



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110246758 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 24

(21) 申请号 201910177308.6

(22) 申请日 2019.03.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110246758 A

(43) 申请公布日 2019.09.17

(30) 优先权数据
2018-043006 2018.03.09 JP

(73) 专利权人 信越聚合物株式会社
地址 日本东京都
专利权人 信越化学工业株式会社
国立大学法人埼玉大学

(72) 发明人 池野顺一 山田洋平 铃木秀树
野口仁

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
专利代理师 陈彦 张默

(51) Int.Cl.

H01L 21/268 (2006.01)

H01L 21/78 (2006.01)

B23K 26/53 (2014.01)

(56) 对比文件

CN 108788449 A, 2018.11.13

WO 2017199784 A1, 2017.11.23

JP 2008044807 A, 2008.02.28

JP 2011003624 A, 2011.01.06

CN 103079747 A, 2013.05.01

US 2013126573 A1, 2013.05.23

US 2009056513 A1, 2009.03.05

JP 2013049161 A, 2013.03.14

CN 1451540 A, 2003.10.29

审查员 陈学妍

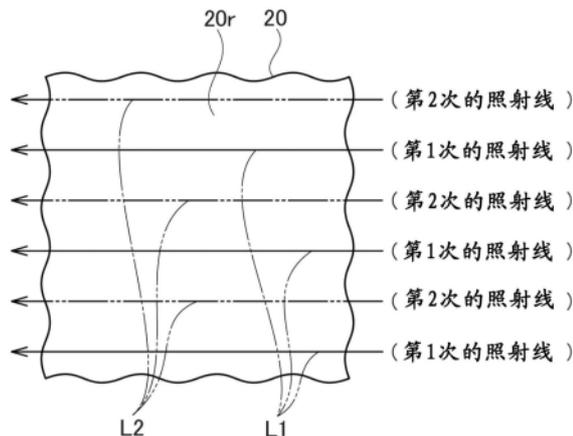
权利要求书1页 说明书8页 附图21页

(54) 发明名称

基板制造方法

(57) 摘要

本发明提供可以容易获得薄的氧化镁单晶基板的基板制造方法。解决课题的手段为一种基板制造方法：进行第1工序，在氧化镁单晶基板(20)的被照射面上非接触地配置将激光进行聚焦的激光聚光设备；然后，进行第2工序，在规定照射条件下对单晶基板表面照射激光、将激光聚光于单晶基板内部，同时使激光聚光设备与单晶基板(20)二维状地相对移动，从而并列地形成加工痕迹列；进一步，进行第3工序，在规定照射条件下对单晶基板表面照射激光、将激光聚光于单晶基板内部，同时使激光聚光设备与单晶基板(20)二维状地相对移动，从而在第2工序中照射时的相邻的照射线(L1)之间新形成加工痕迹列，由此产生面状剥离。



1. 一种基板制造方法,其特征在于,具备:

第1工序,在氧化镁的单晶构件的被照射面上非接触地配置将激光进行聚光的激光聚光设备,

第2工序,使用所述激光聚光设备,在规定的照射条件下对所述单晶构件表面照射激光、将所述激光聚光于所述单晶构件内部,同时使所述激光聚光设备和所述单晶构件二维状地相对移动,从而并列地形成加工痕迹列,以及

第3工序,使用所述激光聚光设备,在规定的照射条件下对所述单晶构件表面照射激光、将所述激光聚光于所述单晶构件内部,同时使所述激光聚光设备和所述单晶构件二维状地相对移动,从而在通过所述第2工序的照射而形成的相邻的所述加工痕迹列之间新形成加工痕迹列,由此产生面状剥离,

在所述第2工序中,通过激光的聚光,形成将所述激光进行反射的反射层,

在所述第3工序中,通过所述反射层来反射所述激光。

2. 根据权利要求1所述的基板制造方法,其特征在于,

使用单晶基板作为所述单晶构件。

3. 根据权利要求1或2所述的基板制造方法,其特征在于,

作为激光,照射高亮度激光。

4. 根据权利要求3所述的基板制造方法,其特征在于,

作为激光,照射脉冲宽度为10ns以下的激光。

5. 根据权利要求4所述的基板制造方法,其特征在于,

作为激光,照射脉冲宽度为100ps以下的激光。

6. 根据权利要求5所述的基板制造方法,其特征在于,

作为激光,照射脉冲宽度为15ps以下的激光。

基板制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对于制造薄的氧化镁单晶基板而言合适的基板制造方法。

背景技术

[0002] 在半导体领域、显示器领域、能源领域等中,使用了氧化镁单晶基板。为了制造该氧化镁单晶基板,除了使其结晶生长为块状并且切断成基板状以外,还已知使其以薄膜状进行外延生长(例如,参照专利文献1)。

[0003] 另一方面,认为金刚石是适用于高频、高输出电子器件的半导体,作为其合成方法之一的气相合成法中,利用氧化镁基板、硅基板作为基础基板(例如专利文献2)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2001-080996号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2015-59069号公报

发明内容

[0008] 发明所要解决的课题

[0009] 近年来,伴随着半导体装置的高性能化,晶格缺陷少而薄型的氧化镁单晶基板正变得越发必要。

[0010] 在上述金刚石基板的制造中,作为基础基板的氧化镁基板(MgO基板)价格高,例如在气相合成单晶金刚石之后,残留必要的厚度作为基础基板,同时将氧化镁基板剥离并分离,从而能够将氧化镁基板作为基础基板进行再利用。具体而言,如果从例如厚度200 μm 的氧化镁的基础基板获得厚度180 μm 的氧化镁基板并进行再利用,则在金刚石基板制造工艺中可以实现大幅的成本降低,可以期待对于金刚石基板的成本降低作出大的贡献。

[0011] 鉴于上述课题,本发明的课题在于提供可以容易获得薄的氧化镁单晶基板的基板制造方法。

[0012] 用于解决课题的手段

[0013] 然而,虽然提出了各种获得单晶硅基板的制造方法的方案,但本发明人深入研究,结果发现了在本发明中将氧化镁基板作为对象的基于与单晶硅不同的新的加工原理的制造方法。

[0014] 根据用于解决上述课题的本发明的一个方式,提供了一种基板制造方法,其特征在于,具备下述工序:第1工序,在氧化镁的单晶构件的被照射面上非接触地配置将激光进行聚光的激光聚光设备;第2工序,使用上述激光聚光设备,在规定的照射条件下对上述单晶构件表面照射激光、将激光聚光于上述单晶构件内部,同时使上述激光聚光设备和上述单晶构件二维状地相对移动,从而并列地形成加工痕迹列;第3工序,使用上述激光聚光设备,在规定的照射条件下对上述单晶构件表面照射激光、将激光聚光于上述单晶构件内部,同时使上述激光聚光设备和上述单晶构件二维状地相对移动,从而在通过上述第2工序的

照射而形成的相邻的上述加工痕迹列之间新形成加工痕迹列,由此产生面状剥离。

[0015] 发明的效果

[0016] 根据本发明,可以提供能够容易获得薄的氧化镁单晶基板的基板制造方法。

附图说明

[0017] 图1的(a)是本发明的一实施方式所使用的剥离基板制造装置的示意性立体图,(b)是本发明的一实施方式所使用的剥离基板制造装置的部分放大侧视图。

[0018] 图2(a)是说明本发明的一实施方式中激光照射顺序的示意性平面图,图2(b)是说明本发明的一实施方式中激光照射后的氧化镁单晶基板的示意性部分侧视截面图。

[0019] 图3是实验例1中,单晶氧化镁晶片的剥离前的照片图。

[0020] 图4是实验例1中,(a)为说明照射激光的示意图,(b)为说明激光照射条件的说明图。

[0021] 图5是实验例1中,使测试片剥离而露出的剥离面的照片图。

[0022] 图6是实验例1中,用于说明测试片剥离面的P1~P5的照片图。

[0023] 图7是实验例1中,用于说明测试片剥离面的P1~P5的照片图。

[0024] 图8是实验例1中,在测试片的剥离面依次挪动拍摄位置而拍摄得到的照片图。

[0025] 图9是实验例1中,拍摄上部测试片的剥离面和下部测试片的剥离面得到的照片图。

[0026] 图10是实验例1中,拍摄上部测试片的剥离面和下部测试片的剥离面得到的照片图。

[0027] 图11是实验例2中,表示上部测试片的剥离面和下部测试片的剥离面的表面粗糙度的测定结果的曲线图。

[0028] 图12是实验例3中,(a)为上部测试片的剥离面的照片图,(b)为上部测试片的截面的照片图。

[0029] 图13是实验例3中,(a)为上部测试片的剥离面的照片图,(b)为上部测试片的截面的照片图。

[0030] 图14是实验例3中,(a)为上部测试片的剥离面的照片图,(b)为上部测试片的截面的照片图。

[0031] 图15是实验例3中,(a)为下部测试片的剥离面的照片图,(b)为下部测试片的截面的照片图。

[0032] 图16是实验例3中,(a)为下部测试片的剥离面的照片图,(b)为下部测试片的截面的照片图。

[0033] 图17是实验例3中,(a)为下部测试片的剥离面的照片图,(b)为下部测试片的截面的照片图。

[0034] 图18是实验例3中,研究上部测试片与下部测试片的相对位置的照片图。

[0035] 图19是实验例3中,研究上部测试片与下部测试片的相对位置的照片图。

[0036] 图20是实验例3中,研究上部测试片与下部测试片的相对位置的照片图。

[0037] 图21是实验例3中,研究上部测试片与下部测试片的相对位置的照片图。

[0038] 符号说明

- [0039] 10 基板制造装置
- [0040] 11 XY平台
- [0041] 11f 平台面
- [0042] 12 基板载置用构件
- [0043] 13 校正环
- [0044] 14 激光聚光设备
- [0045] 15 聚光透镜
- [0046] 16 第1透镜
- [0047] 18 第2透镜
- [0048] 20 氧化镁单晶基板(单晶构件)
- [0049] 20p 剥离基板
- [0050] 20r 被照射面
- [0051] B 激光
- [0052] E 外周部
- [0053] EP 聚光点
- [0054] K1 加工痕迹
- [0055] K2 加工痕迹
- [0056] L1 照射线
- [0057] L2 照射线
- [0058] LK1 加工痕迹列
- [0059] LK2 加工痕迹列
- [0060] M 中央部
- [0061] MP 聚光点
- [0062] dp 点间距
- [0063] lp1 线间距
- [0064] lp2 线间距。

具体实施方式

[0065] 以下,参照附图,对于本发明的实施方式进行说明。在以下的说明中,与已经说明的构成要素相同或相似的构成要素附上相同或相似的符号,适当省略其详细的说明。此外,以下所示的实施方式是用于将本发明的技术构思具体化的例示,本发明的实施方式并没有将构成部件的材质、形状、构造、配置等限定为下述的情况。本发明的实施方式能够在不脱离主旨的范围内进行各种变更来实施。

[0066] 图1中,(a)为本发明的一实施方式(以下,称为本实施方式)所使用的基板制造装置的示意性立体图,(b)为本实施方式所使用的基板制造装置的部分放大侧视图。图2(a)为说明本实施方式中激光照射顺序的示意性平面图,图2(b)为说明本实施方式中,激光照射后的氧化镁单晶基板的示意性部分侧视截面图。

[0067] 本实施方式中,使用基板制造装置10(参照图1)从氧化镁单晶基板(MgO基板)获得剥离基板。

[0068] 基板制造装置10具备XY平台11、保持于XY平台11的平台面11f上的基板载置用构件12(例如硅基板)、以及面向载置于基板载置用构件12的氧化镁单晶基板20并且将激光B进行聚光的激光聚光设备14(例如聚光器)。需说明的是,图1的(a)中,将氧化镁单晶基板20描绘成俯视时为矩形,当然也可以为晶片状,可以自由地选择形状。

[0069] XY平台11可以调整平台面11f的高度位置(Z轴方向位置),能够调整平台面11f与激光聚光设备14的距离,即,能够调整平台面11f上的单晶基板与激光聚光设备14的距离。

[0070] 本实施方式中,激光聚光设备14具备校正环13、以及保持于校正环13内的聚光透镜15,具有对因氧化镁的单晶基板20的折射率引起的像差进行校正的功能,即具有作为像差校正环的功能。具体而言,如图1的(b)所示那样,聚光透镜15在空气中进行了聚光时,进行校正以使到达聚光透镜15的外周部E的激光B与到达聚光透镜15的中央部M的激光B相比在聚光透镜侧进行聚光。即,进行了聚光时,进行校正以使到达聚光透镜15的外周部E的激光B的聚光点EP与到达聚光透镜15的中央部M的激光B的聚光点MP相比,处于靠近聚光透镜15的位置。

[0071] 该聚光透镜15由在空气中进行聚光的第1透镜16、以及配置于该第1透镜16与单晶基板20之间的第2透镜18构成。本实施方式中,第1透镜16和第2透镜18设为可以将任何激光B圆锥状地聚光的透镜。因此,通过调整校正环13的旋转位置,即调整第1透镜16与第2透镜18的间隔,可以调整聚光点EP与聚光点MP的间隔,激光聚光设备14具有作为带校正环的透镜的功能。

[0072] 作为第1透镜16,除了球面或非球面的单透镜以外,为了确保各种像差校正、工作距离,可以使用组合透镜。

[0073] (基板制造方法)

[0074] 以下,一边参照附图一边说明由氧化镁单晶基板来制造薄的氧化镁单晶基板的例子。

[0075] 本实施方式中,进行第1工序,即在晶格缺陷少的氧化镁单晶基板20(以下,简称为单晶基板20)的被照射面20r上非接触地配置激光聚光设备14。需说明的是,虽然未图示,但在将氧化镁基板作为基础基板而形成的金刚石基板上残留氧化镁基板的薄基板并且剥离氧化镁基板的情况下,只要从氧化镁基板侧照射激光即可。

[0076] 第1工序后,进行第2工序。在该第2工序中,使用激光聚光设备14,在规定照射条件下对于单晶基板20的表面在第1次照射线L1上照射激光B、将激光B聚光于单晶基板20内部,同时使激光聚光设备14和单晶基板20二维状地相对移动,从而并列地形成加工痕迹列LK1,该加工痕迹列LK1是在单晶构件内部将加工痕迹K1形成为一列而成(例如参照图2(a)、图4的(a))。本实施方式中,加工痕迹K1和后述的加工痕迹K2(均参照例如图4的(a))主要通过热加工来形成。

[0077] 这里,本说明书中所谓的加工痕迹,是包含通过激光的聚光、从聚光位置直至单晶基板成分飞溅的范围的概念。此外,本说明书中所谓的面状剥离,是还包含即使实际上没有剥离、通过施加极小的力而发生剥离的状态的概念。

