



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115768942 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 07

(21) 申请号 202180047408.2

(22) 申请日 2021.06.02

(30) 优先权数据

63/033,457 2020.06.02 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.01.03

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/035346 2021.06.02

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2021/247637 EN 2021.12.09

(71) 申请人 普林斯顿大学理事会

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 S·格什曼 Y·雷策斯

S·亚特姆 P·伊瑟米翁

(74) 专利代理机构 北京聿华联合知识产权代理有限公司 11611

专利代理师 刘华联

(51) Int.Cl.

D06M 10/00 (2006.01)

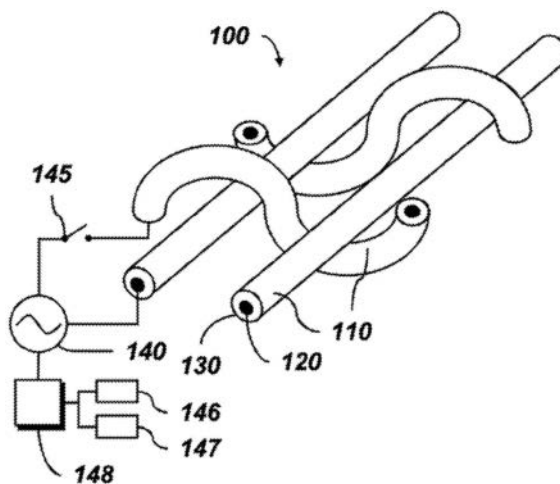
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

低温织物介电阻挡放电装置

(57) 摘要

作为包括互连的绝缘导电纤维的织物材料的一种织物介电阻挡放电 (DBD) 装置可以用于通过形成从第一纤维的导电芯,到围绕所述导电芯的介电层,穿过气隙,朝向例如第二纤维或人类皮肤的放电路径来产生冷均匀等离子体。当在所述气隙中和所述气隙周围发光的所述等离子体与污染表面(含有例如细菌和/或病毒)接触时,所述等离子体诱导反应物种在所述污染表面上形成,并且然后允许所述反应物种杀死所述细菌和/或病毒。



1. 一种织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,其包括:
多条纤维,每条纤维包括导电芯,所述导电芯被至少一个介电层包围,一条或多条纤维形成互连纤维网;以及
电源,所述电源可操作地连接到所述一条或多条纤维,所述电源被配置成使得当施加电流时,等离子体能够在形成于纤维之间的气隙中发光。
2. 根据权利要求1所述的织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述装置基本上由以下组成:
所述多条纤维;
所述电源;
一个或多个开关;
任选地,一个或多个处理器;
任选地,一个或多个传感器;以及
任选地,一个或多个显示器或视觉指示器。
3. 根据权利要求1所述的织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述多条纤维中的第一纤维的至少一个介电层不同于所述多条纤维中的第二纤维的至少一个介电层。
4. 根据权利要求1所述的织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述多条纤维中的每条纤维的所述至少一个介电层是相同的。
5. 根据权利要求1所述的织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述电源提供AC电压。
6. 根据权利要求1所述的织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述电源提供DC电压。
7. 根据权利要求1所述的织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述电源提供脉冲频率介于1kHz与1GHz之间的电压。
8. 根据权利要求1所述的织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述装置包括多个互连纤维层。
9. 根据权利要求1所述的介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述DBD装置由便携式电源供电。
10. 根据权利要求1所述的介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述电流小于或等于2mA。
11. 根据权利要求1所述的介电阻挡放电 (DBD) 装置,其中所述装置的温度介于约22°C与约40°C之间。
12. 根据权利要求1所述的介电阻挡放电 (DBD) 装置,其进一步包括至少一个开关。
13. 根据权利要求8所述的介电阻挡放电 (DBD) 装置,其进一步包括温度传感器和电流传感器。
14. 根据权利要求9所述的介电阻挡放电 (DBD) 装置,其进一步包括至少一个处理器,所述至少一个处理器被配置成基于来自所述温度传感器和所述电流传感器的反馈控制所述电源。
15. 一种用于对表面进行灭菌的方法,所述方法包括:
提供织物介电阻挡放电 (DBD) 装置,所述DBD装置包括:
多条纤维,每条纤维包括导电芯,所述导电芯被至少一个介电层包围,一条或多条纤维形成互连纤维网;以及
电源,所述电源可操作地连接到所述一条或多条纤维,所述电源被配置成使得当施加

电流时,等离子体能够在形成于一条或多条纤维之间的气隙中发光;

通过形成从所述多条纤维中的第一纤维的导电芯,到围绕所述第一纤维的所述导电芯的至少一个介电层,穿过气隙,朝向所述多条纤维中的第二纤维或人类的放电路径来产生冷均匀等离子体;

通过使污染表面与所产生的冷均匀等离子体接触来诱导反应物种在所述污染表面上形成,所述污染表面含有细菌、病毒或其组合;以及

允许所述反应物种杀死所述细菌、病毒或其组合。

16. 根据权利要求11所述的方法,其中所述放电路径形成为从所述多条纤维中的所述第一纤维的所述导电芯,到围绕所述第一纤维的所述导电芯的所述至少一个介电层,穿过气隙,到围绕所述多条纤维中的第二纤维的导电芯的至少一个介电层,到所述第二纤维的所述导电芯。

17. 根据权利要求11所述的方法,其进一步包括使所述等离子体与污染表面保持接触,持续至少预定时间段。

低温织物介电阻挡放电装置

[0001] 相关申请交叉引用

[0002] 本申请要求于2020年6月2日提交的美国临时专利申请第63/033,457号的优先权,所述美国临时专利申请特此通过引用整体并入本文。

[0003] 关于联邦资助的研究或开发的声明

[0004] 本发明是在根据美国能源部(the Department of Energy)授予的授权号DE-AC02-09-CH11466下在政府支持下进行的。政府享有本发明中的某些权利。

背景技术

[0005] 迫切需要广泛使用消毒剂和消毒技术。由于当前COVID-19大流行病已经成为焦点,其不再局限于医疗、制药或食品工业,而是扩展到通常使用的表面,如门把手和装置,如面罩、手机和笔的净化。

[0006] 常见问题涉及织物被感染。为了防止这种情况发生,已经采取了许多方法。典型地,当前的自清洁织物通过添加化学灭菌剂获得其生物活性性质。织物可以用化学消毒剂浸渍,或者所述织物可以结合对病毒和其它微生物有害的其它材料,如重金属、铜以及抗细菌附着和生长但不杀死微生物的各种聚合物。正在由其它人开发的其它材料是基于结合当暴露于阳光时获得杀生物性质的纳米粒子或纳米管,例如,钛纳米粒子。这种类型材料的主要缺点是需要阳光。具有杀菌性质的其它纳米粒子(例如,银)可以结合到纤维中,并且各种聚合物可以通过化学处理来激活,以便产生抵抗耐药细菌和病毒起作用的酸性环境。所有这些方法都需要添加另一种物质,都是暂时起作用,并且没有一种方法提供完全消毒。相反,这些材料中的所有材料使生长减缓和/或降低细菌负荷。因此,需要一种用于提供消毒织物的新方法。

[0007] 在过去的二十年中,冷大气压等离子体(CAP)在细菌和病毒灭活和表面A毒的领域中已经获得快速发展。最近的一篇综述总结了宽范围的CAP等离子体源的成果,包含介电阻挡放电(DBD),其有效灭活细菌、病毒、真菌和细菌孢子。

