



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106062920 B

(45)授权公告日 2018.12.25

(21)申请号 201580010984.4

(72)发明人 上原直保 影山元英

(22)申请日 2015.02.27

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106062920 A

代理人 汤在彦 乔媛

(43)申请公布日 2016.10.26

(51)Int.Cl.

H01J 61/30(2006.01)

(30)优先权数据

H01J 9/24(2006.01)

2014-037979 2014.02.28 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.08.26

(56)对比文件

CN 101377999 A, 2009.03.04, 全文.

(86)PCT国际申请的申请数据

JP 2005285437 A, 2005.10.13, 全文.

PCT/JP2015/055925 2015.02.27

US 6483237 B2, 2002.11.19, 全文.

(87)PCT国际申请的公布数据

JP H09124400 A, 1997.05.13, 全文.

W02015/129882 JA 2015.09.03

US 2011158281 A1, 2011.06.30, 全文.

(73)专利权人 株式会社 尼康

US 2013342105 A1, 2013.12.26, 全文.

地址 日本东京都

审查员 赵芳

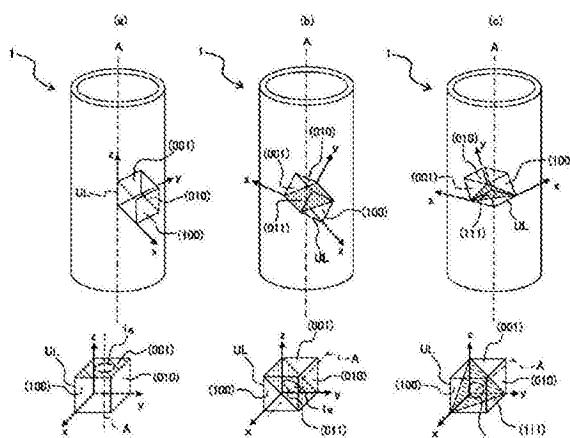
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

氟化钙光学构件、其制造方法、气体保持容器及光源装置

(57)摘要

提供一种即便于高温且高压下亦可确实地使用的CaF<sub>2</sub>单晶光学构件。氟化钙光学构件(1)由单晶氟化钙形成且具有筒状的形状。单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面与上述筒的中心轴(A)正交。



1. 一种氟化钙光学构件，其特征在于，所述氟化钙光学构件由单晶氟化钙形成且具有筒状的形状，单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面与具有筒状形状的所述氟化钙光学构件的中心轴正交。

2. 根据权利要求1所述的氟化钙光学构件，其特征在于，所述筒状为圆筒状。

3. 根据权利要求1或2所述的氟化钙光学构件，其特征在于，单晶氟化钙的{110}结晶面与具有筒状形状的所述氟化钙光学构件的中心轴正交。

4. 根据权利要求1或2所述的氟化钙光学构件，其特征在于，所述氟化钙光学构件为于内部密封气体的气体密封用容器。

5. 根据权利要求1或2所述的氟化钙光学构件，其特征在于，所述氟化钙光学构件是用作光源用构件。

6. 一种氟化钙光学构件的制造方法，其特征在于，所述制造方法包括：进行单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面的方向的测定；及将所述单晶氟化钙切削为筒状；

所述切削为以筒状的所述氟化钙光学构件的中心轴与所述单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面的方向相互正交的方式进行。

7. 根据权利要求6所述的制造方法，其特征在于，所述筒状为圆筒状。

8. 一种氟化钙构件，其特征在于，所述氟化钙构件由单晶氟化钙形成且具有筒状的形状，单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面与具有筒状形状的所述氟化钙光学构件的延伸方向相交的角度为 $90^\circ \pm 5^\circ$ 的范围。

9. 根据权利要求8所述的氟化钙构件，其特征在于，单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面与具有筒状形状的所述氟化钙光学构件的延伸方向相交的角度为 $90^\circ$ 。

10. 根据权利要求8或9所述的氟化钙构件，其特征在于，具有筒状形状的所述氟化钙构件的延伸方向为具有筒状形状的所述氟化钙光学构件的中心轴的方向。

11. 根据权利要求8或9所述的氟化钙构件，其特征在于，所述氟化钙构件为内部密封气体的气体密封用容器。

12. 根据权利要求8或9所述的氟化钙构件，其特征在于，所述筒状为圆筒状。

13. 根据权利要求8或9所述的氟化钙构件，其特征在于，单晶氟化钙的{110}结晶面与具有筒状形状的所述氟化钙光学构件的延伸方向相交的角度为 $90^\circ$ 。

14. 一种气体保持容器，其特征在于，所述气体保持容器包括：

根据权利要求1至5中任意一项所述的氟化钙光学构件；及

密封构件，其连结于具有筒状形状的所述氟化钙光学构件而于具有筒状形状的所述氟化钙光学构件的内部形成封闭空间。

15. 一种气体保持容器，其特征在于，所述气体保持容器包括：

根据权利要求8至13中任意一项所述的氟化钙构件；及

密封构件，其连结于具有筒状形状的所述氟化钙构件而于具有筒状形状的所述氟化钙构件的内部形成封闭空间。

16. 一种光源装置，其特征在于，所述光源装置包括：

根据权利要求1至5中任意一项所述的氟化钙光学构件；

密封构件，其连结于具有筒状形状的所述氟化钙光学构件而于具有筒状形状的所述氟化钙光学构件的内部形成封闭空间；及

气体激发部,其对保持于所述封闭空间的气体赋予用以激发所述气体的能量。

17.根据权利要求16所述的光源装置,其特征在于,所述气体激发部为将激发光聚光至所述氟化钙光学构件内部的聚光部。

18.根据权利要求16或17所述的光源装置,其特征在于,所述气体激发部含有设置于所述氟化钙光学构件内部的封闭空间的电极。

19.一种光源装置,其特征在于,所述光源装置包括:

根据权利要求8至13中任意一项所述的氟化钙构件;

密封构件,其连结于具有筒状形状的所述氟化钙构件而于具有筒状形状的所述氟化钙构件的内部形成封闭空间;及

气体激发部,其对保持于所述封闭空间的气体赋予用以激发所述气体的能量。

20.根据权利要求19所述的光源装置,其特征在于,所述气体激发部为将激发光聚光至所述氟化钙构件内部的聚光部。

21.根据权利要求19或20所述的光源装置,其特征在于,所述气体激发部含有设置于所述氟化钙构件内部的封闭空间的电极。

## 氟化钙光学构件、其制造方法、气体保持容器及光源装置

### 技术领域

[0001] 本发明为关于一种氟化钙光学构件、其制造方法、气体保持容器及光源装置,更详细而言为关于一种氟化钙单晶的光学构件及其制造方法、含有氟化钙单晶的光学构件的气体保持容器及光源装置。

