



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115297968 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 04

(21) 申请号 202180020305.7

(22) 申请日 2021.03.10

(30) 优先权数据

20162477.2 2020.03.11 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.09.09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/056015 2021.03.10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/180772 EN 2021.09.16

(71) 申请人 菲利普莫里斯生产公司

地址 瑞士纳沙泰尔

(72) 发明人 L·迪特曼 R·埃米特

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

专利代理师 胡海滔

(51) Int.Cl.

B05B 17/00 (2006.01)

A24F 40/05 (2006.01)

A24F 40/50 (2006.01)

A24F 40/10 (2006.01)

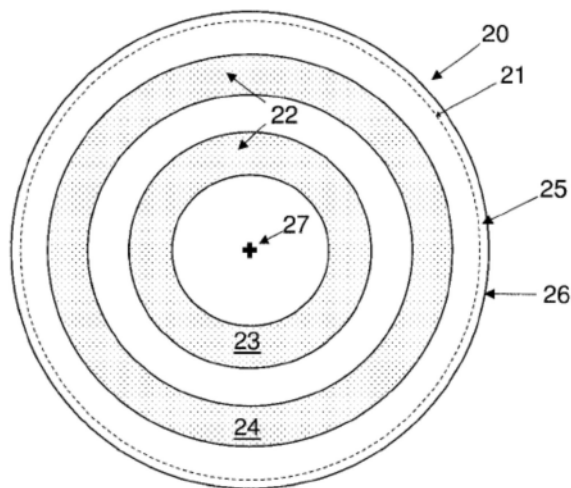
权利要求书2页 说明书16页 附图17页

(54) 发明名称

气溶胶生成装置及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种气溶胶生成装置。所述装置包括：膜，所述膜具有气溶胶生成区，其中所述气溶胶生成区包括多个喷嘴，所述多个喷嘴是所述气溶胶生成区中的仅有的喷嘴；以及致动器，所述致动器联接到所述膜；其中所述致动器被构造成激发所述膜以在所述膜的一个或多个预定模态频率下引起所述膜的振动，以便在使用中使穿过所述多个喷嘴的液体气溶胶形成基质气溶胶化；其中所述多个喷嘴优先地定位成靠近对应于在所述膜的所述一个或多个预定模态频率下被激发的所述膜的波腹。所述膜的厚度从所述膜的中心区域朝向所述膜的周边逐渐改变。



1. 一种气溶胶生成装置,所述气溶胶生成装置包括:
膜,所述膜具有气溶胶生成区,其中所述气溶胶生成区包括多个喷嘴,所述多个喷嘴是所述气溶胶生成区中的仅有的喷嘴;以及
致动器,所述致动器联接到所述膜;
其中所述致动器被构造成激发所述膜以在所述膜的一个或多个预定模态频率下引起所述膜的振动,以便在使用中使穿过所述多个喷嘴的液体气溶胶形成基质气溶胶化;
其中所述多个喷嘴优先地定位成靠近对应于在所述膜的所述一个或多个预定模态频率下被激发的所述膜的波腹;
其中所述膜的厚度从所述膜的中心区域朝向所述膜的周边逐渐改变。
2. 根据权利要求1所述的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴非均匀地分布在所述气溶胶生成区上方。
3. 根据权利要求1或2中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴中的至少60%定位在所述波腹的任一侧延伸的区域内,所述区域是对于所述对应一个或多个预定模态频率,所述膜的位移幅度是所述膜在所述波腹处的所述位移幅度的至少60%的区域。
4. 根据权利要求3所述的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴中的所有喷嘴定位在所述波腹的任一侧延伸的区域内。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述一个或多个预定模态频率包括所述膜的第一预定模态频率和所述膜的第二预定模态频率,其中所述多个喷嘴优先地定位在所述气溶胶生成区的第一交叉区域和第二交叉区域中,其中:
对于所述第一交叉区域,对应于所述膜的所述第一预定模态频率的波腹靠近对应于所述膜的所述第二预定模态频率的节点;以及
对于所述第二交叉区域,对应于所述膜的所述第二预定模态频率的波腹靠近对应于所述膜的所述第一预定模态频率的节点。
6. 根据权利要求5所述的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴中的所有喷嘴定位在所述第一交叉区域和所述第二交叉区域中。
7. 根据权利要求5或6中任一项所述的气溶胶生成装置,其中:
对于所述第一交叉区域,对应于所述第二预定模态频率的所述节点定位在对应于所述第一预定模态频率的所述波腹的任一侧延伸的第一区内,所述第一区域是对于所述第一预定模态频率,所述膜的所述位移幅度是所述膜在所述波腹处的所述位移幅度的至少60%的区域;以及
对于所述第二交叉区域,对应于所述第一预定模态频率的所述节点定位在对应于所述第二预定模态频率的所述波腹的任一侧延伸的第二区内,所述第二区是对于所述第二预定模态频率,所述膜的所述位移幅度是所述膜在所述波腹处的所述位移幅度的至少60%的区域。
8. 根据任一前述权利要求所述的气溶胶生成装置,其中所述装置被构造成选择性地对所述膜施加和释放约束,以便调整所述膜对所述一个或多个预定模态频率的响应。
9. 根据权利要求8所述的气溶胶生成装置,其中所述装置被构造成沿所述膜的所述周边的一个或多个部分选择性地施加和释放所述约束。
10. 根据前述权利要求中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述致动器被构造成选

择性地激发所述膜的不同部分。

11. 根据权利要求10所述的气溶胶生成装置,其中所述致动器包括多个致动器区段,每个致动器区段联接到所述膜的不同部分。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述致动器被构造成向所述膜施加调制驱动信号以便激发所述膜。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述膜的厚度从所述膜的所述中心区域朝向所述膜的所述周边逐渐减小。

14. 根据权利要求1至12中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述膜的厚度从所述膜的所述中心区域朝向所述膜的所述周边逐渐增加。

15. 一种气溶胶递送系统,所述系统包括:

根据权利要求1至14中任一项所述的气溶胶生成装置;

所述系统还包括:

液体进料,所述液体进料可操作以将液体气溶胶形成基质供应到所述膜。

气溶胶生成装置及系统

技术领域

[0001] 本公开涉及一种用于通过使用可振动穿孔膜使液体气溶胶形成基质气溶胶化的气溶胶生成装置和系统。

背景技术

[0002] 用于使液体气溶胶形成基质气溶胶化的已知的振动喷雾器采用具有均匀分布的喷嘴的膜。“均匀的”意指喷嘴均匀地分布在膜的表面上方,其中所有喷嘴具有相同的轮廓和大小。膜联接到致动器,其中致动器用以引起膜的振动。在膜与液体气溶胶形成基质接触时,膜的振动作用导致液体气溶胶形成基质被推动通过喷嘴以形成气溶胶小滴。然而,此类已知的振动喷雾器在膜的区域上方具有不一致的气溶胶质量。

[0003] 需要提供使用振动穿孔膜使液体气溶胶形成基质气溶胶化的改进手段。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个方面,提供一种气溶胶生成装置,所述气溶胶生成装置包括:

[0005] 膜,所述膜具有气溶胶生成区,其中所述气溶胶生成区包括多个喷嘴,所述多个喷嘴是所述气溶胶生成区中的仅有的喷嘴;以及

[0006] 致动器,所述致动器联接到所述膜;

[0007] 其中所述致动器被构造成激发所述膜以在所述膜的一个或多个预定模态频率下引起所述膜的振动,以便在使用中使穿过所述多个喷嘴的液体气溶胶形成基质气溶胶化;

[0008] 其中所述多个喷嘴优先地定位成靠近对应于在所述膜的所述一个或多个预定模态频率下被激发的所述膜的波腹。

[0009] 如本文所用,术语“喷嘴”是指穿过膜的孔口、洞或孔,其提供用于液体气溶胶形成基质移动穿过膜的通路。

[0010] 如本文所用,术语“波腹”是指当膜在膜的模态频率下振动时膜的位移幅度在相邻节点线之间最大的膜的那些位置。

[0011] 如本文所用,术语“节点”是指当膜在膜的模态频率下振动时膜的位移始终为零的膜的那些位置。当膜的给定振动模式在对应模态频率下被激发时,节点将沿一条或多条线定义,称为“节点线”。

[0012] 如本文所用,术语“模态频率”是指膜的自然或共振频率中的任一者。膜的每个振动模式将具有不同的频率和形状,分别称为模态频率和模态形状。膜的最低(或第一)模态频率称为基频。膜的模态频率将受其物理特性和施加到膜上的任何边界条件的影响。例如,杨氏模量、泊松比率和膜的质量密度以及膜上的任何约束可各自在与给定模式相关联的模态频率和模态形状方面单独地影响膜的模态响应。

[0013] 如本文所用,术语“预定模态频率”是指致动器被专门设计成激发的膜的模态频率。

[0014] 在本申请涉及第一预定模态频率和第二预定频率的情况下,术语“第一”和“第二”

指示相应频率涉及不同的振动模式,并且不需要第一预定模态频率是膜的基频,并且第二预定模态频率是膜的第二泛音或谐波。

[0015] 如本文所用,术语“优先地定位”是指多个喷嘴的超过50%定位成靠近对应于在膜的一个或多个预定模态频率下被激发的膜的波腹。

[0016] 如本文所用,术语“靠近”是指喷嘴比节点更靠近波腹,其中波腹和节点对应于在膜的一个或多个预定模态频率下被激发的膜。

[0017] 将多个喷嘴优先地定位成靠近对应于在膜的一个或多个预定模态频率下被激发的膜的波腹有助于使由膜的振动赋予单个气溶胶小滴的能量和速度最大化。增加赋予单个气溶胶小滴的速度具有增加这些小滴从膜的喷嘴喷射的距离的益处。与由具有均匀分布的喷嘴的膜产生的气溶胶小滴形成相比,将喷嘴优选地定位成靠近波腹还提供了在气溶胶生成区上方具有增加的均匀性的气溶胶小滴形成。

[0018] 优选地,多个喷嘴非均匀分布在气溶胶生成区上方。

[0019] 可通过参考各种参数来定量不同的气溶胶小滴形成方案,其中参数的值提供气溶胶小滴形成的质量的量度。一个此类参数的实例是韦伯数 We 。对于在气溶胶生成区中具有喷嘴布置的膜,其中当在平面图中观察该膜时这些喷嘴是圆形的,其中所有喷嘴具有相同的直径,该膜在给定频率 f 下振动并且使给定的液体气溶胶形成基质与该振动膜接触以致使液体气溶胶形成基质通过喷嘴气溶胶化,韦伯数可以表示为:

$$[0020] \quad We = \frac{\rho v^2 D}{\sigma}$$

[0021] 其中:

[0022] ρ 是液体气溶胶形成基质的质量密度;

[0023] v 是液体气溶胶形成基质的小滴的速度;

[0024] D 是每个喷嘴的直径;

[0025] σ 是液体气溶胶形成基质的表面张力。

[0026] 较低的韦伯数 We 与具有低质量的气溶胶小滴形成相关联。进一步解释,韦伯数越低,单个气溶胶小滴分解成更小小滴的可能性越大。在极端情况下,通过膜的振动赋予液体气溶胶形成基质的能量可能非常低,使得一些小滴在穿过膜中的喷嘴之后落回以沉降在膜的表面上。将单个气溶胶小滴分解成具有相同总体积但表面积较小的更小小滴的现象被称为瑞利分解或瑞利不稳定性。瑞利分解是极不期望的,并且指示低质量的气溶胶小滴形成。相反,韦伯数的较高值与具有高质量的气溶胶小滴形成相关联,并且指示已经赋予气溶胶小滴的能量和速度增加。高质量的气溶胶小滴形成将通过缺乏瑞利分解以及缺乏回落和气溶胶小滴在膜的表面上的沉降来指示。总之,小滴大小、小滴质量和小滴速度是与定量气溶胶小滴形成的质量相关的参数。

[0027] 优选地,在使用中,气溶胶生成装置生成包括直径在 $0.1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 范围内的小滴的气溶胶小滴形成。

[0028] 对于定义韦伯数的方程,速度 v 可表示为当在频率 f 下被激发时膜的特征速度。对于膜上的给定位置,此特征速度可表示为膜在该位置处的位移乘以频率 f 。因此,可看出,将喷嘴定位在波腹处或尽可能靠近该波腹有助于使通过膜赋予单个液体气溶胶形成基质小滴的能量和速度的量最大化。这有助于提高所得气溶胶小滴形成的韦伯数,其中小滴具有

减小的瑞利分解的可能性。将多个喷嘴定位在波腹处或尽可能靠近该波腹也会增加这些小滴能够从膜弹出的距离。

[0029] 优选地,喷嘴的形状为圆形。使用形状为圆形的喷嘴是优选的,因为圆形形状使面积与周边的比率最大化,因此减少黏滞力和边界层累积。然而,还发现使用形状为椭圆的喷嘴在所得气溶胶小滴形成方面也导致可接受的性能。

[0030] 膜可由聚合物材料形成,由此提供降低质量和惯性的优点。然而,膜可由任何其他材料形成,诸如金属材料。膜可以是两种或更多种不同材料的复合物。影响膜材料选择的因素可包括旨在与气溶胶生成装置一起使用并由气溶胶生成装置气溶胶化的特定液体气溶胶形成基质。例如,高度期望选择用于膜的材料,其不会由于与特定的液体气溶胶形成基质接触而发生化学反应或降解。仅作为实例,膜可由钯、不锈钢、铜-镍合金、聚酰亚胺、聚酰胺、硅或氮化铝中的任一种形成。

[0031] 不同的膜轮廓具有对应不同的模态频率和模态形状。有利地,膜在轮廓上是圆形的。已经发现,当气溶胶生成装置用于细长圆柱形吸烟制品形式的吸烟系统中时,圆形轮廓的膜是有利的。此外,圆形轮廓的膜的使用还反映了通常与常见液体进料机构诸如芯或管材相关联的对应圆形形状。

[0032] 液体气溶胶形成基质可包括尼古丁。包含液体气溶胶形成基质的尼古丁可为尼古丁盐基质。液体气溶胶形成基质可包括植物基质料。液体气溶胶形成基质可包括烟草。液体气溶胶形成基质可以包括均质化的烟草材料。液体气溶胶形成基质可包括不含烟草的材料。液体气溶胶形成基质可包括均质化的植物基质料。

