



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01813645.1

[45] 授权公告日 2009 年 2 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100459023C

[22] 申请日 2001.7.27 [21] 申请号 01813645.1

[30] 优先权

[32] 2000.7.31 [33] US [31] 60/222,028

[32] 2001.3.15 [33] US [31] 09/809,718

[86] 国际申请 PCT/US2001/023745 2001.7.27

[87] 国际公布 WO2002/011181 英 2002.2.7

[85] 进入国家阶段日期 2003.1.30

[73] 专利权人 勒克西姆公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 F·M·埃斯皮奥 C·J·乔施

张易安

[56] 参考文献

US5841242A 1998.11.24

US4887192A 1989.12.12

WO9823133A1 1998.5.28

审查员 李 莉

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 吴立明 梁 永

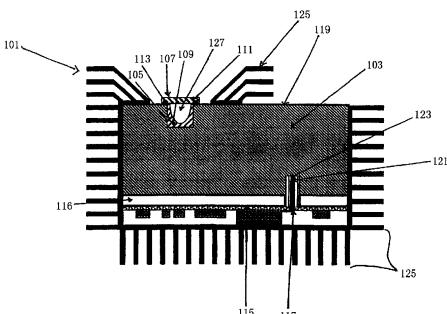
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 7 页

[54] 发明名称

具有介质波导的等离子体灯和发光方法

[57] 摘要

本公开了一种介质波导成一体的等离子体灯，用于给直径为几毫米的小和明亮的灯泡供电。该灯被包含在将微波引导到灯泡的高介电常数材料中，并给驱动电路提供热绝缘，含有微波，提供结构稳定性和容易制造，并在用做介质谐振振荡器时允许有效的能量耦合到灯泡。



1. 一种电灯，包括：

(a) 具有主体的波导(103)，该主体包括介电常数大于2的介电材料；

(b) 第一微波馈送部件(117)，其与波导(103)的主体相接触，用于以0.5-30GHz范围内的谐振频率向波导(103)的主体提供电磁能；和

(c) 灯泡(107)，对该灯泡(107)进行定位，使其接收来自波导(103)的电磁能，该灯泡包括气体填充物，当第一微波馈送部件(117)以0.5-30GHz范围内的频率向波导(103)的主体提供电磁能时，所述气体填充物构成发光等离子体。

2. 根据权利要求1的电灯，其中波导(103)具有金属材料的外涂层(119)。

3. 根据权利要求1的电灯，其中波导(103)的主体构成腔(105)，并且把灯泡(107)定位于所述腔(105)中。

4. 根据权利要求3的电灯，其中灯泡(107)被构形为将光朝向窗口(111)反射。

5. 根据权利要求3的电灯，其中灯泡(107)具有外壁(109)，所述外壁包括介质材料，用于使灯泡(107)与波导(103)的主体热绝缘。

6. 根据权利要求3的电灯，其中灯泡(107)具有外壁(109)和窗口(111)，所述外壁(109)和窗口(111)具有相等的热膨胀系数。

7. 根据权利要求2的电灯，其中散热片(125)与波导(103)的主体相连。

8. 根据权利要求1的电灯，其中波导(103)主体的形状为直角棱镜。

9. 根据权利要求1的电灯，其中波导(517、527、537)主体的形状为圆柱棱镜。

10. 根据权利要求1的电灯，其中波导(103)主体的形状为球形。

11. 根据权利要求1的电灯，其中气体填充物包括惰性气体和金

属卤化物。

12. 根据权利要求 1 的电灯，其中波导（103）主体在具有至少一个能量最大值的模式中谐振，第一微波馈送部件（117）和灯泡（107）分别设置于能量最大值附近。

13. 根据权利要求 1 的电灯，波导（103）主体在具有至少两个能量最大值的模式中谐振，并且第一微波馈送部件（117）和灯泡（107）分别设置于不同的能量最大值附近。

14. 根据权利要求 1 的电灯，还包括能源（115），用于向第一微波馈送部件（117）提供电磁能。

15. 根据权利要求 3 的电灯，其中窗口（111）和灯泡外壁（109）确定包围气体填充物的灯泡壳（127），灯泡外壁气密耦合到窗口（111），灯泡（107）构形为可向窗口（111）引导由等离子体发射的光。

16. 根据权利要求 1 的电灯，还包括第二微波馈送部件（434）。

17. 根据权利要求 16 的电灯，其中波导（437）的主体在具有至少三个能量最大值的模式下谐振，并且第一微波馈送部件（433）、第二微波馈送部件（434）和灯泡（435）分别靠近不同的能量最大值设置。

18. 根据权利要求 14 的电灯，包括：

耦合在波导（611）的主体和能源（617）之间的第二微波馈送部件（615），用于从波导（611）的主体获取反馈。

19. 根据权利要求 18 的电灯，其中：

第二微波馈送部件（615）探测波导（611）的主体，以便采样其中电场的振幅和相位，并将所述采样信息提供给能源（617），该能源（617）放大从波导（611）的主体采样得到的能量，并调整工作频率以维持波导（611）的主体内的至少一个谐振模式。

20. 根据权利要求 14 的电灯，其中能源（115）与波导（103）的主体和灯泡（107）热绝缘。

21. 根据权利要求 14 的电灯，还包括位于能源（115）和波导（103）之间的空间（116），用以提供热绝缘。

22. 根据权利要求 21 的电灯，其中该空间（116）是抽空的。

23. 根据权利要求 14 的电灯，还包括位于波导（437）的主体内的

第二微波馈送部件（434），其用于接收来自能源（115）的电磁能，其中波导（437）的主体在具有至少一个电场最大值的模式中谐振，并且第二微波馈送部件（434）和灯泡腔（435）分别设置于电场最大值附近。

24. 一种产生光的方法，包括以下步骤：

(a) 以 0.5-30GHz 范围内的谐振频率将来自能源（115）的电磁能耦合到波导（103），所述波导（103）具有一主体，该主体包括介电常数大于 2 的介电材料；

