



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113318516 A

(43) 申请公布日 2021.08.31

(21) 申请号 202110598774.9

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2016.04.18

B01D 39/02 (2006.01)

(30) 优先权数据

14/689,503 2015.04.17 US

(62) 分案原申请数据

201610383153.8 2016.04.18

(71) 申请人 产品无限公司

地址 美国内布拉斯加

申请人 LMS技术公司

(72) 发明人 K-C·郭 A·瓦蒂内

S·B·贝耶尔 G·波斯皮萨尔

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 张海涛

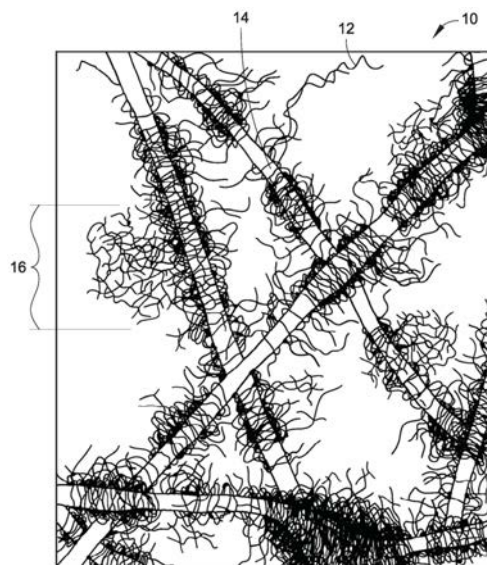
权利要求书2页 说明书6页 附图10页

(54) 发明名称

过滤介质纤维结构及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及过滤介质纤维结构及其制备方法。具体体现在由离散长度纳米纤维附着改性的微米纤维主体。众多这些改性纤维结构可组装成空气过滤介质。改性纤维和介质的进一步增强可以实现改善的过滤特性。



1. 一种纤维结构,具有上游侧和下游侧,包括:

多个微米尺寸纤维,每个微米尺寸纤维包括直径为至少1微米的主体;以及

附着到各个微米尺寸纤维主体上的多个离散长度的纳米纤维,其中至少50%的纳米纤维是非卷曲纳米纤维,其中所述多个离散长度的纳米纤维的至少一部分纳米纤维自身缠结形成微体积,并且其中所述多个离散长度纳米纤维的至少一部分从所述多个微米尺寸纤维向外延伸。

2. 根据权利要求1的纤维结构,其中,所述微米尺寸纤维的直径是约2微米至约1000微米。

3. 根据权利要求1的纤维结构,其中,所述多个离散长度的纳米纤维具有约0.001微米至约2微米的直径。

4. 根据权利要求1的纤维结构,其中,所述多个离散长度纳米纤维的分布从纤维结构的上游侧向下游侧增加。

5. 根据权利要求1的纤维结构,其中,所述多个离散长度纳米纤维的直径从纤维结构的上游侧向下游侧减少。

6. 根据权利要求1的纤维结构,还包括在所述多个微米尺寸纤维和所述多个离散长度纳米纤维的一个或多个上的粘合剂。

7. 根据权利要求1的纤维结构,还包括附到所述多个微米尺寸纤维和所述多个离散长度纳米纤维的一个或多个上的一种或多种功能性纳米粒子。

8. 根据权利要求7的纤维结构,其中,所述一个或多个功能性纳米粒子包括活性炭和抗菌材料中的一种或多种。

9. 根据权利要求1的纤维结构,其中,所述多个微米尺寸纤维和多个离散长度纳米纤维中的一个或多个包括静电材料。

10. 根据权利要求1的纤维结构,其中,所述多个微米尺寸纤维和多个离散长度纳米纤维中的一个或多个包括疏水材料。

11. 根据权利要求1的纤维结构,其中,所述多个微米尺寸纤维和/或多个离散长度纳米纤维中的一个或多个包括亲水性材料。

12. 一种形成过滤介质的方法,包括:

提供多个微米尺寸纤维;

通过下面至少之一提供多个纳米纤维:(i)将多个伸长的纳米纤维切到一定尺寸,其中所述多个纳米纤维的至少一部分被构造成从微米尺寸纤维向外延伸,其中所述多个纳米纤维的至少一部分自身缠结形成微体积,(ii)对多个分散在液体中的伸长的纳米纤维研磨或碾磨中至少之一,以及(iii)研磨干纳米纤维的聚集体;并且

将多个纳米纤维直接附着在各个微米尺寸纤维上以形成过滤介质,

其中至少50%的纳米纤维是非卷曲纳米纤维。

13. 根据权利要求12的方法,其中,附着多个纳米纤维包括:在过滤介质的微米尺寸纤维生产过程中或在过滤介质的微米尺寸纤维生产过程之后的至少之一中,将多个纳米纤维涂覆到各个微米尺寸纤维上。

14. 根据权利要求12的方法,其中附着多个纳米纤维包括:

通过将纳米纤维和微米尺寸纤维共混将多个纳米纤维附着到过滤介质的微米尺寸纤维上。

维上。

15. 根据权利要求12的方法, 其中将多个纳米纤维直接附着到各个微米尺寸纤维上以形成过滤介质包括: 借助湿法工艺将多个纳米纤维直接附着到各个微米尺寸纤维上。

16. 根据权利要求12的方法, 其中, 将多个纳米纤维直接附着到各个微米尺寸纤维上包括将多个纳米纤维和液体的混合物喷到微米尺寸纤维上。

17. 一种过滤介质结构, 包括:

多个过滤层, 多个过滤层的至少一个层包括:

多个微米尺寸纤维, 每个微米尺寸纤维包括具有直径为至少1微米的主体; 和

多个离散长度的纳米纤维, 附着到各个微米尺寸纤维的主体上, 其中至少50%的纳米纤维是非卷曲纳米纤维, 其中所述多个离散长度的纳米纤维的至少一部分纳米纤维自身缠绕形成微体积, 并且其中所述多个离散长度纳米纤维的至少一部分从多个微米尺寸纤维向外延伸。

18. 根据权利要求17的过滤介质结构, 其中, 多个层被布置为高蓬松过滤介质。

19. 根据权利要求17的过滤介质结构, 其中, 与各个多个层相比, 多个层中的每一层包括不同量的离散长度的纳米纤维。

20. 根据权利要求17的过滤介质结构, 其中, 与各个多个层相比, 多个层中的每一层包括不同尺寸的离散长度的纳米纤维。

21. 根据权利要求17的过滤介质结构, 其中, 与各个多个层相比, 多个层中的每一层包括不同孔径或不同厚度的至少之一。

22. 根据权利要求17的过滤介质结构, 其中, 多个离散长度纳米纤维的至少一部分从微米尺寸纤维向外延伸进入到至少一个由所述多个微米尺寸纤维形成的孔。

过滤介质纤维结构及其制备方法

[0001] 本申请是申请日为2016年4月18日申请号为201610383153.8发明名称为“过滤介质纤维结构及其制备方法”的中国申请的分案申请。

[0002] 相关申请的引用

[0003] 本申请根据美国专利法35U.S.C.§120要求2013年11月8日提交的美国申请序号14/075635标题为“过滤介质的纤维结构及其制造方法”的权益,其根据美国专利法35U.S.C.§119(e)要求2013年3月15日提交的美国临时申请序号61/789309标题为“高膨松纤维结构及其制造方法”的权益。由此通过引用将美国申请序号14/075,635整体并入本文。

