

酸化物陰極分解過程における被覆層の変化について

The Change of Coating Layer during the Decomposition Process of the Oxide Coated Cathode

千 秋 英 一*

内 概 容 梗

酸化物陰極の分解過程における被覆層の変化について高温顕微鏡および質量分析計を用いて検討した結果次のことが確かめられた。

- (1) 分解の比較的初期の段階においては接着剤の中間分解があり、被覆層に熱による膨脹以外の厚みの増加が見られること。同時に黒化現象が認められること。
- (2) 分解の進展にともない約 600°C 以上から被覆層の収縮が起るが、その収縮率はそれまでに経過した最高温度によりほぼ規制されること。
- (3) 収縮は処理温度に対しほとんど直線的な変化を示すこと。
- (4) 真空度の悪い状態で分解を行なう場合、比較的低い温度 (約 900°C) で被覆層面に一見融解に似た変化が起り同時に急激な収縮が起ること。

〔I〕 緒 言

酸化物陰極についてはその発見以来きわめて多くの研究者によつて理論的、実験的な詳細な検討が加えられ、電子放出、活性化の機構など陰極としての動作に関する基礎的諸問題はかなりあきらかにされてきているが、その応用面ともいべき電子管製作技術の面に関してはなお多くの問題が残されている。

前者の進展に比較し後者の進歩が遅れている理由としては、電子管製作のプロセスそれ自体相互に関連性をもつ数多くの要素の組合わせからなつており、適切な条件なるものを容易に一義的に決定しえないということにその一つの原因があるものと思われるが、さらに、従来の研究においてその大部分が陰極としての動作の本質の究明にその焦点が置かれ、実際的な電子管製作の過程そのものについてはそれほどの比重がおかれていなかつたこともその一つの理由として考えられる。

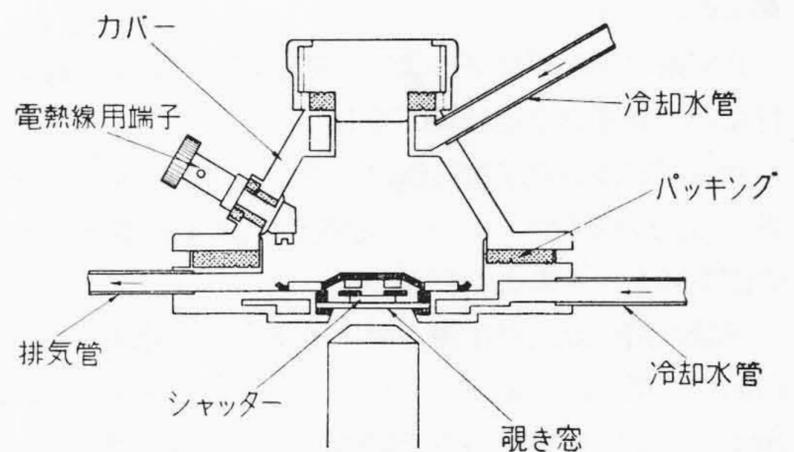
もちろん、製作過程の問題の取扱いにあつては、前述したその本質上、広い視野に立つて有機的、総合的に検討を加える必要があるが、それと同時に、その間に生ずる箇々の現象についてその内容をあきらかにし、さらにそれら相互の関連を求め、全体との結びつきを考えるという手法も問題解明のための一つの方法として考えられる。

筆者はその一つの手がかりとして陰極分解の際の被覆層変化の問題を取上げ、二、三の実験を行ない、なお考察を加えてみたので、以下その結果について述べることにする。

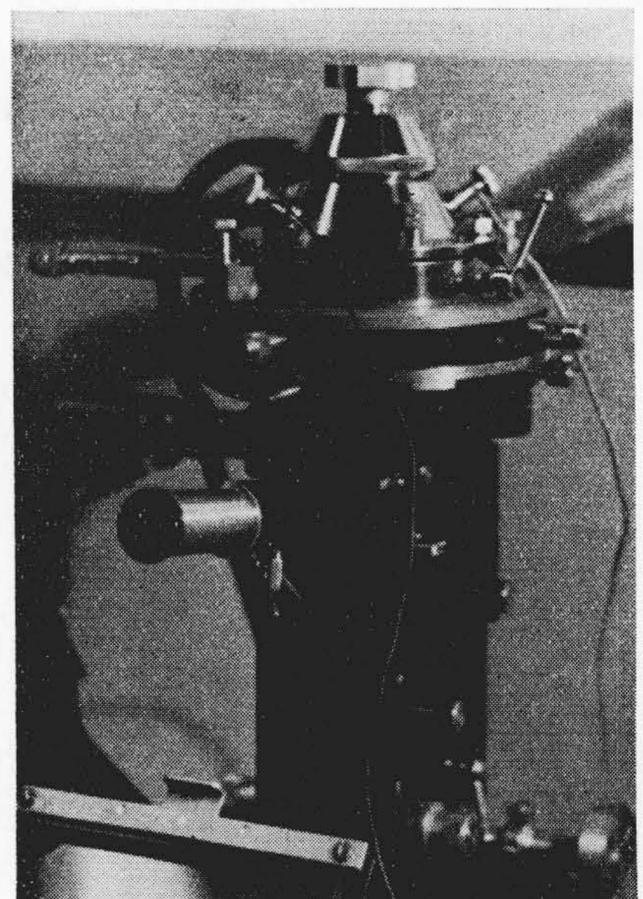
〔II〕 被覆層の収縮について

まず、被覆層収縮に関する実験結果について述べる。

* 日立製作所茂原工場



第1図 顕微鏡用高温真空炉構造図
Fig. 1. The Structure of the High Temperature Vacuum Furnace for Microscopic Use



第2図 高温真空炉の顕微鏡への装着図
Fig. 2. The High Temperature Vacuum Furnace Mounted on the Microscope

被覆層収縮の問題についてはすでに甘粕氏ら⁽¹⁾がかなり詳細な実験を行ない

(a) 収縮は分解時に起り、その後の活性化、エージング操作によつては変化しないこと、

(b) 噴霧塗布による陰極では密度の大きい方が収縮が大きいこと、

(c) 電着塗布による陰極では密度が大であるにもかかわらず収縮は小さく乾式の噴霧塗布に近いこと、などの結果をえているが、筆者は同氏らの取扱いにおいて深く触れられなかつた分解温度と収縮との関係について測定実験を行なつてみた。

