TES マイクロ波多重読み出しのための NbN 共振特性評価

Characterization of NbN Resonators for Microwave Readout of TES

○平山 文紀[1]、入松川 知也[2]、佐藤 昭[1]、山森 弘毅[1]、永沢 秀一[1]、福田 大治[1]、日高 睦夫[1]
神代 暁[1]、大野 雅史[2]、高橋 浩之[2](1. 産総研、2. 東大工)
○F. Hirayama[1], T. Irimatsugawa[2], A. Sato[1], H. Yamamori[1], S. Nagasawa[1], D. Fukuda[1]
M. Hidaka[1], S. Kohjiro[1], M. Ohno[2], H. Takahashi[2] (1. AIST, 2. Univ. of Tokyo)
E-mail: f.hirayama@aist.go.jp

Transition Edge Sensor(TES)は幅広いエネルギのフォトンに対し極めて高いエネルギ分解能をもつマイクロカロリメータとして用いることができるが、応答速度が遅く(~μsec)、単素子の面積拡大による計数率向上も難しいため、実用化には素子の多画素化による有感面積増大が不可欠であり、そのための信号多重化技術の開発が課題となっている。我々が開発を進めているマイクロ波を用いた周波数多重方式は、数 GHz 程度の帯域を持つ極低温 HEMT アンプを用いることにより、原理上室温からの同軸ケーブル 1 本あたり 10^3-10^4 画素程度の読み出しが可能である。エネルギ分解能を劣化させることなく TES の信号を読み出すには、等価雑音電流 10 pA/√Hz 以下の性能が要求され、高い Q 値をもつ共振器が必要である。従来、超伝導量子ビットや Microwave Kinetic Inductance Detector(MKID)に用いるマイクロ波共振器では、Al, Nb, TiN, NbTiN 等の電極に対する Q 値が数多く報告されている。一方、これらより臨界温度が高く(15.5-16 K)、同一動作温度での準粒子励起数が小さいと期待される NbN 共振器の Q 値の報告例は少ない。この観点から、我々はこれまでに NbN 共振器を作製し、2×10^4@4 K 程度の無負荷 Q 値を得ている[1]。

本研究では、TES の信号読み出しに向け TES の動作温度である 0.1 K 程度における NbN 共振器の特性評価を行った。実験は、1 本のフィードラインに容量結合した 16 個の NbN 共振器が集積されたチップを、断熱消磁冷凍機(ADR)クライオスタット内にて同軸ケーブルと接続し、ネットワークアナライザを用いてマイクロ波の透過特性を測定した。Fig.1 は 1 個の共振器の 4 K と 0.1 K におけるマイクロ波の透過率を複素平面にプロットしたものである。0.1 K では 4 K と比べて共振円がより原点近傍を通る軌跡となっており、10^5 台の無負荷 Q 値が得られた。TES 読み出しに用いる場合、単位周波数変化に対し複素平面上での移動距離が大きいほど高い S/N 比が得られるため、0.1 K で動作させることでより低雑音な読み出しが期待できる。また、共振周波数は Fig. 2 のような温度依存性をもち、他のグループで報告されている[3]ように超伝導体のカイネティックインダクタンスの温度依存性に加え、二準位系欠陥(TLS, Two Level Systems)を持つ誘電体の誘電率温度依存性を考慮したモデルと定性的に一致した振る舞いを示している。TLS は低周波の揺らぎを伴うことが知られており、今後は TLS の定量的評価をおこない TES の読み出し性能へ影響を抑制する共振器の設計・作製条件を検討していく予定である。

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、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] S. Kohjiro *et al.*, JAP, 115, 223902 (2014).
[2] P. Macha *et al.*, APL, 96, 062503 (2010).
[3] R. Barends *et al.*, APL, 97, 033507 (2010).

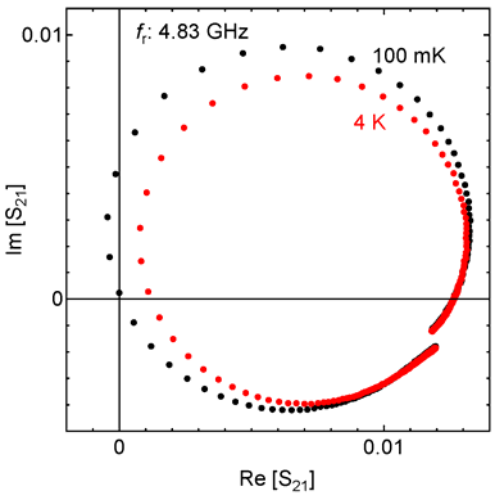

Fig 1 : 透過率の複素平面プロット@ 4 K(赤) & 0.1 K(黒)

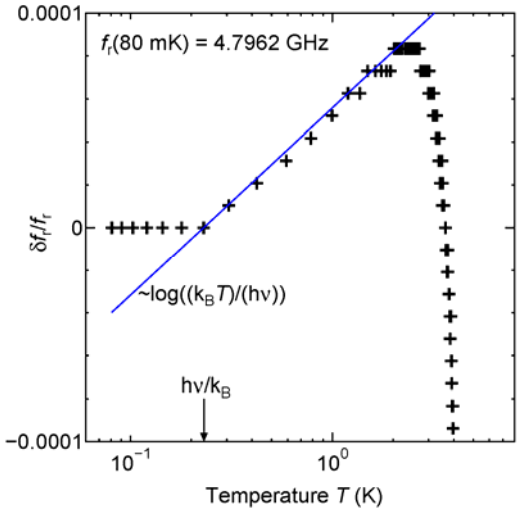

Fig 2 : 共振周波数の増分δf_rと温度の関係

© 2015年 応用物理学会