[0078] 第2工序后,进行第3工序。在该第3工序中,使用激光聚光设备14,在规定照射条件下对单晶基板20的表面照射激光B、将激光聚光于单晶基板20内部,同时使激光聚光设备14和单晶基板20二维状地相对移动,从而在第2工序中进行了照射时的相邻的照射线L1之间

(即相邻的加工痕迹列LK1之间)形成加工痕迹列LK2,由此产生面状剥离。

[0079] 即,第2工序中,在第1次照射线L1上形成加工痕迹列LK1,在第3工序中,在相邻的第1次照射线L1之间形成加工痕迹列LK2。该加工痕迹列LK2形成于第2次照射线L2上。于是,通过在第3工序中形成加工痕迹列LK2,从而面状剥离自然地产生,在被照射面侧形成剥离基板20p。

[0080] 在第2工序和第3工序中,考虑到通过上述面状剥离而制造的剥离基板20p(参照图2(b))的厚度,预先设定激光聚光设备14与单晶基板20的相对距离以使焦点出现在规定高度位置,即,使焦点出现在单晶基板20的距被照射面20r的规定深度位置。

[0081] 本实施方式中,由第2工序产生的加工痕迹分别形成于由面状剥离而分离得到的两基板部分(上侧基板部分和下侧基板部分)。因此,本实施方式中,通过第2工序,形成使第3工序所照射的激光被剥离面反射的构造。例如,由第2工序中形成于加工痕迹周围的加工层来形成使第3工序的照射激光被反射的构造,换句话说,通过第2工序形成了激光的反射层(例如后述的图9所示的反射层R)。

[0082] 此外,关于第3工序中的照射位置,只要照射于由第2工序形成的加工层所存在的部分的位置即可。在该情况下,如图4所示那样,优选在偏移(offset)之间精度良好地排列。

[0083] 于是,在第2工序和第3工序中预先设定激光B的规定照射条件以使第3工序中的激光B被反射层反射而自然地产生面状剥离。对于该规定照射条件的设定,考虑单晶基板20的性质(晶体结构等)、形成的剥离基板20p的厚度 t (参照图2(b))、焦点处的激光B的能量密度等,设定照射的激光B的波长、聚光透镜15的像差校正量(散焦量)、激光输出、加工痕迹K1、K2的点间距 d_p (例如参照图4的(a)。相同加工痕迹列上相邻的加工痕迹的间隔)、线间距 $1p_1$ 、 $1p_2$ (参照图2(a)、图4的(a)。偏移间距。各工序中相邻的加工痕迹列彼此的间隔)等各种值。随后,对于所得的剥离基板20p,根据需要进行剥离面的研磨等后处理。

[0084] 通过本实施方式,可以容易获得薄的氧化镁单晶基板。此外,由于是从晶格缺陷少的单晶基板20剥离而获得薄的氧化镁单晶基板,因此所得的薄的氧化镁单晶基板的晶格缺陷少。

[0085] 需说明的是,在相邻的照射线之间,加工痕迹K1的反射层彼此可以一部分重叠。由此,第3工序中的激光照射位置的自由度变宽。

[0086] 进一步,在激光的扫描方向上相邻的加工痕迹K1的反射层彼此可以一部分重叠(例如参照图9)。由此,变得容易在第2工序所形成的相邻的照射线之间,基本上遍及整面地形成反射层。

[0087] 此外,可以使用单晶基板20作为氧化镁的单晶构件,将相同尺寸的剥离基板20p依次剥离来获得,能够充分地提高氧化镁单晶构件的使用效率(即,充分地抑制氧化镁的切割碎屑的产生)。

[0088] 此外,由于使激光的扫描方向为沿着单晶基板20的结晶方位的方向,因此变得容易进行使面状剥离自然产生的激光照射。

[0089] 此外,本实施方式中,激光B优选利用高亮度激光。本发明中所谓的高亮度激光,由峰值功率(将脉冲能量除以脉冲宽度而得的值)和功率密度(每单位时间的能量的每单位面积的值)来限定。一般而言为了提高功率密度,可以使用高输出激光。另一方面,本实施方式中,如果以超过例如1kW那样的高输出照射激光B,则易于对加工基板带来损伤而不那么容

易形成作为目标的薄壁的加工痕迹。即,本实施方式所使用的高亮度激光优选为如下的激光:使用脉冲宽度短的激光以低激光输出来照射激光B,不对加工基板带来损伤。

[0090] 进一步,为了提高功率密度,优选脉冲宽度短的激光(例如脉冲宽度为10ns以下、优选为100ps以下、进一步优选15ps以下的激光)。通过照射这样的脉冲宽度短的激光,从而格外易于提高高亮度激光的功率密度。

[0091] 此外,本实施方式中,能够通过校正环13和聚光透镜15来调整像差校正,第2工序中,可以通过像差校正的调整来设定散焦量。由此,可以将上述的规定照射条件的范围大幅拓宽。该散焦量可以根据加工基板的厚度、剥离的基板的厚度,来选择调整加工痕迹的形成深度的方法以及将加工痕迹薄壁地形成的条件,在作为加工对象的氧化镁基板的厚度为200~300 μm 的情况下,通过使散焦量为30~120 μm 的范围,可以有效地拓宽上述范围。

[0092] 此外,本实施方式中,通过在上述第2工序和第3工序中照射激光,从而能够抑制发生从各工序所形成的加工痕迹列脱出那样的大的裂开。而且,通过仅使相邻的加工痕迹列可靠地连接,剥离基板变得容易,可获得表面状态优异的剥离面。

[0093] 此外,在将面状剥离后的剥离基板20p从单晶基板20取出时,可以使与剥离基板20p进行面接触的相接构件与剥离基板20p发生面接触而取出。由此,通过使要粘贴剥离基板20p的构件成为该相接构件,从而能够缩短粘贴工序,此外,在剥离基板20p的端缘未从单晶基板20完全地剥离的情况下,也能够抑制剥离基板20p产生破裂的同时从该端缘将剥离基板20p剥下并取出。此外,从激光照射后什么也不做也易于自然剥离的观点出发,此时的剥离强度优选形成成为2MPa以下的状态,进一步优选形成成为低于1.0MPa的状态。

[0094] 此外,上述实施方式中,将在XY平台11上保持基板载置用构件12、在其上载置单晶基板20并且照射激光B为例进行了说明,但也可以在XY平台11上直接载置单晶基板20并保持,通过激光B来形成加工痕迹K1、K2。

[0095] 此外,本实施方式中,以从单晶基板20(氧化镁单晶基板)获得剥离基板20p为例进行了说明,但不限于单晶基板20,也可以从氧化镁的单晶构件使被照射面20r侧发生面状剥离而获得剥离基板20p。

[0096] <实验例1>

[0097] 本发明人如图3所示那样,使用了直径为2英寸且厚度为300 μm 的单晶氧化镁晶片(参照图3。以下,称为测试片J1)。

[0098] (1)照射条件

[0099] 本实验例中,使用上述实施方式中说明的基板制造装置10,进行上述第1~第3工序。第2工序中,如图4的(a)所示那样,在测试片J1上以规定的点间距 d_p 、线间距 l_{p1} 形成加工痕迹K1。第3工序中,同样如图4的(a)所示那样,在测试片J1上以规定的点间距 d_p 、线间距 l_{p2} 形成加工痕迹K2。其结果是,形成了排列有加工痕迹列LK1和加工痕迹列LK2的改性层。该激光照射中,将对聚光透镜15入射时的激光B的直径设为3000 μm ,将聚光透镜15的焦点距离设为1200 μm ,将焦点距基板表面的深度设为150 $\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$ 以内。激光的其它的照射条件如图4的(b)所示。

[0100] (2)剥离面

[0101] 图3为第3工序结束后剥离前的测试片J1的平面图。为了易于辨别加工状态,在纸面上部有意地残留加工不充分的部分。在除此以外的部分,加工不均被抑制。

[0102] 第3工序的激光照射后,采用铝制的底座、介由粘接剂夹持测试片J1的被照射面侧(上侧)。底座均为铝制。使用环氧粘接剂作为粘接剂,使一侧的底座粘接于测试片J1的被照射面侧(上侧),使另一侧的底座粘接于测试片J1的底面侧(下侧)。

[0103] 并且,通过将两个底座沿上下方向拉拽,从而测定从改性层(形成有加工痕迹列LK1、LK2的层)撕下的力,算出用于使测试片J1的具有被照射面侧(上侧)的上部测试片J1u与测试片J1的具有底面侧(下侧)的下部测试片J1b从改性层分离所需要的拉拽断裂应力。其结果是以6MPa的拉拽应力可以使其分离。因此,与单晶硅基板的拉拽断裂应力为12MPa相比,可以以大幅小的拉拽断裂应力使其从改性层分离。需说明的是,由于能够以如上述那样在纸面上部有意地残留有加工不充分的部分的测试片J1情况中的拉拽断裂应力(6MPa)使其分离,因此在不形成这样的加工不充分的部分的情况下,拉拽断裂应力进一步降低。

[0104] 并且,对于上部测试片J1u的剥离面J1us(参照图6),从上方(从平面)利用SEM(扫描型电子显微镜),从基板中心P1点直至P5点在同一直线上每次500 μ m地依次挪动摄像位置,拍摄5个区域。同样地,对于下部测试片J1b的剥离面J1bs(参照图7),从上方(从平面)利用SEM(扫描型电子显微镜),从基板中心P1点直至P5点在同一直线上每次500 μ m地依次挪动摄像位置,拍摄5个区域。将拍摄结果示于图8。

[0105] 需说明的是,图8中横线为表示SEM的电荷增加(charge up)的线,并不是形成于剥离面的线。此外,本说明书所附的摄像图中,也一并适当地示出结晶方位。

[0106] 进一步,本发明人举出SEM的拍摄倍率,在基板中心P1点,对于上部测试片J1u的剥离面J1us和下部测试片J1b的剥离面J1bs从上方(从平面)进行了拍摄。将拍摄结果示于图9中。图9中分别为,F9u1示出上部测试片J1u的剥离面的照片图,F9u2示出F9u1的部分放大图,F9b1示出下部测试片J1b的剥离面的照片图,F9b2示出F9b1的部分放大图。

[0107] F9u1中,形成由第1次激光照射(第2工序)产生的加工痕迹上半部Ku1,F9b1中,在与加工痕迹上半部Ku1对应的位置,形成由第1次激光照射(第2工序)产生的加工痕迹下半部Kb1。认为加工痕迹上半部Ku1与加工痕迹下半部Kb1为几乎同等的尺寸,由加工痕迹上半部Ku1和加工痕迹下半部Kb1构成的加工痕迹K1在基板厚度方向上为细长状。

[0108] 并且,F9b1中,排列形成有由第2次激光照射(第3工序)产生的加工痕迹下半部Kb2,F9u1中,在与加工痕迹下半部Kb2对应的位置,排列形成有由第2次激光照射(第3工序)产生的加工痕迹上半部Ku2。加工痕迹上半部Ku2成为通过反射的激光而打开了粗径的孔的形状。另一方面,加工痕迹下半部Kb2是来自加工痕迹上半部Ku2的熔融喷射物凹陷成皿状形状而形成的。因此,认为加工痕迹下半部Kb2的剥离面是通过从上部的喷射而物理地形成的可能性高。

[0109] 此外,本发明人同样地进行操作,在P1点,从倾斜45°对于上部测试片J1u的剥离面J1us与下部测试片J1b的剥离面J1bs进行拍摄。将拍摄结果示于图10中。图10中分别为,F10u1示出上部测试片J1u的剥离面的照片图,F10u2示出F10u1的部分放大图,F10b1示出下部测试片J1b的剥离面的照片图,F10b2示出F10b1的部分放大图。获得了与由图9所得的见解同样的见解。

[0110] (3) 总结

[0111] 在本实验例的照射条件下照射激光之后,将上部测试片J1u与下部测试片J1b进行分离,从而可以容易地获得晶格缺陷少的薄的氧化镁单晶基板。

[0112] 此外,在进行该分离时,如上述那样可以以与单晶硅基板相比大幅小的拉拽断裂应力使其从改性层分离。因此,认为在改性层产生了面状剥离。

[0113] <实验例2>

[0114] 本发明人在上部测试片J1u的剥离面J1us,从P1点直至P5点,使用表面粗糙度计(探针半径为12.5 μm)进行了阶梯差测定。将测定结果示于图11中。此外,本发明人同样地进行操作,对于下部测试片J1b的剥离面J1bs,从P1点直至P5点,使用表面粗糙度计进行了阶梯差测定。将测定结果一并示于图11中。成为Ra为0.46 μm 这样的测定结果。

[0115] <实验例3>

[0116] 本发明人利用SEM观察了通过上部测试片J1u的加工痕迹上半部Ku1(由第1次激光照射形成的加工痕迹)的截面Su1(参照图12)。关于上部测试片J1u的加工痕迹上半部Ku1,直径为0.9 $\mu\text{m}\phi$,深度为5.0 μm 。

[0117] 此外,本发明人利用SEM观察了通过上部测试片J1u的加工痕迹上半部Ku2(由第2次激光照射形成的加工痕迹)的截面Su2(参照图13)。关于加工痕迹上半部Ku2,直径为2.2~2.8 $\mu\text{m}\phi$,深度为6.5 μm 。

[0118] 进一步,本发明人利用SEM观察了通过上部测试片J1u的其它加工痕迹上半部Ku2(由第2次激光照射形成的加工痕迹)的截面(参照图14)。关于其它加工痕迹上半部Ku2,直径为4.2 $\mu\text{m}\phi$,深度为6.5 μm 。

[0119] 此外,本发明人利用SEM观察了通过下部测试片J1b的加工痕迹下半部Kb1(由第1次激光照射形成的加工痕迹)的截面Sb1(参照图15)。关于加工痕迹下半部Kb1,直径为0.8 $\mu\text{m}\phi$,深度为12.7 μm 。

[0120] 进一步,本发明人利用SEM观察了通过下部测试片J1b的其它加工痕迹下半部Kb1(由第1次激光照射形成的加工痕迹)的截面(参照图16)。关于其它加工痕迹下半部Kb1,直径为0.8 $\mu\text{m}\phi$,深度为12.0 μm 。

[0121] 此外,本发明人利用SEM观察了通过下部测试片J1b的加工痕迹下半部Kb2(由第2次激光照射形成的加工痕迹)的截面Sb2(参照图17)。关于下部测试片J1b的加工痕迹下半部,直径为3.7 $\mu\text{m}\phi$,深度为0.4 μm 。

