

グリッドの動作とその材料

西山 千

はしがき

グリッドは、真空管の「警官」であります。電子を放出する陰極と、その電子を受け取る陽極との間に立つて、電子の移動を制御して云わば交通整理もすれば、又真空管の働きを妨害するような役に立たない悪い電子があれば、それを除去したり、或は他の電極の働きを円滑にする為に、その電極の手伝をします。ですから真空管に於けるグリッドの働きは社会に奉仕する警官の役目とよく似ています。

さてこれ等の色々な役目を果たす為に、使われている色々な種類のグリッドが、電氣的にどういう風に働くか、それを説明します為には、先ず[※]電子の移動を制御する「交通巡査」の働き、即ち制御グリッドの作用を調べて見ましょう。

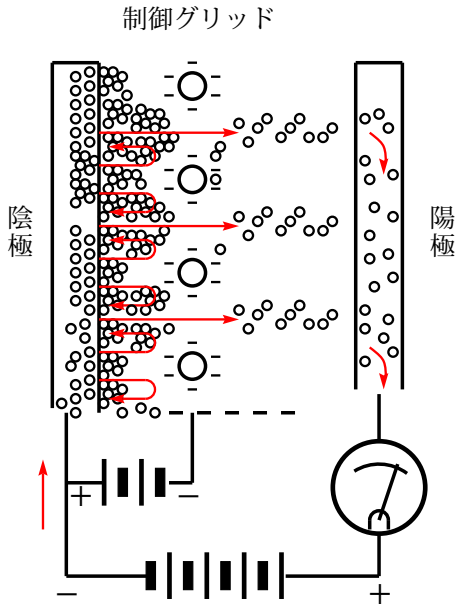
元来はこれがグリッドの第一の目的でありまして、後に述べます他の種類のグリッドは、真空管の改良と発達とともに、その応用範囲が広くなりまして、それに従^{したが}つてその動作を色々な用途に適用する為に、附属的に加えられたものであります。併し^{しか}何れの場合でも根本的には、同性（負性と負性、又は正と正）の電荷

は反撥し、反対性の電荷（正と負の電荷）は吸引するという電気の最も一般的な原理に基くものであります。

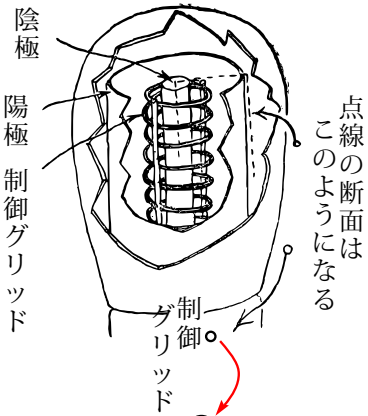
制御グリッドの働き

今或る真空の中に沢山の電子を入れ、それが雲のように浮んでおるとします。そこで一本の針金に正性の電荷を与えて、これを電子の雲の中に突き込んでみます。すると電子は負性の電荷でありますから、反対性の電荷を帯びている針金に引かれて集って来ます。針金の正性が強い程多く電子が集って来ます。処が若しこの針金に、正電荷の代りに負性の電荷を加えたとしますと、今度は電子が反撥されて針金の周囲から遠ざかります。負性が強い程電子は強く反撥され、又その反撥力は針金に近い程強く働きます。

