

課題番号 : F-20-NM-0043
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : ダイヤモンド SQUID の特性向上に向けたジョセフソン接合微細化の検討
 Program Title (English) : Study of Josephson junction miniaturization to improve the characteristics of diamond SQUID
 利用者名(日本語) : 高橋泰裕
 Username (English) : Y. Takahashi
 所属名(日本語) : 早稲田大学大学院 基幹理工学研究科
 Affiliation (English) : 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、リソグラフィ・露光・描画装置、ダイヤモンド、ジョセフソン接合

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たジョセフソン接合 (JJ) 及び超伝導量子干渉計 (SQUID) の作製を行ってきた。昨年度は JJ の構造単純化により、SQUID 作製において重要な JJ の再現性向上を実証した。しかし、本ジョセフソン接合を用いた SQUID は従来同様、他材料 SQUID と比較して低い磁気感度が課題となっていた。そこで本研究では、JJ の微細化を行い、SQUID の磁気感度に関連性がある常伝導抵抗 R_n の向上を図った。

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】

作製プロセスとして、まずシリコン深堀りエッチング装置の O_2 プラズマにより単結晶ダイヤモンド基板上に 1 段の段差を形成する。その後、段差を横断する形で実際のデバイスパターンよりも広い範囲にボロンドープダイヤモンドを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る。成膜後、再びシリコン深堀りエッチング装置の O_2 プラズマを用いて、ボロンドープダイヤモンドをデバイス形状にエッチングする。エッチングマスク及びダイヤモンド成膜時のマスクには金属マスクを使用しており、そのパターンニング及び金属蒸着には、NIMS 微細加工 PF の高速マスクレス露光装置と、12 連電子銃型蒸着装置を利用した。また、極低温下電気特性測定の際には、サンプルと測定ホルダー間の配線に同施設保有のワイヤーボンダーを使用した。ボロンドープダイヤモンドの成膜には川原田研究室保有の MPCVD 装置を用いている。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製した線幅 $5 \mu\text{m}$ の JJ の SEM 像を Fig. 1 に示した。極低温にて測定した抵抗の温度依存性 (Fig. 2) は、 9.7 K と 6.2 K の 2 段階の超伝導転移を示した。1 段目から 2 段目への転移が従来よりも平坦な形になったが、これは微細化によりエッチングダメージが顕在化したと考えられる。Fig. 3 に 5.0 K におけるマイクロ波 ($f=25 \text{ GHz}$) 非照射 (黒線)・照射 (赤線) 時の電流電圧特性を示す。同様の特性、すなわち直流・交流ジョセフソン効果が $1.6 \text{ K} \sim 7.0 \text{ K}$ で確認され、本ジョセフソン接合の動作が実証された。

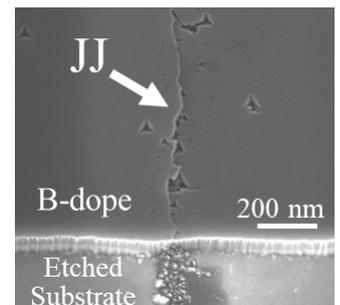


Fig.1 SEM image

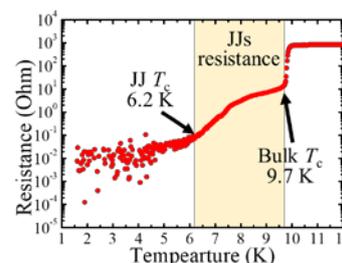


Fig.2 Temperature dependence of resistance

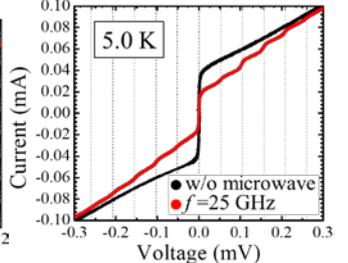


Fig.3 $I-V$ characteristics at 5.0 K

4. その他・特記事項(Others)

- ・早稲田大学微細加工プラットフォーム (F-20-WS-0018)
- ・NIMS 微細加工 PF の職員の皆様には、質問や実験への助言等をいただき、大変感謝しております。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

Y. Takahashi, H. Kawarada *et al*, SSDM2020, All-Virtual Conference, Sept.27-30 2020 (Oral, Sept. 29, 2020).

6. 関連特許(Patent)

なし