



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104781460 B

(45)授权公告日 2017.01.18

(21)申请号 201380053104.2

(22)申请日 2013.10.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104781460 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(30)优先权数据
2012-226043 2012.10.11 JP
2013-209331 2013.10.04 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.04.10

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2013/077314 2013.10.08

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/057927 JA 2014.04.17

(73)专利权人 花王株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 小玉伸二

(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

代理人 龙淳

(51)Int.Cl.
D01D 5/04(2006.01)
D04H 1/728(2006.01)

(56)对比文件
CN 1849418 B,2012.07.04,
CN 102597341 A,2012.07.18,
CN 101542025 A,2009.09.23,
CN 102652189 A,2012.08.29,
CN 101405441 A,2009.04.08,
JP 特开2011-102455 A,2011.05.26,
JP 特开2011-127262 A,2011.06.30,
JP 特开2010-189782 A,2010.09.02,
JP 特开2010-180499 A,2010.08.19,

审查员 姚翠娥

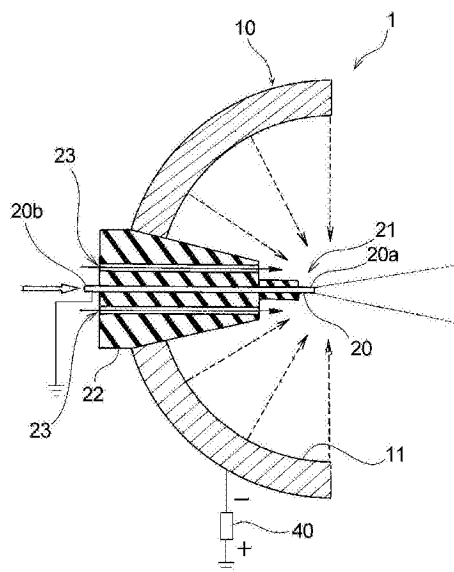
权利要求书3页 说明书15页 附图13页

(54)发明名称

电纺丝装置和具有其的纳米纤维制造装置

(57)摘要

电纺丝装置(1)包括具有凹曲面(11)的电极(10)和以被该电极(10)的凹曲面(11)包围的方式配置的针状的纺丝液排出用喷嘴(20)。在电极(10)与喷嘴(20)之间产生了电场的状态下,利用从喷嘴(20)的前端排出的纺丝液形成纳米纤维。以喷嘴(20)的延伸方向通过由电极(10)的凹曲面(11)的开口端划出的圆的中心或该中心附近并且喷嘴(20)的前端(20a)位于包括由该开口端划出的圆的平面内或位于该平面附近的方式,配置喷嘴(20)。



1. 一种电纺丝装置,其包括具有凹曲面的电极和以被该电极的凹曲面包围的方式配置的针状的纺丝液排出用喷嘴,在该电极与该喷嘴之间产生了电场的状态下,由从该喷嘴的前端排出的纺丝液形成纳米纤维,所述电纺丝装置的特征在于:

以所述喷嘴的延伸方向通过由所述电极的凹曲面的开口端划出的圆的中心或该中心附近并且该喷嘴的前端位于包括由该开口端划出的圆的平面内或位于该平面附近的方式配置该喷嘴。

2. 如权利要求1所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述凹曲面的最底部开口,在该开口部安装有喷嘴组件,

所述喷嘴组件具有所述喷嘴和支承该喷嘴的支承部,该喷嘴由导电性材料构成,该支承部由电绝缘性材料构成。

3. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

电极的内表面的面积相对于所述喷嘴之中在电极内露出的金属部分的面积的比率为30以上90000以下。

4. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

电极的凹曲面是将具有平面部的多个段片接合起来整体为凹曲面的形状,或者是将具有相互正交的三轴之中一个轴不具有曲率的带状部的多个环状段片接合起来整体为凹曲面的形状。

5. 如权利要求4所述的电纺丝装置,其特征在于:

将段片的纵和横的长度为0.5~5mm的矩形的、具有相同或不同大小的平面部的段片接合而形成凹曲面。

6. 如权利要求4所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述凹曲面是通过将由半径分别不同且高度为0.001~5mm的扁平的多种圆筒所构成的环状段片接合而形成的。

7. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述电极的凹曲面的任意位置的曲率为使得该位置的法线通过所述喷嘴的前端或通过其附近的值。

8. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述喷嘴的内径为200 μm 以上3000 μm 以下。

9. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述喷嘴的内径为300 μm 以上2000 μm 以下。

10. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

在所述喷嘴的横截面视图中所述喷嘴分隔为多个区域,使所述纺丝液在各区域流通。

11. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

以所述喷嘴的延伸方向通过由所述电极的凹曲面的开口端划出的圆的中心或该中心附近和该凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

12. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

将由所述电极的凹曲面的开口端划出的圆的半径设为 r 时,假设在包括该圆的平面上有与该圆同心地描绘的半径为 $r/5$ 的假想圆的情况下,以所述喷嘴的延伸方向通过该假想圆的内侧和该凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

13. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

以所述喷嘴的前端位于包括由所述电极的凹曲面的开口端划出的圆的平面内或者位于比该平面靠该凹曲面的内侧的方式配置该喷嘴。

14. 如权利要求13所述的电纺丝装置,其特征在于:

以所述喷嘴的前端位于比该平面靠内侧1~10mm处的方式配置该喷嘴。

15. 如权利要求1或2所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述电极的凹曲面形成球形球壳的大致半球面的形状。

16. 一种电纺丝装置,其包括具有凹曲面的电极和以被该电极的凹曲面包围的方式配置的针状的纺丝液排出用喷嘴,在该电极与该喷嘴之间产生了电场的状态下,由从该喷嘴的前端排出的纺丝液形成纳米纤维,所述电纺丝装置的特征在于:

以所述喷嘴的延伸方向通过由所述电极的凹曲面的开口端划出的平面的图心或该图心附近,并且该喷嘴的前端位于由该开口端划出的平面内或位于该平面附近的方式配置该喷嘴。

17. 如权利要求16所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述电极的凹曲面为将具有平面部的多个段片接合起来整体为凹曲面的形状。

18. 如权利要求16或17所述的电纺丝装置,其特征在于:

以所述喷嘴的延伸方向通过由所述电极的凹曲面的开口端划出的平面的图心或该图心附近和作为该凹曲面的最底部的位置且与该电极的距离最短的该位置的方式配置该喷嘴。

19. 如权利要求16或17所述的电纺丝装置,其特征在于:

将由电极的凹曲面的开口端划出的平面的最长对角线设为L时,假设在该平面上有与该平面图心相同地描绘的半径为L/10的假想圆的情况下,以所述喷嘴的延伸方向通过该假想圆的内侧和与电极的距离最短且为该凹曲面的最底部的部位的方式配置该喷嘴。

20. 如权利要求16或17所述的电纺丝装置,其特征在于:

以所述喷嘴的前端位于由所述电极的凹曲面的开口端划出的平面内,或位于比该平面靠该凹曲面的内侧的方式配置该喷嘴。

21. 如权利要求16或17所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述电极的凹曲面形成大致碗形,且该电极具有沿着与所述喷嘴的延伸方向平行的面将大致碗形的相对的两个侧部切断而形成的第一切口面和第二切口面。

22. 如权利要求16或17所述的电纺丝装置,其特征在于:

所述电极的凹曲面形成大致半圆筒的形状。

23. 一种纳米纤维制造装置,其特征在于,包括:

权利要求1~22中任一项所述的电纺丝装置;

气流喷出部,其位于所述电纺丝装置的所述喷嘴的基部附近,沿着该喷嘴的延伸方向,并且向该喷嘴的前端方向喷出气流;

纳米纤维收集用电极,其以与所述喷嘴的前端相对的方式配置;和

纺丝液供给部,其对所述喷嘴供给所述纺丝液。

24. 如权利要求23所述的纳米纤维制造装置,其特征在于:

所述气流喷出部的个数为多个。

25. 如权利要求23或24所述的纳米纤维制造装置,其特征在于:
所述气流喷出部的形状为包围喷嘴的环状。
26. 如权利要求23或24所述的纳米纤维制造装置,其特征在于:
以所述喷嘴均朝向相同方向的方式配置多个所述电纺丝装置。
27. 如权利要求23或24所述的纳米纤维制造装置,其特征在于:
所述电纺丝装置的所述电极具有沿着与所述喷嘴的延伸方向平行的面将该电极的相对的两个侧部切断而形成的第一切口面和第二切口面,
将多个所述电纺丝装置沿着与该切口面正交的方向配置,以使各装置的所述电极在所述切口面相抵接。
28. 如权利要求23或24所述的纳米纤维制造装置,其特征在于:
以与纳米纤维收集用电极邻接的方式,在该纳米纤维收集用电极与所述喷嘴之间配置收集纳米纤维的收集体,使该收集体在一个方向移动。
29. 一种纳米纤维的制造方法,其特征在于:
在具有凹曲面的电极与以被该电极的凹曲面包围的方式配置的针状的纺丝液排出用喷嘴之间产生了电场的状态下,从该喷嘴的前端排出带电的纺丝液,
向排出的所述纺丝液喷出气流,生成纳米纤维,
使所述纳米纤维堆积在收集体的表面上。
30. 一种纳米纤维的制造方法,其特征在于:
使用权利要求23~28中任一项所记载的纳米纤维制造装置。

电纺丝装置和具有其的纳米纤维制造装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电纺丝装置和具有该电纺丝装置的纳米纤维制造装置。

背景技术

[0002] 电纺丝法(ES法)作为不使用机械力或热力就能够比较简单地制造纳米尺寸的粒子或纤维等的技术而备受关注。目前为止进行的电纺丝法中,将成为纳米纤维的原料的物质的溶液充填于注射器中,在安装于该注射器的针状喷嘴和与喷嘴相对的收集用电极之间施加直流高电压的状态下,进行从该喷嘴的前端排出溶液的操作。排出的溶液中的溶剂在电场中瞬间蒸发,原料一边凝固一边在库仑力的作用下延伸而形成纳米纤维。而且,纳米纤维堆积在收集用电极的表面。

[0003] 但是,上述电纺丝法中,从1个喷嘴只能制造1条~数条程度的纳米纤维。这样,纳米纤维的量产化技术还没有确立,现状是实用化几乎没有任何进展。

[0004] 作为提高纳米纤维制造的生产率的以往的技术,已知有以下叙述的专利文献1~5所记载的电纺丝法。专利文献1所记载的电纺丝法中,对作为具有多个小孔的导电性旋转容器的圆筒状容器内供给在溶剂中溶解有高分子物质的高分子溶液,使圆筒状容器旋转,而使带电荷的高分子溶液从该小孔流出。而且,利用离心力和伴随溶剂的蒸发的静电爆炸使线状地流出的高分子溶液延伸,而生成由高分子物质构成的纳米纤维。而且,利用配设于圆筒状容器的轴心方向一侧部的反射电极或鼓风装置,使生成的纳米纤维向圆筒状容器的轴心方向另一侧偏转流动。

[0005] 专利文献1中还记载有另一电纺丝法。该另一电纺丝法中,对具有多个小孔的导电性旋转容器内供给有原料溶液。另外,在以包围旋转容器周围的方式配设的环状电极与该旋转容器的小孔附近之间施加高电压,而成为在它们之间产生电场的状态。在该状态下使旋转容器旋转,通过离心力和电场的作用使原料溶液从小孔流出,对带电的纤维进行纺织。进而,从旋转容器与环状电极间的纺丝空间排出纤维,同时通过伴随溶剂的蒸发的静电爆炸使纤维延伸,而生成纳米纤维。

[0006] 专利文献2和3所记载的电纺丝法中,在对金属球与金属制的纺丝喷嘴开口之间施加高电压的状态下,从该纺丝喷嘴排出高分子材料的溶液。此时,以与金属球和纺丝喷嘴开口的路径正交的方式喷出高速气流。由此,改变从纺丝喷嘴纺出的纳米纤维的轨迹,并通过高速气流使之飞散。飞散的纳米纤维被收集在纳米纤维收集部。

