



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112166361 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 25

(21) 申请号 201980034896.6

(22) 申请日 2019.05.24

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112166361 A

(43) 申请公布日 2021.01.01

(30) 优先权数据  
18174036.6 2018.05.24 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.11.24

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2019/063502 2019.05.24

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/224367 EN 2019.11.28

(73) 专利权人 珀莱特股份有限公司

地址 挪威霍尔滕

(72) 发明人 拉尔斯·亨利克森  
弗拉基米尔·卡尔塔晓夫  
珍妮·塔帕尼·凯皮奈恩

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
11332

专利代理师 谭营营 胡彬

(51) Int.Cl.  
G02B 13/00 (2006.01)  
G02B 26/08 (2006.01)

审查员 梁乐民

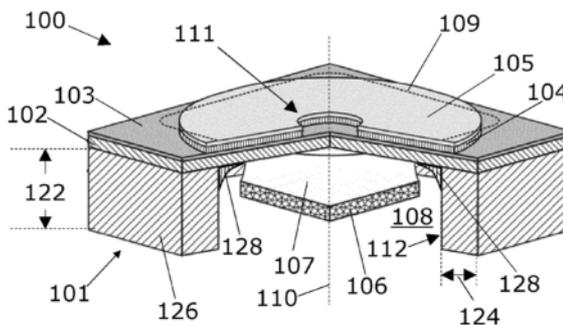
权利要求书2页 说明书25页 附图15页

(54) 发明名称

具有应力分布支撑结构的光学元件

(57) 摘要

提出了一种光学元件100,例如可调透镜,其中提供了装置128以减轻在支撑结构101的边界处的可弯曲的覆盖件102中的应力集中的问题,在没有所述装置的情况下这将导致由于可弯曲的覆盖件102周围的机械特性的突然变化而引起的应力奇异性问题。



1. 一种光学元件(100),其限定光轴并且包括:  
支撑结构(101);  
可弯曲的覆盖件(102),其附接到所述支撑结构(101),其中所述可弯曲的覆盖件(102)与所述支撑结构(101)之间的界面限定界面平面;  
一个或多个致动器(103),其被布置成使所述可弯曲的覆盖件(102)成形为期望的形状;  
至少一个可变形的透明透镜体(107、507),其附接到所述可弯曲的覆盖件,其中所述界面平面的一侧上的所述支撑结构的在平行于所述光轴的方向上的尺寸,和/或杨氏模量  
沿着正交于所述光轴并且与所述光轴相交的线的至少一部分,并且在远离所述光轴的方向上,逐渐地或以多个阶段增加,其中所述线跨越从所述界面的内边缘处的一点到相对于所述光轴更远的一点的范围,  
和/或其中  
所述可弯曲的覆盖件在平行于所述光轴(102)的方向上的尺寸在所述界面的内边缘处的至少一个第一点处比在从所述第一点到所述光轴的线上的至少一个第二点处更大;  
以及其中所述支撑结构的所述杨氏模量小于所述可弯曲的覆盖件(102)的杨氏模量。
2. 根据权利要求1所述的光学元件(100),其中所述支撑结构(101)包括:  
支撑元件(126),  
结构元件(128),其邻接  
所述支撑元件(126),以及  
所述可弯曲的覆盖件(102)。
3. 根据权利要求1所述的光学元件(100),其中所述支撑结构在平行于所述光学元件的光轴的方向上的尺寸,沿着正交于所述光轴从所述光轴并远离所述光轴的线逐渐地或以多个阶段增加。
4. 根据权利要求2所述的光学元件(100),其中所述结构元件(128)的材料不同于所述支撑元件(126)的材料,以及  
所述可弯曲的覆盖件(102)的材料。
5. 根据权利要求2所述的光学元件(100),其中所述结构元件包括聚合物。
6. 根据权利要求2所述的光学元件(100),其中所述结构元件包括环氧树脂。
7. 根据权利要求1所述的光学元件(100),其中所述光学元件是折射透镜,其包括:  
由所述支撑结构(101)的侧壁围绕的至少一个可变形的透明透镜体(107、507),  
并且其中所述可弯曲的覆盖件(102、502)是附接到  
所述至少一个可变形透明透镜体(107、507)的表面的可弯曲的透明覆盖件。
8. 根据权利要求1所述的光学元件(100),其中所述一个或多个致动器和所述可弯曲的覆盖件被布置成使得所述一个或多个致动器在致动时能够使所述可弯曲的覆盖件在整个5屈光度或更大的范围内成形。
9. 根据权利要求1所述的光学元件(100),其中所述多个阶段包括至少3个阶段。

10. 根据权利要求1所述的光学元件(100),其中支撑结构的至少一部分与所述至少一个可变形的透明透镜体(107、507)分开放置,所述支撑结构的至少一部分在平行于所述光轴的方向上的尺寸和/或杨氏模量逐渐地或以多个阶段增加。

11. 一种制造根据权利要求1所述的光学元件(100)的方法。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中所述支撑结构(101)包括:支撑元件(126),结构元件(128),其邻接所述支撑元件(126),以及所述可弯曲的覆盖件(102),所述方法包括将液态结构元件材料放置在

所述支撑元件(126)上,和/或

所述可弯曲的覆盖件(102)上,以形成所述结构元件(128)。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述液态结构元件材料经由所述液态结构元件材料与

所述支撑元件(126),和/或

所述可弯曲的覆盖件(102)

之间的粘合力重新分配为沿着所述支撑元件(126)与所述可弯曲的覆盖件(102)之间的界面的内边缘超出其放置位置。

14. 一种相机,包括

根据权利要求1所述的光学元件(100)。

## 具有应力分布支撑结构的光学元件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学元件,更具体地说,本发明涉及具有可弯曲的覆盖件以及一个或多个用于使所述可弯曲的覆盖件成形的致动器的光学元件,以及相应的用途,制造所述光学元件的光学设备和方法。

### 背景技术

[0002] 对于诸如透镜组件之类的具有可调焦距和最高可能的成像质量,并且抗冲击的光学(微)元件,日益需要低成本、高产量的解决方案。例如,现代移动电话现在配备有微型数码相机模块,并且对光学元件(例如透镜和透镜组件)的质量和成本要求不断提高,而且要求它们具有抗冲击性。越来越多的用于手机和笔记本电脑的微型相机具有自动对焦功能。例如,用于此类应用的透镜系统的设计需要满足大量要求,其中从生产标准一直到简化在相机模块顶部安装透镜的操作。当透镜装置包括诸如在自动聚焦透镜中遇到的可调参数时,这些挑战甚至更大,其中必须调节焦距,例如以适合从透镜到要拍摄的对象距离。这样的光学元件通常具有复杂的设计,其中包括可移动部分,这使得难以以简单的方式组装光学元件。这种设计的另一个挑战是在提供用于此类用途的合适光学元件(例如透镜组件)时不断增加的需求。使这些光学元件具有抗冲击性尤其具有挑战性,特别是在必须将光学和机械特性保持在较高水平时。

[0003] 存在许多用于制造紧凑的自动聚焦光学元件的解决方案。当前解决方案的问题之一是如何提供良好的抗冲击性,例如在保持良好的光学和机械特性的同时提供例如良好的抗冲击性。

[0004] 因此,具有改善的抗冲击性的光学元件将是有利的,尤其是诸如具有改善的抗冲击性的可调光学微透镜之类的光学元件是有利的,其中用于实现良好的抗冲击性的装置要求光学和机械特性仅有小幅劣化,甚至没有任何劣化。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种光学元件,例如可调光学元件,其解决了现有技术的上述问题,例如提供具有改善的抗冲击性的光学元件(例如可调光学元件)。本发明的另一目的是提供现有技术的替代方案。

[0006] 因此,本发明的第一方面旨在通过提供一种光学元件来实现上述目的和其他目的,所述光学元件例如是光学透镜,例如可调光学透镜,其限定光轴并包括:

[0007] -支撑结构,

[0008] -可弯曲的覆盖件,其附接到所述支撑结构上,其中所述可弯曲的覆盖件与所述支撑结构之间的界面限定界面平面,例如正交于所述光轴的界面平面,例如所述光学元件进一步包括至少一个可变形的透明透镜体,其附接到所述可弯曲的覆盖件上,

[0009] -一个或多个致动器,例如一个或多个压电致动器,其被布置成使所述可弯曲的覆盖件成形为期望的形状,

[0010] 其中

[0011] -所述界面平面的一侧的所述支撑结构的以下一项或多项

[0012] ◦在平行于所述光轴的方向上的尺寸,和/或

[0013] ◦杨氏模量

[0014] 沿着正交于所述光轴并且与所述光轴相交的线的至少一部分,在远离所述光轴的方向上,逐渐地和/或以多个阶段增加,其中所述线跨越从所述界面的内边缘处的一点到相对于所述光轴更远的一点的范围,

[0015] 和/或其中

[0016] -所述可弯曲的覆盖件在平行于所述光轴的方向上的尺寸

[0017] ◦在所述界面的内边缘处的至少一个第一点处比

[0018] ◦在从所述第一点到所述光轴的线上的至少一个第二点处

[0019] 更大,例如大10%或更多,例如大20%或更多,例如大50%或更多,例如大100%或更多,或者大1微米或更多,例如大2微米或更多,例如大5微米或更多,例如大10微米或更多。

[0020] 本发明特别地但非排他地有利于获得光学元件,例如光学(折射)透镜或反射元件,例如可调微透镜或可调微反射镜,其可以具有改善的抗冲击性和/或改善的承受跌落影响的能力。另一可能的优点是,所提出的解决方案不会显著损害光学特性(例如波前误差和/或透射率和/或可调性,例如可跨越的屈光度范围)和/或机械特性(例如,可弯曲的覆盖件的抗弯刚度)。

[0021] 本发明人洞察到,例如支撑结构内边缘处的机械特性的突变(例如单个突变)可能导致应力过大,例如可弯曲的覆盖件中的应力过大。本发明的特征可以避免这种过大的应力。本发明洞察到,可以有利地重新分配这种突变(奇异性)处的应力,诸如经由逐渐地或以多个阶段改变厚度和/或杨氏模量的结构。

[0022] 更具体地,支撑结构可以逐渐地和/或以多个阶段(例如非单阶段功能)增加厚度和/或杨氏模量(例如“弹簧常数”)和/或可弯曲的覆盖件在与支撑结构的接触点处(例如在支撑结构的侧壁处)的厚度比在支撑结构内部(例如更靠近光轴)更厚(即在平行于光轴的方向上具有更大的尺寸)。“厚度”可以理解为“相干材料的厚度”,例如,如果材料中存在间隙,则只有间隙上方的材料构成厚度,而间隙下方的材料不构成厚度。

[0023] 应当理解,界面平面一侧的支撑结构可以包括厚度的逐渐增加和阶梯式增加的组合,即,支撑结构的一部分可通过厚度逐渐增加形成,而支撑结构的另一部分可通过厚度阶梯式增加形成。

[0024] 厚度和/或杨氏模量通过多个阶段的阶梯式增加可以采取近似于厚度/杨氏模量逐渐增加的形式。因此,多个阶段可包括至少3个或4个阶段,例如至少6个或至少10个阶段,以便近似连续地逐渐增加。如在其他地方指出的,厚度的逐渐增加或近似逐渐增加可以相对于改善的抗冲击性而改善机械特性。等效地,杨氏模量的逐渐增加或近似逐渐增加同样会改善机械特性。厚度/杨氏模量的阶梯式增加近似于厚度/杨氏模量的连续增加。然而,无论增加是采取多个阶段的形式还是连续变化的形式,这两个例子都表现出厚度/杨氏模量的逐渐增加。因此,厚度或杨氏模量的阶梯式增加是厚度(即,在平行于光轴的方向上的尺寸)或杨氏模量的逐渐增加的示例。

[0025] 例如,支撑结构可以包括与晶圆的正面分开沉积和图案化的不同层的组合。它们可以是不同的材料,使得背面蚀刻的选择性导致期望的阶梯形状。

[0026] 形成至少增加的厚度的一部分的线的延伸将界面内边缘处的点延伸到相对于光轴距离放置得更远的点。因此,界面内边缘处的点比放置得更远的点更靠近光轴,并且该线在这些点之间延伸。

[0027] 借助于一个或多个致动器使可弯曲的覆盖件成形为期望的形状可以通过由覆盖件上的致动器产生的应力来实现,因此,覆盖件以取决于致动器的应力和位置的变形做出响应。

[0028] 本发明的可能的优点是,它能够提供支撑结构并将覆盖件放置在其上,然后集成本发明的特征,其中无需进一步的阶段和/或无需在覆盖件的相反位置上(相对于支撑结构)上具有额外的加强元件。因此,本发明可以被提供为提供一种简单和/或有效的制造方法(无论支撑结构和/或覆盖件是否被布置成减轻上述应力奇异性问题)。另外的优点是,诸如致动器之类的其他元件可被放置在覆盖件的相反侧(相对于支撑结构),例如不干扰被布置成减轻上述应力奇异性问题的特征。

[0029] “光学元件”可以理解为对穿过元件(例如光学透镜之类的元件,例如光学折射透镜)的光起作用(例如操纵),或者对从光学元件(例如反射元件或反射镜之类的光学元件)反射的光起作用的元件。

[0030] 光学元件通常可以是可调光学元件。“可调”可以理解为,光学元件的焦距是可调的,例如通过改变被布置成使所述可弯曲的覆盖件成形为期望的形状的一个或多个压电致动器的外加电压来致动致动器(例如,其中致动器是压电致动器)。

[0031] 可变形的透明透镜体例如是透明的,可变形的非流体。可变形的非流体透镜体优选地由诸如弹性聚合物材料之类的弹性材料制成。由于透镜体是非流体,因此不需要紧紧的外壳来固定透镜体,并且没有泄漏的风险。透镜体可以由软聚合物制成,该软聚合物可以包括多种不同的材料,例如硅树脂、聚合物凝胶、交联或部分交联的聚合物的聚合物网络,以及可混溶的油或油的组合。非流体透镜体的弹性模量可以大于300Pa,从而避免在正常操作中由于重力而变形。非流体透镜体的折射率可以大于1.3。

[0032] 使用软聚合物使得可以制造其中聚合物与空气接触的透镜,从而在调节透镜的焦距时需要少得多的力(例如与聚合物填充整个空腔的情况相比)。这样还能简化制造,因为即使不同的制造步骤位于不同的位置或设施处,该聚合物仍将保留在原位。

[0033] “光轴”在本领域中通常被理解为与覆盖件相交(并且,在光学元件是光学透镜的情况下,光轴也被理解为与透镜体相交),例如穿过透镜体和覆盖件。

[0034] 通常,当在本申请内提及的光学特性时,可以理解,光学特性(例如透射率、不透明性、透明性或反射率)适用于在相对于光轴的入射角(AOI)内传播的光,例如通过光学孔径(光学透镜的光学孔径)传播或被光学有效区域(反射元件的光学有效区域)反射,其中入射角在相对于光轴的0至65°,例如0至40°内(例如0°)。光学特性可以理解为在特定波长(例如可见光区域内的任何波长,例如630nm)处的光学特性,和/或特定入射角(例如0°)处的光学特性,,例如在630nm波长处并且在0°入射角处。

[0035] 当提及光学特性的“平均值”时,应被理解为波长范围内和相对于光轴的入射角(AOI)内所述特性的两倍平均值,其中波长范围可以在10nm至1mm内,例如其中波长范围可

以对应于以下一项或多项或全部：

[0036] -紫外 (UV) 区域,例如10至380nm,

[0037] -可见光 (VIS) 区域 (人类感知或视为“光”),例如380至760nm范围内

[0038] -近红外 (nIR) 区域,例如760至2,500nm范围内,

[0039] -中红外 (mIR) 区域,例如2.50至10微米范围内,

[0040] -远红外 (fIR) 区域,例如10微米至1毫米范围内,

[0041] 其中AOI为0至65°,例如0至40°,例如0°。

[0042] “光学”应被理解为与“光”有关,“光”应被理解为对应于UV、可见光、nIR、mIR和fIR的一个或多个或全部区域内的电磁辐射,例如在可见光区域内。

[0043] 对“透明的”的提及通常是参照光来理解的,即,光穿过透明对象,几乎没有或没有强度损失,例如当光穿过材料(对应于分别为90%和95%的平均透射率)时,平均损失为10%或更少,例如平均损失为5%或更少。

[0044] “透射率”,例如镜面透射率或规则透射率,在相对于光学元件(例如光学透镜)的当前透射率上下文中可以理解为以下两者之间的平均(在波长范围内和入射角范围内)比率:

[0045] -入射到光学透镜上的光;以及

[0046] -入射到光学透镜上的一部分光,该部分透射通过光学透镜并在另一侧以镜面(规则)透射光的形式发射。

[0047] “侧壁”可以理解为支撑元件或支撑元件的一部分(例如表面),其至少部分地支撑可弯曲的覆盖件,例如在紧挨着或靠近光学有效区域(例如光学孔径)的区域中支撑可弯曲的覆盖件。

[0048] “支撑结构”可以理解为诸如框架之类的结构,其将可弯曲的覆盖件机械地保持在适当位置,诸如固定可弯曲的覆盖件。例如在相机中,支撑结构相对于相机的其余部分固定覆盖件。支撑结构可以是整体的,例如具有朝着光轴向内突出的元件的硅元件,也可以是非整体的(例如由两种或更多种整体材料组成的),例如朝着光轴向内向外突出的硅元件和环氧树脂元件。

[0049] “环氧树脂”在本领域中是公知的,特别是指固化的环氧树脂最终产物。环氧树脂,也称为聚环氧化物,是一类反应性预聚物和含有环氧基的聚合物。

[0050] 在可能有利的实施例中,可以施加包括液态的、可流动的热固性或UV可固化的(或组合)粘合剂(具有或不具有无机或有机填充材料)或由此类粘合剂组成的环氧树脂,粘合剂在固化开始之前可实现低粘度(例如等于或小于5000mPas(毫帕斯卡秒)的粘度,例如在粘度由于粘合剂中的交联反应增加之前,从室温(例如20°C或293K)到加热时的温度/时间),固化后的杨氏模量等于或大于1GPa。施加的环氧树脂的其他可能的有利特征可以包括以下一项或多项:低收缩率、良好的热稳定性和良好的耐湿性。

[0051] 可弯曲的覆盖件相对较薄,例如相对于支撑结构(和/或透镜体,当存在时)较薄,其中“薄”是指沿着光轴方向的小尺寸,例如小于1mm,例如小于0.75mm,例如小于0.5mm,例如[10;40]微米(即10至40微米范围内)。它可以由任何类型的玻璃(例如杨氏模量在10至100GPa之内,例如在20至100GPa之内,例如在20至60GPa之内或30至70GPa之内的玻璃)制成,例如硼磷硅酸盐玻璃(BPSG),例如任何标准类型的玻璃,或其他材料,例如陶瓷玻璃、聚

