

不揮発性メモリ内蔵マイクロコンピュータファミリー

Non-Volatile Memory On-chip Microcomputer Family

シングルチップマイクロコンピュータの内蔵メモリとして、ユーザーで書込みのできる不揮発性メモリが本格的に使われ始めた。不揮発性メモリには紫外線消去形のEPROMと電氣的消去形のEEPROMがある。前者はプログラムメモリで用いられることが多く、「ZTATマイコン」として既に広く応用されている。後者はデータメモリとしてRAMと同じように使え、しかもデータが消えないという特長からデータの記憶保持用途、電氣的に書替え可能であるという特長からシステム実装状態でプログラミングの必要な用途などに最適である。日立製作所は、このような用途にEEPROM内蔵8ビットシングルチップマイクロコンピュータを3品種開発した。いずれも2 μ m CMOSプロセス技術、MNOS形EEPROM回路技術及びVLSI指向のモジュール設計手法で設計したものである。

佐藤恒夫* Tsuneo Satō
荒井 保* Tamotsu Arai

1 緒 言

シングルチップマイクロコンピュータは、CPU (Central Processing Unit), ROM (Read Only Memory), RAM (Random Access Memory), タイマ, 入出力ポートなどの周辺機能を一つのLSI上に集積したものである。これによりシステムの小型化、低価格化が可能になり、マイクロコンピュータの応用範囲は飛躍的に広がった。従来、シングルチップマイクロコンピュータの内蔵メモリは、マスクROMとRAMが主流で、それぞれプログラム用、データ用として使われてきた。しかし、マスクROMはウェーハ製造工程で作り込まなければならないため、ユーザーでの書込みができず、したがってTAT (Turn Around Time)*¹⁾が長いという欠点があった。その解決策として、EPROM (Erasable and Programmable ROM) がマスクROMの代わりに内蔵されるようになってきた。これが「ZTAT (Zero Turn Around Time) マイコン」である。ZTATマイコンは4ビットから8ビットまで製品ファミリーを拡充し、いっそう応用分野が広がっている。

一方、データメモリではデータの書換えのできることはもちろんであるが、そのデータを保持しておきたいという要求が高まっている。これに対応するには揮発性メモリRAMのほかには不揮発性メモリを内蔵することになるが、EPROMは消去に紫外線が必要なため適当ではない。このニーズにこたえられるメモリとして、EEPROM (Electrically Erasable and Programmable ROM) がある。これは電氣的に書込み、消去ができ、データ不揮発性であるので、RAMと同じように動作状態で書換えが可能で、しかもRAMで必要なバックアップ用

電源が不要という特長を持つ。

本稿では、不揮発性メモリ内蔵マイクロコンピュータの中でも最も新しいEEPROMを内蔵したものの製品系列、応用分野及び設計技術について述べる。

2 EEPROM内蔵マイクロコンピュータの応用分野

表1にマイクロコンピュータに内蔵されているメモリの比較を示す。EEPROMはEPROMとRAMの特長を合わせ持っているので、プログラムメモリとしてもデータメモリとしても使える利点がある。EEPROM内蔵マイクロコンピュータは、この特長を生かした次のような応用分野がある²⁾。

(1) データの不揮発性記憶を必要とする分野

表1 マイクロコンピュータ内蔵メモリの比較 EEPROMはEPROMとRAMの特長を合わせ持っているので、プログラムメモリとしてもデータメモリとしても使用可能である。

項 目	マスクROM	EPROM	EEPROM	RAM
メモリサイズ	小	中	大	大
容 量	大	大	中	小
電氣的書換え	不可	不可*	可	可
書換えスピード	—	遅い	遅い	速い
データ保持電源	不要	不要	不要	要
プロセス仕様	簡単	複雑	複雑	簡単
主 要 用 途	プログラムメモリ	プログラムメモリ	プログラムメモリ データメモリ	データメモリ

注：略語説明など

- * 書込みは電氣的に行われるが、消去は紫外線を照射しなければならない。
- ROM (Read Only Memory)
- EPROM (Erasable and Programmable ROM)
- EEPROM (Electrically Erasable and Programmable ROM)
- RAM (Random Access Memory)

