強度は放電中の水銀蒸気圧により大きく変化する(図2.)。したがって、蛍光ランプでは水銀蒸気圧が~ 6×10^{-3} Torrのとき、言いかえれば水銀蒸気圧をきめるランプ内の最冷部の温度が約40°Cのとき最も高い効率が得られる。

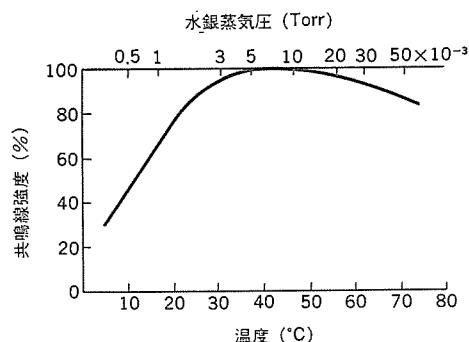


図2. 水銀蒸気圧による水銀共鳴線放射の変化
(照明ハンドブック「照明学会編」より)

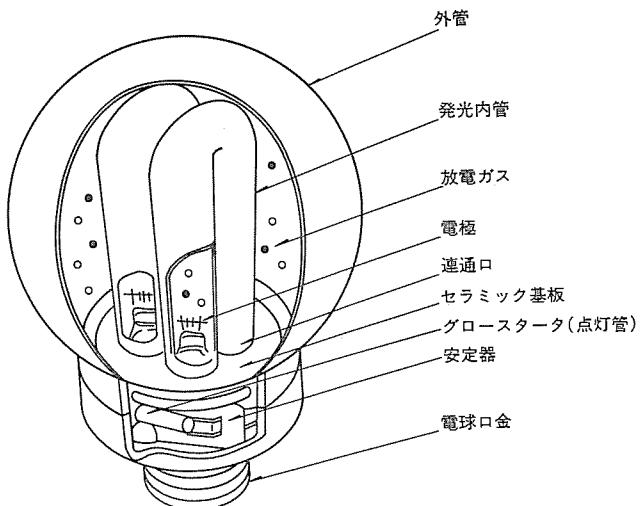


図3. 真空二重管構造による電球形蛍光灯

電球形蛍光灯においては、コンパクト化を図る必要性からランプ温度は高温となりがちであり、曲管蛍光ランプ全体にカバーをかぶせる方式などではランプ温度は40°Cを大きく超えるため、効率低下防止のため特別な工夫を必要とし、商品性や生産性との両立に難点があつた。

これを解決し、コンパクトな形状で最適水銀蒸気圧を設定できる構造が真空二重管構造である(図3)。真空二重管構造は外管と発光内管の二重管で構成され、外管と発光内管は連通口を通して水銀蒸気などの放電ガスを共有している構造であり、いわば外管と内管全体が放電ランプとしての機能を果たしている。放電は発光内管内で行われるが、放電中の水銀蒸気圧は発光内管温度の影響は少なく(一般蛍光ランプや曲管にカバーをしたタイプの電球形蛍光灯では発光管温度に依存する)、ランプ内の最も冷たい箇所、つまり外気により効率的に冷却される外管管壁で求められる。この構造では外管管壁温度は比較的低いので、外管と内管との関係寸法を適切に選定することにより、外管管壁の最冷部温度を40~50°Cに設定することができ、最も高い効率の得られる水銀蒸気圧が実現できる。

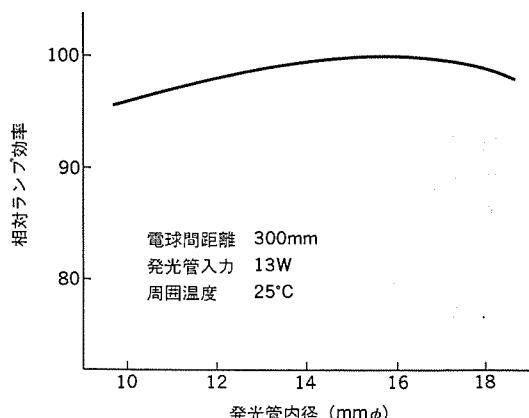


図 4. (a) 発光管内径とランプ効率

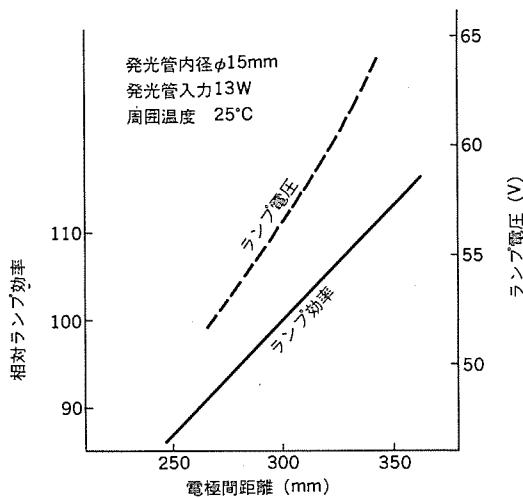


図 4. (b) 電極間距離とランプ効率, ランプ電圧

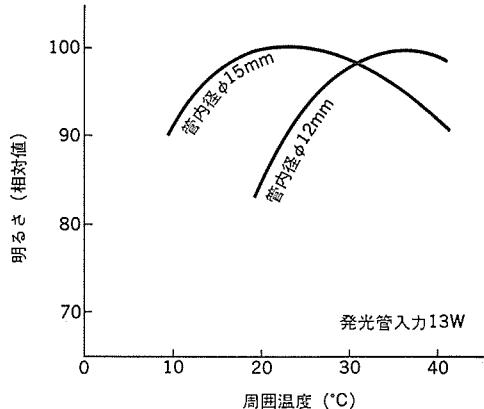


図 4. (c) 周囲温度と明るさ

2.2 内管構造

(1) 発光内管寸法

蛍光ランプの発光管管径は太すぎても細すぎても効率は低下し、ランプ電力や電流に対応した最適管径範囲が存在する(図4.(a))。また、管長(電極間距離)は一般に長いほど、効率は高くなるがランプ電圧も高くなる(図4.(b))。したがって管長が長くなりすぎると定格電源電圧での安定点灯は困難となり、電源電圧100Vでは実用上の電源電圧変動を加味すればランプ電圧58V程度が限界となる。更に、ランプは周囲温度により最冷部温度(水銀蒸気圧)が変化するため効率は変化するが、この変化の様子は発光管管径により変り

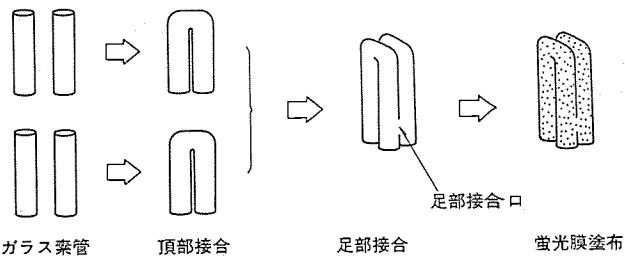


図 5. 内管の製造法

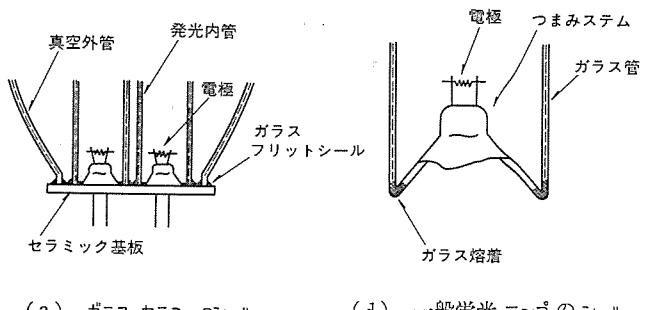


図 6. 気密シール方法

(図4.(c)), 管径が大きい方が実用的周囲温度範囲(5~35°C)で高い効率が得られる。これらを総合して、発光内管内径をφ15mmとし、管長はランプ電力に応じて変化させた。

(2) 内管製造方法

所定の管径、管長のガラス管を、発光内管としていかなる形状にどのように成形加工するかは電球形蛍光灯の基本となる重要なポイントであり、これをきめるに当って次の事項を十分考慮した。

- (a) コンパクトな発光内管形状であること。
- (b) 大量生産が容易にできるような構造であること。
- (c) ガラス加工工程中の高温加熱による蛍光膜の劣化損傷により、明るさ低下を起こさないこと。
- (d) 外管内に放電が露出することにより起きる効率低下(紫外線の利用率低下)を防ぐため、放電を発光内管内に閉じ込める構造であること。

これらの要件を満たすため、4本の直管ガラス接合による密着内管構造及びその製造法を確立した(図5.)。この製造法によれば、4本のガラス管の密着構造であるため、極めてコンパクトな発光内管が自動機により容易に製造できる上、ガラス管接合加工中に蛍光膜は高温に加熱されず、更に放電は足部接合孔を通して連続するため放電は内管内に閉じ込められる。

2.3 ガラスセラミックシール

外管内に発光内管と放電を維持させるための1対の電極を設置して、真空二重管構造を構成させるためには、外管を気密シールにする必要があり、また製品として必要な強度を満足させるためには発光内管の保持方法が重要となる。気密シールの方法としては、一般蛍光ランプなどで使用している“つまみシステム”を利用して外管と直接、ガラス溶着する方法(図6.(b))なども検討したが、次の利点をもつセラミックを基板としたガラスフリットシール(図6.(a))を採用した。

(1) 4本のガラス管の密着接合による発光内管を使用し、4本の足部すべてをセラミック基板に接着することにより内管に強固に保持され、十分な製品強度が得られる上、2.2節(2)で述べたように放電が外管内に露出することが防止できる。