背景技术

[0004] 工业,商业以及住宅中利用过滤系统用于将流体流的一些组分与流体流的其它组分物理分离。流体流可包括气态或液态载体流体,其传输待过滤组分。过滤系统可以使用过滤器通过捕集、拦截、扩散、粗滤(straining)及类似方式物理地除去待过滤组分。

发明内容

[0005] 本发明描述了利用微米尺寸纤维作为支撑体附着较小直径的纳米纤维的过滤装置和方法。在一个或多个实施方案中,所述纳米纤维具有卷曲体结构,并具有离散(discrete)的长度。例如,当这些具有离散长度的卷曲纳米纤维附着到微米纤维上时,它们之间发生缠绕,并在微米纤维上和周围进行缠绕,形成一种改性的纤维。众多这些改性纤维用于组装成空气过滤介质。

[0006] 本“发明内容”以简单的形式选择性介绍了一些概念,下面的“详细说明”将进一步描述。本“发明内容”并不旨在标识所要求保护的的主题的关键或本质方面。而且,本“发明内容”不旨在用作辅助确定所要求保护的的主题的范围。

附图说明

[0007] 参考以下附图描述本发明的非限制性的并且非穷尽的实施方案,除非另有说明,其中,各个视图中相似的参考标记涉及相似的部件。

[0008] 图1是本发明一个实施方案的介质纤维结构的显微照片图,其中纳米纤维附着在微米纤维上。

[0009] 图2是本发明另一个实施方案中介质纤维结构的显微照片图。

[0010] 图3是一种典型的离散长度的卷曲纤维在放松且自然状态下的放大图,用于解释所定义的“卷曲长度”测量。

[0011] 图4是图3中典型的离散长度的卷曲纤维在足够的拉伸负荷下拉直纤维的放大图,用于解释所定义的“拉直长度”测量。

[0012] 图5是本发明一个实施方案中介质纤维结构在一定焦点深度下的显微照片。

[0013] 图6是本发明一个实施方案中介质纤维结构在一定焦点深度下的显微照片。

[0014] 图7是本发明一个实施方案中介质纤维结构在一定焦点深度下的显微照片。

[0015] 图8是本发明一个实施方案中介质纤维结构在一定焦点深度下的显微照片。

[0016] 图9是本发明一个实施方案中介质纤维结构在一定焦点深度下的显微照片。

[0017] 图10是本发明一个实施方案中介质纤维结构的显微照片图,其中非卷曲的纳米纤维附着在微米纤维上。

[0018] 图11是本发明利用非卷曲纳米纤维的一个实施方案中介质纤维结构的显微照片图。

[0019] 图12是本发明利用非卷曲纳米纤维的一个实施方案中介质纤维结构在一定焦点深度下的显微照片。

[0020] 图13是本发明利用非卷曲纳米纤维的一个实施方案中介质纤维结构在一定焦点深度下的显微照片。

[0021] 详细说明

[0022] 概述

[0023] 过滤系统利用过滤介质将流体流中的一些组分与其它组分物理分离。过滤系统可以使用空气过滤介质,其包括具有可测量直径为微米的相对较大的纤维(“微米纤维”)和具有可测量直径为纳米的相对较小的纤维(“纳米纤维”),试图实现提高的过滤效率(如,捕获到更多并且更小粒子的能力)。过滤结构可被配置为通过减小纤维尺寸以增大用于捕获颗粒的介质的表面积。例如,微米纤维可以支持纳米纤维网,可以直接将纳米纤维生产到先存的由较大的微米纤维组成的纤维基质表面上,或者纳米纤维层可放在微米纤维介质层之间。这样的配置所采用的纳米纤维可以是:a)非常长,相对连续,灵活并容易弯曲,这些都服务于所有意图和目的,一维(即,直的),相比于它们的宽度或直径具有明显的长度,B)短,很直。这些配置对过滤效率造成明显的挑战,例如薄,无弹性;限制流体流(例如,易受压降影响);具有增加的表面载荷;降低了设计灵活性(例如,需要在纳米纤维结构的上游侧配置);利用具有增加的材料(例如,褶皱结构)的设计结构,具有以紧凑构造排列的倾向等等。

[0024] 因此,所描述的过滤装置和方法利用微米纤维作为支撑体附着较小直径的纳米纤维。纳米纤维可以是卷曲结构并具有离散的长度。例如,当这些具有离散长度的卷曲纳米纤维附着到微米纤维上时,它们相互之间缠结并且也牢固附着到微米纤维上或其周围,以形成一种改性的纤维。在一个实施方案中,经由微米纤维和纳米纤维之间的粘合实现纳米纤维到微米纤维上附着。在一个实施方案中,经由微米纤维和纳米纤维之间的静电电荷引力和/或范德华力的吸引力来实现纳米纤维到微米纤维的附着。在一个实施方案中,经由纳米纤维在微米纤维上和周围的机械缠结实现纳米纤维到微米纤维的附着。在一个实施方案中,经由纳米纤维和微米纤维之间使用粘附材料例如增粘剂的粘结实现纳米纤维到微米纤维的附着。众多这些改性纤维(例如,附着的纳米纤维和微米纤维)被组装成空气过滤介质。

[0025] 本文中所描述的改性纤维结构可被配置形成无数个微体积,其可能比仅由微米纤维形成的孔更小,并且可以维持开放的结构,如此抵抗压实。在一个实施方案中,卷曲的纳米纤维相对于支撑的微米纤维在空间中三维地分布(例如,在上游和下游分布),可以增加纤维的表面积和微体积。三维分布也抵抗过滤介质的特定部分的完全堵塞,使得一部分流体(例如,空气和/或其它气体)可以通过该过滤器。

[0026] 下面参考附图详细描述各实施例,这些附图通过说明的形式展示出一部分实施例,具体实施方式。这些实施例公开的足够详细,以使本领域技术人员能够实施公开内容。

然而,实施例可以以许多不同的形式来实现,并且不应该被解释为限于这里阐述的实施方式。因此,下面的详细说明,不被限制在仅由所附权利要求限定的本发明的公开范围。

[0027] 为了更好的交流和理解,以下定义适用于本发明:

[0028] “纤维”是一种柔性、线状物,对于圆形纤维,其长度是横截面直径的至少100倍,或者对于非圆形纤维,长度是最大横截面尺寸的100倍。

[0029] “卷曲”是当纤维在自然,放松,无拘束条件下表现自身时纤维的波浪(wavy),弯曲(bent),卷曲的(curled),弯曲的(curved),蛇形(coiled),锯齿或的类似形状。图3提供一个卷曲的纳米纤维的图示。