[0008] 尽管具有这些成果,但是目前由疾病控制中心(the Centers for Disease Control)推荐并且在工业中受到广泛接受的涉及等离子体的唯一灭菌方法是基于过氧化氢蒸气的等离子体激活的刚性装置,所述刚性装置是最有效且最具清洁力的杀菌化学品之一并且是利用真空室的装置。参见美国专利第4,952,370号。过氧化氢不会留下任何危险的残余物,因为过氧化氢的分解产物是水和氧气。

[0009] 等离子体的消毒和甚至灭菌的有效性是由于其生物活性性质,如活性氧物种(ROS)和活性氮物种(RNS)、电子、电流、电场和电磁场以及UV射线。许多小组已经研究了细菌灭活的机制,但仍不清楚。等离子体的化学性质和电性质可以在分阶段影响细菌细胞。电子和电场影响细胞膜并有助于RNS和一些长寿的ROS进行的细胞渗透。ROS参与脂质过氧化以及损害细胞膜并有助于RNS/ROS转运到细胞中的其它氧化反应。

[0010] 在细胞内,ROS/RNS损害蛋白质、脂质和DNA。这些过程的组合作用是细菌细胞灭活。关于DBD的医学和生物学应用的大部分工作已经在三种配置之一上进行:浮动电极配

置、等离子体射流(浮动电极或双电极)以及较不常见的表面DBD。在浮动电极装置中,高压电极被包裹在介电材料中,并且被处理表面充当接地电极;被处理表面暴露于高电场和带电粒子流。研究最广泛的是等离子体射流,所述等离子体射流使用从脉冲式dc至微波范围的功率,并且在所述等离子体射流中,等离子体流出物由气流承载到被处理表面。等离子体流出物适用于医疗应用,但需要压缩气体供应。表面DBD主要作为航空应用中的流动控制和大面积表面改性的致动器而被研究。

[0011] 已经显示大气压等离子体对于净化来自细菌和病毒的表面是有效的,但是灭活的水平和速率强烈地取决于生物学物种、实验条件和等离子体源。例如,对于暴露于由一种已知的DBD产生的气体,D值(针对 $1\log_{10}$ 还原的时间)为225秒;对于另一种已知的DBD,D值为150秒;对于暴露于大气压氦/大气光放电的大肠杆菌(*E. coli*),D值为35秒;并且对于纸张DBD,D值为15秒。快速减少 $D=15$ 秒是通过使用在纸张底物上的印刷的图案化电极的一次性柔性DBD装置实现的并且在2kHz、3.5kV AC、10W下操作。这是一次性装置。

[0012] 等离子体消毒的另一个变化是使用低压等离子体激活的过氧化氢蒸气。如斯特利斯医疗保健公司(Sterlis Healthcare)的低温灭菌系统等系统是广泛接受的对高温、湿度和腐蚀敏感的材料进行灭菌的方法。在最近的研究中,已经探索了添加过氧化氢以增强在大气压下的等离子体消毒。将 H_2O_2 液滴添加到电晕放电中产生 $6\log_{10}$ 的减少,并且将 H_2O_2 蒸气添加到等离子体流出物中产生细菌负荷大于 $6\log_{10}$ 的减少以及生物膜和孢子的显著减少。负责增强的主要机制取决于等离子体的类型、 H_2O_2 的状态。 H_2O_2 蒸气在等离子体中离子化以形成 $H_2O_2^+$,而液滴可能带负电荷, H_2O_2 水溶液经受由等离子体引入溶液中的活性物种,类似于等离子体激活水。纯水通过增强杀菌效果的等离子体而被酸化,而如磷酸盐缓冲盐水(PBS)等缓冲溶液保持pH水平但受到溶解的臭氧、硝酸盐和过氧化氢自由基影响。

[0013] 结果和条件的这种多样性表明,需要一种不依赖于其它化学品来提供生物活性的自消毒织物。

发明内容

[0014] 如在本文和附图中详述的,公开了一种自消毒等离子体织物,所述自消毒等离子体织物尤其可以用于自消毒个人防护设备(PPE)(如用于个体消费者和医疗用途的实验服、围裙、面罩、防护片、手套),用于对现有PPE进行消毒,结合到自消毒PPE的制造中,用于大范围的医疗用途的自消毒纺织品(如,用于伤口处理(如褥疮)的绷带、覆盖片、衬垫,皮肤感染的治疗/预防等,并且可以单独使用或与现有绷带和/或化学伤口处理结合使用),作为防御生物药剂的军事应用以及帮助在专业环境中或在家中或在对表面进行消毒。如本文所使用的,术语“织物”旨在涵盖以任何适当方式互连的任何纤维布置,如通过编织、针织、在织机上制造等。优选地,织物是手工制造的或在织机上制造的编织织物。

[0015] 所公开的方法采用介电阻挡放电源。等离子体源由绝缘导电纤维产生。优选地,袖珍型高电压高频电源驱动等离子体源。等离子体在纤维之间的自然空间中产生。等离子体对织物本身进行消毒,并且还可以对其它表面进行消毒。

[0016] 与现有材料相比,本文公开的自消毒等离子体织物可以在需要时通过按压按钮进行自消毒或甚至灭菌。所述自消毒等离子体织物不需要任何复杂的设备,并且由电池操作的袖珍电源来驱动。当打开时,所述织物将破坏任何微生物,所述织物可能已经根据需要暴

露于材料的任一侧。这种织物是真正的自消毒纺织品材料。

[0017] 本公开的一个方面是织物介电阻挡放电 (DBD) 装置。所述装置包括多条纤维, 每条纤维包括导电芯, 所述导电芯被至少一个介电层包围, 一条或多条纤维形成互连纤维网; 以及电源 (优选地是便携式电源), 所述电源可操作地连接到所述一条或多条纤维。所述电源应被配置成使得当施加电流 (优选地, $\leq 2\text{mA}$) 时等离子体能够形成于纤维之间的气隙中发光, 并且优选地所述装置的温度介于约 22°C 与约 40°C 之间。

[0018] 任选地, 所述织物介电阻挡放电 (DBD) 装置基本上由以下组成: (i) 所述多条纤维; (ii) 所述电源; (iii) 一个或多个开关; (iv) 任选地, 一个或多个处理器; (v) 任选地, 一个或多个传感器; 以及 (vi) 任选地, 一个或多个显示器或视觉指示器。

[0019] 任选地, 在所述织物装置内, 第一纤维 (例如, 包含不同材料或具有不同厚度) 的至少一个介电层不同于第二纤维的至少一个介电层。所述织物装置可以包含多个互连纤维层。

[0020] 任选地, 所述织物介电阻挡放电 (DBD) 装置进一步包括至少一个开关。还可以任选地结合温度传感器和/或电流传感器。还可以利用至少一个处理器, 例如, 被配置成基于来自温度传感器和电流传感器的反馈控制所述电源的处理器。

[0021] 任选地, 所述织物介电阻挡放电 (DBD) 装置可以由定时器控制。例如, 所述装置可以设定为在按压按钮时启动并且在预定时间段 (例如, 2分钟) 之后自动关闭, 已经显示所述预定时间段足以杀死细菌并降低病毒的生存力。

[0022] 本公开的第二方面是一种用于对表面进行灭菌的方法。所述方法包括首先提供如先前所述的织物介电阻挡放电 (DBD) 装置。然后, 冷均匀等离子体可以通过形成从所述多条纤维中的第一纤维的导电芯到围绕所述第一纤维的所述至少一个介电层, 到围绕所述多条纤维中的第二纤维的至少一个介电层, 到所述第二纤维的导电芯的放电路径来产生。当所述等离子体与污染表面 (含有例如细菌和/或病毒) 接触时, 所述等离子体诱导反应物种在所述污染表面上形成, 并且然后允许所述反应物种杀死所述细菌和/或病毒。在一些情况下, 所述方法包含确保所述等离子体保持与所述表面接触至少预定时间段。

