

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102206878 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 05

(21) 申请号 201110137806. 1

(22) 申请日 2011. 05. 24

(71) 申请人 厦门大学

地址 361005 福建省厦门市思明南路 422 号

(72) 发明人 吴德志 孙道恒 詹瞻 胡兴旺

郑高峰

(74) 专利代理机构 厦门南强之路专利事务所

35200

代理人 马应森 刘勇

(51) Int. Cl.

D01D 5/00(2006. 01)

D01D 5/247(2006. 01)

D01D 13/00(2006. 01)

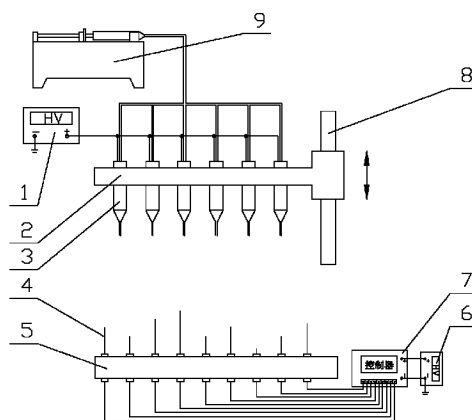
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种电纺纳米纤维三维可控结构装置

(57) 摘要

一种电纺纳米纤维三维可控结构装置, 涉及一种纳米纤维电纺装置。设有直流高压电源、流量控制器、纺丝喷头阵列、喷头阵列支撑板、导轨、探针阵列、探针阵列基板、控制器和辅助直流高压电源; 直流高压电源正极与纺丝喷头阵列电相连, 直流高压电源负极与辅助直流高压电源负极电连接并接地, 流量控制器通过输流管与纺丝喷头阵列的各喷头连通, 纺丝喷头阵列设于喷头阵列支撑板上, 喷头阵列支撑板与导轨活动配合, 探针阵列设于探针阵列基板上, 探针阵列位于纺丝喷头阵列下方, 控制器控制信号输出端分别与探针阵列的各探针电连接, 辅助直流高压电源输出端接控制器电源输入端。无需模具, 生产效率高, 可自由调节纳米纤维外部形状及内部孔隙率和孔径。



1. 一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于设有直流高压电源、流量控制器、纺丝喷头阵列、喷头阵列支撑板、导轨、探针阵列、探针阵列基板、控制器和辅助直流高压电源;

直流高压电源正极与纺丝喷头阵列电相连,直流高压电源负极与辅助直流高压电源负极电连接并接地,流量控制器通过输流管与纺丝喷头阵列的各喷头连通,纺丝喷头阵列设于喷头阵列支撑板上,喷头阵列支撑板与导轨活动配合,探针阵列设于探针阵列基板上,探针阵列位于纺丝喷头阵列下方,控制器控制信号输出端分别与探针阵列的各探针电连接,辅助直流高压电源输出端接控制器电源输入端。

2. 如权利要求 1 所述的一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于所述直流高压电源的电压为 30kV,辅助直流高压电源的电压为 10kV。

3. 如权利要求 1 所述的一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于所述流量控制器采用注射泵。

4. 如权利要求 1 所述的一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于所述喷头阵列支撑板与导轨活动配合,是喷头阵列支撑板与导轨滑动配合。

5. 如权利要求 1 所述的一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于所述的绝缘基板是带等间距孔的绝缘基板,所述等间距孔为探针阵列安装孔,每根探针固于探针阵列安装孔中的 1 个探针安装孔中。

6. 如权利要求 5 所述的一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于相邻探针安装孔的间距小于 3cm。

7. 如权利要求 1 所述的一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于所述探针的头部形状为棱锥形、圆锥形或半球形。

8. 如权利要求 1 所述的一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于所述纺丝喷头阵列喷嘴与绝缘基板的距离为 15 ~ 25cm。

9. 如权利要求 1 所述的一种电纺纳米纤维三维可控结构装置,其特征在于所述控制器采用单片机。

一种电纺纳米纤维三维可控结构装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种纳米纤维电纺装置,尤其是涉及一种电纺纳米纤维三维可控结构装置。

