

低温を用いた赤外線計測

大阪大学低温センター 山本純也

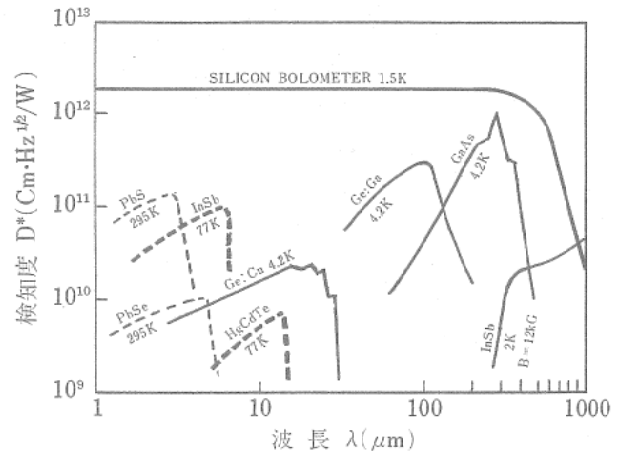
低温、特に液体ヘリウム温度を計測に使用しようとする試みは赤外線計測の分野が最も早かった。その後磁場、電圧、温度等の計測に使われるようになって、低温を用いた計測は急速に広がりつつある。既に人工衛星を用いた国際通信網では -263°C 程度に冷却されたパラメトリック増幅器が使われ、家庭でのテレビ観覧に役立っている。

ここでは低温応用技術の進んでいる赤外線計測を紹介する。

光の検知器には第1表に示すように光電変換型と熱電変換型がある。可視光の領域では光電変換型の光電管や光電子増倍管、シリコン光電池があるが、赤外となると表に示す程度のものに限られて来る。光伝導検知器は1960年代前半からの半導体の研究の進展と、アメリカにおける熱線追跡用検知器の開発の要請から急激に進歩し、今では波長1ミクロンから1ミリにお

よぶ広い波長域をほとんど埋めつくすように検知器が開発された。第1図¹⁾は赤外検知器の分光感度曲線と動作温度を示したものである。

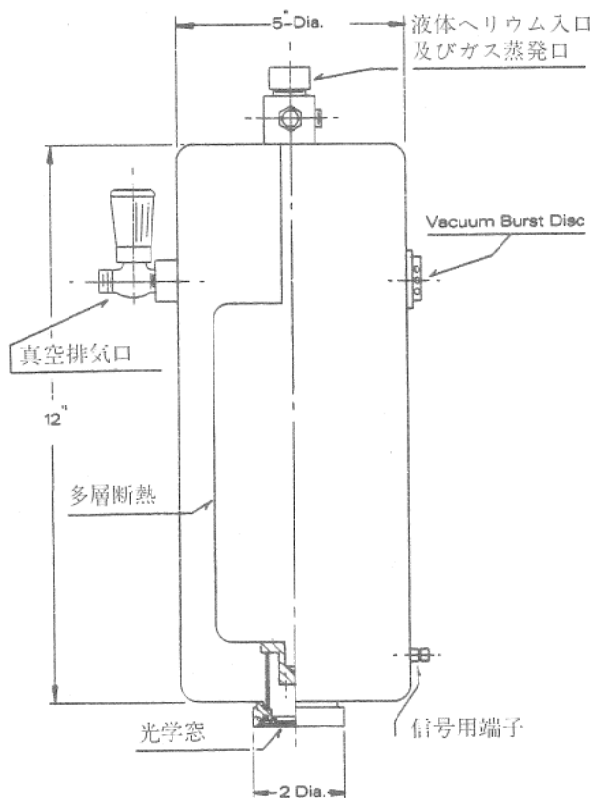
長波長になるほど光伝導効果の関与するエネルギーが小さくなるので、熱的な励起を押さえるため検知器を冷却しなければならない。この



第1図 代表的な光伝導検知器の分光感度と動作温度

第1表 赤 外 検 知 器

種 別	光 電 変 換 型	熱 電 変 換 型
原 理	赤外線の光子エネルギーが物質内のエネルギー状態と相互作用を起し、これによる物理量の変化から赤外線量を測定する。	赤外線の持つ熱エネルギーを物質が吸収して、物理的性質の変化を起し、その変化量から赤外線量を測定する。
検知器例	真性光伝導検知器 不純物光伝導検知器	熱電対、ゴレー検知器 焦電検知器 ボロメーター
長 所	時定数が短い	広い波長域で感度を持つ
短 所	物質によって定まる特定の波長域しか感じない。	時定数が長い
適 応 例	単一波長での時間、強度分解用 常温付近の物体の探査用	分光装置用検知器

