



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

气体放电

汤逊理论

主讲：卞建鹏

目录



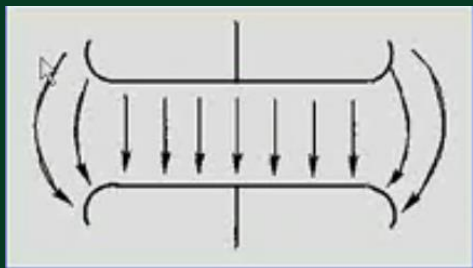
在线开放课程

1. 均匀电场
2. 电子崩的形成
3. 自持放电条件



1、均匀电场

在电场中，电场强度处处相等，如两个平行平板的电场（还要考虑边缘效应）。



汤逊理论适用于：均匀电场、低气压、短间隙。

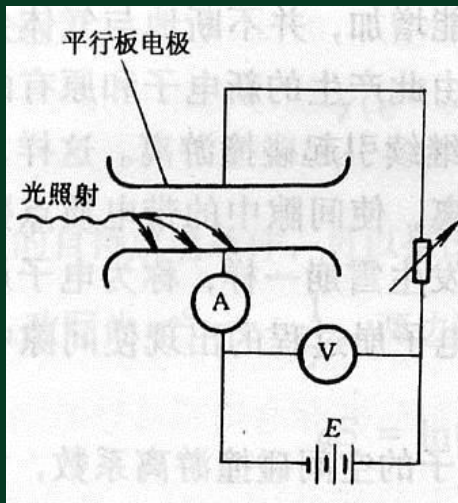
2、电子崩的形成

各种高能辐射线（外界游离因素）引起：

阴极表面光电离
气体中的空间光电离



空气中存在一定浓度
的带电质点



在空间电场的作用下，**电子路径**：1) **向阳极运动**；2) 扩散到外部区域

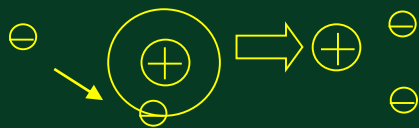
2、电子崩的形成

为了定量分析气隙中气体放电过程，引入两个系数：

碰撞游离系数 α

一个电子沿着电场方向行经1cm长度，平均发生的碰撞电离次数。

阴极



阳极

阴极表面游离系数 γ

一个碰撞阴极表面的正离子，使阴极金属表面平均逸出的自由电子数。

2、电子崩的形成

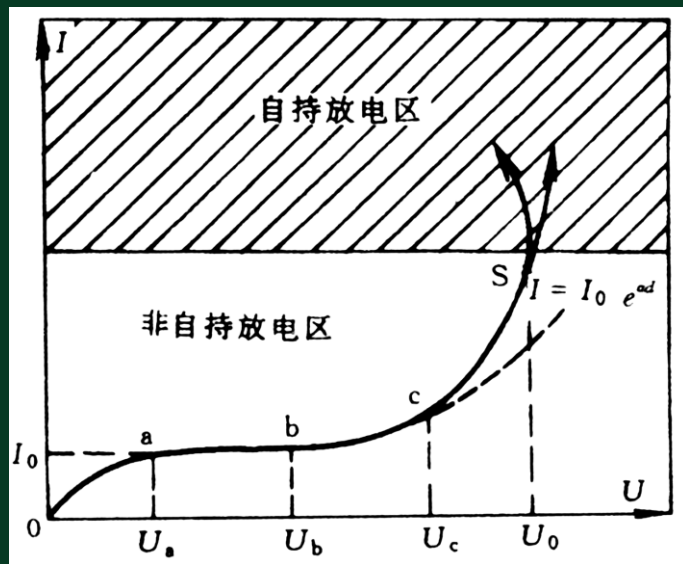
$$U < U_a$$

在oa段，I 随U的提高而按正比增大。

$$U_a \leq U \leq U_b$$

在ab段，电流趋向于饱和。电流的大小仅取决于光照射。

(良好的绝缘状态)