### 背景技术

[0002] 氟化钙(CaF<sub>2</sub>、萤石)单晶对自真空紫外区域至红外区域的宽波长区域的光具有高透射率。因此,CaF<sub>2</sub>单晶被广泛使用作为光学构件,例如,用作准分子灯的发光管的材料(专利文献1)。

[0003] [现有技术文献]

[0004] [专利文献]

[0005] [专利文献1]日本专利特开2009-163965号公报

### 发明内容

[0006] [发明解决的技术问题]

[0007] 由CaF<sub>2</sub>单晶形成的光学构件于温度或压力不同的各种环境下使用,但可知于高温、高压的环境下,强度并不足够。因此,根据光学构件的用途或环境,存在由CaF<sub>2</sub>单晶形成的光学构件不适用的情况。

[0008] 因此,本发明以解决上述课题为目的,目的在于提供一种即便于高温且高压下亦可确实地使用的CaF<sub>2</sub>单晶光学构件、及其制造方法。

[0009] [解决问题采用的技术手段]

[0010] 根据本发明的第一态样,提供一种氟化钙光学构件,由单晶氟化钙形成且具有筒状的形状,单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面与上述筒的中心轴正交。

[0011] 根据本发明的第二态样,提供一种氟化钙光学构件的制造方法,其包括:

[0012] 特定单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面的方向;及

[0013] 将上述单晶氟化钙切削为筒状;

[0014] 上述切削是以上述筒的中心轴与上述特定的{110}结晶面或{111}结晶面的方向相互正交的方式进行。

[0015] 根据本发明的第三态样,提供一种氟化钙构件,由单晶氟化钙形成且具有筒状的形状,单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面与上述筒的延伸方向相交的角度为90°±5°的范围。

[0016] 根据本发明的第四态样,提供一种氟化钙构件,由单晶氟化钙形成且具有筒状的形状,单晶氟化钙的{110}结晶面或{111}结晶面与上述筒的延伸方向以接近90°的角度相交。

[0017] [发明的效果]

[0018] 根据本发明,提供一种即便于高温且高压的环境下亦具有充分强度的CaF<sub>2</sub>单晶光学构件、及其制造方法。

## 附图说明

- [0019] 图1为本发明的实施形态的光学构件的立体图。
- [0020] 图2为表示模拟中的位置约束条件及荷重条件的说明图。
- [0021] 图3(a)～(c)为表示光学构件与CaF<sub>2</sub>单晶的单位晶格(立方晶格)的位置关系、及光学构件与单位晶格的主轴x、主轴y、主轴z的位置关系。
- [0022] 图4为于模拟中使用的弹性刚度的值。
- [0023] 图5表示各分析例的分析条件、及分析结果。
- [0024] 图6为针对每个结晶面表示CaF<sub>2</sub>单晶的临界分解剪应力(CRSS)与温度的关系的图。
- [0025] 图7为本发明的实施形态的光源装置的概略图。
- [0026] 图8为本发明另一实施形态的光源装置的概略图。

## 具体实施方式

- [0027] <第1实施形态>
- [0028] 参照图1～图6,对本发明的第1实施形态进行说明。
- [0029] 如图1所示,本实施形态的光学构件1为具有中心轴(旋转轴)A的圆筒状CaF<sub>2</sub>管。光学构件1是由CaF<sub>2</sub>单晶形成,CaF<sub>2</sub>单晶的{110}结晶面或{111}结晶面存在于与中心轴A正交的方向。分别对光学构件1的外表面1o、内表面1i、及端面1e实施光学研磨。以下,{110}结晶面、{111}结晶面等仅记载为{110}面、{111}面等。
- [0030] 再者,于本说明书中,所谓“CaF<sub>2</sub>单晶”不仅是由一个结晶所构成的字面意义上的单晶,亦包含由两个以上可数的程度的数量的结晶所构成且具备与字面意义上的CaF<sub>2</sub>单晶相同程度的光学特性的CaF<sub>2</sub>结晶。又,于本说明书中,所谓“与轴(中心轴、旋转轴)正交的面”、“与轴(中心轴、旋转轴)正交而存在的面”不仅是与轴正交的(以90°的角度交叉的)面(“正交面”),亦包含使正交面绕着含有于该正交面内且与该轴交叉的任意轴朝任意的旋转方向旋转约5°以下的角度的面(以90°±5°的角度与轴交叉的面)。
- [0031] 光学构件1可于各种领域使用,例如,于半导体制造装置的领域中,可于曝光装置的光源、晶片检查装置的光源等中使用。于此情形时,作为一例,自光学构件1的两侧的端面1e的开口1a的至少一者对光学构件1的内侧赋予气体之后,于两侧的端面1e的开口1a安装未图示的盖,将气体密封。然后,通过任意的保持构件(未图示)保持内侧密封有气体的光学构件1。通过对以此状态密封的气体照射红外线等激发光使气体原子(气体分子)成为电浆状态,可经由内表面1i及外表面1o将电浆光取出至光学构件1的外部。
- [0032] 本发明人发现,圆筒形状的光学构件1对于收纳于内部的气体的气压(内压)的强度、即耐压性或耐久性是取决于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的结晶面的配置,通过以下的模拟(有限要素分析),特定最能提高对于光学构件1的内压的强度的结晶面配置。
- [0033] <分析对象>
- [0034] 模拟中的分析对象为图1所示的圆筒形状的光学构件1。于模拟中,光学构件1的尺寸是将外径设定为30mm,将内径设定为25mm,将中心轴A方向的长度设定为50mm。又,于模拟中,光学构件1设为利用由1个结晶所构成的狭义的CaF<sub>2</sub>单晶形成者。

[0035] <分析条件>

[0036] 于模拟中,以上述尺寸的光学构件1为对象,分析于此种光学构件1产生内压时于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力的值。首先,对本模拟中进行分析的9种分析例(分析例1~9)的各分析条件进行说明。

[0037] 以下分析条件于所有分析例中皆相同。

[0038] (1) 位置约束条件

[0039] 于所有分析例1~9中,如图1、图2所示,于光学构件1的含有端面1e的面与中心轴A的交点设定虚拟约束点VC,通过约束该虚拟约束点VC的位置,进行光学构件1的整个虚拟约束点约束。藉此,以关于根据荷重的形状变化可不受任何限制地自由变形的状态、且以受到荷重而整体的位置不会偏移的方式卡止的状态约束光学构件1。

[0040] (2) 荷重条件

[0041] 于所有分析例1~9中,将光学构件1的内侧设定为30atm,藉此,光学构件1于圆周方向均等地受到半径方向的压力P(图2)。

[0042] 以下分析条件于每个分析例中各不相同。

[0043] (3) 结晶面配置

[0044] 于本分析中,将具有以下3种结晶面配置的光学构件1作为分析对象。

[0045] 配置I:于与光学构件1的中心轴A正交的方向存在CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面(分析例1~3,图3(a))。

