[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01J 1/00 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680035289.4

[43] 公开日 2008 年 10 月 15 日

[11] 公开号 CN 101288143A

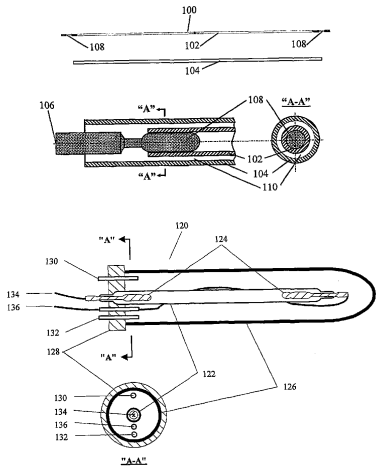
[22] 申请日 2006.8.25
[21] 申请号 200680035289.4
[30] 优先权
[32] 2005. 8.25 [33] US [31] 60/710,866
[86] 国际申请 PCT/US2006/033355 2006.8.25
[87] 国际公布 WO2007/025208 英 2007.3.1
[85] 进入国家阶段日期 2008.3.25
[71] 申请人 光束科技公司
地址 美国弗吉尼亚州
[72] 发明人 罗伯特·M·兰蒂斯
博里斯·兹洛丁 彼得·乌兰
弗拉基米尔·普罗西尼克
加富尔·扎伊涅夫
[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
代理人 李春晖 李德山
权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 13 页

[54] 发明名称

大功率脉冲发生器闪光灯的设计

[57] 摘要

宽带输出大功率脉冲闪光灯用于多种应用，并且当被特定优化时，可变为一个紫外线(UV)光的极好来源，其对光化学诱导材料处理应用尤其有用。涉及高能光脉冲的产品的多个因素在某些情况下可对紫外线灯工作有不利影响，从而导致灯玻壳中的微裂缝的产生，并且限制灯寿命。 类似因素可以是灯部件增加吸收 UV 照射以及灯效率降级的原因。本发明描述了新型脉冲闪光灯设计，其使新一代大功率和高性能脉冲闪光灯能达到例如许多大规模光处理应用的要求。 本发明唯一地并且有利地减轻微细龟裂以及故障的产生，显著地产生提高了的电效率，灯光学特性的稳定性，以及使用寿命。



1.一种脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，包括:

灯管，所述灯管包括照射透明材料、内部的灯管表面、外部的灯管表面、第一灯管端部和第二灯管端部;

气体，所述气体位于所述灯管内；以及

至少一个电极，所述电极至少部分地位于所述灯管内，从所述灯管所述电极在所述气体中发出放电，所述放电具有方向，并且所述放电建立一个等离子体通道；所述灯还包括以下中至少一个:

用于给由于功率载荷产生的作用力提供阻力的装置;

用于增强灯刚性和强度的装置;

用于防止管谐振的装置;

用于减少所述灯管中的拉伸负荷的装置;

用于限制作用于所述灯管上的轴向压缩力的装置；或者

用于消除、抑制和/或重定向冲击波的装置。

2.如权利要求 1 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述灯管还包括可选的灯管设计，所述可选的灯管设计包括以下中至少一个:

所述内表面或所述外表面还包括翼肋，至少一个所述翼肋从包括纵向翼肋、环形翼肋、螺旋翼肋、外表面翼肋、环形圈翼肋、以及非连续翼肋的一组翼肋中被选择;

所述内表面或所述外表面还包括突出;

所述内表面或所述外表面还包括凹陷，至少一个所述凹陷从包括纵向凹陷、环形凹陷、螺旋凹陷、外表面凹陷、环形圈凹陷、以及非连续凹陷的一组凹陷中被选择;

所述灯管还包括横截面，其从包括圆形、非圆形、椭圆、卵形、三角形、矩形、多面形、具有圆角的多面形、以及菱形的一组横截面中被选择;

所述灯管沿着纵向扭曲；或者

所述灯管具有类似波纹的表面。

3.如权利要求 1 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，还包括:

至少一个第二管，其中所述灯管在所述第二管的至少一部分内，或其中所述第二管在所述灯管的至少一部分上，所述第二管包括内部第二管表面和外部第二管表面；以及

在所述灯管和所述第二管之间的通道。

4.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，其中所述第二管包括所述至少一个电极的至少一部分。

5.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述内部第二管表面包括翼肋，其中所述翼肋接近于所述外部的灯管表面或在至少一个位置与所述外部的灯管表面接触。

6.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述外部的灯管表面包括翼肋，其中所述翼肋接近于所述内部的第二管表面或在至少一个位置与所述内部第二管表面接触。

7.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述第二管内表面包括以下中至少一个：纵向翼肋、环形翼肋、螺旋翼肋、外表面翼肋、环形圈翼肋、非连续翼肋、纵向凹陷、环形凹陷、螺旋凹陷、外表面凹陷、环形圈凹陷、非连续凹陷或突出。

8.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述灯管和所述第二管中每个均包括螺旋翼肋，其中所述灯管的所述螺旋翼肋和所述第二管的所述螺旋翼肋均沿相同方向螺旋或均沿不同方向螺旋。

9.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述灯管或所述第二管还包括翼肋，所述翼肋提供所述灯管与所述第二管之间的至少部分接触。

10.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，包括：

间隔物，其中所述灯管与所述第二管通过所述间隔物被至少间断地连接，并且其中所述间隔物调节所述灯管的至少一点处的至少一个径向压缩或所述灯管的至少一点处的轴向压缩。

11.如权利要求 10 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述间隔物包括弹性物。

12.如权利要求 10 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，其中所述间隔物是预应力间隔物或柔性间隔物中的至少一种。

13.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，包括元件，

其中所述元件将压缩从所述第二管传送到所述灯管。

14.如权利要求 14 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，其中所述元件还包括用于将所述灯管置于所述第二管中心的居中装置。

15.如权利要求 3 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述通道还包括冷却剂，其中所述冷却剂被增压。

16.如权利要求 15 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，其中所述冷却剂被加压到至少 2Bar。

17.如权利要求 1 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，还包括:

冲击吸收装置，其中所述冲击吸收装置位于所述灯管内。

18.如权利要求 1 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述电极(s)还包括:

头部;

中间部分; 以及

尾部，所述头部可连接到或被连接到所述中间部分，所述中间部分可连接到或被连接到所述尾部; 其中所述电极位于所述灯管中心; 其中所述电极的所述中间部分具有比所述电极的所述头部小的圆周，导致所述中间部分与所述灯管之间比所述头部与所述灯管之间大的环形间隙，并且其中所述气体位于所述环形间隙内。

19.如权利要求 18 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，所述环形间隙的至少一部分包括冲击吸收装置。

20.如权利要求 1 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，其中所述第一灯管端部或所述第二灯管端部中的至少一个是具有沿径向，轴向或双向倾斜度的向外倾斜部分或向内倾斜部分。

21.如权利要求 20 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，包括冲击波消散和重定向装置，其中所述冲击波消散和重定向装置接触所述第一灯管端部或所述第二灯管端部中的至少一个，并且包括在石英或玻璃和冷却介质之间的中间密度材料。

22.如权利要求 1 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，还包括:

灯端部支架，其中所述支架允许灯在热膨胀和/或高能脉冲作用下滑动。

23.如权利要求 1 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，还包括:

地电流返回装置，其中所述地电流返回装置将电流方向倒转到所述等离子体通道并且与其同轴，其中所述地电流返回装置以预定距离被定位，其中所述预定距离根据至少一个因素被优化，所述因素从包括等离子体空间位置、等离子体电流横截面形状、等离子体与所述内表面的接近度、等离子体电流大小、等离子体温度、等离子体电流电子密度、以及光谱输出的因素中选择。

24.如权利要求 23 所述的脉冲宽带和/或紫外线(PUV)灯，其中所述地电流返回装置是外部金属导体的对称阵列或平行导体的径向阵列。

25.一种脉冲闪光灯，包括:

灯管，所述灯管包括具有内部的灯管表面、外部的灯管表面、第一灯管端部和第二灯管端部的照射透明材料;

气体，所述气体存在于所述灯管内;

至少两个电极，所述电极至少部分地位于所述灯管内，其中所述至少两个电极之间的电流在所述气体中产生放电，所述放电具有方向;

至少一个第二管，其中所述灯管在所述第二管的至少一部分内，或其中所述第二管在所述灯管的至少一部分上，并且所述第二管包括内部第二管表面和外部第二管表面; 以及

在所述灯管与所述第二管之间的通道; 所述脉冲闪光灯还包括以下中的至少一个:

用于给由于多个脉冲功率负载所产生的作用力提供阻力的装置;

用于增强灯刚性和强度的装置;

