

测量金属脱出功的一种新方法

段 向 阳

(基础部物理教研室)

摘 要

本文通过对拐点法确定遏止电压点的探讨,提出了一种测量金属脱出功的新方法。该方法弥补了热离子发射法和红限频率法的不足之处,而且具有实验设备简单、操作容易、实验数据误差小等优点,适用于一般工科院校的物理实验教学。

一、方法的提出

金属脱出功的测量是大学物理实验的基本内容之一,它可以加深学生对金属电子理论的理解。通常在物理实验中采用热离子发射法和红限频率法来测量金属脱出功。

热离子发射法是利用热电子发射的里查逊——杜师曼方程〔1〕来确定金属脱出功的值。此实验具有设备比较简单的特点,因而我国多数院校都以此法进行实验教学,但由于采用的是光学测温系统,误差较大,一般误差都在百分之七以上〔2〕。

红限频率法则需要利用一套分光系统,将白光分成不同频率的光射入到光电管内,找出红限频率 ν_0 ,然后用 $W = h\nu_0$ 确定金属的脱出功。此实验的设备比较复杂〔3〕,操作难度大,学生不易掌握。因而,一般工科院校很少在学生中开设这个实验。另外,福勒(Fowler)等人指出:红限频率附近光电发射受温度的影响较大,金属脱出功的值容易随温度产生漂移,如果控制不好,也可能产生较大的误差〔4〕。是否能找出一种兼有以上两种方法长处的新方法呢?

