

助成対象研究の紹介

再設計可能なやわらかいハードウェアに向けたスピントロニクス材料 とデバイスの研究

東京工業大学 理工学研究科電子物理工学専攻 准教授 Pham Nam Hai

近年、半導体中の電子の電荷制御に加え、電子のスピン自由度を取り入れて、新しい機能デバイスを実現しようとする半導体スピントロニクスの研究が盛んに行われている。この分野において強磁性半導体は特に重要な材料系であり、大変注目されている。強磁性半導体は非磁性半導体の一部の原子が磁性原子で置換された半導体であり、既存の半導体結晶成長技術とデバイスプロセス技術と極めて高い親和性を持つ上、電界効果や光照射による磁気特性の変調など、従来の半導体や強磁性金属では得られない機能を有する材料でもある。しかしながら、(Ga, Mn)As を初め、今まで研究された強磁性半導体は次のような欠点がある：1) p 型強磁性半導体しかできないこと、2) キュリー温度が室温より低く、室温では強磁性にならないこと、3) 強磁性の起源に関する統一的な理解がないことなどが挙げられる。そこで、本研究では Fe-As や Fe-Sb などの共有結合を有する鉄系 III-V 族キャリア誘起強磁性半導体に着目した。本研究の鉄系強磁性半導体は今までに研究された強磁性半導体よりも次の点で圧倒的に優れる：1) p 型だけでなく n 型強磁性半導体も作製できる、2) 室温で動作可能な強磁性半導体を作製できる、3) バンド構造と強磁性の発生メカニズムの解明が容易である。

本研究では、鉄系強磁性半導体の特性を最大限に生かし、再構成可能なスピン機能半導体デバイスの創製を目標とする。具体的には、スピン n-p 接合ダイオード、スピンバイポーラトランジスタ、スピン電界効果トランジスタなど、デバイスレベルの実証を行う。また、超高速不揮発性メモリ、再構成可能な論理回路の基盤技術をつくることを最終目標としている。

将来実用化が期待される分野

本研究で実現しようとする 2 端子デバイス (スピン p-n 接合) および 3 端子デバイス (スピントランジスタ) における共通の特長は、従来の半導体デバイスと同じ動作が可能であると同時に、デバイス内部に含む強磁性体のスピン自由度を生かして、2つの強磁性半導体層の磁化の向き (平行磁化か反平行磁化か) によって出力特性を不揮発的に変えることができる点である。この特長を生かせば、超高密度の不揮発性メモリ、ノーマリオフ論理回路、再構成可能な論理回路を設計することができ、情報の記録や情報処理技術において革新的な半導体デバイスやシステムが実現でき、低迷している日本の半導体産業の活性化と再生に貢献できると考えている。