(2) 平らなセラミック基板上に、発光内管を直接配置することで外管高さを最も小さくできる。つまみステムを利用する場合、外管口径が大きいため、つまみステムは大型となり、その高さが発光内管の長さに加わり、外管高さは増加するので望ましくない。

(3) 外管の端部は4本の電極への導入線を通して、かつ発光管の保持をするような構造をもつ必要がある。つまみステムを使用した場合は複雑な構造となり、ガラス加工工程は煩雑になるが、フリットシールではこれが避けられる。

2.4 蛍光体・高温特性の向上

電球形蛍光灯は一般蛍光ランプに比べ、発光管が小形化されているため管壁負荷（発光管内壁1cm²当たりの入力電力）が高くなり、真空二重管構造では発光内管の管壁温度は150~200°Cとなる。一般蛍光ランプで使用されている希土類蛍光体は、管壁温度40~50°Cで高い効率が得られるように設計されているため、150~200°Cの高温使用では発光強度は低下する。このランプには、当社3波長域発光形蛍光ランプ「ルピカエース」で実績をもつ高効率希土類蛍光体（セリウム、テルビウム共付活りん酸ランタン）の組成・合成法も検討を加え、150~200°Cの高温で発光強度が最大となるよう改良したものを使用している。

3. 点灯回路

ケース内部には点灯回路として、安定器、グロースタータ（点灯管）、雑音防止コンデンサなどの電気部品が収納してあり（図3.），その回路構成は図7.に示すように一般の蛍光ランプと同様のものである。

安定器は安価で高い効率の得られるチョークコイル形とし、狭いケース体に収納するため最適形状とすべく磁気回路解析を行った。更に安定器の鉄心表面とケース体内壁との空げき（隙）部には熱伝導体を充てんして安定器の発熱をケース体に伝達し、ケース体外壁から効果的に放熱することにより、安定器の温度上昇の増加を防ぎつつコンパクト化を図った。また著しく高い周囲温度や電源電圧での使用な

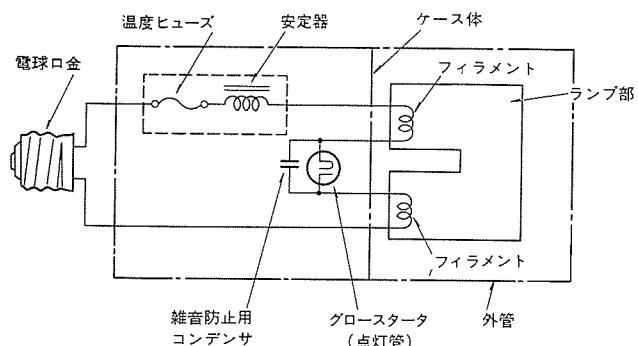


図7. 点灯回路

どでの不慮の場合に備え、安定器には非復帰形温度ヒューズを内蔵するとともに、ケース体には難燃性プラスチックを用いて確実な絶縁を図るなど、実用面にも十分配慮した。なお、上記のようにチョークコイル形安定器を内蔵するため、50Hz用、60Hz用の2種類が必要となる。

4. 諸特性

4.1 明るさ及び形状寸法

『ピカッ灯びかいちくん』の開発のねらいは、具体的にはボール電球以上の明るさ（ボール電球40Wの明るさ430ルーメン、60Wの明るさ725ルーメン）を電球の1/3の電力で、しかもボール電球と同じφ95mmのガラス球を使用して実現することである。これによりボール電球の器具に取り付けられるだけでなく、使用時の外観・イメージをボール電球により近づけ、商品性を高めることができる。

前述のように、ガラスセラミックシールを用いた真空二重管構造の採用による効率向上、曲げ加工のない新しい内管構造の開発によるコンパクト化及び効率向上、更には希土類蛍光体の高温特性の向上によ

（ピカッ灯びかいちくん13W）

	ぴかいちくん13W
全光束 (lm)	550
消費電力 (W)	13
効率 (lm/W)	42.3
寿命 (h)	6,000
発熱量 (kcal/h)	11.2

（電球40W）

	ボール電球 40W	一般電球 40W
全光束 (lm)	430	485
消費電力 (W)	40	40
効率 (lm/W)	10.8	12.1
寿命 (h)	2,000	1,000
発熱量 (kcal/h)	34.4	34.4

（ピカッ灯びかいちくん17W）

	ぴかいちくん17W
全光束 (lm)	750 810(透明筒形)
消費電力 (W)	17
効率 (lm/W)	44.1 47.6(透明筒形)
寿命 (h)	6,000
発熱量 (kcal/h)	14.6

（ボール電球60W）

	ボール電球 60W	一般電球 60W
全光束 (lm)	725	810
消費電力 (W)	60	60
効率 (lm/W)	12.1	13.5
寿命 (h)	2,000	1,000
発熱量 (kcal/h)	51.6	51.6

単位:mm

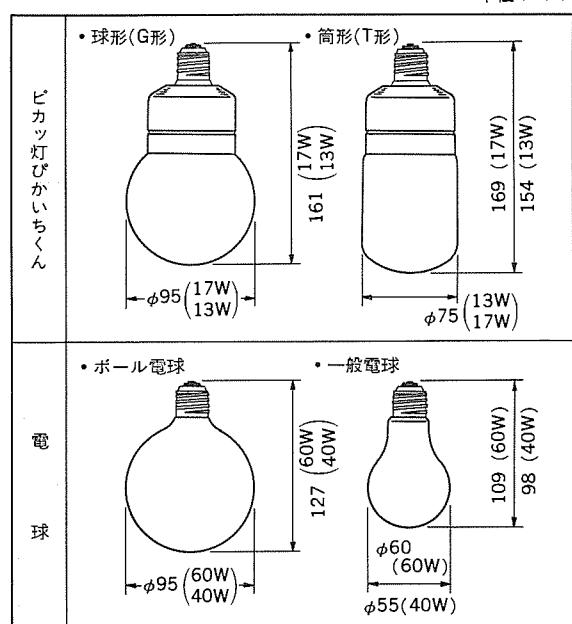
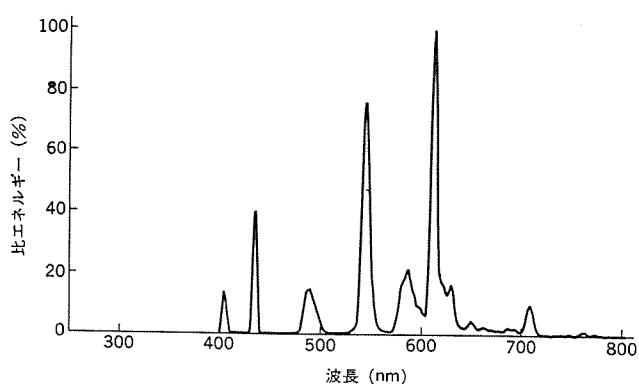


図8. 電球との性能比較



(a) 電球色

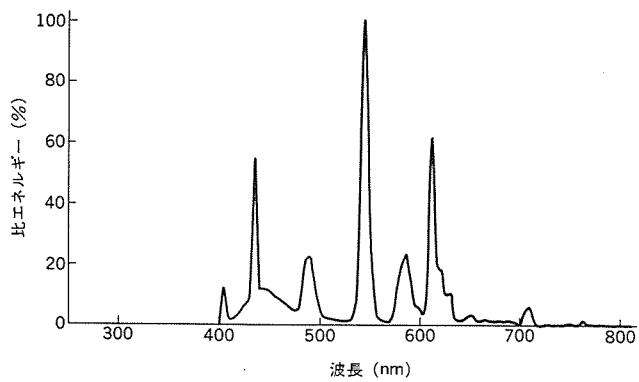


図 9. 分光分布

る明るさアップを総合して、13 W で 550 ルーメン（ボール電球 40 W に比べて明るさ 28% 向上）、17 W で 750～810 ルーメン（ボール電球 60 W に比べ明るさ 3～12% 向上）が得られた。また、外管ガラス球は、球形ではボール電球と全く同じ $\phi 95$ mm のもので、筒形では更に細い $\phi 75$ mm のもので製品化できた。図 8. に《ピカッ灯ぴかいちくん》13 W, 17 W と電球 40 W, 60 W との比較を示す。

4.2 光源色

電球形蛍光灯の使用目的は、①電球のもつ霧団気、イメージを変えず電力費やメンテナンス費を削減する、②球形蛍光灯又はコンパクト形蛍光灯という新しいイメージや機能を生かす、に大別される。光源色は、①に対応するものとしてボール電球によく似た電球色のもの（色温度 2,800 K）と、②に対応するものとして昼白色（《ルピカエース》色、色温度 5,000 K）の 2 種類を用意した。それぞれの分光エネルギー分布を図 9. (a), (d) に示す。なお平均演色評価数 R_a は電球色で 84、《ルピカエース》色は 82 であり、共に高演色性である。電球色では緑色蛍光体（Ce, Te 共付活りん酸ランタン）と赤色蛍光体（Eu 付活酸化イットリウム）を使用し、《ルピカエース》色は更に青色蛍光体（Eu 付活クロロりん酸ストロンチウム）を付加して使用している。

4.3 光束立ち上り特性

このランプでは一般蛍光ランプと同じように、点灯管としてグロースタータを用いており、スイッチ投入後約 3 秒で点灯する（常温、100 V）。また点灯後約 5 分で明るさ（全光束）はほぼ安定するが（常温）、低温では外管温度が上昇しにくいため安定までに時間がかかり（図 10.），この点、電球と異なる特性をもつ。

