



(10) 申请公布号 CN 119278083 A

(43) 申请公布日 2025.01.07

(21) 申请号 202380041736.0

(22) 申请日 2023.04.07

(30) 优先权数据

63/328,970 2022.04.08 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.11.20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2023/017921 2023.04.07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/196618 EN 2023.10.12

(71) 申请人 马蒂夫卢森堡公司

地址 卢森堡孔特恩

申请人 LMS技术公司

(72) 发明人 A·G·普拉特 L·蓬佩奥

(74) 专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713

专利代理师 王建秀 卑莹

(51) Int.Cl.

B01D 39/16 (2006.01)

B32B 27/28 (2006.01)

B32B 27/32 (2006.01)

B01D 39/14 (2006.01)

B32B 5/08 (2006.01)

权利要求书2页 说明书31页 附图22页

(54) 发明名称

机械和静电过滤介质

(57) 摘要

提供了过滤介质和过滤器,例如空气过滤器、面罩、燃气轮机和压缩机进气过滤器、板式过滤器等,该过滤介质和过滤器利用静电力和过滤介质内的纳米颗粒捕获亚微米颗粒。过滤介质包括基材,该基材包括纤维,以及布置在基材内的纳米颗粒。纤维或纳米颗粒中的至少一种带静电。至少在过滤器的最初使用期间,静电荷有效地捕获亚微米颗粒。纳米颗粒确保即使在静电荷开始随时间衰减之后过滤器也保持很高的效率。此外,可以通过静电荷增强纤维与纳米颗粒之间的结合,这使得纳米颗粒能够以一定深度分散在整个过滤介质中。

1. 一种过滤介质,包括:
基材,所述基材包含纤维;
布置在所述基材内的纳米颗粒,其中所述纳米颗粒具有至少一个小于1微米的尺寸;并且
- 且
其中所述纤维或所述纳米颗粒中的至少一种带静电。
2. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述纤维带静电。
3. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述纳米颗粒带静电。
4. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述基材包含摩擦电过滤介质。
5. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述纤维是被电晕充电的。
6. 根据权利要求4所述的过滤介质,其中所述摩擦电过滤介质是通过梳理和针刺形成的。
7. 根据权利要求6所述的过滤介质,其中所述纳米颗粒和所述纤维被针刺在一起。
8. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述基材包含纺粘带电介质。
9. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述基材包含熔喷带电介质。
10. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述基材包含网状材料。
11. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述纤维具有大约3旦尼尔或更大的线密度。
12. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述纤维具有至少大约5旦尼尔的线密度。
13. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述纤维是具有芯和鞘的生物组分纤维。
14. 根据权利要求13所述的过滤介质,其中所述芯与所述鞘不同心。
15. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中至少一些纳米颗粒布置在所述基材内的第一表面到与所述第一表面相对的第二表面。
16. 根据权利要求15所述的过滤介质,其中所述纳米颗粒在所述基材内形成梯度,使得单个纳米颗粒的密度从第一表面到与所述第一表面相对的第二表面降低。
17. 根据权利要求15所述的过滤介质,其中所述纳米颗粒基本上均匀地分散遍及纤维基材。
18. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中在流体中隔离纳米颗粒,并使其通过所述基材的第一表面分散。
19. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述纳米颗粒选自碳纤维、玻璃纤维、聚丙烯纤维、尼龙纤维、聚交酯纤维以及它们的组合所组成的组。
20. 根据权利要求1所述的过滤介质,还包含在所述纤维材料内的粘合剂,所述粘合剂将纳米颗粒粘合至所述纤维。
21. 根据权利要求20所述的过滤介质,其中所述粘合剂包含选自淀粉、糊精、瓜尔胶、PVOH和合成树脂所组成的组的材料。
22. 根据权利要求1所述的过滤介质,其中所述纤维包含将所述纳米颗粒粘合至所述纤维的粘合剂组合物。
23. 一种空气过滤器制品,包含权利要求1所述的过滤介质。
24. 一种过滤介质,包括:
基材,所述基材包含纤维和纳米颗粒,
其中所述基材以机械方式过滤污染物;并且

其中所述基材以静电方式过滤污染物。

25. 根据权利要求24所述的过滤介质,其中所述纳米颗粒以机械方式过滤污染物。

26. 根据权利要求24所述的过滤介质,其中所述纤维带静电。

27. 根据权利要求24所述的过滤介质,其中所述基材包含摩擦电过滤介质。

28. 根据权利要求27所述的过滤介质,其中所述摩擦带电过滤介质是通过梳理和针刺形成的。

29. 根据权利要求28所述的过滤介质,其中所述纳米颗粒和所述纤维被针刺在一起。

30. 根据权利要求24所述的过滤介质,其中所述基材包含纺粘带电介质。

31. 根据权利要求24所述的过滤介质,其中所述基材包含熔喷带电介质。

32. 根据权利要求24所述的过滤介质,其中所述基材包含网状材料。

33. 一种空气过滤器产品,包含根据权利要求24所述的过滤介质。

34. 一种制造过滤介质的方法,所述方法包括:

提供基材,所述基材包含纤维;

对所述纤维进行静电充电;以及

将纳米颗粒分散到所述基材中。

35. 根据权利要求34所述的方法,还包括对所述纤维进行电晕充电。

36. 根据权利要求34所述的方法,还包括使所述纤维摩擦充电。

37. 根据权利要求34所述的方法,还包括对所述纤维进行静电纤维纺丝。

38. 根据权利要求34所述的方法,还包括将所述纤维和所述纳米颗粒针刺在一起。

39. 根据权利要求34所述的方法,还包括对所述纤维进行梳理。

40. 根据权利要求34所述的方法,还包括对所述纤维进行纺粘。

41. 根据权利要求34所述的方法,还包括对所述纤维进行熔喷。

42. 根据权利要求34所述的方法,还包括将所述纳米颗粒分散到所述基材的第一表面上,使得所述纳米颗粒至少穿透所述基材的所述第一表面。

43. 根据权利要求42所述的方法,还包括在流体中隔离单个纳米颗粒,其中所述单个纳米颗粒具有至少一个小于1微米的尺寸。

机械和静电过滤介质

[0001] 对相关申请的引用

[0002] 本申请要求于2022年4月8日提交的第63/328,970号美国临时申请的权益,其全部公开内容出于所有目的通过引用并入本文。本申请还涉及共同转让、共同未决的第63/328,983号、第63/328,998号、第63/328,959号、第63/329,009号、第63/329,018号、第63/329,137号、第63/329,146号、第63/329,155号、第63/329,158号、第63/329,161和第63/329,162号美国临时专利申请,所有这些临时专利申请都是于2022年4月8日提交的,它们的全部公开内容出于所有目的通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本说明书总体上涉及包含纳米颗粒和静电荷的过滤介质和过滤器,用于通过机械和静电方式过滤污染物。

背景技术

[0004] 非织造材料通常包括单个纤维或线的结构,这些纤维或丝彼此交织,但不像针织或编织织物中那样以可识别的方式交织。这样的非织造材料用于许多应用,例如家用清洁制品、屋顶和地板制品、汽车内饰和车顶内衬、可重复使用的袋子、墙面覆盖物、过滤装置、绝缘材料等。

[0005] 由于其细小的纤维尺寸,非织造材料对于在过滤装置中捕获污染物特别有用。过滤介质的纤维以微米计量,并且可以通过纺粘、熔喷、静电纺丝或其它技术形成。当流体流过滤介质时,细纤维捕获并截留过滤介质中的污染物。

[0006] 两种主要类型的结合有非织造材料的过滤装置包括表面过滤器和深度过滤器。诸如膜层或膜等表面过滤器作为在污染物进入介质结构之前将其捕获的屏障。这些表面过滤器通常具有亚微米孔径和窄孔径分布。表面过滤器往往具有较高的颗粒捕获效率。但是,它们也具有较高的压降和低容尘量。高压降导致通过过滤器的空气流量减少。低粉尘负载能力显著降低过滤器的寿命。因此,表面过滤器在空气过滤行业中的应用有限。

[0007] 深度过滤器通常用于空气过滤装置,具有中等至高效率、低压降和相对高的容尘量。传统的住宅和商业空气过滤器,例如HEPA过滤器,通常根据过滤器捕获约0.3至10微米颗粒的能力进行评级。该评级称为最低效率报告值或MERV,由美国采暖、制冷与空调工程师学会(ASHRAE)制定。MERV等级范围为1-16,值越高,表示捕获特定类型颗粒的效率越高。

[0008] 污染物的尺寸范围广泛。然而,小于1微米的污染物是对人体最有害的颗粒,并且相对难以过滤。例如,传统的机械空气过滤器通常报告非织造过滤材料的MERV等级为约8-10。因此,这些过滤介质通常不捕获亚微米颗粒,例如病毒和其他有害病原体。

[0009] 过滤行业集中于两种不同的捕获这些亚微米颗粒的方法:静电力和利用过滤介质中的纳米颗粒。通过使用摩擦电方法、电晕放电、水力充电、静电纤维纺丝或其他已知方法对非织造材料内的纤维进行静电充电而形成静电过滤器。静电过滤器在捕获亚微米颗粒方面最有效,在捕获1至3微米的颗粒方面相当有效,在捕获3至10微米的较大颗粒方面效果最

差。静电纤维通常用于许多过滤应用,例如面罩和高效过滤器,以过滤亚微米污染物,例如病毒等。

[0010] 静电过滤器的一个缺点是静电荷随时间和过滤器的使用而衰减。因此,过滤器的效率降低相对较快,从而缩短其寿命。例如,初始MERV等级为13的静电过滤器在静电力衰减后可能失去至少2-3个MERV等级点。这损害了过滤器的完整性,并可能部分或完全抑制其捕获亚微米颗粒的能力。另一种捕获亚微米污染物的方法是将纳米颗粒与纤维结合使用。过滤系统可以采用包含直径以微米计的较大纤维和较小的纳米颗粒的过滤介质。纳米颗粒通过减小介质中的总纤维尺寸来增加介质中用于捕获颗粒的表面积。纳米颗粒还倾向于彼此挤压,从而提高过滤介质内的堆积密度。已经表明,即使在微纤维材料上形成的层中仅有少量纳米尺寸的纤维,也能改善材料的过滤特性。

[0011] 将纳米颗粒结合到过滤介质中的最常见方法是通过静电纺丝在非织造基材上施加很薄的一层连续纳米纤维。纳米颗粒通常平行或垂直于主体过滤介质层的表面延伸,并且除了由粗过滤介质提供的对较大颗粒的过滤之外,还提供对小颗粒的高效过滤。例如,第6,743,273号美国专利公开了一种过滤介质,其中在基材的表面上沉积连续的纳米纤维层。第10,799,820号美国专利也公开了一种空气过滤介质,该空气过滤介质包含过滤介质表面上的连续纳米纤维层。

[0012] 虽然现有的结合有纳米颗粒的过滤介质提高了这些过滤器的相对效率,但是这些过滤器的商业潜力在某些应用中受到限制,因为纳米颗粒通常分散到非织造材料的表面上。过滤器表面上的较薄的纳米颗粒层仅提供有限的颗粒过滤,并且具有相对较低的容尘量。

[0013] 虽然已经进行了许多将纳米材料掺入过滤介质以提高整体过滤效率的尝试,但是这些尝试仅限于所谓的“湿法成网”方法。这些湿法成网方法涉及将短切纳米纤维结合到液体浆料中,以在表面活性剂的帮助下分离缠结的纳米纤维。例如,第10,252,201号美国专利公开了一种由通过湿法成网方法形成的短切纳米纤维和短切粗纤维的混合物制成的过滤介质。类似地,第2021/0023813号美国专利申请公开了一种制造复合结构的方法,该复合结构由带有不连续纤维(例如碳纳米纤维)的连续纤维非织造基材组成。该方法包括将连续纤维非织造基材在不连续纤维的浆料中拉过,其中纳米材料嵌入到非织造基材中。

[0014] 虽然这些结构已经表现出效率提高,但是它们还存在其它问题,例如当介质处于正常使用条件下时寿命和/或效率降低。此外,这些湿法成网方法未能成功地将纳米颗粒均匀地结合到整个非织造材料中,这导致纳米颗粒在材料中聚结,从而进一步降低其效率和整体容尘量。

[0015] 因此,需要一种改进的非织造材料和包含这种材料的过滤器。希望提高这种过滤器捕获污染物(尤其是亚微米级污染物)的效率,而不损害过滤器的其它重要特性,例如寿命、容尘量、以及通过过滤器的压降或空气流量。

发明内容

[0016] 以下给出所要求保护的主题的简明概述,以提供对所要求保护的主题的某些方面的基本理解。这种概述不是所要求保护的主题的广泛概述。它并非旨在确定所要求保护的主题的关键或决定性元素或界定所要求保护的主题的范围。其唯一目的是以简明的形式呈

现所要求保护的主体的一些概念,作为稍后呈现的更详细说明的前序。

[0017] 提供了一种过滤介质和过滤器,例如空气过滤器、面罩、燃气轮机和压缩机进气过滤器、板式过滤器等,该过滤介质和过滤器利用静电力和过滤介质内的纳米颗粒捕获亚微米颗粒。还提供了一种制造这样的过滤器的系统和方法。

[0018] 在一个方面中,过滤介质包括基材,该基材包括包含纤维的基材和布置在基材内的纳米颗粒。纤维或纳米颗粒中的至少一种带静电。至少在过滤器的最初使用期间,静电荷有效地捕获亚微米颗粒。纳米颗粒确保即使在静电荷开始随时间衰减之后过滤器也保持很高的效率。此外,可以通过静电荷增强纤维与纳米颗粒之间的结合,这使得纳米颗粒以一定深度分散在整个过滤介质中。

[0019] 可以使用摩擦电方法、电晕放电、静电纤维纺丝、水力充电、充电棒或其它已知方法对基材内的纤维、纳米颗粒或这两者进行静电充电。可以选择相对于纤维具有不同的摩擦电性能的纳米颗粒,以便使用摩擦电效应来增强颗粒去除。这在过滤介质内增强或产生局部电场梯度,以增强颗粒去除。纳米颗粒和粗纤维可以具有不同的润湿特性。

[0020] 在某些实施方式中,纤维带静电,从而可以利用纳米颗粒实现机械过滤,同时可以通过驻极体基材实现静电过滤。静电或驻极体基材可以通过梳理和针刺制成的高蓬松摩擦电过滤介质。在一个实施方式中,优选在针刺之前将纳米颗粒沉积到基材中,然后将静电纤维和纳米颗粒针刺在一起。

[0021] 在某些实施方式中,纳米颗粒“以一定深度”分散在基材内。如本文所用,术语“以一定深度”意指纳米颗粒分散越过基材的第一表面,使得至少一些纳米颗粒被布置在基材或介质内部结构中的第一和第二相对表面之间。在某些实施方案中,纳米颗粒基本上分散遍及从第一表面到相对的第二表面的整个介质。在其他实施方案中,纳米颗粒分散在从第一表面到第一和第二表面之间的位置的一部分介质内。在其它实施方式中,纳米颗粒以密度梯度从基材的第一表面到相对的第二表面布置。纳米颗粒的密度在第一表面或第二表面处可以较大。

[0022] 纳米颗粒增加过滤介质内的总表面积,从而提高过滤效率,并允许捕获亚微米污染物,而不会显著损害其它因素,例如通过过滤器的压降(即,空气流量)。此外,本文中公开的过滤器能够经受严格的调节,这允许过滤器在其整个寿命期内实现相同水平的过滤性能。此外,这些材料提高总体容尘量,从而延长过滤器的寿命,尤其是与仅依靠或主要依靠静电效应来提高效率的过滤器相比。

[0023] 在某些实施方式中,所述纤维可以具有大于大约3旦尼尔的线密度。空气过滤器中的纤维通常具有大约3旦尼尔或更小的线密度,以确保纤维足够小以捕获穿过过滤器的污染物。申请人惊奇地发现,通过使用分散在过滤介质中的纳米颗粒,纤维可以具有更大(例如大于3旦尼尔)的线密度。这是因为纳米颗粒提供显著的过滤能力。在某些情况下,纤维可以具有大于3旦尼尔、5旦尼尔或更大、6旦尼尔或更大、或高达7-10旦尼尔的线密度。

[0024] 所述基材可以包括片材、层、膜、开孔膜、网、网状物或其他介质。在某些实施方式中,所述基材包括具有交织的单个纤维或线的结构的非织造材料。适当的非织造材料的例子包括但不限于经过熔喷、纺粘、粘合梳理、气流成网、共成型、水力缠结等处理的纤维、层或幅材。在其他实施方式中,设想采用针织或编织织物作为基材。

[0025] 在一些实施方式中,该过滤器包括一个或更多个粘合至过滤介质的支撑层。支撑

层和/或过滤介质可以包括以一定深度分散在层中的纳米颗粒。在一些实施方式中,提供了一种聚合物层、膜层或膜,该聚合物层、膜层或膜包括一个或更多个孔,用于气体或液体经其流过,纳米颗粒以一定深度布置在聚合物层中。

[0026] 在某些实施方式中,在流体中隔离纳米颗粒,并使其通过基材的第一表面分散。纳米颗粒可以选自由碳纤维、玻璃纤维、聚丙烯纤维、尼龙纤维、聚交酯纤维以及它们的组合所组成的组。

[0027] 在某些实施方式中,过滤介质还包含纤维材料内的粘合剂,该粘合剂将纳米颗粒粘结到纤维上。该粘合剂可以包含多种常规材料,包括天然基材料(例如淀粉、糊精、瓜尔胶等)或者合成树脂(例如EVA、PVA、PVOH、SBR、聚乙交酯等)。在一些实施方式中,基材包含其自身的粘合剂组合物。在这些实施方式中,可以向基材上添加或不添加粘合剂或粘合材料。在一个这样的实施方式中,基材包含生物组分纤维,其中一个组分包括至少部分地包围芯的鞘。在某些实施方式中,芯与鞘不同心,而在其它实施方式中,芯与鞘同心。

[0028] 纳米颗粒可以包括任何适当的材料,例如玻璃、生物可溶性玻璃、陶瓷材料、丙烯酸、碳、金属(例如氧化铝)、聚合物(例如尼龙、聚对苯二甲酸乙二醇酯等)、聚氯乙烯(PVC)、聚烯烃、聚缩醛、聚酯、纤维素醚、聚亚烷基硫醚、聚(亚芳基氧化物)、聚砜、改性聚砜聚合物和聚乙烯醇、聚酰胺、聚苯乙烯、聚丙烯腈、聚偏二氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚偏二氟乙烯以及它们的任何组合。

[0029] 基材纤维可以通过任何方法制造,包括但不限于气流成网法、喷丝头、凝胶纺丝、熔融纺丝、湿法纺丝、干法纺丝、海岛型短纤维或纺粘、分段式饼状短纤维或纺粘等。设想的纤维可以具有多种横截面形状,包括但不限于圆形、芸豆形、狗骨形、三叶形、杠铃形、领结形、星形、Y形等。

[0030] 纤维可以是人造或天然纤维。用于纤维的适当材料包括但不限于聚丙烯、聚酯(PET)、PEN聚酯、PCT聚酯、聚丙烯、PBT聚酯、共聚聚酰胺、聚乙烯、高密度聚乙烯(“HDPE”)、LLDPE、交联聚乙烯、聚碳酸酯、聚丙烯酸酯、聚丙烯腈、聚富马腈、聚苯乙烯、苯乙烯马来酸酐、聚甲基戊烯、环烯共聚物或氟化聚合物、聚四氟乙烯、全氟乙烯和六氟丙烯或与PVDF的共聚物(例如P(VDF-TrFE))或三元共聚物(例如P(VDF-TrFE-CEF))、丙烯、聚酰亚胺、聚醚酮、纤维素酯、尼龙和聚酰胺、聚甲基丙烯酸、聚(甲基丙烯酸甲酯)、聚甲醛、聚磺酸酯、丙烯酸、苯乙烯化丙烯酸、预氧化丙烯酸、氟化丙烯酸、乙酸乙烯酯、乙烯基丙烯酸、乙烯-乙酸乙烯酯、苯乙烯-丁二烯、乙烯/氯乙烯、乙酸乙烯酯共聚物、胶乳、聚酯共聚物、羧基化苯乙烯丙烯酸或乙酸乙烯酯、环氧树脂、丙烯酸类多元聚合物、酚醛树脂、聚氨酯、纤维素、苯乙烯或它们的任何组合。还考虑了其它常规纤维材料。

[0031] 在另一个方面中,一种制造过滤介质的方法包括提供纤维基材,对纤维进行静电充电,以及将纳米颗粒分散到基材中。至少在过滤器的最初使用期间,带静电的纤维有效地捕获亚微米颗粒。纳米颗粒确保即使在静电荷开始随时间衰减之后过滤器也保持很高的效率。此外,可以通过静电荷增强纤维与纳米颗粒之间的结合,这允许纳米颗粒以一定深度分散在整个过滤介质中。

[0032] 可以使用摩擦电方法、电晕放电、静电纤维纺丝、水力充电、充电棒或其它已知方法对基材内的纤维进行静电充电。在某些实施方式中,所述方法包括对纤维进行电晕充电。在其他实施例中,所述方法包括对纤维进行摩擦充电。

[0033] 在某些实施方式中,在将纳米颗粒分散到基材中之前对纤维进行充电。在其他实施方式中,纳米颗粒被分散和捕获在基材内,然后对纤维进行静电充电。在另一个实施方式中,这些过程可以基本上同时地发生。

[0034] 在某些实施方式中,所述方法包括对纤维进行静电纤维纺丝。在其他实施例中,所述方法包括将纤维和纳米颗粒针刺在一起。所述方法可以包括对纤维进行梳理。所述方法可以包括对纤维进行纺粘。所述方法可以包括对纤维进行熔喷。

[0035] 在某些实施方式中,所述方法包括将纳米颗粒分散到基材的第一表面上,使得纳米颗粒至少穿透基材的第一表面。所述方法可以包括在流体中隔离单个纳米颗粒,其中单个纳米颗粒具有至少一个小于1微米的尺寸。

