

VGF 法によるノンドープ GaAs バルクのスピンの緩和

Spin relaxation in undoped GaAs grown by VGF method

早大先進理工

○安江 雄也, 上村 光典, 本多 一輝, 竹内 淳

Waseda Univ.

○Y. Yasue, M. Uemura, K. Honda, and A. Tackeuchi

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

Vertical Gradient Freeze (VGF) 法により成長した半導体結晶は転位密度が低い、信頼性の高いレーザーや高輝度 LED の材料として使われている¹。本研究では VGF 法によるノンドープ GaAs のスピン緩和過程を時間分解ポンププローブ法によって調べた。

サンプルは、ノンドープ GaAs バルクで、キャリア濃度は $1.9 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ である。スピン緩和過程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って観測した²。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、実験系の時間分解能は 140 fs である。

Fig. 1 に 10 K、励起波長 760 nm、励起光強度 3 mW におけるフォトルミネッセンススペクトルを示す。818 nm の Peak 1 と 828 nm の Peak 2 が観測された。バンド間遷移と伝導帯・アクセプタ間遷移の発光ピーク波長の差は 9 nm という報告があり、本実験におけるピーク波長の差 10 nm と非常に近い³。したがって、Peak 1 はバンド間遷移、Peak 2 は伝導帯・アクセプタ間遷移に起因する発光であると考えられる。VGF 法では、結晶成長の過程で、グラファイト製の断熱材とヒーターが使用されており、そこから炭素が結晶中に取り込まれるため、炭素がアクセプタとして働く。

Fig. 2 にノンドープ GaAs の 10 K、励起波長 800 nm、励起光強度 70 mW におけるポンププローブ反射計測の結果とスピン偏極率の時間変化(挿入図)を示す。測定波長は Peak 1 の波長付近で最も信号強度が強く S/N が良い波長を選んだ。 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結果である。単一指数関数近似により得られたスピン緩和時間は 2.06 ns であった。これまでに我々は Molecular Beam Epitaxy (MBE) 法により成長させた GaAs のスピン緩和時間を測定し、10 K において 1.8 ns という緩和時間を観測した⁴。これは今回我々が測定した結果とほぼ等しい。しかし、Fig. 2 の I^+ と I^- の緩和曲線の和から単一指数関数近似で求めたキャリア緩和時間は 35.3 ps という非常に短い時間となった。これは炭素が混入したことにより非発光再結合の割合が増加したためと考えられる。したがって、VGF 法による GaAs と MBE 法による GaAs の 10 K でのスピン緩和時間の値は近いものの、スピン緩和過程のメカニズムは異なる可能性が高い。

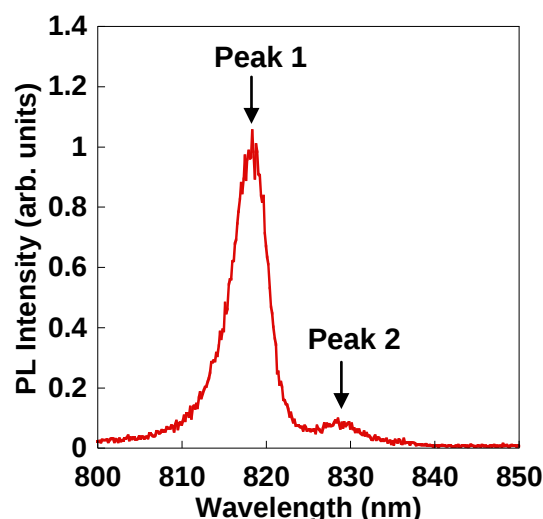


Fig. 1 Photoluminescence spectrum of undoped GaAs bulk for the excitation power of 3 mW at 10 K.

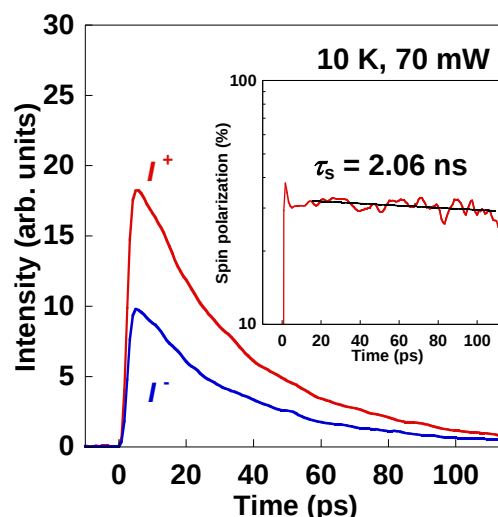


Fig. 2 Time evolution of spin-dependent reflection intensity and spin polarization (inset) in undoped GaAs bulk for the excitation power of 70 mW at 10 K.

¹ M. Baeumler et al., Mater. Sci. Eng. B91, 16 (2002).

² A. Tackeuchi et al., Appl. Phys. Lett. 56, 2213 (1990).

³ P. W. Yu et al., Appl. Phys. Lett. 41, 532 (1982).

⁴ A. Tackeuchi et al., Appl. Phys. Lett. 84, 3576 (2004).