(1) 実験装置および実験方法

実験に用いた装置は第 1 図に示すとき構造を有する顕微鏡用高温真空炉で、これを顕微鏡に装着した状態を第 2 図に示す。

真空系は回転ポンプおよび油拡散ポンプにより排気を行ない、到達真空度は $10^{-2}\mu\text{Hg}$ 。

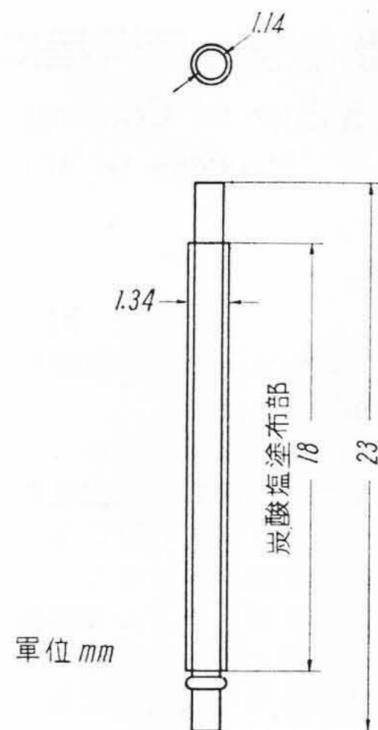
寸法測定は顕微鏡接眼鏡に挿入したスケール ($1/100$ 目盛) を用いて行ない、その寸度較正は 1 目盛 $1/100\text{mm}$ の標準スケールにより行なつた。

実験に用いた試料は第 3 図に示すとき寸法、構造の円筒形陰極で、被覆層は硝化綿をバインダーとする Ba : Sr : Ca = 49 : 45 : 6 の三元炭酸塩の有機溶剤懸濁液を基体金属円筒 (ニッケル) に噴霧塗布することにより製作した。被覆層みかけ密度は約 $0.7\text{mg}\cdot\text{mm}^{-3}$ 。

なお、試料の加熱は試料に挿入したタングステン線条の電流加熱により行なつたが、試料温度は真空炉のゴムパッキング部を通して Pt-PtRh 熱電対を導入、陰極中央部基体金属に熔接することにより測定した。熱電対径はいずれも約 0.03mm である。

(2) 分解時の陰極温度変化について

説明の便宜上、まず分解操作時の陰極温度変化について述べることにする。



第 3 図 測定にもちいた陰極
Fig. 3. Test Cathode

第 4 図は測定結果の一例を示すもので、加熱線条印加電圧を 3 V から 15 V まで 1 V ずつ段階的に上げていつた場合の変化を示す。

この結果から

(a) 印加電圧 3~7 V の範囲では各段階ごと 30~60 秒程度で一定値に達し、それぞれ $80\sim 100^\circ\text{C}$ の間隔で変化すること。

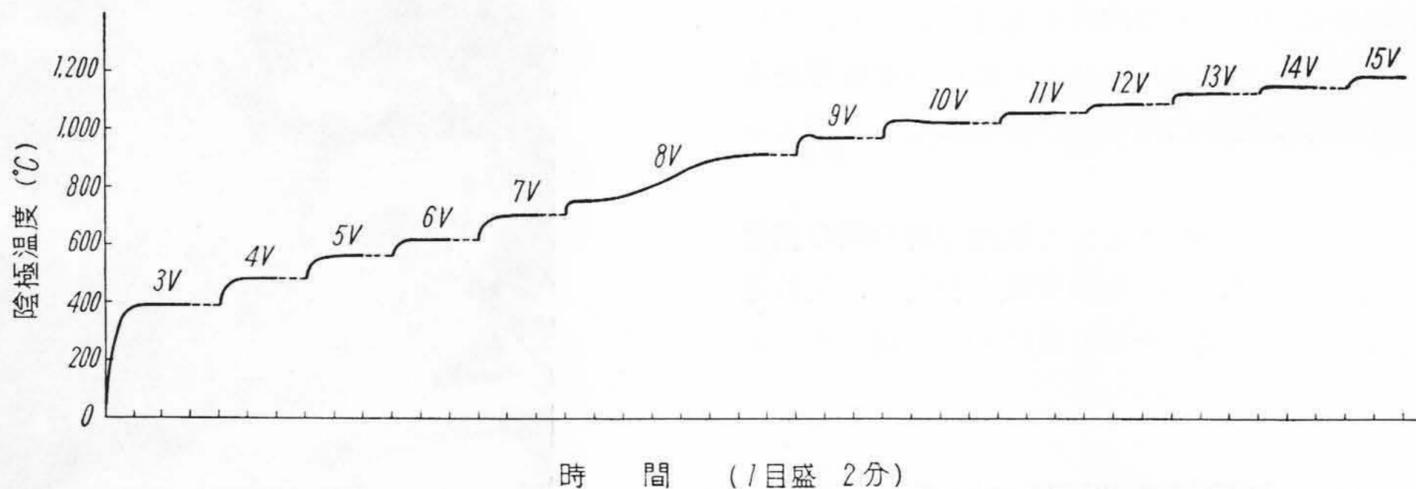
(b) 8 V でははじめ短時間に約 50°C の温度上昇を示すが、さらに漸次上昇を継続し、結果的に約 200°C ちかい変化を示すこと。

(c) 9 V 以上では単調な温度上昇を示すのみで特異な変化はみられないこと。

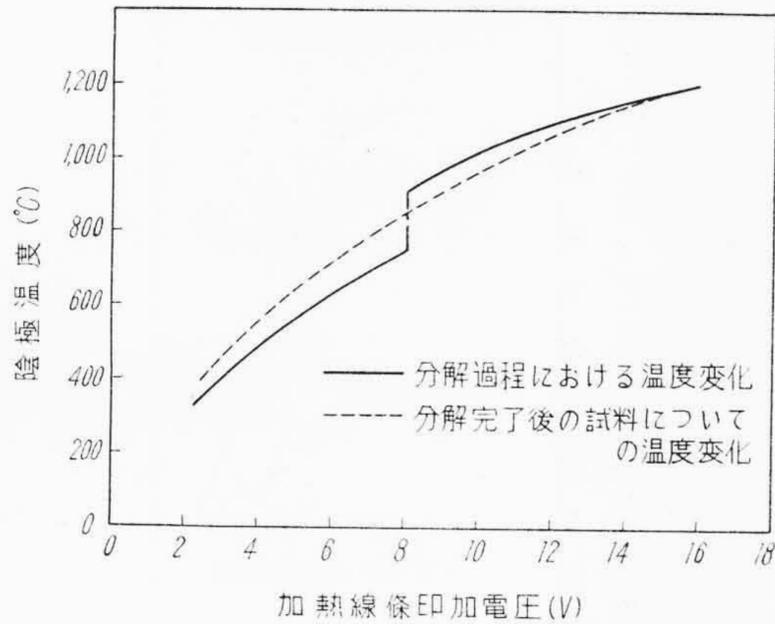
上記結果をそれぞれの段階での最高温度と印加電圧との関係に書直したものが第 5 図で、なお同図には分解が終つた状態での温度変化の関係を比較のために掲げた。

