



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114981645 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 30

(21) 申请号 202180008870.1

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(22) 申请日 2021.01.14

专利代理师 张丰桥

(30) 优先权数据

2020-006687 2020.01.20 JP

(51) Int.Cl.

G01N 21/892 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.07.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/001089 2021.01.14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/149588 JA 2021.07.29

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 大野纮明 田尻大裕 吉田圭佑

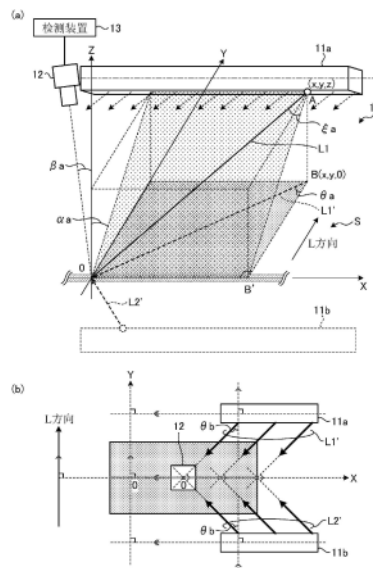
权利要求书1页 说明书13页 附图12页

(54) 发明名称

表面检查装置、表面检查方法、钢材的制造方法、钢材的品质管理方法和钢材的制造设备

(57) 摘要

本发明所涉及的表面检查装置具备：两个以上的斜光线光源，其对钢材的检查对象部位照射斜光照明光；一个以上的线传感器，其对于来自各斜光线光源的斜光照明光的在检查对象部位处的反射光，按每个反射光接受各反射光并拍摄图像；以及检测单元，其使用由一个以上的线传感器拍摄到的图像来检测检查对象部位处的线状的表面缺陷，来自两个以上的斜光线光源的斜光照明光中至少两个斜光照明光的向钢材的表面的正投影在检查对象部位上正交。



1. 一种表面检查装置,其特征在于,具备:

两个以上的斜光线光源,其对钢材的检查对象部位照射斜光照明光;

一个以上的线传感器,其对于来自各斜光线光源的斜光照明光的在所述检查对象部位处的反射光,按每一个反射光接受各反射光并拍摄图像;以及

检测单元,其使用由所述一个以上的线传感器拍摄到的图像来检测所述检查对象部位处的线状的表面缺陷,

来自所述两个以上的斜光线光源的斜光照明光中至少两个斜光照明光的向所述钢材的表面的正投影在所述检查对象部位上正交。

2. 根据权利要求1所述的表面检查装置,其特征在于,

在所述线传感器的视野内,相对于所述检查对象部位,所述两个以上的斜光线光源中至少一个斜光线光源设置于所述钢材的输送方向上游侧或者输送方向下游侧。

3. 根据权利要求1所述的表面检查装置,其特征在于,

在所述线传感器的视野内,相对于所述检查对象部位,所述两个以上的斜光线光源中至少一个斜光线光源设置于所述钢材的输送方向上游侧,

在所述线传感器的视野内,相对于所述检查对象部位,所述两个以上的斜光线光源中至少一个斜光线光源设置于所述钢材的输送方向下游侧。

4. 一种表面检查方法,其特征在于,包括:

照射步骤,在该步骤中,使用两个以上的斜光线光源对钢材的检查对象部位照射斜光照明光;

拍摄步骤,在该步骤中,通过一个以上的线传感器,对于来自各斜光线光源的斜光照明光的在所述检查对象部位处的反射光,按每个反射光接受各反射光并拍摄所述检查对象部位的图像;以及

检测步骤,在该步骤中,使用所述拍摄步骤中拍摄到的图像来检测所述检查对象部位处的线状的表面缺陷,

来自所述两个以上的斜光线光源的斜光照明光中至少两个斜光照明光的向所述钢材的表面的正投影在所述检查对象部位上正交。

5. 一种钢材的制造方法,其特征在于,包括如下步骤:

一边使用权利要求1~3中任一项所述的表面检查装置来检测钢材的线状的表面缺陷一边制造钢材。

6. 一种钢材的品质管理方法,其特征在于,包括如下步骤:

使用权利要求1~3中任一项所述的表面检查装置,通过基于线状的表面缺陷的有无,对钢材进行分类,据此管理钢材的品质。

7. 一种钢材的制造设备,其特征在于,

具备权利要求1~3中任一项所述的表面检查装置和钢材的制造设备,所述表面检查装置对由所述钢材的制造设备制造出的钢材的表面进行检查。

## 表面检查装置、表面检查方法、钢材的制造方法、钢材的品质管理方法和钢材的制造设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及表面检查装置、表面检查方法、钢材的制造方法、钢材的品质管理方法和钢材的制造设备。

### 背景技术

[0002] 在铁钢产品的生产线中表面的品质保证极为重要。因此,特别是在钢板的领域中,为了检测各种种类的表面缺陷,一直以来,使用线光源和线传感器来推进表面缺陷检查的自动化(参照专利文献1)。然而,若只是单纯使用线光源而沿着长边方向(钢板的输送方向)照射照明光,则在长边方向上较长的线状的表面缺陷的检测较困难。因此,为了解决本课题,提出照明光具有宽度方向的成分的斜光线光源(参照专利文献2)。另外,专利文献3、4也提出如下方法:使用线光源从两个方向照射照明光,使用线传感器按各反射光分别接受各照明光的反射光并获取差异。

