

W58a TES 型 X 線マイクロカロリメータのエネルギー分解能の追求

阿部祐輝、赤松弘規、石川久美、石崎欣尚、江副祐一郎、大橋隆哉 (首都大理工)、吉武宏、竹井洋、山崎典子、満田和久 (ISAS/JAXA)、前田龍太郎 (産総研)

我々の研究グループでは次世代 X 線天文衛星 DIOS (Diffuse Intergalactic Oxygen Surveyor) 搭載に向け、TES (Transition Edge Sensor) 型 X 線マイクロカロリメータ (以下 TES カロリメータ) の開発を行っている。TES カロリメータとは、X 線光子が入射した際の温度上昇を超伝導遷移端における急激な抵抗変化を利用して測定する X 線分光器である。理論上 ~ 1 eV のエネルギー分解能が実現可能であるため、次世代 X 線検出器として大いに期待されている。我々はこれまでに、グループ内で自作した TES カロリメータの性能評価を行い、5.9 keV (Mn-K_α) の入射 X 線に対してエネルギー分解能 $\text{FWHM}=4.8$ eV を達成した (Yoshino et al. 2008 JLTP)。

今回、ノイズの内訳を見積り直したところ、素子固有のノイズの寄与 (抵抗の熱雑音および、熱浴との熱伝導度に起因するフォノンノイズ) 1.4 eV 以外に、温度揺らぎや X 線照射位置の違いなどによって発生する信号のばらつきが 2.3 eV、読み出しノイズが 2.6 eV、原因が未解決の超過ノイズが 2.9 eV 寄与しており、まだ分解能の改善の余地が残されていることがわかった。そこで今回、冷凍機の温度安定度を改善、さらに X 線吸収体のみ X 線が照射されるようシリコンで周辺を覆うことで、信号のばらつきを 1.1 eV まで減少させることに成功した。同時に、基板や配線への X 線照射を除去できたため低周波側の超過ノイズが減少し、結果として超過ノイズの寄与は 1.8 eV まで下がった。また、読み出しノイズには ADC の量子化ノイズが影響していることも明らかとなり、16bit ADC を使用することで 0.9 eV まで寄与を下げた。以上の対策を施した結果、これまで 4 eV 台で留まっていた同素子の分解能が大幅に改善し、 $\text{FWHM}=2.8 \pm 0.3$ eV を達成した。これは、現在 NASA/GSFC の持つ世界記録 1.8 eV に迫る分光性能である。本講演では、これらのノイズ対策と性能評価の結果について報告する。