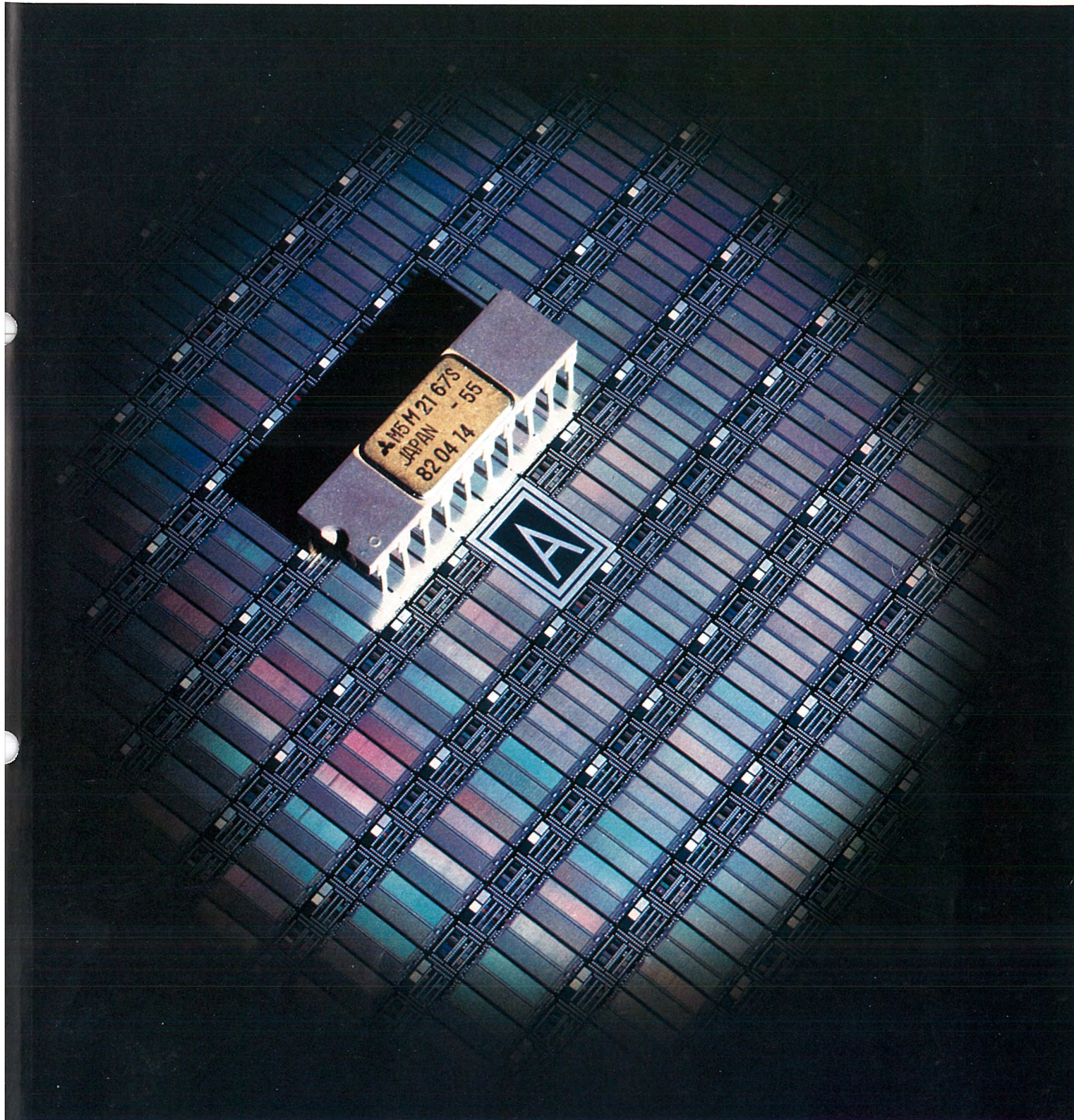



MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.56 No.4

半導体特集

 未来を開発する
三菱電機

4
1982

三菱電機技報 Vol.56 No.4 1982

半導体特集

目次

特集論文

1チップ低速モデムLSI.....	1
勝見千昭・魚住信裕・堀口 彰・岡村 繁・田中 智	
高速64KビットEPROM.....	4
外山 毅・山本 誠・張間寛一・安東 亮・中島盛義	
高速16KビットスタティックMOS RAM.....	8
穴見健治・吉本雅彦・篠原尋史・平田勝弘	
高密度LSIの信頼性評価システム.....	12
松本平八・沢田功吉・長沢絃一・高倉康一・松村 宏	
トランジスタモジュールとその応用.....	16
山根正熙・岩本英雄・高木義夫・高田育紀・小山 博	
オーディオディスク、ビデオディスク用レーザダイオード.....	21
柿本昇一・十河敏雄・仁田重之・玉利邦喜・高宮三郎	
10GHz帯内部整合形高出力GaAs FET.....	25
小引通博・渡瀬 学・酒寄隆雄・鈴木 武・楠 和郎	

普通論文

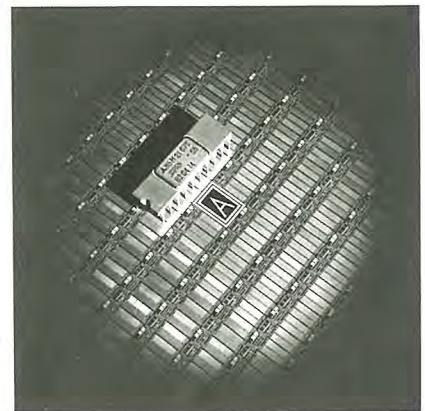
回生・発電ブレーキ併用界磁チョップ電車電機品.....	31
東 捷敏・関根康祐・牧 美好・四方 進	
スペイン国鉄納め高出力サイリスタチョップ電気機関車.....	38
古杉光史・永岡 栄・平尾新三・金田順一郎・西条 滋	
香港地下鉄完全空調換気制御システム.....	42
酒井重男・野村大也・加山 勉・山田 淳・竹野宏平	
中高層ビル用自動窓拭きシステム.....	46
奥田安男・三田村隆輝	
トランジスタパルスマグ溶接機《クリーンマグII》.....	51
殖栗成夫・田畑要一郎・平本誠剛・瀬川博久・木谷 基	
加入電話回線利用 自動検針システム.....	55
岸 由雄・藤原謙一・岡村 繁・西村俊彦・酒井勝也	
新形ガスファンヒーター.....	61
松井安次・金山 清・林 康男・福田光男	
特許と新案.....	29
複合開閉器装置	
半導体装置	
当社の登録実用新案一覧.....	68
スポットライト	
三菱マイコンゴルフ練習器GL-500形.....	66
マイクロロボット《ムーブマスター》.....	67
三菱掃除機TC-300形.....	(表3)

表紙説明

高速16KビットスタティックMOS RAM M5M2167

スタティックMOS RAMは、ダイナミックMOS RAMに比べて高速化に適すると共に、 α 線によるソフトエラーに強いという特長を有している。当社では、既に2Kワード×8ビット構成で、アクセスタイム150/200nsの16KビットスタティックMOS RAM M58725Pを製品化しているが、このほど超LSI設計、製造技術を駆使して、16Kワード×1ビット構成で、アクセスタイム55/70nsの高速16KビットスタティックMOS RAM M5M2167を開発した。

写真は、M5M2167のウェーハと、20ピンDILパッケージに収納したICの外観を示したものである。なお、チップサイズは3.52mm×6.88mmである。



アブストラクト

1チップ低速モデム用LSI

勝見千昭・魚住信裕・堀口 彰・岡村 繁・田中 智
三菱電機技報 Vol.56・No.4・P1～3

低速モデムは、各種情報伝送装置、計算機端末装置などに多く使用されるため、小形かつ低価格化が要求される。この要求を満足するため、75～1,200b/s (ビット/秒) まで対応できる低速モデム用LSIを開発した。このICは変復調部を1チップに集積し、変調部には正弦波発生回路、復調部にはデジタルPLL、ベースバンドフィルタを設け、無調整化、高安定化を図っている。誤り率は1,200b/sの場合に回線S/N 13dBで 10^{-6} を得ている。

トランジスタモジュールとその応用

山根正熙・岩本英雄・高木義夫・高田育紀・小山 博
三菱電機技報 Vol.56・No.4・P16～20

ポンプブローア、コンベヤなどをはじめとする最適駆動による省電力 (省エネルギー) を目的として、注目を集めている可変速装置に使われ、かつ高精度制御が可能で、NC工作機及びロボットなどに使われるトランジスタモジュールを昭和55年5月業界ではじめて市販した。その後AC200Vライン用100Aまでの種々のトランジスタモジュールを製品化したので、製品の構造、電気的特性、信頼性及びその応用例についてのべる。

高速64KビットEPROM

外山 毅・山本 誠・張間寛一・安東 亮・中島盛義
三菱電機技報 Vol.56・No.4・P4～7

2Kビットにはじまる、紫外線消去形読出し専用メモリは、高集積、高速化の道を着実に進んできた。今回、ひ(砒)素のイオン注入を用いたnチャンネル2層シリコンゲートプロセス技術と低電力高速化回路設計技術を組合せて、最大アクセスタイム200nsの64KビットEPROM M5L2764Kを開発した。この論文では、基本構造、回路構成、消去、書込み、読出し特性について詳しく述べる。

オーディオディスク、ビデオディスク用レーザダイオード

柿本昇一・十河敏雄・仁田重之・玉利邦喜・高宮三郎
三菱電機技報 Vol.56・No.4・P21～24

レーザダイオードによる光ピックアップ方式のデジタルオーディオディスクやビデオディスクが実用化されようとしている。当社ではこれらを主用途として発振波長0.78～0.81 μ mのTJSレーザダイオードと狭ストライプレーザダイオードを開発してきた。

この論文ではこれらのレーザダイオードについて、特性、信頼性、使い方などを紹介する。

高速16KビットスタティックMOS RAM

穴見健治・吉本雅彦・篠原尋史・平田勝弘
三菱電機技報 Vol.56・No.4・P8～11

NチャンネルシリコンゲートMOSプロセスを用いた、高速16Kワード×1ビット構成の完全スタティックRAMを開発した。ゲート長2.2 μ mのMOSトランジスタを用い、新しい回路方式と2.5 μ m設計基準の微細化プロセス方式により、最大アクセス時間55/70ns、標準消費電力350mWの高性能を実現した。セルサイズは888 μ m²、チップサイズは6.88mm×3.52mm²で、300milの標準20ピンDILに封入している。

10GHz帯内部整合形高出力GaAs FET

小引通博・渡瀬 学・酒寄隆雄・鈴木 武・楠 和郎
三菱電機技報 Vol.56・No.4・P25～28

マイクロ波帯における増幅素子として、小形で50 Ω 化入出力整合回路をパッケージ内部に集積した10GHz帯高出力GaAs FETを開発した。素子構造パラメータの最適化、内部整合回路設計、そしてFETチップのアップサイドダウンマウント組立技術の確立を図った。

これらの技術の集約により、9～10GHzにわたり、出力2W以上、利得6.0dB以上の高性能特性が得られた。

高密度LSIの信頼性評価システム

松本平八・沢田功吉・長沢紘一・高倉康一・松村 宏
三菱電機技報 Vol.56・No.4・P12～15

LSIの高密度化、複雑化に伴い、(MILに代表される)従来の信頼性評価のみでは十分といえなくなっている。つまり、LSI内部の全素子へのストレスを外部から完全に制御することが困難となってきたため、①TEG (各内部素子を代表するテストパターン) による基本的問題点の洗い出し、②実装評価による最終的確認、が必要となる。このような考え方で確立された信頼性評価システムを、64KダイナミックRAMを例にとって説明する。

回生・発電ブレーキ併用界磁チョップ電車電機品

東 捷敏・関根康祐・牧 美好・四方 進
三菱電機技報 Vol.56・No.4・P31～37

近年、高速域での省エネルギー効果が大きく、コストパフォーマンスの良い界磁チョップ車が多く実用され始めている。このたび、発電ブレーキを併用して安全性を高めるとともに、路線条件に合致して省エネルギー効果を最大限に発揮できる回生・発電ブレーキ併用界磁チョップ制御方式を開発、実用化し私鉄各社向けに製作納入した。ここでは、初の回生・発電ブレーキ併用界磁チョップ方式と、こう(勾)配線用大容量角形複巻電動機を中心に紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 16~20 (1982)

Transistor Modules and Their Applications

by Masahiro Yamane, Hideo Iwamoto, Yoshio Takagi, Ikunori Takada & Hiroshi Koyama

In March 1980, Mitsubishi Electric marketed Japan's first transistor module for inverter systems. These systems are attracting attention as energy-saving variable-speed drive units, particularly for pumps, blowers, and conveyors. The transistor module allows very precise control, and is also applicable to numerical-control machines and robots. Our line-up of transistor modules currently extends to 100VA at 200VAC. The article describes the transistor-module structure, electrical characteristics, reliability, and applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 1~3 (1982)

A Single-Chip LSI for Low-Speed Modems

by Chiaki Katsumi, Nobuhiro Uozumi, Akira Horiguchi, Shigeru Okamura & Satoshi Tanaka

The low-speed modems that find widespread applications mainly in data-transfer equipment and data terminals must be both compact and low-cost. To meet these demands, an LSI for low-speed modems has been developed that is applicable for data-transfer rates of 75 to 1,200bps. This Mitsubishi LSI integrates both modulation and demodulation functions on a single chip. The modulation section is equipped with sinewave-generator circuits, and the demodulation section with a digital PLL and base-band filter, thus eliminating the need for adjustment and ensuring high stabilization. The new LSI provides an error rate of 10^{-6} at 1,200bps with a line signal-to-noise ratio of 13dB.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 21~24 (1982)

Laser Diodes for Audio-Disc and Video-Disc Players

by Shoichi Kakimoto, Toshio Sogo, Shige-yuki Nita, Kuniki Tamari & Saburo Takamiya

Optical-pickup-type digital audio-disc and video-disc players using laser diodes are currently coming into service. TJS laser diodes and narrow-stripe laser diodes with an oscillation wavelength of 0.78 to $0.81\mu\text{m}$ have been developed by Mitsubishi Electric primarily for these disc players. The article describes the laser-diode characteristics, reliability, and applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56 No. 4, pp. 4~7 (1982)

A High-Speed 64K-Bit EPROM

by Tsuyoshi Toyama, Makoto Yamamoto, Hirokazu Harima, Ryo Ando & Moriyoshi Nakajima

The development of UV-erasable and programmable read-only memories has made steady progress toward higher speeds and higher levels of integration ever since the era of 2K-bit memories. The M5L2764K 64K-bit EPROM has been developed by combining the n-channel double-polysilicon-gate process technique using arsenic ion implantation with low-power, high-speed circuitdesign technology, and achieves a maximum access time of 200ns. The article gives a detailed description of the EPROM transistor structure, circuit configuration, and the erase, program, and read characteristics.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 25~28 (1982)

Internally Matched High-Power GaAs FETs for 10GHz

by Michihiro Kobiki, Manabu Watase, Takao Sakayori, Takeshi Suzuki & Kazuo Kusunoki

A compact, 10GHz high-power-output GaAs FET in a single, integrated package has been developed by Mitsubishi Electric as a device for amplifiers in the microwave band. The element-structure parameters have been optimized and an internally matched circuit has been designed. Assembly techniques have also been established for upside-down mounting of FET chips. As a result, the FET provides high performance—including an output of 2W (min.) and a gain of 6.0dB (min.) over frequencies of 9~10GHz.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 8~11 (1982)

A High-Speed 16K-Bit Static MOS RAM

by Kenji Anami, Masahiko Yoshimoto, Hirofumi Shinohara & Yoshihiro Hirata

A high-speed, 16K-word-by-single-bit, fully static RAM has been developed using the n-channel silicon-gate MOS process. The use of an MOS transistor with a gate length of $2.2\mu\text{m}$, plus the combination of new circuit techniques with scaled-process technology, meets the design requirements for a gate length of $2.5\mu\text{m}$ and ensures high performance. The maximum access time is 55/70ns with a typical power dissipation of 350mW. The new RAM, with a cell size of $888 \times 888\mu\text{m}$ and a chip size of $6.88 \times 3.52\text{mm}$ is enclosed in a standard 300mil 20-pin DIL package.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 31~37 (1982)

Electric Equipment with Regenerative and Rheostatic Brakes for Field-Chopper-Controlled Railcars

by Katsutoshi Higashi, Yasuhiro Sekine, Miyoshi Maki & Susumu Shikata

There are many applications for field-chopper-controlled railcars that utilize their excellent energy economy and cost-performance ratio, especially at high speeds. A new field-chopper-control system with regenerative and rheostatic brakes has been developed by Mitsubishi Electric. This system features the operating safety of the rheostatic brake, while providing the maximum energy-saving effect under railroad conditions. It has already been delivered to Japanese private railway companies. The article centers on descriptions of this system and of a high-power, compound-wound traction motor with an octagonal yoke for use on steep-grade railways.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 12~15 (1982)

A Reliability-Evaluation System for High-Density LSIs

by Heihachi Matsumoto, Kokichi Sawada, Koichi Nagasawa, Koichi Takakura & Hiroshi Matsumura

Conventional reliability-evaluation methods typified by MIL can no longer satisfactorily cope with the recently accelerating trend toward LSIs with higher integration and greater complexity. It is necessary to resolve basic problems through TEG (test patterns representing individual internal elements) and to perform final system evaluation with the LSIs installed in practical electronic equipment, since the stressing of all internal LSI circuits cannot be satisfactorily achieved externally. The article discusses the new reliability-evaluation system taking a 64K-bit RAM as an example.

アブストラクト

スペイン国鉄納め高出力サイリスタチョップ電気機関車
古杉光史・永岡 栄・平尾新三・金田順一郎・西条 滋

三菱電機技報 Vol.56・No.4・P38～41

三菱重工業(株),三菱電機(株)はスペイン国鉄に対し,DC3,000V,3,100kW,B-Bチョップ電気機関車を開発,納入し,更に4,650kWチョップ電気機関車の開発を進めている。この論文では我が国最初のチョップ電気機関車である3,100kWチョップ電気機関車を中心に述べる。この電気機関車は,高粘着特性,高信頼性,運転の容易化及び保守の簡単化を主眼に設計されている。

トランジスタパルスマグ溶接機《クリーンマグII》

殖栗成夫・田畑要一郎・平本誠剛・瀬川博久・木谷 基

三菱電機技報 Vol.56・No.4・P51～54

溶接母材への入熱量が少なく,ワイヤ溶融量が多い正極性アークを利用した,薄板用のアーク溶接機《クリーンマグII》を開発した。溶滴移行現象に同期し,しかも適正入熱量を確保するための電流波形制御技術を駆使しアークの安定化を図っている。本機は自動車のボデーなどの薄板でしかも継手ギャップの大きいものの溶接に威力を発揮し,溶接作業の自動化,ロボット化に大いに貢献できるものと期待されている。

香港地下鉄完全空調換気制御システム

酒井亜男・野村大也・加山 勉・山田 淳・竹野宏平

三菱電機技報 Vol.56・No.4・P42～45

香港地下鉄は,世界で初めて地下完全空調システムを採用した。これは,地下鉄はもちろん,トンネル内すべての空調換気を行う大規模なもので,省エネルギー,省力,最適空調の実現と,信頼性の高い防災システムを必要とする。コンピュータによる中央監視制御システムを中心とする空調換気制御システムを,設計から現地調整に至るまで,フルターンキー方式にて納入したので,その概要を紹介する。

加入電話回線利用 自動検針システム

岸 由雄・藤原謙一・岡村 繁・西村俊彦・酒井勝也

三菱電機技報 Vol.56・No.4・P55～60

各家庭の電力,ガス,水道などのメータ指示を,電話線を利用してセンターから読みとる自動検針システムである。電話のベルを鳴らさずに端末を呼出すノーリング方式が,郵政省主宰の総合テレメータシステム開発会議として開発検討されており,その標準方式に則した所内試作装置の概要を説明するとともに,現行回線サービス内での実フィールド試験として昭和56年8月から(財)西宮市水道局殿の御協力により実験開始した集合住宅自動検針システムについて紹介する。

中高層ビル用自動窓拭きシステム

奥田安男・三田村隆輝

三菱電機技報 Vol.56・No.4・P46～50

ビル屋上に設けるルーフカーは従来,屋上のレール上を走行していたが,このシステムでは,従来機に比べて重量を約 $\frac{1}{2}$ に軽減するために,タイヤ走行式を採用した。このため屋上にレール設置の費用が不要になり,工期の短縮も可能になった。

更に構成品機器の標準化,軽量化を進めることにより,超高層ビルに比べると清掃面積の少ない中高層ビルでも十分採算のとれる設備になった。ここにその概要を紹介する。

新形ガスファンヒーター

松井安次・金山 清・林 康男・福田光男

三菱電機技報 Vol.56・No.4・P61～65

セラミックプレート式赤外線バーナは,窒素酸化物(NO_2)の生成が極めて少ないことに注目し,プレート形状,材質,表面放射率などを再検討して入力調節が可能で耐久性のある新プレートを開発した。更にプレートの表面温度を検知して不完全燃焼を防止するセラミック温度センサも開発し,これらを用いて安全性が高く,快適暖房を行う新形ガスファンヒーターを製品化した。本文ではファンヒーターの開発過程及び製品の概要を説明する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 51~54 (1982)

The Clean MAG II Transistor-Pulsed MAG Arc Welders

by Shigeo Ueguri, Yuichiro Tabata, Seigo Hiramoto, Hirohisa Segawa & Motoe Kitani

A new arc welder, the Clean MAG II, has been developed by Mitsubishi Electric. Intended for arc welding thin plates, it employs a straight, positive-polarity arc that reduces heat transmission to the base metal and increases the wire-melting rate over conventional arc welders. The Clean MAG II features synchronization of globule-transfer phenomena and current-waveform shaping to provide optimal heat transmission, thus stabilizing the arc. Designed specifically for arc welding automobile bodies and other applications involving thin plates and large gaps, it represents a major contribution to the automation—or robotization—of welding.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 38~41 (1982)

High-Power, Thyristor-Chopper-Controlled Electric Locomotives for the Spanish National Railways (RENFE)

by Mitsushi Furusugi, Sakae Nagaoka, Shinzo Hirao, Jun'ichiro Kaneda & Shigeru Saijo

Japan's first 3,000VDC, 3,100kW, B-B, chopper-controlled electric locomotive has been developed and delivered to the Spanish National Railways (RENFE) by Mitsubishi Electric. Its successor, a 4,650kW chopper-controlled electric locomotive is now under development. The article mainly describes the 3,100kW chopper-controlled electric locomotive, which was designed specifically for high adhesion characteristics, high reliability, easy operation, and simplified maintenance. The major items of equipment on both locomotives are interchangeable.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 55~60 (1982)

An Automatic Meter-Reading System Using Public Telephone Networks

by Yoshio Kishi, Ken'ichi Fujiwara, Shigeru Okamura, Toshihiko Nishimura & Katsuya Sakai

A central automatic meter-reading system gathers readings from household electric power, gas, and city-water meters through the public telephone network. This "non-ringing" service system, which gathers the meter readings from terminals without ringing telephones, has been reviewed by the Total Telemetering System Development Committee sponsored by the Ministry of Posts and Telecommunications.

The article gives a brief description of the trial equipment developed by Mitsubishi Electric in accordance with standard specifications, and an automatic meter-reading system for apartment houses that has been field-tested from August 1981 under the current telephone-network service, in cooperation with the Water Supply Department of Nishinomiya City.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 42~45 (1982)

The World's First Fully Integrated Control System for Subway Air Conditioning and Ventilation

by Tsuguo Sakai, Daiya Nomura, Tsutomu Kayama, Sunao Yamada & Kohei Takeno

The world's first underground, completely air-conditioned system has been adopted by the Hong Kong Mass Transit Railway Corporation. This new, large-scale air-conditioning system covers the entire tunnel length between subway stations as well as the stations themselves, achieves economies in energy and manpower, ensures optimal conditions within the tunnels, and gives reliable protection against fire. This article discusses the operation of the air-conditioning system under its computer-controlled central surveillance system. The project was implemented on a full turnkey basis from design to the final on-site adjustments.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 61~65 (1982)

The Development of a New Type of Gas-Fired Fan Heater

by Yasuji Matsui, Kiyoshi Kanayama, Yasuo Hayashi & Mitsuo Fukuda

Infrared radiative burners with ceramic plates are known for their generation of very low levels of nitrogen oxide (NO_2). As a result of a survey of plate shapes, materials, and emissivity, a new controllable, durable plate has been developed for an improved infrared radiative burner. A ceramic thermosensor was also developed to guard against incomplete combustion by detecting plate-surface temperatures. These components are incorporated in the new Mitsubishi gas-fired fan heater, which ensures optimal heating and very safe operation. The article introduces the gas-fired fan heater and the process of its development.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 4, pp. 46~50 (1982)

An Automatic Window-Washing System for Medium-Size High-Rise Buildings

by Yasuo Okuda & Takateru Mitamura

Conventional window-washing systems use a car that runs on rails installed on the roof of the building. The new, Mitsubishi trackless automatic window-washing system reduces the weight to approximately half that of conventional systems, eliminates the cost of rail installation, and shortens the construction period. The use of standardized, lightweight major components makes the system viable even for medium-size high-rise buildings having smaller areas to wash than ultrahigh-rise buildings. The article provides a description of the new automatic window-washing system for these applications.

1チップ低速モデム用LSI

勝見千昭*・魚住信裕*・堀口 彰**・岡村 繁**・田中 智**

1. ま え が き

データモデムとは、音声回線を使用して、データ伝送を行うために用いられるデータ伝送用変復調装置のことであり、シリアルなデジタル信号系列を音声回線と整合するように、帯域制限したアナログ信号に変換して、音声回線に送り出す変調機能と、音声回線を介して到達したアナログ信号を判定、復調して、再びシリアルなデジタル信号系列に変換する復調機能をもっている。

現在使用されているデータモデムは、その伝送速度によって、低速モデムと中・高速モデムに大別され、それぞれ変調方式も異なっている。伝送速度1,200 b/s(ビット/秒)以下の低速モデムでは、周波数変調方式(FSK)がCCITTの国際勧告により推奨されている。

また伝送速度2,400~4,800 b/sの中・高速モデムでは位相変調方式(PSK)を、9,600 b/sでは直交振幅変調方式(QAM)を用いることが推奨されている。

今回、小形、軽量化、低消費電力化、無調整化などの市場動向に沿うため、最新のデジタルLSI技術と回路技術を駆使して、低速モデム用LSI M 54930 Pを開発したので、その概要、特性、応用例及び周辺回路などについて述べる。

2. M 54930 P の概要

2.1 機能概要

M 54930 P は、I²L(Integrated Injection Logic)回路構成によるロジック部及びアナログ回路による周辺部で構成されているFSKモデム用LSIで、75~1,200 b/sの国内、外のチャンネルに適用できる。図1. にピン配置図を、図2. に構成図、表1. に適応するチャンネルを示す。

内部回路は、変調(MOD)、復調(DEM)及びキャリア検出(CD)で構成している。周辺のアナログ回路などの付加により、低速モデムを構成することができる。また、論理入力部分(\overline{RS} , SD, \overline{SC}_ϕ ~ \overline{SC}_3 , \overline{RC}_ϕ ~ \overline{RC}_3 , \overline{OFF}_ϕ ~ \overline{OFF}_1 , \overline{ON}_ϕ ~ \overline{ON}_1)はTTLレベルと同等になっている。

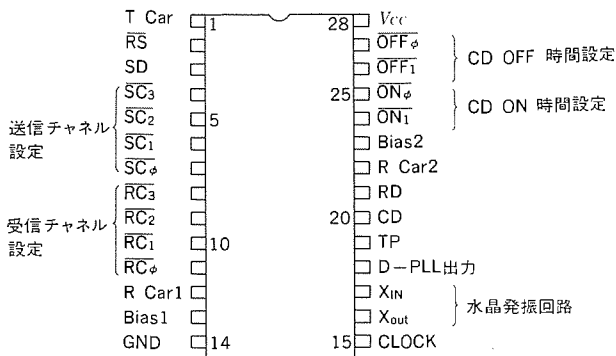


図 1. M 54930 P ピン配置図

2.2 変調 (MOD)

変調部は、チャンネル設定用ROM、12ビットレートマルチプライヤ回路、正弦

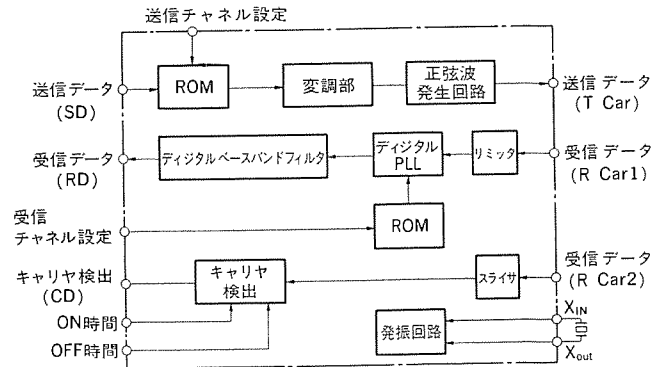


図 2. 低速モデム用LSI M 54930 P 構成図

表 1. MODEM LSI M 54930 P の仕様

変調回路	レートマルチプライヤ, 正弦波出力		
復調回路	デジタルPLL デジタル化ベースバンドフィルタ		
適応チャンネル	ビットレート(b/s)	変調周波数(Hz)	備 考
	1,200	1,700±400	CCITT V. 23
	600	1,500±200	CCITT V. 23
		1,200±200	電気学会規格
	300 以下	1,080±100	CCITT V. 21
		1,750±100	"
	200	800±100	電気学会規格
		1,200±100	電気学会規格 電電公社規格
		1,600±100	電気学会規格
		2,000±100	"
2,400±100		"	
2,800±100		"	
75	420±30	CCITT V. 23(BW)	
パッケージ	28 Pin DIP		
供給電源	5 V±10%		

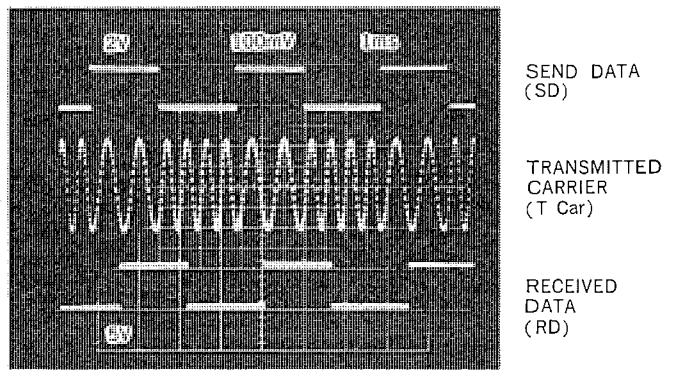


図 3. 入力データ及び変調・復調出力

波発生回路などで構成している。送信のチャネルは、4ビットの入力信号により、12チャネルの中から選択できる。また送信フィルタの簡易化のため、正弦波発生回路を内蔵し、不要な周波数成分の送出を抑制している。図3.に送信データ(SD), その変調された階段状の正弦波出力波形(T Car), 再び復調された受信データ(RD)波形を示す。

2.3 復調 (DEM)

復調部は、リミッタ、デジタルPLL回路及びベースバンドフィルタ回路などで構成している。内蔵のベースバンドフィルタは、デジタル化しているため、特性的に安定で、正弦波状の受信キャリアを入力するだけで無調整で受信データ(RD)を取り出すことができる。また符号ひずみ(歪)を更に低減する必要がある場合には、ベースバンドフィルタを外付けすることもできるように、直接デジタルPLL出力を取り出すことも可能である。なお受信チャネルは、送信チャネルと独立に、12チャネルの中から選択することができる。

2.4 キャリヤ検出 (CD)

キャリア検出部は、基準電圧を内蔵しており、キャリアのレベルをヒステリシスをもたせて検出する比較器系と、キャリアの検出(ON)及び断検出(OFF)の時間を設定するタイマ系で構成している。このON及びOFF時間は、各々4種類独立に設定できる。

2.5 電気的特性

表2.に絶対最大定格を、表3.に推奨使用条件を、表4.に電気的特性を示す。汎用性を考慮して、電源電圧の推奨使用条件は5V±0.5Vに設定している。また低消費電力化のため、システムのクロック周波数となる水晶発振周波数は3.579545MHzと低く設定している。

2.6 M54930Pの特長

M54930Pの特長は、以下のとおりである。

- (1) 変調回路(MOD), 復調回路(DEM)及びキャリア検出回路(CD)で構成し、1チップでモデムの主機能を果たすことができる。
- (2) 国内、外のチャネル(75~1,200 b/s)に適應するようROMを内蔵している。
- (3) 変調部の送信キャリア出力は階段状正弦波である。
- (4) 復調部にベースバンドフィルタを内蔵している(外付けも可能)。
- (5) +5V単一電源で動作可能である。
- (6) I²L回路を使用して、低消費電力化(標準≒300mW)を実現している。

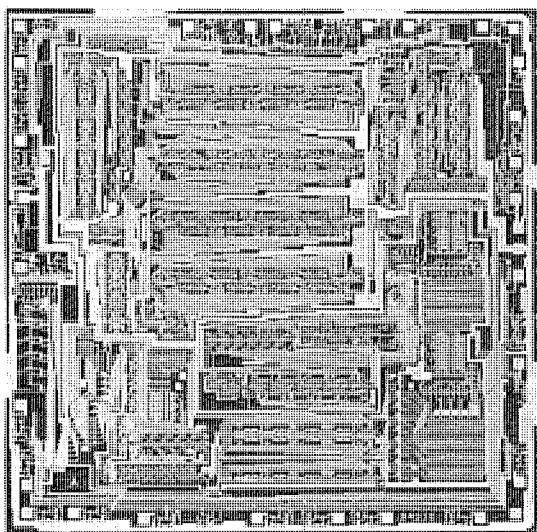


図4. M54930Pチップ写真

表2. 絶対最大定格 (指定のない場合は $T_a = -10 \sim 55^\circ\text{C}$)

項目	記号	単位	定格
電源電圧	V_{cc}	V	7.0
入力電圧	V_I	V	-0.5~7.0
出力電圧	V_O	V	7.0
動作周囲温度	T_{opr}	$^\circ\text{C}$	-10~55
保存温度	T_{stg}	$^\circ\text{C}$	-55~125

表3. 推奨使用条件 (指定のない場合は $T_a = -10 \sim 55^\circ\text{C}$)

項目	記号	単位	条件	備考
電源電圧	V_{cc}	V	4.5~5.5	
動作周波数	f_{op}	MHz	3.579545	水晶発振回路
ビットレート	BR	b/s	75~1,200	SD入力

表4. 電気的特性

項目	記号	単位	測定条件	規格値		
				最小	標準	最大
“H”入力電圧	V_{IH}	V	論理入力*	2.0		
“L”入力電圧	V_{IL}	V	論理入力*			0.8
“H”入力電流	I_{IH}	μA	$V_{cc}=5.5\text{V}, V_I=2.4\text{V}$			20
“L”入力電流	I_{IL}	μA	$V_{cc}=5.5\text{V}, V_I=0.4\text{V}$			-200
“L”出力電圧	V_{OL}	V	$V_{cc}=5.5\text{V}, I_{OL}=8\text{mA}$			0.4
正弦波入力電圧	$V_{\sin I}$	mV _{P-P}	R Car 1 入力	200		
正弦波出力電圧	$V_{\sin O}$	V _{P-P}	S Car 出力	2.0		
基準電圧	V_{REF}	V	Bias 2	0.5	0.75	1.0
電源電流	I_{cc}	mA	$V_{cc}=5.5\text{V}$		60	90

注 *印 RS, SD, $\overline{SC}_\phi \sim \overline{SC}_3$, $\overline{RC}_\phi \sim \overline{RC}_3$, \overline{OFF}_ϕ , \overline{OFF}_1 , \overline{ON}_ϕ , \overline{ON}_1 の各入力

(7) I²L回路により、アナログ部分も含めて、2000ゲートを1チップ(6.50×6.40mm)に集積している(図4.)。

3. 応用例及び周辺回路

3.1 基本的な応用例

図5.にモデムとして、基本的な必要最小限の機能を実現するための応用例を示す。CCITT V.28で勧告されているインタフェースの電気的規格を満足させるためのドライバ/レシーバ(M54650P/M54654P)、回線結合用トランス、送受信フィルタなどで構成している。

比較的回線の品質(S/Nなど)がよい状態で使用される場合は、送受信フィルタは、簡単なローパスフィルタで代用でき、約100mm²の

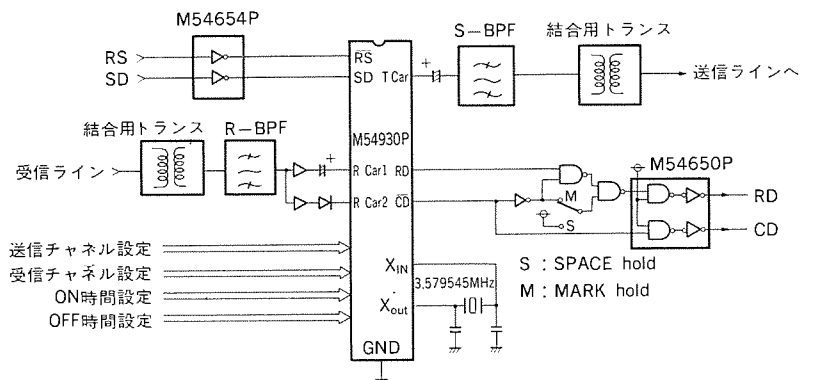


図5. 基本的な応用例

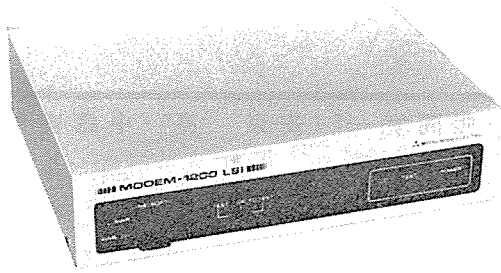


図 6. MM-1201 形 モデム

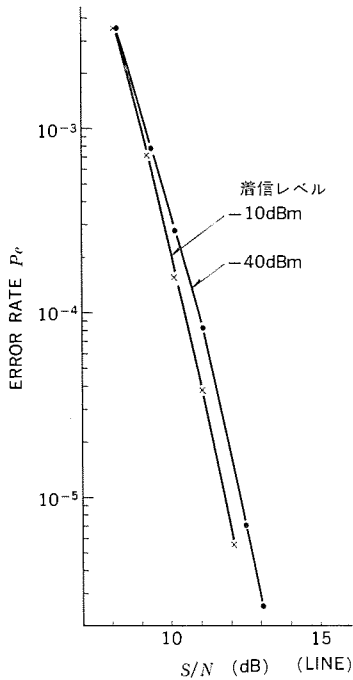


図 8. ビット誤り率特性 (MM-1201)

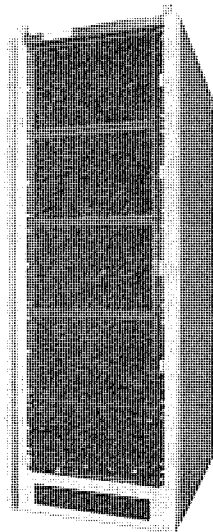


図 9. 集合モデムの 1 例

基板 1 枚でモデムを構成することができる。

3.2 製品化例

M 54930 P を用いて開発した卓上形 モデム MM-1201 を図 6. に示す。このモデムは、NCU 接続機能や自己試験機能などを有しており、各種回線に適用することができる。

このモデムの特長は、次のとおりである。

- (1) CCITT 勧告 V. 23 に準拠している。
- (2) 専用線及び交換回線双方に適用できる。
- (3) 従来品と比較して、この LSI の使用により、部品点数は大幅に減少している。
- (4) 従来品と比較して、小形、軽量である。

MM-1201 形 モデムの主要性能を表 5. に、構成図を図 7. に、ビット誤り率特性を図 8. に示す。

次に M 54930 P を用いた集合モデムの例を図 9. に示す。この集合モデムは、当社大形電子計算機《MELCOM-COSMO 900/800》に接続し、CRT やプリンタなどの多くのリモート端末との間のデータ送受信に使用しており、好評である。

4. む す び

このモデム LSI M 54930 P の開発により、1 チップでモデムの主要機

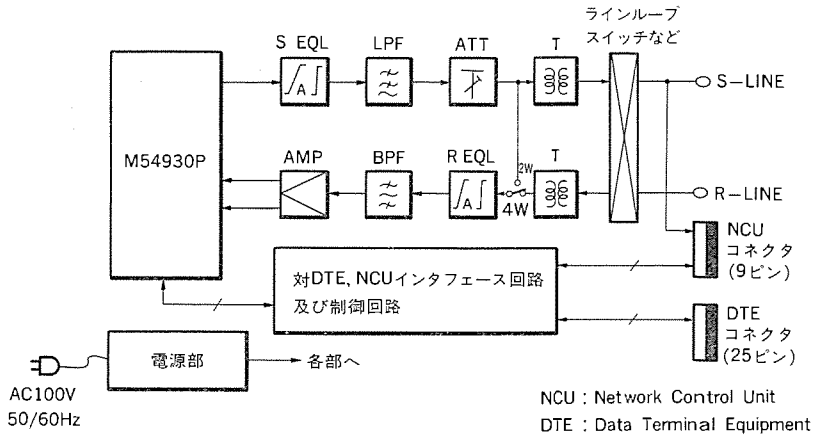


図 7. MM-1201 形 モデムの構成図

表 5. MM-1201 形 モデムの主要性能

(1) 適用回線	2線又は4線式特定通信回線、専用線公衆通信回線、加入電話回線
(2) 通信方式	全2重通信方式(4線式) 半2重通信方式(2線式)
(3) 変調方式	周波数変調(FSK)方式
(4) 線路周波数	スペース 2,100 Hz (FA) マーク 1,300 Hz (FZ)
(5) 送信レベル	0~-31 dBm (調整可)
(6) 受信レベル	-6~-43 dBm
(7) 変調歪	1,700±12 Hz 以内
(8) 符号歪	試験符号 1:1 ±15%以内 試験符号 1:1, 1:4, 4:1 及び 511 PN 受信レベル -6~-43 dBm
(9) 線路入出力インピーダンス	600Ω 平衡
(10) インタフェース	CCITT 勧告 V. 24, V. 28, JIS C 6361 又は EIA-RS 232 C に準拠
(11) 適合 NCU	簡易形, MM-1, 2形, MA形, AA形, CA形の各 NCU
(12) その他機能	固定等化機能 ループテスト機能
(13) 消費電力	約 6 VA
(14) 使用温度	0~40°C
(15) 重量	約 1.6 kg
(16) 寸法	64 H, 242 W, 196 D(mm)

能が果たせるようになったため、従来のディスクリート部品によるモデムに比べて、部品点数で約 1/10、基板面積で約 1/5 に減少することができ、装置としての小形軽量化や低消費電力化を図れるようになり、ひいては信頼性の向上も達成できた。

更に主要部分をデジタル回路で構成しているため、無調整化、特性の安定化を実現することができた。また、フィルタ部分を外付けする場合にも、スイッチドキャパシタフィルタなどを利用すれば、全デジタル形の LSI モデムを構成することができ、上記の特長が一層発揮できるであろう。

今後は中・高速モデム用 LSI の開発も計画しており、市場の要求にこたえていきたい。

最後に、この LSI の開発に際し、終始御指導いただいた早稲田大学理工学部教授 平澤茂一氏に深謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 堀口ほか：昭和 55 年度電子通信学会全国大会，分冊 1-75

高速64KビットEPROM

外山 毅*・山本 誠*・張間寛一*・安東 亮*・中島盛義*

1. ま え が き

FAMOS 構造 (Floating gate Avalanche injection Metal Oxide Semiconductor) の不揮発性メモリを利用した読出し専用メモリは、消去可能で電氣的に書込みができるという機能から EPROM (Erasable and Programmable Read Only Memory) と呼ばれ、マイクロコンピュータシステムをはじめとして幅広く応用されている。

当社においても、既に 2Kビットに始まり、8K、16K⁽¹⁾、32Kビット⁽²⁾の容量の EPROM を製品化し、市場に供給してきた。この間、集積度の向上だけでなく、高速化、インタフェースの簡略化などが図られ極めて使いやすくなってきている。

今回、筆者らは最新の低電力、高速化回路設計技術と、ひ(砒)素のイオン注入を用いた微細化プロセス技術を組合せて、64Kビットの容量で、最大アクセスタイム200nsの読出し特性を有する EPROM M5L2764Kを開発した。M5L2764Kを用いることにより、高性能16ビットマイクロプロセッサに対してウエート状態なしで対応でき、システム機能をより一層向上することが可能となる。

ここでは、高速64KビットEPROMの基本構造、回路構成、動作特性について従来のものとも比較しながら紹介する。

2. FAMOS 形メモリトランジスタの構造

8Kビットから64KビットのEPROMでは不揮発性情報を記憶するのに、1ビット当たり1メモリトランジスタで構成している。したがって高集積化を図るためには、メモリトランジスタそのものの寸法を微細化する必要がある。図1に、2層シリコンゲートプロセスにより製作されるスタックゲート FAMOS メモリトランジスタの断面図とパターンレイアウトを示す。通常の MOS トランジスタと異なり、電荷を蓄積保持するための外部と電氣的接続関係を持たないフローティングゲートとその上側に選択制御を行うためのコントロールゲートで構成している。8Kビットから16Kビットへの推移に際して、2層ポリシリコンの自己整合エッチング技術により、セル面積は約1/3に縮小した。32Kビットから64Kビットへの移行に際して製造技術的には、ソースドレインの拡散層の形成に従

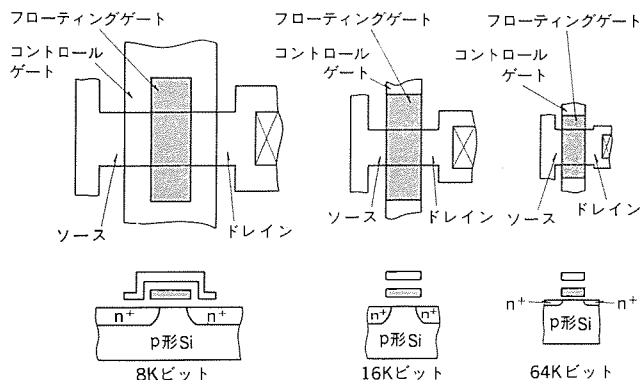


図1. FAMOS 形メモリトランジスタの構造

来のりん(燐)の熱拡散にかわり、砒素のイオン注入による浅い拡散層を用いている。この結果、メモリトランジスタのチャネル長は5 μm から3 μm へと縮小を実現している。

このような FAMOS 形メモリトランジスタのドレインとコントロールゲートに正の高電圧を印加すると、チャネルから酸化膜を通してホットエレクトロンの注入が行われる⁽³⁾。注入された電子はフローティングゲート上に蓄積され、その結果コントロールゲートからみたしきい値電圧は正方向にシフトし、書込みが行われる。フローティングゲートは周囲を絶縁性のよい酸化膜でおおわれているので、蓄積された電子は長時間にわたって保持され、不揮発性メモリとしての応用が可能となる。

書込まれたメモリの消去は、適当な波長の紫外線を照射することにより、フローティングゲート上の電子に酸化膜のエネルギー障壁を越えるエネルギーを与え、電子を取除くことにより達成する。

記憶情報の読出しは、コントロールゲートに適当な読出し電圧を印加すると、消去状態のメモリはONし、書込まれたメモリはOFFすることで行う。

64KビットEPROMでは、上述の基本原理に加えて、次のような回路的工夫がなされている。図2.(a)に示すように書込み時、ドレインに約13V、コントロールゲートに約21V、ソースに約1V、基板は0Vとなるように設計している。すなわち、ソースからみて基板は-1Vの電位になり、書込みはバックゲートバイアスを印加した状態で行う。これは、マトリクス状に配列したメモリデバイスにおいて、選択ビットと同一ドレインライン上にある非選択ビットにおけるパンチスルーを防止し、十分な書込みを可能とする。次に図2.(b)に示すように、読出し時メモリのドレインは約1V、コントロールゲートは約5V、ソース及び基板は0Vとなる。ドレイン電圧は、メモリのチャネル長が3 μm に縮小されたのを考慮し、従来の16K、32Kビットの約半分におさえてあり、リードディスタurb⁽⁴⁾の問題は無い。また、バックゲートバイアスは読出し時にはかからないので、メモリトランジスタのコンダクタンスを高くし、高速読出しを可能としている。

3. M5L2764Kの回路構成

M5L2764Kは、8Kワード×8ビット構成の64KビットEPROMであ

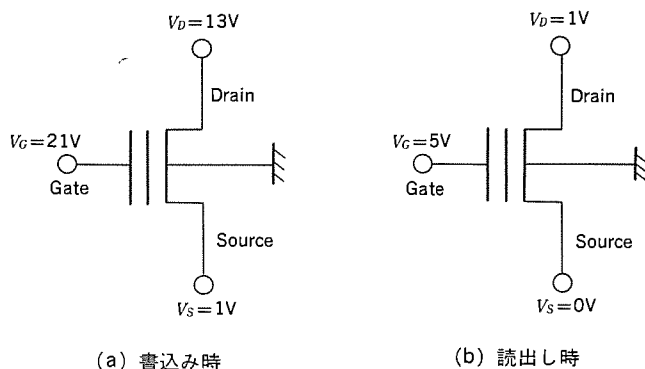


図2. 書込み、読出し条件

り、標準の28ピンデュアルインラインのパッケージに収めている。チップ全体の顕微鏡写真を図3.に示す。チップサイズは、 $4.95 \times 4.70 \text{ mm}^2$ で当社の32KビットEPROMと比較して、わずかに面積で3.6%の増加で2倍の高集積化を実現している。現在までのEPROMの比較を表1.にまとめて示す。64Kビットに至っていかにか高速・大容量・低電力化(ビット当たり)が図られたか明らかである。

3.1 回路構成

64KビットEPROMのブロック図を図4.に示す。データは1ワード8ビット(D0~D7)があるので、8Kワードの選択に13本のアドレス信号(A0~A12)が必要となる。モード制御信号としては、チップ内回路全般の起動、待機を制御するチップイネーブ信号($\overline{\text{CE}}$)、出力バッファをコントロールするアウトプットイネーブ信号($\overline{\text{OE}}$)及びプログラム時の高圧回路を制御するプログラム信号($\overline{\text{PGM}}$)の3本を用意している。したがって、16K、32Kビットで可能であったバス競合を避けるための2ラインコントロール方式を踏襲している。電源は、プログラム時には21Vのプログラム電源(V_{pp})と5Vの直流電源(V_{cc})だけを必要とし、高圧のパルスが必要としない。読出しは5V単一電源で可能である。

3.2 回路の高速・低電力化

64Kビットでは、高性能マイクロプロセッサ(高速版8ビット、16ビットマイクロプロセッサなど)の性能を十分に発揮するため、従来の約2倍の高速

アクセスタイムの必要性があった。このため、表2.に示すような最新の技術を駆使してこの要求を満たすことが可能となった。

第1に周辺回路に縮小された3 μm デザインルールの高性能MOSトランジスタを用いている。ソースドレインの形成には砒素のイオン注入を行い、ゲート酸化膜厚は約700Åと薄くなっている。シリコン基板は、高抵抗のものを使い接合容量を減少し、配線による遅延を少なくしている。

次に読出し回路において重要な役割を果たすセンスアンプは、従来の32Kビットまでが1データ当たり1センスアンプであったものを、1データ当たり4センスアンプに増設した。これにより、集積ビット数の増加にもかかわらず、1センスアンプ当たりの負荷容量は減少し、高速読出しに寄与している。また、これら4つのセンスアンプの切換えは、アドレス信号の内のA2、A3信号をデコードすることにより行う。

更に、回路内部で大きな負荷容量を充放電する必要がある部分には、従来のプッシュプルバッファを改め、ブートストラップ回路を全面的に採用したことがあげられる。この結果、メモリアクセス時に特に速い立ち上がりが必要とするワード選択ラインや、スタンバイ時からチップを動作状態にする際パワーダウン回路の速やかな充放電を必要とするチップイネーブ信号系の応答が高速で行えるようになった。

また、周辺回路の構成は従来のE/Dインバータに変わり、しきい値が約0Vの $0V_{th}$ トランジスタをロードトランジスタとする低電力化が行われている。これにより、ドライバトランジスタがONしても、無駄に消費される電力は大幅に削減され、動作時の消費電流は規格上32Kビットと全く同じに設定することが可能になった。そして、EPROMと他のデバイス(例えばマイクロプロセッサ、標準ロジックICなど)とのインタフェースである信号の入出力回路は完全にTTLとコンパティブルになっている。特に短チャネルMOSトランジスタを使うことによりしきい値

表1. nチャネルEPROMの比較

メモリ容量 (ビット)	8K (1,024×8)	16K (2,048×8)	32K (4,096×8)	64K (8,192×8)
形名	M5L2708K	M5L2716K	M5L2732K	M5L2764K
プロセス	7.5 μm N-ch	5 μm N-ch	5 μm N-ch	3 μm N-ch
チップ面積 (mm ²)	17.8	19.3	22.5	23.3
アドレスアクセスタイム (ns)	450	450	450	250
消費電力 (mW)	800	525	787	866
ビット当たり消費電力 (mW/ビット)	0.1	0.03	0.02	0.013
必要電源 (V)	読出し時	+12, +5, -5	+5, 0	+5, 0
	書き込み時	+12, +5, -5, +26	+5, 0, +25	+5, 0, +25

表2. 64KビットEPROMの技術的ポイント

- 砒素のイオン注入によるソースドレインの形成 (チャネル長 $L=3\mu\text{m}$)
- 薄いゲート酸化膜 (膜厚 $t_{ox}=700\text{Å}$)
- 1データ当たり4センスアンプ
- ブートストラップ回路
- $0V_{th}$ トランジスタ
- 高耐圧トランジスタ

