



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 91111569.2

[51] Int.Cl⁵
H01J 65/04

[43] 公开日 1992年6月24日

[22] 申请日 91.12.4

[30] 优先权

[32] 90.12.4 [33] US [31] 622,026

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 J·T·达金 M·E·达菲
R·A·海因德尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 程天正 吴秉芬

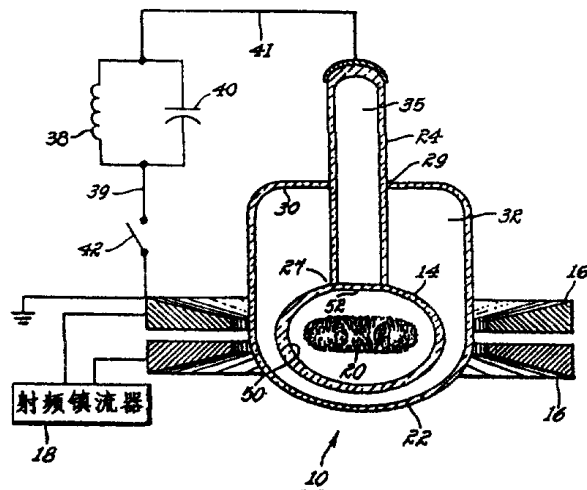
H05B 41/14

说明书页数: 10 附图页数: 3

[54] 发明名称 无电极高光强放电灯的启动辅助装置

[57] 摘要

无电极高光强放电灯有一个透光弧光管, 弧光管有介电材料制成的各管壁部分, 并充有第一气态填充物。绕弧光管的激励线圈中的射频电流激励第一气态填充物, 产生电介质击穿和环形弧光放电。弧光管接有启动容器, 其一个端壁由弧光管的一个管壁部分构成, 启动容器内的第二气态填充物的电介质强度小于第一气态填充物。配备了使启动容器内填充物击穿的装置, 该击穿发展成放电, 使所述端壁电位变化, 进而使所述第一气态填充物产生电介质击穿。



权 利 要 求 书

1. 一种无电极高光强放电灯，其特征在于，它包括：

(a) 一个透光的弧光管，所述弧光管具有由介电材料制成的各管壁部分，所述弧光管内充有第一气态填充物；

(b) 一个激励线圈，它配置在所述弧光管周围，且可用射频电流加以激励，该射频电流在所述第一气态填充物产生电介质击穿时能有效地在所述第一气态填充物中产生环形弧光放电；

(c) 一个启动容器，主要由介电材料构成并连接到所述弧光管上，其一个端壁由所述介电材料制成的弧光管管壁部分之一构成；

(d) 充满所述启动容器中的第二气态填充物，在所述无电极灯即将启动前的正常条件下，所述第二气态填充物的电介质强度低于所述第一填充物的电介质强度；和

(e) 在所述弧光管中引发所述环形弧光放电的装置，包括使所述启动容器内的气态填充物产生电介质击穿的装置，该电介质击穿在所述启动容器内发展成放电，从而使所述端壁处的电位变化，此变化值使得在所述弧光管管壁部分之间的电压升高得足以引发所述第一气态填充物产生电介质击穿；

2. 如权利要求 1 所述的无电极灯，其特征在于，

(a) 所述弧光管围绕所述环形弧光放电外周边延伸的部分的横截面积是预定的；且

(b) 所述启动容器呈管形，且在靠近它的所述端壁处的横截面积小于弧光管的所述预定横截面积。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的无电极灯，其特征在于，在所述启动容器与所述弧光管连接部位的所述弧光管管壁内表面基本上是扁平的。

4. 如权利要求 1 所述的无电极灯, 其特征在于, 在所述无电极灯即将启动前的正常条件下, 所述第二气态填充物的压力低于所述第一气态填充物的压力。

5. 如权利要求 1 所述的无电极灯, 其特征在于, 使所述启动容器内的气态填充物发生电介质击穿的所述装置包括电压施加装置, 此装置位于所述启动容器外, 用以将高电压跨接所述第二填充物的一部分, 且所述后一种电压所产生的放电是与所述电压施加装置容性耦合的无电极电弧。

6. 如权利要求 1 所述的无电极灯, 其特征在于,

(a) 使所述启动容器内的气态填充物产生电介质击穿的所述装置在所述启动容器的远离所述端壁处产生一个电位, 该电位如果加到所述端壁上足以在所述弧光管内产生电介质击穿; 和

(b) 在所述启动容器内的所述放电将启动容器的远离所述端壁处与所述端壁电连接。

7. 如权利要求 1 或 6 所述的无电极灯, 其特征在于:

(a) 所述射频电流对所述激励线圈进行的激励使所述弧光管的所述管壁部分之间的电位不足以使所述第一气态填充物产生电介质击穿 (假设那时所述第二气态填充物还没有产生电介质击穿); 且

