

真空管陰極絶縁物としてのアルミナの電氣的諸特性

千 秋 英 一*

The Electric Characteristics of Alumina as Heater-Cathode Sleeve Insulator in Vacuum Tubes

By Eiichi Chiaki
Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In the vacuum tubes with indirectly heated cathode, especially in the repeater tube, the electrical resistance existing between heater and cathode sleeve is required to be high with a view to reducing noise.

To satisfy this requirement, it is a usual practice to insert an alumina coated heater wire in the cathode nickel sleeve, thus making the alumina serve as an insulator between the heater and the sleeve.

The writer investigated the electrical properties of the alumina used on the heater wire at high temperatures and in high vacuum, using a vacuum tube specially designed for the purpose. The experiment was conducted under various conditions to see the characteristics such as the change of current leakage of alumina at varying temperatures and impressed voltage, the change of resistivity according to impurities contained and the variation of leakage current as a function of distance between sleeve and heater. All these characteristics were measured reversing the direction of electrical current every time.

As the result of the experiment, it was ascertained that; when the voltage of nickel sleeve was positive, (1) the leakage current was not influenced by the impurity contained or baking temperature of the alumina, (2) the alumina had a thermionic emission, (3) the leakage current saturated at higher voltage, and when the voltage of nickel sleeve was negative, (1) the leakage current was influenced evidently by the impurity contained and baking temperature, (2) the higher the amount of impurity or the lower the baking temperature, the more increased was the current.

From these results, it is concluded that the current leakage is caused due to the thermionic emission from alumina when the sleeve is positive, and when negative, due to the conduction through alumina layer.

〔I〕 緒 言

傍熱型陰極真空管に於ては陰極スリーブは加熱用織条(ヒーター)により間接的に加熱される。スリーブ及びヒーターはヒーター芯線(タングステン或はタングステンモリブデン合金)に塗布したアルミナ(Al_2O_3)により

絶縁されているが、その絶縁が何等かの理由により不完全である時、両者間に電位差の生じた場合、若干の漏洩電流が流れる。この電流は一般に I_{hk} と呼ばれるが搬送用真空管では働作状態に於て雑音を極度に嫌うために、 I_{hk} の問題は重要な項目となる。即ち絶縁が不完全である場合、ヒーター加熱に使用する電圧の変動(一般に交流が用いられる)が陰極回路に重畳、混入することによ

* 日立製作所茂原工場

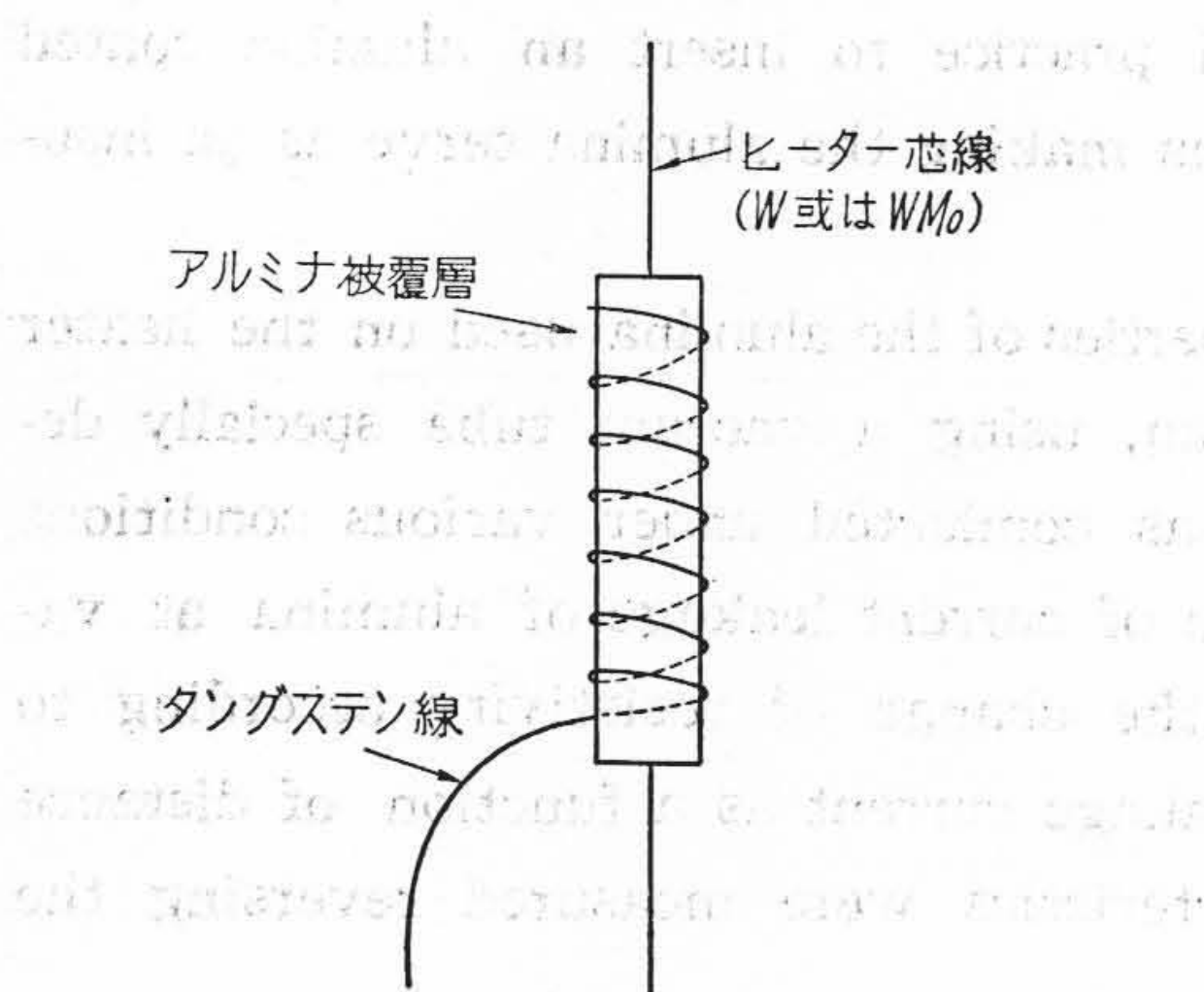
り雑音が発生することになる。

酸化物陰極については、バリウム—ストロンチウム酸化物の半導体的取扱い、スリーブ—酸化物被覆層間に存在する所謂中間層 (Interface Layer) の電子放射に及ぼす影響など、相当詳細に亘つて研究され、検討もすすめられているが、 I_{hk} に関しては発表されている報告も少く、余り立入った研究は行われていなかった。

著者はこの問題について若干の実験を行い、二、三興味ある結果を得たので、それらについて報告し、更に文献に見られる知見などを整理し、 I_{hk} 電流機構について若干考察を進めてみたのでここに紹介する次第である。

