

サーミスターとその應用 (その二)

—— 傍熱型サーミスター ——

二 木 久 夫*

Thermistor and its Application (Part 2.)

—— Indirectly-heated Thermistor ——

By Hisao Futaki

Central Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

An introduction of the indirectly-heated thermistor which was studied in our laboratory was done. It consists of a bead type semi-conductor, a heater and a glass bulb. The electrical resistance of the bead depends on its temperature which is controlled by the heater current.

The dependences of the bead-resistance on the heater current, to the construction and to the gas pressure in the bulb, were examined.

Life tests have been continued about half an year, and they tell us that the characteristics of the thermistor, used at the temperature below 180°C are steady enough.

[I] 緒 言

傍熱型サーミスターは抵抗の温度係数の大きい半導体ビードの外にこれと絶縁されたヒーターを有する抵抗素子であつて、ヒーターから供給された熱エネルギーにより傍熱的にビードが加熱され、これに伴うビードの抵抗變化が種々の目的に利用される。傍熱型サーミスターを自動利得調整装置(A. G. C.)に用いる時、被制御側と制御側とが互に獨立し、雑音の發生がなく伸長特性が良好となる⁽¹⁾。しかし傍熱型サーミスターと一口に言つても、直熱型サーミスターを二極管にたとえるならば傍熱型は多極管の如く、その構造及び大きさも種々様々である。それらについて一詳細に述べることは容易でないので本稿に於ては其中で最も一般に用いられている型について説明することにした。一般の型でも我國に於ける歴史は未だ非常に淺く、現在大量に用いられているのは通信機の A. G. C. 位のものである。しかし傍熱型サーミスターは直熱型のもと同じく A. G. C. 以外の種々の分野にも應用される可能性の大きいものなので、本稿に

於てその大體の特性を述べて參考に供する次第である。

[II] 傍熱型サーミスターの構造及び定數

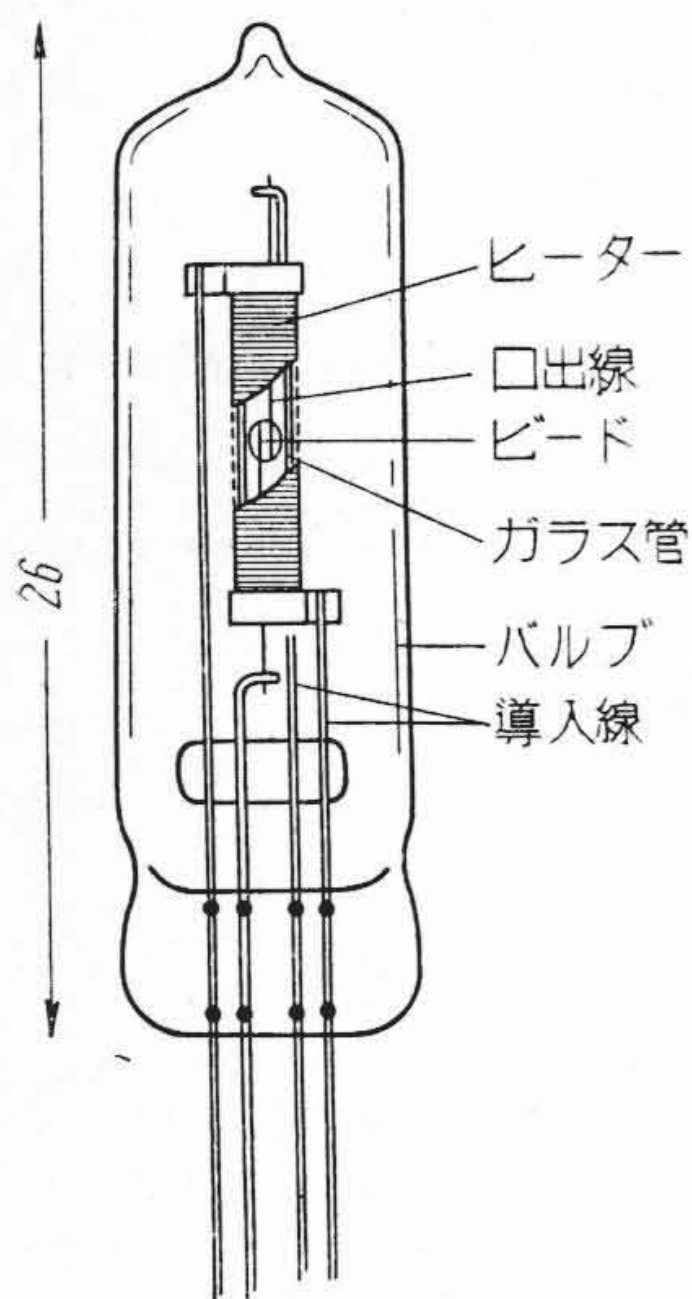
一般の傍熱型サーミスターは第1圖(次頁參照)に示す如くヒーターとビードを組合してガラス管内に封入した構造になつている。ヒーターは外径 1φ 程度のガラス管の外側にニクロム線を捲付けたもので兩端は小さいニッケルのターミナルで留める。ビードはヒーターの中心部に置かれ、通電によるヒーターの Joule 熱によつて加熱され、同時に次式に従つてその抵抗値を變化する⁽²⁾⁽³⁾。

$$R = R_0 e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}\right)}$$

R は $T^\circ\text{K}$ の時のビードの抵抗値、 R_0 は同じく $T_0^\circ\text{K}$ の抵抗値、 B はビードに固有の係數である。そして傍熱型サーミスターのヒーター電流に對するビードの抵抗の特性即ち I_h-R_b 特性はヒーターの構造、管内の封入ガス壓、ビードの構造、 B, R_0 によつて變化する。一般に傍熱型サーミスターを使用する立場からは眞空管の諸定數を論ずると同様次に述べる定數が問題となる。

(1) 常溫に於けるサーミスタービードの抵抗値 (R_0)

* 日立製作所中央研究所



第 1 圖
一般型傍熱サーミスター

Fig. 1.
Indirectry-heated
Thermistor

常温といつても一定ではないがビード抵抗の絶対値を示す量として 20°C の抵抗値が一般に用いられる。

(2) ヒーター抵抗 (R_h) ヒーター電流 (I_h)

使用目的に応じてヒーター抵抗の範囲は制限を受けるので、これが一つの定数となる。同じ形状のヒーターである場合ヒーター抵抗の高いものほど同一熱量を発生するためのヒーター電流が小さくなることはいうまでもなく、真空管グリッドバイアス電圧と同じく実際の動作状態に於けるヒーター動作電流の中心点をヒーター電流と定義する。

(3) 伸長率 (α) 及び感度

傍熱型サーミスターの特性を表わす一つの定数として A. G. C. 回路等で伸長率 α なる定数を用いる。 α は

$$\alpha = \Delta \log R_b / \Delta \log I_h$$

で定義される。 α は一つの傍熱サーミスターに於て一定のものでなく真空管 G_m が I_p の変化によつて変化する如く I_h の変動に従つて変化する。又感度として $\Delta \log R_b / \Delta I_h$ なる値を用いる場合がある。この場合 I_h の小なるものは必然的に $\Delta \log R_b / \Delta I_h$ が大きくなる。

(4) Time lag (或は Time constant)

之は I_h の変化が R_b の変化に及ぶまでの時間のずれで、今のところはつきりした定義がなされていない。傍熱型サーミスターを含む回路として別個に Time constant なる定義が用いられている⁽⁴⁾。

