

## 高品質 GaN 単結晶の絶対放射量子効率測定(2)

### Measurement of the absolute quantum efficiency of radiation in high quality GaN single crystals (2)

東北大多元研<sup>1</sup>, 三菱化学(株)<sup>2</sup> °小島一信<sup>1</sup>, 大友友美<sup>1</sup>, 斉藤真<sup>1,2</sup>,  
池田宏隆<sup>2</sup>, 藤戸健史<sup>2</sup>, 秩父重英<sup>1</sup>

IMRAM-Tohoku Univ.<sup>1</sup>, Mitsubishi Chemical Corp.<sup>2</sup>

°K. Kojima<sup>1</sup>, T. Otomo<sup>1</sup>, M. Saito<sup>1</sup>, H. Ikeda<sup>2</sup>, K. Fujito<sup>2</sup>, and S. F. Chichibu<sup>1</sup>

E-mail: kkojima@m.tohoku.ac.jp

【はじめに】 固体材料の絶対放射量子効率測定は、基礎物性の評価や試料間の比較において極めて有効であり、さらには、デバイス構造の性能評価という観点においても強力な計測方法であると言える。しかし、光取り出し効率 $\eta_{\text{ext}}$ の低い試料においては、外部量子効率 $\eta_{\text{ext}}$  (一般に $\eta_{\text{ext}}$ と内部量子効率 $\eta_{\text{int}}$ の積)が極めて小さくなり、絶対測定が困難であるという問題があった。我々はこれまでに、積分球を用いた全方位フォトルミネセンス(Omnidirectional photoluminescence: ODPL)測定に基づく絶対放射量子効率の測定方法を確立し、高品質 GaN 単結晶の $\eta_{\text{int}}$ が正確に評価できることを示してきた[1]。本報告では、 $\eta_{\text{int}}$ が測定雰囲気(試料の表面状態)に強く影響を受けることを見出したのでその詳細について議論する。

【実験方法】 一對のコリメートレンズとフォーカスレンズを用いた通常の PL 測定と、積分球を用いた ODPL 測定を行った。試料の励起は二つの実験で共通して、光子エネルギー3.81 eVの連続レーザー光を用い、励起密度は60 W/cm<sup>2</sup>とした。実験は室温、かつ大気雰囲気にて行った。試料はハイドライド気相エピタキシー(HVPE)法で成長させた高品質 GaN 単結晶(貫通転位密度は10<sup>4</sup> cm<sup>-2</sup>以下)である。

【実験方法】 図1(a)は通常の PL 測定にて得られたバンド端近傍(NBE)の PL 積分強度を、励起光を照射した時間の関数として描画したものである(ただし PL 積分強度は、励起直後の PL 積分強度で規格化した)。図から、大気中で試料に励起レーザーが照射され時間が経過すると、励起密度が一定にもかかわらず PL 積分強度が徐々に弱くなるのが分かる。減衰の程度や、減衰が収束する時間は試料や実験条件によって変化したが、HVPE 法で作製した GaN に限らず、サファイア上の GaN 薄膜などでも同様の現象がみられた。図1(b)は、ODPL 測定の結果得られる NBE 発光および黄色発光の $\eta_{\text{ext}}$  (図中では、それぞれ NBE および YL とラベルした)と吸収率の照射時間依存性を示す。図1(a)の PL 積分強度と同様、 $\eta_{\text{ext}}$ も照射時間が長くなるほど減少することが分かる。この間、吸収率は0.782でほぼ一定だったため、発光強度の時間変化は、励起光の吸収変化ではなく $\eta_{\text{ext}}$ の減少、すなわち $\eta_{\text{int}}$ の減少によって生じていることが明らかとなった。この結果から、大気中の水分等が励起光によって GaN 表面で分解・吸着し、それが外因性の非放射再結合中心として振舞っていることが予想される。詳細は、当日報告する。

【謝辞】 本研究の一部は、NEDO SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)、附置研アライアンス、および科研費(若手研究(A))により実施された。

【参考文献】 [1] 小島、秩父 他、第63回応用物理学会春季学術講演会、20a-H121-2 (2016).

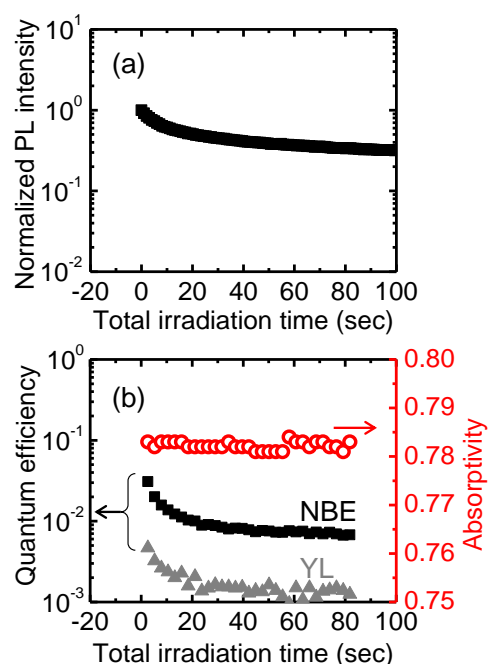


図1 (a) PL 積分強度と(b)  $\eta_{\text{ext}}$  および吸収率の励起光照射時間依存性。