背景技术

[0002] 基于纳米纤维三维结构在复合材料、组织工程、生物支架、能源等领域应用广泛。从结构特征上看主要有大面积平滑构件(如复合材料的飞机机翼和汽车外覆盖件等)、复杂三维外形结构(如复合材料飞机起落架后撑杆和汽车零部件)以及复杂三维外形且内部具有微纳米级的孔隙率和孔径要求的结构(如骨骼或血管生物支架)等形式。内部多孔连通且具有一定孔隙率和微纳米级孔径的三维结构作为生物支架有利于细胞的迁移、分化和繁殖,同时像骨骼之类的生物支架需要外形定制。目前,三维结构生物支架的制造方法(如三维印刷、相分离、聚合物泡沫法、溶液浇铸/粒子洗出法、无纺布物/挤出工艺法和熔融挤出模型法等(Zhongzhong Chen, Dichen Li, Bingheng Lu, Yiping Tang, Minglin Sun, Songfeng Xu. Scripta Materialia 2005, 52:157-161)难以满足上述外形复杂,内部多孔且孔隙率和微纳米级孔径可控的要求。因此,探索制造纳米纤维三维结构的新方法是低成本制造纳米纤维三维结构并推进其应用的根本。

[0003] 迄今为止,制造纳米纤维的方法主要有海岛复合纺丝、模板聚合、分子喷丝板纺丝、原纤化、自组装和静电纺丝等,静电纺丝技术由于其系统简单和纯物理过程等优点得到了学术界和产业界的广泛关注,许多学者基于静电纺丝技术制造出多种材料如高分子、陶瓷纳米纤维,探索将其应用于复合材料、生物支架、微纳米器件、伤口包扎、过滤薄膜、电池等,未来极有可能成为纳米纤维的主要制备方法。而且,科研人员开发了许多纳米纤维批量制造方法,如纳米蜘蛛(Nanospider, <http://www.elmarco.com>)和多孔管批量电纺等(O. O. Dosunmu, G. G. Chase, W. Kataphinan and D. H. Reneker. Nanotechnology, 2006, 17: 1123-7.)。纳米纤维批量电纺的实现为纳米纤维三维结构的制造及其产业化奠定了良好的基础,使电纺技术成为制造纳米纤维三维结构的必然选择。传统静电纺丝的本质缺陷——鞭动不稳定性给电纺纳米纤维的操纵带来了困难,只能在收集板/网上得到杂乱无序的纤维毡或纤维膜,或多层纤维膜叠加(经过长时间沉积亦可)形成宏观上平面、微观上多孔无序三维结构,无法制备真正的三维纳米纤维结构。

[0004] 目前,国内外学者主要研究电纺纳米纤维的低维操纵以及基于一维纳米纤维和纳米纤维(膜)的传感器、生物支架、电子器件和执行器等的研究和开发,文献报道的电纺纳米纤维一、二维操纵方法主要有:(1)带绝缘狭缝的两个接地平行导电收集板(Dan Li, Yuliang Wang and Younan Xia. Adv. Mater. 2004, 16(4):361-366);(2)接地的导电圆环与圆心顶尖电极作为收集器(Jingwei Xie, Matthew R. MacEwan, Wilson Z. Ray, Wenying Liu, Daku Y. Siewe, and Younan Xia. ACS NANO 2010, 4(9):5027-5036);(3)磁场辅助静电纺丝(Dayong Yang, Bo Lu, Yong Zhao, Xingyu Jiang. Adv. Mater 2007, (19):3702-3706);(4)图案化的导电模版(Daming Zhang and Jiang Chang. Adv. Mater. 2007, (19):

3664-3667);(5) 旋转收集板与扫描针尖 (Jun Kameoka, Reid Orth, Yanou Yang, David Czaplewski, Robert Mathers, Geoffrey W Coates and H G Craighead. *Nanotechnology*, 14:1124-1129(2003));(6) 近场静电纺丝 (Daoheng Sun, Chieh Chang, Sha Li, and Liwei Lin. *Near-field electrospinning. Nano Lett.* 2006, 6(4):839-842)。它们都可沉积取向排列的纳米纤维,方法(1)~(4)主要用于制造纤维薄膜,而方法(5)和(6)适用于直写基于单根纳米纤维的传感器敏感单元和电子线路等,不适用于制造三维结构。当然,其他方法如导电圆环、尖角边缘旋转导电铝圆盘收集器、旋转滚筒收集器、双收集环和水涡流等也可取向排列纳米纤维,但它们主要用于制造纱线(yarn),无法得到复杂外形的三维结构。