〔Ⅲ〕 傍熱型サーミスターの特性 に及ぼす諸因子

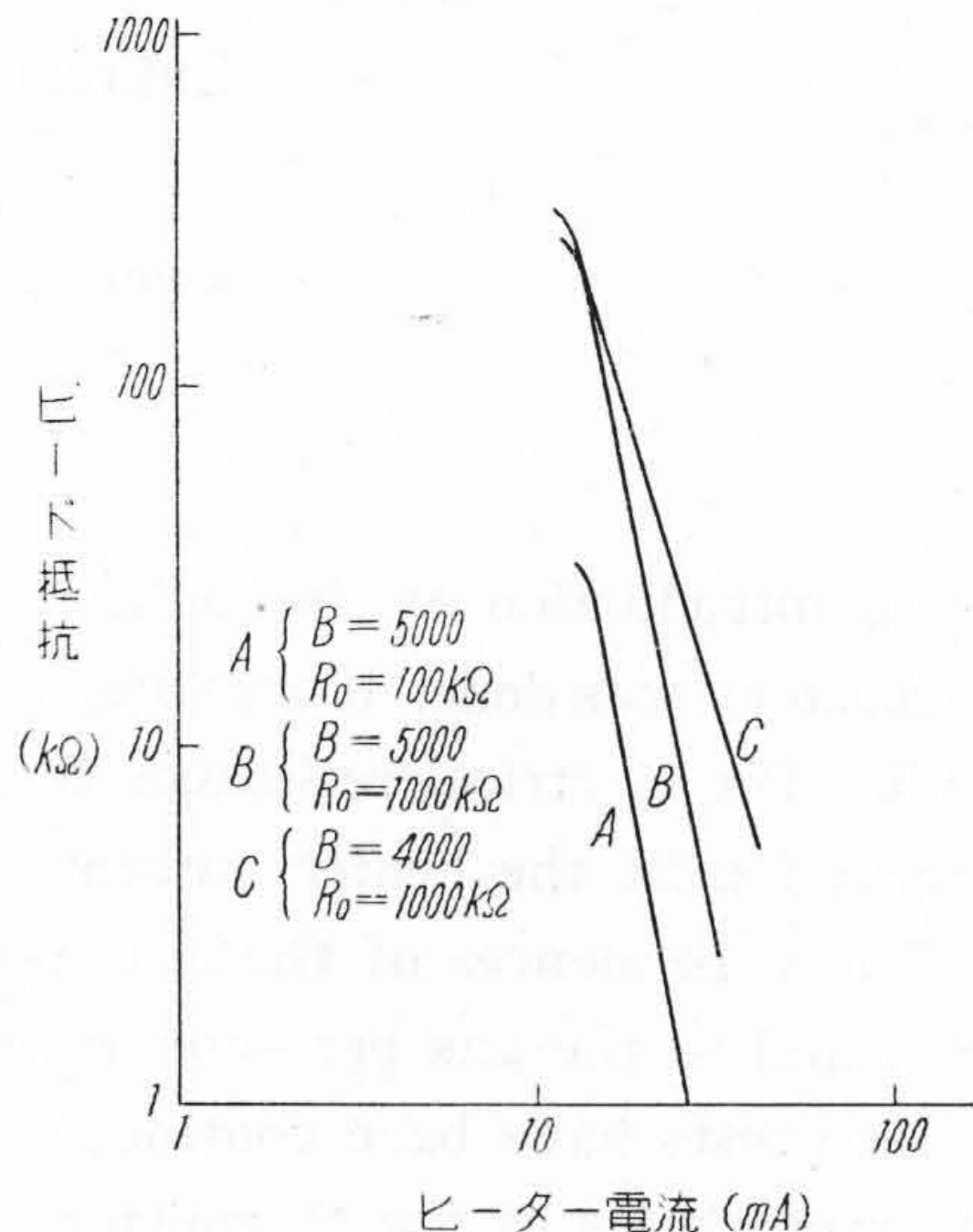
傍熱型サーミスターの I_h-R_b 特性は極めて多くの因子によつて支配される。それらの因子を下記する。

(1) サーミスタービードの抵抗 (R_0)

R_0 が異れば当然特性は變化するが、第 2 圖に示す如く特性が上下に移動するだけで I_h , α , time lag には關係しない。勿論この場合他の要素は一定に保っている。

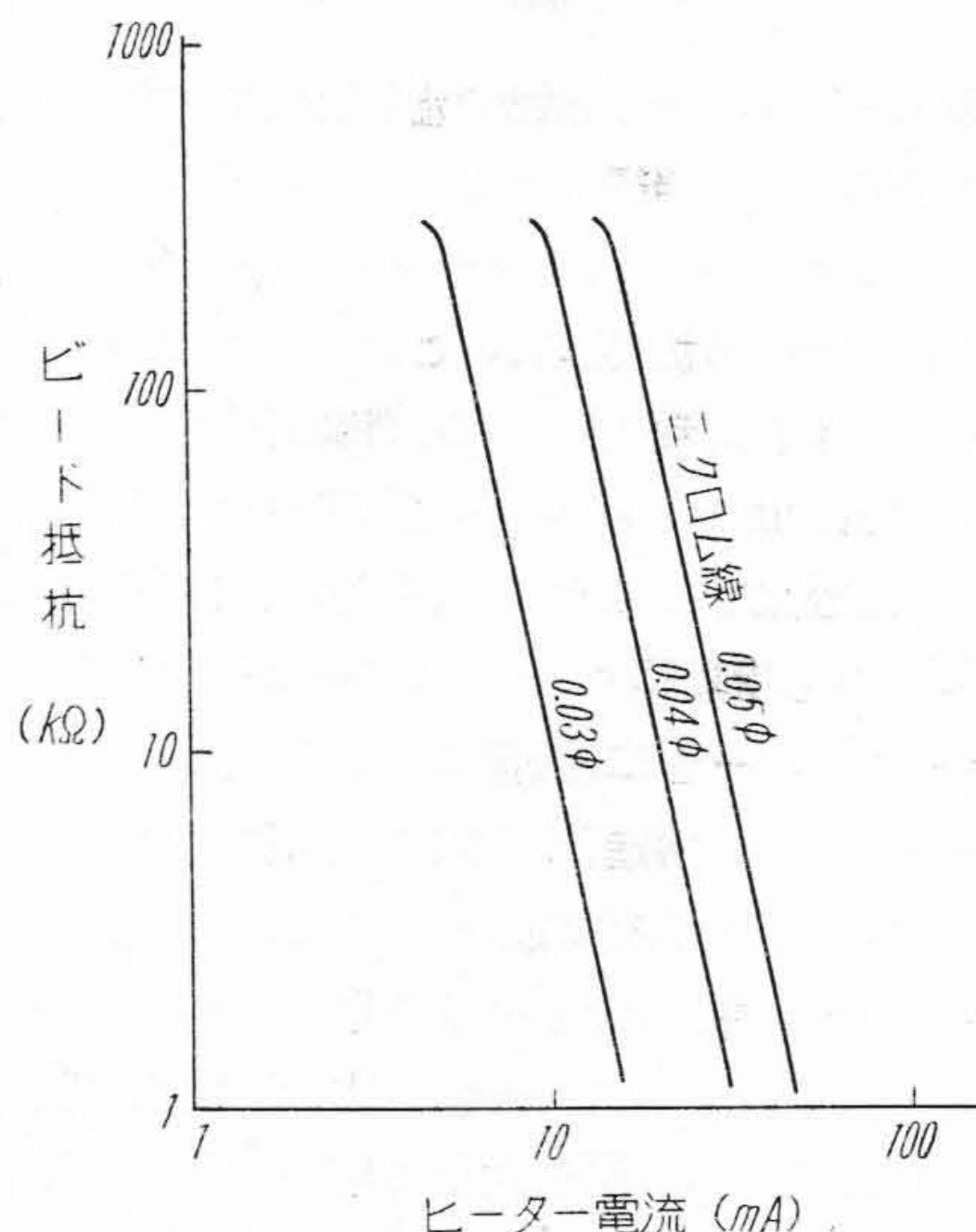
(2) ヒーター抵抗値 (R_h)

