

チタニウムの二次電子放射抑制効果 (第1報)

— 二次電子利得に対する表面粗度の影響 —

北 川 賢 司*

Suppression Effect of the Secondary Emission from the Titanium
(Part 1)

—An Influence of Surface Roughness upon the Secondary Emission Yield—

By Kenji Kitagawa

Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In order to find out the most satisfactory method of keeping the secondary emission low, the writer measured the secondary emission characteristics of the target having rough or porous surface produced artificially under various methods such as metallic powder coating and sand blasting, then examined the results in detail to see what relationship exists between the secondary emission yield and the surface roughness. As a result, it was recognized that an influence of the surface roughness upon the secondary emission could be explained in terms of the "oblique incidence effect" and the "trapping effect", and that the larger the "oblique incidence effect" was the smaller was the suppression effect of the secondary emission. For instance, in the case of the surface coated with metallic powder an appreciable decrease in the yield has been observed, certainly due to its larger "trapping effect" than that of the flat surface.

From these experimental results and others, it was found that titanium powder coating makes the most suitable surface for the suppression of the secondary emission. Moreover, it was confirmed by experiments that the positive grid characteristic was remarkably improved by application of this type of coating in the grid of the transmitting triode SN-205 C.

〔I〕 緒 言

送信用真空管は動作中格子電位が正電位にまで励振されるものが多い。このため送信用真空管では格子電位が正の範囲に於ける特性、殊にいわゆる正格子特性が重要視されるのである。然るに一般に送信用真空管はその製造工程中、或いは動作中に陰極からの蒸発物が格子に附着したり（トリウムタングステン陰極や酸化物陰極を有する真空管では殊に著しい）、或いは電極からの放出ガス

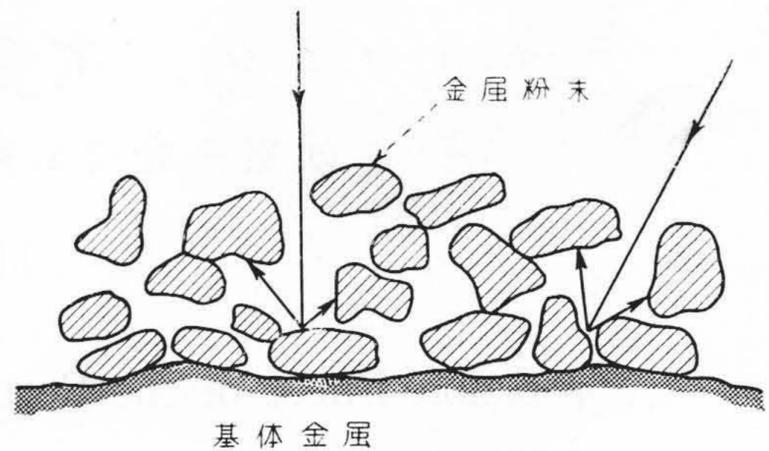
や管内残留ガスによつて格子面が汚染されることが多いので格子からの二次電子放射が格子面の綺麗な場合に比べて異常に増加し易くなり、正格子特性に垂下特性、即ちいわゆるダイナトロン特性を示すようになることが多い。このようなダイナトロン特性が現われると真空管の発振や増幅等の諸動作が安定に行われなことが多いため真空管製造者としては昔からその抑制対策に色々腐心してきた。ダイナトロン特性を抑制するには結局格子からの二次電子放射を抑制すればよい訳であるが、二次電子放射の抑制、殊に蒸着層や汚染層のある場合の二次電

* 日立製作所茂原工場

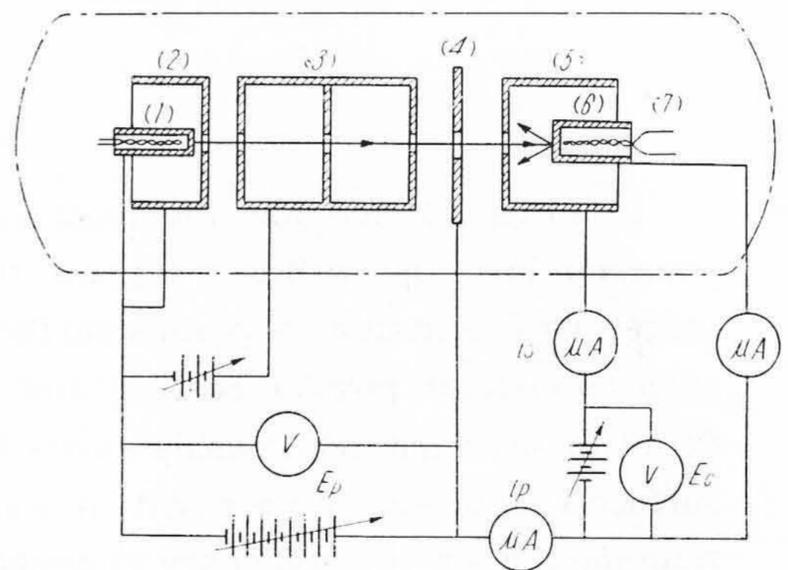
子放射の抑制は中々困難であり、現在でもなお完全に解決されていないようである。一般に真空管格子の二次電子放射抑制策としては電極構造の改善による方法及び二次電子利得の小さい格子材料を使用する方法が考えられるが、この中前者の方法は実際問題として適用範囲に制限があり、しかも完全な抑制は困難なことが多いので結局は後者の方法によらざるを得ない。然しながら二次電子利得が小さく、しかも格子材料としての諸要求を満足するものは実際問題として中々得難い。このような困難を避けるため従来⁽¹⁾はモリブデンやタングステン等のような格子線材料として適当な金属線上に比較的二次電子利得の小さいジルコニウムやタンタル等の金属粉末を被覆することによつて格子からの二次電子放射の抑制をはかっていた。ここで問題となるのはジルコニウムやタンタルの二次電子利得⁽²⁾が他の金属に比べて小さいとはいえそれぞれ 1.1 (一次電子電圧=350 V) 及び 1.25 (一次電子電圧=600 V) であつていづれも 1.0 より大きいのに何故上述のような方法で二次電子放射の抑制が可能であるかということである。これに対しては従来次のように説明されている。⁽¹⁾ 即ち格子線上に金属粉末を被覆すると格子線表面は一般に第 1 図の如く非常に粗雑化されるので電位障壁を越えて格子線内部からでてきた二次電子の中には再び他の被覆金属粒子に衝突して遂には吸収されてしまうものがでてくる。このような表面の二次電子捕捉効果のため見掛けの二次電子利得が減少するのである。このように表面粗度が二次電子利得に大きな影響を与えるとすれば上述のような金属粉末を格子線上に被覆しなくても単に格子表面を粗くすることによつて二次電子利得の減少をはかることができる筈である。更に二次電子利得の小さい金属粉末を格子線上に被覆したり、或いは二次電子捕捉効果の非常に大きい表面を作ることにより今迄よりもより効果的に二次電子放射の抑制をはかることができる筈である。このような考えのもとに先ず色々な処理を施して表面を粗くしたモリブデン板の二次電子利得を測定し、表面粗度と二次電子利得の関係を調べた。次にこれの発展として二次電子利得の非常に小さいチタニウム金属粉末を被覆したモリブデン板の二次電子放射特性を調べた。更にこれ等の結果を実際の送信真空管に応用してみた。これ等の結果の一部は既に二三の機会⁽³⁾に発表したのだから本論文では従来余り知られていないチタニウムの二次電子放射の抑制効果を中心にして二次電子放射特性に対する表面粗度の影響を述べたいと思う。