附图说明

[0023] 图1是织物介电阻挡放电装置的一实施例的描绘。

[0024] 图2是具有多个层的纤维的一实施例的横截面视图。

[0025] 图3是处于操作中的织物介电阻挡放电装置的一实施例的简化图。

[0026] 图4是包括多个纤维层的织物介电阻挡放电装置的一实施例的简化的横截面视图。

[0027] 图5是包括多个纤维层和两个半渗透外层的织物介电阻挡放电装置的一实施例的简化的横截面视图。

[0028] 图6是示出了当占空比和频率分别保持恒定在 20% 和 40kHz 时, 平均功率作为所施加的电压幅值的函数线性增加的图表。

[0029] 图7是所公开的方法的一实施例的流程图。

[0030] 图8是在暴露120秒之后在大于编织DBD的尺寸的区域中的细菌消毒的图示。

[0031] 图9是示出了织物DBD的一实施例的在操作期间记录的电流和电压迹线的图表, 其

中操作参数如下： $V_{\max}=3.8\text{kV}$ ， 40.7kHz ， 25% 占空比， 0.1mJ/循环

[0032] 图10是对应于图9的电流和电压迹线的利萨如图 (Lissajous figure)。

[0033] 图11是示出了在暴露于织物DBD的一实施例之后单纯疱疹病毒 (HSV) 的干燥和液体悬浮液中病毒载量的降低的图。误差条基于针对每个条件的三次重复试验。

[0034] 图12是织物DBD的替代实施例的图示。

具体实施方式

[0035] 所公开的织物基于在大气压下通过介电阻挡放电 (DBD) 进行的低温等离子体灭菌。DBD通常可以被理解为一个或两个电极的电容耦合的等离子体源，所述一个或两个电极覆盖有介电材料并且通常在kHz频率范围内被驱动。电功率的介电屏障和高频率使得DBD对于人类接触是安全的。DBD已经进入医学领域，用于伤口处理以及其它消毒和处理应用。DBD产生具有生物活性性质的气体等离子体，所述生物活性性质主要归因于活性氧物种 (ROS： O_2^- 、OH等) 和活性氮物种 (RNS： NO 、 N_2O 、 NO_3^-) 的产生。如在DBD中产生的低温等离子体对细菌和病毒污染的有效性已经在先前得到证明。

[0036] 参见图1，所公开的织物介电阻挡装置 (100) 的实施例通常可以被认为是需要两个基本组件：(i) 多条纤维 (110)，所述多条纤维互连以形成纤维网 (例如，衬底层)；以及(ii) 电源 (140)。所述多条纤维 (110) 中的每条纤维包含两个组件、基本上由两个组件组成或由两个组件组成：(i) 内部导电层或芯 (120)；以及(ii) 一个或多个外部介电层 (130)，所述一个或多个外部介电层围绕所述内部导电层。

[0037] 每条纤维的横截面可以是任何适当的横截面形状，如圆形、卵形或矩形。

[0038] 每条纤维的内部导电层或芯可以独立地包含任何适当的导电材料，包含金属、合金、导电化合物或其组合。内部导电层或芯可以是单层导电材料。此类适当的导电材料的具体实例包含铜、钠、钠-钾合金、镁、锂、镁/铜混合物、镁/银混合物、镁/铝混合物、镁/钢混合物、铝/氧化铝 (Al_2O_3) 混合物、钢、锂/铝混合物、稀土金属等。在一些实施例中，内部导电层或芯是碳纤维或碳涂覆的聚合物纤维。优选地，内部导电层或芯被配置成具有一定程度的柔性/非刚性。

[0039] 每个内部导电层或芯的直径或厚度没有特别限制。优选地，直径或厚度为 $\leq 10\text{mm}$ 、 $\leq 6\text{mm}$ 、 $\leq 3\text{mm}$ 、 $\leq 2\text{mm}$ 、 $\leq 1\text{mm}$ 或 $\leq 0.5\text{mm}$ 。在优选实施例中，导线是30或32AWG量规导线。

[0040] 一个或多个介电层可以包含任何适当的介电材料，但是优选地所述层包含柔性/非刚性材料。例如，介电层可以包含例如聚酰亚胺、聚酰胺、聚四氟乙烯 (PTFE)、聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、基于硅的材料、石英、玻璃或本领域的技术人员已知的其它介电材料，但是石英和玻璃不是优选的。

[0041] 每个内部导电层或芯的直径或厚度优选地为 $\leq 10\text{mm}$ 、 $\leq 6\text{mm}$ 、 $\leq 3\text{mm}$ 、 $\leq 2\text{mm}$ 、 $\leq 1\text{mm}$ 、 $\leq 0.5\text{mm}$ 、 $\leq 0.4\text{mm}$ 、 $\leq 0.3\text{mm}$ 、 $\leq 0.25\text{mm}$ 或 $\leq 0.2\text{mm}$ 。

[0042] 参考图2，每条纤维可以包括多个层，包含多个介电层。例如，在一些实施例中，纤维 (111) 可以包括内部导电芯 (121)、第一介电层 (131) 和第二介电层 (132)，所述第一介电层包含第一介电材料，所述第一介电材料围绕内部导电芯 (121) 并且与其接触，所述第二介电层包含第二不同的介电材料，所述第二不同的介电材料围绕第一介电层 (131) 并且与其接触。

[0043] 在一些实施例中,所述纤维中的一条或多条纤维包含其它涂层或材料。可以适当地利用多个涂层以提供特定的期望性质。非限制性实例包含聚四氟乙烯 (PTFE) 和膨体聚四氟乙烯 (ePTFE) 以及相关材料,以及聚硅氧烷或其它基于硅的聚合物材料。优选地,另外的涂层是绝缘材料,所述绝缘材料是柔性的、可延展的、低电导率的聚合物。

[0044] 在一些实施例中,每平方英寸织物的经线纤维 (warp fiber) (例如,在所公开的等离子体织物的长度方向上定向的纤维或纤维部分) 的总数等于纬线纤维 (weft fiber) (例如,在所公开的等离子体织物的宽度方向上定向的纤维或纤维部分) 的总数。在一些实施例中,经线纤维的总数不等于每平方英寸织物的纬线纤维的总数。可以改变每平方英寸纤维的数量,以针对同一生物或消毒结果优化能量消耗。例如,可以制造利用具有比手套更少的每平方英寸纤维和更大的开口的编织物的面罩。

[0045] 在特别优选的实施例中,每个织物DBD使用两条纤维,如图12所示布置。具体地,所述多条纤维 (900) 由两条单纤维 (901, 902) 组成。第一单纤维 (901) 来回穿过织物,其中大部分纤维被配置成形成例如多条纬线纤维的等效物。第二单纤维 (902) 在与第一单纤维垂直的方向上来回穿过织物,其中大部分纤维被配置成形成例如多条经线纤维的等效物。然后,电源可以连接到那两条纤维,并且使每条纤维的自由端绝缘。

[0046] 参考图3,示出了处于操作中的所公开的织物介电阻挡装置 (200) 的实施例。在此,由于电源和纤维的布置,当纤维 (210, 211) 的内部导电层 (220, 221) 连接到电源 (240) 并且施加电流时,等离子体 (260) 将在纤维 (210, 211) 之间的气隙 (250) 中和周围形成 (例如,“光”),从而填充涵盖两条或更多条纤维的一部分的空间体积。也就是说,冷均匀等离子体可以通过例如形成从所述多条纤维中的第一纤维 (210) 的导电芯 (220) 到围绕所述第一纤维的所述至少一个介电层 (230),穿过气隙 (250),到围绕所述多条纤维中的第二纤维 (211) 的至少一个介电层 (231),到所述第二纤维的导电芯 (221) 的放电路径来产生。

