

スピンの流れを制御する：スピントロニクス挑戦

従来の半導体エレクトロニクスをこえて、「スピントロニクス」とよばれる、電子のスピンの自由度を積極的に利用したエレクトロニクスがホットな研究対象となっている。この分野でいま、注目を集めている現象が「スピン流」である。通常の「電流」は電荷の流れであり、ほぼ同数ずつ存在する上向きスピンと下向きスピンは互いに打ち消し合っている。それに対し、その数的なバランスが崩れると、スピンが作り出す磁気の流れ、「スピン流」が生じる。

通常、物質中のスピン流は非常に短い距離で減衰してしまうため、最近までスピン流に由来する物理現象は知られていなかった。しかし、ナノテクノロジーの発展により、スピンが減衰する距離よりも短いスケールの素子の作製や現象の観測が可能となり、スピン流がもたらす現象が相次いで発見されるようになった。スピン流は、電流といっしょに流れる場合と、電流をともわずにスピン流だけで流れる場合がある。後者を「純粋スピン流」とよぶが、これを効率的につくり出す研究が精力的に進められている。

その研究は、スピン流の測定原理となる「逆スピンホール効果」の発見により急速に進展した。これは、スピン・軌道相互作用の強い非磁性の金属や半導体の試料にスピン

流が流れると、それに直交する方向に電場が生じる現象である。この電場により生じる電圧を測ることで、スピン流の定量的な測定が可能となった。

最近の研究により、強磁性体と金属を貼り合わせた接合系において、強磁性体スピンの集団運動（スピン波）をマイクロ波で励起すると（スピンポンピング）、金属中にスピン流が注入できることが発見された。また、光や熱、超音波などの刺激により、スピン流がつけられる現象も続々と発見されている。とくに、磁性体と金属の界面に温度勾配を導入したときに、金属にスピン流が注入される現象は「スピンゼーベック効果」とよばれ、注目を集めている。さらに、トポロジカル絶縁体に電場をかけることで、スピン流を取り出せることも実験で実証された。

電荷の流れをともなわないスピン流は、ジュール発熱が抑えられるため、それによる磁壁や磁気渦の駆動、磁化反転といった現象を利用してデバイスをつくることで、圧倒的な省電力化が期待できる。また、スピン流の概念を足掛かりにして、スピントロニクスにおける新しい現象の発見や既知の現象の新しい理解が進むことが期待されている。

会誌編集委員会