

始



最新 初級電子工學

電氣通信技術研究會

著

發 行

電 氣 書 院

412
502

特231
522

最新 初級電子工學

電氣通信技術研究會

著

發行

電氣書院



緒 言

強電工學は従來の研究方法では、もはや行くべき處に近づいたと云ふ感が深い。之れに對して新興電子の理論的發展、實際的應用は實に絢爛目を奪ふものがあり、之等は理論に應用に亘つて強電工學に取入れられつゝある。従つて強電技術者としても此の新興工學を知らねば今日のエンヂニヤールとして大過なしとするも、明日のエンヂニヤールたる資格はない。

又、通信工學に於ける電子工學の應用は昨日迄の通信技術を既に古典化しつゝある。従つて通信技術者として、是が非でも新興電子工學を理解し活用するの手腕がなくてはならぬ。

本書は是等の要望に答へ、難解なる電子工學を極めて平易に述べたものであつて、其の特長とする處は一つの理論を説明すれば、直ちに其の應用に及んだことである。之れに依つて理論は深刻に理解せられ、同時に實際エンヂニヤールとしての活手腕が獲得せられる。説明としては必しも深くないが……其の一步を進めると定説がないことも、潛入しなかつた一つの理由である……、應用方面は能ふ限り廣く述べた。と云ふのは本書の使命が現場第一線エンヂニヤールに對し、新興電子工學の常識を授けることにあるためであり、本書に依り此の方面に對し深い興味を有せられたなら、夫々優秀な著書があるから、更らに夫れに依つて細く深く研鑽を進められると同時に之れが現場への應用に独自の地位を利用せらるゝやう渴望する次第である。最後に、將來の科學界は“電子工學より來る”ことを豫言し、此の方面への諸氏の研鑽を祈つて筆を擱く。

昭和十六年十月

電氣通信技術研究會識

最新 初級電子工学

目次

(I) 電子の発見

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1 物質の根源…………… 1 | 2 電子の発見…………… 1 |
| 3 原子の構造…………… 3 | 4 電子の大きさ…………… 4 |
| 5 自由電子…………… 5 | 6 放射能…………… 6 |
| 7 陽子、中性子、陽電子、湯川電子… 7 | |

(II) 真空の常識

- | | |
|-------------------|------------------|
| 8 電子の活動と真空…………… 8 | 9 真空度の単位…………… 8 |
| 10 気体の分子…………… 9 | 11 真空ポンプ…………… 11 |
| 12 真空度の測定…………… 13 | |

(III) 電子の放射

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 13 人工放射と自然放射…………… 15 | 14 熱電子とは…………… 15 |
| 15 熱電子放射…………… 17 | 16 光電子とは…………… 18 |
| 17 光電子放射…………… 19 | 18 二次電子放射…………… 20 |
| 19 その他の放射現象…………… 21 | |

(IV) 運動する電子

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 20 電界中の電子…………… 22 | 21 磁界中の電子…………… 22 |
| 22 電子幾何光学…………… 23 | 23 電子顕微鏡…………… 23 |

(V) X線と其の應用

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 24 X線の本性…………… 24 | 25 X線の發生装置…………… 25 |
| 26 X線の強さ…………… 27 | 27 X線の埋學方面に於ける應用…………… 28 |
| 28 X線の醫學方面に於ける應用…………… 28 | 29 X線の工業方面に於ける應用…………… 29 |

(VI) 電子と放電現象

- | | |
|--------------------|------------------------|
| 30 気体の電気傳導…………… 30 | 31 電子と気体分子との衝突…………… 31 |
|--------------------|------------------------|

32 放電と電子……………33	33 真空放電と放電燈……………33
34 弧光放電と其の應用……36	

(VII) 熱電子真空管の智識

35 拓け行く應用電子工學…37	36 二極真空管……………37
37 二極真空管の應用…………38	38 三管真空管……………40
39 グリッドの働き……………41	40 真空管の主な三作用……41
41 多極真空管……………44	

(VIII) 光電管の活躍

42 光電管の生立ち……………45	43 光電管の種類……………46
44 光電流増幅と取扱上の注意47	45 光電池……………48
46 測光への應用……………49	47 光電繼電器……………50
48 發聲映畫(トーキー)……52	49 寫真電送……………53
50 光通信……………56	51 二次電子増幅管……………57

(IX) ブラウン管と其の應用

52 ブラウン管……………57	53 陰極線オシログラフ……58
54 テレビジョン……………59	

(X) 弧光放電管の強電方面への進出

55 強電方面へも 電子工學の進出……………60	56 硝子製水銀整流器……………60
57 鐵槽型水銀整流器……………63	58 逆變流器……………64
59 周波數變換器……………65	60 直流變壓器……………65
61 直流電動機 ^の 速度制御……………66	62 誘導電動機 ^の 制御……………67
63 放電管電動機 (無整流子電動機)……………67	64 電動機 ^の 自動 速度調整裝……………68
65 電壓の自動調整裝置……………69	66 新しい調光制御……………70
67 電氣熔接機 ^の 制御……………70	68 電氣の自動溫度調整……………71

(XI) 果なき電子の世界

69 原子核の人工破壊と サイクロトロン……………71	70 電子と未來動力……………73
71 天体と電子……………74	72 むすびの言葉……………76

初級電子工學

(I) 電子の發見

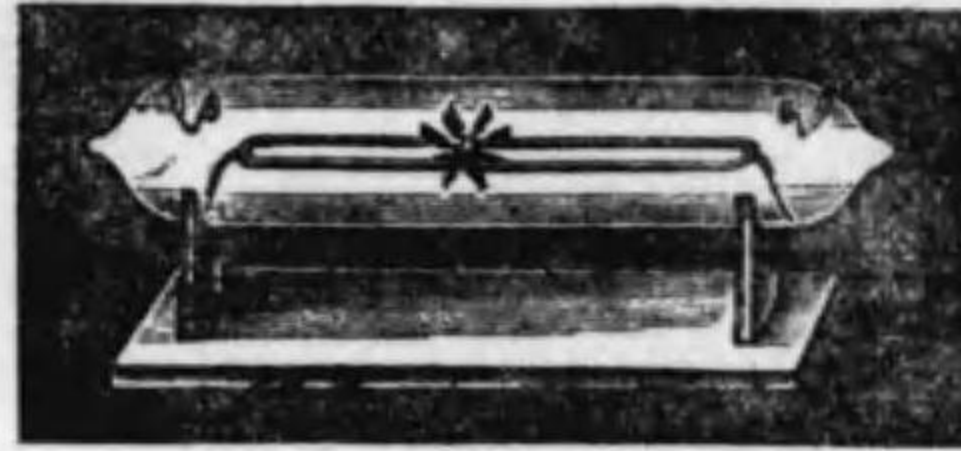
(1) 物質の根源

物質の根源を窮め様とする人類の努力は、永い歴史を通じて續けられた。約 2500 年の昔、ギリシヤのターレスは萬物は凡て水を以て造られると云ひ、アナキシメネスは空氣が萬物の根源なりと稱し、ついでアリストテレスは凡て水、空氣、土、火の 4 つが元素で、この分量の多少によつて種々の異なつた物質が出来ると謂つたのである。近世に至りドルトン等によつて分子説、原子説が唱へられ、19 世紀末まで原子はアトム (atom) … (ギリシヤ語の不可分の意) … であつた。然し彼の美しい真空放電の正体を見極めたいとの努力が、遂に電子 (electron) 發見の緒をなしたのである。即ち今迄物質の窮極のものと考へられてゐたところの原子も亦複雑な構造を有する事が知れ、今日では凡ての物質は電子と陽核 (positive nucleus) とから成るものと考へられる様になつた。即ち之が電子論のもととなるべきものであるが、後述する様に之等を圍つて次々に新しい研究や發見が續けられてゐる。

(2) 電子の發見

19 世紀の終頃、陰極線 (cathod ray) の研究で有名なクルツクスが第 1 圖の如き高度の眞空管中にて放電を行ふ時、兩電極の途中に挿入した風車が回轉しつゝ、陰極側より陽極の方に進むことを發見した。そこで今迄電氣の本質を液体の様なものであらうと假想せられてゐたのを大訂正して、電氣も或る一つの物質粒子と考へないと説

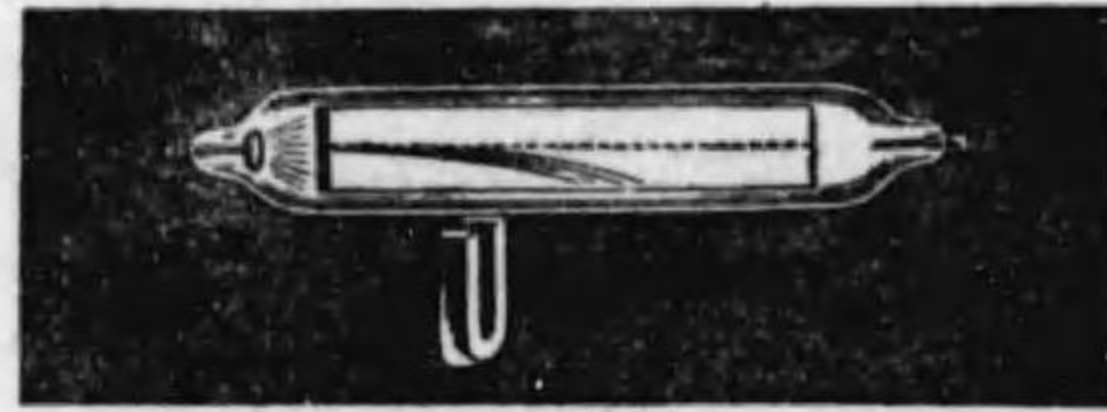
明がつかなくなつたのである。これは陰極線と稱する一種の放射線



第1圖

電子の流れ即ち電流と同じ様に考へられるから、電気力や磁力の影響を受けてその方向を變ずる様は第2圖の如き簡単な實驗からも知れる。

クルツクスの発見による不思議な電氣的微粒子は、固體でもなく液体でもない。さては氣體でもないので説明



第2圖

の方法がないので到々「物質の第4態」と見做したのである。けれども當時クルツクスは宇宙の物理的根本を形成するものは結局この第4態のものを研究する外なしと稱へた。これが丁度我國に於ては西南戦役直後の頃と回顧するだけでも、その偉大な識見に敬服せざるを得ない。

さうして電子の正体を確認するに至つたのは約20年後の1897年、當時のケンブリッジ大學教授のトムソンによつて遂に完成したのである。之によつて従來の吾々の物質觀念は根本から建て直さなければならなくなり、この20世紀に入つてから電子を基礎とする新物理學が急速な發展をとげ、又他方電子を應用する工學が躍進的な大進歩をとげ、今日の電子工學の隆盛を招來したのである。

尙、この微粒子を電子 (electron) と呼んでゐるが、これは特に選ばれた名稱でなく、まだ電子の正体もはつきりせぬ1874年、ストリー教授が電氣分解の研究中に想像的假想的につけた名前であつ

ホウシヤセン
即ち陰極の表面から高速
インデンキ
度で射出する陰電氣を帶
びた微粒子であることが
確められた。この陰電氣
ヒリユウシ
を帶びたところの微粒子
デンシ
こそ電子で、又陰極線は

たのである。それで新微粒子発見當初は陰電子 (negative electron) と稱してゐたが、この電子の性質が明瞭となるにつれて陰電子は電子と呼ばれる様になつたのである。

(3) 原子の構造

物質の原子は通常中性であるから、その中には電子の帶びた陰電氣と等量の陽電氣を帶びた陽核の存在することが想像される。この陽核と電子とが如何に結合して電子を構成するかは物質構造上の根本問題であるが、我國の長岡博士やトムソン、ボーア等の研究によつて原子の構造は次第に判明し來つた。之等の説によると原子はその中心に陽電氣を帶びた陽核があつて、その周圍に幾個かの電子が圓又は楕圓の軌道を描いて回轉してゐるものと考へられる。

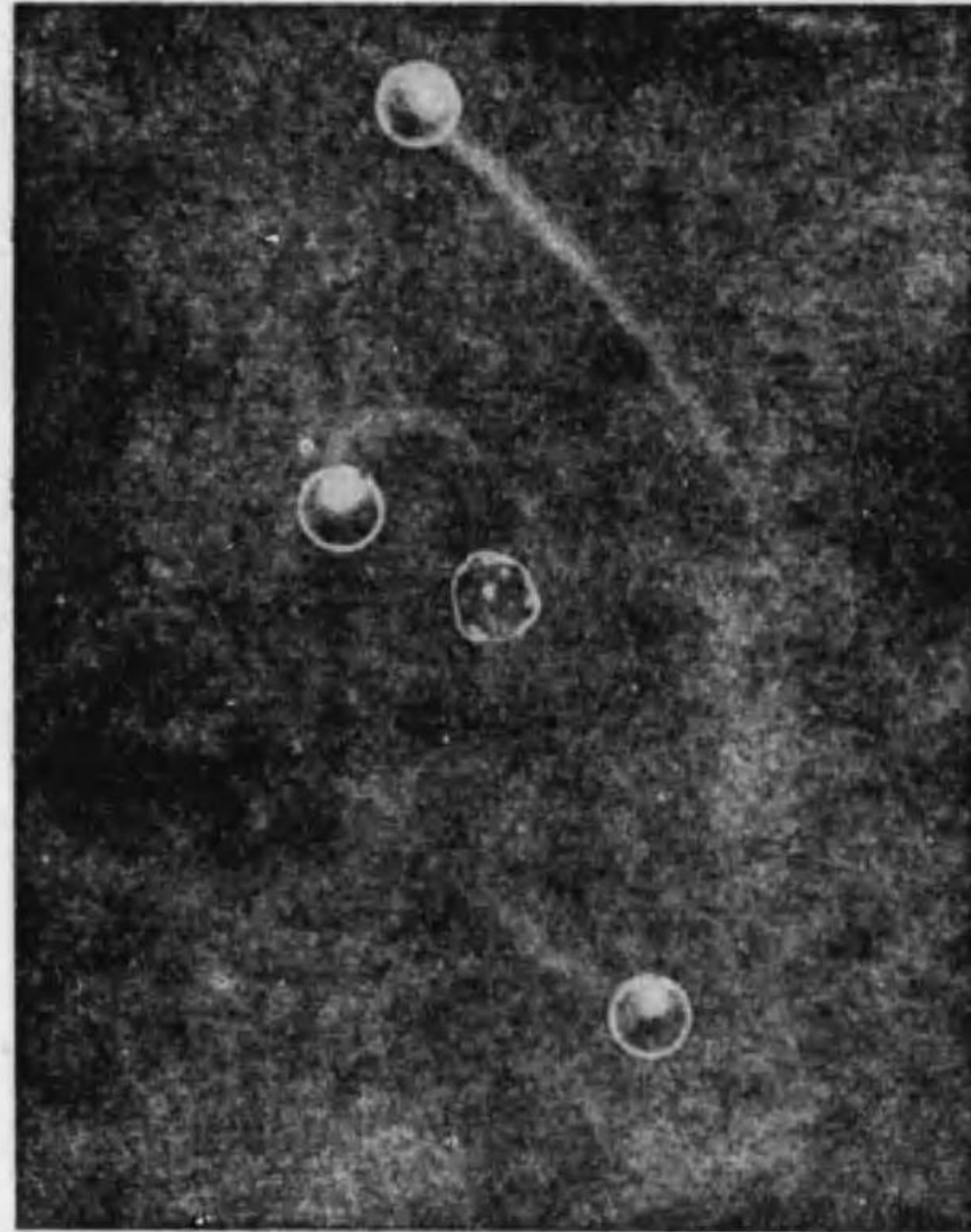
今日科學の力は多種多様な物質を僅か90余の(今では94種発見)元素の數に歸納してしまつた。しかし總てが陽核と電子から成るに拘らず相違するのは各元素の陽核の構造と、これを廻る電子の數との違ひによるのである。研究の結果によると一元素の陽核の周りを廻る電子の數は其の電子番號の數字に等しい。而して電子の數が多くなればなる程電子の配置や軌道の形、大きさが複雑になつて來るのである。

電子の運行は丁度太陽の周圍を諸遊星が運行するによく似てゐるが、陽核と電子との間には万有引力による作用が働くのではなく、あのクーロンの法則に従ふ引力が働いてゐるのである。若し電子が高い速度を持たず回轉しないものとすれば、引力によつて互ひに近付いて合して仕舞ふ理である。

さて水素原子は最も簡單なもので、一つの陽核が中心となつてその周圍に一つの電子が回轉してゐるもので、ヘリウムは電子の數が2箇である。第3圖はリチウムの原子構造で、陽核の周圍に3箇の電子が回轉しつゝある様が想像出来る。

それで若し何等かの手段を以て或る原子の電子數を自由自在に變化し得ることが出来れば物質を全く變化し得る譯である。さて原子

内の一二の電子を取り去ることは容易であるが、その陽核と共に取



第 3 圖

去る事は困難である例へば水銀は 80 の電子が 14 の軌道に配列されるが、その最も外側の軌道の電子 1 箇が失はれると金の原子となる。然しこの 1 箇の電子と中和してゐる陽核の一部を取去らねば金とならない。即ち水銀の原子より水素原子と同じものを引去れば金に變るのである。これは長岡博士等によつて十數年前既に實驗に成功してゐるが、實際的に金を得るためには莫大

な努力を消費する。何れにしても原子の人工破壊は將來の興味ある一大問題であると斷言出来る。

(4) 電子の大きさ

米國のミリカン教授の實驗によると、電子の帯びる陰電氣の量即ち電荷 e は

$$e = 4.770 \times 10^{-10} \text{ (靜電單位)} = 1.591 \times 10^{-20} \text{ (電磁單位)}$$

$$= 1.591 \times 10^{-19} \text{ (クーロン)}$$

の値 (この値は目下各國の物理學者で再検討中) を得たが、これは眞空放電、熱電子、放射能等の諸現象に於て現はれる電子の荷電量と全く同一値を有する許りでなく、これより小さい電氣量も未だ發見されない。それで物質構造の基本である電子の陰電氣が

$$-4.770 \times 10^{-10} \text{ (靜電單位)}$$

であると同時に陽核の陽電氣量も又

$$+4.770 \times 10^{-10} \text{ (靜電單位)}$$

若くはその整数倍であることが知れる。

さて、この e の値がどれ位の見當になるかを一應吟味してみやう今 100V, 100W の電球をとつて考へてみるに、この電球には當然 1 A が流れる。故にあの細い纖維中を 1 秒間に

$$\frac{1}{1.591 \times 10^{-19}} = 6.28 \times 10^{18} \text{ (6,280,000,000,000,000)}$$

の電子が通過してゐることになる。

(註) 1 秒間に 1 クーロンの電氣量が通過する場合は 1 アンペアに相當する。

又實驗の結果によれば電子の質量 m は次の様になる。

$$m = 9.035 \times 10^{-28} \text{ (g)}$$

これに對し水素原子の質量は $1.6618 \times 10^{-24} \text{ (g)}$ であるから、電子の質量は水素原子の僅か 1/1840 に相當する勘定である。それで水素原子をとつて考へてみるに、1 箇の電子と陽核とから成る故、原子の質量の大部分は陽核の質量で、従つて陽核の質量は電子の質量の約 1840 倍と云へる。

次に電子を球形と假定すれば其の半徑 a は

$$a = 1.88 \times 10^{-13} \text{ (cm)}$$

で水素や酸素等の原子半徑は 10^{-8} cm 位であるから、電子はその約 1/5000 の半徑を有するに過ぎない譯である。

(5) 自由電子

原子は普通の状態では全体として帯電してゐない。これを中性の原子と呼んでゐる。若し中性の原子内から電子の數箇が失はれるときは陽電氣の方が多くなり、原子は陽に帯電する。これを陽イオンといふ。逆に數箇の電子が外から附着してくるときは陰電氣の方が多くなり、原子は陰に帯電して陰イオンになる。物質内には上記の中性の原子、陰陽イオンの外に原子間を自由に動き得る電子がある

これを原子に緊く結合してゐる電子（束縛電子… bound electron）と區別して自由電子（free electron）と云ふ。

前にも云つた様に物質内に於ける陽イオンの總電氣量と陰イオン及び自由電子の總電氣量が等しい場合は帯電しない状態であつて、何れかが多い時は帯電を現はすのである。さうして電氣の傳導はイオン又は自由電子の移動によつて起るのである。金屬類、特に銅や銀は自由電子の数が非常に多く、水溶液内では溶質が分解して陰陽イオンになつて其の各々が自由に動くからと説明出来る。これに反して絶縁体と云ふべきものは自由電子も、又容易に動き得るイオンもない様な物質と云へる。

(6) 放射能

原子の内部を窺ふに有力な手掛りとなるものに放射能現象がある。1896年、ベクレルはウラニウム及び其の化合物が氣體を電離したり螢光板を光らせたり、又は寫眞作用を呈するところの或る放射線を發することを發見し、更に2年後キュリー夫人はこの性質の特に著しいラヂウムを發見したのである。一般にこの様な放射線を發する性質を放射能と云ひ、放射能を有する物質を放射物質といふ。

この放射性物質から出る放射線は適當な方法によつて3種に分つ事が出来る。即ち α 線、 β 線、 γ 線である。今第4圖の様な鉛製凹函に入れたラヂウム化合物から發出する3種の放射線に對し、紙面に直角に前から後に向ふ磁場を作用させると α 線は少しく左方に、 β 線は著しく右方に曲げられるが、 γ 線は少しく其の影響を受けず其のまゝ直進する。



第4圖

この α 線は陽電氣を帯びたヘリウム原子の直進するもので、氣體を電離する作用は甚だ強く、螢光板に衝突すれば螢光を放つ。 β 線は陰極線に相當するところの電子の放射で電子の新しい活動場が茲にも見出されたので

ある。 γ 線は波長の極めて短い一種の電波で、 α 線 β 線の様に電氣を帯びた微粒子でないから磁場に少しも作用されない。 γ 線の物質透過能力は後で述べるX線にもまさり、50cmのアルミニウム板さへも透過する。しかし、 β 線は數mm、 α 線は0.05mm程のアルミニウム板を透過する能力しか持つておらぬ。

(7) 陽子、中性子、陽電子、湯川電子

電子の魔術的な其の存在はどうか原子構造の外廓を窺ふことが出来た。然し原子核即ち陽核の構造に關して未だ疑問符がある。ラザフォードは窒素原子とか輕原子量の原子に α 粒子を衝突させたところ、水素の陽核が放射されることが知れたのである。従つて凡ての陽核は水素の陽核と電子との結合によつて成るものと想像される。そこで水素の陽核を特に陽子（proton）と稱し、これは電子と等量の陽電荷を有し、電子の約1840倍の質量を有するものである。

原子の人工破壊が研究されるに當つて、電氣的には中性であり、質量は陽子と殆ど等しくて非常に大きな速度で飛び出す粒子が存在することが1932年に知れた。即ちこれが中性子（neutron）と呼ばれるものである。

この年、宇宙の神秘的な彼方から地球に放射されるところの所謂宇宙線の研究から電子の相棒とも謂ふべき陽電子（positron）が發見されたのである。又我國の湯川博士も宇宙線内に普通電子の200倍に近い質量を持つ重電子が存在することを力説してゐたのであるが、昭和13年5月、世界物理學會に於て確認せられ、この新粒子を湯川電子（Yukawa electron）と稱へ、略してユークオン（yukon）と命名されるに至つた。電子が發見されて驚異する間に次々と恰も電子の高速回轉の様に新しい粒子が發見され、吾人の頭腦も聊か繁雜と疲れを覺へる心地がある。現在の理論では陽子の電荷を負として陰子（negatron）の存在さへも豫期されてゐる。そこで結局90余種の原子は陽子、陽電子、中性子、電子及び陽子と云ふ様な僅かな要素によつて物質世界は確然と最後の整理がつくのでなからうか

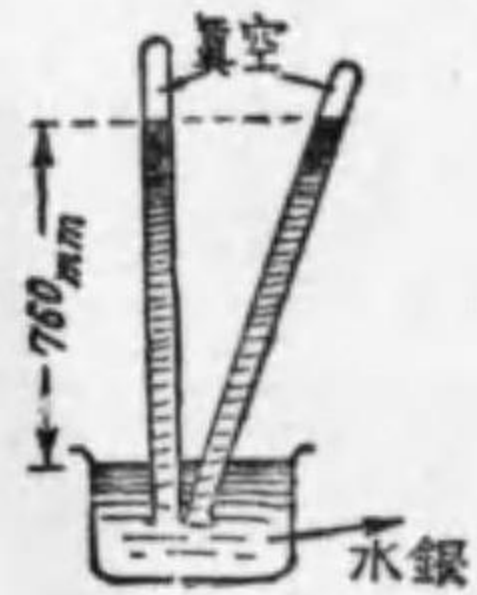
(I) 真空の常識

(8) 電子の活動と真空

前にも話した様に、電子の正体を確認する端緒となつたのは、彼の美しい真空放電の正体を見出さうとする努力がもとであり、又此の真空放電現象の発見のきっかけが真空そのものゝ探究に當つて得られたといふ事實は科學史上あまりにも有名である。斯様に真空工学と電子工学との間には車の兩輪の如く離すべからざる深い関係がある。電子は真空管を搖籃として^{シンクウカン ヨウラン}成育し來つたものと云つても差支へなく、高真空度の真空管、光電管、X線發生用クーリッジ管、さては水銀整流器の發達など、總て高真空の發生がその基をなしたのである。そこで電子の活動を覗くには是非とも真空工学の常識が必要である。

(9) 真空度の單位

始めて高度真空を経験したのは伊太利人^{トリチェリー} Torricelli (西歴 1608—1647 年) で、既に我々が物理學で習つた様に一端の閉じた長さ 1m 位の硝子管に水銀を充し、これを水銀槽中に倒立すると管内の水銀は降り、槽の水銀面より約 760mm の高さに止まり、上部に所謂トリチェリーの真空が出来る筈である。而して吾人は、氣壓 760 mm (水銀柱の) に相當する壓力の強さを、1 氣壓といひ、壓力測定の一單位としてゐる事は既に御承知と思ふ。



第 5 圖

(註) 水銀の比重は 13.6 なるを以て、大体に於て 1 氣壓は 1cm^2 につき $13.6 \times 76 = 1033.6(\text{g}) \approx 1\text{kg}$ の重さに相當する事が判る。

そこで水銀柱の高さを以て瓦斯壓特に真空度の高低を表はすのに便利で、この水銀柱の高さは直接 mm で測るのが普通である。特にトリチェリーの頭字をとつて水銀柱の高さ 1 mm (1 mmHg) の壓力に 1 トール (Tor) と稱する單位がある。普通に真空と云つて

ゐるのは水銀柱にして凡そ數 mmHg 程度以下で、特に高真空と云ふのは 10^{-3} (0.001) mmHg 程度以下を指してゐるのである。

又真空度の C.G.S 單位としては、 1cm^2 當り 1 ダイン (Dyne) の力が作用する場合をとり、之を **バール** (Bar) と稱し、前者との間には次の関係がある。

$$1 \text{ バール} = 0.75 \times 10^{-3} \text{ mmHg (トール)}$$

それでは現在吾々が最も進歩した技術を以て達し得る最高の真空度はどれ位かと云ふに、大体 10^{-11} mmHg 見當であつて、相當正確に測定されたのは 10^{-8} mmHg であらう。

(10) 氣體の分子

物質 3 体の一つである氣體は他の固体や液体と全然異なつた性狀を持つてゐる。即ち或る定つた形や體積を有しない。そして彼の有名なボイルの法則が示す様に、溫度一定の時、一定量の氣體の體積はその壓力に反比例する。これを判り易く説明すると、今壓力 P の時の氣體の體積を V とし、壓力が P' となりたるとき其の容積が V' となつたとすれば

$$\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P} \quad \therefore PV = P'V'$$

従つて「氣體の體積と壓力との積は常に一定である」と云ひ得る。この事は真空を取扱ふ上に於て大切な常識である。

尙、アボガドローは同溫同壓のもとに於ける一定體積内には氣體の種類如何に係りなく、常に一定の分子を含有してゐることを證明してゐる。さて六つかしい根據は省略して、種々の壓力下に於て 1cm^3 内に含まれる氣體の分子數を表に擧げて見ると次の様になる

壓力 (mmHg)	分子數 (0°C に於て)	壓力 (mmHg)	分子數 (0°C に於て)
760	2.706×10^{19}	10^{-3}	3.56×10^{13}
100	3.56×10^{18}	10^{-5}	3.56×10^{11}

10	3.56×10^{17}	10^{-8}	3.56×10^8
1	3.56×10^{16}	10^{-11}	3.56×10^5

即ち上表から 10^{-5} mmHg 程度の真空度でも 1 cm^3 中に数千億箇、更に吾人が経験し得る 10^{-11} mmHg の最高真空度でも尙數十萬箇の分子が残つてゐる譯である。

さて、氣體の各分子は絶へず運動を續けてゐる許りでなく、其等の相互間に働く分子引力作用のために御互ひに遭遇衝突し、其の速度及び方向をそれぞれ各瞬間々々に變化するものであるから、直線運動を續ける時間や距離は極めて小さいのである。今一分子が他の分子に衝突した瞬間から更に他の分子に衝突する迄に通過する行程を自由行程 (Free path) と云つてゐる。この自由行程の大きさは同一の分子に於ても毎回の衝突毎に變化するけれども、その平均の値は氣體の程度や状態によつて一定のもので之を平均自由行程 (Mean free path) と呼ぶ。

例へば水素に就て此の平均自由速度を計算すると、 0°C に於て

760mmHg.....	$1.9 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$10^{-5} \text{ mmHg}.....$	$1.4 \times 10^3 = 14\text{m}$
1 "	$1.4 \times 10^{-2} "$	$10^{-8} "$	$1.4 \times 10^6 = 14\text{km}$
$10^{-5} "$	14 "	$10^{-11} "$	$1.4 \times 10^9 = 1.4 \times 10^4 \text{ km}$

の様な値となる。今直径 10cm の真空容器内を分子が何回往復すれば他の分子に出會ふかを例にとつて考へてみると、 10^{-5} mmHg 真空度のときは 70 回に 1 回、 10^{-11} mmHg の場合は 7 千万回往復してやつと 1 回の割合で相會する勘定になる。

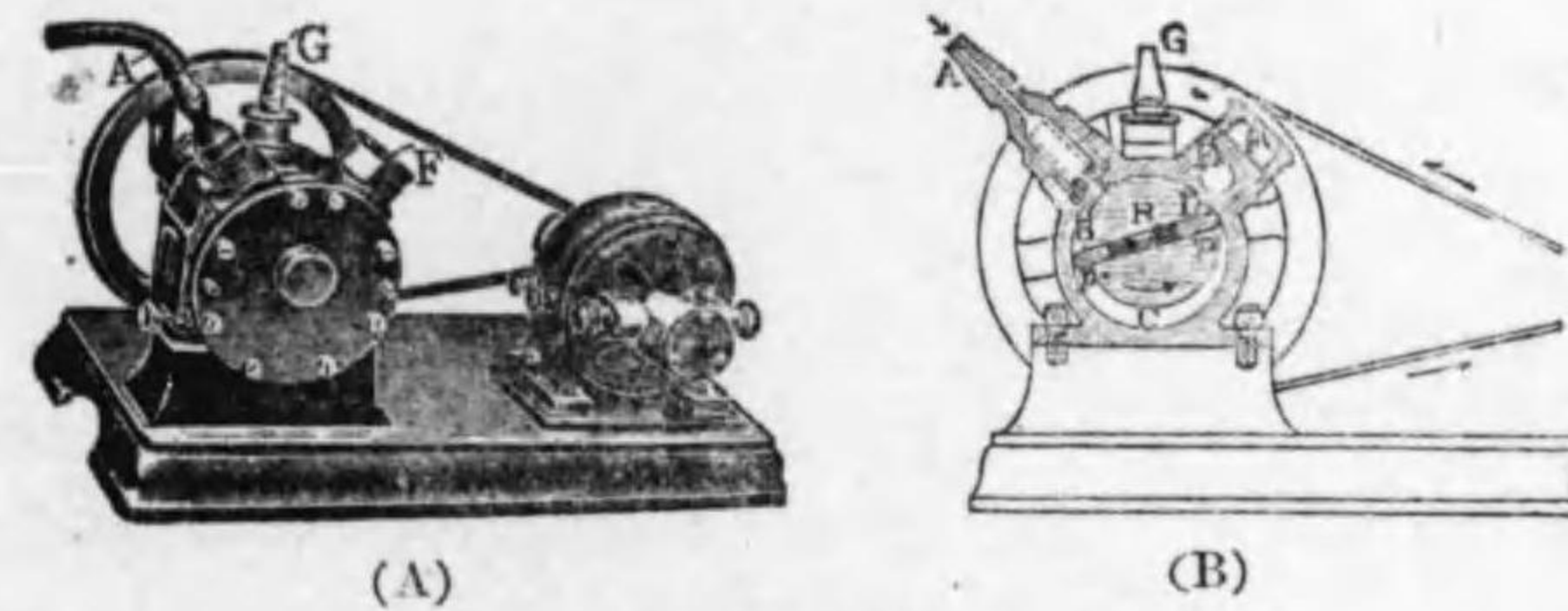
然し電子工学で必要なのは斯様な真空度中に電子が飛び込んだ時分子と衝突する機会がどれだけあるか問題となるのである。何れ詳しいことは各々に就て解説するが、現在電子の活躍によつて其の機能を思ふ存分に發揮し、人類文化に大きな貢献をなしてゐるところの放電管や電子管の真空度を参考のため擧げてみやう。

