

# 新分野を開拓するフラッシュメモリ

Flash Memories Penetrating Emerging Markets

河本 和也  
KAWAMOTO Kazuya

加藤 秀雄  
KATO Hideo

田中 真一  
TANAKA Shinichi

近年、デジタルカメラ、PDA(Personal Digital Assistants)、シリコンオーディオ、などのデジタル情報の記憶媒体として当社が開発したNAND型フラッシュメモリを使用した小型メモリカードが急速に普及している。また、携帯電話の普及に伴い、高速かつ、ランダムアクセスを特長としたNOR型フラッシュメモリへの期待も広がる一方である。

こうした市場要求を背景に、当社は、NAND型では0.16 μm微細加工技術を用いた世界初の512 MビットNAND型フラッシュメモリを、また、NOR型では、チップサイズ世界最小の64 MビットNOR型フラッシュメモリの開発に成功した。当社は、今後ファイルストレージ用に開発されたNAND型を中心に、より大容量化、微細化を進めていく。

Small form factor card with NAND flash memories originally developed by Toshiba have recently become widely disseminated. Moreover, the growth of NOR flash memories, which feature high speed and random access performance, is also expected to increase accompanying the expansion of the cellular phone market.

Recognizing these market trends, Toshiba has successfully developed the world's first 512 Mbit NAND flash with 0.16 μm design technology, as well as the world's smallest 64 Mbit NOR flash. Toshiba is working to achieve higher density and finer process technology, particularly in the field of NAND flash which has been developed for the file storage market.

## 1 まえがき

フラッシュメモリ(一括消去型電氣的消去及び書込み可能な読出し専用メモリ)は、主にプログラム格納に使用されるNOR(Negative OR circuit)型フラッシュメモリと、大容量ファイル格納に使用されるNAND(Negative AND circuit)型フラッシュメモリに大別される。

NOR型フラッシュメモリは、ランダムアクセス機能を持ち、プログラムの直接実行が必要な分野で、主にBIOS(Basic Input Output System)ROMや制御用ROM、また、携帯電話のプログラム格納用として使用されている。一方、NAND型フラッシュメモリは、デジタルカメラの画像データやシリコンオーディオの音楽データをはじめとしたファイルデータの格納用、及びスマートメディア™やSD(Secure Digital)メモリカードをはじめとした小型メモリカードとして、また、ハードディスク装置(HDD)の代替えであるシリコンディスクとしてネットワークサーバ、放送設備、W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)基地局、などに組み込まれている。

ここでは、フラッシュメモリの動向をはじめ、市場要求にこたえるための最新のプロセス技術や利用技術について述べる。

## 2 情報端末におけるフラッシュメモリ

近年、デジタルカメラ、PDA、シリコンオーディオなどのデジタル情報の記憶媒体として、ファイルストレージ用に開発された、NAND型フラッシュメモリを使用した小型メモリカードが急速に普及している。

とりわけデジタルカメラ市場は、急成長を遂げており、高画素化、動画対応が急速に進むなか、更に大容量フラッシュメモリの登場が待たれている。また、シリコンオーディオは、MP3(MPEG(Moving Picture Experts Group)audio layer 3)プレーヤを契機に続々と商品が発表され、64 MバイトNAND型フラッシュメモリの使用により、CD並みの音質で1時間の音楽再生を実現している。

一方、ランダムアクセスを特長とするNOR型フラッシュメモリが使用される携帯電話では、インターネット対応、メール対応、及びWAP(Wireless Application Protocol)機能を使った各種情報サービスなど、高機能化が急速に進んでいる。これらの高機能化に伴い、NOR型フラッシュメモリのよりいっそうの大容量化、低電圧・低消費電流化、また、ページモードやバーストモードを用いた高速化対応が市場要求となっている。また、アプリケーションソフトウェアの増大に伴い、大容量・低コストのフラッシュメモリとして、NAND型フラッシュメモリを内蔵することも検討されている。

