

利用課題番号 : F-13-NM-0066
利用形態 : 技術代行
利用課題名 (日本語) : 局所磁場観測のためのアルミ SIS による nano-SQUID の作製
Program Title (English) : Fabrication of nano-SQUIDs based Aluminum SIS junctions
for local magnetic fields
利用者名 (日本語) : 石黒 亮輔
Username (English) : R. Ishiguro
所属名 (日本語) : 理化学研究所
Affiliation (English) : RIKEN

1. 概要 (Summary) :

高感度磁束計である SQUID をサブマイクロメートルサイズまで微小化させたものを nano-SQUID と呼ぶ。nano-SQUID はノイズ耐性が強く、一電子スピンの観測も可能であり、量子コンピュータのインターフェースなどへ利用も考えられている。また nano 磁性体やメゾスコピック超伝導体を直接 nano-SQUID と結合させれば、これらの微小試料の磁化計測に対してきわめて有用である。しかしながら現在よく知られている nano-SQUID はカーボンナノチューブによる接合や focused ion beam 加工を用いた弱結合を用いる。このために一個ずつ作る必要があり限られた利用しかされていない。本研究では nano-SQUID をリソグラフィ技術によって一回に大量に生産するプロセスを確立する。作製する nano-SQUID では超伝導物理の最重要問題の一つであるスピン 3 重項超伝導におけるエッジ電流の検証や半整数量子渦、また類似の性質を有すると考えられる強磁性・超伝導の共存系やメゾスコピック導体などへの応用可能性を探る。

2. 実験 (Experimental) :

【使用装置】

1. 電子ビーム描画装置(ELS-7000) 2. レーザー露光装置(DL-1000) 3. マスクアライナー(MA6 BSA) 4. 12連電子銃型蒸着装置(RDEB-1206K) 5. 化合物ドライエッチング装置(RIE-101iPH) 6. 走査電子顕微鏡(S-4800) 他。

【試料作製】

フォトリソグラフィ、電子ビームリソグラフィとエッチングによる nano-SQUID の作製を行う。nano-SQUID 素子は 3mm×5mm 程度のチップ上に 6 個作製し、このチップを 3inch SiO₂/Si ウェハー上に 100 程度一度に作製する。

まず配線用の電極を効率よく作製するためにフォトマスクをレーザー露光装置により作製した。金電極は SQUID のアルミ電極との接合部における段切れを予防し、また電子ビーム用のレジストレーションマークの十分な厚さを確保するために、重ね合わせ描画が必要で、フォトリソグラフィを 2 回に分けて行った。

次に SQUID 作製のため電子ビーム露光装置を用い、幅が 700nm 程度の超伝導接合用のパターンを描画した。これに斜め蒸着法を行うことでアルミ/酸化アルミ/アルミのトンネル接合を形成した。

作製したトンネル接合部をエッチングすることで SQUID 構造を形成するため、電子ビームリソグラフィにより、超伝導接合部の中心に SQUID 構造用の 500nm×500nm 程度の穴を、また vortex trap を避けるための配線を 100nm 以下まで細くするパターンを描画し、ドライエッチングによって nano-SQUID 構造を形成する。

3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

SQUID は高精度パターン形成が成功し非常に順調である。またエッチング条件に若干問題があることが分かり一部変更した試料作製を継続している。

4. その他・特記事項 (Others) :

課題継続中であるため、今後はエッチングによる酸化膜のダメージを室温抵抗測定により評価の後、低温実験により SQUID の特性評価を行う。その後スピン三重項カイラル超伝導体 Sr₂RuO₄ のエッジ電流の検証、nano 磁性体の磁化計測等に用いる。

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

なし

6. 関連特許 (Patent) :

なし