合物、聚合物-无机混合物,例如所谓的防护玻璃或类似于防护玻璃。这些材料在其中可弯曲的覆盖件应该是透明的实施例中尤其重要。“可弯曲的”可以理解为诸如可弯曲的覆盖件之类的元件可被一个或多个致动器弯曲,即,一个或多个致动器的致动可以使元件弯曲。“可弯曲的覆盖件”可以与“覆盖件”互换地使用。

[0052] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中可弯曲的覆盖件包括杨氏模量为至少10GPa,例如在10至100GPa内,例如在20至100GPa内,例如在20至60GPa或30至70GPa之内的材料或由此类材料组成。这样的优点(例如相对刚性的覆盖件)可以是允许或促进一个或多个压电致动器限定光学有效区域(诸如孔),同时仍然可在光学有效区域(例如孔,尽管没有任何压电致动器)内通过一个或多个压电致动器使覆盖件成形。

[0053] 可弯曲的覆盖件可以是(在光学元件是光学透镜的情况下)可弯曲的透明覆盖件,并且更具体地可以具有

[0054] -98%或更高透光率,和/或

[0055] -小于或等于20MPa的应力。

[0056] 例如,这可以在可弯曲的透明覆盖件由玻璃制成的情况下实现。

[0057] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中可弯曲的覆盖件延伸超过侧壁的内边缘。应当理解,在光学元件是光学透镜的情况下,侧壁的内边缘对应于侧壁的表面,例如侧壁的面向可变形的透镜体的表面。换句话说,可弯曲的覆盖件比侧壁的表面(例如,侧壁的面向光轴的表面(以及可选地,面向可变形的透镜体)更远离光轴延伸。

[0058] “致动器”在本领域中是公知的,并且例如可以是热致动器、静电致动器、磁致动器或压电致动器中的任何一种。

[0059] “被布置成使所述可弯曲的覆盖件成形为期望的形状”可以理解为致动器相对于覆盖件的形状、尺寸和位置使得它们能够在致动时,例如(在压电致动器的情况下)当在其电极上施加电压时,使所述可弯曲的覆盖件变形并因此成形为期望的形状。应当理解,覆盖件的至少一部分在光学有效区域(例如光学孔径)中,例如覆盖件的与光轴相交的部分被成形为期望的形状。

[0060] “期望的形状”可以理解为当从一种形状变为期望的形状(诸如从一种期望的形状变为另一种期望的形状)时,光学元件的焦距可以改变。

[0061] 可以通过布置支撑结构,使得界面平面一侧的支撑结构的以下一项或多项

[0062] ○在平行于光轴的方向上的尺寸,和/或

[0063] ○杨氏模量

[0064] 沿着正交于光轴并且与光轴相交的线的至少一部分,在远离光轴的方向上,逐渐地和/或以多个阶段增加来减轻应力奇异性问题,其中所述线跨越从界面的内边缘处的一点到相对于光轴更远的一点的范围。通过这种布置,如可弯曲的覆盖件所看到的,支撑结构的“弹簧常数”(其中“弹簧常数”被理解为与力 $F$ 和位移 $x$ 相关的常数 $k$ ,例如根据胡克定律, $F=kx$ )可以从光轴上的零开始变化(其中没有支撑结构),并在远离光轴的方向上(例如至少从覆盖件与支撑结构盖之间的界面的内边缘开始)逐渐地或以多个阶段增加。因此,支撑结构与覆盖件之间的最大反作用力的变化也可以在远离光轴的方向上逐渐地或以多个阶段增加。

[0065] 请注意,沿着其测量厚度的线段的位置是相对于光轴在径向上向外取向的线段,

该线段从支撑结构与覆盖件之间的第一接触点开始,覆盖支撑结构的至少一部分(在径向上位于所述第一接触点的外侧),并且终止于相对于光轴比所述第一接触点更远的点。所述线段的长度可以等于或小于1mm,例如等于或小于750 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于500 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于400 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于300 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于290 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于250 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于200 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于150 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于100 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于50 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于40 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于20 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于10 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于2 $\mu\text{m}$ 。支撑结构在所述线段上的厚度,例如在平行于光轴的方向上的尺寸,可以等于或小于1mm,例如等于或小于750 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于500 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于400 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于300 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于290 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于250 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于200 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于150 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于100 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于50 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于40 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于20 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于10 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于2 $\mu\text{m}$ 。在特定实施例中,所述线段的长度和跨所述线段的支撑结构的尺寸两者可以等于或小于1mm,例如等于或小于750 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于500 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于400 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于300 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于290 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于250 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于200 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于150 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于100 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于50 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于40 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于20 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于10 $\mu\text{m}$ ,例如等于或小于2 $\mu\text{m}$ 。

[0066] “支撑结构的杨氏模量”被理解为支撑结构的材料的杨氏模量。“逐渐地和/或以多个阶段增加”就杨氏模量而言可以理解为相对地增加,例如大于或等于10%,大于或等于20%,大于或等于50%或大于或等于100%。

[0067] “逐渐地和/或以多个阶段增加”就尺寸而言可以理解为绝对地增加。所述增加可以是1微米或更大,例如2微米或更大,例如5微米或更大,例如10微米或更大,例如20微米或更大,例如40微米或更大,例如50微米或更大。所述增加可以是100微米或更小,例如50微米或更小,例如40微米或更小,例如20微米或更小,例如10微米或更小,例如5微米或更小。在特定实施例中,所述增加在1微米至100微米范围内,例如在10微米至100微米范围内,例如在10微米至50微米范围内,例如在20微米至40微米范围内。

[0068] 界面的内边缘处的点与相对于光轴更远地放置的点之间的距离可以是1微米或更大,例如2微米或更大,例如5微米或更大,例如10微米或更大,例如20微米或更大,例如40微米或更大,例如50微米或更大。界面的内边缘处的点与相对于光轴更远地放置的点之间的距离可以是100微米或更小,例如50微米或更小,例如40微米或更小,例如20微米或更小,例如10微米或更小,例如5微米或更小。在特定实施例中,所述距离在1微米至100微米范围内,例如在10微米至100微米范围内,例如在10微米至50微米范围内,例如在20微米至40微米范围内。

[0069] 在又一更特定的实施例中,平行于光轴的方向上的尺寸的所述增加在1微米至100微米范围内,例如在10微米至100微米范围内,例如在10微米至50微米范围内,例如在20微米至40微米范围内,并且所述距离在1微米至100微米范围内,例如在10微米至100微米范围内,例如在10微米至50微米范围内,例如在20微米至40微米范围内。在又一更特定的实施例中,所述增加在10微米至100微米范围内,并且所述距离在10微米至100微米范围内。在又一更特定的实施例中,所述增加在20微米至40微米范围内,并且所述距离在20微米至40微米范围内。

[0070] 通过布置可弯曲的覆盖件以使可弯曲的覆盖件在平行于光轴的方向上的尺寸(例如厚度)

[0071] ◦在界面的内边缘处的至少一个第一点处,比

[0072] ◦在所述第一点到光轴的线上的至少一个第二点处更大,来减轻应力奇异性问题。

[0073] 通过这种布置,可弯曲的覆盖件可以经历支撑结构的“弹簧常数”的突变,但是在该突变处,它可以足够厚,从而能够处理这种情况,但是同时在支撑结构内的区域处可能足够薄,从而展现出良好的光学和/或机械特性。上述界面是在平行于光轴的方向上观察到的支撑结构与可弯曲的覆盖件之间的界面。

[0074] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中该光学元件不包括液体。在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中该光学元件是固态或气态的,例如由固态或气态元件组成。在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中该光学元件是固态的,例如由固态元件组成。

[0075] 光学透镜通常可以是微透镜,例如可调微透镜。“微透镜”通常可以理解为这样一种透镜:其中至少一个结构组件的尺寸(例如厚度(在平行于光轴的方向上的尺寸))在1微米至1毫米范围内。在本申请中,对厚度的提及是提及几何厚度(与光学厚度相反)。在一个实施例中,厚度可以是支撑结构(例如,硅,可以是200至800微米)、覆盖件,以及包括电触点的一个或多个压电致动器(大约22微米)的总和。该光学透镜与挪威poLight公司推出的TLens®可调微透镜是相似的,但是(由于要求保护的特征)不相同。光学透镜具体可以是与题为“具有可变焦距的柔性透镜组件”的专利申请W02008100154(A1)中公开的可调微透镜相对应(尽管不相同)的可调微透镜,该申请的全部内容在此纳入作为参考。关于参考文献W02008100154(A1)另外要注意的是,某些尺寸可以从微米转换成毫米,特别是被称为 $d_{1\text{PZT}}$ 、 $d_{2\text{PZT}}$ 和 $w_{\text{pol.}}$ 的尺寸。尽管在实现上可能具有相同的数值,但单位是mm(毫米)而不是 $\mu\text{m}$ (微米),更具体地说:

[0076]  $d_{1\text{PZT}}=4\text{mm}$ ,  $d_{2\text{PZT}}=1.5\text{mm}$ ,  $w_{\text{pol.}}=4.5\text{mm}$ 。

[0077] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中该光学元件的厚度等于或小于1mm,例如等于或小于700微米,例如等于或小于500微米,例如等于或小于450微米,例如等于或小于425微米,例如等于或小于400微米。具有小厚度的可能的优点是允许光学透镜具有非常小的垂直占地面积。该较小的垂直占地面积反过来可选地允许较薄的光学设备(如相机)具有较小的垂直占地面积,因此可以将其集成到比目前允许的更薄的设备(如手机)中。“光学透镜的厚度”可以理解为在平行于光轴的方向上的光学长度的尺寸(例如,相对于光轴正交并且位于光学透镜的任一侧的两个平面之间的距离)。

[0078] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中支撑结构包括:

[0079] -支撑元件,例如该支撑元件是硅元件,

[0080] -结构元件,例如该结构元件是环氧树脂元件,例如该结构元件的部分或全部比支撑元件更靠近光轴放置,该结构元件邻接

[0081] ◦支撑元件,以及

[0082] ◦可弯曲的覆盖件。

[0083] 具有与支撑元件和可弯曲的覆盖件邻接的结构元件的可能的优点在于,过剩地提供具有要求保护的特征的整体支撑结构(这具有挑战性)。例如,有可能在硅中提供具有要

求保护的特征的整体支撑结构,但是这样具有挑战性并且可能导致产量降低。引入上述结构元件允许以简单有效的方式提供具有例如基于环氧树脂的结构元件的支撑结构,其中界面平面一侧的(支撑结构的)结构元件在平行于光轴的方向上的尺寸沿着正交于光轴并与光轴相交的线的至少一部分,在远离光轴的方向上逐渐增加。在一个实施例中,所述结构元件在平行于光轴的方向上具有第一尺寸,该尺寸在1微米至300微米范围内,例如在1微米至100微米范围内,例如在10微米至100微米范围内,例如在10微米至50微米范围内,例如在20微米至40微米范围内。在一个实施例中,所述结构元件在相对于光轴的径向上具有第二尺寸,该尺寸在1微米至300微米范围内,例如在1微米至100微米范围内,例如在10微米至100微米范围内,例如在10微米至50微米范围内,例如在20微米至40微米范围内。在一个实施例中,所述结构元件的杨氏模量在0.1至100Gpa范围内,例如在0.1至10Gpa范围,例如在1至10Gpa范围,例如3.5GPa。在又一更特定的实施例中,所述第一方向和第二方向中的每一个都在1微米至300微米范围内,例如在1微米至100微米范围内,例如在10微米至100微米范围内,例如在20微米至40微米范围内,并且杨氏模量在0.1至100GPa范围内,例如在0.1至10GPa范围内,例如在1至10GPa范围内,例如3.5GPa。在又一更特定的实施例中,所述第一方向和第二方向中的每一个都在20微米至40微米范围内,并且所述结构元件的杨氏模量在1至10GPa范围内。

[0084] 结构元件仅将支撑元件与可弯曲的覆盖件连接,并且结构元件具有面向光轴的外表面。该外表面从支撑元件延伸到可弯曲的覆盖件,并且可以是平面或曲面,例如向内成形或凹形的表面。

[0085] 可以从多种材料中选择结构元件的材料。在实施例中,结构元件材料可以是聚合物。在实施例中,结构元件材料可以是环氧树脂。

[0086] 在实施例中,结构元件可以是有机反应性粘合剂。例如,可以将液态结构元件材料放置在支撑元件和/或可弯曲的覆盖件上,然后经由固化(例如其中固化可以是热活化的化学交联反应、水分活化的固化、UV活化的固化或它们的组合)形成(固态)液态结构元件,所述液态结构元件材料例如是液态有机/混合无机/有机粘合剂,这些粘合剂在固化后变成刚性的交联结构,例如丙烯酸、聚氨酯、环氧树脂、聚酰亚胺、氰基丙烯酸酯。

[0087] 在实施例中,将填充材料添加到结构元件材料中。可以将填充材料添加到粘合剂中以获得所需的特性,例如:更高的模量,增加的抗断裂性,更好的热稳定性,更好的机械强度或稳定性,或改变未固化状态下的流动特性。填充材料可以是颗粒、纤维、薄片的形式,并且可以是任何种类的无机(或在某些情况下为有机)矿物(氧化物、氮化物、金属、玻璃、碳)。填充材料可以是各向异性的或各向同性的(例如纤维与球形颗粒)。

[0088] 在实施例中,结构元件包括无机材料,例如溶胶-凝胶。有许多材料在凝固前可以具有液体状的特性,并且通过化学/热过程变成刚性的高模量材料,例如通常称为“溶胶-凝胶”系统的材料。一些示例包括:分散在水或其他液体中的纳米颗粒陶瓷,其通过凝胶化、干燥(去除溶剂)和烧结等多步骤过程,甚至可能经过第三步结晶步骤。溶胶-凝胶技术可用于生产陶瓷材料(氧化物、氮化物、碳化物)的薄膜。

[0089] 在实施例中,结构元件包括金属和/或陶瓷,例如由金属和/或陶瓷组成。金属和/或陶瓷可通过适当掩膜,经由溅射(例如经由物理气相沉积(PVD))来施加。

[0090] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中支撑结构(例如,结构元件)在平行于

光学元件的光轴的方向上的尺寸(例如厚度)逐渐地和/或以多个阶段,沿着正交于光轴的线,从光轴开始远离光轴增加。这种情况的可能的优点是,由于可以利用厚度的增加来逐渐地和/或以多个阶段增加支撑结构的弹簧常数,可以使支撑结构的杨氏模量保持恒定,从而减少或消除应力奇异性问题。

[0091] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中该光学元件在平行于光轴的方向上承受至少5000(五千)g,例如至少10000g,例如至少15000g,例如至少30000g,例如至少50000g的加速度和/或减速度,例如负方向(即,平行于光轴,从覆盖件到支撑结构的方向,这将对应于下落的冲击,其中覆盖件面向重力方向)和/或正方向上的加速度。在这种情况下,“承受”在本上下文中可以理解为由以下项给出的任何一个或多个或全部参数:

[0092] -一个或多个致动器在致动时能够使可弯曲的覆盖件变形的整个屈光度范围,

[0093] -透射率,例如630nm处的透射率,

[0094] -总波前误差(WFE<sub>RMS</sub>),

[0095] 应该在加速和/或减速后保持在由[90;110]%给出的相对于加速和/或减速之前的所述参数的值的区间内(例如±10%)。

[0096] 可承受的加速度至少部分地通过支撑结构来实现,特别是由于厚度和/或杨氏模量的逐渐增加或阶梯式增加。可以通过支撑结构的各种设计来实现加速度规格,该支撑结构可通过具有增加的厚度和/或杨氏模量、不同的杨氏模量值和不同的形状的部件的不同尺寸来设计。

[0097] 在一个实施例(例如具有支撑元件和结构元件的实施例)中,提出了一种光学元件,其中结构元件被放置成邻近(例如邻接)支撑元件与可弯曲的覆盖件之间的子界面,例如在所述子界面的面向光轴的一侧。这种情况的可能的优点(例如,使结构元件位于拐角处,其中具有平行于或基本平行于光轴且面向光轴的侧壁的支撑结构与覆盖件相交,该覆盖件正交于光轴或位于支撑元件与覆盖件之间,并且比支撑元件更靠近光轴延伸)是,在该位置中,结构元件可以帮助减轻应力奇异性问题。前缀“子”(在“子界面”中)可以理解为表示,由于支撑结构与覆盖件之间具有界面,因此结构元件(作为支撑结构的一部分)只能具有该界面的子界面。

[0098] 在一个实施例(例如具有支撑元件和结构元件的实施例)中,提供了一种光学元件,其中结构元件的部分或全部被放置和/或比支撑元件更靠近光轴延伸,至少比支撑元件更靠近光轴延伸例如至少5μm,例如至少10μm,例如至少15μm,例如至少20μm,例如至少30μm,例如至少40μm,例如至少50μm。这种情况的可能的优点是,在该位置中,结构元件可以帮助减轻应力奇异性问题。

[0099] 在一个实施例(例如具有支撑元件和结构元件的实施例)中,提出了一种光学元件,其中结构元件包围(例如完全(360度)包围)光学元件的光轴。这种情况的可能的优点是,它可以减轻或克服环绕光轴的应力奇异性问题。

[0100] 在一个实施例(例如具有支撑元件和结构元件的实施例)中,提出了一种光学元件,其中结构元件的材料不同于

[0101] -支撑元件的材料,例如支撑元件邻接结构元件的点处的支撑元件的材料,以及

[0102] -可弯曲的覆盖件的材料,例如支撑元件邻接结构元件的点处的可弯曲的覆盖件的材料。

[0103] 在特定实施例中,结构元件的材料(例如环氧树脂)不同于支撑元件的材料(例如硅)和可弯曲的覆盖件的材料(例如玻璃)。在替代实施例中,结构元件的材料不同于支撑元件的材料或可弯曲的覆盖件的材料。

[0104] 在一个实施例(例如具有支撑元件和结构元件的实施例)中,提出了一种光学元件,其中结构元件包括聚合物,例如由聚合物组成。

[0105] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中结构元件包括环氧树脂,例如由环氧树脂组成。

[0106] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中从光学元件的光轴观察,结构元件的表面是凹形的。因此,当沿垂直于光轴的方向或与光轴成锐角的方向从光轴朝着凹面观察时,看到凹面。这种情况的可能的优点是,可以通过润湿和/或毛细作用力来实现。另一可能的优点可能是,它促进了良好的机械特性,例如在冲击支撑结构的内侧壁和结构元件的内边缘时,可弯曲的覆盖件中的应力集中系数较低。