〔II〕 二次電子利得の測定方法

二次電子利得の測定方法は色々あるが、本実験では比



第 1 図 金属粉末塗布面の二次電子放射抑制効果
Fig. 1. Suppression Effect of Secondary Emission from the Metallic Powder Coated Surface



(1) 陰極(一次電子源) (2) 格子 (3) 第一陽極
(4) 第二陽極 (5) 捕集電極 (6) ターゲット(試料)
(7) ターゲット加熱用ヒーター

第 2 図 二次電子測定管及び測定回路

Fig. 2. Tube and Circuit for Secondary Emission Measurements

較的精度のよい電子銃方式を採用した。電子銃としては BG-50 型ブラウン管の電極系を利用したが、実験用真空管の電極構造及び二次電子利得測定回路の概略を示すと第 2 図の如くなる。次に本方法による二次電子利得の測定方法の大要を説明しよう。陰極 (1) からとびだした一次電子は格子 (2)、第一陽極 (3)、第二陽極 (4) からなる電子レンズ系によつて適当に集束されて一次電子電圧 E_p に迄加速される。この一次電子が捕集電極 (5) のスリットを通過しターゲット (6) (測定用試料) に衝突してターゲットから二次電子を叩きだす。このようにして叩き出された二次電子をターゲットより E_c だけ正電位にある捕集電極に捕えれば第 2 図の回路により一次電子流 I_p と二次電子流 I_s が測定できるので両者の比より一次電子電圧 E_p に於ける二次電子利得 δ を求めることができる。なお本試作管は実験の便宜上試料の加熱が容易にできるようになっている。

次に本方法による測定精度を考えてみよう。二次電子利得測定の際の誤差の原因として先ず考えられるのは電子銃の構造が不適當で一次電子ビームの断面積が大きくなるような場合である。このような場合には一次電子流の一部が捕集電極に流入するので二次電子利得が見掛上大きく測定され易い。この点を調べるために測定管のターゲット面上に螢光体を塗布してその発光状態を観察した。観察結果によれば E_p が 200 V 以上の時は一次電子ビームは非常によく集束されておりターゲット上のスポットの直径も約 1 mm になっているが、 E_p が低くなると次第にスポットの直径は大きくなり E_p が 150 V 以下になると約 3 mm になる。しかも E_p が低くなるとスポット各部の輝度が一様でなくなる。従つて $E_p < 150$ V では二次電子利得の測定誤差は大きい、 $E_p > 200$ V では測定誤差は非常に小さいと考えてよいだろう。その他ターゲットからでた二次電子が捕集電極のスリットを通り抜けて第二陽極に入るための誤差や二次電子の空間電荷効果による誤差等が考えられるが、上述のような実験結果から本実験球では結局 $E_p > 200$ V, $E_c \approx 50$ V, $I_p \approx 50 \mu\text{A}$ の条件で二次電子利得を測定すれば誤差が非常に小さくなることが判つたので以後の実験は大体上述の条件で行つた。試みに本方法により測定したモリブデン及びニッケルの最大二次電子利得 δ_{max} を示すとそれぞれ 1.21 (一次電子電圧 $E_{pm} = 360$ V) 及び 1.40 (一次電子電圧 $E_{pm} = 450$ V) となり従来の文献の値⁽²⁾とよく一致している。

[III] 実験結果

二次電子放射特性と表面粗度の関係に関する定量的な解析は実験上種々の困難を伴うので、実験の便宜上我々は種々の方法で表面を粗くした試料(基体金属としては主としてモリブデン板を使用した)の二次電子放射特性を測つて二次電子放射特性と表面粗化法の関係を先ず求め、この結果を利用して二次電子放射特性に対する表面粗度の影響を考察することにした。次にその実験結果を報告する。