[0007] 专利文献4所记载的电纺丝法中,使用喷射纺丝溶液的树脂制的喷嘴和使纺丝溶液带电的电极,在电场中喷射纺丝溶液进行纺丝。在存留纺丝溶液的容器中,内置有用于使该纺丝溶液带电的由导电性材料构成的电极。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:US2010/0072674A1

[0011] 专利文献2:(日本)特开2011-127234号公报

[0012] 专利文献3:国际公开第2012-066929号小册子

[0013] 专利文献4:(日本)特开2011-102455号公报

发明内容

[0014] 但是,上述各种电纺丝法,有时还不能说量产性充分。另外,由于制造设备复杂,或制造设备的占有空间大,所以不能说在经济方面有利。

[0015] 本发明提供一种电纺丝装置,其包括具有凹曲面的电极和以被该电极的凹曲面包围的方式配置的针状的纺丝液排出用喷嘴,在该电极与该喷嘴之间产生了电场的状态下,由从该喷嘴的前端排出的纺丝液形成纳米纤维。

[0016] 该电纺丝装置中,以所述喷嘴的延伸方向通过由所述电极的凹曲面的开口端划出的圆的中心或该中心附近,并且该喷嘴的前端位于包括由该开口端划出的圆的平面内或位于该平面附近的方式,配置该喷嘴。

[0017] 本发明还提供一种纳米纤维制造装置。

[0018] 该纳米纤维制造装置包括:

[0019] 所述电纺丝装置;

[0020] 气流喷出部,其位于所述电纺丝装置的所述喷嘴的基部附近,沿着该喷嘴的延伸方向,且向该喷嘴的前端方向喷出气流;

[0021] 纳米纤维收集用电极,其以与所述喷嘴的前端相对的方式配置;和

[0022] 纺丝液供给部,其向所述喷嘴供给所述纺丝液。

附图说明

[0023] 图1是表示本发明的电纺丝装置的一实施方式的立体图。

[0024] 图2是表示图1所示的电纺丝装置的截面构造的示意图。

[0025] 图3(a)~(d)是表示电纺丝装置的电极的开口端的各种形状的平面图。

[0026] 图4是表示电纺丝装置的电极的开口端的另一形状的平面图。

[0027] 图5是表示电纺丝装置的另一实施方式的截面构造的示意图(相当于图2的图)。

[0028] 图6是表示喷嘴的在横截面视图中的构造的示意图。

[0029] 图7(a)是表示本发明电纺丝装置的原理的模型图,图7(b)是表示现有技术的电纺丝装置的原理的模型图。

[0030] 图8是表示具有图1所示的电纺丝装置的纳米纤维制造装置的示意图。

[0031] 图9是表示本发明的电纺丝装置的另一实施方式的立体图。

[0032] 图10是表示本发明的电纺丝装置的另一实施方式的立体图。

[0033] 图11是表示电纺丝装置的又另一实施方式的截面构造的示意图(相当于图2的图)。

[0034] 图12(a)是实施例1中得到的纳米纤维的扫描电子显微镜图像,图12(b)是图12(a)的放大图像。

[0035] 图13(a)是比较例1中得到的纳米纤维的扫描电子显微镜图像,图13(b)和图13(c)是图13(a)的放大图像。

[0036] 图14(a)是比较例2中得到的纳米纤维的扫描电子显微镜图像,图14(b)是图14(a)

的放大图像。

具体实施方式

[0037] 本发明人进行了锐意研究,结果发现,为了使由纳米纤维的纺丝液制造的纳米纤维的粗细变细,对纺丝液作用的库仑力成为极其重要的因素。进一步进行了研究,发现通过提高纺丝液的平均单位质量的带电量,能够提高每个排出用喷嘴的纳米纤维的制造能力,能够抑制制造设备的大型化,并且提高纳米纤维的生产率。

[0038] 以下,基于优选的实施方式并参照附图说明本发明。图1是表示本发明的电纺丝装置的一实施方式的立体图。图2是表示图1所示的电纺丝装置的截面构造的示意图。图1所示的电纺丝装置1包括电极10和纺丝液排出用喷嘴20。

[0039] 作为整体,电极10形成大致碗形,在其内表面具有凹曲面11。电极10只要其内表面成为凹曲面11,其整体的形状就不需要成为大致碗形,也可以成为其它形状。凹曲面11由导电性材料构成,通常为金属制。电极10固定于由电绝缘性材料构成的基台30上。另外,电极10如图2那样与直流高压电源40连接。

[0040] 从凹曲面11的开口端侧观察凹曲面11时,该开口端形成圆形。该圆形也可以为正圆形或椭圆形。如后述,从使电荷集中于喷嘴20的前端的观点来看,凹曲面11的开口端优选为正圆形。在开口端的形状不是正圆的情况下,作为该开口端的形状,如图3(a)和(b)所示,能够设为组合圆C和椭圆E而成的形状。在图3(a)中,组合有直径D1的圆C和短径D1的椭圆形E。上半部分成为将短径D1的椭圆E沿着其短径轴平分的形状,下半部分成为直径D1的圆C的半圆形状。在图3(b)中,组合有直径D2的圆C和长径D2的椭圆形E。上半部分成为将长径D2的椭圆E沿着其长径轴平分的形状,下半部分成为直径D2的圆C的半圆形状。作为开口端的形状,还能够采用图3(c)所示的组合了两个椭圆E1和E2的形状。图3(c)中,组合有短径D3的椭圆E1和长径D3的椭圆E2。左半部分成为将短径D3的椭圆形沿着其短径轴平分的形状,右半部分成为将长径D3的椭圆形沿着其长径轴平分的形状。作为开口端的形状,还能够采用图3(d)所示的组合了两个圆C1和C2的形状。图3(d)中,第一圆C1的中心轴和第二圆C2的中心轴位于同一线上,且第一圆C1的中心和第二圆C2的中心不一致。第一圆C1的直径比第二圆C2的直径小。

[0041] 凹曲面11的开口端为椭圆时,如图4所示,与椭圆E内接的圆C1的直径D1和与椭圆E外接的圆C2的直径D2的比即 $D1/D2$ 的值优选为 $9/16$ 以上,更优选为 $3/4$ 以上,进一步优选为 $4/5$ 以上。

[0042] 另一方面,凹曲面11在其任意位置均成为曲面。这里所说的曲面是指以下任意情况:(A)完全不具有平面部的曲面;(B)如图5所示,为将具有平面部P的多个段片G接合起来整体可看作凹曲面11的形状;或(C)为将具有相互正交的三轴中的一个轴不具有曲率的带状部的多个环状段片接合起来整体可看作凹曲面的形状。在(B)的情况下,优选将例如段片的纵和横的长度为 $0.5\sim 5\text{mm}$ 程度的矩形的、具有相同或不同大小的平面部P的段片G接合而形成凹曲面11。在(C)的情况下,优选将例如由半径分别不同且高度为 $0.001\sim 5\text{mm}$ 的扁平的多种圆筒所构成的环状段片接合而形成凹曲面11。该环状段片中,相互正交的三轴即X轴、Y轴和Z轴之中,包括圆筒的横截面的X轴和Y轴具有曲率,且圆筒的高度方向即Z轴不具有曲率。

[0043] 凹曲面11(的曲率)优选为使得其任意位置的法线通过喷嘴20的前端或其附近的值。从该观点出发,凹曲面11特别优选形成为与球形球壳的内表面相同的形状。

[0044] 如图1和图2所示,凹曲面11的最底部开口,在其开口部安装有喷嘴组件21。因此,在凹曲面11形成为与球形的内表面相同的形状的情况下,该凹曲面11成为与球体的球壳的内表面相同的形状。

[0045] 喷嘴组件21包括已经叙述的喷嘴20和支承该喷嘴20的支承部22。喷嘴20由导电性材料构成,通常由金属构成。另一方面,支承部22由电绝缘性材料构成。因此,之前所述的电极10和喷嘴20通过支承部22而电绝缘。喷嘴20贯通支承部22,喷嘴20的前端20a露出到由凹曲面11构成的电极10内。喷嘴20的后端20b在电极10的背面侧(即,凹曲面11的相反侧)露出。喷嘴20的后端20b与纺丝液的供给源(未图示)连接。

[0046] 由导电性材料构成的喷嘴20由针状的直管构成。在喷嘴20内可以流通纺丝液。喷嘴20的内径能够优选将其下限值设定为 $200\mu\text{m}$ 以上,更优选设定为 $300\mu\text{m}$ 以上。另一方面,能够优选将其上限值设定为 $3000\mu\text{m}$ 以下,更优选设定为 $2000\mu\text{m}$ 以下。能够优选设定为 $200\mu\text{m}$ 以上 $3000\mu\text{m}$ 以下,更优选设定为 $300\mu\text{m}$ 以上 $2000\mu\text{m}$ 以下。通过将喷嘴内径设定在该范围内,能够容易且定量地输送作为高分子的纺丝液,并且有效地使纺丝液带电,故优选。

[0047] 也可以如图6所示那样在喷嘴20的横截面图中喷嘴20分隔为多个区域S,并使上述纺丝液在各区域S中流通。这样,能够增大纺丝液与喷嘴20的内壁的接触面积,并更易于使纺丝液带电。在喷嘴20的横截面视图中喷嘴20分隔为多个区域S的情况下,上述喷嘴20的内径是指各区域S的内径。各区域的形状或内径可以相同或也可以不同。

[0048] 如已经叙述的那样喷嘴20由导电性材料构成的情况下,该喷嘴20如图2所示那样接地。与此相对,由于对电极10施加有负电压,所以在电极10与喷嘴20之间产生电场。此外,为了在电极10与喷嘴20之间产生电场,也可以对喷嘴20施加正电压并且使电极10接地,来代替图2所示的电压的施加方式。特别是与对喷嘴20施加正电压相比,使该喷嘴20接地能够使绝缘对策简单,故优选。

[0049] 从使纺丝液充分带电的观点来看,在电极10与喷嘴20之间施加的电位差优选设为 1kV 以上,特别优选设为 10kV 以上。另一方面,从防止喷嘴与电极间的放电的观点来看,该电位差优选设为 100kV 以下,特别优选设为 50kV 以下。例如优选设为 1kV 以上 100kV 以下,特别优选设为 10kV 以上 50kV 以下。

[0050] 本实施方式电纺丝装置1中,使用静电感应的原理来实施带电。静电感应是指,当使例如带正电的物体(带电体)接近稳定状态的导体时,负电荷向该导体中接近带电体的部位移动,相反正电荷离开带电体而成为静电导体的现象。在使带电体接近了该导体的状态下,当使该导体中带正电荷的部位接地时,正电荷被电中和,该导体成为带有负电荷的带电体。图2所示的实施方式中,将电极10作为带负电的带电体使用,因此喷嘴20成为带有正电荷的带电体。因此,当使纺丝液在带正电的喷嘴20内流通时,从该喷嘴20供给正电荷,该纺丝液带正电。

[0051] 图7(a)是表示本实施方式电纺丝装置1的电场·电荷的分布状态的模型图。图7(b)是已经叙述的专利文献3和4中提案的电纺丝装置的电场·电荷的分布状态的模型图。从图7(a)和图7(b)的对比可知,图7(a)所示的本实施方式中,喷嘴20在电极10的内表面露出的部位少,因此电极10的面积比喷嘴20的露出部分的面积压倒性地大,据此与电极10相

比喷嘴20的电荷密度变高,且电场也变强。与此相对,在图7(b)所示的现有技术中,不仅喷嘴20'的前端为金属制,而且主体部也为金属制,因此喷嘴20'的面积比由球体构成的电极10'的面积大,由此与电极10'相比喷嘴20'的电荷密度变低,且电场也变弱。这样,与图7(b)所示的现有的电纺丝装置相比,图7(a)所示的本实施方式的电纺丝装置1的电极面积较大,且喷嘴的金属部分较少,因此图7(a)所示的本实施方式的电纺丝装置1的喷嘴前端的电场变强(即电荷密度变高),电荷集中于喷嘴前端。其结果是,在喷嘴内流通的纺丝液的带电量非常多。

