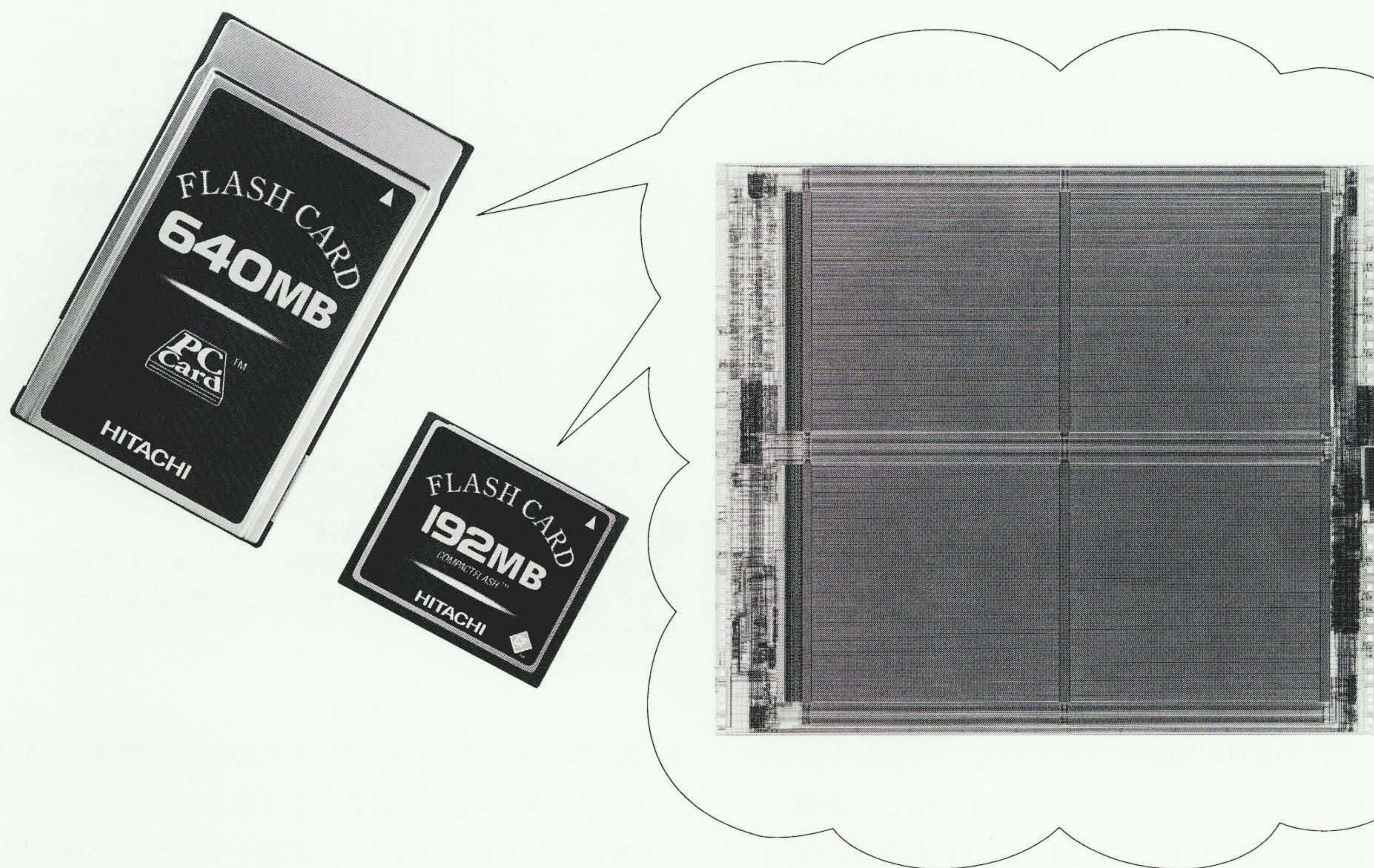


大容量フラッシュメモリとフラッシュカードへの応用

Large-Capacity Flash Memories and Their Applications to Flash Cards

戸塚 隆 Takashi Totsuka

古沢和則 Kazunori Furusawa



256 Mビット フラッシュ メモリ チップと搭載フラッシュカード

1セル当たり2ビットの多値フラッシュメモリ技術を用いた256 Mビット フラッシュ メモリと、それを搭載した192 MバイトのCompactFlashカードと640 MバイトのPC-ATAカードを示す。

フラッシュメモリを用いた「フラッシュカード」は、次世代を支える各種マルチメディア機器のリムーバブル（着脱可能な）メディアの本命と期待されている。1997年からデジタルカメラの記録媒体として使用されるようになったことで、本格的にその市場が形成されはじめたのと同時に、各種の新しい小型フラッシュカードが提案され、標準化が推進されている。

日立製作所は、独自に開発したAND（論理積）型フラッシュメモリ技術を用いて、大容量ファイル用途に適した64 Mビット フラッシュ メモリを量産化し、各種機器間との互換性に優れたPC-ATA（Personal Computer Advanced Technology Attachment Interface）カード

とCompactFlashTMカード[※]）を製品化している。SuperH、H8シリーズのマイクロコンピュータをコアとするASIC（Application Specific IC）技術を使って、AND型フラッシュメモリに適したコントローラを実現することにより、高性能なフラッシュカードを構築している。

今後は、「多値技術」を用いたセルで大容量256 Mビット フラッシュ メモリを製品化し、PC-ATAで640 Mバイト、CompactFlashで192 Mバイトの大容量フラッシュカード製品を計画している。これにより、従来ハードディスクで構築していたシステムまでフラッシュメモリで置き換えることが可能になる。

※） CompactFlashTMカード：CompactFlashは、米国SanDisk社の商標であり、CFA（CompactFlashTM Association）にライセンスされている。

1 はじめに

フラッシュメモリは、従来のDRAM(Dynamic Random Access Memory)や、ROM(Read-Only Memory)、HDD(Hard Disc Drive)と棲(す)み分けながら、現在、市場の拡大が進んでいる携帯情報機器を中心に、新しい市場を開いていくことが期待されている。

ここでは、ファイル用途に適したAND(論理積)型64 Mビットフラッシュメモリ“HN29W6411”の特性と、これを用いたフラッシュメモリカードの特性、応用、さらに次世代のフラッシュメモリとして期待されている256 Mビット多値フラッシュメモリについて述べる。

