

## サーミスターとその應用 (その一)

— ビード状直熱型サーミスター —

川口千夫\* 野尻正喜\*\*

## Thermistor and its Application (Part 1)

— Bead Type Thermistor —

By Kazuo Kawaguchi, Masaki Nojiri  
Central Laboratory, Hitachi, Ltd.

## Abstract

A thermistor has a large negative temperature coefficient of resistance and is used for measuring temperature, vacuum, fluid flow etc. It has also a negative voltage characteristic as the current flows across it and can be used as a circuit element.

The current versus voltage relation of the thermistor which is the most important property for circuit use, is to be varied by electrical and thermal factors.

This paper describes the influences of several factors upon the characteristics and transient behavior of the circuit containing a thermistor.

## [I] 緒言

半導体物質は温度上昇に伴つてその電気抵抗が減少すると云う性質を有しているが、中にはその減少度を示す温度係数が極めて大きい負の値を持つものもある。この事は以前から注目されていたが安定な物質を作るのが困難な爲、抵抗體として廣く利用されるに至らなかつた。近年 Bell Telephone Laboratory が遷移金属の酸化物を材料として用途に依り種々の形状の抵抗體を作りそれをサーミスターと名付け發表するに及んで<sup>(1)</sup>、温度測定及びこれに類する方面のみならず<sup>(2)</sup>、通電時の電圧負特性に着目して、新しい回路部品として<sup>(3)</sup>、廣く利用される様になつた。

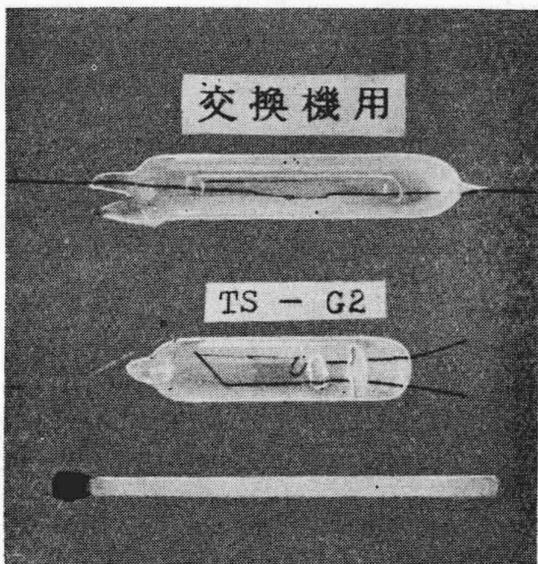
サーミスターの性質及び用途については上述の報告<sup>(1)</sup>に詳細に發表されているが、筆者等は實際種々の回路に使用するビード状サーミスターについて研究を行つている關係上、一部これとの重複を顧みず、サーミスターの特性に及ぼす諸因子の分析とサーミスターを使用した回路の過渡的挙動について述べ、サーミスターを利用される向きの参考に供する次第である。

