



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115666663 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 31

(21) 申请号 202180036088.0

(22) 申请日 2021.05.28

(30) 优先权数据

2008156.8 2020.06.01 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.11.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/064411 2021.05.28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/244981 EN 2021.12.09

(71) 申请人 科瑞欧医疗有限公司

地址 英国蒙茅斯郡

(72) 发明人 C·P·汉考克 G·C·乌尔里克

D·E·韦伯

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

专利代理师 吴君琴

(51) Int.Cl.

A61L 2/14 (2006.01)

A61L 2/22 (2006.01)

H05H 1/46 (2006.01)

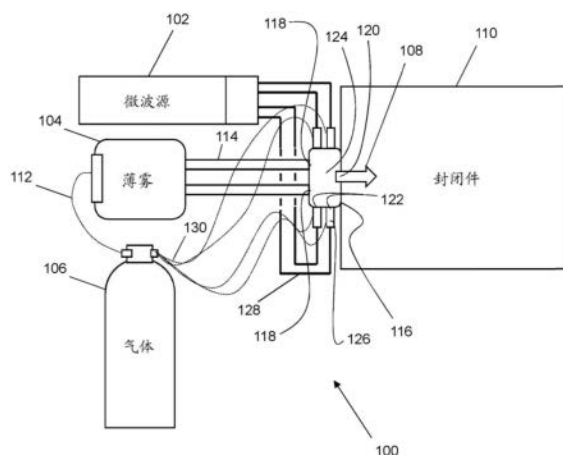
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

用于产生等离子体和羟基自由基的灭菌设备

(57) 摘要

本发明涉及适用于例如在人体、医疗设备或医院病床空间上临床使用的灭菌系统。本发明提供一种灭菌设备,其包括:微波源,所述微波源被布置来生成微波能量;薄雾发生器,所述薄雾发生器被布置来生成水薄雾流;气体供应器;歧管,所述歧管被连接成接收来自所述薄雾发生器的所述水薄雾流;以及多个等离子体施加器,所述等离子体施加器连接到所述歧管,其中每个等离子体施加器被连接成接收来自所述微波源的微波能量和来自所述气体供应器的气体流,其中每个等离子体施加器被配置来在其远侧端部处击发等离子体,其中所述多个等离子体施加器的所述远侧端部设置在由所述歧管限定的等离子体生成区域中,并且其中所述歧管被配置来引导所述水薄雾流通过所述等离子体生成区域到达所述歧管出口。



1. 一种灭菌设备,其包括:
微波源,所述微波源被布置来生成微波能量;
薄雾发生器,所述薄雾发生器被布置来生成水薄雾流;
气体供应器;
歧管,所述歧管被连接成接收来自所述薄雾发生器的所述水薄雾流;以及
多个等离子体施加器,所述多个等离子体施加器连接到所述歧管,
其中每个等离子体施加器被连接成接收来自所述微波源的微波能量和来自所述气体供应器的气体流,
其中每个等离子体施加器均被配置来在其远侧端部处击发等离子体,
其中所述多个等离子体施加器的所述远侧端部设置在由所述歧管限定的等离子体生成区域中,并且
其中所述歧管被配置来将所述水薄雾流引导通过所述等离子体生成区域到达所述歧管出口。
2. 如权利要求1所述的灭菌设备,其中所述水薄雾从所述歧管的入口到所述歧管的出口的流动方向与被接收到所述歧管中的所述水薄雾流的方向对齐。
3. 如权利要求1或2所述的灭菌设备,其中每个等离子体施加器均横向于所述水薄雾流延伸通过所述等离子体生成区域。
4. 如任一前述权利要求所述的灭菌设备,其中所述多个等离子体施加器包括在所述等离子体生成区域的对置侧上彼此面对的一对或多对等离子体施加器。
5. 如任一前述权利要求所述的灭菌设备,其中每个等离子体施加器均包括:
传导管;和
细长传导构件,所述细长传导构件沿所述传导管的纵向轴线延伸,
其中所述传导管和细长传导构件在所述等离子体施加器的近侧端部处提供第一同轴传输线,并且在所述等离子体施加器的远侧端部处提供第二同轴传输线,并且
其中所述第一同轴传输线被配置为四分之一波长阻抗变换器。
6. 如权利要求5所述的灭菌设备,其中所述第二同轴传输线被配置有比所述第一同轴传输线高的阻抗。
7. 如权利要求5或6所述的灭菌设备,其中由每个等离子体施加器接收的气体流在所述传导管与细长传导构件之间通过。
8. 如权利要求7所述的灭菌设备,其中每个等离子体施加器均包括气体入口管,所述气体入口管被配置来将所述气体流递送到所述传导管与所述细长传导构件之间的空间,其中所述气体入口管横向于所述传导管的所述纵向轴线延伸。
9. 如权利要求5至8中任一项所述的灭菌设备,其中每个等离子体施加器均包括近侧连接器,所述近侧连接器被配置来连接到传送来自所述微波源的微波能量的同轴电缆,其中所述近侧连接器被配置来将所述同轴电缆的内导体电连接到所述细长传导构件,并且将所述同轴电缆的外导体电连接到所述传导管。
10. 如任一前述权利要求所述的灭菌设备,其中所述微波源包括磁控管。
11. 如任一前述权利要求所述的灭菌设备,其中所述薄雾发生器包括超声雾化器件。
12. 如任一前述权利要求所述的灭菌设备,其包括:多个薄雾发生器,其中所述歧管包