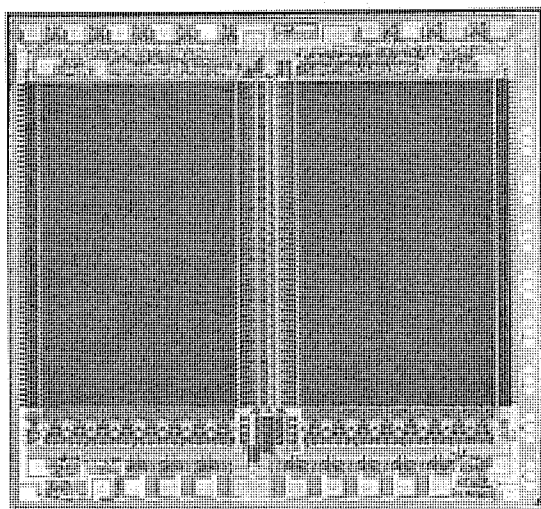


図3. 64KビットEPROM (M5L2764K)の顕微鏡写真

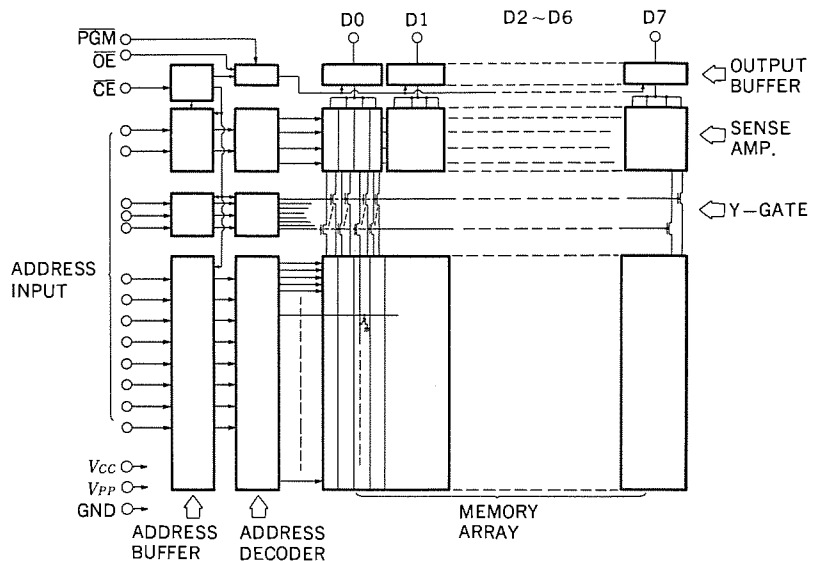


図4. M5L2764Kのブロック図

電圧が従来より低下しているにもかかわらず、入力段のドライバトランジスタに他のエンハンスメントトランジスタより若干高めの High V_{th} トランジスタを使用することにより、入力ハイレベルは 2V で動作する。

3.3 高耐圧 MOS トランジスタ

筆者らが、EPROM の開発で技術的に最も大きな問題として捕らえる点は、通常の n チャンネルの RAM(Random Access Memory) と異なり、比較的大きな電圧を制御する必要のあることである。

すなわち、メモリの書き込み特性からコントロールゲートに与える電圧としては外部プログラム電源電圧をそのまま導く必要がある。

また、ドレインには書き込み効率及び非選択ラインへの誤書き込み防止から決まる、最適な電圧を必要とする。このため、64Kビット EPROM には次の2つの高耐圧 MOS トランジスタを検討し応用している。

図 5. に、今回用いた高耐圧 MOS トランジスタの構造を従来のものと比較して示す。図 5. (a) の従来構造の場合、ゲート電圧が 0V でドレインに高圧が印加されると、ゲート電位によりドレイン端空乏層の広がりが抑えられ、空乏層内の電界強度が高くなりブレイクダウンを起こす現象、すなわちゲートコントロールブレイクダウン⁽³⁾のため、ドレイン耐圧は約 20V 程度となる。一方、図 5. (b) に示した2層構造高耐圧 MOS トランジスタの場合、ドレイン側を覆う第2ポリシリコンはドレインと接続しており、ドレインに高圧を印加しても第1ポリシリコンからなるゲート電位の影響をドレイン空乏層は受けないので、ドレイン耐圧は約 33V 程度と大幅に高耐圧化を実現した。

更に、パターンレイアウト上工夫を施した O 形高耐圧 MOS トランジスタは、ポリシリコンゲートが厚いフィールド酸化膜と接することなく、ドレイン、ソース間にチャンネルを形成する。したがって、フィールド酸化膜下の寄生トランジスタ防止のためのイオン注入によって生ずるブレイクダウンの低下の影響を受けない。この時のドレイン耐圧は、約 44V 程度に飛躍的に向上する。64Kビット EPROM では、高圧の加わるインバータのロードトランジスタとして、図 5. (b) のような構造のデプリーションタイプのトランジスタを採用している。また、書き込みデータ回路の高圧スイッチング用として、O 形高耐圧構造のエンハンスメントタイプのトランジスタを用いている。

以上述べてきた最新技術により、最高速バージョンで最大アクセスタイム 200ns (M5L2764K-2) と高速で大容量、しかも瞬時的には 26.5V にも耐え得る高耐圧のものを実現している。

4. M5L2764K の動作諸特性

4.1 書き込み

EPROM において書き込みは 'L' レベルを書くことを意味する。消去状態でビットの情報は 'H' レベルに相当する。書き込みは、16Kビット

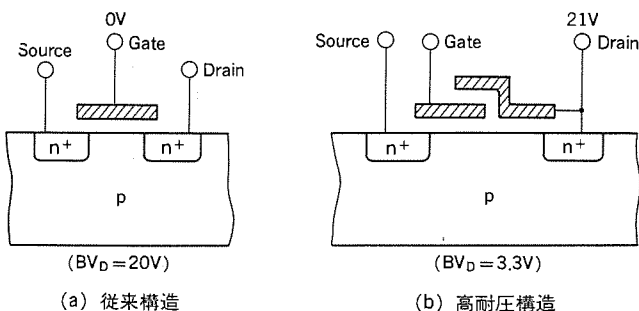


図 5. 高耐圧 MOS トランジスタの構造

で初めて取入れられ、32Kビットに受けつがれた方式と基本的に同じである。64Kビットではメモリの縮小に伴って V_{pp} 電圧が 21V に変更になっている。これは、メモリトランジスタの書き込み特性、周辺回路の耐圧などを考慮して最適化された結果である。

プログラムは、 V_{pp} 端子に 21V を印加し、アドレスと書き込みデータをセットした状態で \overline{PGM} 端子に 50ms の TTL レベルのパルスを印加することにより完了する。 \overline{CE} は 'L' プログラムは、任意のアドレスに任意の順番で書き込むことが可能である。実際に加算形 2 乗採中法により、種々のランダムアドレスパターンを計算機で発生させ、書き込みを行った。この結果、この書き込み量は、市販の PROM ライタが一般に採用しているシーケンシャルアドレスでの書き込みと比較して、その差は認められない。

4.2 読出し

読出しは、 \overline{CE} と \overline{OE} 信号でコントロールする。両信号を 'L' レベルにすると、選択されたアドレスの情報がデータ端子に現われる。アクセスタイムは、変化する信号によりアドレス、 \overline{CE} 、 \overline{OE} アクセスタイムの3種類に定義される。M5L2764K は最大アクセスタイム 250ns を実現している。標準的なサンプルにおける読出し波形を図 6. に示す。 \overline{CE} と \overline{OE} は、'L' レベルにあり、アドレスアクセスタイムに相当する。図 7. に、チップインネーブルアクセスタイムの電源電圧依存性を示す。標準条件で 150ns と従来に比べ極めて高速で動作している。

4.3 消去

一度書込まれた情報は、紫外線が照射されるまで実用上長時間にわたって保持される。消去するには、所定のエネルギー量の紫外線を紫外線透過ガラス窓を通して、チップに照射すればよい。64Kビットの場合 $15 \text{ W} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ となっている。一般的には、10W の紫外線ランプを用い、2.5cm 離れた位置で 20分程度照射する必要がある。図 8. に、消去時間と累積消去ビットの関係を示す。消去チェックは 2分程

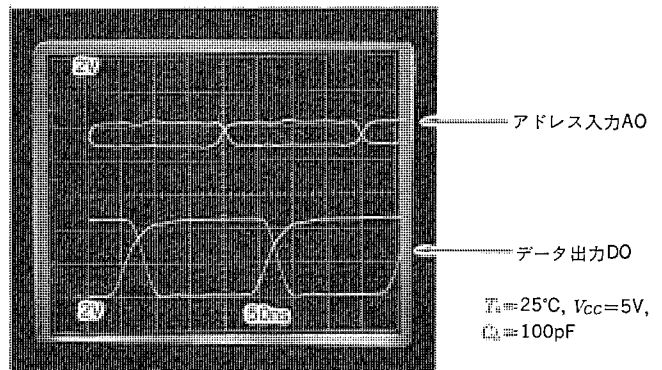


図 6. 読出し時の動作波形

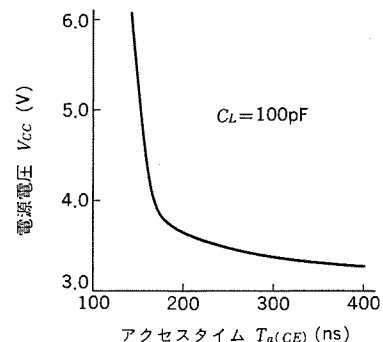


図 7. チップインネーブルアクセスタイムの電源電圧依存性

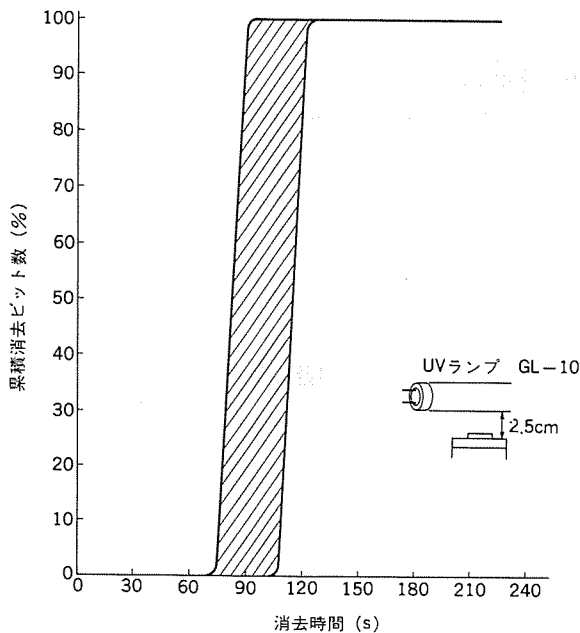


図 8. 消去特性

度でパスするが、筆者らが従来から提唱⁽¹⁾⁽²⁾しているように、デバイスに動作の安定性を与えるためには、その5倍以上の時間照射することを推奨する。書込み後は、太陽光や蛍光灯などに含まれる紫外線による不用意な消去を防止するために、紫外線をカットするシールで窓を覆う必要がある。

4.4 記憶保持

EPROMの記憶保持は、基本的にはFAMOS形メモリトランジスタの記憶保持特性によって決定される。64Kビットの開発にあたっては、各種の単体メモリトランジスタを用いて保持特性の評価を行った。センスアンプの設計によるが、メモリウィンドーが初期値の60%になる時点で寿命を推定すると、従来から得られている高温保存による活性化エネルギー約1eV⁽³⁾を用いると、90°Cにおいても数百年以上の寿命が

期待され、実使用上は半永久的と考えられる。実際デバイスに構成されると、上述のメモリが1チップに64K個集積されるので、それらの内もっとも保持特性の劣るビットが寿命を支配する。nチャンネル2層ゲート構造を用いたEPROMは、8Kビット以来5年以上にわたって市場実績を積んできたが、この間ウェーハプロセス製造技術の進展、テストクリーニング方法の高度化により、実使用上は全く問題のない記憶保持特性が期待できる。

5. むすび

マイクロプロセッサの出現とともに、そのプログラムメモリとして発展してきたEPROMは、大容量・高速化の道を歩んできた。今回微細化2層シリコンゲートプロセス技術と低電力高速回路設計技術を組合せることにより、高速64KビットEPROM(M5L2764K)の製品開発を行った。最大アクセスタイム200nsの読出しを可能とし、8MHz版16ビットマイクロプロセッサにウェイト状態なしで対応できる。プログラム電圧は21Vと低くなったが、回路の高耐圧化を図ることにより、プログラム端子の入力最大定格は26.5Vと従来製品とコンパティブルになっている。

今後更に、EPROMは高集積化が進み128Kビット、256Kビットに向って開発及び製品化が展開されて行くものと考えられる。また、省エネルギーの観点及び電池バックアップによる不揮発性システムなどのニーズに応じたCMOS構造の高集積EPROMがやがて発表されるであろう。

参考文献

- (1) 張問ほか：三菱電機技報，53，No. 7，p. 487 (昭54)
- (2) 上田ほか：三菱電機技報，54，No. 2，p. 167 (昭55)
- (3) P. J. Salsbury et al. : ISSCC Dig. Tech. Papers, Feb, p. 186 (1977)
- (4) F. L. Schuermeyer : IEEE Trans. Electron Devices, ED-24, No. 5, p. 564 (1977)
- (5) 松田ほか：日経エレクトロニクス，No. 216，7-9，p. 121 (昭54)

高速16KビットスタティックMOS RAM

穴見健治*・吉本雅彦*・篠原尋史*・平田勝弘*

1. ま え が き

スタティックMOS RAMの開発の経緯を図1.に示す。アクセスタイムに着目して眺めてみると、2つの大きな流れのあることが分かる。1つは、マイクロコンピュータ、端末機器、計測器など比較的小容量のメモリシステムを対象とした分野であり、ここでは性能もさることながら、コストを含めた使いやすさが何よりも要求されている。他は、高速化を主体とし、コンピュータのキャッシュメモリや高速バッファメモリの分野への応用をねらったものであり、ハイボラRAMと競合する分野である。

前者の中速RAMとして、当社は既に、超LSI製造技術の玄関口と言われる3 μ m設計基準を用い、2K語 \times 8ビット構成で、消費電力350mW、アクセスタイム150/200nsのM58725 P, S⁽⁴⁾を製品化している。

これに対して、後者の高速RAMの開発は、高速化に必要な短チャネル技術、微細加工技術、高速/低消費電力化回路技術、ソフトウェア低減技術の面において、一層の向上を要したことから、中速版よりやや遅れていたが、超LSI設計、製造技術を駆使し、16K語 \times 1ビットの構成で、低消費電力で信頼性にすぐれた高速RAMを開発した。

本稿では、この16Kビット高速スタティックMOS RAM(製品形名

M5M2167)の設計・製造技術、及びその諸電気特性について紹介する。

2. 開発のねらい

16Kビット高速スタティックRAMの開発に当たり、主なねらいを次のように設定した。

(1) 高速アクセスタイム

最大アドレスアクセスタイム及び最大チップセレクトアクセスタイムを55/70nsとする。

(2) 低消費電力

既存の4K \times 1NMOSスタティックRAMと16K \times 1NMOSスタティックRAM⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾の消費電力は500~900mWであり、発熱の面から実装上好ましくないこと、またこの大消費電力がプラスチックモールド樹脂パッケージに収納するうえでの障害の1つとなっていることから、消費電力の低減を図る。

(3) 耐ソフトウェア

最近のNMOS(又はCMOS)のスタティックRAMでは、メモリの面積の低減を図るため、プリアップ抵抗に50M Ω 以上の高抵抗ポリシリコンを用いたメモリセルを一般的に採用している。そのため、メモリセルがフリップフロップで構成されているにもかかわらず、電荷蓄積端子の電源に対するインピーダンスが非常に高く、ダイナミックMOSRAMと同様に、スタティックMOSRAMにおいてもソフトウェアが問題となってきた。このRAMの開発に当たり、ソフトウェアのメカニズムを把握し、メモリセルの耐ソフトウェア性を強化する。

(4) プロセス

信頼性と量産性の両面から、ウェーハプロセスのフローは当社における標準NMOS Siゲートプロセスに準じたものとし、かつ高速化に必要なポリシリコンの低抵抗化が容易なプロセスを採用する。

(5) チップサイズ

将来廉価なプラスチックモールド樹脂パッケージに封入することができるようなチップサイズとする(特にチップ短辺の長さを小さくする)。

3. デバイス技術

3.1 プロセス

前章で述べた高速性及び低電力性の2つの要請を満たすためには、デバイス製造プロセス上、

- (1) パターンの微細化
 - (2) 浅いpn接合の形成
 - (3) ワードライン抵抗の低減
- が必ず条件となる。

パターンの微細化の1つの尺度であるトランジスタゲート長(L)は、仕上がり2.2 μ mに設定した。L=2.2 μ mを精度よく制御するために、写真製版工程及びエッチング工程は最新の技術を駆使した。ネガレジストよりも、より解像度の高いポジレジストを使用し、転写では10:1縮小投影露光装置を用いた。また、エッチングでは、等方性エッチングより

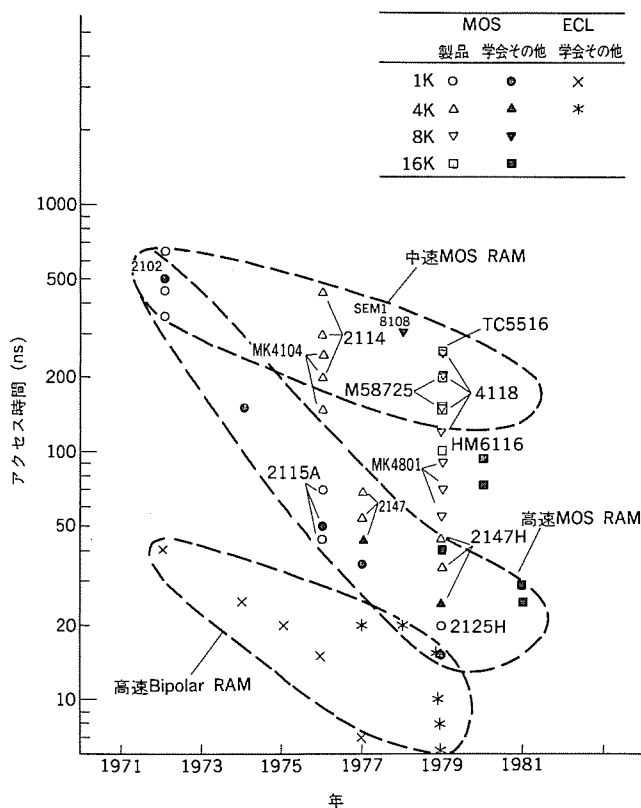


図1. スタティックRAMアクセス時間の年次推移

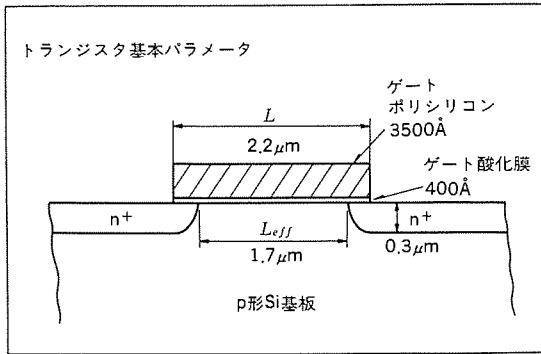


図 2. 短チャネル MOS トランジスタの断面図

もサイドエッチ量の小さい異方性エッチング技術である反応性イオンエッチング技術 (Reactive Ion Etching : RIE) を用いた。ゲートパターンニング工程以外に、10 : 1 縮小投影露光装置を用いている工程は、電極開口部 (コンタクトホール) 形成工程である。コンタクトホールの大きさは $2.0 \times 2.5 \mu\text{m}^2$ であるため、その形成にはゲート工程と同様に RIE 法を使用した。

浅い pn 接合の形成は、ひ (砒) 素をイオン注入法により基板シリコン中に打込んだ後、砒素活性化のための熱処理条件を最適化することにより達成した。図 2. に、短チャネル MOS トランジスタの断面図を示す。1.5 μm 以下の実効ゲート長 (L_{eff}) では、電界集中により生じた電子がゲート酸化膜中に注入され、トランジスタしきい直電圧のドリフトを起こすことが、ホットエレクトロン効果として知られている。ゲート酸化膜厚が薄くなるほど、この効果は大きくゲート酸化膜の信頼性上問題が生じる。この点を考慮し、ゲート酸化膜厚は 400 Å に設定した。このホットエレクトロン効果を避けるため、接合深さ ($x_j = 0.3 \mu\text{m}$) を最小限に押さえ $L_{eff} = 1.7 \mu\text{m}$ を実現した。また、 $L = 2.0 \mu\text{m}$ レベルの短チャネルトランジスタは、いわゆるパンチスルー現象によるソースドレイン耐圧の低下を招く。この現象の低減化をねらいとして、トランジスタチャネル領域の不純物イオン注入量を最適化するとともに、低抵抗シリコン基板を用いて空乏層の広がりを押さええた。

ワードライン抵抗の低減化のために、アンドーブドポリシリコン中にりんを高濃度にドーピングする方法を用いた。一方、メモセルを構成するフリップフロップ回路の負荷抵抗は、アンドーブドポリシリコン中にりんを低濃度にイオン注入することにより、高抵抗値を得る方法で形成した。

3.2 メモセルの設計

メモセルマトリクスは、RAM のチップ面積の 60~70% を占め、製造歩留りや電気特性に大きな影響を与えるので、RAM の開発においてメモセルの設計は重要なポイントとなる。

この RAM では、図 3. に示すように、一層ポリシリコンプロセスによる高抵抗負荷形式のメモセルを採用した。電源線とワード線はポリシリコン、接地線とビット線はアルミでそれぞれ形成している。また接地線は、従来 1 列に 1 本の割合で設けられていたが、メモセル面積を低減するため、2 列に 1 本とした。メモセルのインバートトランジスタ Tr_1 , Tr_2 , アクセストランジスタ Tr_3 , Tr_4 は、ゲートを折曲げることなく形成しているので、マスク合わせずれに対してゲート幅が変動しない。したがって電気的対称性がそこなわれることなく、メモセルの安定性を維持することができる。

スタティック RAM におけるソフトエラーは、パッケージ材料により発生した α 線が、チップに入射し、 α 粒子の飛行に沿って発生した電子が高レベルの n^+ 拡散層に流入することによって生じる。ソフトエラー率

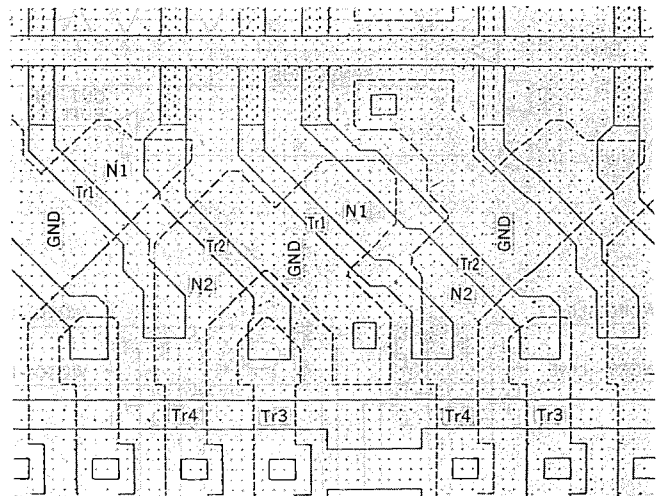
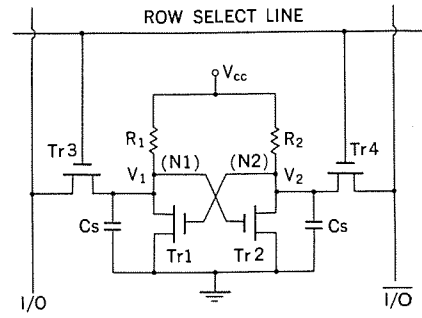


図 3. メモセル回路とパターン図

を低減するため、従来は蓄積容量を大きくする方向で開発が進められてきたが、このメモセルでは、セル内の 2 つの n^+ 拡散層の面積を小さくして流入する割合を低減するとともに、互いに近接して配置し、流入の影響を相殺し合うような形状にした。

メモセルへの書き込み動作は、ビット線の 1 つを強制的に低レベルにすることによって達成できる。このメモセルは、ビット線の電圧を 2.2 V 以下 ($V_{cc} = 5 \text{V}$ のとき) でメモセルが反転するのに対し、ビット線電圧は書き込み時に 1.3 V ($V_{cc} = 5 \text{V}$) まで下げられ、書き込み時以外は 3~3.5 V ($V_{cc} = 5 \text{V}$) に設定している。このため、読出し、保持に対しては十分に安定で、しかも書き込みは速やかに行われる。

3.3 周辺回路の設計

この RAM のブロック図を図 4. に示す。この RAM は、高速アクセスタイムと低消費電力を達成するために、種々の回路上の改良を行った。以下、その要点を紹介する。

3.3.1 高速アクセスタイム

メモセルの負荷容量を減少して、メモセルデータが速やかにセンスアンプに伝わるように、I/O バス分割方式を採用した。すなわち、メモセルアレーを 32 列ごとに 4 ブロックに分割し、各ブロックに I/O バス、センスアンプ、書込回路を配置した。この方式により、I/O バスの配線容量は 1/4 となり、ビット線容量を含めたメモセルの負荷容量は半減した。I/O バス分割方式は反面、各ブロックのセンスアンプ出力と出力バッファを接続するセンスバスの配線容量が大きいという欠点を持つが、図 5. に示すセンスアンプ回路の採用によりこの問題を克服した。図 5. では、センスバスを充電する Q1, Q2 のゲートに E/D インバートによる増幅信号が印加されているため、高感度でしかもセンスバス容量が大きくても応答が速い。

CS サイクルでは、パワーダウン機能のため、チップ選択信号入力後に周

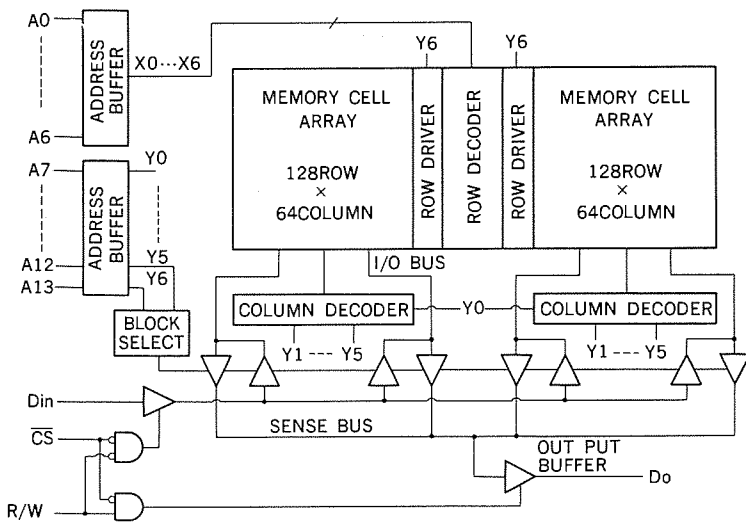


図 4. ブロック図

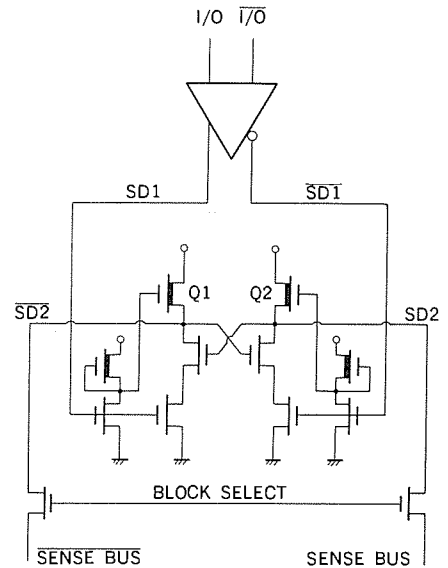


図 5. センスアンプ回路

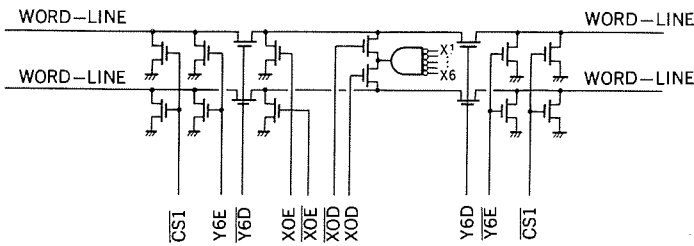


図 6. 行デコーダ回路

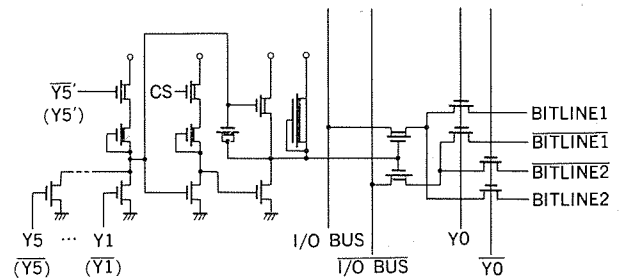


図 7. 列デコーダ回路

辺回路が動作状態になるというアクセス時間上の不利がある。これに対してこのRAMでは、ビット線、I/Oバス、センスバス、全データバス対にイコライズゲートを設け、チップ非選択時のイコライズを迅速かつ確実にいった。この結果、アドレスアクセス時間と同じCSアクセス時間が達成でき、チップ非選択時間の減少に伴うアクセス時間の増大、つまりプッシュアウト効果も抑制できた。

このような回路上の改良のほか、クロスアンダによる信号伝搬時間の増大を極力小さくするようにパターンレイアウトを工夫することも高速化のかぎ(鍵)である。このRAMでは、アクセス時間を決めるクリティカルパスの一部を構成する行アドレスバッファ出力信号線でのクロスアンダを排除している。また、CSバッファ回路をチップ内随所に配置し、内部CS信号発生後のクロスアンダを極力少なくしている。ワード線遅延に対しては、メモセル寸法の行方向の短縮で改善している。

3.3.2 低消費電力

メモシステム全体の消費電力低減を図るため、CS信号によるパワーダウンモードを付加した。これにより、スタンバイ時の消費電力は動作時の約1/10となる。

動作時の消費電力削減の目的で、行及び列デコード方式に改良を施した。図6、図7に行デコーダ回路、列デコーダ回路を示す。各デコーダは2本の行又は列に1個ずつ配置し、各行又は列にデコーダ出力をX0($\overline{X0}$)又はY0($\overline{Y0}$)で切替えて選択する方式なので、直流的に真通電流の流れるデコーダを構成するNOR回路の数は半減している。更に、アクセス時間に影響のない列デコーダはY5'($\overline{Y5}$)で半数がパワーカットされる。したがって、128本の行及び列の数に対して電力消費するデコーダ数は、わずか48個と4K RAMよりも減少した。

メモセルは、128行×64列の2群に分かれて行デコーダの両側に

配置されている。Xデコーダ出力は、X0($\overline{X0}$)で切替えた後、更にY6($\overline{Y6}$)で切替えられるため、一方のメモセル群すなわち半行しか駆動されない。したがって、ビット線負荷を通してメモセルで消費される電流は、全行駆動の場合の半分で済む。

行及び列の数はRAMのメモ容量の平方根に比例して増加するので、このようなデコード方式の改良は大容量メモに対して非常に効果的である。

4. 電気特性

図8に、このRAMのアクセスタイムの電源電圧及び温度依存性を示す。図9は、アドレス入力とそれに対応するデータ出力の波形である。V_{cc}=5V、常温でアクセスタイム35nsの高速動作を確認した。チップ動作時の電源電流は70mA、待機時の電源電流は6mAと小さい。またアクセスタイムの負荷容量依存性は、約0.05ns/pFで、実装状態での浮遊容量による影響は少なく、大容量のメモ基板においても高速性を損なうことはない。

ソフトエラー率は、放射性同位元素²⁴¹Amによる加速試験の結果、実用上では問題のない範囲にあることを確認した。

このRAMの性能一覧を表1に、チップパターンを図10に示す。チップサイズは3.52×6.88mmであり、300mil幅の20ピンDILパッケージに収納している。

5. むすび

このRAMの特長をまとめると、次のとおりである。

- (1) 高性能短チャネルMOSトランジスタの採用と、回路上の工夫により、高速アクセス(50/70ns)を実現した。

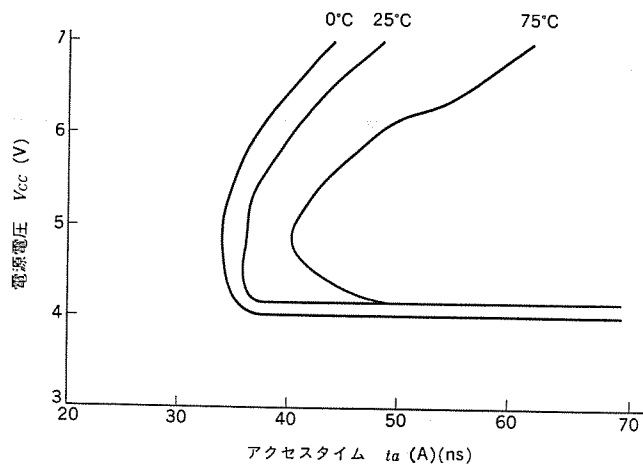


図 8. アクセスタイムの電源電圧依存性

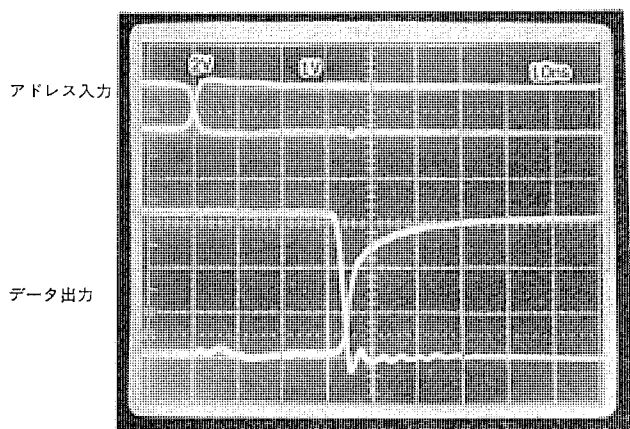


図 9. アドレス入力に対するデータ出力の波形

- (2) 回路上の工夫により、低消費電力（標準 350 mW）を実現した。
 - (3) 構造の簡単な 1 層ポリシリコン方式のため、量産性・信頼性にすぐれている。
 - (4) セルサイズが小さいにもかかわらず、ソフトエラーに強い。
- 今後、更に微細加工技術の進展とともに、MOS トランジスタの性能改善、配線抵抗の低抵抗化技術を用いた高速化への展開が期待できる。

表 1. 高速 16K×1 スタティック RAM の性能一覧

構 成	16 K 語×1 ビット
プ ロ セ ス	1 層ポリシリコン ED MOS
ゲ ー ト 長	2.2 μm
ゲート酸化膜厚	400 Å
ジャンクション深さ	0.3 μm
セルサイズ	21.5×41.0 μm ² (881.5 μm ²)
チップサイズ	3.52×6.88 mm ² (24.2 mm ²)
電 源 電 圧	5 V 単一
I/O レベル	TTL コンパチブル
アドレスアクセスタイム	55/70 ns (最大)
チップセレクトアクセスタイム	55/70 ns (最大)
消費電力 (動作時)	350 mW (標準)
消費電力 (待機時)	30 mW (標準)

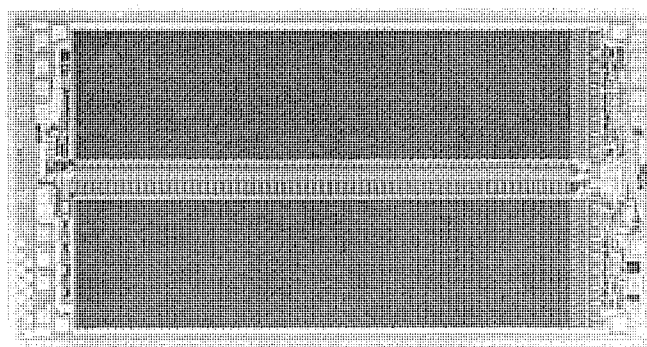


図 10. 高速 16K×1 ビットスタティック RAM のチップ写真

参 考 文 献

- (1) 富沢ほか：電子材料 (昭 55-6)
- (2) R. D. Pashley et al. : ISSCC Dig. Tech. papers, pp. 106-107 (1979-2)
- (3) S. D. Kang et al. : ISSCC Dig. Tech. papers, pp. 18-19 (1981-2)
- (4) T. Tujide et al. : ISSCC Dig. Tech. papers, pp. 20-21 (1981-2)

高密度LSIの信頼性評価システム

松本平八*・沢田功吉*・長沢紘一**・高倉康一*・松村 宏*

1. ま え が き

半導体集積回路 (IC) における高密度化, 大容量化 (LSI 化) の技術傾向は時代の要求であり, 電子機器の小形化, 高性能化, 高信頼度化そして経済性の向上に貢献してきた。MOS 形 IC はこの目的に最も適しており, メモリ IC に代表されるように, 高密度化の先駆的役割を果たしてきた。

MOS 形 IC における高密度化は主として寸法の微細化でなされ, 最小パターン寸法を例にとれば, 昭和 45 年の 10 μm に比べて昭和 55 年には 2 ~ 3 μm となっている。パターン寸法の縮小とともに縦方向の寸法も縮小され, ゲート SiO₂ 膜厚は昭和 45 年の 1,200 Å に比べ昭和 55 年には 400 ~ 500 Å となっている。これら寸法の微細化は, 信頼性上, 種々の重大な問題を引き起こす。

すなわち, ①電界増加に起因したホットキャリア現象, ②SiO₂ 膜厚の減少に伴う SiO₂ 膜欠陥率の増加, 及び③ダイナミック RAM のソフトエラーに代表される内部信号レベルの低下, などである。また, 高集積化に伴うデバイスの複雑化は, 評価に際しデバイスの内部動作をすべて考慮するという当然の作業を不可能にしてしまう傾向にある。つまり, デバイスの内部素子のすべてにストレスを印加することが困難になるとともに, デバイスの内部素子すべての機能を確認するテスト方法さえも見つけ難くなってきている。それ故, 高密度 LSI の信頼性評価においては, MIL に代表される伝統的な信頼性評価のみでは不十分となってきている。

本稿では, 64K ビットダイナミック RAM での適用例を中心に, 高密度 LSI に対する効率的かつ高精度の信頼性評価システムについて述べる。

2. 信頼性評価システム

高密度 LSI 開発時の信頼性評価において, 考慮すべき重要な点は以下のとおりである。

- (1) 開発期間の短縮を図るため, 問題点の把握及び改善策の検討が製品開発とともに進められていなければならない。このためには, TEG (評価用の単体素子群) を用いた評価が最適であり, 各プロセス, 各構成素子の信頼性が徹底的に評価されねばならない。
- (2) TEG の設計においては, 評価内容をよく検討し, その構造をよく吟味する必要がある。すなわち, TEG 評価の長所は, ①故障モードの単純明確化, ②加速評価の容易さ, 及び③劣化現象の定量的把握の容易さにあり, これらの長所を生かせるよう設計することが肝要である。
- (3) LSI 化された時だけに現れる問題点を早期に把握するため, モニタ LSI (特性が十分に把握されている評価用の LSI) を活用することが有効である。
- (4) 完成製品に対する信頼性評価としては, 大量のデバイスを用いた欠陥率調査が, フィールド故障率を推定するための基礎データとして重要である。
- (5) LSI の複雑化に伴い, 未知の問題発生の可能性が高くなって

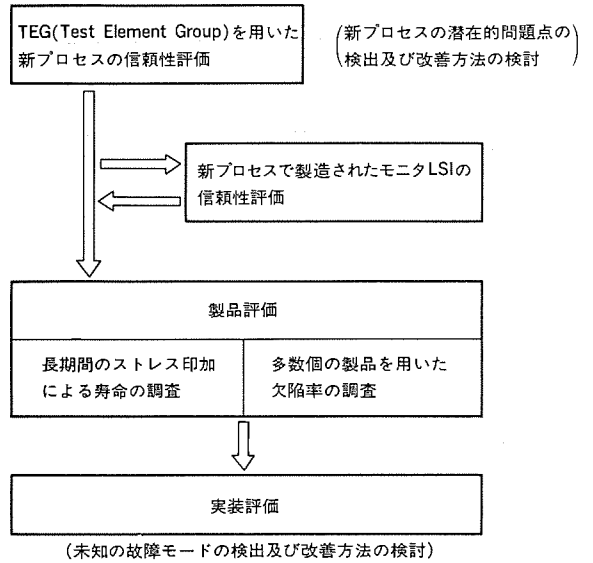


図 1. 新製品の信頼性評価に対する基本姿勢

きており, 最終確認としての実装評価が重要となってきている。

上記の考慮すべき点を総括した信頼性評価システムを図 1. に示す。新製品の開発時には, まず材料やプロセスの基本検討を行うのが通常であり, 達成すべき製品性能との関係で設計基準を設定する。

TEG 評価は, まさにこの段階での信頼性評価であり, 材料やプロセスの基本的問題点の把握及びその改良方法が検討される。避け得ない本質的問題に対しては, フィールドで問題とならないよう設計基準へのフィードバックを行う。その後新製品の本格的設計を開始し試作が始まるが, 種々の特性改良のため数回の設計変更がなされることは普通である。この期間を利用してモニタ LSI が評価され, LSI 化された場合の問題点を把握するとともに, そのデータが設計, プロセスにフィードバックされる。製品評価は, 基本的に 2 種類の評価から成っている。つまり, 1 つは正常な平均的製品がフィールドで十分な寿命を有していることの確認評価であり, もう 1 つは寿命の短い欠陥品が量産品にどの程度含まれているかを調べる評価である。実装評価は, 新製品に対する最終の信頼性評価であり, 見過ごされてきたかもしれない未知の不具合を発見するための最後のとりで(砦)である。

64K RAM 開発時の信頼性評価には, 上記の信頼性評価システムが適用された。64K RAM は現在量産出荷中であるが, 大きなトラブルはなく, 高品質が安定に維持されている。次章以降では, 64K RAM での評価結果を例として, 上記信頼性評価システムを具体的に説明する。

3. 64 K ビットダイナミック RAM の信頼性評価

3. 1 TEG 及びモニタ LSI を用いた基本評価

信頼性評価上の留意点は, 評価すべき開発品と従来品との比較評価

で決定する。64K RAM の場合、比較すべき対象品として 16K RAM がある。16K と 64K の相違点は、①実効チャネル長の減少、②ソースやドレイン領域の形成方法及び拡散深さ、③内部信号レベルやメモセル蓄積電荷の減少、④ゲート SiO_2 膜厚の減少、である。したがって信頼性上の留意点は、①ホットキャリア現象、②ソフトウェア、③ SiO_2 膜の破壊故障、である。

3.1.1 ホットキャリア現象

MOS トランジスタの短チャネル化に伴い、ドレイン近傍での衝突電離が著しくなり、大量の電子・正孔対が生成される。生成された正孔は、 Si 基板に吸収され基板電流となる。基板電流は、基板抵抗の存在のために、 Si 基板の表面電位を持ち上げる。基板電流がある臨界値を越えると、ソースと基板間の p-n 接合が順方向バイアスされ、ソース・基板・ドレインで構成されるバイポーラトランジスタが ON することにより、ソースとドレイン間に大電流が流れる⁽¹⁾⁽²⁾。実際のダイナミック RAM においては、この現象は動作時の電源電圧の許容上限値を規定し、モニタ LSI (ダイナミック RAM) による評価では 12~13 V の V_{cc} 耐圧値が得られた。この値は、64K RAM の絶対最大定格 (7 V) に対して十分余裕がある。

一方、生成された電子の大部分は、ドレインに吸収される。しかしそのごく一部分は、 Si-SiO_2 界面のエネルギー障壁を越えるに十分なエネルギーを得て、ゲート SiO_2 膜中に注入される。注入された電子の一部はゲート SiO_2 膜中のトラップに捕獲され、MOS トランジスタにおいてはしきい値電圧を変化させ、ダイナミック RAM においてはアクセスタイムを変化させる⁽³⁾⁽⁴⁾。図 2. はモニタ RAM での実験結果であり、この現象に対する結論的なデータである。図 2. では、アクセスタイムの変化が 2 ns に達する時間と動作電源電圧の関係を示している。64K RAM は図中の type B、 $L_{eff}=2\mu\text{m}$ 、 $t_{ox}=500\text{\AA}$ のモニタ RAM に相当しており、電源電圧を 5 V で使用する限り、この問題を無視し得ることが分かる。これらのホットキャリア現象はすべて負の温度依存性を持っており、評価の際に注意する必要がある⁽⁵⁾。

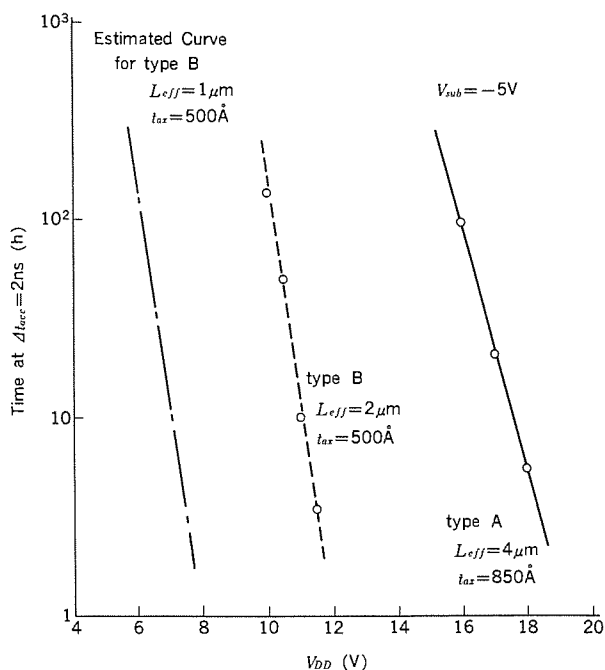


図 2. RAM における寿命と電源電圧の関係

3.1.2 ソフトエラー

アルファ粒子はプラスに帯電しているため、透過する材料と強く相互作用し、電子・正孔対を発生しながらそのエネルギーを失っていく。Nチャネル MOS のダイナミック RAM を例にとって考えると、発生する電子・正孔対により 2 つのモードのソフトウェアを引き起こす。1 つはアルファ粒子がメモセル部分を透過した場合であり、もう 1 つはアルファ粒子がセンスアンプやビットラインを透過した場合である。メモセル部エラーとセンスアンプ系エラーは、次のように区分可能である。

- (1) メモセル部エラーは“H”→“L”のみであるのに対し、センスアンプ系エラーは“H”→“L”と“L”→“H”が半々の確率で起こる。
- (2) メモセル部エラーはサイクルタイムに依存しないが、センスアンプ系エラーはサイクルタイムに逆比例する⁽⁶⁾。

ソフトウェアの評価は、次の 3 ステップからなる。つまり、①パッケージ材料から出るアルファ粒子の測定、②強いアルファ線源を用いてこのチップ自体の耐アルファ性評価、③実際のシステムに実装してのシステム評価である。現在の評価技術では、①、②の結果だけで実装状態でのソフトウェア率を正確に推定することは困難で、③のシステム評価が重要な評価となっている。システム評価においては、アルファ粒子によるソフトウェアと他のエラーを区分するために、図 3. に示すエラー処理が必要である。

モニタ RAM に対するシステム評価により、64K RAM のソフトウェア率が非常に高くなってしまったことが判明した。そこで、①Hi-C セルの採用、②ポリ Si ビットラインの採用、③ポリイミド樹脂による表面コーティング、などのプロセス改良を行った。

3.1.3 SiO_2 膜の経時破壊

MOS LSI のフィールド故障に占める SiO_2 膜破壊故障の割合は高く、ますます高集積化が進んでいく MOS LSI 技術にあって、 SiO_2 膜質の向上及び SiO_2 膜評価技術の向上は不可避の技術関門となっている。 SiO_2 膜の絶縁破壊に関する研究は非常に多く歴史も古い。近年発見された新しい現象として、いわゆる絶縁破壊電界以下の電圧でも長期間の印加で、 SiO_2 膜が破壊されてしまうというものがある

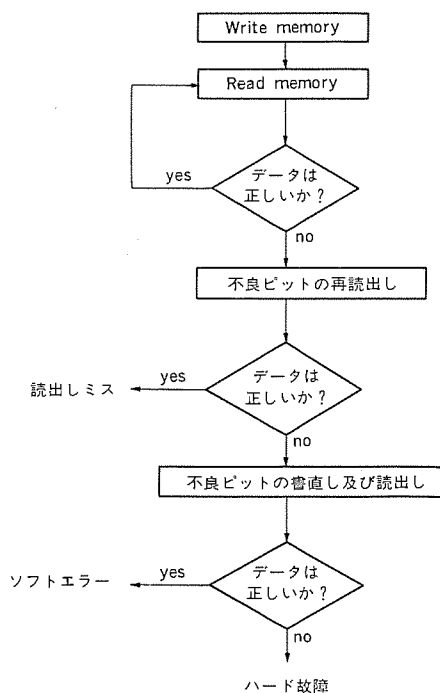


図 3. エラー処理方法

る⁽⁷⁾⁽⁸⁾。この酸化膜の経時破壊現象は、MOS LSIの信頼性やフィールド故障と直接結びつため、評価の方法として非常に有効である。

図4. は TEG 及び モニタRAM でのデータであり、SiO₂ 膜の寿命と印加電界の関係を示している。フィールド故障と対応する寿命の短かいもの(図では累積5%ライン)に対して、

$$\text{寿命} \propto 10^{-2.7E} \quad (E: \text{印加電界})$$

の関係が得られる。また寿命と温度の関係も調べられ、0.3 eVの活性化エネルギーが得られている。これらの基礎データは、3.2節で示されるように、フィールドでの故障率予測のために必要となる。図5. は、累積5%の故障が発生する時間(寿命)とSiO₂膜厚との関係を示している。SiO₂膜厚が300 Å以下になると寿命が短くなってしまふことが分かる⁽⁹⁾。64K RAMは430 ÅのゲートSiO₂膜厚で

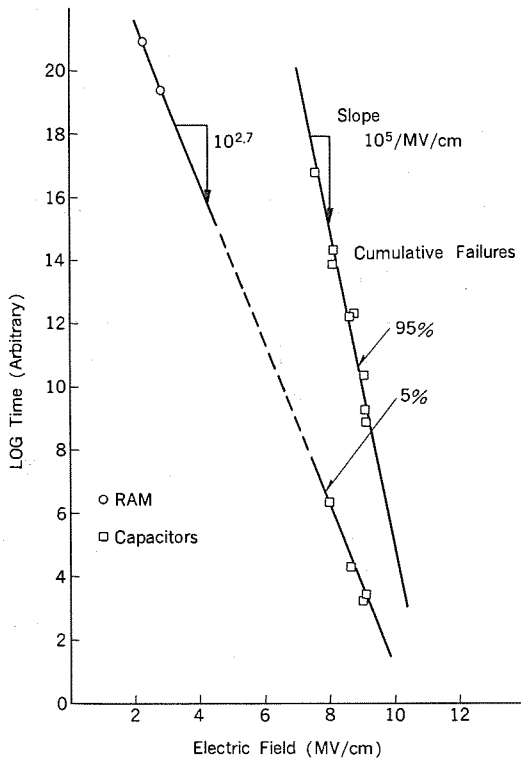


図4. 酸化膜寿命のストレスバイアス依存性

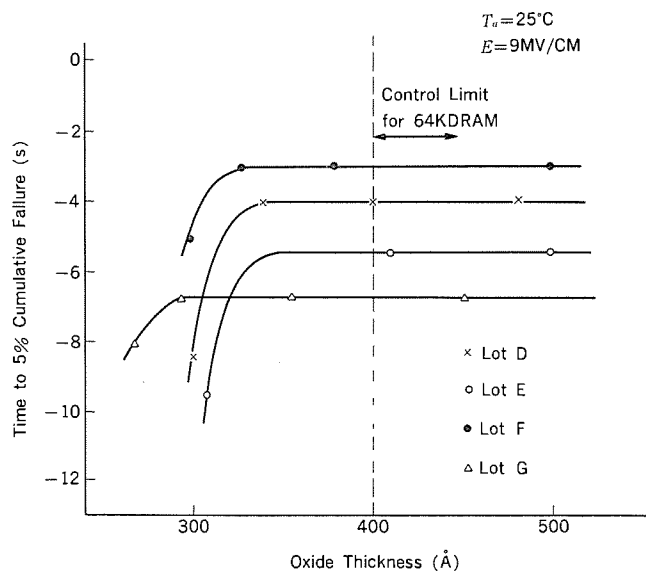


図5. 酸化膜寿命の酸化膜厚依存性

製造されるので、ラインの変動を考慮しても十分安全な領域である。

3.2 製品評価

既に述べたように、製品評価は寿命評価と欠陥率評価に大別される。表1. は64K RAMに対する寿命評価の結果を示している。連続動作試験(I)は最も一般的な信頼性評価項目であり、特性値の変動やSiO₂膜の経時破壊を評価している。特性値の変動は全く発生しなかったが、SiO₂膜の破壊故障が1件発生している。3.1.3節で述べた温度加速性とバイアス加速性を用いれば、フィールド状態での故障率(λ)の推定が可能である。

$$\lambda = 1/50 \times 7 \times 1,000 \times 20 \times 5 = 3 \times 10^{-8} = 30 \text{ FIT}$$

連続動作試験(II)は、ホットエレクトロントラップ現象を調べるために行ったもので、TEGやモニタRAMのデータと一致した結果を得ている。熱的及び機械的環境試験は、ポリイミドコーティングがデバイスの信頼性に与える影響を調べたもので、大量の試料を用いて評価したが、故障の発生はなかった。

次に欠陥率調査であるが、図6. に示すように、大量のデバイスの連続動作試験(高温、高バイアス)を行った。この試験で発生した故障は、すべて酸化膜の経時破壊であった。このデータから、フィールド状態(T_a=25°C, V_{cc}=5V)での瞬時故障率λ(t)は次式で表される。

$$\lambda(t) = (0.2/882)t^{-0.8} \quad (t: \text{動作時間})$$

瞬時故障率は時間と共に急激に減少するから、初期不良除去のため、スクリーニングが必ずかつ有効である。64K RAMの場合、フィールドでの故障率が100 FIT以下になるようスクリーニング条件を設定している。