[0047] 一条纤维的外表面与第二纤维的外表面之间的气隙 (250) 通常围绕纤维不对称;也就是说,通常所述纤维的一部分可以接触另一条纤维,而所述纤维的另一部分将具有小的间隙,而仍另一部分将具有甚至更大的间隙。

[0048] 在一些实施例中,气隙将为 $\leq 10\mu\text{m}$ 、 $\leq 5\mu\text{m}$ 、 $\leq 4\mu\text{m}$ 或 $\leq 3\mu\text{m}$ 。

[0049] 在一些实施例中,对于任何给定的纤维层,每条经线纤维将与每条纬线纤维接触,和/或每条纬线纤维将与每条经线纤维接触。即使导线接触,也将存在至少小的气隙。

[0050] 由这些装置产生的等离子体允许装置充当自消毒等离子体布。柔性布可以用于例如对各种工具、表面等和/或其本身进行重复消毒 (例如,如果织物DBD用作PPE,如面罩)。

[0051] 另外,虽然图1示出了作为单层的织物介电阻挡装置,但装置可以包括具有多层第一电极和第二电极的放电电池单元,其中第一电极可以根据需要穿过仅一层、两层或三层或更多层的织物。在图4中,织物介电阻挡 (400) 被示出为包括两层 (410, 420),其中每个层可以相同或不同。在一些实施例中,每个层被定向成使得一层中的纤维的二维定向与另一层中的纤维的二维定向相匹配。也就是说,如果一层具有通常从左到右和从上到下定向的纤维,则下一层具有也在那些方向上定向的纤维。在一些实施例中,每个层被不同地定向,使得来自一层的纤维的二维定向与另一层中的纤维的二维定向不匹配。也就是说,如果一层具有通常被定向为从左到右和从上到下的纤维,则下一层可以具有旋转45度的纤维,因此纤维被定向为从左下到右上和从右下到左上。可替代地,纤维可以首先被加捻,并且然

后用于制造织物装置。

[0052] 还可以利用任选的半渗透层,如图5所示。如图5所示,织物介电阻挡装置(500)可以包含半渗透层(540,541)以及一个或多个织物层(510,520)和电源(530)。半渗透层可以采用任何适当的形式,包含例如介电织物或网,并且可以包含任何适当的材料,包含介电材料或绝缘材料。在一些实施例中,半渗透层是围绕所公开的织物层的一次性覆盖物,并且可以包含例如聚合物,如聚乙烯或聚丙烯。

[0053] 参考图1,织物介电阻挡装置(100)由电源(140)供电,所述电源可以任选地是便携式电源,并且可以任选地包括例如一个或多个电池或超级电容器。设想任何适当的电源。电源可以被配置成提供AC或DC功率。

[0054] 电源的所需输出部分地基于织物DBD的尺寸来确定。优选地,电源被配置成以介于1kHz与1GHz之间的频率提供功率。优选地,电源被配置成以优选地介于100V与10kV之间的电压提供功率。

[0055] 在一些实施例中,电源相对较小(例如,在4立方英寸或更小的外壳内)。

[0056] 因为所有导电线都是绝缘的,所以所述导电线不需要接地,因此用户受到绝缘的保护。

[0057] 在一些实施例中,电源被配置成提供小于或等于2mA的电流。电源使用任何适当的方式连接到电极,包含通过例如导线、导电线或导电带。相对电极通过任何适当的方式(包含通过例如)连接成组,电源使用任何适当的方式(包含通过例如导线、导电线、导电带或纤维末端处的织物条带)连接到电极。

[0058] 这些装置优选地不含任何另外的气体供应或复杂先进的电源,并且优选地被配置成能够长期稳定操作(即,至少一个月,优选地至少2个月,并且更优选地至少3个月)。

[0059] 在一些实施例中,电源被控制或配置成提供电流,使得装置的温度保持 $\leq 50^{\circ}\text{C}$ 或 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 并且 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 或 $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 。在一些实施例中,电源被控制或配置成提供电流,使得装置的温度保持介于约 15°C 与约 50°C 之间,并且更优选地介于约 22°C 与约 40°C 之间。如本文所使用的,术语“约”某一温度指示视情况而定总体上在 $\pm 5\%$ 内的值(例如,范围下限为 -5% ,并且范围上限为 $+5\%$)。例如,“介于约 10°C 与约 100°C 之间”将旨在涵盖介于 9.5°C 与 105°C 之间。

[0060] 织物介电阻挡装置(100)可以任选地含有另外的组件,包含一个或多个开关或用于控制到纤维的电流的其它电子组件(145)、一个或多个传感器(146)、一个或多个显示器或视觉指示器(147)以及一个或多个处理器(148)。所述一个或多个处理器(148)将被配置成可操作地与系统中的各个组件中的一个或多个组件(如电源(140)、传感器(146)和/或显示器或视觉指示器(147))通信。

[0061] 在优选实施例中,装置将包含至少一个开关(145),所述至少一个开关被配置成打开/关闭开关。

[0062] 如果包含一个或多个传感器(146),则此类传感器可以可操作地与所述一个或多个处理器(148)或所述一个或多个显示器或视觉指示器(147)通信。例如,温度传感器可以通过一些基本电路系统(本领域熟知的)连接到警示灯,使得当温度超过阈值时,警示灯开启。在一些实施例中,传感器可以向处理器发送关于温度和电流的反馈,然后处理器使用所述反馈来确定是否需要调节电流,并且如果需要调节电流,则确定需要调节多少电流,或者

是否已经发生故障。基于所述确定,处理器然后可以使电源(140)关闭或调节电流,和/或在显示器或指示灯(147)上产生出现问题的指示。

[0063] 另外,装置的一个或多个表面或部分还可以使其温度或其它参数由温度传感器(146)周期性地或连续地测量或监测。在一些实施例中,一条或多条纤维的介电层的表面可以由传感器监测。可以利用任何适当的传感器,如热电偶。

[0064] 显示器或视觉指示器(147)可以包含任何已知的显示器或视觉指示器,包含彩色或单色LED/OLED显示器和/或LED灯。为了使电池寿命最大化,显示器或视觉指示器优选地是小的、低功率的,或仅旨在“打开”持续短时间段(如1分钟或更短)。

[0065] 所述一个或多个处理器或控制电路系统(148)可以存在,以用于控制等离子体的产生和/或装置的其它组件。处理器或控制电路系统可以可操作地连接到温度传感器(146)和电源(140)。处理器或控制电路系统可以被配置成保持适当的操作温度,如先前所讨论的。处理器或控制电路系统可以被配置成在检测到温度在目标范围之外或超过阈值的情况下自动安全切断。安全切断还可以被配置成在电压或电流超过特定阈值的情况下发生。

[0066] 作为处于操作中的放电装置的一实例,典型的电流迹线包含例如 (42 ± 2) kHz的位移电流正弦分量和对应于放电的叠加的尖峰,例如,10-50纳秒的持续时间。可以从总所测量的电流中减去位移电流以获得放电电流。放电的数量、放电的总体持续时间和放电的幅值可以随着电压的增加而增加。

[0067] 单独放电的数量或电流峰值根据最大施加电压(过电压)而变化。例如,在一些实施例中,电流峰值(超过10mA)的数量在2kV下为 15 ± 8 ,并且对于3kV,增加到 45 ± 8 。

[0068] 如从利萨如图中显而易见的,电流尖峰的数量越多,在电路中转移的电荷量就越多。由于针对负电压(正图案化电极)的更大数量的更强烈放电,利萨如图具有略微不对称的双斜率形状。在电路中每一个循环耗散的能量可以计算为利萨如图的面积,并且然后使用频率 f 、占空比 v 确定功率 P : $P = f v f Q d V$,其中 Q 是通过电容器探针测量的电荷,并且 dV 是通过高电压探针获得的电压。

