

c-BN 薄膜成長における基板面方位の影響

Effect of substrate surface orientation on c-BN thin-film growth

日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所

○平間 一行, 谷保 芳孝, 山本 秀樹, 熊倉 一英

NTT Basic Research Labs, NTT Corporation

○Kazuyuki Hirama, Yoshitaka Taniyasu, Hideki Yamamoto, and Kazuhide Kumakura

E-mail: hirama.kazuyuki@lab.ntt.co.jp

【はじめに】立方晶窒化ホウ素(c-BN)は大きなバンドギャップエネルギー(6.3 eV)や高い熱伝導率(13 W/cmK)を有しており、高耐圧の電子デバイス等への応用が期待されている。BN の準安定相である c-BN の成長は一般に困難であるが[1]、最近我々は、ボロンと窒素の供給と同時に Ar^+ イオンを成長表面に加速して照射する非平衡性の高い成長手法(イオンビームアシスト MBE 法)によって、c-BN 薄膜のエピタキシャル成長に成功した[2]。本研究では、c-BN 薄膜の成長機構の解明に向けて、成長基板の面方位が c-BN 薄膜の成長速度と結晶性に及ぼす影響を調査した。

【実験】c-BN と格子整合性の良いダイヤモンド(001)、(111)基板上($\Delta a=1.3\%$)に、イオンソースとラジカルソースを備えた MBE 装置を用いて c-BN 薄膜をエピタキシャル成長した。ボロンは EB 加熱により、窒素はラジカルソースにより N^* として供給した。 Ar^+ イオンはイオンソースから、加速電極によって加速させて成長表面に照射した。 Ar^+ イオンのエネルギーは 100 eV、ボロンの供給量(F_B)は 8.4×10^{13} atoms/cm²·s、ラジカルソースに導入した窒素流量は 1~4 sccm である。成長温度は 920°C とした。

【結果】Fig. 1 に、c-BN 薄膜のイオンビームアシスト MBE 成長における成長速度のラジカルソース窒素流量依存性を示す。供給したボロンが全て c-BN として取り込まれると仮定した場合の理想的な成長速度が 36 nm/hour であるのに対して、実際の成長速度は 26 nm/hour 以下であり、成長と同時に Ar^+ イオン照射による物理的なスパッタリングが起こっている。同一の成長条件では、(001)面の成長速度が(111)面の成長速度よりも約 1.2~1.8 倍速い。

次に c-BN 自体のイオン照射によるスパッタリング速度を調査したところ、(001)面のスパッタリング速度が(111)面よりも速いことが分かった。ラジカルソースへの窒素流量を 3 sccm とした場合の、c-BN 薄膜の成長速度とスパッタリング速度の面方位依存性を Fig. 2 に示す。成長中の c-BN のスパッタリングを考慮しても、理想的な成長速度と実際の成長速度には違いがみられる。この違いは、供給したボロンの一部が c-BN として取り込まれずに、マイグレーション中、または sp^2 結合の BN となった状態でスパッタリングされていることを示唆している。(111)面と比べて、(001)面では供給したボロンがより効率的に c-BN として取り込まれることが分かった。

Fig. 3 は、X 線ロックインカーブ半値幅(FWHM)の膜厚依存性である。(001)薄膜と(111)薄膜では共に、膜厚が厚くなるに従って FWHM は単調に減少しており、厚膜成長によって c-BN 薄膜の高品質化が可能であることが分かった。また、膜厚が 150 nm 以下の場合では、(001)薄膜よりも(111)薄膜の FWHM が小さく、結晶性が良いことが分かった。

本研究の一部は科研費 (25246022) の援助を受けて行われた。

[1] P.B. Mirkarimi *et al.*, Mater. Sci. Eng., R 21 (1997) 47.

[2] K. Hirama *et al.*, Appl. Phys. Express, 10 (2017) 035501.

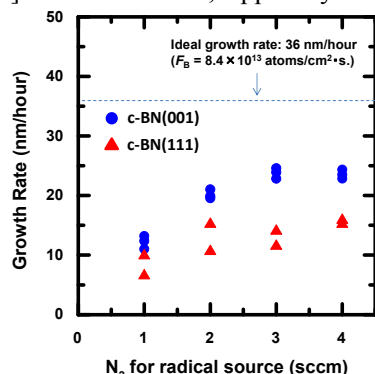


Fig. 1 N_2 flow rate dependence of growth rate of c-BN(001) and (111) films.

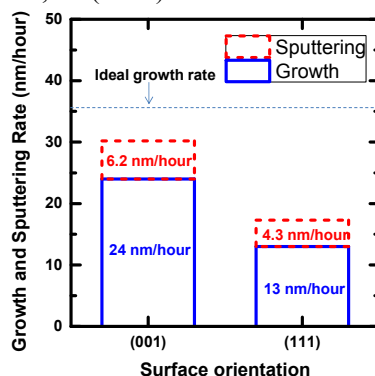


Fig. 2 Surface orientation dependence of c-BN growth and sputtering rate.

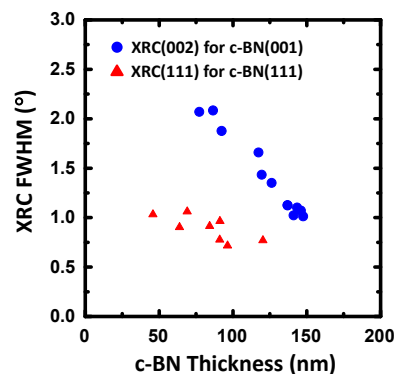


Fig. 3 Thickness dependence of XRC FWHM for c-BN(001) and (111) films.