

立方晶窒化ホウ素 (cBN) のイオンビームアシスト MBE 成長

Cubic boron nitride (cBN) growth by ion-beam-assisted MBE

日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所

○平間 一行, 狩元 慎一, Krockenberger Yoshiharu, 谷保 芳孝, 山本 秀樹

NTT Basic Research Lab. NTT Corp., ○Kazuyuki Hiram, Shinichi Karimoto,

Yoshiharu Krockenberger, Yoshitaka Taniyasu, and Hideki Yamamoto

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

【はじめに】窒化ホウ素は常温常圧下において sp^2 結合の六方晶構造(hBN)が安定相であり、 sp^3 結合の立方晶構造(cBN)は準安定相である。この cBN は大きなバンドギャップエネルギー(6.3 eV)を有すること、 sp^3 結合の窒化物半導体(AlN, GaN, InN)とヘテロ接合が形成できることから、高耐圧電子デバイスや紫外発光デバイスへの応用が期待される。準安定相である cBN の成長は困難であるが、BN 成長時にイオン照射によって運動量を付与することで、cBN が気相成長できることが報告されている[1]。本研究では phase pure な cBN 相を得るため、cBN の成長機構を調べた。

【実験】BN 薄膜は RF イオンソースと RF ラジカルソースを備えた MBE 装置を用いて Si(001)、MgO(001)、ダイヤモンド(111)基板上に成長した。ボロンは EB 加熱により供給した。RF イオンソースから Ar^+ イオンと N_2^+ イオンを成長表面に加速して照射することで、ボロンへのイオン運動量の付与と、窒素の供給を行った。RF イオンソースから供給する N_2^+ イオンに加えて RF ラジカルソースから窒素ラジカル(N^*)を供給することで、運動量と活性窒素量を独立に制御した。

【結果】まず窒素/ボロン供給比(V/III)が BN の結晶構造に与える影響を調べた。Fig.1(a)に Si(001)上に成長した BN 薄膜の赤外(IR)吸収スペクトルを示す。1 ボロン原子当りに付与した運動量は $150\sim170$ ($eV \times amu$) $^{1/2}$ と見積もられる。(A) V/III = 2 および (B) V/III = 1~2 の窒素リッチ条件では、 sp^3 結合に由来する 1080 cm^{-1} の吸収ピークが支配的であった。 sp^2 結合に由来する 1380 cm^{-1} の吸収ピークとの積分強度の比較から、cBN 相の割合は V/III > 2 で 97%、V/III > 1~2 で 94%であった。一方、(C) V/III = 0.23 のボロンリッチ条件では sp^2 結合に由来する吸収ピークのみが見られており、cBN 相は形成していない。

Fig.1(b)は BN 薄膜中の cBN 相の割合とイオン照射により付与した運動量の関係である。窒素リッチ条件[(A) V/III > 2, (B) V/III = 1~2]では、 100 ($eV \times amu$) $^{1/2}$ 以上の運動量を付与することで cBN 相が形成した。運動量が高くなるにしたがって cBN 相の割合も高くなり、 $150\sim170$ ($eV \times amu$) $^{1/2}$ の範囲で最も高い値が得られた。 200 ($eV \times amu$) $^{1/2}$ を越える運動量の範囲では cBN 相の割合は減少した。このように cBN 相の形成には、窒素リッチ条件における最適な運動量の付与が重要であることが分かった。

次に基板材料が cBN 相の割合に与える影響を調べた。Fig.2 は MgO(001)、Si(001)、ダイヤモンド(111)基板上に成長した BN の IR スペクトルである。成長条件は V/III > 2、運動量 = 155 ($eV \times amu$) $^{1/2}$ である。MgO 上では sp^2 結合による吸収ピークが強く、 sp^2 結合と sp^3 結合の吸収ピークの強度がほぼ等しい。一方、Si とダイヤモンド上では sp^2 結合による吸収ピークが非常に弱く、 sp^3 結合による吸収ピークが支配的である。MgO、Si、ダイヤモンド上の cBN 相の割合はそれぞれ 56%、97%、~100%であり、cBN 相の割合に大きな基板依存性があることが分かった。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.*, Materials Science and Engineering, R21 (1997) 47.

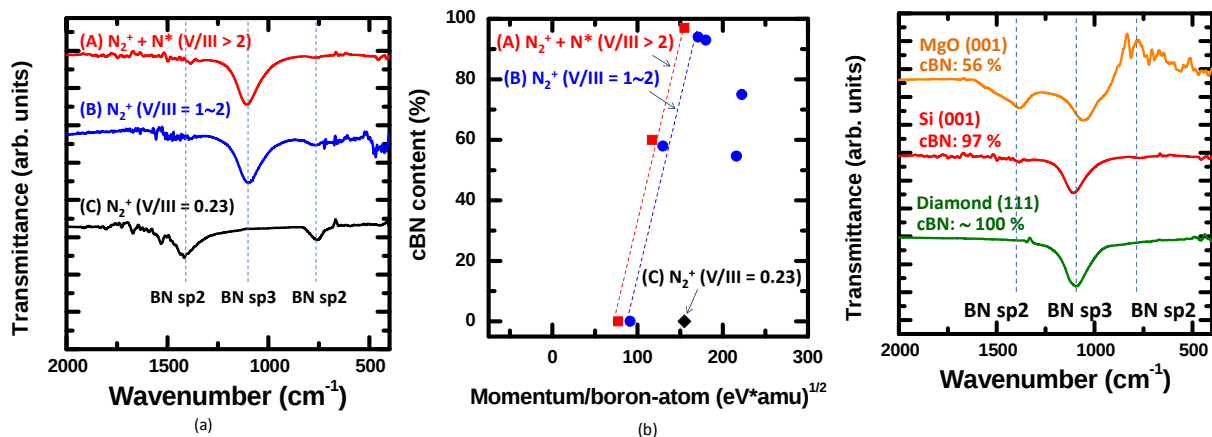


Fig. 1 (a) IR transmittance spectra of BN films grown on Si(001) with different V/III ratio: (A) V/III > 2, (B) V/III = 1~2, (C) V/III = 0.23. Momentum/boron-atom = $150\sim170$ ($eV \times amu$) $^{1/2}$. (b) Momentum dependence of cBN content in BN films on Si(001).

Fig. 2 IR transmittance spectra of BN films grown on MgO(001), Si(001) and diamond (111).