

DRAMのNon-PC(パソコン以外)応用としてのネットワークシステムは、2001年以降のDRAMマーケットにおいて急速な伸び率を示すものとして期待できる。一方で、ネットワークマーケットで要求されるDRAMの仕様及び性能は、従来のPCメモリに要求されるものとは必ずしも一致せず、また、ハイエンド～ローエンドの用途に応じて多種多様である。

当社では、このようなマーケットニーズに対応するため、最新の設計・デバイス技術を駆使し、各種の高性能DRAMを開発した。256 Mビット世代においては、SDRAM(Synchronous DRAM)をはじめ、DDR(Double Data Rate)-SDRAM、Rambus^(注1)DRAM、FCRAM(Fast Cycle RAM)^(注2)の4品種を開発、ネットワークの様々な応用に対して、コストパフォーマンスに優れたDRAMを提供できる。

Network systems are expected to show the largest growth rate in DRAM market demand in 2001 and thereafter in the category of non-PC application DRAMs. On the other hand, the specification and performance requirements for DRAMs in the network market do not necessarily coincide with those in the PC market but may significantly vary depending on the application; for example, from low-end to high-end applications.

In order to meet such market demand, we have developed various types of high-performance DRAMs by optimally utilizing state-of-the-art design and device technologies. In the 256 Mbit generation, we have developed the synchronous DRAM (SDRAM), double data rate (DDR) SDRAM, Rambus DRAM (RDRAM), and fast cycle RAM (FCRAM), each of which can provide the best cost-performance solution for a particular network application.

1 まえがき

近年のインターネットの急速な普及により、だれでも瞬時に最新情報入手できるようになった。モバイルネットワーク環境のインフラストラクチャが進み、ネットワークへのアクセスに場所さえも選ばなくなった。

こうした多くの利用者が、より快適に、より高速に使用できる環境を維持するためには、広域ネットワーク(WAN)へのゲートとなるスイッチ/ルータなど高性能ネットワーク機器に、高速で大容量のメモリが必要になってきた(図1)。

文章、静止画、最近では音声や動画など様々なデータがインターネット経由でリアルタイムに送受信されるようになり、ネットワークのトラフィック(回線の利用状況)は増すばかりである。このような膨大な情報を高速に、しかも高品質の処理サービスでデータを処理するためには、ネットワーク機器内において、従来SRAM(Static RAM)が対応していた分野にDRAMを応用するケースが増加しつつある。

DRAMは、大容量化に加えデータ入出力の高速化が進み、多種の製品が出現している。ここでは、ハイエンドからローエンドの様々なネットワーク機器に应用できるSDRAM、

