



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105101742 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201410561912. 6

(22) 申请日 2014. 10. 21

(30) 优先权数据

103116106 2014. 05. 06 TW

(71) 申请人 远东科技大学

地址 中国台湾台南市

(72) 发明人 王振兴 王瑜庆 吴家毓

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司

11332

代理人 巩克栋 杨生平

(51) Int. Cl.

H05K 7/20(2006. 01)

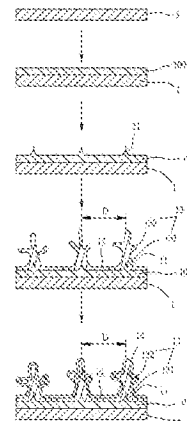
权利要求书1页 说明书7页 附图15页

(54) 发明名称

具有枝晶构造的热传单元、用途及使用方法

(57) 摘要

一种具有枝晶构造的热传单元、用途及使用方法,用于解决熟知热传元件散热面积不佳的缺陷,枝晶构造包含:一基材及多个枝晶,所述基材上有多个预定的晶体成核点,所述枝晶均沉积结合在所述基材的晶体成核点上,而所述枝晶彼此间具有用于热对流的一间距。由此,在使用时,使所述基材接触一热源,使热量由所述基材及该金属层往所述枝晶的所述主枝及所述至少一分枝产生方向性热传,或是将所述枝晶设置在热源处,以将所述热源的热由所述枝晶往所述基材方向传递。



1. 一种具有枝晶构造的热传单元,包含:一基材,所述基材上间隔设有多个晶体成核点;多个枝晶,均沉积结合在所述基材的晶体成核点上,而所述枝晶彼此间具有用于热对流的一间距。

2. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,其中,所述枝晶有一主枝及一分枝连接所述主枝。

3. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,其中,所述晶体成核点为一须晶(whisker)、一凸点、一毛边或一边缘的任一种或其组合。

4. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,其中,所述枝晶在所述基材上的密度为3根/cm²~15根/cm²。

5. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,其中,所述枝晶的长度尺寸为0.1mm~15mm。

6. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,其中,所述枝晶的长度尺寸为1mm~5mm。

7. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,其中,所述间距为0.1mm~5mm。

8. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,还包括一抗氧化层,用于覆盖所述基材及所述枝晶。

9. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,其中,所述枝晶的材料为铜或铜合金。

10. 如权利要求1所述的具有枝晶构造的热传单元,其中,所述枝晶的高度与断面对角线长度的比值大于2。

11. 一种具有枝晶构造的热传单元的用途,在一基材上设有至少一枝晶,使所述基材接触一热源,使热量由所述基材往所述枝晶产生方向性热传,或是将所述枝晶设置在热源处,以将所述热源的热由所述枝晶往所述基材方向传递。

12. 一种具有枝晶构造的热传单元的使用方法,先在一基材上设有至少一枝晶,再进行以下方法:将所述基材设置在一热源上,以将所述热源的热由所述基材往所述枝晶方向传递,或是将所述枝晶设置在热源处,以将所述热源的热由所述枝晶往所述基材方向传递。

具有枝晶构造的热传单元、用途及使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有枝晶构造的热传单元、用途及使用方法,特别是涉及利用金属离子沉积形成的枝晶作为热传元件,所述枝晶与所利用金属因内应力挤出生成的须晶(whisker)并不相同。

背景技术

[0002] 由于电子装置目前朝向轻量化、薄型化的趋势发展,因此如何让热传元件在体积更小的条件下,更为迅速、有效地冷却电子装置所产生的热,一直是相关从业者有待克服的技术问题。

[0003] 目前常见的热传元件,大多利用导热效果好的铜金属或铝金属基板,并在所述铜金属或铝金属基板上设置有多个散热鳍片,以通过所述散热鳍片作用将冷却电子装置所产生的热往外传,不过利用散热鳍片及铜金属或铝金属基板本身所能提供的散热面积有限,难以进一步提升散热效率。

[0004] 另外,有从业者研发,利用原本被视为电镀过程中瑕疵的须晶构造作为热传元件,主要运用于热管元件中,相关在先案例如有欧洲专利编号 EP0999590 “Heat sink for electric and/or electronic devices”、美国专利编号 US3842474 “Heat transfer between solids and fluids utilizing polycrystalline metal whiskers”及台湾专利编号 201326718 “散热装置的散热结构”等。

[0005] 不过上述须晶是因释放镀层残留的内应力而长出,此机制不仅成长速度相当慢,而需要较长的制备时间,再者,须晶大多呈杆状且径宽较细,且为单晶型态,无法提供更多晶界面积,因此能提供的散热面积同样有限,散热效果并不佳。

[0006] 此外,目前电镀中常见的另一种瑕疵为枝晶体,产生原因是由于电镀过程中,金属离子因为电流集中突起处,此效应影响沉积集中在基材的突起处,长出类似树枝状的晶体,这种树枝状的晶体由于会严重影响镀件的光滑性及美观性,因此一直被视为需要防止的瑕疵。

[0007] 例如蔡易达于2008年所著的国立中正大学硕士论文“错合剂于电镀锡-铋无铅焊料组成控制、黏着性与树枝状结构成长的效应”,其摘要中便提及:“... 过去的研究指出以电镀法所得的 Sn-Bi 镀层具有黏着性不佳及树枝状结构成长等问题存在。因此,为了有效抑制树枝状结构的发生,必须加入错合剂或加入界面活性剂予以抑制...”,所以,目前枝晶体在电镀领域中,仍一直被视为是瑕疵,并未有特殊功效。

发明内容

[0008] 因此,为改善熟知的散热元件散热面积有限的缺陷,本发明人致力于研究,提出一种具有枝晶构造的热传单元,包含:一基材,所述基材上有多个预定的晶体成核点(注: crystal defect);多个枝晶,皆沉积结合在所述基材的晶体成核点上,而所述枝晶彼此间具有用于热对流的一间距。

- [0009] 进一步地,所述枝晶有一主枝及一分枝连接所述主枝。
- [0010] 进一步地,所述晶体成核点为一须晶、一凸点、一毛边或一边缘的任一种或其组合。
- [0011] 进一步地,所述枝晶在所述基材上的密度为 3 根 /cm² ~ 15 根 /cm²。
- [0012] 进一步地,所述枝晶的长度尺寸为 0.1mm ~ 15mm。
- [0013] 进一步地,所述枝晶的长度尺寸为 1mm ~ 5mm。
- [0014] 进一步地,所述间距为 0.1mm ~ 5mm。
- [0015] 更进一步地,包括一抗氧化层,用于覆盖所述基材及所述枝晶。
- [0016] 本发明也涉及一种具有枝晶构造的热传单元的运用,是在一基材上设有至少一枝晶,使所述基材接触一热源,使热量由所述基材往所述枝晶产生方向性热传,或是将所述枝晶设置在热源处,以将所述热源的热由所述枝晶往所述基材方向传递。
- [0017] 本发明同时涉及一种具有枝晶构造的热传单元的使用方法,先在一基材上设有至少一枝晶,再进行以下方法:将所述基材设置在一热源上,以将所述热源的热由所述基材往所述枝晶方向传递,或是将所述枝晶设置在热源处,以将所述热源的热由所述枝晶往所述基材方向传递。
- [0018] 本发明的有益效果在于:
- [0019] 1. 传统电镀技术一直以来将枝晶视为缺陷,但本发明克服此技术偏见,将该枝晶应用于热传元件,以提供方向性热传,并通过具有碎形结构的枝晶提供更多的散热面积,以进一步提升散热效率。
- [0020] 2. 本发明利用须晶或切削加工提供枝晶生长所需的晶体成核点,使枝晶的生长效果更佳,并可控制基材上生长枝晶的位置,而具有更高的实用价值。
- [0021] 3. 本发明利用须晶作为晶体成核点,使枝晶紧密、稳固地结合在基材上,以进一步增进枝晶的散热效率。
- [0022] 4. 本发明的多个枝晶彼此间具有一间距,以作为热对流的空间,以避免产生热淤积现象,确保枝晶的散热效果。
- [0023] 5. 本发明多个枝晶在长度尺寸为 1mm ~ 5mm、枝晶彼此间的间距为 0.1mm ~ 5mm 时,散热效果为最佳。

附图说明

- [0024] 图 1 为本发明实施例的生成枝晶的步骤示意图。
- [0025] 图 2 为本发明实施例的生成枝晶的流程示意图。
- [0026] 图 3A 为本发明实施例利用扫描式电子显微镜于不同倍率观察枝晶的外观图。
- [0027] 图 3B 为本发明另一实施例利用光学显微镜于 450 倍率观察枝晶的显微外观图之一。
- [0028] 图 3C 为本发明另一实施例利用光学显微镜于 450 倍率观察枝晶的显微外观图之二。
- [0029] 图 3D 为本发明另一实施例利用光学显微镜于 450 倍率观察枝晶的显微外观图之三。
- [0030] 图 4A 为本发明实施例须晶的电脑造影外观图之一。

