(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116643337 A
(43)申请公布日 2023.08.25

(21)申请号 202310606275.9

(22)申请日 2019.02.05

(30)优先权数据
62/645,633 2018.03.20 US
16/176,191 2018.10.31 US

(62)分案原申请数据
201980033471.3 2019.02.05

(71)申请人 隔热半导体粘合技术公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 B·哈巴 R·卡特卡尔
I·莫哈梅德

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
专利代理师 酆迅

(51)Int.Cl.
G02B 1/02(2006.01)
G02B 1/10(2015.01)
G02B 27/01(2006.01)
G02B 27/10(2006.01)
G02B 27/14(2006.01)
G02B 6/00(2006.01)

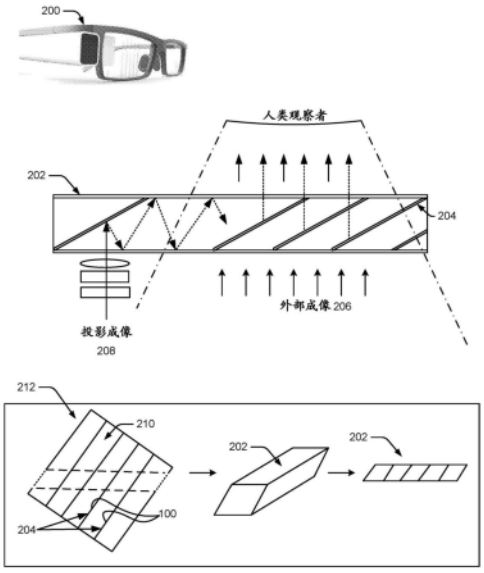
权利要求书3页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

用于光学器件中改进的图像清晰度的直接键合层压

(57)摘要

提供了用于提高光学器件中的图像清晰度的直接键合层压。示例过程平坦化和等离子体激活要层压在一起的光学表面，然后在两个表面之间形成直接键合而无需粘合剂或粘合剂层。该过程提供了具有更高图像亮度、更少光散射、更好分辨率和更高图像保真度的改进的光学器件。与常规光学粘合剂相比，直接键合还提供了具有高得多的温度耐受性的耐火界面。该示例过程可以用于生产很多类型的改进的光学组件，诸如改进的层压透镜、反射镜、分束器、准直仪、棱镜系统、光导管、以及用于智能眼镜和平视显示器(HUD)的镜面波导，这些组件可以提供更好的图像质量，并且消除了在常规层压中使用常规粘合剂时对人类观察者很清楚的暗视线。



CN 116643337 A

1.一种形成镜面光波导的方法,所述方法包括:

在至少第一基板上沉积一个或多个反射涂层,其中所述一个或多个反射涂层至少是部分反射的;

在所述的一个或多个反射涂层上方提供电介质涂层,所述电介质涂层形成所述第一基板的第一表面;

提供具有第二表面的第二基板;

将所述第一表面和所述第二表面放置在一起以形成堆叠;

在室温经由所述第一表面与所述第二表面之间的直接键合,形成耐火界面;以及

以与所述一个或多个反射涂层的垂直方向成斜角的角度切开所述堆叠。

2.根据权利要求1所述的方法,其中:

所述第一基板包括以下一项:玻璃、熔融石英、石英、蓝宝石、硼硅酸盐、塑料或陶瓷,并且

所述第二基板包括以下一项:玻璃、熔融石英、石英、蓝宝石、硼硅酸盐、塑料或陶瓷。

3.根据权利要求1所述的方法,其中所述第一表面和所述第二表面在环境室温被放置在一起,以在所述第一表面与所述第二表面之间形成自发化学键合。

4.根据权利要求3所述的方法,还包括:

在形成所述自发化学键合之后,将所述第一基板和所述第二基板加热到约150℃的温度以增强所述自发化学键合;以及

将所述第一基板和所述第二基板冷却到室温。

5.根据权利要求1所述的方法,其中所述一个或多个反射涂层中的至少一个反射涂层是全反射的。

6.根据权利要求1所述的方法,其中所述一个或多个反射涂层包括以下一项或多项:铝、银、金、铂、汞、氟化镁、二氧化钛、二氧化硅、硫化锌、五氧化钽、反射电介质或布拉格镜。

7.根据权利要求1所述的方法,还包括:

利用二氧化硅、氮化硅、碳氮化硅或氮氧化硅的一个或多个层覆盖所述一个或多个反射涂层;以及

在所述第一基板和所述第二基板上在所述二氧化硅、所述氮化硅、所述碳氮化硅或所述氮氧化硅的相应层之间形成自发化学键合。

8.根据权利要求1所述的方法,其中所述第一基板和所述第二基板是光学透明的。

9.根据权利要求1所述的方法,其中所述耐火界面具有与所述第一表面或所述第二表面中的至少一项的热膨胀系数相同的热膨胀系数。

10.一种形成镜面光波导的方法,所述方法包括:

在(i)第一基板的第一表面和(ii)第二基板的第二表面中的至少一项上沉积一个或多个反射涂层,其中所述一个或多个反射涂层至少是部分反射的;

利用等离子体工艺激活所述第一表面和所述第二表面;

在所述激活之后,将所述第一表面和所述第二表面放置在一起以形成堆叠,其中所述第一表面和所述第二表面在环境温度被放置在一起,以在所述第一表面与所述第二表面之间形成自发化学键合;

在室温经由所述第一表面与所述第二表面之间的直接键合,形成耐火界面;以及

以与所述一个或多个反射涂层的垂直方向成斜角的角度切开所述堆叠。

11.根据权利要求10所述的方法,其中所述等离子体工艺包括(i)基于氮的蚀刻工艺或(ii)反应离子蚀刻工艺中的一项。

12.根据权利要求10所述的方法,还包括:

利用一个或多个光学透明电介质的一层或多层来覆盖所述一个或多个反射涂层。

13.根据权利要求10所述的方法,其中所述第一基板和所述第二基板是光学透明的。

14.根据权利要求10所述的方法,其中所述耐火界面具有与所述第一表面或所述第二表面中的至少一项的热膨胀系数相同的热膨胀系数。

15.一种装置,包括:

第一基板,包括第一表面;

第二基板,包括第二表面、所述第二基板上的一个或多个反射涂层以及所述一个或多个反射涂层上的电介质层,所述电介质层至少部分地限定所述第二基板的所述第二表面,其中所述一个或多个反射涂层至少是部分反射的;以及

所述第一表面与所述第二表面之间的直接键合,

其中所述直接键合包括所述第一表面与所述第二表面之间的耐火界面,并且

其中所述装置具有相对于所述一个或多个反射涂层的垂直方向的倾斜形状。

16.根据权利要求15所述的装置,其中:

所述第一表面和所述第二表面包括相同的材料,所述材料跨所述直接键合被键合到自身。

17.根据权利要求15所述的装置,其中所述直接键合包括所述第一表面与所述第二表面之间的以下一项的直接键合:二氧化硅、氮化硅、碳氮化硅或氮氧化硅。

18.根据权利要求15所述的装置,其中:

所述第一基板包括:玻璃、熔融石英、石英、蓝宝石、硼硅酸盐、塑料或陶瓷,并且所述第二基板包括:玻璃、熔融石英、石英、蓝宝石、硼硅酸盐、塑料或陶瓷。

19.根据权利要求15所述的装置,其中所述一个或多个反射涂层中的至少一个反射涂层是全反射的。

20.根据权利要求15所述的装置,其中所述一个或多个反射涂层包括以下一项或多项:铝、银、金、铂、汞、氟化镁、二氧化钛、二氧化硅、硫化锌、五氧化钽、反射电介质或布拉格镜。

21.根据权利要求15所述的装置,还包括:

在所述一个或多个反射涂层上的二氧化硅、氮化硅、碳氮化硅或氮氧化硅的层。

22.根据权利要求15所述的装置,其中所述电介质层包括在所述一个或多个反射涂层上方的一个或多个光学透明电介质层。

23.根据权利要求15所述的装置,其中所述第一表面和所述第二表面足够平坦以允许在所述第一表面与所述第二表面之间形成直接键合而无需粘合剂。

24.根据权利要求15所述的装置,其中在所述直接键合的形成之前,所述第一表面和所述第二表面使用化学机械抛光被抛光。

25.根据权利要求15所述的装置,其中所述第一基板和所述第二基板是光学透明的。

26.根据权利要求15所述的装置,其中所述耐火界面具有与所述第一表面或所述第二表面中的至少一项的热膨胀系数相同的热膨胀系数。

27.一种形成镜面光波导的方法,所述方法包括:

在(i)第一基板的第一表面和(ii)第二基板的第二表面上沉积一个或多个反射涂层,其中所述一个或多个反射涂层至少是部分反射的;

利用二氧化硅、氮化硅、碳氮化硅或氮氧化硅的层覆盖所述第一表面上的所述一个或多个反射涂层;

利用二氧化硅、氮化硅、碳氮化硅或氮氧化硅的层覆盖所述第二表面上的所述一个或多个反射涂层;

将所述第一表面和所述第二表面放置在一起以形成堆叠;

在所述第一基板和所述第二基板上在二氧化硅、氮化硅、碳氮化硅或氮氧化硅的相应层之间形成自发化学键合;以及

以与所述一个或多个反射涂层的垂直方向成斜角的角度切开所述堆叠。

28.根据权利要求27所述的方法,还包括:

在形成所述自发化学键合之后,将所述第一基板和所述第二基板加热到约150℃的温度以增强所述自发化学键合;以及

将所述第一基板和所述第二基板冷却到室温。

29.根据权利要求28所述的方法,还包括:

在所述自发化学键合的形成之前,利用等离子体工艺激活所述第一表面和所述第二表面。

30.根据权利要求29所述的方法,其中所述等离子体工艺包括(i)基于氮的蚀刻工艺或(ii)反应离子蚀刻工艺中的一项。

31.根据权利要求27所述的方法,其中所述第一基板和所述第二基板是光学透明的。

32.一种形成镜面光波导的方法,所述方法包括:

提供具有第一表面的第一基板;

提供具有第二表面的第二基板;

将所述第一表面直接混合键合到所述第二表面;以及

以与所述第一表面的垂直方向成斜角的角度切开所述堆叠。

33.根据权利要求32所述的方法,还包括在所述第一表面上沉积一个或多个反射涂层。

34.根据权利要求33所述的方法,还包括提供所述一个或多个反射涂层上方的电介质层。

35.一种装置,包括:

第一基板,包括第一表面;

第二基板,包括第二表面;以及

所述第一表面与所述第二表面之间的直接混合键合,

其中所述装置具有相对于所述第二表面的垂直方向的倾斜形状。

36.根据权利要求35所述的装置,还包括所述第二表面上的一个或多个反射涂层以及所述一个或多个反射涂层上的电介质层,所述电介质层至少部分地限定所述第二基板的所述第二表面,其中所述一个或多个反射涂层至少是部分反射的。

37.根据权利要求35所述的装置,其中所述直接混合键合包括所述第一表面与所述第二表面之间的耐火界面。

用于光学器件中改进的图像清晰度的直接键合层压

[0001] 本申请是国际申请日为2019年2月5日、国际申请号PCT/US2019/016652、于2020年11月18日进入中国国家阶段、中国国家申请号201980033471.3、发明名称为“用于光学器件中改进的图像清晰度的直接键合层压”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 本申请根据美国法典第35条第119(e)(1)款要求于2018年10月31日提交的美国非临时申请号16/176,191和于2018年3月20日提交的美国临时申请号62/645,633的权益，其通过引用以其整体并入本文。

背景技术

[0003] 光学组件通常包括以玻璃、反射金属、透明聚合物、电介质和粘合剂的各种层压组合的光学层。接合或层压的层之间的粘合剂本身不具有光学目的，但是即使它们有害地将其他材料引入光路中，它们的存在也被认为是理所当然的。光路中材料的每次附加变化都会引入某种图像损失，诸如亮度损失或分辨率损失。图像质量的这种损失可能是由于每个新界面处光的简单散射，由于粘合剂材料对光的部分吸收，或者可能是由于材料之间的折射角发生变化，或者两者兼而有之。