種類	真空度 (mmHg)	種類	真空度 (mmHg)
ネオン・ランプ	10^{-1}	サイラトロン	$10^{-2} \sim 10^{-3}$
ネオン・サイン	2~3	水銀整流器	10^{-3}
タンガー整流管	10^{-1}	ラヂオ真空管	10^{-5}
瓦斯入光電管	$10^{-1} \sim 10^{-2}$	真空光電管	10^{-6} 以上
		クーリツチ管	
		送信管	

(11) 真空ポンプ

真空ポンプらしいポンプが始めて作られたのは、今より約 300 年前のことで、何と云つても、最初の間は、ピストンポンプ (Piston pump) が全盛であつた。それから分子ポンプとか、回轉油ポンプ (Rotary oil pump) 擴散ポンプ (Diffusion pump) と云ふ具合に考案改良が續けられて今日に至つたのである。茲では我々電氣家に最も親しみがあつて、且つ廣く用ひられてゐる代表的なもの 2 種に就いて説明するとしやう。

① 回轉油ポンプ 第 6 圖 (A) は小型の回轉油ポンプを示す



第 6 圖

もので、同圖 (B) はポンプの主要部を解剖的に示したものである (B) 圖に示す如く、要部は圓筒氣室内に偏心的に取付けられた回轉圓筒 R があり、その直徑に沿うて溝を作り、この中に彈條で絶へず外方に押される板 P P' がある。P P' の兩端は圓筒氣室の内壁

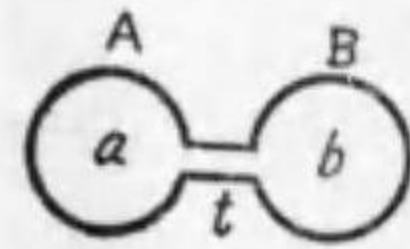
にふれ、この室を B, C, D の 3 部に分ける。さうして圓筒 R が矢の様に回轉すれば空氣は A か B に吸取られ、これがやがて C の位置をとり、更に D の位置に來り、遂に EF を經て G から吐出されるのである。この様に圓筒 R の回轉により、氣體は A から吸入され G から排出されるのである。之によつて得られる真空度は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ mmHg が限度で、排氣速度は 30~80 l/分 位である。

回轉油ポンプに於て油はその生命とも云ふべきものであるから、指定された油並に油量を用ひねばならぬ。又排氣される氣體中に水アルコール、エーテル等の揮發性のものが含まれてゐる間は仲々高真空が得られないから、斯様な揮發性液体の有無にも細心の注意が肝要である。

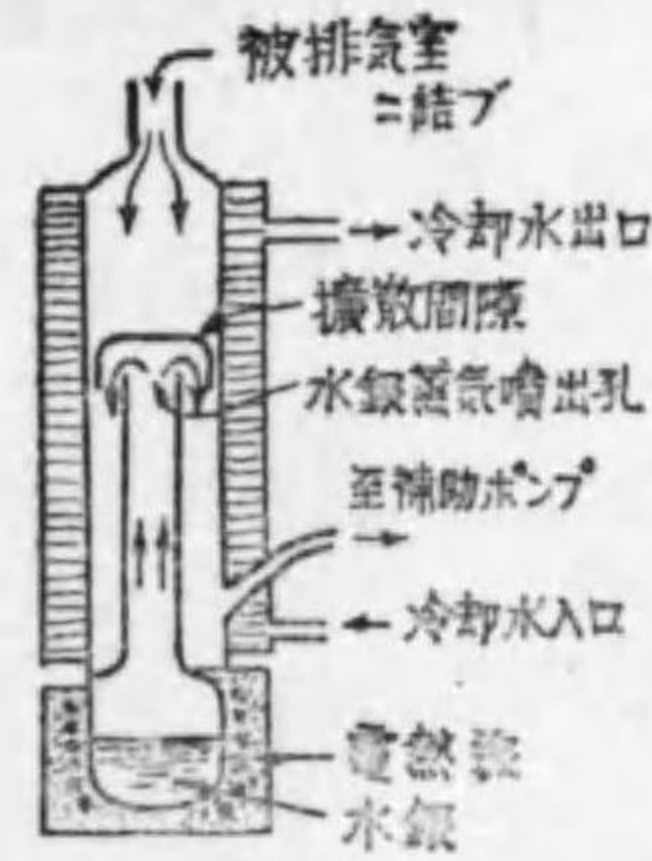
② 水銀蒸氣ポンプ 各種の真空ポンプを考案し、且つ改良を計つた Gaede が最後の智慧をしぼつて考へたのが此の水銀蒸氣ポンプである。この真空ポンプは氣體本來の性質たる擴散作用を巧みに應用したもので、其の達し得る真空度は實に 10^{-8} mmHg 程度で他の真空ポンプの様に動作が全然機械的作用に依らない特異点がある。

第7圖の如く A, B 2 室を細孔を以て聯結されたものがあるとし A には或る氣體 a を、他は之と別の氣體 b を入れておくと、兩氣體の分子はその本來の流動性によつて a は B の方に、b は A の方へと相互に移動して暫くの後には a と b は混合してしまふもので、之が所謂擴散作用である。それで若し B に擴散して來る a 氣體を適當な手段で除くと、この擴散作用は、a 氣體が皆無となる迄繼續する筈である。

第8圖は、水銀蒸氣ポンプの説明圖で、器（鐵製が多く、極く小型のものには硝子製を用ふ）の底部を電熱を以て熱すると、水銀が蒸氣となつて蒸氣噴出孔から噴射して蒸氣流を生ずる。排氣される氣體



第 7 圖

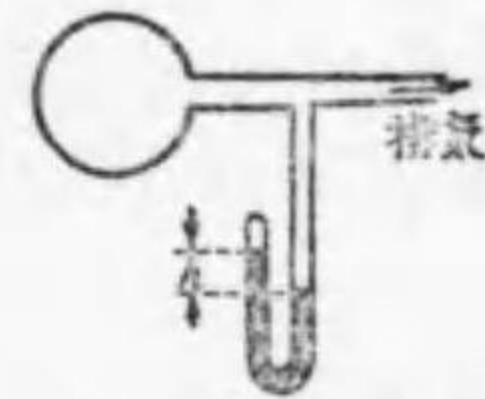


第 8 圖

は擴散間隙に於て此の蒸氣流中に擴散し、氣體を含む蒸氣流は冷却装置で冷却されて凝結し、この遊離氣體は補助ポンプ（主に回轉油ポンプ）によつて搬出される。冷されて凝結した水銀は、底部に還り、再び熱せられて以上の作用を連續繰返し、排氣を行ふ譯である唯一つの缺點とも謂ふべきは、最初の排氣ガスの真空度が $0.1 \sim 10^{-2}$ mmHg より悪いと動作しない。従つて必ず補助ポンプと直列にしなければならぬ。

(12) 真空度の測定

シシクウケイ マノメーター
真空計 (Manometer) の最も簡單なものは第 9 圖の様に、一端の閉じた U 字管を取り、その開いた方を測らうとする部分に連結すると U の兩腕の水銀柱の差 h が直ちに真空度を示すのである。但し目測によるので真空度はせいぜい $\frac{1}{2} \sim 1$ mmHg である。従つて電子の活動を云々する様な高真空用には殆ど無價値である。

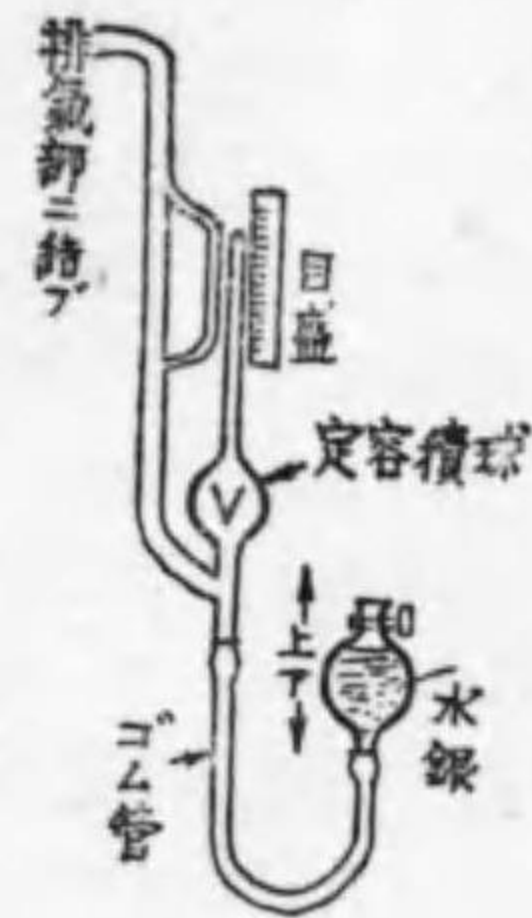


第 9 圖

① マクレオド真空計 Mcleod 真空計と云ふのが正しいのだが、一般にマクレオドと呼んでゐる。これはボイルの法則を應用したもので、測定せんとする氣體の定容積 V (その壓力 P) 水銀により既知容積 v での硝子管内に壓縮し、その壓力が p となれば、 $PV = pv$ の關係がある故 $P = pv/V$ で計算出来る。而して p は水銀柱の高さにより読み得られるから、P が判る。之の指示は相當正確であるが、測定の度毎に手數を要するので電氣工学方面では次に述べる熱線真空計の補助として用ひられる。

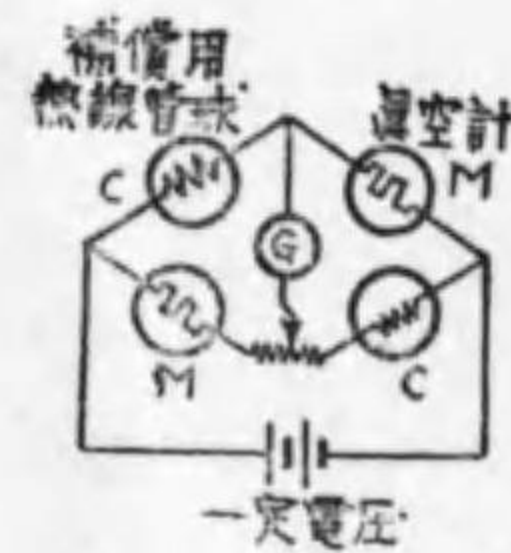
② 熱線真空計 真空中の熱の放散率が其の壓力によつて變化

する様を利用したもので、この有様を曲線に示すと第 11 圖の様に



第 10 圖

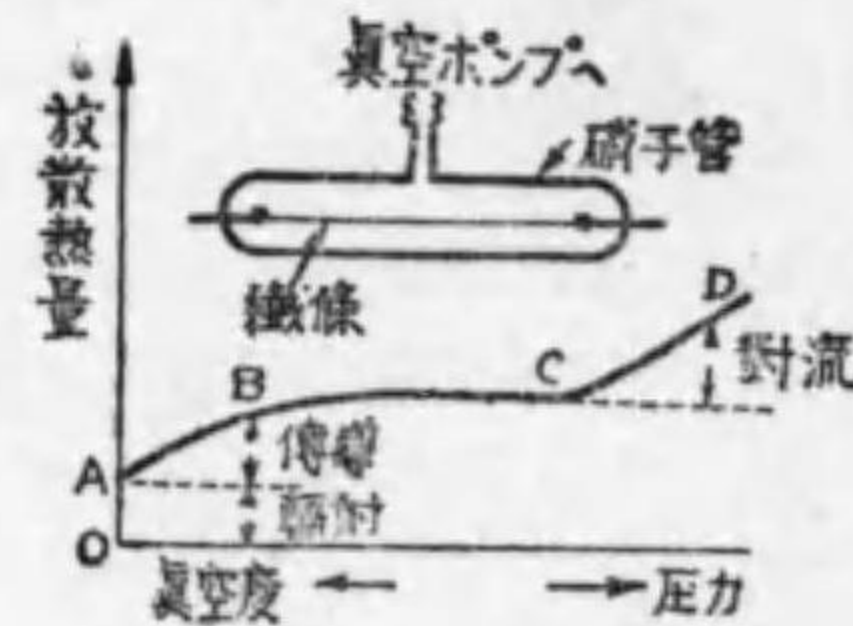
この原理を最初に應用したのは Pirani (1906 年頃) である。今硝子の容器内に織條として白金又はタングステンを使用する。尙この真空計は硝子管周囲の温度の影響をうける事が著しいから、別に同じ構造の熱線管球を作り、適当な真空度にして封じたものを真空計



第 12 圖

と共にホイートストン電橋の左右 2 邊に入れ、室温の補償をなさしめてゐる。(第 12 圖) 2 箇の真空計及び補償用熱線管球を用ひブリツチ端子に一定電壓を與へ、真空計の抵抗變化に基く檢流計 G の振れで直接真空度を讀むことが出来る。この真空計は型が小さく、直指型に出来る長所があるので、工業用、例へば水銀整流器の真空度指示用に重寶である。測定範圍は $10^{-1} \sim 10^{-3}$ mmHg で、氣體の種類によつて校正しなければならぬことや、熱線管の比較的傷み易い点が短所である。尙電氣的に真空度を測るものに電離真空計 (Ionization manometer) や Geissler 管を應用したものなどがある。

なる併して、曲線の AB 部分に示される如く、高真空度となれば熱の放散率は壓力に略比例する事が知れやう。



第 11 圖

(III) 電子の放射

(13) 人工放射と自然放射

電子は宇宙のあらゆる物質を構成する窮極の素因子であるから、吾人の周圍には勿論我等の身体迄にも充滿し、之がまた恐しい速さで活動してゐる筈である。けれども之等の電子は強い電氣力で原子核に結びついてゐる關係上容易に分離することは出来ない。それで吾々が人工的に電子を分離する手段としては只今のところ大體次の三つが考へられる。

- ① 非常に強力な電氣力を加へて無理に引き出す方法
- ② 適當な手段で物質中の電子に十分なエネルギーを與へて自ら飛び出させる方法

(熱電子、光電子の放出はこれに屬する)

③ 既に遊離状態にある電子又は他の電氣的微粒子に高いエネルギーを與へて原子中に突進させ、その内の原子に謂はゞ体當りを喰はせて之を突き出してしまふ方法
などで之等に就ては項を改めて説明するとし、一先づ自然放射を考へて見やう。

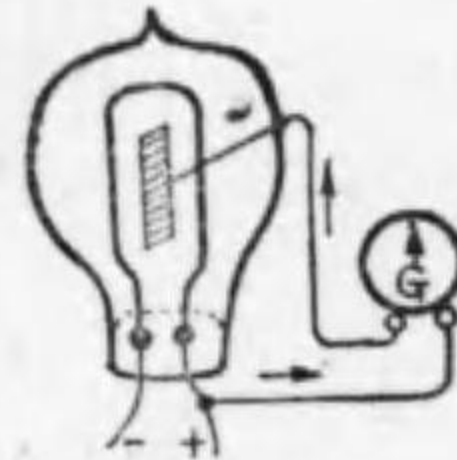
前にも一寸説明した様にラヂウム、ウラニウム等の放射能を有する物質が自然に崩解して α, β, γ の 3 種の放射線を出すことを話した。その内の β 線は高速度で放射される遊離した電子であるから吾人は少しも手を加へずに遊離電子を得ることが出来る。然しこの電子は特殊な目的以外余り有効に使へさうもない。参考のためにラヂウム 1mg から毎秒どれ位の電子が飛び出すかと云ふに凡そ $(4 \sim 5) \times 10^7$ 個程度で、これを電流に直すと僅か 8×10^{-11} (A) 位である

(14) 熱電子とは

大陸爆撃の我が荒鷲が鳳翼を一杯に飛行基地と無電を交はしつゝ行動し、又吾々はラヂオを通じて世界の到る所に起れる事象を直ちに知る事が出来る。之等の蔭に大きな力となつて働いてゐるあの真空管こそ、熱電子の活躍によつて驚異的な機能を發揮してゐるもの

である。

さて、高熱物体附近の空間が導電性を帯びてゐる事は 200 余年前からも知られてゐたのである。又西曆 1883 年電燈の研究に没頭してゐた彼の發明王エチソンは、第 13 圖に示す様に電球の炭素繊維の外に今 1 箇の電極を封入して圖の様に檢流計を結び、白熱繊維



第13圖

の正 (+) 端子に結ぶと檢流計 G は振れるも負 (-) に連結したのでは一向振れないことを實驗したのである。これが所謂エチソン効果である。この實驗でも電子は陰電氣を帯びてゐる理由が知れる。

さすがの發明王も白熱した金屬から絶へず不思議な電流の流れる事が熱電子放射である事は判らなかつたのである。一寸余談の様であるが

これから 6 年後フレミングがこの性質に疑問を持ち、一方的だけ電流を通ずる点に着眼し、2 極真空管を發明し無線通信用の檢波器に使つたのである。これが今日の無線用真空管の起りで、定めしエチソンも我が手にかけ得なかつたのを残念に思つてゐたであらう。

白熱した金屬面から放出される負の電荷粒子の本性は多くの學者によつて究明されたが、何しろ纖維溫度、纖維の性質、ガスの壓力ガスの性質等周圍の状態に大きな影響を受けて判然としなかつたのであるが、終に 1899 年トムソンによつて電子であることが確證されたのである。斯様に白熱金屬体から放出する電子を特に熱電子と云ひ、この流れを熱電子流と稱し、之等の現象を熱電子効果と呼んでゐる。

吾人は一旦飛び出した電子をうまく活用してゐるが、如何にして熱電子が放射するかの理由は愈々難物である。電子論に従ふと金屬体内の自由電子が絶へず原子間を迂り歩いて運動してゐるが御互ひの強い電氣力によつて容易に之より脱出し得ないのである。この状態は丁度容器内のガス分子の運動に似て居り、若しカスが熱せられて其のエネルギーを増大すると膨脹して遂に容器を破つて噴出するに至るものである。同様に電子も金屬が熱せられるとエネルギーを

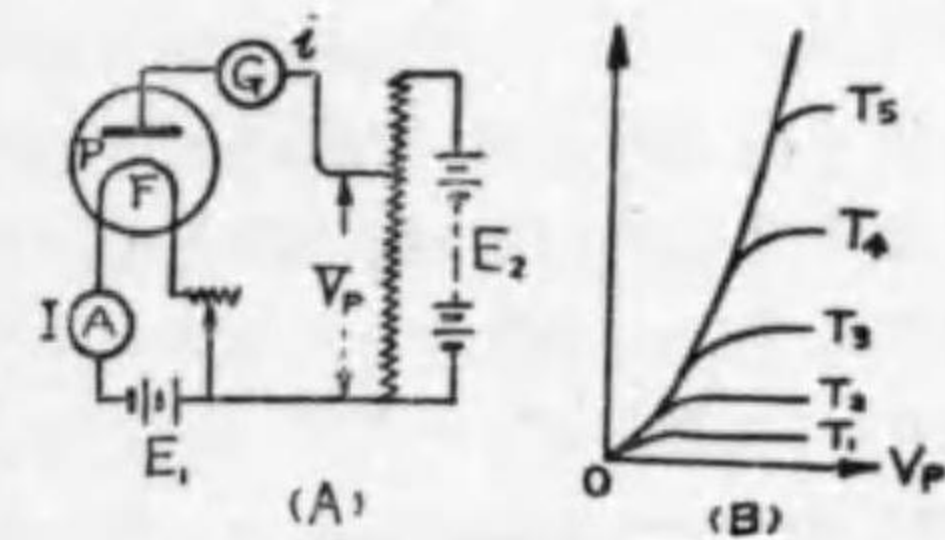
新しく獲得して終ひにはその束縛を破つて放出すると考へられる。

(15) 熱電子放射

前にも一寸斷つた様に高温物質から電子を放射するとき、溫度の影響や材料の種類によつて異なる事を述べた。それ故茲では眞空管(熱電子管)の根本にふれる様な項目について考へて見たい

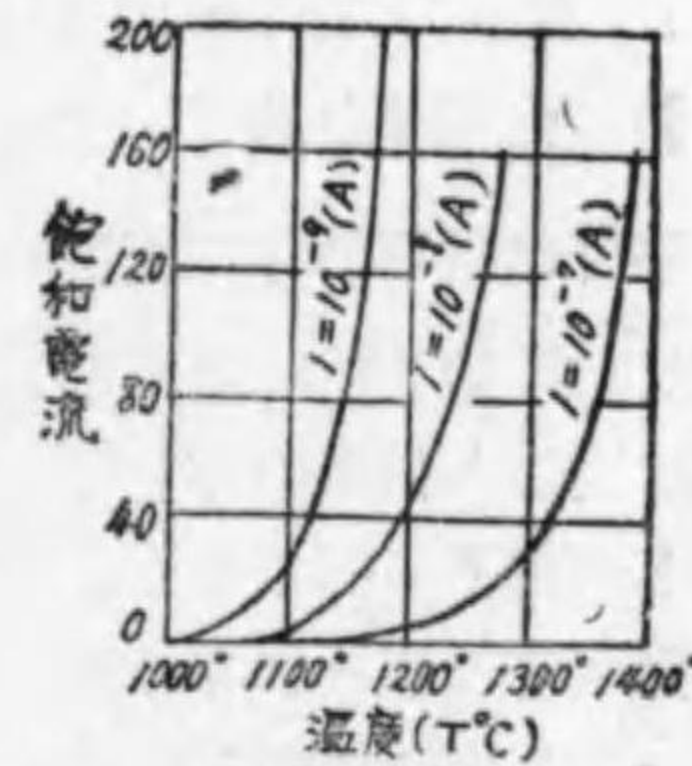
● 溫度の影響 第 14 圖(A)

の如く眞空球内に高温纖維 F と陽極板 P を入れ、 E_1 によつて I を流し F の纖維溫度 (T) を一定に保ちつゝ陽極電壓 V_p を除々に上げて行くと、陽極に流れ込む電流 i は V_p と共に急に増加するが或る値以上になると同圖 (B) の様に i は其の増加を停止しそれから先は幾ら V_p を上げてても電流は殆ど變らない事になる。これは纖維から放射される毎秒當りの電子數に限りがあることを示すもので、夫れ以上電壓を上げて陽極へ電子を余計に吸収しやうとしても出来ないのである。この限界を飽和電流と呼んでゐる。この飽和電流は纖維の溫度に著しく左右される。例へば T_1 から T_2 に纖維溫度を上げると初め OT_1 の曲線であつたものが OT_2 の様になる譯である。



第 14 圖

次に飽和電流と溫度の關係を曲線に描くと第 15 圖の様になる白金を用ひた場合を示すもので、圖中に 3 つの電流曲線が書いてあるが之は順次目盛を 10 位づゝ變へたのであつて實は一續きの飽和電流曲線なのである。



第 15 圖

この熱電子放射の飽和電流は溫度が一定なれば幾ら陰陽極間の電壓を増しても影響されないものと云つたが、然

し厳密に云ふと熱電子放射の割合は均一でなく時間的に常に變化し熱電子流に不規則な變動を與へる所謂震彈効果シヨットキー エフエクト (schottky effect) である。これは真空管に生ずる雑音の 起因をなすものである。

② 材料の影響 さて、飽和電流を多量に得やうとすると温度を上げねばならぬことは判つてゐるが、電氣家の常識としてタングステンが 3370°C の高い熔融点を有してゐることを知つてゐる。炭素は成程 3600°C の熔融点を有しエチソン効果とも深い因縁を持つてゐるけれども高温度織條としてタングステンに劣ることは説明する迄も無い。このタングステン織條を使ふと 2600°K (°Kは絶対温度のことで攝氏温度 +273°) で織條面 1cm² 當りから凡そ 1A の放射電流が得られる勘定である。然し實際上の問題として織條を熱する爲に必要な電力は何れ位に決めるべきかは六つかしい事柄であつて織條温度を高くすれば熱電子放射は増す代りに其の織條壽命が短くなる事は仕方ない。

次に熱電子放射能力は單に温度だけでなく其の織條物質に因つても變るもので、ナトリウム等のアルカリ金屬類は 200~300°C 位の低温度でも其の能力は大きい。更に單一材料よりも種々の配合による合金の方が放射能力が多く、例へばタングステンの表面にトリウム原子の薄層を有するトリウム入タングステンとか、白金、ニッケル等の心線の上に酸化バリウム、酸化ストロンチウム等を被覆したものが純粹のタングステンとかモリブデンを織條にしたものに較べて遙かに低い温度で電子放射を行ふ事が知れる。

(註) 真空管に於てはガス壓力が大きく關係するも之等に就ては後述する

(16) 光電子とは

真空管は吾等の耳に劃期的な近代文化の響きを傳へてくれた。更に光電管コウデンタツワンの發明は寫眞電送、テレビジョン、トーキー等を生んで今度は眼より科學の粹を注入してくれた。故鯨井博士の光電話への應用も面白き一例である。光電管の内臓は光電子の活動によるもので、光電管及びそれ等の應用に就ては項を改めて解説するとしやう抑々、金屬体に光を投射すると電子を放出したり、或は電氣抵抗

を變へたり、又は起電力を發生する現象を起すものである。之等を一般に光電効果コウデンコソクワと稱してゐるが單に電子を外部に出す現象だけを狭い意味で特に光電効果と稱する様である。時には電子放射を外的光電効果と呼び後の 2 者を内的光電効果と稱する場合もある。

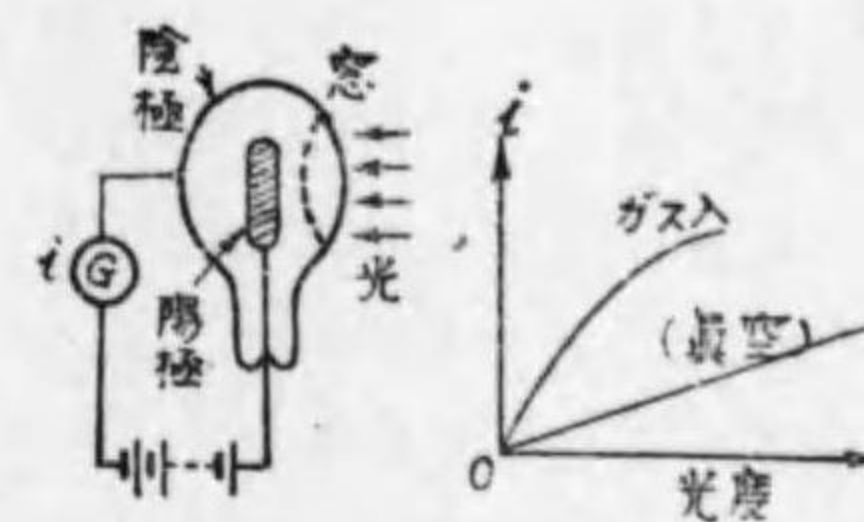
この光電効果の發見も熱電子の發見と同じ様に種々の過程を得て確認されたのである。1887年に電磁波研究で有名なヘルツが實驗中光線が火花放電に影響を與へる事實を認め疑問を抱いてゐる時、其の翌年ハルワツクがよく磨いた亞鉛球を充分に絶縁して金箔檢電器に結び、之を豫め正 (+) に帯電させて置いて炭素弧光を照射するも何等の變化も現はれぬが、若し豫め負 (-) の電荷を與へておくと忽ち放電してしまふ。又弧光と亞鉛球との間にガラス板を挿入すると此の作用が失はれることを觀察した結果、紫外線の投射によつて負電荷が放出されるものと斷定したのである。これが光電効果なる現象を始めて認めたものと云つてよい。

光電効果で放出される負電荷の本体が電子である事は 1899 年トムソン等に依つて確認され、爾來十數年間各種の性質が明かにされ又光電効果は特にアルカリ金屬類に於て著しく、赤色光線にさへ感ずる事も知れ、今日の光電管發達の素地を造つたのである。

(17) 光電子放射

① 光電子放射量は投射光量に比例する。

第 16 圖の様に真空か或は不活潑氣體であるアルゴン、ネオン等の稀薄ガスを入れた硝子球内に陽極を立て、又窓の一部を残して硝子球の内壁をアルカリ金屬膜を以て塗り之を陰極となし、圖の様に



第 16 圖

鋭敏な檢流計を結ぶ。今窓から光を陰極に當てると陰極面から電子即ち光電子が陽極に向つて動くから微弱乍ら電流が通するのを見る。この電流は球内が真空である時は光の強さと直接關係を示すがガス入の場合は少しく變つて來る。

② 光電効果には遅れがないらしい。光電子は光が投射されると直ちに射出され、光を遮ると直ちに光電子流も止まる。たとへ光電効果に遅れがあつても 3×10^{-9} 秒が限度であると実験上謂はれてゐる。それでこそテレビジョンやトーキーに役立つのである。

③ 光電効果は温度に無影響らしい。陰陽兩極が真空内にある場合、高きは 300°C から低きは -200°C の範囲迄光電効果に影響しないことが実験上確められてゐる。勿論ガス入となればそのガス圧が温度に伴ひ左右されるから光電子流も複雑な関係を以て變化する事が想像し得られる。

④ 光電流は感光面から飛び出す電子で保持され、普通の實驗では光電流は連続的に流れる様に見へるが、微少な電子流を測定した結果により光電子放射は平等に行はれるのでなくバラバラの様に放射されると謂ふ。

⑤ その他金属面の新しい間は光電効果が大きいが時日の経過に伴ふて鈍つて來る所謂疲勞現象があり、又光電効果は投射光線の波長によつても變るもので、多くの金属類では点線の波長が短くなると共に光電効果は逆に増加するが、アルカリ金属類では光線が面に斜に投射すると光電子流が或る一定の波長で最高値をとる所謂選擇放射などの現象がある事も知られてゐる。

光電子、熱電子の活動は電子工学中の白眉とも云ふべきものである。従つて知らず知らずの間にあちこちを突々々とし、紙疊ばかりを重ねた

(18) 二次電子放射

熱電子並に光電子の放射は電子放射現象中の白眉たるもので、これがあつてこそ新興科學が一段と躍進をつまげ來つたのである。

さて運動する電子が他の物質に衝突すると其處から第二次的に電子を逐ひ出すもので、この投射した電子を一次電子、新しく飛出したところの電子を二次電子と云つてゐる。この現象は最近十數年間研究が積まれただけで、之を應用したものに二次電子増幅管、ダイナトロン等があり、今後の成長に興味を覺へる次第である。

實際問題として一次電子が他の物質に當ると二次電子が出るが、

併し一次電子もその中若干は反響されて歸つて來るのもあり、又激突する板が余りにも薄いと一次電子は突抜けてしまふ許りでなく、二次電子も先方に行つてしまふ事が起らう。もともと兩者共電子に違くないので區別を考へるのが無理かも知れないが、幸ひ一次と二次電子とではその速度が非常に相違するので、之を目安として分別する事が出来る。此の二次電子放射量は一次電子の速度の大小と、受け板の種類特に表面の清淨の度合等によつて異なつて來る。一次電子1箇當り二次電子数を二次電子放射率と云つてゐるが一般に表面を充分清淨にし、吸収してゐるガスなどを完全に排除した金属面では其の放射率 1~1.5 特別に處理せぬもので 3~4 程度で、光電効果や熱電子放射の著しい表面、例へば酸化金属上に着けたアルカリ金属膜では 8~10 にもなる。又衝突面の温度はその表面状態が變らぬ限り大して影響がない。

次に一次電子が絶縁物に突き當る場合、一次電子の投射と共に其の電導度を漸次増して行く様である。硝子に一次電子を當てると硝子が正に帯電するのも硝子面から電子が放出されることを示す一例である。