4.4 周囲温度と明るさ

《ピカッ灯ぴかいちくん》は、一般蛍光ランプと同じように周囲温度に

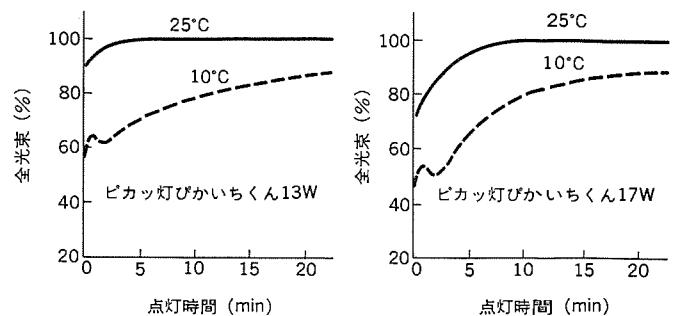


図 10. 光束立ち上り特性

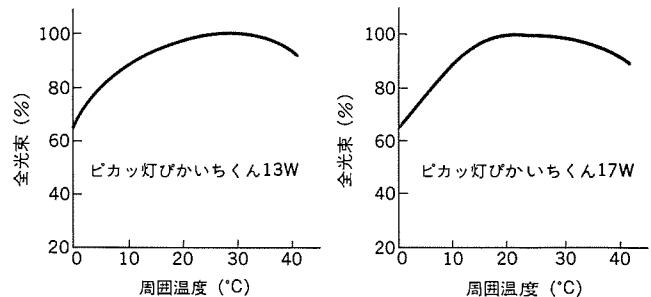


図 11. 周囲温度と明るさ

より明るさが変化する（図 11.）。ランプは常温（20～30°C）で最高効率の得られる管壁最冷部温度（水銀蒸気圧）に設計してあるが、周囲温度の変化により最冷部温度が変化するため、図 2. に示した原理により明るさも変化し、周囲温度が 10°C 以下になると明るさの低下が目立つようになる。

5. 機種と定格

合計 8 機種（周波数区分を含めると 16 機種）を製品化したが、これらは使用目的に応じて使い分けることができる。ボール電球の霧団気、イメージを変えず代替する場合は球形電球色タイプが、また小形照明器具内で使用の場合は外管径の細い筒形が適している。13 W は内蔵された安定器やグロースタータの温度上昇が小さいため密閉形器具での使用ができる（17 W は使用できない）、透明形は高い輝度を生かした装飾照明に適している。また、《ルピカエース》色のものは球形蛍光灯という新しい利用方法を生む。各機種の定格を表 1. に示す。

6. 《ピカッ灯ぴかいちくん》の経済性

図 12. (a), (b) にボール電球との経済性比較の例を示す。ランプ購入費は電球に比べ約 6.8 倍と高価であるが、消費電力は 1/3.5 と少ないため、《ピカッ灯ぴかいちくん》17 W と電球 60 W との比較では（図 12. (a)）累計 1,500 時間点灯後にはランプ購入費差額は電力費差額で回収され、以降《ピカッ灯ぴかいちくん》の経済性が発揮される。6,000 時間点灯の場合、《ピカッ灯ぴかいちくん》ではランプ 1 個使用し（平均寿命 6,000 時間）、この間ボール電球は 3 個必要となり（平均寿命 2,000 時間）、電力費とランプ購入費を合わせると《ピカッ灯ぴかいちくん》使用で約 6,460 円の得となる。なお、業務用などでランプ交換に費用がかかる場合は、この差額は更に大きなものとなる。

7. むすび

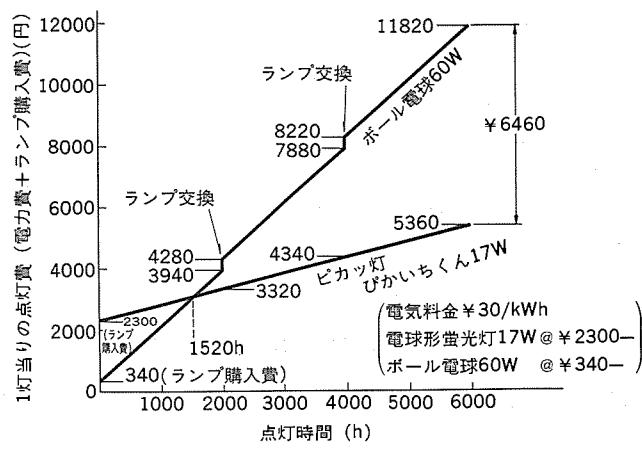
電球ソケットで電球に代えて点灯できる電球形蛍光灯は、電球に比べ

表 1. 《ピカッ灯ぴかいちくん》定格表

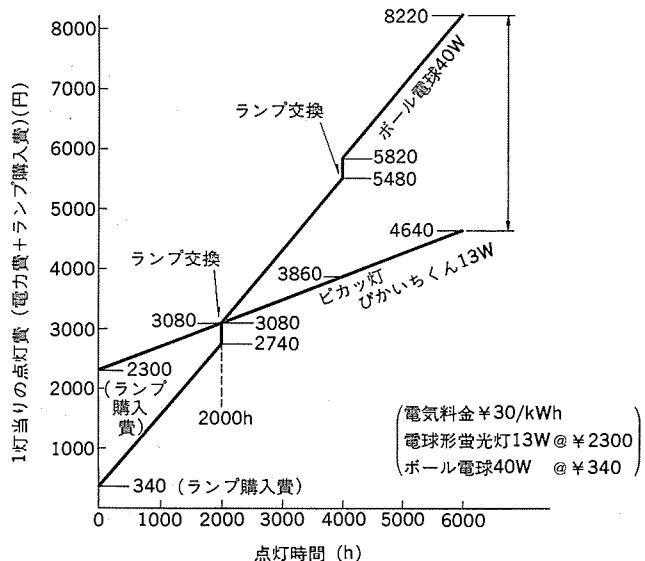
種別			周波数 (Hz)	形名	寸法(mm) 外径×全長	口金	定格電圧 (V)	定格入力 電流(A)	定格消費 電力(W)	全光束 (lm)	効率 (lm/W)	平均演色 評価数	定格寿命 (h)	重量 (g)
大きさ	形状	光色 (色温度K)												
13 W	球形 (G形)	電球色 (2,800)	50	BFG 13 L/5	φ95×161	E 26	100	0.21	13	550	42.3	84	6,000	420
			60	BFG 13 L/6										
	筒形 (T形)	電球色 (2,800)	50	BFT 13 L/5	φ75×154	E 26	100	0.21	13	550	42.3	84	6,000	420
			60	BFT 13 L/6										
17 W	球形 (G形)	電球色 (2,800)	50	BFG 17 L/5	φ95×161	E 26	100	0.28	17	750	44.1	84	6,000	420
			60	BFG 17 L/5										
		ルビカエース色 (5,000)	50	BFG 17 EX/5	φ95×161	E 26	100	0.28	17	750	44.1	83	6,000	420
			60	BFG 17 EX/6										
		ルビカエース色透明 (5,000)	50	BFG 17 EX-C/5	φ95×161	E 26	100	0.28	17	780	45.9	83	6,000	420
			60	BFG 17 EX-C/6										
	筒形 (T形)	電球色 (2,800)	50	BFT 17 L/5	φ75×169	E 26	100	0.28	17	750	44.1	84	6,000	420
			60	BFT 17 L/6										
		ルビカエース色 (5,000)	50	BFT 17 EX/5	φ75×169	E 26	100	0.28	17	750	44.1	83	6,000	420
			60	BFT 17 EX/6										
		ルビカエース色透明 (5,000)	50	BFT 17 EX-C/5	φ75×169	E 26	100	0.28	17	810	47.6	83	6,000	420
			60	BFT 17 EX-C/6										

注 (1) 上記定格は標準値を示し、特性は 100 時間点灯後周囲温度 25°C で下向き点灯(口金上)したときの値である。

(2) 定格寿命は、定格電圧で 3 時間サイクル(2.5 時間点灯、0.5 時間消灯)の点灯をしたときの平均寿命を示す。



(a) ボール電球 60 W との比較



(d) ボール電球 40 W との比較

電力費 1/3、寿命 3~6 倍、発熱量も 1/3 と大きなメリットをもつて いる。この電球形蛍光灯の普及を更に促進するため、高効率化及び コンパクト化を両立させた新しいランプ構造をもつ電球形蛍光灯「ピカッ 灯ぴかいちくん」を開発・製品化した。

「ピカッ 灯ぴかいちくん」は、蛍光ランプの基本原理にたちもどって 創出した設計概念「真空二重管構造」、新しい発光内管の構造と 製造方法、従来一般照明用光源では利用されなかつたガラスセラミック シール技術、蛍光体技術、安定器設計技術、更には大量生産を可能 とする製造技術、生産設備技術など、多くの技術の統合により生れ

たものである。ボール電球より明るく、ボール電球と同じガラス球外径 をもつ、経済性の高いこの電球形蛍光灯は、住宅をはじめ多くの用途への普及に大いに貢献することが期待される。

ここではボール電球 40 W、60 W に代替できるタイプを製品化したが、市場では電球 100 W に相当する明るさへの要望も強い。この要 望に答えるため、新しいランプ構造の特長を生かし、コンパクト性を 維持しつつ、いかに高出力化を図るかが今後の大きな課題である。

