

W45b 極低温冷凍機用ガスギャップ式ヒートスイッチの開発

横田 渉、高岡 朗、星野晶夫、浅野健太郎、石崎欣尚、大橋隆哉 (首都大)、松尾 宏、岡田 則夫、大島 泰 (国立天文台)、篠崎慶亮 (ISAS/JAXA)

我々は次世代 X 線天文衛星への搭載を目指し、TES 型 X 線マイクロカロリメータの開発を行っている。TES 型 X 線マイクロカロリメータは超電導遷移端を利用した極低温検出器であり、0.1K 以下の極低温環境で $\Delta E < 10eV$ の優れたエネルギー分解能を実現する。断熱消磁冷凍機 (ADR) は無重力の宇宙環境で 0.1-0.05K の極低温を実現する冷凍機として、カロリメータを動作する上で必要不可欠である。ADR は、常磁性体を冷媒とし磁場を用いて温度とエントロピーのカルノーサイクルを生み出し冷却する冷凍システムであるが、冷媒と熱浴の間を等温としたり断熱に切り替える熱スイッチ (HS) が必要となる。この熱スイッチには機械式、ガスギャップ式、超電導式などがあるが、超伝導式では使用温度が限定され (約 0.3K 以下)、機械式では ON 時の熱伝導度が低いことや稼働式であることが衛星では不向きである。そこで、我々は新しいガスギャップ式を開発している。GGHS は、ギャップ間のガスを活性炭を用いることによって吸着脱離し、熱的接触の ON/OFF を切り替える HS である。これにより、しかし従来の GGHS は、ON 時の熱伝導度と OFF 時の熱伝導度を独立には決定できなかった。本研究では、ON を担う構造と OFF 性能を決定する支持構造を独立の構造とし、ON と OFF を冷凍機に合わせて設計した。試作機の要求性能は、2K 付近で ON 時熱伝導度が 6mW 程度、OFF 時は $0.7 \mu W$ 以下とした。ON 時の熱伝導を高めるためにはギャップ幅を v 干遣作阿する必要はあるが、本設計ではギャップ幅を 0.5mm とし、これを実現するため加工精度の出やすい設計と組み立て手順を選択した。現在は設計を終了し、部品組み立て試験の段階であり、このあと冷却試験を行う予定である。本講演では、今回製作した HS の動作原理と熱設計、及び動作試験結果について報告する。