[0036] 所述方法还可以包括在气体介质中分离和/或隔离纳米颗粒,所述气体介质例如是空气、氦气、氮气、氧气、二氧化碳等,然后经由气流、气溶胶、蒸发器、喷雾或其他合适的输送机制将纳米颗粒分散到基材中。在气体介质中分离和/或隔离单个纳米颗粒,然后将它们分散到基材或气流中,使得纳米颗粒更均匀地分布在整个产品中。此外,可以使纳米颗粒“以一定深度”分散或分布到产品中。

[0037] 在本文中对由本说明书的各种实施方式满足的期望目的进行的叙述并非意味着暗示或启示这些目的中的任何一个或全部作为基本特征单独或共同存在于本说明书的最一般的实施方式中或其任何更具体的实施方式中。

附图说明

[0038] 图1是具有分散在材料的一部分中的纳米颗粒的非织造材料的侧视图;

[0039] 图2是具有分散遍及材料的纳米颗粒的非织造材料的侧视图;

[0040] 图3是具有以梯度方式分散在材料内的纳米颗粒的非织造材料的侧视图;

[0041] 图4示出了双层过滤介质;

[0042] 图5A-5C示出了掺入非织造材料中的生物组分纤维;

[0043] 图6示出了褶皱的非织造过滤介质;

[0044] 图7示出了代表性空气过滤器;

[0045] 图8示出了具有第一和第二支撑膜层和过滤介质的气体过滤器;

[0046] 图9A和9B示出了用作支撑膜层的开孔膜;

[0047] 图10A-10E示出了具有掺入膜中的纳米颗粒的开孔膜的不同实施方案;

[0048] 图11示出了气体过滤器;

[0049] 图12示意性地示出了用于生产基材内的非织造材料的系统;

[0050] 图13示意性地示出了用于将纳米纤维簇转化成单个纳米颗粒的系统;

[0051] 图14A-14C分别是大纳米纤维簇、小纳米纤维簇和单个纳米颗粒的照片。

[0052] 图15示出了图13的系统的喷射器;

[0053] 图16示出了图13的系统的反应器;

[0054] 图17示出了用于将纳米纤维簇转化成单个纳米颗粒的系统的另一个实施方案;

[0055] 图18示出了用于生产双层非织造材料的系统;

[0056] 图19示出了具有分散在一定深度的材料内的纳米颗粒的非织造材料;

[0057] 图20示出了具有分散在一定深度的材料内的纳米颗粒和覆盖纳米颗粒的稀松布

层的非织造材料；

[0058] 图21示出了具有分散在两层的内表面上的纳米颗粒的双层非织造材料；

[0059] 图22示出了用于在流体流中生产非织造材料的系统的可选实施方案；

[0060] 图23A是未使用粘合剂的非织造材料的照片；

[0061] 图23B是具有粘合剂的非织造材料的照片；

[0062] 图24A是具有以团块或簇的形式分散遍及材料的纳米颗粒的非织造材料的照片；

以及

[0063] 图24B是具有基本上均匀分散遍及材料的纳米颗粒的非织造材料的照片。

具体实施方式

[0064] 本说明书和附图示出了示例性实施方式,并且不应被认为是限制性的,权利要求(包括等同内容)限定本说明书的范围。在不脱离本说明书和权利要求(包括等同内容)的精神和范围的前提下,能够做出各种机械、组成、结构和操作变化。在某些情况下,未详细示出或说明众所周知的结构和技术,以免混淆说明。两个或更多附图中的相同数字表示相同或相似的元件。此外,只要可行,可以将参照一个实施方式详细说明了的元素及其相关方面包含在未具体示出或说明它们的其它实施方式中。例如,如果参照一个实施方式详细说明了某个元素而没有参照第二实施方式说明该元素,那么该元素仍然可以包含在第二实施方式中。此外,本文中的说明仅用于示例目的,并不一定反映系统或所示部件的实际形状、大小或尺寸。

[0065] 应注意,如在本说明书和所附权利要求中所使用的单数形式“一”、“一个”和“该”以及任何单词的任何单数使用包括复数指代物,除非明确且毫不含糊地限于一个指代物。如本文中所述的术语“包括”及其语法变化形式旨在是非限制性的,从而列表中的项目的列举不排除可以替代或向所列项目添加的其它类似项目。

[0066] 除了另有说明之外,任何数量值都是近似的,无论是否陈述了“大约”或“近似”等词。本文中所述的材料、方法和实施例仅是示例性的,而不是限制性的。

[0067] 提供了非织造材料和包含非织造材料的产品,该非织造材料包括基材、片材、层、膜、开孔膜、网或其它介质,其包含纤维和粘合至纤维并掺入基材的至少一部分中的纳米颗粒。术语“纳米颗粒”意指在至少一个轴或维度上尺寸小于1微米的任何颗粒。例如,直径或宽度小于1微米且长度大于1微米的纤维是本文所用的纳米颗粒。

[0068] 在某些实施方式中,每个单个纳米颗粒可以是尺寸在大约1纳米至大约1000纳米范围内、优选在大约1纳米至大约650纳米范围内的小颗粒。在数量尺寸分布中,至少一半颗粒的颗粒尺寸可以是100纳米或更小。大多数纳米颗粒通常仅由几百个原子组成。当纳米颗粒的尺寸接近原子尺度时,材料特性会发生变化。这是由于表面积与体积比增大,这导致材料的表面原子支配材料的性能。由于其非常小的尺寸,当与诸如粉末、板、片或更大纤维的散状物料相比时,纳米颗粒具有非常大的表面积与体积比。这一特性使得纳米颗粒拥有意想不到的光学、物理和化学特性,因为它们足够小,能够限制它们的电子并产生量子效应。

[0069] 在一些实施方式中,纳米颗粒包括具有至少一个小于1微米的尺寸(即,直径、宽度、高度等,取决于纤维的横截面形状)的纳米纤维。纳米纤维可以具有连续长度,或者纳米纤维可以具有离散长度,例如1至100000微米,优选大约100至10000微米。

[0070] 本文中所述的非织造基材可以包括相互交织、互锁或粘合在一起的单个纤维或线的结构。非织造织物可以包括通过机械、热或化学方式缠结纤维或长丝(以及通过穿孔膜)而粘合在一起的片材或幅材结构。它们可以是直接由单独的纤维或熔融塑料或塑料膜制成的基本上平坦的多孔片材。适当的非织造材料的例子包括但不限于经过熔喷、纺粘或水刺、热粘合、粘合梳理、气流成网、湿法成网、共成型、针刺、缝合、水力缠结等处理的纤维、层或幅材。

[0071] 在某些实施方式中,基材可以包含针织和/或织造材料。针织材料可以包括适合于所期望的应用的任何针织图案。适合用于过滤器应用的针织材料包括纬编、经编、针织网片、压缩针织网等。适合用于过滤应用的织造材料包括纺织过滤介质,例如单丝织物、复丝织物、尼龙网、聚酯网、聚丙烯网等。织造纺织品例如可以用于网状压滤机滤布、织造过滤垫和其他模切件、离心机过滤袋、液体过滤袋、除尘器滤袋、床式干燥机滤袋、旋转滚筒过滤器、过滤带、叶式过滤器、卷式介质等。

[0072] 在一些实施方式中,该非织造材料可以包括包含混杂或缠结的短切纤维和/或长丝的结构。如本文中所示,短切纤维指长度有限的纤维。本文中所示的长丝是指具有基本上连续长度的纤维。在一些实施方式中,基材可以包括短切粗纤维、微纤维和/或细纤维。如在此所用的“细纤维”指具有小于1微米的直径的纤维,“粗纤维”指具有大于10微米的直径的纤维,微纤维指具有小于10微米的直径的合成纤维。

[0073] 在某些实施方案中,纳米颗粒“以一定深度”分散在基材内。如本文所用,术语“以一定深度”意指纳米颗粒分散越过基材的第一表面,使得至少一些纳米颗粒被布置在基材或介质内部结构中的第一和第二相对表面之间。在某些实施方案中,纳米颗粒分散遍及从第一表面到相对的第二表面的基本上整个介质。在其他实施方案中,纳米颗粒分散在从第一表面到第一和第二表面之间的位置的一部分介质内。在一些实施方式中,纳米颗粒相对于支撑纤维在空间上呈三维分布,这能够增大非织造材料内的纤维表面积和微体积。三维分布还可以防止非织造材料的特定部分的完全堵塞,这在过滤介质中特别有用,因为它允许流体(例如空气和其它气体)穿过过滤器,从而降低了过滤器上的总压降。

[0074] 在其他实施方案中,纳米颗粒跨基材的厚度以密度梯度布置,使得布置在一个表面附近的纳米颗粒的密度高于相对的表面,或者与基材的中间部分相比,布置在表面上的纳米颗粒的密度更高。所示的密度梯度可以是基本上线性的,它可以以一系列离散阶梯的形式减小,或者梯度可以是随机的(即,密度的减小通常不是线性的或阶梯式的)。这种密度梯度为某些应用(例如过滤器)提供了许多有利的特征(如下所述)。纳米颗粒可以包括任何适当的材料,例如玻璃、生物可溶性玻璃、陶瓷材料、丙烯酸、碳、金属(例如氧化铝)、聚合物(例如尼龙、聚对苯二甲酸乙二醇酯等)、聚氯乙烯(PVC)、聚烯烃、聚缩醛、聚酯、纤维素醚、聚亚烷基硫醚、聚(亚芳基氧化物)、聚砜、改性聚砜聚合物和聚乙烯醇、聚酰胺、聚苯乙烯、聚丙烯腈、聚偏二氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚偏二氟乙烯以及它们的任何组合。

[0075] 在一些实施方案中,纳米颗粒可以制成双组分分段式饼状和海岛状。然后,将长丝拉伸至获得亚微米长丝。根据期望的长度(优选地为约100至约10000微米)切割连续长丝纳米纤维。在一些实施方式中,纳米颗粒是吸收剂和吸附剂。在一些实施方式中,纳米颗粒是活性炭纤维或活性炭粉末。在一些实施方式中,纳米颗粒是催化颗粒或催化纤维。在一些实施方式中,可以通过将亚微米纤维非织造材料进料到粉碎机或破碎机或切边机中来获得纳

米颗粒,在粉碎机或压碎机或切边机中,粘合的非织造材料进入,而短切纤维出来。例如,可以将低重量生物组分熔喷或纳米熔喷织物送入粉碎机中,从而获得亚微米纳米颗粒。

[0076] 在一些实施方式中,可以混合不同的纳米颗粒。例如,可以混合纳米纤维和纳米珠。也可以混合两种具有不同熔点的不同纳米纤维,使得较低熔点的纳米颗粒可以作为较高熔点的纳米纤维的粘合剂。也可以混合不同直径和不同长度的纳米颗粒。

[0077] 在一些实施方式中,纳米颗粒选自环境可持续的原材料。纳米颗粒可以包括生物可溶性玻璃纳米纤维、生物可降解的纳米颗粒、可堆肥的纳米颗粒或可回收的组合物。

[0078] 可以组合不同类型的纳米颗粒。一些纳米颗粒可以是功能性纳米颗粒。例如,功能纳米颗粒可以包含沉积到和/或附着到非织造材料中的纤维上的活性炭和/或抗微生物材料。这能够提高纤维的气体吸收效率和杀菌效果。此外,其中沉积有玻璃和碳纳米颗粒的微纤维的非织造制品会作为过滤介质提供过滤和除味功能。

[0079] 在一些实施方式中,纳米颗粒通过机械缠结结合到纤维上。如下文所更详细地论述的,这种机械结合可以辅以胶粘剂或粘合剂。在某些实施方式中,纳米颗粒不卷曲(即,它们不包括与松弛状态下的纳米颗粒相关的明显波浪形、弯曲、卷曲、盘绕锯齿或类似形状)。在其它实施方式中,纳米颗粒可以具有离散长度的卷曲体结构。例如,当这些具有离散长度的卷曲纳米纤维附着到纤维上时,它们彼此缠结,并且牢固地附接至纤维、附接至纤维上和附接至纤维周围,从而形成改性纤维。在其它实施方式中,纳米纤维与微米纤维的附接是通过纤维与纳米颗粒之间的静电荷吸引和/或范德华力吸引来实现的。

[0080] 还提供了过滤介质和过滤器,例如空气过滤器、面罩、燃气轮机和压缩机进气过滤器、板式过滤器等,该过滤介质和过滤器包含以一定深度分散在过滤介质中的纳米颗粒。在一些实施方式中,该过滤器包括一个或多个粘合至过滤介质的支撑层。支撑层和/或过滤介质可以包括以一定深度分散在层中的纳米颗粒。在一些实施方式中,提供了一种聚合物层、膜层或膜,该聚合物层、膜层或膜包括一个或多个用于气体或液体经其流过的孔,纳米颗粒以一定深度布置在聚合物层中。在其它实施方式中,所述非织造材料包括用于手指绷带垫、面罩等的柔性表面层。

[0081] 本文提供了用于产生非织造材料和包含非织造材料的产品(例如气体过滤器)的系统、装置和方法。还提供了用于在气体介质中隔离单个纳米颗粒的系统和方法,所述气体介质例如是空气、氦气、氮气、氧气、二氧化碳等(而不是液体),并且该纳米颗粒能够通过气流、气溶胶、蒸发器、喷雾或其它适当的输送机制分散到另一种产品、膜、层或基材中。

[0082] 虽然以下描述主要针对非织造材料和过滤介质,但应该理解,本文公开的装置和方法可以容易地适用于各种其他应用。例如,本文公开的非织造材料可以用于家用清洁产品、屋顶和地板产品、汽车内饰和车顶内衬、可重复使用的袋子、墙面覆盖物、过滤装置、绝缘材料等。此外,在本文所述的方法中隔离和生成的单个纳米颗粒可以用于各种涂层、复合材料和/或添加剂,例如,聚合物、食品包装、阻燃剂、燃料电池、电池组、电容器、纳米陶瓷、灯、材料制造、生产方法、复合材料的增强体、水泥和其他材料、医学诊断应用、医学治疗装置或疗法、组织工程(例如用于骨骼或组织修复的支架)、饮用水、工业过程流体、食品和饮料产品、药物和生物制剂、组织成像、医学治疗递送、环境应用(例如可生物降解化合物)等。可以在共同转让、共同未决的第63/328,970号、第63/328,959号、第63/328,983号、第63/328,998号、第63/329,009号、第63/329,018号、第63/329,137号、第63/329,146号、第63/

329,155号、第63/329,158号、第63/329,161和第63/329,162号美国临时专利申请中找到可结合有纳米颗粒的制品的更完整的说明,这些临时专利申请都是于2022年4月8日提交的,它们的全部公开内容出于所有目的整体并入本文。

[0083] 图1示出了包含多个纤维12和纳米颗粒14的非织造材料或基材10。基材10具有第一表面16和与第一表面16相对的第二表面18,并且在第一表面16与第二表面18之间限定了宽度或厚度。纳米颗粒14已经通过第一表面16沉积到基材中。如图所示,纳米颗粒14通过第一表面16渗透到第一表面16与第二表面18之间的一定深度的基材10中。在一些实施方式中,纳米颗粒14从第一表面渗透到第一表面16与第二表面18之间的宽度或厚度的至少25%,或者更优选穿透到厚度的至少大约50%。在其它实施方式中,纳米颗粒14基本上渗透遍及从第一表面16到第二表面18的基材10。

[0084] 纳米颗粒14优选包括在分散到基材10中之前已经被破碎、分离和彼此隔离的单个纳米颗粒(如图24B所示)。这样,纳米颗粒14不以层的形式存在于非织造产品中,并且不具有明显的纳米纤维团块或束(如图24A所示)。这使得纳米颗粒在整个基材中更分散,这在某些应用中(例如气体过滤器)提供了更高效的过滤能力以滤除污染物。此外,这使得非织造材料中的纳米颗粒在材料内具有更大的面密度(以克/平方米(gsm)计)或“添加量”。术语“添加量”在本文中用于表示材料、纤维或颗粒在材料薄层、片材或膜中的面密度(gsm)。

[0085] 在某些实施方式中,纳米颗粒可以包括大约0.1克/平方米至大约20克/平方米、优选至少大约2.0克/平方米的添加量。具体的添加量或面密度可能取决于应用。例如,申请人发现,较高的面密度或添加量会提高非织造材料滤除污染物的效率。因此,具体的纳米颗粒添加量可能取决于过滤介质的期望效率。

[0086] 图2示出了包含多个纤维12和纳米颗粒14的非织造材料或基材20。如图所示,纳米颗粒14渗透遍及从第一表面16到第二表面18的基材20的整个宽度。在某些实施方式中,纳米颗粒14基本上分散遍及基材的纤维12,如图2所示。在某些实施方式中,位于第一表面16处的纳米颗粒的密度与分散在表面16、18之间的基材20的中心部分内的纳米颗粒的密度的差异小于50%。在一些实施方式中,该差异小于25%,优选小于10%。在某些实施方式中,分散在基材20的中心部分内的单个纳米颗粒的量或数量是分散在第一表面16处或附近的单个纳米颗粒的量的至少大约50%,优选至少大约75%,更优选至少大约90%。

[0087] 在其它实施方式中,纳米颗粒14从第一表面16到第二表面18以密度梯度布置。例如,图3示出了基材30,其中纳米颗粒14形成密度梯度,布置在第一表面16附近的纳米颗粒14的密度高于第二表面18附近的纳米颗粒14的密度。在某些实施方式中,位于第一表面16处的纳米颗粒的密度与分散在第二表面18处的纳米颗粒的密度的差异大于大约75%。在一些实施方式中,该差异大于50%。在一些实施方式中,该差异大于25%。在某些实施方式中,分散在第二表面18处或附近的单个纳米颗粒的量或数量小于分散在第一表面16处或附近的单个纳米颗粒的量的大约50%,优选小于大约25%,更优选小于大约10%。

[0088] 图3所示的密度梯度从第一表面16到第二表面18基本上是线性的。可选地,纳米颗粒14的密度可以从第一表面16到第二表面18以一系列离散阶梯的形式降低,或者梯度可以是随机的(即,密度的降低通常不是线性的或阶梯式的)。

[0089] 在其它实施方式中,可以将纳米颗粒从第一表面16和第二表面18添加到基材中。在这些实施方式中,第一表面16和第二表面18处的面密度或“添加量”可以基本上彼此相

等,或者它们可以根据应用而不同。在这些实施方式中,基材中间的面密度或“添加量”低于表面16、18处的面密度或“添加量”。例如,基材中间的面密度可以是表面16、18处的面密度的大约75%,或者可以是大约50%、40%或25%。

[0090] 可以例如使用成像技术测量纳米颗粒跨非织造材料的厚度的分布。使用电子显微镜或其他技术在产品厚度中间处的产品水平截面拍摄非织造产品的放大视图,其可以与在产品的上表面或下表面拍摄的图像进行比较,或者可以比较所有三个图像,以确定沉积的纳米颗粒量的变化程度。可以采用计算机图像分析处理。例如,在图3中,可以在A-A线处截取截面,并且可以在B-B处截取截面。可以通过电子显微镜、扫描电子显微镜和其他显微镜获取每个截面的俯视图。例如,可以将截面A-A处获取的截面的俯视图与在截面B-B处获取的俯视图进行比较。可以评估和比较相同二维尺寸的样品中的微纤维数量、纳米颗粒数量或两者。此外,可以在三维样品上使用成像技术。这些技术可以用于评估纤维的取向和其他特性。这些技术可以用于确定纳米颗粒已经沉积到基材的一定深度中,已经基本上沉积在基材的大部分中,基本上在基材的整个深度中,或在基材的某部分深度中。

[0091] 所设想的基材纤维可以通过任何方法制造,包括但不限于气流成网法、喷丝头、凝胶纺丝、熔融纺丝、湿法纺丝、干法纺丝、海岛型短纤维或纺粘、分段式饼状短纤维或纺粘等。在第4,406,950号、第6,338,814号、第6,616,435号、第6,861,142号、第7,252,493号、第7,300,272号、第7,309,430号、第7,422,071号、第7,431,869号、第7,504,348号、第7,774,077号、第9,522,357号、第9,993,761号美国专利和第2009/266,759号美国专利公告中说明了这样的方法,这些文献的完整公开内容出于所有目的通过引用结合到本文中。

[0092] 所设想的纤维可以具有多种横截面形状,包括但不限于圆形、芸豆形、狗骨形、三叶形、杠铃形、领结形、星形、Y形等。这些形状和/或其它常规形状可以与实施方式结合使用,以获得期望的性能特征。基材中的纤维通过热粘合、化学粘合、相互缠结、使用粘合剂(例如胶粘剂)等保持彼此连接。

[0093] 纤维可以是人造或天然纤维。用于纤维的适当材料包括但不限于聚丙烯、聚酯(PET)、PEN聚酯、PCT聚酯、聚丙烯、PBT聚酯、共聚聚酰胺、聚乙烯、高密度聚乙烯(“HDPE”)、LLDPE、交联聚乙烯、聚碳酸酯、聚丙烯酸酯、聚丙烯腈、聚富马腈、聚苯乙烯、苯乙烯马来酸酐、聚甲基戊烯、环烯共聚物或氟化聚合物、聚四氟乙烯、全氟乙烯和六氟丙烯或与PVDF的共聚物(例如P(VDF-TrFE))或三元共聚物(例如P(VDF-TrFE-CEF))、丙烯、聚酰亚胺、聚醚酮、纤维素酯、尼龙和聚酰胺、聚甲基丙烯酸、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲醛、聚磺酸酯、丙烯酸、苯乙烯化丙烯酸、预氧化丙烯酸、氟化丙烯酸、乙酸乙烯酯、乙烯基丙烯酸、乙烯-乙酸乙烯酯、苯乙烯-丁二烯、乙烯/氯乙烯、乙酸乙烯酯共聚物、胶乳、聚酯共聚物、羧基化苯乙烯丙烯酸或乙酸乙烯酯、环氧树脂、丙烯酸类多元聚合物、酚醛树脂、聚氨酯、纤维素、苯乙烯或它们的任何组合。还考虑了其它常规纤维材料。

