c-BN 薄膜のイオンビームアシスト MBE 成長における基板へのバイアス電圧印加の効果

Effect of applying substrate bias for ion-beam-assisted MBE growth of c-BN thin films

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 Lab. NTT Corp., ○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)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。c-BN は BN の高圧安定相であるため気相成長は困難であるが、最近我々は、ボロンと窒素ラジカルの供給と同時に 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[1]。成長中のイオン照射は c-BN 相の形成に不可欠であるが、一方で、高エネルギーのイオンが c-BN 薄膜に衝突することによる圧縮歪みの導入[2]やエッチングによる成長効率の低下[1]などの問題も報告されている。さらに、高エネルギーイオンの衝撃に伴う結晶欠陥の形成も懸念される。そこで本研究では、基板ステージに正のバイアス電圧を印加することで、成長中の c-BN 薄膜に加わる Ar^+イオンのエネルギー低減を行って c-BN 薄膜を成長した。

【実験】c-BN 薄膜は、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、ダイヤモンド(111)基板上に成長した。ボロンは EB 加熱により、窒素はラジカルソースにより供給した。ボロンと窒素の供給と同時に、Ar^+イオンを加速させて成長表面に照射した。イオンの加速電圧(V_{acc})は+190 V である。基板ステージのバイアス電圧は、0 V と+50 V とした。窒素/ボロン比は > 1、成長温度は 920°C、成長時間は 1 時間とした。この成長温度におけるボロンの付着係数はほぼ 1 であり、供給したボロンが全て取り込まれると仮定したときの c-BN 薄膜の設計膜厚は 55 nm である。c-BN 薄膜の成長効率は、実際の膜厚/設計膜厚として定義した。

【結果】成長中の RHEED 像から、c-BN(111)薄膜のエピタキシャル成長を確認した。Fig. 1 に c-BN(111)薄膜の赤外(IR)吸収スペクトルを示す。無歪みの c-BN における TO フォノンの吸収ピーク位置は約 1055 cm^{-1} であり、圧縮歪みが大きいほど高波数側にシフトする[3]。基板バイアスが 0 V と+50 V の場合の吸収ピーク位置は、それぞれ 1073 cm^{-1}、1068 cm^{-1} であり、+50 V の基板バイアスを印加することで吸収ピーク位置が低波数側にシフトし、無歪みの場合の吸収ピーク位置に近づいた。このことから c-BN 薄膜中の圧縮歪みが低減したことが示唆される。c-BN 薄膜の膜厚は吸収ピークの積分強度に比例する。膜厚から見積もった成長効率は、基板バイアスが 0 V と+50 V の場合でそれぞれ 32%、40%であり、+50 V の基板バイアス印加によりイオンによるエッチングが抑制され、成長効率が改善した。TO フォノンの吸収ピークの半値全幅(FWHM)は、基板バイアスが 0 V と+50 V の場合でそれぞれ、47 cm^{-1}、41 cm^{-1} である。FWHM の低減は c-BN 薄膜の均質性・結晶性が向上したことを示唆しており、基板バイアス印加によるイオンエネルギーの低減によって、イオン照射に起因する結晶欠陥の形成が抑制されたためと考えられる。

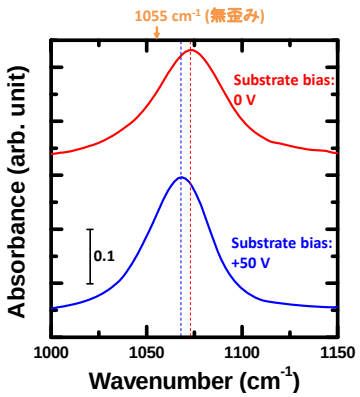

Fig. 1 Substrate bias dependence of FT-IR absorption spectra for c-BN (111) thin films.

本研究の一部は科研費（25246022）の援助を受けて行われた。装置のメンテナンスを通じて研究をサポートして頂いた NTT 物性科学基礎研究所の狩元慎一氏に感謝致します。

[1] K. Hirama *et al.*, Appl. Phys. Lett. 104 (2014) 092113.
[2] S. Fahy *et al.*, Phys. Rev. B, 56 (1997) 12573.
[3] J. A. Sanjurjo *et al.*, Phys. Rev. B, 28 (1983) 4579.

© 2016年 応用物理学会