(19) 其他の放射現象

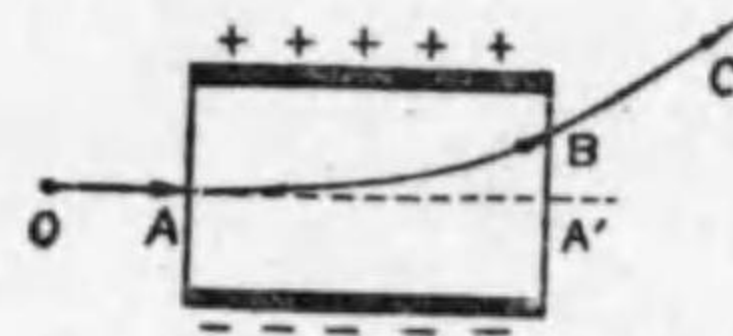
① 冷陰極放射 これは金属表面に非常に強い電界 (1 cm 當り 10^6 V 程度) を與へると、特別に熱や光に依らずに $10^{-4} \sim 10^{-6}$ A の電流を通ずる現象のことである。この電流は與へられる電界の強弱に大きな關係があるもので、高電圧用電子管の耐電圧に關聯して考慮されるべき一現象である。

② 陽イオンの衝突に因る電子放射 陽イオンが物体に當つて電子を出す現象であるが、之は先の二次電子放射現象に較べて甚だ小さいので應用の途があるか否かは疑問である。併しガス中に起る放電現象に大きな關係があるので何時如何なるときに驚異的な効果を現はすとも限らぬ。

(III) 運動する電子

(20) 電界中の電子

電子は陰電気を帯びた微粒子であることは今更喋々する必要もな



第 17 圖

からう。従つて等 17 圖の如く電界中を之と直角方向即ち \vec{OA} より飛び來つた電子を考へてみる。若し電界がなければ、直線 OA' の方向に進行する筈であるが、たまたま電界が與へられると陽極板に電子が吸引されて加速運動を起し、圖の様に \vec{AB} の方向に進路を曲げる。この曲る通路は拋物線を描くことは數式からも容易に證明される。さうして電界を出れば、 \vec{BC} の様に又直線路を採るものである。

(註) 電子の速さ並に運動エネルギーを表はすのに電子ボルト(略號 e-V)なる単位を用ひることがある。これは電子が 1V の電位差の間に加速されて得る速度のことで、この時の運動エネルギーは約 1.6×10^{-12} エルグと云はれる。

この原理を應用したものに例の陰極線オツシログラフがあり、百萬サイクル以上の高周波電氣現象も容易に撮影する事が出来る。又テレビジョン用のブラウン管にも應用されてゐる事も多分御承知と思ふ。

(21) 磁界中の電子

電流を通じてゐる電線が磁界中で受ける力は、電動機の原理を示すあの有名なフレミングの左手法則によつて判別される。さて電子は陰電荷の塊である故、連続運動する電子は一つの電流素子と考へてよい。因つて今 H なる磁界中を v なる速度を以て運動する電子はその運動方向(電流方向と考へればよい、又電子の動きは電流の方向と相反してゐる点にも注意)と磁界方向との兩者に直角な力を受けて運動する路が偏倚する(フレミング法則が示す様に 3 指を互ひに直角に開いて吟味されたい)而して六つかしい理屈は抜きとして、電子の偏倚彎曲する運動路は圓をなすもので、電子は始めから持つてゐた速

度(v)を以て等速圓運動をなすものと考へられるのである。

(22) 電子幾何光學

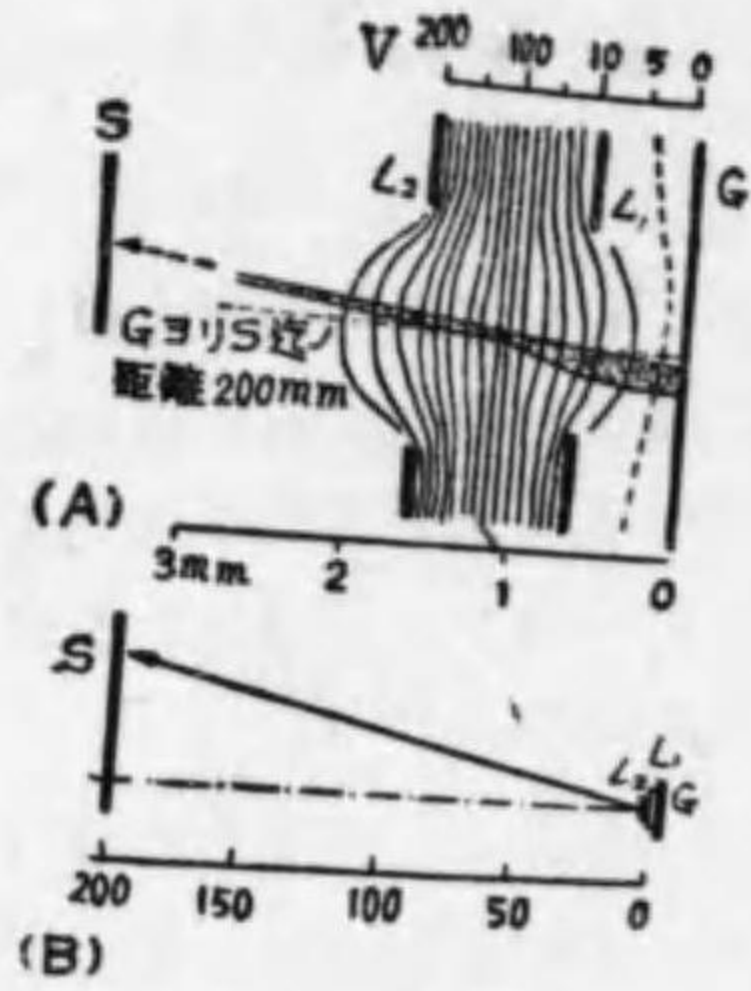
一つの光源の前方にレンズを置くと、レンズの凸凹や光源とレンズ間の距離などの相異によつて光線の通路を自在に曲げ得られる。ところで運動電子に電界或は磁界を與へると運動方向は矢張り種々の方向に変化し得るもので、丁度光線がレンズを通過した場合と同様に電子の通路も亦屈折させ得ることが推察される。

鏡やレンズ或はプリズムの様に光線の集散屈折等を幾何學的に論じ得る部分を幾何光學と稱してゐるのに對し、電子流が電界又は磁界中を通るとき其の通路や集散の有様を先の幾何光學に似た様に解説しやうとしたのが電子幾何光學である。中々しかつめらしい名前の電子幾何光學の歴史は未だ新しく、これの研究がブラウン管や陰極線オツシログラフ等の改良に大きな貢獻をなし、最近になつて電子工學の粹とも謂ふべき電子顯微鏡の發明を招來したのである。

(23) 電子顯微鏡

電子を用ひてレンズを作り得ることが判れば、電子の活動状況を直接之に依つて觀察したいと云ふ慾が出てくるのは當り前である。熱電子或は光電子はどんな具合に表面から飛び出すであらうか、又二次電子放射の様子等——今迄は適當な理論と仮説から推察してゐたのに對し、この電子顯微鏡の實現は驚くべき魔力を以て電子の世界を觀察することが可能となつた譯である。

光學に於けるレンズの様に電子流(陰極線と云つてよい)を屈折させるのに使ふ電極(或は電界そのもの)並に磁化線論(或は磁界そのもの)を電子レンズと云ひ、靜電的に屈折させる電子を靜電レンズ、磁氣的に行ふものを電磁レンズと呼んでゐる。そこで斯様な電子レンズを電子放射体の前におくと、光源に對するレンズ同様放射体の各部から放射する電子流を集めて先にあるスクリーン(螢光板の如きもの)上に電子放射体の像、即ち放射面からの電子の放射状況を擴大して螢光の明暗として表はす事が出来る。第 18 圖(A)はこの



第 18 圖

原理を圖解したもので、Gが電子放射面、L₁ L₂が静電レンズ Sが螢光板である。電子レンズの寸法に比較して電子レンズとスクリーン間の距離が甚だ大きいのでその相聯關係を同圖(B)に示して置かう。

電子顯微鏡を使用することにより例へば高温度金屬の表面を觀察する外、温度の高低により結晶がどう變化する等、従来の

(24) X線の本性

陰極線が急にその進路を遮られると、それから眼に感じない放射線が生ずるものである。これは西曆 1895 年の秋、獨逸人のレントゲン (Röntgen)——(俗にレントゲンと呼ぶ)——が陰極線の研究中、フツ放電中のクルツクス管から黒紙、木、アルミニウムの薄板を透過するだけでなく、人の手などを透して内部の骨の形さへも寫し出す放射線のあることを發見したのである。當時この不思議な放射線の本性も判らなかつたので X 線と名付けられたのである。X 線は發見者の名をとりレントゲン線とも云はれるが、X 光線と呼ぶことは正しくない。

X 線の本性に就ては發見以來多くの學者によつて研究されたが、1912年ラウエの實驗によつて波長の非常に短い電磁波の一種である事が確められ、次の様な特性を有することも明かになつた。即ち

(V) X線と其の應用

電磁波の波長の表

5,000,000cm	無線用
10	電波
0.5	
0.2	
0.0000810	赤外線
0.0000380	可視光線
0.0000100	
0.0000030	紫外線
0.000000006	X線
	γ線

① 普通光線に對して不透明なものも X 線に對しては透明となる。然して物により透過度は異なるもので(鉛は透過し難い)又波長の短い X 線ほど一般に物をよく透過する。

② 磁界や電界の作用を受けずに直進すること。

③ 結晶体内に整列してゐる原子に X 線を當てる時は、普通の光波の廻折作用の如く明瞭な干渉作用を呈する。これが原子構造の研究に大きな力となつてゐる。

④ 氣體等をイオン化する作用が著しい。X 線量計といふものがあるが、之はイオン化の量が X 線量に比例する作用を利用したものである。

⑤ 寫眞作用を呈し、螢光板に當てるとこれを光らせる。所謂レントゲン寫眞が撮れる譯である。

⑥ 人体に對して特殊な生理作用を呈するもので、診斷醫療や避妊等に應用される。

斯様に X 線は發見以來僅か 45 年であるが、其の神秘的な諸性質は醫療、理學、工業方面に廣く活用されるに至り、近代科學の進展に一精彩を放つもので、茲でも電子が主役となつて活動してゐるのである。

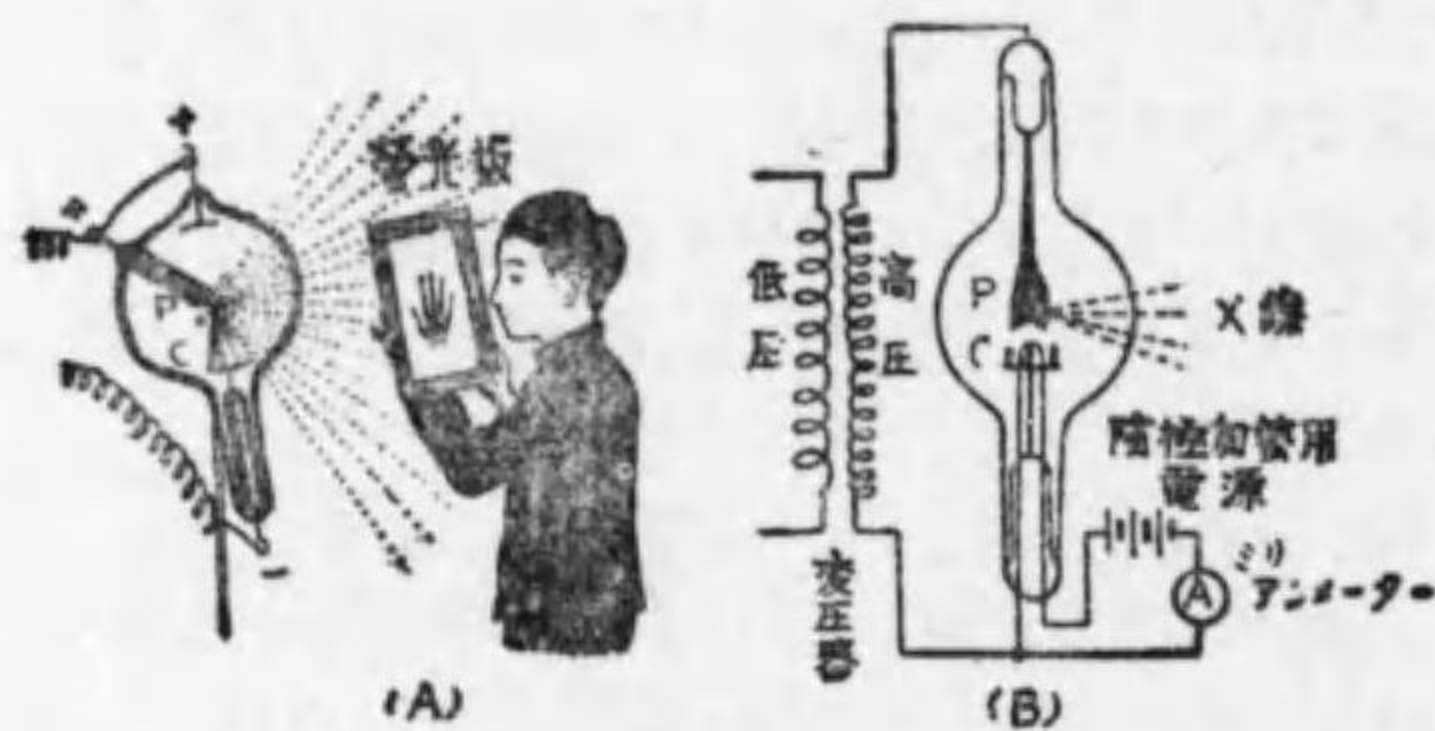
(25) X線の發生裝置

非常な高速度で走つて來た電子が急停止を受ける際に出る X 線

の性質をよく調べると2種類あることが解つた。その一つは高速度電子自身が停るために放射される電磁波、他はこの高速度電子が障壁材料物質（対陰極…Anti Cathode…と稱する）中の原子を構成する電子群を攪乱し、発生せしめる電磁波とである。普通に我々は、前者を白色X線（Continuous X-ray）と呼び、後者を特性X線（Characteristic X-ray）と稱してゐる。然しこれは原理であつて、實際的にはこの事象は次に述べるX線管（X-ray tube）の中にて實現せられるのである。

さて、X線発生用のX線管には2つの型がある。

① 瓦斯入型（Gas tube） 第19圖（A）に示す如きもので管内は水銀柱の0.001mm位の真空としたものである。アルミニウ



第19圖

ムの凹形陰極板Cから高速度で射出する陰極線は、これに對すタングステン又は白金の對陰極Pに衝突して茲にX線を発生するのである。このX線管は余り強いX線を射出し得ず、又其の強さも加減出来ない上に、長く使用するに従ひ発生するX線の強さが變化する短所がある。それ故近時は余り使用されない。

② クーリツヂ管（Coolidge tube） 1913年に米國人のクーリツヂが發明したもので、近時一般に廣く用ひらる。第19圖（B）は本X線管の構造を示すもので、之は高度の真空となした管内に螺旋狀タングステンCと對陰極Pとを納めたものである。今C

を電池（或は交番電壓でもよい）により白熱すると、熱電子がPに向つて飛び圖の様にX線を発生するのである。大体の結線は圖に示す様で、普通高壓變壓器は一次電壓100V程度、一次側に誘導電壓調整器、或は單巻變壓器を使用して二次側、つまりX線管に何萬Vと云ふ高電壓がかかる様にするのである。特に強いX線を望む場合、或は研究上特殊な對陰極を必要とする時には、真空ポンプを同時に働かせつゝ使用する金屬製のX線管が便利で、これにシーラー管、ミューラー管等がある。

(26) X線の強さ

X線の強弱を示すのに、硬度（Hardness）なる言葉が用ひられるが、これはX線の性質を透過能の大小によつて示すものである。クーリツヂ管が多く用ひられるのは兩極に加はる電壓及び陰極線條の白熱度の變化即ち線條電流の調節によつてX線の硬度を自由に加減し得る長所があるからである。

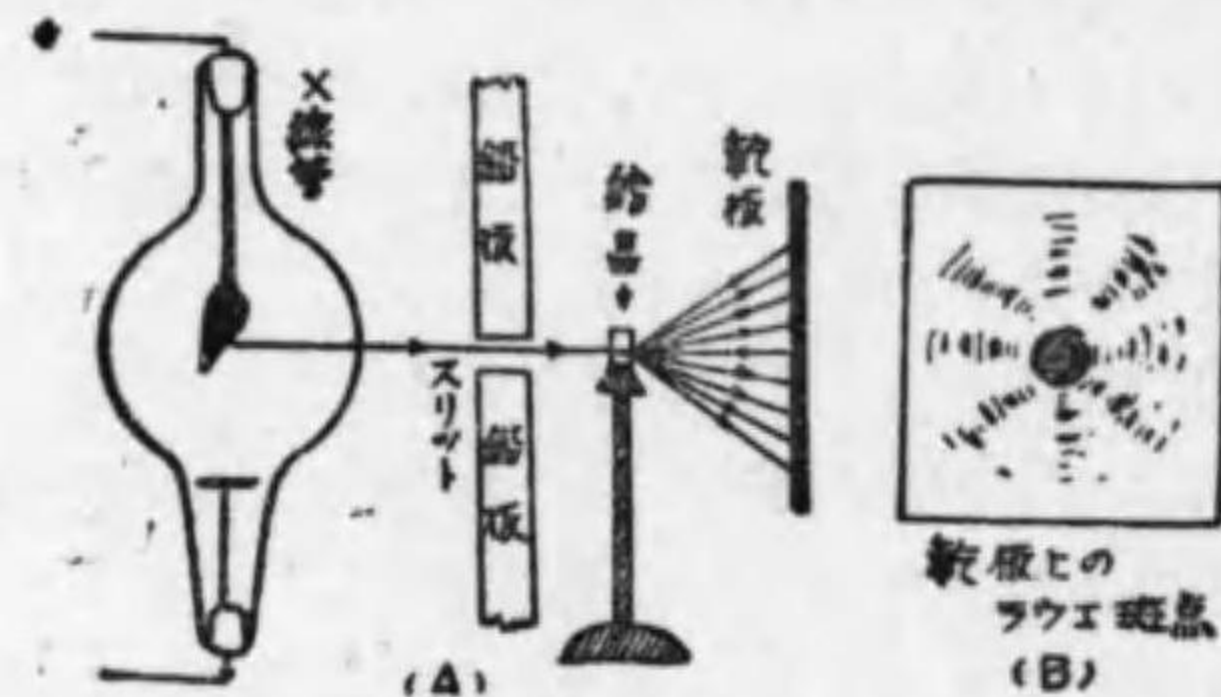
又X線には國際レントゲン單位と云ふものがある。これは氣壓760mmHgにして0°Cの場合1ccの空氣にX線を放射し、その空氣中に生じた第二次電子を完全に利用し、イオン化室壁の作用を除いて飽和電流によつて1C.G.S. 靜電單位の電氣量が運ばれる時、このX線の量を單位としてレントゲンと呼び、普通にγなる文字で以て表はしてゐる。

（註）オングストローム（Å）なる語を用ひるが、これはX線光學に於ける波長の單位で10⁻¹¹cmに相當する。

もともとX線は人体細胞に危害を加へるものであるから、強力なX線を使用する場合、或は長時間放射をかける時には充分な防護が必要となつて来る。この目的に鉛板が最も便利で、例へばクーリツヂ管に10萬Vを加へた時に射出するX線でも2mm厚さの鉛板には殆ど吸収されてしまふ。今鉛を1としX線に對する防護力を各物質に就いて調べて見ると、鉛硝子に於て0.12~0.2、鋼では0.15、煉瓦やコンクリートは0.01、木材になると0.001位の割合になる。

(27) X線の理學方面に於ける應用

原子構造の理論は物質構造の基礎を示すもので、この X 線の活用によつて漸次究明されつゝある。例へば結晶体の内部では原子がどんな風に配列してゐるかは外形から取扱つてゐた従來の結晶學からは何も知る事が出来なかつた。今第 20 圖の如く細孔 (スリット) から出る一定方向の X 線を結晶体に入射すると、其の内の原子に當つて四方に散乱せられ、各原子を中心として四方に X 線が出ることになる。そして規則正しく配列された各原子から散乱された X 線は互ひに干渉し、或る特殊の方向では助け合つて強くなり、他の方向では消し合つて弱くなる現象が起る。この干渉を受けた X 線を圖の様に乾板に當てると同圖 (B) の如き斑点の寫眞が出来る。



第 20 圖

中央の黒い部分は原子に當らず真直ぐに來た X 線によつて生じたものであるが、その圓周の規則正しい斑点は散乱された X 線によつて生じたもので、これを発見者の名を冠し、ラウエ斑点と稱してゐる。ラウエ斑点の相互の位置から結晶体内の原子配列の状態を知る道が拓け、原子構造を探ぐる有力な武器となつたのである。

(28) X線の醫學方面に於ける應用

X 線が醫療方面に廣く用ひられることは何人も知るところで、これを、①診療専用のもの、②治療専用のもの、③診断治療兼用のものに分け得らる。

普通寫眞を撮影して診断する場合には電壓 4 萬~9 萬 V、電流 30

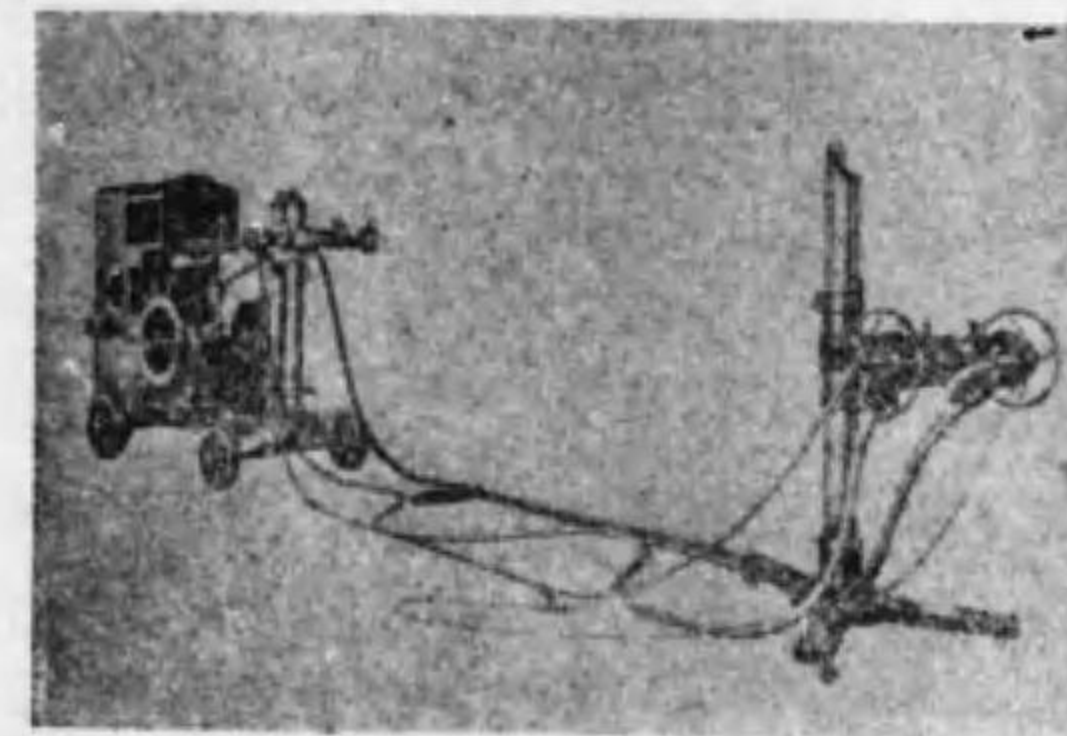
~1000 ミリアンペア (mA) 程度で、心臓、胃、肺臓の如く動く部分の診断には何十分の一秒程度の短時間撮影であるから、此の場合電流はもつと大きくなる。身体の表面の治療には電壓 9 萬 V 電流 2~3mA、中間部治療の場合は電壓 12 萬 V、電流 2~3mA、又深部の疾患、癌、婦人科疾患等の治療をなすときには電壓十數万 V~80 萬 V、電流は 2~3mA である。治療の際体内への透過力は電壓に比例するもので、今日のところ我國では 80 萬~100 萬 V が最高の様である。

X 線發生装置は必然的に高電壓を使用する關係で危険を伴ふので被覆したレントゲン管 (醫療の方ではレントゲン管と多く呼ぶ) とゴム絶縁被覆した配線を用ひ、又人体にふれる恐れのある箇所は完全に接地する等安全装置が施されてゐる。尙 X 線管は油をポンプで循環せしめ冷却する方法等がとられる。最近人体内に挿込んで直接患部に接近させ治療効果をあげる体腔 X 線管なるものが作られてゐる

(註) 昭和 12 年 8 月、内務及逓信省令として X 線に關する取締法規が公表され、X 線の使用による取扱者並に患者を保護し事故や災害を防止する様になつてゐる。

(29) X線の工業方面に於ける應用

最近では蒸氣タービン、水力發電用水壓管、化學工業用壓力罐等をはじめ各方面の工作に鋸を使はずに熔接する事が多くなつた。従



第 21 圖

つて熔接部の検査を益々嚴重にしなければならなくなつた。そこで X 線の透過性を應用して之等を検査する手段が實施される様になつて來た。第 21 圖は東京製の熔接部検査用可搬型 X 線装置を示したものである。その他鑄物中の氣泡、收縮、砂混入の有無等の検査に採用されつゝあるが、輕

つて熔接部の検査を益々嚴重にしなければならなくなつた。そこで X 線の透過性を應用して之等を検査する手段が實施される様になつて來た。

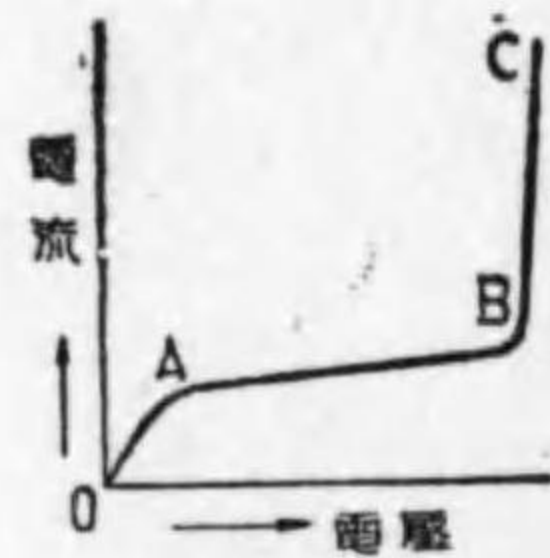
第 21 圖は東京製

合金鑄物の検査用としては 15~20 万 V の電圧でよかつたのであるが、最近各種鑄物検査に應用されるに伴ひ 30 万 V 位のものが要求されてゐる様である。又大型真空管の外面が金屬類で作られる結果、内部がうまく出来てゐるか否かを検するに用ひ、或は航空機用發動機の主軸受として多く用ひられるケルメツト軸承の検査、更に醫療方面に盛に使用されてゐる体腔 X 線管の長所を利用して複雑な工作物の透過検査にも應用されてゐる。尙これと同じ原理で眞珠貝中の眞珠の有無も調べ得る。其の他ラウエ斑点を應用して結晶の判別、微少な他元素の混り具合を調べるとか、X 線を當てゝ置いて水晶を着色させる方法にも應用されてゐる。

(VI) 電子と放電現象

(30) 氣體の電氣傳導

第 22 圖の如く或る壓力を有する瓦斯中に、2 つの電極を置き、



第 22 圖

電壓を上げてゆくと、始めの中はオームの法則に従ふ様な電流 (OA の部分) が流れ、更に電壓を高くすると電流は或る一定値 AB をとる。これを飽和電流と稱してゐる更に電壓を上昇すると電流は激増して (BC の部分) 到々放電を起すに至るものである。さうして此の飽和電流は普通状態

の氣體では微小で、従つて氣體は不導体と見做されるのであるが、瓦斯中に X 線やラヂウムから出る如き γ 線や β 線を當てるとか或は高温になす等すれば i_0 は大きな値をとる様になる。

さて、氣體内の分子のあるものは他の分子との衝突、其の他の原

因によつて、電子と帶電分子とに分離するもので、この電子とか、帶電した分子を一纏してイオンと呼び、イオンを生ずることを電離イオン化 (Ionization) と名付けてゐる。又電離によつて生じた電子と帶陰陽のイオンとは再結合により中性分子に復する所謂再結合作用もなすものである。結局、氣體中では電離と再結合が絶へず繰返へされる結果として、氣體は僅か乍らも電離の状態にあると考へ得るのである。それで氣體に電界を作用せしめると陽イオンは低電位の方へ、陰イオン (電子も含む) は高電位側へと移動する。即ちこれが電流となるもので、電圧が高ければ高い程イオンの移動速度、つまり電流が大きくなる譯である。然し乍ら、電離により毎秒生ずるイオンの數には制限がある爲に電流の強さにも極限が出来て、あの飽和電流となるのである。

又 X 線や γ 線等は前にも話した様に、高速度の電子流であるから、これが氣體分子と衝突し氣體に多くのイオンを生ぜしめ、飽和電流を増す結果となる。次に、電壓をやたらに高くすれば電子やイオンの速度が大となり他の多くの中性分子に衝突して電離作用を激しく行ふから、これが爲に電流が激増し、遂には放電現象を起すのである。尙附け加へるが、溫度を上げる事は分子の衝突を活潑頻繁にする結果を來すので必然的に飽和電流を増大する結果となる。

(31) 電子と氣體分子との衝突

電子やイオンが高速度で氣體分子に衝突して電離作用をなす事柄は各種氣體中の放電現象に於て最も大きな役割を演じるものである都市の夜空に紅青色とりどりに魅惑的な光を投げるネオンサインは此の放電現象の實用大衆化した科學装置の一つと云へやう。然し陰に廻ると仲々六つかしい理論が深い根を張つてゐるもので、其の細部まで掘出し解説する事は容易でない。茲ではこの衝突現象がどの様にどんな割合で行はれてゐるかを卑近な例に當筋めて窺つて見る

さて、分子と電子の大きさはどれ位の割合を以つてゐるかを調べると面白い。大膽に分子の半径を 10^{-8} cm、電子の半径を凡そ 10^{-13} cm と假定すると、その比は 10^5 即ち 10 萬倍になる。つまり半径 1mm の粟粒が半径 100 μ m の球にブチ當る勘定である。この粟粒が

半径 100 m の球に飛び込んだ爲にその球内にあつた他の粟粒が飛び出す様な恰好で電離が行はれるのである。自然界の神秘とは云へ茲にも不可解さがある。

此度はどんな頻繁さで分子と電子が衝突を繰返すかを考へて見るに、電子は分子に較べて甚だ身軽であるから、両者が同一の運動エネルギーを持つものとしても、事實上、電子の行動に対しては分子は其の位置に静止してゐると見做してもよい。今電子が一つの分子に衝突し、次に他の分子に衝突する迄に通過する行程を自由行程と呼んで居り（この自由行程は毎回の衝突毎に変化するが、その平均値は氣體の種類、状態等によつて一定のもので、之を平均自由行程と云ふ）更に氣體分子自身の平均自由行程を理窟ばい式で計算して比較して見ると次の表の様になる。但しこれは窒素瓦斯に就てである。

壓力(mmHg)	氣體分子自身の平均自由行程	氣體中の電子の平均自由行程
10 ⁻⁵	4.5 m	26 m
10 ⁻⁸	4.5 km	26 km

前にも云つた如く壓力 10⁻⁵ mm Hg の場合 1 cm³ 中の殘留氣體の分子数は約 3.3 × 10¹¹ もあり、

随分混み合つてゐる様に思へるが、電子が或る一つの分子と衝突し次の分子に相會する迄には 26 m も進まねばならぬと云ふ意味は確かに我々の頭を錯亂せしめる。しかし 1 個の分子が占有する空間は $\frac{1}{(3.3 \times 10^{11})} = 3 \times 10^{-12}$ cm (約 1.44 × 10⁻⁶ cm 立方に相當する) となるが、今電子の大きさを仮りに 1 mm の直徑を有するものに擴大して考へると、上の分子 1 個が占める空間は實に 1440 km 立方に相當する。従つて電子と氣體分子とはさう再々遭遇衝突するものでなく、電子の自由行程が馬鹿に大きい理由も少しは領けよう。

