

不連続(111)面を利用した 超伝導ボロンドープ単結晶ダイヤモンドジョセフソン接合

Boron-doped diamond Josephson junction by intermittent (111) single crystalline layer

早稲田大学¹, 物質・材料研究機構², 早大材研³ ○(B)天野 勝太郎¹, (D) 蔭浦 泰資¹,
(M2) 日出幸 昌邦¹, (M1) 露崎 活人¹, 大里 啓孝², 津谷 大樹², (D) 笹間 陽介², 山口 尚秀²,
高野 義彦², 立木 実², 大井 修一², 平田 和人², 有沢 俊一², 川原田 洋^{1,3}

Waseda Univ.¹, NIMS², The Kagami Memorial Laboratory for Materials Science and Technology³

○Shotaro Amano¹, Taisuke Kageura¹, Masakuni Hideko¹, Ikuto Tsuyuzaki¹, Hiroataka Osato²

Daiju Tsuya², Yosuke Sasama², Takahide Yamaguchi², Yoshihiko Takano², Minoru Tachiki²

Shuuichi Ooi², Kazuto Hirata², Shunichi Arisawa², Hiroshi Kawarada¹

E-mail: sow-sow@ruri.waseda.jp

ボロン濃度 $8 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ にドーピングされた(111)ダイヤモンドは、代表的な超伝導材料として広く応用されている Nb 系に匹敵する超伝導転移温度 $T_c=10\text{K}$ を有する。さらに、他の超伝導材料にはない耐酸化性や耐熱性、耐磨耗性を有しており、堅牢な超伝導デバイスへの応用が期待される。我々は先行研究により、磁気顕微鏡応用に向けた単結晶ダイヤモンド超伝導量子干渉計 (Superconducting Quantum Interference Device: SQUID) の作製を行ってきた^[1]。本 SQUID は、ステップ部に形成された(001)面と(111)面の境界および(001)面内に導入される欠陥により形成される弱結合を利用したジョセフソン接合を有している。これまでに、周期的な電圧の磁場依存性の観測(@2.6K)からダイヤモンド SQUID の動作実証に成功している^[2]。だが、(001)面の転移温度は 4K 程度で飽和するため^[3]、SQUID の動作温度は 4K 以下となることも明らかとなった。そこで本研究は、動作温度の向上を目指して転移温度の高い(111)成長層のみを生かしたジョセフソン接合の作製手法を検討した。

一つの手法として、図 1 に示す様なエピタキシャル成長中に導入される不連続面を利用したジョセフソン接合の作製を行った。作製プロセスは、(111)単結晶基板に集束イオンビーム(FIB)法にて深さ 20nm、幅 250nm 程度の微細トレンチを形成し、その後マイクロ波プラズマ化学気相堆積(MPCVD)法にて超伝導ボロンドープ層を 500nm 程度エピタキシャル成長させ、微細トレンチ部に不連続な(111)成長段差を導入した。抵抗の温度依存性評価より、本接合は二段階の超伝導転移(6.5K, 8.2K)が観測され、それぞれ微細トレンチ部分とそれ以外に対応している。得られた値は従来手法による接合より高いが、これは(111)成長セクターのみを利用していることに加え、選択成長を用いることでエッチング加工では導入されるダメージが無いことによると考えられる。I-V 特性評価では、4.5K においてヒステリシスは見られず臨界電流値 I_c は 2.2[mA]、接合特性を表す $I_c R_n$ 積は 0.037[mV]であった。上記の結果より、新たな構造でのジョセフソン接合形成が示唆される。当日は本接合を含めたいくつかの接合の形成手法を報告する。

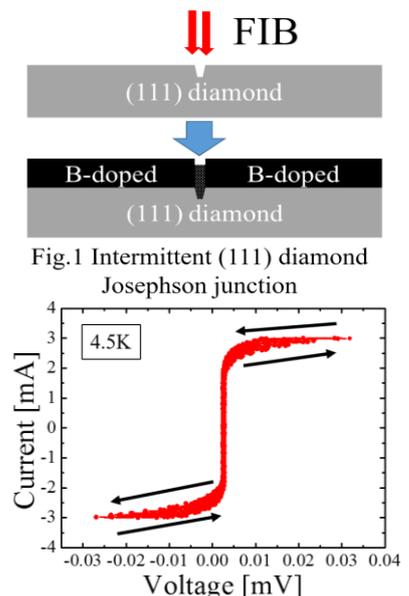


Fig.1 Intermittent (111) diamond Josephson junction

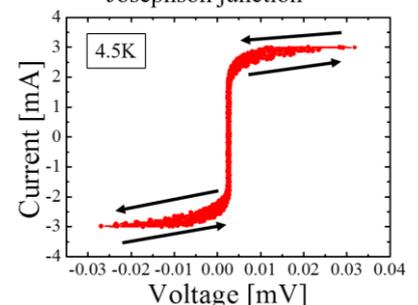


Fig.2 I-V characteristic

[謝辞]本研究は日本学術振興会の基盤研究(S) 26220903 および三菱マテリアル社の助成により行われた。また本研究 (の一部) は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム (NIMS 微細加工プラットフォーム) の支援を受けて実施された。

[1] 露崎活人, 川原田洋他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 14p-A26-13 (2016)

[2] 露崎活人, 川原田洋他, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 14p-412-8(2017)

[3] A.Kawano, H.Kawarada et al., Phys. Rev. B **82**, 085318 (2010)