



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113684548 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 23

(21) 申请号 202111057283.X

(22) 申请日 2021.09.09

(71) 申请人 东华大学

地址 201620 上海市松江区松江新城人民
北路2999号

(72) 发明人 覃小红 熊健 王黎明 俞建勇

(74) 专利代理机构 上海泰能知识产权代理事务
所(普通合伙) 31233

代理人 黄志达

(51) Int. Cl.

D01D 5/00 (2006.01)

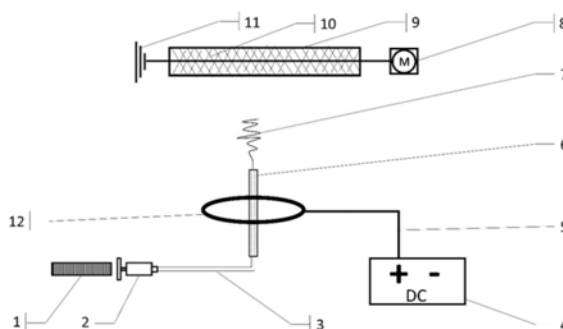
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种变电场纳米纤维纺丝装置

(57) 摘要

本发明涉及一种变电场纳米纤维纺丝装置,包括电场梯度调控装置、高压发生器、高聚物纺丝液供液装置和纳米纤维收集装置。本发明采用的电场梯度调控装置改变了传统静电纺丝技术的电场力空间分布,可以为初始射流拉伸段提供单调递增的电场拉伸力,因而可获得直径显著小于100纳米的超细纳米纤维,同时有效提升纤维内部大分子链取向度,这对提高纳米纤维的尺寸效应和应用能力具有重要意义。



1. 一种纺丝装置,其特征在于,所述装置包括纺丝液供液装置、纳米纤维收集装置、高压发生器、纺丝喷头、金属圆环;所述纺丝液供液装置与纺丝喷头连接,纳米纤维收集装置设于纺丝喷头上;其中所述纺丝喷头外设有金属圆环,并且所述金属圆环的圆心与所述纺丝喷头同心。

2. 根据权利要求1所述装置,其特征在于,所述纺丝液供液装置包括推进泵、注射器和导液管,其中导液管一端同注射器连接,另一端同纺丝喷头的底部连接。

3. 根据权利要求1所述装置,其特征在于,所述纳米纤维收集装置为金属平板、金属滚筒或导电传送带。

4. 根据权利要求1所述装置,其特征在于,所述纳米纤维收集装置接地。

5. 根据权利要求1所述装置,其特征在于,所述纳米纤维收集装置与纺丝喷头的距离为5~30cm。

6. 根据权利要求1所述装置,其特征在于,所述纺丝喷头为金属中空针头;所述金属圆环的半径R的范围为1~30cm。

7. 根据权利要求1所述装置,其特征在于,所述纺丝喷头顶与金属圆环的距离为L,L由变电场梯度的物理关系确定,物理关系为 $0 \ll L < \frac{R}{\sqrt{2}}$, 其中R为金属圆环的半径。

8. 根据权利要求1所述装置,其特征在于,所述金属圆环通过导线与高压发生器的正极相连;所述高压发生器电压调节范围为0~60KV。

9. 根据权利要求1所述装置,其特征在于,所述纺丝喷头通过绝缘支架支撑,并通过支架可调节纺丝喷头顶和金属圆环的距离L。

10. 一种超细纳米纤维,其特征在于,所述超细纳米纤维通过采用权利要求1所述装置进行纺丝获得。

一种变电场纳米纤维纺丝装置

技术领域

[0001] 本发明属于纺丝装置领域,特别涉及一种变电场纳米纤维纺丝装置。

背景技术

[0002] 在纤维集合体材料与工程发展中,实现纤维的超细化一直是一个重要的研究方向。人类头发的直径约为 $70\mu\text{m}$,纺织材料常用的棉纤维直径约为 $12\mu\text{m}$,传统纺织的天然纤维中典型较细的有蚕丝,直径在 $4\mu\text{m}$ 左右,超细化纤维技术生产的纤维直径可达 $0.4\sim 4\mu\text{m}$ 。通过技术革新制备得到 $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 的亚微米纤维和更细的 $1\sim 100\text{nm}$ 的纳米纤维成为纺织工业和相关产业聚焦的重要课题。