(b) 由于所述启动容器内产生所述放电, 因而使所述弧光管的一个管壁部分相对于所述弧光管壁的另一管壁部分的电位变化的幅度足以在所述第一气态填充物中引发电介质击穿。

8. 如权利要求 1 所述的无电极灯, 其特征在于, 所述启动容器包括一个空腔, 所述放电即在该空腔中发生, 所述空腔的横截面小得以致不能在其中产生环形弧光放电。

9. 如权利要求 1 所述的无电极灯, 其特征在于, 所述启动空腔内设有一个电极, 将一个高电压加到该电极上就可引发所述启动容器内的气

态填充物产生电介质击穿。

10. 如权利要求 1 所述的无电极灯，其特征在于，使所述启动容器内的气态填充物产生电介质击穿的所述装置包括一个第二线圈，此第二线圈连接在所述激励线圈上的一个点与所述启动容器上的一个点之间，与所述激励线圈组合在一起形成变压器，用以产生一个跨接所述第二气态填充物的电压，在所述弧光管内引发所述环形放电之前，受到所述变压器激励，所述电压能有效地使所述第二气态填充物击穿。

11. 如权利要求 10 所述的无电极灯，其特征在于，围绕所述无电极灯的一部分设置一个玻璃材料制成的管，所述第二线圈即绕在所述玻璃管上。

12. 如权利要求 1 所述的无电极灯，其特征在于，使所述启动容器内的气态填充物产生电介质击穿的所述装置有一个与所述激励线圈感应耦合的第二线圈，使得与所述激励线圈组合成一个变压器，用以产生跨接所述第二气态填充物的电压，在因所述激励线圈激励而在所述弧光管内产生所述环形放电之前，所述电压能有效地使所述第二气态填充物击穿，所述激励线圈起所述变压器的初级绕组的作用，所述第二线圈起所述变压器的次级绕组的作用。

无电极高光强放电灯的启动辅助装置

本发明总的说来涉及高光强放电(HID)灯。更具体地说,本发明涉及无电极HID灯的一种经改进的启动辅助装置。

在高光强放电(HID)灯中,象水银或钠蒸汽之类的中压至高压范围的可电离气体,通常因弧光放电时有电流通过气体而使其受激时,会放射出可见的辐射线。有一种HID灯是感应耦合的无电极灯,这种灯通过在其高压气态填充物中产生螺旋管电场而产生并维持弧光放电。在这类灯中,弧光管中的高压填充物以一个放电作为初始击穿,再由弧光管周围的激励线圈中的射频电流激励出放电的等离子体。弧光管和激励线圈组成的组合件实质上起了变压器的作用,用来将射频能量耦合到等离子体中。就是说,激励线圈起了一次线圈的作用,等离子体则起了与一次线圈感应耦合的单匝二次线圈的作用。激励线圈中的射频电流产生随时间变化的磁场,又在等离子体中产生实质上形成一个自身封闭的电场,即螺旋管电场。由于这个电场的存在,因而有电流流通,从而使弧光管的等离子体中产生环形的弧光放电。

在感应耦合的HID弧光管中的环形放电通常要比在具有放电电极作为放电端的一般弧光管中更难以启动。这有下列几方面的原因。首先,由于没有电极,使这种灯失去了有启动电极的弧光管的启动过程中电极往往所起的有益的作用。例如,由于没有电极,电场就不能集中在电极尖端,因而就不能通过在阴极表面的物理过程(例如热电子发射,场致发射或离子轰击)中产生初始电子。其次,要通过感应来产生使弧光管

中压力较高的充填充体击穿所需的极大电场是非常困难的。第三，我们在弧光管的填充物中采用高压惰性气体，而不是水银作为缓冲气体。例如，在本发明的一个实施例中，我们采用了室温下压力为 250 托或以上的氦或氖作为我们的弧光管填充物中的缓冲气体。这个惰性气体的压力大约为产生初始启动击穿所要求的惰性气体压力的10倍。

迄今，尝试或提出过的在无电极灯的高压惰性气体弧光管填充物中引发弧光放电的方法有好多种。早先提出的一种方法是降低填充物的气体压力，例如，先将弧光管浸渍在液体氮中，使气体温度下降到极低值，再提高气体的温度。随着温度的升高，当气体密度达到使填充物电离或击穿所需要的最佳密度时，引发弧光放电。然而，把液态氮引发弧光放电的方法推广普及到商业化使用并不实用。