- [0031] 图 4B 为本发明实施例须晶的电子显微镜外观图之二。
- [0032] 图 4C 为本发明实施例须晶的电子显微镜外观图之三。
- [0033] 图 4D 为本发明实施例须晶的电子显微镜外观图之四。
- [0034] 图 5 为本发明实施例利用钻孔产生毛边的平面示意图。
- [0035] 图 6 为本发明实施例利用基材边缘成长枝晶的平面示意图。
- [0036] 图 7 为本发明实施例实际样品的外观示意图。
- [0037] 图 8 为本发明实施例图 7 的热像示意图。
- [0038] 图 9 为本发明实施例与各式试片,在接触同样热源(LED 灯)下,并持续 30 分钟的比较图。
- [0039] 图 10 为本发明实施例枝晶表面热空气情形的热像示意图。
- [0040] 图 11 为本发明实施例枝晶表面的温度曲线示意图。
- [0041] 图 12 为本发明实施例 3mm 单根枝晶热传情形的热像示意图。
- [0042] 图 13 为本发明实施例 3mm 单根枝晶热传情形的温度曲线示意图。
- [0043] 图 14 为本发明实施例 0.75mm 单根枝晶热传情形的热像示意图。
- [0044] 图 15 为本发明实施例 0.75mm 单根枝晶热传情形的温度曲线示意图。
- [0045] 图 16 为本发明实施例两根枝晶之间热空气情形的热像示意图。
- [0046] 图 17 为本发明实施例两根枝晶之间热传情形的温度曲线示意图。
- [0047] 图 18A、图 18B、图 18C、图 18D 为利用不同沉积参数成型的不同枝晶形态。
- [0048] 其中,
- | | | |
|--------|------------------------|-------|
| [0049] | (1) (1a) (1b) | 基材 |
| [0050] | (100) | 覆盖须晶层 |
| [0051] | (11) (11a) (11b) | 晶体成核点 |
| [0052] | (12) | 金属层 |
| [0053] | (13) (13A) (13B) (13C) | 枝晶 |
| [0054] | (131) | 主枝 |
| [0055] | (132) | 分枝 |
| [0056] | (14) | 抗氧化层 |
| [0057] | (A) | 热源 |
| [0058] | (D) | 间距 |

具体实施方式

[0059] 综合上述技术特征,本发明提供方向性热传的枝晶构造、用途及使用的主要功效将在下述实施例中清楚呈现。

[0060] 先参阅图 1 和图 2,是揭示本发明实施例的方向性热传的枝晶构造及其制备步骤流程图及制备流程图。

[0061] A. 提供一基材 1,所述基材 1 上有多个晶体成核点 11(crystal defect)。在此要先说明的是,晶体成核点 11(crystal defect) 在本发明中的定义不仅涵盖一般点缺陷、线缺陷等晶体结构规律性被破坏的形态,也涵盖须晶(whisker)形态。较佳的是,所述基材 1 为导电性及导热性高的金属,例如铜或铝,并对所述基材进行前处理,所述前处理包含一用

于去除油脂的脱脂程序及一敏化程序,所述敏化程序将所述基材浸泡于一酸性溶液中,以增进电镀时所述金属离子的附着效果。

[0062] 但要特别说明的是,所述基材 1 并不限于导电材质,也可为塑胶或陶瓷等不导电的材质,在基材 1 为塑胶或陶瓷时,须先经过化学腐蚀、表面活性化等程序,但此处为熟知技术,因此并不予以赘述。

[0063] 最好是,先在所述基材 1 上的一预定位置上设置导电性较差的一遮件,使所述预定位置不成长后述的枝晶 13。例如,在该基材 1 周围设置不锈钢片。

[0064] B. 将所述基材 1 作为电镀的电极,以利用沉积法将多个金属离子沉积在所述基材 1 以形成一金属层 12,所述金属离子将因电流集中效应而在所述晶体成核点 11 上成长一枝晶 13。但要特别说明的是,所述金属层 12 并非必须完整覆盖在基材 1 上,可以利用电流集中效应原理而单独成长枝晶 13 即可。所述沉积法例如有电镀法、物理气相沉积 (PVD)、化学气相沉积等 (CVD) 等皆为可行的手段,在本实施例中以电镀法作为示例。

[0065] 并阅图 3A,是揭示利用扫描式电子显微镜 (SEM) 于不同倍率观察枝晶 13 的外观图,所述枝晶 13 包含一主枝 131 及连接所述主枝 131 的至少一分枝 132。优选是,所述枝晶 13 在所述基材 1 上的密度为 3 根/cm² ~ 15 根/cm²、所述枝晶 13 的长度尺寸为 0.1mm ~ 15mm。最好是,所述枝晶 13 的长度尺寸为 1mm ~ 5mm,且所述枝晶 13 彼此间具有一间距 D,所述间距 D 优选至少为 0.1mm ~ 5mm,其中,枝晶的高度与断面对角线长度的比值大于 2,以提供足够作为热交换的空间,以避免产生热淤积现象。较详细地说,所述电镀的电流密度为 1A/dm² ~ 5A/dm²,而所述电镀的时间为 60min ~ 180min。

[0066] 并阅图 3B 至图 3D,是揭示利用电子显微镜于 450 倍率下观察枝晶 13A、13B、13C 的外观图,其电镀条件为:电镀温度条件:30°C ~ 60°C、电镀时间:2 小时、电流:2.8A/dm² ~ 8A/dm²、电镀液为 pH 0 ~ 2.5 的含铜电镀液,其中含铜电镀液最佳为 pH:1.45、比重:1.190,以由此形成强度更佳及散热效果更佳的铜材质枝晶 13A、13B、13C。又如图 18A 至图 18D 为利用不同参数成型的枝晶,整体形态例如有放射状(图 18A、图 18B)及柱状(图 18C、图 18D),因此要特别说明的是,枝晶并不限于必须要有主枝及分枝的形态,仅为柱状枝晶也是可行的形态。

[0067] 并阅图 4A,优选的是,在所述步骤 A 中,所述基材 1 上还镀有一覆盖须晶层 100,所述覆盖须晶层 100 的材质为锡、镉、锌、铋、钢的任一种或其组合,所述这些金属材质硬度较低且延展性佳,因此比较容易在释放内应力时在所述基材 1 上成长有作为所述晶体成核点 11 的一须晶,使所述枝晶 13 有一定的结合强度。并阅图 4B 至图 4D,为利用扫描式电子显微镜 (SEM) 于 50 倍率下观察不同形态的须晶,虽形态各有差异,但皆为利用延展性佳的覆盖须晶层释放内应力所生成。

[0068] 但要注意的,并不以此为限,并阅图 5,也可对所述基材 1a 进行一加工处理(如钻削、铣削、车削、锻孔、刨削等切削处理),以在所述基材 1a 上形成有作为晶体成核点 11a 的毛边。并阅图 6,甚至于可以直接利用所述基材 1b 上的一边缘作为晶体成核点 11b,主要目的都是在于利用晶体成核点 11 使电流在该处产生电流集中效应。

[0069] 还包括一步骤 C,所述基材 1 及所述枝晶 13 上镀上一抗氧化层 14,以避免所述基材 1 及所述枝晶 13 氧化。

[0070] 请参阅图 8 所示,本发明还提供一种提供方向性热传的枝晶构造的用途及其使用

方法,包含下列步骤:

[0071] A. 提供所述提供方向性热传的枝晶构造。

[0072] B. 接着使所述提供方向性热传的枝晶构造的所述基材 1 接触一热源 A,以将所述热源 A 的热由所述基材 1 往所述枝晶 13 的主枝 131 及分枝 132 方向传递,但并不以此为限,也可将所述枝晶 13 设置在热源 A 处,以将所述热源 A 的热由所述枝晶 13 往所述基材 1 方向传递。以下将先配合实验说明本发明提供方向性热传的枝晶构造实际使用的情况。

[0073] 并阅图 7 及图 8,分别为实际样品的外观图以及所述实际样品利用热像呈现枝晶 13 的热传效果。并在图 7 中取三个区域,分析温度变化,并阅表 1,观察 1 号区域可知,枝晶在过于密集时,容易使温度累积,因此 1 号区域的枝晶末端处为 47.08℃,温度相对高于其他树枝状结晶的末端温度;2 号区域因为最靠近热源,因此热累积使得 2 号周围的温度偏高;3 号区域为单一枝晶,观察到接近热源处的温度为 47.39℃,而末端温度则降至 32.01℃,可初步推断枝晶有助于散热。

[0074] 表 1 微孔板成长枝晶热像区域温度比较表:

[0075]

区域	平均温度(℃)	最高温(℃)	最低温(℃)
1	41.78	47.08	32.34
2	53.81	60.03	47.39
3	40.93	49.91	32.01

[0076]

[0077] 并阅图 9,揭示比较各式试片与本发明枝晶构造,在接触同样热源(LED 灯)下,并持续 30 分钟的温度比较图,其中,试片包含纯铝板、微孔板、镀铜微孔板,而本发明枝晶构造则为一组在微孔板上成长高度尺寸 3mm 的树状枝晶及一种在微孔板上成长高度尺寸 10mm 的树状枝晶。

[0078] 观察可知,在 30 分钟时,温度最低的为 3mm 枝晶(温度 78.4℃),温度次高的为 10mm 枝晶(温度为 79.6℃);而微孔板镀铜及镀厚铜,散热效果较纯微孔板效果差,分别为 85.7 及 83.9℃。

[0079] 并阅表 2,揭示计算各式试片及本发明枝晶构造的热阻值及热传系数,铝板与微孔板热阻值分别为 12.35 及 12.10℃/W,微孔板镀枝晶分别为 3mm 及 10mm,热阻值为 9.90 及 9.58℃/W,微孔板镀铜以 30min 与 180min 时间,热阻值为 10.55 及 11.50℃/W。比较热阻值差异,可得知微孔板成长枝晶热阻值较低,其中以 10mm 为最佳。

[0080] 表 2 各式试片及本发明枝晶构造的热阻值及热传系数:

[0081]

试片	环境 (°C)	散热板 (°C)	散热板与环境 温度之差 ΔT (°C)	热传系数 K (W/m ² *°C)	热阻值 R (°C /W)
铝板	26	75.4	49.4	22.49	12.35
微孔板	25.3	73.7	48.4	22.96	12.10
成长镀枝晶 (10 mm)	26.3	64.6	39.3	29.01	9.58
成长镀枝晶 (3 mm)	25.3	64.9	39.6	28.06	9.90
镀铜 (180min)	25.6	67.8	42.2	26.33	10.55
镀铜 (30min)	25.9	71.9	46	24.15	11.50

