

InGaAs 量子井戸における室温スピン緩和とその理論解析

Room temperature spin relaxation in InGaAs quantum wells

○森田 健^{1, 2}, 黒澤 亮太¹, 小田 達也², 石谷善博¹, 北田 貴弘², 井須 俊郎²千葉大院工¹, 徳大院フロンティア² Chiba Univ.¹, Tokushima Univ.²,○Ken Morita^{1,2}, Ryota Kurosawa¹, Tatsuya Oda², Yoshihiro Ishitani¹, Takahiro Kitada², Toshiro Isu²

E-mail: morita@chiba-u.jp

III-V 族半導体量子井戸では、量子井戸の構造反転対称性の破れに起因する Rashba スピン軌道相互作用（係数 α ）と閃亜鉛構造の結晶反転対称性の破れに起因する Dresselhaus スピン軌道相互作用（係数 β ）の二つが存在する。特に通信波長帯（1.5 μm ）で吸収を持つ InGaAs 系量子井戸中は、これまで多く調べられてきた GaAs 系量子井戸に比べて α が大きく、さらにその係数のゲート制御が可能であることから、より効果的にスピンの制御が実現できる^[1, 2]。しかし、InGaAs 系量子井戸における電子スピンドायナミクスを、光学的な手法によって調べた報告例は極めて少ない^[3]。本研究では、InGaAs 多重量子井戸の室温でのスピン緩和を時間分解ポンププローブ法によって調べ、 α をパラメータとしたモンテカルロシミュレーションの結果と比較した。

試料は分子線エピタキシー法によって作製し、InP(001)基板上にバッファ層としての役割を果たす $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 5 nm、 $\text{In}_{0.53}\text{Al}_{0.47}\text{As}$ 400 nm を成長した後、井戸幅 10 nm の $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 多重量子井戸（30 周期）を成長した。図 1 に試料構造を示す。時間分解光学測定は、光パラメトリック増幅器（OPA）から出力される繰り返し周波数 100 kHz、時間幅 150 fs、波長域 1.5 μm 帯の超短光パルスを光源として行った。円偏光パルスを励起することで量子井戸中の電子スピンを形成し、その緩和時間は時間遅延した右円偏光と左円偏光のプローブパルスの差によって求めた。図 2 に共鳴吸収よりも少し高いエネルギー（1540 nm）で観測した時間分解ポンププローブ測定の結果を示す。この実験結果を再現するために、線形の Dresselhaus 項と Rashba 項のスピン軌道相互作用を考慮したモンテカルロシミュレーションを行った。図 3 に図 2 から得られたスピン偏極率の実験結果と、 $\beta = 9.9 \times 10^{11} \text{ eVcm}$ 、 $k_F = 0.85 \times 10^6 \text{ cm}^{-1}$ 、散乱時間 $\tau_p = 0.034 \text{ ps}$ とし、 α をパラメータとしたときのフィッティング結果を示す。フィッティングの結果、 $\alpha = 19 \times 10^{11} \text{ eVcm}$ と求まり、 β よりも2倍程度大きいことが分かった。

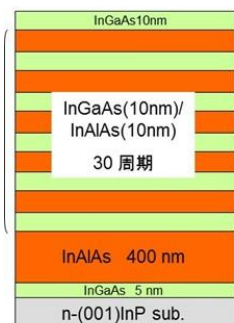
[1] J. Nitta *et al.*, Phys. Rev. Lett. **78**, 1335 (1997)[3] A. Tackeuchi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **56**, 2213 (1990)[2] M. Kohda *et al.*, Phys. Rev. B **86**, 081306(R) (2012)

図1

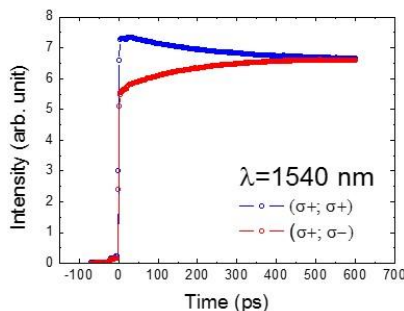


図2

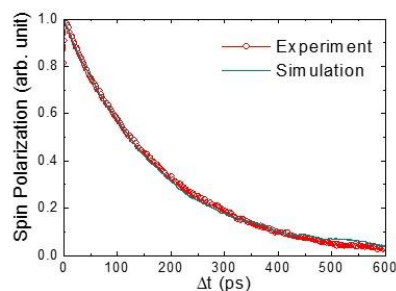


図3