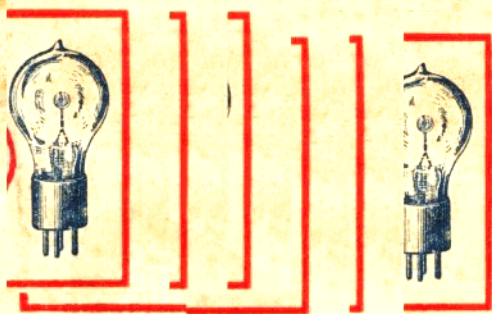
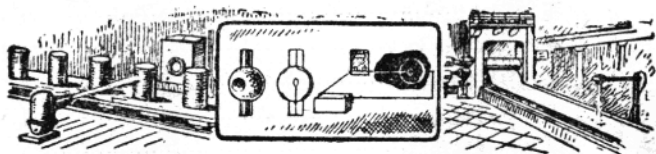


光电子学及其应用

С. Д. 克列敏齊耶夫 著



國防工業出版社



緒 言

在射擊場一間半暗的房間里傳出了响亮的口令：

——準備射擊！

一組士兵馬上作了待發準備。

……射擊！

但這是一種多么奇怪的“射擊”啊?! 聽不到槍聲，只看見短促的閃光。同時每個靶子上的小紅燈立刻全都亮了起來。真是百發百中啊！

過了幾秒鐘，紅燈熄滅了，指揮員再次發出了口令：

——射擊！

於是這種莫明其妙的事情又重新發生了：我們又看見這些毫無聲音的光的“射擊”。短促的閃光射到靶子上，同時那里又亮起了紅燈。

用光來射擊！這難道是可能的嗎？

原來這是可能的，而且這種射擊也並不是十分複雜的。

“射光步槍”的外表和普通步槍絲毫沒有區別，可是在這支特種“步槍”的彈膛里卻安裝着一個小電燈泡，它與汽車前燈上所用的小燈泡有些相象。在這支“步槍”的槍托里放置着手電筒用的干電池。它的扳機就是電燈線路的接觸器，只要一按扳機，電燈就立刻發亮，步槍也就“發

射”出短促的閃光。

但是在这种“射击”中，究竟怎样来判定瞄准的准确度呢？

讓我們仔細的來看看靶子吧。靶子中心的“小圓点”上裝有很小、但却很有趣的和电灯泡一样的物理仪器。这种仪器叫做光电管。射击的准确度就是由它来报告。光电管对光很“敏感”。假如射击手瞄得很准确，使短促的閃光射到靶子的中心上，那么光电管就立刻亮了起来。由于光的作用，光电管就产生电流，这种电流通到靶子的信号灯里。

光电管往往叫做“电眼”。这个象征的名詞就很恰当地反映了在我們生活中能極广泛的利用光电管的意義。在生产、軍事、防火、警戒勤务、科学工作和日常生活各方面，光电管都被使用着。这种不大的物理仪器到处成为人們經常不可缺少的卓越助手。敏銳的“电眼”能有成效地对各种零件进行迅速而精确的計算，能檢驗成品的質量，管理各种各样的机器和机械，測量密閉容器內的液体水平面，以及調整室內的温度等等。光电管不仅对可見的光很“敏感”，而且还能發現我們眼睛所看不見的光綫——紅外綫和紫外綫。光电管的这些特性，就使得它可以应用到那些使在黑夜里也能看得很清楚的仪器里。

在苏联，一年比一年更普遍的使用各种自动机械裝置。我們吃的面包是自动化面包厂烤制出来的，喝的水是用自动机器清濾过的，穿的織物是用自动机器織造出来的，还有用自动電話来通話的。

