(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102953171 A
(43)申请公布日 2013.03.06

(21)申请号 201110252769.9

(22)申请日 2011.08.30

(71)申请人 苏州捷迪纳米科技有限公司
地址 215123 江苏省苏州市苏州工业园区独墅湖高教区若水路 398 号

(72)发明人 李清文 沈晓飞 赵静娜 张骁骅

(74)专利代理机构 苏州威世朋知识产权代理事务所（普通合伙）32235
代理人 杨林洁 陆敏勇

(51)Int.Cl.
D01H 1/11(2006.01)
D01H 1/24(2006.01)
D01H 13/00(2006.01)

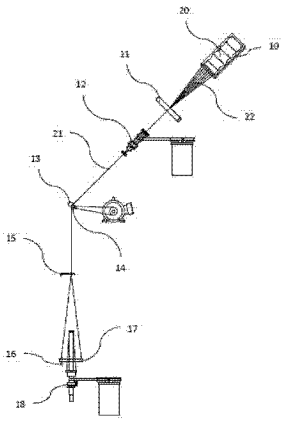
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54)发明名称

碳纳米管纺纱机及采用该碳纳米管纺纱机制备碳纳米管纱线的方法

(57)摘要

一种碳纳米管纺纱机，用于将从碳纳米管阵列拉出的碳纳米管薄膜纺制成碳纳米管纱线，该纺纱机包括用于放置碳纳米管阵列的收容装置、对薄膜进行浸润使其收缩的浸润装置、对碳纳米管薄膜假捻的假捻装置、将碳纳米管薄膜从碳纳米管阵列中拉出的牵伸系统、加捻收集系统、以及集成碳纳米管纺纱机动力系统的机架。本发明的碳纳米管纺纱机中利用假捻装置的假捻原理，对通过其的碳纳米管薄膜进行假捻，可以制得力学性能更好，并且长度较长的碳纳米管纱线，同时可以实现大批量的工业生产。



CN 102953171 A

1. 一种碳纳米管纺纱机，其特征在于，该纺纱机包括：

收容装置，用于收容碳纳米管阵列；

牵伸系统，用于从所述收容装置中的碳纳米管阵列中拉出碳纳米管薄膜；

假捻装置，设置在所述收容装置和牵伸系统之间，用于对碳纳米管薄膜假捻，以使位于收容装置与假捻器之间的碳纳米管薄膜聚集成束并具有一定的捻度，且在经过假捻装置后捻度消失以形成碳纳米管纱线；

加捻收集系统，用于缠绕所述碳纳米管纱线。

2. 根据权利要求 1 所述的碳纳米管纺纱机，其特征在于：所述假捻装置包括假捻器、配合驱动假捻器的轴承以及为所述假捻器和轴承提供安装基座的安装座。

3. 根据权利要求 1 所述的碳纳米管纺纱机，其特征在于：所述牵伸系统包括成对设置的输出罗拉及输出压辊。

4. 根据权利要求 1 所述的碳纳米管纺纱机，其特征在于：所述加捻收集系统包括钢领、钢丝钩及纺纱锭子。

5. 根据权利要求 1 所述的碳纳米管纺纱机，其特征在于：所述碳纳米管纺纱机包括设置在收容装置和假捻装置间的导纱辊，所述导纱辊上设置有浸润装置。

6. 根据权利要求 1 所述的碳纳米管纺纱机，其特征在于：所述加捻收集系统还用于对碳纳米管纱线加捻。

7. 根据权利要求 1 所述的碳纳米管纺纱机，其特征在于：所述碳纳米管薄膜经过假捻装置假捻后形成的碳纳米管纱线的强力大于牵伸系统从碳纳米管阵列中拉出碳纳米管薄膜所需的力。