[0094] 纤维可以包括不同尺寸的纤维,纤维的直径通常在大约1微米至大约1000微米范围内,长度在大约1/2英寸至3英寸范围内。纤维可以被构造成梯度密度介质,其中孔径从过滤器的上表面(上游)到下表面(下游)减小,以提高捕获效率和集尘能力。这种构造还允许将不同量的纳米颗粒分散到不同深度的过滤介质中。例如,过滤介质的上游侧可以具有最大的纤维尺寸,以允许更多的空隙空间和更大密度的纳米颗粒,而过滤介质的下游侧具有较小尺寸的纤维,以提供较低密度的纳米颗粒。可选地,可以反转该结构以在过滤介质的下

游部分提供更高密度的纳米颗粒。

[0095] 介质中的纤维可以通过热粘合、化学粘合或相互缠结而保持与其它纤维的连接。可以使用双组分纤维,尤其是在机械过滤的情况下,并且这些纤维是通过从同一个喷丝头挤出两种聚合物而形成的,两种聚合物均被包含在同一长丝中。用于双组分纤维的适当材料包括但不限于聚丙烯(PP)/聚乙烯(PE)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)/聚丙烯(PP)等。

[0096] 在一些实施方案中,基材可以包含“高蓬松度”非织造材料,该非织造材料包含纺粘或热风粘合的梳理非织造纤维。如本文所用,术语“高蓬松度”是指空隙空间的体积大于总固体的体积。在热风粘合的梳理非织造纤维中,基材的蓬松度可以通过本领域技术人员已知的各种方式控制。例如,可以通过在粘合过程中向介质施加更小的压缩力来增加蓬松度。在另一个实例中,高蓬松度非织造材料可以用具有较大厚度(例如厚度大于3旦尼尔,例如5旦尼尔或更大、6旦尼尔或更大)的纤维进行生产(以下更详细地讨论)。在其他实施方案中,可以通过使用不同心的生物组分纤维来增加蓬松度,如图5C所示,并在下文更详细地讨论。

[0097] 在某些实施方案中,纤维可以包括硅基涂层,以提高过滤介质捕获污染物(特别是E2和E3颗粒组范围内的污染物)的效率。硅基涂层可以包括反应性硅粗乳液。硅乳液可以包括,例如,二甲基硅乳液、氨基型硅乳液、有机官能硅乳液、树脂型硅乳液、成膜硅乳液等。在一个实施方案中,反应性硅粗乳液包含氨基官能的聚二甲基硅氧烷和/或聚乙二醇单十三烷基醚。合适的硅涂层描述于2022年9月14日提交的共同转让的美国临时专利申请系列号63/406,686中,其完整公开内容通过引用并入本文。过滤介质可以包含电荷添加剂,以改变纤维的摩擦电荷,并增加过滤器中的摩擦电荷的稳定性和/或持续时间。这提高过滤器的总体过滤效率,而不损害过滤器的其它重要特性,例如寿命、容尘量以及通过过滤器的压降或空气流量。在于2022年9月28日提交的共同转让的第63/410,731号临时专利申请中说明了适用于摩擦充电的电荷添加剂,该临时专利申请的全部公开内容出于所有目的通过引用并入本文。

[0098] 纤维可以具有适合于应用的厚度。在一些实施方式中,纤维具有至少一个在大约1微米至大约10000微米范围内、或在大约1微米至大约1000微米范围内、或在大约10至100微米范围内的尺寸。纤维的厚度也可以按旦尼尔测量,旦尼尔是纤维的线性质量密度的测量单位。在一些实施方式中,纤维可以具有大约1旦尼尔至大约10旦尼尔的线密度。纳米颗粒是具有至少一个在大约1纳米至大约1000纳米范围内或在大约1纳米至大约100纳米范围内的尺寸的纤维。上述纤维和纳米颗粒的尺寸可以是直径或宽度,这取决于纤维或纳米颗粒的形状。

[0099] 对于气体过滤器(例如褶皱或无褶皱空气过滤器),纤维的线密度可以在大约1旦尼尔至大约10旦尼尔范围内。过滤介质可以包含具有相同或不同线密度的纤维。

[0100] 空气过滤器中的纤维通常具有大约3旦尼尔或更小的线密度,以确保纤维小到足以捕获穿过过滤器的污染物。申请人惊奇地发现,通过使用分散在过滤介质中的纳米颗粒,纤维可以具有更大的线密度,例如大于3旦尼尔。这是因为纳米颗粒提供显著的过滤能力。在某些情况下,纤维可以具有大于3旦尼尔、5旦尼尔或更大、6旦尼尔或更大、或高达7-10旦尼尔的线密度。

[0101] 申请人还发现,在一些应用中,具有比常规过滤器中使用的纤维更大的线密度(例

如大于大约3旦尼尔)的纤维在过滤介质中提供更多的开放空间或孔隙,这允许更大密度的纳米颗粒分散在其中。虽然这可能与本领域技术人员的直觉相反,但是申请人发现,将具有更大线密度的纤维掺入纳米颗粒实际上提高了过滤器的整体效率。

[0102] 在某些实施方式中,过滤介质可以包括至少两种不同的纤维厚度或线密度,以在同一个过滤介质内提供至少两个不同的过滤层。例如,在某些情况下,过滤介质的一部分会包含具有大于3旦尼尔的线密度的纤维,该线密度例如是5旦尼尔或更大,或6旦尼尔或更大。过滤介质的其它部分会包含具有3旦尼尔或更小的较标准的线密度的纤维。这种双层过滤介质产生第一过滤部分和第二过滤部分,该第一过滤部分主要利用较大厚度纤维内的具有高密度的纳米颗粒过滤污染物,该第二过滤部分主要利用具有较低线密度的纤维过滤污染物,虽然这两个部分都可以包含分散遍及纤维的纳米颗粒。在某些实施方式中,过滤介质可以包括三个或更多个单独的部分或层,每个部分内具有不同的旦尼尔纤维范围。

[0103] 图4示出了双层过滤介质,该双层过滤介质包括具有第一表面42和与第一表面相对的第二表面44的第一基材40;以及具有第一表面52和与第一表面相对的第二表面54的第二基材50。基材40的第二表面44以本领域技术人员已知的任何方式结合至第一基材的第二表面54。第一基材40包含较小线密度的纤维46,例如大约3旦尼尔或更小。第二基材50包含较大线密度的纤维56,例如大约3旦尼尔或更大,例如5旦尼尔、6旦尼尔或更大。第二基材50还包含分散遍及纤维56并与纤维56粘合和/或被第二基材50保留的单个纳米颗粒58。第一基材40可以包含或不包含纳米颗粒。

[0104] 第一基材40被配置成主要利用纤维46过滤污染物,但如前文所述,第一基材40还可以包含纳米颗粒。第二基材50被配置成利用纤维56和纳米颗粒58过滤污染物。

[0105] 在一些实施方式中,基材可以包含添加剂,例如抗菌和/或抗病毒组合物,例如银、锌、铜、有机硅、三丁基锡、含有氯、溴或氟化合物的有机化合物。

[0106] 纤维可以包括生物组分纤维,该生物组分纤维包括两种或更多种彼此粘合的不同纤维。纤维可以包含相同材料或不同材料。

[0107] 图5A-5C示出了可以与本文公开的非织造材料一起使用的生物组分纤维的不同实例。图5A示出了具有芯纤维62和周围的鞘纤维64的纤维60。在这个实施方式中,芯62基本上与鞘同心。图5B示出了具有彼此并排布置的第一纤维72和第二纤维74的生物组分纤维70。图5C示出了具有芯纤维82和鞘纤维84的生物组分纤维80。在这个实施方式中,芯82相对于鞘84的纵轴不同心,这提高生物组分纤维的总体蓬松度。当然,其它配置也是可能的。例如,芯可以包括除圆形之外的形状,例如狗骨形、正方形、三角形、菱形等。替代地,纤维可以包括多个芯,或者可以被分成三个、四个或更多个象限。

[0108] 在某些实施方式中,非织造材料(即,纤维和/或纳米颗粒)可以带静电,这例如使得污染物通过机械和静电过滤被捕获。纤维与纳米颗粒之间的粘合也可以通过对纳米颗粒、纤维或这两者进行静电充电来增强。例如,在某些实施方式中,纤维带静电,从而可以利用纳米颗粒实现机械过滤,同时可以通过驻极体基材实现静电过滤。静电或驻极体基材可以通过梳理和针刺制成的高蓬松度摩擦电过滤介质。在一个实施方式中,优选在针刺之前将纳米颗粒沉积到基材中,然后将静电纤维和纳米颗粒针刺在一起。

[0109] 可以使用摩擦电方法、电晕放电、静电纤维纺丝、水力充电、充电棒或其它已知方法对基材、纳米颗粒或这两者进行静电充电。电晕充电适合于对单聚物纤维或纤维混合物

或织物进行充电。摩擦充电可能适合于对具有不同电负性的纤维进行充电。静电纤维纺丝将聚合物的充电和纤维的纺丝结合为一步工艺。在于2022年9月28日提交的共同转让的第63/410,729号美国临时专利申请和第9,074,301号美国专利中说明了用于摩擦电充电的适当方法,这些文献的全部公开内容出于所有目的通过引用并入本文。

[0110] 可以选择相对于纤维具有不同的摩擦电特性的纳米颗粒,以便使用摩擦电效应来增强颗粒去除。利用这种方法,生成的纳米颗粒在电场中形成,并且不易受到可以缓和摩擦电效应的化学物质的污染。也可以使用具有与粗纤维的吸附特性或表面电荷特征不同的纳米颗粒,例如用于油或水过滤。这种差异可用于在过滤介质内增强或产生局部电场梯度,以增强颗粒去除。纳米颗粒和粗纤维可以具有不同的润湿特性。

[0111] 非织造材料可以包含粘合剂或粘合材料,例如胶粘剂或粘合剂,以促进纤维之间的粘合和/或纳米颗粒在基材中的保留,使得纳米颗粒能够粘附到纤维上,或者以其他方式被纤维保持在基材中,以形成稳定的基体。该粘合剂或粘合材料优选以较少的量存在,以将单个纳米颗粒粘合到整个基材的纤维上。

[0112] 粘合剂可以包含多种常规材料,包括天然材料(例如淀粉、糊精、瓜尔胶等)或者合成树脂(例如EVA、PVA、PVOH、SBR、聚乙交酯等)。在某些实施方式中,使用溶剂基胶粘剂,其中在溶剂蒸发时发生粘合。

[0113] 在一个优选实施方式中,该粘合剂或粘合材料包括糊精。在另一个实施方式中,该粘合剂包括各种物质的组合物,例如水、2-己氧基乙醇、异丙醇胺、十二烷基苯磺酸钠、氧化月桂胺和氢氧化铵。在又一个实施方式中,该粘合剂至少包括PVOH。粘合剂可以是溶液、乳液、悬浮液、热熔物、可固化物、纯物和/或它们的组合。

[0114] 在一些实施方案中,使用胶粘树脂,并且胶粘树脂可以在将胶粘剂涂覆到基材上之后进行交联。粘合性(耐水性/耐溶剂性)可以通过胶粘剂中的溶剂蒸发时的自交联或干燥过程中的热活化来促进。对于某些胶粘剂,交联可以通过高能波长的电磁辐射(包括但不限于RF、UV或电子束)实现。可以通过调节喷涂机140的喷嘴尺寸或控制胶粘组合物的流速来控制胶粘剂的量。可以使用喷嘴、浸涂或其他方法施加粘合剂。在一些实施方式中,粘合剂或粘合材料可以包含表面活性剂,以降低粘合剂的表面或界面张力,从而提高其分散和润湿性能,并使得粘合剂更容易渗透到一定深度的基材中。与本文公开的粘合剂一起使用的适当的表面活性剂包括非离子、阴离子、阳离子和两性表面活性剂,例如硬脂酸钠、4-(5-十二烷基)苯磺酸盐、十二烷基苯磺酸钠湿润剂、多库酯(二辛基磺化琥珀酸钠)、烷基醚磷酸盐、苯扎氯铵(BAC)、全氟辛烷磺酸酯(PFOS)等。

[0115] 在一些实施方式中,基材包含其自身的粘合剂组合物。在这些实施方式中,可以向基材上添加或不添加粘合剂或粘合材料。在一个这样的实施方式中,基材包含生物组分纤维,其中一个组分包括至少部分地包围芯的鞘(参见图5A和5C)。

[0116] 鞘可以包含粘合至纳米颗粒的材料。例如,鞘可以包含在加热和/或干燥时变得发粘和/或流动的材料。在加热/干燥步骤(在下文中论述)期间,纤维的鞘部分被加热到其熔点,直到其变得发粘和/或流动,以将纳米颗粒结合到基材上。在一个优选实施方式中,粘合和干燥同时进行。

[0117] 图23A是未使用粘合剂材料的其中沉积有纳米颗粒的非织造产品的放大图像。图23B是其中使用糊精和水的粘合剂材料将纳米颗粒粘附至纤维的非织造产品的放大图像。

如所示,在使用粘合剂的情况下,纳米颗粒更均匀地粘附至纤维。

[0118] 在图23A和23B的实例中,使用了具有双组分微纤维的基材,双组分微纤维的内部部分为聚酯,并且外部部分为高密度聚乙烯(“HDPE”)。图23A显示了具有双组分微纤维基材的微纤维非织造产品,其中仅在基材的表面上沉积了一层生物可溶性玻璃纳米纤维,并依靠静电力来保留纳米纤维。图23A中可以看到纳米纤维的结块,且纳米纤维的保留率很差。基材可以使用熔喷、纺粘或本文所述的其他方法产生。

[0119] 在图23B的实例中,使用了粘合剂材料。使用糊精和水的混合物喷涂基材,并将纳米颗粒施加到基材上,其中纳米纤维的均匀性更高且保留率更大。在其他实例中,可以使用本文公开的任何粘合剂材料。此外,生物可溶性玻璃的纳米颗粒已沉积到一定深度的基材中。在该实例中,双组分微纤维基材本身具有4至10的MERV等级,这可以使用本文所述的任何方法来实现。在一个实例中,由于将纳米颗粒沉积到一定深度的基材中并带有静电荷,最初MERV为8的微纤维基材已用于产生MERV为13的非织造产品。在另一个实例中,最初MERV为6的微纤维基材已用于产生MERV为15的非织造产品。基材提供在辊上,并且在辊对辊连续工艺中,如本文所述的任何工艺和方法,非织造产品可以商业规模生产。在实例中,辊对辊工艺以每分钟30英尺的速度运行。

[0120] 在某些实施方式中,本文中论述的非织造材料可以作为捕获或吸收污染物的过滤装置的一部分,例如液体过滤器、用于家用和商用空气过滤的气体过滤器、手术面罩或其它面罩等。该过滤装置可以是机械过滤器、吸附过滤器、隔离过滤器、离子交换过滤器、反渗透过滤器、表面过滤器、深度过滤器等,并且可以被设计成从空气、水等之中去除许多不同类型的污染物。

[0121] 在一个这样的实施方案中,将非织造材料掺入从空气中去除颗粒和污染物的空气过滤器中,例如HEPA过滤器(即,褶皱式机械空气过滤器)、UV滤光器、静电过滤器、可清洗过滤器、介质过滤器、玻璃纤维过滤器、褶皱式或无褶皱式空气过滤器、活性炭过滤器、袋式过滤器、V-bank紧凑型过滤器、过滤片、扁平单元过滤器、过滤筒等。非织造材料可以包含空气过滤器的过滤介质,并且可以由支撑层、稀松布层支撑,或可以被包括在其他层或材料中。申请人已发现,如本文所讨论,将纳米颗粒深度掺入到非织造材料中明显提高空气过滤器的效率,而不损害其他因素,例如通过过滤器的压降(即空气流量)。此外,这些材料增加整体容尘量,从而延长过滤器的寿命,特别是与仅或主要依靠静电效应来提高效率的过滤器相比。诸如HEPA过滤器等常规的家用的商用空气过滤器通常根据过滤器捕获大约0.3至10微米颗粒的能力来评级。这种评级被称为最低效率报告值或MERV,是由美国采暖、制冷与空调工程师协会(ASHRAE)制定的。MERV等级的范围为1-16,数值越高,表明捕集特定类型的颗粒的效率就越高。常规的机械空气过滤器通常将非织造过滤材料的MERV等级报告为8左右。

[0122] 空气过滤器通常基于它们的初始效率(即,空气过滤器在使用前的效率)以及它们随着时间和使用的效率来评级。后一种效率通常是通过调节步骤来测试的,参见ASHRAE标准52.2附录J。

[0123] 本文提供的空气过滤器具有大于大约10的初始MERV等级和小于大约0.5英寸水柱的压降。在一些情况下,初始MERV等级为大约11,压降等于或小于大约0.17英寸水柱,或者初始MERV等级为大约13,压降等于或小于大约0.36英寸水柱,或者初始MERV等级为大约14,压降等于或小于大约0.5英寸水柱。

[0124] 本文提供的气体过滤器在经过按照ASHRAE标准52.2附录J进行的调节后,其MERV等级为10或更高。在一些实施方式中,在使用ASHRAE标准52.2、ISO标准16890或行业中的任何其它可接受的标准调节气体过滤器后,MERV等级为13或更高。

[0125] 本文所论述的非织造过滤介质的MERV等级会根据许多因素而变化,包括过滤介质中所用的纤维的类型和尺寸、过滤介质中的单个纳米颗粒的密度、过滤介质的宽度、褶皱(如果有)的数量和尺寸等。可以针对非织造产品片以及形成为褶皱过滤介质的非织造产品测量MERV等级,并且每种产品的压降可以不同。同样,跨过滤介质的压降也取决于许多因素,包括上面提到的那些因素。

[0126] 影响MERV等级和压降的一个因素是基材内纳米颗粒的密度或添加量相对于基材内纤维的密度。申请人已发现,基材密度与纳米颗粒密度之间的比率越低,过滤器的MERV等级越高且压降也越高在某些实施方式中,本文中所述的过滤介质具有大约0.1克/平方米至大约20克/平方米、优选至少大约2克/平方米的纳米颗粒面密度。

[0127] 在一些情况下,纳米颗粒的密度还将取决于实际过滤介质的密度(即,粗纤维的密度)。如下文中参照下表2所更详细地论述的,大约67的密度比(基材gsm除以添加的纳米颗粒gsm)导致大约0.14英寸水柱的压降和初始MERV等级10。大约33.4的密度比使MERV等级提高到10,而仅导致压降增加到大约0.17。大约22.3的密度比使初始MERV等级提高到大约12,而压降为大约0.24英寸水柱。

[0128] 因此,过滤器的效率或MERV等级可以随着纳米颗粒添加量的增加而提高。尤其是,申请人发现,例如,添加量为至少2g/m²时,可以实现MERV等级为约10的过滤器。4或6g/m²的添加量分别提供了MERV等级为约12和13的过滤器。10g/m²或更高的添加量产生MERV等级为15或更高的过滤器。

[0129] 申请人还发现,包含具有更大厚度或线密度的纤维会导致更大的孔径,从而导致更大的孔体积,由此允许基材内的纳米颗粒的密度更高。这导致更高的MERV等级和压降(如下文中参照表2所论述)。例如,申请人已经能够用5旦尼尔的生物组分纤维制造MERV等级为14、压降为0.5英寸水柱的空气过滤器。类似地,申请人能够用5旦尼尔的生物组分纤维制造MERV等级为13且压降仅为大约0.29英寸水柱的过滤器。

[0130] 图6中显示了褶皱过滤介质90的实例。根据应用,过滤器90可以包括约0至10个褶皱/英寸。过滤介质可以安装在纸板或金属框架中,并用作易于更换的过滤产品(图7)。如所示,用本文所述的非织造材料产生气体过滤器94。如所示,过滤器94包含褶皱非织造过滤介质96和为过滤介质96提供刚性和结构的支撑层98。

[0131] 图11示出了用本文所述的非织造材料制造的气体过滤器109。气体过滤器109包括非织造基材,该非织造基材具有纤维和分散在一定深度的基材内的纳米颗粒。该基材随后被卷成圆柱形、圆锥形或其它适当的形状,并且可用于诸如燃气轮机和压缩机进气过滤器、板式过滤器等应用中。

[0132] 可以使用本文公开的非织造材料开发的其他类型的过滤器包括锥形滤筒、方形端盖滤筒、袋式过滤器、V-bank紧凑型过滤器、板式过滤器、扁平单元过滤器、褶皱或无褶皱袋式滤筒等。本文公开的非织造产品可以用于医用口罩或其他医疗应用,例如呼吸器中的滤筒。医用口罩旨在保护医护人员和/或患者免受微生物和其他物质的侵害。例如,医用口罩可以阻挡细菌(例如,其尺寸可以为约3微米)以及病毒(例如,其尺寸可以为约0.1微米)。口

罩使用多层非织造材料制成,并具有耳圈、系带或其他结构,用于将口罩贴附到人脸。可以将金属丝掺入口罩的至少上部,使得至少该部分与人脸贴合。口罩可以包括刚性聚合物结构,用于将多层非织造材料固定在人脸上。在一个实例中,口罩具有三层。外层和内层包含提供透气性的非织造材料(例如纺粘聚丙烯),但也可以使用本文提到的任何材料。中间层位于内层和外层之间,并且包含微纤维基材,其具有沉积到一定深度的基材中的纳米颗粒,以提供大于8的初始MERV,优选大于10的MERV,并且更优选为13或更大的MERV。通过口罩的压降为3至6mm水柱,为了透气,更优选为4mm水柱。期望口罩的效率为约95%。口罩的其他实例具有四层或更多层。多层非织造产品可以组合成单个口罩。

[0133] 在某些实施方案中,非织造材料可以被包括在包括孔、孔隙或穿孔的膜或层中。孔可以压印成图案(例如圆形、菱形、六边形、长方形、三角形、矩形等),然后拉伸直至在压印产生的变薄区域中形成孔。这种开孔基材可以由多种聚合物(例如聚丙烯、聚乙烯、高密度聚乙烯(“HDPE”)等)形成。聚合物层例如可以包含挤出膜。开孔膜可以商购获得,并以Delnet®商标销售。基材以辊状物的形式提供,并且纳米纤维以辊对辊工艺沉积到基材中。图10A-10E示出了使用本文所述的方法形成的开孔膜的实例。在其它实施方式中,气体过滤器包括过滤介质和粘合至过滤介质的基本上刚性的支撑层。该支撑层包含纤维和分散在该层内一定深度的单个纳米颗粒。纳米颗粒被配置成对穿过支撑层的污染物进行过滤。

