

GaAs/AlGaAs トンネル双量子井戸におけるスピン緩和時間の広い井戸幅依存性

Wide well width dependence of spin relaxation time of GaAs/AlGaAs tunneling bi-quantum-well

○中村 芳樹¹、有竹 貴紀¹、H. Wu¹、シヨウ サンウ¹、武藤 俊一²、竹内 淳¹

(1. 早大先進理工、2. 北大院工)

○Y. Nakamura¹, T. Aritake¹, H. Wu¹, C. Jiang¹, S. Muto² and A. Tackeuchi¹

(1. Waseda Univ., 2. Hokkaido Univ.)

E-mail address: sweet-tree@toki.waseda.jp

トンネル双量子井戸は狭い井戸と広い井戸がバリア層を挟んで交互に積層されており、井戸間でキャリアのトンネルが可能である。このため、狭い井戸を光励起した場合には、励起された電子はトンネルによって広い井戸へ移るため、通常の多重量子井戸構造に比べて吸収回復時間が短い¹。また、共鳴トンネルでは非共鳴の場合に比べてトンネル時間をより一層短縮させることが可能となる²。本研究では広い井戸の井戸幅が異なる4つのGaAs/AlGaAsトンネル双量子井戸のスピン緩和について時間分解ポンププローブ反射計測を用いて調べた。

本研究で用いたサンプルは井戸幅4.5 nmの狭い井戸(GaAs)、バリア幅4.0 nmのバリア障壁(AlGaAs)、広い井戸(GaAs)を50周期交互に積層した構造となっている。広い井戸幅 L_w は9.0 nmから13.0 nmまで変化させた。室温における吸収スペクトルの測定結果から²、井戸幅 $L_w = 10.7$ nmにおいて狭い井戸の基底準位と広い井戸の第一励起準位のエネルギーが一致することが分かっている。また、レファレンスとして通常の多重量子井戸構造(井戸幅4.5 nm, GaAs, バリア幅4.0 nm, AlGaAs, 120周期)の測定も行った。サンプルは全てGaAs基板上に分子線エピタキシー法を用いて成長した。スピン緩和は円偏光パルスを用いた時間分解ポンププローブ反射計測により観測した³。光源にはフェムト秒超短パルスチタンサファイアレーザーを使用し、実験系の時間分解能はサブピコ秒である。

Figure 1(a)に井戸幅 $L_w = 9.0$ nmのサンプルについて、室温において励起光強度30 mWで狭い井戸を共鳴励起したときのポンププローブ反射計測の結果を示す。 I^+ はポンプ光とプローブ光が同一円偏光のとき、 I^- は逆円偏光のときの結果にそれぞれ対応する。Figure 1(b)に(a)より求めたスピン偏極率の時間変化を示す。二重指数関数近似により、14.9 psと112 psのスピン緩和時間が得られた。速い成分は狭い井戸における電子のスピン緩和、遅い成分は広い井戸における電子のスピン緩和であると考えられる^{4,5}。

Figure 2に狭い井戸におけるスピン緩和の井戸幅依存性を示す。スピン緩和時間は通常の多重量子井戸構造で25.4 psであり、トンネル双量子井戸構造では通常よりスピン緩和時間が短くなっていることが分かる。よってスピン緩和はトンネル効果による何らかの影響を受けているものと考えられる⁵。特に井戸幅 L_w の増加に伴い、 $L_w = 10.7$ nmのサンプルにおいてスピン緩和時間の急激な減少が確認できる。このことから、狭い井戸の基底準位と広い井戸の第一励起準位間においてス

ピンフリップトンネルが働いている可能性がある⁶。

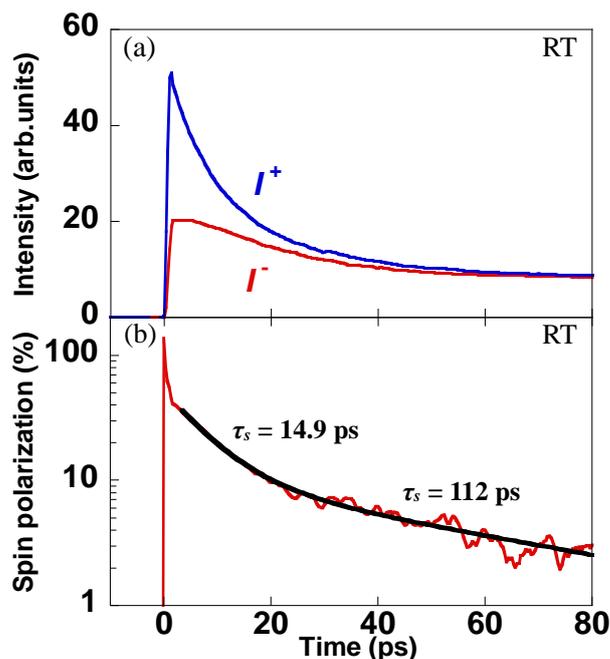


Fig.1 Time evolutions of (a) reflection intensity and (b) spin polarization in the narrow wells at room temperature.

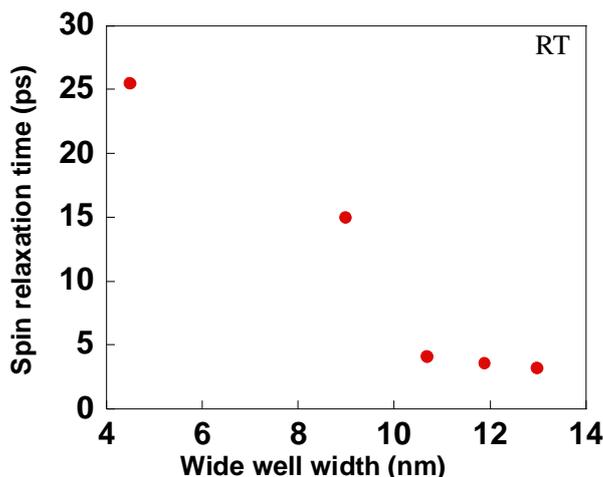


Fig.2 Wide well width dependence of spin relaxation time at room temperature.

¹ A. Tackeuchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **28**, L1098 (1989).

² A. Tackeuchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **30**, 2730 (1991).

³ A. Tackeuchi et al., Appl. Phys. Lett. **56**, 2213 (1990).

⁴ 山口他, 第 59 回応用物理学会春季学術講演会 18a-E1-4 (2012).

⁵ 有竹他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 12p-A24-3 (2015).

⁶ H. Sasakura et al., Jpn. J. Appl. Phys. **43**, 2110 (2004).