[0030] “卷曲长度”是在自然、放松和无拘束条件下测量纤维时,从纤维一端到同一纤维的另一端的直线长度。图3提供了一个卷曲纳米纤维的卷曲长度(D_1)的图示。

[0031] “拉直长度”是在足够的拉伸负荷下以消除纤维的卷曲这样受限的方式测量同一纤维的一端到另一端的长度。图4提供了纳米纤维的拉直长度(D_2)的图示。

[0032] “卷曲百分比”是纤维的“卷曲长度”与纤维“拉直长度”之比,以百分比表示。为了确定“卷曲百分比”,将纤维的“卷曲长度”除以纤维“拉直长度”并乘以100。

[0033] “高蓬松(loft)介质”是片状三维稳定化的纤维基体,以体积基准测量,其具有的空气比纤维固体明显更多;而且,其具有长度和宽度,以及垂直于由宽度和长度的测量所确定的平面的所测量的厚度;厚度远大于制备介质所用微米纤维的直径但小于五英寸,介质用于从流体流中除去气态,液态,或固态污染物。

[0034] “微体积”是由本发明纳米纤维限定的三维空间。此外,纳米纤维同时随机在微体积上、内以及贯穿微体积形成微孔。

具体实施方式

[0035] 图1中,示例性纤维结构或基质是由6旦的纤维制成的1/2英寸厚的高蓬松垫。标记10指的是本发明的高蓬松纤维结构,其中纳米纤维12附着并在较大的微米纤维14周围缠结。图1和图2的基本区别在于,与图1相比,图2中较大量的纳米纤维12附着到微米纤维14上。图1和图2中的纳米纤维12(相应的介质纤维结构的显微镜照片示于图5-9中)采用附着较大的微米纤维14和在较大的微米纤维14周围缠结的大量卷曲纳米纤维。在一个实施方式中,大量卷曲的纳米纤维12至少约占纳米纤维总量的50%。对纳米纤维进行卷曲,纳米纤维(其可以是合成的或非合成材料)的材料特性等均可以造成纳米纤维的卷曲结构。图10至13示出了大量非卷曲纳米纤维12附着较大微米纤维14和在较大微米纤维14周围缠结的实施例。在一个实施方式中,大量非卷曲纳米纤维12至少约占纳米纤维总量的50%。非卷曲纳米纤维采用的纤维结构不包括与在松弛状态下与纤维结构相关的显著波状,弯曲,卷曲,弯曲,卷绕,锯齿或类似形状,并且可以包括但不限于玻璃纤维。例如,在一个实施例中,非卷曲的纳米纤维具有等于或大于约70%的卷曲百分比。

[0036] 如图1和2(具有大量的卷曲纳米纤维)以及图10和11(具有大量非卷曲的纳米纤维)所示,纳米纤维12彼此之间缠结,并且附着到高蓬松过滤介质的较大微米纤维14上和在高蓬松过滤介质的较大微米纤维14周围缠结。此外,纳米纤维延伸到由高蓬松介质的微米纤维14形成的孔中。

[0037] 图1和2以及图10和11在放大条件下说明了本发明的新颖结构,其中传统过滤介质

的较大纤维14由纳米纤维12的附着而增强。如附图所示,纳米纤维12作为独立的纳米纤维12以及作为小的纳米纤维缠结簇16已经粘到较大的纤维14上。这些簇也显示了由纳米纤维缠结形成的三维微体积。图5-9(具有大量卷曲纳米纤维)以及图12和13(具有大量非卷曲的纳米纤维)展示了各种焦点深度条件下介质纤维结构的显微照片,其中,这些图像说明了在典型的介质纤维结构中布置的具有附着的纳米纤维的微米纤维。显微照片进一步说明了由缠结的纳米纤维形成的微体积。

[0038] 图2还示出了介质中不同尺寸纤维制成的新的纤维结构。简单起见,有三个纤维尺寸:大纤维14,中纤维15和小纤维12。所有这些纤维可以是合成的或非合成材料。通常,大纤维、中纤维用以提供介质的结构强度,小纤维附着到大纤维、中纤维上。用于过滤介质的大纤维、中纤维的直径范围是2-1000微米,并且长度可以是0.5-3英寸。较小纤维的直径范围可以为0.001-2微米。为了设计具有最佳性能的过滤介质,应适当地选择小纤维。已发现,小纤维应比其所附着的纤维直径的十分之一更小。例如,如果大的纤维直径或中的纤维直径为20微米,附着到它上面的小纤维应该是2微米或更小。小纤维的长度选择与大纤维和中纤维形成的孔的尺寸相关。首先,小纤维应具有的长度使得卷曲时(或当利用非卷曲纤维时),它们附着并相互缠结并围绕大型和中型纤维的直径和长度和在其周围缠结。其次,缠结的小纤维长度应可以适当地延伸到由大纤维、中纤维形成的孔的空间中。在实施例中,小纤维比孔空间更长,可以形成局部化的微网。然而,这些局部微网在空间上是立体的。可以被称为局部微体积(图13中示为1300)。在实施例中,微体积可以随机分布跨越和遍及过滤介质。应当提到的是,分布在介质中的小纤维可以是具有各种直径和长度的纤维的组合物。

[0039] 在实施例中,由纳米纤维12强化的微米纤维14,15组成的介质可以通过微米纤维14,15和纳米纤维12捕获与捕获纤维尺寸类似的颗粒。例如,纳米纤维12向外延伸到大纤维14,15之间的开口外,有效地增加了通过扩散,拦截和嵌塞捕获粒子的效率,仅伴随最少的压降增加。由纳米纤维的缠绕产生的微体积为捕获的小颗粒提供了保持空间,因而增大了过滤介质的容尘量。纳米纤维12向微米纤维14,15形成的介质的孔中的延伸是立体的。这意味着与通过二维纳米纤维网形成的表面积和孔相比,表面积的量 and 微体积数有了大幅增加。本文所描述的纤维结构可制成过滤介质。实施中,可通过加入粘合剂(例如,增粘剂)来增强过滤介质,进一步强化捕获效率,而不明显增加压降。过滤介质可以保持结构强度,具有低的材料和制造成本,耐久,使用容易和灵活等特点。由微米尺寸纤维和纳米纤维形成的大量表面积和微体积可大大提高吸附,吸收,以及斥液性。由微米纤维和纳米纤维形成的大量表面积和庞大数目的微体积可增加保留和/或聚结液体的能力。

[0040] 在实施方案中,将功能性纳米粒子附着到改性纤维结构上(即,包括纳米纤维附着在微米尺寸纤维上的过滤介质)。功能性纳米颗粒可以包括,例如,活性炭和/或抗菌材料沉积到和/或附着到改性纤维结构上。通过纳米粒子,如活性炭和抗菌材料的附着从而增加的能力,可以提高纤维的气体吸收效率以及对细菌的杀灭效果,这是由于整个介质的表面积大幅增加却不显著增加压降。

[0041] 在实施方案中,本文所述的过滤介质被配置为高蓬松介质。本发明新的纤维结构和高蓬松介质的组合提供了一种新型的过滤介质,具有高收集效率,低压降,以及高的灰尘容量,易于适应现有的制造方法,产品和应用和安装。

