

真空管は何処へゆくか？

通信省電気試験所第四部

松平維石

はしがき

真空管の発明に依^よって、火花式無線電信は真空管式無線電信電話となり、放送ラヂオとなり、無線全盛の時代を現出するに至りましたが、この間に於ける無線の進歩は、実に真空管の目覚ましい発達に負うものでありまして、真空管こそは現代電気界の寵児でありましょう。

最近十年間に於ける真空管の進歩は実に驚嘆に値するものがあります。現在では真空管といわずに電子管と呼んでいる位で、十年前、無線用に使われていた所謂^{いわゆる}真空管は、現在の電子管の一部に過ぎなくなつたのでありまして、電子管も、もう発達する所迄^い発達し切つてしまつたのではなからうかとさえ思われる位で、今後どんな発展をするものであるかに就^ついて予想することは、相当の難問題であります。

陰 極

電子管は、すべて、電子放出源即ち陰極を持っているのでありまして、これが電子管の心臓ともいえましょ

う。陰極からの電子放出は現在の所では、第一、陰極を発する熱か、第二、陰極に光を当てるか、第三、陰極に電子を打当てるか、この三つの方法に拠るのでありまして、第一の方法に拠るものは所謂真空管と呼ばれて、無線電信電話、放送ラヂオ等の受信並びに送信用の真空管、その他超短波用の真空管（BK管、磁電管）等が挙げられ、第二の方法に拠るものは、光電管を始めとして、テレビジョンのアイコノスコープ等があり、第三の方法に拠るものとしては最近研究されている二次電子管、或は又テレビジョンのアイコノスコープ等があります。

何れも、電子放出面ではありますが、第一のものを熱電子放出面、第二のものを光電子放出面、第三のものを二次電子放出面といっております。これら電子放出源の研究は、電子管という形態を整えたものとは別個に、それ自体として興味のある問題であり、地味ではありますが、確実な研究が進められ、熱電子放出源に就いていえば、タングステン・フィラメントからトリイテッド・タングステン・フィラメントとなり、次に酸化物被膜フィラメントとなり、熱電子放出源を余り加熱することなく、非常に良好な電子放出能をもたせることが出来るようになりました。併し、これに対する理論は完成したものなく、現在、実験的に又理論的に、多くの物理学者に依つて考究されているのであります。研究の進むに従い、現在の熱電子放出源よりは遙かに熱電子放出能の勝れた、そして寿命の永いものが出来るであろうことは予想するに難くありません。現在、酸化物被膜陰極は受信真空管等の小型管にのみ使われていますが、近い将来に於いては、送信管等の大型管にも使われるでしょう。

光電面、二次電子面も同様に目下研究の入口にあるといつても過言ではなく、現在のものは、未完成のもの

であり、将来の発展はちよつと見透せまいと思ひます。光電管の感度は、現在、光束一ルーメンに就き、百マイクロ・アムペア（〇・一ミリアムペア）を以て最高記録としていますが、今後数年間にミリアムペア程度の光電管の出現を期待することは無理でしょうか。光電管なるものは現在非常に能率の悪いものでありますが、研究の進むに従ひ、電子逸出の機構が明らかにされれば、飛躍的の進歩を見るものといえましょう。

二次電子に就いては、現在、光電管と同様であります。全く将来のものであります。現在、二次電子放出現象を利用して、二次電子管なるものが現われて参り、テレビジョンと結合して有力視されていますが、これは一種の増幅管でして、現在この管で処理している電流は、光電管と同様に僅か数ミリアムペアのものであります。熱電子に拠る増幅管に取って代るべき時代が来ることは予想されます。それは結局、二次電子放出物質の研究にまつ所でありまして、二次電子放出源の電流、電圧耐力が充分になれば、現在の熱電子増幅管は、全く過去の遺物として後退すべきものと思われます。

電子放出源のことを余り喋りすぎましたが、最後に夢を一つ述べましよう。最近、物理の方で、人工放射能物質のことが盛んに研究されていますが、この物質の電子放出能及びその寿命が充分となり且つ安価に出来るようになり、取扱も単純化されるに至ればどうでしょうか。^{さしあた}差当り、熱電子管のフィラメントをこれでおきかえれば、フィラメント電源は不要となりましよう。或は尚^{なほ}一歩進めて、陽極電源不要と迄なるかも知れません。現在の無線装置は、余りにも膨大なる電源装置をふらさげているともいわれないでしょうか。