[0134] 参考图8,复合过滤器构件814包括内部过滤基材812和一个或多个过滤支撑构件或膜层810。支撑构件810可以由聚合物的挤出片材形成,例如聚丙烯膜、高密度聚乙烯膜、聚乳酸膜或热塑性聚合物材料,例如可挤出氟塑料材料,在实施方案中,由共聚单体四氟乙烯和全氟烷基乙烯基醚制成的全氟烷氧基烷烃(PFA)共聚物。然而,可以使用其他聚合物材料,例如氟塑料,例如乙烯三氟氯乙烯(ECTFE)、乙烯四氟乙烯(ETFE)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。

[0135] 在某些实施方案中,支撑膜层810包含分散在膜层810内一定深度的单个纳米颗粒,如上所述。纳米颗粒允许支撑膜层过滤穿过过滤膜层814的至少一些污染物,即,除了内部过滤基材812提供的过滤之外。在其他实施方案中,过滤基材812和/或支撑膜层810包括此类纳米颗粒。氟塑料材料(例如PFA)非常适合用于清洁半导体部件的过滤器、以及需要极度清洁性和最大限度地降低污染的可能性的其它环境。这种支撑膜被设计成既引导待过滤的流体沿其表面流动,又引导流体通过该结构进入下面的过滤器基材,以从滤液中除去不需要的颗粒。

[0136] 如图9A和9B所示,支撑膜层810可以包括多个孔828。孔的形状优选是圆形的,但可以认识到其他形状也是可行的,例如正方形、矩形、三角形等。可以将基材卷绕成辊状物,然后退绕并引导通过冲压机,以在Z方向上形成期望的预定图案的孔828(图9A)。可选地,在设置之后,可以连续操作引导片材通过冲压机,以在其中形成预定图案的孔828。

[0137] 参考图9B,在开孔之后,过滤支撑构件可以沿机器方向拉伸,如双箭头940所示,以拉长孔828,用于为待被过滤介质或基材812过滤的流体的通过提供更大的开放面积。

[0138] 在可选的实施方案中,支撑膜层810可以是多孔的(即,不是具有孔828,或者除了具有孔828之外)。在该实施方案中,另外的流体流动可以通过基本上多孔的支撑膜层来实现。在示例性实施方案中,支撑膜层的孔隙率值为至少0.5或50%,优选至少0.8或80%,并且更优选约0.86或86%。孔隙率值定义为材料总体积的非固体或孔体积分数。这种复合过

滤介质的更完整描述可见于PCT申请系列号US2020/040941,其完整公开内容通过引用以其全文并入本文以用于所有目的。

[0139] 本过滤器的支撑膜层可以通过本领域普通技术人员已知的任何方法制备。在图9A和9B所示的一个实例中,支撑膜层包括肋状物。例如,可以通过将聚合物材料挤出以形成片材,然后将片材穿过由相对辊提供的辊隙区域来制成支撑膜层;至少一个辊具有带沉头槽的外表面。一个辊中的沉头槽与另一个辊的外表面或沉头槽在辊隙区域中对齐,以形成肋状片材,该肋状片材具有从片材的至少一个表面直立的肋状物。可选地,肋状物可以在挤出工艺或已知的压花方法中形成。一旦肋状物形成,支撑膜层就可以卷绕成辊状物,随后退绕并引导通过压机以在其Z方向上形成期望的预定图案的孔。可选地,在设置之后,可以连续操作引导支撑膜层通过冲压机,以在其中形成预定图案的孔,如图9A所示。任选地,支撑膜层可以沿机器方向拉伸(图9B中用双箭头表示),以拉长孔,用于为待通过例如过滤层或基材过滤的流体的通过提供更大的开放面积。

[0140] 图12示意性地描绘了用于生产上述非织造材料和其他产品的整体系统110。如所示,系统110包含进料器120,用于在生产过程中推进非织造纤维或其他材料的基材130。系统100还包括涂布机140、纤维化系统150和加热和/或干燥装置160。在某些实施方案中,系统100还包括位于基材130下方的真空或其他负压源170,其与纤维化系统150相对。

[0141] 在一个实施方案中,进料器120包含位于工艺下游端的卷绕机122和位于上游端的退绕机124,其连续地卷绕通过系统100的基材130。在某些实施方案中,进料器120可以还包含在卷绕机之间延伸的支撑表面(未示出),用于在基材130向下游移动通过系统100时对其进行支撑。在其他实施方案中,基材直接从退绕机124退绕到卷绕机122,而无需另一个支撑表面。

[0142] 涂布机140被配置成将粘合剂或粘合材料(例如胶粘剂或粘结物)的液滴喷射到基材130上,使得纳米颗粒可以粘附到基材130内的纤维以形成稳定的基体。粘合剂优选以相对较小的量存在,以将单个纳米颗粒粘合至整个基材130的纤维。在优选的实施方案中,涂布机140包含喷嘴,该喷嘴的尺寸用于生成直径为约20至30微米的胶粘剂液滴,以增加胶粘剂通过基材130的渗透深度。当然,液滴尺寸可能受许多其他参数的影响,包括气压、空气量、空气温度、湿度、喷雾喇叭设计、胶粘剂的流变性/粘度、载体等。

[0143] 当然,应认识到,用粘合剂或粘合材料涂覆基材可以用其他涂覆方法实现,这些方法包括超声波喷涂、浸涂、旋涂、凹版涂覆、舔液辊(kiss roll)涂覆、丝网涂覆、粉末涂覆、静电、溅射涂覆或类似的涂覆技术。如上文所述,该粘合剂可以包含多种常规材料,包括天然材料(例如淀粉、糊精、瓜尔胶等)或者合成树脂(例如EVA、PVA、PVOH、SBR等)。在某些实施方式中,使用溶剂基粘合剂,其中在溶剂蒸发时发生粘合。

[0144] 在一个优选实施方式中,该粘合剂包括糊精。在另一个实施方式中,该粘合剂包括各种物质的组合物,例如水、2-己氧基乙醇、异丙醇胺、十二烷基苯磺酸钠、氧化月桂胺和氢氧化铵。在又一个实施方式中,该粘合剂包括PVOH。粘合剂可以是溶液、乳液、悬浮液、热熔物、可固化物、纯物和/或它们的组合。

[0145] 在一些实施方案中,使用胶粘树脂,并且胶粘树脂可以在将胶粘剂涂覆到基材130上之后进行交联。粘合性(耐水性/耐溶剂性)可以通过胶粘剂中的溶剂蒸发时的自交联或干燥过程中的热活化来促进。对于某些胶粘剂,交联可以通过高能波长的电磁辐射(包括

但不限于RF、UV或电子束)实现。可以通过调节喷涂机140的喷嘴尺寸或控制胶粘组合物的流速来控制胶粘剂的量。在一些实施方式中,粘合剂可以包含表面活性剂,以降低粘合剂的表面或界面张力,从而提高其分散和润湿性能,并使得粘合剂更容易渗透到一定深度的基材中。与本文公开的粘合剂一起使用的适当的表面活性剂包括非离子、阴离子、阳离子和两性表面活性剂,例如硬脂酸钠、4-(5-十二烷基)苯磺酸盐、十二烷基苯磺酸钠湿润剂、多库酯(二辛基磺化琥珀酸钠)、烷基醚磷酸酯、苯扎氯铵(BAC)、全氟辛烷磺酸酯(PFOS)等。

[0146] 在一些实施方案中,喷涂机140位于纤维化系统150的上游,以便在沉积纳米颗粒之前喷涂粘合剂。在其他实施方案中,喷涂机140位于纤维化系统150的下游,以便在沉积纳米颗粒之后喷涂粘合剂。在其他实施方案中,系统100包括两个喷涂层;一个位于纤维化系统150的上游,并且第二个喷涂机(未示出)位于纤维化系统150的下游,以在沉积纳米颗粒之后用第二粘合剂涂覆基材130。

[0147] 在一些实施方案中,每个喷涂机140具有多于一个喷嘴头。例如,喷嘴头可以串联布置,以获得更好的均匀性或增加纤维喷涂宽度。可选地,喷嘴头可以平行(即跨基材的宽度)放置,以确保粘合剂涂覆在基材的整个宽度上。

[0148] 在优选的实施方案中,负压源或真空源(未示出)布置在基材130下方,与喷涂机140相对,以增加粘合剂的渗透深度和均匀性。负压源可以是将粘合剂抽吸通过基材的任何合适的抽吸装置,例如抽吸泵等。

[0149] 在一些实施方式中,基材包含其自身的粘合剂组合物。在这些实施方式中,可以向基材上添加或不添加粘合剂。在一个这样的实施方式中,基材包含生物组分纤维600,其中一个组分包括至少部分地包围芯62的鞘64。在某些实施方式中,鞘64和芯62可以基本上彼此同心(图5A)。在其它实施方式中,芯84可以与鞘82不同心(图5C)。在其它实施方式中,芯72和鞘74可以彼此并排布置(图5B)。当然,其它配置也是可能的。例如,芯184可以包括除圆形之外的形状,例如狗骨形、正方形、三角形、菱形等。可选地,纤维180可以包括多个芯,或者可以被分成三个、四个或更多个象限。

[0150] 鞘64可以包含粘合至纳米颗粒的材料。例如,鞘64可以包含在加热和/或干燥时变得发粘和/或流动的材料。在加热/干燥步骤期间,纤维的鞘64部分被加热到其熔点,直到其变得发粘和/或流动,以将纳米颗粒粘合到基材上。在一个优选实施方式中,粘合和干燥在干燥装置160内同时进行。

[0151] 图13示意性地示出了用于将纳米纤维组转化成单个纳米颗粒的纤维化系统150。如本文中所示,术语“纤维化”指将可能相互缠结或不相互缠结的纳米颗粒簇、团块或其它组转化(例如打开、分离、隔离和/或单独化)成具有至少一个小于1微米的尺寸的单纳米颗粒。图14A-14C示出了缠结的大纳米纤维簇(图14A)、缠结的小纳米纤维簇(图14B)和单个纳米颗粒(图14C)的实例。

[0152] 如图所示,纤维化系统150包括进料器200,例如料斗,该进料器用于将较大或大的纳米颗粒簇/块(参见图14A)引入系统150中。进料器200可以包括本领域技术人员已知的任何适当的料斗装置,并且优选被配置成以特定的速率将大颗粒簇引入工艺中,该速率取决于下游的纤维化速率。可以以特定的速率连续引入纳米颗粒,或者以特定的速率间隔引入纳米颗粒。可以在将大纳米颗粒簇引入进料器200之前将其打散。

[0153] 应认识到,可以以许多不同的形式将纳米颗粒引入纤维化装置150中。例如,可以

将原纳米纤维制造为长分离纤维。在这种形式中,可以切割纳米纤维以获得期望的长径比。

[0154] 系统150还包括分离器210,例如共混器等,用于将大纳米颗粒簇/团块分离或分解成较小的纳米颗粒簇/团块(参见图14B)。进料器200通过任何机械手段以稳定的连续状态将纳米纤维传送到分离器210中。传送速度会取决于多种因素,例如基材130沿着进料器120行进的速度、纳米颗粒的纤维化速率等。通过控制落入分离器210中的纳米颗粒量,能够控制分散到基材中的纳米颗粒量,从而实现连续生产工艺。

[0155] 在一个实施方案中,分离器210包括壳体212,壳体212具有与进料器200耦合的第一开口214和与下游工艺耦合的第二开口216。第二开口216的尺寸优选仅允许具有一定尺寸的纳米纤维簇通过。分离器210可以包括多个可旋转叶片(未示出),这些叶片设计成围绕壳体212内的垂直轴旋转以分离和打开粗纳米纤维簇。叶片可以具有相同或不同的螺距和拱度,以允许缠结的纤维在从第一开口214到第二开口216时依次分解或“打开”。纤维化系统150还包括从分离器210延伸到喷嘴220的整个系统的气流(以下将更详细地讨论)。气流(连同以下讨论的一系列泵)提供使纳米纤维移动通过系统150的动力。在一个实施方案中,气流由配置成向系统供应压缩空气的空气压缩机230产生,但应认识到可以使用其他形式的气体将纳米纤维传送通过系统150。系统150包括一个或多个泵,用于在整个系统中移动纳米纤维簇并最终移动单个纳米颗粒。泵可以包括任何合适的泵,例如正排量泵、离心泵、轴流泵等。在一个实施方案中,第一泵240包括与空气压缩机230通过第一通道242流体耦合的第一入口和与分离器210通过第二通道244流体耦合的第二入口。压缩空气被吸入第一泵240,这产生负压(例如,真空)以将纳米纤维簇从分离器210吸入泵中(以下将更详细地讨论)。系统150可以还包括第二泵250和第三泵260,其各自流体耦合到第一泵240的出口。类似地,第二泵250和第三泵260产生负压,将纳米纤维簇拉过第三通道252。

[0156] 在某些实施方案中,泵240包括喷射器300。如图15所示,喷射器300各自包含动力流体入口302和纳米纤维入口304,其通过流体通道308耦合到出口306。流体通道308包括会聚入口喷嘴310、扩散器喉管312和发散出口扩散器314。高压低速空气被转换成低压高速空气,从而产生抽吸所需的压力差。基于文丘里效应和伯努利原理,主要流体介质(例如压缩空气)用于产生真空以将纳米纤维吸入喷射器300并通过出口306排出。喷射器300的直径取决于压缩空气的体积流速、吸力要求、压降和压缩空气的流体压力。

[0157] 回顾图13,第三通道252包括将第三通道252分成两个独立通道的接头254,每个通道通向第二泵250和第三泵260。接头254优选包括基本上垂直于第三通道252布置的表面或壁,以形成T形交叉点。该表面可以是任何阻碍纳米纤维流过通道的表面,例如连接点处的通道内壁,或其他方向变化的内壁,例如曲面、垂直表面等。可选地,通道可以包括布置在通道内或在流体路径中突出到通道中的壁或其他表面。在一个实施方案中,通道延伸到大致T形的接头,该接头包括从接头延伸的两个独立通道。第二喷射器被配置成以足以使至少一些纳米纤维打散的速度将纳米纤维拉入T形接头。

[0158] 当纳米纤维簇移动通过第三通道252时,它们被第二泵250和第三泵260施加的负压推向该表面或壁。纳米纤维相对于接头254的速度产生具有足够动能的碰撞,以使至少一些纳米纤维簇破碎成较小的纳米纤维簇和/或具有至少一个小于1微米的尺寸的单个纳米颗粒。

[0159] 为了产生破碎纳米纤维簇所需的动能,空气以大约500英尺/分钟(fpm)至大约

10000英尺/分钟、优选大约2000fpm至大约6000fpm的速度在系统150中推进。系统150包括足够量的吸入压力,优选至少大约20psi。该吸入压力在整个系统中产生至少大约100psi的总压力。

[0160] 在某些实施方式中,系统150还包括将第二泵250和第三泵260的出口与反应器270耦合的第四流体通道262和第五流体通道264。如图16所示,反应器270包括顶面272、底面274和从顶面272延伸到底面274的内部环形室276。反应器270还包括中心管275,该中心管具有开放的上部入口278和出口280。反应器270还可以包括一个或多个上部出口282。反应器270可以耦合至被配置成在环形室276内产生涡旋气体的涡流的能量源(未示出)。该能量源可以包括任何适当的能量源,例如泵、压缩机、发电机等。涡旋气体优选围绕中心管275从反应器270的底部到顶部流动,以使纳米纤维簇和单个纳米颗粒从底面275向上移动到顶面272。

[0161] 在另一个实施方案中,涡流的产生无需单独的能量源。在该实施方案中,纳米纤维簇290和单个纳米颗粒292通过底部入口284、285、286、287进入反应器270。入口284、285、286、287向上倾斜,以便于纳米纤维和纳米颗粒围绕中心管275移动。在一个优选实施方式中,入口284、285、286、287中的至少一个或更多个是倾斜的,使得纳米纤维和纳米颗粒进入反应器270时与中心管275基本上相切。一旦纳米纤维和纳米颗粒进入环形室276,其速度矢量(速度和方向)在反应器270内产生涡流,使它们围绕中心管275涡旋并向上到达环形室276的上部。涡旋气体优选围绕中心管275从反应器270的底部流动到顶部,以使纳米纤维簇和单个纳米颗粒从底面275向上移动到顶面272。纳米纤维290和纳米颗粒292不受任何干扰地从反应器底部吹向顶部。室276内的涡流可以在纳米纤维簇290穿过反应器270时进一步分解(例如,打开、分离和/或单独化)纳米纤维簇290。

[0162] 在一些实施方案中,反应器270还可以与能量源(未示出)耦合,该能量源被配置成在环形室276内产生涡旋气体的涡流。能量源可以包含任何合适的能量源,例如泵、压缩机、发电机等。系统100还可以包括耦合至上部出口282的另一个泵或负压源(例如参见图17)。该负压将纤维从出口282抽出,使得纤维290离开反应器270。由于单个纳米颗粒292明显轻于仍聚集在一起的缠结纳米纤维290,因此这些单个纳米颗粒292被吸入中心管275的上部入口278中。同时,尚未分解的较大且较重的纳米纤维簇290从上部出口284抽出。上部出口284可以耦合到其他泵(未示出),或耦合到第一泵240。以这种方式,纳米纤维簇290被再次送入该过程进行进一步分解,从而形成再进料系统以进一步分解剩余的纳米纤维簇。

[0163] 中心管275的出口280耦合到喷嘴220(见图13)。单个纳米颗粒292被吸入喷嘴220,其中它们被分散到基材表面上或纤维流中(以下讨论)。喷嘴220可以包含本领域技术人员已知的任何合适的喷嘴。在一个实施方案中,喷嘴220具有多个出口,这些出口的外部尺寸根据通过喷嘴220下方的基材的尺寸(即面积)定制。喷嘴220将以由整个系统的压力驱动的速率将纳米颗粒分散到基材上。在某些实施方案中,系统100包含耦合到反应器270的出口280的超过一个喷嘴。喷嘴可以以任何合适的形式(例如并排、串联、并联等)排列在基材上。应认识到,泵240或泵250、260可以直接将纳米纤维/空气混物流体输送到喷嘴220中(即,绕过反应器270)。在这个实施方式中,系统内的压力被设计成产生足够的动能以将基本上所有的纳米纤维分解或打开成单个纳米颗粒,从而不需要反应器270将纳米颗粒从较大纤维簇中分离出来。

[0164] 现参考图17,现在将描述纤维化系统320的另一个实施方案。如所示,纤维化系统320包括分离器325,用于将通过系统320的较大或大的纳米纤维簇分离成较小的纳米纤维簇。第一喷射器326耦合到分离器325的出口,用于将纳米纤维从分离器325吸入系统320。空气压缩机(未示出)也耦合到喷射器326以提供动力流体,如上所述。与前面的实施方式类似,第二喷射器330和第三喷射器340耦合到第一喷射器326的出口。纳米纤维从第一喷射器326抽出并被推向T形交叉点350的表面,以将至少一些纳米纤维分解成较小的簇或单个纳米颗粒。

[0165] 第二喷射器330和第三喷射器340中的每一个都具有耦合到另外的T形交叉点360、370的出口。与之前一样,纳米纤维被推向T形交叉点360、370的表面以进一步使其分解。T形交叉点360、370各自耦合到进入反应器底部380的两个流体通道。因此,反应器的底部380具有四个单独的入口382、384、386、388,用于纳米纤维的通过。这些入口中的每一个优选地向上倾斜并位于反应器的相对角落。这允许纳米纤维进入反应器的涡流,然后涡旋向上到反应器的上部390。

[0166] 如前面参照图16所述的,反应器包括具有中心管的环形室,该中心管具有开放的上端和耦合至喷嘴的下端。已经充分分解成单个纳米颗粒的纳米纤维流过该开口上端并进入中心管,用于通过喷嘴分散。尚未分解的较重纳米颗粒簇通过四个独立出口392、394、396、398中的一个离开反应器。喷射器410、420提供从反应器400中抽出纳米纤维的动力,如上所述。出口392、394各自通过T形交叉点412耦合到喷射器410,并且出口396、398各自通过T形交叉点422耦合到喷射器420。在这种情况下,纳米纤维在通过交叉点412、422时从两个通道流入一个通道。

[0167] 喷射器410、420各自与T形交叉点430、440耦合。如前所述,纳米纤维被推入T形交叉点430、440以进一步将其分解成单个纳米颗粒。然后,T形交叉点430、440各自与反应器400的底部380耦合(通过入口432、434、442、444)。这允许纳米纤维返回到反应器400进行进一步处理。对每个纳米纤维簇连续进行该过程,直至其完全分解成纳米颗粒并通过中心管进入喷嘴。作为最后一步,将单独化的纳米纤维从喷嘴喷涂到任何基材上或与任何纤维纺丝流混合。在该过程中,吸力高达20psi,压力高达100psi。

[0168] 在某些实施方案中,纤维化系统150可以包括单独的控制系統,该控制系统监测纳米纤维以确定它们何时分解成适合通过喷嘴的单个纳米颗粒。控制系统可以例如简单地监测整个系统的压力,以确保对纳米纤维施加足够的压力以将其分解成纳米颗粒。可选地,该控制系统可以包括通过系统布置的各种不同的传感器,以检测纳米颗粒的特性,例如重量或尺寸。传感器可以布置在例如反应器400内,使得控制系统可以控制反应器400的各种参数,例如施加到出口392、394、396、398的负压、通过环形室的涡流的速度、或施加到中心管的将纳米颗粒吸入喷嘴的压力。图18示出了用于生产多层非织造材料的系统500的另一个实施方案。如所示,系统500包含第一和第二退绕机502、504以及单个卷绕机506,卷绕机506用于卷绕在系统500下游的第一和第二基材510、512。如同先前的实施方案,系统500可以还包含用于每个基材510、512的支撑表面(未示出)。第一和第二退绕机502、504用于将第一和第二基材510、512推进到工艺中,其中它们被连接在一起,然后卷绕到单个卷绕机506上,如下所述。系统500包括第一喷涂机520和第二喷涂机522,其各自位于第一退绕机502和第二退绕机504的下游,用于将粘合剂施加到第一基材510和第二基材512上。系统500还包括第

