InGaAs 量子井戸中の拡散電子スピンに作用する内部有効磁場

Spin-orbit magnetic field induced by diffusive electron spins in InGaAs quantum wells 千葉大工¹, 徳島大² ^O(M2)川口 晃平¹, 深澤 俊樹¹, 志田 博貴¹, 齋藤 康人¹ 北田 貴弘², 石谷 善博¹, 森田 健¹

Chiba Univ.¹, Tokushima Univ.², °K. Kawaguchi¹, T. Fukasawa¹, H. Shida¹, Y. Saito¹

T. Kitada², Y. Ishitani¹, K. Morita¹

E-mail: morita@chiba-u.jp

半導体中の電子スピンを高速かつ自在に制御できれば、省電力なスピン機能素子や新しい量子 情報素子への実現が期待できる.スピン軌道相互作用(SOI)を持つ半導体では、ドリフトする電 子スピンに対して実効的な磁場(内部有効磁場)が作用する.内部有効磁場は電子スピンの波数 ベクトル(k)に依存し、特定方向のドリフト運動をスピンに促すことで、スピンの向きを自由に 制御することが可能である.内部有効磁場のk 依存性は、試料構造で大きく変化する SOI 係数に よって決定づけられる.スピンの秩序を永続的に保持できる Persistent Spin Helix (PSH)状態^[1]を形 成するためにも、SOI 係数を導出し制御する必要がある.そこで、SOI パラメータの導出方法を確 立することは、スピン制御やスピンの長距離輸送といった観点で極めて重要な研究課題である.

光励起直後のスピン拡散のダイナミクスを時空間光カー回転法で スキャンすることで SOI パラメータを導出することが可能である^[2]. この測定のポンプパルスのスポット径 (σ幅)を数μm程度まで小さ くすると拡散電子の波数 k が大きくできることから, 内部有効磁場 も大きくなる. したがって, より正確な SOI パラメータの導出方法 が確立できると考えられる.本研究では Rashba SOI 項が強く働く In0.53Ga0.47As 量子井戸中(井戸幅 12 nm)の有効磁場について二波 長ポンププローブ時空間分解顕微光学系を用いて調べた. 量子井戸 内に働く Rashba と Dresselhaus 項に起因した内部有効磁場 (B_R, **B**_D) と外部磁場(**B**_{ext})のベクトル配置を図1に示す.外部磁場 (*Bext*)をx方向とy方向に印加し、ポンプ光に対するプローブ 光を Bext に対し平行(//) と垂直(⊥) 方向掃引を行ったときの 内部有効磁場周波数[$\omega = g \mu_B (B_R + B_D) / h$]の結果を図2に示 す. 掃引距離に応じてωが変化する様子が観測され, BR が BD に 比べて大きいと仮定すると、図1のベクトル図を用いて定性的 に説明できることが分かった.また過去の研究結果[2]に比べて Bext に対する BR, BD も大きく, その場合は//スキャンでは原点 付近でωの正負の逆転が起きないことも明らかにした.



図 1. 外部磁場および内部有効 磁場のベクトル配置.



図 2. プローブ掃引位置にお
ける内部有効磁場歳差運
動周波数ω.

^[1] J. Schliemann et al., Phys. Rev. Lett. 90, 146801 (2003).

^[2] M. Kohda et al., Appl. Phys. Lett. 107, 172402 (2015).