苏联的冶金、化学、石油、动力和其他工業部門里的許多生产过程，現在都完全自动化了。某些现代化的机器

轉速很高，以致人已無法看管它們的工作。只有用動作極快的自動裝置才能管理這樣的機器。

在蘇聯使用自動機械裝置，不僅為愛護工人的勞動，而且也使他們從繁重的體力勞動中獲得解放，以及使產量提高。自動裝置有助於生產大量的產品和質量極高的工業品。

每個工人要管理自動裝置，就得通曉技術。他們必須學習和提高自己的技術知識。

自動裝置廣泛地使用到工業里，就會在消滅腦力勞動和體力勞動之間本質上的差別方面起着重大的作用。這對於我們的共產主義建設來說將是一個頭等重要的問題。

共產黨和蘇聯政府對生產自動化的問題是很重視的。蘇聯工業一年比一年裝備更多的各種自動裝置。在強大的水電站的建築中，自動機械裝置也起着重大而光榮的作用。

光電子自動裝置也是自動裝置里最有興趣和最重要的一个部門，它是以光電子學為基礎的。光電子學在科學和技術中是一個比較年輕、但發展很快的部門。

在光電子學中，廣泛地使用着各種各樣的光電管。

光電管究竟是什麼東西呢？它是怎樣構造和怎樣工作的呢？它在什麼地方使用和怎樣使用呢？

本書就是要答復所有這些問題。

目 录

緒 言

一、光电子学	1
光所产生的电流	1
有哪些光电管呢?	5
怎样加强光电流	11
光控繼电器	13
二、光电子学的应用	17
对操作員的帮助	17
光电子高溫計	19
各种尺寸的自动檢驗	23
在傳送帶上对于工人的帮助	26
自动計数器	27
質量的檢查	29
光的接点	31
自动安全裝置	32
液面自动調節器	33
渾濁度檢查器	35
微粒大小測量器	37
在采矿工業中	38
光电子自动停車器	39
电气安裝工的助手	41
在大海上	43
光电子学在射击比賽中的应用	46
用光电管計算時間和測定速度	47
看不見的柵欄	49
光电子“參觀指導員”	51
光电管和顏色	52
光电管和声音	54

傳真電報機是怎样工作的·····	55
電視·····	59
裝有“電眼”的魚雷·····	71
“看得見”的炮彈·····	72
光電子望遠鏡·····	74
光電子熱量發現器·····	77
三、蘇聯光電子學的成就·····	79
結束語·····	81

一. 光电子学

光所产生的电流

十九世紀末期，物理学家發現了一种很有趣味的現象。發現电弧的光具有一种很稀奇的特性，它能使帶有电荷的金屬物体放电。

举例說，如果拿磨光的鋅板，通以負电荷，并使其与驗电荷的仪器——驗电器——相連接，那末驗电器的兩張薄片就立刻分开。这是因为帶有同性电荷的物体（这里就是指驗电器的薄片而言）彼此排斥的緣故。根据薄片偏斜的角度可以判断电荷的大小。帶有电荷的驗电器能在很長時間內不失去本身的电荷。

可是，只要电弧的光一照射鋅板，驗电器的薄片就迅速下垂（图 1）。这表明鋅板受到光綫的作用就放电，失去它的一部分負电荷。

究竟为什么光能使电荷离开鋅板呢？光和电之間的关系又是怎样的呢？这些問題使卓越的俄罗斯科学家、国立莫斯科大学教授 A. T. 斯托列托夫感到很大的兴趣。

1888年，他完成了一些出色的实验。这些实验也就奠定了这个新的技术部門——光电子学的基础。

斯托列托夫把一塊金屬網放在鋅板前面。再用导綫將金屬網和电池的正極連接，負極則通过灵敏的驗电流的仪器——电流計——和鋅板連接。这时电流計沒显示出有电流，因为电路是被鋅板和金屬網之間的空气层所断开。

但是，只要电弧的光通过金屬網照射到鋅板上时，电

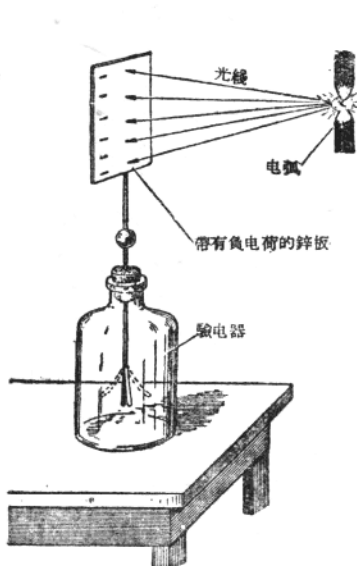


图 1 电弧的光射到帶电荷的鋅板时，鋅板就放电。驗電器的薄片就迅速下垂

流計的指針就立刻偏成某一角度。这表明电路里有电流通过（图 2）。

每次，光在鋅板上的照射剛一結束，电流便立刻停止了。



卓越的俄罗斯物理学家
A. I. 斯托列托夫

对于这种不平常的現象不是一下子就能作出充分說明的，因为还需要从新詳細地研究一下物質的結構和光的本質。

还在很古的时代里，大約兩千年以前，就已經有一些科学家覺察到，我們周圍的物体，象水、木材、金屬等，虽然看起来是整体，但实际上却是由極小的看不見的微粒所組成的。这些微粒叫做原子。原子这个名詞，在希腊文上就是“不可分割”的意思。