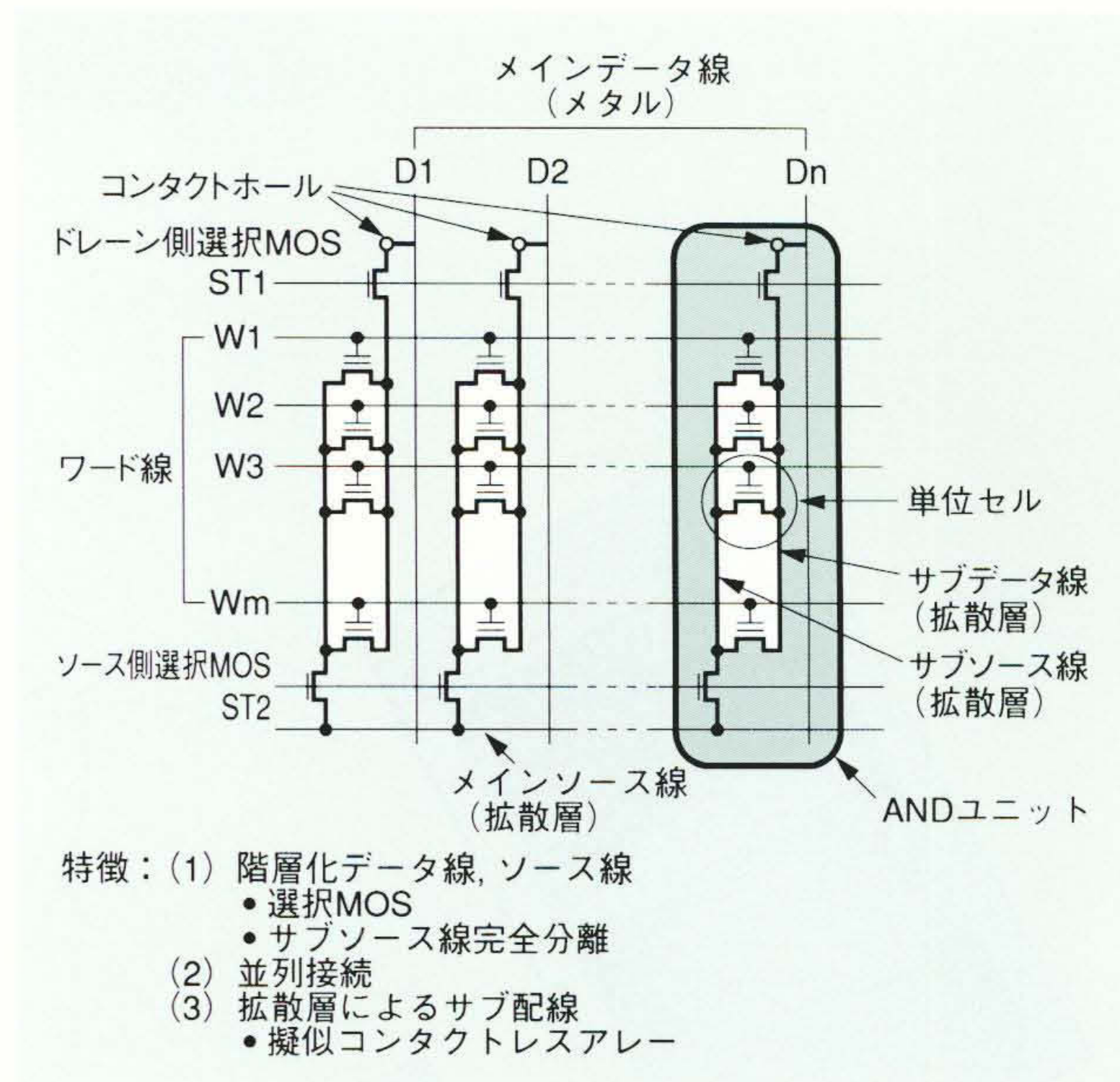
2

フラッシュメモリの各種方式とAND型の位置づけ

1984年に最初のフラッシュメモリが発表されてから、14年が経過した。この間、フラッシュメモリの高集積化と低電圧化を目的としたセル技術やプロセス技術、回路技術の研究開発が精力的に進められてきた。

フラッシュメモリのメモリ素子としては、これまでに日立製作所が開発したAND型を含めて、NOR型、NAND型、DINOR型が製品化されている。

AND型は、(1)データ線とソース線を階層化した並列方式、(2)書込み状態で V_{th} の低い側を使用する方式、(3)FN(Fowler-Nordheim)トンネルで書込み・消去を行う動作方式を特徴とするフラッシュメモリとして位置づけられる。こうした技術上の特徴によって高速読み出しを可能とし、外部記憶用途として重要な、小さな書き換え単位(書込みと消去が同一単位)、かつ高集積度といった特徴の実現が、単一低電圧電源(3.3 V)の下で可能とな



注：略語説明 MOS (Metal-Oxide Semiconductor)
ST (Switch Transistor)

図2 AND型メモリアレイ回路

サブデータ線とサブソース線の間に並列に挿入したm個の単位セルと、サブ配線をメイン配線に接続する2個の選択トランジスタで構成する。

る。AND型メモリセルデバイスの構造を図1に、AND型メモリアレイ回路を図2にそれぞれ示す。

ANDユニットは、サブデータ線とサブソース線の間に並列に挿入したm個の単位セルと、サブ配線をメイン配線に接続する2個の選択トランジスタで構成する。このメモリアレイの特徴として、(1)メモリセルの並列接続、(2)階層化されたデータ線、ソース線配線、(3)サブ配線を拡散層で形成した擬似コンタクトレスの構造の3点あげられる。メモリセルを並列接続することにより、従来