(3) 測定結果

測定は段階的に陰極温度をあげていつた場合のそれぞ



第 4 図 陰極分解過程において加熱線条電圧を段階的に増してゆく場合の陰極温度変化
Fig. 4. Shift of Cathode Temperature during Decomposition Process (When Raising Heater Voltage Step by Step)



第5図 陰極分解過程における加熱線係電圧と陰極温度との関係
 Fig. 5. Relation between Heater Voltage and Cathode Temperature during Decomposition Process

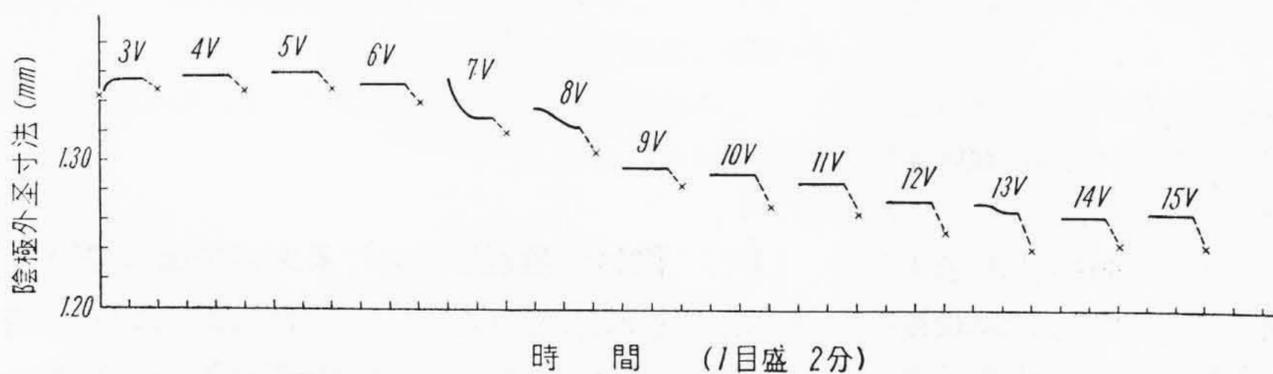
れの段階での加熱状態および寸法変化が飽和に達したのち室温状態に戻した状態での陰極被覆層部外径寸法について行なつたが、その結果を第6図に示す。なお同図で実線は加熱時の寸法変化を示すものであり、×印は室温状態測定値を示す。

この結果から

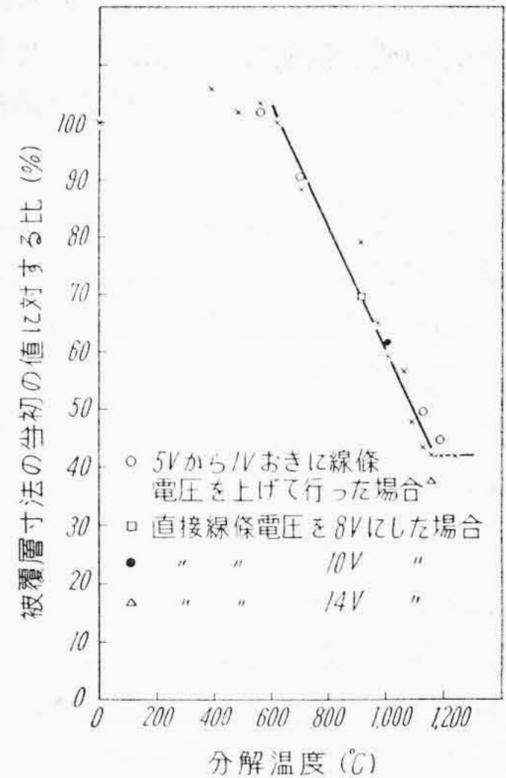
(a) 陰極外径寸法は分解の初期、ごく低温の段階では一時的に寸法の増大を示すこと。

(b) さらに陰極温度を上げるとある段階から逆に収縮が始まるが、その収縮は温度の上昇に伴ない漸次進行すること。

が知られるが、この間の関係は次に示す第7図によつてさらに詳細に知ることができる。すなわち、同図は各段階ごとの室温状態測定値から同状態における基体金属外径測定値を差引いた値、結局被覆層寸法そのもの、の未処理の状態を100とする変化を各段階の温度にたいして打点したものであるが、この図からさらに



第6図 陰極分解過程において加熱線係電圧を段階的に増していった場合の陰極外径寸法変化
 Fig. 6. Variation of Cathode Dia. during Decomposition Process (When Raising Heater Voltage Step by Step)



第7図 陰極分解過程における分解温度と被覆層厚さとの関係 (真空度 0.01 μ Hg)
 Fig. 7. Relation between Decomposition Temperature and Cathode Coating Thickness during Decomposition Process (at 0.01 μ Hg)

(e) 約 600°C までの範囲で被覆層は未処理の状態にたいして約 4~5 %の寸法増大を示すこと。

(d) 600°C 以上の加熱で起る収縮は加熱処理温度にたいしてほとんど直線的とみられる変化を示し、約 1,200°C までの加熱で未処理状態寸法の約 40% 近くまでに達すること。

(e) 収縮は 1,200°C 附近で飽和に達すること、などが知られる。

ここで問題となることは上記寸法変化が加熱履歴による影響を受けないか、また再現性はどうかということであるが、この点を確かめる意味で別の試料について直接問題とする温度に加熱した場合について測定を行なつてみた。その結果は第7図中・, ⊙, △, □, などの打点をもつて示す通りで、段階式加熱の場合の結果を結んで

