

課題番号 : F-20-WS-0018
 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
 Program Title (English) : Miniaturization of 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 : 形状・形態観察、ダイヤモンド

1. 概要(Summary)

我々は超伝導ダイヤモンドを用いて、超伝導の基本素子であるジョセフソン接合(JJ)とその応用である超伝導量子干渉計(SQUID)の作製を行っている。先行研究においては、様々な構造の JJ 及び SQUID が作製されており、近年では一般的な Nb 製 SQUID と同様に液体ヘリウム温度(4.2 K)以上で動作可能な SQUID が実証されている。しかし、SQUID の磁気感度に関しては Nb などの他材料製と比較すると低いのが現状であり、磁気感度の向上が課題となっていた。そこで本研究では、SQUID を構成する JJ の微細化と作製プロセスの最適化を行い、磁気感度の感度の改善を図った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

FE-SEM(S-4800)

【実験方法】

作製プロセスとして、まず誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング(ICP-RIE)の O₂ 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 ICP-RIE の O₂ 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 Ti/Au(=30/100 nm)の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 フトリソグラフィと EB 蒸着を用いた。作製した JJ や SQUID は PPMS や液体ヘリウム蒸発冷却装置を用いて 300 K~1.6 K の温度範囲における抵抗の温度依存性や電流-電圧(I-V)特性、電圧の磁場依存性を測定し、極低温下における特性

評価を行った。また、デバイスの表面形態を観察するため、SEM 像の観察を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig.1 に作製した SQUID に含まれる JJ 付近の SEM 像を示した。基板上に形成した段差付近のボロンドープダイヤモンドに不連続性が生じており、この 2 つの異なる成長セクター間に JJ が形成されている。1.6 K における電圧の磁場依存性を Fig.2 に示した。磁気感度を表す指標の 1 つである電圧振幅 V_{pp} は、従来の最高値 4.0 μV から同スケールの他材料製 SQUID と同程度の 47.7 μV に向上した。以上により、ダイヤモンド SQUID における JJ の微細化の有効性が実証された。

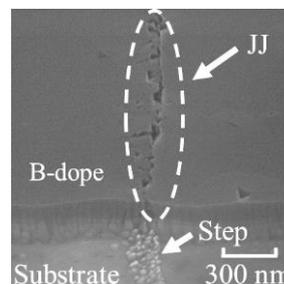


Fig.1 SEM image

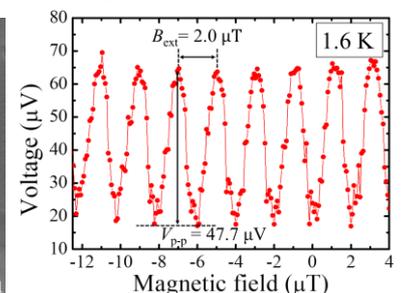


Fig.2 Φ -V characteristic

4. その他・特記事項(Others)

・関連文献

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

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし

6. 関連特許(Patent)

なし