



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105431577 B

(45)授权公告日 2018.03.23

(21)申请号 201480042679.9

(22)申请日 2014.08.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105431577 A

(43)申请公布日 2016.03.23

(30)优先权数据
2013-165142 2013.08.08 JP
2014-118569 2014.06.09 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.01.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2014/070820 2014.08.07

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/020129 JA 2015.02.12

(73)专利权人 花王株式会社
地址 日本国东京都

(72)发明人 丰田浩二 小玉伸二 东城武彦
岩根健二 恩田智彦

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021
代理人 刘文海

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

(56)对比文件
JP 2011127234 A,2011.06.30,
JP 2010059557 A,2010.03.18,
US 2012242010 A1,2012.09.27,
CN 102776582 A,2012.11.14,
JP 2010189782 A,2010.09.02,
JP 2011102455 A,2011.05.26,

审查员 高飞

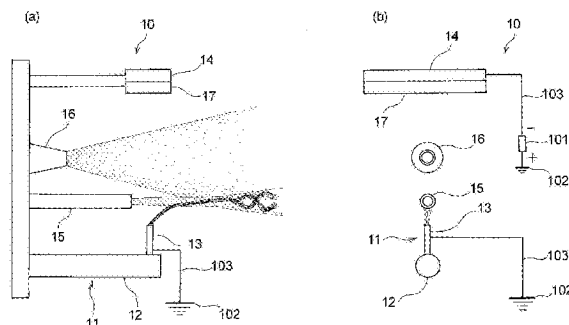
权利要求书5页 说明书42页 附图22页

(54)发明名称

纳米纤维制造装置、纳米纤维的制造方法和
纳米纤维成型体

(57)摘要

一种纳米纤维制造装置(10),其具备:原料
喷射单元(11),其具备喷射纳米纤维制造用的原
料液的导电性喷嘴(13);电极(14),其与喷嘴
(13)分隔开配置;电压产生单元(101),其使喷嘴
(13)与电极(14)之间产生电压;空气流喷射单元
(15),其以能够向喷嘴(13)与电极(14)之间喷射
空气流的方式配置;和收集单元,其收集纳米纤
维,其中,电压产生单元(101)以喷嘴(13)为阳极
并且电极(14)为阴极的方式产生电压,电极(14)
的与喷嘴(13)相对的面大致整个面被在表面
露出电介质的覆盖体(17)覆盖,在表面露出的电
介质的厚度为0.8mm以上。



1. 一种纳米纤维制造装置,其具备:

原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

电极,其与所述喷嘴分隔开配置;

电压产生单元,其使所述喷嘴与所述电极之间产生电压;

空气流喷射单元,其以能够向所述喷嘴与所述电极之间喷射空气流的方式配置;和

收集单元,其收集纳米纤维,

其中,

所述电压产生单元以所述喷嘴为阳极并且所述电极为阴极的方式产生电压,

所述电极的与所述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,

在所述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上,

利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖所述喷嘴的外表面的大致整个面,并且该覆盖体超过该喷嘴的前端而延伸出。

2. 一种纳米纤维制造装置,其具备:

原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

电极,其与所述喷嘴分隔开配置;

电压产生单元,其使所述喷嘴与所述电极之间产生电压;

空气流喷射单元,其以能够向所述喷嘴与所述电极之间喷射空气流的方式配置;和

收集单元,其收集纳米纤维,

其中,

所述电压产生单元以所述喷嘴为阳极并且所述电极为阴极的方式产生电压,

所述电极的与所述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,

在所述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上,

所述电极为凹球面形状,所述喷嘴如下配置:以所述喷嘴的延伸方向穿过由所述电极的凹曲面中的开口端勾画成的圆的中心或其中心附近和在该凹曲面中的最底部设置的开口的中心或其中心附近的方式配置。

3. 一种纳米纤维制造装置,其具备:

原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

电极,其与所述喷嘴分隔开配置;

电压产生单元,其使所述喷嘴与所述电极之间产生电压;

空气流喷射单元,其以能够向所述喷嘴与所述电极之间喷射空气流的方式配置;和

收集单元,其收集纳米纤维,

其中,

所述电压产生单元以所述喷嘴为阳极并且所述电极为阴极的方式产生电压,

所述电极的与所述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,

在所述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上,

所述电极为圆筒形状,所述喷嘴如下配置:以所述喷嘴的延伸方向穿过由所述电极的凹曲面中的开口端勾画成的圆的中心或其中心附近和在该凹曲面中的最底部设置的开口的中心或其中心附近的方式配置。

4. 如权利要求1~3中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,电极的不与喷嘴相对的

面的一部分或者全部被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

5. 一种纳米纤维制造装置,其具备:

原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

电极,其与所述喷嘴分隔开配置;

电压产生单元,其使所述喷嘴与所述电极之间产生电压;

空气流喷射单元,其以能够向所述喷嘴与所述电极之间喷射空气流的方式配置;和

收集单元,其收集纳米纤维,

其中,

所述电压产生单元以所述喷嘴为阳极并且所述电极为阴极的方式产生电压,

利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖所述喷嘴的外表面的大致整个面,并且该覆盖体超过该喷嘴的前端而延伸出。

6. 一种纳米纤维制造装置,其具备:

原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

电极,其与所述喷嘴分隔开配置;

电压产生单元,其使所述喷嘴与所述电极之间产生电压;

空气流喷射单元,其以能够向所述喷嘴与所述电极之间喷射空气流的方式配置;和

收集单元,其收集纳米纤维,

其中,

所述电压产生单元以所述喷嘴为阴极并且所述电极为阳极的方式产生电压,

利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖所述喷嘴的外表面的大致整个面。

7. 如权利要求6所述的纳米纤维制造装置,其中,覆盖体超过所述喷嘴的前端而延伸出。

8. 如权利要求6或7所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电极的与所述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

9. 如权利要求8所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电极的不与所述喷嘴相对的面的一部分或全部被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

10. 一种纳米纤维制造装置,其具备:

原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

电极,其与所述喷嘴分隔开配置;

电压产生单元,其使所述喷嘴与所述电极之间产生电压;

空气流喷射单元,其以能够向所述喷嘴与所述电极之间喷射空气流的方式配置;和

收集单元,其收集纳米纤维,

其中,

所述电压产生单元以所述喷嘴为阴极并且所述电极为阳极的方式产生电压,

所述电极的与所述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,

在所述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上,

利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖所述喷嘴的外表面的大致整个面,并且该覆盖体超过该喷嘴的前端而延伸出。

11. 一种纳米纤维制造装置,其具备:

原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;
电极,其与所述喷嘴分隔开配置;
电压产生单元,其使所述喷嘴与所述电极之间产生电压;
空气流喷射单元,其以能够向所述喷嘴与所述电极之间喷射空气流的方式配置;和
收集单元,其收集纳米纤维,
其中,

所述电压产生单元以所述喷嘴为阴极并且所述电极为阳极的方式产生电压,
所述电极的与所述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,
在所述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上,

所述电极为凹球面形状,所述喷嘴如下配置:以所述喷嘴的延伸方向穿过由所述电极的凹曲面中的开口端勾画成的圆的中心或其中心附近和在该凹曲面中的最底部设置的开口的中心或其中心附近的方式配置。

12. 一种纳米纤维制造装置,其具备:

原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;
电极,其与所述喷嘴分隔开配置;
电压产生单元,其使所述喷嘴与所述电极之间产生电压;
空气流喷射单元,其以能够向所述喷嘴与所述电极之间喷射空气流的方式配置;和
收集单元,其收集纳米纤维,
其中,

所述电压产生单元以所述喷嘴为阴极并且所述电极为阳极的方式产生电压,
所述电极的与所述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,
在所述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上,

所述电极为圆筒形状,所述喷嘴如下配置:以所述喷嘴的延伸方向穿过由所述电极的凹曲面中的开口端勾画成的圆的中心或其中心附近和在该凹曲面中的最底部设置的开口的中心或其中心附近的方式配置。

13. 如权利要求10~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电极的不与所述喷嘴相对的面的一部分或全部被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

14. 如权利要求1~3、5~7和9~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,收集单元具有收集用电极,该收集用电极的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

15. 如权利要求4所述的纳米纤维制造装置,其中,收集单元具有收集用电极,该收集用电极的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

16. 如权利要求13所述的纳米纤维制造装置,其中,收集单元具有收集用电极,该收集用电极的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

17. 如权利要求5~7和9中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在所述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上。

18. 如权利要求1~3、5~7和9~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在所述表面露出的电介质的厚度为8mm以上。

19. 如权利要求4所述的纳米纤维制造装置,其中,在所述表面露出的电介质的厚度为8mm以上。

20. 如权利要求13所述的纳米纤维制造装置,其中,在所述表面露出的电介质的厚度为8mm以上。

21. 如权利要求1~3、5~7和9~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,构成覆盖体的在表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上且25mm以下。

22. 如权利要求4所述的纳米纤维制造装置,其中,构成覆盖体的在表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上且25mm以下。

23. 如权利要求13所述的纳米纤维制造装置,其中,构成覆盖体的在表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上且25mm以下。

24. 如权利要求1、5~7和9~10中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,电极为凹球面形状。

25. 如权利要求24所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电极中的凹曲面为完全不具有平面部的曲面、或者为将具有平面部的多个段接合而形成整体上可视为凹曲面的形状、或者为将相互正交的三个轴中一个轴不具有曲率的具有带状部的多个环状段接合而形成整体上可视为凹曲面的形状。

26. 如权利要求24所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电极中的凹曲面为使得其任意的位置处的法线穿过所述喷嘴的前端或其附近的值。

27. 如权利要求24所述的纳米纤维制造装置,其中,所述喷嘴如下配置:以所述喷嘴的延伸方向穿过由所述电极的凹曲面中的开口端勾画成的圆的中心或其中心附近和在该凹曲面中的最底部设置的开口的中心或其中心附近的方式配置。

28. 如权利要求24所述的纳米纤维制造装置,其中,以所述喷嘴的前端位于包含由电极的凹曲面中的开口端勾画成的圆的平面内或者与该平面相比位于该凹曲面的内侧的方式配置该喷嘴。

29. 如权利要求24所述的纳米纤维制造装置,其中,
所述空气流喷射单元沿着所述喷嘴的延伸方向形成,以能够向该喷嘴的前端的方向喷射空气流的方式形成,

从所述电极的开口端侧观察时,以包围所述喷嘴的方式设置有多个所述空气流喷射单元,

所述空气流喷射单元夹着所述喷嘴在对称的位置形成。

30. 如权利要求28所述的纳米纤维制造装置,其中,以所述喷嘴的前端位于距所述平面1~10mm的内侧的方式配置该喷嘴。

31. 如权利要求1、5~7和9~10中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,电极为圆筒形状。

32. 如权利要求31所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电介质的厚度为0.8mm以上且25mm以下。

33. 如权利要求1~3、5~7和9~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电介质为选自氧化铝、电木、尼龙、氯乙烯树脂中的至少一种以上。

34. 如权利要求4所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电介质为选自氧化铝、电木、尼龙、氯乙烯树脂中的至少一种以上。

35. 如权利要求13所述的纳米纤维制造装置,其中,所述电介质为选自氧化铝、电木、尼

龙、氯乙烯树脂中的至少一种以上。

36. 如权利要求1~3、5~7和9~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,所述喷嘴的外径为300 μm 以上且4000 μm 以下。

37. 如权利要求4所述的纳米纤维制造装置,其中,所述喷嘴的外径为300 μm 以上且4000 μm 以下。

38. 如权利要求13所述的纳米纤维制造装置,其中,所述喷嘴的外径为300 μm 以上且4000 μm 以下。

39. 如权利要求1~3、5~7和9~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,所述喷嘴的长度为50mm以下。

40. 如权利要求4所述的纳米纤维制造装置,其中,所述喷嘴的长度为50mm以下。

41. 如权利要求13所述的纳米纤维制造装置,其中,所述喷嘴的长度为50mm以下。

42. 如权利要求1~3、5~7和9~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,利用由电介质构成的接合部件将所述电极和所述覆盖体接合。

43. 如权利要求4所述的纳米纤维制造装置,其中,利用由电介质构成的接合部件将所述电极和所述覆盖体接合。

44. 如权利要求13所述的纳米纤维制造装置,其中,利用由电介质构成的接合部件将所述电极和所述覆盖体接合。

45. 如权利要求42所述的纳米纤维制造装置,其中,所述接合部件为粘合剂或由电介质构成的螺丝或木制的螺丝。

46. 如权利要求1~3、5~7和9~12中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在所述空气流喷射单元形成的开口部以所述喷嘴为中心配置成同心圆状的情况下,分度圆的半径为6mm以上且15mm以下。

47. 如权利要求4所述的纳米纤维制造装置,其中,在所述空气流喷射单元形成的开口部以所述喷嘴为中心配置成同心圆状的情况下,分度圆的半径为6mm以上且15mm以下。

48. 如权利要求13所述的纳米纤维制造装置,其中,在所述空气流喷射单元形成的开口部以所述喷嘴为中心配置成同心圆状的情况下,分度圆的半径为6mm以上且15mm以下。

49. 一种纳米纤维制造方法,其使用权利要求1~48中任一项所述的纳米纤维制造装置来制造纳米纤维。

纳米纤维制造装置、纳米纤维的制造方法和纳米纤维成型体

技术领域

[0001] 本发明涉及纳米纤维制造装置、纳米纤维的制造方法和纳米纤维成型体。

背景技术

[0002] 电纺法(静电纺丝法)作为不使用机械力、热就能够比较简单地制造纳米尺寸直径的纤维(以下称为纳米纤维)的技术受到关注。在目前为止进行的电纺法中,将成为纳米纤维原料的物质的溶液预先填充在注射器中,在向安装于该注射器的针状喷嘴和与其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喷出溶液的操作。喷出的溶液因库仑力而被拉伸,同时溶剂瞬间蒸发,原料发生凝固,同时形成纳米纤维。并且纳米纤维堆积在收集用电极的表面。

[0003] 但是,在上述电纺法中,只能从一个喷嘴制造一根~几根程度的纳米纤维。如此,现状是纳米纤维的量产化技术还没有确立,实用化几乎没有进展。

[0004] 以提高纳米纤维制造的生产率为目的,在专利文献1中公开了一种纳米纤维制造方法,其并列地排列多个包括直径小的金属球、减小金属球与喷嘴开口的距离而配置的金属制的纺出喷嘴、和以与金属球和纺出喷嘴开口的路径正交的方式喷射高速气流的高速气流喷射喷嘴的单元,向金属球与纺出喷嘴之间施加高电压而生成纳米纤维,利用纳米纤维收集部将从多个单元飞散出的纳米纤维集中收集。

[0005] 另外,在专利文献2中公开了一种纳米纤维制造装置,其具备通过可选择两个整流器接地的原料液喷射喷嘴、在电极上配置有由电介质构成的绝缘层和由导体构成的导体层的感应体、和对感应体施加交流电流的交流电源。由于原料液喷射喷嘴在接地状态下使阴极和阳极反转,交替地制造带电极性相反的纳米纤维,抑制气氛带一种极性的电。由此能够形成绝缘处理、安全措施简易的装置构成,防止附近部件的带电,从而容易收集纳米纤维。在专利文献3中公开了一种纳米纤维制造装置,其具有在直径为10mm~300mm的导电性圆筒的侧面设置有多个流出孔的流出体来代替原料液喷射喷嘴。并且,向流出体与在该流出体相对的面上设置有绝缘体层的电极之间施加电压而形成纳米纤维,利用具有相反极性的电位的两个收集用电极(诱导电极)诱导纳米纤维从而收集在被堆积部件上。利用厚度为0.2mm的薄绝缘体层可以防止纳米纤维附着在电极上,并且可以改变纳米纤维的带电状态,使用两个收集用电极(诱导电极)能够高效地收集纳米纤维。

[0006] 在专利文献4中还提出了一种并非由金属而是由树脂构成原料液的喷射喷嘴的技术。由此,能够控制原料液在喷嘴处的固化,喷嘴的清洗作业变得简便,并且能够防止来自喷嘴的放电。此时代替金属制喷嘴,将任意形状的电极配置在原料液的贮存容器内或者贮存容器与喷嘴之间的输送路径中,由此使原料液带电。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本特开2012-107364号公报

[0010] 专利文献2:日本特开2009-13535号公报

[0011] 专利文献3:日本特开2010-59557号公报

[0012] 专利文献4:日本特开2011-102455号公报

发明内容

[0013] 发明所要解决的问题

[0014] 从根本上说,纳米纤维的生产率由每单位时间从一个原料液喷射喷嘴喷射出的原料液的量决定。即,即使每单位时间向原料液喷射喷嘴供给大量原料液,也需要能够正常且稳定地进行纺丝。在应用电纺法的纳米纤维制造装置中,这通过使喷射的原料液的带电量增加来实现。但是,在增加原料液的带电量这点上,上述各文献中记载的技术不能说很充分,以令人满意的生产率得到纳米纤维并不容易。

[0015] 此外,上述各种电纺法的量产性有时还不能说很充分。并且制造设备复杂、或者制造设备所占空间大,因此在经济上不能说是有利的。

[0016] 因此,本发明的课题在于提供一种可消除上述现有技术所具有的缺点的纳米纤维制造装置。

[0017] 用于解决问题的手段

[0018] 本发明提供一种纳米纤维制造装置,

[0019] 其具备:

[0020] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

[0021] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;

[0022] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;

[0023] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;
和

[0024] 收集单元,其收集纳米纤维,

[0025] 其中,

[0026] 上述电压产生单元以上述喷嘴为阳极并且上述电极为阴极的方式产生电压,

[0027] 上述电极的与上述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,

[0028] 在上述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上。

[0029] 另外,本发明提供一种纳米纤维制造装置,

[0030] 其具备:

[0031] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

[0032] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;

[0033] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;

[0034] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;
和

[0035] 收集单元,其收集纳米纤维,

[0036] 其中,

[0037] 上述电压产生单元以上述喷嘴为阳极并且上述电极为阴极的方式产生电压,

[0038] 利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖上述喷嘴的外表面的大致整个面,并且该覆

盖体超过该喷嘴的前端而延伸出。

[0039] 另外,本发明提供一种纳米纤维制造装置,

[0040] 其具备:

[0041] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

[0042] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;

[0043] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;

[0044] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;

和

[0045] 收集单元,其收集纳米纤维,

[0046] 其中,

[0047] 上述电压产生单元以上述喷嘴为阴极并且上述电极为阳极的方式产生电压,

[0048] 利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖上述喷嘴的外表面的大致整个面。

[0049] 另外,本发明提供一种纳米纤维制造装置,

[0050] 其具备:

[0051] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

[0052] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;

[0053] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;

[0054] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;

和

[0055] 收集单元,其收集纳米纤维,

[0056] 其中,

[0057] 上述电压产生单元以上述喷嘴为阴极并且上述电极为阳极的方式产生电压,

[0058] 上述电极的与上述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,

[0059] 在上述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上。

[0060] 此外,本发明提供一种纳米纤维制造装置,

[0061] 其具备:

[0062] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

[0063] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;

[0064] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;

[0065] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;

和

[0066] 收集单元,其收集纳米纤维,

[0067] 其中,

[0068] 上述收集单元具有收集用电极,该收集用电极的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

[0069] 此外,本发明提供一种纳米纤维制造方法,其使用上述纳米纤维制造装置来制造纳米纤维。

[0070] 此外,本发明提供一种纳米纤维成型体,其包含使用上述纳米纤维制造装置制造

的纳米纤维。

[0071] 发明效果

[0072] 根据本发明,提供一种电纺装置和使用了该电纺装置的纳米纤维制造装置,该电纺装置相比以往能够提高在纳米纤维的制造中所使用的原料液的带电量,其结果是相比以往能够提高纳米纤维的生产率,并且可实现省空间化。

附图说明

[0073] 图1(a)是本发明的纳米纤维制造装置的一个实施方式中的侧面图,图1(b)是图1(a)中的前视图。

[0074] 图2是表示图1所示的制造装置中的喷嘴的结构的一例的截面图。

[0075] 图3是表示本发明的纳米纤维制造装置的其它实施方式的分解立体图。

[0076] 图4是表示图3所示的纳米纤维制造装置的截面结构的示意图。

[0077] 图5(a)是表示本发明的纳米纤维制造装置的另外其它实施方式的截面的侧面图,图5(b)是图5(a)中的俯视图。

[0078] 图6是表示图5(a)中所示的纳米纤维制造装置的其它实施方式的截面的侧面图。

[0079] 图7(a)是表示本发明的纳米纤维制造装置的另外其它实施方式中的侧面图,图7(b)是图7(a)中的前视图。

[0080] 图8(a)是本发明的纳米纤维制造装置的另外其它实施方式中的侧面图,图8(b)是图8(a)中的前视图。

[0081] 图9是表示图8(a)中的空气流喷射单元的局部剖开立体图。

[0082] 图10是表示本发明的纳米纤维制造装置的另外其它实施方式中的截面结构的示意图。

[0083] 图11是作为图10所示的纳米纤维制造装置的主要部位的分解立体图的示意图。

[0084] 图12(a)是图10所示的纳米纤维制造装置中的空气流喷射单元的前视图,图12(b)是沿着喷嘴的长度方向的该空气流喷射单元的截面图。

[0085] 图13是表示本发明的电纺装置的另外其它实施方式的前视图。

[0086] 图14是表示图13所示的电纺装置的截面结构的示意图。

[0087] 图15是图13所示的电纺装置的分解立体图。

[0088] 图16是表示电纺装置的其它实施方式的截面结构的示意图(与图13对应的图)。

[0089] 图17是表示具备图13所示的电纺装置的纳米纤维制造装置的示意图。

[0090] 图18是表示喷嘴在横向剖视下的结构的示意图。

[0091] 图19是表示图1所示的纳米纤维制造装置中的覆盖体的厚度与在喷嘴与电极之间流通的漏电流的关系的图。

[0092] 图20(a)是表示对图1中所示的制造装置中的原料液的带电量进行测定的装置的示意图,图20(b)是表示对图3、图4和图13中所示的制造装置中的原料液的带电量进行测定的装置的示意图。

[0093] 图21(a)是利用本发明的一个实施方式的纳米纤维制造装置制造的纳米纤维的扫描电子显微镜照片,图21(b)是利用未依据本发明的纳米纤维制造装置制造的纳米纤维的扫描电子显微镜照片。

[0094] 图22是利用本发明的其它实施方式的纳米纤维制造装置制造的纳米纤维的扫描电子显微镜照片。

[0095] 图23 (a) 是实施例17中得到的纳米纤维的扫描电子显微镜图像,图23 (b) 是图23 (a) 的放大图像。

[0096] 图24 (a) 是比较例12中得到的纳米纤维的扫描电子显微镜图像,图24 (b) 是图24 (a) 的放大图像。

具体实施方式

[0097] 以下,基于本发明的优选实施方式一边参考附图一边对本发明进行说明。图1 (a) 中示出了本发明的纳米纤维制造装置的一个实施方式中的侧面图。图1 (b) 是图1 (a) 中的前视图。如这些图所示,本实施方式的纳米纤维制造装置10基本上都采用了将ESD(静电喷雾沉积,Electro-Spray Deposition)和高速喷出气流(喷射流)组合的喷射流ESD法。制造装置10具备原料喷射单元11,该原料喷射单元11喷射出纳米纤维制造用的原料液。原料喷射单元11具有送液部12和喷嘴13。喷嘴13竖直设立于送液部12的前端的位置。喷嘴13的垂直上方端开口,可以通过该开口喷射原料液。喷嘴13由金属等导电性材料构成,具有导电性。送液部12能够以每单位时间规定的量从喷嘴13喷射原料液。

[0098] 喷嘴13由针状的直管构成。在喷嘴13内能够流通原料液。对于喷嘴13的内径,可以将其下限值优选设定为200 μm 以上、更优选设定为300 μm 以上。另一方面,可以将其上限值优选设定为3000 μm 以下、更优选设定为2000 μm 以下。喷嘴13的内径例如可以优选设定为200 μm 以上且3000 μm 以下、更优选设定为300 μm 以上且2000 μm 以下。对于喷嘴13的外径,可以将其下限值优选设定为300 μm 以上、更优选设定为400 μm 以上。另一方面,可以将其上限值优选设定为4000 μm 以下、更优选设定为3000 μm 以下。喷嘴13的外径例如可以优选设定为300 μm 以上且4000 μm 以下、更优选设定为400 μm 以上且3000 μm 以下。通过将喷嘴13的内径和外径设定在该范围内,可以容易且定量地对含有高分子、具有粘性的原料液进行送液,电场集中于喷嘴周围的狭窄区域,可以高效地使原料液带电,因此优选。

[0099] 在与喷嘴13分隔开的位置处配置有电极14。详细而言,电极14在喷嘴13的开口的正上方的位置处与该喷嘴13的开口相相对地配置。电极14为板状,具有两个平面部和四个侧面部。这两个平面部中的一个平面部(图的下侧的面)与喷嘴13相对。喷嘴13的延伸方向与电极14的平面部大致正交。电极14由金属等构成,具有导电性。喷嘴13的前端与电极14之间的距离(最短距离)优选设定为20mm以上、特别优选设定为30mm以上。比上述距离窄时,从喷嘴13的前端喷射出的成为纤维状的原料液容易附着于电极14。喷嘴13的前端与电极14之间的距离的上限值优选设定为100mm以下、特别优选设定为50mm以下。比上述距离宽时,在喷嘴13与电极14之间形成的电场弱,不能得到高带电量。例如,两者间的距离优选设定为20mm以上且100mm以下、更优选设定为30mm以上且50mm以下。

[0100] 通过电压产生单元101经由接地线102和金属导线103在由导电性材料构成的喷嘴13与电极14之间施加直流电压。如图1所示,喷嘴13接地。与此相对,对电极14施加负电压。因此,电极14为阴极,并且喷嘴13为阳极,在电极14与喷嘴13之间产生电压,形成电场。需要说明的是,为了使电极14与喷嘴13之间产生电场,也可以对喷嘴13施加正电压并且将电极14接地,来代替图1所示的施加电压的方法。尤其是,与对喷嘴13施加正电压相比,将该喷嘴

13接地可以使绝缘措施变得简便,因此优选。另外,只要电极14保持于阴极、并且喷嘴13保持于阳极,即只要喷嘴13保持于比电极14高的电位,通过电压产生单元101产生的电压也可以为对直流电压叠加交流电压这样的变动电压。从使原料液的带电量保持恒定、制造粗细均匀的纳米纤维这样的观点出发,电压优选为直流电压。