それでは次に衝突が起つた時の作用を一寸調べると

①運動電子の速度が低く、云ひ換へれば電子の有するエネルギーが小さい場合、中性分子に突當つて其の儘帯電させ、陰イオンを生成する。②又電子の速度が小さいと折角氣體分子と衝突しても單に機械的反撥作用を受けるだけで、電氣的には何の作用も現さない

場合がある。これを弾性衝突といひ、この際氣體分子は電子の運動を妨げる障壁として働く譯である。③運動電子の速度を段々上げて行くと或る一定速度（氣體の種類により違ふが）に至ると衝突した瞬間電子はそのエネルギーの大部分を分子に與へてしまふ状態が起る。斯様に電子よりエネルギーを委託された恰好の分子を勵發されたと云ひかゝる状態を勵發状態と稱してゐる。勵發即ち不安定状態にある分子が或る機會に第 2 状態に歸しやうとする場合餘分のエネルギーは光として輻射されるものと聞いてゐる。④電子が一層大きいエネルギーを以て分子に衝突すると、終ひには分子を破壊して電子とイオンとに分離する現象、即ち電離作用が起るのである。

(32) 放電と電子

自然現象界に於ける豪壯の極致とも云ふべき雷放電、艶麗目を見張らすネオン放電、さては太陽を欺く弧光放電、朧月を想はす暈光放電など表面に現はれる放電の様こそ變れ、根元を尋ねれば何れも電子の働きとイオンの活躍によるものである。

さて、前に述べた衝突電離作用が繰返されると電子及びイオンは累積的に増加する。従つて陰陽兩極間に通じつゝあつた微少な電子並にイオン流から忽ちにして格段的に著しい電流を通じ遂に強烈な音と光を伴ふ所謂火花放電となる。雷も火花放電の一種であるがその有するエネルギーが非常に大きく、中には電流が數十万アンペアに達し、火花の長さが 1 km 以上にも及ぶものがあるとの事である

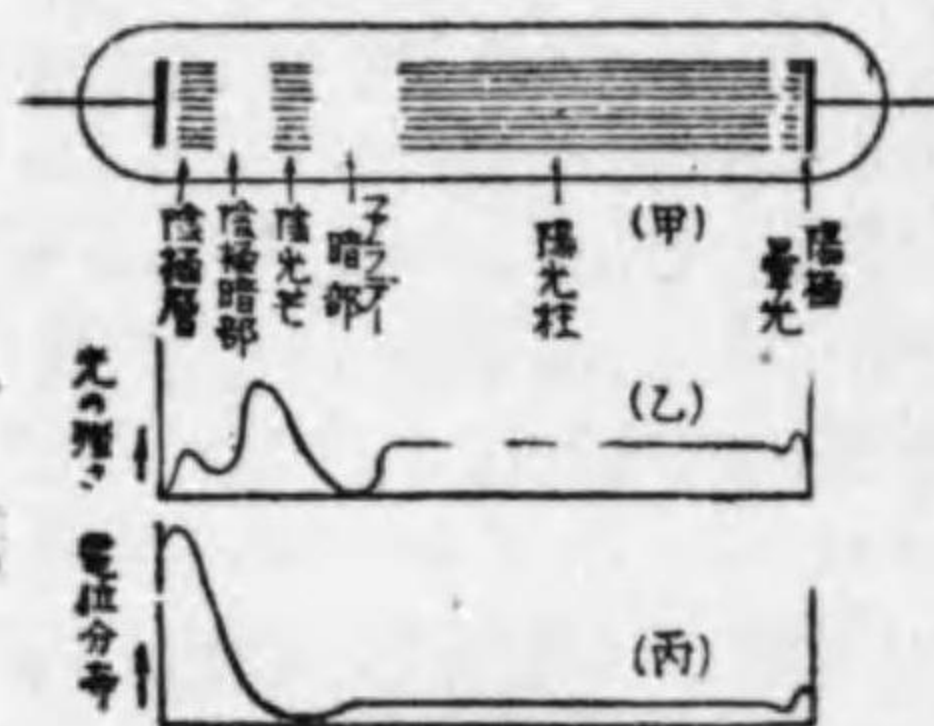
茲では吾人が人工光源として多く使用してゐる暈光放電（真空放電）と弧光放電に就て、これが働き具合を電子の世界から眺めてみよう。

(33) 真空放電と放電燈

真空放電（Vacuum discharge）と普通と呼ばれてゐるが決して氣體なしに放電は起るもので無く、一般に水銀柱で凡そ 10~0.1 mm 程度稀薄瓦斯中に起る。放電現象で放電燈はこれを應用したものである。

第 23 圖の如き放電管の兩極に電壓を加へ放電せしめると（一般に放電回路の抵抗温度係数は負であるから安定抵抗が必要）美しい暈光（

glow) を発生する。然し此の管内を仔細に調べると一様に輝いてゐるす圖に示す様に明暗の差がある。その各部分の名稱は第 23 圖甲の如く呼んでゐる。而して、陰極暗部 (クルツクス暗部とも云ふ) に於ける電壓降下は甚だ大であつて、電極間の距離が短い時に放電電壓の殆ど全部を降下せしめる。



(第 23 圖)

飛び出す電子を加速し電離能力を與へ、又陽極から来る陽イオンに同じく充分なエネルギーを與へる様に應援し電離作用並に陰極面からの電子放射を行はせる。即ちこの陰極暗部は放電の刺戟部ともなる重要な役割をするものである。さうして陰極暈光 (瓦斯の種類により光色は異なる) はクルツクス暗部とファラデー暗部の間にあつて電子及びイオンの密度は管内で最も高い部分である。ファラデー暗部から陽極に至る側は放電現象に左程有力な役目をして居らぬ。その證據には陽極を移動して陰極に近づけても或は陰極の方を陽極へと接近させて行つても、この移動により蝕食されるのは陽光柱部側からであつて、最後に陽光柱が完全に消失し陽極が陰極暈光の中に突入すると放電は極めて不安定となる。

そこで自由に其の長さを調整し得る陽光柱部の暈光をネオン管燈に應用し、又電極を著しく接近して陰極暈光管燈を使用する様にしたのが彼のネオンランプである。ネオン管燈が夜空に人目を惹いて華かであるのに比し、陰極暗部は所謂縁の下の力持ちになつてゐる譯である。陽光柱の色は封入瓦斯 (壓力は 0.1~數mm) の種類によつて違ふので、ネオンを入れると橙赤に、アルゴンは深紅、水銀は緑

この電壓降下を陰極降下と云ふ陰極暗部附近には陽イオンが多く存在し (註、管内の陽イオンと電子は夫々自己と反對極性の電極に引かれ、電極附近に密度大なる所が現はれるのは當然で、特に陰極附近に陽イオンが多く集るのは電子に較べて行動の鈍いため餘計に取残された形となるのである) 陰極側から

色を出すのである。更に瓦斯を混合するとか、色硝子との組合せにより青 (水銀アルゴンの混合)、黄 (ヘリウムに黄色硝子) 等美しい放電管燈が出来る。

ネオン管燈は非常に高い電圧を必要とするのであるが、普通の電燈回路 (100V) から電圧を昇昇するためにネオン變壓器 (Neon transformer) を用ひる。我國では一台の變壓器から出し得る最高電圧は 15,000V に制限されてゐる。1 万 V の變壓器では 10m 程しか点火出来ないのが大仕掛なサインになれば多く變壓器が入用である又ネオン管中に硝子の小細片を多數に詰めたり、管の途中を同一直徑の 2 回路に分けるとかすると光がキラキラと動く様に見へ電氣看板として非常に目立つ。諸君の中にはネオン管燈の電極部分の内壁が黒くなつてゐるのを見たことがあらう。普通ネオン管燈は交流で点火されるから兩極とも同様に黒化現象が認められるが、若し直流点火なれば陰極の方だけが黒化する筈である。これは放電に際し陰極が壞散作用を受けて四方に飛び管壁に沈澱したもので、之を陰極飛沫作用 (Cathod sputtering) と云ふ。

次にネオンランプは球内にネオン瓦斯を數 mm 程度に封入し、電極として 2本の鐵線を螺状にしたもの、或は鐵、ニッケルの板を相對せしめたものがある。この電球は電力の消費が極めて小さく、(0.15W とか 1.5W 程度) 従つて標示燈とか寢室燈等に適し、又光が電流に正比例し而も慣性がないのでテレビジョンとか寫真電送に用ひられる。尙電極の形により色々の變つた光の形が得られるので廣告や裝飾に用ひらる。云ふ迄も無く直流で点火すれば陰極だけが輝く筈だが、交流で点火すれば陰陽極が交互になるので兩極とも輝く様に見へる。一般に之等放電燈は白熱電燈に較べて發光能率がよく他面白熱電燈は行詰つてゐると謂れる折、之が研究發達は近年著しいものがある。

又電極をもたぬ低壓瓦斯封入管に高周波磁界を加へると閉じた電界を生じ、瓦斯は環狀の暈光放電をなし、又磁界の代りに高周波電界を用ひても同様に發光するもので、之を無電極放電と呼んでゐる。

(34) 弧光放電と其の應用

暈光放電(真空放電)ではクルツクス暗部にて放電々壓の大部分は降下してしまつた。今暈光放電が更に進展すると電離作用は一段と活潑となり放電々流は急激に増大するのみでなく、他方陰極を次第に熱することになる。この陰極加熱が増して來ると遂に熱電子効果による熱電子を放出するに至る。ところで一旦熱電子放射が行はれ出すと電流は自ら其の局所に集り、その結果益々此の部分の温度を高め斯くて原因は結果となり結果は原因を生むと云ふ具合に温度上昇を來し、此所から著しく高い密度で電子の放射を行ふ様になる。因つて陰極暗部の活動は自らその價値を失ひ、陰極降下は減少する結果暈光放電の如く高い電壓を必要とせず、前に較べれば數十分の一の電壓にて放電を續け得る様になる。この状態を我々は弧光放電(Arc discharge)と呼んでゐる。

そこで弧光放電の特徴を要約して見ると、陰極面から豊富に電子が遊離されること、陰極降下が甚だ小さいこと、それに兩極間に強い光を出す弧光の火焰が通ることである。この火焰部分は弧光放電の陽光柱に當る部分であるが、その光色は前の暈光放電の場合と異なり電極附近の瓦斯の種類のみでなく、電極の材料、それに高温度のために化學作用を伴ふ結果により夫々異なつて來る。

さて、弧光放電は暈光放電の進展から生ずるものとは限らない。例へば探照燈或は活動映寫用光源として用ひられる弧光燈(Arc lamp)や、電氣燈の点弧方法、電氣熔接始動等の如く先づ兩電極の接觸による始動法によれば通過電流で接觸面が加熱される爲最初から直ちに弧光を發生する事が可能であるし、亦点光源として相當廣く使用されるタングステン弧光燈は並列になつてゐる織線により兩極間が豫め熱せられ、熱電子が豊富に放出されてゐるので都合よく点燈する事が出来る。

又、陰極を外部的に高熱し之によつて充分な熱電子放射を行はせば、矢張り放電の續行は可能な筈である。かゝる手段によると所謂陰極降下を必要とせず只兩極間の電位差だけで済むから極めて低い電壓で結構である。この様な弧光を低電壓弧光(Low voltage arc)

と稱し、ナトリウム燈をはじめ新しい放電燈に廣く應用されつゝある。

(VI) 熱電子真空管の智識

(35) 拓け行く應用電子工学

フアラデーが電磁誘導の理論を發見したのが西曆 1831 年で、それ以來電氣工学は電磁理論を根據として發電機、電動機さては變壓器など々に研究考案され、今日の電氣界を生み來つたのである。然るに電子が見出されこれが應用は通信工学方面に飛躍的な一大革新をもたらしたのみでなく、強電方面にも盛んに應用される様になつた。従つてこれからの電氣工学は從來の電磁工学と並行して電子工学が愈々重きを加へるに至つたのである。

發明王エヂソンが電燈の工夫考案中に不可思議な現象即ちかのエヂソン効果(1883年)を發見したのが抑々電子工学發展の芽生へであつた。これ等が次第に根を張り、幹を太くし、枝を擴げて、今日に見る真空管、放電管燈、ブラウン管、X線管、水銀整流器等と新興電氣工学の第一線に立つ之等の尖兵は次々に新天地を拓きつゝあるは確かに我々に計り知れぬ驚異と魅力を覺へさせる。

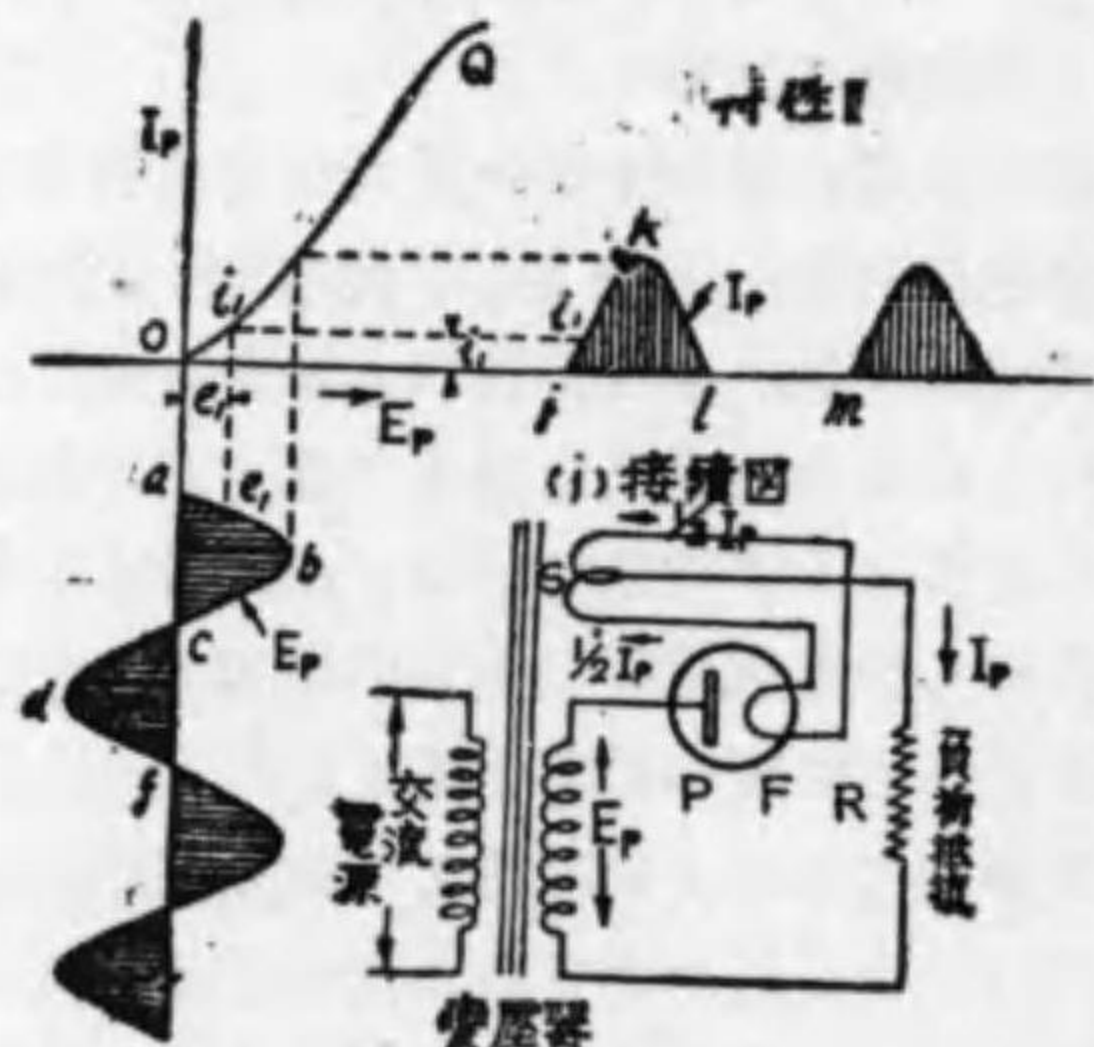
(36) 二極真空管

前に述べた様に高温物質から電子が放射する作用をうまく利用して、フレミングが二極真空管を發明し無線通信用の檢波器として使つたのが西曆 1904 年で實に真空管の濫觴である。

二極真空管(Two electrode Vacuum tube)は第 24 圖の様に高度の真空中に、カソード(陰極のことで普通フィラメントと呼ぶ)とアノード(陽極のことで一般にプレートと稱する)を封入されたものである。抑々フィラメント(Filament)は熱電子放射能の優れた物質で以て作り、これに直接電流を通じて加熱するのと間接に加熱するものがある。このフィラメントの材料は純粹のタングステン或はトリウム入りのタングステンが使用される。プレート(Plate)はカソードに對して正電位に保ち、カソードから放射される電子を吸引して電子流を生ぜしめるもので、高温度に耐へる金屬を平板又は圓筒

状に作ったものが多い。

(註、プレートは小型のものに對しニツケル、中型ではモリブデン又はタ
ンタル、大型には銅を使用し水で冷却する)



第 24 圖

今フィラメントに電流が通ればこれより熱電子が飛出す譯で、若しプレートに + 電氣が加へられると電子は - 電氣を帯びるものなるを以て、異種の電氣は互ひに相引くと云ふ原理から電子はプレートに引着けられ結局電流が流れる事になる。(電流は+より-に流れる電子の流れは逆である)けれどもプレートが若し-の電位であれば同種の電氣は相反撥する理由から電流は全然流れない。換言すれば先天的の整流装置となるのである。フレミングが瓣 (Valve) と名付けたのは仲々當を得た名稱と云へる。さて二極管 (Diode) に通ずる電子流 (プレート電流或は陽極電流とも云ふ) は陰陽極間に加はる電位差の $\frac{2}{3}$ 乗に比例し、又フィラメントの温度が高い程大きくなるものである。圖に於てフィラメントを加熱するのに交流を用ひてゐるが電池を用ひても何等差支へない。

(37) 二極真空管の應用

① タンガー整流管 二極真空管は先天的に整流作用を有するので交流を直流 (脈動はあるが) に變換し得られる。従つて各種の蓄電

池の充電や映寫機の直流電源として使用される。直流の脈動を防ぐには整流管を數多く適當に組合はし更に濾波装置を取付ける。タン



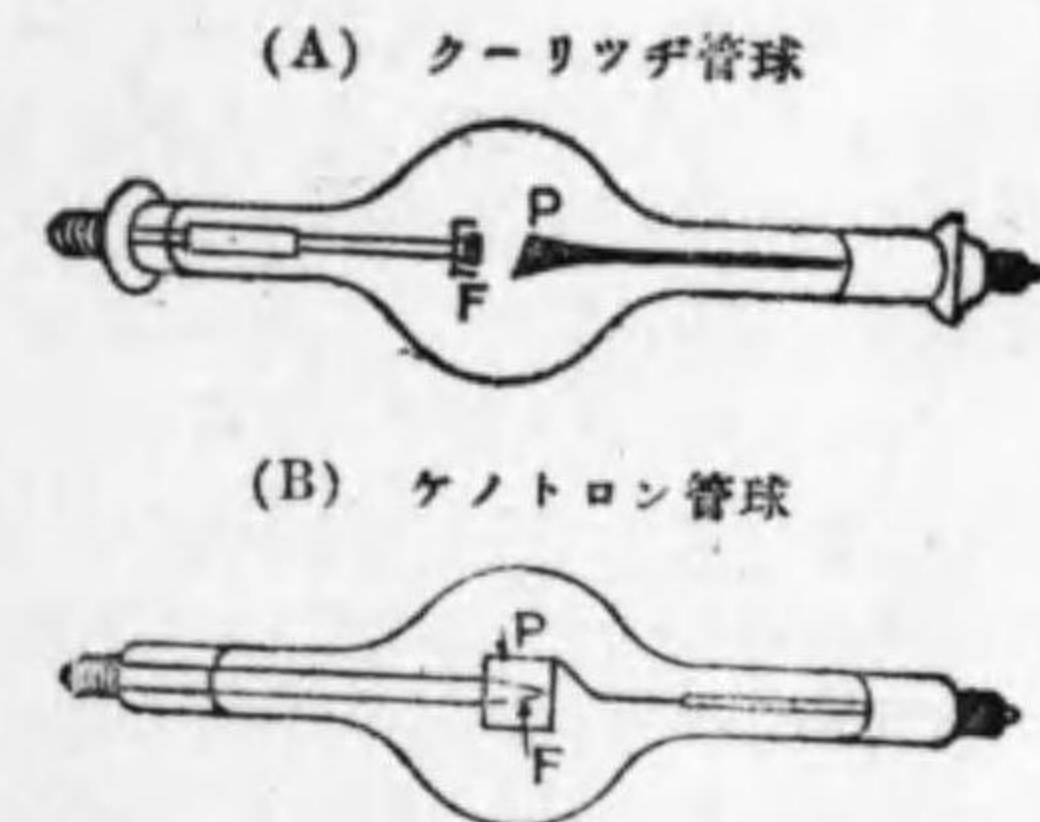
第 25 圖

ガー整流管は寿命が極めて長く、整流作用は確實な上に逆流する事がないのでそれに保護装置が不用である。又振動部分がないので騒音もなく取扱ひが極めて容易である。第 25 圖は直流側電壓 20V 電流 5A 用の一例を示すもので、特殊なものになると、電壓 200V で 20A も整流出来るものがある。

② クーリツチ管 これは前に「X線とその應用」のところ述べてきた様に専ら X線發生用にして管内は非常な高真空度にされる。普通高電壓に使用さ

れるので管内の真空中にある電極部分の絶縁耐力よりも寧ろ管外の空气中を通じ閃絡放電する危険があるので第 26 圖 (A) の如く電極導入の首だけが筈棒に長くしてある。

③ ケノトロン管 これは交流電源より何萬ボルトと云ふ様ふ高い直流電壓を得るために使用される一種の二極真空管である。使用電壓が高い爲第 26 圖 (B) の如く陰極たる織條 (純タングステン) を圓筒形をなす陽極の中央に配してゐるこれは地中電纜等の耐



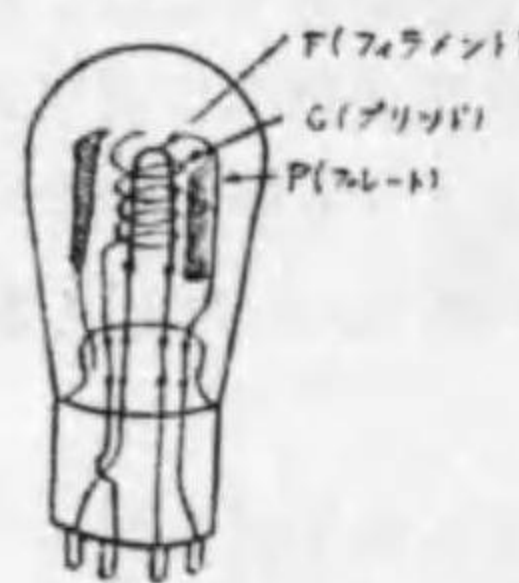
第 26 圖

壓試験に利用され、これを使用するとき交流の試験用變壓器より著しく小さい容量で所要の試験を行ひ得る。何故なれば電纜は一つの蓄電器と考へ得るから、直流では蓄電器を形成する絶縁物を通して電流は殆ど流れないが、諸君も御承知の様に交流電壓を加へると所謂充電々流が流れる結果試験用電源の kVA 容量が大きくなるのである。又煙突等の煤煙防止即ち集塵装置にも利用

される。即ち煙突の中心に大地と電氣的に絶縁した線條を垂下し、これに非常に高い直流電壓を加へ置くと煤煙中の塵埃などの浮遊物は線條に吸着されて大氣中に飛散しない、従つて煤煙防止に役立つ譯である。

(38) 三極真空管

三極真空管 (Three electrode vacuum tube 略して Triode) は略圖に示す様に二極真空管のプレートとフィラメントの間に網状或は螺旋状のグリッド (Grid) 電極 (格子極) を挿入したに過ぎないもので、西曆 1907 年 Forest が Audion 球を工夫したのが抑々



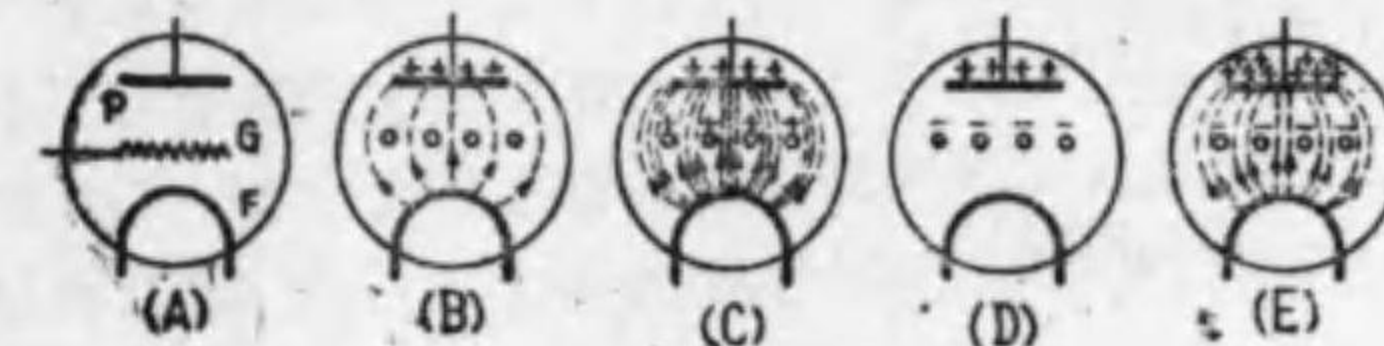
そのきつかけである。このグリッドを入れた爲に二極真空管に較べて全く面目を改め、最初の目的たる検波作用だけでなく、後述するところの増幅又は發振作用など電子特有の魔術的な機能を發揮する様になつた。これが爲今日の無線通信界はラヂオを始め飛躍的な進歩を來たしたものである。其の他トーカー、寫真電送、テレビジョン、それに真空管電壓計など新しい科學視野には必ず三極真空管が蔭の様に連添つてゐる。

構造等に就ては實物を見て頂くとして、陰極即ちフィラメント材料は小型のものに對し酸化物被覆のものやトリウム入タングステン纖維條が 50~500W の中型になるとトリウム入タングステン纖維條の表面を炭化處理したものが多く、1 kW 以上の大型では純タングステン纖維條が使はれてゐる。陽極即ちプレートは小型にはニツケル板中型にはモリブデン板、大型には水冷式銅管を使用するのが一般方法である。グリッドは陰陽兩極に比べて構造がどうしても複雑繊細になるので、丈夫である上に工作にも都合よいモリブデンが何れのものにも適用されてゐる。(註、フィラメントを熱する方法により直熱型と傍熱型の二種がある。傍熱型では加熱フィラメントがあつてその外の圓筒表面から熱電子が飛出す譯であるからこの圓筒端子のため直熱型に較べてベースの端子が一本丈が多い)

第 27 圖

(39) グリッドの働き

奇妙なグリッドの作用を第 28 圖を用ひて判り易く説明しやう、(A) は三極真空管を示す一般の記號であつて (B) はグリッドに+



第 28 圖

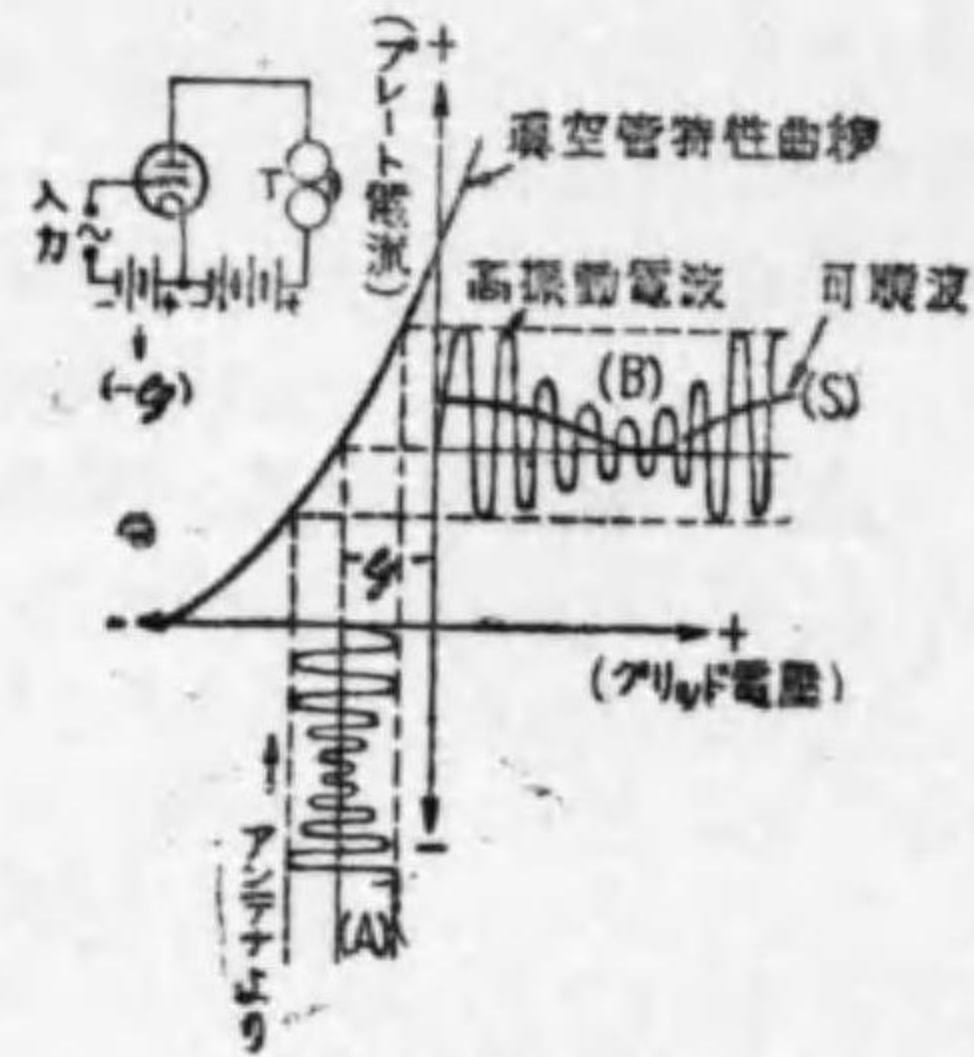
一般の記號であつて (B) はグリッドに+ 何れの電氣も與へずに置いた場合で、フィラメントより飛出す電子は+に帯電

されたプレートに引着けられる。(C) はグリッドに低い乍らも+電氣を與へた場合で、フィラメントの近くに+電氣を帯びたグリッドがあるので電子は非常に飛び出し易くなり、先づグリッド附近に行くとグリッドより高い+電氣を帯びたプレートがあるので更に行動を續け、グリッドの網目を潜り脱けてプレートへ直飛する。つまり (B) より大きな電子流を得る事が判る。(D) はグリッドに-電氣を與へた場合で、電子が幾らプレートへ向ふとしてもグリッドの-電氣と反撥し合つてどうにもならず結局電子流は至然流れないのである。(E) 然しグリッドを-に保つてもプレートに高い+電氣を與へるとグリッドの電子流を制する力よりその背面にあるプレートの電氣の引力が勝る結果 鐵條網を潜り抜ける様に無理をし乍ら電子流を通ずる事が出来る。

斯様にグリッドに種々變つた電壓を與へる事により電子流を自由自在に制御する事が出来る結果、電氣鐵道や電氣化學工業に用ひられる何千 kW の水銀整流器迄にもこの格子制御が實用され偉力を發揮してゐる。これ等に就ては何れ詳述しやうと思つてゐる。

(40) 真空管の主な三作用

○檢波作用 整流作用のことで第 29 圖の様にグリッドに -eg の電壓を與へ置き、アンテナ (空中線) から振動數の高い電波 (A) を導くと真空管の特性曲線より圖上にて求められる様にプレート電

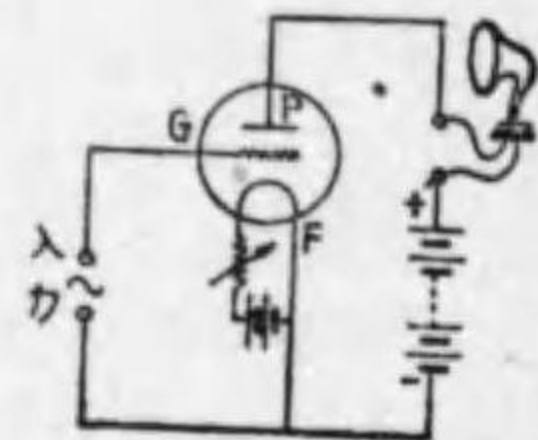


第 29 圖

流は(B)の様になる。然るに(B)の様な変化は太い線(S)で表はした(可聴波)の如き振動を受話器に與へる事となる併して吾人の耳は數十萬サイクルの様な高振動数を有するものは聴き得ないが、これが2~3萬サイクル以下になれば聴くことが出来る。又受話器や擴声器に高周波の交流を入れても働かないが、圖からも知れる様に振動数を減じ更に