最新的方法是采用各种金属“启动辅助装置”，这类装置一般用来加强启动用的电场。这些金属启动辅助装置通常安置在弧光管外壳外，在某些情况下，它们是一些通过密封件进入弧光管外壳中的启动电极。例如，美国专利4,894,589、4,894,590、4,902,937、5,047,693和4,982,140和El Hamamsy等人于1990年5月23日递交的美国专利申请S. N. 527,500(RD 19,742)和El Hamamsy等人于1990年5月23日递交的美国专利申请S. N. 527,503(RD 19,800)都介绍了这种金属启动辅助装置，上述诸专利都转让给本申请的受让人，在本申请中也包括这些内容作为参考。

采用金属启动辅助装置有这样的一些缺点。例如，金属启动辅助装置具有这样的特点，即如果它在放电灯工作期间保持原位，因而它可能起限制放电灯使用寿命的作用（例如钠泄漏、弧光管外壳壁变质或密封件失灵）。另一方面，若金属启动辅助装置的特点是在启动之后移离放电灯，则放电灯设计中这种可动部件的控制就变得复杂，从而提高成本。此外，移动式的启动辅助装置会改变供电电路对于激励线圈在阻抗

匹配方面的要求。

在本发明的一个实施例中，我们提供了这样一种无电极HID灯，该无电极HID灯包括一个能透射光线的弧光管，弧光管具有介电材料制成的各管壁部分，管内充有第一气态填充物。弧光管周围配置有可用射频电流激励的激励线圈，正是这个激励电流能在第一气态填充物击穿时在该填充物中有效地产生环形的弧光放电。弧光管连接有主要由介电材料制成的管状启动容器，容器的一个端壁由所述弧光管的一个管壁部分构成。启动容器内充有第二气态填充物，在放电灯即将启动之前的正常条件下，第二填充物的电介质强度比第一填充物的电介质强度低得多。弧光管中的环形弧光放电是借助于能使启动容器内的气态填充物产生电介质击穿的装置引发的。该击穿发展成放电，沿所述启动容器的长度方向扩展，并改变所述端壁的电位，使所述弧光管壁部分之间的电压上升到足以引发所述第一气态填充物产生电介质击穿。

为更好地理解本发明的内容，可结合附图参阅下面的详细说明。附图中，

图1是本发明一个实施例的无电极灯的部分图示和部分剖视图。图1画出了处于运行状态的无电极灯；

图2与图1类似，不同之处在于示出了无电极灯在早先的启动操作中初始击穿阶段的情况；

图3与图1类似，不同之处在于示出了无电极灯在紧接着图2所示的阶段之后但在图1所示的运行状态即将开始之前的过渡阶段；

图4是本发明一个实施例的无电极灯的一部分的放大剖视图；

图5与图1类似，示出了本发明另一个经改进的无电极灯的实施例。

首先参看图1。图中所示的无电极灯10有一个弧光管14，弧光管的管壁最好由高温玻璃（例如熔凝石英），或透明或半透明的陶瓷（例如

多晶氧化铝) 制成。激励线圈16绕在弧光管上, 且连接到射频镇流器 (Ballast) 18上, 供在弧光管中激发环形放电20之用。 举例说, 图中所示的弧光管14基本上呈椭圆体。 但有时会要求其它适当形状的弧光管, 这视乎用途而定, 本发明也包括了这一点。 例如, 弧光管可以是基本上呈球形, 也可以取短圆柱体的形状, 或边缘圆滑的“碉堡”形。 Johnson 等人的美国专利4,810,938 中即展示并说明了上述后一种形状的弧光管, 本说明书的下一段将更详细地提到这种弧光管。弧光管14中充有填充物, 上述基本上呈环形的弧光放电即在无电极灯工作期间在该填充物中激发。1989年3月7日颁发且转让给本申请的受让人的 P. D. Johnson、J. T. Dakin 和 J. M. Anderson 等人的美国专利4,810,938 中介绍了一种适用的填充物。Johnson 等人的专利的填充物包括按一定重量比组成的卤化钠、卤化铈和氙, 以便产生可见的辐射线。这种填充物在白色色温下的功效高, 有好的显色能力。例如, Johnson 等人的专利的这种填充物可以包括等重量比的碘化钠和氯化铈, 与室温下大约为500 托分压的氙混合。转让给本申请的受让人的、H. L. Witting 的美国专利4,972,120 中介绍了另一种适用的填充物, 该专利也包括在本说明书中作为参考。这个专利的填充物包括卤化镧、卤化钠和作为缓冲气体的氙或氪组成的混合物。按照Witting 的专利中的一种填充物的具体实例, 填充物包括由碘化镧、碘化钠、碘化铈和在室温下分压为250 托的氙的混合物。另一种适用的填充物则包括由碘化钠、碘化铈和在室温下分压为250 托的氙的混合物。

