

Ta 吸収体 TES を用いた高エネルギー γ 線精密分光技術の開発 Development of TES microcalorimeters with Ta absorber for gamma-ray measurement

東大工¹ 入松川 知也¹, 畠山修一¹, 大野 雅史¹, 高橋 浩之¹
¹Univ. of Tokyo¹ Tomoya Irimatsugawa¹, Shuichi Hatakeyama¹,
 Masashi Ohno¹, Hiroyuki Takahashi¹,
 E-mail : tmy.iri@gmail.com

100keV~数 MeV 領域の γ 線に対しては、現在広く用いられている HPGe 半導体検出器においても、そのエネルギー分解能は高々 $\Delta E_{FWHM} \sim 1.5 \text{keV} @ 662 \text{keV}$ 程度である。しかし、陽電子消滅 γ 線のドップラーシフトの精密解析や、核燃料廃棄物の精密検査等の γ 線スペクトロスコーピー分野では、より分光特性に優れたスペクトロメータの開発が望まれている。Transition Edge Sensor (TES) は極低温で動作させることにより、温度感度を極限まで高めたカロリメータであり、入射放射線のエネルギーによる超伝導体の温度上昇を測定原理とする。TES のこの測定原理は、半導体検出器のエネルギー分解能を2桁程度向上させることを可能にする。そこで、本研究は、TES により高エネルギー γ 線 (100keV~数 MeV) に対して高い吸収効率かつ優れたエネルギー分解能の実現を目的とする。

TES のエネルギー分解能は、検出器の熱容量に大きく依存する。我々は、高エネルギー分解能と高エネルギー吸収効率を同時に実現するため、原子番号が大きく超伝導金属であるタンタル (Ta) を放射線吸収体材料として γ 線測定実験を行った。Ta は数 keV~100keV 領域で広く放射線吸収体として用いられているスズ (Sn) と同程度に熱容量が小さく (熱容量 Sn; 1.1pJ, Ta: 1.5pJ @ 100mk,)、エネルギー吸収効率が鉛 (Pb) と同程度に大きい (Pb: 10.2%, Ta: 10.0% @ 600keV) ため放射線吸収体に適した性質をもつと考えられる。前回の発表では、1mm 角, 0.3mm 厚の Ta 吸収体を用いて、その特性評価について述べた。その結果、水素や窒素を吸着するタンタルの性質により、熱容量が理論値よりも異常に増大している可能性があることが分かった。そこで、放射線吸収体の大きさを前回の四分の一相当 (0.5mm 角, 0.3mm 厚) にし、吸収体熱容量の最適化を図った素子を製作、同様の実験を行った。図は ^{137}Cs より得られる γ 線に対する応答信号である。図に示すように、TES センサの温度は γ 線光子入射により転移領域を飛び越え、一時的に完全に常伝導領域に移行したことを示す飽和波形が観察された。これより、本素子では、熱容量が低減され、S/N 比が向上し、良好な検出特性が実証された。

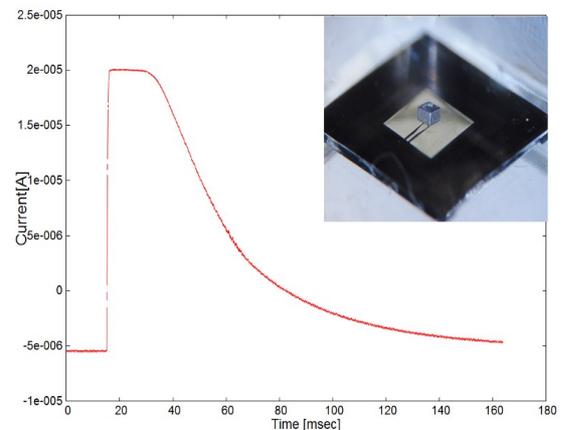


Fig1. 飽和した信号波形例と素子写真

【Reference】

- [1] Jarnal of the Japanese Society for Synchrotron Radiation Research vol25, No3 2012
 [2] R.M.T. Damayanthi et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol.23, no.3 2100304, 2013.