拡散を抑制したドリフトスピンダイナミクスの空間・時間分解解析

Spatio-temporal analysis of diffusion-suppressed drift spin dynamics

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

NTT-BRL[1], Tohoku Univ. [2], °Yusuke Tanaka [1], Yoji Kunihashi[1], Haruki Sanada [1], Hideki Gotoh[1], Koji Onomitsu[1], Keita Nakagawara[2], Makoto Kohda[2], Junsaku Nitta[2], and Tetsuomi Sogawa[1]

E-mail: tanaka.yu@lab.ntt.co.jp

スピントロニクスデバイスの実現に向け、ドリフト・拡散輸送中のスピンダイナミクスの研究が注目されている。空間・時間分解 Kerr 回転測定は強力なツールであり、縦軸に距離(x)、横軸に時間(t)をとり、Kerr 回転角$\theta_K(x, t)$をカラープロットとして表示すると、電子スピンがドリフトおよび拡散しながらスピン軌道相互作用によって歳差運動する様子が得られる[1-3]。III-V 族半導体からなる (001)量子井戸中の 2 次元電子に対し Dresselhaus スピン軌道相互作用の k-linear 項だけを仮定すると、歳差運動の位相は位置 x だけで決まり時間 t には依存しないため、$\theta_K(x, t)$の等位相線は t 軸に平行となる。しかし実際の実験で得られる$\theta_K(x, t)$プロットでは等位相線が「正の傾き」を持つことが観測されており[3]、Dresselhaus スピン軌道相互作用の k-cubic 項がドリフト成分と拡散成分に異なる割合で寄与することが原因とされている。今回我々は、スピンの長距離輸送の実現に向けスピン拡散をより抑えた構造とした場合には、$\theta_K(x, t)$の等位相線が「負の傾き」を持ち得ることを、実験・計算の両面から明らかにしたので報告する。

Kerr 回転測定における、ポンプ光およびプローブ光のスポットサイズを 7 μm および 2.5 μm であると仮定し、スピンドリフト拡散方程式を用いて(001)GaAs 量子井戸中の電子スピンの時間空間分布を計算した。図 1(a)は、等位相線が正の傾きを持つ条件を、スピン拡散係数 D_S = 15 μm^2/ns として再現した計算結果である。交互に現れる符号反転は、スピン軌道相互作用によるスピンの歳差運動を示し、その等位相線は時間経過と共に長距離側にシフトする。一方、図 1(b)に示したように D_S = 3 μm^2 / ns とすると、時間発展の初期では等位相線が明瞭に負の傾きを示しており、実験でも同様の現象を観測している。このような負の傾きは、D_s が十分小さい条件のもとで、ポンプ・プローブ光のスポットサイズをガウス型の強度分布として畳み込んだときにのみ現れることから、スピン拡散の過渡現象によって生じているものと考えられる。

本研究は JSPS 科研費（JP15H05699, JP16H03821）の助成を受けた。

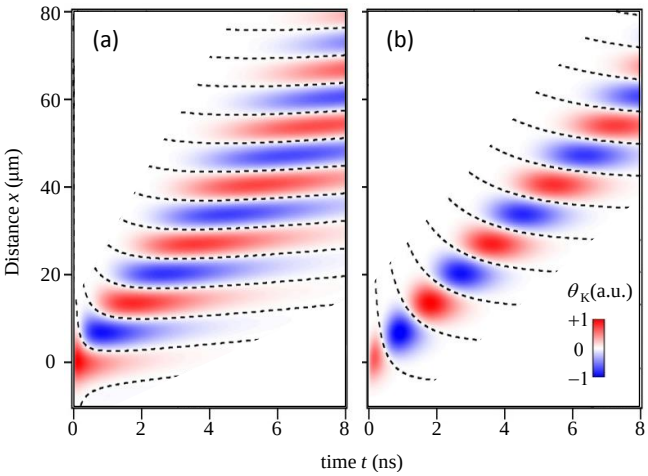

図 1: θ_K のシミュレーション結果. 但し(a), (b)はそれぞれ D_S = 15, 3 μm^2/ns の値を用いた.

[1] M.P. Walser *et al.*, Nat. Phys. **8**, 757 (2012).
[2] Y. Kunihashi *et al.*, Nat. Comm. **7**, 10722 (2016).
[3] P. Altmann *et al.*, PRL **116**, 196802 (2016).

© 2017年 応用物理学会