括多个入口端口,每个入口端口均能够连接到相应的薄雾发生器。

13.如任一前述权利要求所述的灭菌设备,其中所述气体供应器被连接成将气流递送到所述薄雾发生器,其中所述气流夹带由所述薄雾发生器形成以产生所述水薄雾流的水薄雾。

14.如任一前述权利要求所述的灭菌设备,其中所述气体是氩气、氮气或二氧化碳。

15.如任一前述权利要求所述的灭菌设备,其中所述歧管的所述出口能够耦接到限定待灭菌空间的封闭件。

用于产生等离子体和羟基自由基的灭菌设备

技术领域

[0001] 本发明涉及适用于例如在人体、医疗设备或医院病床空间上临床使用的灭菌系统。例如,本发明可提供可用于消灭或处理与人类或动物生物系统和/或周围环境相关联的某些细菌和/或病毒的系统。本发明对于封闭或部分封闭的空间进行灭菌或去污特别有用。

背景技术

[0002] 细菌是单细胞生物体,它们几乎随处可见,大量存在,并且能够迅速地分裂和繁殖。大部分细菌是无害的,但是存在三类有害群体;即:球菌、螺旋菌和杆菌。球菌属细菌是圆形细胞,螺旋菌属细菌是螺旋状细胞,并且杆菌属细菌是杆状的。有害细菌引起疾病诸如破伤风和伤寒。

[0003] 病毒可仅通过占领其他细胞来生存和繁殖,即它们无法独自存活。病毒引起疾病诸如感冒、流感、腮腺炎和艾滋病。病毒可通过人与人接触,或通过与被来自感染者的呼吸道液滴或其他携带病毒的体液污染的区域接触传播。

[0004] 真菌孢子和称为原生动物的微小生物体可引起疾病。

[0005] 灭菌是消灭或消除所有形式生命(尤其是微生物体)的动作或过程。在等离子体灭菌过程期间,产生活性剂。这些活性剂是高强度紫外光子和自由基,它们是具有化学不成对电子的原子或原子集合体。等离子体灭菌的有吸引力的特征在于,可在诸如体温的相对低的温度下实现灭菌。等离子体灭菌还具有对操作者和患者安全的益处。

[0006] 等离子体通常包含带电电子和离子以及化学活性物质,诸如臭氧、氮氧化物和羟基自由基。羟基自由基在氧化空气中的污染物方面远比臭氧更有效,并且杀菌和杀真菌能力是氯的若干倍,这使得它们成为用于消灭细菌或病毒以及用于对封闭空间内的物体(例如,与医院环境相关联的物体或物品)执行有效去污的非常令人感兴趣的候选者。

[0007] 保持在水“大分子”(例如,薄雾或雾内的液滴)内的OH自由基能稳定若干秒,并且在相当的浓度下它们比常规消毒剂有效1000倍。

[0008] Bai等人的标题为“Experimental studies on elimination of microbial contamination by hydroxyl radicals produced by strong ionisation discharge”(Plasma Science and Technology,第10卷,第4期,2008年8月)的文章考虑了使用由强电离放电产生的OH自由基来消除微生物污染。在这项研究中,考虑了对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌的灭菌效果。制备了浓度为 10^7 cfu/ml (cfu=菌落形成单位)的细菌悬浮液,并且使用微量移液管将10 μ l呈流体形式的细菌转移到12mm $\times$ 12mm无菌不锈钢板上。将细菌流体均匀地散布在板上并让其干燥90分钟。然后将板放入无菌玻璃盘中,并且将具有恒定浓度的OH自由基喷洒到板上。这项实验研究的结果是:

[0009] 1.OH自由基可被用于对细胞造成不可逆的损伤,并且最终杀死细胞;

[0010] 2.用于消除微生物体的潜在阈值是国内外使用的消毒剂的万分之一;

[0011] 3.与OH的生化反应为自由基反应,并且用于消除微生物体的生化反应时间为约1秒,这满足快速消除微生物污染的需要,并且致死时间为目前国内和国际消毒剂的约千分

之一;

[0012] 4.OH的致死密度是其他消毒剂的喷雾密度的约千分之一——这将有助于在大的空间例如床空间区域中有效和快速地消除微生物污染;以及

[0013] 5.OH薄雾或雾滴将细菌氧化成 CO_2 、 H_2O 和微无机盐。剩余的OH也将分解成 H_2O 和 O_2 ,因此这种方法将无污染地消除微生物污染。

[0014] WO 2009/060214公开了被布置成可控地生成并发出羟基自由基的灭菌设备。所述设备包括在羟基自由基生成区域接收RF或微波能量、气体和水薄雾的施加器。羟基自由基生成区域处的阻抗被控制为高,以促进电离放电的产生,电离放电继而在存在水薄雾时生成羟基自由基。所述施加器可以是同轴组件或波导。例如集成在施加器中的动态调谐机构可控制羟基自由基生成区域处的阻抗。薄雾、气体和/或能量的递送装置可彼此集成。

[0015] WO 2019/175063公开了一种灭菌设备,所述灭菌设备使用热等离子体或非热等离子体对外科观测器件进行灭菌或消毒。在一个实例中,等离子体生成区域形成在同轴传输线的远侧端部处,所述同轴传输线传送RF或微波能量以击发并维持等离子体。围绕同轴传输线的外表面形成气体通道。所述气体通道通过安装在同轴传输线的远侧端部上的圆柱形电极中的凹口与等离子体生成区域流体连通。在一些实例中,水通过同轴传输线的内导体内形成的通道,水从所述通道被喷洒到物体的表面上,然后等离子体经过物体表面。

发明内容

[0016] 最基本地,本发明提供了适合于生成羟基自由基以对封闭空间进行灭菌的灭菌设备,在所述设备中能量、气体和水薄雾馈送以允许所述设备易于按封闭件大小缩放的方式组合。特别地,所述灭菌设备提供歧管,在歧管中多个等离子体施加器可安装在等离子体生成区域周围以形成环形等离子体弧,水薄雾流被引导通过所述环形等离子体弧以形成羟基自由基。