[0082] 以下通过热像仪拍摄观察温度分布,进一步分析铜质枝晶散热情形及有效辐射区域。

[0083] 先参阅图 10,观察可知枝晶表面与环境温度间具有温差,此温差以温度梯度的方式往外扩散,并参阅图 11,枝晶的温度为 47.8°C,而枝晶表面温度为 46.7°C,而温度渐渐往外扩散温度分别为 45°C、39°C 与 37°C 三个阶段,三个阶段的距离分别为 0.38mm、0.63mm 与 1.25mm,三阶段距离分别为 0.25mm 及 0.62mm,所移除的热量比为 1:1.9:1.17,图 10 中超过 0.63mm 后曲线渐趋平缓,图 10 中热空气的热像并无空气流动造成的摇摆现象,验证实验在无风状态,也同时说明热量由枝晶表面通过对流方式加热周围空气,往外渐渐降温,达到散热效果,有高效的加热空气厚度为 0.62mm。

[0084] 接着参阅图 12,为长度 2.3mm 单根枝晶热传情形,并参阅图 13,可得知 0.0mm 至 0.5mm 为热源传导至枝晶,在 0.5mm 至 0.9mm 为枝晶将热散出,在 1mm 至 1.5mm 时,为枝晶最窄的地方,此区域因散热面积受限,因此温度有所淤积,造成此区域温度无法散去,而到 1.5mm 至 2.5mm,枝晶宽度较大使得淤积的温度可就此散去,整体枝晶温度由 46.4°C 降至 37.0°C,相差 9.4°C。

[0085] 接着参阅图 14,为长度 0.75mm 单根枝晶热传情形,并参阅图 15,可得知枝晶的温度为 38°C,枝晶热传至 0.2mm 至 0.3mm 时,因为宽度变小使得温度淤积在 36°C,而 0.3mm 以后至枝晶表面的温度为 28.8°C,其中以 0.3mm 至 0.75mm 温度下降较快,由 36°C 降至 28.8°C,而 0.75mm 以后温度为恒温。

[0086] 接着参阅图 16,揭示两根枝晶间热传情形,并参阅图 17 温度在 0.35mm 至 0.5mm 为降温效果最佳区域,温度由 51°C 降至 30°C,而 0.5mm 至 0.7mm 为恒温,在 0.75mm 的枝晶间,热辐射效果为 0.2mm,且无热淤积现象产生。由上述可推知,枝晶两侧应需有 2.5mm 空间进行热传效果,如果间距太小会使得热传区域受影响,也无法将热源的热完全排出,会产生热淤积现象。而单根枝晶传热时,宽度需一致,宽度如果有所缩小时温度会热淤积在此区域,使得散热效果变差。

[0087] 补充说明本发明实验仪器的红外线热像仪 (Thermal Imager Camera) 及扫描式电子显微镜 (SEM) 的规格,红外线热像仪 (Thermal Imager Camera) 为利用红外探测器和光

学成像物镜吸收被测物的红外线辐射能量分布,图形反应到红外探测器的光敏元件上,从中取得红外线热像图,此热像图与物体的热分布场相互对应。本发明的实验使用两台热像仪分析,分别分析宏观与微观,以了解热传导情形与对流现象。

[0088] 表 3 为本发明实验热像分析仪器的规格:

[0089]

	NEC-F30W	FLIR SC325 + FOL18
解析度	160 × 120	324 × 240
测量范围	20~350℃	-20~300℃
出厂厂商	景兴电脑科 技有限公司	仪测科技国际股份 有限公司
分析模式	宏观	宏观与微观

[0090] 表 4 为本发明扫描式电子显微镜的规格:

[0091]

规格	Hitachi S3000N
二次电子分辨率	> 3.5 nm (30kV,高真空) > 10 nm (3kV,低真空)
背向散射电子分辨率	> 5.0 nm (30kV,低真空)
放大倍数	20 倍~300000 倍
加速电压	0.5~30kV
解析度	640 × 480~5120 × 3840pixels

[0092] 综合上述实施例的说明,应当可以充分了解本发明的操作、使用及本发明产生的功效,但以上所述实施例仅为本发明的较佳实施例,应当不能以此限定本发明实施的范围,即依照本发明申请专利范围及发明说明内容所作简单的等效变化与修饰,皆在本发明涵盖的范围内。

