



(21)申请号 201611183289.0

(22)申请日 2016.12.20

(30)优先权数据

2016-001941 2016.01.07 JP

(71)申请人 株式会社迪思科

地址 日本东京都

(72)发明人 平田和也 森重幸雄

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 庞东成 褚瑶杨

(51)Int.Cl.

B28D 7/00(2006.01)

B23K 26/402(2014.01)

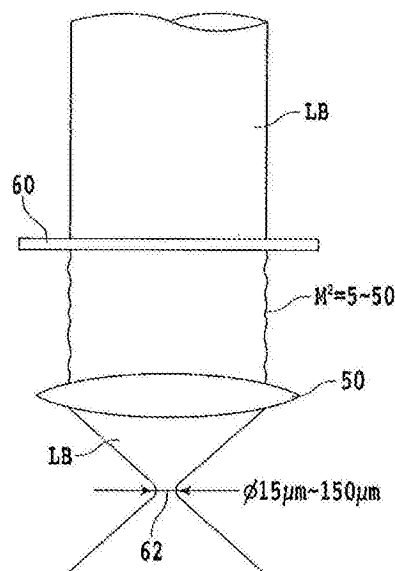
权利要求书1页 说明书8页 附图11页

(54)发明名称

SiC晶片的生成方法

(57)摘要

本发明提供SiC晶片的生成方法,能够高效地从SiC晶锭生成SiC晶片。一种SiC晶片的生成方法,具备:分离起点形成步骤,将对于SiC晶锭具有透过性的波长的激光束的聚光点定位在距SiC晶锭的端面相当于要生成的晶片的厚度的深度,并且使该聚光点与该SiC晶锭相对地移动来对该端面照射激光束,形成与该端面平行的改质层和从该改质层起进行伸长的裂痕作为分离起点;和晶片剥离步骤,在实施了该分离起点形成步骤之后,从该分离起点将相当于晶片的厚度的板状物从该SiC晶锭剥离而生成SiC晶片,在该分离起点形成步骤中,将形成聚光点的聚光透镜的数值孔径设定为0.45~0.9,并且将激光束的 M^2 因子实质设定为5~50,将聚光点的直径设定为 $\phi 15\sim 150\mu\text{m}$ 。



1. 一种SiC晶片的生成方法,该SiC晶片的生成方法的特征在于,具备:

分离起点形成步骤,将对于SiC晶锭具有透过性的波长的激光束的聚光点定位在距SiC晶锭的端面相当于要生成的晶片的厚度的深度,并且使该聚光点与该SiC晶锭相对地移动来对该端面照射激光束,形成与该端面平行的改质层和从该改质层起进行伸长的裂痕作为分离起点;和

晶片剥离步骤,在实施了该分离起点形成步骤之后,从该分离起点将相当于晶片的厚度的板状物从该SiC晶锭剥离而生成SiC晶片,

在该分离起点形成步骤中,将形成聚光点的聚光透镜的数值孔径设定为0.45~0.9,并且将激光束的 M^2 因子实质设定为5~50,将聚光点的直径设定为 $\phi 15\mu\text{m}\sim\phi 150\mu\text{m}$ 。

2. 如权利要求1所述的SiC晶片的生成方法,其中,该聚光点的功率密度为 $2\times 10^5\text{W}/\text{cm}^2\sim 3\times 10^5\text{W}/\text{cm}^2$ 。

3. 一种SiC晶片的生成方法,其从SiC晶锭生成SiC晶片,该SiC晶锭具有:第一面和位于该第一面的相反侧的第二面;从该第一面至该第二面的c轴;和与该c轴垂直的c面,该SiC晶片的生成方法的特征在于,具备:

分离起点形成步骤,将对于SiC晶锭具有透过性的波长的激光束的聚光点定位在距该第一面相当于要生成的晶片的厚度的深度,并且使该聚光点与该SiC晶锭相对地移动来对该第一面照射该激光束,形成与该第一面平行的改质层和从该改质层起进行伸长的裂痕作为分离起点;和

晶片剥离步骤,在实施了该分离起点形成步骤之后,从该分离起点将相当于晶片的厚度的板状物从该SiC晶锭剥离而生成SiC晶片,

该分离起点形成步骤包含:改质层形成步骤,该c轴相对于该第一面的垂线倾斜偏离角,使激光束的聚光点沿着与在该第一面 and 该c面之间形成偏离角的方向垂直的方向相对地移动来形成直线状的改质层;和

转位步骤,在该形成偏离角的方向上使该聚光点相对地移动而转位规定的量,

在该分离起点形成步骤中,将形成聚光点的聚光透镜的数值孔径设定为0.45~0.9,并且将激光束的 M^2 因子实质设定为5~50,将该聚光点的直径设定为 $\phi 15\mu\text{m}\sim\phi 150\mu\text{m}$ 。

SiC晶片的生成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种SiC晶片的生成方法,将SiC晶锭切片成晶片状。

背景技术

[0002] 在以硅等作为材料的晶片的正面上层叠功能层,在该功能层上在通过多个分割预定线划分出的区域,IC、LSI等各种器件形成在该区域。然后,通过切削装置、激光加工装置等加工装置对晶片的分割预定线实施加工,将晶片分割成各个器件芯片,分割得到的器件芯片广泛应用于移动电话、个人计算机等各种电子设备。

[0003] 另外,在以SiC、GaN等SiC作为材料的晶片的正面上层叠有功能层,在所层叠的功能层上通过形成成为格子状的多个分割预定线进行划分而形成功率器件或者LED、LD等光器件。

[0004] 形成器件的晶片通常是利用划片锯对晶锭进行切片而生成的,对切片得到的晶片的正面背面进行研磨而精加工成镜面(参照例如日本特开2000-94221号公报)。

[0005] 在该划片锯中,将直径约为100~300 μ m的钢琴丝等一根金属丝缠绕在通常二~四条设置于间隔辅助辊上的多个槽中,按照一定间距彼此平行配置且使金属丝在一定方向或者双向上行进,将晶锭切片成多个晶片。

[0006] 但是,当利用划片锯将晶锭切断,并对正面背面进行研磨而生成晶片时,会浪费晶锭的70~80%,存在不经济的问题。特别是SiC、GaN等六方晶单晶晶锭的莫氏硬度较高,利用划片锯而进行的切断很困难,花费相当长的时间,生产性较差,在高效地生成晶片方面存在问题。

[0007] 为了解决这些问题,在日本特开2013-49461号公报中记载了如下技术:将对于SiC具有透过性的波长的激光束的聚光点定位在SiC晶锭的内部来进行照射,在切断预定面上形成改质层和裂痕,并施加外力而沿着形成有改质层和裂痕的切断预定面割断晶片,从SiC晶锭分离晶片。

[0008] 在该公开公报所记载的技术中,以脉冲激光束的第一照射点和距该第一照射点最近的第二照射点处于规定的位置的方式,沿着切断预定面呈螺旋状照射脉冲激光束的聚光点或者呈直线状照射脉冲激光束的聚光点,在SiC晶锭的切断预定面上形成非常高密度的改质层和裂痕。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本特开2000-94221号公报

[0012] 专利文献2:日本特开2013-49461号公报

发明内容

[0013] 发明所要解决的课题

[0014] 但是,为了在晶片的内部形成良好的改质层,优选将聚光透镜的数值孔径NA

增大至 $0.45\sim 0.9$ 、将焦点深度设定为 $5\mu\text{m}$ 以下,其结果,必须使聚光点的直径低至 $\phi 1.5\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ 、使邻接的聚光点的间隔为 $10\mu\text{m}$ 左右,在晶锭内部致密地形成改质层,这存在花费时间、生产性差的问题。

