

编号: 0169

内部

科学技术成果报告

低着火电压新结构氦-氟激光器

科学技术文献出版社

目 录

一、引言.....	(1)
二、实验.....	(1)
三、实验结果.....	(6)
四、理论分析.....	(7)
结束语.....	(11)

低着火电压新结构氦-氖激光器

天津市激光技术研究所

高全生、张玉芳、刘新

一、引言

着火电压在气体放电学中又称为点燃电压、起辉电压或击穿电压等。它指的是放电管由非自持放电转为自持放电时的电压，亦即刚刚点燃放电时的电压值。着火电压的大小是由气体成份、气体压强 P 、电极之间距离 D 、放电管的直径 d 、阴极逸出功等因素决定。当气体成份、阴极材料和极间距离一定、气体温度近似不变条件下，着火电压 V_s 是气压 P 和极间距离 D 乘积的函数。

着火电压对气体激光管来说是一个非常重要的参数，制作一个气体激光管总希望着火电压愈低愈好，而目前制做的 He—Ne 激光管的着火电压都比较高，为了降低着火电压，我们将 He—Ne 激光管的结构作了改进，使得 He—Ne 激光管的着火电压大大地降低。

二、实验

(一) 我们的实验是用如图 (一) 中的 (a)、(b) 所示的激光管结构进行的。(a) 为目前国内通用的结构，(b) 为改进后的新结构。

在实验中制做相同的两支激光管 (a) 和 (b)，其腔长 $L=300$ 毫米，极间距离 $D=235$ 毫米，毛细管内径 $d=1.2$ 毫米，在相同的条件下进行同样的工艺处理，同时在两支激光管中对 He 气、Ne 气、He 和 Ne 混合气分别测量出各种气压条件下的着火电压 V_s 的值，其结果如图 (二)、图 (三) 的曲线所示。

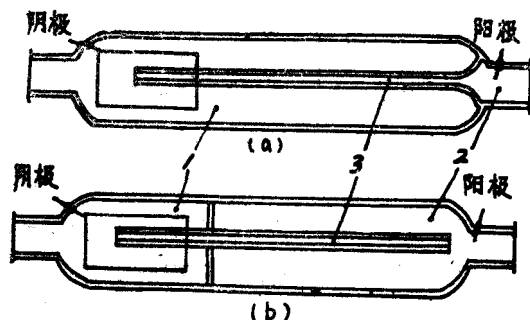


图 (一)

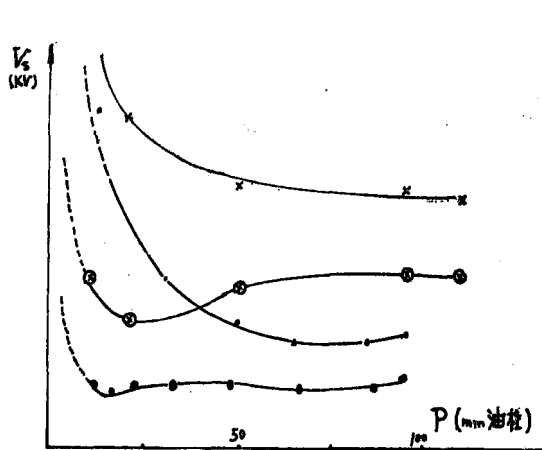
1—阴极区，2—阳极区，3—放电毛细管

从图 (二)、图 (三) 的曲线可以看出着火电压随气压的变化规律和一般气体电子学中

所示的规律是一致的，实验结果表明新结构管的着火电压比旧型管的着火电压在几种情况下都有明显的下降，其中在 Ne 气的条件下着火电压下降的数值比在 He 气条件下降低的更多。

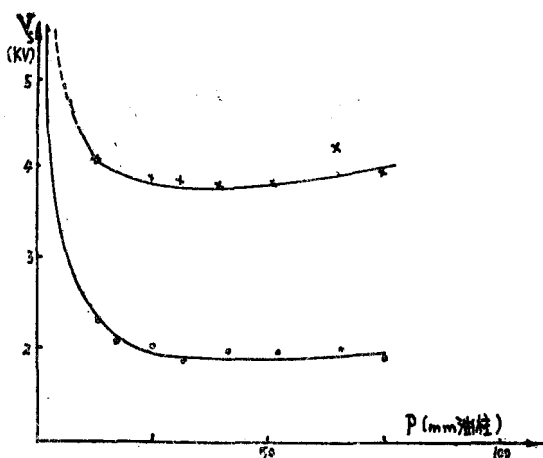
同时，在实验中还发现在重复测量同一气压条件下的着火电压时，旧管型的 He—Ne 激光器重复性不好，起伏大，平均算术误差高达 31.9%，而新结构的重复性较好，平均算术误差只有 5.4%，结果如图 (四) 所示。

