

# 蒸着薄膜サーミスタの感度波長特性\*

豊田 実\*\* 石堂正弘\*\* 村岡茂信\*\*\*

## § 1 序

全ての物体は、その温度に相当する赤外線を放射しており、センサにより赤外線を検出するとその物体の温度あるいは温度分布に関する情報を得ることが出来る。このため赤外線技術は無接触温度測定等、工学、医学、物理学の分野に広く用いられ、また開発されてきた。我々はこの赤外線の検出器として用いるための赤外線用サーミスタを試作してきた。サーミスタは熱形検出器であり、一般に時定数は大きい。我々は、次のような蒸着による製法により、熱形検出器としては時定数の小さい蒸着薄膜サーミスタを開発してきた[1] その方法とは、CoとMnを一定の比率で混合し、これをグレーズド・ベリリア基板の上に蒸着し、それを酸化することによって得られる。この検出素子の性能を向上させるため、さらに黒化処理する。その方法は、まず絶縁のためSiO<sub>x</sub>を蒸着し、その上に金黒を蒸着する。これにより素子のD\*は、 $\sim 10^7 \text{cm} \cdot \text{Hz}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{W}^{-1}$ となる。今回、これらの素子の絶対感度波長特性を測定したので、それについて以下に述べる。

## § 2. 測定方法およびその結果

センサ部はFig. 1に示すように上記2つのサーミスタを電池とブリッジに組む。一つのサーミスタは赤外線を照射するアクティブ・サーミスタであり、他の一つは温度基準となるダミー・サーミスタである。サーミスタの抵抗値をrとし、アクティブ・サーミスタが光を受けるとrからr+Δrに変化するとすれば、その出力電圧は $v = (\Delta r / 2r) \cdot E$ となる。

次に測定装置のブロック図をFig. 2に示す。1000℃の黒体光源よりの赤外線をチョッパー

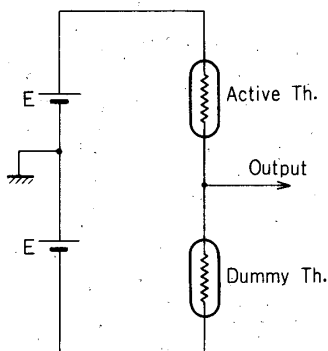


Fig. 1

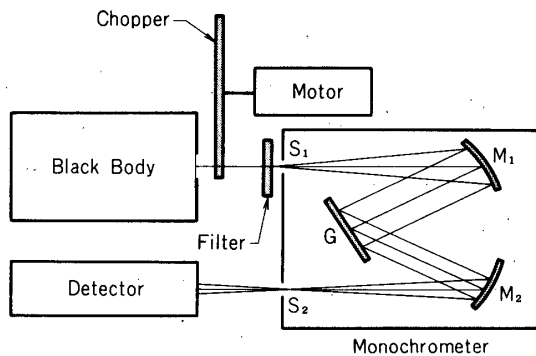


Fig. 2

\* 宇宙研特別事業費による論文  
\*\* 神戸大学工学部  
\*\*\* 大阪工業大学工学部

で変調し、これを分光器で分光し、この出射光をサーミスタの受光面に照射して、その出力をロックイン・アンプによりよみとる。次にサーミスタの代わりにサーモパイルを置き、分光器の出射スリットより出る赤外線パワーの測定を行う。この両者により絶対感度波長特性が求められる。この測定において注意すべきことは、分光器の出射スリットの幅により拡がる赤外線の波長幅  $\Delta\lambda$  と、出射スリット面内での赤外線の強度分布である。まず、前者について述べる。波長を  $\lambda$ 、分光器のスリット幅を  $S$ 、分光器の光学系の焦点距離を  $f$ 、回折格子の溝の間隔を  $d$  とし、Fig. 2 における  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $G$  の中心を結んだ三角形の一角  $M_1GM_2$  を  $C$  とすると、スリットより出る光の波長幅は次式で与えられる。

$$\Delta\lambda = \frac{\frac{4f\lambda}{S} \cdot \cos\frac{C}{2} \sin\frac{C}{2} + \sqrt{\left(\frac{4f\lambda}{S} \cos\frac{C}{2} \sin\frac{C}{2}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{2f \cos\frac{C}{2}}{S}\right)^2 \cdot (\lambda^2 - 4d^2 \cdot \cos^4\frac{C}{2})}}{2 \cdot \left(\frac{2f \cos\frac{C}{2}}{S}\right)^2}$$

