



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107107251 B

(45) 授权公告日 2020.10.16

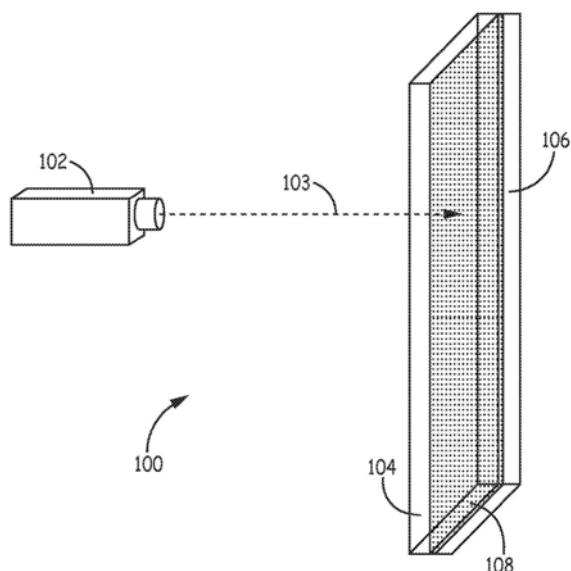
(21) 申请号 201580071155.7	专利权人 因维尼奥斯公司
(22) 申请日 2015.12.22	(72) 发明人 M·S·桑德林 D·A·鲁本 R·M·卡兰 G·卢索斯 T·M·温
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 107107251 A	(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公 司 31100 代理人 江磊 郭辉
(43) 申请公布日 2017.08.29	(51) Int.Cl. B23K 20/02 (2006.01) B23K 20/22 (2006.01)
(30) 优先权数据 62/096,706 2014.12.24 US 14/976,475 2015.12.21 US	(56) 对比文件 US 2013112650 A1,2013.05.09 WO 03032377 A1,2003.04.17 CN 104125870 A,2014.10.29 CN 1986137 A,2007.06.27
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 2017.06.26	审查员 赵锐敏
(86) PCT国际申请的申请数据 PCT/US2015/067390 2015.12.22	权利要求书2页 说明书8页 附图11页
(87) PCT国际申请的公布数据 W02016/106323 EN 2016.06.30	
(73) 专利权人 美敦力公司 地址 美国明尼苏达州	

(54) 发明名称

动力学上有限纳米级扩散结合结构和方法

(57) 摘要

提供了具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料。具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料包括透明材料(104)和吸收材料(106)。透明材料(104)具有使得选择波长的电磁波束穿过该材料而不大于最小能量吸收的性能。吸收材料(106)具有大幅吸收来自电磁波束(103)的能量的性能。扩散结合通过将透明材料结合至吸收材料的电磁波束(103)形成。此外,扩散结合的厚度小于1000nm。



1. 具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料,所述块状材料包括:

包含蓝宝石的透明非金属绝缘体材料,其具有使得选择波长的电磁波束穿过该透明非金属绝缘体材料而不大于最小能量吸收的性能,所述的最小能量吸收小于电磁波束的电磁辐射总能量的50%;

包含钛的吸收材料,其具有大幅吸收来自电磁波束能量的性能;

扩散结合,其通过将所述透明非金属绝缘体材料结合至所述吸收材料的电磁波束形成,该扩散结合的厚度小于1000纳米,该扩散结合包括厚度小于200纳米的界面结合接缝区以及厚度小于60纳米且位于界面结合接缝区内的无定形扩散区。

2. 如权利要求1所述的具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料,所述块状材料进一步包括:

在界面结合接缝外的未受干扰的透明非金属绝缘体材料和未受干扰的不透明吸收材料,所述未受干扰的透明非金属绝缘体材料和未受干扰的吸收材料不受结合形成的影响。

3. 如权利要求1所述的具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料,其特征在于,所述结合具有以下特点中的至少一项:耐腐蚀的、气密密封的、无裂纹的、均匀的且生物稳定的。

4. 如权利要求1所述的具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料,其特征在于,结合强度与透明非金属绝缘体材料和吸收材料中至少一种一样强。

5. 如权利要求1所述的具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料,其特征在于,所述吸收材料是顺应性的。

6. 如权利要求1所述的具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料,所述块状材料进一步包括:

用于形成所述结合的至少一层中间层。

7. 如权利要求6所述的具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料,其特征在于,至少一层中间层是抗反射涂层中间层和柔性溅射中间层中的至少一层。

8. 如权利要求1所述的具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料,其特征在于,通过将所述透明非金属绝缘体材料结合至所述吸收材料的电磁波束形成的扩散结合进一步包括:

多个间隔的结合区域。

9. 在块状材料中形成动力学上有限纳米级扩散结合的方法,所述方法包括:

将包含蓝宝石的透明非金属绝缘体材料待结合的第一表面对着包含钛的吸收材料的第二表面放置,所述透明非金属绝缘体材料具有使得选择波长的电磁波束穿过该透明非金属绝缘体材料而不大于最小能量吸收的性能,所述的最小能量吸收小于电磁波束的电磁辐射总能量的50%,并且所述吸收材料具有大幅吸收来自电磁波束的能量的性能;

在所述透明非金属绝缘体材料和吸收材料上施加压力;

电磁波束选择性穿过所述透明非金属绝缘体材料到达不透明吸收材料的待结合第二表面;以及

由电磁波束产生具有动力学上有限纳米级扩散结合。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,由电磁波束产生具有动力学上有限纳米级扩散结合进一步包括:

刺激足以产生小于1000nm的界面结合接缝的局部原子迁移。

11. 如权利要求9所述的方法,其特征在於,由电磁波束产生具有动力学上有限纳米级扩散结合进一步包括:

在块状材料中产生间隔结合区域的图案。

12. 如权利要求9所述的方法,所述方法进一步包括:

在施加压力之前,将至少一层中间层放置在所述透明非金属绝缘体材料的第一表面和所述吸收材料的第二表面之间。

## 动力学上有限纳米级扩散结合结构和方法

### 背景技术

[0001] 不同类型的块状材料结合在一起以形成结合的制品在多种工业中具有许多应用。例如,在半导体工业中,高度期望能够将绝缘材料与导电材料结合。此外,能够将绝缘材料(例如蓝宝石)连接到金属(比如钛)将具有许多应用,包括形成用于光子器件和医疗器械的包装。另一个期望能够将蓝宝石有效连接到钛的示例性工业是制造高档首饰。该方法也可用于在高真空系统中结合蓝宝石窗、以及军用车辆和航天器。

[0002] 将这些类型的材料结合在一起的传统方法使用高温和高压以产生通常在数十微米厚到数百微米厚的扩散结合(diffusion bond)。所用的温度可约为600~1000℃。这些高温导致对材料所形成的产品有害。例如,当形成用于装置的包装时,用于在包装中形成结合的高温具有损耗包装内部件的风险。这也将导致多晶材料中的晶粒生长,并改变它们的物理性能。此外,随着使用高温历经较长的形成时间在结合区域中形成了不期望的化合物,这将影响结合的强度或韧度。另外,使用扩散结合技术结合的材料的热膨胀系数差异会导致随着组件从高温冷却而产生界面应力。这些应力常常导致产生裂纹。由于界面应力产生的裂纹的尺寸趋向于与所接合材料的界面区的尺寸成比例。由于典型的扩散结合产生相对大的界面区,所产生的裂纹也趋向于延伸数微米到数毫米。如果裂纹超过临界缺陷尺寸,则即使在小负载下,脆性材料也将会自发地突然破裂。所以,较大的裂纹将容易导致可靠性和使用寿命降低。由于该原因,传统的扩散结合技术在具有不同热膨胀系数的材料之间产生机械上牢固的结合上仅取得有限的成功。用于结合钛和蓝宝石的其它已知方法包括:用铌的薄膜将蓝宝石金属化,并用金或其它合适的铜焊材料(braze material)将部件铜焊在一起。常规温度为450~1200C。

[0003] 用于结合不同材料而期望不损害包装的内部部件的一些相对低温度的方法采用中间层,例如用焊料、玻璃料、或热压焊接的中间层。这些方法使用中等温度(范围为100℃~400℃)、以及中等压力,以实现结合接缝。比如,作可以使用锡-铟-银、或锡-铅、锡-铜-银的焊料。然而,该方法有几点不足。用于焊接的焊剂易于导致污染,这难以检测,特别是如果结合用于密封的情况下。结合的强度低于块状材料的强度,并且如果曝露于恶劣环境中,这些焊料合金易受腐蚀。另一个例子是受到纳米多孔金的使用、以及向块状材料施加高压的影响的热压结合(thermal compression bond)。然而,用这些技术难以确定结合的完整性,并且结合强度远低于块状材料的强度。使用粘合剂的其它方法用于形成结合,然而结合本身较弱、且是非气密的。