(注1)(注3) Rambus及びRDRAMは、米国Rambus社の商標。

(注2) FCRAMは、富士通(株)の登録商標。

DDR-SDRAM、RDRAM^(注3)(Rambus DRAM)、FCRAMなど、当社の先端DRAM製品について述べる。

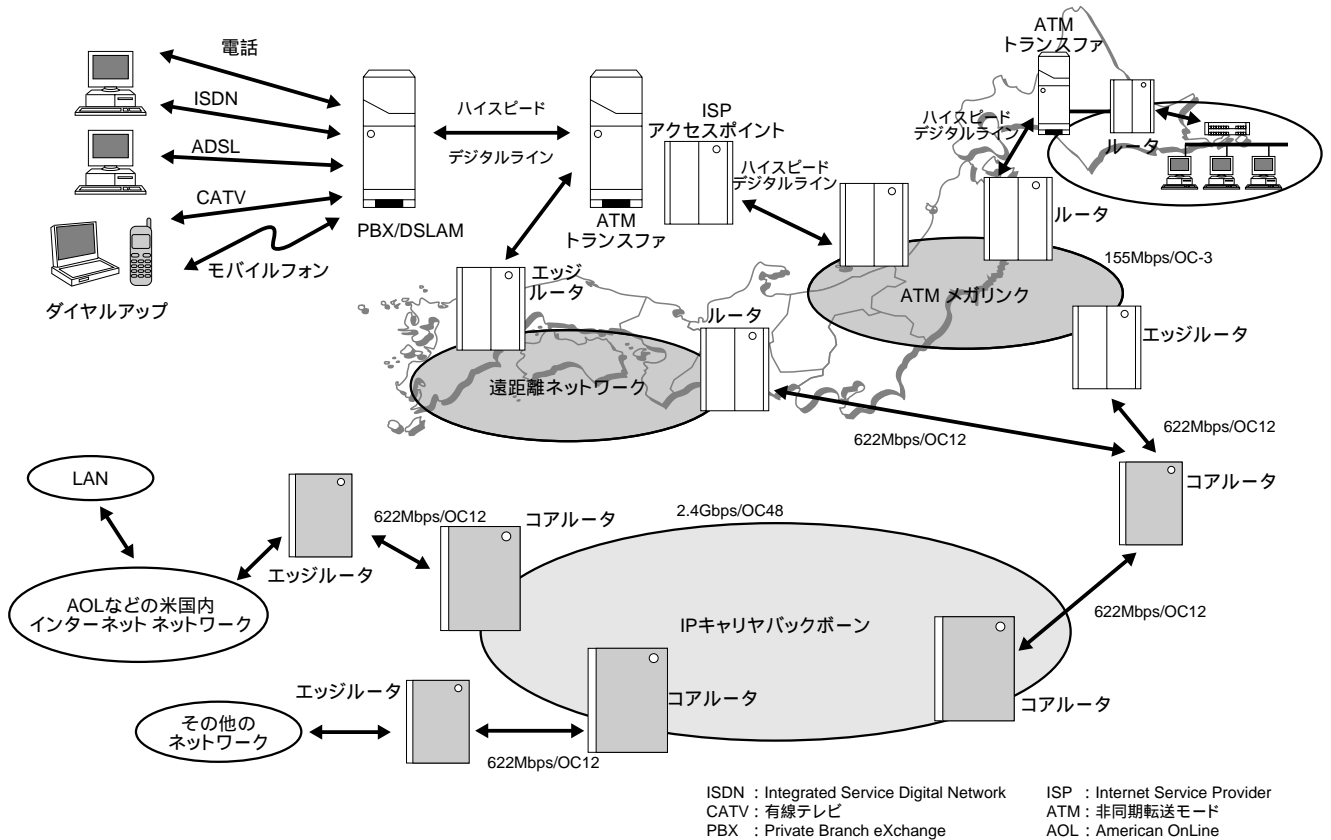
2 ネットワーク市場とDRAM

DRAMの主なネットワーク市場分野は、スイッチ/ルータ、ネットワークサーバ、通信関係の三つに分類することができる(表1)。

ルータは、離れた異なるネットワーク間の接続に介在する機器で、IP(Internet Protocol)アドレスなどを判断基準とし、不正なものや通過を禁止しているものを選別する。本来のルーティング機能では、機器自身が持つルーティングテーブル

表1. ネットワーク市場の分類
Network market segments

ネットワーク製品分野	要求されるDRAMの特性	適応するDRAM	
スイッチ/ルータ	超高速, 大容量	DDR/RDRAM/FCRAM	
ネットワークサーバ	高速, 大容量	SDRAM/DDRモジュール(大容量)	
通信関係	ADSL/ケーブルモデム	高速, 多ビット(ワイド動作温度保証)	64Mビット SDRAM x 32
	通信ベースステーション(DSLAMなど)	高速, ワイド動作温度保証	SDRAM



ISDN : Integrated Service Digital Network
 CATV : 有線テレビ
 PBX : Private Branch eXchange
 ISP : Internet Service Provider
 ATM : 非同期転送モード
 AOL : American OnLine

図1. 広域ネットワーク(WAN)の構成 今後主流となるATM網では、Gbps単位の高速で高信頼性の伝送が可能となり、ネットワークの規模を意識することなく高速な通信が可能となる。
 Overview of wide area network (WAN)

ル(テーブルメモリに格納)内の情報(IPアドレス一覧情報)を参照することにより、転送する次のノードを判断して情報のパケットを送り出す。その他、受け取ったパケット情報に優先順位を付けるためのキューイングメモリや、データをいったん格納するバッファメモリ、及び、オリジナルのIPアドレス一覧情報を格納するためのメインテーブルメモリがある。これらのメモリへ、主にDDR-SDRAMやFCRAMの採用が増加している(図2)。

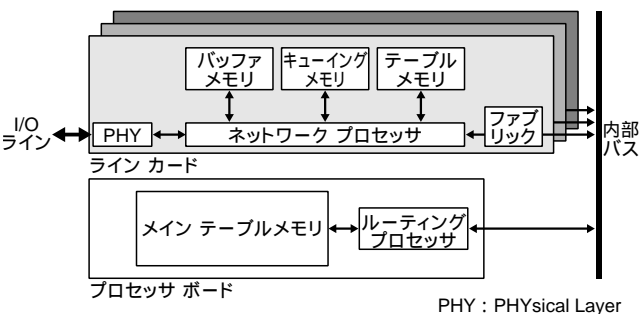


図2. スイッチ/ルータのシステム構成 ルーティングする際の参照IPアドレスを格納するメインテーブルメモリ(大容量)とテーブルメモリ(小容量)に、DRAMが使用されるケースが増えてきた。
 LAN switch/router system