[0069] 例如,对于1.9kV的峰值电压,每循环能量为0.04mJ/循环。对于41kHz的频率和20%的占空比,这会产生0.3W的功率。对于2.9kV的最大电压,每循环能量为0.14mJ/循环,并且功率为1.1w。约 2cm^2 装置的对应功率密度为0.15-0.5W/ cm^2 。所施加的最大AC电压从1.6kV变化到约3kV,同时保持频率和占空比恒定。所得功率随着所施加电压线性变化(参见图8),这可以用作设定给定装置的期望功率的校准曲线。增加操作电压会增加放电功率,并且对应于单独放电数量和等离子体产量的增加。增加占空比会增加装置的总体功耗,但不会改变每循环单独放电数量。

[0070] 在一些实施例中,最外介电层与待消毒的目标表面之间的任何间隙为 $\leq 2\text{cm}$,并且优选地 $\leq 1\text{cm}$ 、并且更优选地 $\leq 5\text{mm}$,并且最优选地 $\leq 2\text{mm}$ 。在一些实施例中,间隙为 $\leq 1\text{mm}$ 。在一些实施例中,间隙介于 $1\mu\text{m}$ 与 2mm 之间,并且优选地介于 1mm 与 2mm 之间。

[0071] 实例

[0072] 在手工织机上编织若干实例。所使用的纤维由32根作为导电芯的美国线规(American Wire Gauge, AWG)铜线组成,每根铜线被柔性硅酮包围。在一些实例中,编织物是紧密的,其中纤维彼此接触。在其它样品中,每条纬线纤维之间的间距和每条经线纤维之间的间距介于 1mm 与 2mm 之间。这些实例适用于制造用于个人物品的消毒袋和/或结合在伤

口敷料中。

[0073] 还公开了一种用于对表面进行灭菌的方法,所述方法包括。如图9所示,方法(600)的一个实施例开始于提供(610)所公开的织物介电阻挡放电(DBD)装置。

[0074] 然后激活装置,并且产生冷均匀等离子体(620)。此产生过程通过形成从所述多条纤维中的第一纤维的导电芯到围绕所述第一纤维的所述至少一个介电层,并且穿过气隙(等离子体将在气隙中和周围发光)的放电路径而发生。放电路径优选地延续到围绕所述多条纤维中的第二纤维的所述至少一个介电层,延续到所述第二纤维的导电芯。在一些实施例中,放电路径可以不延续到第二纤维,而是朝向并穿过人类。纤维与人类(或衣服等)之间的气隙可以允许等离子体形成。

[0075] 一旦在气隙周围的空间体积中形成等离子体,则可以通过使污染表面与所产生的冷均匀等离子体接触来诱导反应物种(630)在污染表面上形成。污染表面通常含有细菌、病毒或其组合。所述污染表面还可以含有其它生物物种,如真菌。污染表面可以是所公开的织物DBD内的纤维的外表面,或者所述污染表面可以是外部表面,如人类皮肤、工作表面等。

[0076] 任选地,所述方法可以包含保持或维持(640)等离子体与污染表面的接触,持续至少预定时间段,如至少1秒、至少5秒或至少10秒。

[0077] 然后允许(650)反应物种杀死污染表面上的细菌、病毒或其组合。

[0078] 实例2

[0079] 使用大肠杆菌作为模型细菌,对等离子体织物装置的抗菌效果进行了测试。对于此实例,使用了大肠杆菌OP-50-GFP菌株,因为此菌株表达绿色荧光蛋白并且在铺展在LB琼脂板上时形成致密菌苔(lawn)。已经被杀死的细菌不能表达这种蛋白质,并且因此不会发绿色。

[0080] 在时间=0时,整个琼脂板发绿色荧光。30秒后,从织物装置下方的大致97%的板面积清除了细菌,并且从大约70%的总板面积清除了细菌。60秒后,从织物装置下方的超过99%的板面积清除了细菌,并且从大约85%的总板面积清除了细菌。图8以图形方式示出了暴露120秒之后的结果。具体地,在琼脂板(701)上,示出了放置织物装置的轮廓(702)。如图所示,琼脂板中仅有少量细菌(705),所述细菌远离织物装置位于板的边缘处。在放置织物装置的地方周围存在不含细菌的大空间区域(707)。确实,从织物装置下方的100%的板面积清除了细菌,并且大致而言,在97%的总板面积上的细菌被完全消除。

[0081] 在此实例中使用的织物装置是具有每cm约10条纤维的约 2.5cm^2 的装置。编织物由两个连续的硅绝缘30号导线制成。每条电线/纤维的一端连接到kHz范围AC电源的输出。图9示出了电压和电流迹线。还使用与装置串联的10nF测量电容器测量所转移的电荷。使用利萨如图(图10)来获得每循环能量E。装置的平均功率被计算为 $P=v \cdot f \cdot E$,v-作为接通时间的一部分的占空比,f-频率(Hz),E-每循环能量(J)。图10所示的图表对应于针对编织物面积的 $V_{\text{max}}=3.8\text{kV}$, 40.7kHz ,25%占空比,0.1mJ/循环,约1W,0.4W/cm²。

[0082] 在成功净化细菌之后,然后针对病毒对织物装置进行测试,进行另外的实验。

[0083] 使用单纯疱疹病毒(HSV)进行病毒消毒实验。将病毒悬浮液的液滴置于30mm直径皮氏培养皿中并且干燥大约20分钟,直到视觉上干燥。将具有干燥悬浮液的皮氏培养皿倒置在具有织物DBD(“编织物”)的支架的顶部上,使得编织物与经干燥的悬浮液接触。在每次处理之后,立即将1mL的缓冲溶液添加到皮氏培养皿中以立即终止反应。使用所得病毒悬浮

液来确定噬斑形成单位的浓度并且与未处理的悬浮液进行比较。在4分钟处理后,编织物表现出活病毒减少了99.3% (参见图11)。

[0084] 另外,因为消毒和其它生物结果取决于装置的气体输出,所以使用傅里叶变换红外吸收光谱 (Fourier Transform Infrared Absorption Spectroscopy) 进行实验以确认生物活性物种的输出。

[0085] 为了确定生物活性物种的输出,将本实例中的织物DBD置于气体池 (10cm光路) 中并且打开。在包含较低和较高电压和功率的不同条件下进行的操作期间获得FTIR吸收光谱。使用光谱来识别从装置流出的气体中存在的分子物种并且计算臭氧和氮氧化物的绝对浓度,这对于消毒和其它生物医学应用是重要的。例如,在0.175mJ/循环下,确定以下浓度: $O_3-8.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ (0.09%), 以及 $N_2O-6.75 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ (0.003%)。随着功率的增加, O_3 的浓度降低且 N_2O 的浓度增加。因此,装置输出的组成取决于输入功率。

[0086] 通过针对给定期望结果调节功率,这意味着用户可以对装置进行“拨入 (dial in)”,以提供气体输出的期望组成。例如,为了杀死相比氮氧化物,更受臭氧影响的物种,使用较低功率输入将会更有效。在一些实施例中,装置上的一个或多个处理器可以访问含有例如将输入功率与气体输出相关的曲线的各种数据库或表格以及将生物物种与在暴露于各种输出气体 (臭氧、氮氧化物等) 时杀死特定百分比 (例如,99%) 的给定细菌物种的时间相关的其它数据库或表格。基于那些数据库,装置可以通过识别产生以有效方式杀死一种或多种目标细菌的气体组成的输入功率来计算或以其它方式确定杀死细菌的最佳输入功率。