3.3 システム評価

システム評価には2つの方法がある。1つはすべての試料の出力を常時監視しながら行う動作寿命試験(システム評価I)であり、もう1

表1. M5K 4164 Sの信頼度評価結果

評価項目	評価条件	測定項目	試料数	故障数
連続動作(I)	T _a =125°C V _{cc} =6.0V t=1,000h	DC, ファンクション 電気的特性値のマージン	50	0
			50	0
			50	0
			50	1*
			50	0
			50	0
連続動作(II)	T _a =-10°C V _{cc} =7.0V t=1,000h	DC, ファンクション 電気的特性値のマージン	50	0
			50	0
			50	0
熱的環境試験	260°C, 10s -55/125°C 15サイクル -65/150°C 100サイクル	DC, ファンクション 電気的特性値のマージン	500	0
			500	0
			500	0
機械的環境試験	1,500G, 0.5ms X ₁ , Y ₁ , Z ₁ 各方向 20G, 20~2,000Hz X ₁ , X ₂ , Y ₁ , Y ₂ , Z ₁ , Z ₂ 各方向 30,000G Y ₁ 方向, 1分	DC, ファンクション 電気的特性値のマージン	500	0
			500	0
			500	0
高温保存	T _a =150°C t=1,000h	DC, ファンクション 電気的特性値のマージン	50	0
			50	0
V _{cc} 耐圧	T _a =25°C V _{cc} =0.1Vステップ	DC, ファンクション	20	(V _{cc} 破壊耐圧)
			20	
			20	11~13V

注* 酸化膜破壊故障

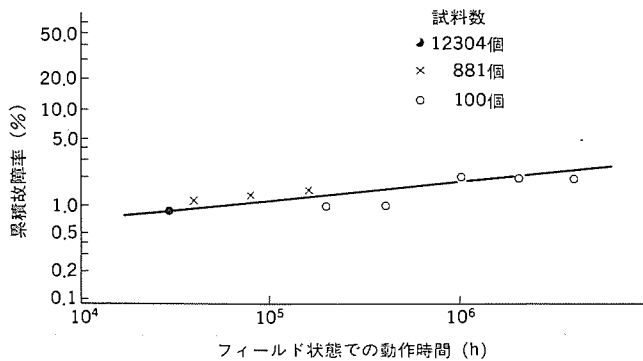


図 6. 多数サンプルのパーインによる故障率調査

表 2. M5K 4164 S のシステム評価結果

評価項目	評価条件	エラー確認方法	試料数	エラー件数
システム評価(I)	$T_a=25^\circ\text{C}$ $V_{cc}=4.5\text{V}$ 5,000 h	全試料の出力を常時監視	100	0
			100	0
			100	1*
			100	0
			100	0
システム評価(I)	$T_a=25^\circ\text{C}$ $V_{cc}=4.5\text{V}$ 1,000 h	全試料の出力を常時監視	500	0
			500	1*
			500	0
			500	0
			500	0
システム評価(II)	$T_a=20^\circ\text{C}$ $V_{cc}=5.0\text{V}$ 3,800 h	実際のコンピュータ (MELCOM-COSMO 700)での通常動作	1,152	0

注 * 1ビットのソフトエラー

つは実際のコンピュータを用いた実装評価(システム評価II)である。実際のコンピュータ動作においては、同時にアクセスしているRAM数は全搭載RAM数の1/10程度にすぎず、残りの9/10のRAMはリフレッシュモードにある。したがって、ソフトエラー率を(エラー件数/RAM数×動作時間)と計算すると、システム評価IIにおけるソフトエラー率は、システム評価Iより1/10程度低い値となることが予想される⁽¹⁰⁾。つまり、アルファ粒子に起因したソフトエラーの評価においては、システム評価Iはよい加速試験となっている。64K RAMに対するシステム評価結果を表2.に示す。システム評価Iから64K RAMのソフトエラー率(λ)は、次のように計算する。

$$\lambda = 2/5 \times 10^6 = 4 \times 10^{-7} = 400 \text{ FIT}$$

システム評価IIのコンポーネント時間は 4.4×10^6 に達しているが、エラーの発生はなく、前述の議論が裏づけられつつあると同時に、未知の故障モードの存在が否定されている。

4. む す び

高密度LSIに対する効率的かつ高精度の信頼性評価システムを開発した。製品開発時の信頼性評価にこのシステムを適用した64KダイナミックRAMは極めて高い品質を実現しており、現在安定して量産出荷中である。

MOSデバイスの微細化、高密度化に伴って顕在化してきたホットキャリア現象やソフトウェアの問題は、今後のMOSデバイス微細化傾向に決定的な制限を与えてしまう可能性がある。256KビットダイナミックRAMなどの次世代MOS VLSIの開発においては、設計の第1段階で上記信頼性の問題を徹底的に究明しておくことが肝要で、本稿で述べたような信頼性評価システムを有効に活用しなければならない。

今後の課題としては、TEGパターンの充実と有効なモニタLSIの整備、ウェーハ状態での信頼性評価方法の確立がある。特にウェーハ状態での信頼性評価は、評価期間短縮の意味から重要であり、適正なTEGパターンの開発と合わせて、今後の信頼性技術における主要開発テーマの1つとなろう。

参 考 文 献

- (1) E. Sun, J. Moll, J. Berger and B. Alders : IEEE IEDM, P. 478 (1978)
- (2) K. Miyamoto, H. Matsumoto, Y. Ohbayashi, I. Ohkura and H. Matsumura : Jpn. J. Appl. Phys., 20, P. L 523 (1981)
- (3) T. H. Ning, P. W. Cook, R. H. Dennard, C. M. Osburn, S. E. Schuster and H. N. Yu : IEEE Trans. Electron Devices, ED-26, P. 346 (1979)
- (4) H. Matsumoto, K. Sawada, S. Asai, M. Hirayama and K. Nagasawa : Jpn. J. Appl. Phys., 20 Supplement 20-1, P. 255 (1981)
- (5) H. Matsumoto, K. Sawada, S. Asai, M. Hirayama and K. Nagasawa : IEEE Trans Electron Devices, ED-28, P. 923 (1981)
- (6) M. Yamada et al. : IEEE IEDM, P. 578 (1980)
- (7) D. L. Crook : IEEE IEDM, P. 1 (1979)
- (8) 沢田, 松本, 浅井, 平山, 石田, 河津 : 第10回信頼性保全性シンポジウム, P. 93 (昭55)
- (9) M. Hirayama, S. Asai, H. Matsumoto, K. Sawada and K. Nagasawa : Jpn. J. Appl. Phys., 20, P. L 329 (1981)
- (10) 藤本, 細見, 岸附, 高倉, 松本 : 第11回信頼性保全性シンポジウム, P. 95 (昭56)

トランジスタモジュールとその応用

山根正熙*・岩本英雄*・高木義夫*・高田育紀*・小山 博*

1. ま え が き

省資源、省エネルギーはあらゆる産業分野の共通課題として、真剣に取り組まれている。

このような背景の中にあつて、トランジスタモジュールは、ポンプ、ブロー、コンパなどの最適駆動による省電力を目的として、可変速装置（インバータ）に使われ、省エネルギーに寄与するとともに、装着する電気機械装置の小形・軽量化と装着工数削減による省力化にも寄与する製品である。スイッチング時間の短いことから高精度制御にも適し、NC工作機やロボットなどにも使用されている。

集積回路製造設備の飛躍的な進歩により、大面積プレーナ形トランジスタチップの製造も容易になり、プレーナパシベーション技術の改善及び高耐圧、大電力に耐える安全動作領域（Area of Safe Operation：ASO）の改善によって、大電力トランジスタチップの実用化が可能になり、更にトランジスタチップを放熱フィンと電気的に絶縁し、かつ使いやすい主端子及び信号端子の配列を行い、樹脂封止するモジュール化技術の確立によってトランジスタモジュールを製品化することができた。

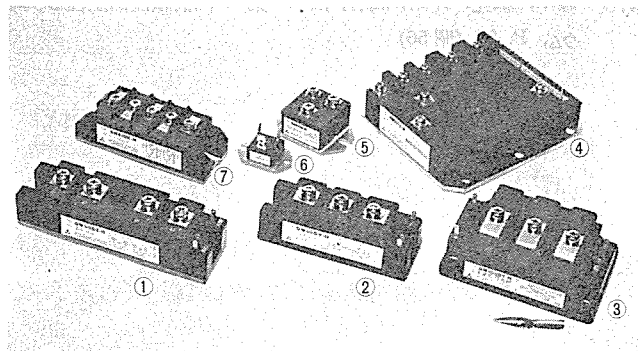
本稿では、業界ではじめて昭和55年3月にAC 200Vライン用の30A及び50Aの2素子入りトランジスタモジュールを開発、実用化して以来、100Aまでの各種トランジスタモジュールを製品化してきたので、それらについて紹介する。

2. トランジスタモジュールの構造と特長

トランジスタモジュールは、図1.の写真に示すように、その使用目的に合った機能設計を行い、従来の電力用半導体素子に比べて数々の特長をもっている。以下にチップ、構造、種類、実装例及び特長について述べる。

2.1 チップ

近年の集積回路製造設備の飛躍的な進歩により、100～300mm²の大面積プレーナ形トランジスタチップが、経済的かつ容易に製造できるようになり、30A、50A、100Aのトランジスタモジュールが実用化できる



①QM 50 DZ-H ②QM 50 DY-H ③QM 100 DY-H
④QM 50 TA-H ⑤QM 50 HA-H ⑥QM 15 HA-H
⑦QM 50 DX-H

図1. トランジスタモジュールの各種製品

ようになった。

トランジスタモジュールの中核であるチップは、大電力スイッチング用として要求される諸電気的特性、すなわち高電流増幅率、スイッチング損失を少なくするために必要な蓄積時間（ t_s ）と下降時間（ t_f ）の短縮、広い安全動作領域（ASO）、過電流保護に必要な大きい順バイアスASO、及びスナバの省略を可能にする逆バイアスASOの改善などを目的として、種々の工夫を施した。すなわち、プレーナ形3重拡散pnpトランジスタチップには、n形シリコンウェハの比抵抗、n⁻形層の厚み、拡散p形ベース層の厚み、pnp接合の不純物プロファイル、ベースとエミッタのくし（櫛）形になったパターン形状及び電極アルミニウム膜厚などの最適化を施している。例えば、シリコンウェハのn⁻層を薄くすると電流増幅率が大きくなり、スイッチングタイム（ t_s+t_f ）は短くなり好ましいが、順バイアスASOや逆バイアスASOは弱くなる傾向にある。このような設計パラメータを介して互に排反律の関係にある電気的諸特性を、上述した各設計パラメータの最適組合せにより、目標とする電気的特性にしている。

そのほか、安定な耐圧 V_{CEX} 600Vを得るためにチップ構造を工夫して耐圧破壊防止をし、かつ外部からの不純物や湿気の影響を防止するためにリンドープ酸化膜パシベーションを用いて信頼性の向上を図っている。その結果、従来のように半導体チップを金属ケースの中に入れて気密封止をする必要がなく、樹脂封止した構造でも高い品質と信頼性をもった電力用トランジスタモジュールを実現することができた。

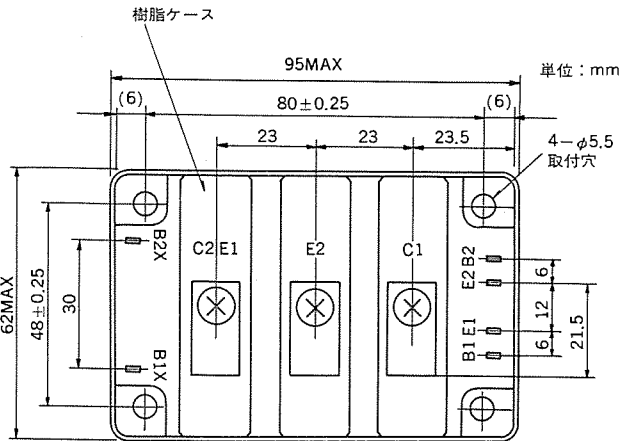
以上の結果、 V_{CEX} 600V、定格コレクタ電流（ I_C ）100Aの大電流領域でも十分に使えるモノシリックダーリントンチップの製作ができるようになった。

2.2 構造

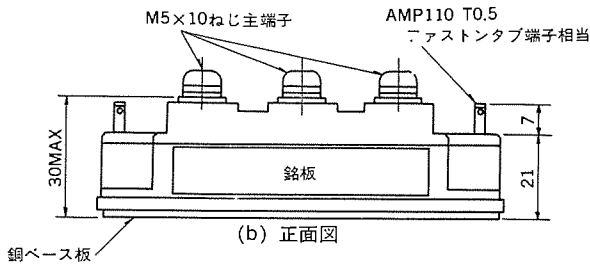
トランジスタモジュールは、優れたチップの開発、実用化とあわせて、モジュール化技術の確立によって、実現することができた。すなわち、チップと銅ベース板との間にアルミ基板を挿入することによってAC 2,000Vの電気絶縁を確保し、大面積チップと銅製のコレクタ電極板との間にチップとほぼ同じ熱膨張係数のモリブデン（Mo）板を挿入することによって両者の熱ひずみ（歪）を防止し、水素炉中でチップとMo板をはんだ付けすることにより、はんだ付巣発生を防ぎ、チップ及びボンディングしたアルミニウムワイヤを保護するためにシリコンゲルでそれらをおおい、更にモジュール全体を残留歪の少ない樹脂で封止して機械的強度を強化するなどのモジュール化技術を確立したことによって、450V 100AのQM 100 DY-H（95L×62W×30H mm）のような大きなトランジスタモジュールを実現することができた。また、トランジスタモジュールは、図3.から分るとおり、トランジスタのエミッタとコレクタの間にフライホイールダイオードを内蔵している。

外部構造としては、コレクタ、エミッタ、及びコレクタとエミッタ共通の各主端子をすべて同一平面上に配置して、ブスバーによる配線が容易にできるようにして、装置へのトランジスタモジュール装着の省力化と装置の小形化を図った構造にしたのが特長である。

図2.は、 V_{CEX} 600V、 I_C 100Aのトランジスタモジュール形名QM



(a) 平面図



(b) 正面図

図 2. トランジスタモジュール QM 100 DY-H の外形図

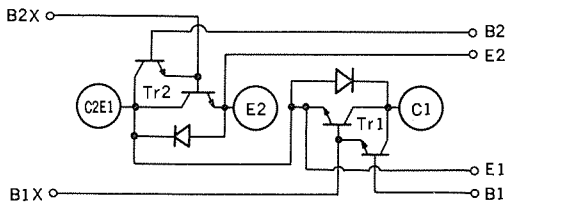


図 3. トランジスタモジュール QM 100 DY-H の内部回路結線図

100 DY-H の外形図であり、図 3. はその回路図である。主電極 (C2E1, E2, C1) とベース、エミッタ信号端子 (B1, E1, B2, E2) が分離してあるので、耐ノイズ性に優れていると同時に、並列運転がしやすいように、B1X 及び B2X 端子を設けているのが特長である。また、主端子間及び主端子とベース信号端子間の沿面距離は、JIS, NEMA 及び JEM などの規格を満たしている。しかも樹脂外装であるから、主端子及び信号端子と放熱用銅ベースとの間の絶縁距離が十分にあり、外装及び充てん樹脂には UL 94-V-0 規格の難燃性樹脂を使用するなど配慮している。

2.3 種類

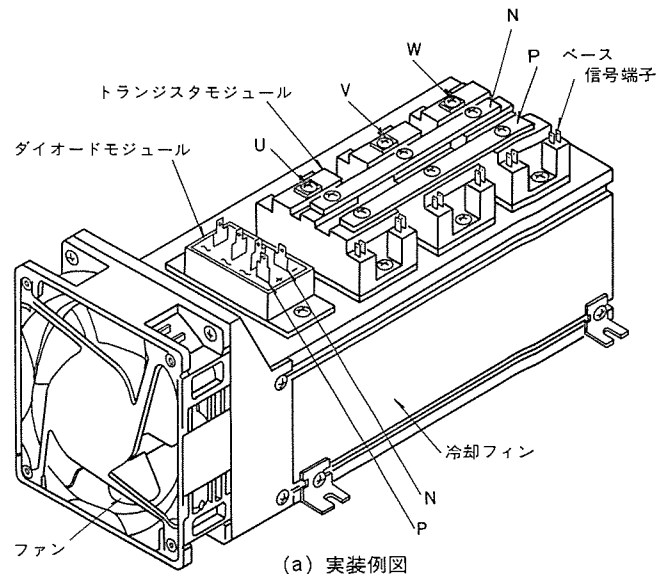
当社のトランジスタモジュールの種類を表 1. に示す。電圧 V_{CEX} は 600 V で、電流容量 I_C は 15 A から 100 A までの製品があり、1 個の外装の中に 1 組から 6 組のトランジスタチップとフライホイールダイオードチップとスピードアップダイオードチップの入った各種トランジスタモジュールがある。各々のトランジスタモジュールの結線図は表 1. のとおりである。

2.4 実装例

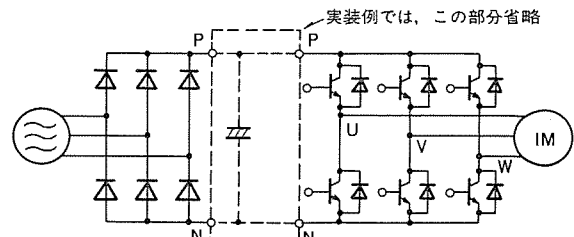
トランジスタモジュールとダイオードモジュールを用いたトランジスタインバータの実装例を図 4. に示す。チップと銅ベース板が絶縁されているため、同一冷却フィンにトランジスタモジュールとダイオードモジュールを直付けすることができ、非常に小さく実装することができる。しかも、ブスバーによる配線が行われており、組立省力化の様子が図からよく分かる。

表 1. 当社のトランジスタモジュールの種類

トランジスタモジュールの形名	回路結線図	電気的特性			
		$V_{CEX}(V)$	$I_C(A)$	$P_C(W)$	h_{FE}
QM30DZ-H		600	30	250	75
QM50DZ-H		600	50	350	75
QM30DY-H		600	30	250	75
QM50DY-H		600	50	350	75
QM100DY-H		600	100	710	100
QM15TA-H		600	15	125	40
QM30TA-H		600	30	250	75
QM50TA-H		600	50	350	125
QM15HA-H		600	15	125	50
QM30HA-H		600	30	250	75
QM50HA-H		600	50	350	75
QM30DX-H		600	30	250	75
QM50DX-H		600	50	350	75



(a) 実装例図



(b) 回路結線図

図 4. トランジスタを用いたトランジスタインバータの実装例

例えば、50 A のトランジスタモジュール QM 50 DY-H を用いた 3.7 kW 可変速装置の場合、トランジスタモジュールを用いることにより、従来の単体トランジスタを用いた場合に比べて体積は 40% に、重量は 60% に減少することができる。また、主端子 (UVW) と信号端子が分離されている。

2.5 特長

上記に述べたトランジスタモジュールの特長は、次のとおりである。

(1) トランジスタモジュールが、従来のディスクリートトランジスタに比べて小形、軽量であり、外装が樹脂でおおわれ、フラットベースの端子台形で

あるので取扱いが容易である。

(2) 半導体チップが相互に絶縁分離されており、かつ銅ベースとも絶縁されているので、同一冷却フィンに多数のトランジスタモジュールを装着することができ、装置の小形・軽量化に役立つ。

(3) 主端子及び信号端子が同一平面内にあるので、配線が容易であり、組立工数削減による省力化が図れる。主端子はブスバーによる配線ができる。

(4) 絶縁ベース形で、主端子、信号端子が平面配線されるので、保守点検が容易である。

表 2. QM100DY-Hの主要定格と特性
(特に指定のない場合は $T_c=25^\circ\text{C}$)

項目	記号	単位	定格値	条件
コレクタ・エミッタサステイニング電圧	$V_{CE0(sus)}$	V	450	$I_C=1\text{A}$, ベース開放
コレクタ・エミッタ間電圧	V_{CEX}	V	600	$V_{BE}=-2\text{V}$
コレクタ・ベース間電圧	V_{CBO}	V	600	エミッタ開放
エミッタ・ベース間電圧	V_{EBO}	V	7	コレクタ開放
コレクタ電流 (DC)	I_C	A	100	
コレクタ電流 (パルス)	$I_C(\text{pulse})$	A	200	$t_p=1\text{ms}$
コレクタ逆電流 (DC)	$-I_C$	A	80	掃退ダイオードの電流
ベース電流 (DC)	I_B	A	6	
コレクタ損失	P_C	W	620	
接合温度	T_j	$^\circ\text{C}$	$-40\sim+150$	
保存温度	T_{sto}	$^\circ\text{C}$	$-40\sim+125$	
絶縁耐力	—	V	2,000	帯電部・ケース間, AC1分間
締付トルク強度	—	kg·cm	15~20	主端子及び取付ねじ(M5)
重量	—	g	40	標準値

項目	記号	単位	定格値	条件	
コレクタ遮断電流	I_{CEX}	mA	8	$V_{CE}=600\text{V}$, $V_{BE}=-2\text{V}$	
コレクタ遮断電流	I_{CBO}	mA	2	$V_{CB}=600\text{V}$	
エミッタ遮断電流	I_{EBO}	mA	300	$V_{EB}=7\text{V}$	
コレクタ・エミッタ飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	V	1.8	$I_C=100\text{A}$, $I_B=2\text{A}$	
ベース・エミッタ飽和電圧	$V_{BE(sat)}$	V	2.5	$I_C=100\text{A}$, $I_B=2\text{A}$, $V_{CE}=1.8\text{V}$	
直流電流増幅率	h_{FE}	—	75	$I_C=100\text{A}$, $V_{CE}=2\text{V}$, 最小値	
ターンオン時間	t_{on}	μs	2.0	$I_{B1}=2\text{A}$, $I_C=100\text{A}$, $V_{CC}=300\text{V}$	
蓄積時間	t_s	μs	12	$I_{B1}=-I_{B2}=2\text{A}$, $I_C=100\text{A}$, $V_{CC}=300\text{V}$	
下降時間	t_f	μs	3	$I_C=100\text{A}$, $V_{CC}=300\text{V}$	
コレクタ逆電圧降下	$-V_{CE}$	V	1.8	$-I_C=100\text{A}$, 掃退ダイオードの電圧降下	
熱抵抗	トランジスタ部	$^\circ\text{C}/\text{W}$	$R_{th(j-c)}$	0.20	接合-ケース間
	掃退ダイオード部	$^\circ\text{C}/\text{W}$	$R_{th(j-c)}$	0.65	
接触熱抵抗	—	$^\circ\text{C}/\text{W}$	$R_{th(c-f)}$	0.08	ケース-フィン間

3. 定格と特性

当社は、定格電流 15~100 A のトランジスタモジュールを量産しているが、ここでは 100 A の QM100DY-H の定格と特性を説明する。表 2 に QM100DY の主要な定格と特性を示す。

3.1 定格電圧電流

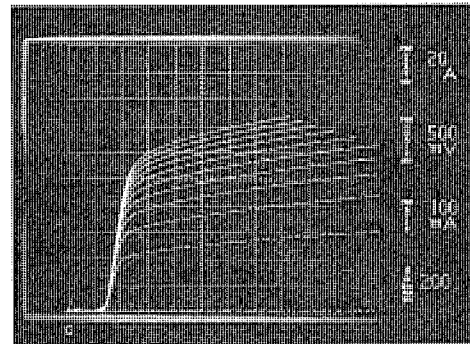
ベース逆バイアス時のコレクタ・エミッタ間電圧 V_{CEX} は 600 V を保証しており、200 V ラインのインバータや DC チョップに使用できる。定格コレクタ電流は 100 A (DC) と世界最大級であり、3 相 10 kVA のインバータを 3 個の QM100DY-H で構成できる。

3.2 出力特性と電流増幅率

エミッタ接地時の出力特性を図 5 に示す。このように飽和領域での電圧降下 $V_{CE(sat)}$ が小さく、十分なベース電流を供給することにより、 $I_C=100\text{A}$ において $V_{CE(sat)}$ を 1.5 V 以下とすることができる。図 6 は直流電流増幅率のコレクタ電流依存性を示しているが、 $I_C=100\text{A}$, $T_j=100^\circ\text{C}$ における直流電流増幅率は 120 程度もある。このように増幅率が大いので、ベース駆動回路の簡素化と小形化が可能である。

3.3 スイッチング時間とスイッチング損失

スイッチング時間とコレクタ電流の関係を図 7 に示す。このように特別の回路対策（一般にコレクタキャッチャーダイオードと呼ばれるダイオードの接続）をとらなくとも、ターンオフ時間 (t_s+t_f) が短い。このため、



I_C : 20A/div
 V_{CE} : 0.5V/div
 I_B : 0.1A/step

図 5. QM100DY-H の出力特性 ($T_j=25^\circ\text{C}$, 代表例)

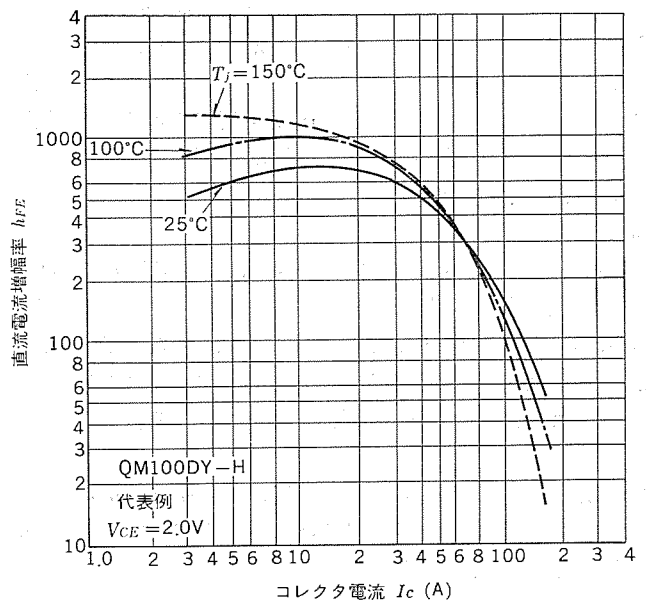


図 6. 直流電流増幅率-コレクタ電流

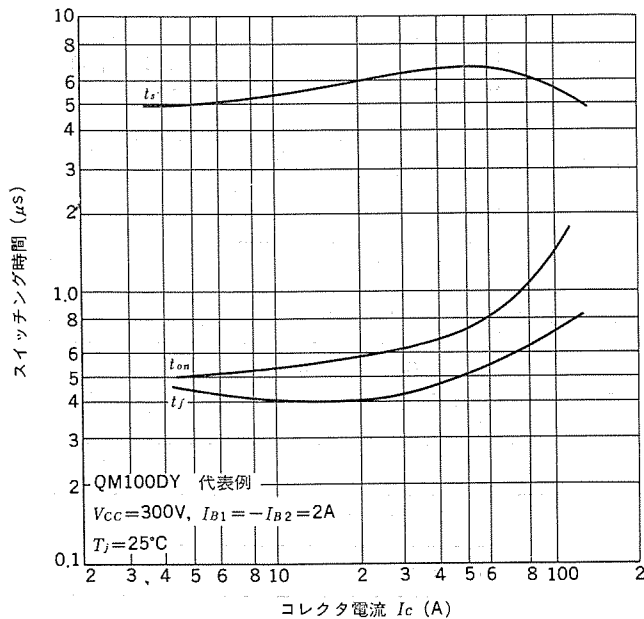


図 7. スイッチング時間-コレクタ電流

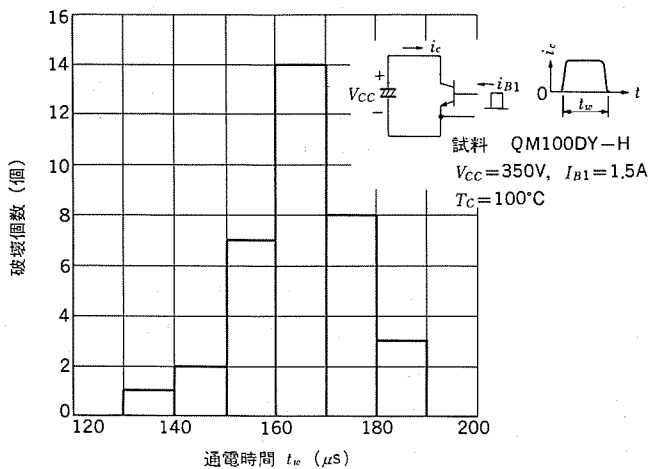


図 8. 短絡時の破壊個数の分布

数 kHz のスイッチング応用が可能である。スイッチング損失は動作条件により異なるが、電源電圧 300 V、コレクタ電流 100 A、動作周波数 1 kHz の場合、ターンオン時の損失は約 20 W、ターンオフ時の損失は約 15 W である（但し、オン時ベース電流 2 A、オフ時ベース電流 -2 A、電解コンデンサ・モジュール間の往復配線長 30 mm 以下、スナバなし）。

3.4 安全動作領域 (ASO)

トランジスタの応用装置が負荷短絡などの事故をおこした場合、当然のことながら速やかに過電流を遮断し、トランジスタの破壊を防止しなければならない。図 8. は、負荷短絡を模擬して電源用コンデンサを QM 100 DY-H で短絡し、その破壊時間の分布を調べたものである。このように過電流に対して強い（順バイアス ASO が広い）ため、ベース電流の遮断によりきわめて容易に過電流保護を行うことが可能である。

トランジスタのターンオフ時においては、コレクタ電圧電流の軌跡、いわゆるリサージュが逆バイアス ASO 内に入る必要がある。QM 100 DY-H の逆バイアス ASO を図 9. に示す。このように ASO が広いため、C・R などのスナバを省略しても、主回路配線を短くすることにより、リサージュをこの ASO 内に容易に入れることができる。したが

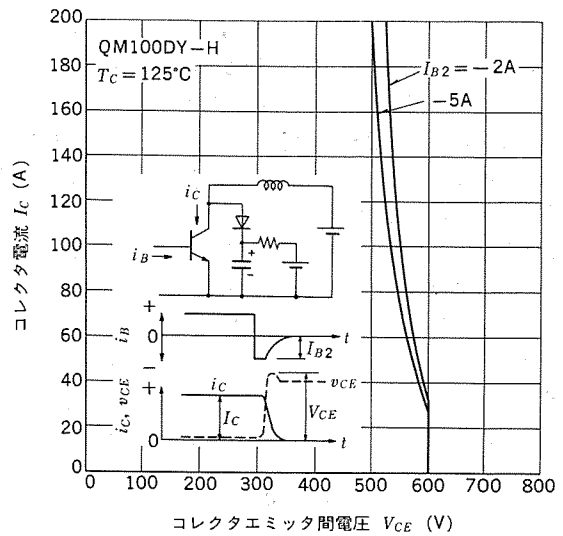


図 9. 逆バイアス ASO

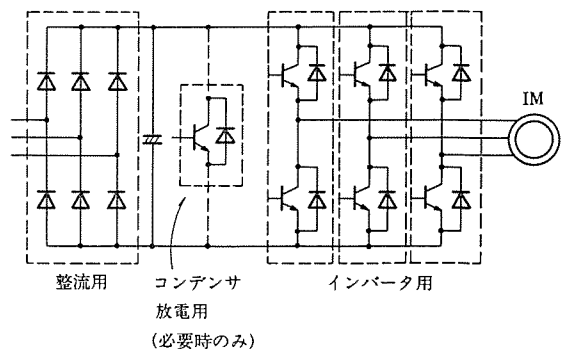
って、スナバ化が可能であり、これも当社トランジスタモジュールの特長である。

以上 QM 100 DY-H の定格特性を簡単に説明したが、他のトランジスタモジュールも同様に、①高耐圧であり、200 V ラインで使用可能、②スイッチング時間が短い、③過電流過電圧に強く、ASO が広い、④電流増幅率 h_{FE} が大きい、⑤帰還ダイオードとして高速形を使用、⑥定格電流、結線の種類が豊富、などの優れた特長を有している。

4. 応用

当社のトランジスタモジュールは、前述した優れた性能のほかに、合理的な形状（主回路はバー配線、ベース回路はファストン端子配線）、絶縁形、小形軽量などの特長を有する。このため、応用装置の高性能化、構

表 3. インバータの容量と適用パワーモジュール



インバータ定格 (kVA)	モータ定格 (kW)	整流用	コンデンサ放電用	インバータ用
2.0	1.5	RM 10 TA-H	QM 15 HA-H	QM 20 DX-H×3
3.0	2.2	RM 15 TA-H	QM 15 HA-H	QM 30 DY-H×3
5.0	3.7	RM 30 TA-H	QM 30 HA-H	QM 50 DY-H×3
7.5	5.5	RM 30 TA-H	QM 50 HA-H	QM 75 DY-H×3
10	7.5	RM 30 TA-H	QM 50 HA-H	QM 100 DY-H×3

注 過負荷 150% 1 分間

造の簡素化、組立の省力化、小形軽量化、保守点検容易、コストダウンが可能である。このため、工作機械・ブロウ・ポンプ・コンベヤ・エアコンなどの交流モータ制御 (VVVF インバータ) 及び直流モータ制御 (DC チョップ), 計算機用・計装用・通信用などの交流安定化電源 (CVCF インバータ), アーク溶接機などの広い分野に採用されつつある。特に VVVF インバータによる交流モータ制御では、大幅な節電が可能であり、例えばブロウを負荷に応じた最適制御をすることにより、従来のダンパ制御時に比べて 30~60% もの節電が可能である。

表 3. に VVVF インバータの容量と適用パワーモジュールを示す。表記以上の容量についてはトランジスタモジュールを並列接続するが、トランジスタの特性 (h_{FE} , スイッチング時間など) をできるだけ合わせ、かつ対象配置などにより電流バランスをとるよう留意する必要がある。

5. 信頼性

トランジスタモジュール QM 100 DY-H について実施した信頼度試験の結果は、表 4. のとおりである。2 章に述べたように、チップの石付け方法として、チップとコレクタ電極間にモリブデン板を介在させる方法を用い、チップとコレクタ電極銅板との間の熱膨張係数の差によるストレスを緩和した。ワイヤボンドの方法は、チップのアルミ電極にアルミ線を超音波でボンディングする単一金属系による接続方法 (Al-Al) を採用し、高温状態における二元合金の形成を防止した。更にシリコンゲルを注入し、アルミワイヤを保護した。この結果、温度サイクル試験、熱衝撃試験などの環境試験で、断線あるいはチップはずれなどの故障の発生はない。またチップは、プレーナパッシベーションにより極めて安定な電気的特性を示し、断続動作試験、高温逆バイアス試験、高温保存試験、耐湿性試験などの過酷な耐久性試験においても、電気的特性の劣化はない、更に樹脂及びケースは、難燃性の材質を採用しており、自己消火性がある。

以上のとおり、各種の環境試験及び耐久性試験において故障の発生はなく、トランジスタモジュールに要求される品質、信頼性を満足している。

表 4. QM 100 DY-H 信頼度試験結果

試験項目	試験条件	試料数	故障数
断続動作	$I_C=100\text{ A}$, $V_{CE}=2\text{ V}$ $T_C=40\sim 100^\circ\text{C}$ 10,000 サイクル	10	0
高温逆バイアス	$T_a=125^\circ\text{C}$ $V_{CE}=450\text{ V(DC)}$ $V_{BE}=-2\text{ V}$ 1,000 h	10	0
温度サイクル	-40°C (60分) $\rightarrow 25^\circ\text{C}$ (10分) $\rightarrow 125^\circ\text{C}$ (60分) 30 サイクル	10	0
高温保存	$T_a=125^\circ\text{C}$ 1,000 h	10	0
低温保存	$T_a=-40^\circ\text{C}$ 1,000 h	10	0
耐湿性	$T_a=60^\circ\text{C}$ 90% RH 1,000 h	10	0
熱衝撃	0°C (5分) $\leftrightarrow 100^\circ\text{C}$ (5分) 30 サイクル	10	0
振動	20 G 100~2,000 Hz/4分 XYZ 計 48分	10	0
自然落下	75 cm 木板上 3回	10	0
	100 cm コンクリート上 3回	10	0
箱付け	主端子 M 5 ねじ 20 kg \cdot cm	10	0
	モジュール 取付け M 6 ねじ 30 kg \cdot cm	10	0

故障判定基準

オープン ショート

$V_{CE0(sus)}$ LSL $\times 0.9$

$V_{CE(sat)}$ USL $\times 1.2$

h_{FE} LSL $\times 0.8$ USL $\times 1.2$

$V_{BE(sat)}$ USL $\times 1.2$

注 LSL=規格最小値 USL=規格最大値

6. むすび

トランジスタモジュールの構造、電気的特性、応用例及び信頼性について述べた。現在 AC 200 V ラインで 30 kW 位までの電動機制御に使用されているが、今後トランジスタモジュールの大容量化と AC 400 V ライン用高耐圧トランジスタモジュールの実用化によって、数十から数百 kW までの電動機制御の中核を果たし、その用途の拡大が期待される。

更に、トランジスタモジュールは、多くのトランジスタチップを内蔵し、用途に適した外形をもった多機能化へ向かうものと思われる。

オーディオディスク、ビデオディスク用レーザダイオード

柿本昇一*・十河敏雄*・仁田重之**・玉利邦喜**・高宮三郎***

1. ま え が き

GaAlAsレーザダイオードの性能及び寿命はここ数年の間に著しく改善され、光通信や光情報処理、光計測などの分野で実用化されるようになってきた。また、発振波長も近赤外帯域から可視帯域まで拡大され、その用途はますます増えつつある。特に光情報処理の分野では、昭和57年の秋に国内十数社がこのGaAlAsレーザダイオードを用いた光ピックアップ方式のオーディオディスクプレーヤーの発売を予定している。一方光学式ビデオディスクにおいても、システムを小形化するため、従来のHe-Neレーザからレーザダイオードへの切換えが急がれている。

当社では、これらのオーディオディスク、ビデオディスクを主用途としてTJSレーザダイオードと狭ストライプレーザダイオードを開発してきた。TJSレーザダイオードは既に生産、販売され、光情報処理のみならず、光通信、光計測用としても使用されている。この論文ではこれらのレーザダイオードについて、特性、信頼性、使用法などを紹介する。

2. TJSレーザダイオード

ML-3000, ML-4000シリーズレーザダイオードは、それぞれ発振波長810nm帯及び780nm帯のGaAlAsレーザダイオードである。当社独自のTJS (Transverse Junction Stripe) 構造により基本横モード、単一縦モードでの発振を可能としている⁽¹⁾。ML-4101形及びML-4401形TJSレーザダイオードの外観を図1.に示す。

2.1 TJSレーザダイオードの構造

TJSレーザダイオードの構造を図2.に示す。半絶縁性GaAs結晶基板上にAl混晶比の異なるGaAlAs層を多層成長し、亜鉛の2重拡散により多層面に対して横方向にp⁺-p-n領域を形成している。電流は厚さ0.1μm程度の非常に薄いGa_{1-x}Al_xAs活性層内を横方向に流れてp-n接合近傍で光を発生する。光は上下のGa_{1-y}Al_yAsクラッド層に比べて屈折率の大きいGa_{1-x}Al_xAs活性層内に閉じ込められる。一方、p領域の屈折率はn領域やp⁺領域の屈折率よりも大きいので、光は結局活性層内のストライプ状に形成されたp領域内に閉じ込められる。このように、TJSレーザダイオードは屈折率差による光の閉じ込め機構をもった屈折率ガイド形レーザである。

発振波長は、Ga_{1-x}Al_xAs活性層のAl混晶比(x)によって決定される。すなわち、Al混晶比を大きくすれば、発振波長は短くなる。しかしAl混晶比をあまり大きくすると、格子定数の差に基づくひずみ(歪)や光が放射されるチップ端面の酸化により寿命が短くなる。現状では、寿命や量産性の観点から、発振波長780nm位までのものが実用化されている。

レーザチップは、シリコンサブマウントを介して、放熱ブロック上にAuSiはんだで接着されている。シリコンサブマウントは、レーザチップと放熱ブロックの熱膨張係数の差から生ずる歪を緩和する。更にチップ端面をプラズマCVD法により、Si₃N₄膜で保護し、端面の酸化による劣化を防止している⁽²⁾。放熱ブロックは、図1.に示した外装パッケージに組立て、窒素ガス雰囲気中で封止している。パッケージには、ホットダイオード

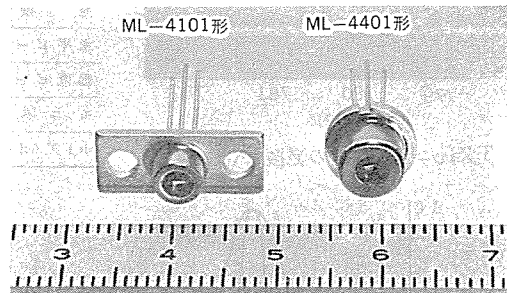


図1. ML-4101形, ML-4401形TJSレーザダイオードの外観

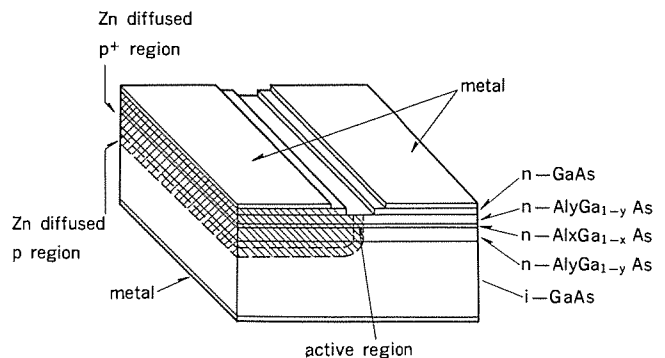


図2. TJSレーザダイオードの構造

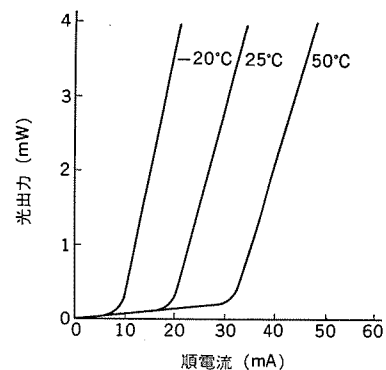


図3. TJSレーザダイオードの電流対光出力特性

も組込まれている。ホットダイオードは、レーザチップの後方に放射される光を受光するようになっている。

2.2 TJSレーザダイオードの特性

TJSレーザダイオードの電流対出力特性の代表例を図3.に示す。発振を開始するしきい値電流は室温で約20mAと小さく、その後光出力は電流の増加に対して直線的に増加する。TJSレーザダイオードは、しきい値電流が小さいので電力効率が高く、発熱量が少ない。これは、レーザダイオードを使用する場合に有利であるとともに、信頼性の点においてもメリットとなっている。また、発振後の光出力と入力電流の間のリアリティが高く、いわゆるキックが無いのでアナログ変調時の高調波歪が小さいという利点がある。

ML-3000, ML-4000シリーズに内蔵されたホットダイオードの光電流は、

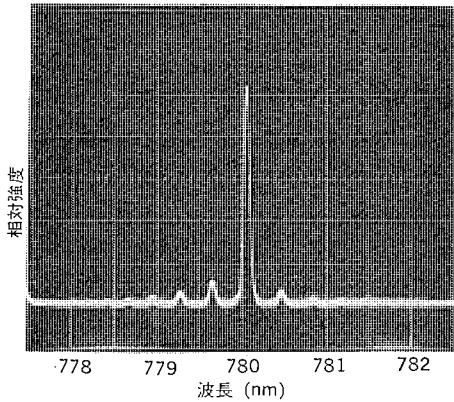


図 4. TJS レーザダイオードの発振スペクトル

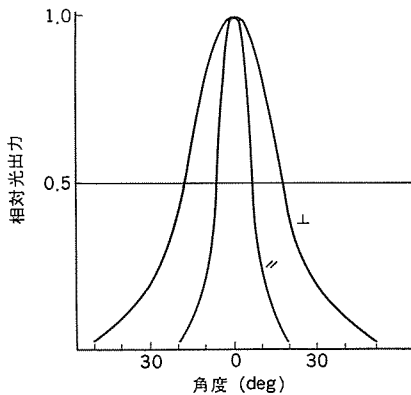


図 5. TJS レーザダイオードのファーフールドパターン

レーザ発振後光出力の増加に対して直線的に比例して増加する。したがって、この光電流をモニタ電流として利用すれば、光出力をある一定の値に自動制御することができる。

次に発振スペクトルの1例を図4.に示す。TJSレーザダイオードは、前述したように、単一縦モード(共振器内で定在波となる波長のうちの1つの波長)で発振する。図4.は、しきい値電流の約1.1倍の電流値で動作させた場合のスペクトルである。温度や動作電流を変えても単一モードで発振するが、発振モードが隣接するモードへ飛び移るために、発振波長は変化する。室温付近では、4mAで約0.4nm、2°Cで約0.4nm変化する。

放射パターンは、活性層の厚さ、p領域の幅及びこれらを両側から挟むクラッド層やn領域、p+領域の屈折率によって決定される⁽³⁾。チップ端面での発振領域の寸法は、多層面方向で約2μm、垂直方向で約0.5μm程度である。基本横モードで発振しているため、輝度が中心部が高く、周辺部では単調に低下している。この狭い領域から放射される光の強度は、角度依存性をもっている。図5.は、チップ端面位置から遠く離れた位置で測定した光強度の角度分布の1例を示したものである。光強度がピーク値の半分となる、いわゆる半値全角は水平方向で約13°、垂直方向で約40°である。

更に、TJSレーザダイオードは屈折率ガイド形レーザであるため、アスティグマがほとんど無い。実際レンズを用いて放射光を絞った場合に、回折限界近くまでの微小スポットに絞り込むことが可能である。

以上TJSレーザダイオードの主な特性について述べたが、表1.にML-3000, ML-4000シリーズの基本的な特性をまとめて示す。

2.3 TJSレーザダイオードの品質

TJSレーザダイオードは、電力消費量が少ないことや組立てに使われるはんだ材が信頼度の高い材料であること、及び組立てによるストレス

表 1. ML-3000, ML-4000 シリーズ TJS レーザダイオードの特性 (ケース温度 $T_c=25^\circ\text{C}$)

項目	条件	ML-3000 シリーズ			ML-4000 シリーズ			単位
		最小	標準	最大	最小	標準	最大	
しきい値電流	CW	—	20	50	—	20	50	mA
動作電流	CW, $P_L=3\text{mW}$	—	30	60	—	30	60	mA
動作電圧	CW, $P_L=3\text{mW}$	—	1.8	2.5	—	1.8	2.5	V
光出力	CW, $I_F=I_{th}+10\text{mA}$	—	3	—	—	3	—	mW
発振波長	CW, $P_L=3\text{mW}$	795	815	905	—	780	800	nm
水平ビーム半値全角	CW, $P_L=3\text{mW}$	—	13	—	—	13	—	deg
垂直ビーム半値全角	CW, $P_L=3\text{mW}$	—	38	—	—	40	—	deg
モニタ出力電流	CW, $P_L=3\text{mW}$, $V_{OPD}=1\text{V}$, $R_L=10\Omega$	150	300	—	150	300	—	μA
ホットダイオード端子間容量	$V_R=0\text{V}$, $f=1\text{MHz}$	—	7	—	—	7	—	pF

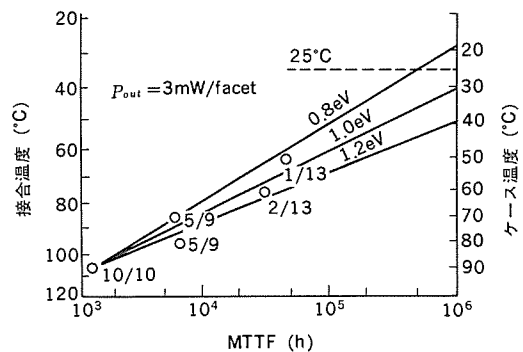


図 6. TJS レーザダイオードの MTTF の温度依存性

を受けにくい構造であることから、高い信頼性を持っている。

図6.は、810nm帯TJSレーザダイオードの高温動作寿命試験結果の1例を示したものである⁽⁴⁾。この試験では、各温度において光出力が常に3mW/facetとなるように動作させている。この場合、劣化は動作電流の増加として現れる。故障判定基準は、動作電流を増やしても3mW/facetの光出力が維持できなくなった時点とした。図において横軸は(全動作時間)/(故障数)で定義されるMTTF(Mean time to failure)を表し、また図中の数値は各試験温度における(故障数)/(試料数)を示している。この結果より、25°Cにおける平均寿命時間は100万時間と推定される。

更に最近、100個の試料で高温動作寿命試験を行ったところ、50°C、10,000時間後の推定故障率は1%以下であるという好結果を得ることができた⁽⁵⁾。このようにTJSレーザダイオードの寿命は、実用に十分耐えるレベルに達している。

TJSレーザダイオードは、既に生産販売してきた。著者らはこれらの製品の特性分布を調べ、また抜取りで寿命試験を行い、生産段階におけるTJSレーザダイオードの品質レベルを検討してきた。図7.は、この生産段階における1,000個のダイオードのしきい値の分布の1例を示したものである。しきい値は、レーザダイオードの特性を表す最も基本的な値であり、他の特性とも密接な関係をもっている。図からも明らかなように、生産段階においてもTJSレーザダイオードのしきい値は小さな値に再現性良く制御されている。更に半値全角などの他の基本的な特性についても調べたが、これらの特性もしきい値と同様に生産段階において良く制御されていることが明らかとなった⁽⁶⁾。

次に抜取りでの動作寿命試験結果の1例を図8.に示す。ここでは、生産段階での10ロットから任意に5個づつ計50個のダイオードを選び、55°C、3mW/facetの条件で動作寿命試験を行った。図は、2,000時間後の動作電流の増加率の分布を表したものである。図から明ら

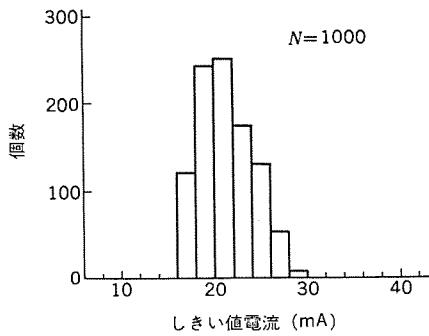


図 7. しきい値電流の分布

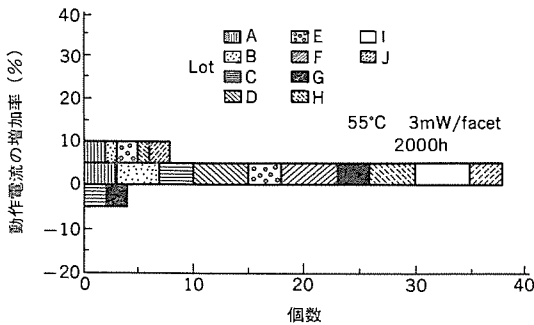


図 8. 動作電流の増加率の分布

かなように、各ロットの試料とも2,000時間後の動作電流の変化は10%以下であり、小さな範囲内におさまっていることが分かる。

以上のように、TJSレーザダイオードでは、生産段階においても特性及び寿命ともに均一で、しかも再現性のある製品が得られている。

3. 狭ストライプレーザダイオード

狭ストライプレーザダイオードは、特にビデオディスク用に開発してきた780nm帯の低雑音レーザダイオードである。ビデオディスクでは、オーディオディスクに比べると約30dB高いS/N比のレーザが必要である。単一縦モードで発振するレーザダイオードでは、温度や動作電流を変えた時に発振縦モードが隣接モードへ飛び移り、その際モード競合に基づく雑音が発生する。また、光学系から反射された光がレーザダイオードに戻ってきた時にも、雑音が大きくなる。一方、発振縦モードが多モードの狭ストライプレーザダイオードでは、モード競合や戻り光による雑音への影響が少ないので、高いS/N比を得ることができる。

狭ストライプレーザダイオードでは、TJSレーザダイオードの場合と同様に、GaAs結晶基板上にAl混晶比の異なるGaAlAs層を多層成長し、屈折率差により多層面に対して垂直方向の光の閉じ込めを行っている。幅約3μmのストライプ状の溝を形成し、電流はこの溝の下に集中し、多層面を垂直に横切って流れる構造としている。この場合、屈折率ガイド形レーザのような光を横方向に閉じ込める機構をもたない。横モードは、主として電流分布による注入キャリアの横方向の分布によって制御される。いわゆる利得ガイド形のレーザダイオードである。

3.1 狭ストライプレーザダイオードの特性

狭ストライプレーザダイオードの電流対光出力特性の代表例を、図9.に示す。室温でのしきい値電流は約60mAで、屈折率ガイド形レーザに比べると大きい。熱放散の良い組立て構造としているので、比較的高い温度でも動作する。TJSレーザダイオードに比べると、光出力は緩やかに立上がり、1mW以上の出力では電流に対して比例して増

加する。

次に発振スペクトルの1例を、図10.に示す。図は、光出力が5mW/facetとなるように動作させた時の発振スペクトルである。TJSレーザダイオードのような単一縦モードの場合と異なり、多モード(共振器内で定在波となる多数の波長)で発振している。すなわち、発振スペクトルは、約0.4nm間隔の多数のスペクトル線で形成されている。温度や動作電流を変えると、これらのスペクトル線全体が短波長側あるいは長波長側にシフトしていく。

横モードは基本モードであり、図9.に示した出力レベルでは広いストライプ幅の利得ガイド形レーザで観察されるようなモードシフト(チップ端面での発振領域が動作電流を変えた時に移動する現象)は無い。端面位置から遠く離れた位置での放射パターンの水平方向半値全角は約30°、垂直方向では約40°であり、ほぼ円形に近いビーム形状をしている。また水平方向放射パターンは、ストライプ幅を非常に狭くしたレーザダイオードによく観察されるような極端な双峰性を示さず、ほぼ単峰のパターンである。このようなビーム形状は、ビームをレンズで微小スポットに絞り込む場合に光を有効に利用できる形状である。

3.2 狭ストライプレーザダイオードの雑音特性

狭ストライプレーザダイオードの温度対雑音特性の1例を図11.に示す。この場合、温度を変えても光出力が常に5mW/facetとなるように、自動出力制御をかけて測定した。PINホトダイオードを使って信号対雑音パワー比を検出し、電気的信号に変換したS/N比を求めた。測定