整流されて直流の様になつて來るから始めて聴くことが可能となり結局電波の到來を感知する事が出来る。諸君自ら(S)なる曲線を吟味されたい。

④増幅作用 第30圖に於て入力と記す端子に受信機より電流が流れ來たと假定する。この電流は凸凹が著しい故(檢波されて來た電流と考へる)これがグリッドに加はるとグリッド電圧も當然激しく變化する。ところがグリッド電圧の變化はプレート電圧の變化に換算出来るが、前述した様にグリッドはプレートよりもフィラメントの近くにある故、グリッド電圧の僅かな變化はプレート電圧の變化に甚だしく大きく響いて來る。換言すればグリッド側に起つた小變化もプレート側に何十倍(中には數百倍)となつて現はれ所謂増幅作用が出来る。それ故、更に真空管を同じ様に増して行けば所謂二段三段増幅と云ふ塩梅に手軽に増幅作用が可能になる。

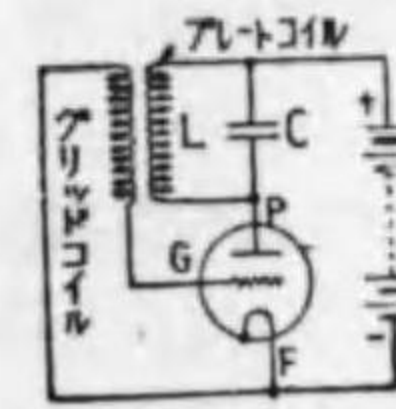


第 30 圖

この作用がラヂオだけでなく、前にも云つた様に新興科學利器には必ず應用されてゐるのである。

⑤發振作用 真空管に發振作用があればこそ、強力な電波を放送する事が出来るのである。諸君も既に知る様に放送用真空管は、

15kW に達する國産品もあり、その形状は實に吾人と等身大である茲に發振作用の根本を述べ簡單乍らラヂオ放送の原理を紹介するとしやう。今第31圖の如き結線に於てフィラメントに電流を通する

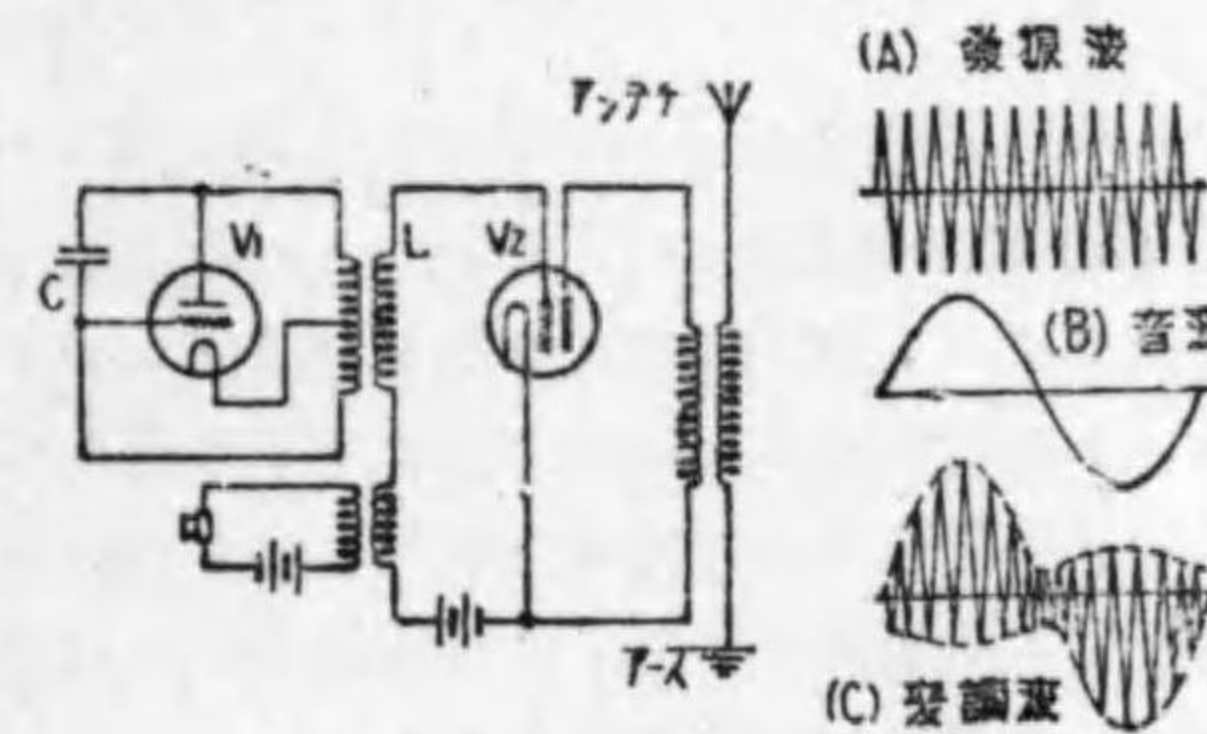


第 31 圖

るや否や、直ちにプレートに電流が流れプレートコイルにも之が通する。このプレート電流は近くにあるグリッドコイルに電圧を誘導する譯で、その爲グリッドが次第に+に荷電されるのでグリッド電流が次第に増して行く。グリッドが+になつた爲プレート電流は急激に減り遂に

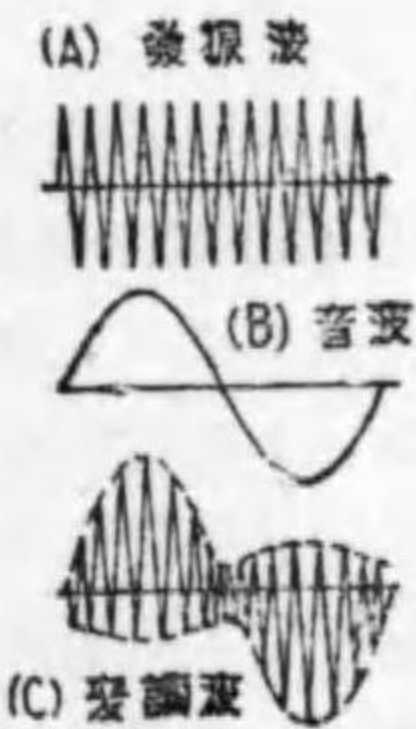
零となる。その時一方ではグリッド電流が最大となつてゐる。ところがグリッド電流の増大によつて逆にプレートコイルに電圧を生じプレート電圧が高まると共にグリッド電流は減じて行き、又前と同様にプレート電流は大きくなり、グリッド電流は零となる。つまりプレートが強くなればグリッドが弱り、これが交互に作用するので兩方の電流に變化を生じ所謂發振作用を營むのである。この時發振する周波数はプレートコイルの自己インダクタンス(L)とプレートコンデンサー(C)の値によつて定まる。

第32圖は無線電話つまりラヂオ放送の原理を示す略圖で今V₁は非減衰振動の發振器として使用される。このV₁のグリッド回路に振動電流が流れるとそのプレート電流は變化



第 32 圖

し、プレート電流の變化はLなる線輪を間接に通じV₂なるグリッド回路に振動(圖のA波)を與へる筈である。一方Tより音聲を送るとV₂のグリッド回路には先の非減衰振動波と音聲波の合成波が流れ、従つてV₂のプレート電流は之等の合成振動を發生することになり、音聲を乗せた電波即ち 振幅調波 がアンテナより放送され

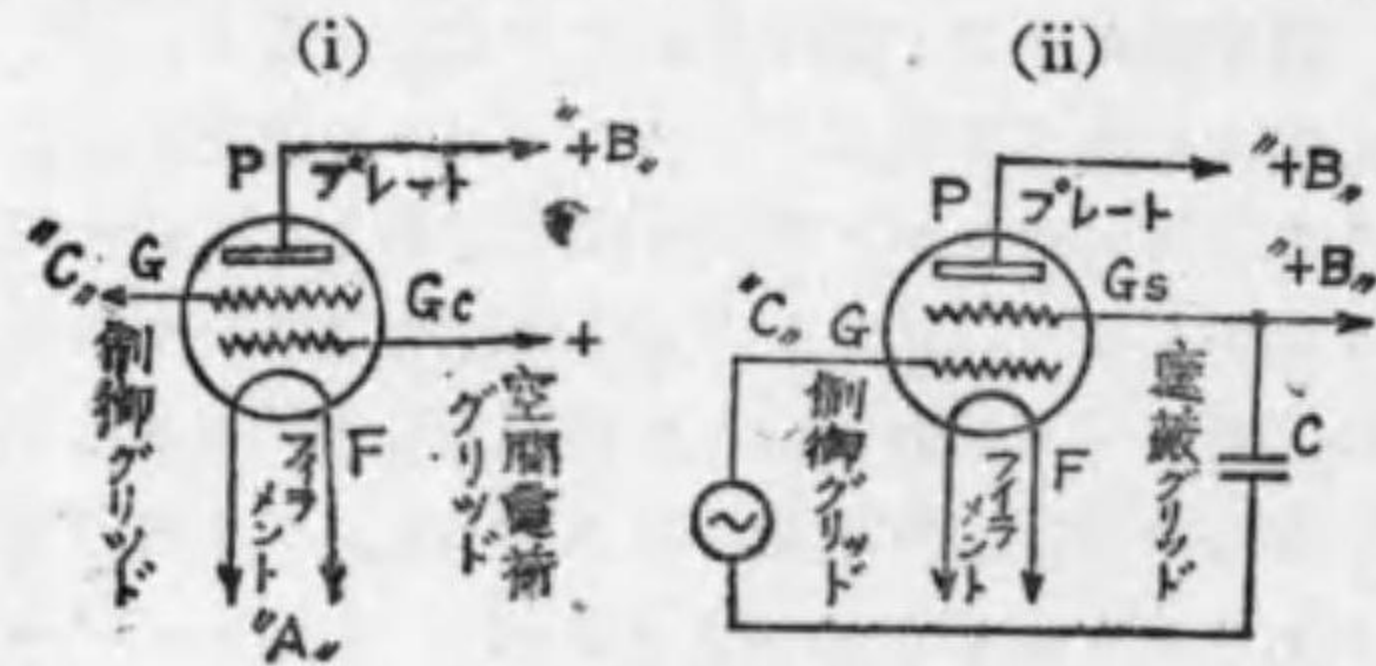


ることになる。

(註、我國のラヂオ放送は大正 14 年 2 月開始、本年は恰も 15 周年に當る。當時の聴取者數 2 萬餘に較べて現在は 450 萬に達してゐる。研學の士は技術講座「電鐵と電氣通信ラヂオ」を参照されたい。)

(41) 多極真空管

●四極真空管 三極真空管が權勢を擅ひまゝにしてゐる折四極真空管が市場に現はれた (1923 年頃) これは三極真空管に更に一箇のグリッドを入れたもので第 33 圖 (i) の様に内部グリッドに一定直流電壓を加へ置き、外部グリッドを三極管の場合のグリッドと同様に用ひるものがある。之は内側グリッドの正電位によつて空間荷電が打消されファイラメントよりの電子流



第 33 圖

が通り易くなる結果、三極管に比してプレート電壓は餘程低くてもよい。この型を Space charge grid 真空管と呼んでゐる。

又 (ii) 圖の様なのを Screen grid 真空管と呼び、外部グリッドはファイラメント及び制御グリッドをばプレートより靜電的に遮斷しプレート電流の減少を防いだもので、矢張り三極管としてのグリッドの働きを助けて其の特性を改善したものに外ならない。諸君も御承知と思ふが制御グリッドは普通真空管の頂部に小さい帽子をつけた様にして端子が引出されてゐる。

●五極真空管 これは遮りグリッド型の四極真空管に於て外側グリッドとプレートとの間に更に一つのグリッドを挿入したもので普通ペンタード (Pentode) 一ギリシヤ語から來た名稱一と呼ばれ、確かに真空管の歴史に特筆さるべきものである。彼の二次電子放出を助けうまく作用する如く考案されたもので小なる入力で、非常に大なる出力を出す許りでなく、能率及び増幅率に於て著しく優秀な

ものである。最近六極管とも云ふべきものが現はれてゐるが之は五極管と同じもので、只球内にて接続されある部内を、別々に二本の端子として引出したのに過ぎない。

●其他の真空管 茲では微に入り、範圍を擴げて説明する暇もないが、近頃 2 組の三極真空管を同一封内に納めた 双子三極管 (Duplex triode) や、檢波や出力制御を行はせる爲に二極管に増幅用の三極管又は五極管を一つに纏めた複二極三極管、複二極五極管さては超ヘテロダイン式受信に使用する Penta-grid tube それに二次電子作用を極力發揮する様に考へたダイナトロン管 (Dynatron-tube) 等もある。

尙、我國の岡部博士の創案になる、マグネトロン管 (Magnetron tube) は制御方法が根本的に違ふ真空管で、これ迄のものが總て靜電制御であるのに対し、専ら磁界制御によるものである。發信管として利用されるのみならず、將來は更に別方面にも應用の途があるであらうと思ふ。

(VII) 光電管の活躍

(42) 光電管の生立ち

真空管は吾人の耳に劃期的な近代文化の響きを傳へてくれた。更に光電管の發明はトーキー、寫眞電送、テレビジョン、光線電話などを生んで、此度は科學の粹を眼から注入してくれた。近き將來光電管の發達とテレビジョンの改良進歩とが相俟つてラヂオの如く一般家庭に普及されると共に、市中には映畫館より更に豪壯なテレビジョン館が各所に設立され、希望するところの世界の風物が次々に眼前に展開され、所謂座して世界の漫遊もあながち空想とも云へぬさて、光電管の偉力に驚異を覺へ、その恩恵に感謝すると共に一應彼の生立ちを尋ねて見やう。抑々光電効果は西曆 1887 年ヘルツが發見したもので、これを利用し最初の光電管を作つたのがエルスター、ゲイテルの兩氏で頃は 1912 年である。爾來幾多の人々の努力が實を結んで今日の如く投射光束 1 ルーメン當り 50~60 マイク

ロアンペア ($\frac{1}{1000000}$ アンペア) の光電流が得らるゝ様になつた。光電管こそ凡ゆる科學の尖端をゆく近代の寵兒である。

(43) 光電管の種類

前にも話した様に光電管は感光陰極と、それより放射される電子を收受する陽極の2つだけしか電極を持たないものであるが、その種類は仲々多い。

① 電極の配置から 陽極が球内の中央にあるもの、即ち中心陽極型、又これと反対に陰極が中心にある中心陰極型、更に陰陽兩極が平行に設けられたものなどがある。このうち中心陽極型が最も普通のもので陰極は硝子球内壁に感光物質を附着させたものである。トーカー用は大抵この型である。

② 陰極材料から 光電管の生命は感光陰極にあると云つても過言でない。即ち投射し来る光に對し出来るだけ多量の光電子を放射する陰極材料が欲しい。この材料としてはアルカリ金属が先づ第一で、その次はアルカリ土金属類と云へよう。陰極材料からその型式を分類すると

- | | |
|--------------|--------------|
| (a) セシウム光電管 | (b) カリウム光電管 |
| (c) ナトリウム光電管 | (d) ルビヂウム光電管 |
| (e) カドミウム光電管 | (f) バリウム光電管 |

等である。何と云つてもセシウム光電管は感光が赤外線にも及び一般用万能光電管で最も優れてゐる。カリウム光電管これに次ぎ視感曲線が肉眼に近いと云はれ、カドミウム光電管は紫外線だけに感ずる面白い性質を持つてゐる。

③ 封入ガスの有無 真空光電管は動作が確實で周波数によつても特性が變らず壽命も長い。尙増幅も無歪に出来る諸点でガス入のものに優つてゐるが感度に於て劣つてゐる。

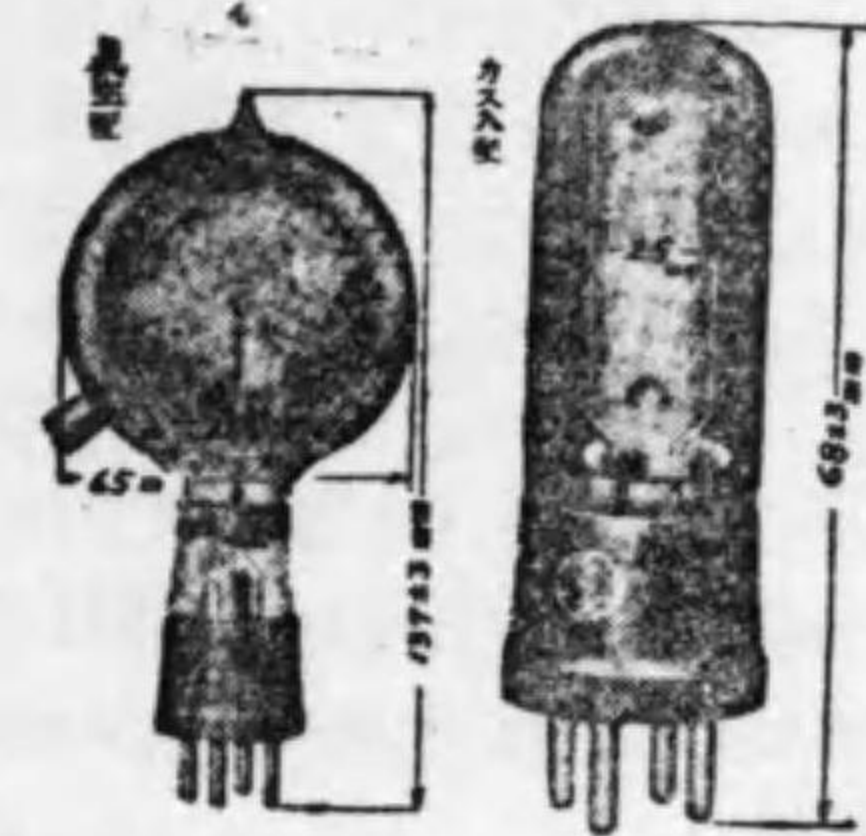
管内にガスを封入する所謂ガス入光電管は、ガスの増幅作用によつて感度がよくなる。封入ガスは感光陰極に化學作用を及ぼさない不活潑性のもので、電離電壓の成るだけ低く、さうして軽いものが

宜しい。之等の見地からアルゴンは量多く値段も廉いので最も適當と云へる。封入ガスの壓力は種々の實驗と理論とから 0.035 mmHg 位がよいとの事である。

第 34 圖は現に賣出されてゐる光電管の大きさの一例を示すものである。

(44) 光電流増幅と取扱上の注意

第 34 圖



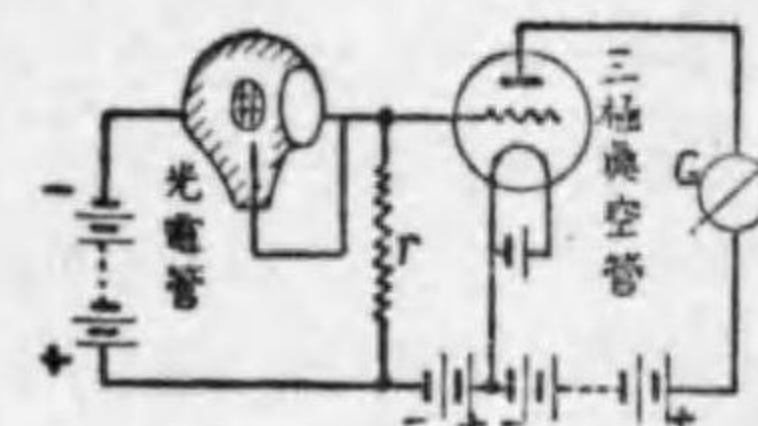
光電流はもともと微小なものであるからこれを増幅して利用する増幅作用の主役は彼の三極真空管である。第 35 圖は直流増幅の簡単な一例を示すもので、これは光電流が直流又は時間的に變化の遅い場合即ち光度照度の測定、太陽光度測定の様なものに適する方式である。今光電流が r なる高抵抗を通り r の兩端に電壓を発生す

れば三極真空管の作用によつて光電流は増幅され G (檢流計又は、ミリアンペアメーター) の指針をよく偏らす事が出来る。

次にトーカー、寫真電送、テレビジョン等の光電流は極めて廣範圍の周波数を有する交流であるから、これに使用する増幅器を交流増幅器と呼んでゐる。この種のも

のは入力と出力が比例する許りでなく周波数特性が良くなければならぬ。

さて、光電管の壽命は真空型に於ては殆ど無限と云つてもよいがガス入のセシウム光電管は 3000~5000 時間位と云はれる。實際問題として光電管の壽命を限るものは感光面に局部的に強烈な光を當てたり、高過ぎる電壓を加へるとか、或は周圍溫度を上げ過ぎるなどの過誤に基くことが殆どである。特にガス入光電管では上の過ち

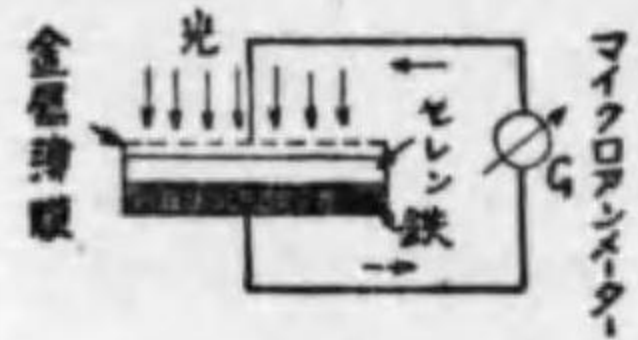


第 35 圖

があると光電子放射が大きくなり過ぎて暈光放電でも起したら全く台なしとなる。従つて回路には1万オーム以上の高抵抗を挿入して使用するがよい。

(45) 光電池

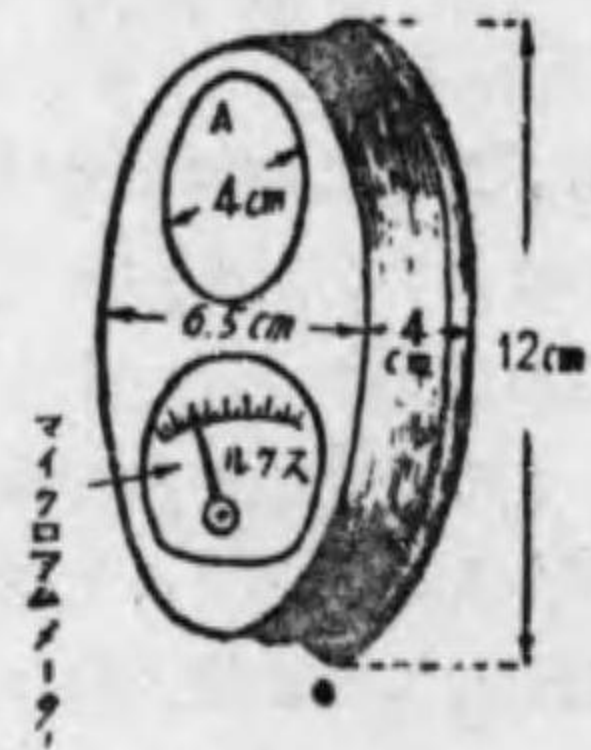
光の投射によつて物質中から電子が遊離され外界に飛び出す所謂外部光電効果を利用した光電管の他に光電池(photo electric cell)がある。これは内部光電効果に属する感光起電効果(photo-voltaic effect)を利用したもので、之に光を当てると其の両端に起電力を表はすものである。此の種のものに亜酸化銅^{アサニタツドウセキソウコウマンチ} 光電池とセレン光電池とがあるが後者が餘程優れてゐる。第36圖はセレン光電池の



第36圖

原理を示したもので、矢の方向から光が投射するとセレンと金属薄膜の界面で、その堰層を通して半導体結晶内から電子を送出させる。この現象は光電子放射効果の発見より溯ること約50年前の西暦1839年頃発見されてゐる

併して光電流は光の強さに大体比例するもので感度はセレン光電池で1ルーメンに付200マイクロアンペア程度である。この光電池の視感度曲線は肉眼と略一致してゐるので携帯用の軽便な照度計として廣く用ひられる。第37圖に於てAなる窓の照度を測定しやうとする方向に向ければマイクロアンメーターの指針は直ちに照度を示す。(0-500, 0-5000ルクス二重に使用)



第37圖

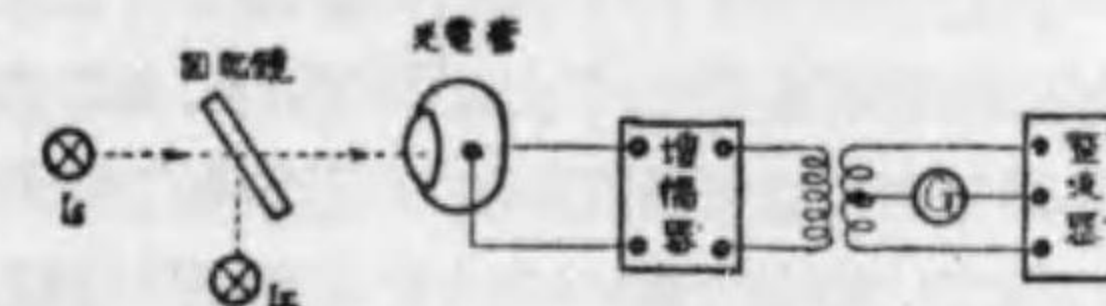
一般に光電池は光線を断続した場合の周波数特性が悪く遅れを伴ふので、周波数の高いテレビジョン寫真電送などには不都合である。又増幅を必要とする場合や正確を必要とする場合には不適當である。これの長所は電流感度がよく、光電流を得るのに外部電池を必要とせず、

且つ温度に左程影響されない諸点にある。それで前にも云つた様に照度計や光繼電器(photo-relay)を直接動作させるに適してゐる光繼電器は夜間街路の自動照明を行ふ装置で夜間になると光線が弱るので光電池の電流が減じ繼電器を動作させて自動的にスイッチを入れ電燈を点するので、又同様に室の電燈照明も制御し得る。其の他寫真撮影の露出計、反射並に透過率測定、計數装置などに應用されてゐるが、之等は光電管の用途ともよく似てゐるので次に面白く解説するとしやう。

(46) 測光への應用

光度や照度の大小強弱を測定することが測光で、従來は大抵肉眼を以て行はれてゐたが、肉眼は人により差違があるし、日により時刻により、さては同一人でも身体の状態で違つて來る。それ故此の光電管を利用するならば以上の心配も無くなり、測光が正確、且つ迅速に行ひ得るので暗室の如き不衛生な場所に長くゐる必要もなく又光度や照度を自記録することも出来るなど、幾多の長所がある。尙念頭に置いて貰ひたい事柄は、光電管の感度が我々の視感度曲線(吾人の肉眼は波長によつて感度が違ふ)に近いことが大切で、其の上増幅用として真空管の協力に俟たねばならぬことである。

測光方法には種々あるが光電管を使用すれば、如何に簡便であるかを納得して頂く一二の方法を紹介するとしやう。第38圖は標準



第38圖

光源(Is)と測定せんとする光源(Ix)からの光が回轉鏡の反射により光電管に交互に入射するこの光電流を真空管を用ひた増幅器に

より擴大し、それを整流して檢流計(G)に通すと、兩光源の明さが同等しくなつたとき檢流計の振れは零となり、若し差があれば左右何れかに振れる筈である。従つて適當な手段で容易に測光が出来る。又電球の平均球面光度や全光束を測定する所謂球形光度計の窓に光電管を装置して測光し得ることも諒解出来やう。

其の他十数年前より星の光度測定にも應用され 12 等星位迄の星の精確な測光が可能となり、従來の方法では発見されなかつた短時間に變光する星、それに新星の発見が幾多なされたのである。又反射計に應用されたり、液体の濃度や濁度の比較測定などにも應用されてゐる。

(47) 光電繼電器

コウデンケイデンキ フォト リレー
光電繼電器 (Photo relay) は光電管に入射する光束の變化により繼電器を動作させ、更に繼電器に接続されてゐる電気回路を動作させるもので、其の種類應用は極めて廣範圍に及んでゐる。又近代の大工場組織に於て生産能率をあげる目的で光電繼電器が次第に用ひられる傾向にある。

① 自動扉開閉装置



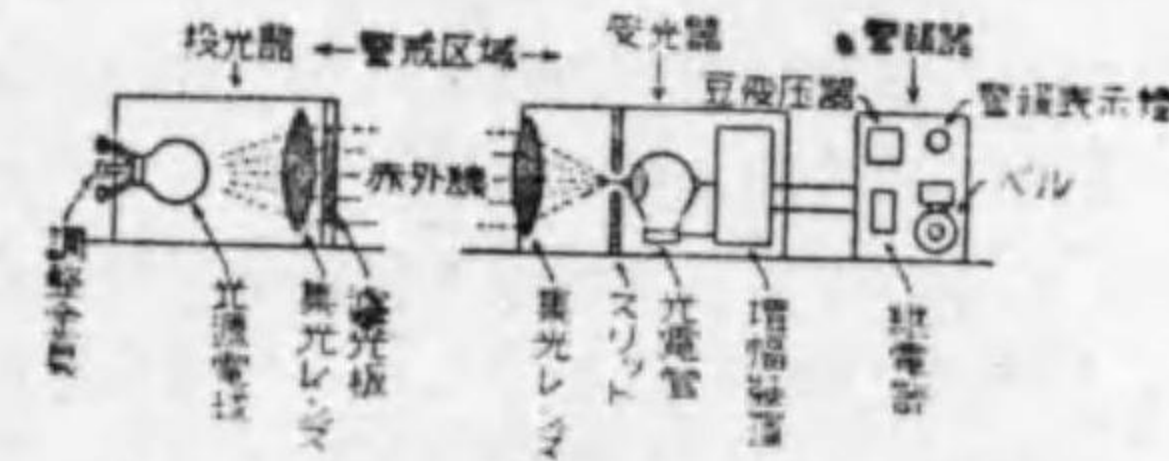
第 39 圖

第 39 圖は其の一例で A は投光器、B は受光繼電器で何れも 100V 電燈回路より制御され、消費電力は 25W 程度である。今 A より出る光線を人が遮ると B の繼電器が働き自動的に扉を開けるのであるが、人の往復並に時間など實際に應じもつと巧妙に動作する様になつてゐる。扉開閉の動力は電動機或は壓搾空氣を使用する。

② 自動計數装置 前の装置に似たもので鐵道の改札口等に設け乗客或は降客が通過する毎に繼電器を動作させ、自動的に其の數を記録するが如きもので、米國などでは橋上通過の自動車數を記録したりしてゐる。又新聞社に於ては紙數を數へたり、工場等で製品を數へたりする方面に活用されんとしてゐる。

③ 自動競技時間記録装置 競走路の決勝線に光源と光電繼電器を設けたもので、競走開始と同時に秒時計を起動させ、第一着がゴールインして光線を遮断すると光電繼電器が働き、それと同時に秒時計を停止して正確な時間を記録し、又同時に寫眞機のシャッターを働かす様に装置すれば判定をも確實になすことが出来る。

④ 自動警報装置 これは肉眼に感じないところの赤外線と光電管を利用したもので、警戒すべき家屋又は地城を投光器から射出される赤外線で圍繞し、これを遮るものがあつた場合警報を發するものである。警戒線が赤外線なる故他の障害となる事なく、又他人



第 40 圖

に氣付かれない長所を有する。銀行や倉庫等に用ひられるのみならず、精神病院や傳染病院の患者又は刑務所の囚人の逃避を防ぐ様な手段にも効果的である。第 40 圖はマツダ式のオートラム装置の原理を示すものである。又門柱或は玄関脇の植込中に設備すれば、自動車でも來訪者でも此家を通過すると直ちに家人に通じるから色々便利である。これに要する費用は少額で事足りる。

⑤ 自動点燈器 自動的に電燈を点滅するに從來は時計仕掛のスイッチで定刻に行つてゐたのであるが、光電管をこれに利用すれば天候の明暗に應じて自動的制御をなし得る。特に街路照明、鐵道や電車線路の沿線照明、投光照明や電気サイン或は屋内の点燈制御などに極めて便利である。單に電力經濟の問題だけでなく、眼の健康や災害防止、能率増進等の見地から眺めても大いに價值がある。

