



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110534621 A

(43)申请公布日 2019.12.03

(21)申请号 201910790328.0

(22)申请日 2019.08.26

(71)申请人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
武汉大学

(72)发明人 周圣军 雷宇

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 罗敏清

(51)Int.Cl.

H01L 33/00(2010.01)

H01L 21/683(2006.01)

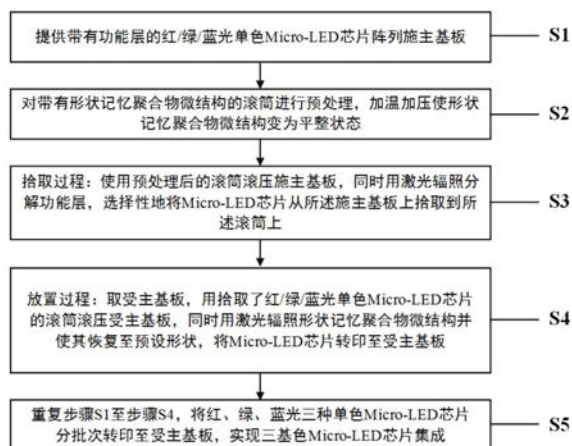
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法

(57)摘要

本发明涉及一种滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,属于显示技术领域,包括:提供带有功能层的单色Micro-LED芯片阵列施主基板;对带有形状记忆聚合物微结构的滚筒进行预处理;加温加压使形状记忆聚合物微结构变为平整状态;拾取过程:使用预处理后的滚筒滚压施主基板,同时用激光辐照分解功能层,选择性地将Micro-LED芯片从所述施主基板上拾取到所述滚筒上;放置过程:取受主基板,用拾取了红/绿/蓝光单色Micro-LED芯片的滚筒滚压受主基板,同时用激光辐照形状记忆聚合物微结构并使其恢复至预设形状,将Micro-LED芯片转印至受主基板;重复上述步骤,将红、绿、蓝光Micro-LED芯片分批次转印至受主基板,实现三基色Micro-LED芯片集成。本发明能将Micro-LED芯片大规模、高效率且准确地转印至刚性基板或柔性基板上,实现了三基色Micro-LED芯片的集成,本发明转印过程中的拾取和放置均较可控,大大简化了操作过程。



1. 一种滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1:取施主基板,所述施主基板包括功能层以及设置在所述功能层上的红光或绿光或蓝光Micro-LED芯片阵列,其中,所述功能层在吸收预定波长范围的激光能量后发生分解;

S2:取滚筒,所述滚筒的外表面覆盖有由形状记忆聚合物形成的微结构层,所述微结构层的表面上具有多个凸起,对所述滚筒进行处理使得所述微结构层上的多个凸起为压平状态;

S3:用处理后的所述滚筒滚压所述施主基板,同时将激光从施主基板的下方辐照所述功能层从而分解所述功能层,所述滚筒在所述施主基板上滚动的过程中将被分解的功能层处的Micro-LED芯片从所述施主基板上拾取到所述滚筒上;

S4:取集成有驱动电路的受主基板,将黏附于所述滚筒上的Micro-LED芯片与所述受主基板表面的驱动电路精确对位后将所述滚筒滚压于所述受主基板上,同时使用激光辐照所述微结构层以使得所述微结构层恢复至初始形状,所述滚筒在滚压过程中将其上的Micro-LED芯片转印到所述受主基板上且保证所述Micro-LED芯片与所述驱动电路精确对位;

S5:重复步骤S1~S4,将红光、绿光、蓝光三种单色的Micro-LED芯片分批次从所述施主基板上转印至所述受主基板上,完成三基色Micro-LED芯片的集成。

2. 如权利要求1所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,所述施主基板还包括临时衬底,所述功能层设置在所述临时衬底上,所述临时衬底由透光材料制成。

3. 如权利要求2所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,所述临时衬底由蓝宝石、SiO₂、Si₃N₄、玻璃、透明树脂中的任意一种制成。

4. 如权利要求1所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,在步骤S3的拾取过程中,采用激光从所述施主基板的下方选择性地辐照所述功能层以对所述功能层进行选择性地分解,所述滚筒实现选择性地拾取所述Micro-LED芯片。

5. 如权利要求1所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,所述滚筒包括透明的空心筒身,所述微结构层覆盖在所述空心筒身外表面上,所述空心滚筒两端与驱动装置连接以驱动所述滚筒运动,且在步骤S4中,所述空心筒身内部还设置有激光分束器。