[0033] 液体气溶胶形成基质可包括至少一种气溶胶形成剂。气溶胶形成剂是在使用中有助于形成稠密稳定的气溶胶的任何合适的已知化合物或化合物的混合物。合适的气溶胶形成剂是本领域众所周知的,并且包括但不限于:多元醇,例如三甘醇,1,3-丁二醇和丙三醇;多元醇的酯,例如甘油单、二或三乙酸酯;和一元、二元或多元羧酸的脂肪酸酯,例如二甲基十二烷二酸酯和二甲基十四烷二酸酯。气溶胶形成剂可为多元醇或其混合物,例如,三甘醇、1,3-丁二醇和丙三醇。液体气溶胶形成基质可以包括其他添加剂和成分,例如香料。

[0034] 液体气溶胶形成基质可包括水。

[0035] 液体气溶胶形成基质可包括尼古丁和至少一种气溶胶形成剂。气溶胶形成剂可包括丙三醇。气溶胶形成剂可包括丙二醇。气溶胶形成剂可包括丙三醇和丙二醇两者。液体气溶胶形成基质可具有介于约2%与约10%之间的尼古丁浓度。

[0036] 方便地,致动器可包括一个或多个压电致动器。压电致动器意指压电致动器。压电致动器是优选的,因为提供了引起膜的振动的能量有效且重量轻的手段,具有从电到声/机械能的高能量转换效率。此外,压电致动器以各种各样的材料和形状提供。对于压电致动器,将电驱动信号输入到压电致动器将导致呈振动信号形式的机械输出。压电致动器可联接到膜,使得振动信号被传送到膜。对输入到压电致动器的电驱动信号的调谐和调节可导致输出振动信号的相应变化,从而使致动器能够激活膜的不同振动模式。可采用其他类型的致动器或换能器。例如,可使用磁致伸缩换能器,但相对于使用压电致动器,需要更大的输入功率,加上工作频率范围受到更大限制且他们需要磁场。作为另一实例,可使用电致伸缩换能器,但需要更高的驱动电流,并且比压电致动器对温度变化更敏感,从而影响性能。也可使用双极性的压磁换能器,但其受到与磁致伸缩换能器类似的限制。不同类型的致动

器或换能器的组合是可能的,例如以分层结构或并行方式,但这会增加气溶胶生成装置的设计复杂性。

[0037] 当所有喷嘴正好定位在波腹处时,将发生从膜到单个气溶胶小滴的最佳能量传递。然而,如果多个喷嘴中的大多数在空间上分布在波腹的任一侧的短距离内,则可能导致具有可接受的质量(例如,没有可见的瑞利分解,或者在小滴大小和速度上几乎没有变化或没有变化)的气溶胶小滴形成。

[0038] 优选地,多个喷嘴中的至少60%被定位在波腹的任一侧延伸的区域内,该区域是对于对应一个或多个预定模态频率,膜的位移幅度是膜在波腹处的位移幅度的至少60%的区域。多个喷嘴中的所有喷嘴可定位在该区域内。在其他实施方案中,多个喷嘴中的至少70%、或至少80%、或至少90%或全部定位在波腹的任一侧延伸的区域内,该区域是对于对应一个或多个预定模态频率,膜的位移幅度是膜在波腹处的位移幅度的至少60%、或至少70%、或至少80%的区域。被定位成靠近波腹的多个喷嘴的比例越大,并且喷嘴的比例越靠近波腹,则由气溶胶生成装置产生的气溶胶小滴形成的质量越大。如上文所论述,质量的改进可通过瑞利分解的减少趋势或气溶胶小滴大小和速度的减少变化来指示。

[0039] 方便地,多个喷嘴的少于5%被定位在节点的任一侧延伸的区域内,该区域是对于对应一个或多个预定模态频率,膜的位移幅度不超过膜在波腹处的位移幅度的20%的区域。在节点处,将零或最小能量输送到与膜接触的任何液体气溶胶形成基质。因此,避免或最小化喷嘴在节点处的存在有助于降低气溶胶小滴落回并沉降到膜表面上的可能性。因此,应理解,避免或最小化喷嘴在节点处的存在有助于减少在装置的使用期间液体气溶胶形成基质的浪费。有利地,膜在节点的任一侧延伸的区域内没有喷嘴,该区域是对于对应一个或多个预定模态频率,膜的位移幅度不超过膜在波腹处的位移幅度的10%的区域。使膜在该区中在节点的任一侧没有喷嘴避免在膜的那些部分中存在喷嘴,这将赋予液体气溶胶形成基质最小的能量,并且因此将降低瑞利分解的可能性以及气溶胶小滴落回并沉降到膜表面上。

[0040] 方便地,一个或多个预定模态频率在约50kHz至约300kHz的频率范围内。已发现这种范围适合于气溶胶生成。频率太低可能降低通过膜的喷嘴的液体的体积吞吐量,并且对流体动力学和小滴分解机构产生负面影响。频率太高可能存在液体中能量的声学吸收的风险,并且可能导致不希望的加热效应。

[0041] 为了修改气溶胶特性,频率调谐可以由以下中的一者或多者采用:

[0042] i) 改变共振模式的任一侧的频率,诸如一个或多个预定模态频率中的一者的任一侧;

[0043] ii) 从一个共振模式改变到不同的共振模式,诸如通过从一个预定模态频率改变到不同的预定模态频率。

[0044] 为了降低致动器构型的复杂性,可能期望限制致动器被构造成激发的预定模态频率的数量。方便地,致动器被构造成在膜的单个模态频率下激发膜,由此简化致动器设计的复杂性。然而,优选地,致动器被构造成在两个或更多个模态频率下激发膜。在两个或更多个模态频率下激发膜的能力使得气溶胶小滴形成过程能够变化。当气溶胶生成装置用于使给定的液体气溶胶形成基质气溶胶化时,不同模态频率的使用导致对应地不同的气溶胶小滴形成;气溶胶小滴形成可在速度、小滴大小和小滴形成密度中的一个或多个方面不同。当

致动器被构造成在膜的两个或更多个模态频率下引起膜振动时,致动器可被构造成在不同的振动模式之间自动切换。替代地或另外,切换可通过与致动器交互以使致动器在不同的振动模式之间切换的使用者的手动干预来实现。作为非限制性实例,致动器可包括或联接到使用者可用来接合其手指的刻度盘、按钮、开关或任何等效特征,以便使致动器在不同振动模式之间切换。

[0045] 一个或多个预定频率可包括多个模态频率,诸如最低的第一模态频率、高于第一模态频率的第二模态频率、高于第二模态频率的第三模态频率等。限制致动器被构造成在膜中激发的离散模态频率的数量提供以下两者之间的平衡:i) 在使用气溶胶生成装置期间生成不同的气溶胶小滴形成的能力,以及ii) 降低致动器和装置的复杂性和重量。

[0046] 优选地,一个或多个预定模态频率包括膜的第一预定模态频率和膜的第二预定模态频率,其中多个喷嘴优先地定位在气溶胶生成区的第一交叉区域和第二交叉区域中,其中:对于第一交叉区域,对应于膜的第一预定模态频率的波腹靠近对应于膜的第二预定模态频率的节点;并且对于第二交叉区域,对应于膜的第二预定模态频率的波腹靠近对应于膜的第一预定模态频率的节点。在此优选实施方案的上下文中,术语“优先地定位”是指多个喷嘴中的50%以上定位在第一交叉区域和第二交叉区域中。此外,在该优选实施方案的上下文中,术语“靠近”是指对应于膜的第一预定模态频率的波腹比对应于第二预定模态频率的波腹更接近于对应于第二预定模态频率的节点(反之亦然)。如上所述,将多个喷嘴优先地定位在第一交叉区域和第二交叉区域中的优点在于,在第一预定模态频率下激发膜将导致大多数气溶胶小滴由第一交叉区域的喷嘴生成。切换到在第二预定模态频率下激发膜随后将导致大部分气溶胶小滴替代地由第二交叉区域的喷嘴生成。增加定位在第一交叉区域和第二交叉区域中的多个喷嘴的比例是期望的。

[0047] 有利地,气溶胶生成区的所有多个喷嘴定位在第一交叉区域和第二交叉区域中。在此类有利的实例中,在第一预定模态频率下激发膜将导致气溶胶小滴仅由第一交叉区域的喷嘴生成,而切换到在第二预定模态频率下激发膜导致气溶胶小滴替代地仅由第二交叉区域的喷嘴生成。本段中所描述的特征提供了在不同的对应模态频率下从膜的不同部分生成不同的气溶胶小滴形成的可能性。

[0048] 对于第一交叉区域,对应于第二预定模态频率的节点可定位在对应于第一预定模态频率的波腹的任一侧延伸的第一区内,第一区是对于第一预定模态频率,膜的位移幅度是膜在波腹处的位移幅度的至少60%、或至少70%或至少80%的区域。另外或替代地,对于第二交叉区域,对应于第一预定模态频率的节点可定位在对应于第二预定模态频率的波腹的任一侧延伸的第二区内,第二区是对于第二预定模态频率,膜的位移幅度是膜在波腹处的位移幅度的至少60%、或至少70%或至少80%的区域。第一预定模态频率的波腹与第二预定模态频率的节点的这种相对间隔(反之亦然)提供了增加从每个交叉区域的洞发出的气溶胶小滴形成(及其性质)的均匀性的益处。

[0049] 方便地,第一交叉区域的喷嘴在形状和大小中的一者或两者上不同于第二交叉区域的喷嘴。形状和大小中的一者或两者的不同提供由第一交叉区域和第二交叉区域产生的气溶胶小滴形成(及其性质)的附加定制。

[0050] 膜的模态频率和膜的对应位移响应将取决于膜的物理性质,以及作用于膜上的负载和边界约束。例如,膜的杨氏模量、泊松比和质量密度可以各自单独地影响膜的模态响

应,例如在改变与给定振动模式相关联的模态频率和模态形状中的一者或两者时。进一步解释,假设所有其他参数保持不变,膜的质量密度的增加将导致膜的给定振动模式的模态频率的降低。提供在整个膜中具有均匀材料性质的膜可使膜更容易制造。然而,方便地,膜可形成为具有非均匀的材料性质。此类非均匀的材料性质可提供对模态形状、模态频率和由此气溶胶小滴形成的调节。

[0051] 优选地,装置被构造成选择性地对膜施加并释放约束,以便调整膜对一个或多个预定模态频率的响应。当膜在给定频率下被激发时改变作用于膜上的边界约束也将具有改变膜对该频率的位移响应的效果。膜在给定频率下的位移响应的改变可导致波腹的位置的改变。优选地,装置被构造成沿膜的周边的一个或多个部分选择性地施加和释放约束。举例来说,约束可以是夹紧约束。气溶胶生成装置还可包括机电开关,其中通过机电开关的操作选择性地施加约束并从膜释放。使用机电开关提供了改变作用于膜上的约束的简单但有效的手段,以调整膜对在给定频率下被激发的响应。机电开关方便地用于选择性地靠近膜的周边边缘施加和释放约束。

[0052] 作为非限制性实例,膜可通过使用分段式夹具而绕其周边固定在适当位置,其中离散的夹具区段绕周边延伸,其中装置被构造成选择性地释放和施加夹具区段中的一个或多个。方便地,分段式夹具被构成为气溶胶生成装置的致动器的一部分。

[0053] 优选地,致动器被构造成选择性地激发膜的不同部分。作为非限制性实例,致动器可包括多个致动器区段,每个致动器区段联接到膜的不同部分。方便地,多个致动器区段中的每一者是彼此不同且在物理上彼此分离的元件;仅作为实例,每个不同且分离的元件可设置有其自身的一组电极以用于向其提供驱动。为了提供待在膜中激发的振动模式的附加定制,致动器区段中的每一者可独立于其他区段驱动。可独立驱动的致动器区段可使一个或多个区段的操作阶段能够相对于其他区段变化,由此提供在具有复杂位移响应的膜中激发振动模式的能力。方便地,多个致动器区段在膜的周边附近联接到膜。

[0054] 致动器可被构造成将调制驱动信号施加到膜以便激发膜。举例来说,调制信号的光谱可含有作为膜的自然频率且为膜的较高谐波频率的频率分量。在一个实施方案中,致动器可被构造成激发具有100kHz至200kHz正弦载波和1kHz至20kHz AM正弦调制的振动模式。

[0055] 膜的模态频率和膜的对应位移响应也将取决于膜的物理尺寸而变化。当从膜的中心区域朝向膜的周边行进时,膜的厚度可以逐渐改变。优选地,膜的厚度从膜的中心区域朝向膜的周边逐渐减小。例如,在绕其周边夹紧的圆形或椭圆形膜的情况下,当膜在较高谐波频率中的一者下被激励时,当远离膜的中心移动时膜厚度的逐渐减小将减小跨越膜直径的波腹处的位移变化。替代地,膜的厚度可从膜的中心区域朝向膜的周边逐渐增加。

[0056] 根据本发明的另一方面,提供一种气溶胶生成系统,所述气溶胶生成系统包括:

[0057] 如上所述的气溶胶生成装置;

[0058] 所述系统还包括:

[0059] 液体进料,所述液体进料可操作以将液体气溶胶形成基质供应到所述膜。

[0060] 方便地,气溶胶递送系统还包括可更换筒,所述筒含有所述液体气溶胶形成基质的贮存器。筒可另外包括液体进料。

[0061] 液体进料可包括用于将液体气溶胶形成基质从液体气溶胶形成基质的贮存器输

送到膜的管材。液体进料还可包括进料喷嘴,液体气溶胶形成基质可穿过该进料喷嘴邻近膜的表面喷射。方便地,液体进料呈在贮存器端与膜端之间延伸的管材的形式,其中管材在膜端处终止于进料喷嘴中。液体进料可包括一种或多种芯吸材料。在液体进料中使用芯吸材料允许液体气溶胶形成基质到膜的通路更加渐进和受控。

[0062] 液体进料可相对于膜是静态的,由此简化气溶胶生成装置的设计。然而,优选地,液体进料被构造成在由致动器对膜进行激发期间沿膜的气溶胶生成区横向移动,以便将液体气溶胶形成基质供应到喷嘴,该喷嘴靠近对应于在一个或多个预定模态频率下被激发的膜的波腹。通过允许使用具有比能够覆盖气溶胶生成区的相同表面积的静态液体进料更小的表面积覆盖区的液体进料,使用此类可横穿的液体进料可有助于降低装置的重量。