8. 一种应用权利要求 1 至 7 之任意一项所述的碳纳米管纺纱机制备碳纳米管纱线的方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

a. 将从碳纳米管阵列中拉出的碳纳米管薄膜通过假捻装置加捻，使其聚集成束并具有一定的捻度；

b. 将聚集成束的碳纳米管薄膜与普通纱线相连，并将纱线穿过所述假捻装置、牵伸系统，并固定至所述加捻收集系统上；

c. 开启所述碳纳米管纺纱机，在牵伸系统拉伸下，对通过假捻装置的碳纳米管薄膜假捻，制得碳纳米管纱线。

9. 根据权利要求 8 所述的制备方法，其特征在于：步骤 a 中，假捻装置处于工作状态，所述碳纳米管纺纱机除假捻装置之外的部件处于非工作状态。

10. 根据权利要求 8 所述的制备方法，其特征在于：所述碳纳米管纱线的直径大于等于 5 微米。

碳纳米管纺纱机及采用该碳纳米管纺纱机制备碳纳米管纱线的方法

技术领域

[0001] 本发明属于微纳米领域，具体涉及一种碳纳米管纺纱机，以及采用该碳纳米管纺纱机制备碳纳米管纱线的方法。

背景技术

[0002] 碳纳米管是一种典型的一维纳米材料，具有完美的碳六边形连接结构，具有高强度，超轻量的力学特性以及独特的石墨层结构形成的特殊电学性质，其独特的力学性质和特殊电学性质一直深受国内外科学工作者的关注。如今，轻质高强的材料技术已经在某种程度上成为衡量国家工业水平的主要标志之一，所以碳纳米管材料独特的轻质高强特性注定要成为研究轻量材料主要方向之一，另外，与碳纤维相比，碳纳米管的形成过程简单，节能，无毒低污染，曾被誉为：“将是价格便宜、环境友好并为人类创造奇迹的材料”。从宏观角度讲，需要将微观的碳纳米管束组装成宏观的碳纳米管纱线，才能在更多领域充分发挥碳纳米管的性能，故而碳纳米管纱线也就成为研究热点之一。

[0003] 目前常用的碳纳米管纱线制备的方法主要有如下的三种：

直接纺丝法，该方法是在高温气相反应合成连续碳纳米管的过程中直接通过加捻制备碳纳米管纱线，利用该工艺目前已经可以得到公斤级碳纳米管纱线，不过由此方法得到纱线表面缺陷较多，杂质偏高，碳纳米管束在纱线内部呈杂乱无章状排列，纱线强度偏低。

[0004] 溶液纺丝法，该方法是从碳纳米管分散液中纺出连续碳纳米管纱线的方法。其原理之一是将分散有碳纳米管的溶液注入至另一凝固浴溶液中，利用凝固浴和分散剂的置换，形成连续碳纳米管与凝固浴溶液成分的复合纤维纱线。此种方法得到碳纳米管纱线碳纳米管含量低，力学性能不稳定。

[0005] 碳管阵列纺丝法，该方法从碳纳米管阵列中抽出一定宽度的碳纳米管薄膜，然后通过加捻技术捻成碳纳米管纱线。此种方法制得的碳纳米管纱线，其实际可应用的连续稳定的碳纳米管纱线力学强度相对前两种较高，但是目前还没有有效手段可以连续大批量制得，限制了其工业生产运用。

[0006] 因此，迫切需要开发一种连续制备碳纳米管纱线的方法，可以在保证优良力学性能的同时，连续大批量制得具有长纤维长度的碳纳米管纱线。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种碳纳米管纺纱机，其通过设置假捻装置对通过其的碳纳米管薄膜加捻，形成带有更高力学强度的碳纳米管纱线。

[0008] 本发明的目的还在于提供一种采用上述碳纳米管纺纱机制备碳纳米管纱线的方法。

[0009] 为实现上述发明目的之一，本发明提供一种碳纳米管纺纱机，该纺纱机包括：

收容装置，用于收容碳纳米管阵列；

牵伸系统，用于从所述收容装置中的碳纳米管阵列中拉出碳纳米管薄膜；

假捻装置，设置在所述收容装置和牵伸系统之间，用于对碳纳米管薄膜假捻，以使位于收容装置与假捻器之间的碳纳米管薄膜聚集成束并具有一定的捻度，且在经过假捻装置后捻度消失以形成碳纳米管纱线；