えられる直線ときわめてよい一致を示すことが知られる。この結果から、結局今問題としている収縮はそれぞれが受けた処理温度に直接的な対応をもつ固有の値を示していること、またかなりの精度で再現性のあるものであることがわかる。

以上は比較的よい真

空度条件で分解を行なった場合の結果であるが、なお試みに真空度条件の悪い状態での変化についても測定を行なつてみたので、その結果について簡単に触れることとする。

実験装置は上記と同一、ただしその排気系から油拡散ポンプを除き、回転ポンプのみを用いた状態で実験操作を行なつた。到達真空度は約 $10 \mu\text{Hg}$ である。

結果を第8図に示す。

この結果を第7図と比較して認められるいちじるしい特長は下記の通りである。

(a) 600°C 附近まで寸法増加があり、その前後から収縮のはじまることはまったく同様であるが、 $600\sim 900^\circ\text{C}$ 間の収縮が比較的緩慢であること。

(b) 900°C 前後の点で突然急激な収縮が起ること。収縮の程度も大きく、たとえば、真空度条件のよい場合 950°C の点での収縮率は約30%であるが、この場合の収縮率は約70%に達する。

なおこの場合収縮の起る温度は試料により必ずしも一定せず、その意味での再現性はあまりよくない。この点第7図の場合とやや異なる様相を示す。

〔III〕 被覆層表面変化について

つぎに、前章に述べたような寸法変化が起るとき被覆層面にみられる変化を顕微鏡的に観察した結果について述べる。

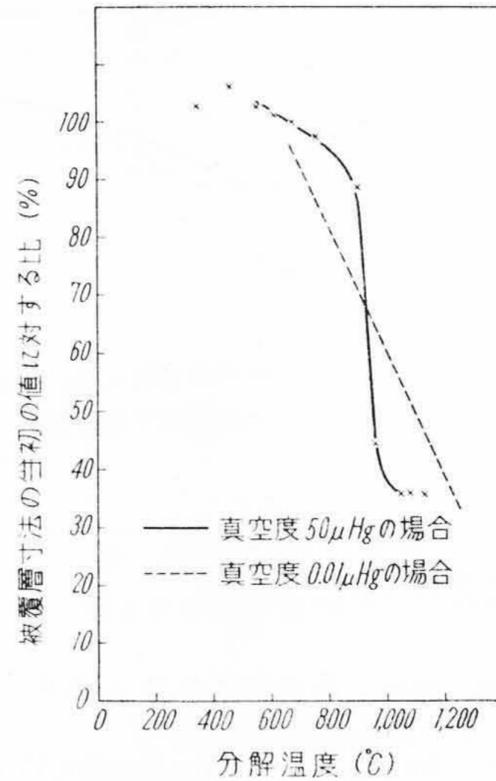
この場合観察の便宜上試料としては平板型陰極を用いたが、被覆層密度および加熱線条印加電圧～陰極温度の関係が前章の試料に近似したものをえらび、前章結果との対応がえられるようにした。

観察に用いた装置は前章と同一である。

まず、炭酸塩を被覆したままの状態の表面は第9図(イ)に示すような外観を呈している。

これを約 300°C に加熱すると、はじめ白色を呈していた面がただちに淡黒褐色に変化し、同時に表面の膨れ上りと気泡の発生とが見られる。その状況は同図(ロ)に見られるとおりで、もとの状態に比べその外観は一変する。

さらに温度を上げて行く場合、約 600°C までは単に上記状態の進展が認められるだけであるが、 $750\sim 800$ 度付近で上記の黒色および膨れ上りが急速に消失する。この段階はちょうど前章第5図の温度の不連続変化を示す点に相当するが、この変化が起つた後の面の状態は最初の炭酸塩被覆そのままの場合ときわめてよい一致を示す。すなわち、ここまでの段階で被覆層は、すくなくとも巨視的に、幾何学的な変化は起していないことが知られる(同図(ハ)参照)。



第8図 陰極分解過程における分解温度と被覆層厚さとの関係 (真空度 $50 \mu\text{Hg}$)

Fig. 8. Relation between Decomposition Temperature and Cathode Coating Thickness During Decomposition Process at $50 \mu\text{Hg}$

この状態からさらに温度を上げて行く場合、幾何学的な外観はまったく変化せず、上記そのままの状態を持続する。約 $1,200^\circ\text{C}$ (すなわち、真空管製作工程中陰極が遭遇すると考えられる最高温度以上) 近くまで加熱してもその状態は変化しない。

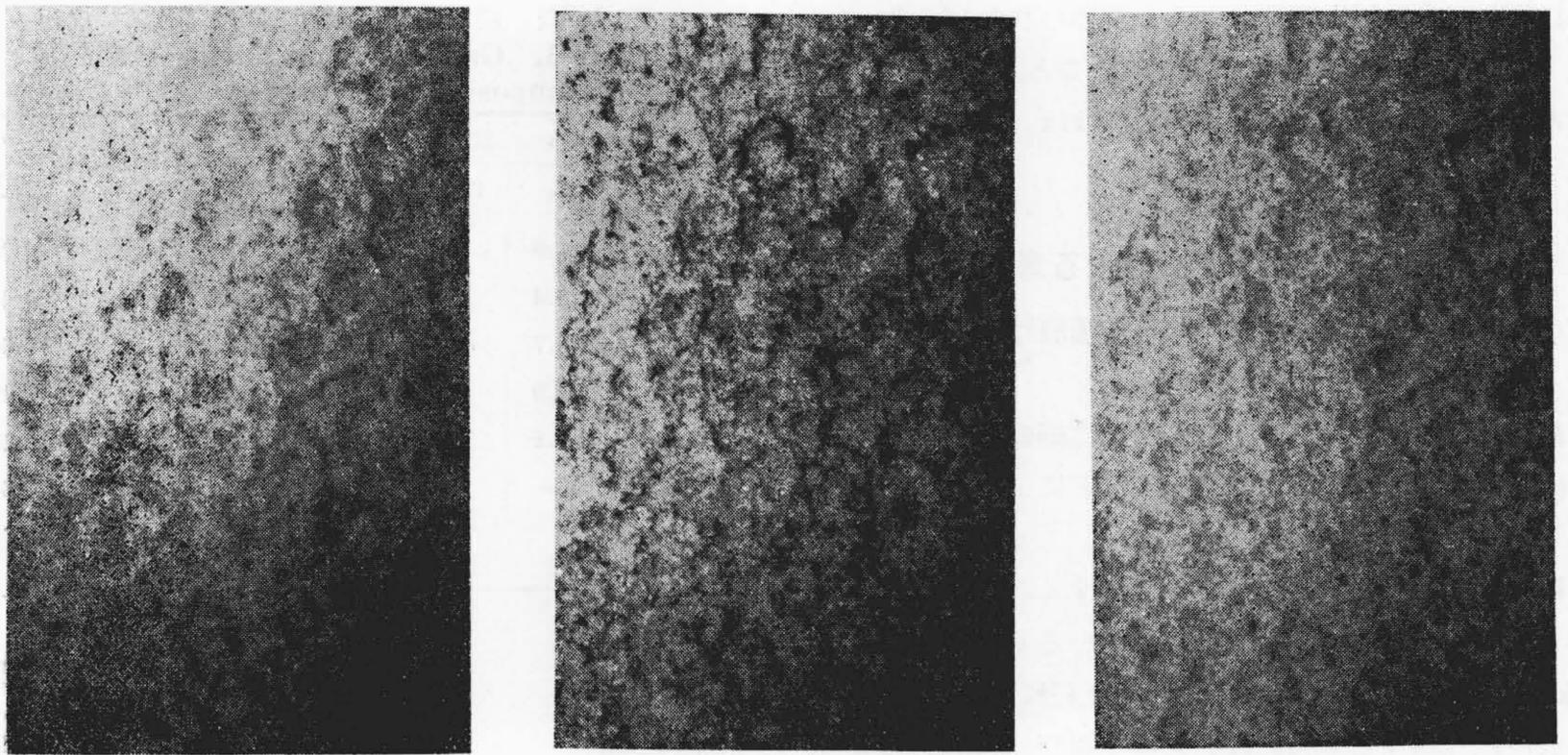
つぎに、前章と対応して、真空度条件の悪い状態で加熱分解を行なう場合の変化について述べると次の通りである。

