

AlN テンプレート上 Si 添加高 AlN モル分率 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 多重量子井戸の 時間空間分解陰極線蛍光分光評価

Spatio-time-resolved cathodoluminescence studies of high AlN mole fraction Si-doped

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ multiple quantum wells grown on an AlN template

東北大多元研¹, 三重大院工², °秩父重英¹, 石川陽一¹, 古澤健太郎¹,

田代公則¹, 大友友美¹, 三宅秀人², 平松和政²

IMRAM-Tohoku Univ.¹, Mie Univ.², °S. F. Chichibu¹, Y. Ishikawa¹, K. Furusawa¹,

M. Tashiro¹, T. Ohtomo¹, H. Miyake², and K. Hiramatsu²

E-mail: chichibulab@yahoo.co.jp

【序】高 AlN モル分率 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 量子井戸(QW)は深紫外線(DUV)発光および受光素子用機能層として期待が大きく、貫通転位(TD)のみが非輻射再結合に寄与するというモデルでは TD 密度が 10^8 cm^{-2} を切れば多重量子井戸(MQW)の発光内部量子効率(IQE)は 90%を越えると計算されている¹⁾。しかしながらヘテロ成長での TD 密度は一般には 10^9 cm^{-2} 台であり、低転位密度($<10^4 \text{ cm}^{-2}$)バルク AlN 基板^{2,3)}を用いても DUV-LED の外部量子効率は InGaN 系青色 LED に比べ 5 から 6 分の 1 程度と低い^{4,5)}。我々は、DUV 領域で半導体の発光ダイナミクスを評価するため、フェムト秒チタンサファイアレーザの第 4 高調波(波長約 200 nm)を用いた時間分解フォトルミネッセンス(TRPL)⁶⁻⁸⁾やパルス光電子銃を用いた時間分解カソードルミネッセンス(TRCL)^{7,8)}、さらにはパルス光電子線の集束による時間空間分解カソードルミネッセンス(STRCL)計測法⁹⁾を確立し、AlN や $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ の輻射・非輻射再結合寿命と点欠陥や構造欠陥、不純物の種類や濃度の関係等を評価してきている⁶⁻⁹⁾。AlGaN 系 MQW の井戸層に適量の Si を添加すると発光強度が改善する事が報告されているが、その理由については憶測の域を出ていない¹¹⁾。本講演では、その理由を明らかにするため行った STRCL 計測結果を紹介する。

【試料、結果と考察】膜厚 $0.8 \mu\text{m}$ の AlN テンプレート上に減圧 MOVPE 法にて AlN 及び AlGaN 薄膜を成長させ、その上に 50 ペアの 1.6 nm 厚 $\text{Al}_{0.68}\text{Ga}_{0.32}\text{N}$ 井戸 / 10.8 nm 厚 $\text{Al}_{0.77}\text{Ga}_{0.23}\text{N}$ 障壁の MQW を成長させた¹⁰⁾。室温における MQW の発光強度は、井戸に Si を $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ほど添加した場合に 4 倍程度改善された。電子・正孔の波動関数は Si 添加の有無に関わらず井戸に閉じ込められており、井戸に Si を添加した場合にのみ非輻射再結合寿命が長くなり発光波長の面内均一性も改善される事から、InGaN/GaN MQW の GaN 障壁層の Si 起因平坦性改善効果¹²⁾とバルク AlGaN 同様の中間生成物ドーピングによる¹³⁾点欠陥密度の減少が主たる要因であることがわかった。

【謝辞】本研究の一部は科研費(#23656206)、旭硝子財団、附置研アライアンス、NEDO、AOARD 等の援助を受けた。【文献】1) Kneissl 他 Semicond. Sci. Tech. **26**, 014036 (2011). 2) Rice 他 JAP **108**, 043510 (2010). 3) Grandusky 他 Solid-State Electron. **78**, 127 (2012). 4) Shatalov 他 APEX **5**, 082101 (2012). 5) 木下他 APEX **5**, 122101 (2012). 6) APL **96**, 061906 (2010). 7) APL **97**, 201904 (2010). 8) APL **99**, 051902 (2011). 9) APL **103**, 142103 (2013). 10) 例えば福世他 JJAP **52**, 01AF03 (2013). 11) 室谷他 APL **101**, 042110 (2012). 12) Keller 他 JCG **195**, 258 (1998). 13) JAP **113**, 213506 (2013).