GaN 成長に用いた $ScAlMgO_4$ 基板の再利用

Reuse of $ScAlMgO_4$ Substrates Utilized for GaN Growth

東北大金研 [1]，（株）福田結晶 [2]
◦(M1)大西 一生 [1]，窪谷 茂幸 [1]，谷川 智之 [1]，福田 承生 [2]，松岡 隆志 [1]
IMR, Tohoku Univ. [1], Fukuda Crystal Lab. [2], ◦Kazuki Ohnishi [1], Shigeyuki Kuboya [1],
Tomoyuki Tanikawa [1], Tsuguo Fukuda [2], and Takashi Matsuoka [1]
E-mail: k.ohnishi@imr.tohoku.ac.jp

GaN からなる高耐圧の大電力変換素子の実用化に向けて、電気特性を悪化させる貫通転位密度の低減と、GaN 基板の作製コストの低減は、重要な課題である。現在用いられている GaN 自立基板はサファイア等の基板上に GaN を成長し、その後下地基板を除去することで作製されている。しかし、GaN と下地基板との間に大きな格子不整合率が存在するため、GaN 中に 10^5-10^6 cm^{-2} の高密度な貫通転位が発生している。そこで、サファイアと比べて格子不整合率が約 1 桁低い $ScAlMgO_4$（SCAM）に着目した。SCAM は *c* 面に劈開性を有する[1]ため、GaN 成長後の徐冷中に SCAM から GaN が自然に剥離し、GaN 自立基板を容易に作製できると考えられる[2]。実際に、我々はハライド気相成長（HVPE）法によって数百μm の GaN を成長し、成長後の徐冷中に SCAM 基板から GaN が自然剥離することを確認している[2]。低コストの GaN 自立基板作製のため、この剥離した SCAM 基板の再利用できることが望ましい。しかし、GaN 剥離後の SCAM 基板表面は平坦でなく、数μm 程度の段差が生じている。本研究では、SCAM 基板の再利用を試みた。

GaN 剥離後の SCAM 基板表面の再生のために、SCAM 基板を劈開して、成長に耐える平坦面を形成した。この基板上に、有機金属気相成長（MOVPE）法を用いて膜厚 1.8 μm の GaN を成長した[3]。成長後の GaN の表面モフォロジーを原子間力顕微鏡（AFM）によって観察した。また、0002 回折と $10\bar{1}1$ 回折の X 線ロッキングカーブ（XRC）の半値全幅（FWHM）から貫通転位密度を見積もった[4]。

GaN 表面の AFM 像を Fig. 1 に示す。GaN 表面に原子ステップを観察でき、算術平均粗さ 0.11 nm の平坦性を有することがわかった。XRC の FWHM と、この FWHM から見積もった貫通転位密度を Table 1 に示す。再利用 SCAM 基板上 GaN の貫通転位密度は、未使用の SCAM 基板上 GaN と同程度である。以上の結果から、GaN 自立基板作製プロセス中に自然剥離した SCAM 基板を、GaN 成長用に再利用できることが分かった。このことは、サファイア基板より高価である SCAM 基板を用いても、GaN 自立基板の作製コストを低減できることを意味する。

[1] E. S. Hellman *et al.*, MRS Proc. **395**, 51 (1996).
[2] K. Ohnishi *et al.*, Appl. Phys. Express **10**, 101001 (2017).
[3] T. Iwabuchi *et al.*, Phys. Status Solidi A **214**, 1600754 (2017).
[4] C. G. Dunn *et al.*, Acta Met. **5**, 548 (1957).

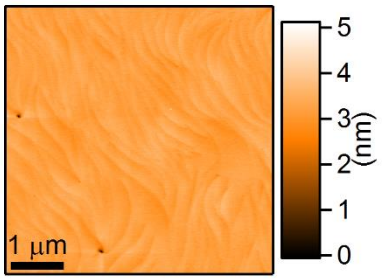

Figure 1. AFM image of GaN film grown on reused SCAM substrate.

Table 1. FWHM and dislocation densities of GaN films grown on SCAM substrates.

	SCAM substrate	
	new	reuse
0002 FWHM (arcsec)	300	350
$10\bar{1}1$ FWHM (arcsec)	430	420
Screw dislocation density (cm^{-2})	1.8×10^8	2.5×10^8
Edge dislocation density (cm^{-2})	1.5×10^9	1.4×10^9

© 2018年 応用物理学会