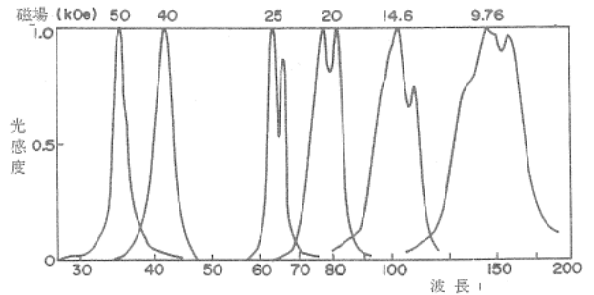


第2図 クライオジェニック・アソシエイツ社の赤外検知器用液体ヘリウム容器

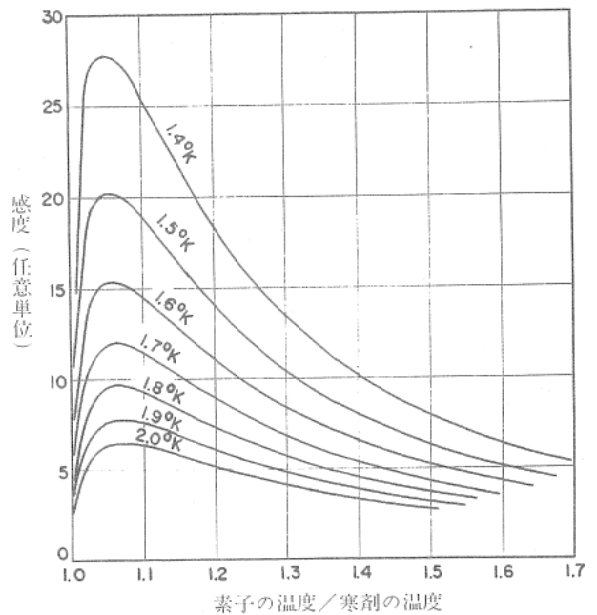
ため赤外光伝導検知器と低温とは原理上切離すことができない。第2図は液体ヘリウムを用いた赤外検知器冷却容器の一例である。検知器素子は液体容器の最下部に取付けられ、赤外線は光学窓を通して入ってくる。容器の断熱はアルミ薄膜とガラス繊維の多層断熱で行われており、液体窒素は使用しない。図の容器は容量が1.15ℓで、保持時間は12時間である。この種の多層断熱型液体ヘリウム容器はアメリカが特に優れたものを作っており、残念ながら我が国の水準はかなり低い。

遠赤外域ではインジウムアンチモナイト³⁾ (InSb) が広く使われている。これは磁場をかけることによって感じる波長域を変えることができる²⁾。そのため波長感度域が狭いという光伝導検知器の欠点を除くと共に粗い分光も可能という利点がある。磁場は超伝導マグネットを用いてかけるため、素子の冷却と共に低温は欠かせない。第3図はInSb検知器の分光感度曲線を磁場の関数で示したものである。