6. 如权利要求1所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,所述微结构层包括多个网格单元,所述网格单元包括底面以及多个凸出于所述底面的棱状侧壁,所述棱状侧壁在所述底面上形成所述凸起。

7. 如权利要求1所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,所述施主基板固定在所述第一加工平台上,所述第一加工平台上用于放置所述施主基板的区域为透明区域,所述第一加工平台在步骤S3的拾取过程固定不动且所述滚筒以纯滚动的形式滚压所述施主基板。

8. 如权利要求7所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,在步骤S3中,通过调节所述第一加工平台的高度以实现与所述施主基板与所述滚筒之间作用力大小的调节。

9. 如权利要求1所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,在步骤S4中,将所述受主基板固定在所述第二加工平台上,在所述滚筒滚压的过程中,所述第二加工平台保持匀速平动,所述滚筒以轴心为圆心匀速转动且其线速度与第二加工平台的平动速

度保持一致,所述滚筒以纯滚动的形式滚压所述受主基板。

10.如权利要求1所述的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,其特征在于,所述受主基板为柔性材料或抗弯曲的刚性材料。

滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法

技术领域

[0001] 本发明涉及显示技术领域,具体涉及一种滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法。

背景技术

[0002] Micro-LED是新一代显示技术,是指在微小尺寸内集成高密度LED (Light Emitting Diode,发光二极管)阵列的技术,将LED尺寸减至小于50 μm ,然后集成在显示设备的底板上,每个Micro-LED相当于一个像素点,可定址、单独点亮。与LCD、OLED等传统显示技术相比,Micro-LED具有低功耗、高亮度、高效率、响应时间短、寿命长、超高分辨率和色彩饱和度等优点。Micro-LED具有十分明显的优势,未来有巨大的应用前景。

[0003] 目前Micro-LED芯片在实现产业化过程中还面临一些技术挑战,其中巨量转印技术是主要的瓶颈之一。巨量转印技术即如何将大量微小尺度的Micro-LED芯片转印到大尺寸的基板上,是Micro-LED产品量产化的重要技术。当Micro-LED芯片尺寸不断缩小至几十微米,现有的单颗拾取转移设备的精度和效率将不再适用。此外,PDMS图章转印是率相关的,操作过程复杂难控。如何实现高效率 and 低成本的巨量转移是目前主要研究的技术问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,该方法能将Micro-LED芯片大规模、高效率且准确地转印至刚性基板或柔性基板上,实现Micro-LED芯片的集成。

[0005] 本发明解决上述技术问题所采用的方案是:

[0006] 一种滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法,包括如下步骤:

[0007] S1:取施主基板,所述施主基板包括功能层以及设置在所述功能层上的红光或绿光或蓝光Micro-LED芯片阵列,其中,所述功能层在吸收预定波长范围的激光能量后发生分解;

[0008] S2:取滚筒,所述滚筒的外表面覆盖有由形状记忆聚合物形成的微结构层,所述微结构层的表面上具有多个凸起,对所述滚筒进行处理使得所述微结构层上的多个凸起为压平状态;

[0009] S3:用处理后的所述滚筒滚压所述施主基板,同时将激光从施主基板的下方辐照所述功能层从而分解所述功能层,所述滚筒在所述施主基板上滚动的过程中将被分解的功能层处的Micro-LED芯片从施主基板上拾取到所述滚筒上;

[0010] S4:取集成有驱动电路的受主基板,将黏附于所述滚筒上的Micro-LED芯片与所述受主基板表面的驱动电路精确对位后将所述滚筒滚压于所述受主基板上,同时使用激光辐照所述微结构层以使得所述微结构层恢复至初始形状,所述滚筒在滚压过程中将其上的Micro-LED芯片转印到所述受主基板上且保证所述Micro-LED芯片与所述驱动电路精确对位;

[0011] S5:重复步骤S1~S4,将红光、绿光、蓝光三种单色的Micro-LED芯片分批次从所述

施主基板上转印至所述受主基板上,完成三基色Micro-LED芯片的集成。

[0012] 进一步地,所述施主基板还包括临时衬底,所述功能层设置在所述临时衬底上,所述临时衬底由透光材料制成。

[0013] 进一步地,所述临时衬底由蓝宝石、 SiO_2 、 Si_3N_4 、玻璃、透明树脂中的任意一种制成。

[0014] 进一步地,在步骤S3的拾取过程中,采用激光从所述施主基板的下方选择性地辐照所述功能层以对所述功能层进行选择性地分解,所述滚筒实现选择性地拾取所述Micro-LED芯片。

