

# 多様な新機能を可能にする ナノイオニクスデバイスを創る

—高集積化が可能な低電流スピントロニクス素子の開発—



寺部 一弥  
ナノシステム分野  
主任研究者

## 次世代ナノデバイスの重要性

身の回りの情報通信機器には多くのエレクトロニクスデバイスが使われており、それらの大多数は半導体デバイスです。半導体デバイスは、微細化と集積化の技術開発に支えられて目覚ましい発達を続けていますが、近い将来その進歩が鈍化すると危惧されています。今後、次世代の高度情報化社会へと持続的に発展するためには、従来の半導体デバイスとは異なる原理で動作する、新機能や高性能を実現するデバイスも積極的に創らなければなりません。私たちは、この新規デバイスとしてナノイオニクスデバイスに着目しています。

## 固体内のイオン移動を利用した ナノアーキテククス

従来の半導体デバイスとは異なるナノイオニクスデバイスの特徴は、結晶骨格を成すイオンの移動をナノスケールから原子スケールで制御し利用することにあります。結晶内でのイオンの移動は、結晶構造や界面構造などを再構築することであり、物質・材料におけるナノ建築学(=ナノアーキテククス)を可能にします。ナノイオニクスデバイスは、このナノアーキテククスの利用により、必要に応じて機能的・構造的な変化を起こせる可塑性を有しています。

## 新規スピントロニクス素子の開発

私たちは、ナノアーキテククスを利用して多様な新機能のナノイオニクスデバイスを創っており、例えば、高密度大容量メモリ等への応用を目指した新規スピントロニクス素子の開発に成功しています(図1)。電子の電荷とスピンの両方の性質を利用して情報記録を行う従来型スピントロニクス素子は、構造が複雑なために高集積化が困難であり、書き込み電流が大きい等の問題点が指摘されていました。今回、新たに開発した技術では、固体内をリチウムイオンが移動する固体電解質を用いて、磁性体 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ にリチウムイオンを挿入・脱離させることにより $\text{Fe}_3\text{O}_4$ の電子キャリア密度や電子構造を変化

させ、それに伴って磁気抵抗効果や磁化など磁気特性を制御します(図2)。この固体内のイオン移動を利用した新しい制御技術は、電子移動を利用した従来型スピントロニクス素子と比べて低電流での磁性制御が可能であり、構造が単純で高集積化が可能です。さらに素子が全て固体で構成されており液漏れなどの問題がないため、従来の半導体プロセスを使用して低消費電力で高性能メモリの構築が可能になると期待され、今後、高集積化等の微細加工技術の開発を進め、高密度大容量記録装置等への応用を目指した実証実験を進める予定です。

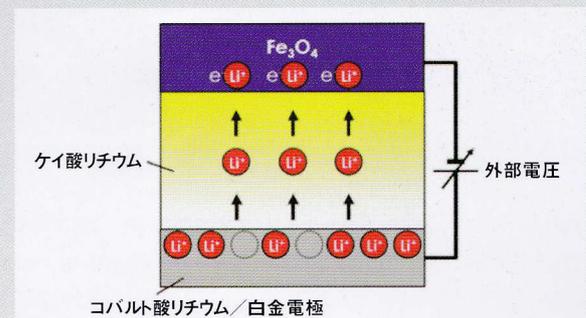


図1 固体内のイオン移動を利用した新しい磁性制御技術の模式図。外部電圧を印加して、固体電解質(ケイ酸リチウム)内のリチウムイオンを磁性体( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )内に挿入・脱離させることによって磁気抵抗効果や磁化を制御する。

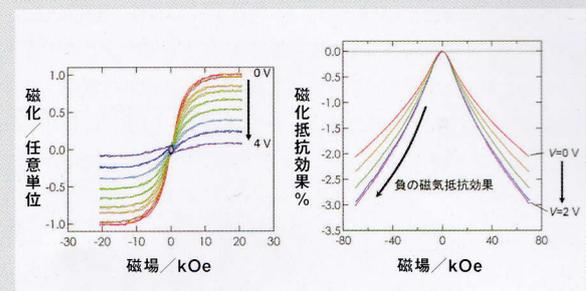


図2  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ へのリチウムイオンの挿入量を変えた時の磁化-磁場曲線(左)と磁気抵抗効果(右)。リチウムイオンの挿入量は外部電圧(V)によって制御する。

### 参考文献

- 1) 寺部一弥、青野正和、“固体イオニクスの新たな展開—多様な新機能を可能にするナノイオニクスデバイス—”, 応用物理, 85巻, 5月号, P.364
- 2) T. Tsuchiya, K. Terabe, M. Ochi, T. Higuchi, M. Osada, Y. Yamashita, S. Ueda, M. Aono, In Situ Tuning of Magnetization and Magnetoresistance in  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Thin Film Achieved with All-Solid-State Redox Device, *ACS Nano* 10[1] 1655-1661 (2016).