〔Ⅱ〕 アルミナ塗布層の加熱処理と I_{hk}

一般に処理温度の上昇に伴い、 I_{hk} は減少する。

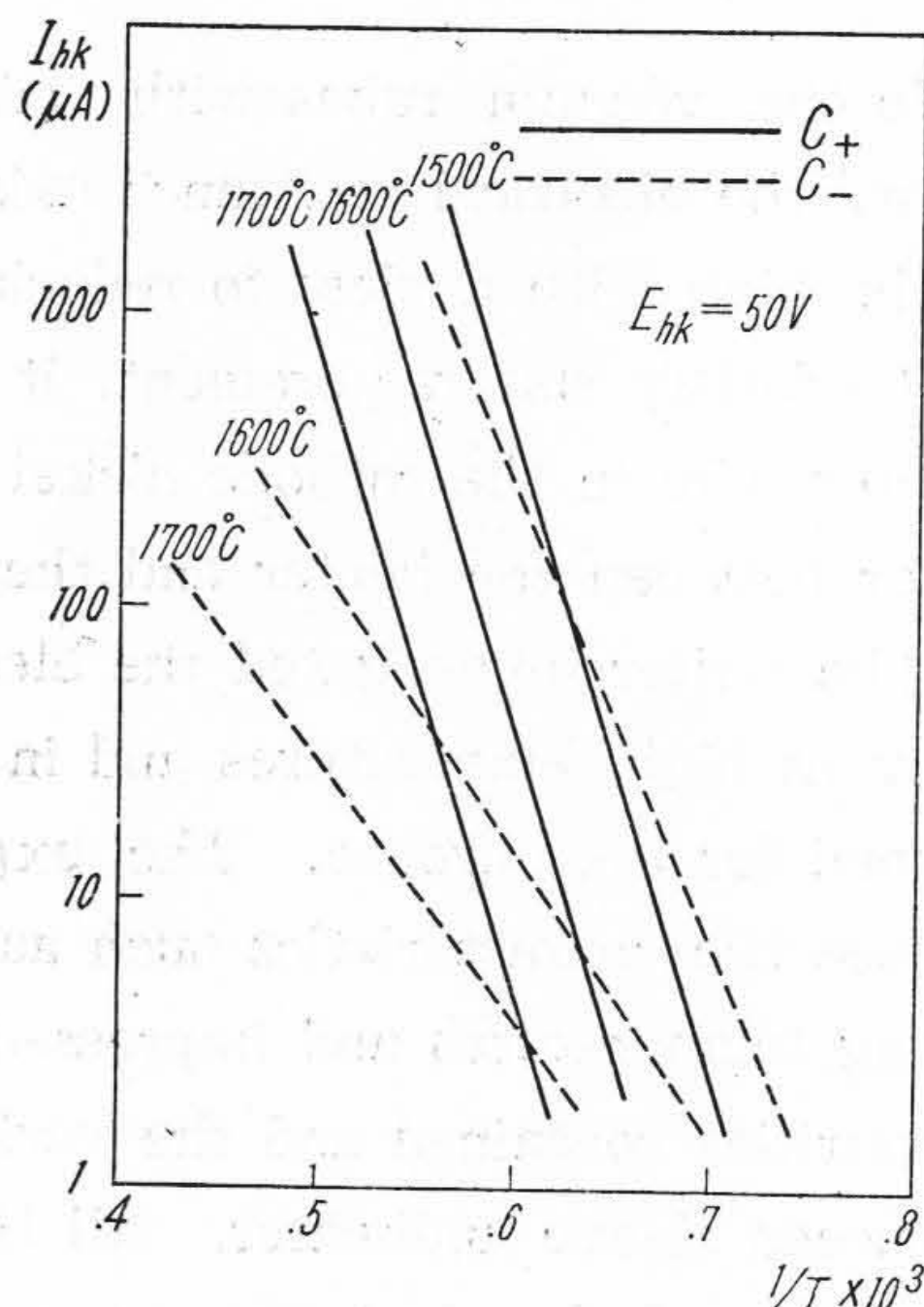


第1図 測定用電極構造

Fig. 1. Construction of Electrode for Measurement Use

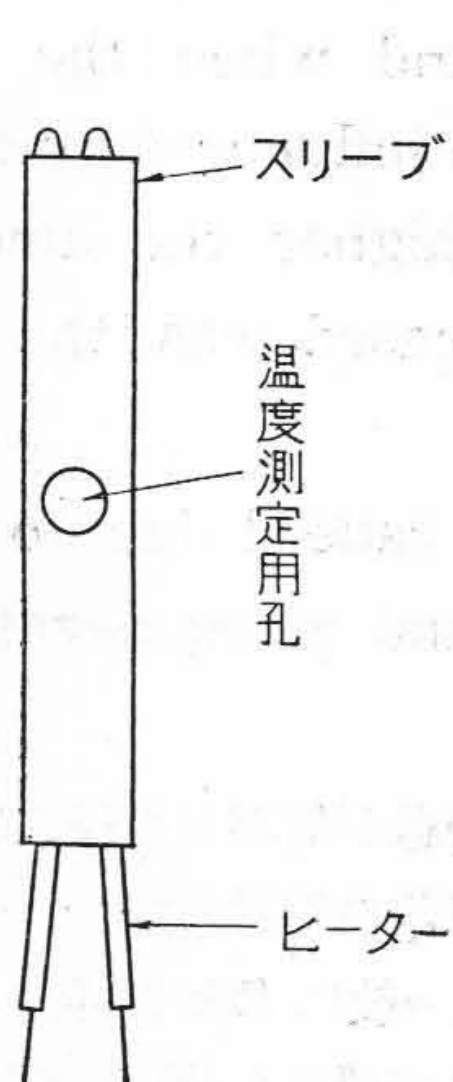
第1図に示すような構造の試料を真空中 1,500, 1,600, 1,700°C の温度にそれぞれ一定時間加熱した場合の温度— I_{hk} 特性を測定し、第2図の結果を得た。(第1図に於てアルミナ被覆線の外側に巻いたタングステン線は実際の真空管に於ける陰極スリーブの代用としたもので、以下単にカソードと称することにする。)

図から明かな様に、カソードを正とした時の電流 (以下単に C_+ と略称する) も、カソードを負とした時の電流 (同じく C_- と略称する) も、共に絶対値は処理温度の上昇に伴い減少する。特に C_- に於てその変化は著しく処理温度の上昇に伴い、時々極性による電流値の大小関



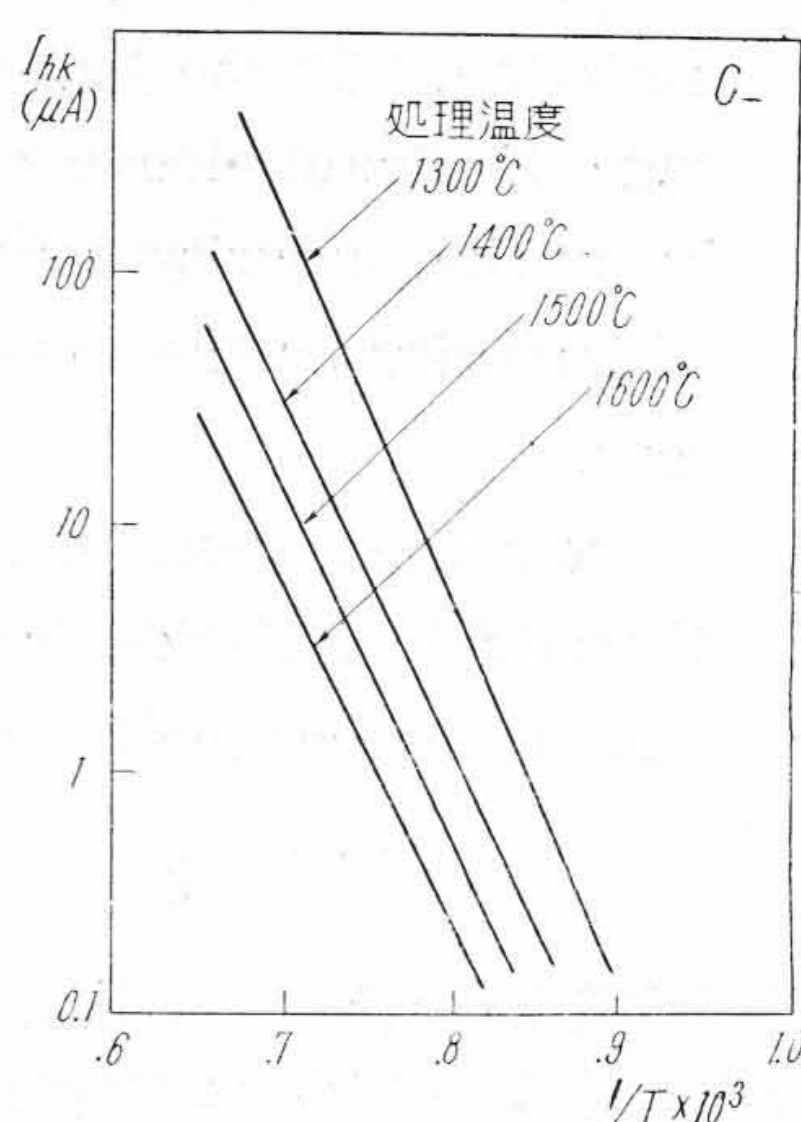
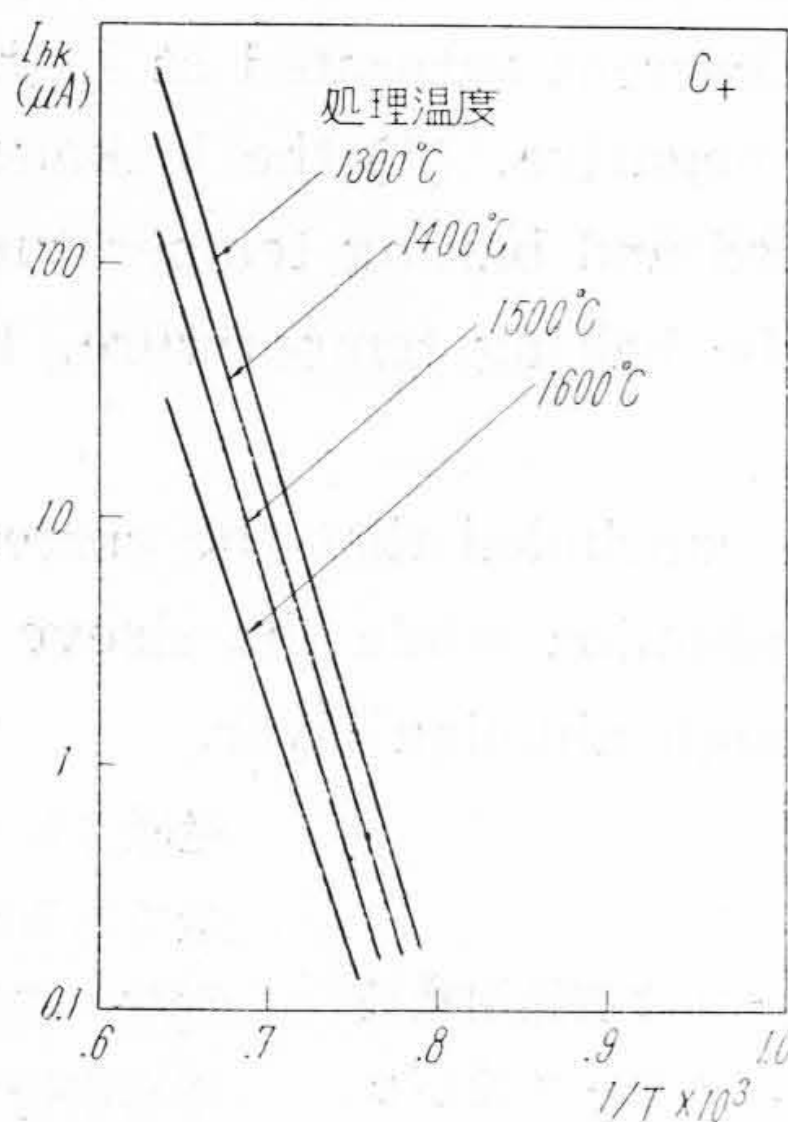
第2図 加熱処理による温度— I_{hk} 特性の変動

Fig. 2. Variation of Temperature— I_{hk} Characteristic due to Heat Treatment



第3図 測定用電極構造

Fig. 3. Construction of Electrode for Measurement Use



第4図 水素気流中加熱処理による温度— I_{hk} 特性の変動

Fig. 4. Variation of Temperature— I_{hk} Characteristic in Heat-Treatment Effected in Hydrogen Gas Flow

