

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2020 年 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号  
**WO 2020/133749 A1**

(51) 国际专利分类号:  
**G01B 11/16** (2006.01) **G01N 21/65** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/079499

(22) 国际申请日: 2019 年 3 月 25 日 (25.03.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:  
201811637865.3 2018 年 12 月 29 日 (29.12.2018) CN

(71) 申请人: 武汉华星光电技术有限公司 (WUHAN CHINA STAR OPTOELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区高新大道 666 号生物城 C5 栋, Hubei 430079 (CN)。

(72) 发明人: 罗成志 (LUO, Chengzhi); 中国湖北省武汉市东湖开发区高新大道 666 号生物城 C5 栋, Hubei 430079 (CN)。

(74) 代理人: 深圳翼盛智成知识产权事务所 (普通合伙) (ESSEN PATENT & TRADEMARK AGENCY); 中国广东省深圳市福田区深南大道 6021 号喜年中心 A 座 1709-1711, Guangdong 518040 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: MONOMOLECULAR SUBSTRATE STRAIN SENSING APPARATUS AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 单分子衬底应变传感装置及其制备方法

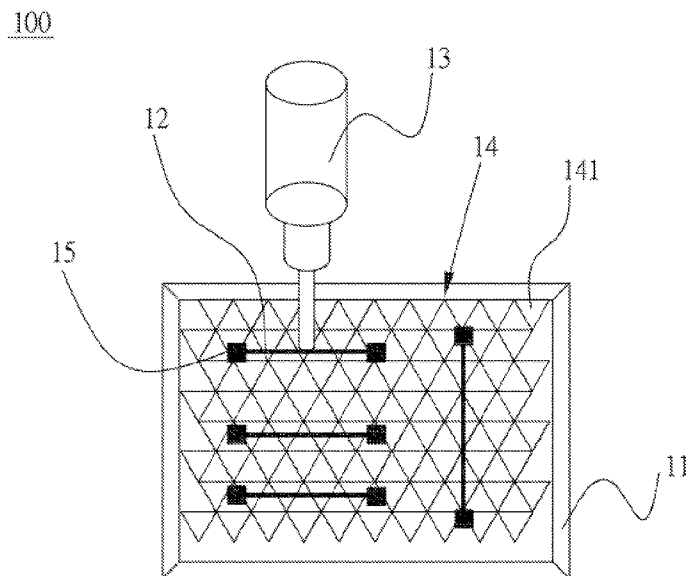


图 1

(57) Abstract: A monomolecular substrate strain sensing apparatus (100) and a preparation method therefor. The monomolecular substrate strain sensing apparatus (100) comprises a substrate (11), a monomolecular substance and a Raman spectrometer (13), the monomolecular substance being attached to a surface of the substrate (11) according to a predetermined direction, two ends of the monomolecular substance being fixed on the surface of the substrate (11), the Raman spectrometer (13) being arranged above the substrate (11). Raman G' peak position offsets when single-walled carbon nanotubes (12) are strained represent strains in the substrate (11), and small strains in micro-areas of the substrate (11) are detected, which helps to improve manufacturing accuracy and efficiency.



SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,  
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种单分子衬底应变传感装置 (100) 及其制备方法, 单分子衬底应变传感装置 (100) 包括衬底 (11)、单分子物质及拉曼光谱仪 (13), 单分子物质按照预定方向附着在衬底 (11) 表面, 且其两端固定于衬底 (11) 表面, 拉曼光谱仪 (13) 设置于衬底 (11) 上方。通过单壁碳纳米管 (12) 在应变时拉曼G'峰位偏移量来表征衬底 (11) 的应变变量, 探测衬底 (11) 微区的微小应变, 有利于提高制作精度与效率。

## 单分子衬底应变传感装置及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本揭示涉及显示技术领域，尤其涉及一种单分子衬底应变传感装置及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 在显示器制造与芯片制造等领域中，需要在玻璃或硅片衬底上通过成膜、曝光、刻蚀等一系列过程制作微观图案。然而在制作过程中，温度变化、顶柱等原因会导致衬底产生应变，从而影响微观图案精度。因此，需要对衬底的应变进行监测，以此来调整工艺参数。目前对衬底应变监测的难点是应变区域和应变变量都过于微小，测量技术难以满足要求。

[0003] 目前常用的应变测量技术有电阻测量、光学测量、电子显微镜和纳米压痕技术等，这些方法都不适用于衬底的微区与微小应变测量。例如，电阻测量需要在毫米范围内安装电阻贴片，无法测量微区应变；光学测量适用于较大变形场，且分辨率不够；电子显微镜（扫描电子显微镜、透射电子显微镜等）无法在制造过程中实时监控衬底形变；纳米压痕对衬底破坏较大。因此，如何有效监测衬底的微小应变，提升产品精度，从而增加公司市场竞争力，是目前面板、芯片等行业关注的重点。

[0004] 而以单分子器件为传感介质，通过测量衬底应变造成单分子器件的物理化学变化来表征微区微小应变是目前一种可行的思路。

[0005] 因此，需要提供一种新的单分子衬底应变传感装置及其制备方法。

### 发明概述

### 技术问题

[0006] 本揭示提供一种单分子衬底应变传感装置及其制备方法，解决了衬底应变区域以及应变变量都过于微小，测量技术难以满足要求的技术问题。

### 问题的解决方案

### 技术解决方案

[0007] 为解决上述问题，本揭示提供的技术方案如下：

[0008] 本揭示实施例提供一种单分子衬底应变传感装置，包括：

[0009] 衬底，所述衬底表面设置有周期性图案，所述衬底中的微区尺寸为 $1\text{ }\mu\text{m}\times 1.5\text{ }\mu\text{m}$ ；

[0010] 单分子物质，按照预定方向附着在所述衬底表面，且所述单分子物质的两端固定于所述衬底表面；以及

[0011] 拉曼光谱仪，设置于所述衬底上方，用于收集所述衬底发生应变时，所述单分子物质的拉曼曲线。

[0012] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述单分子物质为单壁碳纳米管。

[0013] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述单壁碳纳米管的长度范围为 $0.5\text{-}5\text{ }\mu\text{m}$ 。

[0014] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述周期性图案布满整个所述微区。

[0015] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述周期性图案由形状为等边三角形的金图案排列而成。

[0016] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述金图案的边长范围为 $50\text{-}100\text{ nm}$ 。

[0017] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，在所述单壁碳纳米管两端沉积有金属钼，所述金属钼将所述单壁碳纳米管两端固定于所述衬底表面。