[0004] 在给定材料中光减慢的量由其折射率描述。材料的折射率由真空c中的光速除以光穿过材料的速度来定义。光密介质的折射率较大。在光学装置中，不同类型的玻璃、聚合物、陶瓷(诸如透明尖晶石)和光学粘合剂的折射率可能会略有不同。因此，当随着光从一种材料传递到另一种材料而速度加快时，或者当光在两种材料之间减速时反之亦然，折射角大于(或小于)入射角，从而导致沿光路的图像损失或失真。虽然很薄，但光学器件中透明材料之间的粘合剂层使图像无法具有给人类观察者的完美效果。

[0005] 用于增强现实(AR)和虚拟现实(VR)设备的智能眼镜和平视显示器(HUD)依赖于众多光学组件(诸如波导、棱镜、准直仪、凸透镜、反射镜、凹面镜、组合器和分束器)来在智能眼镜中实现近眼光学，并且在平视显示器中实现视觉融合。由于光路穿过很多层压的光学组件，因此传统的粘合剂层的有害影响更加复杂。

发明内容

[0006] 提供了用于在智能眼镜和其他光学器件中改进图像清晰度的直接键合层压。示例过程平坦化和等离子体激活要层压在一起的光学表面，然后在两个表面之间形成直接键合而无需粘合剂或粘合剂层。该过程提供了具有更高图像亮度、更少光散射、更好分辨率和更高图像保真度的改进的光学器件。与常规光学粘合剂相比，直接键合还提供了耐受更高温度的耐火界面。该示例过程可以用于生产很多类型的改进的光学组件，诸如改进的层压透镜、反射镜、分束器、准直仪、棱镜系统、光导管、以及用于智能眼镜和平视显示器(HUD)的镜面波导，这些组件可以提供更好的图像质量，并且消除在常规层压中使用常规粘合剂时对人类观察者很清楚的暗视线。

[0007] 该概述既不旨在标识所要求保护的主题的关键或必要特征，也不旨在用于帮助限制所要求保护的主题的范围。

附图说明

[0008] 以下将参考附图描述本公开的某些实施例，其中相同的附图标记表示相同的元素。然而，应当理解，附图示出了本文所述的各种实现，并且并不表示限制本文所述的各种技术的范围。

[0009] 图1是接合的光学组件的图，其示出了与通过粘合剂层接合的常规组件相比，具有用于光学清晰度的直接键合光学层的示例组件。

[0010] 图2是示例镜面光波导的图，该镜光波导可以利用光学层之间的直接键合表面而不是与常规粘合剂接合的表面来改进。

[0011] 图3是使用具有直接键合在一起的表面而不是用粘合剂材料粘合在一起的光学组件来制造镜像光波导的示例方法。

[0012] 图4是制造具有直接键合表面而不是光学致密的常规粘合剂的接合或层压光学层的示例方法。

具体实施方式

[0013] 本公开描述了用于光学器件中经改进的清晰度的直接键合层压。在一种实现中，示例直接键合技术旨在最小化或消除光学层之间的光学粘合剂和胶水(其可能导致光学器件中的图像质量损失)。

[0014] 在一种实现中，为了光学精度，使用表面之间的直接氧化物键合(诸如氧化硅与氧化硅的键合)或表面与其他半导体非金属组合的直接键合，来接合或层压由玻璃或其他材料制成的光学层。除了二氧化硅，其他材料也可以用于直接键合，诸如氮化硅(Si_3N_4)、氮氧化硅(SiON)、碳氮化硅(SiCN)和其他化合物。消除光学层的表面之间的单独的粘合剂或粘合剂层改进了光学性能，诸如更高的光透射保真度。光学表面之间的直接键合还提供了第一光学表面与第二光学表面之间的耐火(refractory)界面，从而改善了整个光学组件的热预算。常规上用于将两个玻璃件附接在一起的胶水和粘合剂例如在高温下或在用于某些光波长、某些光强度以及使用大功率激光器时会劣化，因此包括常规粘合剂的这些常规光学组件被限制用于低工作温度和低功率激光器。本文所述的直接键合工艺(诸如Zibond®品牌直接键合)消除了这种常规约束。附带提供耐火界面的直接键合具有与被接合在一起的平坦光学表面中的一个或两个相同的热膨胀系数，并且与常规的光学胶和粘合剂相比，提供耐火界面的直接键合也具有更高的耐热性和更高的高温耐受性。

[0015] 当由相同材料制成的两个面对面的表面之间的分子已经彼此直接键合时，示例键合技术可以在光学层之间留下最小界面，或者在某些情况下，根本没有界面。即使只有几微米厚，粘合剂的消除也可以减少某些器件在使用过程中的视觉伪影，诸如传统近眼光学器件的使用者可见的垂直线突出。例如，示例方法采用直接键合来改进用于智能眼镜和HUD中近眼光学器件的各种基本波导，它们在波导中的间隔处具有反射镜面。

[0016] 图1示出了具有直接键合在一起而不是胶合(cemented)在一起的表面的示例光学组件。通常将两个光学坯料(blank)50和52通过粘合剂或中间粘合剂层54粘合在一起。直接键合界面100可以接合可比较的光学坯料102和104，由于不存在常规接合坯料50和52中发现的干涉和光学有害粘合剂层54，从而提供了改进的光学特性。

[0017] 消色差透镜(诸如由凸元件58和凹元件60组成的消色差双合透镜56)通常利用胶

合剂62粘附。消色差透镜被校正以将两个波长(诸如蓝色和红色)聚焦在同一平面上。消色差双合透镜中的凸元件58和凹元件60通常由具有不同色散的不同玻璃制成,诸如皇冠玻璃和火石玻璃。一个透镜58的色差被另一透镜60的色差所抵消。常规设计试图通过使胶合剂层保持尽可能薄并且具有与皇冠玻璃和火石玻璃兼容的折射特性来使传统胶合剂62的存在对计算色差和球面像差校正的影响最小化。