[0004] 鉴于上述原因以及下述其它原因(这些原因对于本领域技术人员来说通过阅读和理解本说明书将是显而易见的),本领域中仍需要在绝缘体和导电块状材料之间产生结合的方法,所述结合在低温下形成、且具有与块状材料一样强的强度。

### 发明内容

[0005] 本发明的实施方式解决了现有系统的上述问题,并将通过阅读和理解以下说明进行理解。通过实施例的方式、而非限制性方式给出以下发明内容。仅供帮助读者理解本发明

的一些方面。

[0006] 在一个实施方式中,提供了具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料。具有动力学上有限纳米级扩散结合的块状材料包括透明材料和吸收材料。透明材料具有使得选择波长的电磁波束穿过该透明材料而不大于最小能量吸收的性能。吸收材料具有从电磁波束显著吸收能量的性能。扩散结合通过将透明材料结合至吸收材料的电磁波束形成。扩散结合的厚度小于1000nm。

[0007] 在另一个实施方式中,提供了在块状材料中形成动力学上有限纳米级扩散结合的方法。所述方法包括:将透明材料的待结合第一表面对着吸收材料的待结合第二表面放置。透明材料具有使得选择波长的电磁波束穿过该材料而不大于最小能量吸收的性能,并且吸收材料具有大幅吸收来自电磁波束的能量的性能。然后,向透明材料和吸收材料施加压力。电磁波束选择性穿过透明材料到达不透明吸收材料的待结合第二表面。电磁波束导致产生动力学上有限纳米级扩散结合。

[0008] 附图的简要说明

[0009] 当考虑详细描述和以下附图时,本发明可更易于理解,并且本发明的其它优点和用途将会更显而易见,其中:

[0010] 图1是本发明一个实施方式中形成结合的示意图;

[0011] 图2是本发明一个实施方式的钛预备流程图;

[0012] 图3是本发明一个实施方式的蓝宝石预备流程图;

[0013] 图4A是本发明一个实施方式的一般清洁流程图;

[0014] 图4B是本发明一个实施方式的钛清洁流程图;

[0015] 图5是本发明一个实施方式的初始设置流程图;

[0016] 图6是本发明一个实施方式的结合流程图;

[0017] 图7是本发明一个实施方式的激光脉冲光斑尺寸重叠的图;

[0018] 图8是根据本发明的一个实施方式的快速温度(rapid-temperature)块状材料结合系统的框图;

[0019] 图9A是本发明一个实施方式在钛-蓝宝石块状材料中结合的扩散区的纳米级透射电子显微镜(TEM)图像;

[0020] 图9B是本发明一个实施方式在钛-蓝宝石块状材料中的界面结合接缝的纳米级透射电子显微镜(TEM)图像;

[0021] 图9C是本发明一个实施方式的结合的钛-蓝宝石块状材料的微米级扫描电子显微镜(SEM)图像;

[0022] 图10是本发明的一个实施方式的结合固定装置组件的侧视透视图;

[0023] 图11是本发明的一个实施方式的材料夹持组件的侧视图;

[0024] 图12是本发明的一个实施方式的材料夹持组件的部分横截面的侧视透视图;

[0025] 图13是本发明另一个实施方式中形成结合的示意图。

[0026] 按照惯例,各种所述特征不是按比例绘制的,而是绘制以强调本发明相关的具体特征。图中和上下文中相同的附图标记表示相同的元件。

[0027] 详述

[0028] 在以下详细说明中,参照构成说明书的一部分的附图,并且其中以说明性方式显

示了可以实施本发明的具体实施方式。这些实施方式被充分详细地描述以使本领域技术人员能够实施本发明,并且应当理解其它实施方式也可实现并且可做出逻辑和机械改变而不背离本发明的精神和范围。因此,以下描述不应起限制作用,且本发明的范围仅由权利要求书及其等同项进行限定。

[0029] 本发明的实施方式提供了用快速室温过程(rapid room-temperature process)对不同块状材料进行结合。结合的块状材料包括透明材料104(非金属(绝缘体)材料)和不透明吸收材料106(金属(导体)材料),大体如图1所示。透明材料104对于来自激光器102的电磁波束103(电磁辐射、电磁信号、或一般的激光信号)至少部分透明。因此,透明材料104具有使得电磁波束从中穿过而不大于最小能量吸收的性能。在实施方式中,形成厚度小于1000nm的扩散结合,将不同块状材料结合在一起。

[0030] 吸收材料106吸收电磁辐射103的能量、并与电磁辐射103的能量相互作用,并且通过在吸收材料106和透明材料104之间扩散(不透明材料106扩散到透明材料104中、或者透明材料104扩散到不透明材料106中),在块状材料104和106之间产生结合界面108。此外,在一些实施方式中,扩散包括两种材料均扩散到彼此中的相互扩散。示例性的透明材料104包括玻璃、多晶或单晶材料(例如、包括但不限于:蓝宝石和石英)。其它透明材料的例子包括、但不限于:氧化锆、金刚石、金属氧化物、以及刚玉变体。吸收材料106包括金属,例如但不限于钛。此外,吸收材料106可以是钛的合金。穿过透明材料104、同时与吸收材料106相互作用以形成所期望结合的最小能量吸收大体需要满足以下两个要求:(1)传输透过透明材料104的能量必须足以激活经由不透明材料106吸收在界面处的结合过程,并且同时(2)透明材料104吸收的任何能量必须不足以熔融、扭曲、或以其他方式影响透明材料104块体离开结合界面108。通常,材料的能量吸收曲线作为波长的函数上升得相对较快。为了过程控制和可重复性,可以选择不在该吸收曲线高斜率区域上的波长用于透明材料104。此外,在一个实施方式中,通过透明材料104的最小能量吸收小于电磁辐射103总能量的50%。

[0031] 如下文详细说明,所产生的结合的结合的界面韧性(强度)与块状材料104和106中至少一个的强度相似。此外,在某些实施方式中,所产生的结合不包含大到足以使得所测定接缝的断裂韧度下降到低于接缝中所涉及透明材料的体积断裂韧度(bulk fracture toughness)水准的裂纹或缺陷。在一些实施方式中,所产生的结合通常是连续、均匀且无裂纹的。此外,在一个实施方式中,该结合提供耐腐蚀且生物稳定的气密封。此外,在一些实施方式中,由于短加热时间,结合界面108(混合或扩散区)是相对薄的界面(在亚微米(即,纳米级)范围)。在使用所选择的材料、以及短的局部结合时间、且不存在整体加热的情况下,在界面处或界面附近会削弱结合的不期望的化合物的形成被最小化或消除。在使用钛作为吸收材料106且蓝宝石作为透明材料104的例子中,产生了均匀的界面区域108。虽然钛和蓝宝石的热膨胀系数相对接近,但是本文中所述的技术可以用于将热膨胀系数极为不同的其它不同材料(例如金和蓝宝石、或铝和蓝宝石)连接在一起。

[0032] 在一些实施方式中,块状材料首先进行加工以预备将它们进行接缝。在钛-蓝宝石例子中块状材料的预备在图2的钛预备流程图200和图3的蓝宝石预备流程图220中进行说明。关于钛,在一个实施方式中,选择待使用的钛的级别。在一个实施方式中,钛进行机械加工以形成两个平坦的平行表面(204)。平坦表面中的一个用于与蓝宝石结合,另一个用于提供其上可以施加力的相对平坦表面。在另一实施方式中,仅钛的一个表面是机械加工平面。