[0018] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中所述衬底为玻璃衬底或硅片衬底。

[0019] 本揭示实施例提供一种单分子衬底应变传感装置，包括：

[0020] 衬底，所述衬底表面设置有周期性图案；

[0021] 单分子物质，按照预定方向附着在所述衬底表面，且所述单分子物质的两端固定于所述衬底表面；以及

[0022] 拉曼光谱仪，设置于所述衬底上方，用于收集所述衬底发生应变时，所述单分子物质的拉曼曲线。

- [0023] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述单分子物质为单壁碳纳米管。
- [0024] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述单壁碳纳米管的长度范围为0.5-5  $\mu\text{m}$ 。
- [0025] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述周期性图案由形状为等边三角形的金图案排列而成。
- [0026] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述金图案的边长范围为50-100 nm。
- [0027] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，在所述单壁碳纳米管两端沉积有金属钼，所述金属钼将所述单壁碳纳米管两端固定于所述衬底表面。
- [0028] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置中，所述衬底为玻璃衬底或硅片衬底。
- [0029] 本揭示实施例提供一种单分子衬底应变传感装置的制备方法，包括以下步骤：
- [0030] S10：选择一铝箔，在所述铝箔表面制备单分子物质，所述单分子物质为单壁碳纳米管；
- [0031] S20：在待测的所述衬底表面制备有周期性图案，所述周期性图案呈周期性排列；
- [0032] S30：利用纳米机械手将位于所述铝箔表面的所述单壁碳纳米管转移至所述衬底表面。
- [0033] S40：在转移至所述衬底表面的所述单壁碳纳米管两端沉积金属钼，所述金属钼将所述单壁碳纳米管两端固定于所述衬底表面。
- [0034] S50：当所述衬底未发生应变时，利用拉曼光谱仪收集所述单壁碳纳米管的拉曼曲线，并找到该拉曼曲线的第一峰位。
- [0035] S60：当所述衬底发生应变时，利用所述拉曼光谱仪收集所述单壁碳纳米管的拉曼曲线，并找到该拉曼曲线的第二峰位。
- [0036] S70：将应变时的第一峰位与无应变时的第二峰位进行比较，得出峰位偏移量，并根据所述峰位偏移量即可得出所述衬底的应变变量。
- [0037] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置的制备方法中，步骤S10中，

采用浮动催化剂化学气相沉积法在所述铝箔表面制备所述单壁碳纳米管。

[0038] 在本揭示实施例提供的单分子衬底应变传感装置的制备方法中，步骤S20中，所述周期性图案由形状为等边三角形的金图案排列而成。

## 发明的有益效果

### 有益效果

[0039] 本揭示的有益效果为：本揭示提供的单分子衬底应变传感装置及其制备方法，通过利用单分子物质碳纳米管在应变时拉曼G'峰位偏移量来表征所述衬底的应变变量，能够对于所述衬底微区的微小应变进行探测，有利于提高显示器、半导体等行业的制作精度与制作效率。

## 对附图的简要说明

### 附图说明

[0040] 为了更清楚地说明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是揭示的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0041] 图1为本揭示实施例一提供的一种单分子衬底应变传感装置的结构示意图；

[0042] 图2为本揭示实施例一提供的碳纳米管在不同应变条件下的拉曼G'峰位移示意图。

[0043] 图3A~3F为本揭示实施例二提供的一种单分子衬底应变传感装置制备方法的示意图。

[0044] 图4为本揭示实施例二提供的一种单分子衬底应变传感装置制备方法的流程图。

## 发明实施例

### 本发明的实施方式

[0045] 以下各实施例的说明是参考附加的图示，用以例示本揭示可用以实施的特定实施例。本揭示所提到的方向用语，例如[上]、[下]、[前]、[后]、[左]、[右]、[内]、[外]、[侧面]等，仅是参考附加图式的方向。因此，使用的方向用语是用以说

明及理解本揭示，而非用以限制本揭示。在图中，结构相似的单元是用以相同标号表示。

[0046] 本揭示针对现有技术中的衬底应变测量装置及方法，由于衬底应变区域以及应变变量都过于微小，测量技术难以满足要求，本实施例能够解决该缺陷。

[0047] 实施例一

[0048] 如图1所示，本实施例提供一种单分子衬底应变传感装置100，由于单分子物质为对应变敏感且易于探测的物质，因此可将该单分子物质作为传感介质，通过测量衬底应变造成所述单分子物质的物理化学变化来表征衬底微区的微小应变。单壁碳纳米管（Single-Walled Carbon Nanotubes, SWNT）是单层石墨烯按照一定方式卷曲而成的直径为纳米尺度的一维管状结构，由于SWNT具有高的长径比、高温结构稳定且在受到应变时碳原子的振动频率会发生变化，非常适应于所述衬底的应变探测。因此，单分子物质可选为SWNT，本实施例以选用的单分子物质为SWNT为例进行阐述说明。

[0049] 本实施例提供的一种单分子衬底应变传感装置100，包括：

[0050] 衬底11，所述衬底11表面设置有周期性图案；

[0051] SWNT12，按照预定方向附着在所述衬底11表面，且所述SWNT两端固定于所述衬底11表面内；以及

[0052] 拉曼光谱仪13，设置于所述衬底11上方，用于收集所述衬底11发生应变时，所述SWNT12的拉曼曲线。

[0053] 其中，由于拉曼光谱的G'峰位对所述SWNT12的径向振动非常敏感，当所述SWNT12的振动频率发生改变时，则拉曼光谱的G'峰位会发生位移，因此可以利用拉曼光谱来检测应变。如图2所示，随着所述SWNT12的应变变大，则G'峰位将会逐渐变小。

[0054] 所述衬底11可为玻璃衬底或硅片衬底，所述衬底11上制备有周期性图案14，所述周期性图案14可为由形状为等边三角形的金(Au)图案141呈周期性排列而成，由于单根所述SWNT12的拉曼信号较弱，较难被所述拉曼光谱仪13探测到。由于Au导电性能较好，因此利用由所述Au图案141进行周期性排列而成的所述周期性图案14可增强拉曼光谱，进而提高检测灵敏度。所述Au图案141的边长范围为50

-100 nm, 所述周期性图案14布满所述衬底11需检测的整个微区范围。

[0055] 对于所述衬底11上不同范围的微区的应变, 应选择不同长度的所述SWNT12, 本揭示实施例选择的是所述衬底11中的尺寸大小为1  $\mu\text{m}$ ×1.5  $\mu\text{m}$ 的微区, 因此所述SWNT12的长度范围应保持在0.5-5  $\mu\text{m}$ 。附着在所述衬底11表面上的所述SWNT12的形状应当保持平直, 使得所述SWNT12发生应变的方向处于一条直线上。同时, 所述SWNT12在所述衬底11上表面的排列方向可根据待测的所述衬底11发生的应变方向进行调整, 例如, 所述SWNT12在所述衬底11上表面的排列方向可与所述衬底11发生的应变方向保持在一条直线上。

[0056] 在所述SWNT12的两端沉积有金属钼(Mo)15, 所述金属Mo 15将所述SWNT12的两端固定于所述衬底11上表面, 能够使得所述衬底11的应变完全转化为所述SWNT12的应变, 提高测量精度。因为如果所述SWNT12的两端未固定于所述衬底11的上表面, 则所述SWNT12与所述衬底11之间仅存在范德华力, 而范德华力为分子间的作用力, 相对较弱, 因此当所述衬底11发生应变时, 所述SWNT12并不会发生与所述衬底11相同的形变, 将会影响测量结果。

