

課題番号 : F-21-NM-0024
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : ダイヤモンドジョセフソン接合の微細化手法検討
 Program Title (English) : Examination of miniaturization method for diamond Josephson junctions
 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)

昨年度、超伝導ダイヤモンドを用いた超伝導量子干渉計 (SQUID) は、エッチングプロセスによってジョセフソン接合 (JJ) を微細化することで、他材料と遜色ない特性を得ることに成功した。しかしその後、さらなる JJ の微細化を試みたところ、エッチングダメージが原因と思われる特性劣化が課題として浮上した。そこで本研究では、超伝導ダイヤモンドが持つ超伝導特性の面方位依存性を利用し、エッチングレスな微細 JJ の形成を試みた。

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は、シリコン深堀りエッチング装置の O₂ プラズマにより(111)単結晶ダイヤモンド基板上に 40 nm の段差を形成した後、後の JJ になる部分の両端を 1 μm 程再びエッチングする。その後、マイクロ波プラズマ化学気相堆積法により超伝導ダイヤモンドをエピタキシャル成長させる。エッチングやダイヤモンド成膜時には Ti/Au マスクを使用しており、そのパターンングと金属蒸着には 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、特性測定時のホルダーとサンプル間の配線には同施設保有のワイヤーボンダーを使用した。ダイヤモンドの成膜は川原田研究室保有の装置で行っている。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1(a)に 1 μm のエッチング後、(b)に超伝導層成膜後の SEM 像を示した。1 μm のエッチングによって側壁に(111)ではない面が出現しており、この面に成長した B-dope 層は T_c が(111)面より低い、もしくは超伝導転移しないため、細線部の(111)層にのみ超伝導電流が

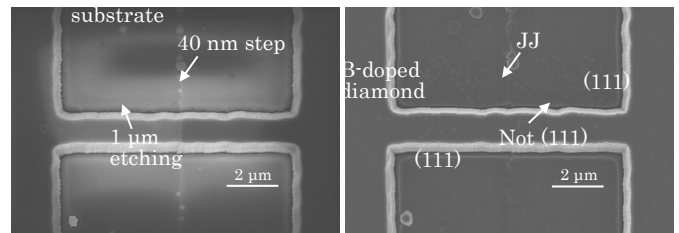


Fig. 1 SEM images (a)after 1 μm etching (b)after B-doped diamond growth

流れると考えられる。実際に低温において抵抗の温度依存性と電流-電圧($I-V$)特性を測定した結果を Fig. 2(a)と(b)にそれぞれ示す。抵抗の温度依存性は従来と同様、10.0 K と 8.9 K で 2 段階の超伝導転移を示しており、先行研究のエッチングプロセスで課題となった T_c の劣化は見られなかった。 $I-V$ 特性を見ると、8.0 K 以下ではヒステリシスが生じてしまっているが、8.5 K で良好な特性が得られた。グラフの線形部分の傾きから導出される常伝導抵抗 R_n は 23 Ω であり、従来デバイスと比較すると本デバイスの JJ 幅 1 μm に妥当な値である。従って、

目的通りのエッチングレス

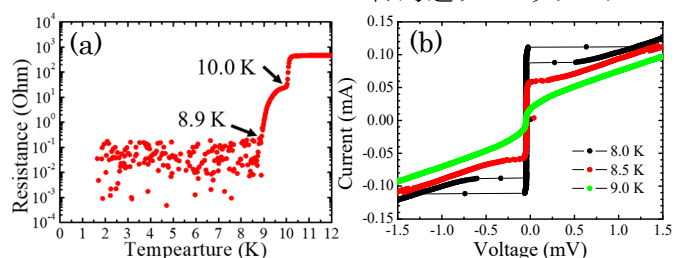


Fig. 2 (a) $R-T$ characteristic (b) $I-V$ characteristic

な微細 JJ が形成出来ている可能性が高いと考えられる。

4. その他・特記事項(Others)

NIMS 微細加工 PF の職員の皆様には、質問対応や実験への助言等をしていただき、大変感謝しております。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。