

50 eV から 15 keV の特性 X 線を用いたナノスケール構造中の精密定量分析を目指した TES 型 X 線マイクロカロリメータの開発

Development of TES X-ray microcalorimeter towards the observation from 50 eV to 15 keV for STEM-EDS

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

(1.ISAS/JAXA、2.九州大学、3.物質・材料研究機構)

○Tasuku Hayashi¹, Ryohei Konno¹, Yuta Yagi¹, Noriko Y. Yamasaki¹, Kazuhisa Mitsuda¹,
Keisuke Maehata², Toru Hara³ (1.ISAS/JAXA, 2.Kyusyu Univ., 3.NIMS)

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

我々の研究グループでは、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) をサブマイクロスケールでの元素分析を可能とする走査透過型電子顕微鏡 (STEM) のエネルギー分散分光器 (EDS) として使用する STEM-TES-EDS システムの開発を進めている。

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、元素分析や定量分析を可能とする。しかし、従来の EDS で使用される半導体検出器 (SDD) の分光性能 ($\Delta E \sim 120\text{eV}$) では、隣接する特性 X 線のピーク分離が困難であり定量分析の精度が不十分であった。そこで、我々は、STEM-EDS の ΔE の向上を目指し、TES カロリメータの搭載を進めてきた。TES カロリメータは極低温 (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抵抗変化として捉える非分散型 X 線分光検出器である。原理的な ΔE は 1 eV を達成可能であり、SDD に比べ二桁以上の向上が見込まれる。

我々は、世界で初めて STEM-TES-EDS システムを実現し、6 keV (Fe $K\alpha$) の特性 X 線に対して $\Delta E = 7\text{eV}$ (FWHM) を達成し、系統誤差を従来の 10% から 1% 未満に改善した (図 1)。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、特に酸素輝線 (500 eV) 以下の特性 X 線の検出感度が低い。そこで、我々は 50 eV から 15 keV の広い帯域を同時に分析可能な新しいデザインの TES カロリメータを開発した。本発表では、STEM-TES-EDS システムと新しい TES カロリメータの設計方針や製作方法について詳しく述べる。

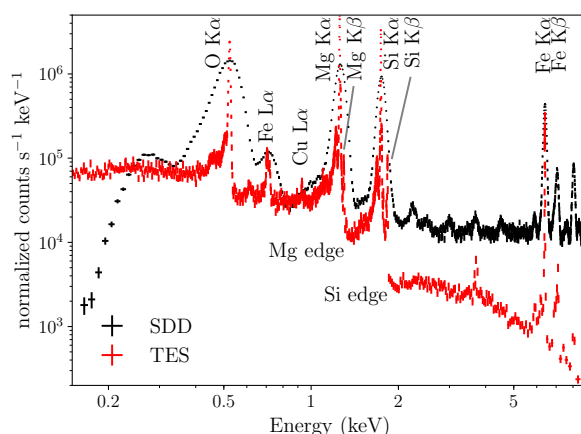


図 1: TES と SDD で得られたエネルギースペクトルの比較図。SDD では困難だった $K\alpha$ と $K\beta$ の分離や連続成分と特性 X 線の分離、微量元素の検出、サンプルの自己吸収の検出を可能とした。