

半極性面 AlGa_{0.5}N/AlN 量子井戸の誘導放出にむけた構造設計

Design of Semipolar AlGa_{0.5}N/AlN Quantum Wells for Stimulated Emissions

京大院工¹, JFE ミネラル株式会社², ○市川 修平¹, 船戸 充¹, 岩崎 洋介², 川上 養一¹

Kyoto Univ.¹, JFE Mineral Co. Ltd.², ○S. Ichikawa¹, M. Funato¹, Y. Iwasaki², Y. Kawakami¹

E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに AlGa_{0.5}N 系半導体は、深紫外発光デバイス用材料として注目を集めている。本研究室ではこれまでに、内部電界を抑制できる半極性面上に量子井戸構造(QW)を作製することで、従来の *c* 面上の試料に比べて強発光を実現してきた[1]。本報告では、未だ報告例のない半極性面 AlGa_{0.5}N/AlN QW からの誘導放出の実現にむけ、その構造設計指針について述べる。

実験と結果 半極性面量子井戸作製時には端面からの光取り出しを考慮して面内偏光度を制御する必要がある。*r* 面 AlGa_{0.5}N/AlN QW を例にとると、*a* 面を共振器端面とした光取り出しが望まれるため、表面からの発光が E//[1101] に偏光している必要がある。これまでの実験・計算結果から、*r* 面 AlGa_{0.5}N/AlN QW では Al 組成を 20%以上に保つことで、幅広い井戸幅領域において E//[1101] に偏光した発光が期待できる[2]。

所望の発光波長での誘導放出を目指す上でも、井戸幅と Al 組成の選択が必要となる。図 1 に電子と正孔の波動関数の重なり積分と発光波長の井戸幅依存性を示す。図より、内部電界が抑制された *r* 面 AlGa_{0.5}N/AlN QW においても、広い井戸幅は輻射再結合確率の低下を招くことが明らかであり、発光波長を制御する際には、狭い井戸幅(1.5 nm 程度)を保ちつつ Al 組成(> 20%)を変化させる事が望ましいと言える。

上記のように Al 組成を変化させて波長を選択する際、特に Al 組成が低い場合には臨界膜厚を超えないよう構造を設計する必要がある。ここでは波長 250 nm での誘導放出を目指し、有機金属気相成長法(MOVPE)を用いて *r* 面 Al_{0.5}Ga_{0.5}N/AlN 6QW(井戸幅 1.7 nm)を作製した。この際、障壁層の膜厚を 28.5 nm と厚くすることで、障壁層を含めた QW 全体の平均組成を下げるように設計した。これまでの実験結果から、AlGa_{0.5}N/AlN ヘテロ接合における格子緩和の判断は、逆格子空間マップ測定よりも光学特性を評価する方が精度よく判断できることが明らかになっているため[3]、作製した QW について Ti:S 4 倍高調波レーザ(λ: 210 nm)を用い、弱励起条件下で QW を選択励起してその発光を確認した。図 2 に PL 強度の温度依存性を示す。図より、*r*-Al_{0.5}Ga_{0.5}N/AlN QW の熱消光の度合いは *r*-Al_{0.8}Ga_{0.2}N/AlN 3QW(井戸幅 1.4 nm, 障壁 20 nm)とほぼ同じであり、この結果は Al 組成低減に伴う格子緩和が生じていないことを示唆すると同時に、図 1 のように *r*-Al_{0.8}Ga_{0.2}N/AlN QW と同程度の輻射再結合確率を有していることを示していると言える。つづいて、低温(11 K)下において作製した *r*-Al_{0.5}Ga_{0.5}N/AlN QW に対して、シリンドリカルレンズを用いて ArF エキシマレーザ(λ: 193nm)をストライプ状に集光し、*a* 面からの発光を観測した。図 3 に各励起強度における発光スペクトルを示す。図より、波長 250 nm で誘導放出が観測されており、上述の構造設計の重要性が示されたと言える。

誘導放出を含めた詳細な特性は、当日発表する予定である。
[1] S. Ichikawa et al., *Appl. Phys. Lett.* **104**, 252102 (2014). [2] 市川他, 2014 年度 春季第 61 回応用物理学会関係連合講演会, 19a-E13-5. [3] 市川他, 2015 年度 春季第 62 回応用物理学会関係連合講演会, 14p-B1-4.

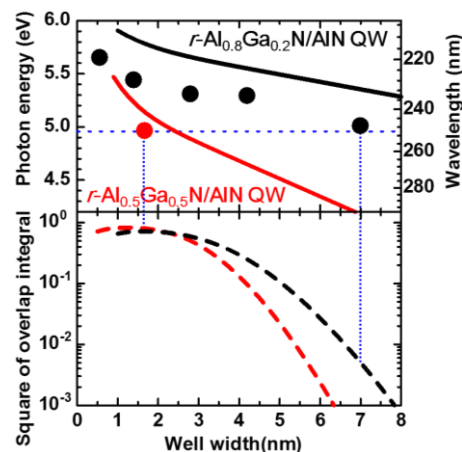


図 1: 発光波長と重なり積分の関係 (プロットは実験値、曲線は計算値)

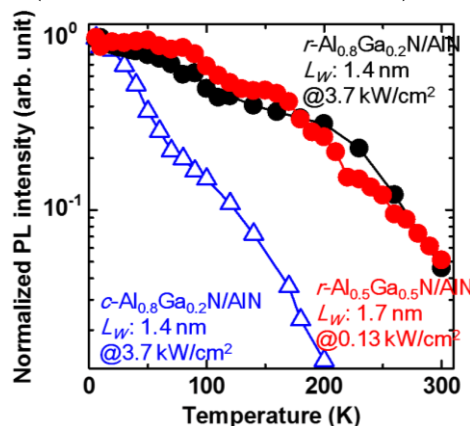


図 2: 弱励起条件下における PL 強度の温度依存性

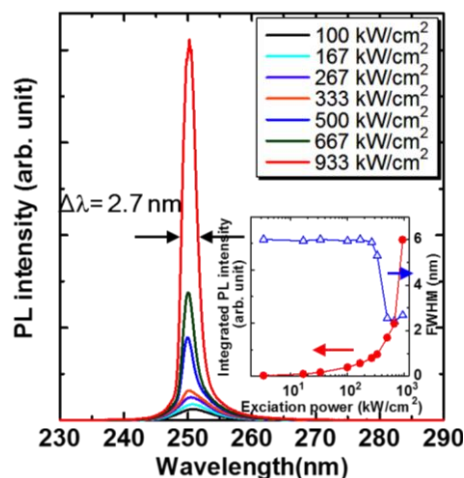


図 3: 低温(11 K)における *r*-Al_{0.5}Ga_{0.5}N/AlN 6QW の誘導放出