

弗兰克-赫兹实验

学号: PB22511902 姓名: 王冬雪

实验目的

(1) 通过测定氩原子等元素的第一激发电位, 证明原子能级的存在。(2) 了解研究原子内部能量问题时所采用的基本实验方法(3) 了解电子与原子碰撞和能量交换过程的微观图象(4) 进一步理解玻尔的原子理论

实验原理

如图所示, 氧化物阴极 K, 阳极 P, 第一、第二栅极分别为 G_1 、 G_2 。

$K-G_1-G_2$ 加正向电压, 为电子提供能量。 U_{G_1K} 的作用主要是消除空间电荷对阴极电子发射的影响, 提高发射效率。 G_2-P 加反向电压, 形成拒斥电场。

电子从 K 出发, 在 $K-G_2$ 区获得能量, 如果电子进入 G_2-P 区域时动能大于或等于 eU_{G_2P} , 就能到达板极形成板极电流 I 。

电子在不同区间情况:

(1) $K-G_1$ 区间: 电子迅速被电场加速而获得能量。

(2) G_1-G_2 区间: 电子继续从电场获得能量并不断与氩原子碰撞。当其能量小于氩原子第一激发态与基态的能级差 $\Delta E = E_2 - E_1$ 时, 氩原子基本不吸收电子的能量, 碰撞属于弹性碰撞。当电子的能量达到 ΔE , 则可能在碰撞中被氩原子吸收这部分能量, 这时的碰撞属于非弹性碰撞。 ΔE 称为临界能量。

(3) G_2-P 区间: 电子受阻, 被拒斥电场吸收能量。若电子进入此区间时的能量小于 eU_{G_2P} 则不能到达板极。由此可见, 若 $eU_{G_2K} < \Delta E$, 则电子带着 eU_{G_2K} 的能量进入 G_2-P 区间。随着 U_{G_2K} 的增加, 电流的增加, 电流 I 增加。若 $eU_{G_2K} = \Delta E$ 则电子在达到 G_2 处刚够临界能量, 不过它立即开始消耗能量了。继续增大 U_{G_2K} , 电子能量被吸收的概率逐渐增加, 板极电流逐渐下降。继续增大 U_{G_2K} , 电子碰撞后的剩余能量也增加, 到达板极的电子又会逐渐增多。若 $eU_{G_2K} > n\Delta E$, 则电子在进入 G_2-P 区间之前可能 n 次被氩原子碰撞而损失能量。板极电流随加速电压 U_{G_2K} 变化曲线就形成 n 个峰值。相邻峰值之间的电压差 ΔU 称为氩原子的第一激发电位。氩原子第一激发态与基态间的能级差 $\Delta E = e\Delta U$ 。

