

チタニウムの二次電子放射抑制効果 (第2報)

— 二次電子利得に対する表面蒸着層の影響 —

北 川 賢 司*

Suppression Effect of the Secondary Emission from the
Titanium (Part 2)—An Influence of Surface Contamination
upon the Secondary Emission Yield—By Kenji Kitagawa
Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The writer deals in the article with an influence of the surface contamination by some foreign matters upon the secondary emission yield, which usually results in the increase of the secondary emission. Needless to say, if an adsorbed layer on the surface is sufficiently thick, it may produce secondary emission yield by itself. However, the secondary emission from the surface having a thin adsorbed layer is influenced by the surface work function so that it can be altered by the adsorbed layer, and it shows a systematic increase in secondary emission yield as the work function is lowered, reaching the maximum at the point where the adsorbed layer takes the thickest value for the minimum work function. These results, especially in the case of thorium contamination on molybdenum or tungsten, can be explained by Wooldridge's quantum-mechanics.

Although the writer failed to witness any contribution by the surface contamination to the suppression of the secondary emission, neither has not been found any detrimental effect of the surface contamination on titanium powder coated surface.

It is concluded from the above and the report in the previous issue by the same writer that the titanium powder coating method is most suitable for the suppression of the secondary emission. Moreover, it was confirmed by experiments that the positive grid characteristic was remarkably improved by application of such a method to the grid of the transmitting triode SN-205 C.

〔I〕 緒 言

金属表面を適当な方法で粗化することによつて、ことにチタニウム金属粉末を表面に塗布することによつて非常に有効に二次電子放射を抑制することができるという

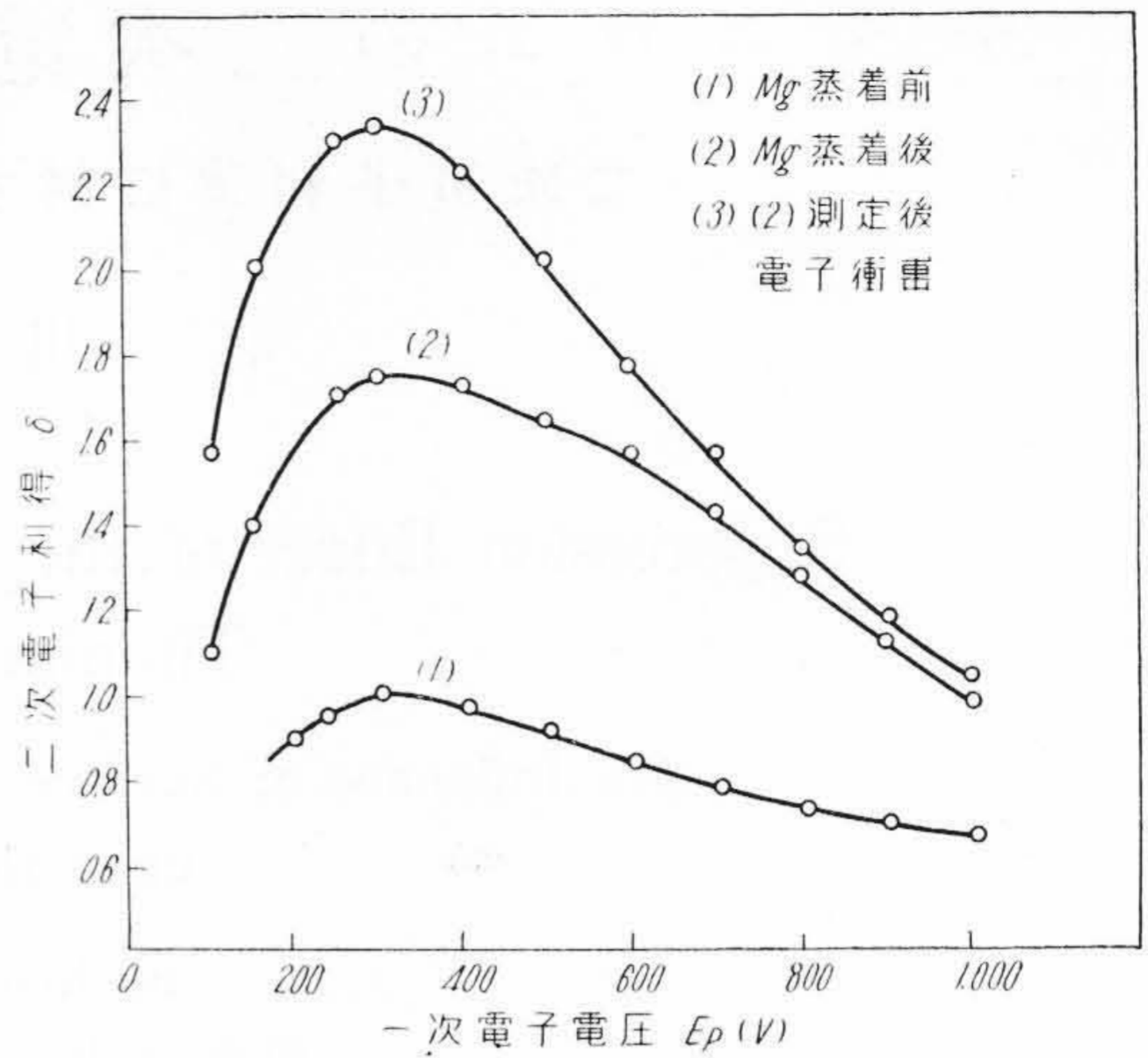
* 日立製作所茂原工場

ことを前報告(第1報)⁽¹⁾その他⁽²⁾で述べたが、このような二次電子放射抑制対策を実用化するにあつてまず問題になるのは二次電子放射特性に対する表面蒸着層、あるいは汚染層の影響である。一般に真空管の格子や陽極等には製作過程中および動作中に陰極やゲッター等からトリウム、バリウム、マグネシウム、あるいはこれらの

酸化物等が蒸着する機会が多いので格子等の二次電子放射特性は時間の経過とともに変化し（一般には二次電子利得が増加し、その抑制効果の減退することが多い）、真空管の動作を不安定にしたりすることが多く、はなはだしい場合にはこれによつて真空管の寿命が決定される。このように表面蒸着層の影響は実際問題として非常に重要であるが、これに関する研究は案外少いようである^{(3)~(5)}。そこで著者はトリウム、バリウム等の金属、あるいはこれらの化合物等をいろいろの条件で蒸着させた場合の各種金属平板および第1報でのべたような各種の方法で表面を粗くした試料の二次電子放射特性の変化の様相を実測し、二次電子放射特性に対する表面蒸着層の影響を調べた。このような結果および第1報でのべた表面粗度に関する実験結果より二次電子放射抑制法の実用化にはいかなる方法が最適であるかを検討し、さらにこれらの結果を実際の送信用真空管の格子に応用してみたのであわせて報告したいと思う。