[0063] 方便地,多个喷嘴包括分别定位在气溶胶生成区的第一区域和第二区域中的第一多个喷嘴和第二多个喷嘴。液体进料可包括第一液体进料和第二液体进料,其中第一液体进料可操作以将第一液体气溶胶形成基质供应到第一区域,并且第二液体进料可操作以将第二液体供应到第二区域,其中第一液体气溶胶形成基质和第二液体气溶胶形成基质彼此不同。致动器可操作以在一个或多个预定模态频率下激发膜,以便在使用时使穿过相应的第一多个喷嘴和第二多个喷嘴的第一液体气溶胶形成基质和第二液体气溶胶形成基质气溶胶化。该实施方案具有允许不同的液体气溶胶形成基质从膜的不同区域气溶胶化的益处。第一液体气溶胶形成基质和第二液体气溶胶形成基质可在其物理和化学性质中的任一个方面不同;例如,在其质量密度、粘度和表面张力中的一个或多个方面不同。当在给定模态频率下被激发时,气溶胶生成区的第一区域和第二区域可被选择为具有彼此不同的振动特性。第一区域和第二区域的选择可受相应第一液体气溶胶形成基质和第二液体气溶胶形成基质的物理性质的影响;例如,使得来自第一区域的第一液体气溶胶形成基质的气溶胶小滴与来自第二区域的第二液体气溶胶形成基质的气溶胶小滴在小滴速度、小滴大小和韦伯数中的一个或多个方面相似或相同。

[0064] 方便地,膜在平面上为椭圆形或圆形的,其中第一区域和第二区域相对于彼此同心地布置。此外,第一液体进料和第二液体进料可同心地布置,以便将相应的第一液体气溶胶形成基质和第二液体气溶胶形成基质供应到对应的第一区域和第二区域。为同心地布置的第一液体进料和第二液体进料提供在平面上为圆形或椭圆形的膜利用了这样的事实,即此类圆形或椭圆形的膜的振动模式将包括其中波腹和节点以同心带布置的位移模式。

[0065] 第一液体进料和第二液体进料可替代地包括相应的第一线性通道和第二线性通道,其中第一线性通道和第二线性通道被布置成将第一液体气溶胶形成基质和第二液体气溶胶形成基质供应到气溶胶生成区的相应第一区域和第二区域。另外,第一线性通道和第二线性通道可方便地形成为整体主体的一部分,其中主体位于气溶胶生成区上方,以确保第一线性通道和第二线性通道邻近对应的第一区域和第二区域定位。当使用平面为矩形或正方形的膜时,使用如在本段中描述的线性通道形式的液体进料是特别合适的,因为用于膜的不同振动模式的波腹也可能遵循线性路径。

[0066] 方便地,第一多个喷嘴和第二多个喷嘴都优先地定位成靠近对应于膜的共同预定模态频率的波腹位置,致动器被构造成激发膜以在共同预定模态频率下引起膜的振动响应。第一液体进料和第二液体进料可被构造成将相应的第一液体气溶胶形成基质和第二液体气溶胶形成基质同时供应到相应的第一区域和第二区域。第一多个喷嘴和第二多个喷嘴

在大小和形状中的一者或两者方面可被构造使得当膜在共同预定模态频率下被激发时，穿过第一多个喷嘴的第一液体气溶胶形成基质的韦伯数是在穿过第二多个喷嘴的第二液体气溶胶形成基质的韦伯数的值的10%之内。

[0067] 在另一非限制性实施方案中，第一多个喷嘴可优先地定位成靠近对应于在膜的第一预定模态频率下被激发的膜的波腹，并且第二多个喷嘴优先地定位成靠近对应于在膜的第二预定模态频率下被激发的膜的波腹，其中第一液体气溶胶形成基质进料被构造与在第一预定模态频率下激发膜的致动器同步地将第一液体气溶胶形成基质供应到第一区域，并且第二液体气溶胶形成基质进料被构造与在第二预定模态频率下激发膜的致动器同步地将第二液体气溶胶形成基质供应到第二区域。优选地，气溶胶递送系统呈用于递送非热生成的气溶胶的消耗装置的形式。有利地，气溶胶递送系统是用于非热生成可吸入气溶胶的吸烟系统。例如，在使用气溶胶递送系统期间，由气溶胶生成装置的膜的振动产生的气溶胶小滴形成可吸入气溶胶。吸烟系统可以是呈细长吸烟制品的形式。吸烟系统可包括含有气溶胶生成装置和液体进料的细长壳体，细长壳体具有远侧端部和口端，其中烟嘴设置在口端处。方便地，细长壳体是圆柱形的。气溶胶生成装置和液体进料优选地布置在细长壳体内，使得从膜喷射的气溶胶小滴随后流过烟嘴以离开壳体。优选地，细长壳体的大小和形状被设计成促进壳体保持在吸烟系统的使用者的拇指与手指之间。吸烟系统还可包括电源和电子控制电路，电子控制电路被配置成用于控制致动器的操作，电源被配置成向电子控制电路和气溶胶生成装置的致动器提供电力。电子控制电路和电源优选地包含在细长壳体内。优选地，电源是可再充电的；例如，电源可包括锂离子电池。当电源是可再充电的时，电子控制电路还可被配置成控制电源的充电。由于在气溶胶的生成中不使用热量，因此产生有害化合物的风险降低，因为这些有害化合物通常与在较高温度下发生的化学反应有关。此外，由于气溶胶生成装置的膜响应于由致动器引起的改变，因此能够在单次抽吸的持续时间（通常为2-3秒持续时间）内修改气溶胶特性。这可通过在抽吸的持续时间内修改致动器的电驱动信号来实现，从而允许气溶胶的生成快速适应使用者的需要。气溶胶递送系统可描述为“按需抽吸”系统。

[0068] 在气溶胶递送系统的各种实施方案中，不同的液体可单独地馈送到膜；例如，含有尼古丁或其他刺激物质的第一液体和含有风味物的第二液体可各自单独地馈送到膜。这些不同的液体可馈送到膜的不同区域，其中每个区域响应于致动器激活的不同振动模式。此类气溶胶递送系统可导致从具有不同化学组成的膜的不同区域喷射小滴。例如，当尼古丁存在于第一液体中并且调味剂存在于第二液体中时，将这两种不同的液体递送到膜的不同区域可使得尼古丁存在于较小的气溶胶小滴中，并且调味剂存在于较大的气溶胶小滴中，以便提高使用者满意度。相反，使尼古丁存在于相对较大大小的气溶胶小滴中将具有刺激使用者咽喉的风险的缺点。液体的供给可与致动器的驱动信号同步。举例来说，当致动器在一个模式中被激活时，可操作微型泵或阀以供给一种液体，而当致动器在另一种模式下被激活时，通过操作不同的微型泵或切换阀的状态来供给不同的液体。使用者可选择调节或选择其自身的个性化抽吸轮廓，其可采用致动器的给定电驱动信号特征的形式，以提供优选的气溶胶特性。

[0069] 尽管优选地吸烟系统用于气溶胶的非热生成，但任选地吸烟系统包括加热器元件，该加热器元件被构造在基质气溶胶化之前或之后（即膜的上游或下游）将热施加到液

体气溶胶形成基质。优选地,吸烟系统包括可更换筒,该筒位于细长壳体内并且容纳液体气溶胶形成基质的贮存器。任选地,筒另外包括液体进料。

[0070] 本发明在权利要求书中限定。然而,下文提供了非限制性实例的非详尽清单。这些实例的任何一个或多个特征可与本文所述的另一个实例、实施方案或方面的任何一个或多个特征组合。

[0071] 实例Ex1:一种气溶胶生成装置,其包括:膜,所述膜具有气溶胶生成区,其中所述气溶胶生成区包括多个喷嘴,所述多个喷嘴是所述气溶胶生成区中的仅有的喷嘴;以及致动器,所述致动器联接到所述膜;其中所述致动器被构造成激发所述膜以在所述膜的一个或多个预定模态频率下引起所述膜的振动,以便在使用中使穿过所述多个喷嘴的液体气溶胶形成基质气溶胶化;其中所述多个喷嘴优先地定位成靠近对应于在所述膜的所述一个或多个预定模态频率下被激发的所述膜的波腹。

[0072] 实例Ex2:根据实例Ex1所述的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴非均匀地分布在所述气溶胶生成区上方。

[0073] 实例Ex3:根据实例Ex1或Ex2中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴中的至少60%、或至少70%、或至少80%或至少90%定位在所述波腹的任一侧延伸的区域内,所述区域是对于对应所述一个或多个预定模态频率,所述膜的位移幅度是所述膜在所述波腹处的所述位移幅度的至少60%、或至少70%、或至少80%的区域。

[0074] 实例Ex4:根据实例Ex3所述的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴中的所有喷嘴定位在所述波腹的任一侧延伸的区域内。

[0075] 实例Ex5:根据实例Ex1至Ex3中任一项的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴中的小于5%定位在所述节点的任一侧延伸的区域内,所述区域是对于所述对应一个或多个预定模态频率,所述膜的所述位移幅度不超过所述膜在所述波腹处的所述位移幅度的20%的区域。

[0076] 实例Ex6:根据实例Ex1至Ex5中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述气溶胶生成区在所述节点的任一侧延伸的区域内没有喷嘴,所述区域是对于所述对应一个或多个预定模态频率,所述膜的所述位移幅度不超过所述膜在所述波腹处的所述位移幅度的10%的区域。

[0077] 实例Ex7:根据实例Ex1至Ex6中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述一个或多个预定频率包括多个模态频率。

[0078] 实例Ex8:根据实例Ex1至Ex7中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述一个或多个预定模态频率包括所述膜的第一预定模态频率和所述膜的第二预定模态频率,其中所述多个喷嘴优先地定位在所述气溶胶生成区的第一交叉区域和第二交叉区域中,其中:对于所述第一交叉区域,对应于所述膜的所述第一预定模态频率的波腹靠近对应于所述膜的所述第二预定模态频率的节点;并且对于所述第二交叉区域,对应于所述膜的所述第二预定模态频率的波腹靠近对应于所述膜的所述第一预定模态频率的节点。

[0079] 实例Ex9:根据实例Ex8所述的气溶胶生成装置,其中所述多个喷嘴中的所有喷嘴定位在所述第一交叉区域和所述第二交叉区域中。

[0080] 实例Ex10:根据实例Ex8或Ex9中任一项所述的气溶胶生成装置,其中:对于所述第一交叉区域,对应于所述第二预定模态频率的所述节点定位在对应于所述第一预定模态频

率的波腹的任一侧延伸的第一区内,所述第一区是对于所述第一预定模态频率,所述膜的所述位移幅度是所述膜在所述波腹处的所述位移幅度的至少60%、或至少70%或至少80%的区域;以及对于所述第二交叉区域,对应于所述第一预定模态频率的所述节点定位在对应于所述第二预定模态频率的所述波腹的任一侧延伸的第二区内,所述第二区是对于所述第二预定模态频率,所述膜的所述位移幅度是所述膜在所述波腹处的所述位移幅度的至少60%、或至少70%或至少80%的区域。

[0081] 实例Ex11:根据实例Ex1至Ex10中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述装置被构造成选择性地对所述膜施加和释放约束,以便调整所述膜对所述一个或多个预定模态频率的响应。

[0082] 实例Ex12:根据实例Ex11所述的气溶胶生成装置,其中所述装置被构造成沿所述膜的所述周边的一个或多个部分选择性地施加和释放所述约束。

[0083] 实例Ex13:根据实例Ex11或Ex12中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述约束是夹紧约束。

[0084] 实例Ex14:根据实例Ex11至Ex13中任一项所述的气溶胶生成装置,所述装置还包括机电开关,其中通过所述机电开关的操作选择性地施加所述约束并且从所述膜释放。

[0085] 实例Ex15:根据实例Ex14所述的气溶胶生成装置,其中所述机电开关被构造成靠近所述膜的周边边缘选择性地施加和释放所述约束。

[0086] 实例Ex16:根据实例Ex1至Ex15中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述致动器被构造成选择性地激发所述膜的不同部分。

[0087] 实例Ex17:根据实例Ex16所述的气溶胶生成装置,其中所述致动器包括多个致动器区段,每个致动器区段联接到所述膜的不同部分。

[0088] 实例Ex18:根据实例Ex17所述的气溶胶生成装置,其中所述多个致动器区段在所述膜的周边附近联接到所述膜。

[0089] 实例Ex19:根据实例Ex1至Ex18中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述致动器被构造成向所述膜施加调制驱动信号以便激发所述膜。

[0090] 实例Ex20:根据实例Ex1至Ex19中任一项所述的气溶胶生成装置,其中所述膜的厚度从所述膜的中心区域朝向所述膜的周边逐渐减小。

[0091] 实例Ex21:一种气溶胶递送系统,所述系统包括:根据实例Ex1至Ex20中任一项所述的气溶胶生成装置;所述系统还包括:液体进料,所述液体进料可操作以将液体气溶胶形成基质供应到所述膜。

[0092] 实例Ex22:根据实例Ex21所述的气溶胶递送系统,其中所述液体进料被构造成在由所述致动器对所述膜进行激发期间沿所述膜的所述气溶胶生成区横向移动,以便将所述液体气溶胶形成基质供应到喷嘴,所述喷嘴靠近对应于在所述一个或多个预定模态频率下被激发的所述膜的波腹。

[0093] 实例Ex23:根据实例Ex21或Ex22中任一项所述的气溶胶递送系统,其中所述多个喷嘴包括分别定位在所述气溶胶生成区的第一区域和第二区域中的第一多个喷嘴和第二多个喷嘴;所述液体进料包括第一液体进料和第二液体进料,其中所述第一液体进料可操作以将第一液体气溶胶形成基质供应到所述第一区域,并且所述第二液体进料可操作以将第二液体供应到所述第二区域,其中所述第一液体气溶胶形成基质和所述第二液体气溶胶

形成基质彼此不同；所述致动器可操作以在所述一个或多个预定模态频率下激发所述膜，以便在使用时使穿过相应的所述第一多个喷嘴和所述第二多个喷嘴的所述第一液体气溶胶形成基质和所述第二液体气溶胶形成基质气溶胶化。

[0094] 实例Ex24：根据实例Ex23所述的气溶胶递送系统，其中所述膜是椭圆形或圆形的，所述第一区域和所述第二区域相对于彼此同心地布置，所述第一液体进料和所述第二液体进料相对于彼此同心地布置，以便将相应的所述第一液体气溶胶形成基质和所述第二液体气溶胶形成基质供应到对应的所述第一区域和所述第二区域。