在一个实施方式中,对待与蓝宝石结合的钛的表面施加研磨工艺和抛光工艺,以改进表面质量(206)。在一个实施方式中,研磨包括使用布兰查德研磨(Blanchard grinding)和12 $\mu\text{m}$ 直径的铝氧化物( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )浆液(氧化铝)的组合在一个实施方式中,机械加工表面(204)以及研磨和抛光表面(206)的顺序可以颠倒。此外,在一些实施方式中,机械加工表面(204)以及研磨和抛光表面(206)的顺序交织在一起。进一步,在一个实施方式中,钛的结合表面在两步工艺中进行抛光以改进表面质量。第一抛光步骤使用1.5 $\mu\text{m}$ 金刚石浆液的混合物。第二和最终抛光步骤使用0.5 $\mu\text{m}$ 金刚石浆液的混合物。在某些实施方式中,期望亚微米范围的平坦度,以确保当表面配对时待结合表面的紧密接触。可以采用替代的浆液和方法以实现需要的平坦度和表面精整度。发明人已经发现粗糙度(Ra)低于100nm的光滑无划痕表面能够获得期望的气密结合接缝。然而,可以以高达200nm或以上的粗糙度获得气密结合。此外,取决于形态,粗糙度高达500nm或以上的可以获得非气密结合。在一个不需要由结合产生气密密封的实施方式中,可以省略某些精细抛光。关于预备蓝宝石,蓝宝石首先进行抛光(222)。在一个实施方式中,使用C或R晶面取向。如果需要,随后蓝宝石切成小块(224)。

[0033] 一旦钛和蓝宝石准备好,将两者都进行清洁。在一个示例性实施方式中,如图4A的一般清洁流程图255中所说明的,钛和蓝宝石一般按需用离子溶液和非离子溶液进行清洁(226),然后进行旋转干燥(228)。用于钛的具体清洁的其它例子如图4B的钛清洁流程图230中所说明。钛用肥皂水洗涤(232),然后用去离子水洗涤(234)。在一个实施方式中,块状钛材料104随后首先用丙酮漂洗(236),然后擦干净(238)。在一个实施方式中,块状钛材料104随后首先用甲醇漂洗(240),然后擦干净(250)。然后钛材料用空气喷枪等吹干(252)。在一个实施方式中,可以使用薄片制造工艺(wafer fabrication process)以清洁并干燥钛。在一个实施方式中,在清洁钛之后,避免擦拭表面。

[0034] 在块状材料104和106准备好并清洁后,它们如图5的初始设定流程图260所述进行预组装(262)。块状材料104和106通过将钛的待结合表面紧挨着蓝宝石表面放置来进行预组装。一旦钛和蓝宝石合适地彼此相对放置,它们将装载到结合固定装置组件308的夹持架550中(如图9~图11中所示,并如下文中所述)(264)。夹持架550将钛和蓝宝石相对于彼此保持在相应的位置。然后施加压力,以将钛压向蓝宝石(266)。用此处所述工艺结合块状材料所需的压力的量至少部分取决于被结合的材料、以及块状材料的形状和尺寸。大体上,压力仅需要高到足以确保结合表面的紧密接触,以使得当用激光辐照时发生结合。此外,在一些实施方式中,导致界面表面高点接触的界面处的压力的量一般足以确保结合。一旦块状材料在固定装置中并施加压力,在材料之间产生结合。在材料中形成结合的工艺在室温下如图6的结合流程图270中所述。如图6中所述,如图1所述那样激光102直接穿过透明材料104(在该实施例中是蓝宝石)到达吸收材料106(在该实施例中是钛)的表面。在一个实施方式中,激光结合参数包括脉冲能量、脉冲宽度、脉冲频率、光斑大小、以及光斑重叠量或斑点间距。在形成结合中,参数的值通常基于彼此。因此,选择一个参数的值将会导致对于另一参数的选择值,以形成所期望的动力学上有限结合。形成结合所需要的仅是能量以按照期望将结构结合在一起的方式进行传输。因此,本发明不受限于具体参数。光斑尺寸和光斑重叠量将参考图7在下文进行讨论。

[0035] 光斑尺寸是在表面280上激光束的宽度/直径282(电磁波束)。图7说明作为电磁光波的脉冲282(电磁脉冲或激光脉冲)随时间相对其目标进行移动。在如图7所示实施例中,

聚焦的激光脉冲280通常是圆形的。光斑重叠量284是脉冲280与前一个脉冲280的重叠量的百分比。在钛-蓝宝石例子中,激光脉冲280的光斑尺寸282可以在5~15 $\mu\text{m}$ 的范围中。在钛-蓝宝石例子中,0~50%范围内的重叠量实现了良好的结果。也可以获得更高的重叠量,但是是以处理时间为代价的。用较高的每个脉冲的能量以及较低的重叠量、或较低的能量和较高的重叠量,可以获得相似的结果。在钛-蓝宝石块状材料的例子中,对1~80kHz的频率、1~5 $\mu\text{J}$ 的脉冲能量、以及电磁波束相对钛-蓝宝石块状材料以5mm/s~600mm/s的速率移动进行探究。通过实验确定具有UV 355nm-IR1064波长的激光、2.1mW-100mW的平均功率、约1kHz的重复率(脉冲的频率)、以及激光相对钛-蓝宝石块状材料以5mm/s~600mm/s速率移动产生了均匀、牢固、且连续的结合。平均功率等于约0.6~2.1 $\mu\text{J}$ 的脉冲能量乘以1kHz重复率(平均功率=脉冲能量 $\times$ 重复率)。设定重复率和平均激光功率以产生所期望的用于结合程序的脉冲能量和脉冲重叠量。在钛-蓝宝石例子中,优选1~10%的重叠量。功率水准取决于光斑尺寸(在一个实施方式中,约10微米),并且其可以预料到具有获得等同积分通量的参数的相似结果。还可以通过实验确定,在保持如上所述的其它参数的同时,将脉冲能量增加到2.5 $\mu\text{J}$ 及以上,将会产生结合,但是开始发生开裂,当脉冲能量远低于2.0 $\mu\text{J}$ ,结合将不会形成。此外,在12kHz的频率和1 $\mu\text{J}$ 的脉冲能下,用于如上所述相同的其它参数,形成所期望的结合。因此,可以使用较高频率且较低的能量。此外,较低的频率且较高的重叠率将会用于获得等同的能量设置以形成结合。此外,计划使用其它波长,包括跨越整个UV光谱、可见光谱和红外光谱的波长。例如,可以使用波长532nm的激光。在该例子中,激光工艺参数的优选设定包括:1 $\mu\text{J}$ 的脉冲能量、10 $\mu\text{m}$ 的光斑尺寸、1kHz的脉冲频率、以及50%的光斑重叠量。当块状材料结合在一起时可以形成淬火带,作为结合过程中结合材料如何快速冷却的结果。淬火带限定了结合结构的表征。材料如何快速冷却至少部分地随脉冲宽度和功率的变化而变化。因此,改变脉冲形状能够改变结合结构。如上所讨论的,如上所给出的参数是示例性参数。取决于待结合的材料和所期望的结合,可以使用其它参数。例如,可以使用脉冲或连续波以形成结合。此外,可以使用范围0~100%的重叠量,以在材料之间形成所期望的结合。因此,本发明不限于具体参数,例如具体频率、光斑尺寸、重叠量、或波长。

[0036] 一旦设定操作参数,激光将对准参考特征(278)。然后,如参考图8在下文中进一步讨论,通过控制器302运行程序,以激活激光并移动结合固定装置组件308的台307,形成结合(280)。在替代实施方式中,扫描仪305用于移动激光102,而非采用移动块状材料的台307。此外,也可以采用台和波束移动的组合。在钛-蓝宝石的例子中,确定块状材料(钛和蓝宝石)或激光将会在激活激光以形成无裂纹、均匀且连续的结合的同时以实现0~100%聚焦的激光光斑重叠量的所需速度进行平移。该设定也使得通过选择性地将激光引导到待结合块状材料的所选部分能够进行图案化结合。在结合期间,将具有适当的持续时间和强度的电磁辐射引导穿过绝缘体基材(在该例子中是蓝宝石)到达界面,以刺激局部原子迁移,其足以在界面产生块状材料之间化学结合、但不足以以降低块体材料机械性能或耐化学性的方式改变块状材料。特别是,脉冲的短持续时间限制了由于热膨胀失配和热冲击而自然产生的界面应力场的大小。由于所产生的缺陷尺寸与局部应力场的尺寸成比例,在接合期间产生的典型界面缺陷将仅仅是小的,典型地为纳米级的。因此,没有产生足够尺寸的缺陷,其将提高局部应力强度以满足传播阈值(propagation threshold)。