⑥ 自動檢煙装置 工業地、都會地の上空に放散される煤煙は保健上有害なことは勿論、都市美を損する事が甚しい。又煙突から黒煙が出る事は不完全ガスの多い證據で燃料の損失を意味してゐるそれで煙道内に相對して投光器及び受光器 (光電管が入つてゐる) を挿入すると受光器への入射光束は煙道を通過する煙の濃淡に反比例するので、或る濃度以上になれば警報を發生せしむる様装置する。又自動的に燃料を加減したり、補給空氣量を調節して完全燃焼を行はしめる事も可能である。

以上は數例を挙げたに止るが、其の他機械の自動制御、自動秤量

器さてはビスケットの焼き加減に至るまで、光電管電器は應用されてゐる。更に之の應用は夫々の場合に應じ、研究考慮をなすならば洵に萬能と云つても過言でなからう。

(48) 發聲映畫 (トーキー)

如何なる劍豪の大立廻りも、紅涙を絞らしむ悲劇映画も所謂“活辯”の聲に餘程左右されてゐたあの無聲映畫時代は早や昔の物語りに過ぎず、社會教化の一翼として貢獻し來つた映画は殆どトーキーに置換へらるゝに至つたが、これとても光電管あつての成果である

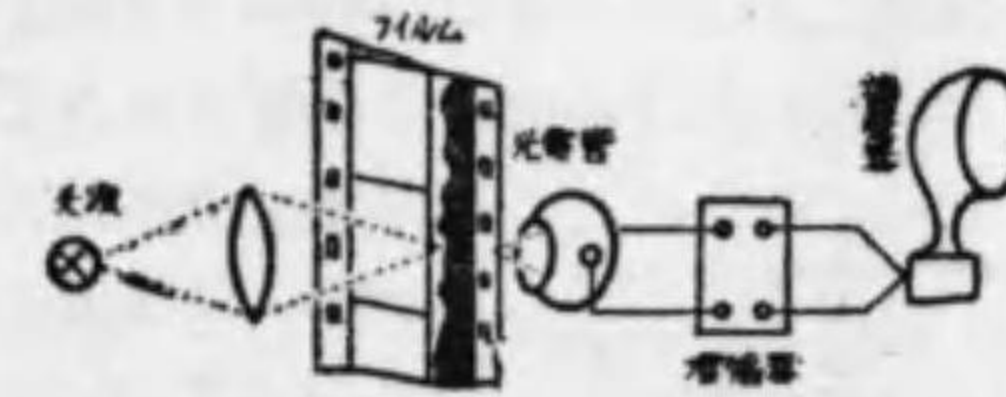
トーキーは云ふ迄もなく映畫を實感に近からしむ様考案されたもので、1926年8月、紐育のワーナー劇場で「ドン・ファン」が上映されたのが最初である。これが普通の活動寫真と異なる点は録音装置と音聲再現装置を有するだけである。

録音方式には次の三通がある。

- ① 電磁的方式 (鋼線に磁氣的に記録するもの)
- ② 電氣機械的方式
(蓄音機レコードと同様に圓板上に記録するディスク式)
- ③ 電氣光學的方式
(フィルム上に寫真として記録するフィルム式で横波式と縦波式(濃淡式)がある)

現在使用されてゐるのは電氣光學的方式だけで、第41圖は縦波式及び横波式のフィルムに録音される模様を示す。録音装置は光源の制御法により數種あるが、振動鏡式即ち電磁型オシログラフの様な原理によるもの、又ケル・セル(誘電体に強い磁場を加へると誘電体を通過する光線に複屈折を起すもので、所謂ケル効果を利用したもの)に音聲電壓を加へ偏向光線によつてフィルム上に達する光束を増減し録音する方法等がある。前者は横波式で、後者は縦波式録音であるさてトーキーの録音を再現するには光電管(多くはセレニウム光電管)を用ひ、光源(6-12Vで30Wの白熱電球)からの光線をフィルムの録音部に通過せしめる。(第42圖参照)さうすると透過光線の強弱に應じ光電流が變化するので増幅器でこれを擴大し、擴聲器に供給して音聲を再現してゐる。

再現装置は録音法の如何に關せず同一のものが使用されてゐる。



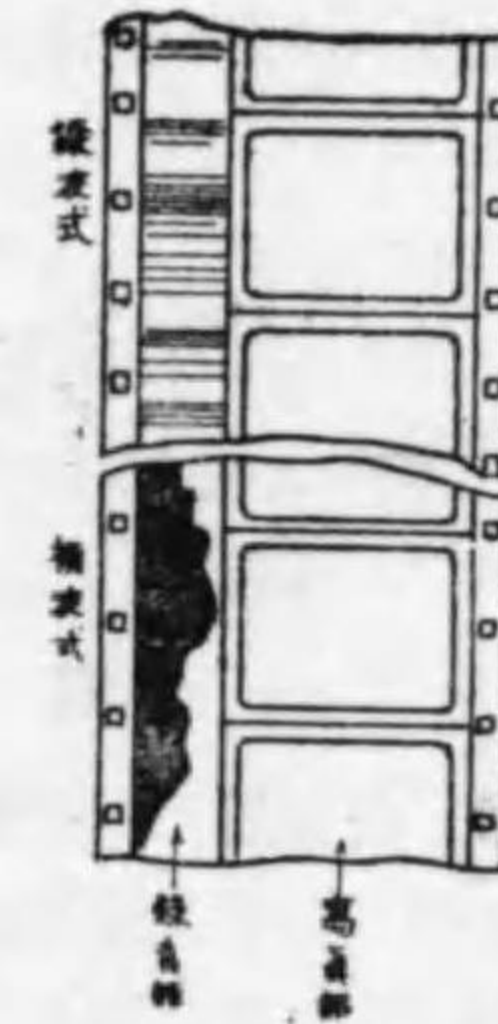
第42圖

(49) 寫真電送

書畫や寫真を遠隔の地に電氣を仲介として送受することを、寫真電送と呼んでゐる。この嚆矢は1842年英國の一時計師ペインが試作したものであるが1906年コルンがセレニウム・セルを改良して稍々進歩したものを作つた。然し乍ら實用に供せらるゝに至つたのは光電管が發明された以後のことで1925年、米國に於て光電管利用の方式が生れ劃期的な躍進を遂げたのである。近時軍部、新聞社、警察等の如く迅速な報道を要する方面に重要視され我國逕信省に於ても二三年前より書狀、手形などの電送を取扱つてゐる。更に輕便な携帯用のもの迄出現し、本邦に於て完成せるN.E式は國內のみならず國際間にも大いなる偉力を發揮し、數年前の伯林に於ける萬國オリンピックの寫真電送に名聲を博し、日下歐洲動亂の生々しい寫真をニユースと共に、新聞紙上に呈見せしむる様な時代となつた。

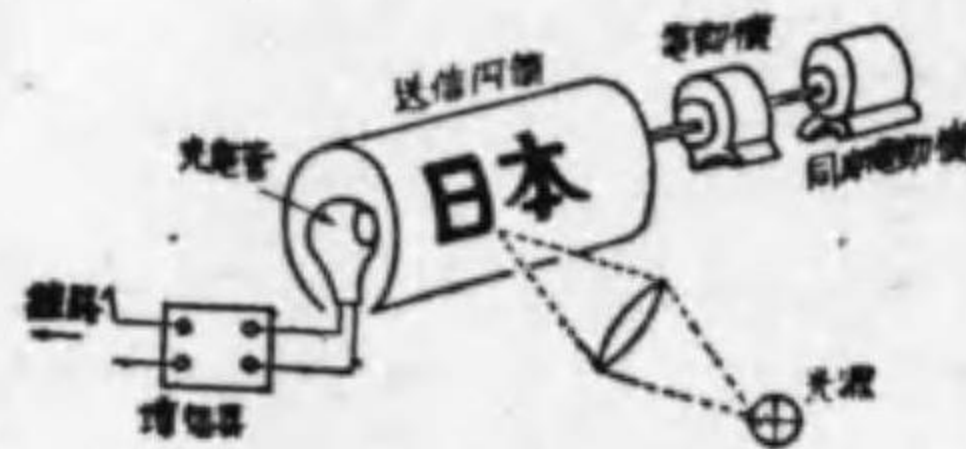
さて、寫真電送には有線式及び無線式の二つがあるが、要部は次の三つから成つてゐる。

- ① 送信部 送るべき書畫を多數の点即ち畫点に分割し、各畫点の濃淡明暗に従ひ、これに相應する強弱の電流を發生せしめ且つ送り出す必要がある。斯様に送るべき書畫を多數の畫点に分解し送信に都合よい様に配列することを走査と呼んでゐる。



第41圖

現在多く使用される方式は送信しやうとする書畫を送信圓筒に巻付け、送信圓筒を螺旋狀に回轉させる式である。(圓筒は回轉だけで光源を軸方向に移動してもよい) 普通この走査線間の距離は 0.2mm 位で丁度 1cm² の畫像は 2500 点の細い部分に分けて送信される勘定



第 43 圖

になる。畫点の数の多い程、精密度の高い受信寫眞が出来る譯である。それで書畫面の大小により送受信に若干の時間がかかる譯である。

● 受信部 受信所に到来した寫眞電流は之を一先づ光束の大小に變じた後、寫眞感光紙に感ぜしめ現像するものである。依つて受信電流を光の強弱に變化轉換するには直接光源の光度を變化せしめる直接制御法と、光源の光度は一定にしおき、受信印畫紙に到達する光束の量を加減する間接制御法とがある。前者には電流の變化に殆ど比例して光度が變ずる。ネオン・ランプが使用される位で後者に屬するものには、オツシログラフの振動子又は單線檢流計を用ひて光の遮蔽の度を變じて、感光紙に投ずる光量を變化するもの或はケル・セル等を利用し、受信電壓の變化により感光紙に投ずる光量を變化せしむるものなどがある。

(輕便寫眞電送に於ては電氣化學的に受信畫像を得るものもある)

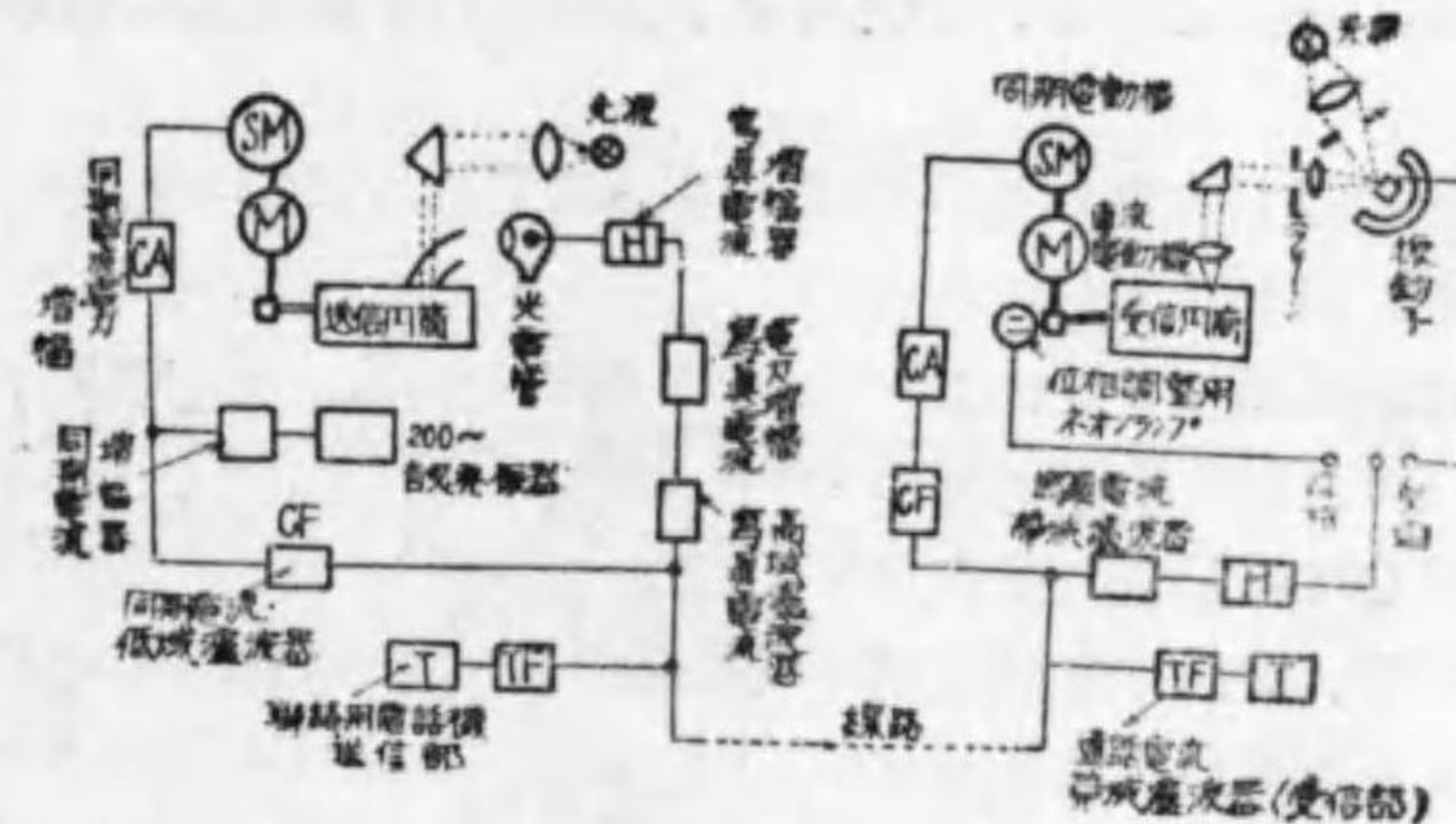
● 同期装置 受信畫を原畫と一致せしめる爲には原畫の各畫点到に相當する位置に之と同様の明暗の点を、受信感光紙上に再現せしめなければならぬ。それには送受兩方の圓筒速度が全く同じで且つ位相も合致しなければならぬ。斯様な目的に同期装置が設けられ萬一同期装置が不完全であると受信畫像は歪むか、或は全く崩れてしまふ。同期方法にも數種あるが同期電動機が負荷の如何に拘らず同期運轉をなす特徴を利用した並列同期法がある。一般に受信圓筒は直流或は交流電動機で回轉せられ、この駆動用電動機に同期電動機が直結され、主電動機が同期速度以上にならうとすると同期電動

機はブレーキの役目をし、主電動機を速度を低下する様にする。又これと反對に主電動機が同期速度より遅れやうとすると同期電動機は電動機的作用をなして速度を早める様に働き、絶へず同期速度に保たれる。さうして圓板回轉用の動力は驅動用の電動機から供給されるので同期電動機はたゞ速度の調整だけを行へばよい故極く小型で結構である。其の他獨立同期法と云ひ、送受信で別個の同一周波数の電源を起し圓筒を同期運轉する方法で、同期電流發生のための定周波發振器さへ兩所とも同一型であればよい。この定周波發振器としては音叉或は水晶發振器が使用される。尙位相を調整するには圓筒に巻く原畫の繼目を利用し調節を行ふ方法等がある。

さて本邦に於ては昭和 3 年以來實用されてゐるが、其の方式は

- ① シーメンス・カROLS式
- ② N. E 式

の二つである。N.E 式は本邦に於て完成せられた極めて優秀なもので大体の結線圖は第 44 圖に示すから序いでに寫眞電送の要部を一通り諒解して欲しい。



第 44 圖

この N. E 式では増幅された寫眞電流は同期電流 (200 サイクル) と重疊して送り出され、走査密度は幅 1 cm 毎に 50 本であるから 21×18 cm² の標準畫は僅か 5.5 分で送信される。無線式電送となつても有線式と殆ど變らず、只同期方式が違ふ位なものである。

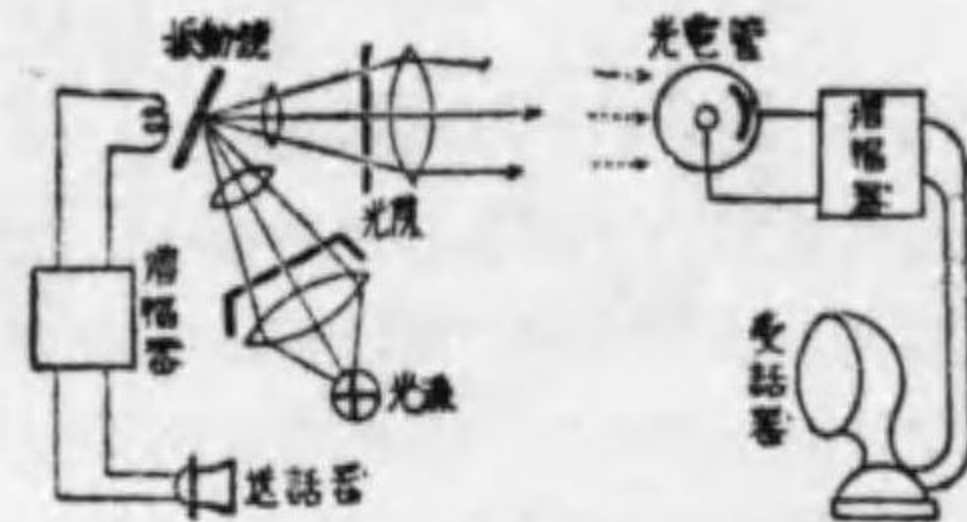
(50) 光通信

これは光線電話とも云ふべきもので、光線を傳播の仲介物として通信をなすもので、彼の有名なマックスウェルの「光の電磁波説」以來研究せられ來つたのである。然し之が實用的となつたのは矢張り光電管の發明以後のことである。我國に於ても東京帝大式、東北帝大式、それに日本電氣式等があり、大阪帝大に於ても強力な高壓水銀燈を光源に使用して大阪、奈良の中間にある生駒山上と大阪間に於て其の實驗に成功を収めたことは未だ耳新しいことである。

さて、光通信は光を用ひるので理論的可視距離以上は通信不可能であるから、100km 以内に限れるが、實用通達距離は 30km 迄であらう。それに特性上、天候や空中状態により通信距離や雑音の混入度も異なる欠点がある。若し電波による通信法であれば、傍聴されたり同じ波長の電波に依つて通信を邪魔される虞がないとも限らないが、光通信は光の直進性のため通信の秘密が確保され、又自由に相手を選択通信する事が出来る。更に赤外線とか紫外線の如く吾人の眼に感じないものを使用すると理想的な秘密通信が可能である。

第 45 圖は日本電氣式の動作原理を示すもので、今光源からの光は振動鏡に投射するが、この振動鏡は送話器の電流により制御される。即ち送話電流の強弱に応じて振動鏡の振れが異なるので、此處で光が所謂變調され送り出される譯である。一方受話側では送り來つた光を光電管に受け、更に増幅して受話器に原音を再生せしめるものである。

光通信に用ひる光源としては、光度が高く且つ一定の光度を保持する事が必要で、①弧光燈（炭素、タンゲステン、或は水銀弧光燈）②白熱電燈が實用され、特殊なものとして、③グリムランプ、④放電火



第 45 圖

花が利用される。又弧光燈や白熱燈は一種類の光線を出してゐるものでないから通信に當つては豫め通信に使用する波長の光線だけを選出して使用する必要上濾光器が併用される。尙傳達用の光の強さを音聲波の波形に応じて變化させることを變調と稱し、直接に光源の光の強さを變化させる直接變調と、光源からは一定の光を出し置き光が送信所から出て行く途中で光線の量を音聲波に応じて増減する間接變調とがある。さうして増幅器としては一般に 3~4 段の可聴周波増幅が採用されてゐる。

(51) 二次電子増幅管

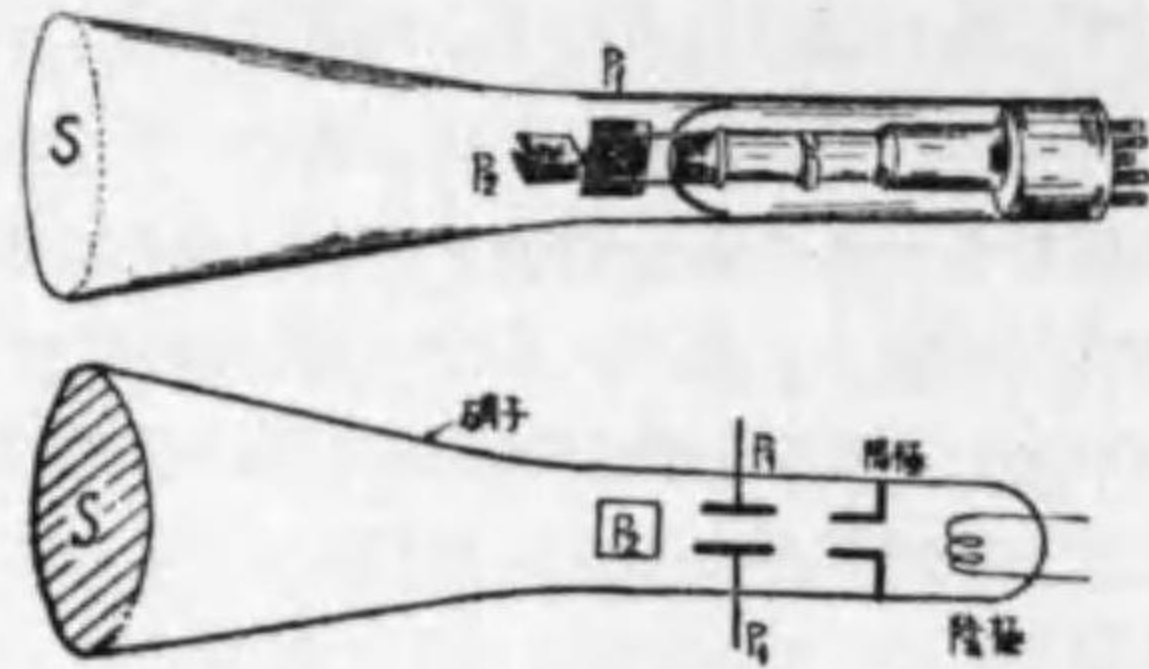
普通の光電管はその増幅装置として真空管などを別に併用しなければならぬが、この二次電子増幅管は一つの硝子管内に光電子放出面、加速電極、集電極及び二次電子放出面を藏め、これに電界や磁界を與へて光電流を増幅するもので形状は細長い管球となつてゐる。これが第一の應用は光電子増幅管として使用すること、之を用ひることに依つてトーキー、寫真電送其の他各種の光電機電装置の構造を簡易化し其の機能を高めることが出来る。

(IX) ブラウン管と其の應用

(52) ブラウン管

電子の發見のところで述べた如く電子の流れと考ふべき陰極線に電界や磁界を作用せしめると、この陰極線は至極輕快に振れるものである。又陰極線が螢光物質（珪酸亜鉛、硫化亜鉛、タンゲステン酸カルシウム）に當ると螢光を發したり、或は寫真作用を現はすものである。茲に云ふブラウン管は上記の兩性質を組合せ、吾人の眼に直接見る事の出来ない電壓や電流の變化を螢光板上の輝点の位置の變化に換へて眼前に表現し得る様に仕掛けたものである。これが嚆矢は 1897 年（西曆）で、其の名の示す如くブラウン氏の考案になるものである。近頃のブラウン管は改良進歩され、光点も明るく、形状は小さく取扱ひも至極簡單となつてゐる。

第46圖は一種のブラウン管の構造を示すもので、大型に属する



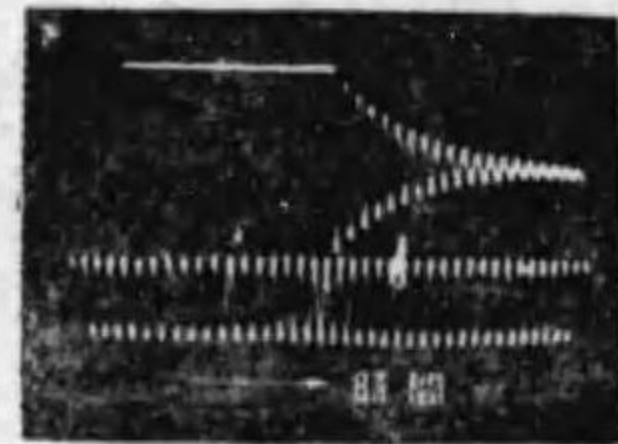
第46圖

ものと雖も管の長さは50cm、最大直径は14cm程度である。真空型とヘリウムとかアルゴンを極く僅か封入したガス入型の二種がある。

(53) 陰極線オツシログラフ

電燈や電力用電源は我國では50又は60サイクルの交流であつて、其の波形は正弦波サインウエーブ (sine wave) である事は御存知であらう。又電波がどの様な波形をしてゐるとか、吾人の肉聲は一体どんな振動波形をなすものであらうとか(この場合は音聲波を電氣波形に変へる)或は豪壯な雷現象を調べる様な場合、即ち極く短時間内の現象を測る爲に用ひられるものがオツシログラフ (oscillograph) である。之にも種々の型式があるが、数千サイクル以上の高周波の電氣現象となればどうしてもブラウン管を使用した所謂陰極線オツシログラフを用ひなければならぬ。

さて、陰極線の進路に直角に電界或は磁界を加へると其の強さに比例して進路が曲るもので、今第46圖の P_1 , P_2 なる極板に測定しやうとする交番電圧を加へると陰極線は上下して螢光膜 S 上に直線を描く筈である。次に陰極線及び P_1 の両者に直角な極板 P_2 , P_3 に時間と共に變化する電圧を加へると陰極線の通路は立体的に振動して S 上に波形を描く。第47圖の上段は放電現象の波形で、下段は1000サイクルの基準波である。1000サイクル交流の1サイクルに要する時間は、0.001秒であるからこれを基準として複雑怪奇な現象が何千分の一秒或は何



第47圖

万分の一秒續くかさへも調べる事が出来る重寶なものである。

この陰極線オツシログラフの御蔭で雷の現象や想像も及ばぬ様な複雑な現象も次第に究明された許りでなく、彈丸の飛來時間や大砲魚雷等に於ける火藥その他爆發物の研究、さては我々の神経を消耗攪亂する噪音や機械的振動の研究など廣汎な用途を有する一大利器で茲にも電子の活躍が窺れる。勿論熱電子真空管の協力に俟つことが大である。

(54) テレビジョン

光が直進する性質を吾人はどうすることも出来ないで、襖一枚隔てた隣室の情景さへ見へないものと諦めて來たのであるが、電信や電話により地球上如何なる遠距離間でも通信が可能な事實に基き遠隔の地の景況を直ちに見る事も電氣を應用すれば何とか實現出来るものと思へ附くのも當然の話である。これが爲には光と電氣との變換が自由に出来ればよいのであつて、この目的に沿ふものとして光電管があり、これの一大協力者として真空管が、更にもう一つの援助者としてブラウン管があり、之等の三者が銘々の機能を發揮合し、今日の電視即ちテレビジョン (Television) が漸く實用化される域に達したのである。

云ふ迄もなくテレビジョンは直接見透の利かない實景を電氣的連絡に依て眼前に速刻寫し出し得るもので、寫真電送の送信割合が非常に早くなつたものと思へても差支へなからう。それ故テレビジョンは寫真電送の進歩と相關聯して發達し來つたもので、1906年最初の實驗が行はれ、1927年には米國の Bell Telephone 会社に於て劃期的優秀なものが生れたのである。我國のテレビジョン發達史も世界に誇り得るもので、西曆1923年(昭和3年)濱松高工式、1930年には早稻田大學式、1932年には逓信省式が相序いで實驗され、最近では東京芝浦電氣會社に於ても研究中と聽いてゐる。更に日本放送協會の手により近くテレビジョンの實際放送が開始される筈である。勿論外國に於ては既に放送されつゝあるが、電波の關係上餘り遠く(20km位)隔てると受影がうまく出来ない欠点がある。何と云つても

テレビジョンは未完成の科学と稱してもよからう。

現在行はれてゐるテレビジョンは次の如き部分から成つてゐる。

① 走査装置 先づ實景なり其の他送影目的物の光學的實像を細かく多数の小面積に區分する。走査の際區分する小面積の数が多ければ多い程鮮明度を増すもので進歩せるものになると 10,000 以上の素点数になつてゐる。

② 光電變換装置 送るべき映像の各点の明暗の階調を電氣の強弱の變化に轉換する装置である。この電流は必要に應じ増幅し、電波を介して受影個所に送られる。

③ 電光變換装置 送像所から送られ來つた電氣の變化を再び光の變化に換へ眼に見へる様にする装置である。

(X) 弧光放電管の強電方面への進出

(55) 強電方面へも電子工学の進出

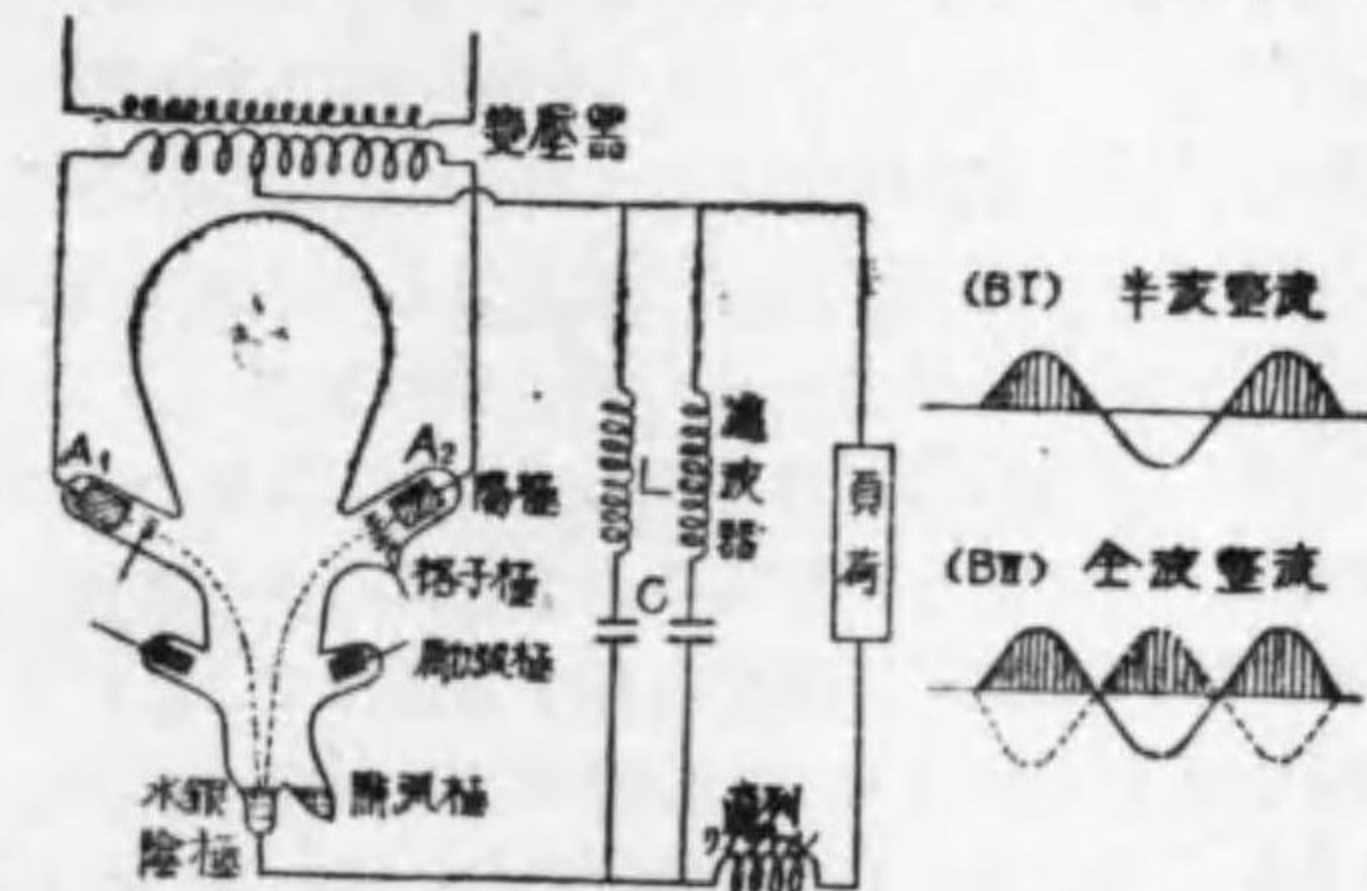
電子の活動を利用したものと云へば直ちにラヂオ用小型真空管や光電管が念頭に浮び、これに流れる電流も僅々マイクロ或はミリアンペアの單位を以て呼ばれるので、電子工学を應用したものは總て弱電装置と思ひ込む通癖がある。けれども数千 kW の電力を吞吐し數萬アンペアを通じ得る彼の大型鐵槽水銀整流器も、其の内容は等しく真空中に於ける電子傳導を主体としたものに過ぎない。斯様に電子の活動を利用した大機器が電磁氣學に根據を置く發電機や、電動機回轉變流機や變壓器等の中に浸々と其の勢力を延ばし行くを眺めるとき、電氣機器發達の將來に限りなき興味を覺へる。電子工学があらゆる強電工学の各部門に進出してゐる模様を簡単に紹介し以てこれからの電氣技術者が電子工学の發達とその應用に就て大きな關心を持たねばならぬことを強調したい。