[0052] 本发明者对图7(a)所示的模型进行了进一步研究,结果发现,在将电极面积设为相同的情况下,与使用图7(a)所示那样的平面状的电极相比,使用图1和图2所示的凹曲面11的电极10时使电荷更集中于喷嘴20的前端。因此,如本实施方式,通过将电极10的内表面设为凹曲面,在喷嘴20内流通的纺丝液的带电量变得极其多。而且,通过将电极设为凹曲面11,与使用平面状的电极的情况相比能够减少电极的体积,因此能够使电纺丝装置1小型化。而且,与已经叙述的专利文献1和2所记载的电纺丝装置1不同,不存在可动部位,因此还具有装置没有复杂化的优点。

[0053] 为了使电荷进一步集中于喷嘴20的前端,该喷嘴20以其延伸的方向通过由电极10的凹曲面11的开口端划出的圆的中心或该中心附近,且该喷嘴20的前端20a位于包括由该开口端划出的圆的平面内或位于该平面的附近的方式配置,是有利的。

[0054] 特别优选喷嘴20以其延伸的方向通过由电极10的凹曲面11的开口端划出的圆的中心或该中心附近和该凹曲面11的最底部的方式配置。特别优选包括由凹曲面11的开口端划出的圆的平面和喷嘴20延伸的方向正交。通过这样配置喷嘴20,使电荷更进一步集中于喷嘴20的前端。从该观点来看,特别优选电极10的凹曲面11形成为球形球壳的大致半球面的形状。

[0055] 特别是,将被电极10的凹曲面11的开口端划出的圆的半径设为 r 时,假设在包括该圆的平面上有与该圆同心地描绘的、半径为 $r/5$ 的假想圆的情况下,喷嘴20优选以其延伸的方向通过该假想圆的内侧和凹曲面11的最底部的方式配置。特别是,作为上述假想圆,在假想为半径为 $r/10$ 的情况下,喷嘴20优选以其延伸方向通过半径为 $r/10$ 的该假想圆的内侧和凹曲面11的最底部的方式配置。作为更优选的方式,可举出如下方式,即,喷嘴20以其延伸方向通过由电极10的凹曲面11的开口端划出的圆的中心和该凹曲面11的最底部的方式配置。

[0056] 关于喷嘴20的前端20a的位置,优选以该前端20a位于包括由电极10的凹曲面11的开口端划出的圆的平面内,或位于比该平面靠该凹曲面11的内侧的方式配置该喷嘴20。具体而言,优选配置于比该平面靠向内侧 $1\sim 10\text{mm}$ 处。通过这样配置喷嘴20的前端20a的位置,从喷嘴20的前端20a排出的纺丝液不易被吸引到电极10的凹曲面11上,该凹曲面11不易被该纺丝液污染。

[0057] 如上所述,本实施方式的电纺丝装置1中,将喷嘴20之中在电极10内露出的金属部分(导体部分)的面积缩小,并且增大电极10的内表面的面积,由此提高喷嘴20的前端20a的电荷密度。从该观点出发,电极10的内表面面积相对于喷嘴20之中在电极10内露出的金属部分(导体部分)的面积比率,其下限值优选为30以上,更优选为100以上。关于上限值,优选为90000以下,更优选为5000以下。例如优选为30以上90000以下,更优选为100以上5000以

下。从该观点来看,喷嘴20中在电极10内露出的金属部分(导体部分)的面积是指喷嘴20的侧面面积,不包括喷嘴20的内壁面积。另外,电极10的内表面面积中不包括安装喷嘴组件21的开口部的面积。

[0058] 电极10的内表面的面积本身的值,其下限值优选为 400mm^2 以上,更优选为 1000mm^2 以上。关于上限值,优选为 180000mm^2 以下,更优选为 40000mm^2 以下。例如优选为 400mm^2 以上 180000mm^2 以下,更优选为 1000mm^2 以上 40000mm^2 以下。喷嘴20中在电极10内露出的金属部分(导体部分)的面积,其下限值优选为 2mm^2 以上,更优选为 5mm^2 以上。关于上限值,优选为 1000mm^2 以下,更优选为 100mm^2 以下。例如优选为 2mm^2 以上 1000mm^2 以下,更优选为 5mm^2 以上 100mm^2 以下。

[0059] 本实施方式的电纺丝装置1中,如图1和图2所示,在喷嘴组件21的喷嘴20的基部附近设有由贯通孔构成的气流喷出部23。气流喷出部23沿着喷嘴20的延伸方向而形成。另外,气流喷出部23形成为可以向喷嘴20的前端20a的方向喷出气流。从电极10的开口端侧观察时,气流喷出部23以包围喷嘴20的方式设置有两个。各气流喷出部23形成于夹着喷嘴20而对称的位置。由贯通孔构成的气流喷出部23的后端侧的开口部与气流的供给源(未图示)连接。通过从该供给源供给气体,而从喷嘴20的周围喷出气体。喷出的气体向后述的收集用电极输送从喷嘴20的前端20a排出且通过电场作用被细长地拉长的纺丝液。此外,图1和图2中表示设有两个气流喷出部23的状态,但设置气流喷出部23的个数不限于此,可以是1个或3个以上。另外,气流喷出部的形状不限于圆形(矩形、椭圆形、双层圆环、三角形、蜂窝状),从得到均匀的气体喷流的观点来看,优选为包围喷嘴的环状。另外,作为从气流喷出部23喷出的气体,使用空气是简便的。

[0060] 在使用本实施方式的电纺丝装置1的纳米纤维的制造方法中,在电极10与喷嘴20之间产生了电场的状态下,从喷嘴20的前端20a排出纺丝液。纺丝液在到从喷嘴20排出为止的期间通过静电感应而带电,且以带电的状态排出。由于在喷嘴20的前端20a集中有电荷,因此纺丝液的平均单位质量的带电量变得极高。以带电的状态排出的纺丝液的液面通过电场作用而变形为圆锥状。当吸引到电极10的力超过纺丝液的表面张力时,纺丝液立刻被吸引向电极10的方向。此时,通过从气流喷出部23向排出的纺丝液喷出气流,由于纺丝液的自身排斥的连锁,纤维变细到纳米尺寸。与此同时,比表面积变大,进行溶剂的挥发。其结果是,通过干燥生成的纳米纤维在配置于与喷嘴20相对的位置的收集体(未图示)的表面上随机堆积。从使纳米纤维可靠地堆积于收集体表面的观点来看,也可以以与喷嘴20的前端相对的方式配置纳米纤维收集用电极(未图示),且以与该收集用电极邻接的方式在该收集用电极与喷嘴20之间配置收集体。而且,优选对收集用电极施加与带电的纺丝液的电荷不同的电荷的电位。例如在纺丝液带正电的情况下,可以使收集用电极接地,或对收集用电极施加负电压。

[0061] 以上的纳米纤维的制造方法中,从喷嘴20的前端20a排出的纺丝液的带电量变得极高,因此向电极10的方向吸引纺丝液的力变大。因此,即使排出比以往更大量的纺丝液,也可以制造与以往同程度细的纳米纤维。而且,即使增加纺丝液的排出量,在得到的纳米纤维上也不易产生缺陷等。这里所说的缺陷是指,例如纺丝液的液滴直接固化的情况,或纺丝液的液滴没有充分拉长直接固化而产生串珠状的情况。

[0062] 图8中表示使用了本实施方式的电纺丝装置1的纳米纤维的制造装置50的一例。该

图所示的装置50中,配置有多个图1和图2所示的电纺丝装置1。各电纺丝装置1固定于板状的基台30上。各电纺丝装置1二维状地配置于基台30的板面的方向上。另外,各电纺丝装置1以喷嘴20均朝向相同方向(图8中的上方)的方式配置。各电纺丝装置1中,对电极10施加负的直流电压,并且将喷嘴20接地。通过将本实施方式的电纺丝装置1的电极10设为凹曲面,在电极10与喷嘴20之间形成的电场成为封闭的。由于这样,电场对周围造成的影响极小。其结果是,即使以近距离配置多个电纺丝装置1,电场也不相互干扰。这极其利于纳米纤维的制造装置50的小型化。另外,通过提高电纺丝装置1的配置密度,也起到利于提高得到的无纺布的均匀性的效果。

[0063] 在电纺丝装置1的上方,以与喷嘴20的前端相对的方式配置有纳米纤维收集用电极51。收集用电极51是由金属等导体构成的平板状的电极。收集用电极51的板面和喷嘴20的延伸方向大致正交。收集用电极51接地。收集用电极51与喷嘴20的前端的距离,其下限值能够优选设为100mm以上,更优选设为500mm以上。上限值能够优选设为3000mm以下,更优选设为1000mm以下。例如能够优选设为100mm以上3000mm以下,更优选设为500mm以上1000mm以下。

[0064] 装置50中,以与收集用电极51邻接的方式,在该收集用电极51与喷嘴20之间配置有收集纳米纤维的收集体52。收集体52为长条带状的部件,从辊状的坯料52a抽出。抽出的收集体52向图8中由箭头A所示的方向输送,且以与喷嘴20相对的方式在喷嘴20上通过,并卷绕在卷绕机52b上。作为收集体52,能够使用例如薄膜、网布、无纺布、纸等。

[0065] 在使图8所示的装置50运转时,首先抽出收集体52,向由箭头A表示的方向输送。另外,对电极10施加负的直流电压,并且使喷嘴20和收集用电极51接地。在这些状态下,从设于电纺丝装置1的气流喷出部23喷出气流,同时从喷嘴20的前端20a排出纺丝液。由排出的纺丝液生成纳米纤维,该纳米纤维连续地堆积在移动的收集体52的表面上。由于在装置50上配置有多个电纺丝装置1,所以能够制造大量的纳米纤维。而且,排出的纺丝液的带电量极高,因此即使纺丝液的排出量比以往高,也能够制造具有与以往同程度粗细的纳米纤维。据此,也能够制造大量的纳米纤维。

[0066] 作为纺丝液,能够使用溶剂中溶解有可形成纤维的高分子化合物的溶液。作为这种高分子化合物,水溶性高分子化合物和水不溶性高分子化合物的任一种均可使用。本说明书中,“水溶性高分子化合物”是指具有如下性质的高分子化合物,即,在1气压·常温(20℃±15℃)的环境下,将高分子化合物浸渍于相对于该高分子化合物为10倍以上的质量的水中,在经过了充分的时间(例如24小时以上)时,可以以浸渍的高分子化合物的50质量%以上溶解的程度溶解于水中。另一方面,“水不溶性高分子化合物”是指具有如下性质的高分子化合物,即,在1气压·常温(20℃±15℃)的环境下,将高分子化合物浸渍在相对于该高分子化合物为10倍以上的质量的水中,在经过了充分的时间(例如24小时以上)时,以浸渍的高分子化合物的80质量%以上不溶解的程度难溶解于水。

[0067] 作为水溶性高分子化合物,例如可举出:普鲁兰多糖、透明质酸、硫酸软骨素、聚- γ -谷氨酸、改性玉米粉、 β -葡聚糖、寡葡萄糖、肝磷脂、角质硫酸等粘多糖、纤维素、果胶、木聚糖、木质素、葡甘露聚糖、半乳糖、车前籽胶、罗望子胶、阿拉伯树胶、黄蓍胶、大豆水溶性多糖、海藻酸、卡拉胶、昆布糖、琼脂(琼脂糖)、岩藻依聚糖、甲基纤维素、羟丙基纤维素、羟丙基甲基纤维素等天然高分子、部分皂化聚乙烯醇(不与后述的交联剂并用的情况)、低皂

化聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、聚环氧乙烷、聚丙烯酸钠等合成高分子等。这些水溶性高分子化合物能够单独或组合两种以上使用。这些水溶性高分子化合物中,从容易制造纳米纤维的观点来看,优选使用普鲁兰多糖、部分皂化聚乙烯醇、低皂化聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮和聚环氧乙烷等合成高分子。

