

(111) 超伝導ボロンドープダイヤモンド中の歪み層と緩和層

Strained Layer and Relaxed Layer in (111) Superconducting Boron-doped Diamonds

早稲田大学¹, 物材機構², 早大材研³ ○(D)蔭浦 泰資¹, (M1)日出幸 昌邦¹,(M2)柴田 将暢¹, (M2)笹間陽介², 山口 尚秀², 高野 義彦², 川原田 洋^{1,3}Waseda Univ.¹, NIMS², Waseda Zaiken³○Taisuke Kageura¹,Masakuni Hideko¹, Masanobu Shibata¹, Yosuke Sasama², Takahide Yamaguchi²,Yoshihiko Takano², Hiroshi Kawarada^{1,3}

E-mail: tai0723@fuji.waseda.jp

ダイヤモンドは、ボロン濃度 $[B]=3 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以上で超伝導転移を引き起こす^[1]。ボロン濃度により超伝導転移温度 T_c が制御可能^[2]、高い耐熱・耐酸性や加工性、などの優れた性質から、ダイヤモンドは超伝導デバイスに適した材料であるが、その性能は、材料中の結晶欠陥に大きく影響される。我々は先行研究により、マイクロ波プラズマ化学気相堆積 (MPCVD)法によりエピタキシャル成長させた高濃度ボロンドープ層は、ホウ素と炭素の原子半径差に起因した格子歪みにより、ある膜厚以上で欠陥の導入を伴った格子緩和が生じることを明らかにしてきた^[3]。本研究では、この結晶欠陥が導入されるメカニズムを詳細に明らかにし、その種類を同定した。

欠陥の導入過程を観測するため、膜厚の異なる(300nm, 450nm, 1100nm)超伝導ボロンドープダイヤモンド薄膜を、MPCVD 法で HPHT(111)単結晶ダイヤモンド上にエピタキシャル成長させた。二次イオン質量分析法により、膜中のボロン濃度は平均 $8 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ 程度であった。X 線回折法を用いた二次元逆格子マッピングより、各薄膜中には面垂直方向のみに約 0.65%格子伸張している層(歪み層)が存在し、加えて 450nm, 1100nm 薄膜中には面垂直・水平両方向へ格子伸張する層(緩和層)が存在することを観測した。そこで、膜厚 1100nm 薄膜を断面 TEM 観察した(Fig.1)。基板-ボロンドープ層界面から 200nm 程度までの成長層には欠陥が存在せず、歪み層と対応している。200nm から表面までの領域には、四面体構造を有する高密度な積層欠陥・双晶と考えられる面欠陥の導入が観測され、緩和層と対応している。緩和層領域の電子線回折像(Fig.2)には、明瞭な双晶パターン(本来の回折パターンの三等分点に位置する回折点)が観測された。また、450nm 薄膜における高速電子線回折 RHEED 像にも同様な双晶パターンが観測された。詳細は当日議論する。

[謝辞] 当研究は基盤研究(S) 26220903 の助成により行われた。

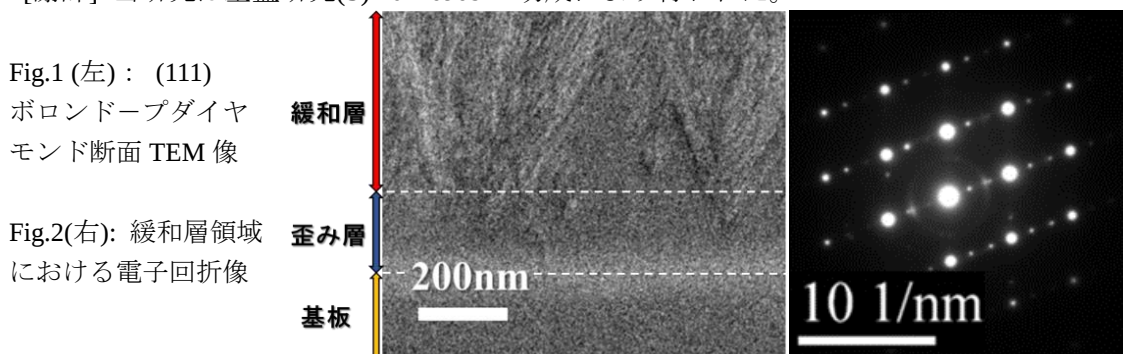


Fig.1 (左): (111) ボロンドープダイヤモンド断面 TEM 像

Fig.2(右): 緩和層領域における電子回折像

[1] Takano, Kawarada, et al., APL, 85, 2851-2853 (2004)

[2] Kawano, Kawarada, et al., PRB, 82, 085318 (2010)

[3] 蔭浦泰資, 川原田洋他, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 15p-4F-13 (2015)