\* \*\* 日立製作所中央研究所

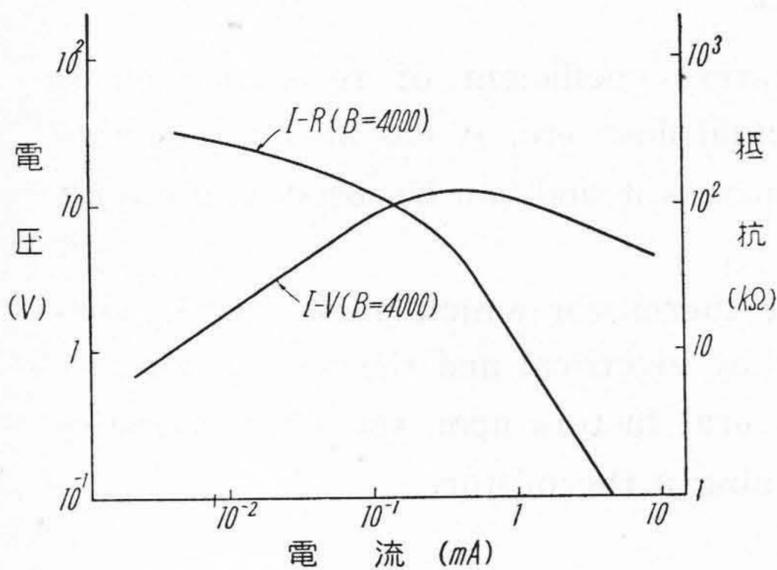
## [II] 封入型ビード状サーミスターの構造及び性質

前述した様にサーミスター (thermistor, thermally sensitive resistor) には棒状、板状、粒状等使用目的に應じ、種々の形状のものが考案されているが、最も良く使用されるのは粒状 (Bead Type) の物である。これはリード線となる細い金属線に径 1 mm 以下の小さい粒状の抵抗體がくつついたもので、小型の爲熱量容が少く温度に極めて鋭敏な抵抗體をなしている。サーミスターとして仕上がつたものはこれを更に硝子の中に封入してビードを保護すると共に熱放散を制御している。(第 1 圖次頁) この際ビードの附近にヒーターを置いた傍熱型もあるが、本篇ではビードだけ存在する所謂直熱型のものについて述べる。

このサーミスターに電流を通じると  $\mu\text{A}$  程度の場合には周囲の温度に對應したオーミックな抵抗値を示すが、數 10  $\mu\text{A}$  程度以上の電流になるとジュール熱でビードの温度が上昇し通電以前と異なつた状態になる。更に電流値を大にするとビードで消費される電力が増加し抵抗値は急激に減少して、第 2 圖(次頁参照)の様な電流—電



第 1 圖 交換機用及び自動利得調整用サーミスター  
 Fig. 1. Some Examples of Thermistor for Telephone Exchange and for Automatic Gain Control



第 2 圖 電流—電壓、電流—抵抗特性  
 Fig. 2. I-V, I-R Curves

電圧、電流—抵抗特性に成り、或る電流値以上では電圧負特性を示す。

一般に利用される電流領域はこの電圧負特性の部分で種々の回路に使用されて自動利得調整、制限器、伸長器として作用し、又過渡特性を利用すれば遅延装置として動作させる事も出来る。

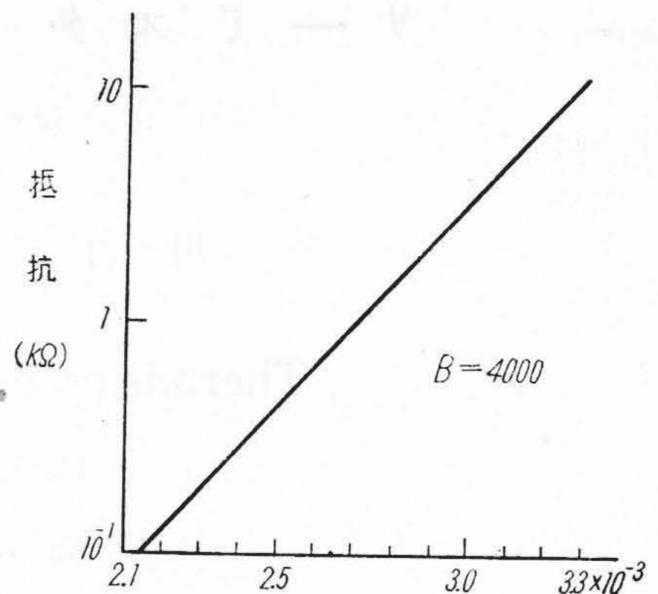
〔Ⅲ〕 ビード状抵抗體の作成及びその性質

半導體の電気抵抗と温度との關係は衆知の様に次式であらわされる。

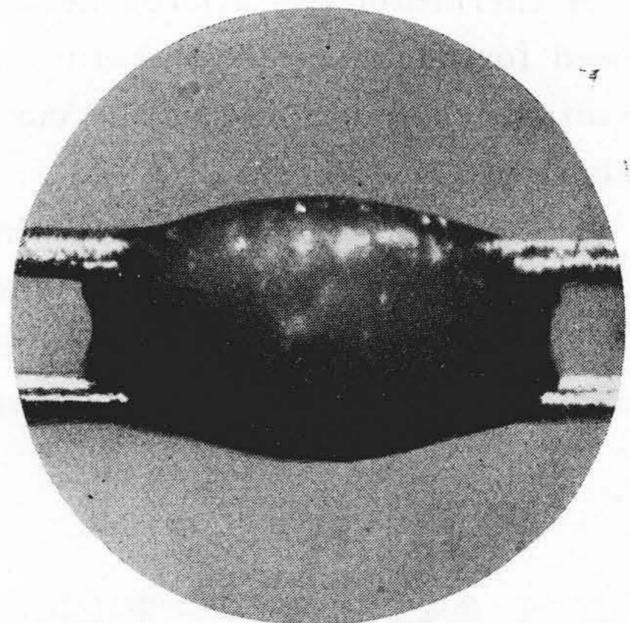
$$R = R_0 \exp \left( \frac{B}{T} - \frac{B}{T_0} \right) \dots\dots\dots (1)$$

