18a-A20-11

GaAs 中のエピタキシャル二次元窒素膜における発光ダイナミクス

Photoluminescence dynamics in epitaxial two dimensional nitrogen atomic sheet in GaAs

神戸大院工　　○馬場健、原田幸弘、海津利行、喜多隆

Grad. Sch. of Eng., Kobe Univ.　○T. Baba, Y. Harada, T. Kaizu, and T. Kita

E-mail: 130t256t@stu.kobe-u.ac.jp

【はじめに】近年、グラフェンに代表される二次元原子膜は、その特異な物理的・化学的性質から注目を集めている。我々は GaAs(001)面に高濃度窒素デルタドーピングを行うことで GaAs 中に埋め込まれたエピタキシャル二次元窒素膜を作製し、その光学特性を明らかにしてきた[1,2]。これまでに、エピタキシャル二次元窒素膜における発光スペクトルの測定温度および磁場依存性から、窒化時間の増加に伴って第四近接窒素ペアに起因する 1.494 eV 帯の電子状態が非局在化し、二次元不純物バンドが形成されることが明らかになった。本研究ではエピタキシャル窒素膜における不純物バンドの二次元電子状態の詳細を発光ダイナミクスから明らかにすることを目的とした。

【実験方法】試料は分子線エピタキシー法を用いて作製した。まず、undoped GaAs(001)基板上に GaAs バッファ層、$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ バリア層 300 nm、GaAs 活性層 50 nm を成長した。その後、(2×4)β2 再構成構造を示す表面に、高周波プラズマソースを用いて 100, 2000 秒の原子層窒化を行った。そして、120 秒の成長中断を設けた後に GaAs 活性層 50 nm、$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ バリア層 100 nm、GaAs キャップ層 10 nm を成長した。結晶成長には As_2 分子線を用い、As_2 圧は 1.33×10^{-3} Pa とした。フォトルミネッセンス（PL）測定の励起光源には波長 484 nm の半導体レーザーを用い、励起光強度は 10 mW とした。PL 信号は 55 cm のシングルモノクロメーターで分光し、液体窒素で冷却した Si 電荷結合素子で検出した。時間分解 PL 測定では波長 750 nm、繰り返し周波数 4 MHz、パルス幅約 140 fs のパルス光を励起光源に用い、PL 信号をストリークカメラで検出した。測定温度は 3.2 K、1 パルスあたりの励起エネルギーは 0.13 nJ であった。

【結果と考察】図 1 に窒化時間 100, 2000 秒の試料の PL スペクトルの温度依存性を示す。1.48−1.49 eV 帯のブロードな発光は第四近接窒素ペア間の相互作用に起因する[2]。1.48−1.49 eV 帯の PL 強度のアレニウスプロットから、窒化時間 100 秒の試料の方が窒化時間 2000 秒の試料よりも熱活性化エネルギーが高く、頻度因子が大きいことが明らかになった。一方、5 K 以下の温度領域では PL 強度に顕著な変化は現れなかったため、3.2 K では無輻射再結合過程の影響は小さいと考えられる。図 2 に、窒化時間 100, 2000 秒の試料における 1.48−1.49 eV 帯の PL 強度の減衰プロファイルを示す。両試料において発光減衰プロファイルは 2 つの減衰成分を示しており、速い成分がバンド端発光による減衰成分だと考えられる。速い減衰成分の減衰時間は、第四近接窒素ペアに束縛された励起子の再結合寿命 11 ns[3]よりも短く、窒化時間の増加に伴って減少している。図 1 に示す PL 強度の温度依存性を考慮すると、減衰時間の高速化は無輻射再結合過程ではなく、電子状態の二次元非局在化に起因すると考えられる。

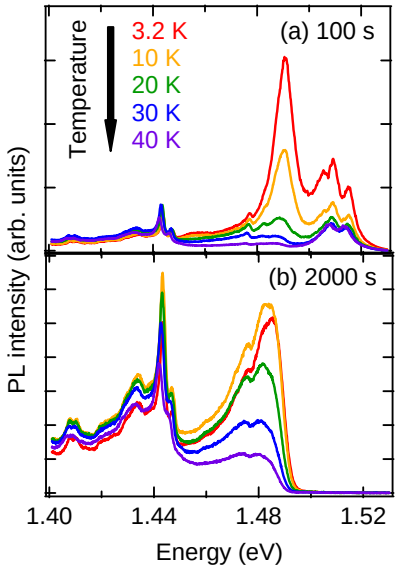

図1. 窒化時間(a)100秒、(b)2000秒の試料におけるPLスペクトルの測定温度依存性。

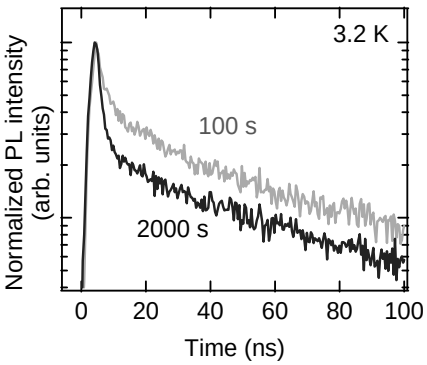

図2. 1.48−1.49 eV帯のPL強度の減衰プロファイル。

【参考文献】[1] Y. Harada *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 041907 (2014). [2] 原田他、第61回応用物理学会春季学術講演会、17p-E11-13 (2014). [3] Y. Harada *et al.*, J. Appl. Phys. **110**, 083522 (2011).

© 2014 年　応用物理学会