[0037] 快速室温块状材料结合系统300的框图如图8中所示。系统300包括控制器302。控制器302包括用于指令储存的存储器301和处理指令的处理器303。用户界面304与控制器302连接。使用者通过用户界面304向控制器302提供指令,例如设定重复率、平均激光功率、台移动速率和/或扫描仪速率。同样,如图7中所示的是结合固定装置组件308。结合固定装置组件308用于夹持块状材料并将块状材料相对激光102定位。在该实施方式中,固定装置308包括其上安装块状材料的台307。设计以使得台307在控制器302控制下沿X、Y和Z方向移动。如上所述,在一个实施方式中,在控制器302控制下的扫描仪305相对通过固定装置308夹持的待结合的块状材料移动激光器102。系统300还可以包括一个或多个向控制器提供信息的传感器310。例如,传感器310可以包括位置传感器、功率表、摄像机等。

[0038] 图9A显示通过如上所述步骤形成的结合的钛402和蓝宝石404的扩散区406的透射电子显微镜(TEM)图像。如上所述,由于电磁束的能量与钛相互作用,钛扩散到氧化铝(蓝宝石)中以形成扩散区406。如图所示,在该例子中扩散区406是均匀的、且厚度小于60nm。此外,随着扩散区406接近蓝宝石404,钛402以单调下降的形式穿过界面并接近零。该结构不是用于典型的高温、长持续时间扩散结合所能预期的。例如,由激光结合工艺导致的浓度阶梯的斜率不同于典型扩散结合中产生的斜率。而且,几乎不可能在不添加玻璃和/或金属(例如铌)以控制应力和/或不期望相的情况下用本领域已知技术直接将钛扩散结合到蓝宝石。在钛-蓝宝石例子中,结合界面区域包含对块状材料是良好过渡的钛、铝和氧。如上所述,如上所述的技术导致与所用块状材料中至少一种一样坚固的结合。在钛-蓝宝石例子中,结合与蓝宝石一样坚固。参考图9B,提供在纳米(nm)范围内的TEM图410。该图显示形成厚度小于200nm的纳米级界面结合接缝412。在小于200nm界面结合接缝之外,钛402和蓝宝石404未受干扰。也就是说,如上所述结合的形成不会改变纳米级界面结合接缝412(在该例子中小于200nm)之外的钛402和蓝宝石404的性能。如图9B的TEM图410所示,结合包括在扩散区406中产生的界面结合接缝412。参考图9C,提供在微米( $\mu\text{m}$ )范围内的扫描电子显微镜(SEM)图418。因此,图再次说明了除了靠近如上所述结合在一起的块体材料表面附近的纳米级界面结合接缝412之外,块状蓝宝石404和块状钛402不受结合422形成的干扰。图9C还说明块状材料还可以图案化结合。特别是,图9C说明未结合区域420和424以及结合区域422。因此,因为如上所述技术使得在电磁波束形成结合上的精准位置控制,如果需要,间隔结合区域的图案在块状材料的接触表面区域之间形成。上文描述并说明了在钛-蓝宝石结合中小于60nm的扩散区。然而,在实施方式中,通过改变参数和待结合材料,能够预期范围10nm~1000nm的扩散区。

[0039] 如图10显示在一个实施方式中所用的结合固定装置组件308的一个例子。结合固定装置组件308用于夹持并放置块状材料、以及将激光引导到块状材料上。该示例性结合固定装置组件308包括其上安装X轴移动台504、Y轴移动台506和Z轴移动台508的底座502。X轴移动台504、Y轴移动台506和Z轴移动台508构成如上所述的台307。它们在控制器302的控制下放置块状材料。结合固定装置组件308还显示为包括在结合过程中使用的聚焦光学组件510、摄影组件512、和对准光学器件514。《室温的玻璃与玻璃、玻璃与塑料、以及玻璃与陶瓷/半导体结合》(Room Temperature Glass-To-Glass, Glass-to-Plastic and Glass-To-Ceramic/Semiconductor Bonding)的美国专利申请序列号13/291,956中发现相似固定装置的一个例子,其全部内容通过引用纳入本文。结合固定装置组件308进一步包括材料夹持

组件520,其将参考图11和12进行进一步详细说明。

[0040] 材料夹持组件520包括啮合支撑件(engagement support) 524和固定板538。在啮合支撑件524和固定板538之间的连接是一组四个间隔杆(spacing rod) 539和四个平移杆(translation rod) 528。进一步,在啮合支撑件524和固定板538之间设置膨胀组件530。膨胀组件530包括至少一种在控制器302控制下的充气膨胀装置。滑动板532位于膨胀组件530上方。滑动板532包括接收各个平移杆528的间隔槽。在使用中,膨胀组件530沿着平移杆528选择性地移动滑动板532。夹持待结合块状材料的夹持架550位于滑动板532上面。光学平板534则位于夹持架550上方。光学平板534由对于激光透明的材料制成。如上所述,以光学平板534、夹持架550、滑动板532和膨胀组件530夹在啮合支撑件524和固定板538之间的方式,将固定板538通过间隔件(spacer) 539连接到啮合支撑件524,固定板538包括中心通路540(如图12中所示),用于电磁波束穿过。固定板538的中心通路540的直径比光学平板534的直径小。在使用中,一旦将待结合材料放置在夹持架550中、且夹持架550位于材料夹持组件520中,控制器302(如图8所示)选择性激活膨胀组件530以使得滑动板532沿着平移杆528移动。由于夹持平板534经由固定板538固定,该操作在夹持固定装置550上施加压力,从而在待结合的块状材料上施加压力。在另一实施方式中,一些单独的钛部件可以结合到单个蓝宝石基材上,各个钛部件适当呈现并排列。类似的,一些单独的蓝宝石基材或部件可以结合到单个钛元件上。

[0041] 图12中,说明了块状材料600和602夹持在夹持架550中的材料夹持组件520。在该例子中,块状材料包括钛600和一层蓝宝石602。钛的厚度一般大于 $10\mu\text{m}$ 且典型地在 $10\mu\text{m}\sim 100\text{mm}$ 范围内。所使用的钛的厚度范围为 $50\mu\text{m}\sim 50\text{mm}$ ,但是也可使用其它厚度。如图12所示,块状材料600和602夹在光学平板534和夹持架550之间。在使用中,电磁波束通过固定板的中心通道540输送、且穿过光学平板534和蓝宝石层602到达钛600,同时蓝宝石和钛通过材料夹持组件520推压到一起以使得待结合表面彼此接触。如上所述,电磁波束与钛相互作用导致钛扩散到蓝宝石中,以产生具有连接蓝宝石和钛的无定形扩散区406的界面结合接缝412。图12还显示在实施方式中钛600是图案化的。在该实施方式中,钛具根据产品设计所期望进行结构化。钛块状材料600的相互连接的网提供了所期望的横向稳定性和垂直顺应性(vertical compliance)。钛块状材料(薄片)的构造使其顺服以使得钛薄片的各形成的部分到达蓝宝石,同时仍然保持连续且独立的挠性。这通过协助补偿钛和蓝宝石表面的适度不平坦提供了待结合区域中钛和蓝宝石之间紧密的表面对表面的接触。跨越整个表面的任何适度的相对大面积的非平坦能够通过将挠性结构化的钛薄片压向蓝宝石进行缓和,使得弯曲/压紧一直非常轻微以保证在紧密接触中放置局部平坦的待结合区域。

[0042] 在另一实施方式中,薄中间层708放置在待结合的块状材料704和706之间。这示于图13中。在一个实施方式中,在结合前,中间层708放置于透明材料704上或不透明吸收材料706上(或者两者之上)。薄中间层708的例子包括薄金属膜,例如但不限于钛、铌、钽、铝、锆、铬,氮化硅( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )等。薄导电中间层可以帮助不透明吸收材料(例如钛)与其它装置结构和/或电学部件的电气连接。薄中间层708还可以降低表面精整度的需求,并提供更一致的表面以吸收激光能量。薄中间层708的厚度在纳米到数微米的范围内。如上所讨论的实施方式,激光器102提供传输穿过透明材料704的激光信号103,直至其到达薄中间层708和不透明吸收材料706。在对激光信号103能量的响应中,薄中间层708同时与透明材料704和不透明吸