*¹⁾ TAT (Turn Around Time) とは、プログラム開発完了から内蔵メモリに書き込まれたマイクロコンピュータの動作確認までの時間を言う。

* 日立製作所武蔵工場

ICカードやコンパクトな個人データバンクといった金銭の出納記録，個人情報の蓄積などに用いられる。数キロバイトの比較的大きな容量が必要となる。

(2) システム上でのデータ変更を必要とする分野

機器の制御用にマイクロコンピュータを利用する場合，個体差や経時変化に応じた補正をEEPROMに記憶させることによって，常に最適な制御状態を保つことができる。計測器のオートキャリブレーション，カメラの自動露出データ，自動車エンジンの点火タイミングデータなどが例として挙げられる。容量は数百バイト程度でも十分である。

(3) システム上でのプログラム変更を必要とする分野

プログラムメモリとして使用すれば，マイクロコンピュータを機器に組み込んだ状態でも中央制御装置からプログラムを一括して変更することができる。ロボットやNC(Numerical Control)機器などのFA(Factory Automation)分野のプログラムメモリとして利用価値が高い。オフラインでプログラミングしなければならないZTATマイコンよりも使いやすいマイクロコンピュータとなる。

3 製品概要

現在，EEPROM内蔵マイクロコンピュータとしては，2章で述べた応用分野のうち(1)と(2)を指向したものをそれぞれ製品化している。前者はHD65901，後者はHD401304とHD401220である。以下これらの製品の概要と応用例について述べる。

3.1 HD65901

HD65901は図1のブロック図に示すように8ビットCPU，3kバイトのマスクROM，128バイトのRAM及び2kバイトのEEPROMから構成されている³⁾。

CPUは，命令，機能を絞ったRISC(Reduced Instruction Set Computer)に近いアーキテクチャを採用した，新規設計のオリジナル8ビットCPUである。8ビットのはん(汎)用レジスタを16本内蔵しており，データレジスタとしてもアドレスレジスタとしても使用可能で，効率のよいプログラミングができる。命令はデータ処理指向の27種で，命令長は全命令2バイト固定，実行サイクル数も2命令を除き4サイクル(1.6 μ s)に固定している。

EEPROMは2kバイトの容量で，内蔵のRAM，ROMなどと同じアドレス空間内に配置されている。自動消去書換え方式なので，データはRAMと同様にストア命令で書き換えることができる。書換え単位はバイト単位と，32バイトをひとまとめでしたページ単位がある。書換えには約10msの時間が必要で，この間EEPROMへのアクセスはできないが，ページ単位での書換えによって効率を上げることができる。

HD65901の代表的応用はICカードである。従来，マイクロコンピュータと不揮発性メモリの2チップで構成していたものを1チップで実現できる。これにより，機械的強度の向上，データ情報秘守性の向上，コスト低減が可能となった。EEPROMには金銭出納情報，個人情報，管理情報などが記憶，保持される。ICカードの端子は電源，グラウンド，リセット，クロック，入出力の5端子だけで，カードリーダ/ライタと接続し，データや命令のやり取りを行う。