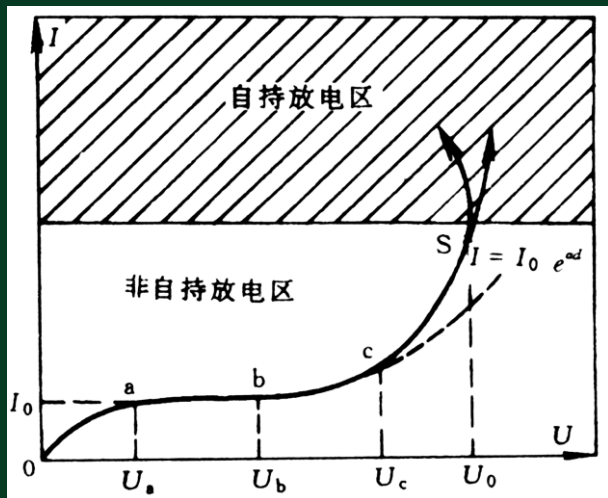
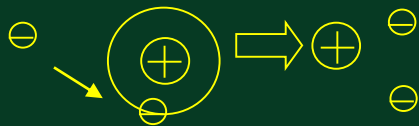


2、电子崩的形成

$$U_b \leq U \leq U_c$$

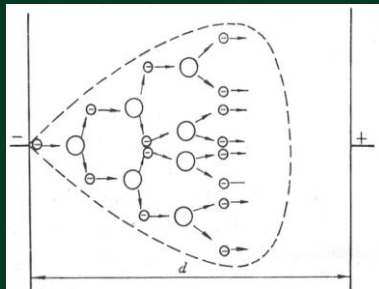
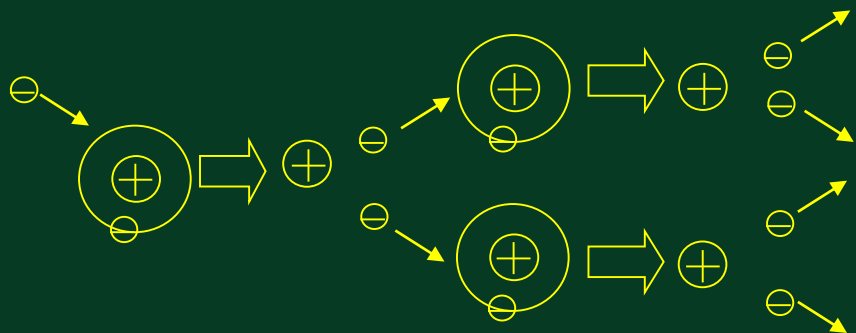
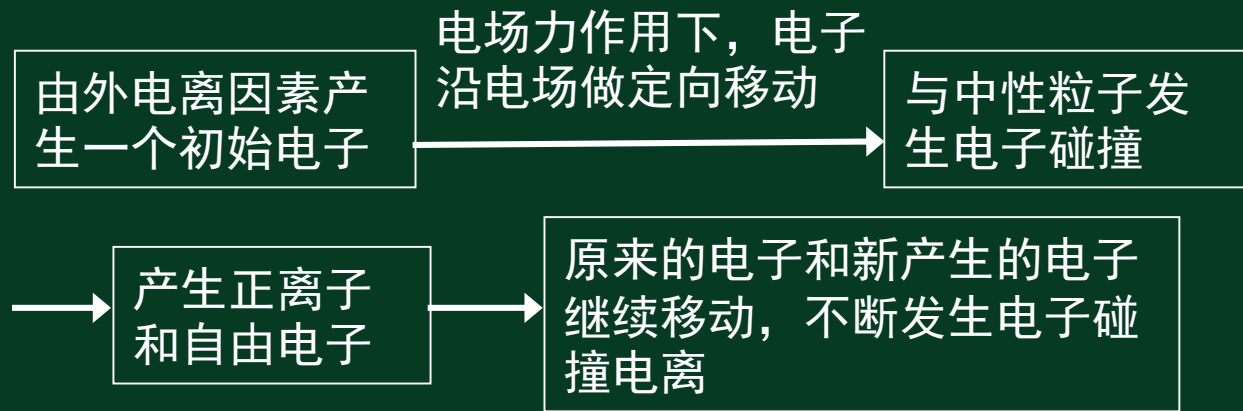
在bc段，电流随电压按指数规律增长。

