



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111370349 A

(43)申请公布日 2020.07.03

(21)申请号 202010192097.6

(22)申请日 2020.03.18

(71)申请人 广东工业大学

地址 510006 广东省广州市越秀区东风东
路729号

(72)发明人 丁树权 陈云 王晗 陈新
侯茂祥 高健 刘强

(74)专利代理机构 佛山市禾才知识产权代理有
限公司 44379

代理人 朱培祺 资凯亮

(51)Int.Cl.

H01L 21/67(2006.01)

H01L 21/683(2006.01)

H01L 27/15(2006.01)

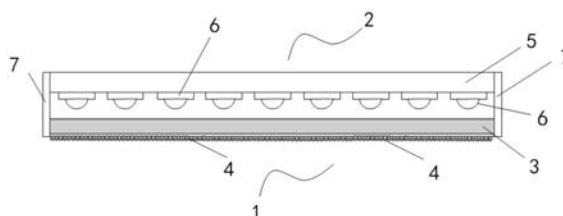
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置及
使用、制造方法

(57)摘要

本发明公开了用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置及使用、制造方法,其装置包括基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜和Micro-LED转移装置,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜包括聚氨酯薄膜基体和多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱,多个所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱在所述聚氨酯薄膜基体呈阵列分布;所述Micro-LED转移装置包括光源固定基板、激光发射单元和固定板,激光发射单元发射激光光束时对应的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱从玻璃态转化为粘弹态。解决现有Micro-LED巨量转移操作成本高、难度大和良品率低等问题,在保证精准度之外,进一步满足低成本,易操作,高良率,高效率等需求。



1. 一种用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,其特征在于:包括基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜和Micro-LED转移装置,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜包括聚氨酯薄膜基体和多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱,多个所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱在所述聚氨酯薄膜基体呈阵列分布;

所述Micro-LED转移装置包括光源固定基板、激光发射单元和固定板,所述光源固定基板的两端安装有所述固定板,所述光源固定基板的底面和两个所述固定板形成安装腔,多个所述激光发射单元在光源固定基板的底面呈阵列分布,基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜位于光源固定基板的下方,并且所述激光发射单元的发射端朝向基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜,所述聚氨酯薄膜基体的两端分别与对应的固定板固定连接,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的自由端朝外;

激光发射单元发射激光光束时其照射区域内的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱从玻璃态转化为粘弹态。

2. 根据权利要求1所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,其特征在于:所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的自由端呈半球状。

3. 根据权利要求1所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,其特征在于:所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜中,相邻两根所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的间距为 $0.39\mu\text{m}\sim 0.40\mu\text{m}$;

所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的高度为 $1.86\mu\text{m}\sim 1.96\mu\text{m}$,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的直径为 $1.85\sim 1.93\mu\text{m}$;

所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的玻璃化温度为 $25^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。

4. 根据权利要求1所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,其特征在于:所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜中,聚氨酯薄膜基体的厚度为 $6.9\mu\text{m}\sim 7.4\mu\text{m}$;

所述聚氨酯薄膜基体和激光发射单元的间距为 $1\text{cm}\sim 1.5\text{cm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,其特征在于:还包括Micro-LED转移基板和Micro-LED承接基板,所述Micro-LED转移基板用于装载Micro-LED晶片,所述Micro-LED承接基板用于装载目标衬底;所述Micro-LED晶片的面积为 $100\mu\text{m}^2$,所述激光发射单元的照射面积为 $100\mu\text{m}^2$ 。

6. 根据权利要求5所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,其特征在于:所述激光发射单元发射的激光光束的功率为 $6\times 10^{-5}\text{mW}\sim 7\times 10^{-5}\text{mW}$,其波长为 $360\text{nm}\sim 370\text{nm}$;

所有所述激光发射单元间的电连接方式为并联。

7. 根据权利要求6所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置的使用方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤A1,将装载有多个相互紧贴的Micro-LED晶片的所述Micro-LED转移基板放置在所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜的下方,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的自由端朝向所述Micro-LED转移基板,将目标衬底固定安装于所述Micro-LED承接基板上,所述目标衬底上设有多个呈阵列分布的Micro-LED贴装位置;

步骤A2,向Micro-LED转移装置的光源固定基板施加向下的外力,使基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜和所述Micro-LED转移基板上的Micro-LED晶片进行挤压;

步骤A3,根据所述目标衬底上的Micro-LED贴装位置的间距来控制所述Micro-LED转移

装置的每个激光发射单元的开关状态:与目标衬底上的Micro-LED贴装位置对应的激光发射单元发射激光光束,同时与目标衬底上的Micro-LED贴装位置不对应的激光发射单元保持关闭状态,被正在发射激光光束的激光发射单元照射到的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱从玻璃态转化为粘弹态,处于粘弹态的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱和与之相挤压的Micro-LED晶片紧密连接而形成稳定的粘附;

步骤A4,关闭步骤A3中的激光发射单元并停止向所述光源固定基板施加外力,然后向上移动所述Micro-LED转移装置至粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱上的Micro-LED晶片从Micro-LED转移基板上分离;

步骤A5,将所述Micro-LED转移装置移动至所述Micro-LED承接基板的上方,并且调整所述Micro-LED转移装置的位置,直至粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱上的Micro-LED晶片和目标衬底上的Micro-LED贴装位置一一对应;

步骤A6,开启与步骤A3中相同的激光发射单元,对应的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的自由端恢复成原有形状,粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱上的Micro-LED晶片在重力作用下脱离粘附并下落在对应的Micro-LED贴装位置上。

8. 根据权利要求7所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置的使用方法,其特征在于:所述步骤A3和步骤A6中,激光发射单元的辐照时间为1000ms;

步骤A2中施加的外力的大小为0.5N。

9. 根据权利要求1所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置的制造方法,其特征在于,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜的制备方法包括以下步骤:

步骤B1,通过常规的刻蚀方式制备硅模板,所述硅模板的尺寸与需制备的基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜上的聚氨酯薄膜基体一致,所述硅模板上成型有多个硅微柱,所述硅微柱的形状、大小和分布均与需制备的基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜上的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱一致,并选取尺寸与所述硅模板一致的PDMS固体块,待用;