[0042] 可以若干形式制备原始纳米纤维。在一种形式中,纳米纤维可以作为长的分离的

纤维生产。在这种形式下,可以切割纳米纤维,并且在实施中,切割并卷曲以获得所需的长度与直径比。原始纳米纤维的另一种形式可以包括研磨或碾磨分散在液体中的预卷曲的纳米纤维,在特定的实施例中,液体是水。纳米纤维和液体混合物可以通过液体喷雾设备应用于微米纤维中。此外,纳米纤维(例如,卷曲和/或非卷曲)和液体混合物可以采用湿法工艺制备过滤介质。原始纳米纤维的另一种形式是作为纳米纤维聚集体的干团块或大块。在进一步加工之前,可用研磨减少纳米纤维团块的大小,以提取单独的纳米纤维(例如,卷曲和/或非卷曲)附着到过滤介质的微米纤维上。

[0043] 本发明产品的制备方法包括但不限于:

[0044] (1) 在微米纤维14,15生产过程中将纳米纤维12附着到微米纤维14,15上,

[0045] (2) 在微米纤维生产后将纳米纤维12附着到微米纤维14,15上,

[0046] (3) 在过滤介质10的生产过程中将纳米纤维12附着到微米纤维14,15上,

[0047] (4) 在生产过滤介质10后处理带有纳米纤维12的过滤介质10。

[0048] 本文中描述的一个或多个方法中,将纳米纤维12自身借助缠结,粘附,静电荷,和范德华力(即,通常描述的小物体之间的天然存在的物理吸引力)及类似方式中的一个或多个,附着在过滤介质10的较大的纤维14和15上。在显微镜下观察到,直径小并且相对较长的纳米纤维相互之间易于缠结,并且易于缠结到较大的微米纤维上。应当注意的是,根据该方法或从上述制造方法的选择方法,纳米纤维可以附着到所有微米纤维或在过滤介质内的特定深度或甚至特定区域。换言之,与由纳米纤维网仅在两个维度(即,平面的)增强的过滤介质相比,本发明提供了由纳米纤维在三个维度(即,立体的)增强的过滤介质。

[0049] 纳米纤维12和较大的微米纤维14,15之间的吸引力可以通过在制造过程中干燥的纳米纤维12,过滤介质10,或两者的静电充电来增强。静电充电可以通过,例如,摩擦带电,电晕放电,或其他充电方法产生。一旦纤维互相接触,范德华力发挥作用,进一步增强纤维之间的结合。

[0050] 纳米纤维12和较大的微米纤维14,15还可以通过用粘合剂材料(例如,增粘剂)涂覆以提供纤维间的胶状粘合力,进一步提高粘附力。

[0051] 添加增粘剂和静电充电的做法不仅有助于提高纳米纤维12在微米纤维14上的附着,而且进一步提高介质的过滤效率,尽管如此,没有增粘剂和静电充电,纳米纤维12也可令人满意地附着到微米纤维14上。可以在过滤介质制造过程中应用增粘剂和静电充电从而简单地提高介质的过滤能力。

[0052] 应当注意的是,在附着到较大的过滤纤维14,15的过程中,纳米纤维12的物理状态可以是湿的或干的。此外,在本文所描述的纤维结构中的纳米纤维12的最终状态可以是湿的或干的。

[0053] 为了液体吸收,吸附,或聚结,微米纤维和纳米纤维可有选择地由亲水或疏水材料制成。可通过选择适当的尺寸以及微米和纳米纤维的组合来控制最后过滤介质的有效孔(即,微体积)尺寸,从而进一步细化过滤介质保留或排斥液体的能力。

[0054] 在实施例中,本文所描述的纤维结构被构造为梯度密度介质,其中孔尺寸从上游到下游减小以增加捕获效率和容尘量。这种结构允许从介质上游侧的不同深度处应用各种尺寸和/或量的纳米纤维。换句话说,介质的上游侧具有最轻量和/或最大尺寸的附着纳米纤维,同时下游侧具有最重的量和/或最小尺寸的附着纳米纤维。此外,所需的孔(即,微体

积)的尺寸可通过堆叠在一起的介质层形成复合介质,其中每一层具有不同量和/或不同尺寸的纳米纤维。

[0055] 虽然本主题已经用特定于某些结构和方法步骤的语言进行了描述,但是可以理解的是,在所附权利要求书中定义的主题不必限于所描述的特定结构和/或步骤。相反,所描述的具体特征和动作以实现权利要求的示例形式被公开。