[0003] 专利文献1:日本特开2008-275424号公报

[0004] 专利文献2:日本特开2006-242866号公报

[0005] 专利文献3:日本特开2017-9523号公报

[0006] 专利文献4:日本特开2018-36175号公报

[0007] 专利文献5:日本特开2015-125089号公报

[0008] 专利文献6:日本特许第6447637号公报

[0009] 在钢板表面中成为检测对象的有害的缺陷中,存在轧痕等具有一定程度细长的线状形状且长轴方向可能在所有方向产生的缺陷。然而,如上述那样,在专利文献1记载的技术中,无法检测出在长边方向上较长的线状的表面缺陷。另外,在专利文献2记载的技术中,在表面缺陷的长轴方向与照射方向一致的情况下,检测能力显著降低。并且,专利文献3、4记载的技术仅将长轴方向朝向宽度方向或者长边方向表面缺陷设想为成为检测对象的表面缺陷,没有考虑长轴方向能够在各种方向产生的线状的表面缺陷。

### 发明内容

[0010] 本发明是鉴于上述课题而完成的,其目的在于提供能够高精度地检测长轴方向可能在所有方向产生的线状的表面缺陷的表面检查装置和表面检查方法。另外,本发明的其他目的在于提供能够高精度地检测长轴方向可能在所有方向上产生的线状的表面缺陷而能够提高钢材的制造成品率的钢材的制造方法、钢材的品质管理方法和钢材的制造设备。

[0011] 本发明所涉及的表面检查装置具备:两个以上的斜光线光源,其对钢材的检查对象部位照射斜光照明光;一个以上的线传感器,其对于来自各斜光线光源的斜光照明光的在上述检查对象部位处的反射光按每个反射光接受各反射光并拍摄图像;以及检测单元,其使用由上述一个以上的线传感器拍摄到的图像来检测上述检查对象部位处的线状的表面缺陷,来自上述两个以上的斜光线光源的斜光照明光中,至少两个斜光照明光的向上述

钢材的表面的正投影在上述检查对象部位上正交。

[0012] 较佳的是,在上述线传感器的视野内,相对于上述检查对象部位,上述两个以上的斜光线光源中至少一个斜光线光源设置于上述钢材的输送方向上游侧或者输送方向下游侧。

[0013] 较佳的是,在上述线传感器的视野内,相对于上述检查对象部位,上述两个以上的斜光线光源中至少一个斜光线光源设置于上述钢材的输送方向上游侧,在上述线传感器的视野内,相对于上述检查对象部位,上述两个以上的斜光线光源中至少一个斜光线光源设置于上述钢材的输送方向下游侧。

[0014] 本发明所涉及的表面检查方法包括:照射步骤,在该步骤中,使用两个以上的斜光线光源对钢材的检查对象部位照射斜光照明光;拍摄步骤,在该步骤中,通过一个以上的线传感器,对于来自各斜光线光源的斜光照明光的在上述检查对象部位处的反射光,按每个反射光接受各反射光,并拍摄上述检查对象部位的图像;以及检测步骤,在该步骤中,使用上述拍摄步骤中拍摄到的图像来检测上述检查对象部位处的线状的表面缺陷,来自上述两个以上的斜光线光源的斜光照明光中,至少两个斜光照明光的向上述钢材的表面的正投影在上述检查对象部位上正交。

[0015] 本发明所涉及的钢材的制造方法包括如下步骤:一边使用本发明所涉及的表面检查装置来检测钢材的线状的表面缺陷一边制造钢材。

[0016] 本发明所涉及的钢材的品质管理方法包括如下步骤:使用本发明所涉及的表面检查装置,基于线状的表面缺陷的有无来对钢材进行分类,由此管理钢材的品质。

[0017] 本发明所涉及的钢材的制造设备具备本发明所涉及的表面检查装置和钢材的制造设备,上述表面检查装置对由上述钢材的制造设备制造出的钢材的表面进行检查。

[0018] 根据本发明所涉及的表面检查装置和表面检查方法,能够高精度地检测长轴方向可能在所有方向产生的线状的表面缺陷。另外,根据本发明所涉及的钢材的制造方法、钢材的品质管理方法和钢材的制造设备,能够高精度地检测长轴方向可能在所有方向产生的线状的表面缺陷而提高钢材的制造成品率。

## 附图说明

[0019] 图1是表示线状的表面缺陷的截面形状的图。

[0020] 图2是用于对照明光相对于表面缺陷的照射方向进行说明的图。

[0021] 图3是表示反射光的SN比的变化相对于照明光的照射方向的变化的一例的图。

[0022] 图4是表示反射光的SN比的变化相对于照明光的照射方向的变化的一例的图。

[0023] 图5是表示反射光的SN比的变化相对于照明光的照射方向的变化的一例的图。

[0024] 图6是表示反射光的SN比的变化相对于一个照明光和另一个照明光所成的角度的变化的一例的图。

[0025] 图7是表示反射光的SN比的变化相对于照明光的照射方向的变化的一例的图。

[0026] 图8是表示作为本发明的一实施方式的表面检查装置的结构示意图。

[0027] 图9是表示斜光线光源的投光角度 $\alpha$ 和线传感器的受光角度 $\beta$ 的图。

[0028] 图10是表示斜光线光源的配置位置的一例的图。

[0029] 图11是表示斜光线光源的配置位置的其他例的图。

- [0030] 图12是用于对线传感器的视野位置的反射光的亮度不均进行说明的图。
- [0031] 图13是表示图10所示的斜光线光源的配置位置的实施例的图。
- [0032] 图14是表示图11所示的斜光线光源的配置位置的实施例的图。
- [0033] 图15是用于对下述图像进行说明的图,该图像通过从2个方向对具有凹凸的线状的表面缺陷和没有凹凸的细长形状的无害花纹照射斜光照明光而获得。
- [0034] 图16是用于对下述图像进行说明的图,该图像在相对于来自2个方向的斜光照明光而线状的表面缺陷的长轴方向相同程度地不同的情况下获得。
- [0035] 图17是表示从输送方向上游侧和输送方向下游侧照射照明光时拍摄到的图像和表面缺陷的检测结果的图。