用于防止管谐振的装置;

用于减少所述灯管中的拉伸负荷的装置;

用于限制作用于所述灯管上的轴向压缩力的装置; 或

用于吸收、抑制和/或重定向冲击波的装置。

大功率脉冲发生器闪光灯的设计

技术领域

相关专利申请

本专利申请要求于 2005 年 8 月 25 日提交的美国临时专利申请 60/710,866 的优先权，其全部内容通过引用合并于此。

技术领域

本发明涉及用于产生高性能和极大功率(峰值和平均值)的脉冲宽带光的脉冲闪光灯的设计，以及用于产生脉冲紫外线(PUV)光的灯。具体地，本发明涉及灯的设计，以减少灯的损耗和破损，提供改进的灯冷却，以及所期望的频谱发射带的电－光输出效率。

背景技术

众所周知，大功率闪光灯的系统设计通常包含以下部件：1）灯玻壳或灯管，由具有针对期望频谱发射带的足够透明度的管状材料制成(例如用于 UV 辐射的 UV 等级石英)，并且充以诸如氙气、氪气或其它适当的气体；2）电极，位于管的相对端，被连接到高电压源，并在气体中产生放电；3） 在灯玻壳周围的适当透明材料的环绕套管或第二管，在灯的外表面与套管的内部表面之间提供用于冷却流体(气体或液体)的循环的容积。此类冷却流体消除了在灯工作期间产生的过多热量。

虽然存在许多已知的操作脉冲闪光灯的类型与方法，但是对于大功率脉冲灯的操作来说通常包括三个典型操作模式的某些版本：点火(ignition)模式，变光(simmer)模式和脉冲模式。在点火模式中，用特定点火器提供管内气体的初始电离。变光(等待)模式由支持管内恒定低电平的气体电离的小电流提供。脉冲模式由发光管内的短、高峰值功率和高压放电产生，放电的时长在微秒与毫秒之间，并且产生峰值功率为从一到数百兆瓦的脉冲。

在多个实例中，新型应用对提高 UV 处理能力的不断增长的需求，要

求比在本发明之前生产 PUV 灯的能力有更加改进的闪光灯性能。较之以前的脉冲灯设计，这种新一代的大功率和高性能的脉冲灯的物理特征是：阳极到阴极间隔更长的距离(例如，三倍或更大)，进而增加了灯的长度、重量以及纵横比分布。较之以前的脉冲灯设计，这种新一代大功率和高性能的脉冲灯以的电学特征为：脉冲具有更大电流(峰值和/或平均量值)、更长弧长(阳极到阴极间距)，以及所要求的更高工作电压。为了扩展功率和性能方面的能力，使其超过先前存在的那一代所谓中到大功率的闪光灯，要求新的方法和设计。例如，大规模的水消毒和改善就是一个应用，其中老一代 PUV 灯显示出不足，因此行业认为其不完全适合于该任务。新一代较大功率和高性能的脉冲紫外线灯是值得期望和有利的。UV 光可有效地清除大范围的目标病菌。与诸如氯的化学消毒剂形成鲜明对比的是，UV 光在不会对水的味道、气味或安全性方面产生有害影响的情况下消毒，尤其能有效地预防原始生物如微小隐孢子虫(Cryptosporidium Parvum)。此外，尤其有利的是，无论任何灯和/或周围温度的改变、即时 UV 功率"ON"和"OFF"循环，以及在 0－100%的整个范围内即时改变的、准确电平的 UV 功率输出，脉冲 UV 系统能够传送稳定的 UV 光输出效率。重要的是，在没有危险的汞，也没有由用于表征传统的连续波(CW)中压 UV 灯的高的灯玻壳温度和压力产生的易爆电位的情况下，PUV 可以做到以上所述的那样。此外，已知 CW 汞灯(在其它灯之中)的固有问题是：由于灯冷却套管的淤塞(矿物吸引)所引起的热梯度，CW 汞灯的性能下降。因此，建立具有满足大规模 UV 处理应用的要求的能力的脉冲 UV 系统是有利的。

本领域技术人员已知的是，上代 PUV 灯虽然被证明具有非常吸引人的潜在优点和好处，但是从来没有被成功地大规模采用过，并且表面上被归入实验室工作和/或较低功率环境中的应用。已知的问题包括难以接受的短使用寿命、无竞争力的电光输出效率、不稳定的 UV 输出，以及不能很好地匹配目标应用的 UV 频谱和功率输出。记录显示灯的使用寿命受限于迅速下降的 UV 输出、退化然后提前阻止工作的过度灯老化、和/或灯玻壳材料的灾难性失效的一个或多个组合。与典型的 CW 汞 UV 灯的近似实际范围 17%到 35%相比，与之相反，电到 UV 的输出效率在 5%到 9%范围内。在向更高的输出功率的努力最终失败的情况下，上代 PUV 灯的 UV 输出变得日益不稳定(就每脉冲能量和光谱特性而言)。

这些限制问题的主要原因是灯的设计或脉冲功率源的设计实质上都没有不同于在相对较低性能的系统中已被应用几十年的传统闪光灯技术。

对现有技术的全面调查揭示了不存在相对于标准脉冲灯设计的、使该技术能够被调整为当今针对某些应用所需要的性能和功率电平的新的改变。实际上，无法满足近年来扩展的性能标准的脉冲灯系统的设计在本质上与传统上用于较小的、需求较少的，以及较低性能的系统的设计相同。

本领域技术人员了解经过长时间建立的有关设计和驱动脉冲闪光灯的各种标准技术的知识主体。虽然这些技术倾向于在所建立的结合了这些设计的应用的广泛基础内适用，但是现在知道将这些标准的设计和方法简单扩展成更严格等级的极大功率 PUV 灯已被证明是不能满足于该任务。

为了实现极大功率脉冲 UV 灯的潜在优势，有必要建立新型和独特的灯设计，使得能够实现该技术，从而发明全新一代的更高能力和性能的脉冲灯。老一代较低性能和功率的闪光灯的设计方法不适于该任务，本发明提供了必要的解决方案。

存在对应于这种新一代高性能脉冲灯可能遭受的潜在有害应力的多个原因，例如压缩和拉伸导致的应力、热胀冷缩导致的应力、由所导致的变形引起的拉伸应力、导致灯玻壳弯曲的对玻壳的非对称加热和变形，以及谐振。

例如，脉冲闪光灯的典型特性是：从主电流脉冲的起始开始，放电包括薄阴极鞘(阴极"发光"、阴极辉光，以及所谓的"暗区")和充满大部分阳极到阴极空间的正柱区。在较高的灯压力下，该阴极鞘厚度小于一微米，但是具有压力，施加的电压，以及与电流无关的大约 150 伏的电压降。虽然由于鞘的浅深度鞘消耗的功率较小，但是每单位容积消耗的功率很高，从而导致瞬间高温和压力，以及随后形成强冲击波。该初始的强冲击波在几毫米内被衰减，其大量能量在包含灯玻壳的环绕电极的区域中沉积。随后被储存在阳极与阴极之间的主柱区(main column)的主脉冲的功率沿着孔的长度迅速加热等离子体，从而建立传播到玻壳壁的柱形冲击波，其以极高声频 (≈100 kHz)反射和振荡若干次。

根据对脉冲闪光灯工作的理论计算和来自其的经验数据，极大功率脉冲可产生在灯材料中建立压缩和拉伸应力的大的作用力。具体来说，大功率脉冲产生气体加热和压力增加，轴和径向力，以及穿过气体与管壁的冲击波。结果：1/ 轴向波穿过气体和玻壳传播，其从发光管端部被完全或部分地反射，并且可在玻壳壁中产生干扰和建立驻波与应力点的一组多个反射波；以及 2/径向波穿过气体、玻壳壁、冷却流体和冷却套管传播，其穿过具有不同材料性质的边界，被完全或部分地反射，并且在玻壳壁中建

立驻波和各应力点。

由于在灯玻壳的内层产生瞬时热加载的快速脉冲气体加热，产生了热胀冷缩导致的应力。玻壳外层由外部冷却剂流冷却，这引起了穿过管壁的温度梯度以及玻壳外层中的额外脉冲拉伸应力。

包装材料中的变形可由高峰值内部压力引起，结合玻壳内层的加热和软化。导热石英或玻璃的快速冷却产生变形材料的硬化，并且在内层中产生压缩应力，连同玻壳的外层中的拉伸应力。该作用类似于当高内部水压提高点火期间的炮筒阻力时，火炮炮筒的众所周知的处理方法(内膛挤压硬化法)。每个短脉冲期间的非常小的改变可以累积，并且在管外层产生足够的拉伸应力，从而管伸长并且弯曲，其可变为凸出一侧上的拉伸应力的额外来源。