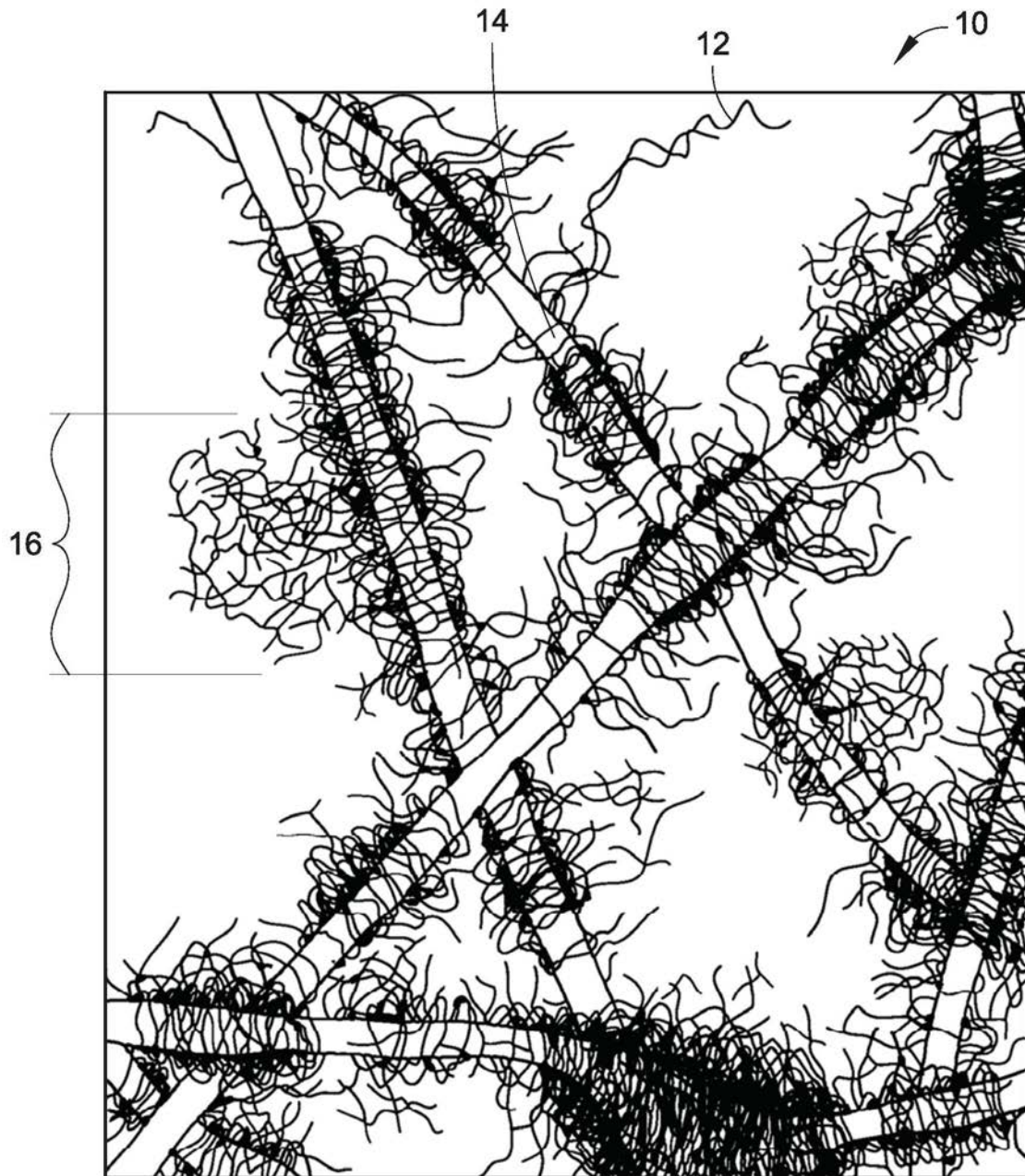


图1

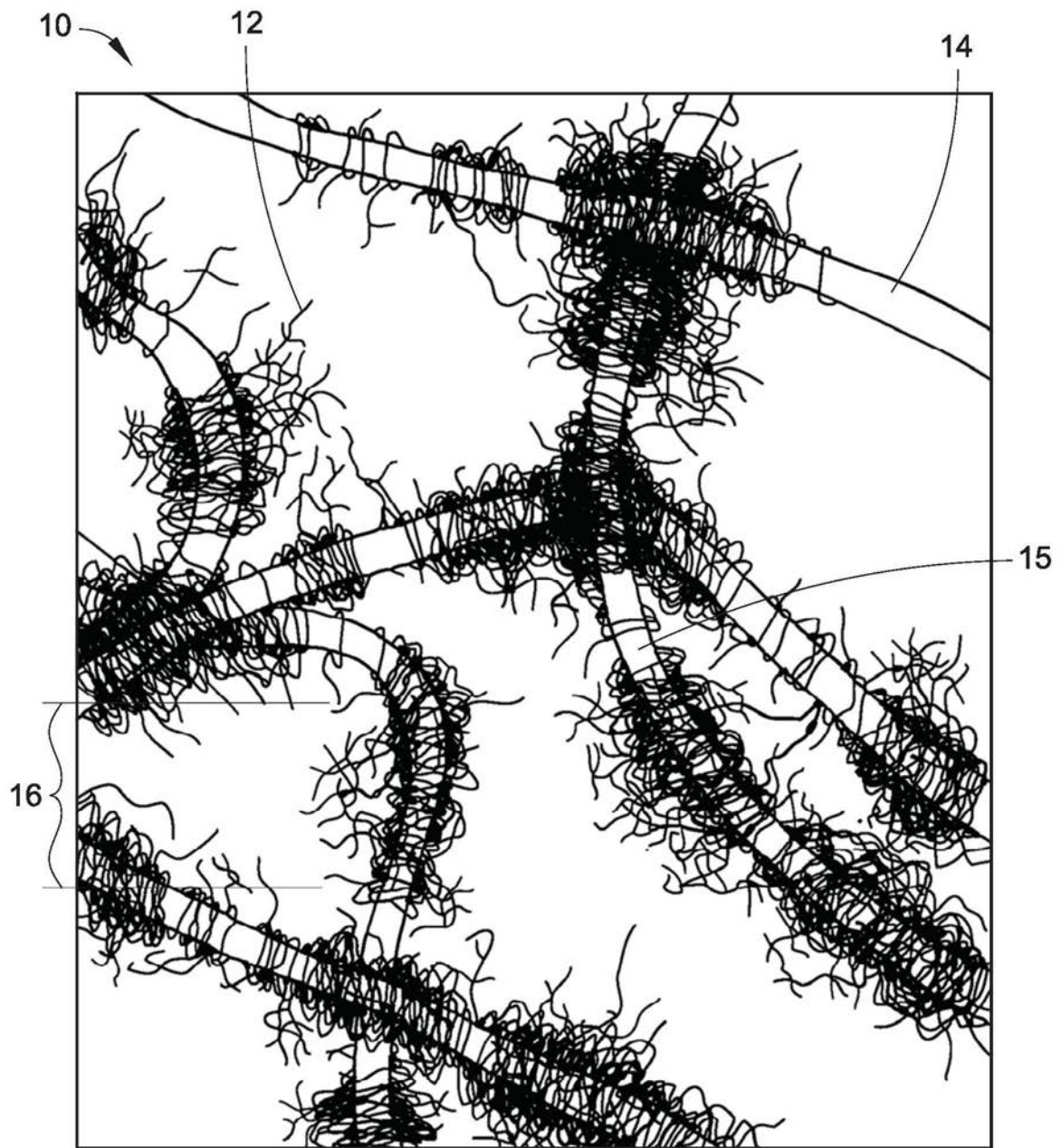


图2

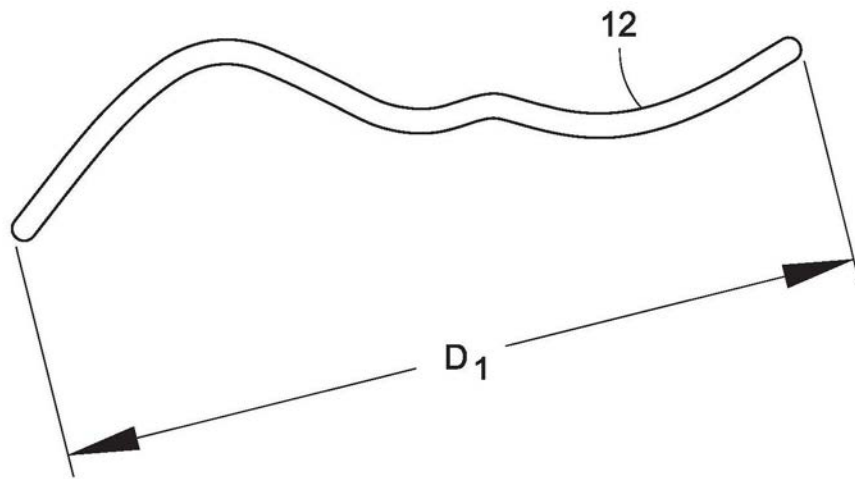