[0068] 另一方面,作为水不溶性高分子化合物,例如可举出:在纳米纤维形成后能够不溶化处理的完全皂化聚乙烯醇、通过与交联剂并用而在纳米纤维形成后能够交联处理的部分皂化聚乙烯醇、聚(N-丙酰基乙烯亚胺)接枝-二甲基硅氧烷/ γ -氨基丙基甲基硅氧烷共聚物等恶唑啉改性硅氧烷、玉米醇溶蛋白(玉米蛋白质的主要成分)、聚酯、聚乳酸(PLA)、聚丙烯腈树脂、聚甲基丙烯酸树脂等丙烯酸树脂、聚苯乙烯树脂、聚乙烯醇缩丁醛树脂、聚对苯二甲酸乙二酯树脂、聚对苯二甲酸丁二酯树脂、聚氨酯树脂、聚酰胺树脂、聚酰亚胺树脂、聚酰胺-酰亚胺树脂等。这些水不溶性高分子化合物能够单独或组合两种以上使用。

[0069] 通过本实施方式的电纺丝装置1和纳米纤维制造装置50制造的纳米纤维,在以当量圆直径表示其粗细的情况下,通常是10nm以上3000nm以下,特别是10nm以上1000nm以下。纳米纤维的粗细能够通过例如扫描电子显微镜(SEM)观察进行测定。通过随机堆积这种纳米纤维,可得到纳米纤维片。该纳米纤维片适于用作例如高集尘性且低压损的高性能过滤器、高电流密度下可使用的电池用隔膜、具有高空孔构造的细胞培养用基材等。

[0070] 图9中表示图1所示的方式的电纺丝装置1的变形例。图9所示的电纺丝装置1A中,电极10A的形状与图1所示的装置1不同。除此以外的结构与图1所示的装置1相同。图9所示的装置1A中的电极10A具有将图1所示的装置1的大致碗形的电极10相对的两个侧部沿着与喷嘴20的延伸方向平行的面切断而形成的第一切口面24a和第二切口面24b。两个切口面24a、24b相互平行。从喷嘴20到第一切口面24a的距离与从喷嘴20到第二切口面24b的距离相同或不同。第一切口面24a和基台30的第一侧面30a优选位于同一面上。同样,第二切口面24b和基台30的第二侧面30b优选位于同一面上。

[0071] 电纺丝装置1A的电极10A优选相对于图1所示的电极10内表面的面积切去优选1%以上的面积。另外,电纺丝装置1A的电极10A优选相对于图1所示的电极10的内表面的面积优选切去50%以下,更优选切去20%以下的面积而形成。例如,电纺丝装置1A的电极10A优选相对于图1所示的电极10的内表面的面积优选切去1%以上50%以下,更优选切去1%以上20%以下的面积而形成。

[0072] 图10中表示图1所示的方式的电纺丝装置1的又一变形例。图10所示的电纺丝装置1B的电极10B的形状与图1所示的装置1不同。除此以外的结构与图1所示的装置1相同。图10所示的装置1B中的电极10B形成为将圆筒沿着其中心轴大致平分中的一方的形状。换言之,形成大致半圆筒的形状。这里所说的“圆筒”不仅包括横截面为正圆的圆筒,而且还包括横截面为椭圆的圆筒。以下的说明中,将电极10B也称为“半圆筒电极10B”。半圆筒电极10B以圆筒的中心轴与水平方向平行且半圆筒的内表面朝向外侧的方式载置于基台30上。在半圆筒的内表面的最底部配置有喷嘴组件21。即,在半圆筒的周长的的大致1/2的位置配置有喷嘴组件21。另外,喷嘴组件21配置于半圆筒电极10B的长度方向X的中央部。喷嘴组件21中的喷嘴20的延伸方向成为与圆筒的中心轴正交的方向。长度方向X为圆筒的中心轴的延伸方向。

[0073] 半圆筒电极10B在其长度方向X的一端具有第一切口面24a。另外,在长度方向X的另一端具有第二切口面24b。两个切口面24a、24b相互平行。另外,两个切口面24a、24b也与

喷嘴20的延伸方向平行。从喷嘴20到第一切口面24a的距离和从喷嘴20到第二切口面24b的距离相同或不同。第一切口面24a和基台30的第一侧面30a优选位于同一面上。同样,第二切口面24b和基台30的第二侧面30b优选位于同一面上。

[0074] 半圆筒电极10B的长度方向X的长度优选为10mm以上,更优选为20mm以上,进一步优选为30mm以上。关于上限值,优选为800mm以下,更优选为400mm以下,进一步优选为200mm以下。例如半圆筒电极10B的长度方向X的长度优选为10mm以上800mm以下,更优选为20mm以上400mm以下,进一步优选为30mm以上200mm以下。通过这样设定半圆筒电极10B的长度,能够使电荷有效地集中于喷嘴20的前端。

[0075] 半圆筒电极10B的圆筒内表面的半径的值优选为10mm以上,更优选为20mm以上,进一步优选为30mm以上。关于上限值,优选为200mm以下,更优选为100mm以下,进一步优选为50mm以下。例如半圆筒电极10B中的圆筒内表面的半径的值优选为10mm以上200mm以下,更优选为20mm以上100mm以下,进一步优选为30mm以上100mm以下。通过这样,能够使电荷有效地集中于喷嘴20的前端。另外,在使电纺丝装置1B邻接地配置多个时,能够有效地防止相邻的装置1B彼此干扰。

[0076] 半圆筒电极10B中,由圆筒的中心轴和位于电极10B的宽度方向Y的两端的各端缘25a、25b形成的中心角的价值优选为 120° 以上,更优选为 150° 以上。另外,优选为 270° 以下,更优选为 210° 以下。例如上述中心角的价值优选为 120° 以上 270° 以下,更优选为 150° 以上 210° 以下。通过将上述中心角的价值设定在该范围,能够使电荷充分集中于喷嘴20的前端。中心角表示从图10的24a或24b侧的侧面观察时在凹曲面11侧形成的角度。

[0077] 图9和图10所示的实施方式的电纺丝装置1A、1B中,以喷嘴20的延伸方向通过由电极10A、10B的凹曲面的开口端划出的平面的图心或该图心附近并且喷嘴20的前端位于由该开口端划出的该平面内或该平面附近的方式,配置该喷嘴20。特别是优选以喷嘴20的延伸方向通过由电极10A、10B的凹曲面的开口端划出的平面的图心或该图心的附近和该凹曲面的最底部的位置且与喷嘴20的距离最短的对应位置的方式,配置喷嘴20。“图心”是与重心相同的概念。但是,由凹曲面的开口端划出的平面为假想平面而没有质量,因此称为重心不精确,因此本说明书中称为图心代替重心。

[0078] 将由电极10B的凹曲面11的开口端划出的平面的最长对角线设为L时,假设在该平面上有与该平面图心相同地描绘的半径为L/10的假想圆的情况下,喷嘴20优选以其延伸的方向通过该假想圆的内侧和凹曲面11的最底部的方式配置。特别是作为上述假想圆,在假设半径为L/20的假想圆的情况下,喷嘴20优选以其延伸的方向通过半径为L/20的该假想圆的内侧和凹曲面11的最底部的方式配置。作为更优选的方式,可举出如下方式,即,喷嘴20以其延伸的方向通过由电极10B的凹曲面11的开口端划出的平面的图心和该凹曲面11的最底部的方式配置。

[0079] 图9和图10所示的实施方式的电纺丝装置1A、1B优选沿着与切口面24a、24b正交的方向配置多个。由此,能够容易地组装已经叙述的图8所示的纳米纤维的制造装置50。而且,通过配置多个所述电纺丝装置1A、1B,各装置1A、1B中的电极10A、10B在切口面24a、24b抵接,且在凹曲面的内部形成连续的空间。通过利用该空间,具有能够一次性容易地维护(例如清洁)多个装置1A、1B的优点。例如,通过利用线状纤维等刮喷嘴20的前端部,可以防止由纺丝溶液或杂质等引起的喷嘴20的前端的污染或固化,无需人工干预就能够连续地生产纳

米纤维。另外,喷嘴20的前端的状态观察也容易。例如沿着长度方向X,能够同时观察多个喷嘴20前端的情形,因此维护时刻的判断或喷嘴20前端的污染或堵塞等早期发现变得容易,利于装置的稳定工作。

[0080] 此外,关于图9和图10所示的实施方式的电纺丝装置1A、1B,对于没有特别说明的方面,适当应用与图1所示的实施方式的电纺丝装置1相关的说明。

[0081] 以上,对本发明基于其优选的实施方式进行了说明,但本发明不限于上述实施方式。例如电极10的凹曲面11优选为半球的球壳的内表面的形状,但也可以代替其而如例如图11所示那样设为球冠的球壳内表面的形状。在该情况下,将凹曲面11的开口端25与喷嘴20的前端部20a的距离设为 r ,且将喷嘴20的前端部20a与由凹曲面11的开口端划出的圆的距离设为 d 时, d/r 的值为 -0.5 以上,特别优选为 -0.25 以上,另外为 0.71 以下,特别优选为 0.25 以下。例如 d/r 的值优选为 -0.5 以上 0.71 以下,更优选为 -0.25 以上 0.25 以下。对图9和图10所示的实施方式的电极10A、10B也一样。但是,在由喷嘴20的前端20a和由凹曲面在开口端划出的平面形成的中心角 θ (参照图11)比 180° 小时, d 由负符号表示。

[0082] 另外,上述各实施方式中,将喷嘴20配置于凹曲面11的最底部,但也可以在除此以外的位置配置喷嘴20。

[0083] 关于上述各实施方式,本发明还公开以下的电纺丝装置和纳米纤维制造装置。

[0084] <1>

[0085] 一种电纺丝装置,包括具有凹曲面的电极和以被该电极的凹曲面包围的方式配置的针状的纺丝液排出用喷嘴,在该电极与该喷嘴之间产生了电场的状态下,由从该喷嘴的前端排出的纺丝液形成纳米纤维,其中,

[0086] 以上述喷嘴的延伸方向通过由上述电极的凹曲面的开口端划出的圆的中心或该中心附近并且该喷嘴的前端位于包括由该开口端划出的圆的平面内或位于该平面附近的方式配置该喷嘴。

[0087] <2>

[0088] 如上述<1>所记载的电纺丝装置,其中,

[0089] 凹曲面的最底部开口,且在该开口部安装有喷嘴组件,

[0090] 喷嘴组件具有上述喷嘴和支承该喷嘴的支承部,该喷嘴由导电性材料构成,通常由金属构成,该支承部由电绝缘性材料构成。

[0091] <3>

[0092] 如上述<1>或<2>所记载的电纺丝装置,其中,

[0093] 电极内表面的面积相对于上述喷嘴之中在电极内露出的金属部分(导体部分)的面积比率,其下限值优选为30以上,更优选为100以上,且优选为90000以下,更优选为5000以下,且优选为30以上90000以下,更优选为100以上5000以下。

[0094] <4>

[0095] 如上述<1>~<3>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0096] 电极内表面的面积自身的值的下限值优选为 400mm^2 以上,更优选为 1000mm^2 以上,且优选为 180000mm^2 以下,更优选为 40000mm^2 以下,且优选为 400mm^2 以上 180000mm^2 以下,更优选为 1000mm^2 以上 40000mm^2 以下。