[0107] 通常,不仅通过结构元件的凹入表面获得改善抗冲击性的改善的机械特性,而且还可以利用任何曲面或平面(根据第一方面)来获得,只要光轴方向上的支撑结构的厚度从其中支撑结构的该部分最接近光轴的低厚度到支撑结构的侧壁处的较大的最大厚度逐渐变好或阶梯式变化即可。逐渐增加的厚度会影响透射通过逐渐改变的厚度的光,从而产生由光学元件体现的透镜的成像失真。然而,只要透镜不接收通过逐渐增加的厚度透射的光,逐渐增加的厚度对支撑结构的影响就无关紧要。

[0108] 此外,光学孔径111(图1)受压电致动器(层103、104、105)的内边缘限制。光仅穿过孔径。因此,只要支撑结构位于压电致动器的下方,其是否透明就无关紧要。

[0109] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中光学有效区域的直径是10mm或更小,例如7.5mm或更小,例如5mm或更小(例如[0.5;4.0]mm),例如2.5mm或更小(例如[2.0至2.4]mm),例如1.9mm或更小,例如1.55mm或更小,例如1mm或更小。具有小直径的可能的优点是,它能够提供更小的光学透镜,该光学透镜可以在最终应用设备(例如相机)中利用很小的面积,并且/或者小尺寸有助于将其安装在多个位置以实现其他功能(例如3D成像)。“光学有效区域”可以理解为光可以入射到其上并且可被操纵的区域。对于光学透镜,光学有效区域可对应于光学孔径(例如,与之相同)。对于诸如反射镜之类的反射元件,光学有效区域可以是光可以入射到其上并且可以从中反射被操纵的光的反射区域(例如类似于光学透镜的孔径)。

[0110] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中光学有效区域的直径是1mm或更大,例如1.55mm或更大,例如1.9mm或更大,例如2mm或更大,例如2.5mm或更大。具有大直径的可能的优点是,它能够提供更大量的光。

[0111] 光学元件还可包括至少一个可变形的透明透镜体,该至少一个可变形的透明透镜体附接到可弯曲的覆盖件上。如果光学元件是折射光学元件,例如透镜,例如可调透镜,则这尤其重要。在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中该光学元件是折射透镜,其包括:

[0112] -被支撑结构的侧壁包围的至少一个可变形的透明透镜体,并且其中可弯曲的覆盖件是附接到

[0113] o所述至少一个可变形的透明透镜体的表面的可弯曲的透明覆盖件。

[0114] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其为光学透镜,其中所述至少一个可变形的透明透镜体包括聚合物,诸如固态聚合物,诸如由固态聚合物组成的可变形的透明透镜

体。所述至少一个可变形的透明透镜体包括聚合物(例如固态聚合物)可以理解为,所述至少一个可变形的透明透镜体包括至少10重量%(重量百分比),例如至少25重量%,例如至少50重量%,例如至少75重量%的固态聚合物。在一个实施例中,提出了一种光学元件,其为光学透镜,其中所述至少一个可变形的透明透镜体包括交联或部分交联的聚合物的聚合物网络以及可混溶的油或油的组合。在一个实施例中,提出了一种光学元件,其为光学透镜,其中所述至少一个可变形的透明透镜体可以具有大于300Pa的弹性模量,大于1.35的折射率,以及在可见光范围内的吸光率小于每毫米厚度10%。

[0115] “折射透镜”在本领域中是公知的,并且被相应地理解。折射透镜的优点是,它们仅需要很少的维护,并且通常不需要准直或重新涂覆到与反射元件相同的程度。

[0116] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中所述光学元件包括一个或多个致动器,用于使可弯曲的覆盖件变形(例如,直接变形)或成形,其中一个或多个致动器和可弯曲的覆盖件被布置成使得一个或多个致动器在致动时能够使可弯曲的覆盖件在整个5屈光度或更大的范围内,例如在整个10屈光度或更大的范围内,例如在整个11屈光度或更大的范围内,例如在整个13屈光度或更大的范围,例如在整个[-3;+10]屈光度或更大的范围内,例如在整个14屈光度或更大的范围内,例如在16屈光度或更大的范围内,例如在17屈光度或更大的范围内,例如在20屈光度或更大的范围内,例如在整个[-10;+20]屈光度或更大的范围内,例如整个28屈光度范围内,例如在整个30屈光度或更大的范围内(例如[-4;+26]屈光度或更大),例如在整个54屈光度或更大的范围内(例如[-4;+50]屈光度或更大)变形或成形。通常可以理解,所跨越的范围可以包括0屈光度或更大的放大倍率,例如跨0至5屈光度或更大的范围,例如0至6屈光度或更大,例如0至7.5屈光度或更大,例如0至10屈光度或更大,例如0至12.5屈光度或更大,例如0至14屈光度或更大,例如0至16屈光度或更大,例如0至20屈光度或更大,例如整个28屈光度或更大的范围,例如整个30屈光度或更大的范围(例如[-4;+26]屈光度或更大),例如整个54屈光度或更大的范围(例如[-4;+50]屈光度或更大)。所跨越的范围可以包括0屈光度和两侧为零的范围的的放大倍率,例如从/至±2.5屈光度或更大的范围(即,从-2.5屈光度至2.5屈光度或更大),例如±6屈光度或更大,例如±7.5屈光度或更大,例如±10屈光度或更大,例如±12.5屈光度或更大,例如±14屈光度或更大,例如±16屈光度或更大,例如±20屈光度或更大,例如[-4;+26]屈光度或更大,例如[-4;+50]屈光度或更大。

[0117] “直接”(变形)可以理解为,一个或多个致动器相对于可弯曲的覆盖件布置,使得可弯曲的覆盖件的变形不依赖于第三元件。

[0118] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中:

[0119] -所述光学元件的平均透射率(在波长范围内和入射角范围内)为95%或更高,例如98%或更高,例如99%或更高,和/或

[0120] -可见光范围内的最小透射率(例如对于任何可见光波长)例如对于任何可见光波长为94%或更高,和/或

[0121] -可见光范围内的平均反射率(例如,其中波长范围被限制在任何可见光波长内)为2.5%或更低,例如1%或更低。

[0122] 高透射率的优点可以是,其有助于在光穿过光学设备元件传播时减少光损失。在一般实施例中,所述光学透镜具有90%或更高,例如92%或更高,例如93%或更高,例如

94%或更高的平均透射率。

[0123] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中该光学元件是反射元件,并且其中可弯曲的覆盖件在背离支撑结构的一侧和/或在面对支撑结构的一侧是反射的。“反射元件”可以理解为反射入射电磁辐射的元件,例如反射镜。“反射的”可以理解为平均反射率(在波长范围内和入射角范围内)为至少90%,例如至少95%,例如至少99%,例如至少99.9%。反射元件的优点是,与折射光学元件相比,它们受色差的影响较小。反射元件的另一个优点可以是其相对于折射光学组件更轻。

[0124] 在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中在整个5屈光度或更大的范围内,例如在整个10屈光度或更大的范围内,例如在整个11屈光度或更大的范围内,例如在整个13屈光度或更大的范围内,例如在整个[-3;+10]屈光度或更大的范围内,例如在整个14屈光度或更大的范围内,例如在整个15屈光度或更大的范围内,总波前误差(WFE<sub>RMS</sub>)等于或小于50nm,例如40nm,例如30nm,例如25nm,例如20nm。在特定实施例中,提出了一种光学元件,其中在整个15屈光度或更大的范围内,总波前误差(WFE<sub>RMS</sub>)等于或小于50nm。在特定实施例中,提出了一种光学元件,其中在整个15屈光度的范围内,总波前误差(WFE<sub>RMS</sub>)等于或小于30nm。通过使整个WFE<sub>RMS</sub>在整个另一个参数范围(例如屈光度)内均低于阈值,将理解,对于给定范围内的其他参数的任何值,总WFE<sub>RMS</sub>均低于阈值。该实施例的可能的优点是,可以在整个屈光度和/或焦距的范围内获得改善的图像质量。“总波前误差(WFE<sub>RMS</sub>)”被理解为总均方根(RMS)波前误差(WFE<sub>RMS</sub>),这在本领域中是公知的,并且被相应地理解。总波前误差(WFE)针对给定的共轭(对象和图像点)定义。波前误差针对光束的每个点定义。波前误差是实际(像差)波前与理想球面波前之间的光程差(OPD),例如光程长度(OPL)的差异。它是通常以纳米(nm)或微米(μm)表示的距离。总波前误差WFE<sub>RMS</sub>针对给定的共轭(对象和图像点)定义。它是表面(在该表面上计算总波前误差)上的光束横截面上的总WFE的均方根,如以下公式中所述:

$$[0125] \quad Total\ WFE\_RMS = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_A (WFE(P))^2 dP}$$

[0126] 在系统的输出光瞳横截面的面积A上进行积分。总WFE<sub>RMS</sub>是单个值。它是通常以纳米(nm)或微米(μm)表示的距离。可以使用带有Shack-Hartmann传感器(例如,总部位于法国奥赛的Imagine Optic公司推出的HASO™)的波前测量系统执行总WFE<sub>RMS</sub>的测量。在一个实施例中,提出了一种光学元件,其中总波前误差(WFE<sub>RMS</sub>)是在630nm处测量的,例如在630nm的波长处和在0°的入射角处。

[0127] 在一个实施例中,支撑结构的杨氏模量小于可弯曲的覆盖件的杨氏模量。例如,支撑结构可包括诸如环氧树脂之类的粘合剂或由其组成,该粘合剂在固化后(例如通过加热或UV固化过程)具有的杨氏模量值为1至20GPa,例如3.5GPa。相比之下,例如由玻璃制成的可弯曲的覆盖件的杨氏模量在10至100Gpa的范围内。例如,硼硅酸盐玻璃的杨氏模量为63GPa,熔融石英玻璃的杨氏模量为73GPa,硼磷硅酸盐玻璃的杨氏模量为44GPa。有利地,具有相对较高的弹性(即,较低的杨氏模量)的支撑结构可以更容易以可靠的方式附接到覆盖件和支撑结构的侧壁上。

[0128] 在一个实施例中,多个阶段包括至少4个阶段。有利地,支撑结构的阶梯表面就其

机械特性而言近似具有连续结构的支撑结构。

[0129] 在一个实施例中,支撑结构的至少一部分与至少一个可变形的透明透镜体间隔开,该支撑结构的至少一部分在平行于光轴的方向上的尺寸和/或杨氏模量逐渐地增加和/或以多个阶段增加。

[0130] 支撑结构的一部分(例如结构元件)可被放置为在最靠近光轴的结构元件部分与距离光轴最远的透镜体部分之间具有径向间隔,该支撑结构的一部分在平行于光轴的方向上的尺寸和/或杨氏模量增加。因此,结构元件可以外接透镜体,使得在沿着结构元件的外周在任何点上,都没有结构元件或支撑结构与透镜体之间的直接接触。

[0131] 有利地,结构元件与透镜体间隔开的布置确保了结构元件不会干扰光在透镜体中的传播。此外,由于结构元件或支撑结构的所述部分与透镜体之间不接触,透镜体不会因为结构元件的变形而承受变形或应力。

[0132] 在一个示例中,结构元件或支撑结构的所述部分可以至少与至少一个可变形的透明透镜体分开,使得结构元件的最接近光轴的部分不延伸到透镜体中。因此,可以允许基本为零(例如几微米)的最小距离。

[0133] 第二方面涉及一种用于提供根据第一方面的光学元件的方法。

[0134] 在第二方面的实施例中,该方法用于改善光学元件的可弯曲的覆盖件的抗冲击性。

[0135] 在第二方面的实施例中,提出了一种用于制造根据第一方面,尤其是在第一方面的任何实施例中的光学元件的方法,其中支撑结构包括:

[0136] -支撑元件,以及

[0137] -结构元件,

[0138] 所述方法包括将液态结构元件材料放置在

[0139] -支撑元件,和/或

[0140] -可弯曲的覆盖件上,

[0141] 例如,所述方法包括将液态结构元件材料放置在支撑元件与可弯曲的覆盖件之间的界面的内边缘处,从而形成结构元件。

[0142] 为了获得结构元件,可以应用诸如固化过程之类的强固工艺以实现液态结构元件材料的期望的机械特性。

[0143] 该方法的优点是,将液态材料放置在所述位置处相对简单。另一可能的优点是,可以利用润湿力和/或毛细作用力来重新分配所述液体,这可能有助于提供一种相对简单而有效的方式来获得所要求保护的元件。对于环氧树脂(例如光学透镜中的固化环氧树脂)之类的结构元件,液态结构材料可以是未固化的环氧树脂。将液态结构元件材料放置在支撑元件与可弯曲的覆盖件之间的界面的内边缘处的可能的优点是,接着将液态结构元件材料(从头开始)放置在界面上,从该位置开始使用润湿和/或毛细作用力(更容易)重新分配液体。

[0144] 在一个实施例中,提出了一种方法,其中液态结构元件材料经由液态结构元件与

[0145] -支撑元件,和/或

[0146] -可弯曲的覆盖件

[0147] 之间的粘合力重分配为例如沿着支撑元件与可弯曲的覆盖件之间的界面的内边

缘超出其放置位置,例如液态结构元件材料经由粘合力在至少100微米,例如至少500微米,例如至少1000微米,例如至少2000微米的距离上重新分配。经由所述粘合力重新分配的可能的优点是,其有助于提供或确保液态结构元件的均匀分配。另一可能的优点是,重新分配是自动执行的。另一可能的优点是,可以通过控制支撑结构和/或可弯曲的覆盖件的表面来控制重新分配。“经由粘合力重新分配”可以理解为润湿和/或毛细作用力。

[0148] 在一个实施例中,提出了一种方法,其中液态结构元件材料经由液态结构元件与

[0149] -支撑元件,和/或

[0150] -可弯曲的覆盖件

[0151] 之间的粘合力重新分配,从而包围(例如完全(360度)包围)光学元件的光轴。

[0152] 在一个实施例中,提出了一种方法,其中该方法还包括固化液态结构元件材料,例如由此形成结构元件。

[0153] 液态结构元件材料的固化可以包括在液态结构元件沿着可弯曲的覆盖件重新分配之后,液态结构元件的固化过程。

[0154] 根据第三方面,提供了一种相机,包括

[0155] -根据第一方面的光学元件,例如其中可弯曲的覆盖件经由支撑结构附接到相机的其余部分上,例如除光学元件之外的相机部分,或者

[0156] -根据第二方面制造的光学元件,例如其中可弯曲的覆盖件经由支撑结构附接到相机的其余部分上,例如除光学元件之外的相机部分。

[0157] 可以理解,光学元件是相机的一部分。光学元件可以经由支撑结构与相机(即,没有光学元件的相机或相机的其余部分)集成在一起,从而将支撑结构附接到(例如胶粘到)相机的一部分上。这样,可弯曲的覆盖件附接到相机上。

[0158] 在更一般的实施例中,提供了一种光学设备,其包括

[0159] -根据第一方面的光学元件,或

[0160] -根据第二方面制造的光学元件,

[0161] 其中光学设备可以是选自包括以下项(例如由以下项组成)的组的任何一种光学设备:扫描仪、相机、可变光学调谐器或衰减器、虹膜、光学防抖(OIS)单元、变焦镜头、广角镜、条形码读取器、内窥镜、投影仪或任何将光组织起来以产生所需效果(例如成像)的设备。

[0162] 根据本发明的第四方面,提供了使用

[0163] -根据第一方面的光学元件,或

[0164] -根据第二方面制造的光学元件,

[0165] 来获取一个或多个图像。在替代实施例中,所提及的光学元件可用于扫描诸如条形码和/或视网膜之类的识别标记,或者用于衰减特定波长的光。

[0166] 本发明的第一、第二、第三和第四方面可以分别与任何其他方面组合。本发明的这些和其他方面通过参考下文描述的实施例将变得显而易见并得到阐明。

## 附图说明

[0167] 现在将参考附图更详细地描述根据本发明的光学元件、方法、光学设备和用途。附图示出了实现本发明的一种方式,并且不应被解释为限于落入所附权利要求书的范围内的

其他可能的实施例。

[0168] 图1是光学元件的透视图。

[0169] 图2是光学元件的侧视图。

[0170] 图3是制造方法期间的光学元件的仰视图的显微镜图像。

[0171] 图4示出了从图1至2示意性地示出的光学元件的背面观察的透视图的显微镜(SEM)图像。

[0172] 图5示出了光学元件的仿真模型。

[0173] 图6示出了说明应力奇异性问题的图。

[0174] 图7至11示出了对应于图5至6中描述的仿真模型的仿真结果。

[0175] 图12至14示出了其中支撑结构由硅制成的替代实施例。

[0176] 图15示出了对应于图12至14的三个仿真模型的仿真结果,其中Si结构元件的宽度为20 $\mu\text{m}$ 。

[0177] 图16包括图15和图17的曲线图例。

[0178] 图17示出了对应于图12至14的三个仿真模型的类似于图15的仿真结果,其中Si结构元件的宽度为40 $\mu\text{m}$ 。

[0179] 图18是示出光学元件中的位置的示意图。

[0180] 图19示出了一个实施例。

[0181] 图20至25提供了替代光学透镜的示例。

[0182] 图26示出了使用环氧树脂作为结构元件的三个仿真模型的类似于图15的仿真结果

## 具体实施方式

[0183] 通常,当暗示方向时,例如当使用术语“上方”或“下方”或“顶部”或“底部”时,通常应理解为在平行于光轴的方向上定义了从支撑结构到覆盖件的正方向。例如,覆盖件在支撑结构上方,例如在支撑结构的顶部上。此外,“内部”通常是指元件的面向光轴的一部分,例如元件的一侧或一端,例如具有面向光轴的“内侧”或“内端”或者背离光轴的“外侧”或“外端”的元件。类似地,“内部”(例如“内侧壁”)通常是指元件的面向光轴的一部分,例如元件的一侧或一端,例如具有面向光轴的“内侧壁”或者背离光轴的“外侧壁”的元件。

[0184] 图1是光学元件,更具体地是指根据一个实施例的光学透镜,再具体地是指厚度122在200至800微米的范围内的支撑结构101的透视图。支撑结构具有面向光轴110的内侧壁112。该图还示出了可弯曲的透明覆盖件102(在本实施例中为玻璃)、用于一个或多个致动器(为压电致动器)的底部电极103、压电活性材料104、顶部电极105(用于一个或多个压电致动器)。支撑结构包括:支撑元件126,其中支撑元件126是硅元件;以及结构元件128,其中结构元件128是环氧树脂元件。所有结构元件128都比支撑元件126更靠近光轴放置,并且结构元件128邻接支撑元件126和可弯曲的覆盖件102。支撑元件126具有在100至500微米范围内的宽度124。可以理解,在俯视图中(沿着平行于光轴的方向)观察到的一个或多个压电致动器的位置被定义为其中所有底部电极103、压电活性层104和顶部电极105之间存在重叠的位置(请注意,只有在这些位置才能激活压电活性层)。该图还示出了透明的可变形透镜体107(在本实施例中是聚合物)、透明的后窗106(安装在透镜体107上)、支撑结构101内

