

NiFe/MgO から InAs 量子井戸構造におけるスピン注入の高効率化

Highly efficient spin injection from NiFe/MgO into an InAs quantum well

北大量集センター ○石倉 丈継, Lennart-Knud Liefeth, 崔 志欣, 小西 啓太, 陽 完治

Hokkaido Univ., RCIQE, ○Tomotsugu Ishikura, Lennart-Knud Liefeth, Zhixin Cui, Keita Konishi and Kanji Yoh

Datta-Das spin FET に向けて, 非常に大きなスピン起動相互作用を持つ InAs 量子井戸へのスピン注入をスピンバルブ素子により試みた. スピン注入の高効率化を目指し, 強磁性/半導体の接触抵抗の制御を, MgO トンネルバリアにより行った. 評価に利用したヘテロ構造は InP (001) 基板上に成長した 7 nm 前後の InGaAs チャンネル中に 4 nm の InAs 層を持つ. このヘテロ構造のスピン軌道相互作用は Shubnikov-de Haas 振動とその FFT 解析から [110] 方向で 50×10^{-12} eVm (1.4 K) と大きな値を示した. このヘテロ構造を電子線リソグラフィとウェットケミカルエッチングにより [110] 方向で 50 μm のチャンネル幅を持つメサを形成した後, 0.2 μm と 0.4 μm 幅の $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}/\text{MgO}$ (70/2 nm) 電極を EB 蒸着し InAs 層と直接接触させた. (図 1) Schmidt の Conductivity Mismatch 理論に基づいた試算[*]によると, この系におけるスピン注入に理想的な接触抵抗率 $\approx 5 \times 10^{-10} \Omega\text{m}^2$ だが, 試作した NiFe/MgO/InAs の接触抵抗は $2 \times 10^{-9} \Omega\text{m}^2$ を示した. 図 2 に 1.4 K での非局所, 局所配置におけるスピンバルブ特性を示した. 強磁性電極の反磁場により磁化変化が不明瞭であるが, 比較的低温での熱処理により解決できることがわかった. スピン拡散長を磁気抵抗の強磁性電極間距離依存性から見積もったところ, 1.77 μm で先行研究とよく一致した. 局所測定ではスピンドリフトにより 2.69 μm と長くなり, おおよそ理論計算と一致することがわかった. 得られたスピン偏極率は 7 % と比較的大きく, 得られた MR 比は接触抵抗の制御の予測値に近いが, MgO のスピン選択性トンネリングの効果[**]による可能性も除外できない. Hanle 効果の評価も試みたが, 拡散係数から見積もったスピン緩和時間は 7.96 ps で, Hanle 曲線における半値幅で 4 T に相当し, 観測が困難だと考えられ, 実際に明瞭な Hanle 曲線は見られなかった.

参考文献: [*]B. Dlubak, M-B Martin, C. Deranlot, B. Servet, S. Xavler, R. Mattana, M. Sprinkle, C. Berger, W. Heer, F. Petroff, A. Anane, P. Seneor and A. Fert, Nature Phys. 8, 557 (2012)

[**]X. -G. Zhang, W. H. Butler, A. Bandyopadhyay, Phys. Rev. B 68, 092402 (2003)

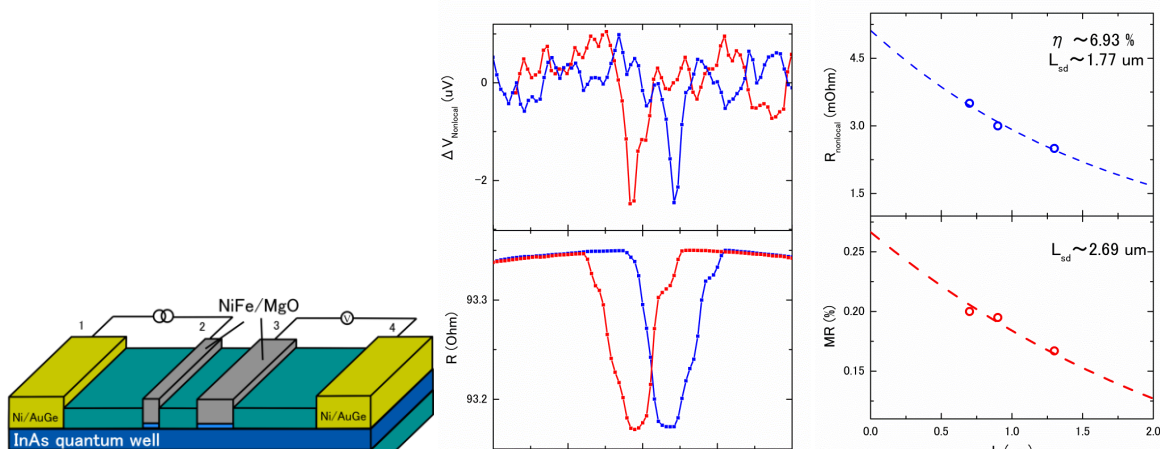


図 1 試作したスピンバルブの模式 図 2 1.4 K での非局所(上),局所(下) 磁気抵抗効果の測定結果

図 3 1.4 K での磁気抵抗の強磁性電極間距離依存性.非局所(上),局所(下).