

課題番号 : F-19-NM-0085
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 単一段差構造によるダイヤモンド SQUID の開発
 Program Title(English) : The fabrication of diamond SQUID by single step structure
 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, Graduate school of fundamental 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、ダイヤモンド

1. 概要(Summary)

SQUID(Superconducting Quantum Interference Device)は超高感度な磁気センサとして、幅広い分野で応用されている。現在の超伝導材料は接触や静電気による素子破壊など耐久面に課題を抱えている。ダイヤモンドは物理的・化学的に非常に安定であるため、堅牢な SQUID の実現が期待される。今回は従来手法では成し得なかった特性の均一性と再現性の向上を目指し、新たな手法でダイヤモンド SQUID を作製し、動作実証を果たした。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 高速マスクレス露光装置、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】

(111)単結晶ダイヤモンド基板上に高速マスクレス装置と12連電子銃型蒸着装置でTi/Auマスク形成後、シリコン深堀エッチング装置で深さ40nm程度の単一段差を形成した。マスク除去後同様にTi/Auマスクを形成し、早稲田大学川原田研究室にて超伝導ボロンドープダイヤモンドを段差を横断させる形で200nm選択成長させた。段差上の超伝導層に weak link が形成され、ジョセフソン接合となる。最後にワイヤーボンダーでアルミ線を基板-測定ホルダー間に配線した。電気抵抗の測定はNIMS ナノフロンティア超伝導材料グループ高野研究室所有のPPMS及び超伝導位相エンジニアリンググループ所有のヘリウム蒸発冷却装置を用いた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

完成した SQUID の SEM 像 Fig. 1 に示す。段差を横断する線幅 $15 \mu\text{m}$ の(111)超伝導ダイヤモンドのループで構成されている。単一段差上に成長の衝突が生

じ、weak link によるジョセフソン接合が形成された。Fig. 2 に 7.0 K における磁場応答を示す。ループを貫く磁束に対して、電圧が周期的な振動を示した。振動周期 $2.1 \mu\text{T}$ が理論値の $2.0 \mu\text{T}$ と近いことから、液体ヘリウム温度以上で動作可能である SQUID の作製に成功した。また、同一基板内で 5 個中 5 個動作したことから、本手法が均一性、再現性の向上に有力であることが示唆された。

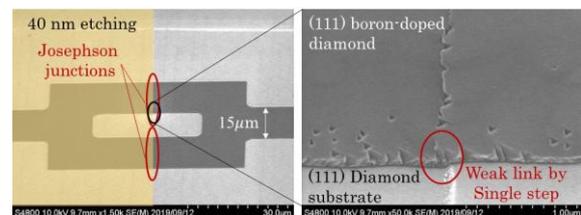


Fig. 1 SEM images of single step structure SQUID

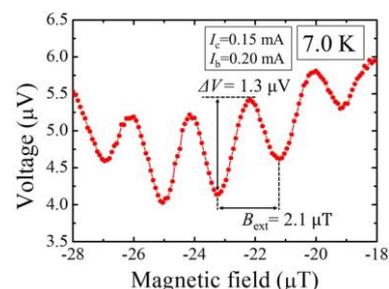


Fig. 2 Magnetic field dependence of voltage

4. その他・特記事項(Others)

本研究は NIMS 微細加工プラットフォーム、NIMS ナノフロンティア超伝導材料グループ高野研究室、NIMS 超伝導位相エンジニアリンググループのご協力により行われました。深く感謝申し上げます。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) A. Morishita, S. Amano, H. Kawarada *et al.*, 2019 MRS Fall Meeting & Exhibit, Dec, 3, 2019, Oral
- (2) 高橋泰裕, 天野勝太郎, 川原田洋 他, 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 2019年9月20日, 口頭

6. 関連特許(Patent) なし