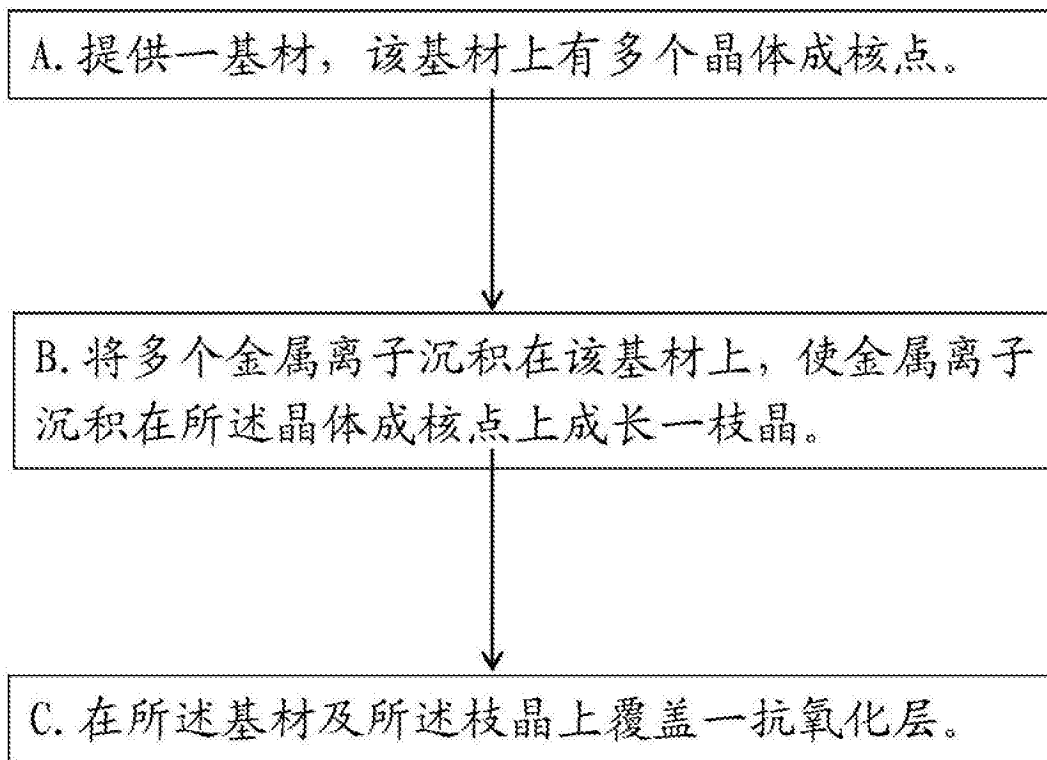


图 1

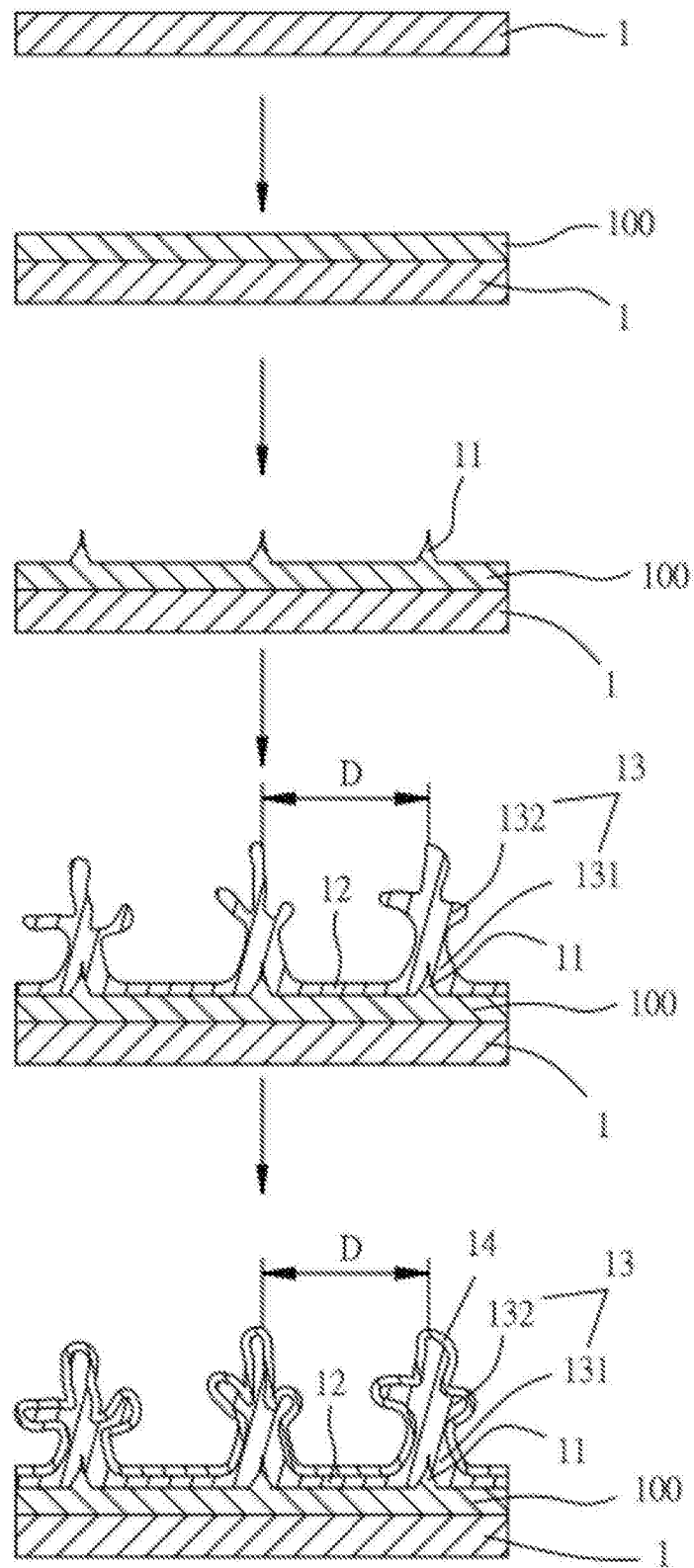


图 2

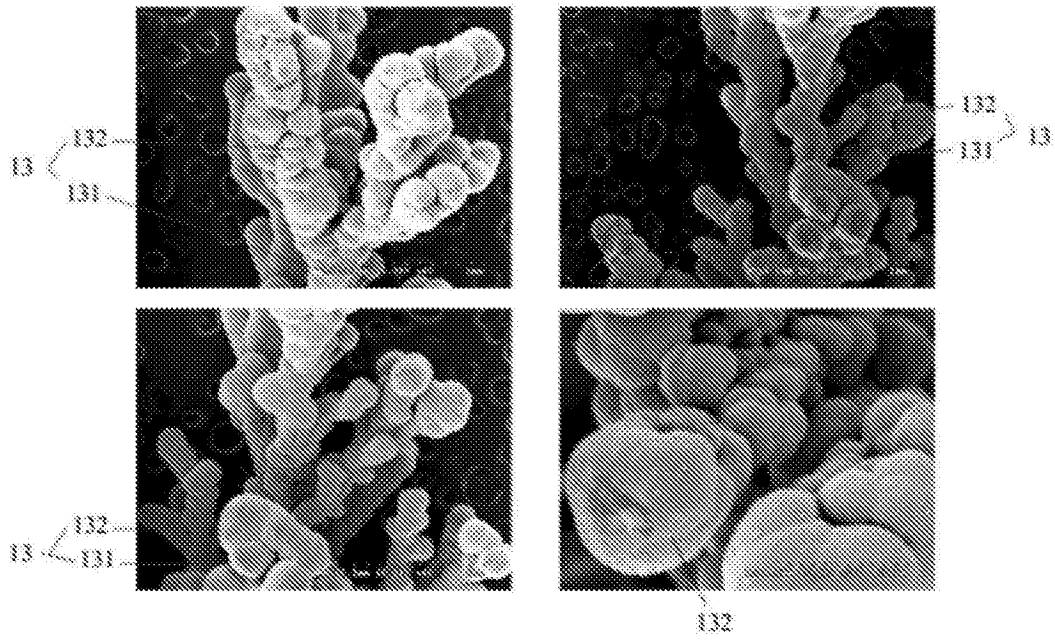


图 3A

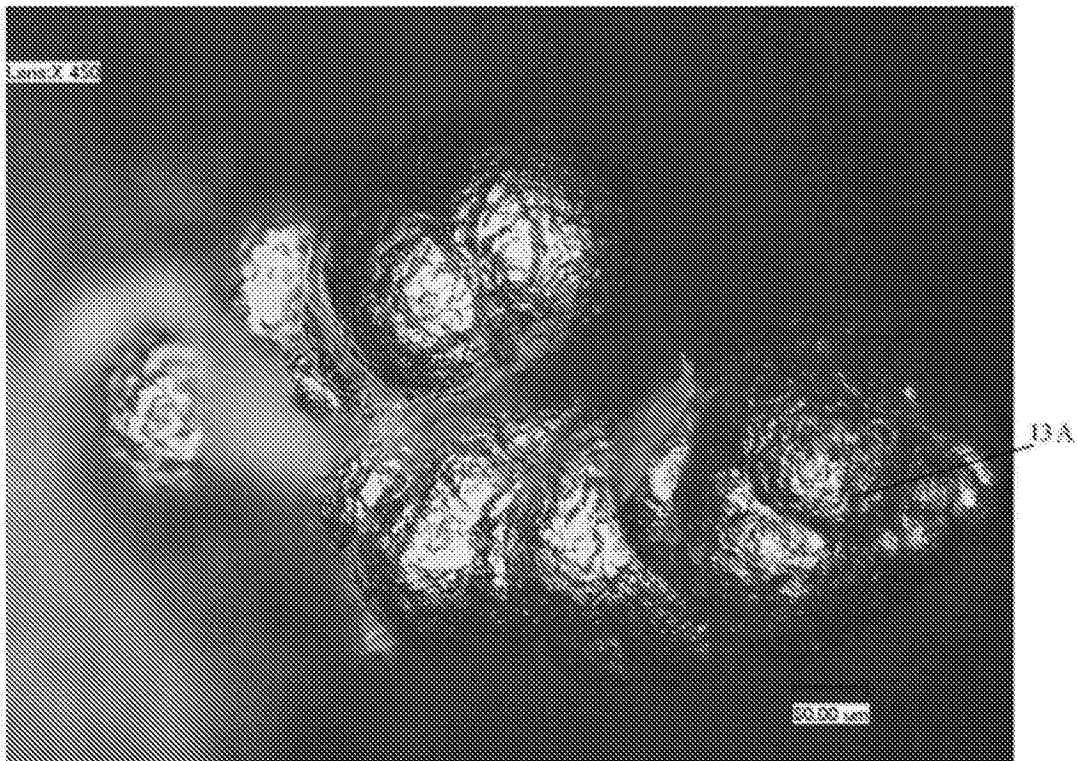


图 3B

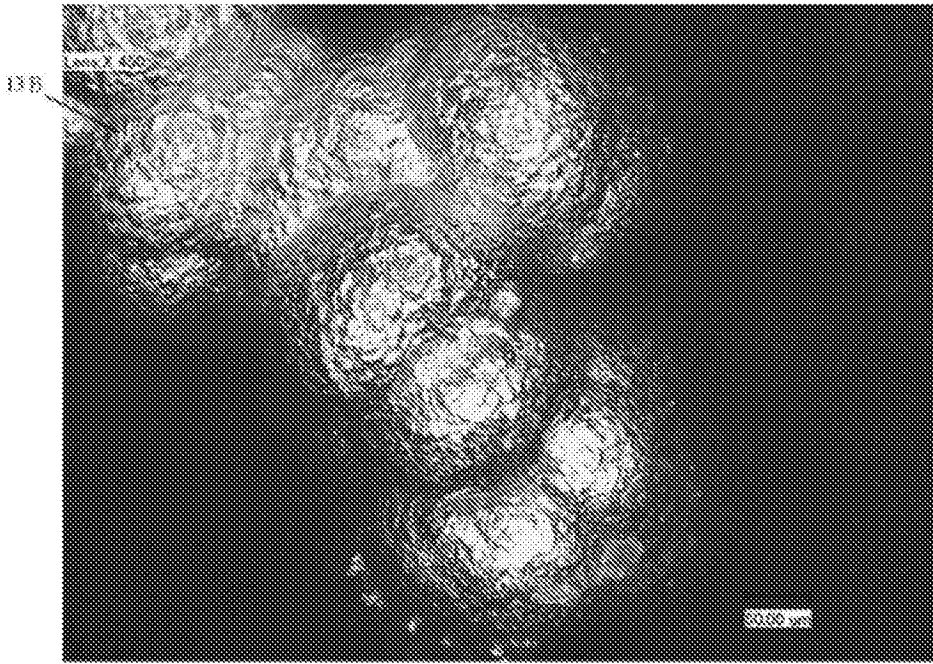


图 3C