[0095] 实例Ex25：根据实例Ex23或24中任一项所述的气溶胶递送系统，其中所述第一多个喷嘴和所述第二多个喷嘴都优先地定位成靠近对应于堆叠膜的共同预定模态频率的波腹位置，所述致动器被构造成激发膜以所述共同预定模态频率下引起所述膜的振动。

[0096] 实例Ex26：根据实例Ex25所述的气溶胶递送系统，其中所述第一液体进料和所述第二液体进料被构造成将相应的所述第一液体气溶胶形成基质和所述第二液体气溶胶形成基质同时供应到相应的所述第一区域和所述第二区域。

[0097] 实例Ex27：根据实例Ex25或Ex26中任一项所述的气溶胶递送系统，其中所述第一多个洞和所述第二多个洞在大小和形状中的一者或两者方面被构造成使得当所述膜在所述共同预定模态频率下被激发时，穿过所述第一多个洞的所述第一液体气溶胶形成基质的韦伯数是在穿过所述第二多个洞的所述第二液体气溶胶形成基质的韦伯数的值的10%之内。

[0098] 实例Ex28：根据实例Ex23或Ex24中任一项所述的气溶胶递送系统，其中所述第一多个洞优先地定位成靠近对应于在所述膜的第一预定模态频率下被激发的所述膜的波腹，并且所述第二多个洞优先地定位成靠近对应于在所述膜的第二预定模态频率下被激发的所述膜的波腹，其中所述第一液体进料被构造成与在所述第一预定模态频率下激发所述膜的所述致动器同步地供应所述第一液体气溶胶形成基质，并且所述第二液体进料被构造成与在所述第二预定模态频率下激发所述膜的所述致动器同步地供应所述第二液体气溶胶形成基质。

[0099] 实例Ex29：根据实例Ex21至Ex28中任一项所述的气溶胶递送系统，其中所述气溶胶递送系统是用于生成可吸入气溶胶的吸烟系统。

[0100] 实例Ex30：根据实例Ex29所述的气溶胶递送系统，其中所述气溶胶递送系统包括含有所述气溶胶生成装置和所述液体进料的细长壳体，所述细长壳体具有远侧端部和口端，其中烟嘴设置在所述口端处。

[0101] 实例Ex31：根据实例Ex30所述的气溶胶递送系统，其还包括电源和电控制电路，所述电子控制电路被配置成用于控制所述致动器的操作，所述电源被配置成向所述电子控制电路和所述致动器提供电力，其中所述电子控制电路和所述电源包含在所述细长壳体内。

附图说明

[0102] 现在将参考附图进一步描述若干实例，其中：

[0103] 图1示出了气溶胶递送系统的示意图，气溶胶递送系统呈用于生成可吸入气溶胶的吸烟制品的形式。

[0104] 图2示出了根据一个实施方案的气溶胶生成装置的透视图。

[0105] 图3示出了图2的气溶胶生成装置的膜的平面图。

[0106] 图4示出了响应于振动模式(0,3)在膜中被激活而绕膜的周边夹紧的圆形膜的位移对径向距离的图。该图还包括膜中喷嘴的位置的指示。

[0107] 图5a示出了绕膜的周边夹紧并且覆盖有轮廓线的圆形膜的平面图,该轮廓线指示响应于在膜中被激活振动模式(0,2)而使膜的不同部分位移。

[0108] 图5b示出了绕膜的周边夹紧并且覆盖有轮廓线的圆形膜的平面图,该轮廓线指示响应于在膜中被激活振动模式(1,2)而使膜的不同部分位移。

[0109] 图5c示出了绕膜的周边夹紧并且覆盖有轮廓线的圆形膜的平面图,该轮廓线指示响应于在膜中被激活振动模式(3,1)而使膜的不同部分位移。

[0110] 图6a示出了绕膜的周边被简单地支撑并且覆盖有轮廓线的正方形膜的平面图,该轮廓线指示响应于在膜中被激活振动模式(1,2)而使膜的不同部分位移。

[0111] 图6b示出了绕膜的周边被简单地支撑并且覆盖有轮廓线的正方形膜的平面图,该轮廓线指示响应于在膜中被激活振动模式(3,3)而使膜的不同部分位移。

[0112] 图7示出了响应于在膜中被激活的两个单独的振动模式(0,3)和(4,1)而绕膜的周边夹紧的圆形膜的位移对径向距离的图。该图还包括膜中喷嘴的位置的指示。

[0113] 图8a和图8b示出了气溶胶生成装置的实施方案的侧正视图,该气溶胶生成装置被构造为选择性地对膜施加和释放约束。图8a示出了施加到膜的约束,而图8b示出了从膜释放的约束。

[0114] 图9示出了其中膜在从膜的中心区域朝向膜的周边行进时逐渐减小厚度的气溶胶生成装置的实施方案的侧正视图。

[0115] 图10示出了其中膜在从膜的中心区域朝向膜的周边行进时逐渐增加厚度的气溶胶生成装置的实施方案的侧正视图。

[0116] 图11示出了液体进料组件的第一实施方案的透视图。

[0117] 图12示出了液体进料组件的第二实施方案的透视图。

[0118] 图13示出了液体进料组件的第三实施方案的透视图。

具体实施方式

[0119] 图1是气溶胶递送系统100的示意图。对于图1中所示的实施方案,气溶胶递送系统100是用于生成可吸入气溶胶101的吸烟系统。系统100具有细长壳体102。细长壳体102包含电源103、电子控制电路104、筒105、液体进料组件106和气溶胶生成装置107。电源103联接到电子控制电路104和气溶胶生成装置107以向其提供电力。电子控制电路104被配置成控制气溶胶生成装置107的操作。在电源103是可再充电电池的替代实施方案中,电子控制电路104还被配置成控制可再充电电池的充电。细长壳体102具有远侧端部108和口端109。烟嘴110被设置在壳体102的口端109处。筒105包含液体形成基质(未示出)的贮存器。尽管图1中未示出,但筒105是可更换的,其中细长壳体102适于使得筒能够被移除和替换。适合与图1中所示的气溶胶递送系统100一起使用的示例性气溶胶生成装置107的实施方案在后续段落中描述。

[0120] 图2示出了气溶胶生成装置107的实施方案。装置107具有膜20和联接到膜的致动器40。对于图2中所示的实施方案,当在平面图中观察时,膜20具有圆形形状。致动器40绕其

周边分段,具有四个离散区段41、42、43、44。每个区段41、42、43、44具有作用于膜20的对应区段的相应上表面和下表面的上半部和下半部。每个致动器区段41、42、43、44由此用于约束膜20的相应区段。每个致动器区段41、42、43、44被设计成独立于其他区段驱动。在致动器40的操作期间,可驱动区段41、42、43、44,使得它们彼此同相或处于任何期望的相位关系。在图中未示出的替代实施方案中,致动器40可以是连续的且非分段的。

[0121] 图3示出了气溶胶生成装置107的膜20的平面图,即当在图2的箭头A的方向上观察时。当在平面图中观察时,膜20是圆形的。为了方便起见,图3中不包括致动器40。膜20具有气溶胶生成区21(其周边在图3中由虚线表示)。气溶胶生成区21设置有多个喷嘴22。喷嘴22呈延伸穿过膜20的厚度的洞的形式。对于图3中所示的实施方案,多个喷嘴22仅定位在两个环形区域23、24中。环形间隙25存在于膜20的周边26与气溶胶生成区21的周边之间。环形间隙25提供空间以使致动器40的区段(参见例如图2)能够联接到膜20。

[0122] 致动器40被构造成激发膜20以在膜的一个或多个预定模态频率下引起膜的振动。在各种实施方案中,致动器40可被构造成激发膜20以在多个离散模态频率下引起膜的振动。然而,为了便于理解,将首先讨论响应于激发膜的单一振动模式的致动器40的膜20的位移,讨论参见图4。膜20的每个振动模式将具有对应的模态频率。

[0123] 图4示出了对于膜的振动模式(0,3),圆形膜20的位移对距膜20的中心27的径向距离r的图(参见图3),其中膜的整个周边26由致动器40夹紧。图4中的径向距离r表示为气溶胶生成区21的半径R的一部分。对于模式(0,3),数字0指示在膜20中没有周向振动模式被激活,而数字3指示在径向方向(相对于膜的中心27)上的三次谐波振动模式被激活。

[0124] 如图4中所示,当模式(0,3)在膜20中被激活时,波腹存在于膜的三个区域处。对于模式(0,3),图4所示的位移是绕膜20的中心27的环形,具有对应于波腹位置的三个限定的波腹区域201、202、203。波腹位移幅度在膜20的中心27处(即在波腹区域201中)是最大值,并且随着从膜的中心朝向周边26的径向距离增加而逐渐减小(即参见波腹区域202、203)。随着径向距离r的增加,在波腹处的位移幅度的减小是由于膜20的周边26被致动器40夹紧(参见图2)。图4包括示出其中设置有多个喷嘴22的环形区域23、24的宽度的灰色带。环形区域23、24绕(即靠近)对应的波腹(参见图4中的波腹区域202、203)定位。与这种振动模式(0,3)相关联的波形的波长 λ 在图4中示出。

[0125] 当液体气溶胶形成基质在致动器40激活膜的模式(0,3)时供应到膜20时,气溶胶小滴将由定位在环形区域23、24中的喷嘴22生成。由于这些环形区域23、24以及由此多个喷嘴22绕振动模式(0,3)的波腹(即波腹区域202、203)定位,所以由膜20赋予气溶胶小滴的能量和速度将最大化。绕波腹202、203定位的喷嘴22的此类布置还将提高韦伯数和膜20能够从膜喷射气溶胶小滴的距离。相反地或另外,如果致动器40被构造成在膜中激发不同的振动模式,则多个喷嘴22将优先地定位成靠近对应于该不同振动模式的波腹。

[0126] 图5a至图5c和图6a至图6b示出了不同膜几何形状对不同振动模式的位移响应。

[0127] 图5a到5c示出了对于不同振动模式的绕膜的周边26夹紧的圆形膜20的平面图。每个振动模式将具有其自身对应的模态频率。对于图5a至图5c中的每一者,有刻度的轮廓覆盖在膜20上,示出了膜的不同部分对特定振动模式的位移响应。

[0128] 图5a示出了对于振动模式(0,2)的夹紧圆形膜20的位移。对于模式(0,2),数字0指示在膜20中没有周向振动模式被激活,而数字2指示在径向方向(相对于膜的中心27)上的

二次谐波振动模式被激活。膜20对于该振动模式的位移响应具有沿从膜的中心27径向向外延伸的线的两个限定的波腹区域。

[0129] 图5b示出了对于振动模式(1,2)的夹紧圆形膜20的位移。对于模式(1,2),数字1指示在膜20中基本周向振动模式被激活,而数字2指示在径向方向(相对于膜的中心27)上的二次谐波振动模式被激活。膜20对于该振动模式的位移响应对于膜的每一半在周向方向上具有单个波腹区域,以及沿从膜的中心27径向向外延伸的线的两个波腹区域。

[0130] 图5c示出了对于振动模式(3,1)的夹紧圆形膜20的位移响应。对于模式(3,1),数字3指示在膜20中三次谐波周向振动模式被激活,而数字1指示在径向方向(相对于膜的中心27)上的基本振动模式被激活。膜11对于该振动模式的位移响应对于膜的每一半在周向方向上具有三个波腹区域,以及沿从膜的中心27径向向外延伸的线的一个波腹区域。

[0131] 图6a和图6b示出了对于不同振动模式绕膜的周边26'被简单地支撑的正方形膜20'的平面图。每个振动模式将具有其自身对应的模态频率。对于图6a和6b示中的每一者,有刻度的轮廓覆盖在膜20上,示出了膜的不同部分对特定振动模式的位移响应。

[0132] 图6a示出了对于振动模式(1,2)的被简单地支撑的正方形膜片20'的位移。对于模式(1,2),数字1指示在y方向上的基本振动模式在膜20'中被激活,而数字2指示在x方向上的二次谐波振动模式被激活。膜20'对于该振动模式的位移响应具有在y方向上的单个波腹区域,以及在x方向上的两个波腹区域。

[0133] 图6b示出了对于振动模式的被简单地支撑的矩形膜20'的位移(3,3)。对于模式(3,3),数字3指示在X和y方向两者上的二次谐波振动模式在膜20'中被激活。膜20'对于该振动模式的位移响应在x和y方向中的每一者上具有三个波腹区域。

[0134] 如果致动器40被构造成激发图5a至图5c的圆形夹紧膜20或图6a和图6b的正方形简单支撑膜20'所示的任何振动模式,则位移响应轮廓线图提供峰值位移幅度(即波峰或波谷)可能出现在膜中的位置的指示。此类图可有助于将多个喷嘴22优先地定位在膜20中,使得其靠近膜的经历最高位移幅度的那些区域(即,波腹)。如前所述,喷嘴在波腹附近的此类优先定位有助于使在使用气溶胶生成装置107期间赋予气溶胶小滴的能量和速度最大化。

[0135] 在气溶胶生成装置的替代实施方案中,致动器40被构造成在两个离散的预定模态频率下激发气溶胶生成装置107的膜20。每个离散模态频率与对应的振动模式相关联。作为说明,图7示出了对于膜的两种不同振动模式,随着离膜中心27的径向距离r的增加,夹紧的圆形膜20的振动响应。两种振动模式是模式(0,3)和(4,1),分别由图7的实线和虚线表示。对于模式(0,3),数字0指示在膜20中没有周向振动模式被激活,而数字3指示在径向方向(相对于膜的中心27)上的三次谐波振动模式被激活。对于模式(4,1),数字4指示在膜20中四次谐波周向振动模式被激活,而数字1指示在径向方向(相对于膜的中心27)上的基本振动模式被激活。对于此替代实施方案,多个喷嘴22定位在气溶胶生成区21的两个离散区域231、241中。这些区域中的第一区域231限定定位在膜20的中心处的圆,而这些区域中的第二区域241呈环形带的形式。第一区域231是第一交叉区域,其中对应于振动模式(0,3)的波腹被定位成靠近对应于振动模式(4,1)的节点。第二区域241是第二交叉区域,其中对应于振动模式(4,1)的波腹被定位成靠近对应于振动模式(0,3)的节点。当致动器40激发模式(0,3)和液体气溶胶形成基质馈送到膜20时,气溶胶小滴主要从第一交叉区域231的喷嘴22喷射。然而,一旦致动器40切换到激发模式(4,1),气溶胶小滴替代地主要从第二交叉区域