ネットワークサーバは、ネットワーク内の各クライアントPCに対して自動でIPアドレスを付与したり、電子メールやファイル転送、印刷管理のサービスをするもので、快適なネットワーク運営にはなくてはならないものである。大容量のSDRAMモジュールが主に使用される。

通信関係では、既存の電話回線を利用し高速なネットワーク接続を可能にするADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)モデムや、その基地局側の機器であるDSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexer)と呼ばれるものにSDRAMの多ビット品が多く使用されている。また、通信ベースステーション用には、その使用環境のため、広い動作温度保証をしたSDRAMを要求される場合がある。

ネットワーク市場、特に性能重視のハイエンド機器用途のDRAMには、従来のPC用メモリに要求される大容量化に加え、三つの新たな性能が要求される。

- (1) 大量の連続データの高速入出力(Burst data bandwidth)
- (2) 比較的短いパケットデータのランダムな高速入出力(Random latency)
- (3) データ入力・出力切換え時のバス効率向上(Read/Write bus turnaround)

(1),(2),(3)ともに、従来はSRAMで対応していたメモリ応用分野であったが、大容量化が容易であることと、SDRAMに始まった近年の高速化技術により、この分野へのDRAMの応用が急増してきている。

ネットワーク機器の用途に応じ、(1),(2),(3)の性能の優先度が決まり、各性能を最大限に発揮できるDRAMが用いられる。

一方で、ミッドレンジからローエンドの機種に対しては、メモリ容量や性能よりも、広いビット幅や、屋外での使用に耐えるための動作温度保証が要求される。

更に、マーケット全体の特徴として、長期サポートが挙げられる。すなわち、3年に4倍の大容量化という、従来のDRAMトレンドと異なり、ネットワーク機器の製品寿命はPCよりはるかに長いため、一般に約5年以上、同一の品種を提供する必要がある。デザインレール的には、最低3世代にわたる提供が必要となる。

また、より高密度にメモリを実装したいという要求もあり、当社独自の新しいパッケージ技術であるSystem Block Moduleの応用が今後ネットワーク市場においても注目されていくと考えられる。

3 各製品の特性

ここでは、上述のネットワーク市場において期待されるDRAMについて述べ、特に高性能が要求されるハイエンド機器に適したDRAMについては、各製品に要求される性能を実現する設計技術について詳細に述べる。

3.1 SDRAM

256Mビット SDRAM(TC59SM804/08/16BFT)は、最先端の0.175 μmプロセスと、高速回路設計技術を駆使し、最高のコストパフォーマンスで他社をリードするテクノロジードライバである。ネットワーク機器としては、主として大容量のメインテーブルメモリとして使用される(図3)。

この256 Mビット SDRAMの技術を基にカットダウンし、64 Mビット SDRAM(TC59S6432CFT/DFT)を開発した。この製品は、32ビットのI/O(Input/Output)構成を持ちな

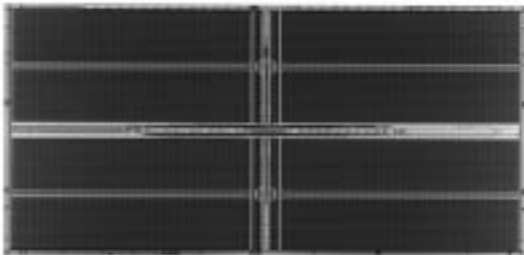


図3. 256 Mビット SDRAMのチップ 最先端0.175 μm技術により、業界最高水準の性能を達成した。256 Mビット DDR-SDRAM/FCRAM/RDRAMへと0.175 μm技術を展開するためのマザー製品である。
256 Mbit SDRAM chip

が、周辺回路の最適化によりチップサイズの大幅な縮小に成功している。ADSLモデムなど、主としてミッドレンジからローエンドのネットワーク機器のデータバッファとして、今後需要の増加が期待される。また、この製品は0.25 μmのデザインレールから量産が開始され、2001年以降は0.175 μm、更に、0.13 μmでも開発を継続し、上述のネットワーク市場に要求される長期サポートに対応する計画である。

