

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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： 金属电子逸出功的测定**

**学 院： 电子与信息工程学院**

**指导教师： 陆顺斌**

**报告人： 杨烨 组号： 16**

**学号： 2022280380 实验地点 至真楼**

**实验时间： 2023 年 10 月 17 日**

**提交时间： 2023 年 10 月 24 日**

|  |
| --- |
| **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，以及灯丝在不同温度下的零场热电子发射电流2. 学习利用直线测定法（理查逊直线法），外延测量法等基本测量方法进行数据处理 |
| 二、实验原理  1. 能级与逸出功：  根据固体物理中金属电子理论，  金属传导电子的能量分布服从费米-狄拉克分布：  ------(1)  ------(2)  ：金属电子逸出功； ：费米能级；  ：金属表面与外界（真空）存在的势垒；  ：玻尔兹曼常数 （）    图1 - 电子能量分布曲线   |  | | --- | |  | |  |  |  |  | | --- | |  | |  |  |   在绝对零度时，电子分布如图1中直线曲线所示，电子具有最大动能。当温度升高时，电子能量分布曲线如图1中虚线曲线所示。其中能量较大的少数电子具有比更高的能量，且具有这种能量的电子数能随能量的增加而成指数递减。  2. 热电子发射公式：推导出理查逊—杜西曼公式： 在高真空的电子管中，一个由被测金属丝做成的阴极K，通过电流 ，加热，并在另外一个阳极加正向电压时，在连接这两个电极的外围电路中将有电流通过，如图2所示。    图2 – 真空电子管及外电路示意图  的大小主要与灯丝温度及金属逸出功的大小有关，灯丝温度越高或者金属逸出功越小，电流就越大。即热电子发射既与发射电子的材料的温度有关，也与阴极材料有关。图3所示为不同温度下 和电压U关系。根据费米一狄拉克能量分布公式可以推导出热电子发射的理查逊-杜西曼公式：  ------（3）  式中：  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)；  T是热阴极的绝对温度(单位是K)；  A是与阴极化学纯度有关的系数（单位是)：  k是玻尔兹曼常数，。  原则上，只要测定I、A、S、T就可以根据式（3)算出阴极的逸出功eV。但由于A、S难以测定，在实际测量中，通常采用理查逊直线法，借此避开A、S的测量。  3. 理查逊直线法：  将式(3)两边除以，再做对数得到：  ------（4）  从式(4)可以看出，和成线性关系。以和作图，由直线的斜率即可求得电子的逸出电势V，这种方法叫做理查逊直线法。  （它的优点是可以不必测出A、S的具体数值而直接由I、T就可以得到V的值。A、S的影响只是使-直线发生平移）  4. 肖特基效应：  零场电流I： 阴极和阳极没有加速电场时的热电子发射电流肖特基效应：为维持电子持续发射，在阴极和阳极之间加一个电场 Ea,使阴极表面势垒 Eb 降低，逸出功减小，发射电流增大。在加速电场 Ea 的作用下，阴极发射电流：  ------（5）  5. 外延法求零场电流：  将上式（5）取对数：  ------（6）  如果把阴极和阳极做成共轴圆柱形，并忽略接触电势差和其他影响，则加速电场可以表示为  ------（7）  其中：  Ua ：加速电压r1 ：阴极半径r2 ：阳极半径  ------（8）  与成线性关系，做出两者关系曲线，得到Y轴截距，求出零电场发射电流：    图3 - 阳极电流与电压和温度的关系    图4 - 不同温度下-的关系  6. 理想二极管温度测量灯丝电流与灯丝温度对应关系如表格所示：   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **灯丝电流（A）** | **0.50** | **0.55** | **0.60** | **0.65** | **0.70** | **0.75** | 0.80 | | **灯丝温度(1000K)** | 1.72 | 1.80 | 1.88 | 1.96 | 2.04 | 2.12 | 2.20 |   表1 - 灯丝电流与灯丝温度对应关系 |
| 三、实验仪器：  THQYC-1型金属电子逸出功实验仪  THQYC-1型金属电子逸出功测试台    图5 - 金属电子逸出功实验仪  操作要领  （1)将仪器面板上的三个电位器逆时针旋到底。  （2)将理想二极管插在THQYC-1型金属电子逸出功测试台上，并将THQYC-1型金属电子逸出功实验仪和THQYC-1型金属电子逸出功测试台用导线按编号一一对应接好(仔细检查，请勿接错)。  （3)接通主机电源开关，预热20分钟后开始实验。 |
| 四、实验内容：  测钨金属的逸出功的过程如下。  实验要求：  (1)取理想二极管灯丝电流从0.550.75A，每隔0.05A进行一次测量，对应每一个灯丝电流，在阳极上加16，25，36，49，64，81，100，121V电压，各测出一组阳极电流，记录在表中。  (2)换算表中数据。  (3)作出 -的曲线，并用最小二乘法拟合曲线，求截距。  (4)作出 -的曲线，并用最小二乘法拟合曲线，求直线斜率k。  (5)计算出逸出功，并与理论值作比较。  实验操作步骤：  （1）将仪器面板上的三个电位器逆时针调到最小；（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）每改变一次灯丝电流If ，预热2-3分钟左右再进行测量和； |