[0005] 纳米纤维三维结构的制备方法较少,主要有(1)采用平面收集板/网收集纳米纤维形成三维结构 (Yuan Ji, Kaustabh Ghosh, Xiao Zheng Shu, et al. *Biomaterials* 27(2006)3782-3792),该方法无法直接得到三维纳米纤维结构;(2)通过快速原型和静电纺丝相结合技术构建三维软骨组织生物支架结构,其中快速原型的大直径纤维三维结构用于构建高强度框架 (Lorenzo Moroni, Roka Schotel, Doreen Hamann, Joost R. de Wijn, and Clemens A. van Blitterswijk *Adv. Funct. Mater.* 2008, 18, 53-60),可制造复杂外形结构,但该技术效率很低,无法应用于结构件的批量制造和大面积自由曲面的制造;(3)旋转喷射纺丝法在圆形收集器上可以制备取向良好的圆环型三维纳米纤维生物支架,三维结构只能为圆环体,不易扩展 (Mohammad Reza Badrossamay, Holly Alice McIlwee, Josue A. Goss, Kevin Kit Parker. *Nano Lett.* 2010, 10, 2257-2261)。我国科研人员采用简单的管状电极结构作为模具,可制得空心管状的三维纳米纤维结构,但制备的空心管三维结构比较简单、固定,可实现面积较小 (Daming Zhang and Jiang Chang, *Nano Lett.*, 2008, 8, 3283-3287)。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于静电纺丝技术,无需模具,生产效率高,可自由调节纳米纤维外部形状及内部孔隙率和孔径的电纺纳米纤维三维可控结构装置。

[0007] 本发明设有直流高压电源、流量控制器、纺丝喷头阵列、喷头阵列支撑板、导轨、探针阵列、探针阵列基板、控制器和辅助直流高压电源;

[0008] 直流高压电源正极与纺丝喷头阵列电相连,直流高压电源负极与辅助直流高压电源负极电连接并接地,流量控制器通过输流管与纺丝喷头阵列的各喷头连通,纺丝喷头阵列设于喷头阵列支撑板上,喷头阵列支撑板与导轨活动配合,探针阵列设于探针阵列基板上,探针阵列位于纺丝喷头阵列下方,控制器控制信号输出端分别与探针阵列的各探针电连接,辅助直流高压电源输出端接控制器电源输入端。

[0009] 所述直流高压电源的电压最好为 30kV,辅助直流高压电源的电压最好为 10kV。

[0010] 所述流量控制器最好采用精密注射泵。精密注射泵可直接市购。

[0011] 所述喷头阵列支撑板与导轨活动配合,最好是喷头阵列支撑板与导轨滑动配合。

[0012] 所述的探针阵列基板最好是带等间距孔的绝缘基板,所述等间距孔为探针阵列安装孔,每根探针固于每根探针固于探针阵列安装孔中的 1 个探针安装孔中。探针与探针安装孔的固定方式可为螺接、过渡配合并经螺母锁紧等方式。带等间距孔的绝缘基板中的相邻探针安装孔的间距最好小于 3cm。

[0013] 所述探针的头部形状可为棱锥形、圆锥形或半球形等形状。

[0014] 所述纺丝喷头阵列喷嘴与绝缘基板的距离最好为 15 ~ 25cm。

[0015] 所述控制器最好采用单片机,单片机可直接市购。

[0016] 本发明的工作原理如下:

[0017] 通过流量控制器为纺丝喷头阵列提供一定流量的溶液,在直流高压静电场作用下经过鞭动和溶剂挥发形成纳米纤维。由于探针针尖的尖端效应,在探针针尖周围形成强电场,通过调整探针阵列的探针高度、相邻探针的间距以及控制器控制各探针与辅助直流高压电源的导通状态,就可以控制纳米纤维的沉积行为,引导纳米纤维按预定的空间曲面沉积,从而获得外形轮廓、孔隙率和孔径可控的纳米纤维三维结构。

[0018] 与现有技术比较,本发明具有以下突出优点:

[0019] 无需模具,可自由调节形状,通过改变探针的辅助电压和各探针高度等参数即可制备所需外形、内部孔隙率和孔径的纳米纤维三维结构。

附图说明

[0020] 图 1 为本发明实施例的构造示意图。

[0021] 图 2 为本发明实施例中的精密注射泵、纺丝喷头阵列、喷头阵列支撑板、导轨、探针阵列和探针阵列基板的结构示意图。

具体实施方式

[0022] 参见图 1 和 2,本发明实施例设有直流高压电源 1、喷头阵列支撑板 2、纺丝喷头阵列 3、探针阵列 4、带等间距孔的聚四氟乙烯绝缘基板 5、控制器 6(采用单片机)、辅助直流高压电源 7、导轨 8 和精密注射泵 9。