係の逆転が認められるほどであることは注目すべきことである。この時カソード、ヒーター間に加えた電圧は50 V で Ehk の記号で示した。

又、実際の真空管に使用するヒーターを水素気流中 1,300°~1,600°C の数種温度段階で一定時間処理した試料について第3図に示す様な構造で真空中温度 -Ihk 特性を測定し、第4図に示す結果を得た。この場合にも、処理温度の上昇と共に C₊、C₋ 双方共減少し、更に C₊ に比較して C₋ の処理温度に対する変化が大であると言う結果が得られ、上述真空中に於ける加熱処理と同様の結果を示していることは注目値する。

加熱処理と Ihk 絶対値との関係は上記の如くであるが、その真空中に於ける処理、水素気流中に於ける処理何れの場合に於ても、図示の如く、Ihk の対数が絶対温度の逆数に対して比較的よい直線性を示すことは興味ある現象である。(この現象については後にも述べるので、ここでは詳細の記述は省略する)。又この測定に於て、処理温度の上昇と共に温度特性の直線傾斜が若干緩かになる傾向が認められる。第1表に第2図及び第4図の結果から計算した仕事函数の値を示す。

第1表 加熱処理温度による仕事函数の変動
Table 1. Variation of Work Function due to Heat-Treatment Temperature

処理温度 (°C)	真空中加熱の場合 の仕事函数 (eV)		水素気流中加熱の場合 の仕事函数 (eV)	
	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋
1,300	—	—	6.18	4.10
1,400	—	—	5.5	3.95
1,500	5.03	3.11	4.6	3.19
1,600	4.8	2.5	4.3	2.14
1,700	4.5	2.19	—	—

〔Ⅲ〕 アルミナ被覆層中含有不純物と Ihk との関係

ヒーター芯線に塗布したアルミナ被覆層中に不純物が多く含まれている場合、Ihk が大になると言うことは、従来からも言われて来て居り、又予想されることであるが、これまでに見られる文献に於ても余り立入った検討は行われていない。又問題とする対象の性質上、測定結果の比較には、当然推計学的な手法の採用を必要とするが、上述含有不純物の効果を確める目的を以て、不純物と Ihk との関係について、実験計画法を用い、比較測定を行つてみた。

(A) 含有不純物の種類及び量の異なる場合

使用した試料は、第2表に示すような含有不純物の異

第2表 アルミナ試料の分光分析結果
Table 2. Results of Spectroanalysis of Aluminas

試料 不純物	A	B	C	D
Na	+	+	+	—
K	—	—	±	—
Fe	—	—	++++	+++
Mg				+++
Sn				+++

表中の記号は下記内容を意味する。

- ± 殆どない
- + 僅かにある。(0.01%)
- ++ 少量ある (+)×4 程度
- +++ 相当量ある (0.1%)
- ++++ 多量にある (1%)

第3表 アルミナ試料の含有不純物及び処理温度と Ihk

Table 3. Ihk of Sample Aluminas with Various Impurities at Different Treatment Temperatures

試料 極性 処理温度 °C	A		B		C		D	
	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋
1,200	μA 6	36	12	34	8	47	21	84
	0	48	35	70	9	32	70	100
	38	28	3	36	6	23	25	84
1,300	0	15	3	95	3	0	28	110
	1	7	3	140	15	8	18	90
	8	9	20	80	4	36	20	110
1,400	10	9	10	30	10	20	28	68
	13	17	30	41	3	38	50	51
	10	70	14	40	4	13	20	185
150	3	4	27	5	1	6	2	56
	5	11	45	6	2	8	4	19
	6	16	10	4	15	16	4	29

るアルミナ4種を塗布したヒーターである。これらの試料を、1,200°~1,500°C 間四段階の温度で水素気流中加熱処理し第3図と同一構造で Ihk を測定し、第3表に示す結果を得た。但しカソード—ヒーター間印加電圧 (Ehk) は ±45 V D.C. である。

第3表の結果について推計学的計算を行い、次に述べるような結論が得られた。

C₊:—

処理温度による差はない。

含有不純物により若干差が認められる。

含有不純物と処理温度との交互作用はない。

C₋:-

処理温度による差が認められる。

含有不純物により若干差が認められる。

含有不純物と処理温度との交互作用はない。

更に上記結果を詳細に解析すると次の様になる。

(a) 一般に、アルミナ中に含有されると考えられる不純物中、アルカリ金属は Ihk に対する効果が最も大であると考えられて来たが、第 2 表で示すサンプル D なるアルミナはアルカリ金属を殆ど含んでいないにもかかわらず、試験した第 2 表の四種のアルミナ中、C₋ について最大の値を与えている。D なるアルミナが他の三者と異なる所は、Fe, Mg, Sn, 等を相当多量に含有していることである。

(b) C なる試料は、アルカリ金属を含有し、更に Fe を相当多量に含んでいるにもかかわらず、Ihk は四種中最小である。

(c) A 及び B なるアルミナは、アルカリ金属を僅かに含む外、殆ど不純物は認められないが、その Ihk は C, D の中間に位する程度のものである。

この結果で、アルカリ金属が実際には殆ど影響を与えず、それ以外の不純物が案外に大きな効果を与えるものであることが知られたことは興味あることである。

(B) 含有不純物、酸洗処理、塗布方法の異なる場合

下記のようなアルミナ試料、酸洗処理、塗布方法をそれぞれ組合せた場合について Ihk を測定し、第 4 表の結果を得た。

a アルミナ

1. 試料 E 殆ど不純物を含まないもの
2. 試料 F Si, Fe, C, Mg, Pb, Ca を含むもの

b 酸洗処理

1. アルミナ試料を稀塩酸煮沸、蒸留水煮沸、傾瀉
2. 全く処理を加えない場合

c 塗布方法

1. バインダー Al(NO₃)₃ アルカリ含量 0.11%
2. バインダー ニトロセルローズ 電着

尚、各要因の組合せ及びその記号は下記の如きもの。

M₀: アルミナ E M₁: アルミナ F

W₀: 洗滌処理なし W₁: 洗滌処理したもの

C₀: バインダー Al(NO₃)₃ C₁: 電着法

第 4 表の結果を推計学的に解析すると次の如くなる。

C₊:-

含有不純物による差はない。

酸洗処理はアルミナ F の場合にだけ効果がある。

塗布方法による差はない。

その他の各要因組合せについて差はない。

C₋:-

含有不純物による差が認められる。

酸洗処理はアルミナ F にのみ効果がある。

その他の各要因組合せで差はない。

この結果で、一般に不純物の多い場合に Ihk が大で、しかもその効果が C₋ のみにあらはれることは重要なことであり、又酸洗処理により Ihk が減少することは、その処理によつて不純物が消失することを意味するものと考えられるが、その効果が C₊, C₋ 双方にあらはれることは両者の電流機構が何れも不純物に関連あるものであることを示すと思はれる。塗布方法は殆ど影響しない。

含有不純物に関する上記二つの実験結果で、Ihk は一般に不純物により影響され、又その効果が特に C₋ に顕著にあらはれると云うことが共通した結果として得られていることは注目すべきであろう。

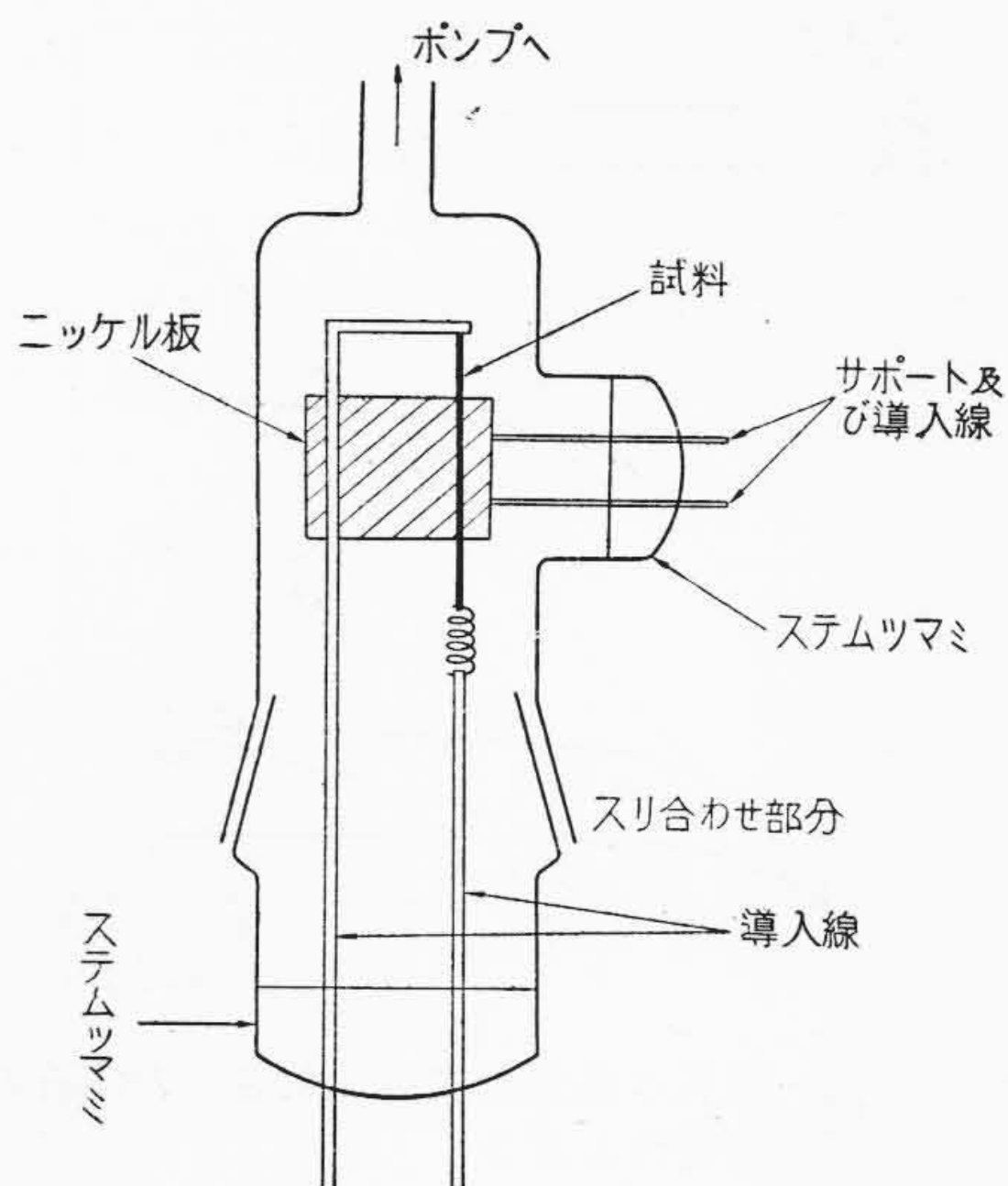
[IV] 電極間距離と Ihk との関係

Ihk を論ずる場合、両極の接触程度如何により、又両電極が接触しているか離れているかによつてどのように変化するかと云うことは興味ある問題であるが、その間のいきさつを明かにするために、第 5 図に示す様な装置を用いて二、三の測定を行つてみた。