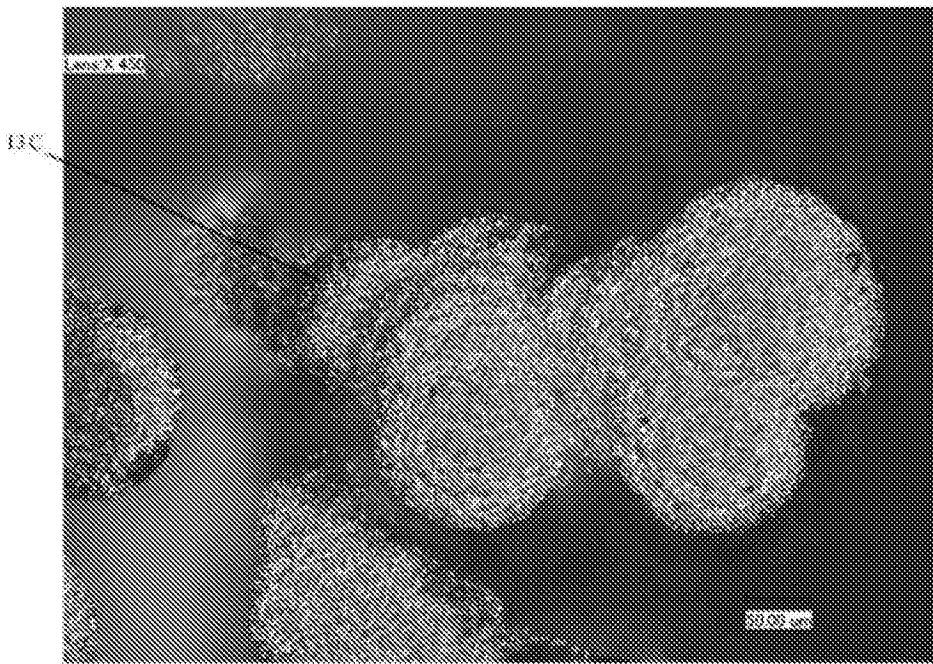


图 3D

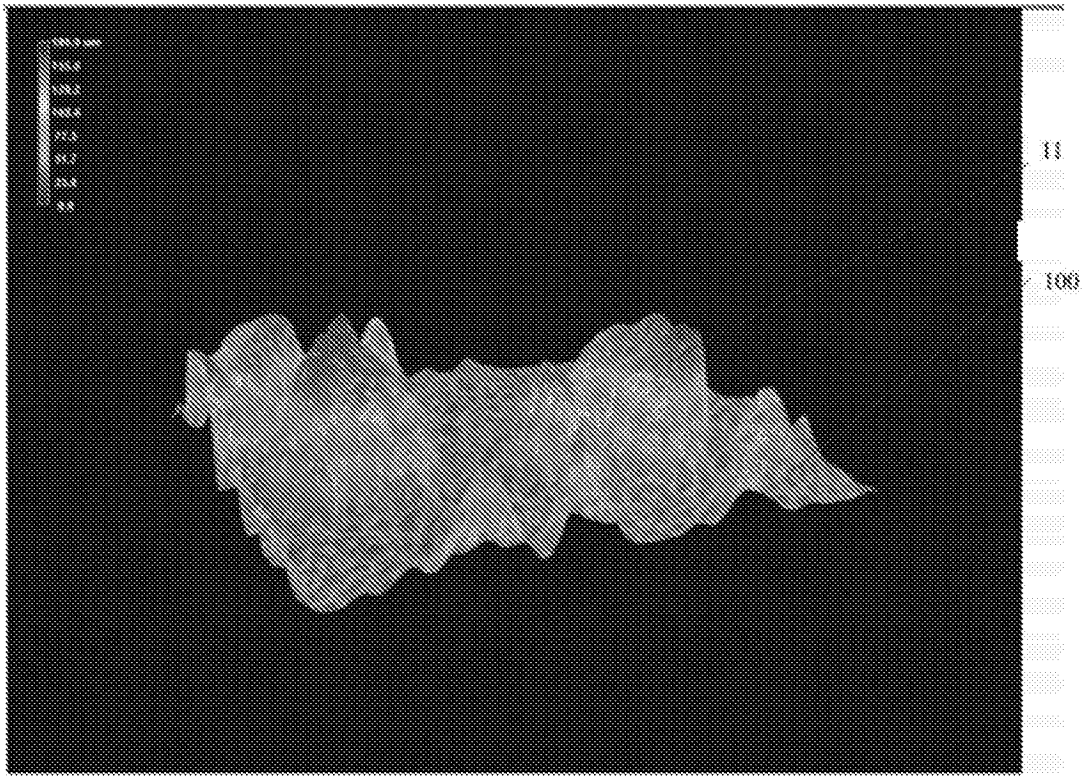


图 4A

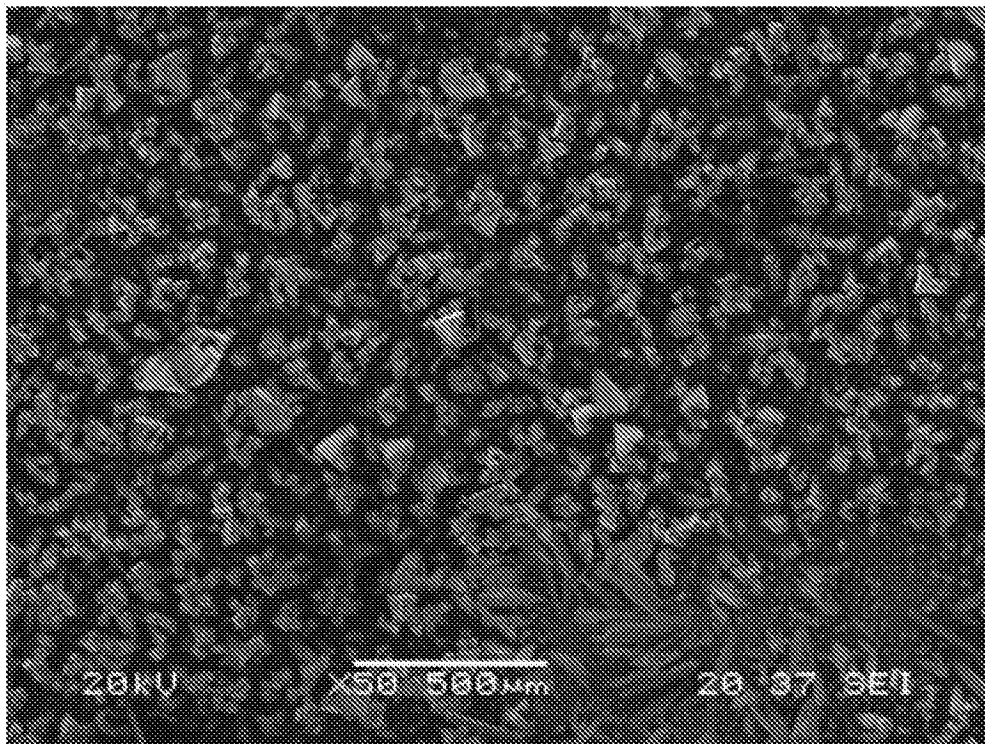


图 4B

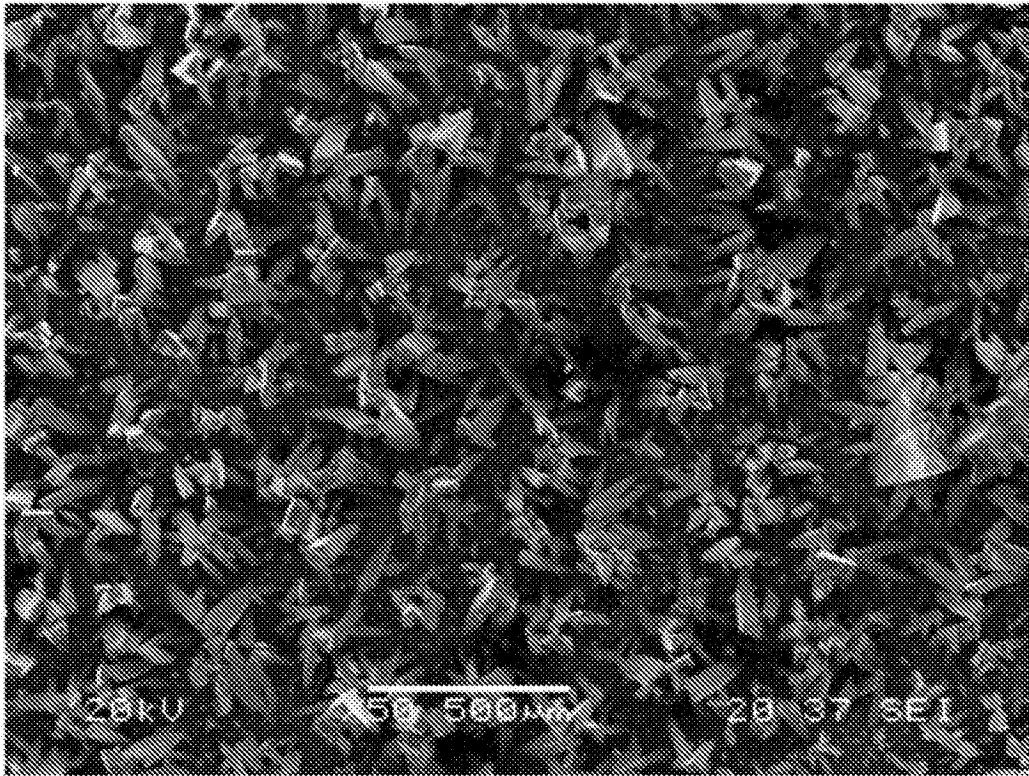


图 4C

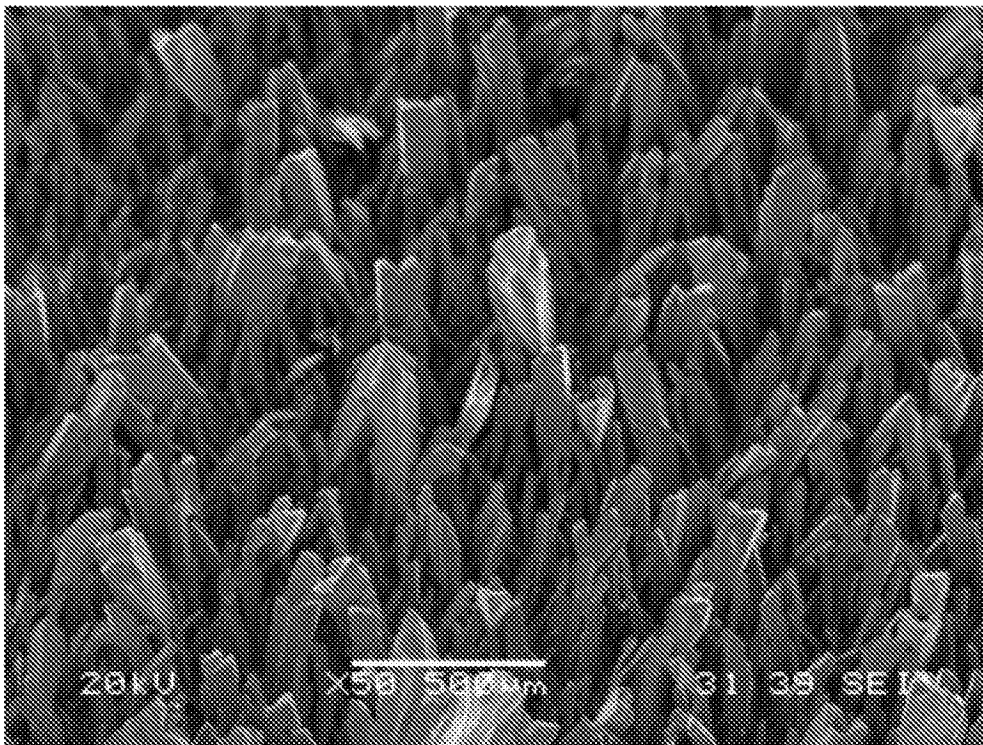


图 4D

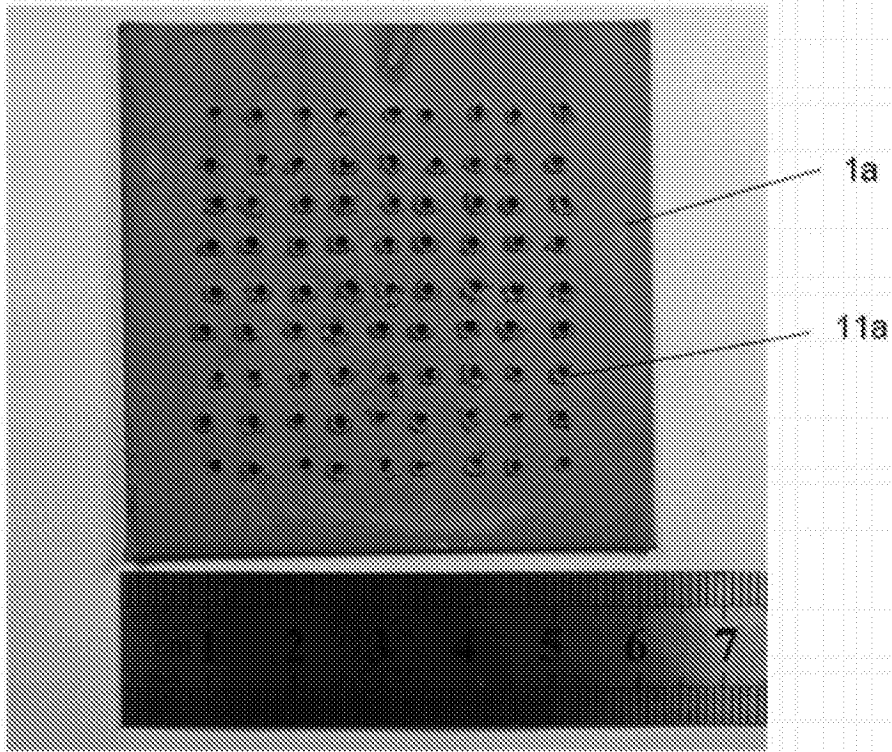


