

文部科学大臣賞

「酸化物単結晶ヘテロ界面を用いた超高効率スピン流-電流変換」

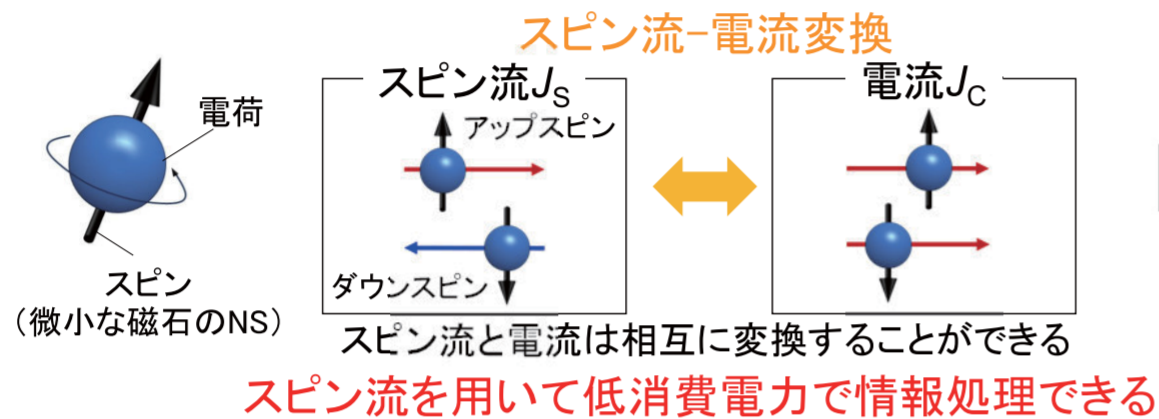
東京大学大学院 工学系研究科 電気系工学専攻 博士課程3年 高田 真悟

背景

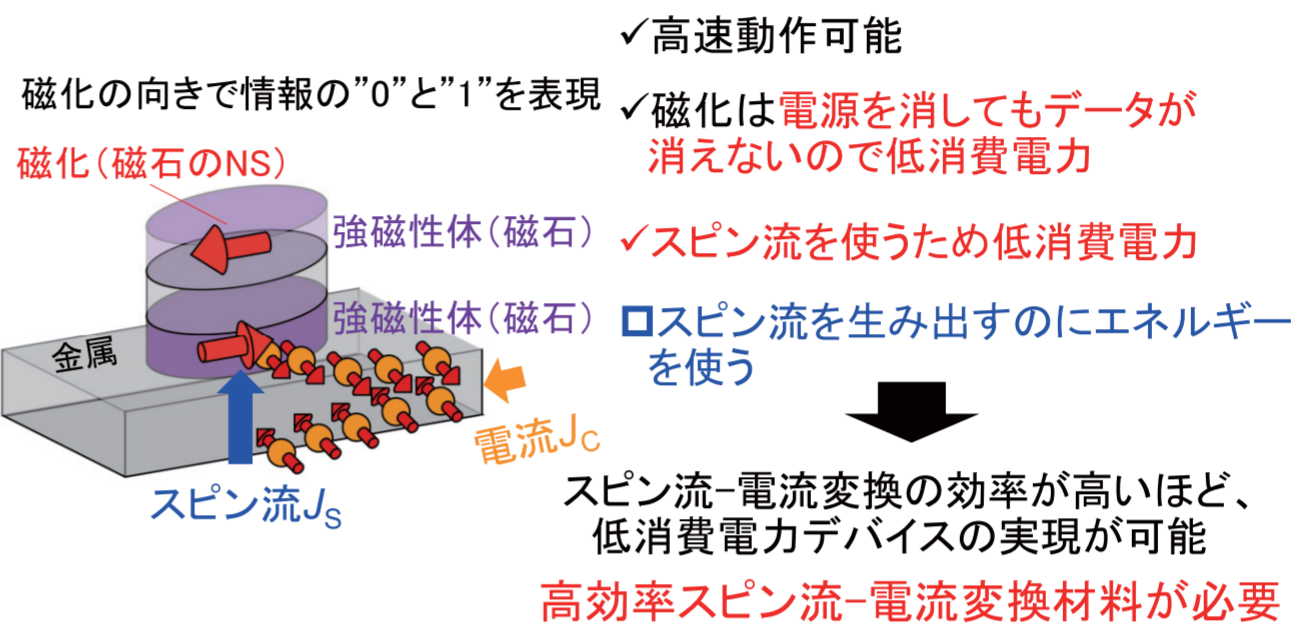
✓ 情報処理と消費電力

IoTや生成AIの普及に伴い、データ量が指数関数的に増加  
データを保存するメモリの消費電力も莫大  
超低消費電力メモリや低消費電力を可能にする  
高性能材料が必須