[0017] 根据一个方面,本发明提供一种灭菌设备,其包括:微波源,所述微波源被布置来生成微波能量;薄雾发生器,所述薄雾发生器被布置来生成水薄雾流;气体供应器;歧管,所述歧管被连接成接收来自薄雾发生器的水薄雾流;以及多个等离子体施加器,所述等离子体施加器连接到歧管,其中每个等离子体施加器均被连接成接收来自微波源的微波能量和来自气体供应器的气体流,其中每个等离子体施加器被配置来在其远侧端部处击发等离子体,其中多个等离子体施加器的远侧端部设置在由歧管限定的等离子体生成区域中,并且其中歧管被配置来引导水薄雾流通过等离子体生成区域到达所述歧管出口。在使用中,歧管接收被引导通过等离子体生成区域的水薄雾流,在等离子体生成区域中存在使用多个等离子体施加器产生的等离子体。等离子体生成的机制与水薄雾递送无关。这意味着等离子体施加器不需要被适配来容纳薄雾流。此外,它允许设备在等离子体生成区域的大小(由等离子体施加器的数量控制)和水薄雾的流速(每秒体积)方面都是可缩放的。歧管可被适配来将来自多个薄雾发生器的水薄雾输入组合在一起,并接收多个等离子体施加器。

[0018] 歧管可包括充当从一个或多个入口到出口的流体流动导管的中空主体。例如,歧管可限定水薄雾的从其入口到出口的流动方向。流动方向可与被接收到歧管中的水薄雾流的方向对齐。即,水薄雾在其行进通过歧管时基本不偏转。针对给定的水薄雾流速,这可有利于获得大的灭菌范围。

[0019] 歧管可由电绝缘材料制成(例如模制),以使该歧管不干扰微波能量的递送。

[0020] 每个等离子体施加器可横向于水薄雾流延伸通过等离子体生成区域。例如,歧管可包括多个侧向端口(即位于该歧管的侧表面中的端口)以接收等离子体施加器。利用这种布置,将能量注入到等离子体生成区域中的方向可因此与水薄雾流正交。

[0021] 该多个等离子体施加器可包括在等离子体生成区域的对置侧上彼此面对的一对或多对等离子体施加器。等离子体生成区域可包括介于一对或多对等离子体施加器之间的空间或由该空间组成。该多个等离子体施加器可以被布置成以使得它们相应的等离子体弧组合从而形成环的方式围绕等离子体生成区域。

[0022] 每个等离子体施加器均可被配置来仅使用微波能量来击发等离子体。然而,在其他实施方案中,设备可包括RF源,该RF源被布置来提供RF能量脉冲以击发等离子体,其中微波能量被用于维持等离子体。WO 2019/175063中给出了RF击发和微波维持设置的实例。

[0023] 在能够仅使用微波能量击发等离子体的布置中,每个等离子体施加器均可包括:传导管;以及沿着传导管的纵向轴线延伸的细长传导构件。传导管和细长传导构件可在等离子体施加器的近侧端部处提供第一同轴传输线,并且在等离子体施加器的远侧端部处提供第二同轴传输线。第一同轴传输线可被配置为四分之一波长阻抗变换器。四分之一波长阻抗变换可操作以将(例如,馈送等离子体施加器的同轴电缆的)第一阻抗变换为第二阻抗(例如,第二同轴传输线的阻抗)。第二同轴传输线可被配置有比第一同轴传输线高的阻抗。第一和第二同轴传输线的阻抗可由该结构的几何形状(例如细长传导构件的直径和传导管的内径的相对大小)来确定。第二同轴传输线可具有被选择来在其远侧端部建立电场的阻抗,该电场适于在流过等离子体施加器的气体中击发等离子体。由每个等离子体施加器接收的气体流可在传导管与细长传导构件之间通过,在此情况下气体流还充当第一和第二同轴传输线的介电(绝缘)材料。

[0024] 绝缘材料(例如石英等)的套管可安装在传导管的远侧端部中。套管可帮助将电场集中在第二同轴传输线的远侧端部处,从而促进期望位置处的等离子体击发。

[0025] 每个等离子体施加器均可包括气体入口管,该气体入口管被配置来将气体流递送到介于传导管与细长传导构件之间的空间。气体入口管可横向于传导管的纵向轴线延伸。

[0026] 每个等离子体施加器均可包括近侧连接器,该近侧连接器被配置来连接到同轴电缆,该同轴电缆传送来自微波源的微波能量。近侧连接器可被配置来将同轴电缆的内导体电连接到细长传导构件,并将同轴电缆的外导体电连接到传导管。微波能量因此可与传导管的纵向轴线成直线地被递送,这可有助于有效耦接。同时,气体入口管可横向于纵向轴线布置,这可以是有利的,因为它不干扰微波能量的递送。

[0027] 微波源可以是能够产生具有适合于击发等离子体的功率的微波能量的发生器。在一个实例中,微波源包括磁控管。微波源还可包括波导同轴适配器(waveguide to coaxial adaptor),以将来自磁控管的能量耦接到连接到多个等离子体施加器的一个或多个同轴电缆中。在其他实例中,微波源可包括振荡器和功率放大器。

[0028] 薄雾发生器可包括用于产生水滴或水蒸气的薄雾的任何合适的装置。例如,薄雾发生器可以是超声雾化器件,在超声雾化器件中超声振动被施加到水源以生成细小的水滴。在另一个实例中,薄雾发生器可操作来加热水以产生水蒸气。

[0029] 所述设备可包括多个薄雾发生器,其中歧管包括多个入口端口,每个入口端口均

可连接到相应的薄雾发生器。所述设备因此可通过将歧管适配成接收期望数量的薄雾发生器输入而缩放。

[0030] 气体供应器可被连接成将气流递送到所述薄雾发生器或每个薄雾发生器。气流可夹带由薄雾发生器形成的水薄雾以产生水薄雾流。以这种方式,薄雾的流速可以是可控的。如果存在多个薄雾发生器,这可能是特别期望的,其中能够独立地控制每个薄雾发生器的气体流速可能是有用的,例如以便确保在歧管内接收均匀的流。

