

カソードの動作とその材料

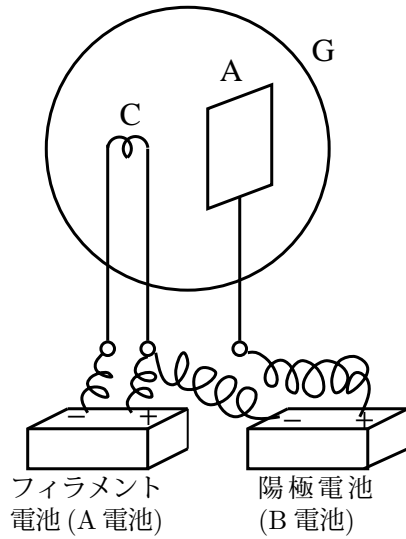
通信省電気試験所第四部 松平維石

陰極とは何か

現在の真空管は電子を活用したものでありまして、総ての真空管は、電子を放出する源を持っておりまして、この電子放出源のことを陰極と云っております。電子を放出する陰極の相手は、この電子を捕捉する陽極であります。

陰極カソードと云い、陽極アノードと云い、慣れてしまえば何とも思わないでしょうが、始めてこの方面に接した人には、言葉の意味からして解り難いものに感ずるでしょう。陰極と云わずに電子放出源と云い、陽極と云わずに電子捕捉電極と云えば一見してその職能を察知し得るでしょう。併しかし、これでは名称が冗長になりますから、従来の習慣に従い、陰極カソード、陽極アノードと云っております。

第一図は二極管を示します。硝子管ガラスGの中に、陰極Cと陽極Aとを封じ込んだものでありまして硝子球Gの内部の空気はポンプで充分に吸い出してしまい、圧力真空の位にしておきます。この程度の真空ならば、陰極Cから出た電子が陽極Aに飛行する為にはさして障害が起きません。障害というのは、電子が残留気体の分



第一図

子に衝突することでありませす。この衝突が起ると、気体分子は電離という現象を起して、管内は青色の芒光ぼうこうを發します。

これが起ると、陰極は破壊されていませす。

電子の放出はどうして起るか

陰極は電子の放出源でありますが、どういふ訳で電子が放出されるか、これを説明しませす。第一図に示したように陰極には電流を流してやります。これは陰極を熱する為であります。図は二極管でありますが、三極管でも多極管でも皆同じことで、A電源を接続して陰極に電流を通じ、陰極を赤くなる迄熱しませす。このように陰極を赤熱すると、電子が飛び出すのであります。加熱の為放出されるのであるからといふ訳で、その放出電子のことを熱電子と云つております。熱電子と云つてもやはり一般に云う電子に他ほかなりませせん。

さして陰極を熱すると、何故電子が飛び出すかに就いて説明しませす。普通タングステンといふ金属の細い線で出来ていませす。一しょう。陰極は電球のフィラメントと同じように、一般に金属の内部には自由電子が一杯つまつております。これ等の電子は機会さえあれば金属外へ飛び出そう

としていますが、金属表面には一種の電氣的の障壁がありまして、負電気を帯びている電子は、普通の状態ではなかなか金属外に逸出することが出来ないであります。銅の中にも、鉄の中にもこのような自由電子があります。勿論、真空管の陰極の中にもあります。そこで、この金属を熱しますと、自由電子の勢力は一段と高まりました、遂に金属表面の電氣的障壁を躍り越えて金属外に逸出するに至るのであります。真空管の陰極を熱する理由はここにあります。陰極を熱する為の一方法として電流を流すのであります。他のものと良い加熱方法があれば、陰極にわざわざ電流を流す必要はないのであります。併し現在では他に方法は見附かりません。

陰極から放出された電子はどうなるか

こうして陰極から放出された電子は、その後どうなるかと申すに、例を第一図に示すような二極管にとりますと、陽極には陰極よりも高い電圧がかけられていますから、負電子を持っていく電子の本性として、電位の高い陽極の方へ吸引され動いて行きます。陽極の電位が充分に高い時には、何の苦もなく総て陽極へ吸引され、陽極に流入して陽極電流となるのであります。

第一図にも示してあるように、陽極はB電源の+側に接続し、陰極はB電源の-側に接続されてあります。即ち、陽極は陰極よりも高電位に保たれているのであります。併し、陽極の電位が陰極より少しでも高電位になれば、陰極を出た電子は総て陽極へ吸引されてしまうかと云うと、そうではないのであります。陽極の電位が陰極の電位に等しいか、又はそれより低い時には陽極には全く電子は流入せず、陽極の電位が陰極