(56) 硝子製水銀整流器

水銀整流器は今迄に述べたケノトロン管やタンガー管の様に交流を直流に變換する目的に使用されるもので、第 50 圖は硝子製水銀

整流器の動作原理並に接続を示したものである。先づ主体となる硝子管は蝟入道の如き形をそなへ、管内は高度の眞空にされる。蝟の脚にも相當する個所には陽極、陽弧極、点弧極等をつけ且つ最下部に水銀陰極を有してゐる。

今硝子管を把手或は何かの方法で傾斜せしめると、水銀陰極と点弧極(適當な電源に結ばれる)に火花を發し、水銀面上に青白い光を放つ。これを陰極点(電流密度は $4000\text{A}/\text{cm}^2$)と云ふが此處から盛に電子を放射し、且つ水銀



第 50 圖

を蒸發せしめる。この電子は電界の方向に従つて陽極の方へ高速度で動く。この電子の速度が大になると中性の水銀原子に衝突し之を電離させる。斯様にして新しく出來た電子も前の電子と共に陽極に向ひ、陽イオンは陰極へと引かれる譯である。陽イオンは電子に較べて 37 萬倍も重さがあるので速度は遅く、全電流の 9 割迄は電子が運ぶことになる。水銀整流器が動作してゐるとき、水銀面の所謂陰極点がダンスをしてゐる様に見へるのは、陽イオンが陰極に衝突(その速さは遅いと云つても $200\text{m}/\text{秒}$)する際、陽イオンの運動エネルギーが熱となつて陰極の一点を熱する。然も陽イオンは陰極よりの電子流に衝突せられ仕方なしに進路を變へるので陰極点は忙しさにその位置を轉々とし恰も水銀面で踊つてゐる様に見へるのである

御承知の如く電子は陰極のみより飛出すのであるから、若し電極が陰陽だけであると第 50 圖 (BI) の如く交流の半波だけしか整流されない筈である。それ故圖の様に陽極を 2 個とし結線すると整流波は (BII) の様になり全波整流(直流に變つたもの)が出来る。3 相

ならば陽極は3個、6相ならば6個と云ふ具合にして變器二次側の中性点から負荷を通じて陰極へ結ばれる様にすればよい。

さて、水銀を陰極とする水銀弧光を持続する爲には放電々流自身が陰極点を作つて電子と水銀蒸氣とを供給しなければならない。若し直流側が開放されて無負荷になると弧光電流は断れて陰極点は直ちに消滅してしまふ。それで次に働かさうと思へば再び陰極点を作つてやらなければならない。斯様なことは實際上困るので勵弧極を設けて負荷の如何に拘らず、小さい乍らも陰極点を保持する構造となつてゐる。又硝子管は一度蒸發した水銀を冷却して元に還すために蝟の頭の様を作り、その表面積に整流1Aにつき0.5~3cm²位になつてゐる陽極は殆ど黒鉛であり、電極の封入導線はモリブデンやタンゲステンが使用される。圖の格子電極は從來困難視されてゐた電圧や電流の調整用に供する電極で、之の効果や作用は省略するが、これがある爲に水銀整流器が一段と進歩したと云つてもよいそれから整流された直流側の電壓(電流)は脈を打つてゐて正しい直流とは大分懸け離れてゐる。この脈動する整流電流は既に知られる様に夫々周波数の違ふ種々の正弦波に分析される筈で、その中高周波のものが偶々附近の通信線などに誘導妨害を與へる。この邪魔になる高周波電流を濾波器に通じて吸収してしまひ、且つ直列リアクトルを通過する事により脈動を更に抑へようとするのである。以上述べた要部や動作法は次に述べる鐵槽型水銀整流器にも同様に當るものである。

さて、現在の硝子製整流器が生れたのは西曆1905年頃で、彼の有名なスタインメツ博士も研究改良に盡力したのである。今まで硝子製のものと云へば、大きくても蓄電池の充電用、或は映寫用直流電源など小容量のものに限られてゐたのであるが、現在では電壓10,000V、電流500Aに達するものさへ出現してゐる。我國の例をとつても昭和11年始めて江之島電鐵に600V、180kWのものが電鐵用の直流電源として設置され、それ以來十數個所に採用されて居り、大阪鐵道にて最近運轉開始したものは1500V、1000kW(250kW×4)の大容量のものである。電鐵變電所の回轉變流機に代るもの

は鐵槽型水銀整流器と思ひ込んでゐたの何時とはなしに大型の硝子製のものが進出して來たのである。

最後に硝子製水銀整流器の長所を列挙すると①寿命が長く10,000時間は大丈夫である。②他の整流機器に較べて能率がよく、特に低負荷でも良好である。③取扱ひや監視が楽である、即ち内部が透視し得るし、真空度や冷却水の調節監視が不日である。④輕量で附屬品も少いので据付や移動に輕便である。⑤動作が靜かで、格子制御法によつて自由に電壓や電流を調整し得る。⑥整流器に於て陽極から陰極に向つて弧光を發生する事を逆弧と云ふが、この心配もないので整流作用も確かである。まして時局柄鐵や銅の不足を來せる折硝子製水銀整流器は國策に合致する電氣機器と云へよう。

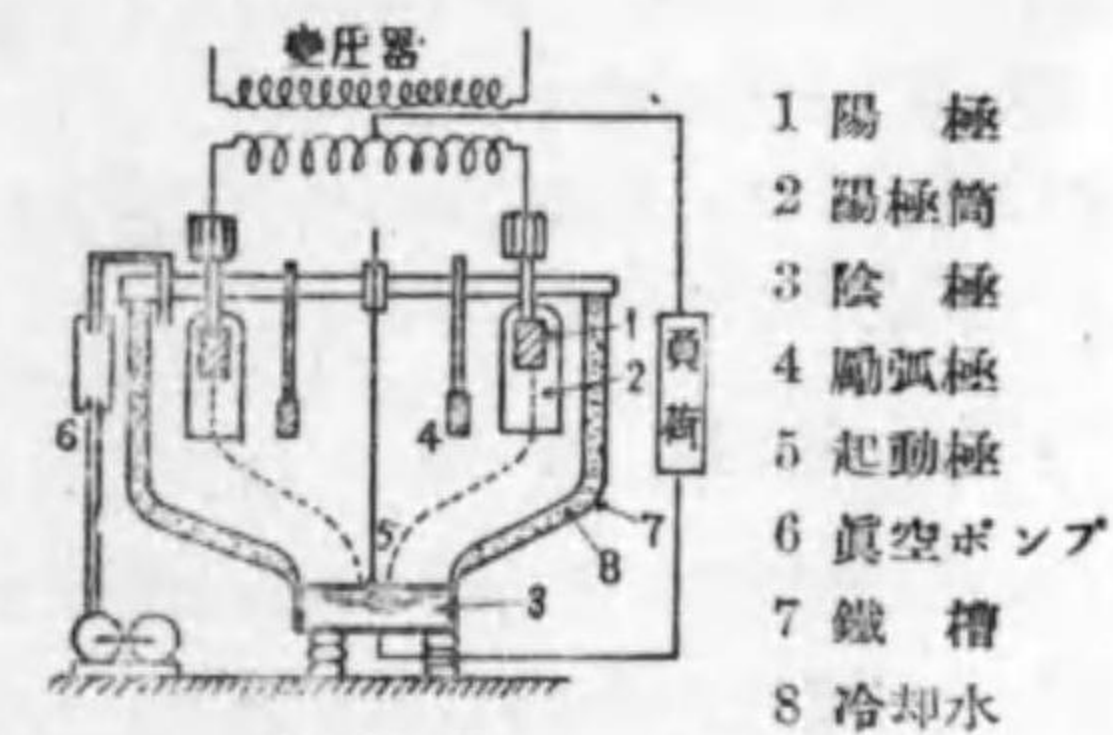
(57) 鐵槽型水銀整流器

硝子製水銀整流器では電流容量が500A以上にもなると強度や冷却、壽命などの点で具合悪くなるので鐵槽型のものが用ひられる。

整流器としての諸要素即ち陽極、陰極、勵弧極、点弧極(起動極)それに水銀蒸氣凝結室を備へてゐることは前と少しも變りはない。

第51圖でも知る様に器内を高い真空度(どんな場合でも0.01mmHg以下)

を保つ爲に真空ポンプ(水銀蒸氣ポンプと回轉油ポンプを併用)が必要であり、又水銀蒸氣凝結用として鐵槽部に冷却水を循環せしめる必要がある。陽極は主として黒鉛(鐵もある)を使用されるが電子の投射を受けて陽極は600°C即ち薄赤くなる程度に溫度が昇るので、鐵槽を出た上部に放熱器を取付け、又水をも流通せしめて冷やす様にしてゐる。尙陽極に必要な陽極筒がある。硝子製の場合陽極はうまく曲つた管脚の中に入るので好都合なるも、鐵製では斯様に



第51圖

ゆかないので陽極を取圍いて鐵製筒管を配し、水銀蒸流と弧光通路を別けて整流がうまくゆく様に工夫してゐる。又鐵槽には直流電壓が直接かゝつて來るので床面と鐵槽間は母子で以て絶縁し、取扱上危険のない様に留意しなければならぬ。其の他逆弧に對する保護や電壓電流の調整などの目的で、矢張り格子極を附する方が今日一般型となりつゝあり、濾波器など設けるのも前と同じである。

この鐵槽水銀整流器は電鐵用電源として發達し來り、我國最初のもは大正 12 年嵐山電鐵に於て B.B.C 製 600V, 150kW を設置したのが皮切りで、國産品の生れたのは大正 15 年である。今日では 1500V, 2000kW 程度のもは珍しくない。それに時局下電氣化學工業の膨脹に伴ひ、この方面に目覺しい進出をなしつつあり、5000~6000A, 4000kW に達する大容量のものも次々に製作されてゐる。何れにしても格子極による精密迅速な電流調整の可能、從來の回轉機の難点である刷子の不要、取扱ひの容易、變電室の靜肅などの長所が認められたのと、回轉機の如く鐵や銅材を多く要しない強味からであらう。又高壓直流用として東京中央放送局に設置された 150kW 放送用電源の 20000V, 1000kW も目新しいものである。茲に附言するが斯様な大容量の整流器には六相或は十二相、時にはそれ以上のものが使用される。

(58) 逆變流器

整流器が交流から直流に電力を變換するのに對して、逆に直流から交流へ電力を變換する靜止装置を一般に逆變流器ギヤクヘンリユウキ或は Inverterインバーターと呼んでゐる。抑々、整流器は電流を一方向のみに通過せしむる性能を有するので交流を直流に直せても、逆流は出來ないので電力を直流から交流へ戻すことは長い間不可能と思惟されてゐたのであるところが格子制御法が進歩するにつれて之が初めて可能であることが立證せられ、技術者の常識に變更を加へる必要を生じた曰く付きの興味あるものである。

逆變流器には二種類あつて、その一つは整流器の逆使用で之は外國などで電氣鐵道の電力回生に實用されてゐる。即ち電車が下り勾

配を進行する時電車の電動機を發電機としその發生電力を電車線に還す方式が電力回生であるが、水銀整流器を備へた變電所での電力回生は不能と云はれてゐたのが見事解決された譯で、我國でも將來大いに利用されることと思ふ。又外國では電動機の靜止型ワード・レオーナード装置として任意の速度制御、逆轉及び急速停止に應用されたものもあると云ふ。

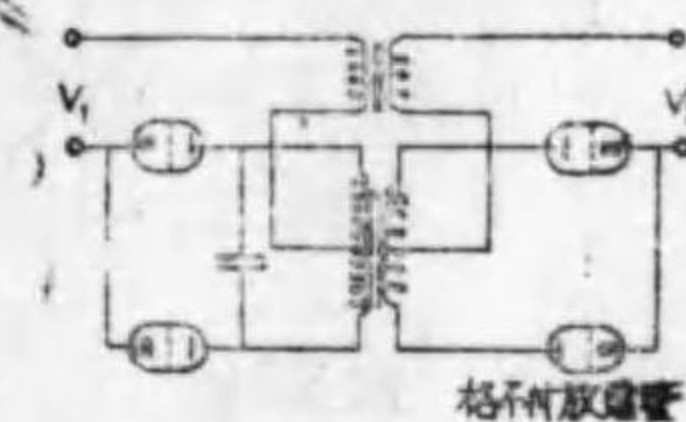
他の一つは蓄電器と協力して動作し、装置自体が交流の周波數を定め直流から交流を發生する方式で自動式逆變流器ジドウシキギヤクヘンリユウキ(之を特にインバーターと呼ぶ人もある)と稱してゐる。現在實用されてゐるものに種々な測定装置、車輛点燈用電源等に用ひられた例がある。しかし之は直流高壓送電(直流の高壓送電は種々の長所があり、チユリー式も有名であつた)を對策に研究されて來た歴史的のもので、米國 GE 會社の大仕掛な實驗では 15,000V, 200A に成功したかの様に聞いてゐる

(59) 周波數變換器

これも整流器に格子制御が應用される様になつて完成したもので獨逸や瑞西では電鐵用單相 16 $\frac{2}{3}$ サイクルを 50 サイクルから得る事を對象として種々研究されたのである。その一方式は先づ交流を整流器で一旦直流となし、之を逆變流器によつて 16 $\frac{2}{3}$ サイクル回路へ供給するものである。他の方式は前者の様に直流を仲介せずに或る周波數の交流から直接他の周波數に變換するもので、茲にはやゝこしい説明は省略するが 2 組の整流器を用ひて正波と負波とを別箇の整流器で合成して作るのである。獨逸國有鐵道の一部に容量 4000kVA のものが實用されてゐる。電子の働きを應用した面白い機器の一つである。

(60) 直流變壓器

今日の電氣工学で交流が何故全盛かと聞けば誰しも變壓器ヘンアツキの御蔭と答へるであらう。あの様に電壓を自由自在に昇降し得るのは電磁誘導作用の原理に基くものであつて、我々の頭には直流の變壓器な



第 52 圖

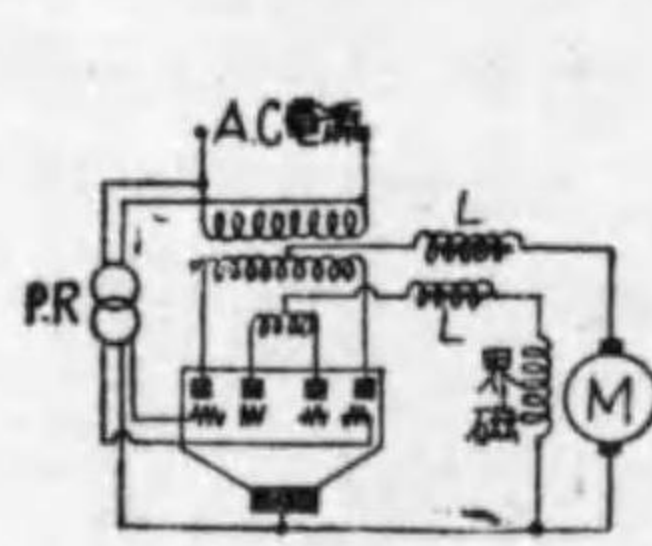
るものは夢想だに無かつた。

茲に説明する、^{ナノクリエウヘンアツキ}直流変圧器と云ふものは交流回路の変圧器に準じて名付けられたもので之は逆変流器と整流器との組合せ應用である第 52 圖の様に先づ一つの直流電圧が逆変流器で交流電壓に換へられ更にこの交流電壓を變壓器で適當に變壓して、次に整流器へかけて再び直流に直すものである。

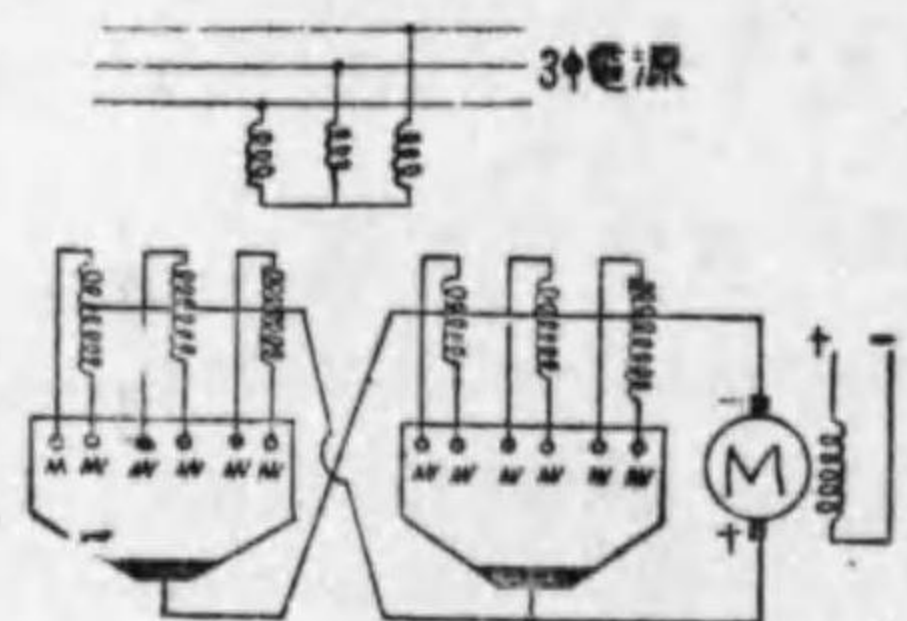
各種電氣機器の電壓電流或は速度の制御、自動調整装置として格子制御の放電管が新奇な途を次々に拓いて行く様を眺め、我々は深い興味を覺へる。抑々陰陽兩極の中間に挿入された格子極に加へる電壓を調整することにより放電の始動並消滅を自在になし得るし、又格子極の電壓位相を移相装置などを使用して變化せしめる事により、電壓や電流の制御がなし得る。各方面の應用に就て微に入り細に滯つて説明する餘裕を持たないが、讀者は技術講座 第 3 卷 231—233 頁などを参照し、この方面に電子がどんな役割をはたして居るかを認識して載きたい。

(61) 直流電動機^{デーシーモーター}の速度制御

直流電動機 (D.C. motor) の速度は電機子 (Armature) ^{ダンキシ} に加はる端子電壓或は界磁の勵磁電流の調整により制御し得るものである。そこで直流電壓又は電流の調整を放電管を通じて行へば直流電動機^{アマチュア}の速度制御が可能である。即ち放電管 (水銀整流器) を通じて交流電源から整流直流を供給し、之の制御を格子^{グリッド}によつて行へば廣範圍の速度變化が出来るのである。第 53 圖は直流分巻電動機 (D.C. shunt motor) ^{デーシーシャントモーター} の操作回路を示したものであつて、P.R は移相機である。



第 53 圖



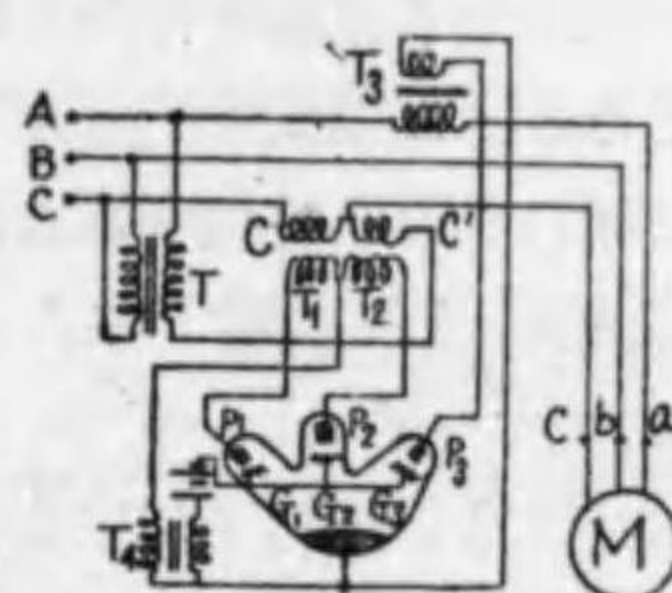
第 54 圖

又放電管を 2 組使用して第 54 圖の様にすれば電動機の可逆運轉急速、停止等が出来て電力回生も行ひ得るので、製鐵所等に於ける^{アフエンヨウダンデウキ}壓延用電動機 (Rolling motor) ^{ローリング} ^{モーター} に應用される。

斯の様な電動機制御は電線を一定張力で捲取る場合の捲枠の運轉とか、捲揚機の運轉或は製紙機の捲取速度の調整などに新しい利用方面がある。

(62) 誘導電動機の制御

三相誘導電動機の端子 3 線中何れか 2 線を入換れば容易に逆轉をなし得る。茲では放電管を使用することにより、三相中單に一端子の切換接続で高速度逆轉をなさしめ、又この操作を用ひて電動機の急速停止を行ふことも可能である。第 55 圖は斯様な操作回路を



第 55 圖

示すもので、正回路の場合は正相電源^{セイソウゲン} 逆回轉の場合には逆相電源^{ギャクソウゲン} へ夫々放電管を介して結ぶのである。即ち正回路の場合は格子 G₁ を動作させ、變壓器 T₁ の二次側を短絡し、更に G₃ も動作させて變壓器 T₃ の二次側を短絡する。そこで電動機の端子 a, b, c は正相電源 ABC に連絡し電動機は正回轉

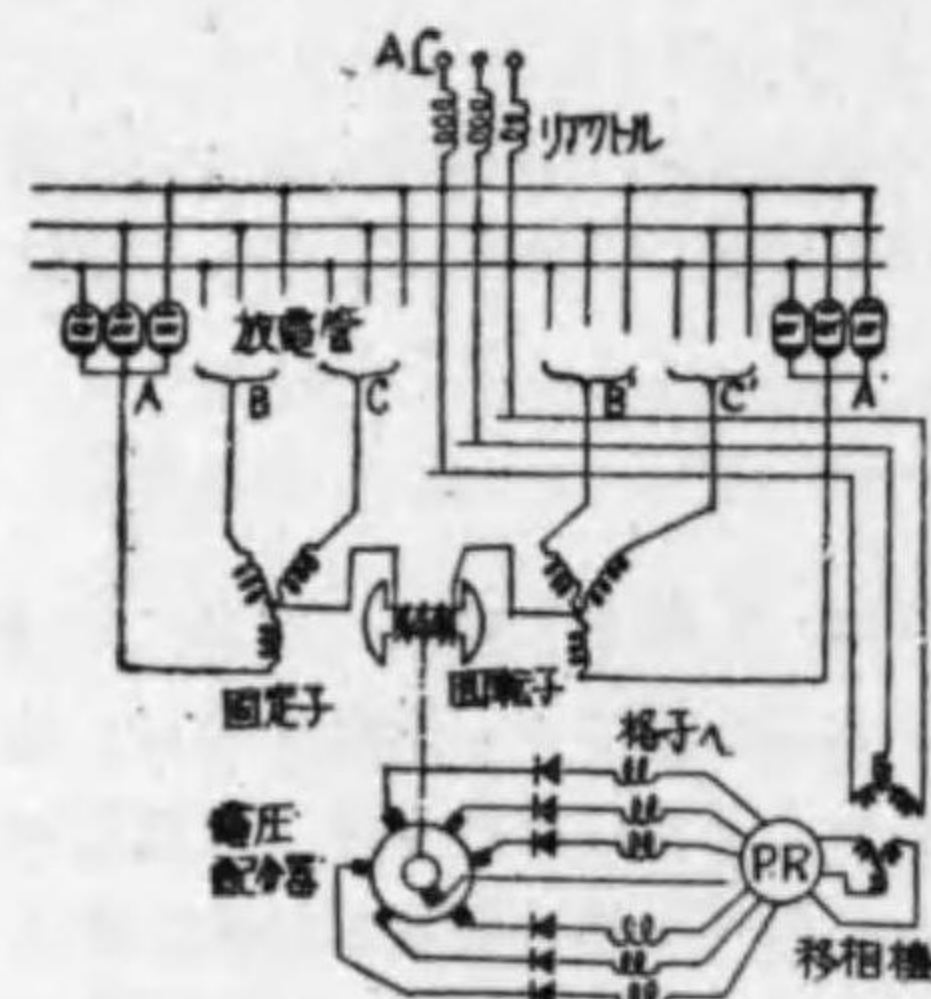
するのである。逆回轉の場合は格子 G₂ を動作させ、變壓器 T₂ を短絡し更に G₃ も動作させて變壓器 T₃ も前と同じく短絡し、電動機の C 端子を逆相電源 ABC' の C' へ連絡するのである。

誘導電動機の端子電壓を放電管を介して、或は放電管操作の可飽和リアクトルを介して變化させることにより速度制御を多少は行ひ得る。米國では送電線に結ばれる同期調相機^{ドクキョウソウツウキ}の勵磁を放電管だけで以て行ひ、勵磁機を省略したものさへ現れてゐる。

(63) 放電管電動機 (無整流子電動機)

格子放電管は電流を制御することが出来るので、直流電動機の整流子 (Commutator) ^{セイリユウシ} の代りに放電管を使用して整流子の役目を

なさしめる新しい型の電動機が出現してゐる。米國の G.E 會社では既に 3 相 60 サイクル、2300V、400H.P、625~350r.p.m のものが製作され、發電所の通風機用として實用されてゐる。



第 56 圖

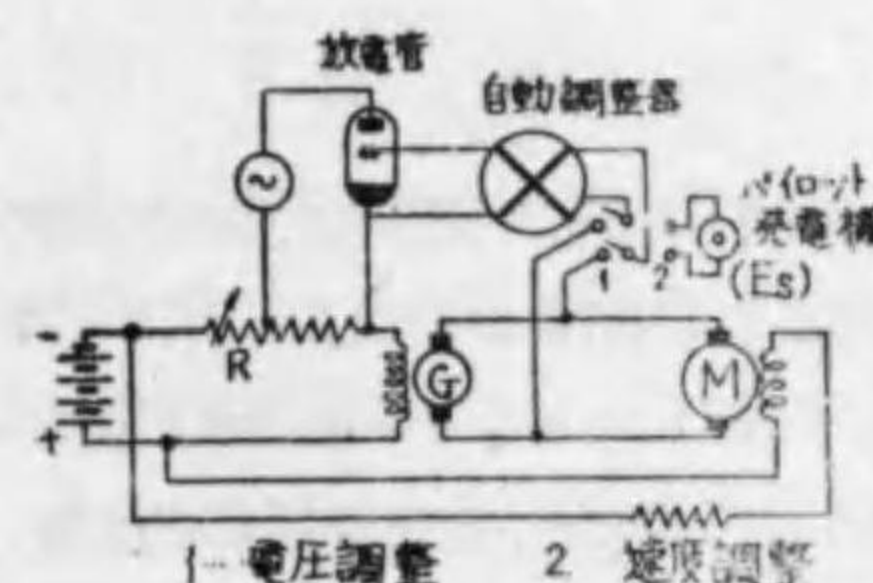
電動機と同様の如きもので電機子巻線は 2 組に分れ、電機子電流並に界磁電流は直列に通ずるものである。放電管 AA', BB', CC' によつて夫々三相の全波整流を行ひ、電機子巻線 aa', bb', cc' に夫々對應して整流直流を回轉子巻線に流すのである。回轉子には直結された電圧配分器があつて之によつて放電管の格子制御を行ひ、放電管 AA', BB', CC' が回轉子の回轉位置に應じて回轉子に回轉力を與へる様順次移動して行くのである。この電動機は電機子と界磁巻線が直列になつてゐるから直巻特性ナヨクマキトクセイ（電車用電動機の様な特性）を有する譯で、従つて電機子への供給電壓を變化すると速度制御が可能である。其の爲には放電管の格子に加はる電壓を移相器によつて調整し、相當廣範圍に滯つて平滑な速度制御が出来る。又電源の周波數が變化しても電動機速度は變らず、能率も相當良好な利点があるけれども新奇なもの故管の壽命その他で多少高價につくのは已むを得ない。

(64) 電動機の自動速度調整装置

電動機の自動速度調整も格子制御によつて色々優秀なものが得

さて、第 56 圖に交流電源から放電管電動機を使用して可變速度電動機が得られる操作原理を示したものである。ABC 及 A'B'C' は夫々 3 箇を 1 組とする放電管にして、合計 18 箇のものが交流から直流を得る整流作用並に電機子電流を適當な捲線へ移動させる整流子作用とか兼ねてゐる。電動機は三相同期

られ實用されてゐるが、茲では直流電動機の定速度運轉の基本的な方法を紹介する。抑々直流電動機を一定とするには、負荷が略々一定してゐる場合勵磁電流並に電動機の端子電壓を一定にすれば目的を達し得る筈である。そこで電動機の軸にパイロット發電機



第 57 圖

を直結し、この發電機の端子電壓が一定となるやう電動機への供給電壓を調整するのである。第 57 圖は被調整の電動機が發電機（水銀整流器でもよい）より一定直流電壓を受け、この直流電圧がパイロット發電機電壓を一定ならしめ

るやう發電機用自動電圧調整装置によつて調整されるのである。その他誘導電動機に實用される調整装置もあるが茲では説明を省略する。

(65) 電壓の自動調整装置

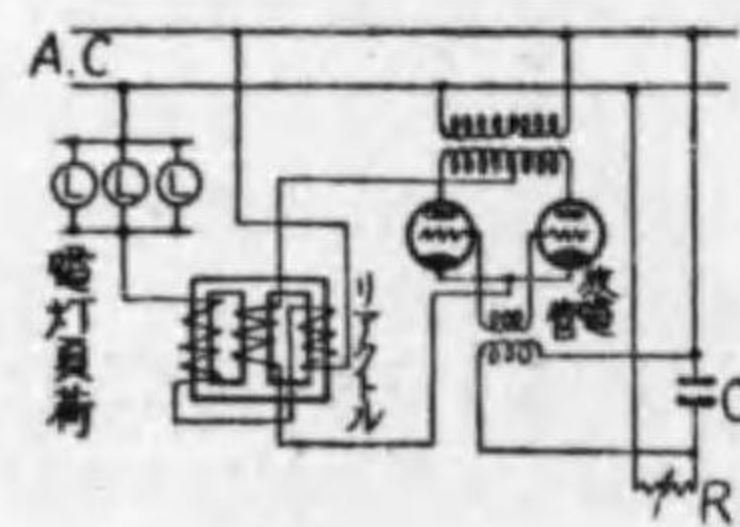
放電管による電壓制御は格子の作用を利用するもの故、慣性的な遅延性がないので従來の機械的調整装置に比較して動作が迅速で且つ精密に調整し得る利点を持つてゐる。直流發電機並に交流發電機に對する装置も略同様のもので、例へば在來の優秀なチリル型のものでさへ、電壓變動をせいぜい 1~2% に保持するのが關の山であるが、放電管を應用したものでは發電機に負荷を投入後僅か 3 サイクルの時間即ち 0.06 秒位で舊電壓に回復するとの事である。さうして電壓變動を僅々 0.1% 以下に保ち得るとの事である。

次に交流回路の電壓調整用として實用される方法を併せて説明して置かう。その一つは普通の誘導電圧調整器を用ひ、その操作用電動機に放電管を使用し、負荷側の電壓變動に順應して起動、停止或は逆轉を行はしめる。斯様にすると従來の機械的調整装置に對して全電氣式となり、電壓の變動を ±(0.2~0.3)% 程度に保つ様出来る。我國でも放送局用電源に使用されてゐる。もう一つは負荷と

電源との間に昇圧器を入れ、その勵磁巻線に可變インピーダンスを結び、そのインピーダンスの値を放電管で制御し、昇圧器の二次側電圧を負荷電圧の變動に應じて、變化させる様工夫した静止型の自動電圧調整器である。

