

課題番号 : F-19-NM-0100
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 集束イオンビームによるボロンドープダイヤモンド超伝導量子干渉計の作製及び最適化
Program Title(English) : Fabrication and Optimization of boron-doped diamond superconducting quantum interference devices by focused ion beam method
利用者名(日本語) : 森下葵
Username(English) : A. Morishita
所属名(日本語) : 早稲田大学大学院基幹理工学研究科
Affiliation(English) : School of Fundamental Sci. And Eng., Waseda Univ.
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、エッチング

1. 概要(Summary)

我々は超伝導ボロンドープダイヤモンドの(111)面のみを用いて高感度磁気センサである超伝導量子干渉計を作製及び評価してきた。本研究では実用化に向けてサイズの最適化による感度向上を目指した。

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】

(111)ダイヤモンド基板の上に NIMS 精密計測実験棟の JIB-4000 FIB(集束イオンビーム)試料作製装置により微細トレンチ(深さ 30 nm、幅 200 nm)を形成した。その後、NIMS 微細加工 PF の高速マスクレス露光装置及び 12 連電子銃型蒸着装置を用いて、トレンチを横断させる形で選択エピタキシャル成長用のマスクを形成した。選択成長は川原田研究室の MPCVD を用いた。FIB 用のマスクは Au: 30 nm、ダイヤモンド形成用マスクは Ti: 30 nm、Au: 100 nm を蒸着させた。測定のためには NIMS 微細加工 PF のワイヤーボンダーで Al 線を配線し、NIMS ナノフロンティア材料グループ高野研究室所有の Physical Properties Measurement System(PPMS)や、同じく NIMS の超伝導位相エンジニアリンググループ所有の液体 He による冷却装置を用いた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

超伝導量子干渉計(SQUID)に含まれるジョセフソン接合の線幅を狭くすることで電流密度を増加させ、また超伝導ループを大きくすることで振動周期を小さくし、磁場感度の向上を図った。FIB トレンチ上にジョセフソン接合を形成させた際の抵抗・温度($R-T$)特性では、バルクの超伝導転移を示した[Fig. 1(a)]. FIB によるトレンチでは

トレンチサイズの再現性がとれなかったことから、トレンチの代わりに NIMS 微細加工 PF のシリコン深堀エッチング装置を利用して 40 nm 程の段差を用いたところ、 $R-T$ 特性は 2 段階の転移を示し、ジョセフソン接合が形成されていることを示唆した[Fig. 1(b)].

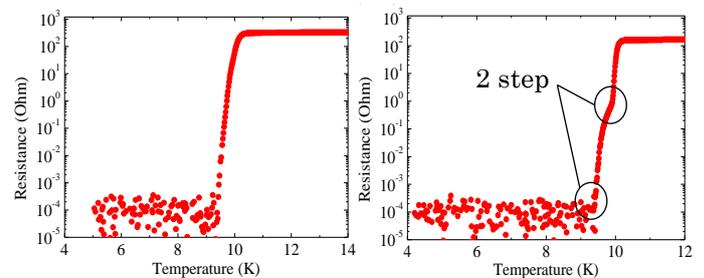


Fig. 1 Temperature dependence of resistance of (a)trench type SQUID (b)step type SQUID.

4. その他・特記事項(Others)

NIMS 微細加工 PF のスタッフの皆様には微細加工や装置について、また NIMS ナノフロンティア材料グループや超伝導位相エンジニアリンググループの皆様には測定や研究方針における助言をいただいたことに深く感謝いたします。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) A. Morishita, H. Kawarada *et al.*, 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials, Sep. 3, 2019
- (2) A. Morishita, H. Kawarada *et al.*, 2019 iLIM-4, Oct. 3, 2019
- (3) A. Morishita, H. Kawarada *et al.*, 2019 MRS Fall Meeting & Exhibit, Dec. 3, 2019

6. 関連特許(Patent)

なし