

熱フィラメント CVD 成長によるダイヤモンドの n 型ドーピング

n-Type doping of diamond by hot-filament CVD growth

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 Shimaoka², Kimiyoshi Ichikawa², and Satoshi Koizumi²

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

ダイヤモンドの n 型半導体化は、マイクロ波プラズマ CVD でのリンドーピングを伴う結晶成長により行われる一方で [1, 2], 大面積プロセスが可能な熱フィラメント (HF) CVD 法ではフィラメント材からの金属不純物混入の懸念があり未実現であった[3]. 最近, 我々は HFCVD 法での成長パラメータを最適化することで, Hall 効果測定で明瞭な n 型電気伝導を示すリンドーブダイヤモンド膜の成長に成功した[4]. フィラメント由来の金属不純物が成長膜に取り込まれるが, 電気的特性への影響は限定的である可能性がある. 本稿では, HFCVD 法により成長したリンドーブ (111)ダイヤモンド膜の n 型半導体特性について報告する.

HFCVD 法により高温高压合成 Ib 型ダイヤモンド(111)基板上にリンドーブ膜を成長した. 原料ガスにメタン (CH₄) およびトリメチルホスフィン (PMe₃) を用い, 成長中の CH₄/H₂は 0.1%とし, PMe₃/CH₄は 964–9,640 ppm の濃度範囲で制御した. ステージ温度は 900 °C に保持した. 成長膜の表面形態をノマルスキー型微分干渉顕微鏡により観察し, 電気的特性を室温から 600 °C までの温度範囲において van der Pauw 法に基づいて電気抵抗測定および Hall 効果測定により評価した. 成長膜の元素分析を二次イオン質量分析 (SIMS) 測定により行った.

リンドーピング濃度は PMe₃/CH₄ = 964, 9,640 ppm の成長条件でそれぞれ $2\text{--}5 \times 10^{18}$, $2\text{--}5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり, 気相中から成長膜中へのリン取り込み効率は 1–3%と見積もられた. Hall 効果測定では 600 °C までの広い温度範囲で n 型電気伝導が確認され, リンドナーの活性化を確認した. 室温における電気抵抗率は, Fig. 1 に示すようにリン濃度が $2\text{--}5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ から $2\text{--}5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ に増加することで, $1 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ から $4 \times 10^2 \Omega \text{ cm}$ までの大幅な減少を示した. これは, HFCVD 法で得られるリンドーブ膜においても高濃度化によりホッピング伝導が優勢な低抵抗化が見込めることを示唆している.

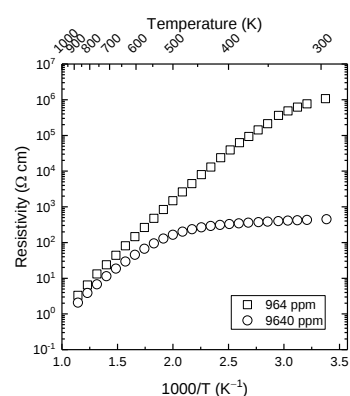


Fig. 1 Temperature dependence of electrical resistivity of diamond films grown by HFCVD with various phosphorus concentrations.

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

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

[3] Okano, *et al.*, Appl. Phys. A 51, 344 (1990).

[4] 片宗優貴等 第 80 回全国応用物理学会秋季学術講演会 20p-E312-10 (2019).