

GaAs/AlGaAs/AlAs タイプ II トンネル双量子井戸のスピンの緩和

Spin relaxation of GaAs/AlGaAs/AlAs type-II tunneling bi-quantum-well

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

(1. 早大先進理工、2. 北大院工)

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

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

E-mail: t.aritake@suou.waseda.jp

タイプ II トンネル双量子井戸(TBQ)は、GaAs 井戸、AlGaAs 障壁層、AlAs 層から成り(Fig.1)、GaAs 井戸に光励起された電子は AlAs 層の X 点にトンネルすることが可能であるため、励起子吸収の回復が高速である¹。タイプ II TBQ の特徴としては、タイプ I TBQ と異なり、GaAs 井戸の基底準位を共鳴励起する波長では広い井戸での光吸収が無いこと、また、狭い井戸から広い井戸へ正孔がトンネルしないことが挙げられる。本研究では障壁層幅の異なる 4 種類の GaAs/AlGaAs/AlAs タイプ II TBQ のスピン緩和を、時間分解ポンププローブ反射計測を用いて調べた。

サンプルは分子線エピタキシー法により GaAs 基板上に成長した 50 周期の GaAs/Al_{0.51}Ga_{0.49}As/AlAs TBQ であり (Fig.1)、GaAs 井戸幅は 2.8 nm、AlAs 層幅は 7.1 nm である(障壁層幅 $L_B = 1.1, 2.3, 3.4, 4.0$ nm)。スピンの緩和の観測は円偏光を用いた時間分解ポンププローブ反射計測²により行った。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用い GaAs 井戸の基底準位を共鳴励起する波長とした。実験系の時間分解能は光パルスの時間幅によって決まり、サブピコ秒である。

Figure 2 (a)に障壁層幅 $L_B = 3.4$ nm のタイプ II TBQ の励起光強度 30 mW でのポンププローブ反射計測の結果(室温)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^- はポンプ光とプローブ光が逆円偏光のときの反射光強度である。Figure 2 (b)に(a)から求めたスピン偏極率 $(I^+ - I^-)/(I^+ + I^-)$ の時間変化を示す。指数関数近似により求めたスピン緩和時間は 27.8 ps となった。

Figure 3 にスピン緩和時間とトンネル時間の障壁層幅依存性を示す。トンネル時間が短いほどスピン緩和時間が減少することが明らかになった。タイプ I TBQ でも同様の傾向が観測されているが³、GaAs 井戸の基底準位から AlAs 層の X 点へのトンネルでスピン緩和が促進されている可能性がある⁴。

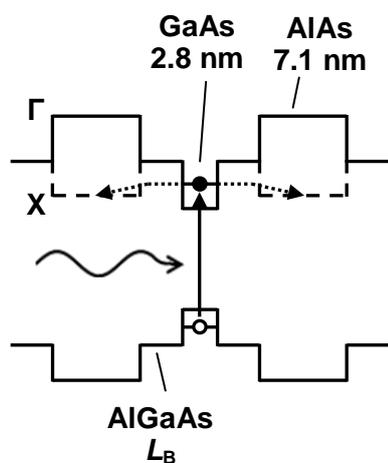
¹ A. Tackeuchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **31**, L669 (1992).² A. Tackeuchi et al., Appl. Phys. Lett. **56**, 2213 (1990).³ 有竹他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 12a-A24-3 (2015).⁴ H. Sasakura et al., Jpn. J. Appl. Phys. **43**, 2110 (2004).

Fig.1 Energy band diagram of the GaAs/AlGaAs/AlAs type-II tunneling bi-quantum-well.

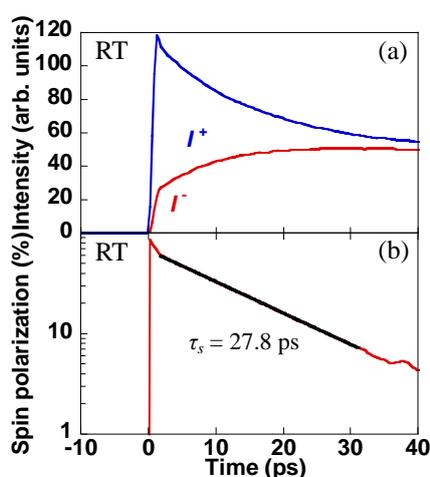


Fig.2 Time evolutions of (a) reflection intensity and (b) spin polarization at room temperature.

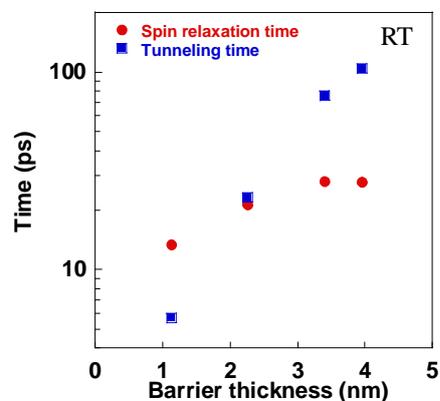


Fig.3 Barrier thickness dependence of the spin relaxation time and the tunneling time at room temperature.