收材料706结合,以在透明材料704和不透明吸收材料706之间形成结合。在较厚(微米范围)的中间层708施加到不透明吸收材料706上的情况下,所形成的结合可仅在中间层和透明材料704之间。此外,在一个实施方式中,中间层708包括抗反射(AR)涂层。该实施方式有助于提高较低能量下的结合而不产生裂纹。此外,在一个实施方式中,AR涂层用于将波束反射回去,并且在较低功率下较好地进行吸收。此外,在一个实施方式中,使用柔性溅射中间层。在该实施方式中,微米的延展性沉积(ductile deposition)708设置在不透明材料706的表面上。柔性溅射中间层708吸收经结合的材料界面移动(interfacial motion)。这增加了在因外部载荷或局部负荷(例如可以由热膨胀系数不同的块状材料的温度变化导致)而破裂或开裂前结合接缝能够处理界面应变。在2010年12月23日提交的标题为“使用中间层对基材进行结合的技术(Techniques for Bonding Substrates Using an Intermediate Layer)”的美国申请第12/977,890号中发现使用薄膜用于结合的其他例子,该美国申请的内容通过参考结合于本文。如上所述结合的实施方式可以用于密封腔体。用如上所述的结合过程形成腔体的优点在于在形成过程期间可以控制腔体中的内部气氛组成。

[0043] 虽然在本文中已经对具体实施方式进行了说明和描述,但是本领域技术人员应当理解通过计算以实现相同目的的任何配置可以用于替代所示具体实施方式。本申请意图覆盖本发明的任何适应或变化。因此,显然意图使得本发明仅受权利要求数和其等同项限定。

