

Si 基板上での大面積ダイヤモンド単結晶膜の合成

Synthesis of diamond single-crystal thin film on Si substrate

電通大院理工 ○齋藤裕紀, 山田遼太, 一色秀夫

Dentsu Univ. Yuki Saito, Ryota Yamada, Hideo Isshiki

E-mail: s1633040@edu.cc.uec.ac.jp

1. 背景と目的

ダイヤモンドは優れた物性を多く持つ魅力的な材料である。優れた電気特性を生かしたダイヤモンドパワーデバイスは、高い絶縁破壊電界による高耐圧化とともに低オン抵抗化が可能となり、電力損失の低減や電力変換器の小型化が可能である。当研究室では、Si 基板上にダイヤモンドを選択成長することでコストの低減を図り、さらには制御系 Si-LSI とのハイブリット化を目指す。Si 基板上でダイヤモンドを合成した場合、多くは多結晶膜となる。本研究ではダイヤモンド高配向核形成と選択成長を適用し、Si 基板上で結晶性の良いデバイスサイズのダイヤモンド単結晶膜を短時間で合成することを目指した。今回、ダイヤモンド成長時の窒素微量添加効果を調べた。

2. 実験方法

基板には Si(100), 原料ガスは CH₄/H₂ を用いた。核発生にはバイアス法を適用し、モノメチルシラン微量添加による高配向核形成を無機材研型 MPCVD 装置で行った[1]。その後、円筒共振型 MPCVD 装置で 30 分間ダイヤモンドを選択成長した。選択成長において CH₄ ガス濃度、圧力、マイクロ波出力および N₂ ガスを変数として試料を作製し、SEM とラマン分光で評価した。

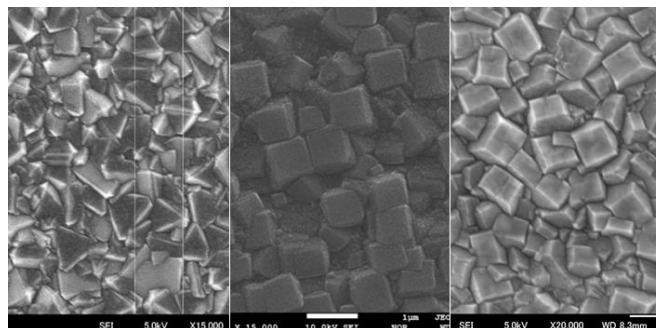
3. 結果と考察

3. 1 窒素添加による α パラメータ制御

窒素添加により、相対的な<100>方向の成長速度増加のため α パラメータの増加がみられた。このとき<100>方向の成長速度は $\sim 2 \mu\text{m/hr}$ である。これを利用することで、基板上ダイヤモンドの選択的な横方向成長が優先的になる。図 1 に 30 分成長後の試料表面の SEM 写真 (窒素添加有(a), 無し(b)) を示す。窒素添加により早期に基板に配向した (100)面をもつ単結晶膜で覆われている。しかし α パラメータを増加させるために窒素を過剰に添加した場合、a-C(アモルファス炭素)の増加が見られ、ラマン分光の結果からも結晶性が低下することが分かった。

3. 2 窒素の流量変調効果

温度と窒素添加量をパラメータとした実験により、窒素流量増加にともなう α パラメータの増加と結晶性の低下を確認した。窒素添加にともない同時に a-C の吸着が増加し成長を阻害することが考えられる。これを改善する方法として、窒素流量変調を適用した。窒素流量を間欠的に添加することで高 α パラメータを維持しつつ、a-C の吸着抑制と再蒸発を促した。窒素流量変調として供給時間 3 分および 5 分の間欠供給とした。この時間は 100nm~150nm の成長厚に対応する。図 1 (c)に流量変調により成長したダイヤモンド試料表面の SEM 写真を示す。連続供給(b)と比較して単結晶膜の被覆状態や成長速度に大きな差は無く、また a-C も殆ど見られず結晶性の低下は少ない。これはラマン分光の結果と一致する。



(a) (b) (c)

図 1 ダイヤモンド表面の電子顕微鏡画像 (a: 窒素添加なし、b: 窒素添加あり、c: 窒素流量変調させた場合)

4. 結論

ダイヤモンド成長時に窒素微量添加することで α パラメータの増加と高配向(100)面ダイヤモンドの形成を確認した。また α パラメータの増加と共に生じる結晶性低下に対し、窒素流量変調が結晶性の向上に有効であることがわかった。

参考文献

[1] H. Isshiki et al, Jpn. Appl. Phys. 51 (2012) 090108