

651
467712

應 用 科 學 叢 書

光電池及其應用

楊 一 儂 編 著

正 中 書 局 印 行

序 言

自光電池採用以來，實予人類文明以莫大之幫助。昔時神話中之“千里眼”，已可於今日利用光電池之電視中實現之。從前視為不易療治，甚或束手無策之離奇病症，現則可藉光電池測量紫外線之準確波段，於頃刻間將病菌撲滅淨盡。再如具有軍事價值之戰艇控制，飛機偵察及秘密通信等，亦可以光電池為操縱之工具。晚近歐美工業發達諸邦，且用之於各種自動管理，裝置及統計等工作，其準確與迅捷，殊非人力所可比擬；尤以化無用之太陽光能，為有用之電力一事，足為未來發展之開端。反觀吾國，除有聲電影外，尚鮮有見用於他途者，良因此種利器之效用，在工業上，國防上以及日常生活上，率未能引起社會人士之注意故也。作者有見及此，乃於三年前藉金陵大學實驗室設備，自作多種試驗，並不揣孤陋，復根據：(1) Zworykin: Photocells and Their Applications; (2) Campbell and Ritchie: Photo-electric Cells; (3) Gullikson and Vedder: Industrial Electronics 三書輯為是篇，意將此科學新產物之效能及其使用方法，介紹於邦人士之前，設能就此發端，隨時代潮流而邁進，則此項事業，將另有一光明燦爛之前途，其造福人羣，豈淺鮮哉，吾人當企足以觀之也。

本書初稿完成於民廿五年底，後以職務南行，嗣又抗戰開始，於

(1)

粟六中蒐集歐美新著，增益內容，惟屬稿匆匆，掛一漏萬，在所難免，尙望海內宏達有以教之。

本書承金陵大學電機系主任楊簡初先生，物理系主任吳汝麟先生熱烈指導；N. L. Y. 先生及楊駿先生鼓勵有加，又荷朱榮僑君代繪圖表甚多，併此誌謝。

楊一儂識於兵工署第五十工廠

中華民國廿七年九月一日

第三章 一般特性	21
15. 波與極化對光電效應之影響	21
16. 色彩靈敏度	22
17. 光電疲乏之現象	25
18. 光電靈敏膜	25
19. 鹼金屬薄膜之研究	26
第二篇 光電池種類	28
第四章 真空式光電池	28
20. 光電子在真空中之輻射	29
21. 熱效應特性	29
22. 照耀特性	31
23. 二次發射	32
第五章 充氣式光電池	32
24. 氣體分子	33
25. 氣體之遊離	34
26. 氣體運動平均自由路程	35
27. 氣體放大的限度	36
28. 動力特性	38
第六章 電導式光電池	40
29. 電導	40
30. 光變導元素	40
31. 光變導定律	41

	目	次	頁
	32. 動力特性	… … … … …	…42
	33. 色彩效應	… … … … …	…43
	34. 甲類電池與乙類電池	… … … … …	…43
	第七章 電壓式光電池	… … … … …	…44
	35. 電解液之應用	… … … … …	…44
	36. 培克累爾(Becquerel)效應	… … … … …	…45
	37. 來復陀(Rayfoto)式光電池	… … … … …	…45
	38. 乳膠液式光電池	… … … … …	…46
	39. 氧化銅式光電池	… … … … …	…47
	40. 氧化銅產生光電子的試驗	… … … … …	…49
	41. 韋斯吞(Weston)管	… … … … …	…50
	42. 普托斯(Photox)管	… … … … …	…51
	第八章 光電靈敏管	… … … … …	…51
	43. 輝光管	… … … … …	…51
	44. 附加電極管	… … … … …	…53
	45. 複極管	… … … … …	…53
	46. 加勞拉斯(Karolus)管	… … … … …	…55
	第三篇 光電放大	… … … … …	…56
	第九章 放大線路	… … … … …	…56
	47. 簡單直流線路	… … … … …	…56
	48. 對稱直流線路	… … … … …	…57
	49. 多級式直流線路	… … … … …	…51

50. 羅夫汀-懷特(The Loftin-White)線路…	59
51. 交流電路 …	60
52. 電阻與電容耦合之線路 …	60
53. 感應圈耦合線路…	61
54. 放大之限度…	62
55. 載波放大法…	63
第十章 放大真空管 …	64
56. 光電放大混合管…	64
57. 高頻率放大管 …	65
58. 柵極輝管 …	66
第四篇 光電池製造 …	69
第十一章 真空式光電池之製造 …	69
59. 玻璃之認識…	69
60. 金屬電極在玻璃中之焊入…	70
61. 金屬電極之處理…	73
62. 構造形式及體積之檢討 …	74
63. 真空與壓力…	75
64. 抽氣機…	76
65. 低氣壓之測量 …	83
66. 鹼金屬之認識 …	86
67. 活動金屬之引入…	87
68. 氧化銫光電池之製造…	91

第十二章 充氣式光電池之製造	93
69. 惰性氣體	94
70. 惰性氣體之提取	95
71. 其他氣體對於靈敏度之增進	96
72. 充氣之方法與步驟	97
第十三章 電導式光電池之製造	101
73. 感光性硒素之種類	101
74. 硒素光電池簡易製造法	102
75. 格累姆培爾 (Graham Boll) 製造法	102
76. 圓筒式製造法	102
77. 玻璃管式製造法	104
78. 硒碲光電池製造法	105
79. 鉍化 (Thalofido) 光電池製造法	106
第十四章 電壓式光電池之製造	107
80. 氧化亞銅之製備	107
81. 光電流之測量	110
82. 電解液式光電池製造法	111
第五篇 光電池應用	113
第十五章 利用光電流之調節	113
83. 電傳相片	113
84. 電視	118
85. 有聲電影	122

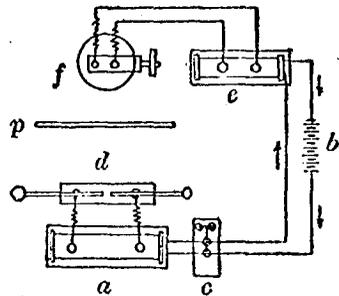
第十六章 利用光度之變化	127
86. 燈泡測光器	127
87. 燈泡測溫器	128
88. 紫外線之測量	130
89. 太陽光能之利用	131
90. 辨色機	133
91. 顏色分析機	135
92. 傳透機	138
93. 燭光計	140
第十七章 發電廠最新應用之種種	140
94. 電度計校驗	140
95. 頻率調節器	141
96. 烟量記錄	142
第十八章 交通管理	144
97. 街衢警燈管理	144
98. 安白沙陀橋 (Ambassador Bridge) 管理	146
99. 門扉啟閉管理	147
100. 祕密通信	148
第十九章 安全設備	149
101. 斷電設備	149
102. 鑽孔保險	151
103. 電梯入門保險設備	152

第一篇 通論

第一章 光電池之演進

1. 最初之發現

1887年，赫茲(Hertz)用第一圖所示的儀器和連接法，做了一個感應圈之火花放電的試驗。圖中 a 爲大感應圈，b 爲電池，c 爲水銀斷續器，o 爲小感應圈，f 爲火花測微計。由 a 產生強大的感應電流，在 d 的兩棒端放電發生火花，同時由 o 產生較小的電流，而於測微計的兩端，發生約一公厘間隙的火花，然後從 f 處窺察因 d 處



第一圖 赫茲試驗感應圈火花放電之儀器

火花長度變化所生的效應。因爲要使測微計中，所生微弱的火花更清晰些，赫氏就製一小箱，把測微計的四周圍起來，以免光輝四散；可是這樣一來，他發現火花的長度，似乎每次比原來短些。於是他把箱的四周分別先後移去，這時他更進一步地試驗得，祇是遮住感應圈火花光線的那一面，才有影響。經過幾次重複的試驗，其結果都是相同，



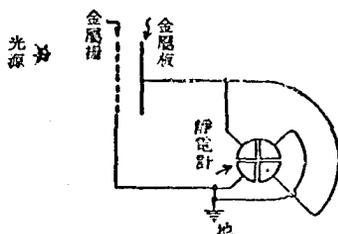
所以他就肯定這是感應圈發出火花射線的效應，後來他又於測微計的前面，用一表面光滑的金屬片，來把光線反射，那末，火花放電的長度，又恢復前狀了。若將金屬片移去，以透明的玻璃板來代替，則效應全無。他經以透明和不透明的固體和液體等，一一加以試驗，並在感應圈的前端，開一小縫隙，把通過縫隙的光線，由一水晶稜鏡來分散，再移動測微計的開隙，先對準稜鏡光譜的紅色，然後漸漸偏向紫色去，以觀察火花的效應，得知越近紫色，效應越顯著，完全達到紫色時，效應為最大。結果得一結論：效應顯著的程度，與隔離物體傳送紫外線能力之大小成正比。此外如由電弧或燃鎂等所生之紫外光，亦有相同的效應，並且光線射於間隙負端，其效應較射於正端時為大。面積大的球體或片極，較面積小或有尖端的電極易受作用。又表面光亮的物體，其效應較表面粗糙或污濁者為大。赫氏這個試驗，在當時雖看不出有何實際的價值來，但他這發現，成為光電效應研究的開端，却是值得提起的。

2. 哈爾發克斯(Hallwachs)效應

1888年，德人哈爾發克斯繼續赫氏的試驗，作更進一步之研究。他將一個絕緣而表面光滑的鋅球，連接於一金箔驗電器上，然後在球上荷以負電，使金箔的兩葉分開。此時如以弧光照射至鋅球上面，金箔立即收合，這表示鋅球已失去負電荷。這個實驗，可以重複至無數遍而相同。但若在鋅球上荷以正電，則雖以極強弧光來照射，驗電器的金箔都無顯著的作用。後來他又試得一個中和體，若受紫外光的照射，就會獲得正電荷；同時如將一個絕緣而荷正電的物體，和另一

個荷負電的物體相靠近，再以弧光向後者照射，則前者將失其原有之電荷。因此，哈氏就很確定地說：凡負電荷遭受紫外線的照射時，即行離開所荷之物體，而消失於靜力線中。這個效應，就被稱為光電效應，或哈爾發克斯效應。

同年有另外兩個研究者，因受哈氏效應興趣的激動，也從事於這現象的研究。其中一個叫做李歧 (Righi)，他用一塊光滑的金屬板，連接於靜電計 (Electrometer) 上相對的兩象限，板的前面置一金屬柵，柵的一端接到靜電計的另外兩象限，然後又接通至地，如第二圖所示。當光源經過柵極而照射

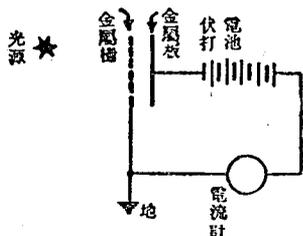


第二圖 李歧試驗光電效應之線路

於金屬板上時，靜電計的指針，即記錄一定偏斜度，柵和板即趨於同一電位。他決定這偏斜值是由於柵和板兩者原始不同的電位，和接觸後共趨一致，所生的接觸位差。但後來的試驗，又啟示他這結果並不盡然。不過他自己另有一套儀器，可以由光的作用，直接產生電流，並稱之為“光電池”；若藉兩個同樣的“光電池”互相串聯，那末受光源照射時，靜電計指針的指值，就是加倍了，亦即成為所謂光電池組。

第二個研究者，叫做斯士力多 (Stoletow)，他也採用一塊光滑金屬板，和一個金屬柵，與李氏試驗的不同之點，就是他用一個高阻力的電流計 (Galvanomotor)，代替靜電計，同時於串聯的金屬板和電

流計間，加上一組伏打電池(Voltaic cell)，其線路連接如第三圖。用這樣測量的方法，當金屬板被光源照射時，即有微量電流，自金屬板的正極起，流經電池及電流計，而達金屬柵。方法雖甚簡單，但可說已經發展到與現在相近似的測量光電效應之步驟了。



第三圖 斯士力多試驗光電效應之線路

3. 鹼金屬之採用

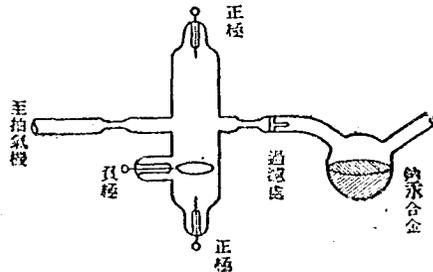
繼續哈氏以後，又有埃爾斯忒(Elstör)和蓋替爾(Goitol)兩氏再接再厲，由他們兩協力研究的結果，造成光電池發達史上第二個燦爛的時期。他們從已往金屬光電靈敏性的試驗，得知效果最佳的，要推鋁，鎂和鋅。可是仔細觀察一下，在元素週期表上顯示着，鋁是屬於陽性的，而鎂和鋅比鋁更加屬於陽性，因此他們就想像到元素愈屬於陽性，其光電靈敏性亦必愈大，於是就進而試驗鹼金屬了。最初試驗的是鈉和鉀，無如這兩元素，性質甚為活動，一經和空氣或水蒸汽接觸，就立即變為不靈敏的氧化物，或氫氧化物。迨後又經過幾番探討，發覺從前試驗鋅的時候，由鋅與水銀化合成為鋅汞合金，所得的結果，較之單獨的鋅來得滿意。於是他就將這方法，利用於鈉和鉀。直至1889年，才證實這是一個更佳的结果，那就是不論鈉汞合金或鉀汞合金，其靈敏度都要遠勝於鋅汞合金。下表是他們用各種元素的汞合金，受微弱日光照射後，放電率的定量試驗。 V_0 為原來負電壓； V_t 為受光源照射 t 秒後剩餘的電壓。

合金名稱	V_0 伏特	V_t 伏特	t 秒
純汞.....	185	175	30
鋅汞.....	195	116	15
鈉汞.....	195	0	10
鉀汞.....	195	0	5

鈉或鉀的汞合金，當光源照射時，雖經一層透明玻璃的隔離，亦能使之迅速地發生放電的現象，這就是說：不一定要波長甚短之紫外線一類的光波，即普通人眼可見的光波，也可達到發生光電作用的目的。

4. 光電池問世

埃爾斯忒和蓋替爾兩氏，在發現鹼合金之應用的次年，就以鈉汞合金作為輻射體，製成世界上第一個光電池。輻射體係塗於高真空的玻璃管內壁，再於對壁開個小窗，以供光源的透入，它的構造，自第四圖上註明的各部份，不難一目瞭然。當抽氣機將管內空氣抽至相當真空時，若負極受到光源的照射，即釋



第四圖 埃爾斯忒和蓋替爾兩氏製造之鈉汞合金光電池

放電子向正極飛投。可是負極一經放射電子以後，其表面即呈暗晦狀態，故必將鈉汞合金由過濾處，時時把負極復新。換言之，亦即這種合金的光電效應不能持久。

大約再過四年的光景，哈爾發克斯也另外設計一個測量光度的光電池，它的構造，是由一個抽空的管機，和一片表面塗上黑氧化物的銅板作為負極來組成的。這在光電效應的持久性，已經改良至能保持數月之久了，可惜在靈敏方面，竟完全不受人眼可見光線的影響，也可說是美中之不足。後來埃蓋爾氏，復從他們發現之鹼金屬的途徑，再加以深切的研究。最先他們發覺氫化物結晶體，較二者本身的靈敏性要高得多，畢竟就在這裏找到一個新發展的園地。他們把氫放進由鹼金屬製成的管內，然後使它放電，於是負極的表面，受放電作用，而變為膠體狀態，這樣製成的電池，其靈敏度較之從前所製者，要高出百倍之多。不僅如此，他們還孜孜不倦地改良，直至1912年，他們已把靈敏度改進較最初所製者，增高至兩百倍了。現代所用的許多光電池，也不過是換湯不換藥，將埃蓋爾氏的氫化鹼素電池，略加改良而已耳。

5. 經驗之定律

也不知經過了多少研究者，試驗的結果，關於光電的關係，才逐漸地結晶，成為兩條經驗的定律。條文是經過許多次數的修改，最初錯誤的結果，可說差不多已經完全免除了。第一條是：“每單位時間，光電表面電子釋放之數目，與入射光源強度成正比。”這定律曾經太陽光之自零起，以至可能之最大強度的試驗；其中亦有差異之處，惟

可以下面各種原因解釋之：如測量上的錯誤，或電池內部的缺點等，致使真正釋放的電子，不能準確地被收集攔來。第二條是“每單位時間，光電表面釋放之電子之最大能力，與入射光源之強度無關，而與光源之頻率成正比。”它的意義是說：電子因受光源之入射而釋放的速度，各有不同，但其中最高的速度，係以光源之最大頻率而決定。無論光源強度，加強至何程度，電子之最高速度，亦不能增加。

第二章 基本原理

6. 光譜

宇宙間一切輻射的能源，如果按照它們頻率的高低，或波長的長短，排列起來，就和音階一般地井然不紊，如第五圖。

人眼可見的光線，因受眼睛網膜感光遲鈍的限制，在整個光譜中所佔的階段，不過極其微小的一部份而已。光波輻射的頻率，如每秒振動達 75×10^{16} 次，在人眼視覺中所察者，就是紫色。若每秒振動次數，僅為上述之一半時，則為紅色。換言之，亦即人眼可見輻射線的波長，係介於 3.8×10^{-5} 與 7.6×10^{-5} 公分間之一小段，除此範圍以外，不論其波長較長或較短，皆不能覺察之。波長比 3.8×10^{-5} 公分短者，即紫外線，紫外線之最短者為 1.36×10^{-6} 公分。和紫外線相近的乃 X-線。X-線最長的波長，按俄斯古德 (Osgood) 試驗成功的記載，為 1.67×10^{-6} 公分；其最短者，係得騷兒 (Dossauer) 和巴克 (Back) 兩氏從原子量最重之鈾，試驗而得者，乃 1.04×10^{-9} 公

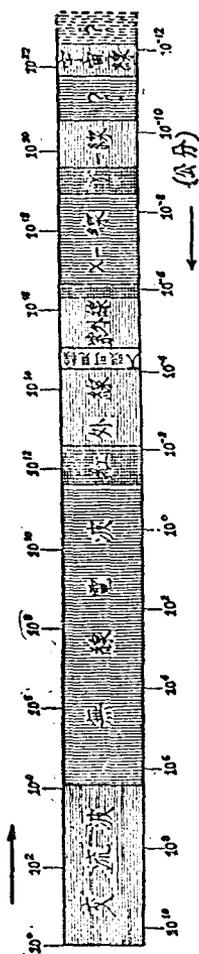


圖 五 第 五 節

分。波長比 X-線更短的一段，為由放射元素所放射的 γ -線，它的波段係自 3.9×10^{-9} 至 5.57×10^{-11} 公分。此外，除了一部尚未經發現的，世間上一切波長之最短者，要推宇宙射線了。宇宙射線是黑斯(Hess)發現的。倘依照密爾根(Milikan)與卡美隆(Cameron)藉天體振盪吸收係數推測所得，它的波長應自 5.25×10^{-12} 公分起，至 8×10^{-13} 公分止。

在另一方面看來，波長較人眼可見線長者為紅外線。據尼科爾斯(Nichols)與提爾(Tear)試驗之結果，知該段波最長者為 4.2×10^{-2} 公分。再退後一段，便是無線電波。無線電波之最短者，竟起入紅外線的界限，而達 8.2×10^{-3} 公分，那是阿卡底華(Arkadiewa)由他的振盪線路作成的。最長的，係法國拉法夷脫(Lafayette)廣播電臺播送的 22.5 公里，或 2.25×10^7 公分。最後一段，即普通交流，或顫動電流是也。

7. 輻射能源

能夠使電子輻射的波段，係自紅外線起，乃至紫外線止，在普通情形下，如頻率超過紫外線者，即不可以之為通常應用的目的。

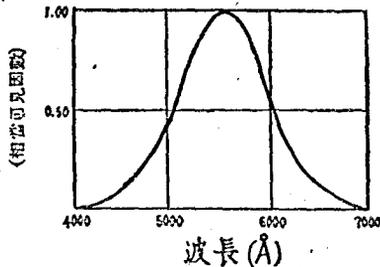
光電輻射能之源，若按物理性質來分別，大約可分為兩大類。第一類包括白熾的氣體和蒸汽。兩者的頻率，各不相同。氣體方面，最普通的一例，可以氖 (Neon) 燈喻之。氖燈不但已成為普遍化的商業廣告，且在電視上，也佔着相當的地位。這種惰性氣體，經一定電壓的放電時，就輻射出無數的紅線來。其次，時常用於攝影上照明的水銀弧光燈，即蒸汽的一例。這種光線，除極富於紫外線外，並具有強大之光化能力。

第二類是關於液體和固體的。這類能源，並不輻射不同的光線，而僅係包括於某一定數目的頻率而已。它的範圍是從最短紅外線起，至近於紫外線止。固體的一種，如活動電影及探照燈所用的，正極噴火炭弧光燈是。此外如鎢絲的電燈，為更重要的一種，因它的光度穩定，容易控制，尤其是有聲電影中的光電池，所不可缺少的。

8. 光度測量及其單位

光源照射的強度，因為有兩個原因，不能由肉眼直接來測定。第

一：肉眼感光靈敏度，不和光源強度成正比。第二：肉眼對各種顏色的感光度，各不相同。譬如有兩個光度相等的黃色光和紅色光，在眼睛所感覺的，一定以為黃光比紅光來得亮些。所



第六圖 肉眼感光靈敏度之曲線

以單用眼睛去辨別一個真正從光源本身輻射的光，和一個帶着照耀

的光，是靠不住的。第六圖曲線，示肉眼對各種不同波長光源之感光靈敏度。最靈敏的一點，約在波長 $5,550 \text{ \AA}$ 之處。 \AA 係埃斯特稜 (Ångström) 的縮寫，因為波長較短的時候，例如 8×10^{-7} 公分，後面的 10^{-7} ，不論在寫讀上或記憶上，都感覺不甚方便，所以公分的單位嫌太大了，就以一個埃 (\AA) 代表 10^{-8} 公分，這樣來，上述的數目，即可寫為 80 \AA 了。其實 \AA 也是紀念科學家埃斯特稜 (Ångström) 的。

因要將光源強度，準確辨別出來，故必須有標準的單位。如最初應用測量光度的燭光，是用二又三分之二英兩 (Ounces) 的鯨油，以每小時燃燒一百二十克冷 (Grains) 的速度，所輻射的光輝，或照耀的強度為標準。普通測量光電池，對於白光之靈敏度，都採用集心鎢絲的電燈；雖則電燈本身的光度，乃由另一標準來鑑定的。又當燈光照射過固定面積之小窗之光電池時，那末，光源的強度，尚須視燈距遠近而定；因此上述的標準，就非再加上照耀距離的單位不可；比如在燈前一呎的光源，以一燭之光向幕上照射，幕上所受的光強，就叫一呎燭；同時每平方呎每秒钟所受的光量，就叫一流明 (Lumen)。倘將燭距增遠至兩呎，則光強僅合原來的四分之一。由是可知照射的強度，與光源之距離平方成反比。若以計算式表之，則為：

$$(1) \quad (\text{某表面所受照射強度之呎燭數}) \\ = (\text{光源燭光數}) \div (\text{兩者距離呎數之平方})$$

$$(2) \quad (\text{某表面通量流明數}) \\ = (\text{該表面受光面積之平方呎}) \times (\text{照射強度之呎燭數})$$

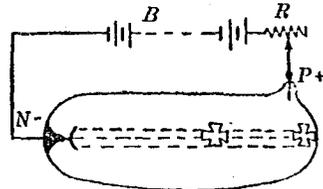
總之，第(1)式表明照射的強度，第(2)式表明輻射的能力，兩者

迥然不同，故無方法可將其單位互相變換。蓋前者乃視顏色的分配而定，而後者之燭光數相等時，但其輻射的總能量，仍可大有差異也。

9. 電子之概念與物質的構造

取金樹棒兩根，各接於高壓電源的一端，兩棒相距至一定距離，即有電花從棒的一端，跳到另一端去，這現象叫做放電現象。電壓愈高，棒端相距就可以愈遠。普通間隙一公分，需要電壓三萬伏特。若將兩棒封入真空內，所用電壓，就無需這樣高了。

1869年，德國物理學家希託夫 (Hittorf)，用兩金樹條，各封入半段於玻璃管內，留出半段於管外，以為聯接電源之用，如第七圖，然後抽出管內空氣，使裏面壓力低至百分之一公厘水銀柱以下。



金樹條的 N 端，接於電源的負極，P 端接於可變電阻 R，再連至電

第七圖 希託夫 (Hittorf) 氏之陰極線試驗

源的正極。這樣，如移動 R，使電路中電壓昇至某值時，N 極之端，遂輻射出鮮豔的光線來。若置一小十字形物於光線進行的路中，那十字形就逐漸被推向 P 端去；同時於 N 端的對面，有十字形的影子。又若將磁鐵或電容器的一極靠近玻璃管，光線即偏向一方。由這結果，知此種光線與普通光線不同，是有機械作用，走直線，並受磁場或電場的影響。更從推動十字形架一事來推想，知它必係由極小的微粒子來組成的。並因係由負極輻射而出，故又可斷定微粒子所荷之電，當為負電。這些微粒子，無以名之，就稱之為“電子”(Electron)，那

道光線則稱爲“陰極射線”。電子發現以後，就有電子學說出來，把從前以原子爲組織一切物質之單位的理論推翻了。在未闡明該學說之前，還要曉得有所謂“質子”(Proton)者。質子也是構造一切物質最基本的單位，其所別於電子者，即所荷之電爲正電，質量約爲 1.67×10^{-24} 克，亦即較電子質量約大 1845 倍，但其正荷電量，則與電子之負荷電量完全相等。現在又回到電子學說來，該學說大意謂：世間一切物質的原子，皆由若干質子，與同數的電子組成。質子陽性，電子陰性，二者各帶有一單位的電荷，故原子呈中性。氫原子以一質子居中爲原子核 (Nucleus)，一電子運行於其周圍；其他原子，則以全數之質子及一部份電子，組成原子核，所餘電子，各循相當軌道而運行，如行星之繞太陽然。又從精確實驗的結果，得知電子之 e/m 的比率，較電解中氫原子同樣的比率，大 1845 倍，但 e 在兩者中，皆爲 4.774×10^{-10} 靜電單位，故電子的質量 m ，比氫原子的質量 m 小 1845 倍。

至於原子，原子核及電子的大小，大約如下：

原子之直徑：2→4×10⁻⁸ 公分。

原子核之直徑：3→30×10⁻¹³ 公分。

電子之直徑：1.88×10⁻¹⁸ 公分。

若各放大 10¹⁸ 倍，則

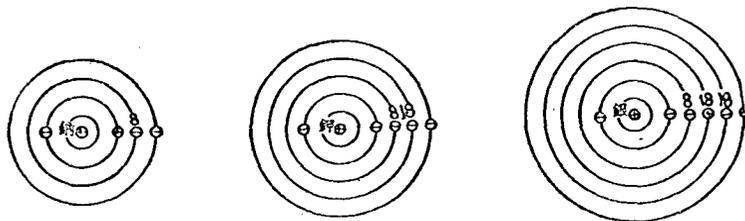
原子之直徑：2→4 公里。

原子核之直徑：3→30 公分。

電子之直徑：1.88 公分。

由上觀之，若原子為半個南京城時，原子核就像一個籃球，電子却祇有乒乓球那麼大了。電子在原子中所佔的位置，於此可以想見。

再說到電子在原子內佈置的情形，如第二個最輕的元素——氦，它的原子就較為複雜，係由四個質子和同數的電子來組成的。不過有兩個電子，在原子核中，和兩個質子中和了，其餘兩個電子，則環繞於周圍軌道上。再如鋰，它是鹼金屬中原子量之最輕者。鋰原子的組織法有兩種，一為六個質子和六個電子，其中三個電子在原子核內，餘三個則在軌道上；一為七個質子和七個電子，其中四個電子在原子核內，亦餘三個在軌道上。兩者軌道上之三個電子，皆以兩個繞於第一層，剩一個則在第二層。這兩種不同組織的鋰，化學性質相同，而原子量則有差異，叫做同質異相體(Allotropo form)。至於其他各元素原子中電子在各層軌道上的分配，第一層皆為兩個電子，第二層皆為八個電子，第三層則為十八個，若數目超過各層之定數，則各退居其次之一層。今舉鈉，鉀與銀三例以明之。



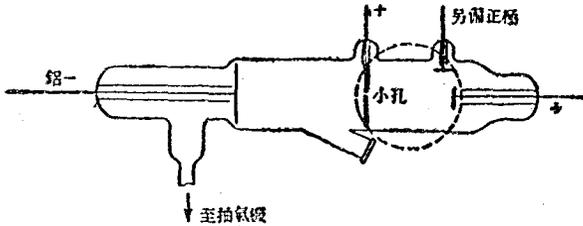
第八圖 原子中電子層之構造

最穩固的元素，如氦，氮，氙等，在普通情形下，甚難與其他元素化合，究其因，乃最外層軌道電子之數目，各為八個或十八個，因此就

以這兩種佈置法，爲原子組織穩固的標準，一切物質起化合作用時，即因其最外層電子組織不穩固所致，故在化合時，各失掉或獲得電子，以期達到組織穩固的狀態。鹼金屬如鋰，鈉，鉀，銣，鉍等之所以性質活動，化合力甚強者，即因其原子最外層軌道只有一個電子，容易失掉故也。再如鹼土類之鈹，鎂，鈣，鋇及鋇等，最外層軌道之電子，已多至兩個，故其性質亦較上述各種略爲穩定。

10. 光電子之測定

由光電效應所生之光電子，和普通陰極線釋放出來的電子，到底有何分別呢？倘將一光電物質，和陰極管的負極一樣地封入玻璃管內，然後使它發生光電子流，那光電子流，是否亦受電磁場的影響？此外如電荷及質量等有無差異？爲要解決這些問題，德人雷那德 (Lenard) 曾經做過一個測量的試驗。方法是將鈉汞合金和一條鉑絲，分別作爲光電池的負極及正極；然後以光源在表面照射，至管內流過電量達 2.9×10^{-6} 庫侖時爲止。如果管內光電流，是鈉原子的流動，則於陽極上，必可獲得 0.7×10^{-9} 克之剩餘的鈉，至少也有半量可由本生燈上檢試出來。可是結果：鉑絲上，絕無絲毫驗跡之存在。因爲要證明這個試驗結果的準確，他又另外設計一特別構造的管，如第九圖。藉紫外線的投射，使光電子流的一部份，集中於中間穿孔的正極，另一部份，則經該孔而達對面的一極。但當一相當強度和機能的磁場，以垂直該圖之方向施加之，則電子流遂偏向另備之一極，經過定量方法的測試，所得電荷與質量之比率，和由陰極射線產生電子之同樣比率，完全相符。



第九圖 雷那德 (Lenard) 測量光電 $f \cdot e/m$ 比率之試驗管

至 1900 年，英國美利特 (Morritt) 和斯乏阿特 (Stewart)，及 1912 年，德國阿爾塔提 (Alborti) 等，都先後經過更加精密的測量，而證實光電子確係帶負荷的電子，亦即與陰極射線之電子無異。最近公認電子的幾種常數值為：

$$e/m = 1.77 \times 10^7 \text{ 每公分之電磁單位。}$$

$$e = 4.774 \times 10^{-10} \text{ 靜電單位。}$$

$$m = 8.98 \times 10^{-28} \text{ 公分。}$$

11. 金屬中之電子

一切元素原子組織之大概，既如前節所述，金屬亦為元素，其原子組織當然不能例外，惟稍有不同者，即除上述以外，尚有所謂自由電子存於其中。這些電子並不屬於某原子的一部份，而是自由遊盪於金屬內部的原子與原子間。遊盪的範圍，以金屬表面為界限，達於此界限時，因金屬內部的吸引力，大於表面以外的吸引力，故電子不致突此界限，而向外逃逸。設若外界的引力，可以制勝界限內原子的吸引力，電子就有較大之動能及速度，衝突界限的範圍，而自由遊盪

於空中。爲更加明白起見，這又可喻如置於棹上的盤，和盛於盤內的碗豆。豆在盤裏可以滾轉自如，落在棹上，也可以滾轉自如；但自盤至棹，必需有能制勝其本身重量之動能與速度，使其衝越盤沿而達棹上，所以和盤沿的高低粗滑等性質有關。自由電子在金屬中也是如此，每因金屬性質之不同而有差異。這種關係，就稱之爲“工作函數”。一切荷電的物體，荷着電荷 e ，運動於不同電位之兩點間，其差爲 V ，則所需之動能爲 Ve ； e 在所有電子中之數值，都是一樣，是以每個電子在一定電壓所需之能力，亦必一樣。倘電子之動能，大於工作函數，換言之，亦即施用之電壓，大於工作函數所需之電壓，原子即從金屬中釋放出來；反之則否。

12. 光電子輻射之速度

我們已知道金屬由光電效應所輻射的光電子，是荷負電的，惟電子爲物極其微小，其速度，當然不能以直接方法來測量，而須間接從能力上求出來。法即量出恰能阻止電子由金屬板上釋放出來，所需的電壓。今設金屬在電壓 V 時輻射電子，這電子同時又受板中原有正電荷之引力，將其吸歸板中。電子由板中輻射出來，與吸回去間，因二者電壓不同，故產生一位差。若此差爲零，則板中損失之能力爲 Ve ；又設原來使電子離開金屬板所需之能爲 E ，其結果當爲 $E - Ve$ 。倘此值大於零，即外界引力大於內部吸力，故電子向外投射；此值小於零，即外界引力小於內部吸力，電子即無由外逸，亦即無輻射作用；此值等於零，電子將以最小之速度，向外輻射。若以數式表之：

$$E - Ve = 0, \quad \text{即, } E = Ve;$$

$$\text{但 } E = \frac{1}{2}mv^2, \quad \text{故 } \frac{1}{2}mv^2 = Ve.$$

$$\therefore v^2 = 2Ve/m.$$

上式 v 爲所求之速度, e/m 爲 1.77×10^7 每公分之電磁單位, V 爲電壓。測試方法, 乃於作用金屬板之電壓爲零時, 四周圍以適當之導電體, 並將其絕緣, 則因電子輻射的緣故, 可以量出電壓來, 但此電壓必徐徐降低, 直至適可防止從板上輻射出來, 而速度最快之電子的逃逸爲止; 在這情形所得的電壓就是 V 。惟金屬經過一次輻射之後, 卽於表面上凝結一層極薄的氣體, 這氣體一經凝上, 卽無法把它移去, 而且它的厚度, 是足以妨礙光電子輻射的速度, 當電子跑到這薄層時, 一部份就被吸住, 所以真正的速度, 又與此薄層之性質及厚度有關。

13. 愛因斯坦(Einstein)方程式

要解釋一個電子, 因光源之投照而輻射, 其困難, 正如純正物理學上之無法解釋黑體之能的分配一樣。曾經有人計算過, 假設有一平方公分面積的金屬板, 以每秒鐘 0.56 爾格 (Erg) 之光源繼續均勻地照射, 那末, 要使一個電子接受足夠能力, 而從金屬內部釋放出來, 所需時間, 要達二十萬點鐘之久。可是實際的測量, 啟示了一個電子的輻射, 僅需十兆分之一秒。1905 年, 愛因斯坦 (Albert Einstein) 首議光電輻射現象, 可以採用 普蘭克 (Planck) 的輻射量子論; 並假設量子能 $h\nu$ 反應於一電子, 電子因以獲得相當的動能而輻射, 愛氏 遂以下面方程式, 表示光電子和它所接受能量的關係:

$$\frac{1}{2}mv^2 = hV - P.$$

上式之 P 爲電子逃逸時，所受本體內原子之吸引影響損失的能力； m 爲質量， v 爲速度。現若令 $P = hV_0$ ，則電子輻射速度必爲零，故必有最小頻率存於其中，設以 V_0 表之。凡頻率較此爲小者，電子即不得輻射。是以令 $hV_0 = P$ ，則前之方程式可寫爲：

$$\frac{1}{2}mv^2 = h(V - V_0).$$

這最小頻率 V_0 ，又稱起始頻率，它的可能性，可由實驗來證實它。

上面的方程式，同時也是以數式來表明輻射的能力，與光源頻率成正比，亦即前章中之經驗的第二定律。至於量子本身的觀念，更與經驗的第一定律相符無訛，因在那裏顯示着：量子是光源強度的函數。

又方程式中之 P ，係電子輻射時所作之功，亦可謂之爲某表面的功函數；這函數雖因電子所處情形之不同而有差異，但不管對於何種表面而言，其決不等於零，則無疑義，尤其是純粹金屬，它的功函數，更有一定的數值。下表即由經驗所得之幾種金屬的功函數。

金 屬 名 稱	鋁	鈉	鉀	鈣	鎂	鈣	鋁	鎂
功 函 數 (伏 特)	2.36	1.82	1.55	1.45	1.36	2.4	2.0	1.0

14. 光之解釋

投石池中，石落之處，水面即起波紋，由一點擴大而成一圈，由一圈而至無數圈，是水波之成，係以水爲媒介。樂器演奏，聲浪鼓動空氣而飄播於各處，是音波之傳送，係以空氣爲媒介。太陽的光線，經

過萬千里的空間，投射至地球上來，如光亦波之一種，是則它的媒體，究爲何物？主張光爲波動者，欲自圓其說，乃憑空造作謂“以太”（Ether）爲傳光的媒體。自有了以太的觀念以後，輻射遂被認爲以太的波動，它的波長和強度雖各有不同，但它的速度則與光速一樣。用以太解釋光的進行，初時以爲是很圓滿了，但自經萬開爾松（Michelson）和摩爾利（Morley）兩氏試驗後，要將光波來應用於相對論上，却就感覺困難了；因當兩物體作相對運動時，無論進行速度如何，光波在兩者看來都是一樣的。不過光的干涉（Interference）和繞射（Diffraction），却是光波有力的證據。譬如同時投兩石於水，水面所成兩組波圈，即相交錯而起干涉作用。有時彼此互相抵消，有時則相遇加強。光之作用，亦係如此。十七世紀，格利馬爾提（Grimaldi）於試驗光之繞射時，以一不透明之小物體，阻隔於光線進行之途中，該物體所成的陰影，較應循幾何學所成者略大；且於陰影增大部份，其邊有色，此乃表示波長不同之故，而這現象，即稱爲繞射。後來夫累涅爾（Fresnel）雖力辯這是由於一波面所發生不同光波，互相作用所致；正如兩組水波之起干涉作用一樣。但不論其爲干涉抑係繞射，兩者皆爲波之一種性質，則無疑義。

自光之波動說成立以後，一百年間，無有加以反駁者。雖然牛頓（Newton）曾發表光爲微粒子說，但經各種實驗之證明波動說之確鑿，微粒子說仍不能執光學之牛耳。直至1900年，普蘭克發表他所研究之熱體輻射的結果，創立量子論，光之波動說，乃受一打擊。按波動是連續的，而量子論中所說者，並不連續。譬如加熱於一物體，

物體的顏色即逐漸地起了變異，這顯示輻射強度不同，但輻射能之發生，決非連續，它應驟然放射少量，稱曰量子(Quantum)。全部理論與波動所述者，適相背馳，於是牛頓的微粒子說又往事重提了。

十九世紀末期，光電效應發現以後，就有這樣的疑問發生：如光係純粹以太波動，那末，它是否有令金屬輻射電子的能力？後來，愛因斯坦以為這可用微粒子說來解釋清楚。他說組成光的粒子，稱之為“光子”(Photon)。當陰極射線在真空管內衝擊金屬板時，它的能力就變為光子，再由光子傳遞與金屬板中的電子，於是乃有光電子輻射而出。當研究 X- 線的反射時，光之微粒子說，更為可靠。倘光為波動，則當向 X- 線照射以某種顏色時，其反射之色，必與原色無異。但實驗結果，則並不然，射以藍光反射青色，射以青光，反射黃色。這現象波動說無法說明。若以愛因斯坦的觀念，即可圓滿解釋之。因當 X- 線的光子，投射於金屬板時，被板中電子反應而退回，退回即失却能力之一部，再根據量子論，X- 線傾斜後，因能的減小，頻率亦隨之降低，頻率既經變異，顏色自然不同。

由于干涉和繞射兩作用看來，光為波之一種，已無疑義。但從光電效應和 X- 線反射等實驗的證明，則光又似為微粒子，兩者各持一端而不和諧，難免使我們有莫所適從之感。可是我們既不能反駁波動說有謬誤，又不能辯證微粒子說為不對，所以不得不把它調和起來。法人得布羅利(De Broglie)曾發表一議論，謂光可以說是波動，同時又是微粒子，因不見得微粒子就無波動的性質。這種主張，畢竟在湯姆孫(Thomson)用陰極射線試驗光的繞射時，得到相當的證據

了。湯氏於陰極射線電子進行的路程中，遮一金箔，發現它的陰影，比應循着幾何學所成的大些。這就說電子也有繞射的作用。倘再依據布楞人(Bronnon)的創說，謂做成光的微粒子，就是物質的電子，雖然陰極射線電子的速度，沒有光那麼快，但如設法使它加速至和光速一樣，則陰極射線所輻射的不是陰極射線，而是光線了。如果光就是電子，再由湯氏證明電子有波之性質的實驗，那末，光不是可以說是波動，而同時又是微粒子嗎？最後我們的結論是這樣：波是不能作工的，作工的只有微粒子，傳達遠處的是波，而作工的則為微粒子。所以光可以說是波動，而同時又是微粒子。

第三章 一般特性

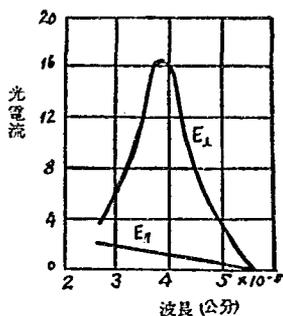
15. 波與極化對光電效應之影響

大部份金屬之光電效應，均因輻射光源之波長的減短而增大。陰金屬在一定光譜與入射線之傾斜角度時，因由光電效應所產生之光電流，僅在一定波長之值為最大，故此類金屬之光電效應，除照射光源之波長外，尚因入射平面極化之變化而有差異。今設入射光線與鈣鈉合金液平面，成一傾斜角，則入射光線之平面，與垂直於液面之法線所成的平面，謂之入射平面。依光之電磁定理，凡入射光線在入射平面，發生平面極化時，此瞬間所成之電場，與入射平面必相垂直，亦即與輻射表面相平行；該平面今以 E_{\parallel} 代表之。在另一方面看來，若光源與入射平面相垂直，而發生平面極化，則電場必與入射平

面成平行。又若光源與入射平面並不垂直，但互成小於九十度之傾斜角，則可得一與平面相垂直之分力，所成角度愈大，分力亦愈大；在此情形之極化，令 E_{\perp} 代表之。由實驗結果所得，此兩種不同入射光線之光電流及波長，在不同平面極化時之關係，如第十圖曲線所示。

從該圖曲線上可知，當光波之電場，與輻射表面平行時，光電子之釋放，因波長之增大而逐漸減少；但於光源發生極化時，輻射之電場，有一分力垂直於輻射體，此時波長若稍為減短，光電子之釋放，即突然增多，乃至最高，然後再行降低，而與他線相會於一點。

在一定長度之波長，光源之強度，將因其斜角之加大而愈強，最大強度和標準強度的比例，約為一比十五，若入射角為六十度時，亦有高至一比三百者。惟光電子輻射的速度，在此兩情形下都是一樣。