[0031] 优选地,气体供应器是氩气的供应器。然而,可选择任何其他合适的气体,例如二氧化碳、氦气、氮气、空气和这些气体中任何一种气体的混合物,例如10%空气/90%氦气。

[0032] 灭菌设备可被配置为与封闭件(enclosure)一起使用。例如,歧管的出口可耦接到封闭件,诸如盒子、房间、车辆等。封闭件可限定待灭菌的空间。所述设备可按封闭件的大小缩放。例如,薄雾发生器的数量、气体的流速、等离子体施加器的数目以及所有可根据封闭件进行适配的因素。通过提供能够组合来自多个单独部件的输入的歧管,本发明的设备促进适应于不同环境的能力。

[0033] 本文中,术语“内部”意味着径向上更靠近同轴电缆、探针尖端和/或施加器的中心(例如,轴线)。术语“外部”意味着径向上更远离同轴电缆、探针尖端和/或施加器的中心(轴线)。

[0034] 除非上下文另有指明,否则术语“传导”在本文中用于表示电传导性。

[0035] 本文中,术语“近侧”和“远侧”是指施加器的端部。在使用中,近侧端部更接近于用于提供RF和/或微波能量的发生器,而远侧端部更远离发生器。

[0036] 在本说明书中,“微波”可广泛地用于指示400MHz至100GHz的频率范围,但是优选地在1GHz至60GHz的范围内。已考虑的特定频率是:915MHz、2.45GHz、3.3GHz、5.8GHz、10GHz、14.5GHz和25GHz。相比之下,本说明书使用“射频”或“RF”来指示至少低三个数量级的频率范围,例如,高达300MHz,优选地10kHz至1MHz,并且最优选是400kHz。可调整微波频率以使得能够优化所递送的微波能量。例如,探针尖端可被设计来在某个频率(例如900MHz)下操作,但是在使用中,最有效的频率可以是不同的(例如866MHz)。

附图说明

[0037] 现在参考附图,在下面给出的本发明的实例的详细描述中解释本发明的特征,在附图中:

[0038] 图1是根据本发明的实施方案的灭菌设备的示意图;

[0039] 图2是适合与图1的灭菌设备一起使用的馈送歧管的示意性俯视图;

[0040] 图3是图2的馈送歧管的示意性前视图;

[0041] 图4是适合与图1的灭菌设备一起使用的等离子体施加器的示意性侧视图;并且

[0042] 图5是图4的等离子体施加器的示意性横截面视图。

具体实施方式

[0043] 本发明涉及用于使用羟基自由基执行灭菌的器件,所述羟基自由基通过在水薄雾存在的情况下产生等离子体而生成。

[0044] 图1是作为本发明的实施方案的灭菌设备100的示意图。灭菌设备100操作来组合

来自微波源102、薄雾发生器104和气体供应器106中的每一者的馈送,以产生进入待灭菌封闭件110中的羟基自由基流108。

[0045] 微波源102可以是用于输出微波能量(即具有在400MHz至100GHz范围内、优选地在1GHz至60GHz范围内的频率的电磁能)的任何合适的微波发生器。例如,它可以是被布置来输出具有2.45GHz频率的微波能量的磁控管。在其他实施方案中,微波源可包括振荡器和功率放大器。微波源102可被配置来输出具有等于或大于200W、优选地为500W或更大(例如800W等)的功率的微波能量。

[0046] 薄雾发生器104可包括一个或多个超声雾化器件,在该超声雾化器件中通过将超声波能量施加到储存液态水(例如蒸馏水)的容器来获得水滴细薄雾。替代地,薄雾发生器104可包括用于通过向储存的水施加热量来生成水蒸气(蒸汽)的器件。

[0047] 气体供应器106可包括加压惰性气体(诸如氩气、氮气、二氧化碳等)的罐。替代地,灭菌设备可使用空气作为在其中击发等离子体的气体介质来操作。在此实例中,气体供应器可包括风扇或用于生成可引导气流的其他装置。

[0048] 在此实施例中,气体供应器106具有第一连接件112,第一气流通过第一连接件供应到薄雾发生器104。第一气流夹带来自薄雾发生器104的薄雾或水蒸气并且将其通过薄雾导管114传送到封闭件110。在存在多个薄雾发生器104的情况下,第一连接件112可具有多个分支,并且可存在多个薄雾导管114。

[0049] 封闭件110可以是任何需要灭菌的空间。它可以是盒子或房间(例如手术室或医院套房)或车辆内部(例如救护车等)。从所述设备进入封闭件110中的流速可以是可调节的,例如以促进羟基自由基在封闭体积内的散布。

[0050] 灭菌设备100还包括歧管116,该歧管被配置来组合微波能量、薄雾和气体以生成羟基自由基流108。在此实施方案中,歧管116限定内部体积,该内部体积作为等离子体生成区域124以下文更详细讨论的方式操作。歧管116包括连接到薄雾导管114的多个近侧入口端口118,以及出口端口120,羟基自由基流108通过出口端口进入封闭件110中。入口端口118馈送到等离子体生成区域124中。出口端口120是等离子体生成区域124的退出孔口。从来自薄雾导管114的薄雾流以与羟基自由基流108退出歧管116的方向对齐(例如平行)的方向进入歧管116的的意义上来说,入口端口118可与出口端口120对齐。

[0051] 歧管116还包括设置在等离子体生成区域124的任一侧上的多个侧向端口122。在此实例中,存在布置在歧管116的对置侧上的一对侧向端口122。每个侧向端口122均被配置来接收等离子体施加器126。每个等离子体施加器126均被连接成例如经由相应的同轴电缆128等从微波源102接收微波能量。如下文参考图4和5更详细地讨论,每个等离子体施加器126均被配置来在其远侧端部处产生电场,该电场能够在流过歧管116的气体中击发等离子体。每个等离子体施加器126均延伸通过它的相应的侧向端口122,使得它的远侧端部位于等离子体生成区域124内。

