

減圧 CVD で成長した六方晶窒化ホウ素薄膜の深紫外発光特性の向上 Improvement in the DUV luminescence of hexagonal boron nitride films grown by low-pressure CVD

静岡大学・大学院工学研究科¹, 工学部², 創造科学技術大学院³, 電子工学研究所⁴

○梅原 直己¹, 増田 敦¹, 清水 乙生², 光野 徹也¹, 小南 裕子¹, 原 和彦^{3,4}

Shizuoka Univ., °N. Umehara, A. Masuda, T. Shimizu, T. Kouno, H. Kominami, K. Hara

E-mail: f0330154@ipc.shizuoka.ac.jp

【はじめに】 六方晶窒化ホウ素 (h-BN) は、ホウ素および窒素の sp^2 結合からなる原子シートが積層したグラファイト様の結晶構造をもつ、 $E_g \sim 6$ eV のワイドギャップ材料である。物理的・化学的な安定性にも優れており、深紫外の受発光素子、グラフェンデバイス用基板、窒化物半導体用の剥離層などでの活用が期待される¹⁻³。我々はこのような応用に向け、 BCl_3 と NH_3 を原料とする化学気相法 (CVD) を用いて、c 面サファイア基板上への h-BN 薄膜の作製に取り組んでいる。これまでに、薄膜の結晶性と発光特性の間に強い相関を有すること、減圧成長 (20 kPa) で原料供給量を制御することで結晶性が向上することを明らかにしている^{4,5}。今回は、成長圧力をさらに 10 kPa まで下げることで、室温において h-BN の自由励起子発光を示す薄膜を得た。さらに、その特性の原料供給量依存性について報告する。

【試料作製】 試料作製装置は、BN 製反応管と管状炉により構成される。原料および雰囲気ガスは、 BCl_3 (0.03 % - N_2 希釈), NH_3 (99.99997 %) および N_2 であり、これらは同心円状のノズルを通して反応管内に供給される。基板は成長温度でサーマルクリーニングを 30 分間、次いで 10 分間窒化を行い、その後、2 時間の成長を行った。成長時の炉内圧力および総ガス流量はそれぞれ 10 kPa, 5 slm とした。 BCl_3 供給量および NH_3 供給量はそれぞれ 0.2, 100 ~ 600 sccm である。成長温度は、20 kPa 減圧成長において結晶性が改善された 1200 °C とした⁴。

【実験結果】 図 1 および 2 に、 $NH_3 = 300$ sccm で作製した試料の X 線回折 (XRD) およびカソードルミネッセンス (CL) 測定の結果を示す。XRD 測定では、26.5 ° 付近に h-BN(002)からの回折が観測され、c 軸に強く配向し成長していることが確認された。一方 CL 特性については、340 nm 付近のブロードな発光が支配的であったが、215 nm 付近に微弱ではあるが h-BN の自由励起子起源と考えられている発光を観測した。前者については h-BN 中の不純物に起因した発光と考えられるが、詳細な起源は明らかになっていない。上記条件における 10 kPa 減圧成長ではすべての試料が自由励起子発光を示したが、 $NH_3 = 300$ sccm において最も発光特性が改善した。これらの結果から、現状ではさらに特性の向上が求められるが、h-BN 薄膜の特性を改善する上で減圧化は有効と考えられる。

謝辞 本研究の一部は東北大学電気通信研究所における共同研究プロジェクトによる。

- 1) K. Watanabe et al, Nature Photon., 3, 591 (2009).
- 2) C. R. Dean et al, Nature Nanotech., 5, 722 (2010).
- 3) Y. Kobayashi et al, Nature, 484, 223 (2012).
- 4) 桑原 他, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 18p-E13-18 (2014).
- 5) 梅原 他, 第 75 回応用物理学会学術講演会, 17a-C5-1 (2014).

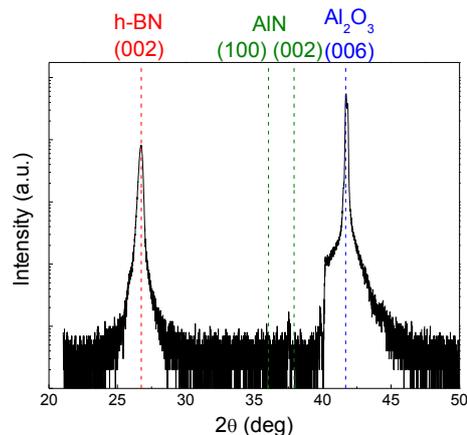


図 1 成長した試料の XRD パターン。

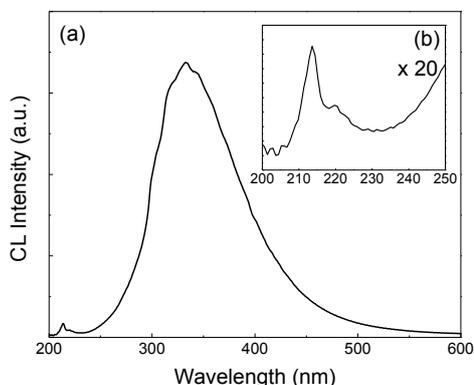


図 2 (a) 成長した試料の CL スペクトル。
(b) バンド端付近の拡大図 (x20)。