根据有关文献〔5〕的报导,我对拐点法确定遏止电压点进行了探讨,并将它用来测量金属脱出功,效果比较理想,现将该法概述于下。

二、遏止电压法测量金属脱出功的探讨

在光的照射下,光电子从金属中逸出,在外电场的作用下作定向运动而产生光电流。如

本文于1986年12月11日收到

果我们反向加入电压，光电流将随电压的增加而减小，当反向电压达到某一值时，光电流正好为零。这时光电子的全部动能都用来克服电场力做功。

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV_0 \quad (1)$$

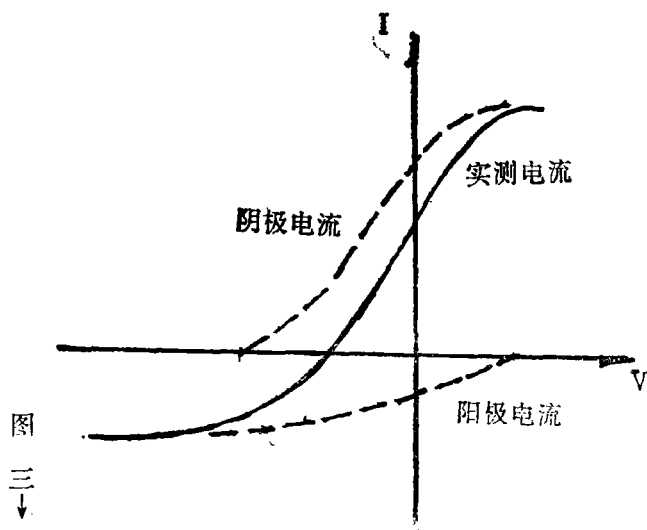
其中： V_0 为遏止电压，单位为伏特。

对于不同频率的光，遏止电压 V_0 的数值不同，即光电子所获得的初动能也不同。因此，爱因斯坦光电效应方程可以改写为：

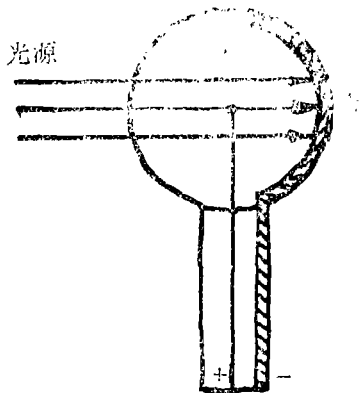
$$h\nu = eV_0 + w \quad (2)$$

由(2)可知，只要找出入射光的频率和遏止电压值，便可得到金属脱出功的大小。但事实告诉我们，要确定遏止电压 V_0 的数值是比较困难的〔6〕。

遏止电压的大小直接决定了金属脱出功的数值。因此，我们应该准确地确定遏止电压点。在实际测量中，由于阳极被阴极材料沾污，当有杂散光照射它时，就会向外发射电子，产生阳极光电流〔4〕，使得遏止电压点产生漂移，即在光的照射下，阴极向外发射电子，被污染的阳极也同时向外发射电子，在电场的作用下，分别形成阴极电流和阳极电流。所以我们实际测量出的电流是阴极电流和阳极电流的叠加。如图一所示。

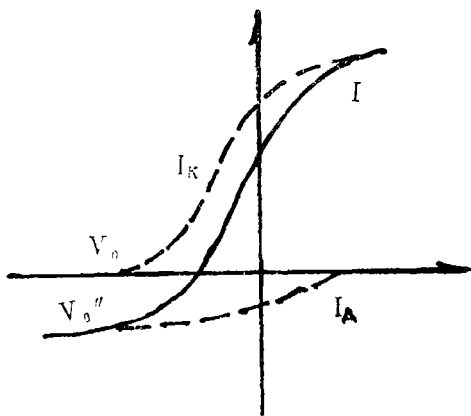


图一



图二

←图一



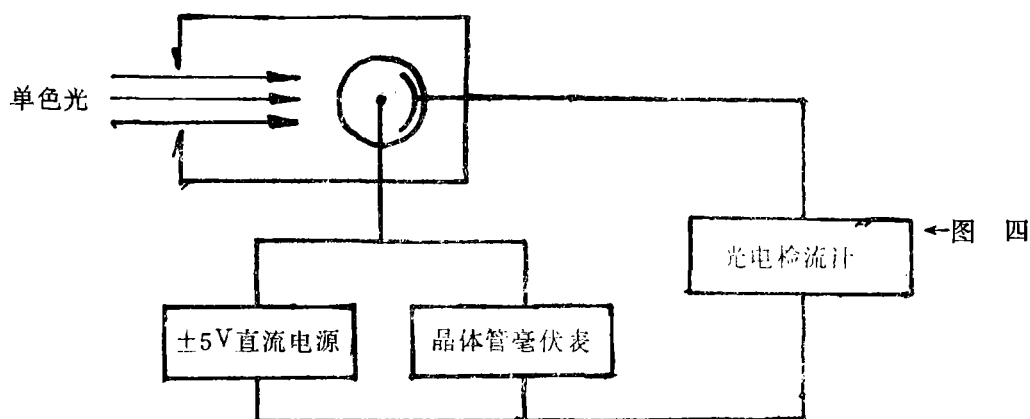
由于大多数光电管都是由两个电极构成，金属小球或小圈的阳极A位于管子的中心部位，阴极K是一个类似于球形的金属壳，如图二所示。从阳极小球向外发射的电子几乎全部都可以被阴极接收到，很容易造成反向电流饱和。当反向电压上升到某一数值时，阴极电流被完全抑制了，此时阳极电流正好进入饱和状态，反向电流等于阳极电流，在反向电流变化曲线中出现一个拐点，如图三所示。利用拐点处的电压值代替遏止电压 V_0 的数值，实验证明是可行的。这种类型的管子，阴极向外发射的电子不易被阳极小球接收，阴极光电流上升缓慢，所以，正向拐点不明显。