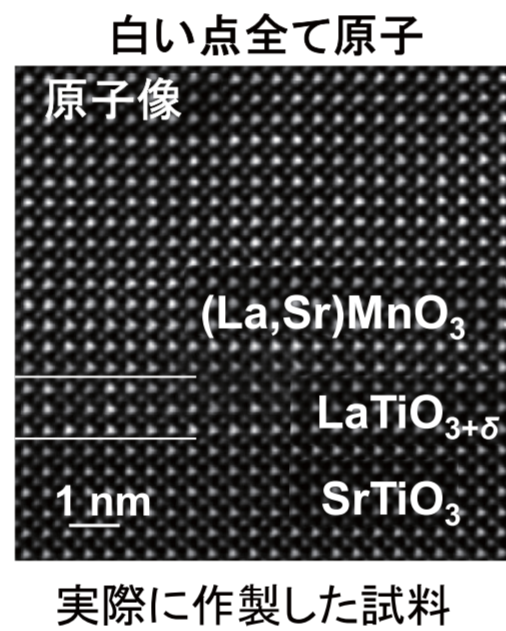
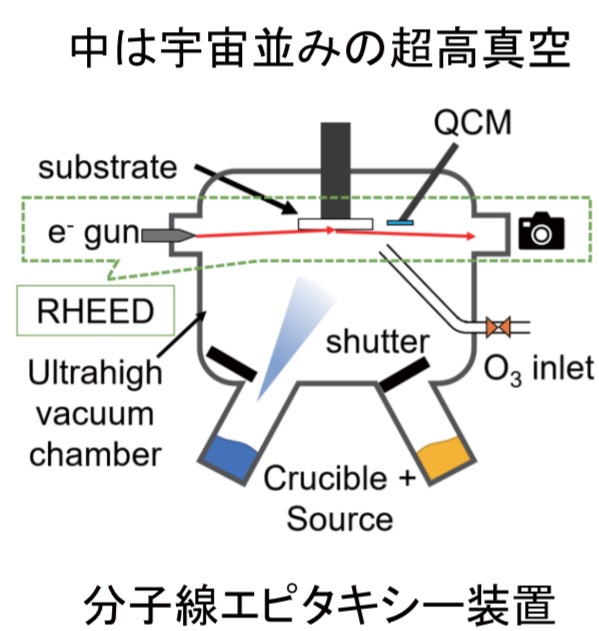
✓ スピン流とスピン流-電流変換



✓ スピン流-電流変換を用いるスピントロニクスデバイス  
スピン軌道トルク-磁気抵抗メモリ (SOT-MRAM)



試料の作製



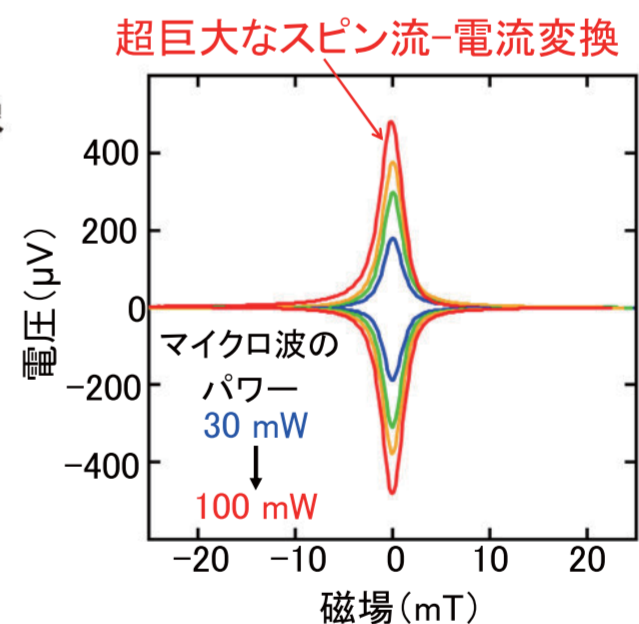
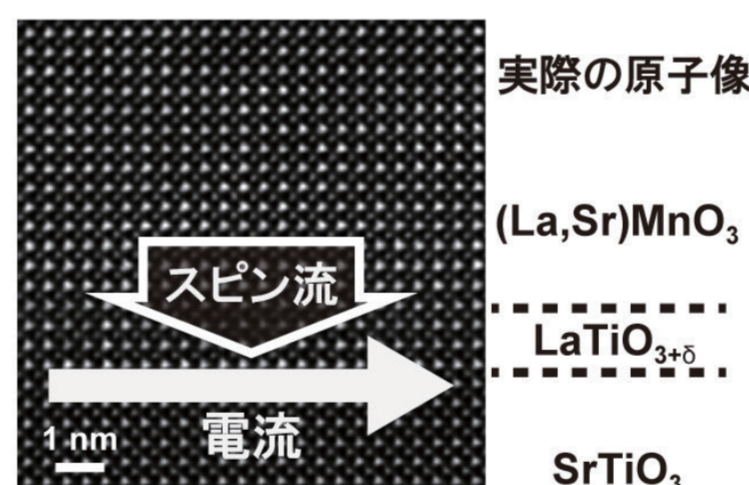
- ✓ 物質“界面”(異なる物質同士の境界)に着目
- ✓ 分子線エピタキシー法を用いて作製するため、極めて高品質の結晶や界面を実現
- ➡ 物質界面本来の物理現象を開拓できる

