### ScAIMgO4(0001)基板上低歪 GaN 薄膜を用いた InGaN 系可視発光ダイオードの試作

Fabrication of InGaN-based visible light-emitting diodes

using nearly strain-free GaN films on ScAlMgO<sub>4</sub>(0001) substrates

# 京大院・エ、<sup>0</sup>尾崎 拓也, 船戸 充, 川上 養一

## Kyoto Univ., <sup>O</sup>T. Ozaki, M. Funato, and Y. Kawakami

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

【はじめに】ScAlMgO<sub>4</sub>(SCAM)は、格子定数がa = 0.3245 nm, c = 2.5295 nm [1]であり、GaN との 格子不整合度が(0001)面内で約 1.8%と従来のサファイア基板と比較して極めて小さく、熱的、化 学的安定性にも優れているため、窒化物半導体の成長基板として非常に魅力的である. さらに、 GaN との熱膨張係数差がサファイア基板と比較して小さいため[a 軸方向の熱膨張係数(×  $10^{-0}$ °C): GaN; ~5.0, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8.31[2], SCAM; 6.2[3]]熱歪や反りが抑制され、大口径化にも有利である と期待される. これまで我々は、有機金属気相成長(MOVPE)法により SCAM 基板上に、サファイ ア基板上と同等以上の高品質な GaN 結晶を成長することに成功した[4]. 今回、SCAM 基板上に成 長した GaN 薄膜がほぼ無歪であることを明らかにし、さらに、それを用いて発光ダイオード(LED) を試作したので報告する.

【実験】 有機金属気相成長法により SCAM 基板上に低温 GaN バッファ層を介して GaN 薄膜を約 3 µm 成長した. 成 長した試料の歪量を評価するため,X 線回折測定(XRD)お よび低温条件下でフォトルミネッセンス(PL)および反射測 定を行った.また,GaN/SCAM 上へ InGaN 多重量子井戸 (MQW)を活性層とする可視 LED の試作を行った.

【結果および考察】 Figure 1(a)に 13.7 K における GaN/SCAM および GaN/sapphire 薄膜の PL スペクトルを示 す. 図に示すように、両者の PL ピーク位置が異なること から、GaN 薄膜に内包する歪量が異なることが示唆される. また、Fig. 1(b)に示すように、反射測定により 3.481 eV に 位置する PL ピークが A 励起子遷移に相当することが分か った. バルク GaN の A 励起子遷移エネルギーは 3.478 eV に位置することが報告されており[5]、これに対し、 GaN/SCAM のエネルギーは約 3 meV だけ高エネルギー側 ヘシフトしていることが分かる.

これらのことから、GaN/SCAM 薄膜は面内圧縮歪を内包 しているがサファイア基板上と比較して、その歪量は極め な小さいと言える.これは GaN との格子不整合度や熱膨張 低数差がサファイア基板よりも小さいためと考えられる. これらの特長は、エピ膜の低転位化や、成長後の基板の反りの 抑制につながるため、SCAM 基板を用いることで発光デバイス のさらなる高品質化が期待できる.実際に、GaN/SCAM 薄膜上 に InGaN MQW を活性層とする LED の作製を試みた.サファイ ア基板上と全く同じデバイス化行程により、Fig. 2 に示すように、 約510 nm を中心波長とする明瞭な緑色発光を確認した.(波長 420 nm 付近の発光は、Mg 由来の深いアクセプター準位を介し た遷移だと考えられる.)GaN 薄膜の歪量の解析および LED の 特性に関する詳細な議論は、当日報告する予定である.

#### 【参考文献】

[1] A. Ohtomo *et al.*, APL **75**, 2635 (1999). [2] K. Barghout *et al.*, J. Mat. Sci. **39**, 5817 (2004). [3] C. D. Brandle *et al.*, Solid-State Electronics. **42**, 467 (1998). [4] T. Ozaki *et al.*, APEX **7**, 091001 (2014). [5] K. P. Korona *et al.*, APL **69**, 788 (1996).



Fig.1. (a) PL spectra at 13.7 K of  $\sim$ 3 µm-thick GaN films grown on SCAM and sapphire substrates. (b) PL and PR spectra at 13.7 K of a GaN film grown on a SCAM substrate.



