

課題番号: GR029  
助成額: 155百万円

グリーン・イノベーション

理工系

平成23年2月10日  
～平成26年3月31日

専門分野  
機能性材料

キーワード

スピントロニクス/磁性体/エピタキシャル成長/電気・電子材料/  
電気・磁気デバイス/強磁性酸化半導体/室温強磁性

福村 知昭 東京大学大学院理学系研究科 准教授  
Tomoteru Fukumura

WEBページ

<http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/sschem/>



### 研究背景

半導体スピントロニクスは半導体エレクトロニクスを凌駕する「Beyond CMOS技術」であり、電子のもつ電荷に加えて、スピンの制御も行う。半導体スピントロニクス材料である強磁性半導体はこれまで室温を超える強磁性を示さなかった。半導体スピントロニクスを進展させるためには、室温強磁性を示す強磁性半導体が必要である。

### 研究目的

透明酸化半導体の二酸化チタンにコバルトを添加すると室温強磁性を示す。この物質が室温強磁性半導体であれば、強磁性の磁化を電氣的に制御でき、半導体スピントロニクスの重要な要素技術を確認できる。本研究では、室温強磁性の発現機構の解明や制御法の開発を行い、デバイスの室温動作を実証する。

### 実績

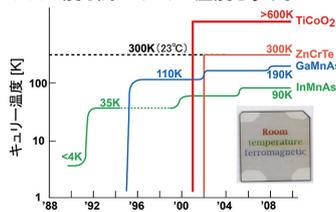
代表論文: Science, 332, 6033, 1065-1067, (2011)  
受賞: 平成22年度第7回日本学術振興会賞、日本学術振興会 (2011年3月)  
新聞: 日経産業新聞「半導体素子、消費電力ほぼゼロに、東大など開発、室温での動作実現」(2011年5月27日)、同じく日刊工業新聞、化学工業日報、科学新聞に掲載。  
特記事項: Science、Nature Nano誌に代表論文の紹介記事。  
“Functional Metal Oxides” Wiley (2013)に分担執筆。

# 透明半導体スピントロニクスの基礎と応用

### 研究成果

## キュリー温度が600Kを超えるコバルト添加二酸化チタンの高温強磁性

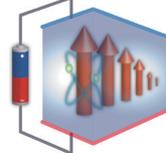
これまで日本人研究者がさまざまな強磁性半導体を開発してきたが、室温を超える強磁性は発現しなかった。しかし、コバルト添加二酸化チタンは、室温より300度も高いキュリー温度を示す。



代表的な強磁性半導体のキュリー温度。挿入図は薄膜の写真。

## 電圧印加に伴い磁力が変化する室温強磁性

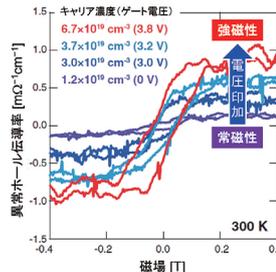
電圧印加により電界効果で試料中に電子が蓄積される。その蓄積された電子がコバルトイオンのスピン間の交換相互作用を大きくし、その結果、強磁性が増強される。つまり、室温強磁性のオンオフを電氣的にスイッチングすることが可能である。



電圧印加により増大する強磁性磁化の模式図。

## 3Vの電圧印加で常磁性体が室温強磁性体に変身

ゲート電圧を印加するにつれ、試料の電子濃度が増加し(図中の数値)、異常ホール効果が発現する。これは元々常磁性体であった試料が、電圧印加により強磁性体に変化することを意味している。



コバルト添加二酸化チタンにおける電圧印加により発現した室温異常ホール効果。

### 2030年の 応用展開

強磁性半導体を用いた半導体スピントロニクスデバイスの室温動作は、強磁性体の不揮発性を活用した省電力・長寿命デバイスの実現につながる。コバルト添加二酸化チタンの

透明性を活用して、目に見えないデバイスやコンピューターを窓ガラス等に搭載することも可能である。