[0101] 在电压产生单元101中可以使用高压电源装置等公知的装置。从可以使原料液充分带电的观点出发,对电极14与喷嘴13之间施加的电位差优选设定为1kV以上、特别是优选设定为10kV以上。另一方面,从防止喷嘴13与电极14之间的放电的观点出发,该电位差优选设定为100kV以下、特别是优选设定为50kV以下。例如优选设定为1kV以上且100kV以下、特别是优选设定为10kV以上且50kV以下。需要说明的是,由电压产生单元101施加的电压为变动电压的情况下,优选在电极14与喷嘴13之间产生的电位差的时均值为上述范围内。

[0102] 制造装置10进一步具备空气流喷射单元15。空气流喷射单元15能够喷射一次高速空气流。空气流喷射单元15配置在能够向喷嘴13与电极14之间喷射空气流的位置。由原料液形成的纳米纤维带正电,趋向于从作为阳极的喷嘴13向作为阴极的电极14延伸。从空气流喷射单元15喷射出的空气流改变该纳米纤维的行进方向,向收集单元所在的方向(图1(a)的图的右方)输送,同时有助于使纳米纤维拉伸。

[0103] 作为从空气流喷射单元15喷射的空气流,可以使用例如利用干燥器等干燥成湿度为30%RH以下的空气流。另外,为了使制造的纳米纤维的状态维持恒定,空气流优选温度保持恒定。空气流的流速例如优选设定为200m/秒以上、特别优选设定为250m/秒以上。比上述流速慢时,难以对抗喷嘴13与电极14之间的电场来使纳米纤维的行进方向改变成收集单元所在的方向。流速的上限例如优选设定为600m/秒以下、特别优选设定为530m/秒以下。形成比上述流速快的流速时,设备的负荷增大,并且担心纤维被空气流撕裂。流速优选设定为200m/秒以上且600m/秒以下、特别优选为250m/秒以上且530m/秒以下。

[0104] 除空气流喷射单元15以外,制造装置10还具备第二空气流喷射单元16。第二空气流喷射单元16以涵盖来自空气流喷射单元15的一次高速空气流的方式广泛地喷射二次高速空气流,该二次高速空气流是速度比上述一次高速空气流慢的空气流。通过以涵盖一次高速空气流的方式喷射大量二次高速空气流,由此能够抑制一次高速空气流的紊乱,能够稳定地进行纳米纤维的制造。

[0105] 在本实施方式的制造装置10中,在与空气流喷射单元15和第二空气流喷射单元16相对的位置处配置有收集纳米纤维的收集单元。尤其是可以配置收集用电极(未图示)作为收集单元的一部分。收集用电极可以由金属等导电性材料构成的平板状电极。收集用电极的板面与空气流的喷射方向大致正交。另外,如后所述,收集用电极可以用在表面露出电介质的覆盖体覆盖其大致整个面,更优选可以覆盖整个面。在此,大致整个面是指占该面的全部表面积的90%以上的面积的面。整个面是指占该面的全部表面积的100%的面。为了将带正电的纳米纤维诱导至收集用电极,对收集用电极提供比作为阳极的喷嘴13低的(负的)电位。为了使诱导更高效,优选提供比作为阴极的电极14低的(负的)电位。对于收集用电极(电极表面)与喷嘴13的前端的距离(最短距离),可以将其下限值优选设定为100mm以上、更优选设定为500mm以上。由此,纳米纤维在到达收集用电极之前能够充分固化。上限值可以优选设定为3000mm以下、更优选设定为1000mm以下。由此,收集用电极所引起的电诱导力增强,纳米纤维的收集率提高。例如可以优选设定为100mm以上且3000mm以下、更优选设定为

500mm以上且1000mm以下。

[0106] 此外,在本实施方式的制造装置10中,还可以按照与上述收集用电极相邻的方式在该收集用电极与喷嘴13之间配置有收集纳米纤维的收集体(未图示)作为收集单元。作为收集体,例如可以使用膜、网、无纺布、纸等绝缘体。

[0107] 此外,在本实施方式的制造装置10中,还可以按照与空气流喷射单元15和第二空气流喷射单元16相对的方式配置对喷射的空气流进行排气的空气排气单元(未图示)。空气排气单元优选配置在上述收集用电极的背面侧(距喷嘴13远的一侧)。作为空气排气单元,例如可以使用抽吸箱(suction box)等公知的装置。

[0108] 以上为本实施方式的制造装置10的基本结构,在本制造装置10中,构成板状电极14的平面部之中,与喷嘴13相对的面(图中的电极14的底面)被在表面露出电介质的覆盖体17覆盖。图1的情况下,覆盖体17由单一一种电介质构成。

[0109] 在本发明中,电极的与喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。更优选与喷嘴相对的面整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。与喷嘴相对的面是指能够由喷嘴的前端(喷射原料液的开口部)面对的电极的表面。更详细而言,是指从喷嘴的前端上的各点向电极引直线时最先与电极接触的点的集合。另外,大致整个面是指占该面的全部表面积的90%以上的面积的面,整个面是指占该面的全部表面积的100%的面积的面。在表面露出电介质的覆盖体是指该表面的大致整个面(90%以上的面积)仅由电介质构成的覆盖体。如后所述,该覆盖体优选表面的整个面(100%的面积)仅由电介质构成。即,在本发明中,覆盖体优选为在表面露出电介质、在表面不存在金属等导电体的覆盖体。由单一一种电介质构成的覆盖体是其典型例,但覆盖体也可以为两种以上电介质层叠而成的复合体,只要表面仅由电介质构成,则也可以是内部(未在表面露出的部分)含有金属的粒子或者空气的层等的复合体。尤其是虽然在电极与覆盖体的接合部的一部分处可以存在空气层,但从使电极与覆盖体的接合牢固的观点出发,优选电极与覆盖体密合。需要说明的是,在本发明中,假设为不存在进一步覆盖该覆盖体的表面的物体。如果存在进一步覆盖该覆盖体的表面的由金属等构成的导电层,则本发明效果降低。

[0110] 图1所示的电极14仅是与喷嘴13相对的面被覆盖体17覆盖,但优选:在此基础上,不与喷嘴13相对的面的一部分也被在表面露出电介质的覆盖体17覆盖。更优选不与喷嘴13相对的所有面被在表面露出电介质的覆盖体17覆盖。在此,不与喷嘴相对的面是指不能由喷嘴的前端(喷射原料液的开口部)面对的电极的表面。更详细而言,是指电极的表面之中除了与喷嘴相对的面以外的面。

[0111] 如上所述,本发明人发现:通过利用覆盖体覆盖电极14的表面中的与喷嘴13相对的面,由此显著地提高了从喷嘴13喷射的原料液的带电量。其机理预想如下。在本实施方式的电纺装置10中,在电极14与喷嘴13之间形成的电场的作用下,原料液中的阳离子向电极14(阴极)侧靠近,原料液中的阴离子向喷嘴13(阳极)的内表面靠近。因此,向电极14喷射的原料液中含有大量阳离子,原料液带正电。同时,通过向电极14与喷嘴13之间施加的电压,从电极14(阴极)向大气中放出电子,向喷嘴13(阳极)飞来。该飞来的(带负电的)电子与喷射的(带正电的)原料液发生碰撞,将原料液的带电中和,使带电量减少。另一方面,如果利用在表面露出电介质的覆盖体17覆盖作为阴极的电极14的表面,则能够抑制从电极14放出电子。认为其结果是能够抑制因飞来的电子所引起的原料液的中和、即带电量的减少,从而

原料液的带电量提高。此外,由于从电极14向喷嘴13飞来的电子的数目减少,因此能够抑制电极14与喷嘴13之间的放电,能够增加电极14与喷嘴13之间的施加电压,能够缩短距离。由此,增强了电极14与喷嘴13之间的电场从而提高了原料液的带电量。此外,电极14(阴极)和喷嘴13(阳极)被视为夹着空气的电容器,因此在电极间插入电介质由此电容器的电容量增加,其结果是也能够期待原料液的带电量增加这样的效果。另外,从电极14向喷嘴13飞来的电子的数目少时,在电极14与喷嘴13之间流通的电流(漏电流)减少,还能够期待纳米纤维制造时的耗电降低这样的效果。

[0112] 为了有效地表现出上述效果,优选利用覆盖体17覆盖与喷嘴13相对的面大致整个面(90%以上的面积)、特别优选利用覆盖体17覆盖与喷嘴13相对的面整个面(100%的面积)。未覆盖的面的面积大时,由该处向大气放出电子,原料液的带电量因飞来的电子而减少。另外,不仅利用覆盖体17覆盖电极14的表面中的与喷嘴13相对的面,还利用覆盖体17覆盖不与喷嘴13相对的面,由此上述效果进一步增大。这是因为:从不与喷嘴13相对的面也向大气放出不少电子。从提高原料液的带电量这样的观点出发,优选利用覆盖体17覆盖电极14的所有面。

[0113] 在之前背景技术项中所述的专利文献2中公开了一种纳米纤维制造装置,其以降低人体与施加电极接触而发生触电的危险性为目的,在由喷射单元所面对的施加电极的表面配置有由电介质构成的绝缘层。但是,在专利文献2中,在绝缘层的表面上进一步配置有由导体构成的导体层(导电层)。即,使用了在表面露出导体层的覆盖体。据认为从这样的导体层容易向大气放出电子,不能期待使用在表面露出电介质的覆盖体来抑制了电子的放出这样的本发明效果。基于同样的原因,本发明的覆盖体优选为表面的整个面(100%的面积)仅由电介质构成、即在表面露出电介质而在表面不存在金属等导电体的覆盖体。

[0114] 作为在覆盖体17中使用的电介质,可以列举作为绝缘材料的云母、氧化铝、氧化锆、钛酸钡等陶瓷材料、电木(酚醛树脂)、尼龙(聚酰胺)、氯乙烯树脂、聚苯乙烯、聚酯、聚丙烯、聚四氟乙烯、聚苯硫醚等树脂系材料。这些之中,优选使用选自氧化铝、电木、尼龙、氯乙烯树脂中的至少一种以上绝缘材料,特别优选使用尼龙。作为尼龙,可以使用尼龙6、尼龙66等各种聚酰胺。另外,作为尼龙,也可以使用市售品。作为这样的市售品,例如可以列举MC尼龙(注册商标)。在用于覆盖体17的电介质中可以含有抗静电剂。通过含有抗静电剂,在带电的原料液、纳米纤维等附着于覆盖体17时,可以降低覆盖体17的带电。作为抗静电剂,可以使用公知的市售品,例如可以使用ペレクトロン(三洋化成工业株式会社)、エレクトロストッパー(花王株式会社)、エレストマスター(花王株式会社)、リケマール(理研Vitamin株式会社)、リケマスター(理研Vitamin株式会社)等。

[0115] 覆盖体17优选以均匀的厚度覆盖电极14。构成覆盖体17的在表面露出的电介质的厚度优选为0.8mm以上、特别优选为2mm以上、尤其优选为8mm以上。由此,能够充分抑制从电极放出电子,能够提高原料液的带电量。比上述厚度薄时,有时不能充分抑制从电极14放出电子,不能提高原料液的带电量。需要说明的是,在覆盖体17由单一一种或者两种以上的电介质构成的情况下,该厚度是指覆盖体17的厚度(与覆盖体17的厚度相等)。另外,在覆盖体17为在内部(未在表面露出的部分)含有金属的粒子或者空气的层等的复合体的情况下,是指从表面到金属或者空气之间存在的电介质的厚度。覆盖体17的厚度的上限值优选为25mm以下、特别优选为20mm以下、尤其优选为15mm以下。由此,能够防止从喷嘴的前端喷射的变

为纤维状的原料液被吸引附着于电介质。另外,原料液不易附着于电极,因此能够施加更高的电压,由此可提高原料液的带电量。比上述厚度厚时,从喷嘴13的前端喷射的变为纤维状的原料液容易附着于覆盖体17。在覆盖体17由单种或者两种以上的电介质构成的情况下,例如,覆盖体17的厚度优选设定为0.8mm以上且25mm以下、特别优选设定为2mm以上且20mm以下、尤其优选设定为8mm以上且15mm以下。

[0116] 在之前的背景技术项中所述的专利文献3中公开了一种在电极的表面设置有薄绝缘体层的纳米纤维制造装置。该纳米纤维制造装置使用在直径为10mm~300mm的导电性圆筒的侧面设置有多个流出孔的流出体而非原料液喷射喷嘴,其构成在这点上与本发明有根本上的不同,但具备在与流出体相对的面设置有薄绝缘体层的电极。但是,绝缘体层的目的是防止纳米纤维附着于电极,并且使纳米纤维的带电状态变化,为了实现该目的,使用了厚度为0.2mm的薄绝缘体层。可认为利用专利文献3中所使用的这样薄的绝缘体层不能充分抑制从电极放出电子,不能期待本发明效果。

[0117] 在本实施方式的制造装置中,在电极14的表面中的与喷嘴13相对的面大致整个面上配置有覆盖体17,在此基础上或者取而代之利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖喷嘴13的外表面的大致整个面也能够增加原料液的带电量。详细而言,如图2所示,喷嘴13其外表面被覆盖体107覆盖。并且,覆盖体107超过喷嘴13的前端13a延伸出。覆盖体107中的延伸出部分107a形成包围喷嘴13的筒状的形态,具有中空部。该中空部与喷嘴13的内部连通。需要说明的是,喷嘴13的外表面是指喷嘴13的表面之中除了与流通喷嘴13内的原料液接触的喷嘴内表面、以及喷射原料液的喷嘴13的前端13a的面和与该面相反侧的喷嘴13的后端的面以外的面。覆盖体107由单一一种或者两种以上的电介质构成。

[0118] 利用在表面露出电介质的覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面的大致整个面,由此能够抑制从电极14飞来并流入喷嘴13的电子的数目。其结果是能够不易引起电极14与喷嘴13之间的放电,能够增加电极14与喷嘴13之间的施加电压,能够缩短距离。由此增强了电极14与喷嘴13之间的电场从而提高了原料液的带电量。为了有效地表现出上述效果,优选利用覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面的大致整个面(90%以上的面积)、特别优选利用覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面的整个面(100%的面积)。另外,通过使覆盖体107超过喷嘴13的前端13a延伸出,能够抑制电子飞向喷嘴13的前端13a,能够进一步提高原料液的带电量。

[0119] 覆盖体107的延伸出部分107a的长度优选为1mm以上、更优选为10mm以上。比上述长度短时,使覆盖体107延伸出的效果小。上限值优选为15mm以下、更优选为12mm以下。比上述长度长时,从覆盖体107的前端喷射的变为纤维状的原料液容易附着于电极14或者覆盖体17。例如延伸出部分107a的长度优选为1mm以上且15mm以下、特别优选为10mm以上且12mm以下。通过形成上述长度的延伸出部分107a,能够抑制电极14与喷嘴13之间的放电从而有效地提高原料液的带电量。

[0120] 作为构成覆盖喷嘴13的覆盖体107的电介质,可以使用与构成覆盖电极14的覆盖体17的电介质同样的物质。在该电介质中可以含有与在覆盖体17中使用的抗静电剂同样的抗静电剂。另外,覆盖喷嘴13的覆盖体107的厚度也可以设定为与覆盖电极14的覆盖体17的厚度同样。

[0121] 在本实施方式的制造装置中,利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖作为收集单元的一部分的收集用电极的大致整个面,也能够增加原料液的带电量。如上所述,为了诱导带

正电的纳米纤维,对收集用电极(未图示)提供比作为阳极的喷嘴13低的(负的)电位。因此,从收集用电极的表面也向大气放出电子,该电子向喷嘴13飞来。利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖收集用电极的大致整个面由此能够抑制上述电子的飞来。其结果是能够抑制飞来的电子所引起的原料液的中和、即带电量的减少,能够提高原料液的带电量。为了有效地表现出上述效果,优选利用覆盖体覆盖收集用电极的大致整个面(90%以上的面积),特别优选利用覆盖体覆盖收集用电极的整个面(100%的面积)。作为构成覆盖收集用电极的覆盖体的电介质,可以使用与构成覆盖电极14的覆盖体17的电介质同样的物质。该电介质中可以含有与在覆盖体17中使用抗静电剂同样的抗静电剂。另外,从使电极与喷嘴间的电场稳定的观点出发,覆盖体优选以均匀的厚度覆盖收集用电极。构成覆盖体的在表面露出的电介质的厚度优选为0.8mm以上、特别优选为2mm以上、尤其优选为8mm以上。由此,能够充分抑制从电极放出电子,能够提高原料液的带电量。比上述厚度薄时,不能充分抑制从收集用电极放出电子,不能提高原料液的带电量。对于覆盖体的厚度的上限没有特别限制,但从降低所使用的材料的量这样的经济性观点出发,厚度的上限值优选为25mm以下、特别优选为20mm以下、尤其优选为15mm以下。由此,能够防止从喷嘴的前端喷射的变为纤维状的原料液被吸引附着于电介质。另外,原料液不易附着在电极上,因此能够施加更高的电压,由此可提高原料液的带电量。在覆盖体由单一一种或者两种以上的电介质构成的情况下,例如覆盖体的厚度优选设定为0.8mm以上且25mm以下、特别优选设定为2mm以上且20mm以下、尤其优选设定为8mm以上且15mm以下。

[0122] 在本实施方式的制造装置中,也可以将利用覆盖体覆盖收集用电极、以及上述的利用覆盖体17覆盖电极14和/或利用覆盖体107覆盖喷嘴13组合。

[0123] 在使用本实施方式的制造装置10的纳米纤维的制造方法中,在使电极14与喷嘴13之间产生电场的状态下,从喷嘴13的前端喷射原料液。通过电场,原料液中的阳离子被吸引至电极14(阴极)侧,因此在从喷嘴13向电极14喷射的原料液中含有大量阳离子,原料液带正电。并且,如上所述,利用覆盖体17覆盖电极14,使得原料液的每单位质量的带电量极高。在带电的状态下喷射出的原料液在电场的作用下,其液面变形为圆锥状。被吸引向电极14的力超过原料液的表面张力时,原料液被一下子吸引至电极14的方向。此时,从空气流喷射单元15向喷射出的原料液喷射空气流,改变原料液的行进方向,使原料液朝向收集体(未图示)的方向。在此期间,在原料液所具有的电荷的自排斥的连锁作用下,纤维变细至纳米尺寸,同时,溶剂的挥发及高分子的凝固等进行,生成纳米纤维。生成的纳米纤维搭载于从空气流喷射单元15和第二空气流喷射单元16喷射出的空气流,并且向收集用电极(未图示)所产生的电场诱导,堆积于配置在与空气流喷射单元15相对的位置处的收集体的表面。为了将带正电的纳米纤维向收集体诱导,对收集用电极提供比作为阳极的喷嘴13低的(负的)电位。或者为了使诱导更高效,提供比作为阴极的电极14低的(负的)电位。

[0124] 在以上的纳米纤维的制造方法中,从喷嘴13的前端喷射的原料液的带电量变得极高,因此向电极14的方向吸引原料液的力很大。因此,即使与以往相比从喷嘴13(每单位时间)喷射大量的原料液,也能够与以往相同程度地制造细纳米纤维。而且,即使增加原料液的喷出量,所得到的纳米纤维也不易产生缺陷等。在此所谓的缺陷是指,例如原料液的液滴直接固化而成的物质、原料液的液滴在没有被充分拉伸状态下固化而生成的珠状物质。

[0125] 在图3和图4中示出了本发明的制造装置的其它实施方式。需要说明的是,关于图3

和图4所示的实施方式,对于没有特别说明的内容,适当应用对于图1和图2所示的实施方式的说明。

[0126] 本实施方式的制造装置18具有电极19和原料液喷射用喷嘴20。电极19整体上呈凹球形形状,尤其是形成近似碗型。并且,在其内表面具备凹曲面R。具有凹曲面R的电极19在其开口端的位置具有平面状的凸缘部19a。电极19只要其内表面形成为凹曲面R,则其外表面的形状无需为近似碗型,也可以为其它形状。电极19由导电性材料构成,通常为金属制。电极19固定在由电绝缘性材料构成的基台30。另外,如图4所示,电极19与作为电压产生单元的直流高压电源40连接,被施加负电压。

[0127] 从其开口端侧观察凹曲面R时,该开口端为圆形。该圆形可以为正圆形、或者也可以为椭圆形。如后所述,从使电场集中在喷嘴20的前端的观点出发,凹曲面R的开口端优选为正圆形。另一方面,凹曲面R在其任意位置均为曲面。在此所谓的曲面是指,选自、(A)完全不具有平面部的曲面、(B)将具有平面部的多个段接合而形成整体上可视为凹曲面的形状、或者(C)将相互正交的三个轴中一个轴不具有曲率的具有带状部的多个环状段接合而形成整体上可视为凹曲面的形状、中的任一种。(B)的情况下,例如优选将形成为长和宽的长度为0.5~5mm左右的矩形的、具有相同或不同大小的平面部的段接合而形成凹曲面R。(C)的情况下,例如优选将由各种半径不同且高度为0.001~5mm的、扁平的两种以上的圆筒构成的环状段接合而形成凹曲面R。在该环状段中,相互正交的三轴、即X轴、Y轴和Z轴之中,包含圆筒的横截面的X轴和Y轴具有曲率,并且作为圆筒高度方向的Z轴不具有曲率。

[0128] 喷嘴20的前端20a与凹曲面R之间的距离(最短距离)可以设定为与制造装置10中的喷嘴13的前端与电极14之间的距离(最短距离)同样。

[0129] 凹曲面R优选为使得其任意位置处的法线穿过喷嘴20的前端或其附近这样的值。从上述观点出发,凹曲面R特别优选形成与圆球的球壳的内表面相同的形状。

[0130] 如图3和图4所示,凹曲面R的最底部开口,在其开口部安装有喷嘴组件21。

[0131] 喷嘴组件21具有如上所述的喷嘴20和支撑该喷嘴20的支撑部22。喷嘴20由导电性材料构成,通常由金属构成。另一方面,支撑部22由电绝缘性材料构成。因此,如上所述的电极19和喷嘴20之间由于支撑部22而被电绝缘。喷嘴20接地。喷嘴20的前端20a在由凹曲面R构成的电极19内露出。喷嘴20贯通支撑部22,喷嘴20的后端20b在电极19的背面侧(即,与凹曲面R相反的侧)露出。需要说明的是,喷嘴20并非一定需要贯通支撑部22,也可以是喷嘴20的后端20b位于在支撑部22设置的原料液供给用的贯通孔的途中。在喷嘴20的后端20b或者支撑部22设置的原料液供给用的贯通孔与原料液的供给源(未图示)连接。喷嘴组件21与原料的供给源一起构成原料喷射单元。

[0132] 在本实施方式的制造装置18中,如图3和图4所示,在喷嘴组件21中的喷嘴20的基部的附近设置有由贯通孔构成的空气流喷射单元23。空气流喷射单元23沿着喷嘴20的延伸方向形成。此外,空气流喷射单元23以能够向喷嘴20的前端20a的方向喷射空气流的方式形成。从电极19的开口端侧观察时,以包围喷嘴20的方式设置有两个空气流喷射单元23。空气流喷射单元23夹着喷嘴20在对称的位置形成。由贯通孔构成的空气流喷射单元23其后端侧的开口部与空气流的供给源(未图示)连接。通过由该供给源供给空气,使得从喷嘴20的周围喷出空气。喷出的空气从喷嘴20的前端20a喷出,并且使在电场的作用下被拉伸成细长的原料液向配置在与空气流喷射单元23相对的位置的收集用电极(未图示)输送。需要说明的

是,在图3和图4中,示出了设置有两个空气流喷射单元23的状态,但设置空气流喷射单元23的个数并非限定于此,可以为1个或3个以上。此外,形成空气流喷射单元的贯通孔的形状(截面形状)并非限定于圆形,可以为矩形、椭圆、双圆环、三角、蜂窝等。从得到均匀的空气流的观点出发,优选为包围喷嘴的环状贯通孔。

[0133] 并且,在本实施方式的制造装置18中,在作为阴极的电极19的表面中的、与喷嘴20相对的面整个面和不与喷嘴20相对的面的一部分配置有在表面露出电介质的覆盖体207。电极19与覆盖体207直接接触。覆盖体207具有中空的凸部207a,该凸部207a具有与由凹曲面R构成的电极19互补的形状。凸部207a的顶部开口,在该开口中嵌入喷嘴组件21。凸部207a覆盖电极19的表面中的与喷嘴20相对的面。另外,覆盖体207具有凸缘部207b,该凸缘部207b从中空的凸部207a的开口端向水平方向延伸出。凸缘部207b覆盖电极19的表面中的不与喷嘴20相对的面的一部分(凸缘部19a)。在将覆盖体207嵌合于电极19的凹曲面R的状态下,通过规定的接合部件将电极19和覆盖体207固定。

[0134] 上述接合部件优选由电介质构成。由此,接合部件自身不会流通电流,能够抑制从电极19与覆盖体207的接合部产生的电场线,能够防止电极19与喷嘴20之间的电场的紊乱。另外,通过接合部件将电极19与覆盖体207接合,由此在改变覆盖电极19的覆盖体207的种类时,能够容易更换该覆盖体207,制造装置18变得易于使用。

[0135] 作为接合部件,例如可以使用粘合剂。作为接合部件,也可以如后所述使用螺丝。作为粘合剂,可以使用例如环氧树脂系的胶粘剂、外置胶带等。特别是通过使用假牙稳定剂这样的可装卸的粘合剂,容易从电极19取下覆盖体207,制造装置18的维护性提高。使用螺丝的情况下,该螺丝可以为与覆盖体207同种或不同种类的电介质制或木制。通过由这些材料构成的接合部件将电极19和覆盖体207接合,在两者间不易产生空气层,能够使电极19与喷嘴20之间的电场稳定。

[0136] 在图3和图4所示的实施方式中,在形成于凸缘部207b的贯通孔207c中穿过作为接合部件的螺栓207d,将该螺栓207d拧入在电极19的凸缘部19a上设置的螺丝孔19b中,由此将电极19和覆盖体207固定。

[0137] 在贯通孔207c中形成尺寸比螺栓207d的头部大的孔(沉孔)。由此,在电极19和覆盖体207被固定的状态下,螺栓207d的头部不会从覆盖体207的表面突出,而是会位于覆盖体207的内部。通过使螺栓207d尽量不从覆盖体207的表面突出,可以使电极19与喷嘴20之间的电场稳定。需要说明的是,如果从电极19的背面侧插入螺栓由此将电极19和覆盖体207固定,则无需在覆盖体207的表面侧形成沉孔,因此能够使电场更稳定。

