厚いメンブレン構造を持つ ガンマ線検出用 TES 型マイクロカロリメータの開発

Development of robust TES microcalorimeters for gamma ray detection

○首藤 祐輝¹、伊豫本 直子¹、吉峰 郁海¹、黒岩 健宏¹、前畑 京介¹、高野 彬¹、善本 翔大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, Takehiro Kuroiwa¹, Keisuke Maehata¹,
Akira Takano¹, Shota Yoshimoto¹,

Kazuhisa Mituda², Kenichiro Nagayoshi², Hayashi Tasuku², Haruka Muramatsu²,

(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の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。

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。メンブレン構造を持たない素子における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がエネルギー分解能を悪化させる原因となる。従って性能向上の為にはメンブレン構造は必要である。

今回は基板として活性層(シリコン)の厚さが7.5 μm 、15 μm と異なる2種類のSOI(Silicon on Insulator)基板を使用した。これら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、7.5 μm または15 μm の活性層(シリコン)、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ている。これらメンブレンの厚さの異なる2種類の素子に対して、素子の特性測定及びガンマ線検出実験を行った。講演では、2種類の素子の特性測定結果の解析から得られた、メンブレンの厚さの違いにより生じる各性能値の比較及び各素子が達成し得る最良のエネルギー分解能について報告する。