(b) 定位一个含有气体填充物的灯泡（107），以便接收来自波导（103）的电磁能；和

(c) 通过电磁能与气体填充物的相互作用产生等离子体，由此发射光。

25. 根据权利要求 24 的方法，还包括以下步骤：

(d) 采样波导（103）主体内的电场的振幅和相位；和

(e) 调整来自能源（115）的电磁能的频率，直到被采样的电场处于最大值为止。

具有介质波导的等离子体灯和发光方法

本申请要求在 2000 年 7 月 31 日申请、名称为“等离子体灯”、系列号为 No. 60/222028 的美国临时专利申请和在 2001 年 3 月 15 日申请、名称为“具有介质波导的等离子体灯”、系列号为 No. 09/809718 的美国申请的优先权，在这里引证这两篇文献供参考。

技术领域

本发明的领域涉及用于产生光的装置和方法，特别涉及无电极等离子体灯。

背景技术

无电极等离子体灯提供点状、明亮的白光光源。由于它们不使用电极，因此无电极等离子体灯的使用寿命通常比其它灯长。现有技术中的无电极等离子体灯包含某些共同的特征。例如在授予 Lynch 等人的美国专利 No. 4954755、授予 Lynch 等人的美国专利 No. 4975625、授予 Ury 等人的美国专利 No. 4978891、授予 Walter 等人的美国专利 No. 5021704、授予 Simpson 等人的美国专利 No. 5448135、授予 Simpson 等人的美国专利 No. 5594303、授予 Simpson 等人的美国专利 No. 5841242、授予 Simpson 等人的美国专利 No. 5910710 以及授予 Simpson 等人的美国专利 No. 6031333 中，等离子体灯将微波能引导到充气腔中，该充气腔封闭含有能点燃、形成等离子体和发光的物质的混合物的灯泡，在这里引证这些文献供参考。

在这些专利中所述的等离子体灯是为了提供比有电极灯更明亮、寿命更长、光谱更稳定的光源。然而，对于很多应用来说，都希望提供一种更明亮、体积更小、更便宜、更可靠并具有长使用寿命的光源，但是至今仍不能得到这种光源。这种应用包括例如街灯和应急车辆。因此，存在着对低成本、非常明亮、耐用光源的需求。

在现有技术中，无电极等离子体灯的充气腔通常部分地由金属网构成。使用金属网是因为它能将微波能限制在充气腔内，同时最大量地输出可见光。微波能通常由磁控管或固态电子器件产生并通过一个或多个波导引入充气腔中。在充气腔中，选择频率的微波能产生谐振，其中谐振的实际频率取决于腔的形状和尺寸。虽然可用于给灯供电的

频率有容限，实际上，电源的微波频率被限制在 1-10GHz 范围内。

由于需要在充气腔中建立谐振条件，因此充气腔通常不小于用于驱动灯的微波能的波长的一半。因此充气腔以及等离子体灯本身的尺寸有一个下限。然而，对于很多应用来说，例如高分辨率监视器、明亮灯和投影 TV，这些尺寸仍然保持太大。因此存在对不限于现有技术所述的最小腔尺寸的等离子体灯的需求。

在现有技术中，灯泡通常位于充气腔中由微波能产生的电场最大的位置上。优选灯泡的支撑结构的尺寸和组成不干扰谐振微波，因为对微波的任何干扰都将降低灯的效率。因此灯泡通常由石英制成。但是，由于等离子体温度可能是几千摄氏度，这将导致石英壁温在 1000 °C 左右，因此容易损坏石英灯泡。此外，石英灯泡的长期机械稳定性以及光学和电学性能不稳定。因此，存在对克服上述问题并且其长期光谱特性稳定的光源的需求。

在现有技术的等离子体灯中，灯泡通常含有与发光物质组合的惰性气体、第二元素或通常包括硫、硒、含硫或硒的化合物的化合物、或大量金属卤化物的任何一种。将灯泡中的物质暴露于高强度微波能，将使惰性气体变成等离子体。等离子体中的自由电子激发灯泡内的发光物质。当发光物质返回到低电子状态时，发射辐射。发射光的光谱取决于灯泡内的发光物质的性能。通常，选择发光物质以发射可见光。

上述类型的等离子体灯频繁需要高强度微波以起动点燃惰性气体使其成为等离子体。然而，用于产生和维持等离子体的一半以上的能量通常都作为热量损失了，因此产生了散热问题。可能在灯泡上形成热点，使灯泡上出现斑点，并由此降低灯效率。已经提出了通过旋转灯以便在灯中更好地分配等离子体和通过给灯吹恒定的气流来减少热点的方法。然而，这些方案都给灯增加了结构，由此增加了灯的尺寸和成本。因此，存在着对这样等离子体灯的需求，其需要较少能量来点燃和维持等离子体并且包括用于有效散热的最少量附加结构。

发明内容

在一方面，本发明一般提供产生明亮、光谱稳定的光的装置和方法。

根据这里所述的一个实施例，用于产生光的装置包括电磁能源、

具有由介质材料形成的主体的波导、和灯泡。优选，波导连接到该能源上，用于从该能源接收电磁能。波导建立和含有电磁能。耦合到波导的灯泡从波导接收电磁能。被接收的电磁能点燃填充气体并形成等离子体和优选在可见光谱范围内发光。

在一个优选实施例中，灯泡构形为可以通过其窗口向外反射光。电磁能源优选是有效地耦合到波导并优选与波导热绝缘的微波能源。此外，波导的外表面、优选除了灯泡腔之外用材料涂覆，以便在波导内容纳微波能。形成波导的介质材料优选具有高介电常数、高介电强度和低损耗角正切值。这就允许在波导内产生高功率密度。散热片优选固定于波导的外表面上以散热。

根据第一替换实施例，灯以谐振腔模式工作。在这个模式中，导入波导中的微波能的频率能使其在波导内谐振。微波馈送装置和灯泡优选相对于波导定位，并对应谐振频率的电场最大值的位置。

根据第二替换实施例，灯在介质振荡器模式下工作。在这个模式下，在一个实施例中能量反馈装置或探针在对应能量最大值的位置耦合到介质波导。探针在耦合点检测波导内的电场幅度和相位。用探针信号提供反馈，即使随着在灯泡中产生等离子体而使谐振频率改变和/或即使介质波导由于产生的热量而经受热膨胀，该灯也可以在谐振腔模式下连续工作。探针给微波源提供反馈并且微波源调整其输出频率以动态维持谐振状态。