[0018] 即使用于被接合的光学元件的玻璃材料由分子上不同的材料(皇冠玻璃和火石玻璃)制成,直接键合界面100也可以接合可比较的消色差透镜元件106和108而无需介于中间的常规胶合剂62。直接键合界面100提供比利用常规胶合剂62的消色差双合透镜更好的消色差双合透镜。

[0019] 同样,在分束器、近眼光学器件以及很多其他器件(诸如干涉仪)中也使用部分镜像部分反射表面64,该表面也部分地透射入射光。分束器可以是两个三角形玻璃棱镜,它们用环氧树脂、聚酯或基于氨基甲酸酯(urethane)的粘合剂胶粘在一起。可以计算粘合剂层66的厚度以反射入射光的一半并且沿不同方向透射入射光的另一半。某些分束器可以使用玻璃或塑料,其中以根据气相法溅射的铝或银作为半镀银镜面涂层。分色光学涂层也可以用于分束器中,用于激光输出或用于分离某些波长。光的反射与透射的比率取决于入射光的波长。常规设计可以尝试将粘合剂层66的特性并入部分反射表面64中。示例直接键合界面100可以在某些情况下去除由粘合剂层66造成的障碍。示例直接键合界面100可以为分束器和其他光学器件提供更简单且更精确的部分反射表面110,其可以简化制造并且消除常规粘合剂层66对光的不期望的吸收。通过包括由于直接键合界面100而具有光学上纯的界面的部分反射表面110,直接键合界面100可以消除使用堆叠镜面的光学器件中对带或暗线的感知。

[0020] 棱镜系统(诸如双筒望远镜中的成对的Porro棱镜)或屋脊棱镜(诸如Schmidt-Pechan棱镜68)可以常规地使用粘合剂界面70或可以使用空气界面,以避免使用常规粘合剂界面70。相比之下,示例直接键合界面100可以提供棱镜12的更好组合,其中在相同玻璃材料的直接键合表面之间具有真正透明的界面或根本没有界面。

[0021] 直接键合界面100还可以用于在分层的光学组件中实现其他类型的层和涂层。通常,对入射和出射表面进行光学镀膜以使光损失最小化,并且给定镀膜可以具有良好的抗反射性质或良好的反射性质。示例直接键合界面100对于在玻璃层与经涂覆元件的层压堆叠之间实现的内部反射(镜面)和抗反射涂层特别有用。

[0022] 当采用电介质涂层而不是金属镜面涂层时,示例直接键合界面100也提供了优异的光学器件。示例直接键合界面100可以提供多个电介质镜面的层压堆叠,与铝或银金属涂层相比,提供了更好的可见光反射率。

[0023] 示例直接键合接合和层压方法可以应用于很多通用的和专用的光学元件和器件,以取代和替代用于将光学元件键合在一起的常规技术和常规材料,诸如聚酯、环氧树脂、聚氨酯、树脂粘合剂、加拿大香脂、以及用于键合光学元件的其他一种和两种组分粘合剂54&62&66&70。

[0024] 图2示出了可穿戴的计算机眼镜200,该计算机眼镜在用户通过镜片观察到的事物的旁边或者作为该事物的补充添加信息。这种智能眼镜200可以受益于结合了本文所述的示例直接键合界面100的光学器件。示例性常规智能眼镜或其常规的镜面波导是由Lumus

(以色列Rechovot)、Optinvent(法国Rennes)和Journey Technologies(中国北京)等公司生产的。示例波导组件202可以使用一系列部分反射表面204来镜像投影图像,如美国专利No.6,829,095和美国专利No.8,432,614中所述,这些专利的全部内容并入本文。部分反射表面204允许外部实时成像(imagery)206穿过智能眼镜200的镜片,同时还将投影成像208反射给人类观察者。由于光学部件的尺寸相对较小,用于将透镜和多个玻璃层层压在一起的常规光学胶粘剂在光路中会形成额外的材料层,从而降低图像质量。利用常规粘合剂的这种层压(尤其是在反射镜面204的界面处)可以在视场中产生观察者不希望的可感知的可视线。本文中描述的用于制造直接键合界面100的示例层压工艺可以在没有常规粘合剂的情况下将光学层层压在一起,从而产生更精确的成像并且消除视场中的人为线(artifactual line)。本文所述的示例直接键合界面100实现针对从部分反射镜面204的阵列反射向人类观察者的直通成像206和投影成像208的更好的清晰度。

[0025] 在制造用于将反射镜面204的阵列用于近眼光学器件的镜面波导202的示例过程中,多个玻璃层或玻璃件210涂覆有至少部分反射的层,然后直接键合在一起成为堆叠212。直接键合界面100可以在每个层210之间形成反射表面204。然后,将层压堆叠212以与反射表面204的垂直方向成斜角的角度切成小块,以产生镜面波导202,其中反射表面204处于用于将投影成像208引导到人眼的有用角度。

[0026] 图3示出了制造具有直接氧化物键合反射表面的示例镜面波导202的示例过程。在一种实现中,在玻璃晶片或面板210上沉积全反射或部分反射镜面涂层的薄层204。然后,在玻璃晶片或面板210上在薄镜面涂层204之上沉积约0.01-5.00μm厚的硅氧化物(例如,SiO_2)薄层304。玻璃面板210经由相应氧化物层304直接氧化物键合到下一玻璃面板210。

[0027] 在另一实现中,可以沉积氮化硅(Si_3N_4)、氮氧化硅(SiON)或碳氮化硅(SiCN)的薄层作为SiO_2层304的替代物。在另一实现中,可以在玻璃晶片或面板210上在薄镜面涂层204之上沉积以上层(SiO_2、Si_3N_4、SiON和/或SiCN)的组合。

[0028] 重复以上的涂覆和键合步骤产生多晶片或多面板堆叠212。在层压竖直的情况下,堆叠212如图所示以一定角度306竖直切成小块或单割(singulated),以产生个体镜像波导202。

