

光电效应与光电器件的应用

郑冬梅 闫迎利

一、光电效应及其理论解释

著名物理学家赫兹为了验证麦克斯韦预言的电磁波,于1887年发现当光照射在金属表面时,电子可以从金属中脱出这一物理现象。这一现象叫做光电效应,可以从金属中脱出的电子叫光电子。

光电效应可以分为两类。一类是当光照射在金属表面时,电子从金属中脱出,叫做外光电效应。另一类是当光照射在某些半导体材料上时,被半导体材料吸收,并在其内部激发出导电的载流子(电子-空穴对),从而使得材料的导电率显著增加(所谓“光电导”);或者由于这种光生载流子的运动造成的电荷积累,使得材料两面产生一定的电位差(所谓“光生伏特”),这两种情况叫做内光电效应。

光电效应的实验规律是光的波动理论无法解释的。爱因斯坦为了解释光电效应,在1905年发表了题为《关于光的产生和转化的一个启发性观点》的论文,该文提出了光子-光子假说,其内容是:当光束在和物质相互作用时,其能流并不像波动理论所想象的那样连续分布,而是集中在一些叫做光子(或光量子)的粒子上。当光束照射在金属上时,光子一个个地打在它的表面。金属中的电子要么吸收一个光子,要么完全不吸收。而光子的能量 E 正比于其频率 ν ,即 $E = h\nu$ 。光电效应满足爱因斯坦方程 $h\nu = mv_0^2/2 + A$,其中 h 为普朗克常数, v_0 是光电子逸出金属表面的速度, A 是金属的脱出功(或称功函数)。

这个假说是普朗克量子假说的发展。该假说描述了量子吸收和释放的基本过程,很好地解释了光电效应,10年后被密立根的实验完全证实。爱因斯坦因此获得1921年的诺贝尔物理学奖。

二、常用的光电器件

将光信号(或光能)转变成电信号(或电能)的器件叫光电器件。现已有光敏管、光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管、光敏组件、色敏器件、光敏可控硅器件、光耦合器、光电池等光电器件。这些器件已被广泛应用于生产、生活、军事等领域。下面着重介绍几种光电器件的应用及其检测方法。

光敏管 光敏管包括光电管、光电倍增管和像

管三类。光电管和光电倍增管都是辐射光的接收器件,完成光信号转变好电信号的功能。光电管广泛应用于光电转换装置,如传真机、电影放映机、录音机、VCD、DVD等设备中。光电倍增管用于电影放映机的还声系统,像管用于摄像机。

光敏电阻器 光敏电阻器是一种电导率随吸收的光量子多少而变化的电子元件。当某种物质受到光的照射时,载流子浓度增加,从而增加了电导率,这就是光电导效应。这种附加的电导叫光电导。根据光敏电阻器的光谱特性,光敏电阻器可分为以下几类:紫外光敏电阻器,用于探测紫外线;可见光敏电阻器,主要用于自动控制、光电跟踪以及照相机的自动曝光等场合;红外光敏电阻器,主要用于导弹制导、光报警装置、人体病变探测、红外通信等工作中。

光敏二极管、三极管 硅光敏管有硅光敏二极管、硅光敏三极管两类。硅光敏管的基本结构是PN结,当硅光敏二极管不受光照时,通过PN结的仅是由环境温度产生的微小暗电流及加反向偏压所产生的漏电流;只有受到光照时,光的能量变成电能,才产生光电流。在光敏三极管中,光信号从基极输入,且可以通过调节偏置得到所需要的工作状态和放大特性。

光电耦合器 光电耦合器是以光为媒介、用来传输电信号的器件。通常是把发光器(可见光LED或红外光LED)与受光器(光电半导体管)封装在同一管壳内。当输入端加电信号时发光器发出光线,受光器接收光照后就产生光电流,由输出端引出,从而实现了“电-光-电”的转换。光电耦合器主要用于稳压电源、光电开关、限幅器及各种逻辑电路中。用以代替继电器等装置。

太阳能电池 硅太阳能电池是将太阳能直接转换成电能的一种半导体器件。硅光电池等效于一个PN结,在光照条件下PN结两端能产生电动势,接上负载后就形成电流。硅太阳能电源系统利用的是取之不尽的太阳能。硅光电池可组成太阳能手表、太阳能计算器。它还被广泛用于人造卫星、通信系统、电视机、收录机、照明等其他领域。