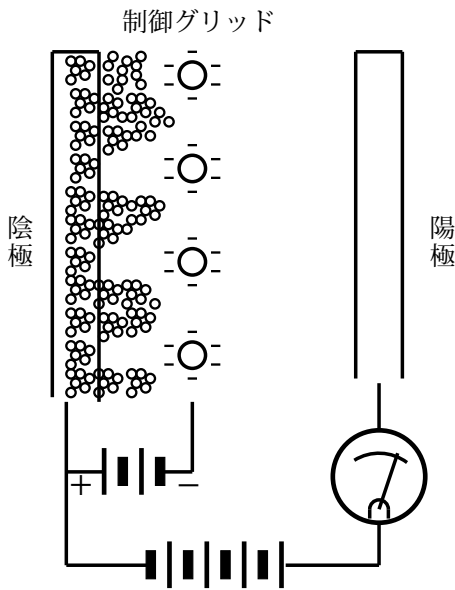
この根本原理を普通の三極真空管（陰極、陽極、及制御グリッドの三つの電極を有する真空管）に就いて考えて見ましょう。第一図(I)はその内部の電極を示しますが、普通のラヂオ受信機に使われている小型三極真空管は、このように電極が円筒形になっているものが多いです。勿論完全な円筒形になっていなくてもよいですが、実際には円形か矩形の筒になっておいて、陰極が中心にあり、その周囲にグリッドがあつて、その全体を囲んで陽極があります。このグリッドは普通は細い針金を螺旋状に巻きまして、これが二本位の縦の金属棒に依つて保持されて居ります。一面から見ますと、格子のようであり、又単なる平面形の電極の場合には、全く平面的な格子状に造りますので、英語式にグリッド、日本語式には格子と云うのであります。現在では、完全に格子の形をしていなくても、このような真空管の附属電極を各種類のグリッドと称して居ります。



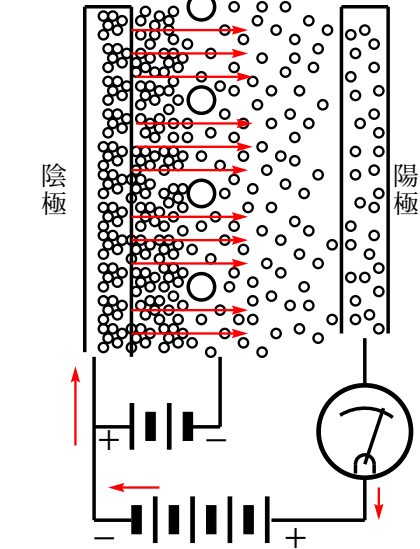
(a) 制御グリッドに負電圧を加えた場合の電子の流れ



(i)

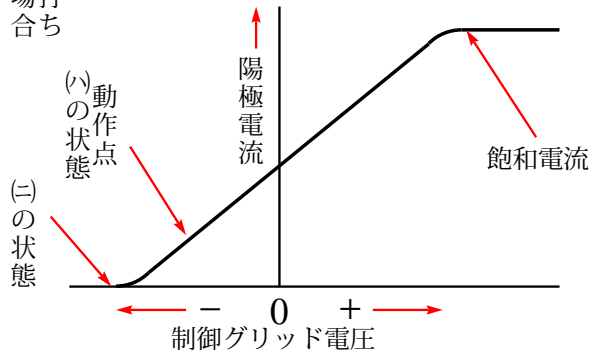


(b) 制御グリッドが陽極の正電荷に打ち勝つような高い負電圧を加えた場合



(ii) 制御グリッドが零電圧の場合の電子の流れ

(b) 陽極電流対グリッド電圧の特性曲線



第一図

(イ)点線で示す断面を(ロ)に示しましたが、この場合は制御グリッドには何等電圧なんらを加えないで直接陰極に接続されています。陽極には例えば百乃至二百ヴォルトの相当高い正の電圧が加えられています。電子は陽極の正性に引かれて陰極からグリッドの針金の間を通過して陽極へ移動し、この電子の流れによって陽極に電流が流れます。普通考える電流の方向は、正イオンの流れる方向ですから、今の場合には負性イオンの一種である電子の流れる方向と逆であります。即ち解說的には負性の電子が右へ移動した場合は、正イオンが左へ移動したと同じように考えられていますから、真空管の中では電子流は陰極から陽極へ、陽極電流は陽極から陰極へ向って流れます。電子流が大きい程陽極電流が大きいのであります。