実際の測定範囲は  $2 \sim 20 \mu\text{m}$  であり、このために三枚のグレーティングが必要である。相対感度波長特性を求めるのに、この三枚のグレーティングにつき、それぞれ上記の値  $\Delta\lambda$  を求めなくてはならない。次に出射スリット面内での赤外線強度分布について考える。サーモパイルの受光面は出射スリットより大きく、全パワーまたは平均値しか求めることが出来ない。そこで上記の蒸着薄膜サーミスタ(受光面は  $0.2 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm}$ ) により、その相対強度分布を求め、これを積分した全パワーが上記のサーモパイルで求めた値に等しいとおくことにより、絶対強度分布を求めることが出来る。サーモパイルにより、波長に対するパワーを測定した結果を Fig. 3 に示す。3つのカーブは三枚のグレーティングにそれぞれ対応している。また、サーミスタにより、スリット面内での相対強度分布を求めたのが Fig. 4 である

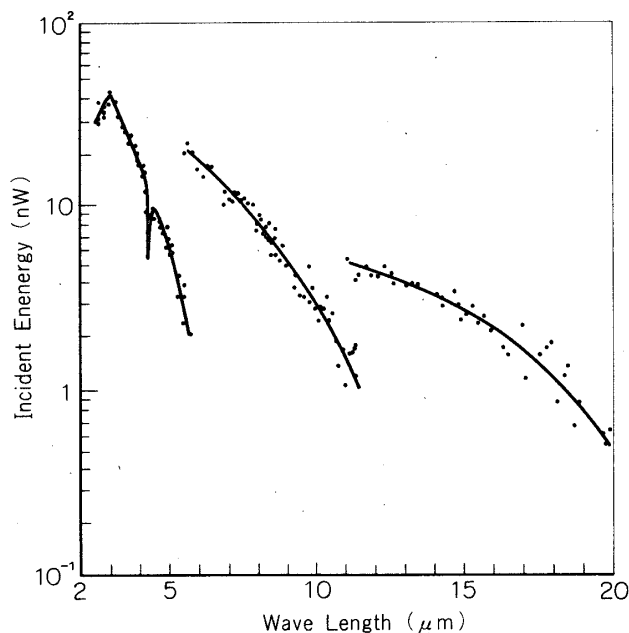


Fig. 3

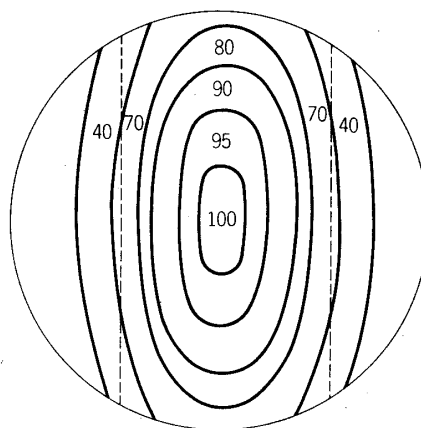


Fig. 4

が、実際必要なのは出射スリットの中心部の最大パワーである。というのは上記のようにセンサの受光面は小さく、それをスリットの中央に設置するからである。上記の測定結果から最大パワー $W_{\max}$ と平均パワー $W$ との間に $W_{\max} = 1.5W$ の関係のあることがわかった。