### 具体实施方式

[0036] (原理)

[0037] 首先,对本发明所涉及的表面检查装置和表面检查方法的原理进行说明。

[0038] 根据郎伯的扩散反射模型,将光量 $I$ 的照明光照射于斜面时的来自斜面的照明光的反射光量 $I_2$ 如以下所示的数学式(1)那样表示。此处,在数学式(1)中, $r$ 表示斜面的扩散反射率, $L$ 表示从斜面朝向光源的标准化向量, $N$ 表示斜面的标准化法线向量。如数学式(1)所示,根据郎伯的扩散反射模型,来自斜面的照明光的反射光量 $I_2$ 与从斜面朝向光源的标准化向量 $L$ 和斜面的标准化法线向量 $N$ 的内积( $L \cdot N$ )成正比。

[0039] [数学式1]

$$I_2 = r(L \cdot N) I \dots (1)$$

[0041] 因此,基于上述郎伯的扩散反射模型,针对从线状的表面缺陷的长轴方向和短轴方向照射了照明光的情况下的长轴方向截面位置和短轴方向截面位置的反射光量进行考察。

[0042] 在从线状的表面缺陷的长轴方向照射了照明光的情况下,在线状的表面缺陷的短轴方向截面位置处,斜面的法线向量相对于健全部的变化方向是与作为照明光的照射方向的长轴方向正交的方向。因此,与健全部相比,从斜面朝向光源的标准化向量 $L$ 与斜面的标准化法线向量 $N$ 的内积( $L \cdot N$ )几乎没有变化。相对于此,在线状的表面缺陷的长轴方向截面位置处,斜面的法线向量相对于健全部的变化方向是与作为照明光的照射方向的长轴方向平行的方向。因此,在照明光的照射方向的近前侧和进深侧双方,内积( $L \cdot N$ )大幅变化。由此,在从线状的表面缺陷的长轴方向照射了照明光的情况下,与健全部相比,长轴方向截面位置的斜面的倾斜越是大幅地变化,则反射光的强度和SN比越大。另一方面,在从线状的表面缺陷的短轴方向照射了照明光的情况下,与健全部相比,短轴方向截面位置的斜面的倾斜的变化越大,则反射光的强度和SN比越大。此外,此处,假定为健全部的表面性状均一,在从长轴方向照射了照明光的情况下和在从短轴方向照射了照明光的情况下噪声水准相同。

[0043] 此处,图1示出线状的表面缺陷的截面形状。如图1所示,线状的表面缺陷的长轴方向截面平滑变化,相对于健全部,斜面的倾斜较小。相对于此,线状的表面缺陷的短轴方向截面急剧地变化,相对于健全部,斜面的倾斜较大。因此,照明光的照射方向越接近线状的表面缺陷的长轴方向则反射光的SN比越小,照明光的照射方向越接近线状的表面缺陷的短轴方向则反射光的SN比越大。如图2所示,在线状的表面缺陷D的正上方配置拍摄单元1,通

过使光源2以线状的表面缺陷D的位置为旋转中心位置沿着虚线在水平面内旋转而使照明光的照射方向变化并评价了反射光的SN比的结果如图3所示。图3中,在SN比2.5以上的山部分,与线状的表面缺陷的短轴方向平行地照射照射光。另外,在SN比2附近的谷部分,与线状的表面缺陷的长轴方向平行地照射照射光。如图3所示,能够确认出反射光的SN比相对于照明光的照射方向周期性地变化。此外,图2中,L方向表示钢材的输送方向(长边方向),X方向表示钢材的宽度方向。

[0044] 对于线状的表面缺陷而言,存在长轴方向始终在同一方向上产生的表面缺陷和长轴方向相对于钢材的输送方向随机地产生的表面缺陷。作为长轴方向始终在同一方向上产生的表面缺陷的例子,存在擦痕等,作为长轴方向相对于钢材的输送方向随机地产生的表面缺陷的例子,存在由于将细长的异物以随机的方向压入而产生的表面缺陷等。从防止线状的表面缺陷的流出的观点出发,优选的是,无论线状的表面缺陷的长轴方向朝向哪个方向,均能够通过高SN比来检测线状的表面缺陷。此处,为了研究无论线状的表面缺陷的长轴方向朝向哪个方向均能够稳定地检测线状的表面缺陷的光学系统,尝试利用正弦波来近似反射光的SN比的周期性。表示反射波的SN比的近似式 $SN_{L1}$ 如以下的数学式(2)所示。此处,将反射光的SN比设为 $SN_{L1}$ ,将钢材的输送方向与线状的表面缺陷的朝向所成的角度设为 $\Phi$ ,将照明光的照射方向设为 $\theta$ ,将任意的常数设为a和b。另外,关于照射方向 $\theta$ ,将在正投影于钢材的表面时钢材的输送方向(L方向)设为 $0^\circ$ 。