[0015] 另一方面,使聚光透镜的数值孔径NA减小、使聚光点的直径增大时,焦点深度变大,改质层上下浮动,存在难以在同一面上形成改质层的问题。

[0016] 本发明是鉴于这样的点而完成的,其目的在于提供一种SiC晶片的生成方法,能够高效地从SiC晶锭生成SiC晶片。

[0017] 用于解决课题的手段

[0018] 根据技术方案1所述的发明,提供一种SiC晶片的生成方法,该SiC晶片的生成方法的特征在于,具备:分离起点形成步骤,将对于SiC晶锭具有透过性的波长的激光束的聚光点定位在距SiC晶锭的端面相当于要生成的晶片的厚度的深度,并且使该聚光点与SiC晶锭相对地移动来对该端面照射激光束,形成与该端面平行的改质层和从该改质层起进行伸长的裂痕作为分离起点;和晶片剥离步骤,在实施了该分离起点形成步骤之后,从该分离起点将相当于晶片的厚度的板状物从该SiC晶锭剥离而生成SiC晶片,在该分离起点形成步骤中,将形成聚光点的聚光透镜的数值孔径设定为 $0.45\sim 0.9$,并且将激光束的 M^2 因子实质设定为 $5\sim 50$,将聚光点的直径设定为 $\phi 15\sim 150\mu\text{m}$ 。

[0019] 优选将聚光点的功率密度设定为 $(2\sim 3)\times 10^5\text{W}/\text{cm}^2$ 。

[0020] 根据技术方案3所述的发明,提供一种SiC晶片的生成方法,其从SiC晶锭生成SiC晶片,该SiC晶锭具有:第一面和位于该第一面的相反侧的第二面;从该第一面至该第二面的c轴;和与该c轴垂直的c面,该SiC晶片的生成方法的特征在于,具备:分离起点形成步骤,将对于SiC晶锭具有透过性的波长的激光束的聚光点定位在距该第一面相当于要生成的晶片的厚度的深度,并且使该聚光点与该SiC晶锭相对地移动来对该第一面照射该激光束,形成与该第一面平行的改质层和从该改质层起进行伸长的裂痕作为分离起点;和晶片剥离步骤,在实施了该分离起点形成步骤之后,从该分离起点将相当于晶片的厚度的板状物从该SiC晶锭剥离而生成SiC晶片,该分离起点形成步骤包含:改质层形成步骤,该c轴相对于该第一面的垂线倾斜偏离角,使激光束的聚光点沿着与在该第一面和该c面之间形成偏离角的方向垂直的方向相对地移动来形成直线状的改质层;和转位步骤,在该形成偏离角的方向上使该聚光点相对地移动而转位规定的量,在该分离起点形成步骤中,将形成聚光点的聚光透镜的数值孔径设定为 $0.45\sim 0.9$,并且将激光束的 M^2 因子实质设定为 $5\sim 50$,将该聚光点的直径设定为 $\phi 15\sim 150\mu\text{m}$ 。

[0021] 发明效果

[0022] 根据本发明的SiC晶片的生成方法,在分离起点形成步骤中,将形成聚光点的聚光透镜的数值孔径NA设定为 $0.45\sim 0.9$,并且将激光束的 M^2 因子实质设定为 $5\sim 50$,将聚光点的直径设定为 $\phi 15\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$,因此即使聚光透镜的焦点深度浅至 $5\mu\text{m}$ 以下,也能够以大的聚光光斑高效稳定地形成良好的分离起点。此外,能够充分地实现生产性的提高,并且能够充分地减轻所丢弃的晶锭的量。

附图说明

[0023] 图1是适合实施本发明的SiC晶片的生成方法的激光加工装置的立体图。

- [0024] 图2是激光束产生单元的框图。
- [0025] 图3的 (A) 是SiC晶锭的立体图,图3的 (B) 是其主视图。
- [0026] 图4是说明分离起点形成步骤的立体图。
- [0027] 图5是SiC晶锭的俯视图。
- [0028] 图6是说明改质层形成步骤的示意性截面图。
- [0029] 图7是说明改质层形成步骤的示意性俯视图。
- [0030] 图8的 (A) 是说明转位步骤的示意性俯视图,图8的 (B) 是说明转位量的示意性俯视图。
- [0031] 图9是说明改质层形成步骤中所照射的激光束的 M^2 因子与聚光透镜的聚光光斑的关系的示意图。
- [0032] 图10是说明本发明实施方式的改质层形成步骤的示意图,其中,通过将 M^2 因子设定为较大的值,能够使用焦点深度较浅的聚光透镜来形成面积较大的改质层。
- [0033] 图11是说明晶片剥离步骤的立体图。
- [0034] 图12是所生成的SiC晶片的立体图。

具体实施方式

[0035] 以下,参照附图详细地说明本发明的实施方式。参照图1,示出了适合实施本发明的SiC晶片的生成方法的激光加工装置2的立体图。激光加工装置2包含以能够在X轴方向上移动的方式搭载在静止基台4上的第一滑动块6。

[0036] 第一滑动块6在由滚珠丝杠8和脉冲电动机10构成的加工进给机构12的作用下沿着一对导轨14在加工进给方向移动,即在X轴方向上移动。

[0037] 第二滑动块16以能够在Y轴方向上移动的方式搭载在第一滑动块6上。即,第二滑动块16在由滚珠丝杠18和脉冲电动机20构成的分度进给机构22的作用下沿着一对导轨24在分度进给方向移动,即在Y轴方向上移动。

[0038] 在第二滑动块16上搭载有支承工作台26。支承工作台26能够在加工进给机构12和分度进给机构22的作用下在X轴方向和Y轴方向上移动,并且在收纳在第二滑动块16中的电动机的作用下旋转。

[0039] 在静止基台4上竖立设置有柱28,在该柱28上安装有激光束照射机构(激光束照射构件)30。激光束照射机构30由收纳在外壳32中的图2所示的激光束产生单元34和安装于外壳32的前端的聚光器(激光头)36构成。在外壳32的前端安装有具有显微镜和照相机的摄像单元38,该摄像单元38与聚光器36排列在X轴方向上。

[0040] 如图2所示,激光束产生单元34包含振荡出YAG激光或者YVO4激光的激光振荡器40、重复频率设定单元42、脉冲宽度调整单元44和功率调整单元46。虽然未特别图示,但激光振荡器40具有布鲁斯特窗,从激光振荡器40射出的激光束是直线偏光的激光束。

[0041] 利用激光束产生单元34的功率调整单元46调整为规定功率的脉冲激光束被聚光器36的反射镜48反射,进而利用聚光透镜50将聚光点定位在作为固定于支承工作台26的被加工物的SiC晶锭11的内部来进行照射。

[0042] 参照图3的 (A),示出了作为加工对象物的SiC晶锭(以下有时简称为晶锭)11的立体图。图3的 (B) 是图3的 (A) 所示的SiC晶锭11的主视图。

[0043] 晶锭11具有第一面(上表面)11a和与第一面11a相反侧的第二面(下表面)11b。由于晶锭11的上表面11a是激光束的照射面,因此将其研磨成镜面。

[0044] 晶锭11具有第一定向平面13和与第一定向平面13垂直的第二定向平面15。第一定向平面13的长度形成比第二定向平面15的长度长。

[0045] 晶锭11具有c轴19和c面21,该c轴19相对于上表面11a的垂线17向第二定向平面15方向倾斜偏离角 α ,该c面21与c轴19垂直。c面21相对于晶锭11的上表面11a倾斜偏离角 α 。通常在SiC晶锭11中,与较短的第二定向平面15的伸长方向垂直的方向是c轴的倾斜方向。