此處で  $R$  は絶対温度  $T$  °K に於ける抵抗値、 $R_0$  は  $T_0$  °K に於ける抵抗値、 $B$  は常數である。この  $B$  の値の大きい物程抵抗の温度依存性が強い。猶温度係数は上式を用い、定義より  $\alpha = -\frac{B}{T^2}$  で表わされる。

筆者等は前述の材料で粒状抵抗體を作り、その抵抗の温度依存性を測定した。結果は第 3 圖の如くで、 $B$  の値



第 3 圖 ビード型抵抗體の抵抗と温度との關係  
 Fig. 3. Resistance Versus Inverse Absolute Temperature Curve of a Bead Type Resistor



第 4 圖 ビード状抵抗體の擴大圖  
 Fig. 4. Shape of Bead ×50

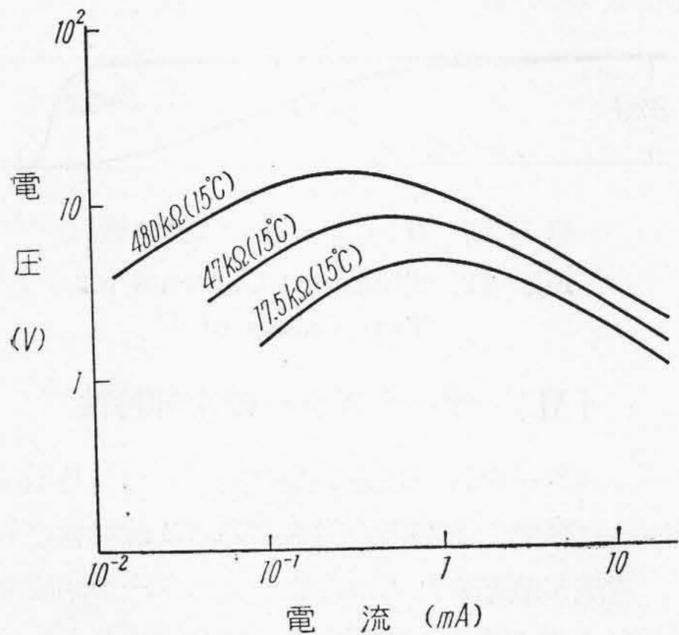
は 4,000 位であつた。即ち常温では  $-5\%/^{\circ}\text{C}$  の温度係數を有している。ビード状の抵抗體を作るには細い白金線上に酸化物材料を紡錘形に成型し、(第 4 圖) 高温で焼成を行つた。焼成するとビードの表面は金屬光澤を發し、小孔の多い海綿状をなしている。

〔Ⅵ〕 サーミスターの電流電壓特性に關係する諸因子

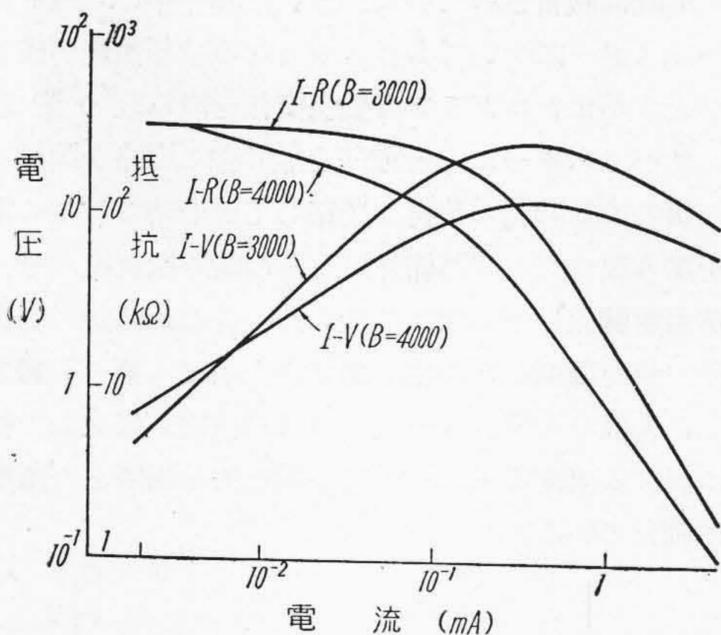
ビードを硝子の中に封じ熱放散を少くする爲真空にすると封入型サーミスターが出来る。これに電流を通じて平衡状態になつた時の電流値と抵抗との關係を求めると第 2 圖の様で、この際示す抵抗値はビードで消費される電力とそれから單位時間に放散される熱量とが釣合つた状態の温度に對應したものである封入型ビード状サーミスターでは温度依存性の大きい抵抗材料を使用し、且放熱を少くする様な構造になつてゐる爲、或る電流値以上