[0045] [数学式2]

$$[0046] \quad SN_{L1} = a - b \cos(2(\varphi - \theta)) \quad \dots (2)$$

[0047] 假设将钢材的输送方向与线状的表面缺陷的方向所成的角度 $\Phi$ 设为 $60^\circ$ 、常数a=3、常数b=2时的照明光的照射方向 $\theta$ 的变化和反射光的SN比的变化如图4所示。图4中的粗线表示 $SN_{L1} = 3 - 2 \cos(2(60^\circ - \theta))$ 的轨迹, $\theta$ 的单位是 $(^\circ)$ 。如图4所示,若只是从一个方向照射了照明光,则不可避免地产生反射光的SN比变低的照明光的照射方向。因此,若从2个方向照射照明光对各反射光案每个反射光拍摄各照明光的反射光,则能够期待在至少任一者光学系统中反射光成为高SN比。因此,对从2个方向照射照明光且按各反射光各自拍摄了各照明光的反射光得到的两个反射光的SN比的变化进行研究,如图5所示。此处,由一个照明光产生的反射光的SN比 $SN_{L1}$ 由数学式(2)表示,由另一个照明光产生的反射光的SN比 $SN_{L2}$ 由以下所示的数学式(3)表示,钢材的输送方向与表面缺陷的方向所成的角度 $\Phi$ 设为 $60^\circ$ 。另外,数学式(3)中 $\Delta\theta$ 表示一个照明光和另一个照明光所成的角度。另外,图5中粗线表示针对按每两个照明光的反射光二者的SN比的最大值的轨迹。

[0048] [数学式3]

$$[0049] \quad SN_{L2} = a - b \cos(2(\varphi - (\theta + \Delta\theta))) \quad \dots (3)$$

[0050] 如图5所示,可知:在照射方向 $\theta = 0 \sim 180^\circ$ 的范围内,表示数学式(2)的虚线 $SN_{L1}$ 与表示数学式(3)的单点划线 $SN_{L2}$ 的交点中照射方向 $\theta$ 较小那者取得SN比的最小值。此处,若使数学式(2)与数学式(3)联立求出虚线 $SN_{L1}$ 与单点划线 $SN_{L2}$ 的交点的坐标 $(\theta, SN)$ ,则如以下所示的数学式(4)那样表示。在数学式(4)中,n表示整数值,SN表示交点的坐标的SN比成分。

[0051] [数学式4]

$$[0052] \quad (\theta, SN) = \left( \varphi - \frac{1}{2} \Delta \theta + \frac{n\pi}{2}, a - b \cos(\Delta \theta + n\pi) \right) \quad \dots (4)$$

[0053] 根据数学式(4),对于虚线 $SN_{L1}$ 与单点划线 $SN_{L2}$ 的交点的坐标 $(\theta, SN)$ 的SN比成分亦即SN而言,n为奇数时,SN成为 $a+b\cos \Delta \theta$ ,n为偶数时,SN成为 $a-b\cos \Delta \theta$ 。换句话说,该两个当中较小那者在2个方向的照射中成为SN比最低的值。因此,若计算使以下的数学式(5)所示的函数 $f(\Delta \theta)$ 成为最大值的 $\Delta \theta$ ,则无论线状的表面缺陷的长轴方向为哪个方向均能够以高SN比检测线状的表面缺陷。此外,函数 $f(\Delta \theta)$ 表示针对 $\Delta \theta$ 的函数 $a+b\cos \Delta \theta$ 或者函数 $a-b\cos \Delta \theta$ 的最小值。

[0054] [数学式5]

$$[0055] \quad f(\Delta \theta) = \min(a - b \cos \Delta \theta, a + b \cos \Delta \theta) \dots (5)$$

[0056] 若将函数 $f(\Delta \theta)$ 表示为坐标图,则成为图6的粗线,使函数 $f(\Delta \theta)$ 成为最大化的 $\Delta \theta$ 为 $90^\circ$ 。此外,图6中,虚线表示 $SN=a-b\cos\theta$ 的轨迹,单点划线表示 $SN=a+b\cos\theta$ 的轨迹。而且, $\Delta \theta$ 为 $90^\circ$ 的反射光的SN比的变化相对于照明光的照射方向 $\theta$ 的变化如图7所示。图7中,虚线表示 $SN=a-b\cos\theta$ 的轨迹,单点划线表示 $SN=a-b\cos(\theta-90^\circ)$ 的轨迹。而且,图7中的粗线表示针对每两个照明光的两个反射光的最大SN比的变化。如图7所示,通过以使一个照明光的照射方向与另一个照明光的照射方向正交的方式设定光源,无论线状的表面缺陷的长轴方向为哪个方向,反射光的SN比均能够成为任意的常数a(图7所示的例子中 $a=3$ )以上。

[0057] 此外,以使用两个照明光的情况说明了上述原理,但使用3个以上的照明光的情况也能够应用相同的考虑方法。即,虽省略详细的说明,但在使用3个以上的照明光的情况下以使照明光的照射方向均等的方式配置照明光,由此无论线状的表面缺陷朝向哪个方向均能够抑制SN比降低。例如,优选在使用3个照明光的情况下,使相邻的照明光的照射方向所成的角在向钢材S的表面的正投影中处于钢材S的表面上检查对象部位上成为 $120^\circ$ 。照射方向的数量越多,能够确保越高的SN比。