[0138] 从使电极19与喷嘴20之间的电场稳定的观点出发,上述螺栓207d优选由电介质构成,具体而言,可以列举:聚醚醚酮、聚苯硫醚、玻璃纤维强化聚酰胺MXD6、聚碳酸酯、聚丙烯、陶瓷、特氟龙(注册商标)、聚偏二氟乙烯、非热塑性聚酰亚胺树脂、硬质聚氯乙烯等。

[0139] 作为构成在本实施方式中使用的覆盖体207的电介质,可以使用与构成覆盖电极14的覆盖体17的电介质同样的电介质。并且,由于简便,可以使用将各种热塑性树脂熔融成型而得到的成型体。在该电介质中可以含有与在覆盖体17中使用的抗静电剂同样的抗静电剂。另外,覆盖电极19的覆盖体207的厚度可以设定为与覆盖电极14的覆盖体17的厚度同样。

[0140] 使用本实施方式的制造装置18的情况下,与如上所述的实施方式的制造装置10同

样,通过覆盖体207的作用也可以使原料液的带电量增加。而且,本实施方式的制造装置18的电极19呈凹球面形状,因此原料液的带电量的增加更加显著。在制造装置18中,在距喷嘴20的前端20a大致等距离的位置,存在有远比喷嘴20的面积宽阔的电极面。在作为阴极的电极19和作为阳极的喷嘴20中蓄积的电荷的总量相等,因此在喷嘴20的表面以远高于电极19的密度分布有电荷,其结果是喷嘴20附近的电场变强。该强力的电场使得原料液的带电量进一步增加。从上述观点出发,喷嘴20的面积优选较小,特别是喷嘴20的长度(喷嘴20的前端20a与后端20b之间的距离)优选较短。具体而言,喷嘴20的长度优选为50mm以下、更优选为10mm以下、进一步优选为5mm以下。另外,通过像本实施方式这样将电极19形成为凹球面形状,与使用平面状的电极的情况相比,能够减小电极的体积,因此能够使制造装置18小型化。

[0141] 喷嘴20优选以其延伸的方向穿过由电极19的凹曲面R中的开口端勾画成的圆的中心或者其中心附近、和在该凹曲面R中的最底部设置的开口的中心或者其中心附近的方式配置。尤其是,优选包含由凹曲面R的开口端勾画成的圆的平面与喷嘴20的延伸方向正交。通过如此配置喷嘴20,使得电场进一步集中于喷嘴20的前端20a。

[0142] 关于喷嘴20的前端20a的位置,该前端20a优选位于包含由电极19的凹曲面R中的开口端勾画成的圆的平面内或者该平面附近。尤其是,优选以与该平面相比位于该凹曲面R的内侧的方式配置该喷嘴20。具体而言,优选位于距该平面1~10mm的内侧。通过如此设置喷嘴20的前端20a的位置,从喷嘴20的前端20a喷射出的原料液不易被吸引至电极19的凹曲面R,该凹曲面R不易因该原料液而被污染。从上述观点出发,电极19的凹曲面R特别优选为圆球的球壳的近似半球面的形状。

[0143] 从与上述同样的观点出发,喷嘴20的前端20a优选位于包含由凹曲面R中的开口端勾画成的圆的平面内。这种情况下,喷嘴20的前端20a优选配置在距由开口端勾画成的圆的中心起半径10mm以内、更优选配置在半径5mm以内、进一步优选配置在圆的中心。

[0144] 在本实施方式的制造装置18中,也可以利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖电极19的不与喷嘴20相对的所有面。具体而言,在图4中,可以利用覆盖体覆盖电极19的外表面(与凹曲面R相反侧的面)和凸缘部19a的端面。另外,与如上所述的实施方式的制造装置10同样,在电极19中的凹曲面R的内表面配置覆盖体207,在此基础上或者取而代之地利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖喷嘴20的外表面的大致整个面,由此也能够增加原料液的带电量。具体而言,可以采用如上所述的图2中所示的构成。在此基础上,可以进一步利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖作为收集单元的一部分的收集用电极的大致整个面。

[0145] 在图5中示出了本发明的制造装置的另外其它实施方式。图5(b)中示出了本实施方式中的制造装置310的俯视图。图5(a)是从图的下方观察图5(b)中的A-A'截面时的侧面图。如这些图所示,制造装置310基本上是将图1和图2所示的制造装置10的板状的电极14置换成凹球面形状的电极314而成。需要说明的是,关于图5所示的实施方式,对于没有特别说明的内容,适当应用图1~图4所示的实施方式的相关说明。另外,在图5中,对于与图1~图4相同的部件赋以相同符号。

[0146] 制造装置310具备喷射纳米纤维制造用的原料液的原料喷射单元11。原料喷射单元11具有送液部12和喷嘴13。凹球面形状的电极314以其内表面朝下配置在喷嘴13的开口的正上方的位置。喷嘴13和电极314由金属等构成,具有导电性。通过作为电压产生单元的

直流高压电源101经由接地线102和金属导线103在喷嘴13与电极314之间施加直流电压。喷嘴13如图5(a)所示接地,成为阳极。与此相对,对电极314施加负电压,成为阴极。

[0147] 电极314整体上形成为凹球面形状,特别是形成为近似碗型。并且,在其内表面具备凹曲面R,在其开口端的位置具有平面状的凸缘部314a。此外,电极314在相对的两个侧面的位置处具有用于配置空气流喷射单元15的开口320和用于使从空气流喷射单元15喷射的空气流及从喷嘴13喷射的变为纤维状的原料液穿过的开口321。需要说明的是,电极314只要其内表面形成为凹曲面R,则其外表面的形状无需为近似碗型,也可以为其它形状。

[0148] 制造装置310具备空气流喷射单元15。空气流喷射单元15穿过在电极314设置的开口320,配置在能够向喷嘴13与电极314之间喷射空气流的位置。生成的纤维带正电,从作为阳极的喷嘴13向作为阴极的电极314伸展,从空气流喷射单元15喷射出的空气流使该纤维的行进方向转换,穿过开口321向收集单元所在的方向(图5(b)的图的向下方向)输送。

[0149] 并且,在本实施方式的制造装置310中,作为阴极的电极314的表面中的凹曲面R的整个面和凸缘部314a的一部分的面被在表面露出电介质的覆盖体307覆盖。喷嘴13的前端位于凹曲面R的外侧,因此该凹曲面R和凸缘部314a的一部分的面与喷嘴13相对。覆盖体307的厚度大致恒定,电极314与覆盖体307直接接触。与图3所示的电极19和覆盖体207同样,电极314和覆盖体307在形成于电极314的凸缘部314a和覆盖体307的凸缘部的贯通孔中贯通螺栓并通过螺栓紧固而被固定。

[0150] 作为构成本实施方式中使用的覆盖体307的电介质,可以使用与构成图1所示的制造装置10的覆盖体17的电介质同样的电介质。并且,由于简便,可以使用将各种热塑性树脂进行熔融成型而得到的成型体。在该电介质中可以含有与覆盖体17中使用的抗静电剂同样的抗静电剂。另外,覆盖电极314的覆盖体307的厚度可以设定为与覆盖电极14的覆盖体17的厚度同样。

[0151] 在使用本实施方式的制造装置310的情况下,与如上所述的实施方式的制造装置10和制造装置18同样,也能够通过覆盖体307的作用使原料液的带电量增加。而且,本实施方式的制造装置310与制造装置18同样地由于电极314呈凹球面形状,因此原料液的带电量的增加更加显著,而且能够使制造装置小型化。此时,喷嘴13的长度优选为50mm以下、更优选为10mm以下、进一步优选为5mm以下。

[0152] 喷嘴13的前端与凹曲面R之间的距离(最短距离)可以设定为与制造装置10中的喷嘴13的前端与电极14之间的距离(最短距离)同样。喷嘴13的前端的位置优选位于电极314的凹曲面R的中心或者其中心的附近。具体而言,优选配置在距凹曲面R的中心10mm以内的位置。由此,喷嘴13的前端的电场进一步增强,原料液的带电量增加。从上述观点出发,电极314的凹曲面R特别优选为圆球的球壳的近似半球面的形状。在本实施方式的制造装置310中,如图5(a)所示,以包含由凹曲面R的开口端勾画成的圆的平面与喷嘴13的延伸方向大致正交的方式配置电极314,但也可以如图6所示,以该平面与喷嘴13的延伸方向以90度以外的角度相交的方式倾斜配置电极314。

[0153] 在本实施方式的制造装置310中,可以利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖电极314的不与喷嘴13相对的面的一部分或者全部。具体而言,在图5(a)中,也可以利用覆盖体覆盖电极314的外表面(与凹曲面R相反侧的面)和凸缘部314a的端面。另外,与制造装置10同样地,在电极314中的凹曲面R的内表面配置覆盖体307,在此基础上或者取而代之地利用

在表面露出电介质的覆盖体覆盖喷嘴13的外表面的大致整个面,也能够增加原料液的带电量。具体而言,可以采用如上所述的图2所示的构成。在此基础上,可以进一步利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖作为收集单元的一部分的收集用电极的大致整个面。

[0154] 在图7中示出了本发明的制造装置的另外其它实施方式。在图7(a)中示出了本实施方式中的制造装置410的侧面图。图7(b)为图7(a)中的前视图。如这些图所示,制造装置410基本上使用覆盖喷嘴13的覆盖体107代替图1和图2中所示的制造装置10中的覆盖电极14的覆盖体17,并且使电压产生单元101的极性反转。需要说明的是,关于图7所示的实施方式,对于没有特别说明的内容,适当适用图1~图5所示的实施方式的相关说明。另外,在图7中,对于与图1~图5相同的部件赋以相同符号。

[0155] 制造装置410具备喷射纳米纤维制造用的原料液的原料喷射单元11。原料喷射单元11具有送液部12和喷嘴13。

[0156] 在喷嘴13的开口的正上方的位置配置板状的电极14,所述电极14面对喷嘴13的开口。喷嘴13和电极14由金属等构成,具有导电性。通过作为电压产生单元的直流高压电源401经由接地线102和金属导线103在喷嘴13与电极14之间施加直流电压。喷嘴13如图7(b)所示接地,成为阴极。与此相对,对电极14施加正电压,成为阳极。

[0157] 制造装置410具备空气流喷射单元15。由原料液形成的纳米纤维如后所述那样带负电,从作为阴极的喷嘴13向作为阳极的电极14伸展。从空气流喷射单元15喷射出的空气流使该纳米纤维的行进方向改变,向收集单元所在的方向(图7(a)的图的右方向)输送,同时有助于使纳米纤维延伸。

[0158] 另外,制造装置410具有与制造装置10同样的、第二空气流喷射单元16、收集纳米纤维的收集单元(收集用电极和收集体)和空气排气单元。为了向收集用电极诱导带负电的纳米纤维,对收集用电极提供比作为阴极的喷嘴13高的(正的)电位。为了使诱导更高效,优选提供比作为阳极的电极14高的(正的)电位。

[0159] 以上为本实施方式的制造装置410的基本结构,在本制造装置410中,喷嘴13的外表面的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体107覆盖。为了进一步增强覆盖体的效果,覆盖体107优选如图2所示超过喷嘴13的前端13a而延伸出。

[0160] 如上所述,通过利用在表面露出电介质的覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面,由此能够显著提高从喷嘴13喷射的原料液的带电量。其机理认为如下所述。在本实施方式的电纺装置410中,在电极14与喷嘴13之间形成的电场的作用下,原料液中的阴离子向电极14(阳极)侧靠近,原料液中的阳离子向喷嘴13(阴极)的内表面靠近。因此,在向电极14喷射的原料液中含有大量阴离子,原料液带负电。同时,在电极14与喷嘴13之间施加的电压的作用下,从喷嘴13(阴极)的外表面向大气放出电子,向电极14(阳极)飞来。负电荷因上述电子的放出而在喷嘴13处被消耗,在喷嘴13处使原料液带负电的能力降低。因此,原料液的带电量减少。另一方面,如果利用在表面露出电介质的覆盖体107覆盖作为阴极的喷嘴13的外表面,则能够抑制从喷嘴13放出电子。认为其结果能够抑制喷嘴13处的带电能力的降低,原料液的带电量提高。此外,从喷嘴13向电极14飞来的电子的数目减少,因此电极14与喷嘴13之间的放电被抑制,能够增加电极14与喷嘴13之间的施加电压、或缩短电极14与喷嘴13之间的距离。由此,可增强电极14与喷嘴13之间的电场从而提高原料液的带电量。另外,从喷嘴13向电极14飞来的电子的数目减少时,在电极14与喷嘴13之间流通的电流(漏电流)减少,

还能够期待纳米纤维制造时的耗电降低这样的效果。

[0161] 为了有效地表现出上述效果,优选利用覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面的大致整个面(90%以上的面积)、特别优选利用覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面的整个面(100%的面积)。另外,通过使覆盖体107超过喷嘴13的前端延伸出,由此能够抑制从喷嘴13的前端放出电子,能够进一步提高原料液的带电量。超过喷嘴13的前端而延伸出的、覆盖体107的延伸出部分的长度的优选范围如使用制造装置10的实施方式中所述。

[0162] 在本实施方式的制造装置中,在喷嘴13的外表面配置在表面露出电介质的覆盖体107,在此基础上或者取而代之地利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖电极14的表面中的与喷嘴13相对的面大致整个面,由此也能够使原料液的带电量增加。利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖电极14,由此能够抑制从喷嘴13飞来并流入电极14的电子的数目。其结果是电极14与喷嘴13之间的放电不易发生,能够增加电极14与喷嘴13之间的施加电压、能够缩短电极14与喷嘴13之间的距离。由此,可增强电极14与喷嘴13之间的电场从而提高原料液的带电量。另外,从喷嘴13流入电极14的电子的数目减少时,在电极14与喷嘴13之间流通的电流(漏电流)减少,还能够期待纳米纤维制造时的耗电降低这样的效果。

[0163] 为了有效地表现出上述效果,优选利用覆盖体覆盖与喷嘴13相对的面大致整个面(90%以上的面积)。特别优选利用覆盖体覆盖与喷嘴13相对的面整个面(100%的面积)。未覆盖的面的面积大时,电子从该处流入电极14,不能有效地抑制放电、漏电流。另外,通过不仅利用覆盖体覆盖电极14的表面中的与喷嘴13相对的面,而且利用覆盖体覆盖不与喷嘴13相对的面,由此能够进一步增大上述效果。这是因为,在不与喷嘴13相对的面也流入不少电子。从提高原料液的带电量、降低纳米纤维制造时的耗电这样的观点出发,优选利用覆盖体覆盖电极14的所有面。

[0164] 除此以外,可以利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖作为收集单元的一部分的收集用电极的大致整个面。为了诱导带负电的纳米纤维,对收集用电极提供比作为阴极的喷嘴13高的(正的)电位。因此,从喷嘴13放出的电子也向收集用电极飞来。利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖收集用电极的大致整个面,由此能够防止从喷嘴13飞来的电子流入收集用电极。由此在收集用电极与喷嘴13之间流通的电流(漏电流)减少,能够期待纳米纤维制造时的耗电降低这样的效果。

[0165] 在图8中示出了本发明的另外其它实施方式。在图8(a)中示出了本实施方式中的制造装置510的侧面图。图8(b)为图8(a)中的前视图。如这些图所示,本实施方式的制造装置510基本上具有与图1和图7所示的制造装置10、410相同的结构。本实施方式的制造装置510与图1和图7所示的制造装置10、410的不同点为空气流喷射单元的结构。在图1和图7所示的制造装置10、410中,采用了两个空气流喷射单元,与此相对,本实施方式的制造装置510中采用了单个空气流喷射单元15A。

[0166] 在图9中示出了图8所示的制造装置510中的空气流喷射单元15A的局部剖开立体图。空气流喷射单元15A在其前面具有喷出空气流的多个开口部151A。另外,空气流喷射单元15A在其背面连接有空气的供给管152A。此外,空气流喷射单元15A具有歧管结构,在其内部形成有积存空气的空间、即歧管153A。通过形成歧管153A,能够从开口部151A均匀地喷射空气流。另外,空气流能够无间隙地流经电极14与喷嘴13之间的空间,能够有效地防止从喷嘴13喷出的原料液被吸引附着于电极14。另外,可施加更高的电压从而提高原料液的带电

量。

[0167] 空气流喷射单元15A优选由电介质构成。由此,能够防止电极14与喷嘴13之间的电场的紊乱。作为电介质的材料,可以使用与覆盖电极14的电介质同样的各种材料。尤其是,从能够防止电极14与喷嘴13之间的电场的紊乱这点出发,优选使用与用于覆盖电极14的材质相同的材料。

[0168] 如图8所示,空气流喷射单元15A以开口部151A面对电极14与喷嘴13之间的空间的方式配置。由此,空气流能够无间隙地流经电极14与喷嘴13之间的空间,能够有效地防止从喷嘴13喷出的原料液被吸引附着于电极14。另外,可施加更高的电压从而提高原料液的带电量。

[0169] 在空气流喷射单元15A的前面形成的开口部151A使得上述歧管153A与外部空间连通。开口部151A的配置可以自由设定,没有限定。例如如图9所示,可以在水平方向H延伸的开口部列沿着垂直方向V排列多列(图9中为3列)的方式将各开口部151A配置成交错格子状。通过如此配置开口部151A,空气流能够无间隙地流经电极14与喷嘴13之间的空间,能够有效地防止从喷嘴13喷出的原料液被吸引附着于电极14。另外,可施加更高的电压从而提高原料液的带电量。

[0170] 开口部151A例如可以为由细宽度的间隙构成的空间或者为近似柱状的空间。因此,开口部151A的在空气流喷射单元15A的前面开口的形状可以为细宽度的线状、或者圆形、椭圆形、以及三角形、四边形等多边形等。从加工性的观点出发,优选为圆形。由于开口部151A为这样的形状,空气流能够无间隙地流经电极14与喷嘴13之间的空间,能够防止从喷嘴13喷出的原料液被吸引附着于电极。另外,可施加更高的电压从而提高溶液的带电量。此外,能够抑制空气的消耗量。

[0171] 开口部151A为细宽度的线状的空间的情况下,宽度的最小值优选为0.1mm以上、更优选为0.3mm以上。由此,能够抑制压力损失而喷射空气流。宽度的最大值优选为1.5mm以下、更优选为1.2mm以下。由此,能够确保足以将从喷嘴13喷出的原料液吹向收集单元的空气流的流量,能够纺丝。另外,能够抑制空气的消耗量。从同样的观点出发,优选为0.1mm以上且1.5mm以下、更优选为0.3mm以上且1.2mm以下。

[0172] 开口部151A为近似柱状的空间的情况下,例如为近似圆柱状的空间的情况下,根据与上述原因同样的原因,直径的最小值优选为0.1mm以上、更优选为0.3mm以上,另外,直径的最大值优选为1.5mm以下、更优选为1.2mm以下。具体而言,直径优选为0.1mm以上且1.5mm以下、更优选为0.3mm以上且1.2mm以下。

[0173] 在空气流喷射单元15A的前面规则地配置有开口部151A的情况下,例如在以交错格子状规则地配置有开口部的情况下,间距的最小值优选为3mm以上、更优选为5mm以上。由此,能够防止开口部151A的数目过多,能够抑制空气流喷射单元15A的加工费用。间距的最大值优选为15mm以下、更优选为12mm以下。由此,从各开口部151A喷射的空气流之间不易产生间隙,能够有效地防止从喷嘴13喷出的原料液附着于电极14。

[0174] 在图10中示出了本发明的另外其它实施方式。本实施方式的制造装置610基本上具备与图3和图4所示的制造装置18相同的结构。本实施方式的制造装置610与图3和图4所示的制造装置18的不同点为空气流喷射单元的结构。在图3和图4所示的制造装置18中,在喷嘴组件21中的喷嘴20的基部的附近设置有由贯通孔构成的空气流喷射单元23。与此相

对,在本实施方式的制造装置610中在喷嘴组件21的前端安装了作为空气流喷射单元的歧管部件24。

[0175] 如作为图10的主要部位分解立体图的图11所示,歧管部件24为近似圆筒形。在近似圆筒的内部空间中插入包含喷嘴20的喷嘴前端区域210。另外,如图12(a)和(b)所示,为近似圆筒形的歧管部件24在形成为圆环面的两个面242a、242b之中在前面242a处开口有大量空气流喷射口241。空气流喷射口241在与近似圆筒高度方向相同的方向上延伸。另外,在歧管部件24中形成有在位于与前面242a相反侧的呈圆环面的背面242b处开口的积存空气的空间,即歧管243。歧管243为由圆环体构成的空间。如图12(b)所示,歧管243与上述空气流喷射口241连通。另外,如图10所示,在歧管部件24被安装在喷嘴组件21的前端的状态下,在喷嘴组件21中形成的贯通孔与歧管243连通。

[0176] 如图12(a)所示,从正面观察电极19的开口部时,在歧管部件24的前面242a设置的空气流喷射口241以包围喷嘴20的方式在以该喷嘴20为中心的同心圆的位置设置多个。通过如此配置空气流喷射口241,空气流能够无间隙地流经电极19与喷嘴20之间的空间,能够有效地防止从喷嘴20喷出的原料液被吸引附着于电极。另外,可施加更高的电压从而提高原料液的带电量。

[0177] 将各空气流喷射口241配置成同心圆状的情况下,分度圆(ピッチ円)的半径的最小值优选为6mm以上、更优选为7.5mm以上。由此,能够在不干扰喷嘴20的情况下在喷嘴20的周围产生无间隙的空气流。分度圆的半径的最大值优选为15mm以下、更优选为12.5mm以下。由此,能够有效地抑制在喷嘴20的前端产生空气流的逆流,能够纺丝。从同样的观点出发,分度圆的半径优选为6mm以上且15mm以下、更优选为7.5mm以上且12.5mm以下。

[0178] 另外,将各空气流喷射口241配置成同心圆状的情况下,相邻的空气流喷射口241与喷嘴20的中心形成的角度的最小值优选为 5° 以上、更优选为 8° 以上。由此,可以在喷嘴20的周围形成无间隙的空气流,并且能够抑制加工费用。上述角度的最大值优选为 60° 以下、更优选为 30° 以下。由此,可以使空气流无间隙地流经电极19与喷嘴20之间的空间,能够有效地防止从喷嘴20喷出的原料液被吸引附着于电极。另外,可施加更高的电压从而提高原料液的带电量。从同样的观点出发,上述角度优选为 5° 以上且 60° 以下、更优选为 8° 以上且 30° 以下。

[0179] 空气流喷射口241由近似柱状的空间、例如近似圆柱状的空间构成。这种情况下,直径的最小值优选为0.1mm以上、更优选为0.3mm以上、另外,直径的最大值优选为1.5mm以下、更优选为1.2mm以下。具体而言,直径优选为0.1mm以上且1.5mm以下、更优选为0.3mm以上且1.2mm以下。由此,能够抑制压力损失而喷射空气流。另外,能够确保足以将从喷嘴20喷出的原料液吹向收集单元的空气流的流量,能够纺丝。此外,能够抑制空气的消耗量。

[0180] 利用具有上述结构的图10~图12所示的实施方式的制造装置610,能够向与喷嘴20的延伸方向相同的方向喷射空气流。由此,可有效地抑制向原料液施加多余的力,不易使原料液碎裂,因此纳米纤维的生产率提高。

[0181] 在图13中示出了本发明的电纺装置的另外其它实施方式的前视图。图14是表示图13所示的电纺装置的截面结构的示意图。图13所示的电纺装置701具有电极710和原料液喷出用喷嘴720。需要说明的是,关于图13~图17所示的实施方式,对于没有特别说明的内容,适当应用图1~图12所示的实施方式的相关说明。

[0182] 电极710整体上呈圆筒形状,在其内表面具备圆筒形状的凹曲面711。电极710只要其内表面形成为圆筒形状的凹曲面711,则其整体的形状无需形成为圆筒形状,也可以为其它形状。圆筒形状的凹曲面711由导电性材料构成,通常为金属制。另外,如图13和图14所示,电极710与直流高压电源740连接。

[0183] 对圆筒形状的凹曲面711从其开口端侧观察时,该开口端形成为圆形。该圆形可以为正圆形、或者可以为椭圆形。如后所述,从使电荷集中在喷嘴720的前端的观点出发,圆筒形状的凹曲面711的开口端优选为正圆形。另一方面,圆筒形状的凹曲面711在其任意位置均为曲面。在此所谓的曲面是指(A)完全不具有平面部的曲面、(B)如图16所示的将具有平面部P的多个段G接合而形成整体上可视为凹曲面711的形状、中的任一种。(B)的情况下,例如优选将形成为长和宽的长度各自独立地为0.5~150mm左右的矩形且具有相同或不同尺寸的平面部P的段G接合而形成凹曲面711。

[0184] 考虑包含喷嘴720的前端720a、并且垂直于圆筒的轴方向的面与该凹曲面711相交的位置时,圆筒形状的凹曲面711优选具有如下曲面形状:即,该凹曲面711的任意的该位置处的法线穿过喷嘴720的前端或者其附近这样的曲面形状。从上述观点出发,对于圆筒形状的凹曲面711而言,特别优选在以与轴方向垂直的截面观察时呈与正圆相同的形状。

[0185] 电极710其内表面整体上呈圆筒形状,例如可以为将金属制管切割而成的部件、在圆柱状的金属制块体中开有贯通孔而成的部件、将半圆筒形状的电极重叠制成圆筒而成的部件、将平板弯曲加工而制成圆筒形状而成的部件。由此,能够简便加工且能够以低成本制作,在这点上优选的。

[0186] 与电极710的轴方向垂直的截面中的内表面的形状可以为椭圆形状,在内表面也可以具有在对平板进行弯曲加工时而成的微细的凹凸,但优选为正圆。由此,可使电场集中在喷嘴前端720a从而提高带电量,在这点上优选的。

[0187] 对于电极710的内表面的壁面而言,在将半圆筒形状的电极重叠形成接合部、或者对平板进行弯曲加工形成接合部从而制作圆筒形状时,无需将接合部的端部全部结合,但优选在接合部没有间隙。由此,可使电场集中在喷嘴前端720a从而提高带电量,在这点上优选的。

[0188] 电极710的与其轴方向垂直的截面中的内表面的形状为圆形或椭圆形的情况下,该圆或椭圆的离心率优选为0以上且小于0.6、更优选为0以上且小于0.3、进一步优选为离心率0的正圆。由此,可使电场集中在喷嘴前端720a从而提高带电量,在这点上优选的。