一纤维化系统/装置530和第二纤维化系统/装置532,它们位于每个喷枪520、522的下游。如前所讨论,纤维化装置530、532生成单个纳米颗粒并将这些纳米颗粒分散到基材510、512上。在将纳米颗粒分散到基材510、512中后,两个基材在连接点540处连接在一起,这样它们一起向下游推进。两个基材可以在该点相互粘合,或者可以简单地将它们一个放在另一个上面。

[0169] 系统500还包括加热器/干燥装置,例如IR烤箱550,位于两个基材的连接点540的下游。加热/干燥装置加热并干燥两个基材,使它们相互粘合,并将纳米颗粒粘合至基材内的纤维。基材可以例如相互层压在一起。

[0170] 在某些实施方案中,纳米颗粒分散到两个基材510、512中。在一个这样的实施方案中,系统500被设计成使得纳米颗粒通过每个基材的第一表面进行分散。然后,可以将基材连接在一起,使得第一表面彼此面对。可选地,第一表面可以彼此背对(即,在每个基材的第二相对表面处连接基材)。在又一个实施方案中,第一基材的第一表面连接到第二基材的第二表面。

[0171] 图19示出了过滤产品700,包括非织造材料的过滤介质710,包括纤维722和分散在过滤介质710的至少一部分中的纳米颗粒720。如所示,过滤介质710具有第一上表面712和第二下表面714。纳米颗粒已通过上表面712进行分散,使得它们延伸越过上表面712并进入一定深度的过滤介质710中,如上所述。过滤产品700还包括支撑层730,其可以是本领域中已知的任何合适的支撑层,例如为过滤介质710提供支撑的基本上刚性的聚合物,或具有多个孔以供气体或流体通过的开孔膜(如上所述)。

[0172] 图20示出了另一种过滤产品740,其包括非织造材料的过滤介质710,包括纤维722和分散在过滤介质710的一部分中的纳米颗粒720。在该实施方案中,产品740包括粘合至支撑层730的稀松布层750。

[0173] 图21示出了双层过滤产品760,其包括彼此粘合的第一和第二过滤介质762、764。如所示,纳米颗粒720已分散在每个过滤介质762、764的一定深度中。在该实施方案中,纳米颗粒720已通过过滤介质762、764的内表面766、768进行分散。在另一个实施方案中(未示出),纳米颗粒通过过滤介质762、764的外表面770、772进行分散。在又一个实施方案中,纳米颗粒720可以沉积在介质762的内表面766和介质764的外表面772上。

[0174] 在另一个方面,用于制造非织造材料的系统包括用于产生一个或更多个纤维流的第一装置和用于在气体介质内隔离纳米颗粒的第二装置。该第二装置将纳米颗粒分散到流中,并将该流进料至纤维流以形成非织造材料。所述系统还可以包括分散装置,例如喷嘴,该分散装置耦合至第二装置,并被配置成将纳米颗粒基本上均匀地进料至纤维流中。所述纤维流可以用本领域已知的任何适当机制产生,例如熔喷、纺粘或水刺、热粘合、梳理、气流成网、湿法成网、挤出、共成型、针刺、缝合、水力缠结等。

[0175] 在一个实例中,该系统可以包括纺粘生产线,其中通过对熔融聚合物进行纺丝和拉伸熔融长丝而形成长丝。将长丝的纤维束分离和摊开,然后在网上分层以形成幅材。纤维通过热粘合和压花以片材的形式粘合。第一流630可以例如在细化区(attenuation zone)之前或在粘合(固结)过程之前引入。

[0176] 在另一个实施方案中,该系统可以包含两个彼此串联布置的梳理机。第一流630可以在第一梳理生产线之后且第二梳理生产线之前的任何点引入,使得纳米颗粒夹在两个梳

理纤维幅材之间。之后,所有纤维(包括纳米颗粒)在热风粘合炉中粘合在一起(纳米颗粒被热互锁)。

[0177] 图22示出了用于生成一个或多个纤维流的另一种实施方案。在该实施方案中,纳米颗粒在两个熔喷模具之间进行分散,在熔喷模具中熔融的聚合物被推过小孔以制成纤维。当纳米颗粒在纤维仍发粘的情况下与纤维相遇时,它们与纤维机械缠结并热粘合至纤维。因此,在一些实施方案中,不需要另外的粘合过程。

[0178] 如图22所示,用于形成纤维状非织造结构的设备600包含与上述系统和装置之一类似的纤维化系统610。纤维化系统610包括喷嘴620或类似装置,用于将单个纳米颗粒分散到第一流630中。设备600还包括用于生成一个或多个纤维流的系统,这些纤维流将与单个纳米颗粒流630合并。该系统可以包括本领域中任何已知的系统,例如纺粘、梳理、挤出等。

[0179] 在另一个实施方式中,所述设备包括耦合至第一挤出机650和第二挤出机652的第一进料器和第二进料器,例如料斗640、642。例如,每个挤出机可以包括由常规驱动电动机(未示出)驱动的挤出螺杆(未示出)。当聚合物前进通过挤出机650、652时,由于驱动电动机使挤出螺杆旋转,因此聚合物逐渐被加热至熔融状态。将热塑性聚合物加热至熔融状态可以在多个不离散步骤中完成,当其通过挤出机650、652的离散加热区分别向两个熔喷模具660、662前进时,其温度逐渐升高。熔喷模具660、662可以是另一个加热区,其中热塑性树脂的温度保持在较高水平以进行挤出。

[0180] 每个熔喷模具660、662被配置成使得每个模具的两股细化气流汇聚从而形成单股气流,当熔融的线状物从熔喷模具中的小孔或孔口672中流出时,这股气流夹带并细化熔融的线状物。熔融的线状物20被细化成纤维,或者根据细化的程度,被细化成微纤维,其直径较小,通常小于孔口672的直径。因此,每个熔喷模具660、662具有相应的单股主气流680、690,其含有夹带和细化的聚合物纤维。

[0181] 含有聚合物纤维的主气流680、690对齐以汇聚在形成区700处。此外,在形成区30处,将单个纳米颗粒的第一流630添加到热塑性聚合物纤维或微纤维的两个主气流680、690中。将单个纳米颗粒引入纤维的两个主气流680、690中旨在在合并的纤维主气流680、690中产生次级纤维状材料32的分布。这可以通过将单个纳米纤维的第一流630合并两个主气流680、690之间来实现,使得所有三股气流以受控方式汇聚。

[0182] 在第6,972,104号、第US8017534号和第US7772456号美国专利以及第US20200216979A1号美国专利申请中更详细地论述了可用于制造非织造材料的适当熔喷模具的实例,这些文献的全部公开内容通过引用整体并入本文。

[0183] 实施方式1是一种过滤介质,该过滤介质包括基材,该基材包含纤维;在该基材内布置有纳米颗粒,其中所述纳米颗粒具有至少一个小于1微米的尺寸;并且其中所述纤维或所述纳米颗粒中的至少一种带静电。

[0184] 实施方式2是实施方式1的过滤介质,其中所述纤维带静电。

[0185] 实施方式3是实施方式1至2中任一项的过滤介质,其中所述纳米颗粒带静电。在本文中公开的任何实施方式中,所述基材、所述纳米颗粒或这两者带静电。

[0186] 实施方式4是实施方式1至3中任一项的过滤介质,其中所述基材包含摩擦电过滤介质。实施方式5是实施方式1至4中任一项的过滤介质,其中所述纤维是电晕充电的。实施方式6是实施方式1至5中任一项的过滤介质,其中所述基材是摩擦电过滤介质,并且其中所

述摩擦电过滤介质是通过梳理和针刺形成的。实施方式7是实施方式6的过滤介质,其中所述纳米颗粒和所述纤维被针刺在一起。

[0187] 实施方式8是实施方式1至7中任一项的过滤介质,其中所述基材包含纺粘带电介质。实施方式9是实施方式1至8中任一项的过滤介质,其中所述基材包含熔喷带电介质。

[0188] 实施方式10是实施方式1至9中任一项的过滤介质,其中所述基材包含网状材料。在本文中公开的任何实施方式中,所述基材可以包括网、织物、针织物、非织造物或片材。

[0189] 实施方式11是实施方式1至10中任一项的过滤介质,其中所述纤维具有大约3旦尼尔或更大的线密度。实施方式12是实施方式1至11中任一项的过滤介质,其中所述纤维具有至少大约5旦尼尔的线密度。在本文中公开的任何实施方式中,所述基材的纤维可以包括两种或更多种不同尺寸的纤维。

[0190] 实施方式13是实施方式1至12中任一项的过滤介质,其中所述纤维是具有芯和鞘的生物组分纤维。

[0191] 实施方式14是实施方式1至13中任一项的过滤介质,其中所述纤维是具有芯和鞘的双组分纤维,并且其中所述芯与所述鞘不同心。

[0192] 实施方式15是实施方式1至14中任一项的过滤介质,其中至少一些纳米颗粒布置在所述基材内的第一表面到与第一表面相对的第二表面。实施方式16是实施方式1至15中任一项的过滤介质,其中所述纳米颗粒在所述基材内形成梯度,使得单个纳米颗粒的密度从第一表面到与第一表面相对的第二表面降低。实施方式17是实施方式1至15中任一项的过滤介质,其中所述纳米颗粒基本上均匀地分散遍及纤维基材。

[0193] 实施方式18是实施方式1至17中任一项的过滤介质,其中在流体中隔离纳米颗粒,并使其通过基材的第一表面进行分散。

[0194] 实施方式19是实施方式1至18中任一项的过滤介质,其中所述纳米颗粒选自碳纤维、玻璃纤维、聚丙烯纤维、尼龙纤维、聚交酯纤维以及它们的组合所组成的组。

[0195] 实施方式20是实施方式1至19中任一项的过滤介质,还包含在纤维材料内的粘合剂,其将纳米颗粒粘合至纤维。实施方式21是实施方式1至19中任一项的过滤介质,还包含粘合剂,并且其中该粘合剂包含选自淀粉、糊精、瓜尔胶、PVOH和合成树脂所组成的组的材料。实施方式22是实施方式1至19中任一项的过滤介质,其中所述纤维包含将纳米颗粒粘合至纤维的粘合剂组合物。

[0196] 实施方式23是空气过滤产品,其包含实施方式1至22中任一项的过滤介质。

[0197] 实施方式24是一种过滤介质,该过滤介质包括基材,该基材包含纤维和纳米颗粒,其中所述基材以机械方式过滤污染物;并且其中所述基材以静电方式过滤污染物。

[0198] 实施方式25是实施方式24的过滤介质,其中所述纳米颗粒以机械方式过滤污染物。实施方式26是实施方式24至25中任一项的过滤介质,其中所述纤维带静电。

[0199] 实施方式27是实施方式24至26中任一项的过滤介质,其中所述基材包含摩擦电过滤介质。

[0200] 实施方式28是实施方式24至27中任一项的过滤介质,其中所述基材是摩擦电过滤介质,并且其中所述摩擦电过滤介质是通过梳理和针刺形成的。实施方式29是实施方式24至28中任一项的过滤介质,其中所述纳米颗粒和所述纤维被针刺在一起。

[0201] 实施方式30是实施方式24至29中任一项的过滤介质,其中所述基材包含纺粘带电

介质。实施方式31是实施方式24至30中任一项的过滤介质,其中所述基材包含熔喷带电介质。

[0202] 实施方式32是实施方式24至31中任一项的过滤介质,其中所述基材包含网状材料。在本文中公开的任何实施方式中,所述基材可以是网、织物、针织物、非织造物或片材。

[0203] 实施方式33是一种空气过滤产品,其包含实施方式24至32中任一项的过滤介质的。

[0204] 实施方式34是一种用于制造过滤介质的方法,该方法包括提供包含纤维的基材;对纤维进行静电充电;以及将纳米颗粒分散到基材中。

[0205] 实施方式35是实施方式34的方法,还包括对纤维进行电晕充电。实施方式36是实施方式34的方法,还包括使纤维摩擦充电。实施方式37是实施方式34的方法,还包括对纤维进行静电纤维纺丝。实施方式38是实施方式34的方法,还包括将纤维和纳米颗粒针刺在一起。实施方式39是实施方式34的方法,还包括对纤维进行梳理。

[0206] 实施方式40是实施方式34至39中任一项的方法,还包括对纤维进行纺粘。实施方式41是实施方式34至40中任一项的方法,还包括对纤维进行熔喷。

[0207] 实施方式42是实施方式34至41中任一项的方法,还包括将纳米颗粒分散到基材的第一表面上,使得纳米颗粒至少穿透基材的第一表面。

[0208] 实施方式43是实施方式34至42中任一项的方法,还包括在流体中隔离单个纳米颗粒,其中单个纳米颗粒具有至少一个小于1微米的尺寸。

[0209] 实施例1

[0210] 以辊的形式提供双组分纤维的微纤维基材,其具有聚酯的内圆形部分和HDPE的外同心部分。在辊对辊工艺中,用胶粘剂喷涂基材,并沉积生物可溶性玻璃纤维的纳米纤维或纳米颗粒。然后,将非织造产品放入烤箱中加热,并且冷却的非织造产品收集到另一辊上。

[0211] 根据以下图12-16中描述的过程沉积纳米颗粒。在实验中,使用生物可溶性玻璃纳米纤维。纳米纤维直径为约700纳米,长度为约500微米。在以下实施例中,使用由双组分纤维制成的梳理热风粘合的非织造物作为基材:

[0212] 以110fpm过滤速度测试平板过滤介质样品。样品尺寸为12"×12"。0.3至10微米范围内的NaCl盐颗粒被用作污染物。

[0213] 实施例2

[0214] 使用由3旦PET/PE双组分纤维制成的梳理非织造物作为基材。使用包含水、2-己氧基乙醇、异丙醇胺、十二烷基苯磺酸钠、月桂胺氧化物、氢氧化铵的组合物作为粘合剂。通过调节线速度来控制不同的纳米纤维添加量。

[0215] 表1

样品	gsm	纳米颗粒添加量, gsm	压降, 英寸水柱	颗粒组			MERV 等级
				E1	E2	E3	
基材	54.9		0.07	0	17	58	7
A1	55.7	0.82	0.14	23	62	94	10
A2	56.5	1.64	0.17	32	73	97	11
A3	57.4	2.46	0.24	47	86	98	12

[0217] 此实施例表明,通过控制纳米颗粒的添加量, MERV等级从MERV 7提高到MERV 13。

[0218] 实施例3

[0219] 使用具有5旦双组分纤维的高蓬松热风粘合梳理非织造物作为基材。在纳米纤维沉积之前,稀释并喷涂典型的淀粉粘合剂。随着溶剂蒸发和在IR加热器下干燥,淀粉充分粘合纳米纤维。

[0220] 表2

样品	压降, 英寸水柱	颗粒组			MERV 等级
		E1	E2	E3	
B1	0.1	24%	58%	88%	10
B2	0.17	34%	71%	90%	11
B3	0.26	47%	85%	98%	12
B4	0.29	59%	91%	99%	13
B5	0.5	76%	97%	100%	14

[0222] 实施例4

[0223] 使用纺粘或熔喷介质作为基材,其中纳米颗粒在IPA排放后被掺入基材中,如本文所述。纺粘纤维由熔融聚合物制成,该熔融聚合物被纺丝并拉伸以产生长丝。基材的平均基重为约90gsm,并且平均厚度为约0.57mm。使用未掺入任何纳米颗粒的基础样品。制备4个单独的样品,这些样品包括掺入基材中的纳米颗粒,如本文所述。在样品2中,纳米颗粒在IPA排放后被掺入熔喷纤维中。在样品1、3和4中,纳米颗粒在IPA排放后被掺入纺粘纤维中。测试结果如下表3所示。

[0224] 表3

样品号	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
1	CAB81 (纺粘)	0.41	96%	100%	100%	16
2	CAB81 (熔喷)	0.24	75%	98%	100%	14
3	CAB81 (纺粘)	0.40	92%	100%	100%	15
4	CAB81 (纺粘)	0.17	48%	87%	99%	12
基础	CAB81 (纺粘)	0.07	9%	46%	90%	9

[0225] 如所示,在所有三个颗粒组中,掺入纳米颗粒的过滤介质样品的效率均高于基础样品,并且E2和E3颗粒组的效率显著提高。使用纳米颗粒,样品的整体MERV等级从MERV 7 (基础样品)提高到MERV 12至MERV16。不含纳米颗粒的基础样品的压降为0.07英寸水柱。样品1-4的压降略有增加,范围从0.17至0.41英寸水柱。在将纳米颗粒掺入熔喷纤维的样品2中,MERV等级为14且压降为0.24英寸水柱。

[0227] 实施例5

[0228] 使用5旦尼尔热风粘合梳理纤维作为基材。使用未掺入纳米颗粒的基础样品。制备2个单独的样品,这些样品包括掺入基材中的纳米颗粒,如本文所述。测试结果如下表4所示。

[0229] 表4

样品号	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
基础	5D梳理纤维	0.03	-1%	2%	38%	6
1	5D梳理纤维	0.31	57%	90%	98%	13
2	5D梳理纤维	0.33	61%	92%	98%	13

[0231] 如所示,在所有三个颗粒组中,掺入纳米颗粒的过滤介质样品的效率均比基础样品有明显提高。使用纳米颗粒,样品的整体MERV等级从MERV 6 (基础样品)提高到MERV 13。不含纳米颗粒的基础样品的压降为0.03英寸水柱。样品1和2的压降略有增加,为0.31至0.33英寸水柱。

[0232] 实施例6

[0233] 使用熔喷纤维作为基材。基材的平均基重为约24gsm且平均厚度为约0.4mm。使用未掺入纳米颗粒或胶粘剂(例如PVOH)的基础样品。样品1包括带侧朝上的熔喷纤维。将PVOH喷涂在纤维上,但未掺入纳米颗粒。样品2包括绒侧朝上的熔喷纤维。将PVOH喷涂在纤维上,但未掺入纳米颗粒。样品3包括将PVOH喷涂在其上的熔喷纤维,并且纳米颗粒掺入纤维中,如本文所述。测试结果如下表5所示。

[0234] 表5

样品号	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
基础	熔喷	0.35	82%	96%	99%	14

[0235]

[0236]	1	熔喷	0.38	68%	88%	93%	13
	2	熔喷	0.41	78%	95%	97%	14
	3	熔喷	1.02	92%	99%	99%	15

[0237] 如所示,在所有三个颗粒组中,尤其是在E1颗粒组中,掺入纳米颗粒的样品3的效率与其他三个基础样品相比均有增加。样品3的整体MERV等级从MERV 13或14(基础样品)提高到MERV 15(使用纳米颗粒)。添加到样品2和3中的PVOH未明显增加压降(即基础样品为0.35,样品1和2为0.38和0.41)。样品3的压降确实从约0.40英寸水柱增加到约1英寸水柱。在将纳米颗粒掺入熔喷纤维中的样品3中,MERV等级为15且压降为1.02英寸水柱。

[0238] 实施例7

[0239] 使用5旦尼尔热风粘合梳理纤维作为基材。使用未掺入纳米颗粒的基础样品。制备七个另外的样品,这些样品包括具有掺入基材中的纳米颗粒的5旦尼尔梳理纤维,如本文所述。测试结果如下表6所示。

[0240] 表6

[0241]	样品号	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
	基础	5D梳理纤维	0.03	-1%	2%	38%	6
	1	5D梳理纤维	0.07	7%	31%	69%	7
	2	5D梳理纤维	0.09	5%	36%	69%	7
	3	5D梳理纤维	0.15	16%	51%	77%	9
	4	5D梳理纤维	0.16	21%	58%	81%	10
	5	5D梳理纤维	0.17	31%	70%	90%	11
	6	5D梳理纤维	0.28	46%	85%	96%	12
	7	5D梳理纤维	0.32	58%	91%	97%	13

[0242] 如所示,在所有三个颗粒组中,特别是在E2和E3颗粒组中,掺入纳米颗粒的七个样品的效率均高于基础样品,。整体MERV等级从MERV 6(基础样品)提高到MERV 7至MERV 13(使用纳米颗粒)。压降仅从0.03英寸水柱增加到最大0.32英寸水柱。

[0243] 实施例8

[0244] 使用高蓬松纺粘纤维作为连续纤维生产线中的基材。本试验包括两个不同版本:205-6和205-2,其中连续纤维生产线上的设置发生变化,以产生两种重量和厚度不同的基材。每个版本(205-6和205-2)均使用未掺入纳米颗粒的基础样品。制备另外的六个样品,这些样品包括205-6和205-2纤维以及具有掺入基材中的纳米颗粒,如本文所述。测试结果如下表7所示。

[0245] 表7

[0246]	样品号	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
	基础	205-6	0.04	0%	9%	43%	6
	基础	205-2	0.04	0%	8%	37%	6
	1	205-6	0.86	88%	98%	99%	15

2	205-2	0.48	79%	96%	99%	14
3	205-6	0.87	82%	97%	99%	14
4	205-2	0.42	61%	90%	98%	13
5	205-6	0.78	79%	97%	99%	14
6	205-2	0.23	44%	79%	96%	11

[0247] 如所示,在所有三个颗粒组中,掺入纳米颗粒的六个样品的效率均比基础样品有明显提高。整体MERV等级从MERV 6(基础样品)提高到MERV 11至MERV 14(使用纳米颗粒)。压降仅从0.04英寸水柱增加到最高0.87英寸水柱。205-2样品中的压降仅增加到最高0.48英寸水柱。

