

ダイヤモンド/立方晶窒化ホウ素(c-BN) 薄膜ヘテロ構造成長

Heteroepitaxial growth of diamond on cubic boron nitride (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

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

Shin-ichi Karimoto, and Hideki Yamamoto

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

【はじめに】立方晶窒化ホウ素(c-BN)は、ダイヤモンドと類似の結晶構造(閃亜鉛鉱構造)を持ち、ダイヤモンドとの格子不整合も 1.3%と小さい。これまでに c-BN 上では、バイアス印加などの核形成プロセスを行うことなく、配向したダイヤモンド薄膜を形成できることが報告されている[1,2]。しかし、c-BN 自体の結晶成長が困難であり、c-BN 上のダイヤモンド成長は、高温高压合成法により作製された粒径 1mm 以下の単結晶 c-BN 粒子を用いて行われていた[1,2]。最近、我々はイオンビームアシスト MBE 法によって単結晶 c-BN 薄膜をダイヤモンド基板上に成長できることを報告した[3]。c-BN 薄膜とダイヤモンド薄膜を交互に積層できるようになれば、ダブルヘテロ接合や超格子を利用した電子・発光デバイスの作製が期待できる。そこで本研究では、ダイヤモンド/c-BN 薄膜ヘテロ構造成長を行った。

【実験】はじめに、イオンビームアシスト MBE 法によって c-BN(001)薄膜をダイヤモンド Ib(001)基板上に成長した。c-BN 薄膜の膜厚は約 50 nm である。次にマイクロ波プラズマ CVD 法により、ダイヤモンド薄膜を c-BN 薄膜上に 3 ステップで成長した。それぞれのステップでは、以下のように異なる α パラメータ [$\alpha \equiv \sqrt{3} \cdot (v_{001}/v_{111})$] 条件下で成膜している (v_{001} と v_{111} は、それぞれ<001>、<111>方向の成長速度)。1st step: 高 α 条件 ($\alpha > 2$), 2 時間, 2nd step: 低 α 条件 ($\alpha \sim 1.5$), 1 時間, 3rd step: 高 α 条件 ($\alpha > 2$), 2 時間。c-BN 薄膜上に成長したダイヤモンド薄膜の膜厚は約 4 μm である。各ステップで、ダイヤモンド表面のモフォロジーと結晶方位を SEM 及び RHEED 観察によって評価した。さらに 3rd step 後、ダイヤモンド/c-BN ヘテロ構造の断面 TEM と制限視野電子線回折(SAED)観察を行った。

【結果】Fig. 1(a)は高 α 条件(1st step)でダイヤモンド成長を行った後の成長表面の SEM 像である。成長表面のほとんどが(001)配向したダイヤモンド成長核によって覆われている。c-BN 薄膜とダイヤモンド成長核の面内配向関係は c-BN[110]//ダイヤモンド[110]である。Fig. 1(b)は、続いて低 α 条件(2nd step)でダイヤモンド成長を行った後の成長表面の SEM 像である。ダイヤモンド成長核のコアレスンスにより連続膜が得られているが、成長表面の一部には双晶に由来する 3 次元島が形成している。その後、再び高 α 条件(3rd step)でダイヤモンド成長を行うことにより、双晶に由来する 3 次元島が埋め込まれ、平坦なダイヤモンド表面が得られる[Fig. 1(c)]。この 3rd step で成長した領域の SAED 観察では、双晶に由来する回折パターンは見られず、(001) 配向した単結晶ダイヤモンド薄膜が形成していることを確認した。このように、MBE 成長した c-BN(001)薄膜上においても、高温高压合成の単結晶 c-BN 粒子上と同様、平坦な単結晶ダイヤモンド(001)薄膜のヘテロエピタキシャル成長が可能であることがわかった。

本研究の一部は科研費 (25246022) の援助を受けて行われた。

[1] S. Koizumi *et al.*, Appl. Phys. Lett. 57 (1990) 563. [2] H. Maeda *et al.*, Diam. Relat. Matter. 3 (1994) 398.

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

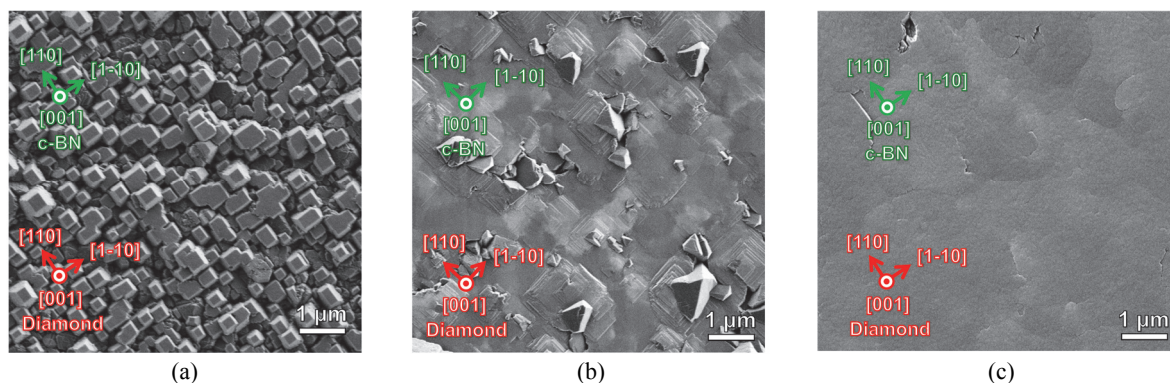


Fig. 1 SEM images of heteroepitaxial diamond film on c-BN (001). (a) 1st step (b) 2nd step (c) 3rd step.