

基礎研究が拓くデバイスイノベーション

Basic research opens up device innovation

JST さきがけ研究総括 佐藤勝昭

JST PRESTO Supervisor °Katsuaki Sato

E-mail: katsuaki.sato@nifty.com

現在、生活のすみずみに使われている半導体デバイスですが、現在の主流となっているのは、シリコンの CMOS という集積回路です。これまでムーアの法則に従って、微細化・集積化が進みました。しかし、これ以上高密度に集積化する限界が間もなくやってきます。エネルギーの消費を抑え高速な情報処理が行われるためのデバイスを開発するには新しいコンセプト、新しい材料、新しいプロセスが必要です。

JST 戦略的創造研究推進事業さきがけ「革新的次世代デバイスを目指す材料とプロセス」では、Beyond CMOS (CMOS に代表される既存のシリコンデバイスを超える) の革新的な次世代デバイスを創成することを目標として、環境やエネルギー消費に配慮しつつ高速・大容量かつ高度な情報処理・情報蓄積・情報伝達を可能とする新しい材料の開発を目指す挑戦的な基礎研究をすすめてきました。当領域では 2007 年度から、スピントロニクス材料、ナノカーボン・有機半導体材料、ナノエレクトロニクス材料、ワイドギャップ材料、高温超伝導体材料、強相関係材料などのチャレンジングな研究課題を公募し、3 年間で合計 33 課題を採択しました。

このシンポジウムは、2011 年 3 月に終了する第 1 期 11 名のさきがけ研究者が、将来のデバイス化に向けた新しい物理とテクノロジーの開拓をテーマとして、これまでに行ってきた研究の成果を報告し、会場との対話を通じて今後の展望を図ることを目的として企画したものです。ここでは、第 1 期のメンバーによってどのような研究が行われ、どのような成果が得られたか、次世代デバイスという出口にどうつながるかを簡単に紹介し、各研究者の報告のイントロダクトリーとしたいと存じます。

- (1) スピントロニクス: 村上研究者は Bi 系材料における理論的な考察から、スピン流が関与する「トポロジカル絶縁体」における大きな熱電効果を予言しました。谷山研究者は、チューナブルスピンの創製を目指し、Co/FeRh 系でスピン注入による AF→FM 磁気相転移を見出したほか、Fe₃O₄/GaAs においてスピン偏極伝導の電界制御に成功しました。高橋(有)研究者は、ハーフメタルを用いた GMR 素子の性能向上を目指し、32 種類に上る多数のホイスラー合金を作製し、点接触アンドレーフ法によってスピン偏極率を測定し、Co₂MnGeGa 系においてホイスラー合金中最高のスピン偏極率 74%を得ました。齊藤英治研究者は、電流とスピン流の相互変換が可能であることを実証し、それを用いて誘電体中のスピン流伝導を用いて電気信号をジュール損なしに伝送できるとを世界で初めて検証するなど、スピン流を用いた次世代のエレクトロニクス(スピントロニクス)の新しいパラダイムを拓きました。塚本研究者は、超高速の光磁気記録をめざし、円偏光パルス光を用いて 100fs という高速で書き込みができることを実験的に見出し、物理的解析から単なる磁気現象、熱現象としては説明できない新現象であることを明らかにしました。山口研究者は左手系メタマテリアルの実現をめざし、磁気渦の運動の電氣的観察に成功したほか、磁性人工格子ナノワイヤにおけるスピンラチェット現象を見出しました。
- (2) ナノカーボン・有機半導体材料: 若林研究者は、ナノカーボンのエレクトロニクス応用に資する基礎研究として、計算機科学手法によってグラフェンのエッジ状態のスピン状態を明らかにしたほか、グラフェンナノドットの電子状態を明らかにしました。白石研究者は単層グラフェンにおいて室温でスピン注入できることを精度の高い実験から世界で初めて明らかにしたほか、ルブレリなど有機材料への展開を図っています。安田研究者は有機トランジスタの性能向上をめざし、有機半導体を延伸することによって 1000 倍以上の導電率の向上が起きることを実験的に検証しました。
- (3) ナノエレクトロニクス: 葛西研究者は、「確率共鳴」をエレクトロニクスに応用するための基礎研究を行いました。実際に半導体ナノワイヤのデバイスにノイズ重畳させ確率共鳴による応答高速化を実証したほか、単電子デバイスへの応用を提唱しました。深田研究者は縦型トランジスタを用いた高密度集積をめざし、良質の Si ナノワイヤおよび Ge ナノワイヤを作製し、ラマン法、ESR 法を用いることによって、ナノワイヤにおけるドーパント不純物の結合・電子状態および濃度を検証する手法を確立しました。

以上述べたように、本さきがけ領域からは、次世代デバイスに向けた画期的な基礎研究の成果が生み出されています。私は、このような基礎研究こそが、将来のデバイスイノベーションを生み出すも

のと確信しております。