

サ ー ミ ス タ

二 木 久 夫*

Thermistor

By Hisao Futaki

Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

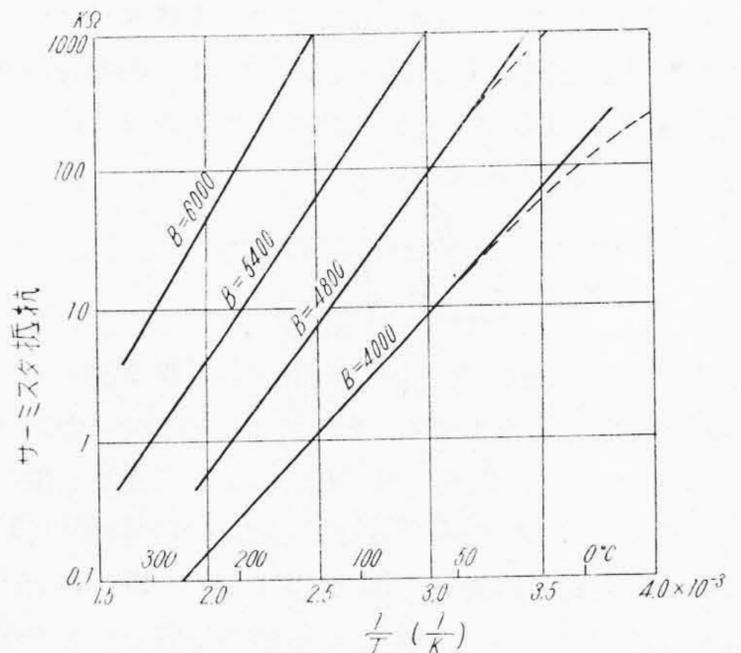
Thermistor is a new type of electric instruments in which large temperature coefficients of resistance are utilized, and is finding a wide field of application in temperature measurement, temperature regulation, automatic gain control for carrier telephony, and in switching and time delay circuits in telephone exchange. In the present article the writer discusses general characteristics of directly-heated and indirectly-heated thermistors introducing Hitachi's several products by way of example. Some test models sampled from commercial products have been subjected to the life test almost for three years to date and so far as the results recorded to this date are concerned, they verify extremely high stability of the thermistor used at any temperatures not exceeding the maximum limit.

〔I〕 緒 言

特定の金属の酸化物，硫化物等を適当な温度で適当な時間焼結すると，温度の上昇に伴つてその電気抵抗が下る材料即ち半導体を生ずる。これ等半導体中マンガ，コバルト，ニッケル及び鉄等遷移金属の酸化物の性質が詳しく研究され，従来の酸化銅，硫化銀等の半導体よりも著しく安定で製作も容易であり，室温では負の温度係数が金属の約10倍という大きい値を示し，しかもイオン電流を生じない等のことから米国では，戦前からサーミスタという商品名で実用化されていた⁽¹⁾⁽²⁾。我国に於ても戦後これ等の材料の研究並びにこれ等半導体を用いた電気部品としてのサーミスタの試作が行われ出した⁽³⁾⁽⁴⁾。日立製作所に於てもこの試作研究を行い昭和25年初めには直熱型及び傍熱型サーミスタとして搬送電話利得調整装置，継電器回路に応用を開始したのを始めとして，最近は電話機，交換機，温度測定用，マイクロ波測定用等に続々とその応用分野を開発しつつある^{(5)~(8)}。

サーミスタの半導体としての研究並びに性質に就いては既に幾多の報告⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾があるのでこゝには改めて述べないが，その温度—抵抗の特性は第1図に掲げたような関係にあり，その関係は(1)式で示される。

* 日立製作所中央研究所



第1図 種々の材料の温度—抵抗特性

Fig.1. Temp.—Resistance Characteristics of Various Thermistor

$$\left. \begin{aligned} R &= R_0 \exp\left(\frac{B}{T}\right) \\ \text{或は} \quad R &= R_a \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_a}\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

こゝに R は温度 T に於けるサーミスタの抵抗， R_0 は常数 R_a は室温 T_a に於けるサーミスタの抵抗で， B は或るサーミスタの一定温度範囲では常数と考へてよい値であつて，ボルツマン常数 k ，活性化エネルギー ΔE と $B = \Delta E / 2k$ なる関係にある。

この半導体自体に通電し、そのジュール熱による半導体の抵抗変化を利用したものが直熱型サーミスタであり、外部からの加熱に依り半導体の温度を制御し、その抵抗変化を用いたものが傍熱型サーミスタである。直熱型には一般にビード型、ロッド型の半導体を、傍熱型には主としてビード型が用いられる。又周囲温度の変化を抵抗変化に変えて、これを温度計、温度補償、温度調節に用いる場合ジュール熱による温度上昇が好ましくないので、大型例えばディスク型等が用いられ、赤外線検出等には熱容量の極めて小さいフレーク型が用いられる。又直流電動機の起動用としてディスク型が用いられる⁽¹⁴⁾。

〔II〕 直熱型サーミスタの性質

物体の温度 T は熱入力 J と次の関係にある。

$$J = C_1(T^4 - T_a^4) + C_2(T - T_a)$$

T_a は室温で、 C_1, C_2 はそれぞれ常数であり、右辺第一項は熱輻射によるもの、第二項は熱伝導によるものであつてサーミスタビードの場合、リードの熱伝導によるものと周囲の気体分子による熱伝導とが共に含まれている。温度が熱輻射の項が伝導の項に比べて無視出来る場合(2)式が低く成立する。吾々が取扱う温度では近似的に(2)式

$$W = C(T - T_a) = I^2 R = VI \dots\dots\dots(2)$$

を用いて差支えない。(2)式ではサーミスタビードの入力電力、 I は電流、 V は端子電圧、 C はこの場合熱放散常数である。(1),(2)式からサーミスタの $I-V$ 特性を表わす次の関係式が得られる。

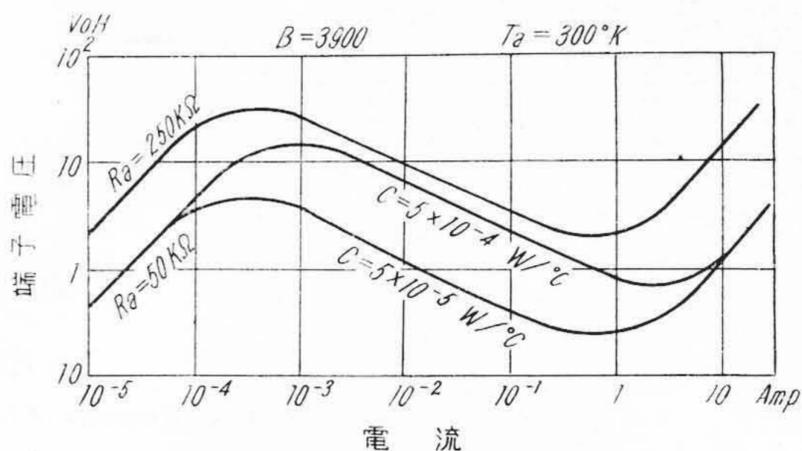
$$VI = \frac{BC}{\log \frac{V}{R_a I} + \frac{B}{T_a}} - CT_a \dots\dots\dots(3)$$

この関係の代表的な一例を図示すると第2図の如く電圧の極大、極小値が生ずる。そしてこの曲線の形状は T_a, B によつて変り、位置は C, R_a によつて変る。他の条件を一定として C のみを変えるとこれ等の極値は Y 軸と 45° の方向に移動し、 R_a が変ると -45° の方向に移動する。このことを利用して極値の位置を任意の箇所にもつて来ることが出来る。しかし一般に極小値に於ては T が相当に高く安定度の面から実用不可能な領域なので、吾々が常に利用しているのは極大値 V_m と負性抵抗の領域ということになる。 V_m はサーミスタを継電器回路に用いる場合、偽作電圧として重要な値で、 V_m を生ずる温度を T_m とすると同じく(1),(2)式から $d \log V / d \log I = 0$ として導かれ

$$T_m^2 = B(T_m - T_a),$$

$$T_m = (B/2)(1 + \sqrt{1 - 4T_a/B}) \dots\dots\dots(4)$$

が得られて(4)式の複号中負のものが V_m 、正号のものが極小値に相当する温度を示すことになる⁽¹⁾。又 V_m の



第2図 直熱型サーミスタの代表的電流—電圧特性
Fig. 2. Typical Ampere—Volt Characteristics of Directly Heated Thermistor