[0015] 进一步地,所述滚筒包括透明的空心筒身,所述微结构层覆盖在所述空心筒身外表面上,所述空心滚筒两端与驱动装置连接以驱动所述滚筒运动,且在步骤S4中,所述空心筒身内部还设置有激光分束器。

[0016] 进一步地,所述微结构层包括多个网格单元,所述网格单元包括底面以及多个凸出于所述底面的棱状侧壁,所述棱状侧壁在所述底面上形成所述凸起。

[0017] 进一步地,所述施主基板固定在所述第一加工平台上,所述第一加工平台上用于放置所述施主基板的区域为透明区域,所述第一加工平台在步骤S3的拾取过程固定不动且所述滚筒以纯滚动的形式滚压所述施主基板。

[0018] 进一步地,在步骤S3中,通过调节所述第一加工平台的高度以实现对所述施主基板与所述滚筒之间作用力大小的调节。

[0019] 进一步地,在步骤S4中,将所述受主基板固定在所述第二加工平台上,在所述滚筒滚压的过程中,所述第二加工平台保持匀速平动,所述滚筒以轴心为圆心匀速转动且其线速度与第二加工平台的平动速度保持一致,所述滚筒以纯滚动的形式滚压所述受主基板。

[0020] 进一步地,所述受主基板为柔性材料或抗弯曲的刚性材料。

[0021] 与现有技术相比,本发明至少具有以下有益效果:

[0022] 1) 本发明提出一种滚筒式Micro-LED芯片转印方法,该方法利用功能层吸收激光能量后失效的效应完成Micro-LED芯片与施主基板的分离从而实现滚筒对Micro-LED芯片的拾取;此外,本发明通过选择性地分解功能层从而实现了滚筒对Micro-LED芯片选择性的拾取;本发明还利用激光加工热效应改变形状记忆聚合物表面的微结构完成Micro-LED芯片的放置;本发明可将Micro-LED芯片大规模、高效率且准确快速地转印至刚性基板或柔性基板上,实现三基色Micro-LED芯片集成;在转印过程中,通过实时监测和控制滚筒与受主基板的相对速度及相互作用力来提高转印的精度和良率,另外,可以通过多个滚筒同时转印的形式可以提高转印的效率。

[0023] 2) 本发明采用带有微结构层的形状记忆聚合物对Micro-LED芯片进行拾取,在进行Micro-LED芯片拾取前将微结构层进行加温加压预处理,使微结构层顶部变为压平状态,增大与Micro-LED芯片之间的接触面积,从而增大黏附力;在放置Micro-LED芯片时,使用激光辐照加热形状记忆聚合物,使其恢复至初始形状,其表面凸起的结构将Micro-LED芯片顶起,接触方式由面接触变为线接触,减小黏附力;该微结构层的两次形变可引起黏附力大小发生极大程度改变,进一步增加转印过程的可靠性,并且该微结构形变起始时间可以由激光辐照条件进行调控,相比于常规的PDMS图章转印方法,避免了快速剥离与慢速剥离过程难以控制的缺陷,大大简化了操作过程,解决了PDMS图章转印中的“率相关”问题。

附图说明

- [0024] 图1为本发明实施例提供的滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法流程图；
- [0025] 图2为本发明实施例提供的施主基板结构示意图；
- [0026] 图3为本发明实施例提供的滚筒结构示意图；
- [0027] 图4为本发明实施例提供的形状记忆聚合物微结构示意图；
- [0028] 图5为本发明实施例提供的三基色Micro-LED芯片拾取过程示意图；
- [0029] 图6为本发明实施例提供的三基色Micro-LED芯片拾取过程立体示意图；
- [0030] 图7为本发明实施例提供的三基色Micro-LED芯片放置过程示意图；
- [0031] 图8为本发明实施例提供的三基色Micro-LED芯片放置过程立体示意图。
- [0032] 附图标记说明：
- | | | |
|--------|--------------|---------------------------|
| [0033] | 100-施主基板 | 101-临时衬底 |
| [0034] | 102-功能层 | 103-红光/绿光/蓝光Micro-LED芯片阵列 |
| [0035] | 200-滚筒 | 201-透明筒身 |
| [0036] | 202-形状记忆聚合物层 | 203-底面 |
| [0037] | 204-三棱柱状侧壁 | 300-受主基板 |
| [0038] | 400-第一加工平台 | 500-第二加工平台 |
| [0039] | 600-监测装置 | 700-激光分束器 |
| [0040] | 800-激光器 | |