从量子力学到信息技术

睦 平

提到量子力学,现代人们都知道它是现代物理学中重要的基础理论,也是现代科学技术中的两大重要基石之一,它是一门能使人类把握宏观物体的各种性能,并能深入认识物体微观结构的科学。提到信息技术,人们都知道它同样是现代高新技术,也是20世纪五大尖端技术之一。然而,谈到两者是否存在关系、是何种关系时,则鲜为人知。当我们翻开科技发展的史册,对信息技术进行追源探因,就可以发现:量子力学是信息技术的源泉,是信息技术的原创理论基础;信息技术是量子力学理论的技术应用和技术开发。下面我们不妨从科学技术发展的历程中追源探因。

20世纪20年代无疑是理论物理学的黄金时代,在短短几年之内,为了解决旧量子论的困难,物理学家在不同地点、从不同角度、以不同形式,建立起一种描述微观世界的统一的基本理论——量子力学。它用严格的数学语言调和了波和粒子这两种对

立的经典概念在描述同一微观客体时出现的矛盾。量子力学的建立为人类了解物质结构奠定了基础。

1926年,狄拉克在薛定谔的多体波函数启示下,开始研究全同粒子系统。他发现,若描述全同粒子的多体波函数是对称的,这些粒子将服从玻色-爱因斯坦统计;若这一波函数是反对称的,这些粒子将服从另一种统计,即费米-狄拉克统计。虽然费米在几个月前就提出了这种统计方法,但狄拉克却更深刻地揭示了统计类型与波函数对称性性质的关系,并证明了在波函数反对称条件下,新的统计是量子力学的必然结果。这一统计法的提出,使人类得知固体中的电子服从泡利原理。

1928年普朗克在应用量子力学研究金属导电问题中,提出固体能带理论的基本思想——能带论。根据能带论,在外电场作用下,半导体导电是靠满带中的“空穴”和导带中的电子这两种载流子进行的。“空穴”参与的导电过程称为P型导电,电子参与的

三、常用光电器件的检测

光敏电阻的检测 光敏电阻是用硫化镉(CdS)或硒化镉(CdSe)材料制成的特殊电阻器,它对光线非常敏感。无光线照射时呈高阻态,随着照度的增高,电阻值迅速降低。对于光敏电阻,在没有光照($E=0$)时器件的电阻称为暗阻,一般为一百千欧至几十兆欧。在规定的照度下,电阻值降至几千欧,甚至几百欧,称之为亮阻。显然,暗阻愈高愈好,亮阻越低越好。

检查光敏电阻时可选择万用表的 $R \times 1 \text{ k}$ 档,表笔分别与管脚接通。用黑纸遮住光敏电阻时,电阻读数接近无穷大,有光照时电阻减小;也可以将器件管帽对准入射光线,用小纸片在其上面晃动,改变光敏电阻的照度,万用表的指针将随接收光线的强弱而左右摆动。假若万用表的指针始终停在无穷大处,说明光敏材料损坏或内部引线开路。

光电耦合器的检测 用万用表检测光电耦合器,首先用 $R \times 100$ (或 $R \times 1 \text{ k}$)档测量发射管的正、反向电阻,检查单向导电性。其次分别测量接收管的集电结与发射结的正、反向电阻,均应单向导电;

然后测穿透电流,其值应为零。最后用 $R \times 10 \text{ k}$ 档检查发射管与接收管的绝缘电阻,其值应为无穷大。

硅光电池的检测 用万用表检查硅光电池有三种方法:第一,测量电阻:将万用表拨至 $R \times 1 \text{ k}$ 档,红表笔接“+”、黑表笔接“-”。当硅光电池置于暗处时,电阻值呈无穷大;当它靠近白炽灯时,电阻值迅速减小。注意,因硅光电池是电源,故表笔不得接反,否则表针将打表。第二,测量开路电压:将万用表拨至适当的直流电压档(档位可由被测对象的参数来定,不知道参数的情况下,可选择较高档位),红表笔接“+”、黑表笔接“-”,以白炽灯作光源,当两者之间距离变化时,开路电压值也随之变化。第三,测量短路电流:将万用表拨至适当的直流电流档(档位可由被测对象的参数来定,不知道参数的情况下,可选择较高档位),红表笔接“+”、黑表笔接“-”,以白炽灯作光源,当两者之间距离变化时,短路电流值也随之变化。在日光下测短路电流时间应尽量短,以免硅光电池发热损坏。

(郑冬梅,福建三明学院应用物理系 365004; 闫迎利,河南安阳师范学院物理系 455000)