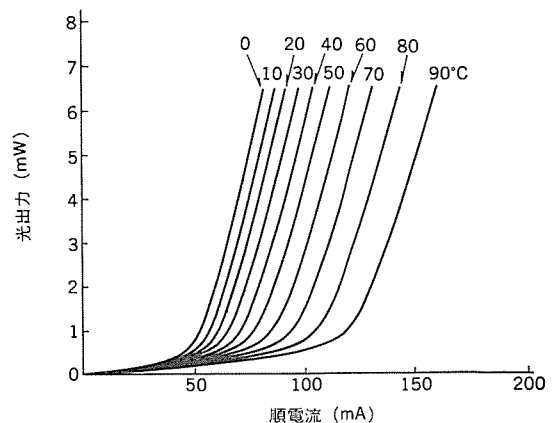


図 9. 狭ストライプレーザダイオードの電流対光出力特性

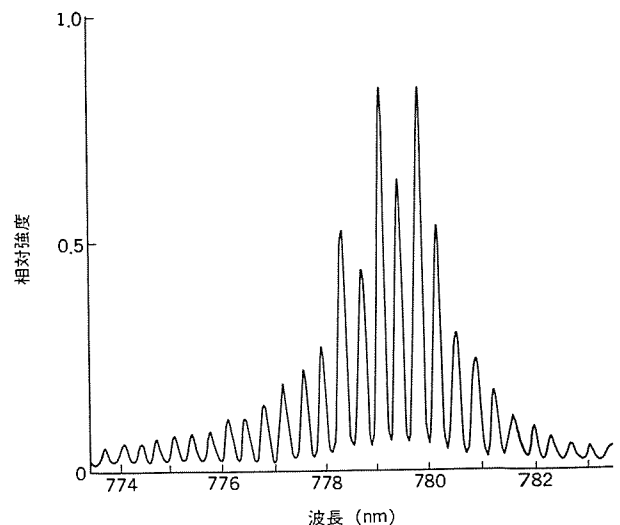


図 10. 狭ストライプレーザダイオードの発振スペクトル

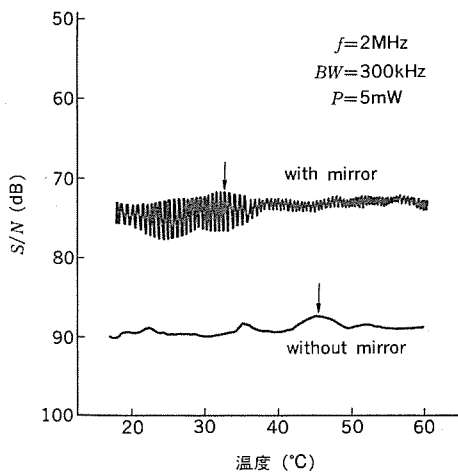


図 11. 狭ストライプレーザダイオードの雑音特性

周波数は 2 MHz, バンド幅は 300 kHz である。図で with mirror と記してあるのは、雑音に対する戻り光の影響を調べるためにレーザダイオードと PIN ホトダイオードの間に反射率 3% のハーフミラーを置いて、光出力の一部をレーザダイオードに戻した場合の測定結果である。図からも明らかのように、狭ストライプレーザダイオードの雑音特性は広い温度範囲にわたって平坦な特性を示しており、単一縦モードレーザで観察されるような極端な S/N 比の劣化は無い。戻り光の無い場合の S/N 比は、図に示した全温度範囲で 85 dB 以上に保っている。戻り光のある場合にはこれよりも約 15 dB ほど劣化しているが、単一縦モードレーザの場合に比べると戻り光による劣化の程度は非常に小さい。

以上のように狭ストライプレーザダイオードは広い温度範囲にわたって高い S/N 比をもっており、低雑音光源として利用できる。

4. レーザダイオードの用法

レーザダイオードは、非常に狭い領域から光を放射する。2.2 節で述べたように、TJS レーザダイオードでは端面で $0.5 \mu\text{m} \times 2.0 \mu\text{m}$ の領域に全光出力が集中している。したがって光出力がある値を越えると、端面が溶融し、共振器が破壊してしまう。TJS レーザダイオードの限界出力は、810 nm 帯で 17~30 mW/facet, 780 nm 帯で 13~20 mW/facet である。

レーザダイオードを使用する場合には、このような光エネルギーによる共振器の破壊に対して注意しなければならない。特に電源を on, off する際のサージ電流によって共振器が破壊されることがある。一般には、ノイズフィルタやスロースタートのような保護回路により、レーザダイオードに過大電流が流れ込まないようにする措置が必要である。

既に述べたように、レーザダイオードの電流対出力特性は温度依存性をもっている。したがって、定電流動作させていても周囲温度が変動すれば、光出力も変化してしまう。内蔵されたホトダイオードは、レーザダイオードの後方に放射される光出力を検出するので、このホトダイオードと自動出力制御回路を用いれば、前方に放射する光出力を一定値に保つことができる。自動出力制御回路の 1 例を図 12. に示

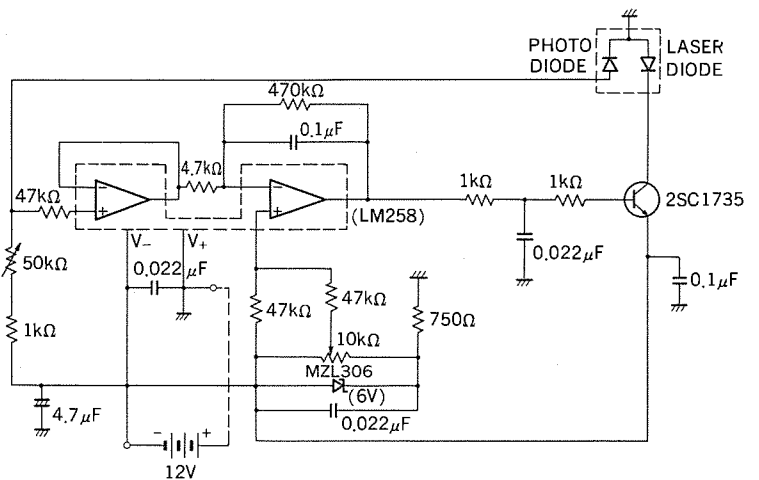


図 12. 自動出力制御回路

す。例えば、温度が上昇して光出力が減少した場合には、ホトダイオードがこの光出力の減少を検出し、自動出力制御回路によりレーザダイオードの動作電流を増して光出力を元のレベルまで戻すようになっている。このようにして温度が変動したり、特性に経時変化が生じてても、自動的に光出力を一定値に制御することができる。

5. むすび

レーザダイオードの需要は、年々急速に増加している。特に、オーディオディスクやビデオディスクは、レーザダイオードにとってかつてなかった大市場となることが予想されている。これらの需要に応じていくためには、性能及び信頼性の優れたレーザダイオードを準備することは勿論であるが、更に特性の均一な製品を再現性良く製造する技術が必要である。本文で述べたように TJS レーザダイオードは、性能、信頼性、量産性においてこれらの要求を満足するものである。

狭ストライプレーザダイオードの品質レベルについては、まだ確認されていない。しかし、結晶成長やウェーハプロセスなどの製造技術は、TJS レーザダイオードの技術をそのまま受継いでいるので、今後信頼性及び再現性において高い品質レベルに達するものと思われる。

(昭和 57-1-28 受付)

参考文献

- (1) H. Namizaki : Tans. IECE of Japan, E 59, 8 (1976)
- (2) H. Namizaki, et al : J. Appl. Phys. 50(5), 3743 (1979)
- (3) 隈部ほか：電子通信学会半導体・材料部門全国大会, No. 360 (昭 56)
- (4) S. Nita, et al : IEEE J. Quantum Electron, QE-15, 1208 (1979)
- (5) S. Takamiya, et al : Technical Digest of 6th ECOC, 187 (1980)
- (6) 柿本ほか：電子通信学会半導体・材料部門全国大会, No. 354 (昭 56)

10GHz帯内部整合形高出力GaAs FET

小引通博*・渡瀬 学*・酒寄隆雄*・鈴木 武*・楠 和郎*

1. ま え が き

今日、4GHz帯以上のマイクロ波通信機器の固体化が進み、ガリウムヒ(砒)素電界効果トランジスタ(GaAs FET)は、マイクロ波帯における発振又は増幅素子として重要な地位を占めている⁽¹⁾。X帯以下の電子計測器、多重通信機などの通信システム及びレーダシステムの局部発振器や増幅器も次々とGaAs FETに置換えられつつある。例えば、4GHz帯衛星通信地上局受信器においては、GaAs FET低雑音増幅器がパラメトリック増幅器に取って代わり、主流になっている。

FET化により、装置が安価に製作され、小形、軽量化されると同時に、低消費電力で経済的になる。更に電力増幅器用進行波管(TWT)に比べて装置の寿命が大幅に延び、信頼性が向上する。このようにGaAs FETを用いた装置は、従来装置に比べて多くの利点を有する。

最近、X帯以上で、電力増幅器用素子として、TWTからGaAs FETへの置き換えの動きが活発化している。

これらの要請にこたえるために、パッケージ内部に50Ω化入出力整合回路を集積した10GHz帯高出力、高利得GaAs FETを開発した。GaAs FETの構造パラメータと電気特性パラメータの関連性を明らかにし、素子構造を最適化した。各電極のリードインダクタンスを極限まで小さくすること、熱抵抗の低減化を同時に可能にするアップサイドダウン形チップマウント方法⁽²⁾を採用した。内部整合回路に関しては、高誘電体基板上に2段のチェビシェフ形L・C集中定数回路を形成し、その定数の最適化を図った。

これらの技術の集積により、9~10GHzにわたり、1dB利得圧縮点出力2.0W以上、直線利得6.0dB以上の高性能特性を得た。

この論文では、高周波、高出力、高利得GaAs FETの素子設計、内部整合化技術、及び試作した素子の電気的諸特性について述べる。

2. 素子設計

GaAs FETには、半絶縁性GaAs基板上に気相成長法で形成された高抵抗GaAsバッファ層と、 $10^{16} \sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の不純物密度を有するn形GaAs動作層からなるGaAsエピタキシャルウェハが用いられる。n形GaAs動作層上にオーミック接触するソース及びドレイン電極とショットキー接触するゲート電極が構成されている。

2.1 高出力化

熱及び周波数の制限がない場合の最大出力は、式(1)で与えられる。

$$P_{\max} = \frac{I_f}{8} (BV_{DS} - V_K) \quad \dots \dots \dots (1)$$

但し、 I_f は最大ドレイン電流、 BV_{DS} はドレイン・ソース間電圧、 V_K は I_f に関連するドレイン・ソース間電圧である。これらの電気特性パラメータとI-V特性の関連を概略的に図1に示す。

高出力化は、 I_f を大きくし、 BV_{DS} を高く、 V_K を低くすることによって達成される。これらの電気特性パラメータに対応する主な構造パラメータの改善点として、次のことが挙げられる。

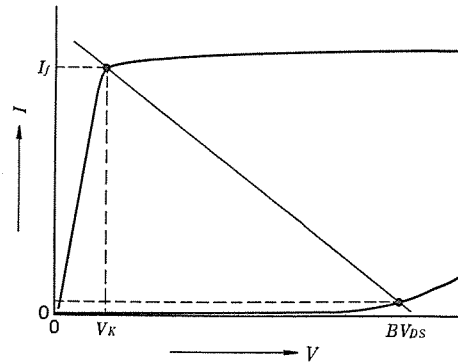


図1. 電流 - 電圧特性図

- (a) I_f の増大 → ゲート幅の拡大あるいはキャリア濃度の高濃度化
- (b) BV_{DS} の上昇 → キャリア濃度の低濃度化、電界集中を緩和した電極構成及び構造
- (c) V_K の低下 → ソース・ゲート間及びゲート・ドレイン間の抵抗の低減

2.2 高利得化

利得Gは、定性的に式(2)で表される。

$$G = g_m \cdot r_d \quad \dots \dots \dots (2)$$

但し、 g_m は高周波動作時の相互コンダクタンス、 r_d は高周波動作時のソース・ドレイン間チャンネル部の抵抗である。

g_m , r_d を大きくすることにより、Gは高くできる。

g_m はキャリア濃度N、ゲート幅W及びゲート長lを用いて、次式で関係づけられる。

$$g_m \propto \frac{N \cdot W}{l} \quad \dots \dots \dots (3)$$

Wを大きくし、lを小さく、更にNを大きくすることによって、 g_m を大きくすることができる。W及びNの増大は、ゲート・ソース間容量 C_{gs} を増加させ、性能劣化を招くため、lを小さくすることが効果的である。

r_d の改善には、チャンネル部がFETの動作機構上高電界になるため、高電界下でリークのないバッファ層を選択することが重要な要因の1つである。

2.3 高周波化及び熱抵抗の低減

高出力、高利得化の設計指針に加えて、高周波化のための構造パラメータの主な改善点は

- (a) ゲート・ソース間寄生容量及びゲート・ドレイン間寄生容量の低減
- (b) ソース電極抵抗及びドレイン電極抵抗の低減
- (c) ゲート電極抵抗の低減
- (d) 各電極のリードインダクタンスの低減

などである。

熱的影響を小さくするために、ソース電極をパッケージのヒートシンク

* 北伊丹製作所

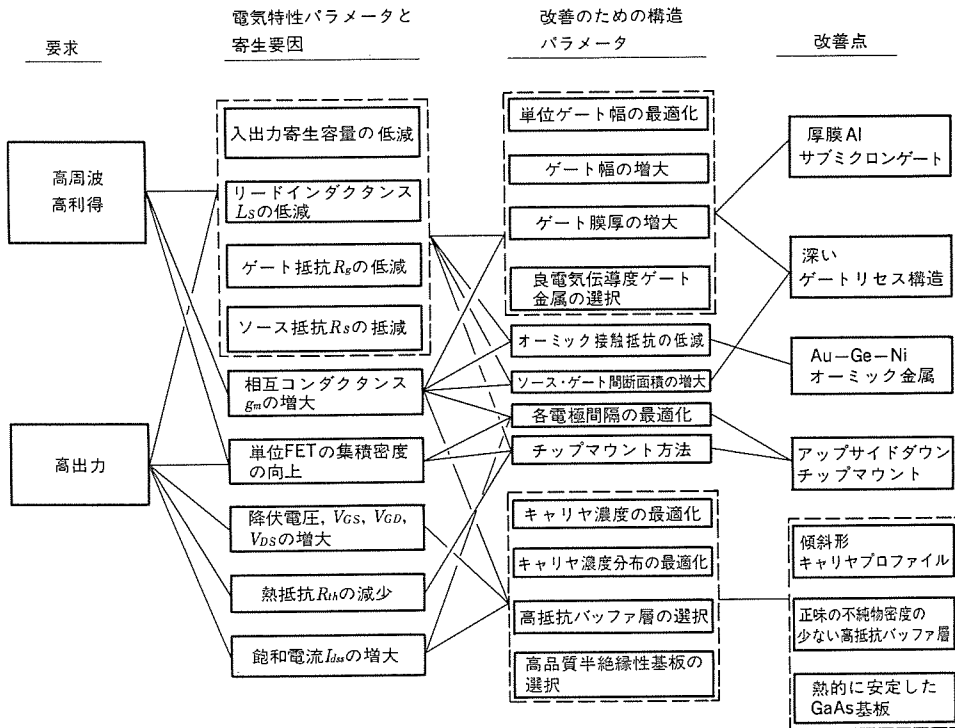


図 2. 高性能化のための改善点

3. 内部整合化⁽³⁾

高出力化に伴い、ゲート幅が増大し、チップサイズが大きくなり、チップの入出力インピーダンスが小さくなる。これに伴ってパッケージの寄生容量や寄生インピーダンスの影響が大きくなり、FETの入出力インピーダンスの周波数特性が悪くなる。そのため、外部整合回路で広帯域化を図ることが難しくなる。

パッケージ内に 50Ω 化整合回路を集積した内部整合化により、パッケージの寄生効果を小さくでき、チップの性能を十分に引き出すことができる。また内部整合化により、外部整合回路のない 50Ω 線路に素子を直結するだけで、広帯域で高利得、高出力特性が実現できる。

X帯以上の高周波においては、従来のアップサイドアップ形チップマウントでは各電極のリードインダクタンスの影響が大きくなる。このため、整合中心周波数を高めることが極めて難しくなる。

チップと整合回路とを金リボンで接続し、かつチップをアップサイドダウン形にマウントすることにより、インダクタンスを小さくできる。

アップサイドダウン形チップマウントで内部整合化した素子構成で、広帯域で高利得、高出力化が達成できる。

図 4. に、内部整合回路を有したアップサイドダウン形 GaAs FET の断面構成図及び等価回路図を示した。入出力とも 2 段 チェビシェフ形インダクタンス L 、容量 C の集中定数整合回路を採用した。 L 、 C の値は、実測したチップの入出力インピーダンスをもとに、50Ω になるように設定した。

回路定数に見合った面積の金属膜パターンを蒸着した高誘電体基板をパッケージに装着することによって、 C を形成した。 L は 25 μmφ の Au 線を C 用金属パターンにワイヤリングすることによって得られた。

4. 素子作製

図 5. に、素子構造パラメータの最適化及び内部整合化技術に基づい

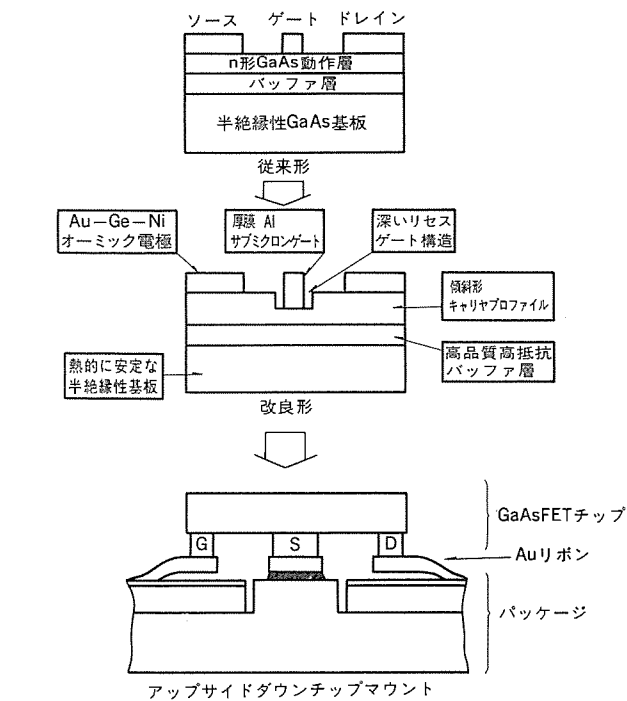


図 3. FET の断面構成図

に直接取付けたアップサイドダウンチップマウント方法が効果的である。

図 2. に、高周波で高出力、高利得化のための電気特性パラメータと構造パラメータの関連性及び改善点をまとめて示した。

これらの構造パラメータは、相反する効果を有する場合が多い。具体的な素子構造の設計にあたっては、前述の設計指針に基づいて、実験的に最適化を図った。図 3. に、最適化したアップサイドダウンチップマウント用電力用 FET の単位ゲートの断面構成図を示した。

ゲート電極は、深いリセス内に形成されている。この構造を用いることにより、耐圧の向上とゲート・ソース間抵抗の減少を同時に達成できた。

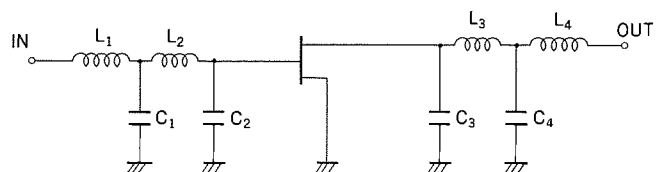
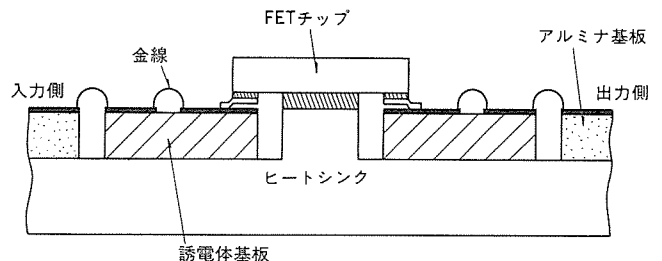


図 4. 内部整合化 FET の断面構成図

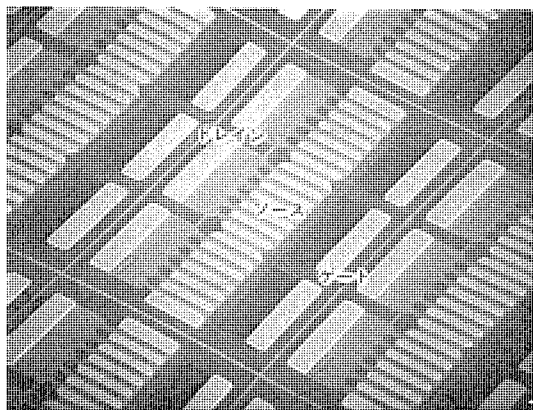
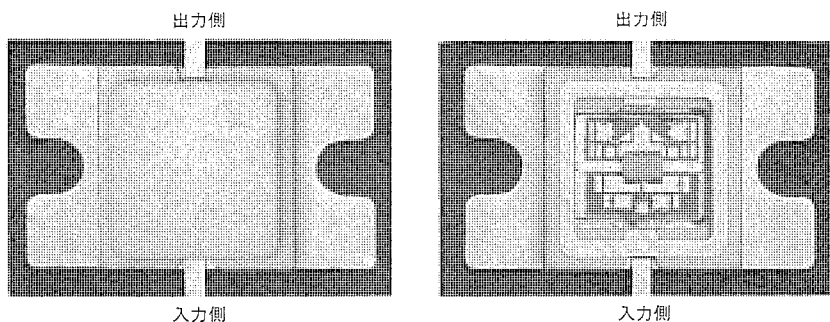


図 5. FET チップ



(a) 外観 (b) 内部

図 6. 内部整合化 FET の外観及び内部

て、試作した FET チップを示した。図 6. には、10 GHz 帯で 2 W 以上の出力が得られる内部整合化素子の外観及び内部を示した。組立構成断面図は、図 4. と同じである。

GaAs 結晶材料としては、熱的に安定な GaAs 半絶縁性基板上に、正味の不純物密度の低い高抵抗バッファ層と、厚み 0.5~0.8 μm、キャリア濃度 $1.2 \sim 1.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の n 形動作層を有する GaAs エピタキシャルウェハを用いた。

ゲート電極は、材料が Al で、ゲート長 0.8 μm、厚み 0.7 μm、単位ゲート幅 200 μm、全ゲート幅 7,200 μm である。

ソース及びドレイン電極は、電極間隔 4 μm で、 $2 \times 10^{-7} / \Omega \text{ cm}^2$ の接触抵抗⁽⁴⁾を有する Au-Ge-Ni 金属で形成した。

FET チップはアッパサイドダウンにマウントし、ソース電極は直接パッケージのヒートシンクに Au-Ge はんだではんだ付けした。

ゲート及びドレイン電極は Au リボンで高誘電体基板に接続した。

FET の入力インピーダンスの 50 Ω 化は内部整合回路作製後、電圧定在波比 (VSWR) が 2.5 以内に入るように微調した。

5. 電気特性

5.1 静特性

図 7. に、試作した内部整合 GaAs FET の代表的な DC 及びパルス入力時の $I-V$ 特性を示した。パルス入力条件は、パルス幅 46 μs、繰返し数 41.3 Hz である。

パルス入力時の飽和電流 I_{DSS} は、DC 入力時に比べて増加する。この違いは、パルス入力時の熱抵抗は DC 入力時に比べて小さくなり、チャンネル部温度上昇が少ないためである。このため、電子易動度が大きくなり、 I_{DSS} が大きくなる。

図 8. に、単一パルス幅に対する過渡熱抵抗の変化を実測値と計算値の比較で示した。図中 τ は測定遅れ時間である。単一パルス幅が小さくなるにつれて、過渡熱抵抗が小さくなる。単一パルスの過渡熱抵抗を用いて、繰返しパルス時のチャンネル部最高温度上昇 $\Delta T_j \text{ max}$ は式(4)で与えられる。

$$\Delta T_j \text{ max} = \{D \cdot R_{th-c} + (1-D)r_{th}(x_1+T) + r_{th}(x_1) - r_{th}(x)\} \cdot P_p \dots \dots \dots (4)$$

但し、 D はデューティサイクル、 $r_{th}(x_1)$ はパルス幅 T_1 に相当する過渡熱抵抗、 $r_{th}(x)$ はパルス周期 T に相当する過渡熱抵抗、 $r_{th}(x_1+T)$ は T_1+T に相当する過渡熱抵抗、 R_{th-c} はチャンネル部とケース間の定常熱抵抗、 P_p は尖頭消費電力である。

式(4)からパルス幅 46 μs、繰返し 41.3 Hz、尖頭消費電力 8 W における $\Delta T_j \text{ max}$ は約 25°C となり、DC 入力時の温度上昇約 80°C

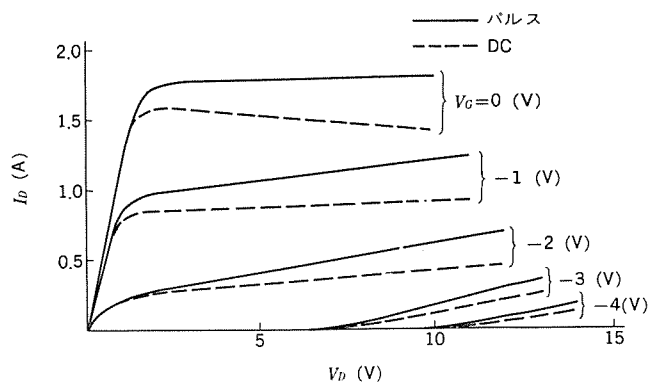


図 7. 電流—電圧特性比較図

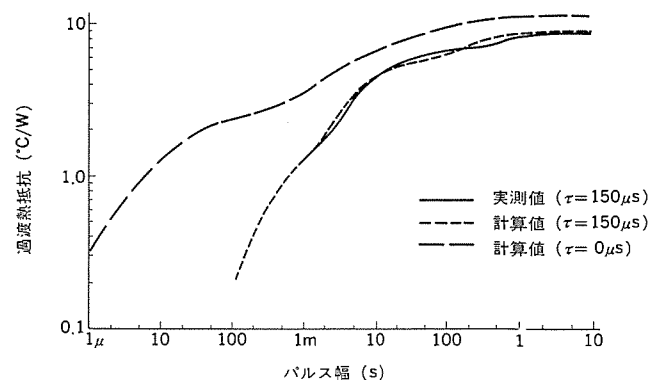


図 8. 過渡熱抵抗—パルス幅特性

に比べてかなり小さくなる。

5.2 高周波特性

図 9. は 10 GHz における代表的な RF 入出力特性を示したもので、外部整合のない 50 Ω 評価系で測定した。動作電圧 V_{DS} 9 V、動作電流 I_D 0.9 A の DC 入力時に、1 dB 利得圧縮点出力 P_{1dB} 2.3 W、直線利得 G_{LP} 7 dB、付加電力効率 23% の特性が得られた。

図 10. に、代表的な小信号 S パラメータの周波数軌跡を示した。8.8~10.2 GHz の周波数にわたり、 S_{11} 及び S_{22} ともに VSWR 2.5 以内に入っている。

図 11. に、 P_{1dB} 及び G_{LP} の周波数特性を示した。2 dB 出力低下帯域は、9.0~10.0 GHz と 1 GHz にわたり広帯域特性が得られている。

パルス入力を用いた場合には、チャンネル部の温度上昇が DC 入力時に比べて少なくなるので、出力及び利得ともに増加する。

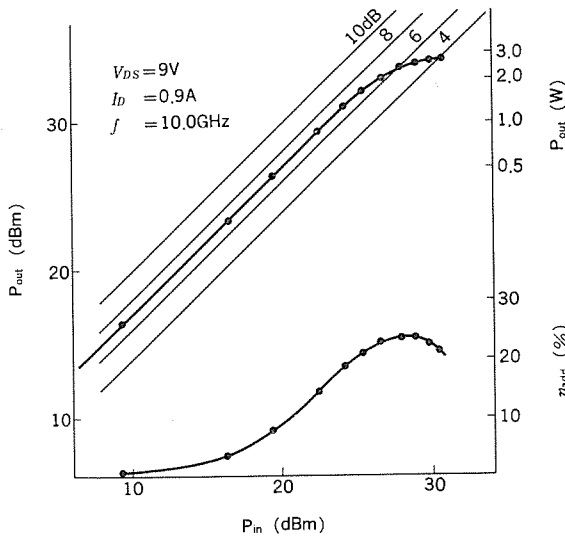


図 9. 入出力特性

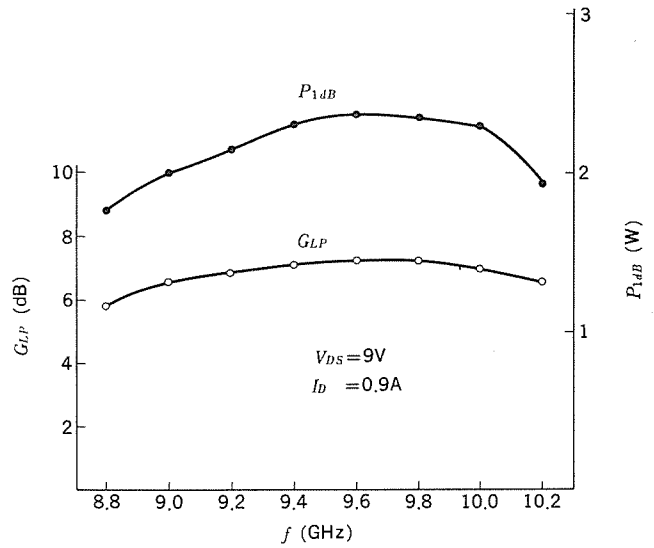


図 11. P_{1dB} , G_{LP} の周波数特性

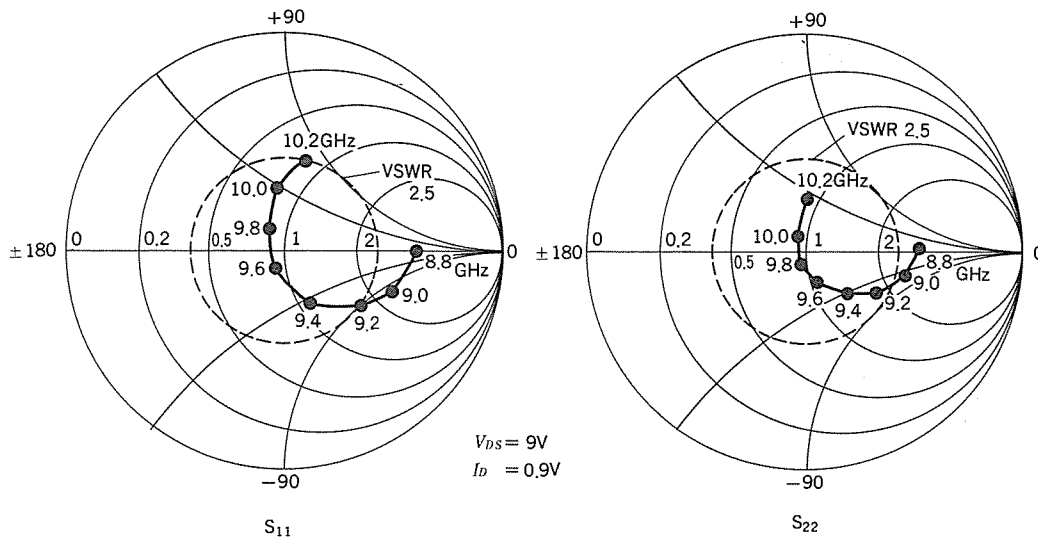


図 10. 入出力小信号 S パラメータの周波数軌跡

6. む す び

X帯以上の高周波帯で高出力、高利得の電力用 GaAs FET を得るために、電気特性パラメータと構造パラメータの関連性を明らかにし、これに基づいた素子構造の最適化を図った。更に、内部整合回路の最適化と GaAs FET チップをアップサイドダウンにマウントした内部整合化技術を確立した。

その結果、従来のアップサイドアップ形素子に比べて、各電極のリードインダクタンスを極めて小さく、かつ熱抵抗を減少させることができた。

このような改善効果により、9～10GHzの帯域にわたり、1dB利得圧縮点出力 2W 以上、直線利得 6.0dB 以上の電力用 GaAs FET が再現性良く得られた。

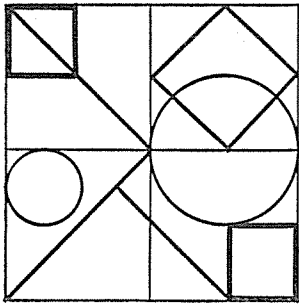
開発された広帯域で高出力、高利得を有する電力用 GaAs FET は、X帯以上で使用されるマイクロ波通信機器のマイクロ波出力源として、これまでの進行波管に代わり、十分に置き換えが可能である。更に低消費電力かつ高寿命であるため、衛星搭載用電力増幅器など

の高信頼性を要求されるシステムに利用できる。今後マイクロ波帯内帯部整合形高出力 GaAs FET の応用範囲はますます広がって行くことは確実である。

参 考 文 献

- (1) 鈴木：Ku帯低雑音 GaAs FET とその特性，電子材料，19，No. 7，P. 109～115（昭55）
- (2) Y. Mitsui：Flip CHIP Mounted GaAs Power FET with Improved Performances in X to Ku Band, Proceedings of the 11th conference on solid state devices, 19, P. 345～348（1979）
- (3) Y. Mitsui：10 GHz 10 W Internally matched flip-chip GaAs power FET'S, IEEE transactions on microwave theory and techniques, MTT-29, No. 4, P. 304～309（1981-4）
- (4) 三井：III-V 族化合物半導体オーミックコンタクト，応用物理，47，No. 2，P. 243（昭51-4）

特許と新案



複合開閉器装置 (特許第997288号)

発明者 懸山 弘・竹内 義治・吉田 頼弘

この発明は、しゃ断器と断路器及び接地断路器とで構成される複合開閉器の改良に関するものである。

従来、この種の装置は図1. に示すように、しゃ断器(3)と断路器(7a)の間に変成器(9a)を配置するようにはしていたため、機器外形寸法が大きくなり、またブッシング(6a)などの重量物が高い位置に置かれるので、振動に対するバランスも悪くなるなどの欠点を有していた。このために、図2. に示すように、変成器(9a)を断路器(7a)、接地断路器(15a)の外側に配置する構成が考えられる。このような構成にするとブッシング(6a)下部の絶縁スペースを有効に利用して変成器(9a)を配置すれば、非常に縮小された外形寸法と

なり、しかも重量物が低い位置にあるために振動上バランスも良くなるわけであるが、次に述べるような系統保護上の問題が残る。即ち、例えばこの装置を並行2回線送電使用した場合には、図3. に示すように停止されている回線(19)のしゃ断器(3)が解放状態で、接地断路器(15a)、(15b)が投入されている状態で、片回線(20)に地絡事故が発生し多大な地絡電流 I_2 が流れると、この地絡電流 I_2 により停止されている回線(19)に接地断路器(15a)、(15b)を通して大地との間に循環電流 I_4 が誘導される。この電流を変流器(9b)が検出するために、停止されている回線(19)において、あたかも流出または流入電流が流れたかのように見え、母線保護用の差動継電器(13)が誤動作するという問題が生じる。

この発明は上記のような点に鑑みてなされたもので、構造上適切な構成配置とすることにより、系統保護上の円滑な系統分離を行えるようにした複合開閉器装置を提供しようとするものである。

すなわち、図4. 及び図5. に示すように、しゃ断器(3)が収納されるタンク(1)の両端に、

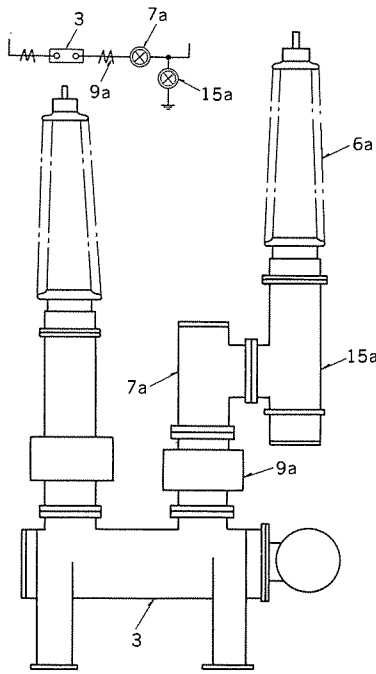


図1

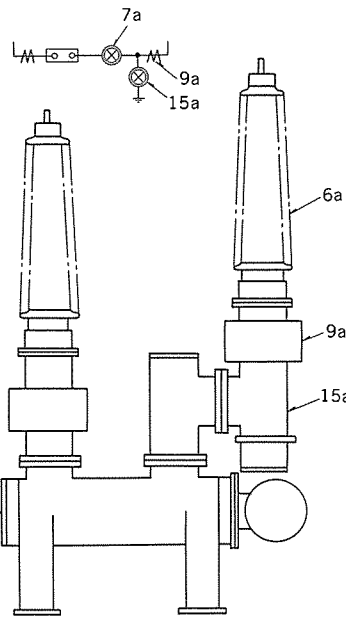


図2

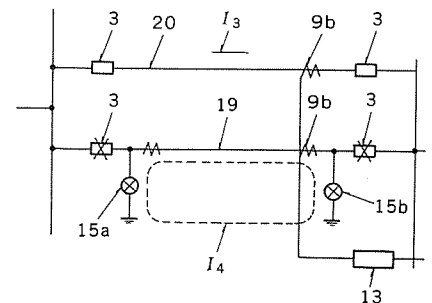


図3

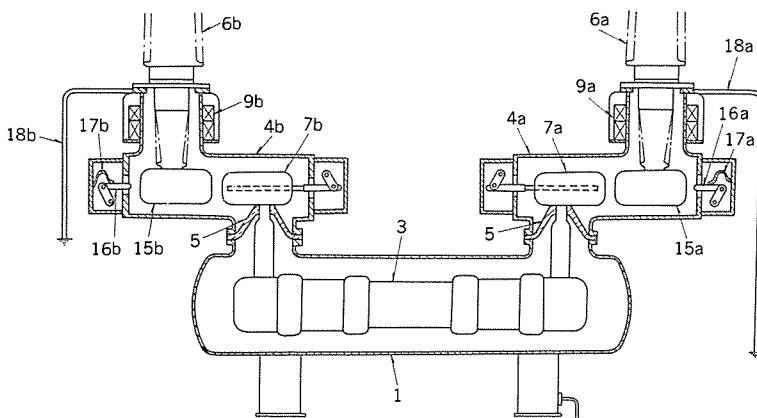


図4

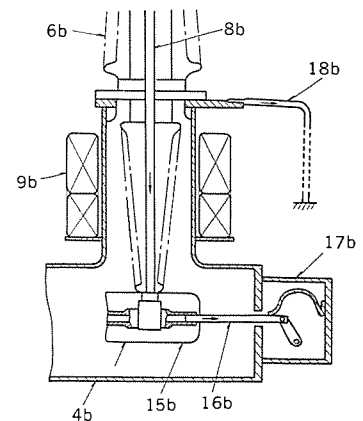


図5

特許と新案

絶縁スペーサ(5)を介して導電性タンク(4 a), (4 b)を設け、この内部に断路器(7 a), (7 b)及び接地断路器(15 a), (15 b)が収納される。この接地断路器(15 a), (15 b)はしゃ断器(3)の開放時に可動部(16 a), (16 b)に取付けられたそれぞれの可撓導体(17 a), (17 b)を介して接続導体(8 a), (8 b)と導電性タンク(4 a), (4 b)とを接続するように配置されている。又、異常電流検出用変成器(9 a), (9 b)は導電性タンク(4 a), (4 b)の垂直円筒部の周囲に配設され接続導体(8 a), (8 b)を流れる電流により付勢される。そして、導電性タンク(4 a), (4 b)は変成器(9 a), (9 b)のプッシング(6 a), (6 b)側において接地導体(18 a), (18 b)により接地されている。この発明は上記のように構成されているので、例えば並行2回線送電において、他回線(20)に発生した地絡事故によ

って生じる多大な地絡電流により片回線(19)に誘導される接地循環電流は図5.に示すように、接続導体(8 b)から接地断路器(15 b), 可撓導体(17 b), 導電性タンク(4 b)及び接地導体(18 b)を経て接地される。そのために、接地導体(8 b)と導電性タンク(4 b)とをそれぞれ流れる接地電流によって発生する磁界は互いに相殺されるので、異常電流検出用変成器(9 a)の応答は防がれ、図2.にて説明したような母線保護上の誤動作は防止される。

以上のように、この発明によれば事故時の系統分離を必要最小限に止め、事故の波及を出来るだけ縮めることができ電力供給運転を円滑に進める効果を発揮し、更に、複合開閉器において、機器外形寸法が縮小され、耐震構造上優れた機能を具備し実用上の効果は大である。

半 導 体 装 置 (特許 第1015247号)

発 明 者 福 山 誠・吉 富 正 夫

この発明は半導体装置特に半導体基板に形成されるピンチ抵抗部分の改良に関するものである。

図1.は半導体基板に形成される従来のピンチ抵抗を示す断面図であり、図において(1)はP型半導体基板、(2)はN型埋込層、(3)は分離帯、(4)は第1領域、(5)は第2領域、(6 a)・(6 b)は第2領域(5)の両端部、(7)は第3領域、(8)は絶縁膜、(9 a)・(9 b)は電極を示す。このピンチ抵抗は電極(9 a)～(9 b)間におけるP型の第2領域(5)の高比抵抗を利用するものであるが、構造上この抵抗を小さい値で制御することに限界があり、定電流源用抵抗、起動回路用抵抗等の高い値の抵抗体としてしか用いられずその用途が限定される欠点があった。

この発明はピンチ抵抗領域内にピンチ抵抗と並列にダイオードを形成したことにより、従来の高抵抗領域での用途だけでなく増幅器の入力回路等広範囲の用途に適用できるようにしたものである。

図2.はこの発明による半導体装置の1例を示す断面図である。この発明の特徴は図における(1)～(5)までを形成する工程を従来例と同じ方法で形成した後、N⁺の第3領域(7)を形成する際に第2領域(5)の一方の端部(6 a)の一部にN⁺第4領域(10)を形成し、あと電極(9 a)・(9 b)・(11)を形成後電極(9 b)と(11)を短絡し

電極(9 a)と電極(9 b)から端子(A)・(B)を導出した点にある。

図3.は図2.の半導体装置に対応する等価回路を示すもので、(R_p)は電極(9 a)～(9 b)間におけるピンチ抵抗、(D)はN⁺の第4領域(10)とP型第2領域(5)との接合によって形成されるダイオードである。この回路において端子(B)が端子(A)に比べて正の電位するときピンチ抵抗体(R_p)の値がそのまま抵抗値となる。一方端子(A)が端子(B)に比べて正の電位するとき印加電圧が約0.7Vまではピンチ抵抗体(R_p)の値であり、0.7Vを越えるとダイオード(D)の動抵抗によって制御される。

以上のようにこの発明による半導体装置は、周囲をP型領域(1)で囲まれて他の半導体素子と分離されたN型第1領域(4)に中央部がくびれた形状を有する帯状のP型第2領域(5)を形成し、この第2領域のくびれた部分及び少なくとも一方の端部に形成されたN型第3領域(7)、第4領域(10)を設け、第2領域(5)の両端部間をピンチ抵抗体として用い、この端部と第4領域(10)との接合をダイオードとして用いたことを特徴とするもので、このダイオードのクランプ作用により従来高抵抗としてしか用いられなかったピンチ抵抗を増幅回路における過大入力阻止回路等広範囲の用途に適用できる効果を有する。

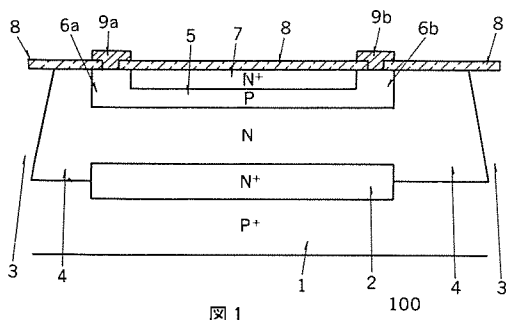


図1

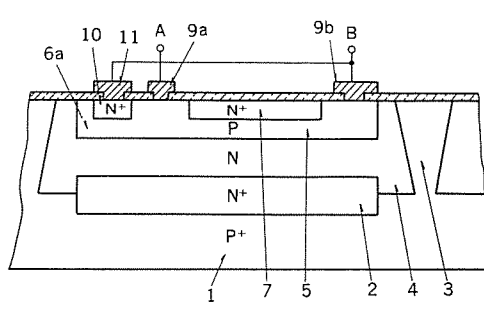


図2

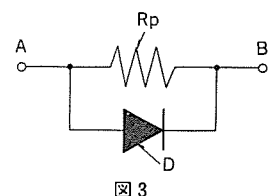


図3

回生・発電ブレーキ併用界磁チョップ電車電機品

東 捷敏*・関根康祐*・牧 美好*・四方 進*

1. ま え が き

近年、都市近郊の再開発によりドーナツ化現象が進み、近郊と都市を結ぶ通勤輸送の需要は、増加の一途をたどっている。これに対応するため列車本数が増加し、各列車も長大編成化の傾向にある。更に夏季の冷房などのサービス向上も相まって、列車を運用するための消費電力が増加する要因となっている。

一方、省エネルギーという大きな社会的要請にこたえるものとして、地下鉄を中心に回生ブレーキ付電機子チョップ車が実用化されているが、近郊電車は高加減速性能だけでなく高速性能が要求され、高速域での省エネルギー効果が大きく、コストパフォーマンスのよい界磁チョップ車が多く実用され始めている。しかし、通勤圏の拡大とともに路線によって長い勾配区間での抑速ブレーキが要求され、負荷によって左右される回生ブレーキだけでは保安上の問題がある。

このたび、発電ブレーキを併用して安全性を高めるとともに、路線条件に合致して省エネルギー効果を最大限に発揮できる回生・発電ブレーキ併用界磁チョップ制御方式を開発実用化し、主電動機や界磁チョップ制御装置などの主要電機品を近畿日本鉄道(株)、新京成電鉄(株)、南海電気鉄道(株)向けに製作納入した。

ここでは、初の回生・発電ブレーキ併用界磁チョップ方式と、勾配線用大容量角形複巻電動機などの電機品について紹介する。

2. 回生・発電ブレーキ併用界磁チョップ方式

2.1 界磁チョップ制御方式

2.1.1 基本回路

直流電動機で駆動される電気車は、主に電機子電圧制御と界磁制御とを併用して速度制御される。界磁チョップ制御方式は、基本的に図1.に示すとおり直流複巻電動機の電機子回路の主抵抗器を順次短絡するとともに、チョップによって分巻界磁電流を制御する。

2.1.2 特長

- (1) 分巻界磁電流を他励制御することにより、高速から回生ブレーキを作用させることができ、電力節減が可能である。
- (2) 力行とブレーキの回路切換えがなく、分巻界磁電流の制御によって所望の引張力やブレーキ力が得られるので、高速域での定速運転が容易に行える。
- (3) 抵抗制御車と比較して弱界磁制御機器が不要となり、

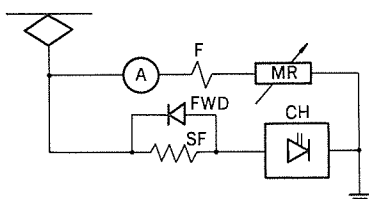


図1. 界磁チョップ基本回路

更に主抵抗器が力行専用となるため大幅に容量減となるので、界磁チョップ装置の増加分を考慮しても装置全体としては、抵抗制御車の70~80%まで小形軽量化が可能となる。

2.1.3 回生ブレーキ方式

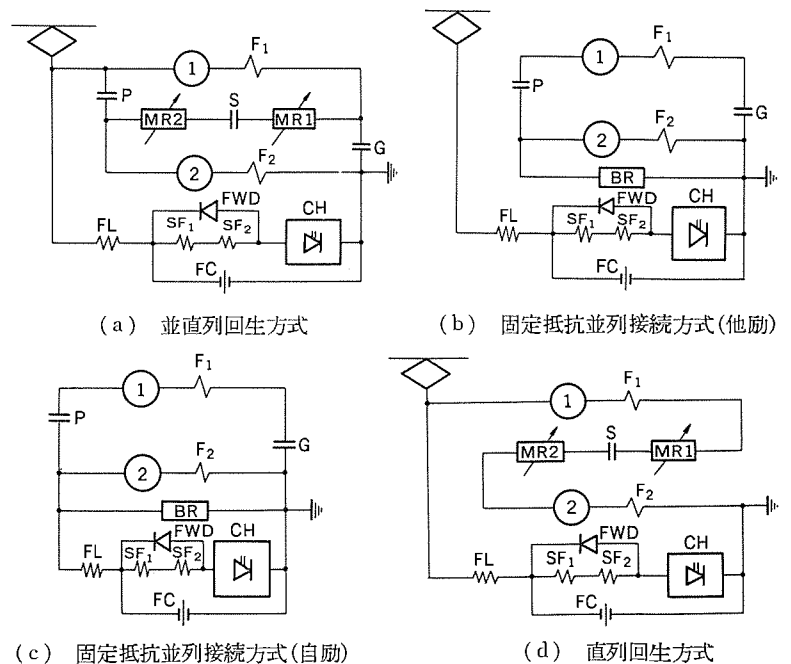
回生ブレーキ力を得るためには、チョップにより分巻界磁を励磁することによって電機子電圧を電車線電圧より高く制御し、電機子より電車線に向けて電流(回生電流)を流してやればよい。具体的には、電機子電流と分巻界磁電流とで決まるブレーキトルクが指令値と等しくなるように界磁チョップにより分巻界磁電流を制御する。界磁チョップ制御方式の特長の1つである回生能力をより高めるため、高速域では主電動機を並列接続、低速域では直列接続として広い速度範囲で回生ブレーキを作用させる並直列制御回生方式が最も多く実用されている。

2.2 回生・発電併用ブレーキ方式

従来の界磁チョップのブレーキ方式では、回生ブレーキは他の力行車などの回生負荷が無いと作用しないので、無負荷時あるいは回生失効時には空気ブレーキに切換えることによりブレーキ力を確保している。ところが、長い勾配区間をもつ路線や、回生負荷が十分ではないと予想される路線用の回生車の場合、保安上の問題及びブレーキシューの摩耗を防ぐという点から発電ブレーキを併用する必要がある。以下に界磁チョップにより制御される直流複巻電動機を用いた回生・発電併用ブレーキ方式について説明する。

2.2.1 固定抵抗並列接続方式

図2.(b),(c)に示すように、発電ブレーキ用の主抵抗器を電機子回路と並列に接続して電車線とは切離された閉回路とする方式であ



(c) 固定抵抗並列接続方式(自励)

図2. 回生・発電併用ブレーキ方式

り、分巻界磁の励磁を再生ブレーキと同様に電車線から行う方法と、電車線とは分離して自己の電機子電圧で自励する方法とがある。前者は、電車線を電源として分巻界磁を他励するので、低速まで安定したブレーキ力を作用させることができるが、電車線停電時には、もちろん作用させることができない。これに対して後者は、自己の電機子電圧を電源として分巻界磁を自励するので、電車線停電時にも従来の抵抗制御車の発電ブレーキと同様にブレーキ力を作用させることができる。ただし、低速域では界磁チョップの最大通流率で決まる限界及び界磁チョップ装置の転流能力で決まる限界があり、ブレーキ力作用範囲が低速域で前者より若干狭くなる。

2.2.2 直列再生方式

直巻電動機を用いた電機子チョップ方式では、再生負荷の変動に対して応答よく再生電力を制御することができる。しかし、界磁チョップ方式では応答性がやや劣るため、期待再生負荷量に対して過大な再生能力を持たせると、大幅な負荷急変に際しては応答しきれず回路オフとなつて、再生有効率を下げってしまう可能性がある。したがって、再生負荷が十分でない予想される路線を走る界磁チョップ車においては、図2.(d)に示すように、再生時には電機子接続を直列として抵抗器を直列に挿入する方式が有効である。すなわち、抵抗器を直列に挿入して発電ブレーキを常時併用し、再生能力を適切な値に抑えているので、再生有効率ひいては実効再生電力量が大きくなる。また直列抵抗の挿入によって、再生速度域が広がるとともに、電圧や負荷の変動に対して強いという特長がある。

3. 界磁チョップ制御電車用電機品

前述の再生・発電ブレーキ併用方式を採用した界磁チョップ制御電車用電機品について、紹介する。

3.1 電車の性能

近鉄1400系、新京成8000系、南海8200系電車の性能を表1.に示す。

3.2 主電動機と駆動装置

3.2.1 主電動機

(1) 容量

走行シミュレーション結果と各路線での特殊条件(例えば、登坂能力)を十分に考慮して容量を決めている。また、分巻界磁巻線は、通常

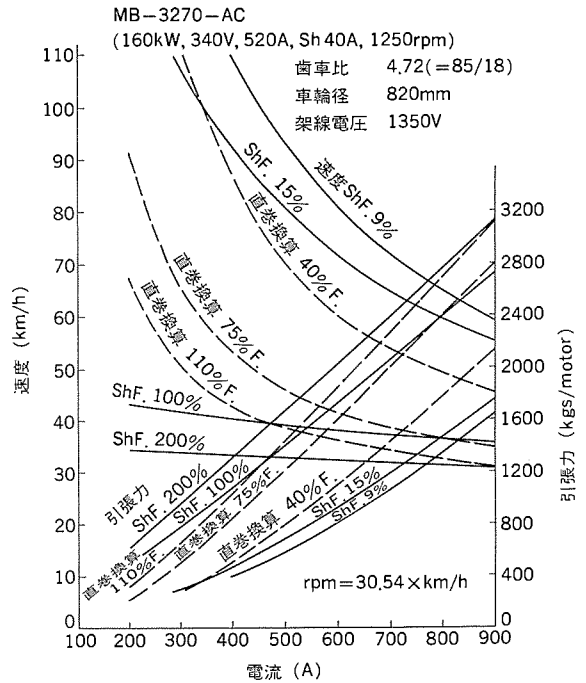
の起動時及び停止時に、定格の200%近くまでの強め電流を短時間流すほか、抑速時は定格以上の電流が長時間流れるので、十分な熱的余裕を有するように設計している。