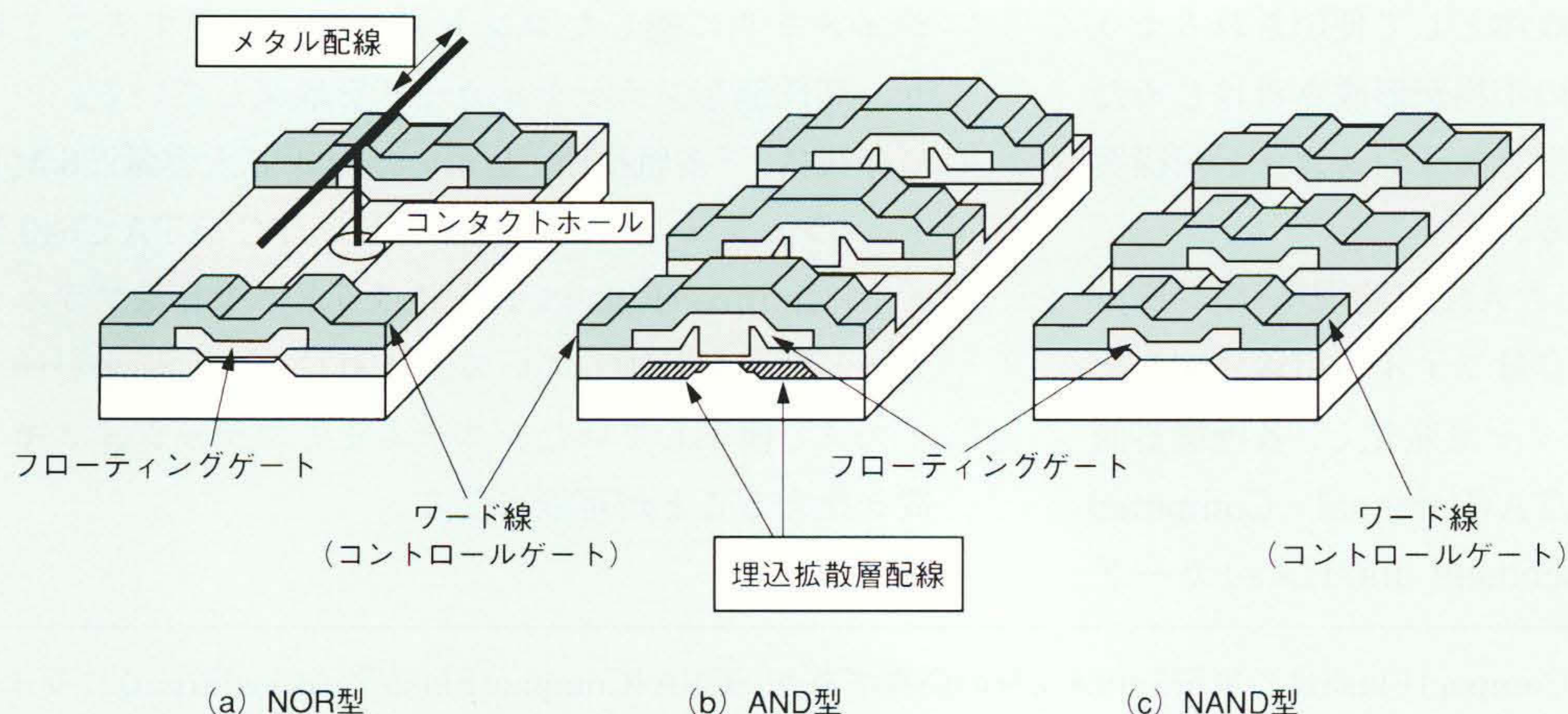


図1 AND型メモリデバイスの構造

サブ配線を埋込拡散層で形成した擬似コンタクトレスの構造を示す。

のNOR型と同様に、高速ランダム読み出しに必要なメモリ電流値(20 μ A以上)を得ることができる。配線の階層化に関しては、ドレーン側の選択トランジスタが非選択のANDユニットをメインデータ線から切り離すため、メインデータ線の容量が著しく低減し、高速化と低消費電力化に有利である。さらに、ソース側の選択トランジスタの働きで、サブソース線をメインソース線から切り離して低容量化するとともに、データ線と完全に1対1の関係にすることができる。この結果、外乱の影響を受けずに、書込みと消去の単位が完全に一致した小ブロックサイズ(512バイト程度)を実現することが可能となる。

3 日立製作所のフラッシュメモリの特徴

日立製作所は、AND型セルを用いて、ファイル用途に適した64 Mビット(HN29W6411)と84 Mビット(HN29W8411)のフラッシュメモリを開発した。

ファイル用途メモリで最も重要なことは、コストである。これを解決する技術として、一つはAND型セルの採用であり、もう一つはMGM(Mostly Good Memory)技術の採用である。通常のメモリセルは、冗長回路などにより、不良ビットのない、100%完全なメモリとして製品化されている。しかし、不良ビットを含むメモリも製品化できればコスト改善が期待できる。これを解決したのがMGM技術である。