241的喷嘴22喷射。

[0136] 图8a和图8b示出了其中气溶胶生成装置107被构造成选择性地对膜20施加和释放约束的实施方案的示意图。为了方便起见,图8a或图8b中未示出用于该实施方案的膜20中的多个喷嘴22的位置。如图8a中所示,膜20的两个相对边缘被夹紧。夹具41设置在膜20的左侧边缘上。夹具41是固定的,由此意指夹具41在气溶胶生成装置107的致动器40的操作期间继续夹紧膜20的左侧边缘。可释放夹具42设置在膜20的右侧边缘上。可释放夹具42联接到机电开关43。如图8a和图8b中所示(参见箭头B),机电开关43可操作以相对于夹具的下半部42b移动可释放夹具42的上半部42a,以选择性地从膜20施加和释放上半部42a,从而施加和释放对膜的右侧边缘的夹紧。当膜由致动器40在膜的给定预定模态频率下激发时,释放并重新施加到膜20的边缘的夹紧具有改变膜对于该模态频率的位移响应的效果。通过使多个喷嘴22优先地定位成靠近对应于膜20对于膜的不同约束状态中的每一者的位移的波腹,可利用膜20响应于施加到膜的约束的改变的位移响应的改变。

[0137] 图9和图10示出了气溶胶生成装置107的两个不同实施方案,其中当从膜的中心区朝向膜的周边横向移动时膜20的厚度逐渐改变。喷嘴22在图9和图10两者中均示意性地表示,其中致动器40在膜的周边区域联接到膜的上表面和下表面。图9示出了其中膜20在从膜的中心朝向膜的周边移动时逐渐减小厚度的实例。图10示出了其中膜20在从膜的中心朝向膜的周边移动时逐渐增加厚度的相反情况。膜20的厚度以相对于膜的中心的径向位置 r 示出,其中厚度由符号 t_r 表示。

[0138] 液体气溶胶形成基质可以以各种方式馈送到气溶胶生成装置107的膜20。图11、图12和图13示出了用于将一个或多个液体气溶胶形成基质供应到气溶胶生成装置107的膜20的液体进料组件106、106'、106''的实例。为了方便起见,致动器40在图11至图13中均未示出。

[0139] 图11示出了可操作以将液体气溶胶形成基质供应到膜20的液体进料组件106。液体进料组件106具有可移动台1061。柔性管1062在液体气溶胶形成基质(未示出)的贮存器与进料喷嘴1063之间延伸。箭头L示出了液体气溶胶形成基质从贮存器通过柔性管1062的通路。尽管图11中未示出,但电动马达联接到可移动台1061。马达的操作使可移动台1061沿路径P沿膜20的气溶胶生成区21横向移动。在由致动器40对膜20进行激发期间,可移动台1061在膜上方横向移动,以通过靠近对应于预定模态频率的波腹和喷嘴22的供给喷嘴1063供给液体气溶胶形成基质。图11中所示的液体进料组件106可应用于任何形状的膜20。

[0140] 图12示出了替代液体进料组件106'。液体进料组件106'与圆形膜20一起示出。液体进料组件106'具有三个同心布置的管1064、1065、1066。径向最内管1064限定用于将第一液体气溶胶形成基质馈送到膜20的第一同心液体气溶胶形成基质进料通道。径向最内管1064与中间管1065之间的环形间隙限定用于将第二液体气溶胶形成基质馈送到膜20的第二同心液体气溶胶形成基质进料通道。中间管1065与径向最外管1066之间的环形间隙限定用于将第三液体气溶胶形成基质馈送到膜20的第三同心液体气溶胶形成基质进料通道。同心地布置的进料通道中的每一者从贮存器(未示出)馈送或填充相应的液体气溶胶形成基质。同心地布置的第一液体气溶胶形成基质进料通道、第二液体气溶胶形成基质进料通道和第三液体气溶胶形成基质进料通道将其相应的液体气溶胶形成基质供应到膜20的对应环形区域。在替代实施方案(未示出)中,芯吸材料可定位在同心地布置的第一液体气溶胶

形成基质进料通道、第二液体气溶胶形成基质进料通道和第三液体气溶胶形成基质进料通道中的每一者中,其中用于每个同心进料通道的芯吸材料被用于该通道的相应液体气溶胶形成基质润湿。在另一替代实施方案中,液体进料组件106'还可与椭圆形膜结合使用。

[0141] 图13示出了另一替代液体进料组件106"。液体进料组件106"与正方形膜20'一起示出。液体进料组件106"具有限定在基质1070中的三个线性通道1067、1068、1069。线性通道1067、1068、1069中的每一者借助于相应的液体气溶胶形成基质入口1071、1072、1073从贮存器(未示出)馈送相应的液体气溶胶形成基质。线性通道1067、1068、1069将其相应的液体气溶胶形成基质馈送到膜20'的对应线性区域。在替代实施方案(未示出)中,芯吸材料定位在线性通道1067、1068、1069中的每一者中,其中用于每个通道的芯吸材料被用于所述通道的相应的液体气溶胶形成基质润湿。

[0142] 尽管图11至图13中未示出,但液体进料组件106、106'、106"包括一个或多个微型泵以主动地将液体气溶胶形成基质馈送到膜20、20'。液体进料组件106、106'、106"的微型泵将联接到电源(例如,图1中所示的电源103-参见图1中的连接到液体进料组件106的虚线)并且由其供电。

[0143] 出于本说明书和所附权利要求书的目的,除非另有说明,否则表示量、数量、百分比等的所有数字应理解为在所有情况下由术语“约”修饰。此外,所有范围包括公开的最大和最小点,并且包括可能在本文中具体列举或可能未列举的其中的任何中间范围。因此,在本文中,数字“A”被理解为“A”的“A” $\pm 10\%$ 。在本文中,数字“A”可被认为包括在数字“A”所修饰的性质的测量的一般标准误差内的数值。在所附权利要求中使用的某些情况下,数字“A”可偏离上文列举的百分比,条件是“A”偏离的量不会实质上影响所声称的发明的基本特征和新颖特征。此外,所有范围包括公开的最大和最小点,并且包括可能在本文中具体列举或可能未列举的其中的任何中间范围。