[0087] 仅使用常规实验,本领域的技术人员将认识到或能够确定本文所述的本发明的具体实施例的许多等效物。此类等效物旨在被以下权利要求所涵盖。

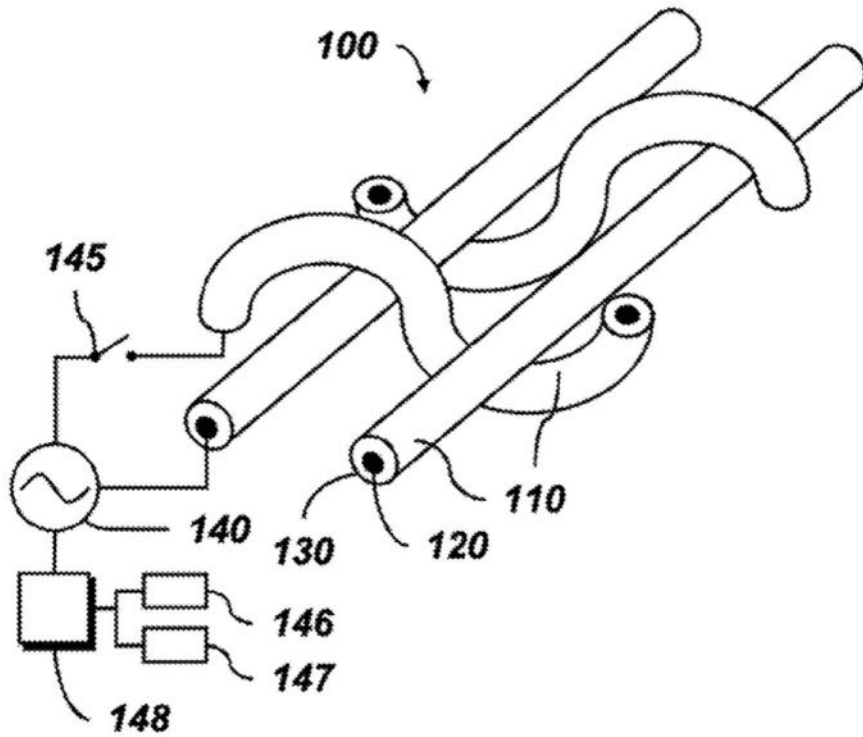


图1

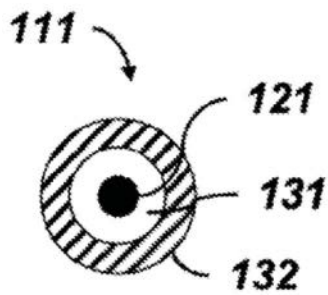


图2

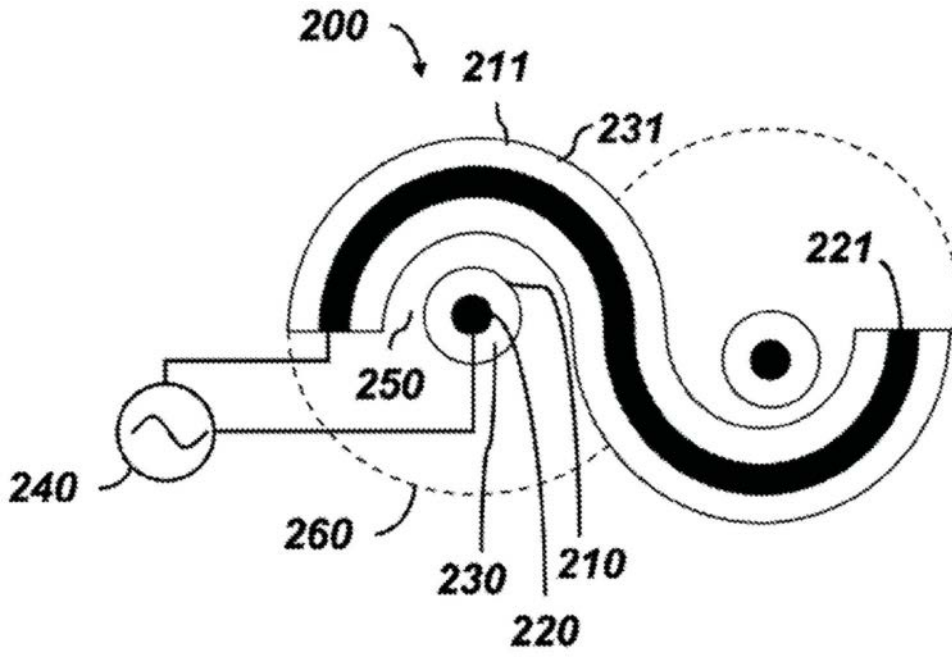


图3