では電流變化より抵抗變化の方が大となり、第2圖の様に電壓にピークを生じ負電圧特性が得られる。

サーミスターの電流と電壓との関係はこの様にビードの電氣的性質とそれからの放熱の状態とに依つて決まるもので前者については(1)式の  $R_0$  と  $B$  との双方が考えられる。 $R_0$  及び  $B$  の値を夫々獨立に變化し、他の條件を同一にした場合の特性は第5圖、第6圖の様であつ



第5圖 I-V 特性の  $R_0$  による影響  
Fig. 5. I-V Curves for Various Values of  $R$



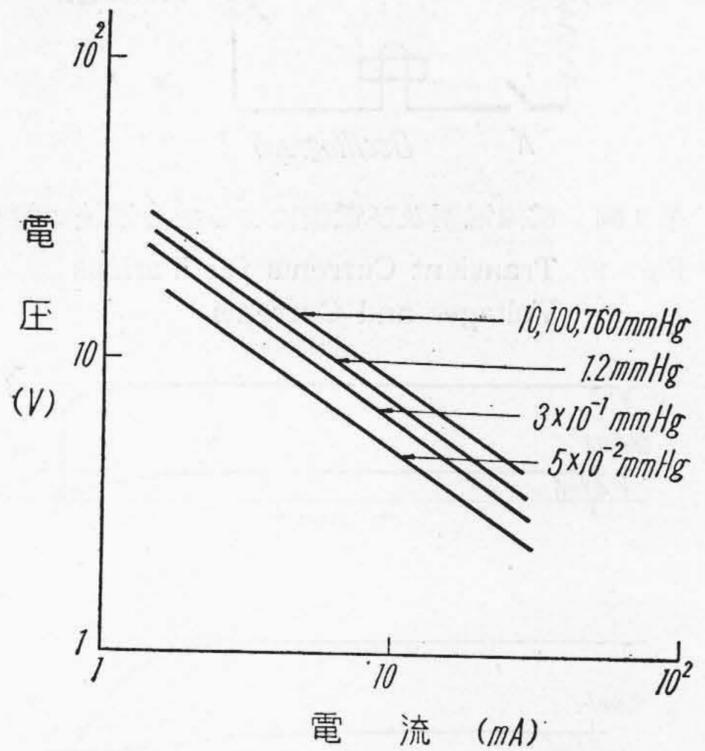
第6圖 I-V, I-R 特性の  $B$  による影響  
Fig. 6. I-V, I-R Curves for Two Values of  $B$