为了确定在实用的激光管中也获得有上述的结果，我们在同样的工艺条件，同样的材料配比条件下，分别制作了新结构、旧结构两种激光管，一种是 He—Ne，一种是 He—Cd，实



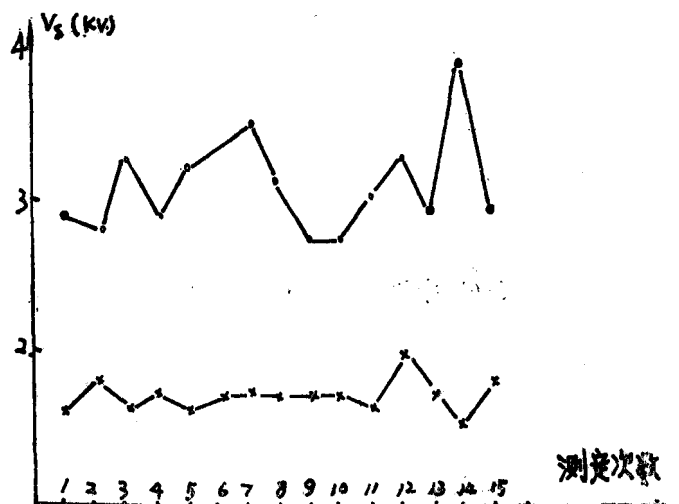
图(二) V_s - P 关系曲线

X—改进前 (He) ●—改进前 (Ne)
 ⊗—改进后 (He) ○—改进后 (Ne)



图(三) V_s - P 关系曲线

X—改进前 (Ne-He) ○—改进后 (Ne-He)
—为外推线



图(四) 测定结果

$P=43\text{mm油柱}$ ($\text{Ne}:\text{He}=1:8$) ○—旧型的激光管 X—新型的激光管

验中都取得了新结构的激光管着火电压比旧结构激光管着火电压大幅度降低的结果, 其数值如表(一)所示。

表(一)

名 称	腔 长 (mm)	极间距 (mm)	毛细管内径 (mm)	V_s (着火) (KV)	V_0 (工作) (KV)	V_s-V_0	最小维持电 流 (mA)
未改进的He-Ne管	300	235	$\phi 1.2$	3.7	1.7	2.0	6
改进后的He-Ne管	300	235	$\phi 1.2$	1.9	1.3	0.6	4

从表（一）中的数据可看到，新结构激光管比旧结构的着火电压降低了 $1/2\sim 1/3$ 以上。而着火电压与工作电压的差值由2000伏以上下降到只有600伏左右。

（二）新结构的激光管的着火电压取得这样大的降低幅度，究竟是什么原因？起决定的因素是什么？为此，我们用下列五组实验对图（一）中的（a）、（b）所示出的阳极区，阴极区，放电毛细管内的各种变化，按不同情况，分组进行了实验探讨。

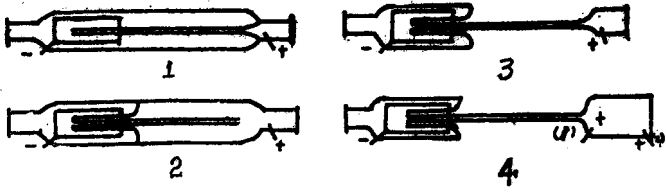
第一组实验

阳极区体积的变化对着火电压的影响

在新结构He—Ne激光管中（图（一）中（b）所示），阳极区体积增加到总体积的 $1/3$ 左右，而在旧结构He—Ne激光管中（图（一）中（a）所示），阳极区的体积只占总体积 $1/25$ 左右。这种阳极区的体积的扩大是不是降低着火电压的主要因素？为此，我们进行了以下实验，结果如表（二）所示。