HN29W6411のメモリアレー構成は、512バイトのデータ領域と16バイトの管理領域をもって1セクタとしている(図3参照)。

データバイトに不良ビットがあるか否かの情報をそのコントロールバイトに明記することにより、メモリをコ

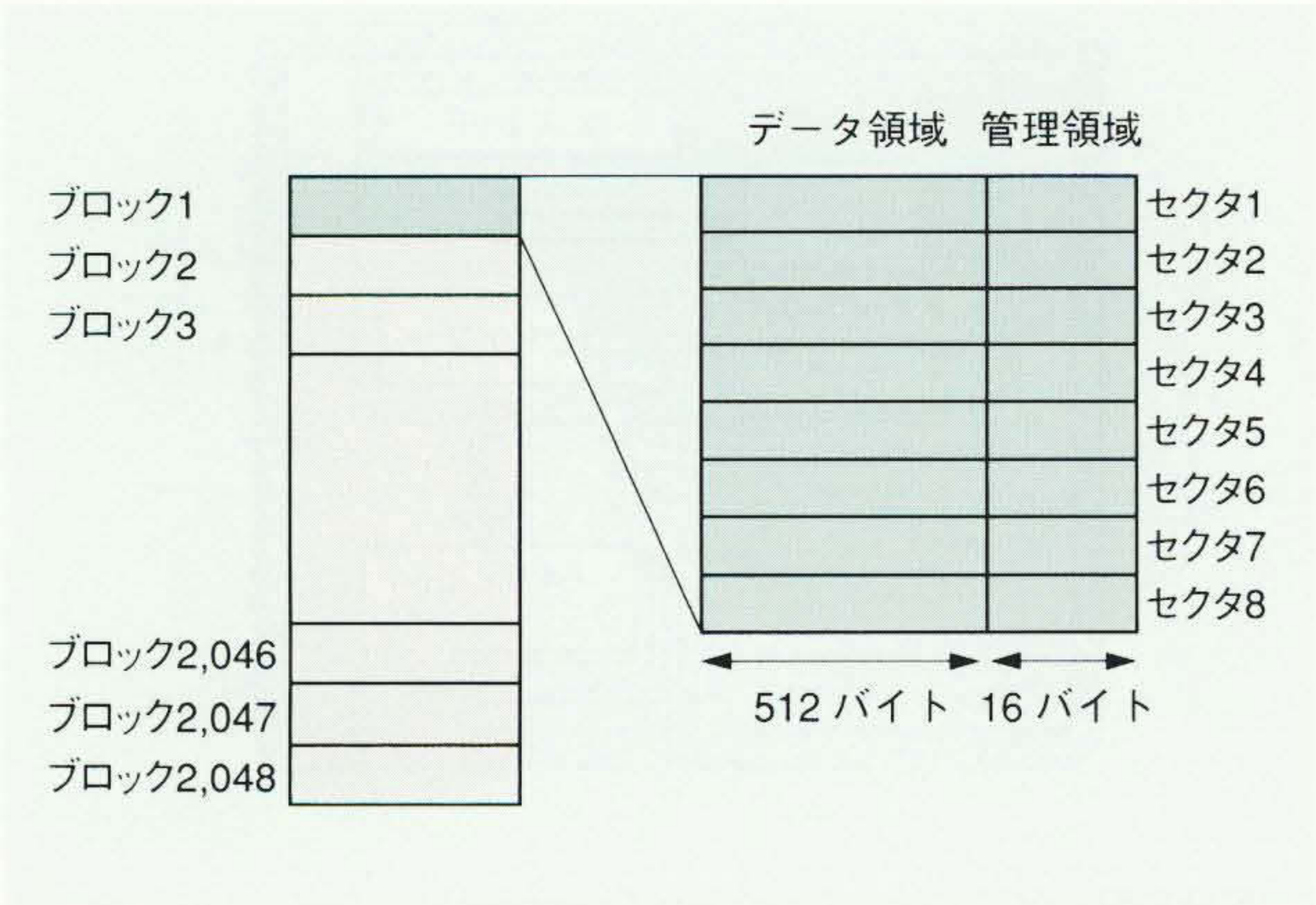


図3 メモリアレーの構成
512バイトのデータ領域と16バイトの管理領域をもって1セクタとしている。

表1 64 Mビットと84 Mビット フラッシュ メモリの主要特性

書込み、消去、および読み出しは、1セクタごとで動作し、ファイルデータ転送に適した構成としている。

メモリ機種		HN29W6411	HN29W8411
項目			
電源電圧		5 V $\pm$ 10% 3 V $\pm$ 0.3 V	5 V $\pm$ 10% 3 V $\pm$ 0.3 V
語構成		(512+16)バイト $\times$ 16,057以上	(512+16)バイト $\times$ 21,074以上
書込み	速度	1 ms	0.3 ms
	単位	512バイト	512バイト
消去	速度	1 ms	1 ms
	単位	512バイト	512バイト
読み出し	1回目	5 μ s	6 μ s
	2回目以降	50 ns	50 ns
消費電流	スタンバイ	5 μ A	5 μ A
	動作	40 mA(3.3 V書込み時)	40 mA(3.3 V書込み時)

ントロールするマイコン(マイクロコンピュータ)が不良セクタを検知することができるようにしている。HN29W6411では、16,384セクタのうち、98%以上のセクタが良品ビットとなるように設定している。

HN29W6411とHN29W8411の主要特性を表1に示す。

4 フラッシュカード市場

フラッシュメモリを用いた「フラッシュカード」の需要予測を図4に示す。

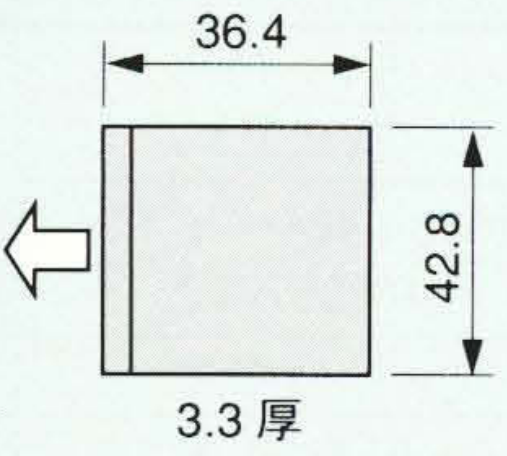
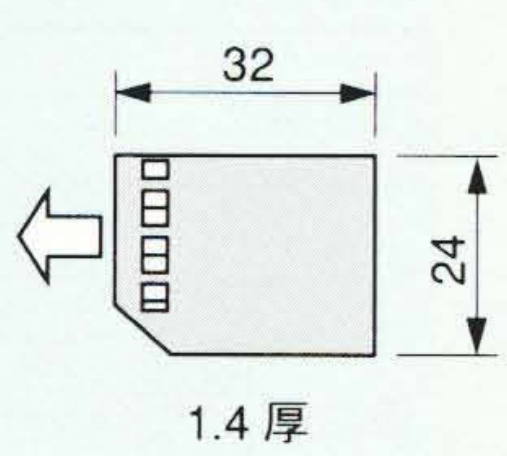
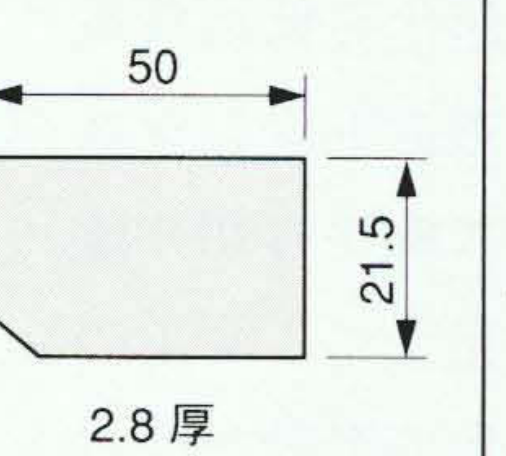
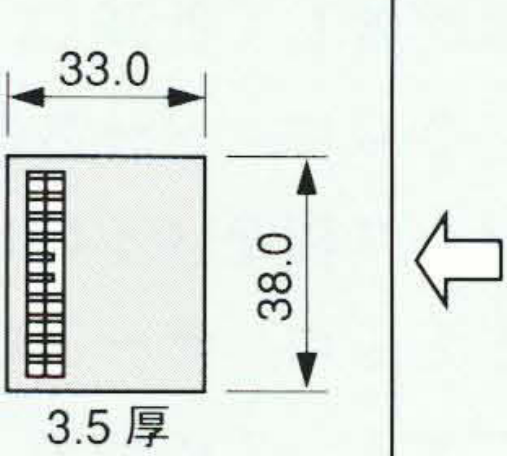
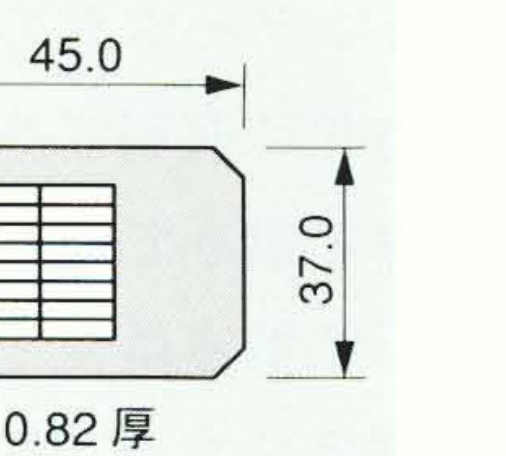
1997年に「フラッシュカード」を記録媒体とする各種のデジタルカメラが発売され、フラッシュカードが民生・情報家電分野で本格的に使われるきっかけとなった。当初はVGA(Video Graphics Array)対応カメラが主力なために2 Mバイトカード同梱(こん)であったが、百万画素の高画質デジタルカメラが登場し、現在8 Mバイトカードとの同梱が主流になりつつある。また、パソコンの世界でも通常のHDD搭載が難しいハンドヘルドパソコンが登場したことで、それまでHDDやバッテリーでバックアップしていたDRAM格納のユーザーデータやプログラムをカードに搭載するようになった。

