

メモリの行方

～進化し続ける不揮発性メモリ～

福田 正輝, 日和 悟

Masaki FUKUDA, Satoru HIWA

1 はじめに

従来のメモリは DRAM の一種 DDR という揮発性半導体メモリが主流であり, 現在は DRAM の一種 DDR2 という揮発性半導体メモリが主流である. しかし今後のメモリの展望として不揮発性のメモリが注目され始めている. 今回は揮発性メモリの DRAM と不揮発性メモリの MRAM について, 各々の将来性とその比較に重点を置き, 今注目されている他の不揮発性メモリについてもふれていく.

2 DRAM

2.1 SDRAM

Synchronous Dynamic Random Access Memory (SDRAM) はかつて普及していた. 外部インターフェースをすべてクロックに同期させることで, 高速動作を実現した DRAM である. SDRAM はバースト転送機能があり, 連続した命令を取り出して実行する場合は, アドレス計算が省略できるので, 高速にデータを取り出すことができる. しかし, このメモリは現在のパソコンではほとんど使われていない.

2.2 DDR

Double Data Rate (DDR) はデータの送受信量が Synchronous DRAM (SDRAM) の 2 倍になったメモリのことである. 近年需要が低下してきているメモリチップである. また, Fig. 1 に DDR の構成図を示す.

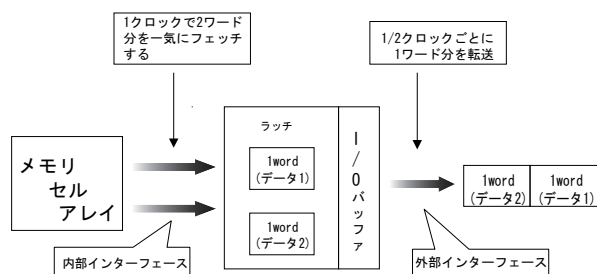


Fig. 1 DDR の構成 (出典:自作)

DDR では, プリフェッチという手法が使われている. プリフェッチとは, 次に必要になりそうなデータが, 確実ではなくともある程度判っている場合は, 本当に必要

になる前にキャッシュにデータを入れておけば時間が節約でき, 性能があがるという考えに基づいて, 事前にキャッシュにデータを読み込む手法のことである.

2.3 DDR2

Double Data Rate 2 (DDR2) の性能をさらに改良し, 高速なクロックおよびデータレートを実現した高性能 DDR メモリのことである. 現在はこのメモリが主流となっている¹⁾.

2.4 DDR3

Double Data Rate 3 (DDR3) は DDR2 の性能をさらに改良し, より高速なクロックおよびデータレートを実現した次世代高性能 DDR メモリのことである. 2005 年秋に試作品が完成し, 2007 年にはかなりの普及率が期待されている. 低発熱や低消費電力による安定した動作を可能にし, 高画質を演出する. 送受信速度は DDR2 の 2 倍を誇る²⁾.

3 次世代不揮発性メモリ

3.1 MRAM

Magnetoresistive Random Access Memory (MRAM) は, フラッシュメモリや DRAM など従来のメモリがメモリセル内の電子を用いて記録を行なっているのに対し, Tunnel MagnetoResistance (TMR) 素子を用いたコンピュータ用メモリのことである³⁾. TMR 素子の出力電圧を上げることがきわめて重要である. そのためには, 以下の 2 点が重要となってくる.

- 磁気抵抗の向上
- 電圧特性の改善

TMR 素子は, 素子自体に利用する物質を変えたことによって磁気抵抗効果の発生メカニズムが解明され, 大幅な高出力化に成功した. また, MRAM の高集積化のための新しい方向性が定まったことにより, 今後の兆しが見えてきている.

TMR 素子の 2 つの強磁性電極の磁化の相対的な向きが平行 (情報:0) か半平行 (情報:1) のどちらかの状態をとるようにすると, 1 個の TMR 素子で 1bit の情報を記憶できる. Fig. 2 に, その構成を示す.