表（二）

编 号	实 验 管 型	腔 长 (mm)	P_{Ne} (mm油柱)	V_s (着火) (KV)	V_o (工作) (KV)	$V_s - V_o$ (KV)
1	管型 1	300	35	3.9	1.6	2.3
2	管型 2	300	35	1.9	1.3	0.6
3	管型 3	300	35	4.2	0.9	3.3
4	管型 4		30	(1) 3.3 (2) 3.5	0.9	2.4 2.6



实验中，1号管为旧型管，2号管为新型结构管。3号管、4号管仅是对2号管的阳极区的体积作了不同的处理，3号管保留新型结构管的阴极区，而不扩大阳极区（即和旧型管的阳极区相同）。4号管则是在3号管的基础上向外扩大阳极区体积，并在扩大的阳极区内两端各安装一个阳极，即阳极（1）、阳极（2）。从实验数据看出，3号管的着火电压与旧型管1号的着火电压相同，这说明新型结构的阴极部分的改变不是降低着火电压的原因，而另一方面也可以推断，说明阳极区的变化可能是着火电压降低的主要影响因素。

从4号管的数据看出，不论阳极接到阳极（1）或阳极（2），着火电压都远远高于新型结构管的着火电压，但却低于旧管型。这说明单纯扩大阳极区域可以降低着火电压，但不能达到大幅度降低着火电压的目的。

从2号管、3号管和4号管的实验数据分析可以得知，只有扩大阳极区，并把放电毛细管置于扩大的阳极区内，才能起到大幅度降低着火电压的目的。

第二组实验

隔层的位置对着火电压的影响

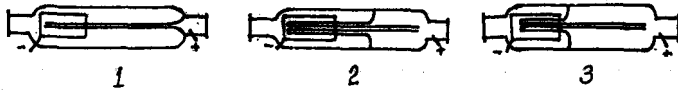
由上一组实验的结论中，我们又会提出，要把阳极区体积扩大到多大，即将阳极区和阴

极区分开的隔层所处的位置对着火电压有多大影响，为此我们进行了第二组实验。

表（三）列出了第二组实验中变化隔层的位置所得出的着火电压的数据。

表（三）

编 号	实 验 管 型	腔 长 (mm)	隔离层至阳极 距离 (mm)	V_s (着火) (KV)	V_o (工作) (KV)	$V_s - V_o$ (KV)
5	管型 1	300	15	3.5	1.6	1.9
6	管型 2	300	82	1.78	1.2	0.58
7	管型 3	300	150	1.80	1.3	0.50



从表（三）的实验结果可以明白地看到，隔层到阳极的距离使着火电压最多只变化200伏~300伏，并没有十分明显的变化，又由于着火电压具有很大的偶然性，而一般测量仪表的误差也都在百伏数量级，所以，在实施整个工艺中可以适当选择对隔层位置，以有利于吹制工艺，并取得着火电压降低效果为准则，作合理处理就行了。

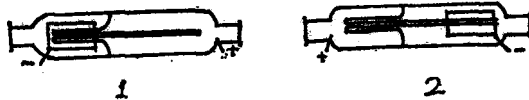
第三组实验

毛细管处在阴极区域或阳极区对着火电压的影响

从第一组实验中得知，置毛细管于被扩大的阳极区能得到大幅度降低着火电压的实际效果。如果把毛细管置于阴极区内，着火电压又有怎样的变化？为此我们进行了这一组实验，结果列入表（四）。

表（四）

编 号	实 验 管 型	腔 长 (mm)	P_{Ne} (mm油柱)	V_s (着火) (KV)	V_o (工作) (KV)	$V_s - V_o$ (KV)
8	管型 1	530	30	2.9	2.0	0.7
9	管型 2	530	30	4.7	2.4	2.3



本实验的两种作法，是在同一支管上进行的，仅仅调换正负极的位置，从表（四）中的实验数据可以看出，只有当放电毛细管处于阳极区域中，着火电压才能大幅度降低。

在这组实验中，还使用了验电器间接地测定了阳极区内的带电粒子的性质，实验结果证明，在阳极区内带电粒子是阳性的。

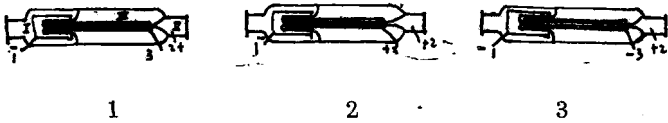
第四组实验

放电毛细管周围的带电性质对着火电压的影响。

为了弄清阳极区内放电毛细管周围的电荷粒子电性对着火电压下降的作用，我们进行了这组实验，在实验中，放电毛细管不处于任何一种电极区内，而单独变化它周围的带电性质，观察其对着火电压的影响，其实验结果列入表（五）。

