

超伝導転移端センサにおける高周波信号読み出しの検討

Novel readout for optical transition edge sensors

産総研¹, 産総研・東大 オペランド計測 OIL², °服部 香里¹ 鷹巢 幸子¹, 福田 大治^{1,2}

AIST¹, OPERANDO-OIL², °K. Hattori¹, S. Takasu¹, D. Fukuda^{1,2},

E-mail: kaori.hattori@aist.go.jp

可視光・近赤外領域の単一光子のエネルギーを測定可能な超伝導転移端センサ(Transition edge sensor; TES)は、次世代量子情報通信やバイオへの応用が期待されている。TES は光子数識別能力を有するという大きな特徴を持つ一方、ジッターの決定要因の研究および改善については取り組むべき項目が多く残されている。特に、TES の読み出しが高周波の信号に対応しておらず、信号の立ち上がりの情報が十分に得られていないのが課題である。そこで、高速読み出しの検討を行った。これらの結果を発表・議論する。

TES を動作させる際、TES に一定電圧をかけ、electrothermal feedback (ETF)によって温度を安定化させ、超伝導転移端にバイアスする。TES に流れる電流変化は、Superconducting quantum interference device (SQUID)で読み出し、さらに室温に設置したアンプで増幅する。SQUID はニュール電流に対して非線形な応答をするため、線形化するために Flux locked loop (FLL)を使用する。FLL は高々、数 MHz 程度の帯域しか持っていないのが問題である。我々は、Ti/Au 二層膜からなる TES 検出器を希釈冷凍機で 10 mK 程度まで冷却することで、信号の立ち下がり時間が 200 ns 程度という高速に動作する光子数識別センサを実現した。信号の波高値を測定するのであれば、現状の帯域でも問題ない。しかし、信号の立ち上がりを詳細に測定するには帯域をもっと広くする必要がある。また、読み出し回路には数十 nH 程度の寄生インダクタンスがあり、これも読み出しの帯域を制限してしまう。しかし、TES を安定動作させるには一定電圧をかける必要がある、という制約から、帯域の広い読み出しの実現が困難であった。

本研究では、低周波では TES に一定電圧がかかるという条件を維持しつつ、ETF に及ぼす影響の小さい高周波信号については、FLL を用いないで別途取り出すという手法で、読み出しの帯域向上を目指す。この新しい読み出しは寄生インピーダンスによる帯域の制限も問題とならない。本発表では、このような高周波読み出しの設計・シミュレーションおよび読み出しに用いる素子の試験について示す。