步骤B2,将所述硅模板水平倒置使其的具有硅微柱的下表面朝向所述PDMS固体块的上表面,然后将水平倒置的所述硅模板按压进PDMS固体块中,直至所述硅模板的下表面和PDMS固体块的上表面相贴,然后保持按压状态10s;

步骤B3,将硅模板从PDMS固体块中取出,然后在250℃下将PDMS固体块烘烤固化1h;

步骤B4,将基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料浇注在固化后的PDMS固体块中,然后将PDMS固体块放置于室温下的真空箱中除去气泡;

步骤B5,在PDMS固体块的上表面覆盖聚氨酯薄膜,并用两片载玻片对PDMS固体块的上下表面进行挤压,挤出多余的基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料,然后在120℃下将PDMS固体块固化2h,制得所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜并从PDMS固体块中取出。

10. 根据权利要求9所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置的制造方法,其特征在于,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料的制备方法为:

将环氧树脂E44、聚丙二醇-双(2-氨基丙基)醚和石墨烯按照240:160:2的质量比超声混合2min,得到所述基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料。

用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置及使用、制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体光电技术领域,尤其涉及用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置及使用、制造方法。

背景技术

[0002] Micro-LED(微发光二极管)是一种将LED(发光二极管)结构进行薄膜化、微小化、阵列化所得的元器件,其尺寸在微米级别。与传统LED相比, Micro-LED具有能量转化率高,使用周期长,反应时间短,亮度和分辨率高等优点。由于LED显示技术不断被开发应用, Micro-LED也越来越多地被用到各种显示场合,如:微型投影(如虚拟现实设备)、小屏显示(如智能可穿戴设备)、中大屏显示(如电视)、超大屏显示(如户外显示屏)等。由于Micro-LED尺寸过小,要实现上述用途中的一块超高分辨率的Micro-LED显示屏,便需对百万或千万片微米级尺寸的Micro-LED晶片进行排列组装(即巨量转移)。而巨量转移(Mass Transfer)要求从施主晶圆上精准抓取微米级大小的Micro-LED晶片,扩大阵列距离,并妥善安放、固定到目标衬底(如显示器背板)上,其巨大的制造成本消耗及超精密加工的技术要求极大制约了Micro-LED的产业化。因此,亟需一种新方法在保证抓取精度、安放准确度的同时,提高抓取速度、扩大晶片阵列距离,以加快Micro-LED显示技术的产业化步伐。

[0003] 壁虎脚垫上复杂的层次性刚毛上的微纳结构能在粗糙表面的接触下,产生足以支撑自身重力的范德瓦尔斯力,与墙壁形成一种高强度粘结。而通过将脚指从墙壁上剥离,可以在短时间内关闭上述粘结,从而同时实现强粘附性和易剥离性,保证了壁虎在墙壁上的自如行走,这种干性吸附具有对形貌和材质表面微粗糙面的适应性强、不会造成表面损伤、具有自清洁和稳定性强等优点,爬藤植物为获取阳光,也会在粗糙表面的缝隙中渗透一种分泌物,分泌物木质化后,其匍匐茎的根部锁定在粗糙基质的缝隙中,形成极强的附着力,使其保持向上和向光的延伸生长。自然界的这些粘附现象可以为Micro-LED巨量转移的抓取精准度、稳定性等问题提供有效的解决思路。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提出用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置及使用、制造方法,以解决现有Micro-LED巨量转移操作成本高、难度大和良品率低等问题,在保证精准度之外,进一步满足低成本,易操作,高良率,高效率等需求。

[0005] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0006] 一种用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,包括基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜和Micro-LED转移装置,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜包括聚氨酯薄膜基体和多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱,多个所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱在所述聚氨酯薄膜基体呈阵列分布;

[0007] 所述Micro-LED转移装置包括光源固定基板、激光发射单元和固定板,所述光源固定基板的两端安装有所述固定板,所述光源固定基板的底面和两个所述固定板形成安装

腔,多个所述激光发射单元在光源固定基板的底面呈阵列分布,基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜位于光源固定基板的下方,并且所述激光发射单元的发射端朝向基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜,所述聚氨酯薄膜基体的两端分别与对应的固定板固定连接,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的自由端朝外;

[0008] 激光发射单元发射激光光束时其照射区域内的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱从玻璃态转化为粘弹态。

[0009] 优选地,所述用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置的使用方法,包括以下步骤:

[0010] 步骤A1,将装载有多个相互紧贴的Micro-LED晶片的所述Micro-LED转移基板放置在所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜的下方,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的自由端朝向所述Micro-LED转移基板,将目标衬底固定安装于所述Micro-LED承接基板上,所述目标衬底上设有多个呈阵列分布的Micro-LED贴装位置;

[0011] 步骤A2,向Micro-LED转移装置的光源固定基板施加向下的外力,使基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜和所述Micro-LED转移基板上的Micro-LED晶片进行挤压;

[0012] 步骤A3,根据所述目标衬底上的Micro-LED贴装位置的间距来控制所述Micro-LED转移装置的每个激光发射单元的开关状态:与目标衬底上的Micro-LED贴装位置对应的激光发射单元发射激光光束,同时与目标衬底上的Micro-LED贴装位置不对应的激光发射单元保持关闭状态,被正在发射激光光束的激光发射单元照射到的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱从玻璃态转化为粘弹态,处于粘弹态的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱和与之相挤压的Micro-LED晶片紧密连接而形成稳定的粘附;

[0013] 步骤A4,关闭步骤A3中的激光发射单元并停止向所述光源固定基板施加外力,然后向上移动所述Micro-LED转移装置至粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱上的Micro-LED晶片从Micro-LED转移基板上分离;

[0014] 步骤A5,将所述Micro-LED转移装置移动至所述Micro-LED承接基板的上方,并且调整所述Micro-LED转移装置的位置,直至粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱上的Micro-LED晶片和目标衬底上的Micro-LED贴装位置一一对应;

[0015] 步骤A6,开启与步骤A3中相同的激光发射单元,对应的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱的自由端恢复成原有形状,粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱上的Micro-LED晶片在重力作用下脱离粘附并下落在对应的Micro-LED贴装位置上。