た。即ち  $R_0$  の大きい物程小電流でピーク電壓に達し、又  $B$  の大きい物程抵抗減少が小電流で起つている。

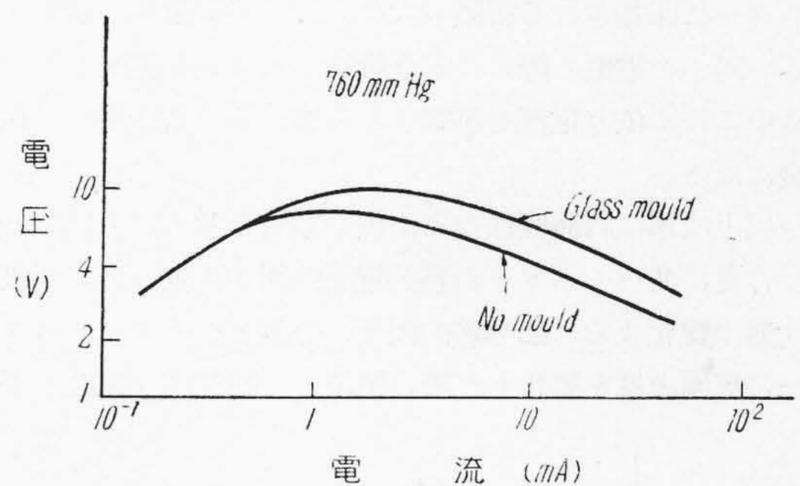
熱放散についてはリード線を傳わるのとビード表面から周圍への放熱との二種が考えられる。筆者等は白金線の太さ、長さ、周圍の氣壓、ビードの表面積等を變化してそれが I-V 特性に及ぼす影響を調べた。數種類の白金線の太さ及び長さに対し  $10^{-4}$  mm Hg の氣壓と大氣壓との中で I-V 特性を測定した結果太く短い程傳導に依る放熱量が多く、爲に溫度が低下し高抵抗を示してい

る。猶高眞空でその影響が著しく現われるが、この場合はビード表面から周圍への放熱が少く、熱放散が主として傳導に依存する爲である。

猶表面からの放熱については第7圖、第8圖の様に、



第7圖 I-V 特性の氣壓による影響  
Fig. 7. I-V Curves for Various Pressures of Atmosphere

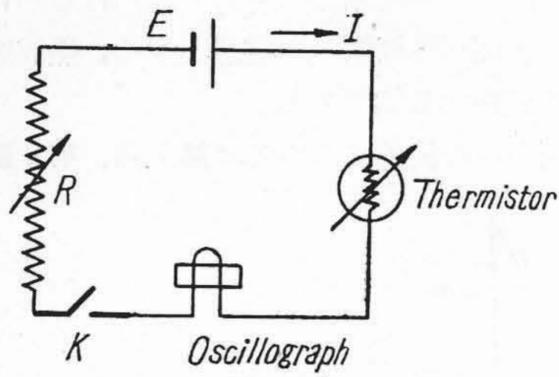


第8圖 I-V 特性の表面積による影響  
Fig. 8. I-V Curves for Large Surface Area

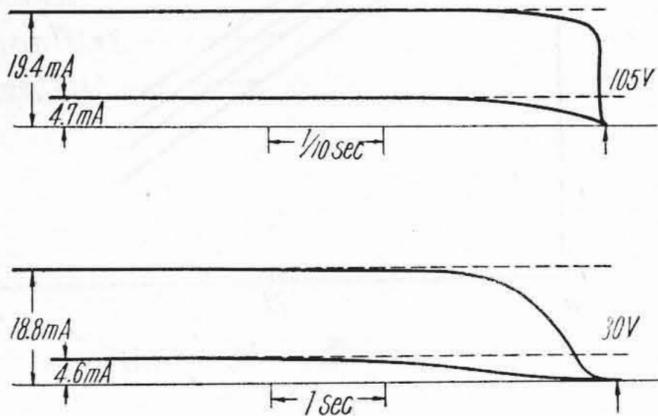
氣壓が高く表面積が廣い程熱放散が多いと云う常識的な結果であつた。

### [V] サーミスターを含む回路の過渡現象

サーミスターは熱に依る抵抗變化を利用している爲、平衡状態に達する迄にはある程度時間の遅れがある。サーミスターを含む回路を閉路するとビードは最初周圍の溫度に對應した抵抗値であるが時間と共に溫度が上昇し抵抗が減少し平衡状態に達する。第9圖(次頁参照)の様な回路で電源電壓  $E$  及び平衡電流  $I$  の値を變化して回路條件のみに依る過渡電流の波形の變化を測定した結果が第10圖(次頁参照)である。電源電壓が高いとサーミ