点に対応するサーミスタ抵抗 R_m 、サーミスタ電流 I_m は次の如くなる。

$$R_m = R_a \exp\left(-\frac{T_m}{T_a}\right) \dots\dots\dots(5)$$

$$I_m = \left\{ \frac{C}{R_a} (T_m - T_a) \exp\left(\frac{T_m}{T_a}\right) \right\}^{1/2} \dots\dots(6)$$

$$V_m = \left\{ CR_a (T_m - T_a) \exp\left(-\frac{T_m}{T_a}\right) \right\}^{1/2} \dots\dots(7)$$

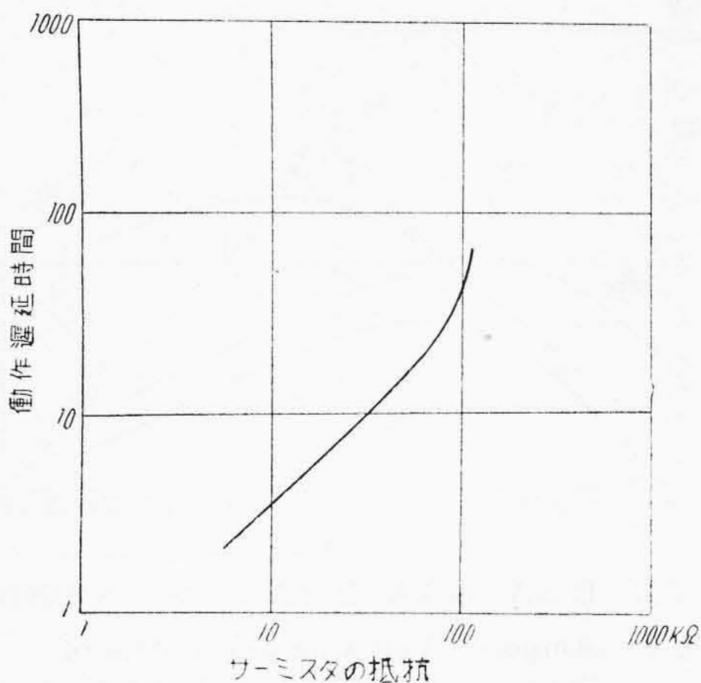
更にサーミスタに通電する時、その熱容量のために抵抗が下るまでにはある時間が必要であつて、今その直列抵抗を R_s 、印加電圧を V_0 とすると、 I なる電流に到達する時間 t は(8)式の如くなり、電圧 V_0 が高い程 C, R_s, R_a が小さい程 t は短くなる。 H はサーミスタの熱容量、 τ は時常数である⁽⁸⁾。

$$t = \int_{T_a}^T \frac{H dt}{I^2 R - C(T - T_a)}$$

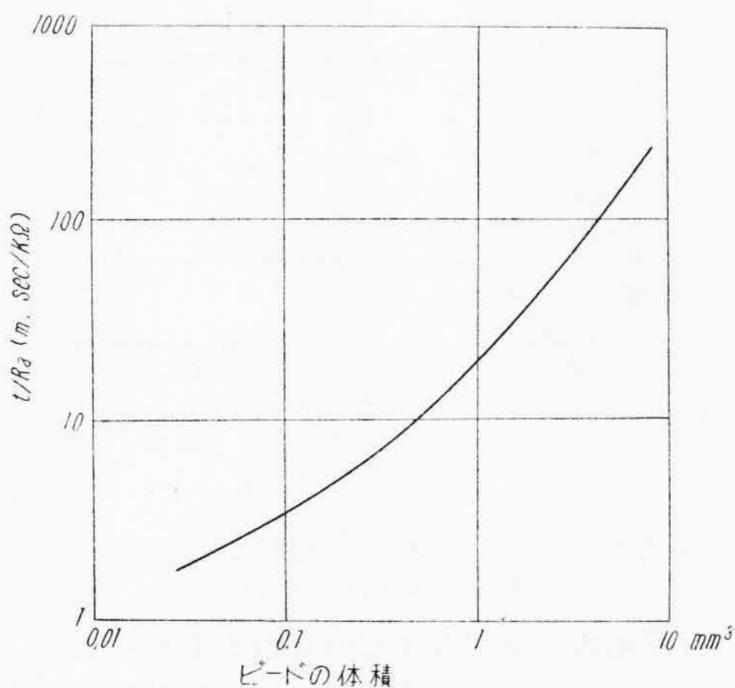
$$t = \int_{T_a}^T \frac{\tau dT}{\frac{V_0^2 R_a \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_a}\right)}{C \left\{ R_a \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_a}\right) + R_s \right\}^2} - (T - T_a)} \dots\dots\dots(8)$$

この式は簡単にとけないが、実測すると第8図(b) (第88頁参照)の如くである。又 R_a 及び C が t に如何に影響するかを実験的に求めてみると、実際の遅延回路に用いる条件では第3図の如く C, τ が定つておれば t は R_a に大体比例する関係にあり、この場合 T_a の影響は R_a に及ぼすもの以外考えなくてもよいことがわかつた。又 t に及ぼす H の影響も大体比例関係と考えてよい。第4図でこの関係を示す。図では横軸に H の代りにビードの体積を、縦軸には R_a の影響をなくするために t/R_a をとつた。 V_0 及び R_s の影響の一例は第5図に示した通りで V_0, R_s を適宜選ぶことによつて任意の t が得られることがわかる。

次にある温度にあつたサーミスタが冷却する時の模様について考えてみると、自然冷却時のサーミスタ温度は



第3図 サーマスタの抵抗と偽作遅延時間との関係
Fig. 3. Relation between Thermistor Resistance and Time Lag



第4図 サーマスタビードの体積と偽作遅延時間との関係 (R_a の影響を除くために t/R_a で示した)
Fig. 4. Relation between Thermistor Volume and Time Lag

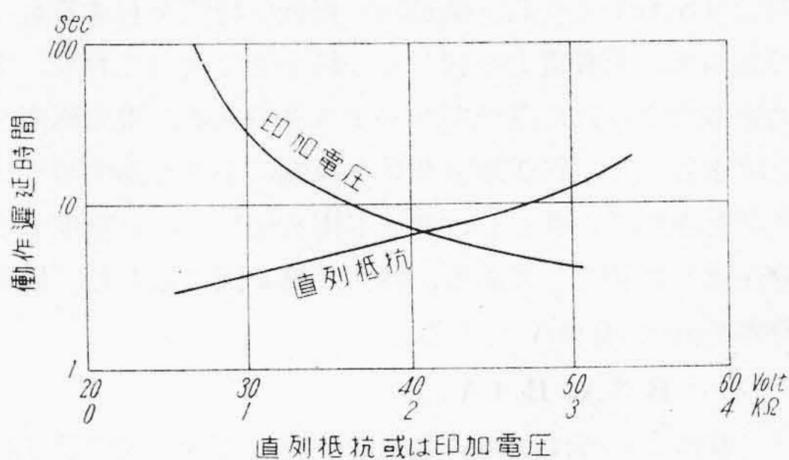
ニュートンの冷却法則に則つて次の関係にある。

$$T - T_a = (T_0 - T_a) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \dots\dots\dots(9)$$

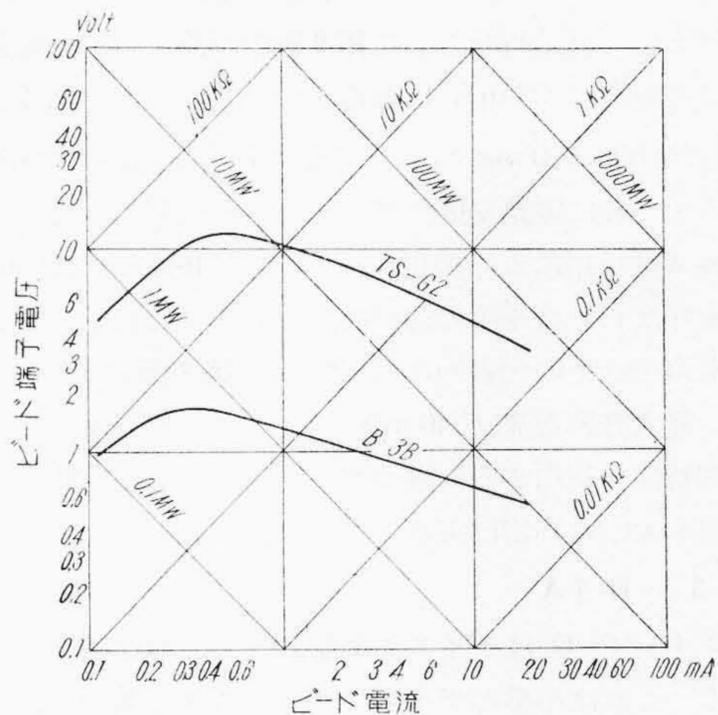
T_0 は $t=0$ の時のサーミスタ温度である。この式と (1) 式とより

$$\log R = \frac{B}{\left\{ \frac{B}{\log(R_0/R_a) + B/T_a} - T_a \right\} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + T_a} - \frac{B}{T_a} + \log R_a \dots\dots\dots(10)$$