[0016] 优选地,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜的制备方法包括以下步骤:

[0017] 步骤B1,通过常规的刻蚀方式制备硅模板,所述硅模板的尺寸与需制备的基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜上的聚氨酯薄膜基体一致,所述硅模板上成型有多个硅微柱,所述硅微柱的形状、大小和分布均与需制备的基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜上的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱一致,并选取尺寸与所述硅模板一致的PDMS固体块,待用;

[0018] 步骤B2,将所述硅模板水平倒置使其的具有硅微柱的下表面朝向所述PDMS固体块的上表面,然后将水平倒置的所述硅模板按压进PDMS固体块中,直至所述硅模板的下表面和PDMS固体块的上表面相贴,然后保持按压状态10s;

[0019] 步骤B3,将硅模板从PDMS固体块中取出,然后在250℃下将PDMS固体块烘烤固化1h;

[0020] 步骤B4,将基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料浇注在固化后的PDMS固体块中,然后将PDMS固体块放置于室温下的真空箱中除去气泡;

[0021] 步骤B5,在PDMS固体块的上表面覆盖聚氨酯薄膜,并用两片载玻片对PDMS固体块的上下表面进行挤压,挤出多余的基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料,然后在120℃下将PDMS固体块固化2h,制得所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜并从PDMS固体块中取出。

[0022] 所述用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,通过激光发射单元发射激光光束时其照射区域内的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱从玻璃态转化为粘弹态,实粘弹态现基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱和Micro-LED晶片的粘附和分离,即实现仿生抓取动作,从而与Micro-LED转移装置配合实现了Micro-LED巨量转移。所述激光发射单元的发射端朝向基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜,并两者均呈矩阵式分布,从而每根基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱都有对应的激光发射单元来控制,激光发射单元之间的开关状态是相互独立的,从而可以根据目标衬底上的Micro-LED贴装位置的间距来调节每个激光发射单元的开关状态,避免抓取到非Micro-LED贴装位置上的Micro-LED晶片,巨量转移质量高,使用更为灵活,无需预先对Micro-LED晶片的间距进行调整,提高转移效率;并且抓取的Micro-LED晶片的分布和目标衬底上的Micro-LED贴装位置的分布一致,抓取后直接对准目标衬底上的Micro-LED贴装位置后释放Micro-LED晶片,实现Micro-LED贴装的快速和精准,使Micro-LED巨量转移操作更为简单高效,并降低操作成本。

附图说明

[0023] 附图对本发明做进一步说明,但附图中的内容不构成对本发明的任何限制。

[0024] 图1是本发明其中一个实施例的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置结构示意图;

[0025] 图2是本发明其中一个实施例的基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜结构示意图;

[0026] 图3是本发明其中一个实施例的激光照射下抓取Micro-LED晶片示意图;

[0027] 图4是本发明其中一个实施例的停止照射下保持Micro-LED晶片粘附示意图;

[0028] 图5是本发明其中一个实施例的保持Micro-LED晶片粘附转移过程示意图;

[0029] 图6是本发明其中一个实施例的激光照射下释放Micro-LED晶片示意图;

[0030] 图7是本发明其中一个实施例的硅模板结构示意图;

[0031] 图8是本发明其中一个实施例的硅模板印入PDMS固体块过程示意图;

[0032] 图9是本发明其中一个实施例的取出硅模板后的PDMS固体块结构示意图;

[0033] 图10是本发明其中一个实施例的基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料浇注入PDMS固体块过程示意图。

[0034] 其中:基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1;Micro-LED转移装置2;聚氨酯薄膜基体3;基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4;光源固定基板5;激光发射单元6;固定板7;Micro-LED转移基板8;Micro-LED承接基板9;Micro-LED晶片10;硅模板11;硅微柱111;

PDMS固体块12。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0036] 本实施例的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,如图1所示,包括基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1和Micro-LED转移装置2,如图2所示,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1包括聚氨酯薄膜基体3和多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4,多个所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4在所述聚氨酯薄膜基体3呈阵列分布;

[0037] 所述Micro-LED转移装置2包括光源固定基板5、激光发射单元6和固定板7,所述光源固定基板5的两端安装有所述固定板7,所述光源固定基板5的底面和两个所述固定板7形成安装腔,多个所述激光发射单元6在光源固定基板5的底面呈阵列分布,基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1位于光源固定基板5的下方,并且所述激光发射单元6的发射端朝向基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜4,所述聚氨酯薄膜基体3的两端分别与对应的固定板7固定连接,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端朝外;

[0038] 激光发射单元6发射激光光束时其照射区域内的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4从玻璃态转化为粘弹态。

[0039] 所述用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置,通过激光发射单元6发射激光光束时其照射区域内的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4从玻璃态转化为粘弹态,实粘弹态现基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4和Micro-LED晶片10的粘附和分离,即实现仿生抓取动作,从而与Micro-LED转移装置2配合实现了Micro-LED巨量转移。所述激光发射单元6的发射端朝向基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜4,并两者均呈矩阵式分布,从而每根基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4都有对应的激光发射单元6来控制,激光发射单元6之间的开关状态是相互独立的,从而可以根据目标衬底上的Micro-LED贴装位置的间距来调节每个激光发射单元6的开关状态,避免抓取到非Micro-LED贴装位置上的Micro-LED晶片10,巨量转移质量高,使用更为灵活,无需预先对Micro-LED晶片10的间距进行调整,提高转移效率;并且抓取的Micro-LED晶片10的分布和目标衬底上的Micro-LED贴装位置的分布一致,抓取后直接对准目标衬底上的Micro-LED贴装位置后释放Micro-LED晶片10,实现Micro-LED贴装的快速和精准,使Micro-LED巨量转移操作更为简单高效,并降低操作成本。

[0040] 优选地,如图2所示,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端呈半球状。

[0041] 基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1和Micro-LED转移基板8挤压时,没受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端保持半球状,从而没受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4和相挤压的Micro-LED晶片10的接触面积小,没受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端的形变量小,从而当基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1和Micro-LED转移基板8分开时,没受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4不会抓取到之前与其相挤压的Micro-LED晶片10,从而避免误抓取,提高Micro-LED巨量转移的精准度。