今後は、音声やオーディオの格納、さらに動画の格納と、その用途は急速に広がるものと考える。

フラッシュカードは、PCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association)とJEIDA(Japan Electronic Industry Development Association)によって規格化されたPCカードが最も標準的なカードである。最近、携帯機器がますます小型化され、PCカー

表2 小型「フラッシュカード」の比較

携帯機器がますます小型化し、PCカードよりも小型の各種カードが提案されている。

カードの種類 比較項目	CompactFlash	Multimedia Card	メモリスティック	ミニチュアカード	スマートメディア
外形・寸法(mm)					
仕様・I/F	50ピン PC-ATA IDE	7ピン Multimedia Card, SP1*	10ピン 独自I/F	60ピン Flash	22ピン NAND Flash
カード内部	高性能 コントローラ内蔵	高性能 コントローラ内蔵	コントローラ内蔵	フラッシュメモリだけ	フラッシュメモリだけ
最大容量	制限なし(プリント基 板上に搭載できる分)	フラッシュメモリ単品 容量に依存	——	フラッシュメモリ単品 容量に依存	フラッシュメモリ単品 容量に依存

注：略語説明ほか I/F (Interface), PC-ATA (Personal Computer Advanced Technology Attachment Interface), IDE (Integrated Drive Electronics)

*SP1は、米国における米国International Business Machines Corp.の登録商標である。

よりも小型の各種カードが提案されている(表2参照)。日立製作所は、フラッシュカードをマルチメディア機器間のリムーバブル(着脱可能な)メディアと位置づけていることから、各種機器間の互換性に優れた“CompactFlash”を製品化した。

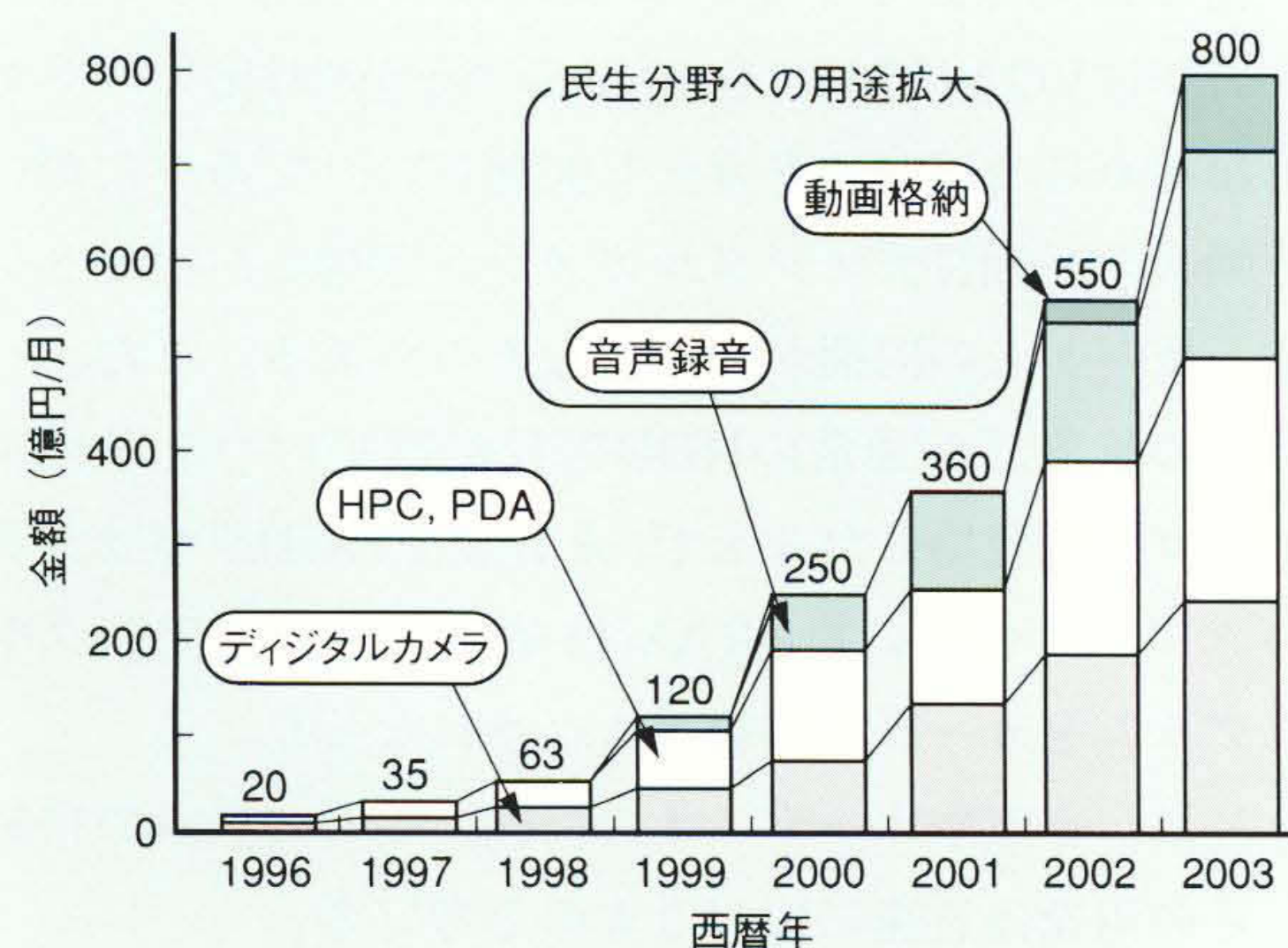
5 日立製作所フラッシュカードの特徴

日立製作所が製品化したものは、互換性に優れたPCカード仕様に準拠したPC-ATAカードと、“Compact

Flash”である。両方のカードとも、システムとしてはI/O (Input and Output)デバイス(HDDのようなディスク)として認識されるもので、ファイルとして必要な機能をカードの中で実現するためにコントローラを内蔵している。

