

偏光遷移領域における c 面 AlGa_{0.5}N 量子井戸構造の量子細線型状態密度

Quantum-Wire-Like Density of States in c-plane AlGa_{0.5}N Quantum Wells in

Polarization-Crossover Composition Region

○坂井 繁太¹, 南 琢人¹, 小島 一信², 秩父 重英², 山口 敦史¹ (1. 金沢工大, 2. 東北大多元研)

°S. Sakai¹, T. Minami¹, K. Kozima², S. F. Chichibu², A. A. Yamaguchi¹,

(1. Kanazawa Institute of Technology, 2. IMRAM-Tohoku Univ.)

E-mail: b6300467@planet.kanazawa-it.ac.jp

AlGa_{0.5}N 量子井戸構造は紫外線波長に対応する光デバイスの活性層として期待されている。AlGa_{0.5}N 量子井戸の光学特性は価電子帯上端に存在する三本のバンドの相対的位置関係に支配されているため、価電子帯構造の包括的な理解は光素子の設計において極めて重要である。高 Al 組成の AlGa_{0.5}N 層では価電子帯の最上端に Z-like の波動関数を持つバンドが位置するため、c 軸方向に強く偏光した発光特性を示す。また、AlGa_{0.5}N 層に歪みや量子閉じ込めが導入された場合では、価電子帯最上端のバンドと二番目に位置するバンドが入れ替わるため、c 軸方向に垂直な方向(m または a 軸方向)の偏光が支配的になる [1]。この偏光特性が変化する偏光遷移領域での価電子帯構造についてはこれまでほとんど報告されていないが、最上端と二番目に位置するバンドのエネルギー間隔が極めて小さくなるため、これら 2 つのバンドのミキシングにより価電子帯構造が大幅に変調されることが予想される。そこで、本研究では、**k-p** 摂動法を用いて偏光遷移領域における c 面 AlGa_{0.5}N 量子井戸の価電子帯構造と光学特性を理論的に計算した。図 1 に井戸幅を系統的に変化させたときの c 面 GaN 基板上 Al_{0.5}Ga_{0.5}N 量子井戸の価電子帯構造を示す。井戸幅が十分狭い場合(L=1 nm)と広い場合(L=10 nm)では、Γ 点に価電子帯の上端(VBM)が位置する二次関数的なバンド構造であるのに対し、井戸幅 3 nm の AlGa_{0.5}N 量子井戸構造では、VBM が Γ 点からずれた四次関数的なバンド構造になっている。理想的な量子井戸(組成や井戸幅の揺らぎの無い構造)を考えた場合、パラボリックバンドの状態密度は階段関数になるが、価電子帯上端が Γ 点からずれるような場合では図 2 に示すように状態密度が無限大に発散し、量子細線の場合のような状態密度になる。したがって、この構造の量子井戸では量子細線の場合のようにしきい値の温度特性を向上できる可能性があり、冷却装置を用いない紫外線半導体レーザーへの応用に期待できる。

[1] A. A. Yamaguchi, Phys. Status Solidi C 5, 2364 (2008).

[謝辞] 本研究は科研費 JP17H05341, JP16H06427, JP17H04809, JP17J11367 の助成を受けたものです。

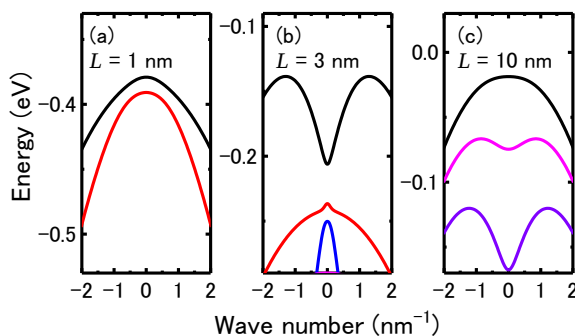


図 1 c 面 GaN 基板上 Al_{0.5}Ga_{0.5}N 量子井戸の価電子帯構造(量子井戸幅が 1, 3, 10 nm)

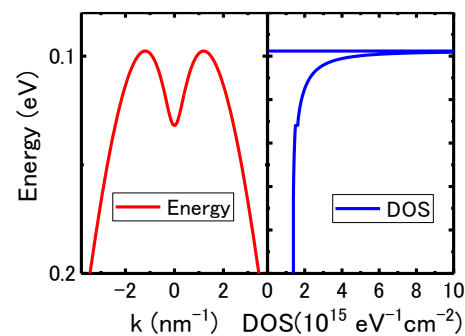


図 2 VBM が Γ 点からずれたバンドの状態密度