



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109384372 B

(45) 授权公告日 2021. 10. 22

(21) 申请号 201710679861.0
(22) 申请日 2017.08.09
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109384372 A

B29C 43/36 (2006.01)
B29C 43/52 (2006.01)
B29L 11/00 (2006.01)

审查员 陈夏琳

(43) 申请公布日 2019.02.26

(73) 专利权人 香港理工大学
地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 李荣彬 陈增源 李莉华 吴文祥
杨高

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理
有限公司 44217
代理人 郭伟刚

(51) Int. Cl.
C03B 23/00 (2006.01)
B29C 43/02 (2006.01)

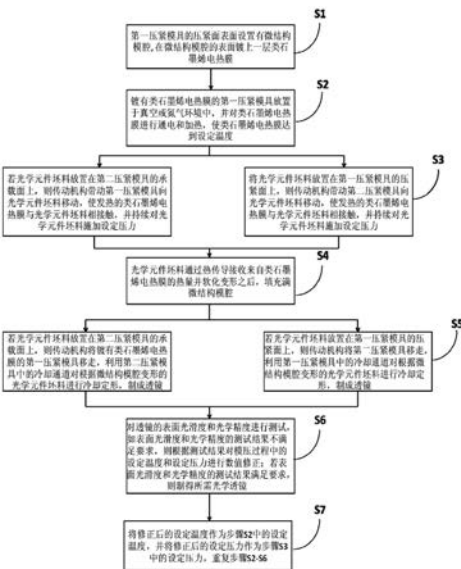
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,包括以下步骤:第一压紧模具的压紧面表面设置有微结构模腔,在微结构模腔的表面镀上一层类石墨烯电热膜;对类石墨烯电热膜进行通电和加热;使发热的类石墨烯电热膜与光学元件坯料相接触;光学元件坯料通过热传导接收来自类石墨烯电热膜的热量并软化变形之后,填充满微结构模腔;利用第二压紧模具中的冷却通道对根据微结构模腔变形的光学元件坯料进行冷却定形,制成透镜。该方法采用类石墨烯电热膜局部加热,加热速度快,能量利用率高,而且类石墨烯电热膜具有低摩擦系数,可有效防止坯料与模具之间的粘连,同时能够确保光学元件表面高质量、高光学精度的加工制造。



1. 一种基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、第一压紧模具(1)的压紧面(11)表面设置有微结构模腔(12),在所述微结构模腔(12)的表面镀上一层类石墨烯电热膜(2);

S2、镀有所述类石墨烯电热膜(2)的第一压紧模具(1)放置于真空或氮气环境中,并对所述类石墨烯电热膜(2)进行通电和加热,使所述类石墨烯电热膜(2)达到设定温度;

S3、将光学元件坯料(3)放置在第二压紧模具(4)的承载面(41)上或者第一压紧模具(1)的压紧面(11)上;

若所述光学元件坯料(3)放置在第二压紧模具(4)的承载面(41)上,则传动机构带动所述第一压紧模具(1)向所述光学元件坯料(3)移动并将其压紧于第一压紧模具(1)和第二压紧模具(4)之间,使发热的类石墨烯电热膜(2)与光学元件坯料(3)相接触,并持续对光学元件坯料(3)施加设定压力;

若所述光学元件坯料(3)放置在第一压紧模具(1)的压紧面(11)上,则传动机构带动第二压紧模具(4)向所述光学元件坯料(3)移动并将其压紧于第一压紧模具(1)和第二压紧模具(4)之间,使发热的类石墨烯电热膜(2)与光学元件坯料(3)相接触,并持续对光学元件坯料(3)施加设定压力;

S4、所述光学元件坯料(3)通过热传导接收来自所述类石墨烯电热膜(2)的热量并软化变形之后,填充满所述微结构模腔(12);

S5、若所述光学元件坯料(3)放置在第二压紧模具(4)的承载面(41)上,则传动机构将镀有类石墨烯电热膜(2)的第一压紧模具(1)移走,利用所述第二压紧模具(4)中的冷却通道对根据所述微结构模腔(12)变形的光学元件坯料(3)进行冷却定形,制成透镜;