[0003] 随着纳米科技的研究深入,快速获得直径分布从几百纳米到几个微米纤维的静电纺丝技术在近20年来快速发展。其所制备的纳米尺度纤维具有较大的比表面积,丰富的孔道结构,灵活的表面功能化特性和优越的界面、表面效应。静电纺丝技术因而被广泛应用于能源、环境、生物科学、医学工程、军事及国家安全等领域。

[0004] 现有的静电纺丝装置主要包括传统单针式静电纺丝装置和新型无针式静电纺丝装置。传统单针式静电纺丝装置主要由高压电源供应系统、毛细管供液系统和纤维收集极板组成。高压电源的正负极分别施加在毛细管喷头和收集装置端,形成高压电场。毛细管供液系统一般为金属中空针头,纺丝液经过注射泵推挤在针头尖端挤出。高压电场将纺丝液拉伸形成泰勒锥。随着电荷的进一步集聚,射流从泰勒锥顶部射出,经过电场力牵伸细化和溶剂挥发最终产生纳米纤维。由此过程可以获得直径范围为 $100\text{nm}\sim 3\mu\text{m}$ 的亚微米纤维。

[0005] 纤维细化,特别是当纤维细度从亚微米尺度($100\sim 1000\text{nm}$)降低到真纳米尺度($<100\text{nm}$)时,纤维特性如比表面积、孔结构、弯曲刚度、强度、剪切模量、表面黏附力、润湿行为、将发生显著变化。随着一维纳米材料研究和应用的不断深入,传统单针式静电纺丝已无法满足超细纳米纤维材料($<100\text{nm}$)的制备需求。

[0006] 发展一种突破现有静电纺丝纤维细化极限的纳米纤维生产装置无论在学术研究领域还是在生产应用领域都极为重要。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是提供一种变电场纳米纤维纺丝装置,解决目前静电纺丝技术无法生产真纳米尺寸($<100\text{nm}$)的超细纳米纤维的难题。

[0008] 本发明采用的电场梯度调控装置改变了传统静电纺丝技术的电场力空间分布,可以为初始射流拉伸段提供单调递增的电场拉伸力,因而可获得直径显著小于 100nm 的超细纳米纤维,同时有效提升纤维内部大分子链取向度,这对提高纳米纤维的尺寸效应和应用能力具有重要意义。

[0009] 本发明的一种纺丝装置,所述装置包括纺丝液供液装置、纳米纤维收集装置、高压发生器、纺丝喷头、金属圆环;所述纺丝液供液装置与纺丝喷头连接,纳米纤维收集装置设于纺丝喷头正上方;其中所述纺丝喷头外设有金属圆环,并且所述金属圆环的圆心与所述

纺丝喷头同心。

[0010] 所述纺丝喷头和金属圆环组成了电场梯度调控装置。

[0011] 所述纺丝液供液装置包括推进泵、注射器和导液管,其中导液管一端同注射器连接,另一端同纺丝喷头的底部连接。

[0012] 所述高聚物纺丝液供液装置的供液速度为0~15mL/h。

[0013] 所述纺丝喷头顶部位位于金属圆环和纳米纤维收集装置之间。

[0014] 所述纳米纤维收集装置为金属平板、金属滚筒或导电传送带,其中金属滚筒由电机驱动旋转。

[0015] 所述纳米纤维收集装置接地。

[0016] 所述纳米纤维收集装置与纺丝喷头的距离为5~30cm。

[0017] 所述纺丝喷头为金属中空针头;进一步地,所述纺丝喷头为规格15~25G的金属中空针头。

[0018] 所金属圆环的半径R的范围为1~30cm。

[0019] 所述纺丝喷头顶部位与金属圆环的距离为L,L由变电场梯度的物理关系确定,物理关系为 $0 \ll L < \frac{R}{\sqrt{2}}$, 其中R为金属圆环的半径。