先ず酸化、還元を繰返すことによつて表面を粗くしたモリブデン板及び亜硝酸ソーダで前処理後更に酸化、還元を繰返して表面を粗くしたモリブデン板を作り、その二次電子放射特性を測定した。前記実験球による上記試料の最大二次電子利得 δ_{max} の測定結果を示すとそれぞれ 1.14 ($E_{pm} = 400$ V) 及び 0.97 ($E_{pm} = 260$ V) となる。モリブデン平板の δ_{max} は 1.21 ($E_{pm} = 360$ V) であるので上述の結果から一応酸化によつて表面を粗くすれば二次電子利得を減らすことができるといえるであろう。殊に亜硝酸ソーダで前処理を施すと δ_{max} と雖も 1.0 以

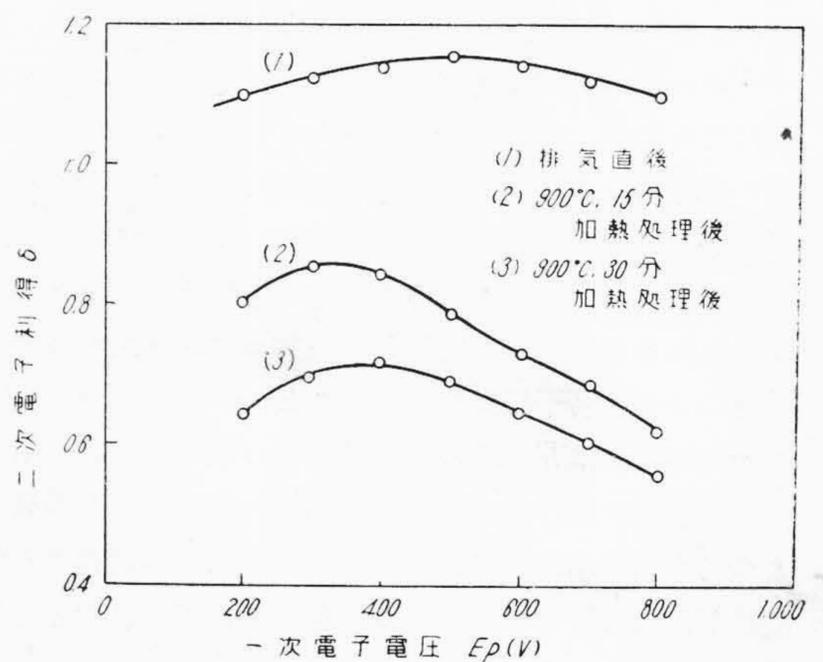
下に低下させることができるので、二次電子放射の抑制上甚だ好都合である。

次に比較的表面粗度の大きい場合の例として粒径約 1 mm のコランダム粒子でサンドブラストしたモリブデン板の二次電子放射特性を求めたが、この場合には上述の酸化、還元処理法による場合と逆に δ_{max} として 1.45 ($E_{pm} = 460$ V) という大きな値が得られた。硫酸で電解研磨したモリブデン板に就いても同様であり δ_{max} として 1.36 ($E_{pm} = 400$ V) の値が得られた。

表面を粗くする今一つの方法として金属粒子を表面に被覆する方法がある。金属粒子被覆法には色々あるが、先ず真空蒸着法の一例として数 mmHg のアルゴンガス中で鉄を加熱して蒸着させたモリブデン板の二次電子放射特性を示すと第3図の如くなる。本実験結果では鉄蒸着直後の試料の二次電子利得は大きい、試料を加熱すると次第に二次電子利得は下り、結局曲線(3)のような特性になるので δ_{max} としては 1.0 以下の値が得られる。このような加熱による二次電子利得の変化の原因は色々あるであろうが、結局吸蔵ガスの影響で説明できるように思う。

以上の実験に対して高真空中で金属を蒸着させた場合には二次電子利得の低減効果は認められなかつた。例えば約 10^{-6} mmHg の真空中で金を蒸着させたモリブデン板の δ_{max} は 1.45 ($E_{pm} = 850$ V) であり、従来の文献⁽²⁾にみられる金の平板の値と殆ど差がない。

金属粒子被覆法として次に考えられるのは適当な粒度の金属粉末を直接表面に塗布する方法である。本方法



第3図 鉄をアルゴンガス中で蒸着したモリブデン板の二次電子放射特性

Fig. 3. Secondary Emission Characteristics of Molybdenum Covered with Iron Evaporated through Argon Atmosphere

第1表 チタニウム粉末の分光分析結果
Table 1. Spectro-Analysis of Titanium Powder

成分 試料	Fe	Si	Mo	Mn	Mg	Ca	Al	Cu	Ni	Na	B	Sn	Pb	Tiの含有量*
粗粒(約70 μ)	<#	<#	>+	<+	<+	<+	tr	tr	<<tr	<<tr	<<tr	—	—	87%
微粒(約5 μ)	<#	#	>+	tr	<#	+	#	<#	+	tr	<tr	tr	tr	81%