[0057] 当所述衬底11发生应变时, 将所述拉曼光谱仪13设置于单根所述SWNT12上方, 进行收集所述SWNT12的拉曼曲线, 在收集到的拉曼曲线中可找到第二峰位。将该第二峰位与所述衬底11未发生应变时的收集到的所述SWNT12的拉曼曲线中的第一峰位进行对比, 即可得出峰位偏移量, 根据所述峰位偏移量对应图2中所述SWNT12的不同应变条件与拉曼峰位移的关系, 即可得出所述SWNT12的应变变量, 进而可得出所述衬底11的应变变量。

[0058] 实施例二

[0059] 如图3A~3F所示, 本实施例提供一种单分子衬底应变传感装置的制备方法, 以衬底11中尺寸大小为1  $\mu\text{m}$ ×1.5  $\mu\text{m}$ 的微区的应变为例进行具体阐述, 该方法包括以下步骤:

[0060] S10: 选择一铝箔16, 在所述铝箔16表面制备单分子物质, 所述单分子物质为SWNT12;

[0061] 如图3A所示, 选择一铝箔16, 采用浮动催化剂化学气相沉积法在所述铝箔16表

面制备所述SWNT12，运用该方法制备的所述SWNT12纯度较高且采用的设备简单，成本较低。同时，为了方便后续将所述SWNT12转移到所述衬底11的上表面，因此所述SWNT12的密度不能太高且所述SWNT12之间不能出现缠绕的现象，避免对所述SWNT12的性能造成影响。所述SWNT12的长度范围为0.5-5  $\mu\text{m}$ 。

[0062] S20: 在待测的所述衬底11表面制备有周期性图案14;

[0063] 如图3B所示，所述衬底11可为玻璃衬底或硅片衬底，在本实施例中，所述衬底11为玻璃衬底。在所述衬底11表面制备有周期性图案14，所述周期性图案14由形状为等边三角形的Au图案141周期性排列而成，所述Au图案141均匀、致密地覆盖所述衬底11。由于单根所述SWNT12的拉曼信号较弱，较难被探测。由于Au具有较好的导电性，因此，在所述衬底11上设置由所述Au图案141进行周期性排列而成的所述周期性图案14，可起到拉曼增强的作用。本实施例中所述Au图案141的形状为等边三角形，但所述Au图案141的形状还可采用其他形状，本揭示不应以此为限制。

[0064] S30: 利用纳米机械手17将位于所述铝箔16表面的所述SWNT12转移至所述衬底11表面。

[0065] 如图3C所示，在所述SWNT12转移到沉积有所述Au图案141的所述衬底11的上表面的过程中，需挑选长度合适且无弯曲的所述SWNT12，保证所述SWNT12能够完全被放置于所述衬底11的上表面。同时，所述SWNT12在所述衬底11上表面的排列方向可根据待测的所述衬底11发生的应变方向进行调整，例如，所述SWNT12在所述衬底11上表面的排列方向可与所述衬底11的应变方向保持在一条直线上。

[0066] S40: 在转移至所述衬底11表面的所述SWNT12两端沉积金属Mo15，所述金属Mo15将所述SWNT12两端固定于所述衬底11表面;

[0067] 如图3D所示，在所述SWNT12两端沉积所述金属Mo15，目的是将所述SWNT12两端固定于所述衬底11的上表面，当所述SWNT12两端未固定时，则所述SWNT12与所述衬底11之间仅有范德华力，当所述衬底11发生应变时，所述SWNT12并不会发生与所述衬底11相同的形变，进而会影响测试结果。

[0068] S50: 当所述衬底11未发生应变时，利用拉曼光谱仪13收集所述SWNT12的拉

曼曲线，并找到该拉曼曲线的第一峰位 $X_0$ ；

[0069] 如图3E所示，当所述衬底11未发生应变时，将所述拉曼光谱仪13设置于单根所述SWNT12上方，进行收集所述SWNT12的拉曼曲线，在收集到的拉曼曲线中可找到 $G'$ 峰位 $X_0$ (即第一峰位)。

[0070] S60: 当所述衬底11发生应变时，利用所述拉曼光谱仪13收集所述SWNT12的拉曼曲线，并找到该拉曼曲线的第二峰位为 $X_1$ ；

[0071] 如图3E所示，当所述衬底11发生应变时，将所述拉曼光谱仪13设置于单根所述SWNT12上方，进行收集所述SWNT12的拉曼曲线，在收集到的拉曼曲线中可找到 $G'$ 峰位 $X_1$ (即第二峰位)。

[0072] S70: 将应变时的第二峰位 $X_1$ 与无应变时的第一峰位 $X_0$ 进行比较，得出峰位偏移量 $X$ ，并根据所述峰位偏移量 $X$ 即可得出所述衬底的应变变量。

[0073] 如图3F所示，为所述拉曼光谱仪13收集到的所述SWNT12应变的拉曼曲线，通过该曲线可容易获得 $G'$ 峰位。将所述衬底11发生应变时收集到的SWNT12的拉曼曲线中的所述第二峰位 $X_1$ 与所述衬底11未发生应变时收集到的所述SWNT12的拉曼曲线中的第一峰位 $X_0$ 进行对比，即可得出峰位偏移量 $X=X_1-X_0$ ，同时根据所述SWNT12的不同应变条件与拉曼 $G'$ 峰位移的关系，即可得出所述SWNT12的应变变量，进而可得出所述衬底11的应变变量。

[0074] 本揭示实施例提供的该制备方法是测量所述衬底11的单点应变，除此之外，该方法还可利用拉曼面扫描功能探测所述衬底11应变的面分布，在此不再一一赘述。

[0075] 有益效果为：本揭示提供的单分子衬底应变传感装置及其制备方法，通过利用单分子物质碳纳米管在应变时拉曼 $G'$ 峰位偏移量来表征所述衬底的应变变量，能够对于所述衬底微区的微小应变进行探测，有利于提高显示器、半导体等行业的制作精度与制作效率。

[0076] 综上所述，虽然本揭示已以优选实施例揭露如上，但上述优选实施例并非用以限制本揭示，本领域的普通技术人员，在不脱离本揭示的精神和范围内，均可作各种更动与润饰，因此本揭示的保护范围以权利要求界定的范围为准。