具体实施方式

[0041] 为更好的理解本发明，下面的实施例是对本发明的进一步说明，但本发明的内容不仅仅局限于下面的实施例。

[0042] 鉴于Micro-LED芯片尺寸不断缩小，其巨量转印的效率低，本发明提供一种滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法，如图1所示，包括如下步骤：

[0043] S1：取带有红光或绿光或蓝光Micro-LED芯片阵列的施主基板100，见图2，该施主基板100包括临时衬底101、设置在临时衬底101上的功能层102以及设置在功能层102上的红光或绿光或蓝光Micro-LED芯片阵列103，其中，功能层102在吸收预定波段范围的激光能量后会发生分解，在本实施例中，功能层102采用禁带宽度为5eV以下的材料制成，且其可吸收248nm的激光能量并分解。

[0044] 为了便于激光的透过，临时衬底101则由蓝宝石、SiO₂、Si₃N₄、玻璃、透明树脂等高透光率材料中的任意一种制成。而红光或绿光或蓝光Micro-LED芯片阵列103也可水平型结构、垂直型结构和倒装型结构中的任意一种。

[0045] S2：取滚筒200，见图3，该滚筒200包括透明的空心筒体201以及覆盖在空心筒体201表面且由形状记忆聚合物形成的微结构层202。在后续的放置过程中，该空心筒体201内部还设置有激光分束器700，为了便于激光透过空心筒体201辐照到微结构层202上，该空心筒体201也由高透射率材料制成。

[0046] 滚筒上的微结构层202由形状记忆聚合物制成，该形状记忆聚合物泛指可以通过温度控制形状变化的聚合物材料，即热致性高分子变形材料，其可采用苯乙烯-丁二烯共聚物、形状记忆聚氨酯与聚降冰片烯等其中任意一种制得。如图4所示，微结构层202包括多个

矩形网格单元,每个网格单元包括底面203以及多个凸出于底面203且依次首尾相连的三棱柱状侧壁204,三棱柱状侧壁204在底面203上形成凸起。在本实施例中,网格单元尺寸为 $10 \times 10 \sim 20 \times 20 \mu\text{m}$,棱柱状侧壁204的外侧面与底面之间的夹角为 $45 \sim 60^\circ$,三棱柱状侧壁底边长为 $6 \sim 12 \mu\text{m}$ 。本发明人发现将滚筒200工作区域的直径设置为 $150 \sim 200 \text{mm}$,宽度设置为 $200 \sim 300 \text{mm}$,壁厚设置为 $15 \sim 20 \text{mm}$,且微结构层的厚度设置为 $50 \sim 75 \mu\text{m}$ 较为合适。为了便于驱动滚筒200滚动,空心筒体201的端部与驱动装置连接以为滚筒200的滚动提供动力。

[0047] 对上述滚筒200表面的微结构层202进行加温加压处理,使其微结构层202上的棱柱状侧壁204形成的凸起变为压平状态,从而增大滚筒与Micro-LED芯片103接触面积以增大滚筒对Micro-LED芯片的黏附力。

[0048] S3:如图5和图6所示,将施主基板100固定于第一加工平台400上,此处的受主基板300可采用柔性材料或抗弯曲的刚性材料制成,第一加工平台400上用于放置施主基板100的区域为透明区域,该透明区域由高透光率材料制成,便于激光的透射。取处理后的滚筒200置于施主基板100上,此时可以通过调节第一加工平台400的高度从而调节滚筒200与施主基板100之间的作用力大小从而保证滚筒200后续能够有效地拾取Micro-LED芯片,在该步骤的拾取过程中,保持两者之间作用力大小为 8N 较为合适。