图 5

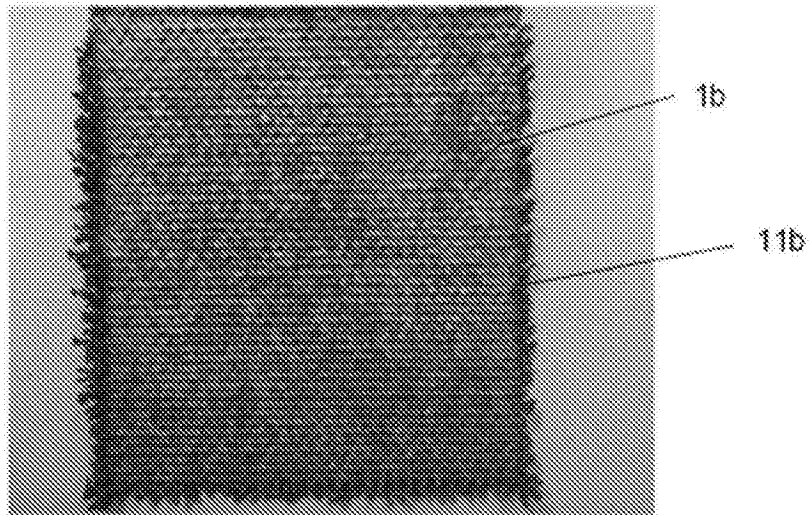


图 6

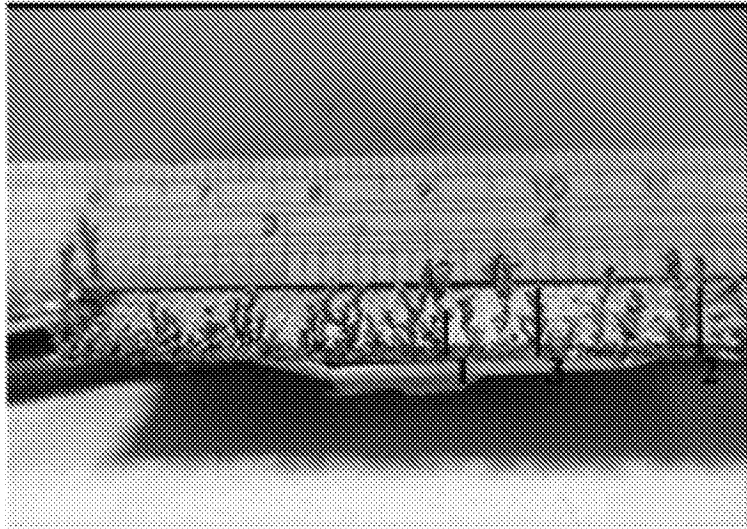


图 7

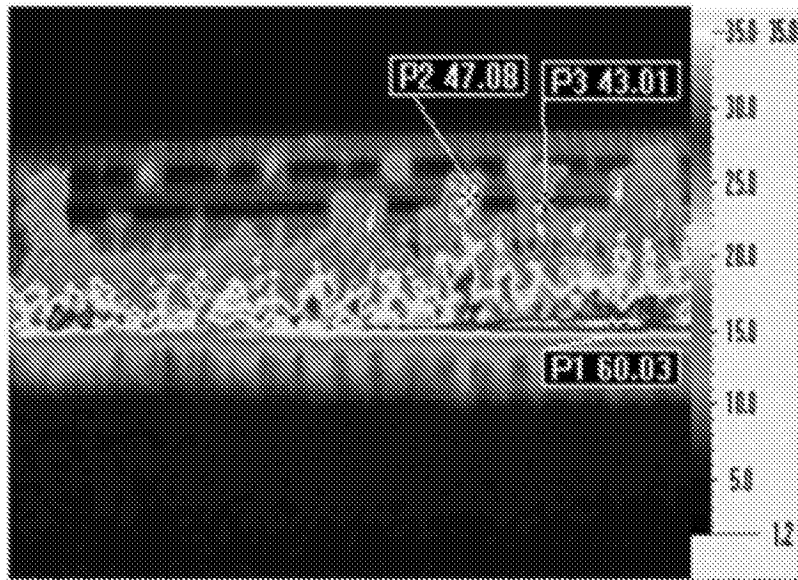


图 8

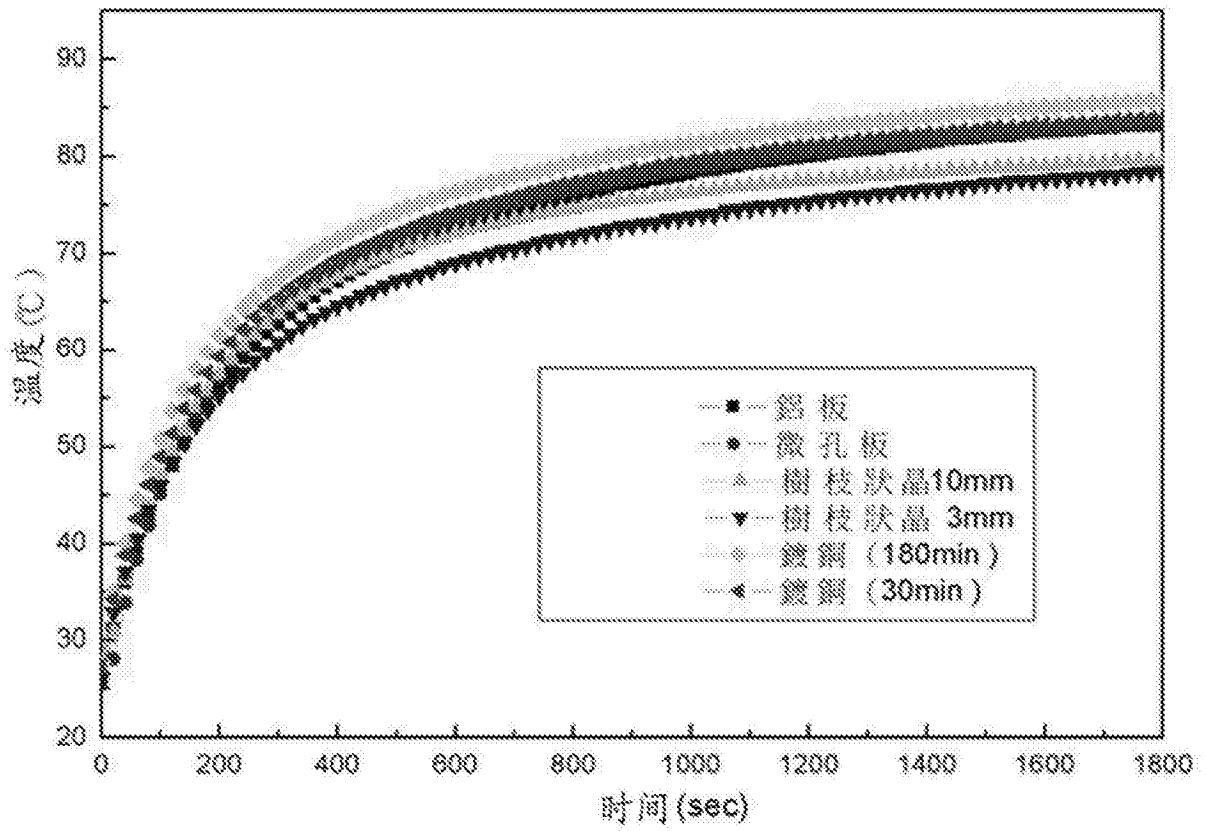


图 9

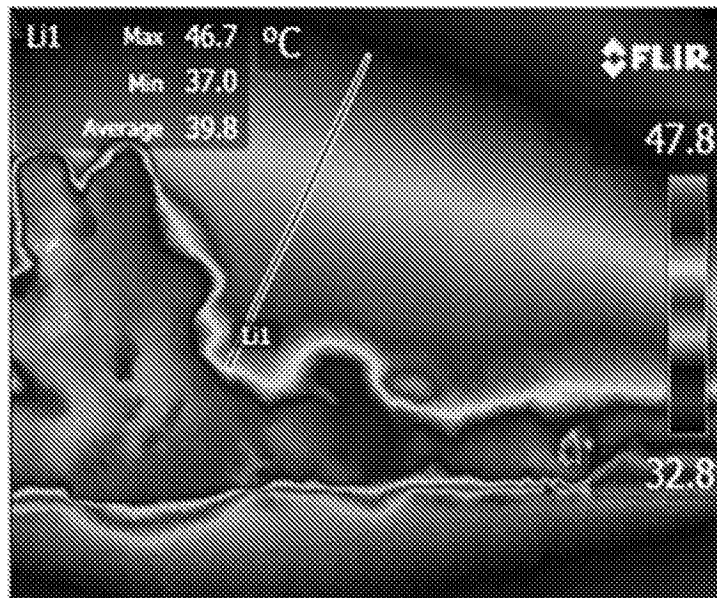


图 10