(ロ)の場合はグリッドには電圧が加わっていないで、陰極にその俾接続まされていますから、何等電荷を帯びないで、電子に対して反撥力も吸引力も与えません。電子はグリッドの目を通って陽極へ行き、グリッドの細い針金に直接当るものだけがグリッドを通過して、元の陰極へ直ぐ戻りますが、これは放出される電子の一部分に過ぎないのです。大部分は陽極に引かれて陽極電流として現れます。

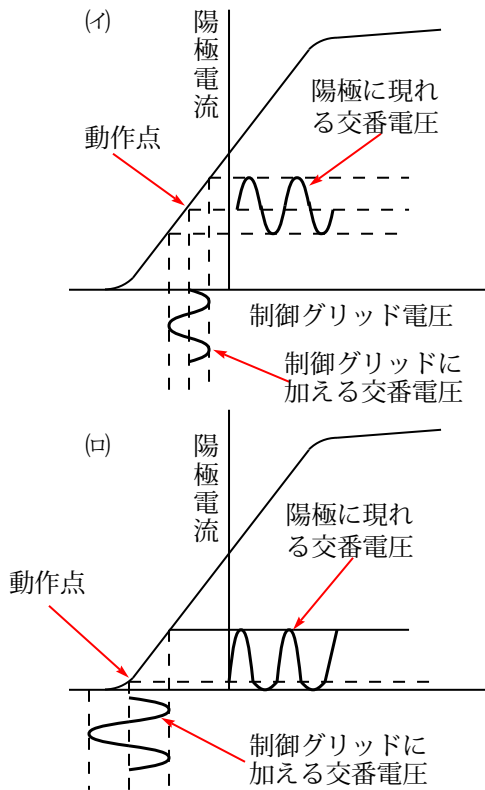
次にこのグリッドに陰極に対して或る程度負性である電圧を加えますと、今度は(イ)図に示しますようにグリッドの針金は負性の電荷を帯び、その周囲から電子を反撥するように働きます。前に述べましたように針金に近い程反撥力が強い為、電子は針金の近くは通れなくなり図のように格子の間を針金から遠ざかったところを通過して陽極へ達します。この場合は、前の(ロ)の場合陽極へ到達していた電子の一部分が負性グリッドの為に反撥されて行けなくなり、陽極電流は減ります。ここで流れる陽極電流はグリッドの負性に打ち勝って、陽極へ到達出来る電子流に依よります。云い換えれば電子が陽極へ移動するのは、陽極の正性が

グリッドの負性の強さに打ち勝つ程度に依るのであります。

陽極は高い正電圧が加わっていますから、陰極の電子を相当強く引きませんが、しかしグリッドは陰極に近いので、負電圧が割合に低い値でも陰極の電子に対して反撥力を相当に持っている訳です。従つて陽極の正電圧が一定であれば、グリッドの負電圧、即ちその負性を強くする程、電子流は少なくなります。この負電圧を段々高めて行きますと、結局は、グリッドの反撥力が陽極の吸引力より強くなって、電子流を完全に防ぐようになります。第一図(二)がこの状態に達した場合を示します。

茲から逆にグリッドの負電圧を減らしますと、陽極電流が少し流れ初め、更に段々負電圧を小さくする程、電流が増しまして、零電圧のところでの元の(ロ)図の状態に戻ります。更にグリッド電圧を正の方へ増しますと、今度は陽極の吸引力を手伝うようになります。電子流は段々増して行きます。これ等の電子の一小部分は移動する途中でグリッドに吸引され、針金に当つて新にグリッドの電流を起します。併しグリッドの面積は陽極に較べて遙かに小さいですから電子の当る数は陽極より遙かに少く、グリッド電流が陽極電流より非常に小さいのが普通です。グリッドに取られない部分は陽極とグリッドの加速作用に依つて、グリッドの間を通り過ぎて陽極へ行きます。