原因：气隙中发生碰撞电离（ α 过程），出现电子崩。



2、电子崩的形成

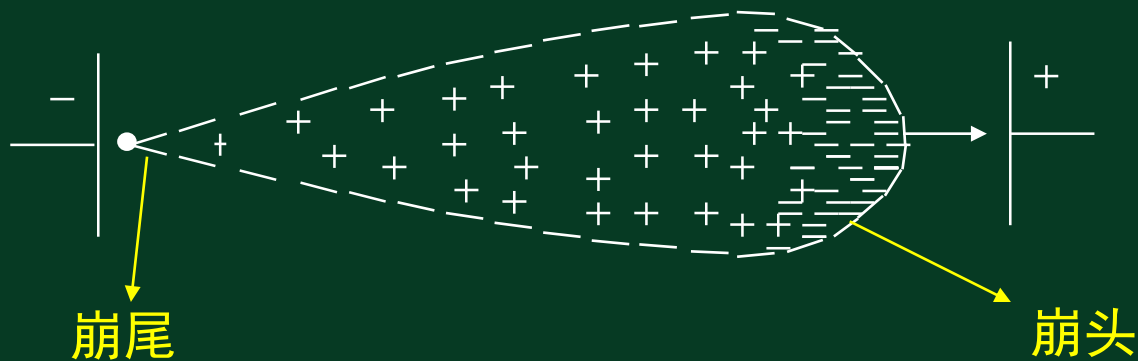
电子崩的形成过程 (bc段)