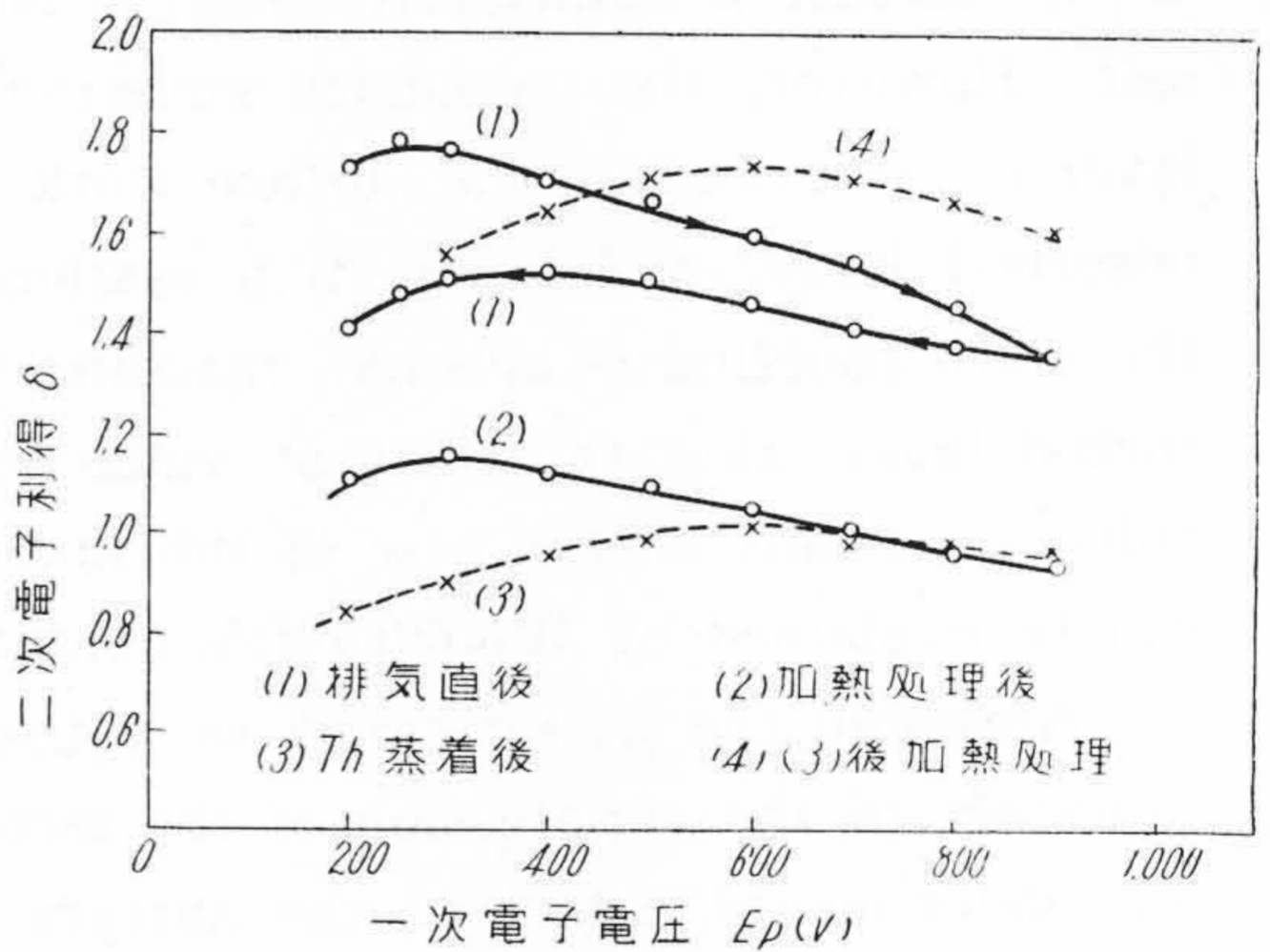
〔II〕 実験方法および実験結果

二次電子放射特性の測定は電子銃方式を採用し、第1報でのべたような実験球を使用した。その実験結果の二三の例を示すと第1図、あるいは第2図のごとくなる。第1図は亜硝酸ソーダで前処理を施してから酸化、還元を繰返して表面を粗化させたモリブデン板上にマグネシウムを蒸着させた場合の二次電子放射特性の変化の様相を示すが、図において曲線(1)はマグネシウム蒸着前、曲線(2)は蒸着後、曲線(3)は(2)測定後試料を約800°Cに加熱して一次電子電圧 $E_p=1kV$ 、一次電子電流 $I_p=1mA$ で40分間電子衝撃した後の二次電子放射特性を示す。以後このようなマグネシウムの蒸着および電子衝撃を繰返しても曲線(2)、(3)とよく似た特性の変化を示したが煩雑さを避けるために第1図には書かなかつた。従来の研究結果⁽⁶⁾によればマグネシウムおよび酸化マグネシウムの最大二次電子利得はそれぞれ0.95および2.4~4.0であるので上述の結果は蒸着層の一部が酸化マグネシウムに変つているとすれば理解できるように思う。また第2図はモリブデン平板上にトリウム（蒸発源として未炭化のトリウムタングステン線を用いた）を蒸着させた時の二次電子放射特性の変化の様相を示す。図の曲線(1)の矢印は二次電子利得 δ の測定時の一次電子電圧の変化の方向を示すが、十分加熱処理すると曲線(2)のようにヒステリシスがみられなくなる。曲線(3)はトリウム蒸着後、曲線(4)は(3)を約800°Cで加熱処理した後の二次電子放射特性を示す。これらの曲線中(1)のヒステリシスはガスの表面汚染効果で説明できるように思う。(3)および(4)は従来の実験結果⁽⁷⁾から考



第1図 表面を粗くしたモリブデン板（亜硝酸ソーダ前処理法）の二次電子放射特性に対するマグネシウム蒸着の影響

Fig. 1. Secondary Emission Characteristics of Molybdenum Plate (Rough Surface) with Surface Contamination by Magnesium

