

ホモエピタキシャルダイヤモンド{111}薄膜中の転位伝播

Dislocation propagation in homoepitaxial diamond {111} layer

物材機構¹, 産総研² ○市川 公善¹, 加藤 有香子², 小泉 聡¹, 寺地 徳之¹

NIMS¹, AIST², ○Kimiyoichi Ichikawa¹, Yukako Kato², Satoshi Koizumi¹, Tokuyuki Teraji¹,

E-mail: ICHIKAWA.Kimiyoichi@nims.go.jp

ダイヤモンド構造は主すべり系が{111} <110>であり、<110>方向に転位線を持つ転位がエネルギー的に低くなるため形成されやすい¹。CVD法によるダイヤモンド薄膜成長では、(001)成長の場合、成長方向に平行な貫通転位が形成される²。この転位は、主すべり系から推定される転位線方向と異なる。NVセンタの配向や原子平坦面が得られる(111)面の成長においては、転位に関して不明な点が多い^{3,4}。本研究では、(111)基板上に成長したホモエピタキシャルダイヤモンド膜中の転位を共焦点ラマンイメージングにより3次元的に評価し、(001)CVD層の転位の特徴と比較することで成長方向の転位伝播への影響を明らかにした。

マイクロ波CVD法により高温高压合成Ib{111}基板上にホモエピタキシャル層を成長し、共焦点ラマンイメージング法で転位伝播方向を評価した。共焦点系の深さ方向分解能が1 μm程度であるため、転位のイメージングのためにCVD膜は70 μmの厚膜とした。同一箇所測定深さを変え、基板とCVD層の中でラマンピーク位置の2次元像を取得した。

ラマンピーク位置の2次元像では、基板及びCVD層で転位に起因する局所的な応力変動が観察された。表面から異なる深さでの応力変動の位置を基に、転位の伝播方向を算出した。Fig.に転位伝播の概略を示す。結晶方位のガイドのため、{111}からのみ構成される四面体を図中に示している。また、ラマンピーク位置の2次元像で観察された応力変動方向とそこから考えられるバーガースベクトル**b** (もしくはその刃状成分)の方向も示している。(111)基板の中では、[112]転位が多く観察された。これは、{100}成長した高温高压合成単結晶ダイヤモンドの{111}成長セクタ中で頻繁に観察される転位である⁵。(111)CVD層では、基板中の[112]転位が[011]方向へ伝播方向を変えることがわかった。基板とCVD層どちらの場合も応力変動方向は[-1-12]であった。このことから**b**を考慮すると、[112]転位が刃状、[011]転位は主すべり系と一致する60°混合転位と推定される。基板中の転位がCVD層へ伝播する際、(001)薄膜成長では、CVD層成長面へ垂直に伝播することで転位の全長を減らし、歪エネルギーを減らすのに対して、(111)薄膜成長では、構造的に安定な60° <110>転位に変わることによって歪エネルギーが最小になるものと考えられる。

謝辞: 本研究の一部は、文部科学省 Q-LEAP (JPMXS0119068379)、日本学術振興会科学研究費補助金 (Nos. 20H02187, 20H05661 and 19H02617)、グローバル量子 (JPMI00316)、JST ムーンショット (JPMJMS2062) の助成を受けました。

参考文献

- [1] A. S. Nandedkar, et al., Philos. Mag. A 61, 873 (1990) [2] M.P. Gaukroger, et al., Diam. Relat. Mater. 17, 262 (2008)
[3] T. Fukui, et al., Appl. Phys. Express. 7, 055201 (2014) [4] N. Tokuda, et al., Phys. Status Solidi. 213, 2051 (2016)
[5] N. Tatsumi, et al. J. Cryst. Growth. 458, 27 (2016) [6] K. Ichikawa, et al., J. Appl. Phys. 128, 155302 (2020)

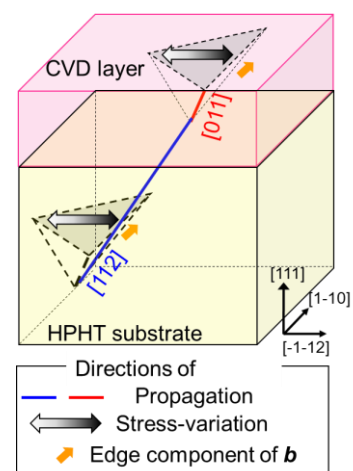


Fig. Directions of the propagation, stress-variation, and edge component of Burgers vector (**b**) of dislocation in CVD layer and HPHT substrate.