如图1所示, 射频功率由射频镇流器18经由与其相连接的激励线圈16加到HID灯上。图中示出的激励线圈16由两匝线圈组成, 线圈的结构与和本申请有着共同受让人的美国专利5,039,903 中所述的线圈一样, 因此, 该专利也包括入本说明书中作为参考。这种线圈因取这种结构, 因而效率极高, 且引起的无电极灯照明中断(light blockage) 的现象极

少。 Farrall 的这个申请中的激励线圈由一个或多个线匝串联连接组成。各匝的形状通常是通过使一个左右对称的梯形绕着与梯形处于同一平面的线圈中心线旋转形成的，但该中心线与梯形不相交，并提供交叉装置连接各线匝。但本发明的启动辅助装置还可以采用其它适当的线圈结构，例如，与本申请有着共同受让人的、于1989年3月14日颁发给 J. M. Anderson 的美国专利4,812,702 所描述的线圈结构，该专利也包括在本说明书中作为参考。具体地说，Anderson 的专利介绍了一种具有六个线匝的线圈，各线匝配置得使线圈在其中心线两侧的横截面基本上呈 V 字形。另一种适用的激励线圈的形状可以取例如螺旋形。

工作时，线圈16中的射频电流产生随时间变化的磁场，磁场在弧光管14内产生自身基本上封闭的电场。无电极灯一启动，如即将谈到的那样，由于该螺旋管电场的存在，弧光管14内的填充物中就有电流通过，从而在填充物中产生环形弧光放电20。射频镇流器18适用的工作频率在0.1 至300 兆赫的范围，例如13.56 兆赫。

与本申请有着共同受让人的、J. C. Borowiec 和 S. A. El-Hamamsy 的美国专利5,047,692 介绍了适用的镇流器18，该专利也包括在本说明书中作为参考。该专利的灯镇流器是个高效率的镇流器，它由一个丁类功率放大器和一个调谐网络组成。调谐网络包括一个集成调谐电容器网络和散热装置。详细地说，两个电容器共用一个公用的电容器片形成一体，第一个电容器与激励线圈串联连接，第二个电容器与激励线圈并联连接。此外，并联调谐电容器的金属片包括散热装置的诸散热片，用以散除无电极灯激励线圈散发的过量热量。

图1的弧光管14封闭在外壳22中。外壳22最好是石英质的，用以降低弧光管所引起的热损耗、吸收弧光管内环形弧光放电的紫外线、并保护弧光管壁表面免受有害的污染。弧光管还由外壳22的一个细长管形的空心棒24支撑着。在本发明的一个最佳实施例中，弧光管壁由石英制

成，棒24是石英管，对接封接到石英弧光管壁的外表面。在石英管连接到石英弧光管壁的局部部位27，弧光管的管壁部分52的外表面和内表面基本上扁平。在沿棒24与部位27一段距离的29处，棒24通过外壳22的顶壁30上的一个孔延伸出，并绕其外周边封接在顶壁上，以形成真空密封。外壳22与弧光管14之间的空间32抽成真空，提供了热绝缘，从而减少弧光管的热损耗。

棒24的上端密封着，因而棒内有一个密闭空腔35。空腔内充有气体，在无电极灯10即将启动之前的正常情况下，这种气体的电介质强度远低于弧光管14内的气态填充物的电介质强度。充满空腔35的气体可以是与弧光管14中相同的气体，但其压力低于弧光管中的气体的压力，例如约为弧光管气体压力的1/10。空腔35中的气体也可以是与弧光管14中的气体不同的、能为易于产生和控制的高电压所击穿的气体。具体适用于空腔35的气体有，例如，氦、氙、氖、氩、氮及它们的混合气体。在各情况下，填充物的压力应低得足以使气体的电介质强度小于弧光管14中气体的电介质强度。在我们具体的实施例中，空腔35中的填充物采用了在室温下压力为20千的纯氮。使用效果良好的气体混合物的具体例子有由氮和氩组成的潘宁混合气体。

棒或容器24及其空腔35内的气体可以视为用来帮助在弧光管14中产生环形弧光放电20的启动辅助装置部分。稍后可更清楚地看到，我们这个无电极灯的突出特点在于启动容器或者说棒24有一个由弧光管14管壁部分52的一部分组成的端壁（其下端壁）。

我们的启动辅助装置还包括高压发生和施加装置，以在空心棒24和随后在空腔14中引发击穿。如图1的示意图所示，该高压发生和施加装置包括感应线圈38和电容器40的并联组合，此并联组合通过图中所示的导体39和41连接在激励线圈16上线匝上的接地点与启动容器24的上端之间。和线圈—电容并联组合件串联连接的适当开关42闭合时可将该并