(2) 主電動機形式

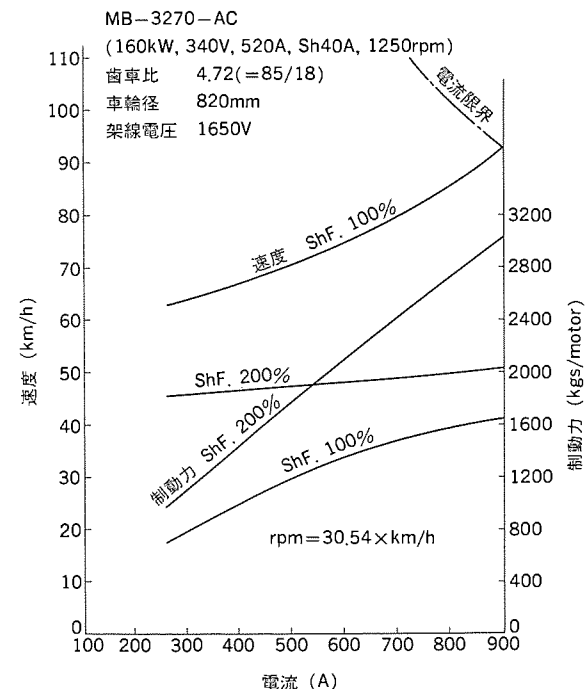
複巻電動機を採用しており、大幅な弱め界磁制御を可能とする一方、過渡的な安定性を高めるために、補償巻線を有している。また大幅な弱め界磁制御をしても、界磁安定度(界磁アンペア回数/電機子アンペア回数)が十分に確保できるように、界磁アンペア回数は十分大きく設計している。

(3) 角形枠の採用

界磁チョップ制御用主電動機では、図5.に示すように、外形寸法が



(a) 力行



(b) 回生

図3. 近鉄1400系主電動機特性曲線

表1. 界磁チョップ制御電車の性能

	近畿日本鉄道	新京成電鉄	南海電気鉄道
形式	1400系	8000系	8200系
編成	T ₁ MMT ₂	TMMMMT	TMMMMT 又は TMMT
運用	各停・急行	各停	各停・急行
重量, 定員	T ₁ : 37.0t 170人 T ₂ : 31.0t 170人 M: 39.3t 190人	T: 30.0t 140人 M: 37.0t 150人	T: 26.0t 160人 M: 38.0t 170人
加減速度	α: 2.5 km/h/s β: 4.0 km/h/s	α: 2.8 km/h/s β: 3.5 km/h/s	α: 2.5 km/h/s β: 3.7 km/h/s
最高速度	110 km/h	80 km/h	115 km/h
主電動機	MB-3270-AC	MB-3271-AC	MB-3280-AC
登坂能力 (登り勾配 平衡速度)	33%: 70 km/h 以上	—	25%: 80 km/h 以上 33%: 70 km/h 以上
連結運転	標準軌全線の車両 との連結運転可能	既存の8000系抵抗 制御電車との連結 運転可能	—

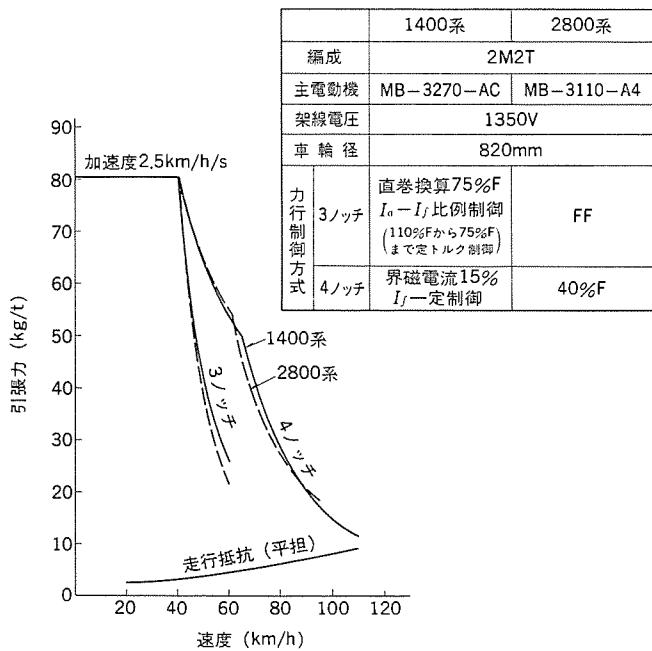


図 4. 近鉄 1400 系車両性能曲線 (力行)

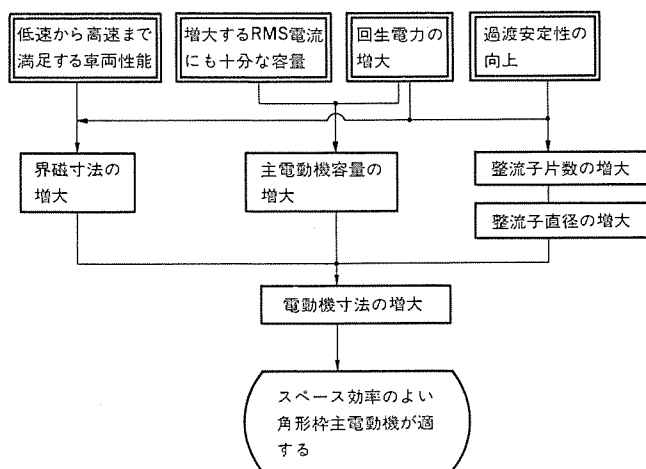


図 5. 角形極主電動機の採用

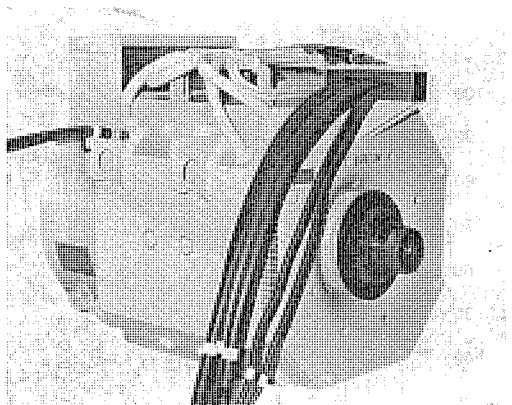


図 6. 近鉄 1400 系 MB-3270-AC 形主電動機

増大する傾向にある。したがって、主電動機のぎ(籠)装空間の利用率高い角形極を採用し、コンパクトな籠装を可能にしている。ただし、新京成電鉄 8000 系界磁チョップ制御電車用主電動機は、既存の 8000 系抵抗制御電車との籠装の互換性と籠装空間に余裕があることから、丸形極を採用した。

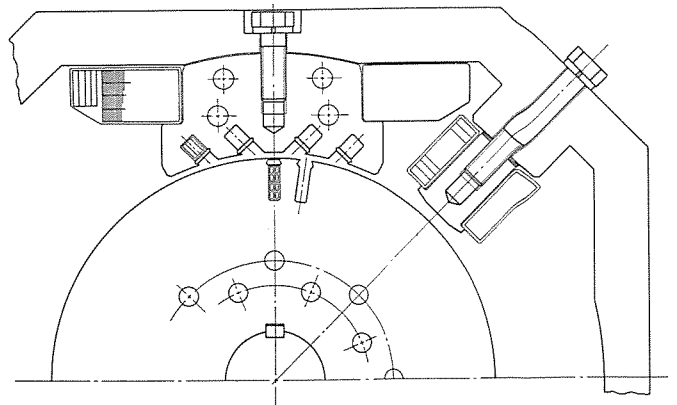


図 7. 近鉄 1400 系主電動機縦断面図

表 2. 主電動機・駆動装置主要要目

	近畿日本鉄道	新京成電鉄	南海電気鉄道
形名	MB-3270-AC	MB-3271-AC	MB-3280-AC
方式	直流複巻補極 補償巻線付	直流複巻補極 補償巻線付	直流複巻補極 補償巻線付
形式	角形枠自己通風式 台車装架式	丸形枠自己通風式 台車装架式	角形枠自己通風式 台車装架式
1時間定格	160 kW, 340 V, 520 A 1,250 rpm 分巻巻線定格 40A	110 kW, 375 V, 330 A 1,550 rpm 分巻巻線定格 24A	160 kW, 375 V, 480 A 1,650 rpm 分巻巻線定格 40A
絶縁級	電機子: H 種 界磁: F 種	F 種	電機子: H 種 界磁: F 種
駆動装置	ギヤユニット: WN-1058-AFM ギヤカップリング: WN-2550-FR 歯車比: 85/18	ギヤユニット: WN-1028-KM ギヤカップリング: WN-2550-FR 歯車比: 95/18	ギヤユニット: WN-1350-AM ギヤカップリング: WN-2300-FR, 歯車比: 85/16

表 3. 界磁チョップ制御装置主要諸元

	近鉄 1400 系	新京成 8000 系	南海 8200 系
形式	FCM-218-15 MRDH	FCM-118-15 MRH	FCM-218-15 MRDH
主回路電圧	DC 1,500 V	同左	同左
制御電圧	DC 100 V	DC 100V, AC 200V	DC 100V, AC 220V
制御空気圧	5 kg/cm ²	同左	同左
制御容量	160 kW (340 V, 520 A, sh 40 A) 直流複巻電動機 8 台 一括制御	110 kW (375 V, 330 A, sh 24 A) 直流複巻電動機 8 台 一括制御	160 kW (375 V, 480 A, sh 40 A) 直流複巻電動機 8 台 一括制御
界磁チョップ装置 定格	DC 1,500 V, 80 A 制御周波数 80 Hz	DC 1,500 V, 48 A 制御周波数 80 Hz	DC 1,500 V, 72 A 制御周波数 80 Hz
	界磁チョップ併用 電動カム軸多段制御	同左	同左
制御方式	力行	直並列制御 直列15段, 並列10段	直並列制御 直列11段, 並列8段
	停止	並直列回生制御	直列回生制御 (抵抗制御併用)
	抑速	並列回生制御 (発電併用)	—
ブレーキ方式	HSC-R(電空演算付)	同左	同左

(4) 騒音対策

補償巻線付であるため、磁気音が発生しないように、スロットの形状や配置には十分な注意をはらっている。また、高速での騒音の主発生源であるファン音の低下にも工夫をするなど、色々な面で低騒音化を図っている。

(5) 構造設計

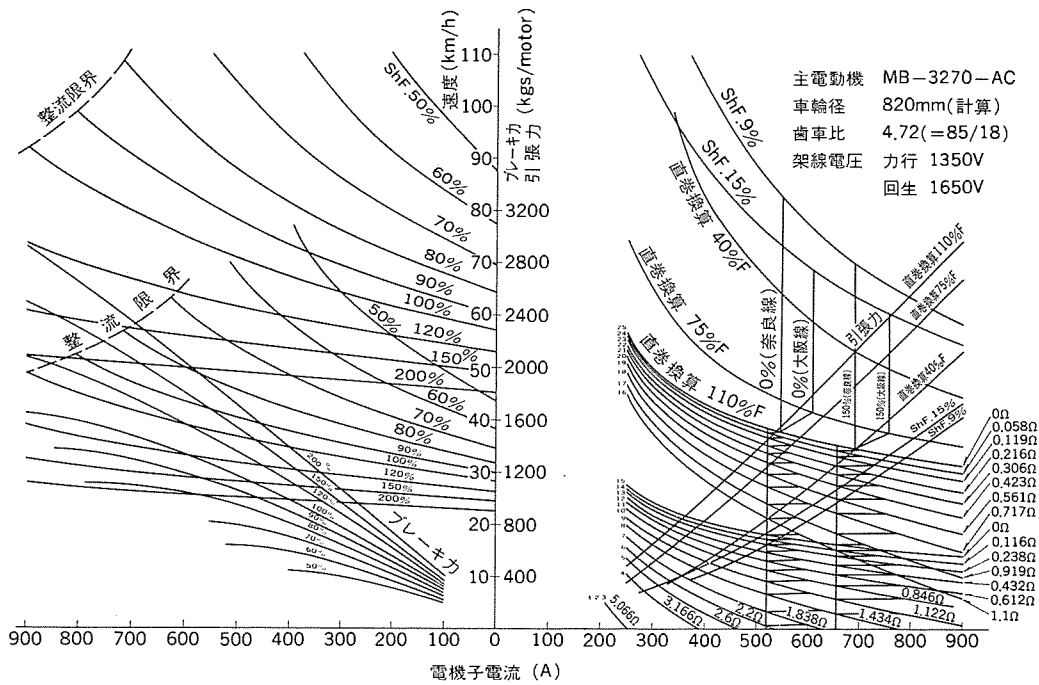
角形枠の電動機であるが、既存の丸形枠の場合とメンテナンスの方法が変わらないように、事前に実物大の模型を製作して十分確認を行っている。更に、高性能フィルタ、ブラシ長尺化、H種絶縁などの最新の技術を取入れて、品質及びメンテナンスの向上を図っている。

3.2.2 駆動装置

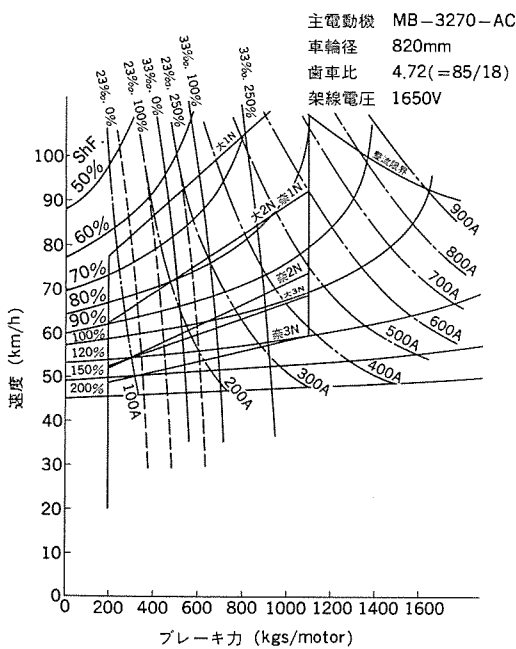
(1) 駆動装置は、当社が広く納入しているWN駆動方式を採用している。WN駆動方式は、次のような特長を有している。

- (a) 全検の間は、全くメンテナンスを必要としない。潤滑はグリースで行うため、油漏れの心配がなく、交換も容易である。また、健全かどうかのチェックも簡単である。
- (b) 分解組立てがきわめて容易である。
- (c) 回転が静粛、円滑で、騒音の心配がない。
- (d) 長寿命である。
- (e) 変位が大きく取れる。

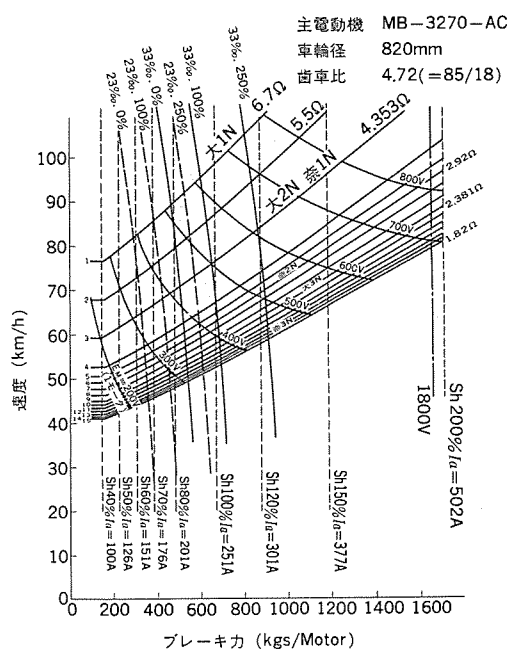
(2) 歯車比は、最高速度から決まる主電動機の整流子周速を考慮



(a) 力行・停止回生



(b) 抑速回生



(c) 抑速発電

図 8. 近鉄 1400 系 ノッチ 曲線

して決めてある。

3.3 界磁チョップ制御装置

最近の当社回生・発電併用界磁チョップ制御装置の主要諸元，制御方式について紹介する。

3.3.1 主要諸元

近鉄1400系，新京成8000系，南海8200系電車の界磁チョップ制御装置の主要諸元を表3.に示す。

3.3.2 制御方式

(1) 力行制御

各装置とも，起動時，電機子電流に比例して分巻界磁電流を増減させ，複巻電動機でありながら，直巻電動機と同様な特性を持たせるとともに，抵抗軸限流進段制御を行って安定な走行性能を持たせている。抵抗短絡後は，電機子電流一定弱界磁制御で加速し，最弱界磁率に達すると分巻界磁電流一定又は直巻換算界磁率一定の制御を行う。

近鉄1400系は，弱界磁制御領域での制御モードを線区ごとに切換えて，各々の既存抵抗制御車と各ノッチ特性を合わせ，連結運転を可能としたオールマイティ車である。

南海8200系は，上がり勾配での定速運転機能を持ち，しかも架線電圧や荷重によって平衡速度が大きく変動しないよう界磁制御を行って運転性を向上させている。

(2) 惰行制御

断流器を切らずに電機子電流を0にする惰行制御は，南海8200系に採用している。

(3) 停止回生ブレーキ

近鉄1400系，南海8200系では，2.1.3節で述べた並直列制御方式を採用し，高速域では主電動機を並列接続し，低速域では直列接続として，回生ブレーキ作用範囲の拡大と回生電力量の増大を図っている。また，ブレーキ初速を検知することによって並列段，直列段の選択を行い，低速域での回生ブレーキ力の立上りを早くするとともに，回生を有効に作用させている。新京成8000系では，運転条件や電力系統からみて大きな回生効果が期待できないと判断されたので，回生有効率を高めるため2.2.2節で述べた直列回生方式を採用して回生・発電ブレーキを常時併用している。

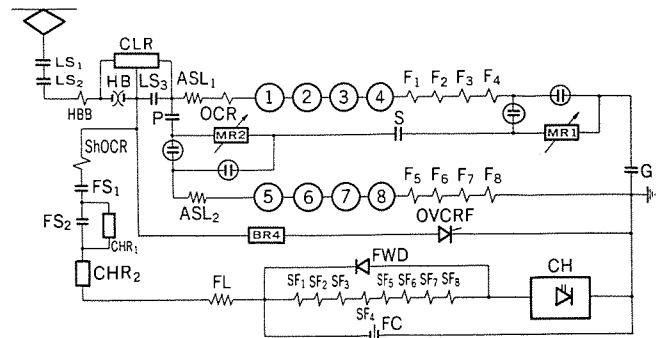
各装置とも，軽負荷時には，電車線電圧を監視しながら回生電流を絞り込む制御を行うことによって回生有効率を高めている。また，電空演算による空気ブレーキ力補足制御を行い，回生ブレーキ立上がり時及び回生ブレーキ最終段における空気ブレーキとの切換えを滑らかにするとともに，回生負荷の急変に対しても安定したブレーキ力が得られるようにしている。なお南海8200系では，停止ブレーキでも発電ブレーキがバックアップできるようにして，空気ブレーキ作用を極力少なくしている。

(4) 抑速回生ブレーキ

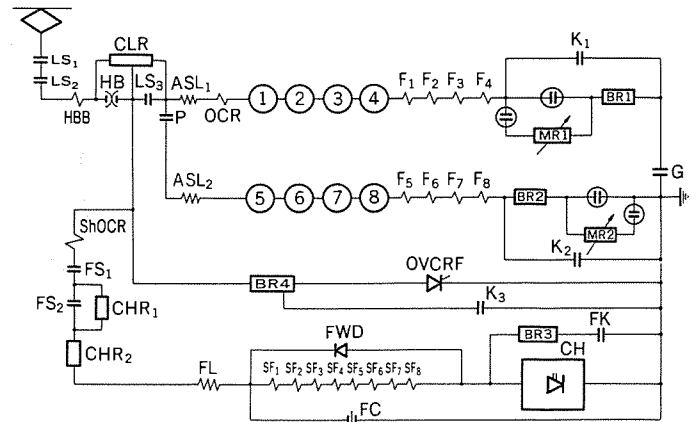
主幹制御器からの抑速ノッチ指令に対応した速度-トルクパターンを設定し，界磁チョップにより，そのパターンに沿ったトルク制御を行い，抑速に必要なブレーキ力は保安・保守上から回生ブレーキのみで負担している。いずれも回生失効時には，以下に述べる発電回路に自動的に切換わる。

(5) 抑速発電ブレーキ

近鉄1400系は，回生失効時はもとより，電車線停電時にも既存の抵抗制御車と同様に抑速ブレーキ力を確保する必要があるため電機子電圧を電源として自励する方式を採用している。以下に近鉄1400



(a) 力行・停止回生



(b) 抑速回生・発電

図9. 近鉄1400系主回路説明図

系の抑速発電ブレーキの特長を詳述する。

(a) 主回路を電車線から分離し，電機子と並列に発電用抵抗と分巻界磁巻線を接続する。分巻界磁巻線には直列抵抗を挿入し，この直列抵抗と発電用抵抗の定数をブレーキノッチ曲線が既存の抵抗制御車と一致するように選定した。

(b) 電機子各群の接地側に直列に，力行及び回生の並直列渡りに使用する起動抵抗を挿入して，高速抑速ブレーキでも電機子の対地電圧を1,800V以下に抑えるようにした。

(c) 安定な制御特性が得られるよう，界磁チョップは停止して，電機子と直列の起動抵抗をカム軸限流進段することによって制御している。

(d) 回生ブレーキから発電ブレーキへの切換えを，瞬時にショック無く行うため，抑速が指令されると起動抵抗を電機子の接地側に転換して，回生ブレーキ中はスイッチで短絡しておく。発電ブレーキへ切換える時は，サイリスタ点弧によって発電用抵抗を電機子と並列に接続すると同時に，このスイッチを開いて起動抵抗を瞬時に電機子と直列に挿入する。この起動抵抗は，回生中に抑速ノッチ指令と電車の速度を監視してカム軸スポッティングしておき，発電ブレーキ電流の立上りの遅れを無くするようにしている。

南海8200系は，電車線電圧を電源として分巻界磁を他励し，機器の小形化，主回路・制御回路の簡略化を図っている。すなわち，電機子回路と並列に発電用抵抗をサイリスタ点弧によって接続するだけで，前述の抑速用転換器などが不要となっている。

3.4 現車試験結果と運転実績

近鉄1400系電車の現車試験結果と運転実績について紹介する。

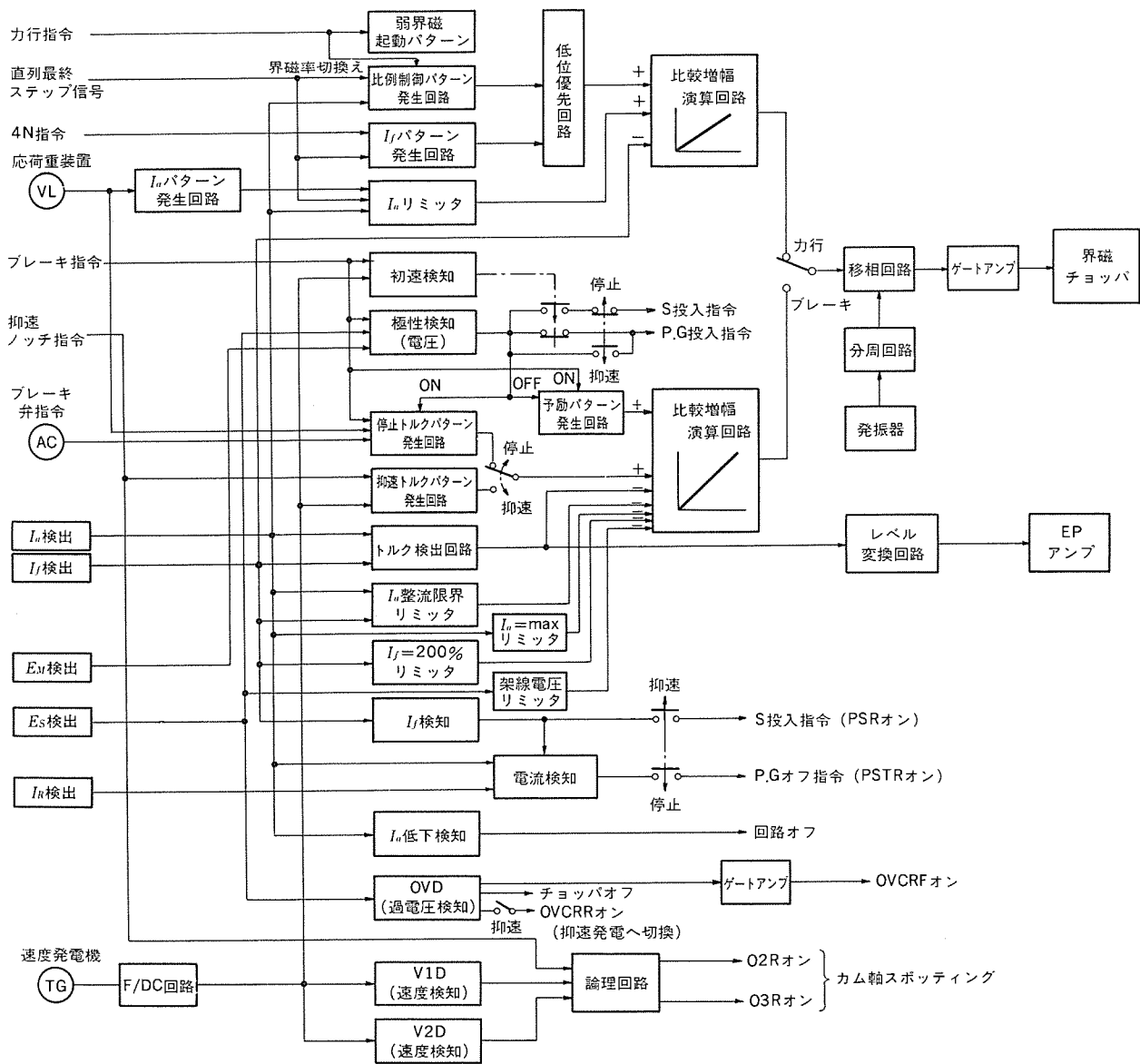


図 10. 近鉄 1400 系制御ブロック図

3. 4. 1 現車試験結果

(1) 力行制御

チョップ装置による応答の速い分巻界磁電流制御により、在来の直流直巻特性と性能的になんら変わることなく安定な運転特性を有していることが確認された。弱界磁起動，比例制御，定トルク制御，電機子電流一定制御，分巻界磁電流一定制御の各モード切換もスムーズに行われ，円滑な加速が行われている。

(2) 停止再生ブレーキ

105 km/h より常用最大ブレーキを作用させた場合の再生ブレーキのオシログラムを図 11. (b) に示す。電機子電流の立上がりは，滑らかに制御されており，再生最終段での電空ラップとともに円滑な電空演算が行われている。再生ブレーキ力がフルに作用している領域では，BC 圧力は初込め圧力の 0.5 kg/cm² だけになっている。

(3) 抑速ブレーキ

抑速再生ブレーキ，抑速発電ブレーキとも電機子電流の立上がりは，滑らかで，下り勾配バランス運転で良好な結果が得られた。特に抑速再生ブレーキ中の負荷遮断試験では，再生ブレーキから発電ブレーキへの切り替わりは，カム軸スポッティング，切換シーケンスの最適化により，瞬

時にショック無く切り替わることを確認できた。また，最初からの発電ブレーキ回路での自動立上がりについても，予備励磁をかけることなくブレーキ電流が速やかに立上がり，良好な結果が得られた。

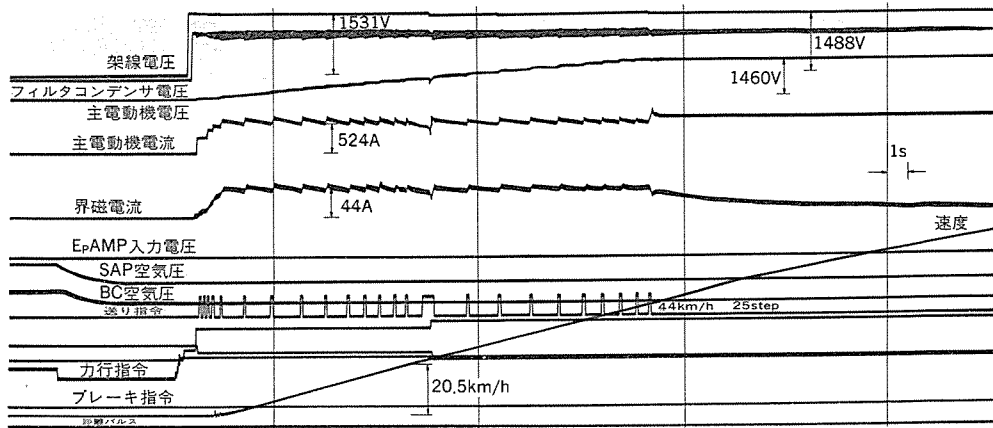
3. 4. 2 運転実績

1400 形車は，種々の性能試験を終えて，昭和 56 年 3 月から大阪線に投入され，順調に稼働している。これまでの再生率は 23~24% (2M3T 運用での実績) であり，当初シミュレーションにより求めた再生率にほぼ等しい節電効果が得られている。

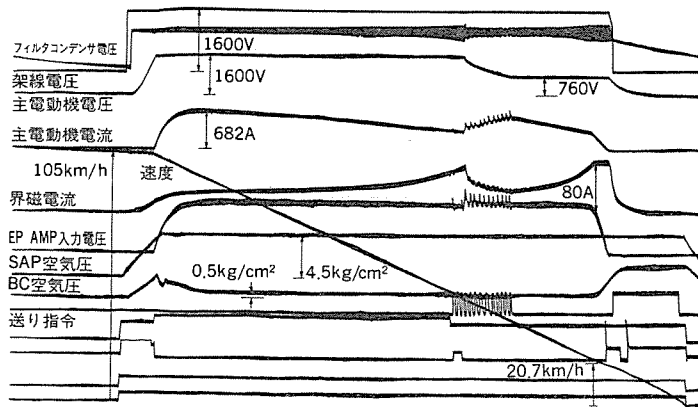
4. む す び

以上，初めて実用化した再生・発電ブレーキ併用界磁チョップ方式について基本回路とその実用例を述べた。運転実績も所期の目標を上回り，満足できるものが得られている。

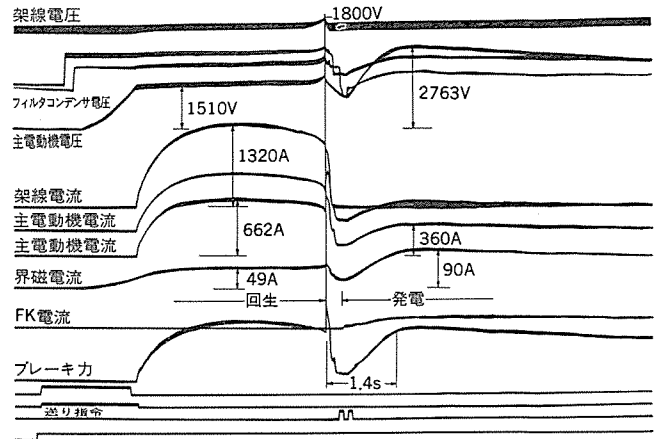
界磁チョップ車は，社会の要請に対応できる省エネルギー効果や機器の小形軽量化をはじめ，投資回収率の高さで従来の抵抗制御車に代わって近郊電車の主流になりつつある。しかし，複巻電動機を使用する上での過渡安定性の向上など取組むべき課題も少なくない。発電ブレーキを併用するときは小形軽量化が最大の課題であるが，再生



(a) 力行

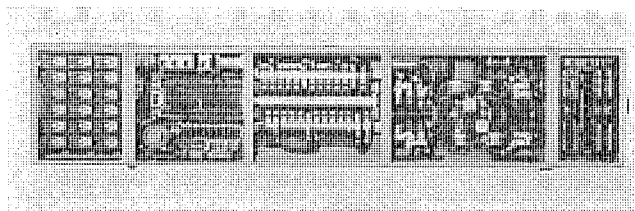


(b) 停止回生

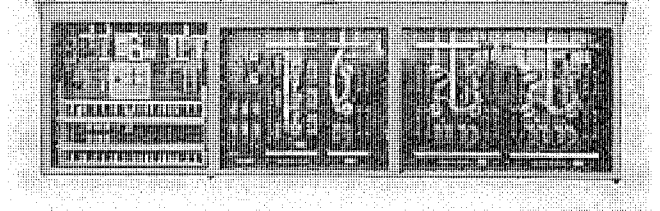


(c) 抑速(回生・発電切換)

図 11. 近鉄 1400 系現車試験 オシログラム



(a) 主制御器箱



(b) 界磁チョップ装置箱

図 12. 近鉄 1400 系

ブレーキ付省エネルギー車両の増加に伴い、地上における回生電力吸収設備との協調などシステム検討が今後必要であろう。

国内、国外を問わず交通需要は増加し、しかもその社会的要求は多様化してきている。地上設備との協調を含め、これらにこたえられるよう新しい技術の開発に取り組んでいきたい。

最後に、これら電機品を開発並びに設計、製作及び試験するに当たり、終始多大な御指導をいただいた近畿日本鉄道(株)殿、新京成電鉄(株)殿並びに南海電気鉄道(株)殿の関係者各位に深く感謝する次第である。

スペイン国鉄納め高出力サイリスタチョップ電気機関車

古杉光史*・永岡 栄**・平尾新三**・金田順一郎**・西条 滋**

1. ま え が き

今回、直流 3,000 V チョップ 電気機関車をスペイン国鉄向けに製作したので、ここにその概要を紹介する。

スペイン国鉄の主要幹線は、山岳地帯が多く、こう(勾)配区間と曲線区間が多いため、高粘着特性を有する強力な発電ブレーキを用意した電気機関車が望まれている。

当社は既に、固定軸距の短い 1 台車 1 電動機方式を採用した粘着特性の良好な、しかも曲線通過特性の優れた電気機関車をスペイン国鉄向けに今まで多数納入してきた。

今回は、今までの優れた駆動システムをベースに、更に電気回路にチョップ制御装置を採用することによって、より高い粘着特性を有する電気機関車を製作することができた。

駆動制御システムとして、1 台車 1 電動機を個別にチョップ制御する方式を採用しているため、電動機やチョップ制御装置の互換性を満足させながら、電動機とチョップ制御装置のセット数を増すことによって、更に高出力の機関車の実現も可能である。

このことは、スペイン国鉄が要望している大出力・高速度・高性能電気機関車の実現に道が開かれたことを示すものと確信する。

2. チョップ電気機関車の特長及び性能

今回のチョップ電気機関車は次のような特性と性能を有している。

- (1) 直流 3,000 V, 3,100 kW, 88 t の機関車で、最高速度は 160 km/h である。
- (2) 1 台車 1 電動機駆動システムで、各電動機はそれぞれ個別のチョップ装置で制御される。
- (3) 力行の弱界磁制御や発電ブレーキの界磁電流制御には、界磁制御用のチョップ装置を、電機子電圧制御用チョップ装置とは別に用意している。
- (4) 各電動機を 2 相チョップで制御することにして、1 電動機開放運転でも、高調波電流を十分に抑制できる。
- (5) チョップ装置の連続制御性を利用して、定速度制御もできるようになっている。

チョップ電気機関車の主要要目を、表 1. に、また外形図を図 1. に示す。この機関車は、歯車比を切換えることによって旅客列車運転と貨物列車運転にそれぞれ最適の特性が選択できる。力行性能曲線、発電ブレーキ性能曲線をそれぞれ図 2., 図 3. に示す。

3. 主回路及び制御系

3.1 力行回路

(1) 力行回路を図 4. に示す。各主電動機回路には、2 相 2 重電機子チョップ装置が電源側に配置され、機関車全体では 4 相 2 重チョップ装置として動作する。チョップの多相制御によって、架線に流れる

表 1. 269 系 チョップ 電気機関車の主要要目

項 目	仕 線	
電 気 方 式	DC 3,000 V	
軌 間 (mm)	1,668	
軸 配 置	B-B	
台 車 方 式	1 台車 1 電動機方式	
機 関 車 重 量 (t)	88	
軸 重 (t)	22	
主 要 寸 法		
全長×幅×高さ (mm)	17,270×3,126×4,280	
台車中心距離 (mm)	10,400	
固定軸距 (mm)	2,280	
車 輪 径 (mm)	1,240 (計算 1,210)	
機 関 車 性 能	客 車 運 転	貨 物 運 転
連続定格出力 (kW)	3,100	3,100
連続定格速度 (km/h)	70	43
連続定格引張力 (kg)	14,600	2,360
最高運転速度 (km/h)	160	100
歯 車 比	2.91	4.68
主 電 動 機	1,550 kW, DC 3,000 V, 550 A, 2 台	
チョップ制御方式	多相チョップ制御/定速度運転/定電圧運転/自動電流制御/重連総括制御/空転再粘着制御	
ブレーキシステム	電空併用ブレーキ, 発電ブレーキ, 手ブレーキ	
補 機 方 式	交流電動発電機 (160 kVA, AC 380 V, 50 Hz) 主電動機送風機, 空気圧縮機等の補助回転機—3 相誘導電動機駆動	

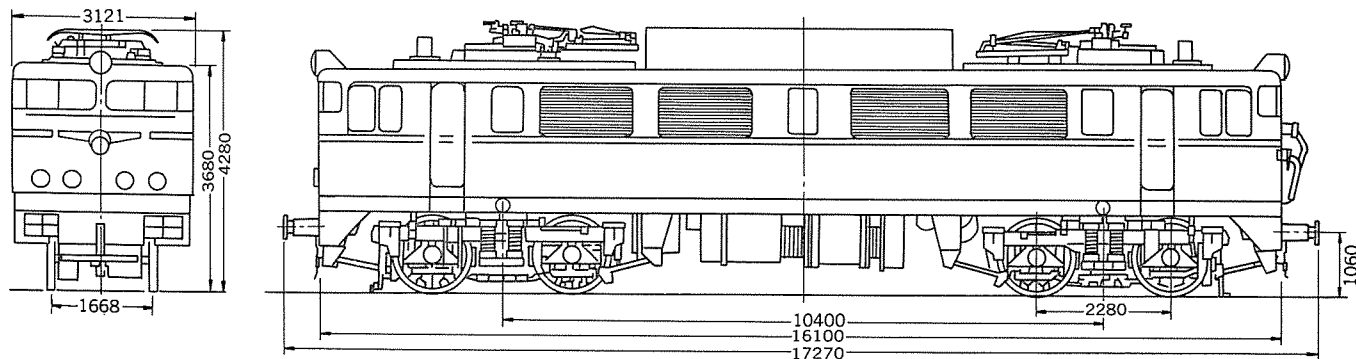


図 1. 3,100 kW チョップ 電気機関車外形図

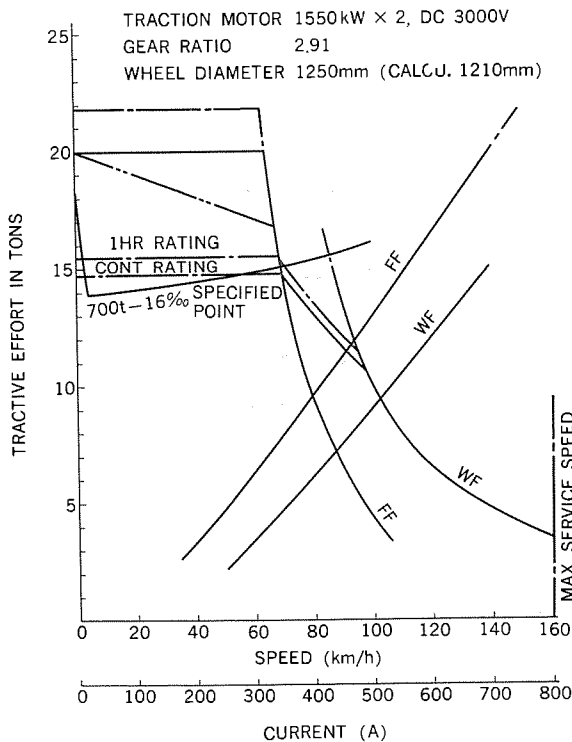


図 2. 力行性能曲線 (旅客列車運転)

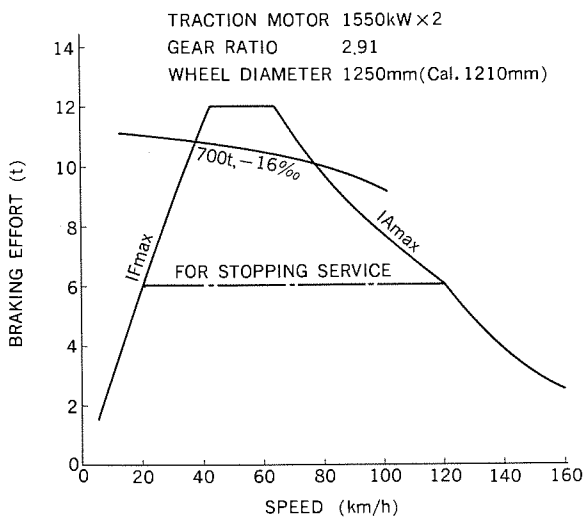


図 3. 発電ブレーキ特性曲線 (旅客列車運転)

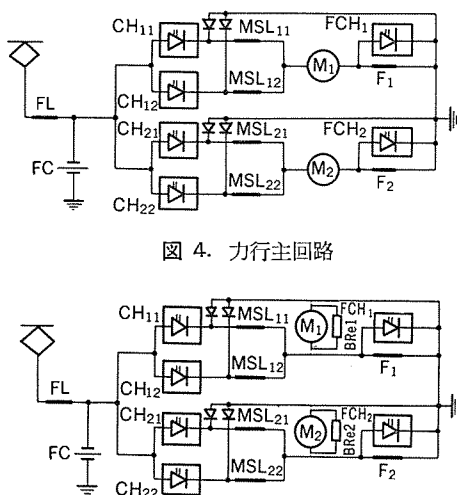


図 4. 力行主回路

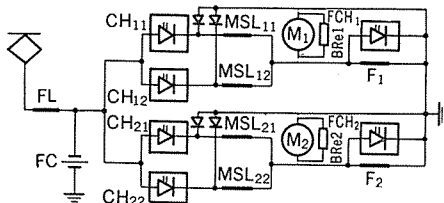


図 5. 発電ブレーキ回路

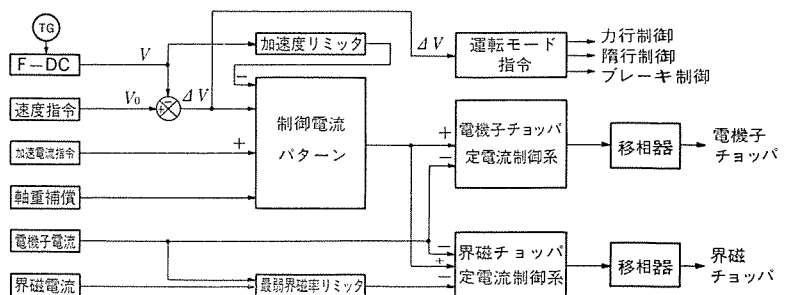


図 6. 定速度運転制御系

高調波電流の抑制を図った。

(2) 電機子チョップ装置は、各主電動機ごとに個別に電圧制御を行う。界磁電流は、別の界磁分路チョップ装置によって、独立して連続制御される。

電機子チョップ装置と界磁チョップ装置の働きによって、主電動機は低速度域から高速度域まで連続的に制御される。

(3) これらのチョップ装置によって各主電動機を独立に制御できるので、次のような制御が可能となった。

- ・速度粘着特性に応じた起動引張り制御
- ・電氣的軸重移動補償による最適引張り制御
- ・空転時における再粘着制御

3.2 発電ブレーキ回路

(1) 発電ブレーキ回路を図 5. に示す。各主電動機回路には、それぞれ界磁チョップ装置を配置している。電機子電流の制御は、界磁チョップ装置による界磁電流制御によって行っている。

(2) 界磁電流は、架線から電機子チョップ装置を通して供給する。電機子チョップ装置を併用することによって、界磁電流は非常に広範囲に制御することができる。

(3) 高速度における抑速バランス制御、及び高速度から低速度までの広範囲にわたって、発電ブレーキ力が利用できる。

3.3 主フィルタ回路

主フィルタは、リアクトルとコンデンサからなる L-C フィルタである。更に、50 Hz インピーダンスをある値以上に維持するために、小形の第 2 L-C フィルタを設けた。

3.4 制御系

この機関車は次の 2 つの制御系を用意している。

- (1) 速度指令に応じた定速度運転制御系
- (2) 電圧指令に応じた定電圧運転制御系

これらの制御系はいずれも、加速電流指令によって電流リミット制御を行うようになっている。旅客列車運転の場合は主として定速度運転制御系が選択され、貨車運転の場合は定電圧運転制御系が選択されると思われる。

3.4.1 定速度運転制御系

(1) 図 6. は、定速度運転制御系を示す。主幹制御器によって運転速度を指令すると、指令速度と機関車の実速度の比較が行われ、速度差に応じて、力行、惰行、ブレーキ運転のいずれかを自動的に選択する。代表的な工場試験結果を図 7. に示す。

(2) 力行時は、加速電流指令値と速度差に応じて演算された加速電流とが比較されて、加速電流値が自動的に設定される。この加速電流値を保持するように、チョップの通流率制御が行われる。

(3) ブレーキ運転ゾーンに入ると、速度差に応じて発電ブレーキトルク

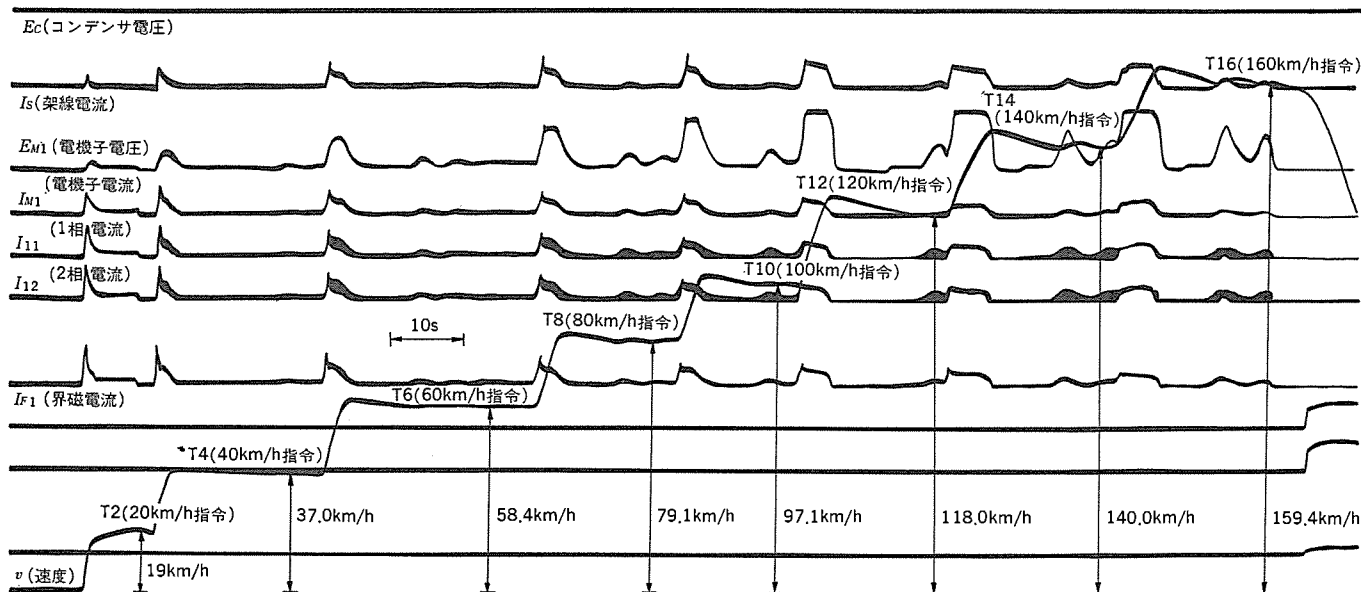


図 7. 定速度運転 (力行) 試験結果

指令を設定する。このブレーキトルク指令を保持するように、チョップの通流率制御を行う。

3. 4. 2 定電圧運転制御系

(1) 主幹制御器のハンドル角度に応じて、定電圧指令を設定する。各主電動機電圧がこの指令電圧を保持するように、チョップの通流率制御を行う。

(2) この運転モードでは、運転手が機関車の速度に応じて電圧パターンを徐々に上げることが望ましい。

(3) 定電圧運転制御モードでは機関車の再粘着特性が極めて良好になることが期待される。

4. 主要電気機器

4. 1 主電動機

主電動機は、連続定格 1,550 kW 内で台車に装荷され、駆動装置を介して 1 台車内の 2 動軸を駆動する。3,000 V 絶縁を用いており、電機子には耐熱フィルムを使用した H 種絶縁を施している。図 8. に主電動機の台車への装荷状況を示す。

4. 2 補助回転機

主電動機送風機、電動空気圧縮機などの補機類には、3 相かご形誘導電動機を採用し、160 kVA, AC 380 V, 50 Hz 交流電動発電機の出力で駆動する。

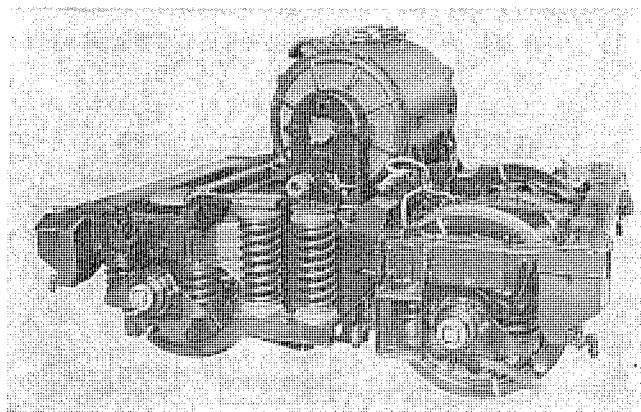


図 8. 1 台車 1 電動機式台車

4. 3 チョップ制御装置箱

チョップ制御装置箱はユニット化し、機関車 1 両に 2 箱搭載している。各ユニットは全く同じで、相互に互換性を有している。各ユニットには、主電動機 1 回路制御用の 2 相電機子チョップ装置と界磁分路チョップ装置を収納している。また各ユニットには、定速度運転及び定電圧運転用制御回路が、チョップ制御回路とともに格納されている。図 9. に、ユニット化したチョップ制御装置箱の外観写真を示す。

4. 4 主フィルタリアクトル及び主平滑リアクトル

主フィルタリアクトル及び主平滑リアクトル各 2 台を、機関車の床下に配置し、強制通風方式で冷却している。排風口部には、雪や水の浸入を防ぐ工夫を施している。主平滑リアクトルは、2 相分の結合リアクトルから構成している。図 10. に、主平滑リアクトルの外観を示す。フィルタリアクトルも類似の構造である。

4. 5 主フィルタコンデンサ箱

主フィルタコンデンサ箱は、2,220 μ F の主フィルタコンデンサと第 2 フィルタコンデンサ及び放電抵抗器を格納し、高圧機械室に配置している。

4. 6 発電ブレーキ抵抗器

容量約 1,700 kW の発電ブレーキ用の抵抗器が、機関車中央の屋根近

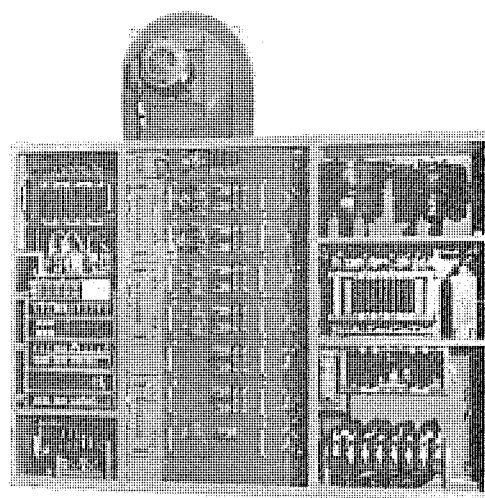


図 9. サイリスタチョップ箱

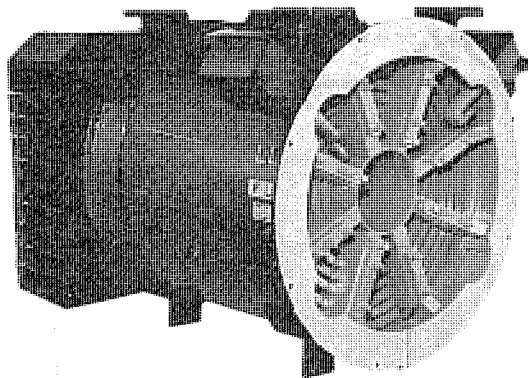


図 10. 主フィルタリアクトル

くの上層部に格納されている。強制通風方式で、冷却風は機関車の車側から吸い込まれ、抵抗器を通して屋根上に抜ける。

4.7 機器枠

主回路の単位スイッチ類及び電動発電機の自動電圧調整器類は、第1機器枠に、また逆転器及びその他の制御機器は第2機器枠に納めている。第1、第2機器枠とも高圧機器室に配置している。

4.8 制御箱

第1制御箱にはノーヒューズブレーカと制御スイッチ類、第2制御箱には制御リレーと故障検出装置を収納し、それぞれ第1、第2運転室に配置している。

4.9 運転室機器

主幹制御器、定速度運転と定電圧運転の選択スイッチ、加速電流設定器と軸重移動補償スイッチ類は、運転台に配置している。

5. 4,650 kW B-B-B チョップ電気機関車への発展

今回の3,100 kW B-B チョップ電気機関車に続いて、更に1台車を増設した、4,650 kW B-B-B チョップ電気機関車の開発が、スペイン国鉄より要望されている。

この3,100 kW チョップ電気機関車の経験をベースに、同じスペイン国鉄向けとして、更に大容量の4,650 kW チョップ電気機関車の開発を進めている。

ここに、その機関車の概要の一部を紹介する。

- (1) 容量は4,650 kWで、3,100 kW 機関車に比べ、台車、主電動機がそれぞれ1台増設した形の、B-B-B 形電気機関車である。
- (2) 機関車重量は約132 tで計画している。
- (3) 旅客、貨物両用で、最高速度は160 km/hである。
- (4) 台車、駆動装置、主電動機、主平滑リアクトル、電動発電機などの主要機器は、3,100 kW 電気機関車用機器と互換性がある。