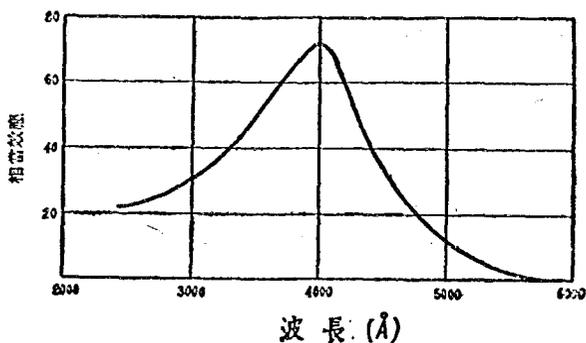


第十圖 極化對光電效應影響之曲線

16. 色彩靈敏度

在前章中，我們已經知道，色彩的不同，就是光源波長的差異，但光能却是相等的。所以以光能相等而波長不同的光源，照射於光電池的陰極上，所得光電子輻射之相當值，或光電效應，就是光電池之色彩靈敏度。若光電子輻射面積一定，則作用光源之波長愈長，靈敏度亦愈高。譬如鹼金屬，僅須受人眼可見光線之照射，即可令光電子

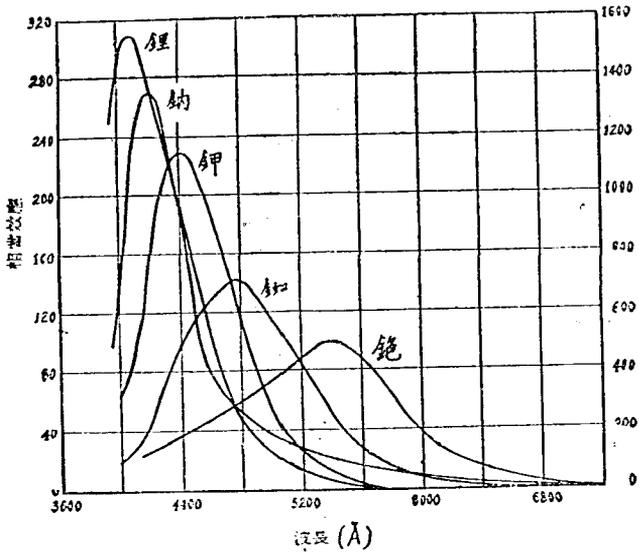
釋放。惟氧化銅光電池，除紫外線外，其他則不盡然。據波爾(Pohl)與普林克斯海姆(Pringsheim)兩氏研究的結果，知鉀鈉合金液，僅須先以頻率較高之光源激勵，使其電子開始輻射後，所受單位能力輻射之電子，從光譜中的紅色為零起，逐漸增高至紫外線為最大，然後又徐徐降低下去，其變化如第十一圖曲線。



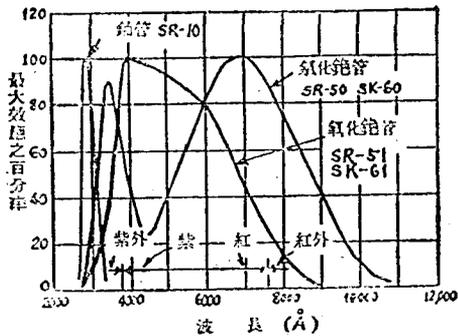
第十一圖 鉀鈉合金液之色彩靈敏度曲線

更精確的測量如第十二圖，它是西納(Soiler)女士對於用鹼金屬所製各種光電池的色彩靈敏度，與在各色彩下，所得相當光電效應的比較。在這結果中，有兩點值得注意的：即靈敏度最高的波長，相當於各金屬之原子序數的次序。其次為光電子輻射的多寡，或光電效應的大小，從銦起為最大，依次遞減至鉍為最小。

第十三圖為幾種商用光電管之色彩靈敏度的特性曲線。其中鈾管 SR-10，係專門使用於紫外線者；在通常情形下，因甚難得到有充分紫外線之光源，以供照射，故頗感無用武之地。



第十二圖 鹼性金屬之色彩靈敏度



第十三圖 幾種商用光電管之色彩靈敏度

17. 光電疲乏之現象

倘將一表面光滑之金屬片，連續作數次之光電試驗，其效應必逐漸減小，一次不如一次，此現象即光電疲乏之現象。例如由一銅片所生之光電流，若暴露屋內至一日之久，其電流，必較原來之值，小三分之一。同時如將上述之金屬片，置於密封之器中，則此疲乏，需時三月。至於疲乏之主因，首為金屬表面氣體之凝結，阻礙光電子的釋放。臭氧及過氧化氫，對此影響尤大。次為金屬表面所含之光電子，因繼續輻射，而漸形減少。

18. 光電靈敏膜

從以前埃爾斯忒和蓋替爾兩氏之鹼金屬與汞合金液之試驗，使我們連想到金屬元素之光電效應，可因視以性質不同之他種靈敏元素而增加。在理論方面看來，功函數乃依表面靜電力之變化而差異，同時光電子受光源照射後，輻射之數量，與金屬表層原子最外軌道之電子組織有關。若將此觀念加以擴充，則不論在經驗上或理論上，最靈敏之光電池，其陰極表面，應塗以不同元素之薄膜，殆無疑義。尤其是鹼金屬之薄膜，其厚度僅達一原子者，效應尤著。

凡金屬受熱至一定溫度，即有電子輻射，此現象謂之熱游子效應。表面面積為一平方公分之鎢絲，封入真空之管中，加熱至 K 一千五百度，所生電流約為十分之一勝安培，若鎢絲中含有少許氧化鈦，然後加熱處理，使鈦原子擴散至鎢之表面，則在同溫度與同面積之電子輻射，其電流可增至十八份安培。前後僅一鈦層之異，而效率相差，已達二百萬倍矣。

若燒熱錫絲於鈹之蒸氣上，則其結果，必更可觀。蓋鈹遊子將爲錫所吸收，合成一公共電子之軌道；此時倘再熱錫於稀薄大氣中，使與氧起化合作用，至是鈹遊子遂膠固於氧層，成爲一複雜之表膜。用此法製成之錫，在 K 一千度時，每平方公分面積，產生之電流，竟達 0.35 安培。

培刻(Becker)曾作同樣之觀察，並謂厚度僅爲一原子之鈹遊子薄膜，凝積於氧化鎢表面，則所得電流爲最大。培氏曾以鋇代鈹，而作同樣的試驗，其結果亦同。

最近魯利(Lowry)謂一鋇之吸層，與一鎳之合金，在溫度攝氏一千二百度下，所生電流，竟達一安培。總之：從熱游子計算電子表面之功函數，其結果，正與由光電效應所測量者相同。因此，光電靈敏表膜之現象，可由熱游子效應所得之經驗，以解釋之。

19. 鹼金屬薄膜之研究

愛夫斯(Ivos)曾以鉛箔驗電器，試驗各種鹼金屬薄膜的效應，對薄膜厚度不同的關係。試驗的結果是這樣：當薄膜的厚度逐漸增加時，鉛箔所表示的靈敏度，也依次增加，乃至最大，然後又慢慢減小。如將試驗方法顛倒，其結果亦然。這靈敏的改變，若以頻率的關係來解釋，也很容易，即因頻率逐漸增加，以至光譜中之紅色終端的最高限，乃又回復原狀。

受上述結果的影響，卡姆培爾(Campbell)作更進一步的研究，其最大的成功，即以鉀膜加於氧化銅上，作爲光電池的陰極，對於紅色靈敏度的增大。他在發表的論文中，關於這種混合表面之性質的

結論，曾作如下概述：‘那是沒有猶疑而可很有把握地說，它的成功，完全由於一個單原子層的形成。這正和蘭格莫爾 (Langmuir) 與他的同伴所研究的氧鎢銻三化合物所成之表面相似。……’

不久以後，又有柯納 (Koller) 對於光電輻射層之別開生面的進展，那是由銀，氧化銻和銻三物合成的。它的功函數，比任何種式的光電池都要低。這個發現，亦即豎立各式特別靈敏之氧化銻光電池的基礎。並且成為工業界中，各種式樣的標準。

俄爾品 (Olpin) 利用一種看不見的絕緣質，如硫或有機物等作成的薄膜，覆於鉀鈉合金之光電池中的鹼膜下，亦能使它對於紅色光線的靈敏度，大為增加。

與俄氏極端相反的一說，為薛侖玉 (Selonyi) 的證明，他說如將一傳電體作成的透明薄膜，覆於鹼膜下作為媒介層，使鹼層凝結於其上，則所得效應的結果，優良無比。他在他的實驗中，曾實際作成一鈉——鎳——鈉之薄膜的系統，並發現這系統對於紅光效應，非常之大。

最近復有弟維斯 (Tovos) 對於最高靈敏度論文的發表，其內容大意是說：藉銻薄膜之加於真空光電池中之氧化混合物的層上，則當一鎢絲燈之燈絲，熱至 2680° 絕對溫度時，每流明通量，可使該項光電池，產生六十五份安培電流之高。

第二篇 光電池種類

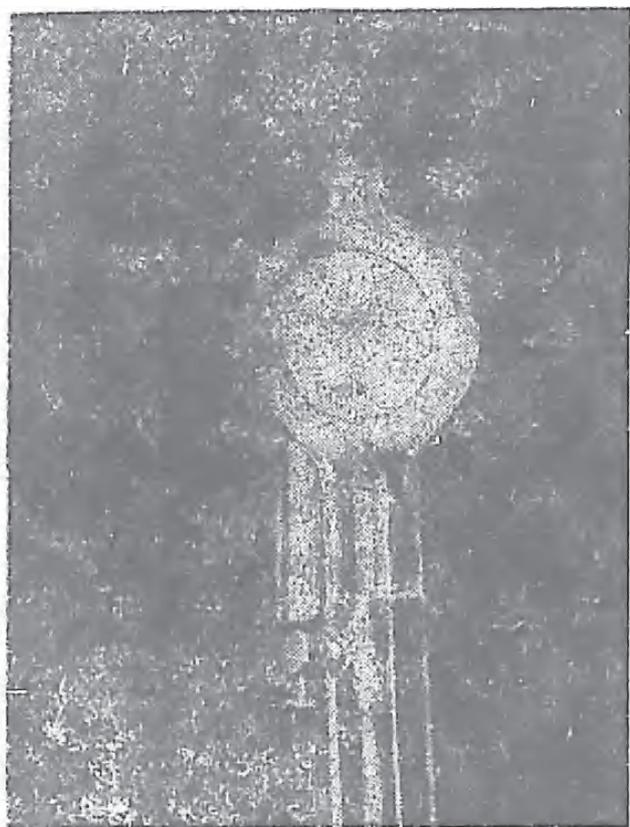
光電池種類繁多，但若在構造形式上加以區別，則不外爲由玻璃管製成，與非由玻璃管製成兩種。前者稱爲“光電管”，其英文爲“Photo-tube”；後者稱爲“光電池”，其英文爲“Photo-cell”。按“池”字含有貯蓄某物，而可源源供給之意，如水池蓄水，乾電池蓄電然。故由玻璃管作成之一種，從形式上言之，謂之爲“光電管”固可，從意義上言之，謂之爲“光電池”亦無不可。是以“光電池”可以包括一切有光電作用之儀器，其義廣；而“光電管”則僅指由玻璃管製成之有光電作用的儀器，其義狹。本書所用名詞，除有數處必須用“光電管”外，其餘概以“光電池”名之，然不論其爲“光電管”抑“光電池”，二者名雖異，而作用則一也。

第四章 真空式光電池

真空式光電池，係以一陽極及一陰極，封入於一玻璃管內，組織而成。陽極多用金屬絲編成網狀，常居中；陰極則於管壁之一部，鍍以純銀，再於銀層上加一鹼金屬之化合物的薄膜，作爲光電靈敏物，陰極的對壁，仍使之透明，以便光源的投射。管中空氣，須抽至高度真空。其外觀如第十四圖。

20. 光電子在真空中之輻射

根據愛夫斯直接測量的結果，謂在任何情形之光源的照射下，光



第十四圖 真空式光電池之一種

電子在真空中輻射，與輻射物體表面法線所成的角度相對稱。若把這對稱的關係，用極坐標表示出來，就可畫成如第十五圖的圓形曲線。這曲線的形成，並不受入射光源之角度，及電向量顫動之方向變化的影響。在一定表面上之電子輻射的分配，可以拉姆伯特 (Lambert) 之餘弦定律闡明之。這定律的函義為：單位強度之光源，以入射角 i

入射於一表面，則每單位面積所輻射之電子，必以反射角 e ，距離 r ，自該表面飛奔出來。若寫成數式，即：

$$I = K(\cos i \cos e) / r^2$$

式中之 K 為常數，其數值須視光源之顏色，及表面之性質而定。這定律，除陰極表面外，在兩極間之任何空間皆可適用；但若陰極之有效靜電場為零時，其情形可就不同了。

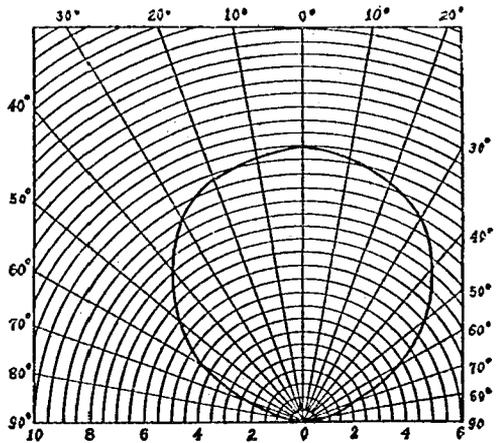
21 熱效應特性

要使光電池輻射電子的方法，大約不外加熱和照光兩種。前者可由測量熱效應，而得其特性，如在某值電壓下，每流明通量，可以產生之最大電流量，後者則係直接由通量，以求電流者。光電池中，除

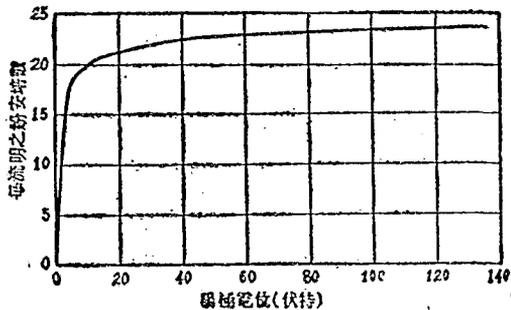
電壓式一種，可以無需另外加熱外，其他各種，幾皆光熱並施。在一定照度之光源下，光電流的大小，係與施用電壓的高低成正比。倘電壓升高，則電流亦必隨之加大。但至一定限度時，雖將電壓儘量提高，亦不能使

電流發生影響；這時的電壓，稱為飽和電壓。故在電壓未達飽和前，在該情形下之照光所得的電流，並非最大值，換言之，亦即光電池尚不能充分發揮其

能力。第十六圖示一個真空式光電池之熱效應曲線。其飽和電壓，約在二十伏特左右。至於飽和的原因，不外下列三種：



第十五圖 光電子輻射對於輻射表面法線對稱之曲線



第十六圖 真空式光電池之熱效應曲線

(1) 空間電荷的充滿 有透明玻璃管的光電池，負電荷時常附着於絕緣表面，成爲一個永久的靜電場。此靜電場，足以阻礙一部份從陰極輻射出來電子的進行。

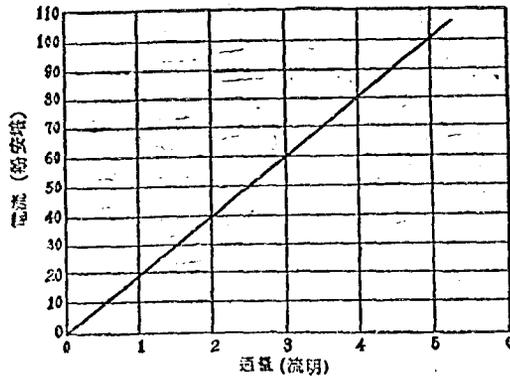
(2) 陽極面積太小 陽極面積太小，則由陰極輻射出來電子之一部份，不爲低電場所吸引。同時負電荷過於擁擠，成爲靜電障礙物，以致阻止一部份電子的輻射。

(3) 剩餘氣體的存在 此類光電池雖係真空，但微量氣體之存在，仍不可免，此微量的氣體，亦能影響電子的輻射。

22. 照耀特性

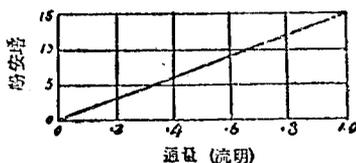
照耀特性就是光電池受到各種通量不同之光源的照射時，所產生之相當電流值。在理論上說來，它們應當保持如第十七圖的直線關係。當光源強度由零增至五流明，電流亦由零升到一百微安培。這

線平直，即表示光源強度稍有增減，電流遂靈敏地跟着變化；所以祇有優良的光電池，始能完全符合這個關係。反之，從這關係曲線平直的程度，即可斷定一



第十七圖 真空式光電池之照耀特性曲線

個光電池的優劣與否。第十八圖是真空式光電池 SR-50 號，在直流電壓固定於九十伏特時之照耀特性曲線。靈敏度像這樣高的光電池，不論在光度學，有聲影片的發音，電視或類似的應用上，都是很有價值的。



第十八圖 真空式光電池 SR-50 之照耀特性曲線

23. 二次發射

在1918年，有人曾利用間接擴大光電發射以增高光電靈敏度的方法，製成一種三極的熱游子管。管的組織，包括一個燈絲，一個板極和一個陽極。當燈絲燒熱後，即有電子釋出，並以最大的速度，向板極上衝擊。衝擊的結果，乃使板極另外釋放一組新的電子來，然後再由陽極吸收過去。這種因衝擊而於第二次發出電子的方法，叫做二次發射。按第二次發射電子的數目，每每可以數倍於第一次發射者。值得在這裏提起的就是有人把這個道理應用到光電管上來，製成一種三極的光電管，以補陰極光電子發射之不足。其結果，在靈敏度方面，可說已有很大的改進了。至於三極光電管的詳情，容當論及。

第五章 充氣式光電池

充氣式光電池，在構造上，和真空式差不多，惟一的異點，乃於真

空之玻璃管中，加入少許氣體而已。這種氣體，因對於初次發射電子有擴大作用；或更明顯些，就是氣體受光源照射時，能起遊離作用，而使管內電子的傳導，更加容易，亦即使電流加增。應用於此處的氣體，種類頗多，但效力最大的為氫。在未詳細說明氣體之作用以前，對於氣體應有一個普通的概念。

24. 氣體分子

假設有一種單原子的氣體，盛置於一封閉之器內，我們就可連想到氣體中所有的原子，各以每秒一英里的速度互相衝擊，與向器壁投擲。由衝擊和投擲的結果，就使器內產生氣體的壓力。壓力的大小，與絕對溫度成正比，與盛器的體積成反比。它們的關係，若以數式表之，當為：

$$PV = nRT$$

P 為壓力， V 為體積， T 為絕對溫度， R 為一常數，可適用於任何氣體。一個氣體分子之 R 的數值，等於 1.372×10^{-16} ； n 是每立方公分內之氣體分子的數目。由阿佛加德羅 (Avogadro) 推論的結果，在一定壓力與溫度下，一定體積之任何氣體分子的數目，都是相等的。若溫度為 0°C ，壓力為 76 公分水銀柱，每立方公分的氣體，含有分子 2.705×10^{19} 個。

今若以一克重之氣體，在室溫下，密封於一器內，然後將器之體積縮小，則氣體密度即行增大。密度增大，每秒鐘單位面積分子衝擊的機會亦更多，是以壓力也就更大了。氣體分子壓力變大，也就是原子動能的增加。或原子與原子間衝擊機會愈多，及向器壁投射愈為劇烈。

25. 氣體之遊離

在一定體積的兩電極間，必有若干自由電子存在着。若於兩極施以電壓，則這些電子，遂以加速度向陽極飛奔。等到所施電壓達至一定限度，而電子進行的路徑又不受阻礙，並且這路徑的長，可使它獲得一定量的動能，那末這動能，即可令它向別一個原子衝碰。經過衝碰後，就有一個電子，從被衝碰的原子釋放出來；於是這兩個電子，以同樣加速度，向陽極飛奔，在飛奔的過程中，它們又照樣去衝碰別個的原子，使它們又各分別釋出電子來。這樣一直下去，成了幾何級數，迨電子復合和分離的速率相平衡而後已。同時失去電子的原子，就有正電荷剩留下來，所以它們奔向陰極方向走。倘原子和原子相距不遠，許多動作較慢的電子，就會連結起來，去和它們中和。甚至使它們變為負荷的粒子，然後向陽極奔走。故凡有一個或一羣原子，它們失去一個或一個以上的電子，或者獲得一個或一個以上的電子，都稱為離子。而這樣的作用，就稱為游離作用。游離作用的發生，大約須視下列各因數而定：

- (1) 施用電壓之高低。
- (2) 電極距離之遠近。
- (3) 單位體積中原子之數目。
- (4) 採用氣體之性質。

一個電子，當它從原子中釋放出來，必須由某一電位，降到另一電位，去獲得適當的能力，然後發生游離作用。這電位，我們稱之為原子的游離電位。下表即幾種通用氣體的游離電位。

氣體名稱	氫	氦	氖	氬	氪	氙	氮	氧
游離電位(伏特)	13.3	25.6	21.5	15.1	16.3	11.5	16.9	15.5

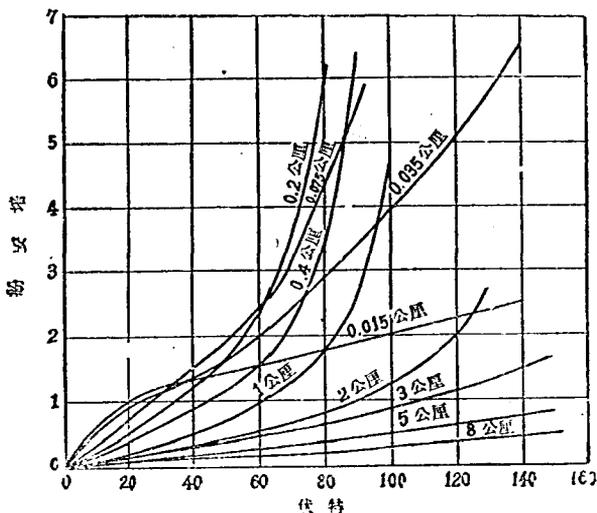
26. 氣體運動平均自由路程

於固定壓力與溫度下，一定體積之容器內，各個氣體原子每秒鐘衝擊的次數，有一平均的數值。設若先後移去器內原子之一部份，器中壓力必漸形降低，原子數目也慢慢減少，但其平均自由運動的距離，則逐漸加長。倘繼續將氣體原子移去，直至一定限度時，其最長運動路程，即為器壁與器壁間之距離。此時雖尚有少數原子同時存在，但它們衝擊的機會，已經很少，而形成游離的狀態了。故無論在何種情形下，一切氣體之自由運動的平均值，就是在所處情形下，該氣體之平均自由路程。電子在原子中的運動也是如此。若令 r 為原子的半徑， n 為每立方公分原子的數目，那末電子在原子內之平均自由路程，當為：

$$\lambda = 1/\pi r^2 n \text{ 公分}$$

因為近代抽氣機的進步，高度真空已可達到，但無論真空高至若何程度，仍難免有稀微氣體的存在。祇是此時氣體分子的平均自由運動的路程，已增至極大，分子間衝擊機會非常之少。譬如在高真空的光電管中，其壓力可低於一公釐的十萬分之一的水銀柱，相當於此情形之分子的平均自由路程，約為七千公分。但氣體分子存於此等高真空中的數目，每立方公分的體積內，尚有幾千兆之多。

第十九圖曲線，示充氣式光電池，在各種氣壓下之電壓與電流的關係。當電壓在八十伏特左右，而使管內氣體壓力，由 0.2 公釐增至



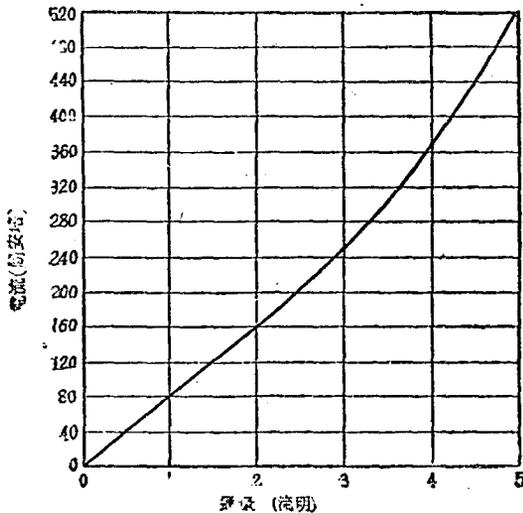
第十九圖 充氣式光電池在各種氣壓下之靈敏特性

8.0 公釐時，則前後產生電流量，竟為 5.0 與 0.3 之比。從各曲線的形狀看來，壓力為 0.2 公釐之曲線，因其斜度最大，故效果最優。同理，壓力為 8.0 公釐之一條，斜度最小，故效果最劣。這個原因，若就物理的立場，來加以解釋，也並不困難，那就是壓力太高的時候，電子沒有相當的自由路程，亦即電子在未獲得足量動能以前，即與原子衝擊，致無充分游離的機會。至於壓力較 0.2 公釐為低之諸曲線，其所以亦不能有優異效果者，則係電子的平均自由路程過大，電子在未與原子衝擊前，即已達於陽極了。

27. 氣體放大的限度

充氣式光電池,電極放電的發生,是氣體放大之致命傷。故一光電池在穩定的情形下工作時,其由游離產生的電流,與由陰極上因發射電子所生的電流之比例,最大應不使超於10,那末,電極放電的現象,始可避免,而氣體才能儘量發揮其擴大的效能。

依照最近研究的結果,謂放大的原因,並不僅限於氣體的游離而已,其中一部份,乃係游離後剩餘正離子,向陰電極衝擊,使陰電極發

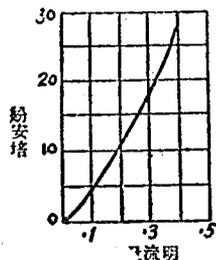


第二十圖 充氣式光電池之照度特性

生二次發射的結果。因電子由靈敏表膜上,釋放出來所需的能力,遠較由氣體原子釋放出來,所需的能力為小,故陰極表面,可以藉速度

較低之正離子的衝擊，而生二次發射的現象。

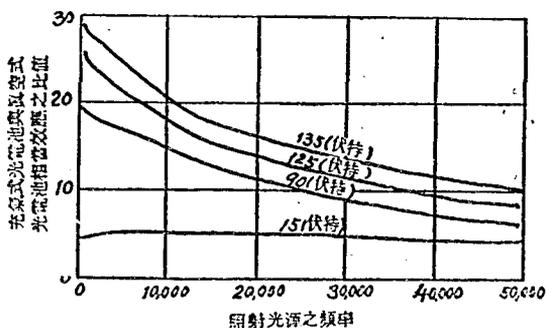
充氣式光電池，對於光源變化之靈敏度特性，並不如真空式的成一直線；亦即光源強度不與產生電流量成比例，如第二十圖。這不成直線的特性，能使音樂收音時，減低其確度，亦即充氣式之所以不如真空式者。第二十一圖，為充氣式光電池 SK-60，在九十伏特之直流電壓下的照耀特性。



第二十一圖 充氣式光電池 SK-60 在直流電壓九十伏特下之照耀特性

28. 動力特性

真空式光電池產生的電流，是準確地依着照射光源的強度而變化。充氣式光電池的靈敏度，則變化較多，尤其是光源頻率增加時，其靈敏度反而減小，第二十二圖為一充氣式光電池，在廣闊之頻率範

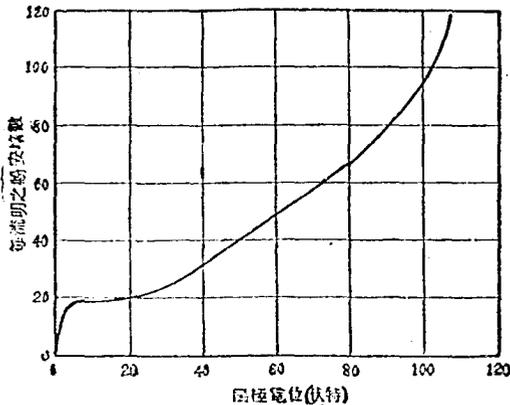


第二十二圖 充氣式光電池在各種不同電壓下之特性曲線

圍內，及各種不同電壓下，所得的特性曲線。從該曲線等比較看來，

有兩點值得注意的：在最初的 10,000 頻率，曲線驟然降落，然後逐漸傾斜，以至 50,000 頻率處。又施用電壓愈高，所得效應亦愈大。至於降低頻率反使靈敏度增加的理由，可以回想到前節的陽離子來。陽離子產生的方法，已如前述，它在充氣式管內擴散的速率，約為每秒 10^4 公分。當通量減少以後，陽離子並不立即停止動作，必因少許進行惰性，而繼續向陰極衝擊。雖此二者時間相差甚微，但其中必有一時距在焉。陰極遭受衝擊，遂有新電子釋放出來，新電子再和本來的電子相混，成為更大的電子流。此作用的結果，雖光源突然停止照射，而電流仍有少許擴大的趨向。反之，當光源忽然增強，電流必稍候片刻，始能加大也。

第二十二圖的曲線組，上部的曲線，電壓較高，發生游離作用較



第二十三圖 充氣式光電池之熱效應曲線

易，而感應亦較大。在下部的曲線，因電壓太低，所有電流幾全為電子流，這樣來，名雖為充氣式，實與真空式差不多。故第二十二圖 15 伏特的曲線，因有下列三個原因，已經失去管內氣體的效用了。

- (1) 電流飽和後，對於增加電壓的影響甚小。
- (2) 靈敏度與充氣式之大小相當。
- (3) 相當之動力特性的效應，與光源頻率無關。

第二十三圖曲線，係充氣式光電池於一定照度下，施用電壓與產生電流之關係特性，不過這曲線祇能適用於光度較弱的光源和較低的電壓。

第六章 電導式光電池

29. 電 導

電導式光電池，是藉光源之強度，和顏色的變化，而使其受照射後，發生各種不同電導的作用，電導乃表示物體傳導電流的程度，或者更明白些，就是在一電路中，物體所能通過之電流的數量。它的意義，恰與電阻相反，所以它的單位，也是英文歐姆(Ohm)的顛倒，即姆歐(Mho)。

30. 光變導元素

上述因光源之變化，而發生不同電導之最顯著的物體，首推元素碲(Selenium)。碲在週期表上的地位，處於良導體碲(Tellurium)，與不良導體硫(Sulphur)之間，所以它的性質，也介於傳導與絕緣之

中。若把它置於暗黑處，它就是絕緣體，若以光源照射，它就是電導體。電導的程度，則如上述，須視照射光源之強度和顏色而定。而這種兩棲的特性，亦即使之所以能夠採用為光電池的理由了。光源照射到硒上面，就有電子發射出來；當電子從內層穿出，經過表面層時，一部份即與正游子複合中和，成為原子；直至一定時候，電子發射和複合的速度相等，這時就稱為平衡，而最大電導值，亦因是而得。

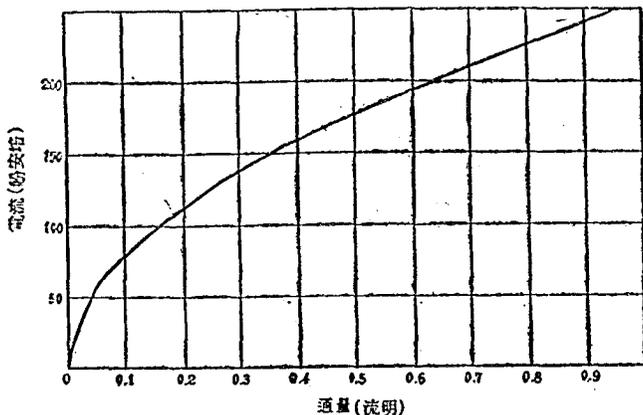
硒在普通情形下，為紅色或棕黑色粉末，加熱處理後，變為灰藍色。下面是它的幾種物理性質的常數：

原子量	79.13
熔點	220°C
沸點	688°C
電阻係數	70,000 Ω (結晶)

元素之有光變導性者，除硒以外，如化合物中之硫化錒，硫化銻，硫化銀及硫化鉛等，也都具有此種性質，祇因它們的效力遠不如硒，不合實際商業上的應用，故採用的很少。

31. 光變導定律

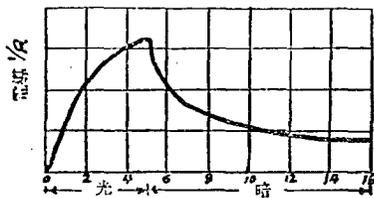
從光變導定律，知由光之照射而產生的光電流，與光源強度之平方根成正比。它們的關係，如第二十四圖曲線所示。現行市上所有光變導管，大致皆能和這定律相符合。不過光源照射時間，如係極短，則產生電流量，不等於光源強度的平方根，而是等於光源強度和照射時間之乘積。換言之，亦即光源變化甚快時，產生電流與其強度成正比，與其頻率成反比。



第二十四圖 真空管之照輝特性曲線

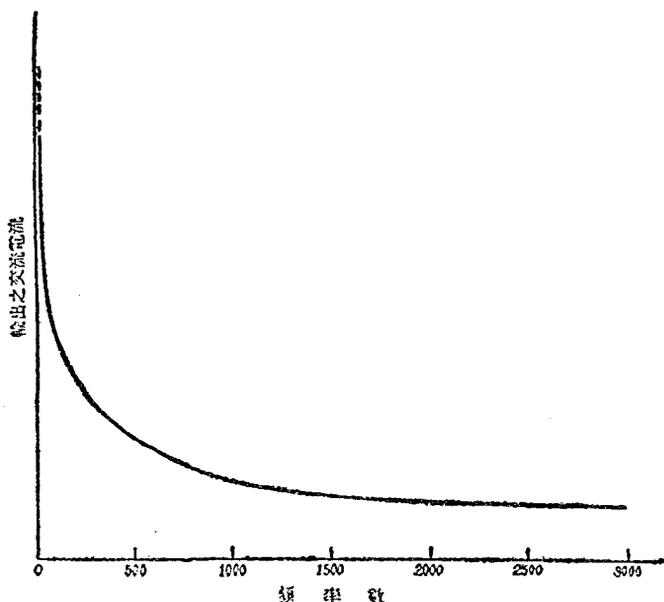
32. 動力特性

在靈敏方面看來，鎂管靈敏度之高，可以檢視兩里遠的燭光。可惜它的惰性，使它在許多應用上美中不足。這是因為它的電導值，不能跟着照射時間之久暫，而迅速地變化。如第二十五圖曲線當光源照射至第五秒鐘時，電導即由零遞增至最大。倘將光源忽然移去，電導並不立即降下，而需數秒鐘後，始能恢復原狀。第二十六圖曲線，為在不同光源頻率之照射下，測量一鎂管輸出之相當交流值。從該曲線上，可知電流變化最大處，係在頻率零



第二十五圖 光源照射時間與電導變化之關係曲線

至 1,000 之間。超此範圍，不論頻率如何增高，電流已不復減低了。

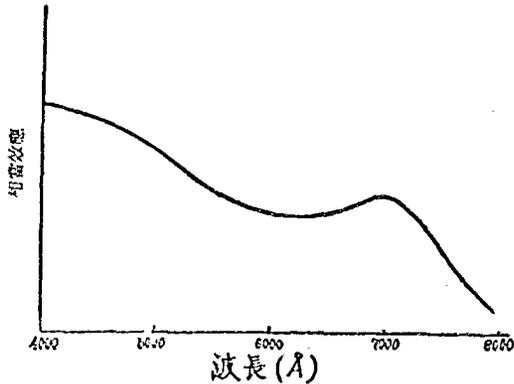


第二十六圖 標準硒管之特性曲線

33: 色彩效應

任何式樣的硒管，都具有相同之色彩效應的特性。第二十七圖係一標準曲線，用來表明硒管對於各種色彩的靈敏度。大約在波長 $7,000\text{\AA}$ 處，其靈敏度最高，嗣又下降至 $6,000\text{\AA}$ 為止，然後再行上升至 $4,000\text{\AA}$ 。

34 甲類電池與乙類電池



第二十七圖 硒管之色彩效應曲線

普通硒素光電池，大別可分為兩種，一種是光源照射的方向，與光電流通的方向成直角；另一種是光源照射與光電流通過同方向的。前者稱為甲類管，後者稱為乙類管。甲類管每平方吋面積，至少也有幾百萬歐姆的電阻，乙類管在同樣情形下，則僅有數百歐姆。故甲類管適於高電壓，乙類管則宜於低電壓。

第七章 電壓式光電池

電壓式光電池，係因受光源之照射時，即能直接產生電壓，故名。其種類為便於說明起見，可分為電解式與電子式兩大類。

35. 電解液之應用

電解式光電池之主要部份，包括兩個浸入電解液中之電極。構

造方法和一個賈法尼電池(Galvanic cell)相似。兩極所用物體，可以相同，也可以相異。光的反應係自電解液中發生，或自一電極之表面發生。

有許多螢光性的電解液，受到光源的照射，它的電導就有很大的變化，據哥爾特曼(Goldman)和其他後人研究的結果，證明此種光電流的變更，完全由於一個電極附近之液體，發生電動勢所致。這現象無疑地是因螢光性化合物分子中電子發射的緣故。

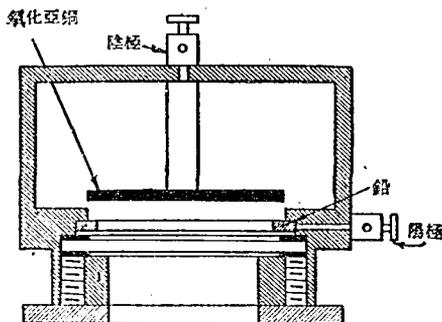
36. 培克累爾(Becquerel) 效應、

1839年，法國科學家培克累爾，發現光源照射於浸在電解液內兩電極中的一極，即有電動勢產生。若在黑暗中，該電動勢遂消失。此現象曾激動當時許多科學家的注意和研究。後來凱斯(Caso)就製造一個實用的光電池。利用附有氧化亞銅(Cuprous oxide)層的銅棒，來做兩個電極，然後浸入蟻酸銅(Copper formate)液中，這樣製成的光電池，受直接太陽光的照射，竟可產生 0.11 伏特的電壓。輸出的電流，因氧化亞銅於頃刻間，即變為氧化銅(Cupric oxide)的緣故，所以迅速地降落為零。倘將兩極互換，則電流又產生出來。於是他就另外設計，使兩極不絕地旋轉，互相更換，然後再暴露於太陽下，結果量得輸出的電流是交流的。且因利用光化學效應相間反向的作用，故電池不致於極化。

37. 來復陀(Rayfoto) 式光電池

經過上面的發現以後，乃有來復陀式光電池的實際應用於商業上。此種光電池，包括一塊銅中之靈敏的氧化亞銅層作為陰極，一塊

鉛板作爲陽極，然後充入硝酸鉛液作電解液。它的裝置之剖面如第二十八圖。光電作用發生時，其電流每流明通量可達 150 勒安培。

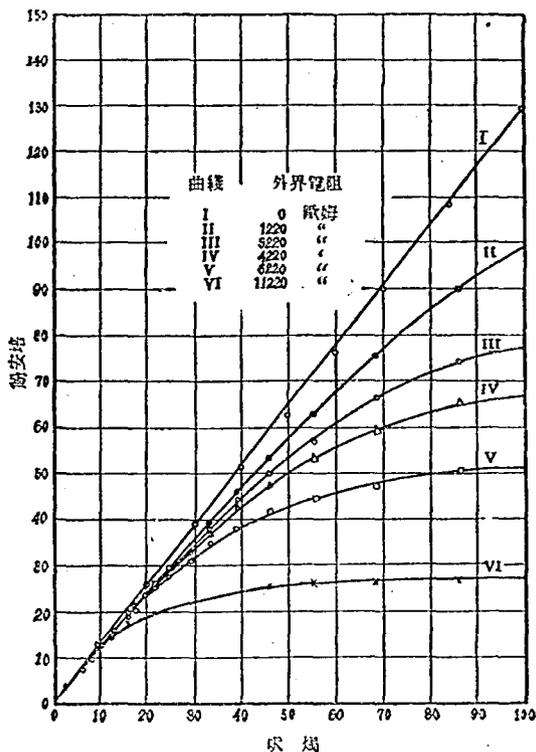


第二十八圖 電解式光電池之剖面

靈敏特性則如第二十九圖。若外界電阻爲零，則通量與電流成正比。但外界電阻逐漸增加至一定值時，此特性即不能保持，曲線亦漸向下彎垂。又此種電池之最大色彩靈敏度，約在 $4,600 \text{ \AA}$ 附近。按照芬克 (Fink) 及阿爾屏 (Alporn) 兩氏試驗的結果，謂這種光電池，若用於言語及音樂的重放，可達極高真確度。

38. 乳膠液式光電池

上述各種光電池的電解液，還可以用一種導電的乳膠液來代替。它的製法係將少量海藻 (Agar-agar) 溶解於稀硝酸鉛液中，使液體成爲乳膠狀。海藻的功用，是防止電解液中電質的損失。以這種乳膠液製造的光電池，其特性與上述用其他電解液製成者相同，但能防止電解液的複分解，却是它獨到的長處。不過製成後，應加以密封，俾免膠液中水分的蒸發。



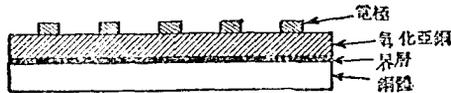
第二十九圖 電壓式光電池有串聯負荷電阻之照續特性

39. 氧化銅式光電池

以上所述者，都是關於電解式的一類，現在就要說到電子式的。大約在1930年的左右，格郎達爾(Grondahl)和該革(Geiger)兩氏，曾設計一種不用電解液之乾的光電池。電子的發射，係藉光的

作用而排除，所以無需經過電解的手續。製造方法，以一厚玻璃板，緊壓一銅螺絲於氧化亞銅之氧化層上。僅須暴曬氧化銅於太陽光下，即有光電流產生出來。若於此時串聯一電流計於銅身及螺絲之間，則電流計的指針，即可偏動。

至 1930 年以後，氧化銅光電池的進步，已大有可觀了。構造的原則，雖與前者相同，惟所生電流，却較之增多十餘倍。第三十圖為

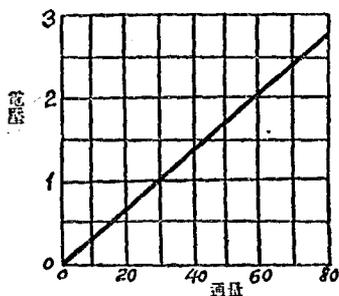


第三十圖 氧化銅光電池之剖面

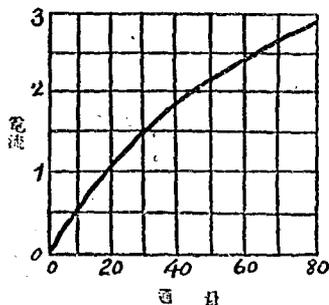
氧化銅光電池之剖面。製法係以厚紫銅板，在爐中經高溫燃燒，使銅塊之表面氧化，磨去外部黑色氧化物，至見紅色之氧化亞銅層為止。以一金屬絲網緊貼於此紅層上作為一極，銅身作另一極即得。這樣作成的光電池，每流明通量，可得電流 100 鈞安培。惜產生電壓較低，僅有幾份伏特而已。又上述之接觸點必須接固，庶免電流洩漏，而測量用電計之電阻，愈低愈好，以減少電流之無謂消耗。至於詳細製造的方法，容於第十四章中述之。