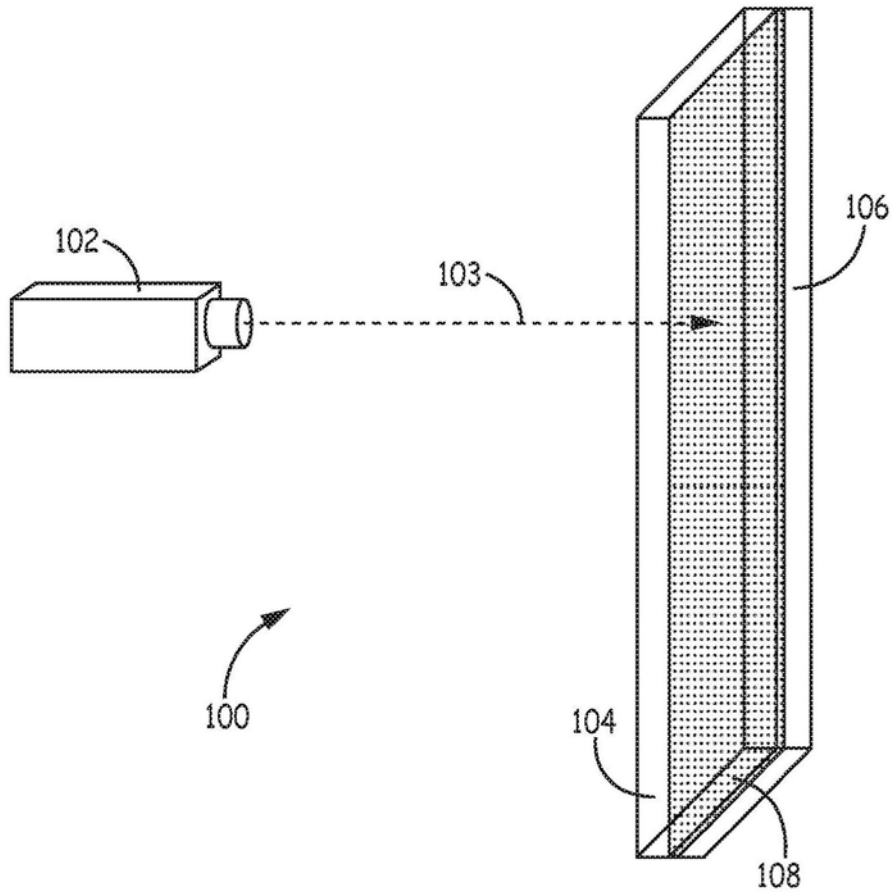


图1

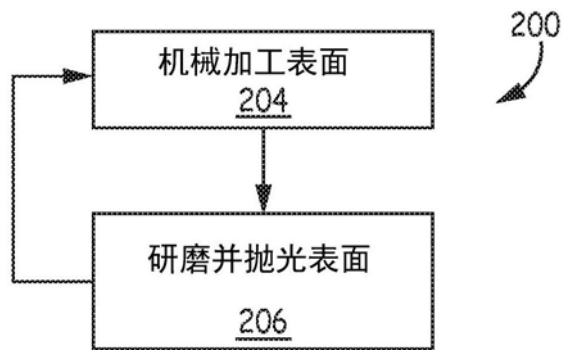


图2

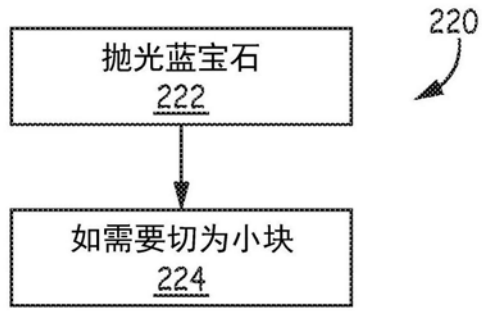


图3

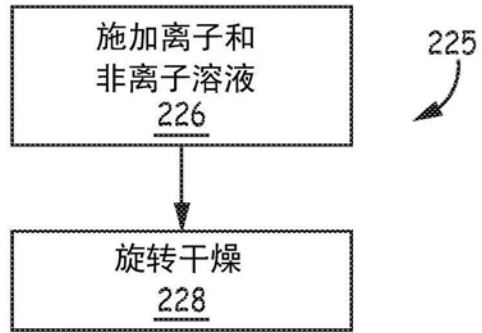


图4A

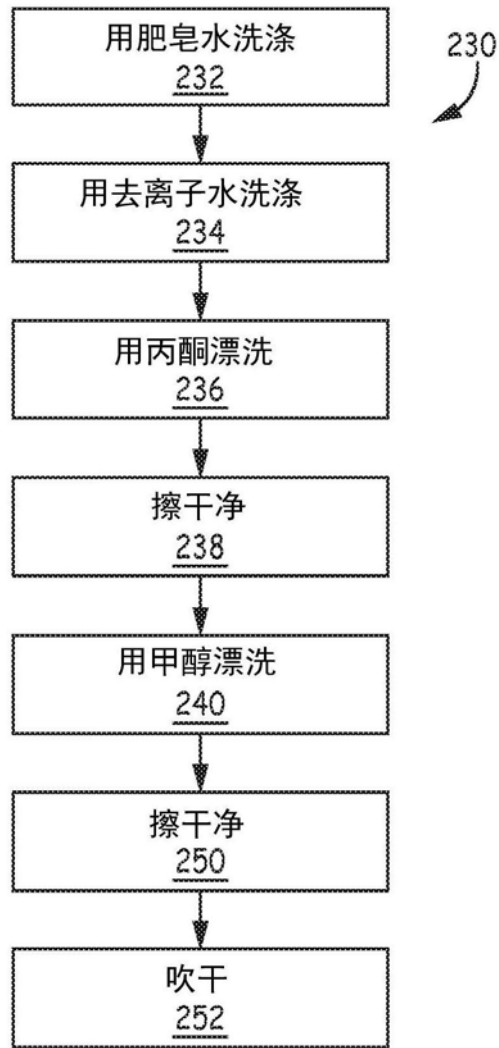


图4B