次に測定したいセンサを分光器の出射スリット側に置き、波長に対する出力電圧を求めた。それを図示したのがFig.5である(出射スリット幅による赤外線波長幅 $\Delta\lambda$ による補正がしてある)。前に求めた最大パワーとこの出力電圧とから波長に対する絶対感度を求めることが出来る。この感度 $R_u$ の定義は、単位入力パワー当りのセンサの出力電圧であり、その結果をFig.7に示す。これによると大体平坦な特性を示しているが、 $2.5 \sim 7 \mu\text{m}$ の範囲で感度の低下がみられ、黒体をつけることにより、さらに平坦な特性となることがわかった。

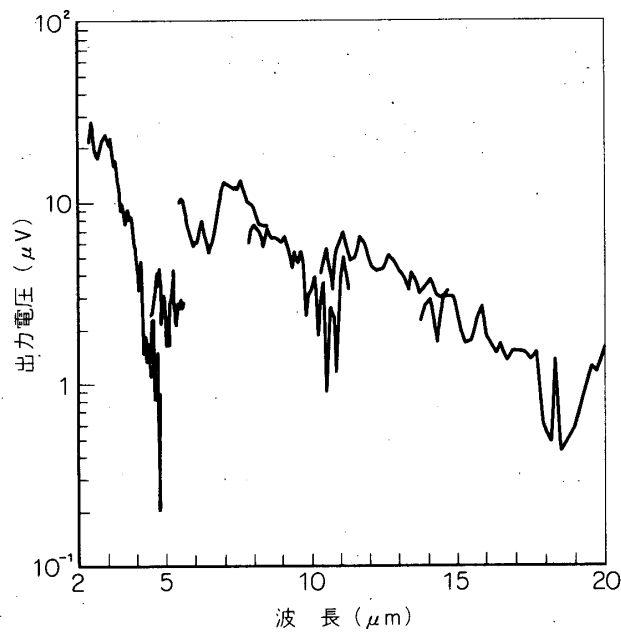


Fig. 5

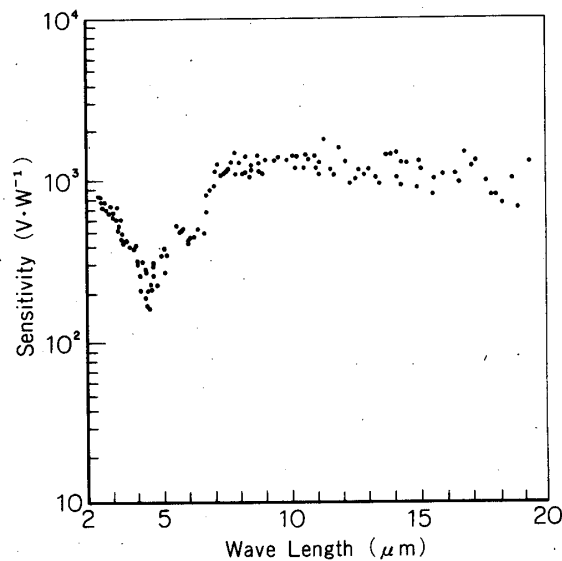


Fig. 6

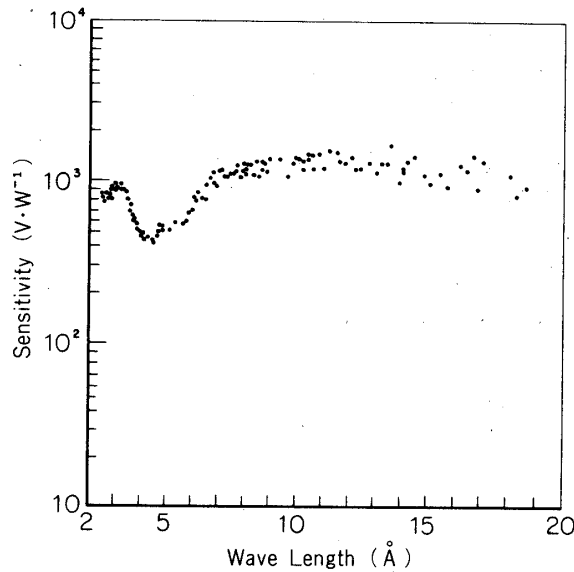


Fig. 7

### § 3. 考 察

上述のように感度は波長に対して大体平坦な特性を示すが、一定の波長域で感度の低下を示す。これについてさらに調べるため、サーミスタの導伝率温度依存性(90 K ~ 300 K)を調べた。その結果を Fig. 8 に示す。これによると ~ 170 K 以上では直線に乗っているが、~ 170 K 以下では直線よりずれている。酸化物半導体における導伝率の温度に対する特性の直線よりのずれは、Grain boundary conductivity によるのではないかと Henish により提唱され、Morin が NiO において実験している [2]。これと同様のことが酸化過程において生成される粒界のために起っているのではないかと考えられるが、ここではこの低温部の特性は、議論せず高温部の直線部分についてのみ考える。今、この直線の傾斜よりサーミスタがバンドを形成しているとしてバンド幅を求めてみると 0.34 eV となる。