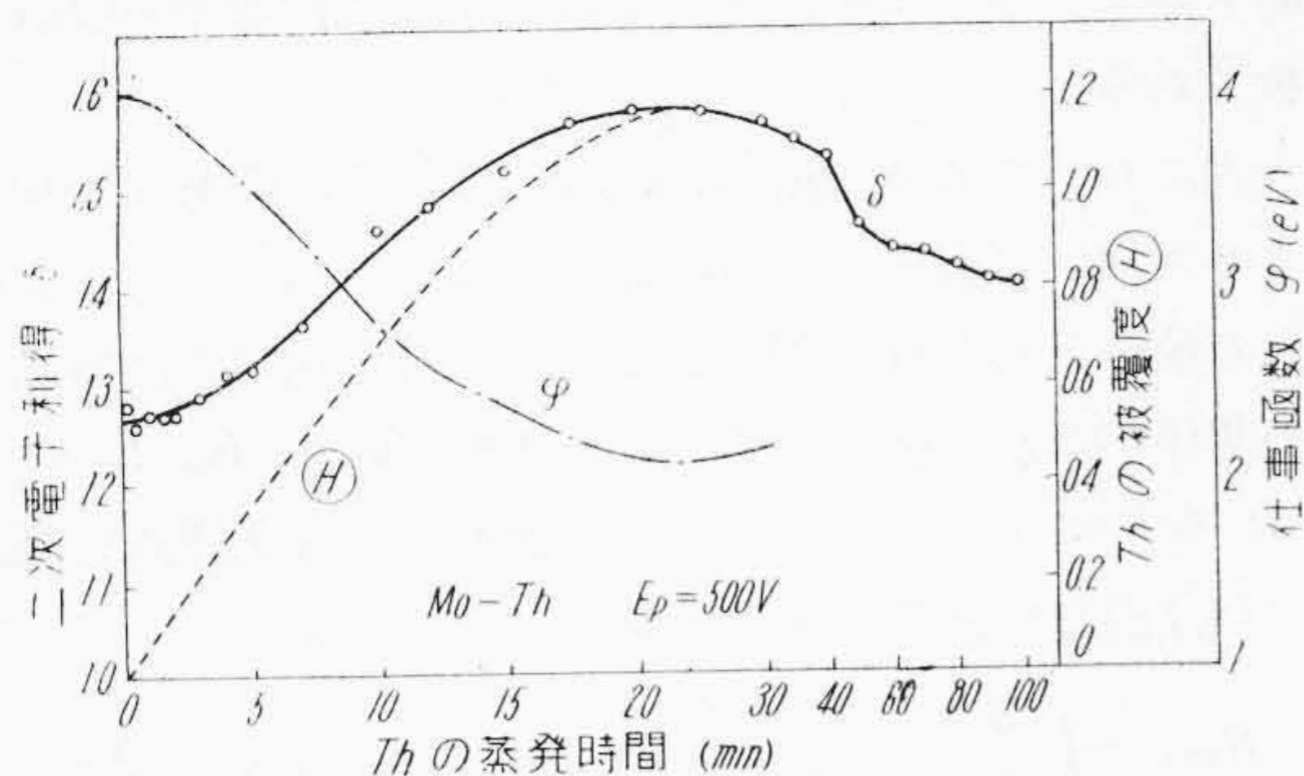


第2図 モリブデン板の二次電子放射特性に対するガス及びトリウム蒸着の影響

Fig. 2. Secondary Emission Characteristics of Molybdenum Plate with Surface Contamination by Gas and Thorium

えてそれぞれトリウムおよび酸化トリウムの二次電子放射特性を示すように思う。このような結果から判るように一般に蒸着層（相当厚い）がある場合には二次電子放射の抑制効果が減少しやすいが、その程度は蒸着物質の種類や試料表面の状態、あるいは管内残留ガスの多寡によつて著しく影響される。

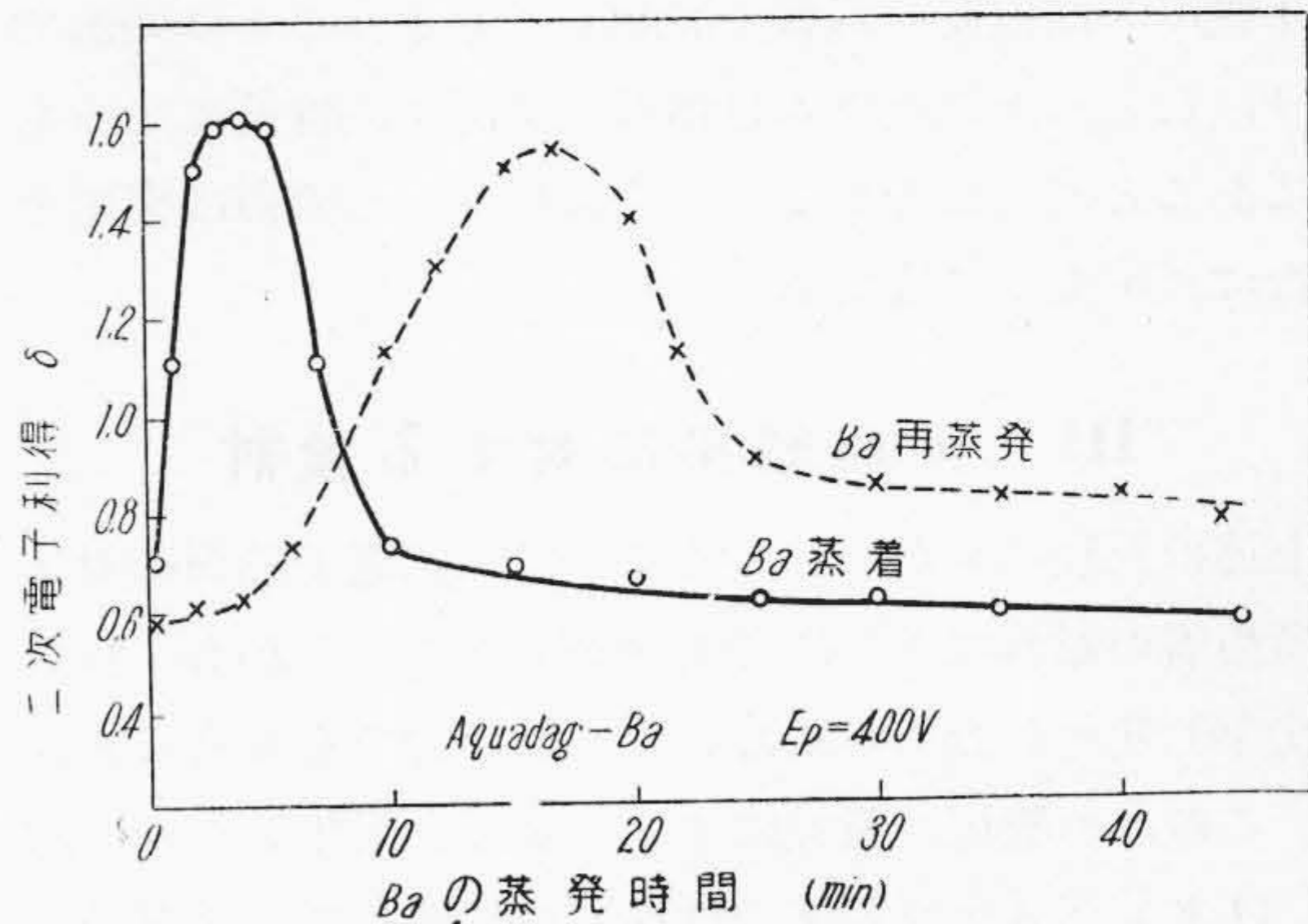
上述の結果は表面蒸着層の比較的厚い場合（数十原子層以上）の例であるが、次に蒸着層の影響をより詳細に調べるため蒸着層の厚さすなわち蒸着量をいろいろ変え