联组合件通过无电极灯的寄生电容跨接到电源上，开关断开时可以切断将并联组合件跨接到电源的电路。与本申请有着共同受让人的、申请日为1990年12月4日的Cocoma等人的美国专利申请S. N. 07/622,024 (RD 20,228号文件) 和Farrall 等人的美国专利5,057,750(RD 20,855) 公开了电压发生和施加装置38-42的另一些细节，这里也将该两个专利包括进来作为供参考。L-C 电路38、40调节得使其为镇流器18的13.56兆赫射频电流所激励时处于几乎谐振的状态。镇流器18的射频电流在L-C 电路38两端产生高电压时，就有相应的高电压跨接到启动容器24在长度方向上的两端和跨接在启动容器的空腔35中气柱长度方向上的两端。这个高电压足以使空腔35中的气体跨长度方向产生电介质击穿，这个击穿则发展成沿空腔35整个长度延伸的放电。容性电流流经其中的这个放电以图2中的45来表示，图中所示的无电极灯是处于我们所说的初始击穿阶段的状态。

图2的放电45，和图1的环形电弧20一样，是个无电极电弧。这两个电弧的基本不同点在于，电弧45是容性耦合到电源18、38-42上，环形电弧20则感性耦合到电源18、16上。

图2中所示的是即将初始放电之前，这时激励线圈16处于激励状态，弧光管的上管壁部分52和弧光管的半圆处的管壁部分50处于主要由激励线圈16的平均电位确定的较低的电位。激励线圈16的上线匝处于地电位。这时候，在这两个管壁部分50和52之间出现的任何电位差相对较小，而由于该两部分为弧光管14中电介质强度较高的填充气体所隔开，不足以在这些部分之间引起电介质击穿。

即将进入图2所示的初始击穿阶段之前，L-C 电路38、40两端产生较高的对地电压。该电压是出现在启动容器24顶部的射频电压，这时，启动容器24的底部处于基本上是接地的电位。当空腔35中发生上述电介质击穿并发展成放电45时，加到启动容器24上的电位通过放电45（这时

起低阻抗导体的作用) 连接到在放电底端处的弧光管管壁部分52。 结果, 管壁部分52的电位迅速升高到接近所加电压的高电平, 从而使弧光管管壁部分52与50之间的电压大幅度上升。这之后, 紧接着, 如图3所示, 弧光管14内出现线状放电60, 从管壁部分52发出。

这些线状放电60表示弧光管14内的气态填充物产生电介质击穿。于是, 这个电介质击穿使通过激励线圈16的射频电流所产生的电场和磁场可以形成图1中以20所示那种环形弧光放电。这以后, 这些电场和磁场无需启动放电45的协助就能使环形弧光放电保持下去。因此, 这时启动放电就按适当的方式(例如打开开关42使电路中断)消失, 从而使放电45脱离电源。

显然, 从以上所述可知, 由于启动容器24的下端壁是由弧光管的管壁部分52构成, 因而启动容器的下端壁处和弧光管管壁部分52处会出现同样的电位。因此, 当放电45如上述那样产生时, 它传到启动容器端壁时给弧光管管壁部分52传送同样的电位。

上面说过, 弧光管在发出线状放电60的部位52处的内表面基本上是扁平的。实践证明, 这个特点非常重要, 因为如果这个部位具有使棒24伸入弧光管中的结构, 我们发现, 棒突出的尖端就会过热, 从而失灵。另一方面, 使该部位中产生局部洞穴的设计是有问题的, 因为这些洞穴会成为气态填充物中卤化物冷凝的落脚点。

本发明无电极灯的另一个重要特点是, 其启动容器或者说棒24的有关部分的横截面小于弧光管的有关部分。这里弧光管的有关部分是指围绕着环形放电20外周边延伸的空心部分, 而这个空心部分的平均横截面积比启动容器的有关部位(即启动容器紧邻其端壁的部位)的横截面积大。使启动容器在该部位保持较小的横截面积, 这一点非常重要, 因为它可以防止因激励线圈16中有射频电流通过而在启动容器24中出现的电场和磁场的影响下, 在启动容器24中产生感应耦合或环形放电。本发明

的无电极灯在任何时候都只能使一个感应耦合或环形的弧光放电维持下去，而如果在启动容器中或在弧光管外的无电极灯内任何位置产生这种感应耦合放电，则由于它的存在使得需要在弧光管14内产生感应耦合放电时却不能产生。