2、电子崩的形成

电子崩——电子数按几何级数不断增多，像雪崩似的发展，从而形成急剧增大的空间电子流。

- ◆ 电子崩的形状：“崩头大、崩尾小”；
- 电子的速度快，所以会大量的集中在崩头；
- 正离子移动速度较慢，所以缓慢的移向崩尾。



2、电子崩的形成

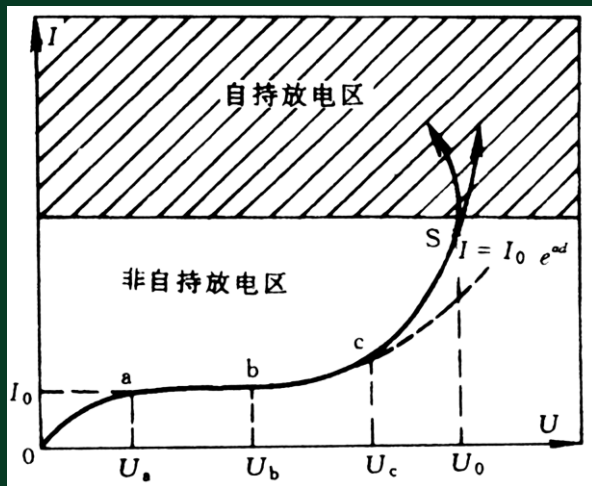
$$U_c \leq U \leq U_0$$

在cS段，当气隙上所加电压大于 U_c 时，实测 I 随电压 U 的增大不再遵循指数规律，而是更快一些。

原因：正离子的影响。

α 过程+ γ 过程

但当外电离因素消失，电流会迅速降低—非自持放电。

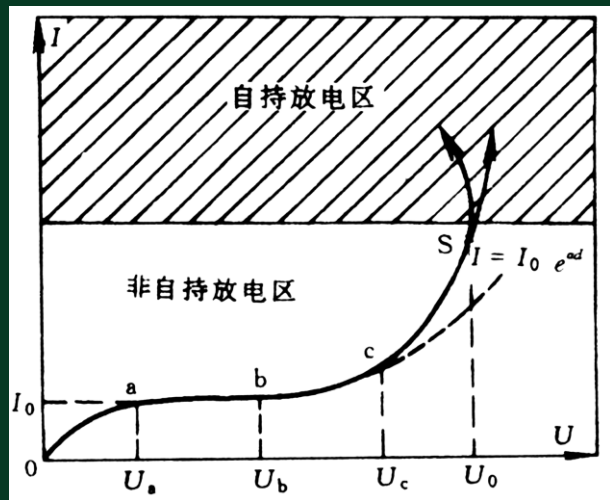


2、电子崩的形成

$$U \geq U_0$$

在S点以后，仅需外施电压 $U \geq U_0$ ，电流急剧增加，**无需外电离因素**就能维持间隙的放电过程。

自持放电阶段—间隙的击穿电压 U_b 。



2、电子崩的形成

设初始电子数为 n_0 ，由于碰撞游离，当到达阳极后，电子数将增加为：

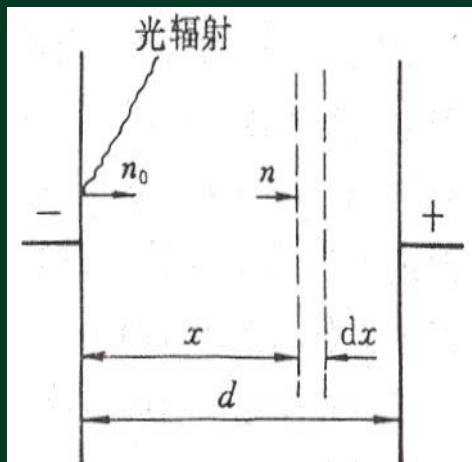
$$n = n_0 e^{\alpha d}$$

正离子数：

$$n = n_0 (e^{\alpha d} - 1)$$

正离子撞击阴极，从阴极电离出的电子数：

$$\Delta n = n_0 \gamma (e^{\alpha d} - 1)$$

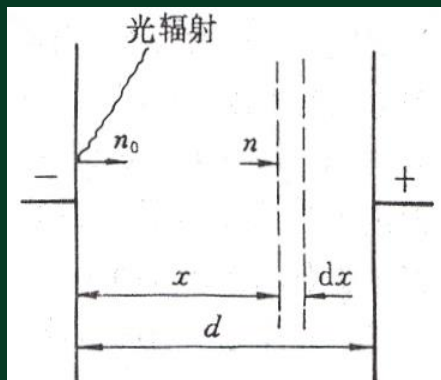


3、自持放电条件

若 $n_0 = 1$ 则放电由非自持转入自持放电的条件为：

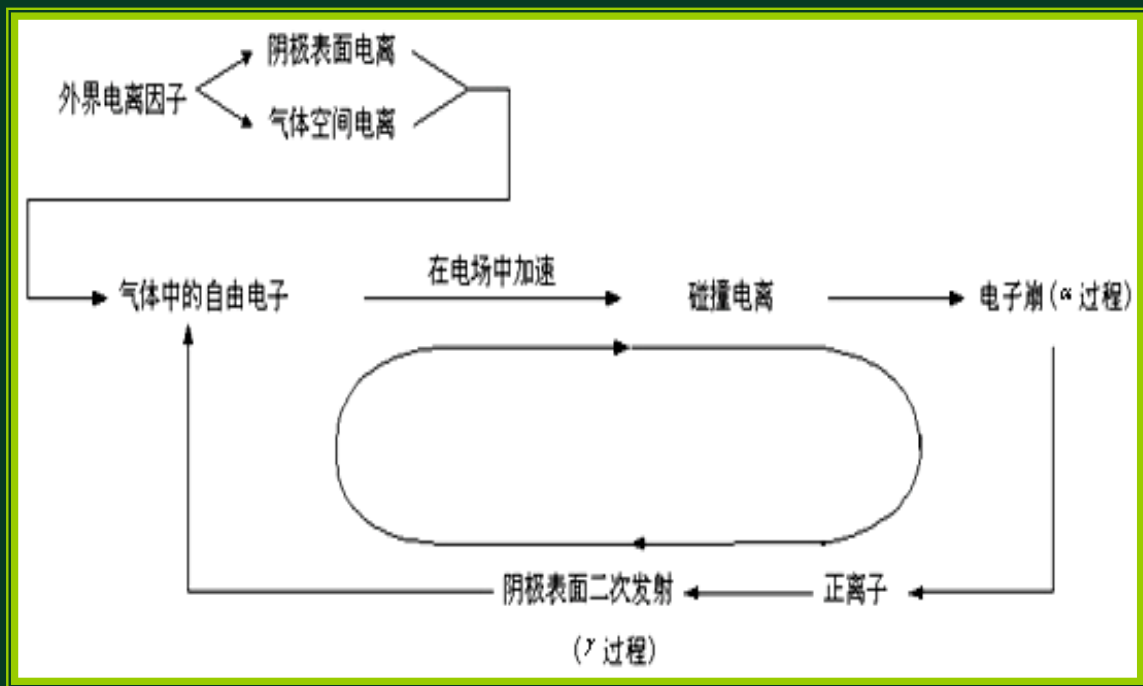
$$\gamma(e^{\alpha d} - 1) \geq 1$$

$$\xrightarrow{e^{\alpha d} \gg 1} \gamma e^{\alpha d} \approx 1$$



表示由 γ 过程在阴极上重新产生一个(或更多)电子，此时不再需要外电离因素就能使电离维持发展，即转入自持放电。

4、汤逊理论



低气压、短气隙情况下气体的放电过程

小结

1. 汤逊理论的实质：**电子碰撞电离**是气体放电的主要原因。
2. 二次电子来源于**正离子撞击阴极表面**，使阴极表面逸出电子，逸出电子是维持气体放电的必要条件。