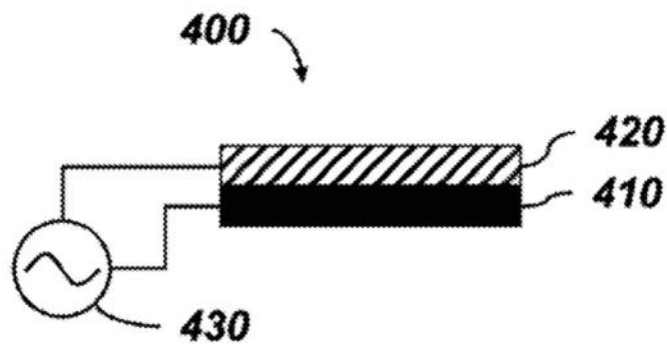


图4

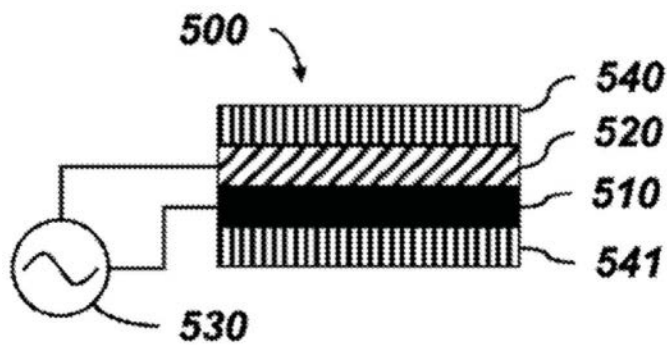


图5

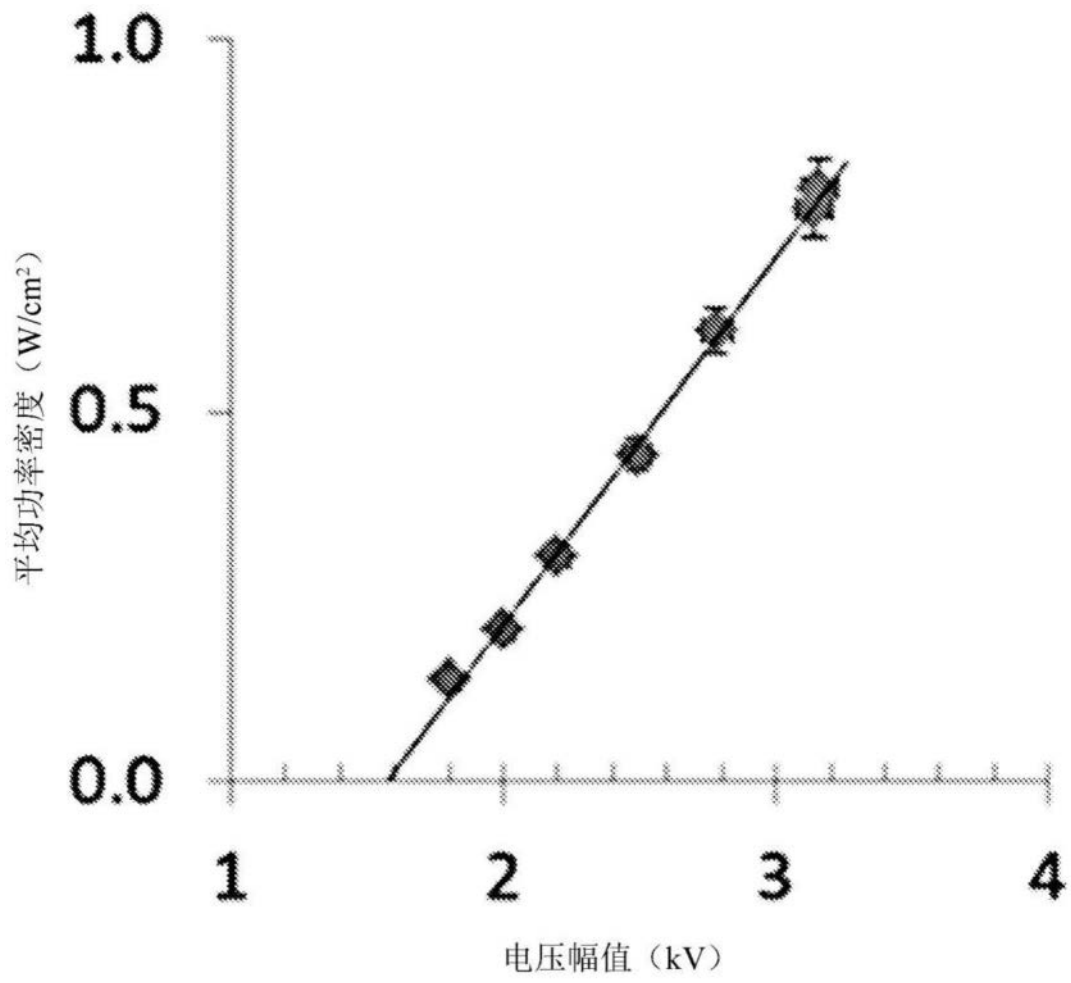


图6

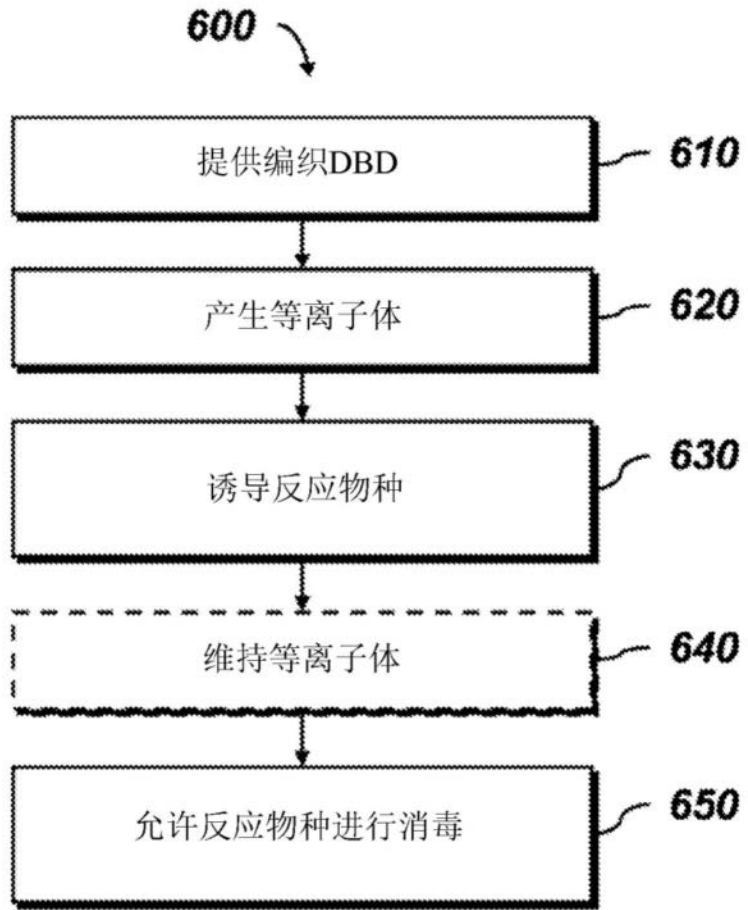


图7

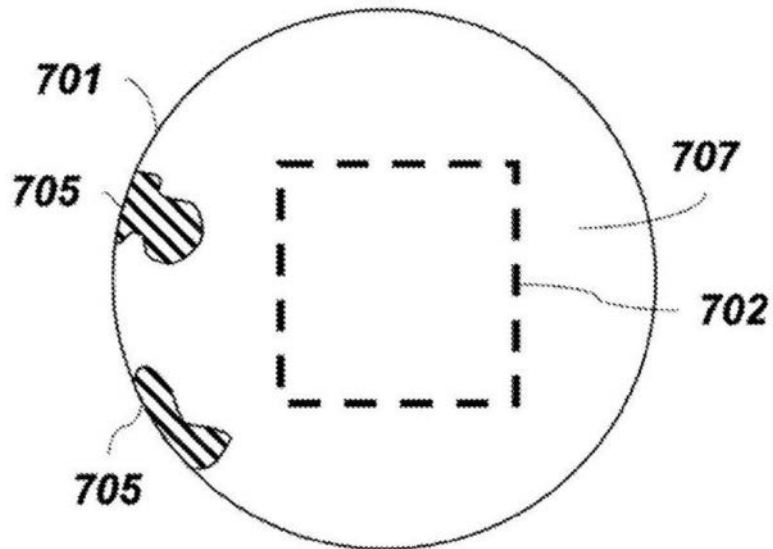