CompactFlashのブロック構成を図5に示す。

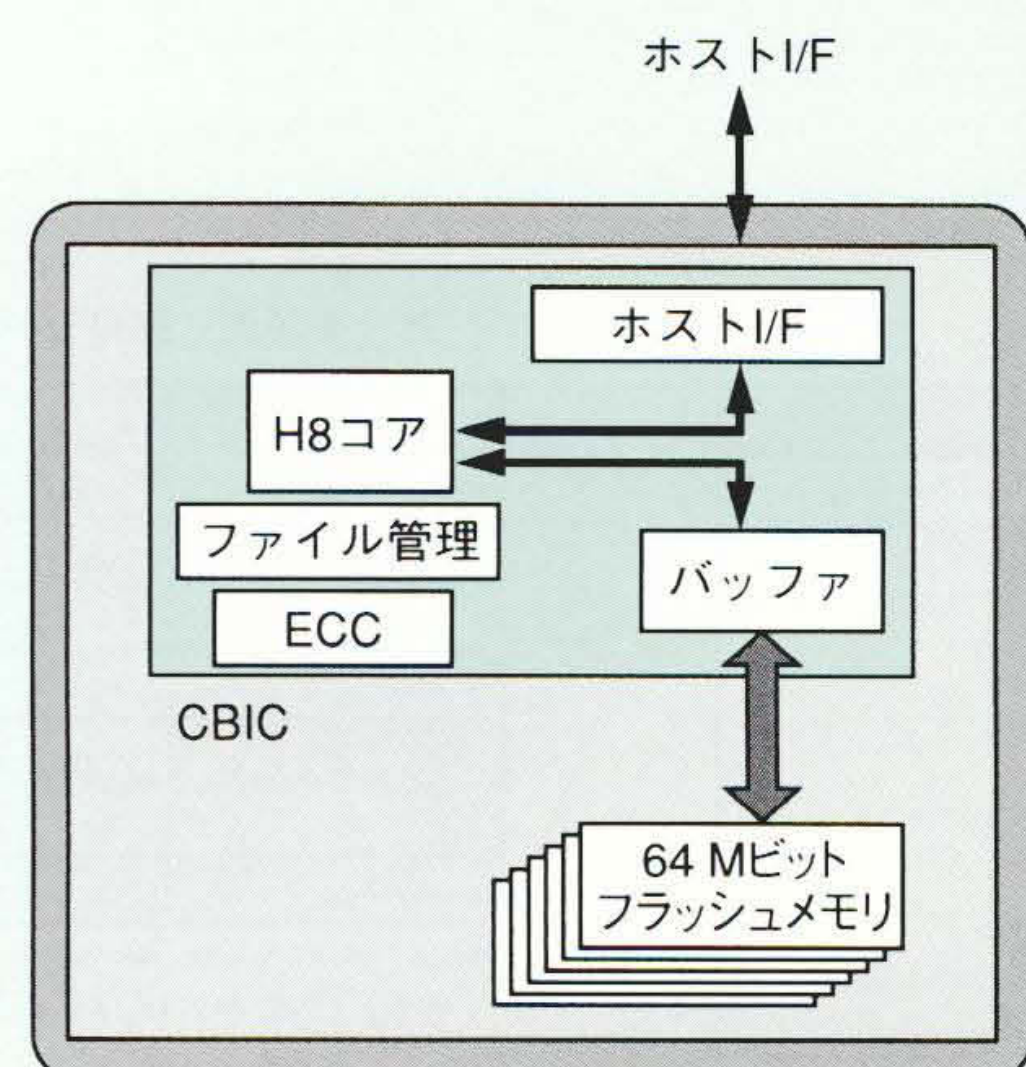
AND型のフラッシュメモリを使ってファイルとして動作するカードにするために、コントローラの果たしている役割は、(1)ホストI/F(Interface)(PCカードI/F,



注：略語説明 HPC (Handheld Personal Computer)
PDA (Personal Digital Assistant)

図4 「フラッシュカード」の需要予測

デジタルカメラやハンドヘルドパソコンで「フラッシュカード」の市場が立ち上がり、将来は音声録音や動画格納で市場が拡大する。



注：略語説明 ECC (Error Check and Correction)
CBIC (Cell Based IC)

図5 “CompactFlash”のブロック構成
複雑なコントローラ機能をCBICで実現した。

IDE I/F), (2) ECC, (3) フラッシュメモリのMGM管理, (4) ウェアレベリングである。

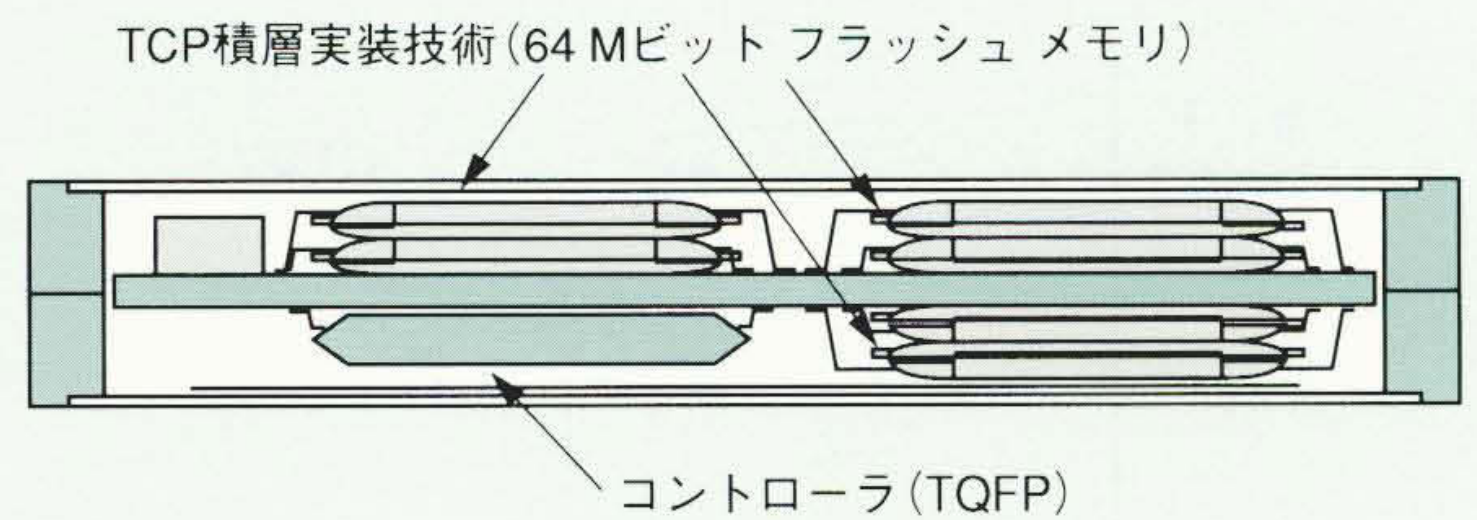
コントローラでは、ホストI/Fとコントローラの内部処理が非同期に動作することが必要であるため、ホストI/FのバスとフラッシュメモリI/Fのバスをおのおの独立に構成した。ウェアレベリングは、フラッシュメモリ自体の書き換え回数が10の5乗程度であるため、FAT (File Allocation Table) やディレクトリなどの書き換えが進んでしまったセクタを、書き換えの進んでいないセクタに自動的に置き換えて、書き換え回数の平準化を行い、書き換え寿命を実行的に伸ばすと言う、ファイルにとっては重要な機能である。