按氧化亞銅，在商業上早已採用為交流整流器。蓋從氧化銅層至銅層之直流電阻，常有幾千倍於從銅層至氧化銅層也。這種單向特性，並非在氧化銅本身，而在銅層與氧化層二者間之界層。至於用為光電池之作用的原理，乃當光源照射於該氧化亞銅層時，即侵入交界層，排斥在該層遊蕩的電子，使其向銅層逃逸，故有電子流發生。

並且從開路電壓(Open-circuit voltage)與捷路電流(Short-circuit current)兩個試驗的結果,得到如第三十一圖及第三十二圖的曲線。



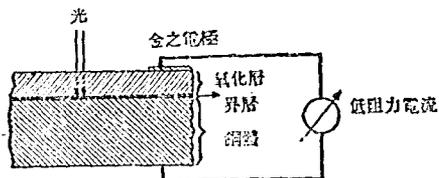
第三十一圖 氧化銅光電池之電壓與通量之關係曲線



第三十二圖 氧化銅光電池之電流與通量之關係曲線

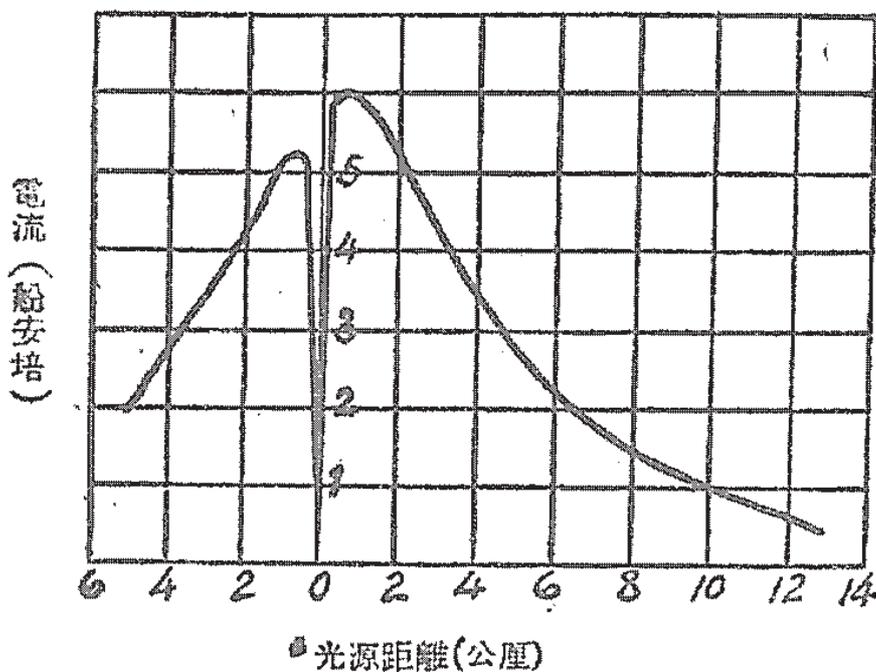
40. 氧化銅產生光電子的試驗

有位叫斯考特基(Schottky),對於氧化銅產生電子的來源,曾作深入的研究,結果認為氧化銅片之氧化層,受光源照射時,光子就會直接穿入界層去,使它產生電子,然後游盪至銅層。因為要證明這個結論的確實,乃於氧化亞銅的氧化層表面上,以黃金濺散(Sputtering)一狹長薄層。濺散的方法和意義,容後詳述。金薄層係與銅端



第三十三圖 氧化銅電子來源的試驗

成平行；再以一同寬度之光源，垂直於其表面而照射之。如第三十三圖。並設法使光源至被照射表面之距離，可以隨意變更。連接內阻甚低電流計之一端於銅體上，他端接在金極上。移動光源距離，依次比較各點電流的大小，測量的結果，就繪成如第三十四圖曲線，從曲線的形狀，知電流最大時，光源與氧化銅表面距離為最近。兩條曲線中間凹下的部份，是表示鍍金電極層的不透明。



第三十四圖 氧化銅光電池之光源距離與電流關係曲線



第三十五圖 韋斯吞管

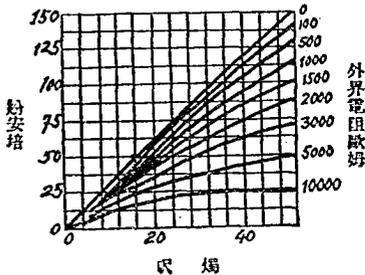
41. 韋斯吞 (Weston) 管

韋斯吞管為無液電壓式光電池，實際應用於商業上的第一種。它是鐵硒 (Iron-selenium) 質。既靈敏，又永久。每呎燭光強，約可產生一粉安培電流，亦即每流明八十粉安培。雖將其暴露於強光下，甚至於捷路，亦不致損壞。它的色彩靈敏度，和人眼相近似，但略偏於光譜之紅端。其他各特性，則與上述各種電壓管差不多。第三十

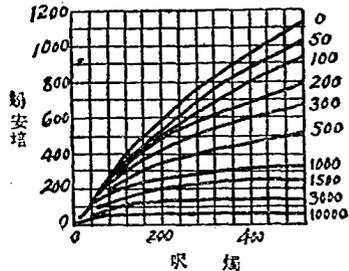
五圖是它的外觀。

42. 普托斯(Photox)管

普托斯管，係美國西屋(Westinghouse)電氣公司出品之一，也是電壓式的一種。普托斯乃其商用專名。當其受到光源投射時，即可以一粉電壓計，將所產生的電壓，直接測量出來。第三十六(a)(b)兩圖，為在各種串聯負擔電阻及照度下，所得之照耀特性曲線。此種光電池，最適宜於直接啟動替積器(Rolay)或其他儀器。若使用於缺乏電力設備之處所，尤稱方便。



第三十六圖 (a) 普托斯管之照耀特性曲線



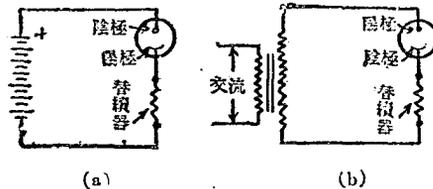
第三十六圖 (b) 普托斯管之照耀特性曲線

第八章 光電靈敏管

43. 輝光管

輝光管在構造上，和充氣式光電池極相似，所不同者，僅前者管內氣壓較高而已。它的使用原理，係於兩極施以適當電壓，再以光源

照射，使陰極發射電子，氣體游離，而發生輝光的放電現象。但輝光的光度，並不與其產生電流成正比，蓋輝光乃由發生電弧以致，而電弧則有其一定之弧電壓也。同時產生電流量，因僅為與線路中串聯之阻抗所限制，如第三十七圖(a)(b)，故其為量之大，雖不經放大，亦足以啟動磁力替續器而有餘裕。再其電流之流通，係有定向，故可應用交流電源作用於直流替續器。

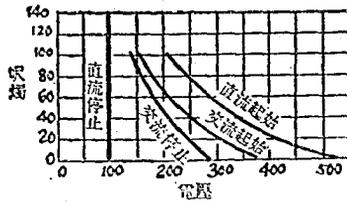


第三十七圖 輝光管之簡單線路

使用方法，於光源未照射前，調節電壓至略低於起動點。待光源照射時，則因陰極電子發射，及管內氣體游離，遂於兩極間，發生輝光之放電。若使用電源為直流，放電現象，即繼續下去，且不復受光源之影響。此時如欲停止放電，惟有將電壓降至停止點以下，或拆斷線路。若使用電源為交流，則當電壓頻率，轉至相當於停止值時，放電立即停止。第三十八圖曲線，示輝光之發生與停止，及施用電壓之關係。

輝光管係美國西屋研究實驗室 (Westinghouse Research Laboratories) 之諾爾斯(Knowles)發明。其構造方法，有以鈹薄層加於管壁之鎂層上，作為陰極。管中豎立鎢絲作為陽極，但絲之表

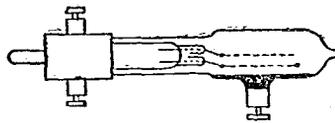
面，除頂端外，皆以玻璃袖鑲密之。管中空氣儘行抽出，再於低壓時充入氫氣。



第三十八圖 輝光管發生輝光之起始與停止及電壓關係曲線

44. 附加電極管

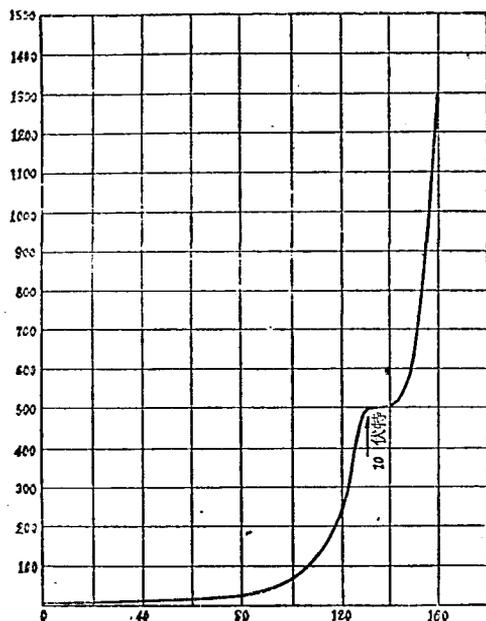
葛夫更 (Goffeken) 與利希脫 (Richter) 兩氏，於避免有聲影片發音失真之試驗中，曾引用一附加電極光電管，其形狀如第三十九圖。若將附加電極與陰極間之電壓，固定於 100 伏特，則陰陽極之電流與電壓特性曲線，如第四十圖。由該曲線彎曲水平部份，可知在電壓為 135 伏特時，其作用正與一靈敏之真空式光電池無異。



第三十九圖 附加電極管

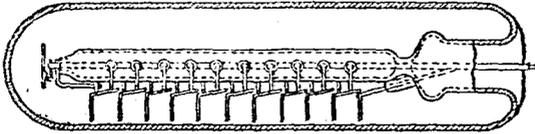
45. 複極管

於許多試驗或應用中，因為要獲得較高的電壓，時常以兩個或兩個以上的光電池串聯起來。這種串聯電路，有一最大缺點，即其中各管所受光度如有不勻，產生光電流遂有差別，而全電路所能通過之



第四十圖 附加電極管之陰陽極的電壓與電流關係曲線

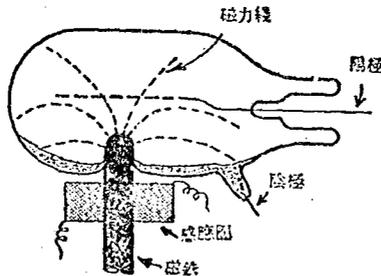
電流，即為其中之最小者。且倘有一管不受光源之照射，則電路立即斷絕。為補救這缺點，茲洛金(Zworykin)利用許多靈敏的電極，互相串聯，並同封入於一玻璃管中，製成如第四十一圖的複極管。全部極片，都彎成直角，並互相絕緣，各片向右的一面，都塗有靈敏層作為陰極，向左的一面，則作為陽極。極片排列的次序，井然不紊，故由第一極片上產生的電子，能夠順着一定的方向，傳到次一極片上去。



第四十一圖 茲洛金設計之複極式光電池的剖面

46. 加勞拉斯 (Karolus) 管

在充氣式光電池中，已經說過，氣體放大的作用，係依賴氣體游離時，分子的衝擊；衝擊次數愈多，放大作用亦愈著。但據氣體游離的定律，在固定體積下，氣體分子自由運動的平均距離，不能變更，故游離程度，也有一定極限。加勞拉斯基此原理，設法引入磁力線於管內，使由陰極發射的電子，遭受磁力線的吸引，而作有規則和彎曲形的進行；於是自由運動的路程加長，衝擊次數必較多，而放大效率，亦



第四十二圖 加勞拉斯管

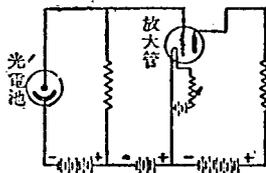
可藉以增進。第四十二圖，即示加勞拉斯原來設計的式樣，伸入管中之圓棒為一磁鐵；其外為一感應圈。當電流通過該圈時，磁鐵之端，遂生無數磁力線，均勻分播於管內，對陰極發射的電子，發生吸引作用。

第三篇 光電放大

第九章 放大線路

47. 簡單直流線路

第四十三圖為光電池放大線路之最簡單者。該線路係蘭格莫爾於 1914 年首先使用。由光電池輸出之電壓，直接加之於三極放大管的柵極。若照射於光電池之光源，發生變化時，則柵電壓亦隨之變化，但柵電壓乃約束板流者，是以板流間接與光源有密切之關係。此種線路，可用之以



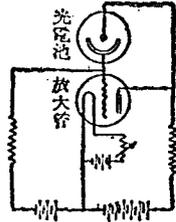
第四十三圖 直流單級放大線路

測量光源之強度，或強度的變化，或直接作用於替續器。尤其最後一項，倘將負擔電阻加大，則放大倍數，必可大增，丟普累爾 (Duproll) 曾以此法，把負擔電阻，加至幾百兆歐姆，同時為減少電能的損失起見，將試驗管的外部，封以石蠟，所得結果，其放大率較尋常可高至數十萬倍。

另外一個類似的線路，如第四十四圖(參閱第十章第 56 節)。這裏所以有異於前者，乃光電池的正極，和三極管板極的電流，都取自

同一電源，並且互相耦合，光電池的負極，則逕連至三極管的柵極。

又一簡單的直流線路，如第四十五圖。其電源係取自交流。其特異點乃光電池和放大管，同時向自己整流，以供自用。當照射於光電池之光源的通量增加時，柵極之平均電位，亦隨之增加，於是即有較大之板流產生。柵極電路中所用的容電器，係用以配合阻抗，以代替前而單純的電阻，因交流電壓是可以通過容電器的。不過這裏的整流，只是半波，故當電源頻率為負半波時，電路中輸出即降為零，此點如與直流電源相較，實不能不屈居下風。

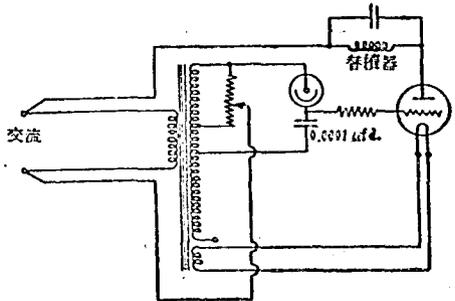


第 四 十 四 圖 直 流 單 級 放 大 線 路 之 又 一 種

48. 對稱直流線路

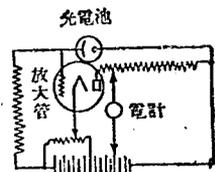
在上節的線路中，倘光源的通量，變化不很大時，板流的差異，也就很有限了。譬如 5

份安培的板流，其增加或減少的數量，大約不過 10 份安培，這麼小的數值，在 5 份安培的電計中，幾乎是看不出來。所以要使板流變化增大，與電流本身的大小，無甚關係，主要還



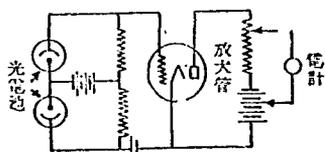
第 四 十 五 圖 以 交 流 電 源 作 直 流 電 源 用 之 單 級 放 大 線 路

在於綫路的改良。第四十六圖的方法，係將電計置於負阻電阻和電源的中間，俾二者處於相同之電位；而主電流並不流經電計，但當板流一有變化時，負阻電阻立即變更其比例，故電計可以顯示變化部份之數量。同理可以應用於一差向綫路，如第四十七圖。把



第四十六圖 平衡板流之放大綫路

兩個靈敏度相同的光電池，以同一光源來照射，使輸出電壓互相抵消，此時並無信號傳至柵極。惟光源若稍有改易，兩管接受光量不均，受光較強之管，即產生較大之電壓，超



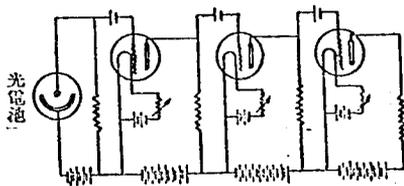
第四十七圖 差向放大綫路

過他管輸送至柵極，故柵極所得之電壓，乃相當於光源強度的變化，而通過電流計的電流，亦即相當於該變化之板流。

49. 多級式直流綫路

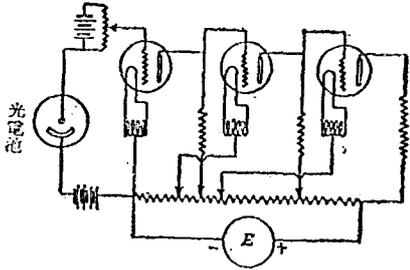
如果要獲得較大的電流，必須加多放大的級數，第四十八圖，即為三級三極管放大器。各級的板電壓，都是分開供給，蓋所以將各柵極隔離也。惟板電源分開供給，電池電壓，難期一致，故有不穩之現象發生。

第四十九圖，亦為三級三極管放大，但各級板電壓，係取自同一電源，而以電位



第四十八圖 多級式直流放大綫路

器分別管理之，各管燈絲電流，則各由獨立之變壓器供給。第一管及第三管之柵壓，係作用以使板流減至最小，而第二管柵壓，則使板流增至最大，故當第一管柵極，漸趨於正性時，其板流經過



第四十九圖 三級三極管放大而取自同一電源者

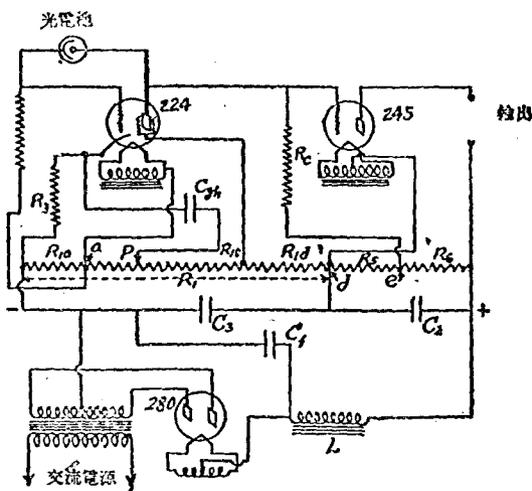
電阻，即使第二管柵極趨於負性，最後至第三管，則又趨於正性。這個線路的特點，也就在此一正一負的變化，使輸入信號，發生再生(Regeneration)作用。惟當使用時，勿使過度再生(Over-regeneration)，不然，放大結果，必致不穩。

50. 羅夫汀-懷特(The Loftin-White)線路

羅夫汀與懷特兩氏，合力創造一個兩管之交流放大直流特性的線路，如第五十圖。此線路同時也可用作直流放大。各部份品的容量，悉如下列所註。

$R_{1a} = 425 \Omega$, 12 伏特; $R_{1c} = 775 \Omega$, 24 伏特; $R_{1d} = 4700 \Omega$, 140 伏特; $P = 200 \Omega$, 6 伏特; $C_f = 1$ 吩法拉(M.F.D.); $L = 20$ 亨利(h); $R_c = 0.5$ 兆 Ω (Meg Ω); $R_3 = 50,000 \Omega$, 而以 14 伏特與 R_{1c} 之 12 伏特相反對，餘 2 伏特輸至柵極。 $R_5 = 25,000 \Omega$; $R_6 = 100,000 \Omega$; 分 250 伏特至 245 號管之板極，另以 50 伏特輸於 d, o 間。該 50 伏特加上經過 R_1 之 183 伏特，合約 220 伏特，以供 224 號管之陰極，

及 245 號管之燈絲，而經過管及 R_c 皆為 110 伏特，柵電壓則為 $110 - 50 = 60$ 伏特。224 號管之屏柵電壓 = 240^f 伏特。
 $C_{2b} = 1$ 朋法拉。
 電源為 400 伏特，經變壓器，整流及濾波後，約有 433 伏特輸出。



第五十圖 羅夫汀一 德特線路之一種

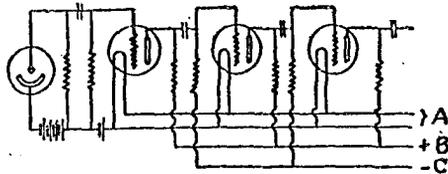
51. 交流電路

在交流電路中，所有放大信號的性質，都是脈動或振盪的，此種電流能夠通過容電器，故交流線路的柵極，可以引用容電器，以防板極直流電壓，輸至柵極上。是以交流放大管的作用點，與其前一級之平均板流值不生關係。又所有真空管之板電壓，可取自同一電源，故放大結果，甚為穩定。

52. 電阻與電容耦合之線路

凡輸入信號之波長較長的放大，如電傳相片及電視等，應採用多

級式的電阻與電容耦合線路，最為適宜；因這種耦合，係依照負擔阻抗的性質，供給信號電壓於其次管之柵極。第五十一圖，即該項耦合之一種。



第五十一圖 電阻與電容耦合之三級三極管放大

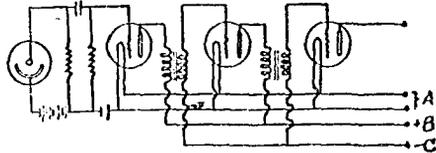
53. 感應圈耦合線路

放大頻率若自 25 至 10,000 之範圍，採用感應圈耦合法，收效最大。蓋負擔阻抗與電抗有直接關係，而電抗又自下面公式：

$$X_L = 2\pi fL$$

可知其與感應圈 L 及頻率 f 成正比，頻率高時，電抗增加，阻抗亦將隨之而大也。

此法之所以較電阻耦合為優者，乃於等量電抗中，直流電壓降經過感應圈，必遠小於經過電阻圈。電壓降低小，故可用較低電壓之電源，而得到相等之板壓。又用於耦合之感應圈，普通皆取自變壓器，而以原線圈與前一管之板電阻相配合，如第五十二圖；同時該管之柵極，至其次管之燈絲電阻，亦因而加大。應用於此處之變壓器，



第五十二圖 變壓器耦合之交流放大

其原圈與副圈之比率，約為 1 比 5 或 6。

54. 放大之限度

將上述各節的方法，加以改易或配合，則不難設計出各種式樣翻新的線路來。不過無論設計如何週到，配合如何完善，放大的程度，終有一定極限。輸入信號若過於微弱，則靜電或動電之騷擾，必覺顯著；該項騷擾，最易感應於柵電路，而與輸入信號同時放大。在真空管本身，則有電極的顫動，產生所謂微音器之噪聲（Microphonic noises）者，此種噪聲之大部份，皆來自線路中導線電荷之受熱，尤以輸入電阻之發熱為甚。這些干擾，合稱為地場騷擾，故輸入信號之最小強度，必須能制勝地場騷擾，然後輸出始可不致失真。茲將預防騷擾之要點，略舉於下，以供參考：

(1) 保持真空管燈絲之溫度，至電子飽和而不變更，俾電子流可以穩定。

(2) 放大管之高頻率部份，應使之固定於需要範圍之最低限度，輸出方能逼真。

(3) 採用放大線路之特性，應於最高作用頻率通過後，能突然降低者。

(4) 忌用品質欠佳之電阻器與容電器。

(5) 騷擾若係來自板電源者，應以容電器傍路之。

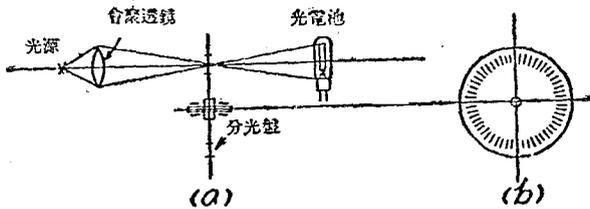
(6) 由光電池放出之所謂“直流電光”，愈大愈佳，但充氣式光電池，則不宜使之太近於發光點。

(7) 使用非充氣式光電池，其結果可較充氣式為佳。

55. 載波放大法

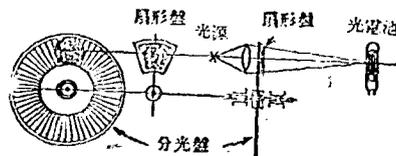
因為高效率交流放大線路的設計，已達到相當的成功，故若將光電池的輸出，以機械方法，使之成為脈動的電流，然後調幅其強度，再行放大，則其效率，當更可觀。用這樣放大的方法，就叫做載波放大法。

第五十三圖 (a) 即該項放大法之機械分光裝置的一種。將一盤



第五十三圖 (a) 機械載波放大之分光裝置 (b) 通光盤

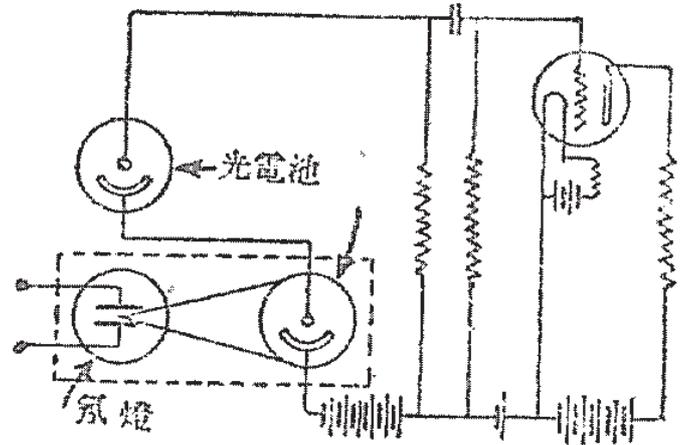
有小槽孔之圓盤，如第五十三圖 (b)，置於光源與光電池之中間，當圓盤槽孔旋轉於光源射程之正中時，光電池受光源之照射，即有電流產生。反之，圓盤槽孔若不在光源之射線內，光源被其遮蔽，光電池即無電流產生。圓盤不斷旋轉，則槽孔依次輪流經過光源之射線內，使光電池所受之光輝一明一暗，而其產生之電流，亦因而一斷一續，若圓盤旋轉速度甚快，則此斷續之電流，遂呈脈動之狀態。惟此法因圓盤槽孔之製作，難期完善，故所得電流亦有不勻之嫌。後來經一



第五十四圖 改良後之機械載波放大的分光裝置

些人研究之結果，乃於圓盤之外，另加一固定之扇形盤，其裝置地位，如第五十四圖。這樣來使光源同時通過一動盤與一靜盤之槽孔，其強度即能均勻。

另一個更佳的方法，即以一個更佳的方法，即以一個輔助光電池，與該接收信號以為放大之光電池直接串聯，如第五十五圖。調節線路中之振盪頻率，至所需用為載波之頻率數，然後以此振盪電流激勵氬熾管，使之發生與振盪頻率同變化之光輝，再照射於輔助光電池上。輔助光電池收受此閃爍不輟之光輝後，遂產生與之相當的電流，以完成載波之使命。

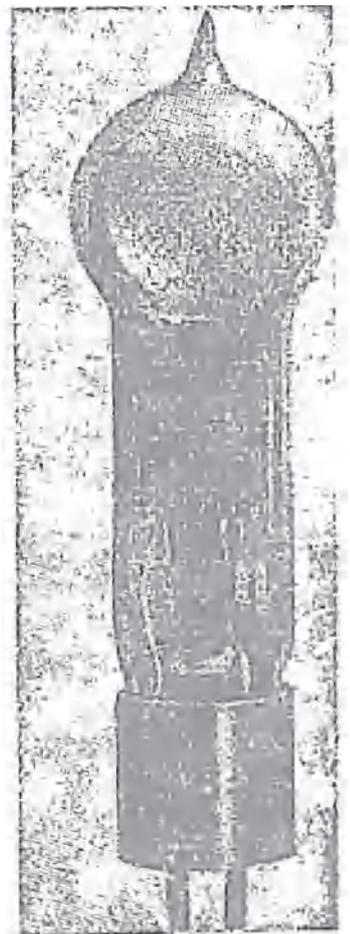


第五十五圖 引入載波之光電管及氬熾管混合線路

第十章 放大真空管

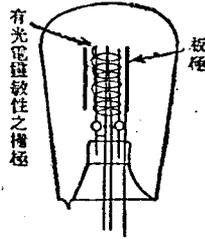
56. 光電放大混合管

光電放大混合管，係以一放大管及一光電管，同時封入於一玻璃管中者。由光電管產生之電流，直接輸送至放大部份而放大之。此法既省地位，又可減除連接線之電阻及電容等損失，實一舉兩得也。第五十六圖即該類混合管之一種。上部圓形玻璃



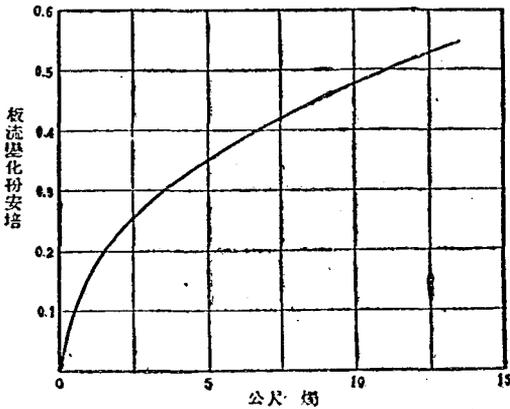
第五十六圖 光電放大混合管

表面，塗有鉀層，作為光電管之陰極，中間有結成圓環之金屬絲，作為光電管之陽極。下部為三極放大部份，包括燈絲，柵極與板極。陰極直接至放大部份之柵極，陽極則直接至放大部份之板極。前章第四十四圖，即係應用此種混合管線路之一例。



第五十七圖

第五十七圖是類似的三極放大管，不過它的柵極，是經過一度特別方法加以處理的，具有光電靈敏柵之三極管，故除作為放大功用外，尚有感光性 (Light-sensitive) 的特長。第五十八圖為該管受各種光源照射並經放大後之板流變化特性曲線。



第五十八圖 具有光電靈敏柵之三極管的照靈特性曲線

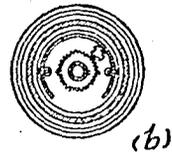
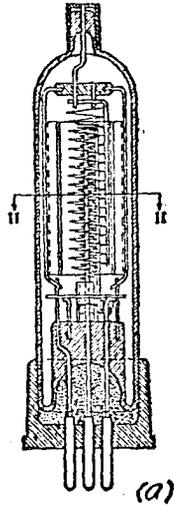
57. 高頻率放大管

高頻率放大管，可說是光電放大困難中，最近新獲得的結果。從

廣播收音機所得的經驗，大部份信號的騷擾，利用高頻率來消除，較之利用低頻率來消除，容易多多；其原因不外成音的騷擾信號，不易通過高頻率線路，除非它是被調幅的載波引進去的。有人就藉它這長處，施之於微弱的光電流信號上。起初應用的時候，不是線路過於複雜，就是效率欠佳，或製作不易，其結果，都難得十分完滿。後來美國西屋研究實驗室，引用無線電收音用之屏柵管 (Screened-grid tube) 的原理，製造一種屏陽極 (Screened-anode) 光電池，其內部構造之剖面，如第五十九圖 (a)，(b) 所示。陽極居正中，形式與陰極相似，但有一柵網，圍繞於前者之四周。另一柵網，則位於陰極之內及第一柵網之外。管係高度真空。載波用的頻率，係得自陽極與控制柵極間之振盪器。有了載波頻率後，再以激勵之光電流，調幅於陰陽極間。第六十圖示應用此種管線路之一。尤其在電視上，成效甚著。

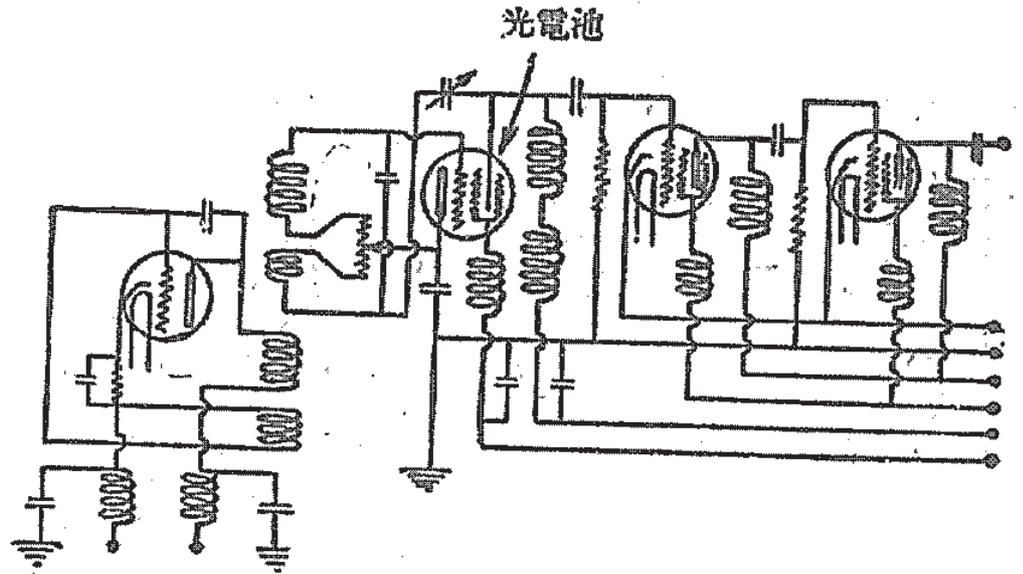
59. 柵極輝管

柵極輝管 (Grid-glow tube) 為充氬之三極真空管 (如第六十一圖)。管之中間，有一圓形金屬片，作為陰極；另有金屬絲網，作為陽極及控制柵。陽極顯露面積甚小，柵網則專為陽極之有效防禦靜電物而設者。當施於陰陽極間之電壓，逐漸增加至數百伏特，而柵極



第五十九圖
屏陽極光電池 (a) 剖面 (b) 橫斷面

尚未短接時，陰極即釋放負電荷，預防氣體發生放電，若於此時設法將柵極之電荷移去，則氣體立即爆裂，同時有一僅為線路中電阻限制之



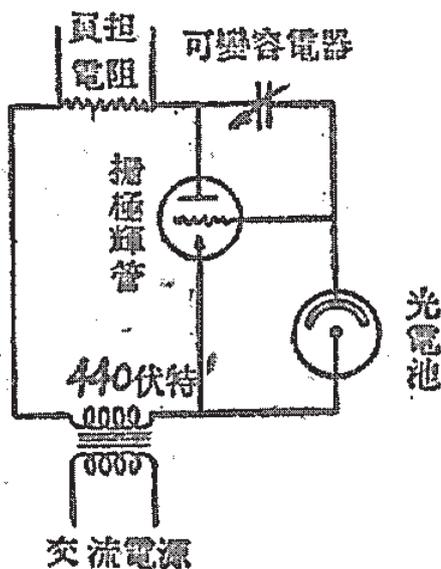
第六十圖 應用屏陽極光電池作為放大之線路

電流，流通管中。又因管中之柵極電容量甚小，故其控制頗為靈敏。在完滿之情形下，其放大能力，可高至數百萬倍。使用電源若係直流，管內電流，可以繼續產生；若係交流，則於電源波為負半波

時，管中電流即行斷絕。故交流電源，僅適宜於管理替續器之啟閉。



第六十一圖 柵極輝管



第六十二圖 柵極輝管與光電池組合之線路

柵極輝管與光電池組合的線路，如第六十二圖。光電池直接連於柵極管之陽極及柵極。另一串聯於陽柵極間之可變容電器，係用以調節靈敏度及穩定性者。因施用電

壓甚高，故管內必須高度真空，以免內部電極繼續捷路放電。在光電流為 0.1 份安培時，經柵極輝管放大後，即可達至 50 份安培。是其功效之宏大，不難想知。

柵極輝管又名電閘管(Thyratron)，係美國通用電氣公司(General Electric Co.)採用之名。管內除充氬外，尚有利用汞汽(Mercury vapor)之一種，及熱陰極(Hot-cathode)與冷陰極(Cold-cathode)之分。其主要功用為變流。以其效率高超，及其他獨到之特點，在電氣工業上，已開一廣大之新園地。因非本書範圍所及，故從略。

第四篇 光電池製造

第十一章 真空式光電池之製造

59. 玻璃之認識

製造真空式光電池的第一個問題，就是玻璃質料之選擇。應用玻璃之處，可分為管泡和支柱兩部份。前者為保持管內的真空，後者為金屬電極之連接處。普通製造管泡，大多採用粘玻璃(Limo glass)，以其對於鹼汽化學反應之抵抗力甚強也。別種玻璃則不然，譬如鉛玻璃(Lead glass)，一遇鹼汽，鉛即被鹼排除，形成棕黑朦朧之顏色；此顏色能吸收照射光能之一部，故效率大遜。惟鉛玻璃不若粘玻璃之脆，若用於支柱部份，則較適合，因支柱部份與玻璃色澤之朦朧與否無關。鉛玻璃因含有多量氧化鉛，故名。其製造係由氧化鉛，氧化矽，及氫氧化鉀等，混合共熔冷卻而成。商業上稱為第1號玻璃，縮寫為G1。

積量較大的光電池，對於金屬電極的張弛度，應特予留意。蓋金屬遇熱則脹，每因膨脹而致破裂，尤其在玻璃管壁較厚的管中，更非採用硬玻璃不可。處此情形之下，派勒克斯(Pyrex)玻璃，可說最合理的條件了。它的膨脹係數，為所有玻璃中之最小者，雖經冷熱驟

然變化，亦未易破裂。但當派勒克斯玻璃與硬玻璃接合時，其間必以黃派勒克斯 (Yellow-Pyrex) 作為媒介物，否則，必難期美滿之結果。按派勒克斯係美國科寧 (Corning) 玻璃廠出品，其成分包括：氧化矽，氧化鈉，氧化鉀，氧化鈣，氧化鉛，氧化鐵及少許氧化砷；外觀與鉛玻璃相似，惟其末端，略現棕色耳。

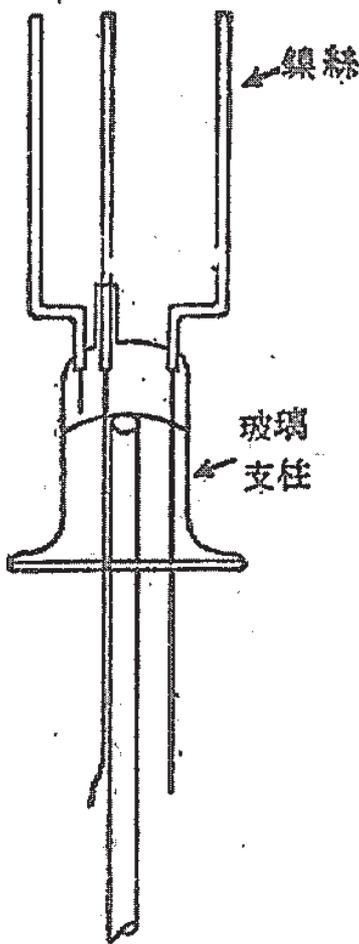
以普通硬玻璃或軟玻璃製成管泡的光電池，對於照射光源之有效傳光範圍，係自紅外線起，至紫外線之 3200\AA 止，倘欲用於接受波長較此為短之照射光源，則其質料以石英 (Quartz) 及柯勒克斯 (Corex) 兩種為宜。

以上所述玻璃之種種，皆係美國出品，近來我國上海中央化學玻璃廠，對各種玻璃之研究，頗著成效，其質料之進步，大可與舶來品相伯仲。作者年前曾自己設計圖樣，向該廠定製作光電池用之玻璃管四個，使用結果，雖不能稱為十分滿意，但就試驗之一般成績看來，亦頗可取矣。

60. 金屬電極在玻璃中之焊入

金屬線焊入於玻璃棒中，或玻璃管之管壁上，最要緊的條件，即該金屬與玻璃之有效熱膨脹係數，必須大抵相同，焊接後，始免因脹縮不勻而破裂。金屬之適合焊接於鉛玻璃及軟玻璃中者，首推鉛，次為鎳鐵合金而外表鍍銅之特製金屬。前者以價值昂貴，不合實用，後者焊接之結果，固不若前者之美滿，但因價值低廉，已為大部份軟玻璃焊接金屬時，採為唯一之材料。

適宜於硬玻璃焊接之金屬，為鎢絲，然鎢亦係貴重金屬之一種，



故為經濟起見，僅能於與玻璃接觸之一段採用之，並使其略伸小端於外，再以銅或鎳與之焊接，作為電極之引接頭。第六十三圖，示鎳絲焊接之一種。

按最近研究的結果，銅亦可焊入玻璃中，且不論硬玻璃或軟玻璃皆可行之。不過焊接端必須細小而扁平，甚至將其鎚成極薄之片，以增加接觸面積，而易牢固。現在用此法以為焊接者，已頗不少。

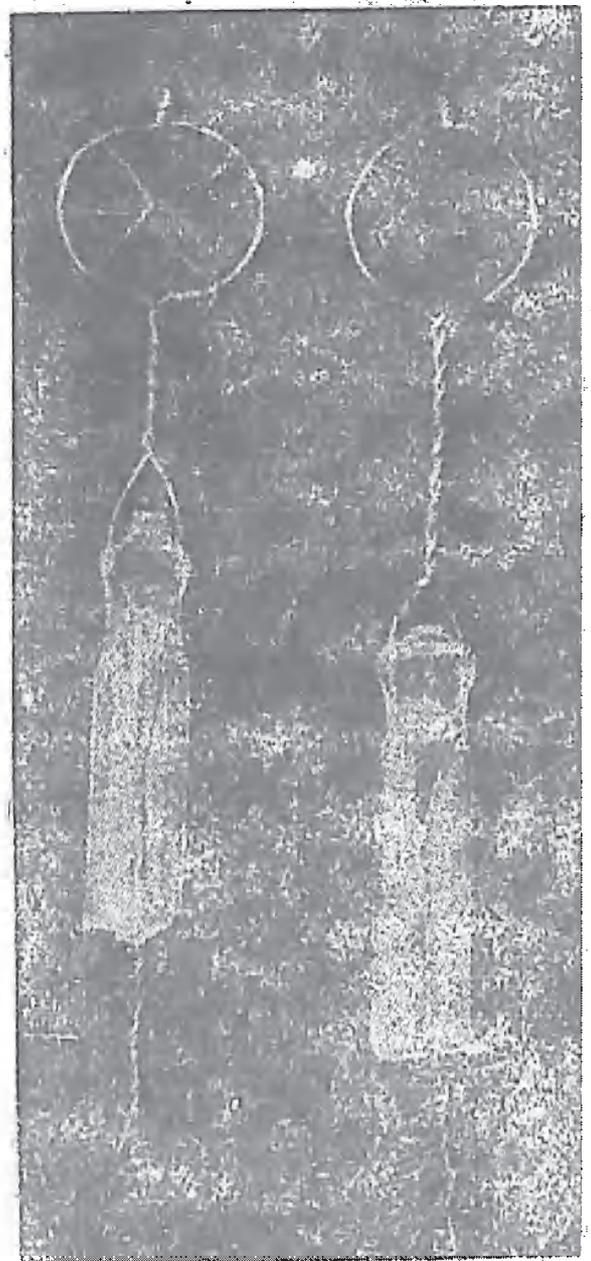
第六十三圖 金屬電極

焊入玻璃支柱情形

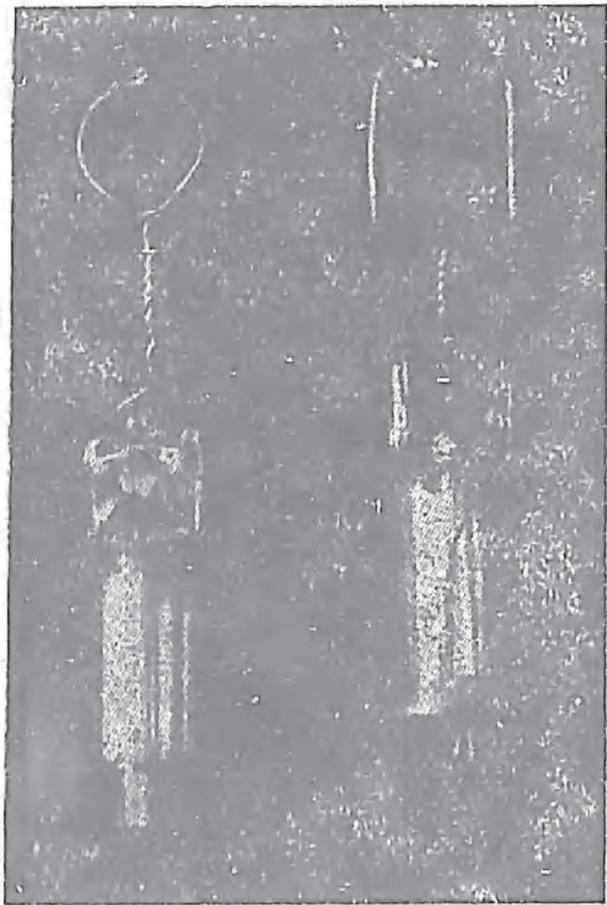
關於石英與金屬

之焊接，有一法人行之。法將一極薄之鉑箔，包裹於石英棒上，然後與被焊之管，同時燒熔而將其焊入；鉑箔即可藉以粘固於石英壁上，電極從棒的兩端，引接至玻璃管之內外。

玻璃支柱也可從廢電燈泡，敲碎球泡，而將基部連支持燈絲的金屬柱，保持下來，作為陰極或陽極纏繞金屬絲網的



第六十四圖(A) 可用為光電池之電極的廢燈泡玻璃支柱



第六十四圖 B) 可用為光電池之電極的廢燈泡玻璃支柱

支架,如第六十四圖(A)及(B)。再將基部與預製玻泡熔接起來,預留於支柱外之導線,作為電極引接頭。這樣一來,那不容易解決之金屬與玻璃焊接手續,就可免除了。不過在支柱與玻泡熔接的時候,對於兩者性質的選擇,以及手術技巧的純練與否,都是極有關係的。