(註) 濃度記号: #, <#, >+, +, <+, >tr, tr, <tr, <<tr, — の順に漸次濃度が小となる。
*: 化学分析結果

の例として先ず700メッシュのジルコニウムの粉末及び数 μ のタングステン粉末を被覆したモリブデン板試料を作り、その二次電子利得を測定したが、 δ_{max} としてそれぞれ1.09 ($E_{pm}=350V$)及び0.95 ($E_{pm}=800V$)の値が得られた。次いで約190メッシュ(実測結果では平均粒径は約70 μ)のチタニウム粉末を塗布したモリブデン板の δ_{max} を測定したが、0.82 ($E_{pm}=290V$)という非常に小さい値が得られた。参考迄に本実験で使用したチタニウム粉末の分光分析結果を示すと第1表の如くなる。又化学分析の結果ではチタニウムの含有量は約87%(この中にはチタニウムの酸化物、窒化物等によるものが若干含まれているので金属チタニウムの含有量はこの値より若干少い)であり、チタニウムとしては余り純度のよいものではない。さてこのような試料の二次電子利得は何れも従来⁽²⁾知られている被覆金属自体の値より小さいようなので(ジルコニウムやチタニウムの平板のデータが見当たらないのでこれ等の場合に就いては余りはつきりしたことがいえない)一応上述の結果から金属粉末塗布法によつても二次電子放射の抑制が可能であるといえよう。ここで問題になるのは被覆すべき金属粉末の粒度、形状、或いは附着状態と二次電子利得の関係である。先ずチタニウム粉末に就いて粒度と二次電子利得の関係を調べてみたが、平均粒径100~5 μ (粒の形状は円柱状、或いは球状)の間では二次電子利得に対する粒度の影響を明瞭に認め得なかつた。二次電子利得に影響するのは微視的な表面粗度であるので上述の結果は一応当然とも考えられるが、実験に使用したチタニウム粉末の純度が粒度によつて若干相異していたこと(第1表参照)、或いはチタニウムは非常に酸素や窒素等のガスと反応し易いので実験球の製作条件や試料の処理条件の僅かの差異によつても試料中の金属チタニウムの含有量が変動する可能性があること等のために益々粒度の影響が判然としなかつたのであろう。

次にチタニウム粉末を吹付法で被覆した場合と筆で塗布した場合の二次電子特性を調べた。実験の都合により送信用三極管SN-205Cのモリブデン格子に就いて塗布法の比較を行つたので二次電子利得の目安として正格子電流 I_g (陽極電圧 $E_b=1,000V$, 格子電圧 $E_g=150V$)

第2表 各種処理によつて表面を粗くしたモリブデン板の最大二次電子利得

Table 2. Maximum Secondary Emission Yields of Molybdenum Plates Having Rough Surface Produced Artificially by Various Methods

Mo板の表面粗化法	δ_{max}		$E_{pm}(V)$		実験 箇 数
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	
Mo平板(無処理)	1.21	0	360	0	2
酸化, 還元処理	1.14	0.13	400	75	7
亜硝酸ソーダ前処理	*0.97	0.02	260	80	5
サンドブラスト	**1.45	0.14	460	118	5
電解研磨	1.36	—	400	—	1
鉄真空蒸着	0.88	0.16	500	100	2
W粉末塗布	0.95	—	800	—	1
Zr粉末塗布	1.09	0	350	0	2
Ti粉末塗布	**0.82	0.13	290	106	5

(註) *: 酸化, 還元処理ロットの δ_{max} と5%以下の危険率で有意差が認められる。
**: 酸化, 還元処理ロットの δ_{max} と1%以下の危険率で有意差が認められる。

第3表 煤及びアクアダックの最大二次電子利得

Table 3. Maximum Secondary Emission Yields of Soot and Aquadag

試料名	δ_{max}		$E_{pm}(V)$		実験 箇 数
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	
アクアダック*	0.94	0.05	300	50	7
煤*	0.75	0.01	225	25	2

(註) *: 基体金属としてニッケルを使用。

第4表 アクアダックの分析結果

Table 4. Chemical-Analysis of Aquadag

	比重	灰分	灰分中の Fe_2O_3	灰分中の SiO_2 その他
アクアダック	2.08	4.6%	58.2%	41.8%

第5表 煤の分析結果

Table 5. Chemical-Analysis of Soot

	比重	灰分	水分	揮発分	アセトン抽出量
煤	1.76~1.84	0.02~	3.0~3.5	4.0~5.0	0.10~0.02

に於ける値をとる)の平均値 \bar{I}_g を測定した。その結果によると吹付法では $\bar{I}_g=67 \text{ mA}$ ($N=110$)、筆塗布法では $\bar{I}_g=25 \text{ mA}$ ($N=8$) であり前者の方が後者より二次電子放射の抑制効果が大きかった。吹付法の方が筆塗布法による場合より肉眼的には粗面であるので上述の結果は妥当なように思えるが、粒度の実験の場合と同様に塗布法以外の因子の影響が考えられるので即断は危険であると思う。

以上はモリブデンに就いての実験結果であるが、その結果を要約すると第2表の如くなる。なお参考迄に従来二次電子放射抑制対策として屢々利用されているアクアダック、或いは煤を塗布した試料(基体金属はニッケル)の二次電子利得の測定結果を示すと第3表の如くなる。第4表及び第5表は本実験に使用した試料の分析結果であるが、上述の結果から予想通り煤の方がアクアダックより二次電子利得低減効果の大きいことが判るであろう。

[IV] 実験結果に対する検討

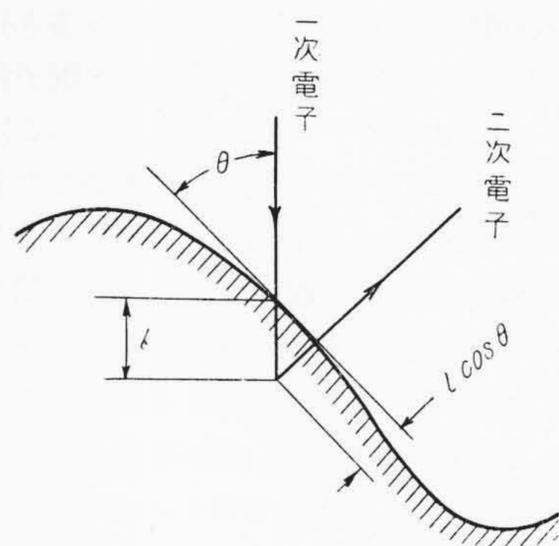
上述の実験結果から判るように表面粗化法を巧く利用すれば δ_{max} と雖も 1.0 以下にすることは容易である。例えば亜硝酸ソーダ前処理を施して酸化、還元を繰返した試料やチタニウム粉末を塗布した試料を使えば十分二次電子放射を抑制することができる。然しながら表面粗化法が不適當であると却つて二次電子利得の増す場合があることは注目すべきである。例えばサンドブラスト法や真空蒸着法がそれであるが、次にその理由を考えてみよう。一般には二次電子利得に対する表面粗度の影響として次のような二つの効果が考えられる。即ち

