有機金属気相成長した GaN/AlN 極薄量子井戸構造の光学的特性

Optical properties of ultra-thin GaN/AlN quantum structures grown by metalorganic vapor phase epitaxy

京大院・工 °小林 敬嗣，市川 修平，船戸 充，川上 養一
Kyoto Univ., °H. Kobayashi, S. Ichikawa, M. Funato, and Y. Kawakami
E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

(はじめに) AlN と GaN によるヘテロ接合は，大きなバンド不連続を特徴としており，それを利用したサブバンド間遷移赤外発光[1]や GaN/AlN 極薄量子井戸による紫外発光[2]などの報告がある．紫外発光素子として一般に用いられる AlGaN 量子井戸構造に対して，GaN 極薄量子井戸では，井戸層に AlN を用いていないことから，点欠陥の抑制による高発光効率化が期待される[3]．加えて，発光の偏光特性が $\boldsymbol{E}\perp c$ となりやすいため[4]，光取り出しの観点から，特に 250 nm 以下の短波長域で AlGaN 量子井戸に対して優位性を発揮する可能性がある．これまでのほどんどの報告では，作製には膜厚の制御性の高い分子線エピタキシーが用いられているが，量産性の高い有機金属気相成長法(MOVPE)で，再現性良く GaN 極薄量子井戸を作製することができれば，応用上重要な技術となりうる．ここでは，成長条件を適切に設定することにより，膜厚の分子層レベルでの自己停止機能が発現することを示し，それにより，再現性良く GaN 極薄量子井戸が作製できることを示す．さらに，その光物性を評価する．

(実験) 試料は MOVPE により，*c* 面サファイア，*c* 面 AlN，*r* 面 AlN 基板上に作製した．ここでは，*c* 面サファイア基板上の結果を記述する．1200°C で AlN テンプレートを成長後，成長温度を 1150°C に下げ，V/III~110 で GaN 単一量子井戸を形成の後，AlN でキャップした．

(結果および考察) 図 1 は，成長時間を変えて作製した GaN 量子井戸からの，室温でのフォトルミネッセンス(PL)ピークエネルギーを示している．励起は，Ti:S レーザの 4 倍波で，波長 210 nm，5 nJ/cm^2 と弱い強度で選択励起した．発光エネルギーが成長時間には依存しておらず，膜厚が一定になっていることを示している．この発光エネルギーは， 1 分子層 GaN/AlN 量子井戸における遷移エネルギーの計算値と概ね一致した．本研究で採用した成長条件が，GaN にとってはやや高い温度，低い V/III 比であったことから，1 層目の GaN だけは AlN 上で成膜されるが，2 層目は蒸発してしまうという，膜厚の自己停止機能が発現したものと考えている．この量子井戸からの PL 強度の温度依存性を，同程度の波長で発光する 1.5 nm 厚みの AlGaN 量子井戸構造のそれと比較した．図 2 に結果を示す．室温/低温発光強度比が近似的に内部量子効率を与えることを考えると，GaN/AlN 極薄量子井戸における発光効率の改善を示していると考えている．

[1] K. Kishino et al. *Appl. Phys. Lett.* **81**, 1234 (2002). [2] X. Rong et al. *Adv. Mater.* **28**, 7978 (2016), B. Bayerl et al. *Appl. Phys. Lett.* **109**, 241102 (2016). [3] C. Stampfl et al. *Phys. Rev. B* **65**, 155212 (2002), J. Neugebauer et al. *Phys. Rev. B* **50**, 8067 (1994). [4] Y. Taniyasu et al. *Appl. Phys. Lett.* **99**, 251112 (2011).

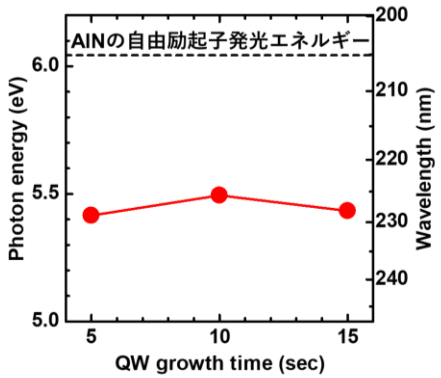


Figure 1: GaN/AlN 極薄量子構造からの室温での PL ピークエネルギーの成長時間依存性

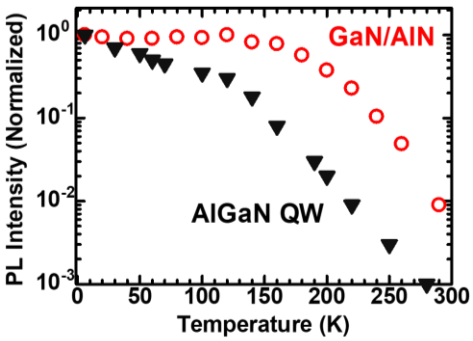


Figure 2: PL 発光強度の温度依存性．GaN/AlN 極薄量子構造と従来型の AlGaN 量子井戸構造を比較した

© 2019年 応用物理学会