| 五、数据记录：  组号： 16 ；姓名 杨烨   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Ia(μA) | Ua(V) | 16.0 | 25.0 | 36.0 | 49.0 | 64.0 | 81.0 | 100.0 | 121.0 | | IF(A) | | | 0.58 | | 28 | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | | 0.62 | | 78 | 80 | 81 | 83 | 84 | 86 | 87 | 89 | | 0.66 | | 200 | 204 | 207 | 210 | 214 | 217 | 221 | 224 | | 0.70 | | 472 | 482 | 490 | 498 | 505 | 514 | 522 | 531 | | 0.74 | | 1036 | 1058 | 1076 | 1093 | 1110 | 1127 | 1144 | 1162 |   表2 – 阳极电流记录  已知r  灯丝电流与灯丝温度对应关系如表格所示：   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **灯丝电流（A）** | **0.58** | **0.62** | **0.66** | **0.70** | **0.74** | | **灯丝温度(1000K)** | 2.00 | 2.07 | 2.14 | 2.31 | 2.28 |   表1 - 灯丝电流与灯丝温度对应关系 |
| **六、数据处理**  1. （1）.数据处理：   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | (μA) | (V) | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | IF(A) | | | 0.58 | | 1.447 | 1.462 | 1.462 | 1.477 | 1.477 | 1.491 | 1.491 | 1.505 | | 0.62 | | 1.892 | 1.903 | 1.908 | 1.919 | 1.924 | 1.934 | 1.940 | 1.949 | | 0.66 | | 2.301 | 2.310 | 2.316 | 2.322 | 2.330 | 2.336 | 2.344 | 2.350 | | 0.7 | | 2.674 | 2.683 | 2.690 | 2.697 | 2.703 | 2.711 | 2.718 | 2.725 | | 0.74 | | 3.015 | 3.024 | 3.032 | 3.039 | 3.045 | 3.052 | 3.058 | 3.065 |   （2）作出 -的曲线：  （1）Origin拟合图：    （2）Excel拟合公式：  由上图与拟合公式可知：  IF = 0.58时，截距 = 1.4198，零场热电子发射电流I = 26.2906 A  IF = 0.62 时，截距 = 1.8618，零场热电子发射电流I = 72.7445 A  IF = 0.66时，截距 = 2.2738零场热电子发射电流I = 187.8452 A  IF = 0.70时，截距 = 2.6466，零场热电子发射电流I = 443.2003 A  IF = 0.74时，截距 = 2.9891，零场热电子发射电流I = 975.2142 A  2. (1)数据处理：   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | T(1000K) | 2.07 | 2.14 | 2.21 | 2.28 | 2.28 | |  | 0.602 | 0.632 | 0.661 | 0.689 | 0.716 | |  | 1.420 | 1.862 | 2.274 | 2.647 | 2.989 | |  | 2.818 | 3.230 | 3.613 | 3.958 | 4.273 | |  | 5.000 | 4.831 | 4.673 | 4.525 | 4.386 |   （2）作出 -的曲线：    因此斜率：    电子的溢出电势为：    计算得的实测逸出功：    逸出功理论值：    相对误差 |
| **七、结果陈述：**  本次实验中，通过外延法求得在不同灯丝温度时的零场热电子发射电流I，通过里查逊直线法计算得到金属电子逸出功，求得相对误差为3.74 %。 |
| **八、实验总结与思考题**  **1. 实验总结：**  （1）电子从金属中逸出需要能量。增加电子能量有多种方法，如用光照、利用光电效应使电子逸出，或用加热的方法使金属中的电子热运动加剧，也能使电子逸出。  （2）实验中采用里查逊直线法，避开了A、S这两个不易测量或不易测准的物理量的测量，巧妙获得所需结果的方法，启发我们要善于选用合适的方法。  （3）通过本次实验，提高了数据处理的能力，将非线性的数据，通过一定的变换，转换成线性关系，通过截距和斜率的求解，得到我们需要计算的实验数据。  2. 思考题  （1）什么是逸出功？改变阴极温度是否改变了阴极材料的逸出功？  答：逸出功是电子克服原子核的束缚，逸出金属表面需要从外界吸收的能量。对于金属而言，逸出功通常是指从金属表面逸出的电子所需的最小能量，通常用电子伏特（eV）作为单位。  逸出功是表征金属材料特性的量，跟温度无关，改变阴极温度不会改变了阴极材料的逸出功。  （2）理查逊直线法有何优点？  答：可以不测出阴极金属的有效发射面积S和与阴极化学纯度有关的系数A的具体数值而直接由I、T就可以得到V；这种实验方法在实验、科研和生产上都有广泛应用. |
| 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** | |  |  |  |  |  |  | |