[0049] 开启与滚筒200相连的驱动装置,驱动装置驱动滚筒200在施主基板100上滚压,在滚压的过程中,第一加工平台400保持不动,而滚筒200则以纯滚动的方式在施主基板100上运动,滚筒200滚动的速度为 2mm/s ,同时使用激光器800将多束激光从第一加工平台400下方选择性对施主基板100上的功能层102进行辐照从而使得施主基板100上的功能层102选择性地被分解,功能层102被分解处的Micro-LED芯片也就与施主基板100分离,由于形状记忆聚合物具有黏性,这样滚筒200在施主基板100上滚压时就可以将分离后的Micro-LED芯片黏附到滚筒200上,这种选择性地辐照功能层102的方法能实现滚筒200对Micro-LED芯片进行选择性地拾取。在该拾取过程中,要严格保证滚筒200轴心线与第一加工平台400上表面平行,避免由于倾斜产生受力不均匀而导致在拾取过程中与施主基板100分离的部分Micro-LED芯片在滚压过程中未被拾取至滚筒200上。

[0050] S4:见图7和图8,取集成有驱动电路的受主基板300,将受主基板300固定在第二加工平台500上,将滚筒200置于受主基板300上,并使用监测装置600进行校准以使黏附于滚筒200表面的Micro-LED芯片与受主基板300表面的驱动电路精确对位。之后开启驱动装置工作使得滚筒200在受主基板300上表面滚压,在滚压过程中,第二加工平台500匀速平动,滚筒200以轴心为圆心匀速转动且其线速度与第二加工平台500平动速度保持一致,速度为 0.5mm/s ,使滚筒200和受主基板300在接触区域保持相对静止,滚筒200则以纯滚动的方式在受主基板300上运动。与此同时,位于滚筒200侧边的激光器800将高功率的单束激光辐照到滚筒200内部的激光分束器700上,激光分束器700将高功率的单束激光分成多束低功率光束,事先调节多束低功率激光使其从滚筒200内部并行辐照到滚筒200上与受主基板300接触区域的微结构层202上,被辐照后的微结构层处的形状记忆聚合物温度超过其玻璃化转化温度,微结构层202从压平状态恢复至初始形状,网格单元的棱柱状侧壁204在复原的过程中顶起Micro-LED芯片,使微结构层202与Micro-LED芯片的接触方式由面接触变为线接触,从而减小黏附力,在重力和范德华力作用下Micro-LED芯片从滚筒200上脱落,转印至受主基板300上对应的位置处,转印后的红/绿/蓝光单色Micro-LED芯片与受主基板300上

的驱动电路精确对位。在该放置Micro-LED芯片的过程中,可以采用多个滚筒200同时在受主基板300上进行转印,以提高转印效率。

[0051] 此外,在上述放置Micro-LED芯片的过程中也要严格保证滚筒200的轴心线与第二加工平台500上表面平行,避免由于倾斜导致部分Micro-LED芯片不能与驱动电路精确对位。在该步骤中,也可以通过调整滚筒200轴心线的高度从而控制滚筒200与受主基板300之间的作用力大小,本发明人发现在转印过程中保持两者之间的作用力大小为1N较合适。另外,在整个放置Micro-LED芯片的过程中,需要采用监测装置600实时监测Micro-LED芯片与驱动电路的对位情况,当两者之间的误差较大时,则需要重新校准定位。

[0052] S5:重复S1至S4的步骤,将红光Micro-LED芯片、绿光Micro-LED芯片、蓝光Micro-LED芯片分批次转印至受主基板,实现三基色Micro-LED芯片集成。

[0053] 以上所述是本发明的优选实施方式而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和变动,这些改进和变动也视为本发明的保护范围。

