

移動スピン共鳴

Mobile spin resonance

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

半導体中の電子スピンは固体中における量子情報の担い手として応用が期待されている。この電子スピンの量子状態を操作するための手法として、電子スピン共鳴 (ESR) が有望とされている。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。そこで我々は、外部磁場が一切無くても ESR が生じる現象「移動スピン共鳴」を考案し実証した[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 (KR) によって検出する[2]。

Fig. 2 はゼロ磁場において蛇行チャンネルに対して測定した KR のマッピング結果である。KR の正・負はスピンのアップ・ダウンに対応する。移動と共に生じる KR の振動は静磁場の周りの歳差運動と類似しているが、その位相が $y \sim 30 \mu\text{m}$ を越えた付近で反転する。この振る舞いは、スピン軌道相互作用がつくる静磁場と振動磁場によってスピンのラビ回転が生じていることを示す。さらに外部磁場印加による有効磁場の見積もりや、蛇行運動の初期位相を変えたときのスピンの軌跡を調べる実験・計算も行った。外部磁場が一切無くてもスピン量子状態の操作が可能となる本技術は、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.*, PRL **106**, 216602 (2011).

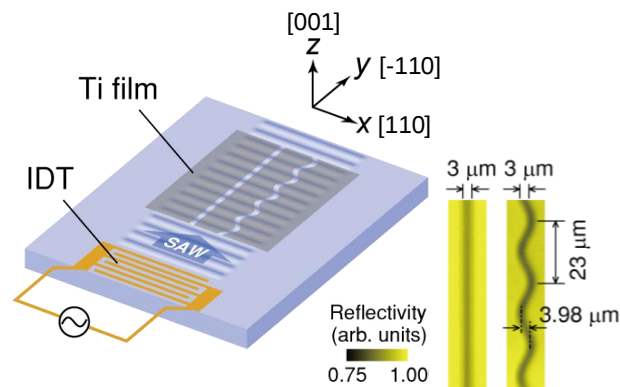


Fig. 1. Schematic view of the sample (left) and optical reflectivity images of the strait and winding channels (right).

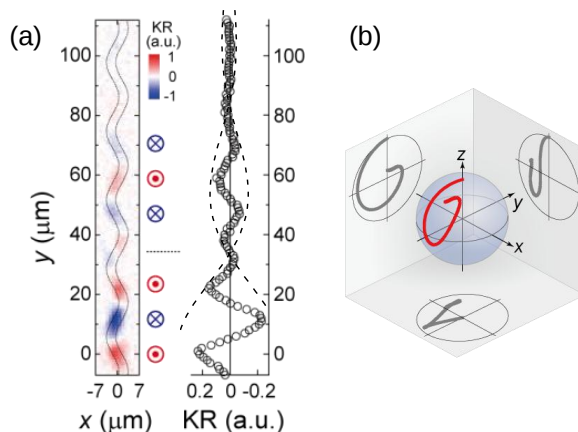


Fig. 2. (a) Kerr rotation image of winding channel. (b) Spin trajectory calculated for the spin transport during $0 \leq y \leq 30 \mu\text{m}$ plotted in a Bloch sphere.