[0248] 实施例9

[0249] 使用纺粘和熔喷纤维作为基材。对于纺粘纤维,基材的平均基重为约70gsm,而对于熔喷纤维,基材的平均基重为约24gsm。基材的平均厚度为约0.75mm。使用未掺入纳米颗粒的基础样品。制备五个另外的样品,包括纺粘和熔喷纤维以及掺入纤维中的纳米颗粒,如本文所述。在样品1-3中,将纳米颗粒喷涂到熔喷纤维上。在样品4和5中,将纳米颗粒喷涂到纺粘纤维上。此外,在样品1和2中,未将胶粘剂PVOH喷涂到基材上。将PVOH喷涂到样品3-5上。测试结果如下表8所示。

[0250] 表8

[0251]

样品号	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
基础	纺粘+MB	0.07	2%	17%	29%	5
1	纺粘+MB	0.41	100%	100%	100%	16
2	纺粘+MB	0.56	100%	100%	100%	16
3	纺粘+MB	0.26	99%	100%	100%	16
4	纺粘+MB	0.4	100%	100%	100%	16
5	纺粘+MB	0.17	97%	100%	100%	16

[0252] 如所示,在所有三个颗粒组中,掺入纳米颗粒的五个样品的效率均比基础样品有明显提高。整体MERV等级从MERV 5(基础样品)提高到MERV 16(使用纳米颗粒)。压降仅从0.07英寸水柱增加到最大0.56英寸水柱。在样品3-5(将PVOH喷涂到基材上)中,压降仅增加到最大0.4英寸水柱。

[0253] 实施例10

[0254] 使用5旦尼尔热风粘合梳理玻璃纤维作为基材。使用未掺入纳米颗粒的基础样品。制备三个另外的样品,这些样品包括5旦尼尔梳理玻璃纤维以及掺入其中的纳米颗粒。测试结果如下表9所示。

[0255] 表9

[0256]

样品号	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
基础	5D梳理纤维	0.03	-1%	2%	38%	6
1	5D梳理纤维	0.27	59%	91%	99%	13
2	5D梳理纤维	0.18	45%	83%	98%	12
3	5D梳理纤维	0.24	54%	89%	99%	13

[0257] 如所示,在所有三个颗粒组中,掺入纳米颗粒的三个样品的效率均比基础样品有

明显提高。整体MERV等级从MERV 6(基础样品)提高到MERV 12或MERV 13(使用纳米颗粒)。压降仅从0.03英寸水柱增加到最大0.27英寸水柱。

[0258] 实施例11

[0259] 使用5旦尼尔和7旦尼尔热风粘合梳理玻璃纤维的纤维混合物作为基材。介质是热风粘合的。使用未掺入纳米颗粒的基础样品。制备十九个另外的样品,这些样品包括5旦尼尔和7旦尼尔梳理玻璃纤维的纤维混合物以及掺入其中的纳米颗粒。测试结果如下表10所示。

[0260] 表10

[0261]

样品号	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
基础	5D/7D 梳理	0.03	-1%	2%	38%	6
1	5D/7D 梳理	0.15	37%	64%	95%	10
2	5D/7D 梳理	0.21	33%	70%	92%	11
3	5D/7D 梳理	0.17	42%	80%	98%	11
4	5D/7D 梳理	0.25	47%	82%	96%	12
5	5D/7D 梳理	0.20	48%	84%	98%	12
6	5D/7D 梳理	0.22	49%	84%	98%	12
7	5D/7D 梳理	0.23	53%	85%	97%	13
8	5D/7D 梳理	0.23	53%	87%	98%	13

[0262]	9	5D/7D 梳理	0.23	54%	88%	98%	13
	10	5D/7D 梳理	0.27	54%	88%	98%	13
	11	5D/7D 梳理	0.28	54%	87%	98%	13
	12	5D/7D 梳理	0.24	56%	89%	98%	13
	13	5D/7D 梳理	0.26	56%	88%	98%	13
	14	5D/7D 梳理	0.25	57%	90%	98%	13
	15	5D/7D 梳理	0.27	57%	89%	98%	13
	16	5D/7D 梳理	0.28	57%	89%	98%	13
	17	5D/7D 梳理	0.28	58%	90%	98%	13
	18	5D/7D 梳理	0.30	58%	90%	98%	13
	19	5D/7D 梳理	0.29	59%	89%	98%	13
	20	5D/7D 梳理	0.31	65%	94%	99%	13

[0263] 如所示,在所有三个颗粒组中,所有19个掺入纳米颗粒的样品的效率均比基础样品有明显提高。整体MERV等级从MERV 6(基准样品)提高到MERV 10至MERV 13(使用纳米颗粒)(大多数样品的等级为MERV 13)。压降仅从0.03英寸水柱增加到最大0.31英寸水柱。

[0264] 虽然装置、系统和方法在本文中是按照其某些优选实施方式详细说明书的,但是本领域技术人员能够在其中做出许多修改和变化。因此,前面的说明不应被解释为受其限制,而应被解释为包括上述的明显变化,并且仅受下面的权利要求的精神和范围的限制。