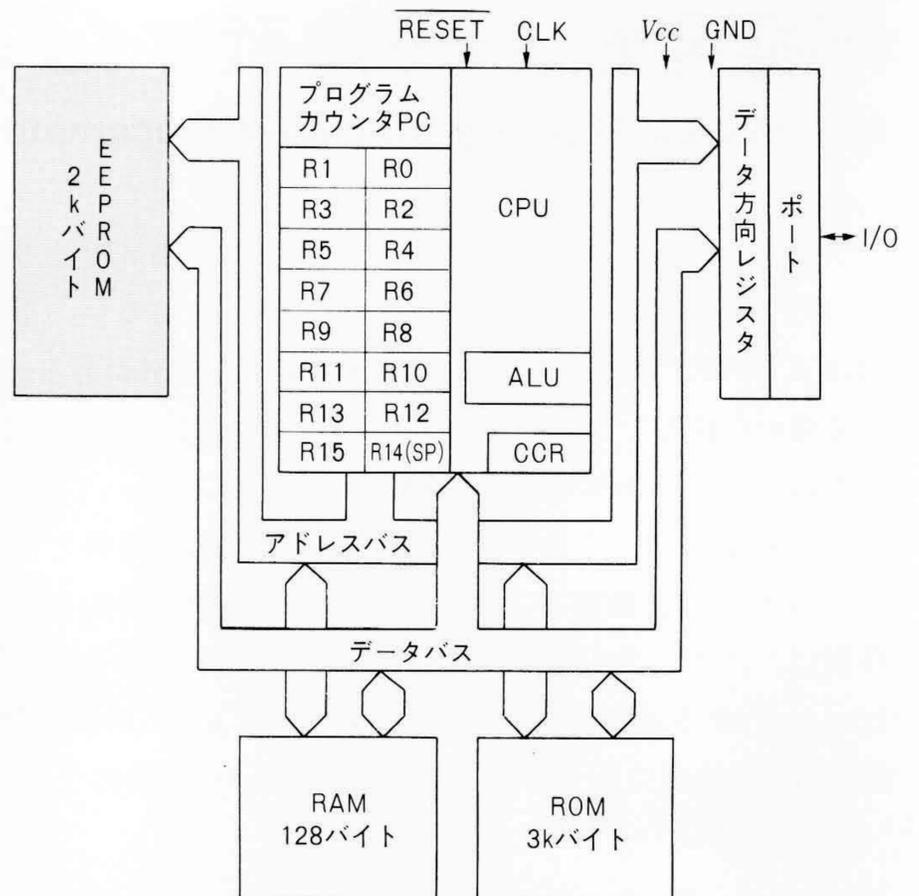


図1 HD65901のブロック図 RISC(Reduced Instruction Set Computer)手法を用いたCPUを中心にメモリとI/O機能を内蔵している。I/Oはシリアル通信でデータ処理する。

注：略語説明
CPU(Central Processing Unit), CCR(Condition Code Register)
I/O(Input/Output), PC(Program Counter)
ALU(Arithmetic Logic Unit), SP(Stack Pointer)

図1 HD65901のブロック図 RISC(Reduced Instruction Set Computer)手法を用いたCPUを中心にメモリとI/O機能を内蔵している。I/Oはシリアル通信でデータ処理する。

3.2 HD401304

HD401304は，図2に示すようにCPU，3.5kバイトのROM，80バイトのRAM，256バイトのEEPROMを内蔵したテレビジョンコントローラ用マイクロコンピュータである。

CPUは制御用途に適したコンパクトな8ビットCPUであり，29種の簡潔な命令体系，強力なビット処理命令を特長とする。

周辺機能としては画像表示機能，14ビット及び6ビットPWM(Pulse Width Modulation)方式D-A(Digital-Analog)変換器，26本のI/O端子を内蔵している。

