

大気暴露後の InAs/GaAs 量子井戸の発光特性に与える表面再構成の影響

Effects of surface reconstructions on the photoluminescence properties of buried

InGaAs/GaAs quantum well after air exposure

NIMS¹, 九大² Ma Zhao^{1, 2}, 〇間野 高明¹、大竹 晃浩¹、黒田 隆^{1, 2}

NIMS¹, Kyushu Univ.², Zhao Ma^{1, 2}, 〇Takaaki Mano¹, Akihiro Ohtake¹, Takashi Kuroda^{1, 2}

E-mail: MANO.Takaaki@nims.go.jp

【はじめに】分子線エピタキシー法などにより結晶成長した III-V 族化合物半導体ヘテロ構造を大気中に取り出すと、空気中の酸素や水蒸気により、表面から少しずつ酸化が進行する。この表面酸化膜は光学・電気特性へ悪影響を及ぼすことが知られている。最近我々は、GaAs に埋め込まれた量子構造の発光特性の向上を目的に、成長後の表面の溶液処理による硫黄終端に関する再検討を行った。その結果、表面の砒素酸化物の量と発光強度の低下量に相関性があることを見出した[1]。そこで今回、大気に取り出す前に異なる再構成表面を形成することにより、表面の砒素原子数を制御し、それらの表面を大気暴露により酸化させた際の発光特性への影響を調べたので報告する[2]。

【実験】分子線エピタキシー法により GaAs/InGaAs QW/GaAs(100)を結晶成長し、アモルファス砒素キャップにより表面保護した後に、大気中に取り出して分割したものを出発試料として用いた。分割した試料を分子線エピタキシー装置に戻して、アモルファス砒素キャップを蒸発させた後に、基板温度と雰囲気を制御することにより、As-rich-c(4×4)α及び Ga-rich-(4×6)再構成表面を形成して大気中に取り出し、一定時間大気中に放置した後 XPS 及び PL 測定を行い、大気暴露による発光特性への影響と表面化学状態の変化を調べた。

図 1(a)に、二つの試料の取り出し直後の低温 PL スペクトル (内挿図)、及び、0~30 日大気暴露後の積分 PL 強度変化を示す。どちらの試料も大気取り出し後 2 時間で大幅に強度が低下し、その後、緩やかな変化へと移行するが、c(4×4) αの試料は、(4×6)と比較して取り出し直後から 30 日後まで一貫して 11%ほど強度が低いことが分かった。これは、酸化が内部に進行した後も、再表面の違いに起因する悪影響が残っていることが示唆される。約 30 分間の大気暴露後の表面の化学状態を XPS により測定した結果、図 1(b)に示すように、表面再構成の違いを反映して、c(4×4) αでは砒素酸化物、(4×6)の方がガリウム酸化物が多く形成されていることが分かった。この結果から、再表面の砒素酸化物が、発光強度に大きな悪影響を及ぼすことが確認された[3,4]。

本研究の一部は、ATLA(JPS004596)のサポートにより行われた。

【参考文献】 [1] Jpn. J. Appl. Phys. 63, 121002 (2024), [2] J. Appl. Phys. (2025) in press, [3] Jpn. J. Appl. Phys. 31, L924 (1992), [4] Appl. Surf. Sci. 254, 7565 (2008).

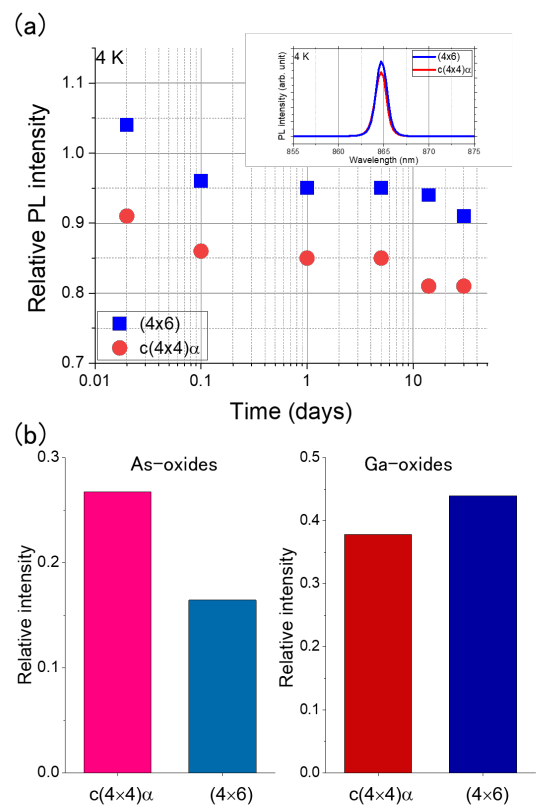


図 1 (a) 低温 PL 発光強度の大気暴露時間依存性。内挿図は、取り出し直後の発光スペクトル。(b) XPS 測定から見積もられる取り出し直後の砒素酸化物及びガリウム酸化物由来の積分ピーク強度の比較。