加捻收集系统，用于缠绕所述碳纳米管纱线。

[0010] 作为本发明的进一步改进，所述假捻装置包括假捻器、配合驱动假捻器的轴承以及为所述假捻器和轴承提供安装基座的安装座。

[0011] 作为本发明的进一步改进，所述牵伸系统包括成对设置的输出罗拉及输出压辊。

[0012] 作为本发明的进一步改进，所述加捻收集系统包括钢领、钢丝钩及纺纱锭子。

[0013] 作为本发明的进一步改进，所述碳纳米管纺纱机包括设置在收容装置和假捻装置间的导纱辊，所述导纱辊上设置有浸润装置。

[0014] 作为本发明的进一步改进，所述加捻收集系统还用于对碳纳米管纱线进行加捻和收集，形成的碳纳米管纱线具有高捻度。

[0015] 作为本发明的进一步改进，所述碳纳米管薄膜经过假捻装置假捻后形成的碳纳米管纱线的强力大于牵伸系统从碳纳米管阵列中拉出碳纳米管薄膜所需的力。

[0016] 为实现上述另一发明目的，本发明还提供一种应用上述的碳纳米管纺纱机制备碳纳米管纱线的方法，该方法包括以下步骤：

a. 将从碳纳米管阵列中拉出的碳纳米管薄膜与假捻装置连接，然后使假捻器工作对薄膜进行加捻，使阵列和假捻器之间的薄膜聚集成束并具有一定的捻度；

b. 将聚集成束的碳纳米管薄膜与普通纱线相连，并将纱线穿过所述假捻装置、牵伸系统，并连接至所述纺纱锭子配套的纱筒上；

c. 开启所述碳纳米管纺纱机，在牵伸系统拉伸下，对通过假捻装置的碳纳米管薄膜假捻，制得碳纳米管纱线。

[0017] 作为本发明的进一步改进，步骤 a 中，假捻装置处于工作状态，所述碳纳米管纺纱机除假捻装置之外的部件处于非工作状态。

[0018] 作为本发明的进一步改进，所述碳纳米管纱线的直径大于等于 5 微米。

[0019] 本发明的有益效果是：通过在碳纳米管纺纱机中设置假捻装置对通过其的碳纳米管薄膜假捻，形成带有较高力学强度的碳纳米管纱线，并且形成的碳纳米管纱线的力学强度大于制备过程中从碳纳米管阵列中抽出碳纳米管薄膜所需的力，确保了碳纳米管纱线稳定连续的生产，可以连续大批量得到长纤维长度的碳纳米管纱线。

附图说明

[0020] 图 1 是本发明碳纳米管纺纱机一具体实施方式中的结构示意图；

图 2 是图 1 所示的碳纳米管纺纱机又一角度的结构示意图；

图 3 是由多个图 1 所示的碳纳米管纺纱机组成的集成碳纳米管纺纱机；

图 4 是本发明碳纳米管纺纱机一具体实施方式中假捻装置的剖面图；

图 5 是本发明碳纳米管纺纱机一具体实施方式中输出罗拉和输出压辊的配合示意图；

图 6 是本发明碳纳米管纱线制备方法制备的碳纳米管纱线通过假捻装置前的电镜形貌图；

图 7 是本发明碳纳米管纱线制备方法制备的碳纳米管纱线通过假捻装置后的电镜形貌图。

具体实施方式

[0021] 以下将结合附图所示的各实施方式对本发明进行详细描述。但这些实施方式并不限制本发明，本领域的普通技术人员根据这些实施方式所做出的结构、方法、或功能上的变换均包含在本发明的保护范围内。