茲將通用數種玻璃及金屬之物理特性,列表如下,以供實地製造之參考。

商用名稱	玻璃或金屬之種類	密度	平均膨脹係數 0°—350°C	柔軟點 °C	煅煉點 °C
G 1	鉛玻璃管	2.84	9.2×10^{-6}	623	429
G 8	軟玻璃泡	2.47	9.5	696	510
G 12	高阻力之鉛玻璃管	3.08	8.8	627	432
G 702 P		2.84	3.6	754	522
派勒克斯		2.24	3.2	812	560
705		2.24	4.5	758	504

商用名稱	玻璃或金屬之種類	密度	平均膨脹係數 0°—350°C	軟化點 °C	熔煉點 °C
柯勒克斯 D			3.8	804	558
	鎢		4.5		
	鉬(Molybdenum)		5.1		
	鎢		8.99		
	鎢		13.9		

61. 金屬電極之處理

管式光電池的金屬電極，平常放置空中，常有油膩，無機酸鹽類，或氣體膜於表面，此類污垢，雖經酒精，苯 (Benzon) 或四氯化碳 (Carbon tetrachloride) 等之洗滌，其外表仍難免有該項分子之附着。且此等分子，將充滿於金屬表面各小孔中，能於真空器內，逐漸發生分解作用，減低真空管之效率，甚至致真空管於不能使用之地步。為免此弊，故於事前必先將金屬電極加以適當之處理而後可。

處理方法，有氣體及真空兩種。前者係將應用之金屬，放置於石英管中，管之周圍，遍繞鎢鉻電阻線，俗稱電爐線。線之兩端，通以交流或直流電流，把線燒紅，使發生高溫之熱度，傳入石英管內。同時以適量之氫，自管之一端流入，他端流出；並使出口處有微小之火焰燃燒。待管之中部呈現黃色，然後再繼續十至三十分鐘之久，此時所

有垢迹，即可藉氫之還原作用而盡除。手續既完，即移去電源，惟氫流仍需繼續，以防金屬急行冷卻時，與空中之氧接觸復行氧化也。管中之物既冷，即停止氫流，將其取出，盛於預置淨潔器中，並密封之，留供應用。

其次為真空處理法。此法之所以別於前者，係以氫流易為密封，並將之抽至高度真空即可。惟真空壓力須低於百分之一公厘，始為合格。當此壓力到達之際，復提高溫度，至將近被處理金屬之蒸發點，如鎳與鉬，所需溫度約為 $1,000^{\circ}\text{C}$ 。於是金屬中所含之一氧化碳，二氧化碳，水蒸汽，氫，氮及其他雜質，均可盡行除去。在溫度未降低以前，真空尚須繼續保持，不然，仍無效力。

處理完竣之金屬，攜取時必使用鑷或鉗之類。切勿以手指直接接觸之，庶免功虧一簣。

62. 構造形式及體積之檢討

真空式光電池的構造，普通可分為陽極居中，與陰極居中兩大類。商業應用，大部均屬於前者。居中電極的形狀，有為環狀，亦有為網狀者，其地位適為全管之中軸。另一電極，或以靈敏之金屬，作成薄膜，附着於玻璃管內壁上，或將金屬製成薄片，圍繞於居中電極之半周。但不論屬於何種，管之一面，必開透明小窗，以供光源之投射則一也。如係陽極居中者，陰極之面積應儘量擴大，俾能接受充分之光源，而極發射電子之能事；其情形適與面積較小之陽極，需用較高之電壓，以期完全吸收發射之電子相對稱。

陰極居中之一種，發射電子者，即為中間之熱燈絲 無線電上應

用之真空管，大都屬於此類。光電池構造主要之原則，乃在陰極能儘量接受外界投射之光源，故如此類面積極小之陰極居中者，自不相宜。雖然實驗室中研究電子之輻射時，間亦有採用之。

我們已知光電池產生之電流量，係依投照光源之強弱，與負極受光面積之大小而變化，故在一定強度光源之照射，應如何改良玻璃管之形狀及大小，始能獲得最優之效果，實值得加以討論者。今設有一球形管，其直徑為兩公分，陰極係附着於玻璃管內壁上，留有一公分直徑之小圓窗；當以一定強度之光源向內照射時，陰極即釋放一定數目之電子。今倘改該陰極為一公分徑之圓片，並使之居中，則於相同光強之照射時，發射之電子量，亦必大致相等。但如增加圓片之徑至二公分，則發射電子量，將為四倍矣。由此看來，可知陰極以能接受光源面積之最大者為優，故長圓柱形或扁圓形之管，亦必較圓球形者為佳。

在理論上說來，光電池之體積愈大，受光面積增加，其釋放之電子或光電流，亦必愈多或愈大。誠然，尤其在電視上，需用體積較大之管，以接受大量光源之照射。可是體積大者，其製造非但經濟上過於浪費，即技術上亦感困難；後因事實上需要之迫切，乃有利用多數會聚透鏡之配合，以收集光源者，此法一經採用，則雖體積甚小者，亦能應付裕如矣。

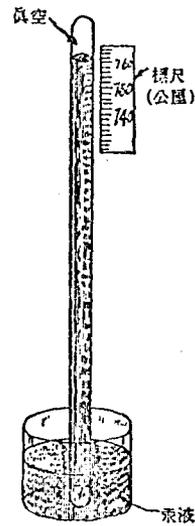
63. 真空與壓力

1654年，普魯士馬德堡城城長格那里克(Gnoricke)，以兩個一公尺半徑的鐵半球相併合，再將球中的空氣抽出，使兩半球互相緊

貼，然後在球的兩方，各以九匹馬之力來拖曳，始能把它拉開。這兩半球的吸引力，所以如此之大者，實因球內已成真空，受了四周空氣的擠壓所致；亦即所謂大氣壓力是也。

1624年，物理學家蒂里西利 (Toricelli) 用一端開口的玻璃管，裝滿水銀，以拇指覆蓋管口，然後反置於水銀杯中之液面下，此時若移去拇指，管中水銀即自行降落，至與液面高度相差為760公厘而止。杯中液面，因受大氣壓力之擠壓，故能使管中水銀保持上述之高度。而這760公厘的水銀柱，就稱為一個大氣壓力，管內上端的空間，則稱為真空。如第六十五圖

盛於一容器內的氣體，包含有無數的分子，每個分子的速度，均以每秒數英里之速度向器壁衝擊，衝擊結果，發生壓力，器內如此，器外亦然，此乃保持平衡狀態，而稱為一個大氣壓力者。但若器內氣體，藉抽氣機將其抽去，則氣體分子，既已減少，壓力亦隨之降低。故真空之意義，實乃器內氣體分子多寡之謂。若真空度愈高，則氣體分子愈少，亦即壓力愈低也。是以辨別一容器中真空度之高低，普通均以壓力之大小表明之。



第六十五圖
以水銀柱之高度
示一個大氣壓力

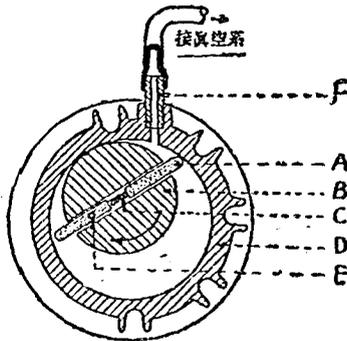
64. 抽 氣 機

前面所述的玻璃支柱及焊接金屬電極，製成以後，即將其封入於一

玻璃管泡內，支柱下端，有伸出泡外之小玻管，係用以連接至抽氣機，以抽出其中之空氣者。無線電及其類似應用之電子管，其真空之壓力，均須低於 10^{-6} 公厘。欲達此度真空之抽氣機，普通分為三級：第一級之構造較為草率，其目的係先將大部份氣體抽出，使管內壓力，低降至 10 公厘左右，全壓力為 760 公厘，先去其百分之九十八，以免徒耗時間也。

第二級為油抽氣機，其作用可使氣體之壓力由 10 公厘降至 0.1 公厘。同類中之構造精密者，間亦有可達 0.0001 公厘以下，但通常甚難做到此步，故惟有第三級之擴散式或冷凝式之抽氣機，始能勝任之。

油抽氣機構造之剖面，如第六十六圖所示。A 為刮削車翼。B 為動片。C 為緊縮彈簧，使車翼貼近圓筒之邊。D 為圓筒之靜片。E 為氣體輸入口。F 為氣體輸出口。該機連接於電動機上之輪軸，有直接配合，及鍊條或皮帶拖動等數種。但其功用，均係藉電動機以轉動機上之軸。軸之一端與活動車翼相連接；車翼因受其中彈簧

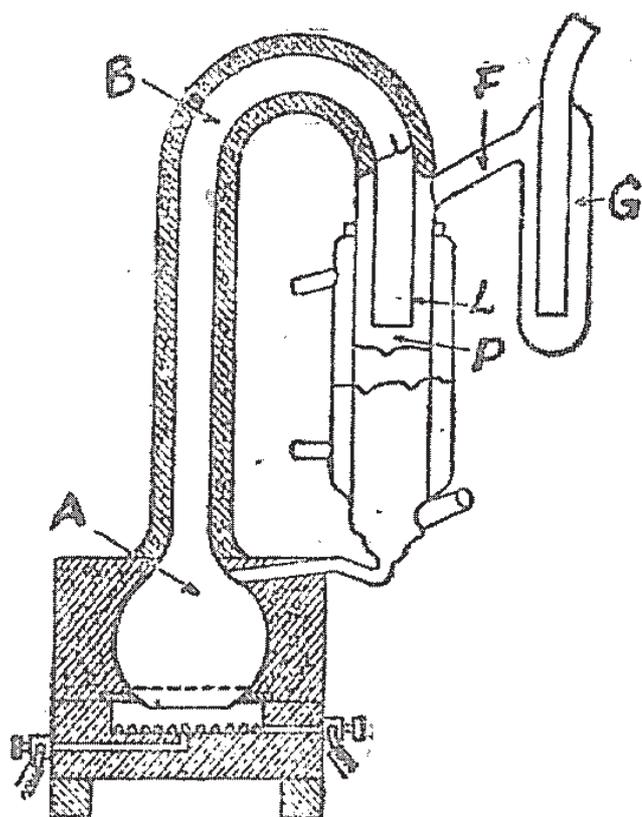


第六十六圖 油抽氣機構造之剖面

之張力，而常與圓筒之邊沿緊貼；同時於車翼中滿盛抽氣油，使輸入之空氣，得於車翼旋轉至輸出口時，逸出器外，而無重複洩入之機

會。

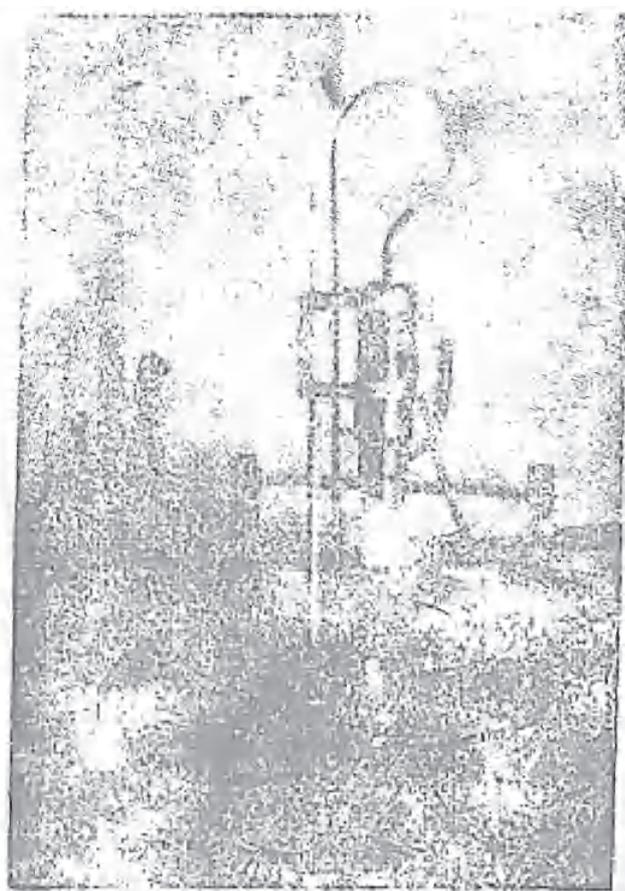
第六十七圖，示一汞汽冷凝式抽氣機。全機均以玻璃製成，汞液放置於底部蒸發器 A，下有電爐線，用以燒熱器內之汞，使化成汽者。當汞液溫度，加熱至約 110°C 時，汞汽即由器中上昇，經彎曲而外



第六十七圖 冷凝式汞汽抽氣機

表絕緣之 B 管及出汽口 L，而達 P 室。P 之一端，通連於被抽氣器 G。G 中之氣體分子，經 F 管至出汽口，受汞原子之衝擊，而被引入於真空處，然後再行導出於外。G 中氣體分子，每次減少若干以後，其餘部份又膨脹而充滿全器內。隨又以同法被汞原子衝引於外。汞汽本身，在 P 處則藉冷却水循環系統，將其凝結為液體。並以其重量，使之流向蒸發器 A。如此繼續不已，故 G 中氣體得以逐漸抽出。若 A 器下電爐

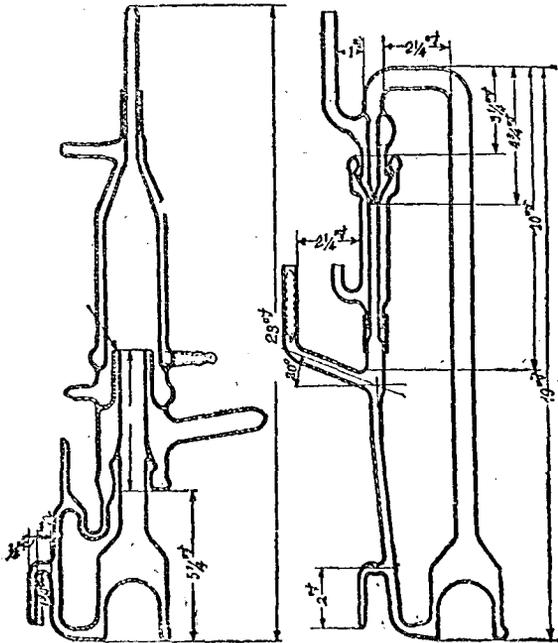
表絕緣之 B 管及出汽口 L，而達 P 室。P 之一端，通連於被抽氣器 G。G 中之氣體分子，經 F 管至出汽口，受汞原子之衝擊，而被引入於真空處，然後再行導出於外。G 中氣體分子，每次減少若干以後，其



第六十八圖 油級與汞汽級相連抽氣機及其工作之實況

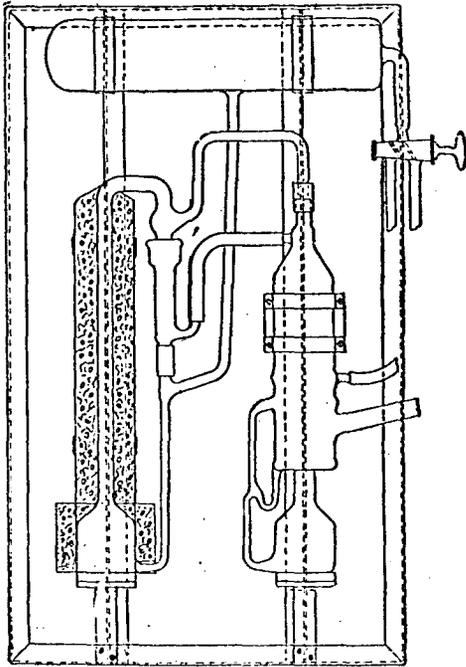
線之熱量為 300 瓦特時，則抽氣速率可達每秒 5,000 立方公分。換言之，亦即在五公升氣體之容器內，一秒鐘後，即可抽去其三分之一也。這種抽氣機之有效最高壓力，約為 0.5 公厘；如欲使壓力較此為低者，可以兩機前後相連應用。

第六十八圖，示一油級與一汞汽級相連之抽氣機，及其工作之

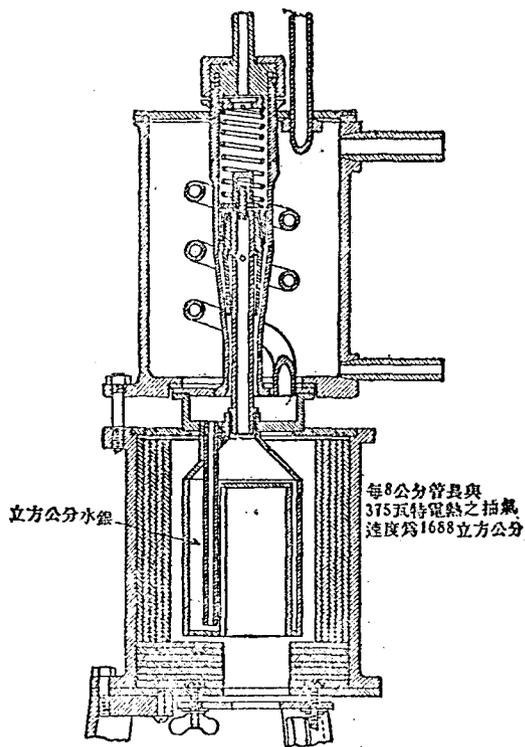


第六十九圖 美國西屋研究實驗室設置之兩級玻璃抽氣機及其各部構造相當之體量

實況。配合之電動機爲皮帶拖引式。第六十九圖與第七十圖，皆爲美國西屋研究實驗室設置之兩級玻璃抽氣機。第七十一圖亦係由兩級組成之抽氣機，惟其全體均用金屬構成。該機係美國通用電氣公司實驗室所有。



第七十圖 兩級玻璃抽氣機標準式之構造



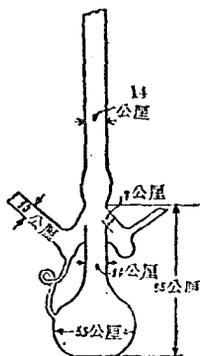
第七十一圖 美國通用電氣公司實驗室用之全金屬
兩級擴散抽氣機

較汞汽抽氣機進一步，而效力更大者，尚有苯二甲酸丁酯擴散式抽氣機。以其所用液體，為有機類之苯二甲酸丁酯故名。其工作原理，與汞汽式相同，惟苯二甲酸丁酯之氣體，較汞汽易於凝結，故無

需循環冷却水之設備耳。其構造形式，及各部體量之比例，如第七十二圖所示。

欲期抽氣工作之美滿，除採用各種高效率之抽氣機外，尚須有純熟之手術，與井然之步驟而後可。茲特略述於後：被抽氣之玻管，必須自管泡引出一套管，再於套管內另接一直徑較小之管；然後由該管連通至抽氣機，各部連接既妥，即開啟通至第一抽氣級之活塞，將大部份氣體先行抽出。為鑑定各連接處是否嚴密起見，應用一高壓電花器 (High tension sparkor) 測驗之。該器為一特製之變壓器，裝於圓筒形盒中，其一端有電阻器，另一端則有金屬電極，若接頭欠密，則常施以數萬伏特之高壓時，可使該器發生電花於管套處。又若玻管有小洞或破裂，而不為人眼所覺察者，則電花將集中於該處以顯示之。倘經發現已有漏氣，必須將其修復，然後重新開始第一步之工作。若無漏氣發生，則於第一抽氣級開始數分鐘，而抽氣機轉動聲音，已由結實而輕沈後，即改用第二抽氣級，開動電熱器擊，使電流通過之，並檢查冷却水循環系統是否優良。如各部工作照常，則於十五分鐘左右之時間，其氣壓即可降至 10^{-6} 公厘。又下列各點，為進行抽氣工作時，應予注意的。

(1)水分及油膩，切勿濺染於玻璃管接頭，或管塞之孔內。

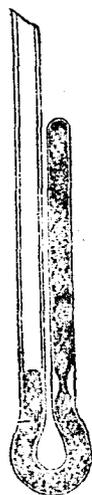


第七十二圖 苯二甲酸
丁酯液體散抽氣機構
造形式及各部體量之
比例

- (2) 油級抽氣機中裝置之油，應保持適當分量。
- (3) 管塞不可靠近火焰，以免炸裂。
- (4) 機中所用液體，如係苯二甲酸丁酯，應力防苯二甲酸之存在，如係汞液，亦須純淨者。
- (5) 抽氣機本身，應常保持真空。
- (6) 測驗漏氣用之高壓電花器，除使用於漏氣處外，不宜靠近玻璃熔接處，以免破裂。
- (7) 在真空時，如需加熱以除去吸收之雜質，其溫度勿使達於玻璃或金屬之熔點。
- (8) 關於使用電動機之常識，應加注意。
- (9) 汞汽有毒，勿令吸入體內。

65. 低氣壓之測量

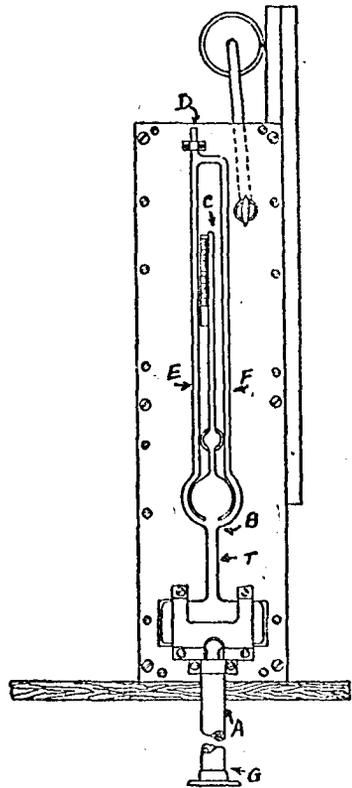
玻璃管泡既經抽氣之後，其中壓力高低，實有利賴真空計之測量，以資鑑別。普通用於測量數公厘之氣壓，其最簡便者，莫如第七十三圖之汞液氣壓計。該計係由一U形之玻璃管製成。一端密封，且使汞液充滿之，他端則暴露於空中。測量時，連接暴露之端於抽氣系。當空氣被抽出，汞液即由密封之端，逐漸向他端移動，而兩端水平液面之差，即係所測之壓力。縮小處，為藉以預防氣壓太低之管，突然連接於該計上，致使液質全向他端流動而溢出者。



第七十三圖
汞液氣壓計

有機液中，凡蒸氣壓力較低者，均可用以代替汞液，苯二甲酸丁酯之比重，若以水銀比重為 13.6 之標準，係略大於一，故如應用於壓力相同之氣壓計中，則前者之兩端液面差，當較後者之液面差，大 13 倍，亦即其準確度高 13 倍。

壓力計中，有麥克魯特 (McLeod) 式者，其精確度，可測出絕對壓力之 10^{-6} 公厘。該計係麥克魯特所發明，故名之以為紀念。第七十四圖即示其構造之式樣。A 為一橡皮管，下端連通於 G，G 中則盛滿水銀。使用時，將 G 提起，俾水銀由 A 經玻璃管 T 而至 B。在 B 處，水銀即分向 E，F，及中間 C 等三路上昇。但 C 為密封之管，而 E 及 F 則於相會之 D 點，與被測量之真空器相連接。當水銀入 C 管以後，即將其中之氣體壓縮，同時昇入 E 及 F 者，因受真空器中氣壓之抵阻，而與 C 管中水銀液面有一差別，此差別可從固定之標尺上讀之，亦即所測

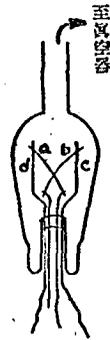


第七十四圖 麥克魯特真空計

之壓力是也。

麥克魯特真空計，可以測量真空度極高之壓力，為其優點。但其使用不能繼續，即每次測量時，皆須將水銀液面重新提高調節；且其測量頗費時間；若裝置稀有氣體，則又有耗損之弊，為其短處。

測量壓力自一公厘至 10^{-3} 公厘之簡捷方法，可以使用熱電偶 (Thermocouple)，熱電偶之構造甚為簡單，如第七十五圖。玻璃管上方之開口，係直接至真空器，中有金屬絲兩對，a 與 b 為同類之一對，c 與 d 為同類之另一對，普通採用者，為銀與鈹，或鉻之合金與鉻之合金。電流自管外中間任一線輸入，經焊接頭至 a 或 b，然後再沿 c 或 d 而出，其餘兩線則接至一低電阻之矽伏特計。蓋兩金屬連接端所受不同之溫度，亦即輸出於伏特計之電壓，係依電流之大小，或溫度之高低而變；但溫度高低，又視通至真空管內，藉以傳熱之氣體分子之多寡為轉移。因此，故可以電壓計上所示之矽伏特數，以表明真空之程度也。



第七十五圖
熱電偶真空計

最後，還有一種，既準確又能量得最低壓力的儀器，稱為游離計；實際上，是一個三極的熱游子管。它的柵極，係用以收集由絲極發射出來的熱電子流，板極則施以負電，使其吸收其間氣體因與電子衝擊後，所產生的正游子。管的構造，和上述的熱電偶相似，上端開口直接與真空器相連接，使從氣體分子之多寡，以測量真空壓力的高低。至其所以能如此之準確者，乃因正游子流，係與 10^{-4} 公厘以下之壓力成正比。又其

所能測量之最低壓力，須視測量之游子流計的靈敏度而定，若游子流計為極精確之粉電流計，則壓力雖低至 10^{-6} 公厘者，亦能準確測量之。再上述之游子流 係大約與電子流成正比。

66. 鹼金屬之認識

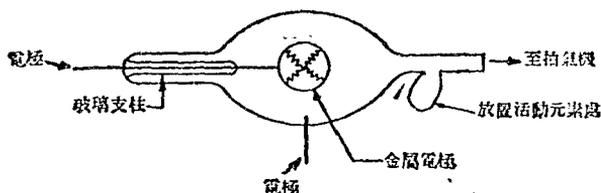
鹼金屬在元素週期表上的地位，及原子構造的情形等，已於前面略加敘述。惟關於物理及化學等性質，更是實際製造時，不可或少的常識，故特略為介紹。

一切純粹的鹼金屬，除銣因受空氣中氮的作用，常為黃金色外，其餘都是潔白無疵；活動性極強，如鋰放置於空中，顏色就要逐漸發生變化，變化的速度，由鈉鉀銣等逐級加快，直至銣時，則一見空氣，立刻就融化而燃燒了。故為免除此項急劇化學作用之發生計，平時必將其沉浸於不活動的媒介物中，如無水石油或火油之類。下表為鋰，鈉，鉀，銣，銣的幾種常數。

鹼金屬名稱	鋰	鈉	鉀	銣	銣
比 重	0.534	0.971	0.862	1.532	1.87
原子體積	13.1	23.7	45.4	55.8	71.0
熔 點	186.0°C	97.0°C	62.5°C	38.5°C	26.5°C
沸 點	1400.0°C	877.5°C	700.0°C	696.0°C	670.0°C
比 熱	0.911	0.293	0.166	0.079	0.018
原 子 量	6.94	23.0	39.1	85.45	132.81
火 焰 顏 色	深紅	黃	紫	紫	藍

67. 活動金屬之引入

應用普通光源照射之光電池，必須引入鹼金屬之任何一種，使之塗積於玻璃管內壁上，再由塗積處，於事前焊固金屬絲，引出管外，以爲電極之用。此類引進之鹼金屬，不外爲鋰，鈉，鉀，銣，鉍或鈣，銻，鋇，或其中任何一種之化合物。但以採用鈉，鉀，鉍或鋇者，爲最普遍。



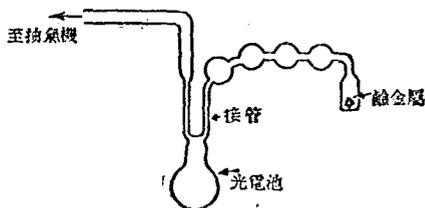
第七十六圖 光電池示管內電極之引接及活動元素放置處

關於引進活動金屬之方法，大約可分爲四種：第一種爲溶液沈澱法，法將鹼金屬溶解於揮發性極大的溶液中，再倒入於被塗玻璃管壁的部份；然後接通玻璃管至抽氣機，以行抽氣。待至一定真空度時，因管內氣壓甚低，溶液得以揮發，揮發既畢，餘留之薄金屬層，遂均勻附着於管壁上。

第二種爲蒸餾法，如鈉或鉍之採用此法者，可將該溶液放置於數個串聯小玻璃泡之末一個。再以直接方法，將其蒸發而引入於管壁上，最後始行抽氣。惟鋰之熔點，高達 186°C ，不能應用此法，故必於管中，以昇華方法直接由固體蒸發也。

其他鹼類，昇華之法，仍不可用，故應於管與鹼液器間，串聯若

干個小玻璃泡，作為凝氣室，如第七十七圖；使氣體經過各小室後，均可較前澄清。待其流入管中時，再於接管處，以火焰將玻管熔斷而密封之。於是氣體即凝聚於玻璃管壁上，或管壁上預先塗置之金屬層上。



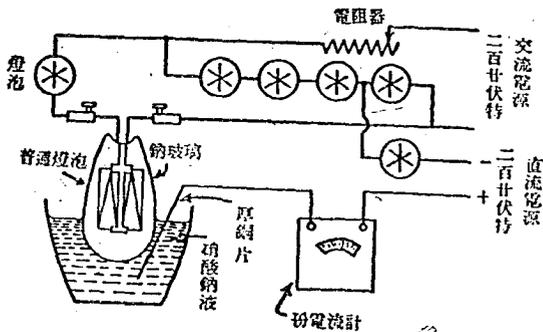
第七十七圖

驗汽引入時示凝汽小室之連接

另外有一利用低溫度的方法，可使鹼元素減小降低活動能

力的損失。譬如採用鉀時，即將一鉀塊，於低溫度中熔之，並迅速將其傾入玻管中，再加以密封，然後浸該管於液體空氣內。切斷管中附着鉀體之任何部份，置入通至玻管之蒸餾室，使其引入管內。最後復將蒸餾室密封，且於溫度未達可令鉀體氧化時，即行抽氣。

第三種為電解法。鹼金屬中之鈉和鉀兩種，可以藉電解法使之塗在玻璃管的內壁上。1925年柏特 (Burt) 曾以第七十八

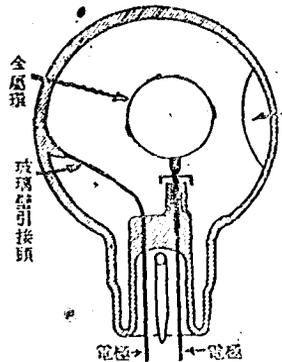


第七十八圖 利用電解法以引進鹼於玻管內之線路

圖的線路，將鈉塗在一個普通燈泡的管壁內。不過被塗玻璃管的性質，必須以鈉玻璃做成的而後可。如圖上所示，燈泡放在硝酸鈉溶液內，該液熔點，約在 312°C 。燈泡的燈絲，用 220 伏特交流電源來燃點，另一相同電壓的直流，其負極接於交流的中間，正極串聯一份電流計，及一厚銅片，作為電解的陽極，然後浸入硝酸鈉液中。當燈絲燃着後，電子即飛向玻璃表面與由直流在液中電解所成之鈉離子，中和成為鈉原子。鈉原子蒸發後，就在泡內溫度較低處，凝結為鈉層。另外四個串聯的燈泡，接於直流負極的中間，其作用乃於電解時，使燈絲電流均勻分佈，免致發生過熱現象。其餘各燈泡，則係增加電解電流之穩定。光電池管應用此法製成者，頗能持久，據柏氏所述，此類管雖經一全日充分陽光之曝曬後，對於微弱光源之照射，仍可保持靈敏之變化。

關於塗鈉的方法，可用絕不含有碳酸鈉之純粹苛性鉀玻璃製成的燈泡，浸於硝酸鉀溶液內，依照上述的方法製造，其結果亦甚相同。

第四種為分解法。茲洛金曾利用化合物加熱分解的原理，成功他的鎂化鈉光電池。其構造如第七十九圖所示。管內兩電極，一係從玻璃管內壁上引出，另一個則

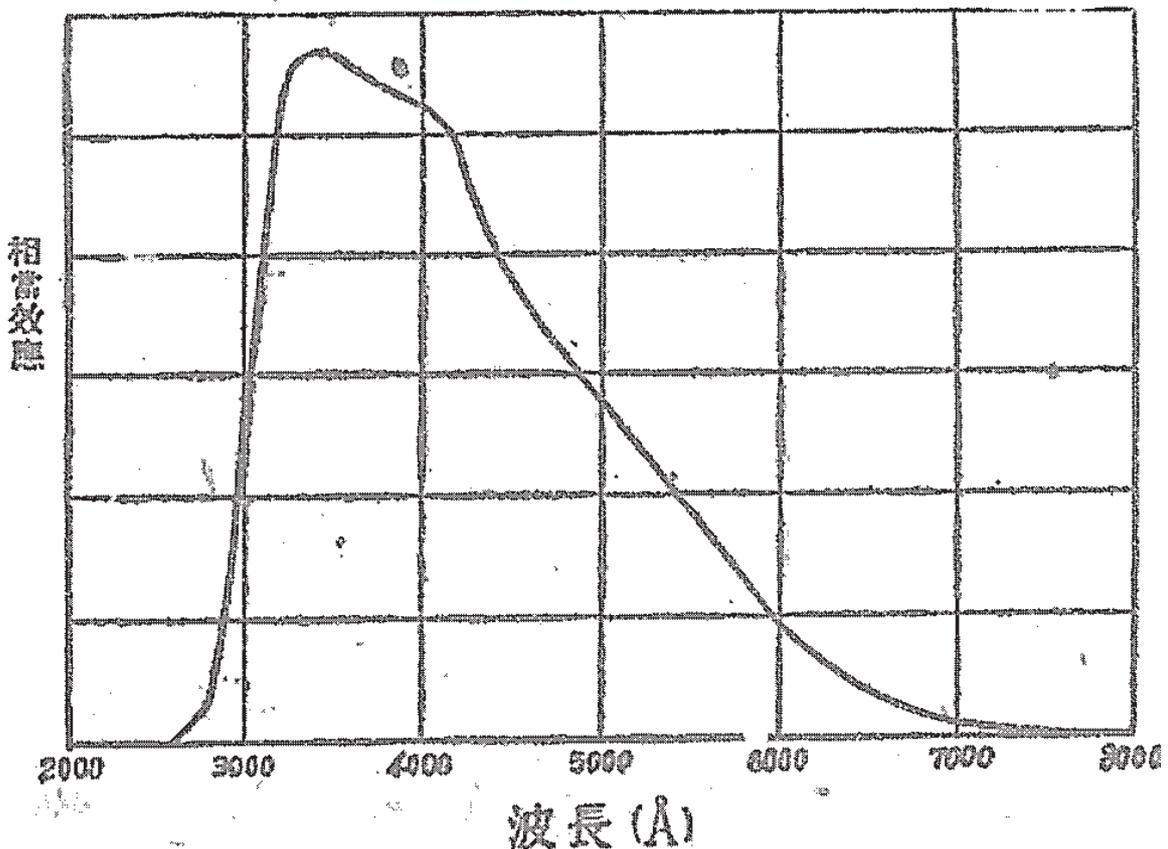


第七十九圖
鎂化鈉光電池構造之剖面

豎立於管的正中，並於末端焊接一個金屬環。支柱下部的中間，引出一玻璃小管，以防兩電極相觸而捷路。金屬環上，焊上數小塊鎂片，並於片上塗抹三氯化銫(CsCl_3)液。當管內空氣抽空，玻璃管口密封以後，即以高頻率電流，來燒熱管中金屬環，使鎂蒸發而凝聚於管壁上；同時三氯化銫亦即分解，銫氣遂充滿管內空間而與鎂之分子結合，於是銫氣繼以極薄之膜，附着於銀色之鎂層上。如此做成之後，全管內部必為上述氣體所朦蔽，故須以本生燈，於金屬環正面之中部，在管外烘燒，將該處金屬驅去，使成一小窗，以供光源之投



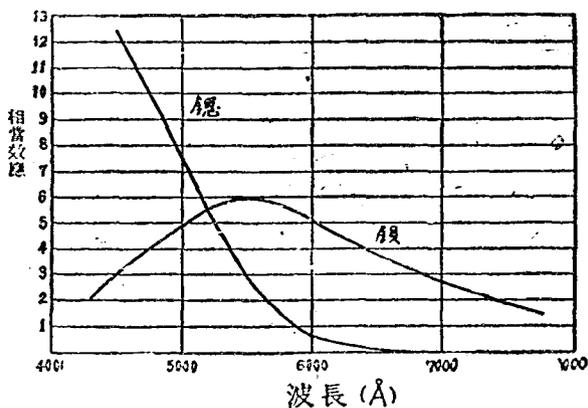
第八十圖 鎂化銫光電池



第八十一圖 鎂化銫光電池之色彩靈敏度曲線

進。第八十圖即此種光電池製成後的外觀。第八十一圖為該光電池之色彩靈敏度特性曲線。

與鎂化銫類似的光電池，還有鋇與銣等種。用鋇放在管中金屬環，以代替上述的鎂，並同法將其加熱，直至鋇塊行將氧化，甚至蒸發為氣體，而塗着於預先製備於玻管內壁之銀層上，然後再於表面加以電子衝擊，以增加其靈敏度。第八十二圖示鋇管與銣管之色彩靈敏度特性曲線。

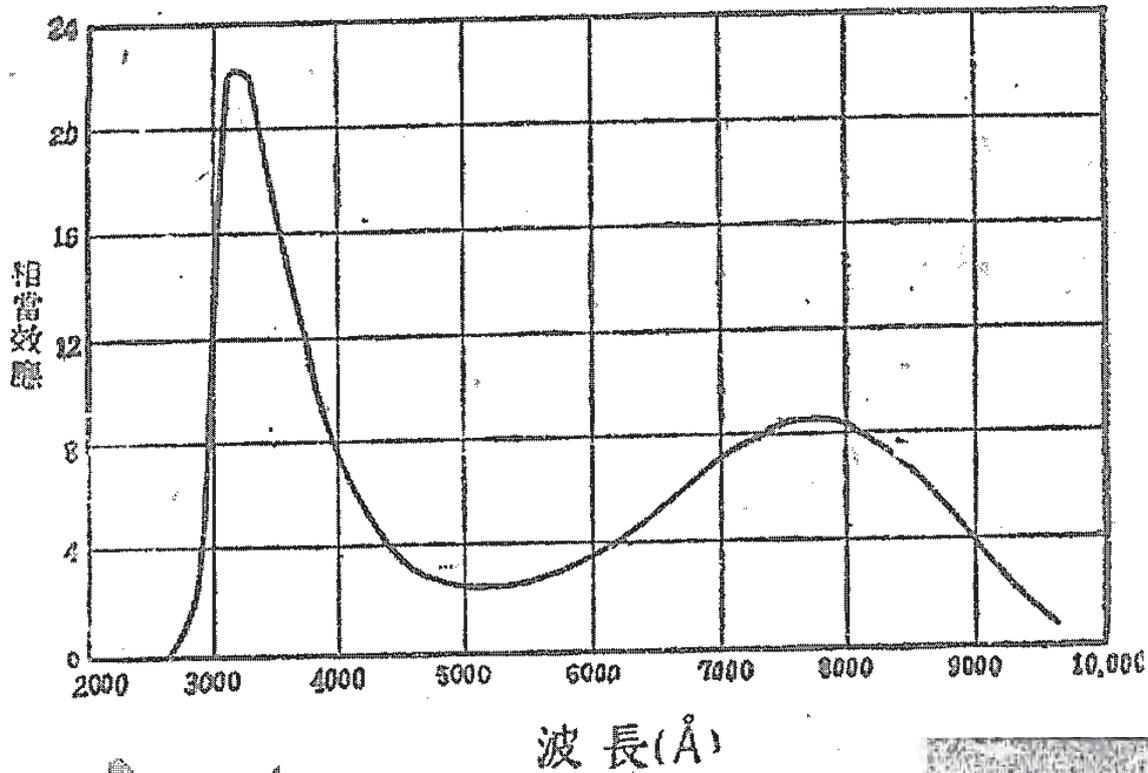


第八十二圖 鋇與銣光電池色彩靈敏度特性曲線

68. 氧化銫光電池的製造

關於真空式光電池製造的方法，已大概說過。茲特舉一效力最高之氧化銫式的製造，以作本章之結束。這種光電池之所以能為同類中之翹楚者，實非偶然。最先製造者，為美國通用電氣公司的職員

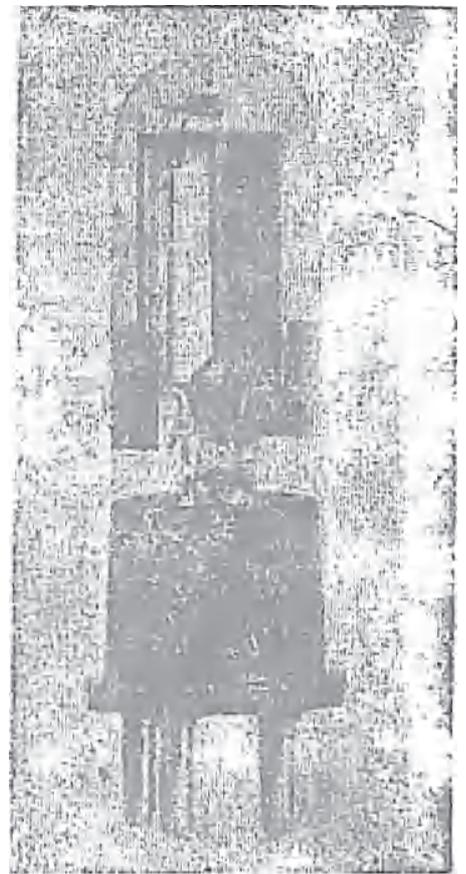
柯納(Koller),後來又經西屋電氣研究室和製造廠繼續不斷地改良,



第八十三圖 氧化鈣光電池之色彩靈敏度特性曲綫

始有今日的效果。在第三章中已經討論過，靈敏度最高的光電池，其陰極上朦蔽的金屬膜，最好是薄至僅由一個分子來組成的。這裏就是適合了這個條件，那由一個鈣分子組成的薄膜，係附着於氧化鈣層上，而氧化鈣又於事先使其蓋覆於一銀層者。這樣製成的光電池，依照試驗結果發表的報告，每受一流明之光源，可以產生 50 至 65 毫安培的電流。

