イリジウム/金近接二重層薄膜を用いた超伝導転移端センサの開発

Development of an Iridium-gold bilayer optical transition edge sensor

*上土井　猛[1]，桜　剛[1]，Smith　Ryan[1]，三津谷　有貴[1]，大野　雅史[1]，高橋　浩之[1]
[1]東京大学

本研究では、850 nm のパルスレーザーを超伝導転移端センサ(TES: Transition Edge Sensor)の有感領域に照射し、SQUID を通して増幅し読み出された電気信号を観測することで光応答特性評価を行った。この結果、850 nm の波長において良好な単一光子検出能力を有することが実証された。

キーワード：超伝導転移端センサ，赤外単一光子，光子数識別，極低温，微細加工

1. 緒言

量子暗号通信や光量子情報処理を実現するためには近赤外領域において単一光子を検出し、光子数識別能力を有する検出器を実現することが必要不可欠である。本研究では極めて高いエネルギー分解能を有するTESにIr/Au近接二重層薄膜を用いて動作温度を低減することにより、近赤外領域での正確な単一光子識別を実証する。

2. 実験

Ir/Au 近接二重層薄膜を近接二重層の物理モデル[1]を参考に 200 mK 以下となるよう厚みを設計し、スパッタリング法を用いて成膜し、フォトリソグラフィーとリフトオフを用いて 12 μm 角に成形した。また TES 検出素子と光ファイバのアライメントの精度を高めるため、光ファイバ割スリーブ内径に接合するように検出素子の基板のシリコンウエハをエッチングして円形に加工した。(Fig1)

転移温度の測定では、TESに流れる電流に対応するSQUIDの出力電圧を測定することにより求めた。その結果、転移温度は175 mK近傍であることが確認された。近接二重層薄膜からの転移温度の予想では185.3 mKであり、実験結果と近い値になった。本実験では、希釈冷凍器内のコールドステージにIr/Au TESを配置し、シングルモード光ファイバを通して850 nmのパルスレーザーを照射し応答を観測した。実験で得られたデータより単一光子入射識別ができていることが確認され、またその波形データに最適フィルタを適用して波高スペクトラムをヒストグラムに変換した。そのヒストグラムにGaussianフィッティングを用いることで信号解析を行った。

3. 結論

本実験より、試作した Ir/Au TES は 850 nm のパルスレーザーを照射したところ、単一光子に対する応答が確認された。さらに最適フィルタを用いて応答信号を処理すると 850 nm の近赤外光に対して、0.68 eV FWHM(Full-Width at Half-Maximum)のエネルギー分解能が得られ、光子数識別能力を有することが明らかになった。この結果はこれまでの X 線 γ 線検出用 TES を大きく超えるエネルギー分解能を達成しており、光量子情報処理や量子暗号通信の実現に貢献する可能性を示している。

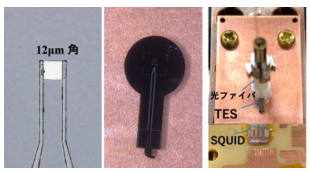

Fig.1 左図：TES の有感領域、中央図：検出素子右図：台座に設置した TES と SQUID

参考文献

[1] Wang.G, IEEE(2017), Modeling Iridium-Based trilayer and Bilayer transition-Edge Sensors

*Takeshi Jodoi[1], Tsuyoshi Sakura[1] Ryan Smith[1] Yuki Mitsuya[1] Masashi Ohno[1] Hiroyuki Takahashi[1]
[1]The University of Tokyo.