[0052] 在此实施例中,气体供应器106还包括第二连接件130,该第二连接件向等离子体施加器126中的每一个等离子体施加器提供单独的气体馈送。在存在多个等离子体施加器126的情况下,第二连接件130可包括多个分支。利用这种布置,气体既从薄雾导管114也从等离子体施加器126进入等离子体生成区域124。

[0053] 在使用中,气体通过第一连接件112和第二连接件130两者供应。薄雾由薄雾发生

器104产生并夹带在来自第一连接件112的气体中,随后它流过薄雾导管114进入歧管116中。同时,气体从第二连接件130流过等离子体施加器126进入等离子体生成区域124。从微波源102供应的微波能量在等离子体生成区域124内产生电场以在气体中击发等离子体。等离子体施加器126可以以环状等离子弧在出口端口120中可见的方式设置在等离子产生区域124周围。

[0054] 图2是可用作本发明实施方案的歧管116的示意性俯视图。已经讨论的特征件用相同的附图标号提供,并且不再重复对它们的描述。在此实施例中,四个薄雾导管114被接收在漏斗元件136的近侧处,该漏斗元件用于将来自每个薄雾导管114的流组合到从漏斗元件136的远侧延伸的单个管138中。等离子体生成区域124形成在管138内。通向封闭件(未示出)的出口端口120位于管138的远侧端部处。

[0055] 类似地,等离子体施加器126通过其延伸到等离子体生成区域124中的侧向端口122形成在管138的侧表面中。每个等离子体施加器126均包括可连接到同轴电缆128的近侧连接器134。如上所讨论,每个等离子体施加器126均具有专用的气体馈送,其通过气体入口管132进入。气体入口管132延伸到横向于等离子体施加器126延伸到等离子体生成区域124中的方向的方向中。在图2中,气体入口管132的方向进入页面中。

[0056] 图3示出图2所示的歧管116的前视图。已经讨论过的特征件用相同的附图标号提供,并且不再重复对它们的描述。在此实施例中,在等离子体生成区域124的每一侧存在两个等离子体施加器126,一个等离子体施加器设置在另一个等离子体施加器的顶部。在此视图中,等离子体施加器126的延伸到管138中的部分通过出口端口可见。对置的等离子体施加器126间隔开一定距离 w ,在此实施例中为3mm,但可以以适合于由气体流速和所供应的微波能量水平的组合所产生的等离子体弧的大小的比例来选择。在操作中产生的等离子体环由虚线140示意性地示出。可以看出,来自薄雾导管的薄雾流通过并围绕等离子体环,这从而导致在气流中形成羟基自由基以促进灭菌。

[0057] 图4是可在上面所讨论的设备中使用的等离子体施加器200的侧视图。等离子体施加器200是由例如铜等的传导管206限定的大体细长的圆柱形构件。连接器204安装在传导管206的近侧端部处以接收同轴电缆202。沿同轴电缆202传送的微波能量因此可在与传导管206的纵向轴线成直线的方向上被递送到传导管206中。传导管206在其远侧端部开口。气体馈送管210安装在传导管206的朝向该传导管近侧端部的一侧上。气体馈送管210限定通入传导管206的内部体积中的流动路径。该流动路径相对于传导管206的轴线成角度。在此实施例中,该流动路径横向于此轴线。通过气体馈送管210递送的气体流过传导管206,从而在该传导管的远侧端部退出。石英管208与传导管206同轴安装在该传导管的远侧端部中。石英管208突出超过传导管108的远侧端部,并且沿着该传导管的远侧长度与该传导管的内表面重叠,如图5所示。

[0058] 图5是穿过图4所示的等离子体施加器200的示意性横截面视图。等离子体施加器200包括与传导管260同轴地延伸通过内部体积的细长传导构件212。细长传导构件212的近侧端部连接到同轴电缆202的内导体。细长传导构件212具有近侧部分214和远侧部分216,该近侧部分和该远侧部分具有不同直径。在此实施例中,近侧部分214具有比远侧部分216的直径 c 大的直径 a 。远侧部分216终止于远侧尖端218处,该远侧尖端在此实施例中是圆形的。与传导管206相结合,近侧部分214和远侧部分216分别限定第一同轴传输线和第二同轴

传输线。

[0059] 等离子体施加器200包括四分之一波变换器,该四分之一波变换器被布置来增加位于该等离子体施加器的远侧尖端处的阻抗,以促进利用递送的微波能量进行等离子击发。该四分之一波变换器可以由上文所限定的第一同轴传输线提供,即由传导管206和细长传导构件212的近侧部分214提供。

[0060] 现在解释该四分之一波长变换器的操作。同轴电缆202可以是任何常规类型,并且在图5中被指示为具有 Z_0 (其可以是 $50\ \Omega$)的阻抗。该同轴电缆的外导体电连接到传导管206,该传导管具有沿其长度的均匀内径 b 。同轴电缆202的内导体电连接到细长传导构件212。

[0061] 第一同轴传输线的阻抗 Z_{L_1} 可表示为:

$$[0062] \quad Z_{L_1} = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{b}{a}$$

[0063] 第二同轴传输线的阻抗 Z_{L_2} 可表示为:

$$[0064] \quad Z_{L_2} = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \frac{b}{c}$$

[0065] 第一同轴传输线具有长度 L_1 ,并且第二同轴传输线具有长度 L_2 。 L_1 和 L_2 两者都被布置成由同轴电缆202传送的微波能量的四分之一波长的奇数倍。例如,在该微波能量具有2.45GHz的频率的情况下, L_1 和 L_2 可为30.6mm,因此等离子体施加器本身具有6-8cm的总长度。