[0046] 配置II:于与光学构件1的中心轴A正交的方向存在CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面(分析例4~6,图3(b))。

[0047] 配置III:于与光学构件1的中心轴A正交的方向存在CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面(分析例7~9,图3(c))。

[0048] 参照图3,对配置I~III更详细地进行说明。于图3(a)~(c)的上侧,以光学构件1为基准,显示出CaF<sub>2</sub>单晶的单位晶格(立方晶格)UL及单位晶格UL的主轴x、主轴y、主轴z相对于光学构件1的配置,于图3(a)~(c)的下侧,以CaF<sub>2</sub>单晶的单位晶格UL为基准,显示出光学构件1相对于单位晶格UL的配置。各图的上下相互对应,光学构件1的中心轴A的方向与单位晶格UL的主轴x、主轴y、主轴z的方向的关系于图3(a)~(c)的上下分别相同。再者,为方便起见,于图3(a)~(c)的上侧,描绘为光学构件1的中心轴A通过主轴x、y、z的原点。于图3(a)~(c)的下侧,光学构件1的配置仅由光学构件1的中心轴A及端面1e的轮廓表示。

[0049] 于配置I中,如图3(a)所示,于与光学构件1的中心轴A正交的方向存在作为CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面之一的(001)面。此时,单位晶格UL的主轴z与光学构件1的中心轴A一致。又,主轴x、主轴y存在于与中心轴A正交的面内。

[0050] 于配置II中,如图3(b)所示,于与光学构件1的中心轴A正交的方向,存在作为CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面之一的(011)面。再者,图3(b)中的单位晶格UL配置于将图3(a)中的单位晶格UL以主轴x为中心自主轴y的正方向朝向主轴z的正方向旋转45°的位置。即,于图3(b)中,单位晶格UL的主轴x存在于与中心轴A正交的面内,单位晶格UL的主轴y、z分别于由主轴y及主轴z划分形成的面内相对于光学构件1的中心轴A倾斜45°。

[0051] 于配置III中,如图3(c)所示,于与光学构件1的中心轴A正交的方向,存在作为CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面之一的(111)面。再者,图3(c)中的单位晶格UL的配置是通过将图3(a)

中的单位晶格UL以主轴x为中心自主轴y的正方向朝向主轴z的正方向旋转 $54.7359^{\circ}$ 之后,以旋转后的主轴z为中心自主轴x的正方向朝向主轴y的正方向旋转 $45^{\circ}$ 而获得。因此,于图3(c)中,单位晶格UL的主轴x、y、z均不存在于与光学构件1的中心轴A正交的面内,而分别相对于中心轴A倾斜特定角度。

[0052] (4) 材料物性

[0053] 于本分析中,将具有以下3种材料物性的光学构件1作为分析对象。

[0054] 材料物性I:为正交各向异性材料且其温度为 $25^{\circ}\text{C}$ 的光学构件1(分析例1、4、7)。

[0055] 材料物性II:为正交各向异性材料且其温度为 $100^{\circ}\text{C}$ 的光学构件1(分析例2、5、8)。

[0056] 材料物性III:为正交各向异性材料且其温度为 $200^{\circ}\text{C}$ 的光学构件1(分析例3、6、9)。

[0057] 光学构件1具有正交各向异性的方面于材料物性I~III中共通。其原因在于,CaF<sub>2</sub>单晶为正交各向异性材料。又,CaF<sub>2</sub>单晶为立方晶是单晶体,因此,用于分析的构成式中的弹性矩阵于所有材料物性I~III中成为下式(1)。

$$[0058] \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ & C_{11} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ & & C_{11} & 0 & 0 & 0 \\ & & & C_{44} & 0 & 0 \\ \text{sym} & & & & C_{44} & 0 \\ & & & & & C_{44} \end{bmatrix} \cdots \text{式 (1)}$$

[0059] 此处,C<sub>11</sub>、C<sub>12</sub>、C<sub>44</sub>分别为弹性刚度[GPa]。

[0060] 另一方面,式(1)所含有的各弹性刚度的值于各温度下各不相同,即,于材料物性I~III中各不相同。将本分析中使用的弹性刚度C<sub>11</sub>、C<sub>12</sub>、C<sub>44</sub>的值示于图4。其多个的值是依据JIS R1602的“精密陶瓷的弹性模数试验方法”“动态弹性模数试验方法超声波脉冲法”测定于CaF<sub>2</sub>单晶内传输的超声波的音速[m/s],并使用该测定值算出者。于在材料物性I的条件下进行分析的情形时,将图4中 $25^{\circ}\text{C}$ 的栏中记载的弹性刚度C<sub>11</sub>、C<sub>12</sub>、C<sub>44</sub>应用于式(1)而进行分析。同样地,于在材料物性II、III的条件下进行分析的情形时,将图4中的 $100^{\circ}\text{C}$ 、 $200^{\circ}\text{C}$ 的栏中记载的弹性刚度C<sub>11</sub>、C<sub>12</sub>、C<sub>44</sub>应用于式(1)进行分析。

[0061] 将通过上述各条件、即位置约束条件、荷重条件、结晶面配置、材料物性的组合获得的分析例1~分析例9整理于图5的表中。位置约束条件及荷重条件如上述般于所有分析例中相同,因此,于图5的表中的“分析条件”栏中省略记载。结晶面配置于分析例1~3中,为{100}面与光学构件1的中心轴A正交的配置I,于分析例4~6中,为{110}面与光学构件1的中心轴A正交的配置II,于分析例7~9中,为{111}面与光学构件1的中心轴A正交的配置III。又,关于材料物性,于分析例1、4、7中,光学构件1的温度为 $25^{\circ}\text{C}$ ,于分析例2、5、8中,光学构件1的温度为 $100^{\circ}\text{C}$ ,于分析例3、6、9中,光学构件1的温度为 $200^{\circ}\text{C}$ 。

[0062] 其次,对在上述条件下进行的模拟的结果进行叙述。本发明人推断于上述分析条件下形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的3个{100}面即(100)面、(010)面、(001)面产生的最大剪应力的大小。

[0063] <分析例1~3>

[0064] 于分析例1~3中,对形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面,更详细而言为(001)面

与光学构件1的中心轴A正交的光学构件1(图3(a))进行分析。通过该分析而获得的于CaF<sub>2</sub>单晶的(100)面、(010)面、(001)面产生的最大剪应力[MPa]的值为如图5的表中所示。再者,如图3(a)所示,分析例1~3中的{(100)}面是于单位晶格UL的主轴z与光学构件1的中心轴A一致的状态下与由主轴y及主轴z划分形成的面(以下,适当称为“yz面”)平行地存在。同样地,(010)面于该状态下与由主轴x及主轴z划分形成的面(以下,适当称为“xz面”)平行地存在。