若所述光学元件坯料(3)放置在第一压紧模具(1)的压紧面(11)上,则传动机构将第二压紧模具(4)移走,利用所述第一压紧模具(1)中的冷却通道对根据所述微结构模腔(12)变形的光学元件坯料(3)进行冷却定形,制成透镜;

在步骤S5之后,还包括步骤S6:对所述透镜的表面光滑度和光学精度进行测试,如表面光滑度和光学精度的测试结果不满足要求,则根据测试结果对模压过程中的设定温度和设定压力进行数值修正;若表面光滑度和光学精度的测试结果满足要求,则制得所需光学透镜;

在步骤S6之后,还包括步骤S7:将修正后的设定温度作为步骤S2中的设定温度,并将修正后的设定压力作为步骤S3中的设定压力,重复步骤S2-S6;

步骤S3中,所述第二压紧模具(4)的承载面(41)上以及第一压紧模具(1)的压紧面(11)上分别设置有压力传感器,用于实时检测类石墨烯电热膜(2)与光学元件坯料(3)之间相接触的压力以及光学元件坯料(3)加热受压的压力数值信息。

2. 根据权利要求1所述的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,其特征在于,所述步骤S2、S3、S4和S5都在真空或氮气环境中进行。

3. 根据权利要求1所述的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,其特征在于,在步骤S2中,所述类石墨烯电热膜(2)的两端分别通过电线电性连接于直流电源。

4. 根据权利要求1所述的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,其特征在于,步骤S3中,在所述第一压紧模具(1)和第二压紧模具(4)上分别设置有多组热电偶,用于实时检测热压过程中各个部位的温度。

5. 根据权利要求4所述的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,其特征在于,多个所述热电偶和所述压力传感器分别与控制处理器电性连接,将温度和压力信息实时传给控制处理器进行监测和控制。

6. 根据权利要求1所述的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,其特征在于,所述第一压紧模具(1)和第二压紧模具(4)由模具钢、碳化硅、碳化钨、熔融石英或者单晶硅制成;所述光学元件坯料(3)由玻璃化温度不大于700℃的透明塑料或玻璃制成,所述玻璃包括PMMA、硫化玻璃、硼硅玻璃或者钠钙玻璃。

7. 根据权利要求1所述的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,其特征在于,所述类石墨烯电热膜(2)的厚度为300nm~800nm,所述微结构模腔(12)的厚度为20μm~500μm;所述类石墨烯电热膜(2)由类石墨烯制成,所述类石墨烯的碳含量大于75%,硅含量小于10%,所述类石墨烯还渗有杂质。

8. 根据权利要求1所述的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,其特征在于,步骤S1中的镀膜方法包括化学气相沉积、物理气相沉积或者外延生长;

在步骤S2中,对所述类石墨烯电热膜(2)加热的最高温度为800℃,最大输入电压为100V,在步骤S3中,对所述光学元件坯料(3)施加的设定压力的最大值为40KN。

一种基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法

技术领域

[0001] 本发明涉及类石墨烯材料应用技术领域,更具体地,涉及一种基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法。

背景技术

[0002] 近年来,高精度光学元件需求量越来越大,该种元件广泛应用于手机和相机镜头,以及光学检测系统中。目前常见的光学元件材料主要为塑料(如PMMA和PC)和玻璃,而加工方法包括料筒加热注射成型,精密磨削和精密模压。料筒加热注射成型方法常用于加工塑料光学元件,而无法加工高玻璃化温度和低热导率的玻璃光学元件。精密磨削方法可用于加工球面玻璃光学元件,但这种方法耗时耗力,而且对操作人员技术要求较高。模压成型方法在一定程度上可以实现大规模制造塑料和玻璃材质的自由曲面光学元件,但是,传统的模压成型常采用红外加热的方式对模具和工件进行整体加热,加热过程中将消耗大量能量,加热速度慢,能量利用率低,而且导致热循环时间过长,从而影响生产效率。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的模压成型方法采用红外加热的方式对模具和工件进行整体加热,加热过程中消耗大量能量,而且热循环时间过长,生产效率低下等缺陷,提供一种加热速度快、能量利用率高、精度高的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法,包括以下步骤:

[0005] S1、第一压紧模具的压紧面表面设置有微结构模腔,在所述微结构模腔的表面镀上一层类石墨烯电热膜;