[0066] 因此,第一同轴传输线和第二同轴传输线的接合处的阻抗 Z_1 可表示为:

$$[0067] \quad Z_1 = \frac{(Z_{L_1})^2}{Z_0}$$

[0068] 并且第二同轴传输线的远侧尖端218处的阻抗 Z_2 可表示为:

$$[0069] \quad Z_2 = \frac{(Z_{L_2})^2}{Z_1}$$

[0070] 将上面的表达式代入并简化,使得 Z_2 能够表示为:

$$[0071] \quad \left(\frac{(\log_{10} b - \log_{10} c)^2}{(\log_{10} b - \log_{10} a)^2} \right) Z_0$$

[0072] 对于等离子体施加器200的近侧端部处的输入功率 P ,并假设沿第一和第二同轴传输线的能量损失最小,远侧尖端处的电压 V 可表示为:

$$[0073] \quad V = \sqrt{P Z_2} = M \sqrt{P Z_0}$$

[0074] 其中 M 是电压倍增因子,其等于

$$[0075] \quad \sqrt{\frac{(\log_{10} b - \log_{10} c)^2}{(\log_{10} b - \log_{10} a)^2}}$$

[0076] 在一个实例中,等离子体施加器200的尺寸可以如下: $a=6.5\text{mm}$, $b=12.5\text{mm}$, $c=1\text{mm}$ 。这产生等于3.862的电压倍增系数。对于 $Z_0=50\ \Omega$ 并且输入功率 $P=250\text{W}$,这使得远侧尖端218处产生431.8V的电压。因此可理解,这种结构能有效地产生可在施加器的远侧端部

处提供高到足以引起通过传导管206传送的气体的电击穿的电场的电压。

[0077] 在图5中,气体馈送管210位于距传导管206的近侧端部距离d处。距离d可被选择为确保气体馈送管不影响第一同轴传输线和第二同轴传输线对微波能量的传输。在一个实例中,距离d为15mm。

[0078] 在前文描述中或所附权利要求书中或附图中公开的特征(其以其特定形式,或者根据用于执行所公开的功能的装置或者用于获得所公开的结果的方法或工艺被表述)在适当时可单独地或以此类特征的任何组合的形式被用于以多样化形式实现本发明。

[0079] 虽然已经结合上文描述的示例性实施方案描述了本发明,但当给出本公开时,许多等同修改和变型对于本领域技术人员而言将是显而易见的。因此,以上阐述的本发明的示例性实施方案被认为是说明性的而不是限制性的。在不背离本发明的精神和范围的情况下可对所描述的实施方案作出各种改变。

[0080] 为避免任何疑问,本文提供的任何理论解释都是为了提高读者的理解的目的而提供。本发明人不希望受到这些理论解释中的任何理论解释的束缚。

[0081] 在包括所附权利要求书在内的整个说明书中,除非上下文另外要求,否则词语“具有(have)”、“包含(comprise)”和“包括(include)”及变型(诸如“具有(having)”、“包含(comprises/comprising)”和“包括(including)”)将理解为暗示包括陈述的整数或步骤,或整数或步骤的组但不排除任何其他整数或步骤,或整数或步骤的组。

[0082] 必须注意,除非上下文另有明确指明,否则如在本说明书和所附权利要求书中所使用,单数形式“一个/种(a/an)”和“该/所述”包括复数个提及物。范围可在本文中被表述为从“约”一个特定值起和/或至“约”另一个特定值。当表示这类范围时,另一个实施方案包括从所述一个特定值和/或到所述另一个特定值。类似地,当通过使用先行词“约”将值表述为近似值时,应理解,特定值形成另一个实施方案。关于数值的术语“约”是任选的并且表示例如+/-10%。

[0083] 字词“优选的”和“优选地”在本文中用于指代本发明的在一些情形下可提供某些益处的实施方案。然而,应了解,在相同或不同的情形下,其他实施方案也可作为优选的。因此,一个或多个优选的实施方案的叙述并不意味或暗示其他实施方案是无用的,并且不意图将其他实施方案排除在本公开的范围之外,或者权利要求的范围之外。