虽然我们的附图中所示的是结构简单的直线式管形启动容器24，不言而喻，我们的发明广义来讲包括其它结构的启动容器，例如，曲线形的管形构件，或带有弯曲的管形构件。

还应该理解的是，我们的发明从广义来讲还包括在启动容器或棒24中引发击穿的附加装置。这方面也可以采用其它适当的装置。例如，可以在启动容器24顶端内部安装一个（如图4中62所示的）电极，往这个电极上加高电压以便在启动容器内的气态填充物中引发击穿。在图4的实施例中，可以看到电极62连接到图1-3的导线41，以接收来自图1-3的装置38-42的激励电压。在电极穿过石英管的地方配备有一般的薄片式密封件61。当然还可以采用上述以外的其它适当的高电压源将启动高电压加到电极62上。虽然图4的启动容器中有象62那样的电极，但灯本身仍然可视为无电极灯，因为对主电弧（即弧光管14内的环形电弧）来说，仍然没有电极。关于这一段所述的一般形式的启动装置的有关专利申请是与本申请有着共同受让人的、于1990年12月4日由Roberts等人同时递交的专利申请S.N. 07/622,247(RD 19,981)，该申请也包括在这里供参考。

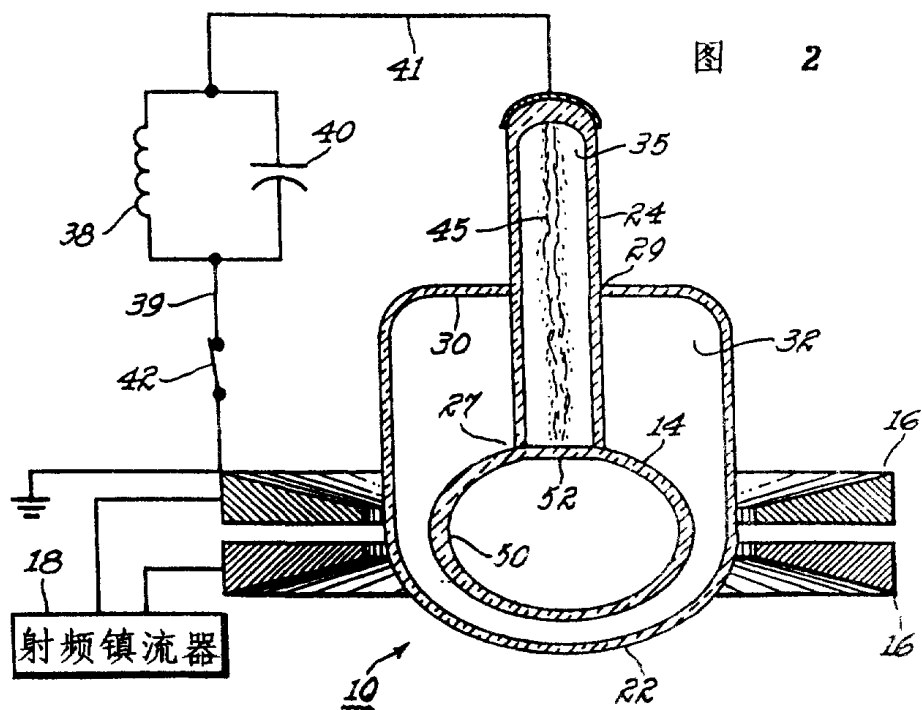
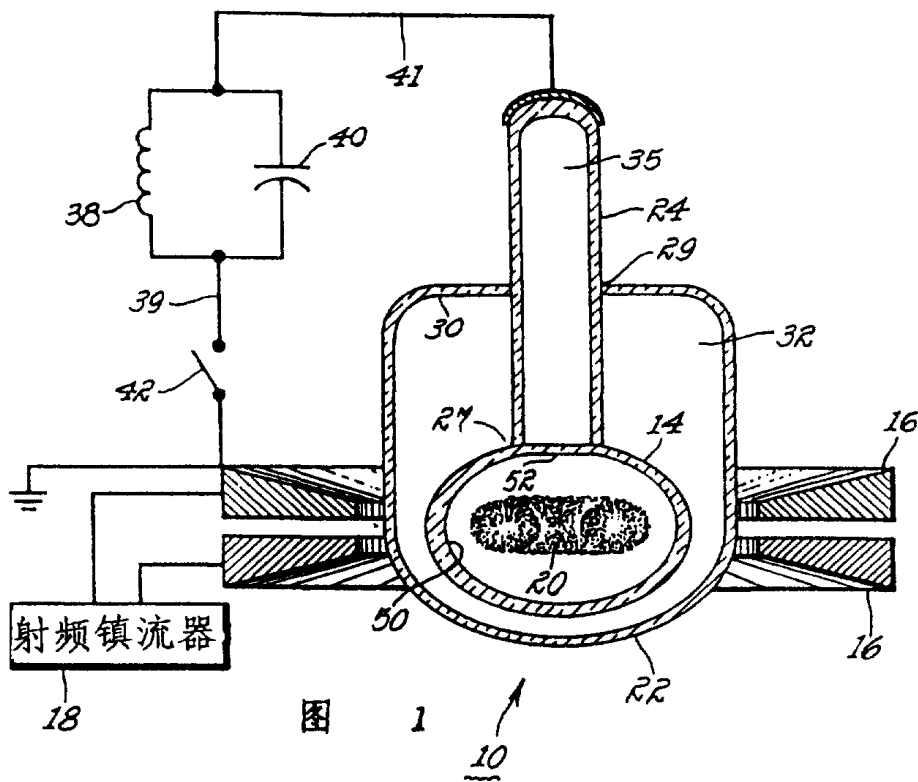
还应该理解的是，我们的发明从广义上讲并不局限于图中38-42所示的将电压供到启动容器或棒24的具体装置。举例说，引发击穿的另一种方法是利用从适当结构的次级线圈感应出的电场，该次级线圈与主激励线圈组合形成变压器。用上述射频电流激励这个变压器时，所产生的电场在棒24的上端形成较高的电位，并在棒内气体中形成足够高的电场，促使棒的两端之间产生放电。图5中示出了根据这种方法制造的器

