シリコンベース・スピントロニクスデバイスの将来展望

Future prospects of the silicon-based spintronics devices

○安藤 裕一郎 [1], 小池 勇人 [2], 佐々木 智生 [2], 鈴木 義茂 [3], 白石 誠司 [1]
(1. 京大工, 2. TDK 株式会社, 3. 阪大基礎工)
°Y. Ando[1], H. Koike[2], T. Sasaki[2], Y. Suzuki[3], M. Shiraishi[1]
(1.Kyoto Univ., 2.TDK Corporation, 3.Osaka Univ.)
E-mail: ando@kuee.kyoto-u.ac.jp, mshiraishi@kuee.kyoto-u.ac.jp

微細化に依らない大規模集積回路（LSI）の高性能化を目指し，スピン偏極電流や純スピン流を情報輸送・演算に利用する“半導体スピントロニクスデバイス”の研究が精力的に進められている．シリコン（Si），ゲルマニウム（Ge），ガリウムヒ素（GaAs）など多様な半導体をベースとしたスピントロニクスデバイスが検討されているが，中でも Si は軽元素であり，結晶の空間反転対称性が高く，核スピンを有する ^{29}Si が天然存在比で比較的少ないという点から，高いスピンコヒーレンスが期待されている．既存の LSI は Si をベースとしていることを鑑みても，Si ベースのスピントロニクスデバイスは工学的需要が極めて高いと言える．本講演では我々のグループの最近の研究成果を中心に Si ベーススピントロニクスの現状と課題について報告する．

研究初期，縮退 Si を用いてスピン注入および輸送の研究を行ってきた．伝導率が比較的高い縮退 Si では伝導度ミスマッチ問題を回避しやすい為である．その結果，Fe/MgO/Si 構造の横型スピンバルブ素子において，スピン輸送の室温実証に成功した．[1,2] しかし，縮退半導体では伝導率を大きく変調することが困難であり，ゲート機能などを有した能動素子の実現は難しい．能動素子の実現には非縮退 Si でのスピン輸送の実現が必須である．我々は縮退 Si でのスピン輸送をシーズ技術とし，非縮退 Si でのスピン輸送に着手した．しかし，伝導率が縮退 Si と比較して数桁も低く，電圧測定端子間の抵抗増大によるノイズレベルの増大などの問題が顕在化した．2014 年に新しい測定手法を確立することでこれらの問題を解決し，非縮退 Si においても高感度測定を実現した．[3] 非縮退 Si を用いたスピン輸送研究により新たに得られた知見は以下の通りである．[4,5]

①非縮退 Si では電界の効果が極めて有効に働き，積極的に利用すれば長距離スピン輸送が可能．
②電界によりハンル効果信号の変調が可能
③縮退半導体と同程度のスピン注入効率でも極めて大きいスピン蓄積信号（1Ω以上）を実現可能
④スピン蓄積信号，局所磁気抵抗の信号強度自体も電界の影響を強く受ける．

本講演ではこれら実験結果の詳細な検討および，実用化に向けて求められる要素技術について議論する．

Reference：[1] T. Sasaki et al., Appl. Phys. Express **2**, 053003 (2009), [2] T. Suzuki et al., Appl. Phys. Express **4**, 023003 (2011), [3] T. Sasaki, Y. Ando Appl. Phys. Lett. **104**, 052404 (2014). [4] T. Sasaki, Y. Ando et al., Phys. Rev. Appl. **2**, 034005 (2014), [5] T. Tahara, Y. Ando et al., submitted.

© 2015年 応用物理学会