

(110) 面 InGaAs 量子井戸中の面直内部有効磁場の直接観測

Direct observation of the effective magnetic field in a (110)InGaAs quantum wells

千葉大院工¹, 東北大院工², 東北大通研³ ○中西 晃一¹, 齋藤 康人¹, 飯笹 大介²,

石谷 善博¹, 横田 信英³, 好田 誠², 森田 健¹

Chiba Univ.¹, Tohoku Univ.², Tohoku Univ. RIEC³

°K. Nakanishi¹, Y. Saito¹, D. Iizasa², Y. Ishitani¹, N. Yokota³, M. Kohda², K. Morita¹

E-mail: morita@chiba-u.jp

III-V 族半導体量子井戸 (QW) ではスピン軌道相互作用 (SOI) によって運動量をもつ電子に対して有効磁場がはたらく。電子スピンは磁場による回転制御が可能であるため、将来的に外部磁場印加なしの省電力スピンドバイスへの応用が期待できる。一方で、SOI はスピン緩和を引き起こす要因でもあり、室温で主とされるスピン緩和機構に D'yakonov-Perel' (DP) 機構[1]がある。これは、電子散乱による波数変化で有効磁場が変化し、アンサンブル平均としてのスピン偏極がある時間で失われるというものである。通常、(110)面上の QW では Dresselhaus SOI[2]による有効磁場が面直に働く (図 1) ため、DP 機構を抑制できる。しかし、InGaAs QW では(100)面試料とのスピン緩和時間の比較から DP 機構の支配性が否定され、有効磁場の存在そのものを確認する必要がある[3]。本研究では DP 機構抑制に寄与する面直な有効磁場を直接観測し、その大きさを見積もることを目的とする。

試料は、3°傾斜した(110)InP 微傾斜基板上に作製した井戸幅 10 nm で 50 周期の InGaAs/InAlAs 多重量子井戸を用いた。測定は時間分解 Kerr 回転法による時空間スピンドYNAMICS 計測を行い、スピン歳差運動周波数の位置依存性を観測した。面直方向の有効磁場を捉えるために、面直と面内両方の成分をもった外部磁場 $\Omega_{ext}^{\pm}$ を印加した。図 2 に $x \parallel [001]$ と $y \parallel [1\bar{1}0]$ 方向にスキャンした歳差運動周波数 $\Delta\Omega_{SO}$ の位置依存性を示す。 $\Delta\Omega_{SO}$ は外部磁場と有効磁場の和である全磁場 $|\Omega_{tot}|$ と外部磁場 $|\Omega_{ext}^{\pm}|$ の差分の大きさに相当し、有効磁場の大きさを表している。y-scan 測定に現れる大きな傾きと Ω_{ext}^{-} と Ω_{ext}^{+} の条件で見られる反転は、y 軸方向に運動するスピンに対する面直方向に働く有効磁場の存在を示している。一方、x-scan 測定では傾きは見られず、x 軸方向に運動するスピンには外部磁場と並行な成分の有効磁場がないことを示している。また、y-scan 測定に見られた傾きの僅かな差は基板傾斜由来の面内有効磁場によるものと考えられる。実線は理論式による fitting であり、この傾きから Dresselhaus 有効磁場の大きさを決定するパラメータ β が先行研究[4]で報告されているものよりも非常に大きいとわかった。

References

- [1] M. I. D'yakonov, *et al.*, JETP **33**, 1053 (1971).
- [2] G. Dresselhaus, Phys. Rev. **100**, 580 (1955).
- [3] N. Yokota, *et al.*, J. Appl. Phys. **116**, 023507 (2014).
- [4] K. Kawaguchi, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **115**, 172406 (2019).

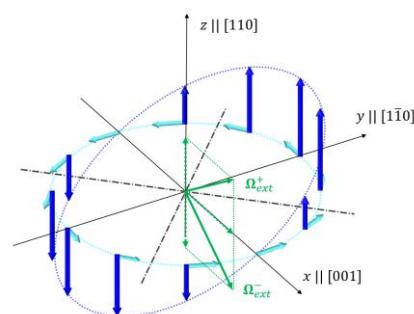


Fig.1 : Vector diagram of the Dresselhaus effective magnetic field in a (110) quantum well on slightly misoriented (110) substrate.

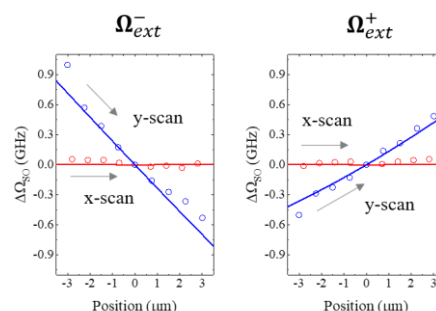


Fig.2 : Position dependence of the spin precession frequency $\Delta\Omega_{SO}$.