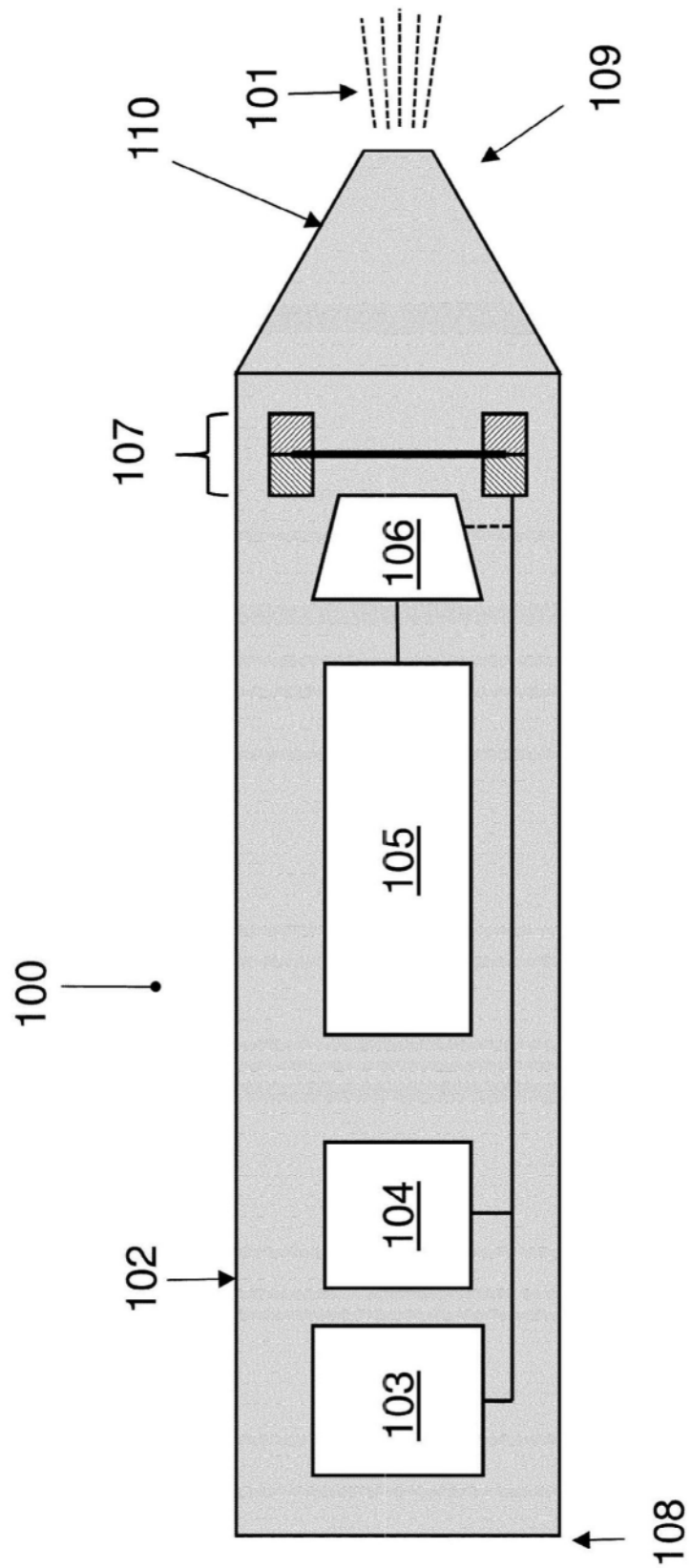


图1

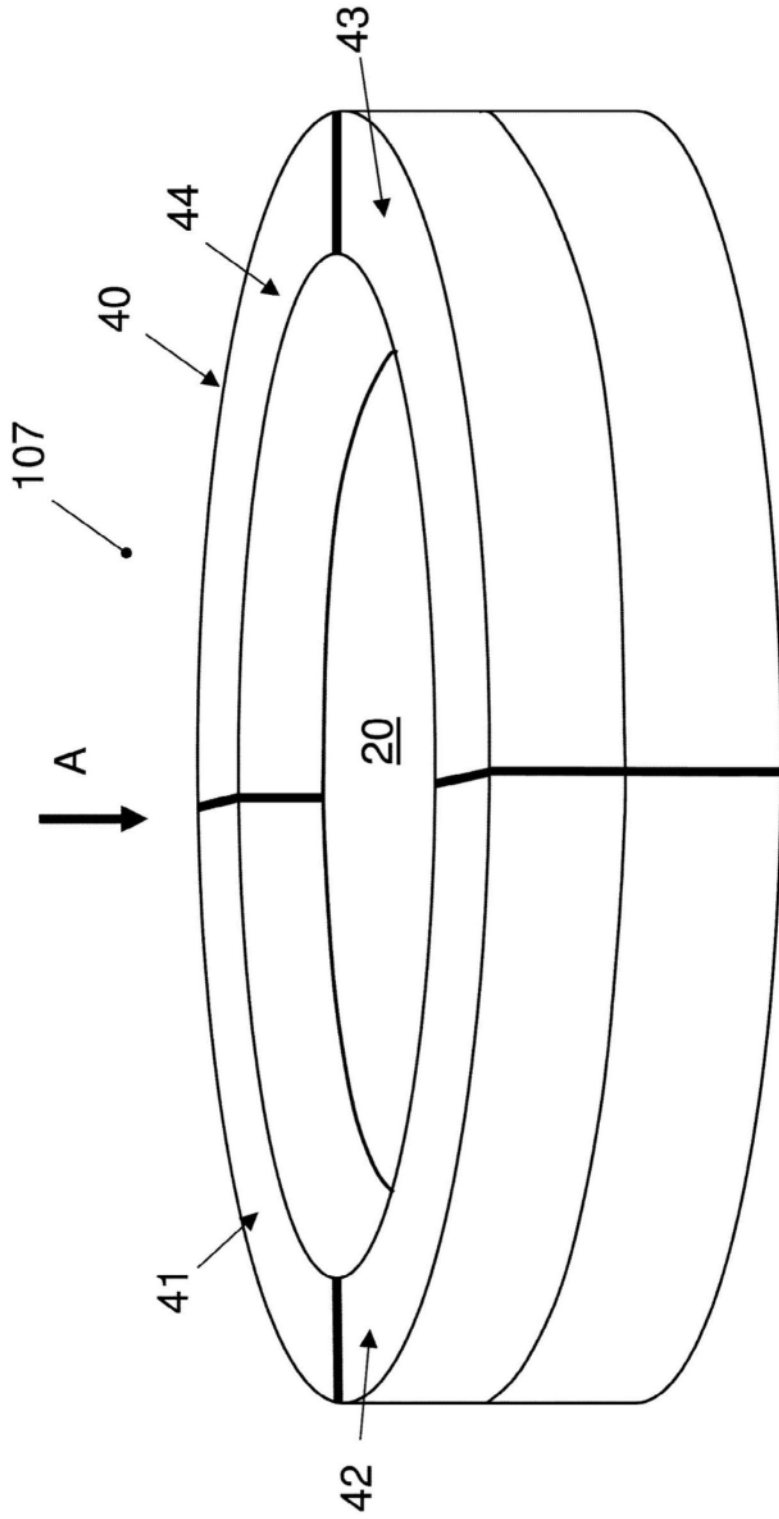


图2

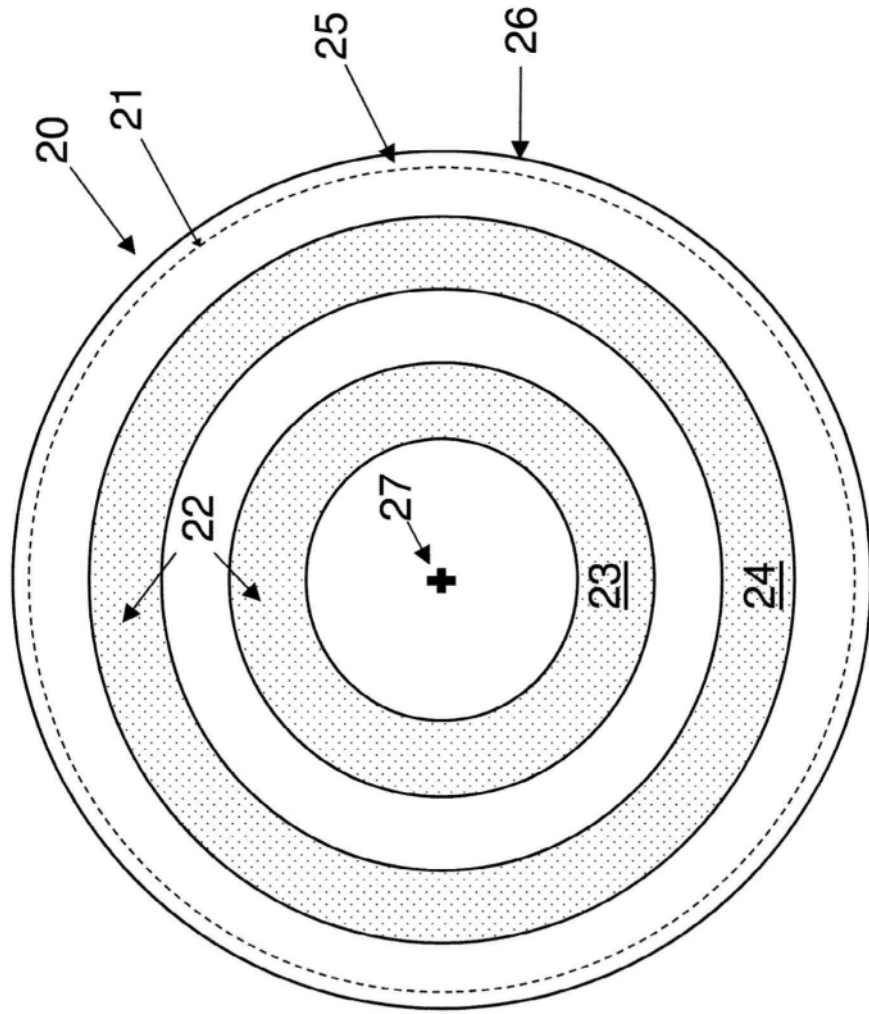


图3

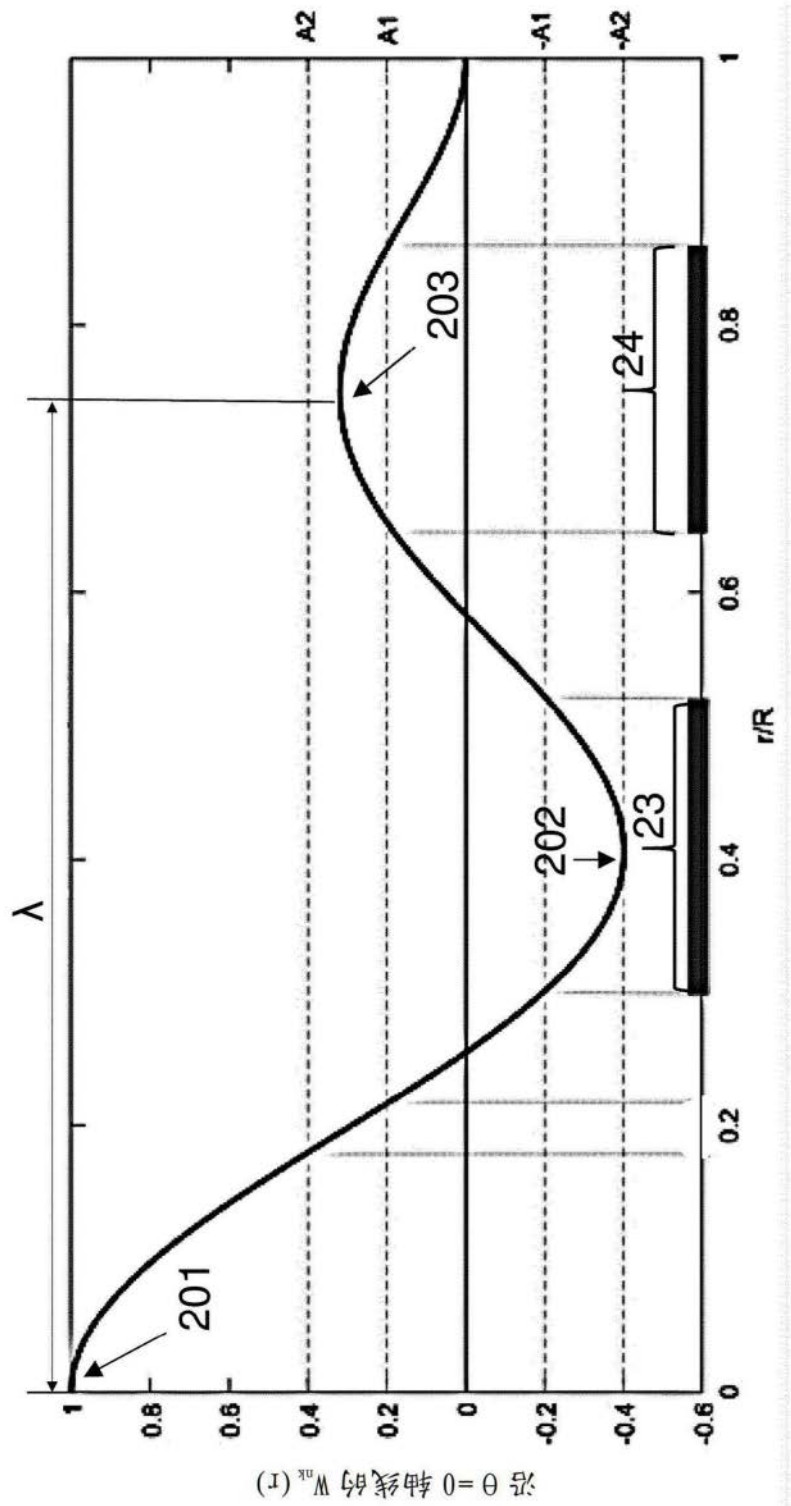


图4

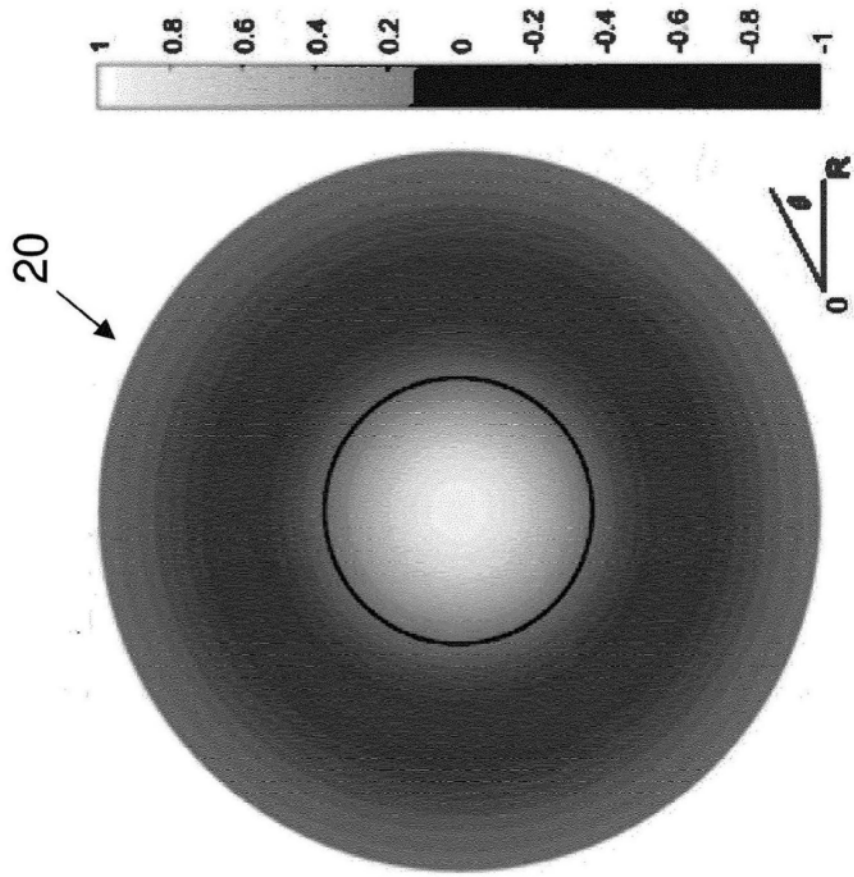


图5a

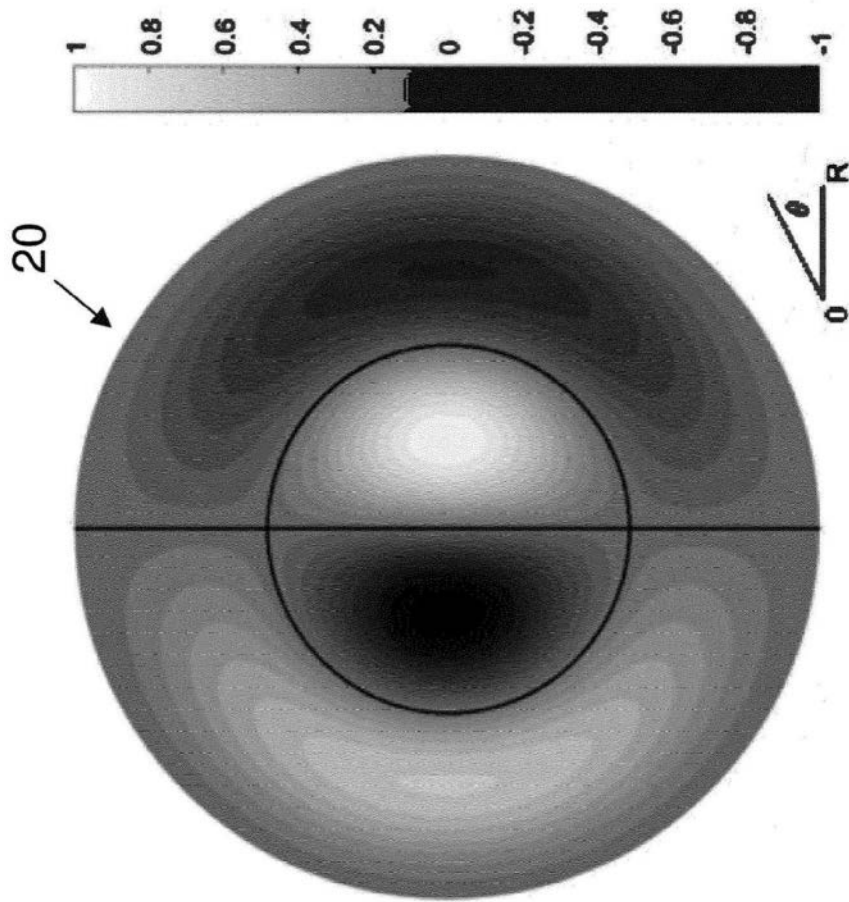