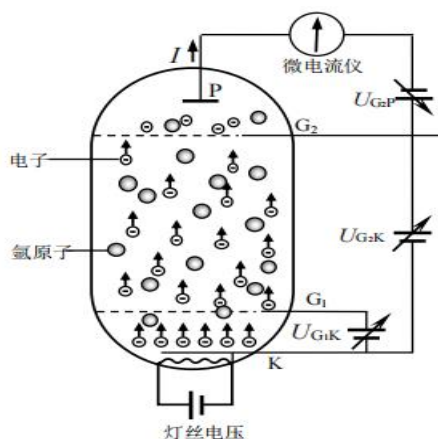


图 1 弗兰克-赫兹实验原理图

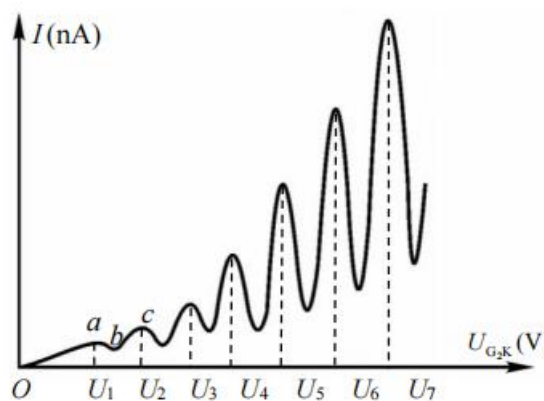


图 2 弗兰克-赫兹实验 $V_{G_2K} \sim I$ 曲线

实验仪器

FD-FH-C 弗兰克-赫兹（氩管）实验仪，FH-Hg-6 弗兰克-赫兹（汞管）实验仪，示波器

测量记录及分析与讨论

(1) 观测并用文字描述各实验参数对激发曲线的影响，分析各参数对激发曲线的作用机制：

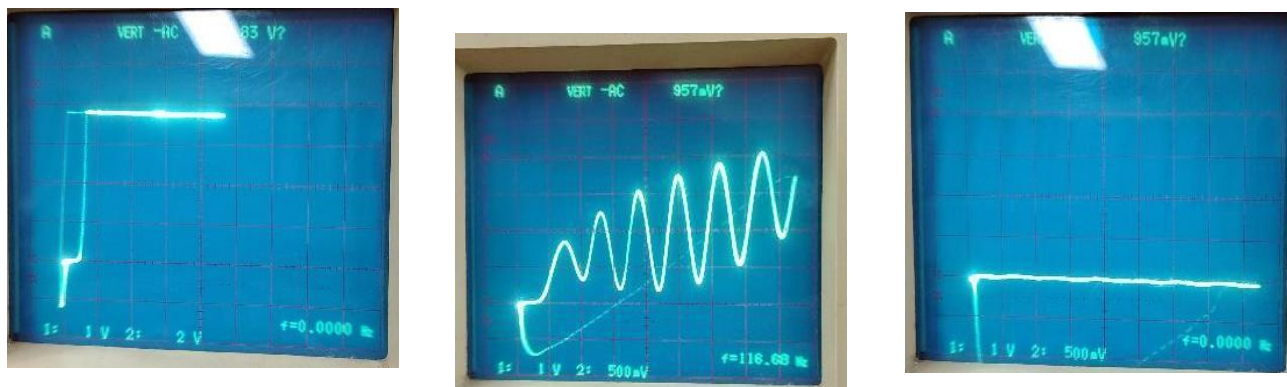


图 3 改变 U_F (由左至右 U_F 减少)

当灯丝电压过大时，电流先平缓后迅速增加至饱和后不再变化，当灯丝电压过小时，电流恒为零。灯丝电压影响激发出的电子数目。当灯丝电压过大时，电子在 $U_{G_2K} = U_{G_2P}$ 之后可以到达极板 P，由于基数之多，导致碰撞等影响较小，电流迅速增大，直至饱和；当灯丝电压过小时，电子基数过小，难以形成可检测电流。

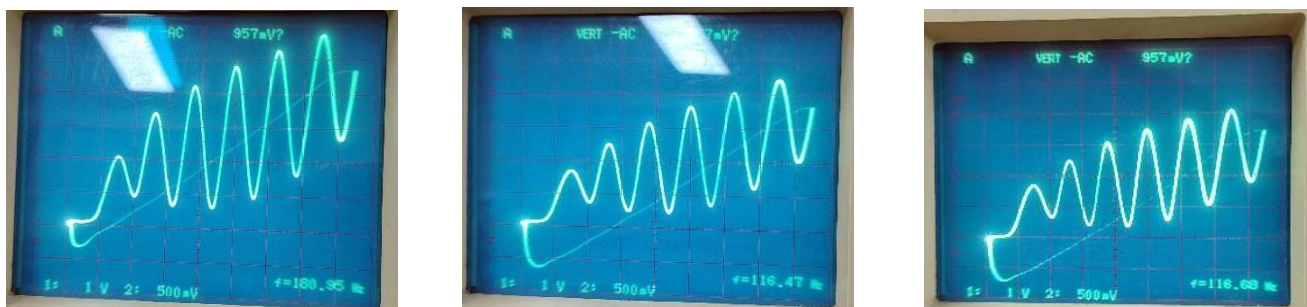


图 4 改变 U_{G_1K} (由左至右 U_{G_1K} 减小)