[0122] 因此,本发明人尝试了使上部测试片J1u的剥离面与下部测试片J1b的剥离面叠加,进行各加工痕迹上半部Ku1与各加工痕迹下半部Kb1的位置对准。其结果是各加工痕迹上半部Ku1与各加工痕迹下半部Kb1的位置匹配(参照图18、图19),各加工痕迹上半部Ku2与各加工痕迹下半部Kb2的位置匹配(参照图20、图21)。

[0123] 产业可利用性

[0124] 通过本发明可以效率良好地形成被剥离的氧化镁单晶基板,因此由氧化镁单晶基板获得的剥离基板在高温超导电膜、强介电体膜等中是有用的,能够适用于半导体领域、显示器领域、能源领域等广泛的领域。

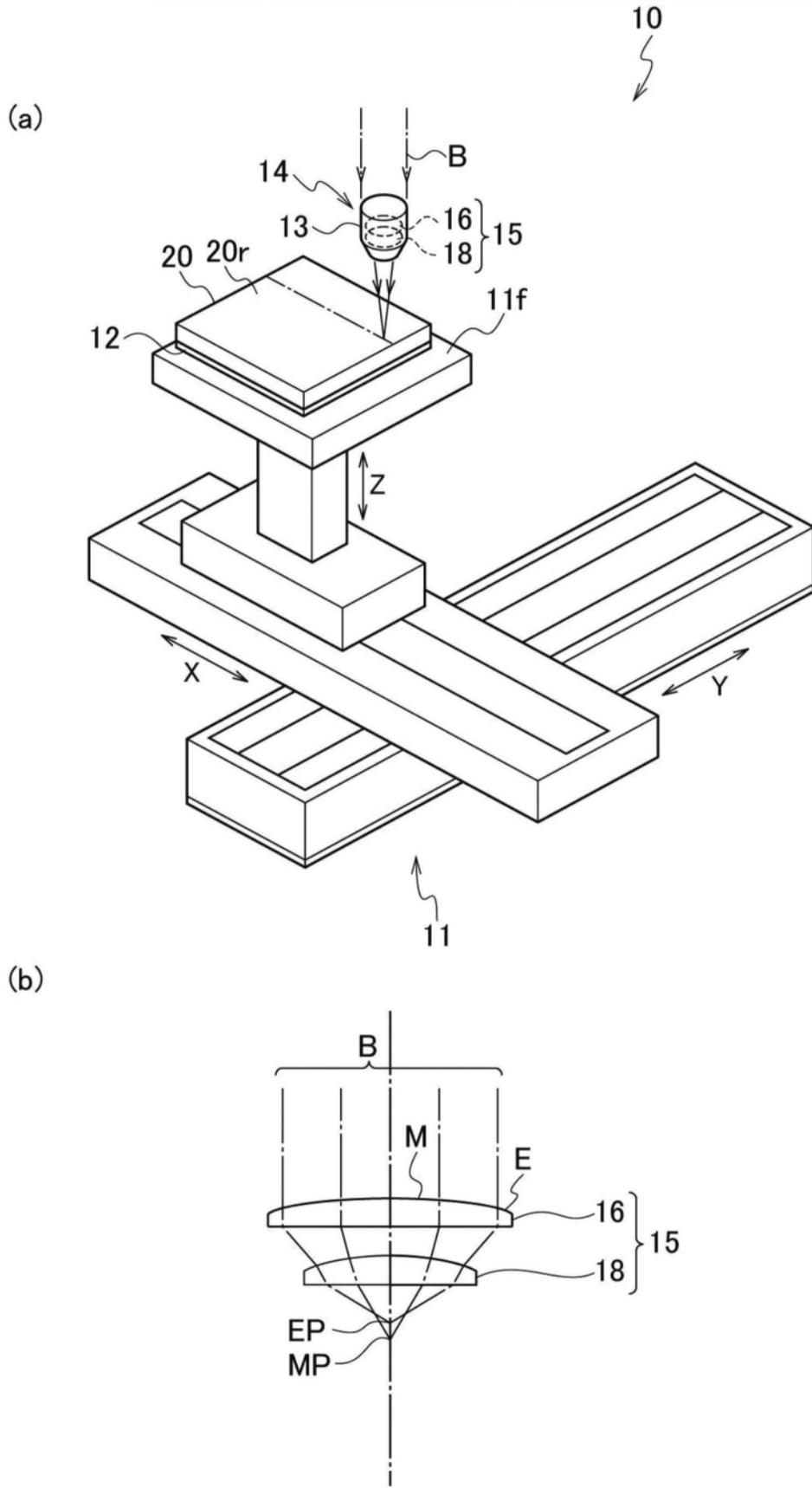


图1

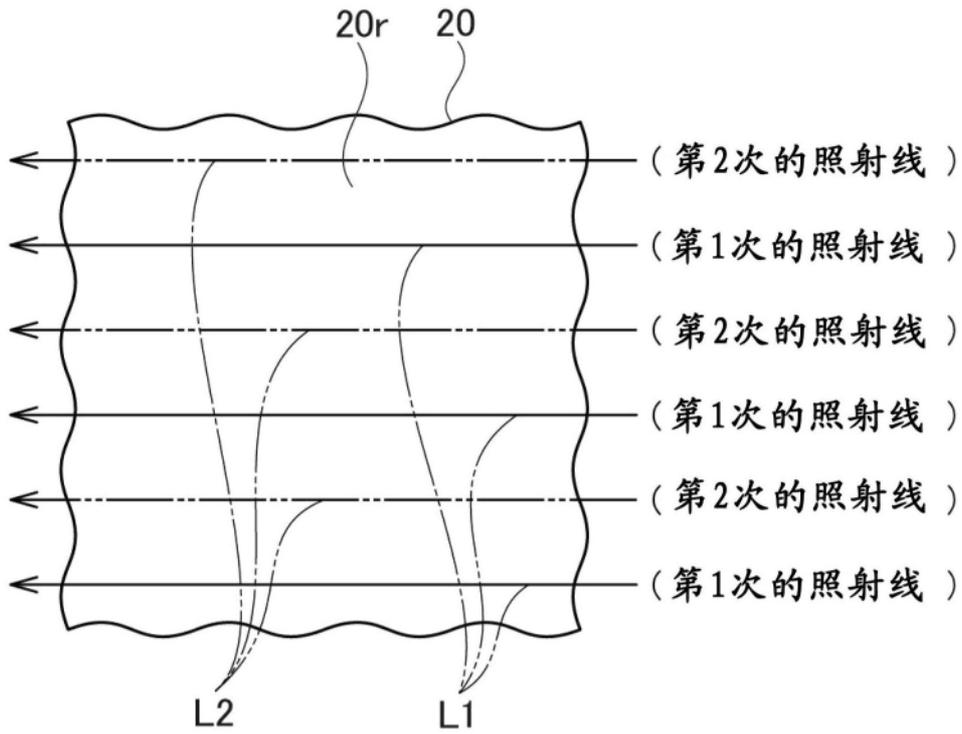


图2(a)

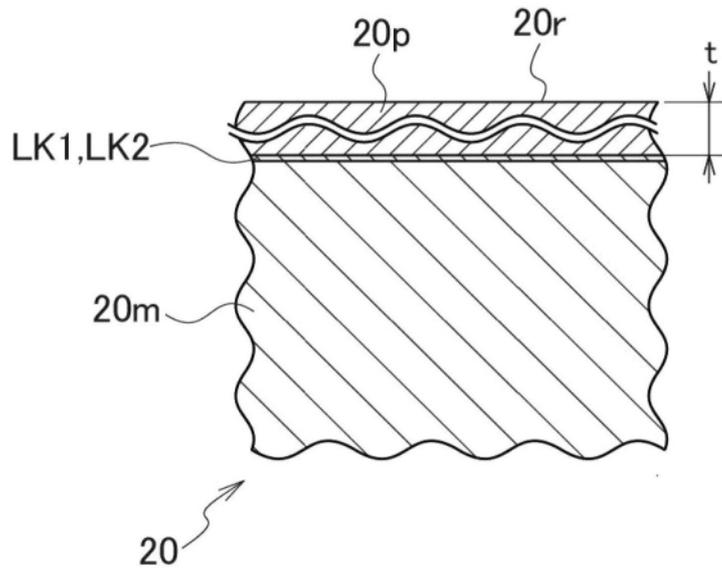


图2(b)

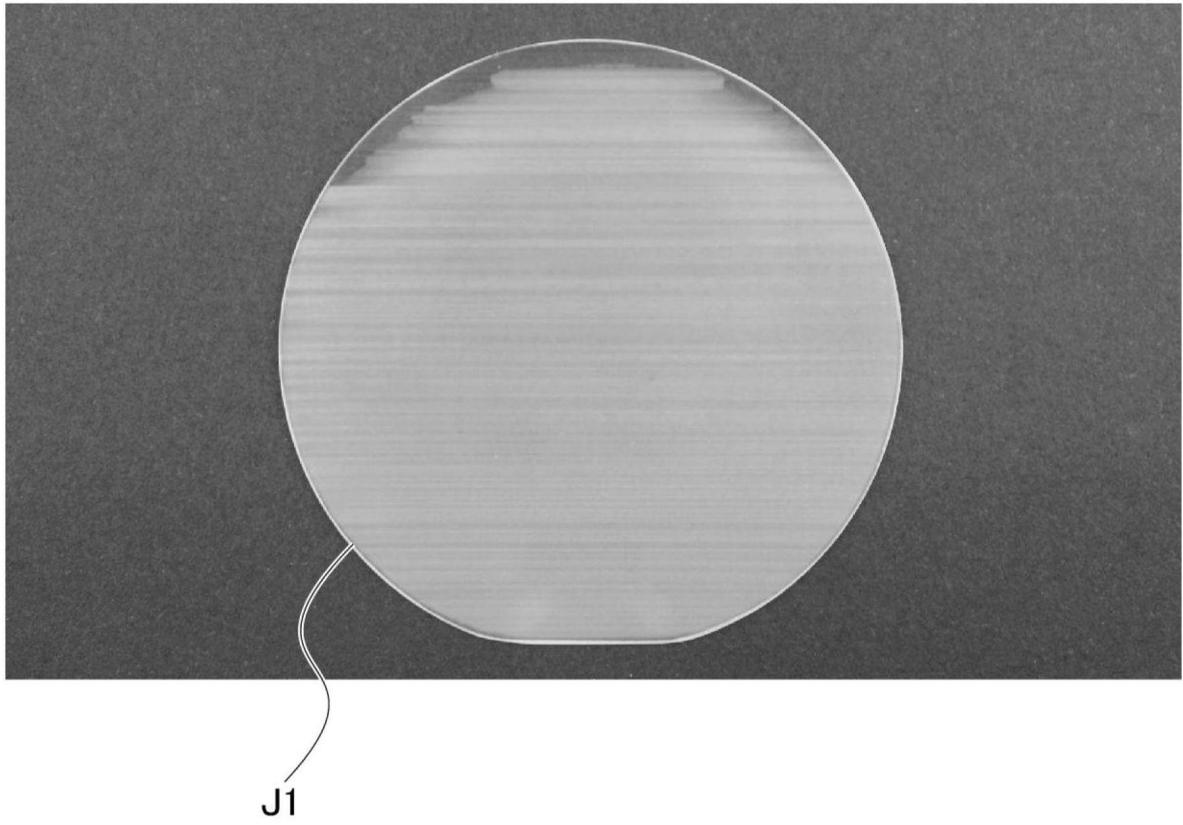
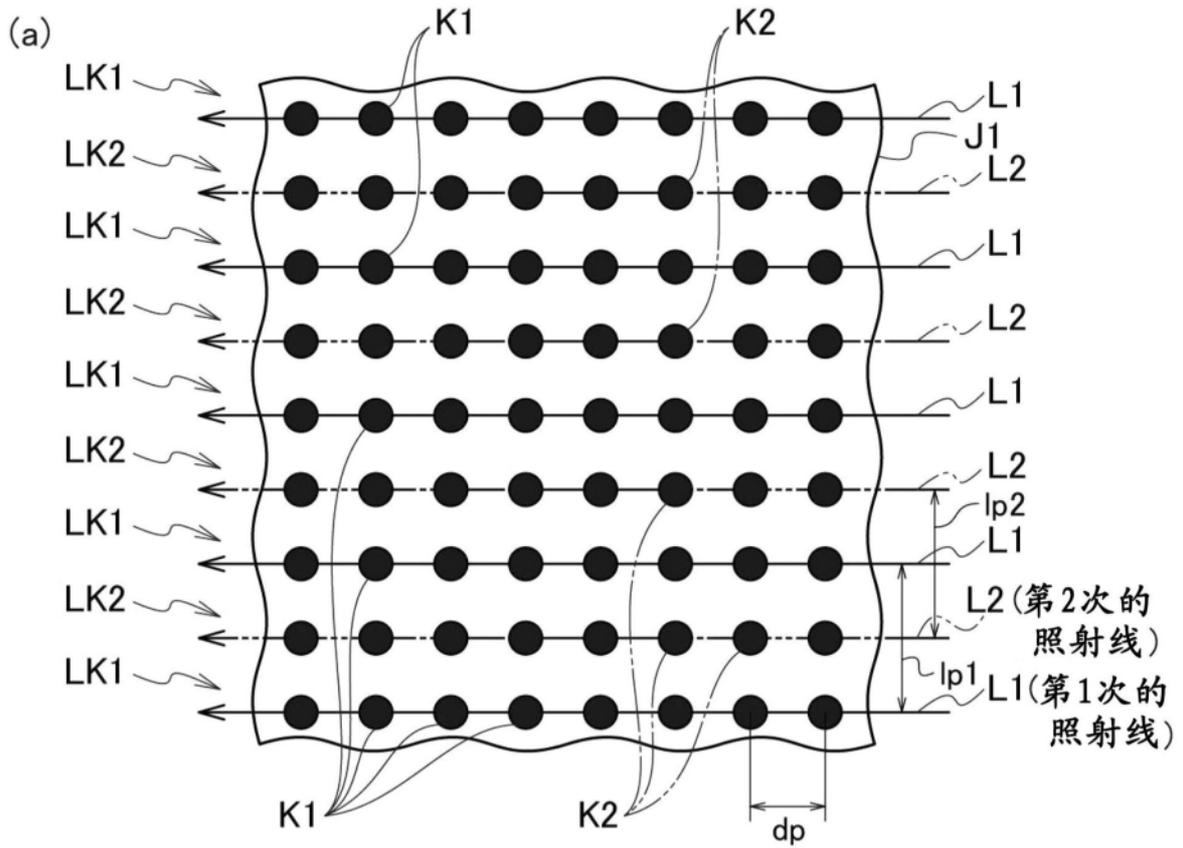