第 4 表 アルミナ試料、酸洗処理、塗布方法の組合せによる Ihk の変動

Table 4. Variation of Ihk of Sample Alumina According Varied Combination of Acid Washing and Coating Methods

M ₀ W ₀ C ₀		M ₁ W ₀ C ₀		M ₀ W ₁ C ₀		M ₁ W ₁ C ₀		M ₀ W ₀ C ₁		M ₁ W ₀ C ₁		M ₀ W ₁ C ₁		M ₁ W ₁ C ₁	
C ₊	C ₋	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋	C ₊	C ₋
11	9	43	16	50	8	1	70	24	4	75	18	22	4	2	12
9	1	67	23	24	22	24	20	17	2	40	80	62	4	41	11
47	8	19	31	64	9	56	7	14	2	63	80	26	3	13	5
37	4	93	7	72	4	28	31	29	13	116	21	61	3	20	3
23	3	73	9	2	3	33	6	4	2	32	43	32	5	36	7
11	4	16	13	21	4	15	16	3	3	97	57	57	3	18	30



第5図 極間距離可変の測定装置
Fig. 5. Measurement Device Capable of Changing Distance between Electrodes

装置は図示の様に、試料を中心を外した位置に張り、すり合わせ部分を廻転させることにより他方の極となるニッケル板との距離を調節出来るようにしてある。試料の加熱は試料自身に電流を通ずることにより行い、温度上昇による試料の伸長は端部のタングステンスプリングにより吸収する。尚測定はこの装置を排気系に連結し、排気操作を継続しつつ行つたもので、特殊の場合を除き真空度は $1 \sim 2 \times 10^{-5}$ mm Hg に維持するようにした。

(A) 試料の加熱処理と電流値の変化

試料の加熱処理による電流値の変化を両極を接触させた場合と、極間距離約 5 mm の場合とについて測定し、第6図に示す結果を得た。(なおこの場合温度 $T^{\circ}K$ の代りにその measure として試料加熱入力 W_f の $1/4$ 乗をとつたが、これらの間には比較的よい直線関係が成立する)。

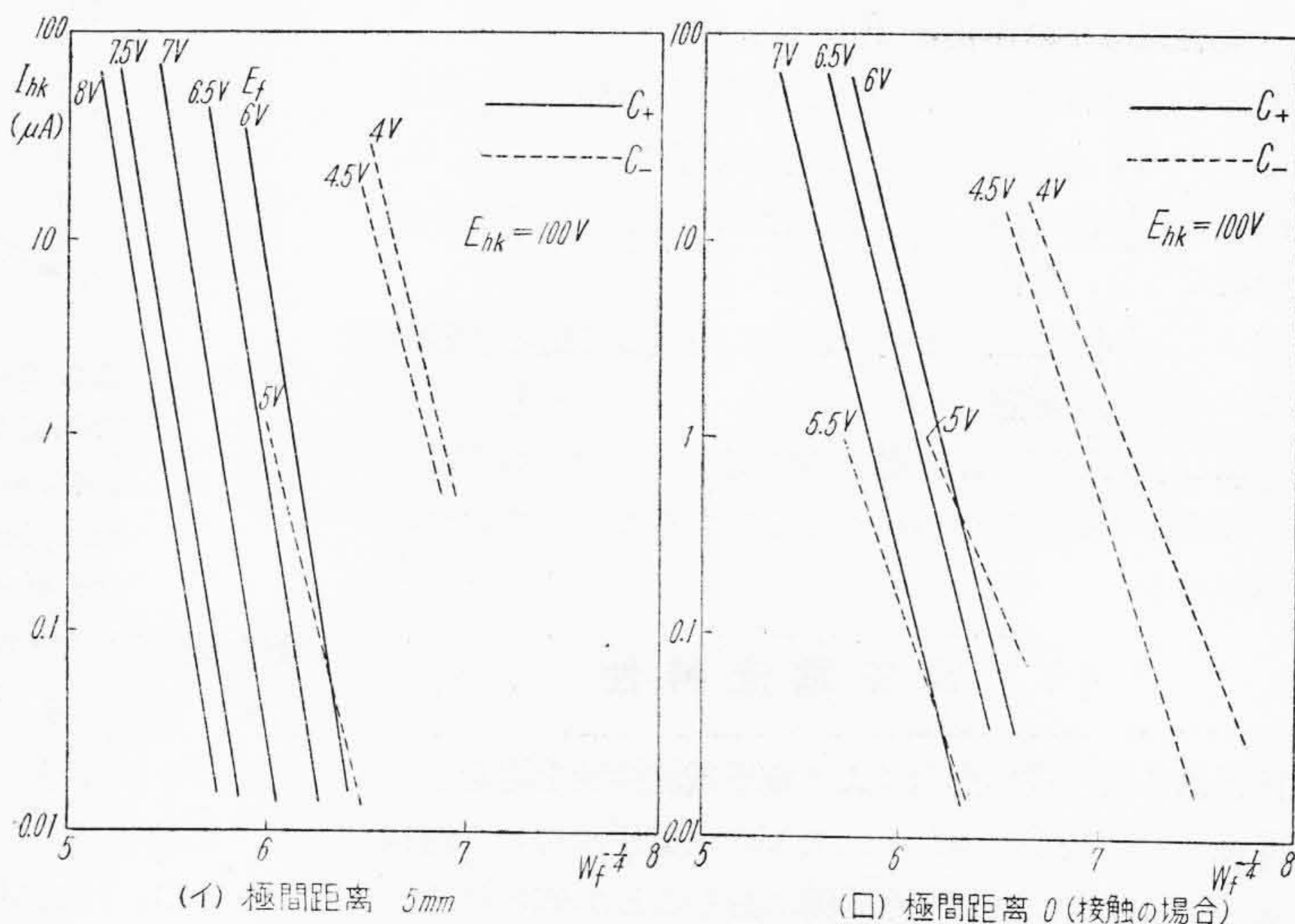
先づ両電極が接触している場合についてみると、 C_+ (こゝでは Ni 板が正の意味) は低温では殆ど認められず、或程度の温度以上で始めて認められるようになり、更に高温で処理すると、その Log は

$1/T$ に対して同一傾斜を保つて減少する。 C_- は比較的低温 ($700 \sim 800^{\circ}C$) で認められるが、処理温度の上昇に伴い急激に減少し、或温度以上 ($900^{\circ}C$) では殆ど認められない状態となる。

両極を離れた状態で同様の測定を行うと、両極接触の場合と全く同様の結果が得られることは図示の通りである。たゞ電極を離れた場合の方が C_+ の直線傾斜は若干緩やかである。又 C_- の傾斜は両方の場合共、処理温度によりまちまちで、一定の傾向は認められない。

