

課題名：透明半導体スピントロニクス基礎と応用

氏名：福村知昭

機関名：東京大学

1. 研究の背景

半導体エレクトロニクスのさらなる発展には、半導体エレクトロニクスを凌駕する新たなテクノロジー「Beyond CMOS技術」を創出する必要があります。そのBeyond CMOS技術の有力候補である半導体スピントロニクスでは、半導体デバイスのような電荷の制御に加えて電子のもう一つの自由度であるスピンの制御も行います。半導体スピントロニクス材料として強磁性体と半導体の性質を併せ持つ強磁性半導体が知られていますが、ほとんどの材料は室温まで強磁性を保てません。最近、室温で強磁性を示す材料が報告されていますが、強磁性半導体として真性の性質を示すかどうか確かではありませんでした。半導体スピントロニクスを発展させるためには、室温強磁性を示す強磁性半導体が必要です。

2. 研究の目標

光触媒としても知られる透明酸化物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します。しかし、その室温強磁性が生じる理由は明らかではありませんでした。もし、電子キャリアがその室温強磁性を媒介しているのであれば、コバルト添加二酸化チタンは真性の室温強磁性半導体です。そうすると、電子濃度を増減することによって強磁性の強さの指標である磁化の大きさを制御することができ、スピントロニクスデバイスの重要な要素技術を確立することができます。最近になって、半導体トランジスタのように電界効果で電子濃度を変えることで磁化の大きさも変化させ、室温において電界で誘起された強磁性を初めて観測することができました。本研究では、室温強磁性の制御法を開発することで、室温動作が可能な半導体スピントロニクスデバイスの実証を目指します。そのような制御法の開発には、基礎物性の理解も必要であるため、室温強磁性の発現機構の解明にも取り組みます。

3. 研究の特色

不可能とも考えられていたこの分野での最重要な課題である室温における強磁性の制御に成功しつつあります。室温で動作するデバイスを実証することで、半導体スピントロニクスの応用への展開が拓けます。コバルト添加二酸化チタンは透明で電気伝導性を持つ強磁性体であり、様々な分野への展開が見込めます。

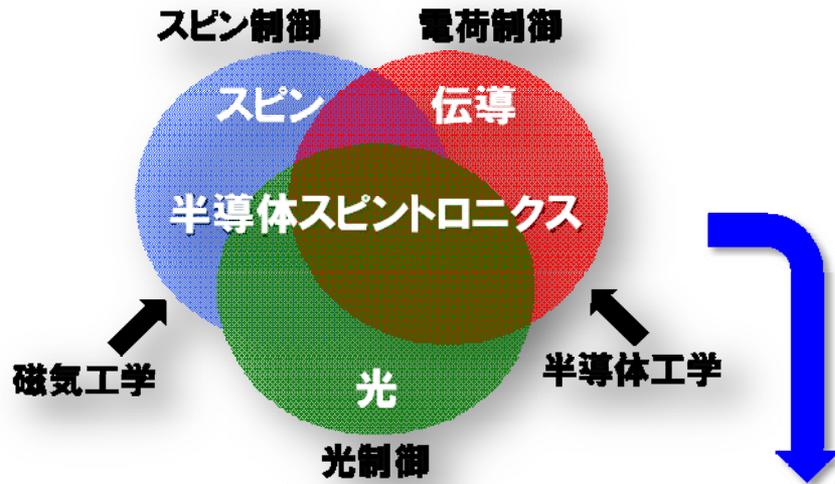
4. 将来的に期待される効果や応用分野

強磁性半導体を用いた室温動作する半導体スピントロニクスデバイスは、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ります。材料の透明性を活用した窓ガラス等に搭載可能なユビキタスデバイスも実現可能です。室温強磁性の発現機構が明らかになれば、新たな室温強磁性半導体の開発も可能です。