が得られる。この抵抗の変化の様子は第9図(次頁参照)に示された如く τ が大きい程抵抗変化が緩かである。



第5図 直列抵抗或は印加電圧の変化に伴う偽作遅延時間の変化
Fig. 5. Variation of Time Lag as Function of Series Resistance and Voltage



第6図 TS-G2, B-3B の電流—電圧特性
Fig. 6. Ampere—Volt Characteristics of Types TS-G2 and B-3B

〔III〕 直熱型サーミスタ製品の数例

以上述べた半導体をガラスバルブ又は他の容器の中に封入したものでこの中一般に用いられているのはビード型サーミスタを封入し第11図(次頁参照)のようにしたものである。日立製作所の直熱型サーミスタは一般に B-3B の如く呼ばれ、この符号及び数字には次のような意味がある。なお TS-G2 は電々公社指定の名称である。

B — 3 B
〔ビード型直熱〕 〔 $\log_{10}(20^\circ\text{C}$ のビード抵抗 Ω)〕 〔分類符号〕

(1) TS-G2, B-3B

これ等は電流—抵抗或は電流—電圧特性 (負性抵抗特性) を利用するのが主目的の直熱型サーミスタであつて、TS-G2 は電々公社の規格として早くから採用されて来たもので既に自動利得調整回路その他に極めて多量使用されている。電流—電圧特性は第6図に示す如くで最大許容電流は 20 mA である。B-3B は最近開発されたも

ので TS-G2 より抵抗値が約一桁低い特性を有するものであつて、消費電力も同じく一桁小さくなつており、電力感度のすぐれた直熱型サーミスタである。電力感度を上げる目的で、熱放散常数 C を極端に小さく為すべくリードを極めて小さくし、リード線も細くし、真空度も十分注意して製作してある。特性は第6図に示した。最大許容電流は 20 mA である。

(2) B-3A, B-4A

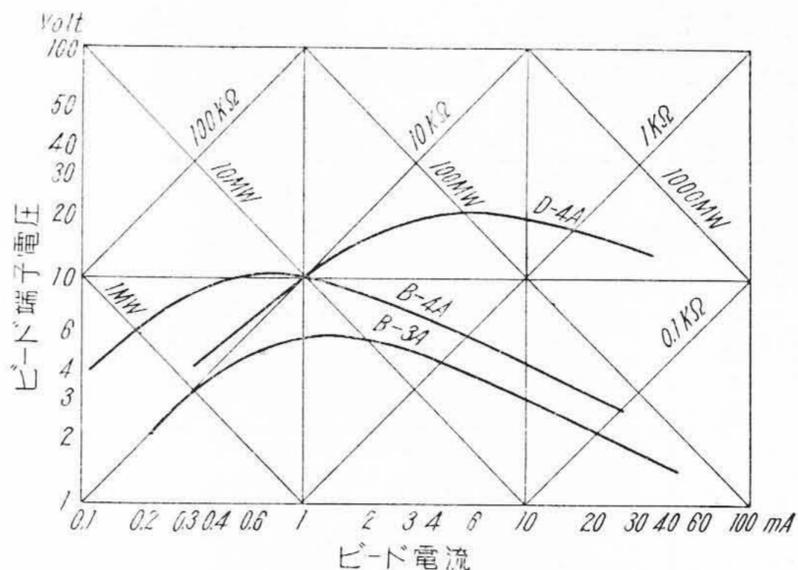
一般にこれ等は回路に直列に接続して(8)式で示される偽作遅延時間を利用する目的で造られた直熱型サーミスタで、その電流—電圧特性は共に第7図に示された如きものである。寸法は前二者より遙かに小型化されている。B-3A は別名 HMC-1 と呼ばれており 20°C に於ける偽作遅延時間として第8図の回路で 48V 印加してより電流が 23 mA になるまでの時間を規定すると、これは 60~600 ms であつて最大許容電流は 50 mA である。一般に電話交換機等の偽作遅延回路及び疑似インパルス吸収用に広く採用されている。B-4A は HMC-2 と呼ばれ、冷却時の遅延時間を利用する目的で設計したもので、その代表的な冷却特性は第9図に示す如くで、最大許容電流は 40 mA となつている。勿論用途は冷却特性を利用するに限つたことはなく、偽作時の遅延時間も大いに利用出来る。

(3) D-4A

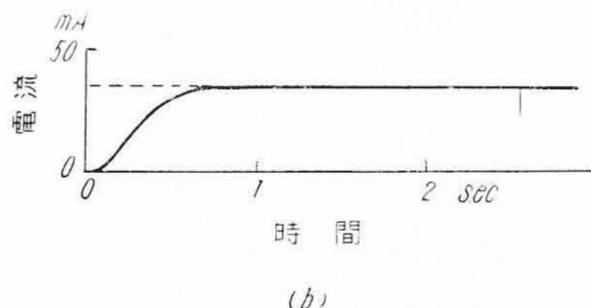
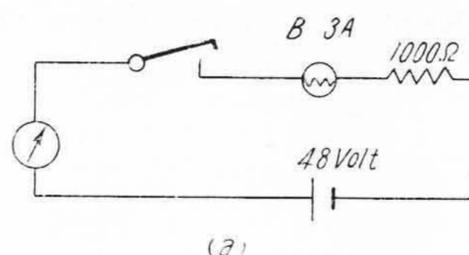
D-4A の D はディスク型を意味し、他は前と同じである。これは小型のディスクサーミスタであつて、温度計、温度補償等に用いる他、偽作遅延時間の長いことを要求される回路に用いて良好な結果を得ている。電流—電圧特性は同じく第7図に示した。又第8図の回路でシリーズ抵抗を 1,300Ω とした場合 48V 印加してより 15 mA になるまでの時間は 0°C で約 30sec, 15°C で約 15 sec, 30°C で約 8 sec である。最大許容電流は 30 mA である。又温度—抵抗特性は第10図に示す如くである。

サーミスタの温度抵抗特性は第1図の如く $1/T$ と $\log R$ の関係が直線関係にあるが、材質によつて T が低い領域で点線の如く特性が曲る場合があり、これをうまく利用すると T と $\log R$ とが直線関係になるものが出る。D-4A はかくして室温に於て出来るだけ T と $\log R$ の関係が第10図の如く直線に近くなるように苦心してつくつたものである。

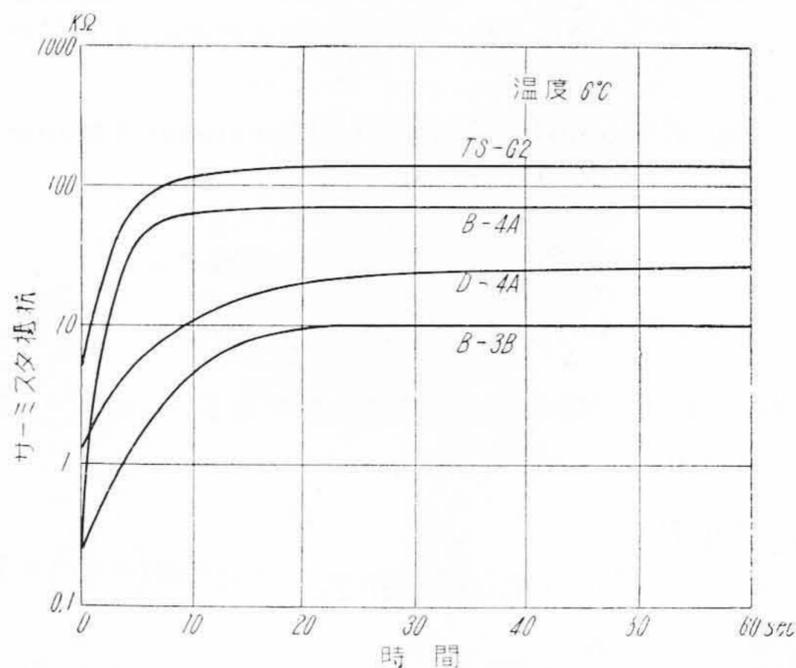
これ等直熱型サーミスタの特性を一括して第1表に示した。又外形は第11図に示した。なお直熱型サーミスタは、以上説明した5種類に限つたわけではなく、偽作遅延時間、抵抗値の異なるものが任意に製作出来る。B-3A 及び 4A の写真を第21図(第92頁参照)に示した。



