

课程编号_____

得分	教师签名	批改日期

深 圳 大 学 实 验 报 告

课程名称：_____大学物理实验（二）_____

实验名称：_____

学 院：_____

指导教师：_____

报告人：_____组号：_____

学号_____实验地点_____

实验时间：_____年____月____日

提交时间：_____

一、实验目的

- 1.学习利用加热电子使热电子发射的方法测量逸出功
- 2.学习直线测定法（理查逊直线法），外延测量法等基本测量方法
- 3.学习数据处理的方法

二、实验原理

(一)能级与逸出功

- 1.金属传导电子的能量分布服从费米-狄拉克分布，即

$$f(E) = \frac{dN}{dE} = \frac{4\pi}{h^3} (2m)^{\frac{3}{2}} E^{1/2} [\exp(e \frac{E-E_F}{kT}) + 1]^{-1} \quad (3-10-1)$$

其中 E_F 费米能级， k 为玻尔兹曼常数 ($k=1.38 \times 10^{-23} \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$)。

2.从能量角度看，金属中电子是在一个势阱中运动，势阱深度为 E_b ，在热力学温度为零时，电子所具有最大能量为 E_F ， E_F 为费米能级，这时电子逸出金属表面至少需要从外界得到能量为

$E_0 = E_b - E_F = eV$ ，其中 E 称为金属电子的逸出功，也称功函数，单位为电子伏特(eV)， e 是电子电荷， V 称为逸出单位。

(二)热电子发射测量电子逸出功基本原理

1.热电子发射是通过提高金属温度来改变电子分布，是其中一部分电子的能量大于 E_0 ，这些电子就能从金属中发射出来。

2.在高真空的电子管中，一个有被测金属丝做成的阴极 K ，通过电流 I_f 加热，并在另一个阳极施加正向电压时，在连接两个电极将有电流 I_a 通过，如图 20-2。

3.由费米-狄拉克能量分布可推导出热电子发射的里查逊-杜西曼公式为

$$I = AST^2 e^{-\frac{eV}{kT}} \quad (3-10-2)$$

其中 I 是热电子发射的电流强度(单位是 A)， S 是阴极金属的有效发射面积(单位是厘米)， T 是阴极的绝对温度(单位是 K)， A 是与阴极化学纯度有关的系数(单位是 $\text{A} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-2}$)

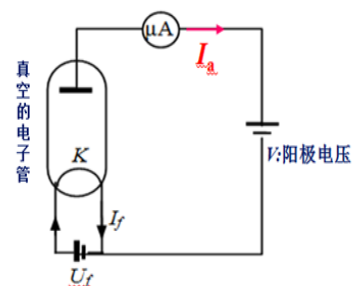


图 20-2 真空电子管及外围电路

4.由于 A 和 S 难以测定，可采用里查逊直线法，对(3-10-2)两边取对数并除以 T^2 ，再做对数得到

$$\lg \frac{I}{T^2} = \lg(AS) - 0.43 \frac{eV}{kT} = \lg(AS) - 5.04 \times 10^3 \frac{V}{T} \quad (3-10-3)$$

此式子显示， $\lg \frac{I}{T^2}$ 与 $\frac{1}{T}$ 成线性关系，以这两者作图，求斜率即可得到电子的逸出电势 V 。

(三)肖特基效应与外延法求零场电流 I

1.为维持阴极发射的热电子不断飞到阳极，要在阴极阳极之间加一个加速电场 E_a ，由于 E_a 的存在会使阴极表面势垒 E_b 降低，因而逸出功减小，发射电流增大，这就是肖特基效应。可证明 I_a 与零场电流 I 关系为

$$I_a = I e^{\frac{0.439\sqrt{E_a}}{T}}$$

对上诉式子取对数得

$$\lg I_a = \lg I + \frac{0.439}{2.30T} \sqrt{E_a} \quad (3-10-4)$$

$$E_a = \frac{U_a}{r_1 \times \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

如果把阴极和阳极做成共轴圆柱形，并略电势差及其他影响
阴极半径， r_2 是阳极半径，将 E_a 带入(3-10-4)得

$$\lg I_a = \lg I + \frac{0.439\sqrt{U_a}}{2.30T \sqrt{r_1 \times \ln \frac{r_2}{r_1}}} \quad (3-10-5)$$