由于从等离子体和外部灯布线发出，并且在某些设计中还受周围元件布置的影响，所以高电流感生的电磁场可产生等离子体丝远离灯轴、并且朝着玻壳壁的一侧的方向的非对称移动。这可导致玻壳的非对称加热和变形。在多个脉冲之后，变形和应力的累加可导致灯玻壳最终弯曲。

最终，具有从每秒单个到数千个(取决于系统设计和操作条件)的不断改变的脉冲重复频率的多个强脉冲序列可在灯中以相同范围中的自然频率产生共振效应。朝使用显著较长灯方向的改变加剧了该状况。灯中的共振可在灯部件中产生不利的脉动张力和压缩应力。应力发展的这些及其他机制可在灯玻壳材料中累积，并且以组合方式起作用。众所周知，管状的材料(石英或玻璃)表现更像其它脆硬物质；在压缩条件下工作良好，但是对拉伸应力很敏感。超过应力的临界水平的多个张力循环可形成材料中的渐进发展和出现微细龟裂的原因，从而导致灯的灾难性破损。应力和微细龟裂累积的另一个影响是管透明度的降级(增加玻壳壁的辐射吸收)，随之降低灯电光输出效率。

因此，需要对于可靠和低本高效灯系统的设计和制造方法，其可防止灯破损和/或期望的照射输出的过早降级。

发明内容

因此，本发明的一个主要目的是提供一种用于可靠和低本高效灯的设计和制造的方法，从而防止由于大功率电脉冲所产生的作用力导致的灯破损。

本发明的另一个目的是提供灯设计和制造方法，其在玻壳材料老化和其光学特性的降低方面提高灯稳定性。

这些及其他目的在本发明中得以实现。

本发明克服了由包括脉冲闪光灯部件在内的材料中较小变形的累积所引起的以下难题：其最终导致微细龟裂的发展和出现，玻壳光学性质和灯效率的降级，并且在有些情况下导致灯破损。

灯玻壳部件中的较小变形的累积是由灯管内高压放电的多个大功率脉冲所产生的应力的结果。

这些脉冲是形成下列情况的原因：管内的压力增加；管内壁的加热；灯部件的热膨胀；穿过管工作气体的冲击波的产生；穿过灯部件的轴向和径向冲击波的传播；灯部件的谐振；以及灯管拉长和弯曲。

本发明的脉冲闪光灯解决了灯部件的强度和透明度的降级的问题，这通过提供以下各项来实现：例如：更好的灯玻壳形状，横截面和材料分布，从而对由多脉冲大功率载荷所产生的作用力的组合产生更大的玻壳阻力；管与玻壳之间的连接点，其提高灯刚性和强度；选择性的管/玻壳连接和材料分布，其集中于预防危险的管谐振；减少管壁中的拉伸负荷的特殊装置(压力冷却流体，轴向和径向预载荷等等)；限制管轴向压缩作用力以免凸起的方法(滑动的管支架等等)；为了减少相关灯部件上有害的高峰值脉冲负载，冲击波吸收、抑制和重定向的各种方法；以及上述技术的各种组合，以便在其中相同材料的拉伸特性否则对于新一代大功率和高性能脉冲灯是不可接受的情况中成功地利用某些灯玻壳(管)材料的期望质量。

本发明的特性组合提供了可靠和低本高效的灯设计和制造的方法，其防止由于大功率电脉冲所致的灯破损，并且提高灯材料的光透明度和稳定性。

这里概述了本发明的更重要特性，以便随后的详细描述及本发明对现有技术的贡献更易于理解。当然存在此后还将描述的本发明的附加特性。

因此，在详细说明本发明的至少一个实施例之前，应当理解本发明不限于在下面的描述或附图示出中涉及的详细构造的应用和部件方案。本发明能够有其它实施例，而且能够用多种方式来实践和执行。同样，应当理解此处所采用的措辞和术语是为了描述的目的，而不应被视作限制。

同样地，本领域的技术人员会理解，这里公开的内容所基于的概念可以容易地被用作执行本发明各种目的的其它结构、方法和系统的设计基

础。因此，重要的是在不偏离本发明的宗旨和范围的限度内的等同结构被归入本发明。

为了更好地理解本发明，其操作上的优点以及通过其使用所获得的特定目的，应当给示出了本发明最优实施例的附图和描述性文件加以说明。

附图说明

图 1 示出了大功率和高性能脉冲紫外线闪光灯和传统闪光灯。

图 2 示出了一种用于增强灯玻壳刚性的装置。

图 3 示出了非圆形灯管形状的例子。

图 4 示出了具有螺旋纵向壁凹陷的闪光灯管。

图 5 示出了一种用于增加的热交换的装置。

图 6 示出了一种双层灯管。

图 7 示出了一种用于增强的灯管刚性的装置。

图 8 示出了将螺旋部件使用于灯管支柱。

图 9 示出了一种预应力的灯。

图 10 示出了灯管壁的轴向预加负荷。

图 11 示出了一种用于抑制冲击波的装置。

图 12 示出了具有滑动管的灯支架。

图 13 示出了一种用于抑制谐振波的装置。

具体实施方式

图 1 示出了新一代大功率和高性能脉冲紫外线(PUV)闪光灯 100 的例子，以及前一代较低性能闪光灯 120 的例子。新一代闪光灯 100 包括一个中心玻壳或对于 UV 照射透明的材料的管 102。本领域普通技术人员熟知此类材料。在一个优选实施例中，所述中心玻壳包括 UV 等级石英。管容积内充满例如由本领域的普通技术人员所熟知的工作气体，包含但不局限于氙或氪。

电极 108 被密封地插入灯管 102 的端部，并且借助于灯连接器 106

被电连附于一个电源，优选地为高压脉冲电源，从而使得能在工作气体中产生放电。大约 100 厘米或更长的电极的阳极到阴极的距离或弧长比前一代闪光灯 120 的长很多。对于所给定的脉冲能量，与老一代脉冲灯 120 的相比，该长度更加有利地减少灯管 102 的每厘米热载荷大约三倍或更多。

包括合适的透明材料的冷却套管或第二管 104 如详细的横截面 A-A 图所示被环绕灯圆周放置，从而在灯与冷却套管 104 的壁之间建立环形通道 110。冷却流体沿着灯管 102 穿过通道 110 被泵送，消除灯 100 工作期间产生的过热。

前一代较低性能能力闪光灯 120 的特点在于更短的电极的阳极到阴极距离或弧长，通常大约为 25 厘米到 35 厘米。对于所给定的脉冲能量，电极 124 之间的较短距离产生灯管 122 的每厘米长度热负荷比新一代灯 100 的大约多三倍或更多。普通配置包含穿过馈通板(feed through plate)或凸缘 128 的冷却流体入口 130，环绕灯管 122 并且被冷却套管 126 包围的冷却流体循环体，穿过馈通板或凸缘 128 的冷却流体出口 132，灯电极 124 的脉冲电源馈通连接 134，以及来自于对置的灯电极 124 的地电流返回连接 136。

灯工作期间的大功率脉冲是形成气体压力增加和加热，管材料中的轴向和径向力的产生，以及穿过气体与管壁的冲击波的原因。因此，玻壳材料(石英或玻璃)中的高峰值应力的累积可导致玻壳形状、强度的降级，微细龟裂的产生，以及过早损坏。

图 2、3、4 和 5 示出了本发明的一个实施例，其中灯用改进的玻壳/管设计来加强，从而提供了更好的玻壳材料中的抗弯曲性和拉伸应力，以及改进的热传递和冷却流体流量的控制。

图 2 示出了灯玻壳(或管)设计的例子。用于比较，显示了常规前一代(较低功率以及性能)管 202。独特的以及有利的灯玻壳设计包含了具有位于管外部和/或内表面的翼肋的管，具有位于管外部和/或内表面的凹陷的管，以及非圆形管。具有加强翼肋和/或凹陷的管可被做成环形圈或螺旋元件的形状，如放射管 204 所示。具有加强翼肋和/或凹陷的管也可沿着管中心线纵向地做成，如纵向管 206 所示。类似地，由石英或玻璃管壁变形所制成的纵向和径向翼肋可提供玻壳物理强度的额外改进，以及与弯曲、应力集中以及冲击波抑制相关的问题的减少。此外，此类翼肋和/或凹陷可以是非连续的。在可选实施例中，管可由类似结构组成来代替，该