很長的時間內，科学家們都不能把原子分开。因此在上世紀也还是認為原子是不能分开的，認為它就是構成整

个宇宙——我們本身和周圍的一切物体——的那些小磚。

然而大約四十年前^①，物理学家已經“洞識”了原子的底細，并在精密研究之后說明了它們是怎样構成的。

原来原子的結構是很复杂的。它的中心是原子核，原子核的周圍旋轉着極小的物質微粒——帶負电荷的电子。

原子核帶正电荷。原子內所有电子的負电荷总和正好等于原子核內的正电荷，所以原子是呈中性的。

各电子受到帶正电荷的原子核的吸引，就保持在原子核周圍自己的軌道上。

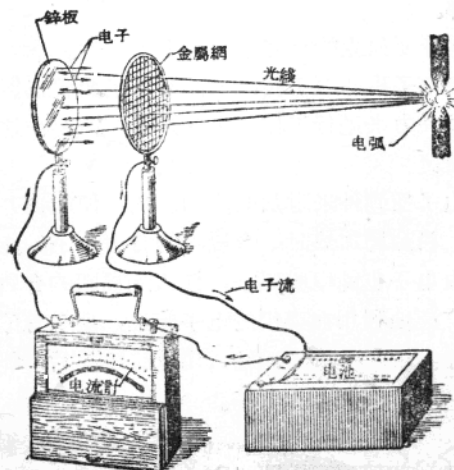


图 2 A.Г.斯托列托夫的实验情形。电弧的光通过金屬網射到鋅板时，好象把这个裝置的电路閉合起来一样。这时电流計表示电路內有电流通过

^① 列傑尔福特用 α 質点“射击”原子的实验是在1911至1912年进行的。

假如原子失去电子，或相反的，获得了多余的电子，那末，原子内电的平衡就受到破坏，它就成为带电荷（带正电荷或负电荷）。这样的原子叫做离子。

金属在所有物质中占有特殊的地位。

金属里，有部分电子在各原子中间混乱的移动着。这种电子跟在其它物质内和原子核紧密联系的那些电子不同，它们叫做“自由”电子。

可是这种“自由”也是很有限制的。

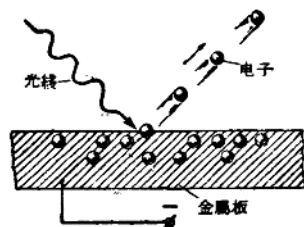
虽然自由电子能在各原子之间移动，但只限于在金属本身的内部。

电子本身要独立的离开金属是办不到的。

为了使电子离开原子核，从而使原子变成正离子，必须依靠某种外力来进行工作，也就是说，需要在这上面耗费一些能量。

自由电子受到外来附加的能的影响，便能离开金属。

例如，当金属加热时，金属内的自由电子的能量开始增加，自由电子也就挣脱出来，散入到周围的介质里。这种现象被广泛地利用在现代的电子管里，电子管的金属灯丝，用电流烧热后就能发射电子。



同时还发现了，射到金属表面上的光线，也具有使电子离开物体所需要的那种能量。

任何光源，象太阳、电弧或小电灯泡所发出来的光都具有能量。在射到各种物体上时，光能可以变成化学能（如植物的绿叶吸收太阳光，在光的

作用下形成叶綠素)、机械能(如加在气体上的光綫压力,这种光綫压力例如加在彗星尾上,就使彗星尾弯向太阳方面)、热能(如在太阳光的作用下,物体变热),还可以变成电能(如在光綫的作用下能从物質的原子內分离出电子)。

因此,斯托列托夫所看到的这种奇妙的現象,若从金屬的电子結構的观点来加以說明,那就很簡單了。斯托列托夫的实验中,就是射在鋅板上的光綫从鋅板的表面分离出电子(图3)。

电子从鋅板飞出时,就被吸引到帶正电荷的金屬網上,再从那里沿导綫进入电池。

这样,被空气断开的电路,在光的作用下就發生了电流。

斯托列托夫确定了,照射到鋅板上的光愈強,电路內的电流也愈大。

这种在光的作用下从金屬撞出电子的現象,叫做光电效应。依靠光能来形成电流的仪器叫做光电管。

有哪些光电管呢?