同じ形状のヒーターに於て同じ量の Joule 熱を發生する爲の I_h は R_h の 2 乗に逆比例する。ニクロム線を同じ表面積のガラス管に密巻にする時の R_h はニクロム



第 2 圖 I_h-R_b 特性に及す R_0, B の影響

Fig. 2. I_h-R_b Characteristic for Various R_0 and B of Bead Type Thermistor



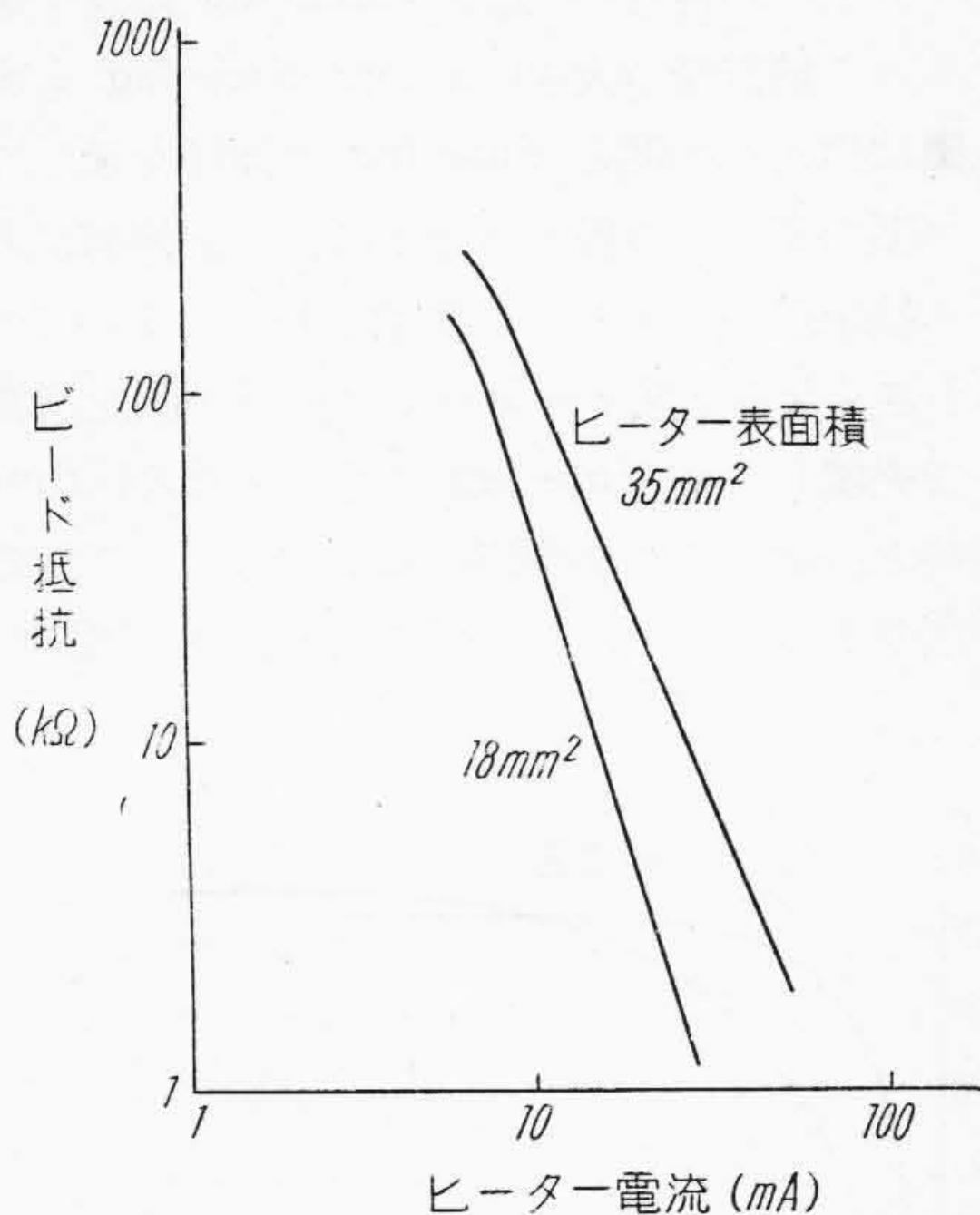
第 3 圖 I_h-R_b 特性に及すニクロム線ヒーターの太さの影響

Fig. 3. I_h-R_b Characteristic for Various Size of Heate Wire

線の太さの4乗に逆比例するから I_h はニクロム線の太さの2乗に比例する。その関係を第3圖に示すが、この場合 I_h は變化するが α は變化しない。

(3) ヒーターの構造

R_h が同じ場合、ヒーターの構造によつて特性が變化する。一例としてヒーターの大小による I_h-R_b 特性の相違を第4圖に示す。圖でわかる様にヒーターの大小は I_h



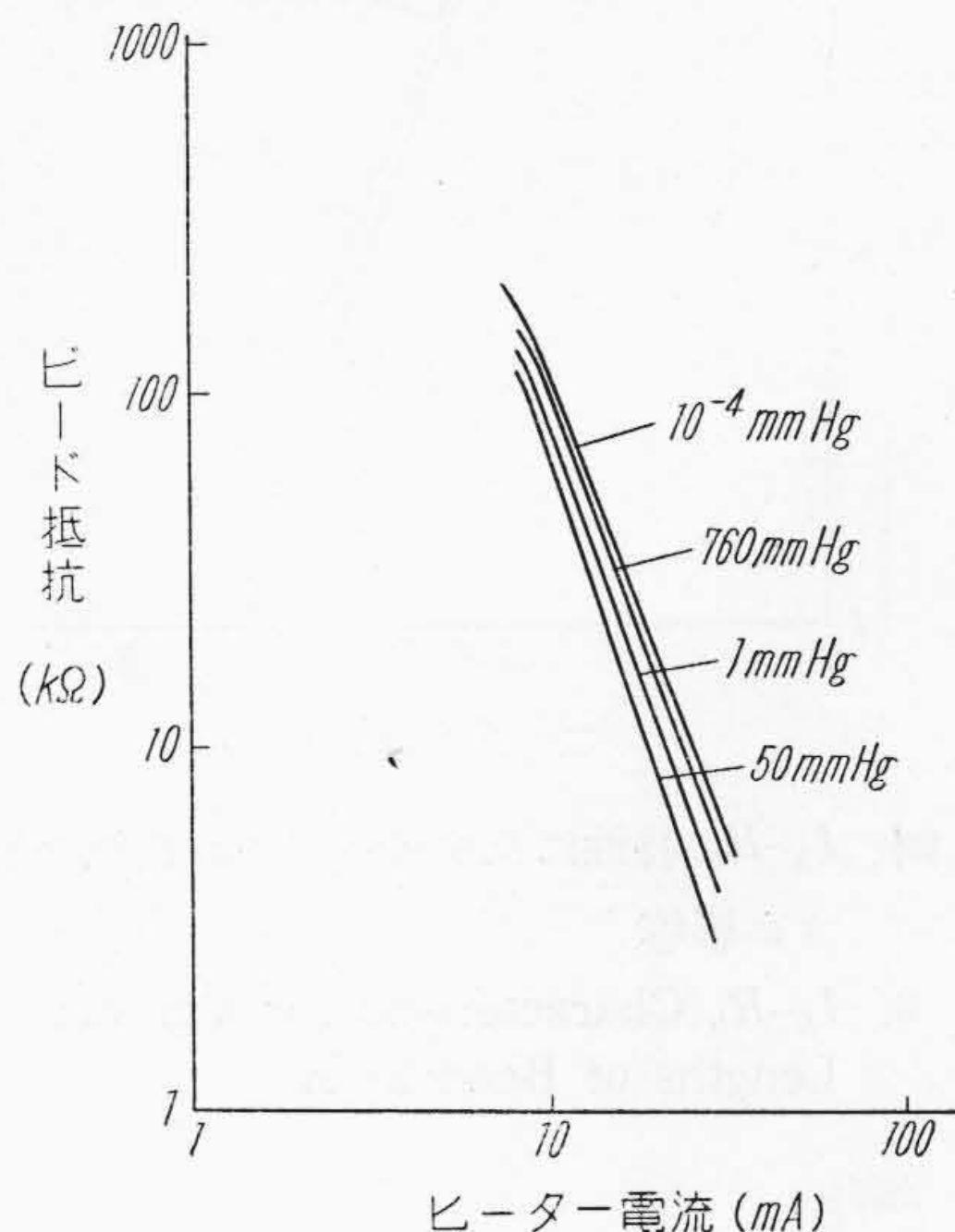
第4圖 I_h-R_b 特性に及すヒーターの大きさの影響
Fig. 4. I_h-R_b Characteristic for Various Size of Heater