类似结构被取而代之做成外部突出而不是内部凹槽。

图 3 进一步示出了改进的玻壳/管结构，其中脉冲闪光灯制成为具有非圆形状组成的玻壳横截面。非圆形管横截面包含但不局限于椭圆或卵形 302，三角形 304，矩形 306，多面形，具有圆角的多面形，菱形，以及其它形状。非圆形管横截面通常具有较高惯性模量，并且可在特定方向提供更好抗弯曲性。沿不同方向的管的不均匀体积产生某些额外管空间，从而有助于分散振动，并且减少冲击波的有害影响。

灯管的扭曲的 308 的应用和类似波纹的部件 310 可改进灯的张力导致的应力疲劳特性。具有不断改变声波反射侧面的玻壳提供了良好的用于抑制和重定向沿着管的长度穿过工作气体传播的冲击波的装置。

图 4 示出了具有螺旋纵向壁凹陷的闪光灯管。这种改进可同时为更好的性能和寿命提供若干机会。例如，在管凹陷之间所产生的额外气体容积可作为减少和重定向由灯气体中高峰值功率脉冲放电所生成的冲击波的压力吸收室。同时，凹陷的电气近场效应可被更加有利地利用以优化等离子体通道的电子密度(因此优化其温度)。电场形状受环绕等离子体的高绝缘玻壳材料的尺寸、距离和形状的影响。因此，凹陷也可提供更好的等离子体丝的轴向位置控制，从而内部凹陷往往将朝着灯中心线的方向集中等离子体丝，有助于在玻壳的中心内将其定位。

图 4 中的横剖面图还示出了地返回电流棒 402 的相加。优选地，此类地电流返回棒 402 为外部金属导体的对称阵列，倒转电流方向到包含在灯玻壳(或管)404 内的等离子体通道 406 并且与其同轴。由恰当地放置的地电流返回棒(承载倒转方向地电流)的相加所产生的电磁场将发生作用以将灯等离子体 406 稳定到所期望的管 404 的中心轴位置上。通过本发明，多个平行导体地电流返回布置可提供单一、可靠的同轴返回线(低电感以及 EMI 屏蔽)，但是没有当使用高峰值和平均功率电磁场时由此类单一同轴返回线产生的损耗的缺点。该布置中断了通常的大圆周电流返回环 (与等离子体相切)，从而此类圆周电流返回环路电损耗变为在有高电流电场的情况下的不利因素。因而此类返回导体被构造为基本与等离子体同轴放置的平行导体的无电流环路的径向阵列。此外，导体的径向定位的阵列可被谨慎和更加有利地放置于其电场与环境绝缘部件以及与将有助于整形等离子体的等离子体相互作用的位置。等离子体的空间位置、剖面形状、大小、与表面的接近度，以及电子流密度全部能够更加有利优化以便用于某个应用。例如，地电流返回导体可被定位于离等离子体特定距离以便沿

灯孔的中心轴最优化放置等离子体。此外，地电流返回导体可被定位于距等离子体特定距离以便最优化实现所期望的等离子体电流密度和/或等离子体温度。作为另一个例子，地电流返回导体可被相对于中间电介质材料及其相关电场整形特性放置，以便最优化实现所期望的等离子体电流横截面形状，大小和/或电子密度。在考虑到本说明书的情况下，包含但不局限于以上引用的例子的优化可被本领域的普通技术人员容易地确定。 因此，径向平行同轴地返回棒的各种组合也可以影响等离子体温度，以及随后的灯的光谱输出。可选实施例以其它形状取代导电棒，例如杆或片，通过等离子体与返回电流电磁场的交互影响，结合导电材料的形状和接近度与电介质材料(石英管)的形状和接近度两者，可以实现上述额外的期望结果。

图 5 示出了以提供改进的冷却流体流量的控制的方式对灯玻壳 502 使用结构修正，从而产生来自灯的改进的热传递。所示的为脉冲灯的一端的横截面切面图，其示出了灯玻壳或管 502，电极 504，以及等离子体放电区 506。迄今为止，平滑壁的灯玻壳不利地最大化了冷却流体沿着灯的外表面的冷却流体的层流(laminar flow)，所以流体边界层增加，湍流度降低，并且传热效率减少。本发明通过利用不规则表面形状排除了该问题，所述不规则表面形状不会不利地影响光输出的发送，而是同时增加沿着热触点的临界表面的冷却流体湍流度。通过这样增加了热交换的效率和速率，灯玻壳的平均和峰值温度可被降低，从而增加脉冲灯的功率和性能能力。在灯玻壳上明智选择此类元件的位置可被用于提高穿过管壁的热传递，以及用于穿过灯玻壳与冷却套管之间的通道的冷却流体流量的控制，包含位于灯的最热区的较高湍流度区的产生。为了改进冷却剂湍流度，灯玻壳表面和/或管翼肋可被制成非连续元件和/或类似波纹表面结构的形式，并且可被仅定位于为了在那些位置中实现任何特定高性能脉冲灯设计所需的热状态所要求的位置上。

应当理解，灯玻壳加固元件的多种组合可被用于各个具体应用中的不同灯表面修改中。

图 6 示出了另一个实施例，其中用具有在原玻壳之上和/或内部的第二加强套筒 604 的玻壳设计的方法加固 UV 灯管 602。管 602 与加强套筒 604 之间的适当紧配合可减少管材料中的应力水平，并且对闪光灯寿命提供有利的影响。

通过预载荷装配的至少两层玻壳材料的多层管允许控制应力方向和

水平(例如，减少管内层的张力)。此外，提供接触至少两个壁相邻部件接触的区可实现径向冲击波的衰减，将其重定向回管内部，并且减少管外部上的应力水平。通过这种方式，要求额外支持的某些区，例如环绕电极606 的区域可以在对其它应力较少位置不产生可能的不利影响的情况下得到更加有利地加强。该方法的各种组合可提高灯玻壳寿命。

多层管能被部分地使用于受较高的热量或机械负载影响的区域，例如热电极区域或高应力的玻壳中心区。因而，此类多层管可以是非连续的。例如，在一个例子中，多层管被用于接近电极 606 和/或沿着灯管 602 处。利用此类多层管会增加玻壳寿命、较少改变并且带来较少的未来问题。

图 7 示出了涉及灯管 702 与环绕冷却套管 704 之间的机械相互作用的本发明的另一个实施例。在灯管 702 与冷却套管 704 之间建立连接点，使得将一个不同的松散支撑的灯(即仅在穿过电极 706 的每个端部)转换成一个较好支撑设计，其提供了机械结构的附加尺寸，以及对灯的中央区域的支撑。

该刚性与稳定的灯支撑设计基于闪光灯部件的多个变型和组合，并且包含具有接触与支撑灯管 702 的外表面的类似环状或纵向翼肋 708 的冷却套管 704 的不同实施例，对灯管 702 整体或之上利用非连续或连续外部翼肋 710，以及在灯管 702 与冷却套管 704 之间引入独立中间间隔物 712。

图 8 示出了基于包括灯管 802、冷却套管或者第二管 804、用提供了灯管的机械稳定性的螺旋翼肋制造的闪光灯部件的各种实施例。整体灯组件因此可包括位于冷却套管的平滑内径的翼肋灯，或位于翼肋冷却套管 804 内部的平滑(非翼肋)灯 806。

仅在两个灯端部之一示出的是灯管 806 和电极 810。在一个可选实施例中，灯管和冷却套管可以用螺旋翼肋制造。此外，各种类型灯的制作可通过在室温下将灯和套管部件装配成"滑动配合"被更有利地简化，当灯达到正常工作高温时，产生一个或多个提供对灯的机械支撑的"干涉配合"接触点 812。具有无论纵向或放射状排列的、在管与套管之间建立接触的、扭曲和/或分段表面的部件的使用可有助于吸收、反射、和重定向冲击波，从而减少灯元件中的应力水平。表面模式的各种组合可被用来增加冷却流体的湍流度，从而也增加了热传递的效率。

图 9 示出了一个提供机械支撑的实施例，其中此处所示具有电极 904 的灯管 902 的加固被实现成整体灯和冷却套管组件，其通过插入连接灯管

902 的壁与冷却套管 908 的多球(multi-lob)间隔物 906，从而建立具有较高强度和刚性的三维支撑的机械结构。用使得加固区能够限制管固有振荡与谐振，以及用为灯管材料提供轴向与径向预载荷这样的方式选择定位连接点。这更有利地允许灯玻壳(管)902 中的拉伸应力的消除或减少，并且限制在轴向负荷下的管凸起的程度。

管 902 与套管 908 之间的预应力和/或柔性连接元件(例如间隔物)可提供机械应力控制以及吸收由冲击波所引起的振动。在一个例子中，此类柔性连接元件 906 由是具有机械弹性的任何各种适当材料组成。