第3図 モリブデン上にトリウムを蒸着した場合のトリウムの蒸着時間と二次電子利得, 仕事函数及び被覆度の関係

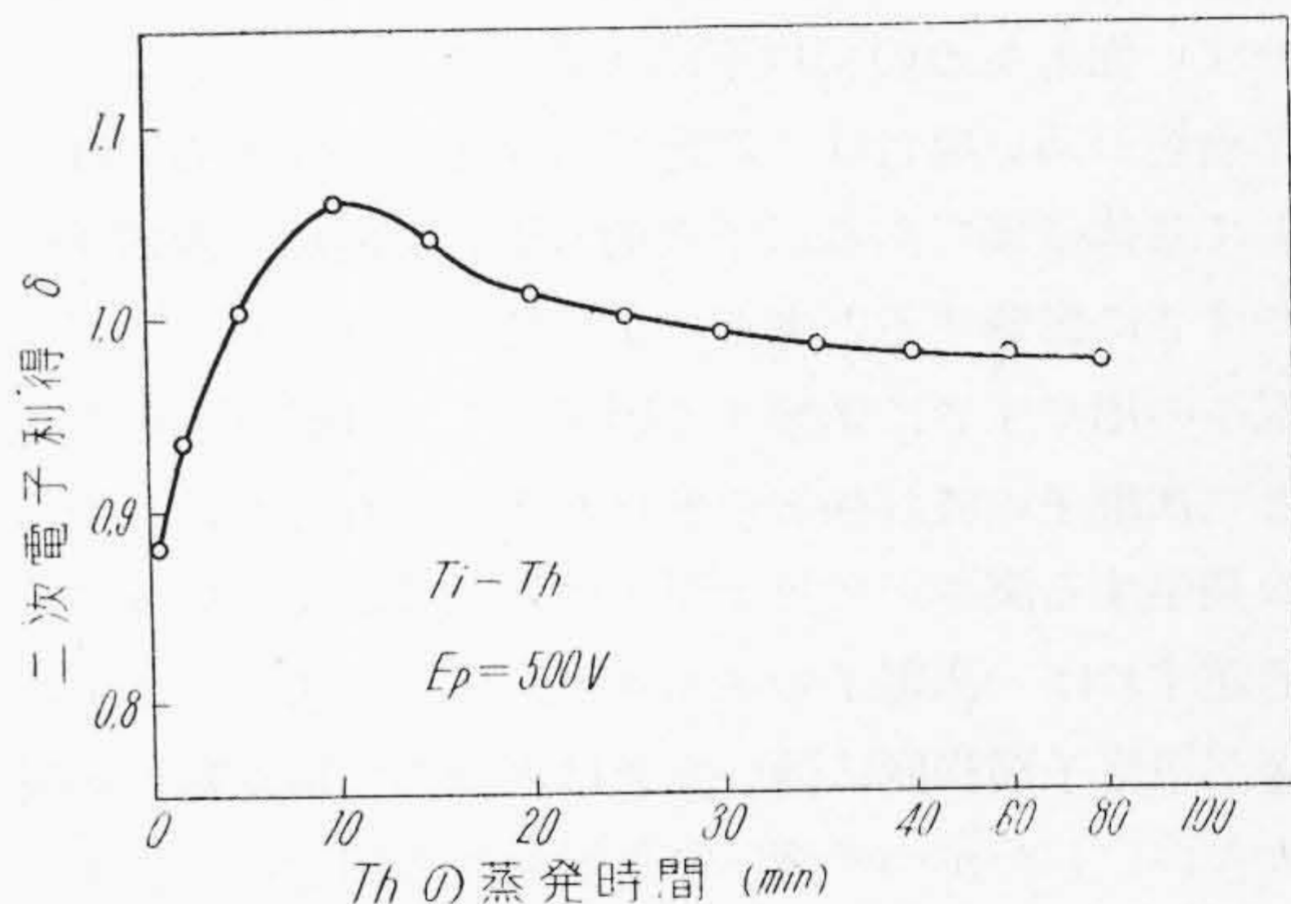
Fig. 3. Variation of Secondary Emission Yield, Surface Work Function and Fraction Covered with Thorium During Deposition of Thorium Layer on Molybdenum

た場合の二次電子放射特性の変化の様相を前述と同様な実験球により測定したので報告しよう。第3図はモリブデン板上にトリウムを蒸着させた場合の蒸着量, すなわち蒸着時間と二次電子利得 δ ($E_p=500V$)の関係を示す。図にはさらに蒸着時間と複合層の仕事函数 ϕ およびトリウムの被覆度 θ の関係も示してあるが, これらの求め方は次節で説明する。このような実験結果から判るようにトリウムの蒸着量が増すとともに二次電子利得は増大するが, ある蒸着量で極大に達し, 以後は蒸着量の増加とともに次第にトリウムの二次電子利得に近づいてゆく。この実験において問題になるのはトリウム蒸着中の管内真空度の変化とトリウム蒸着による表面粗化の影響である。前者に関しては実験球に電離真空計をとりつけて調べてみたが, トリウム蒸着中の真空度の変化は非常に少なかった。後者に関しては基体金属層が平板であるので第1報でのべた高真空中での金の蒸着の実験から明らかのように大して問題にならない。この点は上述の実験において蒸着量が多い場合の二次電子利得がトリウムの値に近づいていることから首肯できる。勿論蒸着層を長時間, 高温で加熱すれば第2図のごとく蒸着層が酸化物層等に変つて二次電子利得が著しく増大する可能性がでてくるが, 本実験ではこのような効果は考えないことにする。また第4図はアクアダック上にバリウムを蒸着させた場合およびこれをさらに加熱して再蒸発させた場合の二次電子利得 δ ($E_p=400V$)の変化の様相を示すが, 両者は可逆的關係にあり, やはり第3図と同様な二次電子利得の極大がみられる。モリブデン板上にバリウムを蒸着させた場合にも同様の結果がえられた。金属粉末を被覆した試料についても表面粗度の効果を除けば蒸着層の影響は上述の諸結果と同様である。第5図は一例として



第4図 アクアダックの上にバリウムを蒸着した場合および再蒸発させた場合の二次電子利得の時間的变化

Fig. 4. Time Variation of Secondary Emission Yield During Deposition and Subsequent Evaporation of Barium Layer on Aquadag



第5図 チタニウム粉末塗布モリブデン板上にトリウムを蒸着させた時の二次電子利得の変化

Fig. 5. Time Variation of Secondary Emission Yield During Deposition of Thorium Layer on Titanium Powder Coated Molybdenum Plate

チタニウム金属粉末塗布モリブデン上にトリウムを蒸着させたときの蒸着時間と二次電子利得の関係を示すが, やはり二次電子利得の極大がみられる。本実験においてトリウムの蒸着量が厚いときの二次電子利得が第3図の場合より小さいのは表面粗度の影響であろう。極大点の二次電子利得が小さいのもある程度このような表面粗度の影響で説明できるであろうが, タングステンや鉄の粉末を被覆したモリブデン板上にトリウムを蒸着した場合には極大点の二次電子利得がそれ程小さくならないので(われわれの実験結果では極大点の二次電子利得はタングステンおよび鉄の場合について $E_p=500V$ でそれぞれ 1.45 および 1.36 であつた) 上述のチタニウムの結果

を単純に表面粗度の影響で説明してしまうことは問題であり、むしろチタニウム自体の二次電子的性質によるものであると考えた方がよいように思う。この点は実用上はなほ重要な性質である。

〔III〕 実験結果に対する検討

上述の実験結果からわかるように二次電子利得に対する蒸着層の影響はかりに蒸着層が薄くて、しかもこれらの化学的变化が認められないような場合でも非常に大きい。このため酸化、還元によつて表面を粗化したり、あるいはタングステン粉末や鉄粉末を被覆して二次電子放射を抑制するような方法では十分な抑制効果の期待できないことが多い。しかしチタニウム粉末塗布法ではこのような蒸着層の影響は割合少く、しかも二次電子放射の抑制効果が非常に大きい(第1報参照)。このような問題の定量的な解析は非常に困難であるが、蒸着層が薄くて、しかも蒸着層の化学的变化や表面粗度の効果が無視できるような場合の二次電子放射特性に関しては比較的取扱いやすい面もあるので以下に考察してみよう。