第7図 B-3A, B-4A, D-4A の電流—電圧特性
Fig. 7. Ampere—Volt Characteristics of Types B-3A, B-4A and D-4A



第8図 (a) 偽作遅延時間の試験回路
(b) 偽作遅延の様様
Fig. 8. (a) Test Circuit of Time Lag
(b) Time Lag Characteristic

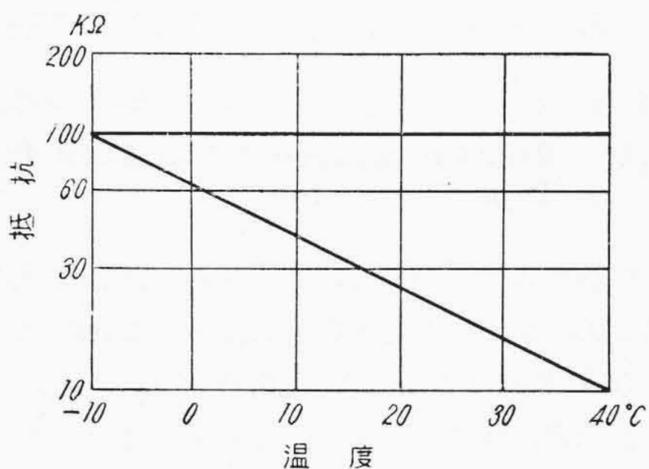


第9図 直熱型サーミスタの冷却特性
Fig. 9. Cooling Characteristics of Directly-Heated Thermistors

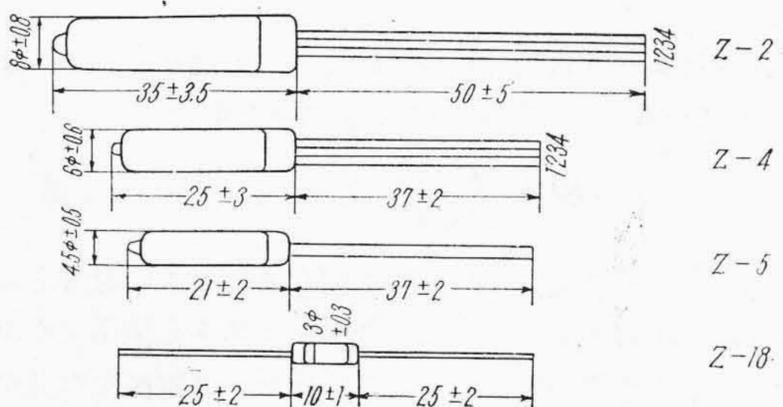
第1表 直熱型サーミスタの特性
Table 1. Specifications of Directly-Heated Thermistors

型名	TS-G2	B-3B	B-3A	B-4A	D-4A
20°C に於ける抵抗 (kΩ)	約 80	約 10	5~50	36~54	約 27
動作電流 (mA)	1~10	1~10	23	—	15
動作抵抗 (kΩ)	10~0.5	1.3~0.07	—	—	—
動作伸長率	-1.45	-1.27	—	—	—
最大連続電流 (mA)	20	20	50	40	30
遅延時間 (sec)	—	—	0.06~0.6*	—	8~30†
特性	第6図		第7図		
外管	Z-2	Z-4	Z-5	Z-5	なし

(註) * 第8図の回路により 23 mA になる時間
† 第8図の回路で直列抵抗を 1,300Ω とし 15 mA になる時間



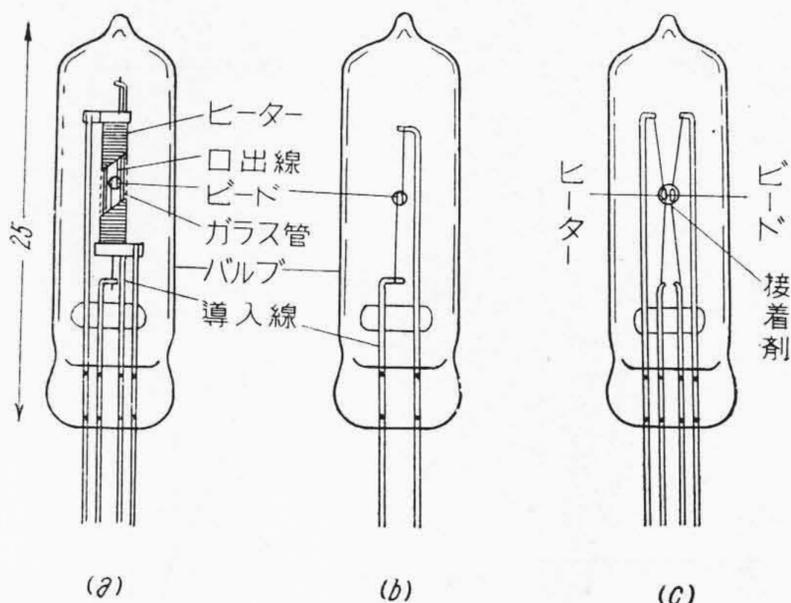
第10図 D-4A の代表的温度—抵抗特性
Fig.10. Typical Temp.—Resistance Characteristic of Type D-4A



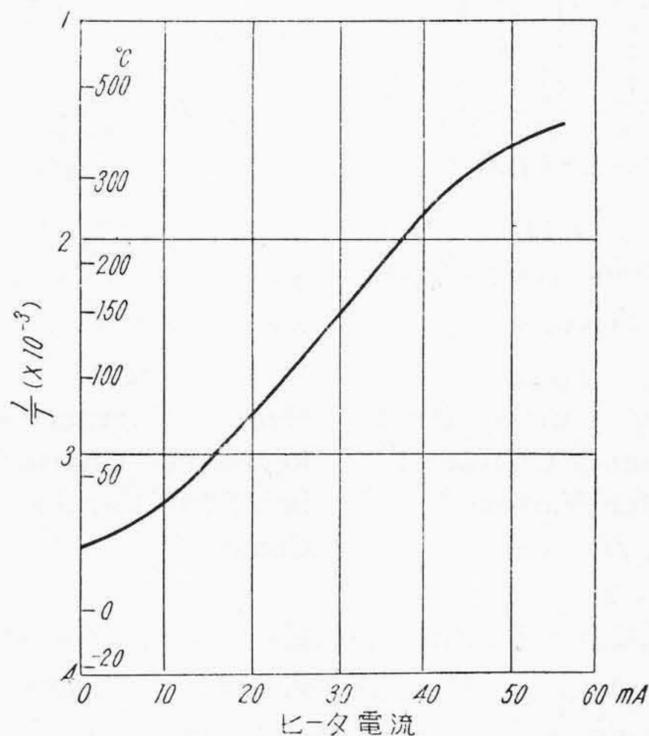
第11図 D-4A サーマスタ外觀の寸法
Fig.11. Size of Various Type Thermistors

〔IV〕 傍熱型サーミスタの特性

傍熱型サーミスタ⁽⁶⁾は直熱型と異り、サーミスタビードにそれ自体の抵抗変化が起る程の電流を流すことはなく、単にヒータの電流(或は電圧)変化をビードの温度変化とし、それによるビード抵抗の変化を利用したものである。通信機に用いる場合制御電力即ち加熱電力を節約するためにヒータを出来るだけ小さくし、50~200mW



第12図 サーマスタの内部構造
(a) HN 型傍熱 (b) B型直熱
(c) ビード状ヒータ型傍熱 (HB, HW型)
Fig.12. Inner Structure of Thermistors
(a) Type HN (b) Type B
(c) Types HB and HW