[0046] 在晶锭11中按照晶锭11的分子级设定有无数个c面21。在本实施方式中,偏离角 α 被设定为 4° 。但是,偏离角 α 不限于 4° ,能够在例如 $1^\circ \sim 6^\circ$ 的范围中自由地设定而制造出晶锭11。

[0047] 再次参照图1,在静止基台4的左侧固定有柱52,在该柱52上经由形成于柱52的开口53以能够在上下方向上移动的方式搭载有按压机构54。

[0048] 在本实施方式的晶片的生成方法中,如图4所示,例如利用蜡或者粘接剂将晶锭11以晶锭11的第二定向平面15在X轴方向上排列的方式固定在支承工作台26上。

[0049] 即,如图5所示,使箭头A方向与X轴对齐,将晶锭11固定在支承工作台26上,其中,该A方向即是与形成有偏离角 α 的方向Y1垂直的方向,换言之,其是与c轴19的与上表面11a的交点19a相对于晶锭11的上表面11a的垂线17所存在的方向垂直的方向。

[0050] 由此,沿着与形成有偏离角 α 的方向垂直的方向A扫描激光束。换言之,与形成有偏离角 α 的方向Y1垂直的A方向成为支承工作台26的加工进给方向。

[0051] 在本发明的SiC晶片的生成方法中,将从聚光器36射出的激光束的扫描方向设为与晶锭11的形成偏离角 α 的方向Y1垂直的箭头A方向是很重要的。

[0052] 即,本发明的SiC晶片的生成方法的特征在于认识到了下述情况:通过将激光束的扫描方向设定为上述那样的方向,从形成于晶锭11的内部改质层传播的裂痕沿着c面21伸长的非常长。

[0053] 在本实施方式的SiC晶片的生成方法中,首先,实施分离起点形成步骤,将对于固定于支承工作台26的SiC晶锭11具有透过性的波长(例如1064nm的波长)的激光束的聚光点定位在距第一面(上表面)11a相当于要生成的晶片的厚度的深度,并且使聚光点与SiC晶锭11相对地移动来对上表面11a照射激光束,形成与上表面11a平行的改质层23和从改质层23沿着c面21传播的裂痕25作为分离起点。

[0054] 该分离起点形成步骤包含:改质层形成步骤,c轴19相对于上表面11a的垂线17倾斜偏离角 α ,在与在c面21和上表面11a之间形成偏离角 α 的方向(即图5的箭头Y1方向)垂直的方向(即A方向)上使激光束的聚光点相对地移动来在晶锭11的内部形成改质层23和从改质层23沿着c面21传播的裂痕25;和转位步骤,如图7和图8所示,在形成偏离角的方向(即Y轴方向)上使聚光点相对地移动且转位规定的量。

[0055] 如图6和图7所示,在X轴方向上将改质层23形成成为直线状时,裂痕25从改质层23的两侧沿着c面21传播而形成。在本实施方式的SiC晶片的生成方法中包含转位量设定步骤,对从直线状的改质层23起在c面方向上传播而形成的裂痕25的宽度进行测量,设定聚光点的转位量。

[0056] 在转位量设定步骤中,如图6所示,在将从直线状的改质层23起在c面方向上传播

而形成在改质层23的单侧的裂痕25的宽度设为W1的情况下,将应该进行转位的规定的量W2设定为W1以上2W1以下。

[0057] 此处,优选的实施方式的改质层形成步骤如下设定。

[0058] 光源:Nd:YAG脉冲激光

[0059] 波长:1064nm

[0060] 重复频率:80kHz

[0061] 平均输出:3.2W

[0062] 脉冲宽度:4ns

[0063] 光斑直径:10 μ m

[0064] 聚光透镜的数值孔径(NA):0.45

[0065] 转位量:400 μ m

[0066] 在上述的激光加工条件中,在图6中,将从改质层23沿着c面传播的裂痕25的宽度W1设定为大致250 μ m,将转位量W2设定为400 μ m。

[0067] 但是,激光束的平均输出不限于3.2W,在本实施方式的加工方法中,将平均输出设定为2W~4.5W而得到良好的结果。在平均输出为2W的情况下,裂痕25的宽度W1为大致100 μ m,在平均输出为4.5W的情况下,裂痕25的宽度W1为大致350 μ m。

[0068] 在平均输出小于2W的情况下和大于4.5W的情况下,无法在晶锭11的内部形成良好的改质层23,因此优选照射的激光束的平均输出在2W~4.5W的范围内,在本实施方式中对晶锭11照射平均输出为3.2W的激光束。在图6中,将形成改质层23的聚光点的距上表面11a的深度D1设定为500 μ m。

[0069] 参照图8的(A),示出了说明激光束的扫描方向的示意图。利用往路X1和返路X2实施分离起点形成步骤,对于利用往路X1在SiC晶锭11中形成改质层23的激光束的聚光点而言,在转位了规定的量之后,利用返路X2在SiC晶锭11中形成改质层23。

[0070] 另外,在分离起点形成步骤中,在激光束的聚光点的应该转位的规定的量被设定为W以上2W以下的情况下,激光束的聚光点定位在在SiC晶锭11并且形成最初的改质层23之前的聚光点的转位量设定为W以下。

[0071] 例如,如图8的(B)所示,在激光束的聚光点应该转位的规定的量为400 μ m的情况下,以转位量200 μ m执行多次激光束的扫描直到在晶锭11中形成最初的改质层23为止。

[0072] 最初的激光束的扫描是空扫,如果判明在晶锭11的内部开始形成了改质层23,则设定为转位量400 μ m来在晶锭11的内部形成改质层23。

[0073] 接着,参照图9和图10,对本发明实施方式的改质层形成步骤进行说明,其中,通过在改质层形成步骤中将激光束的M²因子设定为适当的范围,能够使用焦点深度较浅的聚光透镜来形成直径较大的改质层。

[0074] 此处,M²因子是表示激光束的横模的品质的因子,其是表示与实际的激光束为理想的TEM₀₀的高斯光束相比偏离多少的数值。高斯光束的情况下,M²=1。

[0075] 将经聚光透镜50聚光的激光束的光斑直径设为d、将激光束的波长设为 λ 、将聚光透镜的数值孔径设为NA时,具有下述关系:

[0076] $d = 1.22 (\lambda / NA) \cdots \cdots (1)$

[0077] 例如,激光束的波长 $\lambda = 1064\text{nm}$ 、聚光透镜50的数值孔径NA=0.45时,d=2.88 μ m。

[0078] 在本实施方式的改质层形成步骤中,为了使聚光透镜50的焦点深度较浅,采用数值孔径NA为0.45~0.9的范围内的聚光透镜50。使用这样的聚光透镜50,为了使激光束LB的聚光点62的直径设为 $15\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$,计算激光束LB的 M^2 因子,结果得到 $M^2=5\sim 50$ 。

[0079] 这样的具有较大数值的 M^2 因子是偏离理想的高斯光束相当大的 M^2 因子,可以说是激光束LB的品质相当差的激光束。即,可以说在本实施方式的改质层形成步骤中使用的激光束LB是品质相当差的激光束。