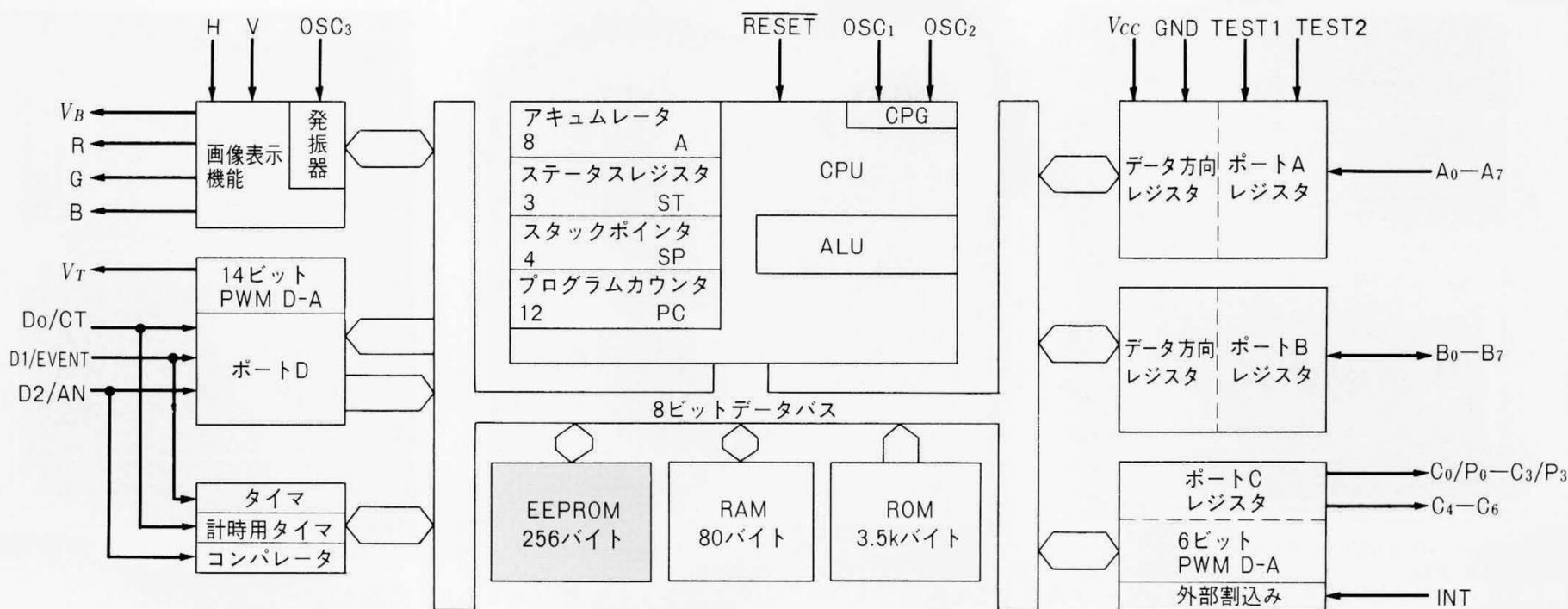
EEPROMは，容量が256バイトと小さくなっているほかは，HD65901の内蔵EEPROMと同等の機能を持っている。すなわち，RAM同様のインタフェース，書換え時間10ms，ページ(8バイト)モードによる書換え機能などである。

図3にテレビジョンシステムに組み込んだ場合のブロック図を示す。この場合，EEPROMは選局データ，チャンネル情報などの記憶に使われる。画像表示機能はチャンネル番号やAV(Audio Visual)情報のテレビジョン画面への表示に，D-A変換器はチューナ部への周波数制御や音量・輝度制御に使用される。

3.3 HD401220

HD401220は，HD401304と同様のCPU，EEPROM，14ビットD-A変換器を内蔵し，更にスレーブマイクロコンピュータとして使用するため，シリアルインタフェースを内蔵している。

用途としては，選局データの記憶のほか，OA機器や計測機



注：略語説明 ALU(Arithmetic Logic Unit), PWM(Pulse Width Modulation)

図2 HD401304ブロック図 HD401304はテレビジョンコントローラ用のマイクロコンピュータであり、CPU、メモリのほか画像表示機能、EEPROMなどを内蔵している。