图8

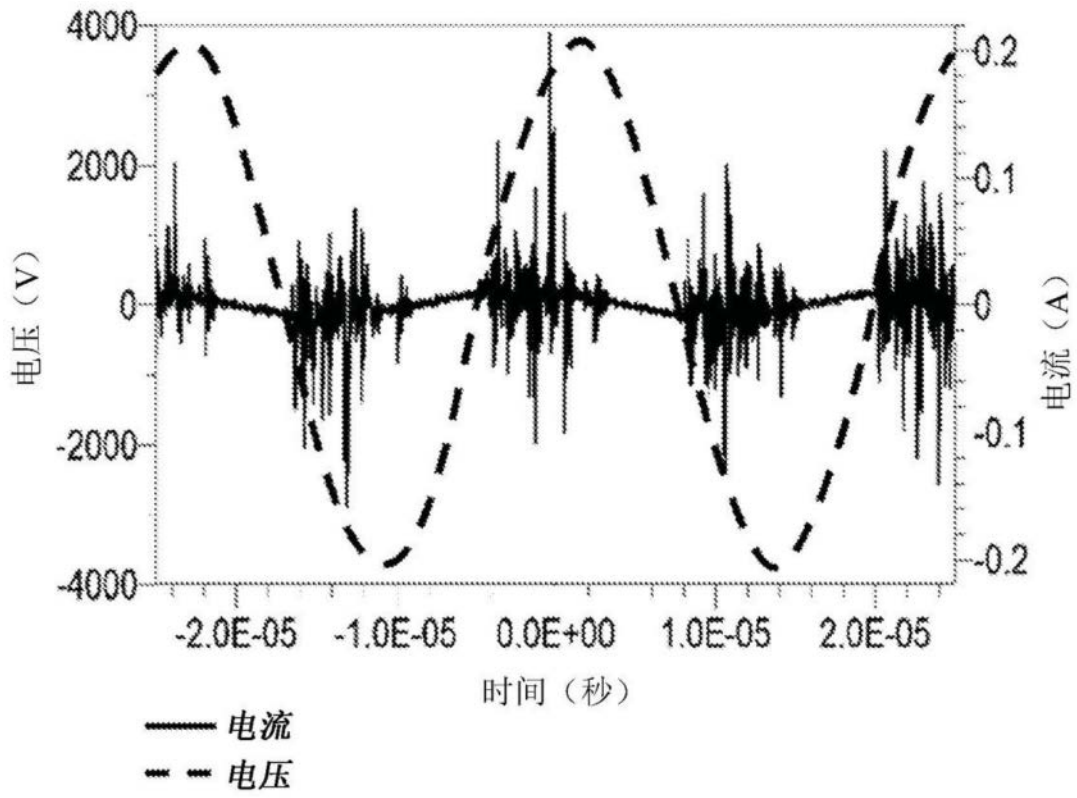


图9

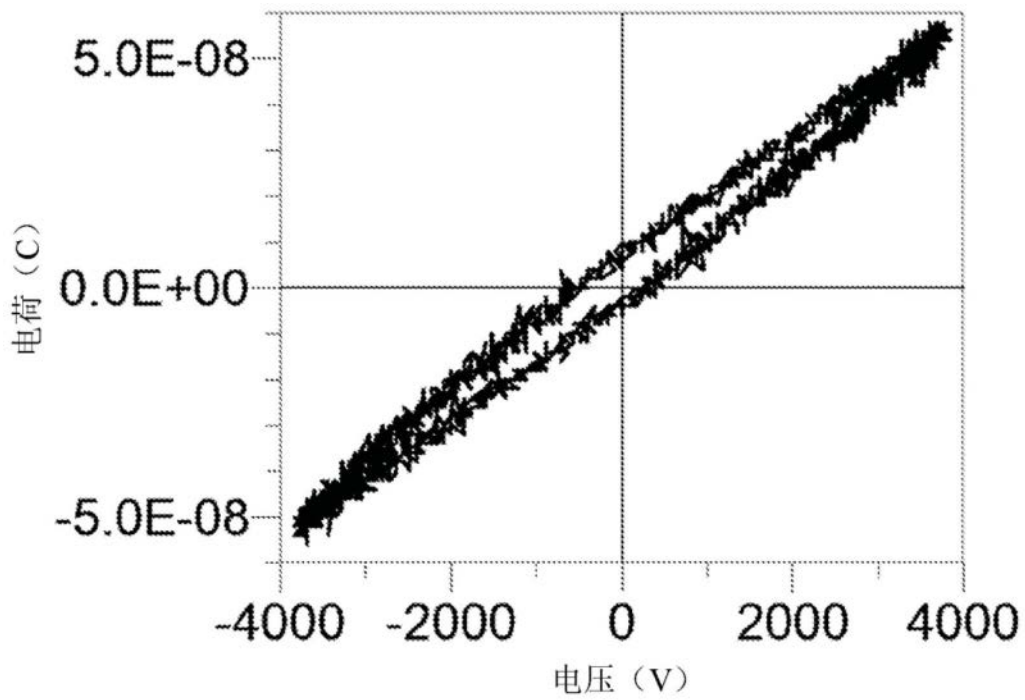


图10

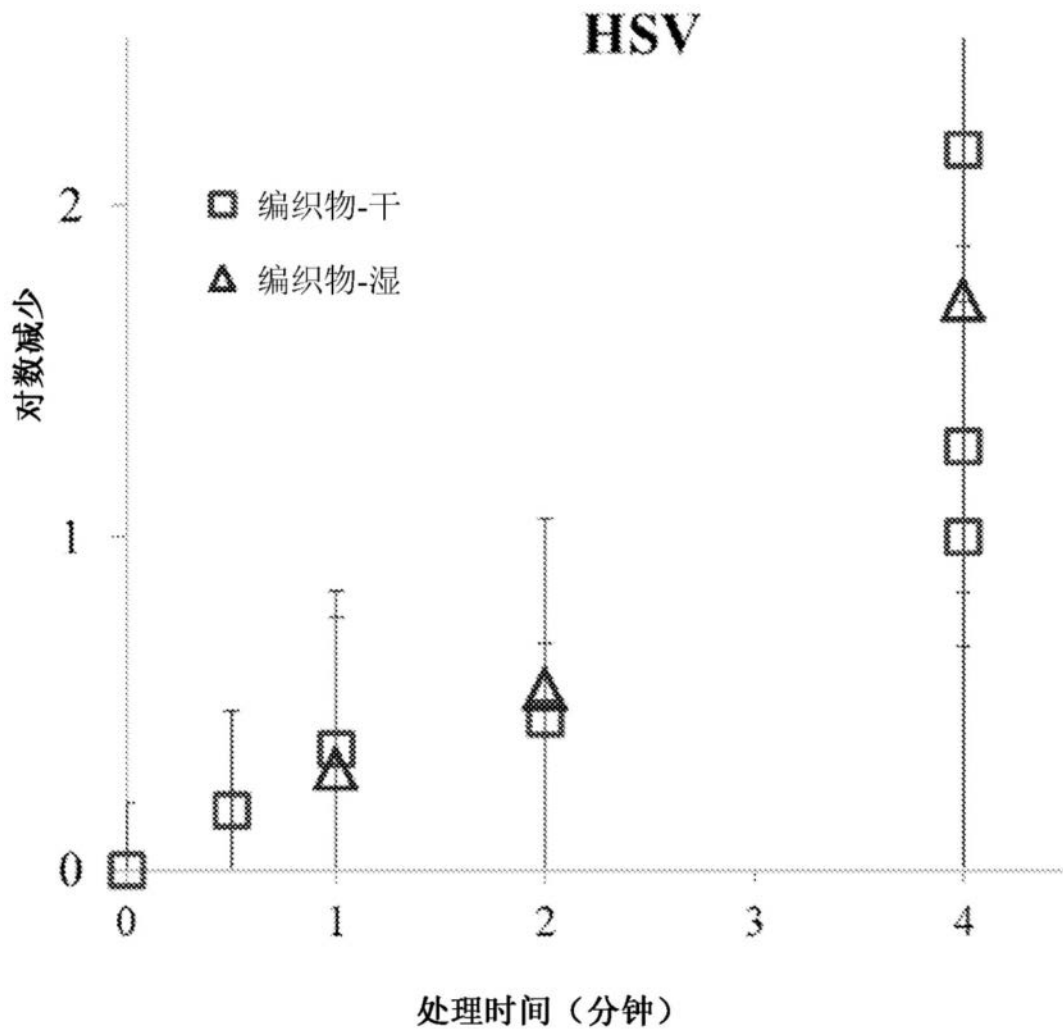


图11

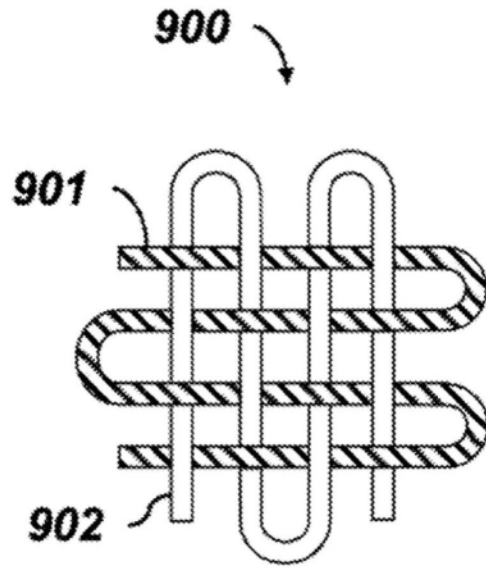


图12