[0065] 如图5的表中所示,于材料物性为25℃时(分析例1)、100℃时(分析例2)、200℃时(分析例3)的任一情形时,均是于(100)面产生的最大剪应力为0.01MPa,于(010)面产生的最大剪应力为0.01MPa,于(001)面产生的最大剪应力为9.21MPa。由此,于分析例1~3中任一情形时,于{(100)}面产生的最大剪应力均为于(001)面产生的值最大,且其值为9.21MPa(图5的表中的“最大值”栏)。

[0066] 再者,将其他条件不变而仅使荷重条件自内压30atm降低为20atm、10atm的情形时于{(100)}面产生的最大剪应力的分析值进而示于图5的表中。于材料物性为25℃时(分析例1)、100℃时(分析例2)、200℃时(分析例3)的任一情形时,均是于内压为20atm时于{(100)}面产生的最大剪应力的值为于(001)面产生的6.14MPa,于内压为10atm时于{(100)}面产生的最大剪应力的值为于(001)面产生的3.07MPa。又,于上述各条件下,最大剪应力产生的位置为光学构件1的内表面1i上。

[0067] <分析例4~6>

[0068] 于分析例4~6中,对形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面,更详细而言为(011)面与光学构件1的中心轴A正交的光学构件1(图3(b))进行分析。通过该分析而获得的于CaF<sub>2</sub>单晶的(100)面、(010)面、(001)面产生的最大剪应力[MPa]的值为如图5的表中所示。再者,如图3(b)所示,分析例4~6中的(100)面存在于单位晶格UL的主轴x与光学构件1的中心轴A正交的面内,于主轴y及主轴z于yz面内相对于中心轴A分别具有45°的角度而存在的状态下,与yz面平行地存在。同样地,(010)面于该状态下与xz面平行地存在,(001)面于该状态下与由主轴x及主轴y划分形成的面(以下,适当称为“xy面”)平行地存在。

[0069] 如图5所示,于材料物性为25℃时(分析例4),于(100)面产生的最大剪应力为7.67MPa,于(010)面产生的最大剪应力为6.92MPa,于(001)面产生的最大剪应力为6.92MPa。因此,于材料物性为25℃时,于{(100)}面产生的最大剪应力为于(100)面产生的7.67MPa(图5的表中的“最大值”栏)。

[0070] 又,于材料物性为100℃时(分析例5),于(100)面产生的最大剪应力为7.66MPa,于(010)面产生的最大剪应力为6.93MPa,于(001)面产生的最大剪应力为6.93MPa。因此,材料物性为100℃时,于{(100)}面产生的最大剪应力为于(100)面产生的7.66MPa(图5的表中的“最大值”栏)。同样地,于材料物性为200℃时(分析例6),于(100)面产生的最大剪应力为7.67MPa,于(010)面产生的最大剪应力为6.92MPa,于(001)面产生的最大剪应力为6.92MPa。因此,于材料物性为200℃时,于{(100)}面产生的最大剪应力为于(100)面产生的7.67MPa(图5的表中的“最大值”栏)。

[0071] 再者,将其他条件不变而仅使荷重条件自内压30atm降低为20atm、10atm的情形时于{(100)}面产生的最大剪应力的分析值进而示于图5的表中。于材料物性为25℃时(分析例4)、100℃时(分析例5)、200℃时(分析例6)的任一情形时,均是于内压为20atm时于{(100)}面

产生的最大剪应力的值为于(100)面产生的5.11MPa,于内压为10atm时于{100}面产生的最大剪应力的值为于(100)面产生的约2.56MPa。又,于上述各条件下,产生最大剪应力的位置为光学构件1的内表面1i上。

[0072] <分析例7~9>

[0073] 于分析例7~9中,对形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面,更详细而言为(111)面与光学构件1的中心轴A正交的光学构件1(图3(c))进行分析。通过该分析而获得的于CaF<sub>2</sub>单晶的(100)面、(010)面、(001)面产生的最大剪应力[MPa]的值为如图5的表中所示。再者,如图3(c)所示,分析例7~9中的(100)面于单位晶格UL的主轴x、y、z相对于光学构件1的中心轴A分别倾斜特定角度而存在的状态下,与yz面平行地存在。同样地,(010)面于该状态下与xz面平行地存在,(001)面于该状态下与xy面平行地存在。

[0074] 如图5的表中所示,于材料物性为25℃时(分析例7),于(100)面产生的最大剪应力为7.17MPa,于(010)面产生的最大剪应力为7.80MPa,于(001)面产生的最大剪应力为5.70MPa。因此,于材料物性为25℃时,于{100}面产生的最大剪应力为于(010)面产生的7.80MPa(图5的表中的“最大值”栏)。

[0075] 又,于材料物性为100℃时(分析例8),于(100)面产生的最大剪应力为7.18MPa,于(010)面产生的最大剪应力为7.80MPa,于(001)面产生的最大剪应力为5.70MPa。因此,于材料物性为100℃时,于{100}面产生的最大剪应力为于(010)面产生的7.80MPa(图5的表中的“最大值”栏)。同样地,于材料物性为200℃时(分析例9),于(100)面产生的最大剪应力为7.19MPa,于(010)面产生的最大剪应力为7.79MPa,于(001)面产生的最大剪应力为5.69MPa。因此,于材料物性为200℃时,于{100}面产生的最大剪应力为于(010)面产生的7.79MPa(图5的表中的“最大值”栏)。

[0076] 再者,将其他条件不变而仅使荷重条件自内压30atm降低为20atm、10atm的情形时于{100}面产生的最大剪应力的分析值进而示于图5的表中。于材料物性为25℃时(分析例7)、100℃时(分析例8)、200℃时(分析例9)的任一情形时,均是于内压为20atm时于{100}面产生的最大剪应力的值为于(010)面产生的约5.20MPa,于内压为10atm时于{100}面产生的最大剪应力的值为于(010)面产生的2.60MPa。又,于上述各条件下,产生最大剪应力的位置为光学构件1的内表面1i上。

[0077] 根据以上模拟,于将光学构件1的内压设为30atm的情形时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面与中心轴A正交的光学构件1中,在25℃、100℃、200℃的任一条件下均为9.21MPa。进而,于将内压减小为20atm、10atm的情形时,于CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力亦于25℃、100℃、200℃的所有条件下减小为6.14MPa、3.07MPa。

[0078] 同样地,于将光学构件1的内压设为30atm的情形时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面与中心轴A正交的光学构件1中,在25℃、100℃、200℃的任一条件下均为约7.67MPa。进而,于将内压减小为20atm、10atm的情形时,于CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力亦于25℃、100℃、200℃的所有条件下减小为5.11MPa、约2.56MPa。又,于将光学构件1的内压设为30atm的情形时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面与中心轴A正交的光学构件1中,在25℃、100℃、200℃的任一条件下均为约7.80MPa。进而,于将内压减小为20atm、10atm

的情形时,于CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力亦于25℃、100℃、200℃的所有条件下减小为约5.20MPa、2.60MPa。

