

平成27年3月31日

プログラム名：無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現

PM名：佐橋 政司

プロジェクト名：スピンFETプロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成26年度

研究開発課題名：スピン操作用ゲート開発

研究開発機関名：東北大学工学研究科

研究開発責任者：新田 淳作

当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

III-V 族半導体をチャネルとするスピン FET の実現に向けて、スピン操作用ゲート開発としてスピン軌道相互作用を用いたスピン電界制御方法の確立を目指す。スピン軌道相互作用はゲート電界によるスピン操作を可能にするが、一方でスピン緩和の要因となる。ラッシュバスピ軌道相互作用とドレッセルハウススピ軌道相互作用を等しい強さにすると電子散乱に対してもコヒーレントなスピンの回転が可能な永久スピン旋回状態が実現する。本プロジェクトではゲート電圧による永久スピン旋回状態と逆スピン旋回状態間の制御を目指す。また、スピン FET に適した面直磁化を有する PtFe からのスピン注入を試みる。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

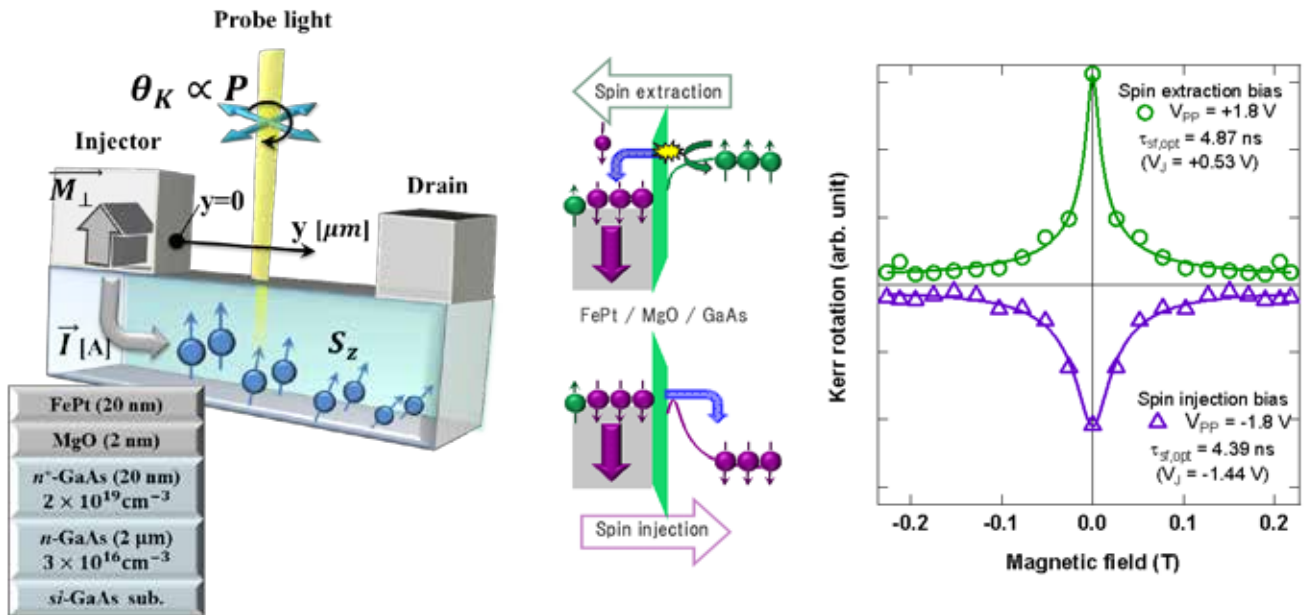
スピン軌道相互作用によるスピン操作用半導体材料として InGaAs 系半導体二次元電子ガスに着目し、永久スピン旋回状態の電界制御に適したヘテロ構造を設計した。通常 InGaAs 系はラッシュバスピ軌道相互作用がドレッセルハウススピ軌道相互作用に比べて大きいため、両者を等しい強さにするため量子井戸の形状が対称に近づく様にヘテロ構造とキャリア供給層を最適化した。ゲート電極つきホール素子を作製し量子干渉効果による磁気伝導特性から永久スピン旋回状態のゲート電界制御を確認できる。スピン緩和による弱反局在状態からスピン緩和の抑制された局在状態にゲート電圧制御可能であることを確認した。これは永久スピン旋回状態が実現していることを示唆する。今後は、ゲート電界による永久スピン旋回状態と逆永久スピン旋回状態の制御を目指す。

スピン FET の実現に向けて、電極サイズを小さくするため面直磁化を持つ磁性体電極からのスピン注入が重要となる。これまで、半導体 GaAs 上に面直磁化を有する FePt をエピタキシャル成長できることを確認してきた。本年度は、FePt から GaAs へのスピン注入とスピン輸送を光学測定により確認した。今後は、GaAs 二次元電子ガスへのスピン注入と電気的測定によるスピン注入・検出を目指す。

2-2 成果

スピン注入・輸送に関する実験結果を示す。下記の左図には面直磁化を有する FePt 電極から GaAs へのスピン注入とスピン輸送を確認するための素子及び光学測定のセットアップを示す。また右図には、FePt 電極から 5 nm 離れた地点における、カー信号の

ハル測定を行った結果を示している。磁場方向は注入されたスピに対して垂直な x 方向に印加している。バイス電圧を正から負に反転するとハル信号は反転し、それぞれ逆向きのスピ蓄積が観測されている。またハル信号を解析することにより求めたスピ緩和時間は 4-5 nsec であり、このキャリア濃度の GaAs のスピ緩和時間とほぼ一致する。以上 2 つの実験結果は、確かに面直磁化を有する FePt から面直スピが注入され、かつ 5 mm にわたり輸送されていることを示している。



左図：作製した FePt/MgO/GaAs 構造と空間分解カー測定の様式図。

右図：FePt スピ注入電極から 5mm はなれた場所におけるカー信号の磁場依存性（ハル信号）。

2-3 新たな課題など

東北大学工学研究科マテリアル開発系の低層棟の改修工事は H27 年度から開始されるため、電子ビーム露光装置等一部の実験設備の移転に伴う、実験停止期間が生じ可能性がある。研究の進展に支障を来たさないように、早めに素子作製を行うなど事前に手を打ちたい。

3. アウトリーチ活動報告

なし。