件，图中与图 1 相应的各部件采用与图 1 中同样的编号。上述次级线圈用 70 表示。该次级线圈 70 绕在诸如石英或派热克斯耐热玻璃之类的玻璃材料制成的管 72 上，管 72 则围绕着灯在主激励线圈 16 上方的部分。次级线圈的下端与主激励线圈 16 的上线匝电连接，上端通过导线 41 连接到启动容器 24 的上端。该次级线圈 70 与主激励线圈 26 组合形成自耦变压器，这个变压器为流经线圈 16 的适当射频电流所激励时，按上述那样起作用，使启动容器中产生放电。玻璃管 72 使次级线圈与弧光管 14 相隔较大的距离。

显然从以上所述可知，我们的启动装置并不依赖位于弧光管附近或里面的金属电极、金属探头或类似的金属部件。这使我们可以消除与金属启动辅助装置有关的、对使用寿命有限制作用的大部分问题，并使我们无需设置任何在启动之后用来移离这些金属部件的机构。尽管我们的启动装置，例如，金属启动辅助装置，确实通过增强或集中弧光管中的电场来在其中引发出电弧，但这不是通过将各金属部件靠近弧光管配置或安置在弧光管内来实现，而是利用电气放电将高电位从远处转移到弧光管壁的一部分进行的。我们用来辅助启动的任何金属部件不是靠近弧光管配置，而是靠近一个辅助空腔配置，辅助空腔中装有与弧光管中的填充物隔绝且比弧光管内填充物更易于击穿的填充物。

虽然我们介绍了本发明的一些具体实施例，但熟悉本技术领域的人士都知道，可以对这些实施例进行各种更改和修改而在广义上并未脱离本发明的精神实质。因此我们认为，所有这些更改和修改都应当包括在我们的发明中，因为它们均属于本发明的精神实质和范围。