更に、転送速度の速いW-CDMA方式の登場は、動画の送

信を可能とするばかりでなく、音楽配信などのサービスをも実現する。音楽データの蓄積としては、パソコン(PC)との親和性も高い小型メモリカードが採用される方向にある。もちろん、これら小型メモリカードにもNAND型フラッシュメモリが多く採用されている(図1、図2)。

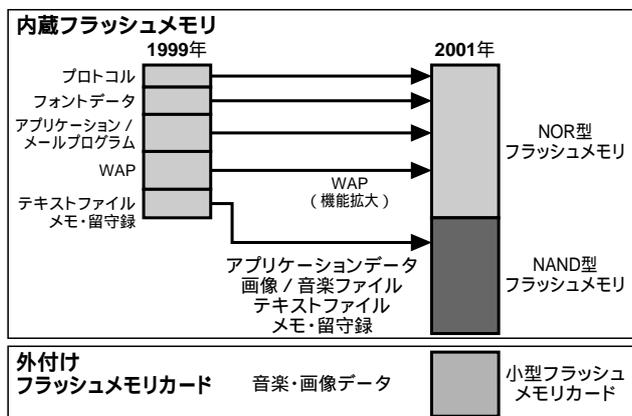


図1. 携帯電話におけるフラッシュメモリの構成 携帯電話におけるアプリケーションデータの増加, 画像ファイルや音楽ファイルの格納要求に伴い, NAND型フラッシュメモリが注目されている。音楽データにおいては, 小型メモリカードへの対応も始まる。

Flash memory combination in mobile phones

時期(年)	1999	2000	2001	2002~
携帯電話の機能動向	・WAP機能追加 ・メール機能追加	・WAP機能拡大 ・カラーディスプレイ ・音楽再生対応	・動画機能導入 ・音楽配信サービス (W-CDMAスタート)	・アプリケーションの拡大 PDA/DSC/ゲーム/ ナビなどへの応用
内蔵	NOR型フラッシュメモリ	32 Mビット	64 Mビット	128 Mビット
	NAND型フラッシュメモリ		64 Mビット	128 Mビット~
外付	小型メモリカード		32~64 M/バイト	64~128 M/バイト

PDA: 携帯用個人情報機器

DSC: デジタルカメラ  
ナビ: ナビゲーション

図2. 携帯電話におけるフラッシュメモリの容量動向 インターネット対応, メール対応及びWAP機能を使った各種情報サービスなど, 高機能化が急速に進んでいる。この結果, フラッシュメモリには大容量・低電圧・高速化の要求が高まっている。大容量を必要とする音楽データの格納には, PCとの親和性から小型メモリカードが採用される方向にある。

Trends in flash memory for mobile phones

### 3 NOR型フラッシュメモリの技術動向

このようなニーズに対応するため, 他社に先駆け, 0.2 μm デザインルールを使用することで, 世界最小の64 Mビット NOR型フラッシュメモリを開発した(図3)。

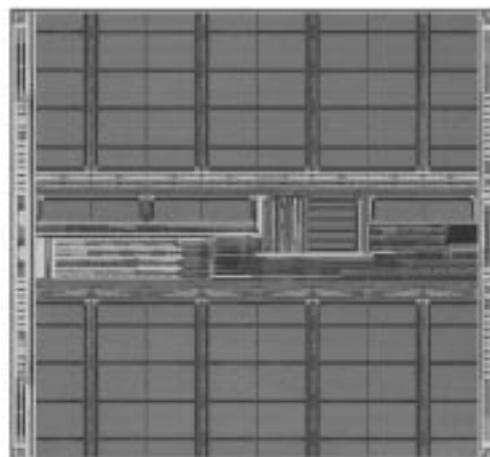


図3. 64 Mビット NOR型フラッシュメモリ チップ 0.2 μm デザインルールを使用して, 書込み, 消去中の読出し動作を可能とするデュアル動作方式を17バンクで構成し, Auto Sleep mode, チャンネル消去方式の採用により, 低消費電力化を世界最小のチップサイズで実現した。