在附图中还说明和示出了其它实施例、改型和改进，包括上述实施例的组合及其特点。

附图说明

图 1 表示根据优选实施例的等离子体灯的剖视图。

图 2A 和 2B 表示等离子体灯的替换实施例的剖视图。

图 3A 和 3B 表示等离子体灯的替换实施例的剖视图，其中灯泡与介质波导热绝缘。

图 4A-D 表示在矩形棱柱形波导内的不同谐振模式。

图 5A-C 表示采用圆柱棱柱形的圆柱波导内的不同谐振模式。

图 6 表示采用反馈装置给微波源提供反馈以维持谐振工作模式的装置的实施例。

具体实施方式

下面参照附图，图 1 表示介质波导一体的等离子体灯 101 (DWIPL) 的优选实施例。DWIPL101 优选包括电磁辐射、优选为微波辐射的源 115、具有由介质材料形成的主体的波导 103、以及将辐射源 115 耦合到波导 103 的第一微波馈送部件 117。如这里使用的，术语“波导”一般指具有至少部分地限制电磁能的特性和目的的任何器件。DEIPL101 还包括优选设置在波导 103 的相反侧的灯泡 107，其含有优选包括惰性气体和发光物质的气体填充物，当接收在特殊频率和强度的电磁能时发光物质将形成等离子体并发光。

在优选实施例中，微波辐射源 115 经过第一微波馈送部件 117 将微波能输送给波导 103。波导包含微波能并将其引导到优选设置在与第一微波馈送部件 117 相反的波导 103 一侧的腔 105 中。设置在腔 105 中的是含有气体填充物的灯泡 107。微波能优选被引入封闭的腔 105 中，并进而引入灯泡 107 中。这种微波能通常从它们的正常状态释放电子并由此将惰性气体转变成等离子体。惰性气体的自由电子激励发光物质。发光物质的去激励导致光发射。很显然，这里公开的 DWIPL 的不同实施例与现有技术的等离子体灯相比具有明显的优点，如产生更明亮和光谱更稳定的光的能力、更高的能量效率、更小的灯总尺寸以及更长的使用寿命跨度。

图 1 中示意性地示出了作为固态电子装置的微波源 115，但是，能在 0.5–30GHz 范围内工作的、在本领域中公知的其它装置也可用做微波源，包括但不限于速调管和磁控管。用于微波源的最佳范围是从约 500MHz 到 10GHz。

根据微波源 115 的热灵敏度，微波源 115 可以与灯泡 107 热绝缘，在工作期间灯泡 107 优选达到约 700°C 和约 1000°C 之间的温度。灯泡 107 与源 115 热绝缘具有的优点是可以避免源 115 退化。微波源 115 的附加热绝缘可以通过本领域中的大量公知方法的任何一种方法来实现，包括但不限于采用绝缘材料或占据源 115 和波导 103 之间的任选空间 116 的真空间隙。如果选择后者，应当采用适当的微波馈送部件以将微波源 115 耦合到波导 103。

在图 1 中，从微波源 115 向波导 103 输送微波的第一微波馈送部件 117 优选包括同轴探针。然而，也可使用本领域中公知的几种不同类型的微波馈送部件的任一种，如微带线或鳍形线结构。

由于机械和其它方面的考虑，如热、振动、老化或冲击，当将微波信号引入到介质材料中时，优选采用刚性接触机构 121 保持第一微波馈送部件 117 和波导 103 之间的接触。接触机构 121 在第一微波馈送部件 117 和波导 103 之间提供恒定的压力，以便使微波能通过第一微波馈送部件 117 反射回来而不传输到波导 103 的概率最小化。在提供恒定压力时，接触机构 121 补偿了可能由于受热或机械振动产生的第一微波馈送部件 117 和波导 103 的小尺寸变化。接触机构可以是如图 1 中所示的弹性承载装置、风箱型装置、或本领域公知的能维持用于连续和稳定传输微波能的恒定压力的任何其它装置。

当第一微波馈送部件 117 耦合到波导 103 时，优选通过直接在波导 103 上、在与第一微波馈送部件 117 接触的位置上淀积金属材料 123 形成紧密接触。金属材料 123 消除了可能妨碍耦合的间隙，并优选由金、银或铂构成，但也可使用其它导电材料。可以使用本领域中公知的几种方法的任一种淀积金属材料 123，如作为液体淀积金属材料 123，然后在炉子中煅烧以提供坚固接触。

在图 1 中，波导 103 优选是矩形棱柱的形状，然而，波导 103 也可以具有圆柱棱柱形状、球形、或任何其它形状，包括复杂、不规则形状，其谐振频率优选通过电磁模拟工具来确定，并能从第一微波馈送部件 117 有效地将微波能引入灯泡 107。波导的实际尺寸可能改变，这取决于使用的微波能的频率和波导 103 主体的介电常数。

在一个优选实施例中，波导主体约为 $12,500\text{mm}^3$ ，介电常数约为 9，工作频率约为 2.4GHz。这个尺度的波导主体比现有技术的等离子体灯中的波导小很多。因此，在优选实施例中的波导比现有技术更优越，因为较小的尺寸允许波导可用于很多应用，其中波导尺寸以前禁止了这种使用或者根本不能实现这种使用。对于大介电常数来说，可以实现甚至更小的波导尺寸。除了通过减小尺寸得到的明显优点之外，尺寸的减小还导致更高的功率密度、更低的损耗，因此更容易点燃灯。

不管其形状和尺寸怎样，波导 103 优选具有包括介质材料的主体，例如优选该介质材料呈现以下特性：(1)介电常数优选高于约 2；(2)损耗角正切值优选小于约 0.01；(3)由优选高于约 200°C 的故障温度定量的抗热震能力；(4)DC 击穿阈值电压优选高于约 200 千伏/英寸；(5)热膨胀系数优选小于约 $10^{-5}/\text{C}$ ；(6)介电常数的零或稍微负值

的温度系数；（7）在优选从约-80°C 到约 1000°C 的最佳温度范围上的化学计量的稳定性；和（8）导热率优选约为 2W/mK（瓦每毫开尔文）。

某些陶瓷，包括氧化铝、氧化锆、钛酸盐和变体或这些材料的组合以及硅油可满足上述很多要求，并且由于它们的电学和热机械特性而可以使用它们。在任何情况下，应该注意到这里所述的实施例不限于呈现所有或大部分前述特性的波导。