(a) 表面を粗くすると第4図の如く面に対して斜に入射する一次電子の数が平板の場合より増えるため二次電子が平均として表面からみて比較的浅い所で生ずることになり、表面にでてくる迄に失なわれる二次電子の量が減るので二次電子利得が増加する。これを斜面効果と呼ぶことにする。この斜面効果を定量的に表わすには従来よく知られている一次電子の入射角 θ と二次電子利得 δ_θ の関係式⁽⁴⁾を利用すればよいであろう。即ち

$$\delta_\theta = \delta_0 \exp[\alpha l(1 - \cos \theta)] \dots \dots \dots (1)$$

こゝに α は固体内に発生した二次電子の吸収率、 l は一次電子の固体内への平均侵入深さ、 δ_0 は $\theta=0$ の時の δ_θ を表わす(第4図参照)。

(b) 第1図の如き場合には電位障壁をとび越えてできた二次電子の一部が他の粒子、或いは表面凸部に衝突して再び吸収されるので粗化面には見掛けの二次電子利得を低減させる効果がある。これを捕捉効果と呼ぶことにしよう。



第4図 粗化面の斜面効果
Fig. 4. Diagrammatic Representation of "Oblique Incidence Effect" of the Rough Surface

このような斜面効果と捕捉効果の何れが大きいかによって粗化された面の二次電子放射抑制効果の大小が異なる訳であるが、上述の実験結果を基にしてこの点を考えてみよう。先ずサンドブラストの場合であるが、この場合は使用したコランダム(珪砂)の粒径が大きいこと、或いは面を粗くするのに単にコランダムを適当な圧力で面に垂直に吹付けただけである点等を考慮すれば大きな、しかも単調な凹凸を持つた面ができる可能性が大きいように思う。従つてサンドブラストの場合には斜面効果が捕捉効果に比べて遙かに大きくなる可能性が大きい。このため δ_{max} が平板の場合より大きくなつたのであろう。このことはサンドブラストの δ_{max} を与える一次電子電圧 E_{pm} が平板の場合より大きい点からも首肯できると思う。(第2表参照)。というのは E_{pm} は固体内部に於ける二次電子の発生割合と吸収割合が平衡に達した時の一次電子電圧を示すので⁽²⁾上述の場合のように斜面効果がきゝ、従つて(a)で述べたように二次電子の吸収がへれば E_{pm} も増すからである。同様なことが電解研磨の場合にもいえるようである。電解研磨の条件によつては逆の場合もあり得ると思うが、本実験の試料では微小な凹凸が選択的に溶解して比較的大きな凹凸が残つたためにサンドブラストの場合と同様 δ_{max} や E_{pm} が大きくなつたように思う。これに対して酸化、還元を繰返して表面を粗くしたような場合には微細な凹凸、或いは入江状の凹凸が生じたために斜面効果よりも捕捉効果が大きくなつて δ_{max} が減つたのではないかと思う。こゝで注意すべきことは二次電子の発生する深さ⁽⁵⁾は数十原子層であるので二次電子利得の増減に影響するのは微視的な表面の凹凸であり巨視的な表面の凹凸ではないということである。従つて上述の考え方には多分の任意性があることになるが、少く共定性的には上述のような考え方で種々の実験結果が矛盾なく説明できるようである。

次に数 mmHg の稀有気体中で金属を蒸着させた場合と高真空中で金属を蒸着させた場合の二次電子利得の比較であるが、Bruining⁽⁶⁾ の銀の実験の場合と同様に説明できると思う。即ち前者の場合には蒸発した金属が気体分子と何回も衝突し、適当な大きさの粒子となつて基体金属上に蒸着するので斜面効果よりも捕捉効果の方が大きくなり、二次電子利得も平板の場合より下るが、後者の場合には気体分子との衝突による蒸着金属粒子の粗大化が起らないので鏡面に近い滑かな面ができ易い。従つて後者の場合には二次電子利得も平板の場合と大差がないのであろう。

最後に金属粉末塗布法であるが、この場合第 1 図からも想像されるように捕捉効果の方が大きいので二次電子利得が低減されるのであろう。我々の実験では煤を除けばチタニウム粉末塗布法の二次電子利得が一番小さい。これはチタニウム自体の二次電子利得が他のタングステン、鉄、ジルコニウム等より小さいためであらう。この点からゆけば二次電子利得の小さい金属粉末を被覆する程二次電子放射の抑制効果は大きくなる筈であるが、チタニウム以外は種々の欠点があるので現状では実用化が困難なようである。例えばリチウムやベリリウムの二

