

(110)GaAs 超格子構造における室温スピン緩和時間 Room temperature spin relaxation in (110)-oriented GaAs superlattice with tunnel-coupled quantum wells

産総研新原理コンピューティング研究センター¹, 筑波大院数理²,

○揖場聡¹, 岡本亮吾², 小畑優真², 大部公暉²,

PASCUAL DOMINGUEZ JONATHAN JOHAN², 齋藤秀和¹, 大野裕三^{1,2}

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)¹, Univ. of Tsukuba²

○Satoshi Iba¹, Ryogo Okamoto², Yuma Obata², Koki Obu²,

PASCUAL DOMINGUEZ JONATHAN JOHAN², and Hidekazu Saito¹, Yuzo Ohno^{1,2}

E-mail: s.iba@aist.go.jp

キャリアのスピン状態を制御した半導体レーザ「スピンレーザ」は円偏光発振などユニークな特徴を有することから近年注目を集めている。しかし、スピン注入源からレーザ活性層への効率的な電子スピン輸送に課題がある。スピンレーザではデバイス構造上、電子スピンを面内および面直方向に輸送する必要がある。このような観点から既報では GaAs バルクが輸送層として利用されてきた。しかしながら、その短いスピン緩和時間(~ 0.1 ns)に起因した輸送中のスピン偏極度の減少によりレーザ出力の円偏光度は 200K で 8%にとどまっている[1]。そのため室温で長いスピン緩和時間を有するスピン輸送層の開発が望まれてきた。本研究ではバルクに代わる面内・面直スピン輸送層の候補としてトンネル結合を有する(110)GaAs 超格子構造を提案する。室温においてスピン緩和時間 τ_s の超格子バリア幅依存性を評価し、スピンレーザへの適用可能性を検討したので報告する[2]。

試料は MBE 法により、GaAs(110)基板上に 10 周期のトンネル結合 GaAs(10 nm)/Al_{0.3}Ga_{0.7}As($L_B = 1 \sim 3$ nm)超格子構造を作製した。参照として非トンネル結合の多重量子井戸($L_B = 10$ nm)および GaAs バルク(3 μ m)も成膜した。フォトルミネッセンス(PL)スペクトルから試料の電子状態、偏光時間分解 PL 法により τ_s を評価した。

バリア幅 L_B を狭くするにつれて PL ピーク波長が長波長側にシフトし、かつ、線幅が広がった(図 1(a))。これはバリア幅が狭くなると隣接井戸層間で電子波動関数が結合し、成長軸方向の量子化エネルギーがバンド状に幅を持って広がること、即ち、電子が面直方向へ移動し易くなることを表している。

バリア幅を狭くするとスピン偏極度の時間波形の傾きが大きくなり(τ_s が減少)、 $L_B = 1$ nm の超格子試料では $\tau_s = 0.7$ ns の値を示した(図 1(b))。この値はバルク(0.1 ns)より 7 倍もの長い値である。これらの測定値を利用した簡単なスピン輸送モデル計算により、(110)GaAs 超格子構造を利用すると室温でスピンレーザの円偏光発振が期待できることが明らかとなった[2]。

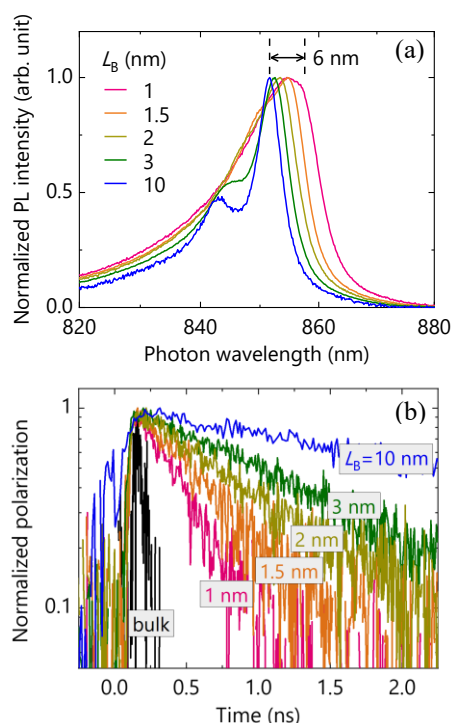
謝辞

本研究は JSPS 科研費 19H02181, 19K05243 の助成を受けた。

参考文献

[1] D. Basu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **92**, 091119 (2008).

[2] Y. Ohno *et al.*, Appl. Phys. Express **13**, 123003 (2020).



Figs. 1(a) PL spectra of four tunnel-coupled SLs and isolated QWs with L_B of 10 nm. (b) Temporal evolution of the normalized PL polarization for four SL samples, the isolated QWs, and bulk GaAs measured at RT.