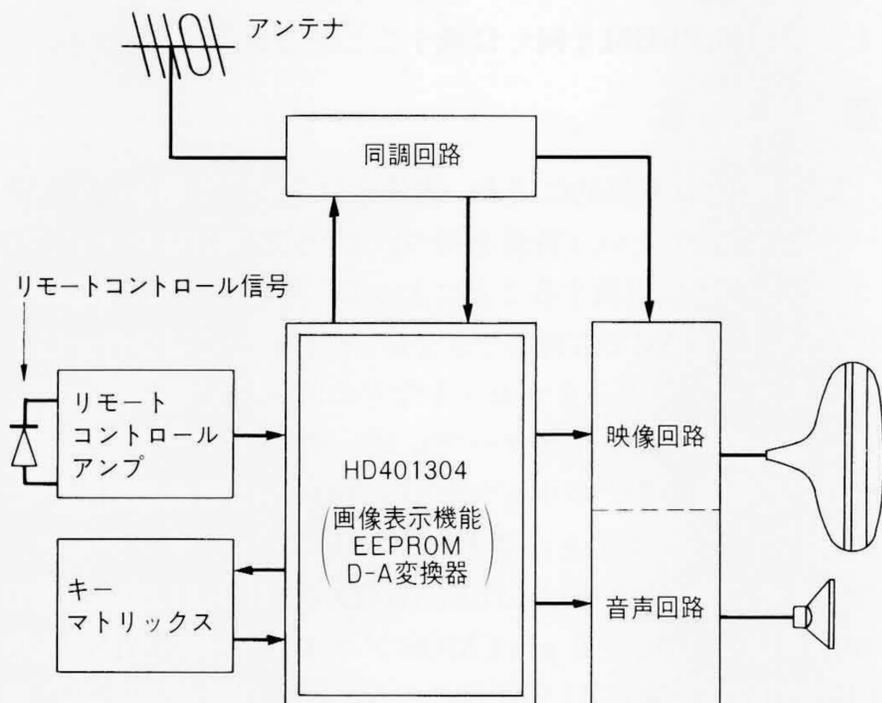


図3 テレビジョンシステムブロック図 テレビジョンシステムへの応用例を示す。画像表示機能はチャンネル番号、音量などのテレビジョン画面への表示に、EEPROMは選局データの記憶用として用いられる。

器の初期パラメータや経時変化の情報の記憶、小規模なID (Identifier: 識別子) 情報の記憶に使用される。

4 EEPROM内蔵マイクロコンピュータの設計

EEPROM内蔵マイクロコンピュータの設計は、次の二つを基礎技術として開発された。

- (1) VLSI指向のモジュール設計技術
- (2) EEPROM内蔵化技術

ここではそれぞれについて概要を説明する。

4.1 モジュール設計技術

モジュール設計技術とは、LSIを構成するCPU, ROM, RAMなどの機能単位にまとめたモジュールを自由に組み合わせてLSIを完成させる技術である。モジュール間の接続には共通バ

スやタイミングなどの標準インタフェース仕様が設定されている。各モジュールはこの標準仕様に従って設計されるが、各々並行して独立に設計することができるので設計期間が短縮される。また、各種機能を搭載した製品展開が容易になるという利点がある。このように本技術はシングルチップマイクロコンピュータの設計に非常に有効といえる。既にZTATマイコンではこの技術を駆使して開発してきた実績がある。ここではHD401304とHD401220がCPUなど各機能をそのまま受け継いでおり、本技術を採用している。このようにして設計したEEPROM内蔵マイクロコンピュータのチップ写真を図4に示す。