表（五）

编号	实验管型	腔长 (mm)	$P_{He\ Ne}$ (mm油柱)	V_s (着火) (KV)	V_o (工作) (KV)	V_s-V_o (KV)	能着火的最低气压(mm)油柱
10	管型 1	310	24	6.4	1.3	5.1	13.0
11	管型 2	310	24	2.0	1.4	0.6	2.0
12	管型 3	310	24	7.6	1.4	6.2	20.0



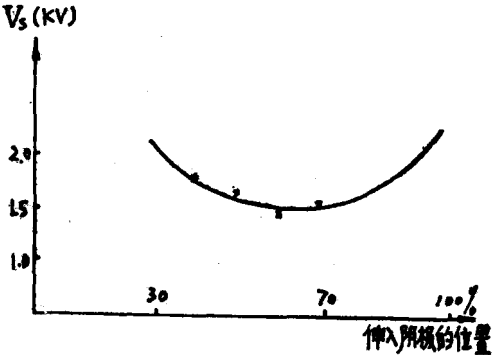
实验管型设计的阳极区（Ⅱ）与旧型管相同；阴极区（Ⅰ）与新结构管相同。而毛细管周围的空间区域（Ⅲ）与阳极、阴极区域隔开，并在毛细管的外围包上一金属筒，单独引出电极。实验结果是当电极 3 悬空或与阴极联接，得到的着火电压数据与旧型管相同，并不降低。而将电极 3 和阳极 2 相联接时（这就是说空间区域（Ⅲ）的粒子和阳极区（Ⅱ）的粒子带电性质相同）。使着火电压降低的数值和新结构管相同。

表（五）中的实验数据表明，放电毛细管周围的粒子带电性质同阳极区一致时，可以达到大幅度降低着火电压的效果，即说明放电毛细管周围粒子的带电性质对降低着火电压起着决定性的作用。

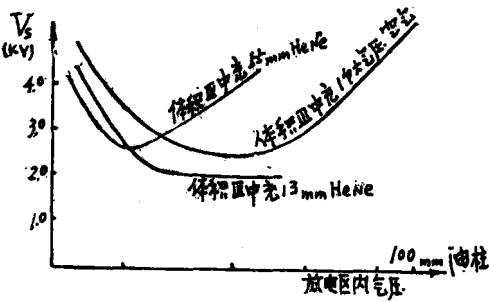
第五组实验

毛细管伸入阴极筒内的相对位置对着火电压的影响

在进行了以上四组实验之后，确定了使着火电压降低的一些因素以及起主要作用的因素，同时，我们也进行了放电毛细管伸入阴极筒内的相对位置对着火电压影响的实验。本实验使用活动阴极，在不改变其他的条件下重复实验，测得的曲线如图（五）所示。



图（五） 毛细管伸入阴极筒内的深度与着火电压的关系



图（六）

实验结果表明, 放电毛细管伸入阴极筒内的相对位置对着火电压有些影响, 大约为300伏左右, 其最佳位置是毛细管处于阴极筒内的长度为阴极筒全长的60~70%的地方, 可见, 这也不是降低着火电压的主要因素。

另外, 对实验(四)的表五管型2的区域(Ⅲ)充不同气体, 并变化其气压, 结果如图(六)所示。

实验结果发现: 着火电压的大幅度降低不仅和放电毛细管周围的粒子的带电性质及气压有关, 还和两电极区的气压有关。

综合上述五组实验, 可以认为: 降低着火电压的决定因素是放电毛细管必须处于被扩大的阳极区域内, 最大降压效果可达到50%。

三、实验结果

我们根据以上实验的最佳数据制作了低着火电压新型结构的He—Ne和He—Cd激光管, 并在同样条件下和旧型结构作了比较, 同时, 我们又作了如下几项参数测定。

1. 着火电压

腔长230mm激光管一般为2.3KV。

腔长500mm激光管一般小于3.0KV。

目前国内200~400mm腔长的He—Ne激光管一般最低电压为4.1KV, 最高的为7.2KV。可见新型管比旧型管着火电压的平均值降低二分之一。

2. 着火电压与工作电压的差值

新型结构He—Ne激光管的着火电压与工作电压差值只有几百伏特左右, 而旧型管却高达数千伏特。

3. 输出功率

新型结构He—Ne激光管腔长500毫米, 输出功率为13.5毫瓦(TEM₀₁模)。

4. 功率输出稳定性

在一般工艺条件下, 制做出的新型结构He—Ne激光管, 其输出功率稳定性较好, 腔长为500毫米的新型结构激光管功率输出稳定性最高达±0.8%, 一般都在±5%以内。国内目前旧型的He—Ne激光管水平最高为±1.3%, 最低为±17.5%, 据了解, 没有十分严格的工艺条件旧型管要达到±1%的水平是很难实现的。

