



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116323509 A

(43) 申请公布日 2023.06.23

(21) 申请号 202180069869.X

(22) 申请日 2021.09.30

(30) 优先权数据

102020126856.4 2020.10.13 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.04.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/077030 2021.09.30

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2022/078774 DE 2022.04.21

(71) 申请人 肖特股份有限公司

地址 德国美因茨

(72) 发明人 A·奥特纳 F·瓦格纳

M·海斯-周奎特 M·德里奇

V·格莱瑟 A·霍尔伯格

L·沃尔特 L·穆勒 D·苏赫

M·克鲁格 B·霍普

A·科格鲍尔 S·穆特

U·普切尔特

(74) 专利代理机构 北京思益华伦专利代理事务所(普通合伙) 11418

专利代理师 赵飞 段亚军

(51) Int.Cl.

G03C 23/00 (2006.01)

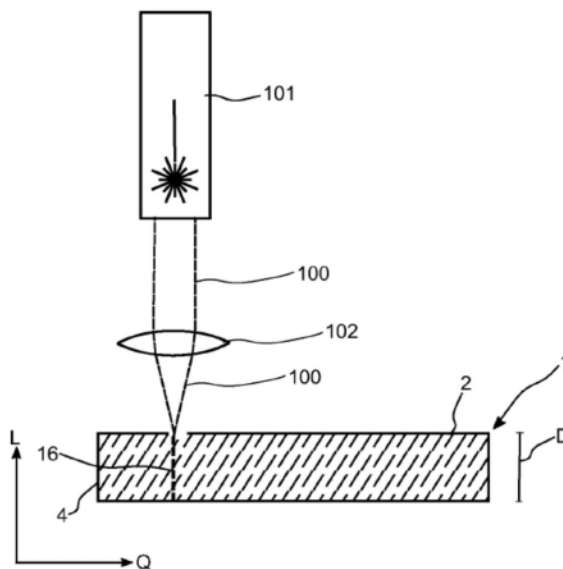
权利要求书2页 说明书15页 附图10页

(54) 发明名称

具有结构化的壁的玻璃元件及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种板状玻璃元件,包括热膨胀系数低于 $10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的玻璃质材料和两个相反的表面。玻璃元件还包括至少一个延伸通过玻璃元件的玻璃的凹口,凹口壁绕凹口延伸并与两个相反的表面邻接。凹口壁的结构包括多个相邻的、圆形的、穹顶形凹陷。凹口壁的粗糙度由这些凹陷和凹陷周围的脊形成。凹口壁的平均粗糙度值(Ra)低于 $5 \mu\text{m}$ 、优选地低于 $3 \mu\text{m}$ 、优选地低于 $1 \mu\text{m}$ 。本发明还涉及一种用于制造具有结构化的壁的板状玻璃元件的方法,其中凹口壁的结构或粗糙度通过设置激光参数有针对性地调节。



1. 一种板状的玻璃元件(1),包括热膨胀系数低于 $10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的玻璃质材料以及两个相反的表面(2)和至少一个连接两个表面(2)并且在表面(2)中开口的凹口(10),凹口延伸通过玻璃元件(1)的玻璃并且凹口深度横向于、优选地垂直于玻璃元件(1)的至少一个表面(2)并对应于玻璃元件(1)的厚度,并且具有绕凹口(10)延伸并与两个相反的表面(2)邻接的凹口壁(10),其中凹口壁(10)具有的结构包括多个相邻的、圆形的、穹顶形凹陷(12),并且凹口壁(10)的粗糙度由这些凹陷(12)和凹陷(12)周围的脊(13)形成,其中

凹口壁(10)具有的平均粗糙度(Ra)低于 $5 \mu\text{m}$ 、优选地低于 $3 \mu\text{m}$ 、优选地低于 $1 \mu\text{m}$ 并且优选地至少 50nm 。

2. 根据权利要求1所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,穹顶形凹陷(12)具有的深度小于 $10 \mu\text{m}$ 、优选地小于 $5 \mu\text{m}$ 、优选地小于 $2 \mu\text{m}$,其中深度由凹陷底(14)的中心和凹陷周围的脊(13)的平均峰高之间的差限定。

3. 根据前述权利要求任一项所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,穹顶形凹陷(12)的横截面(15)或直径为小于 $20 \mu\text{m}$ 、优选地小于 $15 \mu\text{m}$ 、更优选地小于 $10 \mu\text{m}$ 。

4. 根据前述权利要求任一项所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,玻璃元件(1)包括绕玻璃元件(1)延伸并将两个表面(2)彼此连接的外壁(4),其中外壁(4)的结构包括多个相邻的、圆形的、穹顶形凹陷(12)。

5. 根据前述权利要求任一项所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,凹口壁和/或外壁的平均粗糙度值(Ra)为高于 $0.2 \mu\text{m}$ 、优选地高于 $0.4 \mu\text{m}$ 、优选地高于 $0.5 \mu\text{m}$ 。

6. 根据前述权利要求任一项所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,波长范围 300nm 和 1000nm 之间的可见光通过结构化的外壁(20)和/或凹口壁(10)以及玻璃元件(1)的透射率为高于 80% 、优选地高于 85% 、优选地高于 90% ,其中光的方向垂直于凹口壁(10)并且平行于玻璃元件(1)的至少一个表面(2)定向。

7. 根据前述权利要求任一项所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,凹口壁(10)和/或外壁(4)的粗糙度各向异性形成,并且各向异性表示为参数A,其中A是商的平方,并且商由平行于玻璃元件(1)的侧面取向的三个 $30 \mu\text{m}$ 宽的测量带的平均粗糙度值(Ra)的平均值和垂直于玻璃元件(1)的侧面取向的三个 $30 \mu\text{m}$ 宽的测量带的平均粗糙度值(Ra)的平均值形成,其中各向异性为小于1、优选地小于0.8、优选地小于0.6。

8. 根据权利要求1至6任一项所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,凹口壁(10)和/或外壁(4)的粗糙度各向异性形成,并且各向异性表示为参数A,其中A是商的平方,并且商由平行于玻璃元件(1)的侧面取向的三个 $30 \mu\text{m}$ 宽的测量带的平均粗糙度值(Ra)的平均值和垂直于玻璃元件(1)的侧面取向的三个 $30 \mu\text{m}$ 宽的测量带的平均粗糙度值(Ra)的平均值形成,其中各向异性为大于1、优选地大于2、优选地大于3。

9. 根据权利要求1至7任一项所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,凹口壁(10)和/或外壁(4)的粗糙度方向性形成,其中粗糙度至少在部分中具有显著性不同,并且该部分

-横向于凹口深度或至少一个表面(2)取向,

-或平行于凹口深度或至少一个表面,

其中,部分的平均粗糙度值的差小于 $4 \mu\text{m}$ 、优选地小于 $2 \mu\text{m}$ 、优选地小于 $1 \mu\text{m}$ 。

10. 根据前述权利要求任一项所述的板状玻璃元件(1),其特征在于,玻璃元件的玻璃包括至少一种以下成分:

- 至少30wt%、优选地至少50wt%、更优选地至少80wt%的SiO₂含量,
- 至多10wt%的TiO₂含量。

11. 一种用于制造具有结构化的壁的板状玻璃元件(1)或根据前述权利要求任一项所述的板状玻璃元件(1)的方法,其中玻璃元件(1)包括热膨胀系数低于 $10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的玻璃质材料和两个相反的表面(2),在该方法中

- 提供玻璃元件(1),

-将超短脉冲激光器的激光束(100)引导到玻璃元件(1)的一个表面(2)上并通过聚焦光学器件(102)集中为玻璃元件(1)中的细长焦点,其中激光束(100)的辐射能量在玻璃元件(1)的体积中产生多个细丝通道(16),通道的深度横向于玻璃元件(1)的表面延伸,其中通道(16)彼此相距一定距离排列,

-将玻璃元件(1)暴露于蚀刻介质(200),蚀刻介质以去除速率去除玻璃元件(1)的玻璃,其中通道(16)通过蚀刻介质(200)扩大,从而形成具有结构化的凹口壁(10)的凹口(10),其中凹口壁(10)绕凹口(10)延伸并与两个相反的表面(2)邻接,并且具有的结构包括多个相邻的、圆形的、穹顶形凹陷(12),通过凹陷形成凹口壁(10)的粗糙度,

-其中通过设置激光参数,有针对性地调节凹口壁(10)的结构或粗糙度,以产生凹口壁(10)的平均粗糙度值(Ra),其为低于 $5 \mu\text{m}$ 、优选地低于 $3 \mu\text{m}$ 、优选地低于 $1 \mu\text{m}$ 并且优选地至少 50nm 。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,通道(16)彼此相距一定距离(18)排列,并且该距离为小于 $20 \mu\text{m}$ 、优选地小于 $15 \mu\text{m}$ 、优选地小于 $10 \mu\text{m}$ 和/或大于 $1 \mu\text{m}$ 、优选地大于 $2 \mu\text{m}$ 、优选地大于 $3 \mu\text{m}$ 。

13. 根据权利要求11至12任一项所述的方法,其特征在于,激光脉冲分成多个单脉冲,并且多个为小于10、优选地小于8、优选地小于7和/或大于1、优选地大于2、优选地大于3。

14. 根据权利要求11至13任一项所述的方法,其特征在于,脉冲持续时间选择为小于 15ps 、优选地小于 10ps 、优选地小于 5ps 、优选地小于 1ps 。

15. 根据权利要求11至14任一项所述的方法,其特征在于,产生具有不同粗糙度的凹口(10)和/或外壁(11),其中凹口(10)和/或外壁(11)的粗糙度之差为至少大于 $0.5 \mu\text{m}$ 、优选地大于 $1 \mu\text{m}$ 或特别优选地大于 $2 \mu\text{m}$ 。

16. 根据前述权利要求任一项所述的玻璃元件的用途,用在相机成像、特别是3D相机成像、压力传感器、电光组件封装、生物技术、诊断学、医疗技术的至少一个领域中。

具有结构化的壁的玻璃元件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种板状玻璃元件,其包括热膨胀系数低于 $10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的玻璃质材料以及两个相反的表面和延伸通过玻璃元件的玻璃的具有结构化的凹口壁的凹口。本发明还涉及一种用于制造具有结构化的壁的板状玻璃元件的方法,其中通过设置激光参数有针对性地调节凹口壁的结构。

背景技术

[0002] 在许多应用领域中对玻璃的精确结构化有很大兴趣。另外,玻璃基板用在相机成像、特别是3D相机成像、电子光学、如微流控的L(E)D、光学诊断、传感器技术、如压力传感器技术以及诊断技术领域。这种应用领域包括光传感器、相机传感器、压力传感器、发光二极管和激光二极管。在此,玻璃基板大多以薄片或玻璃膜形式的部件使用。为了能够在越来越小的技术应用或部件中使用这种玻璃基板,需要在几微米范围中的精度。玻璃基板的加工是指引入到或穿过玻璃基板的任何形状的孔、腔和开口以及基板表面的结构化。因此,必须将在几微米范围中的结构引入基板中。

[0003] 为了能够在广泛的应用中使用玻璃基板,加工也不应该在基板的边缘区域或体积中留下任何损伤、残留物或应力。此外,用于生产这些基板的方法应该允许尽可能有效的制造过程。

[0004] 多种方法可以用于在玻璃基板内结构化,例如以产生孔和开口。

[0005] 除了通过适当的掩膜喷水和喷砂外,超声波振动研磨也是一种成熟的工艺。然而,这些方法在其规模方面仅限于小结构,对于超声振动研磨通常为约 $400 \mu\text{m}$,而对于喷砂通常为最小 $100 \mu\text{m}$ 。由于机械磨损,喷水和喷砂在玻璃中产生与孔的边缘处的脱落相关的应力。对于薄玻璃的结构化,这些方法基本是不适用的。由于这些方法在几百微米的范围中操作,特别是不仅影响待产生的孔、腔和开口的尺寸,而且最重要是影响基板中的所得表面。因此,上述方法不适合在基板中产生微结构。

[0006] 因此,最近已经确立了使用激光源来结构化各种材料。可以使用具有红外(如 1064nm)、绿光(532nm)和紫外(365nm)波长或甚至极短波长(如 193nm 、 248nm)的各种固态激光器在玻璃基板中产生比上述机械方法更小的结构。然而,由于玻璃低的导热性并且也对破裂非常敏感,因此在产生非常精细的结构时,激光加工也会导致玻璃上的高热负荷,从而导致临界应力,直至在孔的边缘处的微裂缝和变形。基板表面上更大的结构也只能以(如果可能)直径通常仅几微米的精细激光束费力地产生。因此,该方法只在有限的程度上适用于必须在开口区域中的表面上特殊结构化的基板的工业化生产。