[0189] 对于电极710而言,其长度方向、即轴方向的长度优选为10mm以上、更优选为20mm以上、进一步优选为30mm以上。通过将电极710的长度如此设定,在喷嘴前端720a与电极710之间形成的电场增强,可以得到高带电量。关于上限值,优选为150mm以下、更优选为80mm以下、进一步优选为60mm以下。通过将电极710的长度如此设定,从喷嘴前端720a喷射的变为纤维状的原料液不易附着于电极710。例如电极710的长度方向的长度优选为10mm以上且150mm以下、更优选为20mm以上且150mm以下、进一步优选为20mm以上且80mm以下、更进一步优选为30mm以上且80mm以下、更进一步优选为30mm以上且60mm以下。通过将电极710的长度如此设定,可以使电场高效地集中在喷嘴720的前端720a从而提高带电量。

[0190] 电极710的与其轴方向垂直的截面中的内表面的形状为圆形的情况下,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。通过将半径的值如此设定,

从喷嘴前端720a喷射的变为纤维状的原料液不易附着于电极710。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。通过将半径的值如此设定,在喷嘴前端720a与电极710之间形成的电场增强,可以得到高带电量。例如,电极710中的圆筒形状的凹曲面711的半径的值优选为10mm以上且200mm以下、更优选为20mm以上且100mm以下、进一步优选为30mm以上且50mm以下。由此,可以使电场高效地集中在喷嘴720的前端720a从而提高带电量。另外,相邻配置多个电纺装置701时,能够有效地防止相邻装置701彼此干扰。在此所谓的半径是指电极710的与轴方向垂直的截面中的喷嘴720与电极710之间的距离。

[0191] 如图13和图14所示,圆筒形状的凹曲面711的一个端部开口,在其开口部安装有喷嘴组件721。喷嘴组件721具有如上所述的喷嘴720和支撑该喷嘴720的支撑部722。电极710与喷嘴720之间由于支撑部722而被电绝缘。喷嘴720的前端720a在由圆筒构成的电极710内露出。喷嘴720的后端720b在与电极710的开口侧相反处露出。喷嘴720的后端720b与原料液的供给源(未图示)连接。

[0192] 喷嘴720如图14所示接地。与此相对,对电极710施加负电压,因此在电极710与喷嘴720之间产生电场。也可以对喷嘴720施加正电压、同时使电极710接地,来代替图14所示的施加电压的方法。

[0193] 在本实施方式的电纺装置701中,与到目前为止的实施方式同样地使用静电感应的原理实现带电。静电感应是指如下现象:例如使带正电的物体(带电体)靠近稳定状态的导体时,该导体中,负电荷向接近带电体的部位移动,反之正电荷远离带电体从而形成静电导体。在使带电体接近上述导体的状态下,使该导体中带正电荷的部位接地时,正电荷被电中和,该导体成为具有负电荷的带电体。在图13和图14所示的实施方式中,使用电极710作为带负电的带电体,因此喷嘴720成为具有正电荷的带电体。因此,原料液在带正电的喷嘴720内流通时,从该喷嘴720供给正电荷,该原料液带正电。

[0194] 本实施方式的情况下,如后所述通过电介质730的作用可以使原料液的带电量增加。而且,本实施方式的电纺装置701的电极710具有圆筒形状的凹曲面711,因此原料液的带电量的增加更加显著。在电纺装置701中,在距喷嘴720的前端720a大致等距离的位置存在有远比喷嘴720的面积宽阔的电极面。在作为阴极的电极710与作为阳极的喷嘴720中蓄积的电荷的总量相等,因此在喷嘴720的表面以远高于电极710的密度分布有电荷,其结果是喷嘴720附近的电场变强。该强力的电场使得原料液的带电量进一步增加。从上述观点出发,喷嘴720的露出的面积优选较小、特别是喷嘴720的露出的长度(从支撑部722到喷嘴720的前端720a之间的距离)优选较短。具体而言,喷嘴720的露出的长度优选为50mm以下、更优选为10mm以下、进一步优选为5mm以下。另外,通过像本实施方式这样将电极710形成为圆筒形状的凹曲面711,与使用平面状的电极的情况相比,能够减小电极的体积,因此能够使电纺装置701小型化。而且,与如上所述的专利文献3所述的电纺装置不同,由于不存在活动部位,因此还具有装置并不复杂这样的优点。

[0195] 为了使电荷进一步集中在喷嘴720的前端720a从而提高带电量,该喷嘴720优选:其延伸的方向穿过由电极710的圆筒形状的凹曲面711中的开口端勾画成的圆的中心或者其中心附近,并且该喷嘴720的前端720a位于包含由该开口端勾画成的圆的平面内。这种情况下,喷嘴720的前端720a优选配置在距由开口端勾画成的圆的中心起半径10mm以内、更优

选配置在半径5mm以内、进一步优选配置在圆的中心。

[0196] 为了同样的目的,喷嘴720的前端720a优选配置在圆筒形状的电极710的与轴方向垂直的截面中的圆的中心附近,并且在该轴方向上,前端720a配置在形成于圆筒内部的圆柱空间内。尤其是,沿着圆筒形状的电极710的轴方向观察时,喷嘴720的前端720a优选配置在形成于圆筒内部的圆柱空间内,并且配置在从电极710的两个端部中的原料液的喷出侧的端部到轴的中心之间。具体而言,喷嘴720的前端720a以位于由电极710的圆筒形状的凹曲面711中的开口端勾画成的平面的内侧且该平面的附近的方式配置是有利的。附近是指:在将由电极710的圆筒形状的凹曲面711中的开口端勾画成的圆的半径设为 r 时,自其圆的中心起 $r/5$ 的距离的内侧。具体而言,优选配置在距上述平面1mm以上且20mm以下的内侧处、更优选配置在1mm以上且15mm以下的内侧处、进一步优选配置在1mm以上且10mm以下的内侧处。通过将喷嘴720的前端720a的位置如此配置,容易将纺丝液从圆筒电极的开口端部向前方排出,在这点上优选的。另外,从喷嘴720的前端720a喷出的原料液不易被吸引至电极710的圆筒形状的凹曲面711,该凹曲面711不易因该原料液而被污染。另外,由此,可使电场集中在喷嘴720的前端720a从而提高带电量,在这点上优选的。

[0197] 尤其是,喷嘴720优选以其延伸的方向穿过由电极710的圆筒形状的凹曲面711中的开口端勾画成的圆的中心或者其中心附近和由该圆筒形状的凹曲面711中另一个开口端勾画成的圆的中心或者其中心附近的方式配置。尤其是,优选包含由圆筒形状的凹曲面711的开口端勾画成的圆的平面与喷嘴720的延伸方向正交。通过如此配置喷嘴720,使得电荷进一步集中在喷嘴720的前端720a。从上述观点出发,电极710的圆筒形状的凹曲面711特别优选为正圆的形状。

[0198] 尤其是,将由电极710的圆筒形状的凹曲面711中的开口端勾画成的圆的半径设为 r 时,设想在包含该圆的平面上以相同中心进行描画的半径为 $r/5$ 的虚拟圆时,喷嘴720优选以其延伸方向穿过该虚拟圆的内侧和圆筒形状的凹曲面711中的最底部711a的方式配置。尤其是,设想半径为 $r/10$ 的圆作为上述虚拟圆时,喷嘴720优选以其延伸方向穿过半径为 $r/10$ 的该虚拟圆的内侧和圆筒形状的凹曲面711中的最底部711a的方式配置。作为更优选的方式,可以列举如下方式:喷嘴720以其延伸方向穿过由电极710的圆筒形状的凹曲面711中的开口端勾画成的圆的中心和该凹曲面711中的最底部711a的方式配置。由此,可以使电场集中在喷嘴720的前端720a从而提高带电量,在这点上优选的。

[0199] 如上所述,在本实施方式的电纺装置701中,通过减小喷嘴720中在电极710内露出的金属部分(导体部分)的面积并且增大电极710的内表面的面积,由此可提高喷嘴720的前端720a的电荷密度。从上述观点出发,对于电极710的内表面的面积相对于喷嘴720中在电极710内露出的金属部分(导体部分)的面积的比例而言,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以上且90000以下、更优选为100以上且5000以下。从上述观点出发,喷嘴720中在电极710内露出的金属部分(导体部分)的面积是指喷嘴720的侧面的面积,不包括喷嘴720的内壁的面积。另外,在电极710的内表面的面积中不包括安装有喷嘴组件721的开口部的面积。

[0200] 对于电极710的内表面的面积自身的值而言,其下限值优选为 500mm^2 以上、更优选为 1000mm^2 以上。关于上限值,优选为 $2000 \times 10^2\text{mm}^2$ 以下、更优选为 $4000 \times 10^1\text{mm}^2$ 以下。例如优选为 500mm^2 以上且 $2000 \times 10^2\text{mm}^2$ 以下、更优选为 1000mm^2 以上且 $4000 \times 10^1\text{mm}^2$ 以下。对于喷嘴

720中在电极710内露出的金属部分(导体部分)的面积而言,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 以上且 1000mm^2 以下、更优选为 5mm^2 以上且 100mm^2 以下。

[0201] 如图13和图14所示,在喷嘴组件721中的喷嘴720的支撑部722的附近设置有由贯通孔构成的空气流喷出部723。空气流喷出部723沿着喷嘴720的延伸方向形成。从电极710的开口端侧观察时,空气流喷出部723以包围喷嘴720的方式设置有多个。各空气流喷出部723夹着喷嘴720在对称的位置形成。

[0202] 以上为本实施方式的电纺装置701的基本结构,在本电纺装置701中,构成电极710的圆筒形状的凹曲面711中,与喷嘴720相对的面(图中的电极710的内表面)被电介质730覆盖。在图13和图14的情况下,电介质730由单一一种或者两种以上的电介质构成。

[0203] 在本发明中,电极的与喷嘴相对的面大致整个面被电介质覆盖。更优选与喷嘴相对的面整个面被电介质覆盖。与喷嘴相对的面是指能够由喷嘴的前端(喷射原料液的开口部)面对的电极的表面。更详细而言,是指从喷嘴的前端上的各点向电极引直线时最先与电极接触的点的集合。另外,大致整个面是指占该面的全部表面积的90%以上的面积的面,整个面是指占该面的全部表面积的100%的面积的面。电介质的表面的大致整个面(90%以上的面积)仅由电介质构成。电介质优选表面的整个面(100%的面积)仅由电介质构成。即,本发明的电介质优选在表面不存在金属等导电体。由单一一种的电介质构成的电介质为其典型例,但电介质也可以是两种以上的电介质层叠而成的复合体,只要表面仅由电介质构成,则也可以是在内部(未在表面露出的部分)含有金属的粒子或层、或者空气层等的复合体。尤其是虽然在电极与电介质的接合部的一部分处可以存在空气层,但从使电极与电介质的接合牢固的观点出发,优选电极与电介质密合。需要说明的是,在本发明中,设想了不存在进一步覆盖该电介质的表面的物体。如果存在进一步覆盖该电介质的表面的由金属等构成的导电层,则本发明效果降低。

[0204] 图13和图14所示的电极710仅是与喷嘴720相对的面被电介质730覆盖,但优选在此基础上不与喷嘴720相对的面的一部分也被电介质730覆盖。更优选不与喷嘴720相对的所有面被电介质730覆盖。在此,不与喷嘴相对的面是指不能由喷嘴的前端720a(喷射原料液的开口部)面对的电极的表面。更详细而言,是指电极的表面之中除了与喷嘴相对的面以外的面。

[0205] 如图15所示,电介质730和电极710可以形成嵌合的结构。该图所示的电介质730由与圆筒状的电极710的凹曲面711嵌合的圆筒部731和从该圆筒部731的上端沿水平方向伸出的凸缘部732构成。在使电介质730与电极710嵌合的状态下,凸缘部732覆盖电极710的一个开口端面712。

[0206] 在使电介质730嵌合于电极710的凹曲面711中的状态下,通过规定的接合部件将电极710和电介质730固定。

[0207] 上述接合部件优选由电介质构成。由此,在接合部件自身不会有电流流通,能够抑制从电极710与电介质730的接合部产生的电场线,能够防止电极710与喷嘴720之间的电场的紊乱。另外,利用接合部件将电极710与电介质730接合,由此在改变覆盖电极710的电介质730的种类时,能够容易替换电介质730,电纺装置701容易使用。

[0208] 作为接合部件,与如上所述的实施方式中使用的接合部件同样,可以使用粘合剂。

或者作为接合部件,如图15所示,也可以使用螺丝733。使用螺丝733的情况下,该螺丝733可以为与电介质730同种或者不同种类的电介质制或木制。在图15所示的实施方式中,在形成于凸缘部732的贯通孔734中穿过作为接合部件的螺丝733,将该螺丝733拧入设置于圆筒状的电极710的一个开口端面712的螺丝孔713中,由此将电极710和电介质730固定。

[0209] 在贯通孔734中形成尺寸比螺丝733的头部大的孔(沉孔)。由此,在电极710和电介质730被固定的状态下,螺栓733的头部不会从电介质730的凸缘部732的表面突出,位于凸缘部732的内部。

[0210] 在使用本实施方式的电纺装置701的纳米纤维的制造方法中,在使电极710与喷嘴720之间产生电场的状态下,从喷嘴720的前端720a喷出原料液。原料液在从喷嘴720喷出之前的期间通过静电感应而带电,以带电的状态喷出。在喷嘴720的前端720a有电荷集中,因此原料液的每单位质量的带电量极高。以带电的状态喷出的原料液因电场的作用使得其液面变形为圆锥状。被吸引向电极710的力超过原料液的表面张力时,原料液被一下子吸引至电极710的方向。此时,使空气流喷出,由此从空气流喷出部723向喷出的原料液喷出空气流,在原料液的自排斥的连锁作用下,纤维变细至纳米尺寸。与此同时,比表面积增大,溶剂的挥发进行。其结果是通过干燥生成的纳米纤维随机地堆积在与喷嘴720相对的位置配置的收集体(未图示)的表面。从使纳米纤维可靠地堆积在收集体的表面的观点出发,可以以与喷嘴720的前端720a相对的方式配置纳米纤维收集用电极(未图示)并且可以以与该收集用电极相邻的方式将收集体配置在该收集用电极与喷嘴720之间。并且,优选对收集用电极施加与带电的原料液的电荷不同的电荷的电位。例如原料液带正电的情况下,可以将收集用电极接地或者对收集用电极施加负电压。

[0211] 在图17中示出了使用本实施方式的电纺装置701的纳米纤维的制造装置750的一例。在该图所示的制造装置750中,配置多个图13和图14所示的电纺装置701。各电纺装置701固定于板状的基台745。各电纺装置701遍及基台745的板面的平面方向以二维状配置。另外,各电纺装置701以喷嘴720均朝向相同方向(图17中为上方)的方式配置。在各电纺装置701中,对电极710施加负直流电压,并且喷嘴720接地。

[0212] 在电纺装置701的上方,以与喷嘴720的前端720a相对的方式配置纳米纤维收集用电极751。收集用电极751为由金属等导体构成的平板状的电极。收集用电极751的板面与喷嘴720的延伸方向大致正交。另外,如后所述,对于收集用电极而言,可以利用电介质覆盖其大致整个面,更优选可以覆盖整个面。在此,大致整个面是指占该面的全部表面积的90%以上的面积的面。整个面是指占该面的全部表面积的100%的面。为了将带正电的纳米纤维向收集用电极诱导,对收集用电极提供比作为阳极的喷嘴720低的(负的)电位。为了使诱导更高效,提供比作为阴极的电极711低的(负的)电位。对于收集用电极751与喷嘴720的前端720a的距离而言,可以优选将其下限值设定为100mm以上、更优选设定为500mm以上。上限值可以优选设定为3000mm以下、更优选设定为1000mm以下。例如可以优选设定为100mm以上且3000mm以下、更优选设定为500mm以上且1000mm以下。

[0213] 在制造装置750中,以与收集用电极751相邻的方式在该收集用电极751与喷嘴720之间设置有收集纳米纤维的收集体752。收集体752为长条状,从辊状的卷材752a放出。放出的收集体752向图17中箭头A所示的方向输送,以与喷嘴720相对的方式通过喷嘴720上,卷绕在卷绕机752b上。作为收集体752,例如可以使用膜、网、无纺布、纸等。

[0214] 为了使图17所示的制造装置750运转,首先放出收集体752,向箭头A所表示的方向输送。另外,对电极710施加负直流电压,同时将喷嘴720和收集用电极751接地。在这样的状态下,从设置于电纺装置701中的空气流喷出部723喷出空气流,同时从喷嘴720的前端720a喷出原料液。由喷出的原料液生成纳米纤维,该纳米纤维连续地堆积在行进的收集体752的表面。在制造装置750中配置有多个电纺装置701,因此能够制造大量的纳米纤维。而且,喷出的原料液的带电量极高,因此相比以往能够提高原料液的喷出量,能够制造具有与以往相同程度粗细的纳米纤维。由此也能够制造大量纳米纤维。

[0215] 作为在以上各实施方式的制造装置中使用的原料液,可以使用将可形成纤维的高分子化合物溶解或分散在溶剂中而成的溶液或者将高分子化合物加热、熔融而成的熔液。原料液使用高分子溶液的静电纺丝法有时也被称为溶液法,使用高分子熔液的方法有时也被称为熔融法。在该溶液或熔液中可以适当配合无机物粒子、有机物粒子、植物提取物、表面活性剂、油剂、用于调节离子浓度的电解质等。

[0216] 作为纳米纤维制造用的高分子化合物,通常可以例示出聚丙烯、聚乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯醇、聚氨酯、聚环氧乙烷、聚对苯二甲酸乙二酯、聚对苯二甲酸丁二酯、聚萘二甲酸乙二酯、聚对苯二甲酸间苯二酚酯、聚对苯二甲酸对苯二酚酯、聚偏二氟乙烯-六氟丙烯共聚物、聚氯乙烯、聚偏氯乙烯-丙烯酸酯共聚物、聚丙烯腈、聚丙烯腈-甲基丙烯酸酯共聚物、聚碳酸酯、聚芳酯、聚酯碳酸酯、尼龙、芳族聚酰胺、聚己内酯、聚乳酸、聚乙醇酸、胶原蛋白、聚羟基丁酸、聚乙酸乙烯酯、多肽等。可以使用的高分子化合物并非限定于一种,可以从上述例示的高分子化合物中组合使用任意的两种以上。

[0217] 原料液使用将高分子化合物溶解或分散在溶剂中而成溶液的情况下,作为该溶剂,可以例示出水、甲醇、乙醇、1-丙醇、2-丙醇、六氟异丙醇、四乙二醇、三乙二醇、二苄醇、1,3-二氧戊环、1,4-二噁烷、甲基乙基酮、甲基异丁基酮、甲基正己基酮、甲基正丙基酮、二异丙基酮、二异丁基酮、丙酮、六氟丙酮、苯酚、甲酸、甲酸甲酯、甲酸乙酯、甲酸丙酯、苯甲酸甲酯、苯甲酸乙酯、苯甲酸丙酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丙酯、邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丙酯、氯甲烷、氯乙烷、二氯甲烷、氯仿、邻氯甲苯、对氯甲苯、四氯化碳、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烷、二氯丙烷、二溴乙烷、二溴丙烷、溴甲烷、溴乙烷、溴丙烷、乙酸、苯、甲苯、己烷、环己烷、环己酮、环戊烷、邻二甲苯、对二甲苯、间二甲苯、乙腈、四氢呋喃、N,N-二甲基甲酰胺、吡啶等。使用的溶剂并非限定于一种,可以从上述例示的溶剂中选择任意的两种以上,混合使用。

[0218] 尤其是使用水作为溶剂的情况下,使用在水中的溶解度高的如下所述的天然高分子和合成高分子是适合的。作为天然高分子,可以列举例如:普鲁兰多糖、透明质酸、硫酸软骨素、聚- γ -谷氨酸、改性玉米淀粉、 β -葡聚糖、葡聚糖低聚糖、肝素、硫酸角质素等粘多糖、纤维素、果胶、木聚糖、木质素、葡甘露聚糖、半乳糖醛酸、车前籽胶、罗望子胶、阿拉伯树胶、黄耆胶、大豆水溶性多糖、藻酸、卡拉胶、昆布多糖、琼脂(琼脂糖)、岩藻依聚糖、甲基纤维素、羟丙基纤维素、羟基丙基甲基纤维素等。作为合成高分子,可以列举例如:部分皂化聚乙烯醇、低皂化聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮、聚环氧乙烷、聚丙烯酸钠等。这些高分子化合物可以单独使用一种或者组合使用两种以上。这些高分子化合物之中,从容易制备纳米纤维的观点出发,优选使用普鲁兰多糖等天然高分子、以及部分皂化聚乙烯醇、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。

[0219] 另外,虽然在水中的溶解度不高,但也可以使用在形成纳米纤维后能够进行不溶化处理的完全皂化聚乙烯醇、通过与交联剂合用而能够在形成纳米纤维后进行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有机硅、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类树脂、聚苯乙烯树脂、聚乙烯醇缩丁醛树脂、聚对苯二甲酸乙二醇酯树脂、聚对苯二甲酸丁二醇酯树脂、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高分子化合物。这些高分子化合物可以单独或组合两种以上使用。

[0220] 对于通过上述各实施方式的制造装置制造的纳米纤维,在以等效圆直径表示其粗细的情况下,通常为10nm以上且3000nm以下、尤其为10nm以上且1000nm以下。纳米纤维的粗细例如可以通过扫描电子显微镜(SEM)观察来测定。

[0221] 使用本发明的纳米纤维制造装置制造的纳米纤维可以使其集聚制成纳米纤维成型体从而用于各种目的。作为成型体的形状,可以例示片体、棉(绵)状体、丝状体等。纳米纤维成型体也可以与其它片材层叠、或者含有各种液体、微粒、纤维等而使用。纳米纤维片材例如出于医疗目的、美容目的等非医疗目的优选用作附着于人体的肌肤、牙齿、牙龈等的片材。另外,优选用作高集尘性且低压损的高性能过滤器、可在高电流密度下使用的电池用隔板、具有高空孔结构的细胞培养用基材等。纳米纤维的棉状体优选用作隔音材料、绝热材料等。

[0222] 以上,对本发明基于其优选实施方式进行了说明,但本发明并非限定于上述实施方式。例如在图1所示的实施方式中,喷嘴13也可以为具有曲率的弯管。或者在图3和图4所示的实施方式中,电极19的凹曲面R优选为半球的球壳的内表面的形状,但也可以例如为球冠的球壳的内表面的形状来代替上述形状。

[0223] 另外,在图3和图4所示的实施方式中,将喷嘴20配置在凹曲面R的最底部,但也可以将喷嘴20配置在上述以外的位置。

[0224] 另外,在图13~图16所示的实施方式中,将喷嘴720配置在圆筒形状的一个开口端部,但也可以将喷嘴720配置在上述以外的位置。

[0225] 此外,在上述各实施方式中,如图18所示,可以将喷嘴13(20、720)在其横向剖视图中划分成多个分区S,使上述原料液在各分区中流通。由此,原料液与喷嘴的内壁的接触面积增大,可以使原料液更容易带电。将喷嘴在其横向剖视图中划分成多个分区S的情况下,上述喷嘴的内径是指各分区中的内径。各分区的形状、内径可以相同、或者也可以不同。

[0226] 此外,在不损害通过本发明发挥的有利效果的范围内,可以将一个实施方式的技术要素替换成其它实施方式的技术要素。例如在图7所示的实施方式中,可以采用图8所示的空气流喷射单元15A。

[0227] 关于上述实施方式,本发明进一步公开下述纳米纤维制造装置。

[0228] <1>

[0229] 一种纳米纤维制造装置,

[0230] 其具备:

[0231] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;

[0232] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;

- [0233] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;
- [0234] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;
- 和
- [0235] 收集单元,其收集纳米纤维,
- [0236] 其中,
- [0237] 上述电压产生单元以上述喷嘴为阳极并且上述电极为阴极的方式产生电压,
- [0238] 上述电极的与上述喷嘴相对的面大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,
- [0239] 在上述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上。
- [0240] <2>
- [0241] 如<1>所述的纳米纤维制造装置,其中,电极的不与喷嘴相对的面的一部分或者全部被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。
- [0242] <3>
- [0243] 如<1>或<2>所述的纳米纤维制造装置,其中,利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖上述喷嘴的外表面大致整个面,并且该覆盖体超过该喷嘴的前端而延伸出。
- [0244] <4>
- [0245] 一种纳米纤维制造装置,
- [0246] 其具备:
- [0247] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;
- [0248] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;
- [0249] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;
- [0250] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;
- 和
- [0251] 收集单元,其收集纳米纤维,
- [0252] 其中,
- [0253] 上述电压产生单元以上述喷嘴为阳极并且上述电极为阴极的方式产生电压,
- [0254] 利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖上述喷嘴的外表面大致整个面,并且该覆盖体超过该喷嘴的前端而延伸出。
- [0255] <5>
- [0256] 一种纳米纤维制造装置,
- [0257] 其具备:
- [0258] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;
- [0259] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;
- [0260] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;
- [0261] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;
- 和
- [0262] 收集单元,其收集纳米纤维,
- [0263] 其中,
- [0264] 上述电压产生单元以上述喷嘴为阴极并且上述电极为阳极的方式产生电压,

- [0265] 利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖上述喷嘴的外表面的大致整个面。
- [0266] <6>
- [0267] 如<5>所述的纳米纤维制造装置,其中,覆盖体超过上述喷嘴的前端而延伸出。
- [0268] <7>
- [0269] 如<5>或<6>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极的与上述喷嘴相对的面的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。
- [0270] <8>
- [0271] 如<7>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极的与上述喷嘴不相对的面的一部分或全部被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。
- [0272] <9>
- [0273] 一种纳米纤维制造装置,
- [0274] 其具备:
- [0275] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;
- [0276] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;
- [0277] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;
- [0278] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;
- 和
- [0279] 收集单元,其收集纳米纤维,
- [0280] 其中,
- [0281] 上述电压产生单元以上述喷嘴为阴极并且上述电极为阳极的方式产生电压,
- [0282] 上述电极的与上述喷嘴相对的面的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖,
- [0283] 在上述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上。
- [0284] <10>
- [0285] 如<9>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极的与上述喷嘴不相对的面的一部分或全部被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。
- [0286] <11>
- [0287] 如<1>~<10>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,收集单元具有收集用电极,该收集用电极的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。
- [0288] <12>
- [0289] 一种纳米纤维制造装置,
- [0290] 其具备:
- [0291] 原料喷射单元,其具备喷射纳米纤维制造用的原料液的导电性喷嘴;
- [0292] 电极,其与上述喷嘴分隔开配置;
- [0293] 电压产生单元,其使上述喷嘴与上述电极之间产生电压;
- [0294] 空气流喷射单元,其以能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的方式配置;
- 和
- [0295] 收集单元,其收集纳米纤维,
- [0296] 其中,