蒸着層の薄い場合は二次電子の発生に寄与するのは主として基体金属であるので表面蒸着層は単に二次電子の出やすさに影響すると考えてよいであろう。しかして二次電子の出やすさに影響する因子としては表面の仕事函数と二次電子の吸収係数の変化が考えられるが、二次電子の発生する深さが⁽⁵⁾数十原子層以上であるということ を考慮すれば一次電子のエネルギーが大きくて、しかも蒸着層が単原子層程度に薄いときは表面の仕事函数の影響が大きい。したがって薄い蒸着層のある場合の二次電子放射特性を知るにはこのような複合層の仕事函数および仕事函数と二次電子利得の関係がわかればよいわけである。前者に関しては昔から熱電子放射の面からよく研究されているが⁽⁸⁾、後者に関しては案外研究が少い^{(3)~(5)}。これは二次電子放射が熱電子放射と異つて仕事函数以外の因子の影響が大きいためである。このようなことのために従来いろいろと試みられている固体の二次電子放射の量子力学的理論^{(9)~(11)}はいずれも実験結果とよく合わない。しかしながら蒸着層の問題を解析するための一つのよりどころとしてそのうちでも比較的实验結果とよく合うといわれている Wooldridge⁽¹¹⁾ の二次電子放射理論を正しいとすれば簡単な計算により二次電子利得と仕事函数の関係に関するつぎのような理論式が得られる。すなわち

$$\delta = \frac{c}{\alpha} \left[1 - \left(\frac{E_{\max} + \phi}{E_0 + E_F} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (1)$$

こゝに δ , ϕ , E_{\max} , E_0 , E_F , c および α はそれぞれ二次電子利得, 仕事函数, 金属のフェルミエネルギー, 二次電子一箇を作るために一次電子が失うエネルギー, 金属の

平均フェルミエネルギー, 比例常数および二次電子の吸収係数である。

上式において c , α , E_{\max} , E_0 , E_F は物質に固有な値を示すので薄い蒸着層のある場合は基体金属についてのこれらの値さえわかれば(1)式より二次電子利得と仕事函数の関係がわかる筈である。このうち E_{\max} , E_0 , E_F は Mott 等⁽¹²⁾によつて与えられたつぎのような関係式を利用すれば計算できる。すなわち

$$E_{\max} = \left(\frac{3}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \frac{\pi h^2}{2m} n^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2)$$

$$E_F = \frac{3}{5} E_{\max} \dots \dots \dots (3)$$

$$E_0 = \left(\frac{h^2}{2m} \right) \left(\frac{2\pi}{0.9a} \right)^2 \dots \dots \dots (4)$$

こゝに h , m , n および a はそれぞれプランクの常数, 電子の質量, 単位体積あたりの自由電子数および格子常数を示す。

また c や α は単独には求められないが, δ と ϕ の関係の計算には c/α がわかればよいわけである。しかるに c/α は従来最も正しいとされている Clean metal の δ と ϕ の値を利用すれば上式より逆に計算できる筈である。このような方法により結局上式を利用して薄い蒸着層のある場合の δ と ϕ の関係, あるいは ϕ と蒸発時間の関係等が求められる。第3図の ϕ と蒸発時間の関係はこのようにして求めたものであるが, ϕ と蒸着量の関係は丁度 δ と蒸着量の関係の逆になつており, δ が極大のとき ϕ が極小になつている。今 ϕ の極小値を ϕ_m とすれば上述のようにして求めた Mo-Th (モリブデン上にトリウムを蒸着させた場合) の ϕ_m は約 2.1eV となる。この値は Dushman 等⁽¹³⁾によつて熱電子放射の研究から求められた Mo-Th の値 (2.58eV) に非常に近い。W 上に Th を蒸着した場合の ϕ_m も同様にして求められるが, 測定結果は約 2.5eV であつてやはり Dushman 等の熱電子的な値 (2.63eV) に非常によく一致している。しかるにこのような複合層の熱電子放射の研究⁽⁸⁾によれば ϕ が極小のときの蒸着層の厚さは大体単原子層程度であるので上述の ϕ_m の値から推定しても δ が極大のときの Th の蒸着量は大体単原子層程度と考えてよいのではなからうかと思う。参考迄に Th の蒸発源であるトリウムタングステンの加熱温度 (約 2,200°K) から Mo 上に Th が単原子層を形成する迄の加熱時間を計算⁽¹⁴⁾すると約 16 分となり第3図の実験結果 (約 20 分) と割合よく一致する。また熱電子放射の研究でよく知られているつぎのような Th の被覆度 θ と ϕ の関係式より⁽¹⁴⁾ Mo-Th の θ を計算すると第3図の鎖線のごとくなる。

$$\theta = \frac{\phi_0 - \phi}{\phi_0 - \phi_m} \dots \dots \dots (5)$$

ここに ϕ_0 は $\theta=0$, すなわち Th 蒸着前の Mo の仕事関数を表わす。Mo-Th では $\phi_0=4.15\text{eV}$, $\phi_m=2.58\text{eV}$ である。

このような結果からわかるように $\theta=1.0$ 位迄は θ と蒸発時間は大体比例関係にあり, 従来の他の方面の実験結果⁽¹⁵⁾ともよく合っている。

このような考察から少くとも W や Mo 上に Th が蒸着したような場合の二次電子放射特性は (1) 式のような関係式で表わされると考えてよいように思う。ここで参考迄に W および Mo についての E_{max} および E_0 を示すと W では 5.8eV , 24.6eV , Mo では 5.9eV , 24.6eV となる。しかしながらチタニウムやジルコニウム等に関しては複合層の熱電子的研究が見当たらないばかりでなく表面粗度の影響も大きいので上述のモリブデンやタングステンの考え方をそのまま適用してよいかどうかははなはだ疑問であるが, 一応形式的に (1) 式のような関係を適用すると ϕ_m の値として Ti-Th Zr-Th, Aquadag-Ba でそれぞれ 4eV , 3.8eV , 3.2eV の値が得られた。この結果を形式的に解釈すればチタニウムやジルコニウムはトリウムが蒸着しても仕事関数があまり下らないので二次電子利得もあまり増大しない, 換言すれば二次電子放射の抑制効果が蒸着層の存在によつてタングステンやモリブデンの場合程減少しないといえるのではなかろうか。