5. 着火电压的重复测量误差

新型结构500mm腔长激光管重复测量十五次着火电压值, 其平均算术误差为5.4%, 而旧型的230mm腔长激光管着火电压算术平均误差为31.9%。(※以上国内旧型的数据取自78年12月广州气体激光器测试会议资料)。

从以上新型结构激光管测试的结果看, 低着火电压新型结构He—Ne激光管不仅在着火电压上取得了大幅度降低的效果, 而且在He—Ne激光管的其他几项参数上也得到了比较好的改善。经过大量重复实验证明这一实验结果是肯定的。几个兄弟单位也重复了我们的实验结果, 同样证明了我们这一新型结构He—Ne激光管是可以重复的, 并证明我们的结果是可靠的。

从以上的实验结果中, 已经找到了新型结构激光管中降低着火电压的主要因素。

四、理论分析

在实验中, 我们已找到了新型结构激光管中降低着火电压的主要因素。这里, 我们为着探索这个结果的内在原因, 在理论上对这个实验结果进行了初步的分析。

在进行理论分析之前, 我们先介绍和分析有关的几个基本概念和有关的过程, 以使后面的分析比较方便。

(一) 建立激光器气体放电的着火条件

在气体激光器中, 气体放电的着火过程是完全符合气体放电学理论的。

汤生根据电子繁流理论指出, 在气体放电中, 如果忽略正离子运动过程中的电离效应, 在没有外界电离, 而且电子处于平衡状态时, 从阴极发射的总的电子数 n 为:

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

式中 n_0 为阴极发出的原始电子数。 α 为一个电子沿电场方向移动单位距离所产生的新的电子数, 亦即汤生第一电离系数。 γ 为一个正离子打在阴极上产生的二次电子的平均数。亦称为二次电离系数。

根据放电着火前电流增长的规律, 建立由非自持放电过渡到自持放电过程的着火条件是:

$$\gamma(e^{\alpha d} - 1) = 1 \quad (2)$$

其物理意义如下:

1. $\gamma(e^{\alpha d} - 1) = 1$, 表示从阴极发出的一个电子到达阳极时一定距离内产生 $(e^{\alpha d} - 1)$ 次电离碰撞, 因而产生同样数目的正离子; 这些正离子打在阴极上以后, 将产生 $\gamma(e^{\alpha d} - 1)$ 个二次电子。而这个二次电子数目为1, 亦即一个电子自阴极逸出后, 包括各种直接和间接过程在内, 将在阴极上再发射出一个电子, 使后一次繁流的电子和前一次的繁流电子数目相等。这正是能达到自持放电的基本条件, 也就是激光器辉光放电的着火条件。

2. 当 $\gamma(e^{\alpha d} - 1) > 1$ 时, 表示后一次繁流的电子数多于前一次繁流的电子数, 放电将迅速地进行。

3. 当 $\gamma(e^{\alpha d} - 1) < 1$ 时, 表示从阴极发出的电子数小于前一次繁流的电子数, 使放电无法维持下去, 也就是非自持放电的条件。

根据(2)式可知, 着火电压决定于 α 和 γ 的大小。由于 α 和 γ 都是偶然因子, 所以着火电压也具有很大的偶然性。

另外, 根据气体放电理论, α 和 γ 与电场强度 E 的关系为:

$$\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right) \quad (3)$$

$$\gamma = f\left(\frac{E}{P}\right) \quad (4)$$

因为 $E = \frac{u_s}{d}$ (5)

所以 $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{u_s}{Pd}\right)$ (6)

$$\gamma = f\left(\frac{u_s}{Pd}\right) \quad (7)$$

其中 u_s 为着火电压, P 为气压, d 为两极间的距离。不难看出, 着火电压与 α/P 和 γ 是函数关系。

(二) 激光管内的放电区域

满足着火条件以后, 在放电管内立即产生自持辉光放电。正常的辉光放电分为若干区域, 而对激光管来说, 可以总结为以下三部分:

1. 阴极位降区:

这一区域包括阿斯登暗区, 阴极辉区, 阴极暗区。这是辉光放电的特征区域。所有辉光放电的基本过程都在这里完成。着火条件公式 $\gamma(e^{\alpha d}-1)=1$ 也在这里得到满足, 式中 d 可表示为阴极位降区的厚度。在这个区域中具有很高的正离子浓度, 形成极强的正空间电荷, 从而引起电场严重畸变。结果绝大部分的管压降都集中在这一区域和阴极之间。在强电场的作用下, 正离子具有很大的动能, 打向阴极时, 产生显著的 γ 过程, 而电子又以很大的加速度向阳极方向运动, 产生繁流过程。

2. 正柱区:

正柱区就是毛细管部分, 它是一个等离子区。在这个区域内的电子作不规则热运动, 因为在这类运动中, 电子速度比正离子大, 所以电子首先到达管壁。从而使管壁积聚过剩的电子。造成毛细管内有一个从毛细管中心到管壁的正离子浓度梯度。该梯度使带电粒子向管壁方向运动, 这种运动称之为双极扩散。从而使电子运动受到阻滞, 而正离子却被加速。在此区域内, 电子密度很高(约 $10^{10} \sim 10^{12}/\text{cm}^3$), 而且电子迁移率也很高, 使正柱区成为一个良导体。实质上, 正柱区在放电中的作用也正是传导电流。然而, 由于正柱区存在着消电离现象, 要保持状态平衡, 带电粒子就必须不断地得到补充。

3. 阳极暗区:

在阳极附近形成阳极位降, 阳极位降的数值与阳极形状有关。阳极暗区的电离碰撞使阳极附近可以获得大量新的电子和正离子。当聚集在阳极暗区的正离子过多而高于电子浓度时, 将形成负的阳极位降, 这就对电子起阻碍作用, 相反, 当正离子浓度低于电子浓度时, 将形成正的阳极位降, 从而加速电子的运动。

以上三个区域的电压降如图(七)所示

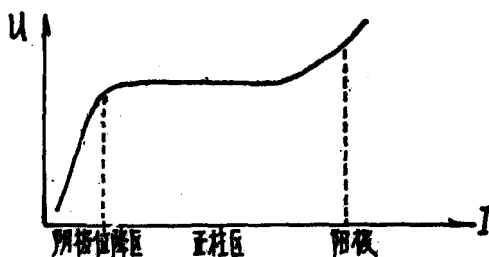


图 (七)

(三) 对降低激光器着火电压的理论分析

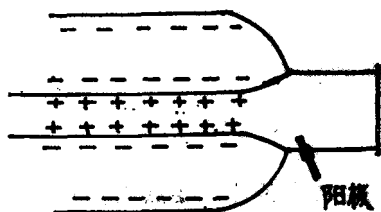
通过以上有关概念的介绍, 我们已经知道激光器放电时的着火电压要求满足 $\gamma(e^{\alpha d}-1)=1$ 的条件, 在这个条件中, 起决定作用的是 γ 和 α 。这个条件的前提是放电空间电场要均匀一致, 但旧型激光管的设计恰恰违背这个前提。

1. 旧型的He-Ne激光管存在的问题:

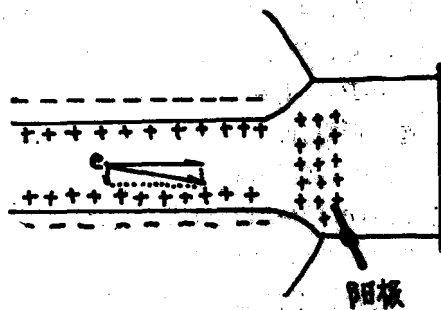
(1) 带电粒子的复合使 α 和 γ 系数减小, 旧型结构如图(一)(a)所示, 它的阳极区体积很小, 只占整个腔体的二十五分之一(腔长为230mm)。在繁流放电中, 空间电荷的分布是不均匀的。由碰撞电离形成的正离子, 多数分布在阳极位降区附近。正离子实际只被限制在毛细管阳极一端。浓度很高。因此, 当电子通过时, 由于电子和正离子碰撞复合几率加大, 所以电子和正离子的损失必然增大, 致使 α 和 γ 系数减小。