3.2 DDR-SDRAM

従来のSDRAMに対して、データのバンド幅を2倍に高めたのが256 Mビット DDR-SDRAM(TC59WM815/07/03BFT)である。

DDR-SDRAMの動作を図4に示す。SDRAMに対して、Differential Clock方式を用いることで、1クロックサイクル中のデータサイクルを2倍に高めている。更に、クロック入力とデータ出力のスキューを防止し、十分なデータウィンドウを得るために、チップ内部に新たにクロック同期回路を搭載している。一方、電源電圧はSDRAMの3.3 Vに対して、2.5 Vが標準である。

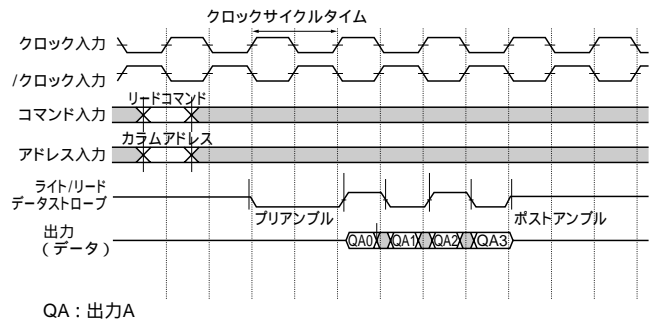


図4. DDR-SDRAMの動作 クロックの立上がりエッジだけに依存したSDRAMに対して、クロック、/クロックの差動入力方式により、データレートが2倍になった。
Operation of DDR-SDRAM

当社では、低電圧における高速回路設計技術を駆使し、SDRAMと同等の、業界最高標準のクロックサイクルタイム133 MHzを実現するとともに、待機時の動作電流をほぼゼロにした独自のクロック同期回路の採用により、大幅な低消費電力を実現している。

DDR-SDRAMは、JEDEC(Joint Electron Device Engineering Council)において仕様が標準化され、今後サーバーやワークステーションのメインメモリとしての需要が期待されている。同時に16ビットI/O構成品については、バンド幅がSDRAMの2倍になるとともに、データバス幅が広く、かつSDRAMからのシステム変更が比較的少ないことから、大容量・ハイエンド向けネットワーク機器のメインテーブル、あるいは高速品はラインカードのバッファメモリとして需要が期待される。

3.3 RDRAM製品

288 Mビット RDRAM(TC59RM816MB/RB)は,独自のインタフェース技術により,データバンド幅を飛躍的に向上させたDRAMである。最高800 Mbps/ピンのデータレート,つまり1.6Gbpsのデータバンド幅を実現している。

RDRAMは, I/Oピン当たりのデータ転送速度が極めて高速で, SDR(Single Data Rate), DDRのようにデータバス幅を広げてデータバンド幅を増やす必要がなく, メモリの増設単位(Granularity)が小さい利点がある。ネットワーク機器への応用として, 従来, SRAMで対応していたラインカード上のすべてのメモリ(バッファメモリ, キューイングメモリ, テーブルメモリ)をRDRAMで置き替えることが可能である。ラインカードの性能は, OC(Optical Carrier levels)と呼ばれる光ファイバのデータ転送速度に適合する必要がある。現在, OC-48と呼ばれる2.4 Gbpsの転送レートが主流であるが, 将来9.6GbpsのOC-192に移行する。RDRAMをラインカード上メモリとして応用する場合, データバンド幅は

12.8Gbpsに達するので, OC-192の仕様も十分満足できる。RDRAMにおけるピークBand幅でのRead動作例を図5に示す。

3.4 FCRAM

DRAMをハイエンドのスイッチ/ルータのラインカード用メモリとして応用するためには, データバンド幅とともに, パケットデータのランダムアクセスを高速化する必要がある。一般にDRAMは, メモリセルの読出しとリストア, 更に次の読出しに備えるためのプリチャージ時間がSRAMより長く, ランダムなアドレスからのデータ読出し, 書込みは, 最低60 ns以上を必要とする。

FCRAMは, DRAMのランダムサイクルを30 nsと2倍以上高速化し, かつDDR-SDRAMと同等以上のデータ転送速度を実現したDRAMである。FCRAMは富士通(株)によって最初に提案され, 当社は256 Mbit FCRAM(TC59LM814/06/02)から共同開発を実施している。