[0042] 优选地,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1中,相邻两根所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的间距为 $0.39\mu\text{m}\sim 0.40\mu\text{m}$;

[0043] 所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的高度为 $1.86\mu\text{m}\sim 1.96\mu\text{m}$;

[0044] 所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的玻璃化温度为 $25^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。

[0045] 利用石墨烯的光热效应,受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的温度上升至 25°C 以上,使得受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4从玻璃态转化为粘弹态,其杨氏模量从室温下的1500MPa减小到3Mpa;由于Micro-LED晶片10的表面具有一定粗糙度($R_a\approx 0.02\mu\text{m}$),此时处于粘弹态的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4在外界所施加压力的作用下,与相挤压的Micro-LED晶片10的表面充分紧密接触;一旦停止激光照射,该基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4可以在短时间内($\approx 1\text{s}$)转换为室温下的玻璃态,其杨氏模量增大,与对应的Micro-LED晶片10保持强粘附,从而实现抓取和转移,再次激光照射时,该基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4再次转变为粘弹态,其杨氏模量减小,在接触界面上产生应力集中,使得对应的Micro-LED晶片10在重力作用下失去粘附作用,失去粘附作用后,基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端恢复其半球状,进而减少和Micro-LED晶片10的接触面积,使得Micro-LED晶片10在重力作用下脱落,实现Micro-LED晶片10的贴装。复原后的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4可多次使用。本实施例中对于每个Micro-LED晶片10的抓取力为 $2.78\times 10^{-5}\text{N}$ 。

[0046] 相邻两根所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的间距为 $0.39\mu\text{m}\sim 0.40\mu\text{m}$,优选为 $0.4\mu\text{m}$,此间距范围可满足现有Micro-LED晶片的贴装间距要求,当然可根据贴装要求调节相邻两根所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的间距。

[0047] 所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的高度为 $1.86\mu\text{m}\sim 1.96\mu\text{m}$,优选为 $1.90\mu\text{m}$ 此大小的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4在受到激光照射和挤压时和Micro-LED晶片10的接触面积更大,接触更充分,提高粘附性能。

[0048] 优选地,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的直径为 $1.85\sim 1.93\mu\text{m}$,优选为 $1.89\mu\text{m}$;优选地,Micro-LED晶片10的面积为 $100\mu\text{m}^2$,所述激光发射单元6的照射面积为 $100\mu\text{m}^2$,从而一个所述激光发射单元6对应一个Micro-LED晶片10,一个所述激光发射单元6可照射到100个左右的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4。

[0049] 优选地,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1中,聚氨酯薄膜基体3的厚度为 $6.9\mu\text{m}\sim 7.4\mu\text{m}$;所述聚氨酯薄膜基体3和激光发射单元6的间距为 $1\text{cm}\sim 1.5\text{cm}$ 。

[0050] 聚氨酯薄膜基体3的厚度为 $6.9\mu\text{m}\sim 7.4\mu\text{m}$,优选为 $7.2\mu\text{m}$,此厚度范围的聚氨酯薄膜基体3可承载本实施例的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4。所述聚氨酯薄膜基体3和激光发射单元6的间距为 $1\text{cm}\sim 1.5\text{cm}$,优选为 1cm ,此间距范围内激光发射单元6对基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的加热效果较好。

[0051] 优选地,还包括Micro-LED转移基板8和Micro-LED承接基板9,所述Micro-LED转移基板8用于装载Micro-LED晶片10,所述Micro-LED承接基板9用于装载目标衬底。所述Micro-LED转移基板8为供应基板,供应Micro-LED晶片10,巨量转移时从Micro-LED转移基板8上抓取Micro-LED晶片10;所述Micro-LED承接基板9装载目标衬底,抓取到的Micro-LED晶片10转移到Micro-LED承接基板9上的目标衬底,从而完成贴装。优选地,所述Micro-LED转移基板8采用刚性材料制得,更为坚固耐用。

[0052] 优选地,所述激光发射单元6发射的激光光束的功率为 $6\times 10^{-5}\text{mW}\sim 7\times 10^{-5}\text{mW}$,优选为 $6.298\times 10^{-5}\text{mW}$,其波长为 $360\text{nm}\sim 370\text{nm}$,优选为 365nm 。所有所述激光发射单元6间的电连接方式为并联,从而各个激光发射单元6相互独立,可独立控制各个激光发射单元6的开

关状态。

[0053] 优选地,所述的用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置的使用方法,包括以下步骤:

[0054] 步骤A1,将装载有多个相互紧贴的Micro-LED晶片10的所述Micro-LED转移基板8放置在所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1的下方,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端朝向所述Micro-LED转移基板8,将目标衬底固定安装于所述Micro-LED承接基板9上,所述目标衬底上设有多个呈阵列分布的Micro-LED贴装位置;

[0055] 步骤A2,向Micro-LED转移装置2的光源固定基板5施加向下的外力,使基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1和所述Micro-LED转移基板8上的Micro-LED晶片10进行挤压;

[0056] 步骤A3,如图3所示,根据所述目标衬底上的Micro-LED贴装位置的间距来控制所述Micro-LED转移装置2的每个激光发射单元6的开关状态:与目标衬底上的Micro-LED贴装位置对应的激光发射单元6发射激光光束,同时与目标衬底上的Micro-LED贴装位置不对应的激光发射单元6保持关闭状态被正在发射激光光束的的激光发射单元6照射到的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4从玻璃态转化为粘弹态,处于粘弹态的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4和与之相挤压的Micro-LED晶片10紧密连接而形成稳定的粘附;

[0057] 步骤A4,如图4所示,关闭步骤A3中的激光发射单元6并停止向所述光源固定基板5施加外力,然后向上移动所述Micro-LED转移装置2至粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4上的Micro-LED晶片10从Micro-LED转移基板8上分离;

[0058] 步骤A5,如图5所示,将所述Micro-LED转移装置2移动至所述Micro-LED承接基板9的上方,并且调整所述Micro-LED转移装置2的位置,直至粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4上的Micro-LED晶片10和目标衬底上的Micro-LED贴装位置一一对应;