## 权利要求书

- [权利要求 1] 一种单分子衬底应变传感装置，包括：  
衬底，所述衬底表面设置有周期性图案，所述衬底中的微区尺寸为1  $\mu\text{m} \times 1.5 \mu\text{m}$ ；  
单分子物质，按照预定方向附着在所述衬底表面，且所述单分子物质的两端固定于所述衬底表面；以及  
拉曼光谱仪，设置于所述衬底上方，用于收集所述衬底发生应变时，所述单分子物质的拉曼曲线。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述单分子物质为单壁碳纳米管。
- [权利要求 3] 根据权利要求2所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述单壁碳纳米管的长度范围为0.5-5  $\mu\text{m}$ 。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述周期性图案布满整个所述微区。
- [权利要求 5] 根据权利要求1所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述周期性图案由形状为等边三角形的金图案排列而成。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述金图案的边长范围为50-100 nm。
- [权利要求 7] 根据权利要求2所述的单分子衬底应变传感装置，其中在所述单壁碳纳米管两端沉积有金属钼，所述金属钼将所述单壁碳纳米管两端固定于所述衬底表面。
- [权利要求 8] 根据权利要求1所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述衬底为玻璃衬底或硅片衬底。
- [权利要求 9] 一种单分子衬底应变传感装置，包括：  
衬底，所述衬底表面设置有周期性图案；  
单分子物质，按照预定方向附着在所述衬底表面，且所述单分子物质的两端固定于所述衬底表面；以及  
拉曼光谱仪，设置于所述衬底上方，用于收集所述衬底发生应变时，

所述单分子物质的拉曼曲线。

- [权利要求 10] 根据权利要求9所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述单分子物质为单壁碳纳米管。
- [权利要求 11] 根据权利要求10所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述单壁碳纳米管的长度范围为0.5-5  $\mu\text{m}$ 。
- [权利要求 12] 根据权利要求9所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述周期性图案由形状为等边三角形的金图案排列而成。
- [权利要求 13] 根据权利要求12所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述金图案的边长范围为50-100 nm。
- [权利要求 14] 根据权利要求10所述的单分子衬底应变传感装置，其中在所述单壁碳纳米管两端沉积有金属钼，所述金属钼将所述单壁碳纳米管两端固定于所述衬底表面。
- [权利要求 15] 根据权利要求9所述的单分子衬底应变传感装置，其中所述衬底为玻璃衬底或硅片衬底。
- [权利要求 16] 一种单分子衬底应变传感装置的制备方法，包括以下步骤：  
S10: 选择一铝箔，在所述铝箔表面制备单分子物质，所述单分子物质为单壁碳纳米管；  
S20: 在待测的所述衬底表面制备有周期性图案；  
S30: 利用纳米机械手将位于所述铝箔表面的所述单壁碳纳米管转移至所述衬底表面。  
S40: 在转移至所述衬底表面的所述单壁碳纳米管两端沉积金属钼，所述金属钼将所述单壁碳纳米管两端固定于所述衬底表面。  
S50: 当所述衬底未发生应变时，利用拉曼光谱仪收集所述单壁碳纳米管的拉曼曲线，并找到所述拉曼曲线的第一峰位。  
S60: 当所述衬底发生应变时，利用所述拉曼光谱仪收集所述单壁碳纳米管的拉曼曲线，并找到所述拉曼曲线的第二峰位。  
S70: 将所述第二峰位与所述第一峰位进行比较，得出峰位偏移量，并根据所述峰位偏移量得出所述衬底的应变变量。

- [权利要求 17] 根据权利要求16所述的单分子衬底应变传感装置的制备方法，其中在步骤S10中，采用浮动催化剂化学气相沉积法在所述铝箔表面制备所述单壁碳纳米管。
- [权利要求 18] 根据权利要求16所述的单分子衬底应变传感装置的制备方法，其中在步骤S20中，所述周期性图案由形状为等边三角形的金图案排列而成。
- 。

