## 有機金属気相成長法による ScAIMgO<sub>4</sub>(0001)基板上 (In)GaN エピタキシャル層の作製と評価 Characterization of (In)GaN Epitaxial Layers Grown on ScAIMgO<sub>4</sub>(0001) Substrates by Metal-organic Vapor Phase Epitaxy 京大院・エ、<sup>○</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】InGaN 系発光デバイスにおける長波長領域での効率低下の原因の一つとして、高 In 組成下における InGaN/GaN の大きな格子不整合度が挙げられる. ScAlMgO<sub>4</sub>(SCAM)は、格子定数がa = 0.3245 nm, c = 2.5295 nm [1]であり、In<sub>017</sub>Ga<sub>0.83</sub>N と格子整合するため、基板材料として非常に魅力的である.しかしながら、SCAM 基板上への窒化物半導体の成長に関する報告は少なく[2,3]、特に、InGaN の成長に関しては未だ報告例がない.本研究では、有機金属気相成長(MOVPE)法により SCAM(0001)基板上の高品質な GaN および格子整合 InGaN 薄膜の作製に成功したので報告する.

【実験結果および考察】 成長前処理として,SCAM 基板を有機洗 浄し,大気雰囲気下,800 °C で1時間アニールを行い,研磨傷を除 去した.まず,MOVPE 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.本研究では,低温バッ ファ層の膜厚および高温 GaN 層の成長温度を変化させ,最適な成長 条件を探った.Figure 1 に最適化した GaN/SCAM 薄膜の表面の原子 間力顕微鏡(AFM)像を示す.表面には,明瞭なステップテラス構造 を観測することができ,分子レベルで平坦な表面を得ることに成功 した.この時,低温バッファ層の膜厚および高温 GaN の成長温度は, それぞれ約 65 nm,1090 °C であった.また,GaN(0002)および(1101) における X線回折(XRD)  $\omega$  scan の半値全幅(FWHM)は,それぞれ 363, 294 arcsec であり,サファイア基板上と同等の値を示した.

次に、SCAM 基板上へ格子整合 InGaN 薄膜を約 150 nm 成長した. 本研究では、平坦な InGaN 薄膜を得るため、薄膜成長前に数分子層 の格子整合低温 InGaN 層を導入した. InGaN 薄膜の成長温度およ び気相比はそれぞれ 840°C, 0.6 とした. Figure 2 に InGaN(1105)およ び SCAM(110 28)回折による XRD 逆格子マッピング(RSM)像を示す. InGaN の回折ピークが無歪の In<sub>0.17</sub>Ga<sub>0.83</sub>N の逆格子点に位置してお り、InGaN 層が基板に格子整合していることが分かる.

Figure 3(a)に低温および室温でのフォトルミネッセンス(PL)スペクトルを示す. XRD により得られた c 軸および a 軸の格子定数の揺らぎから見積もられる In 組成揺らぎは 3~5%であり,これは約160~250 meV のバンドギャップのエネルギー揺らぎに相当する.低温での PL FWHM は 241 meV であり,ほぼ同程度の値であることから,発光の不均一性は,主に In 組成揺らぎに起因していると考えている.さらに,Figure3(b)に示すように,発光と吸収スペクトルから見積もられたストークスシフト量は,約400 meV であり,これまでの報告値(~300 meV)[3]より大きい値を示した.これは In 組成揺らぎが従来のサファイア上の構造よりも大きいためと考えられ,今後さらなる改善の余地があると考えている.結晶性や光学特性のより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] E. S. Hellman *et al.*, *MRS Symp. Proc.* **395**, 51 (1996). [3] R. W. Martin *et al.*, *APL* **74**, 263 (1999).[3] T. Iwabuchi et al., *61st JSAP Spring Meeting*, 19a-E13-8 (2014).



optimized GaN/SCAM. XRD Intensity (arb.units) 3900 1.0 11.4 SCAM 11.3 (11028) 11.2 \_11.1 \_\_\_\_\_\_ 11.0 9.7 ď 9.6 9.5 [0001] 9.4 (1105) 9.3 3.2 3.6 3.8 3.4 → [1<u>1</u>00]  $Q_x$  (nm<sup>-1</sup>) of

Fig.2. RSM images of SCAM( $1\overline{1}0$  28) and InGaN ( $1\overline{1}05$ ) diffractions. The solid circle represents the reciprocal lattice point of unstrained In<sub>0.17</sub>Ga<sub>0.83</sub>N( $1\overline{1}05$ ).



Photon Energy (eV) Fig.3. PL spectra at (a)13.8 K and (a,b)RT, and (b) absorption spectrum at RT of latticematched InGaN/SCAM. The low energy tail around 2.4 eV is due to interference within the InGaN film.