[0079] 此处,如图6所示,CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面、{110}面、{111}面的临界分解剪应力(CRSS)于约600℃以下的温度区域中,{100}面的值最小。又,{100}面的临界分解剪应力与{110}面、{111}面的临界分解剪应力的差于CaF<sub>2</sub>单晶中产生塑性变形的温度(约250℃)以下的温度区域中尤其大。因此,认为于600℃以下的温度区域尤其250℃以下的温度区域中,当于由CaF<sub>2</sub>单晶形成的光学构件1产生应力的情形时,产生于光学构件1的破坏主要起因于在{100}面产生的剪应力达到临界分解剪应力而于CaF<sub>2</sub>单晶内部产生滑动。

[0080] 因此,根据上述的模拟可知,于25℃~200℃的温度区域中,于{100}面产生的最大剪应力的值最小的光学构件1,即CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面与中心轴A正交的光学构件1相对于内压具有最优异的强度(耐压性),于{100}面产生的最大剪应力的值第二小的光学构件1,即CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面与中心轴A正交的光学构件1相对于内压具有第二优异的强度。

[0081] 更具体而言,根据图5的表,于CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面与中心轴A正交的光学构件1的内压为30atm时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域为约7.67MPa。由此,根据图6,于对CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压30atm的情形时,可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较佳地使用到至少约110℃,若增大光学构件1的半径方向的厚度,则可较佳地使用至110℃以上的温度。又,进而,于内压为20atm时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域为约5.11MPa。由此,根据图6,于对CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压20atm的情形时,可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较佳地使用到至少约160℃,若增大光学构件1的半径方向的厚度,则可较佳地使用至160℃以上的温度。又,进而,于内压为10atm时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域为约2.56MPa。由此,根据图6,于对CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压10atm的情形时,可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较佳地使用到至少200℃以上的温度区域,尤其可于约250℃(于CaF<sub>2</sub>单晶产生塑性变形的温度)以下的整个温度区域较佳地使用。又,若增大光学构件1的半径方向的厚度,则可较佳地使用至250℃以上的温度。

[0082] 又,根据图5的表,于CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面与中心轴A正交的光学构件1的内压为30atm时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域中为约7.80MPa。由此,根据图6,于对CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压30atm的情形时,可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较佳地使用到至少约110℃,若增大光学构件1的半径方向的厚度,则可较佳地使用至110℃以上的温度。又,进而,于内压为20atm时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域中为约5.20MPa。由此,根据图6,于对CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压20atm的情形时,可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较佳地使用到至少约160℃,若增大光学构件1的半径方向的厚度,则可较佳地使用至160℃以上的温度。又,进而,于内压为10atm时,于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域中为约2.60MPa。由此,根据图6,于对CaF<sub>2</sub>单晶的{111}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压10atm的情形时,可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较

佳地使用到至少200℃以上的温度区域，尤其可于约250℃（于CaF<sub>2</sub>单晶产生塑性变形的温度）以下的整个温度区域较佳地使用。又，若增大光学构件1的半径方向的厚度，则可较佳地使用至250℃以上的温度。

[0083] 另一方面，根据图5的表，于CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面与中心轴A正交的光学构件1的内压为30atm时，于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域中为9.21MPa。由此，根据图6，于对CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压30atm的情形时，可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较佳地使用到至少约70℃，该温度低于在对CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面或{111}面与中心轴A正交的光学构件1施加相同的内压的情形时可安全地使用该多个光学构件1的温度（上述的110℃）。又，进而，于内压为20atm时，于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域中为约6.14MPa。由此，根据图6，于对CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压20atm的情形时，可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较佳地使用到至少约120℃，该温度亦低于在对CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面或{111}面与中心轴A正交的光学构件1施加相同的内压的情形时可安全地使用该多个光学构件1的温度（上述的约160℃）。又，进而，于内压为10atm时，于形成光学构件1的CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面产生的最大剪应力于25℃至200℃的温度区域中为约3.07MPa。由此，根据图6，于对CaF<sub>2</sub>单晶的{100}面与中心轴A正交的光学构件1施加内压10atm的情形时，可不产生因{100}面的滑动导致的破坏而较佳地使用到至少约200℃左右，该温度亦窄于在对CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面或{111}面与中心轴A正交的光学构件1施加相同的内压的情形时可安全地使用该多个光学构件1的温度范围（如上所述，约250℃以下的整个温度区域）。

[0084] 根据以上情况，于光学构件1中，于CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面或{111}面与中心轴A正交的情形时，光学构件1对于内压的强度提高。由此，于光学构件1中，较佳为于与中心轴A正交的方向上配置CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面或{111}面，更佳为配置{110}面。藉此，可于高温且高压下使用光学构件1。

[0085] 其次，说明本实施形态的光学构件1的制造方法。成为光学构件1的材料的CaF<sub>2</sub>单晶例如可使用日本专利第4569872号、日本特开第2006-327837号等中记载的单晶制造方法来制造。对于所获得的CaF<sub>2</sub>单晶铸锭使用X射线结晶方位测定装置等进行结晶方位的测定。

[0086] 通过上述测定特定CaF<sub>2</sub>单晶铸锭中的{110}面或{111}面的延伸方向后，以该方向成为与中心轴X正交的方向的方式，进行切削加工，而获得如图1所示的圆筒。于圆筒的切削加工中，可将CaF<sub>2</sub>单晶铸锭直接切削为圆筒形状，亦可将CaF<sub>2</sub>单晶铸锭暂时切削为角柱状之后，再将其切削为圆筒。

[0087] 最后，对通过切削加工而获得的圆筒的内周面、外周面、端面实施光学研磨处理，藉此可获得本实施形态的光学构件1。可于本实施形态中的光学研磨处理中直接使用应用于光学零件的普通的研磨方法。例如，可使用研磨垫、研磨砂而研磨所切削的圆筒。

[0088] 其次，对本实施形态的效果进行总结。

[0089] 于本实施形态的光学构件1中，以于光学构件1的内部产生内压的情形时于{100}面产生的分解剪应力即成为CaF<sub>2</sub>单晶的滑动的原因的分解剪应力变小的方式，配置有CaF<sub>2</sub>单晶的结晶面。因此，根据本实施形态的光学构件1，可不产生破坏而将更高温且高压的气体封入至内部，可实现电浆发光效率的提升或使用于电浆发光的气体选项的增加等。

[0090] 又,根据本实施形态的光学构件1,对于圆筒状的CaF<sub>2</sub>单晶构件,不添加任何追加的构件或构造,仅适当地设定CaF<sub>2</sub>单晶的结晶面的配置,而提高圆筒状的CaF<sub>2</sub>单晶构件对于内压的强度。因此,本实施形态的光学构件1能直接以简易的形状于更高温且高压的环境下使用,且可将光学构件1的内部产生的光在不产生遮蔽下以高效率释出至外侧。