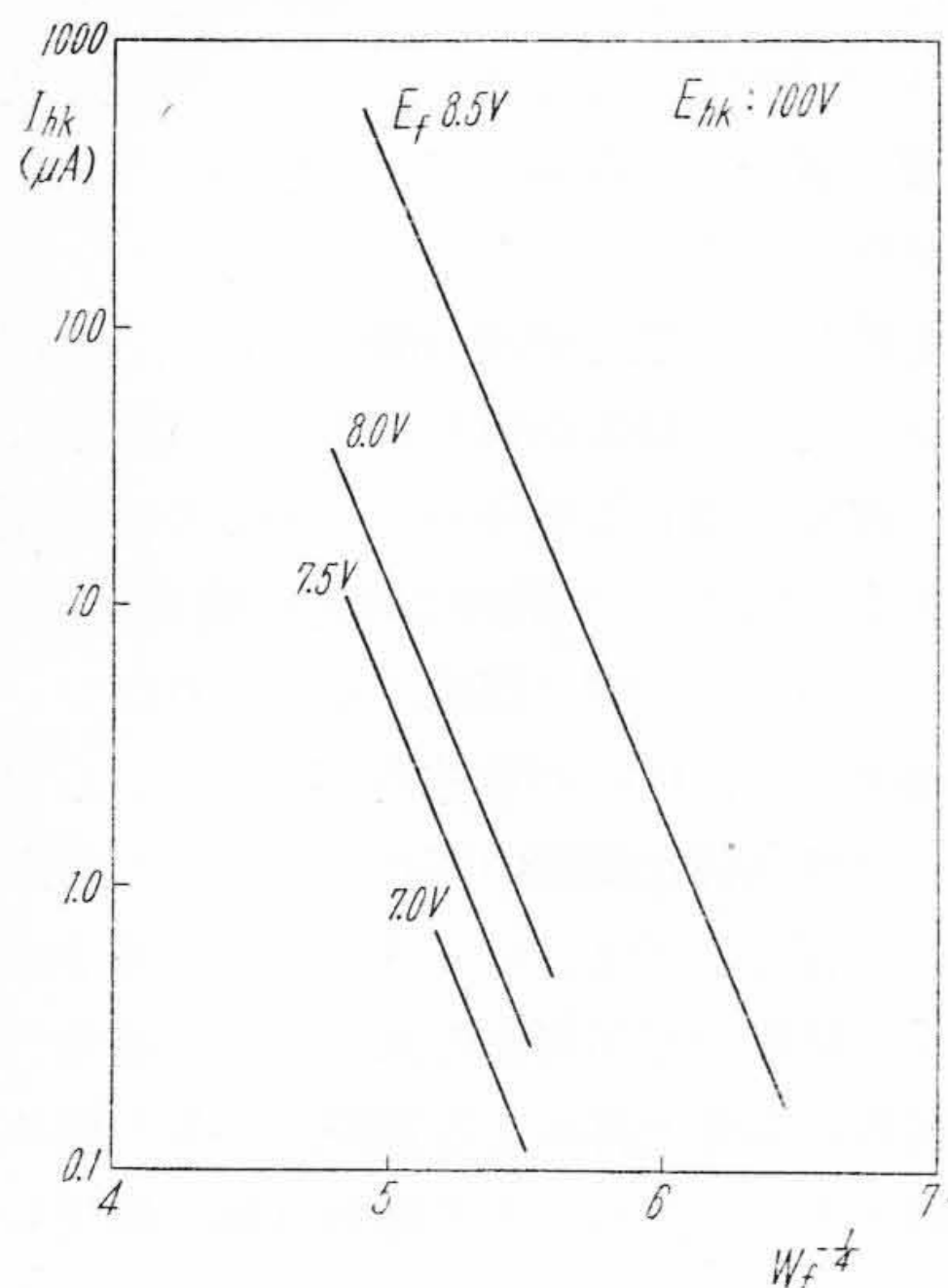
この結果から、 I_{hk} の電流内容の一つとして電極の接触如何には無関係な要素の存在することが考えられ、その実質的内容としては、ヒーターからの電子放射、イオン放出及び移動などが考えられる。この場合、ニッケル電極は試料の温度上昇による加熱の効果が極めて僅かであると考えることから、その影響は無視してよいものと思われる。

この実験の対照として、アルミナを被覆せず、単に水素気流中 $1,000^{\circ}C$ の加熱処理を加えただけのヒーター芯線 (即ち裸のタングステン・モリブデン合金線) について全く同様の測定を行い、第7図に示した結果を得たが、この場合には上記の比較的低温領域に於ける C_- の出現は全く認められず、又 C_+ はアルミナを塗布した場合とは逆に、加熱温度の上昇に伴い電流値は $1/T$ に対して漸次増大する傾向を示す。この際も直線傾斜はそれぞれ同一値を示す。



第6図 加熱処理による電流値変動 (左) 極間距離 5 mm
(右) 極間距離 0 (接触した場合)

Fig. 6. Current Value Variation due to Heat-Treatment
(Left) Distance between Electrodes 5 mm
(Right) " " 0 mm
(Electrodes brought to contact)



第 7 図 タングステンモリブデン合金線の加熱処理による電流値の変動

Fig. 7. Current Value Variation Observed at Heat-Treatment of Tungsten-Molybdenum Alloy Wire

これらの結果から、アルミナを塗布した芯線に於て、低温に於て C_- が出現する現象及び処理温度の上昇に伴い C_+ が同一傾斜を保ちつつ減少して行く現象は全く被覆アルミナ層の存在に基因するものであると考えられる。

B. 両極接触圧の変化と I_{hk}

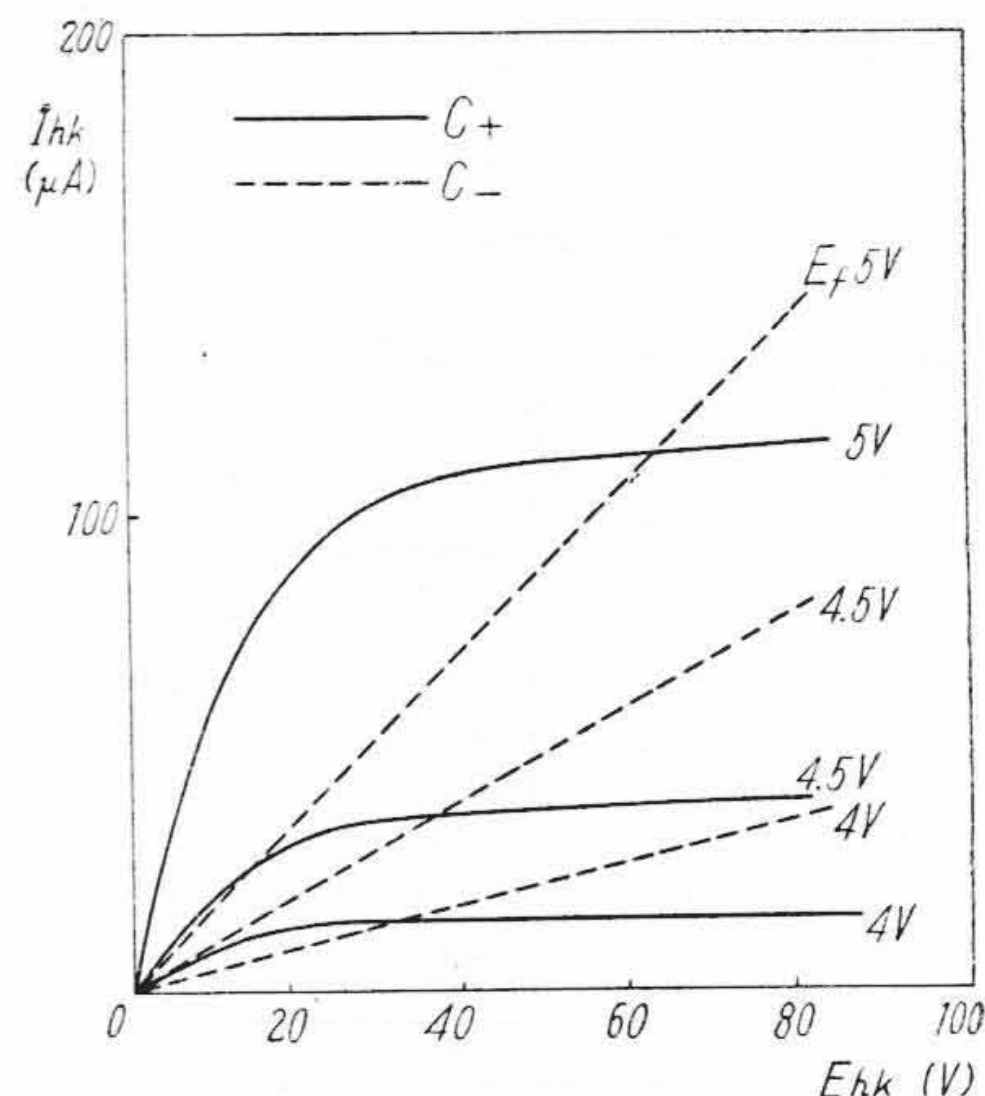
上述と同一構造で両極の接触程度、即ち接触圧を変えた場合の I_{hk} の変動について観察を行つたが、 C_+ 、 C_- 共接触圧の如何にかゝらず、計器に認められる限り殆ど一定であり、変化は認められない。

従つて、 I_{hk} を論ずる場合、既に接触して居る状態に於ては接触圧は考慮に入れなくてもよいものと考えられる。但し、接触圧が、被覆層の強度よりも大である場合は、被覆層の破壊が行われることのあることは注意する必要がある。

[V] 電圧電流特性

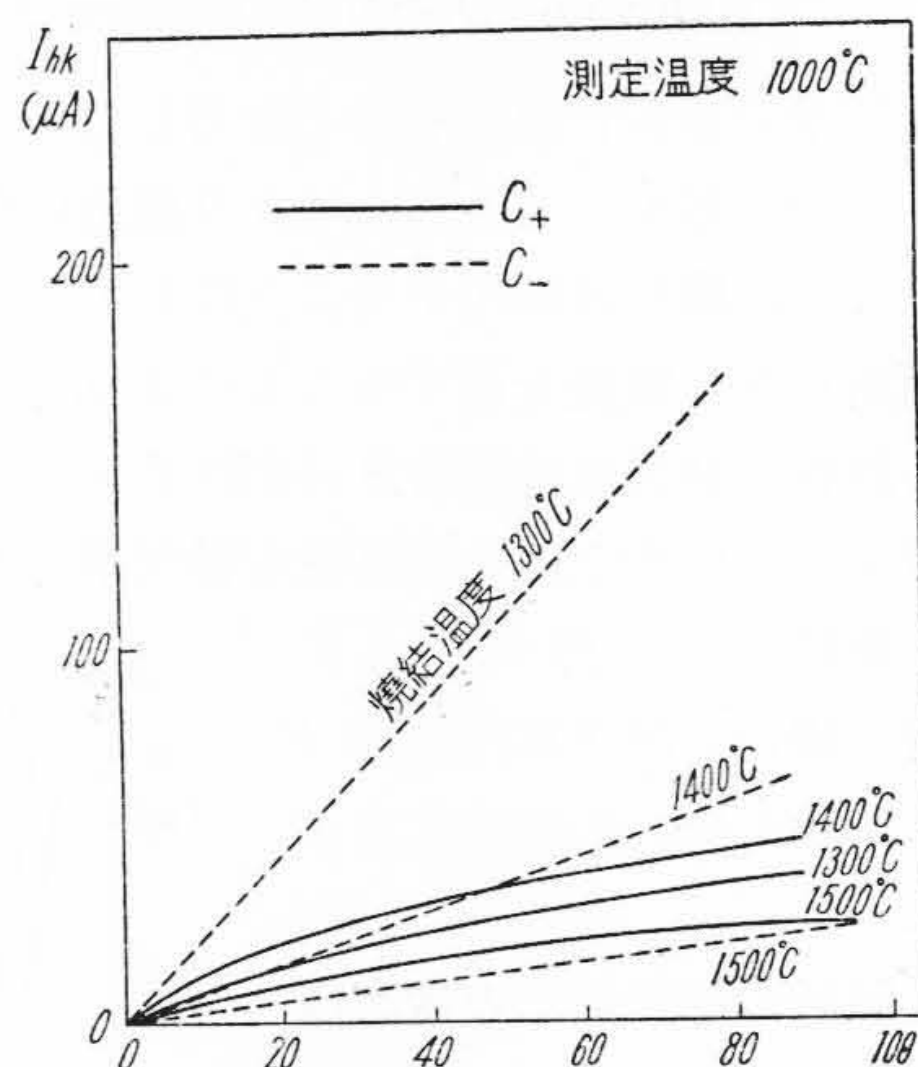
前掲第 3 図の電極構造により電圧電流特性を測定し、第 8 図に示す結果を得た。即ち C_+ は電圧に対して飽和し、 C_- は電圧に対し直線関係にあることが知られる。又、図から明かな様に、両極間印加電圧が同一の場合でも試料温度の上昇に伴い電流値は一般に増加し、機構の如何は別問題として、一応見かけの伝導度は増大する性質を有するものであることが知られる。