由上式可知 $\lg I_a$ 与 $\sqrt{U_a}$ 成线性关系，以 $\sqrt{U_a}$ 为横坐标， $\lg I_a$ 为纵坐标作图得一直线，如图 3.11-5，此直线的延长线与纵坐标的交点为 $\lg I$ ，由此可求出在一定温度下的零场电流 I 。

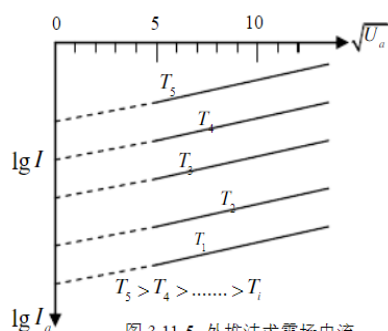


图 3.11-5 外推法求零场电流

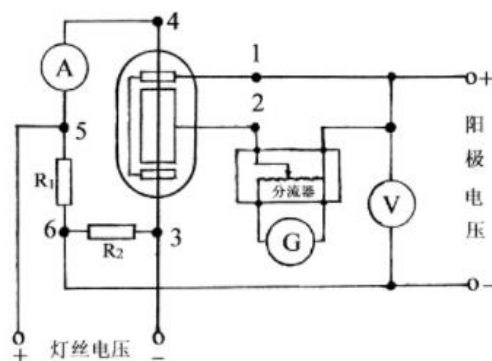


图 3.11-6

(四)实验电路

如图 3.11-6 所示，，当测定了阴极温度 T ，阳极电压 U_a 和发射电流 I_a 后，可通过数据处理，等到零场电流 I ，即可求出 eV 。

(五)理想二极管与温度测试

实验中所用电子管为直流式理想二极管，二极管的阴极由直径 0.075mm 左右的纯钨丝做成，阳极为长 1.5cm，半径 0.42cm 的镍制圆筒，表 3-11-7 为灯丝电流与灯丝温度 T 之间的对应数值关系。

I_f (A)	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
T ($10^3 K$)	1.72	1.8	1.88	1.96	2.04	2.12	2.2

表 3-11-7

三、实验仪器：

1. THQYC-1 型金属电子逸出功实验仪
2. THQYC-1 型金属电子逸出功测试台

四、实验内容：

1. 将仪器面板上的三个电位器逆时针调到最小位
2. 仔细检查线路，实验仪与测试台用导线按编号一一对应连接
3. 接通主机电源开关，预热 20 分钟后开始测试
4. 调整理想二极管的灯丝电流，使灯丝电流显示 0.55A
5. 调整理想二极管的阳极电压，分别为 16、25、36、49、64、81、100、121 电压，测出对应的阳极电流并记录
6. 调节灯丝电流，每次增加 0.05A，重复上述测量，直至 0.75A，每改变一次灯丝电流都要预热 2 分钟
7. 测量结果记录如表 4-10-1

I _a /(μA)		U _a /(V)							
		16.0	25.0	36.0	49.0	64.0	81.0	100.0	121.0
I _f /(A)	0.55	4	4	4	4	4	5	5	5
	0.60	17	17	18	18	18	19	19	19
	0.65	59	60	61	62	63	64	65	66
	0.70	178	181	184	187	190	193	196	199
	0.75	482	492	500	508	516	524	531	539

表 4-10-1

五、数据记录：

组号：_____；姓名_____

六、数据处理

1. 根据表 4-10-1 中的数据，换算出相应的 $\log I_a$, $\sqrt{U_a}$ ，记录到表 4-10-2

lg Ia/(A)		$\sqrt{U_a}/(\text{V})$							
		4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0
$I_{\text{f}}/(\text{A})$	0.55	-5.39	-5.39	-5.39	-5.39	-5.39	-5.30	-5.30	-5.30
	0.60	-4.77	-4.77	-4.74	-4.74	-4.74	-4.72	-4.72	-4.72
	0.65	-4.23	-4.22	-4.21	-4.21	-4.20	-4.19	-4.19	-4.18
	0.70	-3.75	-3.74	-3.74	-3.73	-3.72	-3.71	-3.71	-3.70
	0.75	-3.32	-3.31	-3.30	-3.29	-3.29	-3.28	-3.27	-3.27