[0059] 步骤A6,如图6所示,开启与步骤A3中相同的激光发射单元6,对应的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端恢复成原有形状,粘附在对应的多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4上的Micro-LED晶片10在重力作用下脱离粘附并下落在对应的Micro-LED贴装位置上。

[0060] 所述用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置的使用方法,通过激光发射单元6发射激光光束时其照射区域内的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4从玻璃态转化为粘弹态,实现基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4和Micro-LED晶片10的粘附和分离,即实现仿生抓取动作,从而与Micro-LED转移装置2配合实现了Micro-LED巨量转移。

[0061] 抓取时,基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端和Micro-LED转移基板8的Micro-LED晶片10相互挤压,根据目标衬底上的Micro-LED贴装位置的间距来调节每个激光发射单元6的开关状态,避免抓取到非Micro-LED贴装位置上的Micro-LED晶片10,巨量转移质量高,使用更为灵活,无需预先对Micro-LED晶片10的间距进行调整,提高转移效率;并且抓取的Micro-LED晶片10的分布和目标衬底上的Micro-LED贴装位置的分布一致;

[0062] 然后与目标衬底上的Micro-LED贴装位置对应的激光发射单元6发射激光光束,利用石墨烯的光热效应,受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的温度上升至25℃以上,使得受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4从玻璃态转化为粘弹

态,其杨氏模量从室温下的1500MPa减小到3Mpa;由于Micro-LED晶片10的表面具有一定粗糙度($R_a \approx 0.02\mu\text{m}$),此时处于粘弹态的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4其半球状的自由端在外界所施加的压力作用下,顺应相挤压的Micro-LED晶片10的接触面的粗糙变化,与相挤压的Micro-LED晶片10的表面形成紧密接触,从而形成稳定的粘附;

[0063] 抓取后,停止激光照射,处于粘弹态的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4可以在短时间内($\approx 1\text{s}$)转换为室温下的玻璃态,其杨氏模量增大,与对应的Micro-LED晶片10保持强粘附,从而可将抓取到的Micro-LED晶片10从Micro-LED转移基板8转移至所述Micro-LED承接基板9的上方,而始终处于玻璃态的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4因其半球状的自由端而不会抓取到之前与其相挤压的Micro-LED晶片10,从而避免误抓取,提高Micro-LED巨量转移的精准度;

[0064] 再次激光照射时,对应的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4再次转变为粘弹态,其杨氏模量减小,在接触界面上产生应力集中,使得对应的Micro-LED晶片10在重力作用下失去粘附作用,失去粘附作用后,基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4的自由端恢复其半球状,进而减少和Micro-LED晶片10的接触面积,使得Micro-LED晶片10在重力作用下脱落至对应的Micro-LED贴装位置上,实现Micro-LED晶片10的贴装。抓取的Micro-LED晶片10的分布和目标衬底上的Micro-LED贴装位置的分布一致,抓取后直接对准目标衬底上的Micro-LED贴装位置后释放Micro-LED晶片10,实现Micro-LED贴装的快速和精准,使Micro-LED巨量转移操作更为简单高效,并降低操作成本。

[0065] 优选地,所述步骤A3和步骤A6中,激光发射单元6的辐照时间为1000ms;

[0066] 步骤A2中施加的外力的大小为0.5N。

[0067] 该辐照时间可保证受到激光照射的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4完全转化为粘弹态并有充分时间和对应的Micro-LED晶片10接触,该大小的外力可保证粘弹态的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4和对应的Micro-LED晶片10紧密接触,确保基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4和对应的Micro-LED晶片10形成稳定的粘附作用。优选地,施加的外力为光源固定基板5带动基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1向Micro-LED晶片10所施加的支持力,方向竖直向下,总支持力大小为0.5N。

[0068] 优选地,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1的制备方法包括以下步骤:

[0069] 步骤B1,通过常规的刻蚀方式制备硅模板11,如图7所示,所述硅模板11的尺寸与需制备的基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1上的聚氨酯薄膜基体3一致,所述硅模板11上成型有多个硅微柱111,所述硅微柱111的形状、大小和分布均与需制备的基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1上的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4一致,并选取尺寸与所述硅模板11一致的PDMS固体块12,待用;

[0070] 步骤B2,如图8所示,将所述硅模板11水平倒置使其的具有硅微柱111的下表面朝向所述PDMS固体块12的上表面,然后将水平倒置的所述硅模板11按压进PDMS固体块12中,直至所述硅模板11的下表面和PDMS固体块12的上表面相贴,然后保持按压状态10s;

[0071] 步骤B3,如图9所示,将硅模板11从PDMS固体块12中取出,然后在250℃下将PDMS固体块12烘烤固化1h;

[0072] 步骤B4,如图10所示,将基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料浇注在固化后的PDMS

固体块12中,然后将PDMS固体块12放置于室温下的真空箱中除去气泡;

[0073] 步骤B5,如图10所示,在PDMS固体块12的上表面覆盖聚氨酯薄膜,并用两片载玻片对PDMS固体块12的上下表面进行挤压,挤出多余的基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料,然后在120℃下将PDMS固体块12固化2h,制得所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1并从PDMS固体块12中取出。

[0074] 所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1的制备方法,先制备出与基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1形状尺寸完全一样的硅模板11,硅模板11的材料为硅片。然后利用PDMS(聚二甲基硅氧烷)固体块2的低杨氏模量导致的结构高弹性,将水平倒置的所述硅模板11按压进PDMS固体块12中,使PDMS固体块12形成和基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱4形状和分布一致的模孔,然后对PDMS固体块12进行固化,使模孔定型;

[0075] 接着往模孔倒入基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料,覆盖聚氨酯薄膜并固化,制得所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜1。上述方法操作简单、安全快速,硅模板11和PDMS固体块12可多次重复使用,成本低廉,具有良好的工业应用价值。

[0076] 优选地,所述基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料的制备方法为:将环氧树脂E44、聚丙二醇-双(2-氨基丙基)醚和石墨烯按照240:160:2的质量比超声混合2min,得到所述基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料。

[0077] 环氧树脂E44、聚丙二醇-双(2-氨基丙基)醚和石墨烯均为现有的商用材料,聚丙二醇-双(2-氨基丙基)醚的型号可为Jeffamine D230。所述基于石墨烯的形状记忆聚合物浆料的制备操作简单。