64 Mbit NOR flash memory chip

この製品の特長は, 次のとおりである。

- (1) プロセス技術 この製品は, 0.2 μm デザインルール, STI(Shallow Trench Isolation) 技術を採用することで, 8.7 mm × 8.13 mm(70.7 mm<sup>2</sup>) のチップサイズを実現した。
- (2) 17バンクのデュアル動作方式 デュアル動作とは, 読出し動作と書込み, 又は, 消去動作が同時に実行できる機能をいう。他社製品では, 2バンク方式が主流でバンクサイズの異なるごとに別製品となっている。当社は, 17バンク方式を採用することで, 1製品で様々な種類の組合せをカバーできる。
- (3) 低消費電力対応 読出し中の消費電力を抑えるために, アドレス入力が一時間変化しないと自動的にスタンバイ状態となり, 電力を抑制する。また, 書込み時の電流は, 書込みビット数を分割して制御することで削減している。消去時の電流は, 消去方式をチャンネル消去方式の導入により削減している。

ここでは, 今回開発した3 V 単一電源 64 Mビット NOR型フラッシュメモリについて述べた。携帯市場は更に拡大しており, 大容量, 高速化, 低電圧化の市場要求も増加しつつある。今後も, 市場ニーズにマッチする製品を開発していく。

### 4 NAND型フラッシュメモリの技術動向

動画, 音楽データの蓄積などを中心に, ファイルストレージ用デバイスとして大容量 NAND型フラッシュメモリが注目されていることは先に述べた。当社は, 世界に先駆け, 512 Mビット NAND型フラッシュメモリを開発した。

512 Mビット NAND型フラッシュメモリは, 16 Mビット NAND

型フラッシュメモリから数えて6世代目である。デザインルールも0.7  $\mu\text{m}$ から0.16  $\mu\text{m}$ までスケールダウンされ、また、256 MビットNAND型フラッシュメモリから導入されたSTI技術により、一つのメモリセル当りの加工面積は0.145  $\mu\text{m}^2$ 、チップサイズ147.3  $\text{mm}^2$ を実現した(図4, 図5)。

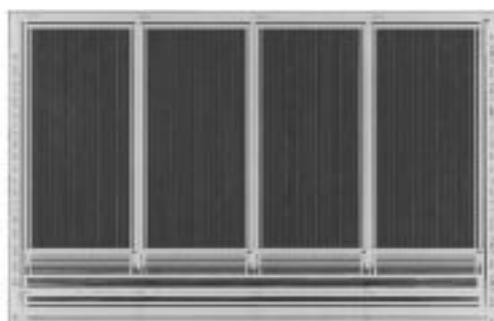


図4 . 512 Mビット NAND型フラッシュメモリ チップ 0.16  $\mu\text{m}$ デザインルールを駆使し、世界最大容量, 最小チップサイズを実現した。従来互換動作に加え、新たに4倍速書き込みモードを備えるなど、大幅なパフォーマンスの向上が図られている。

512 Mbit NAND flash memory chip

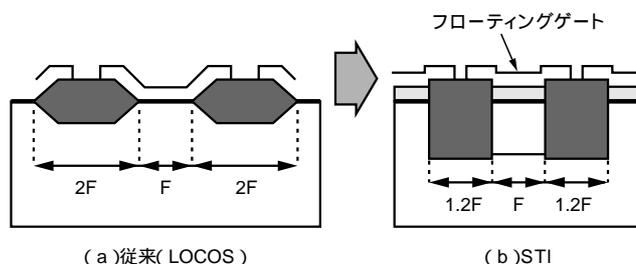


図6 . LOCOS技術とSTI技術のビット線ピッチ 従来のLOCOS技術(左)に対して、STI技術(右)はビット線ピッチを73%に縮小できる。Shallow trench isolation (STI) technology

