

透過電子顕微鏡を用いた ScAlMgO₄ 基板上 RF-MBE 成長 GaN の極微構造評価 Microstructural Characterization of GaN films Grown on ScAlMgO₄ Substrate by RF-MBE

立命館大理工¹, (株) 福田結晶研², [○]和田 邑一¹, 黒田 悠弥¹, 栢本 聖也¹, 後藤 直樹¹,

藤井 高志^{1,2}, 毛利 真一郎¹, 白石 裕児², 福田 承生², 荒木 努¹

Ritsumeikan Univ.¹, Fukuda Crystal Lab.², [○]Y. Wada¹, Y. Kuroda¹, S. Kayamoto¹, N. Goto¹,

T. Fuji^{1,2}, S. Mouri¹, Y. Shiraishi², T. Fukuda², T. Araki¹

E-mail: re0134hp@ed.ritsume.ac.jp

ScAlMgO₄ (以下、SAM) は GaN および低 In 組成 InGa_{0.17}N の成長用基板として注目を集めている^[1-4]。GaN との格子ミスマッチは 1.8%で、In 組成 17%の InGa_{0.17}N とは格子整合する。加えて、GaN や InGa_{0.17}N との熱膨張係数差は Sapphire と比べて小さい。近年、SAM の良質な単結晶を作る技術が進展しており、無転位の SAM 単結晶の作製報告も存在する^[5,6]。我々のグループでは、RF-MBE 法を用いて、SAM 基板上に GaN および InGa_{0.17}N を直接成長させる試みを行っている。

本研究ではオフ角の異なる SAM 基板上に、RF-MBE 法により GaN を直接成長し、それらを透過電子顕微鏡 (以下、TEM) で観察し、構造評価を行った。GaN 成長は、オフ角 0.18°, 0.24°の 10 mm 角 c 面 SAM 基板上に行った。各種成長条件は、成長温度: 700°C、Ga フラックス量: 6.33×10^{-7} Torr、窒素プラズマパワー: 110 W、窒素流量: 2 sccm、成長時間: 1 時間である。これらのサンプルから FIB を用いて、TEM 観察時の電子線入射方位が GaN の [1-100] および [11-20] と平行になるように薄片を作製し、JEM-2100Plus (加速電圧 200kV) により断面 TEM 観察を行った。

Fig. 1 に、オフ角 0.18°の SAM 基板上に直接成長した GaN の断面 TEM 像を、Fig. 2 に、GaN/SAM 基板界面から得られた制限視野回折像を示す。断面 TEM 像から、平坦でつながりのよい GaN 膜が成長していることを確認した。格子不整合の少ない系ではあるものの、膜中にはおよそ 10^9 cm^{-2} 台後半の転位が存在している。また、制限視野回折像から、GaN(0001) // SAM(0001)、GaN[1-100] // SAM[1-100] の関係で六方晶 GaN が SAM 基板上にエピタキシャル成長していることがわかった。Fig. 3 には、電子線の入射方位を [11-20] とした際に、GaN/SAM 界面付近から得られた HRTEM 像を示す。GaN が SAM 基板と急峻な界面を保ちながらコヒーレント成長しており、RF-MBE 法が SAM 基板上 GaN 直接成長に有効であることが示された。一方、オフ角 0.24°の SAM 基板上に直接成長した GaN においては、オフ角 0.18°のものを用いた場合と異なり、制限視野回折像にて GaN 膜に立方晶相が混在していることがわかった。立方晶混在の起源などについて検討した結果については当日報告する。

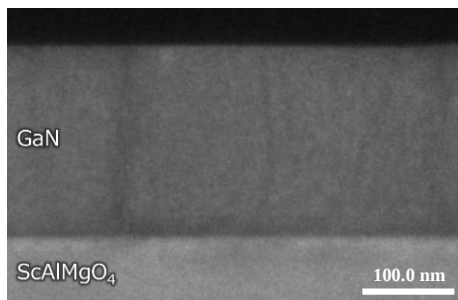


Fig. 1 Cross-sectional TEM image

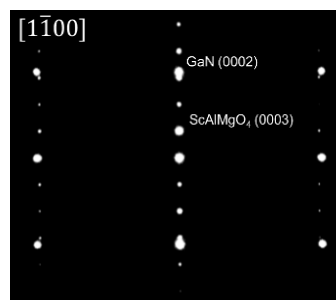


Fig. 2 Diffraction image obtained from the interface

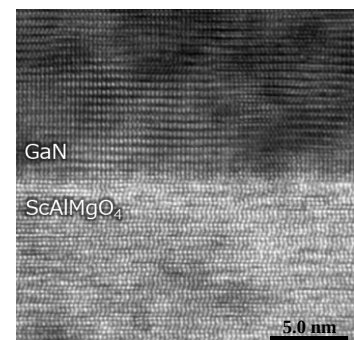


Fig. 3 HRTEM image of the interface

参考文献

- [1] E. S. Hellman, C. D. Brandel, L. F. Schneemeyer, D. Wiesmann, I. Brener, T. Siegrist, G. W. Berkstresser, D. N. E. Buchanan, and E. H. Hartford, Jr., MRS Proc. 395, 51 (1995)
- [2] K. Ohnishi, M. Kanoh, T. Tanikawa, S. Kuboya, T. Mukai, and T. Matsuoka, Appl. Phys. Express 10, 101001 (2017)
- [3] T. Ozaki, M. Funato, and Y. Kawakami, Appl. Phys. Express 12, 011007 (2019)
- [4] S. Kayamoto, T. Fujii, T. Fukuda, R. Sugie, S. Mouri, and T. Araki, The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology, C01-01-02 (2021)
- [5] 白石裕児 他 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 18-E207-6 (2019)
- [6] 藤井高志 他 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 18-E207-7 (2019)