

課題番号 : F-18-NM-0040
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 浅い段差による超伝導ダイヤモンドジョセフソン接合
 Program Title(English) : Superconducting diamond Josephson junction by shallow step
 利用者名(日本語) : 天野勝太郎
 Username(English) : S. Amano
 所属名(日本語) : 早稲田大学院基幹理工学研究科
 Affiliation(English) : Faculty of science and engineering, Waseda university
 キーワード/Keyword : ナノエレクトロニクス、膜加工・エッチング、超伝導、ジョセフソン接合、ダイヤモンド

1. 概要(Summary)

SQUID(超伝導量子干渉計)は高感度な磁場センサとして広く応用されている。現在材料として広く用いられている Nb は酸化やサンプル接触による劣化などの課題があり、我々は同等の超伝導転移温度 T_c を有するダイヤモンドを用い、堅牢な SQUID の作製に取り組んでいる。本研究では 4.2 K 以上での動作を目指し、 $T_c=10$ K の(111)セクターのみで構成されたジョセフソン構造を作製した。

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、シリコン深堀エッチング装置、ワイヤーボンダー

【実験方法】

浅い段差を形成するために、HPHT(111)単結晶ダイヤモンド基板にレーザー露光装置でマスクパターンを形成し、12 連電子銃型蒸着装置で Ti/Au(30/100 nm)マスクを蒸着した。その後シリコン深堀エッチング装置で酸素プラズマにより 45 nm 程度ダイヤモンドをエッチングし、浅い段差を形成した。マスクを除去した後、浅い段差形成と同様の手順で選択エピタキシャル成長用の Ti/Au マスクを蒸着し、川原田研究室にて超伝導ボロンドープダイヤモンド成膜を行った。最後にサンプルホルダーとダイヤモンド基板をワイヤーボンダーによりボンディングした。電気特性の測定には NIMS ナノフロンティア超伝導材料グループ高野研究室の物理特性測定装置を用いた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製した浅い段差(45 nm)によるジョセフソン接合の段差部分の SEM 像を Fig. 1 に示す。右側半分はエッチングした領域である。段差付近で(111)ダイヤモンド層がぶつかるように成長しており、weak link が形成されている。次に電気特性の結果を示す。抵抗・温度特性より二段階の超伝導転移が観測された。二度目の転移温度が

7.0 K であり、Nb のジョセフソン接合に匹敵する値となった。Fig. 2 は 4.2 K における電流・電圧特性を示しており、ヒステリシスの無い特性が得られた。また、ジョセフソン接合のパラメータ $I_c R_n$ の値は 0.26 mV でジョセフソン接合として妥当な値となった。

以上の結果より、浅い段差によるジョセフソン接合は、4.2 K 以上で動作可能であることが示唆された。同時に 4.2 K で動作可能な SQUID の実現も期待される。

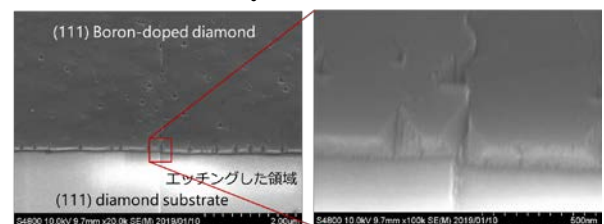


Fig.1 SEM image around the step

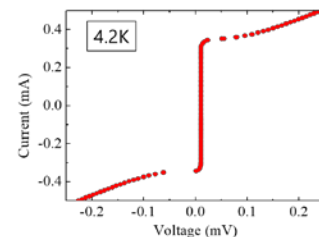


Fig.2 Current-Voltage characteristic at 4.2 K

4. その他・特記事項(Others)

本研究は日本学術振興会の基盤研究(S)26220903, (B)17H03526 および研究活動スタート支援 17H07192 の助成により行われた。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) S. Amano, H. Kawarada *et al.*, SSDM2018, Sept. 11, 2018. (Oral)
- (2) S. Amano, H. Kawarada *et al.*, 2018 MRS Fall Meeting & Exhibit, Nov. 26, 2018. (Oral)
- (3) T. Kageura, H. Kawarada *et al.*, Diam. Relat. Mater. 90 (2018) 181-187.

6. 関連特許(Patent)

なし