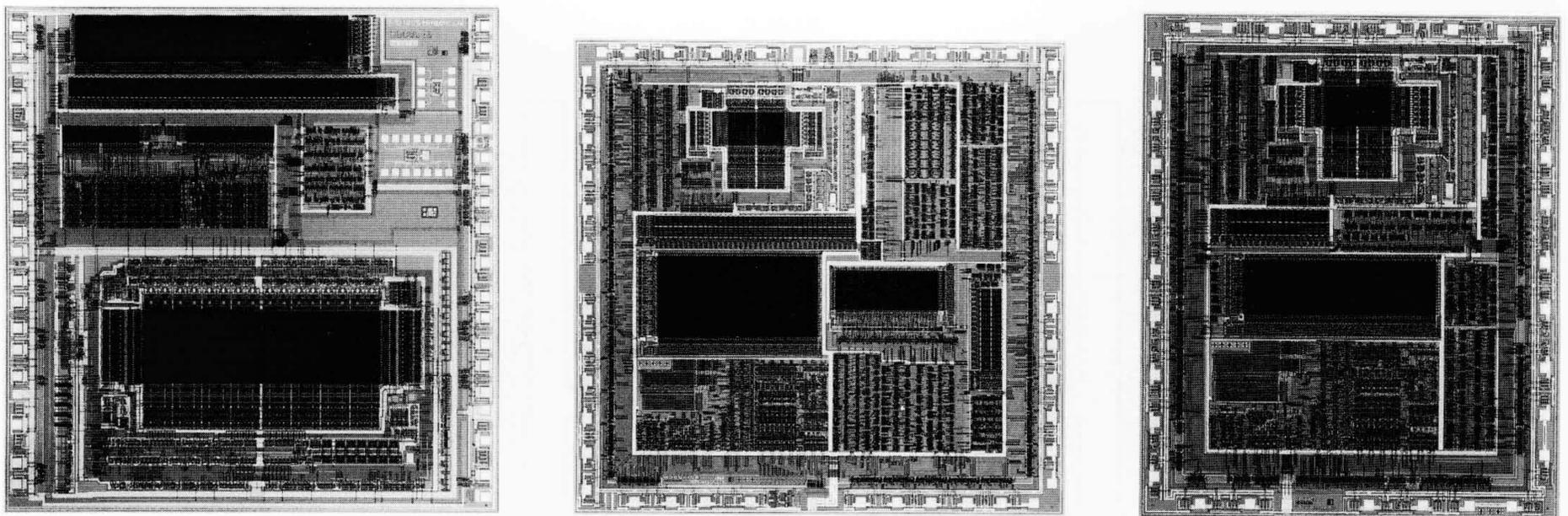
4.2 EEPROM内蔵化技術

(1) EEPROMメモリトランジスタ

EEPROMのメモリトランジスタの種類には、MNOS(Metal Nitride Oxide Semiconductor)形とフローティングゲート形の二つがある。マイクロコンピュータに内蔵するEEPROMとしては、量産性が高いこと、セル面積が小さく集積度が高いこと、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)プロセスで製造できるなどの理由から、MNOS形を採用している。3章で述べた3製品はすべてCMOS64kビットEEPROMのHN58C65と同じメモリトランジスタを用いた。このメモリトランジスタは、図5に示すようにメモリゲート、選択ゲート、分離ゲートの一つにまとめた構造をしており、トライゲート(Tri-Gate)形と呼ばれる。擬似的に一つのトランジスタとなっているため、高集積化を実現している。

(2) CPUインタフェース

CPUとEEPROMのインタフェースは、RAMと同じになるように必要な回路を内蔵した。図6にEEPROM部のブロック図を示す。アドレスラッチ、データラッチ、書込み・消去シーケンス制御回路、高電圧発生回路を内蔵し、EEPROM自体はメモリアドレス空間内に配置している。これにより、5V単一電源でRAMと同様にアクセスが可能となっている。



(a) HD65901(5.6×5.7mm²)

(b) HD401304(5.92×5.68mm²)

(c) HD401220(4.26×5.10mm²)