图 10 示出了本发明的另一个实施例，其包括灯装配期间，通过灯管壁 1002 的纵向预载荷来进一步减少灯玻壳材料中的有害拉伸应力。管壁 1002 上的额外压缩 1004 作用力可防止灯放电的多个脉冲期间产生高压应力，从而大大减少灯玻壳材料中微细龟裂产生的机会。这种压缩可以是沿着灯管 1002 的长度方向的纵向压缩 1004，如这例子中所示的，以及如上所述的径向压缩。在该例子中，纵向压缩 1004 起作用以抵消灯管纵向膨胀 1006，所述纵向膨胀由冲击波的作用力以及在电极 1008 上或附近的灯的各端部上加载的热诱导脉冲后气体压力引起。或者，压力可从冷却套管 1010 传送到灯管 1002 的壁上。例如，冷却套管 1010 与管 1002 之间的机械连接可调节管壁中的轴向压缩。

预加应力的、集成灯设计可以通过在灯管 1002 的每个端上或附近使用一个或多个压力环 1014 来实现成灯管纵向压缩作用力 1004 加载构件。利用该设计可以用这样的方式修改灯装配工艺，即重新分布灯管 1002 的部件内的轴向力，并且将那些作用力中的某些转换成冷却套管 1010 内的纵向和/或径向拉伸应力，从而平衡并且减少灯管 1002 的壁中的轴向压缩应力。

优选地，将管 1002 置于冷却套管 1010 的中心，利用例如类似星形或径向臂形状作为压力环 1014(见图 7 和 9 中示出的形状的例子)使得环形间隙 1012 中的冷却流体循环围绕灯管 1002 和冷却套管 1010 内部。可选的居中装置包括但不局限于上述例子，例如接触灯管的内部环形圈，径向臂延伸至并且接触套管壁；接触套管壁的外部环形圈，径向臂朝内延伸并且接触灯管壁；位于灯管与套管的壁中间的中央环形圈，径向臂沿双向延伸并且接触各个壁。

本发明的另一个实施例包括通过沿着灯管施加均匀分布的液压来降低产生管壁中过度拉伸应力的风险。众所周知，较大功率脉冲闪光灯通常

具有灯管 1002 与冷却套管 1010 之间的通道 1012，从而通过通道 1012 泵送冷却流体，将热量从灯管 1002 中消除。利用本发明，冷却流体中的有意的实质的压力增加可产生管壁 1002 的均匀径向压缩，从而减少了在用于高性能脉冲灯管的材料中产生过度拉伸应力的机会。在一个优选实施例中，2Bar 到 7Bar 的范围是有益的，同时两者都可达到并且必定能实现。

图 11 示出了另一个实施例，包括一个在灯工作气体和包括灯管壁的材料中限制过大冲击波的有害效应的装置。优选地，空心室 1124 一般被建立于电极头 1104 的附近。例如，在一个实施例中，两个电极 1104 上的缩小(turned - down)区连同灯管 1102 的内壁表面一起在电极头 1104 后面建立较小圆柱形空心室 1124。这些室通过电极头 1104 与管内表面之间的细小间隔与主管气体容积 1106 连接，并且可当作通过管内气体传播的轴冲击波 1110 的陷阱。应当提及，先前描述的类似波纹和扭曲的管和套管也能够提供当作气体内冲击波的多个陷阱的不规则空心区。

电极和支撑结构的其它改变，例如将头部形状从扁平形改变成球形，以及在头部的后面引入特殊凹槽，可促进灯气体中气压波的额外反射和消散。可选地，额外能量分散空间可通过对环绕管的改变来实现。

图 11 还示出了用于衰减、重定向、以及扩散通过灯的气体和固体材料传播的高能量冲击波的闪光灯设计和部件。所示的是脉冲灯的一端的表示，其包含灯玻壳(或管)1102，电极装置 1104，主管气体容积 1106，原始高能量冲击波 1108，表示充有气体的空腔 1106 内的次级分散冲击波能量部分 1110 的小箭头，灯管 1102 的固体材料内的灯管耦合的冲击波能量 1112，以及表示在灯管 1102 的端部上或附近的分散冲击波能量 1114 的小箭头。

在一个可选实施例中，所得到的空腔，例如空腔或室 1124 包含或者包括具有适当弹性特性的材料(即类似于某些硅树脂复合物)，但是不必仅仅局限于聚合物；其它材料族也可以提供兼容特性。例如，表现出拥有空隙的可压紧的结构的材料(类似于海绵)，其也与高温、高电应力、高光子通量和高气体纯度的环境条件相适应。

灯管 1002 的端部处的向外倾斜(角度向外的斜面)部分 1116 和/或向内倾斜(角度向内的斜面)部分 1118 能够重定向和/或消耗通过灯管 1002 的材料传播的冲击波 1112。在另一个实施例中，位于灯管 1002 管底端 1122 并且由具有密度的冲击补偿材料构成的填充物 1120 在灯玻壳材料(优选地为玻璃或者石英)之间，并且由于冷却介质(通常为水)耦合到填充物 1120

中，所以可提供灯管 1002 冲击波 1112 的额外吸收和衰减。

位于管内部(在电极头后面)和管底端上的外部的各种冲击吸收材料和结构是可以提高闪光灯寿命和性能的其它实施例。

此外，灯管 1102 的内径的增加将增加气体量，而同时降低管温度和冲击波的影响。重要的是，额外和可能的负效果(此类改变可基于等离子体的构造和密度产生)可通过本发明的其它教导和权利要求中的一个或者某些组合而被完全减轻。例如，图 4 中示出的上述地电流返回模式是一种此类装置，借此可更有利地使等离子体柱成形以达到期望的条件。

与灯电极的更有效冷却相关的所有建议可结合此处提出的、关注减少冲击波的影响和/或玻壳加固元件的实施例起作用。

图 12 示出了一个附加实施例，其包括减少由于重复高能脉冲和灯管热膨胀所导致的管材料中的过大纵向和轴向应力。在该实施例中，位于超出电极头 1212 的、处于灯管 1204 的每个端部的灯管支架 1202 可以用适当柔性冷却剂密封件构成，以便为灯管 1204 提供沿纵向 1206 滑动的机会，从而减少灯管 1204 的壁上和冷却玻壳 1214 的可能过大的纵向和轴向载荷。因而，在该实施例中，灯管支架 1202 允许灯管 1204 响应于热膨胀和/或高能量脉冲滑动，同时也提供借此冷却流体可被整个泵送入、泵送出灯冷却剂管道 1208 的装置。位于冷却剂管道 1208 的径向臂支撑间隔物 1210 被构成为除了允许足够冷却流体流动的通道，还为灯管 1204 提供轴支撑和纵向滑动。

图 13 示出了前面提及的位于灯管 1302 的谐振波反节点（anti-node）1312(最大振幅)的区域中的支撑间隔物 1310 的使用，以便限制灯管 1302 的固有振荡，从而防止过大谐振诱导应力。支撑间隔物 1310 被围绕灯管 1302 的圆周放置，其沿径向延伸至冷却套管的内壁，并且沿灯管 1302 的长度、按照适当反节点位置 1312 所需定位，从而在机械上加强灯。示出了第一模式谐振波 1304，第二模式谐振波 1306，以及第三模式谐振波 1308，连同其各个反节点位置 1312。在某些更多需求的应用中，避免管部分的谐振和可能过大的偏转可以是有利的，并且有助于减少灯管中微细龟裂的产生，从而防止过早损坏和/或不可接受的脉冲灯寿命。

为了提供热传导或灯管与冷却套管之间的机械力的传递，利用具有有意不匹配的热膨胀系数的连接和/或压缩环材料可能是有利的。该方法利用灯管外表面与冷却套管内表面之间的温度差，从而利用部件(灯管，环，

以及冷却套管)之间的随后密切物理表面接触建立了热"缩配合"。每个部件上的压力量可以通过选定区域材料和灯冷却工作参数来准确定制。此外,制造期间的"滑动配合"条件可更加有利地变成灯系统操作期间所需的更高温处的压缩配合。

现在已经描述了本发明的几个实施例,本领域技术人员应当理解上述仅通过例子所提供的仅仅是示出性的,而非用来限制。本领域的普通技术人员根据本发明可以实现各种修改和其它实施例,并且这些修改和实施例在本发明及其等同内容的范围内。可以理解,本发明的变型对本领域技术人员来说是显而易见的,并且本发明意图是包含那些可选实施例。此外,由于本领域的技术人员会很容易地想到许多修改,所以不期望将本发明限制于所示出和描述的确切结构和操作,并且因此,所有适合的修改和等同内容可被属于本发明的范围采用。

