

常温マイクロカロリメータの性能評価 Performance test of a new room-temperature compact radiometer

田中隆宏*, 加藤昌弘, 齋藤則生

¹産業技術総合研究所, 〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1

Takahiro Tanaka*, Masahiro Kato and Norio Saito²
AIST/NMIJ, 1-1-1 Umezono, Tsukuba, 305-8568, Japan

1 はじめに

当研究グループでは、極低温放射計を絶対計測器とした放射光単色 X 線の光強度標準の開発を進め、現在までに 0.1keV~40keV の範囲で標準を整備した。

近年、エネルギー回収型線形加速器 (ERL) や X 線自由電子レーザー (XFEL) などの新しい光源の開発が進められている。これらは、第三代放射光よりもさらに高輝度な光源であり、NbTi の超伝導転移温度以下で動作する極低温放射計では、最大出力の強度 (放射パワー) を絶対測定するのが困難であった。そこで、冷却を必要としない完全電力置換型の常温カロリメータを開発し、X 線領域の放射光 (PF BL11B) や XFEL のパワーの絶対測定に成功した [1, 2]。しかし、この常温カロリメータは、極低温放射計と同じ構造の受光部を常温 (~300K) で温度制御するため、極低温 (液体ヘリウム温度) の条件下と比べると受光部の熱伝導率 (および熱拡散率) が著しく悪化し、応答に 2 分程度かかる点や、ダイナミックレンジが狭い (50 μ W~5mW) などの欠点も明らかになった。

そこで、常温カロリメータをよりコンパクト・軽量化し、応答特性を改良した常温マイクロカロリメータを新たに開発した。本研究では、放射光を用い、この常温マイクロカロリメータの絶対測定器としての性能実証を行った。

2 実験

常温マイクロカロリメータによる放射パワーの絶対値の妥当性の検証は、2 種類のフォトダイオード (Opto Diode 社製 AXUV、SXUV) との比較によって行った。この 2 種類のフォトダイオードは、過去に BL-11B において極低温放射計により校正されている。本実験では、フォトダイオードを介して、極低温放射計ならびに常温カロリメータとの比較を行った。

実験は BL-11B において、2.5keV~5.0keV の光子エネルギーの範囲で比較実験を行った。常温マイクロカロリメータの入射口が直径約 4mm であるため、アパチャーでビームを直径 1.5mm に絞り、強度 (放射パワー) の範囲は 40 μ W~250 μ W で行った。また、今回はトップアップ運転ではなかったため、メッシュ電流による蓄積リングの電流補正を行った。

3 結果および考察

図 1 に、常温マイクロカロリメータと、極低温放射計 (ならびに常温カロリメータ) との比較結果を示す。今回の光子エネルギーの範囲において、良い一致を示すことが確認された。また、測定精度 (不確かさ) も、2.5keV と 2.7keV を除いて 1% 以下と、既存の絶対測定器 (極低温放射計: 0.5%、常温カロリメータ: 0.8%) と遜色のないことが確認された。なお、2.5keV と 2.7keV での不確かさは 1.4% であったが、これは外気温の変化に伴う熱輻射の変動の影響によるものである。

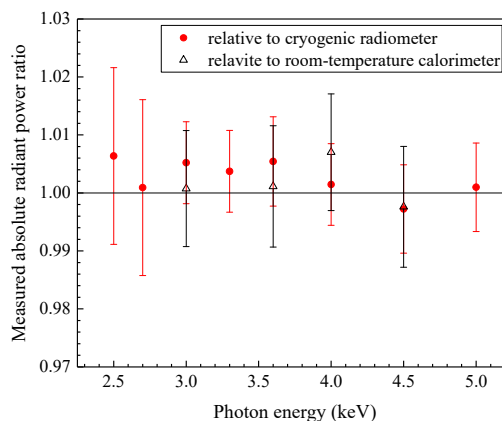


図 1 : 常温マイクロカロリメータと極低温放射計 (ならびに常温カロリメータ) との比較結果

4 まとめ

本実験では、2.5keV~5.0keV の範囲で、放射パワーの絶対値の妥当性の検証に成功した。なお、内蔵ヒーターを用いたセルフテストにより、ダイナミックレンジは 3 μ W~30mW と既存の測定器よりも広範囲であることは確認しており、本実験によって絶対測定器としての性能を実証することができた。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 26600149 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] T. Tanaka *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **86**, 093104 (2015).
[2] T. Tanaka *et al.*, Metrologia **53**, 98-102 (2016).

* takahiro-tanaka@aist.go.jp