在这里所述的波导的各种实施例中，如在上述限定的例子中，波导优选提供基本上热质量，以便有效地帮助热量的分布和分散并提供灯和微波源之间的热绝缘。

在图 2A-B 中示出了 DWIPL200、220 的替换实施例。在图 2A 中，灯泡 207 和灯泡腔 205 设置在波导 203 的一侧上，优选设置在与馈送部件 209 相反的一侧，并且更优选与馈送部件 209 处于同一平面，而且在微波能的电场为最大值的位置。在波导 203 中提供一个以上的电场最大值，灯泡 207 和灯泡腔 205 可以设置在一个最大值处，并且馈送部件 209 设置在另一个最大值处。通过将馈送部件 209 和灯泡 207 放在电场为最大值的位置，可以分别输送和截获最大量的能量。灯泡腔 205 在波导 203 的主体中为凹形。

如图 2B 所示，波导 223 的主体任选地以凸形从波导 203 的主体的主要部分向外突出，以便形成灯泡腔 205。与图 2A 中一样，在图 2B 中，灯泡 227 优选与馈送部件 221 相对设置。然而，在波导 203 中提供一个以上的电场最大值，灯泡 207、227 可设置在馈送部件 209、221 的平面以外的平面中。

再参见图 1，除了形成灯泡腔 105 的那些表面之外，波导 103 的外表面优选用薄金属涂层 119 涂敷以反射微波。涂层 119 的总反射率确定了包含在波导 103 中的能量水平。可以存储在波导 103 中的能量越多，灯 101 的总效率越高。涂层 119 还优选抑制瞬时辐射泄漏。一般情况下，涂层 119 优选大大消除了任何杂散微波场。

通过使腔 105 优选比用于操作灯 101 的微波波长小很多可大大衰减通过灯泡腔 105 的微波泄漏。例如，窗口的对角线的长度优选显著小于使用的微波波长（在自由空间中）的一半。

灯泡 107 设置在灯泡腔 105 中，并优选包括外壁 109 和窗口 111。在一个最佳实施例中，波导 103 的主体的腔壁用做灯泡 107 的外壁。

灯泡 107 的成分优选包括一种或多种介质材料，如陶瓷和蓝宝石。在一个实施例中，灯泡中的陶瓷与波导 103 中使用的材料相同。灯泡 107 优选采用介质材料，因为灯泡 107 最好被波导 103 的介质主体包围并且介质材料有助于确保微波能有效地耦合于灯泡 107 中的气体填充物。

外壁 109 优选采用密封 113 耦合到窗口 111 上，由此确定灯泡壳 (bulb envelope) 127，其含有包括等离子体形成气体和发光物质的气体填充物。等离子体形成气体优选是能形成等离子体的惰性气体。发光物质优选是由目前本领域公知的大量元素或化合物中的任一种如硫、硒、含有硫或硒的化合物、或者大量金属卤化物中的任一种如溴化铟 ($InBr_3$) 形成的蒸汽。

为帮助限制灯泡 107 中的气体填充物，密封 113 优选包括气密密封。外壁 109 优选包括氧化铝，因为其白颜色、温度稳定性、低孔隙率和热膨胀系数。然而，也可以采用通常提供一个或多个这些性能的其它材料。外壁 109 还优选具有一定构形以通过窗口 111 最大量地将光反射到腔 105 的外面。例如，外壁 109 可以具有抛物线形轮廓以通过窗口 111 将灯泡 107 内产生的光反射到外面。然而，也可以采用便于通过窗口 111 向外面引导光的其它外壁轮廓或配置。

窗口 111 优选包括用于透射光的蓝宝石，因为其热膨胀系数与氧化铝很好地匹配。窗口 111 也可采用具有相同光透射率和热膨胀系数的其它材料。在替换实施例中，窗口 111 可包括透镜以收集发射的光。

如前所述，在工作期间，灯泡 107 可达到约 1000°C 的高温。在这些条件下，在一个实施例中波导 103 用做灯泡 107 的散热片。通过减少 DWIPL101 的各个元件的热负载和热感应应力，DWIPL101 的使用寿命通常增加到超过传统无电极灯的寿命跨度。通过优选在波导 103 的外表面周围放置散热片 125 可有效地散热，如图 1 所示。在图 2B 所示的实施例中，通过远离波导 223 的主体的主要部分延伸的腔 225，可有利地采用 DWIPL220，以便通过靠近灯泡 227 放置散热片 222 可更有效地散热。

在另一实施例中，波导 103 的主体包括介质，如钛酸盐，其在高温下通常不稳定。在这个实施例中，优选通过在波导 103 的主体和灯泡 107 之间放置热阻挡器来屏蔽波导 103 不受到灯泡 107 中的热的影响。

响。在替换实施例中，外壁 109 通过包括具有低热膨胀系数的材料如 NZP 而用做热阻挡器。也可以采用其它合适的材料用做热阻挡器。

图 3A 和 3B 表示 DWIPL300 的替换实施例，其中真空间隙用做热阻挡器。如图 3A 所示，DWIPL300 的灯泡 313 设置在灯泡腔 315 中并通过间隙 317 与波导 311 分开，间隙的厚度优选根据用于波导 311 的主体的材料的微波传播特性和材料强度而变化，间隙 317 优选真空，以使灯泡 313 和波导 311 之间的热传递最小化。

图 3B 表示 DWIPL300 的灯泡 313、灯泡腔 315 和真空间隙 317 的放大图。真空间隙 317 的边界由波导 311、灯泡支架 319、和灯泡 313 形成。灯泡支架 319 可密封到波导 311 上，支架 319 在灯泡腔 315 的边缘的上面延伸并包括优选具有高导热率以帮助从灯泡 313 散热的材料如氧化铝。

嵌入支架 319 中的是入口密封 321，用于在灯泡 313 就位时在间隙 317 中形成真空。灯泡 313 优选由灯泡支架 319 支撑并气密密封到其上。一旦在间隙 317 中形成真空，优选基本上减少了灯泡 313 和波导 311 之间的热传递。