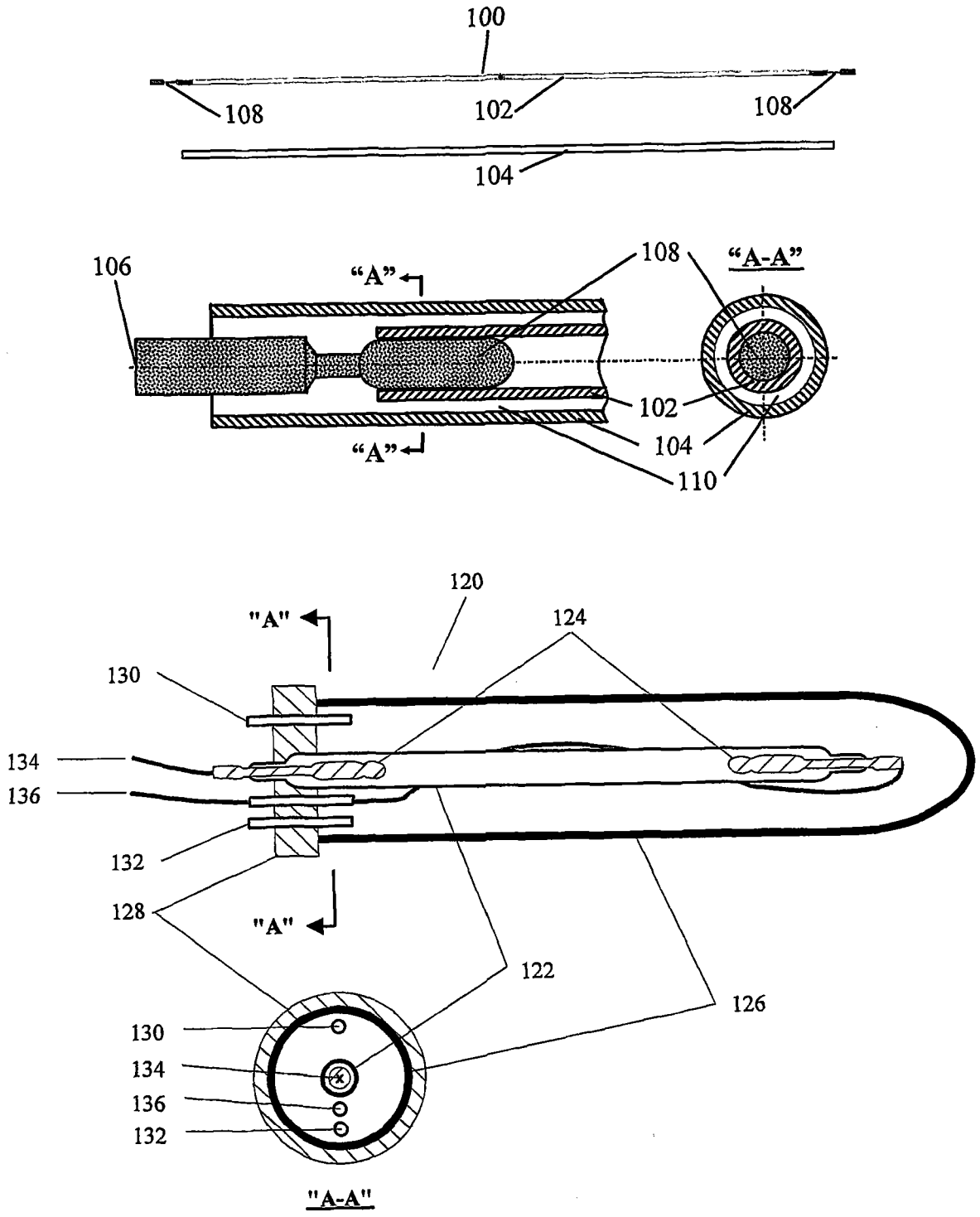

100
108
102
108
104
106
"A"
108
"A-A"
102
104
"A"
110
120
"A"
124
130
134
136
132
128
"A"
122
126
130
134
136
132
"A-A"

