## GaAs/AlGaAs 共鳴トンネル双量子井戸のスピン緩和メカニズム Spin relaxation mechanism of GaAs/AlGaAs resonant tunneling bi-quantum-well <sup>o</sup>中村 芳樹<sup>1</sup>、ショウ サンウ<sup>1</sup>、中山 航<sup>1</sup>、飯田 真之<sup>1</sup>、谷川 詩馬<sup>1</sup>、武藤 俊一<sup>2</sup>、竹内 淳<sup>1</sup> (1. 早大先進理工、2. 北大院工)

°Y. Nakamura<sup>1</sup>, C. Jiang<sup>1</sup>, K. Nakayama<sup>1</sup>, M. Iida<sup>1</sup>, S. Tanigawa<sup>1</sup>, S. Muto<sup>2</sup> and A. Tackeuchi<sup>1</sup> (1.Waseda Univ., 2. Hokkaido Univ.)

E-mail address: <a href="mailto:sweet-tree@toki.waseda.jp">sweet-tree@toki.waseda.jp</a>

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 でキャリアの量子力学的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、伝導 帯の量子準位に励起された電子はトンネル効果 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くなる<sup>1</sup>。また、 共鳴トンネルでは非共鳴トンネルに比べてトン ネル時間をより一層短縮させることが可能とな る<sup>2</sup>。本研究では広い井戸の井戸幅が異なる4種類 のGaAs/AIGaAsトンネル双量子井戸のスピン緩 和を時間分解フォトルミネッセンス(PL)測定を 用いて調べた。

Figure 1にGaAs/AlGaAsトンネル双量子井戸の エネルギーバンドの模式図を示す。サンプルは分 子線エピタキシー法によりGaAs基板上に狭い GaAs 井戸層(幅4.5 nm)、AlGaAs バリア層(幅4.0 nm)、広いGaAs井戸層を50周期交互に積層した構 造となっている。広い井戸幅Lw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<sup>2</sup>、井戸幅L<sub>w</sub> = 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。以上のサンプルについて狭い井戸の基底準位 付近の波長に励起波長を合わせ、広い井戸におけ るスピン緩和を円偏光時間分解PL測定により調 べた。光源にはフェムト秒超短パルスチタンサフ ァイアレーザーを使用した。偏光子と1/4波長板を 用いて右円偏光とした励起光をサンプルに垂直入 射させ、スピン偏極キャリアを生成する。サンプルか らのPL光を偏光子と1/4波長板で各円偏光成分を抽 出し分光器で波長分解した後、ストリークカメラで時 間分解することでスピン偏極率の時間変化を観測し た。

Figure 2(a), (b)にそれぞれ井戸幅L<sub>w</sub> = 9.0 nm, 10.7 nmのサンプルにおける温度15 K、励起光高 強度10 mWのPL強度の時間変化を示す。*I* +はダ ウンスピンキャリアの時間変化を、

にはアップス ピンキャリアの時間変化を表している。挿入図は このときのスピン偏極率の時間変化である。Lw= 9.0 nmのサンプルにおいて単一指数関数近似を 用いて得られたスピン緩和時間は96.1 psであっ た。一方、L<sub>w</sub> = 10.7 nmのサンプルにおいては二 重指数関数近似により56.0 ps, 262 psという二成 分に分かれたスピン緩和時間が得られた。この二 つのスピン緩和成分はL<sub>w</sub>≥10.7 nmの全てのサン プルにおいて観測できた。また、狭い井戸におけ るスピン緩和時間がLw ≥ 10.7 nmのサンプルにお いて著しく短縮したことも考慮に入れると3、狭 い井戸の基底準位と広い井戸の第一励起準位間 におけるスピンフリップトンネルの影響を受け、 速い成分が観測できるようになったと考えられ る<sup>4</sup>。



**Fig.1** Energy band diagrams of the GaAs/AlGaAs tunneling bi-quantum-well.



**Fig.2** Time evolutions of spin-dependent PL and spin polarization (inset) of GaAs/AlGaAs TBQs with (a)  $L_w = 9.0$  nm and (b)  $L_w = 10.7$  nm for an excitation power of 5 mW at 10 K.

- <sup>1</sup> A. Tackeuchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **28**, L1098 (1989).
- <sup>2</sup> A. Tackeuchi et al., Appl. Phys. Lett. **84**, 3576 (2004).
- <sup>3</sup>中村他,第63回応用物理学会春季学術講演会,19p-W241-9
- <sup>4</sup> A. Sasakura et al., Jpn. J. Appl. Phys. **43**, 2110 (2004).