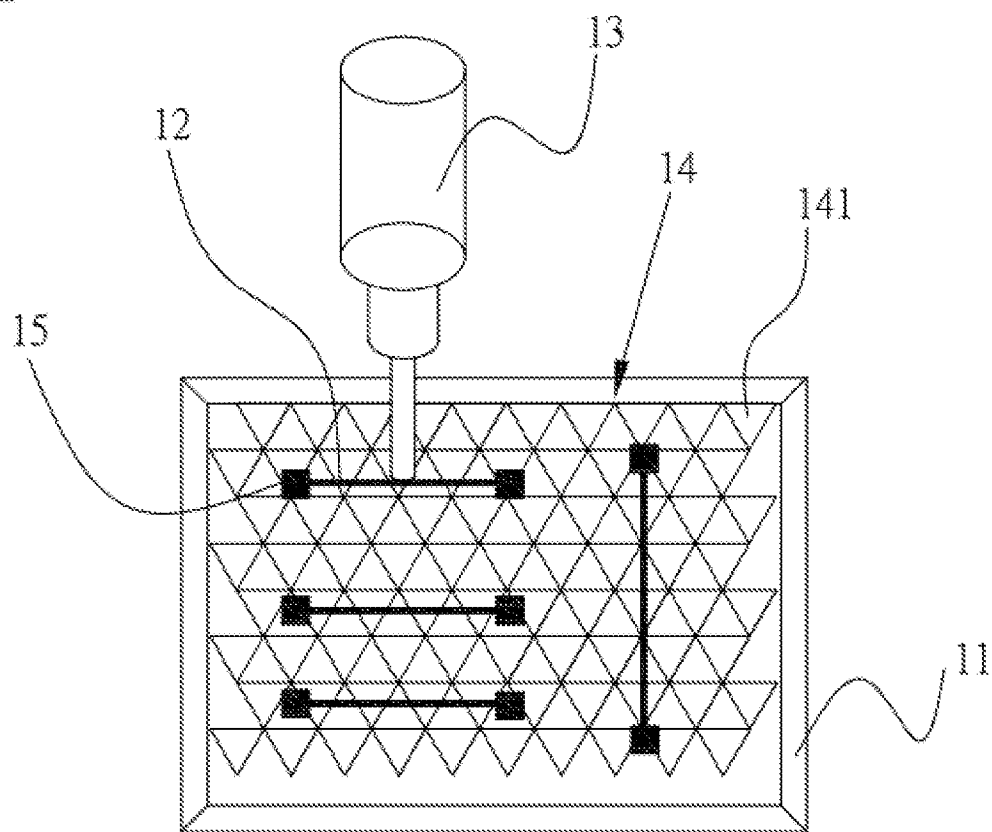
100

图 1

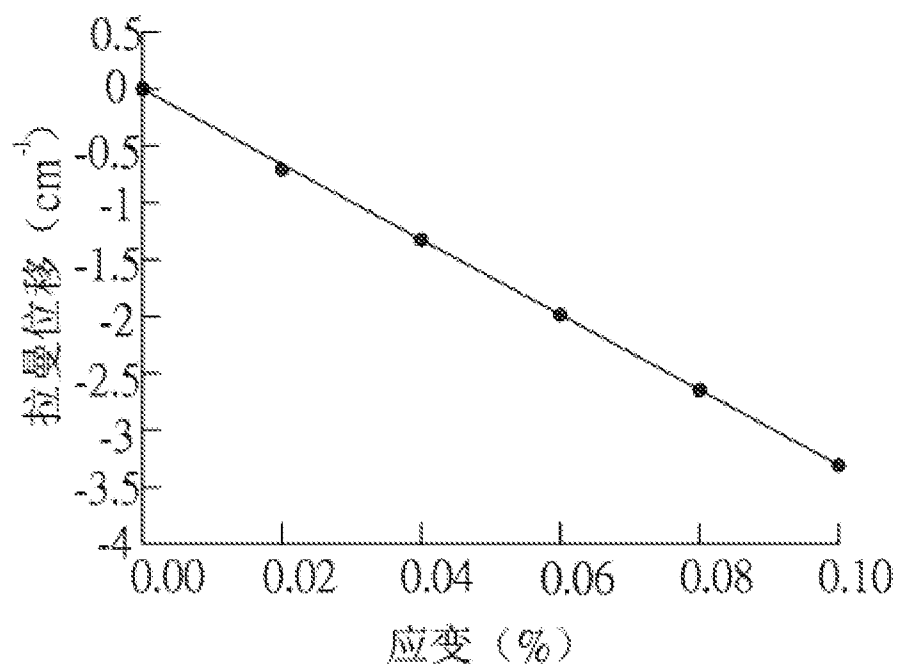


图 2

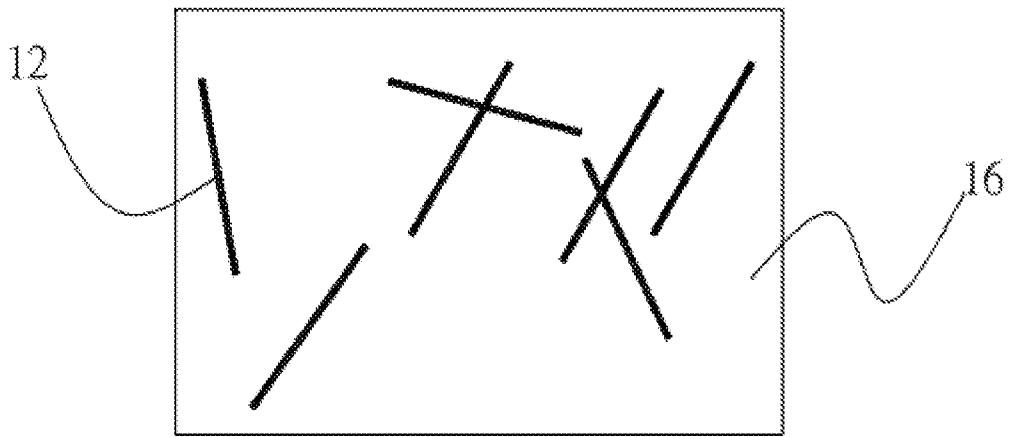


图 3A

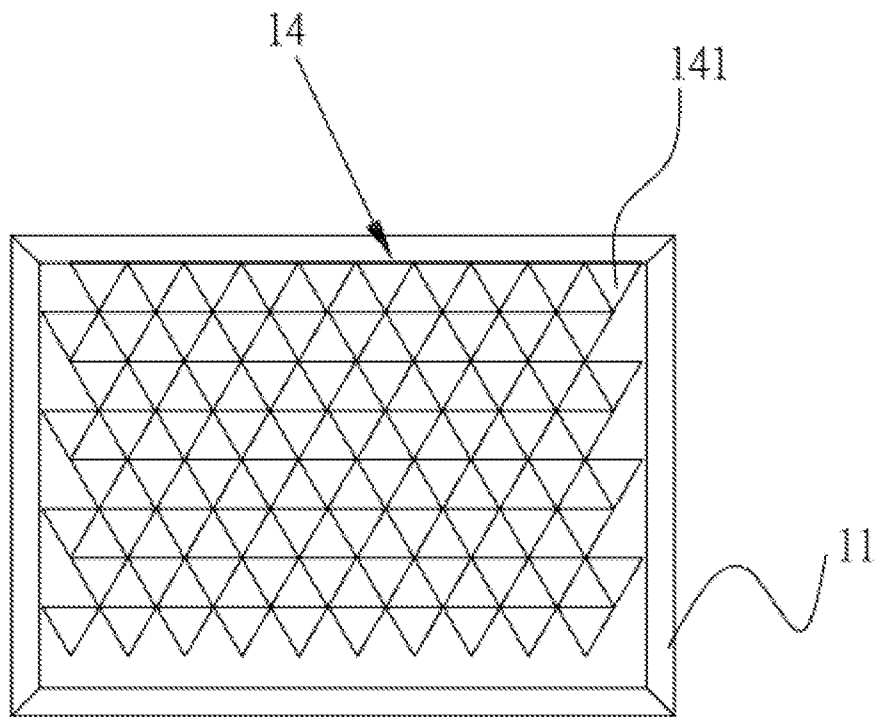


图 3B

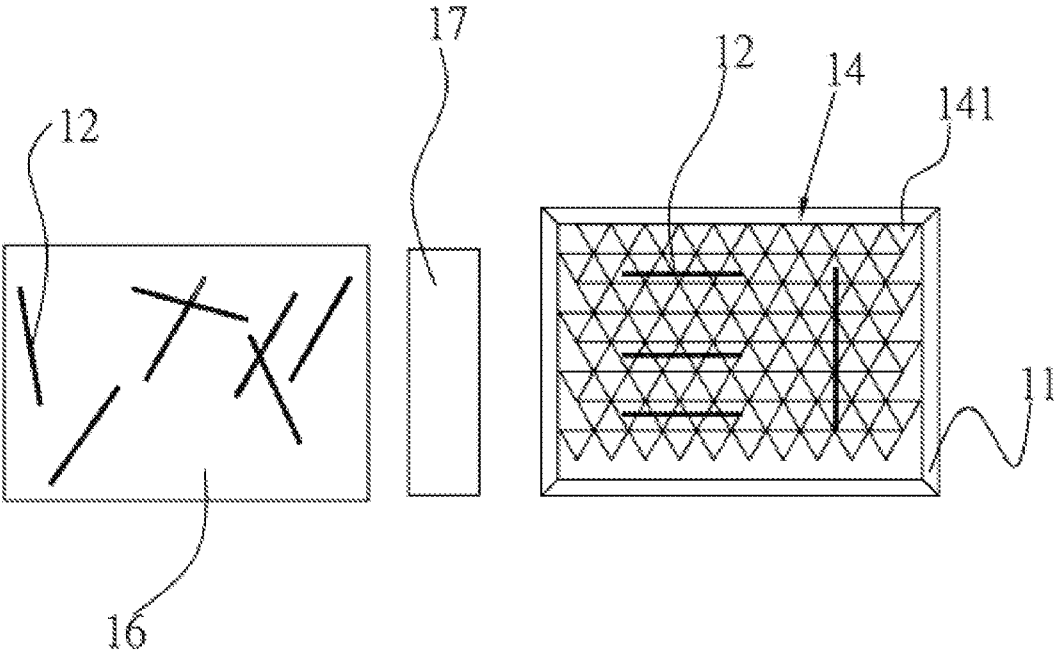


图 3C

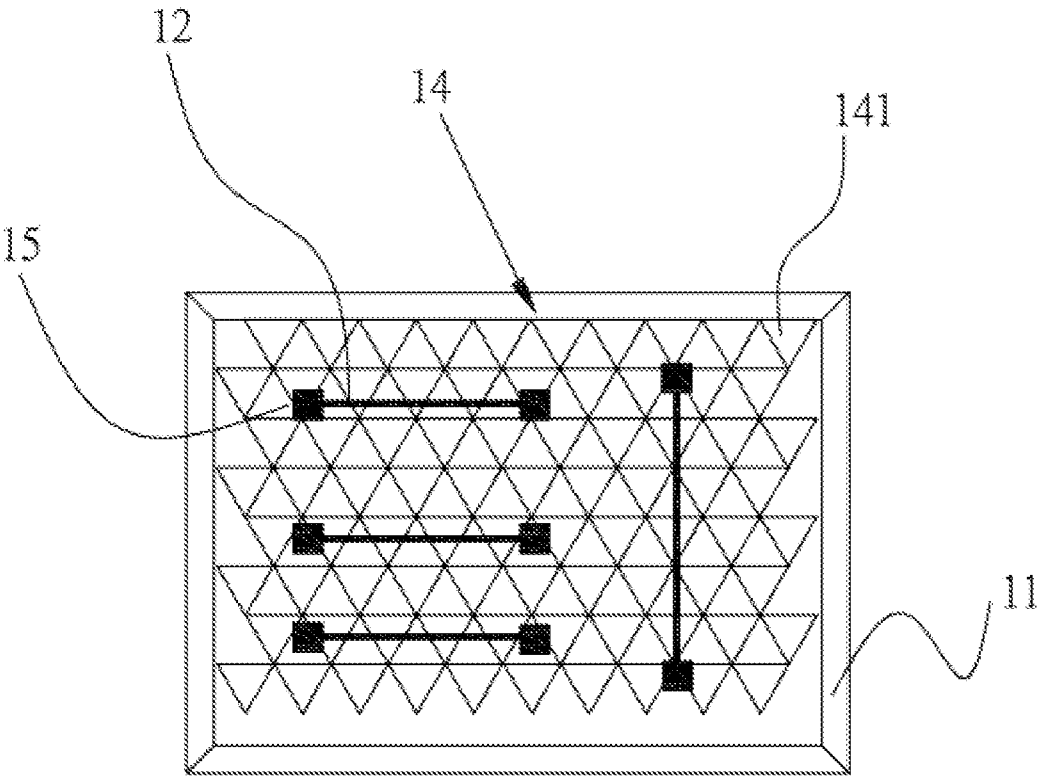


图 3D

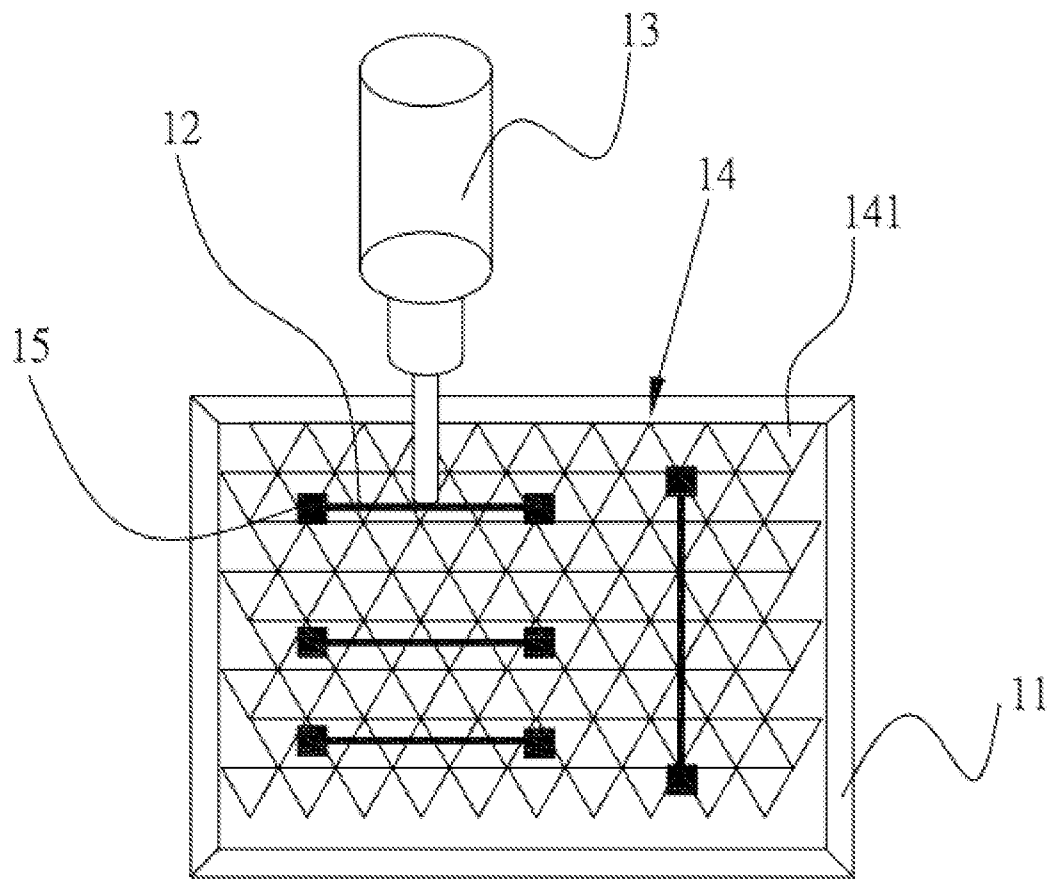


图 3E

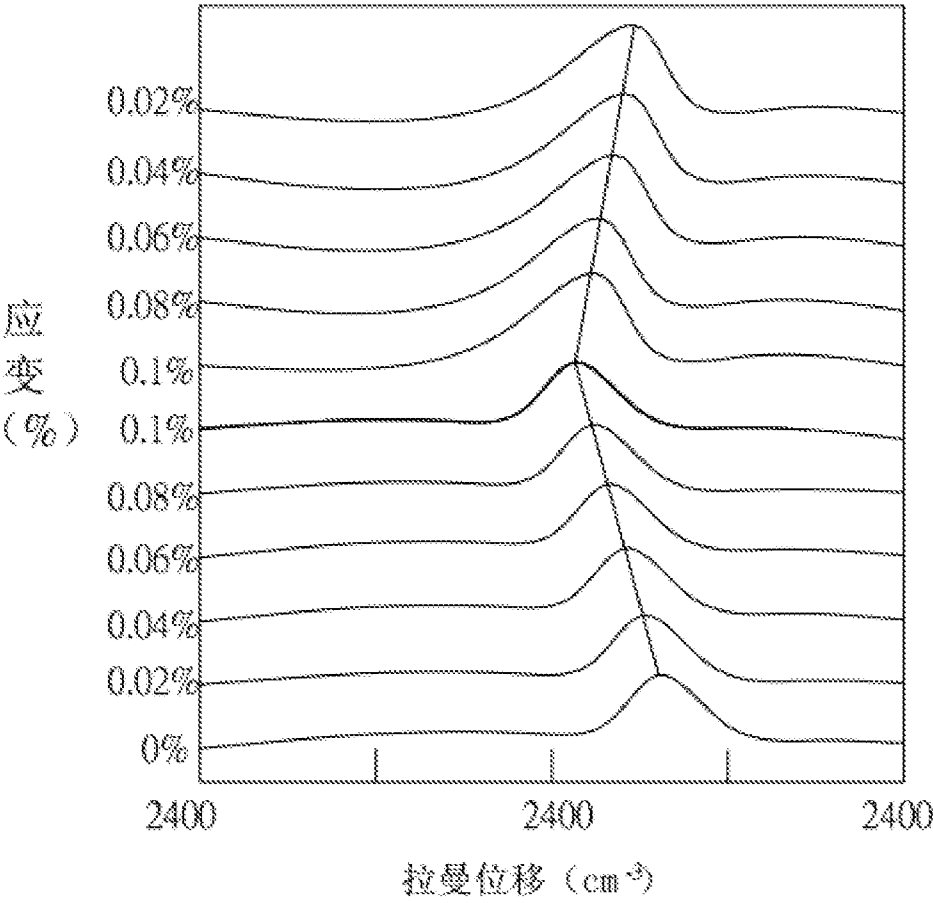


图 3F

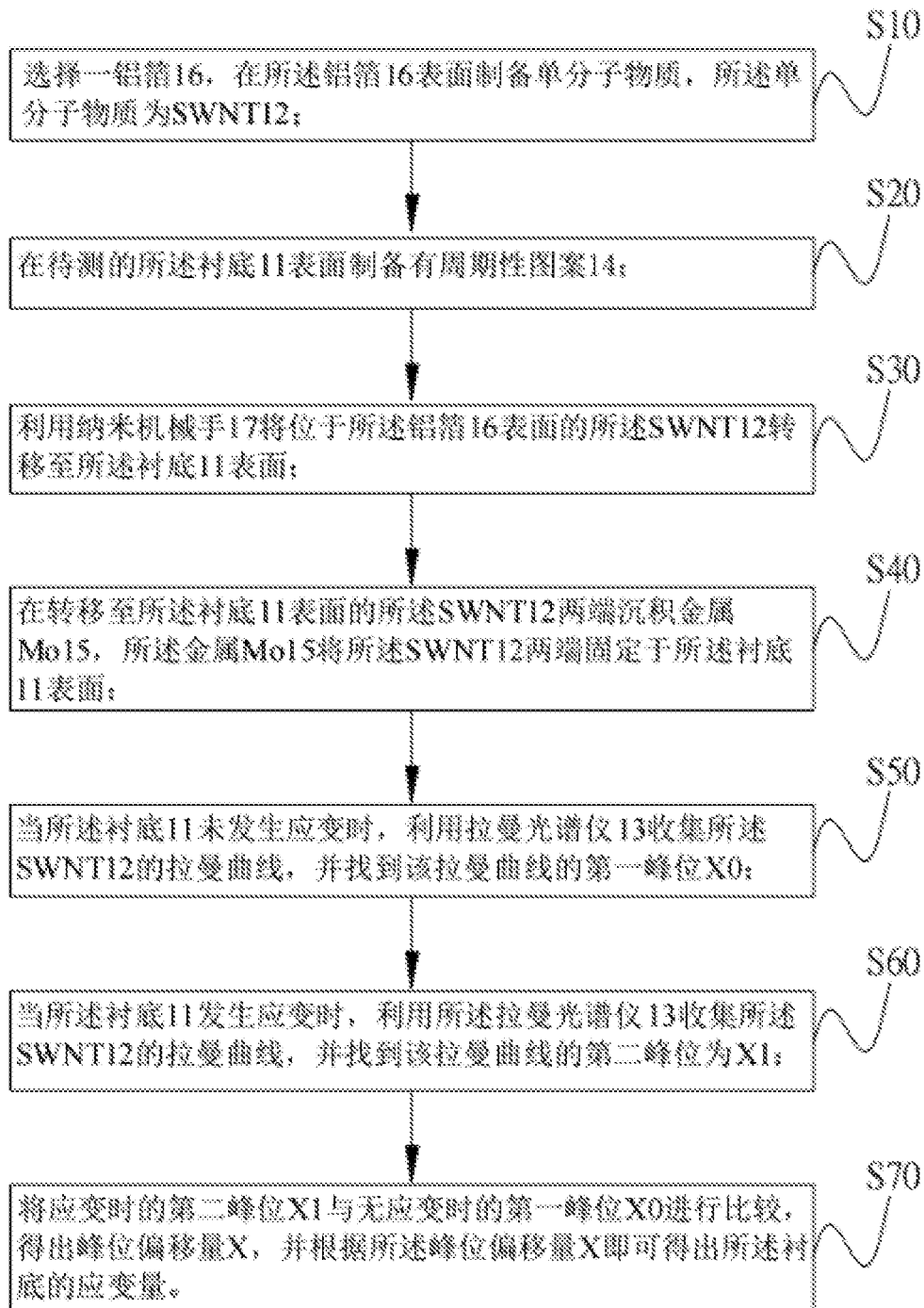


图 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/079499

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01B 11/16(2006.01)i; G01N 21/65(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B; G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, EPODOC, WPI: 传感, 应变, 单壁, 碳纳米管, 拉曼, 峰值, 图案, 增强, 三角形, 浮动催化剂, 