[0097] <5>

- [0098] 如上述<1>~<4>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,
- [0099] 上述喷嘴之中在电极内露出的金属部分(导体部分)的面积的下限值优选为 2mm^2 以上,更优选为 5mm^2 以上,且优选为 1000mm^2 以下,更优选为 100mm^2 以下,且优选为 2mm^2 以上 1000mm^2 以下,更优选为 5mm^2 以上 100mm^2 以下。
- [0100] <6>
- [0101] 如上述<1>~<5>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,
- [0102] 电极的凹曲面为将具有平面部的多个段片接合起来整体可看作凹曲面的形状,或为将具有相互正交的三轴中的一个轴不具有曲率的带状部的多个环状段片接合起来整体可看作凹曲面的形状。
- [0103] <7>
- [0104] 如上述<6>所记载的电纺丝装置,其中,
- [0105] 将段片的纵和横的长度为 $0.5\sim 5\text{mm}$ 左右的矩形的、具有相同或不同大小的平面部的段片接合而形成凹曲面。
- [0106] <8>
- [0107] 如上述<6>所记载的电纺丝装置,其中,
- [0108] 上述凹曲面是通过将由半径分别不同且高度为 $0.001\sim 5\text{mm}$ 的扁平的多种圆筒所构成的环状段片接合而形成的。
- [0109] <9>
- [0110] 如上述<1>~<8>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,
- [0111] 电极的凹曲面的任意位置的曲率为使得该位置的法线通过上述喷嘴的前端或通过其附近的值。
- [0112] <10>
- [0113] 如上述<1>~<9>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,
- [0114] 上述喷嘴的内径,其下限值优选为 $200\mu\text{m}$ 以上,更优选为 $300\mu\text{m}$ 以上,其上限值优选为 $3000\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $2000\mu\text{m}$ 以下,且优选为 $200\mu\text{m}$ 以上 $3000\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $300\mu\text{m}$ 以上 $2000\mu\text{m}$ 以下。
- [0115] <11>
- [0116] 如上述<1>~<10>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,
- [0117] 在上述喷嘴的横截面视图中上述喷嘴分隔成多个区域,并使上述纺丝液在各区域中流通。
- [0118] <12>
- [0119] 如上述<11>所记载的电纺丝装置,其中,
- [0120] 各区域的形状或内径可以相同或也可以不同。
- [0121] <13>
- [0122] 如上述<1>~<12>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,
- [0123] 使喷嘴接地,对上述电极施加负电压。
- [0124] <14>
- [0125] 如上述<1>~<13>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,
- [0126] 以上述喷嘴的延伸方向通过由电极的凹曲面的开口端划出的圆的中心或该中心

附近和该凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

[0127] <15>

[0128] 如上述<1>~<13>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0129] 将由电极的凹曲面的开口端划出的圆的半径设为 r 时,假设在包括该圆的平面上有与该圆同心地描绘的半径为 $r/5$ 的假想圆的情况下,以上述喷嘴的延伸方向通过该假想圆的内侧和该凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

[0130] <16>

[0131] 如上述<1>~<13>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0132] 将由电极的凹曲面的开口端划出的圆的半径设为 r 时,假设在包括该圆的平面上有与该圆同心地描绘的半径为 $r/10$ 的假想圆的情况下,以上述喷嘴的延伸方向通过该假想圆的内侧和该凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

[0133] <17>

[0134] 如上述<1>~<13>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0135] 以上述喷嘴的延伸方向通过由电极的凹曲面的开口端划出的圆的中心和该凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

[0136] <18>

[0137] 如上述<1>~<17>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0138] 以上述喷嘴的前端位于包括由电极的凹曲面的开口端划出的圆的平面内或位于比该平面靠该凹曲面的内侧的方式配置该喷嘴。

[0139] <19>

[0140] 如上述<18>所记载的电纺丝装置,其中,

[0141] 上述喷嘴的前端配置于比该平面靠内侧 $1\sim 10\text{mm}$ 处。

[0142] <20>

[0143] 如上述<19>所记载的电纺丝装置,其中,

[0144] 以上述喷嘴的前端位于比上述平面靠内侧 5mm 的方式配置该喷嘴。

[0145] <21>

[0146] 如上述<1>~<20>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0147] 电极的凹曲面形成球形球壳的大致半球面的形状。

[0148] <22>

[0149] 一种电纺丝装置,其包括具有凹曲面的电极和以被该电极的凹曲面包围的方式配置的针状的纺丝液排出用喷嘴,在该电极与该喷嘴之间产生了电场的状态下,由从该喷嘴的前端排出的纺丝液形成纳米纤维,其中,

[0150] 以上述喷嘴的延伸方向通过由上述电极的凹曲面的开口端划出的平面的图心或该图心附近且该喷嘴的前端位于由该开口端划出的平面内或位于该平面附近的方式配置该喷嘴。

[0151] <23>

[0152] 如上述<22>所记载的电纺丝装置,其中,

[0153] 上述电极的凹曲面为将具有平面部的多个段片接合起来整体可看作凹曲面的形状。

[0154] <24>

[0155] 如上述<22>或<23>所记载的电纺丝装置,其中,

[0156] 以上述喷嘴的延伸方向通过由上述电极的凹曲面的开口端划出的平面的图心或通过该图心附近和该凹曲面的最底部的位置且与该喷嘴的距离最短的该位置的方式配置该喷嘴。

[0157] <25>

[0158] 如上述<22>~<24>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0159] 将由电极的凹曲面的开口端划出的平面的最长对角线设为L时,假设在该平面上有与该平面图心相同地描绘的半径为L/10的假想圆的情况下,以上述喷嘴的延伸方向通过该假想圆的内侧和与喷嘴的距离最短且凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

[0160] <26>

[0161] 如上述<22>~<24>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0162] 将由电极的凹曲面的开口端划出的平面的最长对角线设为L时,假设在该平面上有与该平面图心相同地描绘的半径为L/20的假想圆的情况下,以上述喷嘴的延伸方向通过该假想圆的内侧和与喷嘴的距离最短且凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

[0163] <27>

[0164] 如上述<22>~<24>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0165] 以上述喷嘴的延伸方向通过由上述电极的凹曲面的开口端划出的平面的图心和该凹曲面的最底部的方式配置该喷嘴。

[0166] <28>

[0167] 如上述<22>~<27>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0168] 以上述喷嘴的前端位于由上述电极的凹曲面的开口端划出的平面内或位于比该平面靠该凹曲面的内侧的方式配置该喷嘴。

[0169] <29>

[0170] 如上述<22>~<28>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0171] 上述电极的凹曲面形成大致碗形,且该电极具有将大致碗形的相对的两个侧部沿着与上述喷嘴的延伸方向平行的面切断而形成的第一切口面和第二切口面。

[0172] <30>

[0173] 如上述<22>~<28>中任一项所记载的电纺丝装置,其中,

[0174] 上述电极的凹曲面形成为大致半圆筒的形状。

[0175] <31>

[0176] 一种纳米纤维制造装置,具有:

[0177] 上述<1>~<30>中任一项记载的电纺丝装置;

[0178] 气流喷出部,其位于上述电纺丝装置的上述喷嘴的基部附近,沿着该喷嘴的延伸方向,且朝向该喷嘴的前端方向喷出气流;

[0179] 纳米纤维收集用电极,其以与上述喷嘴的前端相对的方式配置;和

[0180] 纺丝液供给部,其向上述喷嘴供给上述纺丝液。

[0181] <32>

[0182] 如上述<31>所记载的纳米纤维制造装置,其中,

- [0183] 气流喷出部的个数为多个。
- [0184] <33>
- [0185] 如上述<31>或<32>所记载的纳米纤维制造装置,其中,
- [0186] 气流喷出部的形状为包围喷嘴的环状。
- [0187] <34>
- [0188] 如上述<31>~<33>中任一项所记载的纳米纤维制造装置,其中,
- [0189] 纳米纤维收集用电极与上述喷嘴的前端的距离,其下限值优选为100mm以上,更优选为500mm以上,上限值优选为3000mm以下,更优选为1000mm以下,且优选为100mm以上3000mm以下,更优选为500mm以上1000mm以下。
- [0190] <35>
- [0191] 如上述<31>~<34>中任一项所记载的纳米纤维制造装置,其中,
- [0192] 以上述喷嘴均朝向相同方向的方式配置多个上述电纺丝装置。
- [0193] <36>
- [0194] 如上述<31>~<35>中任一项所记载的纳米纤维制造装置,其中,
- [0195] 上述电纺丝装置的上述电极具有将该电极相对的两个侧部沿着与上述喷嘴的延伸方向平行的面切断而形成的第一切口面和第二切口面,
- [0196] 将多个上述电纺丝装置沿着与该切口面正交的方向配置,以使各装置的上述电极在上述切口面抵接。
- [0197] <37>
- [0198] 如上述<31>~<35>中任一项所记载的纳米纤维制造装置,其中,
- [0199] 以与纳米纤维收集用电极邻接的方式,在该纳米纤维收集用电极与上述喷嘴之间配置收集纳米纤维的收集体,且使该收集体在一个方向移动。
- [0200] <38>
- [0201] 一种纳米纤维的制造方法,其中,
- [0202] 在具有凹曲面的电极与以被该电极的凹曲面包围的方式配置的针状的纺丝液排出用喷嘴之间产生了电场的状态下,从该喷嘴的前端排出带电的纺丝液,
- [0203] 向排出的上述纺丝液喷出气流,生成纳米纤维,
- [0204] 使上述纳米纤维堆积在收集体的表面上。
- [0205] <39>
- [0206] 一种纳米纤维的制造方法,使用上述<31>~<37>中任一项所记载的纳米纤维制造装置。
- [0207] 实施例
- [0208] 以下,根据实施例更详细地说明本发明。但是,本发明的范围不限于该实施例。只要没有特别说明,“%”是指“质量%”。
- [0209] (实施例1)
- [0210] 使用图1和图2所示的电纺丝装置1进行纳米纤维的制造。制造在23℃、40%RH的环境下进行。电纺丝装置1中的电极10的凹曲面11为球形球壳的半球面的形状。确定凹曲面11的开口端的圆的直径为90mm。电极的面积为8478mm²。将喷嘴20之中在电极10内露出的金属部分的表面积设为42mm²,将内径设为600μm。使喷嘴20的前端位于从包括确定凹曲面11的

开口端的圆的平面靠内5mm处。包括喷嘴20的喷嘴组件21配置于电极10的凹曲面11的最底部。喷嘴20以其延伸的方向通过由电极10的凹曲面11的开口端划出的圆中心的方式配置。收集用电极51配置于从喷嘴的前端起隔开1000mm的位置。对电极10施加-15kV的直流电压。喷嘴20和收集用电极51接地。在从喷嘴组件21的气流喷出部23以200mL/min喷出空气的状态下,使纺丝液以1.0g/min的排出量连续排出10分钟。作为纺丝液,使用了15%普鲁兰多糖的水溶液。使通过排出而形成的纳米纤维堆积在与收集用电极51邻接地配置的PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)薄膜的表面上。这样,得到纳米纤维。

[0211] (比较例1)

[0212] 本比较例是追加了专利文献4的实施例1的例子,相当于已经叙述的图7(b)所示的模型图。作为纺丝液,使用15%普鲁兰多糖的水溶液,并将纺丝液的排出量设为1.0g/min。另外,将纳米纤维生成部的施加电压设为-35kV。除此以外,进行与专利文献4的实施例1相同的操作,得到纳米纤维。

[0213] (比较例2)

[0214] 除了将比较例1中的纺丝液的排出量减少至0.1g/min以外,进行与比较例1相同的操作,得到纳米纤维。

[0215] (评价)

[0216] 利用扫描电子显微镜观察实施例和比较例中得到的纳米纤维。将其结果在图12~图14中表示。如从图12可明确,实施例1的纳米纤维中完全没有观察到纺丝液的液滴直接固化的部分或纺丝液的液滴未被充分拉长的状态下固化而产生的串珠状的部分。根据图12(b)实测纤维的粗细,结果约为200nm。

[0217] 与之相对,在纺丝液的排出量与实施例1相同的比较例1中,观察到存在纺丝液的液滴直接固化的部分(图13(a)中,黑色斑点的部分)或纺丝液的液滴未被充分拉长的状态下固化而产生的串珠状的部分(图13(c)中,白色斑点部分)。根据图13(b)实测纤维的粗细,结果约为500nm,比实施例1粗。