[0297] 上述收集单元具有收集用电极,该收集用电极的大致整个面被在表面露出电介质的覆盖体覆盖。

[0298] <13>

[0299] 如<2>~<8>或<10>~<12>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在上述表面露出的电介质的厚度为0.8mm以上。

[0300] <14>

[0301] 如<1>~<13>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在上述表面露出的电介质的厚度为8mm以上。

[0302] <15>

[0303] 如<1>~<14>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,构成覆盖体的在表面露出的电介质的厚度优选为0.8mm以上、特别优选为2mm以上、尤其优选为8mm以上,覆盖体的厚度的上限值优选为25mm以下、特别优选为20mm以下、尤其优选为15mm以下,覆盖体由单一一种或两种以上的电介质构成的情况下,例如覆盖体的厚度优选为0.8mm以上且25mm以下、特别优选为2mm以上且20mm以下、尤其优选为8mm以上且15mm以下。

[0304] <16>

[0305] 如<1>~<15>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,电极为板状。

[0306] <17>

[0307] 如<1>~<16>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,

[0308] 上述空气流喷射单元配置在能够向上述喷嘴与上述电极之间喷射空气流的位置,

[0309] 由原料液形成的纳米纤维从上述喷嘴向上述电极伸展,

[0310] 从上述空气流喷射单元喷射的空气流使上述纳米纤维的行进方向改变,向收集单元所在的方向输送,同时使该纳米纤维伸展。

[0311] <18>

[0312] 如<1>~<15>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,电极形成为凹球面形状。

[0313] <19>

[0314] 如<18>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极中的凹曲面为完全不具有平面部的曲面、或者为将具有平面部的多个段接合而形成整体上可视为凹曲面的形状、或者为将相互正交的三个轴中一个轴不具有曲率的具有带状部的多个环状段接合而形成整体上可视为凹曲面的形状。

[0315] <20>

[0316] 如<18>或<19>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极中的凹曲面为使得其任意的位置处的法线穿过上述喷嘴的前端或其附近的值。

[0317] <21>

[0318] 如<18>~<20>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,优选以上述喷嘴的延伸方向穿过由上述电极的凹曲面中的开口端勾画成的圆的中心或其中心附近和在该凹曲面中的最底部设置的开口的中心或其中心附近的方式配置该喷嘴,尤其是以包含由凹曲面的开口端勾画成的圆的平面与喷嘴的延伸方向正交的方式配置该喷嘴。

[0319] <22>

[0320] 如<18>~<21>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,以上述喷嘴的前端位于

包含由电极的凹曲面中的开口端勾画成的圆的平面内或者与该平面相比位于该凹曲面的内侧的方式配置该喷嘴。

[0321] <23>

[0322] 如<18>~<22>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,

[0323] 上述空气流喷射单元沿着上述喷嘴的延伸方向形成,以能够向该喷嘴的前端的方向喷射空气流的方式形成,

[0324] 从上述电极的开口端侧观察时,以包围上述喷嘴的方式设置有多个上述空气流喷射单元,

[0325] 上述空气流喷射单元夹着上述喷嘴在对称的位置形成。

[0326] <24>

[0327] 如<22>所述的纳米纤维制造装置,其中,以上述喷嘴的前端位于距上述平面1~10mm的内侧的方式配置该喷嘴。

[0328] <25>

[0329] 如<1>~<15>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,电极为圆筒形状。

[0330] <26>

[0331] 如<25>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极的内表面为近似圆筒形状,喷嘴前端配置在与轴方向垂直的截面中的中心附近,在轴方向上,喷嘴前端配置在形成于圆筒内部的圆柱空间内。

[0332] <27>

[0333] 如<25>或<26>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极的与轴方向垂直的截面中的圆或椭圆的离心率为0以上且小于0.6、优选离心率为0的正圆。

[0334] <28>

[0335] 如<25>~<27>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极的与轴方向垂直的截面中的以上述喷嘴与上述电极之间的距离定义的半径为20mm以上且100mm以下、优选为30mm以上且50mm以下。

[0336] <29>

[0337] 如<25>~<28>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,为圆筒形状的上述电极的轴方向的长度为20mm以上且150mm以下,优选为30mm以上且80mm以下。

[0338] <30>

[0339] 如<25>~<29>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极的内表面为近似圆筒形状,上述喷嘴的前端位于包含由该近似圆筒的开口端勾画成的圆的平面内,并且该前端位于距由该开口端勾画成的圆的中心10mm以内。

[0340] <31>

[0341] 如<25>~<30>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,沿着圆筒形状的上述电极的轴方向观察时,上述喷嘴的前端配置在形成于圆筒内部的圆柱空间内,并且配置在从上述电极的两个端部之中的原料液的喷出侧的端部到轴方向的中心之间。

[0342] <32>

[0343] 如<25>~<31>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,

[0344] 上述空气流喷射单元沿着上述喷嘴的延伸方向形成,以能够向该喷嘴的前端的方

向喷射空气流的方式形成，

[0345] 从上述电极的开口端侧观察时，以包围上述喷嘴的方式设置有多个上述空气流喷射单元，

[0346] 上述空气流喷射单元夹着上述喷嘴在对称的位置形成。

[0347] <33>

[0348] 如<25>~<32>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，对于电极而言，其整个面被电介质覆盖。

[0349] <34>

[0350] 如<25>~<33>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，电介质的厚度优选为0.8mm以上、更优选为2mm以上、特别优选为8mm以上，优选为25mm以下、更优选为20mm以下、特别优选为15mm以下，优选为0.8mm以上且25mm以下、更优选为2mm以上且20mm以下、特别优选为8mm以上且15mm以下。

[0351] <35>

[0352] 如<25>~<34>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，上述喷嘴的前端配置在距由上述电极的凹曲面中的圆筒形状的开口端勾画成的平面1mm以上且10mm以下的内侧。

[0353] <36>

[0354] 如<1>~<35>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，电介质为选自氧化铝、电木、尼龙、氯乙烯树脂中的至少一种以上。

[0355] <37>

[0356] 如<1>~<36>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，电介质为尼龙。

[0357] <38>

[0358] 如<1>~<37>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，喷嘴的前端与电极之间的距离优选设定为20mm以上、特别优选设定为30mm以上，上限值优选设定为100mm以下、特别优选设定为50mm以下，例如两者间的距离优选设定为20mm以上且100mm以下、更优选设定为30mm以上且50mm以下。

[0359] <39>

[0360] 如<1>~<38>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，空气流的流速优选为200m/秒以上、特别优选为250m/秒以上，优选为600m/秒以下、特别优选为530m/秒以下，优选为200m/秒以上且600m/秒以下、特别优选为250m/秒以上且530m/秒以下。

[0361] <40>

[0362] 如<3>、<4>或<6>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，超过喷嘴的前端而延伸出的覆盖体中的延伸出部分形成包围喷嘴的筒状的形态而具有中空部，该中空部与喷嘴的内部连通。

[0363] <41>

[0364] 如<3>、<4>或<6>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，上述喷嘴的覆盖体的延伸出部分的长度优选为1mm以上、更优选为10mm以上，上限值优选为15mm以下、更优选为12mm以下，优选为1mm以上且15mm以下、特别优选为10mm以上且12mm以下。

[0365] <42>

[0366] 如<1>~<41>中任一项所述的纳米纤维制造装置，其中，对于上述喷嘴的外径，可

以优选将其下限值设定为300 μm 以上、更优选设定为400 μm 以上,可以优选将其上限值设定为4000 μm 以下、更优选设定为3000 μm 以下,例如可以优选设定为300 μm 以上且4000 μm 以下、更优选设定为400 μm 以上且3000 μm 以下。

[0367] <43>

[0368] 如<1>~<42>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,上述喷嘴的长度优选为50mm以下、更优选为10mm以下、进一步优选为5mm以下。

[0369] <44>

[0370] 如<1>~<43>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,上述电极或上述喷嘴被上述覆盖体覆盖大致整个面(90%以上的面积)、优选被上述覆盖体覆盖整个面(100%的面积)。

[0371] <45>

[0372] 如<1>~<44>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,对于在表面露出电介质的上述覆盖体而言(该覆盖体的)该表面的大致整个面(90%以上的面积)仅由电介质构成、优选对于该覆盖体而言(该覆盖体的)该表面的整个面(100%的面积)仅由电介质构成。

[0373] <46>

[0374] 如<1>~<45>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,作为上述原料液,使用将能够形成纤维的高分子化合物溶解或分散在溶剂中而成的溶液或者将高分子化合物加热、熔融而成的熔液。

[0375] <47>

[0376] 如<1>~<46>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,利用由电介质构成的接合部件将上述电极和上述覆盖体接合。

[0377] <48>

[0378] 如<47>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述接合部件由电介质构成。

[0379] <49>

[0380] 如<47>或<48>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述接合部件为粘合剂或由电介质构成的螺丝或木制的螺丝。

[0381] <50>

[0382] 如<49>所述的纳米纤维制造装置,其中,上述接合部件为螺丝,在上述覆盖体中形成螺丝孔,对该螺丝孔进行沉孔加工。

[0383] <51>

[0384] 如<1>~<50>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,上述空气流喷射单元由电介质构成。

[0385] <52>

[0386] 如<1>~<51>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,

[0387] 上述空气流喷射单元具有喷出上述空气流的多个开口部,该开口部为由细宽度的间隙构成的空间或者近似柱状的空间,

[0388] 上述空气流喷射单元以上述开口部面对上述电极与上述喷嘴之间的空间的方式配置。

[0389] <53>

[0390] 如<1>~<52>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,上述空气流喷射单元具有歧管结构。

[0391] <54>

[0392] 如<1>~<53>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,能够自由地设定在上述空气流喷射单元形成的开口部的配置。

[0393] <55>

[0394] 如<1>~<54>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中

[0395] 在上述空气流喷射单元中形成的开口部由近似柱状的空间构成,

[0396] 将上述开口部配置成三列的交错格子状而填充空气流的间隙。

[0397] <56>

[0398] 如<1>~<55>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在上述空气流喷射单元中形成的开口部在上述电极为凹球面形状的情况下从正面观察该电极的开口部时以该喷嘴为中心配置成同心圆状。

[0399] <57>

[0400] 如<1>~<56>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在上述空气流喷射单元中形成的开口部的形状为圆形、椭圆形、三角形、四边形或多边形。

[0401] <58>

[0402] 如<1>~<57>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在上述空气流喷射单元中形成的开口部为圆形的情况下,直径的范围优选为0.1mm以上且1.5mm以下、更优选为0.3mm以上且1.2mm以下。

[0403] <59>

[0404] 如<1>~<58>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在上述空气流喷射单元中形成的开口部的间距在该开口部配置成交错格子状的情况下优选为3mm以上且15mm以下、更优选为5mm以上且12mm以下。

[0405] <60>

[0406] 如<1>~<59>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在上述空气流喷射单元中形成的开口部以该喷嘴为中心配置成同心圆状的情况下,相邻的开口部与该喷嘴的中心形成的角度优选为5°以上且60°以下、更优选为8°以上且30°以下。

[0407] <61>

[0408] 如<1>~<60>中任一项所述的纳米纤维制造装置,其中,在上述空气流喷射单元中形成的开口部以该喷嘴为中心配置成同心圆状的情况下,分度圆的半径优选为6mm以上且15mm以下、更优选为7.5mm以上且12.5mm以下。

[0409] <62>

[0410] 一种纳米纤维制造方法,其使用<1>~<61>中任一项所述的纳米纤维制造装置来制造纳米纤维。

[0411] <63>

[0412] 一种纳米纤维成型体,其包含使用<1>~<61>中任一项所述的纳米纤维制造装置制造的纳米纤维。

[0413] 实施例

[0414] 以下,通过实施例对本发明更详细地进行说明。但是,本发明的范围并非限定于所述实施例。只要没有特别声明,“%”和“份”分别是指“质量%”和“质量份”。

[0415] [实施例1~3]

[0416] 为了对图1所示的制造装置10中的原料液的带电量进行评价,使用水作为模型原料液,测定水的带电量。带电量的测定方法后面进行描述。水没有纤维化,因此带电的液体的收集容易,通过后述的方法能够简便地测定带电量。从喷嘴13喷射水的速度为1g/分钟,喷嘴13的内径为2mm、长度为50mm。电极14的平面部(与喷嘴13相对的面)的面积为81cm²(长9cm×宽9cm),利用由电介质(尼龙(株式会社MISUMI制造的MC尼龙MCA-90-90-10)、电木(株式会社MISUMI制造的BLA-90-90-10)、氧化铝(株式会社MISUMI制造的CEMN-90-90-10))构成的覆盖体17分别覆盖该面的整个面。电介质的厚度均为10mm。喷嘴13的前端与电极14的距离(最短距离)为50mm。

[0417] 另外,对电极14与喷嘴13之间施加直流电压(-20kV、-30kV、-40kV),对在电极14与喷嘴13之间流通的电流(以下称为漏电流)的量进行测定,同时观察有无放电。漏电流的测定使用了在作为电压产生单元使用的高电压产生装置(松定Precision株式会社制造的HAR-60R1-LF)中内置的电流计。需要说明的是,为了排除原料液对漏电流带来的影响,没有喷射原料液。将它们的结果示于表1中。

[0418] [比较例1]

[0419] 本比较例是在实施例1中没有利用由电介质构成的覆盖体17覆盖电极14的示例。除此以外进行与实施例1同样的操作,进行同样的测定。将结果示于表1中。

[0420] [比较例2~4]

[0421] 本比较例是使用了在表面露出由金属构成的导电层(导体层)的覆盖体作为覆盖体17的示例。在实施例1~3中,在电介质的表面进一步层叠厚度为0.2mm的铝胶带(SLIONTEC(注册商标)),形成了覆盖体。与本比较例对应的示例被视为专利文献2的实施例。除此以外进行与实施例1同样的操作,进行同样的测定。将结果示于表1中。

[0422] [表1]

[0423]

	电介质	电介质表面的导电层	漏电流(μA)			带电量(nC/g)
			-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]	-5[kV]
实施例1	MC尼龙	无	0	5	13	20.5
实施例2	电木	无	3	8	16	21.0
实施例3	氧化铝	无	5	15	34	21.3
比较例1	无	无	27	放电	放电	16.2
比较例2	MC尼龙	有	2	放电	放电	19.7
比较例3	电木	有	4	11	放电	19.8
比较例4	氧化铝	有	14	38	放电	20.1

[0424] 根据表1所示的实施例1~3与比较例1的对比明显可知:在各实施例中,即使施加高电压,漏电流的值也小,从电极14向喷嘴13飞来的电子数少。另一方面,在没有使用电介质的比较例1中,随着施加电压,漏电流显著增加,施加-30kV和-40kV的情况下产生放电。另

外,对于用作模型原料液的水的带电量而言,与比较例1相比,在各实施例中明显增大。

[0425] 另外,根据实施例1~3与比较例2~4的对比明显可知:在使用在表面露出由金属构成的导电层(导体层)的覆盖体的各比较例中,随着施加电压,漏电流显著增加,在施加-40kV的情况下产生放电。另外,用作模型原料液的水的带电量小于各实施例。

[0426] [实施例4]

[0427] 使用图3和图4所示的制造装置18,通过与实施例1~3同样的方法测定水的带电量和漏电流。

[0428] 电极19的凹曲面R为半径45mm的半球,将喷嘴20的前端20a设置在半球的中心。此时,前端20a位于包含由凹曲面R中的开口端勾画成的圆的平面内。喷嘴的延伸方向与半球的旋转对称轴一致。与图4同样地,利用厚度为10mm的由电介质(单体铸型尼龙(白铜制MC901切板(蓝)))构成的覆盖体207覆盖电极19的凹曲面R的整个面和凸缘部19a的一部分。除此以外的测定条件与实施例1~3相同。将它们的结果示于表2中。

[0429] [表2]

[0430]	电介质	电介质表面的导电层	漏电流(μA)			带电量(nC/g)
			-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]	-5[kV]
实施例4	单体铸型尼龙	无	0	4	放电	101

[0431] 如表2所示,虽然在施加-40kV时产生放电,但在施加-20kV、-30kV时,与比较例1~比较例4相比,漏电流明显减小,可知在实施例4中抑制了放电。进一步在实施例4中电极19形成为凹球面形状,因此与使用板状的电极14的比较例1~比较例4相比,水的带电量显著增加。

[0432] [实施例5]

[0433] 在图1所示的制造装置10中,覆盖体17使用将多张厚度为0.2mm的聚丙烯片层叠而成的层叠体,对漏电流进行评价。

[0434] 除了在覆盖体17使用聚丙烯的片材以外,制造装置10的结构与实施例1~3相同。在覆盖体17使用将4张厚度为0.2mm的聚丙烯片层叠而成的层叠体和5张层叠而成的层叠体。层叠的各片材与相邻的片材密合。本实施例的情况下,覆盖体17由单一一种的电介质(聚丙烯)构成,因此“在表面露出的电介质的厚度”以层叠的片材的总厚度的方式定义,其与覆盖体17的厚度相等。因此,4张层叠而成的覆盖体17的厚度为0.8mm,5张层叠而成的覆盖体17的厚度为1.0mm。

[0435] 利用上述聚丙烯片的层叠体覆盖电极14的平面部(与喷嘴13相对的面)的整个面,向电极14与喷嘴13之间施加直流电压-40kV。并且,通过与实施例1~3同样的方法测定在电极14与喷嘴13之间流通的漏电流的量,同时观察有无放电。将它们的结果示于表3中。

[0436] [比较例5]

[0437] 进行与实施例5同样的实验,使聚丙烯片的层叠张数为0张、1张、2张、3张。此时的覆盖体17的厚度(在表面露出的电介质的厚度)分别为0mm、0.2mm、0.4mm、0.6mm。将结果示于表3中。

[0438] [表3]

	聚丙烯 厚度 [mm]	漏电流 (μA) -40[kV]
[0439] 比较例5	0	放电
	0.2	180
	0.4	174
	0.6	142
实施例5	0.8	115
	1.0	121

[0440] [实施例6]

[0441] 在图1所示的制造装置10中,覆盖体17使用厚度为2mm、5mm、8mm、10mm的电木,对漏电流和水的带电量进行评价。

[0442] 除了覆盖体17使用上述厚度的电木以外,制造装置10的结构与实施例1~3相同。本实施例的情况下,覆盖体17由单一一种的电介质(电木)构成,因此“在表面露出的电介质的厚度”与电介质(电木)的厚度、即覆盖体17的厚度相等。

[0443] 利用上述电木覆盖电极14的平面部(与喷嘴13相对的面)的整个面,向电极14与喷嘴13之间施加直流电压-40kV。并且,通过与实施例1~3同样的方法,对在电极14与喷嘴13之间流通的漏电流的量进行测定,同时观察有无放电。另外,通过与实施例1~3同样的方法,测定用作模型原料液的水的带电量。将它们的结果示于表4中。

[0444] [表4]

	电木 厚度 [mm]	漏电流 (μA) -40 [kV]	带电量 (nC/g) -5[kV]
[0445] 实施例6	2	80	16.0
	5	45	15.9
	8	35	19.4
	10	16	21.0

[0446] 根据表3和表4,如果对实施例5、比较例5和实施例6中的、覆盖体17(聚丙烯和电木)的厚度与漏电流的关系进行绘图,则形成为如图19那样。观察图19,随着使覆盖体17的厚度从0mm增加至0.8mm,漏电流大幅降低。由此可知:通过使覆盖电极14的覆盖体17的厚度为0.8mm以上,由此可有效地抑制从电极14放出电子。另外,覆盖比0.8mm厚而使覆盖厚度为2mm时,能够进一步降低漏电流。因此此时,能够抑制电极14与喷嘴13之间的放电,同时可抑制与漏电流相伴的纳米纤维制造时的电能消耗。此外,观察表4,可知:覆盖体17的厚度为

8mm以上时,在-5kV下测定的水的带电量也显著增加,本发明效果更加显著。其原因认为是由于:电介质的厚度增加由此喷嘴与电极之间的静电电容增加、以及通过大幅降低漏电流由此抑制了电子的飞来因而带电量增加。上述显著的效果在电极上覆盖薄薄的电介质的日本特开2010-59557号公报(专利文献3)中记载的技术中无法得到。

[0447] [实施例7]

[0448] 在图1所示的制造装置10中,没有利用覆盖体17覆盖电极14,取而代之,利用覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面的整个面,对漏电流进行评价。

[0449] 覆盖体107使用厚度为2mm的氯乙烯,覆盖喷嘴13的外表面的整个面,同时使覆盖体107超过喷嘴13的前端延伸出10mm和1mm。并且,电极14没有被覆盖体17覆盖。除此以外,使用与实施例1~3相同的结构的制造装置10,通过与实施例1~3同样的方法测定漏电流的量,同时观察有无放电。将结果示于表5中。

[0450] [比较例6]

[0451] 在实施例7中,不使覆盖体107超过喷嘴13的前端而延伸出,利用覆盖体107仅覆盖喷嘴13的外表面或外表面的一部分,对漏电流进行评价。

[0452] 利用覆盖体107(厚度为2mm的氯乙烯)覆盖长度50mm的喷嘴13的外表面中的从喷嘴的后端(根部)起至50mm、49mm、25mm为止的区域。为了方便,将它们表述为延伸出部分的长度分别为0mm、-1mm、-25mm。例如,延伸出部分的长度为-25mm时,从喷嘴13的前端起至25mm为止的区域没有被覆盖体覆盖,喷嘴露出。除了使用这些覆盖体以外,与实施例7同样地测定漏电流的量,同时观察有无放电。将结果示于表5中。

[0453] [表5]

	延伸出部分的长度 [mm]	漏电流 (μA)		
		-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]
实施例7	10	0	0	放电
	1	3	放电	放电
比较例6	0	7	放电	放电
	-1	7	放电	放电
	-25	7	放电	放电

[0454] 如表5所示,施加电压为-40kV时,实施例7和比较例6所有示例中均发生放电,但在施加电压为-20kV时,与没有延伸出部分的比较例6的漏电流相比,延伸出部分的长度为1mm以上的实施例7的漏电流明显减小。特别是使延伸出部分为10mm(以上)时,可知即使在施加电压为-30kV下漏电流也保持为0,能够防止放电。由此,利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖喷嘴的外表面,并且使覆盖体超过喷嘴的前端而延伸出,由此能够抑制电极14与喷嘴13之间的放电,并且可抑制与漏电流相伴的纳米纤维制造时的电能消耗。

[0455] [实施例8]

[0456] 在图1所示的制造装置10中,利用覆盖体17覆盖电极14,并且利用覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面的整个面,对漏电流进行评价。覆盖体107中使用厚度为2mm的氯乙烯,覆盖

喷嘴13的外表面的整个面,并且使覆盖体107超过喷嘴13的前端而从1mm到10mm以1mm的步幅延伸出。除此以外,使用与实施例1相同的结构的制造装置10,通过与实施例1~3同样的方法对漏电流的量进行测定,同时观察有无放电。需要说明的是,在本实施例中,电极14被厚度为10mm的由MC尼龙构成的覆盖体17覆盖。将结果示于表6中。

[0458] [比较例7]

[0459] 在实施例8中,不使覆盖体107超过喷嘴13的前端而延伸出,仅利用覆盖体107覆盖喷嘴13的外表面或外表面的一部分,对漏电流进行评价。

[0460] 利用覆盖体107(厚度为2mm的氯乙烯)覆盖在长度为50mm的喷嘴13的外表面中的从喷嘴的后端(根部)起至50mm为止和至25mm为止的区域。为了方便,将它们表述为延伸出部分的长度分别为0mm、-25mm。例如,延伸出部分的长度为-25mm时,从喷嘴13的前端起至25mm为止的区域没有被覆盖体覆盖,喷嘴露出。除了使用这些覆盖体以外,与实施例8同样地测定漏电流的量,同时观察有无放电。将结果示于表6中。

[0461] [表6]

	延伸出部分的长度 [mm]	漏电流(μA)		
		-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]
[0462] 实施例8	10	0	0	1
	9	0	1	6
	8	0	2	6
	7	0	2	6
	6	0	2	6
	5	0	2	7
	4	0	2	7
	3	0	2	8
	2	0	3	8
	1	0	3	10
比较例7	0	1	6	14
	-25	1	6	14

[0463] 如表6所示,在-20kV~-40kV的所有施加电压下,与没有延伸出部分的比较例7的漏电流相比,延伸出部分的长度为1mm以上的实施例8的漏电流明显减小。特别是使延伸出部分为10mm(以上)时,漏电流的减少显著。另外,利用在表面露出电介质的覆盖体覆盖喷嘴13的外表面和电极14双方,因此漏电流保持更小,没有产生放电。如此,根据本发明,能够抑制因飞来的电子导致的原料液的中和即带电量的减少,能够抑制电极14与喷嘴13之间的放电,并且可抑制与漏电流相伴的纳米纤维制造时的电能消耗。

[0464] 在以上的实施例和比较例中,水的带电量使用图20所示的装置通过以下方法进行

测定。需要说明的是,图20(a)针对使用了制造装置10的实施例1~3、实施例6和比较例1~4,图20(b)针对使用了制造装置18的实施例4。

[0465] 对于制造装置10,如图20(a)所示,以喷嘴13的延伸方向处于水平的方式旋转90度配置整个装置。对于制造装置18,如图20(b)所示,以喷嘴20的延伸方向处于垂直向下的方式配置整个装置。并且,利用高压产生装置(松定Precision株式会社制造的HAR-60R1-LF)对喷嘴与电极之间施加-5kV的直流电压,从喷嘴以1g/分钟的速度喷射水。在这样的状态下,带电的水因重力向大致垂直下方滴落。将滴落的水滴接收于在法拉第笼(春日电机株式会社制造的NQ-1400)内接地的金属容器中,利用库仑计(春日电机株式会社制造的NK-1001、1002)测定在一定时间内(数分钟内)积存的水的带电量。同时,利用化学天秤测定积存的水的质量,根据两者的比求出水的每单位质量的带电量(nC/g)。需要说明的是,使对喷嘴与电极之间施加的电压低于-5kV(使施加的电压的绝对值大于5kV)时,有时带电的水发生雾散而不能在金属容器中收集水滴,因此测定均在-5kV的施加电压下进行。