以采用阳极加热式光电管（如华东电子管厂生产的GD—27光电管），消除阳极上的 沾污，

三、遏止电压法测量金属脱出功的实验

1、实验装置

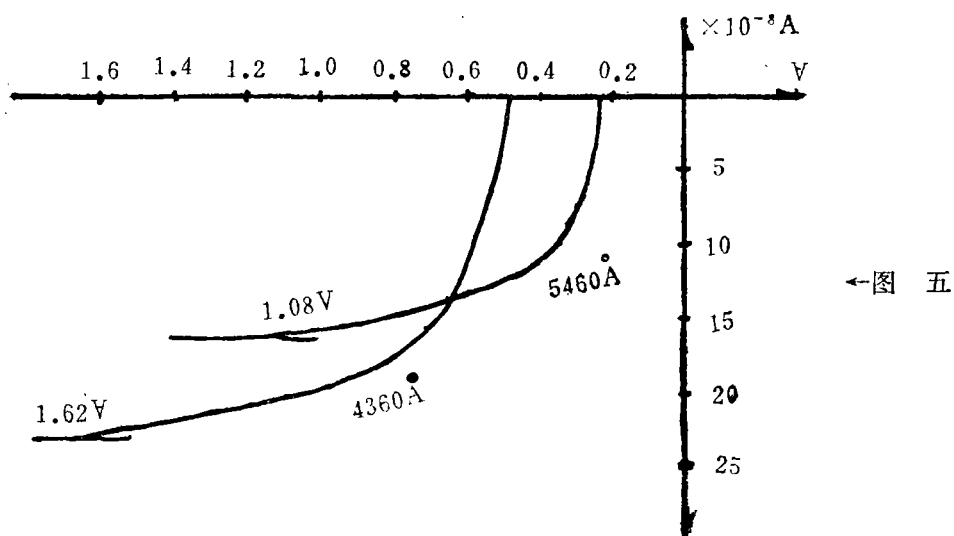
为了得到比较可靠的数据，我利用光电效应的实验装置〔7〕加以适当的改进，制作了这套金属脱出功的测量装置。它由三部分构成：单色光源、暗箱、测量电路。其中，单色光源可根据实际需要进行替换，测量电路采用手动法测试，如加以适当的改进，也可以用X—Y函数记录仪快速描绘光电管的I—V曲线，由于采用了晶体管毫伏表和光电检流计，可以使测试精度大大地提高。本装置的暗箱采用江苏师范大学仪器厂生产的《光学实验组合



教具箱》，内有距离刻度，调整比较方便。实验原理如图四所示。

2、实验结果

图五、图六所示是利用GD—5型光电管绘制的一组反向电流特性曲线，这种管子的技术参数为：



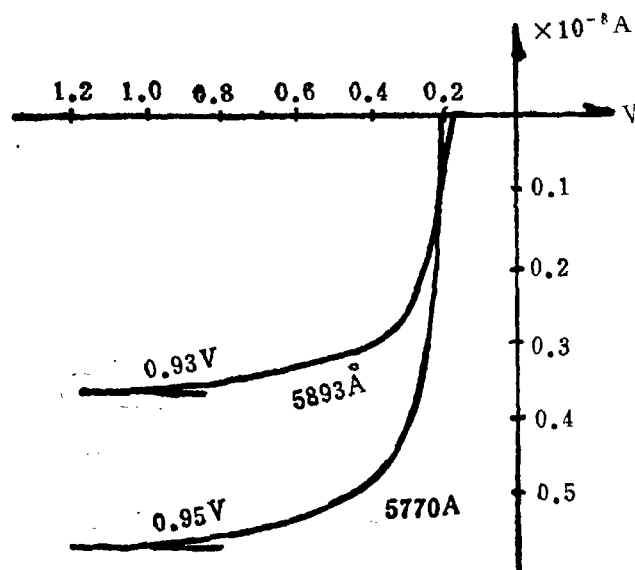


图 六

光谱灵敏度范围: $2000 \sim 7000 \text{Å}$;

工作电压: 30V ;

暗电流 (在工作电压 30V 时): $\leq 3 \times 10^{-11} \text{A}$;

峰值波长: $4000 \pm 200 \text{Å}$

下表为实测数据:

波长 (Å)	遏止电压 (V)	脱出功 (电子伏特)
4350	1.62	1.9641
5460	1.08	1.9102
5770	0.95	1.9228
5893	0.93	1.8829
平均脱出功 A		1.9200

实验数据分析:

金属Cs脱出功的公认值为1.9电子伏特 [8] , 本实验利用遏止电压法测出的结果为:

$$A = 1.9200 \text{ (电子伏特)}$$

误差值为: $1.9200 - 1.900 = 0.020 \text{ (电子伏特)}$;

相对误差: $0.02 / 1.900 = 0.0105$ 即 1.05%

3、实验注意事项

上面所介绍的测量金属脱出功的方法, 关键在于精确地确定遏止电压, 由于阳极电流的影响, 使得遏止电压点位移。对于某些特殊的光电管, 利用拐点法确定遏止电压值是可行的。但是在实际测量中应注意以下几个问题:

(1) 为了减少阳极电流, 可以缩小入射光的照射面积, 消除光电管内的杂散光。另外也可

但要注意控制加热时间和加热电流，否则，不但达不到消除阳极上沾污物的目的，还会使阳极过热而改变性能。

(2)入射光最好选用单色性好的光源，而且光强不宜太弱，以免光电管内的明电流和暗电流在同一个数量级内，从实验的角度来看，利用纳黄光或汞灯滤色后聚焦入射，效果能达到满意的程度。

(3)光电管的内部构造对遏止电压点影响非常大，可以定做一些特殊形状的光电管(如阴极为球壳形，阳极为小球形的同心光电管)，这种类型的光电管用拐点法确定遏止电压效果最佳。

(4)在绘制反向电流曲线时，取点应适当地密一些，这样才能找到电流变化的拐点，确定遏止电压 V_a 的数值。

四、三种测量方法的分析对比

光电子的发射受到环境温度的影响，使得金属材料的脱出功在数值上不均匀，但偏差不大。以铯铷阴极材料为例，大多数学者利用光电效应法所测的结果都在1.9电子伏特左右。

1947年伯汤(Burton)测量的结果为1.9电子伏特；1953年米亚扎娃(MiaZaWa)的测量结果也为1.9电子伏特；1960年肯兹(KunZc)所测量的结果又在1.9~2.0电子伏特之间。根据文献[4]的报导，温度变化对金属材料脱出功的影响，在室温($-20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$)范围内，偏差一般不大于6%，而且在红限频率处最为明显。

金属脱出功的三种基本测量方法(热离子发射法、红限频率法和遏止电压法)各有千秋，现比较如下：

测量方法	设备	操作	误差	受室温影响
热离子发射法	简单	较难	大	无
红限频率法	复杂	难	中	大
遏止电压法	简单	易	小	小

由上表不难看出，遏止电压法测量金属脱出功简单易行，学生比较容易掌握。因而，适用于一般工科院校的物理实验教学。

参考文献

- [1] 方俊鑫、陆栋:《固体物理学》上册,上海科学出版社,P.197~198,(1980.12)。
- [2] R.M.Whittle, J.Yarwood著,蔡峰怡译:《伦敦工学院200个物理实验》。科学技术文献出版社,P.325~329,(1984.11)
- [3] B.N.HBEPOHOBA主编,蒋智译:《物理实验》第三册,商务印书馆出版,P.138~144,(1953.12)。
- [4] 史玖德《光电管与光电倍增管》,国防工业出版社,P.10~60,(1981.11)
- [5] 黄源侗,《物理实验》VOL.1, NO.2, P.70~73,(1981.6)。
- [6] 沈英琪:《物理实验》VOL.4, NO.1, P.28~30(1984.2)
- [7] 华东交大物理教研室:《物理实验讲义》下册P.96~99,(1980.4)。
- [8] 程守洙、江之永:《普通物理学》第三册,高等教育出版社,P.145,(1982.12)