

075

應 用 科 學 叢 書

光電池及其應用

楊 一 農 編 著

正 中 書 局 印 行

目 次

第一篇 通論	1
第一章 光電池之演進	1
1. 最初之發現	1
2. <u>哈爾發克斯</u> (Hallwachs)效應	2
3. 鹼金屬之採用	4
4. 光電池問世	5
5. 經驗之定律	6
第二章 基本原理	7
6. 光譜	7
7. 輻射能源	8
8. 光度測量及其單位	9
9. 電子之概念與物質的構造	11
10. 光電子之測定	14
11. 金屬中之電子	15
12. 光電子輻射之速度	16
13. <u>愛因斯坦</u> (Einstein)方程式	17
14. 光之解釋	18

[illegible]

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	53

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 Bell) 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 (Thalofide) 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

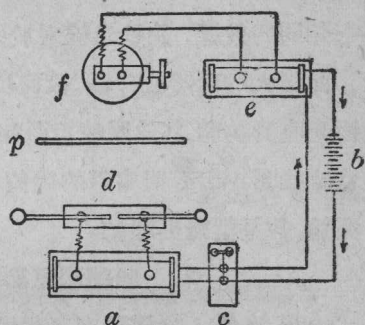
第二十章 調節裝置	...	...	...	...	...	...	...	153
104. 液體濃度調節	...	...	...	...	...	...	...	153
105. 溫度調節	...	...	...	...	...	...	...	158
第二十一章 各種控制	...	...	...	...	...	...	...	160
106. 屋內外燈光控制	...	...	...	...	...	...	...	160
107. 壁窗控制	...	...	...	...	...	...	...	163
108. 魚雷艇控制	...	...	...	...	...	...	...	166
109. 電焊時間控制	...	...	...	...	...	...	...	168
110. 電梯水平控制	...	...	...	...	...	...	...	169
第二十二章 其他應用	...	...	...	...	...	...	...	171
111. 盲人聽書機	...	...	...	...	...	...	...	171
112. 種子檢驗	...	...	...	...	...	...	...	172
113. 相版製造	...	...	...	...	...	...	...	173
114. 飛機偵察	...	...	...	...	...	...	...	174

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, e 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 e 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,

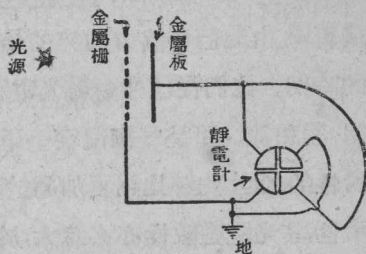
所以他就肯定這是感應圈發出火花射線的效應，後來他又於測微計的前面，用一表面光滑的金屬片，來把光線反射，那末，火花放電的長度，又恢復前狀了。若將金屬片移去，以透明的玻璃板來代替，則效應全無。他經以透明和不透明的固體和液體等，一一加以試驗，並在感應圈的前端，開一小縫隙，把通過縫隙的光線，由一水晶稜鏡來分散，再移動測微計的間隙，先對準稜鏡光譜的紅色，然後漸漸偏向紫色去，以觀察火花的效應，得知越近紫色，效應越顯著，完全達到紫色時，效應為最大。結果得一結論：效應顯著的程度，與隔離物體傳送紫外線能力之大小成正比。此外如由電弧或燃鎂等所生之紫外光，亦有相同的效應，並且光線射於間隙負端，其效應較射於正端時為大。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

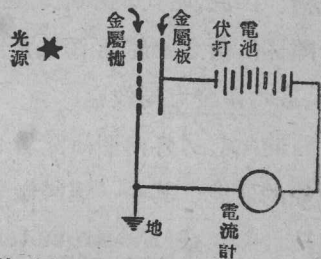


第二圖 李歧試驗光電效應之線路

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,叫茲斯士力多(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(Galvanometer),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