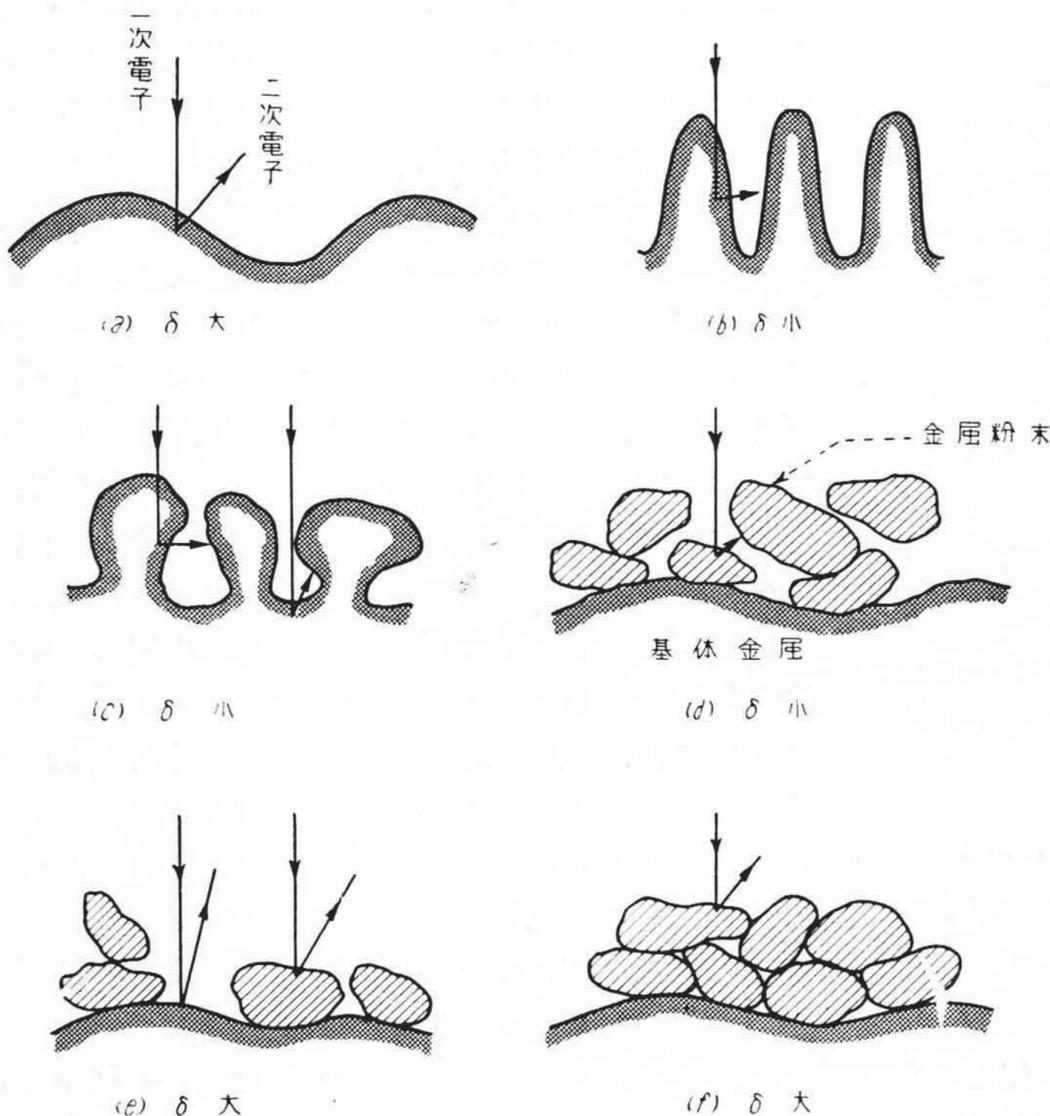
次電子利得はチタニウムより小さいが、これ等はガスや蒸着物の影響を受け易く、容易に二次電子放射の抑制効果がなくなる欠点がある。又前述の煤も二次電子利得は小さいが、動作中ガス放出の危険が大きく、しかも剥れ易い欠点等があるので真空管の格子等には使えそうもない。なお煤とアクアダックの二次電子利得の相異は前述と同様な考え方で説明できると思うのでこゝではこれ以上触れない。

上述の諸考察から定性的ではあるが一応二次電子利得と表面粗度の関係は理解できると思う。これを判り易く示すと第 5 図の如くなるであらう。図に於て (a) はサンドブラストや電解研磨のような場合に相当し、(b) や (c) は酸化、還元によつて表面を粗くしたような場合に相当する。又粉末塗布法の場合は (d) のように捕捉効果が大きいと二次電子利得は下るが、(e) のように被覆が不十分な場合、或いは (f) のように粒子が焼結して大きくなったような場合には二次電子利得が大きくなり易い。

