

# 概要

高開口率を持つ超伝導転移端 (Transition Edge Sensor; TES) 型 X 線マイクロカロリメータ (TES カロリメータ) の実現に向け、Au オーバーハング構造の形成およびそれを搭載した TES カロリメータの製作と性能評価を行った。将来の X 線天文衛星計画である SuperDIOS 計画では高視野で軟 X 線領域の酸素輝線を精密分光することで、中高温銀河間物質の空間分布を取得し、銀河間物質の化学史や宇宙の構造形成史に迫ることが期待されている。この SuperDIOS 計画で検出器として期待されているのが我々が開発を行っている TES カロリメータである。高開口率の TES カロリメータとして、オーバーハング構造を持つ吸収体の開発が必須であり、従来の問題点としては、熱拡散過程のばらつき、特殊な構造の形成の難しさがあった。

本研究では、SuperDIOS 計画の要求値をもとに設計目標を定義し、Au オーバーハング吸収体を搭載した TES カロリメータの設計を示した。そして TES カロリメータの性能指標であるエネルギー分解能、飽和エネルギー、X 線吸収効率をもとに吸収体の熱容量を  $\sim 2$  pJ/K、厚みの設計値を  $\sim 2$   $\mu$ m とした。また、TES カロリメータで重要な吸収体の熱伝導性の観点から、 $2$   $\mu$ m の吸収体では、残留抵抗比が 9.23 以上であれば良いと見積もった。第 5 章では、第 4 章で定義した設計目標をもとに、電極層形成用のレジストの構造、吸収体形成用のレジストの厚み、電解析出法における残留抵抗比と厚みの条件出しを行った。その結果、レジストの構造は 2 cm 基板、本番製作用の 3inch 基板共に要求を満たす条件を明らかにできた。電解析出法では、2 cm 基板で残留抵抗比が 20 以上となる条件を確立し、当初の設計値よりも熱伝導性が良い素子を製作した。電解析出後の吸収体形成用レジストについては、電解溶液に触れた部分が変質してしまい従来の有機溶剤のみによる除去はできなかったが、 $O_2$  アッシングと組み合わせることにより除去可能であることを示した。3inch 基板で Au 薄膜の厚みを  $2$   $\mu$ m とする条件のもと吸収体の構造形成を行い、自立した大面積吸収体の製作に成功した。形成した吸収体の中には構造が壊れているものも確認されたが、これは電極層用のレジストを除去するために使用した有機溶剤の粘性によるものだと考えられ、基板を取り出す際に表面張力の低減の工夫が必要である。6 章では、5 章での条件出しの結果をもとに、Au オーバーハング吸収体を搭載した TES カロリメータの製作を行った。メンブレン構造形成後の台座から基板を取り外す際に、密着性向上のためのオイルを除去することが難しくチップの破損やカロリメータの構造が破壊されてしまうという問題があった。これを解決するには、レジストとオイルを同時に除去できる薬品を使用するか今回使用したアセトンの温度を上げることで反応性を向上させることなど考えられる手法は多くあり、今後の課題である。今回製作した素子の一部を無冷媒型希釈冷凍機に組み込むことで、極低温での評価試験を行った。吸収体を形成していない TES カロリメータの抵抗温度特性を測定したところ、超伝導特性が見られ、超伝導転移温度が TES カロリメータの構造に大きく依存しないことがわかった。これにより、少なくとも TES 自体の製作に問題がないことを示した。オーバーハング吸収体を搭載した TES カロリメータの抵抗温度特性を測定したところ、超伝導転移することを明らかにした。また、吸収体を形成していない TES カロリメータに対して超伝導転移温度が 50 mK 程度ずれていることが明らかになった。あわせて二段階に超伝導転移している素子も確認された。

X 線照射試験によりエネルギー分解能  $\Delta E_{FWHM} = 9.42 \pm 0.33$  eV @5.9 keV が得られた。要求値を満たしていないことが明らかとなったが、TES 自体に問題があるのか、吸収体に問題があるのかを今後切り分ける必要がある。MnK $\alpha$  と MnK $\beta$  のエネルギーでは、高い感度を持ち、飽和エネルギーから決まる熱容量の下限は満たしていることがわかった。