[0007] 这首先适用于必须适于特殊应用的部件或基板。示例包括用于微流控单元(Mikrofluidzellen)的玻璃基板,其需要在流体通道内部特别光滑的表面,以便将通道壁对液体的阻力降到最低。另一个应用领域是带有定制的玻璃间隔物的电光转换器。它们能够在不同的有源和无源元件之间设置限定距离或有助于封闭和保护电磁转换器/发射器/接收器等,除此之外保护敏感元件。为了以最佳方式将这些敏感元件固定或甚至隔绝在基

板的开口或间隔物内,有必要对基板的开口表面进行特殊的结构化。此外,例如在改善光传导的意义上,通常需要基板特殊的光学性能,这可以通过开口表面的限定结构来实现,其以限定的方式折射光。

[0008] 然而,已知的方法不能产生这样的结构。如上所述,使用研磨方法,不可能产生微结构的开口,因此也不可能有针对性地调节基板的开口表面。通过已知的激光方法可以在一定程度上实现连续开口形式的微结构,但由于激光束主要是“射”过基板,与激光束平行的基板表面不能由激光束加工。通过激光束对基板的每个开口的开口表面进行重新加工是极其耗时的和昂贵的,因此不经济。此外,由于激光的入射角,也只能在有限的程度对开口进行这种加工。

发明内容

[0009] 因此,本发明的目的是提供一种具有特殊结构化的开口表面的基板以及一种用于制造该基板的方法。该目的通过独立权利要求的主题解决。有利的其它实施例在相应的从属权利要求中说明。

[0010] 因此,本发明涉及一种板状玻璃元件,包括热膨胀系数低于 $10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的玻璃质材料和两个相反的表面。玻璃元件还包括至少一个连接两个表面并在表面中开口的凹口,凹口延伸通过玻璃元件的玻璃并且凹口深度横向于、优选地垂直于玻璃元件的至少一个表面并对应玻璃元件的厚度。凹口具有绕凹口延伸并与两个相反的表面邻接的凹口壁。凹口壁具有的结构包括多个相邻的、圆形的、穹顶形凹陷。凹口壁的粗糙度由这些凹陷和凹陷周围的脊形成。凹口壁的平均粗糙度值(Ra)低于 $5 \mu\text{m}$ 、优选地低于 $3 \mu\text{m}$ 、优选地低于 $1 \mu\text{m}$ 、特别优选地低于 500nm 。然而,根据另一实施例,壁具有最小粗糙度。特别地,凹口壁的平均粗糙度值为至少 50nm 。

[0011] 由于玻璃元件特别光滑的凹口壁,玻璃元件特别适合用在微流控领域中。在此,凹口可以设计成细长的流体通道,流体可以类似无阻碍地流过。两个表面也可以彼此平行地延伸。这样的优点是,若干玻璃元件可以平面平行地堆叠布置并且通过这样的布置没有形成偏移。以此方式,若干玻璃元件可以在夹层结构中堆叠布置。这对微流控单元来说是尤其必要的,在此三个或更多个部件通常堆叠布置以引导流体通过通道,其中通道在两侧由布置在上方/下方的部件限制。

[0012] 在一具体的实施例中,凹口壁和/或外壁的平均粗糙度值(Ra)为至少 50nm 、优选地高于 $0.2 \mu\text{m}$ 、优选地高于 $0.4 \mu\text{m}$ 、优选地高于 $0.5 \mu\text{m}$ 。如此低的粗糙度不仅能够实现在微流控中应用,而且可以实现特殊的光学特性。当粗糙度在 $5 \mu\text{m}$ 和 $0.2 \mu\text{m}$ 之间时情况尤其如此。例如,Ra为 $5 \mu\text{m}$ 时玻璃元件比Ra为 $0.2 \mu\text{m}$ 时具有更哑光的凹口壁表面。

[0013] 优选地,穹顶形凹陷的深度为小于 $10 \mu\text{m}$ 、优选地小于 $5 \mu\text{m}$ 、更优选地小于 $2 \mu\text{m}$,其中深度由凹陷底的中心与凹陷周围的脊的平均峰高(mittleren Gipfel)之间的差限定。穹顶形在本发明的意义上理解为凹口壁具有拱顶,其中拱顶是凹的,特别是在玻璃元件的玻璃的方向上具有凹陷,其中拱顶可以以穹顶形突入玻璃元件中,而不限定于特定的截面。优选地,凹口壁的粗糙度由穹顶形凹陷的深度限定。这意味着,凹陷的深度决定了本发明意义上的平均粗糙度值。因此,如果深度小于 $10 \mu\text{m}$,则平均粗糙度值也小于 $10 \mu\text{m}$ 。也可以设想凹陷的深度大于 $0.2 \mu\text{m}$ 、优选地大于 $0.4 \mu\text{m}$ 、更优选地大于 $0.5 \mu\text{m}$ 。穹顶形凹陷确保了阻止裂纹形

成或裂纹延续,因为裂纹生长由不平整并且特别是拱顶中断。

[0014] 所有穹顶形凹陷可以具有大致相同的深度或者例如不同的深度。也可能的是,穹顶形凹陷高度偏移地布置。这意味着一些凹陷相对于其他凹陷偏移地布置,特别是从凹口壁的假想中心面在垂直于该表面的方向上。凹陷也可以相对于凹口壁的假想中心面区域性偏移,其中“区域地”意味着多个凹陷偏移相似的量。优选地,穹顶形凹陷偏移小于 $0.6\mu\text{m}$ 、优选地小于 $0.4\mu\text{m}$ 、更优选地小于 $0.2\mu\text{m}$ 的量。也可能的是,这种区域是点状或条状、例如条状,其中条可以横向或平行于玻璃元件的表面取向。以此方式,在凹口壁上可以形成波纹,其可以尤其是横向和/或平行于玻璃元件的表面取向。例如,这样的波纹可以为布置在玻璃元件或玻璃基板的凹口内的部件提供改善的保持性。

[0015] 在一有利的实施例中,穹顶形凹陷的横截面或横向尺寸或直径为小于 $20\mu\text{m}$ 、优选地小于 $15\mu\text{m}$ 、优选地小于 $10\mu\text{m}$ 。然而,一些凹陷也可以具有小于 $60\mu\text{m}$ 、优选地小于 $50\mu\text{m}$ 、更优选地小于 $40\mu\text{m}$ 的直径或横截面。通过巧妙地选择凹陷的大小或尺寸,例如可以确定凹口壁对部件或液体的摩擦力或阻力,使得可以更好地固定部件或液体更好地流过凹口。在此可以设想,穹顶形凹陷具有至少一种以下形状:圆形、椭圆形、蠕虫形(wurmförmig)或例如几个合并的凹陷的圆形细长形、多边形、例如六边形。此外,脊可以形成为凹陷之间的多边形边界线。因此,凹陷的边界线的角的平均数量可以为优选地小于8、优选地小于7、特别是6。当大多数穹顶形凹陷占据的区域在数学意义上是凸的时候,就会导致这样的特征。通过设置凹陷合适的形状,凹口壁或玻璃元件可以/甚至更好地适应特定的应用。

[0016] 有利地,玻璃元件还包括绕玻璃元件延伸并连接两个表面的外壁,外壁具有的结构包括多个相邻的、圆形的、穹顶形凹陷。在这方面,外壁可以具有与凹口壁的上述实施例相对应的特征。以此方式,例如借助于特别粗糙的外壁,玻璃元件本身也可以以防滑的方式布置在另一组件内。

[0017] 进一步可能的是,凹口壁和/或外壁形成圆形边缘。就本发明而言,这应理解为凹口壁和/或外壁的表面在整个表面上是粗糙的或结构化的。换句话说,凹口壁和/或外壁的表面具有连续的、不间断的穹顶形凹陷结构和/或布置在凹陷之间的脊。由此有效地防止凹口壁和/或外壁的裂纹生长或使裂纹生长最小化,使得更好地防止玻璃元件出现微裂纹。

[0018] 就本发明而言,这意味着凹口壁和/或外壁的表面在整个表面上是粗糙的或结构化的。换句话说,凹口壁和/或外壁80%、90%、特别是优选地95%或甚至98%的表面具有连续的、不间断的穹顶形凹陷结构和/或布置在凹陷之间的脊。以此方式,可以使用根据本发明的方法来制造多个具有至少一个结构化的外壁和可选地至少一个或多个结构化的凹口壁的微型组件,它们通过一个或多个腹板状连接与支架、特别是框形式的外周支架连接。为了使用组件,例如通过常规的断裂工艺必要时与引入预定断裂点(例如通过沿预期组件轮廓在腹板上细丝化)相结合,腹板状连接与其支架分离。

[0019] 还可以想象,波长范围在 300nm 和 1000nm 之间的可见光通过结构化的外壁和/或凹口壁及玻璃元件以及优选地还通过与凹口壁和/或外壁相对布置的第二壁的透射率高于80%、优选地高于85%、优选地高于90%,其中光的方向因此与凹口壁和/或外壁垂直并且与玻璃元件的至少一个表面平行。在此情况下,光路可以取向为使得其穿过至少一个、优选地两个壁或表面,其至少一个、或任选地两个具有穹顶形凹陷。如此高的透射率为玻璃元件或凹口壁提供特别高的光学质量。这使得玻璃元件特别适用于光学应用,从而可以用作例

如光学组件或光导。

[0020] 在一实施例中可以进一步规定,平均粗糙度值高于 $1\mu\text{m}$ 的凹口壁和/或外壁的反射率低于平均粗糙度值低于 $1\mu\text{m}$ 。可能的是,凹口壁和/或外壁的反射率随平均粗糙度值的增加而降低。例如,平均粗糙度值为 $0.5\mu\text{m}$ 的凹口壁和/或外壁的反射率大约是平均粗糙度值为 $1.4\mu\text{m}$ 的两倍。通过选择凹口壁和/或外壁的特殊粗糙度值,玻璃元件因此可以特别适合某些光学应用。因此,由于相对于可见光的散射行为,通过图像处理设备较高粗糙度的凹口壁容易与较低粗糙度的凹口壁区分,因此例如用于将玻璃元件作为整体布置(Ausrichten)。

[0021] 可以规定,凹口壁和/或外壁的粗糙度各向异性形成,其中各向异性可表示为参数A。在此A是商的平方,其中商由平行于玻璃元件的侧面取向的三个 $30\mu\text{m}$ 宽的测量带的平均粗糙度值(R_a)的平均值和垂直于玻璃元件的该侧面取向的三个 $30\mu\text{m}$ 宽的测量带的平均粗糙度值(R_a)的平均值形成。换句话说,商由沿凹口的边缘面延伸的三个测量带的平均粗糙度值的平均值与垂直于其延伸的三个测量带的平均值形成。因此,这些垂直延伸的测量带从一侧表面在相反侧面的方向上延伸。特别地,这种各向异性可以小于1、优选地小于0.8、优选地小于0.6。在此,本发明意义上的侧面可以理解为玻璃元件的两个相反的表面至少一个。各向异性可以由波纹或穹顶形凹陷相对于彼此的偏移形成。在此情况下,波纹或各向异性形成的粗糙度确保其他部件、例如电气部件可以位于凹口中,并且特别是在垂直于玻璃元件表面的方向上沿凹口壁移动时,通过增加的摩擦力防止相对于凹口壁位移。以此方式,即使在例如振动的情况下,位于凹口中的部件仍牢固地固定在凹口中。

[0022] 还规定,凹口壁和/或外壁的粗糙度各向异性形成,各向异性表示为参数A,其中A是商的平方,并且商由平行于玻璃元件的侧面取向的三个 $30\mu\text{m}$ 宽的测量带的平均粗糙度值(R_a)的平均值和垂直于玻璃元件的该侧面取向的三个 $30\mu\text{m}$ 宽的测量带的平均粗糙度值(R_a)的平均值形成,其中,各向异性大于1、优选地大于2、优选地大于3。在该实施例中,波纹可以垂直于玻璃表面取向,使得各向异性形成的粗糙度可以确保,凹口中的其它组件、例如电气组件通过相对于凹口壁增加的摩擦力而防止特别是在平行于玻璃元件表面的方向上沿凹口壁移动期间发生位移。另一方面,通过垂直于玻璃表面布置的波纹增加了组件的可移动性,因此部件可以更容易地位移。当组件、例如压力传感器处于经常性的机械应力下时,这可以是有利的,并且通过组件在玻璃元件中的可移动性可以防止组件和玻璃元件增加的磨损。