图1

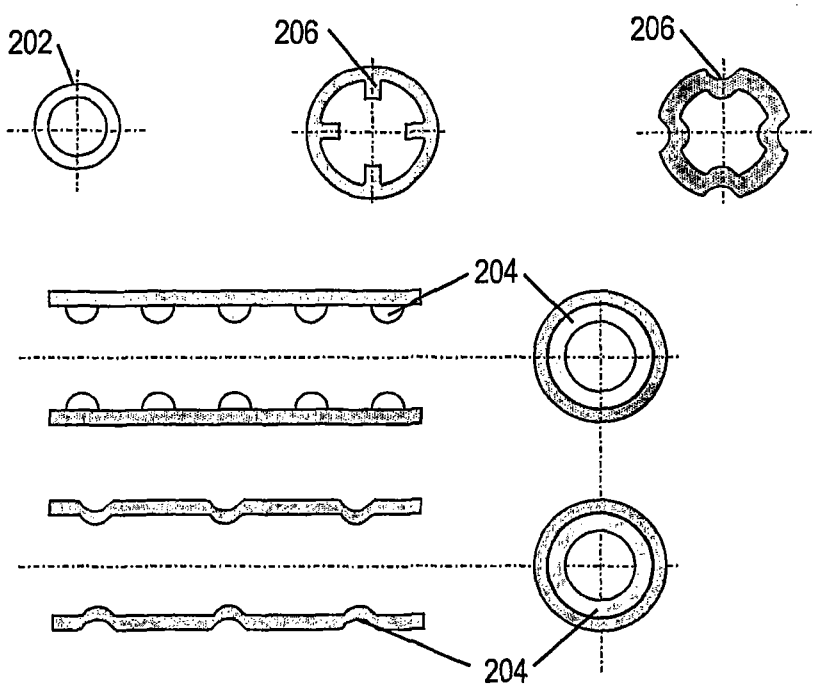


图2

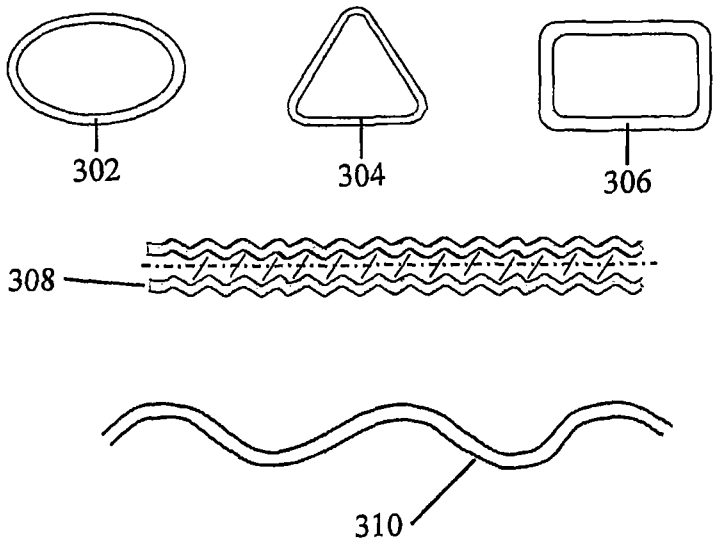


图3

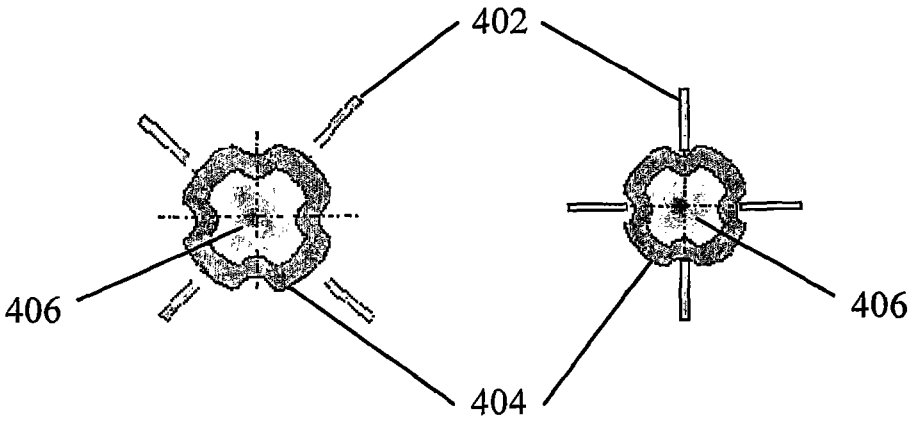


图4

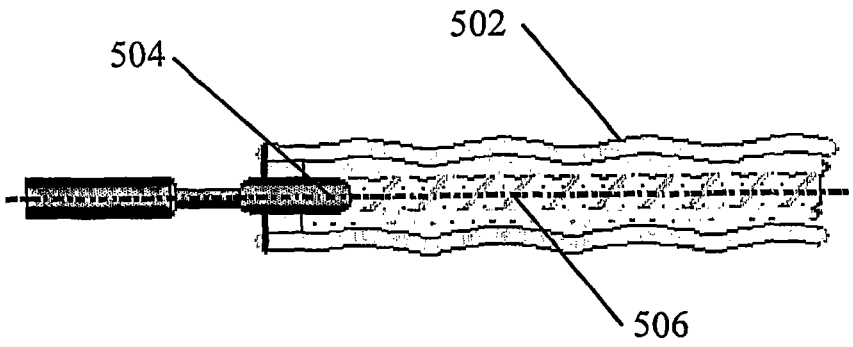


图5

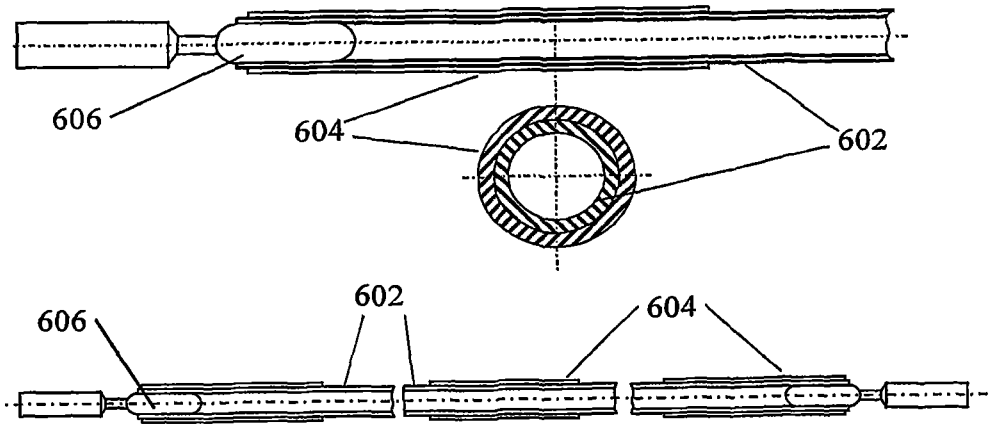


图6

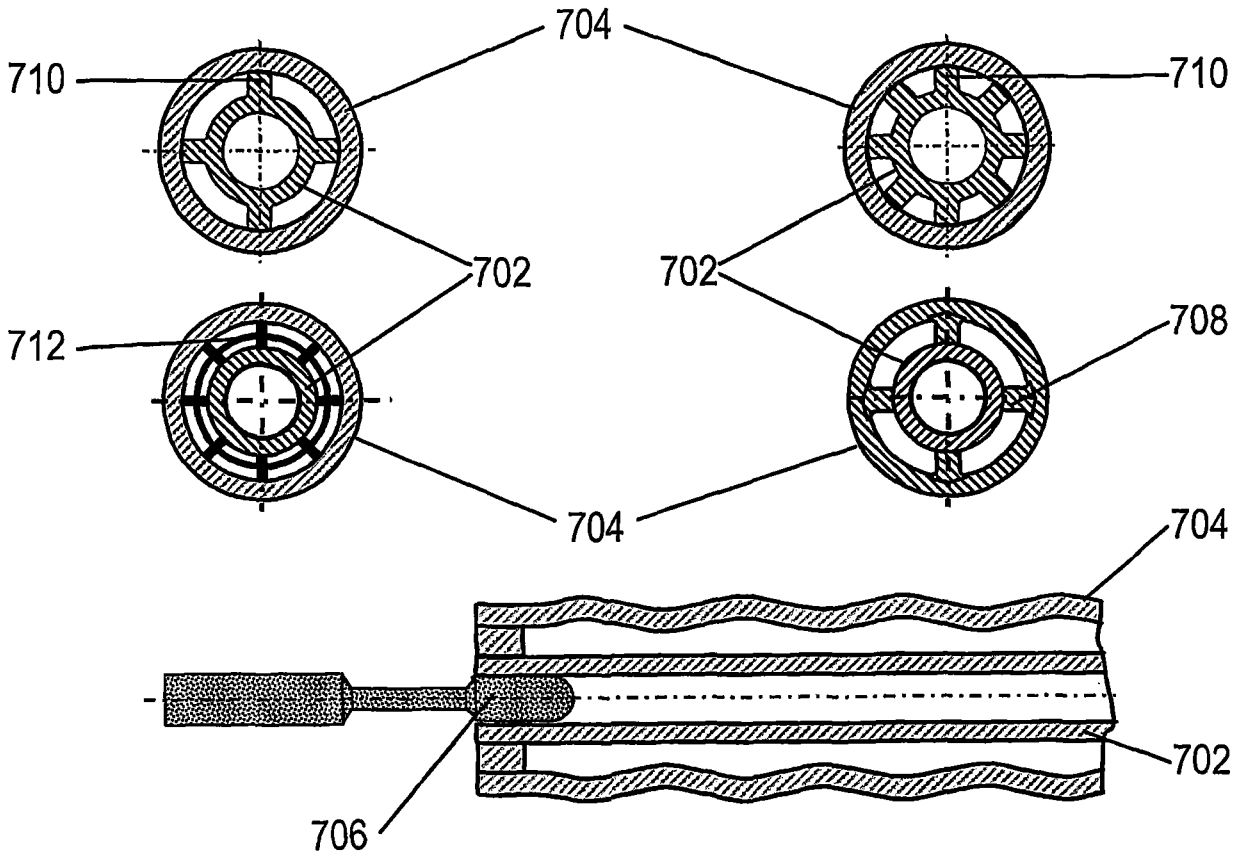


图7

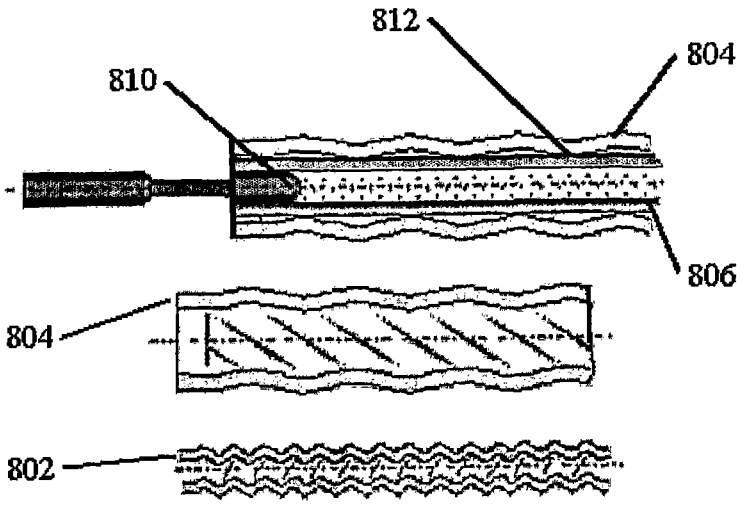


图8

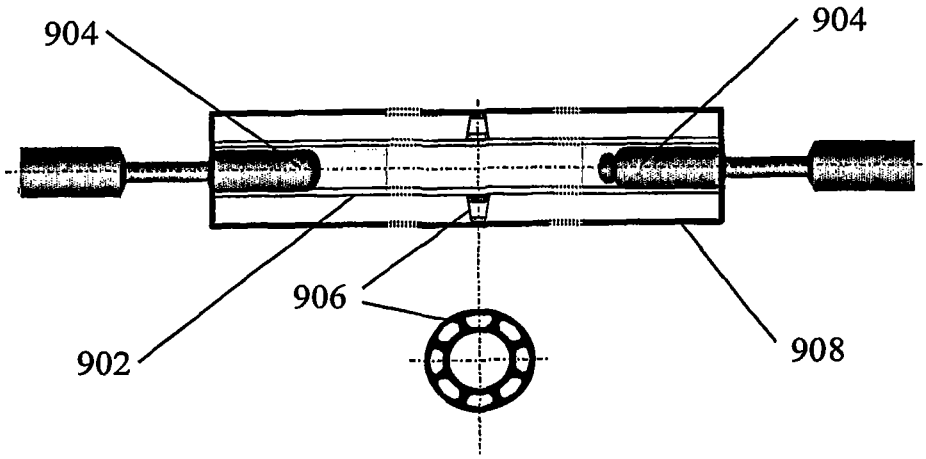


