

持続的スピンらせん状態におけるスピン空間分布の電界依存性

Electric Field Dependence of Spatial Spin Distribution in the Persistent Spin Helix State

NTT 物性基礎研¹, 東北大工², [○]国橋 要司¹, 眞田 治樹¹, 後藤 秀樹¹, 小野満 恒二¹,
好田 誠², 新田 淳作², 寒川 哲臣¹

NTT BRL¹, Tohoku Univ.², [○]Yoji Kunihashi¹, Haruki Sanada¹, Hideki Gotoh¹, Koji Onomitsu¹,
Makoto Kohda², Junsaku Nitta², Tetsuomi Sogawa¹

E-mail: kunihashi.y@lab.ntt.co.jp

近年, 半導体ヘテロ構造中において支配的な Rashba および Dresselhaus のスピン軌道相互作用が等しい時に, 極めてスピン緩和長の長い持続的スピンらせん (Persistent Spin Helix: PSH) 状態が生じることが明らかになった[1]。PSH 状態ではスピン軌道相互作用に起因した一軸の有効磁場が働くため, 有効磁場に対して平行方向と垂直方向で拡散するスピンの歳差運動が異方的になり, 特徴的な縞状のスピン空間分布が現れる[2]。この PSH 状態はゲート電圧によって制御可能であり, PSH 状態をデバイス応用するためには PSH 状態の電界制御下におけるスピン空間分布を調べる必要がある。しかしながら, PSH 状態の電界制御の実証には, これまで電氣的測定手法[3]のみが用いられており, スピン空間分布の電界依存性を直接観測することが難しかった。本研究では, 膜厚が 10 nm 以下の透明ゲート電極を蒸着した GaAs 量子井戸を用いて, PSH 状態のゲート電圧制御下におけるスピン空間分布を空間分解 Kerr 回転法によって調べた。

試料は量子井戸幅 25 nm の $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ / GaAs (Quantum well) / $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ HEMT 構造にゲート電極およびオーミック電極を作製したものをを用いた。円偏光のポンプ光 (スポット径 $\sim 6 \mu\text{m}$) を試料表面の固定した位置に照射し, 直線偏光のプロブ光 (スポット径 $\sim 2 \mu\text{m}$) の位置をスキャンしながら Kerr 回転角を測定することで拡散する電子スピンの空間分布を計測した。

図 1 に光励起スピンが拡散する際の歳差運動のゲート電圧依存性を示す。図 1 から $[110]$ 方向に拡散するスピンは空間的に歳差運動をしながら拡散しているのに対し, $[1-10]$ 方向では歳差運動をしていないことがわかる。本研究において観測されたスピン歳差運動の異方性は, スピンに働く有効磁場が一軸状態に近いことを意味しており, スピンが PSH 状態近傍にあることを示唆している。また, $[110]$ 方向に拡散するスピンの注目すると, 量子井戸に印加するゲート電圧を $V_g = -2.1 \text{ V}$ から -2.4 V まで変化させたとき, スピン歳差運動の周期が徐々に長くなっていることがわかる。これは, Rashba のスピン軌道相互作用がゲート電圧を負に印加するにつれて減少しているためであると考えられる。本研究によって得られたスピン空間分布のゲート電圧依存性は PSH 状態のデバイス応用に対して重要な情報を与える。

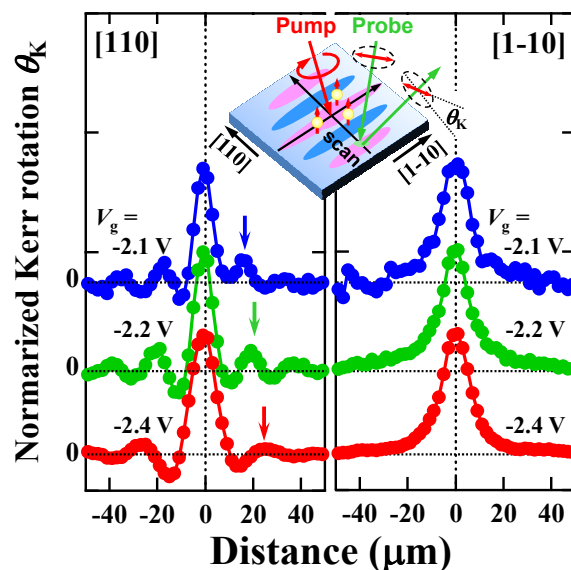


図 1 光励起スピンの拡散による歳差運動のゲート電圧依存性。縦軸は原点での Kerr 回転角を基準にして規格化してある。

[1] J. D. Koralek *et al.*, Nature **458**, 610 (2009).

[2] M. P. Walser *et al.*, Nature Physics, **8**, 757 (2012).

[3] M. Kohda *et al.*, Physical Review B, **86**, 081306(R) (2012).