すなわち、この場合も約 900°C 付近までは上記とまったく同様の経過をたどるが、 900°C 前後のところで急激に被覆層が溶融するという現象がみられる。その状況は第10図にみられる通りで、その外観はその前までと完全に異なる様相を示す。被覆層物質は局部的に凝集を起し、基体金属面が露出するにいたる。この変化のおこる点は前章第8図で急激な容積収縮の発生する温度段階ときわめてよい対応を示し、結局同図の収縮は上記の状態変化に基因するものと思われる。

この段階からさらに温度を上げてても、特に注目すべき変化はみられない。

〔IV〕 陰極分解過程におけるガス放出について

陰極被覆層分解の過程においては前2章に述べた変化と平行してニトロセルロースの分解および炭酸塩自体の分解によるガス放出が行なわれるわけであるが、前2者との関連を求める意味で、各温度段階でのガス放出について測定を行なつたので本章ではその結果について述べ



(イ) 炭酸塩被覆後そのままの状態 (ロ) (イ)を300°Cに加熱した状態 (ハ) (ロ)をさらに800°Cまで加熱した状態

第9図 陰極分解の比較的低温段階における被覆層表面状態の変化
 Fig. 9. Variation of Cathode Coating Surface at Relatively Low Temperature Steps of Decomposition Process

る。

(1) 測定装置および測定方法

測定装置としては質量分析計(日立 RM-A 型)を用いた。

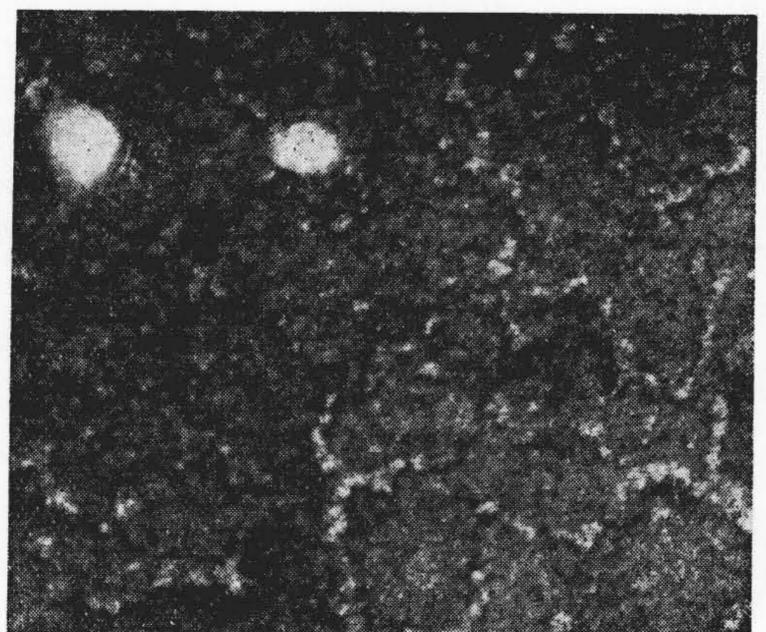
ガスの捕集は各温度段階ごとに蓄積法により一定容積容器中に採取する方法をとり、測定はまずそれぞれ捕集されたガス圧力を測定したのち、これを細隙を通して分析管部に導入、各質量の電流強度を連続記録せしめ、解析を行なうという方法をとつた。

(2) 測定結果

上述のようにして各段階ごとの放出ガスについて解析を行なつた結果をとりまとめて第1表に示す。同表中最右欄の数字は各段階ごとの放出ガスを標準状態における cc 数に換算して示した値である。

また、この結果からそれぞれのガスが温度にたいして量的にどのような形で放出されているかを算出図示したものが第11図である。

この結果から、まず、主たるガス放出は 800°C 前後からはじまり、1,100°C 付近で完結することが知られる。この結果はこれまで一般のガス放出測定あるいは熱天秤による重量変化の測定などからえられている炭酸塩自体の分解のデータと定性的によく一致する結果である。次に放出ガスの内容としては大部分が CO, CO₂ で、両者をあわせ全体の約 80% 近くを占めていることが知られる。そのほかに H₂, H₂O などの放出も若干みられるが、量的にはほとんど問題とするにたりない程度のものである。