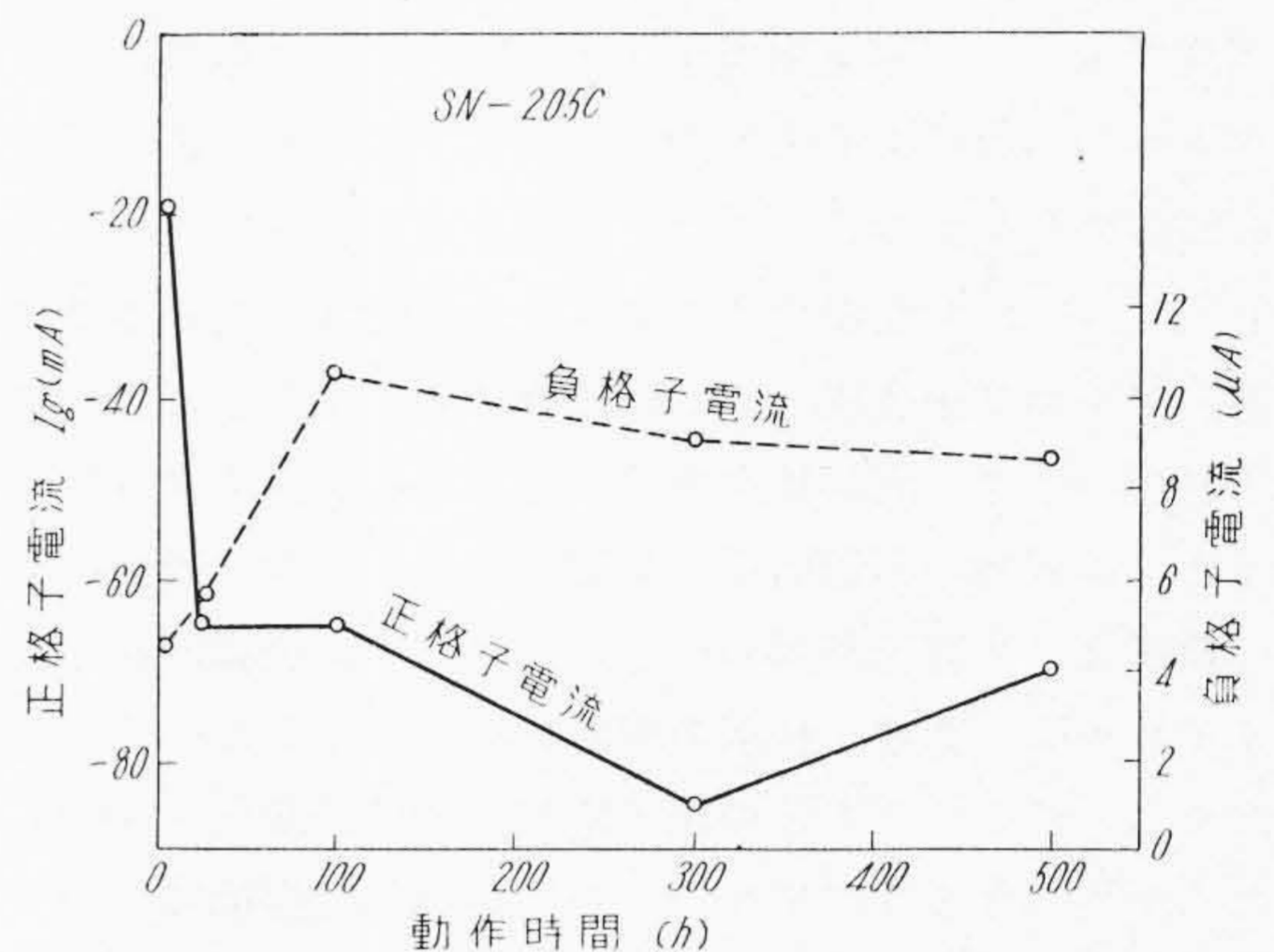
以上は蒸着層の薄いときの話であるが, 蒸着層が厚くなると次第に蒸着層中で発生する二次電子の数が多くなり, さらに厚くなるとついに完全に蒸着層の二次電子放射特性を示すようになるであろう。このことを利用すれば第3図のような二次電子利得と蒸発時間の関係より蒸着層中の二次電子の発生深さがわかると思う。二次電子利得が極大のときの蒸着量を単原子層と仮定して二次電子の発生深さを推定するとトリウムでは $E_p=150\text{V}$ で約 20 原子層, $E_p=500\text{V}$ では約 40 原子層ぐらいになるようである。

本節および前節の諸考察を総合すると結局二次電子放射の抑制にはチタニウム粉末塗布法がよいということになると思う。次にこの結果を送信用真空管の格子に適用した場合についてのべよう。

〔IV〕 チタニウム粉末塗布法を送信用真空管格子への応用例

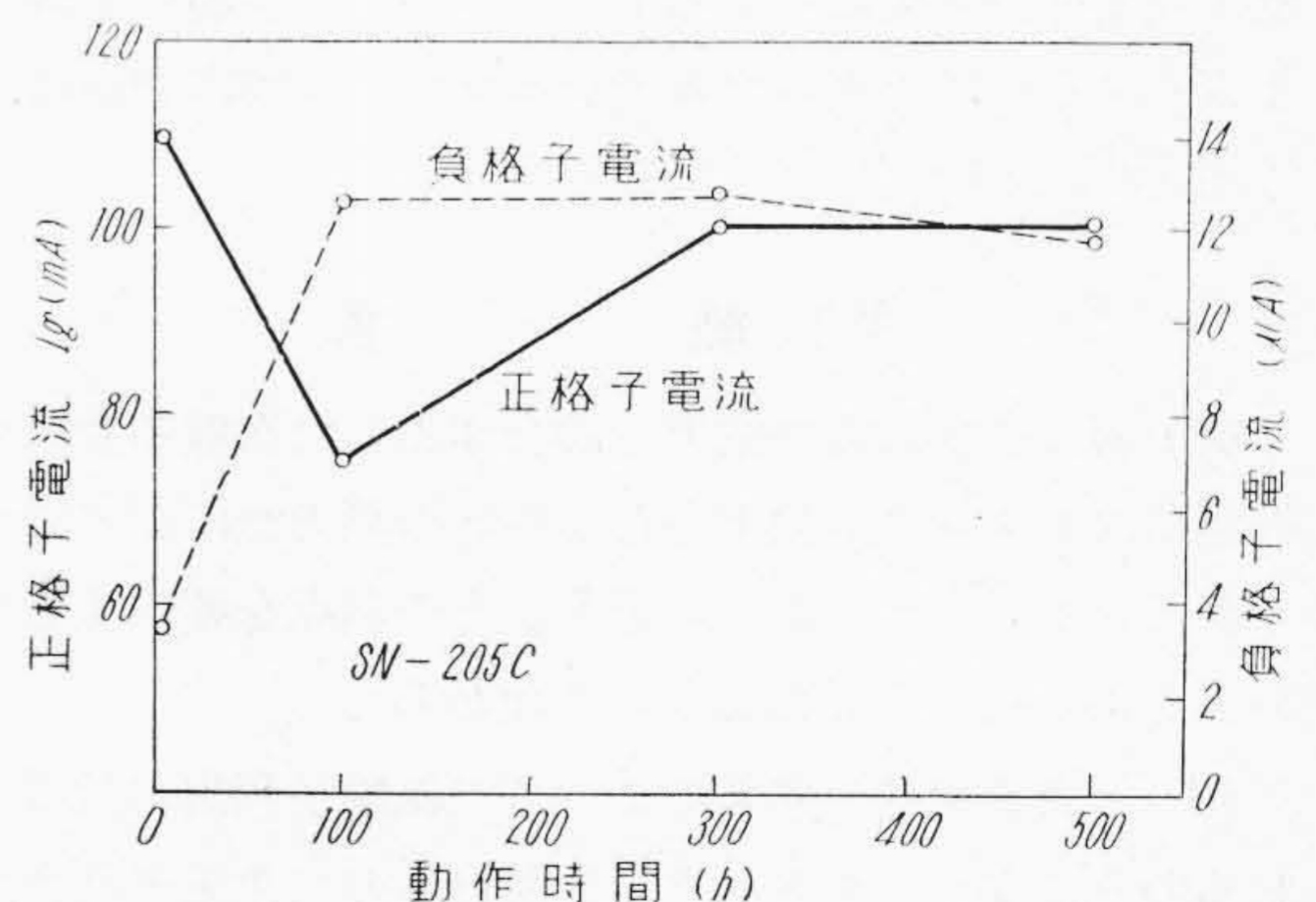
チタニウム粉末塗布法を送信用三極管 SN-205C の格子に適用した場合の二三の結果についてはすでに第1報で報告したが, 本報告では蒸着層の影響が強く現われる動作試験中の格子の二次電子放射特性の変化の様相についてのべよう。SN-205C はトリウムタングステン線陰