[0020] 所述金属圆环通过导线与高压发生器的正极相连;所述高压发生器电压调节范围为0~60KV。

[0021] 进一步地,所述金属圆环通过外部可靠绝缘的导线与高压纺丝电源正极相连。

[0022] 所述纺丝喷头通过绝缘支架支撑,并通过支架可调节纺丝喷头顶部位和金属圆环的距离L。

[0023] 本发明的一种超细纳米纤维,所述超细纳米纤维通过采用所述装置进行纺丝获得。

[0024] 所述超细纳米纤维为不大于100nm的纤维。

[0025] 进一步地,采用所述装置进行纺丝具体如下:

[0026] (1) 调节纳米纤维收集装置与纺丝喷头的距离;

[0027] (2) 选择半径为R的金属圆环;

[0028] (3) 调节纺丝喷头顶部位与金属圆环的距离L;

[0029] (4) 打开高聚物纺丝液供液装置并设置供液速度;

[0030] (5) 打开高压发生器电源,调节纺丝电压;

[0031] (6) 一根超细射流从纺丝喷头顶部位激发,经历拉伸细化和溶剂挥发固化形成超细纳米纤维;

[0032] (7) 纳米纤维收集装置接收形成的超细纳米纤维。

[0033] 有益效果

[0034] 本发明提供一种新的梯度电场分布,改变静电纺丝技术固有的沿收集装置方向的单调递减电场强度分布。这种新的梯度电场分布具有电场强度先单调递增而后单调递减的特征。这有利于在射流运动起点对其进行充分拉伸细化,从而实现纤维直径显著低于100nm,进一步地低于50nm的超细纳米纤维的制备。同时有效提升纤维内部大分子链取向度,显著增强纳米纤维的强度和电学性能。

附图说明

- [0035] 图1为一种变电场梯度超细纳米纤维制备装置纺丝示意图；
[0036] 图2为电场梯度调控装置立体示意图；
[0037] 图3为电场梯度调控装置前视图；
[0038] 图4为电场梯度调控装置俯视图。

具体实施方式

[0039] 下面结合具体实施例，进一步阐述本发明。应理解，这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围。此外应理解，在阅读了本发明讲授的内容之后，本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改，这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0040] 实施例1

[0041] 变电场梯度纳米纤维纺丝装置，所述装置包括纺丝液供液装置、纳米纤维收集装置、高压发生器4、纺丝喷头6、金属圆环12；所述纺丝液供液装置与纺丝喷头6连接，纳米纤维收集装置设于纺丝喷头6上方；其中所述纺丝喷头6外设有金属圆环12，并且所述金属圆环12的圆心与所述纺丝喷头6同心。所述纺丝喷头6和金属圆环12组成了电场梯度调控装置，其中纺丝喷头为金属中空针头，金属圆环通过外部可靠绝缘的导线与高压发生器的正极相连。

[0042] 所述纺丝液供液装置包括推进泵1、注射器2和导液管3，其中导液管3一端同注射器2连接，另一端同纺丝喷头6的底部连接。所述纺丝喷头6顶部位于金属圆环12和纳米纤维收集装置之间。

[0043] 所述纺丝喷头顶部与金属圆环的距离为L，L由变电场梯度的物理关系确定，物理关系为 $0 \ll L < \frac{R}{\sqrt{2}}$ ，其中R为金属圆环的半径。所述纺丝喷头通过绝缘支架支撑，并通