图3



(b)

激光的波长(nm)	1030	
脉冲频率(kHz)	10	
脉冲宽度(ps)	10	
输出(mW)	25	
开口数(NA) ($\theta=58,2^\circ$)	0.85	
校正环(mm)	0.3	
散焦量(DF)(μm)	-50	
点间距(μm)	7	
线间距(μm)	第1次	8
	第2次	8
	第1次与第2次之间	4
线数(根)	2500	

图4

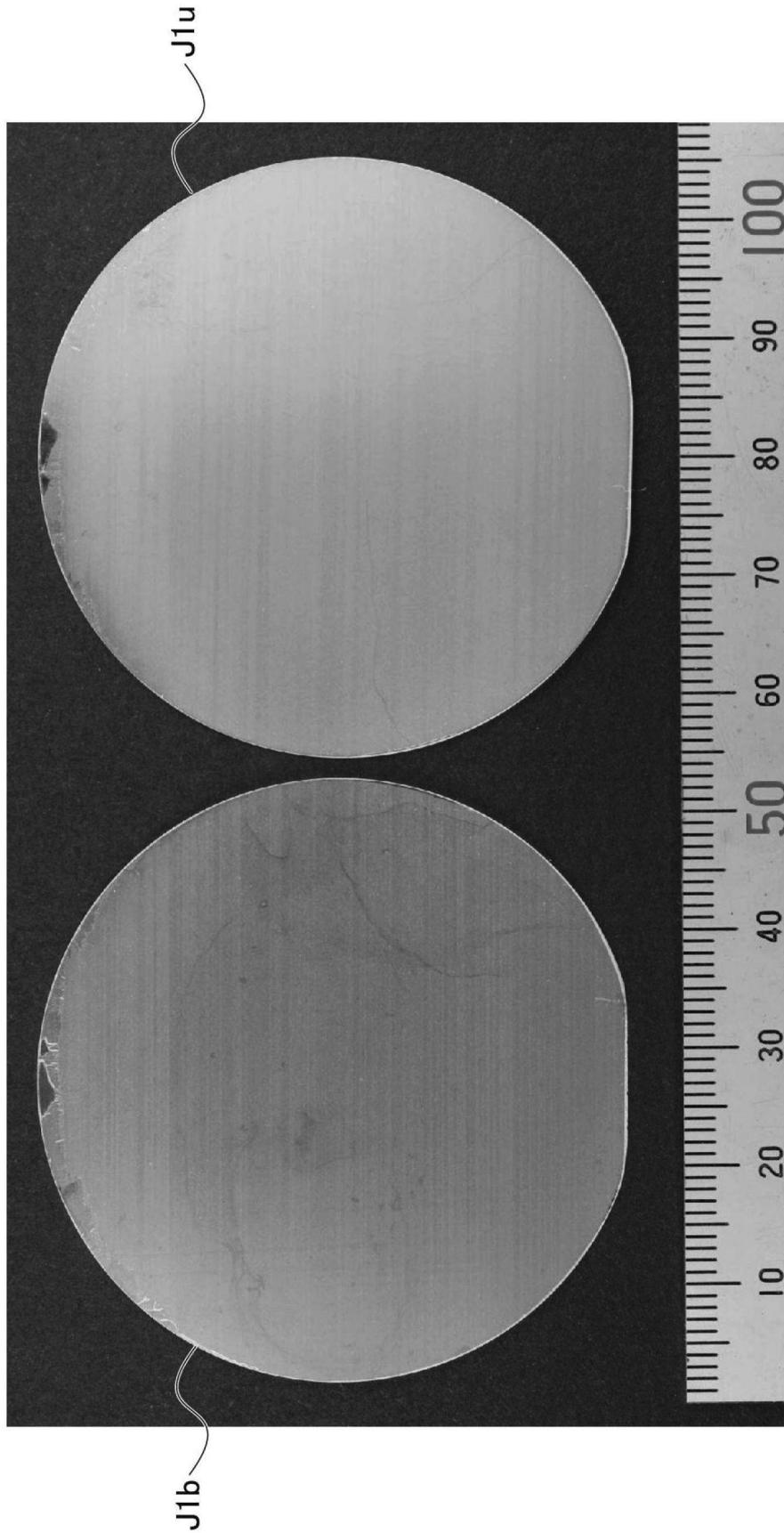


图5

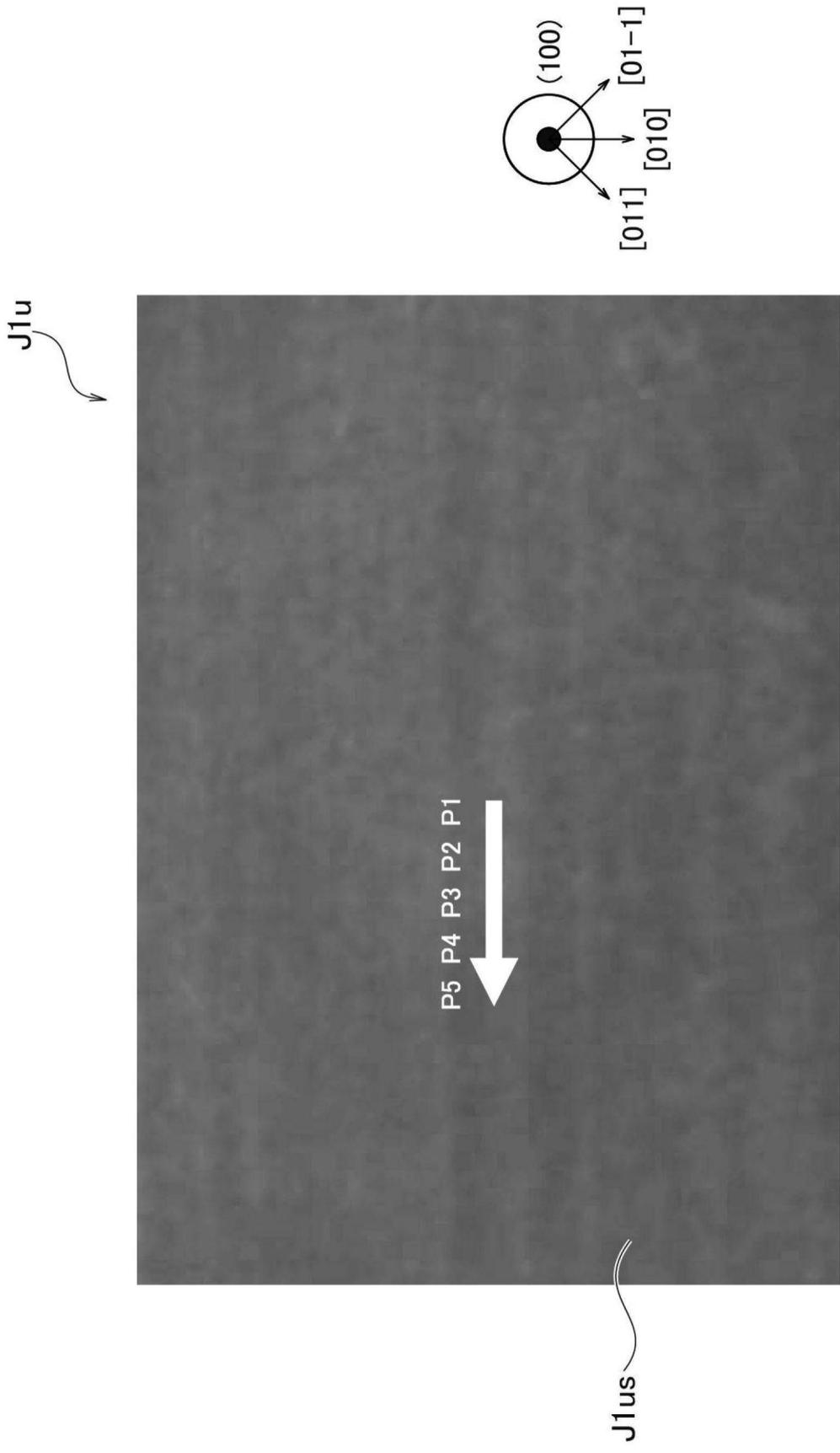