的腔体108 (腔体108包括光轴110并在远离光轴110的方向上被侧壁112界定)、支撑结构101的内边缘109 (在支撑结构101与可弯曲的透明覆盖件102的界面处),其朝着底部电极103的表面或顶部电极105的表面突出。在当前示出的实施例中,可以看出一个或多个压电致动器103、104、105 (在本实施例中是单个压电致动器,其可以被定义为其中当在平行于光轴的方向观察时,底部电极103、压电活性材料104和顶部电极105全部重叠的区域)形成一个完全包围光轴110和光学孔径111的闭环。

[0185] 图2是类似于图1中的光学元件的光学元件的侧视图。图2还示出了模制包装130、软物体侧盖(“黑铁皮”)232和粘合剂234。该图还示出了插入物136,其具有结构元件128 (是环氧树脂)的横截面的显微镜图像 (来自扫描电子显微镜 (SEM)),该结构元件128已经由润湿和/或毛细血管作用力放置在覆盖件102 (玻璃)与支撑元件126 (硅)之间的拐角内。图2的示意性部分和图2中的插入物示出了结构元件的圆形部分 (即,不与覆盖件102或支撑元件126邻接的部分)。

[0186] 图3是制造方法期间,特别是在提供结构元件期间的光学元件的仰视图的显微镜图像。该图示出了仰视图,即,从底部 (即,在图2中位于光学元件下方)的光轴上的点观察到的仰视图。该图示出了位于可弯曲的覆盖件102处的液态结构元件材料329。通过施加液态结构元件材料,使其接触覆盖件102与支撑元件126之间的界面的内边缘。液态结构元件材料329可以从其当前示出的液滴形式开始,经由一侧的液态结构元件与另一侧的支撑元件126和可弯曲的覆盖件102之间粘合力重新分配。更具体地,液态结构元件材料可以围绕覆盖件102与支撑元件126之间的内边缘界面被拖动,因此被重新分配以围绕支撑元件126的整个侧壁定位,并填充支撑元件126与覆盖件102之间的拐角,以完全 (360度)包围光学元件的光轴 (正交于纸平面并以图像中间的黑色圆圈为中心)。

[0187] 图4示出了从光学元件的背面观察的透视图的显微镜 (SEM) 图像,如图1至2示意性地所示。在覆盖件102与支撑元件126 (的内侧壁)之间的拐角处可以看到结构元件128。

[0188] 在图3至4的特定实施例中,使用了粘度约为5000cPs (厘泊)且固化后的储能模量为3GPa的双组分环氧树脂 (这些数据根据生产商数据表中的信息提供,其中所用的特定环氧树脂是美国比勒里卡的Epoxy Technology, Inc.公司推出的“EPO-TEK® 353ND”)。使用带有小注射器头的标准分配设备分配大约0.2 $\mu$ l (1/5微升)的液态结构元件材料329 (例如,结构元件128环氧树脂材料预固化)。液态结构元件材料329的液滴被放置在腔体内的可弯曲膜102 (玻璃膜)上,例如被支撑元件126包围。在短时间之后,液滴分散并接触支撑元件126的面向光轴110的内侧壁 (参见图1中的内侧壁112),在本实施例中,内侧壁是硅壁,并且液滴通过毛细血管作用力迅速开始围绕支撑元件126的内侧壁的内边缘流动,例如围绕可弯曲的覆盖件102与支撑元件126之间的界面的内边缘处的光轴。因此,液态结构元件材料329经由液态结构元件与

[0189] -支撑元件126,和

[0190] -可弯曲的覆盖件102

[0191] 之间的粘合力重新分配为超出其放置位置 (例如从图3所示的最初放置的液滴之间的接触位置重新分配到图4所示的结构元件128的位置)。

[0192] 然后将具有液态结构元件材料329 (例如液态环氧树脂)的光学元件放入烤箱中,在120°C下固化2小时。

[0193] 固化后,形成均匀成形的硬化环氧树脂环。诸如环氧树脂环之类的结构元件的宽度(即,在垂直于光轴的方向上的尺寸)被测量为大约50至70 $\mu\text{m}$ (微米)。

[0194] 按照相同的步骤制备若干样品,并进一步使用这些样品组装光学元件,如可调光学透镜。随后表征透镜的光学特性,所有透镜均显示出优异的性能。此外,将透镜安装在夹具中,并且根据手机相机模块的常规做法进行跌落测试。可以看到,这些光学透镜中有90%通过从150cm处跌落的测试。

[0195] 图5示出了光学元件的仿真模型。该图上部的图示示出了光学元件的上下颠倒的一半(相对于例如图2),但是参考标号对应于相应的元件,更具体地是指光轴510、覆盖件502、支撑元件526、结构元件528、透明的可变形透镜体507、透明的后窗506和模制包装530。还示出了包装胶544。该仿真对应于简化的轴对称模型的跌落测试。下落高度为 $h=1\text{m}$ 。可弯曲的覆盖件502包括厚度为20 $\mu\text{m}$ (平行于光轴的尺寸)的硼磷硅酸盐玻璃(BPSG)(例如由该玻璃构成),覆盖有PZT膜(2 $\mu\text{m}$ 厚)和 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜(1 $\mu\text{m}$ 厚)。PZT和 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜均在1.55毫米直径(孔径)的中心有一个圆孔。将 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜中的应力调整到-120MPa,以获得偏移量-2.7dpt(其中“dpt”是屈光度的缩写)。表示光学孔径的半径 $R=1/2*1.55\text{mm}$ (即半径 $R=0.5*1.55\text{mm}$ )的双箭头覆盖了从左侧光轴到右侧不透明压电薄膜的距离。箭头538表示冲击时的速度(即方向)。在冲击时间期间,用粗虚线表示的边界542处的速度从 $V_{\text{max}}=4.427\text{m/s}$ 变为 $0\text{m/s}$ 。该图下部的缩放显示了一些与该图上部所示的元件相同的元件,并另外示出了以微米为单位的尺寸。特别要指出的是,针对结构元件528的三个不同尺寸进行仿真,其中示出了边缘546。更具体地,仿真了环氧树脂横截面的以下尺寸:40 $\mu\text{m}\times 40\mu\text{m}$ 、200 $\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}$ 、290 $\mu\text{m}\times 290\mu\text{m}$ 。压电材料是锆钛酸铅(PZT)。结构元件528是环氧树脂。虚线548表示在覆盖件中计算出的应力的线(参见图6),该线距面向聚合物透镜体、环氧树脂结构元件和支撑元件的一侧0.1 $\mu\text{m}$ 。

[0196] 图6示出了说明应力奇异性问题的图,即,在冲击(基本上高于参考值 $\sigma_{\text{ref}}$ )时,支撑元件526与结构元件528之间的界面处的机械特性的突变导致可弯曲的覆盖件上出现峰值应力值(具有最大值 $\sigma_{\text{max}}$ )。该图在y轴上示出了冯米斯应力(以MPa为单位)(跨0至300MPa)以及光轴的空间坐标,该坐标从左到右跨度介于0mm至1.6mm。示出了覆盖件中的一条线的应力,该线距面向聚合物透镜体、环氧树脂结构元件和支撑元件的一侧0.1 $\mu\text{m}$ (参见图5中的线548)。

[0197] 图7至11示出了对应于图5至6中描述的仿真模型的仿真结果。x轴以0.01至1000GPa(在图7中)或0.01至100GPa(在图8至11中)的对数标度示出了腔体内边缘处的环氧树脂结构元件528的杨氏模量(以吉帕斯卡(GPa)为单位)。在图7至11的所有曲线中,用垂直的虚线表示3.5GPa的杨氏模量值(这是例如环氧树脂的实际值)。

[0198] 图7示出了腔体边缘处的峰值应力 $\sigma_{\text{max}}$ ,即可弯曲的覆盖件的下表面上方(即,面向支撑元件的表面上方)0.1 $\mu\text{m}$ 处的可弯曲的覆盖件中的应力,其位于支撑元件的面向光轴的边缘处的位置(图6中的 $\sigma_{\text{max}}$ )。y轴示出峰值应力(以兆帕(MPa)为单位)。该图显示,峰值应力可以降低,随着环氧树脂结构元件尺寸的增加以及环氧树脂结构元件的杨氏模量的增加,减少量增加(针对所示的值)。该图显示,当胶水的杨氏模量 $E=3.5\text{GPa}$ 时,腔体边缘(侧壁)处的覆盖件(玻璃)中的峰值应力可以被基本上或完全抑制。应力集中系数也可以降低数倍。

[0199] 在图8至11中的每一个图中,有三个曲线,其分别对应于40 $\mu\text{m}\times 40\mu\text{m}$ (带空心圆形

标记的虚线)、 $200\mu\text{m}\times 200\mu\text{m}$ (带实心圆形标记的虚线)、 $290\mu\text{m}\times 290\mu\text{m}$ (带闭合圆形标记的完整绘制的曲线)的结构元件的尺寸。

[0200] 图8至10的y轴以屈光度(dpt)为单位的光焦度(OP)。

[0201] 图8示出了针对跨压电致动器的0伏外加(实际)电压,作为杨氏模量( $Y_m$ )的函数的光焦度(OP)。

[0202] 图9示出了针对跨压电致动器的40伏外加(实际)电压,作为杨氏模量( $Y_m$ )的函数的光焦度(OP)。

[0203] 图10示出了作为杨氏模量的函数的对应于0至40V电压差的光焦度差。可以看出,对于所有示出的配置,实现了15屈光度或更大的光焦度跨度。

[0204] 图11的y轴示出了以纳米(nm)为单位的均方根波前误差( $\text{RMS}_{\text{WFE}}$ )。图11示出了作为结构元件的杨氏模量的函数的均方根波前误差。可以看出,对于所有示出的配置,所述均方根波前误差保持在50nm或以下,并且对于足够低的杨氏模量值的所有尺寸,以及对于整个示出的杨氏模量范围内的示出的最小尺寸,甚至可以保持在30nm以下。

[0205] 图12至14示出了替代实施例,其中支撑结构由硅制成。可以看出,图1至11涉及具有以下特征的支撑结构的光学元件:即,该支撑结构包括由硅(Si)制成的支撑元件1226和由另一材料(例如环氧树脂)制成的结构元件1228,而图12至14中的每个实施例包括这样的支撑结构:其中第一(主体)部分1226、1326、1426对应于图1至11的实施例中的支撑元件,而第二(突出)部分1228、1328、1428对应于图1至11的实施例中的结构元件,并且其中第一部分和第二部分中的每一个均由相同的材料(硅)制成,可选地采用整体结构。图12至14中的每一个公开了一种在右侧具有由硅(Si)制成的主体部分1226、1326、1426,在左侧具有由硅(Si)制成的突出部分1228、1328、1428的支撑结构。图12至14中的每一个中的突出部分具有 $20\mu\text{m}$ 的宽度 $w$ (在径向上的尺寸,即正交于光轴),在其他实施例中,该宽度为 $40\mu\text{m}$ ,并且具有 $2\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 或 $40\mu\text{m}$ 的厚度 $d$ (平行于光轴的尺寸)。该图还示出了厚度为 $20\mu\text{m}$ 的由硼磷硅酸盐玻璃(BPSG)制成的覆盖件。在覆盖件的顶部放置 $2\mu\text{m}$ 厚的压电材料层,即锆钛酸铅(PZT),然后在PZT上方放置 $1\mu\text{m}$ 的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,两者中具有直径为 $1.55\mu\text{m}$ 的孔。

[0206] 在图12中,第二(突出)部分1228在包括光轴的横截面中具有基本上呈矩形的形状,例如对应于具有圆角的矩形的形状(其中,圆角是背离第一(主体)部分1226和覆盖件1202的拐角)。在替代实施例中,第二(突出)部分1228的材料可以是硅以外的其他材料,例如可以是 $\text{SiO}_2$ 。在替代实施例中,第二(突出)部分1228的材料可以类似于放置在第一(主体)部分1226与覆盖件1202之间的材料。

[0207] 在图13中,第二(突出)部分1328在包括光轴的横截面中具有基本上呈三角形的形状,例如三角形,例如具有平行于第一(主体)部分1326的一侧和覆盖件1302的一侧的两个直边,以及(最后)一个直边的形状。

[0208] 在图14中,第二(突出)部分1428在包括光轴的横截面中具有基本上呈三角形的形状,尽管有一边是弯曲的,例如具有平行于第一(主体)部分1426的一侧和覆盖件1402的一侧的两个直边,以及(最后)一个弯曲的边,例如从三角形外部观察时,该边是下凹的。

[0209] 根据图12的实施例可通过标准的块体微机械加工技术,从晶圆的背面进行两步深干硅蚀刻来制造。

[0210] 根据图13和图14的实施例可通过标准的块体微加工技术,执行两步背面硅蚀刻来

制造。第一深干硅蚀刻步骤用于去除块状硅的主体部分。在图13所示的实施例的情况下,该第一深干硅蚀刻步骤之后是各向异性湿蚀刻,其优先去除<100>平面中的硅并产生图13所示的特征性倾斜侧壁。在图14所示的实施例的情况下,首先进行第一深干硅刻蚀步骤,然后进行湿法或干法各向同性刻蚀,从而产生图14所示的圆形轮廓。

[0211] 图15示出了对应于图12至14的三个仿真模型的仿真结果。x轴示出了以微米( $\mu\text{m}$ )为单位的第二(突出)部分1228、1328、1428的厚度d。y轴示出以兆帕(MPa)为单位的应力。右侧位于顶部的三条曲线1550、1552、1554(从顶部开始)表示覆盖件1202中的峰值应力(参见图6中的 $\sigma_{\text{max}}$ ),该应力位于第一(主体)部分1226与第二(突出)部分1228之间的界面上方的位置(曲线1550);覆盖件1302中的峰值应力(参见图6中的 $\sigma_{\text{max}}$ ),该应力位于第一(主体)部分1326与第二(突出)部分1328之间的界面上方的位置(曲线1552);以及覆盖件1402中的峰值应力(参见图6中的 $\sigma_{\text{max}}$ ),该应力位于第一(主体)部分1426与第二(突出)部分1428之间的界面上方的位置(曲线1554)。左侧位于顶部的三条曲线1556、1558、1560表示覆盖件1202、1302、1402中的峰值应力,这些应力位于第二(突出)部分1228、1328、1428的最接近光轴的一个点(即,图12至14中的第二(突出)部分1228、1328、1428的最左侧的点)上方的位置。这些曲线1556、1558、1560针对朝着零( $\mu\text{m}$ )发展的厚度d朝着518Mpa延伸。由曲线表示的其形状对应于结构元件形状的小插图中的小星形表示峰值应力的位置。

[0212] 图16包括图15、17的曲线的图例。当用结构元件128的环氧树脂材料代替Si残留物时,图16的图例也适用于图26。

[0213] 图17示出了对应于图12至14的三个仿真模型的类似于图15的仿真结果,但是其中第二(突出)部分1228、1328、1428的宽度d为 $40\mu\text{m}$ 。右侧位于顶部的三条曲线1750、1752、1754(从顶部开始)表示覆盖件1202中的峰值应力(参见图6),该应力位于第一(主体)部分1226与第二(突出)部分1228之间的界面上方的位置(曲线1750);覆盖件1302中的峰值应力(参见图6),该应力位于第一(主体)部分1326与第二(突出)部分1328之间的界面上方的位置(曲线1752);以及覆盖件1402中的峰值应力(参见图6),该应力位于第一(主体)部分1426与第二(突出)部分1428之间的界面上方的位置(曲线1754)。左侧位于顶部的三条曲线1756、1758、1760表示覆盖件1202、1302、1402中的峰值应力,这些应力位于第二(突出)部分1228、1328、1428的最接近光轴的一个点(即,图12至14中的第二(突出)部分1228、1328、1428的最左侧的点)上方的位置。这些曲线1756、1758、1760针对朝着零( $\mu\text{m}$ )发展的厚度d朝着518Mpa延伸。由曲线表示的其形状对应于结构元件形状的小插图中的小星形表示峰值应力的位置。

[0214] 图26示出了对应于图12至14的三个仿真模型的类似于图15的仿真结果,但是其中第二(突出)部分1228、1328、1428的宽度d为 $40\mu\text{m}$ ,并且其中结构元件128,即(突出)部分1228、1328、1428由固化的环氧树脂制成。右侧位于顶部的三条曲线2650、2652、2654具有最大应力值,这些应力值(从顶部开始)表示覆盖件1202中的峰值应力(参见图6中的 $\sigma_{\text{max}}$ ),该应力位于第一(主体)部分1226与第二(突出)部分1228之间的界面上方的位置(曲线2650);覆盖件1302中的峰值应力(参见图6中的 $\sigma_{\text{max}}$ ),该应力位于第一(主体)部分1326与第二(突出)部分1328之间的界面上方的位置(曲线2652);以及覆盖件1402中的峰值应力(参见图6中的 $\sigma_{\text{max}}$ ),该应力位于第一(主体)部分1426与第二(突出)部分1428之间的界面上方的位置(曲线2654)。左侧位于顶部的三条曲线2656、2658、2660表示覆盖件1202、1302、1402中的峰

值应力,这些应力位于第二(突出)部分1228、1328、1428的最接近光轴的一个点(即,图12至14中的第二(突出)部分1228、1328、1428的最左侧的点)上方的位置。这些曲线2656、2658、2660针对朝着零( $\mu\text{m}$ )发展的厚度d朝着533Mpa延伸。由曲线表示的其形状对应于结构元件形状的小插图中的小星形表示峰值应力的位置。

[0215] 从图15至17可以看出,腔体边缘处的(BPSG的)覆盖件中的应力集中系数(图6中的峰值应力 $\sigma_{\text{max}}$ 与参考应力 $\sigma_{\text{ref}}$ 之比)(即,位于第一(主体)部分1226、1326、1426与第二(突出)部分1228、1328、1428之间的界面上方的位置(曲线1550、1552、1554、1750、1752、1754)),以及第二(突出)部分1228、1328、1428的内边缘处的应力集中系数(即,位于第二(突出)部分1228、1328、1428的最接近光轴的一点(即,第二(突出)部分1228、1328、1428的最左侧的点)上方的位置(曲线1556、1558、1560、1756、1758、1760))在第二(突出)部分具有圆形形状时最小(例如大约为1),请参见图14的实施例,其中厚度与宽度之比约为1:10,例如:

[0216] • 厚度 $2\mu\text{m}$ ,宽度 $20\mu\text{m}$ ,或者

[0217] • 厚度 $4\mu\text{m}$ ,宽度 $40\mu\text{m}$ 。

[0218] 此外要注意,图12至14的实施例的第二(突出)部分的存在对光焦度和均方根波前误差(WFE<sub>RMS</sub>)的影响可以忽略不计(在数量上分别小于0.1屈光度且小于1nm)。

[0219] 图26示出了当第二(突出)部分具有圆形形状(例如,如图14所示的凹形或向内弯曲的形状)时,最佳厚度d约为 $800\mu\text{m}$ ,或大于 $800\mu\text{m}$ 的值。最佳厚度可被定义为以下厚度:其中腔体边缘处的应力水平(右侧星形位置,红色曲线)和结构元件边缘处的应力水平(左侧星形位置,蓝色曲线)近似相等。因此,图26示出了通过针对结构元件128使用环氧树脂,可以显著降低应力水平,特别是腔体边缘处的应力水平(红色曲线)。

[0220] 图26还示出了矩形元件的光学厚度约为30至 $40\mu\text{m}$ ,三角形元件的最佳厚度约为 $60\mu\text{m}$ 。

[0221] 请注意,由于材料的流体特性,由环氧树脂或其他液态结构元件材料制成的结构元件128的表面具有凹形形状。

[0222] 图18示出了示出光学元件中的位置的示意图。该图示出了光轴1810、包括支撑元件1826和结构元件1828的支撑结构、附接到该支撑结构上的可弯曲的覆盖件1802,其中可弯曲的覆盖件1802与支撑结构之间的界面1862(如水平虚线所示)限定界面平面。该图还示出了界面1862的内边缘处的点1864和相对于光轴更远地放置的点1866(请注意,该点1866可以在大括号1867所指示的范围内的任何地方)。更进一步地,该图示出了从界面的内边缘处的点1864到光轴1810的线上的点1868(请注意,该点1868可以在大括号1869所指示的范围内的任何地方)。

[0223] 图19示出了与图2的实施例类似的实施例,只是它不具有(突出的)结构元件(在另一实施例中可以具有),而是可弯曲的覆盖件在平行于光轴1902的方向上的尺寸在可弯曲的覆盖件1902与支撑结构1901之间的界面的内边缘处的至少一个第一点处比在从所述第一点到光轴1910的线上的至少一个第二点处更大。

[0224] 请注意,在所有示出的实施例中,结构元件,第二(突出)部分或覆盖件的厚度在从光轴向外的方向上的任何点处增加或恒定,但是本发明还可以构想并实现,对于至少一些(径向)范围,厚度可以减小。

[0225] 下面和图20至25中提供了替代光学透镜的示例。

- [0226] 第一替代光学透镜包括
- [0227] -支撑结构2001,
- [0228] -可弯曲的覆盖件2002,其附接到支撑结构2001,
- [0229] -一个或多个致动器,其被布置成使所述可弯曲的覆盖件成形为期望的形状,
- [0230] -第一元件2074,其比可弯曲的覆盖件2002更具刚性,并且被布置成包围光轴且放置在可弯曲的覆盖件2002上,相对于支撑结构2001位于可弯曲的覆盖件2002的相反侧(相对于平行于光轴的方向),
- [0231] -第二元件2072,其是连接第一元件2074和覆盖件2002的粘合剂,第二元件2072的刚性小于第一元件2074,
- [0232] 其中第一元件2074和第二元件2072中的每一个都比支撑结构2001更靠近光轴延伸。“更具刚性”可以理解为更高的抗弯刚度。这可以通过较高的杨氏模量和/或较大的厚度(即,平行于光轴的方向上的尺寸)来实现。
- [0233] 图20示出了第一替代光学元件的实施例,其类似于图2的实施例(例如参见“聚合物”透镜体和后窗),但是不具有(突出的)结构元件128(可以在另一实施例中具有),并且它既没有软物体侧盖(“黑铁皮”)232,也没有粘合剂234。此外,与图2的实施例相比,图20的实施例具有第一元件2074(“硬帽”),该第一元件包围光轴,并通过第二元件2072(“硬帽粘合剂”)附接到覆盖件上。第一和第二元件的优点是,可以抑制覆盖件的过度移动,从而避免支撑结构内边缘处的点上的覆盖件中具有过度应力。请注意,由于第二元件具有粘性,因此可以在两个方向(上/下,即对于沿着光轴的两个方向上的冲击)上达到这种效果。此外,第二粘性元件确保刚性的第一元件与覆盖件相距一定距离,从而确保在第一元件的内边缘处不会出现应力奇异性问题。第二元件2072可以由钢(或铜或铝)制成,其厚度在10至1000微米范围内,例如30至50微米。第二元件(可以是胶水)2072可以是环氧树脂(或丙烯酸或硅酮粘合剂),其厚度在10至1000微米范围内,杨氏模量E在1至100MPa之内。第二元件2072的杨氏模量优选地不能太硬,以避免钢板对光学透镜的光学参数具有太大影响。
- [0234] 第二替代光学透镜,其中光学元件是折射透镜,包括
- [0235] -支撑结构2101,
- [0236] -可弯曲的覆盖件2102,其附接到支撑结构2101上,
- [0237] -一个或多个致动器,其被布置成使所述可弯曲的覆盖件成形为期望的形状,
- [0238] -至少一个可变形的透明透镜体2107,其被支撑结构2101的侧壁包围并附接到可弯曲的覆盖件2102上,
- [0239] -后窗2106,其附接到透镜体2107上,相对于可弯曲的覆盖件2102位于透镜体2107的相反侧(相对于平行于光轴的方向),
- [0240] -第一元件2176,其比可弯曲的覆盖件2102更具刚性,并且被布置成包围光轴且放置在支撑结构2101上,相对于可弯曲的覆盖件2102位于支撑结构2101的相反侧(相对于平行于光轴的方向),
- [0241] -第二元件2178,其连接第一元件2176与
- [0242] ○支撑结构2101,以及
- [0243] ○后窗2106,
- [0244] 的粘合剂,第二元件2178的刚性小于第一元件2176。

[0245] 图21示出了第二替代光学元件的实施例,其类似于图2的实施例(例如参见“聚合物”透镜体和后窗),但是不具有(突出的)结构元件128(可以在另一实施例中具有),并且它既没有软物体侧盖(“黑铁皮”)232,也没有粘合剂234。此外,与图2的实施例相比,图21的实施例具有第一元件2176(“软帽”)和第二元件2178(“软帽粘合剂”)。第一和第二元件的优点是,可以抑制覆盖件的过度移动,从而避免支撑结构内边缘处的点上的覆盖件中具有过度应力。请注意,由于第二元件具有粘性,因此可以在两个方向(上/下,即对于沿着光轴的两个方向上的冲击)上达到这种效果。第一元件2176可以由厚度为10至1000微米(例如30至100微米)的聚酰亚胺或具有足够低的杨氏模量(例如小于10MPa的杨氏模量)的任何其他材料制成。第二元件(可以是胶水)2178可以是环氧树脂(或丙烯酸或硅酮粘合剂),其厚度在10至1000微米范围内,杨氏模量E在1至100MPa之内。优选地,第一元件2176和第二元件2178中的每一个的杨氏模量不能太硬以避免对光学透镜的光学参数具有太大影响。第二元件2178和第一元件2176都不能太硬以避免对TLens的光学参数具有太大影响。

[0246] 在第三替代实施例中(与第二替代实施例有点类似),后窗通过分配的胶水附接到刚性框架(例如支撑结构)上。

[0247] 在第四、第五和第六替代光学透镜中,提供了机械结构,该机械结构位于距移动覆盖件和/或后窗的可控距离处。该机械结构被设置为环形,以便能够包围光轴而不会阻碍光路。

[0248] 第四替代光学透镜包括

[0249] -支撑结构2201,

[0250] -可弯曲的覆盖件2202,其附接到支撑结构2201上,

[0251] -一个或多个致动器,其被布置成使所述可弯曲的覆盖件成形为期望的形状,

[0252] -第一元件2272,其比可弯曲的覆盖件2202更具刚性,并且被布置成包围光轴且放置在可弯曲的覆盖件2202上,相对于支撑结构2201位于可弯曲的覆盖件2202的相反侧(相对于平行于光轴的方向),

[0253] -第二元件2274,其是连接第一元件2272和覆盖件2202的粘合剂,第二元件2274的刚性小于第一元件2272,,

[0254] -第三元件2280,其比可弯曲的覆盖件2202更具刚性,并且被布置成包围光轴且放置在支撑结构2201或连接到支撑结构的元件上,

[0255] -第四元件2282,其是连接第三元件2280与

[0256] ○支撑结构2201或

[0257] ○连接到支撑结构的元件2230,的粘合剂,第四元件2282的刚性小于第一元件2280,

[0258] 其中

[0259] -第一元件2272比支撑结构2201和第二元件2274中的每一个更靠近光轴延伸,例如其中第一元件2272和第二元件2274被放置为抑制覆盖件2202在沿着光轴的至少一个方向上的移动,

[0260] 并且其中

[0261] -第三元件2280和第四元件2282被放置为在发生冲击((例如,加速度/减速度为5000至20000g,即5至20kg的冲击,其中“kg”表示kilo(千)g,其中1“g”大约对应于由地球表

面重力引起的加速度,其是标准重力,被定义为 $9.80665\text{米/秒}^2$ 或等效的 $9.80665\text{牛顿/千克质量}$ )时抑制后窗在沿着光轴的至少一个方向上的移动。

[0262] 图22示出了第四替代光学元件的实施例,其类似于图2的实施例(例如参见“聚合物”透镜体和后窗),但是不具有(突出的)结构元件128(可以在另一实施例中具有),并且它既没有软物体侧盖(“黑铁皮”)232,也没有粘合剂234。此外,与图2的实施例相比,图22的实施例具有第一元件2272(“硬帽”)、第二元件2274(“硬帽粘合剂”)、第三元件2280(“硬帽”)和第四元件2282(“硬帽粘合剂”)。第四替代光学元件的优点是,覆盖件在正常使用期间可以自由移动,但是其移动被阻止以避免在冲击期间产生过度应力。另一个优点是,将帽2280仅粘合到包装2230(图22)上比将其同时粘合到包装和光学透镜(图2)上在技术上更容易,所述光学透镜在实施例中被称为TLens。第一元件2272和第三元件2280可以由厚度为10至1000微米的钢制成。第二元件2274和第四元件2282可以是厚度为10至1000微米的环氧树脂(或丙烯酸或硅酮粘合剂),并且可以具有在1至100MPa内的杨氏模量E。有利的是,第二元件2274和/或第四元件2282尽可能地坚硬。

[0263] 第五替代光学透镜包括

[0264] -支撑结构,

[0265] -可弯曲的覆盖件,其附接到支撑结构上,

[0266] -一个或多个致动器,其被布置成使所述可弯曲的覆盖件成形为期望的形状,

[0267] -第一元件2384,其比可弯曲的覆盖件更具刚性,并且被布置成包围光轴且放置在模制包装和后窗上,

[0268] -第二元件2385,其是连接第一元件2384和后窗的粘合剂,

[0269] -第三元件2386,其是连接第一元件2384和模制包装的粘合剂,

[0270] -第四元件2387,其比可弯曲的覆盖件更具刚性,并且被布置成包围光轴且放置在第一元件2384上,

[0271] -第五元件2388,其是连接第四元件2387和第一元件2384的粘合剂,

[0272] 例如,其中第一、第二、第三、第四和第五元件(2384、2385、2386、2387、2388)被放置为抑制后窗在沿着光轴的至少一个方向上移动。第一、第二、第三、第四和第五元件(2384、2385、2386、2387、2388)的抗弯刚度足够大,以在跌落测试中阻止后窗的大幅移动,同时又足够小,以至于不干扰后窗的小幅移动,例如当在正常操作模式下致动压电膜时。

[0273] 图23示出了第五替代光学元件的实施例,其类似于图2的实施例(例如参见“聚合物”透镜体和后窗),但是不具有(突出的)结构元件128(可以在另一实施例中具有),并且它既没有软物体侧盖(“黑铁皮”)232,也没有粘合剂234。此外,与图2的实施例相比,图23的实施例具有第一、第二、第三、第四和第五元件2384至2388。

[0274] 图24示出了从第一元件2384和第四元件2387以及以上两者的组合2389的光轴上的点观察的视图。

[0275] 第一元件2384可以由厚度为10至1000微米的聚酰亚胺或杨氏模量小于10MPa的任何其他材料制成。它不能太硬,以避免对光学透镜的光学参数产生太大影响。第二元件2385、第三元件2386和第五元件2388(可以是粘合剂层)可以是厚度为10至1000微米的环氧树脂(或丙烯酸或硅酮粘合剂),并且可以具有在1至100MPa内的杨氏模量E。第一元件2384对于抗冲击性可能不是必需的,但是对于阻止不必要的光透射穿过光学元件很关键。第一

元件和/或第四元件2387可以由任何标准的黑色材料制成(例如由“混有炭黑的聚酯膜”制成的SOMABLACK膜,例如请参见2018年4月26日检索的[http://www.somar.co.jp/english/products/03\\_somablack.html](http://www.somar.co.jp/english/products/03_somablack.html))。有利的是,第四元件2387和/或第二元件2385、第三元件2386和第五元件2388(可以是粘合层)中的一个或多个尽可能地坚硬。

[0276] 第六替代光学透镜包括

[0277] -支撑结构2501,

[0278] -可弯曲的覆盖件,其附接到支撑结构,

[0279] -一个或多个致动器,其被布置成使所述可弯曲的覆盖件成形为期望的形状,

[0280] -至少一个可变形的透明透镜体(用虚线表示),其被支撑结构2501的侧壁包围并附接到可弯曲的覆盖件上,

[0281] -后窗2506,其附接到透镜体上,相对于可弯曲的覆盖件位于透镜体的相反侧(相对于平行于光轴的方向),

[0282] -第一元件2591,其比可弯曲的覆盖件更具刚性,并且被布置成包围光轴且放置在后窗上,

[0283] -第二元件2592,其是连接第一元件2591和后窗的粘合剂。

[0284] -第三元件2593,其是连接第三元件2593和支撑结构或连接到支撑结构的元件的粘合剂,

[0285] 其中第一、第二和第三元件被布置成允许后窗在阈值位移(可选地,分别在沿着光轴的上下方向上的第一和第二阈值位移)以下自由地移动,并抑制超移动超出所述阈值位移。“更坚硬”可以理解为更高的抗弯刚度。这可以通过较高的杨氏模量和/或更大的厚度(即,平行于光轴的方向上的尺寸)来实现。

[0286] 图25示出了第六替代光学元件的实施例,其类似于图2的实施例(例如参见“聚合物”透镜体和后窗),但是不具有(突出的)结构元件128(可以在另一实施例中具有),并且它既没有软物体侧盖(“黑铁皮”)232,也没有粘合剂234。此外,与图2的实施例相比,图25的实施例具有第一、第二和第三元件2591至2593。该图在上半部分示出沿着第一对角线的光学透镜的布置,在下半部分示出沿着另一对角线的布置。箭头2595指示后窗在冲击时沿着一个方向的移动(下箭头指示沿着相反方向的冲击移动)。圆圈2596指示由第二元件2592限定的间隙。星形2597指示抑制进一步移动的止挡件。圆圈2598指示由第三元件2593限定的间隙。第一元件2591可以由厚度为10至1000微米的聚酰亚胺或杨氏模量小于10MPa的任何其他材料制成。第二元件2592和第三元件2593(各自可以是胶水,可以是厚度在10至1000微米内的环氧树脂(或丙烯酸或硅酮粘合剂),并且可以具有在1至100MPa内的杨氏模量E。第一元件2591不能太硬,以避免对光学元件的光学参数产生太大影响。

[0287] 总而言之,提出了一种光学元件100,例如可调透镜,其中提供了装置128以减轻支撑结构101的边界处的可弯曲的覆盖构件102中的应力集中(应力奇异性)问题,在没有所述装置的情况下,由于可弯曲的覆盖件102周围的机械特性的突变,必将引起应力奇异性问题。

[0288] 尽管已经结合指定的实施例描述了本发明,但是不应将其解释为以任何方式限于所给出的示例。本发明的范围由所附的权利要求书阐明。在权利要求的上下文中,术语“包括”或“包含”不排除其他可能的元件或步骤。而且,对诸如“一”或“一个”等引用的提及不应

被解释为排除多个。权利要求中关于附图中指示的元件的参考符号的使用也不应被解释为限制本发明的范围。此外,可以将不同权利要求中提到的单个特征有利地组合,并且在不同权利要求中提及这些特征并不排除特征的组合是不可能和有利的。