又水素気流中数種の温度で焼結処理を加えた試料について、同一の試料温度に於ける電圧電流特性を測定し、



第 8 図 同一試料の測定温度を変化させた場合の電圧電流特性の変化

Fig. 8. Variation of Voltage-Current Characteristic of the Same Test Sample due to the Change of Measurement Temperature



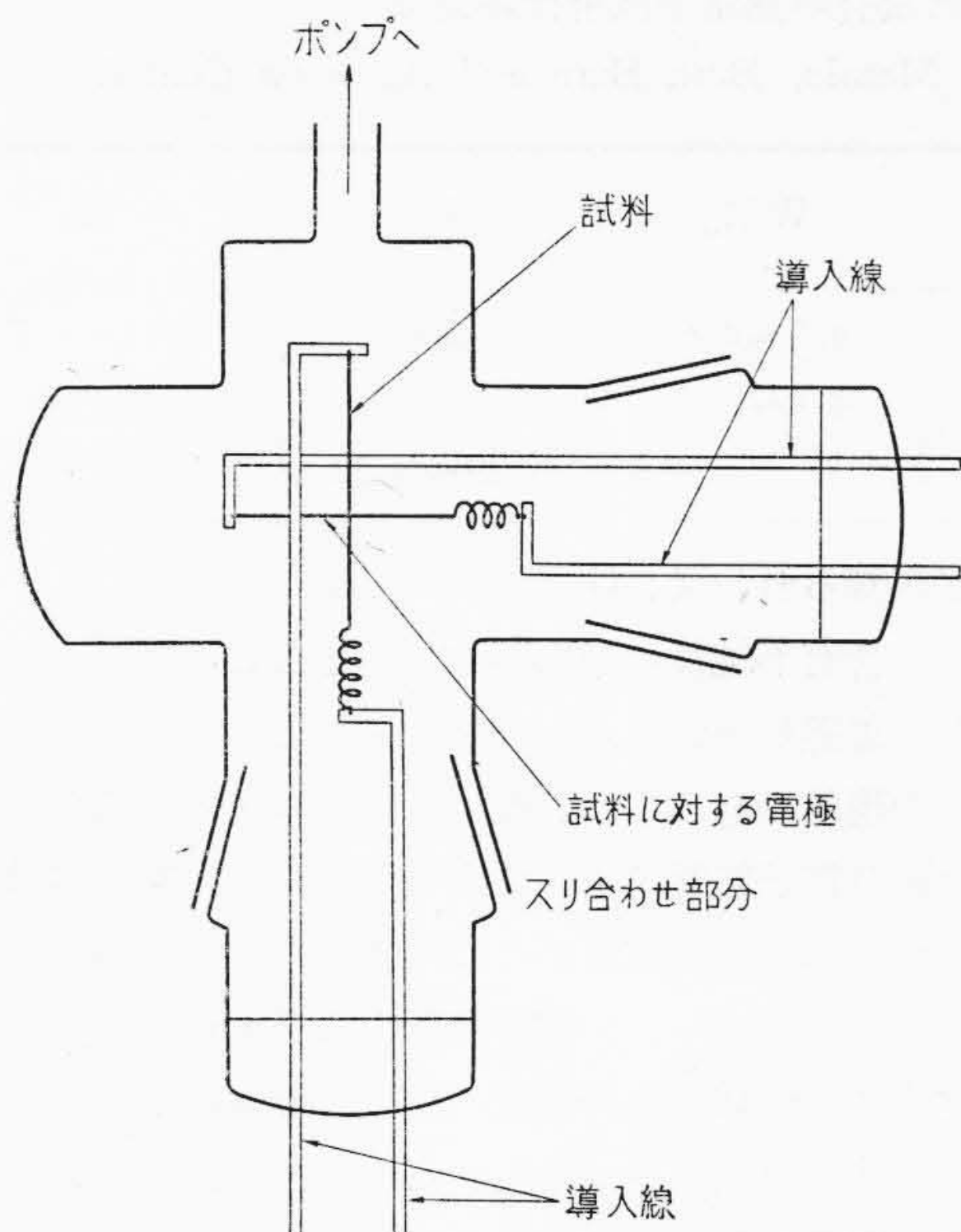
第 9 図 異なる焼結処理を施した試料について同一温度で測定した場合の電圧—電流特性

Fig. 9. Voltage-Current Characteristic of Test Samples Measured at the Same Temperature after given Different Baking Treatment

第 9 図に示す結果を得た。この結果から

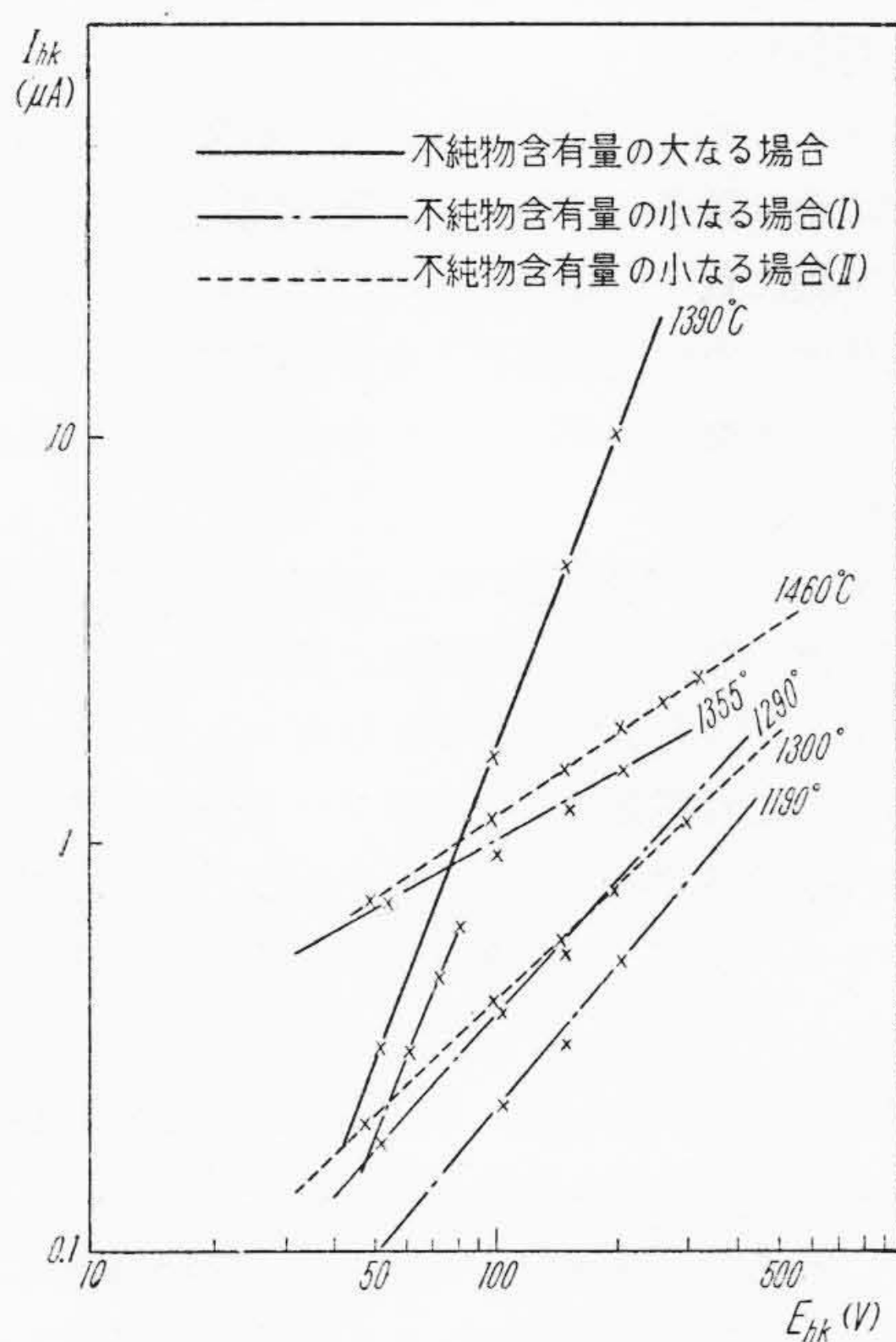
- 極間印加電圧に対して C_+ が飽和する傾向を示し C_- が直線的変化を示す現象は処理温度とは無関係に常に認められる現象であること、
- C_+ は処理温度による影響が小さいこと、
- C_- は処理温度により顕著な相違を示し、特に処理温度 1,300°C のものは I_{hk} が大であることが知られる。