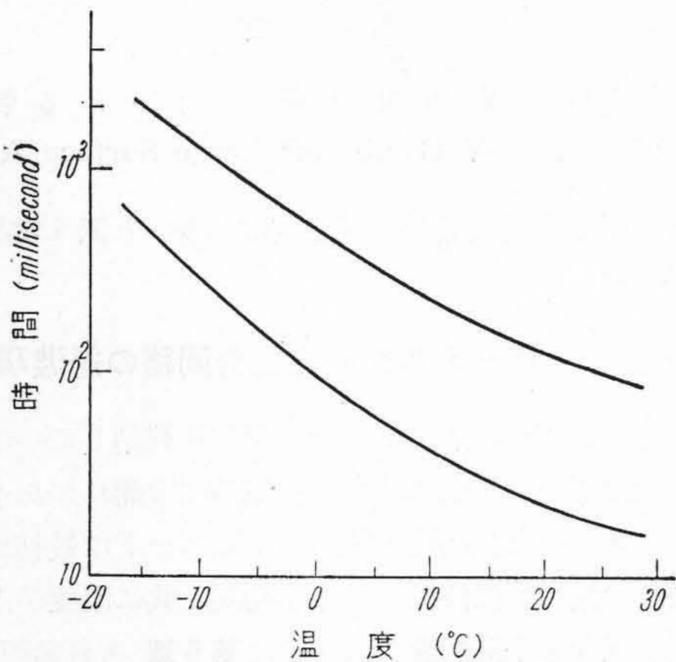
第 9 圖 電源電壓及び電流による過渡電流の變化  
Fig. 9. Transient Currents for Various Voltages and Currents



第 10 圖 電源電壓及び電流による過渡電流の變化  
Fig. 10. Transient Currents for Various Voltages and Currents

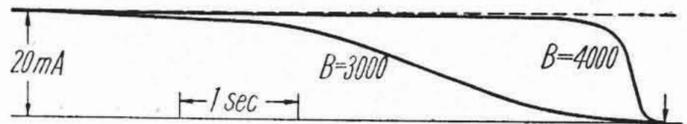
スターに印加される電圧も大きく速やかに抵抗が減少する。同一の電圧の際には安全抵抗が大きいと温度上昇の途中これに依り電流を制御される事が多く電流變化が緩慢になる。

以上は單に回路條件のみに依る影響を考えたのであるが、更にサーミスターの熱的電氣的因子に依つても過渡状態は變化する。即ち熱的因子の一例としてサーミスターの周圍溫度を變化した際、閉路した瞬間から電流が平



第 11 圖 周圍溫度と過渡時間との關係  
Fig. 11. Relations between Ambient Temperature and Transient Time

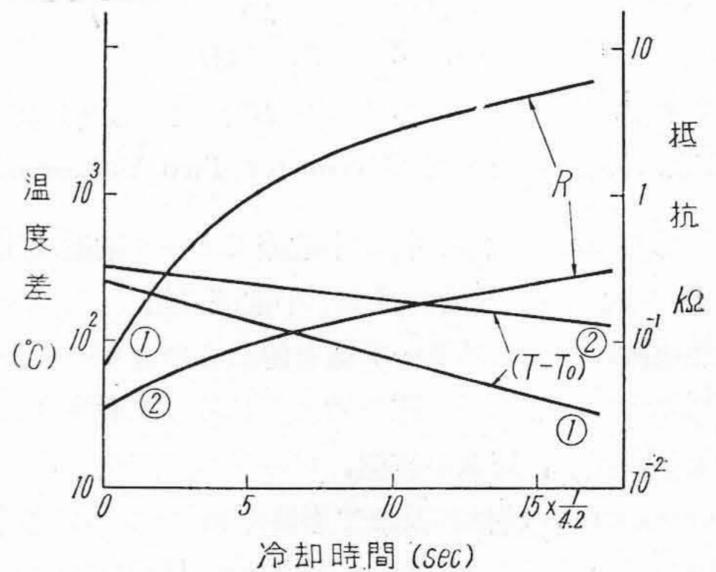
衡値に達する迄の時間と溫度との關係を求めたものが第 11 圖\*である。猶この際の回路は前述の圖と同様で電源は 48 V で安全抵抗は 2 kΩ である。低温になる程放熱量が多くサーミスターが暖りにくい爲時間が長くなつてゐる。又電氣的因子の一例として B のみ異なるサーミスターを使用し、同一回路で電流波形をオシログラフで見た結果は第 12 圖のようで B の小さいものは變化が緩慢になつてゐる。