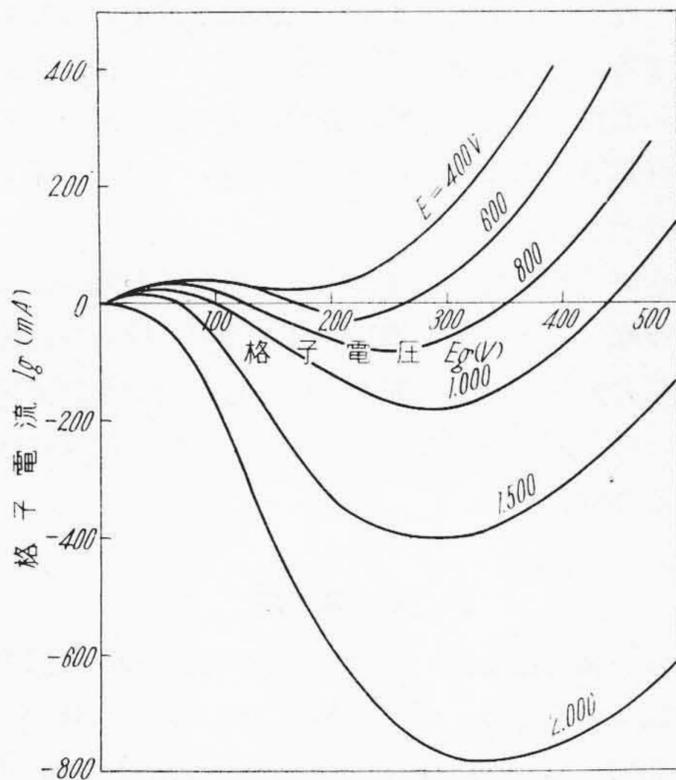
〔V〕 チタニウム粉末塗布法の送信用真空管格子への応用例

上述の実験結果及び諸考察から明らかなようにチタニウム粉末塗布法の二次電子放射抑制効果は非常に大きい。そこでこれ等の結果を送信用三極管 SN-205C の格子線（モリブデン線）に応用してみたので以下にその結果を報告する。

先ず順序として何等の処理も施さないモリブデン格子を有する SN-205C の正格子特性の一例を示すと第 6 図の如くなる。タングステン格子を有するものに就いても実験してみたが全く同様な結果が得られた。このような結果から判るように無処理の格子を有する真空管は著しいダイナトロン特性を示すことが多い。これに対してチタニウム粉末を塗布したモリブデン線格子を有する SN-205C の正格子特性の一例を示すと第 7 図、或いは第 8 図、の如くなり、第 6 図と比較すると著しく改善された特性を示す。この中第 7 図は格子の全面にチタニウム粉末を塗布した場合の一例であり、第 8 図は格子表面の約 60% にチタニウム粉末を塗布した場合の一例である。この結果から判るように粉末塗布法では被覆面積を変えることによつて任意の正格子特性が得られるので実用上甚だ具合が良い。参考迄に格子全面にチタニウム粉末を塗布した場

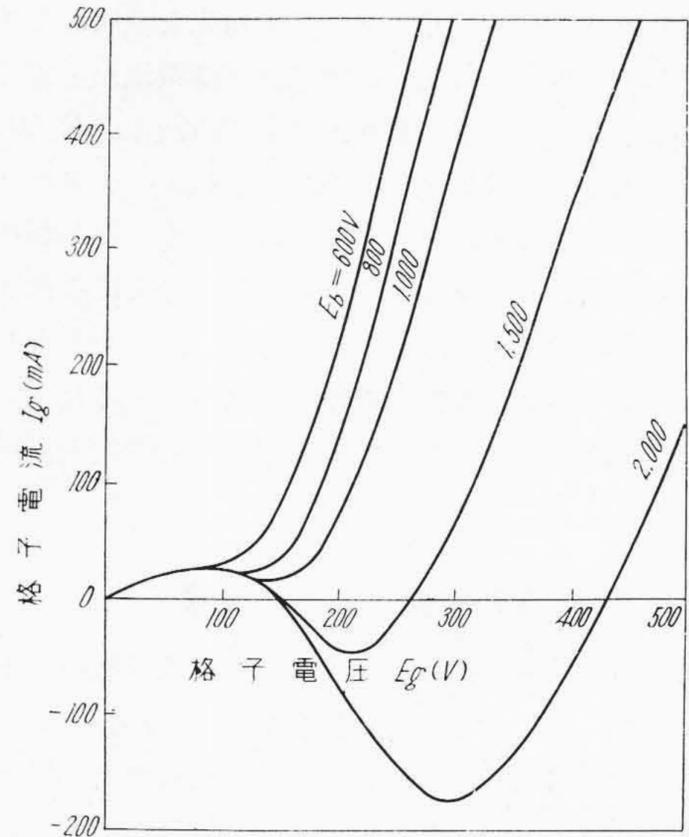


第 5 図 表面粗度と二次電子利得の関係の説明図
Fig. 5. Diagrammatic Representation of Relation between Surface Roughness and Secondary Emission Yield



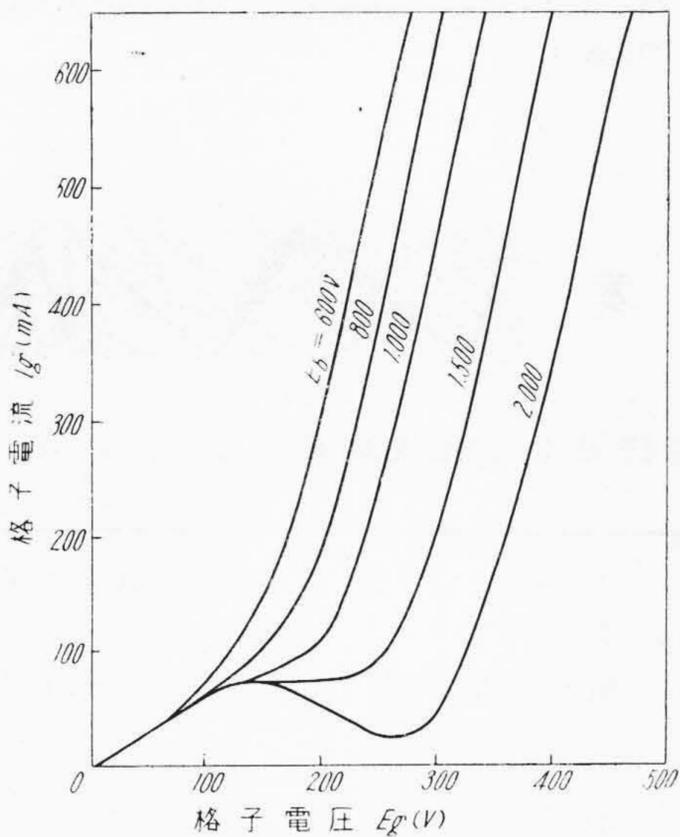
第6図 モリブデン格子を有する SN-205C の正格子特性

Fig. 6. Positive Grid Characteristics of SN-205C Triode with Molybdenum Grid



第8図 チタニウム粉末塗布格子 (格子面の60%に塗布)を有する SN-205C の正格子特性

Fig. 8. Positive Grid Characteristics of SN-205C Triode with Titanium Powder Coated (60% Area) Molybdenum Grid



