

課題番号 : F-16-NM-0105
利用形態 : 技術補助
利用課題名(日本語) : NV センター応用に向けたボロンドープダイヤモンド SQUID の開発・特性評価
Program Title (English) : Boron-doped diamond SQUID for NV centers application
利用者名(日本語) : 蔭浦 泰資
Username (English) : Taisuke Kageura
所属名(日本語) : 早稲田大学大学院 先進理工学研究科 ナノ理工学専攻
Affiliation (English) : Waseda University, Nanoscience and Nanoengineering

1. 概要(Summary)

SQUID (Super QUantum Intereference Devices)は、微小な磁場を高感度にセンシング可能な超伝導デバイスのひとつである。先行研究により我々は、超伝導転移温度 $T_c=10\text{K}$ を有したボロンドープダイヤモンドを、高い結晶性を保ちながら再現性の良い材料合成を達成し、超伝導デバイス応用において既存の材料と同等以上の性能が得られる可能性を示唆した。ダイヤモンド中の NV センター(窒素-空孔中心)は、SQUID と同様に磁場をセンサになるのみならず、量子ビットとしての応用が期待されており、ダイヤモンドという単一の材料上でそのハイブリッドシステムを構成することは、測定感度や動作向上の点で大きなメリットがある。そこで本研究では、SQUID を形成するジョセフソン接合の作製方法および特性評価を行い、SQUID としての動作検証も行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- ・ 全自動スパッタ装置
- ・ 125kV 電子ビーム描画装置
- ・ 多目的ドライエッチング装置
- ・ シリコン深掘エッチング装置
- ・ ワイヤーボンダー

【実験方法】

マイクロ波プラズマ CVD 装置(川原田研所有)にて、(111)単結晶ダイヤモンド(絶縁体)上に超伝導ボロンドープダイヤモンド薄膜(ボロン濃度: $1 \times 10^{22} \text{cm}^{-3}$ 、超伝導転移温度: 10K)をエピタキシャル成長させた後、NIMS 微細加工 PF にて、EB リソグラフィ、酸素プラズマエッチングにより微細パターンを形成した。ジョセフソン接合は、ステップエッジ構造とマイクロブリッジ構造を作製した。極低温における電気特性の測定は、PPMS 装置(NIMS ナノフロンティア超伝導材料 G 所有)、冷凍機(NIMS 超伝導位相エンジニアリング G 所有)を用いた。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

ステップエッジ構造ジョセフソン接合は、I-V 特性による直流ジョセフソン効果、シャピロステップによる交流ジョセフソン効果の観測より接合形成が確認された。また、本接合を用いた SQUID の電圧-磁場応用より Fraunhofer パターンが観測された。しかしその動作温度は 4K 以下であった。

一方、マイクロブリッジ構造は、R-T および I-V 特性より 4.5K での動作が実証された。しかし、まだ Fraunhofer パターンの観測には至っていない。その原因として、マイクロブリッジ部分に対する酸素プラズマエッチングのダメージが考えられ、今後はよりダメージの少ないエッチング条件、他の微細構造の作製方法を検討する必要性が明らかとなった。

4. その他・特記事項 (Others)

本研究は、基盤研究 S: 26220903 の助成により達成された。NIMS 微細加工 PF 大里啓孝氏、津谷大樹氏、NIMS ナノフロンティア超伝導材料グループの方々、超伝導位相エンジニアリンググループの方々には、デバイス作製・低温測定に関して多くの助言、アシスタントを頂いたことを深く感謝致します。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) 露崎活人、蔭浦泰資、川原田洋他、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、2016 年 9 月 14 日.
- (2) 蔭浦泰資、川原田洋他、文部科学省「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」キックオフ公開討論会、名古屋大学、2016 年 7 月 8 日

6. 関連特許 (Patent)

なし