[0006] S2、镀有所述类石墨烯电热膜的第一压紧模具放置于真空或氮气环境中,并对所述类石墨烯电热膜进行通电和加热,使所述类石墨烯电热膜达到设定温度;

[0007] S3、将光学元件坯料放置在第二压紧模具的承载面上或者第一压紧模具的压紧面上;

[0008] 若所述光学元件坯料放置在第二压紧模具的承载面上,则传动机构带动所述第一压紧模具向所述光学元件坯料移动并将其压紧于第一压紧模具和第二压紧模具之间,使发热的类石墨烯电热膜与光学元件坯料相接触,并持续对光学元件坯料施加设定压力;

[0009] 若所述光学元件坯料放置在第一压紧模具的压紧面上,则传动机构带动第二压紧模具向所述光学元件坯料移动并将其压紧于第一压紧模具和第二压紧模具之间,使发热的类石墨烯电热膜与光学元件坯料相接触,并持续对光学元件坯料施加设定压力;

[0010] S4、所述光学元件坯料通过热传导接收来自所述类石墨烯电热膜的热量并软化变形之后,填充满所述微结构模腔;

[0011] S5、若所述光学元件坯料放置在第二压紧模具的承载面上,则传动机构将镀有类

石墨烯电热膜的第一压紧模具移走,利用所述第二压紧模具中的冷却通道对根据所述微结构模腔变形的光学元件坯料进行冷却定形,制成透镜;

[0012] 若所述光学元件坯料放置在第一压紧模具的压紧面上,则传动机构将第二压紧模具移走,利用所述第一压紧模具中的冷却通道对根据所述微结构模腔变形的光学元件坯料进行冷却定形,制成透镜。

[0013] 优选地,在步骤S5之后,还包括步骤S6:对所述透镜的表面光滑度和光学精度进行测试,如表面光滑度和光学精度的测试结果不满足要求,则根据测试结果对模压过程中的设定温度和设定压力进行数值修正;若表面光滑度和光学精度的测试结果满足要求,则制得所需光学透镜;

[0014] 在步骤S6之后,还包括步骤S7:将修正后的设定温度作为步骤S2中的设定温度,并将修正后的设定压力作为步骤S3中的设定压力,重复步骤S2-S6。

[0015] 优选地,所述步骤S2、S3、S4和S5都在真空或氮气环境中进行。

[0016] 优选地,在步骤S2中,所述类石墨烯电热膜的两端分别通过电线电性连接于直流电源。

[0017] 优选地,步骤S3中,在所述第一压紧模具和第二压紧模具上分别设置有多多个热电偶,用于实时检测热压印过程中各个部位的温度。

[0018] 优选地,步骤S3中,所述第二压紧模具的承载面上以及第一压紧模具的压紧面上分别设置有压力传感器,用于实时检测类石墨烯电热膜与光学元件坯料之间相接触的压力以及光学元件坯料加热受压的压力数值信息。

[0019] 优选地,多个所述热电偶和所述压力传感器分别与控制处理器电性连接,将温度和压力信息实时传给控制处理器进行监测和控制。

[0020] 优选地,所述第一压紧模具和第二压紧模具由模具钢、碳化硅、碳化钨、熔融石英或者单晶硅制成;所述光学元件坯料由玻璃化温度不大于700℃的透明塑料或玻璃制成,所述玻璃包括PMMA、硫化玻璃、硼硅玻璃或者钠钙玻璃。

[0021] 优选地,所述类石墨烯电热膜的厚度为300nm~800nm,所述微结构模腔的厚度为20μm~500μm;所述类石墨烯电热膜由类石墨烯制成,所述类石墨烯的碳含量大于75%,硅含量小于10%,所述类石墨烯还渗有杂质。

[0022] 优选地,步骤S1中的镀膜方法包括化学气相沉积、物理气相沉积或者外延生长;

[0023] 在步骤S2中,对所述类石墨烯电热膜加热的最高温度为800℃,最大输入电压为100V,在步骤S3中,对所述光学元件坯料施加的设定压力的最大值为40KN。

[0024] 本发明的有益效果在于,该种基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法采用类石墨烯电热膜局部加热,加热速度快,能量利用率高,而且类石墨烯电热膜具有低摩擦系数,可有效防止坯料与模具之间的粘连,同时能够确保光学元件表面高质量、高光学精度的加工制造。