[0023] 因此,总的来说,在一实施例中,有利的是,各向异性(A):

- 大于1,
- 优选地大于1.5,
- 或甚至大于4,或
- 小于1。

[0024] 甚至可能的是,各向异性(A)大于8、9或10。在这样的实施例中,波纹可以特别明显。

[0025] 在另一有利的实施例中,凹口壁和/或外壁的粗糙度方向性形成,其中粗糙度至少在部分中具有显著性不同,并且该部分:

横向于凹口深度或至少一个表面取向,

或平行于凹口深度或至少一个表面，

其中，部分的平均粗糙度值的差小于 $4\mu\text{m}$ 、优选地小于 $2\mu\text{m}$ 、优选地小于 $1\mu\text{m}$ 。然而，也可以形成方向性粗糙度，例如通过相对于凹口壁的假想中心表面偏移的穹顶形凹陷。方向性的粗糙度使得在凹口壁和组件之间有针对性地安装气室，例如用于改善热绝缘或电绝缘。此外，通过巧妙地选择各向异性结构、特别是波纹，也可以更好地引导流体通过通道形凹口，例如如果波纹与流体的流动方向纵向地取向，或者如果来实现特别慢的流动则与流动方向垂直。

[0026] 在一有利的实施例中，玻璃元件的厚度可以大于 $10\mu\text{m}$ 、优选地大于 $15\mu\text{m}$ 、优选地大于 $20\mu\text{m}$ 和/或小于 $300\mu\text{m}$ 、优选地小于 $200\mu\text{m}$ 、优选地小于 $100\mu\text{m}$ 。然而，也可能的是，厚度大于 $300\mu\text{m}$ ，或小于 $10\mu\text{m}$ 、优选地小于 4mm 、优选地小于 2mm 、优选地小于 1mm 。特别是如此薄的玻璃可以通过在此说明的方法非常精细地结构化而没有破裂的风险。此外，由于低厚度，玻璃元件可以形成为柔性的，使得其可以弯曲。由于低厚度其他结合力通常起重要的作用，因此玻璃元件也可以形成为具有更高的机械稳定性以抵抗来自外部的机械应力。这些优点使得玻璃元件可以用在例如集成电路封装、生物芯片、传感器、相机成像模块和诊断技术设备中。

[0027] 在其他实施例中，也可以使用在受力时不变形或仅轻微变形的在 $300\mu\text{m}$ 和 3mm 之间的厚度范围、在特殊情况下甚至达 6mm 的玻璃元件。

[0028] 在另一实施例中，玻璃元件的横向尺寸大于 50mm 、优选地大于 100mm 、优选地大于 200mm 和/或小于 500mm 、优选地小于 400mm 、优选地小于 300mm 。例如每个具有一个或多个凹口的小玻璃元件然后可以从这种玻璃元件中分离出来。根据另一实施例，这种小玻璃元件或玻璃部件的横向尺寸可以为至多 5mm 、优选地至多 2mm 。通过这样的尺寸，玻璃元件可以最佳地用作微技术的部件。

[0029] 在另一有利的实施例中，玻璃元件的玻璃包括至少一种以下组分：

- 至少 $30\text{wt}\%$ 、优选地至少 $50\text{wt}\%$ 、特别优选地至少 $80\text{wt}\%$ 含量的 SiO_2 ，
- 至多 $10\text{wt}\%$ 含量的 TiO_2 。

[0030] 理想地，玻璃元件的玻璃形成为硼硅酸盐玻璃。这种玻璃具有特别高的热稳定性、透明性以及化学和机械稳定性，因此非常适合于广泛的应用、例如光学以及电子应用。

[0031] 该目的还通过一种用于制造具有结构化的壁的板状玻璃元件的方法或根据至少一个上述实施例的板状玻璃元件来实现。玻璃元件包括热膨胀系数低于 $10 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ 的玻璃质材料和两个相反的表面，其中在该方法中

-提供玻璃元件。

-将超短脉冲激光器的激光束引导到玻璃元件的一个表面上并通过聚焦光学器件集中在玻璃元件中形成细长焦点，其中激光束的辐射能量在玻璃元件的体积中产生多个细丝通道，通道的深度横向于玻璃元件的表面延伸，其中通道彼此间隔地布置，

-将玻璃元件暴露在蚀刻介质中，蚀刻介质以一定的去除速率去除玻璃元件的玻璃，其中通道通过蚀刻介质扩大而形成具有结构化的凹口壁的凹口，其中凹口壁绕凹口延伸并与两个相反的表面邻接，并且其结构包括多个相邻的、圆形的、穹顶形凹陷，由其形成凹口壁的粗糙度。在此情况下，凹口壁也可以理解为凹口的内边缘。

[0032] 在优选的实施例中，细丝通道沿闭合的轮廓排列，轮廓原则上可以是任何二维形状。在优选的实施例中，轮廓遵循规则的二维几何元素，如圆、椭圆、矩形、正方形或多边形，

使得在结构化的玻璃基板完成后,根据本发明的凹口可以作为例如电子组件的容纳部。

[0033] 通过设置激光参数,优选地有针对性地调节凹口壁的结构或粗糙度,以产生低于5 μm 、优选地低于3 μm 、优选地低于1 μm 的凹口壁的平均粗糙度值(Ra)。然而,至少平均粗糙度值优选地为50nm。

[0034] 以此方式,可以在基板上产生具有不同粗糙度的凹口和/或外壁,其中凹口和/或外壁的粗糙度的差为至少大于0.5 μm 、优选地大于1 μm 或更优地大于2 μm 。可以例如在基板中引入若干相同或不同粗糙度的用于组件的凹口连同用于在参考系统中作为整体对准组件的更高粗糙度的额外凹口。在其它实施例中,用于组件的凹口设置有各向异性的粗糙度,以在随后的应用过程中能够保证组件在其凹口中不仅最佳对准,而且理想就位。

[0035] 可以设想,该方法也可以用于制造根据上述实施例的玻璃元件,因此可以实现上述优点。在这方面,该方法特别适合于工业制造过程,因为其允许在若干玻璃元件中同时产生多个凹口。在第一方法步骤中,提供至少一个特别是没有凹口的玻璃元件。在进一步特别是第二步中,在玻璃元件中产生至少一个、但优选地若干并且特别优选地多个特别是细丝通道形式的损伤,以便理想地能够通过损伤/通道形成玻璃元件的穿孔,损伤/通道优选地在随后的蚀刻过程中扩大至通道合并的程度,并且因此玻璃元件的各个部分可以从玻璃元件分离,并且以这种方式可以产生凹口。

[0036] 为此目的,优选地产生若干彼此相邻的损伤/通道,使得一系列的凹口形成更大的结构,理想地待产生的凹口的形状。损伤/通道在其纵向方向上横向于玻璃元件的至少一个表面、理想地两个表面延伸。在此情况下,通道从一个表面并且特别是垂直于该表面通过玻璃元件延伸到另一相反布置的表面,并打通两个表面。

[0037] 通过超短脉冲激光器的至少一激光束在玻璃元件中产生损伤/通道。通过激光产生凹口优选地基于若干以下步骤:

-将超短脉冲激光器的激光束引导到玻璃元件的一个表面上。通过聚焦光学器件激光束可以集中为玻璃元件中的细长焦点。在此情况下,可以选择发射波长,使得玻璃元件基本上是透明的,即大于0.9、优选地0.95、更优选地大于0.98的透射率。

-超短脉冲激光器将一个或多个脉冲或脉冲组(所谓的突发脉冲)发射到玻璃元件上,并且在此过程中,激光能量的非线性吸收优选地由高功率激光脉冲的电磁场与玻璃元件之间的相互作用引起,这优选地在细长焦点位置处的玻璃元件的材料中产生细丝损伤(特别是以基本圆柱形通道的形式),并且细丝损伤扩大以形成通道。

-以此方式,产生大量的通道,其中的通道、特别是其在玻璃元件上或玻璃元件中的排列选择为使得许多彼此相邻排列的通道形成待产生的凹口的轮廓。通道可以彼此相距一定距离排列。

[0038] 根据本发明合适的激光源是波长1064nm的掺钕钇铝石榴石激光器(Nd:YAG激光器)。例如,激光源产生(1/e²)-直径12mm的原始光束,可使用焦距16mm的双凸透镜作为光学器件。如有必要,可以使用合适的光束整形光学器件、如伽利略望远镜来产生原始光束。激光源特别是在1kHz和1000kHz之间、优选地在2kHz和100kHz之间、特别优选地在3kHz和200kHz之间的重复率操作。这种重复率和/或扫描速度可以选择为使得实现相邻损伤/通道的希望距离。

[0039] Nd:YAG激光器的其他变体、如通过二倍频(SHG)或三倍频(THG)产生的波长532nm

或355nm或还如Yb:YAG激光器(发射波长1030nm)可以以适当的方式用作光束源。

[0040] 还可以设想,激光脉冲分成多个单脉冲并且小于10、优选地小于8、优选地小于7和/或大于1、优选地大于2、优选地大于3。这些单脉冲可以组合成脉冲包、即所谓的突发,并且特别是在连续的激光脉冲中发射。优选地将这些单脉冲引导到玻璃表面上的同一点或位置,因此由连续的单脉冲造成的损伤进一步扩大,使得形成优选地延伸通过玻璃元件的整个厚度或体积的通道。

[0041] 有利地,可以通过巧妙地选择脉冲包内单脉冲的数量来影响待产生的凹口/通道壁,并且特别是可以有针对性地调节凹口/通道壁的结构。由于激光脉冲的总功率分布在脉冲包或突发中的若干单脉冲上,与单个激光脉冲相比,每个脉冲的能量较低。因此,每个单脉冲的能量随单脉冲数量的增加而减少。然而,可以规定单脉冲的脉冲能量可以灵活调整,特别是脉冲能量基本保持不变或脉冲能量增加或脉冲能量减少,其中优选地,突发或脉冲包的第一单脉冲具有单脉冲的最低或最高能量。此外,当超短脉冲激光器以突发模式操作时,重复率可以是突发发射的重复率。此外,单脉冲以时间延迟击中玻璃元件的表面或损伤,因此每个单脉冲都会改变先前产生的凹口/通道壁的状态。以此方式,通过选择突发的单脉冲的数量可以有针对性地结构化和改变凹口/通道壁。

[0042] 激光源的典型功率在20至300瓦的范围是特别有利的。为了实现损伤/通道,根据本发明有利的进一步发展,使用超过400微焦耳的脉冲和/或脉冲包的脉冲能量,进一步有利地超过500微焦耳的总能量。激光脉冲合适的脉冲持续时间在小于100ps、优选地小于20ps的范围。

[0043] 然而,也可以选择小于15ps、优选地小于10ps、优选地小于5ps的脉冲持续时间。优选地使用1ps的脉冲持续时间来产生光滑的凹口/通道壁,特别是具有低粗糙度或低平均粗糙度值。粗糙度可以随脉冲持续时间的增加而增加。其中一个原因可能是玻璃的热性能,因为通过更长的脉冲持续时间,玻璃暴露在激光能量的时间更长,因此也暴露在由此产生的激光束的热量的时间更长,由此例如通过膨胀破坏热稳定性较差的玻璃。因此,通过精确选择脉冲持续时间,可以以特殊的方式损坏玻璃元件的玻璃,因此理想地也能使凹口/通道壁变得粗糙。这同样可以意味着,具有低热膨胀系数的玻璃比具有高热膨胀系数的玻璃受到的破坏小。脉冲持续时间基本上与激光器以单脉冲模式还是突发模式操作无关。突发内的脉冲通常与单脉冲模式中的脉冲具有相似的脉冲长度。突发频率可以在15MHz至90MHz的范围、优选地在20MHz至85MHz的范围并且例如为50MHz。

[0044] 也有利的是,通道彼此相距一定距离排列并且该距离为小于20 μm 、优选地小于15 μm 、优选地小于10 μm 和/或大于1 μm 、优选地大于2 μm 、优选地大于3 μm 。然而,通道之间的距离也可以大于5 μm 和/或小于100 μm 、优选地小于50 μm 、优选地小于15 μm 。