表 2. 251 系 チョップ電気機関車の主要要目

項 目	仕 様	
電 気 方 式	DC 3,000 V	
軌 間 (mm)	1,668	
軸 配 置	B-B-B	
台 車 方 式	1 台車 1 電動機方式	
機 関 車 重 量 (t)	132	
軸 重 (t)	22	
主 要 寸 法		
全長×幅×高さ (mm)	20,700×3,190×4,280	
台車中心距離 (mm)	6,250	
固定軸距 (mm)	2,280	
車 輪 径	1,250 (計算 1,210)	
機 関 車 性 能	客 車 運 転	貨 物 運 転
連続定格出力 (kW)	4,650	4,650
連続定格速度 (km/h)	71	44
連続定格引張力 (kg)	22,000	35,600
最高運転速度 (km/h)	160	100
歯 車 比	2.91	4.68
主 電 動 機	1,550 kW, DC 3,000 V, 550 A, 3 台	
チョップ制御方式	多相チョップ制御/定速度運転/定電圧運転/自 励電流制御/重連結制御/空転再粘着制御	
ブレーキシステム	電空併用ブレーキ、発電ブレーキ、手ブレーキ	
補 機 方 式	交流電動発電機 (160 kVA, AC 380 V, 50 Hz), 2 台, 主電動機送風機, 空気圧縮機等の補助回転機 — 3 相誘導電動機駆動	

(5) チョップ制御装置はユニット化しており、主電動機3回路を個別に制御できる。

表 2. に、このチョップ電気機関車の主要要目を示す。

6. む す び

三菱重工業(株)、三菱電機(株)は、DC 3,000 V, 3,100 kW チョップ電気機関車を開発して、スペイン国鉄に納入し、更に4,650 kW チョップ電気機関車の開発を進めている。

今回のチョップ電気機関車の開発によって、主電動機の端子電圧と界磁電流の連続制御及び各電動機ごとの独立制御機能を備えた高粘着特性のチョップ電気機関車の技術が完成された。

更にこの機関車には、定速度運転、定電圧運転制御装置が用意されているので、機関車の操縦性も向上した。これらの新しい技術が、直流電気機関車の性能向上にいささかでも貢献できれば幸いと考えている。

この機関車の開発、設計、製作にあたり、御指導並びに御協力をいただいた関係各位に対して厚く謝意を表する次第である。

香港地下鉄完全空調換気制御システム

酒井 亜男*・野村 大也**・加山 勉***・山田 淳+・竹野 宏平**

1. ま え が き

地下鉄の構造は周囲を土に囲まれ、外気に接するのは駅の出入口、排気口などであり、列車、列車冷房、乗客、その他の設備機器などから発生した熱を大気に放散する場所に恵まれていない。このため、地下駅及び地下トンネル内における排熱は、従来トンネル周辺土壌の吸熱効果や、換気のみによれば年々経るとともにトンネル内の温度が上昇し、次第にその環境が悪くなることが知られている。また、地下鉄が建設された場所が亜熱帯地域に属する場合は、高温、多湿という環境の制約が加わることになる。

香港地下鉄の空調換気システムの特長は、これらの問題を解決するために、駅構内及びトンネル内を含めた大規模な閉鎖空間を空調、換気することによって、地下鉄環境の制御を行った点にある。広範囲に分布した空調換気設備を総合的かつ経済的に管理、運営するために、コンピュータを使用した監視制御システムを採用し、最適な環境の確保と省エネルギー、省力を図っている。

ここに、HMT コンソート社を通じて納入した香港地下鉄の空調換気制御システムについて報告し、参考に供するものである。

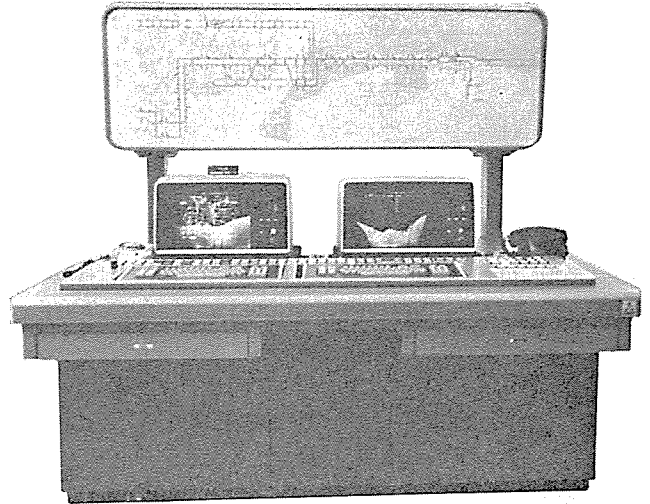


図 2. セントラルコンソール

追加に対して、対処できるように計画されている(図 1.)。

2. 3 総合管理と運営

地下鉄における空調換気設備の総合管理及び運営の内容には、次の項目が要求される。

- (1) 機器の事前点検と運転操作及び事後確認
- (2) 設備の運転状況の監視及び調整
- (3) 設備の高効率及び省エネルギー運転
- (4) 緊急時や異常発生時の状況把握と迅速なる運転操作処置並びにそれらの記録
- (5) 設備機能の低下状況の把握並びに機器の動作の定期的な点検
- (6) 運転記録の作成と集計及び報告など

したがってこのシステムは、これらの要求を満足し、かつ約 30 数箇所にわたり広範囲に分布した駅やプラントを 1 箇所に集中して管理し、また最少の人員により設備の運営及び保守を行う使命をもつことになる(図 2.)。

2. 4 制御対象と運転モード

(1) 地下駅

駅構内及び駅間のトンネル内における乗客の安全と最適な環境を保つために、空調機器や排煙ファンを備えている。

(a) 空調と換気運転

コンコース、プラットフォーム、トンネルや各種室内における空調機器の制御を季節や時間帯に応じて行う。すなわち、空調機、ファン、ダンパ、冷凍機などのスケジュール制御や温湿度最適化制御と、外気最適取入れ制御を行う。

(b) 非常時運転

① コンジェクションモード

トンネル内で列車が停止した場合の空気供給を目的とし、列車の位置監視を行う CTC システムとインタフェースを取り、インパルスファンやダンパを迅速に制御する。

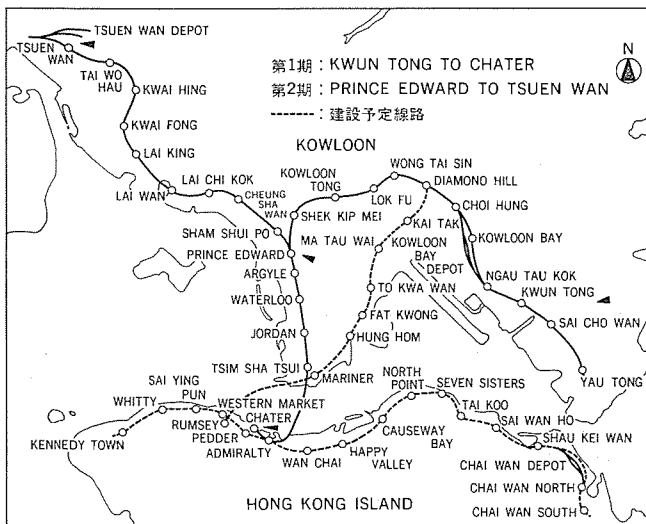


図 1. 香港地下鉄路網図

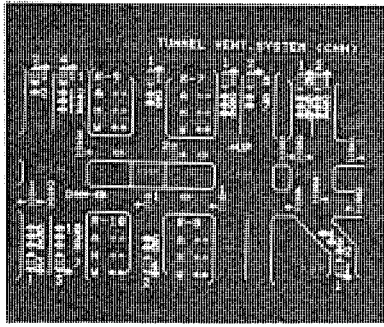
2. 香港地下鉄の空調換気システム

2. 1 気象条件

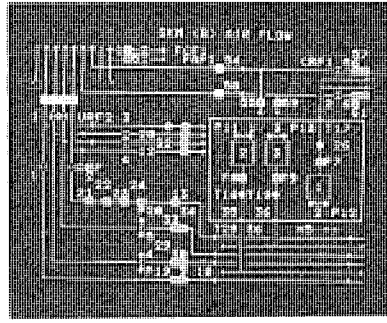
香港の気候は、夏に 30°C 以上の高温となり、雨期と重なる。反対に、冬は 5°C 付近まで下り乾期に入るが、暖房は不要である。

2. 2 香港地下鉄

Mass Transit Railway Corporation (MTRC) は、第 1 工区 (全長 15.6 km, 駅数 15) の営業運転を 1972 年 12 月から開始し、第 2 工区 (全長 10.5 km, 駅数 10) の運転を 1982 年 6 月に開始する予定である。したがって中央監視制御システムも、路線の拡張に伴う機能の



(a) トンネル内換気系統図



(b) 駅構内空気系統図

図 3. セントラル CRT 画面

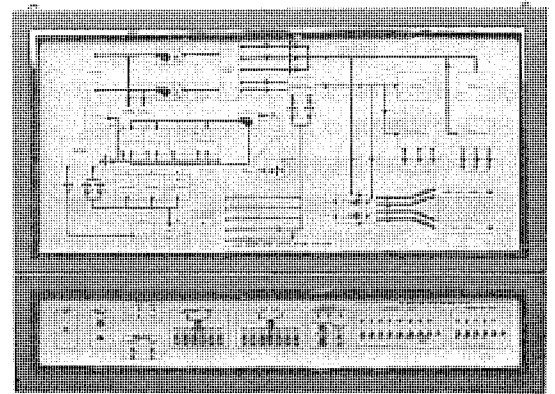


図 4. ローカル照光盤

② エマージェンシモード

トンネル内及び駅構内での火災や発煙による非常事態時に、排煙を主として乗客の安全を図るため、エマージェンシファン、インパルスファン及びダンパの制御を行う。

(2) 地上駅

駅員室や機械室用の空調設備の温湿度最適化制御と駅構内の換気を行う。

(3) 冷凍機プラント

冷熱源はプラント方式を採用し、5 駅分の冷水を賄っている。大形冷凍機とそれに伴うポンプの台数最適化制御と冷水管系統の負荷変動に追従した可変速ポンプの自動制御とにより、省エネルギー運転を行う。また、冷凍機システムの効率又は負荷率の監視用に流量、温度の記録表示並びにエネルギー積算の記録表示を行う計装システムを備えている。

(4) その他

冷凍機の冷却水を一括供給する海水取水プラントやトンネルの中間地点に備付けられた換気ビルディング、及び外気の風向に合わせた換気ファンの正逆運転機能を備えたカバードトンネル（防音用に設けた地上線路用トンネル）などがある（図 3. (a)(b)）。

3. 監視制御システム概要

このシステムの設計思想は、必要とする管理及び運転業務を 1 箇所に集中したワンマンコントロールを主体としている。また、保守及び緊急時以外の運転操作は、すべて中央監視制御システムにて行うよう極力自動化している。もちろん緊急時の制御と監視を各駅又は各プラントに分散させ、現場における指示を優先させると同時に中央監視制御機能の不具合時にはバックアップとして使用できるようになっている（図 4.）。

3.1 集中と分散

中央監視制御システムは、《MELCOM 350-7》コンピュータによるデュプレックス方式を採用し、CRT コンソール、遠隔装置及び入出力処理装置とそれぞれに CPU を配した階層化された中央集中監視制御システムを構成している。一方、各駅や各プラントごとに照光操作盤やリモジョックによって分散化した監視制御機能を備えている。

3.2 機能の優先度

列車事故又は火災の発生などの緊急事態に対処するために、各駅に非常用監視制御盤を備え、最優先に迅速な制御を行う。次の優先度は、保守や中央監視制御システムのバックアップ用として、各機器別に単独運転が可能な手動監視制御盤による操作を可能としている。なお、通常の運転はもちろん常に中央監視制御システムにより行われる。

3.3 中央監視制御機能

中央監視制御機能として、空調の効果を極力最大にし、同時にエネルギー消費を極力最小にする最適制御のアルゴリズムや、緊急事態の場合に非常用機器を確実に運転するバックアップ機能など次のような各種機能が備わっている。

3.3.1 マンマシンインタフェース

省力化を目的としたワンマンコントロールの思想に基づき、CRT コンソールやプリンタなどの装置を機能的に配置している。

(1) システム監視とフルプルーフ

全設備の運転状況や故障時の情報など、監視制御に必要なあらゆる情報を 3 台のカラー CRT 上にグラフィック表示し、異種の系統監視や同一システムの総合的な状況把握、並びに操作と監視を統括した確認操作を実現している。また、設定内容や操作方法のチェックによる誤動作や誤設定の判別を行うことで、フルプルーフの思想を取入れている。更に、全系統の排気状況と制御系統の機器の動作状態を中央照光盤で一括表示している。

(2) 監視と記録機能

制御対象とする機器のすべてについて、運転状態、故障、運転操作を CRT 上に表し、同時にイベントタイプライタにより記録する。また、温湿度及び流量の上下限監視による警報や、電力量及び機器の運転時間の積算を表示すると同時に、ロギングタイプライタにも記録している。

3.3.2 基本制御

CRT コンソール上での単純化された操作方法により、迅速な運転操作を可能にしている。

(1) 中央監視制御システムの操作

タイプライタや CRT といった周辺装置の制御、中央のデュプレックス方式によりバックアップシステムを構成しているジョブの切り換え、並に伝送ラインに接続されている各伝送子局の接続及び切り離しが、いづれも CRT コンソールで操作が可能である。

(2) 運転制御

各機器に対する個別制御と機器間のインタロックを考慮したグループ制御が、自動又は手動で可能である。グループ制御には、順序起動、バックアップ運転、インタロック停止などの自動機能を持っている。

3.3.3 省エネルギー・最適制御

エネルギーの高効率運用と最適な空調排気制御運転に次の機能を備えている。

(1) スケジュール制御

列車ダイヤと乗客数に関するラッシュアワ帯の空調負荷に合せて、あらかじめ設定したスケジュールに基づき空調機の運転を行う。自動運

転を行う場合、常にこのスケジュール 運転時間が必要条件となる。

(2) エンタルピー 制御

エンタルピー 値の判別により外気取入最適制御を行い、同時に除湿を目的とした冷凍機運転の タイミング を制御している。

(3) 重負荷機器運転制御

大容量の ポンプ や冷凍機の台数制御、及び冷凍機の容量最適制御を行う。また、運転時間の積算による負荷分担制御も行う。

(4) パラメータ 設定

(1)~(3)項の制御パラメータは、CRT コンソール を用いて容易に設定及び修正が可能であるため、きめ細かな制御ができる。

3. 3. 4 緊急制御

(1) エマージェンシ 及び コンジェクション 制御

列車監視システムからの デマンド 要求が失敗に終わった場合の自動バックアップ 指令や、排煙用 ファン や 送風のモード 指定による手動グループ 運転指令機能を備えている。

(2) 火災時の空調機器の連動停止

(3) バックアップ 制御

上記(1)項の非常用モード 対応、並びに重要な特定の機器対応に、自動バックアップ を行う。

(4) 停電復旧制御

非常用機器の0.5秒以内の再起動、並びに計測値 データの更新などの復電時の処理を行う。

4. 監視制御システム構成

中央の管制室と各駅及び各プラント間では、表 1. に示すように膨大な数の入出力信号が伝送され、コンピュータによりそれぞれに応じた処理を迅速に行い、リアルタイム 制御を可能にしている。図 5. に示すように、各処理機能は中央管制/情報伝送/情報入出力の3つに分けることができ、それぞれにコンピュータあるいはマイクロプロセッサを配置し、階層システムを構成している。

4. 1 中央管制処理レベル

コンピュータ《MELCOM 350-7》によるデュプレックス方式を採用し、信頼性を向上させている。この特長は、それぞれのCPUが異なる性格付けをされていることである。

(1) No. 1 CPU

監視制御処理機能を備えている。また、ここで発生した多量の管理及び制御情報は、データリンクを通してNo. 2 CPUへ転送している。

(2) No. 2 CPU

No. 1 CPU と同一の監視制御処

理機能に加えて、プログラム 開発や技術計算などのバックグラウンド 処理機能を備えている。

このような性格付けの下で、No. 1 CPU を オンライン 用、No. 2 CPU を オフライン 用として常時使用し、オンライン 用がダウンした時、

表 1. 入出力項目数

項 目	第 I 期	第 II 期
駅 数	15	10
プ ラ ント 数	2	5
子 局 数	17	12
ス テ ータ ス 情 報	約 3,000	約 2,500
ア ラ ー ム 情 報	約 2,600	約 1,800
制 御 情 報	約 1,500	約 1,300
計 測 値 情 報	約 350	約 280
積 算 値 情 報	34	24

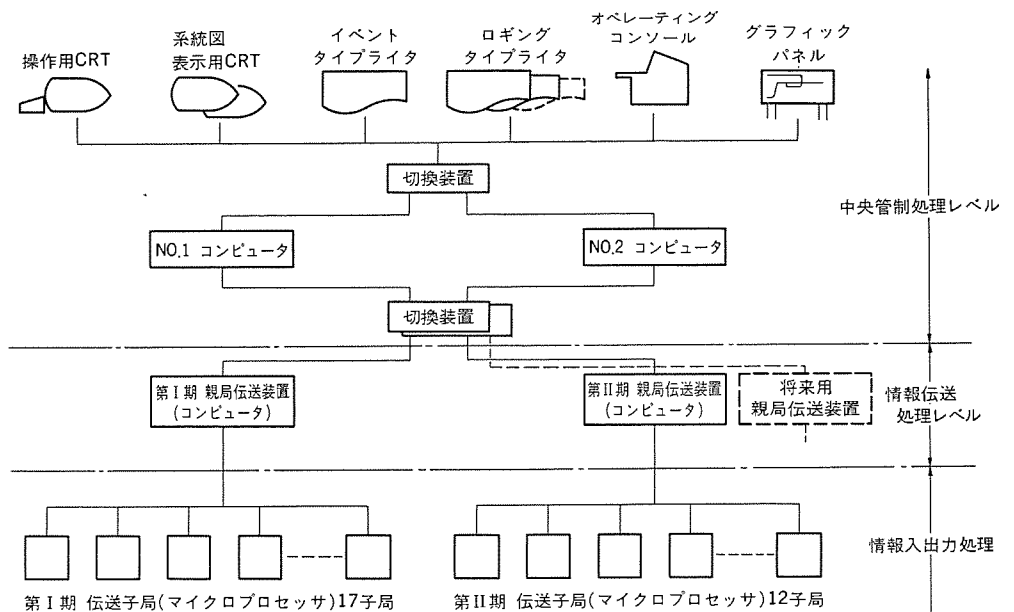


図 5. セントラルシステム構成

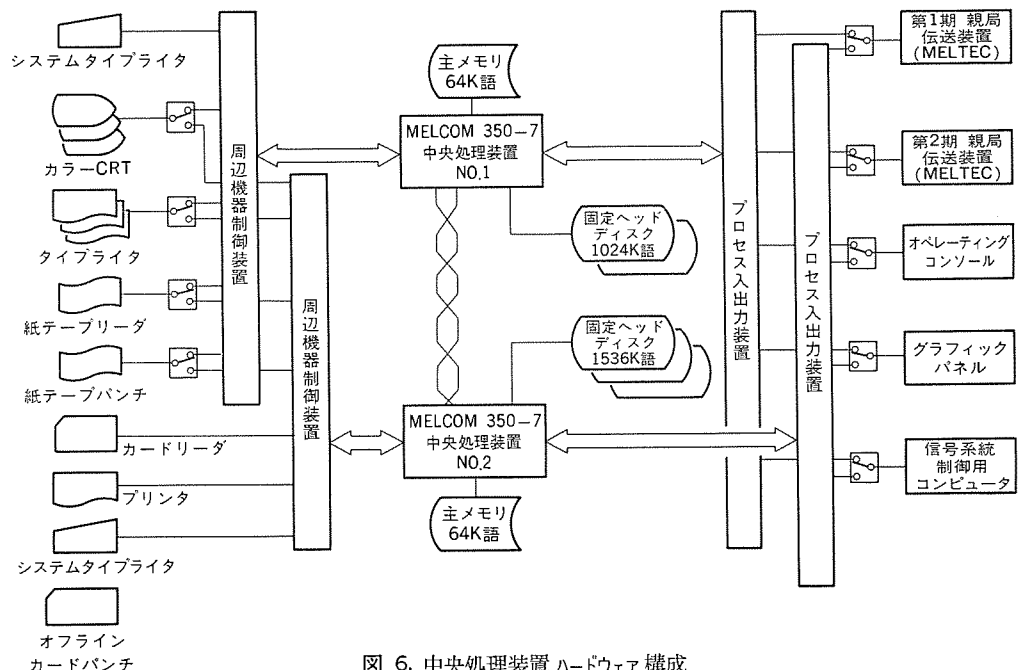
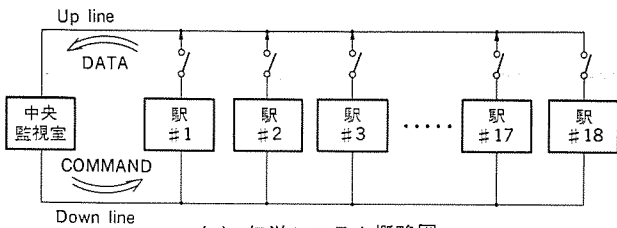
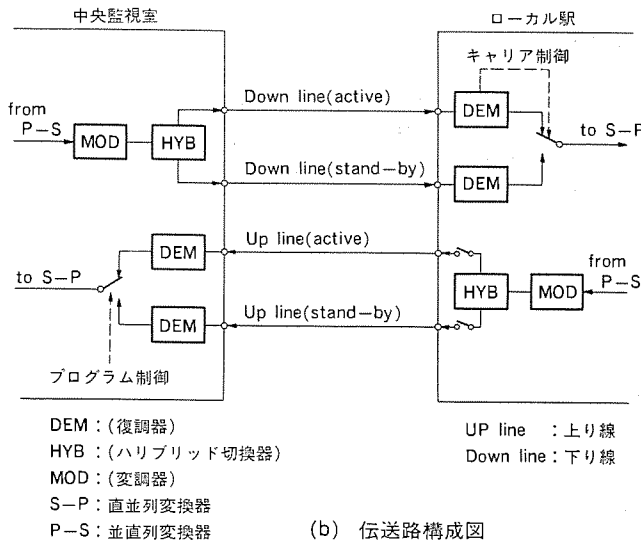


図 6. 中央処理装置ハードウェア構成



(a) 伝送システム概略図



(b) 伝送路構成図

図 7. 伝送システム構成図

オフライン用がバックアップするデュプレックス方式である(図 6.)。

4.2 情報伝送処理レベル

遠制装置《MELTEC》は、親局にコンピュータ《MELCOM 350-70》を配備している。これは、多種多様なデータをリアルタイム処理する目的で、親局において子局から送信された情報をすべて主メモリ内に記憶し、変化のあった情報を優先的に処置するためのものである。この遠制装置は次の特長がある。

(1) ポーリング方式

ポーリング方式は、伝送系のシステム構成を図 7. に示すように、通信回線をマルチドロップ方式とし、親局からの制御指令は常に全子局が受信し、選択指定のなされた子局のみが、上り回線への接続及びデータの伝送を行う。

このシステムにおいては、通信ケーブルのしん(芯)数が少なく経済的であるうえ、通信回線の2重化に対しても工事上の制約が少なく、子局の増設が容易なため、1:Nのポーリング方式を採用した。

(2) 信頼性の向上

有線マルチドロップ方式のデータ伝送において、本来4線式1回線(上り回線1対, 下り回線1対)で構成できるが、このシステムでは現用と予備の2対ずつを備えて、異常時の自動切換えを行う。

(3) 優先伝送方式の採用

情報の性格区分けと情報変化の発生頻度を考慮し、1回のポーリング伝送で短縮モードと優先モードの2種類を備え、通常伝送時にアナログ4量とデジタル2量の短縮モードとし、データの変化が発生した場合には、それに変化があったデータを付加し、優先モードとして伝送を行う。このようにして、ポーリング方式の欠点であるデータ更新時間の短縮を図っている。

4.3 情報入出力処理レベル

情報入出力処理レベルは、各駅と各プラントに設置したマイクロプロセッサ《MELMUS》により、次の処理を行っている。

(1) 中央管制処理レベルからの情報判別

情報伝送処理装置を介して情報の優先判別やグループ運転での起動順序の判別を行い、リアルタイム制御及びインタロック制御のためのサポートを行う。

(2) 情報伝送処理レベルへの情報転送

アナログ入力の補正やA/D変換並びにパルス入力のカウントにより計測値のデジタル信号化をした後、情報伝送処理装置へ転送する。また、制御機器の状態変化を検出した場合は即座に伝送処理装置へ転送する。

(3) 情報入出力処理の特長

指令(制御)信号の出力後、数秒のインターバルを取り、指令信号出力値とそのフィードバック値を比較することにより、機器の故障判別を行っている。またモード信号についても同様にして、モード異常の判別を行う。

5. む す び

香港地下鉄空調換気システムの特長とシステム構成及び機能については上に述べたとおりである。このシステムは当社がシステム設計から現地調整までを一貫して担当し、省力と省エネルギーの効果を最大限にかつ経済的に達成し、最適な環境と安全性を追求した大規模空調換気システムである。

今後、地下鉄の建設が増えるに従い、防災計画と環境問題を経済的に解決する必要性が年々高まると思われる。今回の実績を基に、地下鉄空調換気システムを更に改良し、公共機関としての地下鉄の環境改善に努力して行く所存である。(昭和57-1-22 受付)

中高層ビル用自動窓拭きシステム

奥田 安男*・三田村隆輝*

1. ま え が き

主要都市の都心部には、近代建築を象徴する超高層ビルの林立する光景が見られる。これらの超高層ビルには窓ガラスの面積が10,000 m²を超える大規模なものがあり、従来の人手による清掃作業では、非常に多くの日数を必要とし、ビル管理の面から清掃作業の省力化が強く望まれてきた。

当社では、昭和47年超高層ビルを主な対象として自動窓ふ(拭)きシステムを開発し、新宿住友ビル、サンシャイン60、新宿センタービル、日比谷国際ビルなどの代表的なビルにこれを納入し、ビル管理の省力化を果たしてきた。昨今、高層ビルでは自動窓拭きシステムを設置することが常識となっているが、今回更に20階前後の中高層ビルでも経済性の十分に高い新形式の自動窓拭きシステムを開発したので、以下に概要と構造などを紹介する。

2. システムの概要

2.1 システムの効果とねらい

自動窓拭きシステムには、有人ゴンドラを使用した従来の人手による清掃作業に対し、次のような効果を期待することができる。

- (1) 清掃日数の短縮による省力化
- (2) 高所における危険作業の機械化による安全の確保
- (3) ホテルやオフィスなどの建物内部のプライバシー保持
- (4) 清掃ひん度の増加によるビル管理サービスの向上

超高層ビルでは省力化と安全性の向上が顕著にあらわれるが、10～25階クラスの中高層ビルでは窓面積が減少するので、省力化だけの経済比較においては難点があった。中高層ビルを対象とする場合には、清掃時間の短縮や危険作業からの解放による効果のほかに、ビル清掃の管理費用の大幅な低減が必要である。

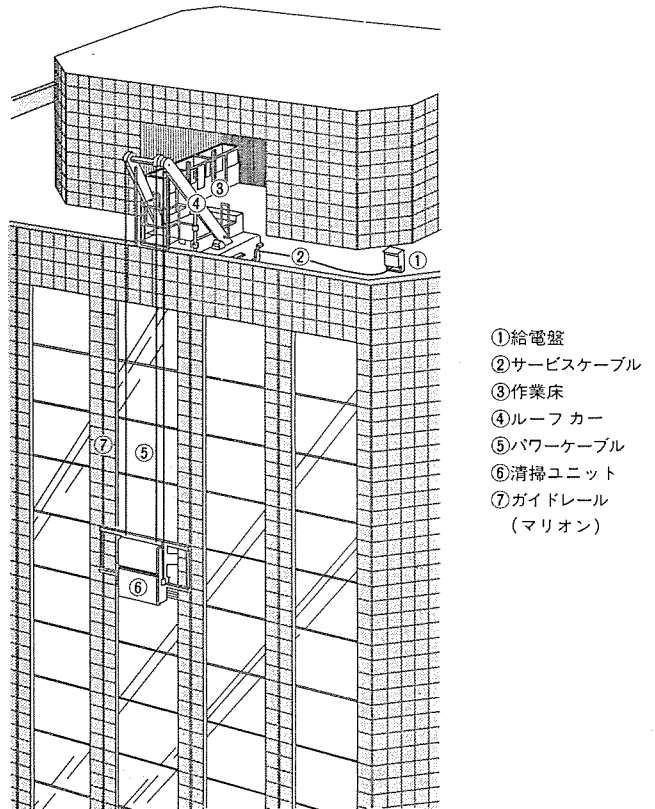
このような要求から、システムの仕様を高さ75m、約25階までの中高層ビルのもつ諸条件に適合できるように機器の標準化を図り、経済的なシステムの構成と小形軽量化を主なねらいとして開発した。

2.2 システムの構成

このシステムは図1.に示すように、ルーフカー、清掃ユニット、作業床の3つの機器で構成されている。従来のシステムは、更に屋上にルーフカーが走行するレールを必要としたが、装置の軽量化により、屋上の耐荷重が軽減された結果、屋上床面をタイヤで走行する経済的なシステムを実現することができた。

窓ガラスの清掃は、通常1名のオペレーターで行い、清掃ユニットをつ(吊)り下げたルーフカーを屋上外周のパラペットに沿って走行させ、窓列の中央で自動停止させた後、清掃ユニットを下降させる。清掃ユニットは下降中に清掃ヘッドを窓ガラスに押し当てて清掃を行い、建物の最下部でヘッドを後退させてルーフカーまで戻るとの一連の清掃動作は、すべてルーフカーでの押ボタン操作により自動的に行われる。

清掃ユニットは、ワイロープの緊結部をはずして作業床との交換が可能で、建築中や竣工後の壁面補修などに有人ゴンドラとして使用す



- ①給電盤
- ②サービスカープ
- ③作業床
- ④ルーフカー
- ⑤パワーケーブル
- ⑥清掃ユニット
- ⑦ガイドレール
(マリオン)

図1. システム構成

表1. 標準仕様

形 名	三菱自動窓拭きシステム(S形)	
適用ビル高さ	75mまで	
窓ガラス幅	1～2m	
ガイドレールピッチ	1～3m	
窓ガラスと腰板段差	15mmまで(フラットビル用Fユニットで対応) 16～350mm(凹凸ビル用Uユニットで対応)	
清掃速度	8.3m/min(50Hz) 10m/min(60Hz)	
ルーフカー走行速度	5.1m/min(50Hz) 6.1m/min(60Hz)	
懸垂ロープ	ワイロープ 直径8mm 2本	
給電ケーブル	パワーケーブル 1本	
作業床積載量	270kg(3人乗)	
重量	ルーフカー	約2,700kg
	清掃ユニット	約450kg
	作業床	約180kg
電源	AC 3φ 200/220V 50/60Hz	

ることもできる。

2.3 仕様

ビルの外壁形状は種々多様であるが、このシステムでは表1.に示す標準仕様を設定し、窓幅、ガイドレール幅、ガラスと腰板の段差などの変化に幅広く対応できるようにしている。

3. 機器の構造

3.1 ルーフカー

外観は図2. に示すように、低いボディと4か所に配置した走行車輪により、安定感のある形態をしている。

ボディ内に昇降用巻上機（ホスト）と電力供給用パワーケーブルの巻取リールを内蔵している。清掃作業時にはパラペット沿いに自動走行し、建物のコーナや格納位置では手動操舵によって走行する。ルーフカーをタイヤ走行方式とするため、次のような点に特に留意した。

- (1) 屋上荷重の低減
- (2) 安定性の確保
- (3) 窓列への自動位置決め

以下にこれらの具体例を紹介する。

3.1.1 屋上荷重の低減

レール式ルーフカーでは重量を走行レールの基台で分布して受けるため、特に問題にならなかったが、屋上床面に直接タイヤで走行する場合は屋上の建物構造から床面荷重の制約を受ける。

システムとして考察した場合、吊下物重量の低減が全体重量に及ぼす影響が大きいため、清掃ユニット及び荷重積載時の作業床重量を従来機の約1/2(450 kg)に設定した。この吊下物重量の軽減によって巻上機（ホスト）の容量を大幅に減少することができた。

ホスト自体については、ワイロープの整列巻機構を追加して、フリートアングルの制約をなくしドラムを長くすると共に直径を小さくして、巻上げトルクと減速比の低減を図った。これにより減速機、モータ、フレームのすべてにわたり小形化、軽量化が可能になり、重量を従来のホストの約1/2(750 kg)にすることができた。

清掃ユニットの電力及び信号伝送には、鋼線編組で補強した7心×2 mm²のパワーケーブルを使用している。このパワーケーブルはルーフカーから清掃ユニットに垂直に吊り下げられるが、風による横揺れを防止するため、10～50 kgのプリテンションを加えながら、ケーブルリールに多層巻で巻取る。多層巻の場合、繰出し長さによって巻取半径が変化するので、昇降速度に同調した駆動制御が必要となり、超高層用のものはトルクモータで駆動している。このシステムでは、図3.(a)の原理図に示すように、ホストにより渦巻ばねを経由してリールを駆動し、トルクモータを省いた。

ケーブル径 d 、長さ L 、リールドラム径 D 、1層当たりの巻数 N 、巻層数 M としたときの多層巻の巻取半径 R は、

$$R = (D + d) / 2 + d(M - 1)$$

$$\text{但し、} M = [- (D - d) \pm \sqrt{(D - d)^2 + 4dL / N\pi}] / 2d$$

で表され、リールはケーブルを繰出すにしたがって巻取径が小さくなり、回転速度が増す。一方ホストは、単層巻のため定速で駆動し、速度差分ずつトルクを強める方向に渦巻ばねを巻く。ここではホストを4.8 rpm、リールは初速を4.8 rpm、最終速度を7.6 rpmとし、ばねを3本並列に使用して12回転時18 kg・mのトルクを得て、リールの巻取径減少分と垂直吊下のケーブル自重分トルクを補正し、図3.(b)に示す特性を得た。

以上のように、主要機器の簡略化やフレーム構成の単純化などにより、ルーフカーの自重を従来機の約1/2(2.7 t)に低減した。

3.1.2 安定性の確保

レール式ルーフカーでは台風や地震に対する安定性を走行レールに依存できたが、タイヤ式では自重に頼るだけなので、ルーフカー自体に十分な安定性を持たせる必要がある。そのため巻上機やケーブルリールなど重量物を走行車輪の間に吊り下げのように配置し、フレーム上部のアーム部分などを機能本位の形態にして低重心化を図った。更に、走行車輪はフレームの外郭一杯に広げた位置に置き、アウトリガーなしで十分な安定性を得るようにした。

図4.(a)にレール式との外形及び重心位置の比較を、図4.(b)に清掃ユニット吊り下げ時に水平地震加速度を受けた時の安定度特性を示す。

3.1.3 パラペット沿い走行方式

清掃ユニットを下降させる時には、昇降用車輪を建物のガイドレールへ確実に挿入するため、ルーフカーを壁面と平行に保つ必要がある。従来のレール式ルーフカーは走行レールによりパラペットからの位置が決められたが、タイヤ式のルーフカーでは手動操舵によりパラペットと平行に姿勢制御しながら走行させることはむずかしく、自動システムとしてふさわしくない。このシステムでは、図5.のようにルーフカーの側面に倣いローラを取付け、パラペットの内壁面を基準面として機械的に倣いながら走行するようにした。

走行台車は、図6.のように、旋回軸を車輪の中心よりδだけ偏心した位置に取付け、走行駆動力 D によって台車に旋回軸まわりの回転モーメント M を生じさせている。台車が旋回するとストップピンで

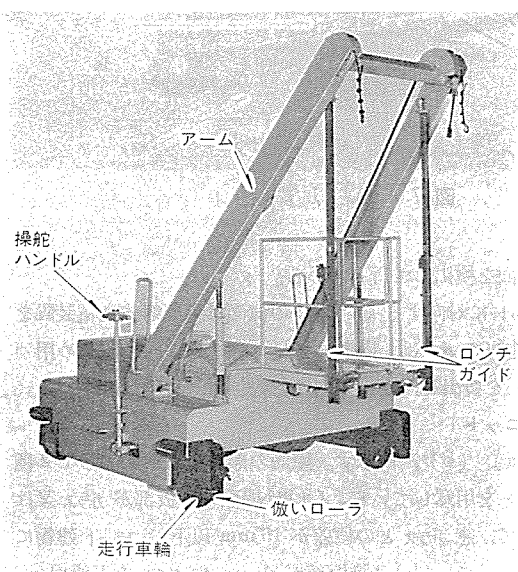


図2. ルーフカー

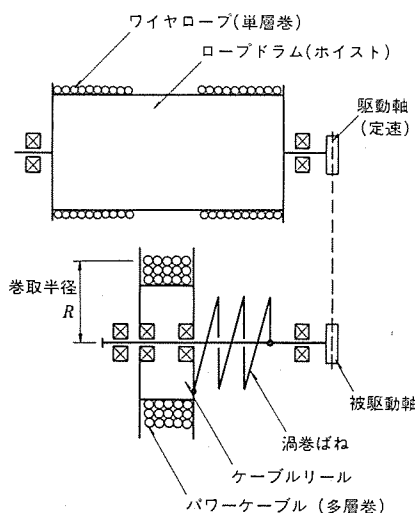


図3.(a) ケーブルリール駆動原理

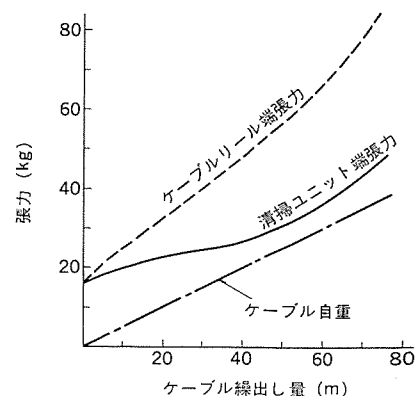


図3.(b) ケーブル巻取特性

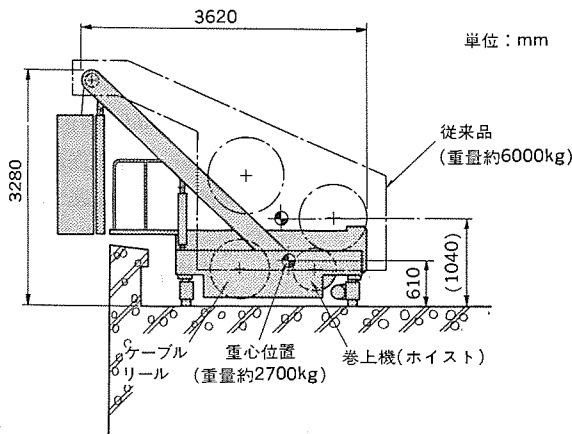


図 4. (a) 外形, 重心比較

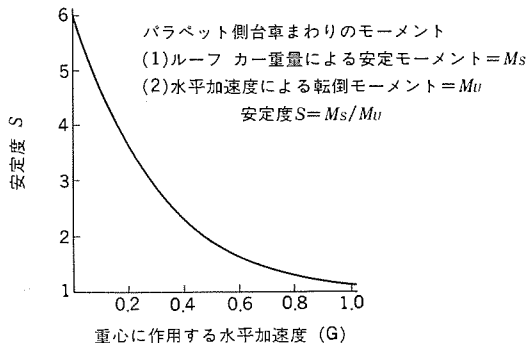


図 4. (b) 安定度

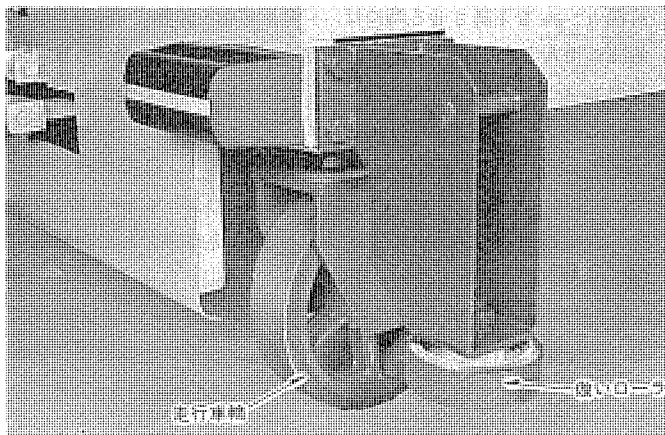


図 5. 偽いローラ

阻止され、車輪は微小角 θ だけパラベットの方向に向うようになる。したがって、走行と共に常に一定の押付力 F (約 350 kg) が発生して、ルーフカーはパラベット内壁面から離れることなく、偽い走行が行える。車輪と旋回軸の偏心量 δ 及び旋回角 θ は、操舵感覚を損なわず、走行反転時に偽いローラがパラベットから離れないような条件のもとに実験的に求め、 $\delta=60$ mm, $\theta=2^\circ$ に設定した。

この方法によれば、ルーフカーの進行と共に、車輪が自動的にパラベットに向うので、手動ではルーフカーをパラベットの近くに寄せる操作だけ行えばよい。

建築施工上、パラベット内壁面(偽い基準面)とガイドレール間の寸法に誤差を生じる。このため、清掃ユニットを保持するロッチガイド(図 2. 参照)の下端を移動できるようにし、ルーフカーの走行停止後、自動修正する。自動修正はロッチガイドに設けられた反射式光電装置で

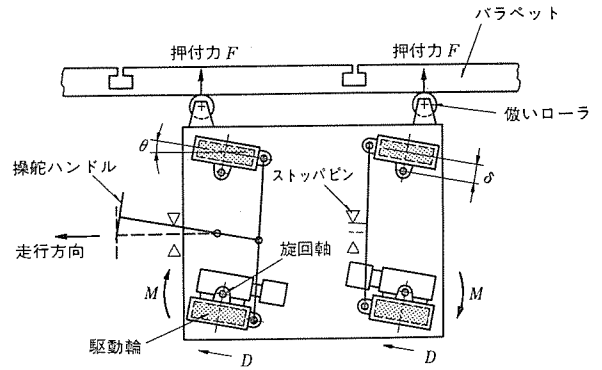


図 6. 偽い走行の原理

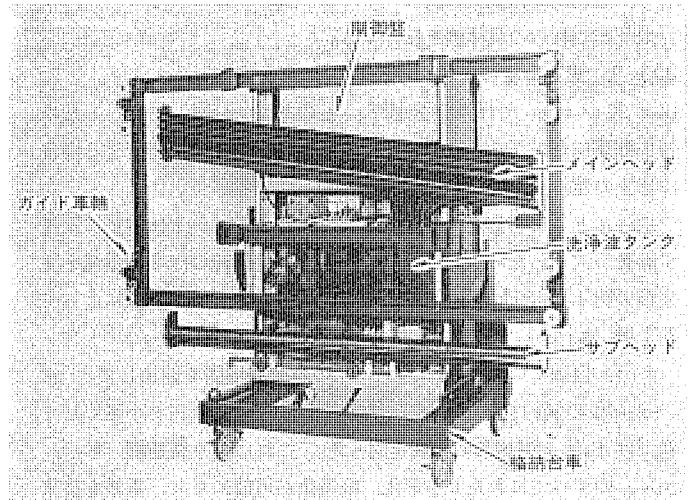


図 7. (a) F ユニット

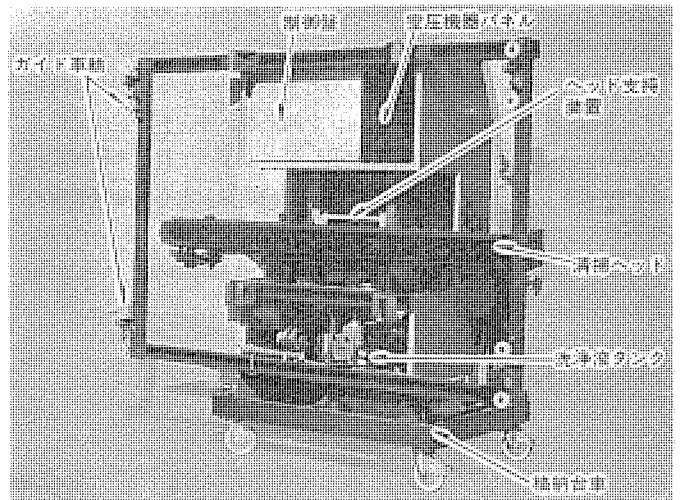


図 7. (b) U ユニット

ガイドレールの端面を検出して行っている。

また、パラベットに対向するルーフカーの側面にも反射式光電装置を取付け、窓列中央のパラベット内壁面にはり(貼)付けた位置決め用ゴム片(無反射)を検出し、走行方向の自動位置決めを行っている。

3.2 清掃ユニット

外観を図 7. (a), (b) に示す。壁面の形状、材質によって 2 種類の清掃ユニットを用意している。(a)は壁面の腰板部がガラス又はアルミ材であって、窓ガラスとの段差が 15 mm 以下のフラット建物に使用する F ユニットで、(b)は腰板部がプレコンやタイルなど清掃ヘッドが直接タッチできない材質の建物や、窓ガラスとの段差が 15 mm

を超えるいわゆる凹凸のある建物に使用する Uユニットである。

下降清掃ヘッドをガラス面に押し当てて密閉し、水が漏れないよう真空吸引しながら清掃を行う。ヘッド内ではノズルから噴出した水でガラス面を湿潤し、ブラシでこすることによって汚れをとり、ゴム製のスクイジー(ワイパー)で拭き取って清掃を行う。洗浄水は真空吸引によりタンクに回収され、フィルターでろ過して再使用する。

Fユニット、Uユニットの清掃ヘッドは、壁面の形状に応じた特長を持っており、基本的には、超高層用と同じ清掃方式としながら、ユニット全体の小形、軽量化を図った。

3. 2. 1 清掃ユニットの軽量化

従来の清掃ユニットはガイド車輪の部分までカバーで覆う形をとっていたため、風圧荷重に耐えるようフレーム材はカバー外形と同じ寸法を必要とした。

このシステムではガイド車輪をサブフレームに取付けて本体と分離し、清掃ヘッドも露出させて、本体フレームは機器を収納できる最小寸法にした。機器の小形化、空間の排除、軽量形鋼によるフレーム構成な

どにより、従来機より大幅な小形、軽量化が図れた。図 8. に、Uユニットの従来機との比較例を示す。

3. 2. 2 Fユニット

Fユニットは、図 7. (a)のように、メインとサブ 2種類の清掃ヘッドを備えている。メインヘッドには下部に 1枚、上部に 3枚のスクイジーがあり、その間に固定ブラシとスプレーノズルを置いている。建物の最上部でヘッドを前進させた後、最下部まで窓ガラス、腰板とも連続的に清掃を行う。窓と腰板の段差はスクイジーのたわみで乗り越えるが、段差部に残る洗浄水を十分回収し、またスクイジーの跳躍を防止するため、ヘッド全体を 8°斜めに取付けている。最下部の窓ガラスでは斜めの拭き残しを生ずるので、メインヘッド後退後に水平のサブヘッドを前進させ再清掃を行う。サブヘッドは、拭き残しを少なくするため、スプレーノズルと上下 1枚ずつのスクイジーのみで構成し、開口部を小さくしている。最下部の窓ガラスは、サブヘッドで 2回繰返し清掃して、洗浄性能を向上させている。

以上のように、Fユニットは連続清掃を行うので、能率が良く、全面ガラスのビルには最適である。

3. 2. 3 Uユニット

Uユニットは、腰板部で清掃ヘッドを後退し、窓ガラス部分でのみ前進させて清掃を行う。そのため、前後 450 mm (最大) のストロークと上下 125 mm のストロークを持つ支持装置を備えている。

図 9. は支持装置の概略図で、清掃ヘッドはローラとガイドによって支えられ、エアシリンダで駆動される。図中①～⑥は支持装置によ

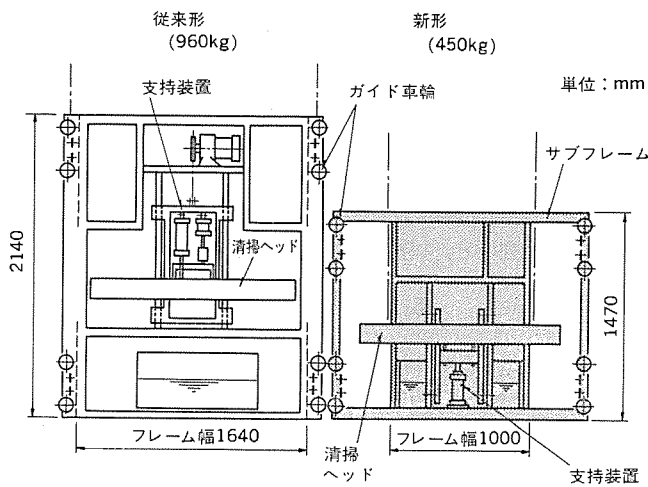


図 8. 従来品との比較 (Uユニット)

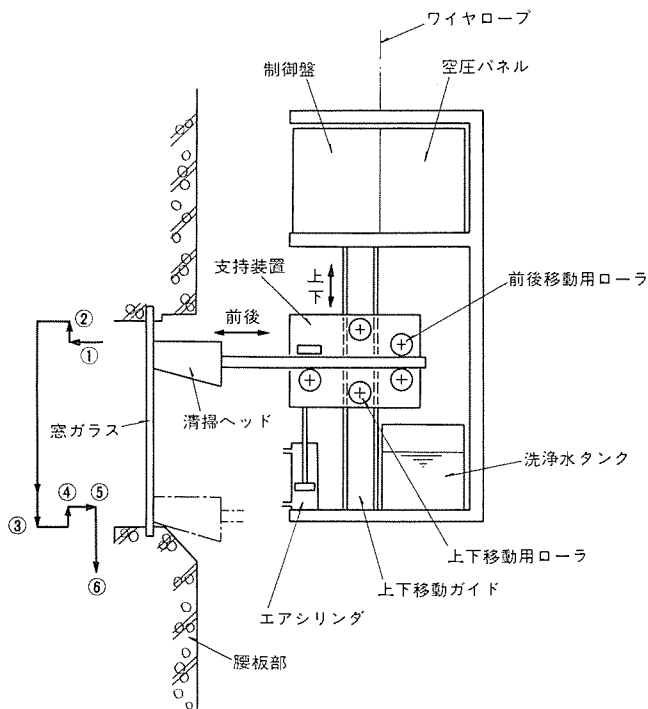


図 9. 支持装置の概略 (Uユニット)

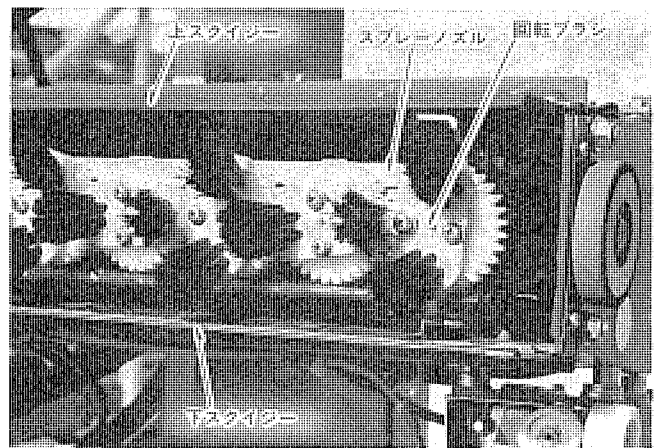


図 10. (a) 清掃ヘッド (Uユニット)

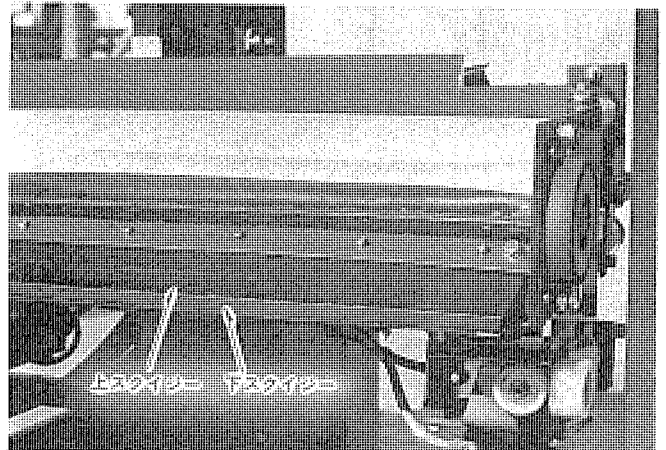


図 10. (b) スクイジー閉じ機構 (Uユニット)

る清掃ヘッドの動きを示しており、窓上端で清掃ユニットの下降を停止させた後、①ヘッド前進、②ヘッド上昇の動作を行い、引き続き清掃ユニットを下降させてガラス面を清掃する。窓下端で再び停止し、③ヘッド下降、④ヘッドバランス、⑤ヘッド後退、⑥中立位置復帰の動作を行う。以上は、窓上下端部の拭き残しを少なくするために必要な動作である。更に支持装置の機能として、上下移動時窓枠に対する押付力が過大にならないよう制御する必要がある。従来上下移動は電動シリンダで駆動し、エアシリンダを併用して押付力の規制を行っていたが、これを1本のエアシリンダによる空圧制御のみとし、機構の簡略化と重量軽減を図った。

Uユニットの清掃ヘッドは開口部を小さくするため、図10.(a)に示すようにスクイジーを上下各1枚のみとしている。また、ブラシを約250rpm回転させて洗浄性能の向上を図っている。窓の上部で清掃ヘッドが前進し、ガラス面に押し付けられ、支持装置で上昇するが、この時上部スクイジーは約13mm後退させ、下向きに曲がらないようにしている。窓の上部で上昇するとスクイジーを前進させ清掃に移る。窓の下部では、図10.(b)に示すように、ブラシを後退させ、上部スクイジーを閉じるようにしている。このように細かい動作を行うことにより、窓の上下部の拭き残しは約10mm以下となっている。