[0080] 在图9所示的实施方式中,在聚光透镜50的近前(上游侧)配设磨砂玻璃60,将激光束LB的 M^2 因子设定为5~50。

[0081] 将 M^2 因子实质设定为5~50的方法如下所述。

[0082] (1) 使用 M^2 因子为5~50的激光振荡器。

[0083] (2) 如图9所示,在聚光透镜50的近前配设磨砂玻璃60,将激光束的 M^2 因子实质设定为5~50。

[0084] (3) 代替磨砂玻璃60,在聚光透镜50的近前配设相位调制器,将激光束的 M^2 因子实质设定为5~50。

[0085] (4) 在聚光透镜50的近前配设衍射光栅(DOE),使激光束成为多分支,将激光束的 M^2 因子实质设定为5~50。

[0086] (5) 使用将激光束的 M^2 因子实质设定为5~50的聚光透镜50。

[0087] (6) 将激光束入射至多模光纤,将从多模光纤射出的激光束的 M^2 因子设定为5~50。

[0088] 参照图10,示出了如下形成改质层23时的示意图,使用将聚光透镜50的数值孔径NA设定为0.45~0.9且焦点深度较浅的聚光透镜50,并且将激光束LB的 M^2 因子实质设定为5~50而形成改质层23。聚光点62的直径为 $\phi 15\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$,因此形成面积较大的改质层23和从改质层23传播的裂痕25。

[0089] 本实施方式的改质层形成步骤的主要目的在于形成具有较大面积的改质层23,因此对于日本特开2013-49461号公报记载那样的激光束的照射方法也可以应用。

[0090] 即,不限于下述改质层形成步骤,c轴相对于晶锭11的第一面的垂线倾斜偏离角,使激光束的聚光点沿着与在第一面和c面之间形成偏离角的方向垂直的方向相对地移动的改质层形成步骤,也可以应用至c轴和c面没有任何关系的改质层形成步骤。

[0091] 在本实施方式的改质层形成步骤中,将聚光透镜50的数值孔径NA设定为0.45~0.9,并且将激光束LB的 M^2 因子实质设定为5~50,因此能够使聚光点的直径为 $\phi 15\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$ 。

[0092] 因此,能够形成面积较大的改质层23,因此能够在SiC晶锭11的内部高效地形成包含改质层23和裂痕25的分离起点。

[0093] 此处,对于最适的聚光点62的功率密度进行考察。将聚光点62的直径为 $\phi 3\mu\text{m}$ 、激光束的平均功率为3W、重复频率为80kHz的激光束的聚光点定位在距晶锭11的上表面11a深度为500 μm 处来照射激光束,使聚光点以40mm/s的进给速度移动而形成改质层23,对该改质层23的轨迹进行分析。

[0094] 最初的改质层23形成在深度500 μm 的位置,但改质层23如绘制抛物线那样上升,在100脉冲,于深度400 μm 的位置,改质层23稳定且成为水平。对此进行如下推测。

[0095] 即认为,最初以功率密度最高的聚光点形成改质层23,在改质层23的上部析出的碳(C)吸收连续照射的激光束,连锁性地,改质层23一边形成在碳的区域一边上升。然后,在形成改质层23的临界点的功率密度下开始稳定。

[0096] 临界点的聚光光斑62的直径为 $\phi 41.5\mu\text{m}$,功率密度为 $2.2 \times 10^5 \text{W}/\text{cm}^2$ 。进行重复实验,结果判明在功率密度为 $(2 \sim 3) \times 10^5 \text{W}/\text{cm}^2$ 的范围内形成稳定的改质层23。因此,在本实施方式的改质层形成步骤中,将聚光点的功率密度设定为 $(2 \sim 3) \times 10^5 \text{W}/\text{cm}^2$ 。

[0097] 在晶锭11的整个区域的深度D1的位置上,多个改质层23和从改质层23沿着c面延伸的裂痕25的形成结束后,实施晶片剥离步骤,施加外力而从包含改质层23和裂痕25的分离起点将相当于应该形成的晶片的厚度的板状物从SiC晶锭11分离,生成SiC晶片27。

[0098] 例如通过如图11所示的按压机构54实施该晶片剥离步骤。按压机构54包含:头56,其利用内设于柱52内的移动机构而在上下方向上移动;和按压部件58,其相对于头56如图11的(B)所示那样在箭头R方向上旋转。

[0099] 如图11的(A)所示,将按压机构54定位在固定于支承工作台26的晶锭11的上方,如图11的(B)所示,使头56下降直到按压部件58压接于晶锭11的上表面11a为止。

[0100] 在将按压部件58压接于晶锭11的上表面11a的状态下使按压部件58在箭头R方向上旋转时,在晶锭11上产生扭转应力,晶锭11从形成有改质层23和裂痕25的分离起点断裂,能够将图12所示的SiC晶片27从SiC晶锭11分离。

[0101] 优选在从晶锭11分离SiC晶片27之后,对SiC晶片27的分离面和晶锭11的分离面进行研磨而加工成镜面。

[0102] 符号说明

[0103] 2 激光加工装置

[0104] 11 SiC晶锭

[0105] 11a 第一面(上表面)

[0106] 11b 第二面(下表面)

[0107] 13 第一定向平面

[0108] 15 第二定向平面

[0109] 17 第一面的垂线

[0110] 19 c轴

[0111] 21 c面

[0112] 23 改质层

[0113] 25 裂痕

[0114] 26 支承工作台

[0115] 30 激光束照射单元

[0116] 36 聚光器(激光头)