图6

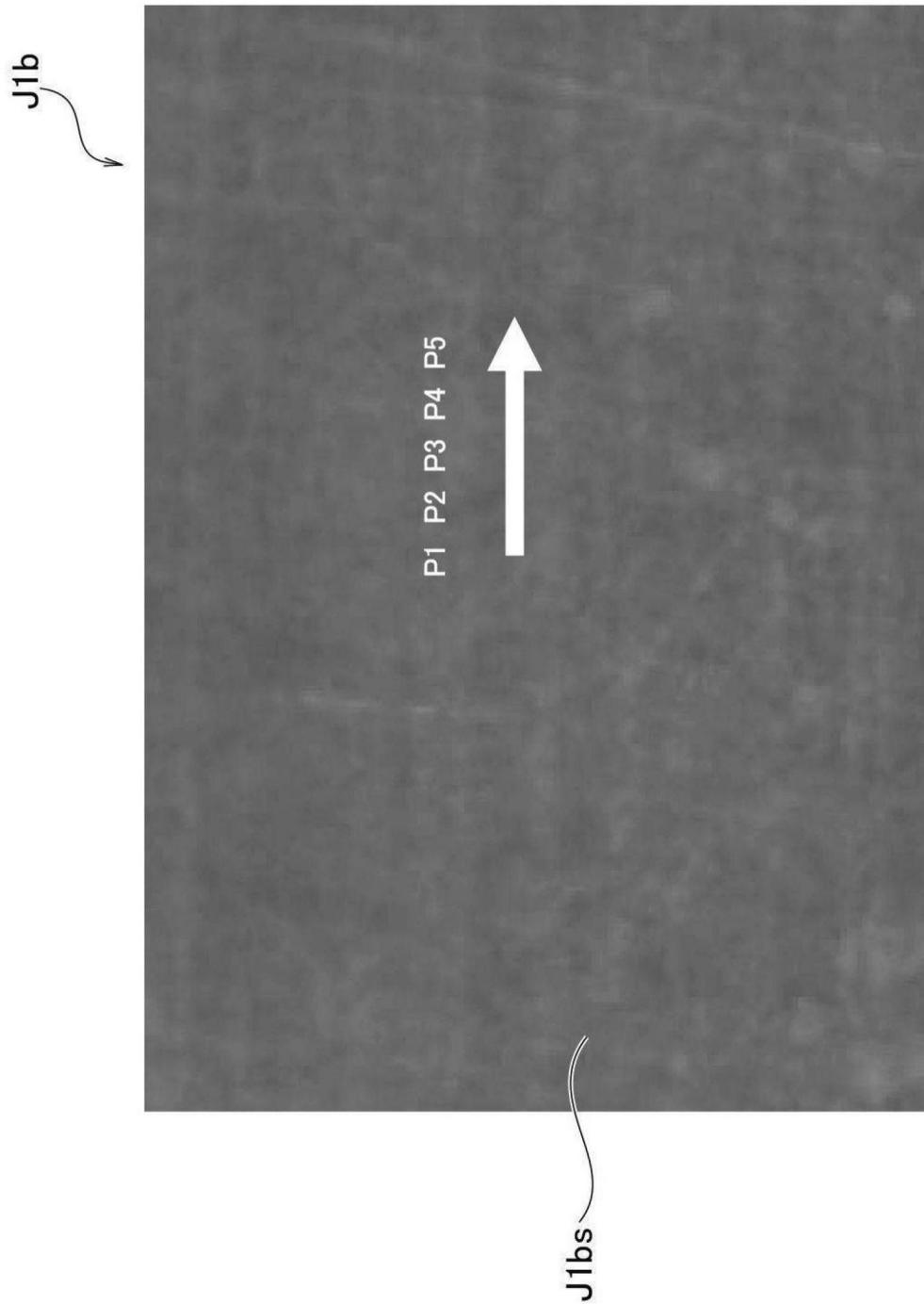


图7

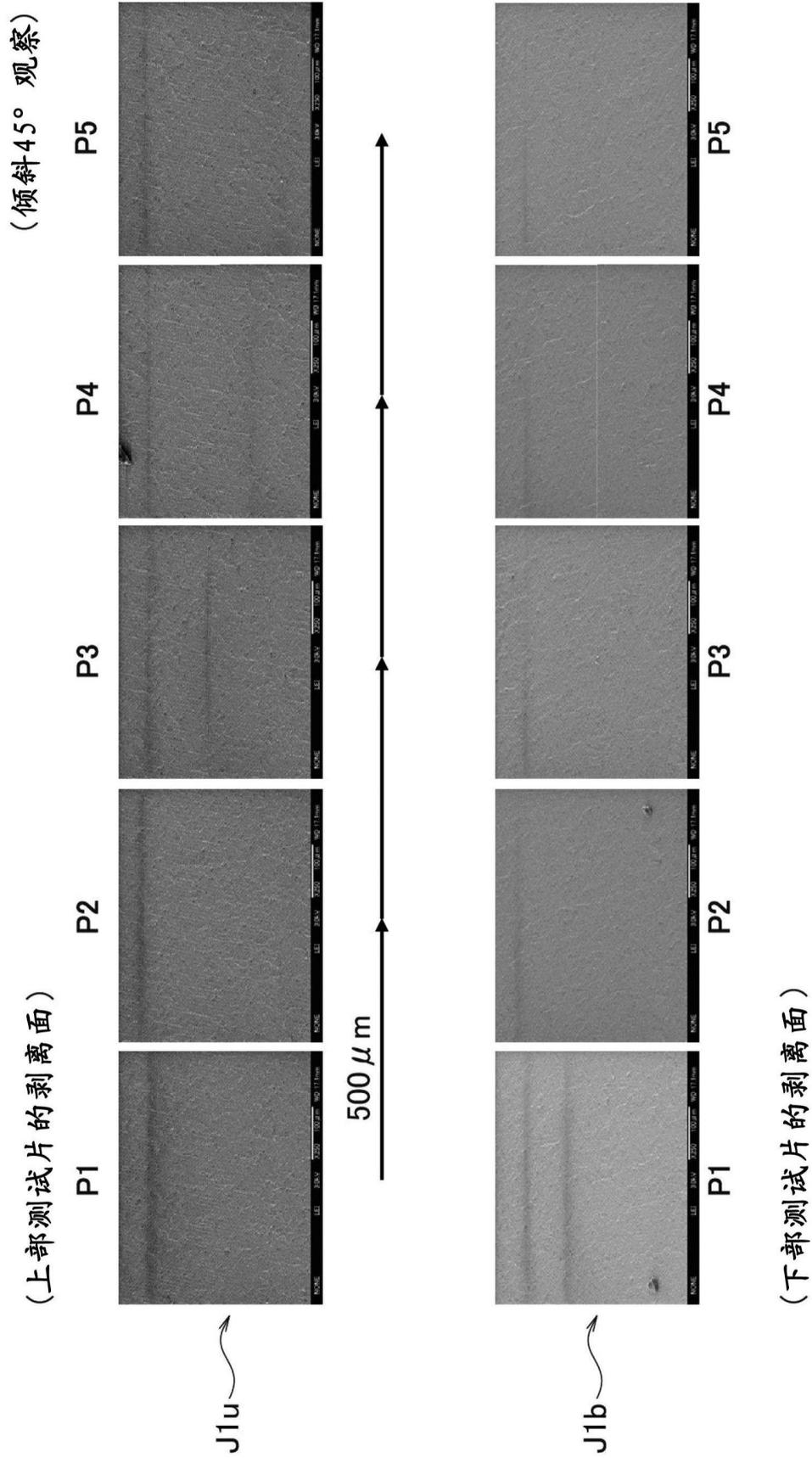


图8

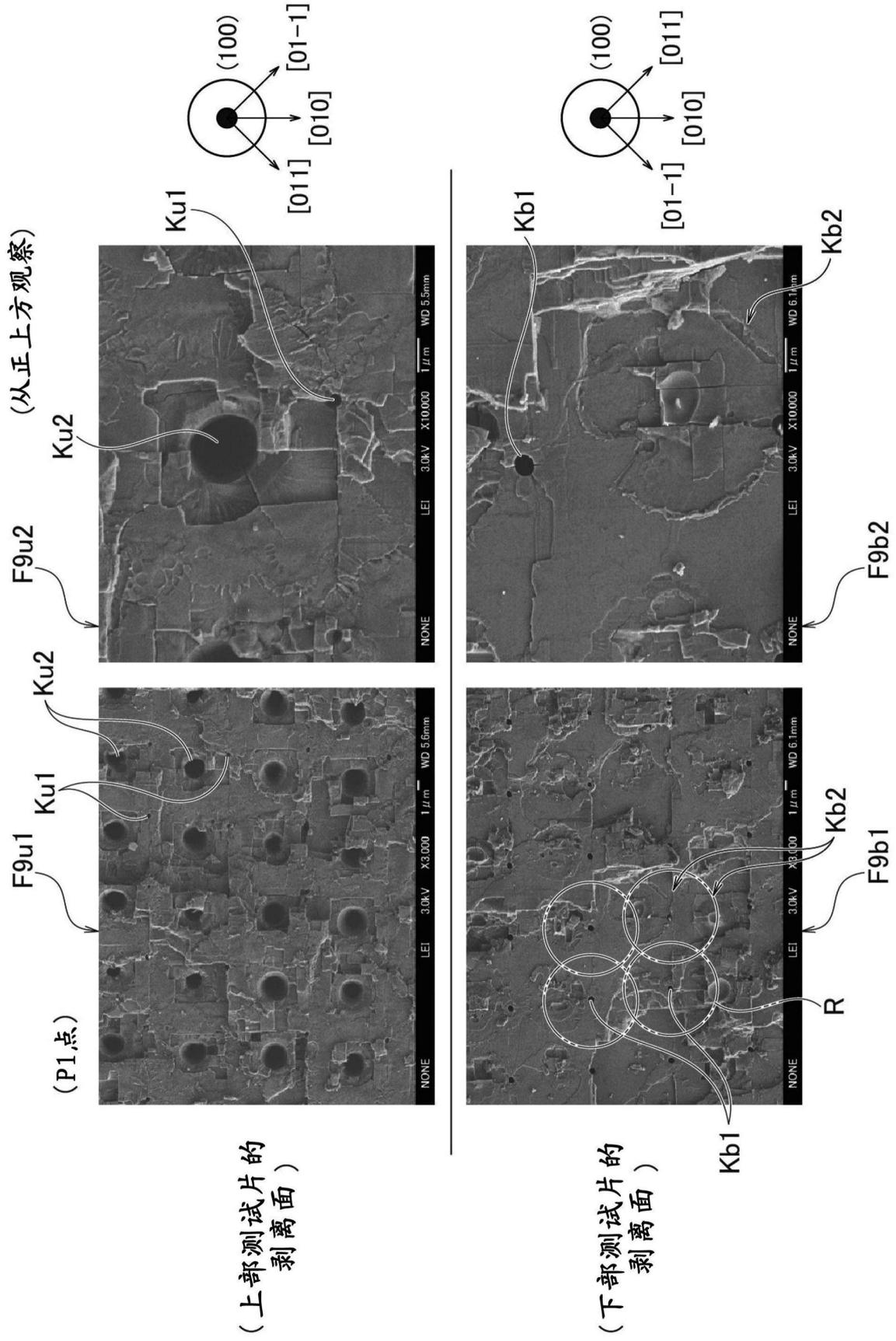


图9

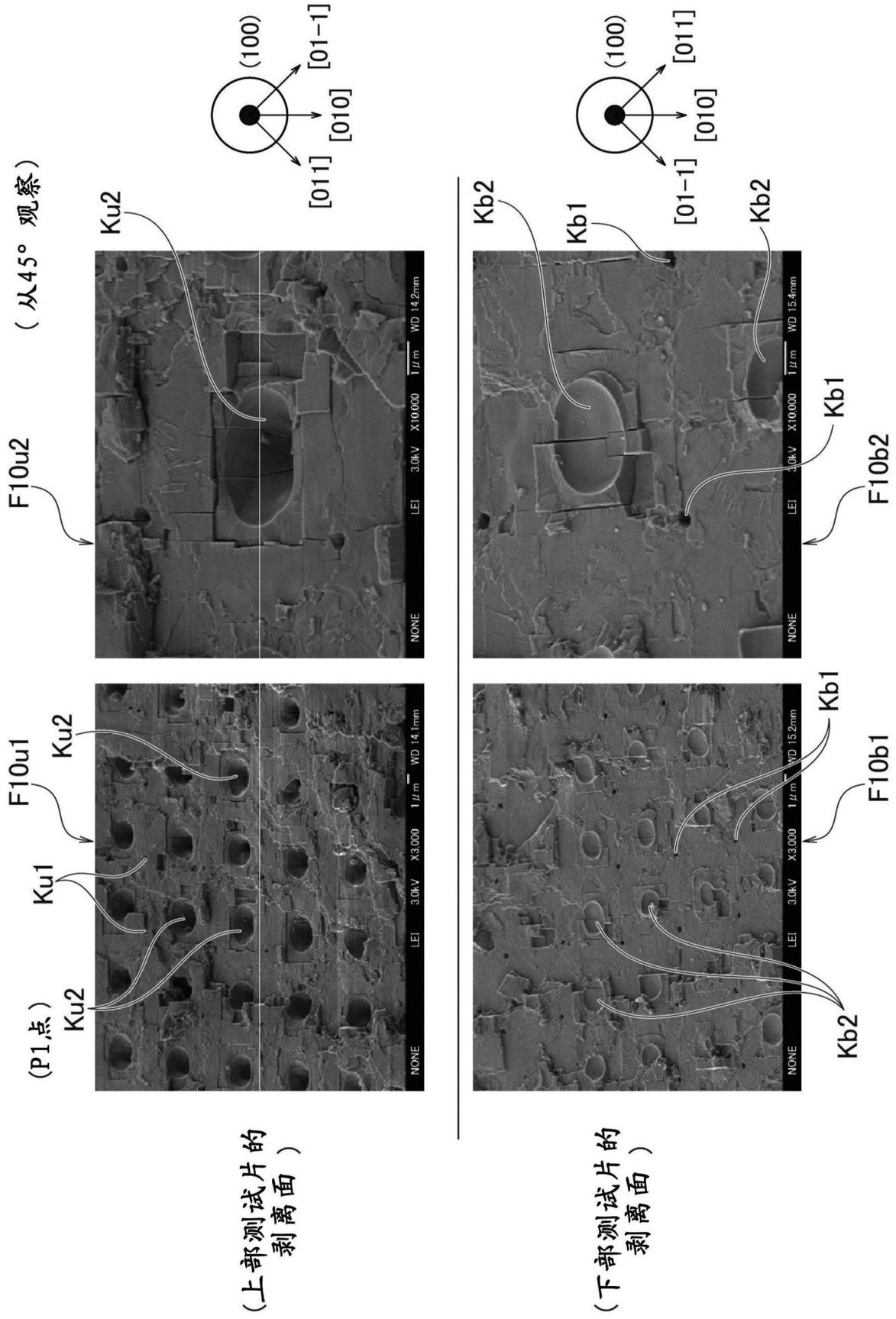


图10

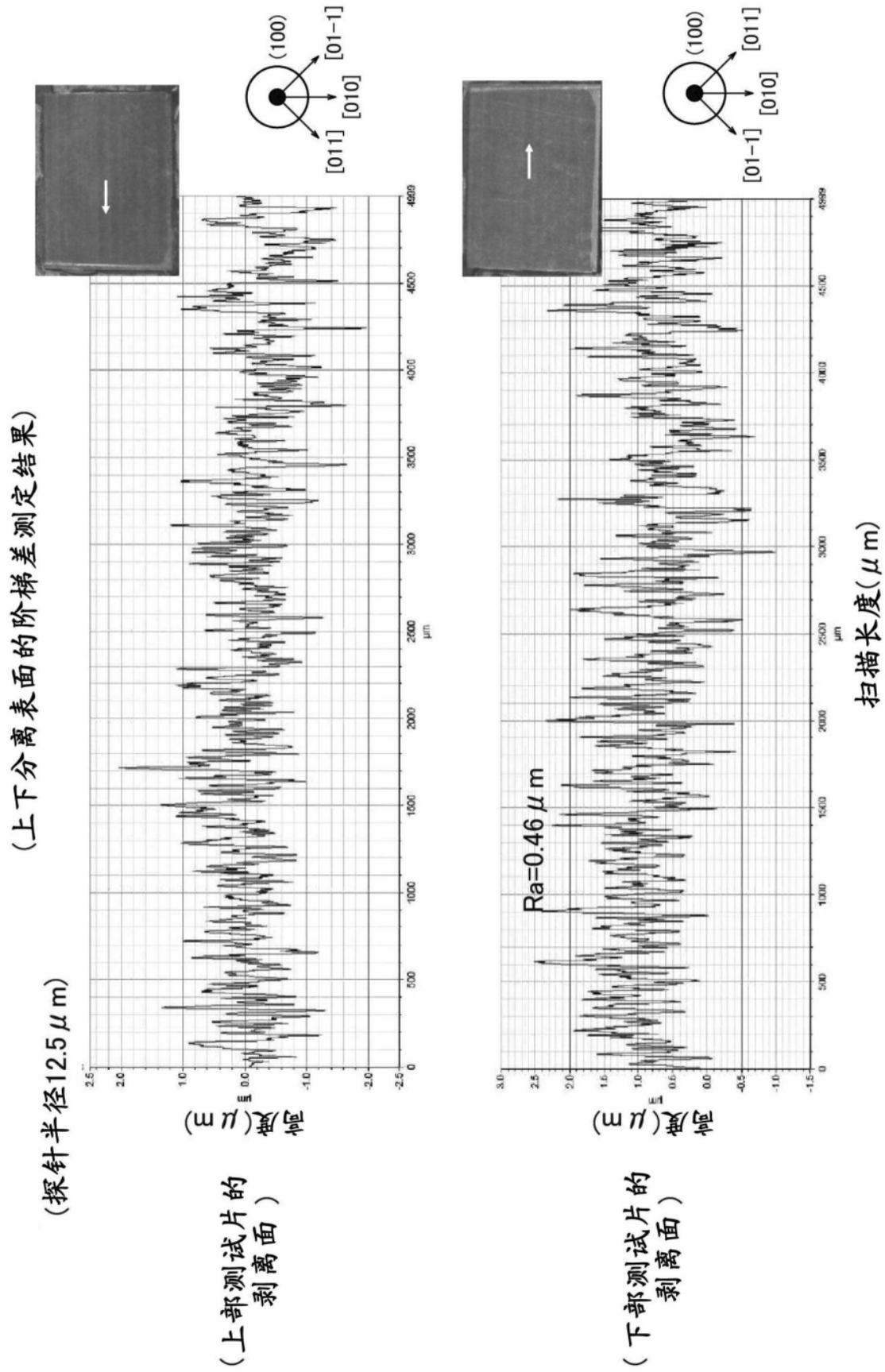


图11

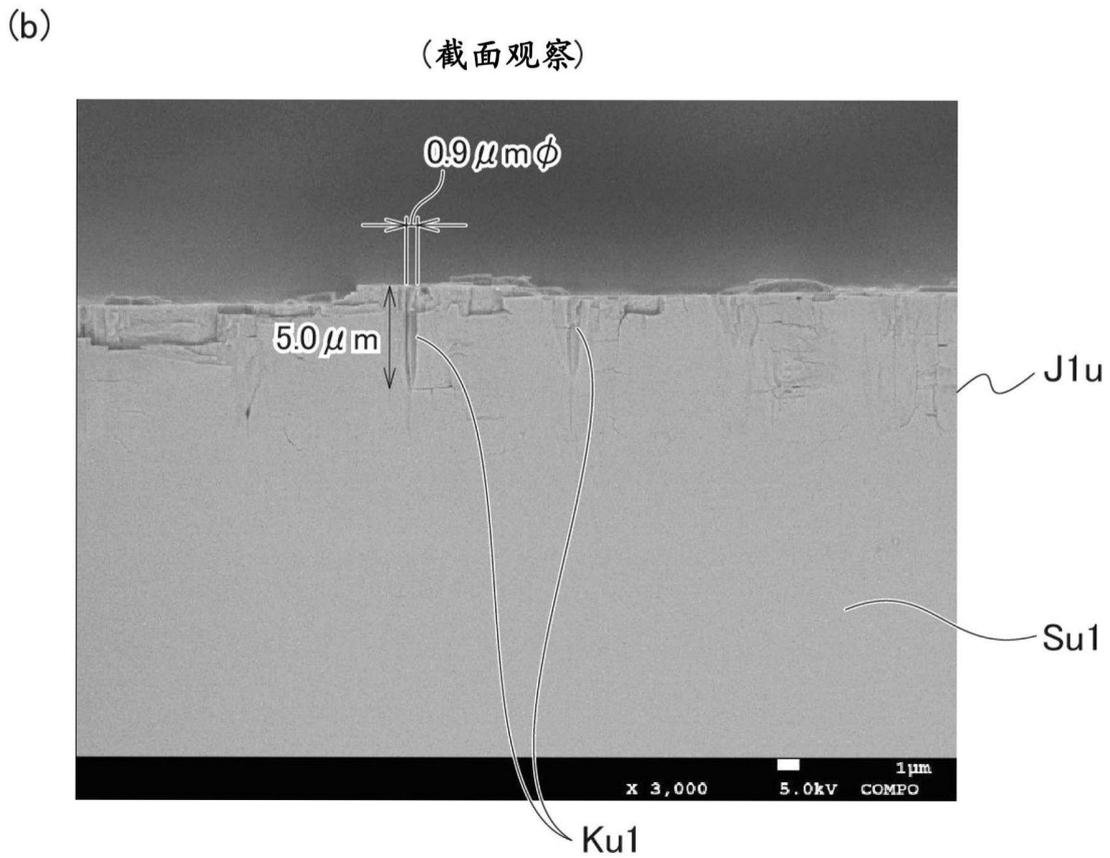
