

課題番号 : F-19-WS-0200
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : (111)超伝導ボロンドープダイヤモンドのみで構成されるジョセフソン接合の検討
 Program Title (English) : Study of Josephson junction using (111) superconducting boron-doped diamond
 利用者名(日本語) : 高橋泰裕¹⁾
 Username (English) : Y. Takahashi¹⁾
 所属名(日本語) : 1) 早稲田大学基幹理工学部
 Affiliation (English) : 1) Fundamental Science and Engineering/Waseda University
 キーワード/Keyword : 形状・形態観察、ダイヤモンド、ジョセフソン接合

1. 概要(Summary)

超伝導量子干渉計(SQUID)は極微小磁場が検出可能な磁気センサであり、既に実用されている代表的超伝導デバイスの1つである。我々はSQUIDの重要な構成要素であるジョセフソン接合(JJ)を、超伝導ボロンドープダイヤモンドを用いて形成し、ダイヤモンドSQUIDの作製、動作を実証してきた。本研究では従来の微細トレンチを用いた構造で課題となっていたJJの均一性・再現性を向上させるべく単一段差を用いたJJを作製・動作を実証した。

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は、(111)単結晶ダイヤモンド基板上に反応性イオンエッチングのO₂プラズマにより高さ40 nm程度の一段の段差を形成した後、マイクロ波プラズマ化学気相堆積法により段差を横断する形でボロンドープダイヤモンドを200 nm選択エピタキシャル成長させJJを形成する。エッチング及び選択成長のマスクにはフォトリソグラフィとEB蒸着で作製したTi/Au(=30/100 nm)の金属マスクを使用した。

作製したJJは物理特性測定システムPPMSや液体ヘリウム蒸発冷却装置を用いて、1.6 K~10.0 Kの範囲で抵抗の温度依存性や、電流-電圧(I - V)特性を測定し、特性の評価を行った。また、成膜したボロンドープダイヤモンドの状態を確認するため、SEM像の観察を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

抵抗の温度依存性は9.0 Kと8.2 Kの二段階の超伝導転移を示し、JJの超伝導転移温度は8.2 Kであった。

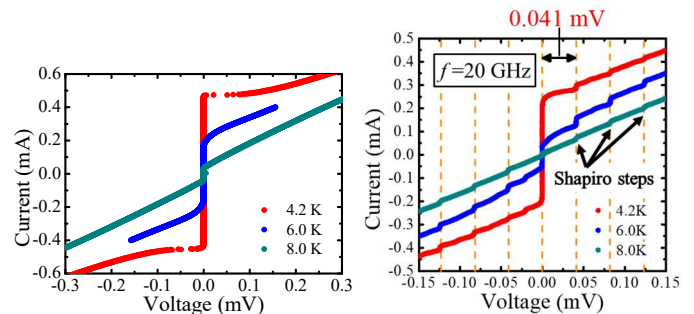


Fig.1 I - V characteristics without microwave Fig.2 I - V characteristics with $f=20$ GHz

Fig.1 にマイクロ波非印加時、Fig.2 に $f=20$ GHz のマイクロ波印加時の I - V 曲線をそれぞれ示す。マイクロ波非印加時には、損失なしに電流が流れる直流ジョセフソン効果を確認した。マイクロ波印加時には、シャピロステップと呼ばれる定電圧ステップを観測し、交流ジョセフソン効果を確認、単一段差 JJ の動作を実証した。

4. その他・特記事項(Others)

- ・関連文献
- ・高橋 泰裕, 川原田 洋他, "(111)成長層の単一段差で構成される超伝導ボロンドープダイヤモンドジョセフソン接合", 第 80 回応用物理学会春季学術講演会, 北海道大学札幌キャンパス(北海道), 2019年9月18日-21日(口頭, 2019年9月20日)
- ・高橋 泰裕, 川原田 洋他, "超伝導ボロンドープダイヤモンド(111)成長層を用いた液体ヘリウム温度以上で動作可能な超伝導量子干渉計の作製", 第 33 回ダイヤモンドシンポジウム, 東京工業大学(東京), 2019年11月13日-15日(ポスター, 2019年11月14日)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。