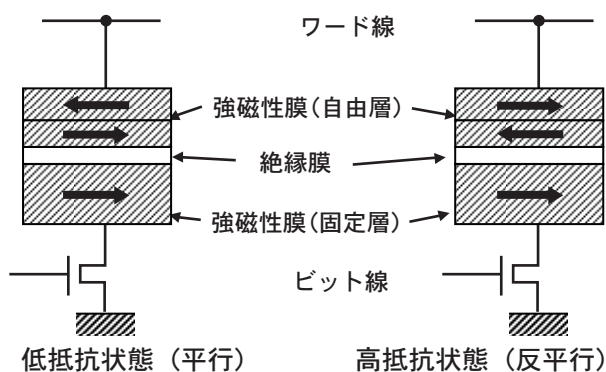


パソコンのメインメモリは、現在、SRAM や DRAM などの揮発性メモリであるが、高速起動と省電力化にとって、動作速度が速くかつ集積度の高い不揮発性メモリの開発が大きく寄与すると考えられる。東北大学と(株)日立製作所は、産学連携の成果として、スピン注入方式のトンネル磁気抵抗効果を用いた 2M ビットの不揮発性 RAM「スピン RAM」をさらに改良し、高信頼性と低消費電力を実現した。素子の微細化と高集積化時に致命的となる熱揺らぎの問題を、自由層を 2 層にするなどして克服し、10 年間の情報保持を可能とした。開発に着手する企業も増えつつあり、今後、高集積化が進めば、スピン RAM の実用化も間近い。

トピックス / 高速不揮発性スピン RAM の進展

パソコンの高速起動や情報機器の省電力化にとって、動作速度の速い不揮発性メモリの開発が大きく寄与すると考えられる。現在、パソコンのメインメモリとして使われている SRAM や DRAM などの半導体の揮発性メモリでは、記憶内容の保持には常時書き込みのための電力が必要であり、電源を切れば情報を保持できない。一方、不揮発性の FLASH メモリは、速度が遅く書き換え耐性が低いためメインメモリとしては理想的ではない。これらの理由により、高速不揮発性メモリの候補としてトンネル磁気抵抗効果 (TMR) を用いた素子が研究されてきた。東北大学と(株)日立製作所は、産学連携の研究成果として、2007 年 2 月に 2M ビットの「スピン RAM」の試作に成功し¹⁾、さらに構造を改良して高信頼性と低消費電力を実現する技術を確立した²⁾。

改良型「スピン RAM」の構造



TMR 素子は、強磁性金属膜 (自由層) / 絶縁膜 / 強磁性金属膜 (固定層) の 3 層構造 (図表) をしており、絶縁膜を挟む磁性膜の磁化方向が平行か反平行かによって電気抵抗が大きく異なる現象を利用した素子である。

ビット線とワード線に流す電流により発生する磁界で自由層の磁化を反転させて書き込みを行う

という従来の提案では、線幅を半分にする必要電流は 4 倍になるため、集積化の限界が見えていた。その後、素子に電流を直接流し、その方向によって自由層の磁化方向を平行か反平行かに揃えるスピン注入が可能になったことがわかり、この方式による「スピン RAM」へと研究の主流は移った。この方式によると、線幅を半分にする書き込みに必要な電流は半分となるため、高集積化には有利である。

東北大学と(株)日立製作所は、試作した 2M ビットのスピン RAM の評価を行い、実用化への問題点を探った結果、書き換え時間約 85ns、読み出し時間約 35ns が確認され、速さと書き換え耐性については、SRAM や DRAM に比べて遜色は無く、実用化に問題がないことがわかった。しかし、この段階では、自由層の磁化方向が室温の熱揺動でわずかの確率だが勝手に反転してしまうことが問題として残った。

そこで、自由層を 2 層にしてお互いの層の磁化が必ず逆向きになる様に変更し、熱的に反転するのに必要なエネルギーを増加させて反転確率はほぼ 10 分の 1 と減少させ、その結果、10 年間の情報保持の保証が可能となった。また、この改良型の構造では、同時に書き込みに必要な臨界電流も下がったことから、スピン RAM において高信頼性と低消費電力を実現した。

スピン RAM の開発に着手する企業が増えつつあり、より高集積化が進めば、実用化も間近い。また、マイコンチップの混載メモリとしての利用価値も大きく、この方向での実用化も望める。

今年度のノーベル物理学賞は、「スピントロニクス」という新しい分野の発展のきっかけとなった 2 氏に対して贈られ³⁾、その成果は、ハードディスクの小型化への貢献にとどまらず、スピン RAM の様な新しい原理の磁性メモリをも生み出している。

参 考

- 1) 文部科学省ホームページ : http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/shiryo/006/07061516/007.pdf, および日立製作所ホームページ : <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2007/02/0213.html>
- 2) 52nd Magnetism and Magnetic Materials Conference 2007 (Nov. 5-9), at Tampa, Florida
- 3) ノーベル財団ホームページ : http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2007/index.html