大電力管

陽極並びに格子の材料の問題は地味ではありますが、電子管の骨子となる重要事項であります。如何に卓抜な考案と雖も、その考案を実施するには、結局、材料の問題に当たります。耐熱、気体包含僅少、高真空中に於ける金属の蒸発僅少、こういう事柄に於いて、理想的なものに向つて、現在研究努力がつけられて居りますが、この方面の発展に拠つて、大電力管の製作上の困難が乗りこされて、現在、数百キロワット管を以て限度としてゐる大電力管が、結局、中電力管と呼ばれるのも遠くはないでしょう。大電力管では、陽極の冷却に苦心が払われ、水冷式を用いて陽極金属の表面に直接に、流動する冷水を接触せしめるのでありまして、格子及び熱陰極挿入口として絶縁物である硝子を用い、この硝子と金属陽極との接合という、非常に困難な製作技術が入つて来るのであります。この問題は現在、硝子の熱膨脹率と同一の金属を見出すことに依つて解決されつつあるのであります。

併し筆者は、ここにデマウンタブル管を空想したのであります。現在、真空ポンプは良質の真空用油の出現に依つて、非常に改良されているのでありますから、実験室に於ける真空実験と同様に、大電力管は常に排気装置を傍に置いて働かすことにすれば、前記の接合という製作上の困難は取除かれ、尚一步進めて、管の熱陰極の取替作業も可能になるのではないのでしょうか。勿論、これは熱陰極物質の化学変化を考慮に入れねばなりません。

五 極 管

真空管の始まりは二極管であり、それに制御格子電極を入れた三極管の出現に依つて、はじめて、真空管

の本質的働きを現わしたのでありますが、その後陽極と制御格子間の静電結合を少くして、高周波増幅を容易ならしめんとして、陽極と制御格子間に遮蔽格子を挿入した四極管が生れ、次いで陽極へ電子が打当って放出される二次電子の悪影響を抑えんとして、陽極と前記遮蔽格子間にもう一つ抑制格子を挿入して五極管が現われ、その後三極管と四極管の組合わせの七極管、三極管と五極管の組合わせの八極管といった多極管が出て来ました。この中、五極管の将来は期待すべきものでありまして、出力の点に於いて、高周波適用の点に於いて、五極管万能時代が、ここ数年間に来るものと見て差支えないでしょう。

このような多極管の設計に当って物を云うのは管内に於ける電子の通路の問題であります。陰極を出た電子は、流入すべき電極にのみ流入せしめ有効に利用すべきであります。

近年、テレビジョンの発達と共に電子光学が誕生し、レンズが光線を集束したり発散したりして光学装置を作るように、適当に電極を配置し、それ等の電極に適当な電圧を按配することによって電子線を集束したり、発散させたりする所謂電子レンズが出て、電子光学装置の設計が出来るようになりましたが、電子通路たる綱目をもっている格子を多く具えた多極管は、一種の電子光学系と見ることが出来ますから、これに電子光学の理論を適用して、設計を行なうようになって来つつあります。現在迄は真空管の設計に電子光学的考慮を払わなかつたのでありまして、従来の真空管は真空管の少年時代であつたともいえるでしょう。今迄つくられた多極管は、こんなものを作つて見たら、こんな特性のものが出来たというだけのもので、これから愈々本式の多極管が設計されるのであります。

超高周波管

最後に超高周波管に就いて話しましょう。超高周波といえ、波長にして五米メートル以下といつて良いでしょう。この程度の高周波になると、管内を飛行する電子の飛行時間、即ち、陰極から陽極に達する迄の時間が物をいうようになるのであります。

