

## Face-to-face アニール処理されたスパッタ成膜 AlN テンプレート上 AlGaN 系多重量子井戸構造の内部量子効率

Internal quantum efficiency of AlGaN multiple quantum wells grown on face-to-face annealed sputter-deposited AlN template

山口大院・創成科学<sup>1</sup> 徳山高専<sup>2</sup> 三重大・地域創生戦略企画室<sup>3</sup> 三重大院・地域イノベ<sup>4</sup>  
藤井厚志<sup>1</sup> 押村遼太<sup>1</sup> 草場崇史<sup>1</sup> 倉井聡<sup>1</sup> 室谷英彰<sup>2</sup> 上杉謙次郎<sup>3</sup> 三宅秀人<sup>4</sup> 山田陽一<sup>1</sup>

Yamaguchi Univ.<sup>1</sup> NIT, Tokuyama Coll.<sup>2</sup> SPORR, Mie Univ.<sup>3</sup> Grad. Sch. of RIS., Mie Univ.<sup>4</sup>

A. Fujii,<sup>1</sup> R. Oshimura,<sup>1</sup> T. Kusaba,<sup>1</sup> S. Kurai,<sup>1</sup> H. Murotani,<sup>2</sup> K. Uesugi,<sup>3</sup> H. Miyake,<sup>4</sup>  
and Y. Yamada<sup>1</sup>

E-mail: murotani@tokuyama.ac.jp

これまでに、深紫外発光デバイスの下地層として用いられる AlN 薄膜の高品質化のために様々な手法が提案されている。Face-to-Face アニール(FFA)処理を用いた方法では、スパッタ成膜された AlN 膜を Face-to-Face 配置でアニール処理することにより、貫通転位密度を  $1.8 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$  程度まで低減できることが報告されている[1]。今回、FFA 処理によって高品質化されたサファイア基板上 AlN テンプレートに成長された AlGaN 系量子井戸構造の内部量子効率を評価したので、その結果について報告する。

測定に用いた試料は、FFA 処理によって高品質化された AlN テンプレート上に成長された  $\text{Al}_{0.50}\text{Ga}_{0.50}\text{N}/\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}$  量子井戸構造である。井戸層幅 2 nm、障壁層幅 3 nm、量子井戸 3 周期の試料(FFA-sp-3)と、井戸幅 2 nm、障壁層幅 6 nm、量子井戸 10 周期の試料(FFA-sp-10: 図 1 挿入図)を用いた。また、比較のために MOVPE 成長 AlN テンプレート上に同一の構造が成長された試料(MOVPE-3、MOVPE-10)を準備した。

図 1 に FFA-sp-10 の 10 K および 295 K おける内部量子効率の励起パワー密度依存性を示す。10 K において弱励起側に効率曲線が平坦な領域が観測されている。この結果は、低温において内部量子効率の最大値がほぼ 100%に達していることを示しているため、295 K における内部量子効率の最大値は 90%と見積もることができる。MOVPE-10 の室温における内部量子効率の最大値は 58%と見積もられており、FFA 処理した AlN テンプレートを用いることで内部量子効率大幅に向上することが分かった。また、強励起側では 10 K と 295 K の効率曲線が一致していることが分かる。このことは、295 K においても強励起領域では非輻射再結合中心がほぼ完全に飽和していることを示している。

図 2 に効率曲線を励起子レート方程式モデル[2]によって解析して得られた  $\alpha/\beta = W_{tr}D/W_r$  の温度依存性を示す。ここで、 $W_{tr}$  は非輻射再結合中心(NRC)への捕獲レート、 $D$  は NRC の密度、 $W_r$  は励起子の輻射再結合レートである。 $\alpha/\beta$  は温度上昇に伴い、295 K 以上で急激増大していることが分かる。また、 $\alpha/\beta$  の値は 400 K においても 1 よりも小さく、輻射再結合過程が NRC への捕獲過程に比べて優勢であることが分かる。このことから、FFA 処理した AlN テンプレートを用いることで NRC の密度が低減されていることが分かる。

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16H06428, JP16H06415, JP16H04335, JP20K04585 の援助を受けて行われたものである。

[1] K. Uesugi et al., Appl. Phys. Lett. **116**, 062101 (2020).

[2] H. Murotani et al., J. Appl. Phys. **128**, 105704 (2020).

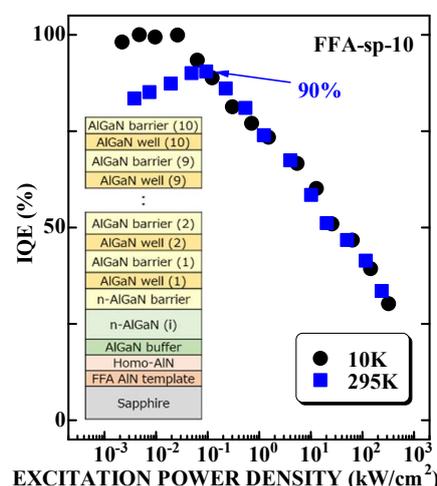


Fig. 1. Excitation power density dependence of internal quantum efficiency at 10 and 295 K taken from FFA-sp-10. The inset shows the schematic structure of FFA-sp-10.

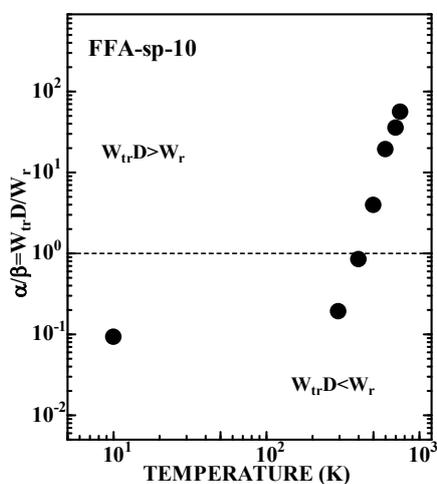


Fig. 2. Temperature dependence of  $\alpha/\beta$  taken from FFA-sp-10.