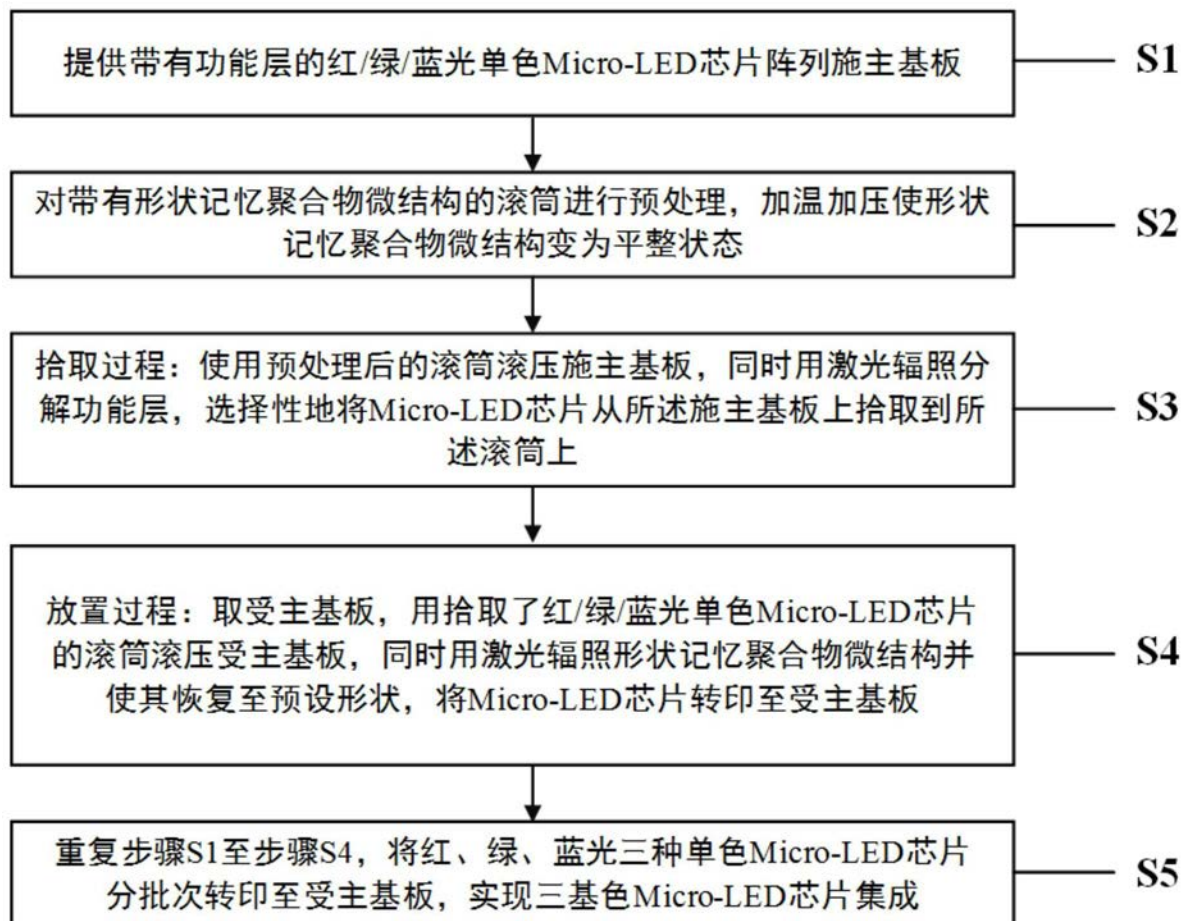


图1



图2

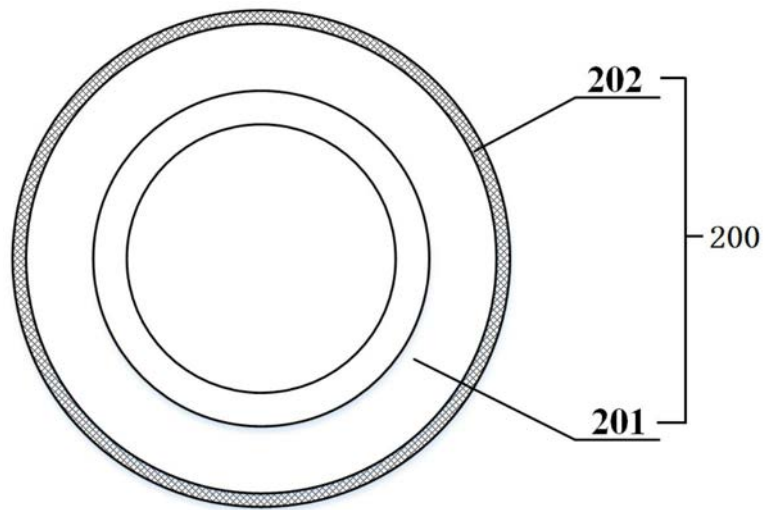


图3

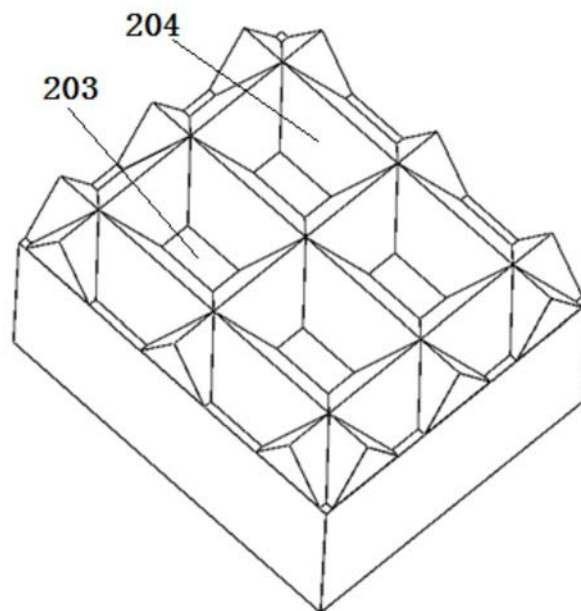


图4

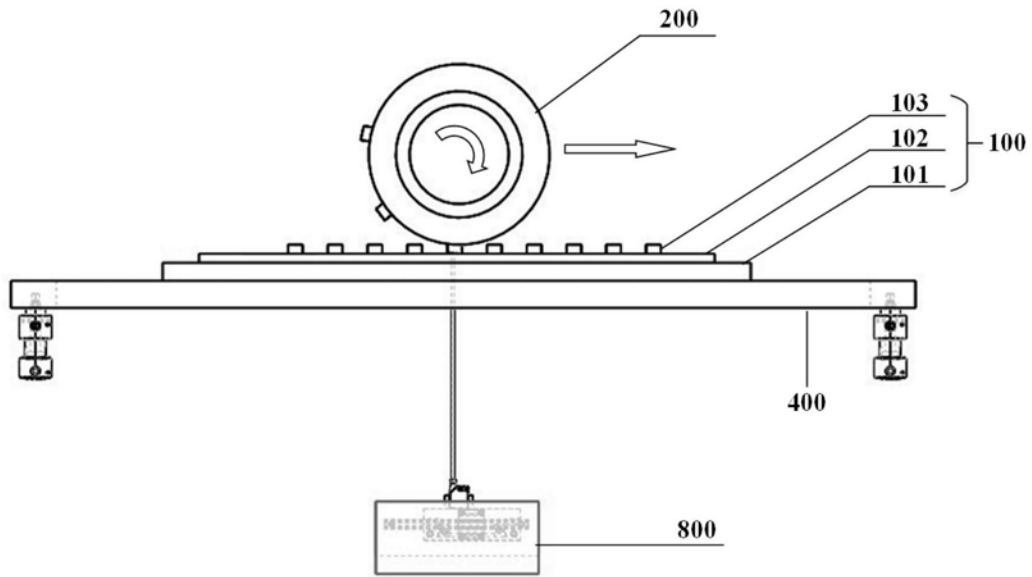


图5

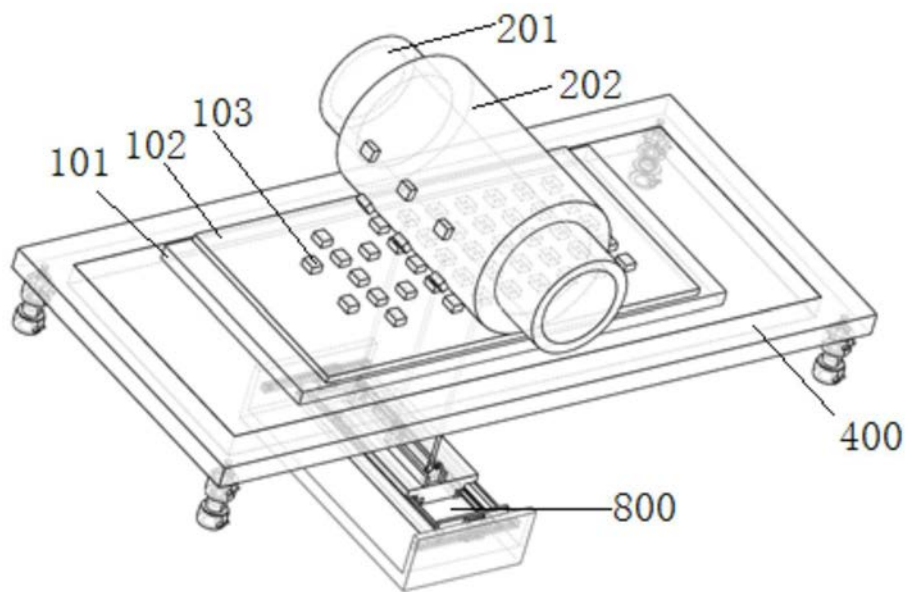


图6

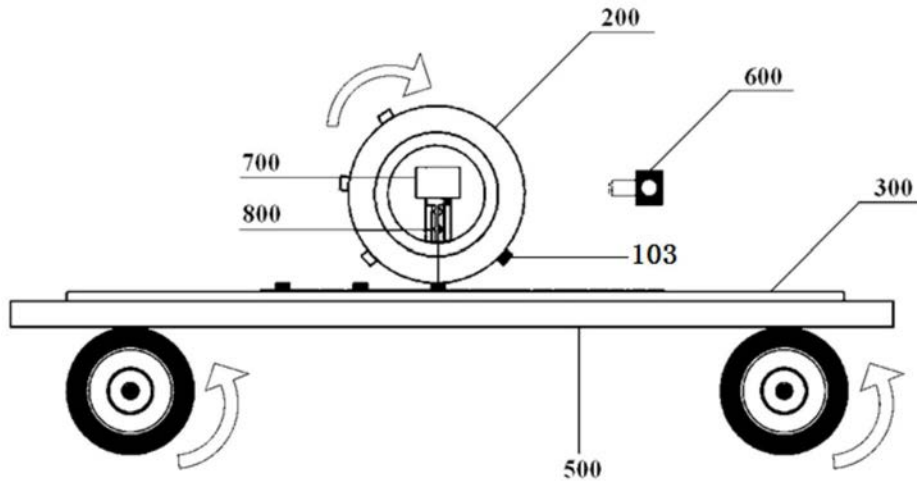


图7

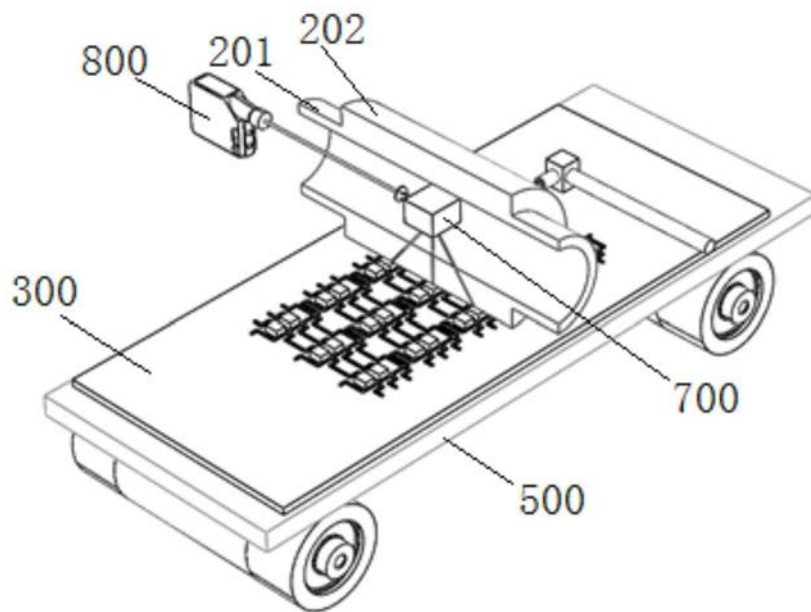


图8