[0078] 以上结合具体实施例描述了本发明的技术原理。这些描述只是为了解释本发明的原理,而不能以任何方式解释为对本发明保护范围的限制。基于此处的解释,本领域的技术人员不需要付出创造性的劳动即可联想到本发明的其它具体实施方式,这些方式都将落入本发明的保护范围之内。

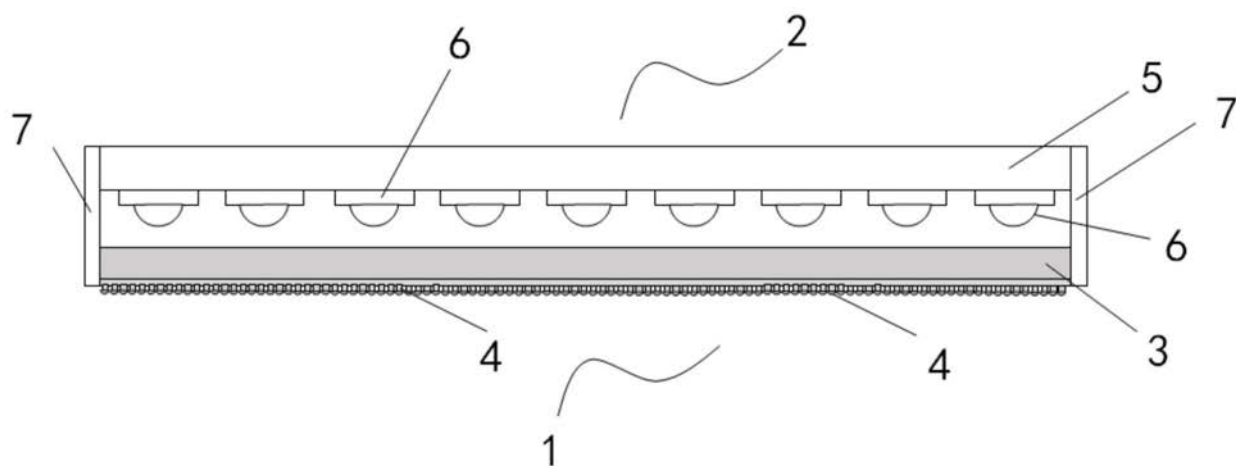


图1

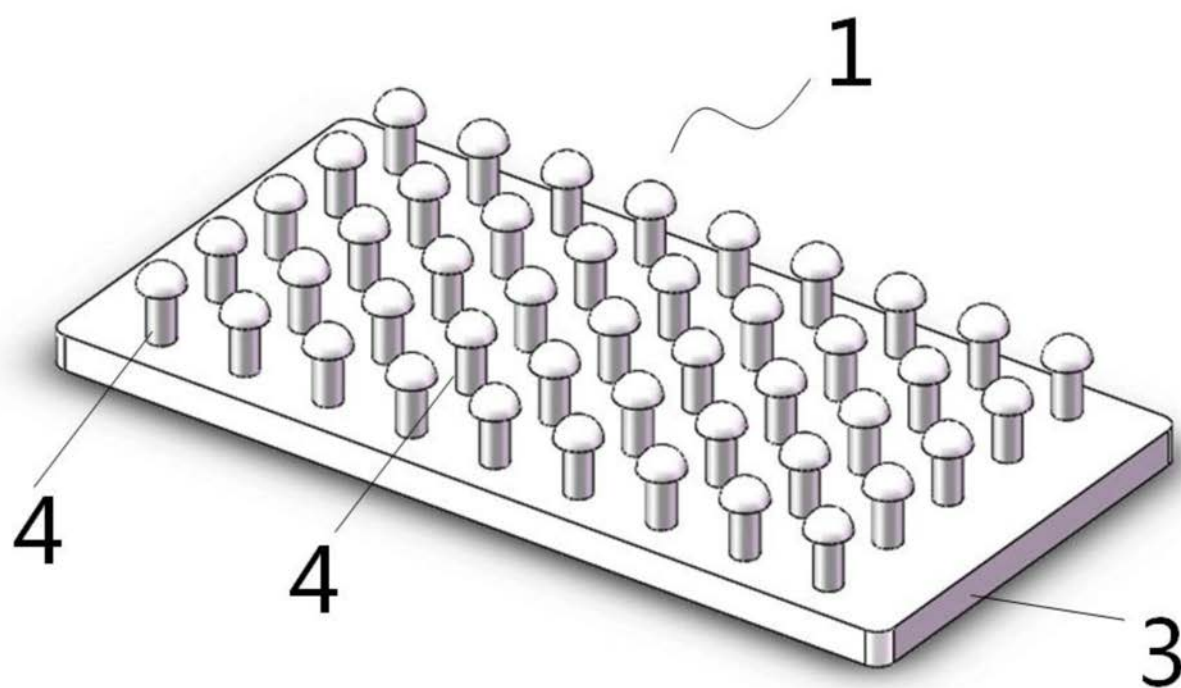


图2

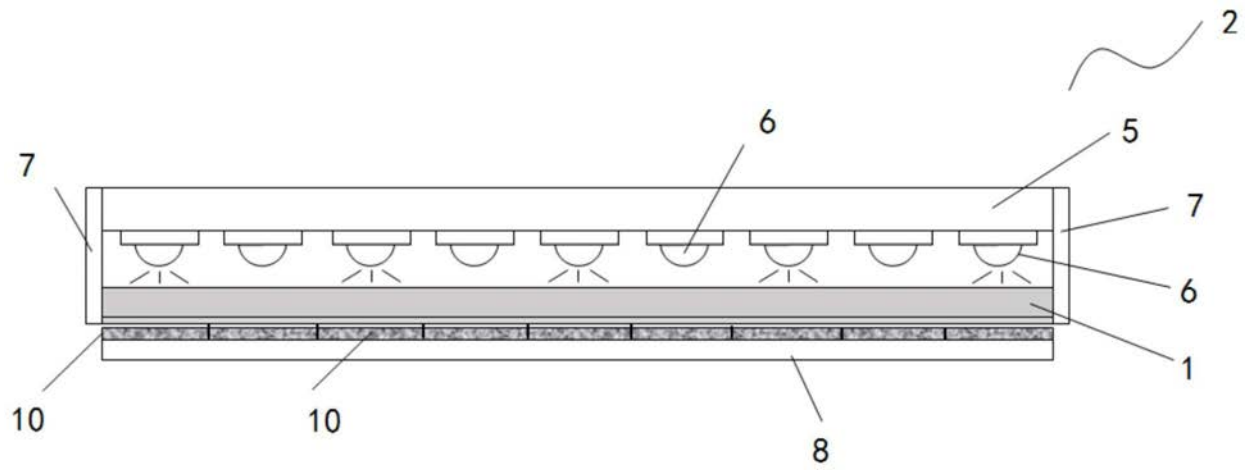


图3

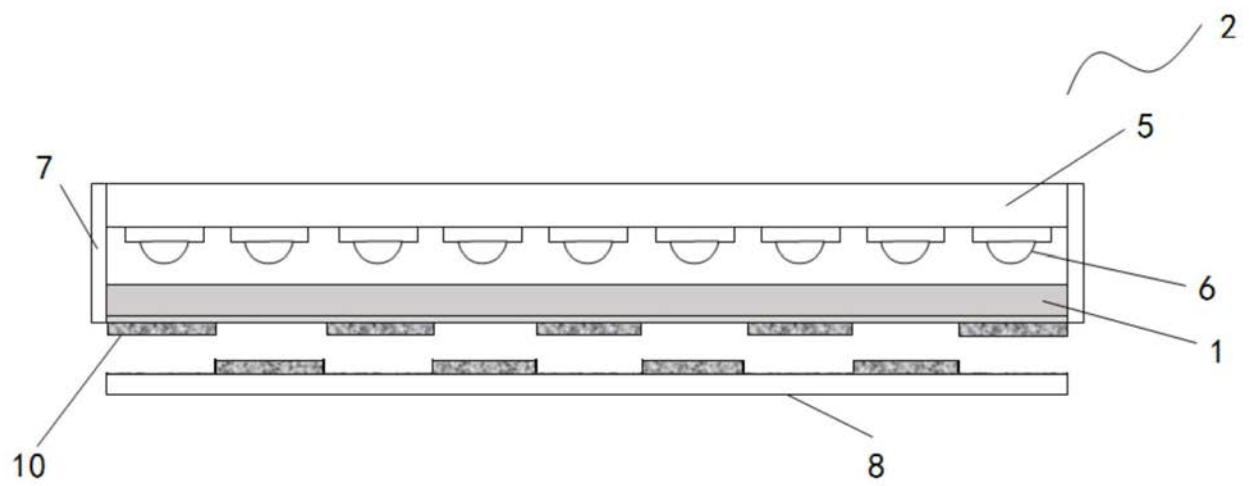


图4

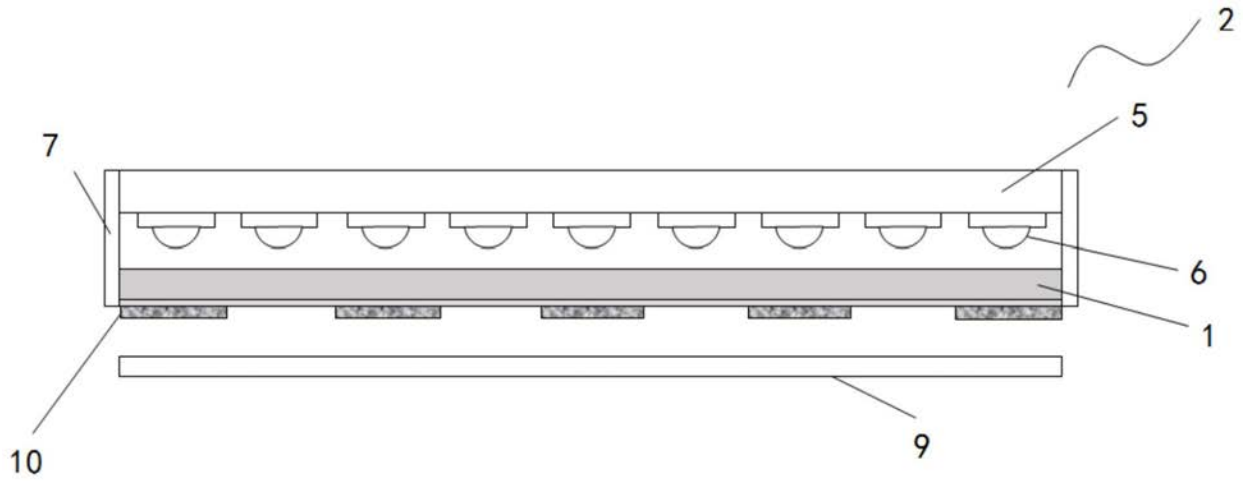


图5

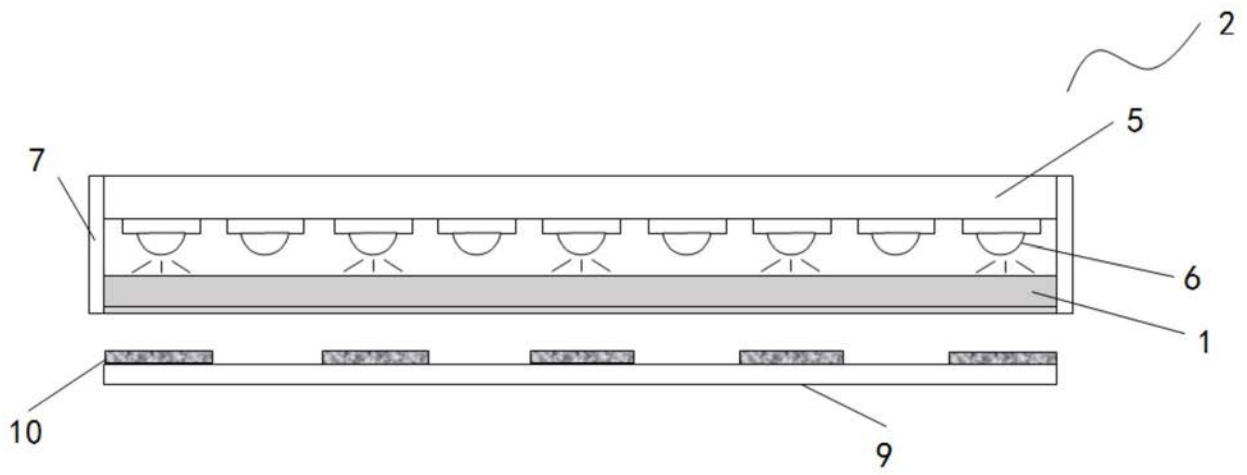


图6

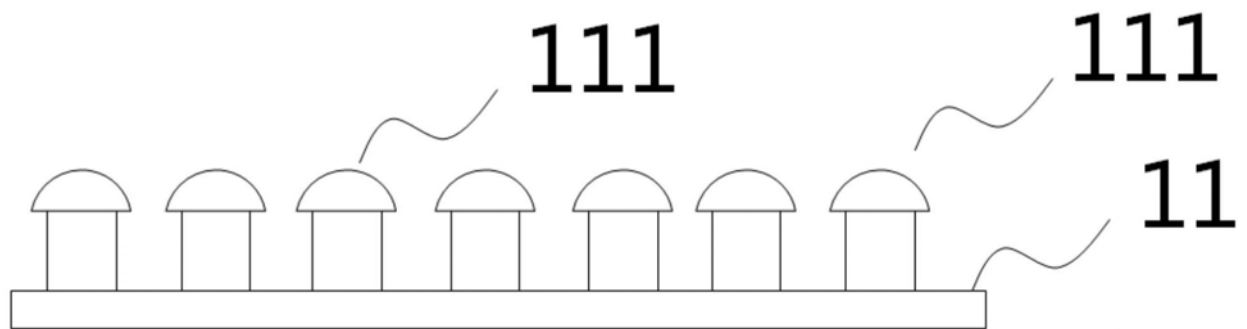


图7

