

平成 24 年 2 月 9 日

応用物理学会北海道支部
会員各位

応用物理学会北海道支部講演会のお知らせ

下記講演会を開催いたしますので、多数ご参加下さいますようご案内申し上げます。

演題： 半導体二次元電子ガス中における Persistent Spin Helix 状態の電気制御

講師： 国橋 要司 氏

(東北大学大学院工学研究科 博士後期課程 3 年生)

日時： 平成 24 年 2 月 22 日 (水) 15:00～16:00

場所： 北海道大学 工学部 情報エレクトロニクス棟 3 階 中会議室 (3-21 室)

主催： 応用物理学会北海道支部

講演の要旨

本講演では InGaAs 量子井戸中の Rashba スピン軌道相互作用をゲート制御することで Persistent Spin Helix (PSH) 状態の電氣的生成を確認した、最近の我々の研究結果について報告する。時間が許せば、InGaAs の量子井戸幅制御による PSH 状態の生成に関する実験結果や、準一次元チャンネル中におけるスピン緩和機構の理論研究などについても触れる予定である。

世話人 古賀 貴亮

北海道大学 大学院 情報科学研究科

電話：011-706-6538, E-mail：koga@ist.hokudai.ac.jp

半導体二次元電子ガス中における Persistent Spin Helix 状態の電気制御

東北大学大学院工学研究科
知能デバイス材料学専攻
博士後期課程3年 国橋 要司

電子の内部自由度である「スピン」を積極的に利用し、新規デバイスの創生を目指すスピントロニクス分野では、既存の半導体デバイスの省電力化・高速化に加え、新規機能を有するデバイスの実現が期待されている。スピン自由度を利用した能動的デバイスを実現するためには、半導体中における電子スピンの電氣的回転制御とスピン緩和の抑制を同時に実現する必要がある。近年の理論研究^[1]によって、Rashba および Dresselhaus スピン軌道相互作用が等しい強さの系では、電子スピンに一軸配向した有効磁場が働き、コヒーレント回転を持続しながら伝播する、Persistent Spin Helix (PSH) 状態が形成されることが予測されている。PSH 状態にある系では電子スピンがスピン非依存の散乱に対して非常に安定になり、長寿命化と電氣的回転制御とが両立できることから、デバイス応用に有望な系といえる。これまでにスピン軌道相互作用を量子井戸構造によって制御することで PSH 状態の前駆現象が確認されているが^[2]、単一デバイス中で PSH 状態を実現するためには、電界制御可能な Rashba スピン軌道相互作用をゲート電圧によって変調し、Dresselhaus スピン軌道相互作用と等しい強さにする必要がある。本講演では InGaAs 量子井戸中の Rashba スピン軌道相互作用をゲート制御することで PSH 状態の電氣的生成を確認した、最近の我々の研究結果について報告する。

我々は PSH 状態の実現に適する InGaAs ヘテロ構造を設計・作製し、ゲート電極付きホール素子構造、または細線構造にプロセスした後、温度 $T = 1.7$ K における磁気伝導度の弱反局在解析から二次元電子ガス中のスピン緩和時間を評価した。図1に InGaAs 細線構造において観測されたスピン緩和時間のキャリア密度依存性を示す。図1からチャンネル幅が $W = 956$ nm、チャンネルの結晶方位が[1-10]方向の試料では、キャリア密度が $N_s = 1.8 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ 近傍でスピン緩和時間の発散挙動が観測されていることがわかる。このキャリア密度はスピン軌道相互作用の理論的な計算から、Rashba スピン軌道相互作用が Dresselhaus スピン軌道相互作用と等しくなるキャリア密度とよい一致を示している。また、チャンネルの結晶方位によって顕著な磁気伝導度の結晶方位依存性が観測され、Rashba および Dresselhaus のスピン軌道相互作用が共存していることを確認した。従って、図1において観測されたスピン緩和時間のピークはPSH状態の電氣的制御によるスピン緩和の抑制効果によるものであると結論できる。

本講演において時間が許せば、InGaAs の量子井戸幅制御による PSH 状態の生成に関する実験結果や、準一次元チャンネル中におけるスピン緩和機構の理論研究などについても触れる予定である。

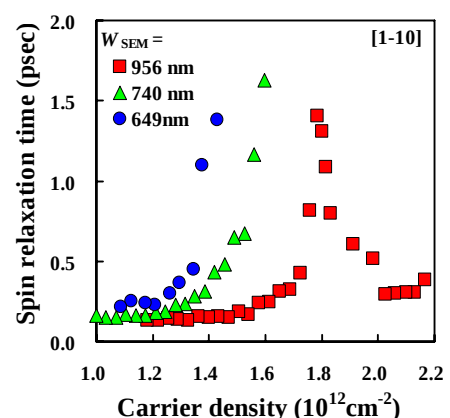


図1 様々なチャンネル幅の細線構造において観測された、スピン緩和時間のキャリア密度依存性。キャリア密度が $N_s = 1.8 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ 近傍において、スピン緩和時間の発散的増大が観測された。

- [1] J. Schliemann and D. Loss, Phys. Rev. B **68**, 165311 (2003).
- [2] J. D. Koralek *et al.*, Nature (London) **458**, 610 (2009).