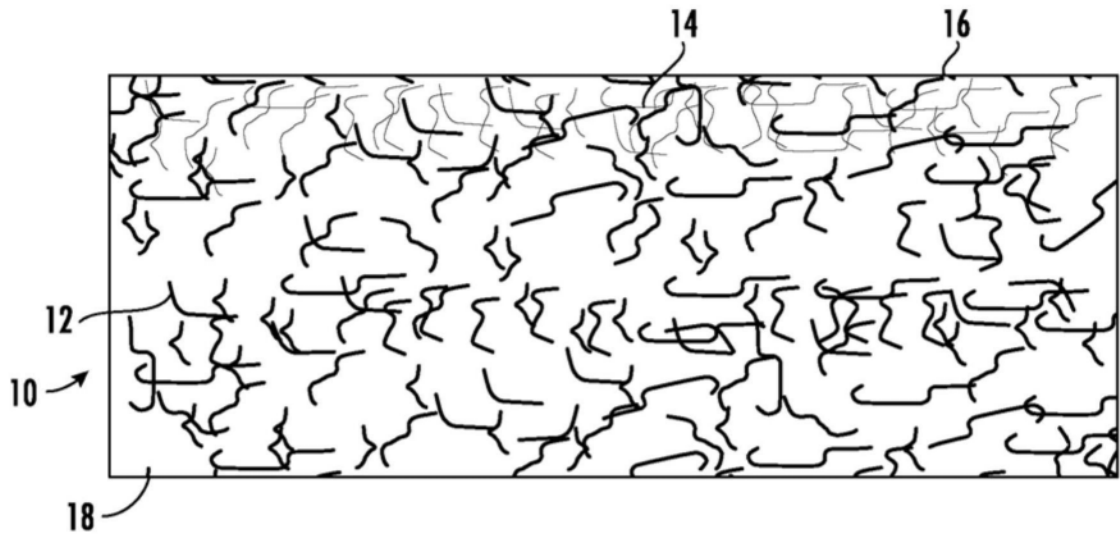


图1

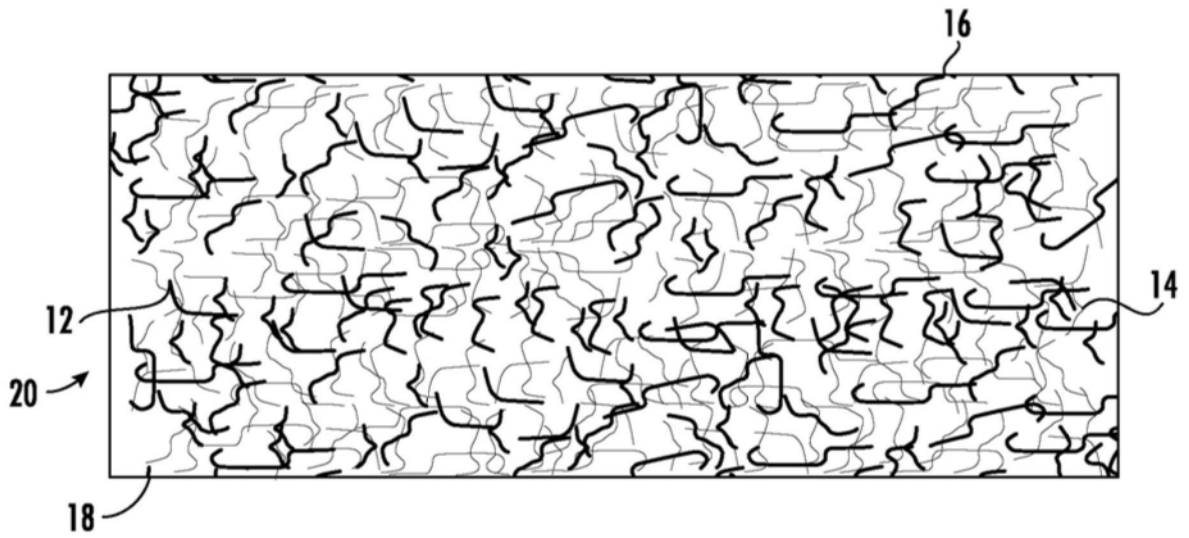


图2

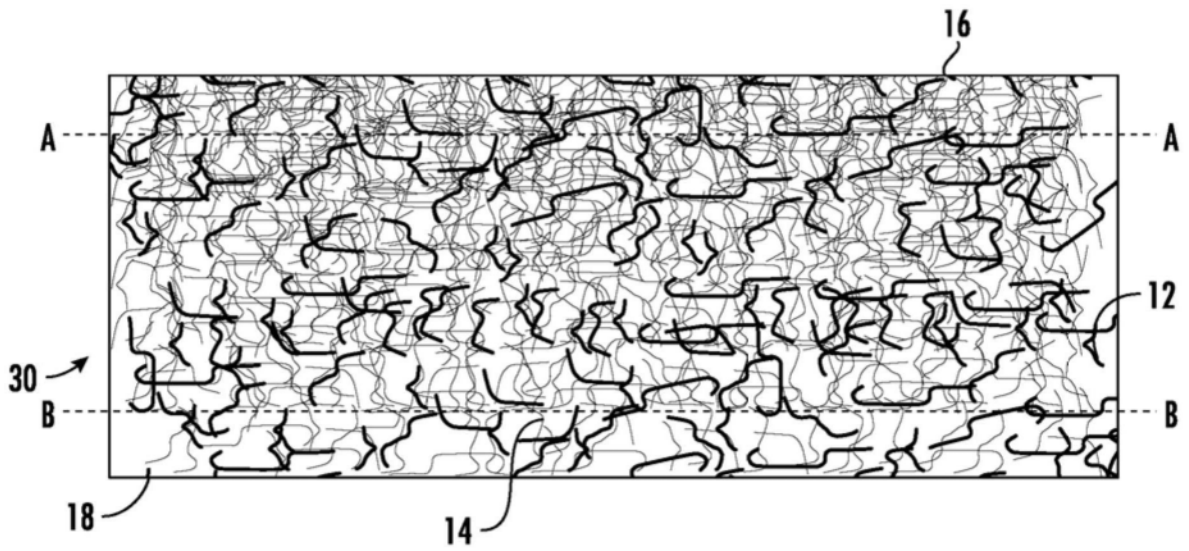


图3

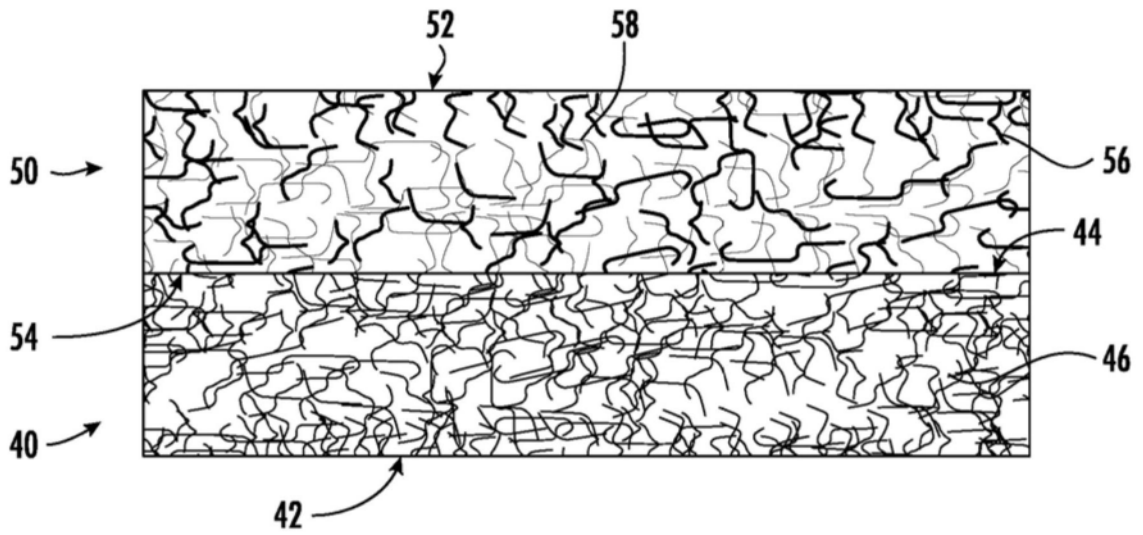


图4

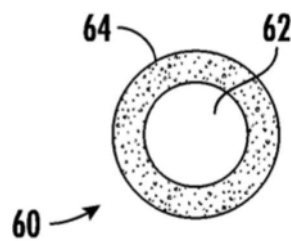


图5A

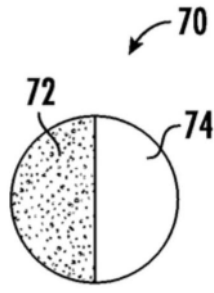


图5B

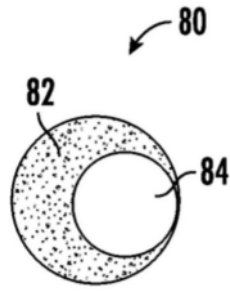


图5C

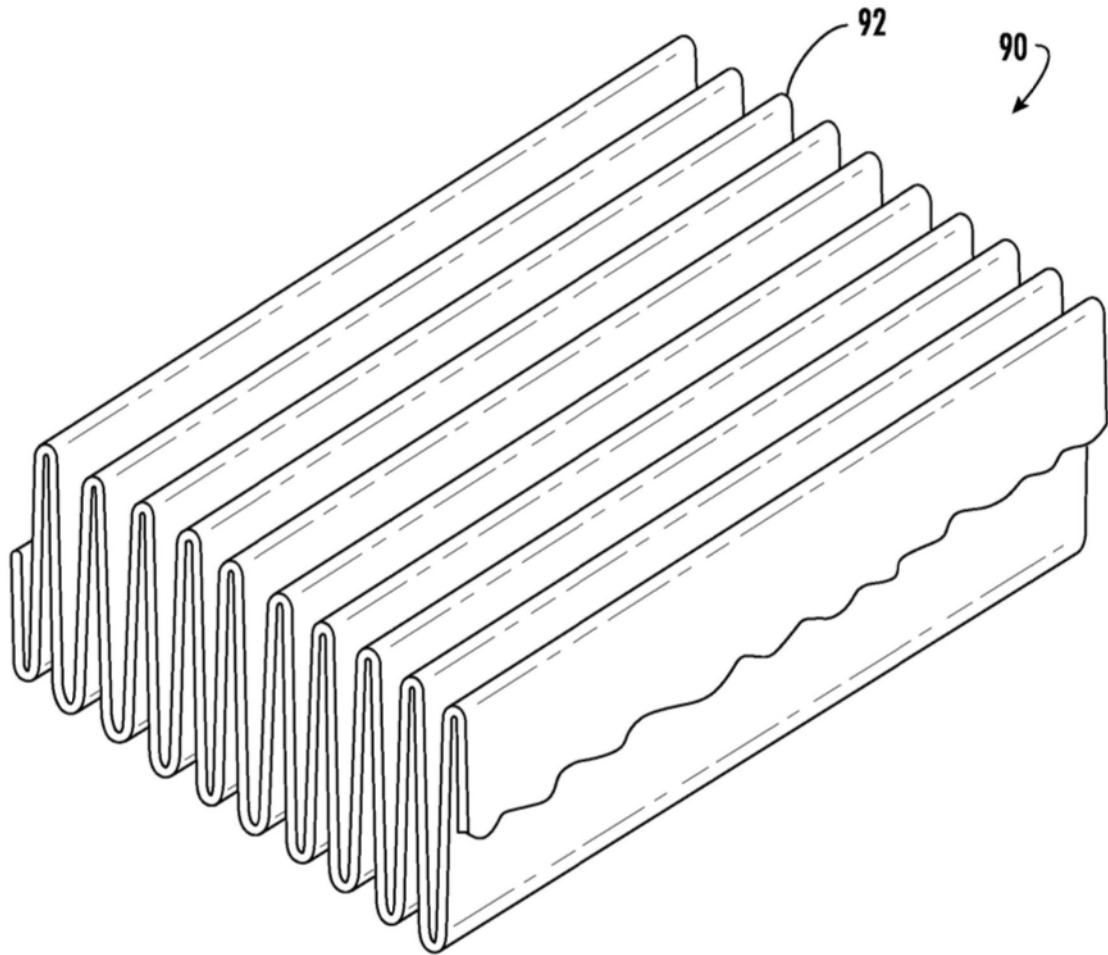


图6

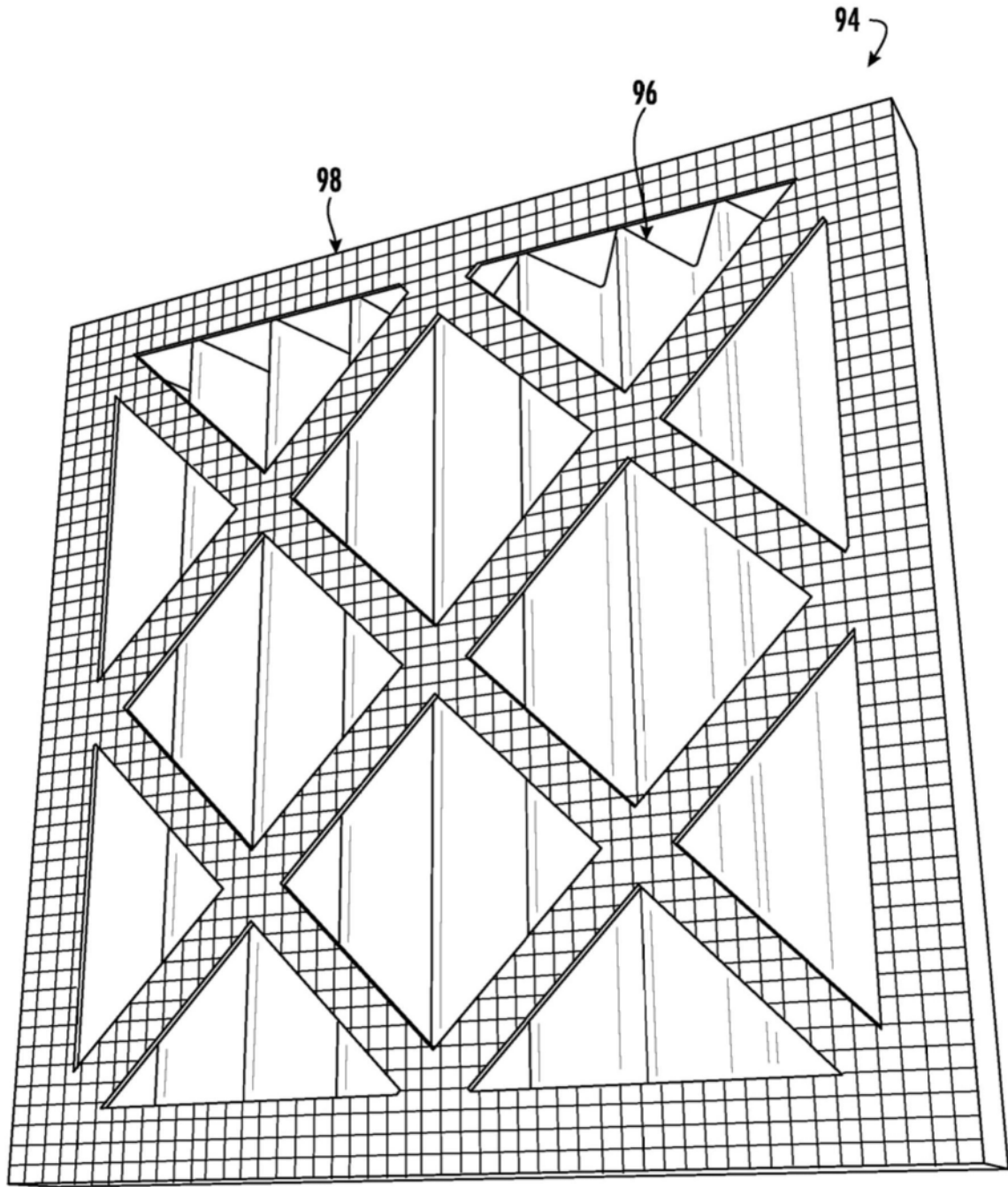


图7

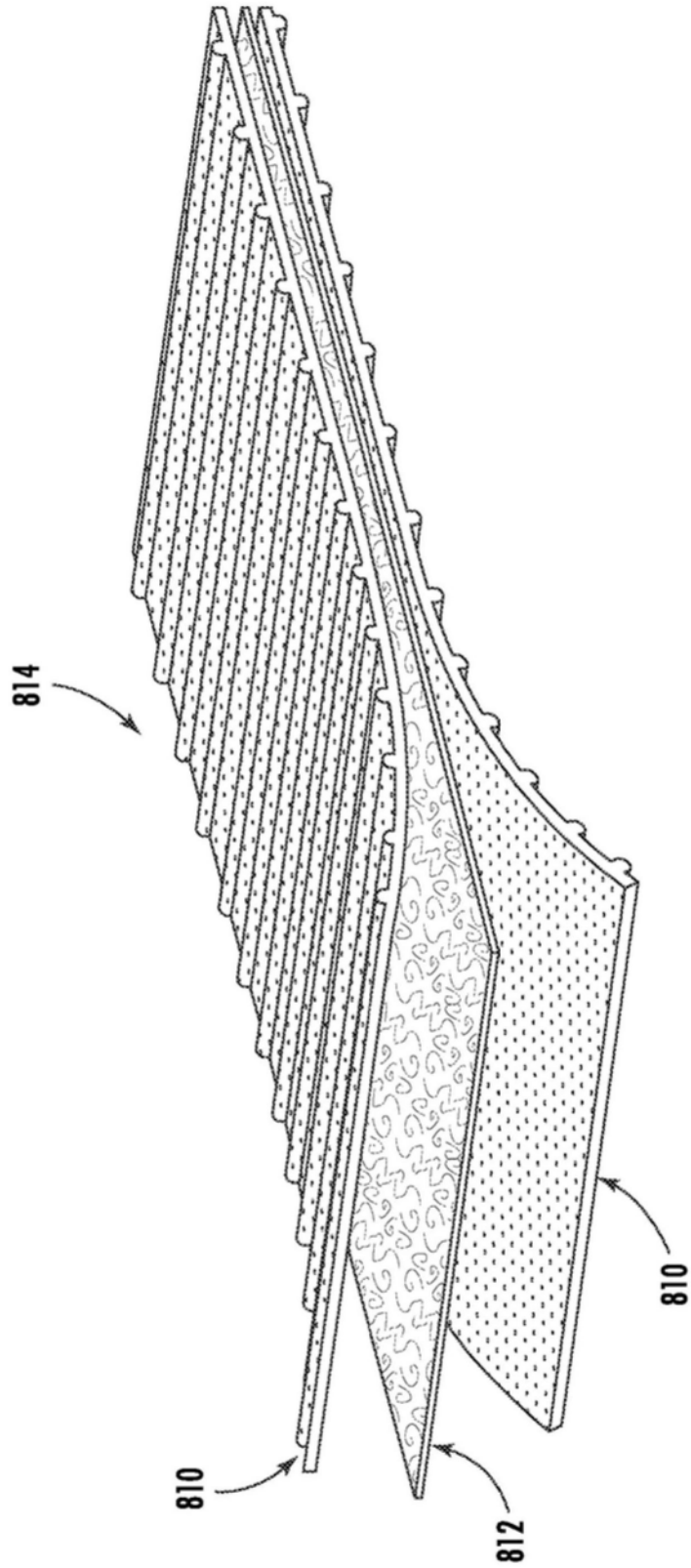


图8

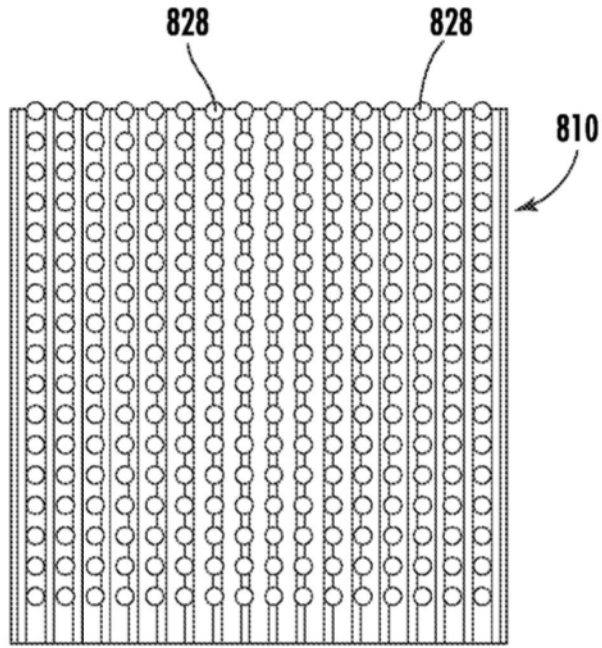


图9A

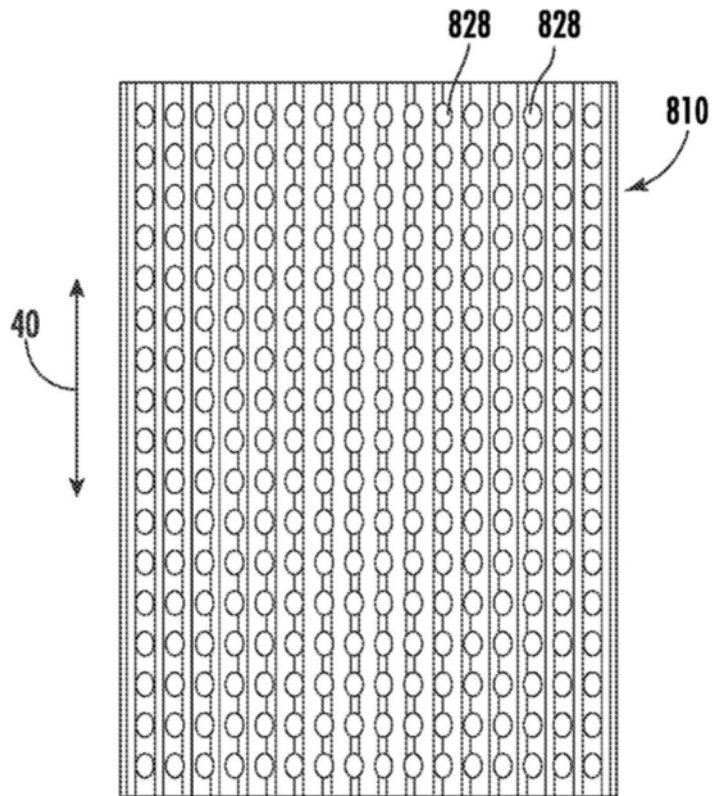


图9B

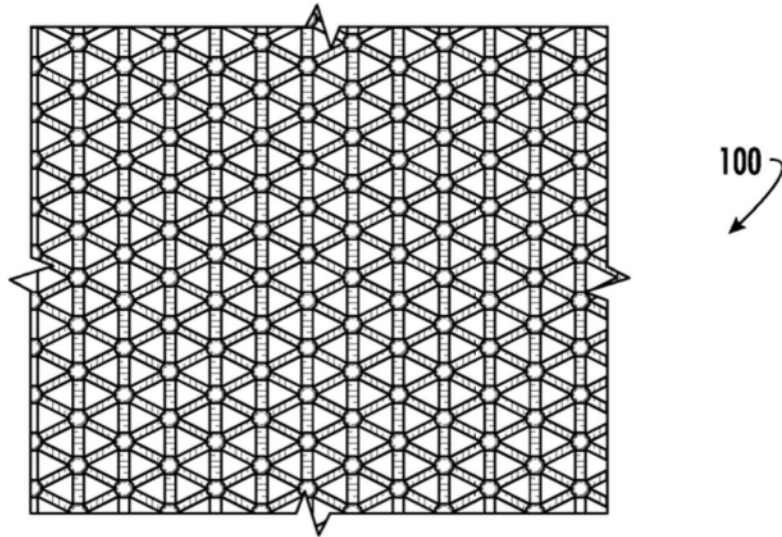


图10A

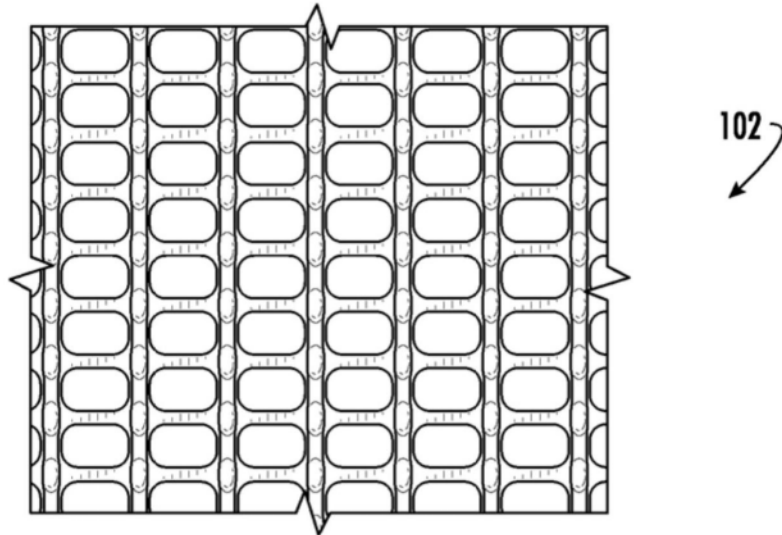


图10B

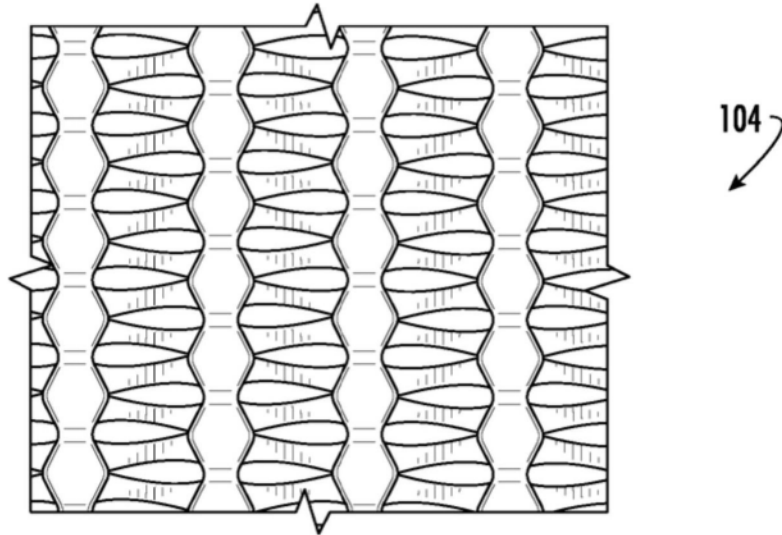


图10C

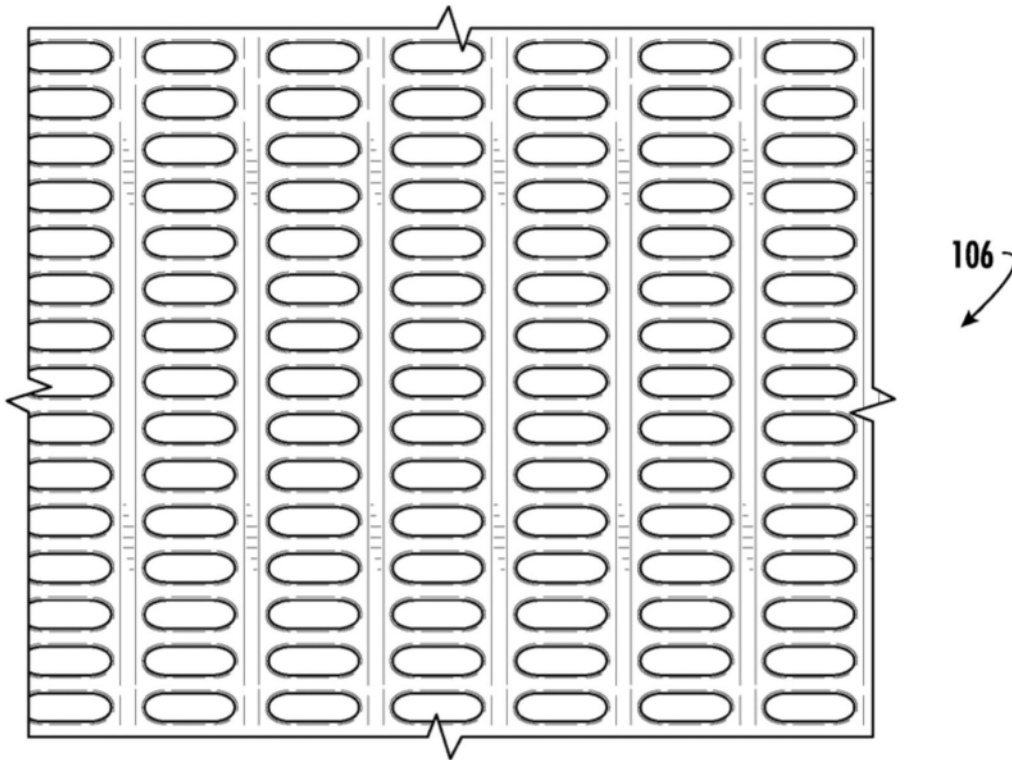