由此所述的 DWIPL 的实施例优选在 0.5-10GHz 范围内的微波频率工作。该工作频率优选激励由波导的尺寸和形状支持的一个或多个谐振模式，由此在波导内建立一个或多个电场最大值。当用做谐振腔时，波导的至少一个尺寸优选是半波长的整数倍。

图 4A-C 表示在不同谐振模式工作的 DWIPL410、420 和 430 的三个替换实施例。图 4A 表示在第一谐振模式 411 工作的 DWIPL410，其中矩形棱柱形波导 417 的一个轴的长度是使用的微波能的波长的一半。图 4B 表示在谐振模式 421 工作的 DWIPL420，其中矩形棱柱形波导 427 的一个轴的长度等于使用的微波能的一个波长。图 4C 表示在谐振模式 431 工作的 DWIPL430，其中矩形棱柱形波导 437 的一个轴的长度是使用的微波能的波长的 1.5 倍。

在每个 DWIPL 中和图 4A-C 中所示的对应模式中，并且对于在任何更高模式工作的 DWIPL，灯泡腔 415、425、435 和馈送部件 413、423、433、434 优选相对于波导 417、427 和 437 设置在电场为工作最大值的位置上。然而，灯泡腔和馈送部件不是必须位于同一平面。

图 4C 表示 DWIPL430 的另外的实施例，其中两个馈送部件 433 和

434 用于给波导 437 输送能量。两个馈送部件 433、434 可耦合到单个微波源或多个微波源（未示出）上。

图 4D 表示另一实施例，其中一个能量馈送部件 443 将能量输送到具有多个灯泡腔 415、416 的波导 447 中，每个灯泡腔相对于波导 447 设置在电场为最大值的位置上。

图 5A-C 表示具有圆柱棱柱形波导 517、527、537 的 DWIPL510、520、530。在图 5A-C 中所示的实施例中，圆柱的高度优选小于其直径，直径优选接近于能在波导 517、527 和 537 中谐振的能量的最低级半个波长的整数倍。用这个尺寸限制圆柱的结果是最低谐振模式与圆柱的高度无关。因此圆柱的直径优选指示在波导 517、527、537 内的能量的基本模式。因此对于其它要求如尺寸和散热性，可使圆柱的高度最优化。在图 5A 中，馈送部件 513 优选与灯泡腔 515 直径相对设置，并优选激励第零阶贝塞尔（zeroeth order Bessel）模式 511。

也可以在圆柱棱柱形波导内激励其它模式。例如，图 5B 表示在其中圆柱 527 的直径优选接近于使用的微波能的一个波长的谐振模式中工作的 DWIPL520。

作为另一个实施例，图 5C 表示在其中圆柱 537 的直径优选接近于使用的微波能的半个波长的谐振模式中工作的 DWIPL520。图 5C 附加地表示了 DWIPL530 的实施例，由此使用两个馈送部件 533、534 给圆柱形波导 537 输送能量。作为 DWIPL 的另一个实施例，在具有圆柱形波导的 DWIPL 中，灯泡腔 515、525、535 和馈送部件 513、523、533、534 优选相对于波导 517、527、537 设置在电场为最大值的位置上。

采用介质波导具有几个明显的优点。第一，如上所述，波导可以用于帮助散去灯泡内产生的热量。第二，可以在介质波导中实现比本领域中目前使用的具有充气腔的等离子体灯中可能实现的更高的功率密度。介质波导的能量密度比充气腔等离子体灯的能量密度更大，这取决于用于波导的材料的介电常数。

参见图 1 的 DWIPL101，对应波导的高 Q 值（其中 Q 是工作频率与谐振频率宽度的比）的波导 103 中的高谐振能量将导致微波能的高瞬息泄漏进入灯泡腔 105 中。灯泡腔 105 中的高泄漏导致灯泡 127 中的惰性气体的准静态击穿，由此产生第一自由电子。自由电子的振荡能量的尺度为 $1\lambda^2$ ，其中 1 是微波能的传播强度， λ 是能量的波长。因

此，微波能越高，自由电子的振荡能量越大。通过使振荡能量比气体的电离电位高，电子-中性粒子碰撞导致建立了有效的等离子体密度。

一旦在 DWIPL 中形成等离子体和吸收了引入功率，由于等离子体的导电性和吸收性能使波导的 Q 值下降。Q 值的下降通常是由波导的阻抗变化引起的。形成等离子体之后，在腔中存在等离子体使灯泡腔可吸收谐振能量，由此改变波导的总阻抗。阻抗的这个变化有效地减小了波导的总反射率。因此，通过匹配接近于波导的减小反射率的馈送部件的反射率，即使在形成等离子体之后也能获得足够高的 Q 值以便维持等离子体。因而，可实现相对小的往回反射到能源的低净回反射。

被等离子体吸收的大量能量最后以热量的形式表现出来，以使灯的温度达到 1000°C。当波导也用做散热片时，如前所述，由于其热膨胀系数，波导的尺寸可能改变。在这种情况下，当波导膨胀时，在波导内谐振的微波频率改变了并且失去谐振。为了维持谐振，波导优选具有至少一个尺寸等于由微波源产生的微波频率的半个波长的整数倍。

补偿这个尺寸变化的 DWIPL 的一个最佳实施例采用这样的波导，其包括具有用于约等于其热膨胀的温度系数并且符号相反的折射率的温度系数的介质材料。采用这种材料，由于受热造成的尺寸变化导致折射率变化，并使中断腔的谐振模式的电位最小化。这种材料包括钛酸盐。补偿由于受热造成的尺寸变化的第二实施例包括以预定方式使波导的壁成物理锥形。

在另一最佳实施例中，如图 6 所示，DWIPL610 可以在介质谐振振荡器模式中工作。在这个模式中，第一和第二微波馈送部件 613、615 耦合在可以是前述任何形状的介质波导 611 和微波能源 617 之间。能源 617 优选是具有高增益和高功率输出的带宽并能驱动等离子体发射。

第一微波馈送部件 613 通常可如上所述在其它实施例中工作。第二微波馈送部件 615 可探测波导 611 以采样存在的电场（包括其中包含的振幅和相位信息）并将其样品作为反馈信息提供给能源 617 或放大器的输入端。在探测波导 611 时，第二微波馈送部件 615 还优选用做过滤出杂散频率，只在波导 611 中留下谐振频率。