最後に「ピカッ 灯ぴかいちくん」の開発・製品化に当り、御協力を いただいた多数の関係者各位に深い謝意を表する次第である。

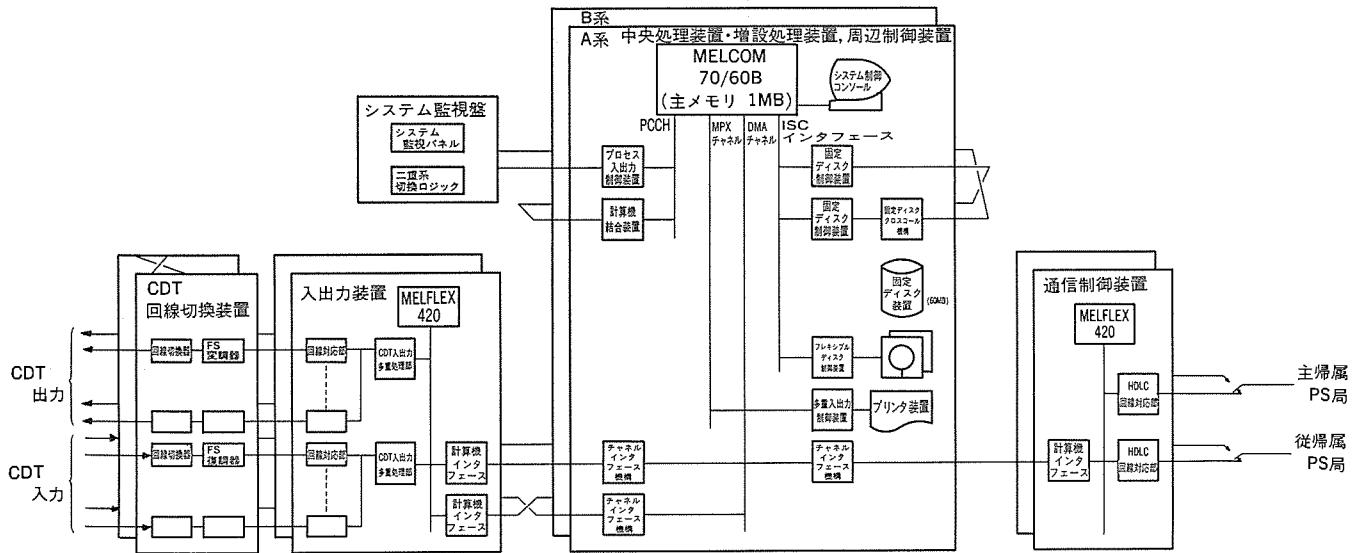


図 3. ハードウェアブロック構成図

- (a) 高速処理性能のミニコンピュータ《MELCOM 70/60 B》と、マルチマイクロプロセッサ《MELFLEX 420》による機能分散構成
- (b) リアルタイム処理性能に優れたモニタ(RTMS-F 10)の採用
- (c) 48 Kb/s の高速伝送
- (d) 状変パケットの優先処理
- (2) 高信頼性
 - (a) 完全二重系構成
 - (b) PSへの二重帰属
 - (c) 給電代行処理機能
- (3) 充実した保守運用機能
 - (a) 障害分析に有効な各種試験機能
 - (b) 作業性に優れたマンマシンインターフェース
 - (c) ネットワーク評価用各種統計機能

3.2 ハードウェア構成

図 3. に CMX のハードウェアブロック構成図、表 2. に端末収容能力及び処理能力を示す。

(1) 中央処理装置、増設処理装置、周辺制御装置

《MELCOM 70/60 B》と、その周辺機器による二重化構成である。高速性、高信頼性への配慮から、オンラインで運転するためのプログラムは、すべて主メモリ上に実装している。

固定ディスクは、プログラム、局データの IPL と統計データなどのバッファとして使用し、クロスコール機構により、どちらの系からも IPL 可能な構成としている。

(2) 入出力装置

《MELFLEX 420》によるマルチマイクロプロセッサ構成で、PS-SP 変換器、ワードシリアル入出力インターフェースなどの回線対応部、16 回線の入出力処理を行う多重処理部、最大 64 回線の入出力データを DMA チャネル経由で、中央処理装置と結合する計算機インターフェースからなる。

A、B両系で異なる回線対応部が障害を起こしても、データのバックアップが可能なように、常に両系の中央処理装置とデータ転送を行い、高信頼度化を図っている。

(3) 通信制御装置

《MELFLEX 420》による構成で、主・従両帰属 PS に接続する回線対応部各 1 回線をもっている。48 Kb/s のハイレベルデータリンク制御手順(HDLC-ABM)は、この装置の機能である。

表 2. CMX の性能

項目	諸元	
中継線	48 K b/s	6 回線
受容端末	CDT 入出力	600/1,200 b/s 64 回線
	ワードシリアル ビットパラレル 入出力	600/1,200 b/s 相当 64 回線
	高速回線	48 K b/s 6 回線
処理能力	50 パケット/s (CPU 使用率 50%)	12 系統同時状変処理 (CCT 1 サイクル内)
	情報受信完了から 中継線待行列登録まで 又は 状変パケット受信完了から 端末側送信待行列登録まで	100 ms
処理時間		

(4) システム監視盤

システムの運転状態(現用/待機など)を管理する二重系切換部と、運転状態、障害状態をマクロに表示する監視パネルからなる。パネルからは、二重系切換、二重帰属ルート切換などの操作が押ボタンにて行える。

3.3 ソフトウェア構成

この網では、制御情報関係のプロトコル(通信規約)を表 3. のように定めた。CMX のソフトウェアは、この階層構成プロトコルに対応した通信制御プログラムを中心として、図 4. に示すブロック構成になっている。以下、同図に示すブロックの基本機能を述べる。

(1) 通信制御機能

パケット生成分解、CMX 間プロトコル、局間インターフェースの各プロトコルからなり、制御情報の通信上の特性を考慮して、次の機能をもっている。

(a) 定周期伝送：通常時には 3 秒ないし 6 秒周期で、1 ないし数電気所の制御情報(TM-SV)を同一パケットに組み立てる(定周期パケット)。

(b) 状変時伝送：状態変化のあった制御情報(SV)は、同時に、他の制御情報と一緒にパケットに組み立てる(状変パケット)とともに、状変に関連するパケットの組立周期を 3 秒に短縮し、監視

表 3. 制御情報のプロトコル

レベル	プロトコル	機能
5	ユーザーレベルプロトコル	・ビットの割付け ・ビットの重み
4	プロセス間通信処理レベルプロトコル	CDT-給電 CPU 間での通信規約 ワード組集、系統構成 SV, TM の割付け
3	トランスポートレベル プロトコル	発着信 CMX 間の通信規約 発着信制御(呼出制) 遅延廃棄制御 給電代行時制御
		発信局から着信局までパケットを中継するための規約 経路選択、中継制御 優先レベル、報文、迂回制御など
2	データリンクレベルプロトコル (HDLC-ABM)	隣接局(PS-PS, PS-CMX)間のデータリンク制御手順 リンク設定/解除 誤り検出と再送 ビギン、レディ制御など
1	物理レベルプロトコル	通信速度 物理的条件 電気的条件 接続回路とその動作

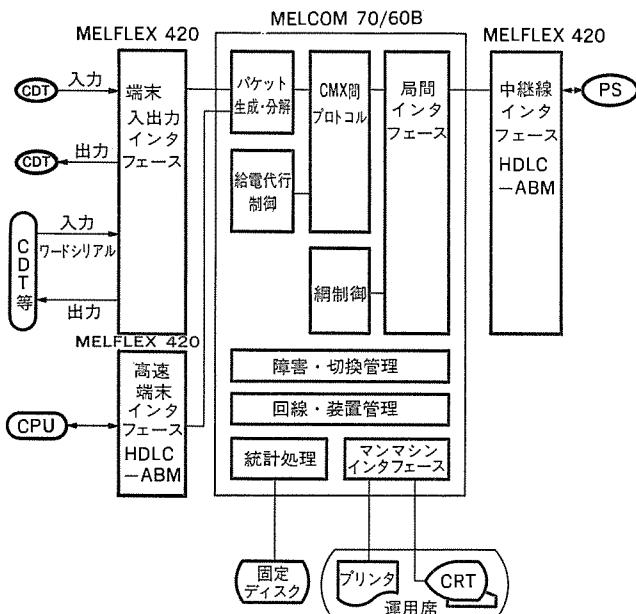


図 4. ソフトウェアブロック構成図

精度の向上を図っている。

- (c) 多方向伝送： 制御情報の中には複数の給電所で必要な情報があり、あらかじめ複数方向の論理チャネルを設定して多方向伝送を行う。
- (d) 優先伝送： 即時性を要求される状況パケットは、定周期パケットより優先して伝送する。
- (e) 遅延廃棄： パケットには、論理チャネルごとにサイクリックに使用するパケット番号を付与する。網内で追越しが発生した場合は、制御情報のリアルタイム性を保つために、着信 CMX で先着のパケットを採用し、網内で追越された後着のパケットを廃棄する。
- (f) パケット更新不良監視： 論理チャネルごとに、あらかじめ定めた時間(パケット更新不良監視タイム値)内に正常なパケットが受信されることを監視し、受信できない場合はアラームを出す。
- (g) 多系統分岐： 受信パケットの情報を 1 ないし数電気所(若

しくは給電所)に分解出力する。

(2) 網制御機能

CMX は、網内装置として位置づけられている。2.2 節で述べた網の高信頼化対策を実現するために、各種網制御パケットの送受信機能をもち、二重帰属ルートの切換制御によるバックアップや、パケット送信の一時停止により、網障害の波及を防止している。

(3) 給電代行制御機能

給電代行を実現するための手段として、CMX では論理チャネルを切り換えることによってパケットの流れを制御している。このため、切換指令(給電代行通知パケット)を各 CMX へ送信する機能、他 CMX から給電代行通知パケットを受信した場合、論理チャネルの切換及び応答パケットを送信する機能をもっている。