#### 4.2 回路設計技術

512 MビットNAND型フラッシュメモリでは、デジタルコンテンツの超高速ダウンロード、高精細デジタル画像の高速記憶、高精細動画記憶、などの市場要求にこたえるため、微細化されたメモリセルに対応してステップアップパルス方式を最適化し、前世代と同じ書き込み速度を達成することができた。読み出し及び書き込み後のペリファイ動作も、256 MビットNAND型フラッシュメモリで採用したビット線シールド電圧検知方式を継承し、大きなビット線容量にもかかわらず、メモリセルからの信号を高速に読み出すことを可能とした。NAND型フラッシュメモリでは、消去動作により、メモリセルの閾値(しきいち)を負にするが、十分に消去されているかのペリファイ動作で、負の閾値を正確に読み出すため、ソースフロー方式のペリファイ読み出し方式を採用した。

電源電圧は2.7 V ~ 3.6 V、入出力は $\times 8$ 構成、インタフェースは上位互換で、スマートメディア™も同チップでカバーされる。基本的な読み出し、及び書き込み単位であるページサイズは528バイトであり、32ページで構成される消去単位であるブロックサイズは16 Kバイトである。最大8個までのマルチチップモジュールに対応しており、NAND型フラッシュメモリを2個搭載可能なスマートメディア™では128 Mバイトの容量が得られる。256 Mビット品同様、ID(Identification)コード格納用ブロックを備えている。

#### 4.3 多値記憶方式

また、一つのメモリセルに1ビットのデータを記憶させる方式のほかに、一つのメモリセルに2ビットのデータを圧縮して格納することが可能な多値(MLC: Multi Level Cell)記憶方式がある。通常のメモリセルでは、一つのメモリセルに二つの閾値レベルを持たせているが、多値方式では四つの閾値レベルを持たせるため、書き込み時の閾値分布を正確に制御し、読み出し時の条件を十分補償する回路技術が必要である。

もし、512 MビットNAND型フラッシュメモリにこの多値記憶方式を採用すれば、ブロックサイズは32 Kバイトと2倍になるが、ページサイズは528バイトと同サイズ、1ブロック当りのペ

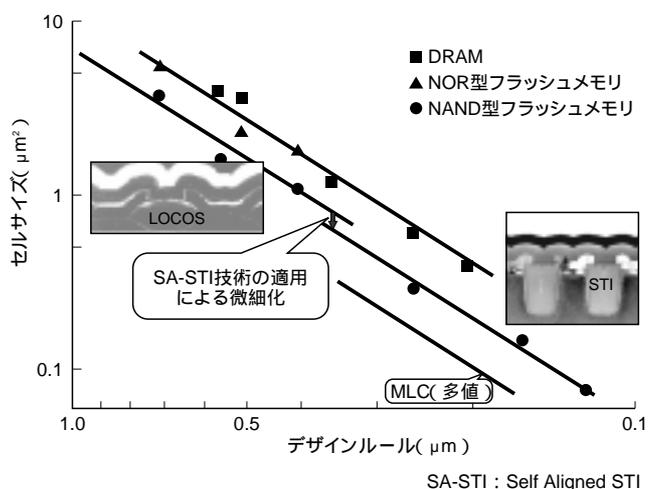


図5 . フラッシュメモリのチップサイズトレンド LOCOSからSTIへ変更することにより、素子分離に必要な距離の縮小が図れ、メモリセルの面積縮小を実現した。

Trends in memory chip size

#### 4.1 メモリセル構造とプロセス技術

0.16  $\mu\text{m}$  512 MビットNAND型フラッシュメモリでは0.2  $\mu\text{m}$ 世代に確立したSTI技術を継承した。

STIは、ビット線間隔を縮めるために素子間に溝を設ける素子分離法である。従来のLOCOS(LOCal Oxidation of Silicon)技術では、素子分離幅として加工の最小ルール(F)に対して、2倍の2Fが必要であった。これに対してSTI技術を用いれば、素子分離幅は1.2倍の1.2Fで構成でき、LOCOS技術に対して73%のビット線ピッチが実現できる(図6)。