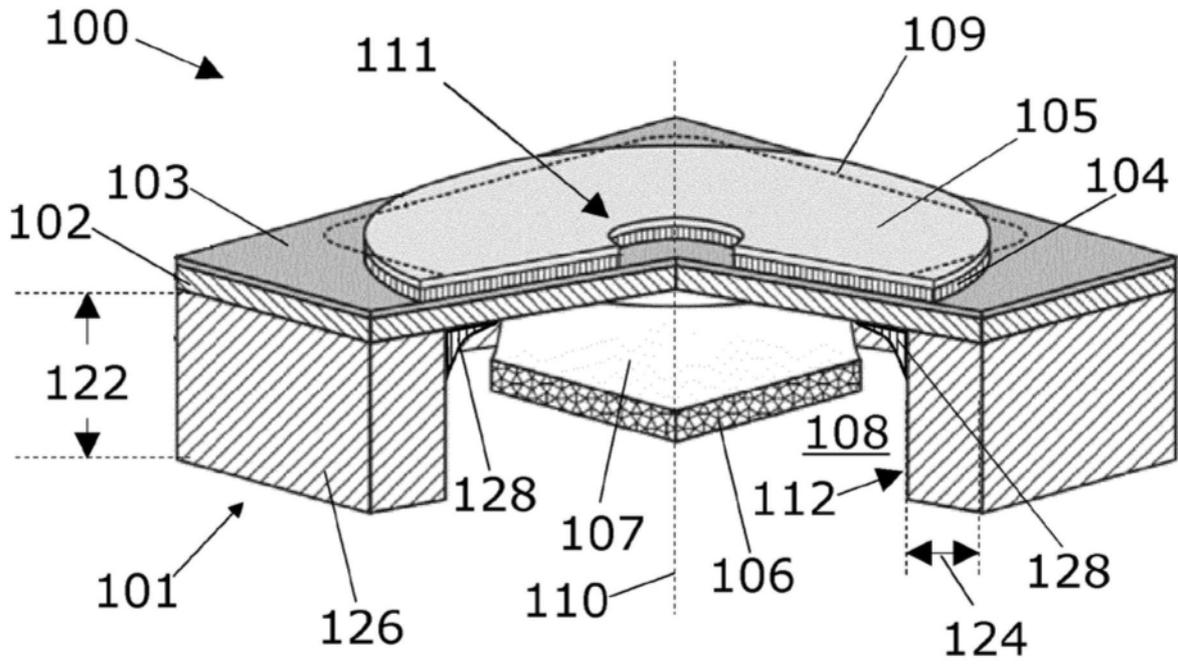


图1

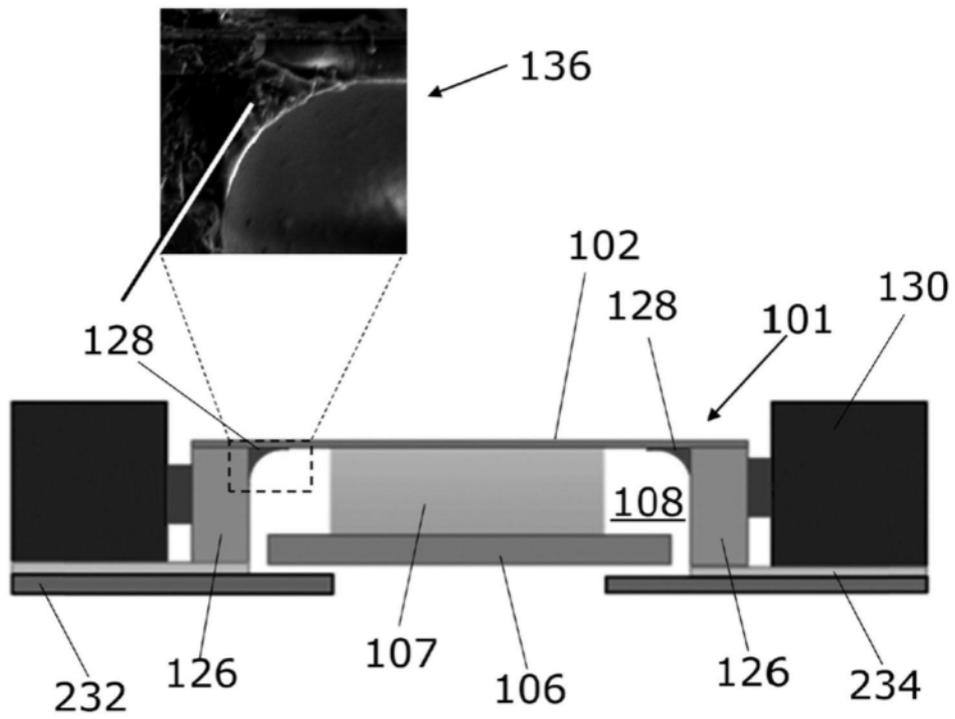


图2

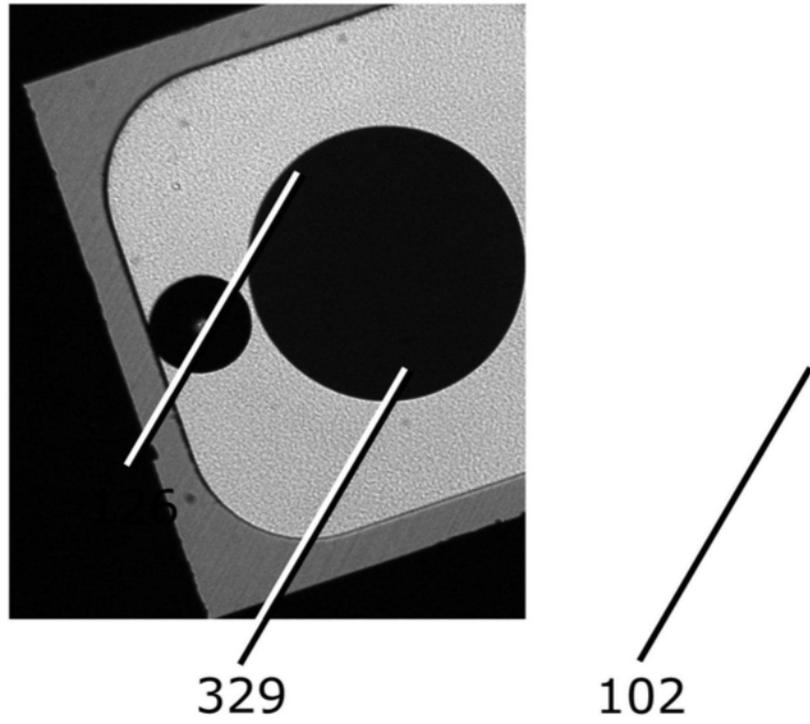


图3

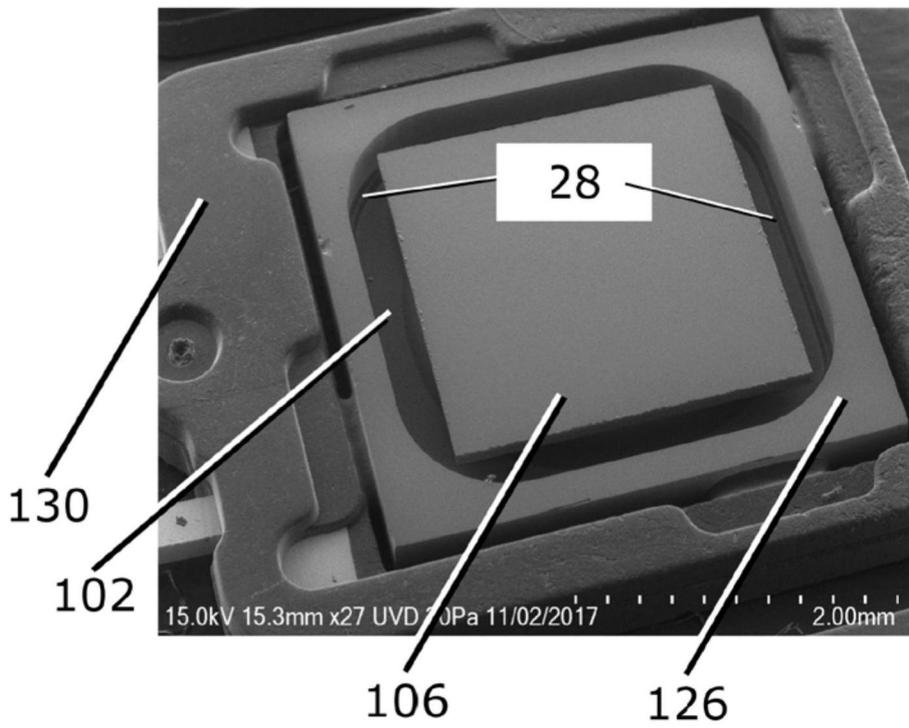


图4

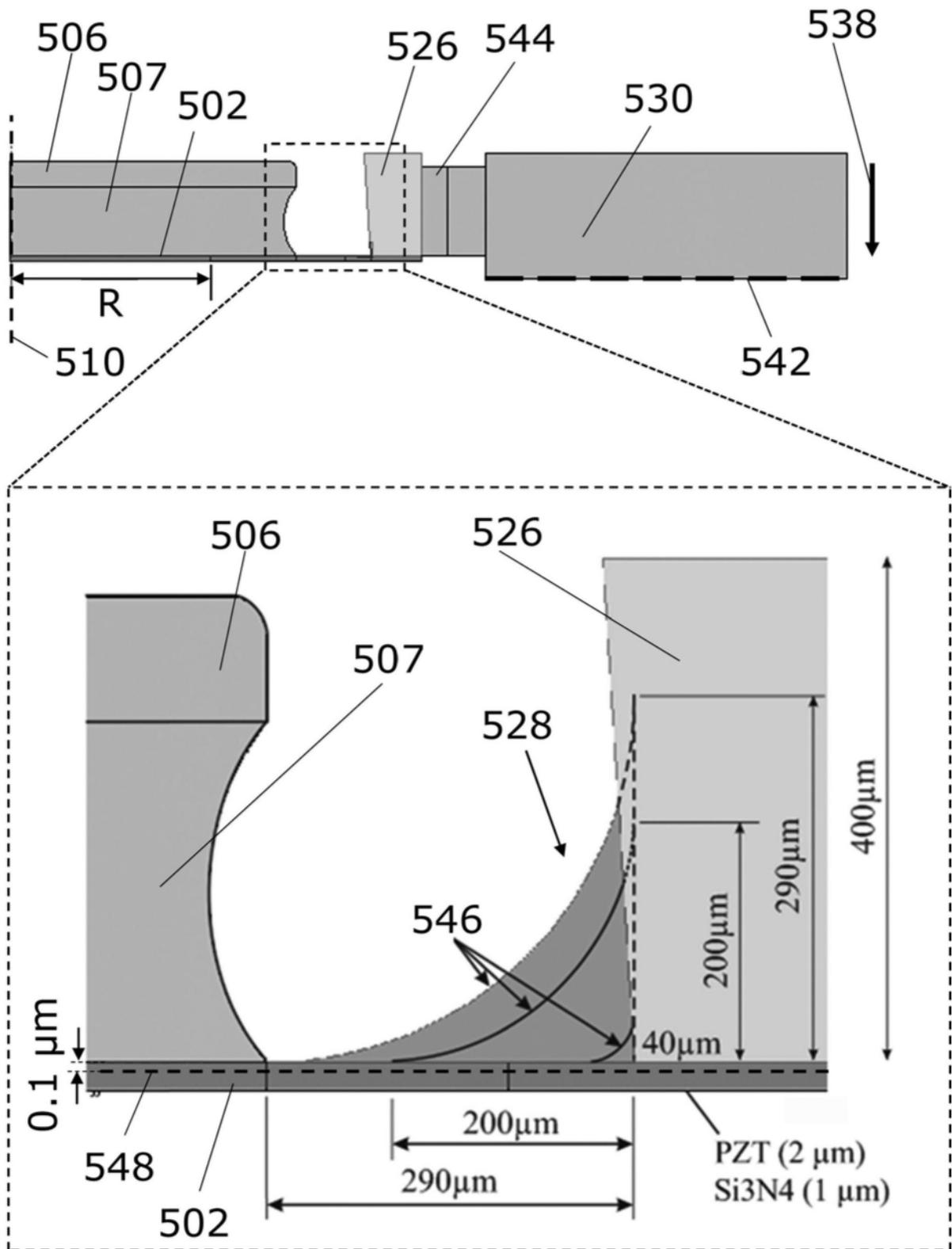


图5

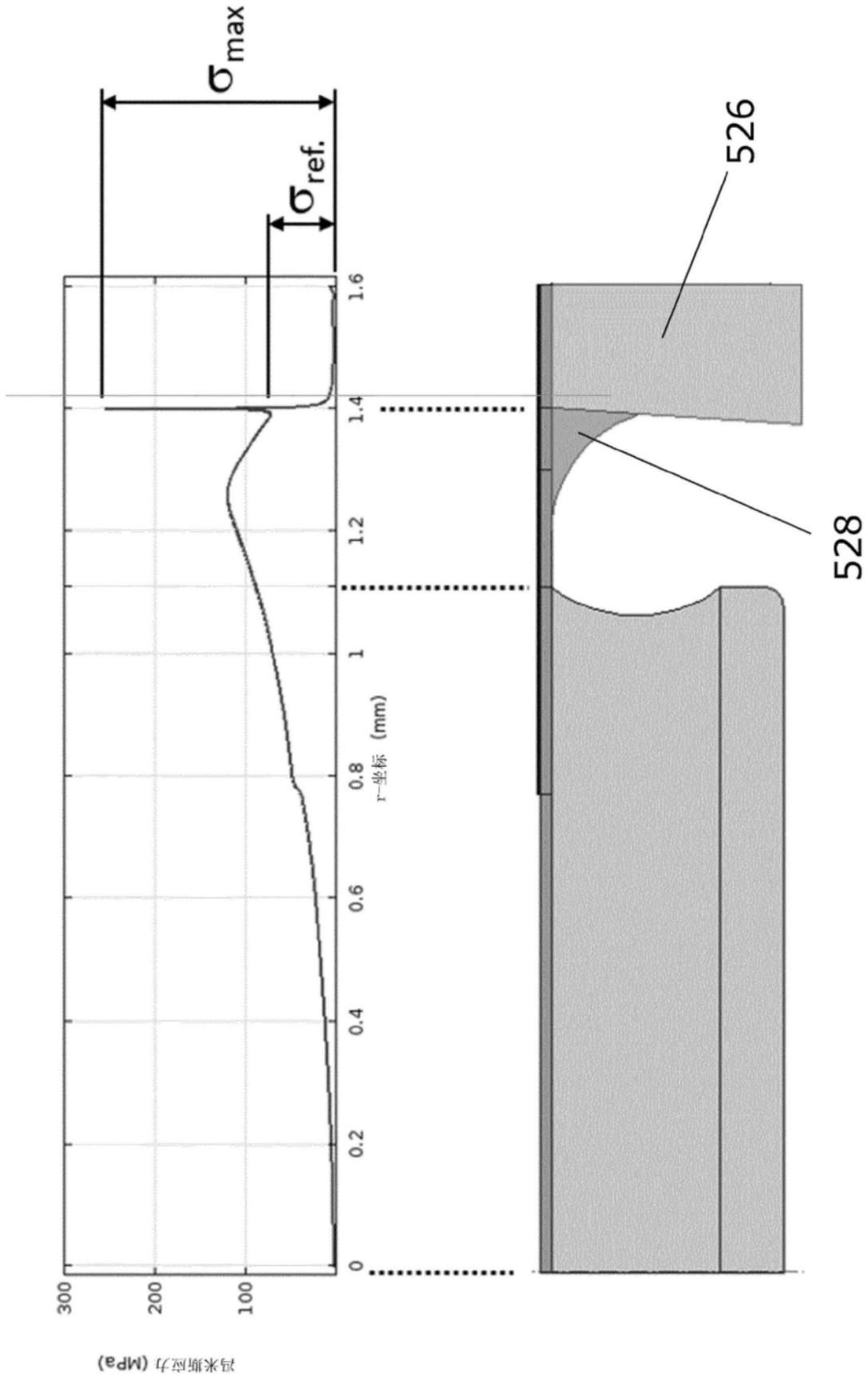


图6

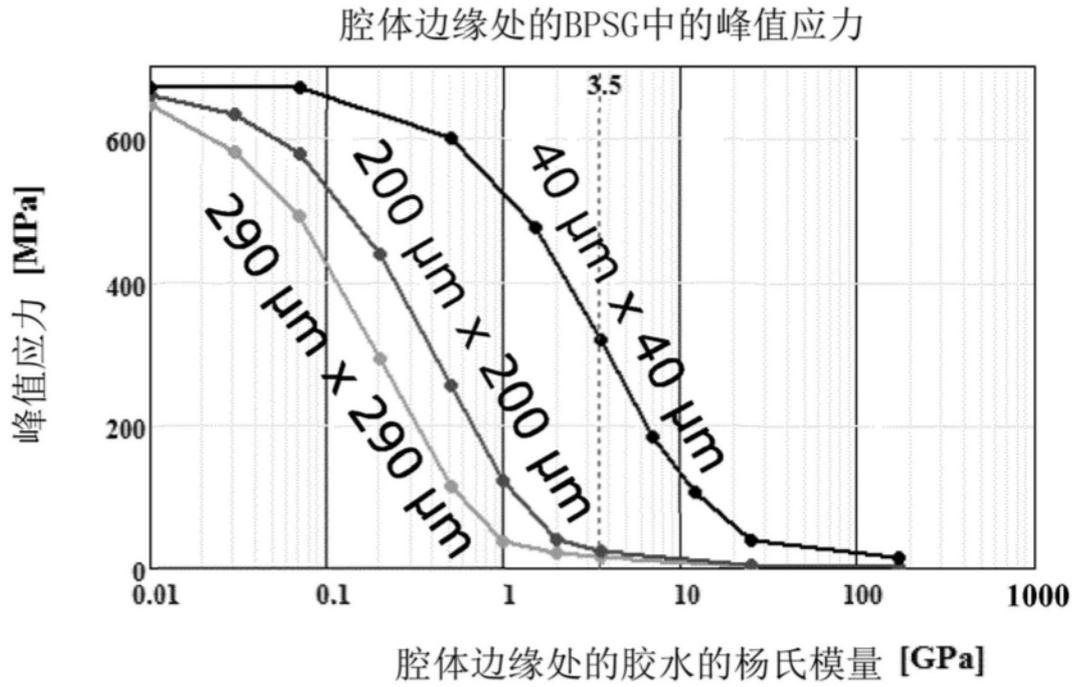


图7

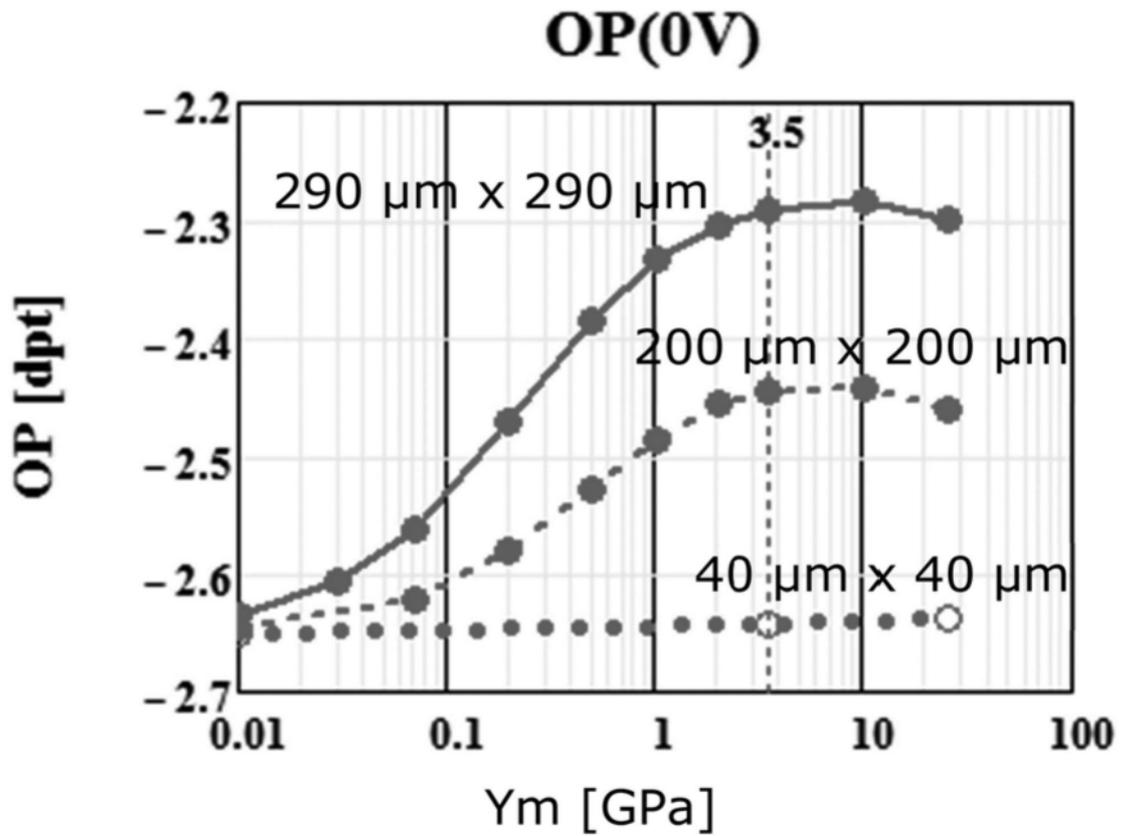


图8

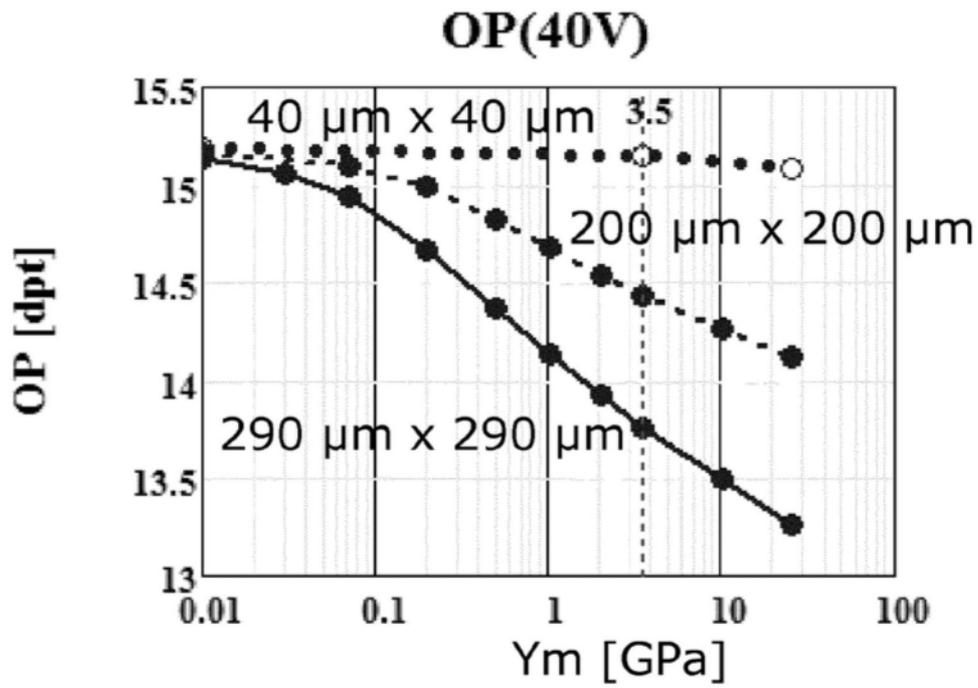


图9