現在のフラッシュカード製品ファミリーを図6に示す。

フラッシュカードに対する市場要求は、大容量化と高性能、特に高速書込みである。

大容量に関しては、現在の主用途であるデジタルカメラでもメガピクセルカメラの出現で、写真1枚当りに必要とされるメモリ容量が700 k~1 Mバイトと大きくなったことから、カメラに同梱されるカードが8 Mバイト、さらにオプションとして30~45 Mバイトが主流となりつつある。これには、(1) 大容量のフラッシュメモリの使用と、(2) 高密度実装が可能な積層TCP技術の使用により、市場に合った製品をそろえて対応している。

フラッシュメモリでは、現在64 Mビット品を使用して、それぞれ最大150 Mバイト (PC-ATA)、45 Mバイト (CompactFlash) を実現している。今後は、現在開発中の256 Mビット品で、640 Mバイト (PC-ATA) と192 Mバ



注：略語説明 TCP (Tape Carrier Package)
TQFP (Thin Quad Flat Package)

図7 45 Mバイト CompactFlashの断面

TCPを積層実装することにより、45 Mバイト実装を実現した。

イト (CompactFlash) の実現を目指す。256 Mビット品については、6章で述べる。

45 Mバイト CompactFlashの断面を図7に示す。小さなCompactFlashのPCB (ポリ塩化ビフェニル) 基板上にフラッシュメモリを実装できるエリアは3か所しかないので、ここに長短2種類のTCPを積層することにより、最大6個のフラッシュメモリの実装を可能とし、45 Mバイトを実現した。

書込み性能は現在のフラッシュメモリの最大の難点であることから、コントローラでいかにくふうするかがポイントである。第3世代カードでは、フラッシュメモリを2チップ以上使用する15 Mバイト以上の製品で、コントローラに2セクタ分のバッファを持たせることによって2チップ同時書込みを行い、書込み性能を250 kビット/s (8 Mバイト) に比べて350 kビット/sと向上させている。また、第4世代では、高速のフラッシュメモリ (64 MビットAマスク, 84 Mビット) を使い、8 Mバイトでも500 kビット/sの実現を可能とした。

6 今後の展開

フラッシュメモリの低コスト化の切り札として期待されているのが「多値技術」である。

日立製作所は、1セル当たり2ビットの情報を蓄えることができるセル当たり2ビットの多値フラッシュメモリ技術を開発し、この技術で256 Mビットフラッシュメモリを世界で初めて製品化した。この技術で、0.25 μmプロセス技術ベースの256 Mビットフラッシュメモリを、0.35 μmプロセス技術ベースの64 Mビットフラッシュメモリよりも小さなチップサイズで実現できた。この256 Mビットフラッシュメモリを使えば、PC-ATAカードで640 Mバイトと、CompactFlashカードで192 Mバイトまでの製品の実現が、技術的だけでなく価格的にも可能

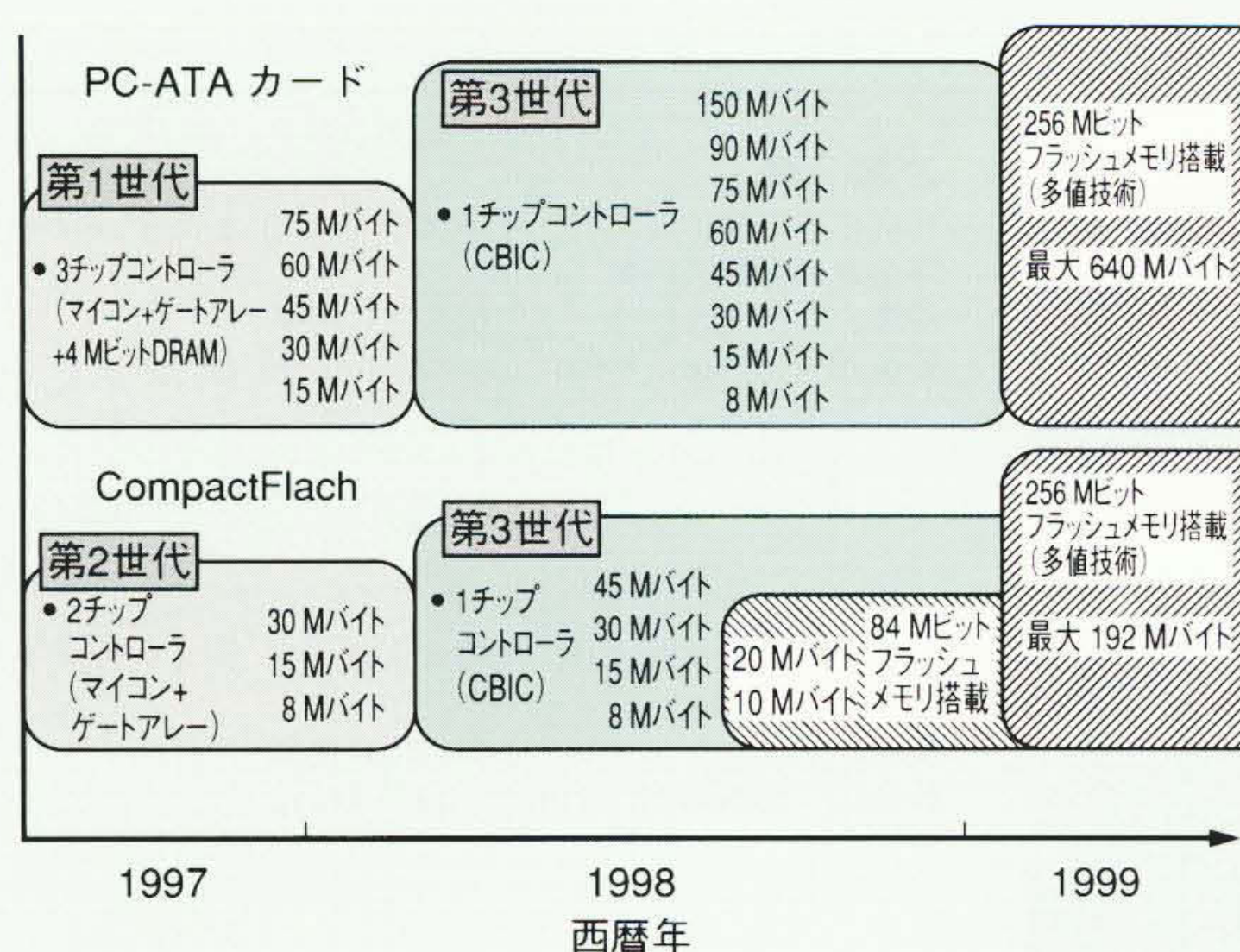
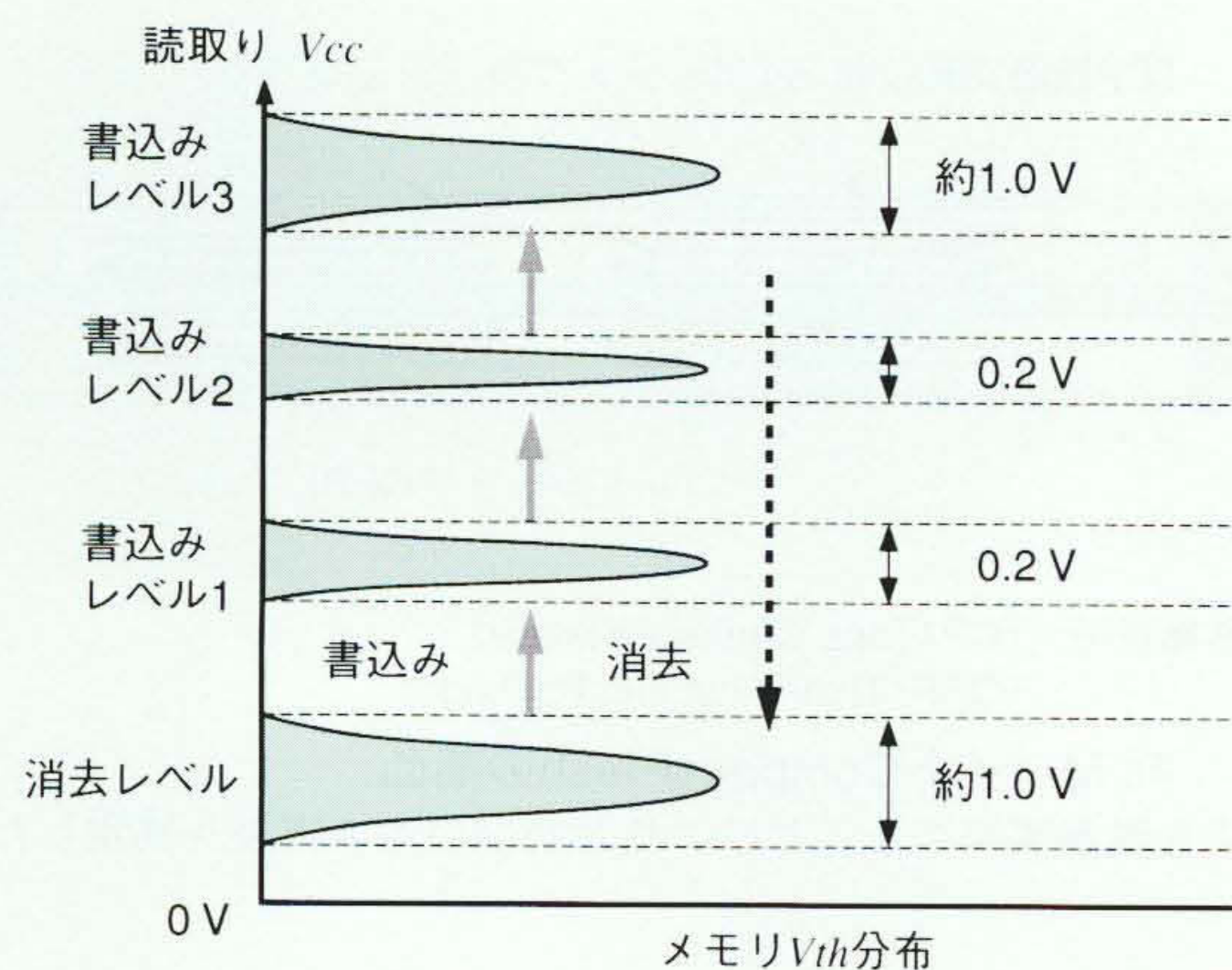


