17a-P15-8

# 高電力密度マイクロ波プラズマ CVD 法を用いた(001)微斜面基板上の多層燐 δ ドープダイヤモンド積層薄膜の成長プロセスの適正化

# Fabrication process suitable for δ P-doped diamond multi-layered film on vicinal (001) substrate using high-power-density microwave plasma CVD method

**大阪大学大学院工学研究科　°大橋 統正，毎田 修，伊藤 利道**

**Graduate School of Eng., Osaka Univ., °Norimasa Ohashi, Osamu Maida, Toshimichi Ito**

**E-mail: n.oohashi@daiyan.eei.eng.osaka-u.ac.jp**

## 1.　はじめに

ダイヤモンドデバイス実用化に必要不可欠である高品質な *n* 型ダイヤモンドの作製は依然として困難であるのが現状である。当研究室では、低品質化をもたらす Si 不純物を取込みやすい石英管容器の低出力マイクロ波プラズマ(MWP)CVD 装置を用いた場合でも、プラズマ生成に使用されるマイクロ波電力の適切な高密度化等により、燐ドープ *n* 型(001) ホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜を形成できることを報告した [1)]。また、燐ドープホモエピタキシャル(001)薄膜の結晶品質を更に向上する方法として、燐 δ ドープ層とアンドープ層からなる多重積層構造の有効性を報告した [1, 2)]。

そこで本研究では、(001)微斜面基板を用いた多層燐 δ ドープ積層構造ダイヤモンド薄膜において、CVD ダイヤモンド試料の結晶品質に最も大きく影響すると思われる成膜温度の適正化を行うことにより、燐 δ ドープ積層構造薄膜の結晶品質の向上を目的とする。

## 2.　実験

大きさ約 4×4×0.3 $mm^3$ の高圧合成(HPHT)Ib ダイヤモンド結晶(001)微斜面基板(<110>方向に 5°オフ)上に、まず金属反応容器を有する高出力 MWPCVD 装置を用いて、アンドープバッファ層を($H_2$ に対する)$CH_4$ 濃度 4.0 %で 8 時間(膜厚 ≈30 μm)ホモエピタキシャル成長させた後、ほぼ 6 等分にレーザーカットした。その後、石英管型 MWPCVD 装置を用いて、各分割基板上に、異なる条件で、燐ドープ層を成膜し、連続的に水素プラズマ照射によるエッチングを行うことにより、形成した燐ドープ層の膜厚を変化させた。更に、引き続きアンドープ層をホモエピタキシャル成長した。このような一連の作製プロセスを繰り返すことにより、燐ドープ層とアンドープ層を交互に多重積層した。作製プロセスの概略図を Fig. 1. に示す。燐ドープ層の作製条件については、$CH_4$ 濃度を 1.0 %、(仕込み)P/C 比を 47000 ppm に固定し、成膜温度を 1060 ～ 1210 ℃の間で変化させた。またアンドープ層は、$CH_4$ 濃度 4.0 %で成長した。燐ドープ層成長、アンドープ層成長、及び、水素プラズマ照射の時間は、5 分から 15 分の間で適切に変化させた。作製した試料の表面形態や結晶品質は、光学顕微鏡、原子間力顕微鏡、カソードルミネッセンス(CL)法により評価した。また、適正化された条件で作製した試料(サイズ≈4×4×0.3 $mm^3$)に対して、AC ホール測定により電気的特性を評価した。

## 3.　結果と考察

1060 ～ 1210 ℃で合成した燐 δ ドープ多重積層構造ダイヤモンド薄膜から得られた典型的な低温(85 K)CL スペクトル(バンド端発光波長領域)を Fig. 2. に示す。同図より、成膜温度 1110 ℃において、ピーク波長 235 nm の自由励起子(FE)発光以外に、233 nm 及び 239 nm 付近にピークを持つ燐ドナーに関する束縛励起子(BE)発光が相対的に強く観測された。1210 ℃において合成した燐 δ ドープ多重積層構造ダイヤモンド薄膜では FE 発光強度が相対的に増加したため、高合成温度領域では燐ドープ層のエッチングが増加していることが示唆される。

## 4.　まとめ

5°オフ(001)微斜面基板を用いた燐ドープ *n* 型ダイヤモンド多重積層膜の合成を行い、成膜温度を 1060 ～ 1210 ℃の範囲で適正化を検討した。当該温度範囲ではいずれも置換型 P ドナー原子が存在し、1210 ℃では、燐ドープ層のエッチングが増加することが示唆された。また、低温 CL スペクトルにおける FE 発光に対する BE 発光の面積強度比に基づいた品質評価により、1110 ℃がより適切な成長温度であると判断される。

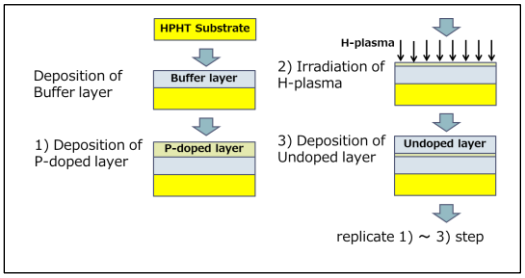


**Fig. 1. Fabrication process of δ P-doped diamond multi-layered film**

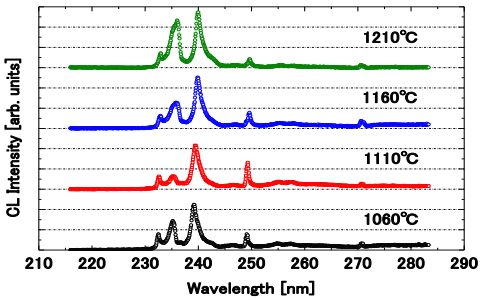


**Fig. 2. CL spectra taken at 85 K for δ P-doped diamond multi-layered films synthesized at various substrate temperatures described on the right side.**

本研究の一部は，科学研究費補助金基盤研究(A)(21216011) の助成により行われた。

## 参考文献

1) T. Nakai, O. Maida, T. Ito: Appl. (2008) 6281. Surf. Sci., 254

2) 西尾,毎田,伊藤::第 72 回応用物理学会学術講演会,講演番号 30a-P1-15,2011.8.

© 2013 年　応用物理学会