

スピントロニクスの進展と展望－はじめに－

Developments and Perspectives in Spintronics – An Introductory Talk–

農工大工・佐藤勝昭

Tokyo Univ. of A. & T. • Katsuaki Sato

今日の IT を支えるハードウェアの2つの大きな柱は半導体と磁性体である。いうまでもないことであるが、前者がロジックとメモリを支え、後者がストレージを支えている。しかし、ごく最近まで、これらの2つの柱が重なりを持つことは、教育の場でも、研究の場でも、技術開発の場でも、生産の場でも非常にまれであった。両者は、異なる歴史的背景と技術的発展過程を経て、ほとんど接点を持つことなく今日に至ったのである。半導体の場合、1電子バンド理論による微視的電子構造の完全な理解のもとに、ほとんど理想に近い高純度無転位単結晶をベースとして、思いのままの特性がデザインされ、エピタキシー技術や微細加工技術によってデバイスとして実現するという過程を経て、半導体自身の持つ電子物性的機能をフルに活かしてきた。これに対して、磁性体の場合、長らく、金属工学や粉体加工学などの経験的手法により、半導体に比べれば極めて低品質の多結晶材料をベースに構造敏感な巨視的な物性である技術磁化を制御するという技術的アプローチと、金属磁性体のバンド理論による理解、および、強く関連した多電子系の高度な磁性理論による理解アプローチとが独立に発展してきた。

しかし、ここ 10 年くらい前から磁性体を巡る状況は一変した。大容量高密度磁気ストレージの進展は、記録ビットのサイズの急速な縮小をもたらし、磁性体の分野は磁気記録媒体・磁気ヘッドともに、ナノの世界に突入した。特に、80 年代末に始まったナノメートルの膜厚で制御された磁性金属人工格子におけるスピン依存電気輸送現象の研究の進展は、非常に短期間の間に GMR(巨大磁気抵抗効果)ヘッドあるいは SV(スピンバルブ)ヘッドと呼ばれる高感度再生ヘッドとして結実し HDD の高密度化に寄与した。さらには TMR(トンネル磁気抵抗効果)を用いた MRAM(磁気 RAM)として半導体技術との接点をもつところまで発展した。また、ペロブスカイト構造をもつ強相関系酸化物において CMR(超巨大磁気抵抗効果)も発見された。磁性体のバンド理論による理解も進み、第 1 原理計算によって、磁気モーメント、磁気光学効果、磁気異方性などが説明できるようになったばかりか、これまで材料に作りつけの性質と考えられていた交換相互作用すら人為的に制御できることが明らかになったのである。また、磁性体から非磁性体へのスピン注入という新しい概念の理解が急速に進み、スピンバルブトランジスタも実現した。

これらとは全く独立に 80 年代から始まった希薄磁性半導体の基礎的研究は、90 年代に至って III-V 族系磁性半導体を産みだし、伝導キャリア誘起の強磁性が初めて実証された。さらには、FET 構造による T_c (キュリー温度)の電界制御、スピン注入による円偏光発光なども発見され、将来のスピントロニクスへの道を開いた。ネックとされていた T_c の低さも、あいつぐ室温強磁性の発見により解決の糸口が見出されつつある。

スピンエレクトロニクスは、磁気記録、MRAM にとどまらず、量子コンピューティング、量子情報通信などにも広がる大きな可能性を秘めた分野である。理論的にも実験的にもこの分野での日本の研究者の寄与は非常に大きなものがある。このシンポジウムは、昨年 5 月に応用物理学会のもとに発足したスピンエレクトロニクス研究会(責任者：宮崎照宣、世話人代表：佐藤勝昭)が、磁気記録、磁気 RAM、磁性半導体、量子情報処理、スピン計測という広範な分野の専門家にそれぞれの立場からスピンエレクトロニクスの展望をお話しいただき、この分野のさらなる発展に寄与することを願って企画した。企画のとりまとめをいただいた橋詰富弘(日立基礎研)氏に感謝する。