これを波長に換算すると  $2.3 \mu\text{m}$  となり上記の感度波長特性の感度の低下する領域の短波長端にあたる。もちろんこの場合バンド・モデルの適用が正しいかどうかは大きな問題を含んでいるが、Fig. 6, 7 の短波長側の感度低下は conduction band edge でのフォトン吸収の減少によると説明できる。また最小の感度を示す波長より波長側では単調な感度の上昇を示しているが、この部分を仮りに伝導電子による吸収と考えて Drude の式を適用してみるとかなりよい一致をみる。さらに長波長側での平坦な特性を示す領域では格子による吸収であると考えている。この格子による吸収とバンド幅をこえるフォトン吸収との両者が各波長域で起っているならば、その光吸収に対する時定数に差異があると考えられ、さらに次の実験を行った。すなわち 2 種のフィルターを用い短波長側 ( $2.7 \mu\text{m}$  以下) と長波長側 ( $2 \mu\text{m}$  以上) の光に対する時定数の測定である。フィルターは十分よいものではないが、この結果によると前

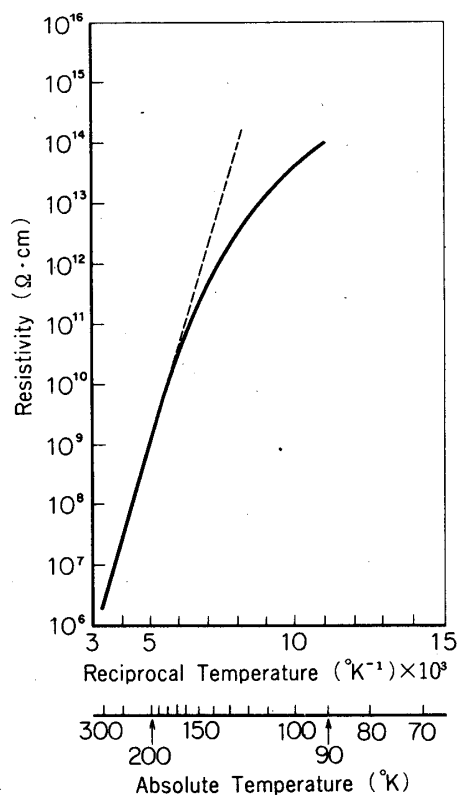


Fig. 8

者は 4.5 ms であるのに対して後者は 5.3 ms と少し差異のあることがわかった。これらのことからバンドを形成している可能性があると言える。しかし、バンドを形成しているというためにはさらにくわしい実験等を行う必要がある。

#### 謝 辞

実験に際し、東大宇宙研の装置を使わせていただいたことを深く感謝します。

1974年7月30日

#### 参 考 文 献

- [1] 豊田, 岡本, 清水: 昭和42年電気四学会連大, P.2657.
- [2] F. J. Morin: Phy. Rev. 93 (1954) 1199.