第10図 真空度 50 μ Hg, 900°C で陰極被覆層が溶融した状態

Fig. 10. Fused Appearance of Cathode Coating After Heated at 900°C under 50 μ Hg

以上は被覆層分解全般についてみた場合の結果であるが、低温部では硝化綿の分解による N₂, NO, NO₂ などの放出が当然予想される。上記結果ではその状況が明らかにされていないが、その間の状況を詳細に解析することにより逆に硝化綿分解の様子を明らかにすることができると思われる。その意味で低温部のガス放出について特に詳細に分析を行なつてみた。その結果を第12図に示す。

この結果から

- (a) N₂ の放出は 700°C まで認められるが、それ以上の温度ではほとんどみられなくなる。
- (b) NO も 600°C のところでかなり多量に放出さ

れるが、それ以上ではほとんど認められないこと。

(c) NO₂ の放出はみられないこと。

などが知られ、結局硝化綿の分解はほぼ 700°C までで終了するものと思われる。

〔V〕 実験結果に対する考察

(1) 分解の低温段階における被覆層寸法増大について

結論を先にいえば、おそらく、硝化綿の低温における自己分解過程での融解、気泡発生などによる効果と思われる。

硝化綿は一般にきわめて燃焼しやすく、着火温度も低い(約 200°C)ものとして知られているものであるが、Rideal, Robertson⁽²⁾などにより行なわれた実験で、真空中低温に加熱する場合にはいわゆる爆発的分解を起すことなく、融解、液状化し、さらに“膨化”(Swelling)の現象を示すこと、が見出だされており、この事実は上記変化の可能性を示す一つの理由としてあげることができる。

また、

(a) 前掲第 9 図 (ロ) にみられる被覆層表面のふくれ上り、黒化がちょうどこの温度段階に相当する範囲の間だけ持続し、収縮に移行する前後の点で消失していること、および

(b) 〔IV〕章 放出ガス分析の結果で硝化綿の分解が上記収縮への移行点、したがって層表面黒化、ふくれ上りの消失点、付近ではほぼ終了しているとみられることなどの事実は、上記変化が硝化綿に由来しているものであることを示していると考えられる。

これらのことから被覆層表面に第 9 図にみられるような変化の起っている過程においては層の内部構造は模型的に示した場合おそらく第 13 図のような変遷をしているものと思われる。

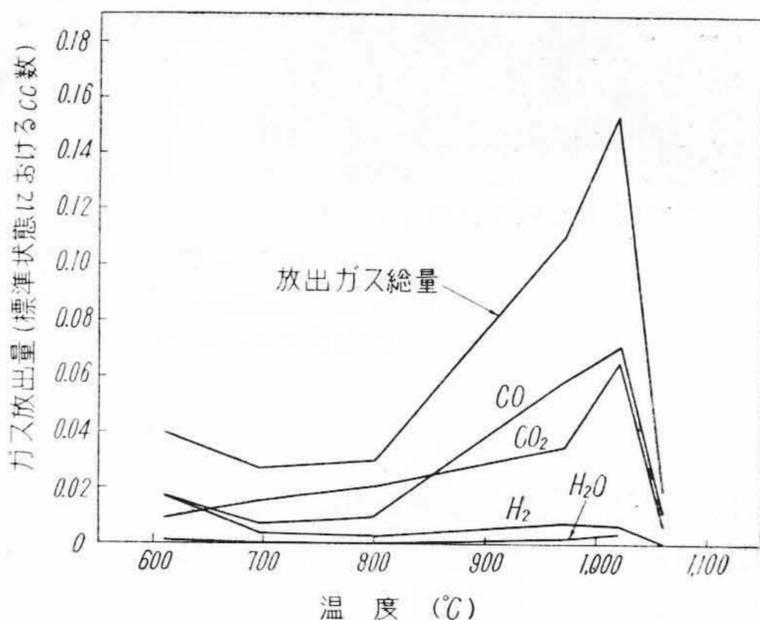
なお、分解過程における被覆層黒化の問題についてはさきに有住氏⁽³⁾も若干触れているが、排気操作条件が不適切な場合、最終製品陰極上に炭素残渣を残し、その活性度を害することがあり、実際の取扱い上には十分注意する必要がある。

(2) 被覆層の収縮について (分解温度との関係)

まず、筆者の実験結果と甘粕氏らのえている結果との対比について述べる。さきに述べたように同氏らの実験は分解温度一定の条件で行なわれているので、ここでの比較はある一断面での比較にとどまるわけであるが、同氏らのえた結果は分解温度 1,000°C で収縮が約 30% (すなわち、もとの状態にたいし容積比 70%) という値で、第 7 図の結果と比較し、実験誤差範囲ではほぼ一致し

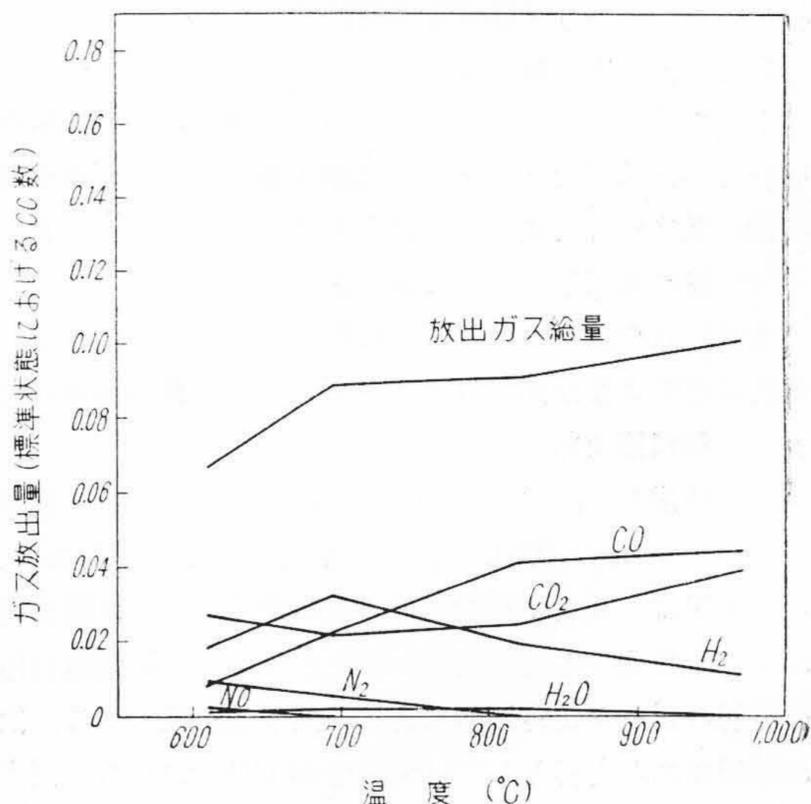
第 1 表 陰極分解過程におけるガス放出
Table 1. Gas Evolution during Cathode Decomposition Process