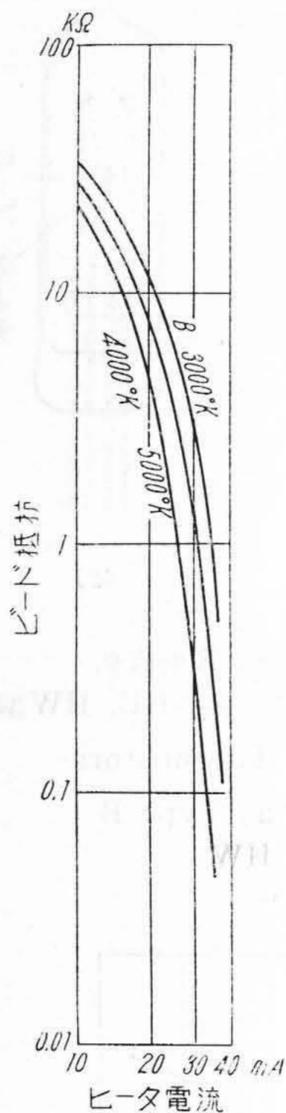
第13図 傍熱型サーミスタのヒータ電流とビード温度との関係
Fig.13. Relation between Heater Current and Bead Temperature of Indirectly-Heated Thermistor

程度で動作するように設計してある。内部構造は第12図(a)に示した。図ではわかり易くするためにことさらにヒータの寸法を大きく書いてある。

傍熱型サーミスタのヒータ電流とビード温度の関係を実験的に求めてみると、吾々が日常使う温度範囲では第13図の如くなつた。これから次の関係式が得られる。

$$D(I_2 - I_1) = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \dots \dots \dots (11)$$

T_1, T_2 はそれぞれヒータ電流 I_1, I_2 の時のビード温度であり、 D はこの傍熱型サーミスタのヒータ効率であつて、

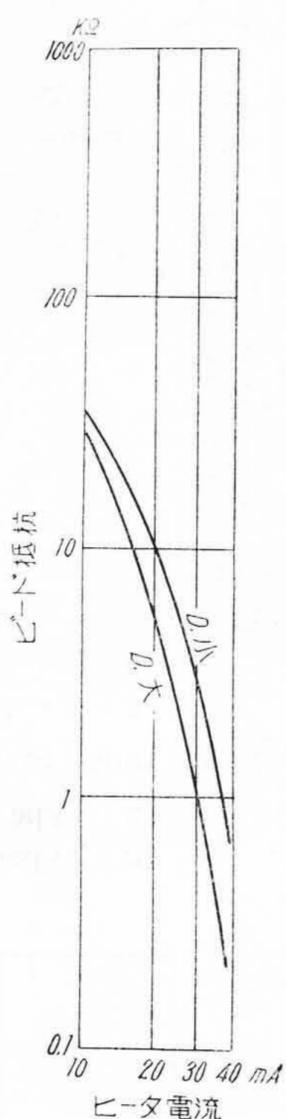


第14図

傍熱型サーミスタの特性に及ぼすBの影響

Fig. 14.

Heater Current-Bead Resistance Characteristic for Various Const B



第15図

傍熱型サーミスタの特性に及ぼすDの影響

Fig. 15.

Heater Current-Bead Resistance Characteristic for Various Const. D

室温及びヒータの構造，抵抗値によつて変化する常数である。(1)式と(11)式とから日常の使用範囲に於けるヒータ電流対ビード抵抗の関係式(12)が得られる。

$$\log R_1 - \log R_2 = B \cdot D (I_2 - I_1) \dots\dots\dots(12)$$

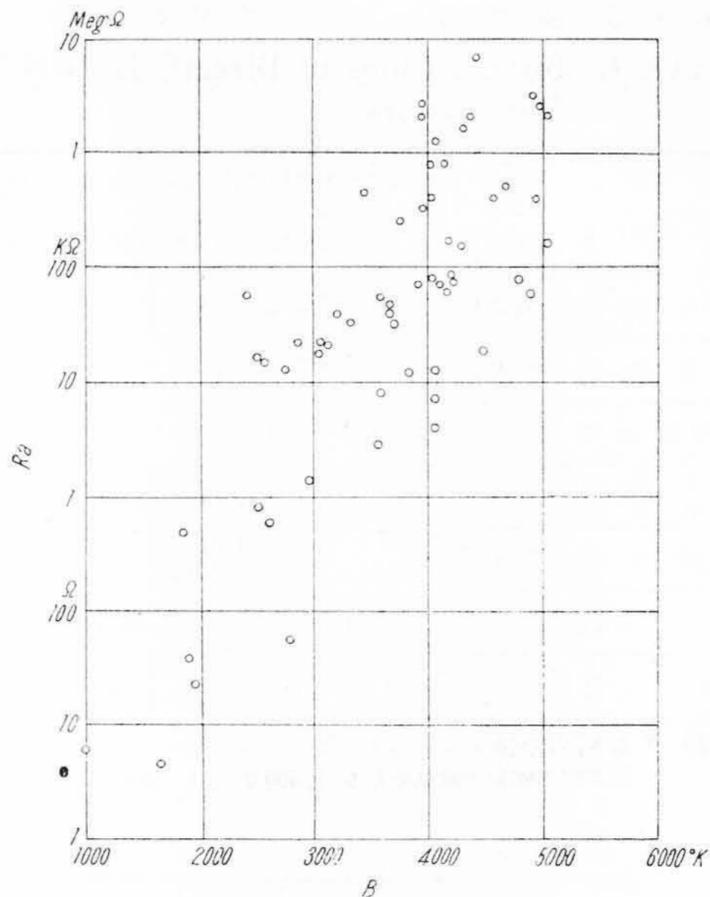
R_1, R_2 はヒータ電流 I_1, I_2 の時のビード抵抗である。傍熱型サーミスタに於てはヒータ電流の変化に対するビード抵抗の変化分即ち伸長率が重要な要素となり，今ヒータ電流が I_1 から I_2 に微小変化した時，ビード抵抗が R_1 から R_2 に変化したとすると伸長率 δ は定義によつて(13)式で表わされる。

$$\delta = \frac{\log(R_1/R_2)}{\log(I_1/I_2)} \dots\dots\dots(13)$$

これは更に(12)式より

$$\delta = -BD \frac{I_2 - I_1}{\log I_2 / I_1} \dots\dots\dots(14)$$

となり I_1, I_2 が一定な場合 δ は B 及び D に比例することになる。 I_1, I_2 が定められ， δ を規定の値にするために B, D はを適当に選ばばよく，いゝ替えればサーミ



第16図 サーマスタビードのBとRaとの関係

Fig. 16. Relation between B and Ra of Bead Type Thermistors

スタの材料によつて B を，ヒータの抵抗値及び構造を変えることによつて D を調節すればよいことになる。第14図に δ に及ぼす B の影響を，第15図に D のそれを示した。しかし B は無暗に大きくはならず，材料によつて B の大きなものを得ようとするとき自然第16図のように R_a も大きくなるので，設計する時には絶えずこのことを考慮に入れておかなければならない。尤も R_a はビードの機械的な構造を吟味することによつてある程度は調節出来る。

又 δ はヒータ電流の働作点によつても変化し，(14)式で $I_2/I_1 = K$ として K を常数と考えた場合

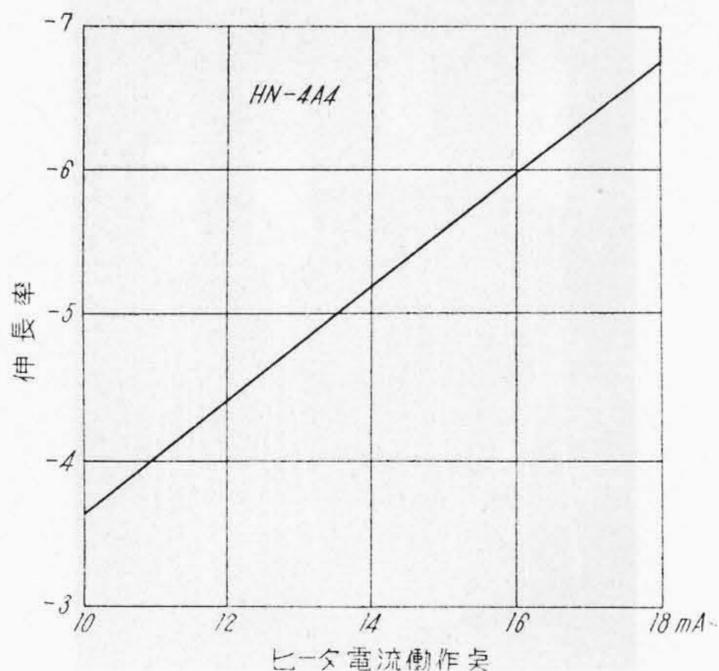
$$\delta = -BD I_1 \frac{(K-1)}{\log K} \dots\dots\dots(15)$$