[0058] 以下,对基于上述的本发明所涉及的面检查装置和表面检查方法的原理而想到的本发明的实施方式的面检查装置进行说明。

[0059] (整体结构)

[0060] 图8的(a)、(b)是表示本发明的一实施方式的表面检查装置的结构示意图。如图8的(a)、(b)所示,本发明的一实施方式的表面检查装置10是对形成于钢材S的表面的在所有方向上具有长轴方向的线状的表面缺陷进行检测的装置,具备斜光线光源11、线传感器12和检测单元13。此处,线光源表示发光面在一个方向上较长的线状的光源。另一方面,线传感器表示具有线状的视野的拍摄单元。其中,本发明的线传感器不局限于仅为一线。例如,在使用具有二维的视野的区域传感器的情况下,也包含于本发明的“线传感器”。

[0061] 另外,图8的(a)表示从斜上方观察表面检查装置的结构的情况,图8的(b)表示从钢材S的正上方观察相同装置的情况即向钢材S的表面的正投影的情况的图。而且,在图8的(a)、(b)中,将钢材S的表面和存在于钢材S的表面上检查对象部位所存在的平面作为XY平面。此处,将钢材S的输送方向(L方向)作为Y轴。另一方面,在钢材S的表面中,将与输送方向(L方向)垂直的方向作为X轴。在钢材S为钢板、钢带的情况下,X轴成为钢材S的宽度方向。而且,将相对于钢材S的表面的法线方向作为Z轴。X轴、Y轴和Z轴以线传感器12的拍摄方向

与处于钢材S的表面的检查对象部位相交的位置作为原点0。另外,将相对于纸面向右侧行进的方向作为X轴的正侧,将钢材S的L方向作为Y轴的正侧,将配置斜光线光源11这侧作为Z轴的正侧。而且,在图8的(a)中,将斜光照明光L1的发光位置处的任意的一点A(称为发光点A,坐标 $(x, y, z)$ )正投影于XY平面的点作为点B(坐标 $(x, y, 0)$ ),将点B正投影于X轴的点作为点B'(坐标 $(x, 0, 0)$ )。另外,检查对象部位为钢材S的表面的局部,成为在钢材S的宽度方向(X方向)上较长的直线且是与钢材S的宽度相同长度的线段。图8的(a)、(b)中,由浅灰色的线表示。

[0062] 在本实施方式中,斜光线光源11为两个。因此,以下,作为斜光线光源11a、11b进行说明。就斜光线光源11a、11b而言,在将相对于光源的轴向正交的方向设为 $0^\circ$ ,将光源的轴向设为 $90^\circ$ 时,将成为超过 $0^\circ$ 且不足 $90^\circ$ 的任意角度的照明光作为斜光照明光而照射于钢材S的检查对象部位。另外,在本实施方式中,以使钢材S的宽度方向(X方向)与斜光线光源11a、11b的轴向(图8的(a)、(b)中单点划线)平行的方式配置着斜光线光源11a、11b。即,斜光线光源11a、11b各自的轴向为X方向,钢材S的长边方向(Y方向、L方向或者钢材S的输送方向)与斜光线光源11a、11b的轴向以直角相交。而且,在本实施方式中,来自斜光线光源11a的斜光照明光的照射方向(图8的(b)中的来自斜光照明光成分L1'的虚线)与来自斜光线光源11b的斜光照明光的照射方向(图8的(b)中的来自斜光照明光成分L2'的虚线)在向钢材S的表面的正投影中在检查对象部位上正交。具体而言,将来自斜光线光源11a的斜光照明光L1和来自斜光线光源11b的斜光照明光L2(未图示)正投影于钢材S的表面的斜光照明光成分L1'、L2'在钢材S的检查对象部位上以直角相交。更具体而言,斜光线光源11a、11b配置为将来自斜光线光源11a的斜光照明光L1和来自斜光线光源11b的斜光照明光L2(未图示)正投影于钢材S的表面的斜光照明光成分L1'、L2'双方均相对于光源的轴向(X方向)具有 $45^\circ$ 的倾斜。另外,在图8的(a)、(b)的情况下,配置为相对于钢材S的输送方向(L方向)也具有 $45^\circ$ 的倾斜。在这种情况下,斜光线光源11a与斜光线光源11b相对于XZ平面成为对称的关系。

[0063] 对图8的(a)、(b)的角度的参数进行说明。在来自斜光线光源11的斜光照明光L中,将正投影于YZ平面的斜光照明光成分与相对于钢材S的表面的法线(即Z轴)所成的角度作为投光角度 $\alpha$ 。具体而言,在来自斜光线光源11a的斜光照明光L1中,将正投影于YZ平面的斜光照明光成分与相对于钢材S的表面的法线(即Z轴)所成的角度作为投光角度 $\alpha_a$ 。同样,在来自斜光线光源11b的斜光照明光L2(未图示)中,将正投影于YZ平面的斜光照明光成分与相对于钢材S的表面的法线(即Z轴)所成的角度作为投光角度 $\alpha_b$ (未图示)。投光角度 $\alpha_a$ 、 $\alpha_b$ 将Z轴作为 $0^\circ$ 。此处,YZ平面是以斜光线光源11的轴向作为法线的面。另外,YZ平面是以钢材S的宽度方向作为法线的面。