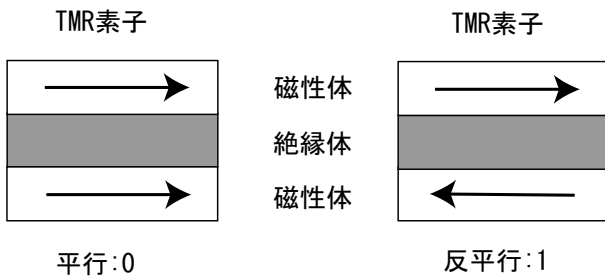


Fig. 2 TMR 素子 (出典:自作)

原子数個程度の厚さの絶縁体薄膜を2層の磁性体薄膜で挟み、両側から加える磁化方向(磁石の磁力線の向き)を変化させることで抵抗値が変化する「TMR効果」を応用している。MRAMの利点は以下の通りである。

- 不揮発性メモリ
- 処理の高速性
- 低消費電力
- 書き換え回数無制限
- DRAMの集積限界を超える可能性がある

またMRAMを快適に使いこなすために以下の課題を克服する必要がある。

- TMR素子の信号出力増大
- 書き込み時の電流値低減

4 その他の不揮発性メモリ

4.1 PRAM

Phase Random Access Memory (PRAM) は、DRAMのキャパシタ部分をGST(Ga-Sb-Te)膜に変更するだけで動作するため、DRAMの製造ラインとほぼ同じプロセスを使用することが可能である。そのため、生産性の観点から見た場合、他の不揮発性メモリに比べ設備投資も含めトータルコストを抑えることが可能となる。

2005年2月にエルピーダはPRAMの本格的に実用化に向けた開発を開始している。同社ではこのまま研究が進み、大きな問題が出てこなければ2006年にサンプル出荷、そして2007年での量産出荷を果たしたいとしている。最初に商用化が検討されている容量は256Mビット程度を予定している。これはパソコンでの使用ではなく、携帯電話やデジタル家電で使用されている。DRAMの代替を想定したものである。そのためメモリの書き換え回数もPC向けメモリと比べ少なくないと判断しており、すでに実現の目処は立っているとされている。今後、PCに必要なとされる容量まで拡張することができるかどうかは課題である⁴⁾。

4.2 RRAM

Resistive Random Access Memory (RRAM) とは印加する電圧パルスの極性によって抵抗値を設定し、不揮発に保持できるメモリのことである。RRAMは1ビット当りの占有面積、消費電力、高速性等では他の不揮発性メモリより優れているが、原理にまだ未解明な部分があり、実用化にはまだ時間がかかる。

4.3 カーボンナノチューブメモリ

カーボンナノチューブメモリは炭素でできた直径数nmのチューブである。その構造によって金属にも半導体にもなる。また、大きさの下限はナノチューブの大きさの下限(0.7nm)まで下がる。この数年で実現されるのは、カーボンナノチューブで作られたテレビ画面である。低電力の薄型ディスプレイの開発が最終段階をむかえている。また、半導体の集積回路の素材として21世紀の技術目標が明確になっている。

5 メモリ技術の展望

現在DRAMではDDR3が次世代の主流をゆくメモリとなってくると考えられている。それに対して多くの期待がよせられているMRAMがどこまでのびてくるかが今回の注目点であった。構成時の体積の問題が克服できれば、DDRが伸びてくるであろう。しかしそれが不可能であれば、数年後にはMRAMが主流となると考えられる。カーボンナノチューブメモリは現段階でかなりの可能性を秘めているので、最終的にはこのメモリが主流となる時期が訪れるであろう。また、不揮発性のメモリがこれから伸びてくると、記憶媒体としても利用可能であるため、メモリとハードディスクの間の境界線が明確でなってくると考えられる。これにより、ハードディスクが搭載されていないコンピュータが登場する可能性もあり、今後のメモリ技術の進展に期待がよせられている。

参考文献

- 1) Tektronix Applications, Tektronix
http://www.tektronix.co.jp/Application/Design_Analysis/memory.html
- 2) DDR3 SDRAMの開発, pc.watch
<http://pc.watch.impress.co.jp/docs/2005/0823/elpida.htm>
- 3) MRAMの現状と将来展望, 斉藤好昭
<http://www3.fed.or.jp/pub/review/FEDreviewV1N25E1SaitoY.pdf>
- 4) 不揮発性メモリの展望, 天白進也 他
<http://mikilab.doshisha.ac.jp/dia/research/report/2005/0915/002/report20050915002.html>