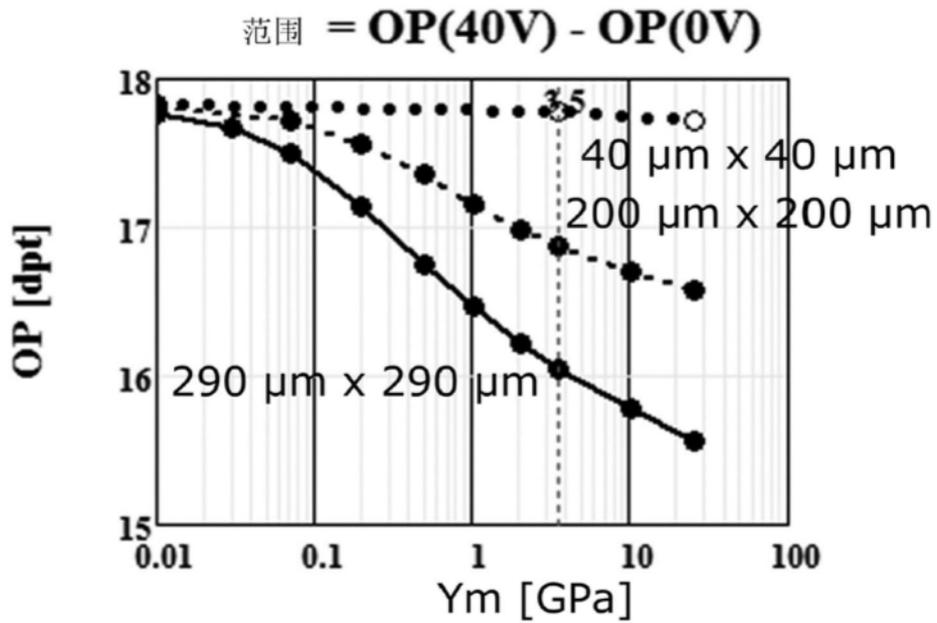


图10

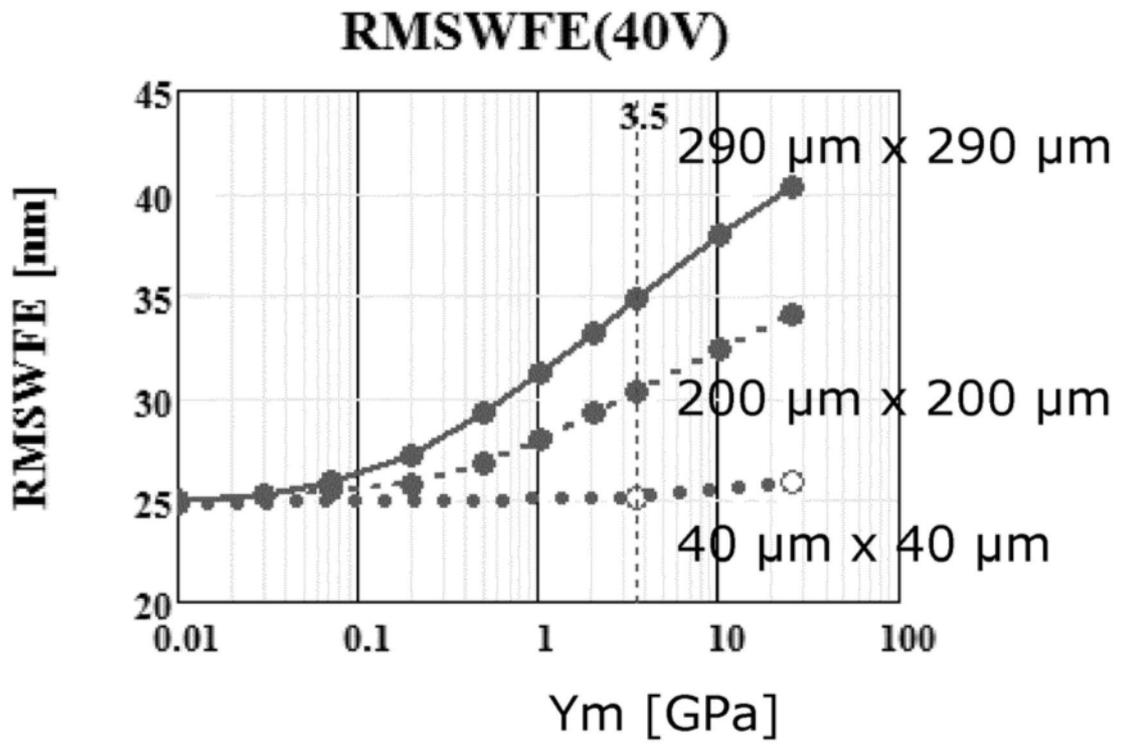


图11

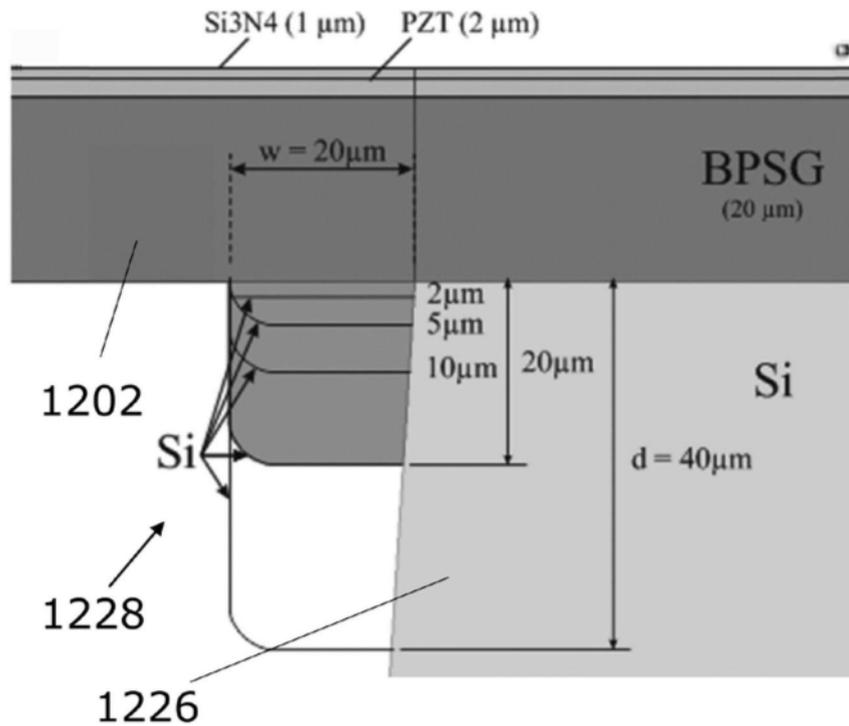


图12

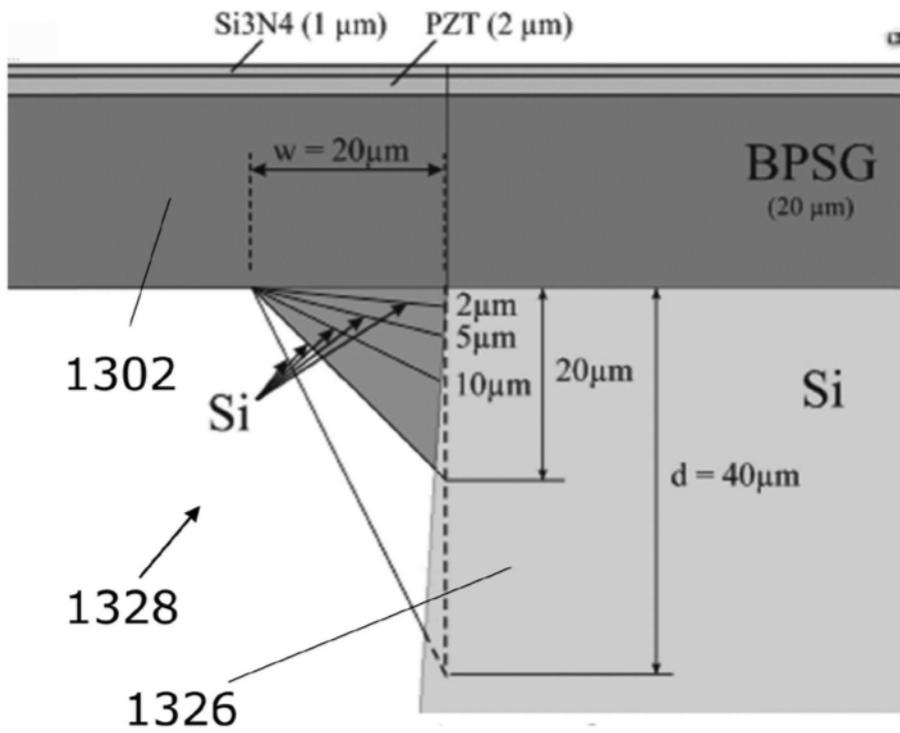


图13

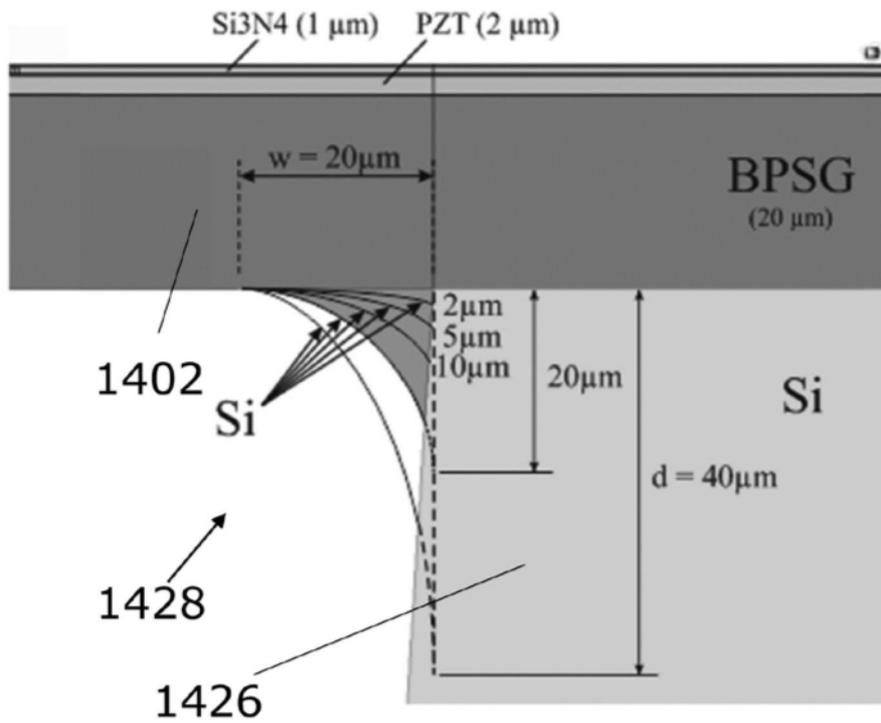


图14

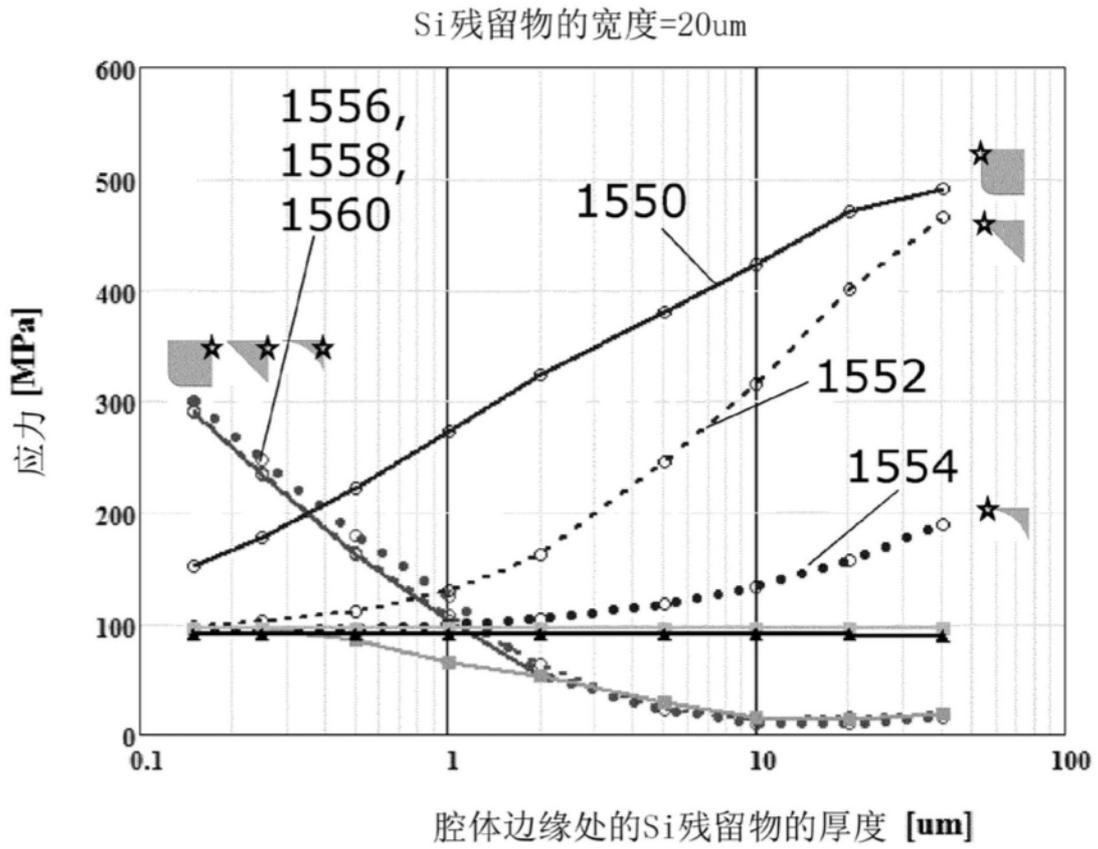


图15

- 腔体边缘处的峰值应力矩形Si残留物
- 腔体边缘处的峰值应力三角形Si残留物
- 腔体边缘处的峰值应力圆形Si残留物
- 矩形Si残留物的边缘处的峰值应力
- 三角形Si残留物的边缘处的峰值应力
- 圆形Si残留物的边缘处的峰值应力
- 腔体边缘处的参考应力
- 距腔体边缘20um处的参考应力
- ▲—▲—▲ 孔径中心中的应力