一方熱電変換型の検知器では、極低温ボロメーターが最も高い感度を示す。ボロメーターの



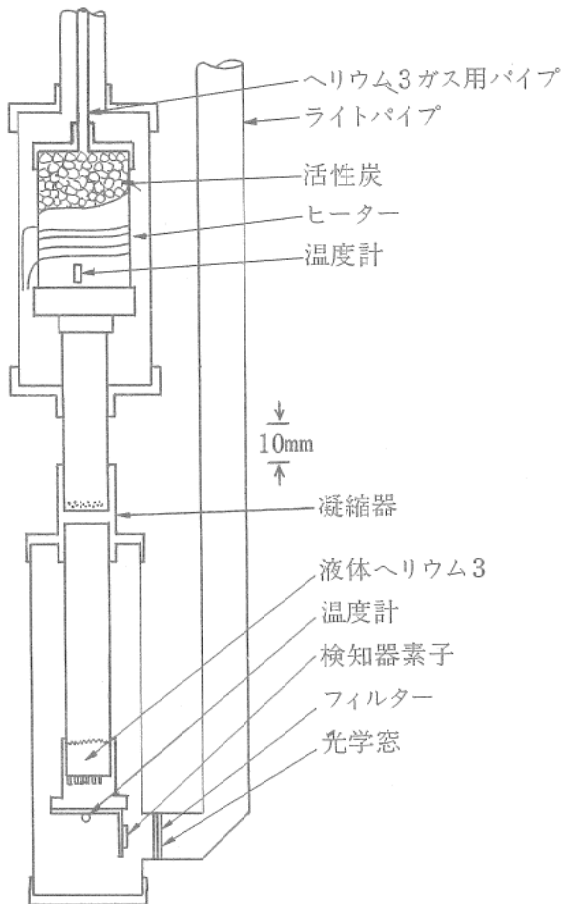
第3図 InSb磁場共鳴型遠赤外検知器の分光感度曲線



第4図 カーボンボロメーターの感度の温度依存性。パラメーターは寒剤の温度

素子としてはシリコン³⁾、ゲルマニウム⁴⁾、カーボン⁵⁾等が使われるが、いずれも低温ほど良い特性を示す。第4図は極低温ボロメーターの感度を動作温度の関数として示したものである⁵⁾。現在は液体ヘリウムを減圧して得られる1.5 K程度が動作温度としてよく使われているが、ヘリウム3(ヘリウムの同位元素で質量数3)を用いて0.3 K程度で動作する超高感度のボロメーターも使われるようになった⁶⁾。第5図は筆者の研究室で製作した赤外検知器冷却用のヘリウム3クライオスタット⁷⁾である。これは周囲を1.5 Kの液体ヘリウムに囲まれていて、この中でヘリウム3を液化し、活性炭を用いたポンプで減圧して、0.3 Kを得るものである。1ℓのヘリウム3を用いて約7時間0.3 Kを保持することができる。

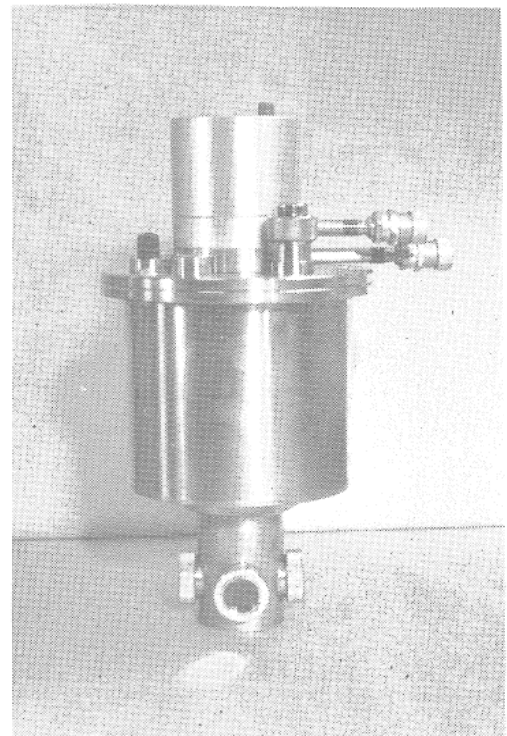
以上述べてきた赤外検知器の冷却はすべて低



第5図 赤外検知器用ヘリウム3クライオスタット

温液体を用いる方法であるが、赤外検知器が研究室外で使われるにつれて、液体を用いない方法が待望されるようになった。第6図はこの種の目的に適する国産の小型冷凍機である。最低到達温度は12 Kで波長40ミクロンより短波長で使用する赤外検知器に適する。圧縮機でガスを循環さすだけで3,000時間の連続運転に耐える。今後の赤外検知器の冷却法として最適である。

これからの赤外検知器は気象学、地質学、地理学の分野に、また公害監視のように航空機や人工衛星に積みこんで利用されることが多くなるだろう。このような目的に対しては、いかに信頼性の高い冷却システムを作りうるかが重要な



第6図 大阪酸素工業のクラロオミニ冷凍機

課題となる。従来の低温液体にたよっていた冷却法から、低温液体に頼らない長時間冷却システムと赤外検知器を組み合わせることが赤外検知器にとっても新分野を開拓する鍵となるであろう。

参考文献

- 1) L.W. Kunz and J.M.J. Madey :
Submillimeter Wave Conference,
Atlanta (1974).
- 2) J. Yamamoto, H. Yoshinaga and S. Kon
: Japan, J. Appl. Phys. 8 (1969) 242.
- 3) R. Bachman, H.D. Kirsch, and T.H.
Geballe : Rev. Sci. Instr. 41 (1970)
547.
- 4) Y. Nakagawa and H. Yoshinaga : Japan,
J. Appl. Phys. 9 (1970) 125.
- 5) 山本、中川、三石、吉永 : 応用物理 36
(1967) 695.
- 6) D. B. Tanner : Phys. Rev. B 8 (1973)
5045.
- 7) J. Yamamoto : Proc. ICO Conf.
Tokyo, Supplement to Japan, J. Appl.
Phys. 14 (1975) 61.