17p-E11-13

GaAs 中のエピタキシャル二次元窒素膜の電子状態

Electronic states of epitaxial two-dimensional nitrogen atomic sheet in GaAs

神戸大院工　○原田 幸弘，馬場 健，喜多 隆

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

E-mail: y.harada@eedept.kobe-u.ac.jp

【はじめに】グラフェンに代表される二次元原子膜は、非常に高いキャリアの移動度（2 K において ~1,000,000 $cm^2/V{\cdot}s$ [1]）を持つため、電界効果トランジスタのチャネルへの応用が期待されている。しかし、これらの二次元原子膜はバンドギャップを開かせる構造にすることでキャリアの移動度が減少してしまうという問題がある [2]。さらに、素子の実用化の観点からは、孤立した二次元原子膜よりもホスト材料に埋め込まれた二次元原子膜の方が望ましい。我々はこれまで、GaAs(001) 面に窒素を高濃度デルタドーピングすることによって GaAs に埋め込まれた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 [3,4]。本研究では、窒化時間の異なる GaAs 中のエピタキシャル二次元窒素膜の電子状態を光学特性から解明することを目的とした。

【実験方法】試料作製には分子線エピタキシー法を用い、GaAs:N/$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ ダブルヘテロ構造を四試料作製した。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 表面再構成構造を示す成長表面に、高周波プラズマソースを用いて 100、200、1000、2000 s の原子層窒化を行った。そして、120 秒の成長中断後に、GaAs 活性層 50 nm、$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ 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、試料作製中の 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発振波長 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 シングルモノクロメータで分光し、液体窒素で冷却した Si 電荷結合素子によって検出した。

【結果と考察】図 1 に、3.2 K における PL スペクトルを示す。1.48–1.49 eV 帯におけるブロードなスペクトルは、第四近接窒素ペア間の相互作用に起因する [3]。窒化時間の増加に伴って PL ピークエネルギーが低エネルギーシフトしている傾向は、ペア間距離の減少による相互作用の増大を示唆している。図 2(a) と 2(b) はそれぞれ、窒化時間 100 s と 2000 s の試料における PL スペクトルの測定温度依存性である。窒化時間 100 s の試料においては、1.49 eV 帯の発光線は温度上昇に伴って急激に発光強度が減少し、30 K 以上では 1.51-eV 帯の発光が支配的となった。この結果は、二次元窒素膜が成長面内において均一に作製されていないことを示唆している [4]。一方、窒化時間 2000 s の試料では 80 K まで 1.51-eV 帯の発光が観測されなかったことから、二次元窒素膜が成長面において支配的となっていることが明らかになった。

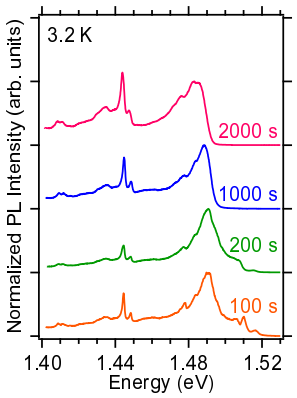

Fig. 1.　Typical PL spectra of nitrogen δ-doped GaAs grown with different nitrogen durations at 3.1 K.

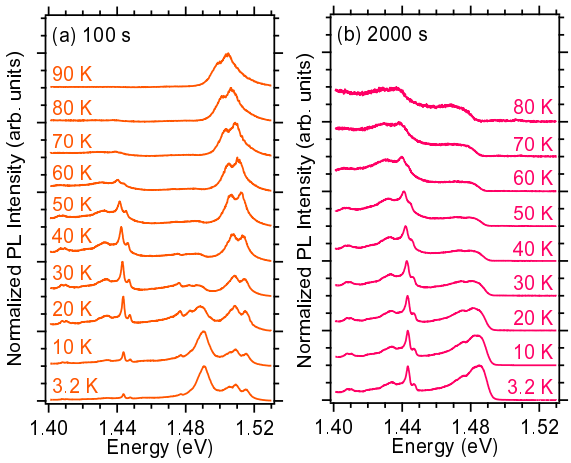

Fig. 2.　Temperature dependence of the PL spectra for the sample with the nitridation durations of (a) 100 and (b) 2000 s, respectively.

【参考文献】[1] D. C. Elias *et al.*, Nat. Phys. **7**, 701 (2011). [2] B. Obradovic *et al.*, Appl. Phys. Lett. **88**, 142102 (2006). [3] 原田他、第 60 回応用物理学会春季学術講演会、29p-G20-15 (2013). [4] Y. Harada *et al.*, JSAP-MRS Joint Symposia, 18p-M4-12 (2013).

© 2014 年　応用物理学会