附图说明

[0025] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0026] 图1是本发明基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法优选实施例的流程示意图;

[0027] 图2是本发明基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法优选实施例中模压装置准备对光学元件坯料进行模压的结构示意图；

[0028] 图3是本发明基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法优选实施例中模压装置正在对光学元件坯料进行模压的结构示意图；

[0029] 图4是本发明基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法优选实施例中模压装置对光学元件坯料进行模压后的结构示意图。

具体实施方式

[0030] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解，现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0031] 图1是本发明基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法优选实施例的流程示意图。结合图2所示，该种基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法，包括以下步骤：S1、第一压紧模具1的压紧面11表面设置有微结构模腔12，在所述微结构模腔12的表面镀上一层类石墨烯电热膜2。

[0032] S2、镀有所述类石墨烯电热膜2的第一压紧模具1放置于真空或氮气环境中，并对所述类石墨烯电热膜2进行通电和加热，使所述类石墨烯电热膜2达到设定温度。

[0033] S3、将光学元件坯料3放置在第二压紧模具4的承载面41上或者第一压紧模具1的压紧面11上；若所述光学元件坯料3放置在第二压紧模具4的承载面41上，则传动机构带动所述第一压紧模具1向所述光学元件坯料3移动并将其压紧于第一压紧模具1和第二压紧模具4之间，使发热的类石墨烯电热膜2与光学元件坯料3相接触，并持续对光学元件坯料3施加设定压力；若所述光学元件坯料3放置在第一压紧模具1的压紧面11上，则传动机构带动第二压紧模具4向所述光学元件坯料3移动并将其压紧于第一压紧模具1和第二压紧模具4之间，使发热的类石墨烯电热膜2与光学元件坯料3相接触，并持续对光学元件坯料3施加设定压力。

[0034] S4、所述光学元件坯料3通过热传导接收来自所述类石墨烯电热膜2的热量并软化变形之后，填充满所述微结构模腔12。

[0035] S5、若所述光学元件坯料3放置在第二压紧模具4的承载面41上，则传动机构将镀有类石墨烯电热膜2的第一压紧模具1移走，利用所述第二压紧模具4中的冷却通道对根据所述微结构模腔12变形的光学元件坯料3进行冷却定形，制成透镜；若所述光学元件坯料3放置在第一压紧模具1的压紧面11上，则传动机构将第二压紧模具4移走，利用所述第一压紧模具1中的冷却通道对根据所述微结构模腔12变形的光学元件坯料3进行冷却定形，制成透镜。

[0036] 在图2-4所示的优选实施例中，所述光学元件坯料3放置在第二压紧模具4的承载面41上，传动机构带动所述第一压紧模具1向所述光学元件坯料3移动并将其压紧于第一压紧模具1和第二压紧模具4之间，使发热的类石墨烯电热膜2与光学元件坯料3相接触，并持续对光学元件坯料3施加设定压力。

[0037] 在步骤S5之后，还包括步骤S6：对所述透镜的表面光滑度和光学精度进行测试，如表面光滑度和光学精度的测试结果不满足要求，则根据测试结果对模压过程中的设定温度和设定压力进行数值修正；若表面光滑度和光学精度的测试结果满足要求，则制得所需光

学透镜。在步骤S6之后,还包括步骤S7:将修正后的设定温度作为步骤S2中的设定温度,并将修正后的设定压力作为步骤S3中的设定压力,重复步骤S2-S6。如此不断的重复步骤S2-S7,直到最终得到表面质量和光学精度满意的光学透镜。

[0038] 所述步骤S2、S3、S4和S5都在真空或氮气环境中进行,在步骤S2中,所述类石墨烯电热膜2的两端分别通过电线电性连接于外置直流电源。

[0039] 图2是本发明基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法优选实施例中模压装置准备对光学元件坯料进行模压的结构示意图。步骤S3中,在所述第一压紧模具1和第二压紧模具4上分别设置有多组热电偶,用于实时检测热压印过程中各个部位的温度。