斯うして陽極電流はグリッドの正電圧の増加と共に増して行きます。結局は陰極から出せるだけの電子を全部陽極に（一小部分はグリッドに）取られてしまいます。この場合はグリッド電圧を更に正に増しても、陰極は電子をそれ以上出せないので、陽極電流は飽和状態になります。グリッドを増加しても、陽極電流は殆ど増加しないようになります。この陽極電流が一定になる値を飽和電流といひます。



第二図

制御グリッドの働きは右に述べました通りでありまして、真空管がラヂオの最も重要な部分として働きますのは、この制御グリッドのお蔭であります。普通に三極管を使います場合には、第一図(ホ)に示してありますように、制御グリッドに加える電圧を或る程度負にして置きます。これはグリッド電圧を正にしてグリッド電流を流しますと色々実際的な困難が

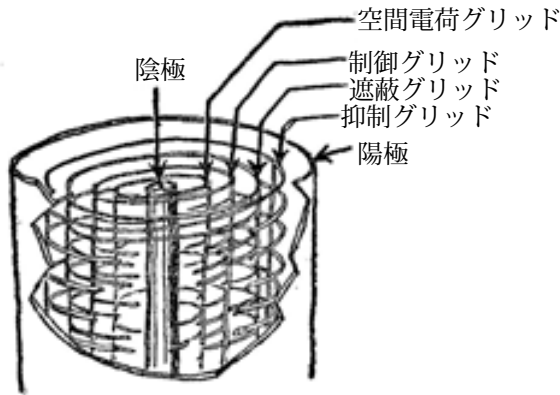
右に述べました制御グリッドの働きを曲線で表しますと、第一図(ホ)のようになります。横軸に制御グリッドの電圧をとり、縦軸に陽極の電流をとったものであります。左側の方の陽極電流が零になるグリッド電圧から、右の方へ段々グリッド電圧を増して行きますと、陽極電流が増加しまして、最後には飽和電流まで到達します。この曲線が普通に称されている真空管の静電特性の一つであります。

この静電特性を見ても判りますし、又グリッドが陰極に陽極より近く置いてあることから分りますが、グリッドの電圧は少し変わりましたが、陽極電流に相当大きい変化を起します。若しこの陽極電流の変化を適当な抵抗、或はインピーダンスに依って電圧の変化に換えますと、グリッド電圧の小さい変化は陽極回路の大きい電圧の変化として現れて来ますから、電圧を増幅することが出来ます。真空管は斯うして増幅管として働く訳です。

ありますし、又陽極電流を余り大きくすると真空管が過熱されますからであります。この負電圧に相当する点を動作点といひまして、この動作点の位置に依りまして、真空管は増幅器として働き、又電流を大体一つの方向にしか変化させないような検波管として働きます。即ち動作点を特性曲線の傾斜している途中に選びますと、ラヂオ信号の交番電圧をこれに加えますと、第二図(イ)のように陽極にこの交番電圧に相当する交番電流が流れて増幅管として働きます。併し第二図(ロ)の点に動作点を選びますと、陽極電流はただ一つの方向だけに交番的に変化しますから、検波作用が得られません。

空間電荷グリッド

陰極から出ました電子は、右の制御グリッドの場合で分りますように、全部は陽極に行かないです。今調べました制御グリッドを使う時の動作点では、電子はまだ多数制御グリッドに止められて陰極と制御グリッドの間にぶらぶらしまして電子の雲をなしています。この電子雲は各電子の負性電化が加わり合つて、相当強い負性の電界を持つていますから、陽極の正電圧の効果で、この電子雲の為に少なくなりまして、陰極から電子を引き取る強さが弱くなります。この電子雲の反撥力で陰極から放射する電子が反撥されて、陰極に戻つてしまいますから、陰極の電子放出も妨害される訳です。これをなくするには電子雲を取り去つてしまうものがあればよろしいですから電子雲の中に最初述べましたような正電荷を持つ針金を突き込むのであります。即ち陰極と制御グリッドとの間に更に一つ針金から出来た格子状の電極を置きまして、少し正の電圧を加えますと、制御グリッドを通り越して陽極へ行く電子は前の俣まで陽極電流となりますが、制御グリッドから反撥