A.Γ. 斯托列托夫研究光电效应現象所用的裝置,就是世界上第一个光电管。可是这样的光电管还是不能在实际上来应用。这种裝置过于笨重,而主要的还是在于它所产生的电流过于微弱,并且A.Γ. 斯托列托夫在实验中所使用的鋅板,它的感光度也是很小的。于是在当时科学家們的任务就是要設法改进这个有趣的物理仪器,使它的体积縮小并提高它的感光度。经过許多科学家和工程师的研究,这样的光电管终于創造出来了。現代的光电管已經是一种感光度很高且又輕便的小型仪器。

只要把燃着的火柴放在离现代的“电眼”几公尺的地方，电眼里就出现了电流。

现在苏联的工业制造了许多不同类型的光电管（图4）。

现代“电眼”的“祖先”——A.T. 斯托列托夫的第一个光电管——只是在强烈的电弧光的作用下才能工作。可是现在制造出来的光电管，对于各种不同的光线都很灵敏。有些光电管甚至在看不见的紫外线或红外线照射时也能工作。

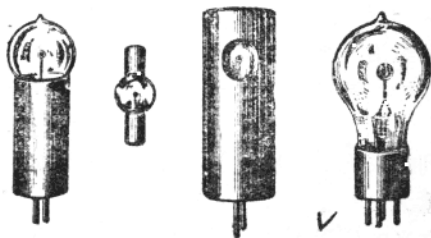


图 4 苏联制造的各种类型的光电管

图 5 所示是一种现代光电管的构造。

这里，涂在玻璃泡内面的感光金属层起着**锌板**的作用。现代的光电管里有一个小金属环，好象一个网眼或小金属片似的，它代替金属网。光电管的玻璃泡与两个金属帽——管脚相连。它们使光电管能迅速而便利的接到电路上。其中一个管脚和小圆环——光电管的阳极——连接；它接到电池的正极。另一个金属管脚——阴极——则和感光层连接；它被接到电池的负极上。

光经过玻璃射到感光层，从感光层撞出电子。撞出的电子流冲到圆环（薄板）上，而使电池的电路闭合。于是电

路里就出现了电流。

在现代的光电管中，用各种金属及其化合物作为感光层。

氧化铯光电管是现代光电管中最普遍的一种。这种光电管的感光层是很复杂的。在光电管的玻璃泡上涂着一层薄薄的银膜，银膜上涂着一层氧化铯（金属铯和氧的化合物），上面还有一层纯铯金属的薄膜。

氧化铯光电管的感光度是很灵敏的。

最近苏联科学家创造了一种新的更灵敏的“电眼”——铯铷光电管。这种光电管用铯和铷两种金属的合金作为感光物质，而光电阴极的表层则由纯铯所构成。

铯铷光电管的灵敏度要比氧化铯光电管大好几倍。现在这种光电管在工程上用得最多。

这种铯铷光电管是苏联科学家首先研究出来的。

除A.Γ. 斯托列托夫最初所研究的光电效应为基础的那些光电管以外，还有另外一些光电管。

在上面所说的那些光电管里，光把金属内的电子撞出，并把它抛向周围的空。这样就出现了外光电效应。

上世纪末期，俄罗斯科学家、嘉桑大学教授B.A. 烏里雅宁发现了并详细地研究了另外一种光电效应——内光电效应。

在内光电效应中，电子不是从金属内部飞出，而只是

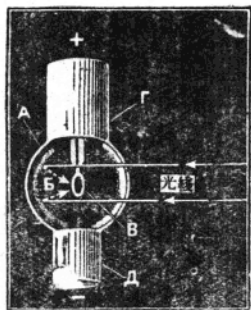


图5 现代的IIΓ-3型光电管

A—玻璃泡；B—感光层；B—小环（阳极）；Γ和Д—管脚（电极）

在金屬內部移動。

內光电效应是在光透入物質內部的相当深度，并在那里把电荷放出的情形下發生的。

这种特別有趣的現象，出現在气体、蒸汽、某些液体以及許多其他物質中。

在导电不良的物質，即半导体里，內光电效应表現得特別強烈。

許多半导体当受到光照射时，电阻就要劇烈减小。

这时它們就失去了本身的絕緣性能。电子受到光照射时就获得釋放，但不是飞到外面，而是留在物質的內部。

由于这一点以及其他很复杂的二次过程的作用，某些物質的电阻受到光照射后可以减低到几百万分之一（光电傳导性）。

一种叫做光电阻的特殊光电管就是根据这种現象創制出来的。如果用化学元素硒所制成的薄板，如图 6 所示，把它接到电池的綫路里，那末就可以获得感光非常灵敏的光电阻了。

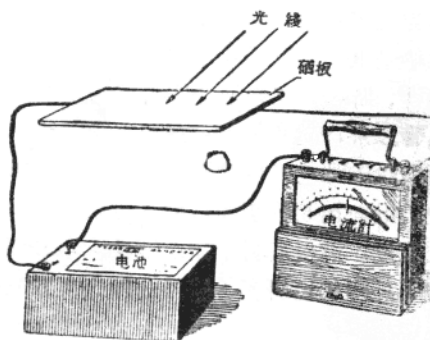


图 6 硒光电阻接綫图

硒的导电性在黑暗中非常差。在黑暗中，它的电阻要比制造普通电线的铜的电阻约大 700 亿倍。这时和硒板连接的线路里的电池电流十分微弱，它只有用灵敏度极高的测量仪表——电流计——才能发现。但是，只要光一照射硒板，它的电阻就立刻剧烈下降。同时电路内的电流就升高好多倍。照射的光愈强，测量仪表里所表示的电流也愈大。