となつてヒータ電流働作点の如何が δ に大きい影響を及ぼすことがわかる。従つて傍熱型サーミスタを使用するに當つて δ を希望の値にしたい時にはヒータ電流働作点を適当に調節すればよいことがわかるが，この場合ヒータ電流の変化に対してビード抵抗も変化することに注意しなければならない。第17図にヒータ電流働作点の変化が如何に δ に影響を及ぼすかを示した。

又 δ は周囲温度によつても影響を受け(14)式に於て $T_1 = T_a + T_1', T_2 = T_a + T_2'$ とすると

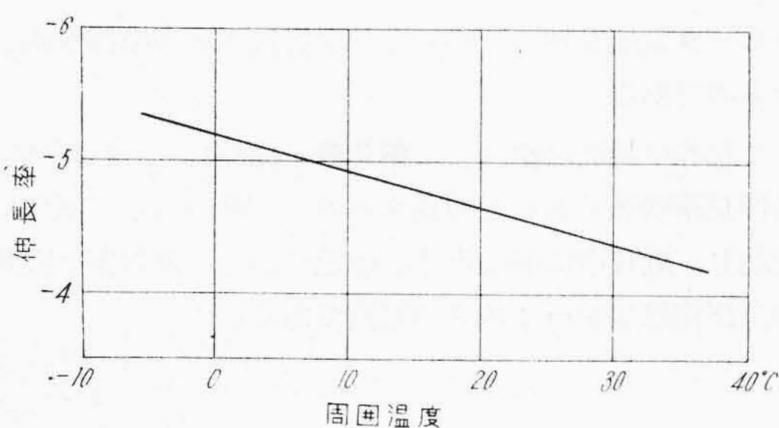
$$\delta = -\frac{B}{\log(I_2/I_1)} \cdot \frac{T_2' - T_1'}{(T_a + T_1')^2} \dots\dots\dots(16)$$

となつて周囲温度 T_a が低い程 $-\delta$ は大きくなり，このことは傍熱型サーミスタを使用するに當つて周囲温度の



第17図 傍熱型サーミスタのヒータ電流働作点と伸長率 δ との関係

Fig. 17. Relation between Heater Current and δ of Indirectly-Heated Thermistor

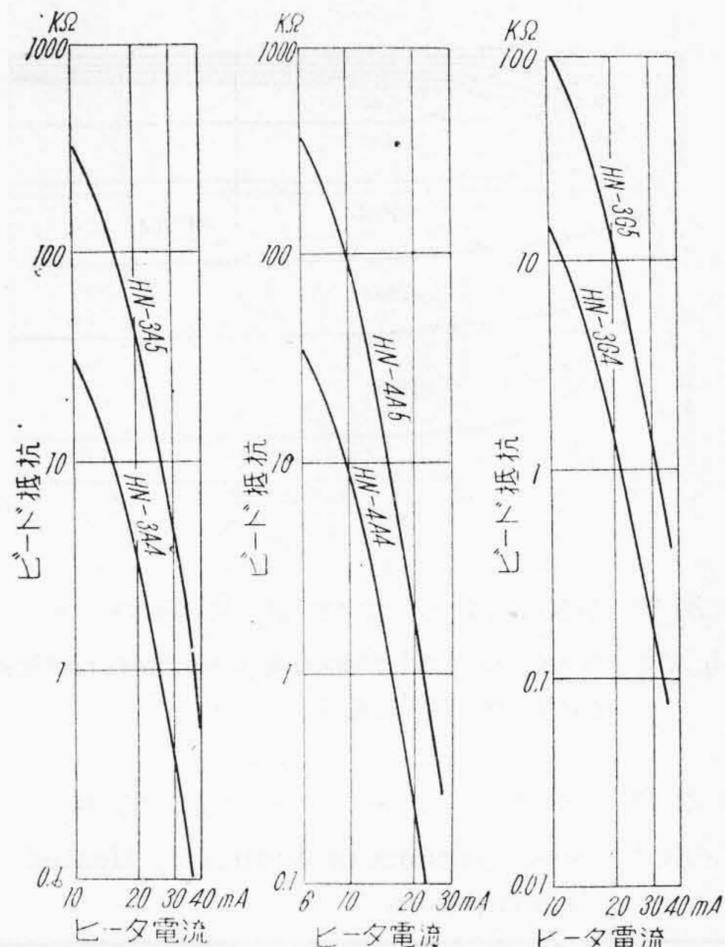


第18図 傍熱型サーミスタの周囲温度と伸長率 δ との関係

Fig. 18. Relation between Ambient Temperature and δ of Indirectly-Heated Thermistor

影響を常に考慮に入れておく必要があることを示しており、これをセットに設置する場合温度上昇の甚だしい箇所に置いてはならないことを意味している。第18図に δ に及ぼす周囲温度の影響を示した。更にこの外にも δ に影響を及ぼす要素はあるが紙面の都合で省略する。

傍熱型サーミスタの働作時間遅延の様様に就いても検討を要することであるが、今回は実例を第20図で説明するに止めた。この働作遅延時間に及ぼす最も大きい要素は封入気圧であつて、封入気圧が低くなる程気体の熱伝導率が悪くなり、加熱時にはビードの温度が上昇するのに長時間を要すること、冷却時には熱放散常数 C が小さくなり熱容量 H は変わらないから $\tau=H/C$ より得られる時常数は大きくなるので働作遅延時間も大きくなる。働作遅延時間の大きいのは通信機回路に応用する時不都合であるので、一般にはある程度の圧力の気体を封入してある。



第19図 傍熱型サーミスタのヒータ電流—ビード抵抗特性
(a) HN-3A4, 3A5 (b) HN-4A4, 4A5 (c) HN-3G4, 3G5

Fig. 19. Heater Current—Bead Resistance Characteristics of Indirectly-Heated Thermistors
(a) HN-3A4, 3A5 (b) HN-4A4, 4A5 (c) HN-3G4, 3G5

〔V〕 傍熱型サーミスタ製品の数例

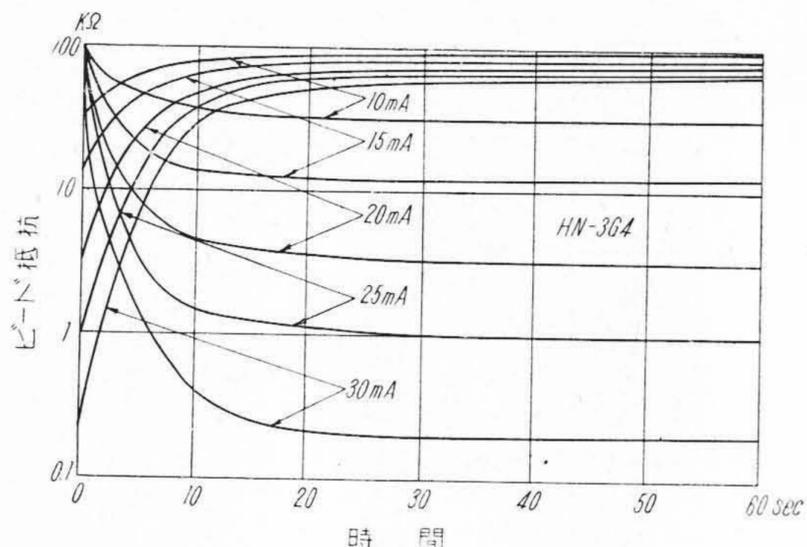
一般型の傍熱サーミスタはHN-3A4等と呼ばれこの符号並びに数字は次の意味を持つ。

HN — 3 A 4
〔一般型〕〔ヒータ抵抗〕〔分類符号〕〔 \log_{10} (20°C のビード抵抗 Ω)〕

ヒータ抵抗値を示す数字が2或は4の場合はそれぞれ、30~100 Ω 、300~1,000 Ω であることを意味する。

(1) HN-3A4, 3A5, 4A4, 4A5

これ等は最も古くから製品化された傍熱型サーミスタの一組であつて、一般に自動利得調整装置に用いられる。ヒータ抵抗は3A4, 3A5が250 Ω 、4A4, 4A5は750 Ω となつており、3A4, 4A4のサーミスタビードは 20°C で約80k Ω 、3A5, 4A5のそれは約800k Ω である。これ等のヒータ電流対ビード抵抗特性は第19図に掲げた。伸長率は4A4, 3A5の場合20mAのヒータ働作電流で-4.3、4A4, 4A5では12mAに於て-4.7であるが、これ等は(15)式に示す如く働作電流中心点を移動させることによつて最大-7まで増大させることが出来る。働作時間の遅延は次に述べる3G4の場合と大同小異である。