第三図 各電極のグリッドの位置

され今は何も役にたたなくて却^{かえ}って害になるような電子は、正電荷を持つ針金へ引取られてしまいます。この電極は正にする為に低い電圧を持つ電池の正端子か、他の電源に接続されて、その電源の負端子は陰極に接続されていますから、引き取られた不良電子は電源を通じて元の親である陰極へ戻されます。この不良電子狩りをするグリッドはスペース・チャージ・グリッド、即ち空間電荷グリッドであります。空間電荷グリッドのお蔭で、陽極の電圧を低くすることが出来まして働きが楽になる訳です。

遮蔽グリッド

真空管を高い周波数で使いますと陽極は制御グリッドに加えられた高周波の交番電圧によりまして、前述のように交番的に電圧が変化します。この交番的な陽極電圧の変化は、根本的には陽極の正電荷の強さの変化であります。ところが陽極の電荷はグリッドの電荷に対して、引力又は反撥力を持っていきますのは勿論^{もちろん}のことですから、陽極の高い電圧の交番的な変化に依^よって、少しではあります。制御グリッドの電荷が交番的に影響されます。この交番的な影響は真空管の安定な働きを害する性質のもので、これが制御グリッドに影響する前に止める必要があります。その為第三図のように制御グリッドと陽極との間に格子状のグリッドで制御グリッドを遮蔽^{しゃへい}しまして、電子の流通には差支えないようにし、

陽極電荷の変化による影響をこの格子が受けて直ちに陰極に持つて行き、従つて制御グリッドは影響を受けないようになります。遮蔽していても電子を反撥してはいけませんから、この電極には陽極より少し低い程度の正電圧を加えて置きます。又、高周波の交番電荷を抵抗少く、陰極へ持つて行く為に例えは側路蓄電器のようなものを使いまして、出来るだけ有効に遮蔽効果を利用します。斯うして制御グリッドを守りまゝのが遮蔽グリッドであります。

併し遮蔽グリッドは、陽極と共に相当高い正電圧でありますから、電子は遮蔽グリッドに近づきますと、非常に早く加速されて、物凄い勢いで陽極に衝突します。この結果次のようなグリッドが出来ました。

抑制グリッド

電子が非常に早い速度で陽極に衝突しても、その俾陽極電流として流れればよいのですが、陽極電圧が少し低くなり過ぎますと（例えば交番電圧でもある時はこれが有り得るのです）、この衝突によつて陽極から新しい電子を打ち出すことがありまして、電圧が低過ぎます時は、この新しく出た電子を直ちに陽極が又引き戻すことが出来ないで、遮蔽グリッドの方に取られてしまします。今度は陽極が電子を出している訳ですから、陰極から来電子流と逆の方向に新しい電子（二次電子と称しています）が流れて互に消し合つて、結局陽極電流は少くなる傾向になります。これを抑制する為に第三図のように、陽極と遮蔽グリッドとの間に陰極と直接真空管の内部又は外部で接続された零電圧の針金から出来た電極を設けます。この抑制グリッドは加速された電子を陰極と同じ電位を以つてその勢いを落し、陽極に達した時には、二次電子を出す程の勢でない

ようにしますと、陽極の電圧は少々下つてもよいことになります。
斯^こうしてグリッドの種類も用途に依^よつて違い、それ等の働きは真空管の警官として電子の交通整理、不良狩り等の非常に重要な役目ばかりであります。

- 底本には、ラヂオ科学社編『受信用真空管の選び方使用ひ方』（ラヂオ科学社）を使用した。
- 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¹⁾LaTeX²⁾でタイプセットを行い、³⁾dvipdfmxを使用した。

ラヂオ関係の古典的な書籍及び雑誌のいくつかを

ラヂオ温故知新

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

に、

ラヂオの回路図を

ラヂオ回路図博物館

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

に収録してある。