[0466] [实施例9]

[0467] 使用图8所示的制造装置510进行纳米纤维的制造。使用普鲁兰多糖15%水溶液作为原料液。从喷嘴13喷射原料液的速度为1g/分钟,喷嘴13的内径为2mm、长度为50mm。使电极14的平面部(与喷嘴13相对的面)的面积为81cm²(长9cm×宽9cm),利用由电木构成的覆盖体17覆盖该面的整个面。电木的厚度为10mm。从空气流喷射单元15A喷射流量为100L/分钟的空气流。在空气流喷射单元15A的前面形成的开口部151A的配置是水平方向H的间距为10mm、垂直方向V的间距为10mm,在水平方向H上延伸的开口部列形成为沿着垂直方向V配置3列的交错格子状。各开口部由圆柱状的空间构成,其直径为1mm。喷嘴13的前端与电极14的距离(最短距离)为40mm,对喷嘴13与电极14之间施加-30kV的电压。将利用扫描电子显微镜(SEM)对所得到的纳米纤维拍摄的照片示于图21(a)中。

[0468] [比较例8]

[0469] 本比较例是将图1所示的制造装置10的电极14变为球状电极(形成为凸球面形状的电极)并且使用没有利用覆盖体17覆盖电极14的制造装置进行纳米纤维的制造的结果。球状电极的直径为25mm,在喷嘴13的前端的垂直正上方配置球的中心。喷嘴13的前端与球状电极的距离(最短距离)为75mm。除此以外的装置结构与实施例9同样,在同样的条件下进行纺丝。将利用扫描电子显微镜(SEM)对所得到的纳米纤维拍摄的照片示于图21(b)中。

[0470] 如图21所示,实施例9(图21(a))中得到了平均直径约为200nm的细纳米纤维,与此相对,比较例8(图21(b))中只能得到平均直径约为500nm的粗纳米纤维。而且,与比较例8相比,实施例9的缺陷(原料液的液滴直接固化而成的缺陷)的数目少,得到了优质的纳米纤维。在实施例9和比较例8中,从喷嘴13喷射的原料液的速度是共同的,因此与比较例8相比,实施例9在每单位时间能够制造约6.25倍的长度的纳米纤维,可知通过使用本申请构成的制造装置提高了生产率。或者,考虑到提高从喷嘴喷射原料液的速度时所生成的纳米纤维通常变粗,而利用本申请构成的制造装置,能够以快于1g/分钟的原料喷射速度(在每单位时间向喷嘴13供给多于1g的原料液也)制造直径为500nm的纳米纤维。可知:从这点出发,本发明的构成的制造装置的生产率提高。

[0471] [实施例10]

[0472] 使用图3和图4所示的制造装置18进行纳米纤维的制造。使用普鲁兰多糖25%水溶

液作为原料液。使从喷嘴20喷射原料液的速度为1g/分钟，从空气流喷射单元23喷射空气流的速度为200L/分钟。对喷嘴20与电极19之间施加-30kV的电压，除此以外的装置结构与实施例4同样地进行纺丝。将利用扫描电子显微镜(SEM)对所得到的纳米纤维拍摄的照片示于图22中。

[0473] 在实施例10中，虽然使用将普鲁兰多糖浓度增加至25%的高粘度(7372.8mPa·s)的水溶液作为原料液，但如图22所示，得到了平均直径约为856nm且缺陷(原料液的液滴直接固化而成的缺陷)的尺寸小的优质的纳米纤维。认为通过使用本申请构成的制造装置，由此原料液的带电量增加，使原料液向电极19(阴极)靠近的力提高，因此即使是高粘度的溶液(高浓度的原料液)也能够进行纺丝。通过使用高浓度的原料液，原料液中的纤维化的固体成分增加，可以说从这点出发，本申请构成的制造装置的生产率提高。

[0474] [实施例11~13]

[0475] 为了对图13和图14所示的电纺装置701中的原料液的带电量进行评价，使用水作为模型原料液，对水的带电量进行测定。带电量的测定方法后面进行描述。水没有纤维化，因此带电的液体的收集容易，通过后述的方法能够简便地测定带电量。从喷嘴720喷射水的速度为1g/分钟，喷嘴720的内径为2000 μ m、长度为50mm。电极710是长度为50mm、内径以半径计为45mm且厚度为3mm的圆筒(机械结构用碳钢S45C)，喷嘴720的前端720a位于包含由圆筒形状的凹曲面711中的一个开口端勾画成的圆的平面内。喷嘴的延伸方向与圆筒的中心轴一致。实施例11与图13和图14同样地利用厚度为10mm的电介质730(单体铸型尼龙(白铜株式会社制造的MC901切板(蓝)))覆盖电极710的凹曲面711的整个面。实施例12还覆盖了电极710的喷出方向侧的端面。在实施例13中，在实施例12的覆盖的基础上进一步覆盖了电极710的外周面的整个面。在任一个实施例中，均对电极710施加-5kV的直流电压。喷嘴720接地。

[0476] [比较例9和10]

[0477] 在比较例9中，使用将覆盖图13所示的电纺装置701的电极710的电介质730距电极710的内表面离开15mm的位置的制造装置，测定水的带电量。电介质730形成为内径以半径计为30mm的圆筒。在比较例10中，使用没有利用电介质730覆盖图13所示的电纺装置701的电极710的制造装置，测定水的带电量。除此以外的测定条件与实施例11~13相同。将它们的结果示于表7中。

[0478] [表7]

[0479]

	电介质覆盖	带电量 (nC/g)
		-5[kV]
实施例11	内表面	60.5
实施例12	内表面+端面	114.4
实施例13	内表面+端面+外表面	114.2
比较例9	无	31.8
比较例10	无	37.9

[0480] 根据表7所示的实施例11~13与比较例9和10的对比明显可知:对于用作模型原料液的水的带电量而言,与比较例9和10相比,在各实施例中明显增大。

[0481] 另外,对电极710与喷嘴720之间施加直流电压(-20kV、-30kV、-40kV),对在电极710与喷嘴720之间流通的电流(以下称为漏电流)的量进行测定,同时观察有无放电。漏电流的测定使用了在作为电压产生单元使用的高电压产生装置(松定Precision株式会社制造的HAR-60R1-LF)中内置的电流计。需要说明的是,为了排除原料液对漏电流所带来的影响,不喷射原料液。将它们的结果示于表8中。

[0482] [表8]

	电介质覆盖	漏电流(μA)		
		-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]
[0483] 实施例11	内表面	6	放电	放电
实施例12	内表面+端面	0	3	18
实施例13	内表面+端面+外表面	0	2	12
比较例9	无	11	放电	放电
比较例10	无	19	放电	放电

[0484] 根据表8所示的实施例11~13与比较例9和10的对比明显判断出:在各实施例中,即使施加高电压,漏电流的值也小,从电极710向喷嘴飞来720的电子数少。另一方面,在没有利用电介质进行覆盖的比较例9和10中,在施加-20kV电压下,与实施例11相比,漏电流多,在施加-30kV和-40kV下,产生了放电。

[0485] 在以上的实施例和比较例中,水的带电量使用图20(b)所示的装置通过以下方法进行测定。需要说明的是,图20(b)针对使用了电纺装置701的实施例11~13、比较例9和10。

[0486] 对于电纺装置701,如图20(b)所示,以喷嘴720的延伸方向垂直向下的方式配置整个装置。并且,利用高电压产生装置(松定Precision株式会社制造的HAR-60R1-LF)对喷嘴与电极之间施加-5kV的直流电压,从喷嘴以1g/分钟的速度喷射水。在这样的状态下,带电的水因重力向大致垂直下方滴落。将滴落的水滴接收于在法拉第笼(春日电机株式会社制造的KQ-1400)内接地的金属容器中,利用库仑计(春日电机株式会社制造的NK-1001、1002)测定在一定时间内(数分内)积存的水的带电量。同时,利用化学天平测定积存的水的质量,根据两者的比求出水的每单位质量的带电量(nC/g)。需要说明的是,使对喷嘴与电极之间施加的电压低于-5kV(使施加的电压的绝对值大于5kV)时,有时带电的水发生雾散而不能在金属容器中收集水滴,因此测定均在-5kV的施加电压下进行。

[0487] [实施例14~16]

[0488] 使图13和图14所示的电纺装置701中的喷嘴720的前端720a的位置相对于电极710的轴方向从在电极710的开口端勾画成的平面起靠内侧配置,测定此时的带电量。同时,使用原料液代替水,对因该原料液导致的覆盖电极710和电极710的电介质730的污染状态进行评价。评价标准后面进行描述。测定的条件与测定实施例11~13时同样,在(i)覆盖与喷嘴720相对的内表面的情况下(与实施例11同样)、(ii)覆盖与喷嘴720相对的内表面和开口端面的情况下(与实施例12同样)以及(iii)覆盖电极710的内外表面和开口端面的整个面的情况下(与实施例13同样)三种条件下进行测定。实施例14中,与实施例11~13同样地,使

喷嘴720的前端720a的位置为在电极710的开口端勾画成的平面上的位置。实施例15中,使喷嘴720的前端720a的位置为从在电极710的开口端勾画成的平面起向内侧16mm的位置。实施例16中,使喷嘴720的前端720a的位置为从在电极710的开口端勾画成的平面起向内侧32mm的位置。将它们的结果示于表9中。

[0489] 对于电纺后的因原料液导致的电极710和电介质730的污染状态,如下所述以A、B、C进行评价。

[0490] A:因原料液导致的电极710和电介质730的污染少。

[0491] B:略微观察到因原料液导致的电极710和电介质730的污染。

[0492] C:因原料液导致的电极710和电介质730的污染多。

[0493] [比较例11]

[0494] 比较例11中,使图13和图14所示的电纺装置701中的喷嘴720的前端720a的位置相对于电极710的轴方向从在电极的开口端勾画成的平面起向外侧配置,测定此时的带电量。同时,使用原料液代替水,对因该原料液导致的覆盖电极710和电极710的电介质730的污染状态进行评价。测定的条件与测定实施例14~16时同样,在(i)覆盖与喷嘴720相对的内表面的情况下(与实施例11同样)、(ii)覆盖与喷嘴720相对的内表面和开口端面的情况下(与实施例12同样)、(iii)覆盖电极710的内表面和开口端面的整个面的情况下(与实施例13同样)三种条件下进行测定。喷嘴720的前端720a的位置为从在电极710的开口端勾画成的平面起向外侧16mm的位置。将它们的结果示于表9中。

[0495] [表9]

电介质覆盖	实施例14	实施例15	实施例16	比较例11
	从电极的开口端部到喷嘴前端的位置 (mm)			
	0	-16	-32	16
	带电量 (nC/g)			
[0496] 仅内表面	60.5	179.3	179.7	34.9
内表面+端面	114.4	287.4	306.0	50.1
内表面+端面+外表面	114.2	226.3	296.5	47.8
电极及电介质的污染状态	A	A	B	A

[0497] 根据表9所示的实施例14~16和比较例11的对比明显可知:与比较例11相比,在各实施例中用作模型原料液的水的带电量明显增大。

[0498] 另外,根据表9所示的结果明显判断出:在实施例14、15和比较例11中,因原料液导致的电极710和电介质730的污染少。另外,在实施例16中,判断出略微观察到因原料液导致的电极710和电介质730的污染。

[0499] 根据这些结果判断出:通过使喷嘴720的前端720a的位置配置在电极710的凹曲面的内侧,由此可以提高带电量。另外判断出:通过使喷嘴720的前端720a的位置配置在电极710中原料液的喷出侧的开口端附近,由此原料液不易附着在电极710和电介质730,能够降低因原料液导致的电极710和电介质730的污染。

[0500] [实施例17]

[0501] 使用图13所示的电纺装置701进行纳米纤维的制造。电介质730的覆盖条件与实施例13同样。使用普鲁兰多糖15质量%水溶液作为原料液。从喷嘴720喷射原料液的速度为1g/分钟,从空气流喷射单元723喷出流量为150L/分钟的空气流,对喷嘴720与电极710之间施加-20kV的电压,从喷嘴720的前端720a到收集板的距离为1200mm。将利用扫描电子显微镜(SEM)对所得到的纳米纤维拍摄的照片示于图23(a)和图23(b)中。

[0502] [比较例12]

[0503] 本比较例是使用没有利用电介质730覆盖图13所示的电纺装置701的电极710的制造装置进行纳米纤维的制造的结果。除此以外的装置结构与实施例17同样,除了使施加的电压为-10kV以外在与实施例17同样的条件下进行纺丝。施加的电压设定成能够制造纳米纤维的值。将利用扫描电子显微镜(SEM)对所得到的纳米纤维拍摄的照片示于图24(a)和图24(b)中。

[0504] 如图23(a)和图23(b)所示,在实施例17中得到了平均直径为305nm的纳米纤维,与此相对,如图24(a)和图24(b)所示,在比较例12中只能得到平均直径为487nm的纳米纤维。而且,与比较例12相比,实施例17的缺陷(原料液的液滴直接固化而成的缺陷)的数目少,得到了优质的纳米纤维。在实施例17和比较例12中,从喷嘴720喷射的原料液的速度相同,因此假设纳米纤维以平均直径计均匀形成时,与比较例12相比,实施例17在每单位时间能够制造约2.5倍的长度的纳米纤维,判断出通过使用具有本发明的构成的制造装置,生产率提高。或者,考虑到提高从喷嘴喷射原料液的速度时所生成的纳米纤维通常变粗,而利用具有本发明的构成的制造装置,以快于1g/分钟的原料喷射速度(在每单位时间向喷嘴720供给多于1g的原料液也)能够制造平均直径为487nm的纳米纤维。判断出:从这点出发,具有本发明的构成的制造装置的生产率提高。