及び α に影響をもたらすため特性の良好なものを得るためには出来るだけヒーターを小型化する必要がある。又ヒーターの両端のターミナルの大小等も特性に影響を及す。

(4) 封入ガス圧

ビードの温度はヒーターからビードに入る熱エネルギーと口出線を通つてビードから外部に逃れ去る熱エネルギーの差によつて定まる。一般の型ではヒーターとビードとの間が氣體であるために、熱エネルギーの移動能率が悪く、その上ビードに入つた熱は大部分ビードの口出線から外部に逃れ去る。管内を 10^{-4} mmHg 以下の壓力にすると、等しいヒーター電力に対するヒーター温度は 10^{-2} mmHg 以上のガス壓におけるものより高くなる。これはガス分子による熱傳導が妨げられるからであるが、かくしてヒーター温度を高めても、同様理由によりヒーターからビードへの熱傳導も妨げられ、單に輻射のみが熱エネルギーを運搬するものとなり、しかもヒーター温度 300°C 附近では輻射も極めて小さいものであるからビード口出線から逃れ去る熱エネルギーの方が比較的に大きくなる。故にある程度のガスを管内に封入し

てガス分子による熱傳導によつて輻射によるより大きい熱量をビードに與える方が、同時にヒーター温度を低下させるガスの作用が存在しても有利である。しかしガス封入壓をあまり高くするとその逆にヒーターの温度が著しく下つてかえつて損をすることになるので適當な封入ガス壓が存在する。第5圖に封入ガス壓を變えた場合の



第5圖 I_h-R_b 特性に及す封入ガス壓の影響
Fig. 5. I_h-R_b Characteristic for Various Gas Pressure in Bulb

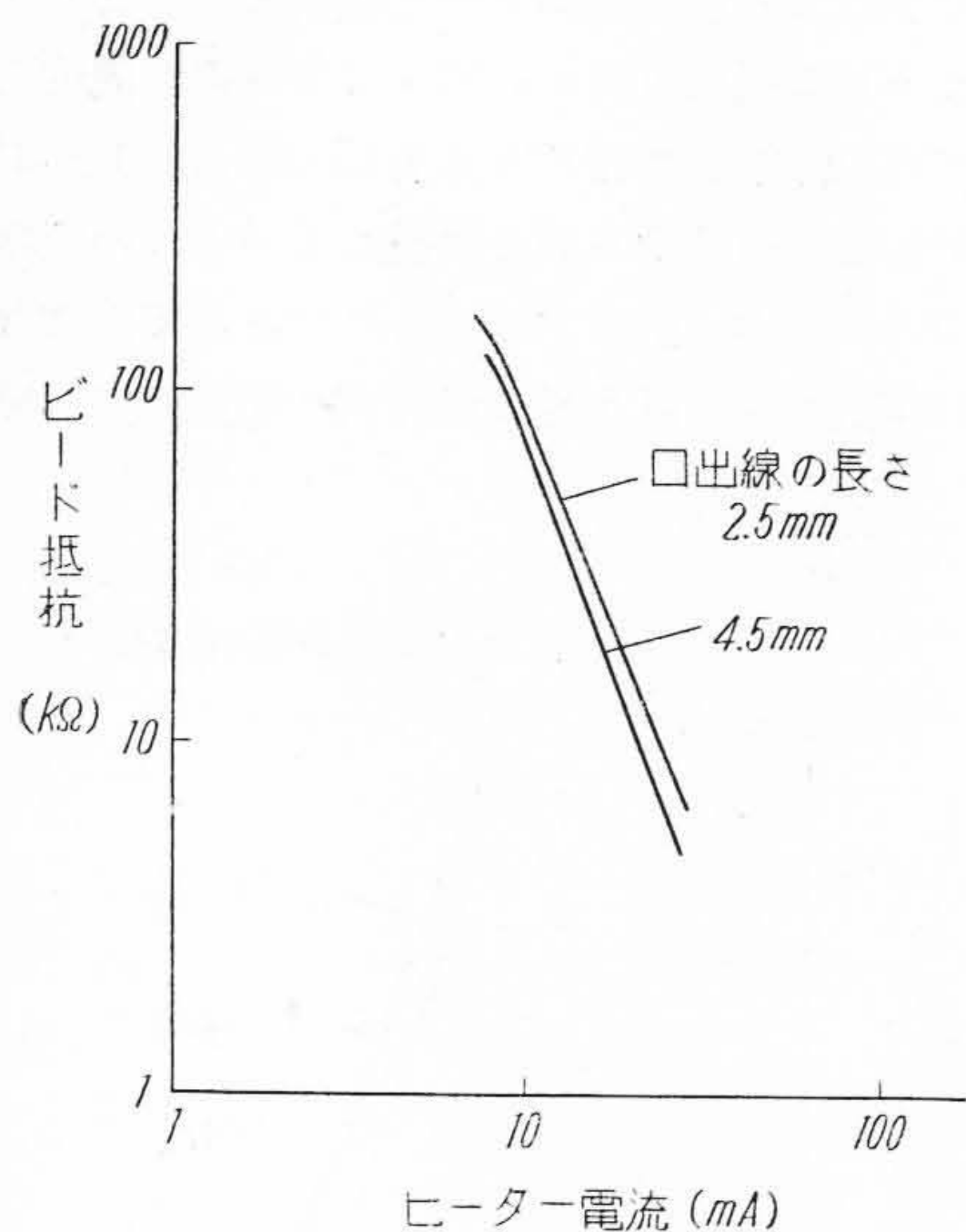
特性の變化を示す。圖から 50 mmHg 程度のガスを封入したものが最もよい特性であることが判る。

(5) ビードの口出線の寸法

前にも述べた様にビードの熱はその口出線から逃れるのが大部分である故に、ビードの口出線の長さを長くするか細くして熱傳導を小さくすることはビードの温度を高める一手段である。第6圖(次頁参照)にビードの口出線の長さが 2.5 mm 及び 4.5 mm の場合の特性を示したが、わずか 2 mm の違いで相當な特性の變化が現われることがわかる。ビードの温度はこの口出線の寸法と封入ガス壓の双方の函數となる。そして極端に口出線を長く細くした場合にはビードの温度を上げるためにある程度のガスを封入するより 10^{-4} mmHg 以下に排氣する方が遙かに有効であることが第7圖(次頁参照)の data よりわかる。第7圖は口出線の長さを極端に長く、太さを極端に細くした傍熱サーミスターと普通のものとの比較で、ビードを同じ温度にする爲に前者が遙かに小さいヒーター電力で足ることを示している。