图5b

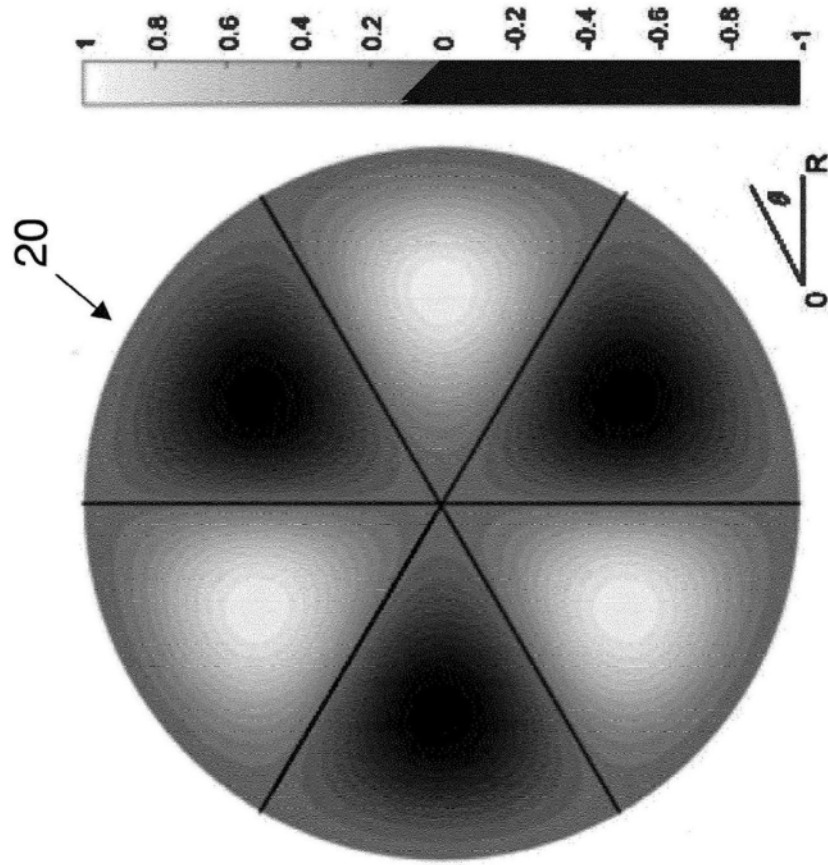


图5c

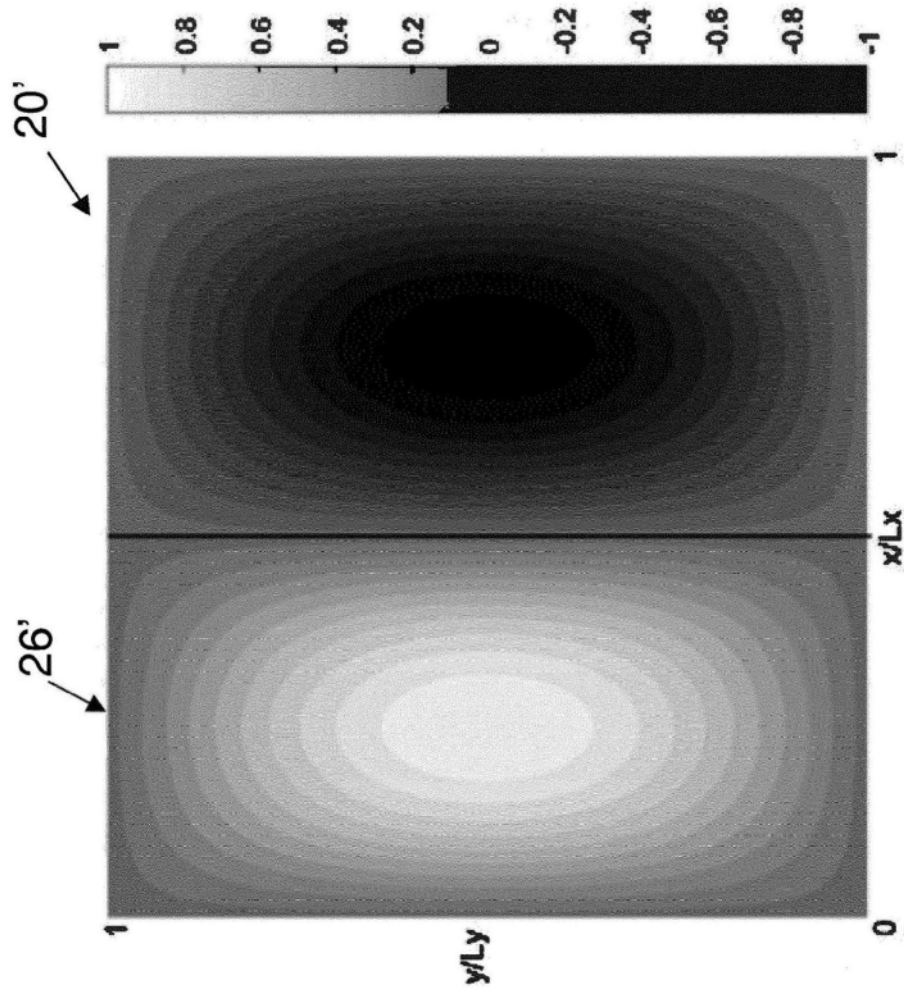


图6a

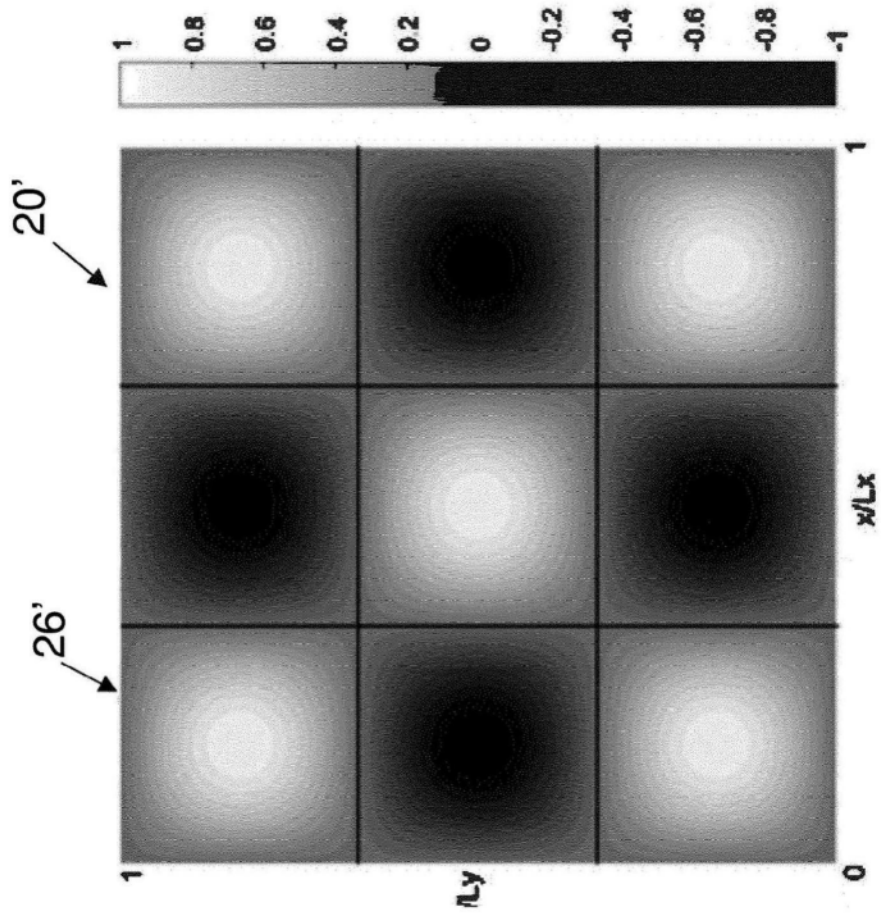


图6b

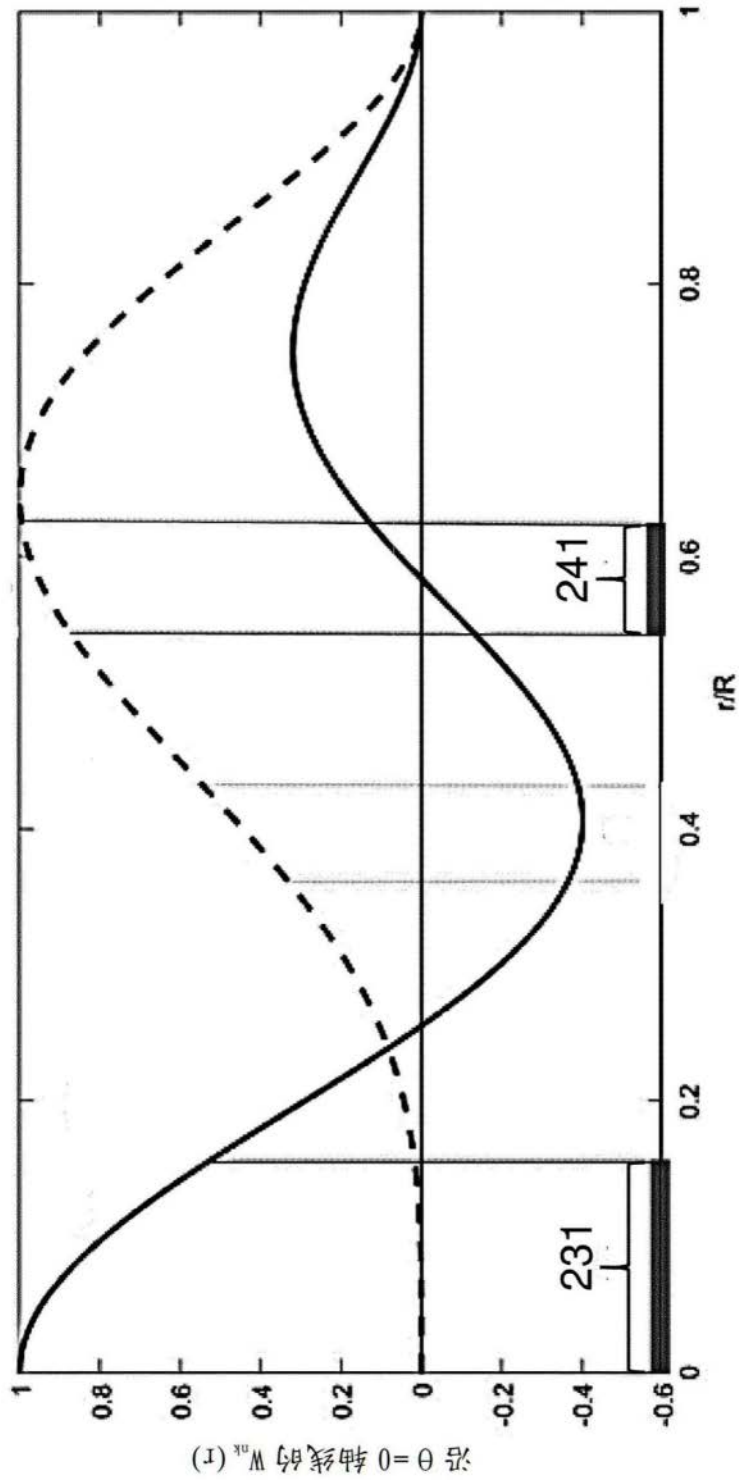


图7

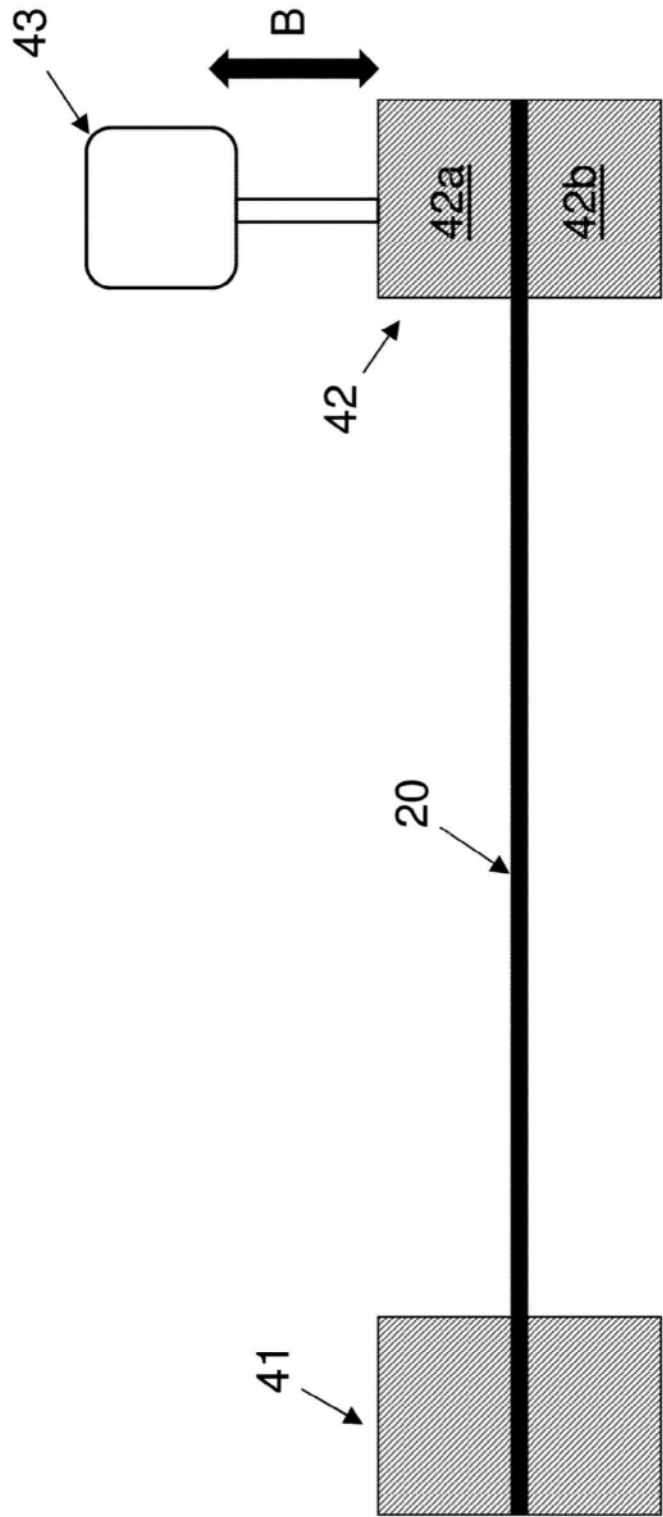


图8a