極を有し, マグネシウムゲッターを使用しているので格子の蒸着層としてはトリウム, マグネシウム, あるいはこれらの化合物等が考えられる。まず無処理のモリブデン格子を有する SN-205C の格子電流 I_g (陽極電圧 $E_b=1\text{kV}$, 格子電圧 $E_g=150\text{V}$ のときの値) の時間的変化を示すと第6図のごとくなる。ただし動作条件は陽極電圧 $E_b=1\text{kV}$, 陽極電流 $I_b=500\text{mA}$, 格子電流 $I_g=80\text{mA}$, 格子抵抗 $R_g=5\text{k}\Omega$, 発振周波数 $f=15\text{MC}$ である。また図には参考のため $E_b=2\text{kV}$, $I_b=300\text{mA}$ の条件で測定した負格子電流(イオン電流が主成分)の時間的変化も示しておいた。このような結果からわかるように無処



第6図 モリブデン格子を有する SN-205C の正格子電流および負格子電流の時間的変化

Fig. 6. Time Variation of Positive Grid Current and Negative Grid Current of SN-205C Triode with Molybdenum Grid



第7図 チタニウム粉末塗布格子を有する SN-205C の正格子電流および負格子電流の時間的変化

Fig. 7. Time Variation of Positive Grid Current and Negative Grid Current of SN-205C Triode with Titanium Powder Coated Molybdenum Grid

理モリブデン格子を有する球では数時間の動作によつて格子の二次電子利得は非常に大きくなり、 I_g は負の大きな値を示し、正格子特性は著しいダイナトロン特性を示すようになる。これに対してチタニウム粉末を塗布した格子を有する SN-205C の I_g の時間的变化は第 7 図のごとくであり、動作中の格子の二次電子放射特性の変化は非常に少い。このような結果は前節の実験結果と一致している。ことに正格子電流の時間的变化に極小を生ずる点(この場合は格子の二次電子利得は最大となる)はよく似ているが、無処理モリブデン格子の I_g の時間的变化には明瞭な極小が認められないことや負格子電流が動作中変化していること、あるいは動作中の格子温度が数百度であること等を考慮すれば前節のように単純にトリウム等の蒸着による仕事函数の変化で格子の二次電子放射特性の変化を説明することができないように思う。むしろこのような場合はチタニウムが動作中アルカリ金属、アルカリ土金属、あるいはガス等と反応して二次電子利得の小さい固溶体を作るため、あるいはチタニウムイオンが表面の蒸着層中を拡散して出てゆき、表面に常に新鮮な二次電子利得の小さいチタニウム金属面を生成するために二次電子放射の抑制効果が減小しない等と考えることによつて上述の格子電流の時間的变化を説明した方が妥当なように思う。この辺の詳細な機構については現在のところ未だよくわかっていないが、二次電子放射の抑制効果をより大ならしめるためにはなおいつそうの研究が必要であろう。

上と同様な実験をジルコニウム粉末塗布格子を有する SN-205C についても行つてみたが、チタニウムの場合と全く同様な結果がえられた。このような結果から二次電子放射抑制効果に対するトリウム等の蒸着層の影響を小さくするにはチタニウムやジルコニウム粉末塗布法を応用すればよいといえるであろう。

〔V〕 結 言

第 1 報および本報の結果を総合すると二次電子放射の抑制にはチタニウム粉末塗布法が他の諸方法に比べてすぐれているといえるように思う。その利点を要約するとつぎのようになるであろう。すなわち

(1) 表面粗度の効果によつて二次電子利得が低減されるのみでなく、チタニウム金属自体の二次電子利得が他金属より小さいので二次電子利得の非常に小さいものが容易にできる。

(2) アルカリ金属やアルカリ土金属等が蒸着しても二次電子利得がほとんど減少しない。ガスの汚染に対しても同様な傾向がある。

(3) 粉末塗布法の利点であるが、粉末の塗布面積を

変えることによつて任意の二次電子放射特性をもつものができる。

(4) 粉末の固着力が大きいので剝落の危険が少い。

(5) 融点が高いので真空管の排気時や動作時に粉末がシンターして表面粗度の効果が失われて二次電子利得の増加する危険が少い。また高温で蒸気圧が低く、壊散や飛沫等が起り難い。

(6) ゲッター作用があり、動作中のガス放出の危険が非常に少い。

(7) 熱輻射係数および実効表面積が大きいので電極の許容損失を大きくすることができる。

(8) 格子材料として使用する場合はしばしば問題になる熱電子放射(グリッドエミッション)が割合少い。

以上はチタニウム金属粉末塗布法の利点であるが、粉末塗布法が利用できない場合は上述の(1), (2), (5)~(8)の性質から考えてチタニウム金属自体を利用しても十分な二次電子放射の抑制効果が期待できる。これらはいずれもチタニウムの利点であるが、欠点としてはつぎのようなことが挙げられる。すなわち

(1) ガスと容易に反応して種々の化合物を作るので二次電子放射特性の揃つたものを作るためには製作条件の厳重な管理が必要である。

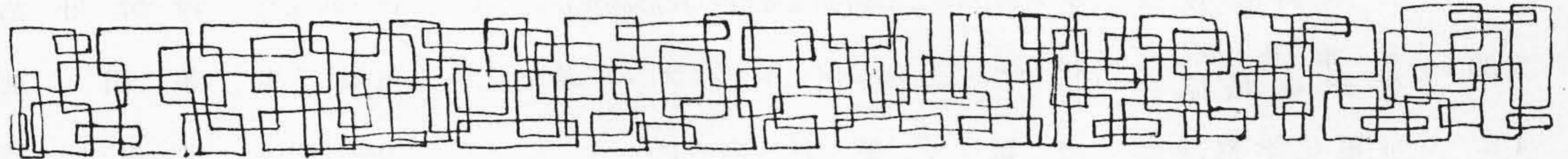
(2) 粉末の微細化が困難である。たとえば乳鉢中ですりつぶすような方法では微細化作業中の酸化の危険が大きく、一旦酸化したチタニウムは通常の方法では還元できない。したがつてこのような粉末を使用すると二次電子放射特性のパラッキが大きくなり、所望の特性をうるものが困難となる。