Beyond CMOS技術「半導体スピントロニクス」

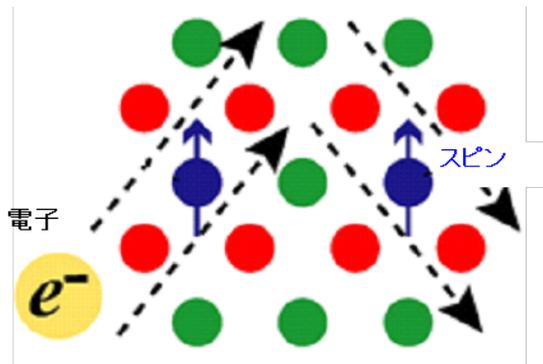
分野融合

磁気工学の特長：
 不揮発・堅牢性
 半導体工学の特長：
 高速・高集積化
 電子の制御性
 電気伝導＋光機能



不揮発性＋電子(光)半導体デバイス ⇒ 省電力・長寿命革新的デバイス

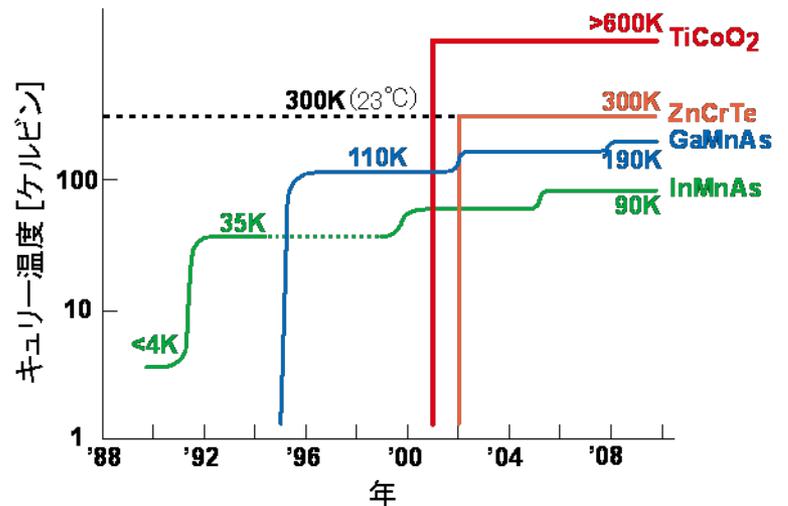
半導体スピントロニクス材料
 強磁性半導体



半導体かつ強磁性体
 伝導電子が強磁性相互作用を媒介



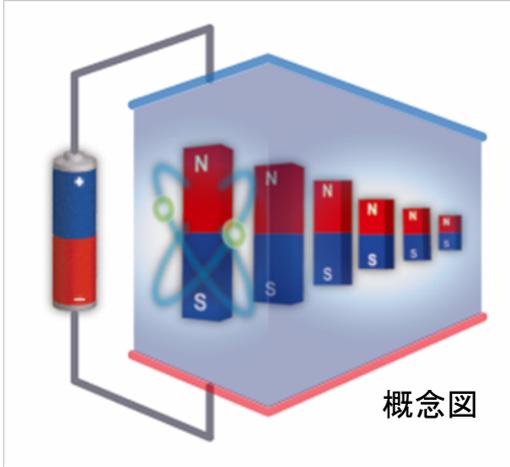
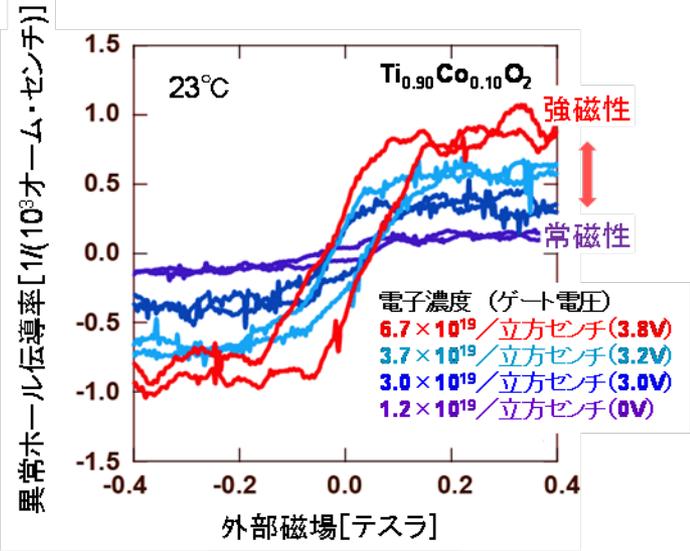
Co添加TiO₂の室温強磁性



室温より十分高いキュリー温度

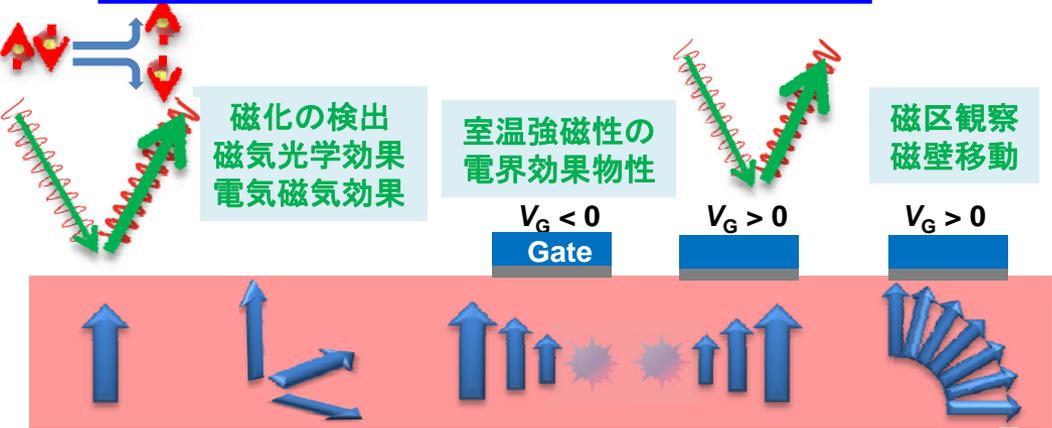
強磁性を電氣的に誘起することに室温で成功

電界効果で誘起した室温強磁性 → 電圧印加で磁化が増大する



研究目標:
 強磁性半導体の磁化を室温で制御
 室温強磁性の発現機構の解明

薄膜試料の写真



窓ガラス等にも搭載可能な
透明ユビキタスデバイスへ