更に、[III] [IV] 及び上述の結果から、 C_- が特にアルミナ含有不純物による影響が大であること、加熱処理の効果が著しいこと、一度高温処理を行つた試料につい



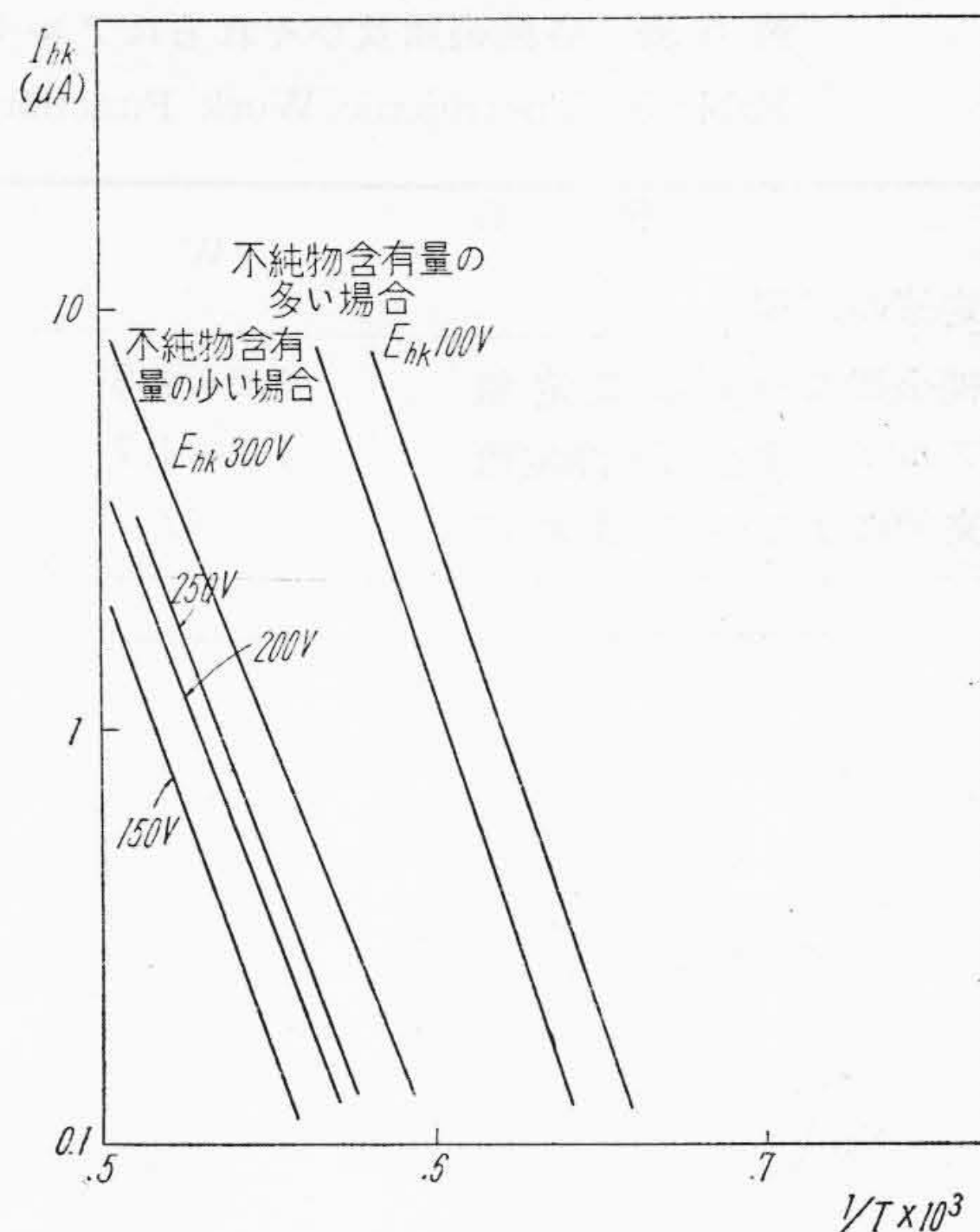
第 10 図 試料とそれに対する電極を点接触させる測定装置

Fig. 10. Measuring Device Affording Test Materials to Make Contact with Opposite Electrode



第 11 図 含有不純物の異なるアルミナを塗布した試料について、それに対する電極と点接触させた場合の電圧—電流特性

Fig. 11. Voltage-Current Characteristic of Test Samples Coated with Aluminas Containing Different Impurities, Shown When They Make Spot-Contact with Opposite Electrode



第 12 図 含有不純物の異なるアルミナを塗布した試料について、それに対する電極と点接触させた場合の温度—Ihk 特性

Fig. 12. Temperature-Ihk Characteristic of Metals Coated with Aluminas Containing Different Impurities, Obtained When They Make Spot-Contact with Opposite Electrode

て両極の離れている場合殆ど電流の認められないことが知られて居り、その電流機構として、被覆層自体の伝導が考えられる。この点を確認する意味で不純物含有度の異なる二種のアルミナ(上掲第 2 表 A 及び D) について第 10 図の構造で両極が点接触した状態に於ける C_+ の電圧—電流特性を測定し、第 11 図の結果を得た。この結果から、 $\log V$ 及び $\log I$ は直線関係を有することが知られ、更にその傾斜は不純物含有度の異なる試料の方が大で約 2.0, 含有度の異なる試料については 0.5~1.0 なる値が得られる。絶対値も亦前者が大である。なほこの際同時に電流の温度依存性について測定した結果、その仕事函数として約 4.0~4.5 なる値が得られた。

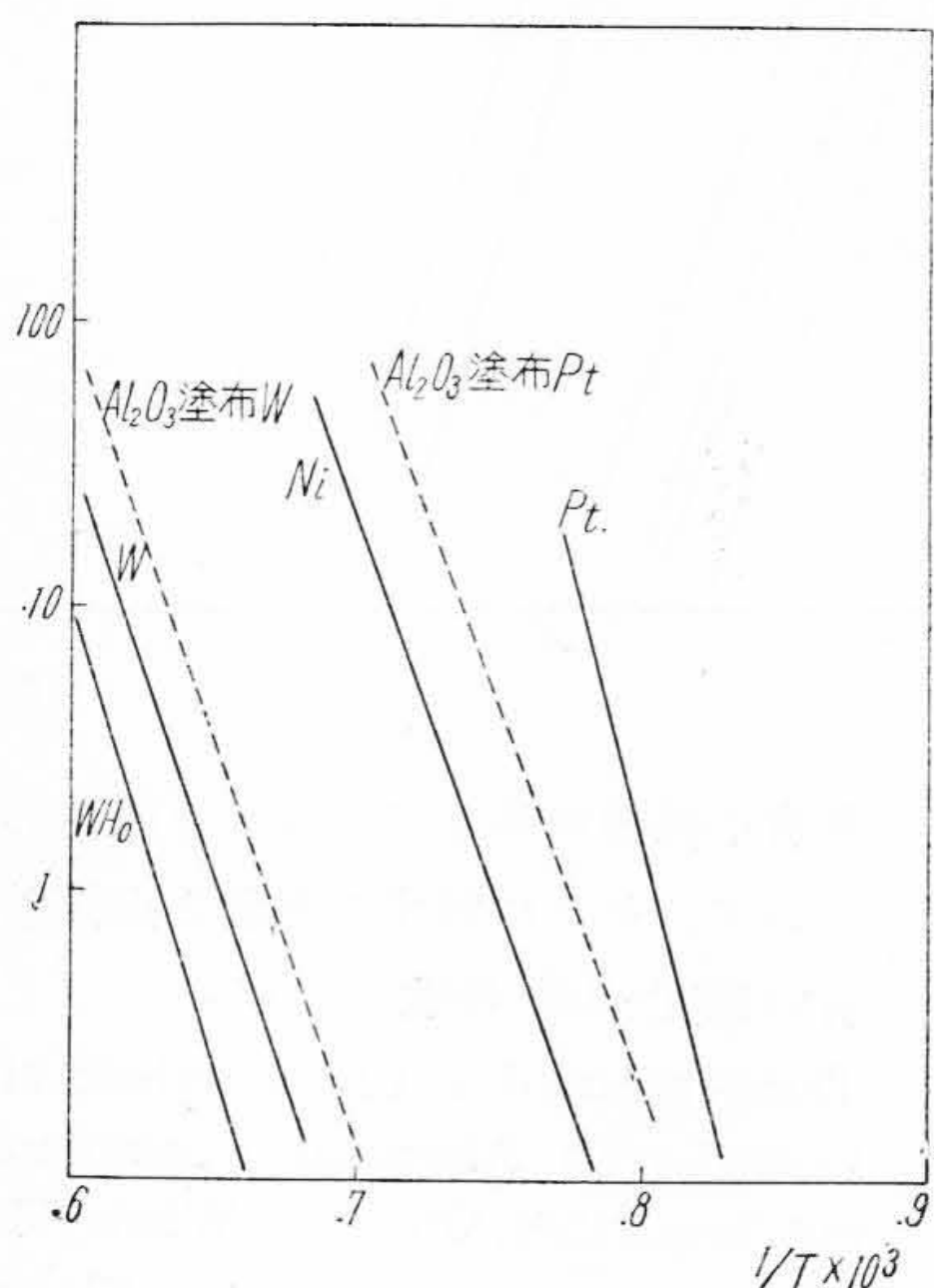
[VI] 二、三の金属及びアルミナ被覆試料の電子放射仕事函数について

既に述べて来たように C_+ , C_- 共非常によい温度依存性を示し、その内容として電子放射に基づく電荷の移動が考えられるが、数種の金属及びそれらにアルミナを塗布した場合について、電子放射仕事函数の測定を行った。測定装置は保護陽極(ガードリング)を用いた直熱型二極管型式、温度の測定には光高温計を用いた。第 5 表はその結果を示したものであるが、この結果から、金

