

※課題番号 : F-12-NM-0052  
※支援課題名 (日本語) : 超微小アルミトンネル型接合による  $\mu$  SQUID の作製  
※Program Title (in English) : Fabrication of  $\mu$  SQUIDs with ultra small Al tunnel junctions  
※利用者名 (日本語) : 石黒 亮輔  
※Username (in English) : Ryosuke Ishiguro  
※所属名 (日本語) : 東京理科大学  
※Affiliation (in English) : Tokyo University of Science

※概要 (Summary) :

超伝導量子干渉計 (SQUID) は高感度磁束計として利用されている。近年 SQUID を小型化することで局所磁場や単一スピンなどの微小磁束観測も可能な SQUID の開発が進められている。

さらに SQUID はこのような古典的な磁束計として用いられるだけでなく、その巨視的な量子性によって超伝導量子ビットなどの量子デバイスとしての展開も進んでいる。量子デバイスとして用いられる場合には SQUID を構成するジョセフソン接合を特徴つけるジョセフソンエネルギーと帯電エネルギーを制御することが必要となる。ジョセフソンエネルギーはトンネル抵抗によって決まり、帯電エネルギーは接合面積によってほぼ決まる。本研究では接合サイズが  $0.01 \mu\text{m}^2$  程度のアルミトンネル型ジョセフソン接合を用いた SQUID を作製し、トンネル抵抗をその絶縁膜の酸化条件によって制御し、任意のジョセフソンエネルギーをもった SQUID を作製し、量子デバイスに展開可能な  $\mu$  SQUID の開発を行なった。

※実験 (Experimental) :

- ・レーザー露光装置
- ・12連電子銃型蒸着装置
- ・電子ビーム描画装置
- ・走査型電子顕微鏡

本研究では超微小アルミトンネル型ジョセフソン接合を用いた SQUID の開発のために、電極パット、SQUID 描画を NIMS ナノテクノロジー融合ステーションにおいて行い、成膜と極低温におけるテストを東京理科大学高柳研究室で行なった。

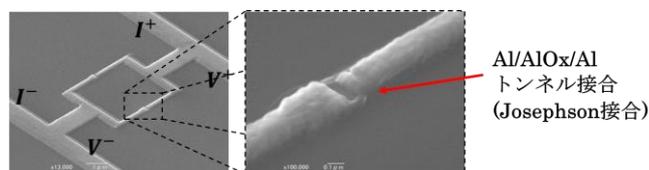
SQUID 作製はまず、Si の 3inch ウェハにレーザーリソグラフィによってボンディングパット用の金電極を形成する。アルミ電極が薄いために金電極とアルミ電極の間の段切れを避け、またボンディングと電子ビーム描画のためのレジストレーションマークに十分な厚さを確保するためにレーザー露光装置による描画、12連電子銃型蒸着装置による金の成膜を2

回に分けて行なった。次に電子ビーム描画装置を用い、シャドー法 (斜め蒸着法) によるトンネル型ジョセフソン接合による SQUID パターンの描画を行なった。3inch ウェハには 10 個の SQUID をもつデバイスを 100 個作製しており、現像前に 4 デバイス毎に劈開した。

その後東京理科大学に搬送し、蒸着直前に現像しシャドー法 (斜め蒸着法) により、酸化圧力、時間を変えながら SQUID の成膜を行なった。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

本研究では NIMS ナノテクノロジー融合ステーションを利用する以前は電子ビーム描画装置等の問題から SQUID 素子を一つずつ作製しており、SQUID 作製に非常に時間が掛かっていた。NIMS ナノテクノロジー融合ステーションの利用により 100 個のデバイス描画が 2 日程度可能になり本研究の SQUID 開発のスピードが一気に上がった。作製した超微小アルミトンネル型ジョセフソン接合を用いた SQUID は従来では絶縁体転移すると考えられる程度の大きなトンネル抵抗においても SQUID 動作をすることが観測され、非常に興味深い結果となっている。



作製した SQUID とアルミトンネル接合の SEM 像

※その他・特記事項 (Others) :

シャドー法 (斜め蒸着法) によるトンネル型ジョセフソン接合の成膜と酸化を東京理科大学において行なったが、NIMS ナノテクノロジー融合ステーションでも行えるようになることとさらなる効率化が可能であり期待している。

共同研究者等 (Coauthor) :

東京理科大学 高柳英明、産業技術研究所 柏谷聡、東京理科大学 佐久間大輔、東京理科大学 須山聡大