

超伝導転移端センサによる中赤外域単一光子スペクトル測定

Energy spectrum measurement for mid-infrared photons with TES

産総研¹, 東北大², 東大³, 産総研・東大オペランド計測OIL⁴, 高エネ研 QUP⁵, [○](M2) 島田 涼介^{1,2},

三津谷 有貴^{3,4}, 鷹巣 幸子¹, 服部 香里^{1,4,5}, 福田 大治^{1,4}

AIST¹, Tohoku Univ.², Univ. of Tokyo.³, OPERANDO-OIL⁴, KEK QUP⁵, [○]Ryosuke Shimada^{1,2}, Yuki

Mitsuya^{3,4}, Sachiko Takasu¹, Kaori Hattori^{1,4,5}, Daiji Fukuda^{1,4}

E-mail: r.shimada@aist.go.jp

中赤外波長域 (2.5 μm から 10 μm 程度) の光は、分子の指紋領域に相当し、大気中の光透過率が高い波長域を含むなどの特徴がある。そのため、赤外蛍光分析や量子赤外分光、リモート計測など様々な応用が期待されている。一方、中赤外域で高い性能をもつ単一光子検出器が少ないことが問題となっている。そこで本研究では高エネルギー分解能を持つ超伝導転移端センサ(TES; Transition Edge Sensor)を用いて、中赤外域単一光子分光検出の可能性について検討した。

波長 $\lambda > 2.5 \mu\text{m}$ の光子エネルギーは $E < 0.5 \text{ eV}$ となるため、分解能 67 meV の高エネルギー分解能を持つ TES[1]を用いて中赤外域光子の分光計測を行った。TES は希釈冷凍機内に設置され、フッ化物系光ファイバ(全長 7 m)を通じて、温度 T の黒体放射源からの中赤外光子を TES に導入した。検出光子のエネルギースペクトルは、単一光子の各検出信号の波高解析により構築した。

図 1 に、入射光源を黒体放射源としたときのエネルギースペクトルの測定結果を示す。波長 3 μm 超に相当する $E \sim 0.36 \text{ eV}$ 付近に Gauss 分布状となる計数が観察された。これにより、TES による中赤外域単一光子のスペクトル計測が可能であることを確認した。黒体放射源の温度 T を 10 $^{\circ}\text{C}$ から 40 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化させると、計数値はそれに応じて変化する結果となった。図 2 には各温度におけるピークの面積から求めた計数率 $n_{\text{rate}}(T)$ の温度依存性を示す。この結果は、Wien's radiation 則から得られる理論的予測式 $\Delta n_{\text{rate}}(T) \propto \exp(-hc/kT\lambda_c)$ [2]と良好に一致した。ここで、 h, c, k, λ_c はプランク定数、光速、ボルツマン定数、光ファイバの光透過遮断波長である。これにより、TES で検出した中赤外波長域の計数値の変化は、温度 T の黒体放射源の放射強度の変化で説明できることが分かった。更に、フィッティングによって得られた光透過遮断波長は $\lambda_c = 3,164 \text{ nm} \pm 94 \text{ nm}$ となり、フッ化物光ファイバの光透過特性とも良好に一致した。

参考文献:[1] Kaori Hattori et al 2022 Supercond. Sci. Technol. 35 095002. [2] A.J. Miller et al, Proc. 8th Int. Conf. of QCMC, 445(2007).

謝辞：本研究の一部は、JST-CREST(JPMJCR17N4)、Q-LEAP(文部科学省)の成果である。

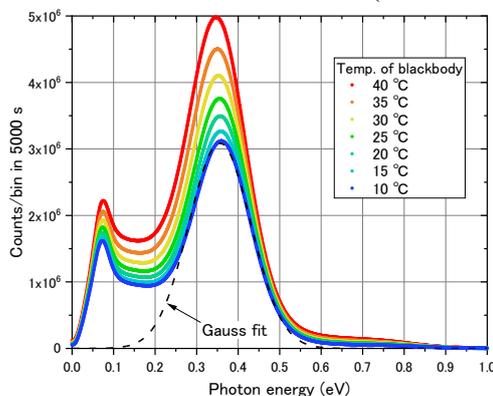


Fig. 1 Energy spectrum measurement results for the blackbody radiation depending on temperature.

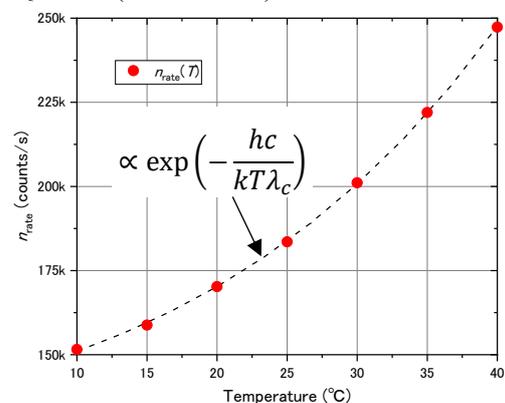


Fig. 2 Count rate n_{rate} dependence on the blackbody temperature T .