

天文観測技術の最前線 (3)

ボロメータ——宇宙をにらむ温度計——

天文観測装置に用いる検出器にもいろいろあるが、今回紹介する「ボロメータ」というものは原理的には最も単純であり、19世紀終わりから赤外線の検出器として使われている。その性能を生かすためそれぞれの時代の最先端の技術を駆使しており、現在でも他の検出器に劣らない性能を持っている。さらに最近ではサブミリ波の高感度検出やX線の高エネルギー分解能観測などで注目されるようになってきている。日本ではサブミリ波帯のロケット観測や野辺山宇宙電波観測所 45 m 鏡での近ミリ波帯観測などで活躍している。1989年11月にNASAにより打ち上げられた「COBE」衛星でもその検出器として用いられている。

そもそもボロメータとは温度計の一種であり、電磁波がボロメータに吸収されることによって温度上昇を起こし、それをボロメータ素子の抵抗変化として読み出すのである。そのため、電磁波がいったん吸収されてしまえば、X線であろうと電波であろうとその波長に関わらず感度を持っている。赤外領域でよく用いられる半導体のエネルギーギャップを利用した光子検出素子は、そのエネルギーギャップに対応する波長で感度が高いため、観測波長に応じて検出素子自体を選ばなければならない。200 ミクロンより波長の長いサブミリ波領域ではこのような素子がないため、特にこの波長域でボロメータは威力を発揮してきた。しかし、ボロメータの波長非選択性は長所でもあり短所でもある。ボロメータを特定の波長だけで感度を持つようにするためには、他の波長の電磁波をすべてカットしてやらなければならない。特にサブミリ波領域の観測においては、強い赤外線輻射の影響を受けないようにするためにボロメータ素子の前面に赤外カットのフィルターを置かなければならない。高感度の測定を行なうためにはフィルターやボロメータ自体からの赤外線輻射もカットして雑音を下げることがある。このためにボロメータ及びフィルターを絶対温度4度以下

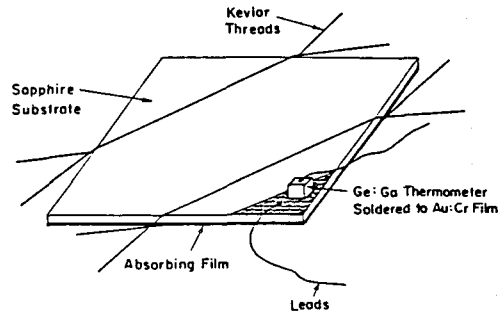


図1 カリフォルニア大学バークレー校の開発したコンポジットボロメータ。

に下げなければならない。

図1にサブミリ波帯で用いられているボロメータの構成図を示す。これはコンポジットボロメータと呼ばれるもので、電磁波を吸収するビスマスを蒸着したサファイア基盤とゲルマニウム温度センサーが組み合わされている。ゲルマニウム温度センサーの抵抗変化はリード線を通して読み出す。このリード線はまわりの熱浴とボロメータとの熱伝導率を決める役割も果たしている。ボロメータの感度を決める要素は次の4つである。1) ゲルマニウム素子の温度係数、2) ボロメータの熱容量、3) 熱浴との熱伝導率、4) ボロメータへの熱入力。ボロメータの時定数は2)と3)の比で決まり、サブミリ波用高感度ボロメータの場合数 msec から数 msec である。ボロメータの究極的な感度1)は温度係数が十分に大きく、4)熱入力が十分に少ない場合えられ、熱浴との熱伝導率をできるだけ下げたほうがよい。しかし、時定数が長くなるため無制限に下げるわけにはいかない。一方4)熱容量は温度の3乗に比例して少なくなるため、ボロメータをできるだけ低温に冷やすとよい。いま実用になっている高感度ボロメータでは絶対温度0.3 Kまで冷却している。

現在でも世界中でボロメータの高感度化に向けて開発が行なわれており、素子温度としては0.1 K、イメージングを行うために2次元アレイ化が目標である。まだまだボロメータの時代は続きそうである。

松尾 宏 (国立天文台)

平成2年2月20日

発行人 〒181 東京都三鷹市国立天文台内

社団法人 日本天文学会

印刷発行

印刷所 〒162 東京都新宿区早稲田鶴巻町565-12

啓文堂 松本印刷

定価 470 円(本体 457 円)

発行所 〒181 東京都三鷹市国立天文台内

社団法人 日本天文学会

電話 (0422) 31-1359

振替口座 東京 6-13595