**低压气体直流击穿特性实验报告**

**班级： 姓名： 学号：**

【**实验原理与内容**】

**1.实验原理**

(1)低气压气体击穿现象

气体放电分为自持放电和非自持放电。非自持放电是指存在外电离原因的条件下才能维持的放电现象。自持放电是指没有外电离因素，放电现象能够在导电电场的支持下自主维持下去的放电过程。气体从非自持放电到自持放电的过度现象，成为气体的击穿。气体发生这种放电方式转化的电场强度称为击穿场强，相应的放电电压称为击穿电压。

(2)帕邢定律

1889 年帕邢研究了低气压（气压1-100Pa）放电的击穿现象，发现低气压气体在平行板电极条件下，其击穿电压Vs 是气压和电极间隙之积Pd 的函数，并找到了击穿电压的最小值，这一击穿电压与间距和气压乘积的函数关系称为帕邢定律。

实验发现：击穿电压与Pd 的函数在开始是非线性关系，先下降后上升一段，但后来是线性上升的；并且在特定的Pd 值时，击穿电压有极小值，整条曲线成对勾状。对于所有的气体，在低气压范围内，其击穿电压与Pd 值的函数曲线具有相似性，这就是帕邢定律的普适性。

**2.实验内容**

测量某低气压值所对应的氩气的击穿电压，并根据测量数据绘制出氩气的帕邢曲线。

**【实验仪器及功能】**

1.低气压直流辉光放电发生装置：提供气体放电的场所，为气体放电提供电压。

2.氩气的控制与调节系统：为实验提供氩气，调节放电管的气压。

3.直流数字电压表：读取二极管两端和气体两端电压。

4.多量程电流计：测量通过气体的电流。

【**实验方法与步骤**】

**1.总体方法**

本次实验主要是测量氩气在4-100Pa气压下所对应的击穿电压，用所测得数据进行描点，然后拟合出帕邢曲线。测量时，将气压稳定在一个值，然后不断增大两极的电压，直至显示二极管两端的电压发生突变，记下突变前的两极电压，即作为该气压下氩气的击穿电压，每一个气压对应测量三次，取平均值即为该气压下氩气的击穿电压。

**2.具体步骤**

(1)测量两电极之间间距。

(2)检查放电管与电源电极之间的连接是否可靠；电源调压旋扭是否最小位置；气体流量调节旋扭是否最小位置。

(3)打开电源开关；开启循环水泵，检查循环水是否正常。

(4)打开真空计开关。

(5)开启机械泵，抽真空至2-3Pa。

(6)调节减压阀，使得流量计前气压在0-1个大气压之间。

(7)调节流量计的通气流量，至放电管内气压为20Pa。

(8)实验仪的功能选择开关调至“击穿电压”测量档。

(9)调节电源的电压输出，可以先快速调节，然后在快到击穿时缓慢调节电压，直至气体发生击穿现象。读取击穿时的电压．记录气压和电压的数值．把电压降至0V．在缓慢增加电压的过程中，时刻观察电压表和指示二极管管压降的指示．每个气压条件下，至少要重复3 次测量，直到测得比较稳定的击穿电压。不同测量回合得到的击穿电压变化要小于5%。

(10)依次增加气体流量，每次增加10Pa，重复步骤(9)。直至气压达到100 Pa，这中间至少要测量8组数据。

(11)减小气压至20Pa，重复步骤(9)。

(12)依次减小气压，每隔2Pa，重复测量，直至4Pa，这中间至少测量7个点。

(13)实验完毕后，调节气体流量控制旋钮至最小位置，调节电压至最小值，依次关闭电压、机械泵、冷却水，电源开关。

【**实验数据分析**】

**1.20-100Pa的实验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 气体压强P(Pa) | 20 | 33 | 40 | 54 | 61 | 73 | 81 | 91 |
| 击穿电压Vs(V) | 270 | 344 | 352 | 429 | 452 | 494 | 528 | 561 |
| 274 | 347 | 362 | 425 | 448 | 492 | 526 | 558 |
| 276 | 345 | 361 | 420 | 446 | 491 | 525 | 557 |
| 平均值Vs(V) | 273 | 345 | 358 | 425 | 449 | 492 | 526 | 559 |