[0045] 无论通道的直径,相邻通道之间的距离也可以称为节距,即例如同时发射或特别是连续发射的彼此偏移一定距离的激光脉冲之间的距离。这个距离从通道的中心到中心或者从脉冲的中心到相邻脉冲的中心测量。通过选择通道之间的距离可以影响粗糙度,特别是具有与玻璃元件厚度和通道之间的距离相对应的尺寸的通道之间的部分无需刻意通过激光处理,而只进行后续的蚀刻处理。

[0046] 因此,可以产生两种不同的区域,一种是通过激光并且优选地蚀刻介质对其表面结构化,另一种是仅借助在产生通道后玻璃元件暴露于此的蚀刻介质对其表面结构化。以

此方式,特别是可以产生方向依赖的或各向异性的凹口壁的粗糙度。在此情况下,通道之间的区域优选地可以与通道的区域具有不同的粗糙度,其中两个区域的纵向延伸优选地平行于激光束或横向于、特别是垂直于玻璃元件的至少一个表面延伸,使得理想地可以形成大于1的各向异性。

[0047] 在进一步优选地最后步骤中,包括在其中产生的通道的玻璃元件暴露在蚀刻介质中,以便以可设定的去除速率从玻璃元件去除玻璃,由此通道由蚀刻介质并且特别是产生的去除扩大。以此方式,可以形成具有结构化的凹口壁的凹口并且优选地若干凹口。在此情况下,去除通常可以产生凹口壁和/或外壁的穹顶形凹陷。有利的是,将蚀刻介质填充到容器、例如罐、锅或盆中,并且特别是一个或多个玻璃元件然后至少部分地保持或浸在容器或蚀刻介质中。

[0048] 蚀刻介质可以是气态的,但优选地是蚀刻液。因此,根据一实施例,蚀刻湿法化学地进行。这对于在蚀刻期间从内通道表面去除玻璃成分是有利的。如果通道壁特别不平滑或平坦,则例如通过选择合适的激光参数、例如突发、节距和/或脉冲持续时间,凹陷可以通过蚀刻或湿法化学蚀刻或材料去除添加到凹口/通道壁。以此方式,凹口壁可以提供或产生高或低的粗糙度、特别是希望的有利的穹顶形凹陷。

[0049] 打算使用酸性或碱性溶液作为蚀刻液。适合的酸性蚀刻介质包括HF、HCl、H₂SO₄、氟化氢铵、HNO₃溶液或这些酸的混合物。对于碱性蚀刻介质,例如,可以考虑KOH或NaOH碱液。它们对低碱金属含量的玻璃组合物特别有效,因为碱性蚀刻液在这种玻璃中比强碱金属玻璃的情况不太可能快速过饱和,因此可以更长时间保持其蚀刻能力。因此理想地,根据待蚀刻的玻璃元件的玻璃来选择待使用的蚀刻介质。因此,取决于玻璃组合物,对于硅酸盐玻璃可以选择酸性蚀刻介质来设定快的去除速率,或者选择碱性、特别是碱金属蚀刻介质来设定慢的去除速率。

[0050] 蚀刻优选地在高于40°C、优选地高于50°C、优选地高于60°C和/或低于150°C、优选地低于130°C、优选地低于110°C、特别是达100°C的温度进行。该温度使待从玻璃基体中溶解出来的玻璃元件的玻璃的离子或组分产生足够的移动性。

[0051] 另一因素是时间。例如,如果玻璃元件暴露在蚀刻介质中数小时、特别是超过30小时,通过可以实现更高的去除速率。另一方面,可以通过将玻璃元件暴露在蚀刻介质中不到30小时、例如只有10小时来限制去除。最好地,去除速率选择为使得穹顶形凹陷形成具有数学上最小的周长或横截面的最大体积的形状,特别是圆形形状或者近似六边形或多边形形状。以此方式,可以实现凹口壁均匀的粗糙度。

附图说明

[0052] 下面参考附图更详细地说明本发明。在附图中,相同的附图标记表示相同或相应的元素。

[0053] 图1示出了通过激光在玻璃元件中产生损伤的示意图。

[0054] 图2示出了具有多个损伤的玻璃元件的示意图。

[0055] 图3示出了玻璃元件的蚀刻过程的示意图。

[0056] 图4示出了蚀刻工艺并且分离部分以产生凹口后玻璃元件的示意图。

[0057] 图5示出了玻璃元件的凹口壁的电子显微镜图像。

- [0058] 图6示出了凹口壁的粗糙度的测量结果作为脉冲持续时间的函数。
- [0059] 图7示出了凹口壁的粗糙度的测量结果作为突发的函数。
- [0060] 图8示出了凹口壁的粗糙度的测量结果作为节距的函数。
- [0061] 图9示出了脉冲持续时间1ps时具有强各向异性的凹口壁的表面测量结果。
- [0062] 图10示出了脉冲持续时间10ps时具有平行于激光的强各向同性的凹口壁的表面测量结果。
- [0063] 图11示出了脉冲持续时间10ps时具有垂直于激光的强各向异性的凹口壁的表面测量结果。
- [0064] 图12示出了脉冲持续时间为10ps时没有明显各向异性的凹口壁的表面测量结果。
- [0065] 图13示出了凹口壁的透射测量的示意图。
- [0066] 图14示出了凹口壁的反射测量的测量结果。

具体实施方式

[0067] 图1示意性示出了具有两个表面2以及厚度D的玻璃元件1,两个表面彼此相对地布置,使得玻璃元件的体积布置在表面之间,厚度D限定了两个表面2之间的距离。由此,表面可以相互平行地布置。玻璃元件1进一步在纵向方向L和横向方向Q上延伸。优选地,玻璃元件1还具有至少一个外表面4,其理想地尤其是完全围绕玻璃元件1,并且其高度与玻璃元件1的厚度D相对应。因此,玻璃元件1的厚度D和侧面4的高度理想地在纵向方向L上延伸,其中玻璃元件的表面可以在横向方向上延伸。

[0068] 在第一方法步骤中,通过激光器101、优选地超短脉冲激光器101在玻璃元件1的体积中产生尤其是通道16形式的损伤或通道形损伤16。为此,激光束100借助聚焦光学器件102、例如具有未校正的球面像差的透镜或在各个元件的累积作用下具有增加的球面像差的透镜系统聚焦,并引导到玻璃元件的表面2。通过激光束100在玻璃元件1的体积内的区域上聚焦、特别是细长聚焦,激光束100的辐射能量确保产生细丝损伤并且也尤其是扩大细丝损伤以形成通道16,例如通过使用突发模式,其中脉冲包形式的若干单脉冲产生损伤或通道16。

[0069] 为了能够最佳地结构化待在后来的方法步骤中产生的凹口10的表面,有利的是有针对性地设置某些激光参数,以便在产生损伤和/或通道期间已经对其表面进行预处理。为此,例如,可以精确调节至少一个以下参数:激光束100的脉冲持续时间,其优选地在皮秒或飞秒范围;脉冲包或突发中单脉冲的数量;发射的激光束100相对于彼此的距离,即产生的损伤/通道16的距离;激光器的能量或频率。不限于该实施例,脉冲包的频率可以为例如12ns至48ns、优选地约20ns,其中脉冲能量可以为至少200微焦耳,突发能量可以相应地为至少400微焦耳。通过适当选择这些参数的某些值,可以事先有针对性地调节待产生的凹口10的凹口壁11的粗糙度。

[0070] 优选地,如图2所示,在进一步步骤中产生了多个通道16,其理想地彼此相邻地排列,使得多个通道16导致穿孔,并且该穿孔或多个通道16形成结构17的轮廓。在最好的情况下,以此方式产生的结构17与待产生的凹口10的形状相对应。换句话说,间隔18和通道16的数量选择为使得形成待产生的凹口的轮廓。通道16的间隔18与激光器的节距(Pitch)、即待发射的激光束100的间隔18相对应。

[0071] 图3示出了进一步的步骤。在借助激光器101在玻璃元件1中产生多个通道16后,优选地由通道结构化的玻璃元件1放在蚀刻介质200中。为此,玻璃元件优选地可拆卸地布置在支架50上,其中玻璃元件1可以仅放在支架50上或者可以固定在支架上。在此情况下,玻璃元件1借助支架50保持并且特别是浸泡在蚀刻介质200、优选地蚀刻液中,蚀刻介质优选地布置在容器202中。理想地,容器202具有用于此目的的材料,其对蚀刻介质200是基本耐受的。这意味着容器202的材料是基本上耐受的,使得蚀刻介质200对容器材料的侵害或侵蚀程度非常小,或者与蚀刻介质200接触的容器202的材料的离子和原子基本保持在容器202的体积内,使得蚀刻介质200的组分与容器202接触而理想地保持不变。然而,也可以想象,蚀刻介质200的组分受与容器接触的影响,并且尤其是从容器202释放的容器成分改变蚀刻介质200的蚀刻性,从而在希望的方向上改变玻璃元件的去除70的去除速率。然而,也可以例如通过蚀刻介质200的物理和/或机械诱导运动、特别是例如通过磁搅拌器的搅拌或通过局部温度变化改变去除速率。优选地,蚀刻介质200加热到40°C和150°C之间的温度以实现最佳的去除速率。

[0072] 优选地,酸性或碱性溶液、特别是碱性溶液、例如KOH用作蚀刻介质200。理想地,使用pH值>12的碱性蚀刻介质200,例如浓度>4mol/l、优选地>5mol/l、特别优选地>6mol/l但<30mol/l的KOH溶液。不限于该实施例,蚀刻优选地在蚀刻介质的温度>70°C、优选地>80°C、特别优选地>90°C并且尤其是约100°C或低于160°C进行。

[0073] 例如,可以通过玻璃元件1暴露于蚀刻介质200的时间来调节去除70或去除速率。为此,玻璃元件1在蚀刻介质200中停留的时间越长,希望的蚀刻70就越大。为了通过激光器100预结构化的通道壁或通道16的壁达到其目标结构或实现待产生的凹口10或凹口壁11的希望粗糙度,小于5 $\mu\text{m}/\text{h}$ 的去除速率是最佳的。特别地,希望的平均粗糙度值也可以通过总蚀刻时间来实现。为此,有利的是蚀刻时间为至少12小时。然而,去除也可以变化并且例如蚀刻时间16h时为34 μm 、30h时为63 μm 、48h时为约97 μm 。

[0074] 理想地,去除70和蚀刻时间选择为使得相邻通道之间的材料去除到通道合并的程度,并且尤其是通过通道16的合并产生连续的开口,例如如图4示意性所示。不限于图4所示的示例,连续的开口也可以采取任何其他形状和/或轮廓。然而,重要的是,通过通道16的合并并在玻璃元件1中产生大开口,其中玻璃元件1的先前由通道封闭的内部部分20通过通道的合并而暴露,并且尤其是可以分离或去除。在此过程中,产生具有凹口壁11的凹口10。

[0075] 理想地,凹口壁11具有特别是带有针对性地调节的粗糙度或平均粗糙度值的均匀结构。然而,也有利的是,例如通过针对性地调节去除速率,凹口壁11各向异性形成,特别是以仅仅不完全地或部分地去除通道之间的中间区域的形式,使得凹口壁11具有这样的中间区域30和通道区域31。通过改变中间区域30和通道区域31,可以在凹口壁11上形成波纹,其优选地形成各向异性的或方向依赖的凹口壁11的粗糙度。

[0076] 为了能够最佳地调节凹口壁的结构或粗糙度,可以假设存在至少一个以下关系:

- 突发 \times 脉冲持续时间=恒定

- 节距/蚀刻=恒定

[0077] 鉴于这些关系,显然激光参数、特别是节距和突发或脉冲包的单脉冲的数量对凹口壁的粗糙度有相当大的影响。

[0078] 图5示出了凹口壁11的通道区域31的电子显微镜图像。分布在凹口壁11上的大量

穹顶形凹陷12清晰可见。在此情况下,凹陷12排列为使得它们彼此相邻,其中凹陷12理想地由脊13包围,这可以例如抑制裂纹生长。从图像可以看出,凹陷12形成凹的弯曲,其拱顶在玻璃体积的方向上延伸,因此特别地脊13相对于中心面比例如凹陷底14高。在此情况下,凹陷底14相对于脊13基本形成凹陷的最低点,并且优选地脊13形成最高点或最高线。然而,相对于弯曲或拱顶,脊13仅仅很窄。