(66) 新しい調光制御

大阪の南海ビル、電気科學館等の溢光照明が、その光色並に光度を一定の周期 (50 秒程度) で變化し、都人の興味を惹いてゐた。(東京では共同建物會社ビルの投光器用、それに PCL のステータ照明用) 従來の電燈照明の調光は抵抗器や單巻變壓器などが使用されてゐたが、放電管を利用し、リアクタンスの値を變化して電燈に加はる電圧を調整する方法は、調整の迅速容易である点や、能率のよい長所を有してゐるので新しい調光制御として採用される様になつた。



第 58 圖

第 58 圖は動作原理を示すもので電燈負荷に直列にリアクトルを挿入し、このリアクトルの勵磁を直流で加減し、その飽和を利用するもので格子制御によつて放電管の整流電流を調整し可飽和リアクトルの値を變更して行ふものである。この場合格子制御は圖の様に蓄電器、可變抵抗器等を應用して行ふものと、單相誘導電圧調整器を電気時計で回轉し移相法によつて行ふ二つがある。

器等を應用して行ふものと、單相誘導電圧調整器を電気時計で回轉し移相法によつて行ふ二つがある。

(67) 電気熔接機の制御

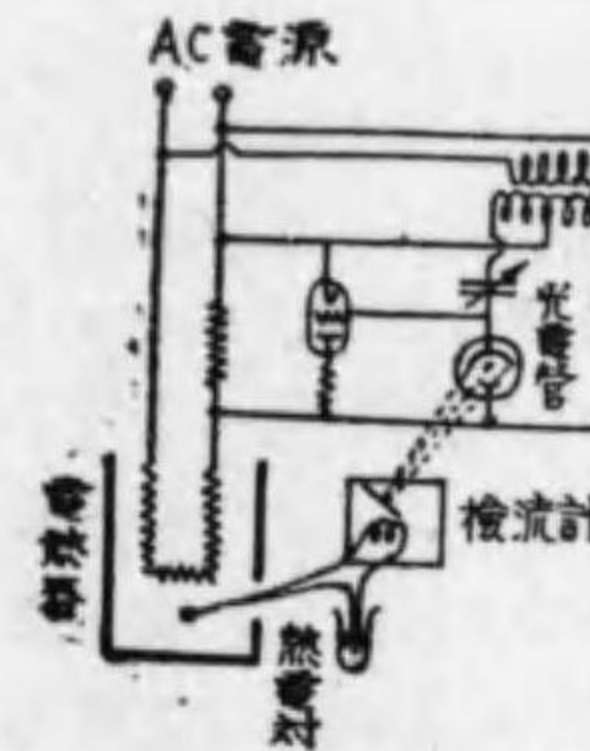
今更云ふ迄もなく電気熔接は近來非常に發達し、あらゆる方面に活用されてゐる。特に抵抗熔接 (点熔接、繼目熔接) では電流を加熱に利用する時間は主として手加減でなされてゐた關係上甚だ不正確であり、特に薄いものとか、小型のものでは熱のために變質や變形を受けることさへ屢々起るのである。そこでこの格子制御放電管を熔接用變壓器と組合せ、その開閉操作を規則正しくし、従來の手加

減や機械的方法では到底出来なかつた程の精密な加減がなし得られ劃期的な成果を擧げてゐる。その爲從來殆ど不可能視されてゐたアルミニウム、ジュラルミンの様な輕金屬や特殊な合金の熔接が成功し、愈々輕金屬時代に一つの拍車をかけてゐる。

(68) 電氣の自動温度調整

電氣爐等の温度を自動調整するのに放電管が利用され、その動作方法も數多くある。茲では光電管と格子放電管を利用して極めて精密に温度調整をなす一方法を説明する。

第 59 圖に於て、高温度を測定し得る熱電對の一端を爐中に挿入し他端を氷水中に浸し置く。さうすると爐中温度の高低により熱電對に流れる電流は變化するので、檢流計の鏡の振れも自ら偏位し、そこで光電管に投入する光を變化させる譯である。然るとき光電管電流は變化し光電管の内部抵抗が變化したかの様になるので、放電管の格子電圧の位相が變化し、爐中の電熱線に流れる電流を加減し、結局爐中温度を調整し得る筈である。斯様な手段をとると爐温 800°C 程度に於て温度差を僅かに 0.1°C に保ち得ると云ふ。



第 59 圖

(X) 果なき電子の世界

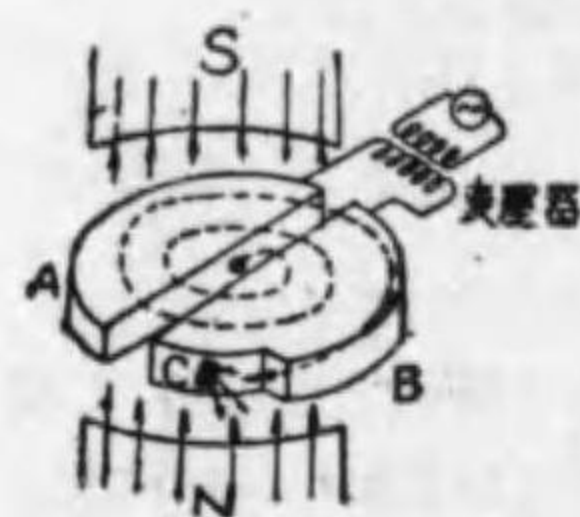
(69) 原子核の人工破壊とサイクロトロン

今日知られてゐる元素の数は 90 餘りで、總て陽核と電子から成るに拘らずそれ等が相違するのは、各元素の陽核の構造と之を廻る電子の數との差違に基くことは既に述べたところで、實に物質構造上の根本問題である。斯様に確然とした原子核を何等かの手段を以て人工的に破壊轉換せしむる事が可能ならば、或る一つの元素から本質の變つた元素を得ることが出来る。例へば水銀 (電子數 80) から金 (電子數 79) を容易に得らるべく、又カドミウム (電子數 48) から

銀(電子数47)が出来るとも無理な話でない。茲まで到達した人智の探究力は實に驚くべきで我が肉体もこの科學の鋭刃を通じて眺める時、聊か凜然たらざるを得ない。

抑々、原子核の人工的破壊を企てたのは1919年頃からで、1932年の初め頃迄は破壊の手段として α 線のみが用ひられてゐたが、高電圧を使用するに至つたのは最近の成功である。この原子核破壊には數百萬ボルトを要すると云はれてゐたが、近時數萬ボルトでも可能なことが明かにされた。則ちこの電圧を帶電粒子に加へて之を加速し、以て充分なエネルギーと運動量を得て原子核を破壊するのである。斯る目的に生れたのがサイクロトロン(Cyclotron)で、特に譯せば原子加速装置とも稱すべきである。米國の加州大學ローレンス教授の發明になるもので、この機械の發明とこれを使用しての功績によりノーベル賞が贈られてゐる。

サイクロトロンの名はイオンを旋風の様に激しく振り廻すことから起つたと云はれる。原子を轉換するには普通その原子核を非常に高速度を有するイオンで衝撃し變化せしめるのであるが、イオンに高速度を與へるため前述の様に何百萬ボルトの高電圧を與へる代りに數萬ボルトの比較的低い電圧を數回に互つて加へ、イオンが所要の速度を得るまで加速するのが此の装置の原理である。即ち第60圖の如くイオンに磁界を加へて螺旋狀の徑路に動かしその間に電氣力を加へて加速するもので、磁界は軌道全体を蔽ふ程大きく且つ強力なものでなければならぬ。加速電極はABの如く半圓形の中空の扁平な銅の箱2箇で、間隙を隔て、對立し圓に近い形をしてゐる。圓の中心には螺旋形の白熱タンゲステン織條があり槽内は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ mmHg程度の高真空度に保たれる。次に水素又は重水素ガスを $10^{-3} \sim 10^{-4}$ mmHg程度にこの中に流入し、且つ織條を熱すると之より飛び出す電子はこれ等のガスを電離せしめる。銅箱には高周波發生装置のコイルを連ねて何萬ボルトの加速電圧を加へ



第60圖

を加へて加速するもので、磁界は軌道全体を蔽ふ程大きく且つ強力なものでなければならぬ。加速電極はABの如く半圓形の中空の扁平な銅の箱2箇で、間隙を隔て、對立し圓に近い形をしてゐる。圓の中心には螺旋形の白熱タンゲステン織條があり槽内は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ mmHg程度の高真空度に保たれる。次に水素又は重水素ガスを $10^{-3} \sim 10^{-4}$ mmHg程度にこの中に流入し、且つ織條を熱すると之より飛び出す電子はこれ等のガスを電離せしめる。銅箱には高周波發生装置のコイルを連ねて何萬ボルトの加速電圧を加へ

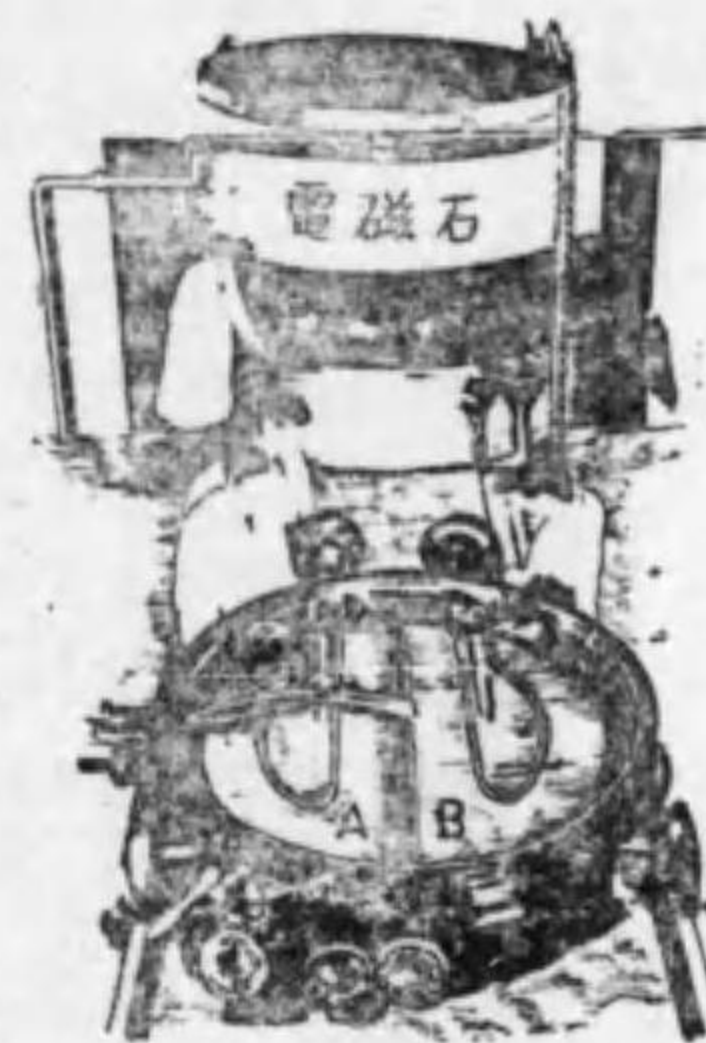
る。斯くするとイオンは陽電氣を持つ故に極となつた箱の方から一極の箱の方へと動かされる。各箱の中では電圧がないのでイオンは直線的に進もうとするが箱全体は大電磁石の兩極に置かれるので強い磁界に影響されてイオンは圓形の徑路を描くのである。さて高周波振動の周期が適當に調節されるとイオンが兩箱の間隙に出て來ると、電極が反對になるので此處で又加速を受け徑路の半徑を増して他の箱に入る。これを數十回反覆し遂に充分な速度に達せしめる。最後に電壓數萬Vのイオン引出電極が一方の箱の外側Cに近く附いてゐるので此處より引出され、試験体に衝突させるのである。

サイクロトロンに大きな電磁石が必要なのは一欠点であるが、これにより人工ラヂウムが作られるし、また中性子を發生し得るので原子核の人工破壊に限りなき興味と期待を抱かせるものである。サイクロトロンは現在世界中に12箇あつて、その中日本には阪大に1台、理研に2台ある。理研にある分は今日のところ世界最大のもので半徑75cmの半圓箱を主体とし電壓2500万Vで加速されたと同等のエネルギーを有する重水素イオンを發生し得るもので、その重量は、210t餘りに達する。第61圖はこれの寫眞圖である。

(70) 電子と未來動力

アメリカの學術協會で、メーサー博士が「地球住民としての人類の將來」と題して次の要旨の講演をしてゐる。

「人類は少くとも今後數千年間以上に生存するだらうと思はれるけれども、遠からざる將來に於て早くも動力資源を使ひ盡す心配がある。石炭石油の消費は非常に勢で増すに相違ない。石油は數十年でなくなる惧あり石炭も百年後には甚だ心細くなるであらう。今回の第二次歐洲戰もある意味で燃料爭奪戰と云はれぬこともない。勿論新しい天然資源



第61圖

の開発もあるであらうが、人類の文明生活が 200 年、300 年と行詰らない爲には、科学研究によつて未来動力問題を解決しなければならない。斯くて代用品の發明も必要であるが他方地球上の人類が何時迄も戦争を繰返さず、互ひに協力して永く生存出来る様に工夫することが必要である」

なる程、動力には石炭石油の他に水力、潮力、風力、地熱、太陽熱などが考へられるが、何としても石油石炭が無ければ文明社會の活動は心もとない譯である。太陽熱の利用は確かに有望と思はれるがもう一つは原子内部の勢力を取出す所謂原子核破壊の利用であらう。例へば原子量 235 のウラニウム (U) に中性子をあてると容易に 1 箇のウラニウム原子が分裂して 2 箇の軽い原子となり、その除強いエネルギーの輻射の現はれる事が昨年始めて研究された。然し其の放射勢力は僅かに原子量 235 のウラニウム 1 箇と軽い原子 2 箇との間の質量差だけがエネルギーとなるに過ぎない。(普通のウラニウムの原子量は 238 である) このエネルギーが更に新分裂を誘發して多數原子の分裂が次から次へと相續けて起ることになれば、ウラニウム 1t から石炭數百 t に相當する勢力が得られる筈になる。吾人はウラニウム以外の元素からも斯様にして動力を自由に得たいのである。

この未来動力の究明に缺くべからざるものが上述のサイクロトロンであつて、米國の加州大學では約 600 萬圓を投じて世界に比類なき大サイクロトロン装置を計畫してゐる。この機械は 1 台に鐵 4500t, 銅 400t 計 4900t を使用する。實に輕巡洋艦にも匹敵する重量を有し、磁極の直徑は 4.76m, 電壓は 1 億ボルトに相當する加速能力を有し、重水素の加速されたものが空中へ 46 m も飛び出す勘定になる。勿論人体に危険で近づく事も出来ないから遠方から電氣装置にて操作する必要がある。何と云つても興味ある科學話題の一つである。

(71) 天体と電子

天体の廣大と電子の極微小は凡そ極大と極小のよい對照であるが茲にも電子の活躍が見出される譯である。未だ充分に究明されてゐ

ないが我々に興味を惹かせる ^{ウチユウセン}宇宙線と ^{ケイ・エフチツウ}K.H 層に就てその概略を記して置かう。

① 宇宙線 (Cosmic ray)

宇宙線は地球上に不斷に照射する不可視の放射線で空中の上層ほど強い。宇宙線の發生場所は今日でも判然としてゐないが、どうやう星雲中に現れる超新星の爆發と關係があるらしいと云はれる。併して宇宙線が地球の空氣層に入るまでは陰陽電子から成るもので、これを一次線とも呼ぶ。更に空氣中に入ると二次的に陰陽電子と重電子を作ると云はれる。この重電子は宇宙線の透過的な成分所謂硬成分をなすもので、普通の電子に較べて 200 倍近い質量を持つてゐる。これは最初にも述べた様に我國の湯川博士によつて研究されたもので、特に湯川電子 (Yukon) と命名されてゐる。

宇宙線は地中數百 m の所迄に達し、海中では更に數倍の距離に達すると云はれる又生物にも影響し特にそれが十數 cm のアルミニウムや鐵に當つて生ずる二次線は生物の發育に對し大なる作用を表はすさうで、鼠の如きは數週間にて内臟諸器管に變調或は組織破壊を招來すると云はれ、又藻類が照射を受けると色澤を増すなどの實驗結果が發表されてゐる。宇宙の一次線のエネルギーは $10^{10} \sim 10^{12}$ 電子ボルトと考へられ、従つて普通の實驗室内に於ては容易に發生し難い。宇宙線こそ最近科學界に於ける最大且つ興味ある研究對象であり、これが正体の闡明に世界の物理學者が今なほ懸命の努力を續けてゐる。

② ケネリー・ヘビサイド層 (Kenelly-Heviside layer)

無線通信に於て電波の傳播に大氣が影響する手近かな事象は、吾人がラジオを聴取する場合その可聴距離が晝間と夜間とで相違する經驗からでも推判出来る。この原因を理窟づける確説は、無かつたのであるが 1902 年英國のヘビサイドと米國のケネリーが同時に空氣上層 100km 附近に一つの電離層が在存し、この電離氣層に高低を生ずるのが原因であらうと唱へた。それで此の電離層をケネリー・ヘビサイド層或は單に K.H 層と呼んでゐる。

晝間に於ては空気の上層は太陽の紫外線或は太陽から射出される微粒子などの作用により電離を起すもので、特に紫外線の影響が著しい。何しろ上空に在存する物質、気圧や温度、電離物質、イオン電子などの分布状態は未だ判然としてゐないが、電波を使つての最近の研究によると電離層は第 62 圖の様に上下 2 段に分れ、下層 (E 層) は地上約 100km 上の層 (F 層) は 200km 以上にあつて下の層よりも電子密度は大きい。さうして各層の電子密度や高さは時々刻々變り、季節の影響を受け又太陽の黒点、磁氣嵐などに依つても



第 62 圖

左右されると云はる。晝夜に於て電波の傳播距離が違ふ理由を考へるのに之が總てとは云はないが、晝間は電離が盛に行はれ下の方まで導電的層 (E 層に相當) となるが、日没後は一旦電離された空気分子、従つて酸素、窒素、水素の諸分子が所謂再合現象をなして、もとの状態即ち電氣的中和状態に復歸する。それで夜間になればこの下の層は消へてしまひ、上層 (F 層に相當) のものだけになる。斯様に晝間と夜間に於て導電的層の高さに相違を生ずるので、地上の或る点から上進した電波が屈折又は全反射して地球表面に到來する距離が異なつて來るから、晝夜により電波傳播程度が違ふのであらう特に短波無線通信に關係するところが甚だ深い。

(72) むすび言葉

電了の世界を系統もたてず、急ぎ足であちこち覗いて見たが、何しろ筆者の淺學と秃筆は讀者諸兄に充分な御満足を得なかつた事を御詫びする。併し乍ら將來の電氣技術者並に電氣通信技術者に志す人々に電子工学の重要性を聊かなりとも喚起し得たならば、その責の一部を果し得たと思ふ。

最新 初級電子工学

複製

昭和十六年十月十五日 印刷納本

昭和十六年十月二十日 發行

嚴禁

★定價 70 錢★

(送料 6 錢)

著作者 電氣通信技術研究會
 發行兼 田 中 增 吉
 印刷人
 印刷所 電氣書院印刷所

日本出版文化協會 會員番號 119025

發 行 所

大阪市西成區南神合町四

電 氣 書 院

電話天下茶屋 55 9 番・振替大阪 46157 番

東京市神田區淡路町二丁目九番地

配給元

日本出版配給株式會社

電氣技術講座

各巻 二圓五十錢
送料十四錢
全巻 十九圓
送料四十六錢

受験と實地を完全に連繋した全八巻

之ぞ遞試合格への理想的な指導講座だ!!

新鋭無比・詳細懇切

- | 全 | 八 | 巻 |
|-----|------------|---|
| (1) | 電氣技術用基礎學 | 電氣用數學、物理化學、英語、電氣基礎理論すべての基礎學を築く。 |
| (2) | 電氣理論と電氣測定法 | 實用電氣理論、電氣測定器並測定法、電氣磁氣學と測定工學の一切を盡す。 |
| (3) | 電氣機器一般と取扱法 | あらゆる機器を十四章一三九項目に詳論し、之に新体系を與へた。 |
| (4) | 發變電所の建設と運轉 | 火力發電所、水力發電所、變電所、開閉所の設計と運轉の實際技術を授く。 |
| (5) | 送電線の建設と保守 | 最新送電工學を詳解した。本書は設計に、運轉に、保守に、試験に電力輸送の万全を期す。 |
| (6) | 電燈電熱と電力應用 | 電燈照明と電熱と電力應用のすべてを多數の寫眞と圖を以て解説した。 |
| (7) | 電鐵と電氣通信ラヂオ | 電氣鐵道、電池及通信工學を圖解本位に説き無線工學を判りよく詳論した。 |
| (8) | 配電工學と電動機應用 | 配電工學の精華を説き、最新問題を取り上げて解説した。之に工場動力を附加した。 |

獨學者を短期間に高級技術者とする

郵券三錢三枚同封お申込になれば、「受験メモ」付電氣技術講座案内送呈申上ぐ

遂に出た！初等電氣工學の王座!!

之ぞ眞の初歩講座だ!!

定價 一圓七十錢 (送料九錢)

見よ此の堂々たる偉容を...

- ★明確なる目標的指導
 - 小學校を出て初めて電氣を學ぶ人に
 - 通試第三種を受ける人に
 - 通檢第三級を目指す人に
 - 實檢電氣を志す人に
 - 最適最新鋭の理想的講座!
- ★懇切明快な初歩講義
 - 素養がなくとも十分理解される
 - やう、讀まずとも見れば判る圖解
 - 本位の懇切な初歩講義がされる。
- ★最新實際技術の教授
 - 日進月歩の電氣工學の最新智識を與へ、實際技術を授けるから明日から仕事の役に立つ。
 - 標準電氣付 内容見本贈呈
 - シムボル付 三錢切手を封入してお申込み下さい。

- 第一巻 直流回路及計算
- 第二巻 交流理論及計算(上)
- 第三巻 交流理論及計算(下)
- 第四巻 電氣磁氣測定
- 第五巻 電氣機械器具(上)
- 第六巻 電氣機械器具(下)
- 第七巻 配電及蓄電池
- 第八巻 電燈照明並電熱
- 第九巻 火力發電所
- 第十巻 水力發電所
- 第十一巻 有線無線通信

完全な通信教授 中等部 通信電氣學校

五年制の工業學校電氣科の課程が、毎卷五十日に讀破すれば、一年三ヶ月で修了できる。

★講座の學校化

本社直接お申込の會員に限り、「通信電氣學校」中等部に入會せられたのと同じ特典が與へられる。

- ・學習課程、受講心得が與へられ、學修を推進する、尙重點講義も授けられる
- ・質疑指導用紙が配布され、質問の個人教授が行はれる。
- ・個人教授問題に依る懇切な指導添削が行はれる。
- ・各卷修了毎に科目修了試験を施行し、答案の採点添削が行はれる。
- ・全卷修了時には全科日誌了試験を行ひ合格者には本校中等部の修了證書が授與される。

★獨特の共學制度

お互に勵まし合つて勉強すると著しく勉學能率が向上する。この点に着目して二人連名で入會せられた場合各人、毎卷一圓五十錢(送料九錢)に特別割引申上ぐ。

お申込は 近くの郵便局より掛替用紙で振替口座大阪四六一五七番電氣書院宛に「最新初等電氣講座」第何巻分會費と、住所氏名を明記してお申込下さい。

最新初等電氣講座

工人受験「指導テキスト」

全五篇 四圓五十錢
送料 二十二錢

第一篇 初等電氣の理論と計算

九十錢 (税六錢)
小冊を出ただけの素人にも判かる様に電氣理論の根本を平易に教へ、計算の上達を計る。

第三篇 電氣機器一般と諸材料

九十錢 (税九錢)
驚異的な多数の實物寫眞と圖を以て、電氣材料を圖解説明し實地に學術に役立しめる。

第五篇 配線法と配線圖の書き方

九十錢 (税六錢)
配線圖は斯うして書くものと平家住宅から、工場商店ビルディング等まで配線圖を圖解詳述した。

免許試験問題解答の研究

九十五錢 (税六錢)
全く初歩から説明した、懇切無比の解答は理解容易で記憶に便、更に詳しく註釋で類題を研究し、尙、受験手續の詳しい實例をも附す。

第二篇 配電一般と工作物規程の解説

九十錢 (税六錢)
發電から配電迄を説明し、屋内配電の常識を養ひ、面白きもの哉工作物規程とその精神を説く臨時特例とX線装置を増補す。

第四篇 工事施行方法と工作物試験法

九十錢 (税六錢)
基礎理論より説き起し、施工に不可欠な工具類と基礎作業を圖解し施行法、試験法まで詳述して居る。

屋内電氣工事の設計

五十錢 (税六錢)
先づ設計用器材より見積までを一章とし、次いで正しい配線圖の書き方、吟味訂正法を詳細圖解した。ビルディングの電氣設備まで四章に工事設計の要点を講述す。

検査と試験・故障と対策

五十錢 (税六錢)
検査試験に用ふる器具類を解説し、故障とその處置を一々例を擧げて詳細に検討した更に災害防止に關して述べ事故の絶滅を期し得る。

通信 工人受験の指導

通信 工人受験の指導
講習 工人受験の指導
全くの獨學初心者に對し、電氣の第一歩より懇切に指導し、免許試験に合格せらるゝ迄通信教授を行ふ。

◆主教材 工人受験「指導テキスト」全五篇
◆教授の方法
工人受験「指導テキスト」を中心に指導を進める。先づ課程表指示を與へて講習生一同が大體一様に學習し得る様にし、個人教授質問に依つて講習生一人一人を指導する。此の個人教授は全く獨特の方法で之があるがため通信教授で先生に就いて學ぶより以上の成績が得られる、其の他豊富に教材を提供する。

◆會期 三ヶ月終了入會隨時(入會金不要)
工人受験「指導テキスト」全五篇を毎月二冊宛修了し得る様に課程を與へ、個人指導問題を課して之に解答せしめ之を添削指導申上げ、不明の点は質問用紙に依つて懇切に指導し、最後には模擬試験(全五回)を施行して試験に應ずる實力を與へる。(六ヶ月修了科あり)

◆入會規程 會費(毎月三圓 三ヶ月修了) 毎月一圓五十錢六ヶ月修了
一ヶ月分の會費(又は全會費八圓)を振替用紙を使用して郵便局より振替大阪四六一五七番電氣書院宛「工人受験講習會費」として御送りになれば、早速講義材料その他急送申上ます。住所氏名は楷書で明瞭にお書き下さい。

通信電氣學校「工人受験部」

指導法! 熱誠溢るゝ個人教授!!

教室では到底學び得ない劃期的新 基礎科 遞試

電氣工學の學習を懇切に 第一歩より手引する...

◇教材は.....

- 第三種科 遞試用初等數學(全一冊)
圖路計算の入門(上卷・下卷 二冊)
- 第二種科 遞試用高等數學(全一冊)
第二種一次遞試讀本(上卷・下卷 二冊)

◇會期及會費は.....何れも三ヶ月修了(入會隨時)

- 第三種 全 拂六圓 圖 第二種 全 拂八圓 同
毎月 拂二圓十錢 毎月 拂二圓八錢

◇教授方法は.....

教材に對する「學習指針」及「課程」を與へて其の學習を指導し「各科目の綱要」(小冊子)を與へて其の智識を要約せしめ活用の便を計り「個人教授問題」各科目數葉に依り獨特の個人指導を行ひ「個人質疑指導用紙」に依り質問を懇切に誘導す。科目修了試験を行つて其の答案を添削する總て「個人指導調査書」により受講者一人一人を指導員が個人教授する。

遞試受験科

- ◆一次科 毎年一月開講
第三種 第二種 何れも
◆教材 遞試受験テキスト計算篇
計算の根底と論說の要領
- ◆會費 第三種 五圓 所持者は 第三種 三圓五十錢
第二種 六圓 所持者は 第二種 三圓五十錢
- ◆二次科 毎年四月中旬開講
◆教材 第二種遞試受験テキスト計算篇
第二種二次論說篇(全五冊)
- ◆會費 第三種 七圓 所持者は 第三種 二圓五十錢
第二種 五圓 所持者は 第二種 三圓五十錢

一次二次試験に應ずる、基礎智識、應用能力、答案作製術の三者を深刻に教育する整備せる教材と細心なる留意を以て長所を伸長せしめ短所を補ふの個人的指導を行ひ、模擬試験に依り答案作製術を練習せしめる。本科を修了すれば、實戦受験場裡に於て他に先んじて優秀答案を提出し得る。

三ヶ月で合格の實力を與へる

課程表と指示で樂々と準備を進める懇切な個人指導は、一人の講習生に三人の指導員が三重添削する。適中率豊富な模擬試験を施行して、答案作製のコツを教へ、實戦能力を極度に伸張せしめる。

通信電氣學校

お申込みは...何科、何種、住所氏名を明記され會費を添へて、郵便局より振替で口座番號大阪四六一五七番 電氣書院宛お拂込下さい。

第二種受験用系統的指導書

Table with columns for 電氣用數學の初歩, 電氣技術用基礎學, 電氣理論の第一歩, 交流理論の入門, 初等ベクトル明解, 回路計算の入門, 電氣工学, 計算の基礎, 計算問題, 計算の根底と論說の要領.

大坂市西成區南神合町四

Table with columns for 電氣技術講座, 電氣技術用基礎學, 電氣理論の第一歩, 交流理論の入門, 初等ベクトル明解, 回路計算の入門, 電氣工学, 計算の基礎, 計算問題, 計算の根底と論說の要領.

電氣書院

Table with columns for 電氣技術用基礎學, 電氣理論と電氣測定法, 電氣技術用基礎學, 電氣理論と電氣測定法, 電氣理論と電氣測定法, 電氣理論と電氣測定法, 電氣理論と電氣測定法, 電氣理論と電氣測定法.

Table with columns for 電氣技術講座, 電氣技術用基礎學, 電氣理論の第一歩, 交流理論の入門, 初等ベクトル明解, 回路計算の入門, 電氣工学, 計算の基礎, 計算問題, 計算の根底と論說の要領.

電氣書院

電 氣 計 算

定價 35 錢 送料 2 錢
 3ヶ月 105 錢 6ヶ月 200 錢
 1月特大號 60 錢 6月特大號 50 錢
 3ヶ月分及 6ヶ月分御拂込の際
 1月特大號を含むときは 21 錢を
 6月特大號を含むときは 15 錢を
 加算願ひます
 1ケ年(二特大號を含み) 4圓30 錢
 郵券 3 錢 1 枚 封入 申込 賜はば
 最近 號々 送申 上 ます。

懇切なる指導・新鮮なる記事・明朗なる編輯

★初學者獨學々習者の理解を主眼とした

掲載記事の凡てに亘り、懇切明快にして詳細なる解説をする

★受験に實地に細好の學修雜誌である

電氣工學のあらゆる部門に及ぶ發達事項、實際問題を詳にし特に計算問題に對しては、その根本を教へ、活用の力を養ひ、應用の才を養ふ

★選試受験者の眞の師であり友である

本社内「選試受験研究會」の研究に成る最も選試の主旨に合致する記事と懸賞問題を掲げ、模擬試験を施行して、直接個人的に指導する

★全頁が總て血となり肉となる

一頁の無駄もない苦心の編輯

仰げ「電計」我等の師表!!

進める指導の熱意電氣計算

接せよ向上へと導く電計魂に!

電 子
 通信工學と初等 一部 十五 錢
 電氣の雜誌 一部 十 錢
 選試と免許試験の指導雜誌 一部 十 錢
 工事人の指導機關 一部 十 錢

御注文の録

- 御注文は總て前金に願ひます。
- 代金引換便は郵便規則の改正に依つて取扱はれなくなりましたから成るべく振替を御利用下さい。
- 御送金は最も安全確實な振替用紙を御利用下さい。裏面の通信欄に御注文書名其の他の通信事項をお忘れなく御記入願ひます
- 弊社専用振替用紙(拂込料金弊社負擔)は御請求次第御送り申上げます。
- 郵便切手で御送金は必ず一割増に願ひます
- 収入印紙は御断りします。
- 送料は必ず御加算願ひます。
- 御住所姓名は勿論書名數量等はすべて楷書で明瞭に御認め下さい。

大阪市西成區南神合町四

電 氣 書 院

電話 天下茶屋五五九番
 振替 大阪四六一五七番

小包送料	五百瓦	10 錢
内地普通	一疋迄	14 錢
	二疋迄	22 錢
	三疋迄	30 錢
	四疋迄	38 錢
	五疋迄	46 錢
内地書留		15
		21
		33
		45
		57
		69
臺灣普通		27
		34
		47
		60
		73
		79
南洋普通		42
		49
		62
		75
		88
		94

特 231

522



Y. 70

終