(4) 保守運用機能

障害時の切分け、復旧を速やかにし、増設・変更時の作業性、信頼性を向上するために、次の機能を備えている。

(a) 中継局トレース： ネットワークレベルでの障害探索手段として、パケット中継経路をトレースする「中継局トレースパケット」を送受信する。

(d) プロトコルトレース： フレームレベル及びパケットレベルでの障害探索手段として、それぞれ、送受信フレームのヘッダ部及び送受信パケットのヘッダ部や障害イベントなどを発生時刻とともにトレースし、二モニック表示する。

(c) データ表示・設定機能： データの内容、流れを確認する手段として、指定した論理チャネル、又は CDT 系統のデータを周期的に表示したり、試験用データを設定することができる。

(d) 増設・変更機能： 局の増設・変更、収容端末回線の増設・変更は、項目表に準拠した表示フォーマットで、オペレーターとの対話形式で行うことができるよう、コマンドが準備されている。

(5) 統計処理機能

今後のネットワーク拡張のための基礎データ収集、サービス品質の評価、障害の監視のため統計処理機能を備えている。主な統計項目を表 4. に示す。

4. 検証・支援システム

CMX の開発に際しては、プロトコルの検証及びネットワークを模擬するための、検証・支援システムを同時に開発した(図 5.)。

表 4. 統計項目と収集方法

統計種別	統計項目		収集方法
障害統計	加入者回線障害	レベル低下、同期検定不良、誤り、検定不良、精度チェック不良など	当時収集 1 日ごと、1 月分累積
	中継線障害	ADP ナットレディ、長アイドル、FCS、エラー、リトライアウト発生など	
	CMX 間プロトコル障害	パケットシーケンス合理性判定エラー、パケット更新不良など	
網状態監視統計	網制御パケット	報文通知パケット受信数、中継不可パケット受信数など	コマンドにより収集 1 日ごと、1 月分累積
	スループット	送信データパケット数、受信データパケット数など	コマンドにより収集 1 時間ごと、1 週間分累積
CMX 性能評価統計	CPU 使用率、バッファ使用率	コマンドにより収集 30 分中 10 秒ごと 10 時間分累積	

このシステムは、工場内の試験設備としてだけではなく、当社が納入したCMXにそのプログラムを実装すれば、ネットワーク拡張時に増設される局の評価試験装置として利用することもできる。以下にその構成と機能について述べる。

4.1 プロトコル検証システム

プロトコル検証システムは、被試験装置の動作をプロトコル階層ごとに検証するためのシステムで、図6.に示すように、プロトコル実行部と検証実行部で構成される。

プロトコル実行部では、試験シーケンスの実行手順を記述したシナリオに基づいて、実際にデータの送受信処理を行い、検証実行部ではシナリオの発生とトレース、及びその解析を行う。

シナリオ命令は、作成者が記述しやすい命令体系となるよう考慮するとともに、オペレータが逐一介入する必要のない自動検証を実現するため、試験シケンス上で一定のタイミングを取り、シナリオの動きを

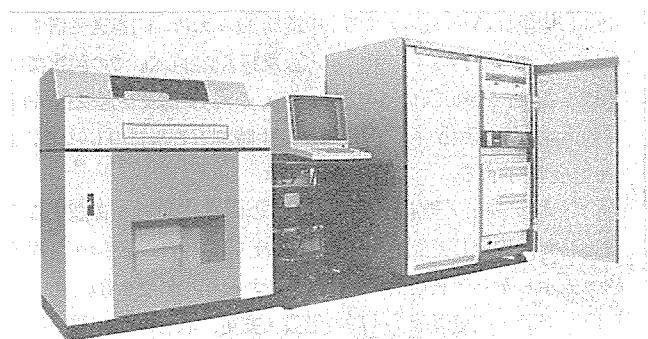


図 5. ネットワークシミュレータ

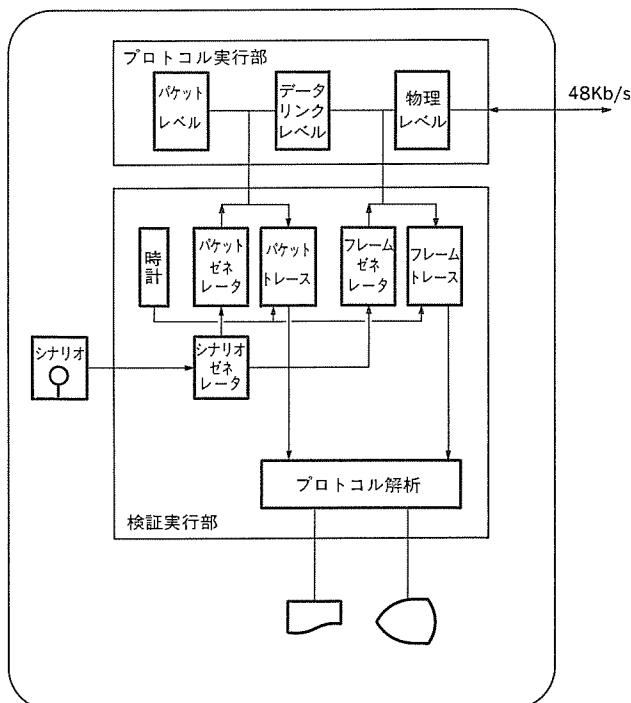


図 6. プロトコル検証システムの構成

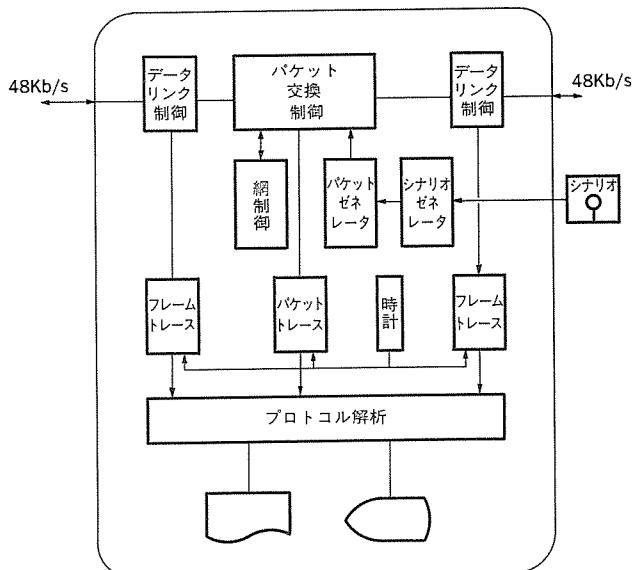


図 7. ネットワークシミュレータの構成

制御する命令や、期待しないフレームを受信したとき、オペレータへ通知する命令などを準備している。

トレースは、フレームトレースとパケットトレースがあり、トレース時刻、送／受信の区別、ヘッダ部、障害イベントなどをサイクリックバッファ（フレームトレースは8Kバイト、パケットトレースは128Kバイト）にロギングする。トレース結果は、プロトコル解析部で処理され、オペレータが見やすい二進表示で、CRT又はプリンタに出力される。

4.2 ネットワークシミュレータ

ネットワークシミュレータは、CMX のネットワーク 総合試験に際し、CMX 間に介在する PS の模擬を行う。図 7. にその構成を示す。

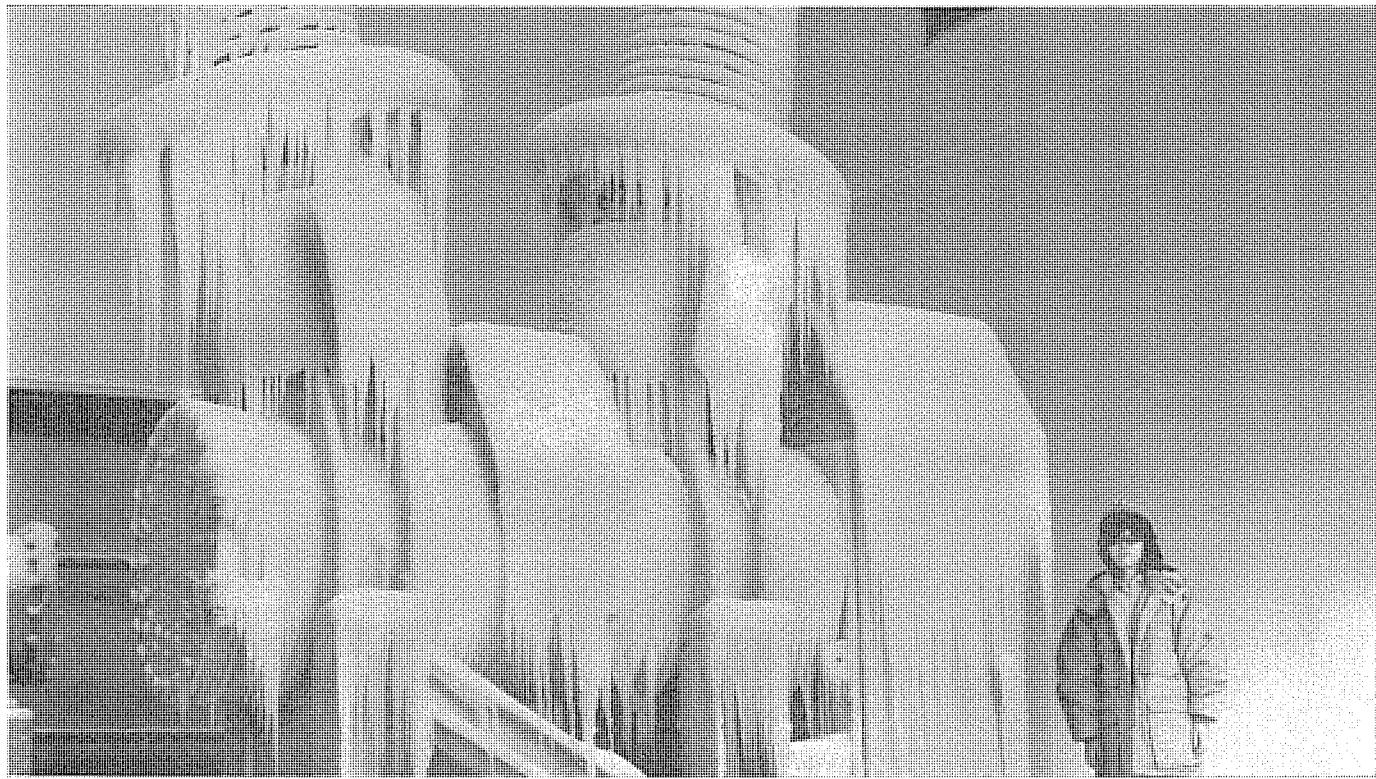
パケット交換制御部では、パケットの中継交換処理を行う。パケットゼネレータを用いれば、シナリオによる疑似トラフィックの発生が可能である。網制御部は、網制御パケットの送受信処理を行う部分である。更に、ネットワークシミュレータでは、先に述べたプロトコル検証機能を実装することにより、試験機能を充実させている。シナリオの利用により、CMXの対向試験機として用いることも可能である。

