

温度上昇に伴う AlGaN 系半導体の支配的な非輻射再結合経路の変化

Variation of Dominant Nonradiative Recombination Paths in AlGaN-related Structures due to Temperature

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 AlGaN 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。しかし、とくに弱励起時や高 Al 組成時において、AlGaN 系半導体の内部量子効率や外部量子効率は非常に低く、その改善が望まれている。これまでに本研究室では、内部量子効率の向上を目指し、内部電界を抑制できる非極性面上への成長や、ホモエピタキシャル成長による貫通転位(TD)密度の低減に取り組んできた[1, 2]。前者が直接的に発光効率の向上に寄与する一方で、後者は支配的な非輻射再結合過程が TD を介したものである場合に有用な手段であるといえる。しかしながら、非輻射再結合の支配的要因に関する議論は十分でないのが現状である。そこで本研究では、カソードルミネセンス(CL)マッピング像の温度依存性を観察することで、AlN および Al-rich AlGaN における支配的な非輻射再結合経路についての考察を行ったので報告する。

実験と結果 図 1 に、有機金属気相成長法(MOVPE)で成長した(1102) (*r* 面)AlN ホモエピタキシャル膜の CL パンクロマッピング像の温度依存性を示す。図より、100 K 程度では明瞭に観察されていた TD 由来のダークスポットが、測定温度を上げるにつれてコントラストが弱まり、室温付近ではほぼ観察されなくなっていることが分かる。また、*c* 面 AlN ホモエピタキシャル膜や *r* 面 Al_{0.8}Ga_{0.2}N/AlN QW でも同様に、室温付近では TD 由来のダークスポットを観察することが出来なかった。これらの結果は、温度上昇に伴って、支配的な非輻射再結合経路が TD を介したものから点欠陥(PD)を介したものと変化していることを示唆している。この非輻射再結合経路の変化は、各種欠陥への活性化エネルギー(TD: E_{ad} , PD: E_{ap})(図 2)および、十分高温でのキャリアの捕獲断面積とトラップ密度の積(TD: D , PD: P)の大小関係で説明することができる[3]。実験結果から、AlN および Al-rich AlGaN では、 $E_{ap} > E_{ad}$ かつ $P > D$ であることが示唆された。これらの関係を満たす場合には、図 3 に示すように、支配的な非輻射再結合経路の変化とダークスポットのコントラスト変化を上手く説明できることが分かった。

また GaN と比較して、AlN および Al-rich AlGaN では、室温付近でのダークスポットのコントラスト消失がとくに顕著であることから、さらなる効率の改善のためには PD の低減がより重要であることが示唆された。

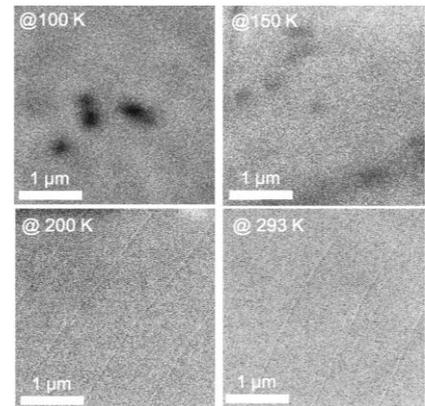


図 1: *r* 面 AlN ホモエピタキシャル膜の CL パンクロマッピング像

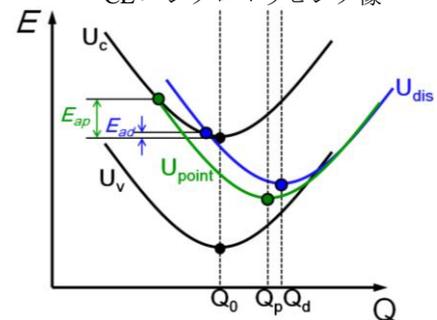


図 2: 配位座標モデルと各種欠陥の活性化エネルギー

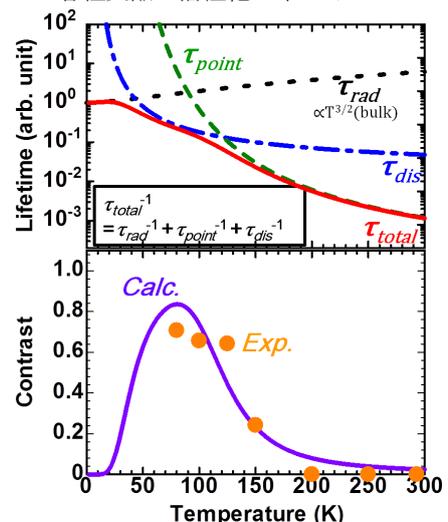


図 3: 温度上昇に伴うキャリア再結合経路と CL 暗点コントラストの変化

[1] S. Ichikawa *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 252102 (2014).

[2] M. Funato *et al.*, *Appl. Phys. Express* **5**, 082001 (2012).

[3] 市川他, 2014 年度 秋季第 75 回応用物理学会関係連合講演会, 18a-C5-12.