说明书附图



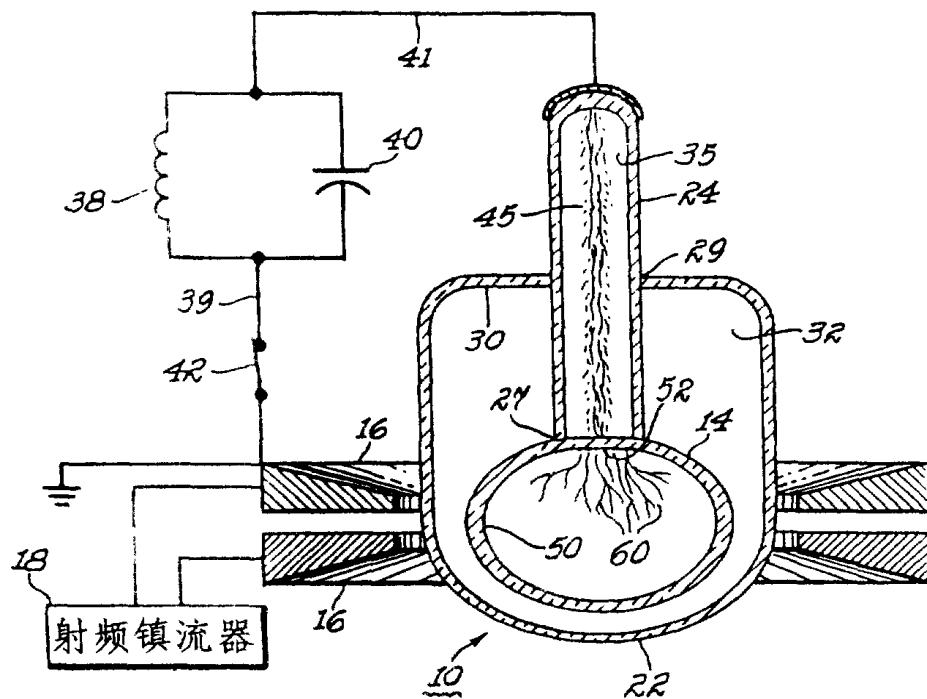


图 3

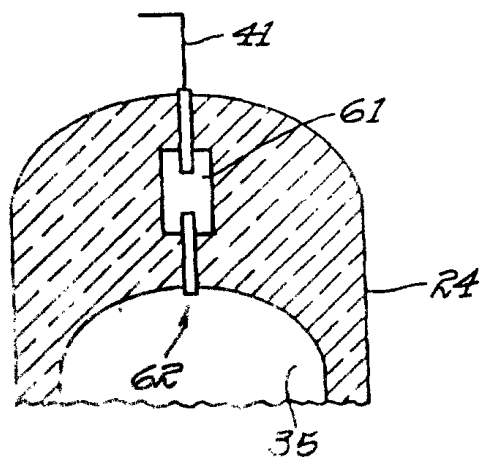


图 4

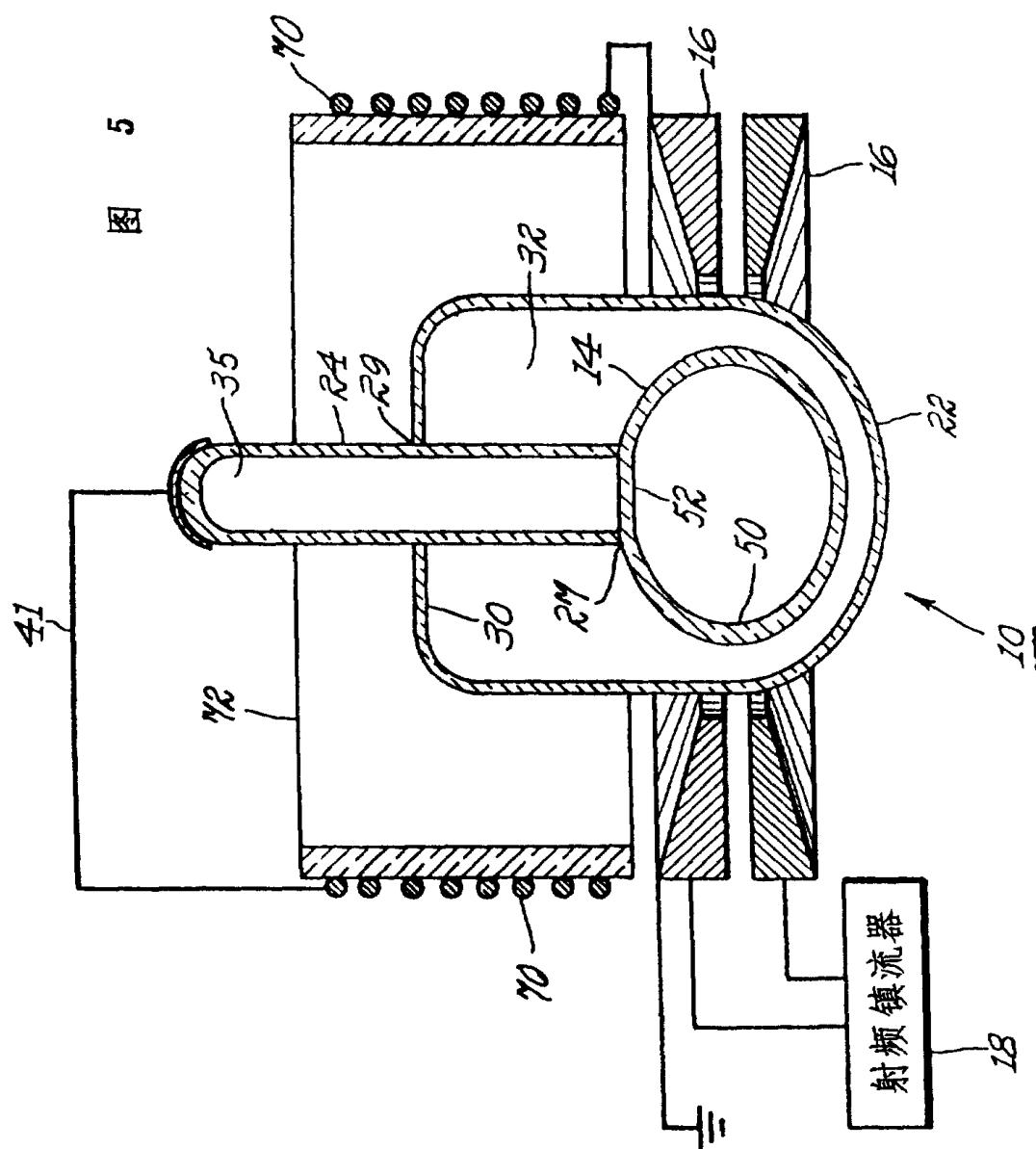


图 5