[0022] 参图 1、图 2 和图 4，分别为本发明的碳纳米管纺纱机的两个不同角度的结构示意图及假捻装置的剖视图，该碳纳米管纺纱机包括收容装置 10，假捻装置 12，牵伸系统及加捻收集系统。其中，收容装置 10 用于放置碳纳米管阵列 20，本实施方式中，碳纳米管薄膜 22 是由碳纳米管阵列 20 中直接拉出，该薄膜具有高取向等特点；碳纳米管薄膜 22 的宽度可以根据需要得到碳纳米管纱线 21 的粗细自由控制，并且可以采用三维升降台（图中未示）精确控制收容装置 10 的位置，进而控制碳纳米管阵列的位置。导纱辊 11 用于引导碳纳米管薄膜 22 进入假捻装置 12，所述导纱辊 11 设置在收容装置 10 和假捻装置 12 之间；所述假捻装置 12 用于对碳纳米管薄膜 22 进行假捻，使二维的碳纳米管薄膜 22 变成一维线性的碳纳米管纱线 21，同时使碳纳米管纱线 21 的力学性能增强；假捻装置 12 包括假捻器 121、配合驱动假捻器 121 的轴承 122 以及为所述假捻器 121 及轴承 122 提供安装基座的安装座 123。此时，由于碳纳米管薄膜 22 经过假捻器 12 假捻后形成的纱线 21 的强力大于牵伸系统从碳纳米管阵列 20 中拉出碳纳米管薄膜 22 所需的力，这样就可以保证碳纳米管薄膜 22 可以不断地从碳纳米管阵列中被拉出，保证了生产的连续性和稳定性。作为优选的实施方式，导纱辊 11 上还设置有浸润装置（图中未示），所述浸润装置通过对经过导纱辊 11 的碳纳米管薄膜进行液滴浸润，可以使碳纳米管薄膜 22 产生一定的预收缩的作用，使其更易变为一维线状的碳纳米管纱线 21；并且，本实施例中液滴浸润采用的是可以收缩改性碳纳米管的液体，如水、乙醇、丙酮、N- 甲基吡咯烷酮（NMP）、N,N- 二甲基甲酰胺（DMF）等试剂，或者无机盐、聚合物溶液，所述液滴浸润过程可由注射泵精确控制，实现液滴浸润的稳定性和连续性。

[0023] 参图 1 和图 5，在本实施方式中，牵伸系统用于将碳纳米管薄膜 22 从碳纳米管阵列 20 中拉出，所述的牵伸系统包括成对设置的输出罗拉 14 及输出压辊 13，输出压辊 13 呈中间凸出状，这样输出罗拉 14 和输出压辊 13 配合时可以产生足够大的牵引力。导丝钩 15 用于引导碳纳米管纱线 21。所述加捻收集系统包括钢领 17、钢丝钩 16 及纺纱锭子 18；钢丝钩 16 在碳纳米管纱线 21 的牵引下，绕钢领 17 做圆周轨道运动，将碳纳米管纱线 21 不断地缠绕至纺纱锭子 18 上的纱筒上（图中未示），并且钢领 17 可以沿竖直轴向做升降运动，用于调整缠绕在纱筒上的碳纳米管纱线 21 的成型距离、成型锥度等缠绕状态，同时纺纱锭子 18 还对碳纳米管纱线进行加捻，以制得最终成品。由于碳纳米管纱线非常细，所以导丝钩质量为微克级，并且纱筒卷装碳纳米管纱线 21 的卷装量控制在 0~10g。

[0024] 在上述的实施方式中，是由集成动力系统驱动所述碳纳米管纺纱机的各个部件，如假捻装置 12，输出罗拉 13 等。本发明的碳纳米管纺纱机可以用于生产直径大于等于 5 微米的碳纳米管纱线，捻度可控范围为 0~ ∞，同时由于碳纳米管纱线的直径非常细，所以实际生产中捻度控制在较高水平，通常在 5000T/m 以上。并且本实施例中的碳纳米管纺纱机

各部件大致呈立式排列，可以大大减小占地面积，在实际生产中，可以集成多个所述的碳纳米管纺纱机，并由同一控制系统进行控制，形成图 3 所示的集成碳纳米管纺纱机，便于实现碳纳米管纱线的批量化生产，为碳纳米管纱线的产业化奠定了基础。

