

5. あとがき

以上は一般に増幅発振用として実用に供されている接合型トランジスタを中心として動作原理および基本回路について記したのであるが、N型ゲルマニウム中を流れる電子流の通路を両側面につけたP型電極に電圧を与えて制御して五極真空管同様の特性を得るようにした単極トランジスタ、またP型とN型との接合部に逆電圧を与えておき、光を投射すると光量に応じて電流が変わるところのフォト・トランジスタがある。このほかゲルマニウム応用素子としてはダブル・ベース・ダイオードがあり、

簡単な回路でもつて容易に開閉回路が作られるので電子計算機、電子交換機等への利用が行われている。

このようにトランジスタは発明されてより日なお浅いが、その製造技術や応用技術は急速に発展し、真空管に代るものとして、またその独自の応用分野を開拓している。将来は受信管程度のところはトランジスタにより置換えられる形勢にあるが、真空管は真空管としての特長目的に向つて研究開発が行われ、一方トランジスタもトランジスタとしてその道をひらいてゆくものと考えられる。

電子管の工業応用

大阪大学工学部 菅田 榮治・裏 克己

緒言

初期の電子管は、主として通信関係に用いられたが、信頼性や電力容量の関係で工業の他の分野には余り用いられなかつた。しかし技術の進歩によつて、種々の用途の電子管が考案、開発されて、その速応性と大きな制御性は工業の各方面への応用を促すに至つた。

本文では現在電子管のどのような種類が工業の各方面に用いられているかを述べ、それによつて将来の動向を洞察して見たい。

1. 電子管の種類

現在、工業に應用されている電子管の種類は大別次の如くである。

一般真空管：二極管，三極管，多極管

電子ビーム管：ブラウン管，電子ビーム切替管

光電管及び二次電子管：光電管，光電池

二次電子増倍管，記録管

放電管：水銀整流管，熱陰極格子制御管（サイラトロン），定電圧放電管，リレー放電管，ステップ放電管，ガイガー・ミュラー計数管

X線管

一般真空管は、あらゆる電子装置に含まれ、整流、増巾発振、検波、切替等基本的な性質を有することは周知の通りである。この型で、電極材料等を極度に吟味して、設計された高信頼管及び微小電流測定用真空管も、

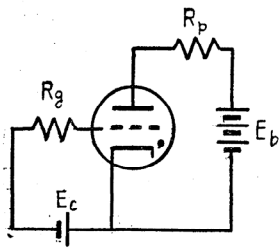
工業用電子管として用いられるようになった。

電子ビーム管は、電子流を適当な電極系によつて、空間的に限られたビーム状に射出し、これを電磁場で偏向して所要の場所のみ電子が流れ込むようにしたものである。ブラウン管及びその変形であるテレビ受像管の用途は非常に広い。たとえば点光源を二次元的に高速で移動するいわゆるスキャナーは将来性がある。電子ビーム切替管は電子ビームと偏向電極の組み合わせによつて、切り換え、電流制御、計数を行うものである。電子計算機、電子交換機に用いられ、現在新しい型のものが次々に考案されている。

光電管は、光信号を電気信号に変換する光電材料を用い、二次電子管は物質の二次電子放射を利用して、二次電子による増倍や、絶縁物上に電気信号を蓄えるもので、普通この両者が組合されていることが多い。たとえばテレビのカメラチューブ、X線蛍光増倍管、光増巾管、ノクトビジョン等新しい分野への応用がある。

放電管は、以上の管での電荷の運び手が電子であるのに対して、水銀蒸気、その他のガスを封入して電子以外にイオンもその運び手になつている。その最大の特徴は、イオンにより電子の空間電荷効果が消されて、比較的小さい電圧で、大きな電流が得られることである。サイラトロンは格子を封入した熱陰極放電管の商品名(G. E.)であるが、放電開始を格子で制御することのできる一種のスイッチで、陽極電源が交流のときには任意の位相での点孤の制御が可能である。

サイラトロンの偽作原理を簡単に説明すると負の格子



第1図 サイラトロン
基本回路

電圧 E_c と陽極電圧 E_b との間には第2図の放電開始特性曲線があり曲線の下側では放電が起らないが、上側の一点に相当する陽極電圧にて一旦放電が起れば格子の負電圧を高くしても放電を消すことができない。勿論、放電電流の大きさを制御することもできない。ただ陽極電圧を下げて放電維持電圧以下にしたときのみ放電を消すことができる。

各種の制御装置、電源の変換装置等、近來サイラトロンの応用範囲は目ざましい。リレー放電管は μA 程度の電流で $10mA$ 程度の放電電流の開始を制御し、ステップ計数管は入力パルスの数に応じて放電の位置を次々に移動させてパルスの数を勘定する管で、デカトロンは計数器、電子計算機等に用いられる。