[0117] 50 聚光透镜

[0118] 54 按压机构

[0119] 56 头

[0120] 58 按压部件

[0121] 60 磨砂玻璃

[0122] 62 聚光点

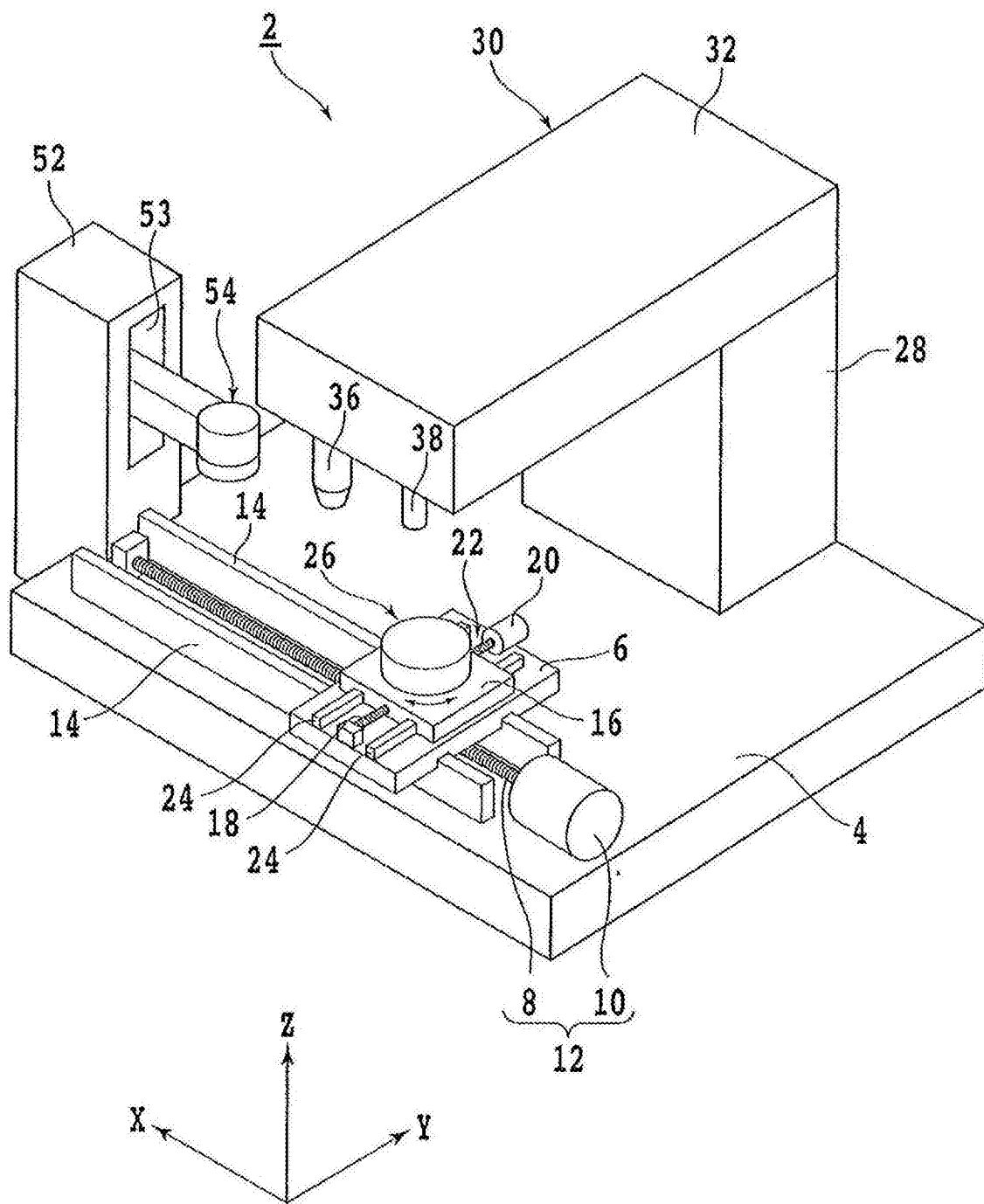


图 1

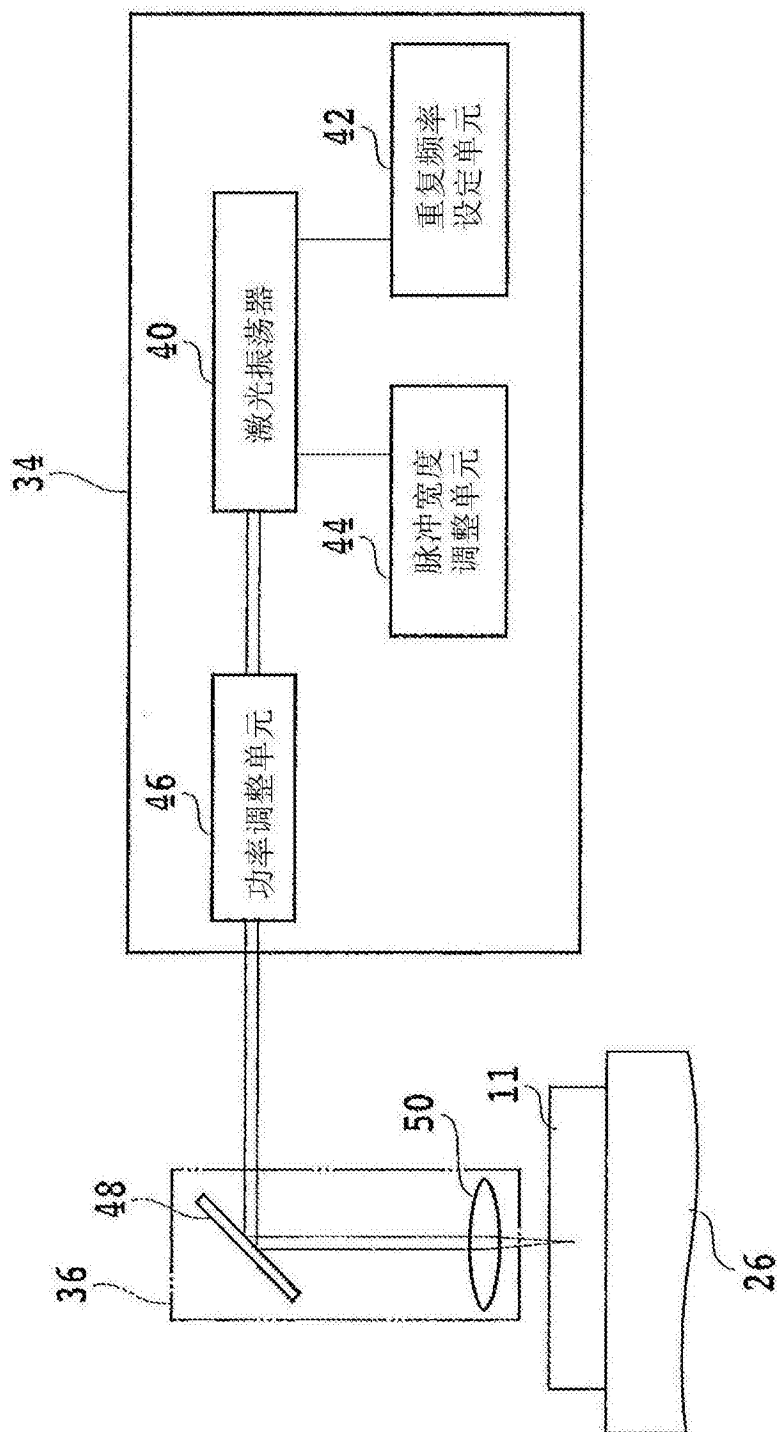
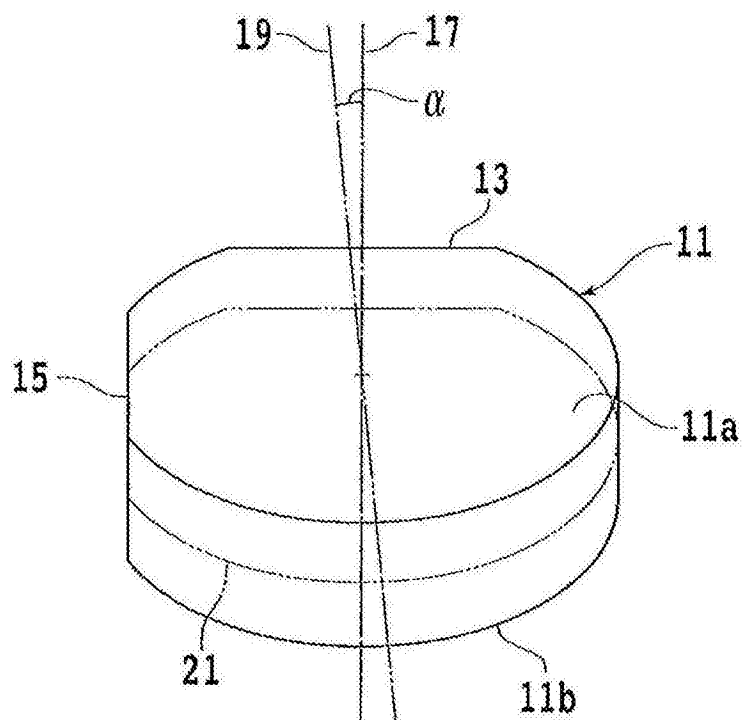


图2

(A)



(B)