[0079] 穹顶形凹陷的深度可以在 $10\mu\text{m}$ 和 $0.1\mu\text{m}$ 之间,其中在 $0.2\mu\text{m}$ 和 $2\mu\text{m}$ 之间的深度是优选的,因为深度基本上决定了凹口壁11的粗糙度,并且特别是对应于凹陷底14的中心和凹陷周围的脊13之间的差。这意味着,凹陷12的深度基本上决定了凹口壁11的平均粗糙度值(Ra)。其他因素、如波纹和/或中间区域30也对平均粗糙度值(Ra)有贡献。最佳地,平均粗糙度值(Ra)在 $0.2\mu\text{m}$ 和 $4.5\mu\text{m}$ 之间。

[0080] 此外,凹陷12具有尺寸优选地在 $5\mu\text{m}$ 和 $30\mu\text{m}$ 之间、特别是在 $10\mu\text{m}$ 和 $20\mu\text{m}$ 之间的横截面15。凹陷12的横截面15或形状可以是多边形。在此情况下,脊13形成凹陷12之间的边界线,其中由于凹陷12的多边形形状,脊13也可以是有角的。理想地,凹陷12在蚀刻过程期间形成为使得它们形成节省空间的横截面15,例如具有的角的数量在5和8之间、优选地恰好6,因为这种形状提供了数学上最小的周长同时具有最大的体积,即最接近圆形形状。特别地,可以设置均匀的且一致的粗糙度,从而玻璃元件可以特别精确地适应预期应用。

[0081] 图6图形化地示出了在凹口壁11处的平均粗糙度值(Ra)的测量值,其由通过激光引入损伤16和随后通过蚀刻损伤形成通道16来扩大的上述组合产生。该图示出了通过上述方法产生的平均粗糙度值(Ra)作为不同激光参数的函数。平均粗糙度值(Ra)标在纵坐标上,而突发的单脉冲或脉冲包的数量在横坐标上。测量点的大小或直径代表脉冲和通道之间的节距或距离。此外,右侧示出了脉冲持续时间1ps时产生的粗糙度的粗糙度测量值,左侧示出了脉冲持续时间10ps时产生的粗糙度的粗糙度测量值。平均粗糙度值(Ra)的分布表明粗糙度对脉冲持续时间、脉冲的数量和脉冲的间隔的依赖性。

[0082] 如图所示,短的脉冲持续时间、例如1ps比更长的脉冲持续时间、例如10ps的情况产生更低的平均粗糙度值(Ra)或凹口壁11更光滑的表面。特别地,该图还示出了,通过更低的脉冲持续时间,节距并且优选地突发或单脉冲的数量都比在更高的脉冲持续时间影响小。因此,在约10ps的更高脉冲持续时间,特别是在高节距和高突发,测量的平均粗糙度值(Ra)特别高,约在 $1\mu\text{m}$ 和 $2\mu\text{m}$ 之间,而在低脉冲持续时间,平均粗糙度值(Ra)低于 $1\mu\text{m}$,与节距和突发无关。这意味着在低脉冲持续时间可以实现凹口壁11特别低的粗糙度。

[0083] 图7和图8图形化地示出了凹口壁11的平均粗糙度值(Ra)的测量值。然而,平均粗糙度值(Ra)以突发、即单脉冲的数量(在图7中标在横轴上;在图8中标在纵轴上)和节距、即脉冲包的间隔(在图7中标在纵轴上;在图8中标在横轴上)的函数示出。两个图示出了在10ps的脉冲持续时间产生的粗糙度的测量值。连接测量点的线表示在蚀刻过程期间去除的玻璃量。图7和8表明了凹口壁11和/或外壁11可产生的粗糙度对节距和突发的依赖性。在此明显的是,尤其是在从例如 $12\mu\text{m}$ 的高节距和从例如7的高突发,粗糙度或测量的平均粗糙度值(Ra)特别高,例如在 $3\mu\text{m}$ 以上的范围。另一方面,甚至在1和2之间的低突发,从 $6\mu\text{m}$ 以上的节距的测量的平均粗糙度值(Ra)相对较高,例如大于 $1.5\mu\text{m}$ 。由于测量值曲线基本上平行地延伸且很大程度重叠,因此可以得出结论:去除对在凹口壁11和/或外壁4中产生的粗糙度只有很小影响。基本上,凹口壁11和/或外壁4的粗糙度可以通过选择激光参数、特别是脉

冲持续时间、节距和突发来调节。

[0084] 因此,可以看出,特别粗糙的凹口壁11和/或外壁4可以通过提供至少一个以下参数、优选地以下参数的组合的参数域来产生:

- 长的脉冲持续时间,例如大于1、优选地大于3、优选地大于5,
- 数量多的脉冲包(突发)的单脉冲,例如7个以上,
- 大的节距,例如10 μm 以上。

[0085] 另一方面,特别光滑的凹口壁11和/或外壁4、特别是具有低粗糙度值的那些可以通过提供至少一个以下参数、优选地以下参数的组合的参数域来产生:

- 短的脉冲持续时间,例如小于5、优选地小于3、优选地小于1,
- 脉冲包(突发)的单脉冲的数量在2和7之间,
- 小的间距,例如小于15 μm 。

[0086] 然而,在该方法的改进中,规定为了分离出一个或多个内部部分20,至少小的节距、即玻璃元件1上激光束100的两个入射点或至少两个通道16之间的空间距离为至多6 μm 、优选地至多4.5 μm ,和/或去除为34 μm 以上。特别地,小的节距或大的节距和高去除的组合对分离出至少一个内部部分20是有利的,以便在蚀刻过程期间把通道扩大到它们连接的程度。这可以通过足够高的去除来实现。

[0087] 因此,图6至图8表明,由于玻璃质材料的特性、例如热膨胀系数,选择的激光参数对凹口壁11的粗糙度有决定性影响。在此情况下,有意选择热膨胀系数低于 $10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的玻璃,以便能够以最佳方式设置粗糙度。此外,可能有利的是,热膨胀系数高于 $0.1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 、优选地高于 $1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 、更优选地高于 $2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$,使得玻璃的膨胀能力足以响应激光能量。不限于所示实施例,就加工性而言,SiO₂含量在30wt%和80wt%之间和/或TiO₂含量至多10wt%的玻璃是特别适合的。

[0088] 图9至12示出了在蚀刻槽中去除10 μm 后具有方向依赖粗糙度的凹口壁11在约800 μm 宽度和约750 μm 高度的测量范围的表面测量。测量范围宽度与玻璃元件的表面2平行,而测量高度与玻璃元件1的表面垂直并且特别是与激光束100平行。相对于凹口壁11的平均表面凹陷12的粗糙度或深度(μm)可以从图右边缘的刻度读出。

[0089] 图9和10示出了具有粗糙度的凹口壁11,粗糙度是各向异性的并且特别是带状地平行于激光束或垂直于/横向于玻璃元件1的表面2。各向异性的系数A优选地为大于1。如图9所示,这种各向异性在约1ps的短脉冲持续时间、2的低突发和10 μm 的节距是特别突出的。穹顶形凹陷12很难辨认,然而明显地网格状或类似于彼此相对排列的网格状突出,特别是在激光束的方向上堆叠排列,使得凹陷12的排列形成垂直于/横向于玻璃元件的表面2延伸的条纹。在此情况下,凹陷12显示为圆形,有时圆形的横截面。

[0090] 如图10所示,在10ps、突发1和节距10 μm 产生的凹口壁11的情况是不同的。如图9所示,粗糙度是各向异性的并且尤其是平行于激光束和/或垂直于/横向于玻璃元件1的表面2延伸。然而,各个凹陷12在此更多是蠕虫形,其中蠕虫形优选地沿平行于激光束100和/或垂直于/横向于玻璃元件1的表面2的方向延伸。就本发明而言,蠕虫形理解为凹陷12周围的脊13形成不均匀的高度并且在某些区域中的高度可能对应于凹陷的深度,或者至少明显小于凹陷周围的脊13的主要部分的高度。在两个或多个相邻的凹陷的脊13的至少一个区域具有如此低的高度情况下,凹陷12在测量图中显示大致均匀的深度,使得蠕虫形由各个凹陷12

的并列产生。总之,可以看出,使用10ps的脉冲持续时间(图10;0.50 μm 的平均粗糙度值)时凹口壁11比使用1ps的脉冲持续时间(图9;0.38 μm 的平均粗糙度值)时明显更粗化,因此也更暗淡或粗糙。因此,可以通过改变脉冲持续时间特别精确地调节平均粗糙度值(Ra)。

[0091] 图11示出了具有在横向于激光束100和/或平行于玻璃元件1的表面2延伸的方向上是各向异性的、优选地带状的粗糙度的凹口壁11。在此情况下,各向异性的系数A优选地为小于1。凹口壁11在此基本上显示为两个带状延伸的区域,每个区域的凹陷12优选地具有均匀的深度,使得这些区域基本上以凹陷的深度区别。这导致测量结果的灰度值或每个区域的平均粗糙度值(Ra)相对均匀。

[0092] 图12示出了在脉冲持续时间10ps、突发2并且节距3 μm 产生的平均粗糙度值为1.05 μm 的凹口壁11。在该示例中,穹顶形凹陷12在凹口壁11上基本上均匀地分布,使得仅非常少的各向异性或没有各向异性形成。优选地圆形至椭圆形的凹陷12的横截面也相对相似地明显,因此在凹口壁11上形成均匀的结构。

[0093] 图13和14示意性示出了透射测量的构造和反射测量的测量结果。有利地,玻璃元件可以设计为透明的,特别是允许透射可见光或更普遍地透射波长范围在300nm和1000nm之间的光。由先前说明的方法产生的凹口壁11和/或外壁4的结构化具有有利的塑光特性,例如以抑制激光二极管的斑点效应或其他干涉效应。为此,凹陷12或壁的结构、特别是根据图9-12所示的形状可以例如均匀地或各向异性地设计,以影响光通过。优选地,玻璃元件1使光既能通过凹口壁11和/或外壁4又能通过玻璃元件的表面2,因此可以通过玻璃元件1传输或接收电磁波。

[0094] 特别有利地,特别是通过上述方法调节的0.5 μm (Ra)粗糙度的壁11、4和玻璃元件1的体积能够透射90%以上波长范围在300nm和1000nm之间的光。然而,如果壁11、4要具有更低的透射率,则平均粗糙度值(Ra)可以调节为例如1.4 μm 的值,使得只有例如刚超过86%的波长范围在300nm和1000nm之间光透射,而更多的光被反射。

[0095] 这还可以通过图13示意性示出的测量装置证明。借助积分球81和光束80、例如波长690nm的光束80,可以测量透射率。光束80通过玻璃元件1的约10mm体积、可以特别地抛光的外壁4并通过或穿过凹口壁11。凹口壁11布置为使得它位于积分球81的入口点中或正前方。以此方式,光束可以散射在壁11、4上,并且所有的角度可以借助积分球81检测。为了能够独立于玻璃元件1的体积和/或其他壁来确定来自壁11、4的透射,也可以设想从透射率的测量结果减去玻璃元件1的体积和/或抛光壁的透射比例。为了能够确定玻璃元件1的体积和/或其他壁的透射比例,例如可以通过以此方式测量玻璃元件的透射,使得光通过玻璃元件1的表面2,或者借助反射测量来确定光从壁的反射程度,其然后可以从透射率测量的总测量结果中减去。

[0096] 图14示出了反射测量的结果。通过光波导或光纤交换器将光引导到壁11、4上,并且在300nm和1000nm之间的波长范围中检测由壁11、4反射的光。有利地,记录的测量结果表明,可以通过壁11、4的粗糙度调节反射程度,或者可以根据粗糙度调节希望的反射程度。例如可以看出,从例如平均粗糙度值1.4 μm 的粗糙的壁11反射的光比例如平均粗糙度值0.5 μm 的不太粗糙或甚至光滑的壁11、4明显更低。

附图标记列表

1	板状玻璃元件
2	表面
4	外壁
10	凹口
11	凹口壁
12	穹顶形凹陷
13	脊
14	凹陷底
15	横截面
16	通道/损伤
17	结构
18	角
20	内部部分
30	中间区域
31	通道区域
50	支架
70	去除
80	光束
81	积分球
90	粗糙的壁
91	光滑的壁
100	激光束
101	激光器/超短脉冲激光器
102	聚焦光学器件