そこで、特別に超高周波用真空管なるものが出て来たのでありまして、通常の真空管では、一米メートル以下の超短波発振並に増幅は不可能なのであります。先ず、この超高周波管を克服するには、二つの途みちがあります。一つは、前記電子の飛行時間を出来るだけ小さくする為に、電極間の距離を小さくするのであります。この方針で出て来たものが例のドングリ管であります。併し、この方式の欠点は、電力小なる範囲内に止まらざるを得ないこととあります。他の一つの途みちは、電子の飛行時間を有効に利用するのでありまして、この方針の下に生れたものが、B K管、及び磁電管であります。

磁電管の現在の出力記録は、波長一米メートルで八百ワット、二十五センチ纏センチで百ワットの出力の発振をやっています。磁電管に於ける出力増大は今後どこ迄行きましようか。数キロワット迄は行きましようが、数百キロワット出力のものにお目にかかることは、或はないのではなからうかと思ひます。B K管の方は能率が非常に悪いのでして、現在いうにたらずですが、前述の電子光学的考慮を充分に加えることに依り、高能率のものが出来るかも知れず、若しそれが出来たら、磁電管は倉の中にしまい込まれるのではないでししようか。何しろ磁電管は肝腎かんじんの管よりも遙かに大きく、且つ重い電磁石という厄介物を背負っているのですから。しかし現在の電子光学は静電界、静磁界の電子光学でして、超高周波電磁界に於ける電子光学はまだないのであります。これは将来の理論的問題として残されているものであります。

さて、現今、超高周波管といえは、一から十迄発振波長の最短記録、或は出力記録の獲得に努力が払われていますが、これは些か解せないこととして、何故に超高周波増幅管、並びに検波管共振回路に注意しないかと申したのであります。この方面に於いて、はじめて、電子走行時間に関する本格的考察がはじまるのであります、将来の重要問題と思ひます。

電子走行時間とは何かと云いますと、陰極を出た電子が格子を通過する迄の時間、又は陽極に到達する迄の時間のことです。この時間は勿論論、非常に短い時間でありまして、例えば、 $\bigcirc \cdot \bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc$ 一秒、即ち技術者常用記号で書くと 10^{-8} と云ったものであります。勿論、これは一定したものではなく、加附電圧及び管の大きさ等に依つて、各場合に就き異なるものであります。

今或る管があつたとして、その大きさ及び加附電圧に依つて、電子が陰極から陽極迄飛行するに要する時間即ち飛行時間が 10^{-8} 秒になるとしますと、この時間は実に波長一米の電気振動の周期に相当することになります。故に若し、この管で一米の発振、増幅をやるうとすると、従来の真空管動作理論は全くあてはまらなくなるのであります。何となれば、従来、我々が取扱つて来た電気振動は波長が長く、その周期は精々 10^{-6} 秒程度であつたのであります。波長で云へば百米位のものが短いとされていたのであります。 10^{-6} 秒は 10^{-8} 秒に較べれば、桁が違ふ程、長い時間であります。従つて、電子が陰極を出て陽極へ到達する迄に、電気振動の一サイクルはまだまだすまないのであります。所が前記波長一米となるとどうなりましようか。電子が陰極を出て陽極へ到達する迄に電気振動の一サイクルは優に経過してしまふのであります。こうなると、従来の考

えからは予想出来ないことが起きて来ます。先^まず発振が困難になります。増幅が出来なくなります。かくてマグネトロン全盛時代を生じたのであります。併^{しか}しマグネトロンは、決して従来の真空管方式に依る発振困難の問題を解決したのではなく、唯^{ただ}、別途の方法をとって、道をよけたに過ぎません。発振方法はこれでよしとしても、未だ増幅検波の問題が残っています。この問題こそは、従来の真空管理論を土台としてこれから発展開拓さるべき事柄であります。

むすび

紙数が切れますから、残念ながらこの辺でやめるとして、おしまいにもう一つ申し上げます。今迄は共振回路といえばLとCの組み合わせか、精々導波管の特殊型であるレゾナクターであります。真空管中の電子の周期的運動、或は電子が持つ自己振動周期を利用したのもこそ、純粹な電気共振回路とっております。このようなものが実際に登場するかどうか。既に登場しているともいえるし、登場していないともいえます。

- 底本には、ラヂオ科学社編『受信用真空管の選び方使ひ方』（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。
- PDF化にはL^AT_EX 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。