このような欠点にもかかわらず現状ではチタニウムの応用は二次電子放射の抑制策として非常にすぐれていると思う。本研究実施に当り種々御指導、御鞭撻を賜つた日立製作所茂原工場久保副工場長、宮城部長、県課長、佐藤課長、荒井主任、中央研究所沢田主任研究員および実験に当り種々の御協力を得た茂原工場藍、西尾の諸氏に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 北川: 日立評論 36 1019 (昭 29-6)
- (2) 北川: 第 3 回工業技術研究発表会 1-9 (昭 25-10)
- (3) H. Bruining and J. H. de Boer: Physica 6 941 (1939)
- (4) P. L. Copeland: Phys. Rev. 58 604 (1940)
- (5) A. E. Hasting: Phys. Rev. 57 695 (1940)
- (6) L. Marton: Advances in Electronics 1 68, 98 (1948)

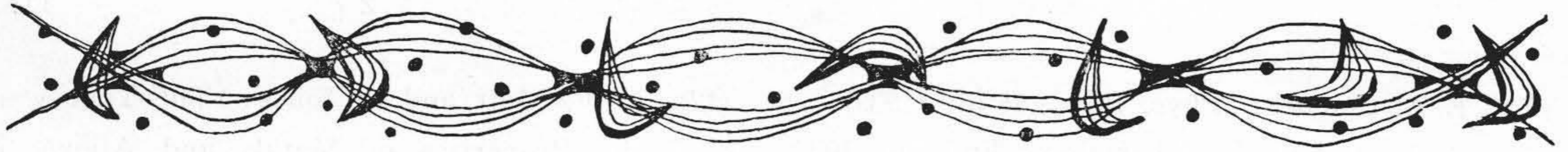
- (7) E. A. Coomes: Phys. Rev. **55** 519 (1939)
- (8) A. L. Reimann: Thermionic Emission 103 (1934)
- (9) H. Fröhlich: Ann. d. Phys. **13** 229 (1932)
- (10) E. Rudberg and J. C. Slater: Phys. Rev. **50** 150 (1936)
- (11) D. E. Wooldridge: Phys. Rev. **56** 562 (1939)
- (12) N. F. Mott and H. Jones: The Theory of the Properties of Metals and Alloys 54 (1936)
- (13) S. Dushman, D. Dennison and N. B. Reynolds: Phys. Rev. **29** 903 (1927)
- (14) A. L. Reimann: Loc. cit p. 124, p. 133
- (15) A. L. Reimann: Loc. cit p. 122



日立製作所社員社外寄稿一覧 (昭和29年3月分受付) (その2)

(第92頁より続く)

投稿先	題名	執筆者所属	執筆者
日本自動車整備振興会	点火プラグの正しい扱い方	多賀工場	田沢 勇
産業機械協会	日立大容量高揚程炭鉱排水ポンプ	亀有工場	寺田 進
特殊鋼倶楽部	日立製作所安来工場冶金研究所	冶金研究所	小柴 定雄
日本化学会	フェノール, ホルムアルデヒド樹脂の研究 (第20報) 硬化に伴うアセトン溶液の粘度変化	日立研究所	鶴田 四郎 飯田 貞善
日本化学会	フェノール, ホルムアルデヒド樹脂の研究 (第21報) 硬化性樹脂アセトン溶液の粘度について	日立研究所	鶴田 四郎 飯田 貞善
日本化学会	フェノール, ホルムアルデヒド樹脂の研究 (第22報) 硬化反応におよぼす遊離フェノールの影響について	日立研究所	鶴田 四郎 飯田 貞善
日本硫安工業協会	重水製造に関する一考察	本社	長浜 克豊
小峰工業技術株式会社	高精度平削り作業	川崎工場	花岡 浩 松本 源次 宇佐 見武司
電気書院	統 計 の 話	中央研究所	島田 正三
産業機械協会	水電解設備について	日立研究所	川島 夏樹
日本機械工業会	設備計画に関する M.A.P.I. 方式について	本社	村川 武雄
丸善出版株式会社	架 空 索 道	亀有工場	真島 卯太郎
農林省農地局	特 殊 建 設 機 械	亀有工場	赤木 進



日立製作所社員社外講演一覧 (昭和29年3月分受付)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
3/1	農林省農地局建設部	建設用機械用電動機の構造性能点検整備	本 社	中 野 二 郎
5/16~17	日本鋳物協会	鋳鋼用硅砂の粒形について	日立研究所	磯 野 好 治
"	日本鋳物協会	空気過法による鋳物用硅砂の粒形測定法について	日立研究所	磯 野 好 治
3/30	日本化学会 化学機械協会	化学工場用ポンプの選び方	亀有工場	寺 田 進
4/5	放電化学懇談会	放電々解反応について	中央研究所	牟 田 明 徳
3/19	日本安全衛生協会	災害ポテンシアルの究明と安全管理図	亀戸工場	寺 下 信
5/中旬	日本化学会 日本分析化学会 近畿支部	高導磁率合金パーマロイの分析化学的検討	戸塚工場	池 田 恭
5/16~17	日本鋳物協会	湯口煉瓦の加工法について	日立工場	清 水 三 男
5/13~14	日本音響学会	微小変位測定法とその応用例	戸塚工場	西 山 静 男
3/15	日本能率協会	M.A.P.I. 公 式 の 解 説	本 社	村 川 武 雄
4/3	日本金属学会	鋼の変態に関する磁気的研究その他	日立研究所	小 野 健 二
4/27~28	溶 接 学 会	不銹鋼の溶接研究 (熱処理と耐蝕性との関係)	日立研究所	渡 辺 潔 二 小 野 健 二
5/14	日本安全衛生協会	安 全 教 育 の 要 領	亀戸工場	達 栄 一
3/19	日本機械学会	ケーブルクレーンの制御方式について	亀有工場	赤 木 進 次 原 政
2/27	北海道開発局	日立ショベルについて	亀有工場	阿 部 哲 義
3/19	化学機械協会	粉 体 の 集 塵 に つ い て	日立研究所	橋 本 清 隆
5/中旬	日本分析化学会外二	イオン交換樹脂を用ふる鉄鋼分析法の研究(1・2)	中央研究所	柴 田 則 夫 北 川 公
5/中旬	日本分析化学会外二	チタン黄を使用する吸光光度法による鋳鉄中Mg定量方法	中央研究所	相 本 吉 人 北 川 公
3/26	電気通信学会	電子管式アナログコンピュータとその応用	中央研究所	三 浦 武 雄
4/29	電子顕微鏡学会	工業材料のウルトラマイクロトミー	中央研究所	土 倉 秀 次
4/29	電子顕微鏡学会	試料作製の一方法とその応用例	大阪大学教授 中央研究所 中央研究所	高 島 三 弥 森 戸 望 菰 田 孜
4/29	電子顕微鏡学会	電子顕微鏡像の電圧中心について	中央研究所	森 戸 望
4/29	電子顕微鏡学会	電子線乾板に対する増感現像液	中央研究所	土 倉 秀 次
4/29	電子顕微鏡学会	暗視野像に及ぼす色収差の影響について	中央研究所	渡 辺 宏