[0029] 在各种实现中,示例装置可以包括:包括第一平坦表面的第一光学透明基板、包括第二平坦表面的第二光学透明基板、以及在第一光学透明基板的第一平坦表面的材料与第二光学透明基板的第二平坦表面的材料之间的直接化学键合。

[0030] 第一平坦表面的材料和第二平坦表面的材料可以包括通过直接键合而键合到其自身的相同材料。直接键合本身可以包括在第一平坦表面与第二平坦表面之间的直接二氧化硅-二氧化硅键合。当金属组件(诸如安装件或电导体)参与直接键合界面时,直接键合可以是在室温下自发形成的接触键合,诸如ZiBond®品牌直接键合或DBI®品牌混合直接键合,这两种键合技术可以从Invensas Bonding Technologies公司(以前称为Ziptronix公司)、Xperi公司可获取(参见例如美国专利号6,864,585和7,485,968,其全部内容并入本文)。

[0031] 作为直接键合过程的一部分,可以通过化学机械抛光(CMP)工具将第一平坦表面和第二平坦表面抛光平坦。然后可以通过等离子体工艺(诸如基于氮的等离子体蚀刻工艺或反应离子等离子体蚀刻工艺)激活第一平坦表面和第二平坦表面,以准备形成直接化学

键合。

[0032] 直接键合在室温下形成，并且然后在形成之后，可以通过在大约150℃和更高的较高温度下进行退火来增强。

[0033] 作为镜像波导202，示例装置在第一平坦表面和第二平坦表面中的一项或两项上具有至少部分反射涂层204。例如，全反射或部分反射涂层可以是铝、银、金、铂、汞、氟化镁、二氧化钛、二氧化硅、硫化锌、五氧化钽、反射电介质或布拉格镜、或两种或更多种这样的涂层的组合。也可以使用上面未列出的其他部分或全反射涂层。

[0034] 在直接氧化物键合或直接氧化物-氧化物键合之前，光学表面之间的层压键合可以包括一个或多个氧化硅或$Si3N_4$、SiON和/或SiCN薄层，其覆盖每个反射涂层204。由于(多个)氧化物层是超薄的，大约为0.01-5.00μm，因此所得到的键合可以被视为光学透明的，或者可以被视为比常规使用的厚得多的光学致密粘合剂层有了很大改进。如给定应用所期望的，给定装置还可以具有覆盖每个反射涂层204的一个或多个光学透明电介质的一层或多层。作为镜像波导202，可以添加其他光学和显示组件以产生智能眼镜、平视显示器(HUD)或其他光学器件。

[0035] 图4示出了利用直接键合而不是常规的光学致密粘合剂的较厚层来制造层压光学层的示例方法400。在图4中，个体操作被示出为单独的框。

[0036] 在框402处，将第一光学透明基板的第一表面平坦化到低表面粗糙度。

[0037] 在框404处，将第二光学透明基板的第二表面也平坦化到低表面粗糙度。

[0038] 在框406中，将第一光学透明基板的第一表面和第二光学透明基板的第二表面放置为彼此接触以在第一表面与第二表面之间形成直接键合。

[0039] 在示例方法400中，第一光学透明基板和第二光学透明基板可以是玻璃(例如，石英、熔融石英、硼硅酸盐玻璃、蓝宝石、皇冠玻璃、火石玻璃等)，但是也可以也可以是聚合物、陶瓷和其他材料。第一光学透明基板和第二光学透明基板均可以是光学器件的层，光学器件诸如光波导、棱镜、准直仪、透镜、反射器、反射镜、组合器、分束器和衍射光栅。

[0040] 第一光学透明基板的第一表面和第二光学透明基板的第二表面被放置为在室温彼此接触以在室温在第一表面与第二表面之间形成键合，并且在形成键合之后，该过程可以可选地包括将第一光学透明基板和第二光学透明基板或它们的键合表面加热到大约150℃的温度以增强键合。随后的退火工艺或时间的流逝以低的键合变形、最小键合应力和增强的键合气密性(水密性和气密性)来增强键合。然后，当使用退火时，将第一光学透明基板和第二光学透明基板冷却到室温。

[0041] 示例方法400也适用于非透明或甚至不透明的基板和材料。

[0042] 将第一光学透明基板的第一表面和第二光学透明基板的第二表面平坦化到低表面粗糙度可以需要用化学机械抛光(CMP)工具来抛光第一表面和第二表面。或者，可以在其形成或制造过程中使表面足够平坦。

[0043] 示例方法400还可以包括利用等离子体工艺激活第一表面和第二表面以准备在室温自发形成两个表面之间的键合。等离子体工艺可以是基于氮的蚀刻工艺或反应离子蚀刻工艺。随后的热处理和时间提高了键合强度。

[0044] 为了制造镜像波导，方法400包括在第一表面或第二表面中的一项或两项上沉积反射涂层。对于直通或HUD应用，反射涂层可以是部分反射的。反射涂层可以是铝、银、金、铂

或汞,并且氟化镁、二氧化钛、二氧化硅、硫化锌、五氧化钽、反射电介质或布拉格镜、或者两种或更多种这样的涂层的组合也可以用作层。

[0045] 反射涂层可以被氧化物或氮化物的薄层(厚度为0.01-5.00μm)覆盖。形成自发化学键合可以包括:在第一光学透明基板和第二光学透明基板上的薄氧化物或氮化物的相应层的直接氧化物-氧化物键合。(多个)反射涂层也可以被覆盖一个或多个光学透明电介质的一层或多层。

[0046] 重复该过程以制造包括光波导或镜面光波导的光学透明基板的堆叠。将反射涂层添加到堆叠的至少一些光学透明基板上,以制成具有多个嵌入式镜面表面的阵列的波导。