關於此類效率高超之光電池的製造，後來研究的人很多，惟皆大同小異。此處所要介



第八十四圖
氧化鈣光電池

紹的，乃係每流明可以產生電流自 10 至 20 吩安培者。

陰極最好以純銀，或銅質鍍銀者，先將其彎曲成一半圓形。半圓的中間，置一陽極支軸，軸上端有一以錫做成之袋狀物，袋中放一小球，球之爲物，必由氯化鈹及鈣，或重鉻酸鈹及矽製造而成者。各部完成後，即將其焊入於玻璃管內，再抽去空氣，並將其烘燒。冷後，放入約二公厘壓力之氧於管中，使正負極間，斷斷續續地發生放電現象，至負極表面顏色，變爲綠色爲止，將管內剩餘之氣體，盡行抽出，並以高頻率電流來燒熱，而其溫度之高，須足以令小球發散鈹氣，以凝結於管壁上。嗣將溫度降低至 200°C 至 225°C 之間，此時若於陰極背後或支柱部份，塗以五碳烷基醋酸鹽 (Amyl acetate) 與氧化鉛或氧化錫之混合物，則所有多餘之鈹，必全爲其吸收，於是若再繼續加熱，陰極顏色即呈現灰黑色。俟陰極之邊緣開始成爲燦爛之顏色時，立用火焰將管口密封，大功遂告成矣。第八十三圖爲以此法製成光電池之色彩靈敏度特性曲線。第八十四圖則爲其製成後之實物照片。

第十二章 充氣式光電池之製造

充氣式光電池製造之手續和方法的初步，和真空式完全一樣，所不同者，僅於接至抽氣的引管未密封之前，充入少許惰性氣體而已。第八十五圖示該式之一種，惟其管壁上陰電極，乃引接至管上之銅帽者。

69. 惰性氣體

世間上已經發現的惰性氣體，計有五種，即氦，氖，氬，氪及氙是。這些元素，都是十九世紀最後十年間發現的。牠們在空氣中，僅佔有極稀微的分量，故又名稀有氣體。其成分約為：

氦……………245,300 分之一

氖…………… 80,000 分之一

氬……………100 分之一

氪… 20,000,000 分之一

氙… 70,000,000 分之一



第八十五圖
充氣式光電池之一種

氦是1868年，羅克頁(Lockyer)從太陽的光譜中發現出來的；它的英名為 Helium，在希臘的意思，就是代表太陽。可是那次的發現，僅是知道它存在而已，並沒有把它單獨分離開來。直至1895年，拉姆塞(Ramsay)才從礦物中，以物理方法，將其提取出來。氦的重量，在元素週期表上看來，只有氧的四分之一。一切元素，除氫外，它可說是最輕的了。氦的惰性甚大，不易與氧及其他元素起化學作用，故在氬球一類的裝置，已代替氬的地位，而為人所樂用。它的惰性既大，但游離電位亦頗高，因此使它在充氣式光電池中，不甚適宜。

氖，這名詞，因其廣用於商業廣告的氖氣燈，想已為一般人所熟聞。但亦有由英文之“Neon”而譯為“年紅”者。按 Neon 希臘文意即

新奇，乃拉姆塞於發明此元素時，頗覺新奇，故以名之。氖為無色無臭之氣體，其重量較氧略大，約為氮之五倍，游離電位低於氮，但高於氫，氖及氬為光熾管之極好原料。商業上所用之氖，含有百分之一以下之雜質者，以體積計，每升約自美金八至十元，以重量計，每英兩約值美金五百元。價格之昂，較黃金已高數倍。

氬，英文為 Argon，意即遲鈍。在五種惰性氣體中，算是最先被分開出來的一種，而這功績，應歸於 1894 年累利(Rayleigh)和拉姆塞的努力。該氣之重，兩倍於氖，白熾燈泡，苟裝有氬，其放光效率，較真空泡為大，且壽命亦較長久。1914 年，已從事於商業上之提取，迄今大部份電燈泡，均充有氬矣。氬除有上述廣大用途外，它的游離電位也很低，故在充氣式光電池中，被視為最合理的氣體。不過它的原子量，約為氧的兩倍大，致使光電池的靈敏度為之略為降低，誠美中不足也。

最後為氖和氬，這兩種係得拉發斯(Travers)和拉姆塞於 1898 年，從蒸發液體空氣中，分取出來的。兩者都是稀有中之稀有的氣體。每英兩的氬，可值美金七萬八千元，比黃金約高四千倍。純粹的氬，每立方公分值美金三角。此兩氣體之電阻，為氣體族中之最低者，惜其原子量均甚重，對於充氣式光電池之實用上，無所裨益。

70. 惰性氣體之提取

惰性氣體在空氣中成分，既如是稀微，從前提取，頗覺困難；直至林特(Linde)及克勞德(Claude)兩氏，採用液體空氣之方法宣示後，此問題乃得解決，法將空氣藉壓機 (Compressor) 緊壓後，使其

突然膨脹，再通過一小孔，而失却其熱量。重複施行此種工作，空氣即漸次冷卻，成爲液體。倘冷卻溫度降低至 -196°C 時，該液體中即含有液體氮，液體氧及液體氫。此三種液體之沸點，各不相同，若使沸點較低之液體氮，先行沸騰而去，則所餘者，當爲液體氧及液體氫。當氫沸騰之時，即爲純粹之氫。同法，可將氮，氧，氫及氫等，一一分離之。氫除取自液體空氣外，復可得自天然煤氣之澱積，其價既廉，爲量又多，惟其純粹不若直接由液體空氣所取者耳。

71. 其他氣體對於靈敏度之增進

除上述之惰性氣體外，氫及氫硫，對於光電池靈敏度的增大，也是很有效的。譬如已經引進鹼金屬鉀的普通光電管，若再充入二三公厘壓力之純氫，並施以三百伏特左右的直流電壓，使鉀之表面發生放電，數分鐘後，鉀之外表即呈現藍色。光電池經過這樣處理以後，其靈敏度可以增高至百倍。倘能經多次試驗，調節放電至最適宜時間，則其靈敏度增高之倍數，尙不止此。

凡在氫中放電，而使鹼金屬氫化之光電池，稱爲氫化光電池。但純粹之氫化鉀，其靈敏度與鉀在氫中放電者，並不相同。此須加以分別者。至其所以增加靈敏度的原因，依照夫萊瑟 (Floischor) 之解釋，係氫於放電時，凝結一正游子層於鉀之表面上所致。

鹼金屬所吸收之氫層，有這樣的趨勢，即當其顏色逐漸消褪時，其靈敏度亦將隨之而改易，此現象在新近出品之光電池中，尤爲顯著。卡姆培爾在他發表的文章中亦曾提及：當一薄膜之鹼層，凝積於一金屬片上時，其靈敏度必因經過氫中之放電而增加。雖然該薄膜

之薄，非入眼所可覺察，惟其於短時間中，即為氫所飽和，則無疑義。不但如此，光電池凡充入相當壓力之氫，其壽命，依經驗所得，亦可增長不小。

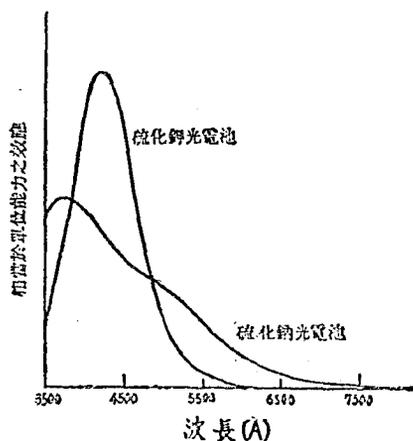
鍍金屬製成的光電池，亦有一例外者，即鉍在氫中放電，不受上述之影響，亦即不能增高靈敏度是也。

與氫之作用相似的第二種氣體為氣硫。俄爾品為改良鹼質光電池，對於紅色光線靈敏度之增進一事，曾費長久時間，以各種元素及化合物，一一加以試驗。其結果，認為引入微量氣硫之充氣光電池，對於靈敏度之改進最大。第八十六圖示硫化鉀與硫化鈉光電池靈敏度之特性曲線。該兩種光電池，受每流明光強之照射，可以產生二至七赫安培電流。

72. 充氣之方法 與步驟

在前章真空式光電池，製造手續至抽氣工作完畢以後，若充入上述任何氣體之一種，即成為充氣式光電池。茲將充氣之方法及步驟，略述於後：

性氣體之容器，通常皆以一升為單位。器有長頸，其密封處，一在頸



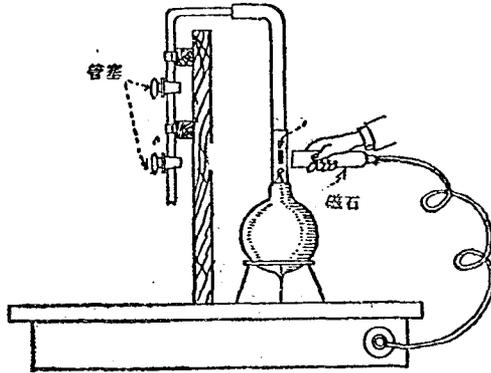
第八十六圖 硫化鉀與硫化鈉光電池之色彩靈敏度曲線

之下端，一在頸之上端。該容器之頸口，先連接於抽氣機，並密封之。俟頸中空氣與雜質，均已抽去後，乃敲碎其頸下端之密封處。

當購置惰性氣體時，必測驗器中所容之氣，是否充滿與純淨。惰性氣體之製造廠家，對此兩點，固已極其能事，以期盡善；然有時因運輸失慎，乃致發生漏氣現象，亦係常事。一經漏氣，則必有空氣及其他氣體混入其中，若不察應用，勢將徒勞無功，故測驗工作實屬必要也。測驗方法，可用一高壓電花測驗器，當該器靠近於滿盛氫之容器時，容器中即呈現純藍色之條紋及射光。故若有該項純藍色之條紋及射光之發現，即係容器完善氣體純淨之明證。反之，則不能應用。惟此種測驗法，最多不可過三次，蓋恐容器周圍之氣體，受電花影響而起作用，致與惰性氣體相混雜也。

惰性氣體檢查完善以後，即將之連接於抽氣機上。法先置氣體容器於工作檯上，其圓底放於箱中，使頸部與工作檯面相平行，而距檯面約數公分。次取一二至三公厘直徑小孔之管塞，塗以油脂。另備一小鐵塊，但須於火上加熱，以除去表面之雜質，然後將其納入於容器之頸部，再密封管塞之一端於容器上，並留心勿使頸部中心密封之小玻管破裂。該管塞之另一端，連接至抽氣系，於是開啟管塞，同時使抽氣機操作，俾其全系及直達容器密封處間之空氣，盡行抽出，待壓低至百萬分之五公厘左右而後已。繼將管塞關閉，使容器及抽氣機不能相通，然後提高容器，使鐵塊落於密封處之小玻管而擊碎之。再將容器及管塞密封於抽氣系，以待應用。倘由抽氣系中除去容器以擊碎密封處，感覺不便時，亦可利用磁石之吸力，將小鐵塊吸

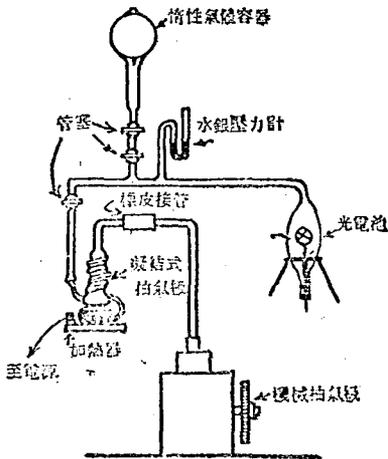
上，再行落下以擊碎之，如第八十七圖所示。管塞之連接處，其構造宜精巧，焊接時並須有純熟之手術，庶免破裂。若容器頸口，與管塞之口大小不同，應將管口較大之管拉長，以期適



第八十七圖 用磁石吸引鐵塊以擊碎惰性氣體容器之密封處

合。惟接管之玻璃原料，通常應與製成光電池管之原料相同，不然，難獲美滿之結果。譬如派勒克斯玻璃與鉛玻璃甚難熔接，此應特予注意者。

充氣連接之方法，如第八十八圖。先啟惰性氣體容器最下部，及通至抽氣機之管塞，操作抽氣機，將光電池管內，及氣體容器外之連接管間空氣完全抽出，至壓力



第八十八圖 惰性氣體充入光電池之連接方法

計顯示所需之壓力。最好以麥克魯特壓力計，代替圖上之水銀計，較為準確。或於抽空時，用高壓電花器測驗之亦可，測驗時，若管中無發生光輝現象，即管中已達高度真空之表示。真空既已達到，乃關閉上述管塞，停止抽氣，然後徐徐啟動通達惰性氣體容器之管塞，惰性氣體即流入光電池中，壓力計指示之壓力，亦隨之逐漸上昇，俟充入氣體已達所需壓力，即關閉各管塞，並於光電池上端接管處，藉玻璃之熔化而密封之。充氣時如能切實注意下列各點，當不難得心應手也。

(1) 各管塞，尤其通至惰性氣體之容器者，務須十分妥密。否則，氣體即有漏洩，或於抽氣時，被其抽出之虞。

(2) 連接用之玻璃管或橡皮管，務求其最短與最細，以免徒耗貴重之氣體。

(3) 玻璃管不宜太厚，免致於抽氣時因壓力不勻而爆裂。但亦不可過薄，以免因振動而破碎。

(4) 管塞通達兩方之孔，應採用斜孔式者，俾增加調節之機會。

(5) 玻璃管接頭，最好加接一特製乾燥器，中置五氧化磷，以吸收水汽。但吸收之分量，如已飽和，即須立時更換，否則，有礙工作之進行。

(6) 管塞處塗抹之脂油，以稀薄為宜，並勿使之沾染於孔口及其鄰近，以免洞孔阻塞，或脂油滲於玻璃管接頭內。

(7) 塗抹脂油之氣壓須低，不然，抽氣系中，恐有不純淨之氣體發生。

至於其他氣體如氫或氣硫等充入之方法，最簡便者，莫如將被充入之氣體，裝置於一容器內，然後依法泡製。但氫之充入，亦可利用鈀(Paladium)之加熱以行之。蓋受熱之鈀，係氫之半滲透物，故可裝入一小金屬管中，一端密封，他端接至抽氣系，則當金屬管外受熱時，氫即油然而生矣。

第十三章 電導式光電池之製造

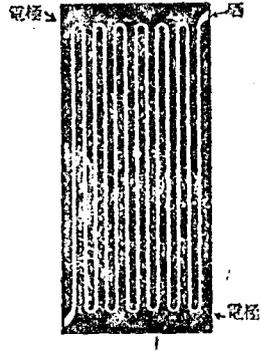
73. 感光性硒素之種類

關於硒素的性質和種類，已於第六章中加以闡述了，可是實際應用時，譬如西藥批發所出售者，在形式上就有粉狀與塊狀之別。塊狀價較粉狀貴，作棕黑色或淡綠色，與玻璃相似，性脆，亦可研成粉末。粉狀則現純黑色，但亦有取自硒溶液之沉澱，而呈紅色者。

硒和硫一樣有同質異相體 (Allotrope form)，意即性質相同，而形相則異也。這些同質異相體，計有 α - 硒、 β - 硒、 γ - 硒及 δ - 硒等四種。 α - 硒係從硒溶液中，沈澱而得者，沈澱乾後，即成爲上述之紅色硒粉。 β - 硒可從二氧化硫氣通過亞硫酸熱溶液的沈澱來製取，沈澱物乾後，即成爲灰黑色的結晶粉末。 γ - 硒則由溶解硒於二硫化碳中來製成，生成物爲暗紅色的結晶塊。最後， δ - 硒不是純粹的硒，此係由各種硒混合而成，亦即工業上所用的硒粉或硒塊；這種硒，僅須加熱至一定溫度處理後，再任其逐漸冷卻，於是就具有感光的靈敏性。

74. 碲素光電池簡易製造法

備上等絕緣板一方，板上覆以薄層金屬片。在片上刻一彎長小溝，如第八十九圖。將碲粉均勻填平於溝內，然後加熱至將近 210°C ，但不可超越此溫度，使碲層變成灰黑色結晶金屬狀。加熱時間，快的數分鐘即可，慢的亦有需數小時者。此須由製作者自己判定碲之變化已經完全而後可。這樣製成後，就有感光的靈敏性。最後再於金屬片及碲層，各引接一線，作為光電池電極之用。



第八十九圖 碲素光電池

75. 格累姆培爾 (Graham Bell) 製造法

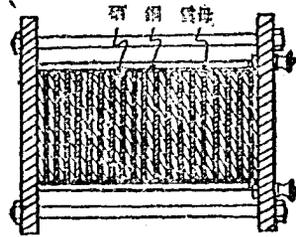
以大小厚薄相同之金屬板兩塊，一塊焊上許多釘子，另一塊鑽了許多圓洞。洞的數目及位置與釘子一樣，直徑則較釘子略大，將兩板相貼合，並於中間隔以絕緣體，使一板上之釘，恰各納入他板上之洞而不相抵觸。將熔化了的碲液，傾入各洞中，令其填滿洞中之空處，再放於爐中加熱，至碲素完全成為灰色結晶後，靜置冷卻。加熱是很重要的，因為未完全熔化的粒子，製成後能使靈敏度大為降低。又手續完畢以後，最好封入玻璃管中，塗以乾漆，以防空中濕氣侵入。

76. 圓筒式製造法

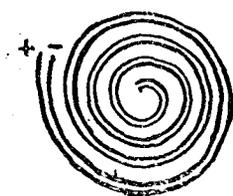
備長六十公厘，寬四十公厘，厚一公厘的紫銅片 及等長而略寬

之雲母各十餘片，互相間隔疊起來，一如容電器然。雲母片之邊緣，須略突出於銅片端之外，然後用螺絲夾子夾緊，如第九十圖。先將酒粉附着於其表面，再整個以浴湯法燒熱，至酒融化而填滿銅片間之小縫隙，於是並連各片於兩接線柱上，即可應用。

現在改良而較上法更方便者，係以滑石，瓷，石板石或大理石等，尤其第一種，是最新式而切合實用的優良絕緣體。切成長方塊，但最好製成長圓筒形。以美規 A.W.G. 十八號左右的銅線，分四線並排密繞十餘圈，固定線的始端與終端，然後拆卸中間的兩線，俾最外兩線保持一定寬度之距離。但不論其為漆包線，紗包線或膠皮線 均須去其外皮，藉資傳電。再如前法，使一薄層之酒附着於線與線之縫隙間，且仍須加熱，至酒粉全部融化，成為灰色

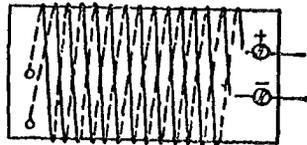


第九十圖 酒素光電池圓筒式製造法之一種



第九十二圖 螺旋形式酒素光電池

之結晶。第九十一圖示圓筒繞線後之情形。



第九十一圖 酒素光電池圓筒式製造法之又一種

還有一種類似的德國西門子式，它的構造與前一種所差異的，只是絕緣的圓筒，改爲一塊平面板，再設法將線圈繞成螺旋形而

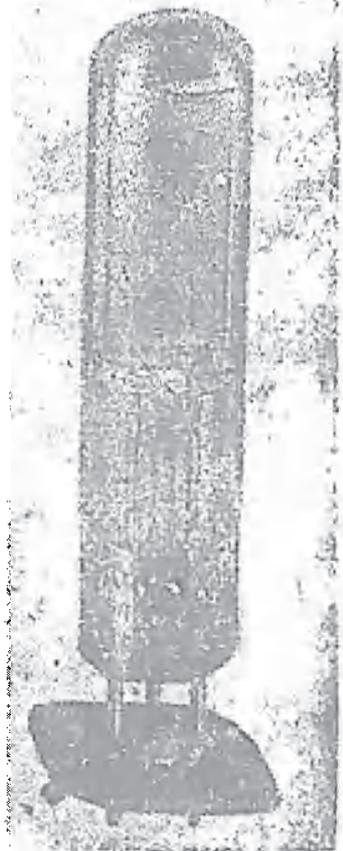
固定於板上，如第九十二圖。此式出品，在德國電報寫真中，採用的頗多。

77. 玻璃管式製造法

這是一個較精密的製造法。將硒放在真空管內蒸餾，或置一鉑絲織成之柵網於玻璃管，再封入少許惰性氣體，然後將硒蒸餾亦可。在蒸餾之際，同時應保持玻璃管至一定溫度，溫度之高低，須足以使硒汽恰可凝結，而成爲灰色之結晶者。直至薄層之膜發現後，乃以白蠟將管口密封。

商業上最通用的硒素光電池，首推放射面甲橋 (Radiovisor bridge) 式，如第九十三圖。尤其在英德兩國，最先風行。後經美國保記電池公司 (Burgess Battery Company) 的推展，在美國工業上，亦佔一相當的位置。它的構造，包括兩個互相交叉之金質橢狀網，而以特別精巧的手術，將其焊接於一塊四五平方公分面積之玻璃板上。於是均勻平鋪硒粉於其表面，使其厚度約爲千分之二十五公厘。細心引接兩電極於外，然後置該玻璃板於玻璃管中，抽去空氣，並充入微量惰性氣體即可。

標準的放射面甲橋，係設計於 100 伏特直流之用，但亦可施以較高電壓，甚至高達 500 伏特者，祇要電壓和電流的相乘積，不致超過 0.1 瓦特，在 100 伏特電壓之下，黑暗電阻約自 1 兆至 10 兆歐姆之間。又在 10 呎燭光源之投射時，黑暗與明亮之電阻



第九十三圖
放射面甲橋

變化比例，約為 4 比 1。

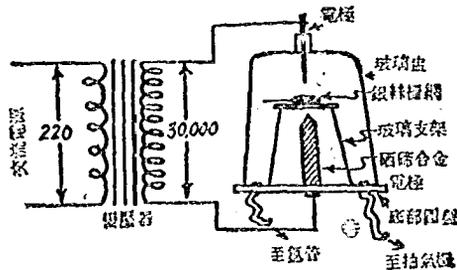
美國通用電氣公司所製碲管的外觀，與第九十三圖完全相同，惟在 100 伏特電壓，及 100 呎燭光源照射之下，其明暗電阻變化之比例，為 1 比 6，或在 10 呎燭光源時，其比例為 1 比 3。

與此類似者有“X-管”(X-tube)，係美國太平洋研究實驗室(Pacific Research Laboratories)所製。製造方法，與上述者大同小異。不過它是設計適用於 3 至 18 伏特的電壓。受光之碲面積，僅 $3/16$ 平方公分。全部黑暗電阻值，約為 5 萬歐姆。在 0.1 流明光源與 9 伏特電壓下，其明暗電阻變化之比例，亦為 1 比 3。

73. 碲光電池製造法

邁開爾松 (Micholson) 曾經製造一種對於紅外線特別靈敏的碲銻合金光電池。製造方法係用一銀絲織成柵網，將混合 13.6% 銻的碲銻合金，作為電極的一極，銀絲柵網作為另一極，然後藉濺散 (Sputtering) 方法，使該合金在柵網上鍍一極薄之層。濺散的方法如第九十四圖所示。

以普通 220 伏特交流電源，連接於升高變壓器的原線圈，使由副線圈升高至 30000 伏特。副線圈的一端連接至作成尖端棒形之碲銻合金電極，另



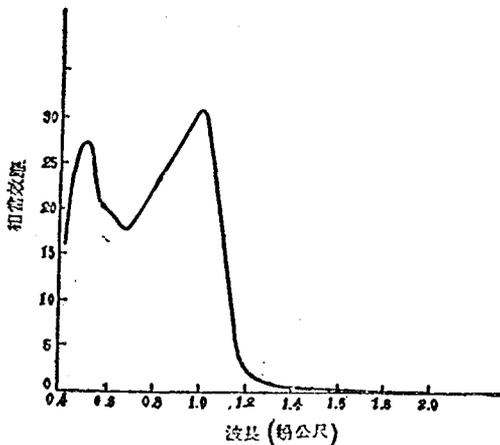
第九十四圖 碲銻合金之濺散於銀絲柵網上

一端則至距尖端棒約一公分空氣隙引出的金屬電極。兩電極的中間，以玻璃支架，支持柵網，最外面為一玻璃罩，罩的底部周圍用凡士林塗密，電極引出處，則以火漆密封，務使不漏氣而後已。底部圓盤有孔兩個，一至抽氣機，一達氬管。當抽氣機工作至一定程度時，此可由抽氣機轉動聲音之變化以判定之。乃推上電源開關，即有電火花顯現於兩電極之間。火花愈大，或愈明亮，即係玻璃罩內真空度愈高之啟示。最好在抽氣機至玻璃引接管間，另接一壓力計，俾能隨時顯示罩內真空之程度。待高真空達到後，乃停止抽氣並放入氬，同時啟用電源開關，使電火花自柵網之中部通過。再調節抽氣機及放入氬之壓力，直至罩內電火花呈現鮮豔之顏色後，濺散即告完成。取出鍍

鍍的柵網，在本生焰中加熱至 210°C ，並繼續至兩小時之久，於是封入真空管內，即可應用為光電池的陰極。

79. 銻化 (Thalofido) 光電 池製造法

契斯氏曾經多年研究的結果，發現氧化的硫化銻，



第九十五圖 銻化光電池之色彩靈敏度曲線

亦具有如硒素之感光靈敏性。不但如此，這種化合物，對於紅外線光源，尤其特別靈敏。不過在惰性的立場看來，與硒相較，是不能不屈居下風的。

製備這種靈敏化合物的方法，先取化學純淨(Chemical pure)的硫化銻約十餘克，在有空氣流通之電爐上，以 80°C 溫度烘焙之，至硫化物氧化成爲灰黑色爲止，然後將其研成粉末，置於燒熱的石英盤上，使它溶化。另備一鉛絲柵網，覆蓋於溶化之流體上，並伸留一柄，以爲引接電極之用。既成，即將之納入玻璃管中，再如充氣式光電池製造法，抽去空氣後，充入氮至 $2/3$ 大氣壓力，即告完成。第九十五圖係該種光電池之色彩靈敏度。

第十四章 電壓式光電池之製造

80. 氧化亞銅之製備

電壓式光電池的種類，雖不僅一種，可是利用氧化亞銅來作主要部分的，可說佔其中十之八九。製備氧化亞銅的方法，祇須有適當材料和工具設備，並不要有甚麼巧練的技術，便可以成功。

揀六平方公分面積，一至二公厘厚之紫銅十餘塊，乃至數十塊，面積及厚度，大些或小些都可以，面積愈大，受光機會較多，所生電流愈強，成績亦必愈佳，惟如過大，對於工作上恐不甚方便。銅塊形狀不拘，如欲將之納入真空玻璃管中，則以圓形或橢圓形者爲宜，其餘可視處境情形，隨機應變。先用“1”號砂布，磨去表面黑色雜質或

氧化物，至現燦爛之金紅色銅屑爲止。繼以“05”號者將其磨平。或浸入稀硝酸液中，以腐蝕最外之一層，再以清水沖淨，然後拭乾待用。

製造氧化亞銅最重要的設備，首推電爐。電爐的構造，係以十公分厚之耐火石棉紙漿與石棉板等合製而成。爐底中部，裹以若干並聯之高電阻線（即日耳曼銀線）。電阻線之安培量，因爐之大小，而有差異。容量大者，在 220（單相）或 380 伏特（三相）電源下，約自 30 至 50 安培。容量小者，十餘安培，亦可應用。高電阻線之外線路，須連接，至一變阻器，俾能隨意調節爐中所經之電流量，亦即溫度是也。爐中空處，放置熱電偶，外接溫度計，以便隨時指讀爐中溫度之高低。當上述銅塊備妥之後，應立即置入爐中燒製之，以免再與空間雜質發生作用。銅片在爐中排置之方法，如平排位置不敷可以兩片相疊，不過相疊之面，製成後，當有一兩處不能氧化成爲黑色之氧化銅。好在製備目的，僅需要一面完全氧化之生成物。因一塊氧化亞銅，不能兩面同時受光源之照射也。故大可以此重疊之法，以節省爐中地位。但如三片以上相疊，則中間各片製成後，必難期美滿，此須特予注意者。銅片排置完畢，即關閉爐門，開啟電源，使溫度上升。在開始時，溫度增加，並不甚快。如總電流爲三十安培，爐之容積爲 1.5 平方英尺時，將電流完全啟用一小時後，溫度方可由室溫增高至 500°C 左右。故在此時間內，儘可轉動變阻器至零度，藉以節省時間。俟溫度上升至 500°C 時，即須加以留意，並隨時調節變阻器，以防溫度驟然升高。直至 $1,000^{\circ}\text{C}$ ，乃繼續保持至一小時之久。但切勿高越此限，不然，即有溶解之虞，因銅之熔點爲 $1,083^{\circ}\text{C}$ 也。

上述溫度之保持於 $1,000^{\circ}\text{C}$ ，甚為重要，依著者製作之經驗，在 503°C 而繼續至兩小時者，其結果僅有黃金色之極薄氧化層而已，實際上不能應用。在 800°C 者，所得成績，雖較前略優，但距理想條件，相差尚遠。在 $1,000^{\circ}\text{C}$ 製成者，則最外為一純黑色之氧化層，氧化層下，即有約一公厘厚之紫色燦爛氧化亞銅層。

銅片經過 $1,000^{\circ}\text{C}$ 之燒製後，大約需四小時之久，爐之溫度始能退却。此時當有多量黑色氧化銅薄膜，自銅上脫落。而銅片表面，仍有純黑之層固牢其上。欲去此層，可備濃度約百分之十之氰化鉀(KCN)，或氰化鈉(NaCN)溶液50至100立方公分，盛在燒杯內，然後將氧化銅片浸入，靜置數分鐘，氧化層即自行爆炸脫落。若溶液濃度在百分之五以下，則經一晝夜之沉浸後，即可以棉花將氧化層輕輕拭去，其結果，似較溶液濃度為百分之十所得者為優。又溶液濃度倘高於百分之十，則氧化層雖可立時使其脫離，但氧化亞銅層之一部份，亦勢必隨之離去，故不相宜。氰化鉀及氰化鈉，均係劇毒藥物，觸染於皮膚或口中，小可潰爛，大有致命之虞，不可不慎。純淨之氰化鉀或氰化鈉，每購起碼一球(Ball)，重十克，價格約合國幣八至十元。除較大西藥批發所外，普通西藥店恐無出售。

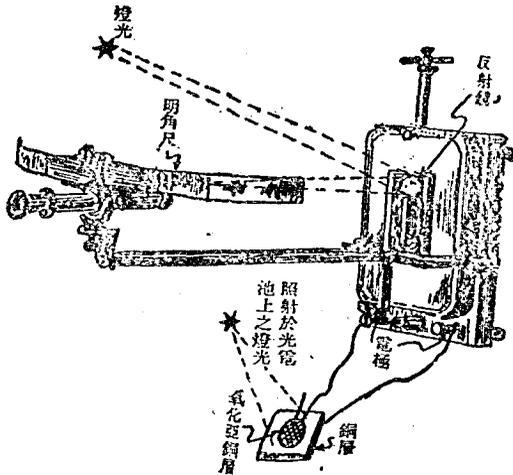
○黑色氧化層既去之後，應在清水中重複洗滌，以防氰化合物溶液之附着。製成之氧化亞銅片，可於邊沿以錐刀將氧化物盡行鏟去，至現銅層為止；然後焊接一導線，以為引接電極之用。在氧化層表面，則藉一銀絲織成之柵網，與之緊貼，再覆蓋一玻璃片而緊夾之，於是大功遂告成矣。

81. 光電流之測量

製成的氧化亞銅片電極焊接完竣後，即將許多片串聯起來，再連接於一盞電壓計。那末在半瓦以上的光源照射下，即可使電壓計上之指針，偏指一定之數值。不過在這串聯的許多光電池中，萬一有一個接頭欠妥，或銀絲柵網碰觸銅層，致成捷路，則整個電路就要因而阻塞不通，測量結果，必歸失敗。故為免此弊，在未串聯之前，對各光電池，是否優良，必須個別加以測試而後可。測試時，可以一靈敏之衝擊電流計 (Sensitive ballistic galvanometer) 的兩極，連接於氧化亞銅的兩電極。電流計構造為兩個磁極，中間有感應線圈，線圈之正面焊接一小鏡於其上。當電流通過線圈，線圈即因感應作用，而偏向一方，於是小鏡亦隨之擺動；同時另以一光源在對壁照射於小鏡上，鏡上受光後，即因線圈擺動之不同角度，反射於其前面固定之明角弧尺上。若產生電流愈強，則線圈偏向愈甚，而弧尺所示之數目亦必愈大，反之則否。但當氧化亞銅及銅之電極，引接不當，而使電流計中之線圈，為之捷路時，則由小鏡反射之格數，亦可偏動，惟僅偏向一方。此時所得之值，並非真正由光電池產生之電流，實乃由接觸所生之接觸電位 (Contact potential) 而已。至如欲斷定其是否真正之光電流，其法亦易，蓋光電流之大小，必隨一定強度光源距離之遠近，及一定距離光源強度之不同等而變異。故如係真正光電流，則電流計上所示之值，當受上述兩種變化的影響，同時，光電池引接之電極，如互相交換，電流計線圈偏斜之方向，亦必相反也。第九十六圖示電流計構造及測量之大概。

82. 電解液式光電池製造法

電解液式光電池的種類頗多，如第六章中所述者，不下四五種。



第九十六圖 以強敏電流計測量氯化亞錫光電池產生之電流

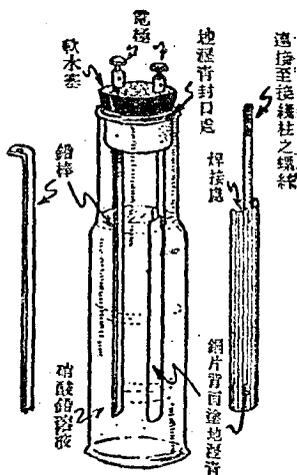
可是在構造的手續和費用的簡易兩點看來，這裏所要介紹的，也許是首屈一指的了。

預備長圓形大口瓶一個，兩孔軟木塞一個，銅接線柱兩個，鉛棒一根，闊 12 公厘長 100 公厘紫銅板一片，硝酸鉛液約 100 至 120 立方公分，其濃度配合法，可以 0.3 公兩晶體溶解於 150 立方公分蒸餾水中。地瀝青 (Asphaltum) 少許。將銅板在電爐中，依前節所述方法處理，使成爲結晶狀之氧化亞銅。在銅片背面塗以地瀝青如第九十七圖。另以一銅棒於未塗之先，與該銅板焊接，焊接處之氧化亞

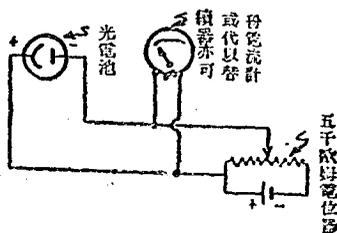
銅應予鍍淨，自不待言。銅棒之他端有螺絲頭，備與接線柱直接旋者。鉛棒之支持，則於末端鑽一陰旋之洞，故亦可直接於接線柱上。各處裝置完竣，然後加入硝酸鉛溶液至浸滿銅片為度。再以地氈青密封瓶口及接線柱與軟木塞之啣接處，以防電解液因而氣漏逐漸蒸發。

試驗方法，可連接如第九十八圖。扮電流計之內電阻，愈低愈好，或以一替續器代替之亦可。照射光源之強度，至少須在 60 瓦特以上。當光源移近時，電流計指針應即有顫動。大約光源距離在兩公尺至一公尺間，產生電流，

即有一份安培。若距離移近至數公分，則有 3 至 4 份安培。如電流不能達此數目，必係電解液濃度不合，或接頭漏電，或氧化亞銅製造不相宜。應詳細加以檢查而後可。



第九十七圖 電解液式光電池之裝置及部份品



第九十八圖 試驗電解液式光電池之線路

第五篇 光電池應用

第十五章 利用光電流之調節

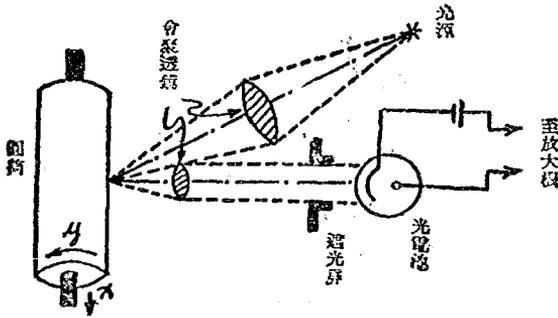
83. 電傳相片

電傳相片的發明，早在光電池之先，1843 與 1845 年培恩(Bain)及貝克韋爾(Bakowell)曾試驗過。他們的方法，係藉一張特別用半絕緣和半導體配成的相片，然後以一電接觸頭在相片的表面摸動。當接觸頭觸於傳導部份，產生電流就大，觸於絕緣部份，產生電流就小。用這法播送的相片，必須特別製造，故不切合實用。迨光電池問世後，即被採用於電傳相片機中，而把原始的方法淘汰了。

現在世界上最通行的電傳相片，大約不外三種，即美國式，法國式和德國式。這三種，在播送方面，都是大同小異，在接收方面，則彼此略有分別。茲將各式概述於後。

(1) 播送的方法

把播送的相片，捲在圓筒上。如第九十九圖。圓筒的裝置，要使它能依照箭頭 y 的方向旋轉，同時又順着 x 方向推進。用一極強的光源，經會聚透鏡把光線集中為一小點後，再投射於圓筒上，圓筒上相片即按照相跡的深淺，向垂直方向反射明暗不同的光輝。若相片

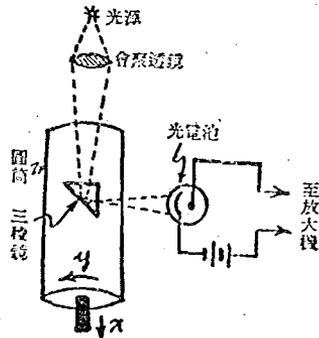


第九十九圖 電傳相片攝法之一法

上相跡深些，反射的光輝就暗些，相跡淺些，反射的光輝就亮些。這道光輝復經另一會聚透鏡的收斂，然後穿過遮光屏，透於光電池。光電池受到不同光輝的照射，就產生強弱相當的電流。光輝愈大，產生電流就愈強，光輝愈小，產生電流就愈弱。但無論光輝如何之強，由光電池產生的電流，最多亦不過百分之幾粉安培。這電流因太微弱，故尚須加以放大，然後始可應用。

倘所用相片，係透明軟片之類，則圓筒亦必透明，而於其中置一三稜鏡，如第一百圖。光源經會聚透鏡收斂後，投射至三稜鏡，復由三稜鏡反射經圓筒而達光電池。除此反射方法不同外，其他步驟與前者完全一樣。

經過放大後的電流，就藉有線電或無線電，作為傳播的媒介，把它遞送



第一百圖 透明軟片電傳攝法

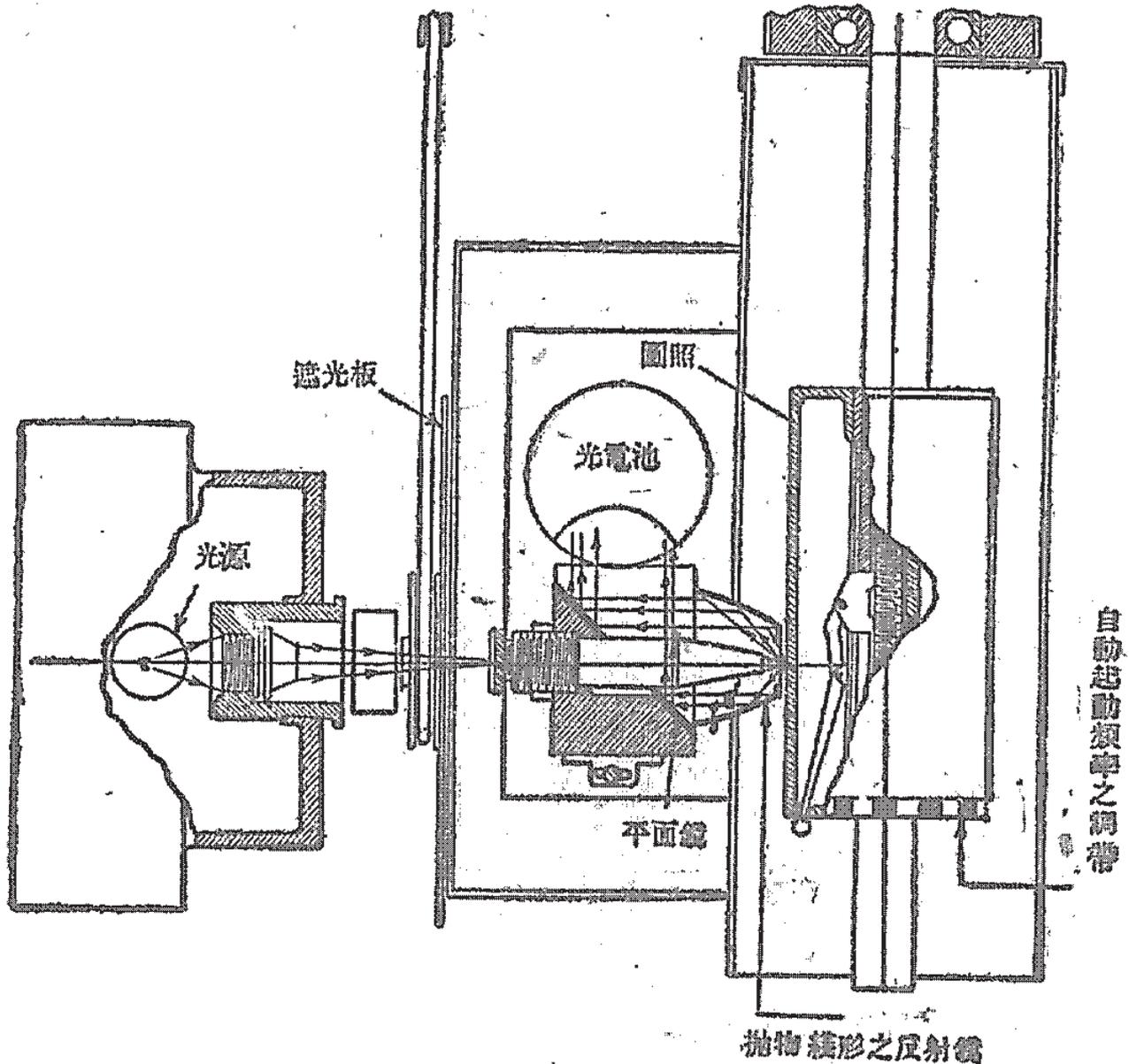
至遠方。第一百零一圖為亞爾西愛(R.C.A.)出品播相機的外觀。第一百零二圖為該機內部光學結構之剖面。



