

AlN 系三次元構造の形成と紫外多波長発光

Fabrication of AlN-based three dimensional structures and UV polychromatic emission

京大院・工 片岡 研*, 千賀 岳人*, 船戸 充, 川上 養一 (*ウシオ電機)

Kyoto Univ., *K. Kataoka, *T. Senga, M. Funato, and Y. Kawakami (*USHIO INC.)

E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

(はじめに) SiO_2 などをマスク材料として用いる結晶再成長により, GaN の三次元(3D)構造を形成できることが知られている. この GaN 3D 構造上に InGaN 量子井戸を作製すれば, 3D 構造を構成するファセット結晶面に依存して井戸幅や組成が変化するため, 白色を含む可視多波長 LED が実現可能である[1]. 一方, この手法を AlN 系紫外(UV)材料に適用することは, 原理的には可能であるが, 実際的には, AlN の結晶再成長が困難であることから, これまでに UV 多波長発光の報告はなかった. 応用上は, 例えば樹脂硬化の際, 異なる波長の紫外光により樹脂表面と内部を同時に硬化することが実際に行われている. 現時点では, Hg ランプの複数の輝線がそれに用いられているが, Hg 使用の抑制が求められる社会的情勢から, 半導体による UV 多波長発光への期待も高まっている. 本研究では, 素子の作製方法を工夫することにより, 半導体からの UV 多波長発光を初めて実現したので報告する.

(実験) 試料は有機金属気相成長法(MOVPE)により, c 面サファイア基板上に作製した. まず, AlN テンプレートを $3.5\ \mu\text{m}$ 成長後, *ex situ* のフォトリソグラフィにより, AlN の a 軸に沿った Ni ストライプマスクを形成した. マスク部と開口部はいずれも $12\ \mu\text{m}$ とした. 反応性イオンエッチング(RIE)により $1\ \mu\text{m}$ エッチングし, AlN によるトレンチ構造を形成した. その後, MOVPE 装置に戻して AlN, さらには AlGaIn 量子井戸構造を作製した. AlGaIn 量子井戸は, 平坦な c 面に作製した場合, Al 組成 70%, AlGaIn 膜厚 $2.0\ \text{nm}$ となる設計とした.

(結果および考察) 図 1 に断面走査型電子顕微鏡(SEM)像を示す. 主として(0001)面と $(\bar{1}101)$ 半極性面からなる 3D 構造が形成されていることがわかる. ただし, トレンチの底のコーナー部分は, 図 2 の透過型電子顕微鏡(TEM)像に拡大した通り, 平坦な(0001)面ではなく, バンチングしたステップと(0001)テラスからなることが分かった. このコーナー部分では, (0001)面の成長が, 横方向からの $(\bar{1}101)$ 面の成長により妨げられており, コーナーから離れた(0001)面の成長よりも低速化すると考えられる. それで, ステップバンチングの原因であると推察している.

この構造からの発光を, 室温における表面カソードルミネッセンス(CL)により評価した. スペクトルの例を図 3 に示した. 二つ(以上)の成分からなる紫外多波長発光が達成されている. 表面 SEM 像と CL マッピングの対応から, 図 3 中に提示したように, 短波長発光が(0001)ファセット, 長波長発光がステップバンチングした領域に対応していることを確認した. 断面 TEM とエネルギー分散分光法(EDS)によると, バンチングしたステップ端で Ga 取り込みが増大しており, それが長波長発光の要因であると考えられる. 発表では, マスク構造や井戸幅依存性など, より詳細な議論を行う.

(参考文献)

[1] M. Funato, Y. Kawakami, *et al.* APEX **1**, 011106 (2008).

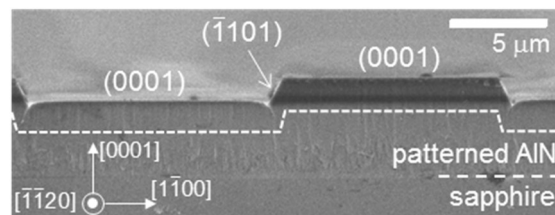


図 1. 作製した AlN 系 3D 構造の断面 SEM

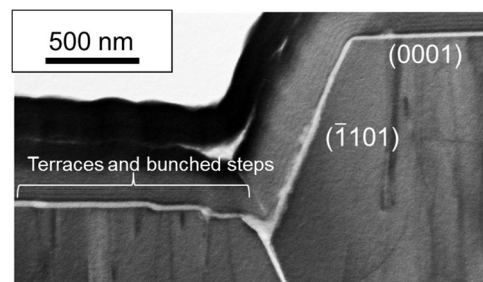


図 2. 3D 構造の断面 TEM 明視野像.

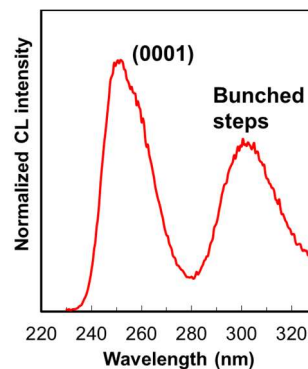


図 3. 室温における CL スペクトルの例