

熱フィラメント CVD 法による (111)面上へのリンドーピング n 型ダイヤモンド膜の成長

Growth of phosphorus-doped n-type diamond films on (111) facets by hot-filament CVD

九州工大¹, 物材機構², °片宗 優貴¹, 森 大地¹, 有川 大輔¹, 和泉 亮¹,

嶋岡 毅紘², 市川 公善², 小泉 聡²

Kyushu Inst. Technol.¹, NIMS², °Yūki Katamune¹, Daichi Mori¹, Daisuke Arikawa¹, Akira Izumi¹,

Takehiro Shimaoka¹, Kimiyoshi Ichikawa¹, and Satoshi Koizumi²

E-mail: katamune@ele.kyutech.ac.jp

ダイヤモンドの n 型半導体化は、主にマイクロ波を利用したプラズマ CVD でのリンドーピングを伴う結晶成長により行われる [1, 2]. 熱フィラメント (HF) CVD 法は、切削工具や化学電極などの多結晶ダイヤモンド膜の堆積手法として用いられている一方で、フィラメント材由来の金属不純物が混入するため、半導体結晶の成長法として適さないとされていた。近年、HFCVD 法にて高濃度ホウ素ドーピングによる低抵抗 p 型膜が得られたことで、大面積成長法としての半導体プロセスへの展開が期待されるが [3], n 型については、Hall 効果測定により明確な n 型伝導が確認された報告はない。本研究では、HFCVD 法によりダイヤモンド(111)面上へのリンドーピングダイヤモンド膜の結晶成長を行い、Hall 効果測定により n 型半導体特性を評価したので報告する。

リンドーピング膜を高温高压合成 Ib 型ダイヤモンド(111)基板上に成長した。リン不純物原料として、トリメチルフォスフィン (PMe₃) を用いた。成長中の CH₄/H₂ は 0.1%, PMe₃/CH₄ は約 1000 ppm, 基板温度は約 900 °C とした。成長後の基板表面を微分干渉型光学顕微鏡により観察し、室温から 600 °C までの温度領域において、van der Pauw 法により電気抵抗および Hall 効果測定により n 型半導体特性を評価した。二次イオン質量分析 (SIMS) 測定により膜中の不純物元素分析を行った。

SIMS 測定の結果から、リンドーピング濃度 $2\text{--}5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ が得られた。Fig. 1 に示すようにリンドーピング膜の電気抵抗率は温度上昇とともに減少しており、熱励起によるキャリア生成が確認できる。活性化エネルギーは約 0.58 eV と見積もられ、この値はマイクロ波 CVD 法でのリンドーピング膜の報告と一致する [4]. 100–600 °C の温度領域の大部分において、Hall 効果測定により明確な n 型半導体特性が確認されたことから、成長膜ではリンドーピングの活性化に伴う自由電子による n 型伝導が優勢であると考えられる。

[1] S. Koizumi, et al., Appl. Phys. Lett. 71, 1065 (1997).

[2] H. Kato, et al., Appl. Phys. Lett. 86, 222111 (2005).

[3] S. Ohmagari, et al., Diam. Relat. Mater. 81, 33 (2018).

[4] M. Katagiri, et al., Appl. Phys. Lett. 85, 6365 (2004).

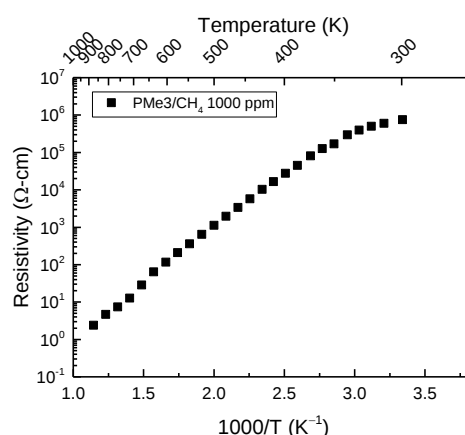


Fig. 1 Temperature dependence of electrical resistivity of phosphorus-doped diamond films grown by HFCVD