

非弾性散乱トンネルスペクトロスコピーを用いた n-Si/MgO/CoFe 接合中のスピン依存伝導機構の解析

井口智明, 石川瑞恵, 杉山英行, 斉藤好昭
(東芝・研究開発センター)

Spin-dependent transport mechanisms in n-Si/MgO/CoFe junctions
investigated by inelastic tunneling electron spectroscopy

T. Inokuchi, M. Ishikawa, H. Sugiyama, Y. Saito
(Corporate R&D Center, Toshiba Corporation)

はじめに

スピン MOSFET に代表される半導体スピントロニクスデバイスでは、強磁性体と半導体の間でのスピン注入/検出効率がデバイスの性能を決めるキーパラメータとなる。理想的な状況においては、半導体/トンネルバリア/強磁性体接合におけるスピン注入/検出効率は強磁性体中の電子のスピン偏極率、トンネルバリアでのスピン選択率およびコンダクタンスマッチング条件によって決まるはずであるが、現実の系ではそれらのパラメータから予測される値とは異なったスピン注入/検出効率が観測される場合があり（特に 3 端子 Hanle 信号）、その要因として接合中の欠陥準位などに起因した 2 ステップトンネリングやトンネル確率の磁場依存性等の影響が指摘されている。今回はそれらの要因がスピン依存伝導に与えている影響を解明し、スピン注入/検出効率を高めるための手がかりを得ることを目的として研究を行った。

実験方法

本研究では n-Si 基板/MgO (2.2 nm)/CoFe/Ru からなる接合に対して、直流 Hanle 効果測定を行い、その後同試料に対して非弾性散乱トンネルスペクトロスコピーを行った。非弾性散乱トンネルスペクトロスコピーを行う際には、接合に対して直流バイアス電圧と交流電圧を印加して 2 階微分コンダクタンスを測定し、その 2 階微分コンダクタンスの直流バイアス電圧依存性と、その磁場依存性を測定している。

実験結果

図 1 に直流 Hanle 効果測定の結果を示す。本試料においては主に低バイアス領域で半値幅の大きい、すなわち、電子のスピン寿命が短いことを意味する Hanle 信号と、高バイアス領域で半値幅の小さい、すなわち、電子のスピン寿命が長いことを意味する Hanle 信号の 2 種類の成分が観測される。つまり、本研究で用いた接合ではスピン寿命の異なる伝導機構が存在していると解釈することができる。次に、本接合の 2 階微分コンダクタンスの直流バイアス電圧および磁場依存性を測定した結果を図 2 に示す。2 階微分コンダクタンスは直流 Hanle 効果と同様にローレンツ型の磁場依存性を示し、その半値幅は直流 Hanle 効果測定で観測された半値幅の広い成分のものとはほぼ一致する。これらの結果は、半値幅の広い Hanle 信号は接合中の欠陥準位によって非弾性散乱される伝導パスにおいて観測されていることを示唆している。本発表ではこれらの結果について述べると共に、これらの知見からスピン注入/検出効率を高めるための道筋について考察した結果を述べる。なお、本研究の一部は科学研究費補助金（基盤研究 (A) 25246020）の支援を受けて行ったものである。

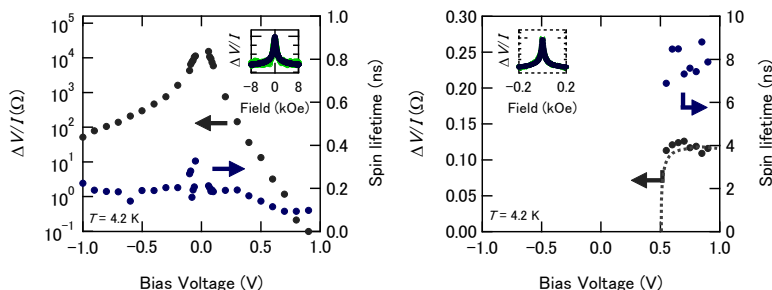


図 1. 直流 Hanle 信号の直流バイアス電圧依存性

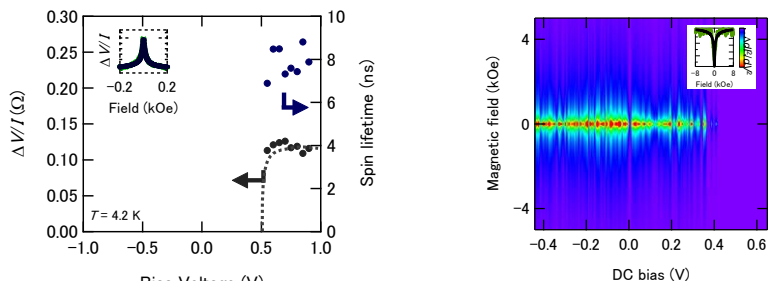


図 2. 2 階微分コンダクタンスの直流バイアス電圧および外部磁場依存性

参考文献

- 1) R. Jansen *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 134420 (2012).
- 2) Y. Song *et al.*, Phys. Rev. Lett. **113**, 047205 (2014).
- 3) T. Inokuchi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 232401 (2014).