

マイクロ波読出しによる TES 模擬信号の測定

Demonstration of Microwave Readout of TES simulated pulse

○入松川 知也^{1,2}, 平山 文紀², 佐々木 仁², 佐藤 昭², 山森 弘毅², 永沢 秀一², 福田 大治²

日高 睦夫², 佐藤 泰², 神代 暁², 大野 雅史¹, 高橋 浩之¹ (1. 東大工, 2. 産総研)

○T. Irimatsugawa^{1,2}, F. Hirayama², H. Sasaki², A. Sato², H. Yamamori², S. Nagasawa², D. Fukuda²

M. Hidaka², Y. Sato², S. Kohjiro², M. Ohno¹, H. Takahashi¹ (1. The Univ. of Tokyo, 2. AIST)

E-mail: t-irimatsugawa@aist.go.jp

<背景・目的> 大規模な超伝導転移端センサ (Transition Edge Sensor, TES) アレイを実現するには、TES の動作環境 (~100 mK) への熱流入を極力抑えなければならないため、多くの画素からの信号を同時に読出す信号多重化技術が必要となる。我々は、硬 X 線・ γ 線用の超伝導転移端センサ (Transition Edge Sensor, TES) をアレイ化するため、マイクロ波読出^[1]を用いた TES 信号多重化技術の開発を行っている。

マイクロ波読出では、TES の出力電流に伴う可変インダクタンスとして機能する SQUID (Superconducting QUantum Interference Device, 超伝導量子干渉素子) で終端した、高 Q 値超伝導共振器 (共振周波数 f_R ~ 数 GHz) を利用する。画素毎に f_R の異なる共振器群を読出線路に容量結合する (図 1) と、各画素への入射光子エネルギーを対応する共振器の f_R の変化として読出すことが可能となる。エネルギー分解能の劣化なく TES 信号を読出す回路には、低雑音性、高速応答性、入出力特性の線形性、低クロストーク性が必要である。

我々は、信頼性の高い Nb-SQUID と Nb の約 2 倍の転移温度に基づく高 Q 値 NbN 共振器から成る低雑音超伝導チップ^[2]と、入出力特性線形化機能を持つ室温処理系を組み合わせたマイクロ波読出回路の開発を進めており、直流疑似入力の読出に成功した。今回は、TES の模擬パルス信号の読出し結果について報告する。

<実験・結果> 実験体系の模式図を図 1 に示す。実験では、FPGA をベースにした室温復調回路を用いて 6 チャンネルの同時読出しを行った。読み出しに際しては、入出力特性の線形化を行うラップ磁束変調法^[3]を実装するための磁束変調信号 (振幅 $3 \Phi_0$ 、60 kHz の鋸歯状波) が全チャンネル直列に入力されている。また、6 チャンネルのうちひとつ (sq2) には我々が開発する TES の信号の立下り部を模擬した電流信号 (波高値 ~10 μ A、立下り時定数 ~5 msec) を入力した。信号波形の生成には、LabVIEW の有する指数関数を利用し、16bit の DA 変換器 (NI9263) を用いた。

図 2 に測定した 6 チャンネルの読出し結果を示す。図 2 の 2 段目の信号 (sq2) が TES 模擬信号の読出し結果である。読出し信号の立下り部の時定数をフィッティングにより求めると約 4.99 msec となり、正しく読み出せている。また、sq1, sq3 は sq5, sq6, sq7 と比較し

て Q 値を反映した高いノイズレベル (~60 $m\Phi_0$) が観察されたが、顕著なクロストークはみられなかった。sq1, sq3, sq6 には電源由来の 50 Hz ノイズがはっきりみられ、今後グラウンドの取り方の改善が必要である。

今後は立ち上がり部を含めた TES 信号の読出し評価や、測定系の改善によるノイズの抑制等を行っていききたい。

謝辞： 本研究で用いた素子は、産総研のクリーンルーム CRAVITY において作製された。本研究の一部は、科研費 15H02251 と文科省「原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ」の支援を受けた。

参考文献： [1] K.D. Irwin et al., NIM, A 559, 802-804, (2006)

[2] S. Kohjiro et al., J. Appl. Phys., 115, 223902 (2014)

[3] J.A.B. Mates et al., J. Low. Temp. Phys. 167:707-712, (2012)

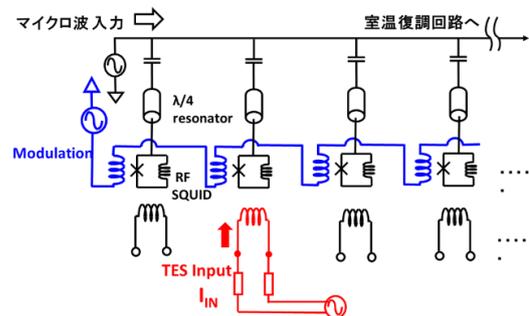


図 2 : 4K における 6 チャンネル同時読出し実験体系模式図

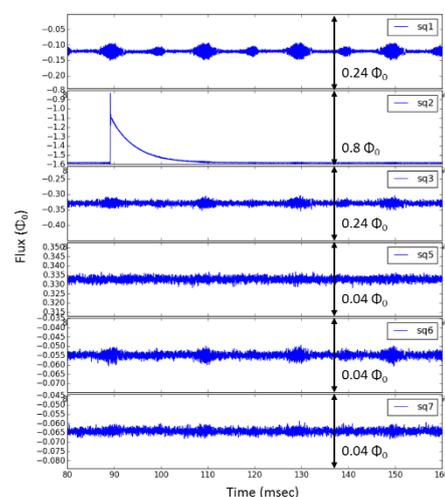


図 1 : 6 チャンネル同時読出し結果 (sq2 に TES 模擬パルスを入力)