

W17a 超伝導トランジションエッジを用いた温度センサの開発

昆野 康隆、前神 佳奈、満田 和久、藤本 龍一、宮崎 利行、有賀 洋一 (宇宙研)、庄子 習一、工藤 寛之 (早大理工)、清水 祐彦、三原 建広、奥 隆之、佐藤 広海 (理研)

X線マイクロカロリメータとは、1つ1つのX線光子が入射した際の素子の温度上昇を、サーミスタ等の温度計を用いて測定し、入射X線のエネルギーを求める検出器である。2000年に打ち上げ予定のX線天文衛星ASTRO-Eには、世界で初めてX線マイクロカロリメータXRSが搭載される予定であり、動作温度65 mKでエネルギー分解能 ~ 10 eVを目指している。しかし微細構造による輝線の分離を十分に行うためには、更に高い数eVのエネルギー分解能が望まれる。XRSの分解能は、ジョンソンノイズやフォノンノイズ等の固有ノイズの他、初段JFETのノイズ等によって決まっていることから、これらをいかにして低く抑えるかが今後の開発要素となる。

分解能 ~ 1 eVを実現する方法として、従来の半導体温度計にかえて、金属薄膜の超伝導-常伝導遷移に伴う抵抗値の急激な変化を利用した温度センサ(TES)を使用する方法がある。従来の半導体温度計の感度 α ($\equiv d \ln R / d \ln T$) ~ 2 に対しTESでは $\alpha \sim 1000$ にも達する。ただし、そのままでは狭い遷移温度範囲に動作点を安定に保つことが難しい。そこで強い電熱フィードバックをかけて素子の温度を一定に保ち、動作点をトランジションエッジ内に維持する。出力は電流変化としてSQUID(超伝導量子干渉素子)で読み出す。その結果、固有ノイズと初段増幅器のノイズを大幅に抑えることが可能になり、同時に素子の応答速度も $1/\alpha$ 倍に改善される。

我々は取り扱いの容易なAl薄膜を用いてTESを製作し、あわせてSQUIDを用いた読み出し系を開発して、TESの動作測定を行った。測定された感度 α は ~ 30 と比較的小さなものであったが、この理由は用いたAl薄膜が不純物を多く含み、第2種超伝導体となっていたためと考えられる。また、強い電熱フィードバックをかけてTESを動作させ、動作点が遷移温度内に維持されていることを、SQUIDを用いた測定で確認することができた。その結果、TESをX線マイクロカロリメータの温度センサとして用いることができるようになった。本発表ではこれらの結果について詳しく報告する。