

由光电效应测定普朗克常数

傅银生 李学丹

(浙江大学信息电子学工程系)

摘要

本文讨论了对于不同结构的光电管采用不同的方法(即交点法、拐点法和电流修正法)确定截止电压。由实验获得了符合理论分析的结果。并介绍了一种专用光电管和教学实验用的普朗克常数测定仪。

普朗克常数 h 是量子物理中的基本常数。它的公认值为 $6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ 。由光电效应测定 h 是高等学校的基本物理实验之一。实验原理如图 1 所示。根据爱因斯坦方程,入射单色光的频率 ν 、光电子的最大动能 $\frac{1}{2} m\nu^2$ 和阴极逸出功 W 三者间的关系为

$$\frac{1}{2} m\nu^2 = h\nu - W.$$

光电子的最大动能可由加在光电管两电极上的负电压决定。当负电压增至 U_0 时,光电流减少至零, U_0 称为截止电压。光电子的最大动能为

$$\frac{1}{2} m\nu^2 = eU_0.$$

如考虑到由于两电极材料的不同而引起的接触电位差 U_c ,则光电子的最大动能为

$$\frac{1}{2} m\nu^2 = e(U_0 + U_c).$$

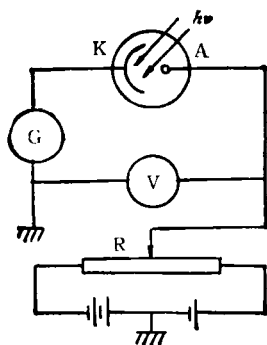


图 1

将上式代入爱因斯坦方程,可得

$$U_0 = \frac{h}{e} \nu - \left(U_c + \frac{W}{e} \right).$$

由上式可知, U_0 和 ν 成线性关系。由不同频率的单色光照射光电管阴极,测出相应的截止电压,然后作 $U_0 \sim \nu$ 图,由此图上的直线的斜率即可求得 h 。

精确测定 h 的关键在于正确决定截止电压。实际上,往往由于阴极上的散射光照射阳极以及阳极为低逸出功材料所沾染的原因,出现了反向电流,使截止电压难以确定。本文对不同类型的光电管提出了三种确定截止电压的近似方法。

一、截止电压的确定

如光电管的暗电流可忽略,则理想的光电管的伏安特性如图 2 中的正向电流所示。实际上,由于前述原因,产生了反向电流,故实测电流是正向电流和反向电流叠加的结果。实测的

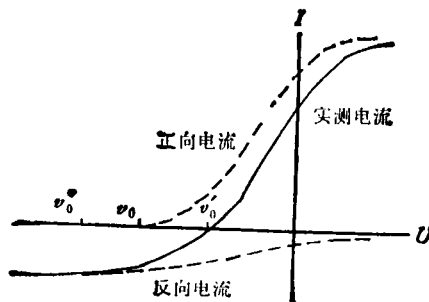


图 2

截止电压 U'_0 不等于 U_0 。两者之差由正向电流上升的快慢和反向电流的大小决定。正向电流上升越快,反向电流越小,则 U_0 与 U'_0 之差越小。

由于光电管的电极结构、阳极沾染情况以及散射光的强度等不同,反向电流的变化所导致的截止电压的差异将会很大。我们着重讨论不同结构的光电管采用不同的方法确定截止电压。

1. 光电管的阴极采用大平面结构,阳极用细丝做成大环形可加热的结构。这种电极结构使阴极发射的光电子较易被阳极接收。在截止电压附近,正向电流上升较快,细丝阳极沾染面积小,若通电加热后污染物又大部分被赶走,则反向电流较小。因此, U'_0 与 U_0 之差较小,可近似用实测的 U'_0 作为截止电压。这种确定截止电压的方法称为交点法。有关书刊中介绍的电容充电法,其实质就是交点法。联邦德国 Leybold 的 55877 光电管和我国华东电子管厂新研制的 GD-27 光电管^[1]即属此类。

2. 采用反向电流容易饱和的光电管。如阴极为球壳形,阳极为半径比阴极小得多的同心小球,则阳极发射的光电子很容易被阴极接收,在负电压到达 U_0 之前,反向电流已达饱和(见图 2)。因此,可以认为实测电流开始进入饱和时,拐点处的电压 U'_0 就是截止电压 U_0 。这种确定截止电压的方法称为拐点法。但是,由于在球心阳极的光电管中,阴极发射的电子不容易被阳极接收,故在截止电压附近,正向电流上升较慢,拐点不明显,因而用拐点法确定截止电压有较多的人为因素。

3. 采用阴极和阳极完全对称的光电管。这时可认为反向电流与电压的关系和正向电流与电压的关系一样,只是两者之间相差一个常数。因此,可以用实验的方法求出常数,然后对实测电流进行修正,找出相应的正向电流,从而确定截止电压。此法需对实测电流曲线逐点进行修正计算,较为麻烦。

由上述可知,不同结构的光电管应该采用不同的方法确定其截止电压。确定截止电压的方法的选择如表 1 所示。

表 1

反向电流大小	反向电流饱和情况	确定截止电压的方法
大	容易饱和	拐点法
小	不易饱和	交点法
小	容易饱和	交点法或拐点法
大	不易饱和	难以确定
电极对称	—	电流修正法

此外应该指出的是,如果所用光电管有明显的暗电流,则从实测光电流中应减去相应的暗电流。

二、实验结果

分别对 GD-27 管和 GD-4 管用交点法和拐点法确定它们的截止电压,作 $U_0 \sim \nu$ 图,并用最小二乘法进行直线拟合,所得的实验结果分别如表 2 和表 3 所示。结果表明,上述理论分析符合实际情况。GD-27 管正向电流上升快,反向电流小,宜用交点法。GD-4 管具有半球壳形阴极和球心小阳极的电极结构,故反向电流较易饱和,宜用拐点法。

表 2

波长 λ (nm)	405	436	546	578	斜率 $\frac{\Delta U}{\Delta \nu}$	h	与公认值之差
频率 ν (10^{14}s^{-1})	7.41	6.88	5.49	5.19	($10^{-13} \text{V} \cdot \text{s}$)	($10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$)	
交点法 U'_0 (V)	1.47	1.25	0.69	0.58	4.02	6.44	-2.9%
拐点法 U'_0 (V)	1.75	1.60	0.82	0.70	4.96	7.95	+20%

(下转第392页)