第一百零一圖 亞爾西愛電傳播相機

(2)接收的方法

美國式的接收方法，乃利用氙燈來將電還原為光。氙之為物，已於第十二章中述明，係空氣中稀少氣體之一種。藉此氣體製成的燈泡，凡

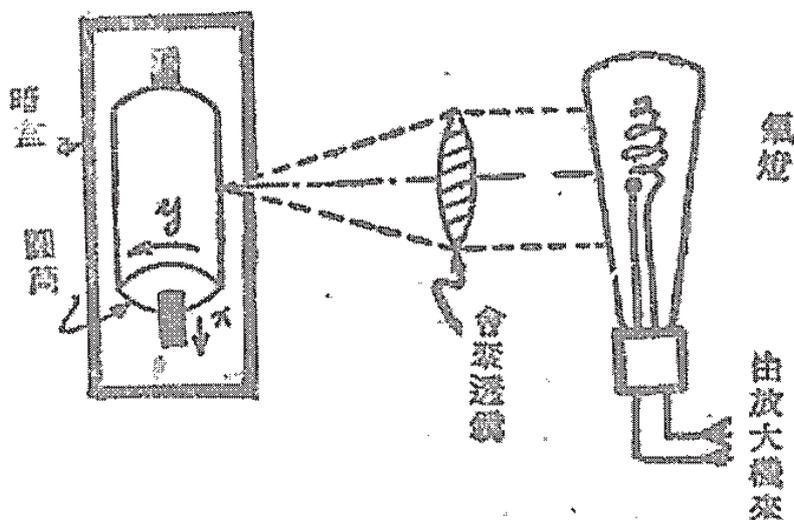


第一百零二圖 亞爾西愛電傳播相機內部光學結構之剖面

施用電壓在十六伏特以上，氙即游離為離子，發生橙色的光輝。若電壓愈高，則光輝亦必愈亮。它的構造，包括兩個簡單的電極。電極的形狀，殊不一致，須視需要情形而定。平常分為 100 至 110 伏特及 210 至 240 伏特兩種。前者從 90 伏特起，後者從 150 伏特起，負極即能發生光輝。第一百零三圖示氙燈之一種。接收步驟如第一百零四圖。由放大機傳來的電流，先送達氙燈，發出或明或暗的光輝，經會聚透鏡集光後，從暗盒外的一小縫隙，射至圓筒上。圓筒轉移的速度，要和播送處絕對相符，以免失真。將未感光的照相紙，包裹在圓筒上，光線射在照相紙上，即留下痕跡，痕跡的深淺，係依氙燈照射光線之明暗，亦即由放大機傳來電流的強弱而變化。凡電流強者，在相紙上留下的相跡就淺，反之則深。接收完畢，即依照



第一百零三圖 氙燈之一種



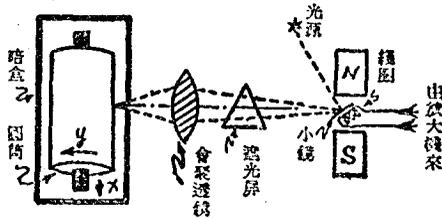
第一百零四圖 美國式電傳相片接收法

普通洗印相片的方法，在藥水中沖洗，即可得一由遠處傳來的相片。

法國式的接收方法，係利用一個特別靈敏的電流計，惰性極小，而振動頻率特高。電

流計之主要部份，包括兩個磁極 N 和 S 及一個線圈；線圈背面有一

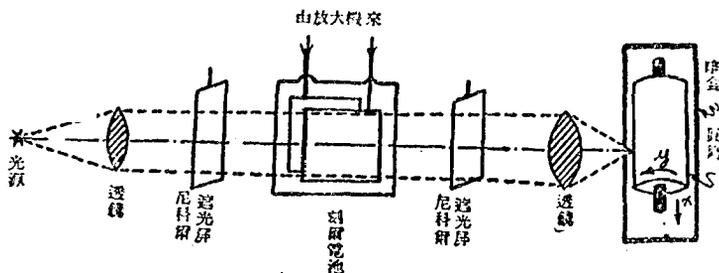
小平面鏡固定其於上。置一定光度之光源，使其光線投射於平面鏡，當線圈因接收由放大機傳來電流之變化，而作各種角度之偏傾時，小平面鏡反射於三稜遮光屏之光線，即隨之上下移動。遮光屏之作用，係於尖端部份，透光度最大，然後逐漸減小，至達底部平面端，為完全不透光。通過遮光屏之光線，再經會聚透鏡收集後，由暗盒外縫隙投射至圓筒上之照相紙，留下各種深淺不同之相跡。又若輸至線圈之電流愈強，小平面鏡愈傾向上方，通過遮光屏之光線愈亮，而照相紙上留印痕跡亦愈淺。反之，輸至線圈之電流愈弱，小平面鏡愈傾向下，通過遮光屏之光線愈暗，照相紙上所留痕跡即愈深，故相跡深淺，係與輸入電流量成正比。這種間接化電為光的方法難免還有少許機械的惰性，在電傳相片中雖仍可應用，但於電視或有聲電影，則不相宜了。



第一百零五圖 法蘭式電傳相片接收法

德國式的接收方法，是藉刻爾 (Kerr) 電池，直接將電還原為光，全機的組織，如第一百零六圖。刻爾電池包括兩塊長方形金屬薄片，浸入盛滿硝化苯 (Nitrobenzol) 的玻璃瓶內。兩片的距離約為二公分。片的一端，各連接至放大機；左右兩旁置兩個尼科爾 (Nicol) 遮光屏 (因係尼科爾所發明故名)。若兩屏平面彼此平行，則當電流愈強時，所能通過至暗盒的光度就愈小，亦即電流與光度成反比。又若兩屏平面彼此垂直，則當電流愈強時，所能通過暗盒的光度就愈

大。若兩屏平面彼此平行，則當電流愈強時，所能通過至暗盒的光度就愈小，亦即電流與光度成反比。又若兩屏平面彼此垂直，則當電流愈強時，所能通過暗盒的光度就愈



第一百零六圖 德國式電傳相片接收法

大，亦即電流與光度成正比。兩屏究該排列成平行或垂直，係視所需要者為正片抑負片而定。除利用刻爾電池，使光度變化方法不同外，其他與前述兩種完全一樣。

84. 電視

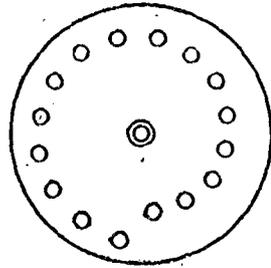
電視和電傳相片差不多。主要分別，乃後者所傳者為一張相片，是靜止的，沒有時間性。而前者則係急速連續播送許多相片，成為一個動作，是活動的，且有時間性。或者更明顯些，電視就是利用無線電、光電池及其他機械結構等組成的無聲電影。不過它的範圍，並不如電影之僅限於戲院內之有限的觀眾，而係如廣播無線電般之任人收視，並可傳遞於遠方。

電視播送的方法，種類繁多，最初係以強烈燈光，直接照射於播送之人像，然後取其反射光輝強弱之不同，以為應用。此法因受照之人物，灼熱難堪，不能實用，嗣又改為間接照明法，冀免前弊，然以須將人身裝入僅留小孔之黑箱中，對於外界景物之活動，如舞臺上之跳

舞，運動場上之競走等，則無法播送，殊乏趣味。迨後，經過許多熱心者之潛心研究，乃有軟片式播送法在德國勃興起來，將以前缺點，作更進一步之改良，於是始可直接播送一切場面和實況。此外尚有所謂凡瓦斯式，愛考諾斯考布式等，其法既異，效率亦優，惟以非本書範圍，故從略。茲僅就軟片式一種，概述於後。

應用於電視上的兩個主要的因子，爲人眼暫時保留性，和相片的分條。分條以後，又須藉光電池，將片上濃淡的相跡，變爲大小相當的電流，然後用氙燈將大小相當的電流，復原爲明暗參差的光輝，作爲播影收影之用。

每個動作的播送，是分爲許多連續的相片，亦即所用的軟片。再將每張軟片，分爲許多橫條或縱條。若將一捲軟片，如此剪開來，於事實上乃不可能，於是就有所謂分條盤的應用了。分條盤爲一圓形盤，其大小因需要情形之不同而有差異。盤上有排列成螺形之小圓孔，如第一百零七圖。孔的數目，就是所要分條的條數。兩鄰孔離心距離之差，等於小孔的直徑。兩鄰孔的距離，等於軟片分條的寬度。故圓盤旋轉一周，軟片全部皆可被照及。軟片和圓盤的一邊，置一定光度之燈光，他邊則置光電池。燈光把軟片上的影，照穿圓盤的孔，而達光電池。影跡深些，光電池所受的光就暗些。影跡淺些，光電池所受的光就亮些。圓盤由某一孔轉至第二孔，就把軟片

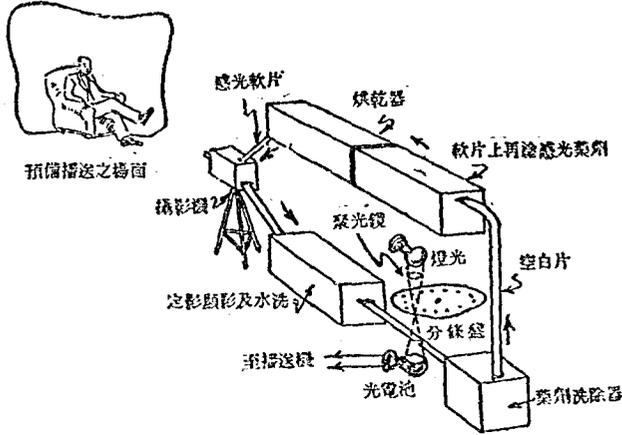


第一百零七圖 分條盤

照射爲兩條。圓盤旋轉一周，軟片即被分爲與孔數相等的條數。這樣每片都要次第被照過，一片照完，再照第二片，直至每片的各條都被照過。倘圓盤旋轉速度太慢，我們在顯影幕上所收到的，爲許多明暗不一的條紋。速度快，所收到的才是一張照片，許多照片連接起來，便成一個動作。故分條愈細，速度愈快，所收到的照片和動作就愈逼真。雖然各分條被照射時間，有先後之差，但因人們的眼睛，有一種視覺暫時保留性，自發生視覺後，其印象可以保持至十分之一秒，故於印象未消滅之前，第二張照片又映現於眼前，因是不易察出它的破綻來。電影戲院中，也是利用這個道理，連接一張張的照片，成爲整個的動作。交流電源的燈光，實際乃按其每秒頻率數作起伏顛動，人眼卻視爲恆定之光輝。再如在黑暗中，以一端着火之烟火，向周圍急速環動，則人眼所覺察的爲一火環；倘速度緩慢，僅見火點在空中移動並無圓環的印象。凡此種種，皆係人眼暫時保留性之明證。

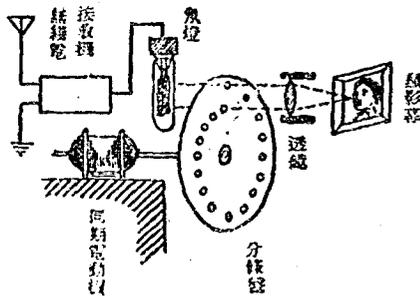
軟片式播視法，乃將所要播送的景色，以生軟片攝成活動電影，並於播影機上設置沖洗軟片應用的器具和材料，使影片攝成後，即刻可以顯影，定影，水洗，和用熱風吹乾，然後經過分條盤的分條，將片上的影跡，照射於光電池上。由光電池化光爲電，再行送達至播送機。一面使播完的軟片，運送至洗滌器，將片上所塗的藥法洗滌乾淨，成爲一張空白片，於是又通過塗感光藥沫器，把感光藥沫重新塗上，然後至烘乾器烘乾，復送入照相機中去攝影。這樣輪環迴轉，周而復始。第一百零八圖，即攝製軟片的簡圖。

收視方法如第一百零九圖，由無線電接收機收到的電流，傳送至



第一百零八圖 軟片式攝視攝製法

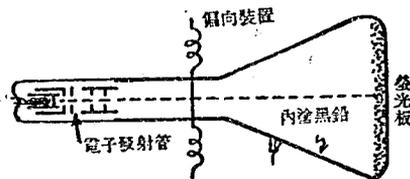
氙燈，氙燈即依照電流的強弱，發生明暗相當的光輝，然後由分條盤把它組合起來，再映現於顯影幕上。分條盤的構造和旋轉的速度，必須和播送處絕對相符，不然，收到的影像必致模糊不明。



第一百零九圖 收視法

上述收視方法，因顯出影相太小，且分條盤的開孔難期準確，故又有應用電子管方法之改良。電子管如第一百十圖，係於一喇叭形的真空玻璃管內，裝置電子發射管，電子一經發生，即通過真空而

向對壁的螢光板衝擊，於是螢光板遂發出螢光。螢光的大小，則隨電子之強弱而變化。由無線電接收機傳來的電流，加於發射管的發射孔中，使飛出的電子，發生變化。再通過電流於線圈，利用之以迴轉陰極射線，於是即能描畫顯影。

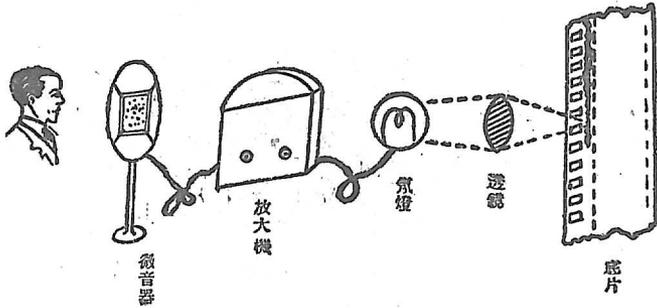


第一百十圖 收視用之電子管

85. 有聲電影

在商業上的觀點看來，光電池應用範圍最廣的，首推有聲電影了。光電池未採用以前，有聲電影的發音，全崇留聲機片的合作，調節影片與聲音至相同速度，使兩者配合發作。可是這種速度的調節是人為的，要使它保持絕對符合，非常困難，故時有聞其聲而未見其影，或見其影而未聞其聲等矛盾的笑話；甚至兩人對話時，使人弄不清那一句話是誰說的。即使速度不成問題，但要製造一張這麼大的留聲機片，用以收錄全本影片所應發的聲音，也是事實上難以辦到的。

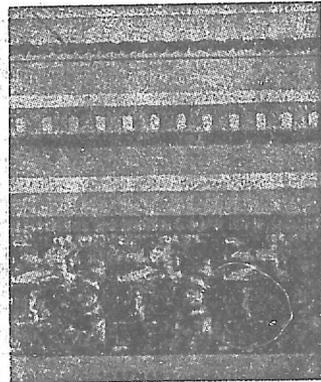
自片上發音之影片問世以後，有聲電影乃臻至善。其攝製方法如第一百十一圖。言語或音樂，直接於微音器前發音，微音器即將之變為同頻率之電流，惟此電流甚微弱，故須通過放大機，把它放大至幾千萬倍，成為與聲音同高低同變化的強電流，然後輸至氙燈。氙燈在這裏就負起化電為光的責任，將受到強弱不同的電流，變為明暗相當的光輝，再經會聚透鏡的收斂，而照射於感光底片的邊緣，攝成各



第一百十一圖 有聲電影聲影之攝製



第一百十二圖 箭頭示聲帶之影跡

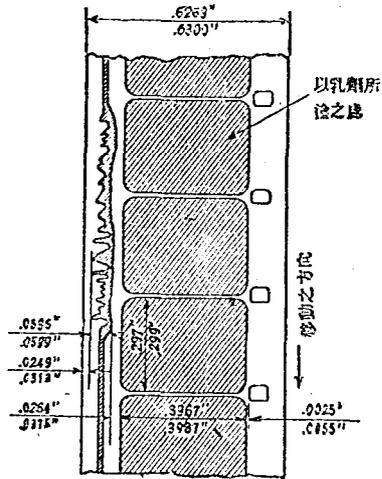


第一百十三圖 箭頭示聲帶之影跡

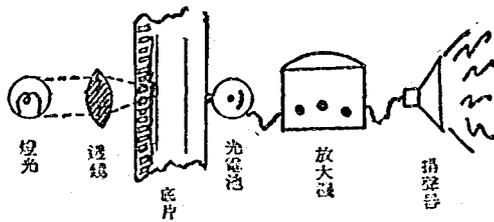
種光度的影跡，如第一百十二及第一百十三圖箭頭所示者。第一百十四圖則為底片各部之尺度。

映演有聲電影的方法，適與前者相反。如第一百十五圖。置一定光度之燈光，經透鏡集光後，投照於影片邊緣之聲影，而達光電池，

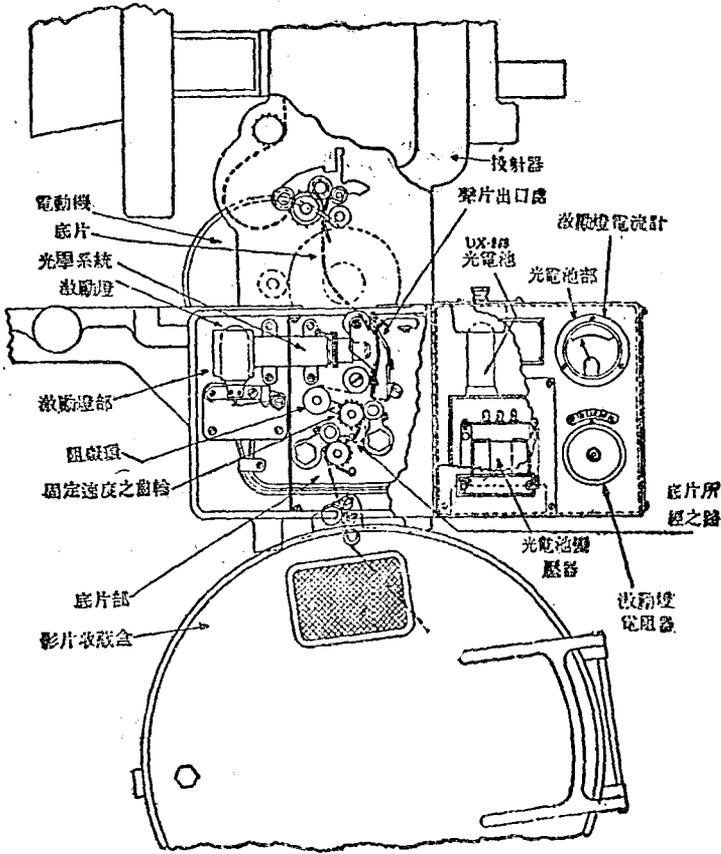
光電池遂因影跡濃淡之不同，變為強弱一致之電流，該電流復經放大機之放大，然後輸至揚聲器，於是就和廣播無線電之音頻放大一樣地發出聲音來了。第一百十六圖示有聲電影機內部結構及底片輪動之次序。第一百十七圖示有聲電影機配電板。第一百十八圖示亞爾西愛有聲電影機之外觀。第一百十九圖示內部排列位置之實況。



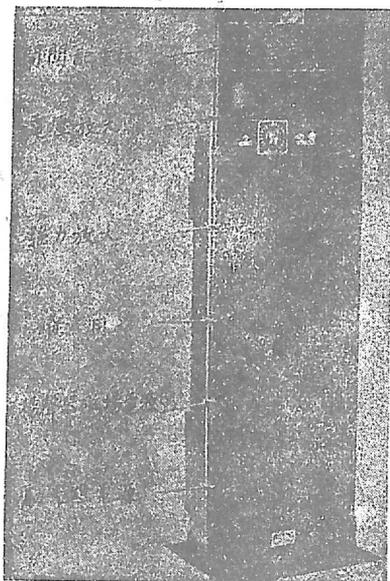
第一百十四圖 底片各部



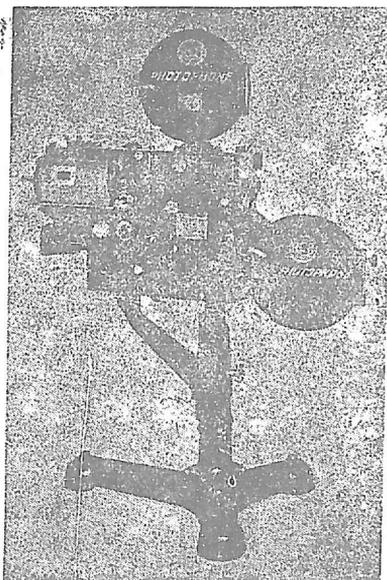
第一百十五圖 有聲影片發音之概況



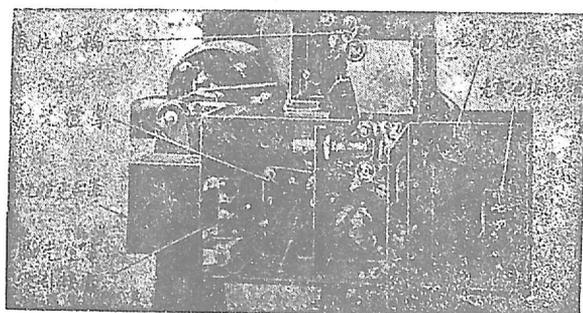
第一百十六圖 有聲電影機內部結構及底片輪動次序



第一百十七圖
有聲電影機配電板



第一百十八圖
亞爾西愛有聲電影機之外觀

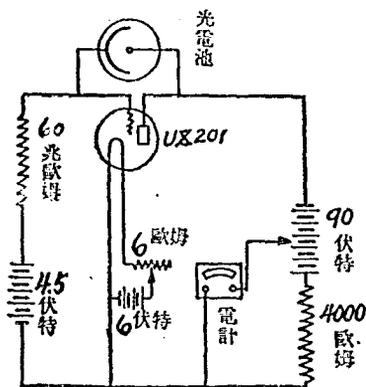


第一百十九圖 有聲電影機各部排列位置之實物照片

第十六章 利用光度之變化

86. 燈泡測光器

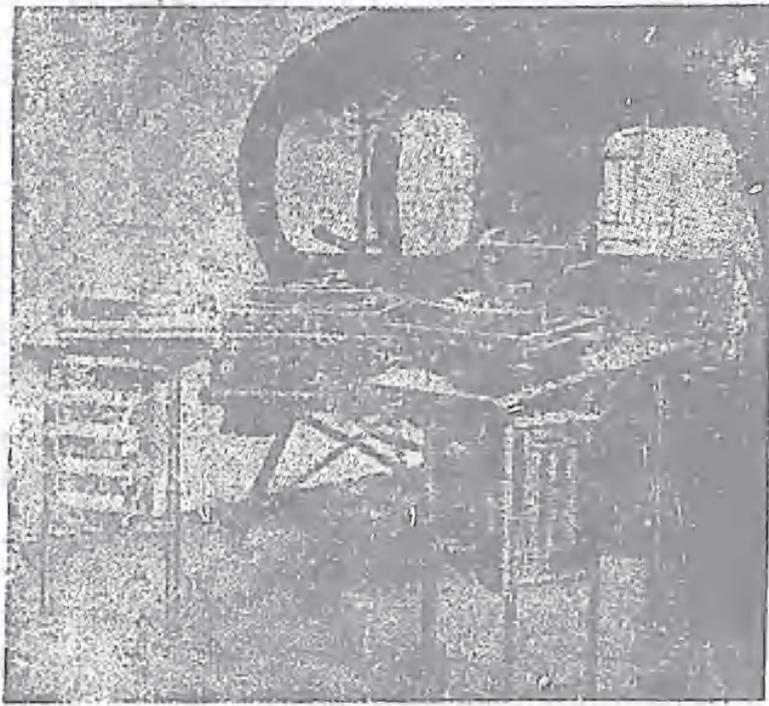
美國西屋電氣公司燈泡製造廠，曾經利用一個鎂鎢 (Cesium-Magnesium) 光電池的放大，和一個靈敏的電流計，做成一個燈泡光度測量器。它的線路連接如第一百廿圖。要測量光度的燈泡，放置於測量盒乳白小窗的一邊，他邊則置光電池於一定位置。由光電池引出的連接線，必須加以優良絕緣，並採用較粗導線，以免電流



第一百廿圖 燈泡測光器之連接線路

無謂之消耗；然後引至裝放大真空管及電計之盒中。放大管所用的柵漏，要特別設計，用一螺旋式玻璃棒，表面塗以薄而勻的炭粉，再封入玻璃管內，俾電阻數值可以任意調節。在普通情形下，其值約為六十兆歐姆。此電阻須時常保持乾淨，勿使沾污。封於盒中各物，應置入適量五氧化磷，用以吸收

其中潮氣。使用時，先校準安培電流計，使於光電池完全不受燈光照射時，其值為零，而於一百燭光時，其值為一百。其次即調節燈泡的位置，以及放大真空管的柵漏等。藉此測量之未知值燈泡的光度，其最大差誤常不過百分之一。所以在燈泡製造廠中的校對工作，這



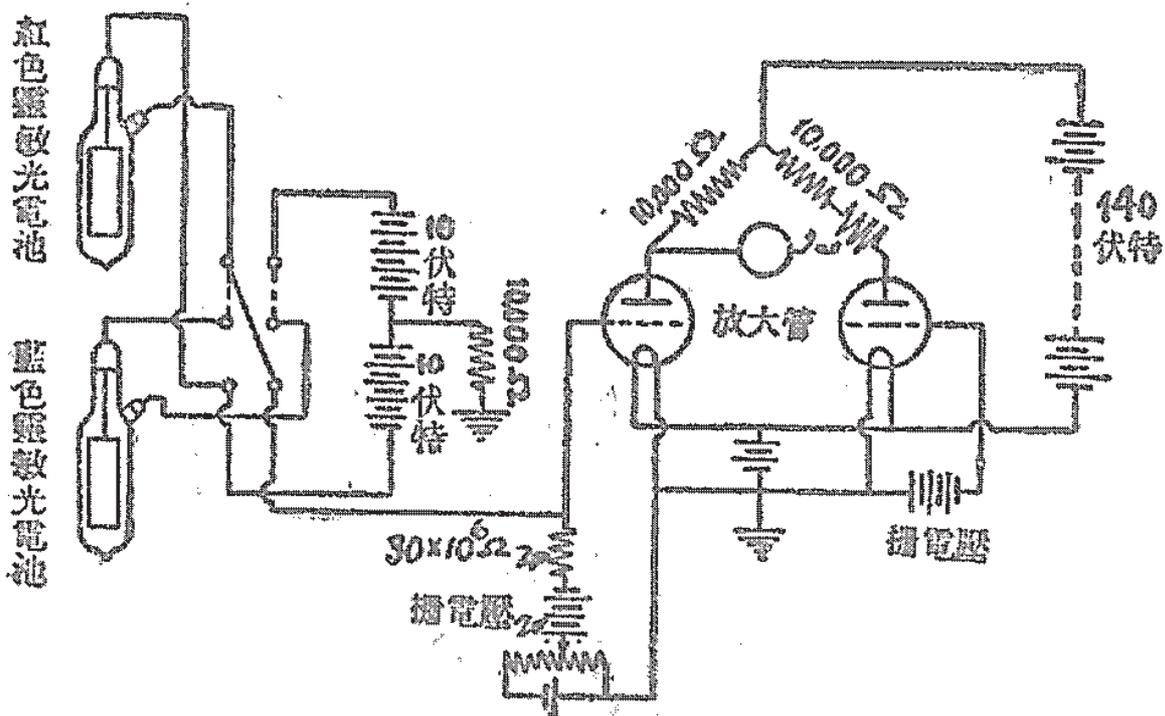
第一百廿一圖 測光器烏拔里特球
(Ulbrecht sphere)

也算是重要測量儀器之一。第一百廿一圖為世界聞名之測光器烏拔里特球 (Ulbrecht sphere)。光電池及放大器，係置於球之右方。該器係校準於 15, 25, 50, 60 及 100 瓦特者，故試驗之燈泡，可以直接選讀之。

37. 燈泡測溫器

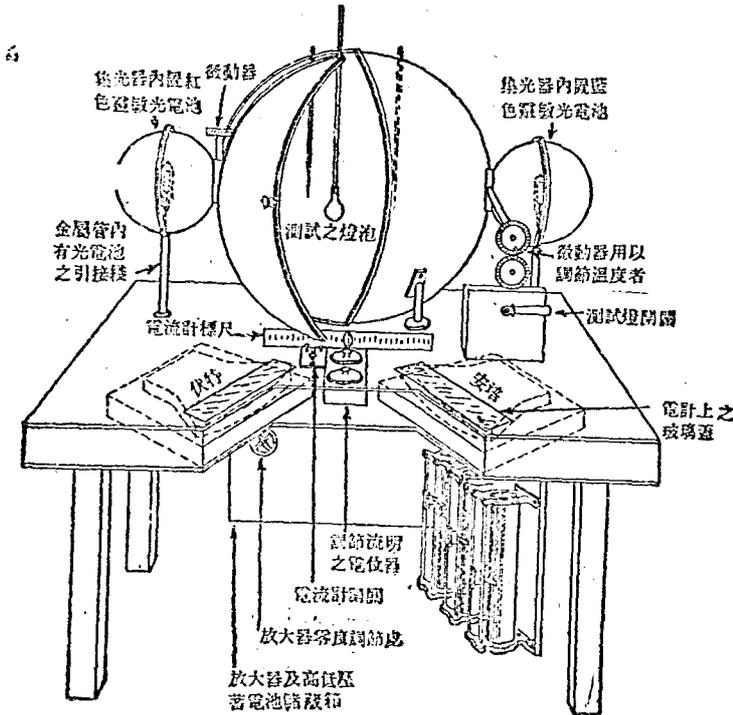
普通燈泡的使命，是化電

為光；但實際上，一部份電能，因 I^2R 的損失，被變為熱能了。此現象，尤以品質低劣的燈泡，更為明顯。蓋熱能愈大，則效率愈低，而其壽命亦必愈短。故在設備完善之製造廠中，乃設置燈泡測溫器，用以測



第一百廿二圖 燈泡測溫器之綫路圖

試出品是否符合規定之標準。第一百廿二圖為該項測溫器之連接線路圖。藉一雙極變速電鍵的更換，可將紅色靈感光電池，和藍色靈感光電池，改為並接或對接。並接可以測量燈泡的光度，對接可以測量燈泡燈絲的溫度。另外兩個三極真空管，和電橋的一部份，乃用以放大光電池所得的電流，以便於閱讀電計之紀錄者。第一百廿三圖為



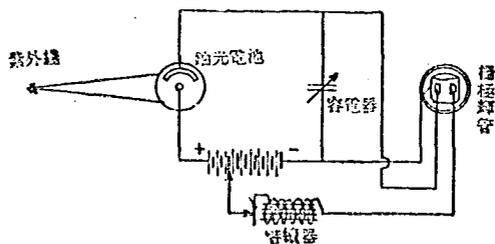
第一百廿三圖 燈泡測溫器之結構

該測溫器之部份品及排列位置，其名稱悉如圖中所註明者。

88. 紫外線之測量

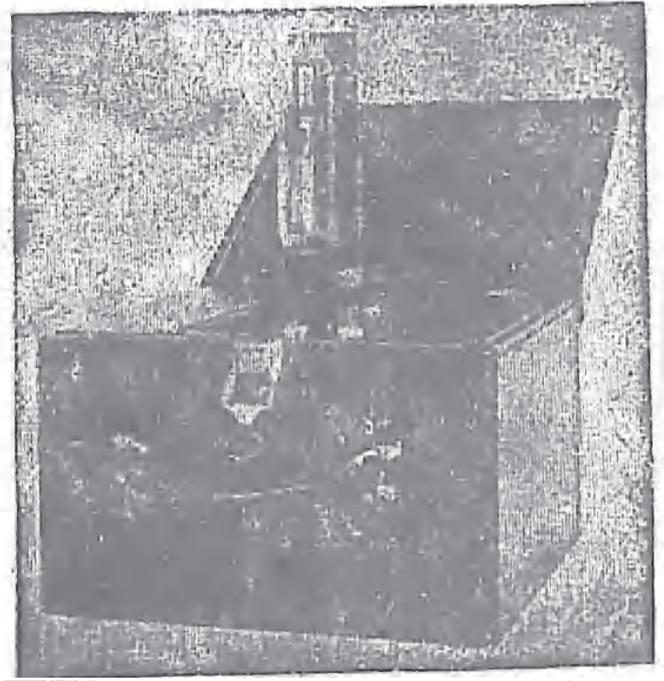
際此醫學昌明，利用紫外線的某一波段以治療病症，使人羣不知減少了多少痛苦。許多從前視為困難，甚至束手乏術的離奇怪症，如百日咳，肺炎，喘息，白癬，骨炎及耳鼻喉炎等都可藉紫外線之威力，將其病菌絕滅於頃刻。可是這對於治療有效的波帶，有特於光電池的測量，故光電池和病者，也於無形中，發生間接的關係。

第一百廿四圖，係利用特製的鈾光電池(Uranium photocell)和柵極輝管，替續器等組成，以測量紫外線有效治療波帶的線路。當光電池受紫外線的照射，即產生電流，使電路完通，此時容電器即以總電流充電，直至達到一定臨界值時，柵極輝管斷路，而使容電器放電。放電次數的多寡，則由替續器計算之。又在一定單位時間內放電次數係與光源強度成正比，故由替續器記錄之數目，間接即表示



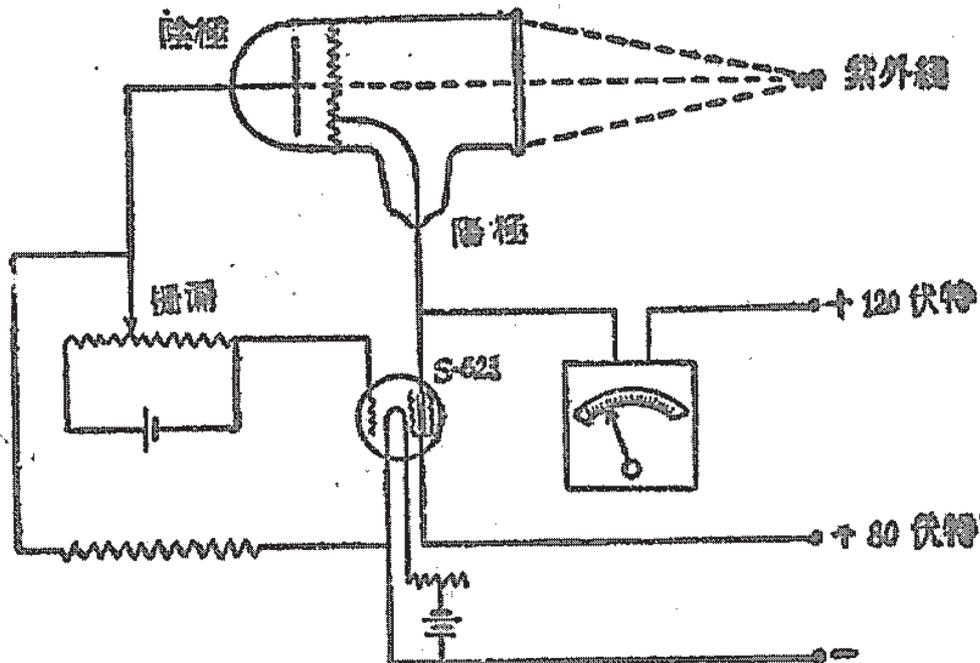
第一百廿四圖 紫外線測量器之線路圖

紫外光源之強度。第一百廿五圖，即此種裝置之測量器。紫外光強度，可直接由計上讀之。直立於箱上之玻璃管，即鈷光電池。



第一百廿五圖 用鈷光電池製成之紫外綫測量器

第一百廿六圖，為測量紫外線波帶線路之又一種。指示波帶者，係一粉安培電流計。應用於這裏的光電池為鎘光電池 (Cadmium photocell)。當紫外線照射至光電池上，由光電池產生光電流，直接輸至四極真空管 S 625 加以放大，然後以電流計測量其數值。



第一百廿六圖 紫外綫測量器之又一種

89. 太陽光能之利用

藉光電池之化光爲電的作用，可將某一時間內，太陽輻射的光能，變爲電能，而且把它收集起來。從前愛夫斯曾以利茲與魯士拉布 (Loeds and Northrup) 式的記錄電流計，實地測量過。迨後，柯納又以一特製之裝氫電壓計，光電池和一組乾電池串聯起來，作同樣收集的試驗；結果，電壓計中釋放的氫量，很準確地相當於通過光電池的電量。他從這結果，算出每單位光度所收穫的電量。於是就更進一步用一個很大的氧化銻光電池去重試，在這複試中，成績的優異，殊非意料所及，收集的電流，竟可直接使電流計上的指針偏動。

湯姆孫也發表過關於這種試驗的論文。他的方法是把光電池，放大極和替續器，連接於一記錄時間的鐘上。當陽光照射於光電池上時，鐘就開始轉動，太陽光線一經離開光電池小窗，該鐘立即停止記錄。這樣，費了很久的時候，把陽光實際照射的時間，很準確地記載起來。後來得到一個有趣的結論：下雪後及多雲天氣，所得電流，較之無雪及晴天爲大。第一百廿七圖，爲測量太陽光度儀器之一種，但亦可適用燈光的試驗。結構甚簡單，僅由一氧化銻光電池，電計和一組乾電池組合而成。

前面已經說過，氧化銻光電池和硒素光電池，其電流之大小，皆與受光面積成正比。所以有一些人，已有藉之來產生大量電能的野心；並且有人曾從事於受光面積的計算。依德國著名科學家蘭該博士 (Dr. Bruno Lange) 發表的結果，每平方碼氧化亞銅，在足度日光下，可以產生數瓦特電能。若以硒化銀製成的光電池，其效率較之氧化亞銅還要大得多；由此推論下去，每平方英里的硒化銀光電池，至



第一百廿七圖 光度測量器

少當可產生三十五萬瓩的電能，而太陽光能每平方英里相當於三百五十萬瓩，所以碲化銀光電池的效率，約合百分之十。這效率較之用燃料來轉動的發動機，無論如何，要高得多，何況太陽光能又是無需費錢的。惟理論上雖係如此，實際却還無人去問津。直至最近，

蘭該博士波美作學術演講時，

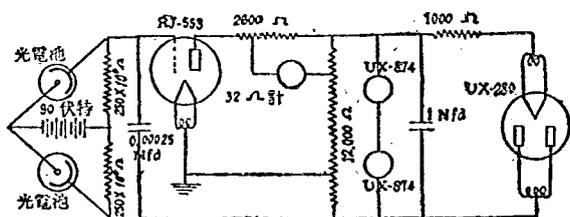
會當場表演用一組氧化亞銅光電池，接收太陽光能來發電，其電力足供一個小電動機之轉動，和數盞電燈的燃點。又意大利米蘭地方，有一電機工程師，也曾藉幾百個光電池之助，而得到類似的結果。由是觀之，利用太陽光能作為發電之用，已有事實之證明，吾人如能從此悉心研究，則其前途當未可限量也。

90. 辨色機

許多類似的顏色，在某一種光源的投照下，其反射色相同，但在另一種光源的投照下，其反射色則相異；故欲鑑別兩種或兩種以上顏色是否絕對相同，實非肉眼所能勝任，辨色機即專為此而設。

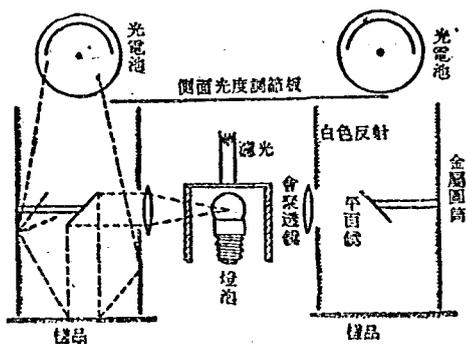
第一百廿八圖，為利用兩個對稱的光電池，連接為辨色機的線路。第一百廿九圖，為該機的光學結構。由燈光放射出來的光源，先由會聚透鏡收斂後，經過金屬圓筒小孔，而投射至圓筒內；復由平面

鏡反折於圓筒的底部，於是光線即可均勻擴散，並照耀於光電池上。預備紅，藍，綠的濾光板各一塊，作為標準，以資比較。置標準顏色板之任一塊於圓筒底部，令兩個光電池，同時接受其反射光，然後調節電路，使電計之值為零。再以一圓筒為軸心，旋轉另一圓筒，直至第



第一百廿八圖 辨色機連接線路

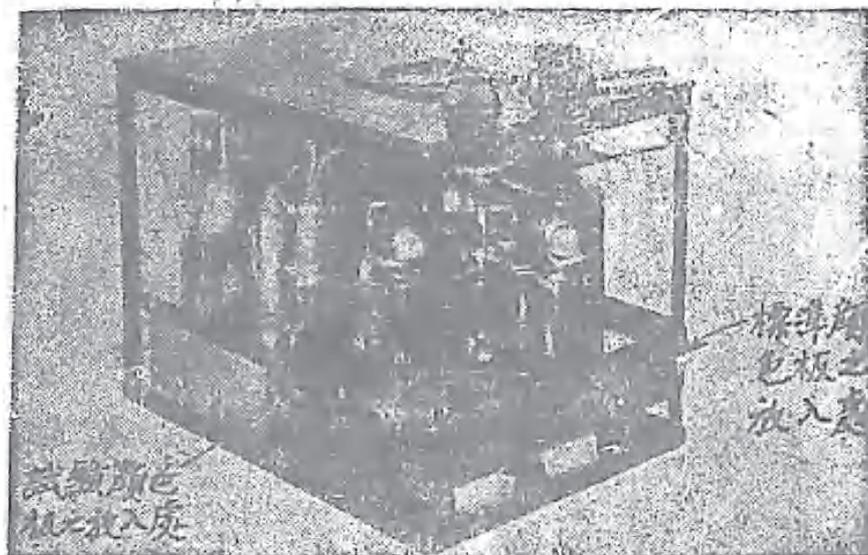
二個光電池可以接受由另一試驗顏色板表面反射之光輝為止。此時倘電計所示之值仍為零，則該兩顏色必完全相同。同法可以校驗其他顏色。第一百卅圖，係從架中移出後該機之外觀。右方箭頭，示標準顏色板放入處；左方箭頭，示試驗板放入處。



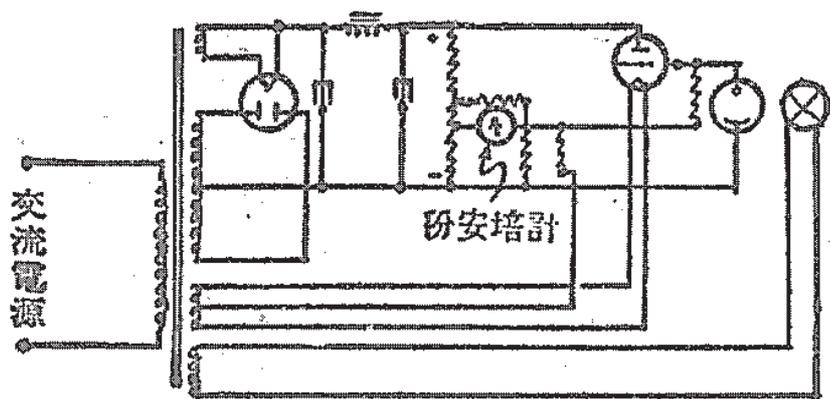
第一百廿九圖 辨色機光學結構

第一百卅一圖，為辨色機線路之又一種。該線路係單級的電阻

耦合放大式。若照射於光電池之光源加強時，輸出之電流值，反而減小。放大級之柵壓，乃取自陽電流跨過電阻 R 之電位降者。當檢驗兩顏色是否配合時，可先以其中之一為標準，並置於集光室上，移動變阻器 R ，使在藍濾光板下，粉電流計之值為 10，次移去該顏色，以其他一色代替之，但勿改變任何數值，倘此時粉電流