[0047] 直接键合、直接氧化物键合、或直接氧化物-氧化物键合可以是DBI®品牌键合或ZiBond®品牌直接氧化物键合,两者可以从Invensas Bonding Technologies公司(以前称为Ziptronix公司)、Xperi公司可获取(参见例如美国专利号6,864,585和7,485,968,其全部内容并入本文)。例如,ZiBond®品牌直接键合是一种使用低温均质(氧化物-氧化物)直接键合技术的、在具有相同或不同热膨胀系数(CTE)的晶片或管芯之间的低温晶片-晶片或管芯-晶片或管芯-管芯键合技术。ZiBond直接键合比常规键合技术(诸如粘合剂、阳极粘合、共晶粘合和玻璃粉)具有多种优势。键合在室温下进行,通过消除与膨胀系数(CTE)不匹配、翘曲和变形相关联的负面影响,从而提高了整体产量和可靠性。通过使用行业标准的晶片对准和键合设备,可以实现更高的生产量和更低的拥有成本。无需在键合过程中提高温度或高压,ZiBond直接键合制造工艺的高产量就可以使批量生产用于大规模市场应用的制造成本最小化。在ZiBond直接键合处理过程中,使用常规的化学机械抛光(CMP)工具将工业标准的电介质表面(如二氧化硅或碳化硅氮化物)抛光到低表面粗糙度,并且通过常规的等离子蚀刻工艺施加基于氮的化学物质。然后,将制备好的晶片表面简单地对准并且放置在一起,导致在管芯和/或晶片之间自发形成化学键合。在室温可以获取非常强的低变形键合,其键合强度约为硅的一半,并且在分批工艺(batch process)中在对准和放置工具之外将温度适度加热到约150℃之后,可以获得比硅更强的可靠气密键合。

[0048] 在说明书和所附权利要求中:术语“连接(connect)”、“连接(connection)”、“连接(connected)”、“与……连接(in connection with)”和“连接(connecting)”用于表示“与……直接连接(in direct connection with)”或“经由一个或多个元件与……连接(in direct connection with via one or more elements)”。术语“耦合(couple)”、“耦合(coupling)”、“耦合(coupled)”、“耦合在一起(coupled together)”和“与……耦合(coupled with)”用于表示“直接耦合在一起(directly coupled together)”或“经由一个或多个元件耦合在一起(coupled together via one or more elements)”。

[0049] 尽管已经关于有限数目的实施例公开了本公开,但是受益于本公开的本领域技术人员将能够理解在给出说明书的情况下可能的多种修改和变化。所附权利要求旨在覆盖落入本公开的真实精神和范围内的这样的修改和变化。