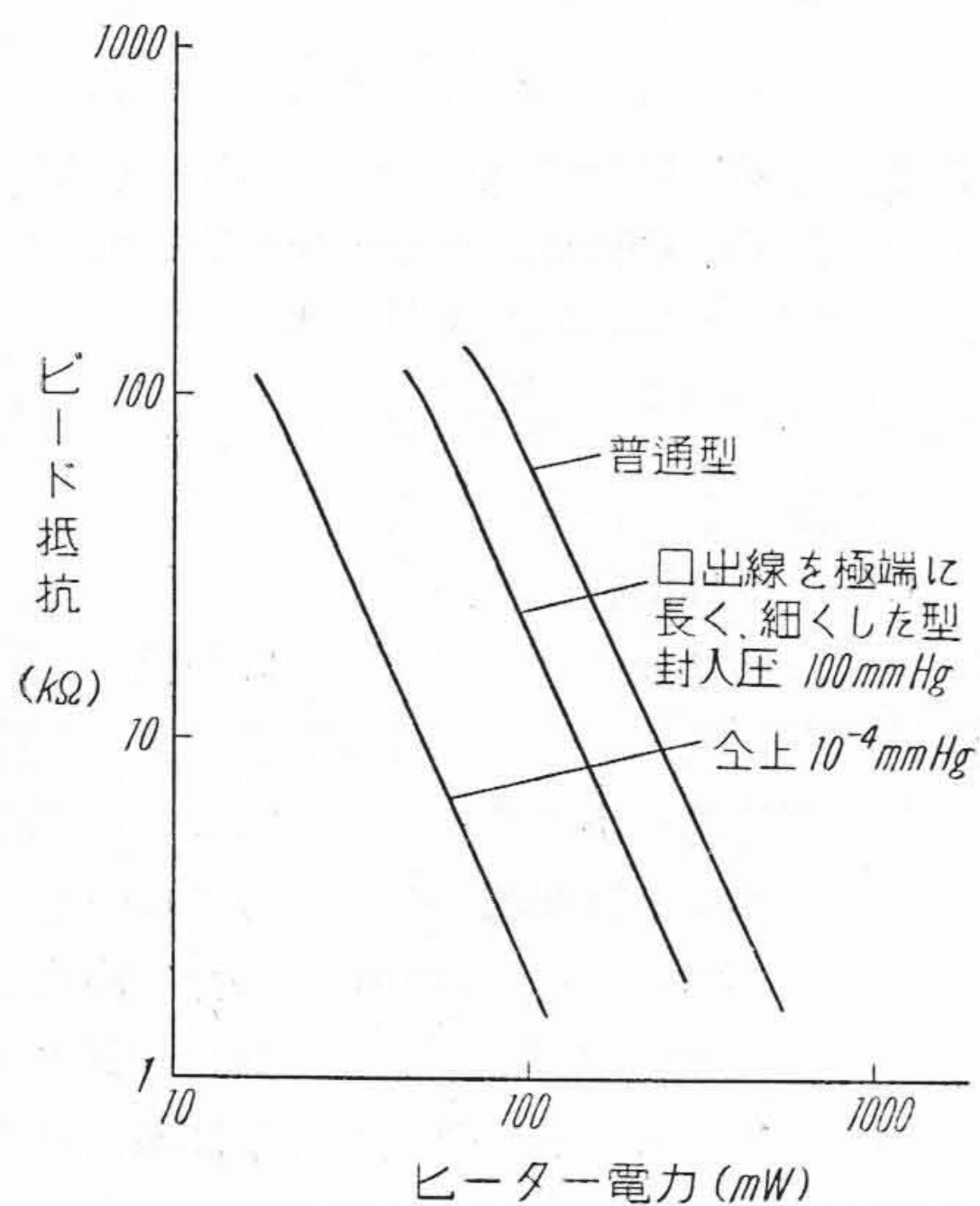
(6) サーミスタービードの B

ビードの B が異れば特性が異なることは明かで、一般に B は 3,000~7,000 のものが得られるので、これを



第6図 I_h-R_b 特性に及すビードの口出線の長さの影響

Fig. 6. I_h-R_b Characteristic for Various Lengths of Bead Lead



第7図 ヒーター加熱電力に及す口出線の寸法の影響

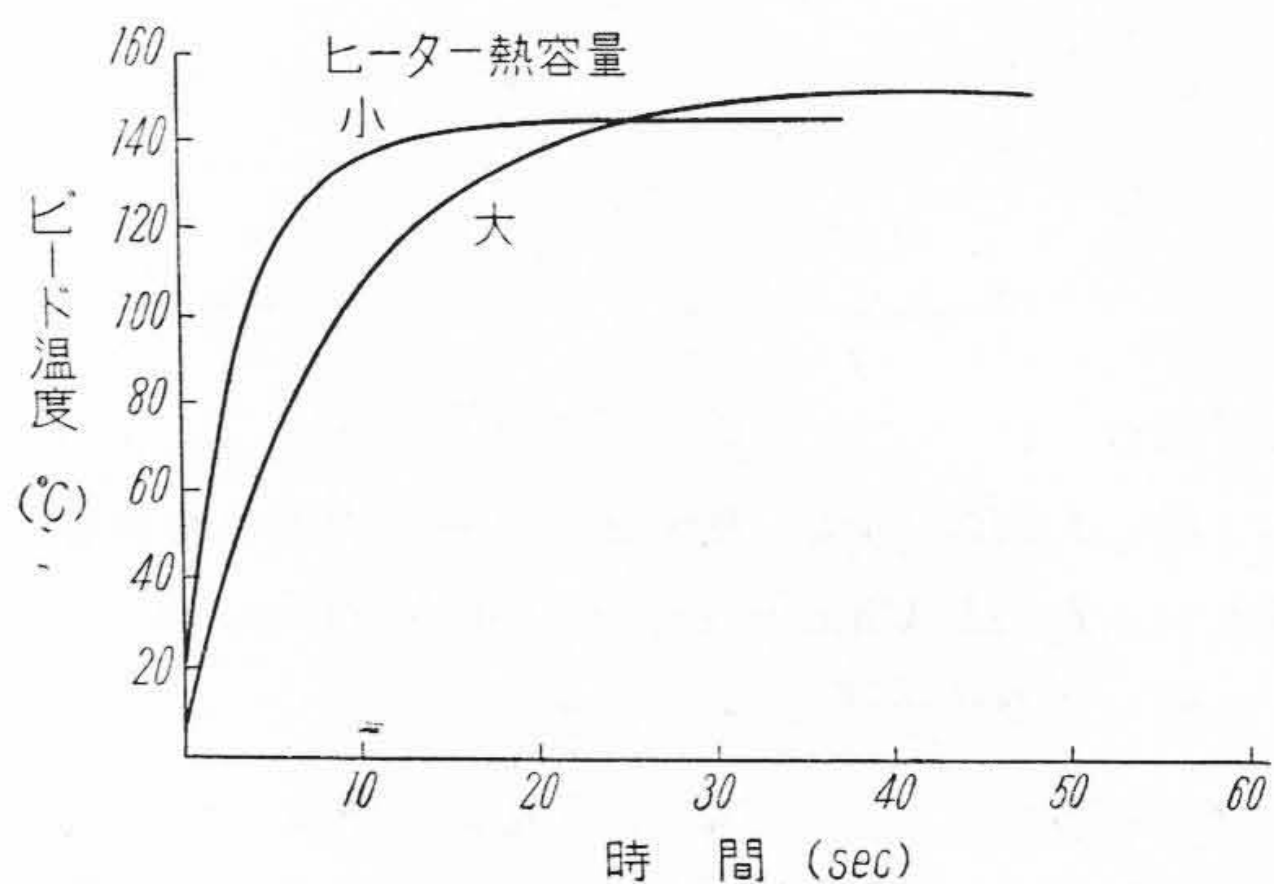
Fig. 7. The Relation between Size of Lead Wire and Heater Wattage