另外, 旧型He-Ne激光管的放电毛细管是被负电位包围着, 毛细管内壁表面即为正离子

占据(如图(八)所示)。毛细管内表面被正电荷包围。对在正柱区快速运动的电子具有排斥力,使这些电子更容易跑到管壁与正离子复合。结果使管壁附近带电粒子的浓度相应减小。从而加强了双极扩散作用和更大的复合作用,导致电子和正离子的损失,引起 α 和 γ 系数的减小。为了满足着火条件 $\gamma(e^{\alpha d}-1)=1$ 而点燃激光管,就必须加大 α 和 γ ,从式(6)、(7)得知这就必须设法提高着火电压 u_s ,参看表(一)中1号和2号管的数据。



图(八)



图(九)

(2) 旧型He-Ne激光管造成电子能量的损失,首先是由于管子内表面正电荷的作用,这就不仅降低了正柱区沿电场运动的电子的速度,并使其向偏离电场方向运动(见图(九))。而且被减速的电子到达因集聚超过电子浓度的正离子而形成的负的阳极位降区时,又受到一个阻力,致使电子难于通过该区达到阳极而完成一次繁流过程,亦即减少到达阳极的总电子数,处于前面介绍的 $\gamma(e^{\alpha d}-1)<1$ 的状态下,不能点燃激光管。要实现 $\gamma(e^{\alpha d}-1)=1$ 的条件,唯一的办法是提高电子在正柱区沿电场方向运动的动能,以抵消双极扩散和负的阳极位降阻力,增加到达阳极的总电子数,从而建立正常辉光放电的条件。

从上述分析和实验结果不难看出,旧型激光管要想满足 $\gamma(e^{\alpha d}-1)=1$ 的着火条件,只能用比工作电压高出几千伏特的电压来加大 α 和 γ 过程。

由此可见旧型的He-Ne激光管存在着两个明显的缺点:

第一个是阳极区体积太小,由第一组实验证明,阳极位降区高于电子浓度的正离子,使阳极附近成为负的阳极位降。阻碍电子到达阳极。

第二个是毛细管处于负的电位包围之中,加大了沿电场方向运动的电子和正离子的损失,减小了繁流过程。而使着火电压过高,这可以从第三、四两组实验中得到证明。

2. 对新型结构He-Ne激光管的分析:

新型结构的He-Ne激光管改进的关键体现在以下两个方面(见图(一)(b))。

(1) 扩大了阳极区体积对总体积的比例。

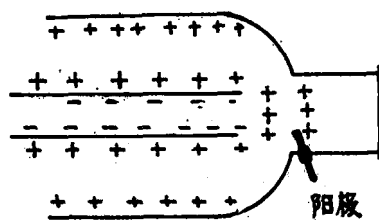
(2) 使毛细管被包围在正电位区。

这样就取得了以下的效果:

A. 电荷损失减小,使 α 和 γ 系数提高:

新型结构激光管阳极区域体积扩大了几十倍,相应的在阳极区附近正离子浓度就减小几十倍,因此,电子通过该区域时与正离子的复合几率和带电离子的损失也就大大减小,从而使该区域内 α 系数比旧型的增大。

另外,因毛细管是处于正电位中,毛细管内壁被电



图(十)

子占据(见图(十))。这样就对快速向管壁运动的电子形成了阻力,使之难于达到管壁。又因正离子质量大,运动速度慢,所以使管壁复合较小,相对旧型的He-Ne激光管来说,带电粒子的损失减小了。实际是加大了 α 和 γ 过程。

在其他条件相同时,根据式(2)、(6)、(7)推算,新型结构He-Ne激光管将比旧型的着火电压降低了许多。

设: α_1 、 γ_1 、 u_1 、 P_1 、 d_1 为旧型He-Ne激光管的相应参数。

α_2 、 γ_2 、 u_2 、 P_2 、 d_2 为新型结构He-Ne激光管的相应参数。

当 $P_1=P_2$, $d_1=d_2$, $u_1=u_2$ 时

由上述分析得知:

$$\alpha_2 > \alpha_1, \gamma_2 > \gamma_1$$

倘若 $\gamma_2(e^{\alpha_2 d_2} - 1) = 1$ 成立

那么必定 $\gamma_1(e^{\alpha_1 d_1} - 1) < 1$,

即旧型激光管不能满足着火条件。若使旧型激光管满足着火条件,要点燃激光管,即令

$$\gamma_1(e^{\alpha_1 d_1} - 1) = 1$$

这时就必须使 $\alpha_1 = \alpha_2$ $\gamma_1 = \gamma_2$

又根据 $\gamma = \frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{u_s}{Pd}\right)$ 关系知道