分解温度段階	放出ガス内容 (%)					放出ガス量 cc at N.T.P.
	H ₂	H ₂ O	O ₂	CO	CO ₂	
610°C	37.8	2.2	2.4	37.4	20.2	0.040
690	15.4	1.3	0.7	25.5	57.1	0.027
800	8.7	—	0.6	24.5	66.2	0.030
970	6.9	1.3	6.5	53.3	32.0	0.110
1090	4.8	2.3	4.6	46.2	42.6	0.152
1060	—	—	6.3	54.5	39.2	0.019



第 11 図 質量分析計による陰極分解放出ガスの分析

Fig. 11. Gas Evolved from Carbonate Coating during Cathode Decomposition Process (by Mass-spectrometry)



第 12 図 質量分析計による陰極分解放出ガスの分析

Fig. 12. Gas Evolved from Carbonate Coating during Cathode Decomposition Process (by Mass-spectrometry)

ているということが出来る。

次に、第7図の結果で収縮は分解温度にたいしほぼ直線的な変化を示すことが実験的に知られたわけであるが、以下その内容について若干検討を加えることとする。

まず、炭酸塩結晶の酸化物への転化、したがって密度の変化、による容積変化が考えられるが、両者の分子量、比重などを考慮して転化前後の容積比を算出すると

$$\alpha_0 = 0.56$$

なる結果がえられる。すなわち、収縮を酸化物への転化そのものみに

よる容積変化として考えた場合容積比 56 %が最大の収縮、ということであるが、実際の実験結果はこの値をはるかに超越する収縮を示しており、これのみをもつて説明することはできない。

次に考えられることは、甘粕氏らもふれているように、被覆層はきわめて多孔質のものであり、その空隙が結晶で埋められて行くことによつておこる容積の縮小である。この場合空隙充填の過程としては表面拡散、再結晶結晶生長というような段階が考えられるが、この過程はいわゆる "焼結" (Sintering) の過程と一致するものであり、試みに、焼結について詳細に調査されている金属の場合と筆者の実験結果との対比を求めると次のようになる。すなわち第14図は Smithells ら⁽⁴⁾が圧縮タングステン棒について焼結温度と長さの変化との関係について求めた結果であるが、微細粉末の場合ある温度範囲で温度にたいし直線的な変化を示す結果がえられており、陰極被覆層の場合も金属の場合と同様の焼結現象の起ることが推測される。

ここで、筆者の実験結果から各分解温度段階に応じて空隙がどのように埋められてゆくかについて二、三量的な取扱いを行なつてみたい。いま、被覆層総容積、実質部分および空隙部分の容積をそれぞれ V, v_0, av_0' (a は空隙部容積の実質的にたいする比) とし、酸化物についてはプライムを付してあらわすこととすれば、