200	蚀刻介质
202	容器
L	纵向方向
Q	横向方向
D	玻璃元件的厚度

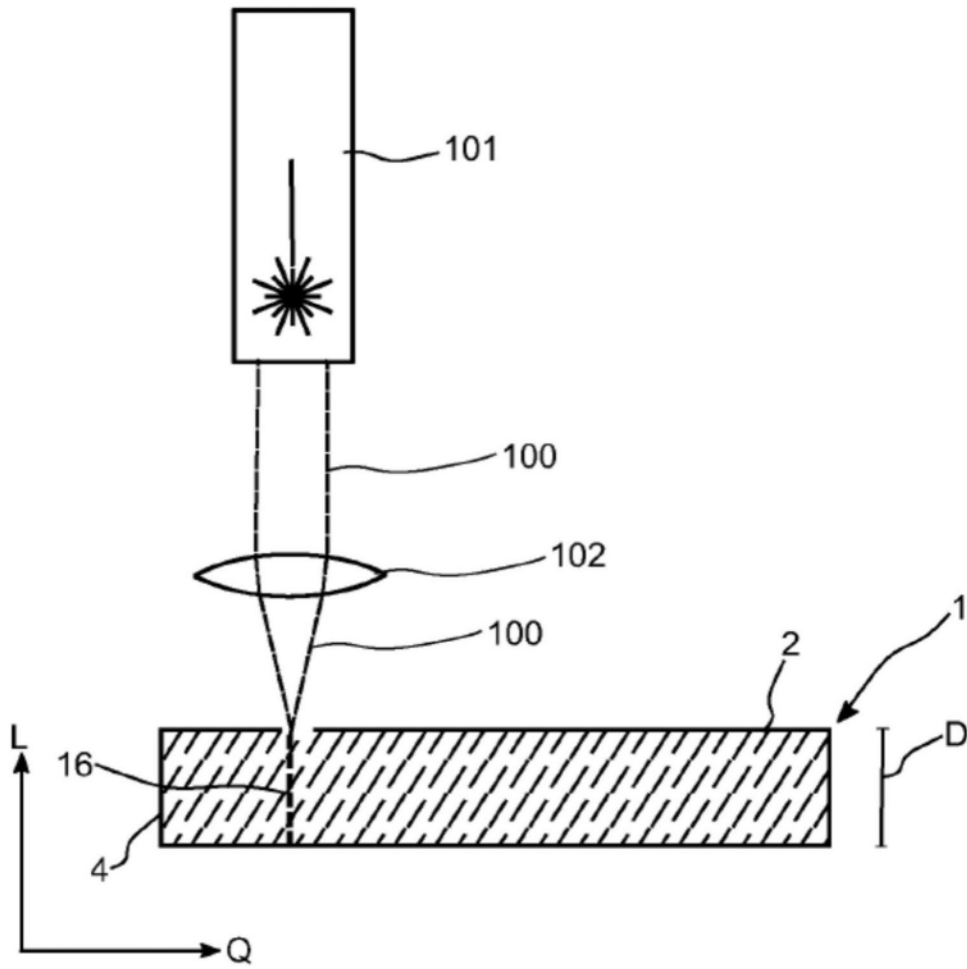


图1

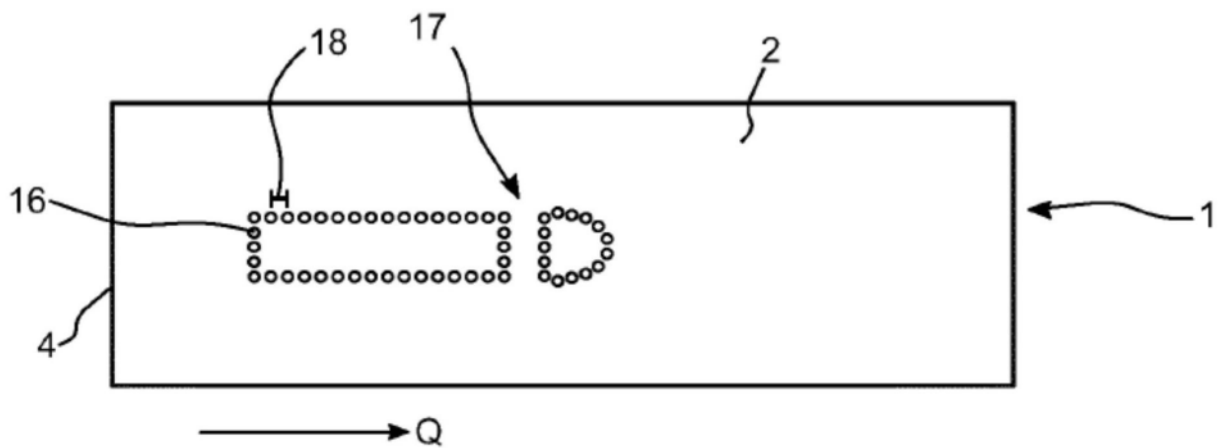


图2

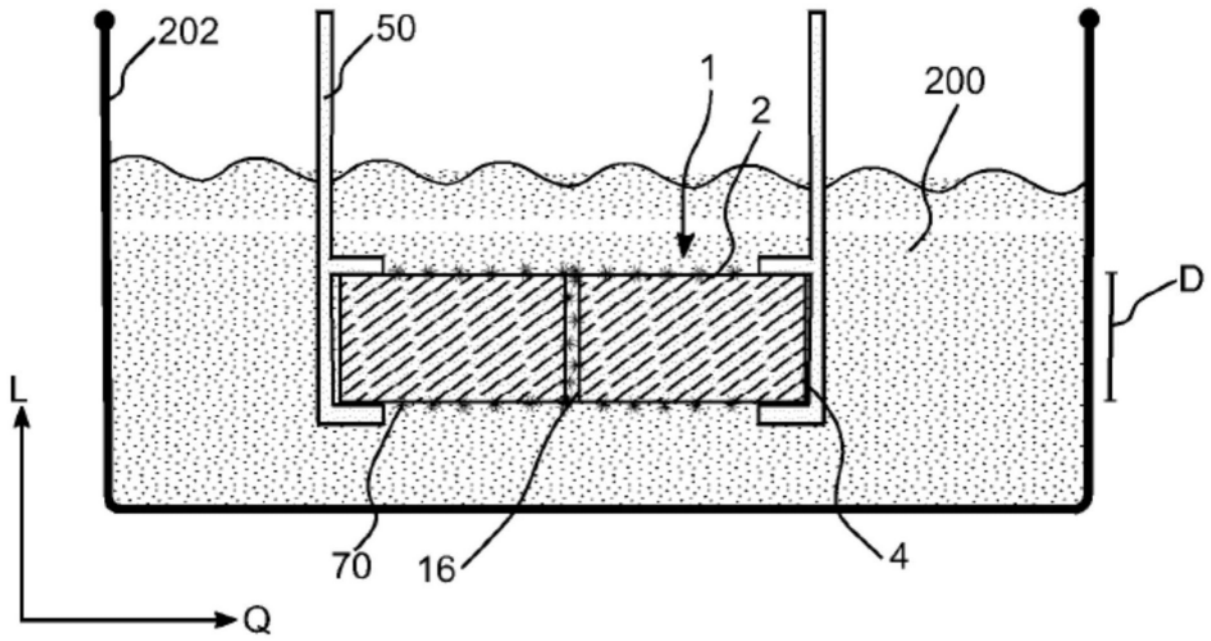


图3

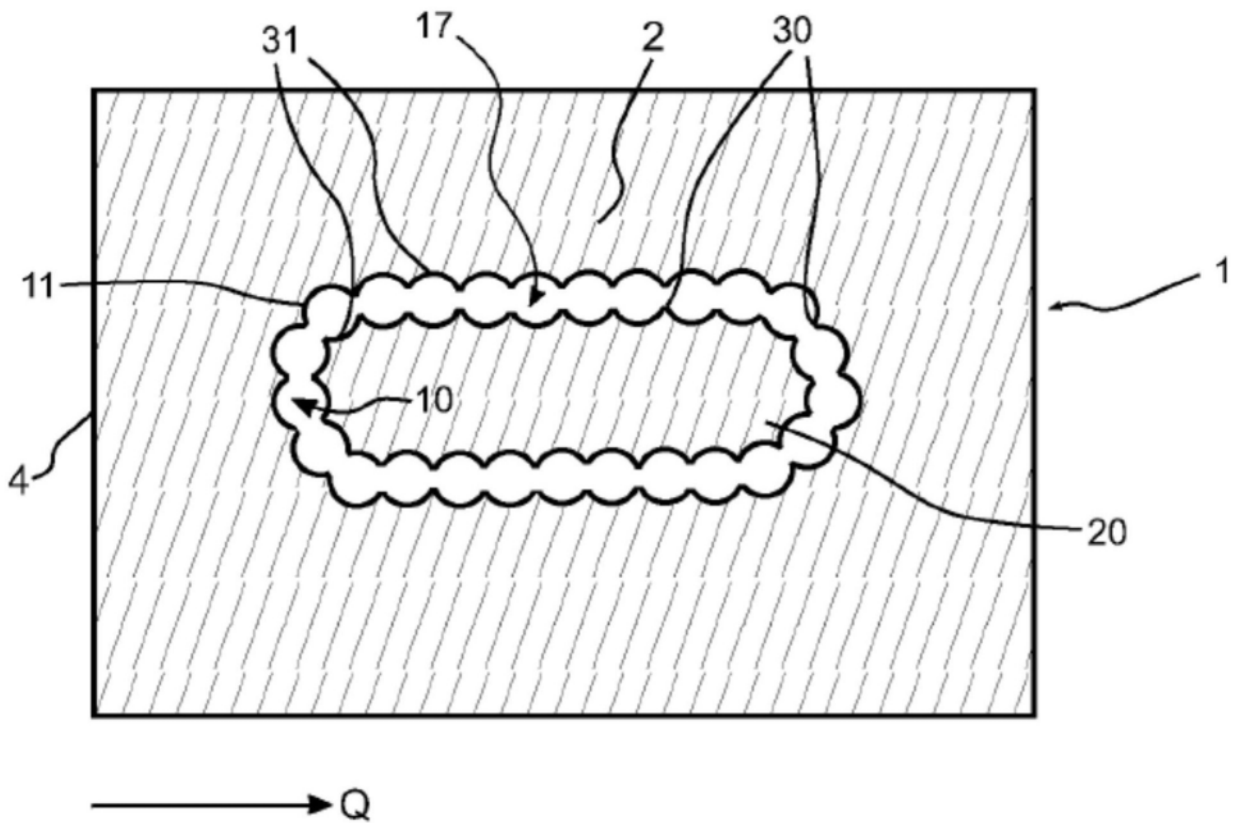


图4