图10D

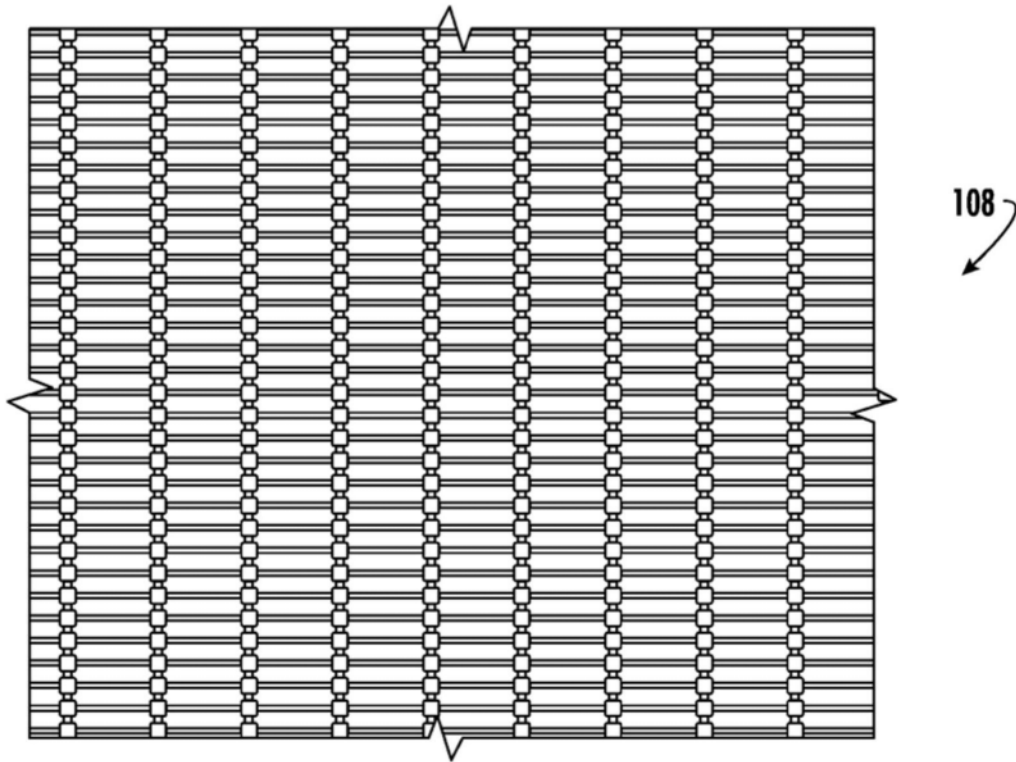


图10E

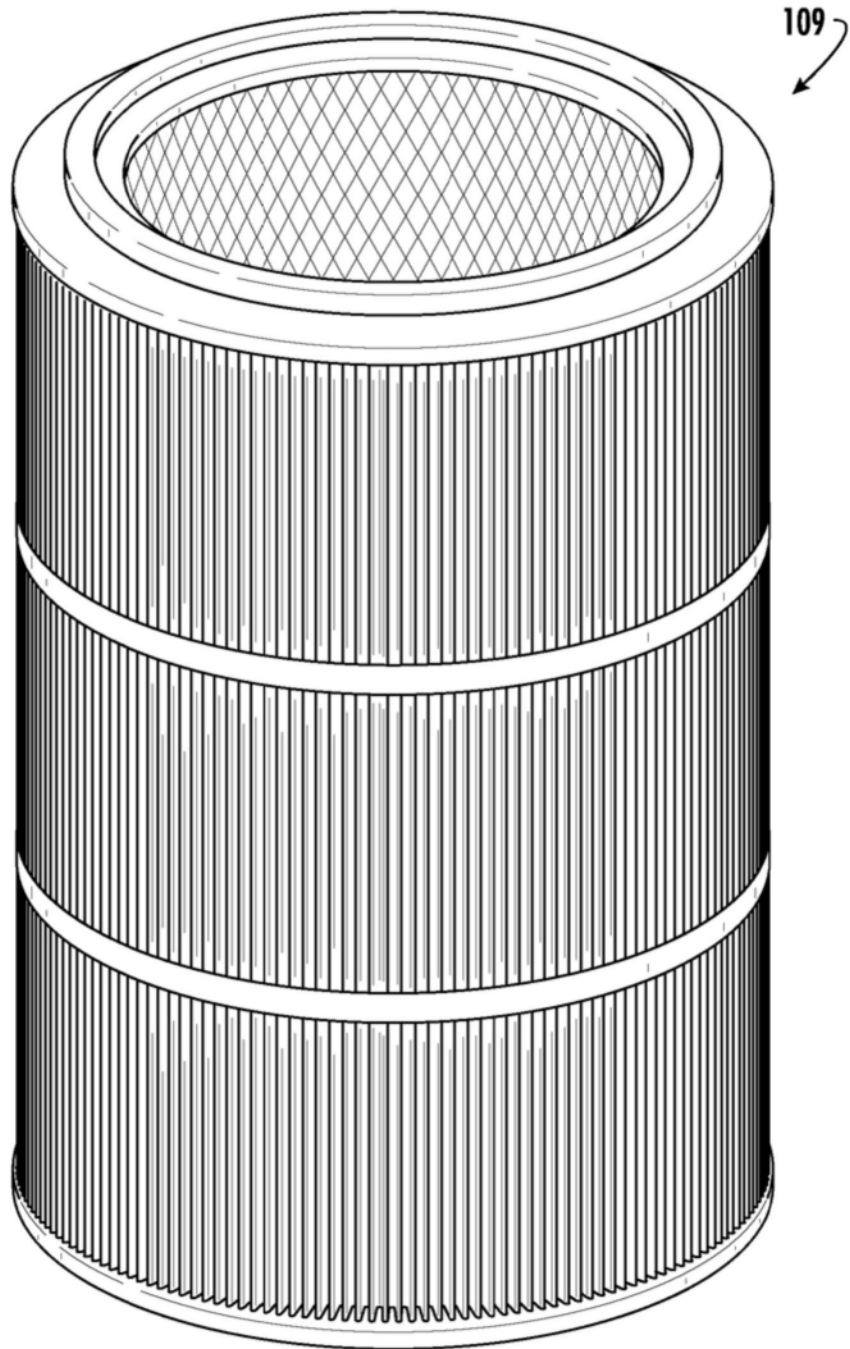


图11

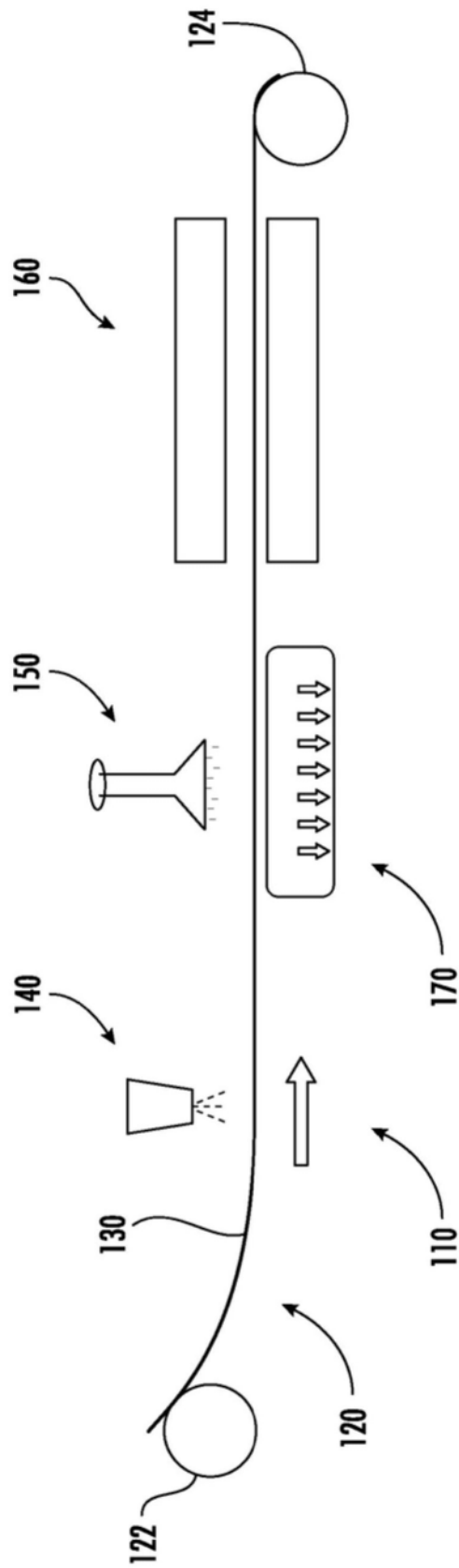


图12

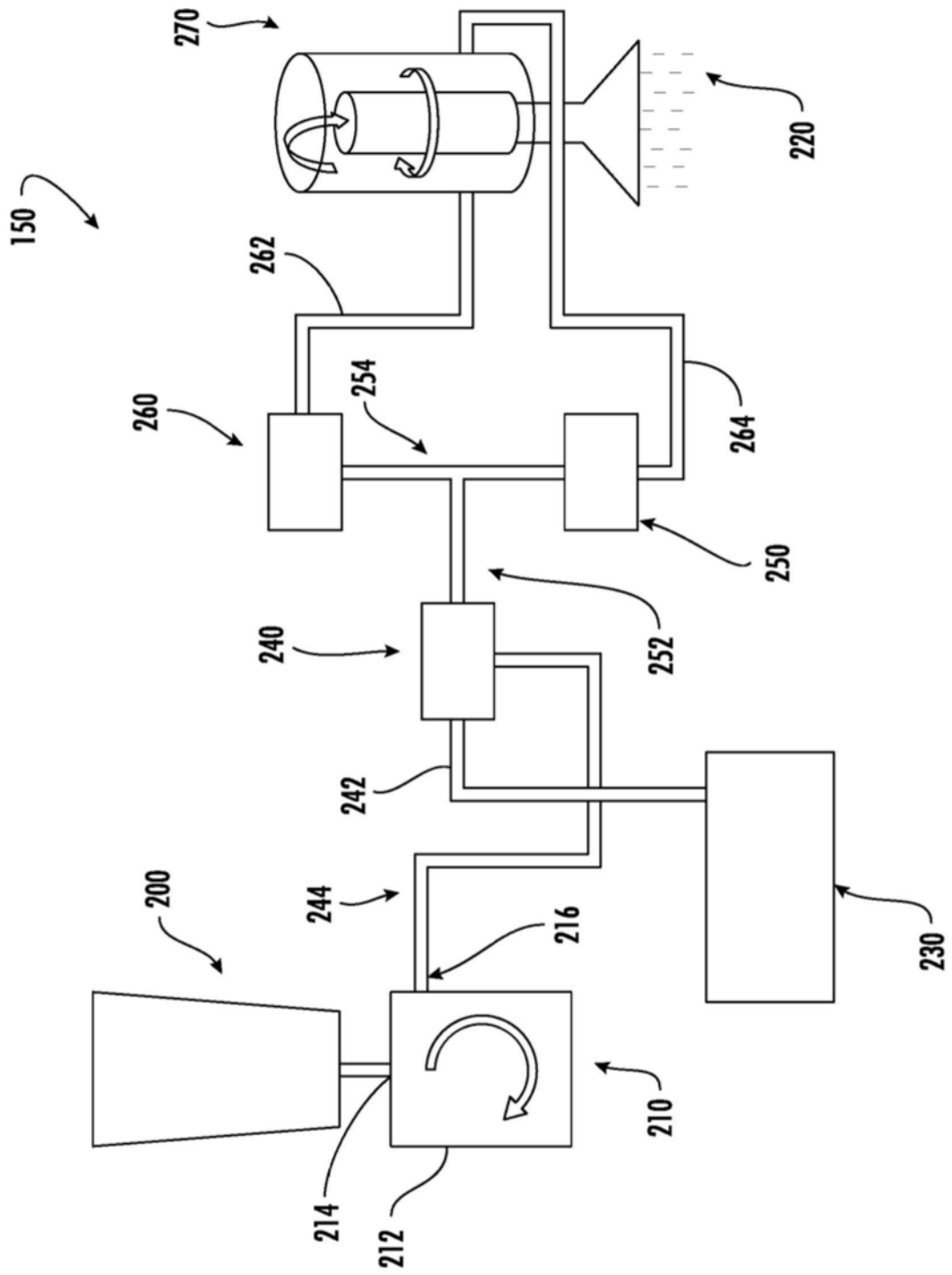


图13

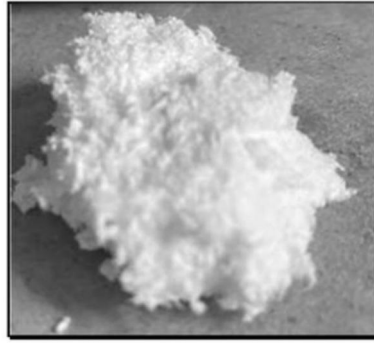


图14A



图14B

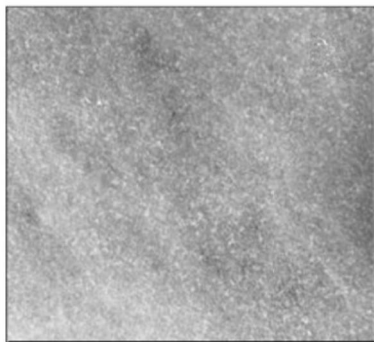


图14C

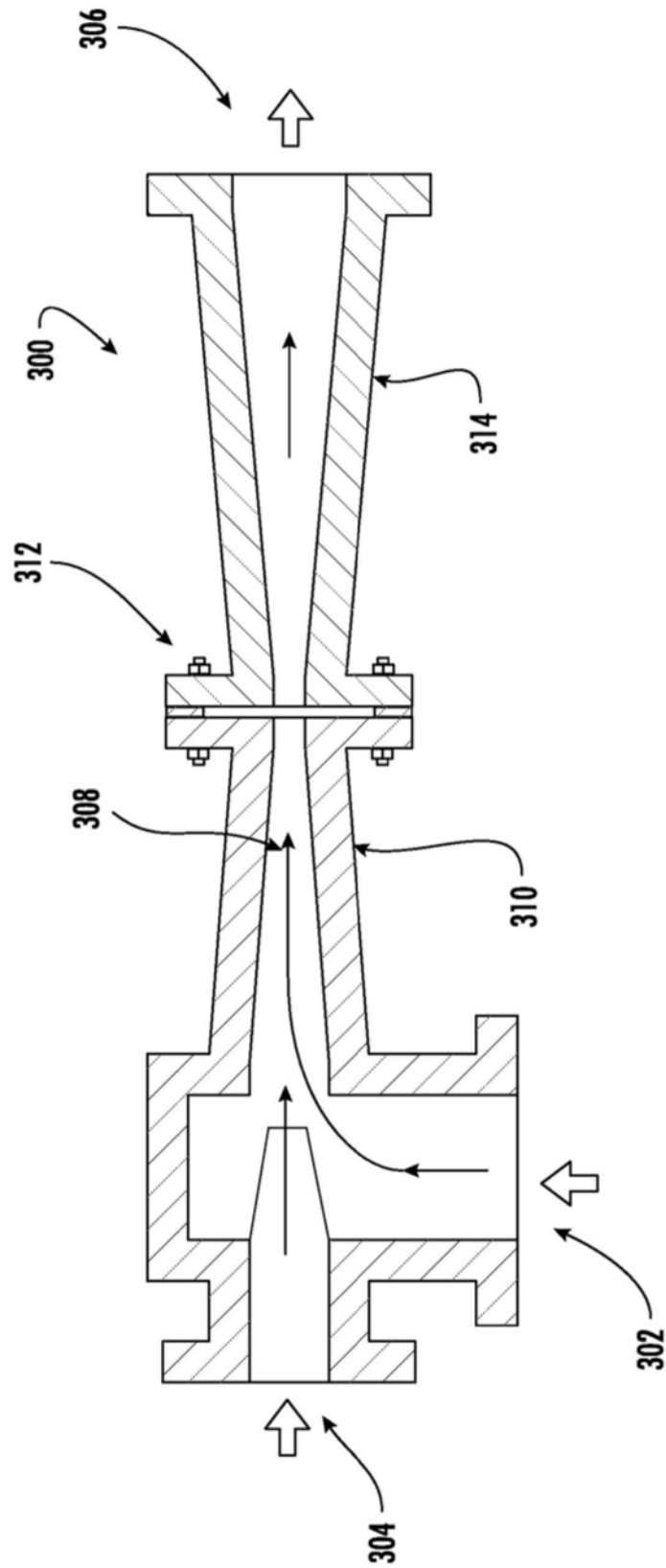


图15

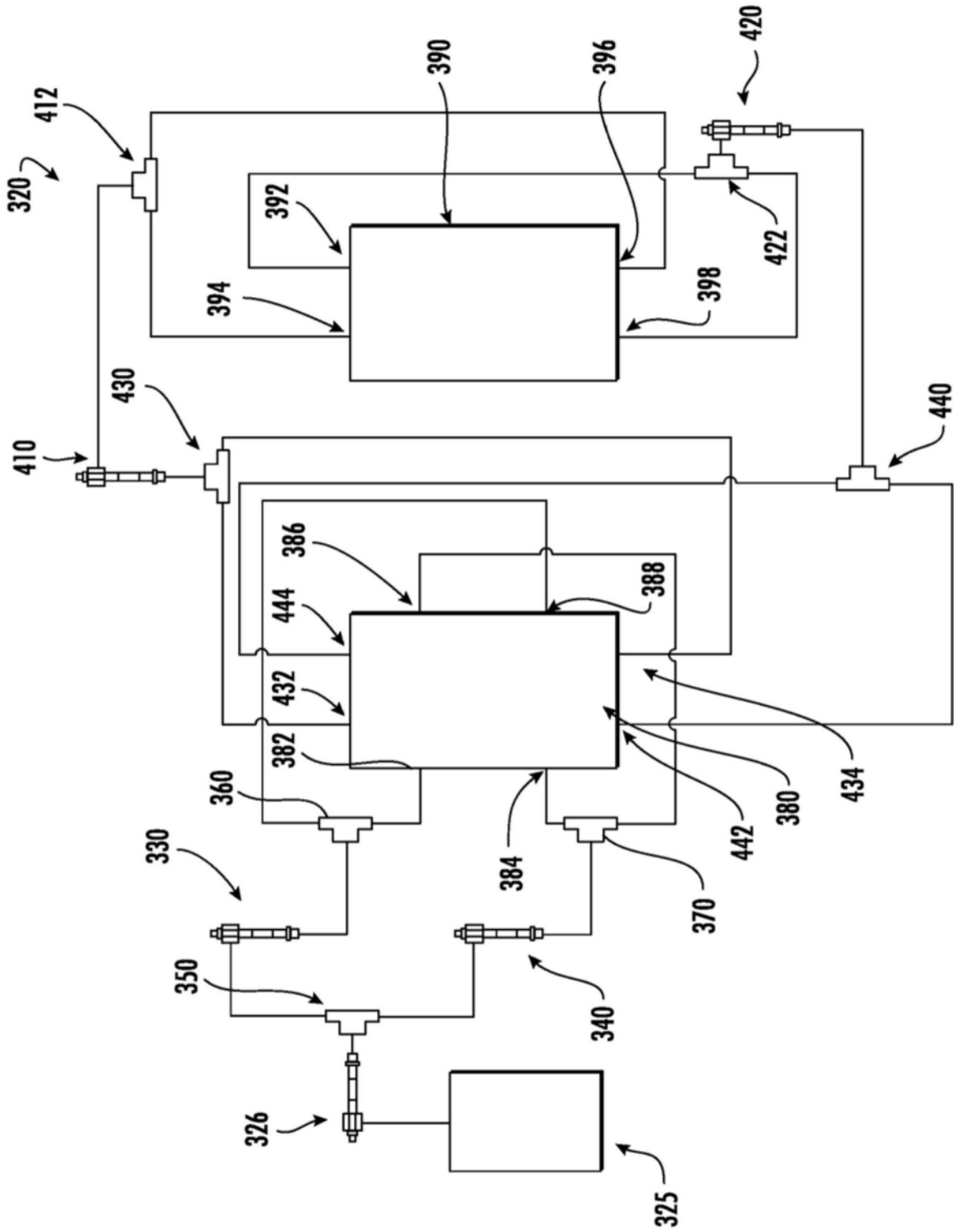


图17

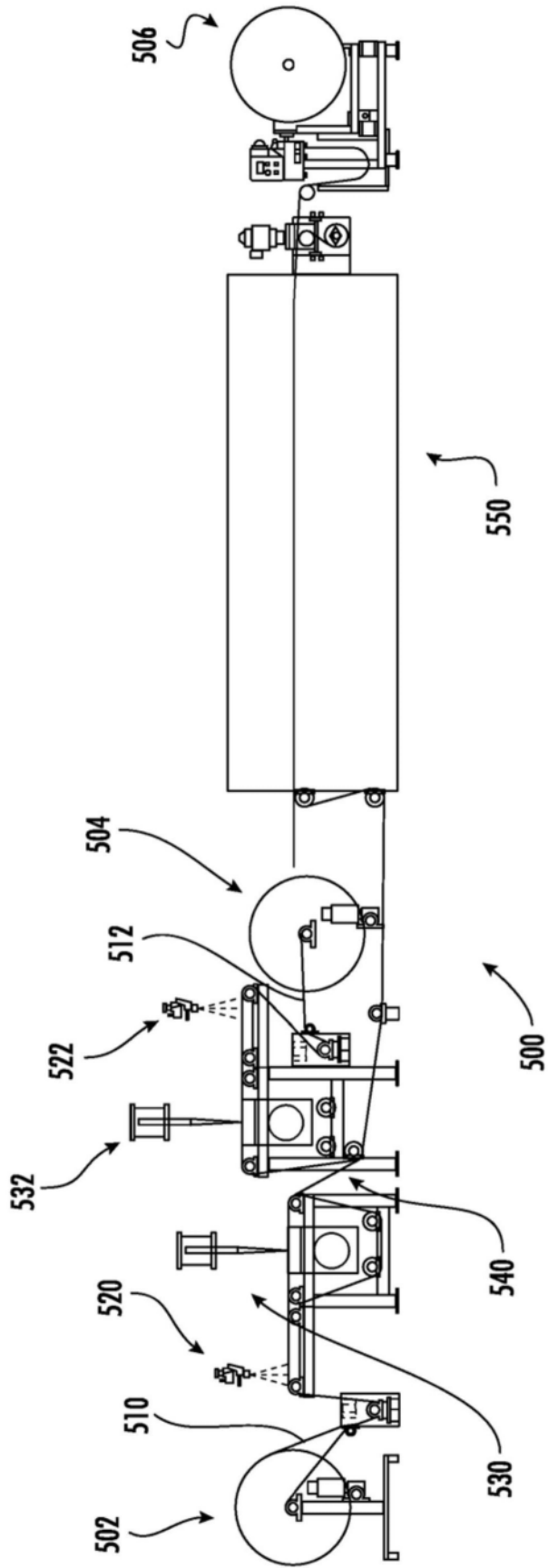


图18

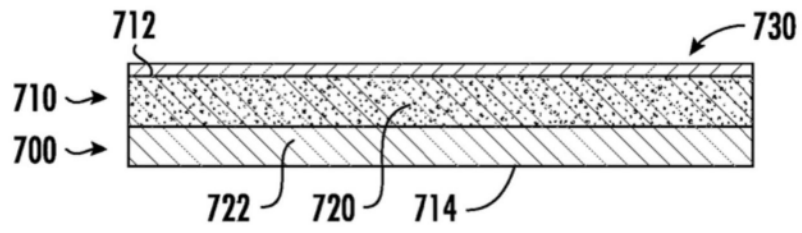


图19

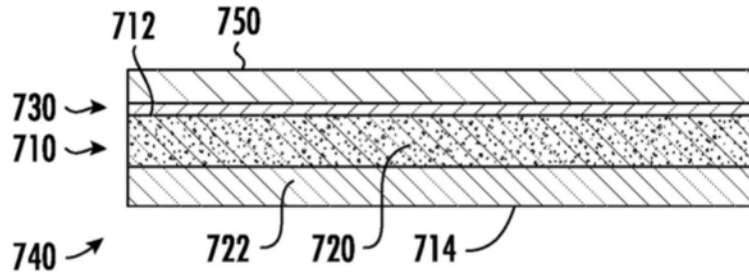


图20

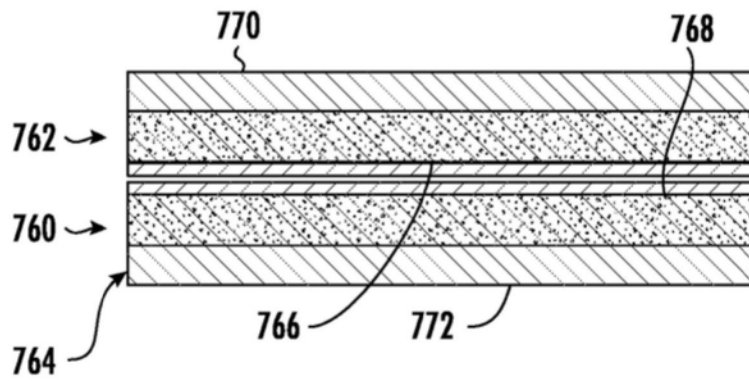


图21

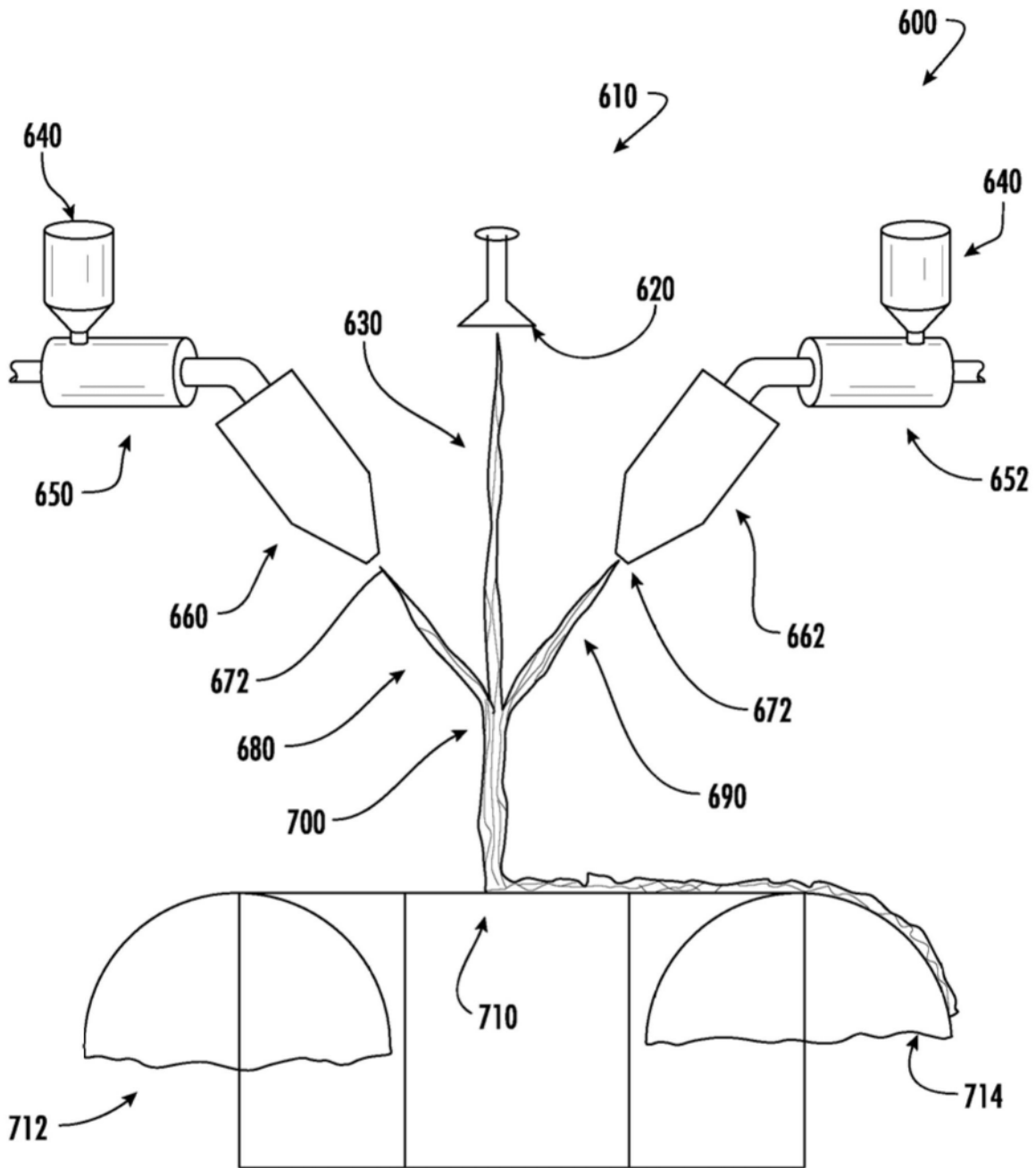


图22



图23A

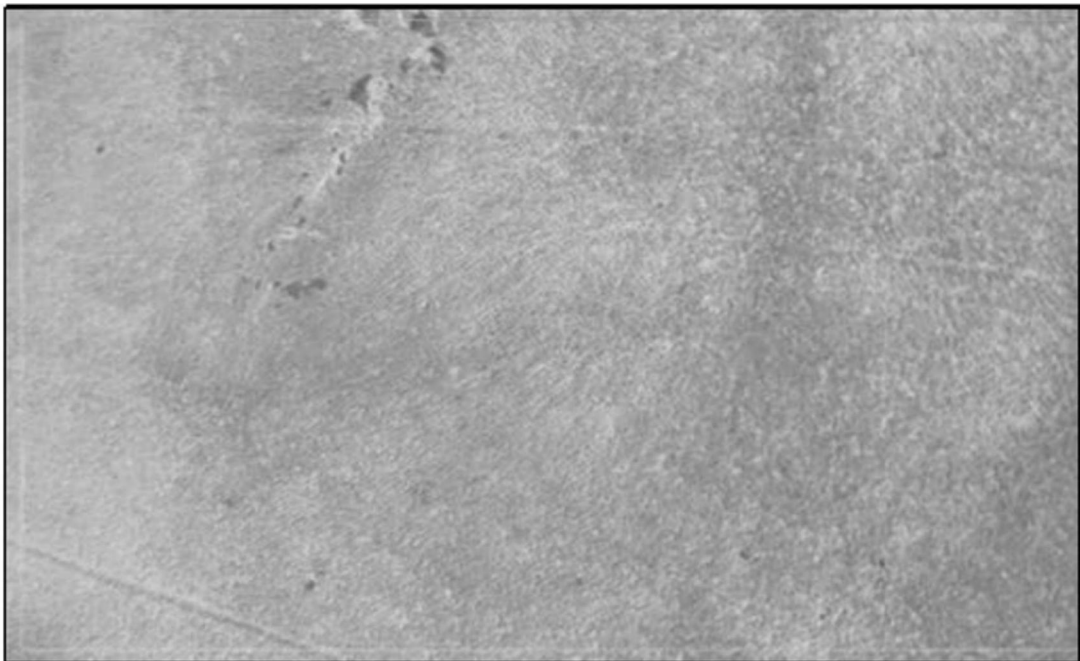


图23B

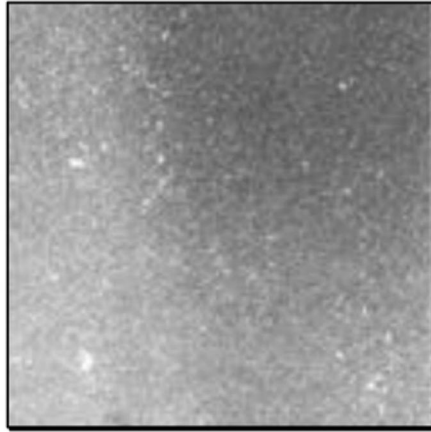


图24A



图24B