[0040] 步骤S3中,所述第二压紧模具4的承载面41上以及第一压紧模具1的压紧面11上分别设置有压力传感器,用于实时检测类石墨烯电热膜2与光学元件坯料3之间相接触的压力以及光学元件坯料3加热受压的压力数值信息。

[0041] 多个所述热电偶和所述压力传感器分别与控制处理器电性连接,将温度和压力信息实时传给控制处理器进行监测和控制,从而实现对模压过程中的温度和压力进行精确控制,保证光学元件坯料3在合适的温度和压力下被模压,

[0042] 所述第一压紧模具1和第二压紧模具4由模具钢、碳化硅、碳化钨、熔融石英或者单晶硅制成;所述光学元件坯料3由玻璃化温度不大于700℃的透明塑料或玻璃制成,所述玻璃包括PMMA、硫化玻璃、硼硅玻璃或者钠钙玻璃。可以使用本发明方法加工制成的光学元件包括凹透镜、凸透镜、复镜、微透镜阵列和菲涅尔透镜。

[0043] 所述类石墨烯电热膜2的厚度为300nm~800nm,所述微结构模腔12的厚度为20μm~500μm。从厚度比例可以看出,类石墨烯电热膜2的厚度相对于微结构模腔12的厚度可以忽略不计,因此相当于实现了使微结构模腔12的表面发热,并使相接触的光学元件坯料3受热变形后填充满微结构模腔12的结构中。所述类石墨烯电热膜2由类石墨烯制成,所述类石墨烯的碳含量大于75%,硅含量小于10%,所述类石墨烯还渗有杂质。镀膜的厚度可以在镀膜过程中通过改变类石墨烯的成分和数量来进行调整。

[0044] 步骤S1中的镀膜方法包括化学气相沉积、物理气相沉积或者外延生长。

[0045] 在步骤S2中,对所述类石墨烯电热膜2加热的最高温度为800℃,最大输入电压为100V,在步骤S3中,对所述光学元件坯料3施加的设定压力的最大值为40KN。

[0046] 本发明方法中的类石墨烯电热膜2由类石墨烯制成。类石墨烯是一种优异的模具镀层材料,可以通过化学气相沉积或其物理气相沉积等方法镀在由陶瓷材料或金属材料制成的第一压紧模具1的表面(压紧面11)。类石墨烯电热膜2的主要成分为C和Si,与第一压紧模具1以及第二压紧模具4之间由共价键连接,因此具有极强的粘附力和热稳定性,在高温(800℃)下也不容易脱落。另外,类石墨烯电热膜2具有较高的杨氏模量,可承受较大的模压力和一定的冲击载荷;类石墨烯电热膜2还具有低摩擦系数,可有效防止玻璃或塑料与第一压紧模具1或者第二压紧模具4之间的粘连。镀有类石墨烯电热膜的第一压紧模具1压紧面11硬度大大提高,具有极强的防刮伤能力;采用类石墨烯电热膜的模压制成的光学元件硅片表面粗糙度Ra可达到4.5nm,完全实现了高表面质量的光学元件的加工和制造。此外,类石墨烯电热膜具有突出的电学性能和热学性能,其电导率达到 $3 \times 10^6 \text{ S/m}$ 以上,热导率达到 $1000 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 以上,可以实现快速加热。在真空环境下,类石墨烯电热膜甚至可以加热到1000℃,因此可以满足大多数玻璃材料和高分子材料的模压温度要求。这些电热性能使类

石墨烯电热膜作为发热材料来模压光学元件成为可能。

[0047] 应用本发明方法的模压装置的模具部分包括上模座、第一压紧模具1、第二压紧模具4、类石墨烯电热膜2、外置直流电源和下模座。其中，第一压紧模具1固定在上模座上，而第二压紧模具4固定在下模座上。如果第一压紧模具1或者第二压紧模具4为金属材料，为防止短路，需要在模具与模座之间增加陶瓷电绝缘板(如石英玻璃)。模具结构可根据光学元件加工的面数进行适当调整。比如，当只是加工单面微透镜阵列时，只需要在第一压紧模具1的压紧面11上镀类石墨烯电热膜2；但如果需要对光学元件坯料3进行双面模压制造双面透镜时，则还需要在第二压紧模具4的承载面41上设置微结构模腔12，并且镀上一层类石墨烯电热膜2，并在模压时对第一压紧模具1和第二压紧模具4上的类石墨烯电热膜2同时通电加热，对光学元件坯料3进行双面模压。