の電位よりもいくらか高いと、陰極を出た電子の一部分のみが陽極へ到達し得るのであります。この到達する電子の数は、陽極の電位が高くなる程多くなり従つて、陽極電流は増加します。併しこの増加には或る限度がありまして、或る程度以上に陽極の電位を上げますと、最早や陽極電流の増加がなくなります。その時、若し陰極にフィラメント電流をもつと余計に流し、陰極の赤熱状態を高めますと、云い換えると陰極の温度を高くすると、再び陽極電流は増加します。このことから次のことがわかりましょう。

陰極から放出される電子の数は、陰極の温度が高くなる程多くなるのであります。

陰極の温度はどの位か

真空管に於いては、陰極からの熱電子放出が多ければ多い程良いのでありますから、出来るだけ陰極にはフィラメント電流を多く流して、陰極の温度を高くしたいのであります。温度が余り高くなると陰極が熔け出しまして陰極の形が変り遂には切断してしまいますから、いくら電子放出を盛んにする為とは云え、そう無暗に陰極にフィラメント電流を流して、温度上昇を行うことは出来ないであります。

この為に真空管の陰極としては、なかなか熔けないで充分に温度を高くすることが出来、そして又熱電子を放出し易い金属が探求されたのであります。普通はタンゲステンの細線が用いられております。タンゲステンが熔ける温度は三千四百度位であります。實際、真空管の動作状態では二千五百度位に熱してあります。この位の温度に熱していれば、熱電子放出も相当にあり、又陰極も永持ちするのであります。真空管にはそれぞれ陰極に流すべきフィラメント電流の値が規定されてあります。この規定値の電流を流しておれ

ば、熱電子放出も充分であり、陰極の寿命も永いのでありますが、若し、この規定値よりも五パーセント、即ち $\frac{5}{100}$ だけ余計に流しますと、電子放出は多くなりますが、同時に寿命の方は非常に短くなり $\frac{1}{10}$ になってしまいます。

陰極の材料

(一) タングステン 真空管が初めて作られた頃には、陰極と云えば総てタングステンの細線が用いられていたのですが、タングステンフィラメントは熱電子放出能が良くないので、最近では送信用真空管その他特殊管の陰極としてのみ使われています。

このタングステン・フィラメントは熱電子放出は少いのでありますが相当に酷使しても駄目にならないのが特長でありまして、二千度位に熱して約二千時間の寿命を保つことが出来るのであります。タングステン・フィラメントの太さは、 $\text{O} \cdot \text{一}$ 耗から一耗位でありまして、大電力になれば太いフィラメントを用うるのは勿論であります。

一体、フィラメントが切れるのは、その温度が余り高くて熔けてしまうこともあります。通常の規定通りのフィラメント電流を流して、適当な温度に保っていたとしても、その中には、漸次タングステンが蒸発しますので、フィラメントの太さも細くやせて来るのであります。そして遂には切れてしまいます。又或る場合には、真空管内の真空度が充分でなく、未だ管内にいくらかの気体が残っている為、その気体分子に電子が衝突して電離を起し、その時に出来た気体分子の+イオンが、フィラメントに衝突することがあります。

て、このような衝突が幾度も起れば、遂にはフィラメントを破壊するに至るのであります。故に真空管内の真空度は充分良好にしなければならぬのであります。

(二) トリエイテッド・タングステン 単なるタングステンの細線を陰極としたのでは、フィラメント電流を多く食って、加熱が大きい割合に熱電子放出が少ないので、種々工夫された挙句、トリエイテッド・タングステン陰極というものが出来ました。これはタングステンの細線の表面を、トリウムという金属の極く薄い層で覆ったものであります。前述のタングステンの場合よりも加熱温度は低くてすみ、約一千五百度位でありその割に熱電子放出は六乃至十倍に増大するのであります。そして、その寿命は約三千時間に達するのであります。非常な改良であります。現在の送信用真空管には、このトリエイテッド・タングステンを陰極としたものが多いのであります。