2. 応用

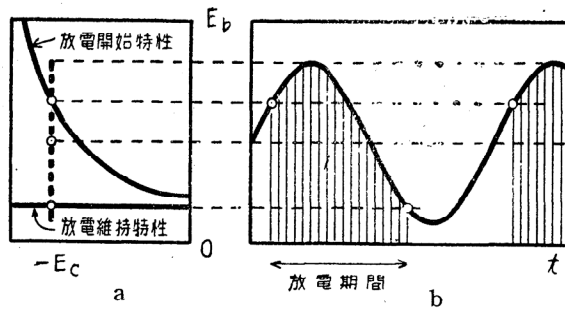
電子管の電源関係への応用の主なものは、電気化学工場、電気鉄道等における大電流の整流を目的とする水銀溜陰極放電管と、高周波加熱用の高周波電源としての大容量三極管である。前者に関してはゲルマニウム整流器等で順次置換される傾向があるものの、大容量のものは未だ有利に立っている。これらは、電子管の応用としては比較的単純で、いわば量的な使い方である。一方電子管の本質的な応用は質的なものにある筈で、各種の工業計測への応用、それに結びついた制御関係、及び電子計算機への応用が大きな分野である。電子管を用いたときの特長は、

i) 時間の遅れが少い。電子管自体は、一般真空管で μS 程度の速度を得ることは全く容易であり、特殊な電子管や回路を使えば $m\mu S$ 程度を得ることも可能になっている。放電管ではイオンの運動が遅いため、一般には mS 程度であるが水素ガス入りサイラトロンでは立上り $0.1\mu S$ 程度のものが得られている。

ii) 感度が高い。特殊な設計の測定用電子管では μV 程度の感度を持つ。

iii) 制御比が大きい。

この他計測に応用するときの利点は、

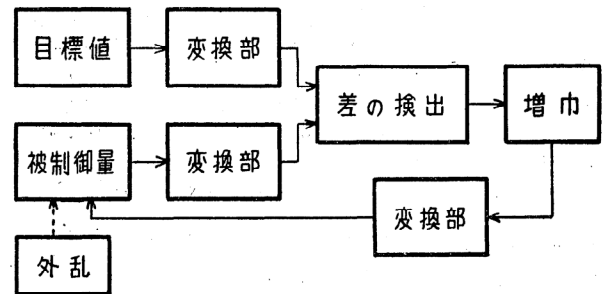


第2図 (a) 放電特性 (b) 陽極に交流電圧を重畳したときの放電期間

指示部に送る。工業計測の分野は非常に広く、その中に用いられる電子管の種類も多いが、数の上で最も多いのは増巾装置に用いられる電子管で、これは今更とり上げる必要もないと思う。しかし光電管のように変換部に用いられる電子管もある。これらについては割愛する。



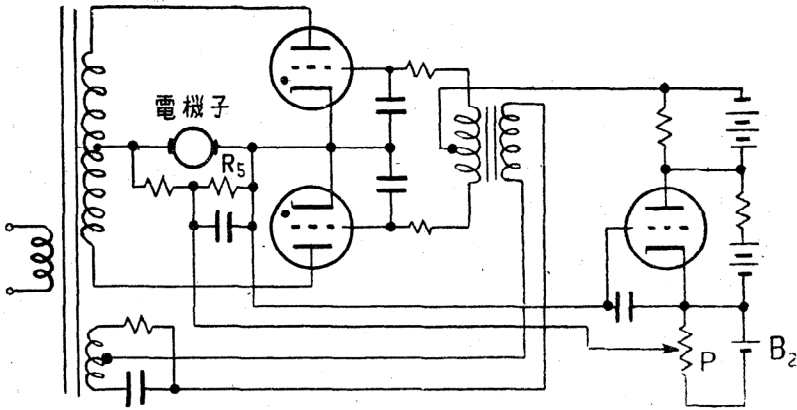
第3図 工業計測の基本構成



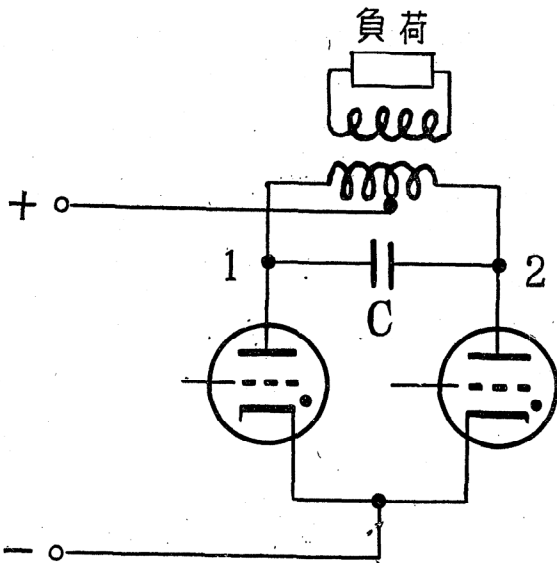
第4図 自働制御の基本構成

自働制御の基本構成は、外部擾乱の影響下にある被制御量を電気量に変換して、目標値（電気量に変換した目標値）との差を検出、増巾しその出力を帰還して被制御対象に加える。これにも非常に多くの方式や種類があるが一例としてサイラトロンにより直流分捲電動機の定速度制御をする場合（第5図）を考えて見る。（サイラトロンは前述の如くスイッチ作用を有することと、封入ガスを択ぶことによつて時間遅れを極度に少なくすることができるので、一般真空管と並んで制御関係に欠くことのできない重要なものとなつてきている。）