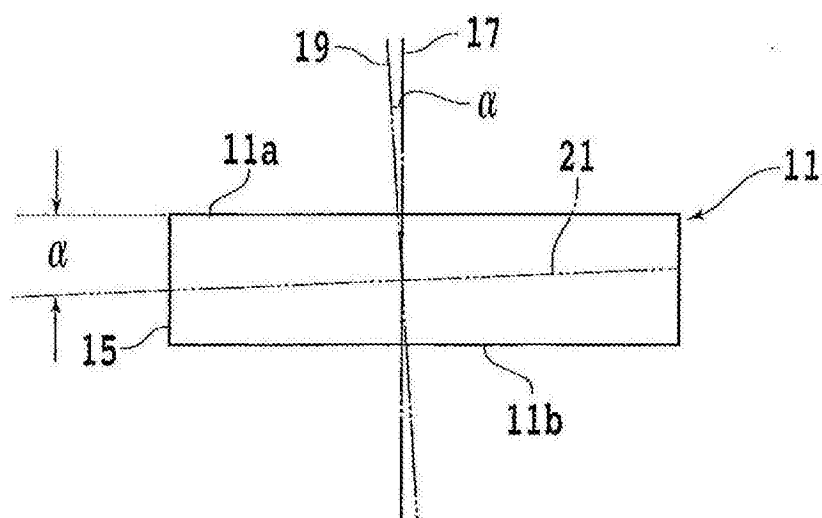


图3

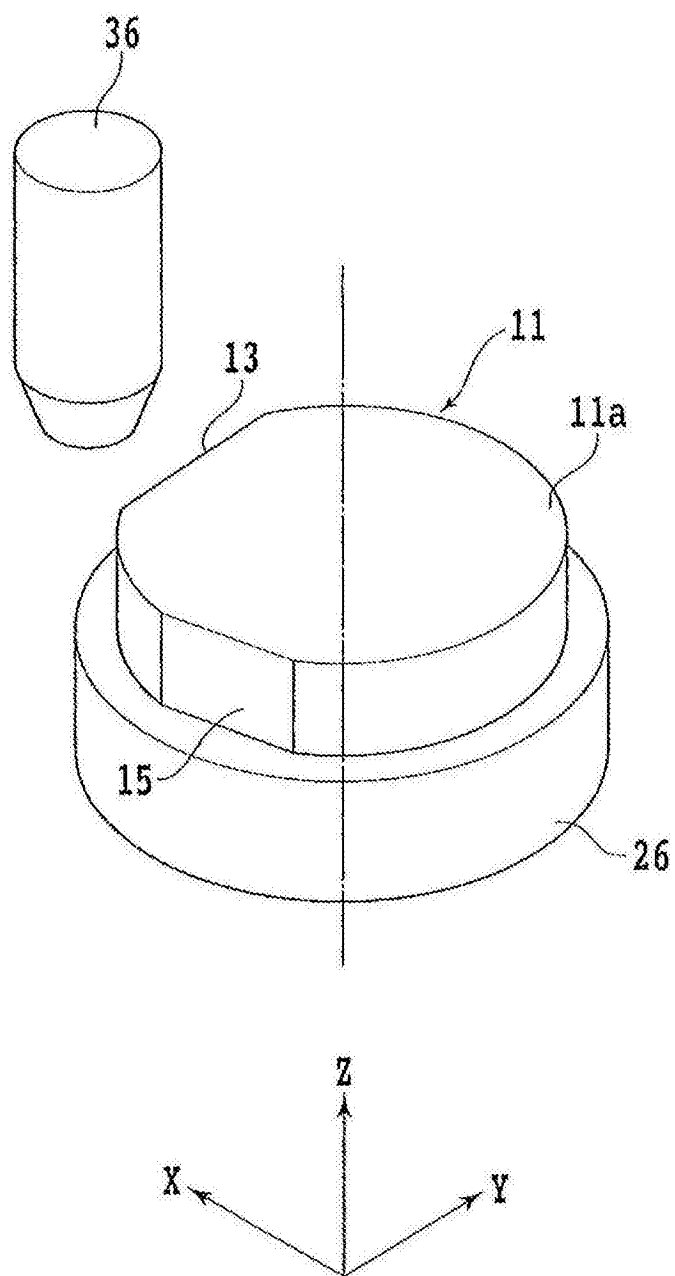


图4

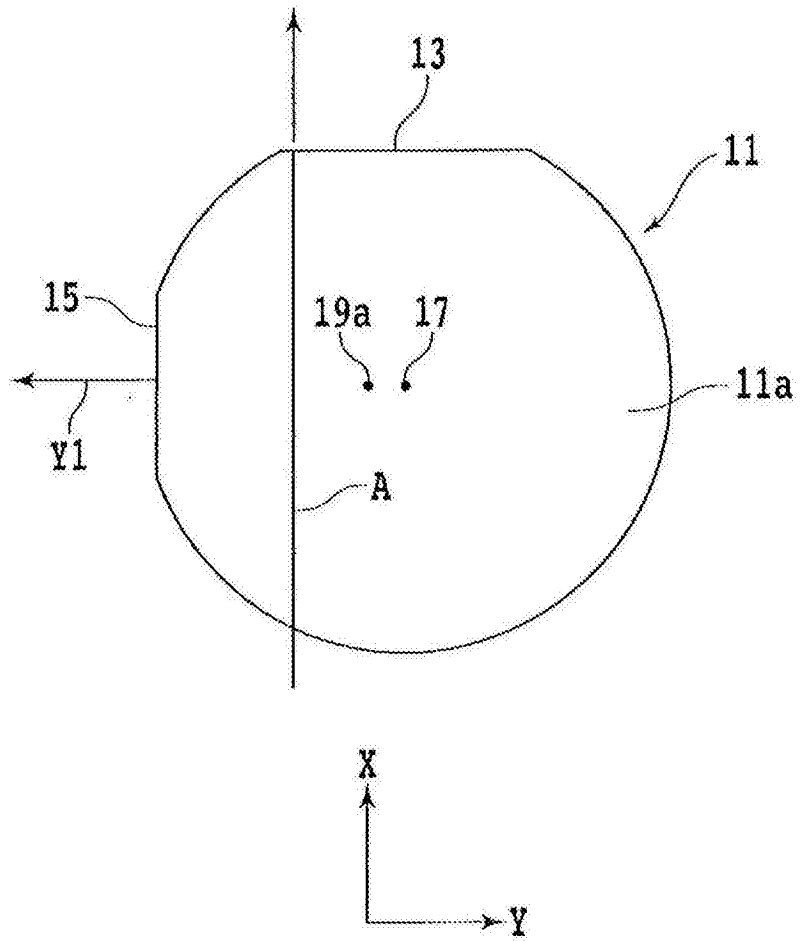


图5