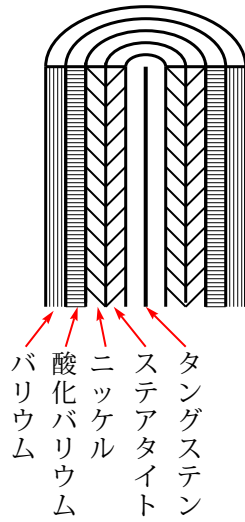
(三) 酸化被膜熱陰極 以上述べた陰極よりも更に熱電子放出能の良好なものを得る為、研究が積み重ねられているのですが、最近、酸化被膜熱陰極なるものが現われて、現在の受信用真空管は皆この陰極を用いるようになりました。

唯これは使用する時の陰極温度が厄介なのでして、九百三十度以上に熱しても不可であり、又、七百度以下の温度で使っても良くないのであります。結局、寿命を短くしてしまうのであります。

又、熱電子放出能も常に一定とはいかないので、未だ完成されたものとは云えないのであります。将来は、送信用にも用いられるようになるでしょう。

第二図はこの酸化被膜熱陰極の断面でありまして、その構造を示すものであります。真中に加熱用のフィ

ラメントがあり、その周りをステアタイトという絶縁物の層で囲み、その外側をニッケルで包みます。これが基本でありまして、このニッケル円筒上に酸化バリウム、又はバリウムの炭酸塩を塗るのであります。次に、これを熱しまして、この酸化バリウム又はバリウム炭酸塩の一部を純粋のバリウムに還元します。こうして出来上ったものは、図に示すようにニッケルの上に酸化バリウムが乗り、その上をバリウム分子が覆っているのであります。このようにまことに複雑な構造を持っています。



第二図

トリエイテッド・タングステンの場合でもそうですが、このように基本金属、即ち、タングステンとかニッケルの上に更に他の金属薄膜が乗ると何故電子放出が良くなるかに就いては、未だはっきりしたことはわかっていないのでありまして、その為に現在ではその製造法も確定せず、各国に於いて鋭意研究中のものであります。

第二図に示したものは所謂傍熱型いむゆるであります。直熱型ちくねつのものは、ニッケル細線の上に前記酸化バリウムを塗り熱処理をして、前と同様に酸化バリウム及びバリウム分子層をつくるのであります。

陰極の長命法

陰極に電流が流れて陰極を熱し、その為に陰極から電子が逸出することは前述の如くであります。陰極からは電子が飛び出すのみだと考えるのは早計であります。陰極からは電子が飛び出しますが、同時に陽イ

オンが飛び込む可能性があるのであります。これが大事な問題なのであります。これに注意することは陰極の長命法の一つであります。

真空管の内部は成程真空でありますが、併し真の真空ではなく、如何に充分排気したとはいえ、まだまだ管内には気体分子が残っているのであります。この残留気体分子が上述の陽イオン発生源であります。陰極から飛び出した電子は陽極の方へ引かれ、非常に速い速度を以て飛行しますが、その飛行の途中で、管内残留気体分子に衝突する場合があります。陰極から出た電子が総て気体分子に衝突するとは限りませんが、その一部は必ず衝突します。この衝突に依つて、気体分子が破壊されまして、気体分子からは電子がたたき出されず。元来、分子は、陽イオンと電子との結合体でありまして、電子の持つている陰電気の量と、陽イオンの持つている陽電気の量とが相等しい為に電氣的中性を保つていたのであります。若しその電子が陽イオンから離れるならば、気体分子は陽イオンとなるのであります。今の場合、電子の衝突に依つて、気体分子内の電子と陽イオンとの結合が破れて、電子がたたき出されたのであります。こうして出来た陽イオンが陰極に向うのであります。そして遂に相当な速度で陰極にぶつかるのであります。陽イオンは電子に較べますと遙かに重いのであります。これが陰極にぶつかるゝ陰極を破壊する原因となるのであります。この故に、管内の真空度は充分良好となす必要があり、又陽極電圧を無暗に高くすることを避けるのであります。陽イオンの衝突に依る陰極の過熱をバック・フラッシュと呼んで、真空管の重要問題の一つとなっております。

- 読みやすさのために、旧漢字は新漢字に、旧かなは新かなに変更した。ただし一部の漢字は旧漢字のままにした。
- 原著は総ルビであるが、ルビは適宜取捨選択した。
- PDF化にはLATEX_{2 ϵ} でタイプセットを行い、dvipdfmxを使用した。

ラジオ関係の古典的な書籍及び雑誌のいくつかを

ラジオ温故知新

<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/index.html>

に、

ラジオの回路図を

ラジオ回路図博物館

<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/radio/radio-circuit.html>

に収録してある。