[0091] <第2实施形态>

[0092] 其次,参照图7对本发明的第2实施形态进行说明。

[0093] 如图7所示,第2实施形态的光源装置20主要具备腔室21、点火源22、及聚光构件23。腔室21是于第1实施形态的圆筒状光学构件1的中心轴A方向两端部安装有盖L的气体保持容器,内部保持有气体(离子性介质)。盖L为密封构件的一例,可使用金属、合金等。密封构件亦可含有设置于盖L与光学构件1之间的密封构件。作为密封构件,亦可使用使金属、合金软化的状态者,藉此可将盖L与光学构件1接合。又,亦可设为如下构成:使作为密封构件的氟橡胶(FKM)等密封圈位于光学构件1与盖L之间,于轴向对光学构件1的两端部的盖L加压,藉此使盖L保持光学构件1的端面。或者,亦可使陶瓷位于盖L与光学构件之间作为密封构件。

[0094] 点火源22具有阳极22a、阴极22c、及连接于该两个电极的电源22s。阳极22a贯通腔室21的两端部的盖L中的其中一个的中央而固定于盖L,阳极22a的前端部位于腔室21的内部。阴极22c亦同样地,贯通腔室21的另一个盖L的中央而固定于盖L,阴极22c的前端部位于腔室21的内部。藉此,阳极22a的前端部与阴极22c的前端部于腔室21的内部具有间隙而对向。

[0095] 点火源22通过电源22s而使阳极22a及阴极22c间产生电位差,使阳极22a与阴极22c之间的间隙产生放电。于以下的说明中,将通过点火源22而引起放电的阳极22a与阴极22c之间的间隙称为放电区域DA。作为电极的材料可使用贵金属、含有贵金属的合金、镍等。

[0096] 于使用光源装置20时,通过点火源22使放电区域DA产生放电,而激发保持于腔室21内的离子性介质。藉此,达到电浆状态的离子性介质发光,而放射电浆光LH1。所放射的电浆光LH1透过腔室21的光学构件1之后,由聚光构件23(作为一例为放射面镜)反射,而朝向检查装置(作为一例为晶片检查系统)或曝光装置等的对象物。

[0097] 再者,亦可使用激光源(未图示)对放电区域DA照射激发激光。于此情形时,例如,通过点火源22使放电区域DA产生放电,自成为电浆状态的放电区域DA的离子性介质进行电浆发光。继而,通过激光源对放电区域DA的离子性介质供给激光能量,而维持或产生来自放电区域DA的高亮度的电浆光LH1。作为用以使用激光源对放电区域DA供给激光能量的构造,例如可使用下述第3实施形态的构造。

[0098] 第2实施形态的光源装置20于腔室21的一部分使用第1实施形态的光学构件1。因此,可与第1实施形态同样地实现电浆发光效率的提升或使用于电浆发光的气体选项的增加等。又,可将腔室21的内部产生的电浆光LH1在不产生遮蔽下以高效率释出至腔室21的外侧。

[0099] <第3实施形态>

[0100] 参照图8对本发明的第3实施形态进行说明。

[0101] 如图8所示,第3实施形态的光源装置30主要具备腔室31及聚光构件32。腔室31是于第1实施形态的圆筒状光学构件1的中心轴A方向两端部安装有盖L的气体保持容器,且内

部保持有气体(离子性介质)。作为一例,聚光构件32为抛物面镜。

[0102] 于使用光源装置30时,将自激光源(未图示)向箭头a(图8)的方向供给的激发光LH2经由分光镜BS及聚光构件32照射至腔室31内的离子性介质。藉此,自所照射的激发光LH2被供给能量的离子性介质达到电浆状态,而产生高亮度的电浆光LH1。所产生的电浆光LH1透过腔室31的光学构件1之后,由聚光构件32、及分光镜BS反射而向箭头b(图8)的方向前进,并被供给至检查装置(作为一例为晶片检查系统)或曝光装置等的对象物。再者,以下,将腔室31内的离子性介质成为电浆状态的区域称为电浆区域PA。

[0103] 于本实施形态的光源装置30中,使用聚光构件32将激发光LH2聚光,于腔室21内的小区域形成电浆区域PA,并使之产生电浆光LH1。因此,可产生高亮度的电浆光LH1。再者,若调整聚光构件32的形状等使电浆区域PA更小,则可产生更高亮度的电浆光LH1。

[0104] 第3实施形态的光源装置30于腔室31的一部分使用第1实施形态的光学构件1。因此,可与第1实施形态同样地实现电浆发光效率的提升或使用于电浆发光的气体选项的增加等。又,可对腔室31内部的电浆区域PA高效率地赋予激发光LH2,与此同时,可将腔室31内部产生的电浆光LH1在不产生遮蔽下以高效率释出至腔室31的外侧。

[0105] 再者,于上述各实施形态中,光学构件1为圆筒,但光学构件1的形状并不限于此,只要为筒状,则亦可并非为圆筒。例如,亦可为与中心轴A正交的剖面的形状为椭圆、长圆、自中心起的距离于一部分与周围不同的大致圆形等的筒,此外可为任意的剖面形状。又,圆筒及筒的半径方向的厚度并不限于固定者,一部分的半径方向的厚度亦可大于其他部分的半径方向的厚度。

[0106] 再者,于上述第2实施形态、第3实施形态中,是于光学构件1的中心轴A方向的两侧,于端部1e的开口1a安装盖L而将气体密封,将光学构件1单独地用作光源用构件,但光学构件1的使用方法并不限于此。例如,亦可将光学构件1用作通过压接等将光学构件1与其他CaF<sub>2</sub>单晶构件接合而获得的更大的光学构件的一部分。作为一例,以此方式获得的更大的光学构件可为如下光学构件,即,具有:共有中心轴A的两个光学构件1;及球壳部,该球壳部于中心轴A方向上被该两个光学构件夹持,且于与中心轴A相同轴上具有旋转轴。又,例如,可为于光学构件1的一端压接有圆板状盖部且于另一端压接有圆环状凸缘部的光学构件。

[0107] 再者,于上述实施形态的光学构件1中,于与中心轴A具有90°±5°的角度而交叉的方向配置有CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面或{111}面。然而,更理想为,于与中心轴A具有90°±3°的角度而交叉的方向上配置有CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面或{111}面,更进一步理想为,于与中心轴A具有90°的角度而交叉的方向上配置有CaF<sub>2</sub>单晶的{110}面或{111}面。

[0108] 第2实施形态的腔室21及第3实施形态的腔室31亦可作为气体保持容器使用。于气体保持容器中,亦可将成为检查或测定对象的物体以保存于气体中的状态密封而使用。

[0109] 再者,于上述实施形态中,气体(离子性介质)并不限于用以发出电浆光的气体,只要为用以发出准分子光等自真空紫外区域至红外区域的波长区域的光的任意气体即可。

