

{111} リンドープダイヤモンド薄膜成長のオフ角依存性 II

Homoepitaxial growth of phosphorus-doped diamond thin films on {111} substrates with various misorientation angles II

○小泉 聡、山本 卓、大谷亮太、Stoffel Janssens (物材機構)

°Satoshi Koizumi, Takashi Yamamoto, Ryota Ohtani and Stoffel Janssens (NIMS)

E-mail: KOIZUMI.Satoshi@nims.go.jp

半導体不純物の形成するエネルギー準位が深いことはダイヤモンド半導体デバイス応用の根源的問題である。この解決手段の一つとして高濃度ドーピングによるホッピング伝導の活用が考えられる。特にリンドープによる n 型半導体化に対しては効果が大きいことが分かっているが、高濃度化による結晶品質の低下、ドーピング効率の低下が問題視されている。これまで我々はダイヤモンド CVD 装置の改良、基板オフ角の検討などを通して問題の解決を試みてきた。本研究では比較的小さな傾斜角を持つ{111}ダイヤモンド表面において、高い結晶性とドーピング効率向上の両立を示唆する結果が得られたので報告する。

リンドープダイヤモンドの成長には $[\bar{1}2\bar{1}]$ 方向に 0.3° から 6° 程度の範囲で異なるオフ角を同一基板表面に持つ高圧合成 Ib 型ダイヤモンド(111)基板 ($2 \times 2 \times 0.5 \text{ mm}^3$ 、シンテック社による研磨)を用いた。薄膜成長にはドーピング効率を改善した NIMS 製マイクロ波プラズマ CVD 用い、ホスフィン濃度 $\text{PH}_3/\text{CH}_4 = 10,000 \text{ ppm}$ 、メタン濃度 $\text{CH}_4/\text{H}_2 = 0.05\%$ 、原料ガス総流量 1 L/min 、ガス圧力 100 Torr の成長条件で 2 時間の成膜を行った。得られた薄膜の評価は、不純物濃度プロファイル分析を SIMS (MST 料科学技術振興財団) で、表面形態観察を Nomarski およびレーザー顕微鏡により行った。

基板オフ角の変化に対してリンドープ濃度はきわめて明確な変化を見せた。約 5.5° オフ基板に対して、約 0.5° オフ基板ではリンドープ濃度におよそ 4 倍の増加が見られた。ドーピング効率 (薄膜中のリン濃度/気相中のリン濃度) の最大はおおよそ 5% であり、 10^{20} cm^{-3} レベルの高濃度ドーピング領域における効率としてはこれまでで最高である。薄膜の成長速度はドーピング濃度とは逆にオフ角増大に伴い増加した。オフ角増大はステップ密度の増加を意味し、本実験範囲ではステップが成長点となるステップフローが主な成長モードとして進行していることを示す。低オフ角基板においては比較的平坦性の高い成長表面が観測され、高濃度化とともに高い結晶完全性が実現できていることが示唆された。