[0064] 将线传感器12的拍摄方向与相对于钢材S的表面的法线(即Z轴)所成的角度作为受光角度 $\beta$ 。此时,将从斜光线光源11a侧观察线传感器12的情况下的角度作为受光角度 $\beta_a$ 。另一方面,将从斜光线光源11b侧观察线传感器12的情况下的角度作为受光角度 $\beta_b$ (未图示)。如图8那样线传感器12仅为一个,因此, $\beta_a = -\beta_b$ 。受光角度 $\beta$ 、 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 也将Z轴作为 $0^\circ$ 。此外,为了容易理解受光角度 $\beta$ 、 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ ,在图8的(1)中,线传感器12相对于Z轴上具有角度地被描绘出,但实际上如图8的(b)那样处于Z轴上。

[0065] 在来自斜光线光源11的斜光照明光L(未图示)中,将正投影于XY平面的斜光照明



光成分 $L'$  (未图示) 与钢材 $S$ 的输送方向 (即 $L$ 方向或者 $Y$ 方向) 所成的角作为照射角度 $\theta$  (未图示)。进一步具体而言, 在来自斜光线光源 $11a$ 的斜光照明光 $L1$ 中, 将正投影于 $XY$ 平面的斜光照明光成分 $L1'$  与钢材 $S$ 的输送方向 (即 $L$ 方向或者 $Y$ 方向) 所成的角作为照射角度 $\theta_a$ 。图8的(a)中, 通过同斜光线光源 $11a$ 的轴向正交的虚线 (即与 $Y$ 方向平行) 与斜光照明光成分 $L1'$  的角度来表示。同样, 在来自斜光线光源 $11b$ 的斜光照明光 $L2$  (未图示) 中, 将正投影于 $XY$ 平面的斜光照明光成分 $L2'$  与钢材 $S$ 的输送方向 (即 $L$ 方向或者 $Y$ 方向) 所成的角作为照射角度 $\theta_b$  (未图示)。也能够通过同斜光线光源 $11b$ 的轴向正交的虚线 (即与 $Y$ 方向平行) 与斜光照明光成分 $L2'$  的角度来表示。另外, 图8的(b)中, 照射角度 $\theta_a$ 通过同斜光线光源 $11a$ 的轴向正交的虚线 (即, 与 $Y$ 方向平行) 与斜光照明光成分 $L1'$  的角度来表示, 照射角度 $\theta_b$ 通过同斜光线光源 $11b$ 的轴向正交的虚线 (即, 与 $Y$ 方向平行) 与斜光照明光成分 $L2'$  的角度来表示。根据以上的说明可知: 图8的(a)、(b)的照射角度 $\theta$ 、 $\theta_a$ 、 $\theta_b$ 与图2~图7的照射角度 $\theta$ 成为相同的参数。另外, 在图8的(a)、(b)的情况下, 配置为斜光线光源 $11a$ 、 $11b$ 的照射角度 $\theta_a$ 、 $\theta_b$ 分别具有 $45^\circ$ 的倾斜。

[0066] 在来自斜光线光源 $11$ 的斜光照明光 $L$ 中, 将斜光照明光 $L$ 与连结任意的发光点和该发光点的 $x$ 坐标的线所成的角作为斜光角度 $\xi_s$ 。具体而言, 在来自斜光线光源 $11a$ 的斜光照明光 $L1$ 中, 将斜光照明光 $L1$ 与连结任意的发光点 $A$ 和点 $B'$  的线所成的角作为斜光角度 $\xi_a$ 。斜光角度 $\xi_a$ 成为将原点 $O$ 、点 $B'$ 、点 $A$ 、坐标 $(0, y, z)$  连结的平面状, 因此, 成为与之前说明的照射角度 $\theta$ 、 $\theta_a$ 不同的参数。斜光角度 $\xi_a$ 使连结点 $A$ 与点 $B'$  的直线成为 $0^\circ$ 。同样, 针对斜光线光源 $11b$ 和斜光照明光 $L2$  (未图示), 也是将相同的角度作为斜光角度 $\xi_b$  (未图示)。斜光线光源 $11a$ 、 $11b$ 相对于 $XZ$ 平面成为对称的关系, 因此, 与斜光角度 $\xi_a$ 相同, 成为与之前说明的照射角度 $\theta$ 、 $\theta_b$ 不同的参数。另外, 斜光角度 $\xi_b$ 将连结坐标 $(x, -y, z)$  与点 $B'$  的直线作为 $0^\circ$ 。

[0067] 此外, 在本实施方式中, 为了方便, 使用两个斜光线光源从两个方向照射斜光照明光, 但也可以从3个以上的方向照射斜光照明光。换言之, 本发明所涉及的表面检查装置具备: 两个以上的斜光线光源, 其从两个以上的方向对钢材的检查对象部位照射斜光照明光; 一个以上的线传感器, 其对于每个反射光接受来自各斜光线光源的斜光照明光的在检查对象部位处的反射光并拍摄图像; 以及检测单元, 其使用由一个以上的线传感器拍摄到的图像来检测检查对象部位处的线状的表面缺陷, 两个以上的斜光照明光中至少两个斜光照明光的向钢材的表面的正投影在检查对象部位上正交。

[0068] 另外, 本发明所涉及的表面检查方法包括: 照射步骤, 在该步骤中, 使用两个以上的斜光线光源从两个以上的方向对钢材的检查对象部位照射斜光照明光; 拍摄步骤, 在该步骤中, 通过一个以上的线传感器对于每个反射光接受来自各斜光线光源的斜光照明光的在检查对象部位处的反射光并拍摄检查对象部位的图像; 以及检测步骤, 在该步骤中, 使用拍摄步骤中拍摄到的图像来检测检查对象部位处的线状的表面缺陷, 两个以上的斜光照明光中至少两个斜光照明光的向钢材的表面的正投影在检查对象部位上正交。