以上述べた検証・支援システムの同時開発により、CMXの装置開発を効率よく実現することができた。今後、ネットワーク拡張時の試験装置としての利用が期待できる。

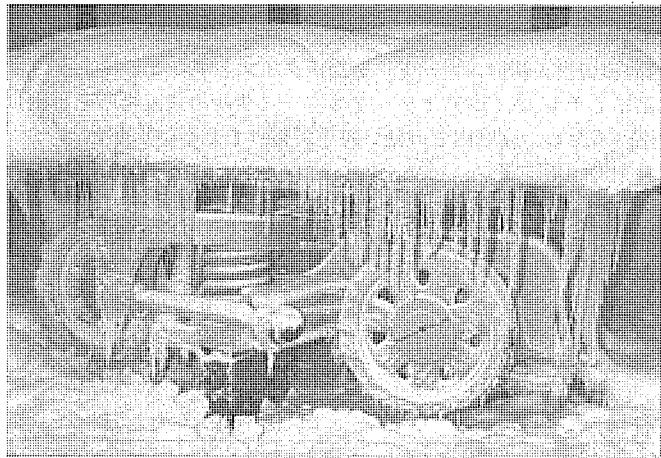
5. む す び

今後、「データ通信の増大とネットワーク化」は、急速に進展して行くと考えられる。この「総合パケット交換網」は、その拡大計画とともに、中部電力(株)のデータ通信システムの主要位置を占めていくものと期待される。

終りに、このシステムの開発にあたり、多大な御指導、御協力をいたただいた、中部電力(株)、富士通(株)、及び日本電気(株)の関係各位に深く感謝する次第である。



▲凍結状況下でのガスしゃ断器の耐寒試験



▲降雪試験中の車両台車

このほど三菱電機では、伊丹製作所に極寒、酷暑、降雪などさまざまな気象条件を人工的につくり出せる大形環境試験設備を新設し、稼動を開始しました。これは、これまでのような部品ごとの環境試験でなく、大きさ8m×8m×8mの試験室に納められた変電機器、車両搭載機器、エレクトロニクス機器など実製品の、各種環境下（降雪、降雨、凍結、高温高湿、低温など）における高電圧、大電流試験を含めた性能検証試験が行える設備です。

これは、下記（仕様）の試験能力に加えて、温度230点、ひずみ30点、その他のセンサ用20点の信号を取り込み、コンピュータによる大量データ処理が行えるようになっています。また、供試品の搬入にはエアパレッタを使い、室内で自由に方向変えができるようになっています。

仕様（試験設備概要）

幅×奥行×高さ	8m×8m×8m
温度範囲	-40°C～+80°C
湿度範囲	20%～95%
降雪量	50mm/h
降雨量	50mm/h
床面耐荷重	10ton/m ²
通電電流	3相 8KA
交流試験電圧	AC 460KV
雷インパルス電圧	1050 KV

スポットライト MELTEXシリーズ 三菱ビデオテックスターミナルVT200



三菱電機では、ニューメディア事業強化拡充の一環としてビデオテックス関連製品の開発に取り組んでいますが、三菱ビデオテックス《MELTEX》シリーズの第一弾として、三菱ビデオテックスターミナルVT200を発売しました。

このVT200は、標準ハイブリッド端末（ランク2）としての機能をもっており、電話取扱局などにビデオテックス通信網サービスの第一種利用契約申込みを行うことにより、簡単に加入電話回線に接続でき、キャプテン情報センターをはじめとする多彩な情報センターの情報を活用することができます。

特長

●画面番号短縮機能

使用頻度の多い画面を最大100画面まで予約しておき、使用時短縮した番号で簡単に呼び出すことができます。

●マルチフレーム方式高速表示

パターン、コード両方式に対応し、1画面約1秒の高速表示を行うとともにマルチフレーム方式で多彩な画面表示が可能です。

●リモコンキーパッド本体収納

ワイヤレス方式のリモコンキーパッドを標準装備、しかも、リモコン多用時代の家庭内混乱を防ぐため本体収納可能としました。

●ノンインターレース表示方式

ノンインターレース表示方式の採用により、画面のチラッキのない安定した画面を提供します。

●LCU分離タイプ

キャプテンサービスと電話器の使用を切換えるために必要なLCU（回線切換え制御ユニット）を別置タイプとすることにより、電話器とテレビ、ビデオテックスターミナルの設置場所を自由に選べるため、家庭内の使い勝手が極めてよくなります。

●案内画面内蔵

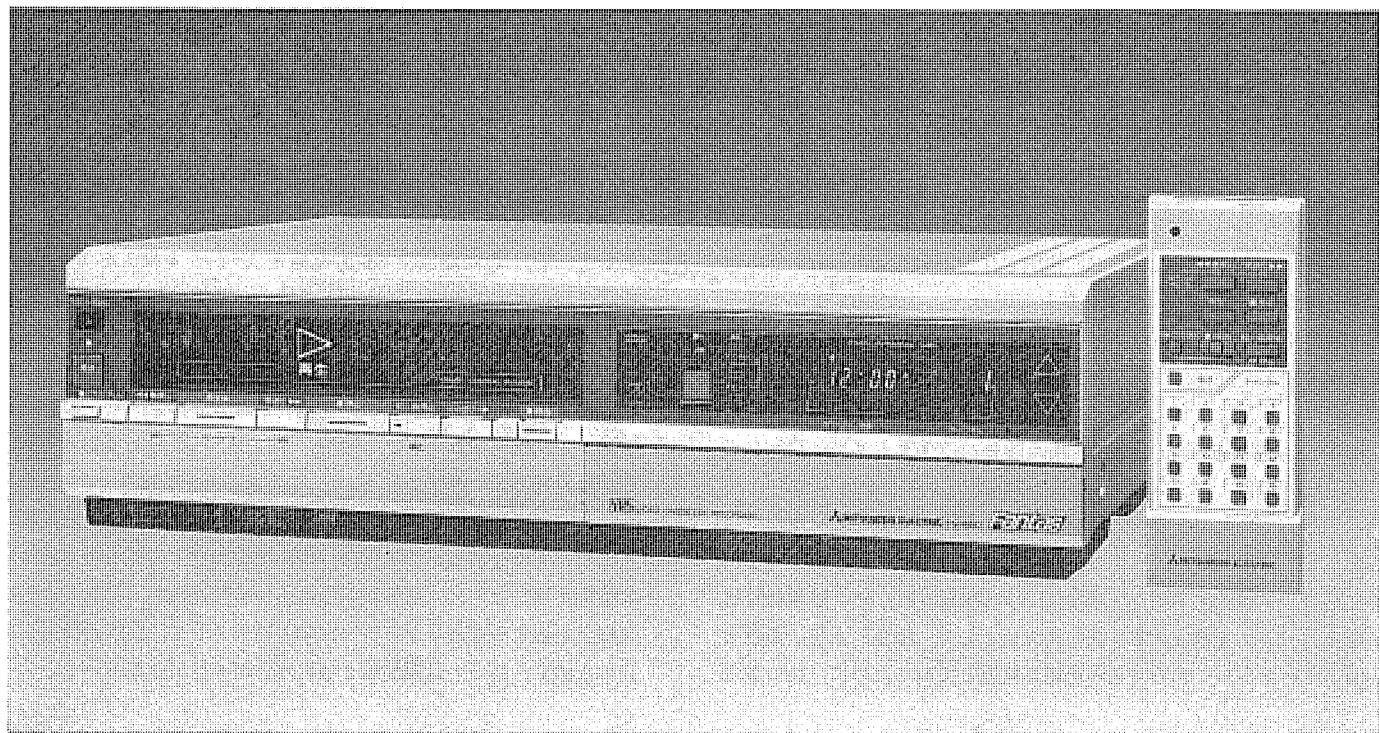
操作手順を示す案内画面が表示されるので、だれにでも簡単に使うことができます。

●ハードコピー

画面のハードコピー装置として、別売のテレビプリンタSCT-P50形を接続することができます。

仕様

端末種別	標準ハイブリッド端末
表示方式	パターン：図形 コード：文字・記号・モザイク・特殊图形
表示文字数	標準文字 120字（最大） 小形文字 496字（最大）
表示ドット数	248×204ドット（横×縦）
表示色	16色
着色単位	ブロック単位（ミニブロック 4×4ドット） サブブロック 8×12ドット
接続端子	表示出力端子：RGB21ピン出力端子 プリンタ出力端子：8ピン 汎用入出力端子：25ピン 電源コンセント：2個
寸法	ビデオテックスターミナル本体 425×350×70（m/m） LCU 230×282×43（m/m） リモコンキーパッド（本体収納） 67×186×14（m/m）