第7図 チタニウム粉末塗布格子 (格子全面に塗布)を有する SN-205C の正格子特性

Fig. 7. Positive Grid Characteristics of SN-205C Triode with Titanium Powder Coated Molybdenum Grid

合と約60%の面積に塗布した場合の陽極電圧 $E_b=1\text{kV}$, 格子電圧 $E_g=150\text{V}$ に於ける正格子電流 I_g の平均値を示すとそれぞれ 104mA ($N=210$), 67mA ($N=110$) となる。格子線に粉末塗布法を応用する場合の今一つの

第6表 無処理 Mo 格子, Ti 粉末塗布格子及び Zr 粉末格子を有する SN-205C の負格子電流の比較

Table 6. Comparison of Negative Grid Current of SN-205C Tubes with Molybdenum Grid, Titanium Powder Coated Grid and Zirconium Powder Coated Grid.

格子線	特性	負格子電流 (μA)		筒数	製作年
		\bar{x}	σ		
無処理 Mo		13.15	2.63	10	昭和25年
Ti 粉末塗布 Mo	**	6.5	1.08	6	
Zr 粉末塗布 Mo	*	9.07	1.81	3	
無処理 Mo	**	5.04	0.83	15	昭和28年
Ti 粉末塗布 Mo	**	4.48	0.79	10	

(計) * 無処理 Mo (昭和25年) ロットと 5% 以下の危険率で有意差がある。

** 無処理 Mo (昭和25年) ロットと 1% 以下の危険率で有意差がある。

利点は塗布面が一次電子の色々な入射方向からみて殆ど同じ幾何学的条件の表面を有するので無処理の格子線の場合にみられるような斜面効果 (裸のままの丸線では面に斜に入射する一次電子が多くなるので前述の斜面効果が大きい) が少いということである。無処理の格子線を有する真空管が第6図の如く著しい垂下特性を示すのは或程度上述の斜面効果で説明できるように思う。

最後にチタニウムやジルコニウム粉末を使用した場合と使用しない場合の負格子電流（真空度電流が主成分）の比較結果をのべよう。第6表は製作直後のSN-205Cの負格子電流の比較結果であるが、これよりチタニウムやジルコニウム粉末にゲッター作用のあることが判ると思う。勿論真空管の製作条件の如何によつてはこれ等のゲッター作用の認められないことも多いが、少くともガス放出の点で真空管製作上の障害となることはないであろう。この点もチタニウム粉末塗布法の実用化上甚だ具合が良い。

〔VI〕 結 言

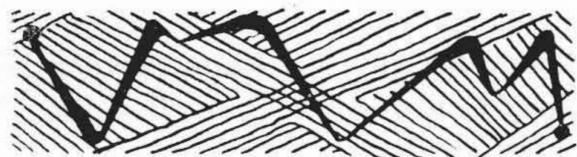
上述の諸考察から明らかなように二次電子放射は表面を粗化することによつて十分抑制することができる。そしてその抑制効果の大小は粗化面の斜面効果と捕捉効果の大小によつて定性的に説明でき、捕捉効果の大きい程抑制効果の大きいことが判つた。例えばサンドブラストでは斜面効果が非常に大きいので二次電子利得は平板の場合よりも却つて大きくなるが、金属粉末被覆法を応用すると捕捉効果が大きくなり、二次電子利得は平板の場合よりも著しく小さくなる。中でもチタニウムはそれ自体の二次電子利得が小さいのでその粉末を塗布すると非常に有効に二次電子利得を小さくすることができる。そ

の他チタニウムは実用上種々の利点を有する。例えば融点が高いのでシンターによつて二次電子放射の抑制効果が減退するような危険が少いとか、ゲッター作用があるとか等の利点を有する。殊に表面汚染の影響が少ないので実用上好都合である。これ等の点に就いては更に第2報に於て詳述する。

本稿を終えるに当り終始御指導、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及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) 帝国発明協会編：真空管特許総覧 107 (昭19)
- (2) L. R. Koller: G.E. Rev. 51, 33 (1948-4)
- (3) 北川：第3回工業技術研究発表会1-9(昭25-10), 第25回電気三学会連大(昭26-5), 稀元素研究会 8 (昭28-10)
- (4) L. Marton: Advances in Electronics 1 76 (1948)
- (5) A. E. Hasting: Phys. Rev. 57 695 (1940-4)
- (6) H. Bruining: Philips Techn. Rev. 3 80 (1938-3)



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案 (その5)

(第64頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工場別	氏 名	登録年月日
実用新案	412503	X線透視台の螢光板取付装置	亀戸工場	和田正長 脩平雄 小林 一	29. 4. 17
"	412504	X線写真撮影時の管球位置指示装置	亀戸工場	和田正長 脩平雄 小林 一	"
"	412510	整流管支持装置	亀戸工場	和田正長 脩平彦 小林 勝	"
"	412554	電気タイマー	亀戸工場	井坂 実昭 上 部	"
"	412555	表示装置付電気タイマー	亀戸工場	井坂 実昭 上 部	"
実用新案	412493	移動式調整および試験台	戸塚工場	森 久 義	29. 4. 17