今回実験に用いた材料の特徴

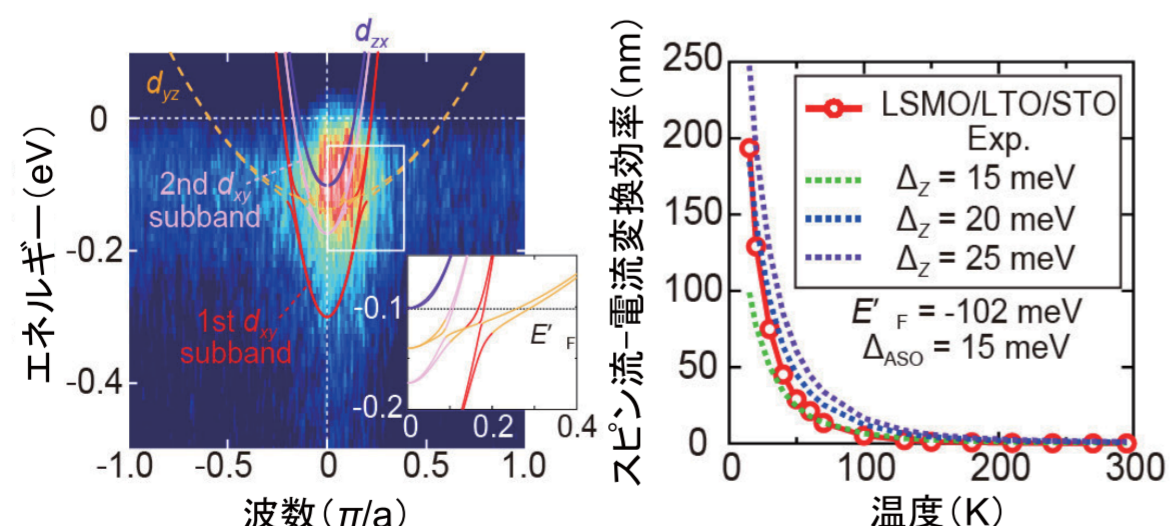
- LaTiO<sub>3+δ</sub>/SrTiO<sub>3</sub>: 界面に二次元状の電気伝導層形成
- LaTiO<sub>3+δ</sub>の強相関極性金属の性質でスピン流の散乱抑制
- ラッシュバ係数が大きい(高効率スピン流-電流変換に重要)
- (La,Sr)MnO<sub>3</sub>: LaTiO<sub>3+δ</sub>, SrTiO<sub>3</sub>上に単結晶ヘテロ構造作製可能
- 室温で強磁性を有する

実験結果

- ✓ 超高品質単結晶と界面の作製に成功
- ✓ スピン流を流しやすい強相関極性金属 LaTiO<sub>3+δ</sub>を世界で初めて使用 (LaTiO<sub>3+δ</sub>は極めて作製が難しい→高品質化に成功)
- ✓ 世界最高変換効率~190 nmを達成
- ➡ 通常の重金属や半導体に比べて 200~2000倍高効率



電子構造の観測と理論計算



- ✓ LaTiO<sub>3+δ</sub>/SrTiO<sub>3</sub>界面の電子構造を直接観測
- ✓ 実験より観測した電子構造を計算で再現
- ✓ 電子構造からスピン流-電流変換を計算

➡ 実験結果と理論計算が一致

まとめ

- ✓ 高品質オールエピタキシャル単結晶ヘテロ構造強相関極性金属LaTiO<sub>3+δ</sub>/非極性SrTiO<sub>3</sub>界面においてスピン流-電流変換の観測に成功
- ✓ 全材料系で最高である~190 nmのスピン流-電流変換効率を達成
- ✓ LaTiO<sub>3+δ</sub>/SrTiO<sub>3</sub>は高効率のスピン流輸送とスピン流-電流変換が同時に存在する材料であり、スピントロニクスにおいて有望な材料である

今後の展望

- ✓ スピン流-電流変換を活用した低消費電力スピントロニクスデバイスへ
- ✓ 熱流からスピン流、スピン流から電流へと変換することで高効率の熱電発電に期待
- ➡ 電子デバイスだけでなく、エネルギー・ハーベスティング技術への展開