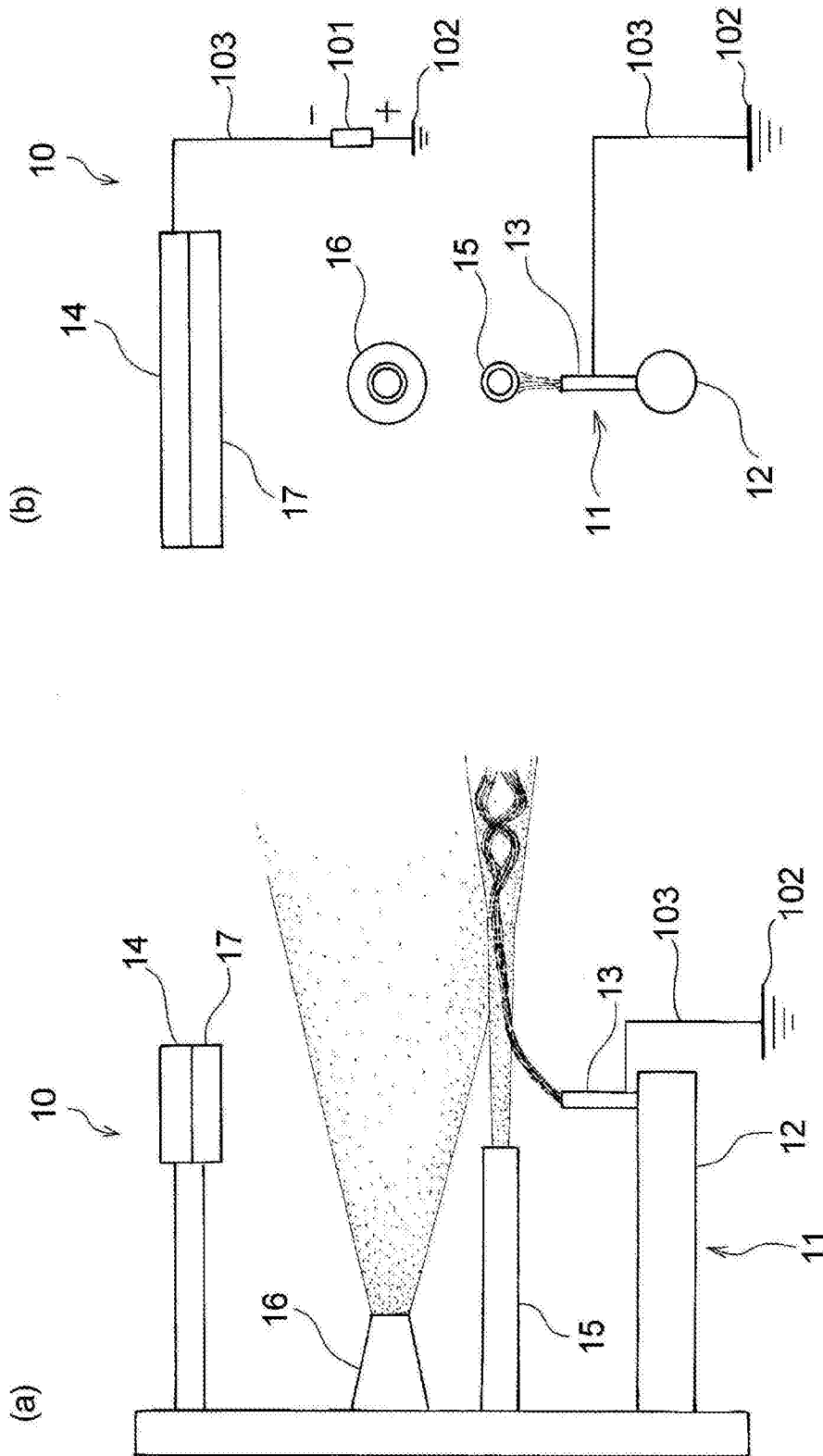


图1

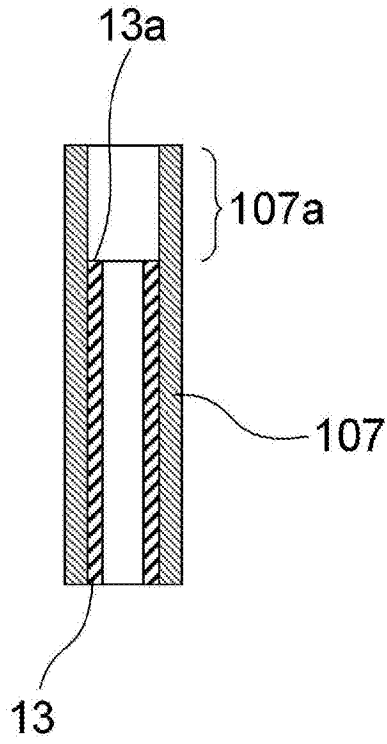


图2

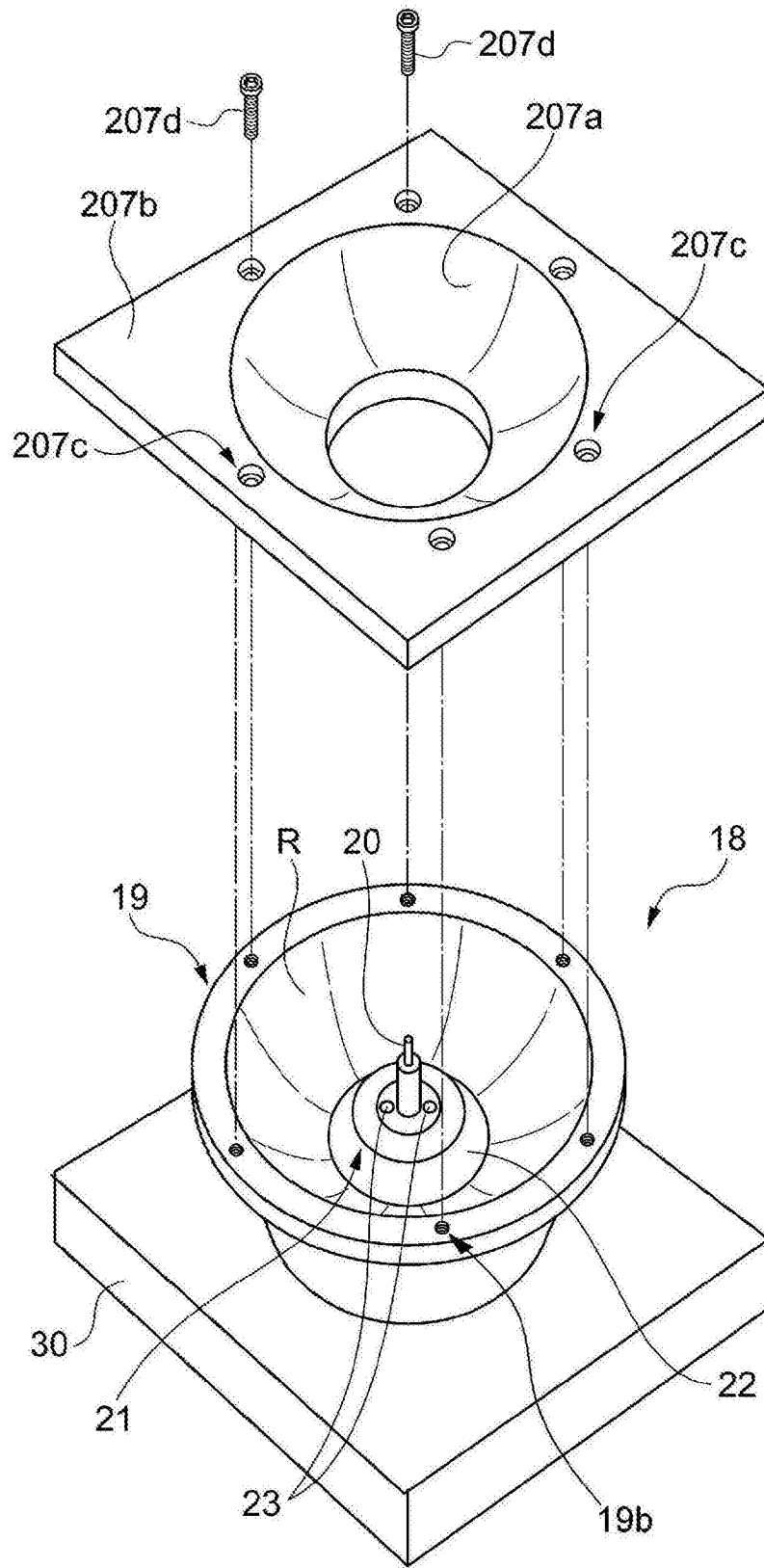


图3

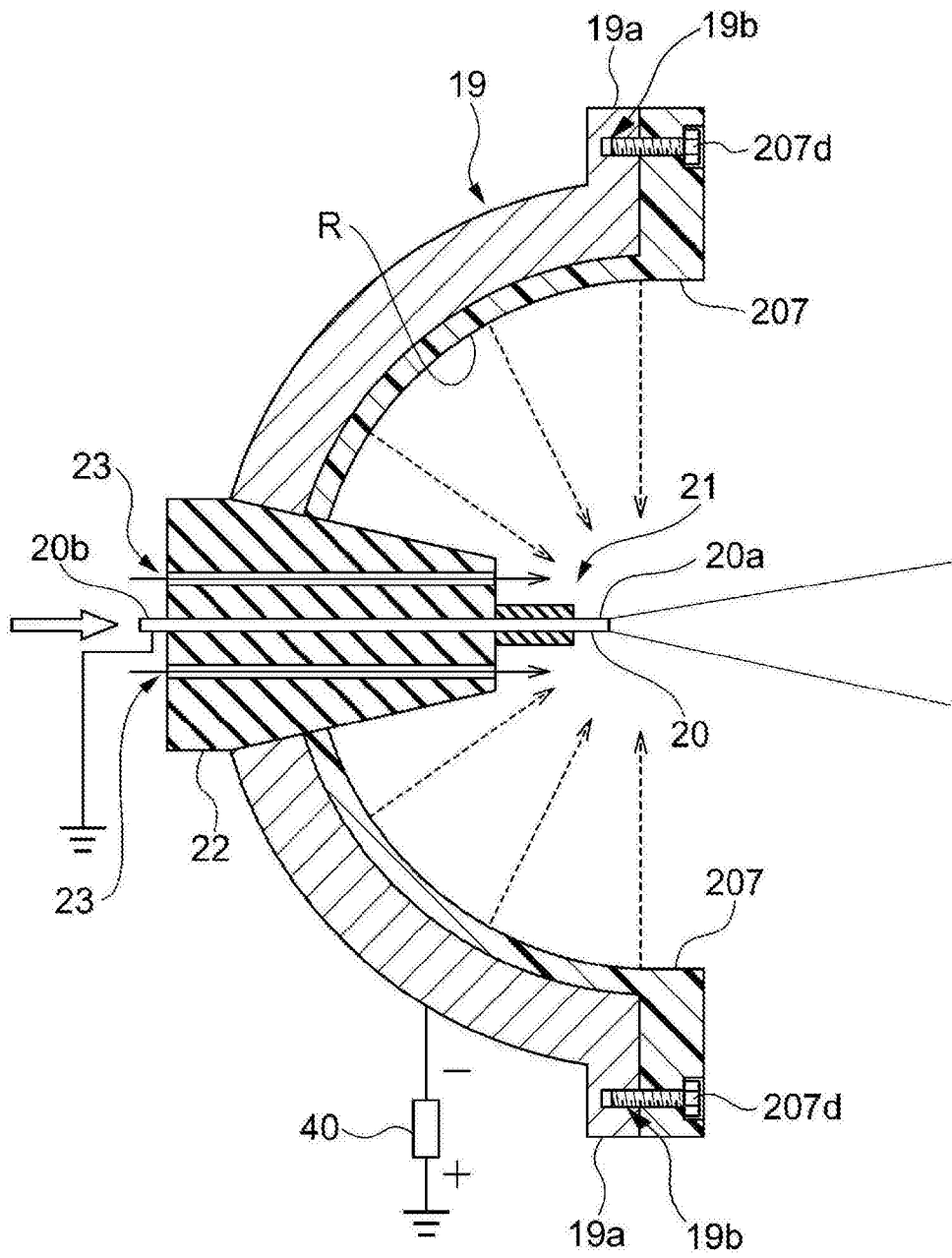


图4

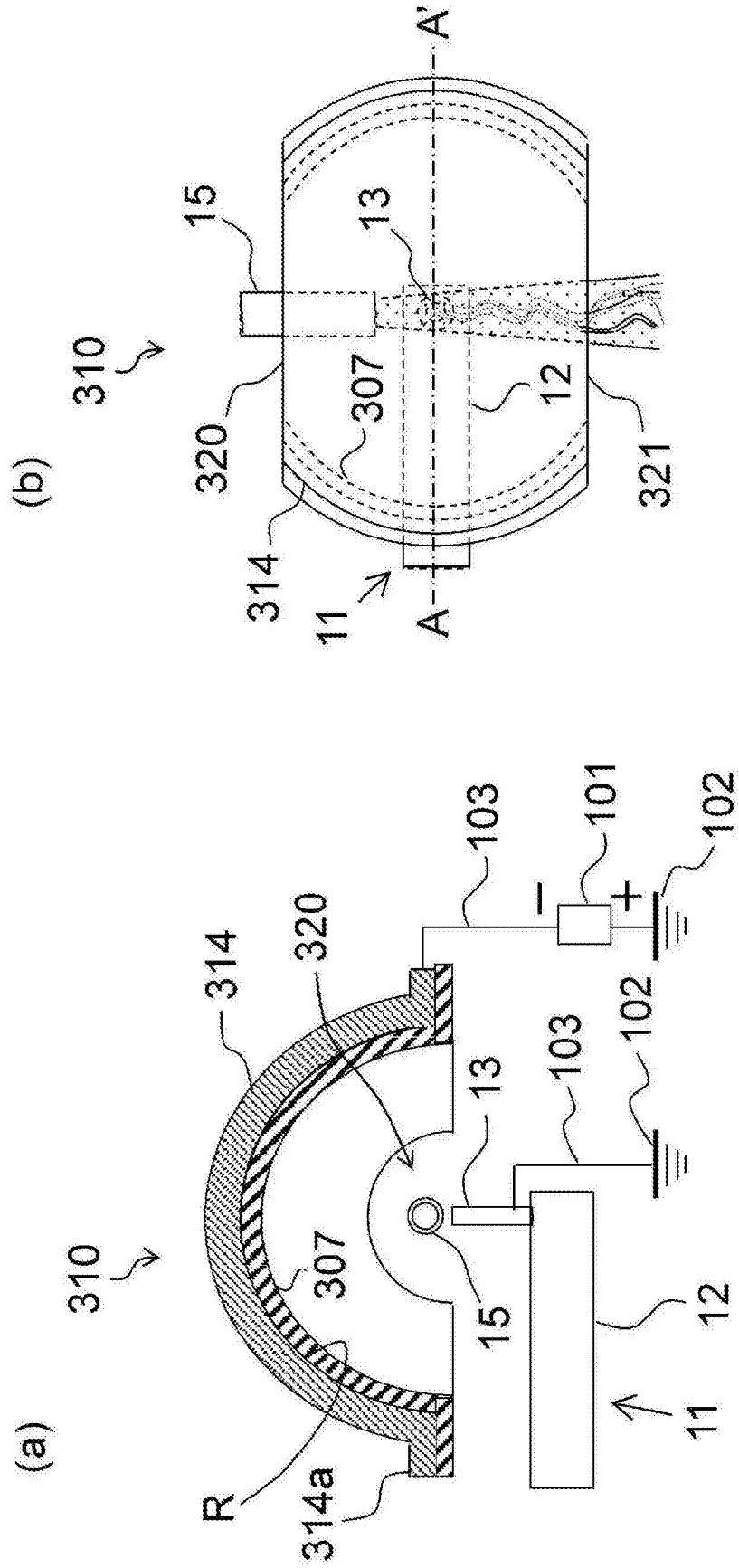


图5

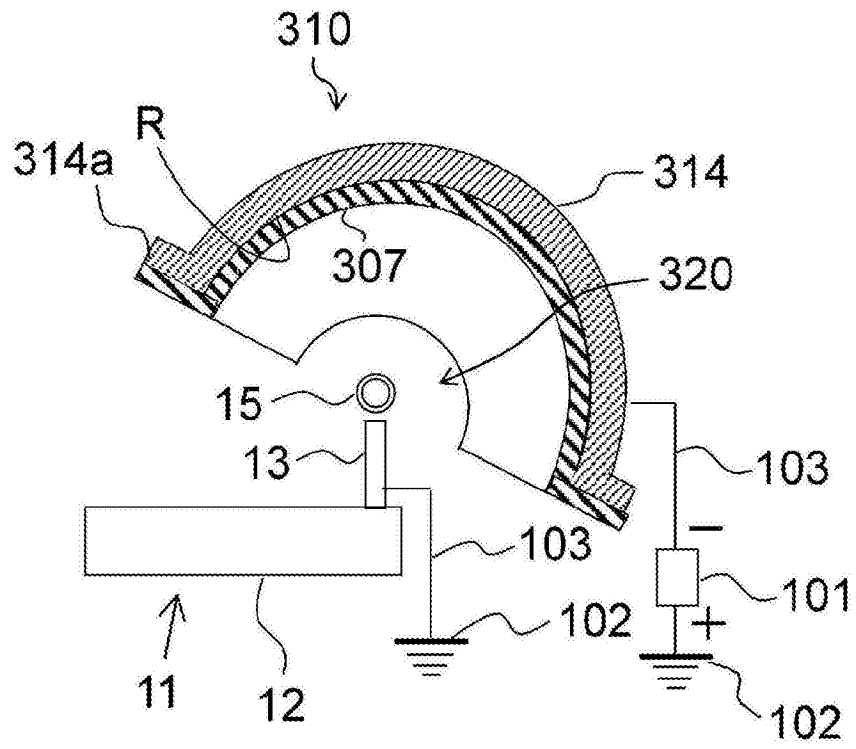


图6

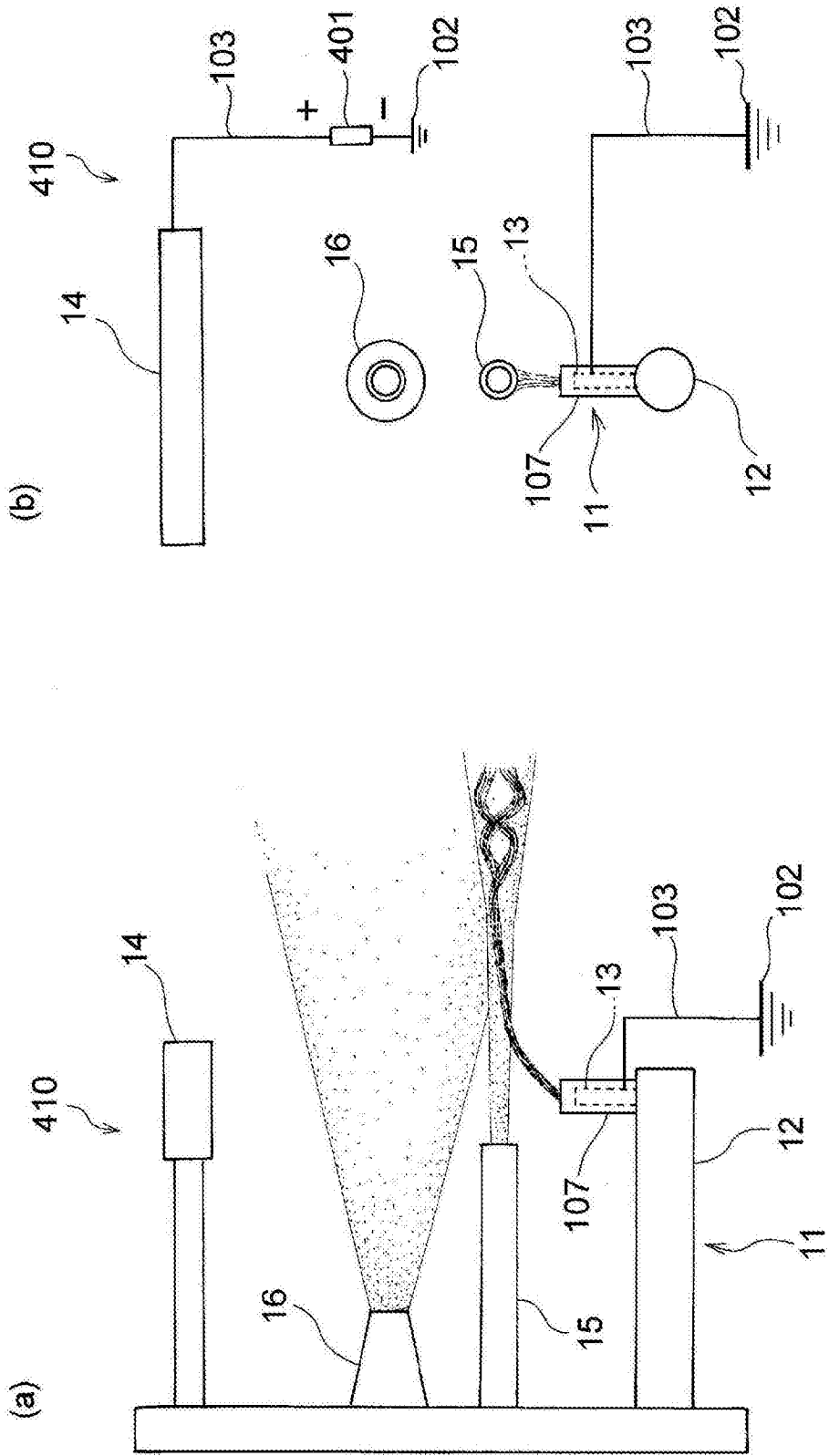


图7

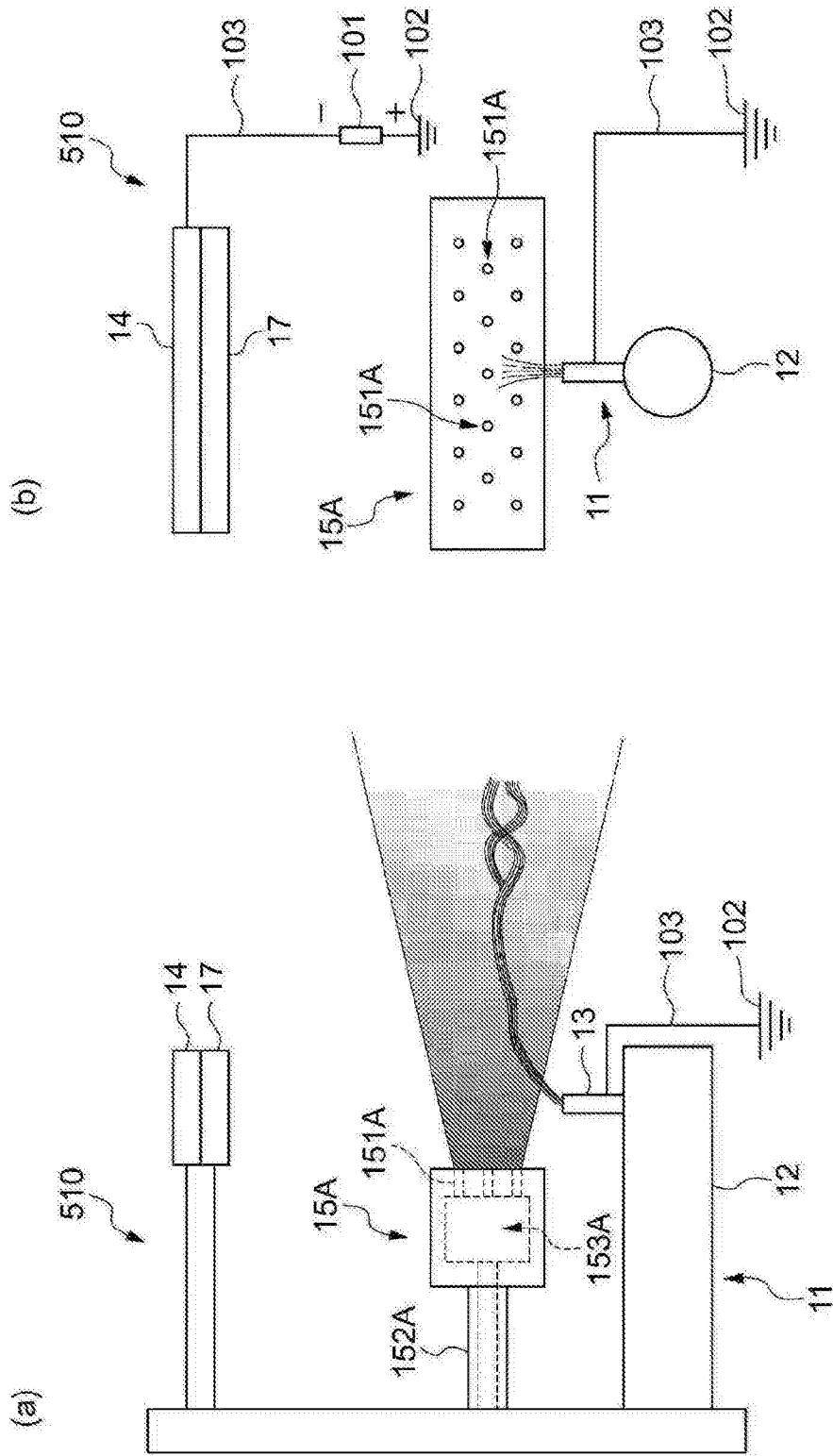


图8

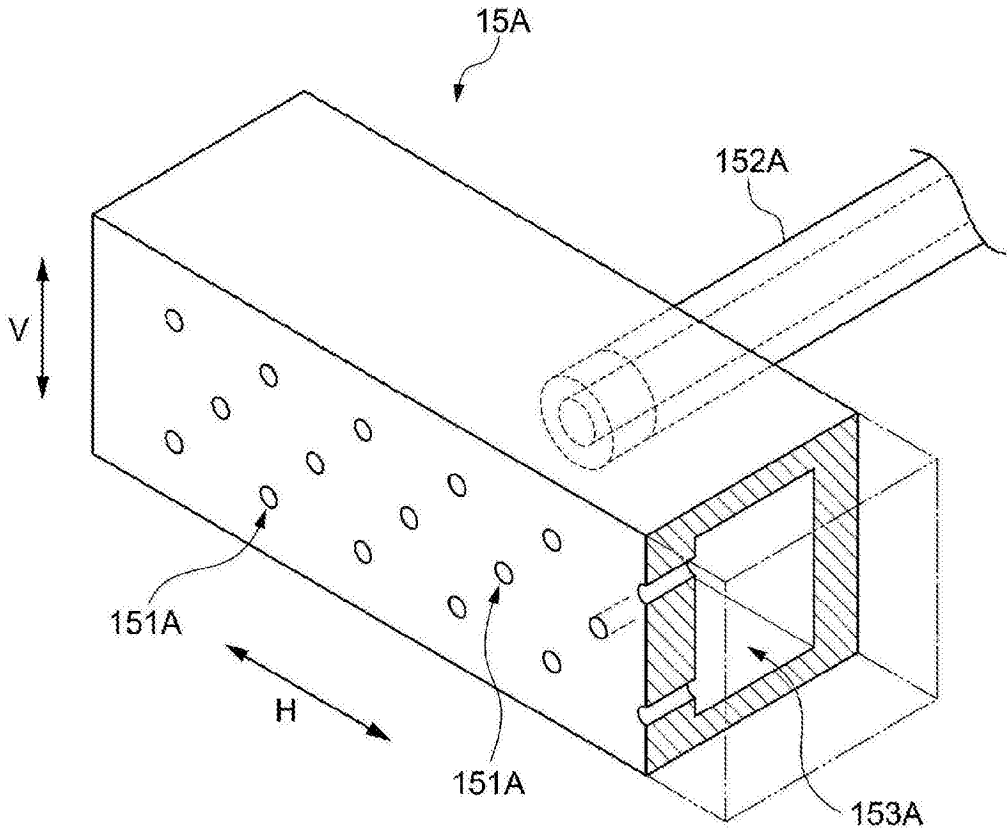


图9

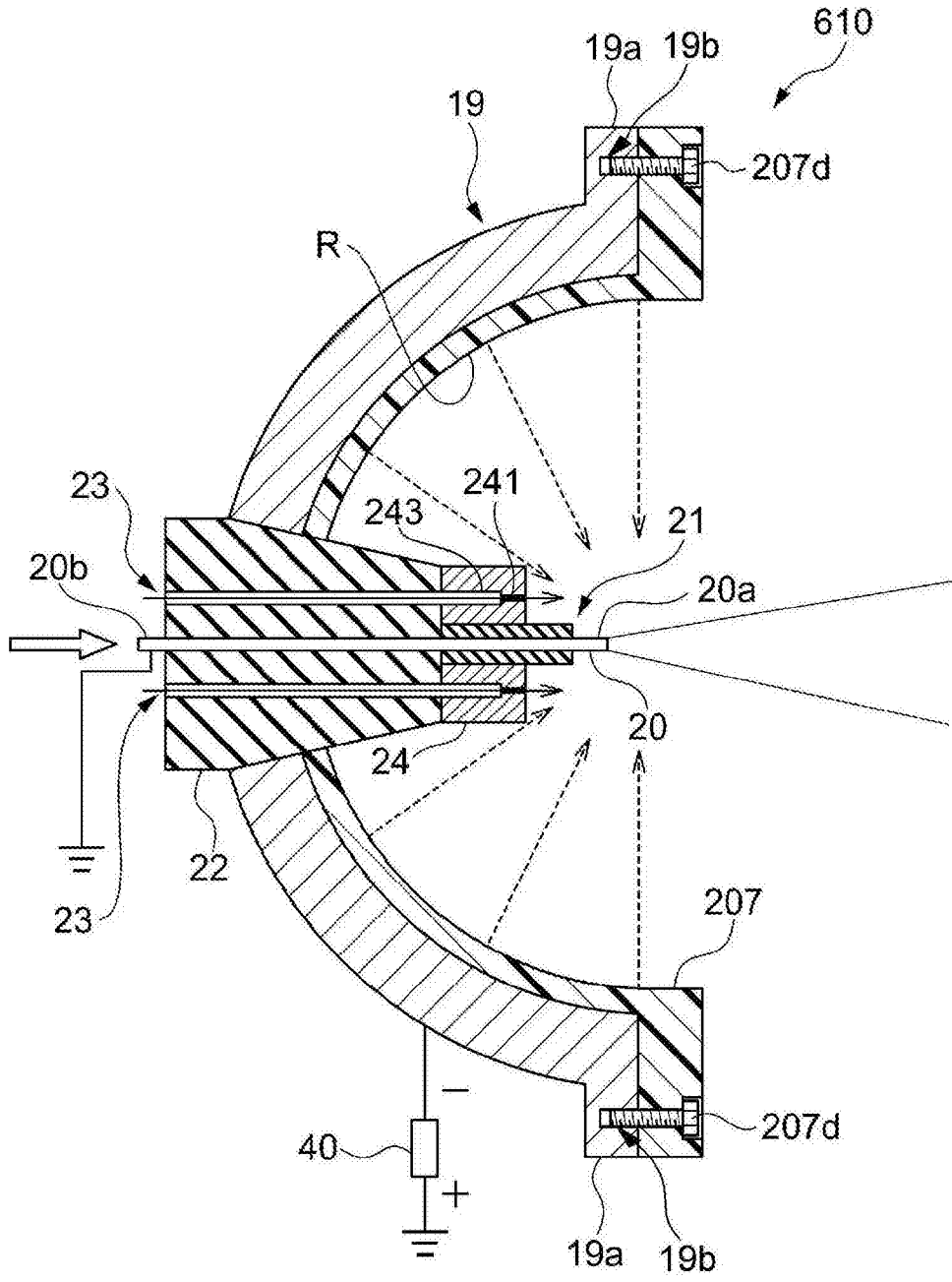


图10

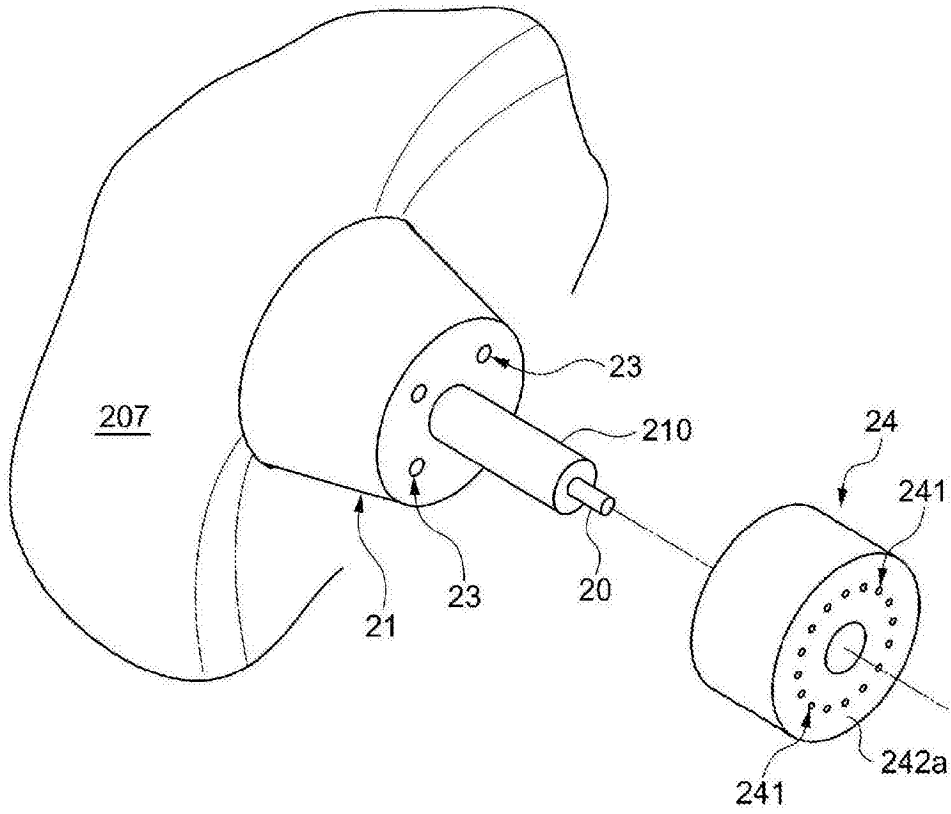
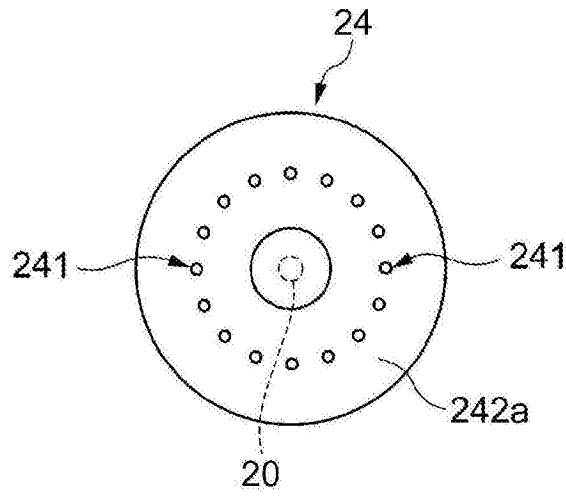


图11

(a)



(b)