図4 EEPROM内蔵マイクロコンピュータのチップ写真 EEPROMは各チップとも同じメモリセル、回路方式を採用している。

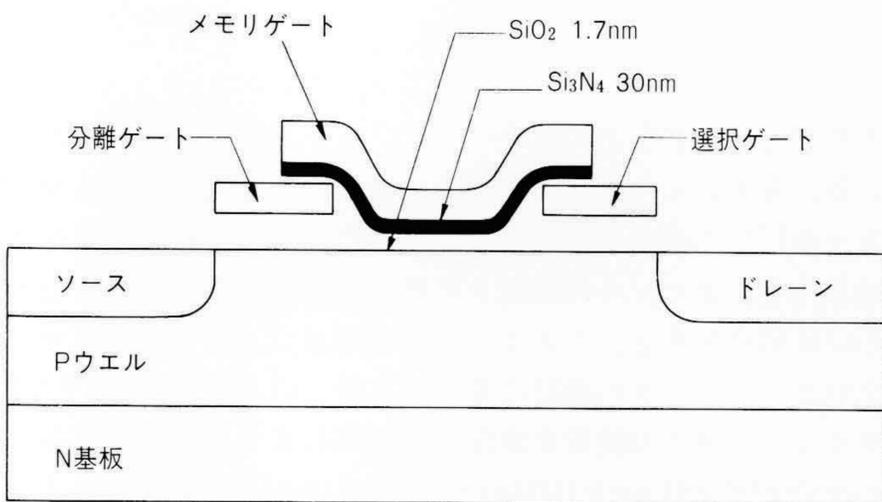
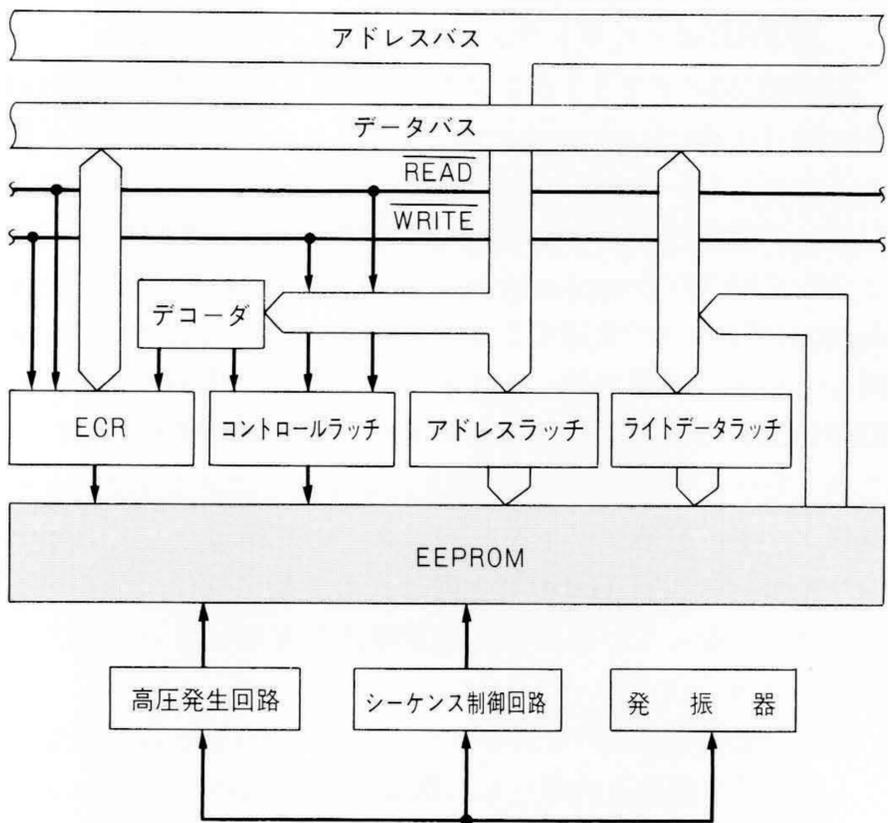


図5 MNOSトライゲート形メモリトランジスタの断面構造
メモリゲート、分離ゲート、選択ゲートを一つのトランジスタのようにまとめることで高集積化を実現している。



注：略語説明 ECR(EEPROM Control Register)

図6 EEPROM部ブロック図 アドレスラッチ、データラッチ、シーケンス制御回路などを内蔵し、RAMと同じインタフェースを実現している。

また、EEPROMの特性、信頼性を確保するためには複雑なテストが必要である。そのための専用テストモードを設け、外部から直接EEPROMをアクセスできるようにした。テスト上は単体EEPROMと同じに扱うことができる。

5 結 言

EEPROMは電氣的に消去・書換えが可能で、書き込んだデータが消えないという特長を持つ。このEEPROMをマイクロコンピュータに内蔵することによって、今までマスクROMはもちろんEPROMでも対応できなかった新しい応用分野が広がる。ICカードやデータカセットなどのデータ記憶分野、テレビジョンやVTR(ビデオテープレコーダ)のチューナー、カメラなどの制御分野、ロボットやNC機器など仕事効率向上のためにプログラム変更を必要とするオートメーションシステム分野がその例として挙げられる。HD65901, HD401220及びHD401304はいずれも2 μ m CMOSプロセス技術、MNOS形EEPROM技術及びVLSI指向のモジュール設計技術を基に製品化され、HD65901は主にICカードのデータ記憶分野用途、HD401220, HD401304はVTRやテレビジョンチューナーの制御用途にそれぞれねらいを絞ったマイクロコンピュータである。

EEPROM内蔵マイクロコンピュータは、将来様々な分野で大きく発展するものである。今後、EEPROM容量の増加や他のマイクロコンピュータファミリーへの搭載など、製品展開を進めていく計画である。

参考文献

- 1) 佐藤, 外: ZTATマイクロコンピュータ, 日立評論, 67, 8, 597~602(昭60-8)
- 2) 日立製作所: 日立EEPROMアプリケーションノート, (昭61-9)
- 3) 日立製作所: HD65901ユーザーズマニュアル(昭61-7)