光电阻不仅可以用硒制造，而且也可以用各种极不同的半导体制造。半导体还可以制成其他型式很有趣的光电管。带有所谓闭锁层的光电管就是这一类型的光电管。它们的构造并不复杂。这种金属板薄薄的镀上一层导电性低的物质。通常是用铜板镀上一层氧化亚铜，或铁板镀上一层半导体——硒来做的。

把这种薄板接到电路里，就可以看到下述的现象：薄板中的电流只向一个方向流动，就是从金属向半导体流动。相反的方向——从半导体到金属——电流是通不过的（图 7）。这种奇妙的特性是由于这种薄板在金属和半导体之间的界限上形成一种特殊的“闭锁”层。它彷彿在电子由半导体向金属方向移动时就把通路封闭，而在电子从金属向半导体流动时又把通路开放似的。这种闭锁层是非常薄的——比 1 公分的十万分之一还薄。

这种薄板老早就使用在工程里，作为电流的整流，就是把交流电变为直流电。

同时，这种薄板也就是光电管。

假如用导线连接金属板和半导体层，然后以光照射金属板，使光射线射到闭锁层，那末，即使没有任何其他电源，在电路内也能发生电流（图 8）。

照射到带有闭锁层的薄板上的光愈强，这种电流也愈

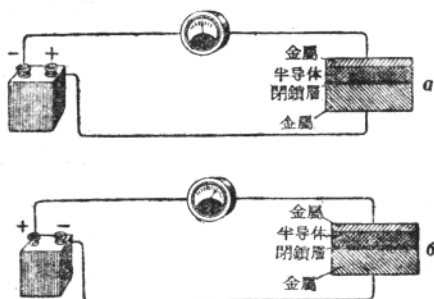


图 7 帶有閉鎖層的氧化亞銅薄板（接路图）。接通电路时，薄板中的电流只向一个方向——从金屬向半导体流动
a—沒有电流通过；b—有电流通过，閉鎖層讓电子通过

大。

实际上，在金屬板上的半导体层是做得非常薄，为的是使光更容易透到閉鎖层。

具閉鎖层的光电管和具有外光电效应的光电管相比前者要有許多优点。因为它们們的構造比較簡單，处理也比较方便，而主要的是不需要任何其他的能源。

帶閉鎖层的光电管感光度也是比較高的。

除对白光和看不見的紅外綫都敏感的閉鎖层光电管以及 B.A. 烏里雅宁所創制的鉄磁光电管以外，大約在十年前苏联科学家已經創造了更完善的具有內光电效应的新穎“电眼”——硫化鉍、硫化鉛和硫化銀的光电管了。这些光电管对于白光的灵敏度要比所有其他光电管大很多倍。

然而帶閉鎖层的光电管也有一个很大的缺点。

这种光电管甚至是感光最灵敏的，但所發生的电流也

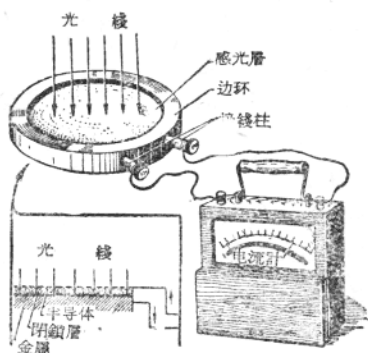


图 8 帶閉鎖層光电管的裝置綫路图和它的外形

是非常微弱，因此必須加強电流，也就是說只有經過加強，光电流才能作某种实际用途，如用来开动或停止某种机器等。这只有在处理具有外光电效应光电管所产生的光电流时是比較簡單。而要加強帶閉鎖层光电管的电流就困难得多。

因此，帶閉鎖层的光电管只有在有強烈的光源照射下，从而产生較大的光电流时才可以使用。在所有其他情況下，則使用那些具有外光电效应的光电管，因为要加強这些光电管的光电流是很容易的。

現在讓我們看看加強光电流的方法。

怎样加强光电流

加強光电流的最簡單的方法，就是在光电管电路里接入任何电动势电源。有几十（有时候几百）伏特电压的电池也可以作为这种电源。这时把电池的正極連接光电管的阳極，負極連接光电管的阴極。