图3

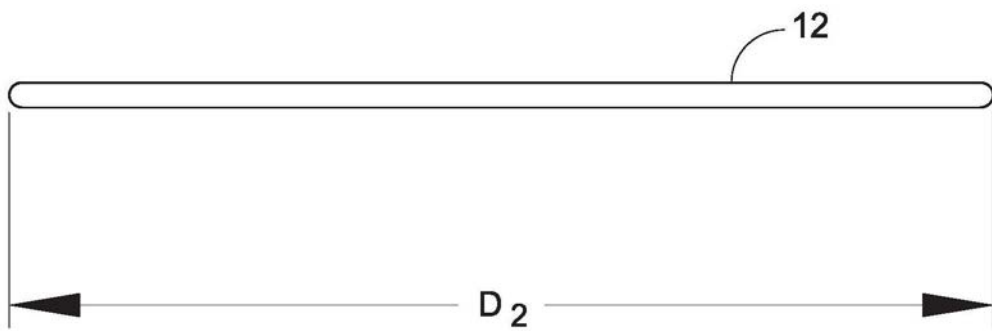


图4

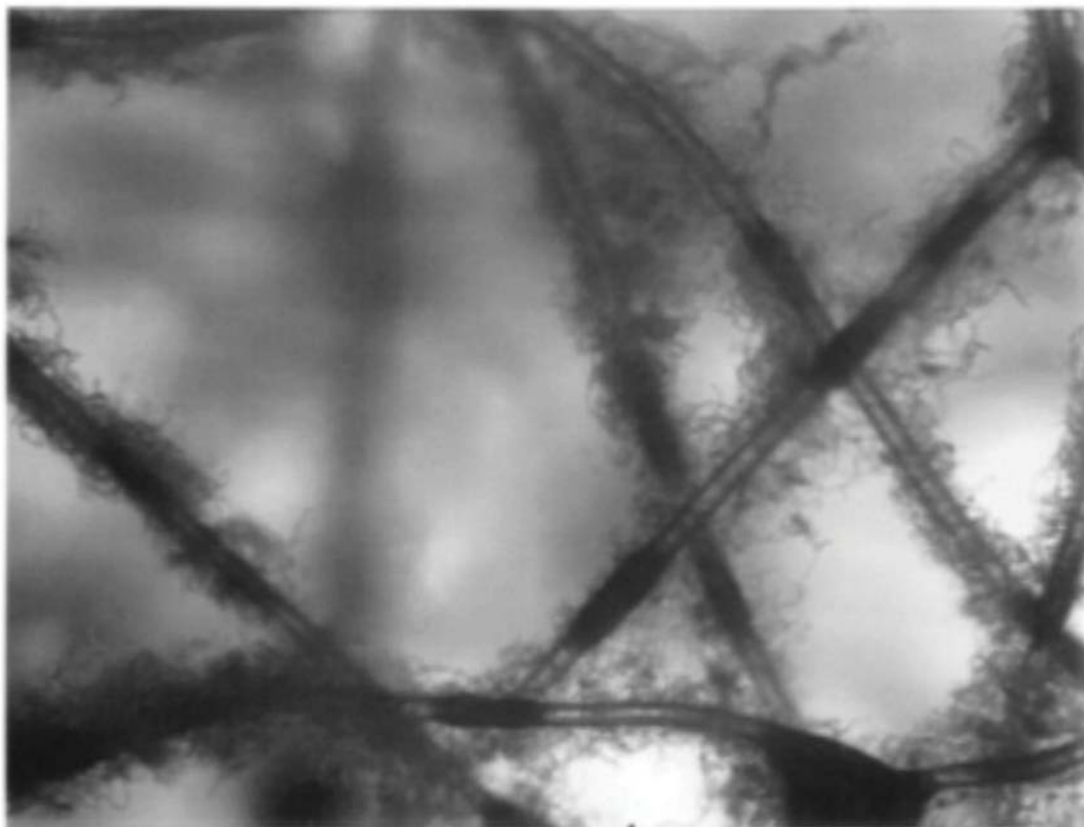


图5

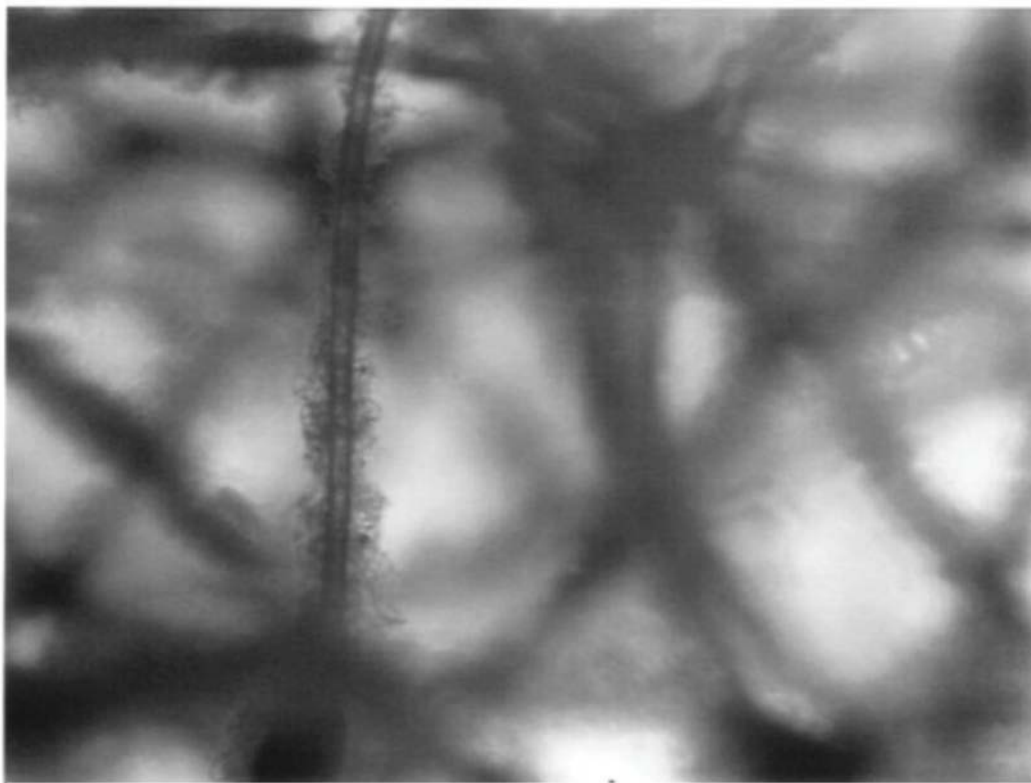


