

サブマイクロスケールでの地球外物質分析を目指した広帯域での検出効率向上を可能とする TES 型 X 線マイクロカロリメータの開発

Development of TES X-ray microcalorimeters for microanalysis of astromaterials

○ 林 佑¹、八木 雄大¹、山崎 典子¹、満田 和久²、前畑 京介³、原 徹⁴

(1. 宇宙研、2. 天文台、3. 帝京大学、4. 物質・材料研究機構)

○ Tasuku Hayashi¹, Yuta Yagi¹, Noriko Y. Yamasaki¹, Kazuhisa Mitsuda², Keisuke Maehata³, Toru Hara⁴ (1.ISAS/JAXA, 2.NAOJ, 3.Teikyo Univ., 3.NIMS)

E-mail: tasuku@planeta.sci.isas.jaxa.jp

我々の研究グループでは、サブマイクロスケールでの地球外物質の分析を目指し、超伝導遷移端型 X 線マイクロカロリメータ (TES カロリメータ) を走査透過型電子顕微鏡 (STEM) のエネルギー分散分光器 (EDS) とする分析装置の開発を進めてきた。

STEM は、材料工学やバイオテクノロジー、地球外物質分析などの幅広い分野で使用されており、薄膜試料に電子線を照射し透過電子からサブマイクロスケールの構造分析を行う。さらに、EDS と併せることで電子線により放射される特性 X 線を捉え、元素の定性・定量分析を可能とする。我々の研究グループでは、従来の EDS で使用される半導体検出器 (SDD) の分光性能 ($\Delta E \sim 120\text{eV}$) から 10 倍以上の分光性能を向上させることが可能な TES カロリメータを用いた TES-EDS システムの開発を行ってきた。TES カロリメータは熱雑音の低い極低温 (50 mK) で動作し、入射光子による素子の温度上昇を超伝導遷移端の急峻な抵抗変化として捉える非分散型 X 線分光検出器であり、原理的な分光性能は 1 eV である。

我々は、世界で初めて STEM-TES-EDS システムを実現し、分光性能 $\Delta E \sim 7\text{eV}$ (FWHM, @6keV) を達成し、系統誤差を従来の 10% から 1% 未満に改善した。しかし、現在のシステムでは X 線窓や光遮断フィルタによる X 線の吸収や、制動放射による連続成分によって、低エネルギーの特性 X 線の検出感度が低く、検出が難しかった。そこで、我々は広い帯域で高い検出効率を実現可能な 2 種類の吸収体を同一デバイス上に持つ TES カロリメータを開発し (図 1)、評価サンプル用いた実証実験で、 $E=183\text{eV}$ (@B $K\alpha$) の X 線で 30% の検出効率の向上を確認した。本発表では、新しいデザインの TES カロリメータの設計方針や製作方法および実証実験について詳しく述べる。

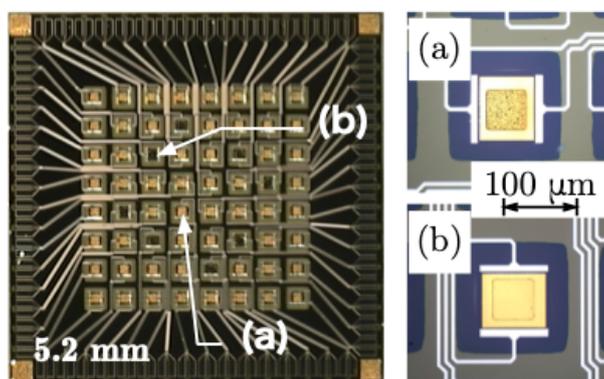


図 1: Micrographs of new designed TES calorimeter chip with different thickness absorber. (a) Pixel of 5 μm absorber thickness, (b) Pixel of 300 nm absorber thickness.