適當に使うことにより任意の特性のものが作られるが、一般に B の高いものはその固有抵抗も高いので B を大きくして R_0 の小さいものを得るためにはビードの機械が構造を変えなければならない。 B が 4,000 及び 5,000 の場合の特性を圖示すると第2圖 C, B の如くなり α に大きく影響することがわかる。

α 及び I_h に及す因子はこの他にも種々あるが本稿にはその影響の大きいもののみを述べた。

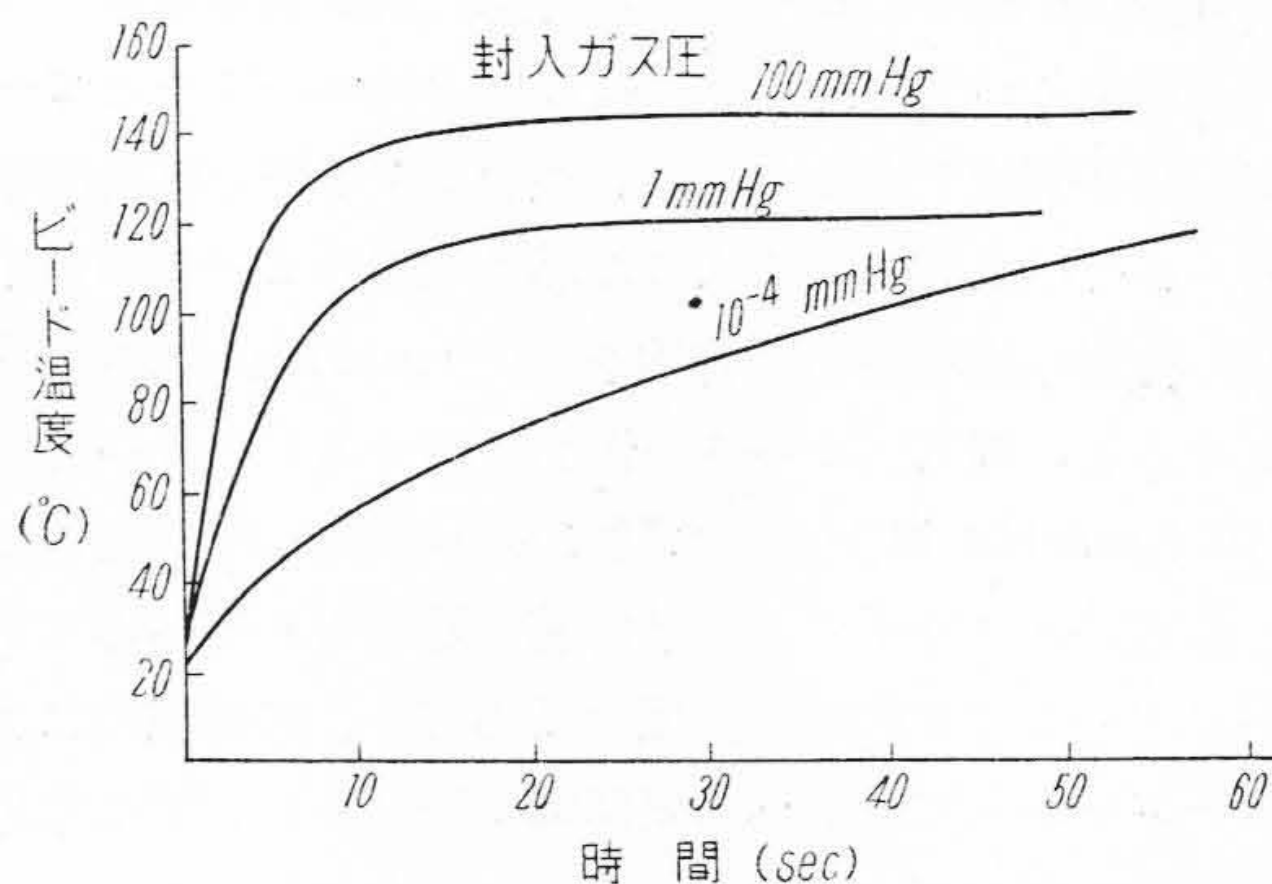
(7) Time lag について

ここでは傍熱型サーミスターの time lag の模様を圖示して比較するに止めた。time lag はヒーター及びビードの熱容量及びヒーターよりビードへの熱の移動能率等に関係するものである。圖によつて説明すると、第8圖はヒーターの熱容量の大小が time lag に及す影響を示したもので熱容量の大きいものは time lag も大きい又第9圖は封入ガス圧と time lag の関係を示しており封入ガス圧の高いもの程ガス分子による熱傳導が大となり、その結果熱エネルギーが移動し易くなるので time lag が小さくなる。又ヒーターとビードの間を適當なセメントで充填しても time lag は小さくなる。time lag は加熱時と冷却時では多少趣を異にするものであるが、一般の型のものではさほど問題になる程度の相違はない。