[0110] 只要维持本发明的特征,则本发明并不限定于上述实施形态,关于在本发明的技术思想的范围内可考虑到的其他形态,亦包含于本发明的范围内。

[0111] [产业上的可利用性]

[0112] 根据本发明的氟化钙光学构件,可简便地获得一种既便于高温、高压的环境下亦可不破损而较佳地使用的CaF<sub>2</sub>单晶光学构件。由此,可对半导体制造装置等各种领域提供

具有充分强度的氟化钙光学构件。又，可提供具备具有充分强度的氟化钙光学构件的气体保持容器或光源装置，进而，可制造更精密的半导体元件等。

[0113] 【符号说明】

- [0114] 1:光学构件
- [0115] 1a:开口
- [0116] 1e:端面
- [0117] 1i:内表面
- [0118] 1o:外表面
- [0119] 20、30:光源装置
- [0120] 21、31:腔室
- [0121] 22:点火源
- [0122] 23、32:聚光构件
- [0123] A:中心轴
- [0124] BS:分光镜
- [0125] L:盖
- [0126] LH1:电浆光
- [0127] LH2:激发光
- [0128] UL:单位晶格

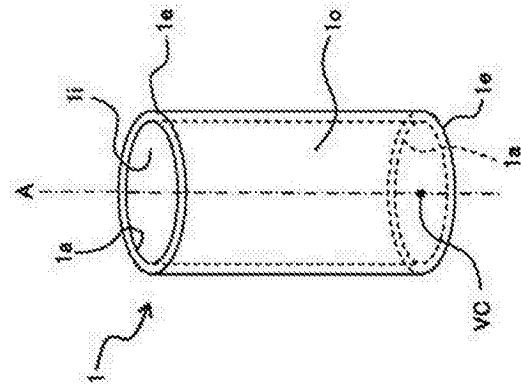


图1

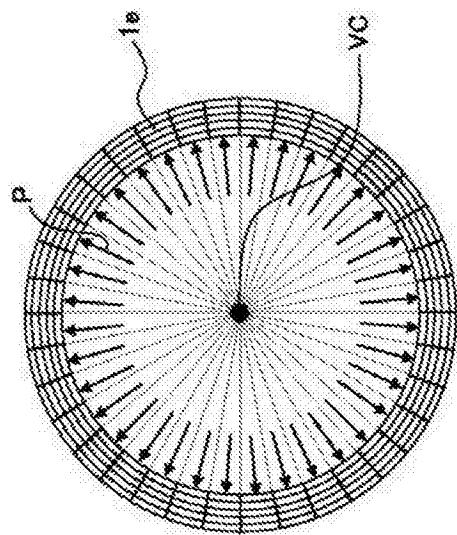


图2

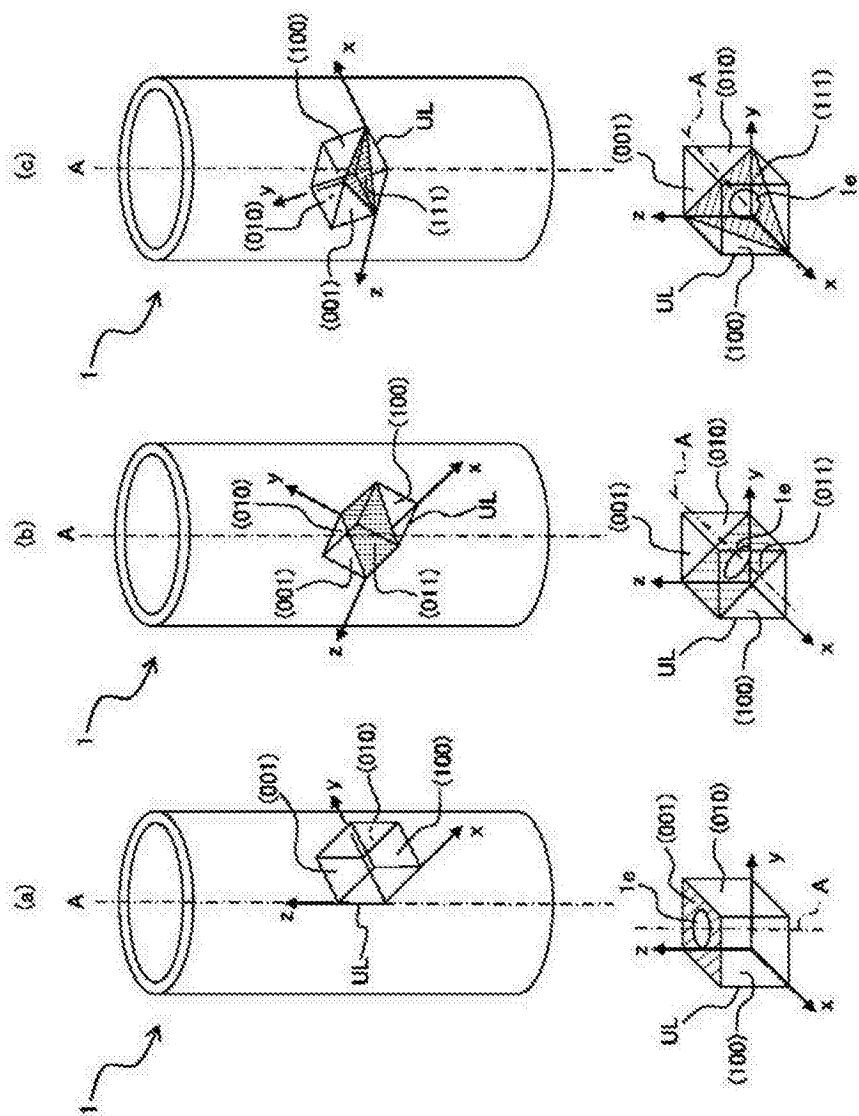


图3

温度 [°C]	弹性刚度[GPa]		
	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>44</sub>
25	164	43.7	34.6
100	133	41.3	34.2
120	158	40.9	34.1
130	157	40.2	34.0
220	155	39.6	33.8
250	153	38.0	33.2
300	141	34.7	31.0
1000	104	18.4	26.0

图4

分析例	分析条件	予{100}面产生的最大剪应力[MPa]					
		30atm	20atm	10atm	{001}面	{100}面	{010}面
1	25 {100}面	9.21	9.21	9.21	0.01	0.01	8.44
2	100 {100}面	9.21	9.21	9.21	0.01	0.01	8.44
3	200 {100}面	9.21	9.21	9.21	0.01	0.01	8.44
4	25 {110}面	7.87	6.92	7.87	6.92	6.92	5.11
5	100 {110}面	7.86	6.93	7.86	6.93	6.93	5.11
6	200 {110}面	7.87	6.92	7.87	6.92	6.92	5.11
7	25 {111}面	7.80	6.70	7.17	7.80	7.80	5.20
8	100 {111}面	7.80	6.70	7.18	7.80	7.80	5.20
9	200 {111}面	7.78	6.69	7.15	7.78	7.78	5.16