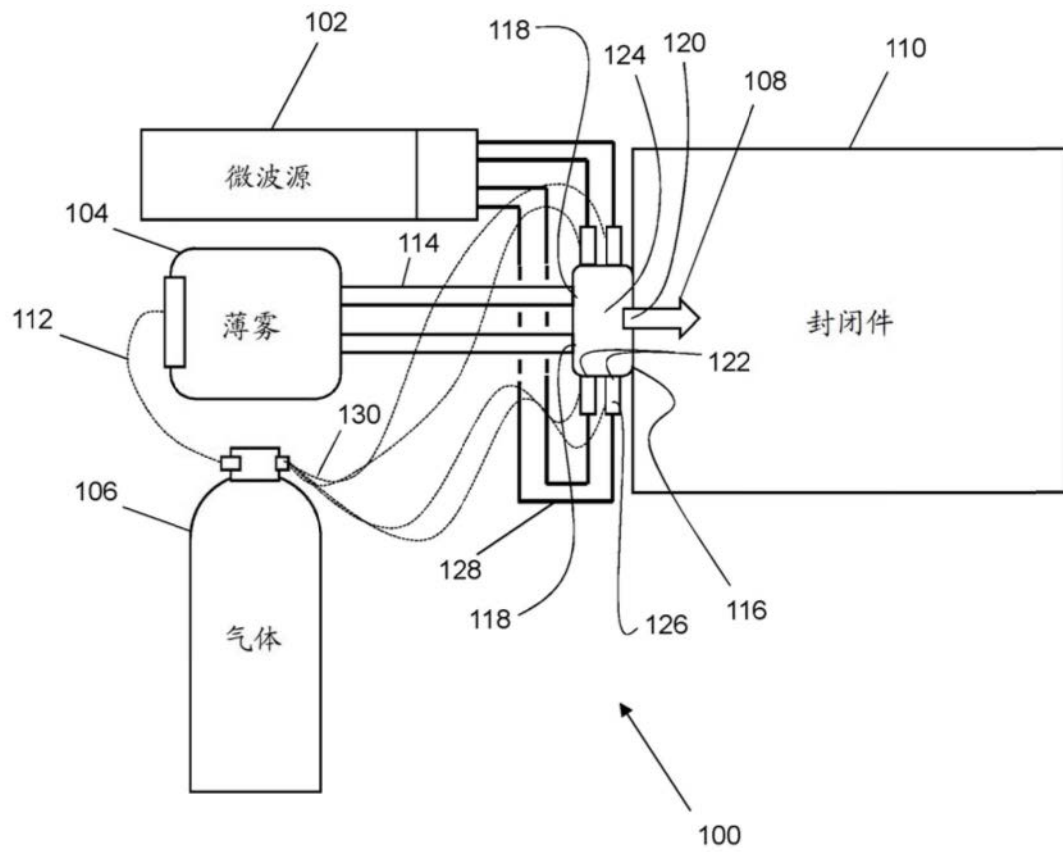


图1

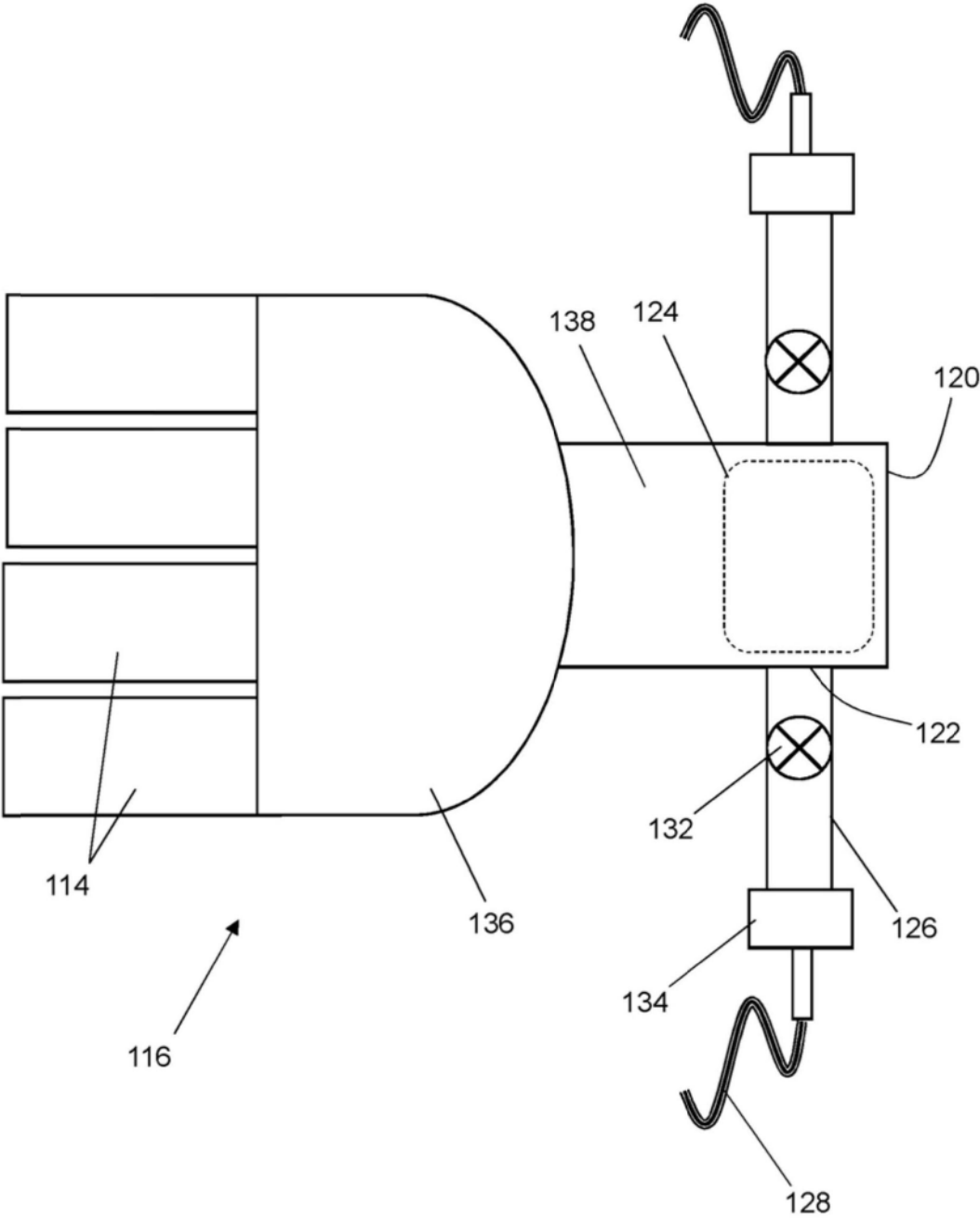


图2

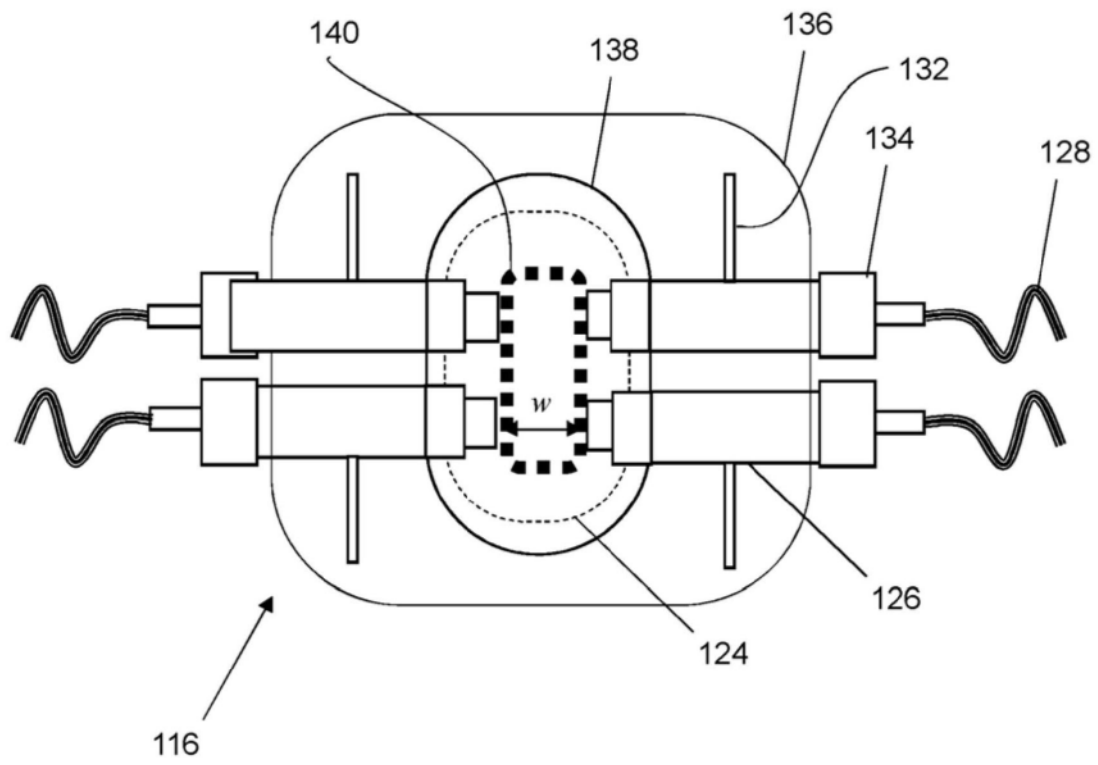