化学气相沉积, 铝箔, 钼, 机械手, sensor, strain, single, wall+, carbon, nanotube?, swnt, raman, peak, pattern, reforc+, triangle, floating catalyst, vapor deposit+, aluminum, molybdenum, manipulator

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 109443232 A (WUHAN CHINA STAR OPTOELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 March 2019 (2019-03-08)<br>description, paragraphs [0037]-[0063], and figures 1-4 | 1-18                  |
| Y         | CN 102169086 A (TSINGHUA UNIVERSITY et al.) 31 August 2011 (2011-08-31)<br>description, paragraphs [0038]-[0089], and figures 1-12                          | 1-18                  |
| A         | CN 104613861 A (SHANGHAI INTEGRATED CIRCUIT RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER LTD. et al.) 13 May 2015 (2015-05-13)<br>entire document                        | 1-18                  |
| A         | CN 104671230 A (THE INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 03 June 2015 (2015-06-03)<br>entire document                                  | 1-18                  |
| A         | CN 104944412 A (WUHAN UNIVERSITY) 30 September 2015 (2015-09-30)<br>entire document                                                                         | 1-18                  |
| A         | WO 2013184212 A2 (WILLIAM MARSH RICE UNIVERSITY) 12 December 2013 (2013-12-12)<br>entire document                                                           | 1-18                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 September 2019