表 4-10-2

2. 根据表 4-10-2 作出 $\lg I_a - \sqrt{U_a}$ 曲线(如图 4-10-1), 并用最小二乘法拟合曲线, 求出截距 $\lg I$, 得到在不同温度下零场电流 I , 并根据表 3-11-7 得到对应温度 T , 换算出 $\lg \frac{I}{T^2}$ 和 $\frac{1}{T}$, 记录到表 4-10-3

lg I	I/(10 ⁻³ A)	T/(10 ³ K)	1/T	lg(I/T ²)
-3.35	0.03	1.80	0.56	-5.99
-3.78	0.15	1.88	0.53	-5.35
-4.26	0.56	1.96	0.51	-4.84
-4.80	1.66	2.04	0.49	-4.40
-5.48	4.51	2.12	0.47	-4.00

表 4-10-3

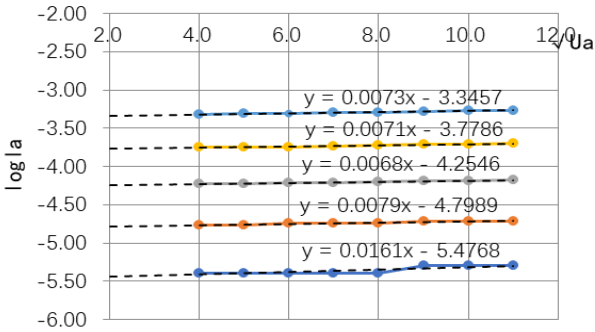


图4-10-1

3. 根据表 4-10-3 中的数据, 做出 $\lg \frac{I}{T^2} - \frac{1}{T}$ 图线 (如图 4-10-2) 得到斜率 $k = -2.36 \times 10^4$, 由公式 $\lg \frac{I}{T^2} = \lg(AS) - 0.43 \frac{eV}{kT} = \lg(AS) - 5.04 \times 10^3 \frac{V}{T}$, 电子的逸出电势 $V = -k / 5.04 \times 10^3 = 2.36 \times 10^4 / (5.04 \times 10^3) = 4.68 \text{V}$

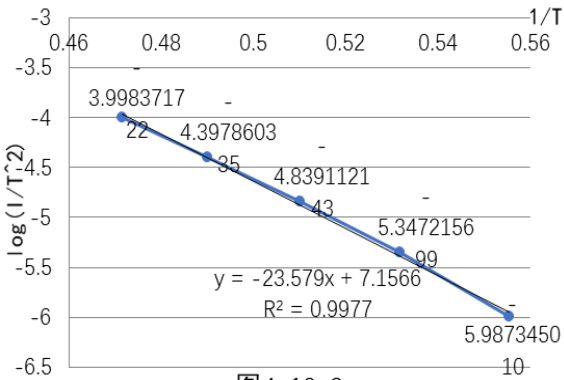


图4-10-2

4. 由金属电子的逸出功 $E_0 = E_b - E_F = eV$ ，可得金属电子逸出功 $\varphi = eV = 4.68\text{eV}$ ；理论值 $\varphi_0 = 4.54\text{eV}$ ，相对误差 $E = |\text{测量值} - \text{标准值}| / \text{标准值} \times 100\% = |4.68 - 4.54| / 4.54 = 3.1\%$

七、结果陈述：

图线斜率： $k = -2.36 \times 10^{-4}$ ；

逸出功： $\varphi = 4.68\text{eV}$ ；

理论值： $\varphi_0 = 4.54\text{eV}$ ；

相对误差： $E = 3.1\%$

八、实验总结与思考题

从实验结果看，实验结果较为精确。实验中，我们可以在灯丝电流 0.50A 和 0.80A 分别测量不同阳极电压下的 I_a ，可以进一步提高实验精度。本实验中采取的里查逊直线法值得学习借鉴，在别的实验中遇到难以测量的物理量，也可以联系里查逊直线法进行处理。

思考题 1：里查逊直线法有何优点？

1. 可以避开难以测量或者不易测准的物理量，得到想要的结果；
2. 在本实验中，用里查逊直线法可以避开 A、S 的测量，直接测量 I，T 即可得到 V，使 A、S 的变化只

使 $\lg \frac{I}{T^2} - \frac{1}{T}$ 发生平移。

思考题 2：灯丝电流为何要保持稳定，测量中每次改变 I_f 值时为何要预热几分钟后测量？

1. 灯丝温度会灯丝电流改变而改变；
2. 灯丝电流改变后，灯丝温度需要过一段时间才能稳定下来，需要预热等待温度稳定后进行测量，才能保证实验误差小

指导教师批阅意见：

成绩评定：

预习 (20分)	操作及记录 (40分)	数据处理与结果陈述 30 分	思考题 10 分	报告整体 印象	总分