[0069] 在从3个方向以上照射斜光照明光的情况下, 需要致力于斜光线光源的配置方式和照射方向。即, 各斜光照明光彼此不干涉, 且斜光照明光的照射方向均等, 而且为了确保线传感器的视野而需要在生产线上设置斜光线光源, 因此, 机构变复杂, 设备变得大型。例如在难以通过多个光源对同一位置照射斜光照明光的情况下, 需要按每个照射方向将检查位置和视野位置设为在钢材的输送方向上不同的位置, 并通过后续处理实施对位。因此, 在

实际以低成本紧凑地将斜光线光源设置于生产线的情况下,优选从2个方向照射斜光照明光。另外,从装置的维护、维护性的观点出发,光源台数、相机台数越少越好,并且在实施清洁等时期望机构简单,因此,优选使用两个斜光线光源。并且,最优选通过能够实现两者的两个斜光线光源从两个方向照射斜光照明光。

[0070] 线传感器12对从斜光线光源11a、11b被照射了斜光照明光的钢材S的检查对象部位的图像进行拍摄,并将表示拍摄图像的电信号输出至检测单元13。此外,为了减少因线状的表面缺陷的长轴方向的方向引起的检测能力的不一致,最优选斜光线光源11的投光角度 $\alpha$ 与线传感器12的受光角度 $\beta$ 之间的关系在各照射方向上尽可能相同。斜光线光源11的投光角度 $\alpha$ 和线传感器12的受光角度 $\beta$ 的定义如图9所示。图9是从斜光线光源11的轴向观察到的图。如图9所示,斜光线光源11的投光角度 $\alpha$ 是在向以斜光线光源11的轴向作为法线的面的正投影中斜光照明光的照射方向与钢材S的法线方向所成的角度。同样,线传感器12的受光角度 $\beta$ 表示在向以斜光线光源11的轴向作为法线的面的正投影中拍摄方向与钢材S的法线方向所成的角度。另外,针对受光角度 $\beta$ ,将在从斜光线光源11侧观察线传感器12时远离斜光线光源11的方向的角度作为正。顺便一提,接近斜光线光源11的方向的角度成为负。若进一步详细地进行说明,则图8的(a)中的投光角度 $\alpha_a$ 、 $\alpha_b$ 与受光角度 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 分别成为相同的参数。

[0071] 此外,作为针对每个反射光分别接受来自两个以上的斜光线光源的斜光照明光的在检查对象部位上的反射光并拍摄图像的方法,能够例示使用不同的波长域的斜光照明光的方法。具体而言,能够使用照射的斜光照明光的波长特性成为不同的波长的两个以上的斜光线光源和彩色线传感器的组合。在这种情况下,不同的波长特性的斜光线光源配置为能够从两个以上的方向照射。针对斜光照明光的波长特性,例如使用具有红色的波长特性的斜光照明光的斜光线光源和具有绿色等的波长特性的斜光照明光的斜光线光源,利用彩色线传感器来拍摄图像。

[0072] 另外,作为其他方法,也能够例示出:利用来自各斜光线光源的各斜光照明光的各照射时刻和线传感器的曝光时刻的方法。具体而言,使两个以上的斜光线光源在不同的时刻高速亮灭,并且使线传感器的曝光时刻与各斜光线光源的照射匹配地通过线传感器来拍摄。或者,使来自斜光线光源的斜光照明光中来自两个以上的方向的斜光照明光在不同的时刻高速亮灭,并且使线传感器的曝光时刻与各斜光照明光的照射匹配地通过线传感器来拍摄。此外,在斜光线光源为两个的情况下或者在从两个方向照射斜光照明光的情况下,照射的斜光照明光交替并且高速亮灭。在这种情况下,各斜光线光源的斜光照明光的波长特性只要为相同、一部分重叠或者不同中任一种情况即可。而且,在这种情况下,各方向上的斜光照明光的波长特性只要为相同、一部分重叠或者不同中任一种情况即可。无论在哪种情况下,从将两个以上的斜光线光源中每一个斜光线光源或者两个以上方向中每一个方向上的斜光照明光分离这方面考虑,最优选波长特性不同。对任何按各反射光中每一个反射光接受光的方法均能够将公知和未知的技术(斜光线光源、彩色线传感器、线传感器和线传感器的同步控制单元等)组合来实现。也可以通过以上的方法,按各反射光中每个反射光分别获得基于各斜光线光源的斜光照明光的图像。

[0073] 并且,也可以是,通过使用具有相互正交的直线偏光特性的斜光线光源而按各反射光各自分别获得基于各斜光线光源的斜光照明光的图像。具体而言,在两个斜光线光源

各自之前以角度  $\gamma^\circ$  和角度  $(\gamma+90)^\circ$  ( $\gamma$  是任意的角度) 各设置一个直线偏光板, 仅分别使相互正交的偏光成分的光透过。此处, 直线偏光板是指相对于入射光而仅使既定方向的直线偏光成分透过的滤光器。另外, 也可以将具有与直线偏光板相同的直线偏光特性的直线偏光板以角度  $\gamma^\circ$  和角度  $(\gamma+90)^\circ$  设置于线传感器。此时, 也可以使用三通道偏光相机, 该三通道偏光相机具有在一个相机中分别获得不同的偏光特性的图像的3个线传感器。另外, 也可以使用与斜光线光源数目相同的线传感器并将各个照射方向的光学系统设置于不同位置。

