

ダイヤモンドのプラズマ CVD 成長における固体挿入ドーピング

Doping to diamond by immersing solid source during plasma CVD growth

北大総化¹, 北大 FCC², 北大工³ 田村 貴大¹, 柳瀬 隆², 長浜太郎³, ○島田 敏宏³

Hokkaido Univ.^{1,3} Takahiro Tamura¹, ○Toshihiro Shimada², Takashi Yanase³, Taro Nagahama²

E-mail: shimadat@eng.hokudai.ac.jp

異種元素をドーピングしたダイヤモンドは特異かつ有用な物性を示し、室温で動作可能な真紫外線 LED 素子[1]や、単一発光素子[2]、高耐久・高効率な半導体素子[3]などが実現している。さらに、量子化学計算により、異なる元素を同時ドーピングして「ドーパント分子」を形成することが可能になれば、浅いキャリア準位を持つ n 型半導体の実現をはじめとして有用な物質が新たに実現すると予測されている。しかし、現在合成可能なドーピングダイヤモンドの種類は少ない。一般的なドーピング法にはガス導入法とイオン打ち込み法の二種類があるが、そのいずれも制約があるためである。ガス導入法は、使用可能なガス種が少ないこと、イオン打ち込み法では、基板の表面のみにしかドーピングできず、アニールが必要で平衡から遠い不安定なドーパントが入りにくいことが課題として挙げられる。そこで我々は、新たなドーピング法として、プラズマへの固体原料の挿入を試みた。この方法は、マイクロ波プラズマ CVD 法でダイヤモンドを合成する際に、CVD 時に発生するプラズマにドーピング元素を含む固体を挿入しドーピングを行うという方法である。この方法は、固体を原料として用いているので、選択可能元素の幅が大きく広がることと、ダイヤモンド合成と同時に進めることから、新たなドーピングダイヤモンドの探索に適していると考えられる。今回は、ボロン焼結体をドーピング原料として用いてマイクロ波プラズマ CVD を行い、得られたダイヤモンド薄膜の評価を行った。

マイクロ波プラズマ CVD ダイヤモンド合成装置(アリオス社)を用い、Si (100) 基板上やダイヤモンド単結晶 (100) 基板上に CVD ダイヤモンド薄膜を CH₄ と H₂ のガス比 1.2% = CH₄/H₂、基板温度が 1050 °C、圧力 6.5×10³ Pa、プラズマ電力 200 W で 30μm 程度成膜させたのちに、CVD 条件をそのままに保ってボロン焼結体をマイクロ波プラズマ中に挿入しながら (Fig.1) 約 24 時間合成を行った。作製した薄膜を X 線回折、ラマン顕微鏡、グロー放電発光分析法 (GDOES)、で分析し、電気伝導特性を PPMS 法で測定した。

Si 基板(100) (6 mm 角) 上に成長させたダイヤモンドのラマンスペクトルを基板中央部、基板辺央部、基板角部の三か所で測定したデータが Fig.2 である。ボロンドープダイヤモンドに特有のピーク[4]があることから、ボロンドープダイヤモンド合成に成功したことがわかる。スペクトル形状を既報と比較することにより、基板中央部 (1.5%)、基板辺央部 (0.5%) 基板角部 (0.02%) であることが推測された。また、GDOES からは平均ボロン濃度は 0.5% であることが分かった。今後は基板上の濃度不均一性を減らしていくための装置改良を行うとともに、今までダイヤモンドへのドーピングが行われていない新規性のある元素を対象として実験する予定である。

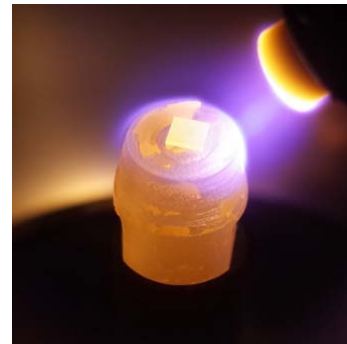


Fig.1 : 成長中の写真

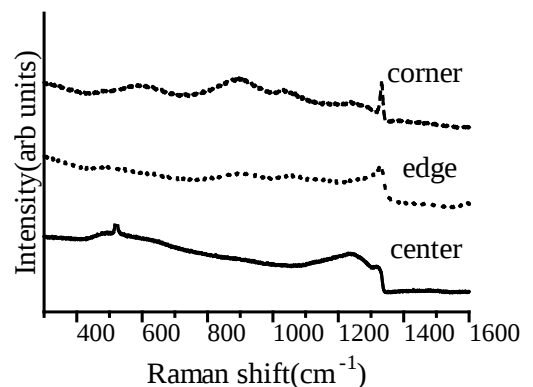


Fig.2 Si (100) 基板上ダイヤモンド薄膜のラマンスペクトル

- [1] S. Koizumi, et al, Science (2001) 292, 5523, 1899.
- [2] N. Mizuochi, et al, Nature Photonics (2012) 6, 299.
- [3] Fox, B. A, et al, Diamond and Related Materials (1995) 4, 622.
- [4] K. Ushizawa et al., Diamond and Related Materials (1998) 7, 1719.