[0023] 直流高压电源 1(30kV)的正极与纺丝喷头阵列 3 电连接,直流高压电源 1 的负极与辅助直流高压电源 7(10kV)的负极相连并接地。精密注射泵 9 通过塑料软管(输流管)与纺丝喷头阵列 3 连通,为纺丝喷头阵列 3 提供流量为 0.3 ~ 20L/h 的溶液。纺丝喷头阵列 3 喷嘴与聚四氟乙烯绝缘基板 5 的距离为 15 ~ 25cm。控制器 6 的控制信号输出端分别与探针阵列 4 的各探针电连接,控制器 6 可控制探针阵列 4 中各探针与辅助直流高压电源 7 的导通状态时序。聚四氟乙烯绝缘基板 5 设有安装探针阵列 4 的探针阵列安装孔,根据纳米纤维三维结构的轮廓外形曲率和内部孔隙率要求,可将探针阵列 4 的各探针间距(各探针可固于不同的探针安装孔内,这样就可改变相邻探针的间距)和高度差(各探针高度可调整)进行调节,然后只要控制各探针与辅助直流高压电源 7 的导通状态,就可制得轮廓外形、内部孔隙率和孔径可控达标的纳米纤维三维结构。如本实施例可制得纳米纤维直径小于 300nm 的薄膜式电纺纳米纤维三维结构。

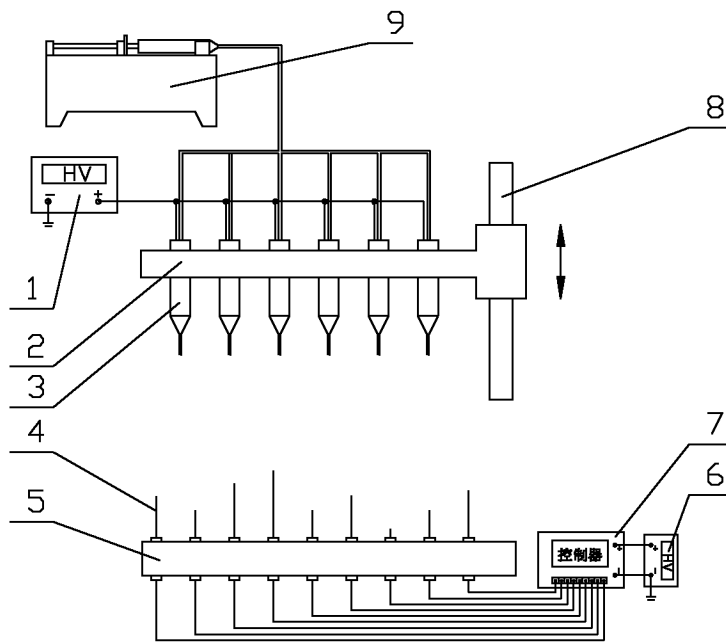


图 1

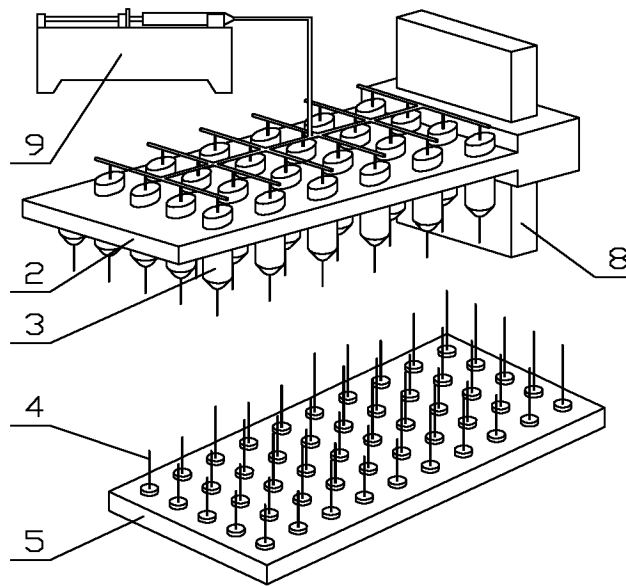


图 2