

ビスマス吸収体を用いたガンマ線検出用 TES 型マイクロカロリメータの開発 (3)

Development of TES microcalorimeters for gamma ray detection using bismuth absorber

○首藤 祐輝¹、伊豫本 直子¹、吉峰 郁洋¹、前畑 京介¹、高野 彬¹、善本 翔太¹、
満田 和久²、永吉 賢一郎²、林 佑²、村松 はるか² (1. 九大院工、2. 宇宙科学研究所)

○Yuki Shuto¹, Naoko Iyomoto¹, Ikumi Yoshimine¹, Keisuke Maehata¹, Akira Takano¹,
Shota Yoshimoto¹, Kazuhisa Mituda², Kenichiro Nagayoshi², Hayashi Tasuku², Haruka Muramatu²

(1. Kyushu Univ., 2. Institute of Space and Astronautical Science)

E-mail: yuki.shuto.1453@kune2a.nucl.kyushu-u.ac.jp

現在、開発されている放射線検出器の中で優れたエネルギー分解能を実現しているものに超伝導転移端温度計(TES)型マイクロカロリメータがある。TES型マイクロカロリメータは主に0.1 ~ 100 keV程度のX線領域において利用されている。これをさらに高いエネルギーであるガンマ線領域で利用する事を考え、500 keV ~ 2 MeV程度のガンマ線に対して、より優れたエネルギー分解能を持つガンマ線検出器の開発を目指す。

我々はガンマ線の吸収体に比熱が小さく、X線用の吸収体として優れた分解能を実現しているビスマスを選択した。また、実効的な効率を得るためには厚い吸収体が必要となる。一般的なTES型マイクロカロリメータはTESと冷熱浴との熱リンクが厚さ1 μm程度の窒化シリコン膜などから成るメンブレン(薄膜)構造を持つ。しかし、吸収体が大きくなると、その重みや冷凍機の機械的な振動によって素子自体が破損しやすくなってしまふ。そこで熱リンクの構造をある程度厚くすることは、強度を高める上で有用であると考えられる。ただしメンブレンは厚くすると、熱リンクの熱伝導度が大きくなり、メンブレン外部からTESに伝わる熱が増え、熱的なノイズが増加する。前回のメンブレン構造を持たない素子の発表において、熱リンクの熱伝導度はメンブレン構造の素子と比較して大きく、その結果として、素子が冷熱浴の温度変化の影響を直接受けることによるベースラインの揺らぎと、シリコン基板でのコンプトン散乱により生じた熱はエネルギー分解能を悪化させる原因となることを示した。従って性能向上の為にはメンブレン構造は必要である。

今回は基板として、酸化シリコンの層がシリコン層に挟まれた構造のSOI (Silicon on Insulator) 基板を選択した。SOI基板により形成したメンブレン構造は上層から順に、1 μmの窒化シリコン膜、15 μmのシリコン層、1 μmの酸化シリコン膜である。この構造により一般的なメンブレン構造よりは強度を高めつつ、メンブレン構造を持たない素子に比べて熱リンクの熱伝導度を抑えることを図った。このメンブレン構造を持つ素子を使用し、吸収体として体積が0.59 mm³のビスマスを接着した。製作した素子を用いて素子の特性測定およびガンマ線検出実験を行った。吸収体を接着した熱リンクの熱伝導度は80 nW/K、TESの転移温度は162 mKであった。講演では検出信号やエネルギースペクトル等の測定結果について報告する。