

課題番号 : F-18-UT-0078  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : 極小ピクセル Ir-TES を用いた単一光子検出器の開発  
 Program Title (English) : Development of a single photon detector using a small pixel Ir-TES  
 利用者名(日本語) : 三浦義隆<sup>1)</sup>, スミスライアン<sup>2)</sup>, 大野雅史<sup>1)</sup>, 高橋浩之<sup>1)</sup>  
 Username (English) : Y. Miura<sup>1)</sup>, L. Smith<sup>2)</sup>, M. Ohno<sup>1)</sup>, H. Takahashi<sup>1)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) 東京大学大学院工学系研究科 2) 東京大学工学部  
 Affiliation (English) : 1) School of Engineering, The University of Tokyo,  
 2) Faculty of Engineering, The University of Tokyo  
 キーワード/Keyword : 超伝導薄膜積膜・成型、スパッタ、単一光子、赤外線、リソグラフィ・露光・描画装置

## 1. 概要(Summary)

超伝導転移端センサ (TES : Transition Edge Sensor) を適用した極低温マイクロカロリメータは光子入射に伴う温度上昇を超伝導状態と常伝導状態の間の相転移領域における極めて急峻な温度抵抗変化を用いて高感度に読み出すことで、入射光子のエネルギーを高精度に特定しうる検出器である。本研究では、TES の感度およびエネルギー分解能向上を目指して、140mK で超伝導転移を示すイリジウム(Ir)から成る超伝導薄膜を極小化し、これを温度センサとして適用した TES の開発を目指す。Ir は Ti よりも低温で超伝導転移を示し、また W のように低温にて有する複数の結晶構造に起因した超伝導転移のばらつきを示さず、安定した転移状態を制御、維持できる。極小 Ir-TES の高性能化が達成されれば、近赤外・赤外領域での単一光子精密検出技術が構築され、量子暗号通信や量子コンピュータ技術の発展に寄与することのみならず、THz 帯さらにはマイクロ波領域での高感度光子検出技術の確立へも道を開くものと考えられる。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

形状・膜厚・電気評価装置群 Dektak, 光リソグラフィ装置 MA-6 MA6 Suss 6" Mask Aligner, クリーンドラフト潤沢超純水付 Draft chamber

### 【実験方法】

TES の高感度化を実現するため、フォトマスクとマスクアライナを用いた微細加工精度の限界を考慮しつつ、超伝導センサに用いる Ir 薄膜の極小化を試み、最小 7  $\mu\text{m}$  角の Ir 単一膜センサの開発に成功した(Fig. 1)。Ir 薄膜はマグネトロンスパッタリング法により成膜され、リソグラフィ、およびリフトオフ法により成型した。

試作した Ir-TES 素子と SQUID を用いた信号読み出し回路を希釈冷凍機のコールドステージに組み込み、

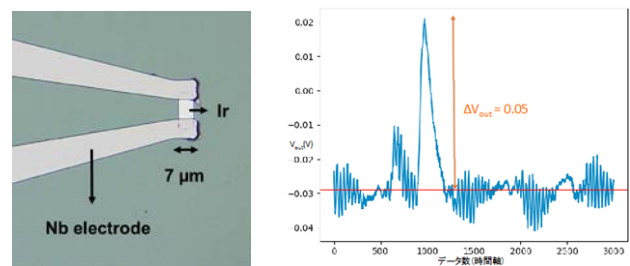


Fig. 1 Ir-TES and a signal pulse shape of a single photon detection

100mK まで冷却した。定 (I-V 測定) を行った。Ir-TES に流れた電流は、Ir-TES と同一ステージに配置した超伝導量子干渉素子 (SQUID) を用いて測定した。そして ANDO 社製の光源と AQ2140 オプティカルマルチメータのユニットから光ファイバー (シングルモード) を介して冷凍機内コールドステージ上にレーザー光を導き、TES に照射した。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

波長 1310 nm のレーザー光をチョッパー上に発生させ、TES の応答を観察した。その結果、チョッパーの周期に合わせて TES のベースラインが大きく変動し、TES が光入射に対して応答していることがわかった。さらに光ファイバ接続部を適宜調整することにより、導入する光量を徐々に減光したところ、ベースラインの変動幅は小さくなり、やがてベースラインの変動は Fig. 1 に示すような離散的かつ比較的波高値のそろったパルス状の信号に変化していくことが確認された。得られた信号応答は 1310 nm の光子 1 つずつの入射によるものと考えられ、ゆえに本研究で試作した Ir-TES により 1310 nm 波長の単一光子検出が実証された。

## 4. その他・特記事項 (Others)

本研究では以下の競争的資金のサポートにより行った。

・CREST「超伝導光子数識別器の開発」

・科研費基盤 A :18H03892

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) Y. Miura, T. Irimatsugawa, M. Ohno, H. Takahashi, Journal of Low Temperature Physics, Volume 193, Issue 3-4, pp 344-348, 2018

6. 関連特許(Patent)

なし