

可視光用超伝導転移端センサの多重化読出しに向けた マイクロ波 SQUID マルチプレクサの適用検討

Study of microwave SQUID multiplexer for readout of optical TES array.

産総研¹, 東大工² ○中田 直樹^{1, 2}, 服部 香里¹, 平山 文紀¹,

山森 弘毅¹, 神代 暁¹, 高橋 浩之², 福田 大治¹

AIST¹, The Univ. of Tokyo², °N. Nakada^{1, 2}, K. Hattori¹, F. Hirayama¹,

H. Yamamori¹, S. Kohjiro¹, H. Takahashi², D. Fukuda¹

E-mail: nakada.naoki@aist.go.jp

1. 背景

超伝導転移端センサ(TES: Transition Edge Sensor)を用いた単一光子分光イメージング技術はバイオ分野を始めとして様々な精密計測への応用が期待されている。我々は、1 ピクセルの TES による微弱光の単一光子分光イメージングを実証したが[1]、今後は動画取得に向け撮像時間の短縮が課題となっている。この課題解決のためには TES のアレイ化および信号の多重化読出しが必須となる。そこで本研究では、マイクロ波 SQUID マルチプレクサ(MW-Mux)による可視光用 TES の初の多重化読出しについて取り組んでいる。

2. 検討事項

MW-Mux は出力信号の線形化のために鋸歯状波を周期的に印加する必要がある、この周波数が信号のサンプリング周波数に上限を与える。X 線検出用の現状システムでは、鋸歯状波の周波数 f_M は 480 kHz であり、可視光用 TES の出力信号の立ち上がり時間(~50 ns)よりも帯域的に 2 桁以上小さい。その結果、信号の立ち上がりを追い切れずエネルギー分解能が劣化する可能性がある。そこで、サンプリング周波数が可視光用 TES のエネルギー分解能に与える影響について調査した。

3. サンプリング周波数とエネルギー分解能の関係

臨界温度 170 mK の可視光用 TES を用いて、波長 1550 nm の微弱コヒーレント光の応答信号波形(立ち上がり時定数: 43 ns、立ち下がり時定数: 4.2 μ s)を様々なサンプリング周波数で取得し、最適フィルタを適用してエネルギー分解能を求めた。サンプリング周波数が 0.5~25 MHz の範囲で求めた 0.8 eV の光子に対するエネルギー分解能を Fig.1 に示す。検出器本来のエネルギー分解能 0.12 eV(25 MHz 時)に対して、1MHz 時の結果が 0.24 eV であった。

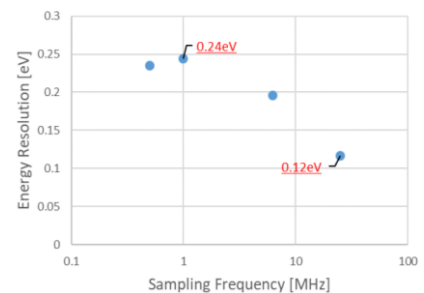


Fig.1 Sampling Frequency VS. Energy Resolution

0.24 eV のエネルギー分解能を 550 nm (緑色光の波長) における波長分解能に換算すると、約 60 nm である。RGB の各波長帯域幅を 150 nm とすれば、この値は可視光域の光を 3 色に分光するには十分な値である。この結果から、 $f_M \geq 1$ MHz とすることで、可視光用 TES に対して MW-Mux を用いた多重化が可能であることが示唆された。

[1] Niwa et al. Scientific Reports 7 (2017) 45660.

謝辞：本研究は、JST-CREST (課題番号：JPMJCR17N4) の支援を受けたものである。