[0048] 对于在第一压紧模具1的压紧面11的表面设置的微结构模腔12，主要是通过单点金刚石车削加工而成。如果第一压紧模具1是由碳化硅或者单晶硅材料制成的话，考虑到硅是脆性材料，为了保证切削表面的质量和刀具寿命，每次切削的进给量不宜过大，一般小于 $0.3\mu\text{m}$ 。

[0049] 类石墨烯电热膜具有较高的电导性和热导性，通过电热膜两端电极通电，由于电流发热效应，类石墨烯电热膜表面温度会快速上升。当镀类石墨烯电热膜的第一压紧模具1与塑料或玻璃坯料(光学元件坯料3)接触时，热量通过热传导的方式，从类石墨烯电热膜传递到塑料或玻璃坯料。尤其，当温度达到塑料或玻璃坯料的玻璃化温度时，塑料或玻璃坯料会软化变形，并填充入微结构模腔12中。第二压紧模具4中设置有冷却管道(水冷或氮气冷却)，可实现对加热变形后的坯料快速退火，以此实现热印压过程中对光学元件坯料3的快速加热和快速冷却定型。

[0050] 本发明应用的基于类石墨烯电热膜的光学元件模压方法采用类石墨烯电热膜局部加热，加热速度快，能量利用率高，而且类石墨烯电热膜具有低摩擦系数，可有效防止坯料与模具之间的粘连，同时能够确保光学元件表面高质量、高光学精度的加工制造。该种局部加热的方法，与传统的整体加热方法相比较，大大减少了相邻的压紧模具受热膨胀对最终制成的光学透镜产生尺寸精度的负面影响，

[0051] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述，但是本发明并不局限于上述的具体实施方式，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，而不是限制性的，本领域的普通技术人员在本发明的启示下，在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下，还可做出很多形式，这些均属于本发明的保护之内。