在这个实施例中，第一微波馈送部件 613、第二微波馈送部件 615 和灯泡腔 619 每个优选相对于波导 611 设置在电场为最大值的位置上。采用第二微波馈送部件 615，能源 617 放大了波导 611 中的谐振能量。由此能源 617 调整其输出频率以维持波导 611 内的一个或多个谐振模式。完成的结构由此形成了谐振振荡器。通过这种方式，可以实现由于等离子体形成和尺寸的热变化以及介电常数造成的频率偏移的自动补偿。

介质谐振振荡器模式还能使 DWIPL610 在关闭之后具有即刻再点火能力。如前所述，波导 611 的谐振频率可能由于热膨胀或由工作期间产生的热造成的介电常数的改变而改变。当 DWIPL610 关闭时，热量慢慢散去，使波导 611 的谐振频率即刻变化。

然而，如图所示，在谐振振荡器模式中，能源 617 自动补偿波导 611 的谐振频率的改变。因此，不管波导 611 的起动特性怎样，假如能源 617 具有所需带宽，则能源 617 将自动补偿以实现波导 611 内的谐振。能源立即以最佳等离子体形成频率给 DWIPL 提供功率。

前面已经示出和说明了本发明的实施例和优点，对于本领域技术人员来说很显然在不脱离本发明概念的情况下可以做出各种修改。因此，除了所附权利要求书的精神之外不限制本发明。

