

課題番号 : F-17-NM-0089
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 液体 He 温度以上の動作を目指した不連続(111)面によるダイヤモンドジョセフソン接合
 Program Title (English) : Diamond Josephson junction using intermittent (111) plane for operating over liquid Helium temperature
 利用者名(日本語) : 露崎活人
 Username (English) : I. Tsuyuzaki
 所属名(日本語) : 早稲田大学大学院 基幹理工学研究科 電子物理システム学専攻
 Affiliation (English) : Department of Electronic and Physical Systems, Waseda University
 キーワード/Keyword : ダイヤモンド、超伝導、ジョセフソン接合、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要(Summary)

我々は超伝導ボロンドープダイヤモンドを用いて、超伝導転移温度(T_c)の異なる(001)面と(111)面の境界に weak link を作製したジョセフソン接合および超伝導量子干渉計を研究してきた。この構造では動作温度が(001)面の超伝導転移温度 $T_c=4$ K に律速され液体ヘリウム温度 4.2 K 以下となるため、冷却装置の複雑化や冷却コスト増加の要因となる。そこで、液体ヘリウム温度以上の動作を目指し、 $T_c=10$ K を有する(111)面のみを利用したデバイスの作製に取り組んだ。デバイス作製手法として、エッチングによるダメージの影響のないボトムアップ手法である選択エピタキシャル成長を用いた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- ・ レーザー露光装置
- ・ 12 連電子銃型蒸着装置
- ・ ワイヤボンダー

【実験方法】

(111)ダイヤモンド基板に NIMS 精密計測実験棟の集束イオンビームを用いて微細なトレンチを作製した。その後、川原田研究室にてトレンチを横断する形でボロンドープ超伝導ダイヤモンドを選択エピタキシャル成長することで weak link として不連続な(111)面を有するジョセフソン接合を作製した。さらに、NIMS 微細加工 PF のレーザー露光装置や 12 連電子銃型蒸着装置を用いて電極パッドを作製し、ワイヤボンダーにより基板-サンプルホルダー間を配線した。電気測定には、NIMS ナノフロンティア材料グループ高野研究室所有の Physical Properties Measurement System(PPMS)を用いた。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

深さ 29 nm、幅 217 nm のトレンチ上に作製した接合

の電気特性を測定した。抵抗-温度特性から、2 段階の超伝導転移($T_c=9.8$ K、 $T_c=7.0$ K)が観測された(Fig. 1)。従って、本デバイスは 7.0 K 以下で動作すると示唆され、これは従来の 2 倍の動作温度領域となる。さらに、液体ヘリウム温度以上の 4.5 K において電流-電圧特性を測定した(Fig. 2)。電圧レンジおよび臨界電流値 I_c と抵抗 R_n の積である $I_c R_n=0.15$ mV はジョセフソン接合として妥当な値であった。今後は、ジョセフソン接合特有のシャピロステップの観測を行う。

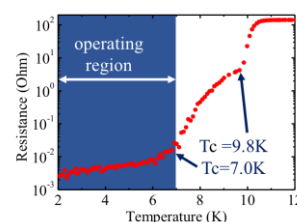


Fig.1 R-T characteristic

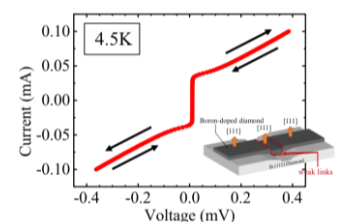


Fig.2 I-V characteristic

4. その他・特記事項(Others)

本研究は日本学術振興会の科研費(基盤研究 S: 26220903、研究活動スタート支援 17H07192)および三菱マテリアル株式会社の助成により達成された。NIMS 微細加工 PF の大里啓孝氏には微細加工に関する助言、また NIMS ナノフロンティア材料グループや超伝導位相エンジニアリンググループの皆様には測定や研究方針における助言をいただいたことに深く感謝いたします。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) I. Tsuyuzaki, H. Kawarada *et al.*, 2017 International Conference on Solid State Devices and Materials, Sep. 21, 2017
- (2) I. Tsuyuzaki, H. Kawarada *et al.*, 2017 MRS Fall Meeting & Exhibit, Nov. 29, 2017

6. 関連特許(Patent)

なし