六方晶窒化ホウ素薄膜の減圧 CVD における原料ガス導入タイミング

The source gas flow timing in the CVD of hexagonal boron nitride thin films

静岡大学・大学院総合科学技術研究科 [1]，創造科学技術大学院 [2]，電子工学研究所 [3]
○吉岡陸 [1]，田中佑樹 [1]，渡邊泰良 [1]，増田克仁 [1]，大石泰己 [1]，増田希良里 [1]，小南裕子 [1,2]，原和彦 [1,2,3]
Shizuoka Univ., ○R. Yoshioka, Y. Tanaka, T. Watanabe, K. Masuda, T. Oishi, K. Masuda
H. Kominami and K. Hara
E-mail: yoshioka.riku.17@shizuoka.ac.jp

［はじめに］ 六方晶窒化ホウ素(h-BN)は、ハニカム構造の B および N 原子のシートが周期的に積層した結晶構造をもつワイドバンドギャップの二次元物質であり、近年、飛躍的な特性向上と高機能化をもたらし得る電子デバイスや深紫外光源用の材料として注目が集まっている。その研究・開発のためには大面積かつ高品質な h-BN 薄膜が求められることから、本研究室では、減圧化学気相法による h-BN 薄膜の成長に取り組んできた [1)]。本研究では、原料ガスの NH_3 および BCl_3 ガスを反応管に導入するタイミングが薄膜成長に与える影響を調査した。

［試料作製］試料作製に使用した CVD 装置は、円筒状の石英反応管と基板加熱用のタングステンヒーターから構成されている。原料およびキャリアガスは、NH_3 (99.99997 %)、BCl_3 (0.11 % - N_2 希釈)および N_2 である。基板としては、c 面サファイアを使用した。基板の前処理として、有機洗浄および N_2 雰囲気中で 1200 °C のサーマルクリーニングを行った後、基板温度 1300 °C、成長圧力 15 kPa で 1 時間成長を行った。BCl_3 および NH_3 の供給量はそれぞれ 0.1 および 100 sccm である。

［実験結果］Fig. 1 に、(a) NH_3 ガスを 20 分間先に導入し作製した試料、(b) NH_3 と BCl_3 ガスを同時に導入し作製した試料および(c) BCl_3 ガスを 1 分間先に導入し作製した試料の XRD 測定の結果を示す。試料(b)および(c)では、2θ = 26.7 °付近に明瞭な h-BN (002)回折ピークが観測されたが、試料(a)では非常に弱く、また 35 °付近には AlN からと同定できる微弱でブロードな回折も観測された。試料(a)の膜は非常に薄く、これらの結果から基板の表面窒化が h-BN の形成を阻害する可能性があることがわかった。この結果は、窒化により基板表面に形成された AlN 層が高品質化に有効という、有機金属気相法について報告されている傾向とは異なる [2)]。Fig. 2 に、同試料の CL スペクトルを示す。試料(a)では h-BN からの発光はほとんど観測されなかったが、試料(b)と(c)ではいずれも h-BN 固有の励起子発光(215 nm)が観測された。この発光の強度は試料(b)と(c)で同等であったが、不純物または欠陥に起因する発光(300 ~ 400 nm)については試料(c)で増加した。

［謝辞］本研究の一部は、科学研究費補助金 20K20993 により行われた。

1) N. Umehara et al., JJAP 60, 075502 (2021).
2) M. Chubarov et al., Phys. Stat. Sol. Rapid Res. Lett. 5, 397 (2011).

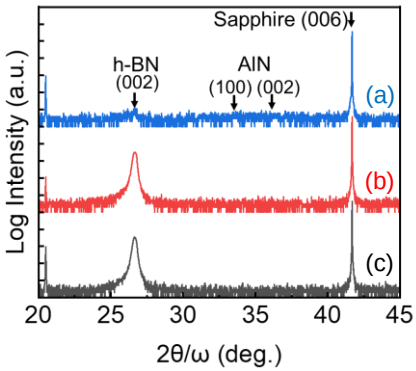

Fig. 1 XRD patterns of the samples prepared by introducing (a) NH_3 for 20 minutes before growth, (b) NH_3 and BCl_3 at the same time and (c) BCl_3 for 1 minutes before growth.

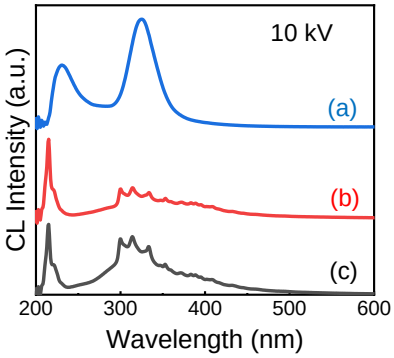

Fig. 2 Room temperature CL spectra of the samples shown in Fig. 1.