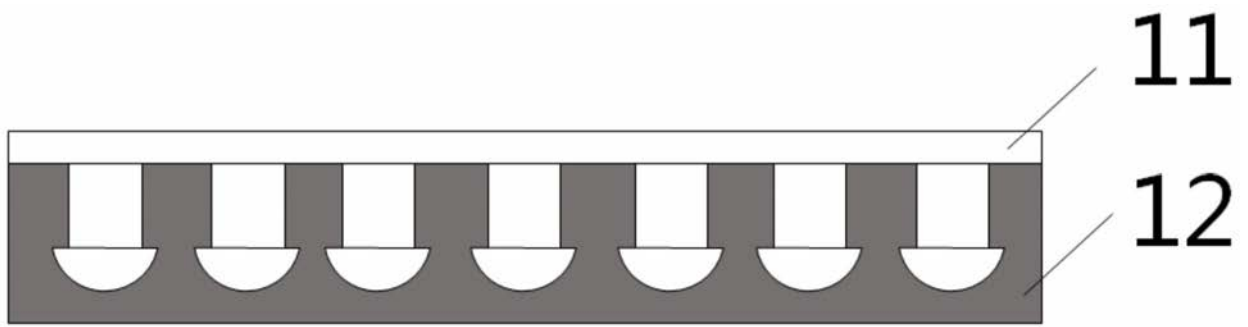


图8



图9

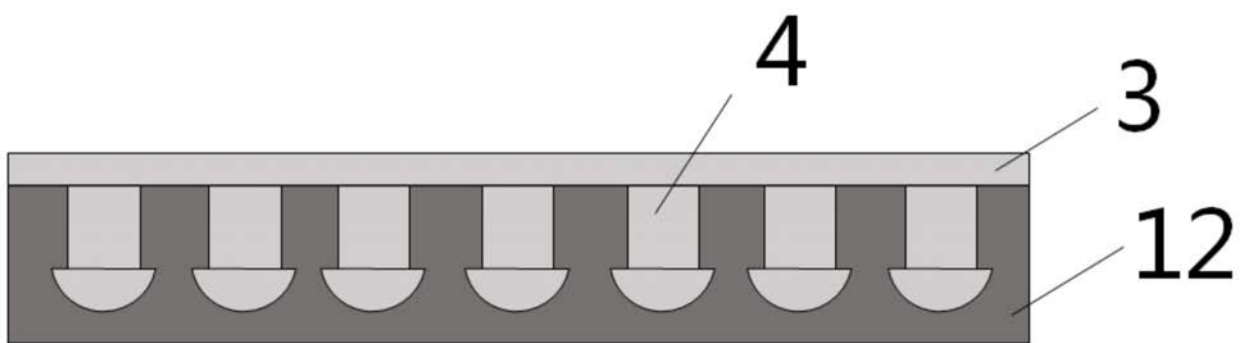


图10

专利名称(译)	用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置及使用、制造方法		
公开(公告)号	CN111370349A	公开(公告)日	2020-07-03
申请号	CN202010192097.6	申请日	2020-03-18
[标]申请(专利权)人(译)	广东工业大学		
申请(专利权)人(译)	广东工业大学		
当前申请(专利权)人(译)	广东工业大学		
[标]发明人	丁树权 陈云 王晗 陈新 侯茂祥 高健 刘强		
发明人	丁树权 陈云 王晗 陈新 侯茂祥 高健 刘强		
IPC分类号	H01L21/67 H01L21/683 H01L27/15		
代理人(译)	朱培祺 资凯亮		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了用于Micro-LED巨量转移的仿生抓取装置及使用、制造方法，其装置包括基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜和Micro-LED转移装置，所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微结构薄膜包括聚氨酯薄膜基体和多个基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱，多个所述基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱在所述聚氨酯薄膜基体呈阵列分布；所述Micro-LED转移装置包括光源固定基板、激光发射单元和固定板，激光发射单元发射激光光束时对应的基于石墨烯的形状记忆聚合物微柱从玻璃态转化为粘弹态。解决现有Micro-LED巨量转移操作成本高、难度大和良品率低等问题，在保证精准度之外，进一步满足低成本，易操作，高良率，高效率等需求。