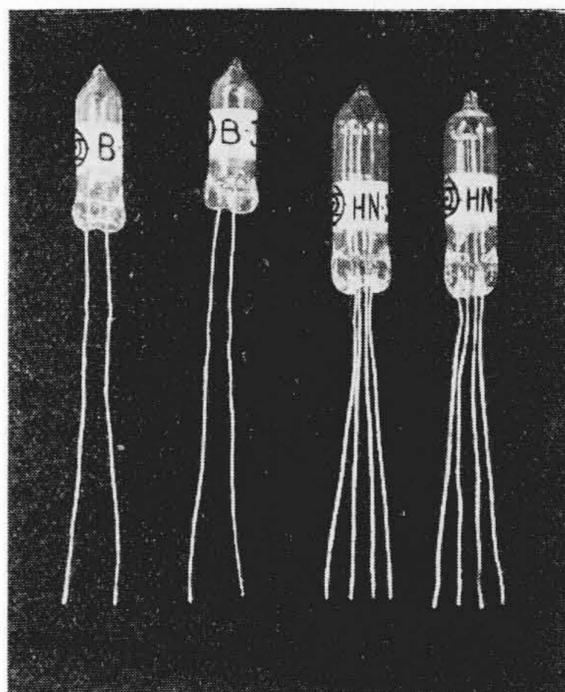
第20図 HN-3G4の加熱-冷却特性
Fig.20. Heating and Cooling Characteristics of Type HN-3G4

第2表 傍熱型サーミスタの特性
Table2. Specifications of Indirectly-Heated Thermistors

型名	HN-3A4	3A5	4A4	4A5	3G4	3G5
ヒータ抵抗 (Ω)	250		750		165	
動作中心点 (mA)	20		12		20	
動作ビード抵抗 (kΩ)	3.5	35	4	40	3	20
動作伸長率	-4.3		-4.7		-4.5	
最大連続電流 (mA)	30		17		35	
最大連続許容ビード抵抗 (kΩ)	0.4	4.0	0.4	4.0	0.12	0.8
最大連続許容伸長率	-6.5		-7.0		-7.5	
最大瞬間電流 (mA)	40		23		45	
特性	第19図(a)		第19図(b)		第19図(c)	
外管	Z-4					

(2) HN-3G4, 3G5

この両者も自動利得調整装置用に設計したもので、前に述べた3A4等と同じヒータ電流で動作するにも拘わらずヒータ抵抗は165Ωとなっており、その他の改良を加えて第22図でわかるようにヒータ電力が3A4の約半分となっている。従つて制御電力が不足な回路に用いて高性能を発揮する。特性は第19図(c)に掲げた如くであつて、伸長率は3A4等と大体同じである。又動作時間遅延の様子の一例として3G4の特性を第20図に示した。図に示した加熱特性はヒータ電流を切つた状態から10~30mAを印加した時に生ずるビード抵抗の変化の様であつて、冷却特性は同じく10~30mA通電した状態か



第21図 サーミスタの外観
左より B-4A, B-3A, HN-3A4, HN-3G5
Fig.21. Outside View of Thermistors from Left, B-4A, B-3A, HN-3A4, NH-3G5

らヒータ電流を切つた時のビード抵抗変化の様を描いたものである。

これ等の特性を総合して第2表に纏めた。これ以外に高伸長率傍熱型として伸長率-8~-10のものゝ試作に成功し、近日中に製品化する予定である。第21図は直熱型及び傍熱型サーミスタの写真である。

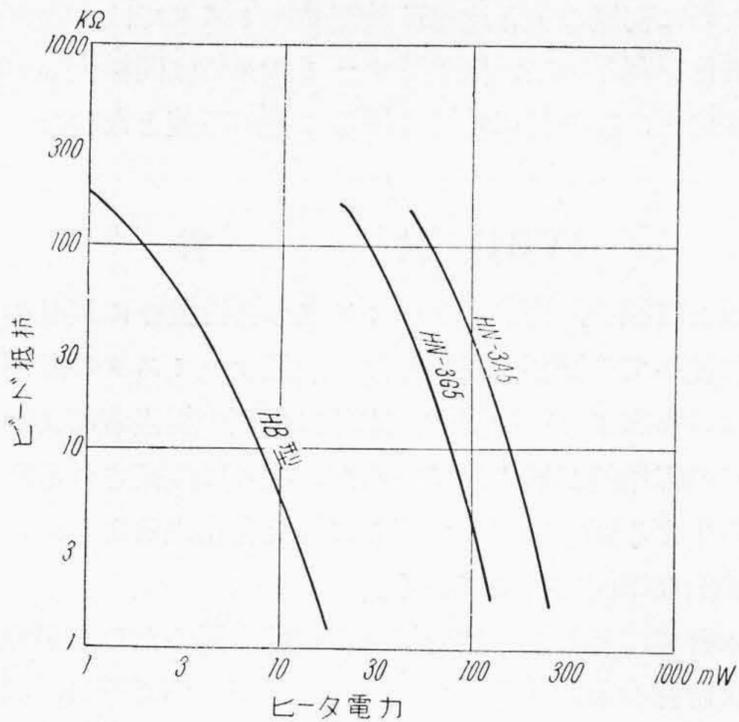
[VI] その他の型のサーミスタ

(1) ビード型のヒータを用いた傍熱サーミスタ

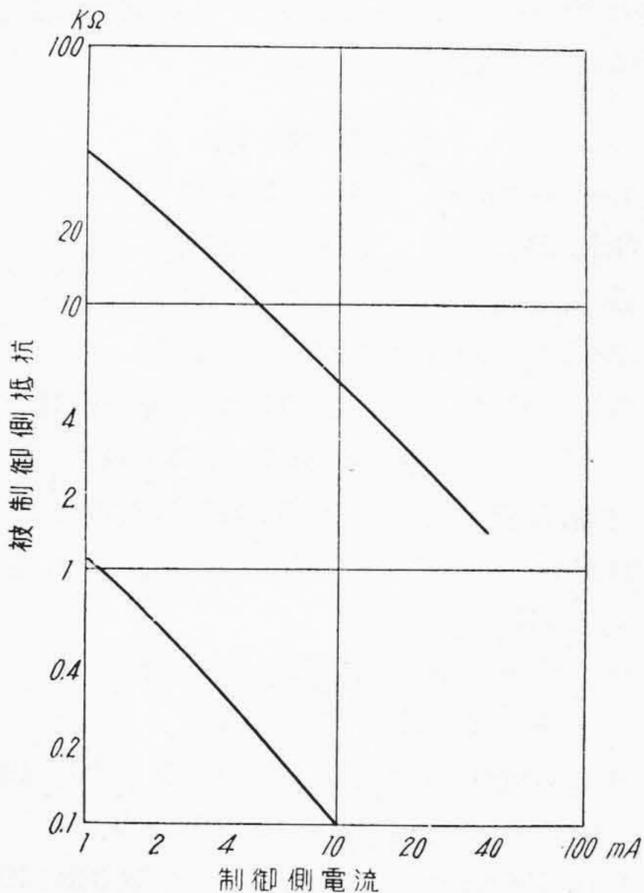
このサーミスタはHB-で表わされ、HN型と殆ど同時に開発されたものである。この型の傍熱サーミスタはヒータにサーミスタビードと同形の発熱体を用い、これとサーミスタビードとの間を第12図(c)の如く特殊なセメントで充填したものであつて、その素子の大きさをHN型に比べ著しく小型化出来るので熱放散常数が小さくなり、加熱電力を1/10或はそれ以下にすることが可能である。第22図にHN-3A4の消費電力との比較を示した。更に発熱体の材料を選ぶことによつてヒータ抵抗値の任意のものが製作可能であつて、ヒータ電流の極めて少い、例えば数百μAで動作する傍熱型サーミスタの製作が可能となる。そしてコイル状のヒータでない故に又大きさが極めて小さくヒータ側とサーミスタビードの間の静電容量が小さいので高周波をそのまま制御電力にしても十分満足に動作する。