第一百卅圖 辨色機之照片

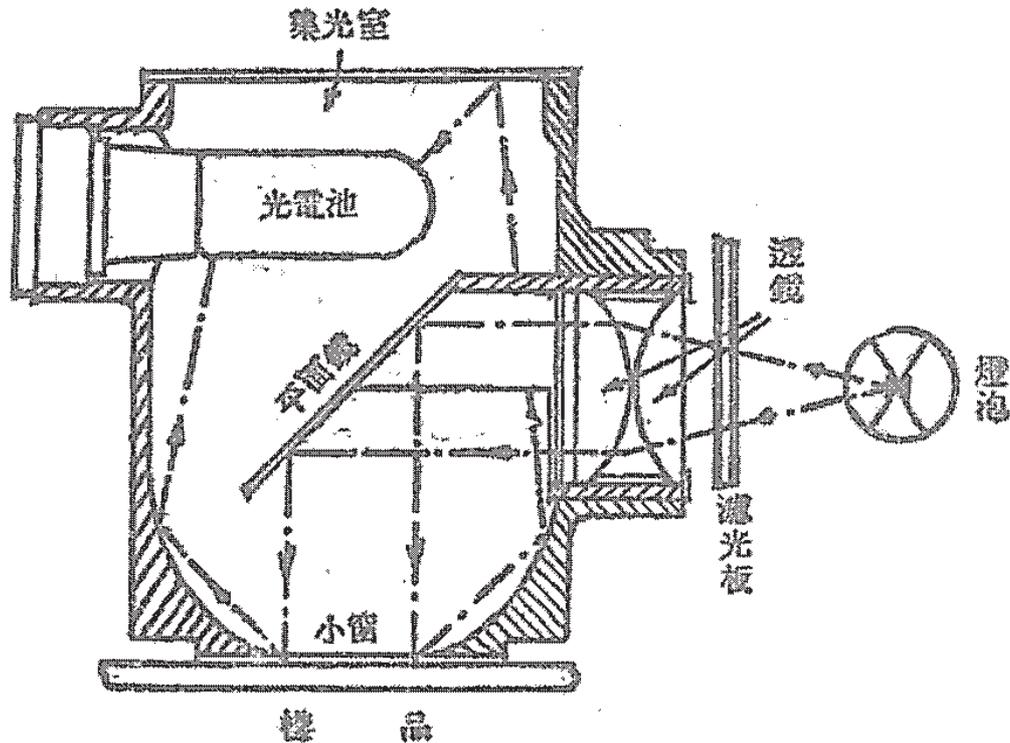


第一百卅一圖 辨色機線路之又一種

計之值為 9 或 11，即示兩顏色不相配合。同法，於紅色及綠色濾光板下分別檢驗之。若二者之結果，與前相同，即一為 10 粉安培，一為 9 或 11 粉安培，則該兩顏色，可謂完全配合。第一百卅二圖為其內部光學結構。第一百卅三圖示該機外觀之全部。

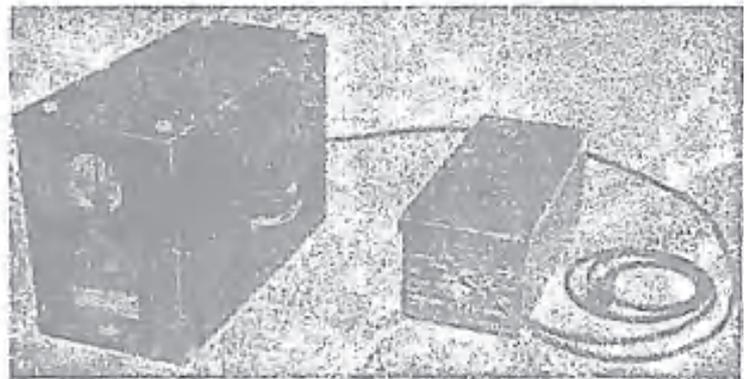
91. 顏色分析機

在光學實驗室中，對於某一表面，或某一透明物體之顏色的分佈曲線 (Color-distribution curve)，是常需要知道的。如果每個表面，或每個透明物體，都要一一加以測試，那就不勝其煩了。1929年，



第一百卅二圖 辨色機綫路之光學結構剖面

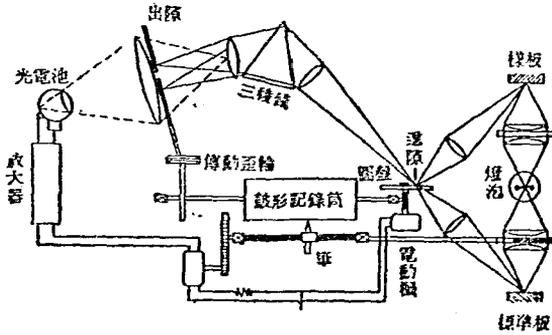
美國通用電氣公司，有一工程師哈爾提 (Hardy)，製成一個自動顏色分佈曲線分析機，它的光學結構，如第一百卅四圖。鎢絲燈光的上、下面，置所要分析的樣板；下面置一片碳酸鎂 (Magnesium carbonate) 作為標準。光源從這兩表面反射後，即互相交叉，再經過一個單色器 (Monochromator)，而達光電池。因樣板和標準板顏色的波長不同，反射光能亦異，故可使光電池輸出各種電能，以控制圓筒上之紀錄。此機可重複試驗某表面之數曲線，而不使有絲毫差異，其準確度不難想見。



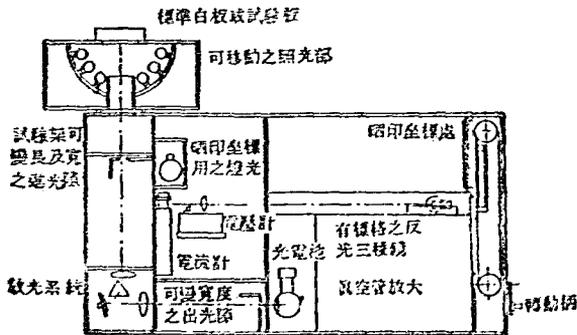
第一百卅三圖 又一種辨色機之外觀

另外一種，係拉齊克 (Razek) 和謨爾得 (Mulder) 製成的，其內

部剖視如第一百卅五圖。光源部份包括十二個 15 呎燭的燈泡，平均分佈於一半圓錐反射器內。反射器的上面，覆一平面蓋，蓋的下面漆黑，中間開一小洞，俾放置標準板或試驗板。當機器啟用的時候，縫隙即能自動啟閉，使投至光電池上光線的波長，固定為 $1/1 \times 10^8$ 。電

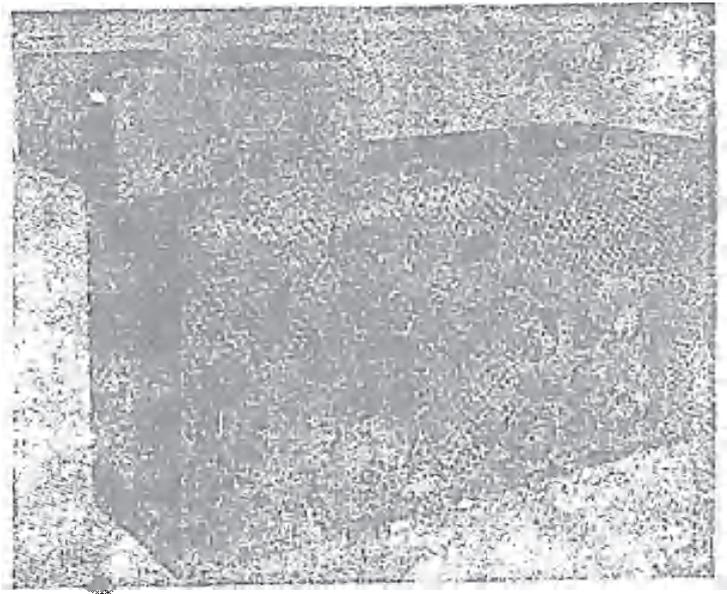


第一百卅四圖 顏色分析機之光學結構



第一百卅五圖 顏色分析機內部之剖視

流經過放大後，即使電流計擺動，擺動的數值，可以直接閱讀，亦可將其攝製於照相底片上。第一百卅六圖，乃該機之照片，第一百卅七圖為利用照相底片攝取曲線樣品之一種。

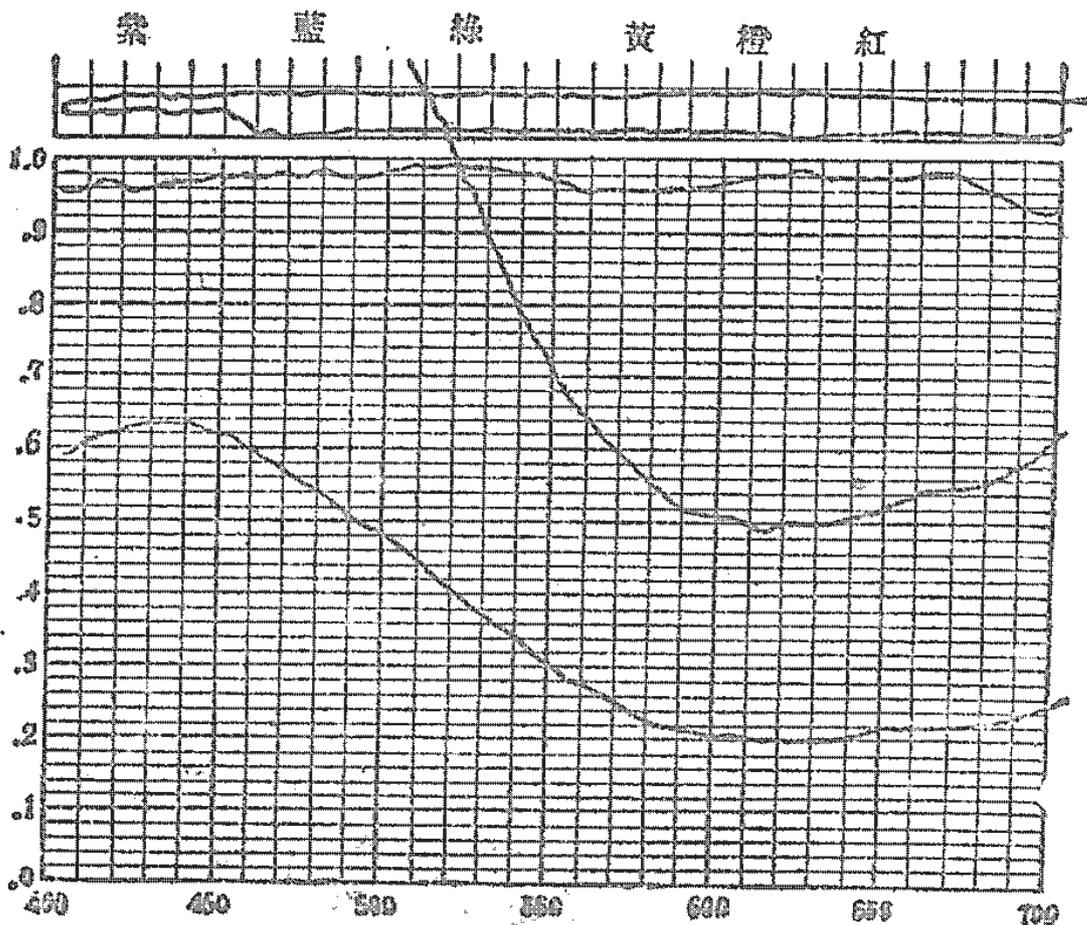


第一百卅六圖 拉齊克和謨爾得式顏色分析機之外觀

92. 傳透機

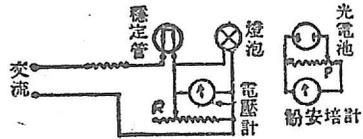
傳透機 (Transmittency instrument) 係用以測試紙張，

玻璃，纖維或其他扁平物體之傳透度者。傳透之定義為通過物體表



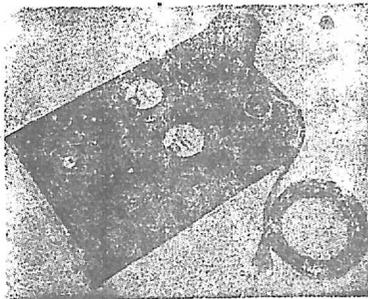
第一百卅七圖 以拉齊克及謨爾得式顏色分析機作成曲線之一種

面後之光量，與投射光源光量之比例。第一百卅八圖為該機之連接線路。試驗時，先啟動燈泡電阻 R，使其燈絲之溫度，昇至與被校準者之溫度相當。次調節電位器 P，並於未放置測試之物體前，令粉安培計之指數為 100%；則當被測試物體，放於光電池與燈泡之間時，電計所示之值，即該物體之傳透度的百分率。



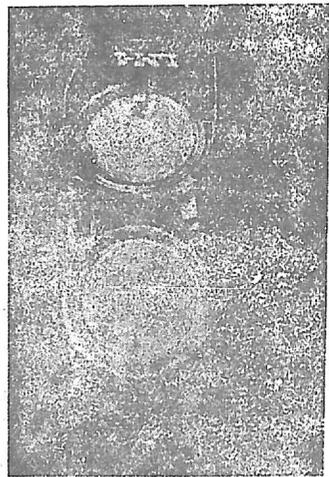
第一百卅八圖 傳透機 路

線路中之穩定管 (Ballast tube)，係專為增加測試之穩定性者。凡電源電壓略有變動，燈泡光度均不受其影響。倘被測量物體傳透度甚低，則可加一遮光屏於光電池受光之一面，且調節其縫隙，以節



第一百卅九圖 傳透機

制通過之光量，使於未測試前，電流計所示之值不為零，而為 20%，然後移去遮光屏，放入測試之物



第一百四十圖 燭光計

體，於是測得之終值，可藉以放大五倍。第一百卅九圖即該機之實物照片。

93. 燭光計

第一百四十四圖，示由一氧化銅光電池與一游電流計組成的燭光計。電流計係校準以相當燭光數，故當光源投射於光電池上時，其燭光數即可直接由計上選讀之。此計在設計室內燈光時，頗為重要。照相機如用之以定光圈的大小，和時間之快慢，即最無經驗者，亦可保其成功。

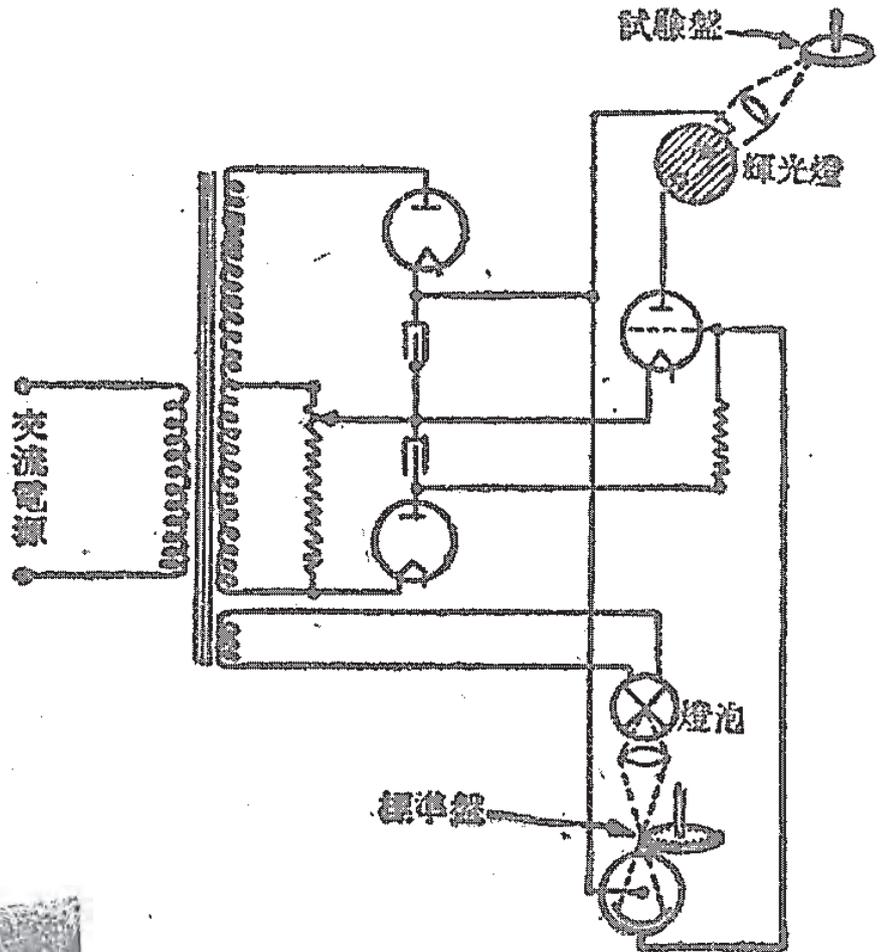
第十七章 發電廠最新應用之種種

94. 電度計校驗

在大規模發電廠中，顧主多者有至數十萬戶，每戶必設置一電度計，以為收取電費之標準。電度計若使用時間過久，其轉動速度，難免有太快或太慢之差誤。太快虧於用戶，太慢則虧於電廠，均非相宜；故為公平交易起見，必須時常加以校驗而後可。但以用戶數目衆多，事務繁冗，故廠中常設部立股，專司其事。

第一百四十一圖為電度計校驗器組織之大概，光源經會聚透鏡收斂後，投射經標準盤齒縫之中，復由透鏡集光後，達於光電池。因標準盤不輟地轉動，光源被該盤齒狀凸出部份之遮蔽，遂發生一明一暗之光輝，使光電池接收之光源，成為一定調幅之頻率。由光電池產生之電流，經三極管放大後，饋送至輝光燈使之發光，該燈每秒鐘閃爍的次數，即標準盤所調幅之頻率數。試驗盤之齒數，必與標準盤之

齒數相等。校驗時，旋轉試驗盤，然後調節其速度，使齒縫之變化，與輝光燈閃爍次數相吻合，直至由盤面下視時，在視覺上，僅能察出輝光燈作有規則之明暗，而不覺察盤之旋動，則該盤速度，即為適合標準。第一百四十二圖為校驗用之電計及其電板。



第一百四十一圖
電度計校驗器之連接線路

第一百四十三圖為校驗器之側視，及其內部構造之情形。

95. 頻率調節器

發電廠之頻率調節器，種類雖多，但大抵皆係應用電磁原理，而以變阻器作為調節之利器者。此處所要介紹的，係藉電磁指示，光電管理之一種，如第一百四十四圖。此器除作為調節頻率外，

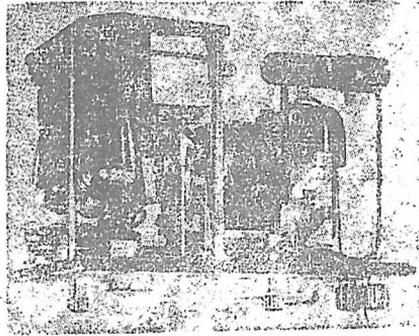


第一百四十二圖
校驗器用之電計及其電板

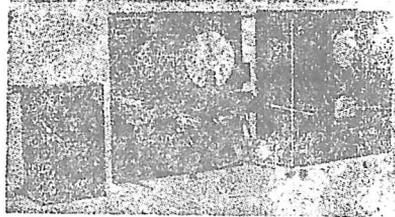
亦可充類似之其他應用。第一百四十五圖示該器之線路，其中顯示頻率用之振動器係採用測力計式共鳴線路 (Dynamometer-type resonant circuit)。振動器上之軸，嵌有小平面鏡一個，有兩道光源同時投射於該鏡上，然後分別反射於相當之兩個光電池。當器之指針位於正中，兩光電池皆不能接受反射之光線。但指針略有偏動，則其中一光電池必可接受反射之光線而產生電流，同時，受光電池管理之柵極輝管隨之立即斷路，以啟動一替續器，復由該替續器作用於另一替續器，最後乃控制調節速度之電動機，使發電機之頻率數回復常態。

96. 煙量記錄

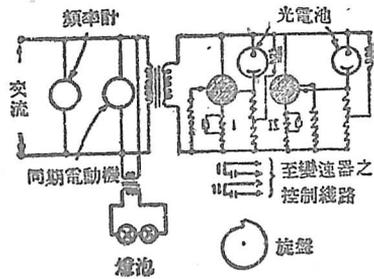
普通發電廠中，鍋爐燃燒的完全與否，皆以烟囪出烟密



第一百四十三圖 校驗器內部構造之側視

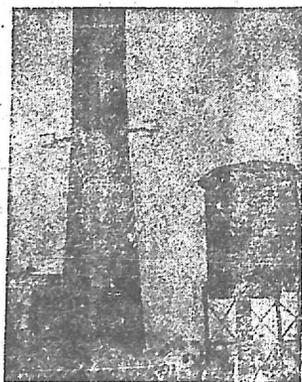


第一百四十四圖 光電頻率調節器

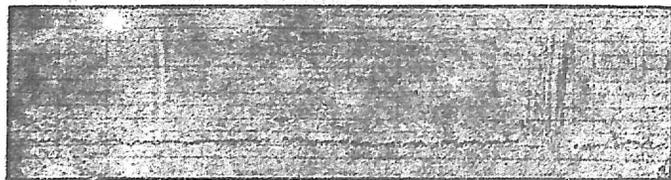


第一百四十五圖 光電頻率調節器線路

度為標準，倘密度太大，即示爐中燃燒不完全，直接使鍋爐效率降低，間接增加成本，誠不可不注意也。從前檢視密度的方法，端賴人眼之觀察，以與一定標準相比較，實則此種方法極不準確，尤其天時黑暗，效能全失。晚近發電廠中，雖已進一步改用二氧化碳指示計 (CO_2 indicator)，但工程師們，無有不知僅二氧化碳一項，不足以顯示燃燒之全部情形者。故欲期最高之效率，惟有二氧化碳表與烟量密度紀錄，同時並用而後可。現在歐美最新式工廠中，烟量密度之記錄，係採用光電池的裝置，如第一百四十六圖，烟囱中部之兩突出物，即係該器。兩者中，一為照射之光源，一為光電池及放大器。由光電池產生之電流，經放大器放大後，即可啟動預置於鍋爐間之記錄儀器。該儀器乃校準烟量密度之百分率，但亦有以度數表明之者。如第一百四十七圖為該項記錄曲線之一段。伙伙隨時觀察曲線之情形，以為調節燃燒速度之準繩。

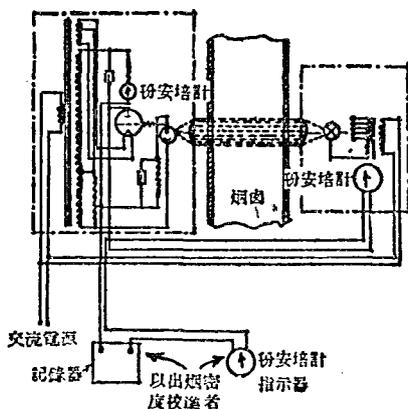


第一百四十六圖
光電池記錄烟量密度之裝置



第一百四十七圖 烟量記錄曲線之一段

第一百四十八圖為記錄器之線路。此線路，同時並負自己整流之使命。光電池與放大級之連接法，係使於光源增加時，放大之輸出，即行減小。一部份電源電壓之變化，係利用放大級及燈泡之反對作用而得。當燈泡因線電壓降，而減小其輸出，則放大級之輸出，亦必隨之降低，蓋後者乃因柵壓減小所致也。在相同電壓之百分率下，線電壓之降低，影響陽極較柵極為大，故陽電流亦因而減小。總之，此線路之連接法，係使於光源減小時，而陽電流反得增加者；故光源照射於光電池上之強度，正與放大級電壓之變化成反比例。



第一百四十八圖 煙量記錄器線路

放大級之陽電流，直接饋送至串聯之指示器與記錄器上，並使陽電流之位為 1—5 粉安培時，儀器上所示之值，仍為零度也。

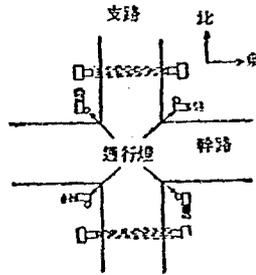
第十八章 交通管理

97. 街衢警燈管理

普通街道之十字路中，都需要警察來指揮交通，此責任，如交由

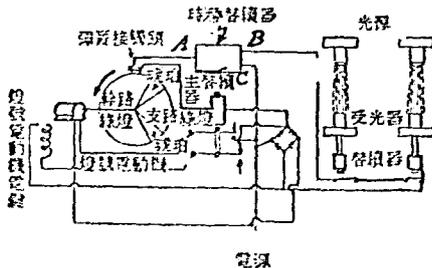
光電池之裝置來自費，將節省之人力與財力，用於其他有益人民之公共事業，豈不妙哉？

裝置方法如第一百四十九圖，支路兩方，各置定向光源，投射於其對面之光電池，使幹路綠色警燈常亮，故幹路交通可以無阻。當支路有車輛通過，則定向光源之光線為其遮蔽，於是光電池電流遂致減小而同時控制一替續器，使電鈕轉動，而電動機得以開啟；直至另一替續器，將幹路紅警燈，與支路綠警燈明亮為止，此時支路即可通行。支路交通完畢後，定向光源又如前投射於其對邊之光電池上，是以幹路綠燈及支路紅燈又亮，交通恢復原狀。



第一百四十九圖
街路警燈管理裝置之方法

第一百五十圖為該裝置之機械結構及線路。圖中所示之情形，幹路為綠燈，主要替續器閉入電路，電動機電鈕關上。倘有車輛由幹路轉灣到支路去，於利那間將光源遮斷，於是管理光源之替續器發生



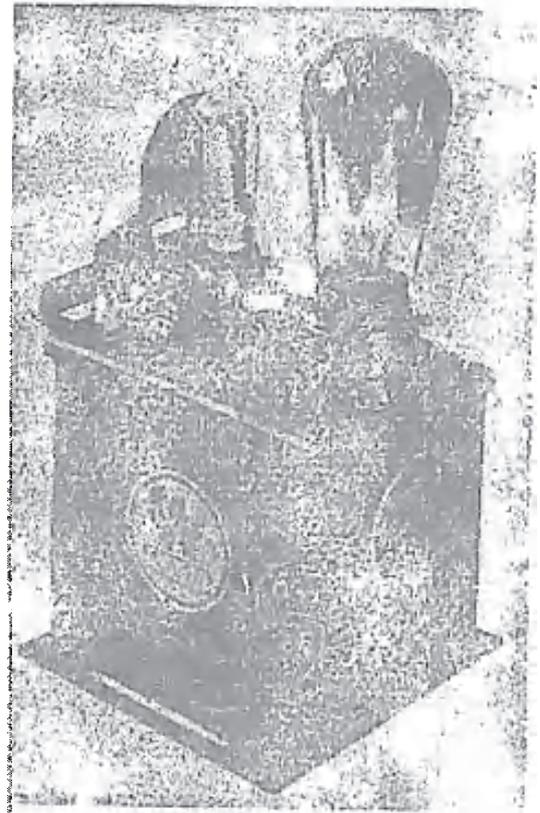
第一百五十圖 警燈管理裝置之機械結構及其線路

作用，同時 A 與 B 間之時分替續器即行斷路。如是除非該車輛停留過久，不然，其他各部份皆不發生作用。但若停留時間達三秒鐘，AB 即開啟而使交通電動機轉

動，警燈遂將綠色轉向支路去。第一百五十一圖示光電池接收裝置之外觀。

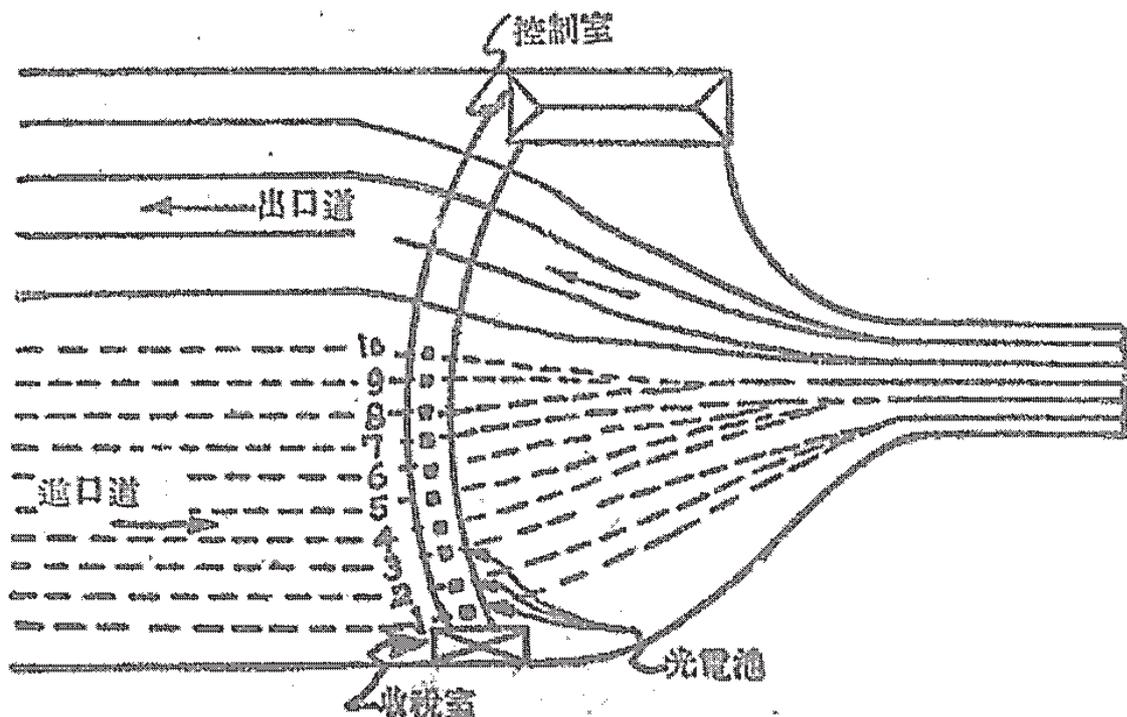
98. 安白沙陀橋 (Ambassador Bridge) 管理

美國的得特拉特河 (Detroit River), 有一聞名世界的吊橋, 叫做安白沙陀橋, 它是念餘條小道交通的總樞紐。過橋車輛人馬, 十分擁擠, 且皆須繳納過橋稅。橋上維持交通和收稅, 是採用光電池的裝置來管理, 故其秩序得以井然不紊。



第一百五十一圖 警燈裝置之外觀

橋的一邊有控制室, 室內有控制板, 可以隨時顯示某一小道中有無車輛通過, 和通過的數目。橋的另



第一百五十二圖 安白沙陀橋利用光電池之管理交通

一邊有收稅室，是各小道稅收歸納的總機關。每小道進口的傍邊，有一納稅處，並於其對面道中，各埋入一光電池，上面則置一固定光源，直接照射於光電池上，使其產生適量之光電流。當一自行車欲通過該橋，停留於納稅處，付其應繳之稅款時，於不知不覺間，遮斷照射於光電池上之光源，於是替續器發生作用，自動將賬目登記。在工作時間到達，管稅者行將換班前，登記處即自動將該時間內通過人數，作一統計，並顯示之，俾管稅者一目了然，校對款項有無差誤。

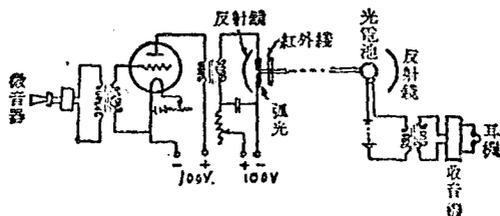
售票處利用此種裝置來工作，可以減少原來職員的一半。各種需要統計的處所，如工廠中出品數量，展覽會參觀人數，以及其他類似的工作，用之以代替人力來作統計，既方便，又準確。

99. 門扉啟閉管理

門扉啟閉管理，係應用敏光替續器之作用，使於通行者行將到達時，即能自動開啟者。此種管理，種類甚多，但其要者，不外利用光電池與各種機械裝置之配合而已。第一百五十三圖為極簡單之一種。其中包括一光電替續器，與一時滯替續器。倘通行者僅欲自某一方向通過，則開關裝置，應安裝於該方向。若欲兩方並用，則須以兩組裝置，安放於門之兩方。並於各組裝置之對面，置一光源，以供照射於光電池之用。

下開線路中，若光源為通行者所遮蔽，替續器 1 之接觸頭即發生作用，使門扉自動開啟。裝置之位置與門扉距離之遠近，須自光線被阻發生作用後，足夠時間可以將門完全開啟而後可。替續器 1 之作用，係使時滯替續器 KU 斷路。而 KU 之斷路，可令背向接觸頭關閉，

理，將為重要角色之一，去操縱各種殺人利器，直接或間接來毀滅世界。祕密通信，亦其中之一種，其於軍事上及國防上之重要，已無庸贅述。此處所要介紹者，係藉紫外線或紅外線之通信法，亦光電池應用之一種。



第一百五十四圖 利用人眼不可見光線為媒介之祕密通信法

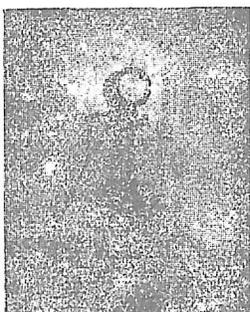
裝置方法如第一百五十四圖，聲音送達收音器，變為強弱相當之顫動電流，再經真空管放大輸出於音頻變壓器而至弧光燈。弧光燈光度，係按電流之差異而變化，電流則以聲音高低為依歸。弧光燈後置一反射鏡，以集中光輝，燈前有濾光屏，光線經過濾後，即變為人眼不可見之紅外線或紫外線。在接收方面，則以光電池對準紅外線或紫外線進行之途徑，將其光波接收後，再以化光為電的本能，把它復原為顫動的電流，然後輸送至無線電接收機，最後，始由聽筒聽取其聲音。

第十九章 安全設備

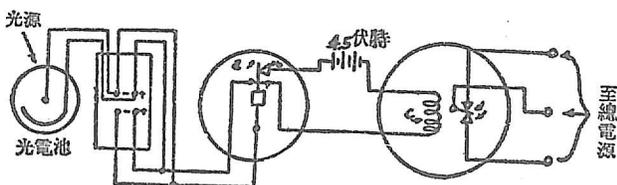
101. 斷電設備

處此工業發達的時代，工廠中之安全問題，實為許多重要問題之一。如發電廠的高壓線路，及機器的旋輪等，都是有眼不識泰山，稍有疏忽，即有致命之虞。為防患於未然計，安全設備，實不可或少。茲將民國廿五年正月，實業部工廠檢查委員會，工廠安全衛生展覽會中，所展覽之金陵大學電機實驗室的防護設備，介紹於後。

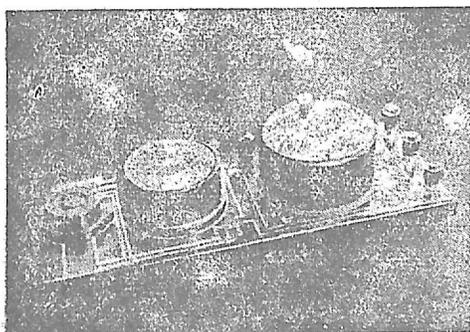
該設備係藉一光電池，控制一替續器，再與幹路連接。光電池安裝於危險區域進口



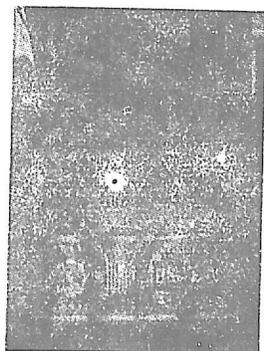
第一百五十五圖
入門下之光電池



第一百九十六圖 替續器及其連接線路



第一百五十七圖 韋斯登替續器



第一百五十八圖 放置替續器長箱

處的一邊，如第一百五十五圖。他邊置一光源，使其光線可以直接照射於光電池上。若有撞越電池一步者，則光源光線被阻，由替續器發生作用，使電路斷絕，各部機器即刻停止動作，故可達到安全之目的。

至於替續器之作用亦頗簡單，其線路如第一百五十六圖。當光電池受到光源照射產生電流，最左的一部份電路，得以完通，使 a, b 相吸，於是 4.5 伏特電池之電流通過線圈 c, c 中既有電流，即使帶有磁性之 d 的接觸端，連接起來，最後再與總電源完通為整個的電路。

第一百五十七圖為韋斯吞 (Weston) 替續器的正面。第一百五十八圖示放置替續器及其所屬乾電池之木箱。

102. 鑽孔保險

在光電池尚未充分利用以前，一個鑽孔的工人，於工作時，必先提起機軸，再對準被鑽物體之眼，然後啟動電鍵，使機軸下擊。這不但手續繁，費時久，並且對於手的安全，亦成問題。但若採用光電池的裝置來管理電鍵，則上述各項缺點，皆可迎刃而解。第一百五十九

圖示一鑽孔機上裝有安全設備，及一工人使用時之情形。左邊置光電池，右邊置光源，直射於其上。光電池復與替續器連接，以控制機器之啟閉。倘手腕放於打孔位置時，則光

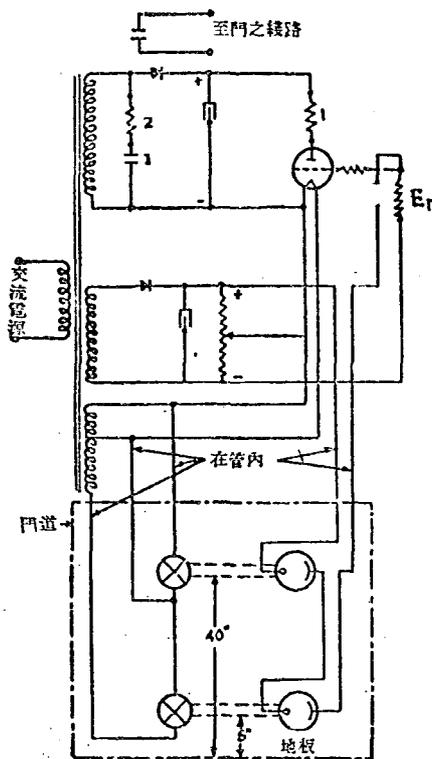


第一百五十九圖 鑽孔保險裝置

源被阻，替續器斷路，電鍵無由開啟，故機軸不能下擊。此種裝置，除可以保險工人的安全外，對於工作效率，亦可大為增加，誠一舉兩得也。

103. 電梯入門保險設備

電梯入門保險設備之目的，乃預防梯未停穩，乘客擅自出入，以致發生危險者。此設備之出入門，皆利用電力來啟閉，作用迅速而敏捷，對於安全，百無一失。全部裝置，包括一控制小室。室之一邊有光源兩個，其光線分別投射於入門處對面之兩個光電池。光源及光電池之位置，復分為上下兩組，一距地面約六吋，用以受腳部之遮阻而生作用，一距地面約三十吋，用以受身體之遮阻而生作用者。兩組線路，連成串接，故不論腳部或體部一經阻蔽光源之進



第一百六十圖 電梯入門保險設備之線路

行,作用皆可立時發生。全部組織,係由上述之光電線路與門門之敏光線路配合而成。當梯門開啟之後,光源雖被遮阻,其門仍不關閉,故可利乘客之入內,同時梯門與梯身即於此時互相門緊,以防梯身突然啟動。總之,此種敏光線路,可以管理門的啟閉適如人意。第一百六十圖爲其連接線路。變壓器之原線圈,直接至交流電源。副線圈共分三組,上中兩組連接至放大管及光電池。下組專爲燃點照射於光電池之電燈泡及放大管之燈絲。放大管所需之板電壓,及光電池之陽電壓,均係由該線路同時負整流之責者,放大管之柵電壓,乃直接由經過 E_r 之電壓降控制之,但 E_r 係與光電池串連,故其電壓降之大小,則又視光電流之強弱而定。

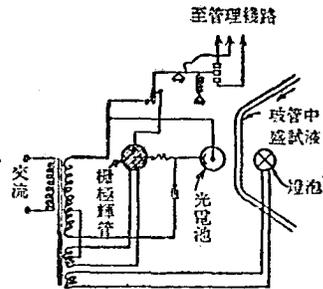
第二十章 調節裝置

104. 液體濃度調節

應用光電原理的設備,在電化工業上,亦佔有重要的位置。蓋光電具有靈敏及迅捷之特性也。尤以試驗液體時,因通過之光線無重量及摩擦力,不使試液發生侵蝕或分解等作用爲最重要。關於此類的應用,如濾壓機中盛置植物油褪色的程度,造紙廠紙漿的混濁,蒸餾後煤油的繞射係數,利用光學旋轉之各種糖液的濃度,以及各種具有光學性質之分析,步驟及管理,皆可以光電方法測試之。測試器之組織,包括光電池,光源,放大級及控制用之對稱替續器。第一百六十一圖示其線路。若被試液體顏色太深,則有一對替續器之接觸

頭，即刻關閉；太淺，則關閉另一對替續器之接觸頭。其作用方法原極簡單，惟如電源電壓略有變化，即不能自動校準，故其準確性直接受其影響。

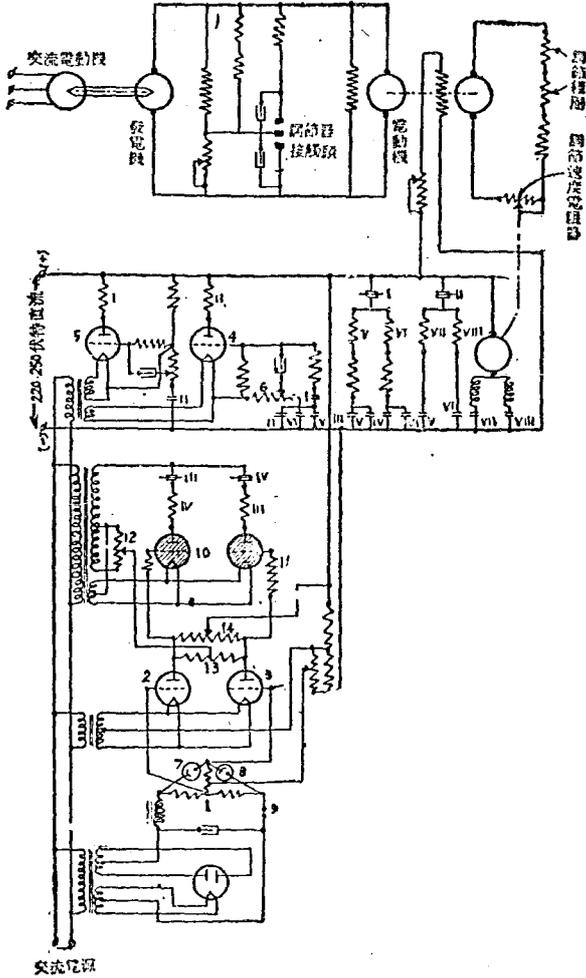
第一百六十二圖，係可以自動校準之一種，且專為調節氫游子濃度之用，其啟用方法如次：連接光電池成電橋式，其電流取自整流器後之直流。



第一百六十一圖 液體濃度調節機

第一百六十二圖，係可以自動校準之一種，且專為調節氫游子濃度之用，其啟用方法如次：連接光電池成電橋式，其電流取自整流器後之直流。電位器 1 分為電橋一邊之兩臂，兩個光電池則為電橋他邊之另兩臂。光電池之光源，皆取自同一燈泡。置標準品於一光電池前之玻璃管內，同時盛入所欲測試之液體，於另一光電池前之另一小玻璃管中。由電橋之各臂看來，知電源電壓變更時，並不影響其平衡。但若液體鹼性發生變化，則平衡即不能維持，而管 2 與管 3 之柵壓，遂生差異。按此平衡之不能維持，係因柵極輝管 10 及 11 中之一管的柵極愈趨負性，而其他一管之柵極，則減少負性所致。減少柵極輝管柵極負性之結果，乃使其斷路，因是替續器 III 發生作用將接觸頭關閉。