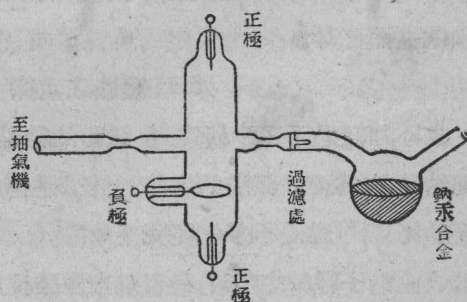
繼續哈氏以後，又有埃爾斯忒(Elster)和蓋替爾(Geitel)兩氏再接再勵，由他們兩協力研究的結果，造成光電池發達史上第二個燦爛的時期。他們從已往金屬光電靈敏性的試驗，得知效果最佳的，要推鋁，鎂和鋅。可是仔細觀察一下，在元素週期表上顯示着，鋁是屬於陽性的，而鎂和鋅比鋁更加屬於陽性，因此他們就想像到元素愈屬於陽性，其光電靈敏性亦必愈大，於是就進而試驗鹼金屬了。最初試驗的是鈉和鉀，無如這兩元素，性質甚為活動，一經和空氣或水蒸汽接觸，就立即變為不靈敏的氧化物，或氫氧化物。迨後又經過幾番探討，發覺從前試驗鋅的時候，由鋅與水銀化合成為鋅汞合金，所得的結果，較之單獨的鋅來得滿意。於是他就將這方法，利用於鈉和鉀。直至1889年，才證實這是一個更佳的結果，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。後來埃蓋兩氏，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，將埃蓋兩氏的氫化鹼素電池，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

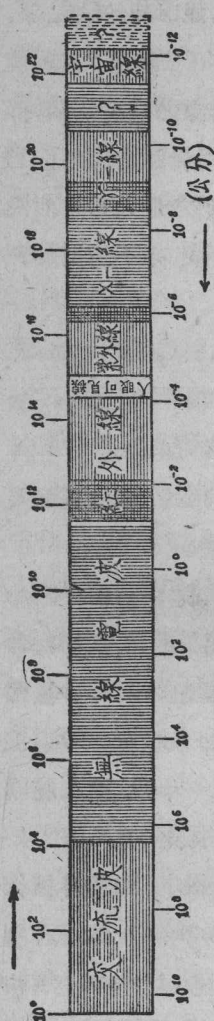
可以下面各種原因解釋之：如測量上的錯誤，或電池內部的缺點等，致使真正釋放的電子，不能準確地被收集攏來。第二條是“每單位時間，光電表面釋放之電子之最大能力，與入射光源之強度無關，而與光源之頻率成正比。”它的意義是說：電子因受光源之入射而釋放的速度，各有不同，但其中最高的速度，係以光源之最大頻率而決定。無論光源強度，加強至何程度，電子之最高速度，亦不能增加。

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 (Dessauer) 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



光 譜
圖 五

分。波長比 X- 線更短的一段，爲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，除了一部尙未經發現的，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爲紅外線。據尼科爾斯(Nichols)與提爾(Tear)試驗之結果，知該段波最長者爲 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，竟超入紅外線的界限，而達 8.2×10^{-3} 公分，那是阿卡底華(Arkadie-wa)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，即不可以之爲通常應用的目的。

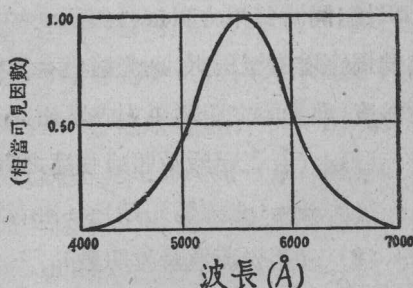
光電輻射能之源，若按物理性質來分別，大約可分為兩大類。第一類包括白熾的氣體和蒸汽。兩者的頻率，各不相同。氣體方面，最普通的一例，可以氖 (Neon) 燈喻之。氖燈不但已成為普遍化的商業廣告，且在電視上，也佔着相當的地位。這種惰性氣體，經一定電壓的放電時，就輻射出無數的紅線來。其次，時常用於攝影上照明的水銀弧光燈，即蒸汽的一例。這種光線，除極富於紫外線外，並具有強大之光化能力。

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，一定以為黃色光比紅色光來得亮些。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