图9

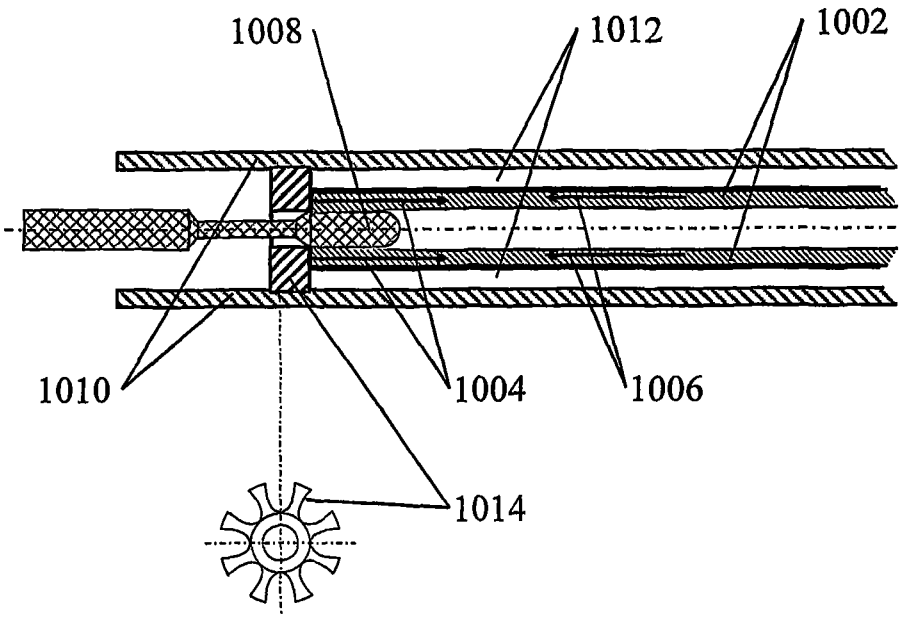


图10

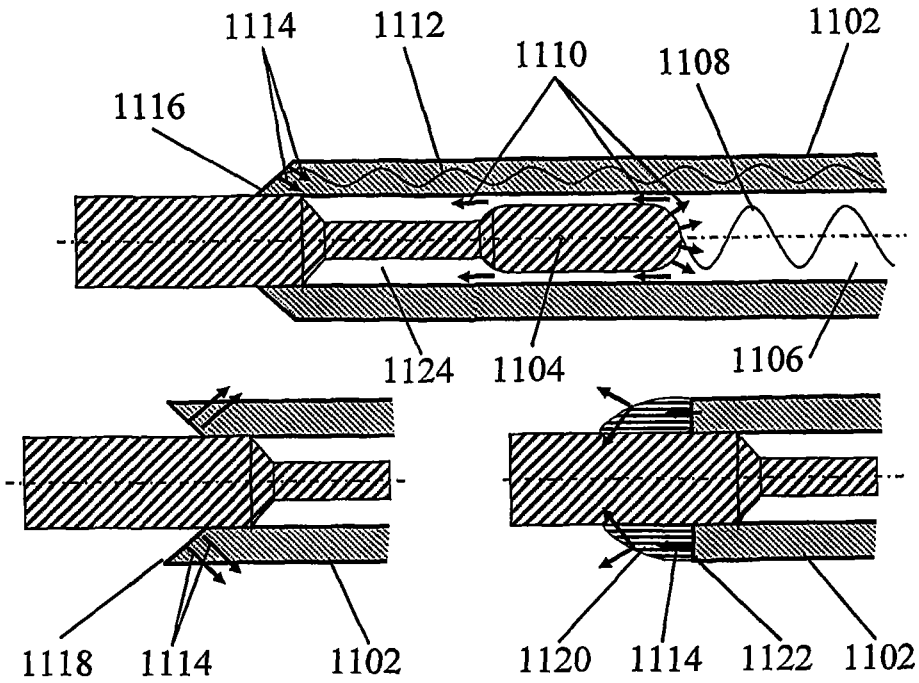

1114
1112
1110
1108
1102
1116
1124
1104
1106
1118
1114
1102
1120
1114
1122
1102

图11

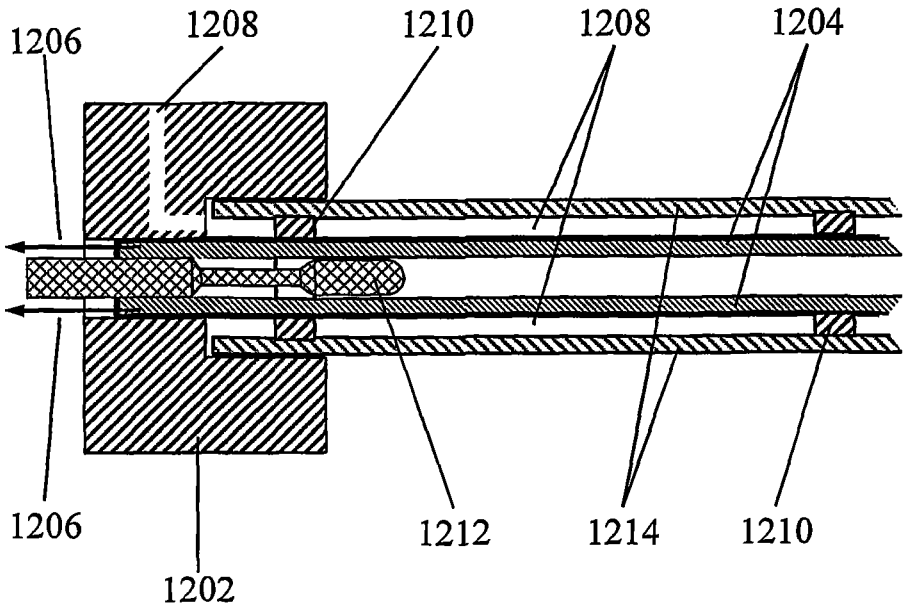


图12

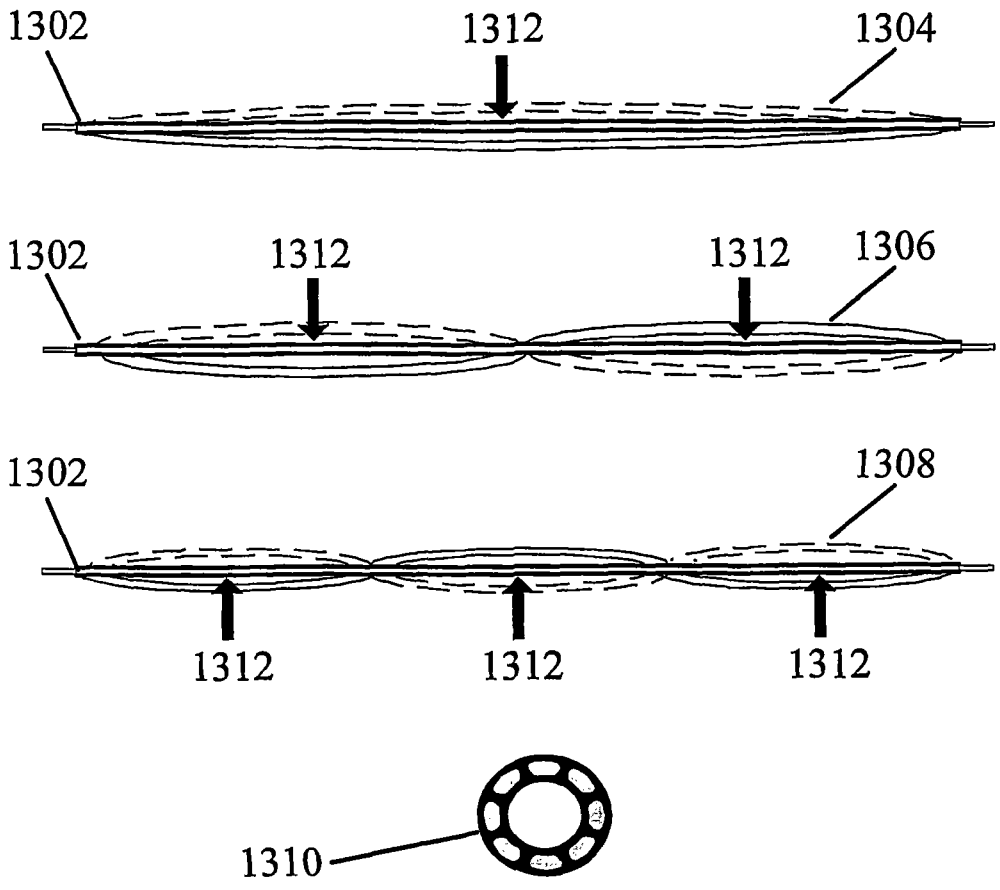

1302
1312
1304
1302
1312
1312
1306
1302
1308
1312
1312
1312
1310

图13