[0218] 在纺丝液的排出量比实施例1的1/10少的比较例2中,也观察到存在纺丝液的液滴直接固化的部分(图14(a)中,黑色斑点的部分)或纺丝液的液滴未被充分拉长的状态下固化而产生的串珠状的部分(图14(a)中,白色微小斑点的部分)。根据图14(b)实测纤维的粗细,结果约为400nm,虽然纺丝液的排出量少,为实施例1的1/10,但是比实施例1粗。

[0219] 产业上的可利用性

[0220] 根据本发明提供能够提高纳米纤维的生产力且可实现省空间化的电纺丝装置和使用该电纺丝装置的纳米纤维制造装置。

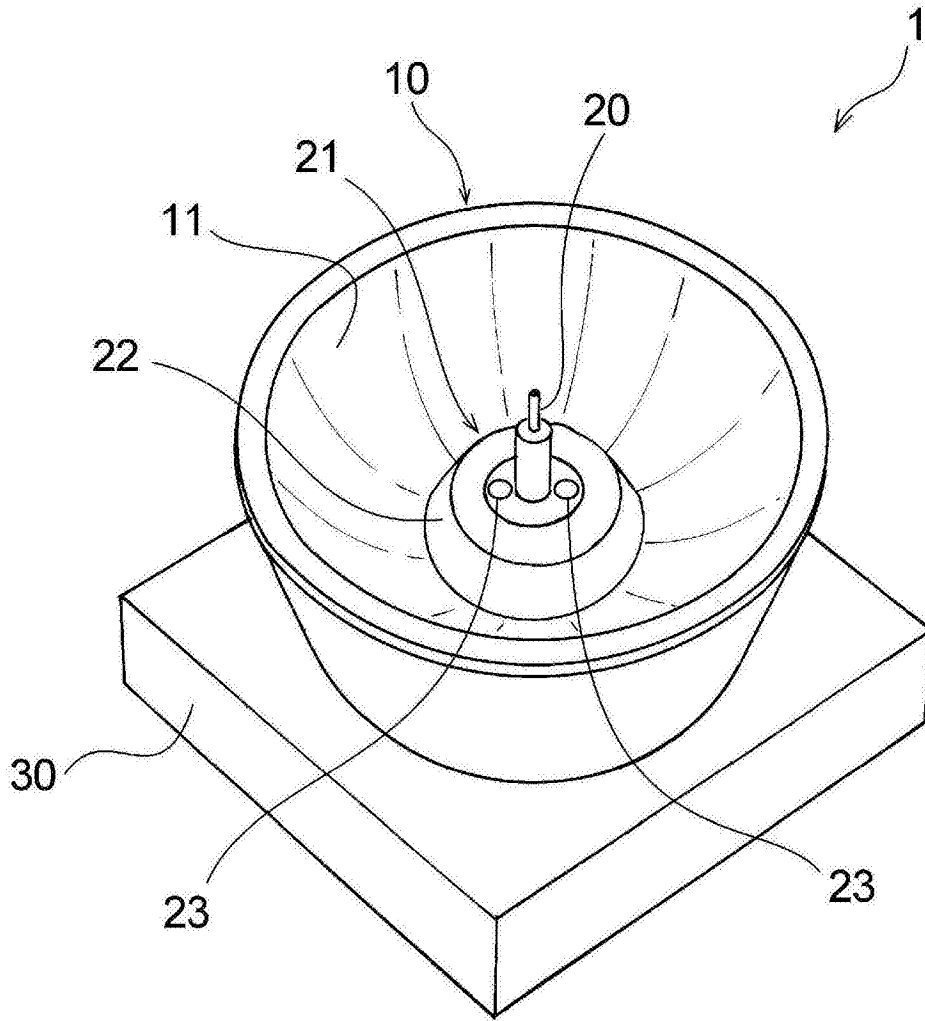


图1

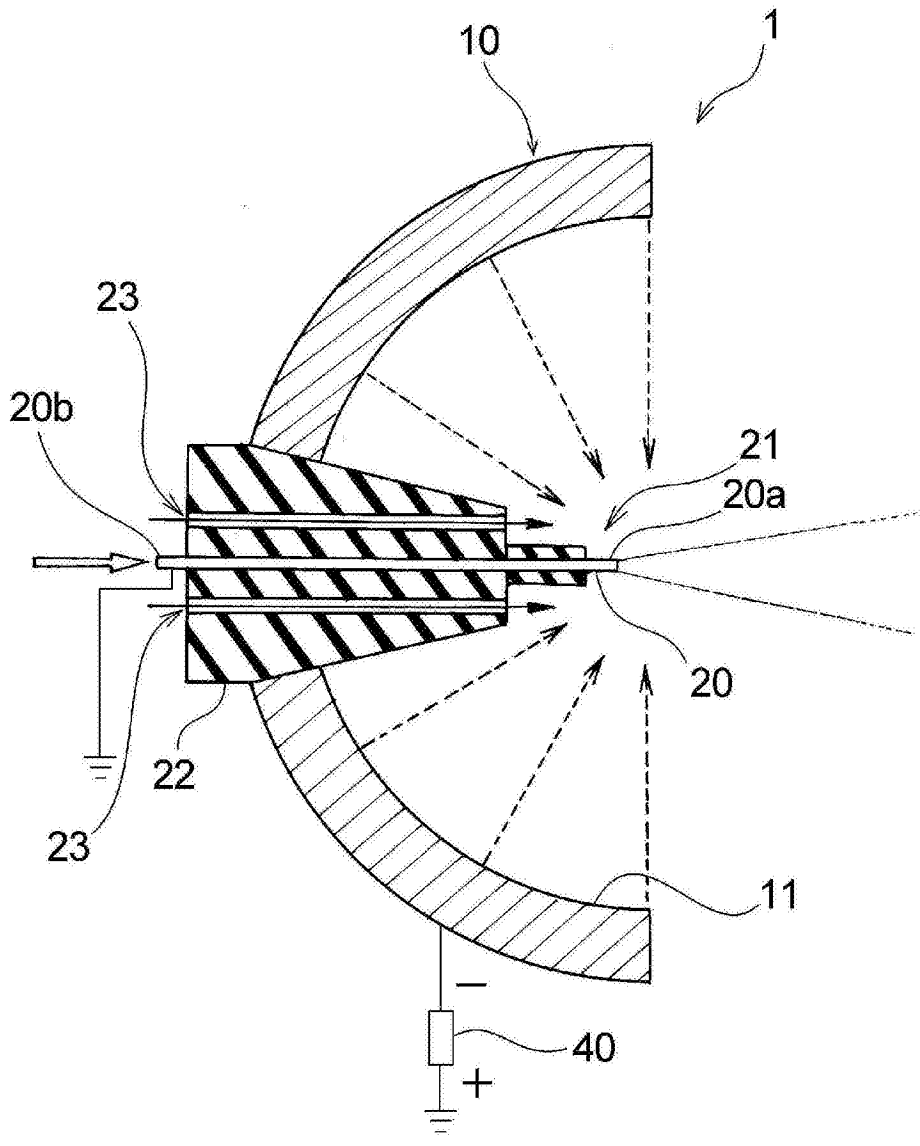


图2

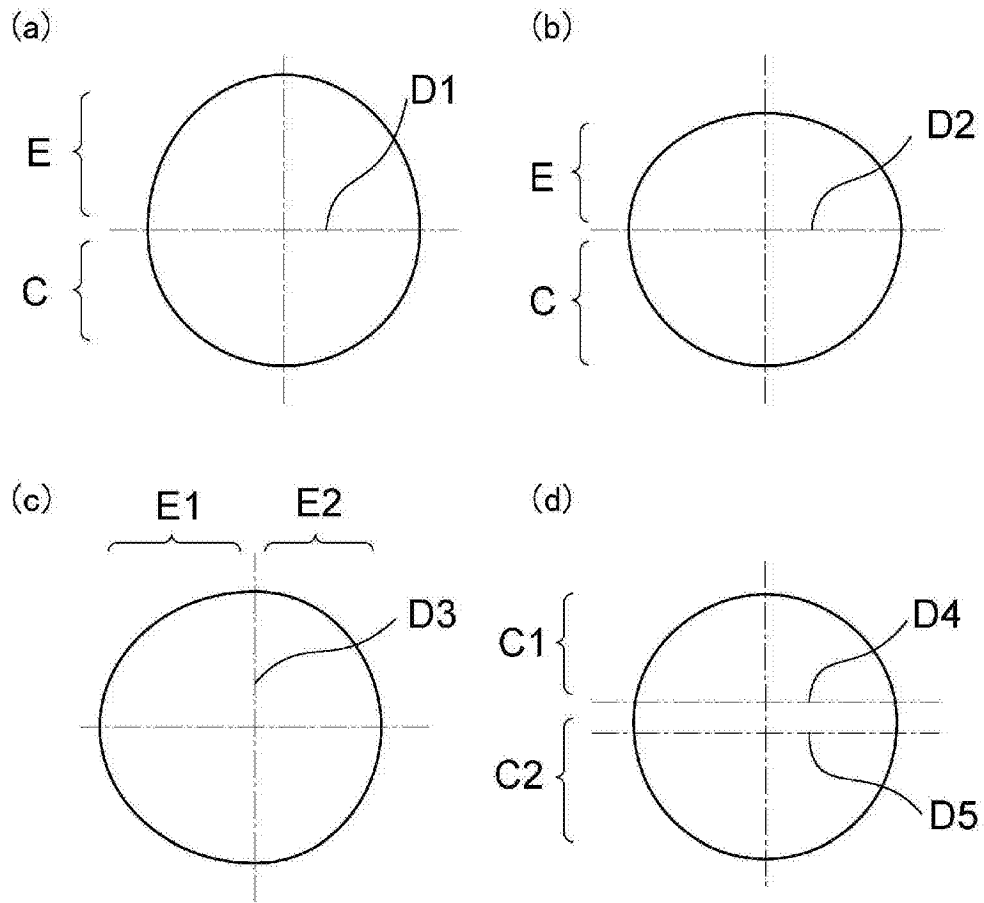