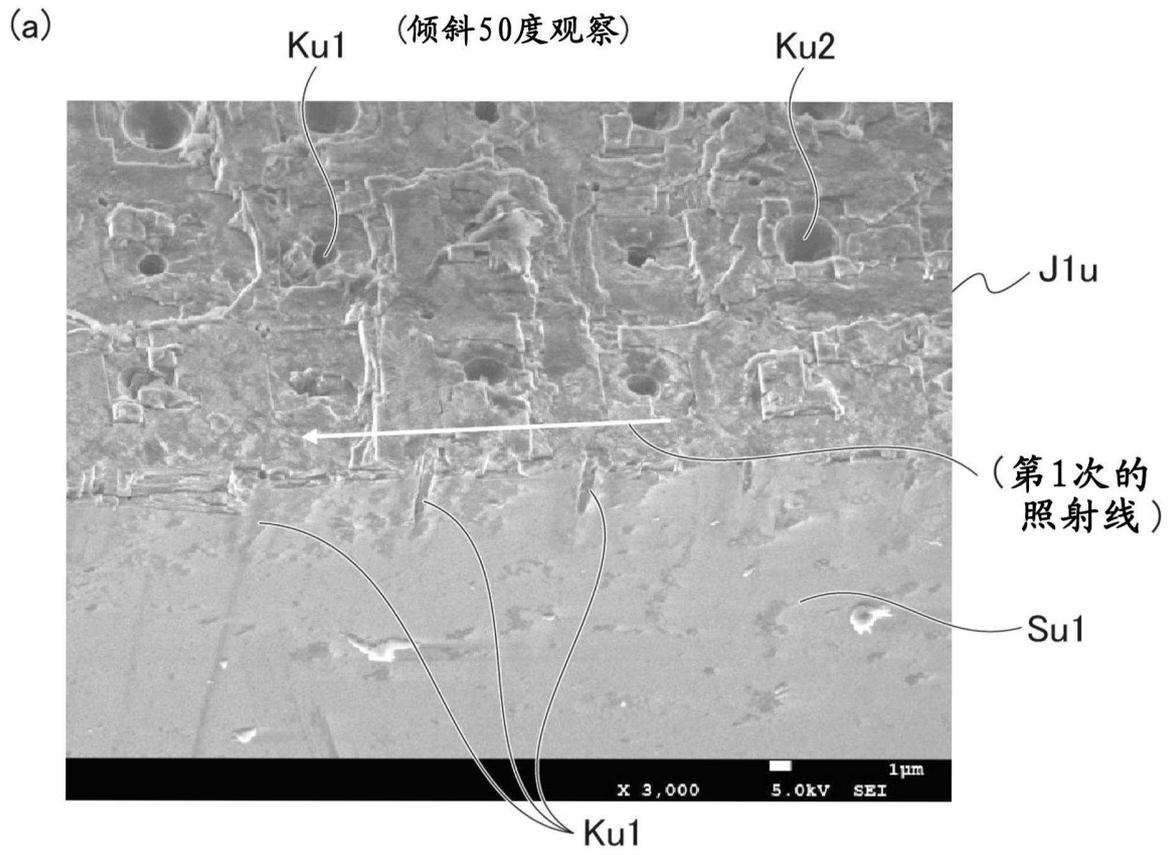
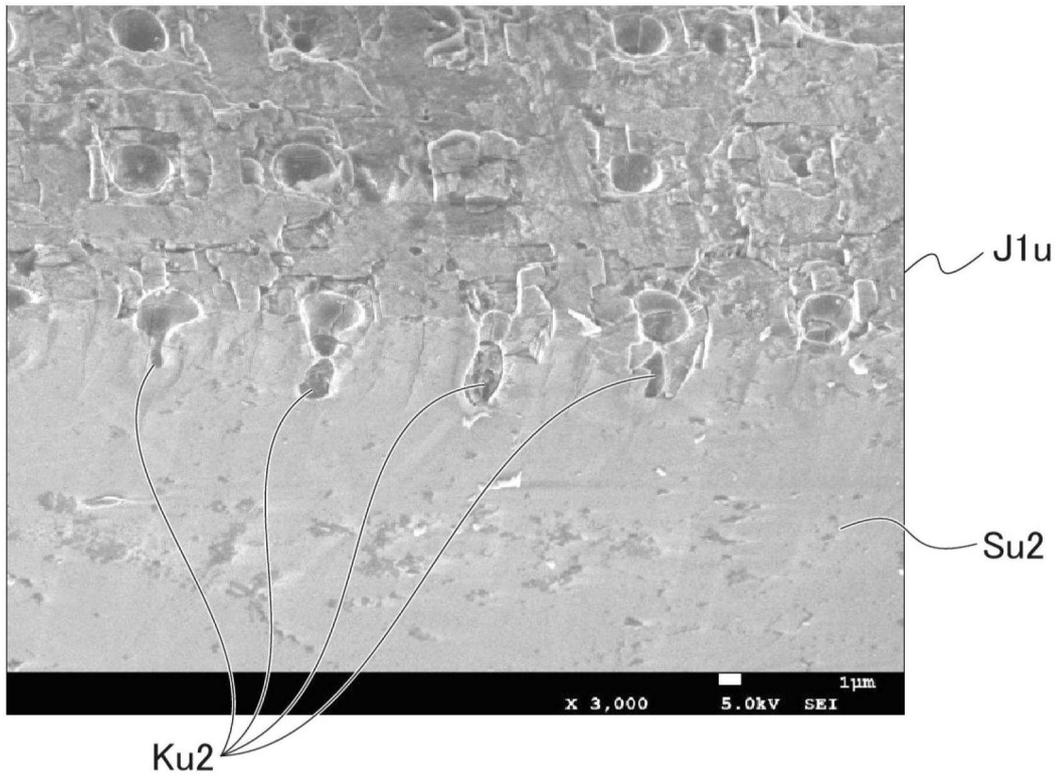


图12

(a)

(倾斜50度观察)



(b)

(截面观察)

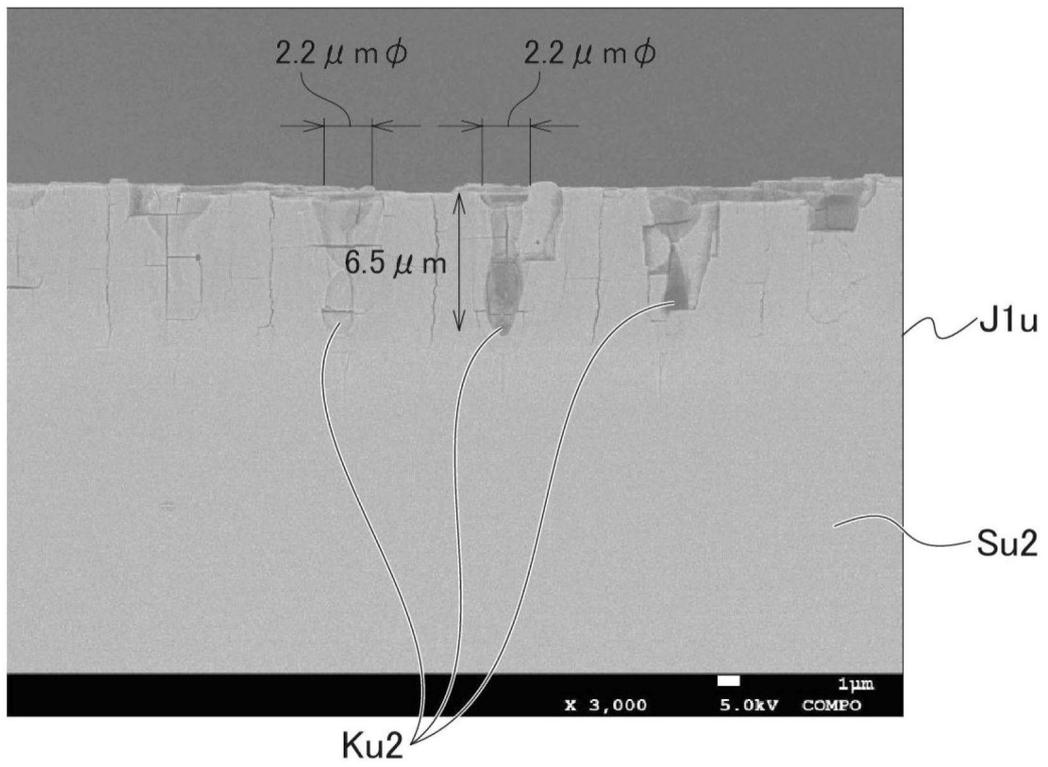
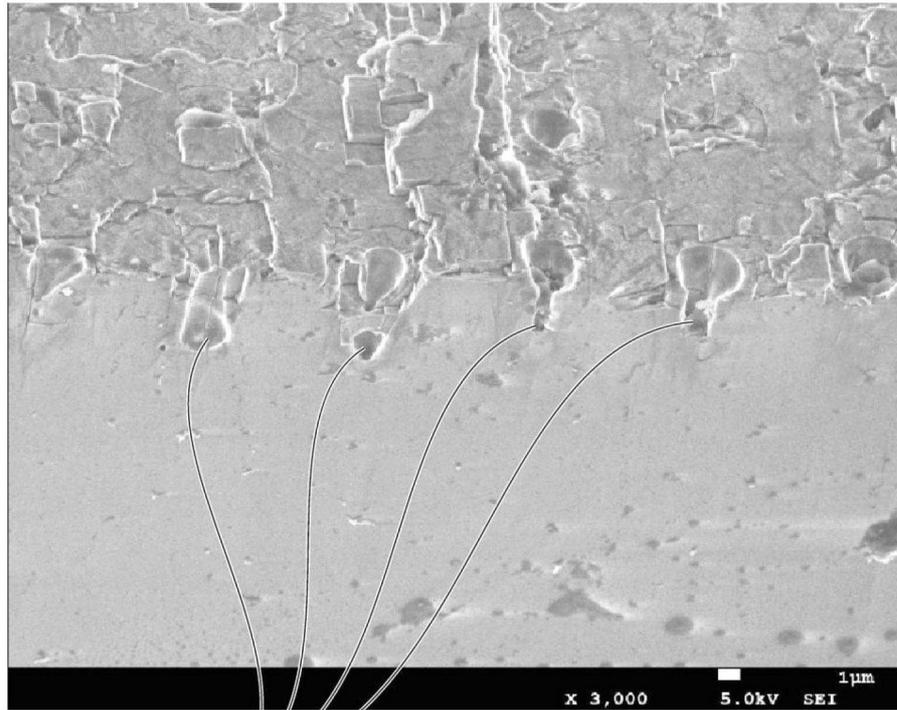


图13

(a)

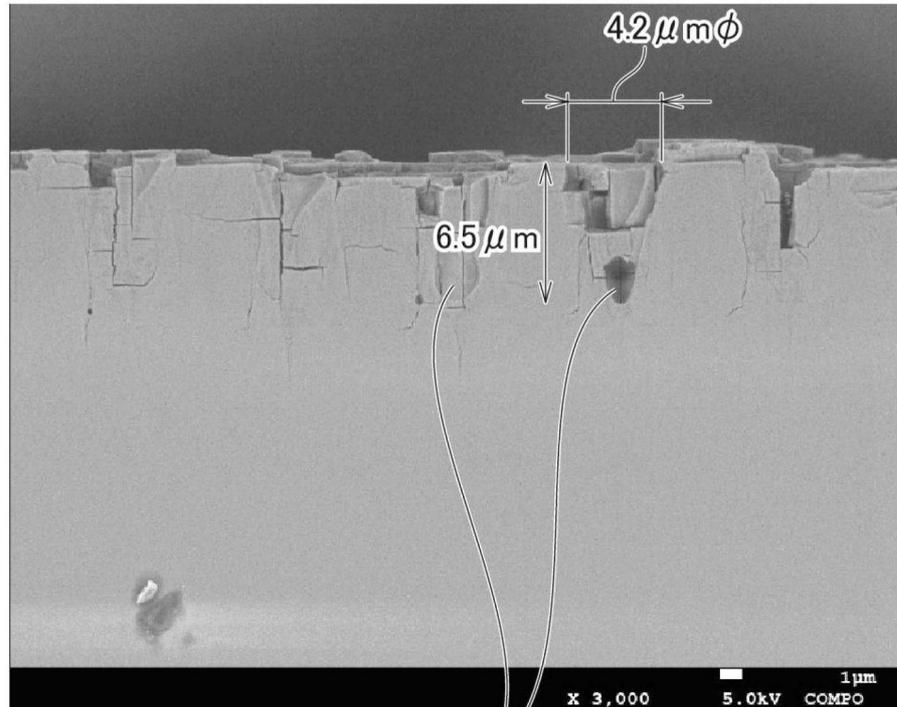
(倾斜50度观察)



Ku2

(b)

(截面观察)