FCRAM内部のアーキテクチャを図6に示す。

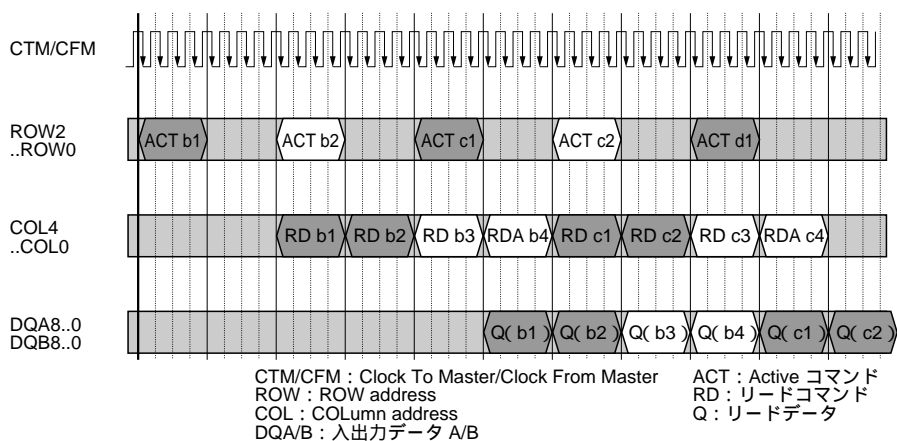


図5 . RDRAMのデータパケット転送動作
 64バイトのパケットを, 32バイトずつ2回に分
 割して転送した場合は, ピークバンド幅 1.6G
 バイト/sを実現している。
 Data packet transfer utilizing RDRAM

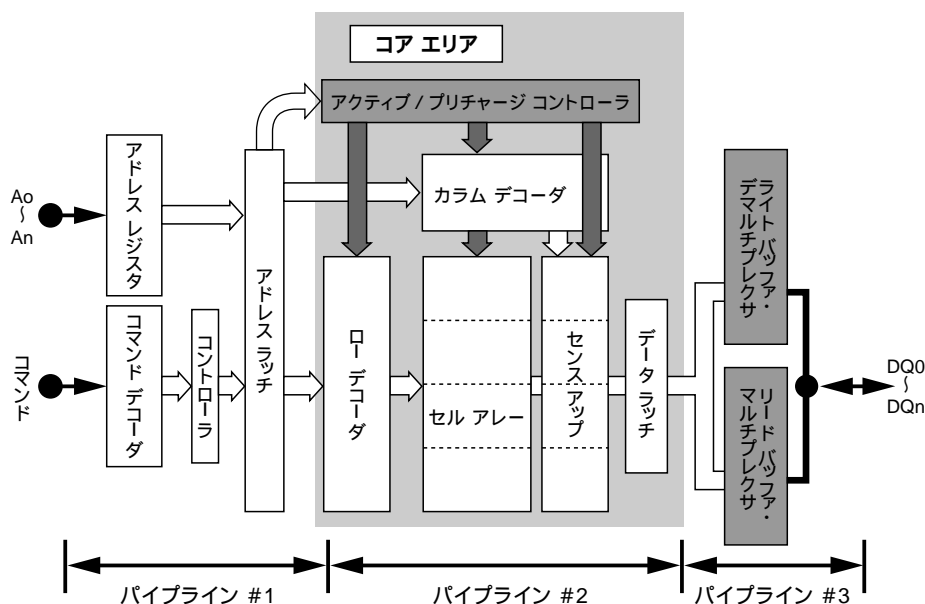


図6 . FCRAMのメモリコアアーキテクチャ
 初めてDRAMコア部をパイプライン
 動作させることにより, ランダムサイクルの
 高速化を実現した。
 Memory core architecture of FCRAM

