

サファイア基板上に成長した六方晶窒化ホウ素薄膜の面発光分析

CL mapping of h-BN thin films grown on sapphire substrates

静岡大学・創造科学技術大学院¹, 大学院総合科学技術研究科², 電子工学研究所³

○梅原 直己¹, 川原崎 匠², 名嘉真 朝泰², 光野 徹也², 小南 裕子², 原 和彦^{1,3}

Shizuoka Univ., [○]N. Umehara, T. Kawarazaki, T. Nakama, T. Kouno, H. Kominami and K. Hara

E-mail: umehara.naoki.15@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。その特異な結晶構造や電気絶縁性からグラフェン系デバイスにおける基板や絶縁層として期待されるだけでなく、深紫外の受発光素子や窒化物半導体用の剥離層など、幅広い分野への応用が期待されている^{1,2)}。一方で、このようなデバイス応用に向け各種の薄膜作製方法が研究されているが、得られる試料の品質は十分ではない。我々のグループでは、この解決に向けた h-BN 薄膜の作製技術の確立に取り組んでいる。これまでに、 BCl_3 と NH_3 を原料とする CVD による c 面サファイア基板上への薄膜成長を行い、減圧成長による薄膜の単結晶化³⁾、室温で自由励起子発光を示す薄膜の作製を報告してきた。本発表では、薄膜の高品質化に向けた成長条件探索の一環として、カソードルミネッセンス(CL)の面発光分析により、膜構造と発光特性の関係を調査した結果を報告する。

【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 (0.1 % - N_2 希釈)、 NH_3 (99.99997 %) および N_2 である。基板には c 面サファイアを用いた。成長前処理として 1200 °C でのサーマルクリーニングを 30 分間施した後、120 分間成長を行った。成長時の炉内圧力および成長温度はそれぞれ 5 kPa、1200 °C である。 BCl_3 供給量および NH_3 供給量はそれぞれ 0.1 および 100 sccm に固定した。作製した試料について、X 線回折測定および CL 測定を用いて結晶性および発光特性を評価した。また、走査型電子顕微鏡(SEM)および付属の CL 測定装置を用いて薄膜の膜構造評価および面発光分析を行った。なお、分析に際し試料には導電性処理を施している。

【結果と考察】 作製した試料は、c 軸配向し、CL 測定では室温で波長 215 nm に h-BN の自由励起子発光および 300 ~ 400 nm 帯の不純物発光を示した。図 1(a)に、作製した試料の表面 SEM 像を示す。SEM 像から、薄膜は直径 800 nm 程度の柱状のグレインにより構成されていることがわかる。図 1(b)には、図 1(a)と同じ領域を測定して得られた自由励起子由来の発光(波長 215 nm)の CL 像を、図 1(c)には不純物に起因した発光(318 nm)の CL 像を示す。これらの図の比較から、自由励起子発光は柱状に成長したグレインからのみ観測されたが、不純物発光は薄膜全体から観測され、その強度は特に柱状グレインの谷間にある無配向グレインの領域で相対的に強いことがわかった。この結果は、高品質な柱状グレインの均一な成長による平坦性向上が、薄膜の高品質化を目指すうえで重要であることを示している。

【謝辞】 本研究の一部は、科研費挑戦的萌芽研究 16K14222 の援助を受け行われました。

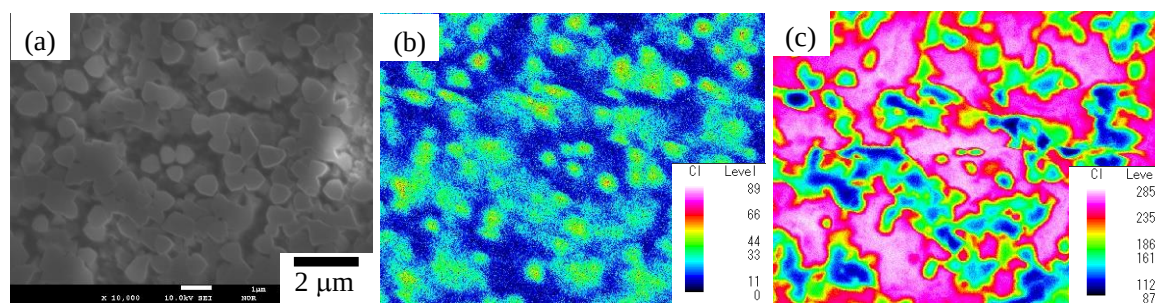


Fig. 1 (a) SEM images of the sample surface, (b) CL mapping at 215 nm and (c) CL mapping at 318 nm.

1) C. R. Dean et al., Nature Nanotech., 5, 722 (2010).

2) K. Watanabe et al., Nature Photon., 3, 591 (2009).

3) N. Umehara et al., Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 55, 05FD09-1 (2016).