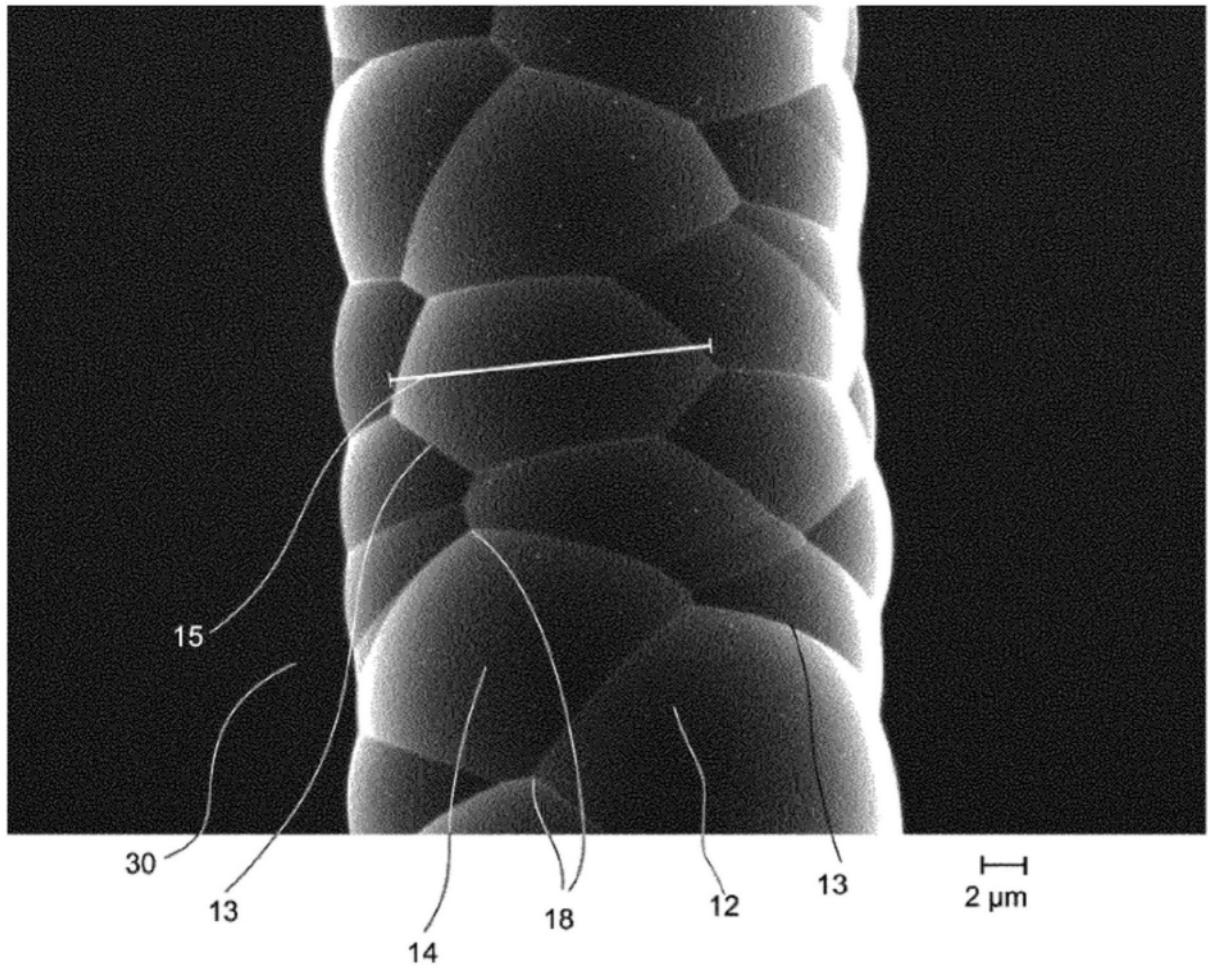


图5

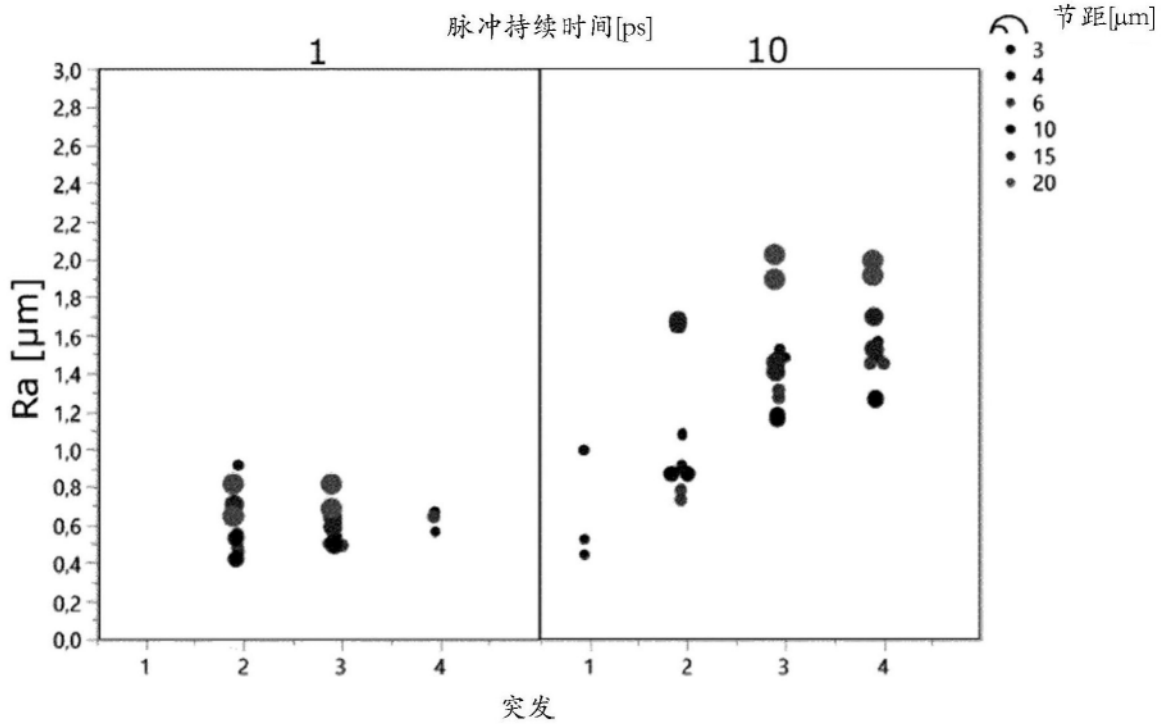


图6

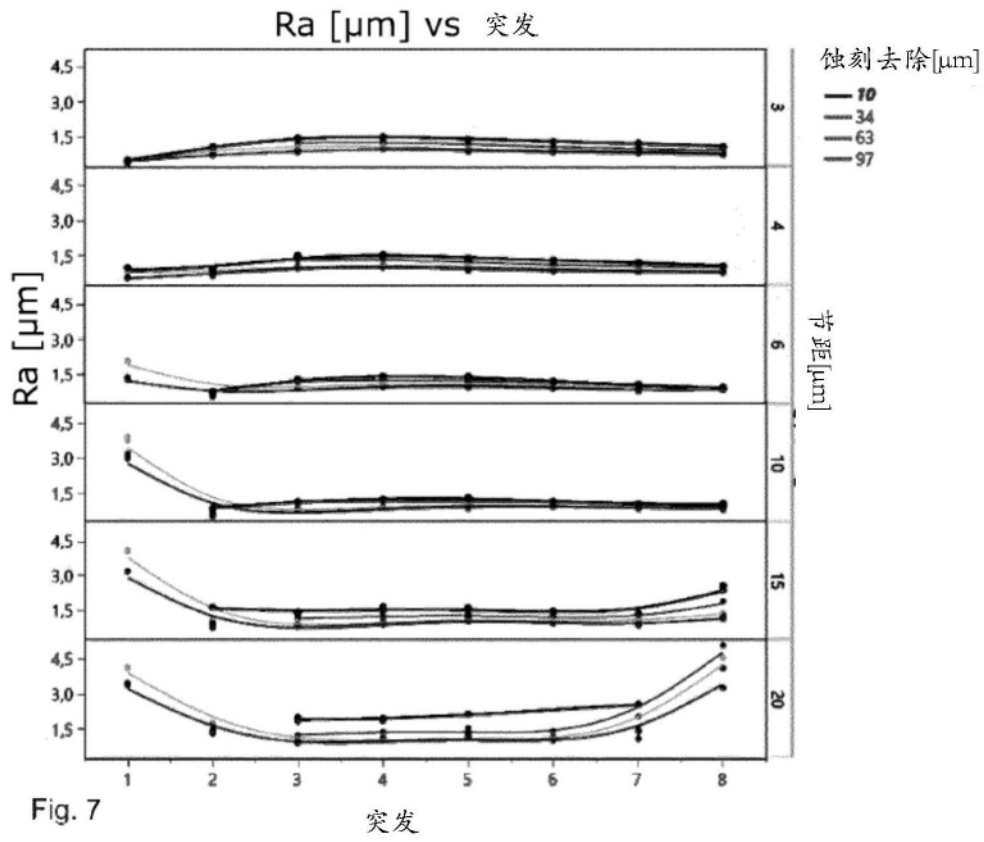


Fig. 7

图7

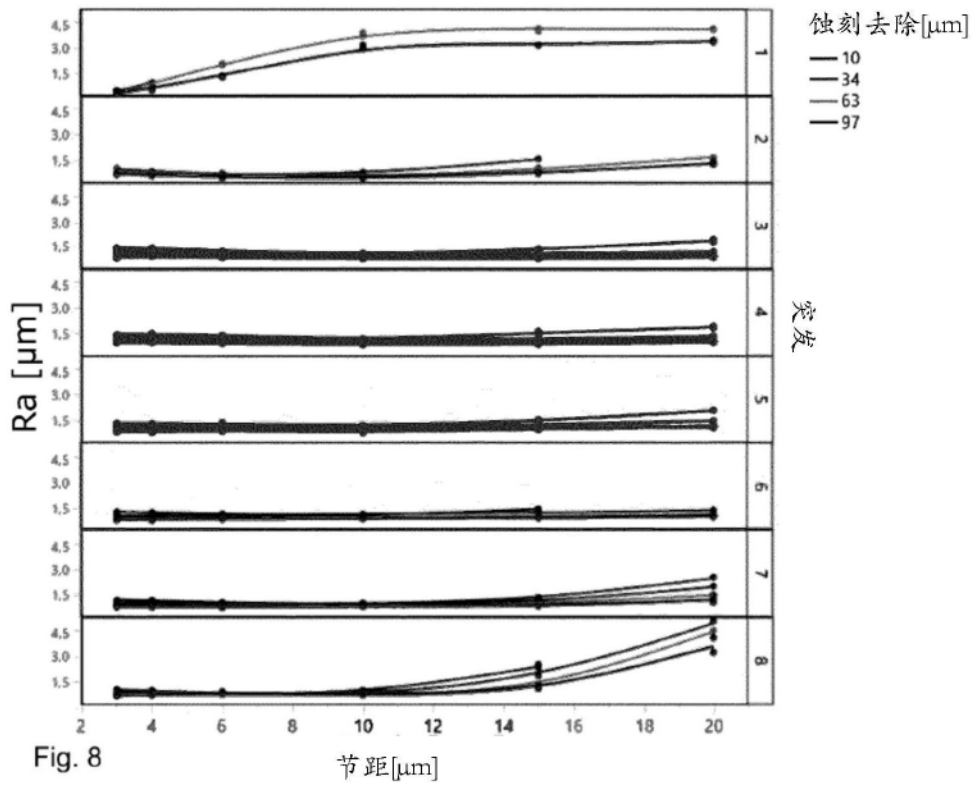


图8

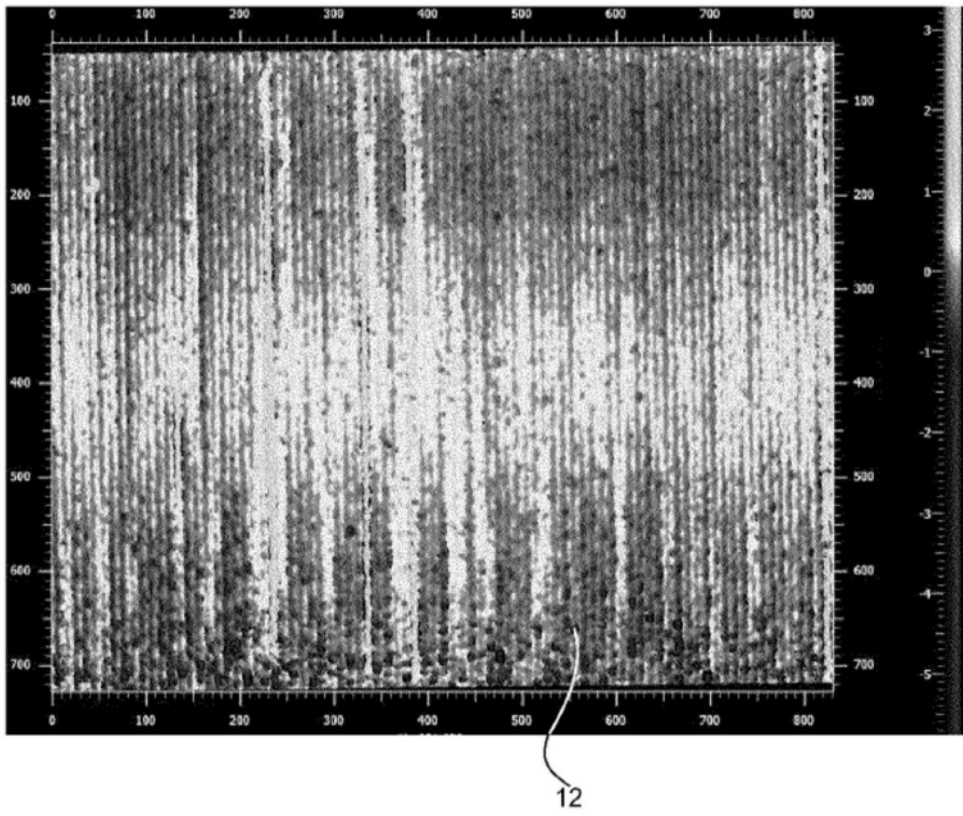


图9