Date of mailing of the international search report

27 September 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/  
CN)  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing  
100088  
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/079499

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | QIU, Wei. "Theoretical Analysis of Carbon Nanotube Strain Sensor and Micro-Raman Strain Measurement Technique"<br><i>中国博士学位论文全文数据库 (China Doctoral Dissertations Full-Text Database)</i> ,<br>No. 08, 15 August 2009 (2009-08-15),<br>ISSN: 1674-022X,<br>pp. 17-42 | 1-18                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/079499**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 109443232  | A  | 08 March 2019                        | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 102169086  | A  | 31 August 2011                       | US                      | 2012170032 | A1 | 05 July 2012                         |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 102169086  | B  | 09 January 2013                      |
| CN                                        | 104613861  | A  | 13 May 2015                          | CN                      | 104613861  | B  | 26 January 2018                      |
| CN                                        | 104671230  | A  | 03 June 2015                         | CN                      | 104671230  | B  | 05 October 2016                      |
| CN                                        | 104944412  | A  | 30 September 2015                    | CN                      | 104944412  | B  | 28 September 2016                    |
| WO                                        | 2013184212 | A2 | 12 December 2013                     | US                      | 9255853    | B2 | 09 February 2016                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2015115159 | A1 | 30 April 2015                        |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/079499

| <b>A. 主题的分类</b><br>G01B 11/16(2006.01)i; G01N 21/65(2006.01)i<br><br>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                        |                                             |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|-------------------|---------|----|----------------------------------------------------------------------------------------|------|---|------------------------------------------------------------------------------------|------|---|-----------------------------------------------------------------------|------|---|----------------------------------------------------------------|------|---|-----------------------------------------------------------|------|---|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)<br>G01B; G01N<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))<br>CNKI, CNPAT, EPDOC, WPI: 传感, 应变, 单壁, 碳纳米管, 拉曼, 峰值, 图案, 增强, 三角形, 浮动催化剂, 化学气相沉积, 铝箔, 钼, 机械手, sensor, strain, single, wall+, carbon, nanotube?, swnt, raman, peak, pattern, reinforce, triangle, floating catalyst, vapor deposit, aluminum, molybdenum, manipulator                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                        |                                             |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| <b>C. 相关文件</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109443232 A (武汉华星光电技术有限公司) 2019年 3月 8日 (2019 - 03 - 08)<br/>说明书第[0037]-[0063]段、附图1-4</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102169086 A (清华大学 等) 2011年 8月 31日 (2011 - 08 - 31)<br/>说明书第[0038]-[0089]段、附图1-12</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104613861 A (上海集成电路研发中心有限公司 等) 2015年 5月 13日 (2015 - 05 - 13)<br/>全文</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104671230 A (中国科学院金属研究所) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03)<br/>全文</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104944412 A (武汉大学) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30)<br/>全文</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2013184212 A2 (WILLIAM MARSH RICE UNIVERSITY) 2013年 12月 12日 (2013 - 12 - 12)<br/>全文</td> <td>1-18</td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                        |                                             | 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落 | 相关的权利要求 | PX | CN 109443232 A (武汉华星光电技术有限公司) 2019年 3月 8日 (2019 - 03 - 08)<br>说明书第[0037]-[0063]段、附图1-4 | 1-18 | Y | CN 102169086 A (清华大学 等) 2011年 8月 31日 (2011 - 08 - 31)<br>说明书第[0038]-[0089]段、附图1-12 | 1-18 | A | CN 104613861 A (上海集成电路研发中心有限公司 等) 2015年 5月 13日 (2015 - 05 - 13)<br>全文 | 1-18 | A | CN 104671230 A (中国科学院金属研究所) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03)<br>全文 | 1-18 | A | CN 104944412 A (武汉大学) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30)<br>全文 | 1-18 | A | WO 2013184212 A2 (WILLIAM MARSH RICE UNIVERSITY) 2013年 12月 12日 (2013 - 12 - 12)<br>全文 | 1-18 |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                      | 相关的权利要求                                     |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| PX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CN 109443232 A (武汉华星光电技术有限公司) 2019年 3月 8日 (2019 - 03 - 08)<br>说明书第[0037]-[0063]段、附图1-4 | 1-18                                        |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | CN 102169086 A (清华大学 等) 2011年 8月 31日 (2011 - 08 - 31)<br>说明书第[0038]-[0089]段、附图1-12     | 1-18                                        |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | CN 104613861 A (上海集成电路研发中心有限公司 等) 2015年 5月 13日 (2015 - 05 - 13)<br>全文                  | 1-18                                        |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | CN 104671230 A (中国科学院金属研究所) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03)<br>全文                         | 1-18                                        |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | CN 104944412 A (武汉大学) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30)<br>全文                              | 1-18                                        |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WO 2013184212 A2 (WILLIAM MARSH RICE UNIVERSITY) 2013年 12月 12日 (2013 - 12 - 12)<br>全文  | 1-18                                        |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                        |                                             |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件<br>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件<br>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性<br>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性<br>“&” 同族专利的文件                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                        |                                             |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| 国际检索实际完成的日期<br><br>2019年 9月 5日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                        | 国际检索报告邮寄日期<br><br>2019年 9月 27日              |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br>中国国家知识产权局(ISA/CN)<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088<br>传真号 (86-10)62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        | 受权官员<br><br>刘媛<br><br>电话号码 86-(10)-53962419 |      |                   |         |    |                                                                                        |      |   |                                                                                    |      |   |                                                                       |      |   |                                                                |      |   |                                                           |      |   |                                                                                       |      |

| C. 相关文件 |                                                                                                                      |         |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 类 型*    | 引用文件，必要时，指明相关段落                                                                                                      | 相关的权利要求 |
| Y       | 仇巍, “碳纳米管应变传感器测量理论与显微拉曼应变测量技术”<br>中国博士学位论文全文数据库, 第08期, 2009年 8月 15日 (2009 - 08 - 15),<br>ISSN: 1674-022X,<br>第17-42页 | 1-18    |
|         |                                                                                                                      |         |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/079499

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 109443232  | A  | 2019年 3月 8日    | 无    |            |    |                |
| CN          | 102169086  | A  | 2011年 8月 31日   | US   | 2012170032 | A1 | 2012年 7月 5日    |
|             |            |    |                | CN   | 102169086  | B  | 2013年 1月 9日    |
| CN          | 104613861  | A  | 2015年 5月 13日   | CN   | 104613861  | B  | 2018年 1月 26日   |
| CN          | 104671230  | A  | 2015年 6月 3日    | CN   | 104671230  | B  | 2016年 10月 5日   |
| CN          | 104944412  | A  | 2015年 9月 30日   | CN   | 104944412  | B  | 2016年 9月 28日   |
| WO          | 2013184212 | A2 | 2013年 12月 12日  | US   | 9255853    | B2 | 2016年 2月 9日    |
|             |            |    |                | US   | 2015115159 | A1 | 2015年 4月 30日   |