替續器 III 啟動，替續器 V 即行閉合，於是電壓遂輸送至管 4，此管復與替續器 II 配合，作為一時滯裝置。連續按動調節用之電位器 6，即可自替續器 V 之關閉起，至替續器 II 之關閉止，得一分鐘滯時之延長。當替續器 V 關閉，則以電動機啟動之替續器 VII，亦隨之發生作用，同時連帶將開動電動機之變阻器移轉位置，以調節傳檢



第一百六十二圖 平衡式之液體高度調節機

轉動用之電動機的速度。替續器 VII 保持關閉直至替續器 II 獲得能力，蓋替續器 II 之接觸頭斷路時，即與替續器 VII 之線圈連成串聯也。在此作用發生之際，電動機之速度，即重新調節過。

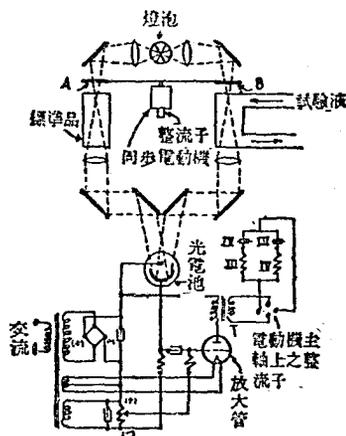
當一改正方完，應待其結果經光電池發生作用後，始可進行第二次之改正。為預防第二次改正開始過速計，故有第二次時滯替續器之設置，且其時限可以調節至五分鐘之久者，至其在線路中之連接法，乃於此時間過程中，命所有變阻器皆不發生作用。第二次時滯替續器之範圍，計包括替續器 I，管 5 及其附屬各部。對於時間配合之開動，係自替續器 II 起始。當替續器 I 啟動，替續器 V 即失却能力，於是第二次改正準備開始。

若置標準品於光電池 8 之前，則凡改換另一標準品，或調節電位器 1，皆可達到重新校準之目的。其校準係始自啟動電鍵 9，並跨接一高電阻之電壓計，於變阻器 13 之兩端，然後調節電位器 14，使電壓計之值為零。電位器 12 可使柵極輝管之負電壓改變，又如傳輸轉動用之電動機，不能按照調整器指示之數值，保持其速度，則可加一速度調整器，此惟器應以電子調整品重復校準之，如第一百六十二圖中所示者。

第一百六十三圖為零度法。光電池一部線路，可與前圖電橋線路之一部互相調換，其啟用方法，大概如下：光源之照射，係藉透鏡與平面鏡組成之系統，然後分為兩路反射至光電池。該兩路光線，一係通過標準品，另一路則經被測試之液體，並以一小縫隙之薄屏，旋轉於兩道光線進行之中，使之輪流阻止照射至液體之光線。光線投

照至 A 之縫隙的面積，與投照至 B 之縫隙的面積之和，為一常數，前者之變化，係自零至百分之百，後者之變化，則自百分之百至零。

兩道光線照射至液體後，若其性質相同，則當薄屏旋轉時，光電池接收的亮度不生差異，因是放大管之陽極輸出電流亦固定不變。以固定直流電流，經變壓器 T 的原線圈，其副線圈當不發生任何作用，故替續器 III 及 IV 無由強力。



第一百六十三圖 零度法調節機

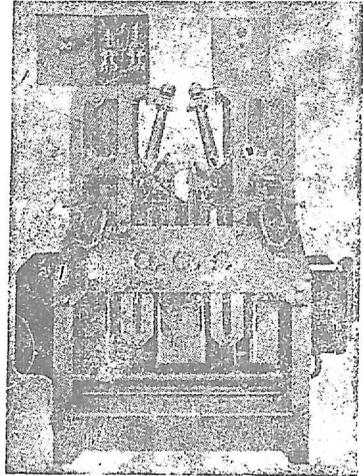
反之，若照射至標準液及試驗液後之光線，略有差異，則當薄屏旋轉時，光電池接收亮度不能相同，而放大管之陽極輸出，必為顫動之直流，此顫動直流，若通過變壓器 T 的原線圈，其副線圈即產生交流分力。分力之相位及大小，係與照射至標準液及試驗液後之光線性質之差異成正比。蓋交流分力係藉傳動薄屏之電動機的整流子來整流，整流後直流之極性及大小，間接亦與投射於液體後，光線性質之差異成比例。將替續器 III 揀選於一極性之固定電流值，而替續器 IV 則揀選等電流值之相反極性，則調節速度用之變阻器及時間循環即將發生作用，正如第一百六十二圖所示之替續器 III 及 IV 因柵極輝管之斷路而獲得能力然。

總之，此零度法乃藉濾波器以濾去放大管陽極之直流分力，因調

節器對於施用交流電壓的變化，不甚靈敏，而在其作用之範圍內的溫度變化，或管之靈敏度變化，則全無影響。

105. 溫度調節

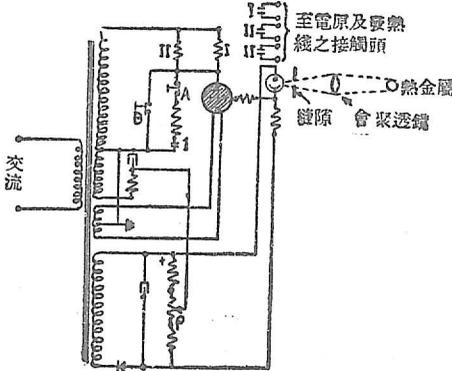
光電溫度調節計，可大別為兩種，一基於高溫計式(Pyrometric-type)原理，一基於照射光電池上火焰顏色之變化。此處所述者，係屬於前一種。其用途多為調節及測量烘爐內溫度之用。測量範圍，約可達 1500°F 以上。第一百六十四圖為該項溫度計之正面。



第一百六十四圖
光電管之雙電阻式溫度計

調節方法，係藉高電阻線，將物體加熱至

達預定溫度時，即將之噴射而出，同時並斷絕電源電擊。



第一百六十五圖 光電管溫度計之線路

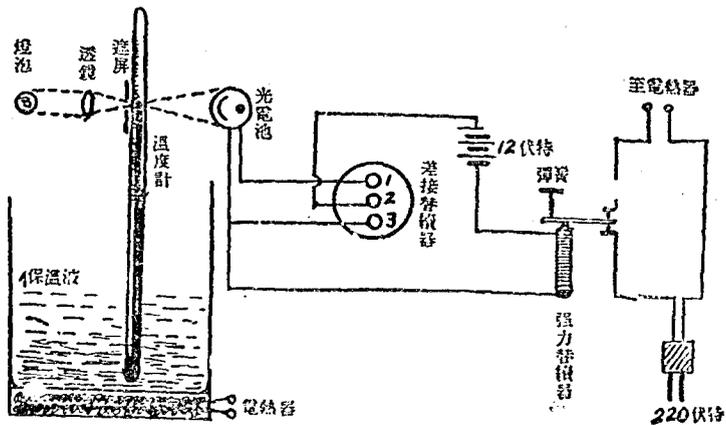
第一百六十五圖乃其連接線路。當被熱物體之溫度，逐漸由低昇高，終乃作用於柵極輝管，使之發生輝光，接觸頭 I 及 II 關閉，其中一

對係傍路於按鈕 A，俾各頭互相緊貼。最後乃由主接觸頭將被熱物體噴出，並斷絕電源。此時若有一新物體欲再加熱，可按動 A 鈕，則電源又復如前啟用，有時欲於中途，將被熱物體取出，則可由 B 之按動以達到目的。

溫度高低之控制，乃由調節電位器 P，以改變輸入柵極輝管之負柵壓而得。但在全部儀器未啟用以前，必先用試驗方法或光學高溫計法校準之。該器上之電位器的調節頗為精細，故如溫度高低需要較大變化時，可以移動光電池與透鏡間之遮屏遠近位置以改變之。此外如縫隙大小不同之遮屏的更換，亦可增減照透光電池上之光量。

又被熱物體溫度，通常皆甚高，光電池勢必不能密封於金屬器內，故應藉透鏡集光之方法，間接使光源照射於光電池上。

第一百六十六圖為保溫裝置之一種。由燈泡放射之固定光輝，



第一百六十六圖 保溫裝置

由會聚鏡集光後，經溫度計而達光電池。光電池之正極連接至差接替續器的接線柱 3。復由 3 引接達強力替續器線圈之一端。光電池負極至差接替續器的 1。其中 2 則經一 12 伏特電池，又回通於強力替續器線圈的另一端。替續器上端有彈簧，彈簧尾端則與電熱線，電源成串聯。

當溫度下降時，溫度計中之標識水銀柱亦隨之縮短，故光源得以照射至光電池上。光電池受光，即產生電流使差接替續器之 2 及 3 接通，於是強力替續器因其線圈有電流通過，而發生磁力，吸引接觸桿與之相接，接觸桿既經相接，電熱器遂藉完通之電路發生熱能。熱能增加，溶液之溫度亦必升高，同時水銀柱隨之逐漸膨脹，直至一定溫度時，水銀柱即將照射至光電池之光線遮蔽，於是光電池停止電流，差接替續器之 2 及 3 拆斷，間接使彈簧彈回原來位置，此時電熱器因電路不通，乃致停止發熱作用，溶液溫度即不再行升高。如此循環不絕，將電熱器之電路一開一閉，故可保持溶液之溫度固定不變。此種裝置，最適用於實驗室中之烘箱，水浴，油浴，以及工廠中之電解，電灶及電熱板等。

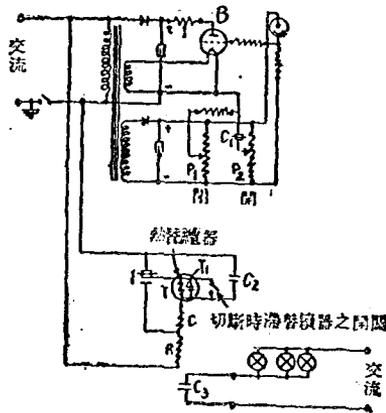
第二十一章 各種控制

106. 屋內外燈光控制

從前一切燈光的管理，端賴人眼之揣測，或規定時辰鐘之鐘點，以為啟閉的標準。此種管理方法，對於季節更換，及天時驟變，皆不

能隨機應變，以適應所處的環境。譬如夏日下午六時，猶見夕陽西照，而冬日同時，則已暗如漆黑。再如夏秋之交，晴雨不定，天色一日數變。凡此種種，利用上述方法管理燈光，難免有過早或過遲之弊。過早則徒增光輝，浪費電能。過遲則光線不足，在屋內妨礙工作，在街道不利交通。近代採用光電池裝置以管理者，對以上各缺點，皆可迎刃而解。住宅商店，學校教室以及大工廠及大建築物，用之以保持恆定的光輝，增加工作效率；航空站用之為飛機降落；海港燈塔用之以照耀船舶；都市街燈用之以便利交通；其優越之處，遠非人工管理者所可比擬。

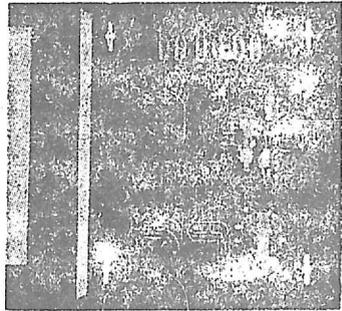
此種裝置之控制點，可視所處環境而任意調節之。如屋內燈光，約在光強兩呎燭左右開啟，而街燈則於一呎燭，或不及一呎燭即行啟用。第一百六十七圖為該項控制線路之一種，其中附有時滯裝置，以防止短時間光度變化，如夜間閃電，或光線為行人遮蔽等所發生之錯誤作用。



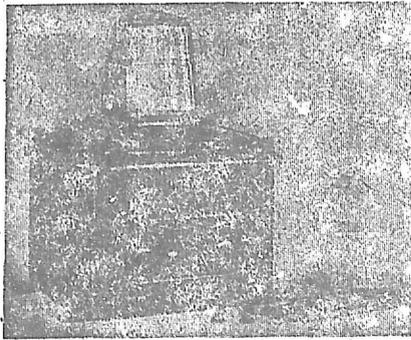
第一百六十七圖 燈光控制線路

線路啟用之步驟，先假設陽光全無，燈光應即開啟。替續器 1 先開動，接觸頭 C 則關閉，於是放大管之柵壓，依電位器 P₁ 所處之位置

以決定關閉與否。倘 P_1 調節至陽極電能足夠關閉替續器 1，此時僅需極小光源，照射於光電池上，即可使放大管 B 之陽極電流增加，乃至將替續器 1 關閉。若柵極愈趨負性，則間接關閉替續器 1 所需光量亦必愈大。反之，光源繼續增至足量時，陽電流強大，替繼器保持關閉之狀態，熱替續器 T 之發熱線，即於此時跨接於接觸頭 C 的線圈之端，最後乃由發熱線作用於 T，而將其接觸頭 T₁ 關閉，於是 C 即與 R 聯成串聯以防捷路，接觸頭鬆開，燈光遂致熄滅。當接觸頭行將鬆開之際，反接觸頭 C₁ 關閉，而電位器 P_2 得以移動至可以控制柵壓之處。惟 P_2 之移動，須於光源減小後，燈光仍可自動開啟者而後可。不然其啟閉必因而失其



第一百六十八圖
燈光控制替續器之一種



第一百六十九圖 燈光控制替續器之又一種
(玻璃罩內係光電池)

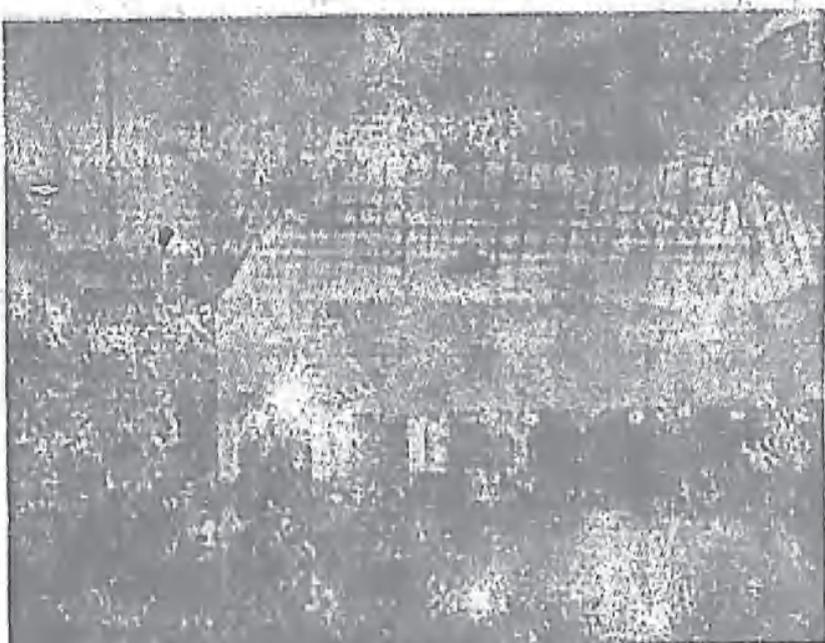
常態。倘光量大為減小，替續器 1 當即啟動，同時 T 亦即與接觸頭線圈聯成串接。再因熱替續器發熱線高電阻之關係，使通過電流量不足以啟動替續器 C，故經一時滯替續器後，T 之接觸頭關閉，即將發熱線捷路以閉 C。再由接觸頭 C₂ 短接於熱替續器，使 C 仍在

關閉之位置。第一百六十八圖示燈光控制替續器之一種。第一百六十九圖為控制器之外觀，上部白色玻璃罩內置光電池。

107. 壁圖控制

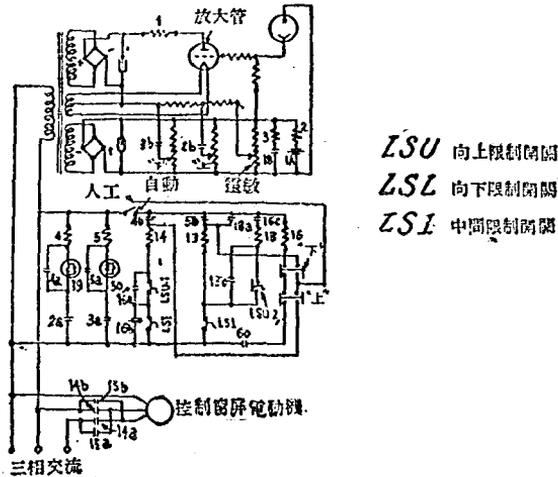
美國高地 N.C. 郵局 (The High Point, N. C. Postoffice), 新近藉光電池設計一種光量控制器, 可使辦公室內, 在任何時候, 保持固定的光輝, 但同時又能儘量利用日間的陽光, 以不隨便開啟電燈浪費電能為原則。

陽光自辦公室四壁所設的窗戶照入, 經一層散光玻璃, 而達於四個檢信室上面, 室之面積約為 80×60 平方呎。各窗之外, 皆有一以電動機控制之鋁質窗屏, 其使命係於陽光



第一百七十圖 郵局內部示光電池(黑圈)控制器及其電動機

太強時, 遮蔽其一部份, 俾室內光輝, 保持其預定之強度。至於遮蔽部份之大小及其位置, 則藉機械裝置及感光設備控制之; 其組織各窗皆有獨立之一組, 各包括一個安置於臨窗前天花板上的光電池, 及地板上之控制器。第一百七十一圖為各單位之線路。倘陽光超過規定亮度, 則主接觸頭 60 關閉, 使窗屏略為向下遮蔽, 再假設窗屏處於最低位置, 則室中光度勢必不足, 此時控制器即發生作用, 將窗屏向上開啟, 以便陽光射入, 直至光電池受到適量光度, 而使窗屏停止於合宜位置為止。



第一百七十一圖 壁窗控制線路

放大極陽極線路中之替續器 1 的設計，係使其因接觸頭所生之從中點偏斜的角度，不受線圈中經過電流量之影響者。若接觸頭 2b 及 3b 斷路，則電位器可以節制放大管之柵壓，因是如光電池收受光量，足以保持替續器 1 之活動接觸頭停留於正中與停止點之間時，窗屏即停止不動，此乃線路中最重要作用之一也。倘照射之光量不足，斷路接觸頭 1a 即行關閉，俾替續器 2 加強能力；而替續器 2 有 2a 及 2b 兩對接觸頭，2b 之閉合，可藉“向上”電位器改變柵壓，使陽電流路為降低，並命替續器 1 之活動接觸頭與靜止接觸頭處於相對之位置，如是則窗屏之正確位置得以改正。

同理，替續器 1 向反方作用，以關閉替續器 3，則可使窗屏向下

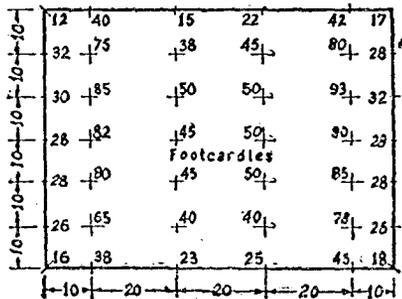
方移動。

至於替續器 2 之作用，當 2a 閉合，熱替續器 19 與替續器 4 線圈一段之電路完通。熱替續器若加強能力至一定時間後，其接觸頭即行關閉，同時替續器 4 亦隨之關閉，於是接觸頭 4a 乃將 19 捷路。又當連續之限制開關 LSU-1 與 LSI 閉合時，接觸頭 4b 即命替續器 14 加強能力。

在日間如主要替續器之接觸頭關閉，則窗屏之作用，發生於低方與中間間之限制開關。因限制開關乃直接與電動機軸連接，並保護機械裝置，以防替續器線圈發生障礙，而將窗屏過度移動，或停止電動機之轉動也。

有時因天時或氣候變化，以致陽光全無，而主要控制器之接觸頭 60 仍行關閉，則中間限制開關將為接觸頭 16b 捷路，但 16a 則開路，於是窗屏即由限制開關 LSU-1 之控制，儘量向上開啟達至最高位置，此時若照射陽光仍不足規定之光度，即自動使相當數目之電燈開啟，以保持室內之光強。

第一百七十二圖示室中光度分佈之情形，其中光強概以呎燭單位表明之。按該記錄係取於天氣晴朗之日。

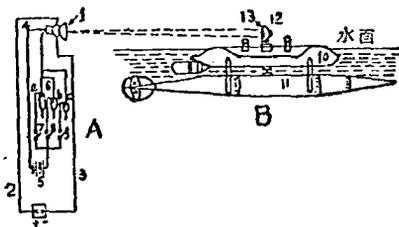


第一百七十二圖 郵局中光強分佈之情形

108. 魚雷艇控制

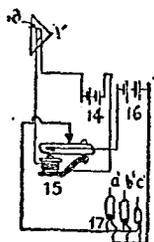
無線電控制，係於控制處裝置光波，聲波，熱波或無線電波之任何一種發射機，以操縱遠距離之飛機，戰艦，船舶，戰車或機械人者。被操縱之物體，安設有同樣之接收機，俾於接收某種波能時，作種種適應之動作，以聽從指揮者之命令也。今舉利用光電池控制之魚雷艇為例，則其餘各種，自不難觸類旁通矣。

第一百七十三圖 A 為控制臺之光波發射機，1 為弧光燈照射鏡，弧光燈之電流，由導線 2, 3 送入。弧光燈炭棒的一端，連至替續磁鐵 4，然後至電池的負極。炭棒他端，由激勵電磁鐵 6 經 a, b, c 三個音叉中之任何一個，及其電鍵 7, 8 或 9，再回輸至電池的正極，成一完通之電路。當電鍵 7 關閉，

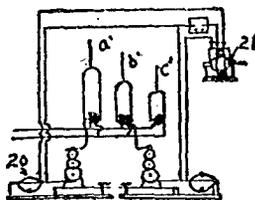


第一百七十三圖 魚雷艇控制之光波發射及接收

音叉 a 以其一定之振動數 振動，斷續電磁鐵之電流，於是弧光燈之炭棒，一致於音叉之振動，以變化其光度。同圖 B 上部之魚雷艇 10，下裝有魚雷 11；艇之頂端有受光鏡 12，內置碲素光電池 13。受光之構造，可應用類似指南針方法，使無論 10 之方向如何變換，而其正面常與控制臺之發射鏡相對向者。魚雷內部控制裝置如第一百七十四圖。a', b', c' 係與控制臺 a, b, c 振動數相同之音叉。光電池 13 接收光波後，即變為電流，經電池 14 至電磁鐵 15。此電磁鐵支配模斯替續器，於是替續器接頭之彈



第一百七十四圖
魚雷艇內部組織

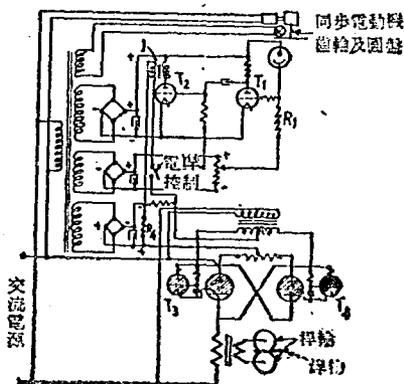


第一百七十五圖
魚雷艇內部組織

簧遂成爲強力電池 16 電路之一部。又此電路中，插有 a' , b' , c' 之激勵電磁鐵 17。若控制臺發射之光度無變化，光電池 13 感光強度亦無差異，電磁鐵 15 即不令替續器接頭之彈簧發生振動，故音叉 a' , b' , c' 均無作用。反之，若光電池連續接收不同之光度，則由 14 至 15 之電流，必因而發生變化，替續器接頭之彈簧，亦隨之彈動，此彈動通過電磁鐵 17 至 a' , b' 或 c' 之任一音叉，俾該音叉可與控制臺發生振數相同之振動。音叉之末端，各裝有小片 18，如第一百七十五圖。片端曲爲直角，並接近於時計裝置 19 之調整用車輪，此時計裝置，在音叉不振時轉動，同時使遠心調整器 20 迴轉。如斯迴轉間，雖可斷絕電動機 21 之電流，然當音叉開始振動，片 18 之端，觸於時計裝置調整車輪而止之，於是 20 失其遠心力，伸展而推右側之線相接，送電流至電動機，使之旋轉，令艇後之舵，偏向一方。若所送之音波，振動音叉 b' ，則同理逆轉電動機，使舵偏向他方。再若振動音叉 c' ，則使魚雷 11 發動而放射。

103. 電焊時間控制

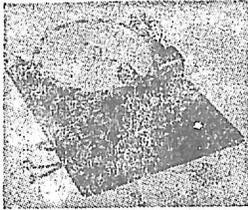
藉電焊方法，以接合及修補一切斷拆或破裂之鋼鐵金屬，如橋樑，鐵塔，輪船，火車，水管，汽管，門窗，椅桌，以及工廠中各項鋼鐵設備，實予近代工業發達一莫大之助。惟欲期焊接成績優美，除金屬種類，表面性質及被焊處兩方之壓力等，應加注意外，對於通過電流之大小，及時間之久暫，關係尤大。電焊時間控制，乃藉光電池之裝置，能於達到預定電流波數時，自動將電源斷絕。照射至光電池光線之頻率，係利用一同步電動機，轉動一有洞輪盤於光線進程中，而將該電動機電源，與電焊機電源，連接於一處。洞盤之旋轉速度及各洞列排位置，務須使兩洞間距離移動時間，適為電流之半週波。各洞之線，皆備有遮蓋一個，俾於必要時，將其蓋住，以斷絕光線之通過。倘洞蓋掀開而洞盤旋動，光源即透射至光電池上，光電池產生電流經 R_1 ，如第一百七十六圖。 R_1 又與兩電容配合之放大級中的第一放大管 T_1 之柵極串聯，該電流放大後，同時輸出變壓器 1，以正電壓施諸控制管 T_3 及 T_4 之柵極，此柵平常皆藉通過 R_4 後之電壓降，而獲得適量之負壓者。至於時間起止比例之變化，可由增減盤洞遮掩之數目以改



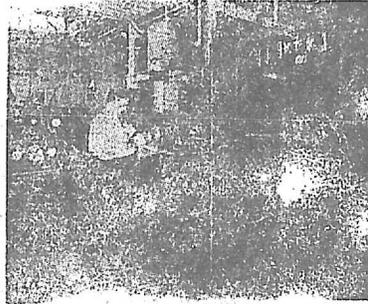
第一百七十六圖 電焊時間控制之線路

變之。倘將全部洞蓋掀開，則電流之值為最大，反之，若全部掩蓋，則電流之值為最小或零。

利用此種控制，因通過電流量之多寡，及時間之長短，皆可任意調節，絕無拘束，故可得到圓滿之結果。第一百七十七圖示電焊光電計時器之實物正面。第一百七十八圖為利用此法工作之情形。



第一百七十七圖 電焊光電計時器



第一百七十八圖 電焊工作實況

110. 電梯水平控制

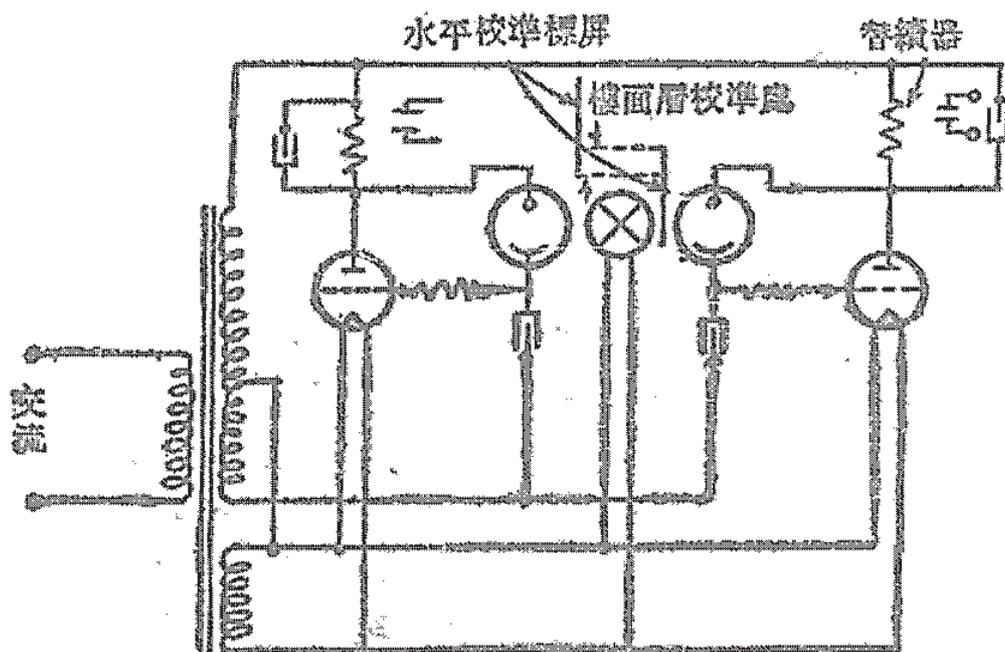
藉光電池與感光替續器之組合，來控制電梯的昇降，為最新式應用之一種。舊式人工管理水平，係利用機械限制開關，而以手推槓桿之隆出部份與電梯軌道之接觸控制之。此法若電梯高低位置及其軌道略有變化，尤其使用年久，槓桿隆出處，因摩擦而損傷，則停止位置與樓層地面，殊難準確。第一百七十九圖示上述新式設備之替續器。由試驗結果，知其準確度之差異，最多不過 $1/16$ 吋。全部組織，包括兩個感光線路，及一置於兩個光電池間之燈泡。光電池及燈泡，安裝於梯傍之分開活動小室。燈泡之照射，係分別經過盒蓋上之孔，而達兩個光電池上。光電池輸出電流，經本身線路之放大管加以放大，

然後啟動一置於小室中之控制板的多級接頭替續器。當電梯升降離樓層十吋以內時，水準線路即自動控制，使梯門與地面吻合。控制之最初作用，因光電池所受光源，為梯軸之標屏所遮蔽而失明，故減小其進行速度，待達樓層水平時，該標屏之一小部份，適又可阻遮另一光電池所受之光線，使之亦失却作用。待兩光電池皆無作用，升降電動機之電源始行斷絕。倘電梯位於準確之地位以外，則由光源之照射於光電池上，以使升降電動機反向轉動。



第一百七十九圖 電梯水平控制替續器

第一百八十圖為該裝置之替續器及線路，其中感光替續器，光電池及高真空放大管，各有兩組，且皆以交流電源自己整流者。變壓器副線圈之一組輸出適當電壓至放大管之陽極，柵極及光電池，然後又



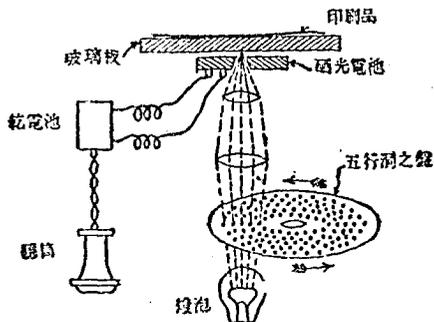
第一百八十圖 電梯水平控制之替續器及線路

與替續器連通成爲完全之電路，副線圈之另一組則專爲燃點放大管及白熾燈燈絲之用者。安裝光電池及燈泡用之小室的排列，係在梯傍之一邊，而使標屏於兩者間通過，以阻止某一地段之光源，此種裝置因可免除機械上之缺點，故使用十分便利。現在紐約羅開腓勒 (Rockefeller) 中心區電梯之升降之水平控制，十九皆採用之。

第二十二章 其他應用

111. 盲人聽書機

自光電池發明以來，失却視覺之盲者，亦可藉其裝置，以達到彼等之智識慾矣。此裝置，非通常之以觸覺辨別凸凹字板，而係運用聽覺，從聲音上加以辨認者。此種方法，倘將聲音以揚聲器放大，同時可供數人以至數十人之辨聽，較之僅供一人練習之凸凹字板，又遠勝一籌矣。



第一百八十一圖 盲人聽書機

該機構造，如第一百八十一圖。旋盤上小孔共有五行，每行各孔，皆在同心圓之圓周上。盤下置一固定光度燈泡，光線穿過各孔，經會聚透鏡，及硒素光電池，而達印刷品上。印刷品即受到五行之不同光線，如第一百八十二圖之“多”，“來”，“米”，“法”，“梭”反射至光電池



第一百八十二圖 印刷品受圓盤照射後之情形

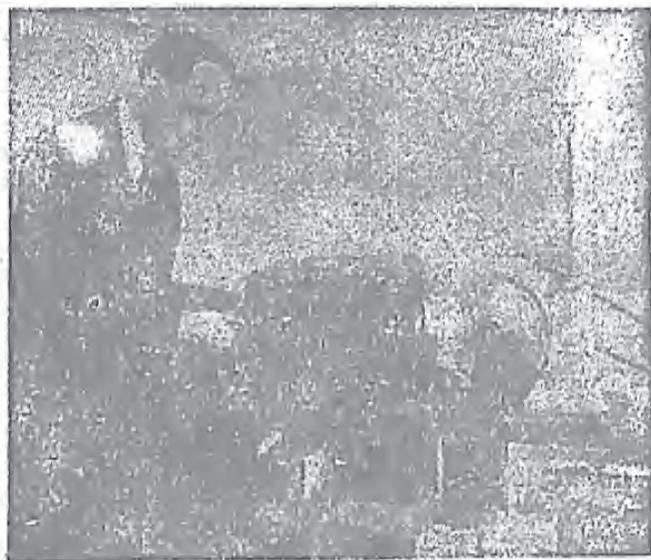
上。當圓盤旋轉時，最外行小孔之直線速度，各較其次行之速度為快，因此光線被阻之頻率各不相同，而光電池受五行之感光速度，亦隨之變化。若五行皆為空白，則光電池所受感光之結果，必由聽筒併成空白之合音。又若五行皆有字劃，則併成之合音，當為相當於該字劃之合音。盲人藉此裝置，經三數年訓練，逐漸即可如明眼人之聽辨書報及印刷品，所不同者，僅其速度較慢，大約每分鐘僅能辨認六十字左右。

112. 種子檢驗

美國通用電氣公司，曾設計一光電荳種檢驗機，凡品質欠佳顏色不合規定之種子，經該機一驗，即可自動將之分開。據統計所得，每兩百部是項機器，於一日間，可以檢驗荳種四萬磅之多，其迅捷較之人工，常不可以道里計矣。

第一百八十三圖示該機及其工作實況。受檢驗之種子，由右方

突出之漏斗上傾入，然後至其鄰邊之鼓形箱。箱之圓周，滿佈小孔，使種子恰可依次納入孔內。另有固定吸力之引風吹過孔中，將種子由孔中吹至箱邊。箱邊有機械裝置，俾每粒種子通過時，皆經光電池之前面跌落，同時有一固定光源，將種子透明度，照射至光電池上，倘種子質地優良，光電池即接收一部份光



第一百八十三圖 荳種檢驗機及其工作實況

線，產生適當電流，啟動一特別裝置之小門，使之跌入箱中。反之，如種子品質惡劣，色澤不鮮，則當其通過時，僅能透射極小之光線於光電池，甚或完全不透射，此時光電池所生微弱電流，不足以啟動特別裝置之小門，甚至於電路完全不通，種子乃落於另一箱中，良窳分置，不相混雜。

113. 相版製造

普通製造相版方法，多用酸類腐蝕銅版，於未腐蝕前，必先從原相上，另外攝製一有網線之陰片，曝曬於佈滿感光液之銅版上。此處所述者，非此陳法，而係新近實驗成功藉光電池作用，直接從照片上蝕刻者。此法可以免除重複照相之失真，及網版酸蝕之麻煩。且其製造迅捷而簡便，對於報紙新聞照片之印刷，尤有大助。

機器名稱爲“光電彫刻機”(Photo-electric engraving machine)。發明者爲美國何威(Hower)氏。據其多年研究結果，用直線

製造，效果甚佳，即普通照相銅版所用之十字網線方法，亦經多次試驗，其成績亦頗可觀。彫刻工具，爲一楔形彫刻刀，再利用細小電火花經過照片之上，當電火花經過照片上濃淡不同處，光電池即產生強弱相當之電流，以控制彫刻刀，於是彫刻刀乃在鋅版或銅版上，刻出深淺粗細之線槽。第一百八十四圖，係用此法於五分鐘內製成之直線照相版。



第一百八十四圖 用光電影刻機於五分鐘內製成之直線照相版

114. 飛機偵察

際此軍事立體化之今日，

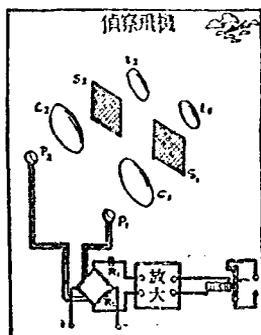
飛機因不受地域上之限制，已爲現代戰爭中重要兵器之一。前線參戰將士及防禦工事，固直接遭其襲擊，即遠距戰區千百里外之後方市鎮，亦隨時可受其荼毒。溯自“七七”展開全面抗戰以來，吾國各地，凡敵機航程所及者，廬舍爲墟，鷄犬不鳴，無辜人民，在敵機炸彈下，死於非命者，數以萬計，其他財力物力之損失，更不可勝算，是空防之急不容緩也。顧言空防，不外積極與消極兩道。積極乃添置戰鬥機，驅逐機，以收直接予打擊者以打擊之效。消極爲裝設高射砲，建築堅固之避難洞，及組織嚴密之警報網。尤以最後一項，更爲全部之關鍵。蓋如警報鬆弛，敵機來襲，猶不之知，雖有空防，亦等諸虛設也。

現在之警報組織，大約皆於遠離市區處，佈置防空哨，俾隨時偵察敵機之行蹤，予後方以防衛之準備。此種偵察工作，因係人為，其耳力眼力固屬有限，且日久生厭，一有疏忽，貽害匪淺。故倘採用光電鏡 (Potoscope) 以彌補人力之不足，以期慎密，則其裨益，當不可以言喻矣。

光電鏡係仿照眼球之組織，由光電池，屏幕與鏡片等配合而成。

將光電池分為多數之感光體，使其作用範圍，不僅限於一直線，而能如人眼視線之遼闊也。其構造如第一百八十五圖。

L_1, L_2 為兩鏡片，由其收到之物像，分別投射至 S_1, S_2 兩屏幕上。幕係由普通玻璃製成，惟其表面以特別方法劃分為多數明暗不同之小方塊，兩幕上方塊數目相同，但其相當位置之明暗則相反。使

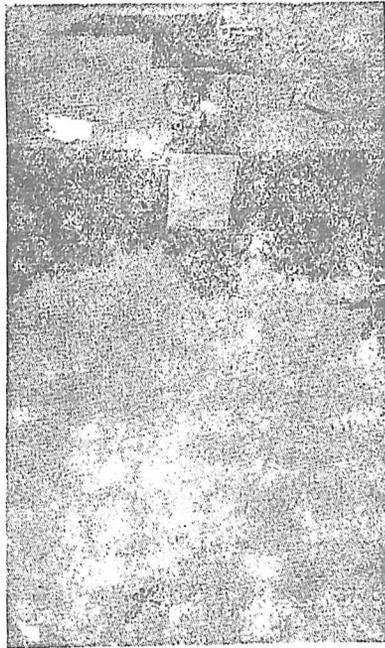


第一百八十五圖 光電鏡

一靜止物像在 S_1 之某小方塊為明時，在 S_2 之對稱方塊上則為暗。如是當一物像由 L_1 收集經 S_1 及 C_1 而至光電池 P_1 ，不能同時在兩方出現。換言之，亦即 P_1 受物像光線之投射，而生作用時，在該同時時間內， P_2 則否，反之亦然。倘接收之物像係活動者，則其位置，必於短時間中，連續由 L_1 移至 L_2 。設第一秒物像通過 S_1 的明點，使 P_1 發生作用，此時因 S_2 適為暗點，故 P_2 無作用。同理在第二秒時，通過 S_2 的明點， P_2 發生作用，而 P_1 則否。故 P_1 與 P_2 之感光作用，係輪流發生。至於輪流感光之速度，則視物

像本身之速度及距離，與 S 上小方塊之數目與大小而定。將 P_1, P_2 所生之電流，如圖上接成電橋式，是則若 P_1, P_2 受到不同光線之強度，電橋遂失其平衡。電橋既不平衡，則於容電器之兩端，產生交流電壓，而輸至下級之放大器。放大器計有四級，末一級為強力放大，用以作用於替續器，以司電源之啟閉者。

利用此種設備，防空哨站可於發現敵機越境時，藉以鳴警鈴，發警號，或推上通達遠距離之空襲信號燈等。又此種偵察器之有效距離，據最近實驗結果，約在六百公尺左右。但如能從屏幕之大小，方塊之數目以及鏡片之組織等，作進一步之研究，則其收穫當必更有可觀也。第一百八十六圖為偵察飛機時之實況。



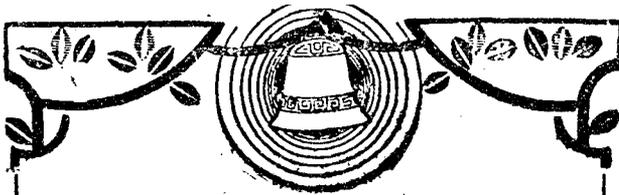
第一百八十六圖 飛機偵察實況

參 考 文 獻

1. Zworykin: Photocells and Their Applications.
2. Campbell and Ritchie: Photo-electric Cells.
3. Gullikson and Vedder: Industrial Electronics.
4. Allen: Photo-electricity.
5. Baird: From Crystal and Television.
6. Larner: Practical Television.
7. Hoag: Electron Physics.
8. Crowther: Ions, Electrons and Ionizing Radiations.
9. Hass: Introduction to Theoretical Physics.
10. Curry: Electromagnetic Theory of Light.
11. Phy. Rev. 31, 921, 1928.
 32, 57, 1928.
 34, 117, 1929.
 36, 251, 1930.
 36, 1639, 1930.
 38, 1477, 1931.
12. Electric. Journal 26, 176, 1928.
 26, 358, 1929.
 29, 139, 1932.
13. Radio Eng. 9, 80, 1929.
 12, 24, 1932.

- | | | | |
|---------------------|----------------|-------|----------------|
| 14. Radio News | 18, 69, 1931. | | |
| 15. Electrical Eng. | 50, 182, 1931. | | |
| 16. 光電管之研究 | | 無線電 | 一卷四期 |
| 17. 光電管的另一應用 | | 無線電 | 三卷二期 |
| 18. 光電池 | | 無線電 | 三卷十一期
三卷十二期 |
| 19. 真空術 | | 科學的中國 | 五卷十期 |
| 20. 傳真電報的現在和將來 | | 科學的中國 | 八卷十二期 |
| 21. 光電製版新法 | | 科學叢報 | 二卷廿二期 |
| 21. 無線電照像 | | 自然科學 | 二卷二期 |
| 22. 電報寫真之基本方法 | | 電信雜誌 | 五卷一期 |
| 23. 光電池的來歷 | | 電信雜誌 | 四卷四期 |
| 24. 光電節制溫度的設計 | | 工業中心 | 六卷二期 |
| 25. 赤紫兩外線 | | 中國工業 | 五卷二期 |





版權所有
翻印必究

中華民國三十五年九月滬一版

光電池及其應用

全一冊 定價國幣三元
(外埠酌加運費匯費)

編 著 者	楊 一 儂
發 行 人	吳 秉 常
印 刷 所	正 中 書 局
發 行 所	正 中 書 局

(1202)

中央圖書雜誌審查委員會免證免字第一一三號



\$3.00