

V308a 有限要素熱解析による Cu/Bi 多層膜吸収体を用いた超電導遷移端型マイクロカロリメータのパルス波形の検証

野田博文 (理研)、林佑、山崎典子、満田和久 (ISAS/JAXA)

我々は、次世代 X 線天文衛星への搭載を目指し、高い検出効率とエネルギー分解能を両立できる多層膜吸収体を用いた超電導遷移端温度計 (TES) 型マイクロカロリメータを開発している。X 線検出効率の高い Bi ($\sim 120 \times 120 \times 1 \mu\text{m}^3$) の下に、熱拡散を助ける Cu ($\sim 120 \times 120 \times 1 \mu\text{m}^3$) を電析で成膜し、TES ($\sim 180 \times 180 \times 0.3 \mu\text{m}^3$) の上に多層膜吸収体を制作した (林+15)。6 keV の X 線照射試験の結果、 $\Delta E = 23.91 \pm 1.26 \text{ eV}$ (林+15) というエネルギー分解能が得られたが、パルスの立ち上がり時間が平均の $\sim 0.2 \mu\text{秒}$ から、RMS にして $0.1 \mu\text{秒}$ 程度ばらつくことが確認された。この原因を突き止め、抑えることができれば、エネルギー分解能をさらに向上できる。

我々はパルス波形のばらつきの原因を突き止めるため、Bi と Cu を $6 \times 6 \times 3$ ノード、TES を $9 \times 9 \times 1$ ノードに分割し、Bi と Cu の間および Cu と TES の間をある熱伝達率で接続した熱数学モデルを構築した。そして有限要素熱解析により、Bi の様々な位置に 6 keV の光子が入射した場合の TES の温度変化を 1×10^{-8} 秒刻みで計算し、抵抗値の変化からパルス波形をシミュレートした。Bi と Cu の間および Cu と TES の間の熱伝達率の合成値 K を、均一なまま様々に変えてパルス波形を調べたところ、 $K \sim 25 \text{ W/K/m}^2$ の時、試験で得た波形を概ね再現できた。しかし、光子の入射位置が変わっても、立ち上がり時間の違いは 1×10^{-8} 秒未満となり、波形のばらつきは再現しなかった。そこで K を、Bi および Cu の半分の面積で $\sim 25 \text{ W/K/m}^2$ のまま、残りの半分を $\sim 27.5 \text{ W/K/m}^2$ と 10% 大きくすると、光子の入射位置によって立ち上がり時間に $\sim 0.1 \mu\text{秒}$ の違いが生じた。パルス波形のばらつきは、Bi と Cu または Cu と TES の熱接触が面内で不均一であることに由来する可能性がある。