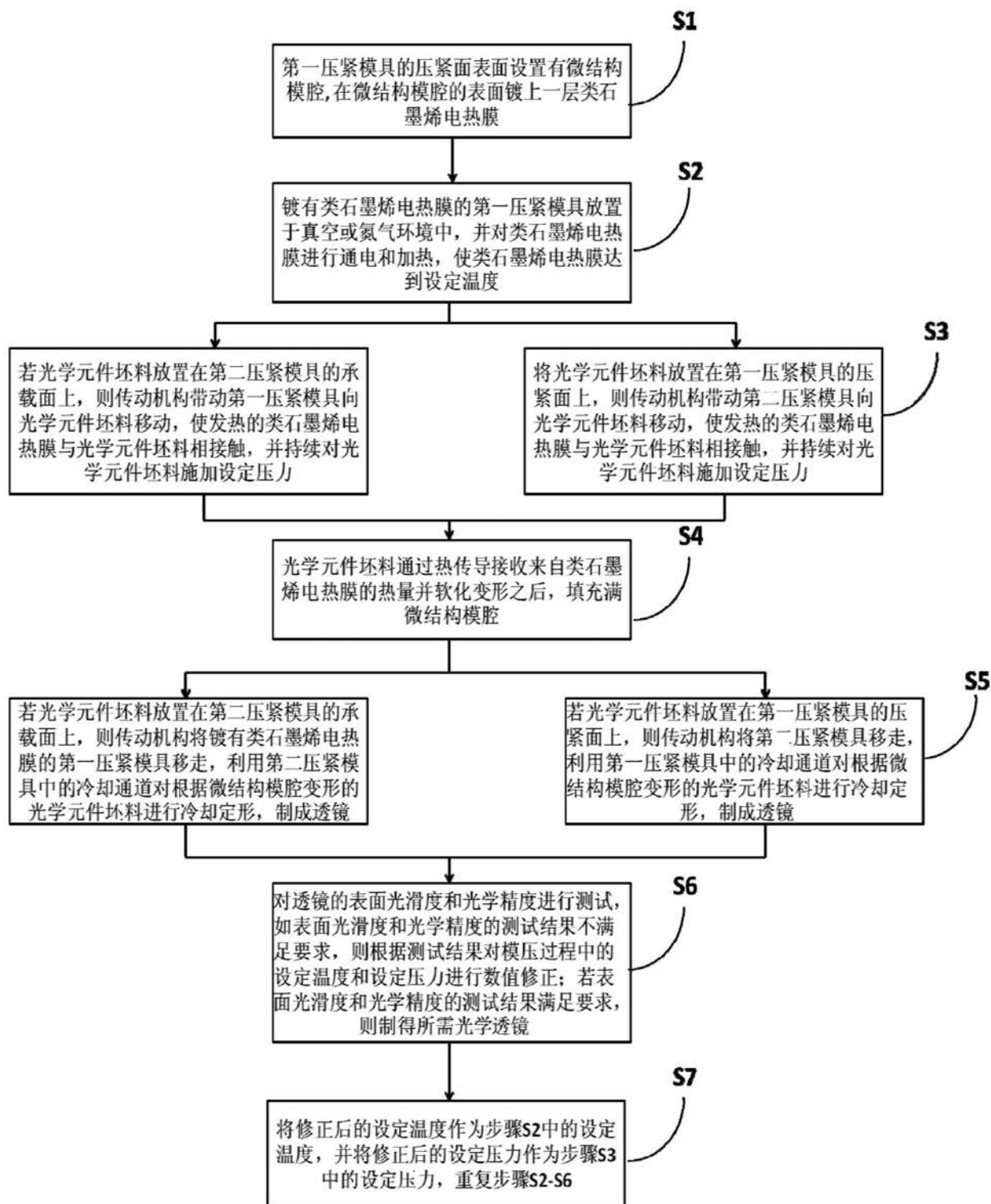


图1

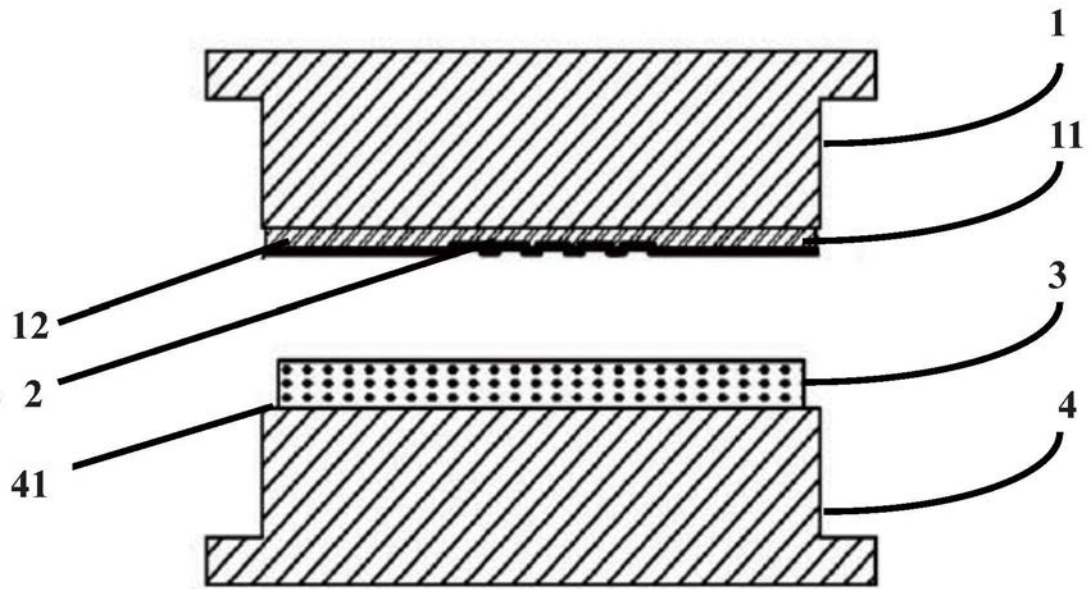


图2