[0025] 下面介绍一种利用本发明的碳纳米管纺纱机生产碳纳米管纱线的方法的实施例。首先从碳纳米管阵列中直接抽出高取向的碳纳米管薄膜，然后将得到的碳纳米管薄膜固定到假捻装置上，开启假捻装置进行初次加捻，使位于假捻装置和碳纳米管阵列之间的碳纳米管薄膜聚集成束，并具有一定的捻度，然后关闭假捻装置，将此时聚集成束的碳纳米管薄膜与普通纱线相连，普通纱线起到的作用是将聚集成束的碳纳米管薄膜牵引使其通过假捻装置和牵伸系统，最后将其缠绕到与纺纱锭子配套的纱筒上。接着，启动整个碳纳米管纺纱机，在输出罗拉和输出压辊的配合牵引作用下，将碳纳米管薄膜不断地从碳纳米管阵列中拉出，通过导纱辊的导引及浸润，进入假捻装置进行假捻。所谓假捻分为静态假捻与动态假捻两种，在静态假捻中，纱线的两端被固定握持，在两个握持点之间对纱线施加捻回力，此时在捻回力作用点两边的纱线形成捻度相同但捻向相反的捻回，一旦所述捻回力撤除时，所述的捻回会自动抵消，回到无捻状态；而在动态假捻中，纱线被两个握持点相对固定，但同时纱线可以以一定的速度穿过所述的两个握持点，当在这两个握持点间施加捻回力时，由于在同一时刻时，在施加捻回力点之前的捻回等于施加捻回力点之后的捻回，并且单位内，施加捻回力点之后的纱线捻回等于在单位时间内捻回力给予其的捻回加上由捻回力点之前的纱线给予其的捻回，根据业界公知，此时计算可得：经过捻回力点后的纱线的捻回为零。在工业生产中，较多利用了动态假捻的原理，同样本发明的假捻装置同样应用了所述的动态假捻原理。当碳纳米管纱线逐渐通过假捻装置后，捻回自动抵消，碳纳米管纱线回到无捻状态。然后碳纳米管纱线依次通过导纱钩，在钢丝钩及钢领的作用下被缠绕至纺纱锭子的纱筒上，通过纺纱锭子旋转对碳纳米管纱线进行加捻，形成具有带有捻回的碳纳米管纱线。

[0026] 参图 6 和图 7 分别为本发明中碳纳米管纱线通过假捻装置前的电镜形貌图及通过假捻装置后纱线的电镜形貌图；从其对比可以看出，在通过假捻装置后，碳纳米管纱线的捻回自动抵消，回到无捻状态，碳纳米管纱线微观排列较为有序，结构更加紧密，从而间接说明其力学性能更加优异。同时由于此时碳纳米管纱线力学强度较高，保证在被牵伸系统牵伸时不被拉断，使得碳纳米管纱线的生产可以连续稳定地进行，以制得长纤维长度的碳纳米管纱线。在实际生产试验中，通过本发明的碳纳米管的制备方法，可以连续大批量制得单丝长度达到百米级甚至千米级的碳纳米管纱线，在一定程度上解决了目前碳纳米管阵列纺纱的瓶颈技术。

[0027] 对于本领域技术人员而言，显然本发明不限于上述示范性实施例的细节，而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下，能够以其他的具体形式实现本发明。因此，无论从哪一点来看，均应将实施例看作是示范性的，而且是非限制性的，本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定，因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0028] 此外，应当理解，虽然本说明书按照实施方式加以描述，但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案，说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见，本领域技术人员应当将说明书作为一个整体，各实施例中的技术方案也可以经适当组合，形成本领域技术人员