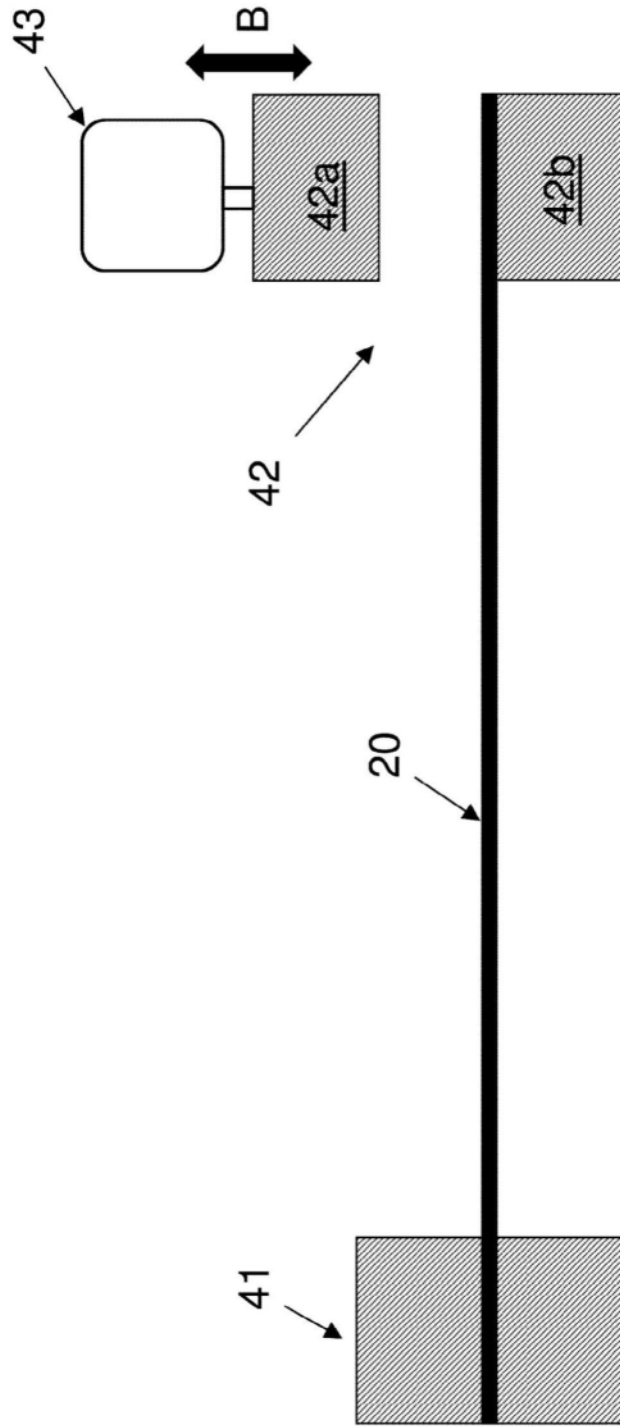


图8b

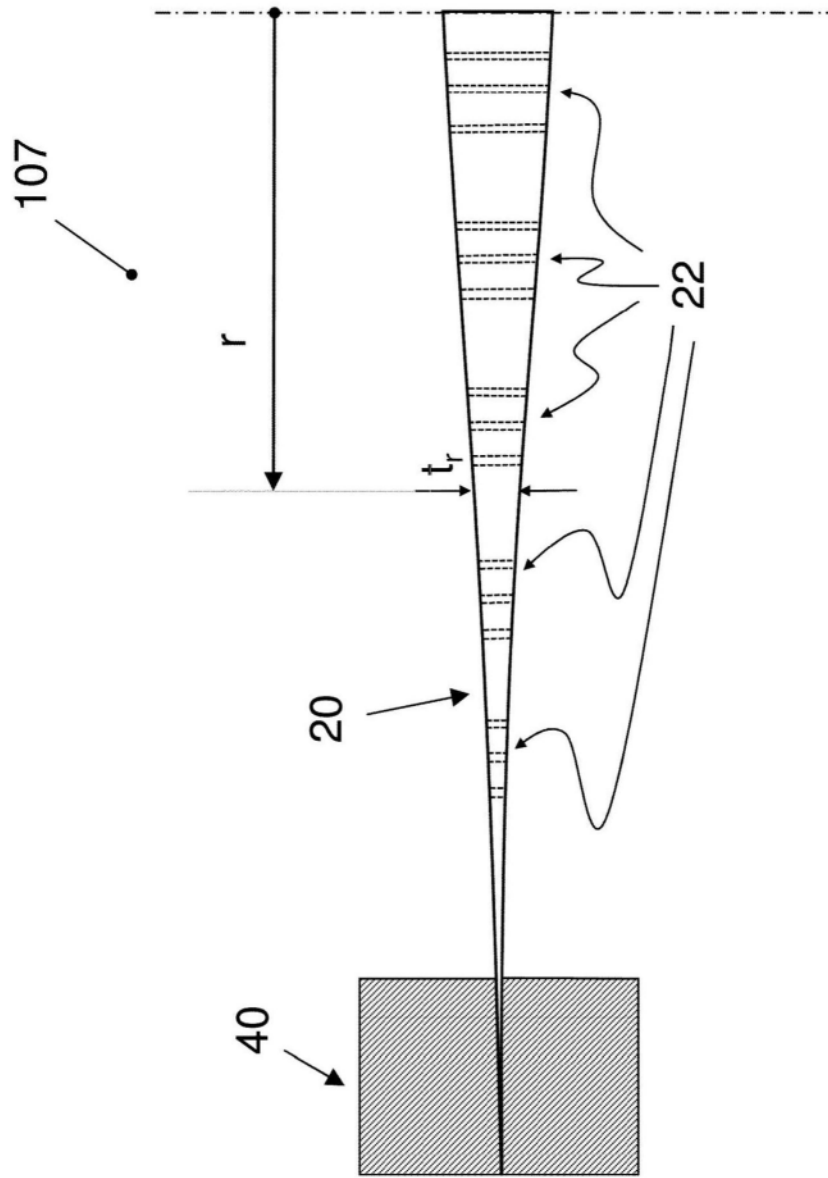


图9

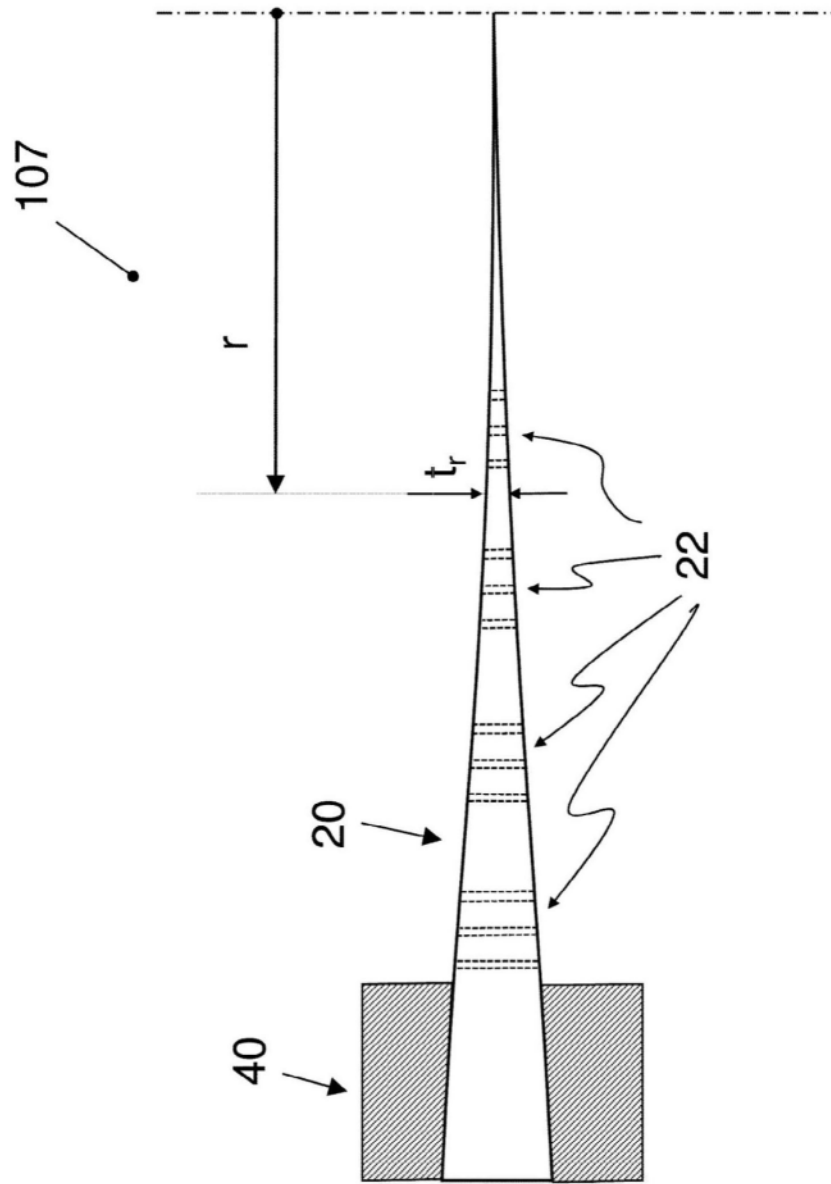


图10

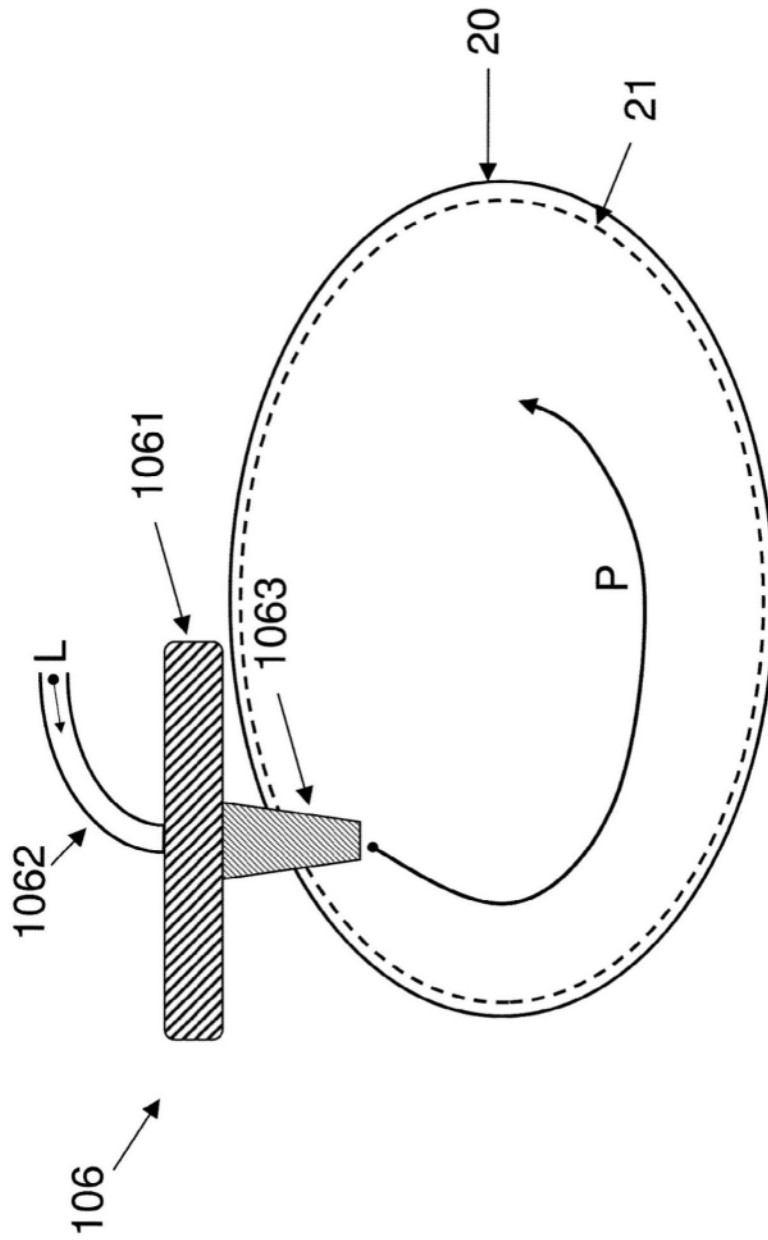


图11

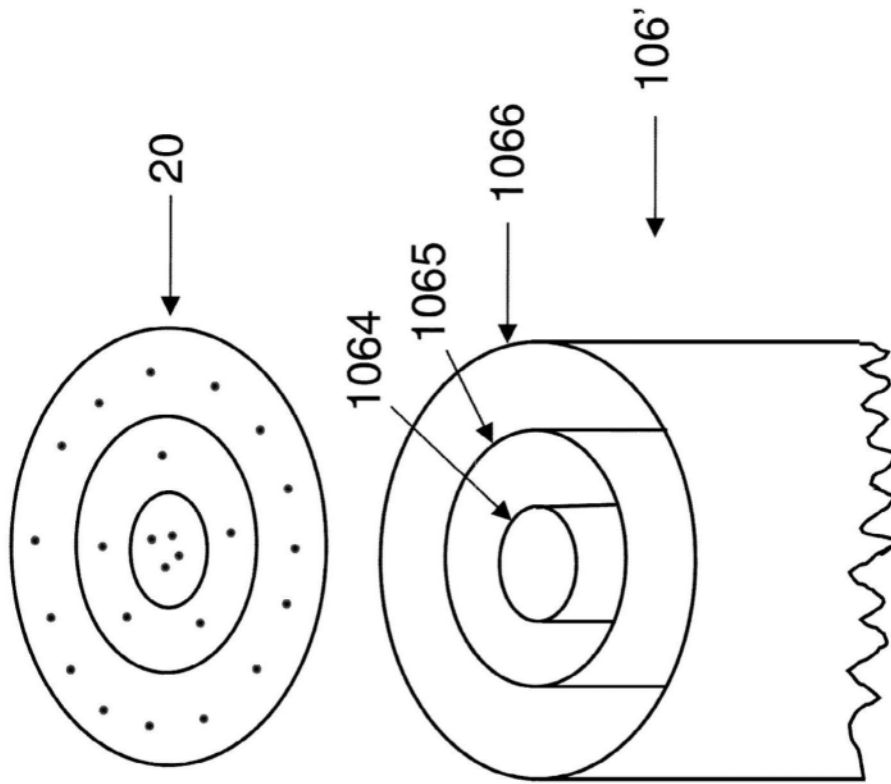


图12

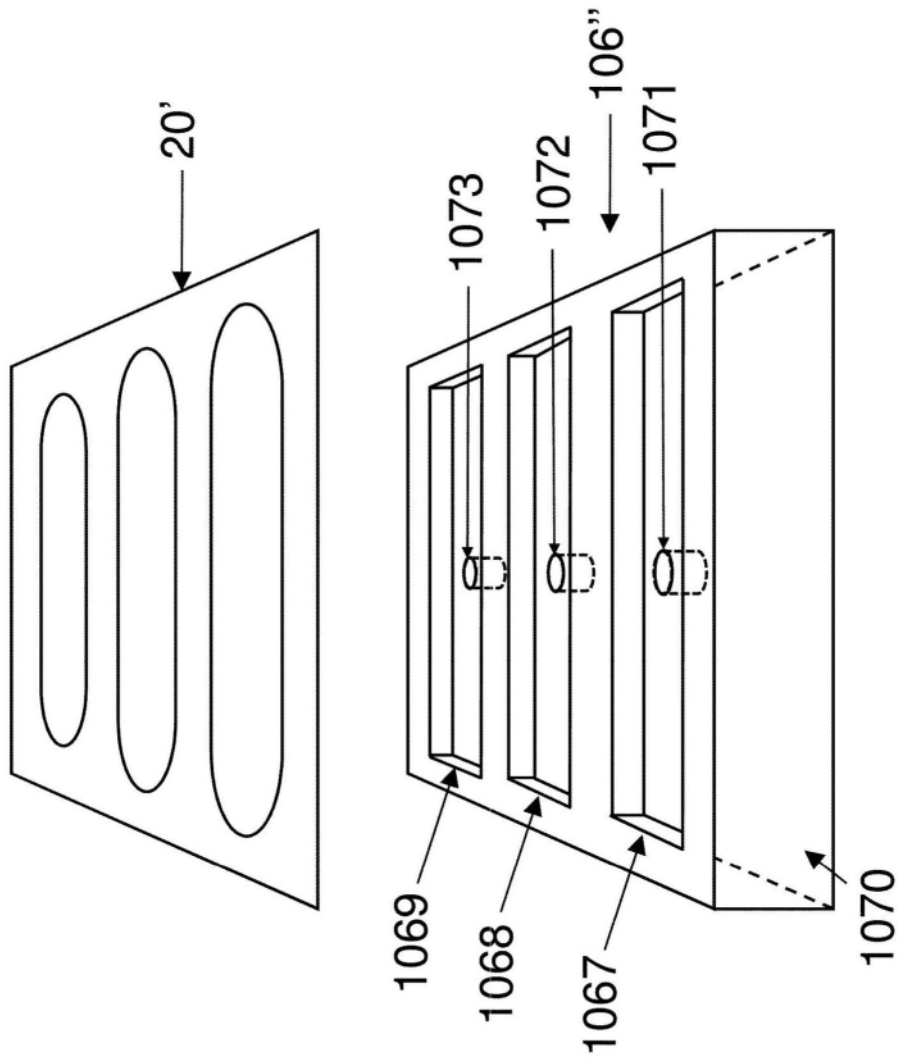


图13