

熱フィラメント CVD 法で成長した単結晶ダイヤモンド膜の構造評価

Structural investigation of single-crystalline diamond films grown by hot-filament CVD

産総研ユビキタスエネルギーRI, ダイヤモンドデバイス化 RG

○大曲 新矢, 山田 英明, 茶谷原 昭義, 鹿田 真一

Diamond Research Gr., UBIQUEN, AIST, ○S. Ohmagari, H. Yamada, A. Chayahara, and S. Shikata

E-mail: shinya.ohmagari@aist.go.jp

ダイヤモンドは Si, SiC と比べて極限的な半導体物性を複数有することから, 次世代のパワーエレクトロニクス材として注目されている. エピタキシャル成長および厚膜合成には, プラズマ安定性, 高純度化, 不純物ドーピングの制御に優れていることから, マイクロ波 CVD 法が広く用いられている[1]. 大面積ウェハ合成に関しても同様で, これまでに結晶性の揃った基板同士の接合を繰り返す手法により 1 インチ超の単結晶基板が作製実証されてきた[2]. しかし現状のマイクロ波周波数 2.45 GHz ではプラズマの直径は約 6 cm 程度であり, さらなる大面積合成には, 基板エッジでのプラズマ集中や合成速度分布の問題が顕在化している.

一方で, 高融点ワイヤーをフィラメントとして 2000°C 以上に加熱し, ガスを接触活性化させる, 所謂, 熱フィラメント CVD 法は, 原理的に面積の制約を受けず 10 インチ以上も可能であり, 電源が安価, 電力変換損失も非常に少ないといった特徴を有している. プラズマ CVD 法と異なり, 高エネルギー粒子による結晶性劣化や電界集中が生じないことが利点である. これまでに工具コーティングや, 多結晶薄膜の合成に用いられてきたが, ホモエピタキシャル成長の報告はごく少数であった. 今回我々は, 大面積結晶合成手法として熱フィラメント法に改めて着目し, その初期実験としてホモエピ膜の結晶品質を評価したので報告する.

合成条件は, メタン濃度 3%, 全圧 30 Torr, 成長レートは 1.4 $\mu\text{m/h}$ であった. 基板にはハーフインチ大の単結晶ダイヤモンドウェハを用いた. 成長後の膜はイオン注入を用いたリフトオフ法により基板と分離し自立化させた後, 各種構造評価をおこなった. 図 1 に熱フィラメント法によりホモエピタキシャル成長したダイヤモンド膜のラマン分光測定結果を示す. 自立膜のラマンピークおよび半値全幅はそれぞれ 1333.3 cm^{-1} , 1.9 cm^{-1} であった. 膜の内部応力は種基板と同等でありながら, 結晶性が高質となることがわかった. また XRD のロックンガーク半値全幅は 64 arcsec であり, 種基板と同程度のグレードであった. 熱フィラメント法で大面積ダイヤモンド基板上への高品質エピタキシャル成長が確認された. 今後, 同手法による不純物ドーピング, ドリフト層均一合成を検証し, デバイスプロセスへの適用可能性を議論していく.

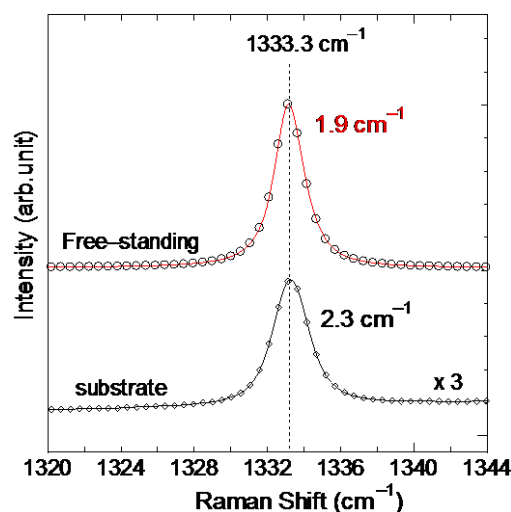


図 2. 熱フィラメント法で合成したホモエピダイヤモンド自立膜 (上) および種基板(下) のラマン分光スペクトル.

【謝辞】本研究の一部は JSPS 科研費研究活動スタート支援 25889074 の助成により行われた.

[1] ダイヤモンドエレクトロニクスの最前線: 藤森直治, 鹿田真一 監修, シーエムシー出版 2008

[2] H. Yamada, A. Chayahara, H. Umezawa, N. Tsubouchi, Y. Mokuno, and S. Shikata: Diamond Relat. Mater. **24** (2012) 29.