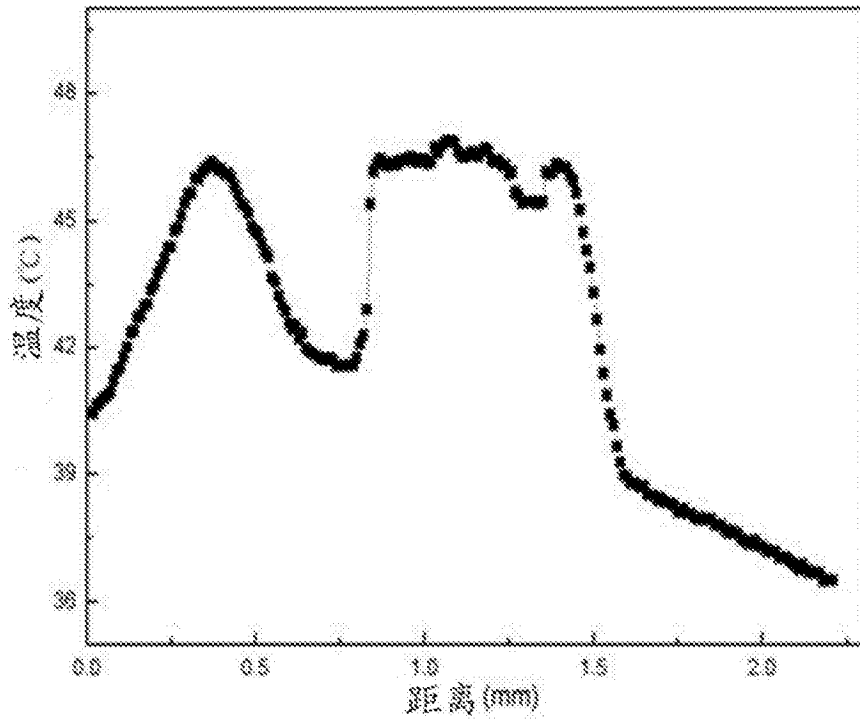


图 11

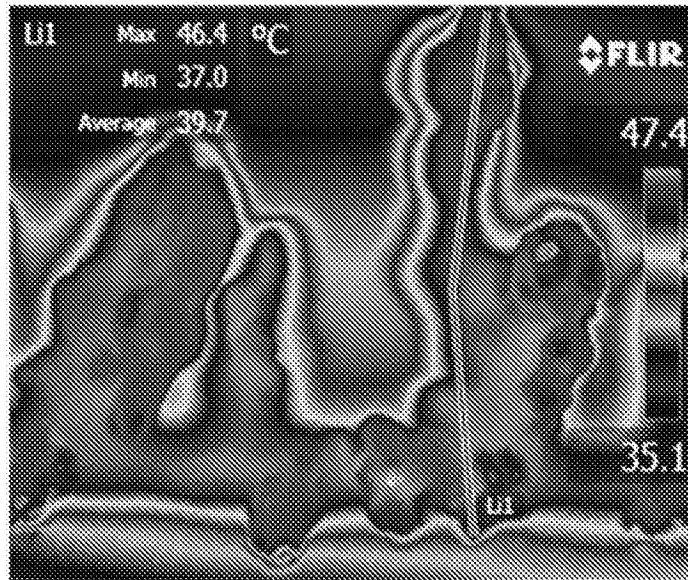


图 12

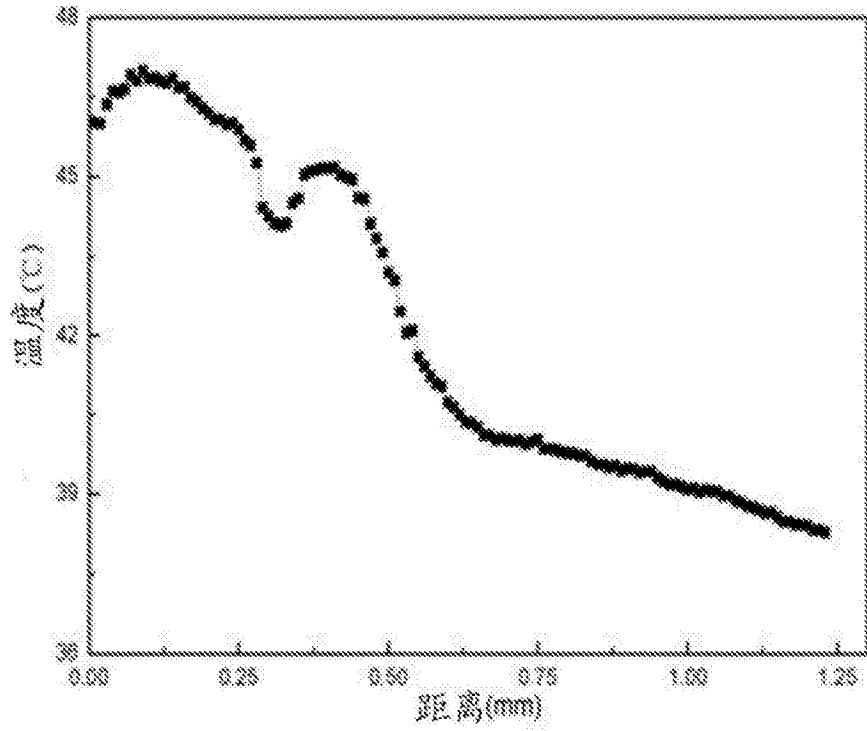


图 13

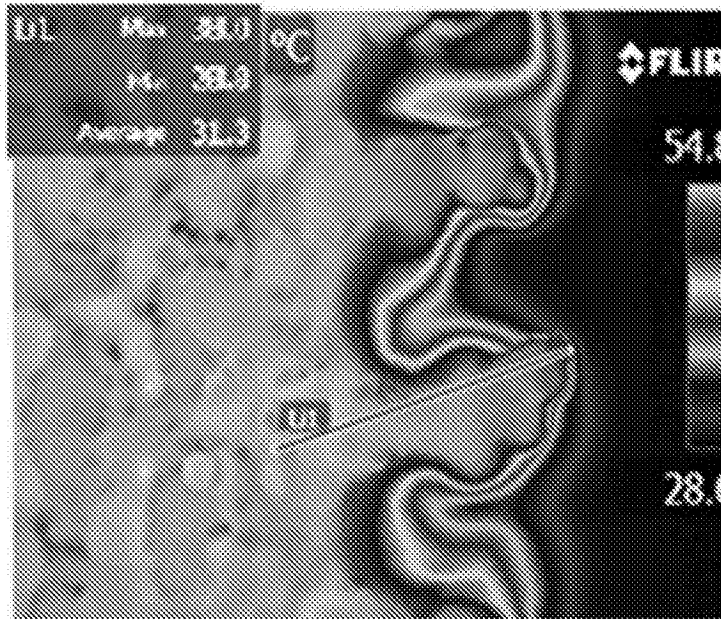


图 14

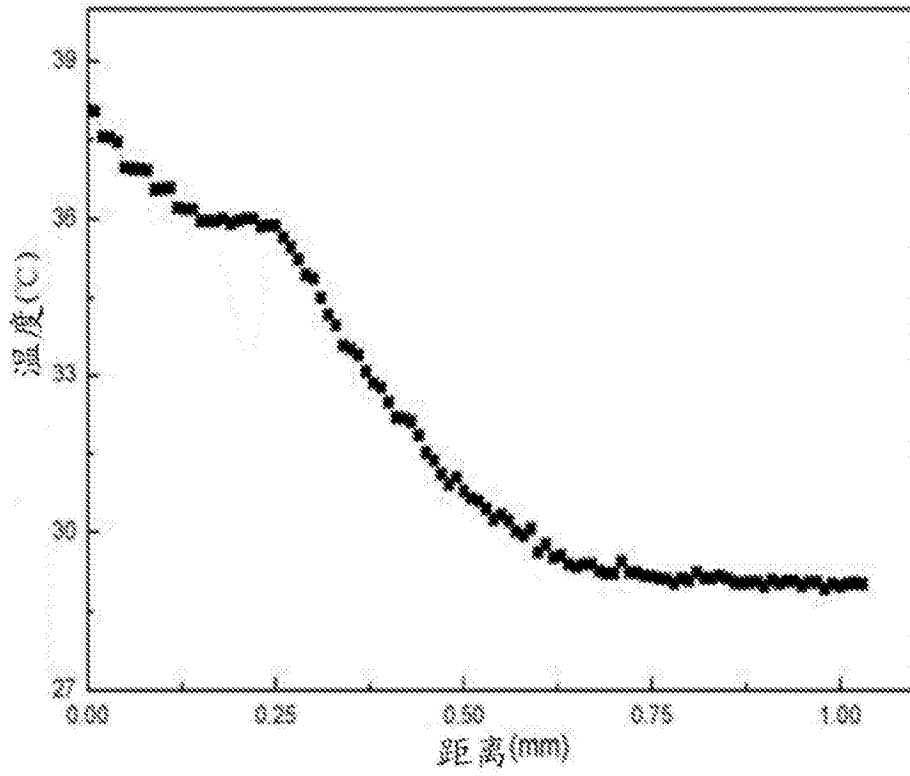


图 15

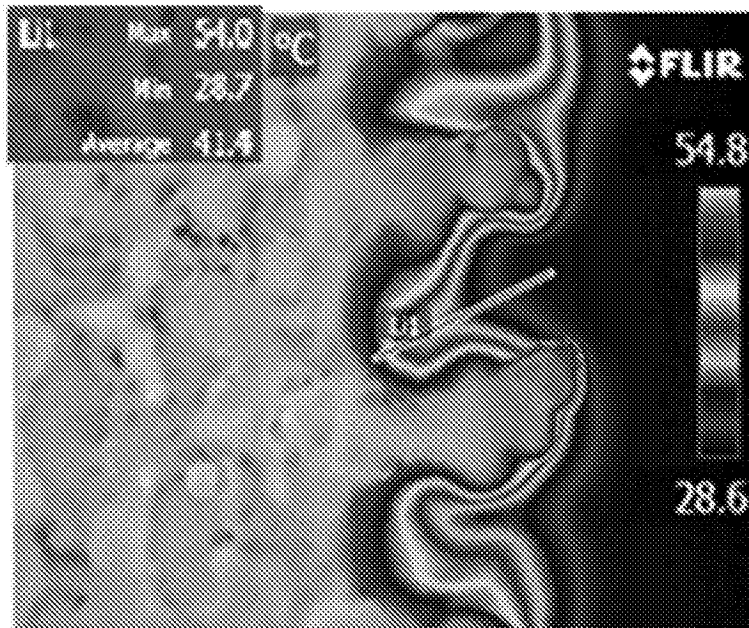


