

無磁場電子スピン共鳴による輸送電子スピンのコヒーレント操作

Coherent manipulation of traveling spins using magnetic-field-free ESR

NTT 物性基礎研¹, 東北大工², Paul Drude Institute³ ○眞田 治樹¹, 国橋 要司¹, 後藤 秀樹¹,

小野満 恒二¹, 好田 誠², 新田 淳作², Paulo V. Santos³, 寒川 哲臣¹

NTT BRL¹, Tohoku Univ.², Paul Drude Institute³, °Haruki Sanada¹, Yoji Kunihashi¹, Hideki Gotoh¹,

Koji Onomitsu¹, Makoto Kohda², Junsaku Nitta², Paulo V. Santos³, Tetsuomi Sogawa¹

E-mail: sanada.haruki@lab.ntt.co.jp

電子スピンを用いて量子情報演算を行うためには、電子スピン共鳴 (ESR) が不可欠である。しかし、一般的な ESR で必要となる外部磁場の空間領域は電子一個の占める範囲よりもはるかに広いため、実磁場を用いたスピン操作はデバイス応用には不向きとなる。今回我々は、スピン軌道相互作用を利用し、外部磁場が一切無くても ESR が生じることを明らかにした[1]。

試料構造を Fig. 1 に示す。厚さ 20 nm の GaAs/AlGaAs(001)単一量子井戸の表面に形成したトランスデューサに高周波を印加すると y ($\parallel$ [-110]) 方向に表面弾性波 (SAW) が速度 $v_{\text{SAW}} = 2.97$ km/s で伝搬する。この SAW 伝搬領域に、スリットを開けた Ti 薄膜を形成すると、ピエゾ電界の遮蔽によってスリットの直下のみにドット状のポテンシャルが伝搬する。この手法で「直線チャンネル」と、ESR 条件を満たすように設計した「蛇行チャンネル」を作製し、輸送中のスピンドYNAMICS を計測した。円偏光のポンプ光はチャンネル上の特定の位置 ($y = 0$) にスピンを注入し、輸送後のスピン密度をプローブ光の Kerr 回転角によって検出する[2]。試料は電磁石の中に置かれ、 x ($\parallel$ [110]) 方向に外部磁場 (B_{ext}) を印加することができる。

Fig. 2 は 2 つのチャンネルに対して測定した、Kerr 信号の y および B_{ext} 依存性である。直線チャンネルのグラフに見られる振動は静磁場の周りのスピン歳差運動に起因する。一方、蛇行チャンネルでは、 $B_{\text{ext}} = 0$ T と 40 mT の付近で歳差運動の位相が特徴的に変化する様子が明瞭に観測された。この振る舞いは、スピン軌道相互作用がつくる振動磁場の影響によるものである。これらの実験によって無磁場でも ESR が生じることが実証された。本技術は、固体内を伝搬するスピン量子情報の効率的かつ柔軟な操作手法として期待できる。

本研究の一部は科研費 (24686004, 23310097) の補助を受けた。

[1] H. Sanada *et al.*, Nature Physics **9**, 280 (2013).

[2] H. Sanada *et al.*, Phys. Rev. Lett. **106**, 216602 (2011).

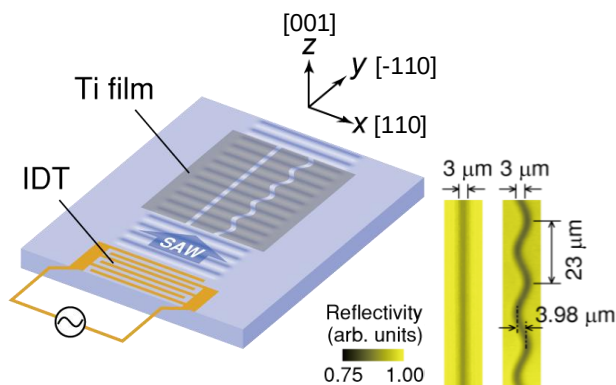


Fig. 1. Schematic view of the sample (left) and optical reflectivity images of the straight and winding channels (right).

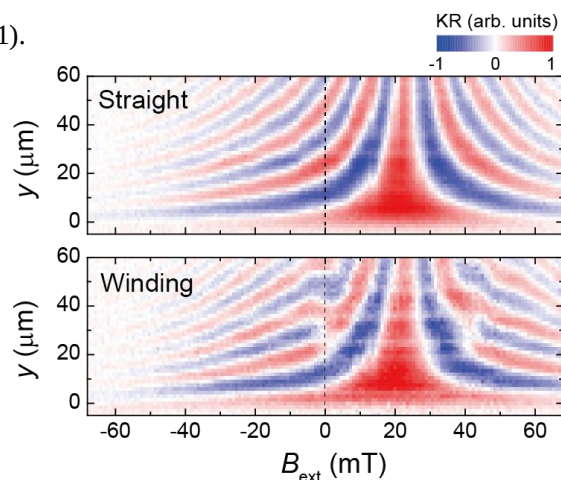


Fig. 2. Kerr rotation signals for the straight (upper) and winding (lower) channels plotted as a function of B_{ext} and y .