图6

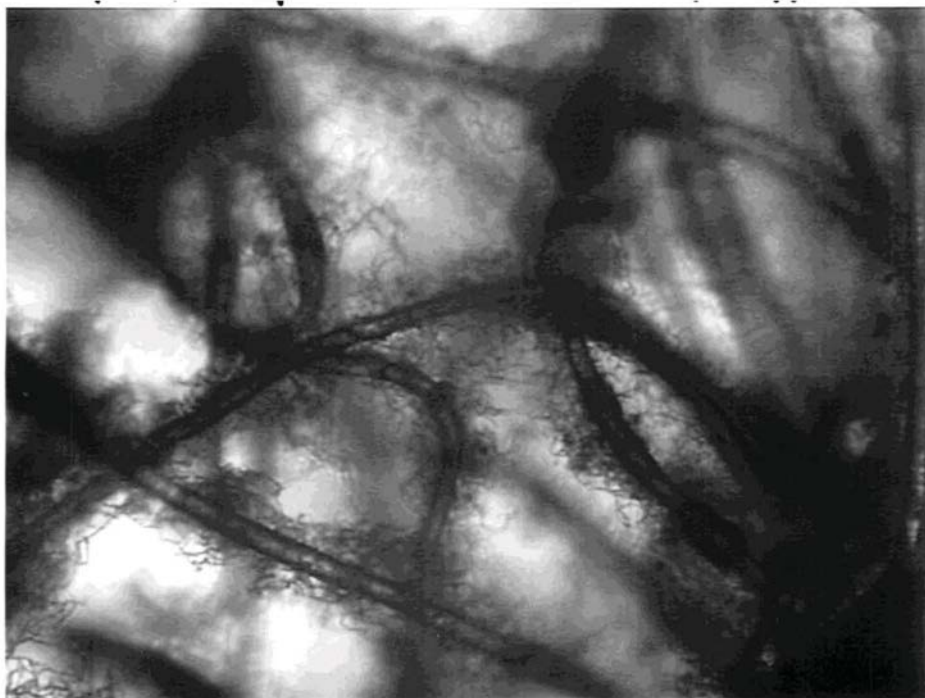


图7



图8

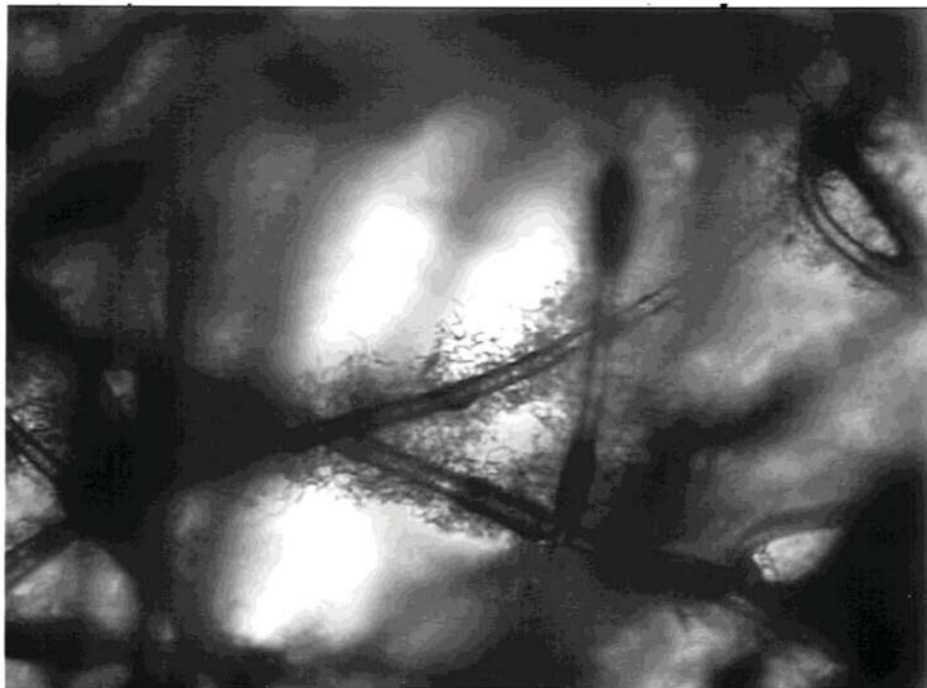


图9