可以理解的其他实施方式。

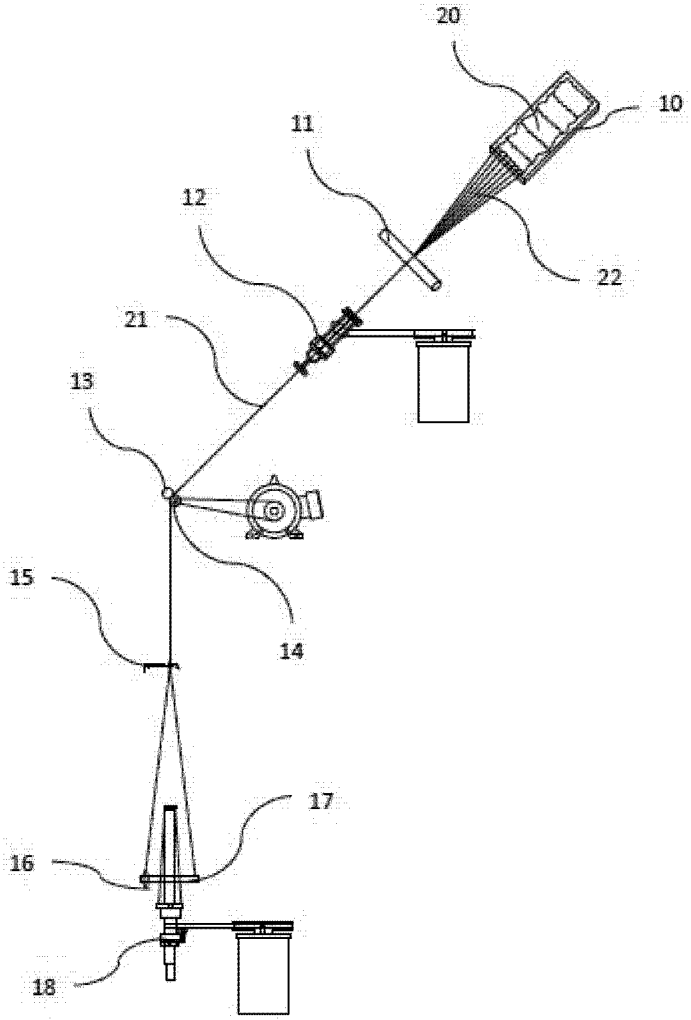


图 1

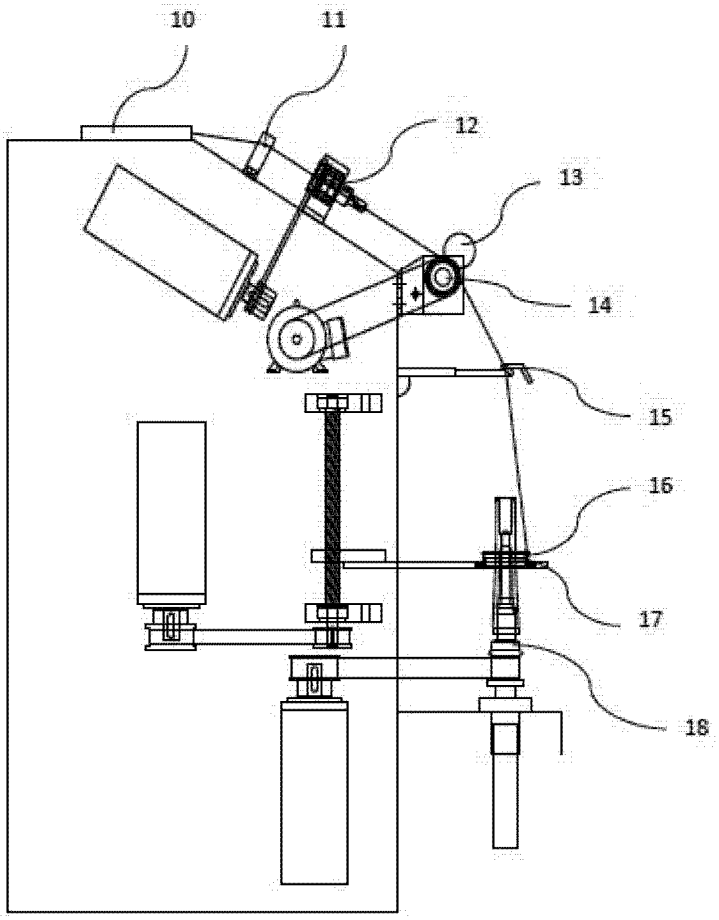


图 2

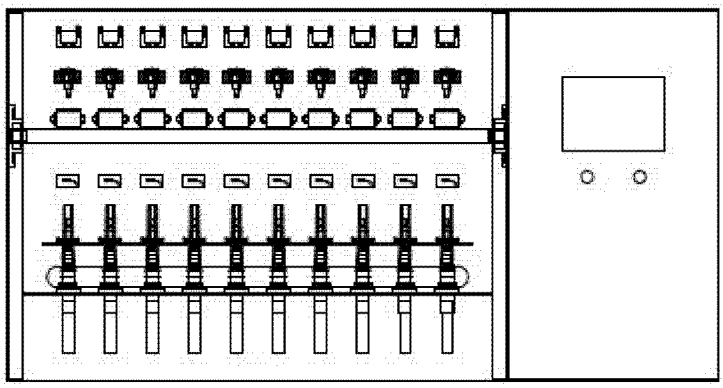


图 3