专利名称(译)	滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法		
公开(公告)号	CN110534621A	公开(公告)日	2019-12-03
申请号	CN201910790328.0	申请日	2019-08-26
[标]申请(专利权)人(译)	武汉大学		
申请(专利权)人(译)	武汉大学		
当前申请(专利权)人(译)	武汉大学		
[标]发明人	周圣军 雷宇		
发明人	周圣军 雷宇		
IPC分类号	H01L33/00 H01L21/683		
CPC分类号	H01L21/683 H01L33/005		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种滚筒式三基色Micro-LED芯片转印方法，属于显示技术领域，包括：提供带有功能层的单色Micro-LED芯片阵列施主基板；对带有形状记忆聚合物微结构的滚筒进行预处理；使用预处理后的滚筒滚压施主基板，同时用激光辐照分解功能层，拾取Micro-LED芯片；提供集成有驱动电路的受主基板，用拾取了Micro-LED芯片的滚筒滚压受主基板，同时用激光辐照形状记忆聚合物微结构，将Micro-LED芯片转印至受主基板；重复上述步骤，将红、绿、蓝光Micro-LED芯片分批次转印至受主基板，实现三基色Micro-LED芯片集成。本发明能将Micro-LED芯片大规模、高效率且准确地转印至刚性基板或柔性基板上，实现了三基色Micro-LED芯片的集成，本发明转印过程中的拾取和放置均较可控，大大简化了操作过程。