Ku2

图14

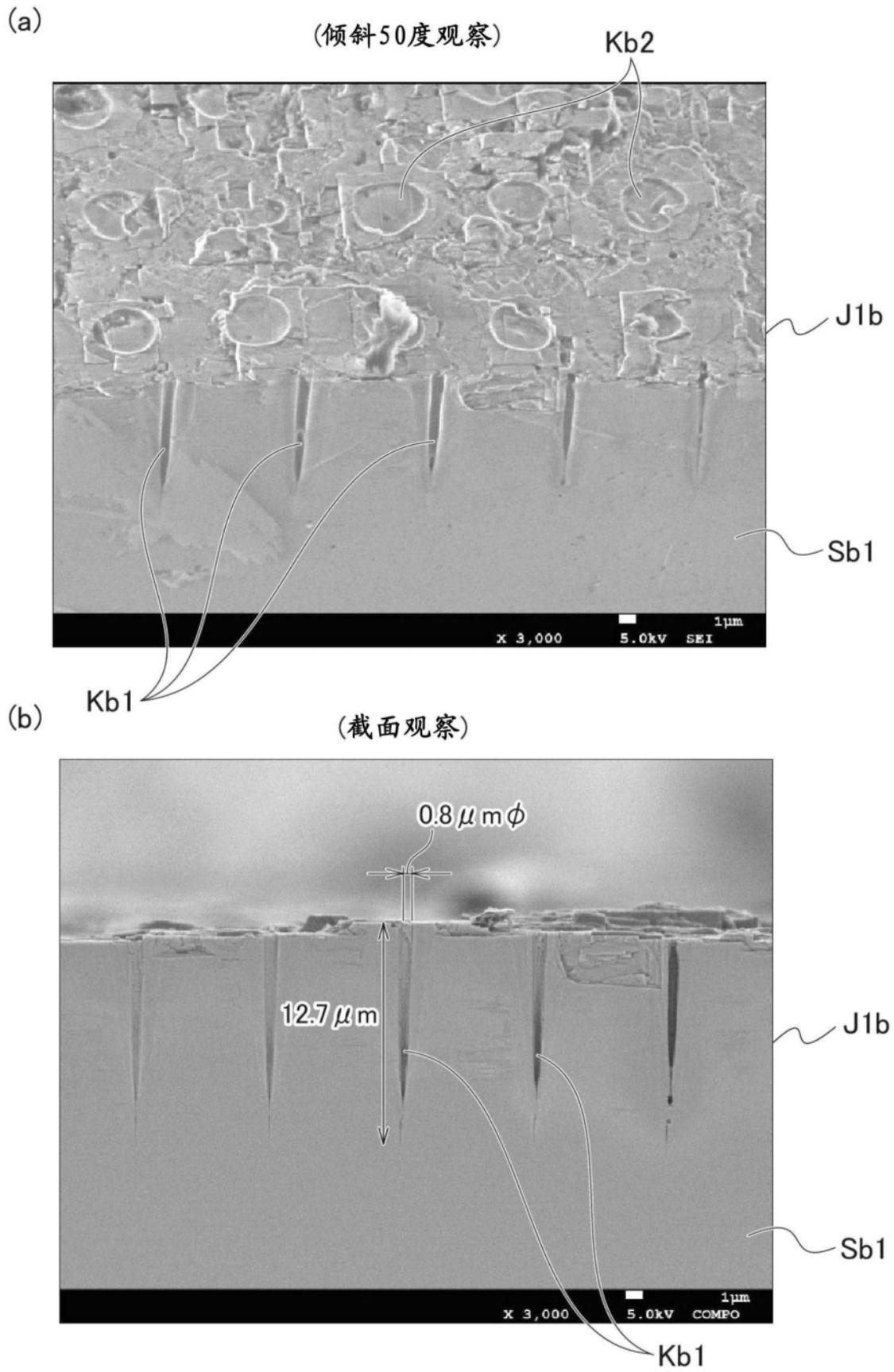


图15

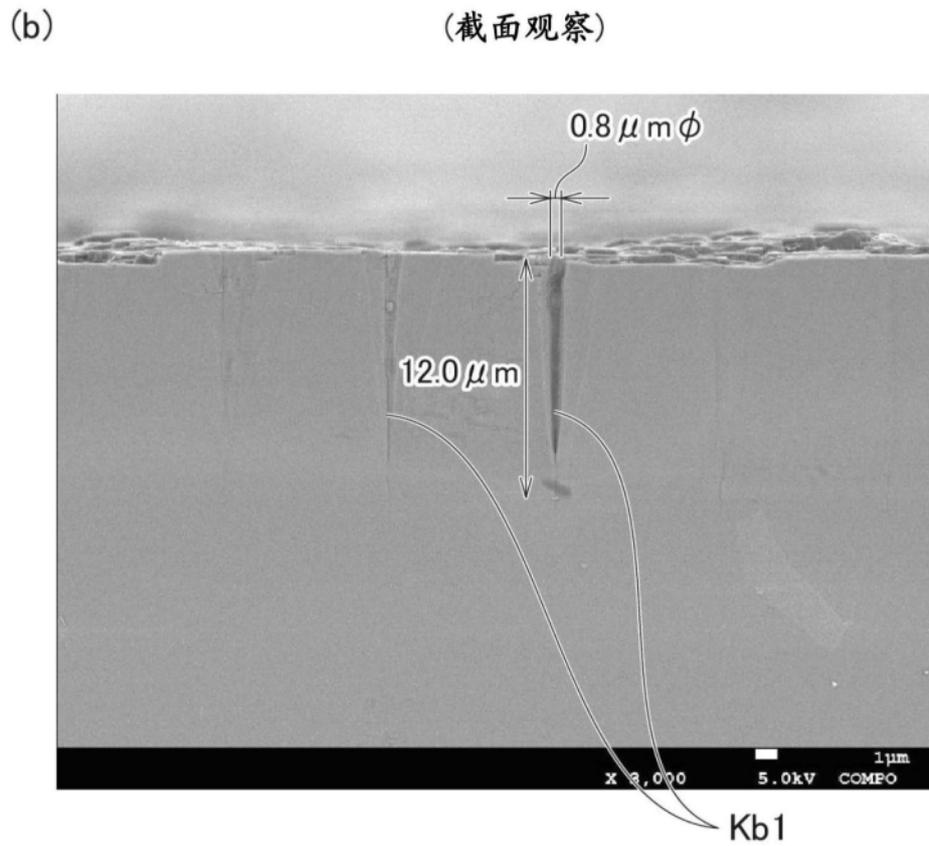
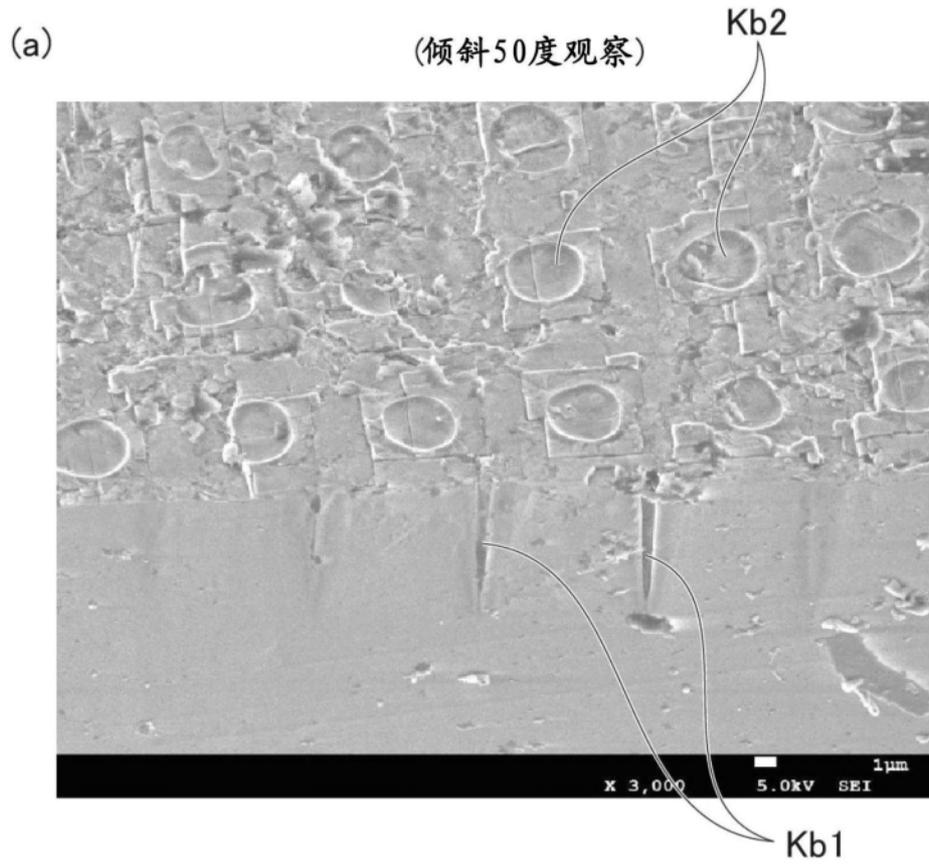


图16

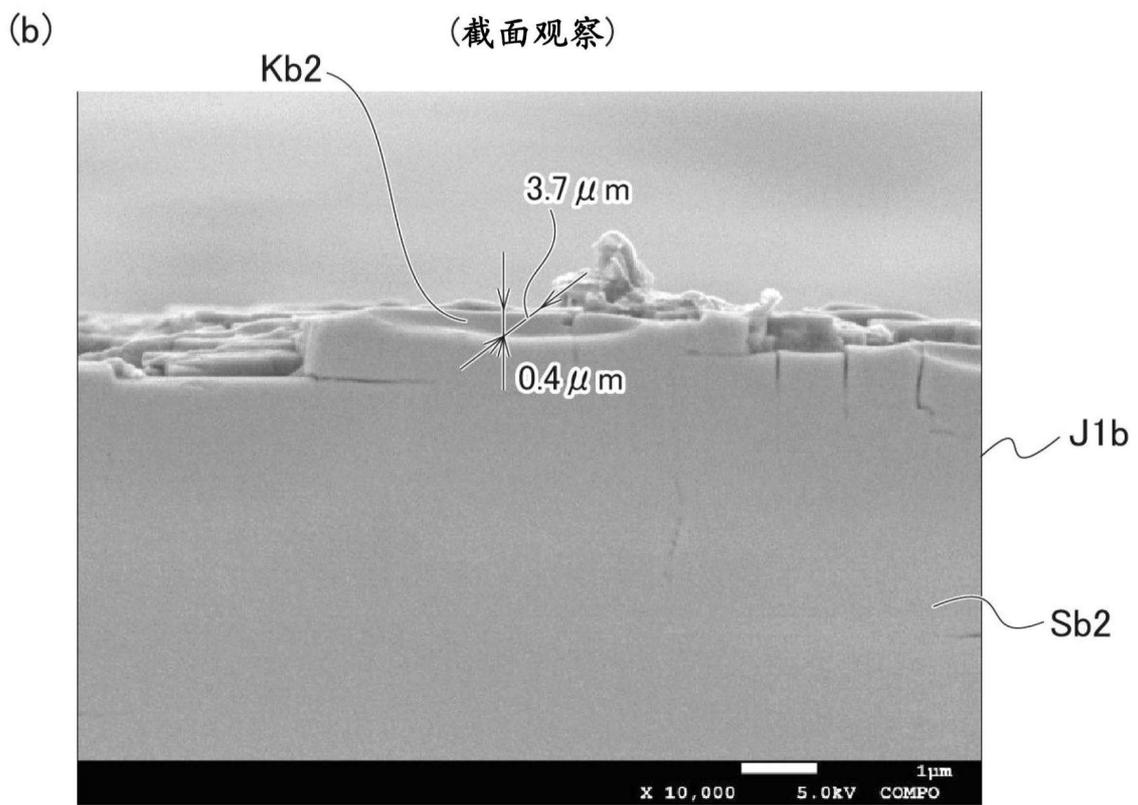
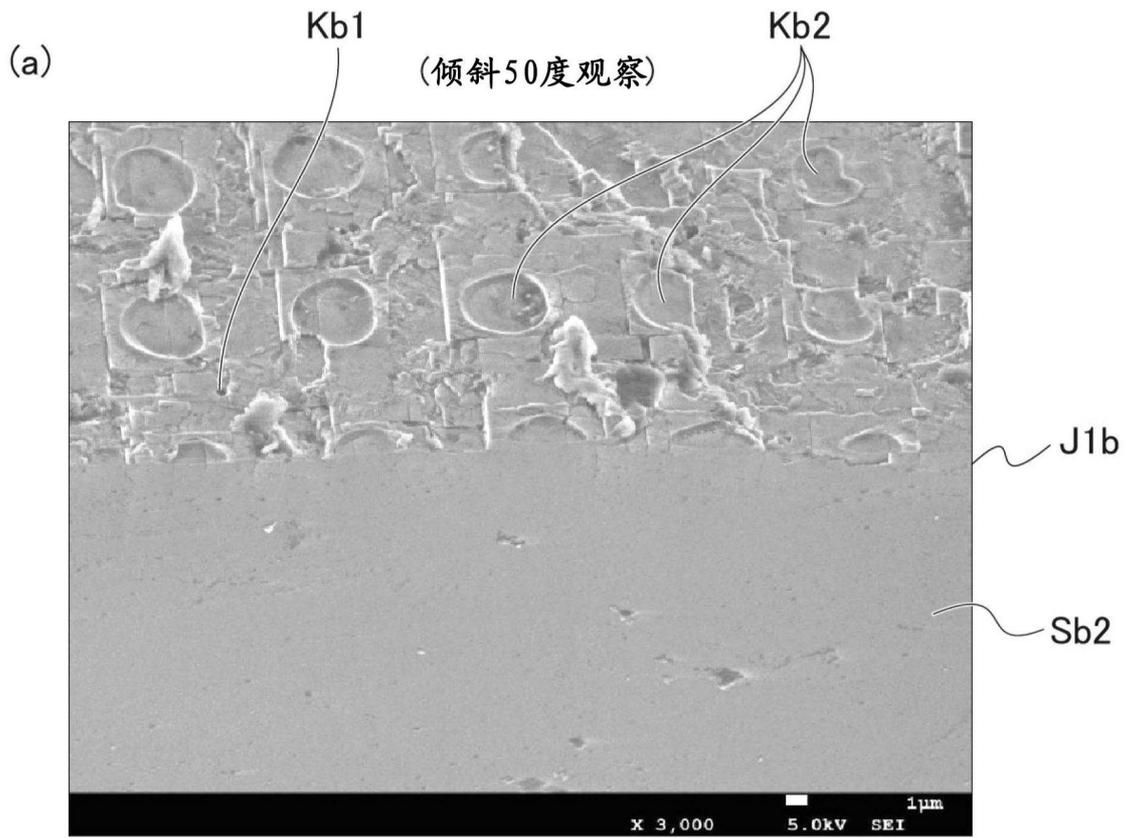