图3

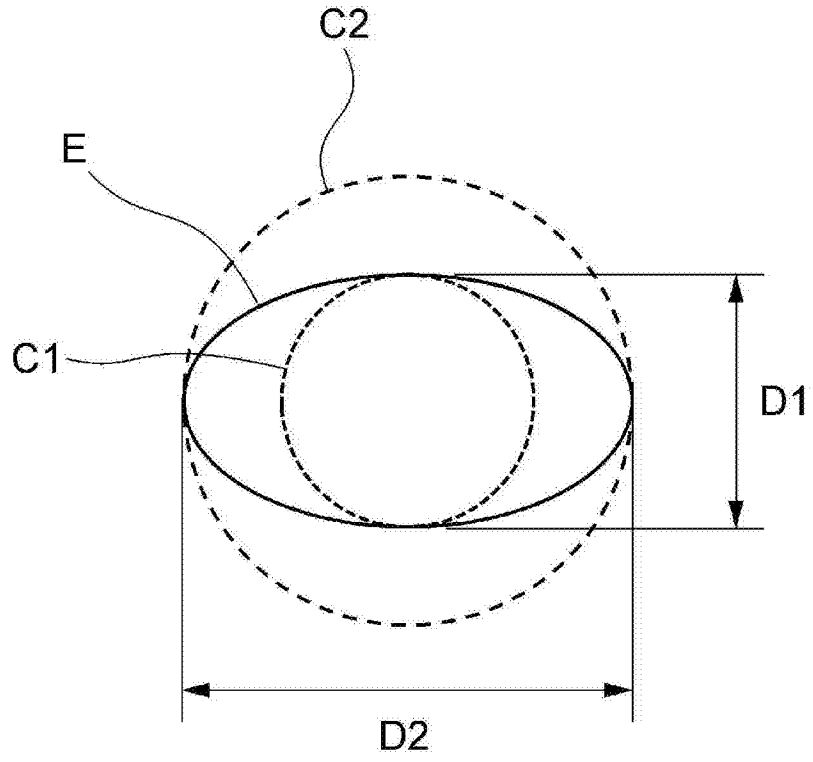


图4

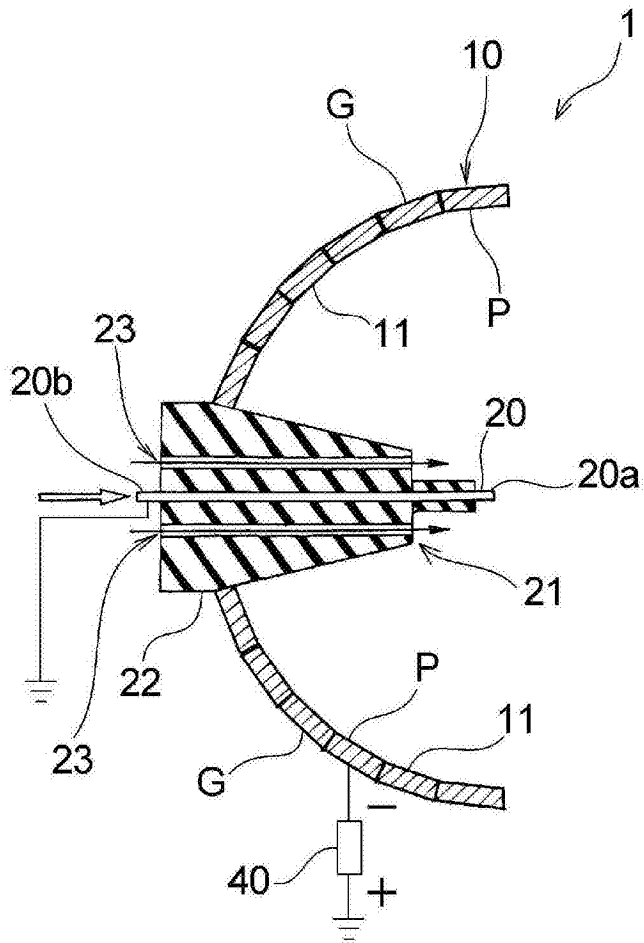


图5

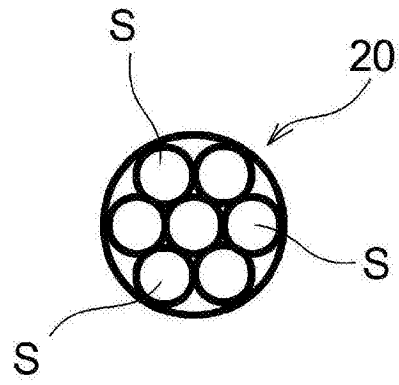


图6

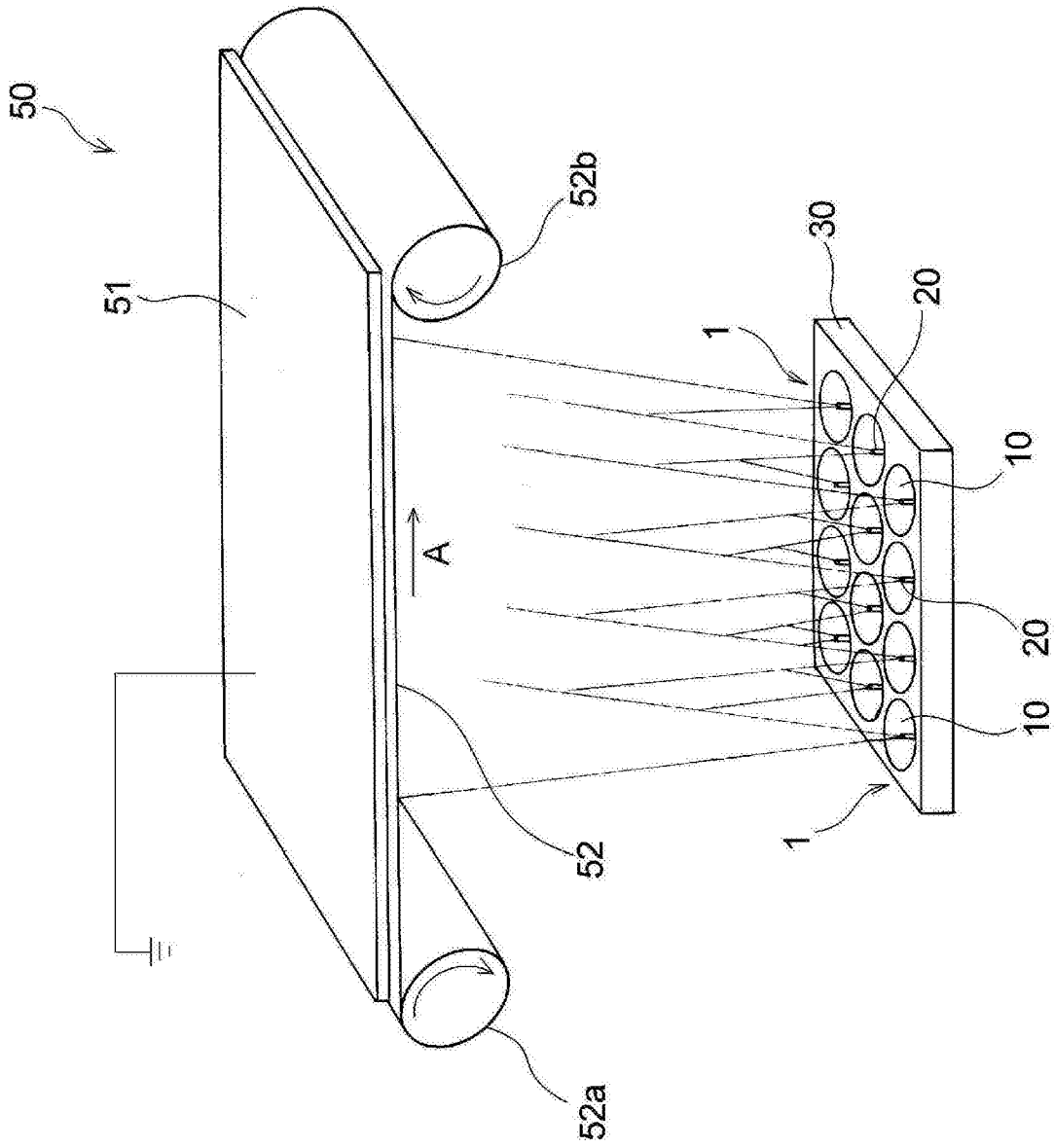


图8

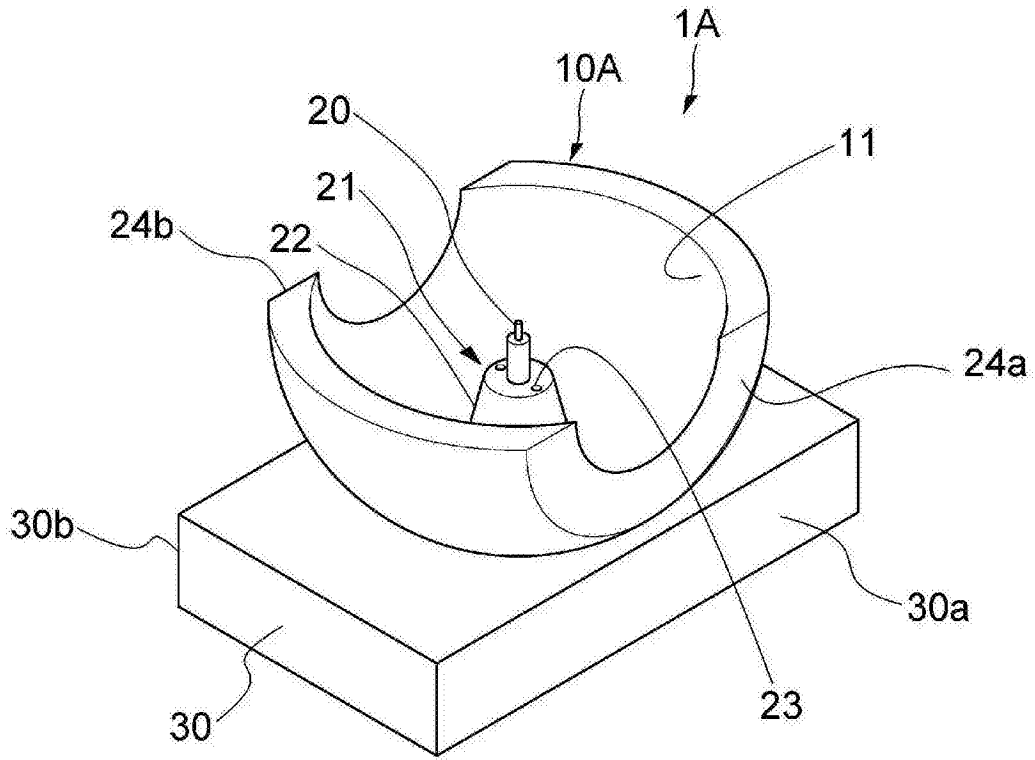


图9

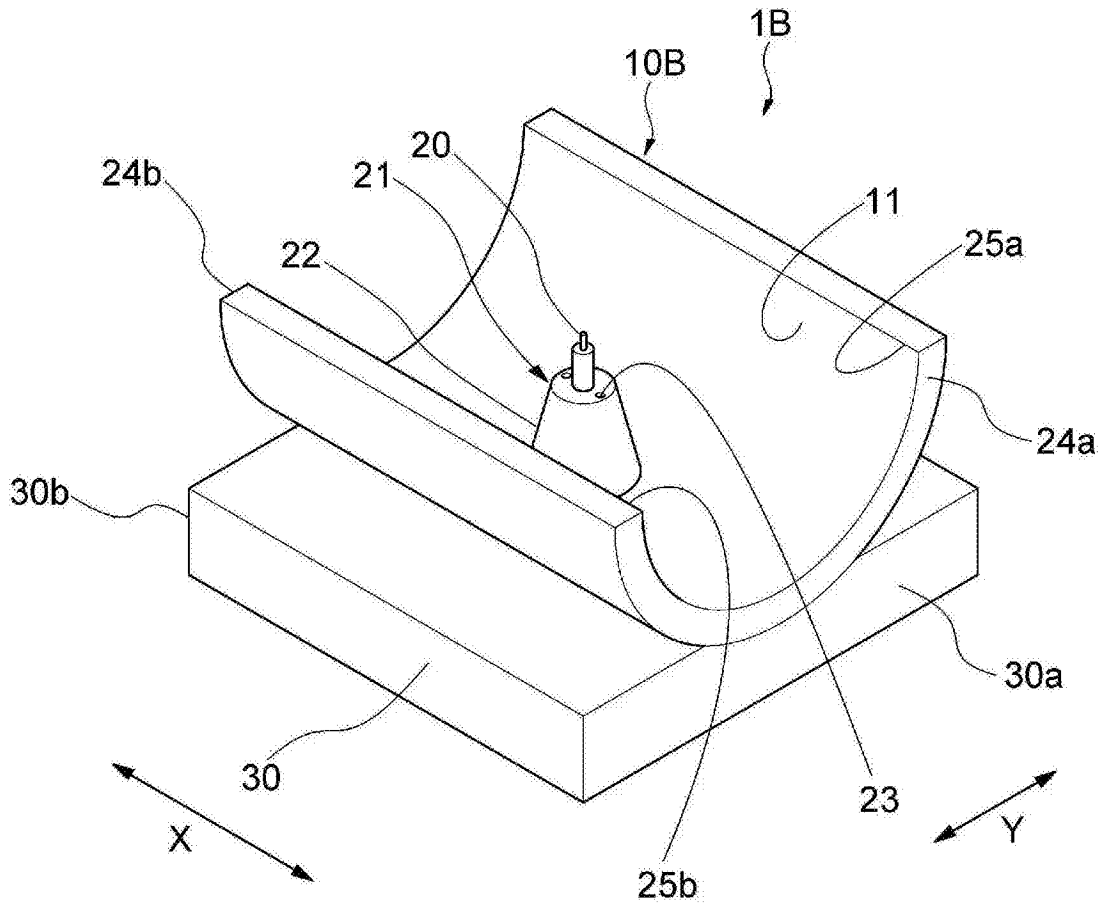


图10

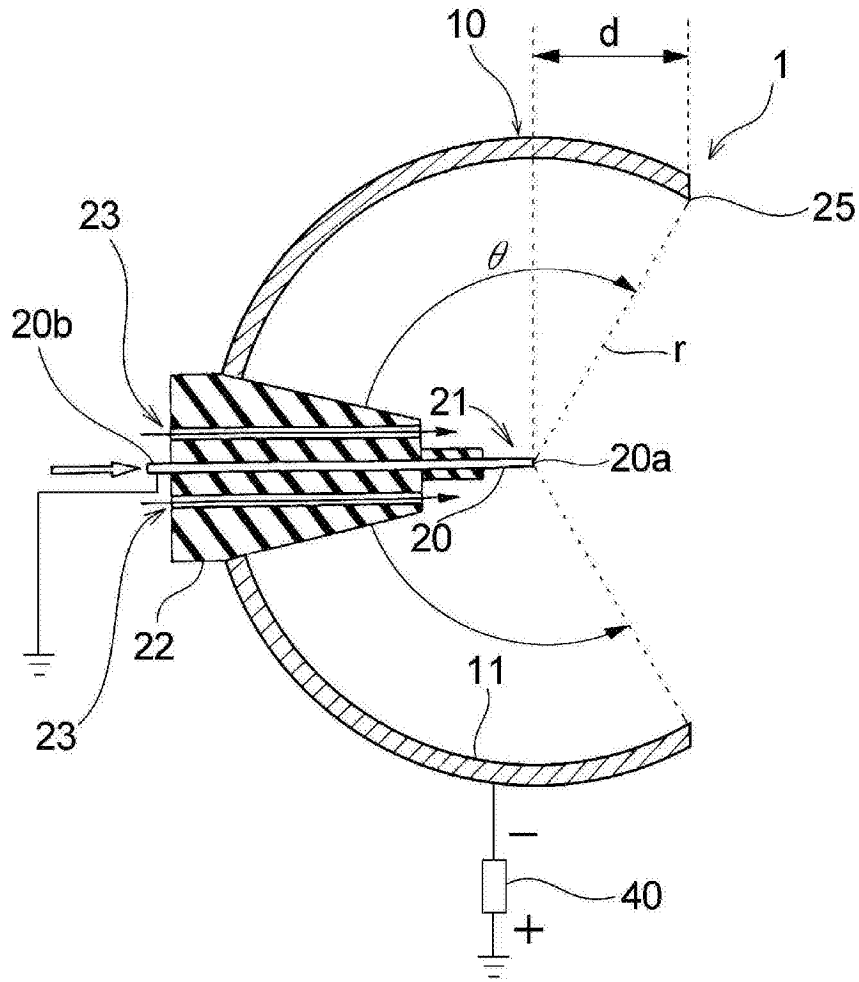
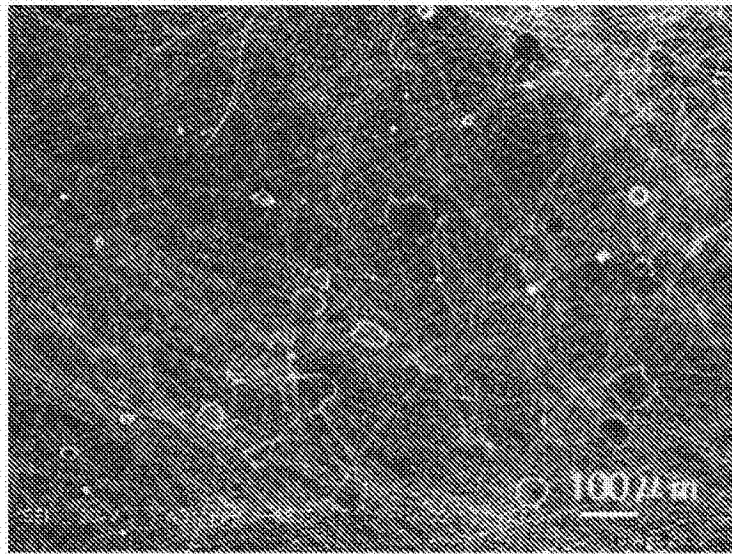