4. 経済効果

清掃費の経済効果は、有人ゴンドラによる人手作業との比較によって評価できる。20階前後の中高層ビルは窓面積が3,000m²以上あることが多く、有人ゴンドラ使用時は3名の作業員で8~10日の清掃日数を必要とするが、自動窓拭きシステムの場合は作業員1名により3~4日で終了する。経済効果としては、このような毎月の清掃人件費以外に、装置価格、保守費などを含めた総合的な評価が必要である。システムの価格を定額減価償却費におおし、これに金利、税金、保険料を加えたものを固定費用とみなす。更に清掃人件費、保守費のいわゆるランニングコストを加えて稼働年度ごとの清掃累積額を比較し、損益分岐年度を算出することにより、清掃費の経済性が評価できる。装置の価格 I 、法定耐用年数に対する定額償却率 ε 、清掃作業費 R 、人件費上昇率 r 、保守費 M 、保守費上昇率 m とすると、 n 年目の年間清掃費用 P_n は、

$$P_n = 12R(1+r)^{n-1} + 12M(1+m)^{n-1} + \varepsilon \cdot I$$

となる。この式から有人ゴンドラと自動窓拭きシステム各々について各年度ごとの清掃累積費を求め、損益分岐年度あるいは自動化によ

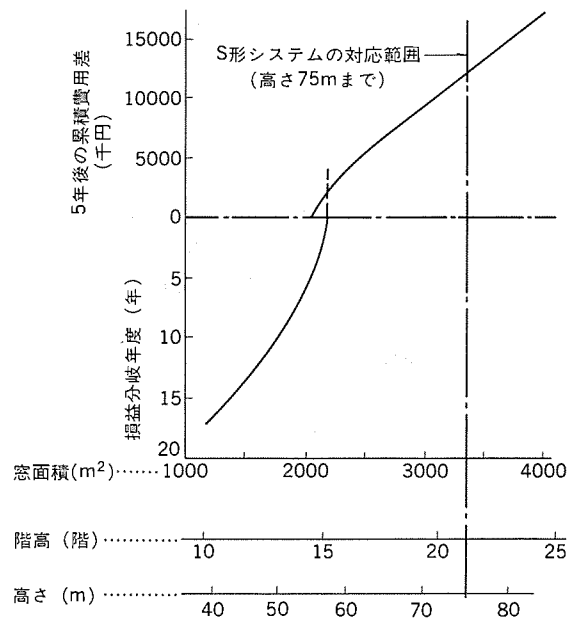


図 11. ビル規模と経済効果

って得られる経済利益が計算できる。図11. はビルの窓面積に対するおよその経済効果を試算した例で、縦軸中央の1点鎖線以下は損益分岐年度に達するまでの年数を示し、1点鎖線より上は初年度から5年までの有人清掃に対する累積費用の差を示している。また、一般的な窓配列のビルの階高と高さを横軸に併記した。

5. むすび

現在、自動窓拭きシステムは国内において、当社をはじめ他の2~3社によって30数か所のビルに設置されて稼働しており、省力化、安全化の観点からビル管理の合理化設備として高く評価されている。今後、既存ビルへの設置も含めて、更に普及するものと考えられている。

なお将来方向として、屋内管理室(防災センター)からの遠隔操作なども可能にし、一層高度な自動化へと発展させることを計画しており、今後とも作業環境の向上、作業の合理化に寄与してゆきたい。

参考文献

- (1) ビル窓拭き作業の機械化, 洗浄設計, No. 1 (昭54)
- (2) 自動窓拭きシステム, 電設工業, 5月号 (昭55)

トランジスタパルスマグ溶接機《クリーンマグII》

殖栗成夫*・田畑要一郎*・平本誠剛**・瀬川博久***・木谷基***

1. ま え が き

自動車用鋼板などの薄板（板厚約3mm以下）の突合わせ、重ね、へり継手などのMAG溶接（Metal Active Gas溶接）では、母材への入熱を抑え、溶け落ちを防止するために短絡移行形アーク溶接法が用いられている。しかし板厚が1mm以下の薄板や継手ギャップが大きい場合は、穴あき、溶け落ちや分離ビードが形成され、安定なビードを得ることは困難である。そこで、筆者らは正極性アーク（ワイヤが陰極、母材が陽極）のもつ性質、すなわちワイヤ溶融量が従来用いられている逆極性アーク（ワイヤが陽極、母材が陰極）に比べて大きく、母材への入熱量が少ないという点に着目し、実用化のための検討を行った。

従来の溶接電源を用いた正極性MAG溶接では、ワイヤ先端に生じる溶滴が大きくなり、ワイヤと母材間の短絡が不規則となったり、大粒のスパッタが発生したりするほか、母材への入熱が極端に少ないため、凸形のオーバラップビードが形成されるという欠点があった。

今回開発された《クリーンマグII》は、パワートランジスタで電流波形を精密に制御できる画期的な電源であり、ワイヤと母材間の短絡及びその間でのアーク発生に伴い、適正な電流波形を発生させることができるため、従来不安定で実用化されていなかった正極性アークを安定に維持することができる。

本稿では、正極性アーク現象の特長を逆極性アークと対応させながら論ずるとともに、《クリーンマグII》の原理、溶接施工例について紹介する。

2. 正極性アーク現象

正極性アーク現象の特長を把握するために、電源として直流CO₂溶接機（定電圧電源）、サイリスタ制御パルス溶接機（パルス周波数60Hz、120Hz）を用い、出力端の接続極性を変えて実験を行った。また、短絡回数の測定には市販の短絡回数計を使用した。

2.1 ワイヤ溶融量、母材への入熱量

正極性（Straight Polarity, SP）及び逆極性（Reverse Polarity, RP）の場合における溶接電流とワイヤ送給速度との関係は図1.に示すようになる。図からも分かるように、同じ溶接電流に対するワイヤ送給速度の比は、SPはRPの1.3～1.5倍程度になっている。図2.は、ワイヤ送給速度又は溶接電流を一定とした場合のビード断面形状を比較したもので、(a)に示すような同一ワイヤ送給速度の場合には、SPではやや凸形ビードとなり、RPでは図1.から分かるように電流がかなり大きくなるために、過度の裏波ビードや穴あき、分離ビードが形成される。また、(b)に示すように同一溶接電流に対しては、RPではSPに比べてワイヤ送給速度が小さいために、結果的には母材への入熱が過多となり過度の裏波ビードが形成される。

SP, RPで同じ溶接電流に対してワイヤ溶融量が異なるのは、①消耗電極形アークの場合、陰極への入熱量が陽極への入熱量に比べて多いこと、②図3.に示すように、ワイヤ端のアーク形態が、SPの

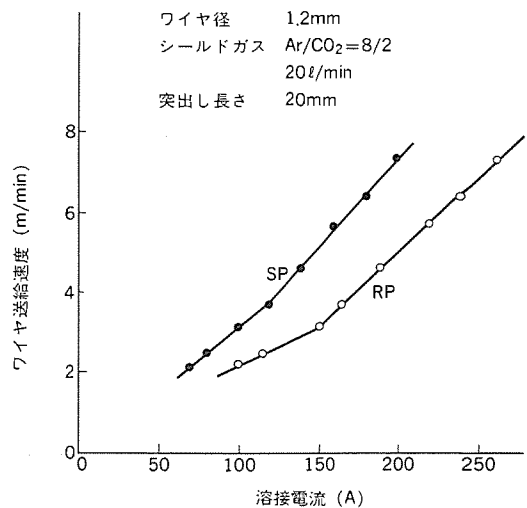


図1. 溶接電流とワイヤ送給速度との関係

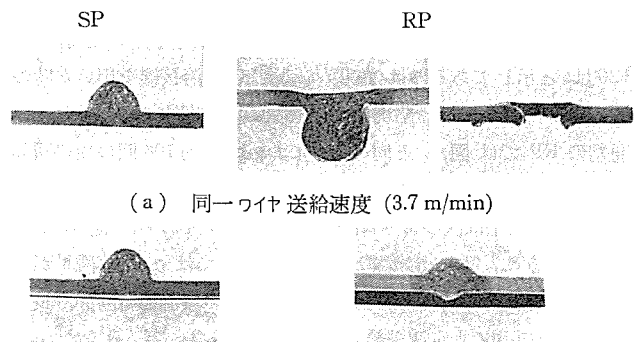


図2. ビード形状の比較
(ワイヤ径1.2mm, 板厚1.6mm, 溶接速度450mm/min)

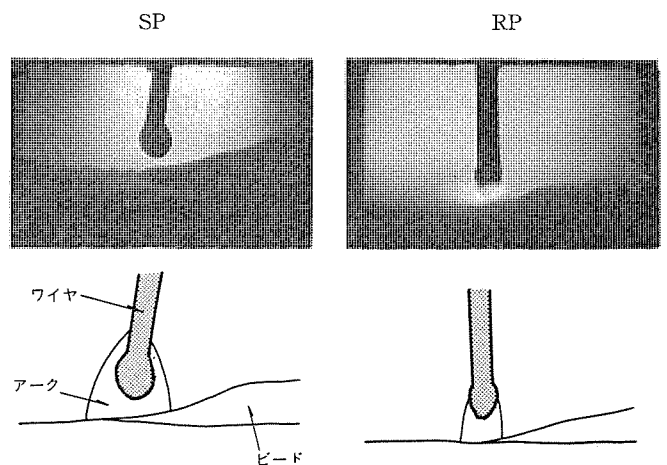


図3. アーク、溶滴形状の比較

場合にはそのアークの足がワイヤの上方にまではい上がりやすく、ワイヤが先端部まで送給される前に十分予熱を受けるため、母材へ移

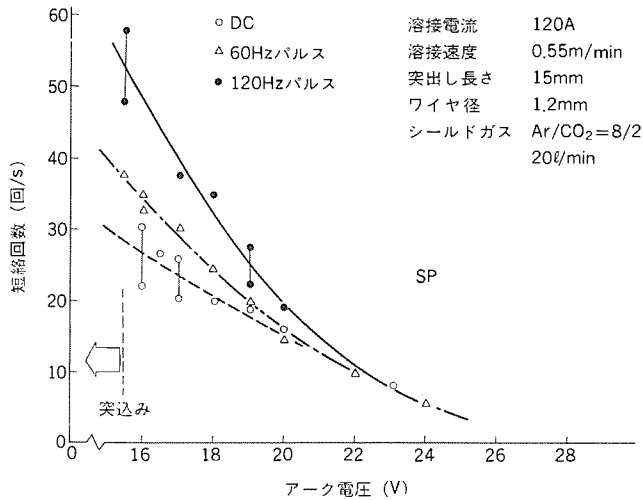


図 4. アーク電圧と短絡回数との関係

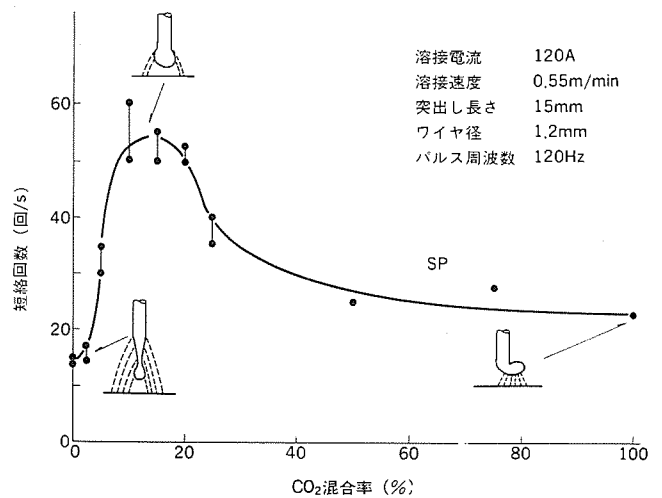


図 5. 短絡回数に及ぼすシールドガスの効果

行する際の溶滴の温度が RP の場合より低くなること、の 2 点に原因がある。特に③については、溶滴が大きな球状となって移行するグローブラー移行の場合に、溶滴の保有熱量を測定したところ、SP では約 390 cal/g、RP では約 450 cal/g という結果が得られており、ショートアークの場合も SP の方が溶滴の温度は低いものと思われる。

2.2 短絡回数

図 4. はアーク電圧を種々変化させた場合の短絡回数の測定結果を示したものである。図中、DC は直流 CO₂ 溶接機を用いた時、60 Hz、120 Hz と示してあるのはサイリスタ制御パルス溶接機を用いた時のデータであり、パルスは短絡現象とは無関係に周期的に加えられている。通常の RP では図 4. と同一条件においては約 100 回の短絡回数を示すが、SP ではその約 1/2 程度である。

図 4. の結果は次のように説明できる。すなわち、図 1. から分かるように、同一溶接電流に対して SP ではワイヤ溶融量が多いため溶滴径が大きくなり、短絡時の母材への溶滴移行時間も長く、ワイヤはその間にも定速送給されるので、母材に突込みやすい。したがってアーク電圧を上げてアーク長を長めにとらねばならず、結果として短絡回数が減少するのである。その上、短絡時の母材への溶滴移行時間が長いと、短絡電流が大きくなり、アーク再生時にスパッタが多量に発生する。

パルス電流が重畳された場合には、短絡回数は増加し、アーク長を短くしても安定である。これは、短絡とパルス印加のタイミングが必ずしも同期しないものの、短絡時にパルス電流が重畳する場合があり、その際に溶滴に働くピンチ力により溶滴移行時間が短くなるため、結果として突込み現象がなくなり、アーク長を短く短絡回数も多くできること、及びパルスの印加により溶滴が急速に加熱されるため、その径がさほど大きくならないことが主な原因と考えられる。

図 5. は、シールドガス中の CO₂ 混合率を変化させた場合のアークの発生形態及び短絡回数を示したものである。SP ではワイヤが陰極となるためにワイヤ端での陰極点の分布状態に変化が見られる。すなわち、シールドガス中の CO₂ 混合率を増加させると、陰極点はワイヤ先端部に集中するようになり、CO₂ 100% の場合には先端の溶滴上の 1 点に集中する。このため、アーク力により溶滴が上方へ押し上げられ、離脱移行が妨げられて溶滴径はますます大きくなり、ついには重力により離脱移行するものの、アーク外へ飛散する 경우가多く、大粒のスパッタが発生する。

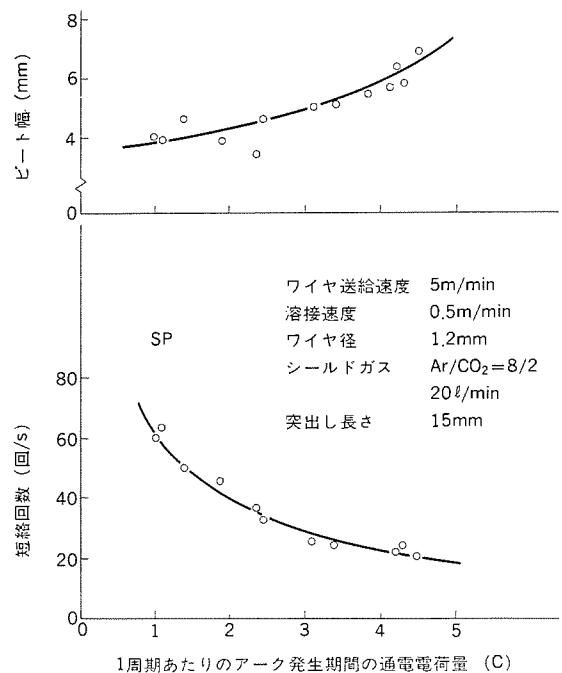


図 6. アーク発生期間の電荷量と短絡回数、ビード幅との関係

また Ar 100% の場合には、陰極点がワイヤ上部にまではい上がり、見かけのアーク長が増大する。そのために、ワイヤ端部が広範囲にわたって加熱された状態になり、溶滴は大きくなる。したがって短絡回数は極端に少なくなり、ビードが不連続になりやすく、スパッタの発生も多い。

CO₂ 混合率が 10~20% 付近では、アークはワイヤ端の溶滴を包んだ状態になり、溶滴径は比較的小さく短絡回数も多くなる。

2.3 アーク発生期間中の熱量とビード形状

アークの安定化、溶接速度の向上を図る上で短絡回数を増加させることは必要であるが、アーク長を短くして短絡回数を増加させようとすると、アークによる母材表面上のぬ(濡)れ幅が狭くなる。図 6. はその 1 例を示すもので、アーク発生期間中の 1 周期あたりの通電電荷量を減少させてアーク長を短くすると、短絡回数は増加するもののビード幅が減少し、なじみの悪いビード形状となる。

3. トランジスタを用いた波形制御方法

上記の基本データから、

- (1) アーク発生期間に通電する電荷量を小さく抑えて、溶滴径の増大を抑える。
- (2) ビードのなじみを良くするために、アーク発生期間にパルス電流を重畳し、溶滴径をさほど大きくせず母材表面の入熱範囲を拡大させる。
- (3) 短絡時の電流の立上がりは、できる限り緩やかとしてスパッタの発生を抑える。

以上の3点を基本原理として、パワートランジスタを用いた電流波形発生方法について検討した。

3.1 最適電流波形の設定

電流波形の模式図は図7.に示すとおりで、④ 溶滴が母材と接触し短絡する、⑤ 短絡が破れてアークが再生する、⑥ 定常アークが発生する、の各部分に分けられ、④は電源出力端の電圧が短絡相当の値に低下した時点から始まり、⑤は電源出力端の電圧がアーク電圧相当の値に復帰上昇した時点から始まるようにしている。

④では、短絡を検出して電流を立上げるが、スパッタの発生を抑えるため、立上がりの時定数は約30ms程度に大きくしている。⑤部はアークが再生した直後にワイヤ端に与えるエネルギーを決定するもので、少なすぎるとワイヤ端の溶融及びアーク力が不十分で、ワイヤ端が母材に突込むスタッピング現象が生じる。また、多すぎると溶滴が大きくなりすぎ、アーク長も増大して短絡回数が減少し、大粒のスパッタが発生する。以上の観点から、⑥部の電流立下りの時定数は約2msという小さな値に設定している。⑥部はアーク発生中に母材及びワイヤに与えられるエネルギーを決定するもので、小さいと溶滴径は小さくなり短絡回数も増加するが、ビード幅が狭くなじみが悪くなる。溶滴径を必要以上に大きくせず、かつビードのなじみを良く、すなわちアークの母材表面上の広がりを増加させるために約160Hzのパルス電流を重畳させている。

なお、ワイヤ送給速度が変化すれば、⑥部のパルス電流ピーク値が変化するようにになっている。

以上のような精密な波形制御は、定電圧電源とリアクトルの組合せ及びサイリスタ制御のパルス発生方式によっては不可能であり、トランジスタの採用が不可欠となる。

3.2 回路構成

3.1節で述べた電流波形を発生させるための回路構成は、図8.に示すようになっている。主回路部分はトランス、整流回路、トランジスタ、平滑用コンデンサ、リアクトル、フリーホイリングダイオードから成り、3相入

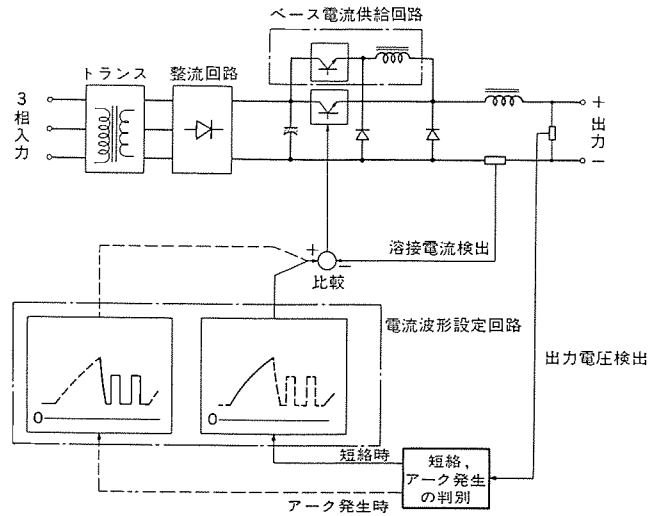


図8. 回路構成図

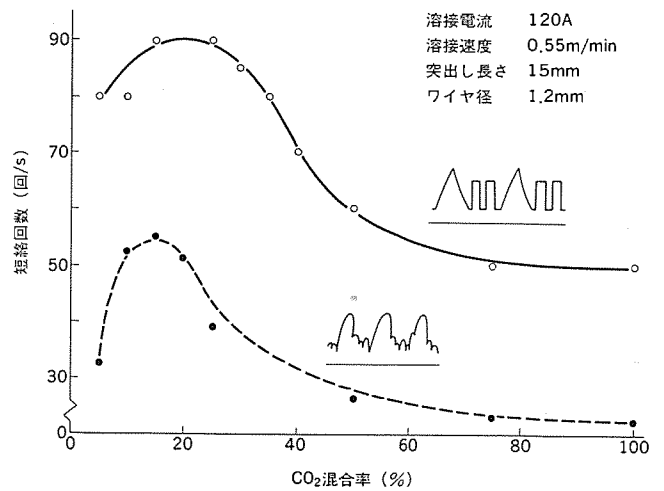


図9. トランジスタ制御による短絡回数の改善

力が直流に平滑され、トランジスタのチョップ作用によって出力電流波形が制御できるようになっている。制御回路部分は、溶接電流検出部、出力電圧検出部、短絡・アーク発生の判別回路、電流波形設定回路から成り、負荷が短絡かアークかによって、実際に検出した溶接電流が各々あらかじめ設定した電流波形に近づくように、主回路のトランジスタをオン、オフさせている。また、主回路部分のうち、ベース電流供給回路からは、使用されるワイヤ径に応じた小電流が常時供給されている。

なお、《クリーンマグII》はRPショートアーク、RPパルスアーク用の波形も即座に得られるように設計されているが、これらの説明については省略する。

3.3 溶接性能

3.3.1 短絡回数と接触角

図9.は、《クリーンマグII》と従来のサイリスタ制御パルス溶接機（パルス周波数120Hz）における、短絡回数の比較を行ったものである。図からも分かるように、短絡回数は従来法に比べて約2倍になっており、移行溶滴径が小さくなるとともに、アーク長を短くすることができるため、スパッタも小粒にすることができる。また、CO₂混合率が50~100%の場合にも短絡回数が50~60回/sとなっており、十分使用に耐えるものと思われる。

図10.は、《クリーンマグII》の短絡回数とビードの接触角を従来の

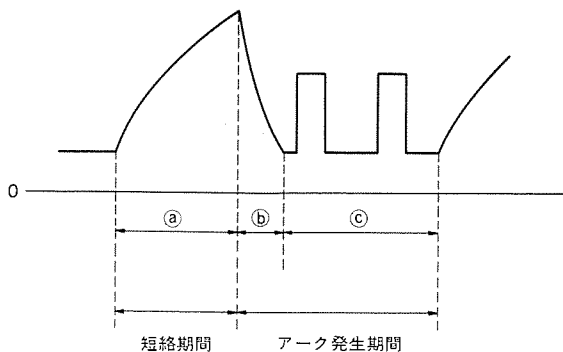


図7. 溶接電流波形

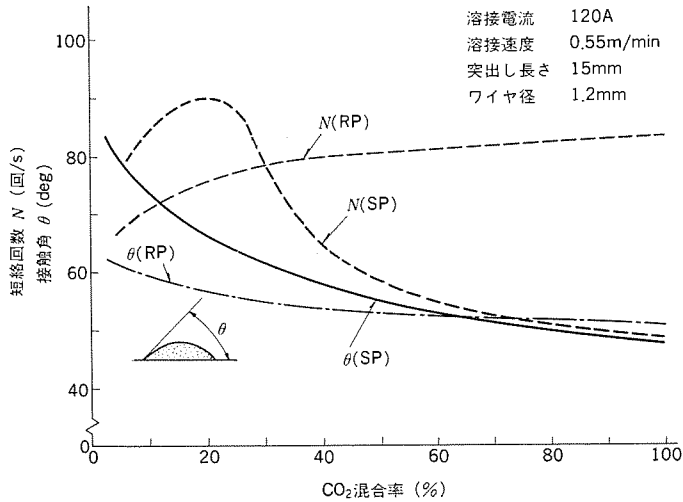


図 10. トランジスタ制御の SP と従来の RP との短絡回数，接触角の比較

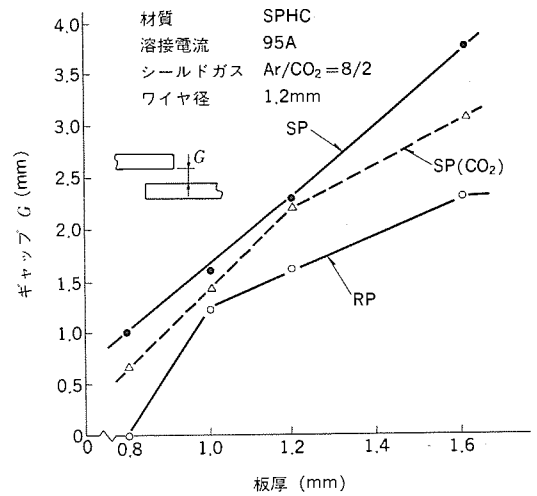


図 11. 重ね継手におけるギャップ裕度

ギャップ (mm) \ 極性	SP		RP	
0				
0.8				
1.4				
1.7				

溶接速度 500mm/min ワイヤ径 1.2mm 溶接電流 120A
板厚 1.0mm (SPHC) シールドガス Ar/CO₂=8/2

図 12. 溶接ビード例

RP と比較したものである。ビードの接触角はかなり改善されており、CO₂ 混合率が 50% 以上では SP も RP もほとんど変わらない。したがって、溶接作業の経済性を考慮すれば、CO₂ を 50% 混合させたシールドガスを用いても差しつかえないものと思われる。

3. 3. 2 開先ギャップ裕度

薄板で用いられる実用的な継手として、突合わせ、重ね、すみ肉、へりなどがある。図 11. は、重ね継手における溶接可能な最大ギャップを調べたもので、比較のために SP でシールドガスを CO₂ 100% とした場合と RP ショートアークの場合をそれぞれ併記してある。SP では RP よりも最大ギャップ幅が大きく、条件裕度が広いことが分かる。また CO₂ 100% でも従来の RP よりも裕度が広く、実用的である。

図 12. は重ね継手の溶接部の外観写真を示したものである。RP では不連続な穴あきビードや分離ビードが形成されやすいが、SP では安定した連続ビードが形成されている。

4. む す び

正極性アークに関する基本データをもとに、パワートランジスタによって最適電流波形を発生させる方式により、従来不安定とされていた正極性アークを安定化することができた。

《クリーンマグII》の技術的ポイントをまとめると次のようになる。

- (1) アーク発生期間内での通電電荷量を小さくし、溶滴径を小さく抑えて短絡回数を上げたこと。
- (2) アーク発生期間内にパルス電流を重畳し、溶滴径をそれ程大きくせず母材表面上の放電領域を拡大して、ビードのなじみを良くしたこと。

- (3) ワイヤと母材間の短絡期間内での電流の立上がりを緩やかにして、アーク再生時のスパッタの発生を抑えたこと。

以上の結果、薄板の溶接で特に問題となる継手ギャップの大きさに対して、条件裕度が拡大されることが分かった。

既に昭和 55 年 10 月から発売している《クリーンマグ》はどちらかと言えばやや中・厚板向きであるのに対し、《クリーンマグII》は薄板向きで、自動車のボディ、二輪車、自転車のフレーム、家具、家電品のケース、制御箱などの分野に威力を発揮する。しかし、両電源とも電流波形をトランジスタによって制御しており、溶接作業の自動化、ロボット化に大いに貢献できるものと期待している。

なお、この技術はトヨタ自動車工業(株)生産技術部殿と共同で開発したものである。

加入電話回線利用 自動検針システム

岸 由雄*・藤原 謙一**・岡村 繁***・西村俊彦***・酒井勝也*

1. ま え が き

通信回線などを介して遠隔地にある水道、ガス、電気などのメータ情報を自動的に読み取る自動検針システムは、昭和40年頃から大手公益事業者を中心に研究に着手されたが、技術、コスト、並びに検針業務とのからみなどの問題から本格的な実用段階には至っていない。しかし近年の社会的要求の高まり、伝送技術の進歩並びにLSI化による低価格化などから実用化へと進みつつある。

自動検針システムを実現する方式としては、

- (1) 加入電話回線を利用する方式
- (2) 専用の通信回線を利用する方式
- (3) 配電線を利用する方式

などが考えられるが、本文では加入電話回線を利用する方式のうち、

- (1) 郵政省主宰の総合テレメータシステム開発会議で開発推進中のノーリング方式に準拠した社内試作装置。
- (2) 現行の加入電話回線サービスを利用して、(1)に準拠した実用化装置である西宮市水道局における集合住宅自動検針システム(昭和56年8月より試行)。

についてその概要を紹介する。

2. 総合テレメータシステム

総合テレメータシステム開発会議は、遠隔自動検針を主要テーマとして昭和53年度に設置され、郵政省主宰で学識経験者、日本電話電信公社、公益事業体、通信機メーカー、計量器メーカーなどがメンバーとなって開発推進されているもので、当社も開発会議専門部会の主要メンバーとして参画している。

2.1 総合テレメータシステムの概要

総合テレメータシステムは、電話サービスへの影響を与えない範囲で既設電話回線の空き時間を利用して自動検針などの各種テレメータシステムを構築しようとするもので、電話のベルを鳴らさないで端末を呼出すようにしており(ノーリング方式)、一般の通話呼出しとは呼出形式を異にしている。

図1.は、ノーリング方式のシステム構成図である。ノーリング方式を実現するために、端末側交換機にNRT(No-Ringing Trunk)なる特殊トランクを設置し、これから端末着信時にノーリング呼出信号が送出され、端末に設置するNR-NCU(No-Ringing NCU)がこのノーリング信号にのみ自動応答するようにしてある。

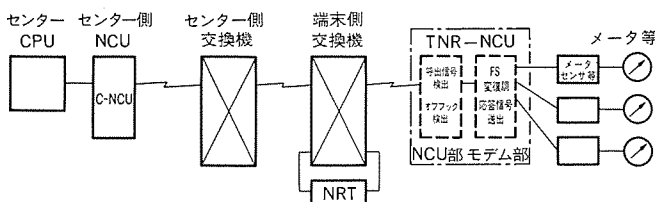


図1. 総合テレメータシステム構成図

このような総合テレメータシステム開発の背景としては、

(1) LSI化技術の進展に伴う端末装置のコストパフォーマンス向上が、人件費の高騰と検針員の確保難からくる検針業務の自動化要求と見合うようになってきたこと。

(2) 全国的な通信網である加入電話網に若干の機能を追加し、電話サービスに影響を与えない範囲で、自動検針、防災防犯、公害監視などの総合テレメータシステムを構築して、その有効利用を図りたいとする気運のあること。

などが考えられる。

2.2 総合テレメータシステムの特長

総合テレメータシステムの特長として下記があげられる。

(1) 既設電話網の利用

新たな回線を敷設するのではなく、全国的に張りめぐらされている既存の加入電話網を利用する。

(2) ノーリング機能

センターから端末装置を呼出す場合、電話機のベルを鳴らさないで端末装置だけを起動接続する。

(3) 通話優先機能

端末装置が動作中に電話加入者が発信しようとした場合には加入者による電話機オフフック(送受話機をはずすこと)を検出し、直ちに端末装置は回線から切離し、通話を優先する。

(4) 端末のつなぎ換え機能

端末を順次つなぎ換えながら連続してテレメータ動作を行う場合、センター-端末側交換局間の回線を保留したまま、端末側交換局と端末間のみを接続換えすることにより、接続時間の短縮を図っている。

(5) 局電源動作

端末側NCUは低消費電力化を図っており、局電源のみで動作する。

2.3 網制御手順及び通信モード

総合テレメータシステムとしては、ポーリング方式(センターから複数個の端末を順次切換えて起動する方式)と、コーリング方式(端末側からセンターを起動する方式)の両方が考慮されているが、ここではセンターの電子計算機によりシステムを起動するポーリング方式について説明する。図2.に基本的な網制御手順を示す。まず、センターCPUがC-NCU(センター側NCU)に対して発呼要求を行うと、回線がループ状態となり、続いてあらかじめ定められた第1ダイヤル番号(ノーリングトランク番号)を送出すると、C-NCUにより着信電話局のNRTが捕そくされる。次に、NRTからの第2ダイヤル(加入者番号)要求によりCPUから検針対象の電話加入者の電話番号などの情報が送出されると、C-NCU、NRTを介してTNR-NCUまで接続される。この際TNR-NCUへの呼出信号には、前述のノーリング呼出信号が用いられる。TNR-NCUはノーリング呼出信号を検出すると、応答信号を返送すると同時にメータセンサなどを起動し、メータセンサなどとセンターCPU間の通信回線設定が完了する。ここでTNR-NCUとC-NCU間では、検針データを200b/s(ビット/秒)のFS信号で伝送する。

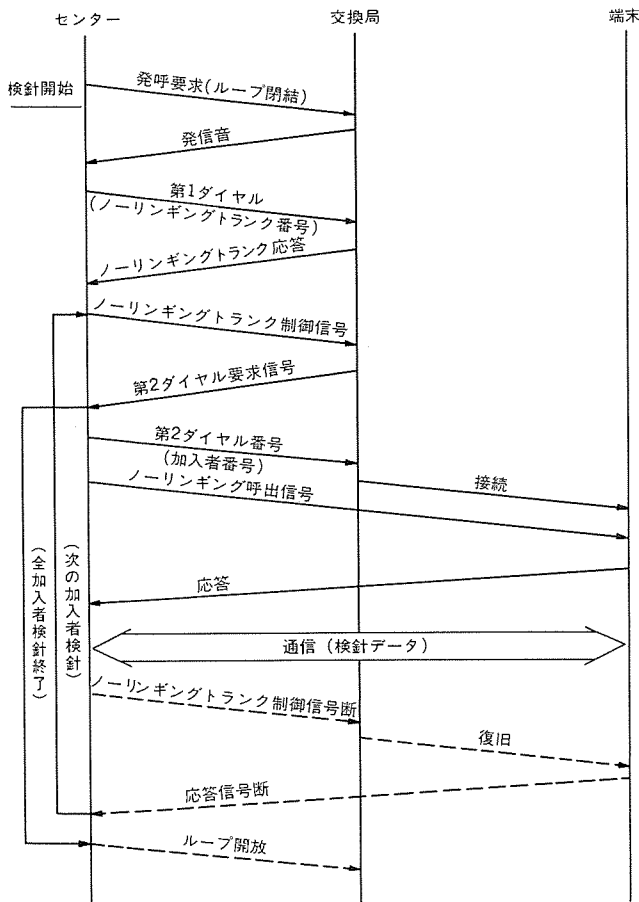


図 2. テレメータシステムにおける基本網制御手順

第1番目の加入者の検針が終了すると、センター CPU からの制御によって NRT とメータセンサなどとの回線のみを開放する。続いてセンター CPU から第2番目の加入者の電話番号などの情報を送出することにより、第2番目の加入者のメータセンサなどを接続する。これが端末つなぎ換え機能である。同一電話局に収容されている一連のメータの検針が終了すると、センター CPU からの復旧信号によって C-NCU と NRT との回線も復旧する。

通信モードには、片方向通信モード(Aモード)と双方向通信モード(Bモード)の2種がある。Aモードの場合、TNR-NCUはメータセンサなどへ起動をかけるのみで、検針データはメータセンサなどからセンターCPUへと一方向のみ送出する。一方Bモードでは、TNR-NCUはメータセンサなどへ各種制御信号などのデータを送出することも、メータセンサなどからセンターCPUへ検針データを送出することもできる。図3.及び図4.にそれぞれAモード、Bモードにおける通信手順を示す。送信の開始にはマークの連続を、送信の中断に

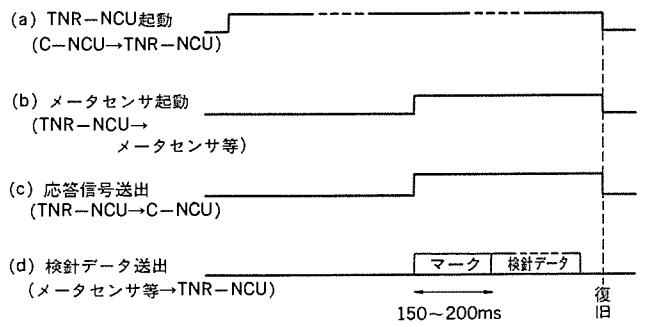


図 3. 片方向通信モード(Aモード)の通信手順

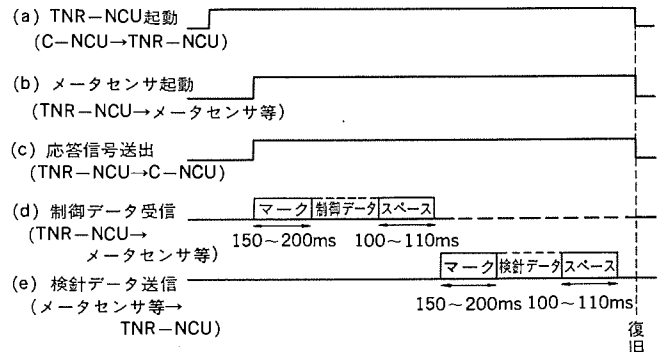


図 4. 双方向通信モード(Bモード)の通信手順

はスペースの連続を用いている。

3. ノーリング自動検針システム試作装置

本章では前章で説明したノーリング方式に基づき昭和55年3月に開発した自動検針システムの社内試作装置について説明する。

3.1 試作装置の構成及び特長

図5.に試作装置の概略構成、図6.に試作システムの全景を示す。センター側はマイクロプロセッサを中心に構成しており、周辺装置として検針の起動制御を会話形式で実行し、検針結果を印字するキーボード付タイプライタ及びシステムの動作を図式的に表示するCRTディスプレイを備えている。またセンター側には、網制御装置及び交換機の最低限

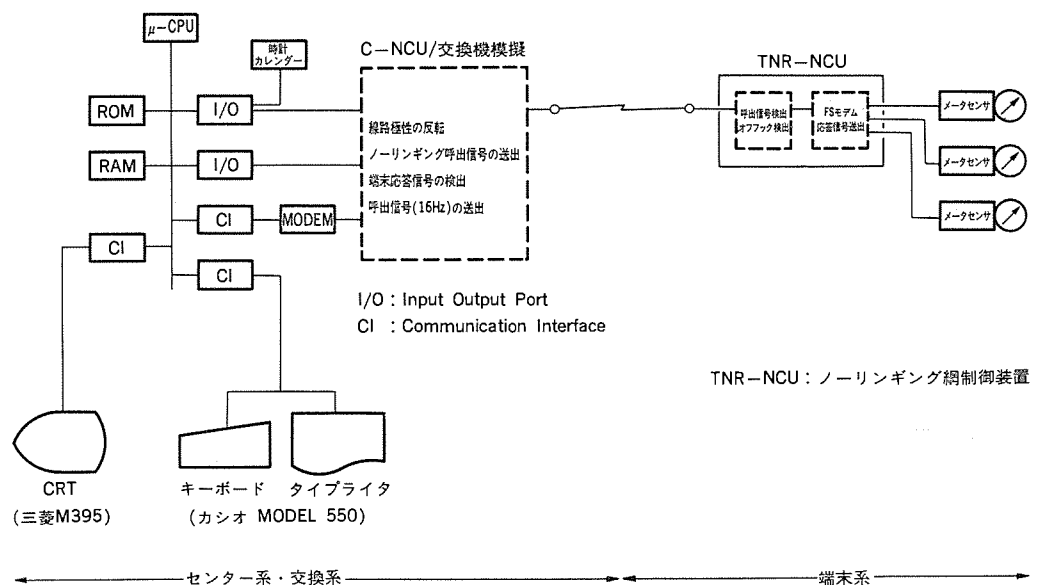


図 5. 試作装置の構成

表 1. 試作端末装置の機能ブロック及び特長

	ノーリング網制御装置 (TNR-NCU)	一体形メータ
概略機能ブロック図		
特長	<ul style="list-style-type: none"> ・ホトカブラによるオフフック検出回路を採用(電話機ループと直列に挿入することで確実動作可) ・低消費電力化により局電源動作可能(C MOS ICの全面的採用、不動作回路の電断) ・カウント方式によるノーリング呼出信号検出 ・FS変調方式の採用 ・メータセンサとの接続スイッチは半導体スイッチを採用(小形化高信頼度化) ・電源電圧が完全に立上るまで電源リセットのかかる電源リセット回路採用 ・入力線間、大地間に酸化亜鉛バリスタ採用(応答速度が速く、サージ耐量大) ・汎用LSIの採用(モデムLSI、伝送制御LSI) 	<ul style="list-style-type: none"> ・μ-CPU(C MOS)内蔵の全電子式メータである ・メータセンサとメータを一体化し小形化を実現 ・電文組立機能、パルス積算機能内蔵 ・積算値の液晶表示 ・リチウム電池の採用(寿命8年以上) ・JIS 7単位符号の採用

の機能模擬をするためのハードウェアを有している。

一方、端末側は、

(1) センターからのノーリング呼出信号を検出し、応答信号を送出すると同時に、メータセンサを起動して、メータセンサからのデータパルスをFS信号に変換するノーリング網制御装置(TNR-NCU)。

(2) メータ指示値を所定の伝送フォーマットの直列パルス信号に変換するメータセンサを一体化したメータ。

から構成している。

表 1. に試作端末装置の概略機能ブロック及び特長を示す。

3.2 試作装置の機能及び動作

図 7. に、試作装置の有する機能(図中< >内)を実行させるための操作フローを示す。まず<データ収集>で<切分試験>に大分割され、<データ収集>は<自動>と<手動>に分割される。更に<手動データ収集>は<全メータ収集>と<特定メータ収集>に分けられる。

図 8. に、自動検針システムの動作手順を示す。これは「総合テレメータシステム 開発会議報告書」に提示されているものであるが、この試作装置では交換機と端末装置間の動作手順の確認を主眼としているので、センターと網間の接続手順は直結としている。センターからの起動で回線は順次 TNR-NCU のモデム部まで接続され(①~②)、モデム部からの応答(③)があると、通信路が確立する。その後、センターからの読取指示信号(④)により、あらかじめメータセンサに蓄積されている計量値データ(⑤)をセンターまで転送する(⑥)。回線の復旧もセンターからの指示で行う(⑧~⑩)。図 9. に、以上の動作の端末側タイムチャートを示す。図中①~⑩は、図 8. の①~⑩と対応している。

3.3 伝送フォーマット

伝送フォーマットとしては図 10. に示すとおり JIS 符号による反転 2 連送(垂直パリティ付き)を採用しており、汎用性、拡張性に富むと同時に信頼性の高い符号方式としている。



図 6. 試作システム全景

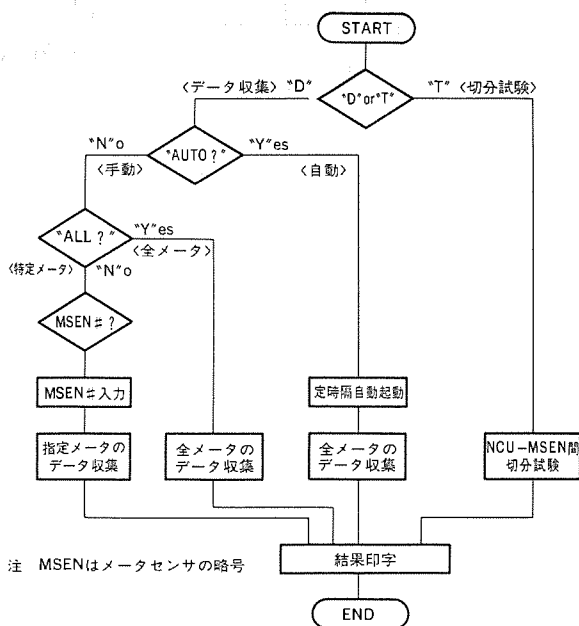


図 7. 試作装置フロー

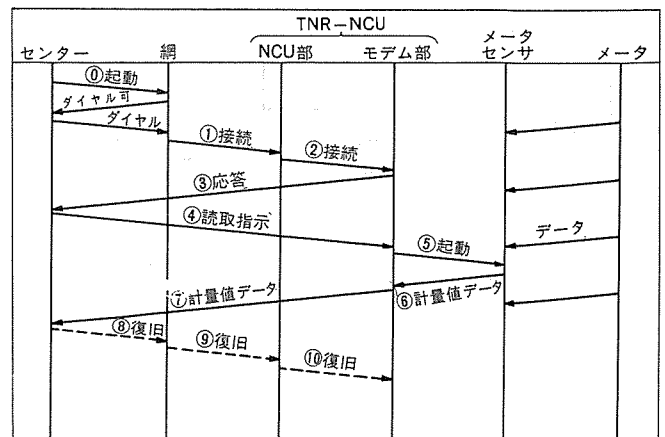


図 8. 自動検針システムの動作手順

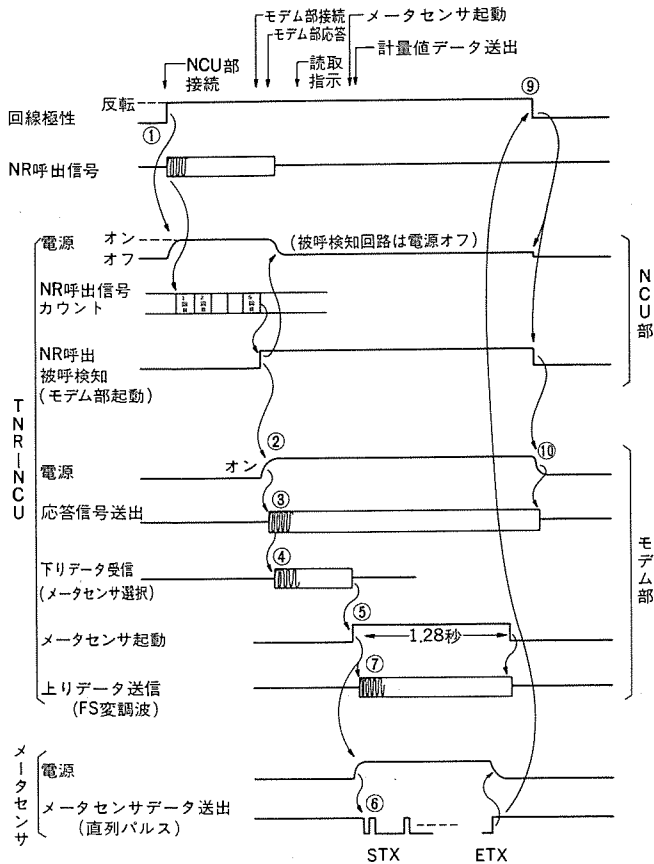
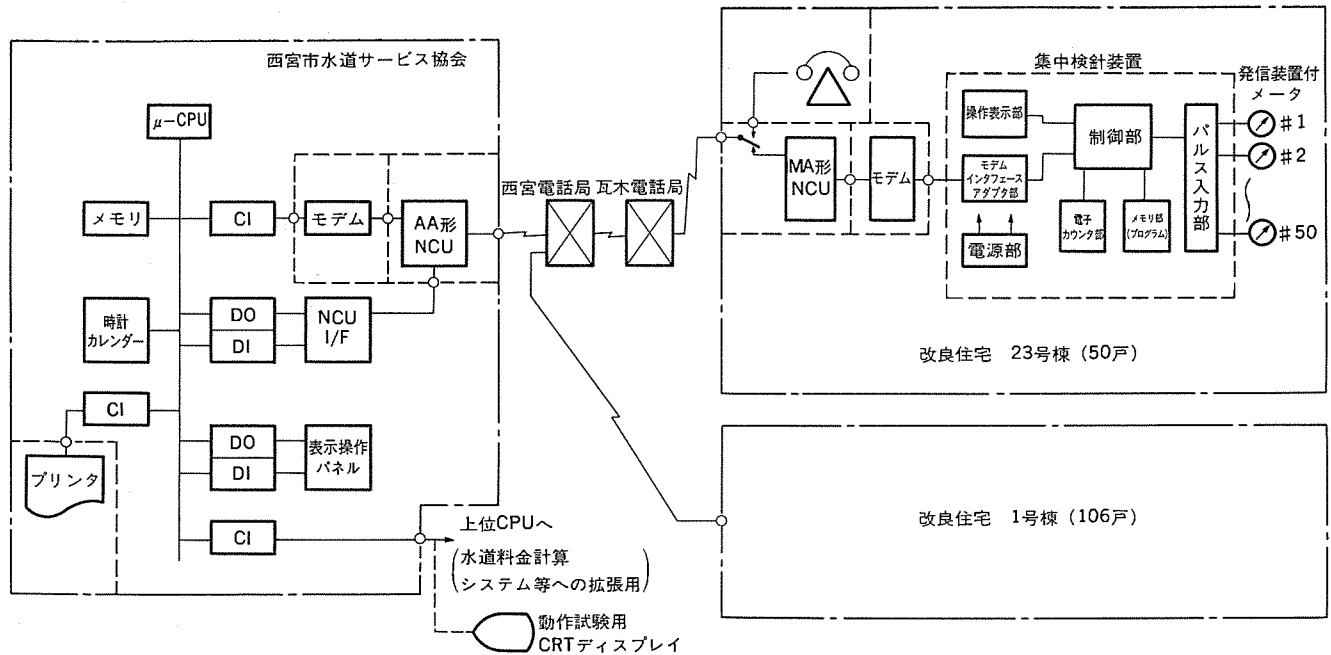


図 9. 端末側動作 タイムチャート

4. 西宮市水道局集合住宅自動検針システム

前章までに述べた ローリング方式は、加入電話回線を利用するテレ



AA形NCU：自動発着信形制御装置
 MA形NCU：自動着信形制御装置
 CI：通信用インタフェース
 DI：デジタル入力インタフェース
 DO：デジタル出力インタフェース

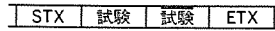
図 11. システム構成

(1) 下りデータ (センター→端末)

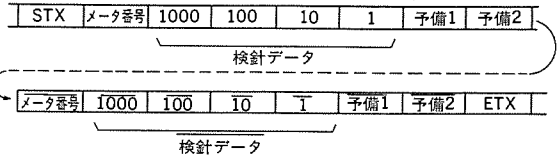
(a) メータセンサ選択符号の構成 (センター→端末)



(b) 試験符号の構成 (NCU-メータセンサ間切開き)



(2) 上りデータ (端末→センター)



注 試験符号受信時はスペース (0) を連続送出

(3) キャラクタ構成

	START	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b _p	STOP
STX	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
ETX	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
数字	0	"1"	"2"	"4"	"8"	1	1	0	"P"	1
試験	0	X	X	X	X	1	0	0	"P"	1

注 "P" は偶数パリティ

図 10. 伝送フォーマット

メータシステムとして非常に有用な方式であるが、残念ながら現時点では日本電信電話会社の実サービス開始の段階に至っていない。そこで本章では、現行サービス範囲内での実フィールド試験として昭和56年8月から西宮市水道局殿の御協力により実験開始した集合住宅自動検針システムについて紹介する。

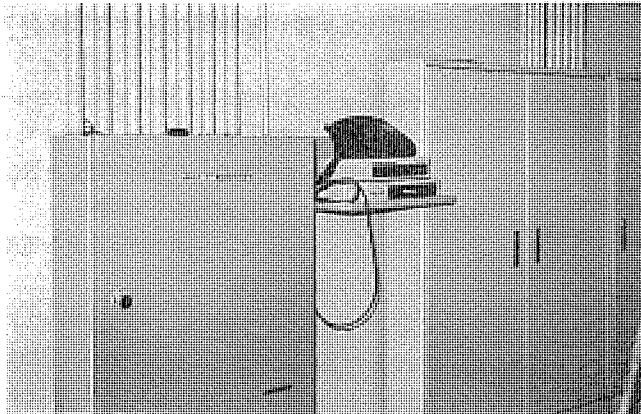


図 12. 端末装置 (1号棟)

表 2. 動作モード一覧

動作モード	動作概要	印字内容	表示内容
自動検針	指定の検針日(1~28日)の定時刻(半固定)に自動起動し、全棟の全戸の検針値を収集して、使用量を算出し、前回検針値を更新後印字記録する。	動作日時、検針値、前回検針値、使用量異常メータ数、欠調数	自動(棟番号)
全戸検針	操作パネルからの手動操作により全棟あるいは指定棟の全戸の検針値を収集して、使用量算出後、印字記録する。	同上	全戸(棟番号)
個別検針	操作パネルからの手動操作により指定棟、指定住戸の検針値を読取り、使用量算出後、印字記録する。	動作日時、検針値、前回検針値、使用量	個別棟番号 室番号(階号)
試験	操作パネルからの手動操作により、全棟あるいは指定棟の集中検針装置符号変換部までの折返し試験を行い、結果を印字記録する。	正常あるいは異常	正常

4.1 システム構成

このシステムは、集合住宅の集中検針装置に蓄積されている検針データを加入電話回線を介してセンターから自動的に読取るもので、そのシステム構成、接続形態などを図 11. に示す。センター装置は水道サービス協会に設置され、1,200 b/s モデムと AA 形 NCU を介して公衆通信回線に接続しており、端末側は既設の集中検針装置にモデムインタフェースアダプタを追加実装し、モデム、MA 形 NCU 経由で加入電話回線に接続している。図 12. は、改良住宅 1 号棟に設置された端末装置の写真である。左端が集中検針装置、中央の棚下段が MA 形 NCU、中段がモデム、上段がこのシステムの電話機である。

4.2 機能及び仕様

基本的な機能として自動検針・全戸検針・個別検針・試験の 4 種類の動作モードが可能であり、その結果をすべてプリンタに印字する。表 2. に各動作モードの概要を、表 3. に全戸検針の場合の印字サンプルを示す。なお、センター装置はシステム拡張用として検針データの出力コネクタを持っており、このコネクタを利用して動作試験用 CRT ディスプレイを接続し、通信制御手順の目視による確認や検針値の表示も可能である。

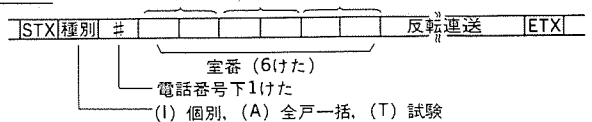
一方仕様のには、ノーリング方式を除いて総合テレメータシステム開発会議の報告書に準拠しており、その概略は以下のとおりである。

- (1) 起動方式：センターからのポーリングによる
- (2) 通信モード：半 2 重双方向通信モード
- (3) 変調方式：FS 変調

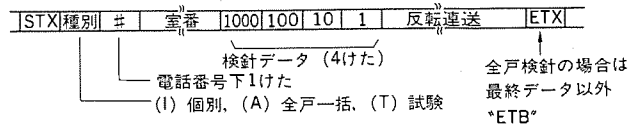
表 3. 印字サンプル (全戸検針)

