

GaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}As 量子井戸における低温でのスピン緩和時間の井戸幅依存性Well width dependence of spin relaxation time at low temperature in GaAs / Al_{0.3} Ga_{0.7} As quantum well○松田 侑己¹、中村 雄一¹、孫 啓明¹、田代 大吾¹、山内 敬仁¹、下村 哲²、竹内 淳¹

(1. 早大先進理工、2. 愛媛大理工)

○Y. Matsuda¹, Y. Nakamura¹, Q. Sun¹, D. Tashiro¹, T. Yamauchi¹, S. Shimomura² and A. Tackeuchi¹,

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

E-mail address: see8c3fed78rgl@akane.waseda.jp

我々は、量子井戸におけるスピン緩和のメカニズムとして低温では Elliott-Yafet(EY)効果¹や Bir-Aronov-Pikus(BAP)効果²が働き、室温近傍では D'yakonov-Perel(DP)効果³が働くことを明らかにしてきた^{4,5}。特に DP 効果によるスピン緩和メカニズムは、井戸幅が狭くなるにつれて寄与が大きくなり、スピン緩和時間が短くなる⁶。本研究では井戸幅の異なる GaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}As 量子井戸(QW)のスピン緩和時間を円偏光時間分解ポンプ・プローブ反射計測にて測定し、低温(14 K)でのスピン緩和時間の井戸幅依存性を調べた。

本研究に用いたサンプルは分子線エピタキシー法により GaAs(100)基板の上に井戸幅の異なる 5 つの GaAs 井戸層(幅 1.1, 1.4, 1.8, 2.2, 2.6 nm)と Al_{0.3}Ga_{0.7}As 障壁層(幅 30 nm)を交互に積層させた構造となっている。ポンプ・プローブ反射計測では、フェムト秒超短パルスチタンサファイアレーザーを励起光源としている。レーザーをビームスプリッターにてポンプ光とプローブ光に分け、偏光子と 1/4 波長板を用いて右円偏光に変換したポンプ光パルスサンプルに入射させ、ダウンスピンキャリアを生成する。遅延光路を用いて時間差をもうけた円偏光プローブパルスをサンプルに照射し、その反射光強度を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。得られたスピン偏極率からスピン緩和時間を測定した。

Figure 1 に測定温度 14 K、励起光強度 60 mW、井戸幅 1.8 nm での反射光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、 I^- はアップスピンキャリアの時間変化を示している。挿入図はこのときのスピン偏極率の時間変化を示している。単一指数関数近似を用いて得られたスピン緩和時間は 398 ps であった。

10 K における 3 種類の井戸幅(1.8, 2.2, 2.6 nm)のスピン緩和時間を Fig.2 に示す。井戸幅が狭くなるにつれてスピン緩和時間が大きくなっている。これは、狭い井戸幅になるほど量子井戸内における電子の波動関数の染み出しが大きくなることによって電子とホールの交換相互作用

が弱まり、BAP 効果の寄与が弱まったことが原因であると考えられる。また、狭い井戸ではキャリアの局在化により量子ドット的な振る舞いが生じる⁷ことも原因の一つと考えられる。

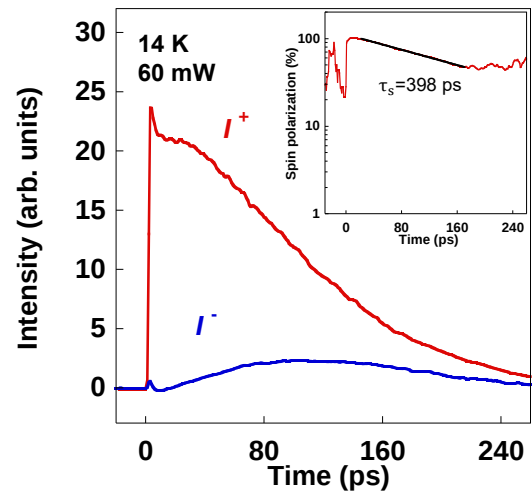


Fig.1 Time evolution of spin-dependent reflection intensity and spin polarization (inset) in GaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}As QW with $L_w = 1.8$ nm for an excitation power of 60 mW at 14 K.

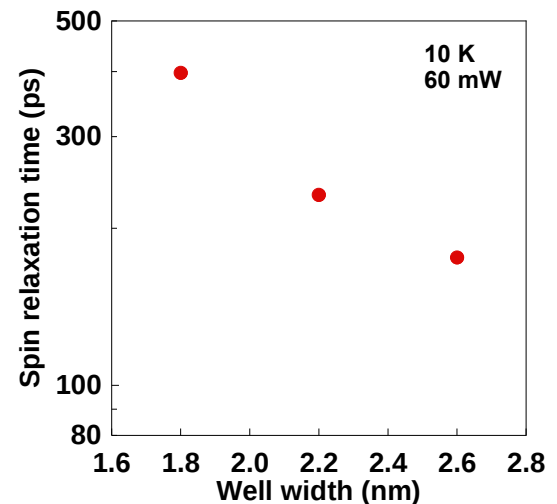


Fig.2 Well width dependence of spin relaxation time of GaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}As QW for an excitation power of 60 mW at 10 K.

¹ R. J. Elliott, Phys. Rev. **96**, 266 (1954).

² G. L. Bir et al., Zh. Eksp. Teor. Fiz. **69**, 1382 (1975).

³ M. I. D'yakonov et al., Sov. Phys. Semicond. **20**, 110 (1986).

⁴ 上村他, 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 18a-E1-5

⁵ 石塚他, 第 73 回応用物理学学会学術講演会, 14a-H6-4

⁶ A. Tackeuchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **38**, 4680 (1999).

⁷ O. Wu et al, Phys. Rev. Lett. **83**, 2652 (1999).