第 12 圖 B による過渡電流の變化  
Fig. 12. Transient Currents for Two Values of B

[VI] サーミスターの冷却特性

サーミスターを含む回路が始終開閉したり乃至は電源が斷續的に脈動する場合は閉路の際の過渡状態のみならず、電流が遮斷されてからサーミスターが閉路前の状態迄復舊するに要する時間も考慮されねばならない。即ちサーミスターの冷却特性が問題になる。溫度變化が數 10、數 100 秒の單位で測定出来る大きなサーミスターについてに既に報告されているが<sup>(1)</sup>、冷却の早いビード状のサーミスターについてもニュートンの冷却法則が成立するかどうかオシログラフで抵抗變化を読み取り測定した。サーミスターに一定電流を通じ急に回路を遮斷し種々の値の冷却時間の後再び閉路してその時の最初の電流値を読み取つた。回路條件からその時の抵抗値が分り、抵抗溫度關係を予め求めて置けば、各冷却時間に對應したその時の溫度を知る事が出来る。結果は第 13 圖の如くで、失張り大體ニュートンの冷却法則が成立して各瞬間における溫度降下はその時の抵抗體と周圍との溫度差に比例してゐる。



第 13 圖 冷 却 特 性  
Fig. 13. Cooling Characteristic

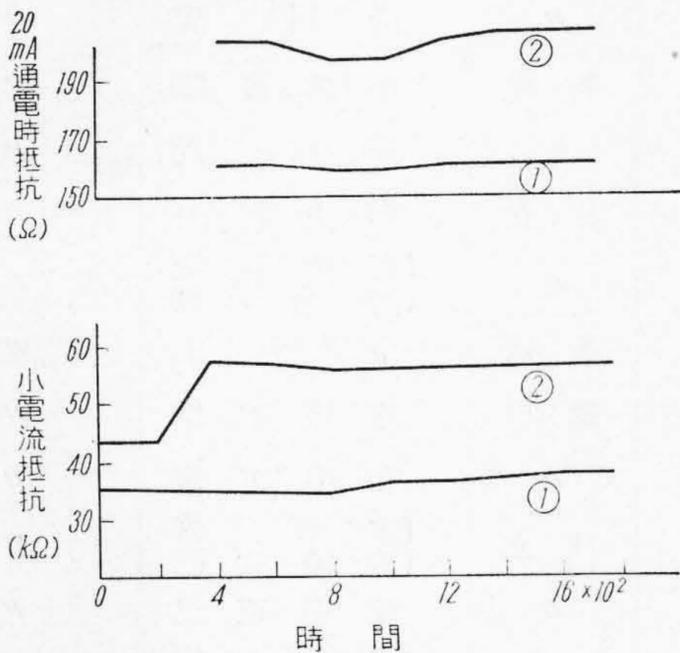
$$T - T_0 = (T_a - T_0) \exp(-t/\tau) \dots \dots \dots (2)$$

此處で  $T_0$  は周圍溫度、 $T_a$  は最初のビードの溫度、 $t$  は冷却時間、 $\tau$  は時定數である。

猶サーミスターの諸因子を適當に擇ぶと  $\tau$  の値を相當變化させる事が出来る。

[VII] 劣化

此の種の部品を使用するに際して一番問題になるのは劣化であつて、特性が時間的に變化する状態を十分吟味する必要がある。そこで實際使用される状態より稍苛酷な條件と思われる 20 mA の直流電流を連續通電した際



第 14 圖 連續通電による特性變化 (D.C. 20 mA)

Fig. 14. Aging Characteristic (D.C. 20 mA)

の抵抗の變り具合を檢討した。微小電流 ( $\mu A$  程度) に依る抵抗値と 20 mA 通電時の端子間抵抗との測定を行い、前者よりはビード自體の變化を後者よりはサーミスター全體の變化を調べた。結果は第 14 圖の様に最初の數百時間に抵抗が増加するが爾後は殆んど一定になる様である。圖中の曲線は最も變化の大きいものを掲げた。

[VIII] 結 言

以上サーミスターの特性とそれを含む回路とを支配する色々の問題について檢討した結果を紹介した次第である。サーミスターは最近利用され始めた計りで、その活用は殆んど將來の問題であるので、以上簡單に大方の御參考に供すると共に、御指導御協力を頂いて、種々の方面へサーミスターの開発を計り度い所存である。

最後に御指導御鞭撻を頂いた通信研究所回路部品課の川口、木村兩技官と日立製作所鳥山濱田兩博士、伴野正美氏に深く感謝する次第である。

參 考 文 獻

- (1) J. A. Becker, C. B. Green, G. L. Pearson ; E. E. 65, 1946, 711.
- (2) A. M. Stoll, T. D. Hardy ; R. S. I. 20, 1949 678.
- (3) 澤崎、千葉：電氣工學海外論抄、3, 1950, 22.

