RF-MBE 法による $ScAlMgO_4$ 基板上への GaN エピタキシャル成長

Growth of GaN Film on $ScAlMgO_4$ Substrate by RF-MBE

立命館大理工 [1]、（株）福田結晶研 [2]　○(B)栢本聖也 [1]，藤井高志 [1,2]，福田承生 [2]，白石裕児 [2]，
毛利真一郎 [1]，荒木努 [1]
Ritsumeikan Univ. [1], Fukuda Crystal Lab. [2], ○Seiya Kayamoto[1], Takashi Fujii[1,2], Tsuguo Fukuda[2],
Yuuji Siraishi[2], Shinichiro Mouri[1], Tsutomu Araki[1]
E-mail: re0103ip@ed.ritsumei.ac.jp

$ScAlMgO_4$（以下、SAM）は、GaN との格子ミスマッチは 1.8%で、In 組成が 17%の InGaN とは完全に格子整合する[1]。また GaN との熱膨張係数差も小さい。さらに最近は無転位の SAM 結晶育成も可能となったことが報告され[2, 3]、窒化物半導体成長用基板として注目を集めている。SAM 基板上に GaN 薄膜を MOCVD 法や HVPE 法で成長する場合、これらの成長方法での成長雰囲気下、高温環境下では、SAM 基板表面から Mg が脱離し、表面が荒れるという報告がある。そのため、これらの方法で SAM 基板上に GaN 薄膜を成長させるためには、低温バッファ層を挿入するなどの対策が必要となる。一方、RF-MBE 法を用いた窒化物半導体成長は、超高真空環境下で MOCVD 法等と比較して数百度以上低い温度で結晶成長が可能であり、無転位 SAM 基板の特長を活かした高品質窒化物半導体成長を実現することが期待できる。今回は有転位の SAM 基板を用いて、RF-MBE 法による GaN の成長条件を検討した結果について報告する。

はじめに SAM 基板の高温環境下での安定性を QMS で調べた。SAM 基板を RF-MBE 装置内に投入し、950℃まで 50℃間隔で温度を上昇させながら、原子の脱離状況を測定した。また、実験前後の基板表面を AFM、結晶性を XRD で評価した。次に RF-MBE 法を用いて SAM 基板上に GaN 薄膜成長を行った。今回は有転位の c 面 SAM 基板を使用した。基板サイズは 10 mm 角で、成長温度 650℃、窒素プラズマパワー110 W を固定し、Ga フラックス量を 4.0×10^{-7} および 8.0×10^{-7} Torr と変化させて、1 時間成長を行った。成長後の評価には、光学顕微鏡、SEM、XRD、CL を用いた。

SAM 基板温度の昇温中に、QMS による Al、Mg、Sc の脱離は観測されなかった。基板を取り出した後の AFM による基板表面および XRD による結晶性評価においても変化はなく、高温によるダメージはほぼないと考える。これは RF-MBE 法での成長雰囲気が MOCVD 法や HVPE 法とは異なり、超高真空下であるからではないかと考える。

Fig. 1 に Ga フラックス量 4.0×10^{-7} Torr で成長した試料の光学顕微鏡像を示す。10 mm 角の SAM 基板上に均一に鏡面を有する GaN 膜は成長したものの、ドロップレットも確認できた。Fig. 2 に示す XRD 測定結果から、c 軸配向した六方晶 GaN が成長していることを確認した。一方、六方晶 GaN (0002)面からの回折ピーク付近には、立方晶 GaN (111)面からの回折ピークが現れており、また CL 評価においても六方晶 GaN と立方晶 GaN それぞれからの発光ピークも観察されたことから、今回の成長条件では、成長温度が低く、V/III 比もまだ Ga リッチ条件であるため、準安定相の立方晶 GaN が混在してしまっていると考えられる。今後、成長温度、V/III 比の最適化を図り、SAM 基板上 GaN 成長の高品質化を目指す。

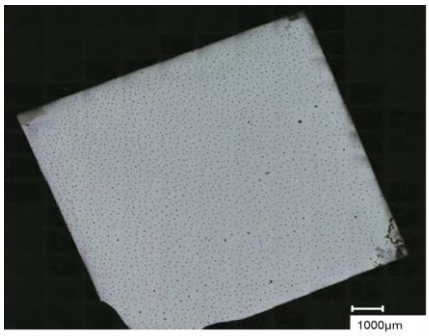

Fig. 1 Optical microscope image of GaN grown on SAM substrate

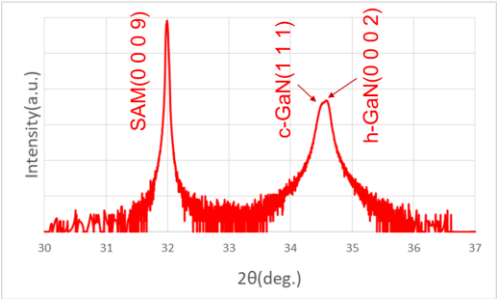

Fig. 2 XRD ω−2θ spectrum of GaN on SAM substrate

[1] E. S. Hellman, C. D. Brandle, E. H. Hartford Jr., Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 395, 51 (1995)
[2]白石　裕児 他　第 80 回応用物理学会秋季学術講演会　18p-E207-6　(2019)
[3]藤井　高志 他　第 80 回応用物理学会秋季学術講演会　18p-E207-7　(2019)