第 5 表 各種金属及びそれらにアルミナを塗布した場合の熱電子放射仕事函数

Table 5. Thermionic Work Function of Various Metals, Both Bare and Alumina-Coated

物 質	W	M ₀	WM ₀	Pt	Ni
測定値の区別					
純金属に対する測定値	4.5~4.8	4.3	4.5~4.6	5.6	3.1~4.7
アルミナ塗布試料測定値	4.3~4.7	4.4~4.5	4.4~4.5	4.8	
文献による純金属の値	4.71	4.15		5.29~5.42	4.96



第 13 図 数種金属及びそれらにアルミナを被覆した試料についての電子放射温度特性

Fig. 13. Thermionic Characteristic of Various Metals, Both Bare and Alumina-Coated

属のみの場合それぞれそれらに相当する値が得られるにも拘らず、アルミナを被覆した場合には基体金属の如何によらず、殆ど同一の値が得られており、結局アルミナ塗布試料についての電子放射は基体金属に依存するものではなく、アルミナ被覆層自身の電子放射によるものであると考えられる。(各種試料の温度特性は第 13 図参照)

[VII] 実験結果の考察及び従来文献に於けるアルミナ絶縁特性の取扱い

以上、アルミナを被覆した試料とそれに対する電極の間に流れる電圧との関連性、試料温度との関係などについて行つた測定結果を述べて来たが、これらの結果から C_+ について

1. アルミナ含有不純物により殆ど左右されないこと
2. アルミナに熱電子放射性の認められること
3. その温度特性は電極接触の有無とは無関係に殆ど同様の結果を示すこと
4. 電圧電流特性に飽和性の認められること

などが知られ、又、 C_- については

1. 含有不純物の影響が大であること
2. 加熱処理によると効果が甚だしいこと

などの現象が認められ、結局、 C_+ は主として被覆アルミナ層の電子放射に基因するものであり、 C_- は被覆アルミナ層内の伝導電流がその主体をなしているものと考えられる。更に C_+ が電子放射によるものとすればその絶対値は当然試料の表面積に比例するものと考えられるが、上述の実験に於て得られた値は、それに用いた電極寸法と実際の真空管に於ける電極寸法の比から考えてほぼ妥当な数字であり、又 C_- について実際の真空管に於て得られる値が、上述電極点接触の場合の接触点約 50 個に相当し、その程度の接触点の存在が実際に可能なことであると考えられることは上述の推定を更に裏附するものと思われる。

アルミナの絶縁問題を取上げている文献は筆者の知る限りでは余り数多くはないが、その間比較的新しく、又かなり詳細に亘る考究をすゝめているものとして神戸工業(旧川西)有住氏の報告⁽¹⁾を挙げる事が出来る。同氏はアルミナ被覆層中にゾンデを挿入した試料について測定を行い、

アルミナ層漏洩電流の時間経過に伴う減衰

不純物の影響及び温度処理の効果

アルミナ層内ポテンシャル分布

などについて考察をすゝめ、カソード—ヒーター間の電流は専ら熱電子放射によるものであると結論している。この中カソードからヒーターへの電流がヒーターの熱電子放射によるものであるとする点は我々の得た結果と全く一致するものであるが、その逆方向の電流も亦熱電子放射によるとする点には若干疑問の点があり、この結論からは、上述の不純物による効果及び加熱処理による効果が C_- 、即ちヒーターからカソードへの電流にのみ大きくあらはれる現象を説明することは出来ない。上述の如く、ニッケルの熱電子放射も亦比較的低温で相当大きな値を示すことから、カソードからの熱電子放射を全く無視することは出来ないが、筆者等の実験結果の示すところではその寄与する所は極めて小さく、通常の場合伝導のみが大きな要素となるものと考えられる。

その他アルミナの熱電子放射に言及している文献としては A. Wehnelt⁽²⁾, F. Jentsch⁽³⁾, H. G. Spanner⁽⁴⁾等の報告があるが何れも古典の範囲に入るもので、こゝに詳言することは避ける。

なほ、伝導の問題に関連して、アルミナの絶縁破壊について宮沢氏⁽⁵⁾の報告があるが、同氏はこの問題について熱理論的な観点から考察をすゝめ、妥当な結果を得ている。

アルミナ層中の不純物が如何なる機構に基いて伝導に寄与するかと云う問題については更に検討する予定である。

最後に、この研究をすゝめるに当り、終始御懇篤なる御指導、御鞭撻をいただいた久保副工場長、宮城技術部

長、橋本設計課長その他の工場内諸氏、及び随時有益な御指摘御討論をいただき、又試料の分光学的分析に便宜を与えていただいた中研河合麟次郎、高田昇平、角野正夫、光石知国の諸氏に厚く感謝の意を表するものである。又試料の製作、測定にあたり御助力をいただいた三枝実氏に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 有住： 欧文物理学会誌 5 (1950) 442.
- (2) A. Wehnelt： Ann. Phys. [4] 14 (1904) 429.
- (3) F. Jentsch： Ann. Phys. [4] 27 (1908) 148.
- (4) H. G. Spanner： Ann. Phys [4] 75 (1914) 628.
- (5) 宮沢、岡田： 欧文物理学会誌 6 (1951) 55

気 体 機 関 係 特 集 号

—— 圧 縮 機 ・ 送 風 機 ・ 冷 凍 機 ——

日立評論社では、今回定期刊行の「日立評論」普通号の他に、年二回別冊として特集号を発行することとなりましたが、その別冊 No. 1 として「**気体機関係特集号**」をお贈り致します。

内容は日立技術の誇る**圧縮機、送風機及び冷凍機**に関する研究論文を蒐録しましたもので、本誌としても劃期的なものでありまして、下記の通り長論文 15 篇を特集して、本文 150 余頁、写真図面 200 余枚をおさめた集大成で、8 月下旬発行予定です。何卒本誌同様御愛読下さい。

尚、本誌定期購読者には必ず御送附申上げますが、別冊のみ御希望の方にも分売致しますから、至急予約御申込み願います。

◇ 内 容 ◇

- | | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| ◎巻 頭 言 | 日立製作所 取締役・荒井 勉 |
| ◎軸流送風機の特性曲線に関する一考察 | 日立製作所・亀戸工場・鈴木 公一 |
| ◎ベーンコントロールについて | 日立製作所・亀戸工場 { 菰田 広利
河田 直幸
家坂 秀信 |
| ◎トンネルファン | 日立製作所・亀戸工場 { 六角 康久
堀 謹二 |
| ◎大型送風機軸応力の測定 | 日立製作所・亀戸工場 { 野崎 松郎
家坂 秀信 |
| ◎高圧縮機の金属パッキングについて | 日立製作所・亀戸工場・伊藤 茂 |
| ◎圧縮機用大型同期電動機の特性について | 日立製作所・日立工場・桜井 泰男 |
| ◎自動弁の高速試験 | 日立製作所・亀戸工場・伊藤 茂 |
| ◎空冷空気圧縮機に於ける中間冷却器について | 日立製作所・川崎工場・鮎 沢 弘 |
| ◎冷凍機用弁板材料に関する研究 | 日立製作所・栃木工場・角田 善雄 |
| ◎家庭用冷蔵庫の性能について | 日立製作所・栃木工場・楠本陽一郎 |
| ◎アンモニア横型凝縮機の熱伝達について | 日立製作所・栃木工場・須藤 清治 |
| ◎実験用極低温装置について | 日立製作所・栃木工場・南部 誠一 |
| ◎ターボ冷凍機を使用した暖冷房装置について | 日立製作所・栃木工場・関 川 務 |
| ◎キニヨンポンプの動力消費に対する一考察 | 日立製作所・川崎工場・西岡富士夫 |

東京都品川区
大井坂下町2717

日 立 評 論 社 誌代特価一冊 ¥ 100 円 8



Subscribe to THE HITACHI REVIEW English Edition

One of the most reasonable ways to solve the serious and numerous problems that confront engineers everyday is to exchange their data and views with the researchers of the world. The Hitachi Review is planned and published to this end. The first number of the same was issued last January, and the second one is expected to be brought out at the end of July. The following are the contents of the latter.

Hydraulic Power Plant Equipments for Tien-leng Power Plant	S. Fukasu, S. Takahashi, F. Saruwatari and S. Hiroyoshi
Charge Current Rupturing Characteristics of Contrarc Circuit Breakers	S. Morita and G. Maki
Characteristic Element of Recent Dry Valve Lightning Arresters	K. Ochi and K. Sugiyama
Permanent Magnet—Its Safety Factor and Durability	M. Tsujita
Incandescent Tungsten Lamps—Its Characteristics, Testing and Quality Control.....	K. Miyagi and E. Taniguchi
Improvement of Strowger Switches	K. Watanabe and M. Kikuchi
Air Test of Gas Blowers.....	K. Suzuki
Study of the Asymmetry of Gear Tooth Profiles Caused by Hob Eccentricity	K. Morita
Improvements on Polyvinyle Formal Wires and Their Application.....	K. Mase
A Few Observation of the Basic Properties of Insulating Varnishes.....	M. Tachimori
The Properties of High Grade Special Steel Derived from Magnetic Iron Sand.....	S. Koshiba

Price ; ¥ 200 a copy Postage, ¥ 40
 Publisher ; Hitachi Hyoron Sha, Hitachi, Ltd.
 Marunouchi, Tokyo, Japan.