

課題番号 : F-14-NM-0102  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名 (日本語) : 磁束量子渦検出のための反応性イオンエッチングを用いた nano SQUID の開発  
ProgramTitle(English) : Development of nano SQUID for vortex detection using Reactive Ion Etching  
利用者名 (日本語) : 篠崎 智也  
Username(English) : T. Shinozaki  
所属名 (日本語) : 東京理科大学大学院理学研究科応用物理学専攻  
Affiliation (English) : Graduate school of science, Tokyo University of Science

## 1. 概要 (Summary)

$\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ はカイラル p 波超伝導体の最有力候補であると考えられている。この超伝導体では従来ではみられない特有の渦状態の存在が予想される。例えば、渦糸四角格子の形成やカイラルドメイン同士の境界に形成される coreless vortex である。 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ の渦状態を調べるためには、局所的な微小磁場の検出が必要であり、我々は SQUID を用いて検出を行ってきた。しかし、これまでの作製方法では SQUID の微小化に限界があり渦状態の解明には至らなかった。本研究では、より微小化することを目的として ICP-RIE を用いたサブミクロン～ナノサイズの SQUID を開発した。

## 2. 実験 (Experimental)

### 【利用した主な装置】

マスクアライナー、12 連電子銃型蒸着装置、100kV 電子ビーム描画装置、化合物ドライエッチング装置

### 【実験方法】

#### 1 金配線の作製

マスクアライナー、12 連電子銃型蒸着装置を用いて Si 基板上に金配線を作製する。

#### 2 Al 配線、単一接合の作製

①電子ビーム描画装置を用いてビーム電流 100pA、ドーズ時間 0.15psec/dot で描画する。②電子線蒸着装置を用いて Si 基板上に Al を蒸着する。接合は斜め蒸着法により作製する。

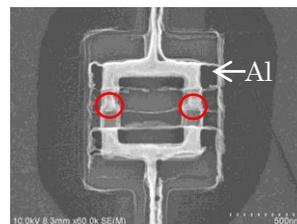
#### 3 SQUID 作製

①接合に対して電子ビーム描画装置を用いてドーズ時間 0.45psec/dot でエッチングパターンを描画する。SQUID の配線幅、直径に応じて接合の中央及び外側がエッチングされるように設計を行う。②化合物ドライエッチング装置を用いてエッチングする。エッチングによって接合の中央及び外側を削ることによってサイズ 700nm、線幅 100nm

の nano SQUID を作製する。エッチング条件は  $\text{BCl}_3$  2sccm、ガス圧力 0.1Pa、バイアスパワー 150W、時間 2min で行った。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Figure.1 は今回のプロセスで作製された線幅 100nm、ループサイズ 700nm 角の nano SQUID の SEM 画像である。SQUID の形状からエッチングは問題なくできていることが分かる。極低温下における SQUID 臨界電流の磁場応答の結果 (Fig.2) から周期応答が確認できた。つまり SQUID の作製に成功したといえる。



○: Josephson junctions

Fig1.SEM image of SQUID

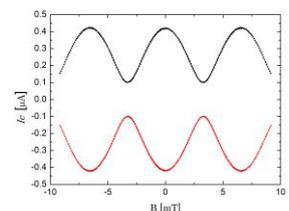


Fig2.magnetic field

dependence of SQUID

## 4. その他・特記事項 (Others)

- ・今回の作製方法を応用させて nano SQUID を配列させた SQUID-array を作製する。
- ・独立行政法人理化学研究所ナノサイエンス研究施設にて FIB-SEM DualBeam 装置を利用した。

## 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

T. Shinozaki *et al.*, 第 70 回日本物理学会、早稲田大学、平成 27 年 3 月 21 日

R. Ishiguro *et al.*, Journal of Physics:Conference Series 568(2014)022019-1~6

## 6. 関連特許 (Patent)

なし。