图16



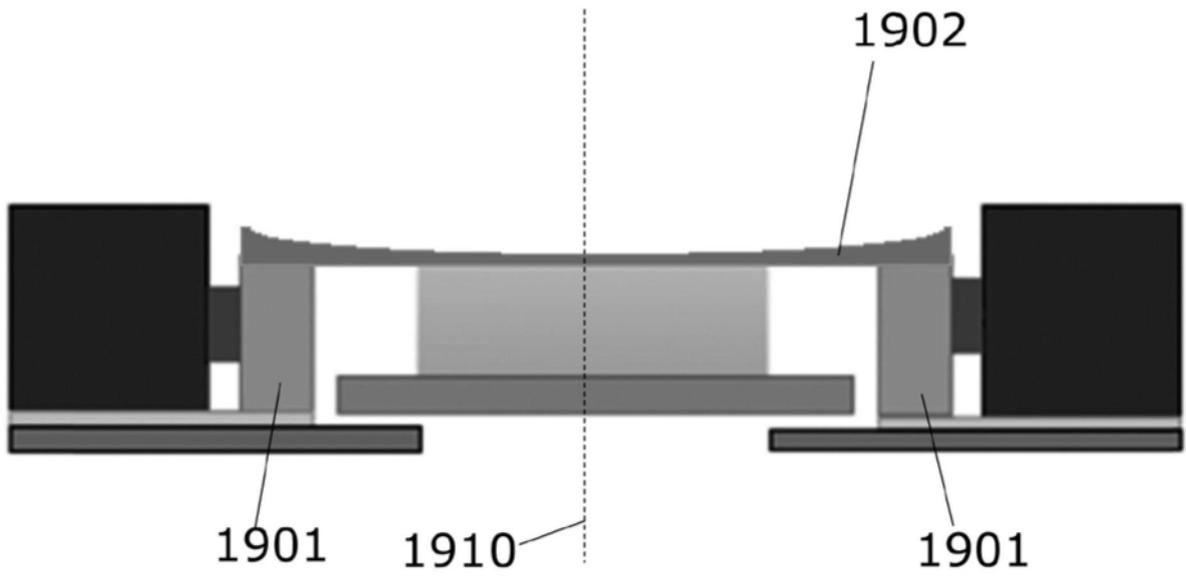


图19

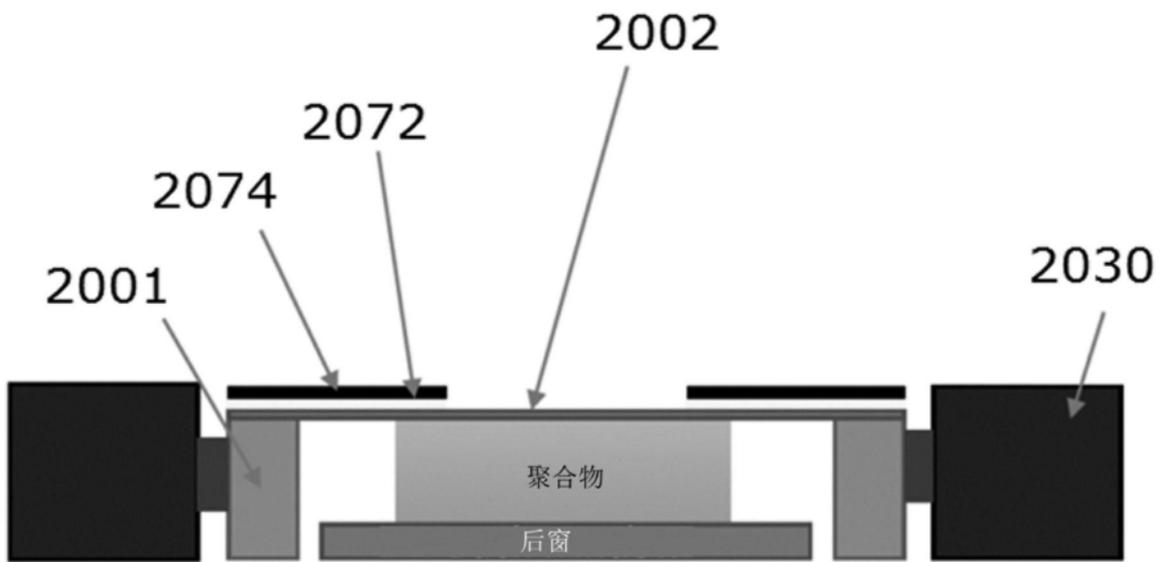


图20

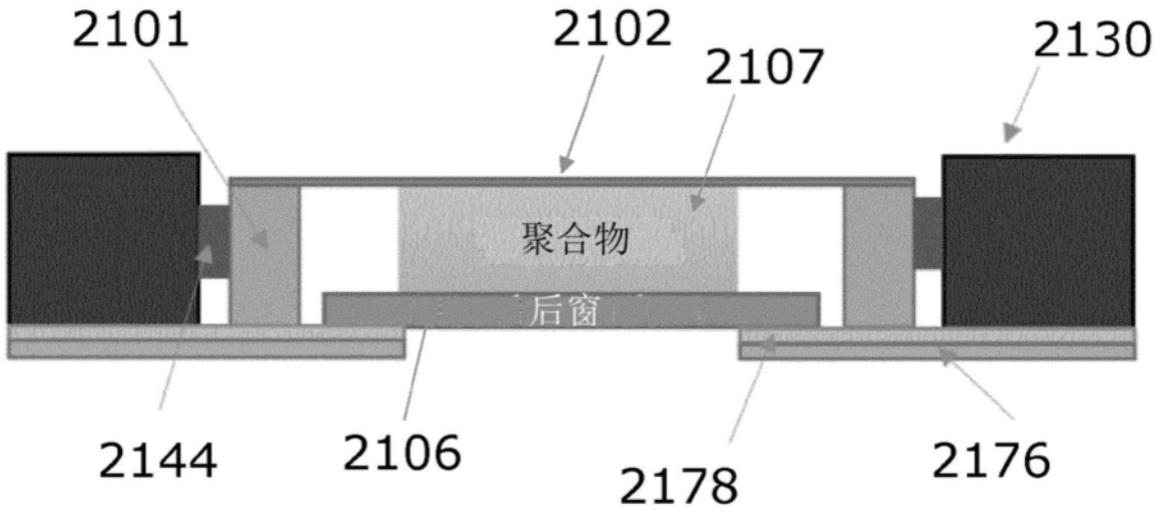


图21

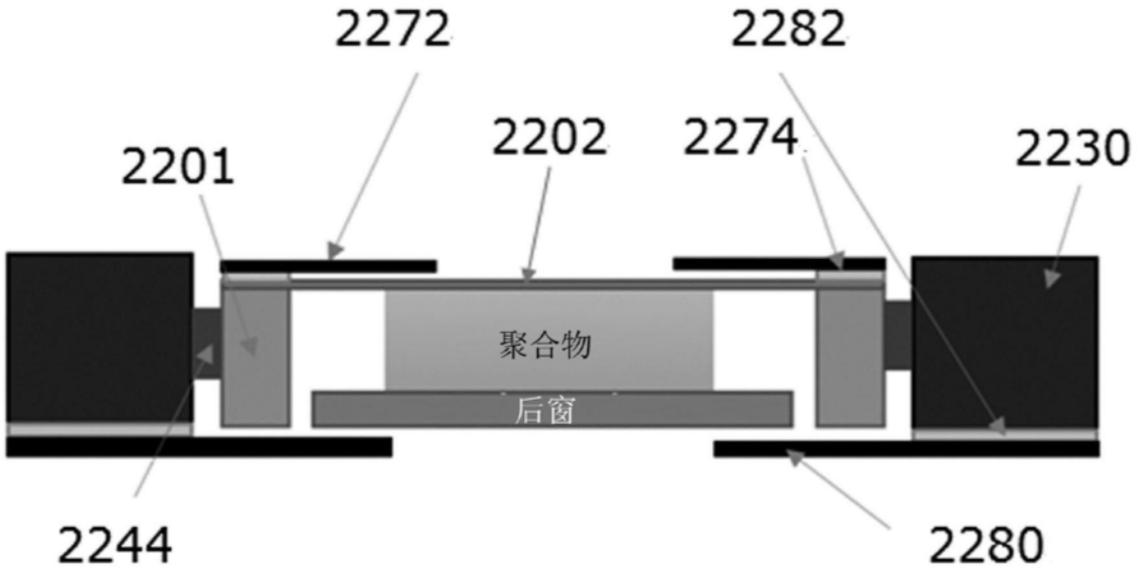


图22

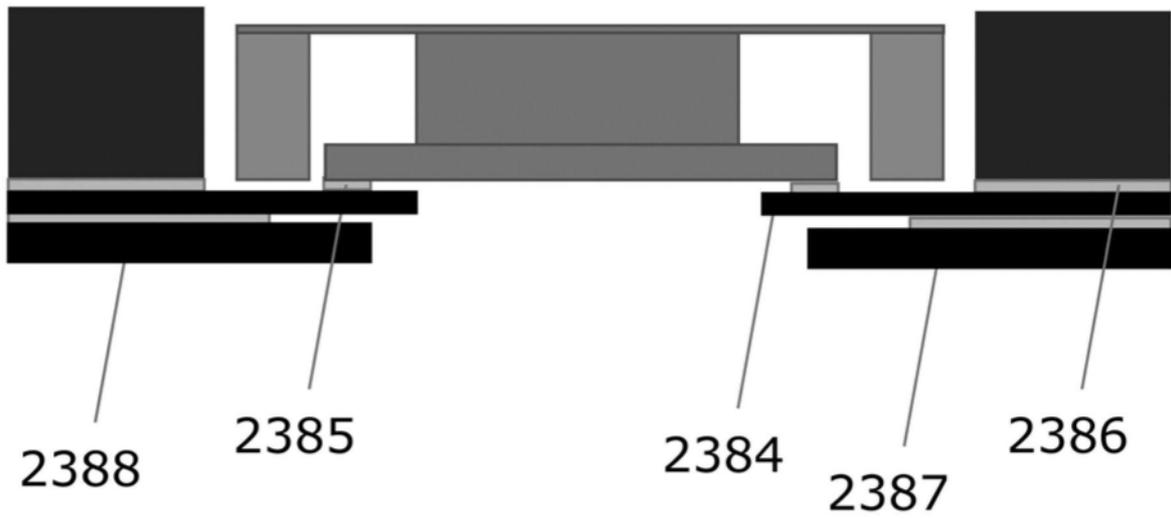


图23

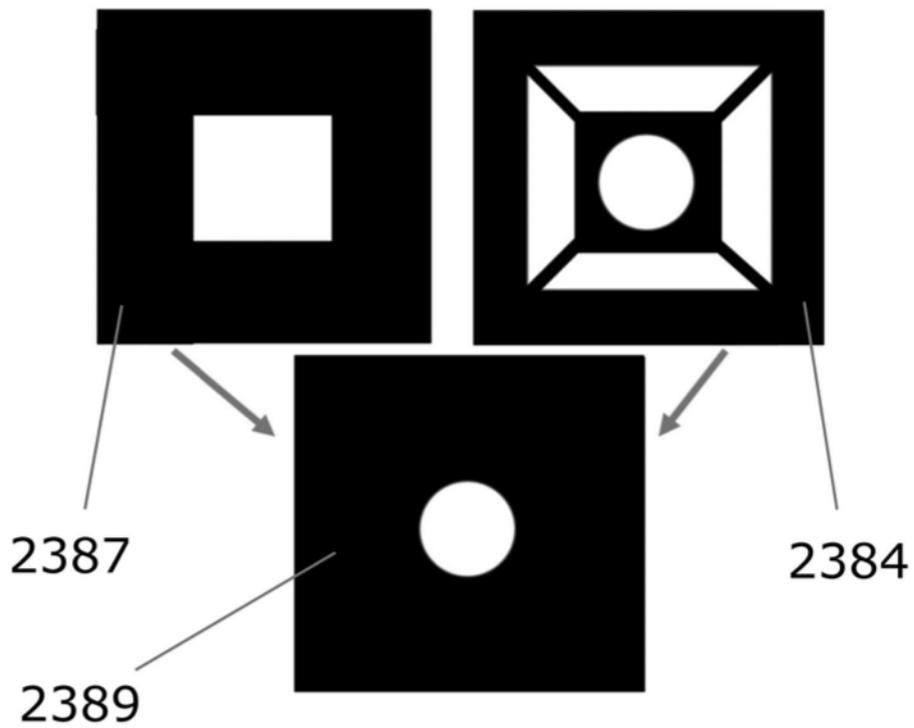


图24

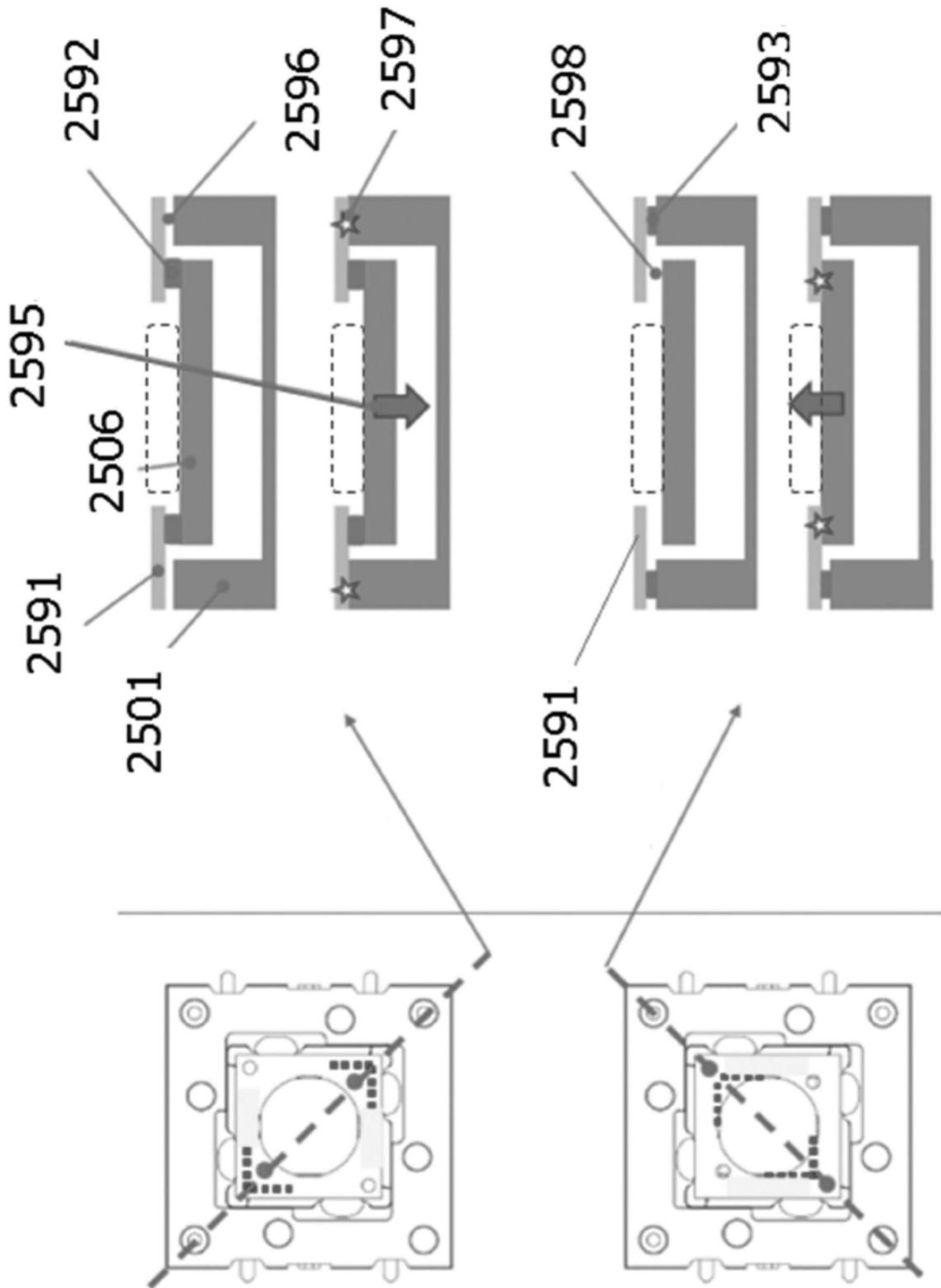


图25

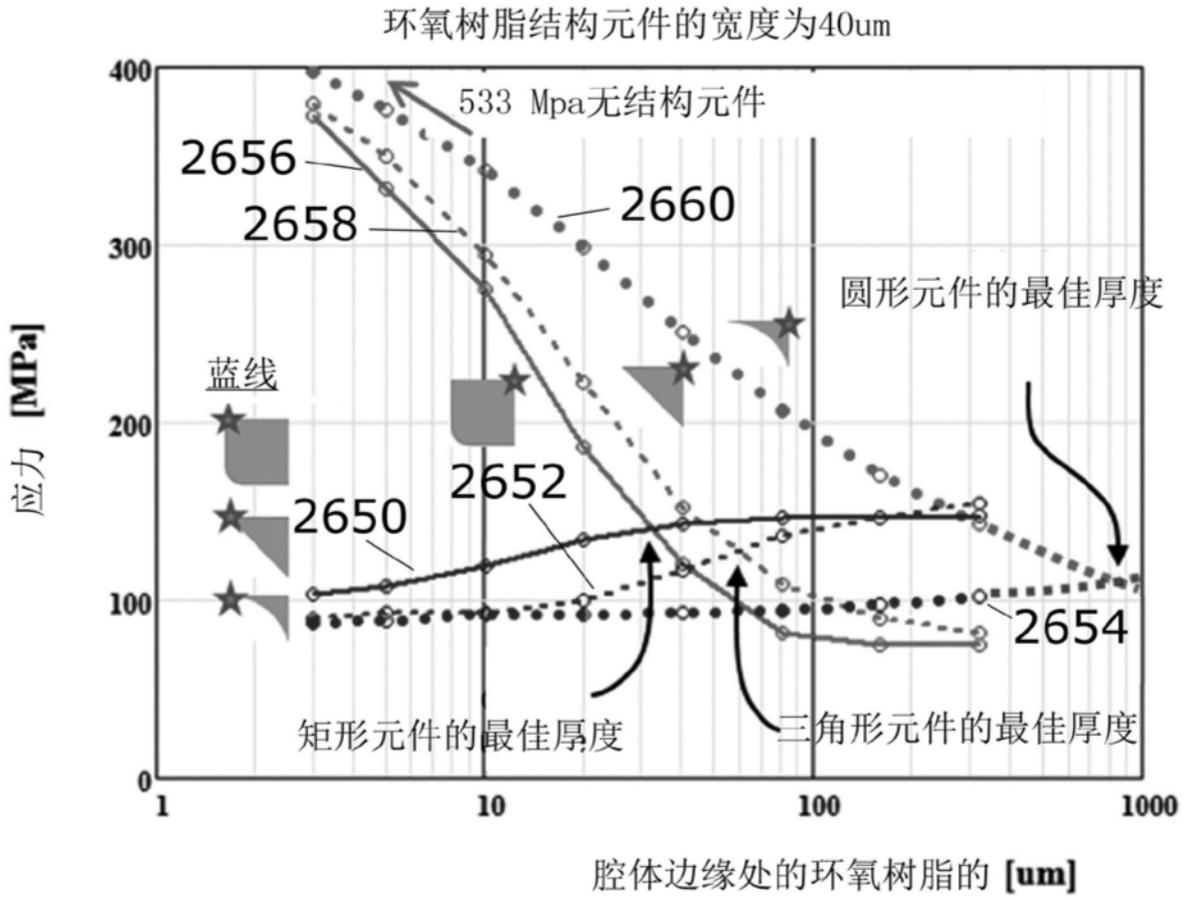


图26