**2.4-20Pa的实验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 气体压强P(Pa) | 21 | 18 | 15 | 11 | 9.6 | 7.8 | 6.4 | 4.0 |
| 击穿电压Vs(V) | 320 | 286 | 288 | 294 | 320 | 338 | 362 | 500 |
| 320 | 290 | 287 | 290 | 323 | 335 | 361 | 504 |
| 319 | 294 | 298 | 290 | 322 | 337 | 361 | 498 |
| 平均值Vs(V) | 320 | 290 | 291 | 291 | 322 | 337 | 361 | 501 |

注：平均值为击穿电压三次测量值的平均值。

**3.放电间隙：**50mm

【**实验结果与讨论**】

**1.根据数据绘制出的帕邢曲线**（如图1，图2）

**2.帕邢曲线分析**

由图得，气压为16.5Pa时有最低击穿电压289V。即，最佳击穿条件为**16.5Pa**，最小击穿电压为**289V**。

**3.帕邢曲线成因分析**

气体被击穿时满足汤森击穿条件：。

其中α和γ是α过程和γ过程的汤森系数，d是放电电极间隙。γ是与电极材料和离子能量有关的，与压强P无关。α是气压P和场强（V/d）的函数：

其中A和B为实验常数。

因此，由汤森击穿条件可知，在本实验中α达到一个定值时，气体就会发生击穿。从而得到：

可知，击穿电压与气体压强的关系与曲线吻合。

【**思考题**】

**1.击穿电压是气体击穿发生的电压，但在本实验中测量的却是放电的熄灭电压，为什么不是直接记录放电管击穿时的电压呢？**

答：熄灭电压是击穿之后再减小电压，直到放电结束的那个电压，而击穿电压是放电从非自持状态过度到自持的那个电压，熄灭电压的环境是存在了很多很多的电子离子，而击穿过程发生在电子数不断增加的过程，因而需要电压不断增高，以积累足够电荷，以至电荷产生的电场影响了外加电场，故测量的是放电的熄灭电压。

**2.你对提高实验中击穿状态的判断精度还有什么建议。**

答：气体击穿后电路中形成电流，使二极管流过的电流迅速增大，电流表示数显著增大从而判断击穿。可进行多次测量，舍去不合理数据，所测数据之间的差值要控制在数据的5%以内，最后将合理的数据求平均，即为最后的该压强下的击穿电压。

**【实验心得与感悟】**

第一组数据从20Pa开始测量，而且继续测量气压较高的地方。因为刚开始空气在管内部仍有残留，若从4Pa左右的气压条件开始测量，会造成氩气不纯，影响实验结果。若从100Pa开始测量，会造成仪器打开不久就经历高压发热，易减损仪器寿命。而20Pa左右出现了最低击穿电压，继续向高气压方向进行是为了减小管内气体成分的影响，并在高气压实验过程中把管内空气稀释，尽量接近真空。可见，一个实验的步骤设计是要全方位，多因素考虑，不得有半点马虎。考虑不周，会造成很大的误差。

在调节20-4Pa气压的时候难度比20-100Pa的大，所以需要更加耐心和认真。调节气压稳定后才可转动电压调节钮，开始测量此时的击穿电压。

在测量20-4Pa气压所对应的击穿电压时，每次读取数据，数据都是一闪而过，所以一定要仔细，最好是两人配合，一个人看二极管两端电压值，一个人看气体两端电压值。在测量20-100Pa气压所对应的击穿电压时，可直接凭借气体两端电压的突变，读出数值，可以人进行读数操作。

参考文献：

[1]余虹,张家良,等.大学物理实验.北京：科学出版社2011：195~199.

[2]徐学基,气体放电物理学.上海：复旦大学出版社，2003.