

# Monte Carlo 法に基づく InGaAs 量子井戸中スピンの偏極の 高温における空間マッピング

## Spatial mapping of spin polarization in InGaAs quantum wells

### at high temperature using Monte Carlo simulation

千葉大院工 ○黒澤 亮太、森田 健、石谷 善博

Chiba Univ. ○Ryota Kurosawa, Ken Morita, Yoshihiro Ishitani

E-mail: r.kurosawa@chiba-u.jp

半導体中の電子はスピン軌道相互作用による内部有効磁場を感じ、その状態を変化する。電子スピンを電界効果トランジスタといったデバイスに応用する際、この内部有効磁場の制御が重要となる。量子井戸中のスピン軌道相互作用には構造反転非対称性に由来する Rashba スピン軌道相互作用(係数  $\alpha$ )と結晶反転非対称性に由来する Dresselhaus スピン軌道相互作用(linear 係数  $\beta$ , cubic 係数  $\gamma$ )が存在する。近年、 $\alpha$  と  $\beta$  の大きさを等しくすることでスピン緩和長が理論上無限大となる Persistent Spin Helix (PSH)状態が提言され<sup>[1]</sup>、相補的出力トランジスタといった新規デバイスへの応用が報告されている<sup>[2]</sup>。しかし室温のような高温においても PSH 状態を形成可能であるかは明らかになっていない。そこで本研究では、モンテカルロシミュレーションを用い、高温での光励起後に拡散する電子スピン偏極の空間マッピングを行った。

試料として[001]方向に成長した井戸幅と障壁幅がそれぞれ 10 nm の  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As} / \text{In}_{0.53}\text{Al}_{0.47}\text{As}$  量子井戸を想定した。計算ではフェルミ分布に従うエネルギー広がりとして LO フォノンの吸収・放出を考慮した。 $-\alpha = \beta = 4 \times 10^{-13}$  eVm、 $\gamma = 10$  eVÅ<sup>3</sup>、励起電子密度  $N_s$  を  $1 \times 10^{10}$  cm<sup>-2</sup>、励起スポット径を 5  $\mu\text{m}$ 、LO フォノンエネルギーを 36 meV として計算を行った。図 1 に基底( $n=1$ )サブバンドにおける電子のエネルギー分布を、図 2 に 77 K と 300 K における光励起から 100 ps、1 ns 後のマッピング結果を示す。温度の上昇と共に cubic Dresselhaus スピン軌道相互作用が無視できなくなり、300 K では 1 ns 後に PSH 状態の特徴である縞模様が消失するが、数百 ps の時間領域では縞模様が維持されることが分かった。

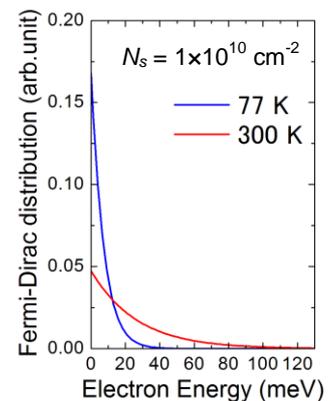


図 1 電子のエネルギー分布

[1] J. Schliemann and D. Loss, Phys. Rev. B **68**, 165311 (2003) [2] Y. Kunihashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 113502 (2012)

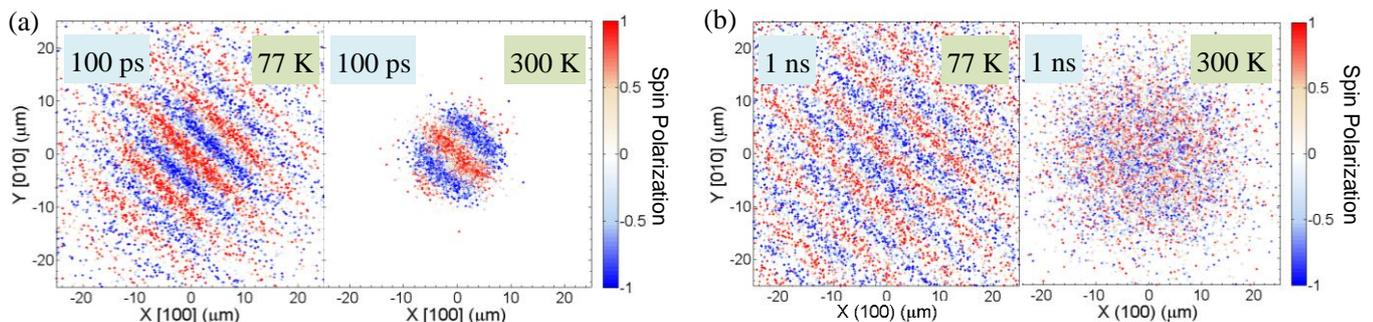


図 2 各温度におけるスピンの偏極の空間分布 (a)100 ps 後 (b)1 ns 後