ージ数が2倍となり、1 Gビット(128 Mバイト)の容量が得られる。

## 5 当社が規格提唱した小型メモリカード

近年、リムーバブルメモリのメディアとして各種小型メモリカードが脚光を浴びている。

当社は、1996年にNAND型フラッシュメモリを応用したスマートメディア<sup>TM</sup>を市場投入した。スマートメディア<sup>TM</sup>は小形・軽量・薄形(37 mm×45 mm×0.76 mm、約2g)を特長とし、スマートメディア<sup>TM</sup>の標準化団体であるSSFDC<sup>(注1)</sup>フォーラムの普及促進活動も加わり、現在までに約1,500万枚のメディアが市場に流通している。

スマートメディア<sup>TM</sup>は、低コスト化を実現するために、射出成形されたプラスチックカードに、NAND型フラッシュメモリが内蔵された22ピンの平面電極を持つパッケージをはり付けた簡単な構造となっている。これまで、主にデジタルスチルカメラの電子フィルムとして活用されてきたが、メディアごとに固有な識別番号を内蔵し、著作権などの保護にも応用可能なID付きスマートメディア<sup>TM</sup>の開発・市場投入により、音楽用途での応用も始まった。微細加工技術、複数チップの実装技術により、128 Mバイトまでの容量がラインアップされた。2000年には、松下電器産業(株)、SanDisk社と共同で、更に小形な(24×32×2.1 mm)SDメモリカードが市場に投入された(図7)。このメディアにもNAND型フラッシュメモリが採用され、専用コントローラICの内蔵により著作権保護機能などのセキュリティ機能が高められ、音楽用途をはじめと

した携帯情報端末への応用が進んでいる。

## 6 実装技術

近年、機器の小型化に伴いパッケージの小型化技術の確立も要求されている。パッケージの小型化技術としては、SRAM(Static RAM)/NOR型フラッシュメモリのスタックドMCP(Multi Chip Package)が現在主流であるが、更に、複数・多品種チップの積層が要求される傾向にある。当社が開発しているPTP(Paper Thin Package)技術では、半導体チップを従来の数分の一程度に薄くでき、また、従来よりも多くの半導体チップの積層(4枚~8枚程度)が実現できる。PTP技術は、同一種類のメモリチップの積層による飛躍的な大容量化や、異種メモリチップの積層による小型パッケージの実現に大きく貢献する技術である。

## 7 あとがき

ここでは、デジタルカメラ、シリコンオーディオ市場を中心に急激に市場が立ち上がるNAND型フラッシュメモリ搭載小型メモリーカード、及びますます拡大を続ける携帯電話に応用されるNOR型フラッシュメモリの技術動向と、当社の最新製品について述べた。今後、NAND型フラッシュメモリについては大容量・微細化による低コスト化、NOR型フラッシュメモリには大容量化と高機能化が強く求められており、当社はこうした市場ニーズに合った新製品を今後もタイムリーに開発していく所存である。



図7. スマートメディア<sup>TM</sup>とSDメモリーカード 音楽データ格納などへの対応として、スマートメディア<sup>TM</sup>(左)は、メディアごとに固有な識別番号を内蔵することで著作権保護などのシステムでの利用を可能とした。一方、SDメモリーカード(右)は、専用コントローラを内蔵することで高度なセキュリティ機能を実現している。

SmartMedia<sup>TM</sup> and SD memory cards

(注1) Solid State Floppy Disc Card.



河本 和也 KAWAMOTO Kazuya

セミコンダクター社 メモリ事業部 FLASH統括部。  
NAND型フラッシュメモリ応用カードの評価及び客先技術支援に従事。

Memory Div.



加藤 秀雄 KATO Hideo

セミコンダクター社 メモリ事業部 FLASH統括部参事。  
NAND型フラッシュメモリ製品の開発、設計業務に従事。

Memory Div.



田中 真一 TANAKA Shinichi

セミコンダクター社 メモリ事業部 FLASH統括部参事。  
NAND型フラッシュメモリ製品の開発、量産技術業務に従事。

Memory Div.