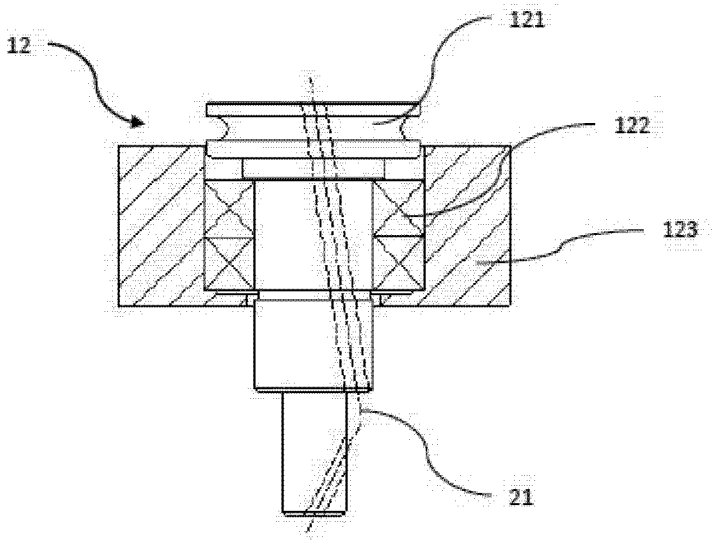


图 4

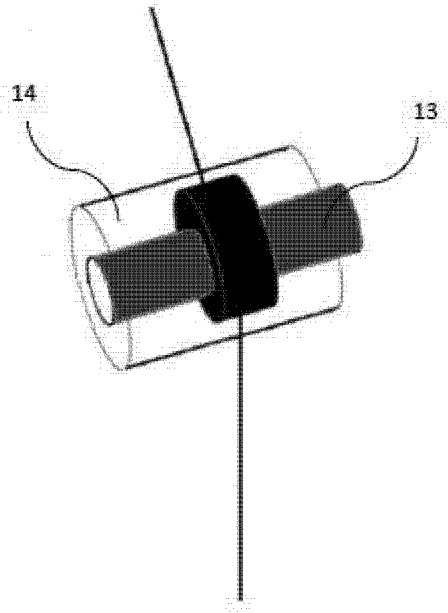


图 5

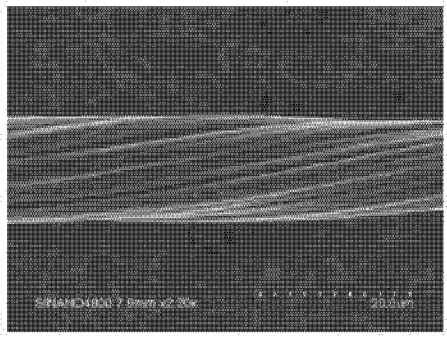


图 6

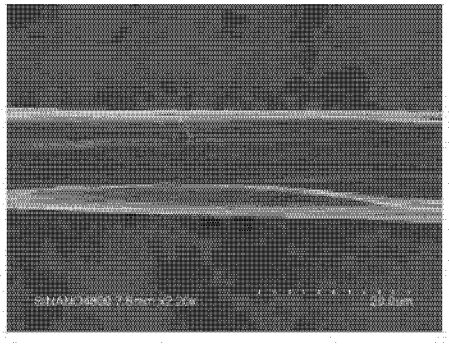


图 7