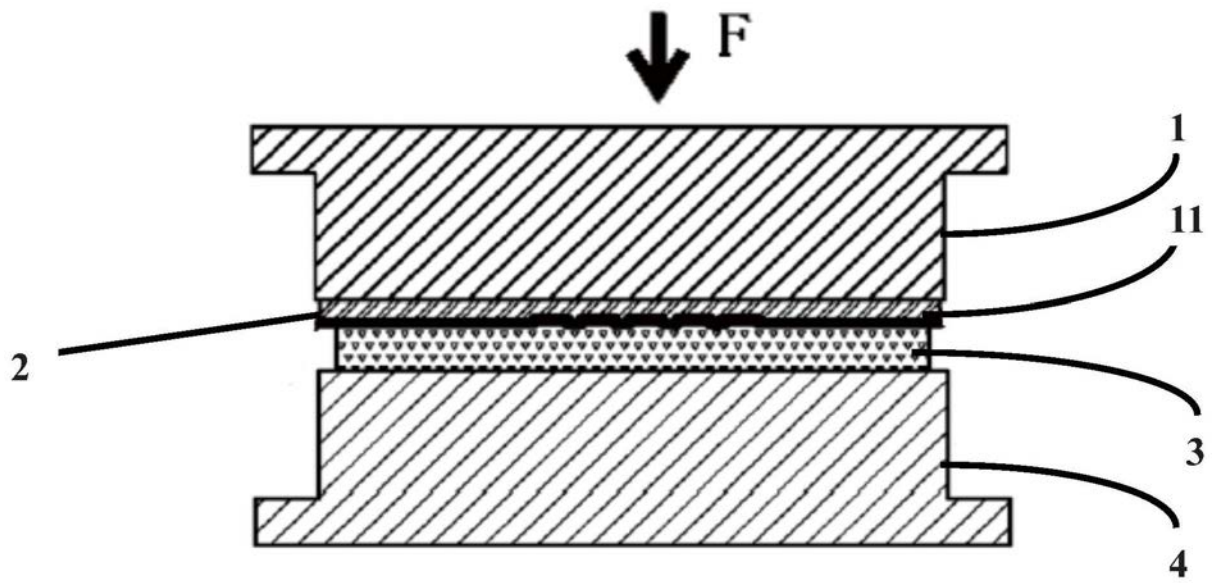


图3

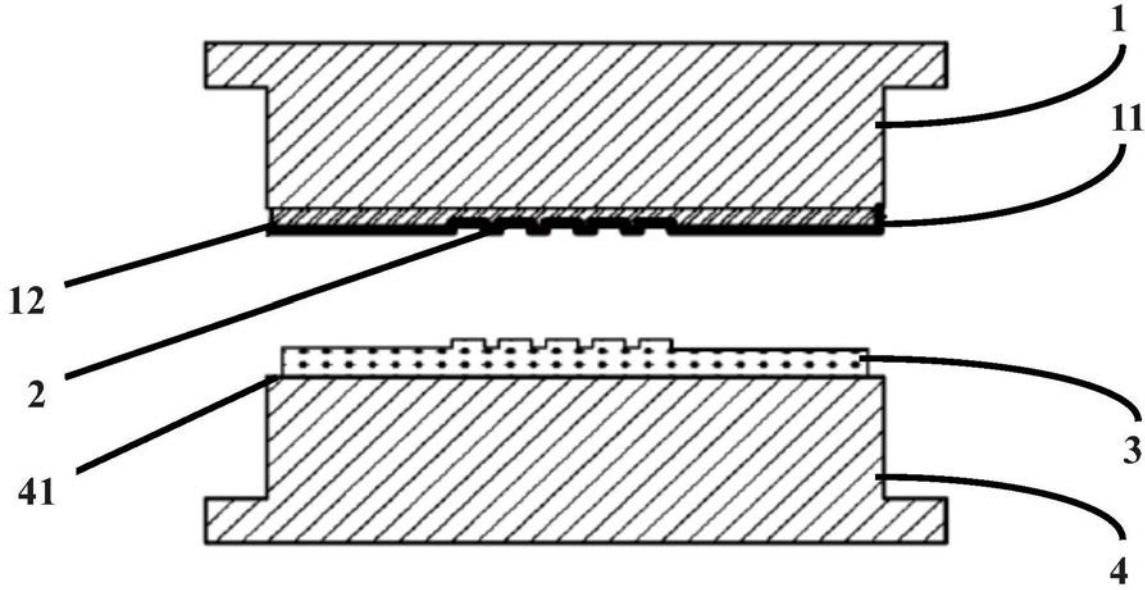


图4