定速度にするためには電機子の端子電圧を一定になるように制御すればよい。電機子に流れる電流はこの場合サイラトロンの放電電流であるが、これを端子電圧に比例した電圧と、標準電圧で制御しようとするものである。この場合、被制御量である速度は、電機子の両端に現れる逆起電力に変換され、それに比例した電圧が R_5 に現れる。目標値は B_2 電池電圧に比例した電圧 (P の位置) に変換され、その差を直流増巾（位相逆転を伴つ

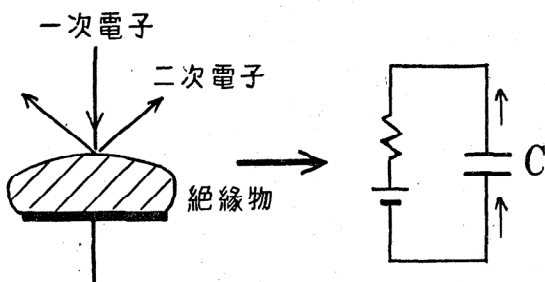


第5図 サイラトロンを用いた直流分巻電動機 の速度制御



第6図 インバーター回路

た)して、サイラトロン の格子に与え放電電流を制御している。サイラトロン の他の興味ある応用としては、電気鉄道 の電力の回生、直流送電等に用いられるインバーターがある。これは整流器とは逆に、直流を交流に変換するもので、その原理は、 V_1 、 V_2 の格子に逆位相の交流電圧をかける。今 V_1 が正の位相になつて放電を始めたとする。Gの1側は \ominus 側に対して短絡状態になり電荷は変圧器を通つてCの2側に流れ込み、変圧器を介して負荷に半サイクルの交流を供給する。次に V_2 の格子の位相が正になると、 V_2 が放電し V_2 の陽極は、 \ominus 側に対して短絡となる。Cにかかる電圧は、この瞬間には未だ



第7図 絶縁物を用いた電荷の蓄積

2側が正であるから、 V_1 の陽極は下り、放電を停止する。かくしてCの1側に電荷が流れ込み、負荷に逆位相の半サイクルを供給する。

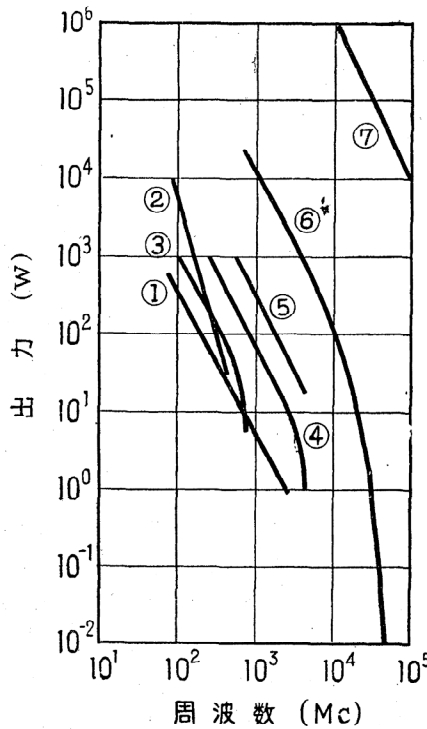
電子計算機において、演算部分に電子管が用いられるのは当然のことで、この特集号においてその項目のところで詳論されるものと思うので割愛する。記憶部、指示部において特徴的な電子管の応用が見られる。たとえば記録管の応用によつて、高速度の書き込み、読みとりが可能であり、記録容量も大きい。これは

入射一次電子の速度を捉ふことによつて、絶縁物からの二次電子の数が一次電子のそれよりも多いことを利用して信号電流に応じた電荷を蓄積するものである。

X線管は、X線蛍光増倍管と組合せることによつて、その応用面も、材料の検査等に更になりつつある。

結 言

真空管の性能は周波数、出力の増大に限界があるが技術の進歩によつて、この限界は、次第に上げられている。殊にマイクロ波中継、テレビ放送を動機とするマイクロ波管、電子ビーム管の発展は目ざましい。短波帯における大容量の真空管の製作が、高周波加熱を可能にした如く、それよりも波長の短い帯域での物質と電波との



第8図

①空冷管限界(戦前) ②水冷管限界 ③1940年空冷三極管 ④1946年空冷三極管 ⑤1941年連続波管 ⑥1953年連続波管 ⑦1953年パルス管

相互作用の応用も、マイクロ波分光學だけに止まらなると考えられ、将来に対する希望が持たれる。ミリ波電子管の研究もその意味で工業に貢献するようになるものと思われる。更にこのような非常に短い波長の電子管とその関連技術の発達は $m\mu S$ 以下の現象の記録、観測、原子力工業等への応用に大きな期待が寄せられている。