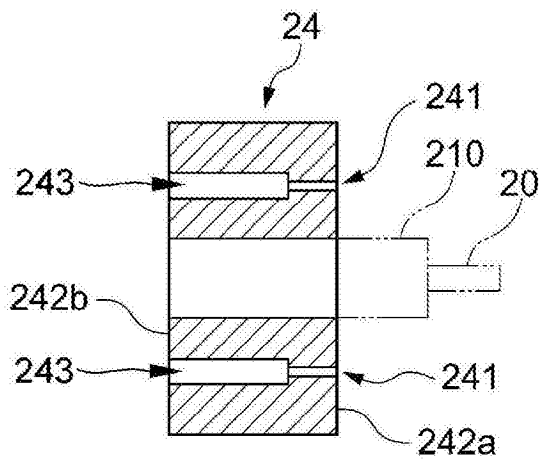


图12

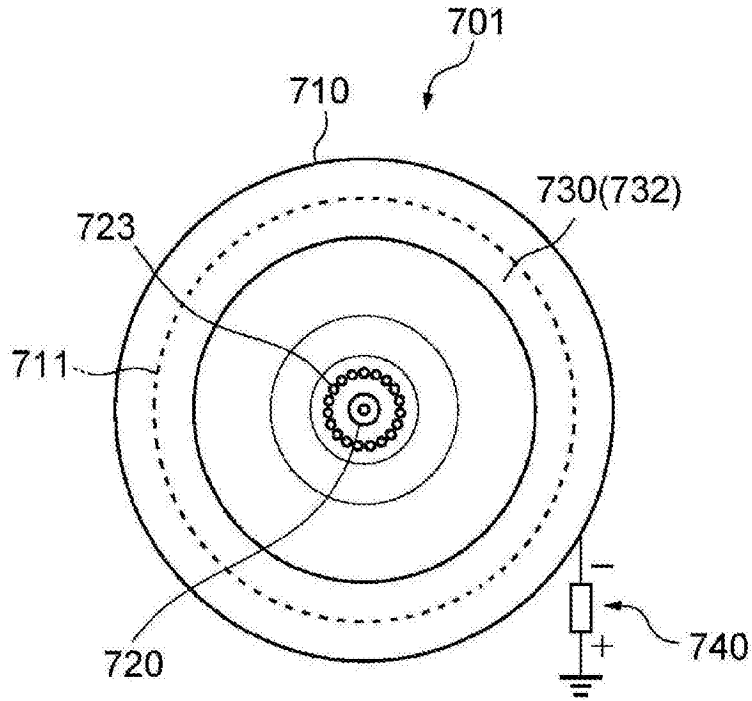


图13

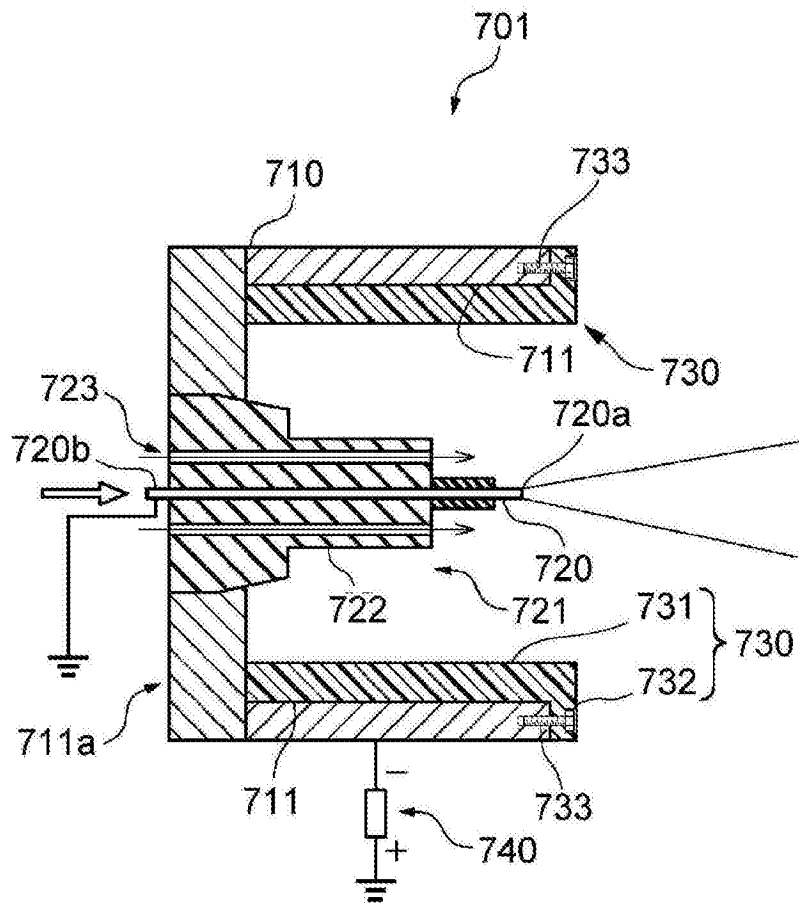


图14

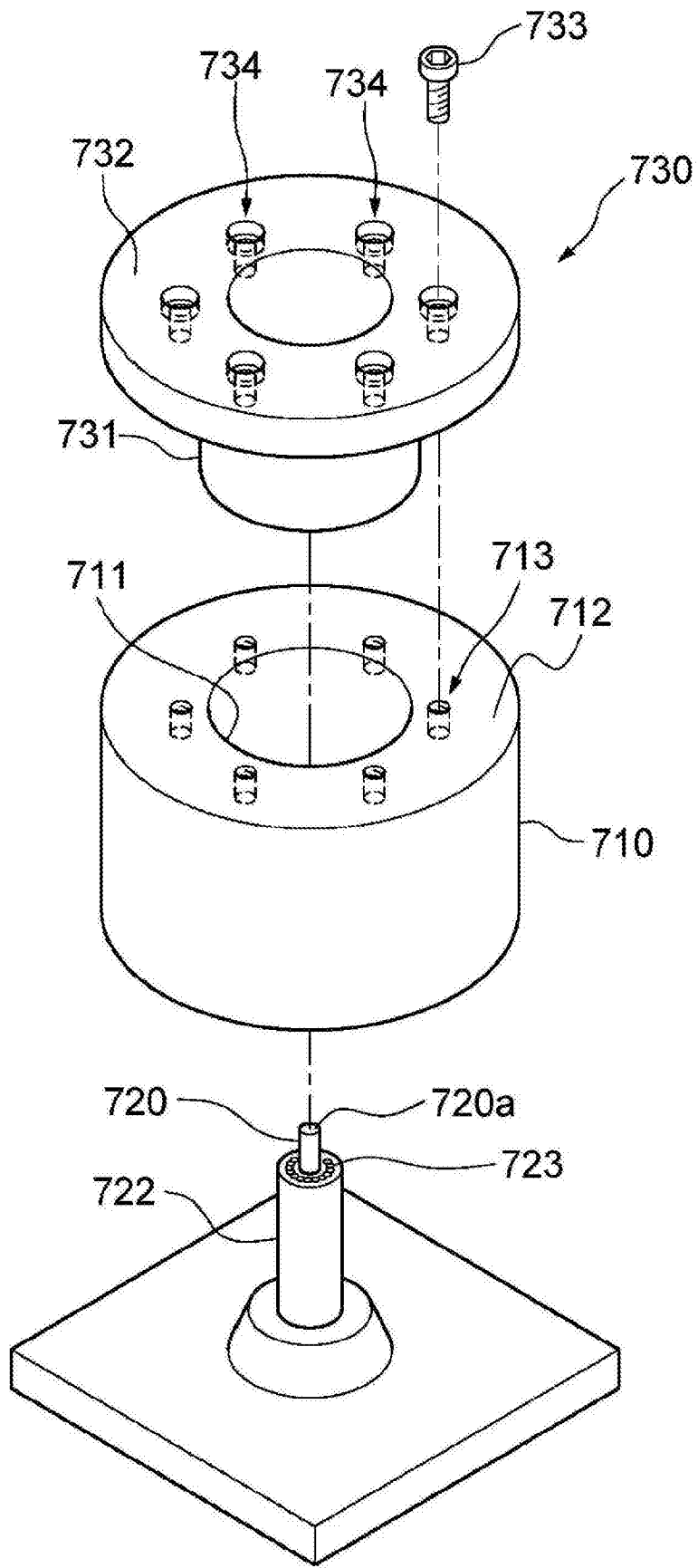


图15

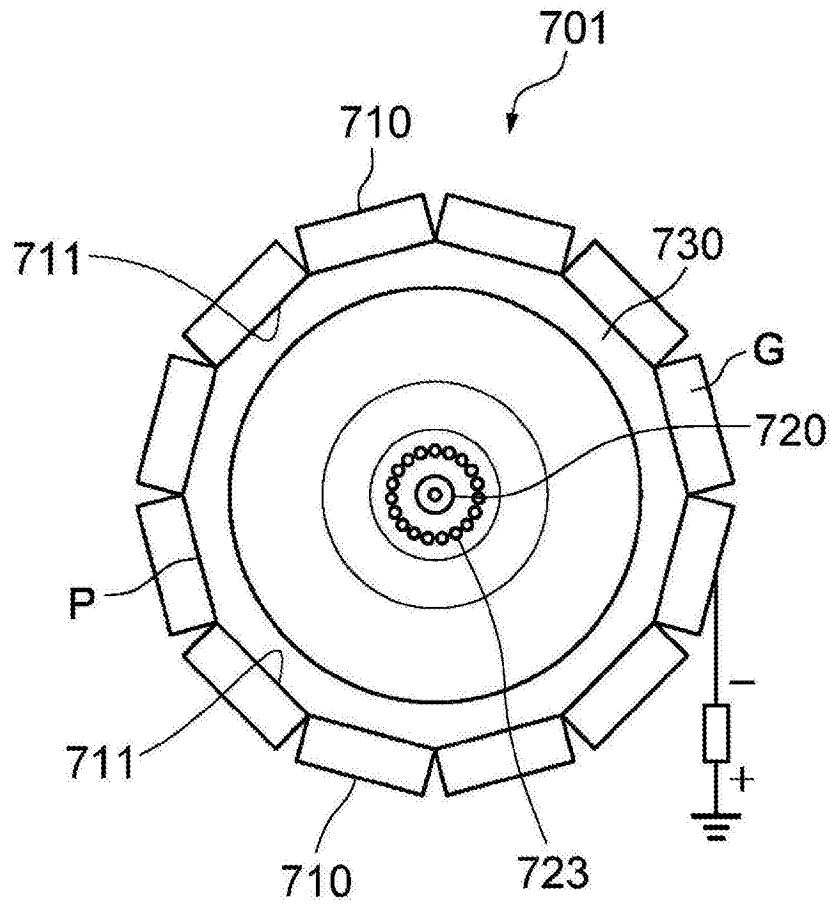


图16

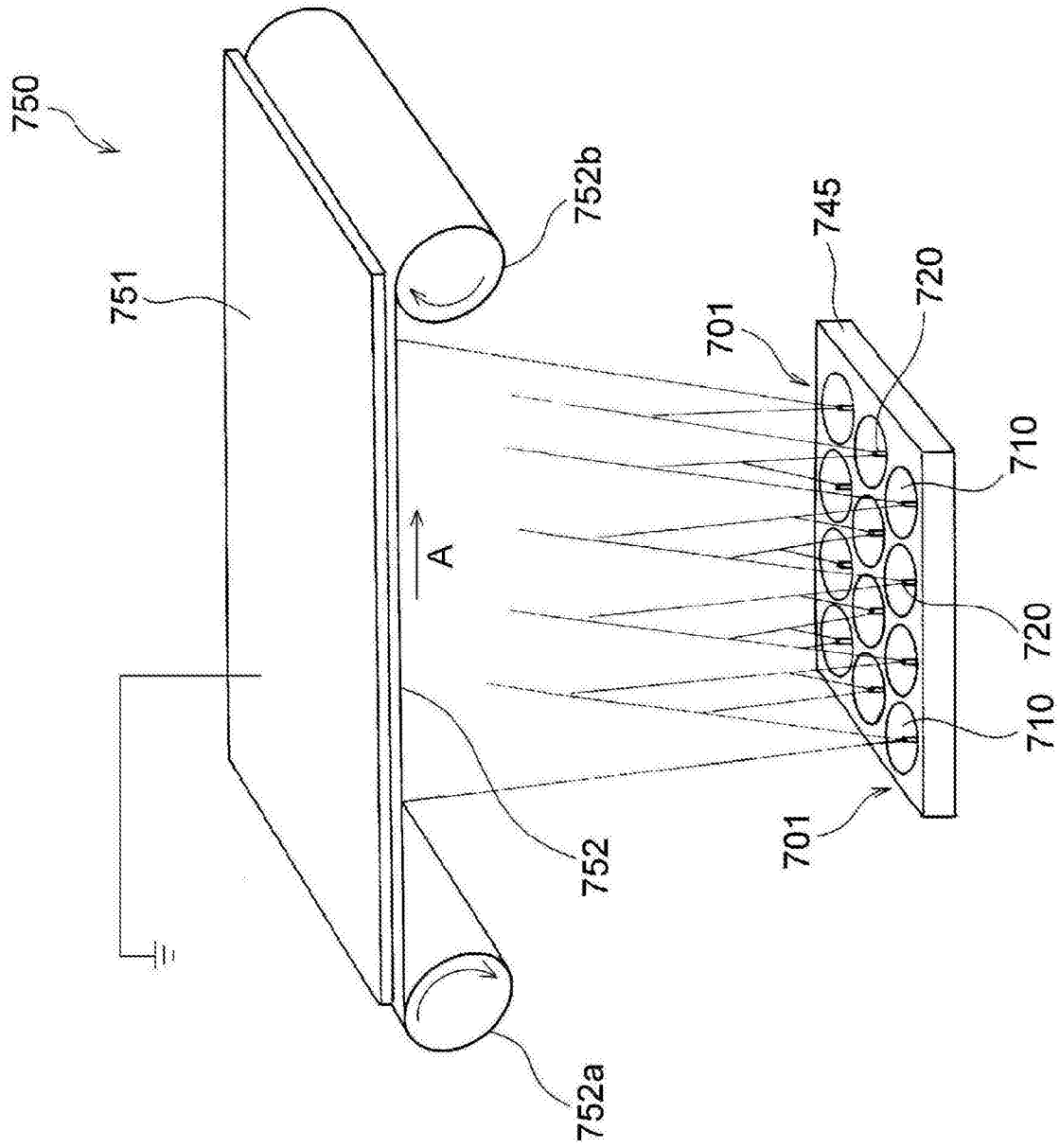


图17

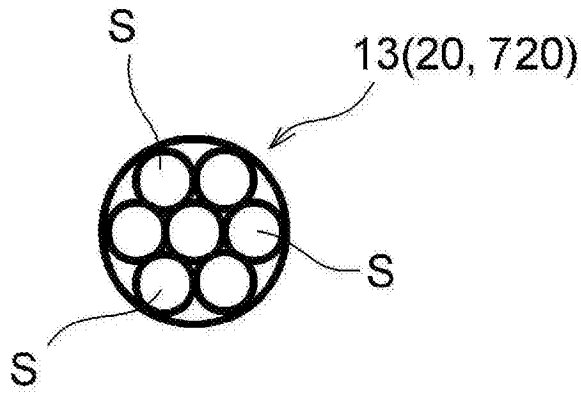


图18

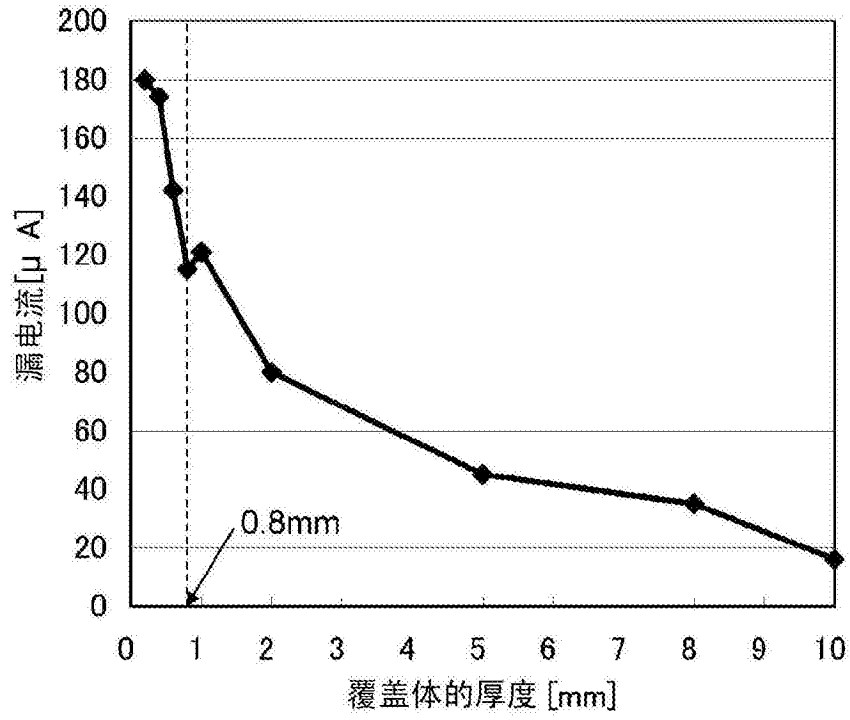


图19

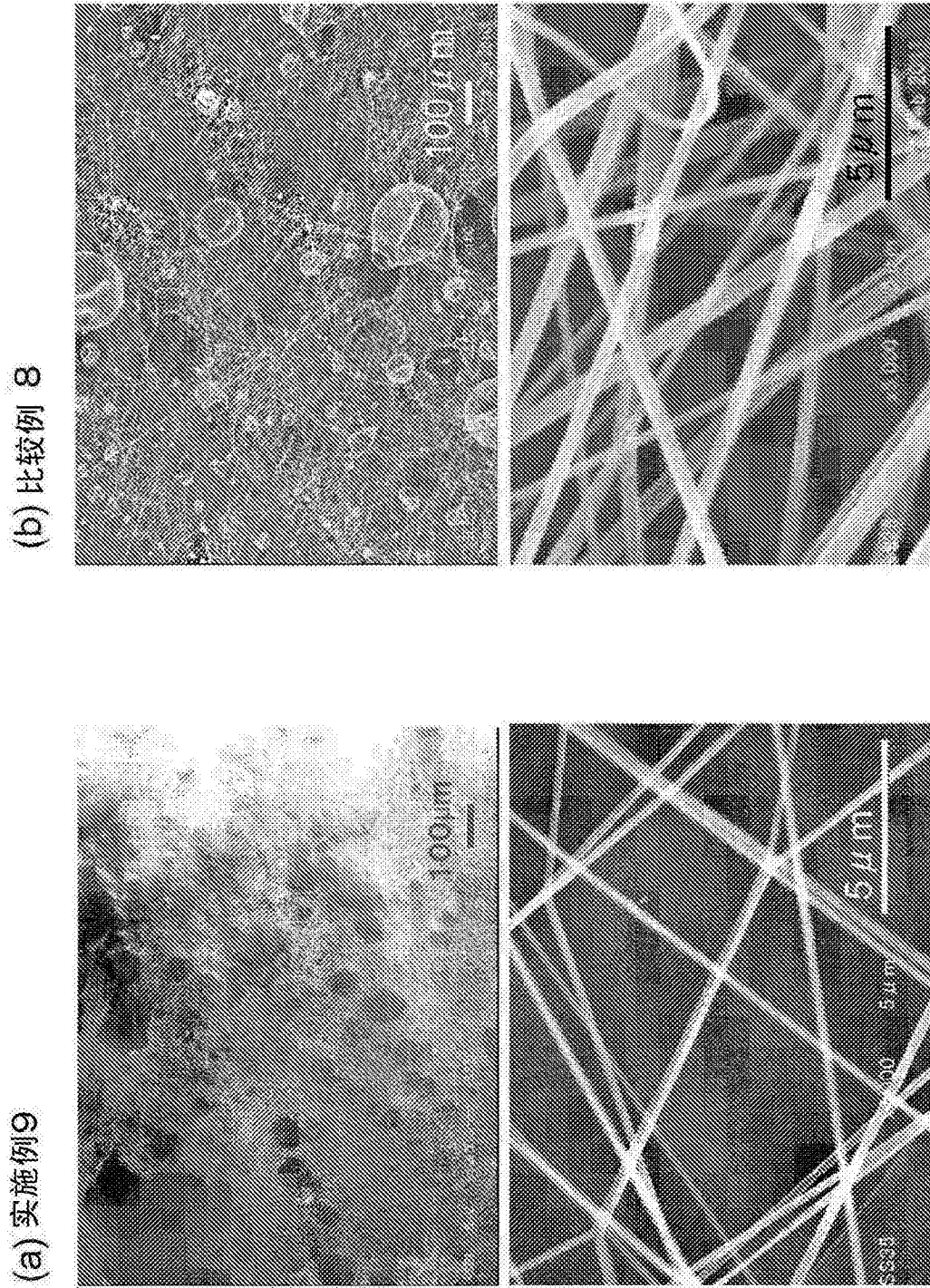


图21

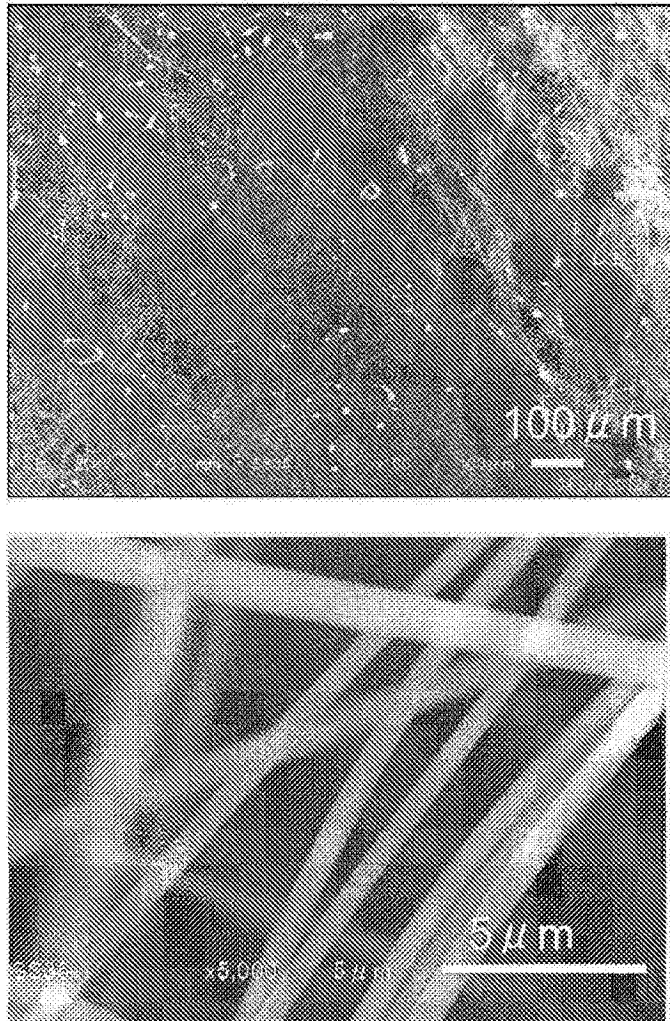


图22

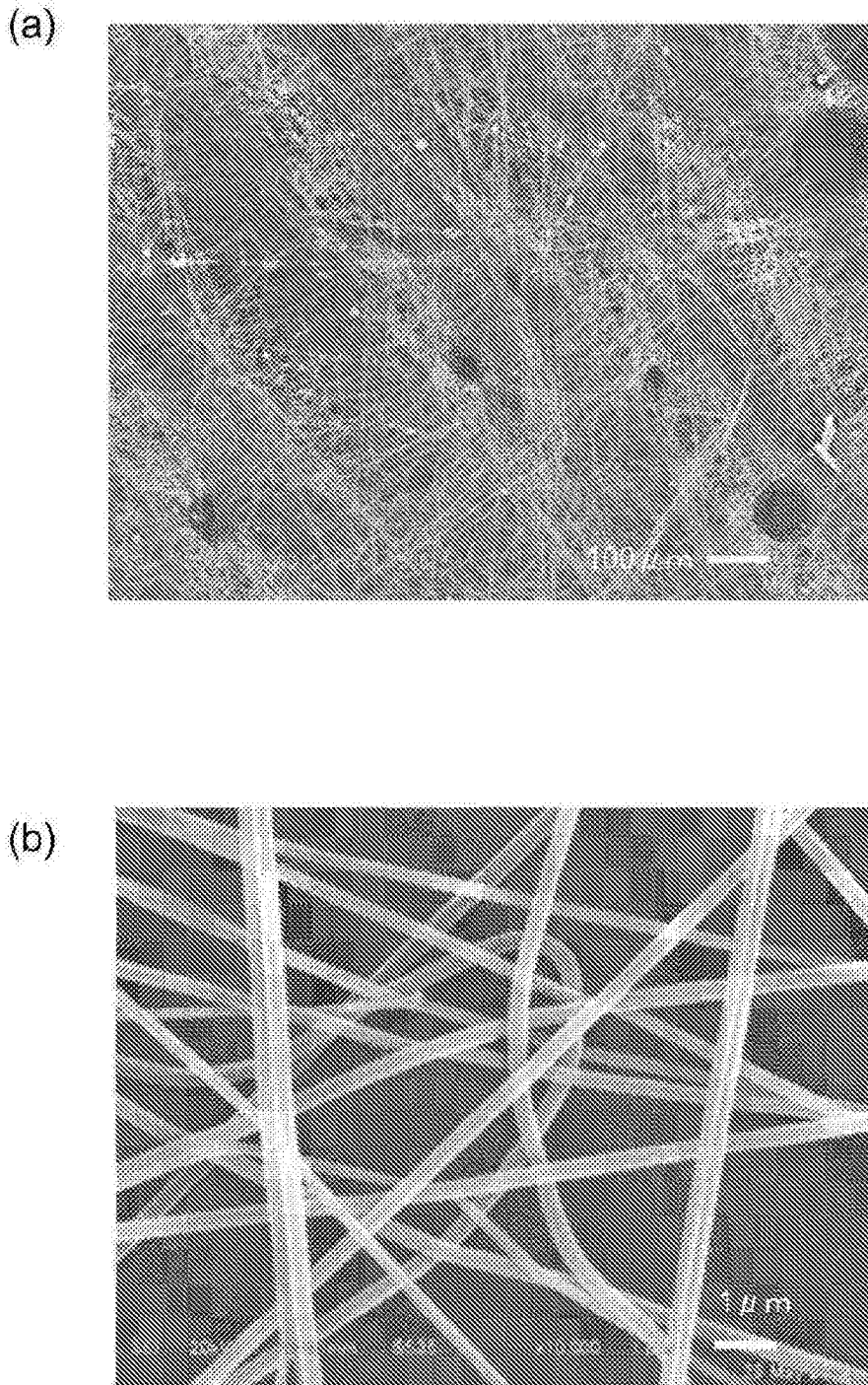
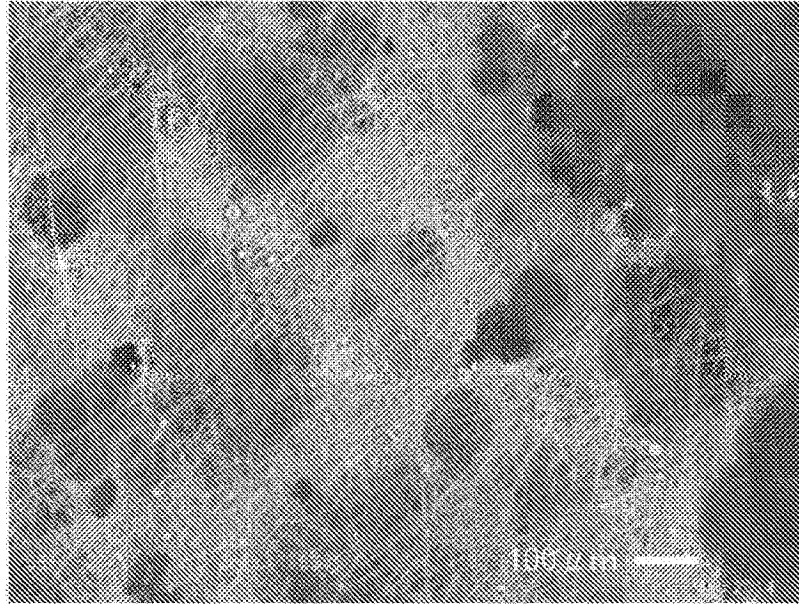


图23

(a)



(b)

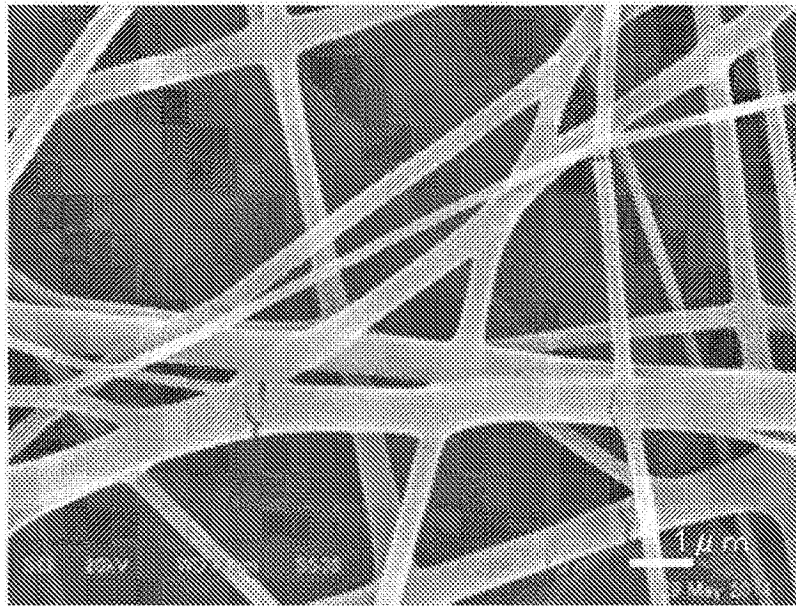


图24