検針日	棟番号	室番号	検針値	使用量	異常メータ数	欠調数
02	01	0347	0334	9		
02	02	0340	0315	25		
02	03	0346	0339	7		
02	04	0334	0326	8		
02	05	0375	0361	15		
02	06	0321	0314	7		
02	07	0433	0422	11		
12	05	0308	0308	0		
12	07	0247	0242	5		
12	08	0301	0301	0		
02	01	0340	0340	0		
02	02	0347	0347	0		

下りデータ



上りデータ



キャラクタ構成

	START	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	STOP
数字	0	2 ⁰	2 ¹	2 ²	2 ³	1	1
STX	0	0	1	0	0	0	1
ETX	0	1	1	0	0	0	1

図 13. 伝送フォーマット

(4) 信号速度：1,200 b/s

(5) 集中検針装置とモデムとのインタフェース条件：標準モデムインタフェース (JIS C 6361) による

(6) 伝送フォーマット：図 13. 参照。JIS 7 単位符号 (C 6220) の下位 5 単位にて、伝送制御キャラクタと英数字キャラクタを構成し、調歩同期・反転 2 連送方式を採用

4.3 センター装置

4.3.1 ハードウェア構成 (図 11. 参照)

センター装置は、マイクロプロセッサを中心に、通信用インタフェース(CI)を介して、モデム、プリンタ及び上位 CPU 接続端子が直列形式で接続し、デジタル入出力インタフェース(DI/DO)によって NCU 制御部 (NCU I/F) 及び表示操作パネルを接続している。

4.3.2 ソフトウェア構成

センター装置のソフトウェアはリアルタイムモニタを中心に構成しており、モニタにはインチャイザ、サイクリックスケジューラ、タイムアウトスケジューラ、タスクスケジューラなどを含んでいる。サイクリックスケジューラによって時刻読み・操作パネル入力・表示出力の各処理を起動し、タスクスケジューラには検針・試験・上位 CPU 転送・データ印字・アナウンスメント印字の各タスクをこの順位で管理接続している。4 種類の動作モード処理は操作パネル入力処理を介して起動し、検針タスクあるいは試験タスクにその実行を移すようにしている。なお、検針日時変更、年号変更、前回はデータ変更、子局テーブル変更などのテーブル変更は停止モード時のパネル面デジタルスイッチの値によって起動処理する。

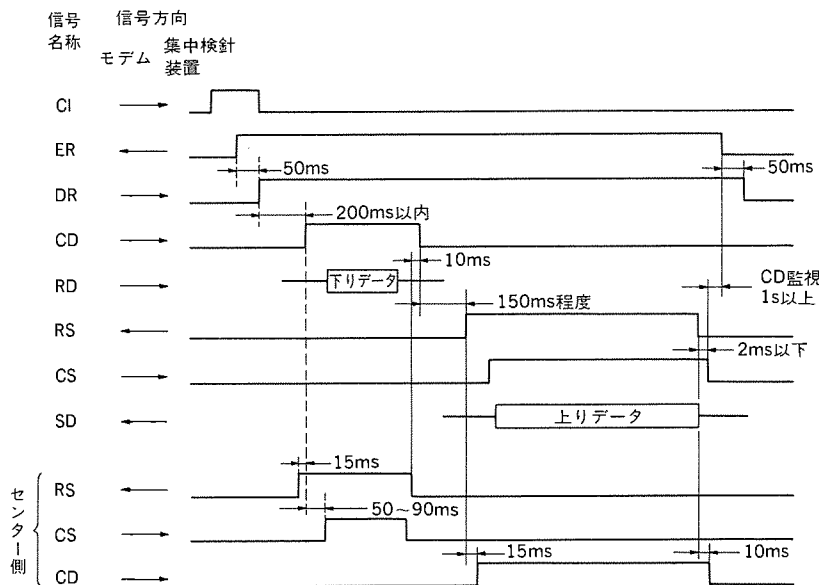


図 14. モデムと集中検針装置間の動作シーケンス

- (3) メモリ部：検針プログラムを格納
- (4) 電子カウンタ部：発信装置付メータの発信パルスを計数
- (5) モデムインタフェースアダプタ部：標準モデムインタフェース (JIS C 6361) を使用
- (6) 操作表示部：部屋番号と計量値の設定と表示及び機器設置場所における検針指令を操作
- (7) 電源部：バックアップバッテリー (8 時間) を含む電源

4.4.3 ソフトウェア構成

モデムと集中検針装置間は標準のモデムインタフェースによってセンターと通信する形態を採っており、追加した伝送サブルーチンは図 14. に示した動作シーケンスに則して送受信の切換えなどの伝送制御処理やデータ送受信処理を実行するように構成している。

5. む す び

以上加入電話回線を利用した自動検針システムとして、ノーリング方式の試作装置及び西宮市水道局における集合住宅自動検針システムについて紹介した。特にノーリング方式は、単に自動検針にとどまるものではなく、自販機管理、防災防犯通報、公害監視規制などの簡易なテレメータ、テレコントロールシステムや簡易なデータ端末などにも適用され、文字どおり総合テレメータシステムとしての普及が期待されるものである。

一方自動検針システムは、当面コスト的にもシステム構築上も、比較的導入が容易な新設集合住宅や検針環境の非常に悪いへき(僻)地などを中心に導入が推進されると思われる。この加入電話回線による自動検針システムが一般の個別住宅にまで普及するには、メータセンサを含む端末装置の一層のコストダウン、複数事業体による端末装置の共同利用、工事費の軽減対策などが必要となろう。

またこの技術は、自動検針、簡易端末などへの適用から、更に各種の簡易広域情報伝送システムへと発展して行くものと期待したい。

参 考 文 献

- (1) 郵政省編：テレメータシステム研究会報告書 (昭 52-12)
- (2) 郵政省編：総合テレメータシステム開発調査報告書 (昭 54-3)
- (3) 郵政省編：総合テレメータシステム開発調査報告書 (II) (昭 55-3)
- (4) 郵政省編：総合テレメータシステム開発調査報告書 (III) (昭 56-3)
- (5) 金井：自動検針技術，電子通信学会誌，8，64 (昭 56-8)

4.4 端末装置 (集中検針装置)

4.4.1 概要

端末装置は MA 形 NCU，モデム，集中検針装置及び発信装置付メータで構成している。

集中検針装置は、集合住宅各棟単位の検針機器として実験中のものから 2 棟分を抽出し、モデムインタフェースアダプタの追加実装を含む改造を実施した。発信装置付メータは、単位量出力式 (パルス発信式) であり、計量の 1 単位ごとに無電圧接点信号を出力する。集中検針装置は、発信装置付メータの接点状態を一定周期で走査することによりその変化を検出し、集中検針装置内部の電子カウンタに各メータ単位で計数、蓄積する。

そのため、単位量出力式メータを入力とする集中検針装置は、センター装置からの下り制御データ受信時には、電子カウンタの計数値を上り検針データとして即時かつ高速に返送することが可能であり、その都度集中検針装置の電源を投入し、メータの積算値を収集しなければならぬ積算値出力式 (エンコーダ方式) と比較して検針時間を大幅に短縮できる特長を持っている。

4.4.2 ハードウェア構成

図 11. に集中検針装置の各機能ブロックの概要を示す。

- (1) パルス入力部：発信装置付メータの接点信号を電気信号に変換すると同時に接点チャタリングを吸収
- (2) 制御部：パルス入力部の走査及び操作、表示部からの指令により集中検針装置全体を制御するマイクロプロセッサ

新形ガスファンヒーター

松井安次*・金山 清**・林 康男**・福田光男**

1. ま え が き

当社がいち早く市場導入した石油ファンヒーター⁽¹⁾は、従来の石油ストーブの火災、火傷などの不安の改善、温風暖房による快適性の向上などにより、好評を博し、2年連続の暖冬、石油供給不安などの悪環境にもかかわらず順調な伸びを示してきた。一方暖房機市場には、特に大都市を中心として、ガス派と呼ばれるガス燃料選択者も多く、このたび当社では、この市場に対応してガス燃料を使用した開放形ガス温風暖房機、いわゆるガスファンヒーターを商品化した。

この種の商品には、特に最近の都市部における居室の気密性の向上から、

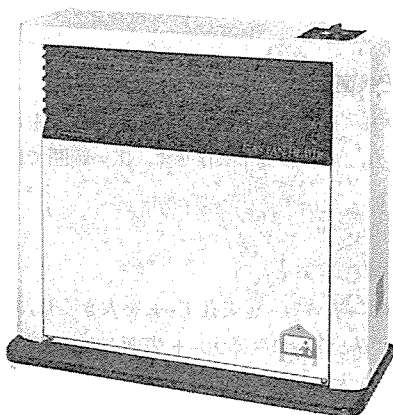
- (1) 燃焼排ガス中の有害成分、特に窒素酸化物(NOx)の低減
- (2) 換気不足による酸欠時の安全性(不完全燃焼防止)

などの室内環境の安全性が更に要求されるようになってきた。今回の開発にあたって、各種の安全装置のほか燃焼方式については、検討の結果低NOxが比較的容易に実現でき、しかも室内酸素(O₂)濃度が14~15%まで低下しても不完全燃焼しないセラミックプレート式赤外線バーナ(シュバックバーナ)の開発が上記安全性確保の最短距離にあると考えられた。そこで単なるファン付きストーブでは実現し得ない安全性と快適性を追求するため、シュバックバーナの従来と異なる立場よりの再検討を中心に新しいガスファンヒーターの開発を進めた。2章で、開発、新発売のガスファンヒーター(GD-20T, 25T)の概要、3章で単一バーナで入力調節ができる新プレートの開発過程、4章で酸欠、不完全燃焼を防止する新開発のセラミック温度センサの原理と特性について述べる。

2. ファンヒーターの構成

今回開発したガスファンヒーター(GD-20T, 25T)の構造、仕様について述べる。

図1.(a), (b)にGD-25T(20T)形の外観及び構造を示し、



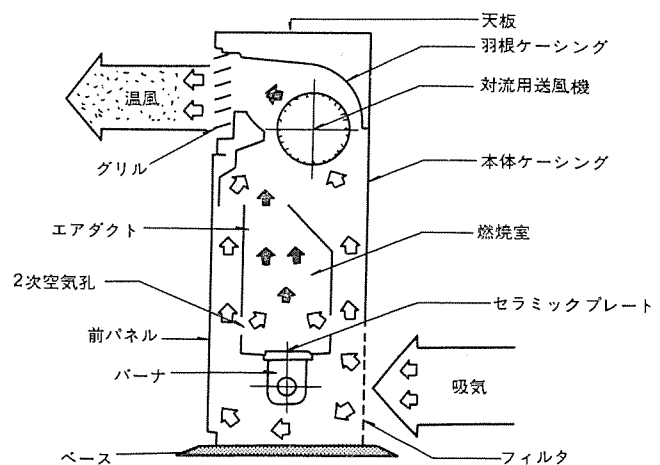
(a) GD-25T形の外観

表1. にその仕様を示す。バーナは、図2. で示すように、新たに開発したセラミックプレート4枚で構成され、入口スロット部で燃料ノズルから噴出する燃料と燃焼用空気が予混合する。プレート上では高負荷の燃焼を行わせるため、1次空気($\mu_0=0.9\sim 1.1$)の供給は噴出ガスのエジェクタ効果による吸引と、対流用送風機(ラインフローファン: 径90mm×長さ270mm)による強制吸引を併用した。他の主な特長は以下のとおりである。

- (1) ラインフローファンにより高温の燃焼ガスと室内対流用空気を強制混合するため、均一な温風温度(70~80°C)が得られる。

表1. 仕様

形名	GD-20T形	GD-25T形
燃焼方式	表面燃焼式	
ガス消費量(kcal/h) (暖房能力)	強2,000/弱1,400	強2,400/弱1,600
暖房適室(畳)	4.5~8	4.5~10
電源	単相100V 50/60Hz	
消費電力(W)	24/22	23/23
対流風量(m ³ /min)	強2.2, 弱1.6	強2.5, 弱1.8
騒音(ホン)	強38, 弱32	強39, 弱33
着火方式	連続放電着火方式	
室温制御方式	手動切換えによるHi-Lo制御	電子式ルームサーモによるHi-Lo制御
外形寸法(mm)	高さ470×幅500×奥行170 (ベース510)・(ベース240)	
製品重量(kg)	12	



(b) 概略構造図

図1. ファンヒーターの外観と構造

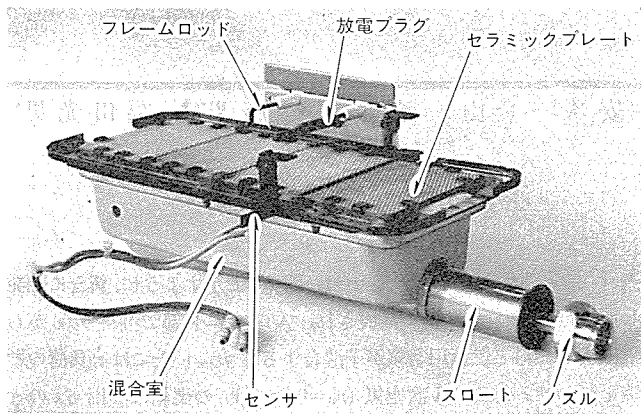


図 2. パーナ外観

(2) 本体 ケーシングの内側を室内対流用空気が通過する構造とし、本体表面温度を下げ、火傷などの事故を防止した。

(3) 単一 パーナの Hi-Lo 切換えで、手動 (GD-20 T) 又は電子式 ルームサーモ (GD-25 T) により室温調節を行った。したがって、頻繁な ON-OFF 制御による CO, HC の排出を防止できた。

更にファンヒーターは室内開放形暖房機であるため、安全性には特に注意し、次のような種々の安全装置を組入れた。

(1) 燃焼検知回路 (フレームロッド方式)

燃焼異常 (炎の吹消え, 逆火など) を検知すれば、燃焼を停止させる。

(2) 不完全燃焼防止装置 (セラミック温度 モンサ)

万一換気の悪い部屋で使用され、室内酸素濃度が低下したり、ごみ詰まりなどにより 1 次空気量が極端に低下して不完全燃焼の危険がある場合に燃焼を停止させる。

(3) 過熱防止装置 (バイメタル式 サーモスタット, 温度 ヒューズ)

室内対流用送風機の動作不良, 過大入力などで本体が異常昇温した場合に燃焼を停止する。

(4) 転倒時 ガス 遮断装置 (水銀 スイッチ式)

本体が転倒した場合に燃焼を停止する。

その他の安全装置として、停電時安全装置 (フードバルブ), 過電流保護装置 (電流 ヒューズ) などが組込まれている。

3. 新セラミックプレートの開発

3.1 従来プレートの特性

都市ガス用の従来プレートを用い、単位枚数あたりの入力 (都市ガス 6C) と表面温度 T_s , 排ガス濃度 CO^* , NO_x^* (*は $O_2=0\%$ 換算値) の関係を図 3. に示す。空気比 (供給空気量/理論燃焼空気量) $\mu=1.0$ である。温度測定は光高温計で行った。

このプレートでは T_s は入力依存性が大きい。 $T_s \leq 750^\circ C$ (低入力) では、火炎が著しく冷却されるため CO 発生が多くなる。逆に $T_s \geq 1,000^\circ C$ (高入力) では燃焼反応が各炎孔の内部で生じるようになり、ついには逆火 (flash back) に至る。逆火時の入力は表面状態によって変わり、使用初期には逆火入力がかかなり大きいのがその後表面が白色化し、粒径が粗くなるにつれ、逆火入力がしだいに低下していく現象 (白色劣化) がみられた。

したがってこのプレートでは、 $T_s=800\sim 900^\circ C$ に保つ必要があるため⁽²⁾、許容される入力、空気比 μ の範囲は極めて狭く、燃焼条件は 1 点設定 (通常単位枚数当たり 360 kcal/h) が普通である。

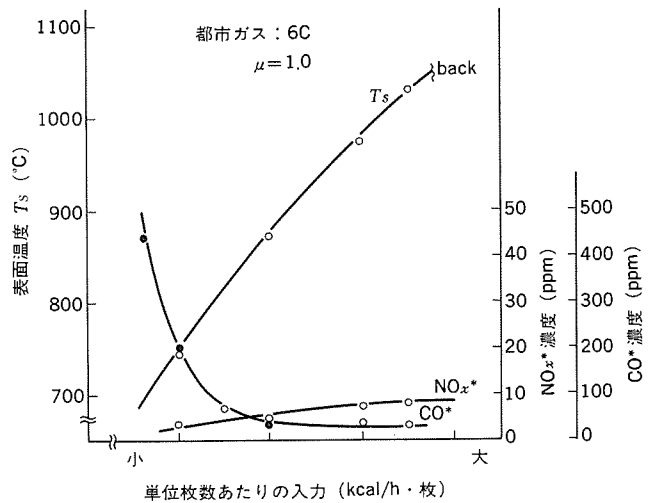


図 3. 従来プレートの T_s - CO^* , NO_x^*

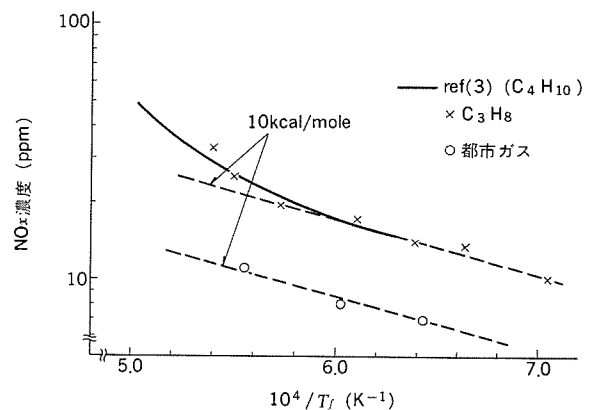


図 4. NO_x 生成の温度依存性

しかし、 NO_x 排出量は通常の全 1 次、ラベン炎 ($NO_x^*=80\sim 150$ ppm) に比べて極めて低いことが分かる。白金/ロジウム熱電対で都市ガス (6C) 及びプロパンガス (C_3H_8) を用いた場合の最高火炎温度 T_f (K) を測定し、図 4. に従来の測定例 (ブタンガス, C_4H_{10})⁽³⁾ と比較した。 C_3H_8 での測定結果は従来例 (実線) とよく一致し、 NO_x 生成は Prompt NO^* が支配的であり、温度依存性はほぼ 10 kcal/mole と小さい。この領域でも低 NO_x 化のためには火炎温度の低下が有効であるが、冷却しすぎて通常の炭化水素炎の可燃限界 ($\mu \sim 2.6$, $T_f \sim 1,500$ K) 近くになると、燃焼反応が不完全になり、一酸化炭素 (CO), 未燃炭化水素 (HC) の排出が多くなる。したがって、 T_f を下げて、いかに CO 排出を抑えるかが、低 NO_x 化の主要な問題である。

3.2 開孔率と表面温度

新しいセラミックプレートの設計にあたって、次の点を主に考慮した。

- (1) T_s が入力, μ にあまり依存せず、広い範囲でほぼ一定であること。
- (2) 逆火がないこと。
- (3) 白色劣化のないこと。

これらの要求に対して、①炎孔ピッチを大きくし、火炎からの受熱量を少なくすると同時に、②プレート表面からの放熱量を多くするため、輻射率 ϵ を大きくすることなどを検討した。この検討方向は、

注 炭化水素燃料の中間分解物を經由して火炎帯内で急速に生成される NO^* 。

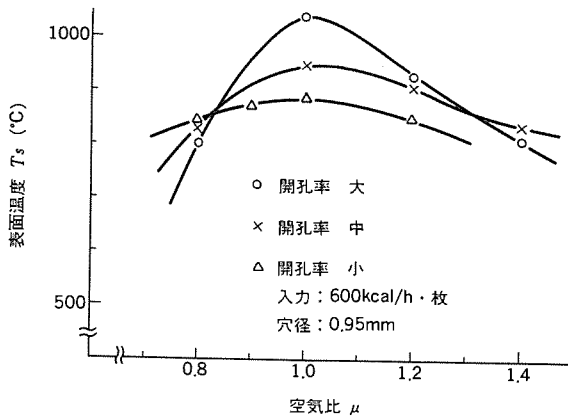


図 5. 空気比と表面温度の関係

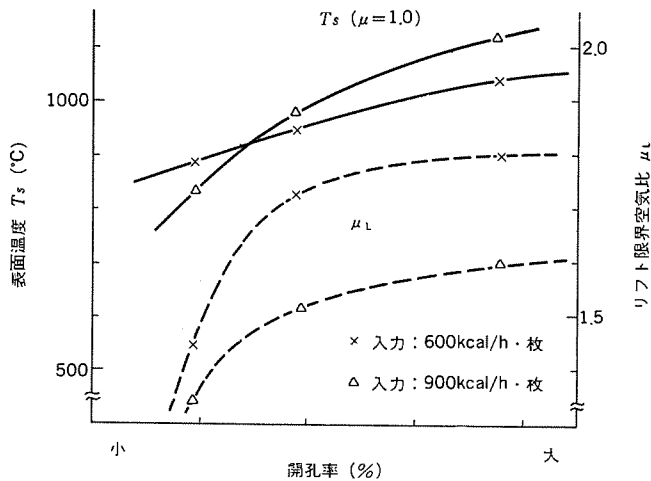


図 6. 開孔率と表面温度・リフト限界の関係

いかに多量の熱を火炎から受熱し、放射として放出するかを目標としてきた従来シェパルク形ストーブと逆の発想である。

従来プレートの開孔率（炎孔面積/全表面積）、空気比 μ を変化させ、 T_s 及びリフト限界 μ_L を測定した結果を図 5., 図 6. に示した。図 5. から、開孔率が小さい程 T_s のピーク値は低下し、 μ による変化は少なくなることが分かる。しかし極端な小開孔率の場合には、図 6. に見られるようにリフト限界が大幅に低下し、火炎の安定範囲が狭くなっていく。また平均的な T_s は低下しても、炎孔周縁が局部的に高温になる現象が見られた。したがってこの測定例からは、リフト限界があまり低下しない範囲で開孔率を小さくすることにした。

3.3 放射率と表面温度

図 6. から、前節の構成においても、入力が大きくなると、 $T_s \sim 1,000^\circ\text{C}$ にも達するため、逆火が生じる可能性がある。そこで放射率 ε を大きくして、 T_s の低下を考えた。

3.3.1 放射率の測定

放射率 ε の算定は以下に示すよう、2色温度計と光高温計の測定値の比較より行った。温度 $T(\text{K})$ の完全黒体の波長 λ における単色射出能は、プランクの式より、

$$E(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right) - 1} \quad \dots\dots\dots (1)$$

で表される。ここで $C_1 = 3.22 \times 10^8 \text{ kcal}(\mu\text{m})^4/\text{m}^2\text{h}$, $C_2 = 1.44 \times 10^4 \mu\text{mK}$ である。温度 T における最大放射エネルギーを射出する波長

λ_{max} は式(1)を λ に関して微分して0とおくことにより、
 $\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2897.8 \mu\text{mK} \dots\dots\dots (2)$

が得られる (Wien の法則)。
 2 波長 λ_1, λ_2 (放射率 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$) での放射エネルギー E_1, E_2 の比は式(1)より、

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^5 \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right) \frac{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda_1 T} - 1\right)}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda_2 T} - 1\right)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

となり、近接 2 波長の放射率 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ が等しいと仮定すれば、 E_2/E_1 の測定より温度 T が算定できる。これが 2 色温度計の原理である。

一方光高温計は、フィルタ (一般に $\lambda = 0.65 \mu\text{m}$) を通して測定部からの放射エネルギーを校正された黒体と比較するもので、式(3)において $E_2 = E_1, \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda, \varepsilon_2 = \varepsilon_1 = 1.0$ とおき、 $\exp(C_2/\lambda T) \gg 1 (T < 4,000^\circ\text{C})$ の近似を用いれば、次式が得られる。

$$\frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_l} = \frac{\lambda \varepsilon_t}{C_2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで $\varepsilon_l = \varepsilon_t$ である。したがって、2 色温度計より求めた表面温度 T_l と光高温計による値 T_t を比較すれば、式(4)より $\lambda = 0.65 \mu\text{m}$ での放射率 $\varepsilon = \varepsilon_t$ が求まる。

3.3.2 測定結果

燃焼条件を種々変化させて、 T_l と $\Delta T = T_t - T_l$ の関係をプロットしたものを図 7. に示す。図中の実線は ε を 0.1~0.9 まで仮定した場合の $T_l - \Delta T$ の関係 (式(4)) である。図 7. より従来プレートでは $T_l = 800 \sim 900^\circ\text{C}$ の範囲ではほぼ $\varepsilon = 0.1 \sim 0.2$ であり、高温になる程放射率が小さくなる傾向を示し、高入力で一層 T_s の上昇を引き起こしている。

プレートに金属酸化物などの顔料で着色した場合、また表面に黒色高温塗料をコーティングした場合には各々 $\varepsilon \approx 0.4, 0.8 \sim 0.9$ と改善され、それに伴ってプレート表面温度 T_s も低下し、後者の場合には従来プレートに比べて光高温計の読みで 100°C 程度の温度低下が得られた。

図 8. に、黒体炉放射率計を用いた ε の波長依存性の測定結果を示す。但し、 $\varepsilon = 1 - r$ (r : 反射率) とした。従来プレートでは長波長、

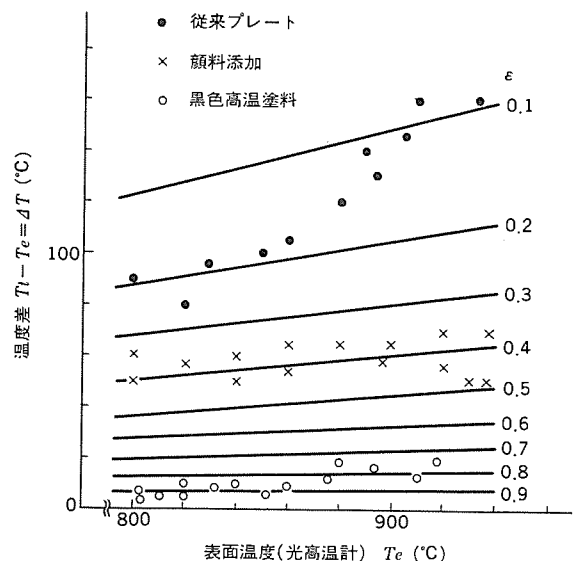


図 7. 放射率の温度依存性

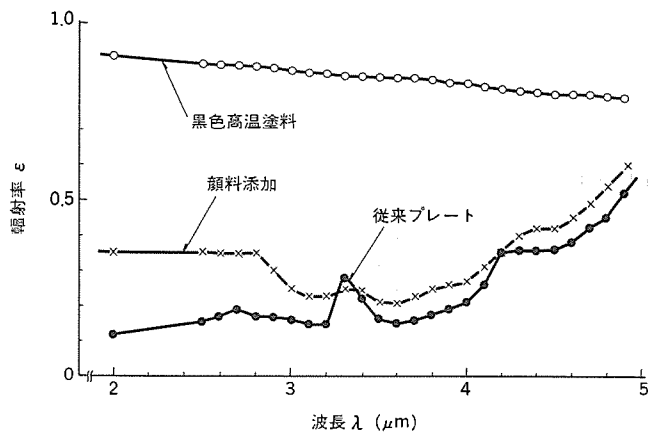


図 8. 輻射率の波長依存性

すなわち低温である程 ϵ が大きくなるが、この傾向は図 7. ともよく一致しており一般のセラミックス材料の特性を示している。更に $T = 800 \sim 900^\circ\text{C}$ における輻射の中心波長 $\lambda_{\text{max}} = 2.5 \mu\text{m}$ (式(2)) での 3 者の ϵ 値は、図 7. での算定値と一致していることが分かる。

3.4 新プレートの性能

輻射率 ϵ を大きくし、しかも白色劣化を防止できる塗膜を種々検討し、特殊な耐熱塗料を表面にコーティングすることを決定した。

またプレート材質は熱衝撃性を向上させるためコーゾライトを採用した。新プレートの諸元、特性を表 2. に比較し、 T_s と NO_x^* 、 CO^* 排出量の入力依存性を図 9. に示した。都市ガス(6C)、 C_3H_8 を用いた場合にも T_s の最高値はほぼ 900°C であり、全範囲にわたって逆火は生ぜず、入力調節が可能になった。またプレート 1 枚あたりの燃焼量が増大したため、バーナの小型化も実現した。更に燃焼負荷が従来プレートより大きいため、火炎温度はわずかに高くなり、CO 発生が幾分低減した。

新プレートでバーナを構成し、連続燃焼テストを行った。テストにはプロパンガスを用い、表面温度は $860 \sim 880^\circ\text{C}$ に設定した。5,000 時間までの範囲では、表面は少し白色化してきているが、深さ方向に進展しておらず、従来のものに比べて極めて劣化程度が少ないことも確認している。なお都市ガス(6C)を用いて適時逆火の有無を検証してきたが、入力、 μ を変化させても逆火は生じていない。

表 2. プレートの諸元、特性比較

項目	プレート	従来プレート	新プレート
ϵ		0.1~0.2	0.8~0.9
材質		青磁(主成分) ⁽²⁾	コーゾライト
熱伝導率 (cal/cm·s·°C)		—	0.0018
気孔率 (%)		—	54
曲げ強度 (kg/mm ²)		0.44	1.08
線膨張係数 (°C ⁻¹)		4×10^{-6}	1.95×10^{-6}
縦弾性係数 (kg/mm ²)		184	750

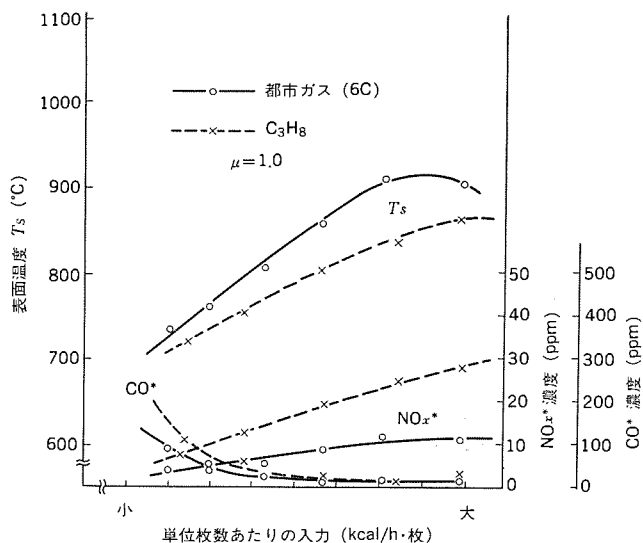


図 9. 新プレートの T_s - CO^* 、 NO_x^*

4. 不完全燃焼防止センサ

換気の悪い部屋でファンヒーターを長時間運転させた場合、室内の酸素 (O_2) 濃度が低下し、酸欠状態になる。更に酸欠により不完全燃焼が生じた場合には、一酸化炭素 (CO) による中毒事故の危険性がある。今回のファンヒーターでは、不完全燃焼の生じにくいシュバンクバーナを採用しているが、酸欠及び万一の不完全燃焼を防止するために、室内 O_2 濃度が所定値以下になれば、自動的にガス回路を閉止し消

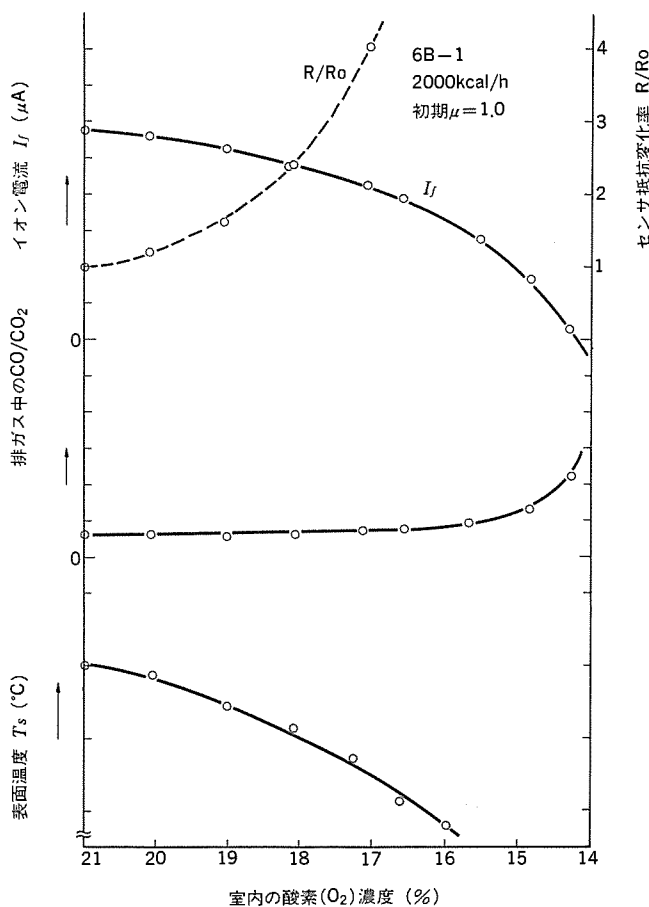
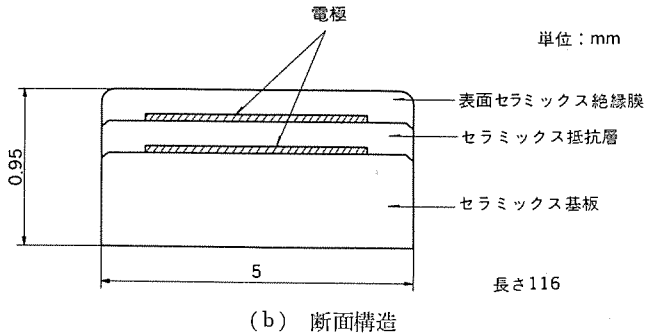


図 10. 酸素濃度と各特性



(a) 外観



(b) 断面構造

図 11. センサの外観と構造

火する不完全燃焼防止センサを開発した。

4.1 不完全燃焼の検知

表面燃焼では混合気の供給速度が遅いため、 O_2 濃度が低下した場合にも火炎は安定であり、異常を検知しにくい。室内 O_2 濃度と T_s 、 CO/CO_2 、イオン電流 I_f の関係を図 10. の実線に示す。燃焼が安定であるため、室内の CO 濃度は O_2 が 14~15% まで低下して初めて顕著になるが、酸欠（作業場基準濃度： $O_2=18\%$ 、ガス石油機器工業会自主基準： $CO_2=2\%$ 以下）を考慮すれば、 $O_2=17\sim18\%$ 程度での運転停止が望まれる。

灯油のファンヒーターでは、 O_2 検知にイオン電流を利用し、炎検知と併用しているが⁽¹⁾、図 10. の測定例より分かるように、今回の高安定バーナでは I_f が O_2 濃度にあまり依存しないため、信頼度の

高い検出手段となり得ない。しかし、図 3.、と図 9. よりプレート表面温度 T_s と CO 発生には明らかな相関があり、しかも図 10. より $O_2=17\sim18\%$ では T_s が初期値より大幅に低下することから、直接又は間接的に T_s を検知することが有効であると考えた。

4.2 センサの構造と特性

今回はセラミック温度センサを用いて T_s を検知する方法を試みた。図 11. (a), (b) にはセンサの外観及び構造を示す。センサは図 11. (b) に示すように、基板-電極-セラミックス抵抗層-電極-表面絶縁膜で構成している。電極間のセラミックスの電気抵抗値 R は $R \propto \exp(-B/T)$ (B : 定数, T : K) の温度変化を示す。

セラミックプレートの表面温度 T_s とその変化を正確に検出できるよう、センサはプレート間に埋込まれており、センサの取付状態を図 2. に示してある。酸欠時のセンサ抵抗変化率の 1 例を図 10. の破線に示す。室内の O_2 濃度が低下すれば、バーナ表面温度 T_s は下がり、センサの抵抗値が大きくなり、所定の値になると、ガス回路の電磁弁（フードバルブ）が遮断される。

5. むすび

以上新形ガスファンヒーターの開発過程及び製品概要を紹介した。すなわち、従来のセラミックプレートを再検討し、炎孔ピッチ、材質、表面放射率などの改良により、入力調節が可能で低 NO_x 、しかも耐久性のあるバーナの開発と、新開発のセラミック温度センサの採用により安全性の高い暖房機を構成することができた。

据付工事が不要で持ち運びができ、しかも安全性の高いファンヒーターの市場はますます拡大することが予想される。今後一層排ガスの清浄化、安全性の向上を図り、より快適な暖房機を指向していく所存である。

参考文献

- (1) 野間口, 松井, 根岸: 三菱電機技報, 53, No. 8, P. 603 (昭 54)
- (2) 日本瓦斯協会: 都市ガス工業, 器具編, P. 126 (昭 47)
- (3) Y. Matui, T. Nomaguchi: Combustion, Flame 32, 205 (1978)

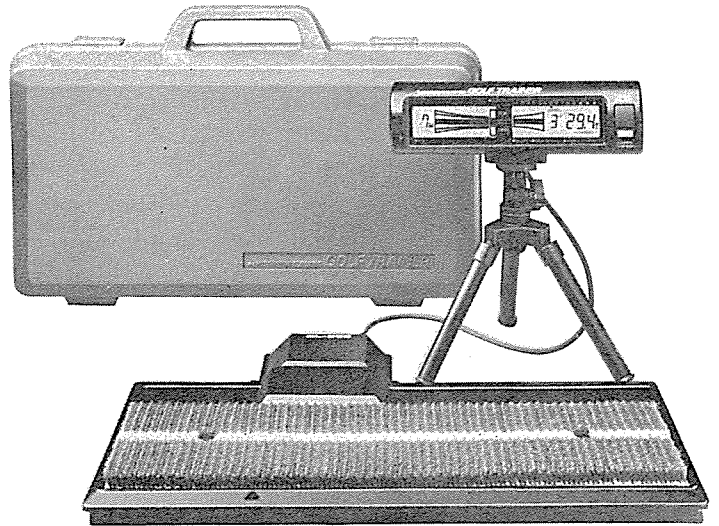
スポット ライト

ショットのデータをデジタル表示

三菱マイコンゴルフ練習器GL-500形

このたび三菱電機では、センサーとマイコンを使ってゴルフのショット時の状態を正確にデジタル表示する、家庭用のゴルフ練習機(GL-500)を新発売しました。

社会的な健康への関心の高まりとともに、積極的な健康法として、日常生活のなかでスポーツを定期的に行なう人が増えています。この製品は、このような社会のニーズに応じて、当社のマイコン技術をベースにして開発したものです。鷹巣南雄プロのゴルフのノウハウを組み込んでいますから、インパクトの瞬間などが自分の目で確かめられます。ご家庭で気軽に楽しみながら練習でき、ゴルフの上達とともに、運動不足の解消にも役立ちます。



特長

●自分の目では見られないショット時の瞬間を、4つのセンサーがキャッチしてマイコンでデジタル表示します。

(1)ヘッドスピード表示(測定)

飛距離を伸ばすには、ヘッドスピードをあげることが最も大切です。インパクト時のヘッドスピードを秒速(m)で表示します。

(2)フェースアングル表示(測定)

スライスやフックの原因となるインパクト時のクラブフェースの角度を度数表示します。

(3)ヒッティングエリア表示(測定)

クラブフェースのどの部分でボールをヒットしたかを、TOE、SWEET、HEELの3段階で表示します。

(4)ブロー表示(測定)

ボールをインパクトするまでのクラブヘッドの軌道を、インサイドアウト、アウトサイドイン、ストレートの3段階で表示します。

(5)キャリー表示(演算)

ショット時の標準キャリーをクラブ毎にロボットデータにて換算し表示します。

(6)ボールの飛出し方向表示(演算)

ボールの飛出し方向をストレートブローの場合として、7段階に表示します。

(7)ボール落下地点での距離ズレ表示(演算)

キャリーとフェースアングルの数値からストレートボールとして、目標線からのズレ距離を表示します。

(8)その他

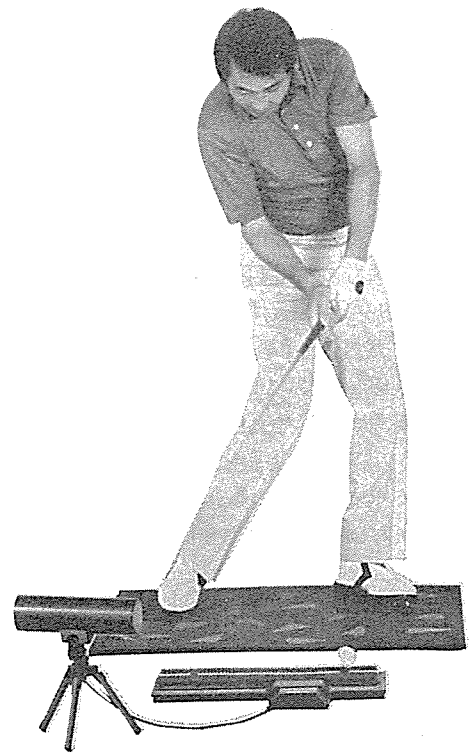
OB、ダフリも表示します。

●ドライバーからパターまで、ゴルフの各段階の練習ができます。

ウッドやパターには、付属のマグシートを張って使用します。

●充電式ですので、庭先や練習場へ手軽に移動できます。

●携帯に便利なキャリングケース付です。



仕様

形名	GL-500
種類	充電式ゴルフ練習器
電源	AC 100V
周波数	50-60Hz
消費電力	2.6W(皮相電力4VA)
充電時間 (連続使用時間)	標準充電8時間(約6時間使用可) 満充電16時間(約13時間使用可)
寸法 (mm)	キャリングケース：幅567×奥行130×高さ355 使用時：ディスプレイユニット(スタンド付) 幅260×奥行200×高さ314 マットベース(センサーユニット・マット付) 幅526×奥行355×高さ30
重量	収納時：4.9kg(キャリングケース付)
付属品	キャリングケース(1コ)・充電アダプター(1コ)・ティー(1コ)・ウッド用マグシート(6枚)・パター用マグシート(2枚)・練習用ボール(3コ)・粘着シート(1セット)

ロボット元年ともメカトロニクス時代ともいわれて、ロボットに関して賑やかな昨今ですが、このたび三菱電機では、教育・ホビー用という新しい用途を対象とした安価なマイクロロボット《ムーブマスター》を新発売いたしました。

本格的な産業用ロボット導入前のシミュレーションや研究に、ロボットを理解しなじむための教材として利用できるほか、パソコンホビーストやパソコン教育の恰好のツールとしてお使いいただけます。さらに、ウインドーディスプレイとしても使えるなど、ロボットがぐ〜んと身近になりました。

このように《ムーブマスター》は、一般に普及しているパソコンをコントローラとした6軸、多関節形の電動ロボット。ステッピングモータを使ったシンプルな構造でありながら、原理的には本格的な産業用ロボットの制御感覚を有しています。

特長

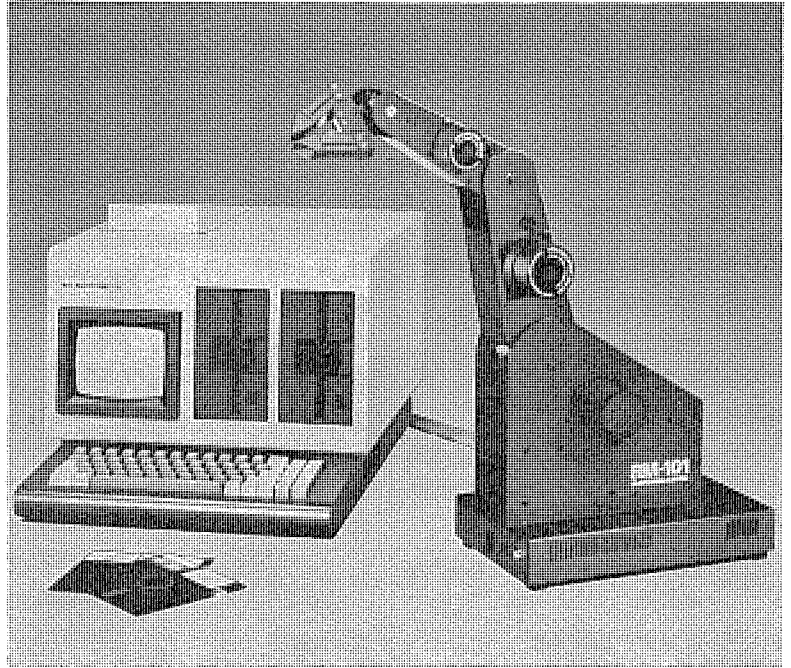
●普通のパソコンで操作できます

パソコンの研修用にも適しています。何か動かすものがあれば、プログラムを作る楽しみがいっそう高まります。セントロニクスに準じたプリンタインタフェースを有するパソコンであれば適合し、プリンタへ出力する要領で動かすことができます。

●インテリジェンスボード搭載

15のムーブマスターコマンド、2種類のテストルーチンやロケーションメモリ(標準100ヶ所)など、多様な機能を有しています。

RAM、ROMの増設も可能であるほか、ドライブボードには外部と直接に接続するターミナルを有しております。



●6軸同時制御が可能

●約10kgと軽量、小形です。持ち運びも簡単で、どこにでも設置できます。

●プログラミングは容易です

BASICによるほか、ロボット制御用言語《M-ROLY》を開発し、ティーチングを容易にしております。

●専用コントローラも用意しています

パソコンをお持ちでない方のために、CP/Mベース、8ビットのパソコンとして使えるオールインワンタイプの《ムーブマスター用コンピュータMX-6000》も同時発売しております。

〈注〉本品は、耐久性・動作速度に難があり、産業用途には使用できません。

マイクロロボット《ムーブマスター》の仕様

形式	RM-101	
用途	教育用・ホビー用	
構造	多関節形	
動作自由度	5(ハンドの開閉を含まず)	
動作範囲	ベース	240°
	ショルダー	150°(後方30°、前方120°)
	エルボー	120°(0°~120°)
	グリップ曲げ	180°
	グリップねじり	360°
ハンドの爪の間隔	最大80mm	
可搬重量	500g(ハンドの重量を含まず)	
最大速度	ハンド先端で7cm/秒	
位置精度分解能	0.3mm台	
駆動制御部	駆動モータ	ステッピングモータ6個
	速度制御	台形波制御
	各軸制御	6軸同時複合動作可能
	インタフェース	セントロニクス準拠専用ケーブルでパソコンと接続
	プログラム言語	ロボット言語「ROLY」またはBASIC Assembly
所要電源	AC100V 単相 50/60Hz 60W コード2m付	
重量	約10kg	
付属品	ハンド3種類、取扱説明書、スペアワイヤ	

ムーブマスター用コンピュータの仕様

形式	MX-6000	
CPU	Z-80A クロック周波数4kHz	
メモリ	ROM	4Kバイト
	RAM	58Kバイト(64KダイナミックRAM使用 VRAM2Kバイト含む)
語長	命令	8、16、24、32ビット
	データ	8ビット
CRT	5インチ グリーンディスプレイ フォーマット 40文字×16行 640文字 キャラクタ・フォント 7×9ドット	
扱える文字	カナ、数字、英大文字、英小文字、記号	
使用言語	BASIC、Assembly、「ROLY」	
キーボード	準JIS(5ファンクションキー、5スイッチキー)	
フロッピー・ディスク	5.25インチ両面倍密度1台内蔵(増数 内部1台)	
プリンタ	印字方式 インパクト式ドットマトリックス 印字構成 5×7ドットマトリックス 印字速度 約1.2行/秒 用紙普通紙またはノーカーボン紙 送り速度 約10行/秒 用紙幅 114.3mm 文字数 40文字 スプロケット付	
周辺機器への インタフェース	シリアルボードRS-232C 1ヶ パラレルインターフェイス 準セントロニクス 2ヶ(ロボット用) システムバス 1ヶ(ビジョンシステム用)	
電源	AC100V 単相 50/60Hz 140W コード2m付	
重量	約22kg	
付属品	接続ケーブル1.5m、システム・ティスケット	

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1252214	限時回路	稲垣宏明	1253559	燃焼装置	酒井正侃
1252333	導体接続装置	兼松健夫	1253560	集塵用送風機	松鶴邦夫
1252684	下部装入式誘導加熱装置	{中村昭司・松藤明 徳重昌浩	1253561	昇降装置付き照明器具	閑歳弘通・鈴木実
1253463	内燃機関点火装置	小西寛示	1253562	コード吊下形照明器具	松尾治・狩野雅夫
1253479	掛け金装置	熊田泰治	1253563	ブラシレス発電機用整流素子	飯田隆彦
1253480	掛け金装置	熊田泰治	1253564	太陽光シミュレータ	明道成
1253488	端子装置	甲正美	1253565	タービンの回転制御装置	鶴史雄
1253538	電動機の軸受装置	川合輝一	1253566	制御盤装置	高橋勝
1253539	回転機械の推力軸受昇降装置	岩田勝	1253568	マイクロ波空中線装置	吉田宏
1253540	軸受保護装置	藤山辰之	1253569	窓掛型空調和機などの輸送用包装装置	{池田日登志・大石建治 鈴木太八郎
1253541	可撓性扁平配線体	松井俊明	1253570	逆並列交流制御装置の保護回路	宮本雅行
1253542	単位閉鎖配電盤	岩崎猛・後藤明彦	1253571	エレベータの乗場三方わく	加藤博士・山本和美
1253545	エレベータの荷物停止装置	立川宏・伊藤拓三	1253572	キャビネット構体	田中克幸
1253546	車輪の空転および滑走防止装置	太田幹雄・亀田康幸	1253573	冷凍冷蔵庫	小林協三
1253550	コントロールセンタの電源引込装置	高橋勝	1253575	燃焼装置	小野健一・西敦義
1253551	連結駆動装置	倉光利昭	1253576	照明器具	日山教久
1253553	エレベータ用冷房装置の凝結水排水装置	桜井宏・黒木克也	1253577	水片取出装置	内藤勲
1253556	計算機の制御回路	渡辺修亨	1253578	密閉形圧縮機	河村求
1253557	導体の接続装置	丹羽春美	1253579	機関点火装置	大西正義
1253558	ヒートポンプ式空調和機	小原英一・山崎起助	1253580	段ボールを用いた窓掛型空調和機の梱包装置	大石建治

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 56 No. 5 レーザ応用特集

特集論文

- 光ファイバ伝送用半導体レーザモジュール
- 半導体レーザを用いたビデオディスクプレーヤー
- 三菱 POS バーコードリーダー
- 光ファイバ応用計測装置
- 三菱レーザ式表面検査装置
- 無声放電励起 (SD) 式炭酸ガスレーザ加工機

普通論文

- 三相一括形ガス絶縁母線
- 走行風利用送油自冷式車両用主変圧器
- 水道用広域監視制御システム
- 工場内設備集中管理システム
- 三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》
- 三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》のソフトウェア
- 工作機械主軸用インバータ駆動 AC モーター
- マルチセントラル空調システムのシミュレーションの実証研究

三菱電機技報編集委員

委員長	志岐守哉	委員	柴田謹三
副委員長	大谷秀雄	"	山内敦
"	横浜博	"	柳下昌平
常任委員	三輪進	"	立川清兵衛
"	峯松雅登	"	徳山長
"	木内孝	"	柴山恭一
"	葛野信一	"	早瀬通明
"	三浦宏	"	荒野苗也
"	阿部修	"	瀬辺国昭
"	桐生悠一	"	倉橋浩一郎
"	野畑昭夫	"	小原英一
"	的場徹	幹事	諸住康平
"	尾形善弘	"	足立健郎
		4号特集担当	長井健次

三菱電機技報 56 巻 4 号

(無断転載を禁ず)	昭和57年4月22日印刷 昭和57年4月25日発行
編集兼発行人	諸住康平
印刷所	東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社
発行所	東京都千代田区丸の内2丁目1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) 218局2045
発売元	東京都千代田区神田錦町3丁目1番地(〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 233局0643(代), 振替口座東京6-20018
定価	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

清潔チリ処理、グリーンのパックタイプ

三菱掃除機TC-300形



このたび三菱電機では、「フィルターでゴミをパック、そのままポイ」をキャッチフレーズとした、TC-300形掃除機を新発売しました。

掃除機に対する消費者のニーズのうち「チリ処理の簡便さ」を訴求ポイントとして昨年発売したTC-800形「クルッポン」は、好評を持って消費者に受け入れられています。こんな実績を踏まえて新登場したTC-300形掃除機は、チリ処理指向の高級タイプオ2弾として期待されています。グリーンのパックフィルターにゴミをため、ゴミ捨ては袋ごとボン、という形のためホコリが立たず手を汚しません。

特長

- グリーンのパックフィルター採用
グリーンのパックフィルターが、通常のフィルターとゴミをためる袋の役目をします。2.4ℓの大きな集じん容積を持ち、標準家族(3LDKで4~5人家族)で約2ヵ月分のゴミがためられます。
- ノンタッチシャッターつき
グリーンのパックフィルターは、セットするのも簡単なら捨てるのも簡単です。シャッターボタンを押すと前フタが開き、そのとき、自動的にノンタッチシャッターがグリーンのパックフィルターの吸込口を閉じてゴミこぼれを防ぎます。取りだすときにも、ゴミに触れることなく衛生的です。

●清潔な排気

グリーンのパックフィルターは、目の細かさをいかした和紙製です。ほとんどのゴミをキャッチし、さらにプレフィルターとロシポーザと全部で三重フィルターになるので、排気を清潔に保ちます。

●2ウェイ方式

うっかりグリーンのパックフィルターの手持ちがなくなったときなどに備えて、安心な設計が施してあります。このときも、前フタを開いてポイの簡単さが特長です。

●その他の特長

- ゴミ捨て時を音で知らせる「ダストアラーム」つき。
- 床にピッタリ、すいすい走る「吸う吸うブラシ」つき。
- 握れば「ON」離せば「OFF」、節約上手の「タイムスイッチ」つき。

仕様

消費電力：500W 吸込仕事率：145W

外形寸法：長さ441mm、高さ310mm、幅224mm

本体重量：5kg

運転音：55ホン

色：ハーベストゴールド、レッド

なお同一仕様で、「収納タイプ」のTC-310P形も同時発売します。
〔色：ハーベストゴールド〕

また、TC-300形、310P形には、グリーンのパックフィルターが、6袋づつ同梱されていますが、補充用として、1セット5袋入りが、最寄りの三菱電機販売店でお求めになれます。