当 $\alpha_1 = \alpha_2$ $\gamma_1 = \gamma_2$

而又 $P_1 = P_2$ $d_1 = d_2$ 时

必须使 $u_1 > u_2$ 才能成立。

显然,要达到同样的着火条件,旧型的He-Ne激光管着火电压 u_1 必须高于新型管的着火电压 u_2 ,这和实验结果完全一致。

B. 新型结构He-Ne激光管使正柱区的电子加速的同时也增大了繁流过程:

新型结构He-Ne激光管中,毛细管内壁是负电位,这样就对向阳极运动的电子起到加速作用。其情况如图(十一)所示。

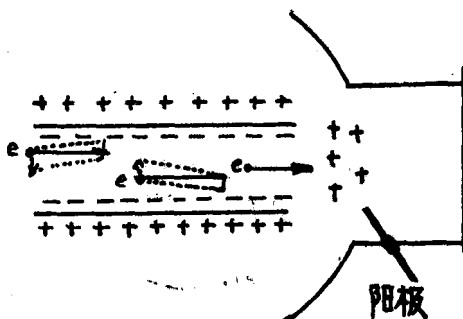


图 (十一)

沿电场方向运动的电子被周围的负电位加速,而对作热运动的电子来说,当它们向管壁方向运动时,就要受到管壁负电位的横向电场分力的作用,这个分力使作热运动的电子逐渐的被校正到电场的方向,直到穿过整个正柱区,达到阳极位降区为止。

新型结构激光管的阳极位降区，因正离子浓度的减小，使得该区形成了正的阳极区，对电子起了加速作用，使电子在该区内的电离能量加大，繁流过程加强。由此看出，在新型结构激光管的正柱区内，不但电子损失小，而且还加速了沿电场方向的运动，更使一部分做热运动的电子被校正到电场方向来参加繁流过程，故而大大有利于建立满足 $\gamma(e^{ad}-1)=1$ 的条件。达到降低着火电压的目的。

我们从第四组实验中还可以明显看出上述解释是正确的。该文图(六)表示，对表五中管型2来说，当阴极区内气压为24mm油柱时，着火电压低；大于此气压时，电压升高。这说明，在体积比较小的阳极区内，气压大时正离子浓度大，阳极区形成负的阳极位降；而当气压减小时，正离子浓度也减小，随着这个变化，使阳极位降由负变为正，而着火电压也低了下来。致使图中当气压小于24mm油柱时着火电压升高的现象，即是因为气压太低使整个放电区带电粒子浓度太小。因而加大了带电粒子的自由程。减小了电离系数的缘故。

结 束 语

从以上的实验和初步的理论分析都一致证明了新型结构He-Ne激光管大幅度降低着火电压的决定因素是毛细管必须处于被扩大的阳极区域内。

这一新型结构的He-Ne激光器，除了大幅度降低着火电压外，在其他参数上也得到了保证和提高。

这一新型结构He-Ne激光管的放电状态更接近合理的气体放电状态。

这一新型结构激光管在防爆炸和航空条件使用将比旧型管优越。它的某些优点还有待大量应用之后显示出来。

刊登国内、外广告启事

我社出版的科技刊物，学科较全，专业较广。为给国内、外各厂矿、企业、科研单位、大专院校等刊登广告提供方便，决定从即日起开辟广告栏，欢迎选用。

有关刊登广告的具体手续、价目及刊物，详见我社的“承办国内广告业务暂行办法”及“承办国外广告业务暂行办法”。此项业务请直接与我社广告组联系，统一办理。

(社址：北京和平街北口 电话：46局4504)

科学技术文献出版社

一九八〇年四月十日

科学技术成果报告

低着火电压新结构氦-氟激光器

(内部发行)

编辑者：中国科学技术情报研究所

出版者：科学技术文献出版社

印刷者：中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

※

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：0.75 字数：19.2千字

1980年9月北京第一版第一次印刷

印数：1—2,000册

科技新书目：171—24

统一书号：15176·481

定价：0.15元