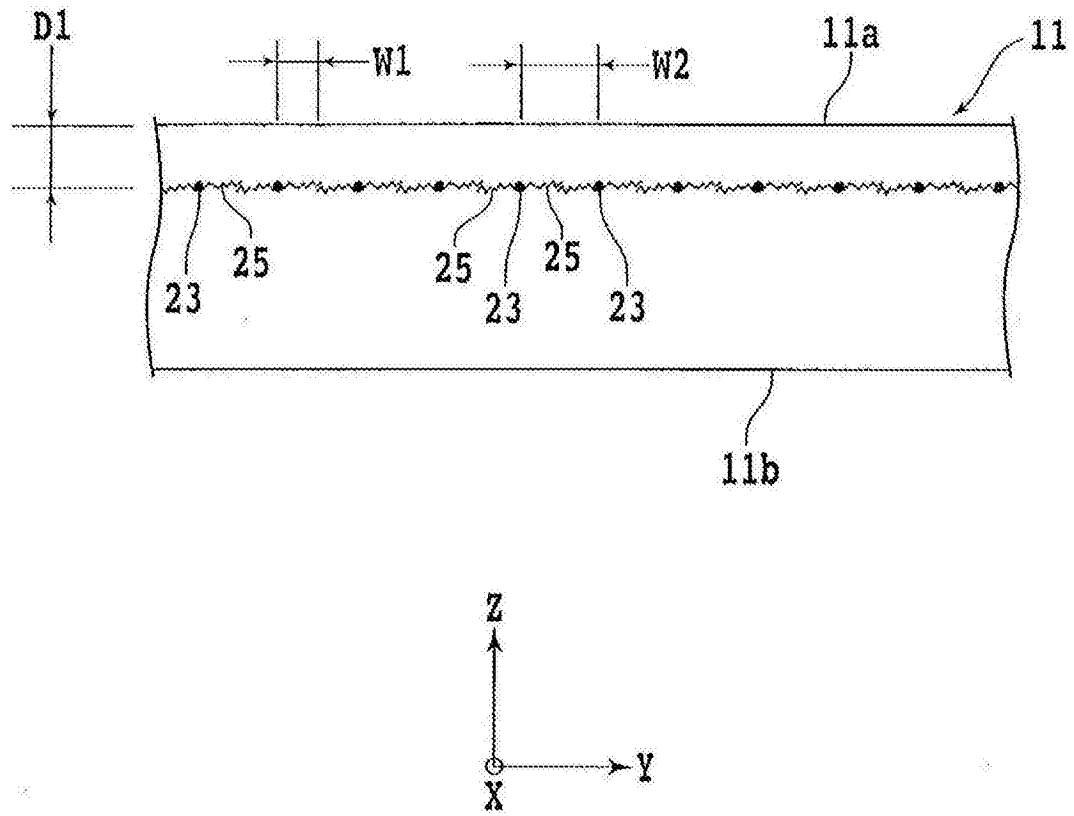


图6

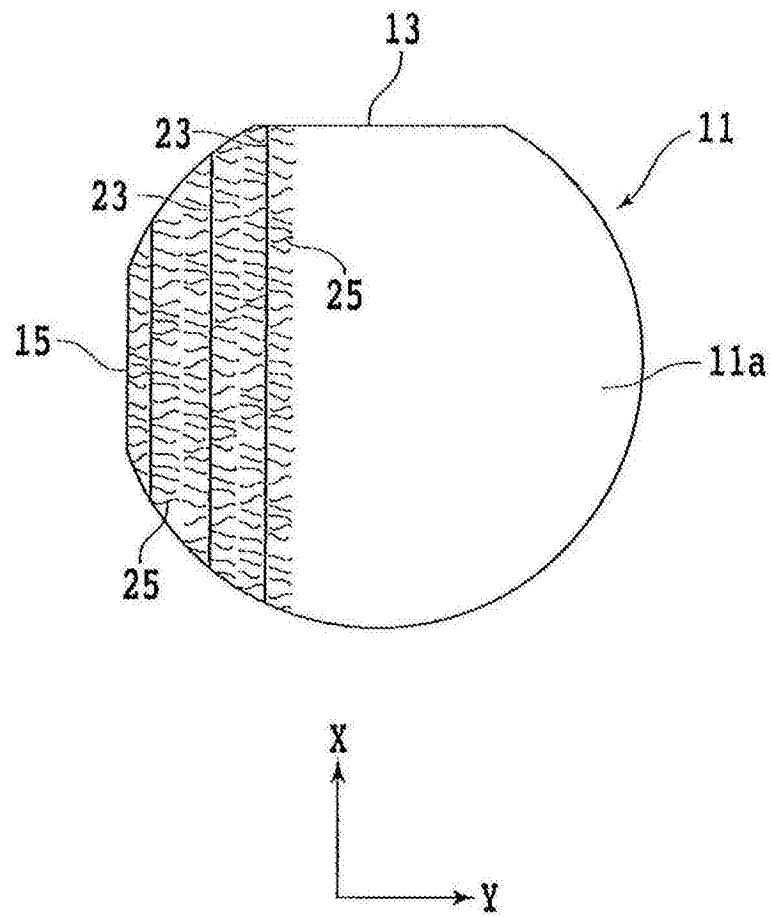


图7

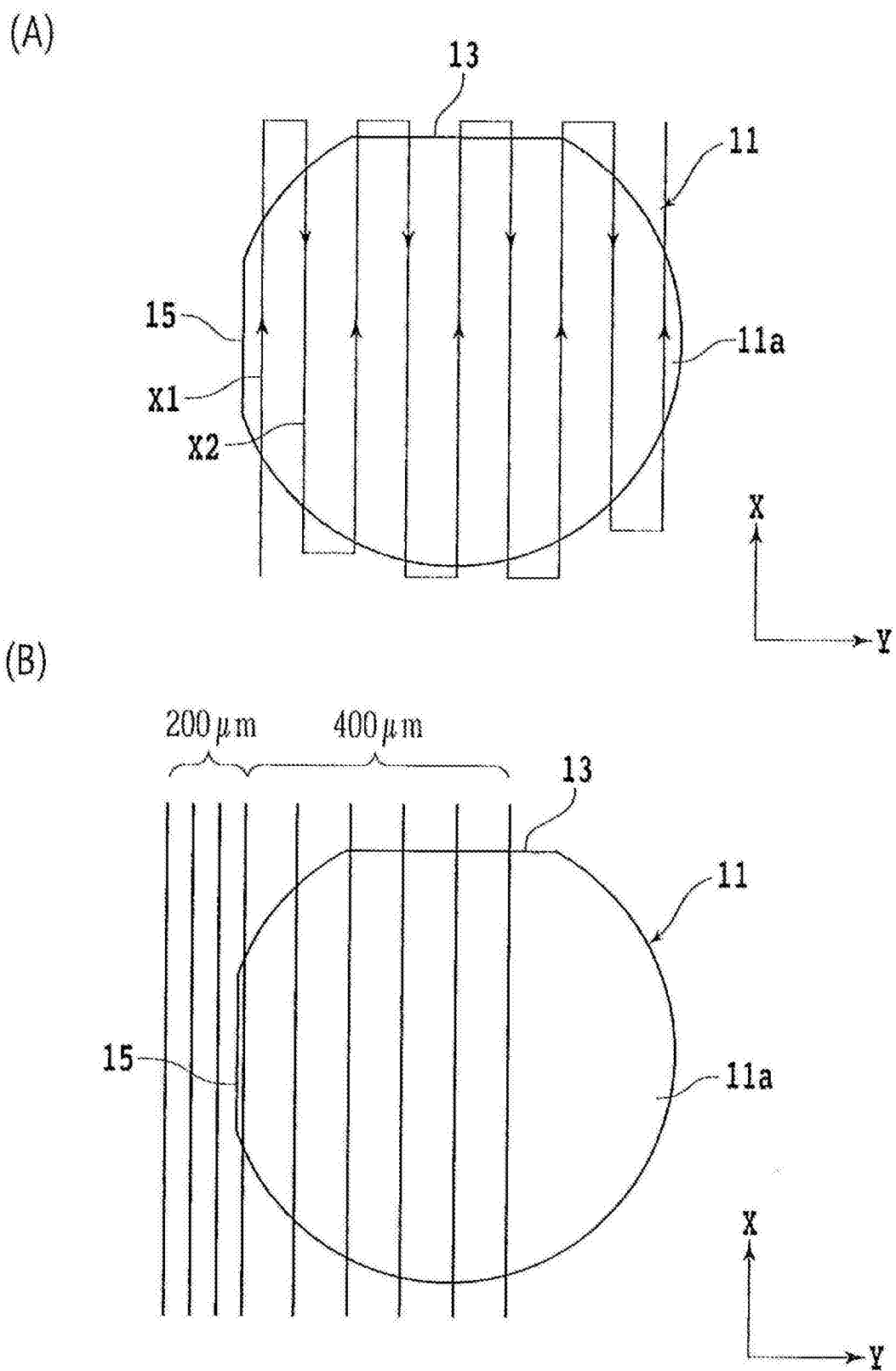


图8

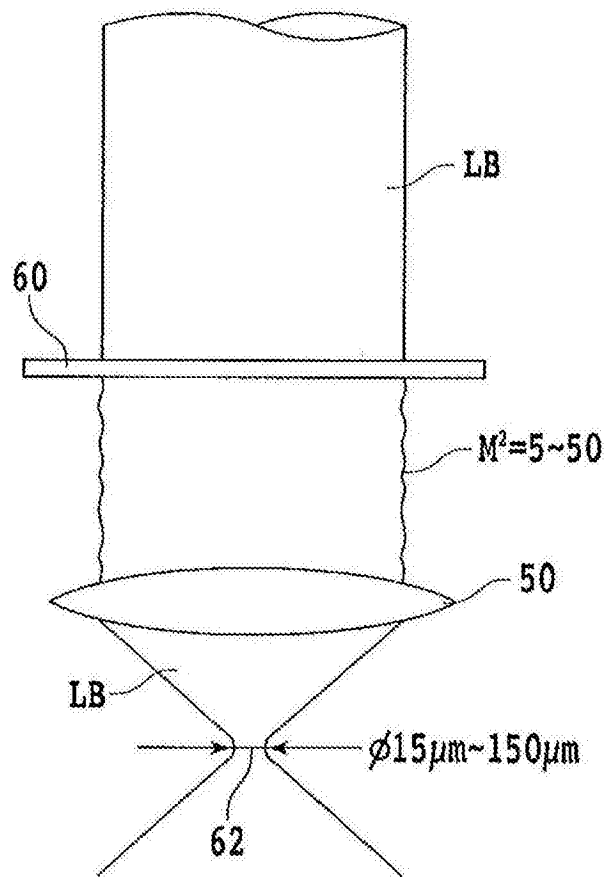