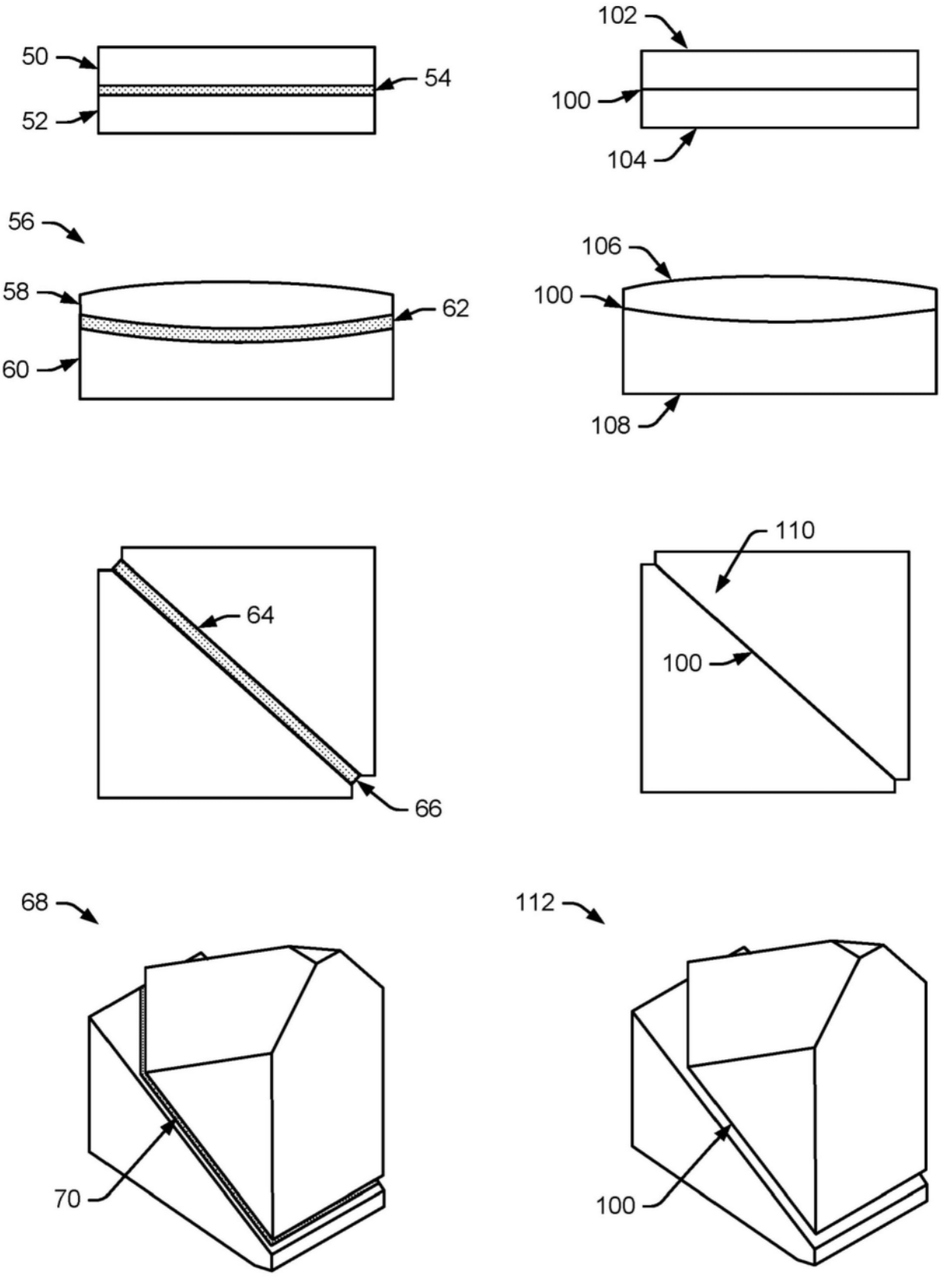

50
52
54
102
100
104
56
58
60
62
106
100
108
64
66
110
100
68
70
112
100

图1

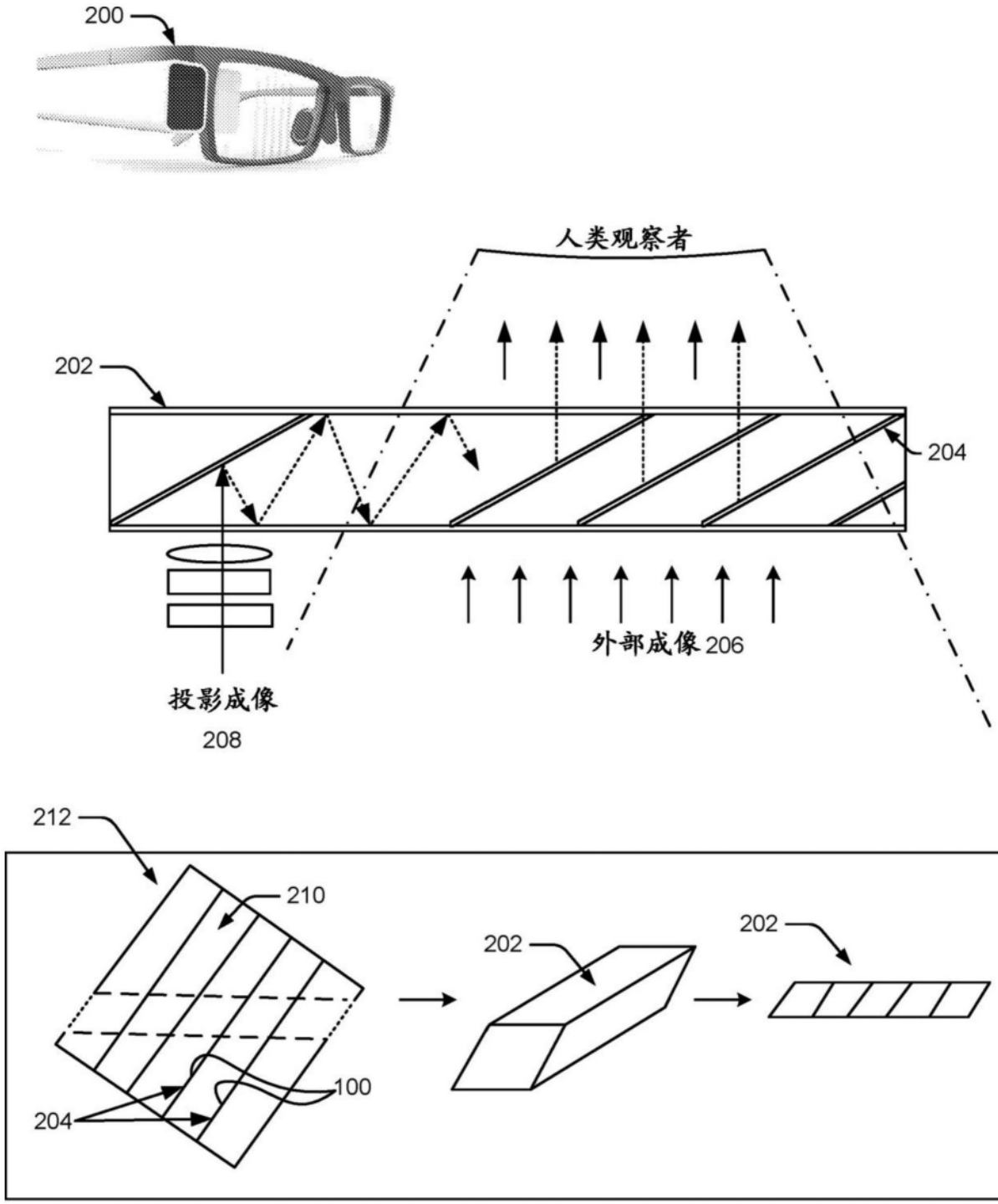


图2

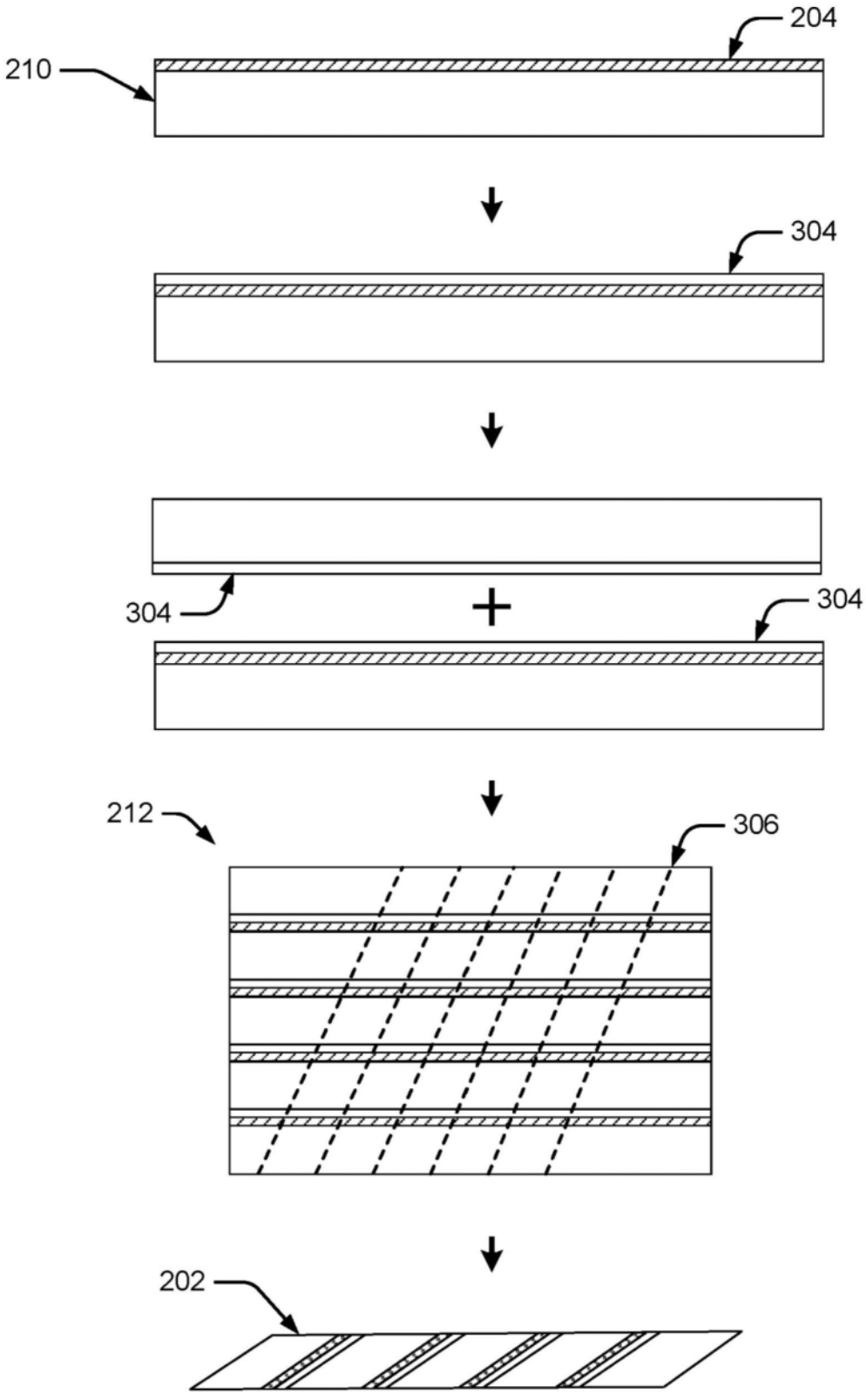