(2) ダブルビード型傍熱サーミスタ

この型はHW-34Aの如く呼ばれ、この文字並びに数字は次の意味を持つ。



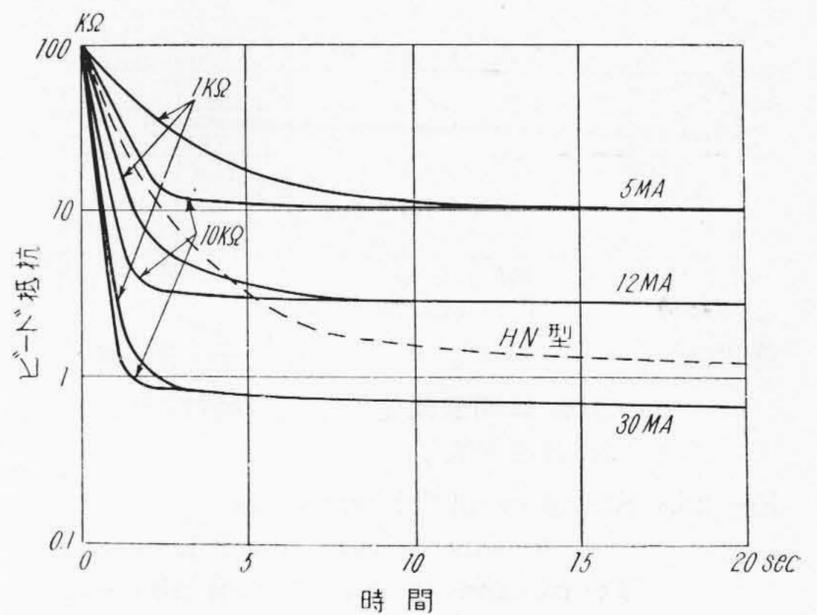
第22図 各種傍熱型サーミスタのヒータ電力の比較
 Fig. 22. Comparison of Heater Wattage of Various Indirectly-Heated Thermistors



第23図 ダブルビード型サーミスタ HW-34A の特性
 Fig. 23. Characteristic of Double Bead Thermistor Type HW-34A

HW — 3 4 A
 (ダブルビード傍熱型) (それぞれのビードの $\log_{10}(20^\circ\text{C}$ の抵抗 Ω)) (分類符号)

この型も HB 型と同時に開発されたもので、ヒータ側即ち制御側にも負性抵抗体例えばサーミスタビードを用い、HB 型と全く同じ機械的構造にしたものである。消費電力等の点で HB 型と同じ特長を有するが、たゞ他の

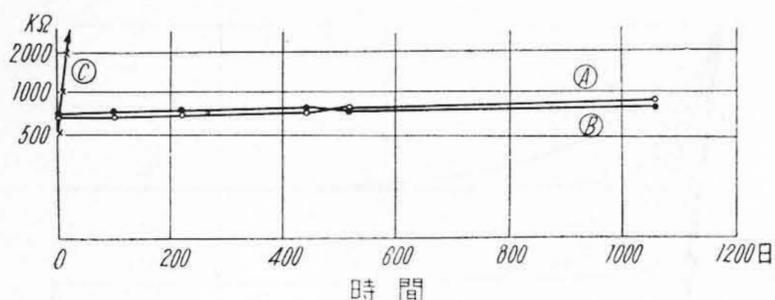


第24図 ダブルビード型傍熱サーミスタの
 偽作時間遅延特性 (HN 型との比較)
 Fig. 24. Time Lag Characteristics of Double Bead Type Indirectly-Heated Thermistor (Comparison with Type HN)

傍熱型サーミスタと異なるのは (14) 式で定義される伸長率が極めて小さいこと及び偽作遅延時間が HN, HB 型に比べて小さいことである。伸長率が小さいのは制御側もサーミスタビードのような負性抵抗であるので、制御電流に対して第 2 図の如く制御側抵抗が変化するためであり、特殊な自動利得調整装置では $\delta = -1$ であることを要求される場合があり、このサーミスタが効果を発揮する。代表的な特性の一例として HW-34A のものを第 23 図に示した。この型でサーミスタビードの抵抗の異なるものを組合すことによつて 1 箇で第 23 図の如き 2 つの特性を得ることが出来る。これを使用するに当つて注意しなければならないことは先程もふれたように制御電流を変えることによつて制御側抵抗も変ることである。又偽作遅延の様子は第 24 図で HN 型と比較して明かなように被制御側の抵抗が極めて早く変化する。この理由は最初制御側の抵抗が偽作状態より遙かに高くなつてゐるので偽作初期に大きいジュール熱を発生するためであつて、この時間の遅れも制御側のシリーズ抵抗、印加電圧によつて直熱型サーミスタの説明で述べた第 5 図の如く変化する。又制御側がサーミスタである点で、制御側に第 2 図、第 (7) 式で説明した V_m 以上の電圧が印加されぬと偽作しないので、継電器と傍熱型サーミスタを組合した特性として応用することが出来る⁽¹²⁾。

(3) マイクロ波測定用サーミスタ

極超短波の電力測定用として製作された直熱型サーミスタであつて導波管の中に設けるために寸法を小さく、導入線を第 11 図 Z-18 のように両端から引出してあり、導入線の材質も高周波ロスを防ぐ目的で白金或は銀を用いたものである。



第25図 サーミスタの安定度
(A, B) は制限温度以下 (C) は制限温度以上で偽作させた)

Fig. 25. Stability of Thermistors
(A, B) was driven under Limited Temp. and (C) was driven above Limited Temp.)

(4) その他

以上述べた以外に温度測定用として小型ディスクサーミスタ、或はビードサーミスタを金属、硝子等の管の先端に置いたもの、体温測定用として注射針等の先端に置いたもの等の製作を行つているが、これ等に関しては又の機会に述べることにしたい。

[VII] サーミスタの安定度

いかなるものでも新製品は常に寿命が問題となるが、サーミスタを試作した初期の材料、その後の改良された材料に就いて一つ一つ安定度試験を行い、十分に安定であることを見定めてから製品化している。第25図は初期の材料による約3年間の寿命試験の結果を示すもので、(A, B)両曲線で示されるように長時間安定であることが確認された。唯サーミスタ材料は無暗に使用温度を高めることは禁物で、一般に200~400°Cの間に最高の使用限界温度があり、限界温度を越すと極めて短時間の中に抵抗値に変化を来す。同図(C)は限界温度よりわづか高い場合の寿命特性で、わづか数日中に使用不可能となつた。初期の頃は材料の吟味が不十分であつたために限界温度がせいぜい200~250°Cであつたが、その後材質、焼結時間、焼結温度等を検討することによつて300~350°Cでも十分安定に偽作するものが出来るようになった。こ

のために初期の頃と比べ直熱型サーミスタでは大幅の抵抗変化を利用出来、傍熱型サーミスタでは同様大幅の抵抗変化と、高伸長率特性を得ることが可能となつた。

[VIII] 結 言

以上直熱型、傍熱型サーミスタの特性並びに製品の数例に就いての概要を説明した。最近サーミスタの応用分野は益々広まり⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾、本号にも別の担当者によつて二三の応用例が示されているが、次々に開拓される応用から生ずる要求に対して直ちに製品化出来るように常に理論的な準備を行つている。

本研究に対して終始御指導御鞭撻を賜つた日立製作所中央研究所菊田所長、浜田部長、高田主任研究員、沢田主任研究員並びに戸塚工場の関係の方々はこの機会を利用して厚く御礼申し上げると同時に本研究及び試作に協力して頂いた幾多の方々に感謝の意を表する次第である。又直熱型サーミスタに関しては半導体研究室より移管されたもので、研究及び試作に関して伴野主任研究員その他の方に種々御厄介になつた。この機会に深く謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) J.A. Becker: E.E. (1946-11)
- (2) G.L. Pearson: E.E. (1947-7)
- (3) 金子, 吉田: 東芝レビュー (昭 28-4)
- (4) 麻生, 加野, 渡辺: NEC (昭 28-7)
- (5) 川口, 野尻: 日立評論 33 943 (昭 26-11)
- (6) 二木: 日立評論 33 1061 (昭 26-12)
- (7) 内藤, 江森: 日立評論 34 397 (昭 27-2)
- (8) 伴野: 日立製作所中央研究所創立十周年記念論文集 (昭 27-9)
- (9) 牧野: 電通誌 No. 217 (昭 16-4)
- (10) 吉田, 麻生: NEC (昭 24-5)
- (11) A.H. Inglis and W.L. Tuffnell: EE (1951-9)
- (12) 大塚: 日立評論 35 1313 (昭 28-9)
- (13) P.D. Zeman: Anal. Chem. 24 348 (1952-2)
- (14) 小山: 電学誌 72 423 (昭 27-8)