このたび三菱電機では、ノイズ、ブレのないきれいな静止画の見られる普及形ビデオ《ファンタス68D》を新発売しました。

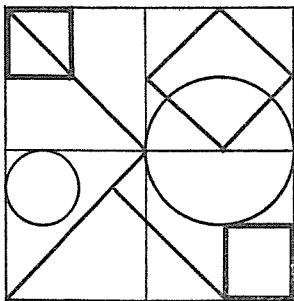
この68Dは、静止画のほかワイヤレスリモコン、2週間8番組予約など基本機能が充実した普及タイプの据置形ビデオです。

特長

- 通常の録画・再生ヘッドに特殊再生専用ヘッドを付加したD3ヘッド採用により、ノイズ・ブレのないきれいな静止画が見られるほか、コマ送り、簡易スローも楽しめます。(コマ送り、簡易スローは、3倍モードのみ)
- 26モードの遠隔操作のできるワイヤレスリモコン付きです。チャンネル選局も16局ダイレクト選局ができます。
- 2週間先まで8番組の予約ができます。もちろん、毎日録画も可能です。
- 録音、再生状態がひと目でわかる鮮明シグナルサインを採用しています。
- 奥行29.7cmの省スペース、コンパクト設計で、置き場所をとません。
- ノイズバー固定式の見やすく便利な10倍速スピードサーチです。(3倍モード時)
- 30分毎、120分までのワンタッチ録画機能付きです。
- 頭出しの便利なカウンターメモリ付きです。

仕様

録画方式	色信号低域変換直接記録方式 輝度信号FM方式 VHS規格
信号方式	NTSC (日本標準信号方式)
テープ速度	標準: 33.5mm/sec. 3倍: 11.12mm/sec.
録画時間	標準: 2時間40分 3倍: 8時間 (T-160使用時)
巻戻し、速送り時間	約4分 (T-120使用時)
映像入力	0.5~2.0Vp-p/75Ω
映像出力	1.0Vp-p/75Ω
映像 S/N	45dB以上
水平解像度	240本以上 (標準モード)
音声入力	ライン: -20dB (50KΩ不平衡)
音声出力	ライン: -4.5dB (1KΩ不平衡)
音声周波数帯域	標準: 50Hz~10KHz 3倍: 50Hz~7KHz
音声 S/N	40dB以上
VHF出力	1チャンネルまたは2チャンネル
許容動作温度	5~40°C
許容湿度	80%最大
時刻表示形式	水晶発振周波数同期
時刻精度	電源周波数同期、50/60Hz自動切換
電源	AC100V 50/60Hz
消費電力	約29W (タイマー及び余熱電力9W)
外形寸法	幅42.4×高さ11.5×奥行29.7 (cm)
重量	7.2kg



特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

カラー画像表示陰極線管 (特許 第1146746号)

発明者 石井 隆・菅原 喬

この発明はカラー画像表示陰極線管、特に、残光の長い発光スクリーンを有するカラー陰極線管に関するものである。

一般に、漢字表示装置などに使用されるカラー陰極線管は、表示能力増大のためにフレーム周波数を商用のカラーテレビジョンよりも2～3倍遅くして使われる。このような目的に通常のカラー陰極線管を使用すると、発光スクリーンの陰極線停止後の残光が短いために、画面にちらつきを生じてしまう。このため、漢字表示装置などに使われるカラー陰極線管は、通常のカラー陰極線管よりも残光の長い発光スクリーンを備えている必要がある。

一方、このような要求を満足できる单一けい光体は数も少なく、しかも、緑色、橙色、赤色の色調に限定されている。このようなことから、従来は、漢字表示装置などに使用されるカラー陰極線管は、発光スクリーンを構成する3種の発光色として、緑色、赤色、黄色を用いていたが、これら3色の色相が接近しているために、色の識別

性は必ずしも充分ではなかった。

このようなことから、この発明は、画面のちらつきが少なくて、しかも一層、色の識別性の良好な発光スクリーンを備えたカラー陰極線管を提供することを目的としたもので、陰極線刺激で青白色光を放出するちらつきの少ない発光スクリーンを備えたカラー画像表示管を実現したものである。

即ち、残光の短い銀付活硫化亜鉛青色けい光体と、残光の長い青以外の蛍光体とを混合したもので、例えばマンガンヒ素付活ケイ酸亜鉛緑色発光けい光体及びマンガン付活オルトリン酸亜鉛マグネシウム赤色発光けい光体とを、所定量ずつ混合して青白色の発光色を得るようにしたのである。この場合、青白色を構成する各の発光色の残光時間が異なるため、陰極線刺激停止後の残光色が、黄色ないしは黄橙色を呈することになるが、実験の結果として、観覧者に対し不自然な感じ、あるいは違和感を与えない事が見出されている。

カラー受像管 (実用新案 第1444227号)

考案者 川口武夫

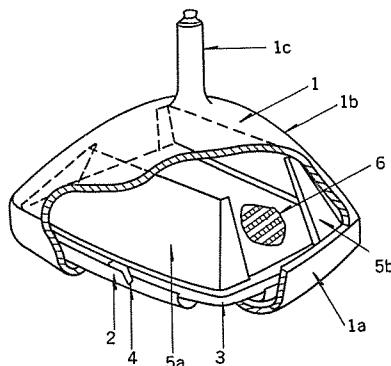
この考案はストライプ状の蛍光面を有するカラー受像管に関するもので、特に地磁気などの外部漂遊磁界の影響を除去するために磁気シールドを設けたカラー受像管の改良に関するものである。

従来の内部磁気シールドはファンネル部の内面全周にわたってファンネルと同一形状の台形四角錐状に形成されたものであった。外部漂遊磁界の最大のものである地磁気による電子ビームの移動(ライティングの変化)は、蛍光面を東又は西に向けた場合と、南又は北に向けた場合とでは異った分布に生ずるが、ストライプ状蛍光面を有するカラー受像管においては、ストライプの長手方向の電子ビームが移動しても色ズレの実害となつては現れない。以上を考慮するとシールドを必要とするのはストライプの長手方向両端部(蛍光面の上辺及び下辺)であるとの結論に達する。

本考案はこの結論にもとづき蛍光面の上辺及び下辺に偏在して電子ビーム走行路をはさむように磁気シールド部材を配慮したものであり、材料の節精は勿論、磁気シールドを管内(シャドウマスクフレーム)に取り付ける際過度の力がフレームに加わらない為フレームの変形による色ズレが防げるなどの特徴がある。更に一般にストライプ形蛍光面の場合の磁気シールドにおいては、その形状をえると蛍光面が東又

は西向きの時の効果と、南又は北向きの時の効果には相反する傾向があるが(その意味で従来の台形四角錐の形状のものは磁気シールド効果的に最も最良とは言えない)、本考案は上記東西と南北の磁気シールド効果をバランスさせる手段として用いることが出来実用性が大きいものである。

図は本考案の一実施例で、(5a)、(5b)は内部磁気シールド部材、(1b)はファンネル部、(3)はフレーム、(6)は蛍光面である。



半導体記憶装置 (特許 第1203096号)

発明者 長沢 純一・原田 賢嗣・伝田 匠彦・阿部 東彦・河野 芳雄

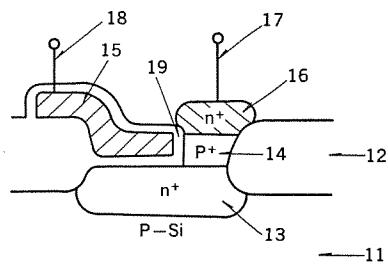
この発明は半導体記憶装置に関し、特にトランジスタとキャパシタからなるダイナミック型ランダムアクセスメモリ装置に係るものである。

従来のこの種メモリ装置はキャパシタ、トランジスタ及びビットラインのそれぞれが基板面的に配置されており、集積密度を向上させるにはそれぞれの寸法形状を小さくせざるを得ない不都合があった。

本発明の実施例では、例えば、P形シリコン基板(11)の表面のフィールド酸化膜(12)間にn⁺形拡散領域(13)を形成し、この領域上に選択的にp⁺形気相成長層(14)を形成し、かつn⁺形拡散領域(13)とのp⁺形気相成長層(14)の側部を覆うゲート絶縁膜(19)を介してワードライン(18)に接続されるポリシリコンから成るトランジスタゲート(15)を形成し、更にp⁺形気相成長層(14)上にビットライン(17)に接続されるn⁺形気相成長層(16)を形成することによりポリシリコンの厚さでゲート電

極長が定まるトランジスタを上下方向に構成したものである。

この発明によれば、トランジスタとキャパシタとを立体的に集積化することができる、各要素の寸法を小さくせず集積密度を向上し得るほか、その大容量化を達成し得るなどの特長を有する。



車両用電気装置の制御方式 (特許 第796293号)

発明者 上田 敦・石井 光明

この発明は車両に装備される各種電気装置を制御する制御方式に関し、多数の制御信号を時分割で多重伝送することにより各電気装置の制御用電線を大幅に減少させ、その配線の簡素化を図ろうとするものである。

