

課題番号 : F-21-NM-0036
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : ジョセフソン接合へのエッチングダメージ低減によるダイヤモンド SQUID の特性向上
 Program Title (English) : Improvement of the characteristics of diamond SQUID by reducing etching damage to Josephson junctions
 利用者名(日本語) : 若林千幸
 Username (English) : C. Wakabayashi
 所属名(日本語) : 早稲田大学基幹理工学部電子物理システム学科
 Affiliation (English) : Department of Electronic and Physical Systems, Waseda Univ.
 キーワード/Keyword : ナノエレクトロニクス、膜加工・エッチング、リソグラフィ・露光・描画装置、ダイヤモンド

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、超伝導量子干渉計(SQUID)を作製し、最高 10 K で動作実証してきた。昨年度には、SQUID 中のジョセフソン接合を従来の 15 μm から 5 μm まで微細化することで磁気感度に関連する重要なパラメータである電圧振幅を大幅に向上することに成功した。しかし、接合の微細化に伴いエッチングによるダメージが顕在化し、ジョセフソン接合部で残留抵抗が生じ、動作温度が低下する結果となった。そこで本研究ではエッチング条件を検討することにより、ジョセフソン接合へのエッチングダメージ低減を図った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- ・高速マスクレス露光装置
- ・6連自動蒸着装置
- ・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】

作製プロセスは、まず、ダイヤモンド基板上にシリコン深堀エッチング装置の O_2 プラズマを用いて高さ 40 nm の段差を作製する。その後、段差を横断するようにマイクロ波プラズマ化学気相堆積法によってボロンドープダイヤモンドを成膜する。成膜後、シリコン深堀エッチング装置の O_2 プラズマを再び用いることでエッチングによるデバイス形状への成形を行う。エッチング条件は、 O_2 90 sccm、coil RF 400 W、Platen HLF 10 W、圧力 0.5 Pa とした。エッチング及び成膜の前には、高速マスクレス露光装置によってパターンを形成し、6連自動蒸着装置によって Ti/Au を蒸着することでマスクを形成している。また、極低温環境で測定を行う際の配線はワイヤーボンダーを

使用して行った。ボロンドープダイヤモンドの成膜は、川原田研究室保有の装置で行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

接合幅 1 μm に微細化したジョセフソン接合単体の SEM 画像を Fig. 1 に示し、 R - T 特性を測定した結果を Fig. 2 に、 I - V 特性を測定した結果を Fig. 3 に示す。

R - T 特性では残留抵抗のない三段階の超伝導転移を示し、

3.5 K~6.0 K で直流ジョセフソン効果的な I - V 特性を得ることができた。このことから、接合幅 1 μm でもジョセフソン接合の形成を十分期待できる結果となった。

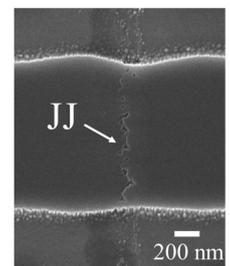


Fig. 1 SEM image

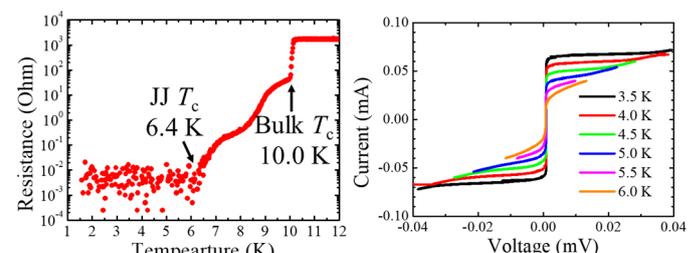


Fig. 2 R - T characteristics

Fig. 3 I - V characteristics

4. その他・特記事項(Others)

・他の機関の利用:早稲田大学微細加工プラットフォーム NIMS 微細加工 PF の皆様には実験への助言をいただき大変感謝しております。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1)若林千幸, 川原田洋 他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会(口頭, 2021 年 9 月 12 日)

(2)若林千幸, 川原田洋 他, 第 35 回ダイヤモンドシンポジウム(口頭, 2021 年 11 月 19 日)

6. 関連特許(Patent)

なし。