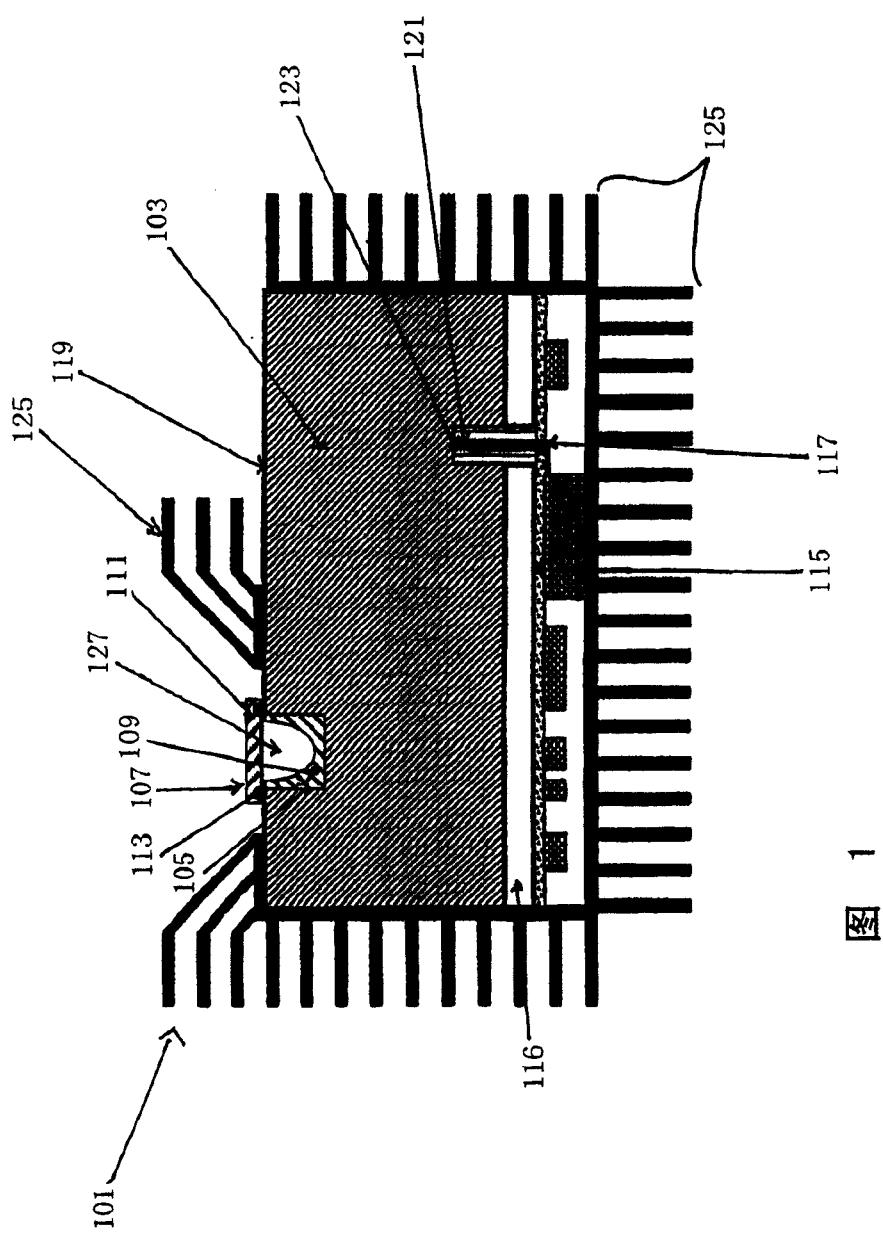


图 1

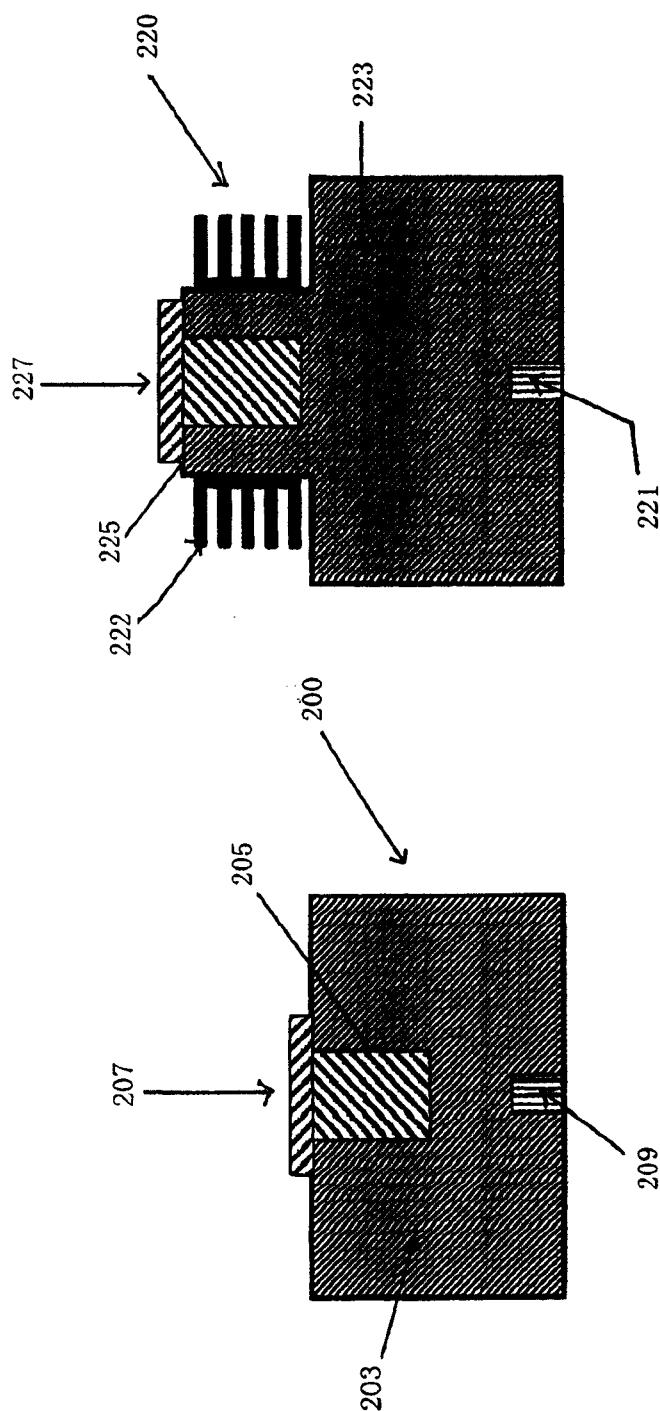


图 2B

图 2A

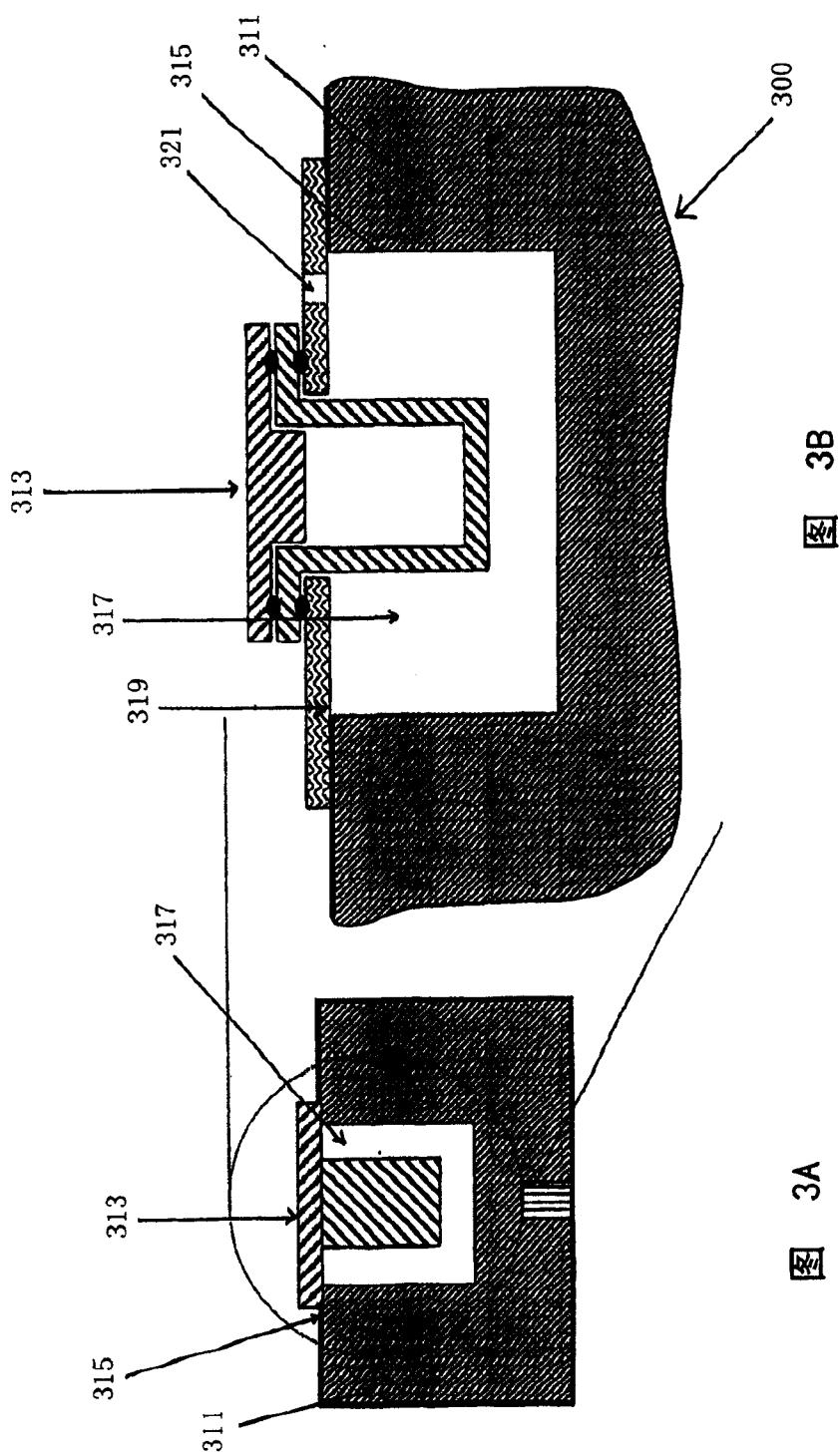


图 3B

图 3A