\* 本測定は日立製作所戸塚工場江森氏に依る。掲載を許可された同氏に謝意を表する。

第 33 卷 日 立 評 論 第 12 號

- ◎八幡製鐵所第一分塊工場用 4,000 kW イルグナー式電氣設備に就いて.....八幡製鐵株式會社八幡製鐵所動力部長・戸田 到
- ◎八幡製鐵株式會社八幡製鐵所納二重逆轉式分塊壓延機用 4,000 kW イルグナー方式電氣設備.....日立製作所・日立工場 { 田附 修  
木田 眞吉  
山本 正雄  
泉 千吉郎  
平川 克己
- ◎HTD とその應用.....日立製作所・日立工場 { 田附 修  
吉田 正吉  
笠原 達雄
- ◎東北電力 K. K. 遠方監視制御式鹽釜築港變電所..... { 東北電力株式會社・若林 彊  
日立製作所・多賀工場・森山 一夫
- ◎PM-111 型 PF-111 型 150 MC-FM 無線電話裝置 (その二).....日立製作所・戸塚工場 { 北條 德  
長濱 良三  
今西 久彌
- ◎サーミスターとその應用 (その二).....日立製作所・中央研究所・二木 久夫
- ◎質量分析計とその應用 (その二).....日立製作所・中央研究所・神原 豐三
- ◎發條網の耐久度に及ぼす熱處理の影響.....日立製作所・笠戸工場・鈴木音次郎

東京都品川區  
大井坂下町 2717

日 立 評 論 社

誌代一冊 ¥ 100 円 12  
半年分 ¥ 360 円 70  
一年分 ¥ 720 円 120

特 許 月 報

最近登録された日立製作所の特許及び実用新案(2)

區 分	登録番号	名 稱	工場名	発 明 考 案 者	登録年月日
実用新案	385591	電圧自動調整装置	日 立	今 尾 隆	26~10~17
//	385592	電動機の安全運轉装置	//	{檜垣登夫 佐川伊知	//
//	385593	氣中遮斷器電弧流し	//	滑 川 清	//
//	385594	變流器二次回路保護用アレスター	多 賀	小 林 哲 郎	//
//	385595	水車調速機事故検出對應装置	//	齋 藤 武	//
//	385596	導體導出部のコロナ防止装置	日 立	井 上 利 夫	//
//	385597	車輛用可熔器装置	//	{高橋健造 河合輝	//
//	385598	カーボンパイル抵抗器	多 賀	小 室 甲 二 郎	//
//	385599	壓縮空氣の熱を利用した煖房装置	龜 戸	芥 川 重 雄	//
//	385600	電動コーヒーミル	//	和 田 正 脩	//
//	385601	油入電器放出筒	日 立	{木澤修己 渡邊政己	//
//	385602	油入電器の安全筒	//	渡 邊 正 己	//
//	385603	多段式抵抗器	//	{菅原良 大越良	//
//	385604	變壓器放出筒加熱装置	//	滑 川 清	//
//	385605	油 入 變 壓 器	//	滑 川 清	//
//	385606	油入電氣器に於ける侵入警報装置	龜 戸	鬼 頭 國 忠	//
//	385607	變壓器油槽の排水装置	//	大 西 眞 史	//
//	385608	金 屬 被 膜 紙	日 立	山 邊 知 定	//
//	385609	繼 電 器	多 賀	猿 渡 房 吉	//
//	385610	電磁スイッチの互錠装置	//	{横内直中 田澤卓	//
//	385611	速 度 制 御 器	//	安 川 昌 平	//
//	385612	卷取機の速度制御装置	日 立	{滑川清助 田中貞之	//
//	385613	カーボンパイル抵抗器	多 賀	久 米 平 助	//
//	385614	卷鐵心型變壓器	龜 戸	大 西 眞 史	//
//	385615	同軸ケーブル用隔離體	電 線	{青木岩一 宮本球清 大谷	//
//	385616	同軸ケーブル用隔離體	//	{青木岩一 宮本球清 大谷	//
//	385617	歪 測 定 器	龜 有	富 田 忠 二	//