过支架可调节纺丝喷头顶部和金属圆环的距离L。

[0044] 实施例2

[0045] 利用变电场梯度超细纳米纤维制备装置生产聚丙烯腈超细纳米纤维，将分子量86000的聚丙烯腈粉末溶解于N,N-二甲基甲酰胺中配制质量分数为8%的纺丝溶液。调节纳米纤维收集装置与纺丝喷头6的距离为15cm；选择半径为5cm的金属圆环12；调节纺丝喷头6顶部与金属圆环12距离为0.5cm；打开高聚物纺丝液供液装置并设置供液速度为1mL/min；打开高压发生器4电源，调节纺丝电压为12kV；一根超细射流7从纺丝喷头6顶部激发，经历拉伸细化和溶剂挥发固化形成超细纳米纤维10；纳米纤维收集装置接收形成的超细纳米纤维10。由此制得均匀的超细纳米纤维，纤维平均直径为58nm。使用传统单针式静电纺丝装置在相同纺丝距离和纺丝电压条件下电纺相同的纺丝液获得的纳米纤维平均直径为135nm。

[0046] 实施例3

[0047] 利用变电场梯度超细纳米纤维制备装置生产聚乙烯醇超细纳米纤维，将型号为1799的聚乙烯醇粉末溶解于80℃水中配制质量分数为7%的纺丝溶液。调节纳米纤维收集装置与纺丝喷头6的距离为18cm；选择半径为6cm的金属圆环12；调节纺丝喷头6顶部与金属圆环12距离为1cm；打开高聚物纺丝液供液装置并设置供液速度为0.8mL/min；打开高压发

生器4电源,调节纺丝电压为10kV;一根超细射流7从纺丝喷头6顶部激发,经历拉伸细化和溶剂挥发固化形成超细纳米纤维10;纳米纤维收集装置接收形成的超细纳米纤维10。由此制得均匀的超细纳米纤维,纤维平均直径为46nm。使用传统单针式静电纺丝装置在相同纺丝距离和纺丝电压条件下电纺相同的纺丝液获得的纳米纤维平均直径为111nm。