图11

(a) 实施例1



(b) 实施例1 (放大)

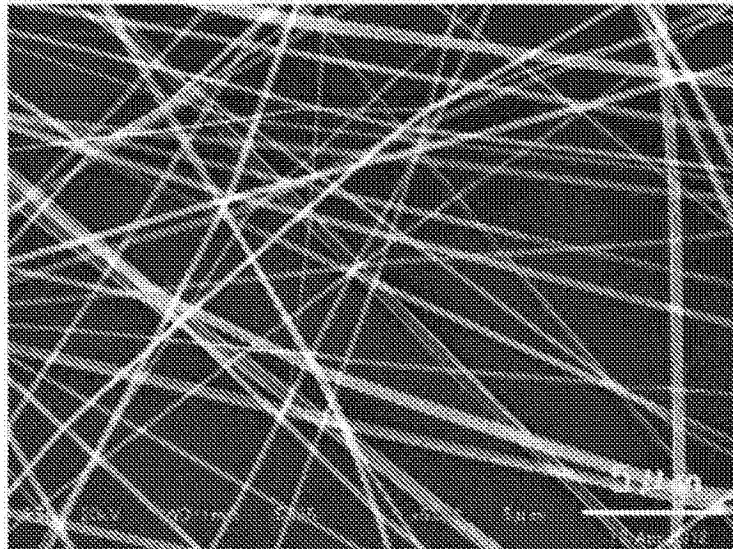
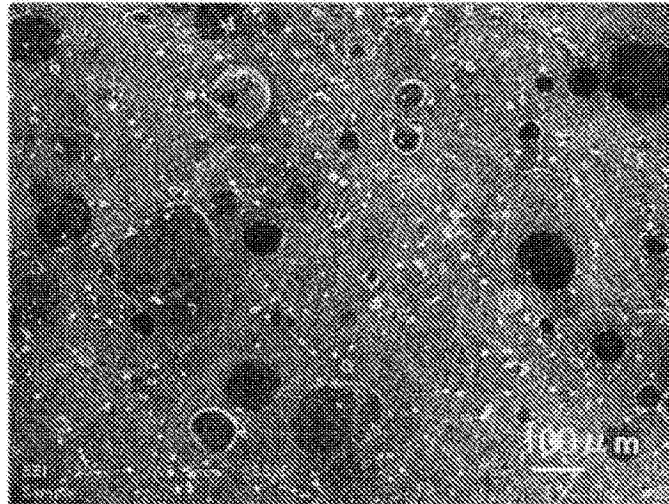
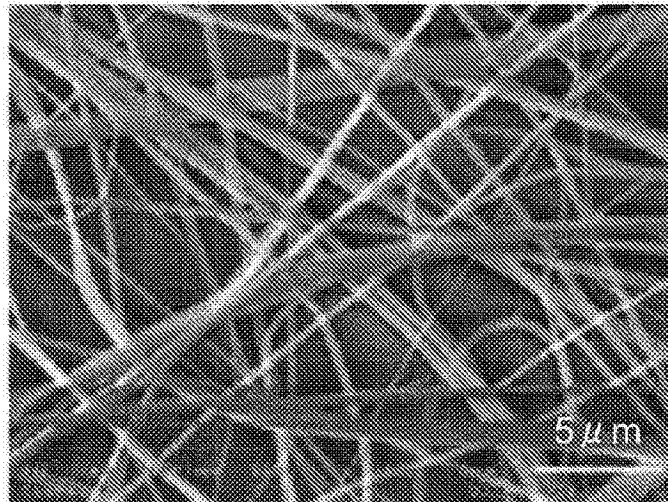


图12

(a) 比较例1



(b) 比较例1 (放大)



(c) 比较例1 (串珠的放大)

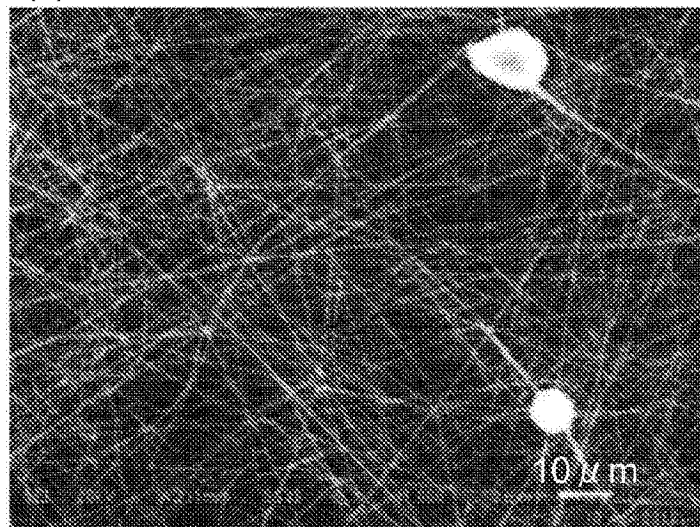
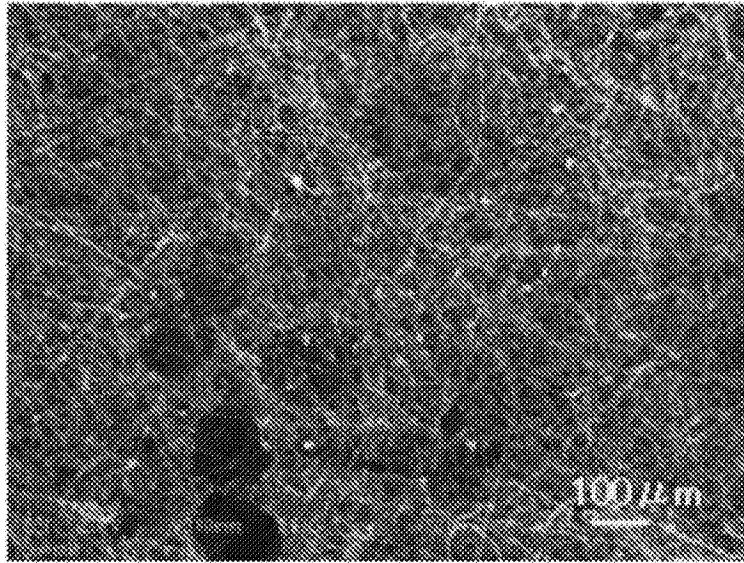


图13

(a) 比较例2



(b) 比较例2 (放大)

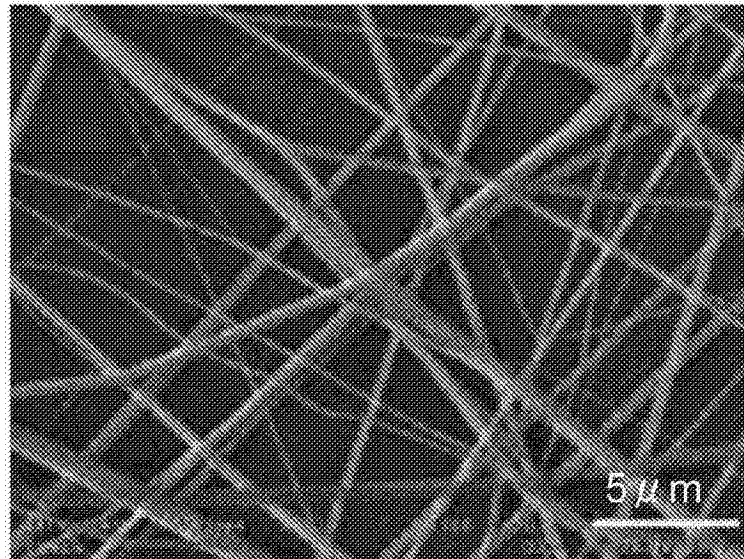


图14