图5

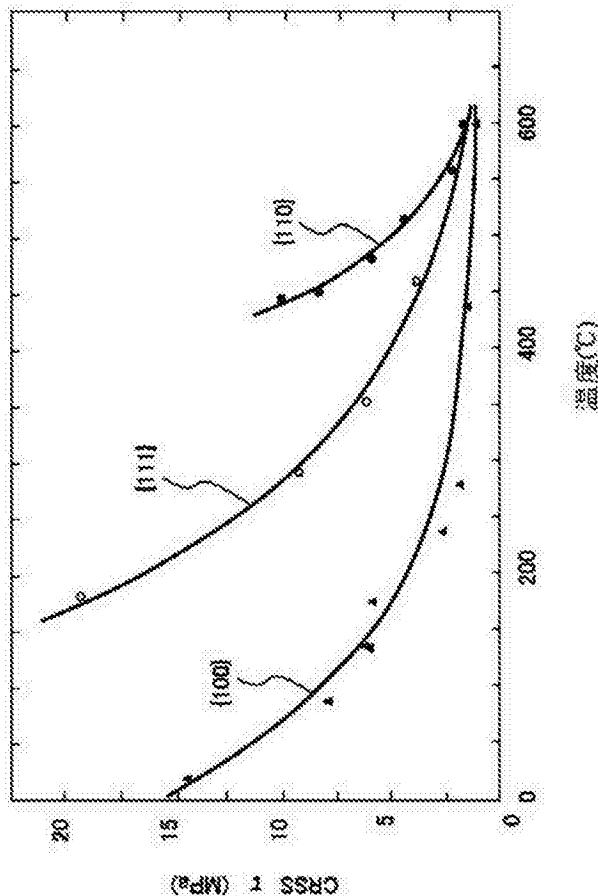


图6

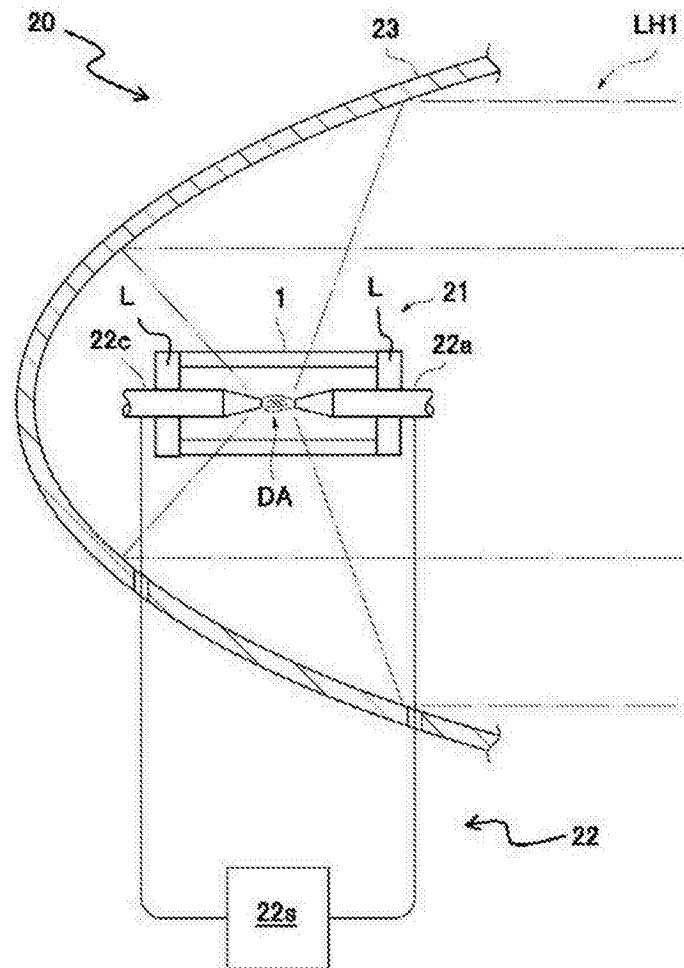


图7

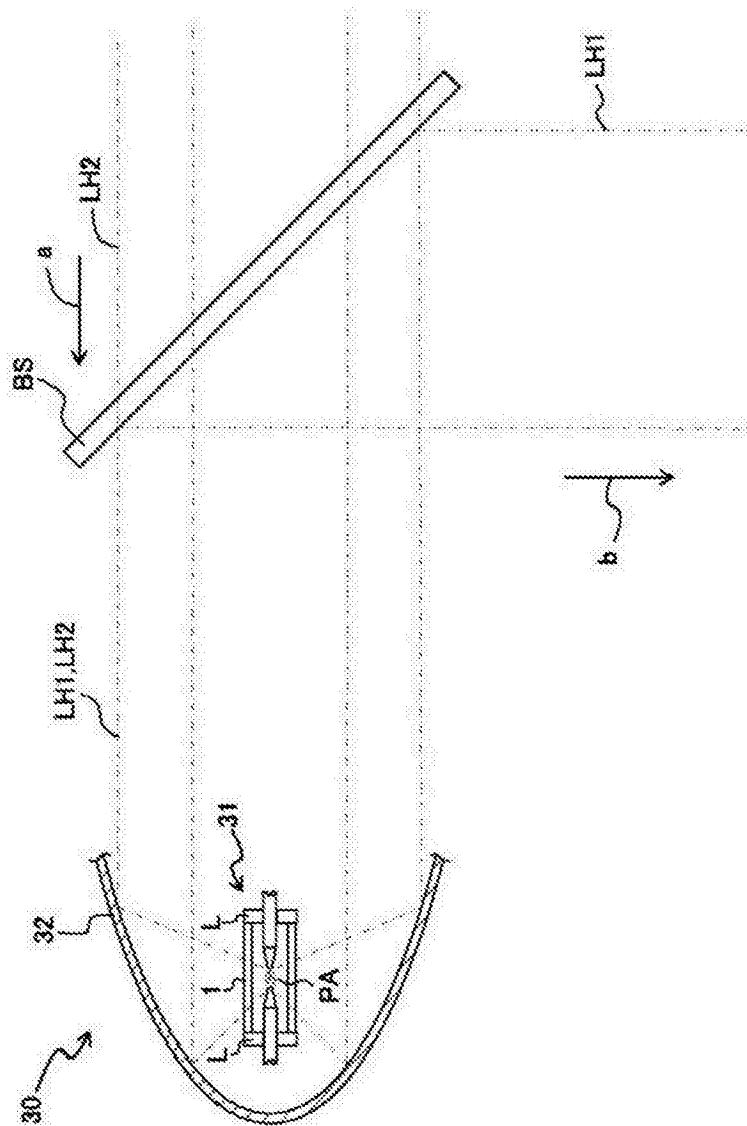


图8