栅极电压增大，曲线上移。较低的栅极电压会使电子在阴极堆积，形成负电场，减弱加速电场。

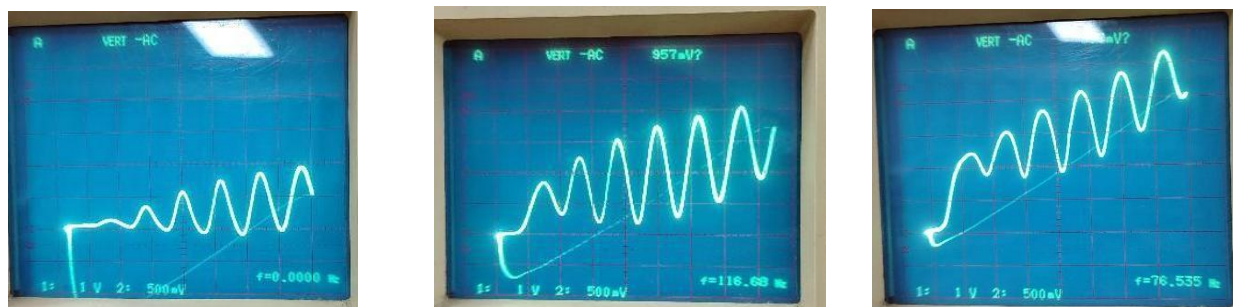


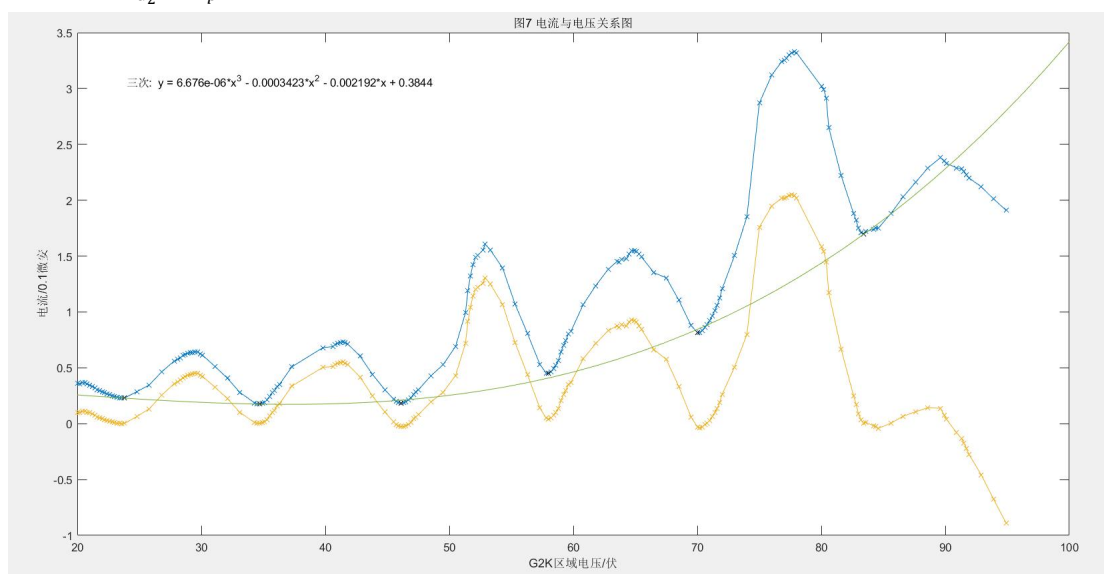
图 5 改变 U_{G_2P} (由左至右 U_{G_2P} 减小)

U_{G_2P} 改变了起始电压， U_{G_2P} 越大，起始电压越大，曲线右移。当电压 $U_{G_2K} = U_{G_2P}$ 时起始，上述结论显然。

图 6 改变 U_{G2K} (由左至右 U_{G2K} 减小)

U_{G2K} 改变了电压范围, 原因是 U_{G2K} 就是电压范围。

测量 U_{G2K} 与 I_p , 数据见附录, 可以得到图 7:



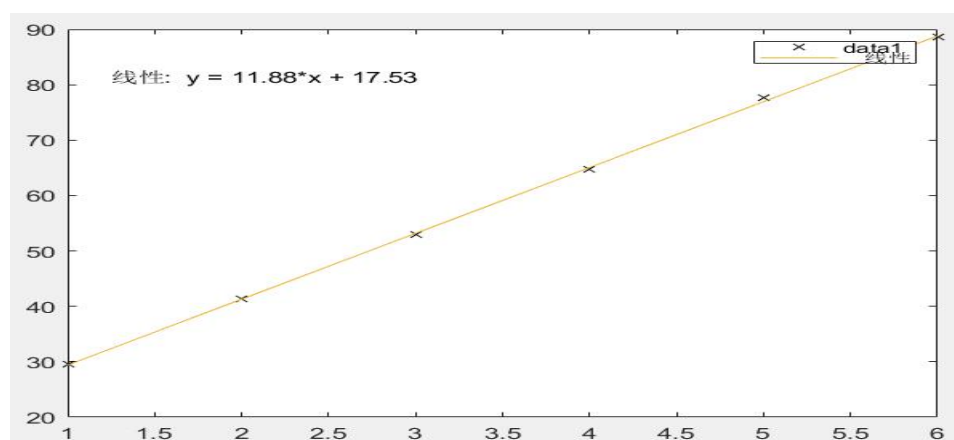
包络线为:

$$I_p = 6.676 \times 10^{-6} \text{A/V}^3 \times U_{G2K}^3 - 0.0003423 \text{A/V}^2 \times U_{G2K}^2 - 0.002192 \text{A/V} \times U_{G2K} + 0.3844 \text{A}$$

相差曲线峰值 U_{G2K} 所在数据为:

29.5V	41.4V	52.9V	64.7V	77.6V	88.6V
-------	-------	-------	-------	-------	-------

根据数据拟合:



氩原子的第一激发电位为 11.88V。

课间计算见于附录。

思考题

(1) $U_{G_2K} \sim I_p$ 曲线电流下降并不十分陡峭，主要原因是什么？

由于 K 极发出的热电子能量服从麦克斯韦统计分布规律，因此电流下降不是陡峭的。

(2) I 的谷值并不为零，而且谷值依次沿 U_{G_2K} 轴升高，如何解释？

不分电子不与原子碰撞，形成本底电流，随电压升高，波谷处电流变大。

(3) 第一峰值所对应的电压是否等于第一激发电位？原因是什么？

不是，热电子溢出金属表面或者被电极吸收需要克服金属逸出功，第一峰会有偏差。

(4) 写出氩（或汞）原子第一激发态与基态的能级差。

由讲义附录图，知能级差为 11.8eV。

鸣谢

感谢蔡俊蔡老师详细、精研的授课与指导！