图17

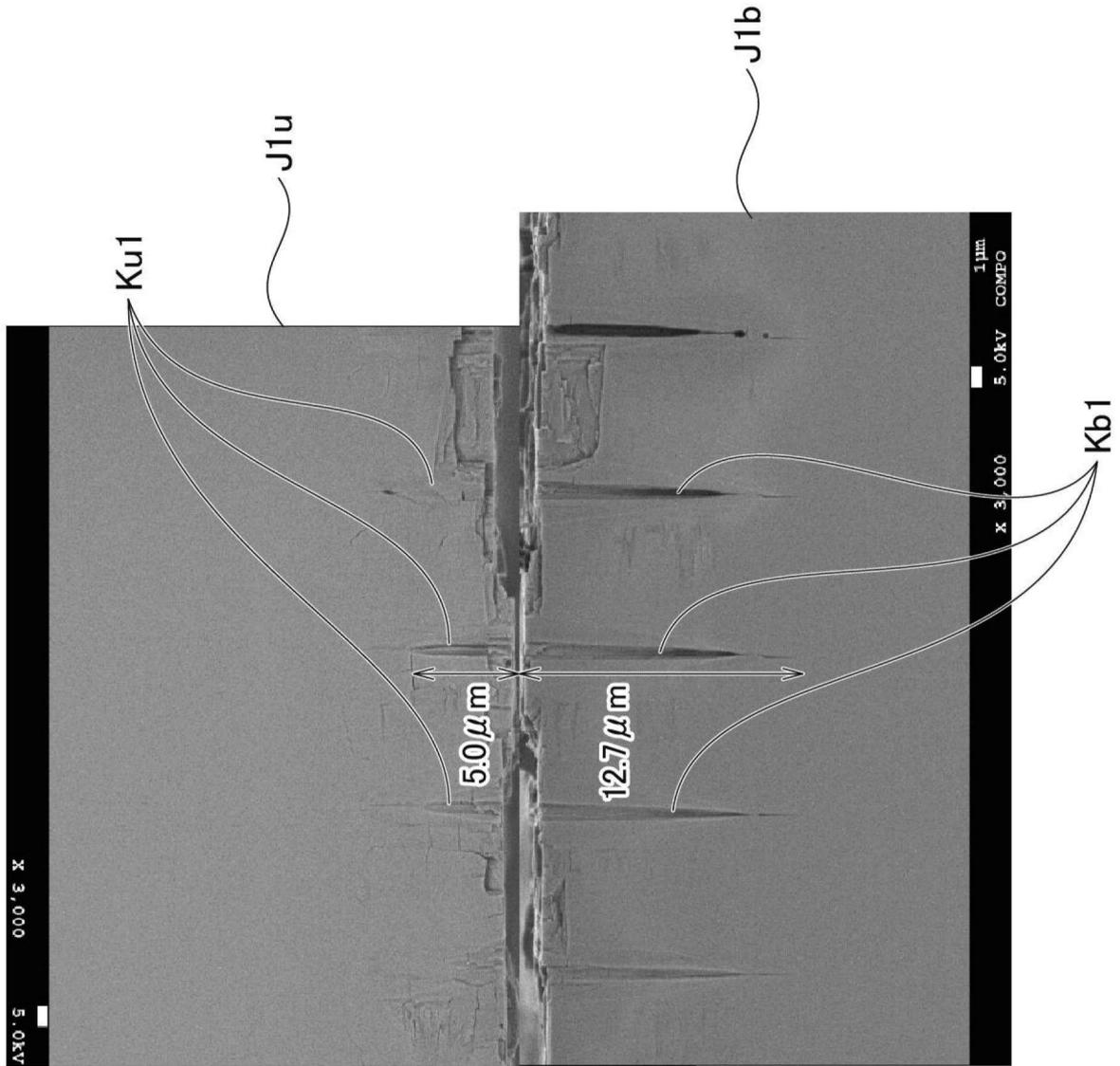


图18

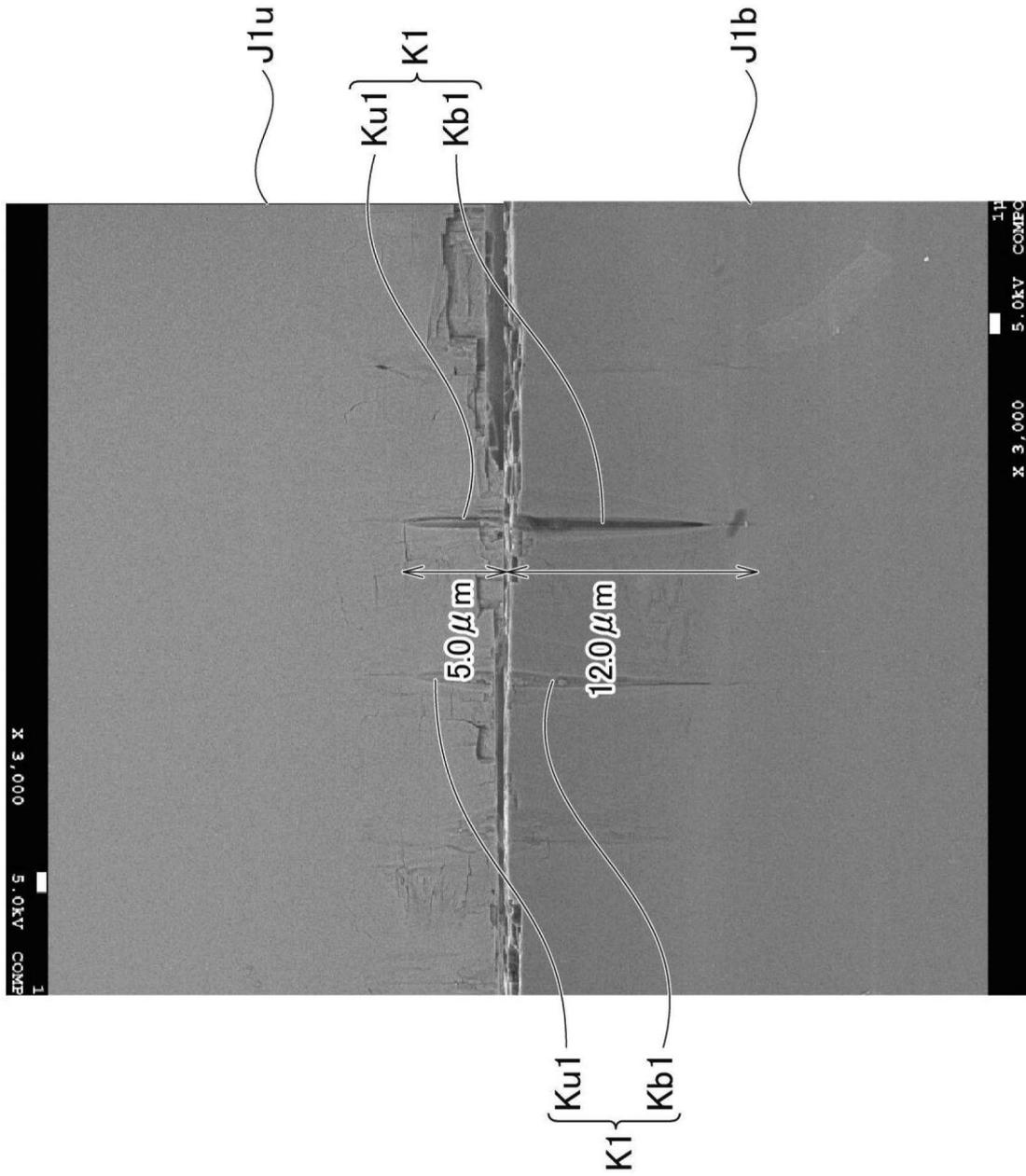


图19

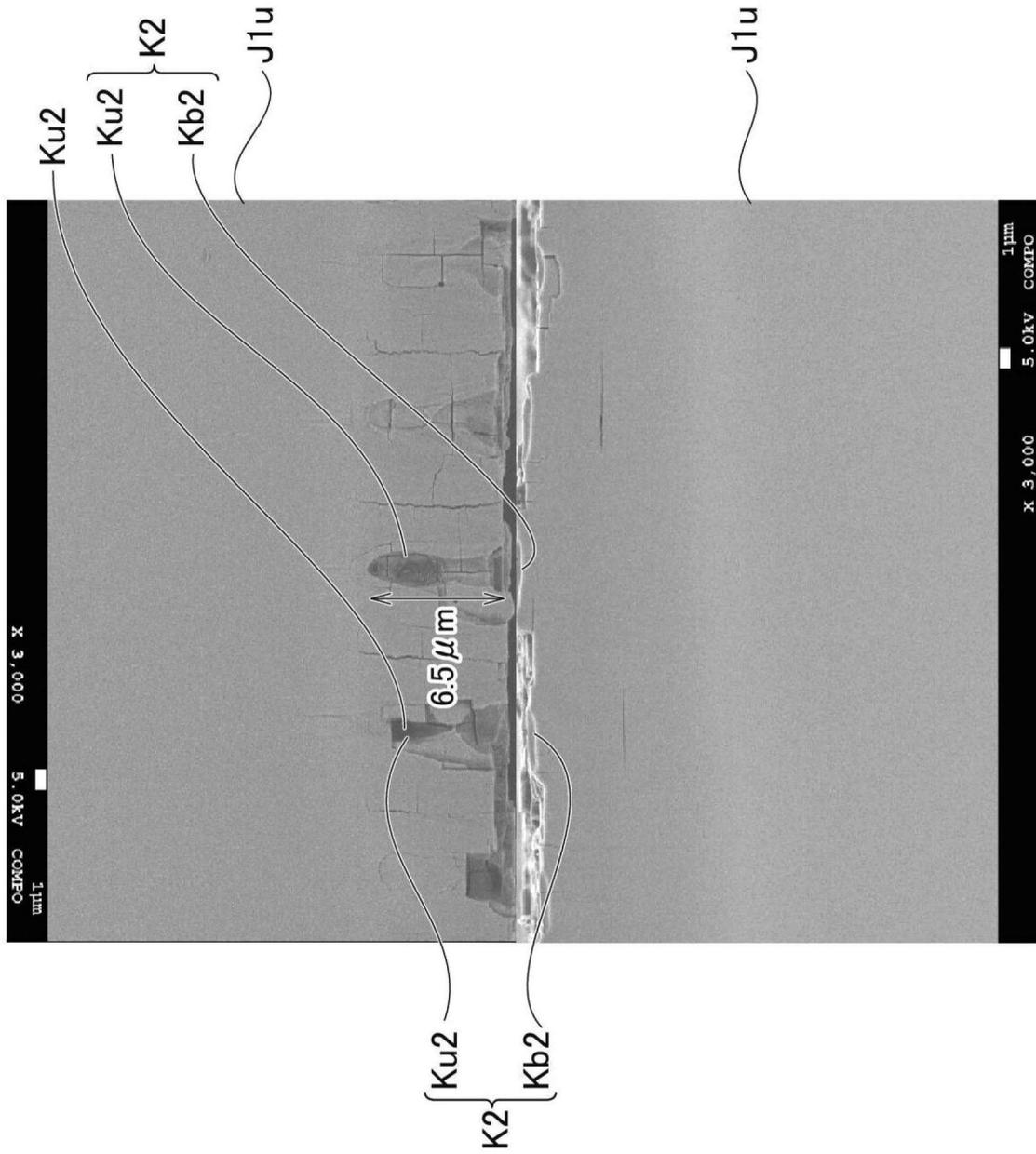


图20

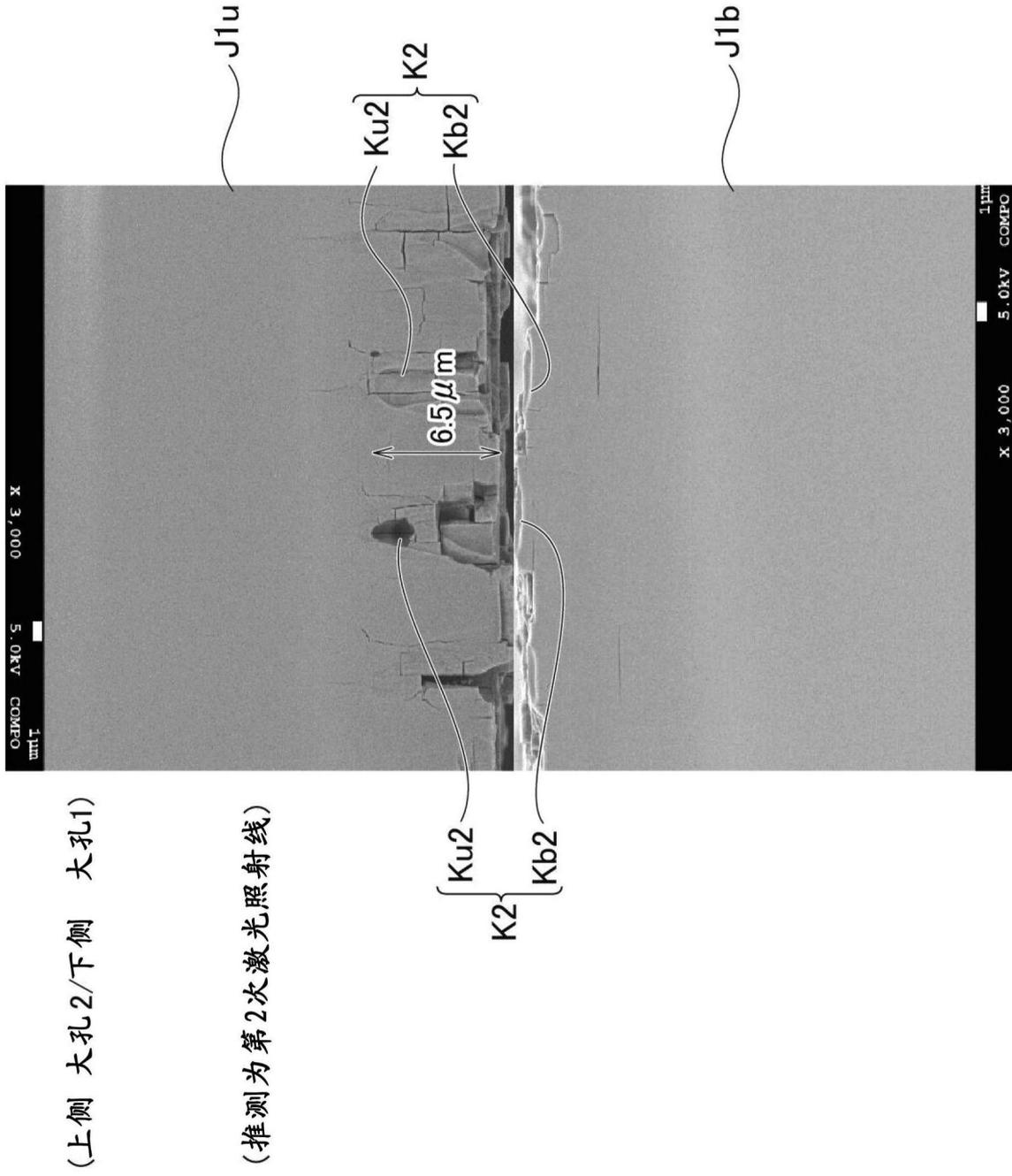


图21