18a-A27-7

Si ドープ $In_{0.8}Ga_{0.2}As/AlAs/AlAs_{0.56}Sb_{0.44}$ 結合量子井戸のスピン緩和

Spin relaxation in Si-doped $In_{0.8}Ga_{0.2}As/AlAs/AlAs_{0.56}Sb_{0.44}$ coupled double quantum wells

早大先進理工 [1]，産業技術総合研究所 [2]

○浅川 将輝 [1]，牛頭 信一郎 [2]，物集 照夫 [2]，本多 一輝 [1]，安江 裕也 [1]，竹内 淳 [1]

Waseda Univ. [1], AIST [2]

○M. Asakawa [1], S. Gozu[2], T. Mozume[2], K. Honda[1], Y. Yasue[1], A. Tackeuchi[1]

E-mail: masaki-4114@ruri.waseda.jp

量子井戸中のキャリアのスピン緩和現象は基礎物性と応用の両面において興味深い。InGaAs/ AlAsSb 多重量子井戸および InGaAs/AlAs/AlAsSb 結合量子井戸は、サブバンド間遷移を利用した光変調器への応用が期待されている [1-4]。また結合量子井戸構造を用いることによって、変調効率の向上が図られている [2,3]。これまでに我々はノンドープ $In_{0.8}Ga_{0.2}As/AlAs/AlAs_{0.56}Sb_{0.44}$ 結合量子井戸のスピン緩和を測定し、10 K において 16 ps という速い緩和時間を観測した [5]。本研究では時間分解ポンププローブ反射計測を用いて、Si ドープ $In_{0.8}Ga_{0.2}As$ /AlAs/$AlAs_{0.56}Sb_{0.44}$ 結合量子井戸のスピン緩和時間を調べた。

サンプルは半絶縁性 InP 基板上に井戸層として Si を 1×10^{19} cm^{-3} ドープした n-$In_{0.8}Ga_{0.2}As$ を 2.6 nm、障壁層として $AlAs_{0.56}Sb_{0.44}$ を 3 nm、また、中間層として AlAs を 2 ML 挿入した 60 周期の結合量子井戸（Fig. 1）で分子線エピタキシー法により作製した。スピン緩和の観測に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を用いた [6]。光源には極短パルスチタンサファイアレーザーを使用し、光パラメトリック発振器を用いて波長 1100 nm ~ 1150 nm の赤外光パルスに変換した。実験系の時間分解能はパルスの時間幅で決まり、200 fs である。

Figure 2 (a)に温度 10 K、励起光強度 20 mW における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場合、I_- は逆円偏光の場合の反射強度の結果である。また Fig.2 (b)に、(a)から求めたスピン偏極率の時間変化を示す。二重指数関数近似で求めたスピン緩和時間は 0.50 ps と 4.11 ps であった。この結果は以前報告したノンドープ $In_{0.8}Ga_{0.2}As/AlAs/AlAs_{0.56}Sb_{0.44}$ 結合量子井戸のスピン緩和時間である 16 ps より速い [5]。

また、本サンプルのスピン緩和時間は温度上昇とともに緩やかに遅くなり、300 K で 7.2 ps になった。この温度依存性は D'yakonov-Perel 効果や Bir-Aronov-Pikus 効果、Elliott-Yafet 効果等では説明できない。今後スピン緩和メカニズムの解明のためにさらなる研究が必要である。

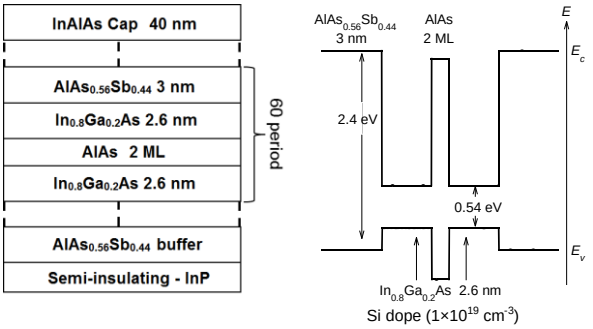

Fig.1 Sample structure and energy band diagram of InGaAs/AlAs/AlAsSb coupled double quantum wells.

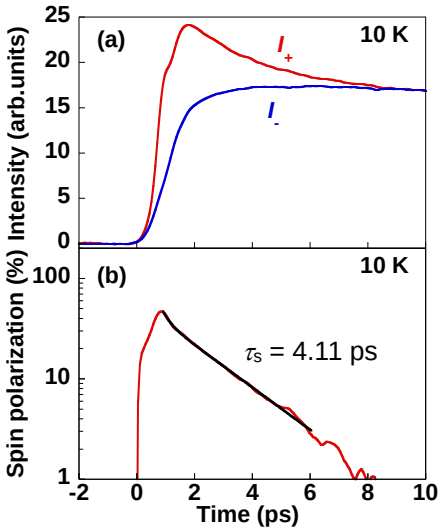

Fig.2 Time evolutions of (a) spin-dependent reflection intensity and (b) spin polarization in InGaAs/AlAs/AlAsSb coupled double quantum wells at 10 K.

[1] R. Akimoto et al., Appl. Phys. Lett. **91**, 221115 (2007).
[2] T. Mozume et al., J. Vac. Sci. Technol. B **28**, C3C25 (2010).
[3] S. Gozu et al., J. Cryst. Growth **331**, 1700 (2009).
[4] K. Sasayama et al., Appl. Phys. Lett. **100**, 092401 (2012).
[5] R. Yamaguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 04CM05 (2013).
[6] A. Tackeuchi et al., Appl. Phys. Lett. **56**, 2213 (1990).

© 2014 年　応用物理学会