图9

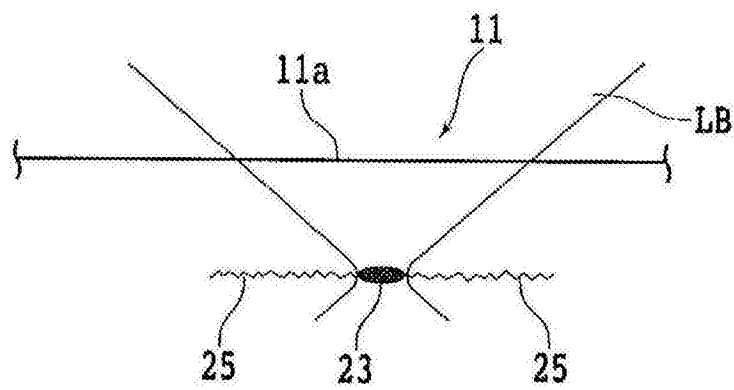


图10

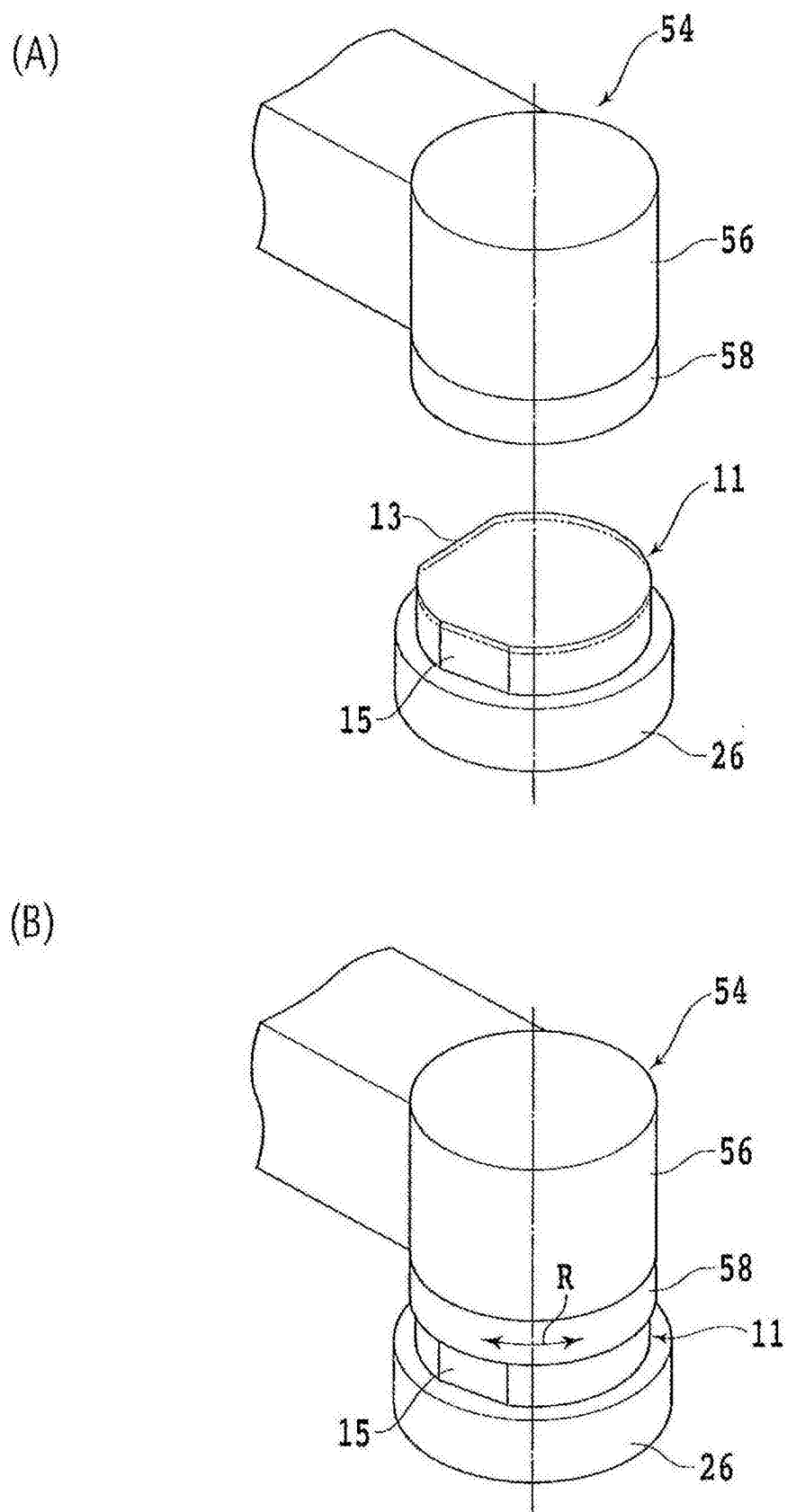


图11

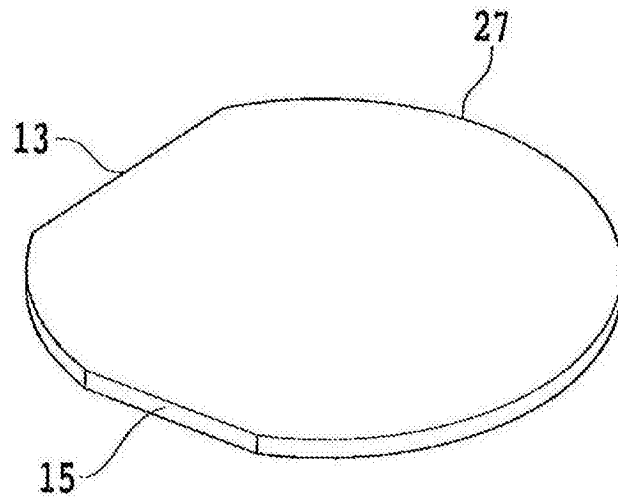


图12