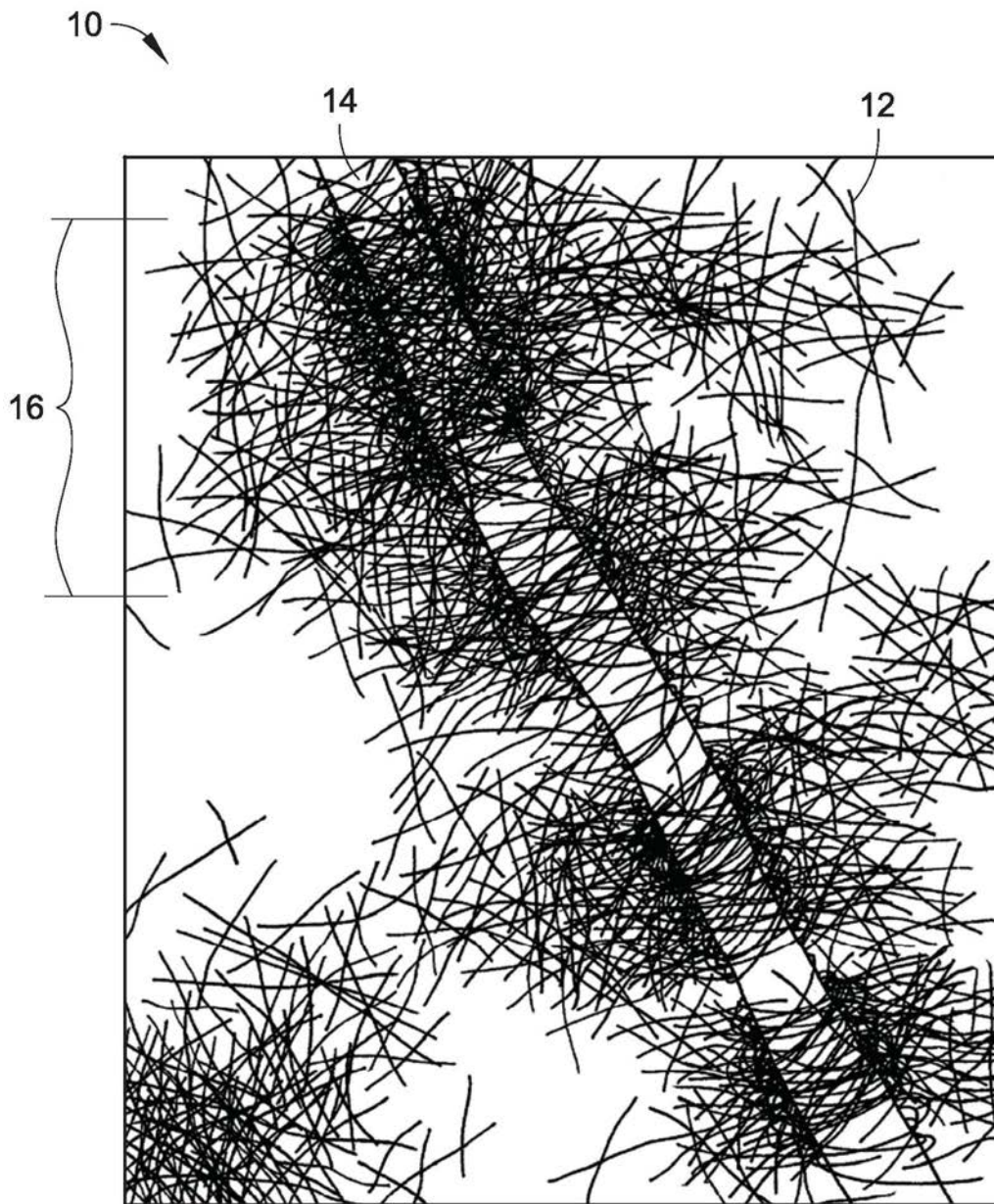


图10

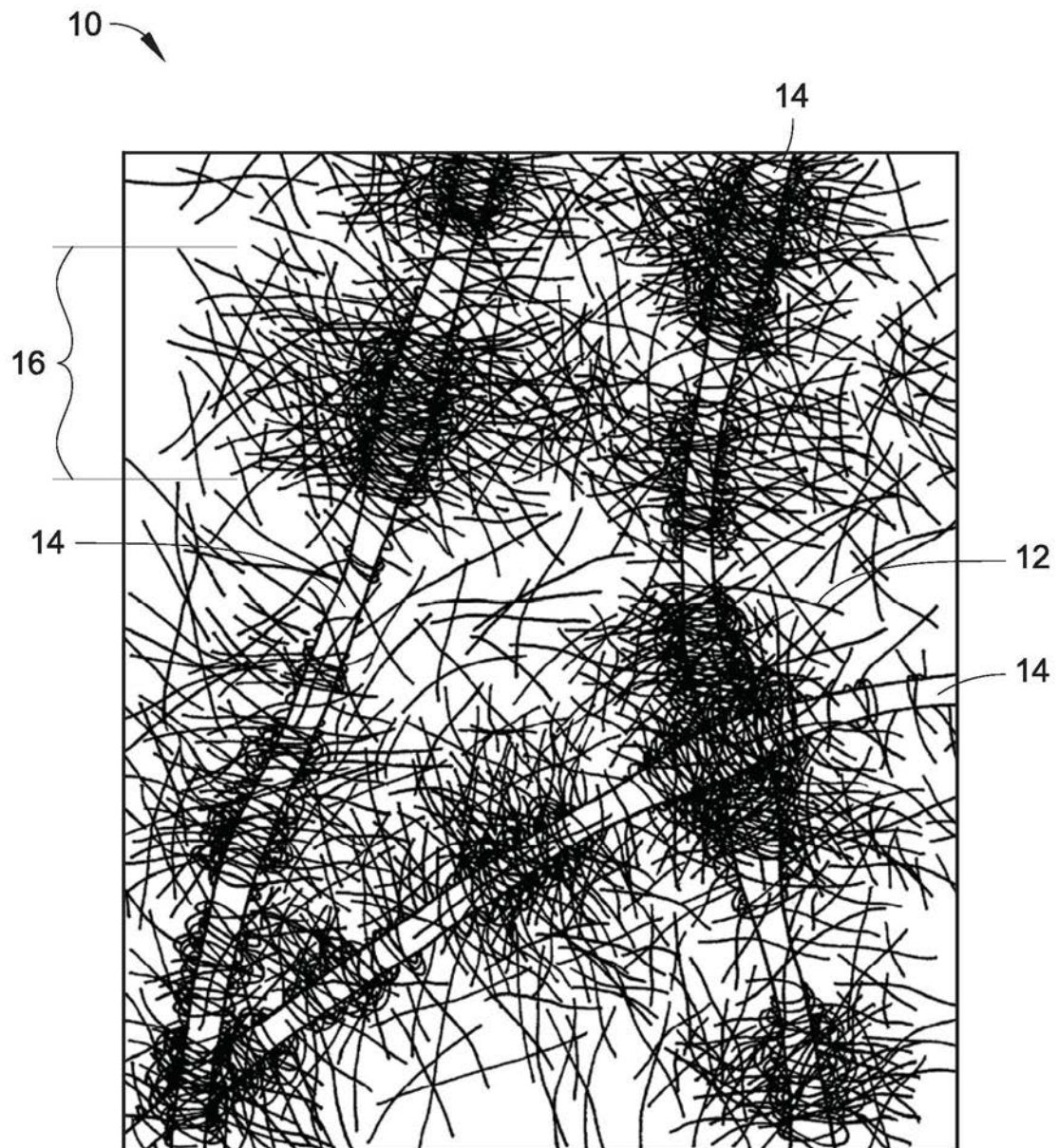


图11



图12

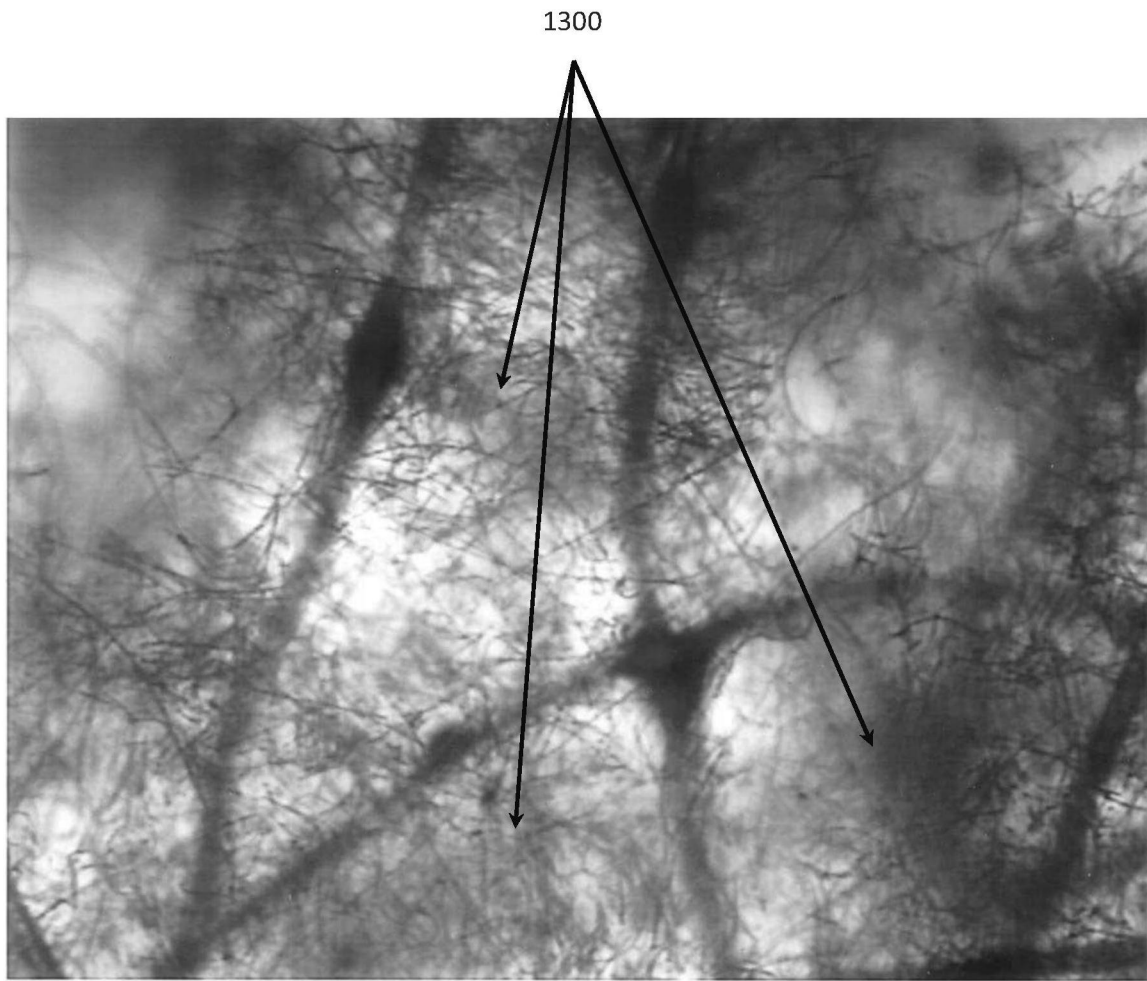


图13