图3

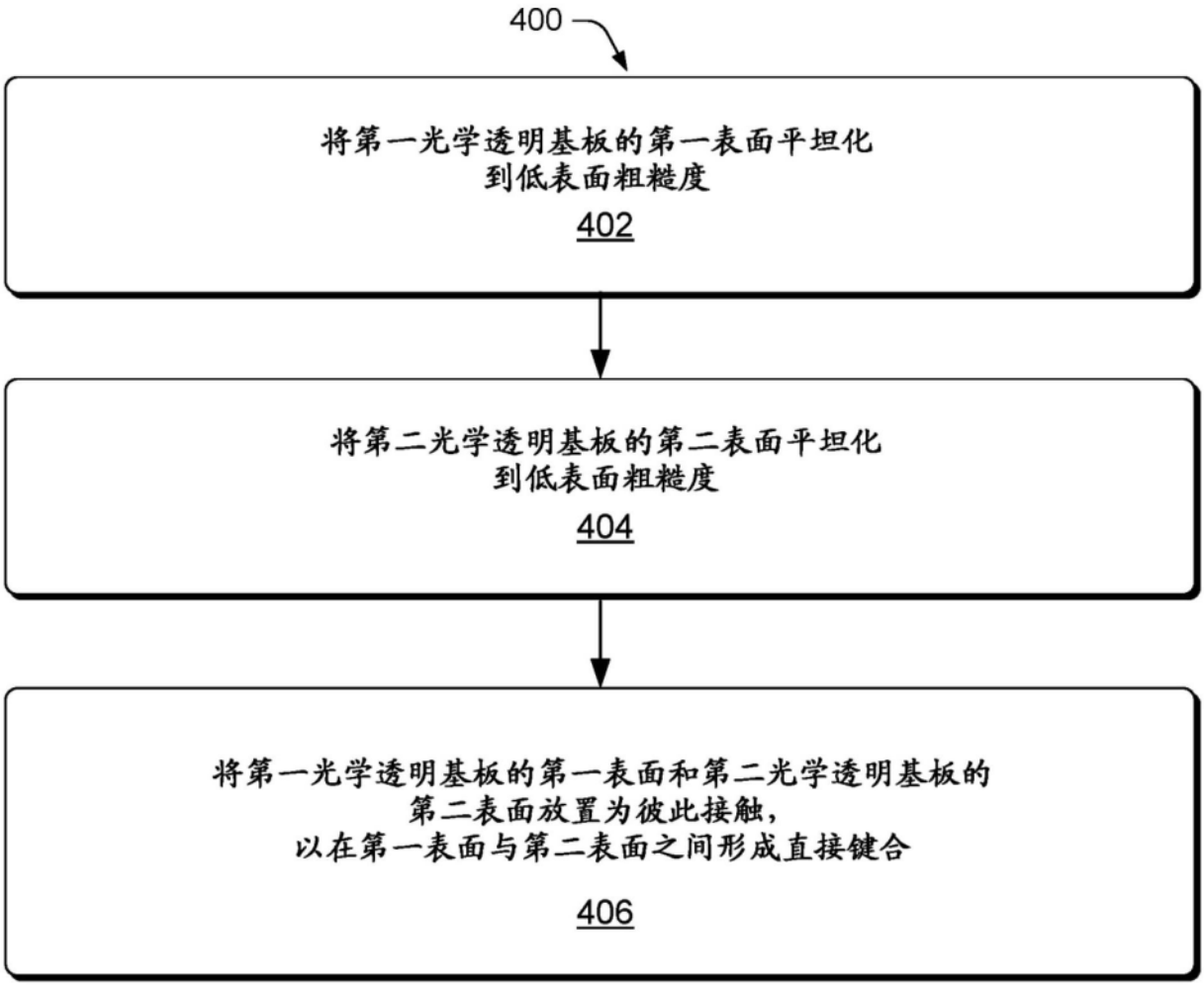

400
将第一光学透明基板的第一表面平坦化
到低表面粗糙度
402
将第二光学透明基板的第二表面平坦化
到低表面粗糙度
404
将第一光学透明基板的第一表面和第二光学透明基板的
第二表面放置为彼此接触，
以在第一表面与第二表面之间形成直接键合
406

图4