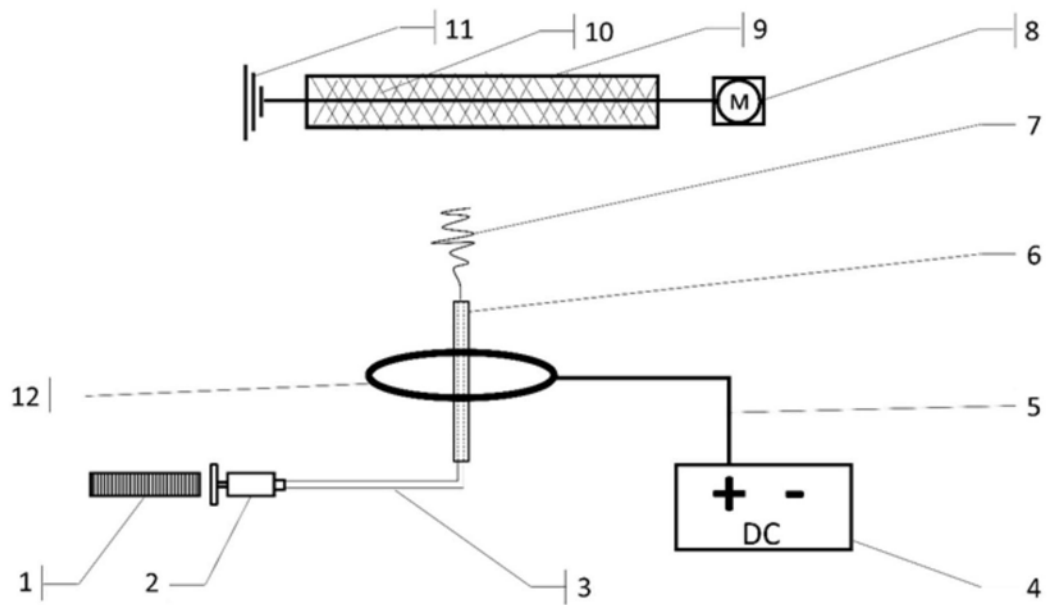


图1

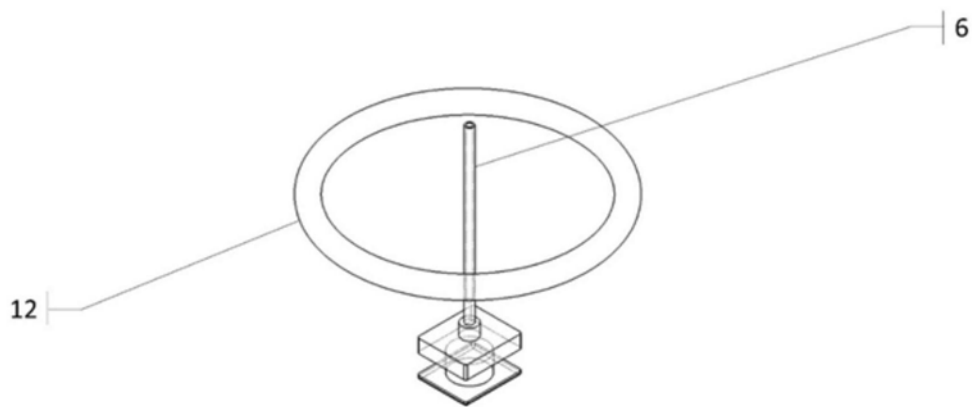


图2

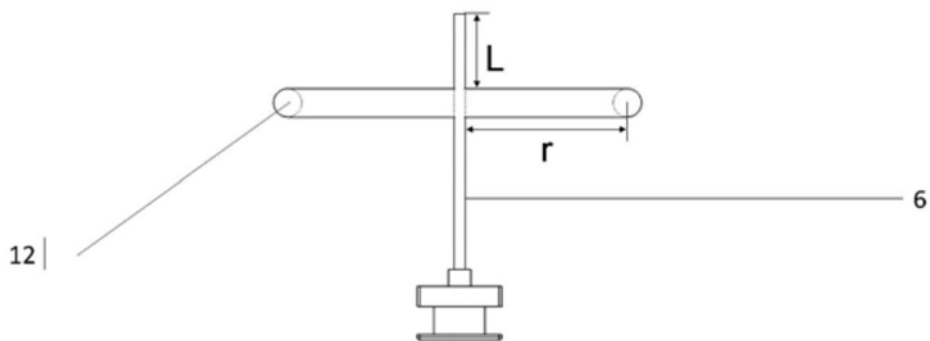


图3

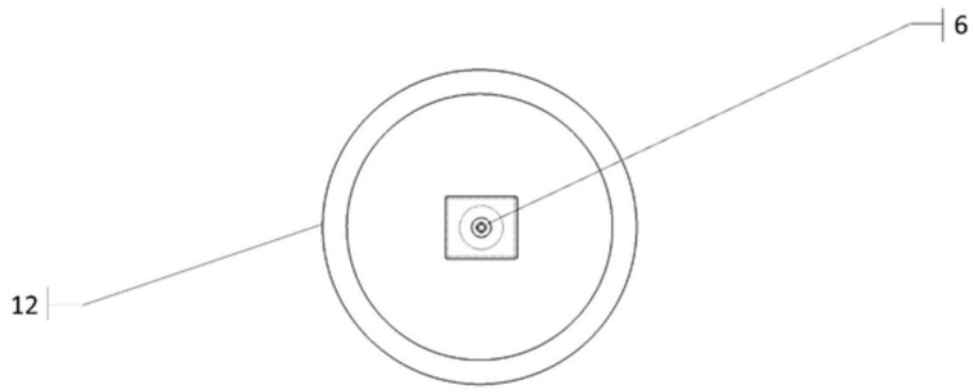


图4