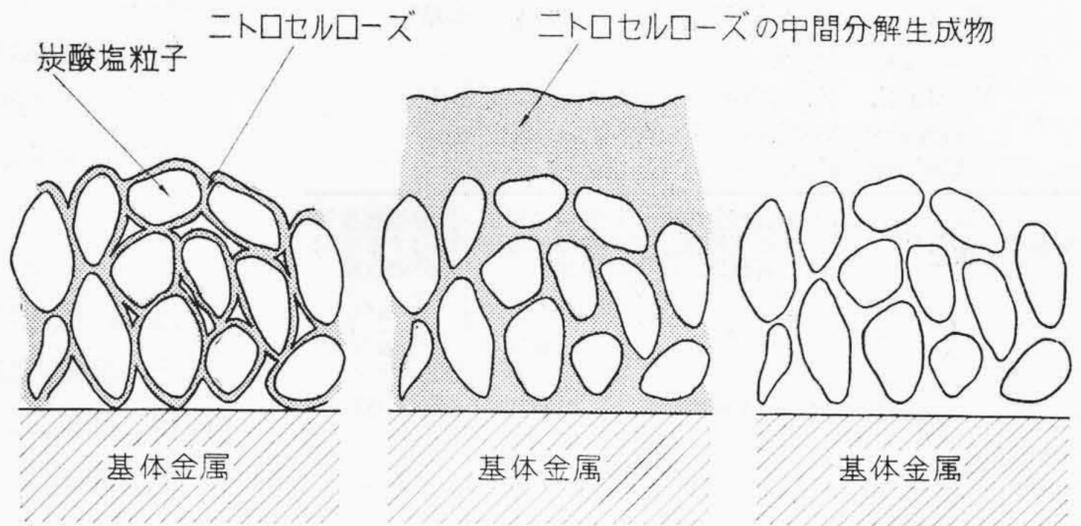
$$V = v_0 (1+a) \dots\dots\dots (1)$$

$$V' = v_0' (1+a') \dots\dots\dots (2)$$

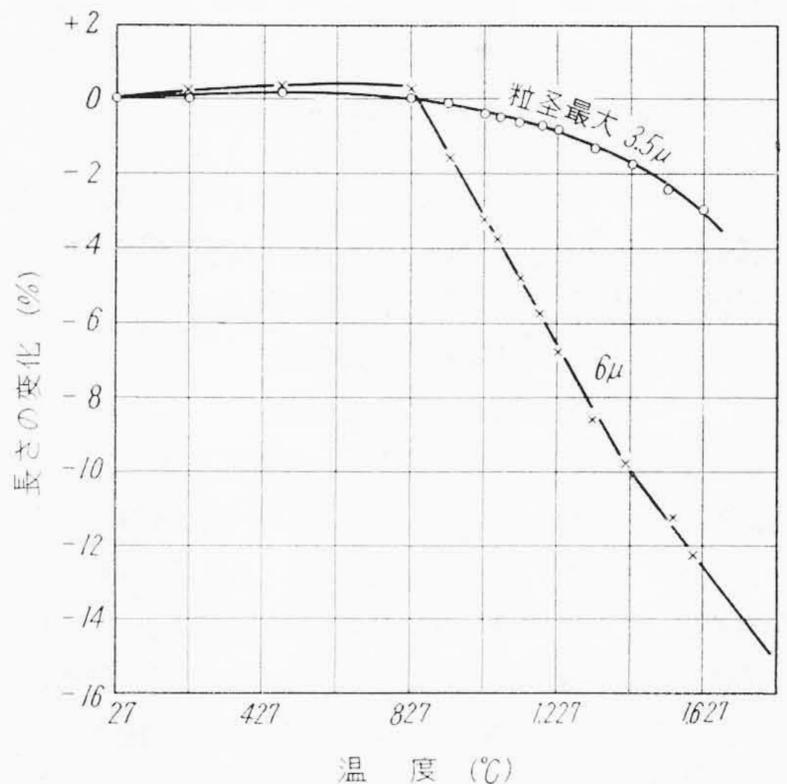
したがって、酸化物への転化前後の容積比 α は

$$\alpha = \frac{V}{V'} = \alpha_0 \frac{1+a}{1+a'} \dots\dots\dots (3)$$

をもつてあらわされることとなる。上式中 α_0 は既知であり、 a は試料炭酸塩被覆層密度から算出されるから、 α として第7図実験結果をもちいることにより a' を求めることができ、したがって空隙部容積変化を知ること



第13図 陰極分解の比較的低温段階における被覆層構造の変化
Fig. 13. Variation of Cathode Coating Structure at Relatively Low Temperature Steps of Decomposition Process



第14図 圧縮タングステン棒を種々の温度で焼結させた場合の長さの変化 (Smithells, Pitkin, Avery 氏らによる結果)

Fig. 14. Change in Length of Pressed Tungsten Bars Sintered at Various Temperatures (According to Smithells, Pitkin, and Avery)

ができる。

第2表にその計算結果を示す。

この結果によれば、たとえば分解温度を 1,200°C まで上げた場合、当初の炭酸塩被覆層の場合と比較し、空隙部容積は約 1/3 に縮小されることが知られる。しかし、それと同時に実質部分の収縮もかなり大きく行われるので、総容積にたいする空隙部容積の比、すなわち空隙度にはそれほど大きな変化はみられない。また、同一条件のところでは実質部にたいする空隙部容積比は約30%の減少を示し全体としてそれだけ緻密度が増しているといえることができる。

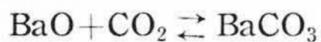
第2表 陰極分解温度と被覆層の容積変化との関係

Table 2. Relation between Cathode Decomposition Temperature and Volume Change of Cathode Coating

分解温度 (°C)	分解前後の容積比 $(a = \frac{V'}{V})$	実質部分に対する空隙部分の容積比 (a')	総容積に対する空隙部分の容積比 $(\frac{a'}{1+a'})$	炭酸塩被覆層に対する空隙部分の収縮 $(\frac{a'}{a})$
室温	1.00	4.68*	0.82*	1.00
600	1.00	8.96	0.90	1.07
700	0.92	8.16	0.89	0.98
800	0.82	7.17	0.88	0.86
900	0.72	6.17	0.86	0.74
1,000	0.62	5.18	0.84	0.62
1,100	0.50	3.98	0.80	0.48
1,200	0.40	2.98	0.76	0.36

* 炭酸塩被覆層そのものについての値

最後に、真空度の悪い条件で分解を行なう場合の急激な収縮について簡単に触れたいと思う。炭酸塩が酸化物に転化した状態で真空度条件の悪い場合には



などの平衡反応が存在するものと予想されるが、この平衡は外部条件のわずかな変動によりいずれの方向へも進みうる。このような平衡状態においては、BaO が一度 Ba(OH)₂ あるいは BaCO₃ の状態を経てふたたび BaO の状態に戻る過程において急激な結晶の成長を起すことが考えられるので、第8図の場合の急激な収縮はおそらく以上のような過程における結晶成長の促進によるものと思われる。この場合に最大収縮の平衡値が真空度条件のよい場合の値とほぼ一致する値を示していることは上

記仮定の妥当性を示しているものと思われる。

結晶の成長は一般に電子放出を低下せしめるものとされてをり、実際の真空管製作にあたって真空度条件には十分留意する必要がある。

〔VI〕 結 言

以上、酸化物陰極の分解時における被覆層変化、とくにその収縮、表面変化、ガス放出について行なつた実験、観察の結果と、それにたいする考察結果について述べた。収縮の問題は真空管の特性決定上直接問題となるところであり、結晶成長の問題はまた本来陰極に要求される電子放出と深い関連を有するものであるから、これらを左右する諸条件およびその製作については今後さらに深く検討する必要があると思われる。

最後に、この報告を終るにあたって、この実験の実施にあたり終始御懇切な御指導と御鞭撻とをいただいた日立製作所茂原工場幹部の方々に厚く感謝の意を表するとともに、御援助と御協力とをいただいた工場内関係者の方々に深く謝意を表するものである。

また、本実験については東大生産技術研究所所長星合正治先生に御懇篤な御指導と御指示とをいただいた。ここに厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 甘粕, 常木: 「酸化物陰極の収縮」通研月報 Vol. 5, No. 12 (1952)
- (2) Rideal, Robertson, A.J.B.: Third Symposium on Combustion and Flame. Bultmore, 1949
- (3) 有住: 「陰極材料とその性質」電気通信 No. 44 (昭25)
- (4) C. J. Smithells, W. R. Pitkin, and J. W. Avery: J. Inst. Met., 38 85 (1927); C. G. Goetzel: Treatise on Powder Metallurgy, Vol. 1. p. 513 (Interscience Publ. Inc., 1949)

日立評論

照明特集号

別冊第17号

昭和31年11月25日発行

- ◎新しい建築と照明
- ◎光源の進歩
- ◎電球製作時における諸要因が初特性および寿命におよぼす影響について
- ◎蛍光放電管の寿命と点灯度との関係
- ◎蛍光ランプの寿命に関する諸因子
- ◎蛍光放電管の電極近傍の放電状況
- ◎点灯管について
- ◎日立スーパーラビッド蛍光灯

- ◎蛍光灯雑音障害の防止
- ◎蛍光ランプの色の基礎的考察
- ◎蛍光放電管用蛍光体
- ◎ロータリーキルンによる蛍光体の製造
- ◎各種蛍光放電灯の光と色
- ◎蛍光灯による最近の車輦照明
- ◎蛍光灯の配光測定法と照明計算
- ◎最近の照明施設

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)

日立評論社

誌代特集号1冊 ¥100 円16
(振替口座 東京 71824 番)