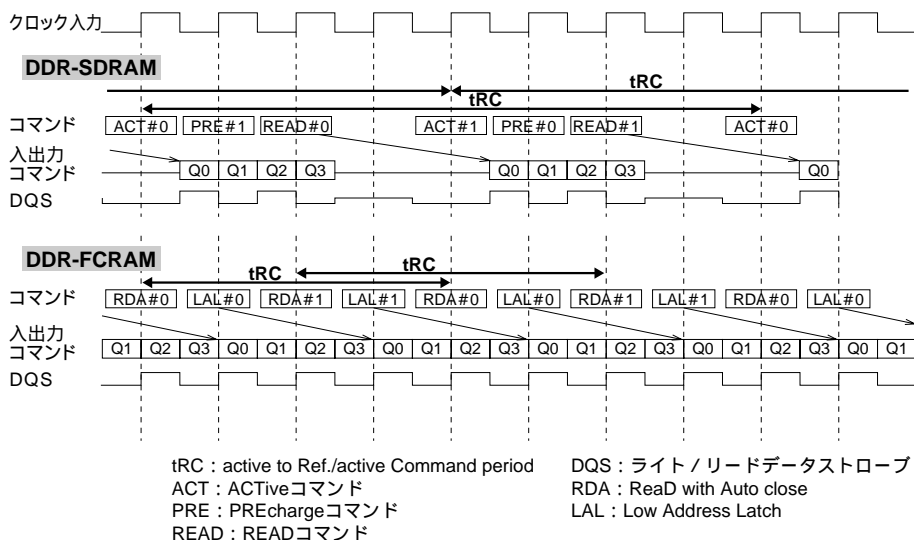


図7. FCRAMとDDR-SDRAMの動作比較
 FCRAMは、ネットワーク应用到に重要なランダムサイクル、ランダムアクセス、バス効率などの性能を大幅に改善している。
 Comparison of operations of FCRAM and DDR-SDRAM

FCRAMは、独自のコマンド方式によってDRAM動作を簡略化、またメモリアの部分動作を従来の1/4に削減し、更にメモリア動作を初めてパイプライン化することで、高速なメモリア部のアクセスタイム、サイクルタイムを実現した。ランダムデータをアクセスする場合のFCRAMとDDR-SDRAMの動作比較を図7に示す。FCRAMでは、すべてのコマンドが連続する2サイクルのコンビネーションで決定しており、これに高速ランダムアクセスの特長と、DDR-SDRAMと同等のデータ転送速度を組み合わせ、常に100%のデータバス効率で動作が可能である。

また、SDRAM、DDR-SDRAMの場合、データ書込み(Write)と読み出し(Read)を切り換える際に、Bus Turnaroundと呼ばれる、余分なクロックサイクルを必要とするため、実効的なデータバンド幅をロスするが、FCRAMではBus Turnaroundを最小にするための独自のレイテンシ制御を行い、実効的なデータバンド幅のロスを最小限に抑えている。256Mビット FCRAMは、第一世代の生産を開始し、最高周波数154MHz、ランダムサイクルタイム30nsを実現しており、また、SDRAM、DDR-SDRAM、RDRAMのコマンド/プロトコルに比べてコマンドが簡略化されていることから、ユーザーのデザインインも容易である。上述のとおり、ネットワーク市場においては主にハイエンドの高速スイッチ/ルータ機器のラインカード用メモリとして高い支持を得ている。更に、広い用途を目的に、第二世代として200MHz/25ns版を開発中である。

4 あとがき

この論文で述べたSDRAM、DDR-SDRAM、RDRAM、及びFCRAM製品について、ネットワーク機器へのメモリ应用到に重要な特性を比較した結果を表2に示す。

表2. 各種DRAMの特性比較
 Comparison of each DRAM in terms of several important parameters

特性	256Mビット SDRAM	256Mビット DDR-SDRAM	256Mビット FCRAM	256Mビット RDRAM
クロック周波数(MHz)	133	133	154	400
tRC(ns)	57(8クロック)	65(9クロック)	32.5(5クロック)	70(28クロック)
tRAC(ns) (1st data)	27.9	30	26	37.5
ピークバンド幅(バイト/s)	1.06G (64ビットバス)	2.1G (64ビットバス)	2.5G (64ビットバス)	1.6G (18ビットバス)

ローエンドからハイエンドまで、ネットワーク機器の要求は多種多様にわたるが、当社ではこれらのDRAM製品を開発することにより、システムのコストパフォーマンスの向上に最適なDRAMを常に提供することが可能となった。

今後、更なる高速化という市場ニーズに合った製品の開発に挑戦していく。

文献

- (1) "Fast Cycle RAM(FCRAM); a 20-ns Random Row Access, Pipe-Lined Operating" 1998 VLSI Circuit Symposium, Session 2.4, 1998, p.22 - 25.
- (2) 小泉 修. ネットワーク構築のための図解でわかるLANのすべて. 日本実業出版社, 1998, p.190 - 196.



大島 成夫 OHSHIMA Shigeo
 セミコンダクター社 メモリ事業部 DRAM設計担当兼DRAM
 応用技術担当参事。DDR-SDRAM, FCRAMの開発・設計に
 従事。電子情報通信学会, IEEE会員。
 Memory Div.



森 計三 MORI Keizo
 セミコンダクター社 メモリ事業部 DRAM統括部 DRAM
 応用技術担当主務。DRAMマーケティング及び特殊パッケー
 ジ開発に従事。
 Memory Div.