图3

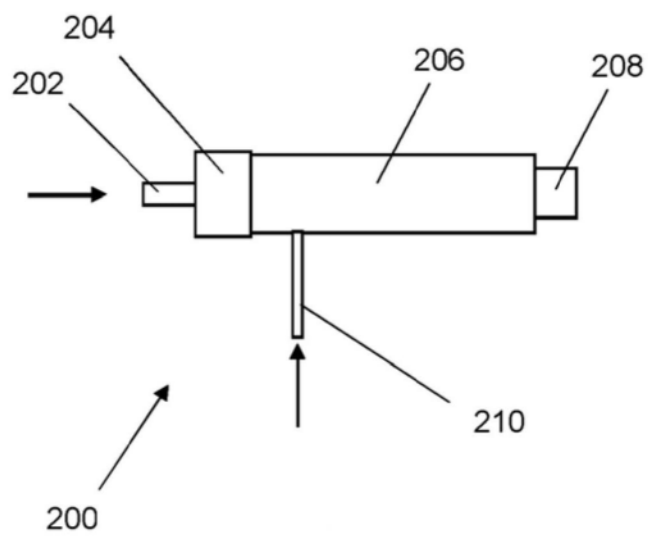


图4

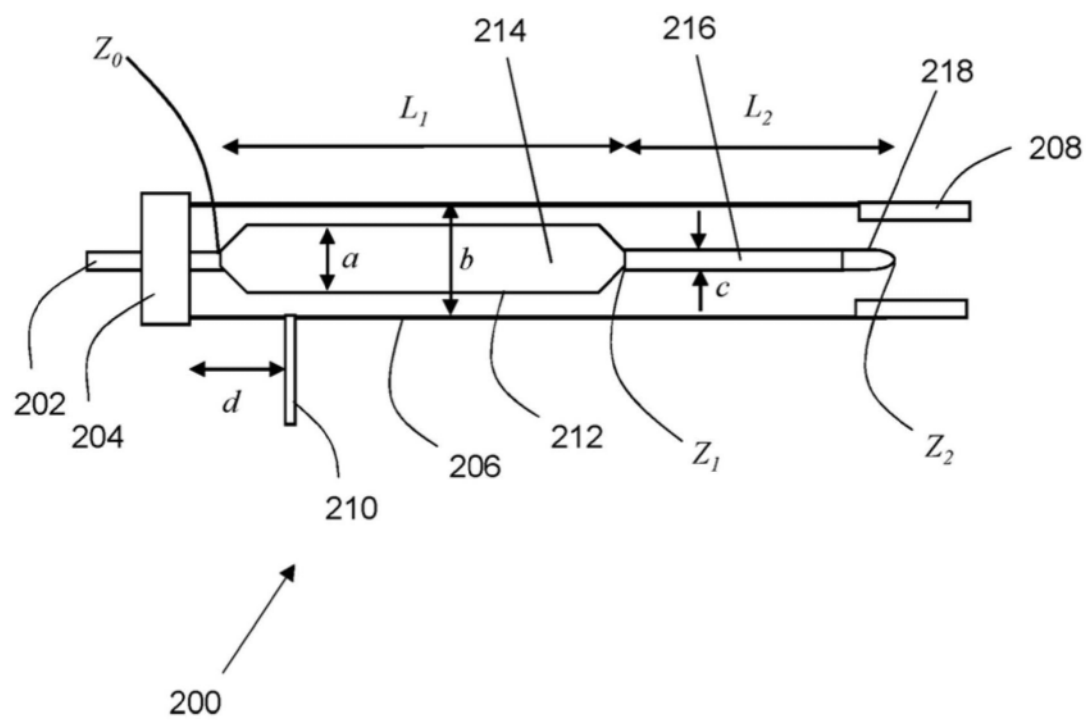


图5