図はこの発明の実施例を示すものであり、複数の電気装置に対応して割り当てられた各時刻にスキャン信号発生回路より順次発生する複数のスキャン信号は、その発生に同期して、各時刻番地をそれぞれ示す複数の番地コード発生器からのnビットコード信号をn個のOR回路を介して順次送出させ、また複数の制御スイッチの出力を時分割多重の制御信号としてOR回路を介して送出させる。この各時刻番地を順次示すnビットの番地コード信号を受信する複数の信号検出器は各々割り当てられた該当する番地コードを検出し、この検出した時

刻における時分割多重制御信号の状態をAND回路において検出すことにより、時分割多重制御信号は各電気装置に対応して分離されて各電気装置を制御する。従ってnビットコード信号を伝送するn本の電線と時分割多重制御信号を伝送する1本の電線により2ⁿ個の電気装置を制御でき大幅に配線が簡素化できる。また時分割多重制御信号を各電気装置に対応して分離するために各時刻番地を示すコード信号を伝送しているので、該当時刻番地を検出する各信号検出回路はコード信号の値を検出するだけの簡単な回路構成とし得る。

なお、制御信号はスイッチ信号だけでなくアナログ信号であっても、

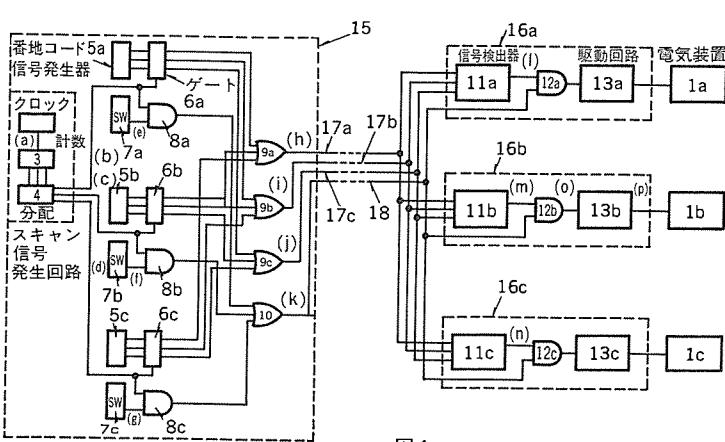


図1

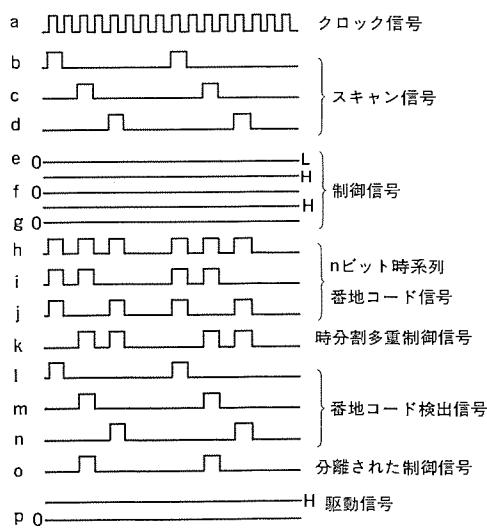


図2

特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

その アナログ 値に対応して時分割多重制御信号を パルス 変調して伝送

し、これを復調すれば、アナログ 信号の伝送が可能である。

同調点検出回路 (実用新案 第 1493548 号)

考案者 白谷 優次

この考案は FM ラジオ 受信機等に用いられる同調点検出回路に関するものである。

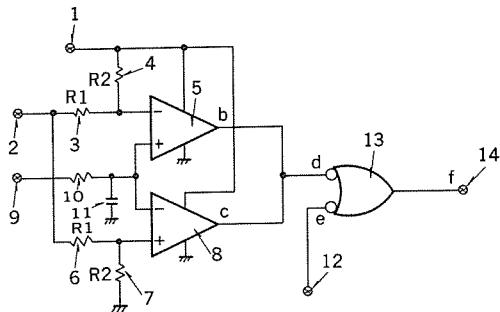
従来の同調点検出回路はディスクリミネータの S カーブ出力と中間周波増幅段出力を整流して得た出力とにより S カーブのセンター付近を検出するもので、一方、FM 検波方式として IC 化した回路を用いたものが一般化しているが、これらを組合せる場合、同調点検出回路が複雑なものとなる欠点があった。

この考案はミューティング回路付きの FM 受信機において、2 個のオペアンプ IC の S カーブ特性の検波出力を時定数回路を介して供給するとともに基準電圧に電圧を増減したものとそれを供給して S カーブと基準電圧のクロス点付近をパルス変化として把え、この出力とミューティング回路の出力信号とを NOR 回路を通して同調点検出出力を形成するように構成したものである。

このように構成することによって、2 個のオペアンプに接続された抵抗値を設定するのみで特別な調整を必要とすることなく同調点の

帯域幅を簡単に変更することができる。また、非常にコンパクトな同調点検出回路を実現することが可能となる。

図 1. はこの考案の一実施例で、(1)は電源端子、(2)は検波段基準電圧端子、(5)(8)はオペアンプ、(9)は検波出力端子、(12)はミューティング出力端子、(13)は NOR 回路である。



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 58 No. 12 パワーエレクトロニクス特集

特集論文

- パワーエレクトロニクスの歩みと展望
- 三菱 GTO サイリスタシリーズとその特性
- 車両推進制御における GTO の応用
- VVVF インバータによる大容量交流可变速駆動
- VVVF 制御のエレベーターへの応用
- BI-MOS 素子による無騒音インバータ
- 全ディジタル・ソフトウェア AC サーボ

●工作機用新形 AC 主軸駆動装置 《FREQROL-SE》

●静止形無効電力補償装置とその応用

普通論文

- 三菱スマートエスカレーター
- 関西電力(株)納め光伝達式電力ケーブル故障検出装置
- 火力発電所ボイラ給水用高精度超音波流量計
- 新しい変圧器ロス回収システム
- 新形数値制御装置 《MELDAS-Lo/Mo》

三菱電機技報編集委員

委員長	馬場 準一	委員	山内 敦
副委員長	岸本 駿二	"	柳下 昌平
"	三浦 宏	"	桜井 浩
委員	峯松 雅登	"	徳山 長
"	翠川 祐	"	柴山 勝一
"	佐藤 文彦	"	酒井 靖夫
"	大年 倉像	"	武富 大児
"	井上 通	"	瀬辺 国昭
"	立川 清兵衛	"	永井 昭夫
"	吉田 太郎	"	小原 英一
"	川井 尚	"	尾形 善弘
"	田中 克介	幹事	岡田 俊介
"	的場 徹	11号特集担当	杉岡 八十一
"	野村 兼八郎		

三菱電機技報 58巻 11号

(無断転載を禁ず)

昭和 59 年 11 月 22 日 印刷

昭和 59 年 11 月 25 日 発行

編集兼発行人 岡田 俊介

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

發 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 1767

發 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

Tel. (03) 233 局 0641(代), 振替口座東京 6-20018

定 價 1 部 500 円送料別 (年間予約は送料共 6,700 円)

スポットライト

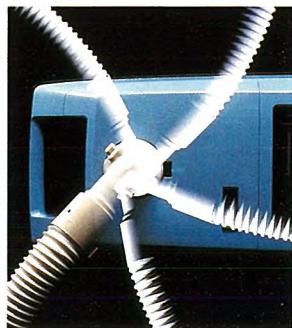
《まわってちぢむホース》採用
三菱掃除機TC-980形シリーズ



このたび三菱電機では、360°回転ホースで好評の紙パックタイプ・キャニスター掃除機第3弾として、ホースの収納性が向上したTC-980形シリーズ4機種を新発売しました。

特長

- 本体はそのままに、ホースが360°全方向に回転



お掃除の際に必要以上に本体を引っぱることなく、順序よくリズミカルにお掃除ができます。また、人の動きに合わせてホースが回転しますので、無理な力がかかるたり、ホースがねじれたりすることもありません。

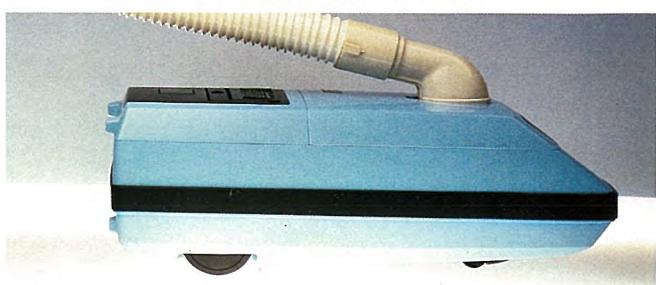
- お掃除が終れば、ホースの長さは1/2にパイプをはずし、ホースの吸込口を手で押えるだけで、モータの吸引力によりホースが簡単に1/2にちぢみます。これまでめんどうだったホースの後片づけが極めてラクになりました。



- ホースは本体につけたまま収納ホースをちぢめた後、フックを利用すればホースを本体につけたまま収納することができます。運びやすく、置き場もとりません。



- 薄形スリムでコンパクトなデザイン
- 低重心スタイルならではの安定した走りで、奥さまの動きに合わせて、じゅうたんや敷居の上もスムーズに移動。車輪をかくしたスマートなスタイルでお掃除が楽しくなります。



仕様

項目	形名	TC-980	TC-981J	TC-982P	TC-985JTP
消費電力		500W			
吸込仕事率			155W		
集じん容量				2.5ℓ	
運転音				54ホン	
重量				4.4kg	
外形寸法(mm)		長さ465×高さ178×幅240			
チリ処理		紙袋			
床ブラシ	吸う吸うブラシ	フロアーティーン	吸う吸うブラシ	フロアーティーン	
収納	—	—	○	○	