第8圖 ヒーターの熱容量の大小による Time lag の相異

Fig. 8. The Variety of Time Lag for Heater Size

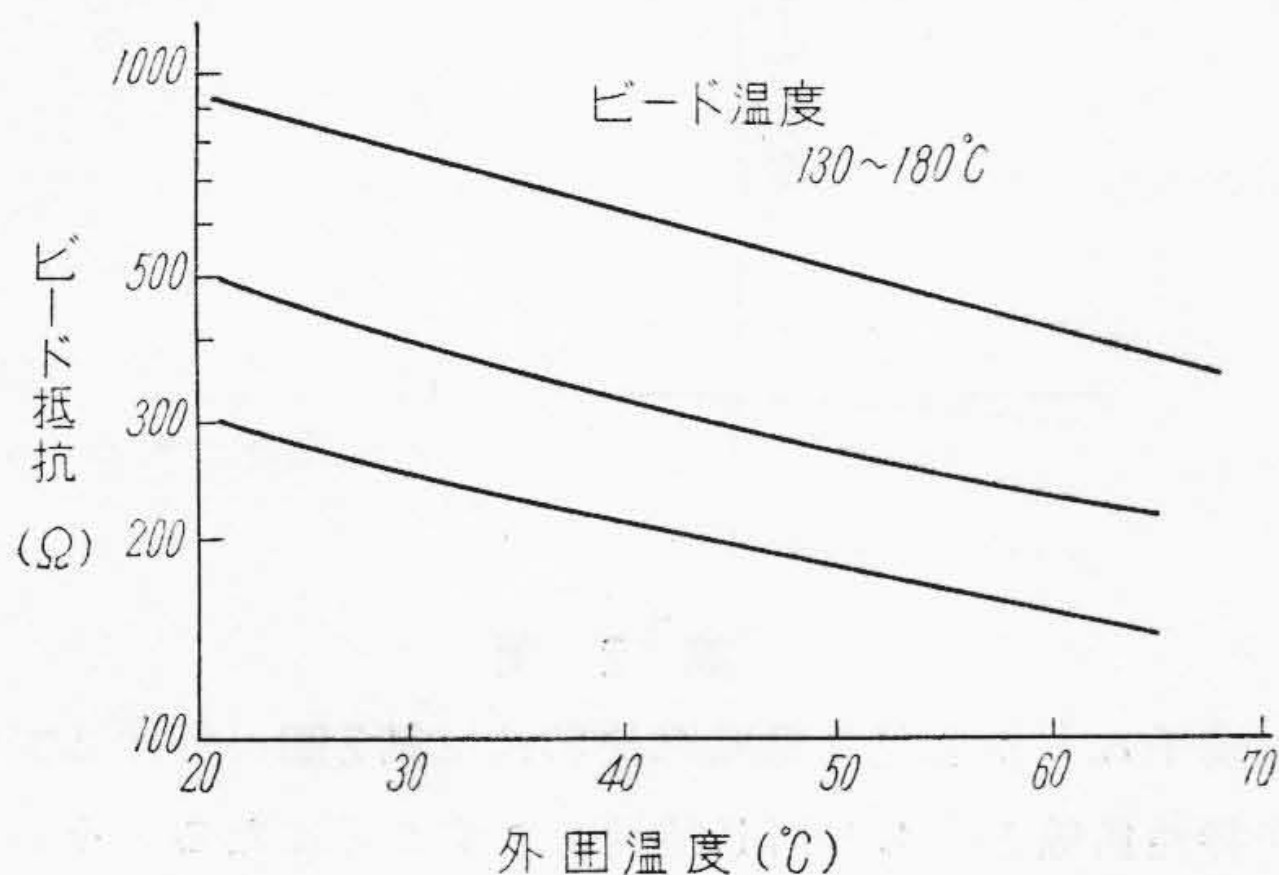


第9圖 封入ガス圧が Time lag に及す影響

Fig. 9. The Relation between Time Lag and Gas Pressure in Bulb

[IV] 外圍温度の影響

サーミスターは温度に對し抵抗の變化が極めて大きい。従つて直熱型サーミスター同様傍熱型サーミスターに於ても動作中外圍の温度が變化すると當然ビードの抵抗が變化する。しかし動作温度が高い程その影響は小さくなる。一例を示すと第10圖の如くである。この圖は

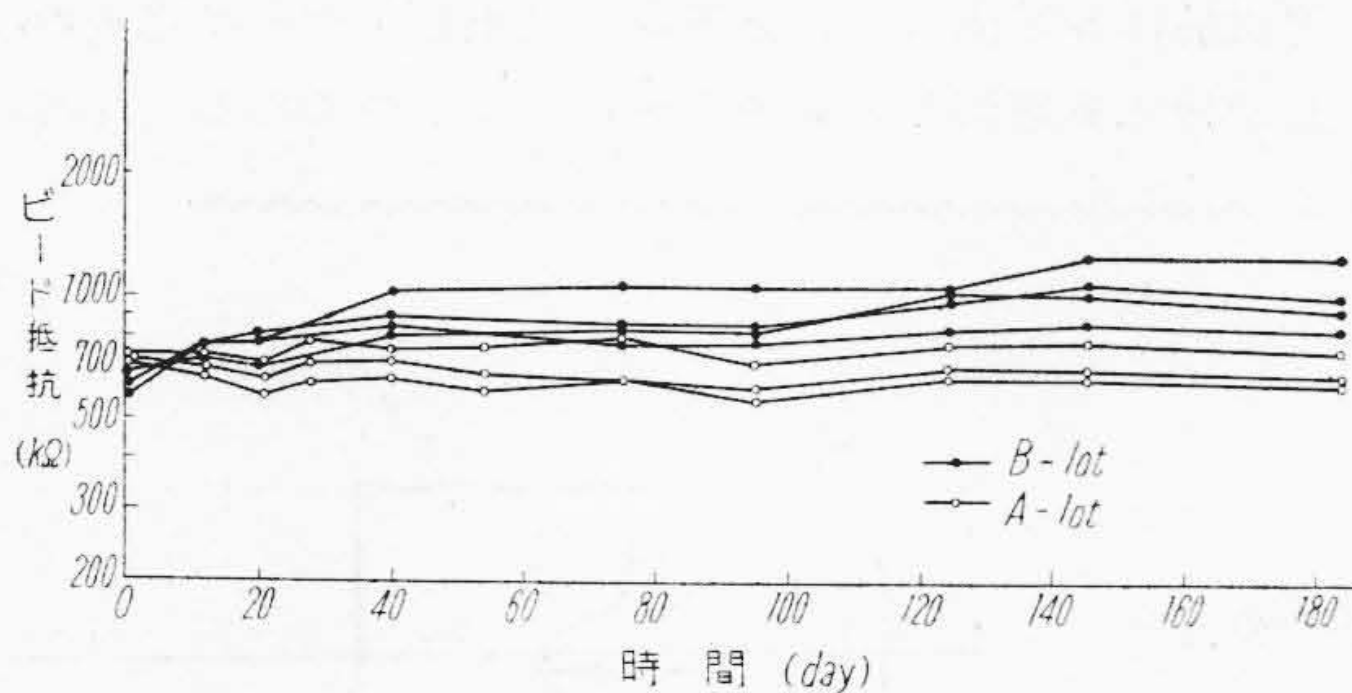


第10圖 ビード抵抗に及す外圍温度の影響

Fig. 10. The Relation between Resistance of Bead Type Thermistor and Room Temperature

ビード温度 $130^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{C}$ の範圍で試験したものである。従つて鋭敏な動作をする装置には温度補償回路をつけ加える必要が起つて来る。このことはサーミスターを使用するに際して常に念頭におく必要のある事柄である。

[V] 壽命



第11圖 壽命試験

Fig. 11. Life Test

最後に傍熱型サーミスターを使用するに當つて問題になることは壽命がどうかということである。吾々の研究室で行つてゐる現在まで約6カ月間の壽命試験の結果は第11圖の如くで、圖は壽命試験の途中ヒーター電流を切り常温にまで冷却しそのビードの抵抗値を 20°C の抵抗値に換算したものである。圖中 A-lot では6カ月間にわたり殆ど抵抗値に變化は見られぬが、B-lot では50~100% 抵抗値が上昇している。これは動作状態でも同じ傾向が見られる。A-lot はこの場合試験温度が約 180°C で、この程度の動作温度においては十分使用に耐える。B-lot は 220°C 附近で試験したもので、この温度で使用することは好ましくないことが示されている。又其他の實驗でも大體 200°C がこの種のビードに對する上限の使用温度であることがわかつてゐる。但しこの温度もビードの組成によつて大幅に變化するものである。

[VI] 結 言

以上傍熱型サーミスターについて構造、定數、特性に及す諸因子、壽命等について簡単に説明したが、問題は唯これだけのものではなく、特性のばらつきなど實用上、製作上重要な多くの問題がある。又本稿には最も一般のもののみについて述べたが、其他特性の果る種々の型のものが完成している。この特殊なものについては他日稿を收めて報告することとする。何分傍熱型サーミスターの歴史は非常に新しいから現在は應用範圍も狭いが今後は益々各方面に應用分野を開拓されるよう各方面の方々に御盡力を乞ひ願うと同時に傍熱型サーミスターもそれらの用途に應じた特性のものを製作したいものと考えてゐる。