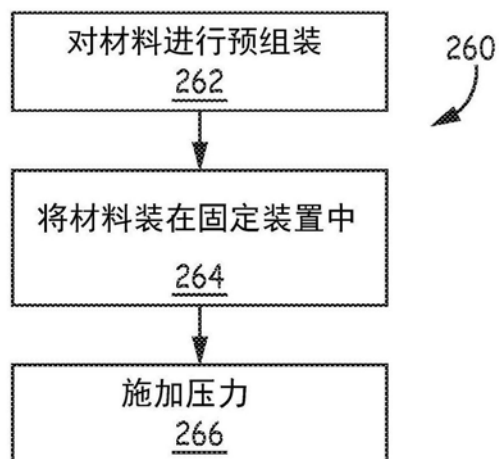


图5

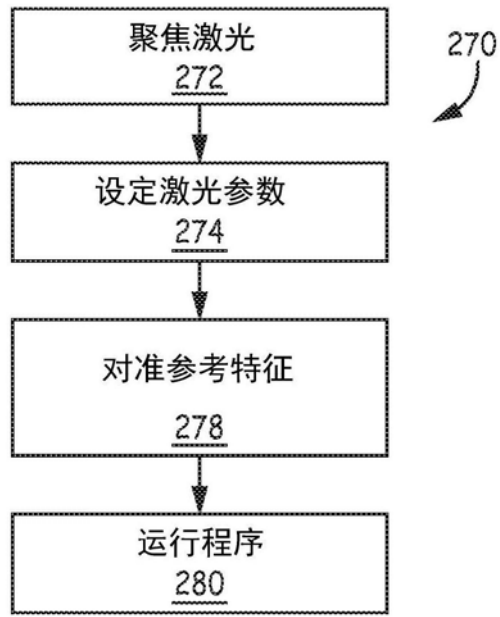


图6

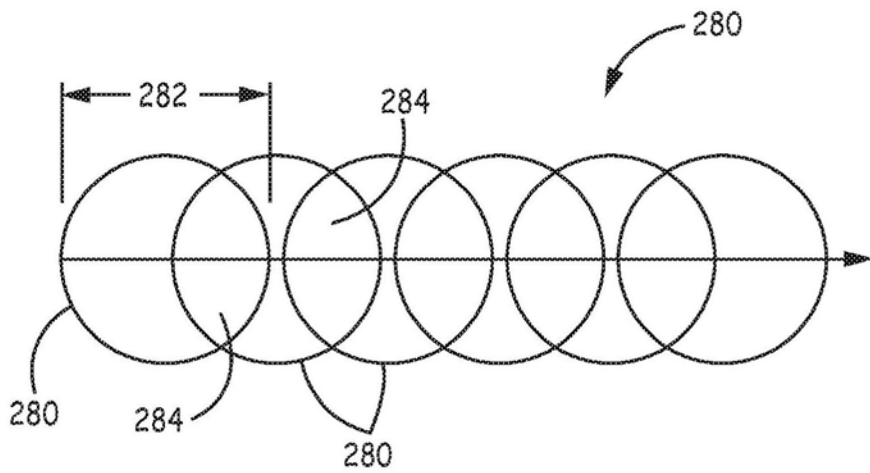


图7

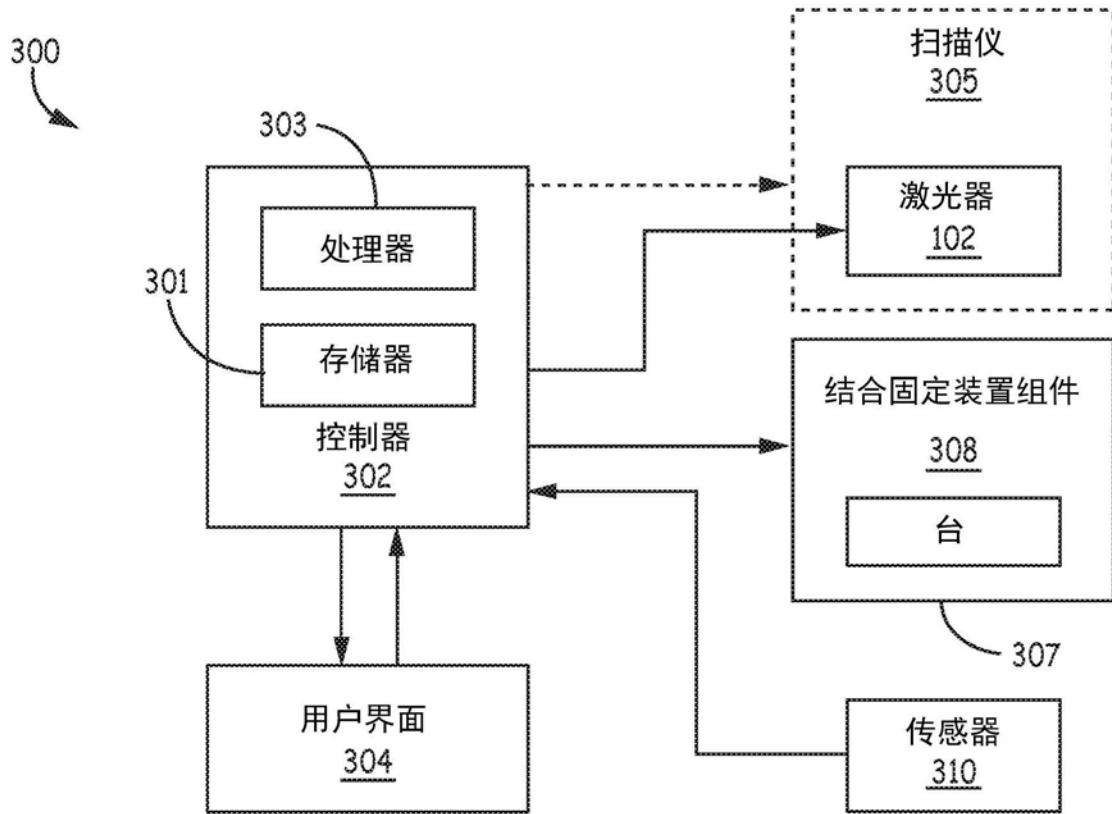


图8

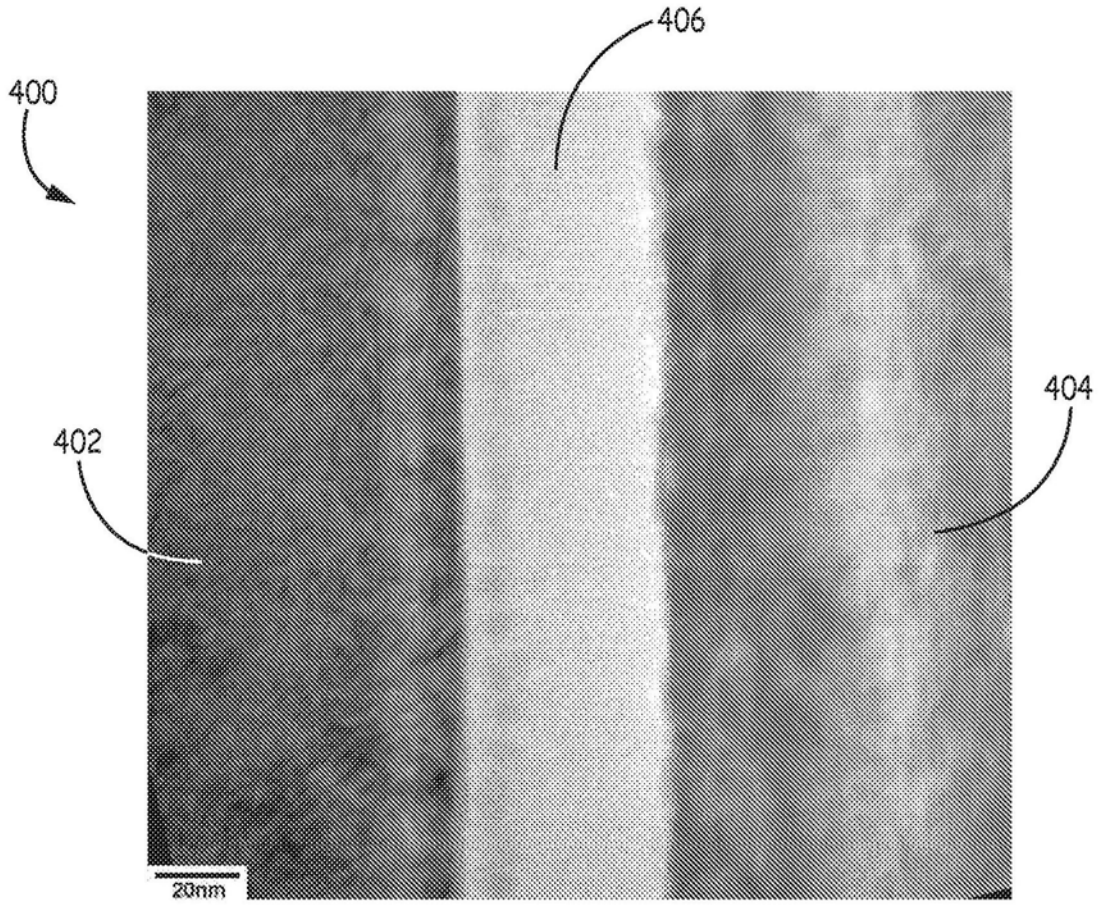


图9A

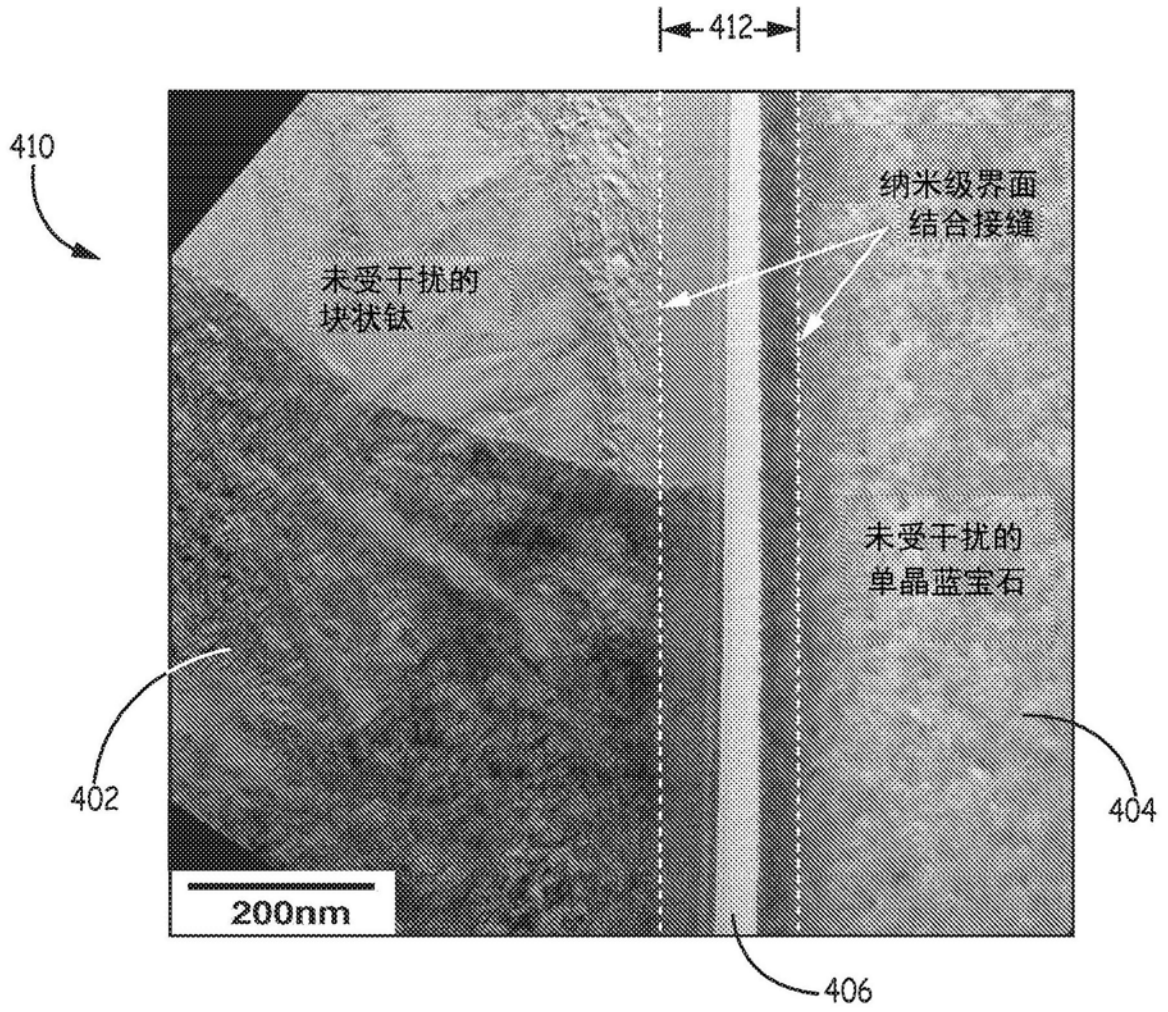