図6 日立製作所の「フラッシュカード」製品ファミリー

PC-ATAカードで150 Mバイト、CompactFlashで45 Mバイトをそれぞれ実現している。



注：略語説明 Vcc(電源電圧), Vth(しきい値電圧)

図8 多値メモリVthの分布

メモリセルのしきい値を±0.1Vの狭い範囲内に短時間でそろえる必要がある。

となる。これにより、従来バックアップディスクとして小型のHDDを使用していたルータ等の各種通信関連機器などでも用途が広がるものと考ええる。

256 Mビット フラッシュ メモリの特徴と性能について以下に述べる。

(1) 書込み性能向上

多値フラッシュメモリでは、メモリセルのしきい値を±0.1Vの狭い範囲内に短時間でそろえる必要がある(図8参照)。短時間でしきい値をそろえるには、メモリセル間の書込み時間のばらつきの低減が特に必要である。256 Mビット フラッシュ メモリでは、プロセス技術の改良により、書込み速度ばらつきを1けた以下まで低減した。また、プログラム電圧印加やベリファイのタイミング制御などの、書込み処理に最適化した専用プロセッサをチップ上に搭載して、処理時間の短縮を図った。これにより、セクタ(書き換え単位)当たりの書込み時間1msを実現した。さらに、書き換え最大単位を64 Mビット フラッシュ メモリの4倍の2,112バイト[2,048(データ領域)+64(管理領域)]とすることにより、最大書込み性能2 Mビット/sを実現した。

(2) 読み出し速度

読み出しコマンドを入力後、50 μs待機して、最大2,048バイトのデータが50 ns周期のバイト単位でI/O端子からシリアル転送される。

(3) 信頼性

システムの信頼性を保持するには、フラッシュメモリを使用する際にECC(Error Check and Correction Code)を必要とする場合が多い。通常は、ホスト側にハードウェアとして組み込むか、ソフトウェアで処理するかのどちらかである。256 Mビット フラッシュ メモリでは、ホストの負担軽減のために、このECC処理回路をチップ上に搭載することも検討している。

(4) MGM

256 Mビット フラッシュ メモリでは、従来の64 Mビット フラッシュ メモリと同様に、全体を16,384セクタで構成する。1セクタは、2,112バイトで構成している。良セクタ数が全体の98%以上を占めるMGMとして市場に供給する。

7 おわりに

ここでは、大容量フラッシュメモリと、そのフラッシュカードへの応用について述べた。

大容量フラッシュメモリとそれを応用したカードは、その低消費電力、小型・薄型、高信頼性のために、デジタルカメラや携帯情報端末にとどまらず、広く産業機器のストレージデバイスとして発展していくものと考ええる。日立製作所は、これからもファイル用途の市場開拓を促進するため、大容量フラッシュメモリ技術の開発と製品化に注力していく考えである。

執筆者紹介



戸塚 隆

1980年日立製作所入社、半導体事業本部 システムメモリ事業部 開発部 所属
現在、フラッシュカードの製品化に従事
E-mail: totsukat@cm.musashi.hitachi.co.jp



古沢和則

1978年日立製作所入社、半導体事業本部 システムメモリ事業部 開発部 所属
現在、フラッシュメモリの製品化に従事
E-mail: furusaw@cm.musashi.co.jp