最後に本傍熱サーミスターの試作研究について御指導御鞭撻を頂いた鳥山、濱田兩博士並びに高田昇平氏に深甚の謝意を表する。

参 考 文 獻

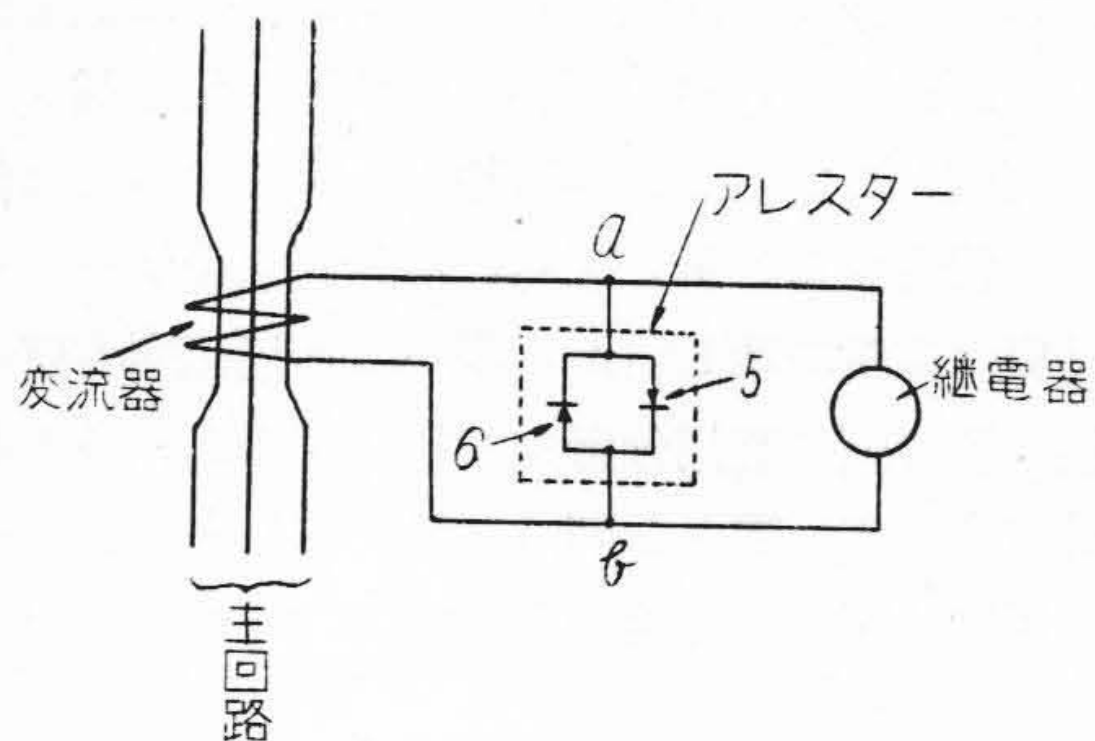
- (1) 山本、坂井：NEC No. 4 昭 24 年
- (2) J. A. Becker, E. E. 65 1946 711
- (3) 吉田、麻生、小貫、西澤 N. E. C. No. 4 昭 24 年
- (4) 山本、坂井：電通誌、昭 25 年 7 月

登録新案第 385594 号

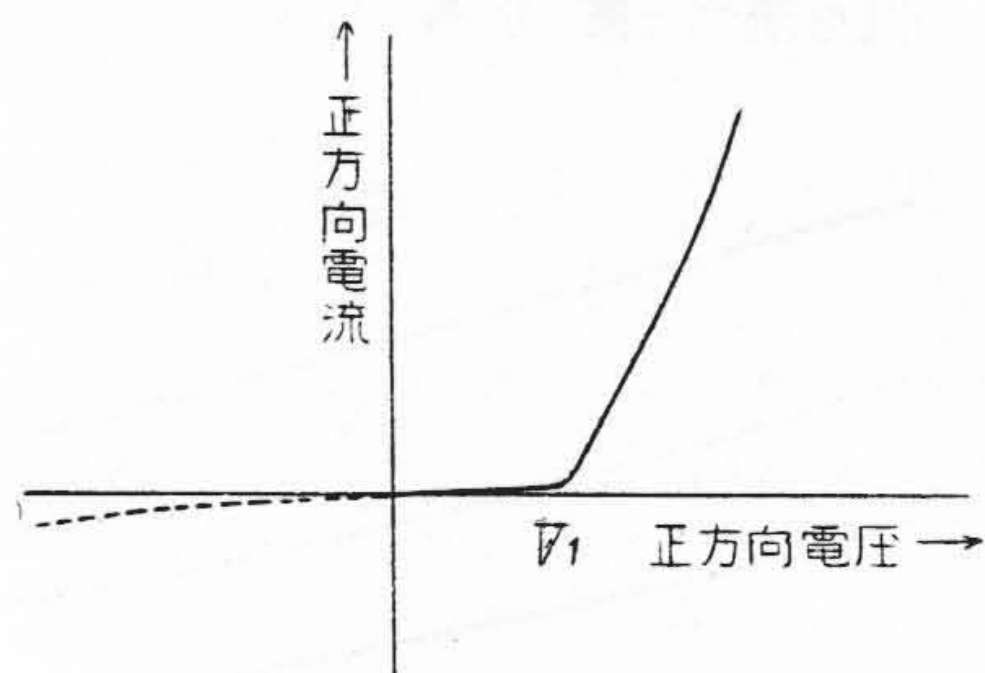
小林 哲 郎

変流器二次回路保護用アレスター

電力回路の変流器二次側に過電圧保護用アレスターを使用する場合がある。特に特高ケーブル回路の零相変流器二次側には開閉サージ電流によつて過電圧を発生することが多いので制限電圧の低いアレスターが要望される。従来この目的にはミウライト板のような癖特性抵抗體が使用されていたがこの抵抗體は制限電圧が高いため満足すべき効果をもたらさない實状にある。又制限電圧の比較的低い點で通信用水銀避雷器のようなバルブ型のものゝ使用も試みられたがこれは放電開始の時間遅れがあり適當でない。この考察は前記諸點に鑑み、なされたものでセレン整流體のような乾式整流體を使用して制限電圧の低い優秀な避雷器特性を得たものである。セレン整流體の整流特性は第2圖に示すようになる、従て第1圖に示すように二組の整流體 5、6 を逆並列に接続するとそ



第 1 圖



第 2 圖

の端子a, bから見た電圧電流特性は第2圖に於ける正方向特性曲線と殆んど同じ特性を示すことになる、そしてこの特性曲線はある電圧 V_1 までは殆んど電流を通さないがそれ以上になると急激に電流が立上る特性をもっている。即ち一般の高圧避雷器に使用されているミウライト板のような乾式癖抵抗體の $V-I$ 特性と略同様の傾向をもつものである。但しセレン整流體の場合は V_1 は整流板1枚當り略 0.5V 程度でミウライト板の1枚當りの制限電圧數千 V に對比して極めて低い、かく制限電圧の低いことは変流器二次側の過電圧保護用アレスターとして極めて都合な特性であるといえる。即ち變流器二次側の端子電圧は平常の状態では殆んど零に近い従てセレン整流板を1枚或は數枚直列に配置すれば、平常状態に於ける電流はこれを確實に阻止し、サージ電流のみを通流する適切なアレスターを得るものである。(滑川)

登録新案第 330343 号

山崎 良 夫

機 關 車 用 砂 撒 器

機關車が重量列車を牽引する場合、起動又は上り勾配區間で動輪がスリップすることがある。このスリップを防止するため砂撒器を備え動輪と軌條との間に撒砂することは周知であるが、冬期間特に東北山嶽地帯の多雪嚴寒地に於ける電氣機關車は砂撒器の凍結又は砂撒管の雪詰り等により撒砂が全く不可能となり、これが結果として冬期間は夏期に較べて列車牽引定數を減少しなければならない。この考察は圖に示すように砂撒管4内に電熱素5を挿入し、當時砂撒管を加熱するようにしたもので、この構造によれば砂撒器の凍結又は砂撒管の雪詰りによる機能障害を一掃し、電氣機關車は冬期間でも牽引定數を低下せずに列車編成ができるから輸送能力の減少を免れ得るの效果がある。

(滑 川)