图9B

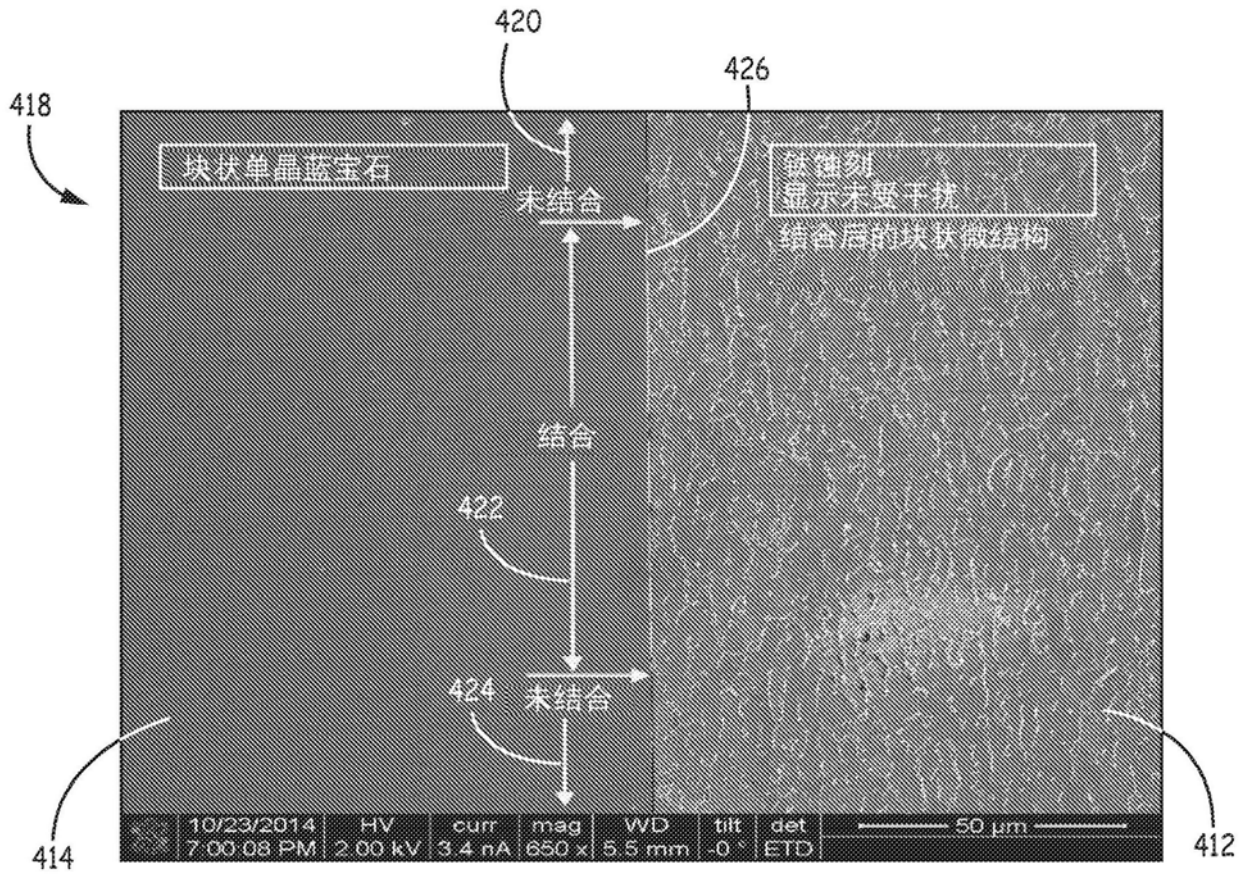


图9C

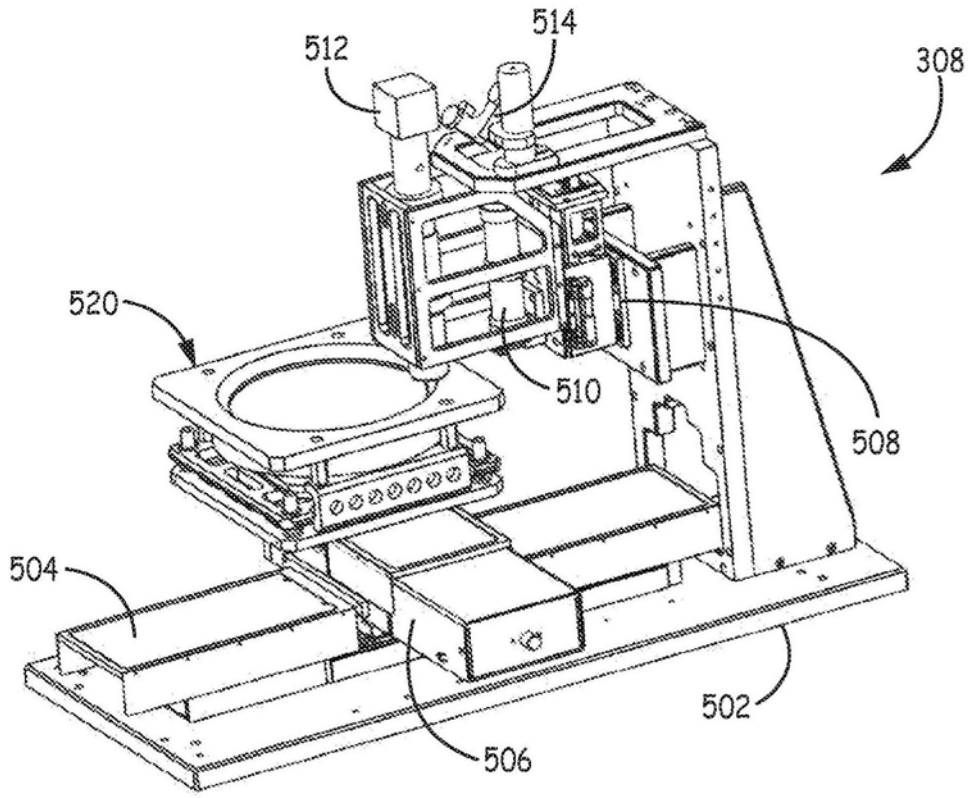


图10

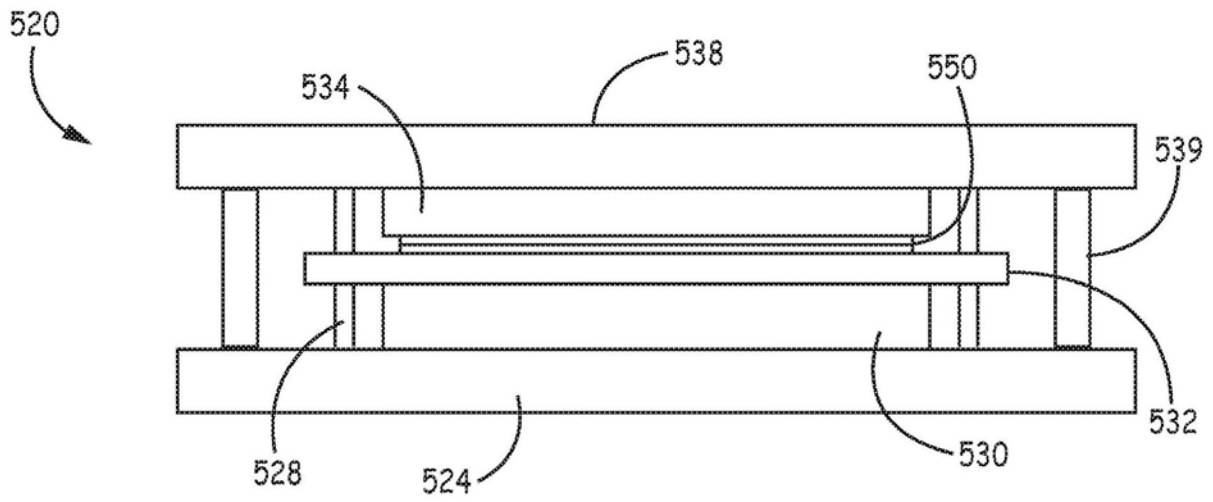


图11

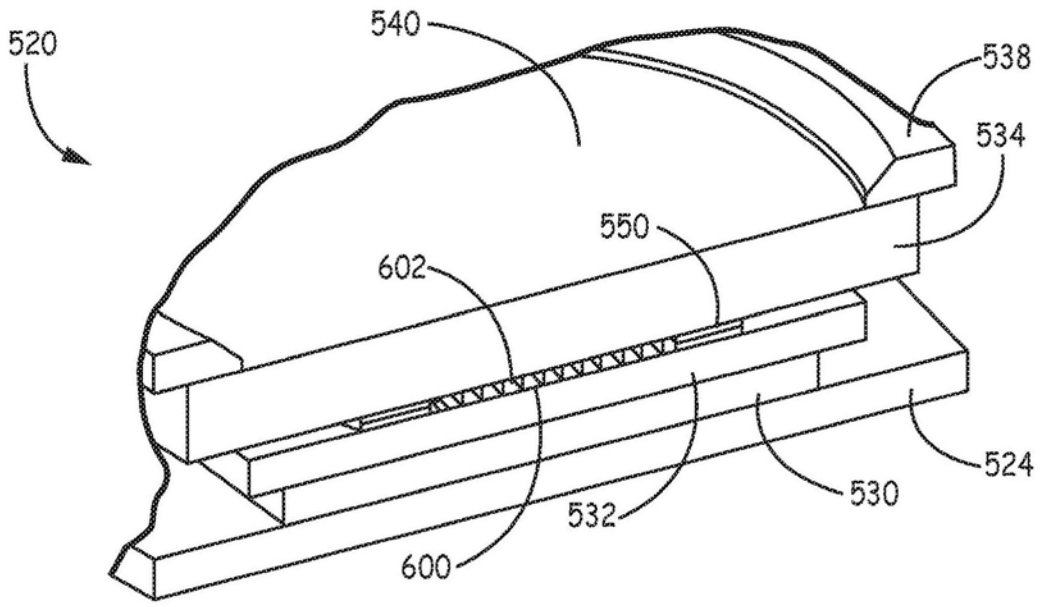


图12

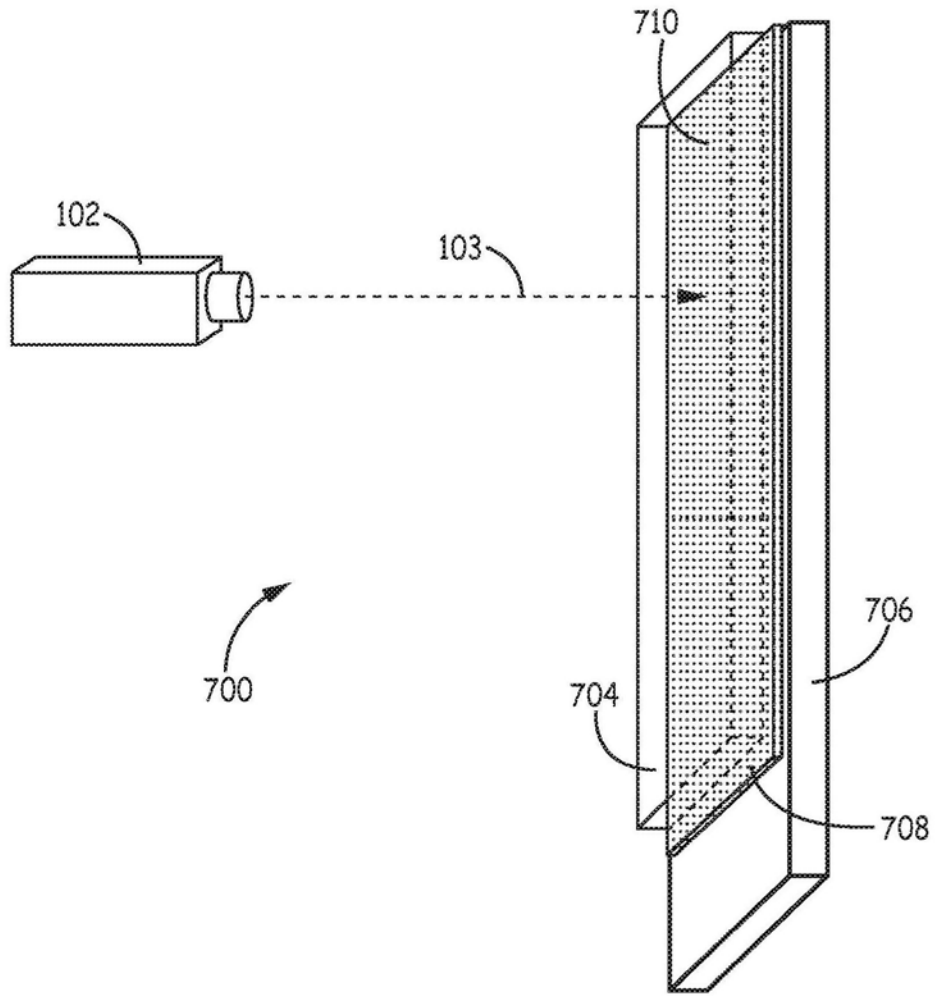


图13