

単結晶 c-BN 薄膜の内部応力に及ぼすイオン照射の影響

Ion irradiation effect on internal stress in single-crystal 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, 狩元 慎一, 山本 秀樹, 熊倉 一英

NTT Basic Research Lab. NTT Corp., ○Kazuyuki Hirama, Yoshitaka Taniyasu,

Shin-ichi Karimoto, 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、他の窒化物半導体とのヘテロ接合による電子デバイスや紫外発光デバイス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、成長表面へのイオンの照射が c-BN 相の形成に有効であることが知られている[1]。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、単結晶 c-BN 薄膜の成長に成功した[2]。一方で、イオン照射を利用して成長した多結晶 c-BN 薄膜では、膜中に大きな圧縮歪みを有することが報告されている[3]。そこで本研究では、成長中のイオン照射が単結晶 c-BN 薄膜中の応力に及ぼす影響を調べた。

【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。コヒーレント成長した場合、c-BN 薄膜にはダイヤモンドとの格子定数差($\Delta a=1.3\%$)に由来する面内圧縮応力が生じることになる。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 180~300 V の範囲で変化させた。窒素/ボロン比と Ar^+ イオン/ボロン比は共に >1 とした。成長温度は 920°C で、c-BN 薄膜の膜厚は約 30 nm である。

【結果】Fig. 1 に、c-BN 薄膜の赤外(IR)吸収スペクトルにおける、TO フォノンによる吸収ピーク位置と成長中の Ar^+ イオンの加速電圧の関係を示す。吸収ピーク位置はイオンの加速電圧が高いほど高波数側にシフトした。静水圧印加の実験では、c-BN の TO フォノンのピーク位置は圧縮応力が大きくなるほど高波数側にシフトすることが報告されている[4]。この他、TO フォノンのピーク位置は、c-BN 薄膜の膜厚によっても変化することが知られているが[5]、今回評価した試料はほぼ同じ膜厚の単結晶 c-BN(111)薄膜であることから、吸収ピーク位置のシフトが主に薄膜中の応力の変化に由来すると考えられる。高い加速電圧で成長した c-BN 薄膜ほど大きな圧縮応力が生じているため、成長中の高い運動エネルギーを持つイオンの存在が、c-BN 薄膜中の歪みに影響を与えている可能性が高い。薄膜に大きな内部応力が存在すると、ヘテロ構造デバイスに c-BN を利用する際に問題になると予想されることから、c-BN 薄膜中の応力の起源の解明と制御が重要になると考えられる。

本研究の一部は科研費 (25246022) の援助を受けて行われた。

[1] K. Inagawa *et al.*, J. Vat. Sci. Technol. A 5 (1987) 2696.

[2] K. Hirama *et al.*, Appl. Phys. Lett. 104 (2014) 092113.

[3] S. Fahy *et al.*, Phys. Rev. B, 56 (1997) 12573.

[4] J. A. Sanjurjo *et al.*, Phys. Rev. B, 28 (1983) 4579.

[5] T. A. Friedmann *et al.*, J. Appl. Phys. 76 (1994) 3088.

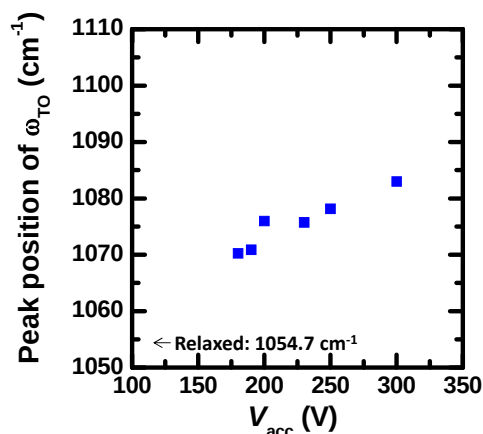


Fig. 1 V_{acc} dependence of FT-IR peak position for c-BN TO phonon.