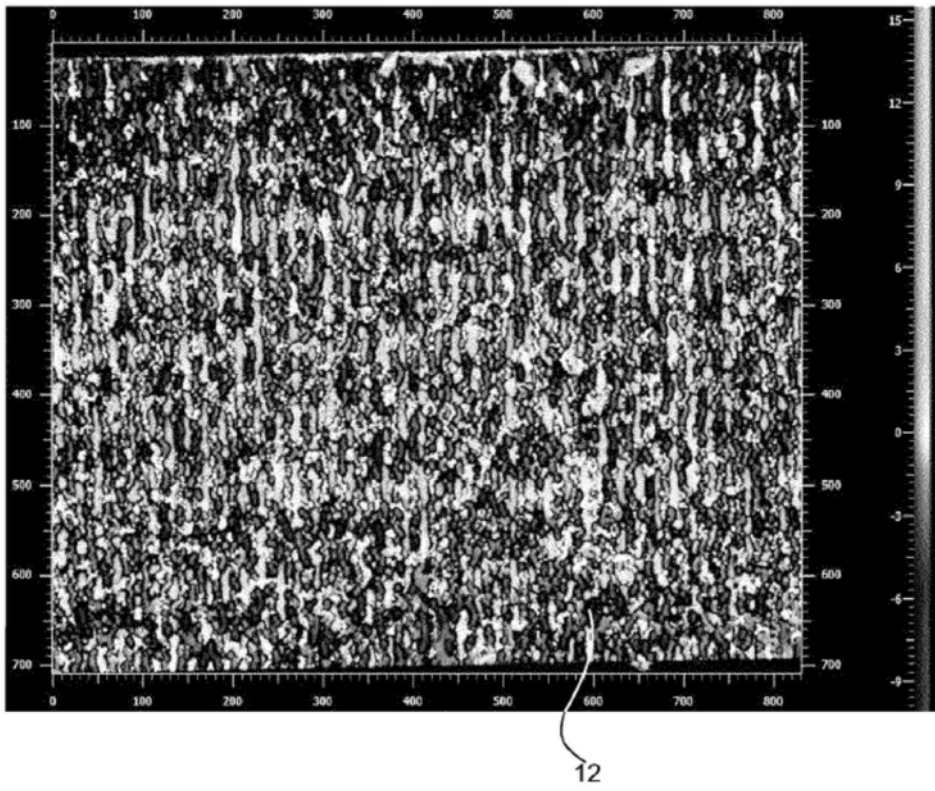


图10

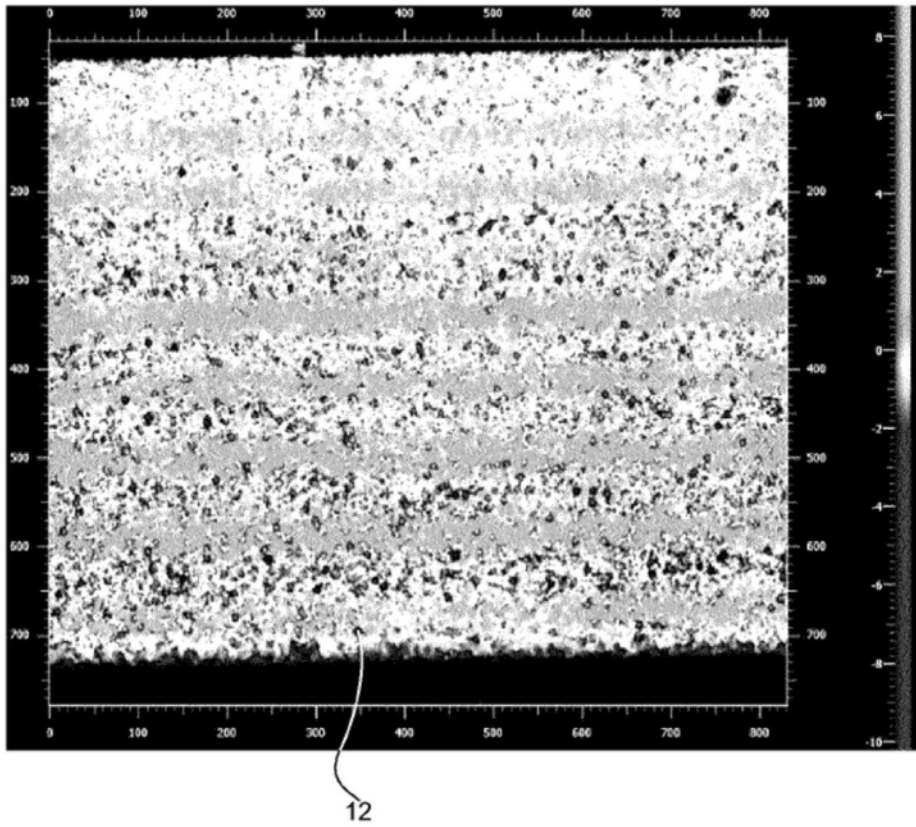


图11

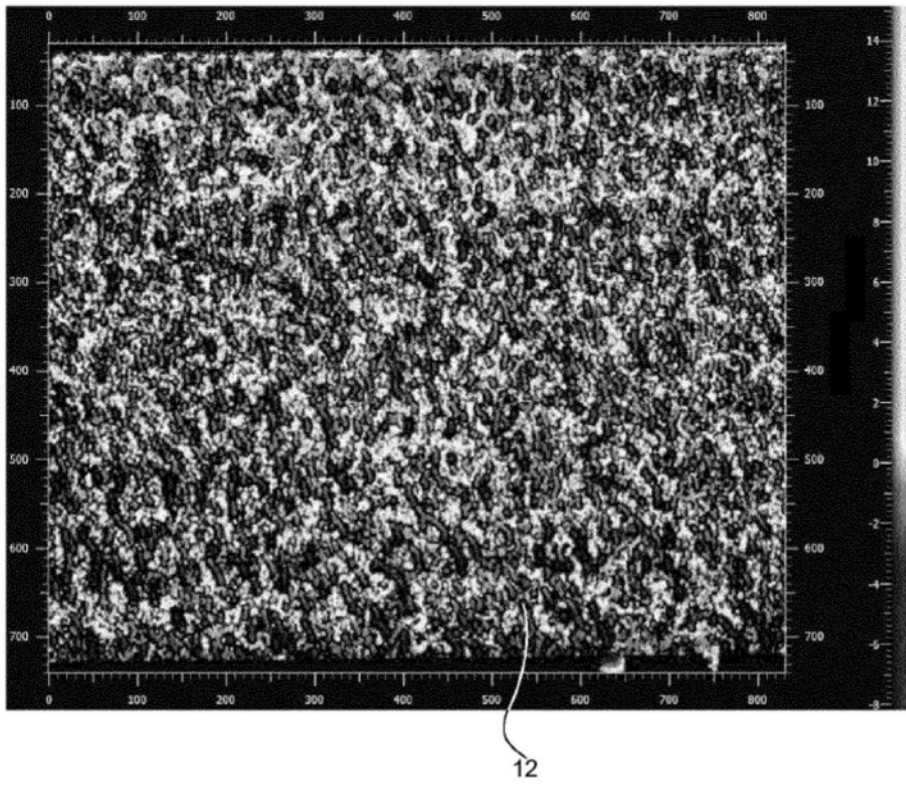


图12

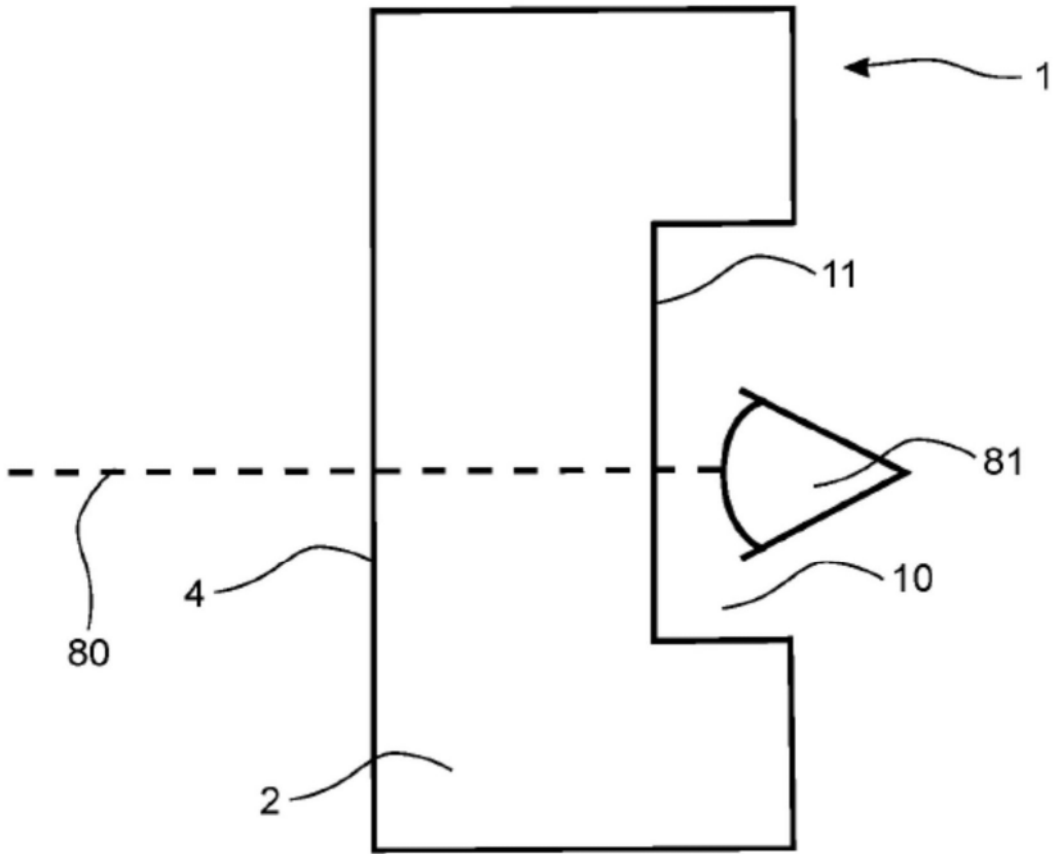


图13

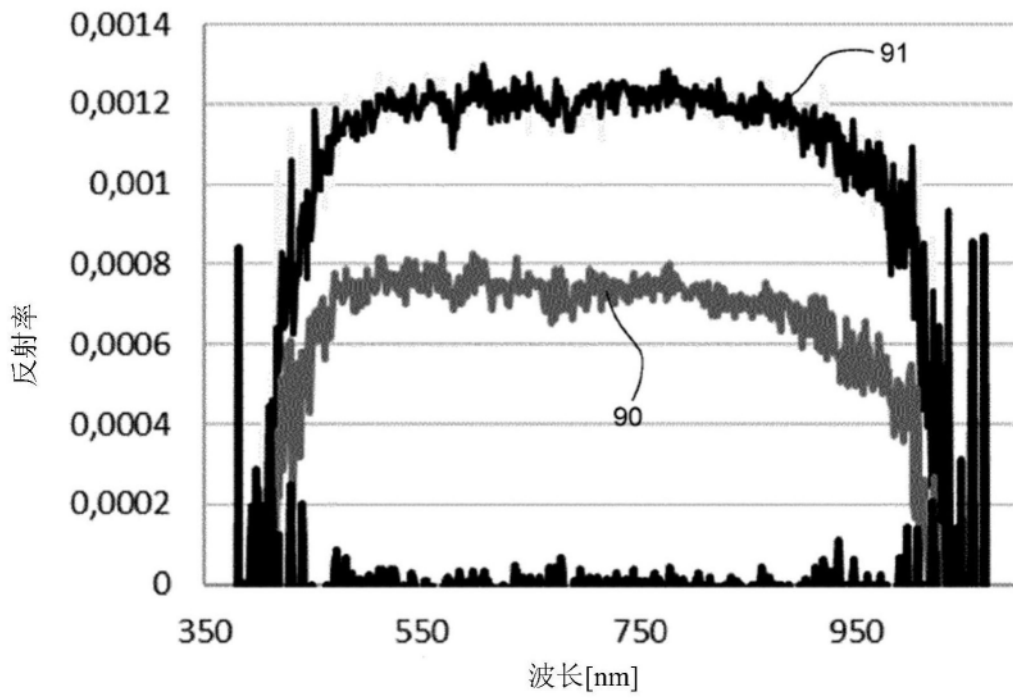


图14