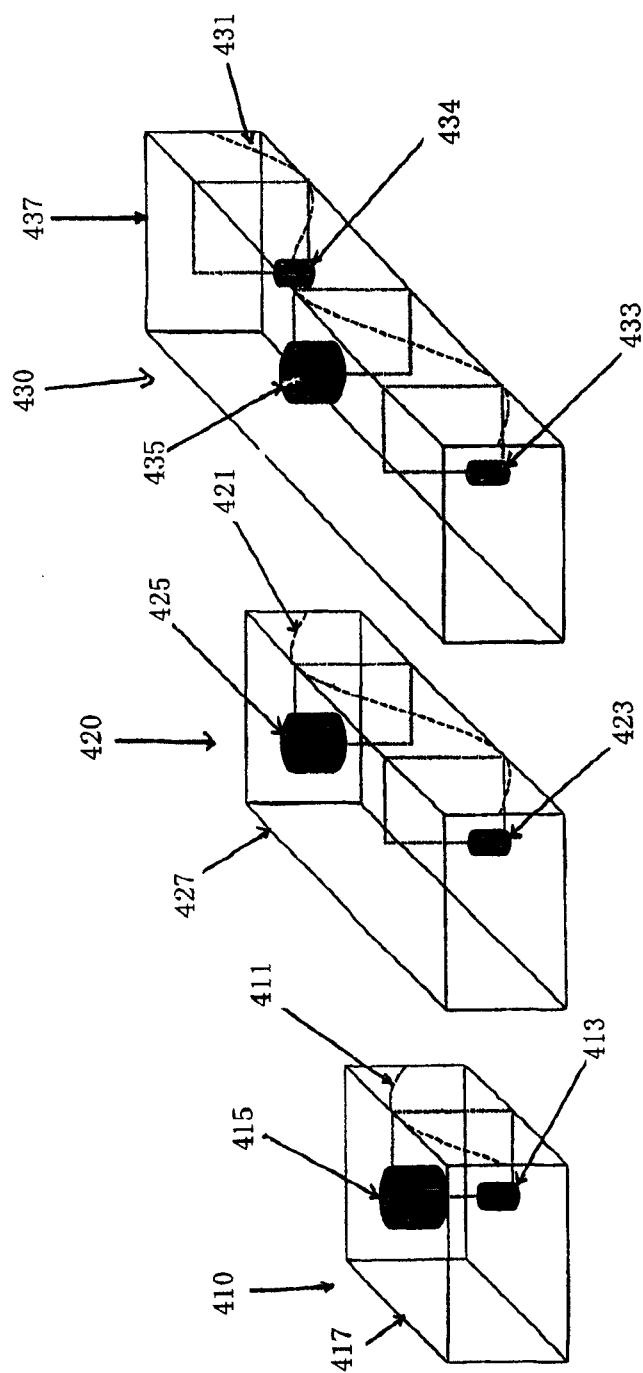


图 4A
图 4B
图 4C

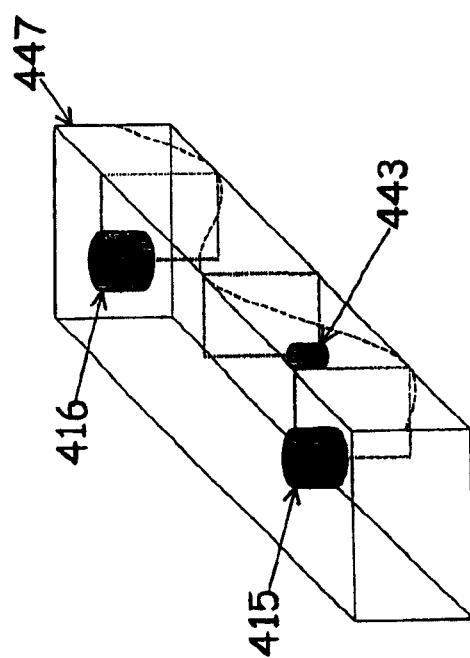


图 4D

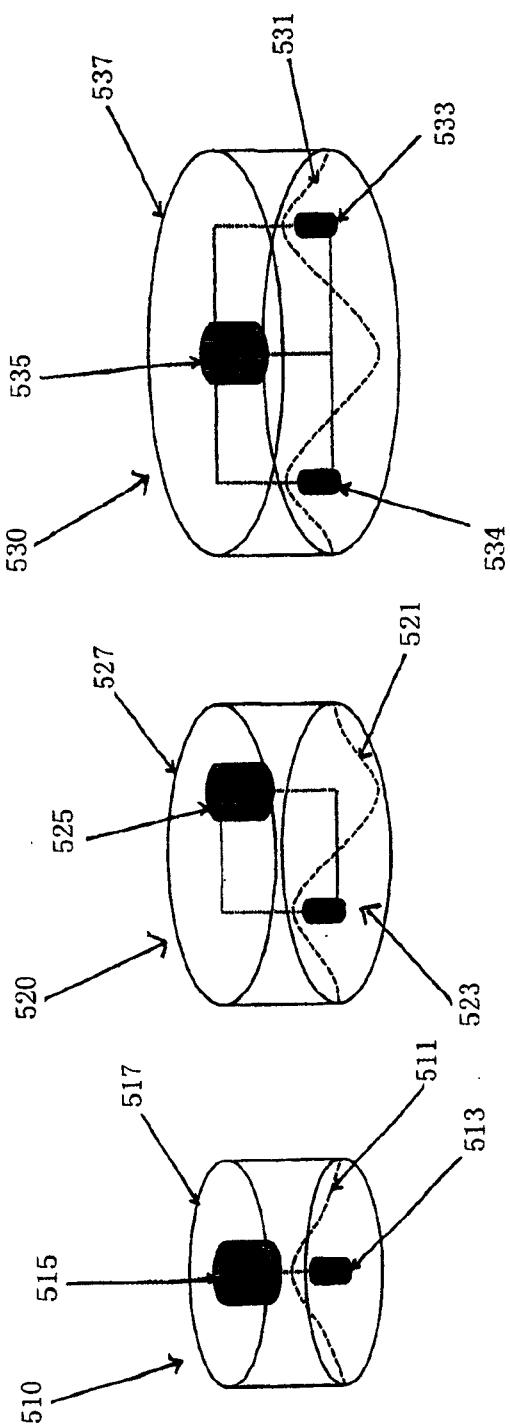


图 5A
图 5B
图 5C