图 16

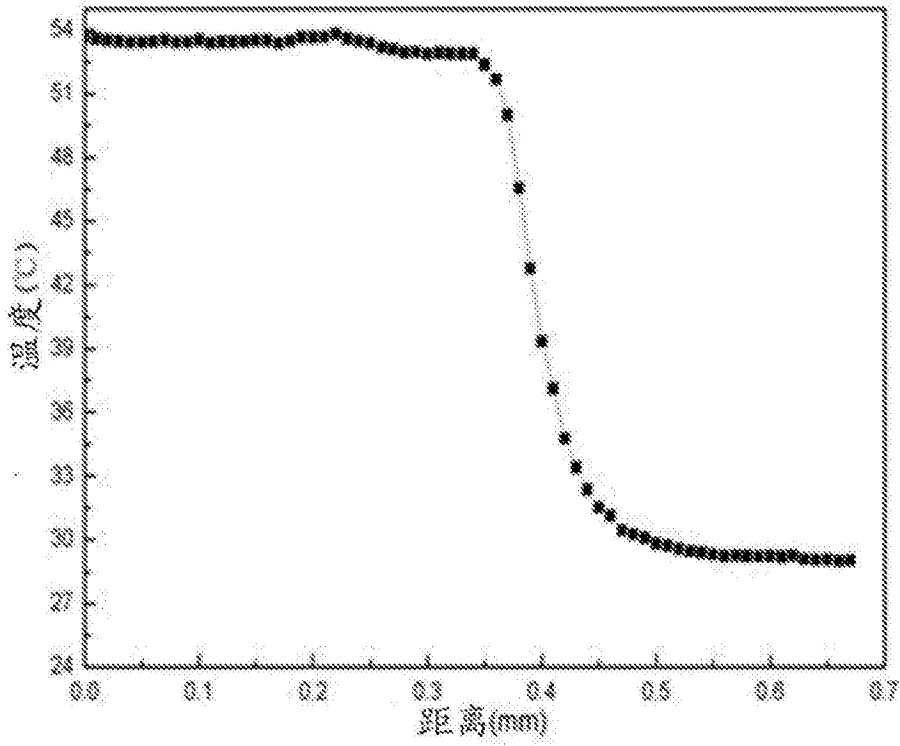


图 17

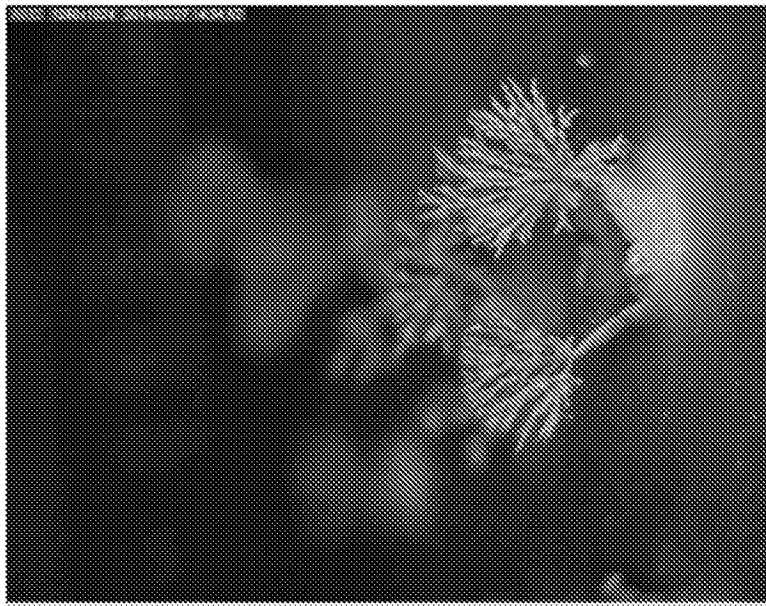


图 18A

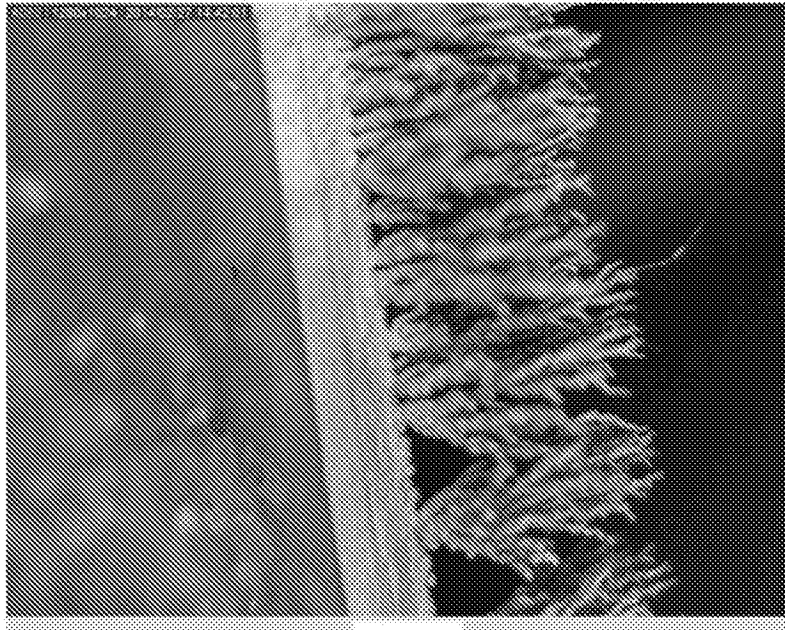


图 18B

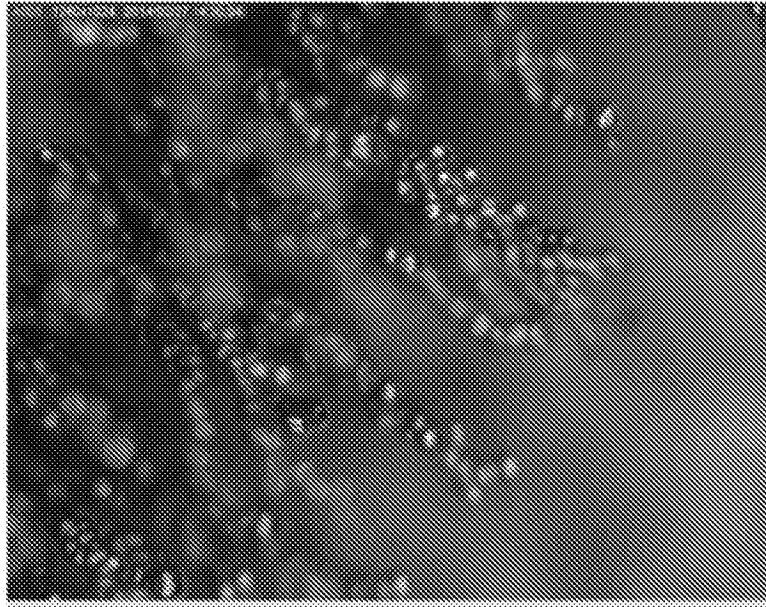


图 18C

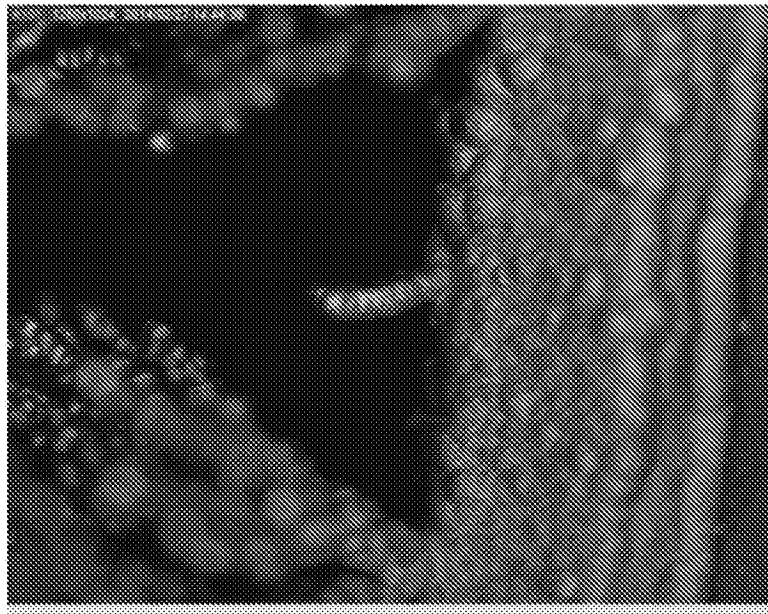


图 18D