[0074] 检测单元13根据由线传感器12拍摄到的图像对线状的表面缺陷进行检测。具体而言, 检测单元13在对图像信号实施了通常的明暗校正处理、频率滤波处理之后, 通过阈值处理来检测表面缺陷信号。然后, 检测单元13根据表面缺陷信号的特征量等来判定线状的表面缺陷。判定出的表面缺陷信息被集合而利用于品质保证。

[0075] [斜光线光源的配置的例子]

[0076] 使用图10和图11对两种斜光线光源11a、11b的配置例进行说明。图10和图11均为从钢材S的上方观察到的图, 粗箭头所示的照射光表示相对于钢材S的表面的正投影。来自斜光线光源11a的斜光照明光的照射方向与来自斜光线光源11b的斜光照明光的照射方向在向钢材S的表面的正投影中在检查对象部位上正交。另外, 将钢材S的宽度方向作为X轴, 将钢材S的输送方向作为Y轴。L方向表示钢材S的输送方向。Y方向与L方向相同。斜光线光源11a、11b的配置中, 能够如图10所示地成为仅配置于L方向的上游侧或者下游侧的方式(配置A、图10所示的例子中L方向的上游侧) 和如图11所示地成为配置于L方向的上游侧和下游侧的方式(配置B)。此外, 无论在哪个情况下, 斜光线光源11a的轴向和斜光线光源11b的轴向均与钢材S的输送方向(L方向)以直角相交, 并且与钢材S的宽度方向(X方向)平行地配置。另外, 从检查对象部位接受反射光的线传感器12优选处于X轴上的位置。针对配置A和配置B, 以下更详细地进行说明。

[0077] 首先, 为了减少因线状的表面缺陷的方向性引起的灵敏度差, 针对向以斜光线光源11a的轴向作为法线的面的正投影中斜光线光源11a的投光角度 $\alpha_a$ 、向以斜光线光源11a的轴向作为法线的面的正投影中线传感器12的受光角度 $\beta_a$ 和向以斜光线光源11b的轴向作为法线的面的正投影中斜光线光源11b的投光角度 $\alpha_b$ 、线传感器12的受光角度 $\beta_b$ , 最优选满足以下的数学式(6)和数学式(7)所示的条件。

[0078] [数学式6]

[0079]  $\alpha_a = \alpha_b \dots (6)$

[0080] [数学式7]

[0081]  $\beta_a = \beta_b \dots (7)$

[0082] 接下来, 在配置A、B中分别满足上述数学式(6)和数学式(7)所示的条件的前提下, 对各配置的进一步的状态进行说明。

[0083] 在考虑到基于配置A、B的表面检查的情况下, 存在如下情况: 由于为斜光照明所以无论如何均在线传感器12的视野位置即视野的宽度方向上产生反射光的亮度不均。图12示意性地示出, 相对于斜光线光源11a、11b1、11b2各自的位置而言的线传感器12接受到的亮度不均。图12的横轴表示钢材S的表面的宽度方向(X方向)的位置, 纵轴表示线传感器12的亮度。图12中, X轴上的从 $x_0$ 至 $x_1$ 为止成为钢材S的宽度。优选减少这些亮度不均。为了减少

这样的反射光的亮度不均,能够进行尽可能地在宽度方向上增加线传感器12的数量或者修正图像信号等应对手段。若考虑到成本、维护性,则最优选在表面缺陷检测所需的检测亮度的阈值处理之前,进行通过健全部的亮度使检测亮度标准化的明暗校正。此外,在配置A、B中亮度不均的明暗校正方法不同。针对具体的方法,后面将单独地进行说明。

[0084] 另外,除了本发明所涉及的表面检查装置之外,还通过追加在正反射条件下得到的信号信息并实施表面检查,从而能够期待针对相同的线状的表面缺陷的检测性能提高。此时,在配置A、B中设置正反射条件的光学系统的限制不同。针对该限制,后面将单独地进行说明。

[0085] 并且,对配置A进行说明。在配置A中,通过一个线传感器12来辨别2个方向的斜光照明光,因此,为了成为满足数学式(6)和数学式(7)所示的条件的配置,斜光线光源11a、11b的投光角度 $\alpha_a$ 、 $\alpha_b$ 和线传感器12的受光角度 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 不存在限制。另外,关于明暗校正方法,在配置A(即,使用斜光线光源11a、11b1)的情况下,斜光线光源11a、11b1中亮度变高的位置和变低的位置在线传感器12的视野两端反转,因此,优选按各反射光各自实施明暗校正处理。

[0086] 配置A的具体例如图13的(a)、(b)所示。而且,在该例子中,对照射的各斜光照明光的波长特性成为不同的波长的两个斜光线光源11a、11b和彩色线传感器12的组合进行说明。在图13的(a)、(b)所示的配置中,在钢材S的输送方向上游侧配设2色的斜光线光源11a、11b。斜光线光源11a、11b能够分别照射颜色不同的单色光。斜光线光源11a的轴向和斜光线光源的轴向大体处于同一直线上。使用这些斜光线光源11a、11b,以使斜光照明光向钢材S的表面的正投影在检查对象部位上正交的方式从2个方向照射了斜光照明光。然后,由彩色线传感器12接受来自检查对象部位的反射光。斜光线光源11a、11b为了使2组光学系统的投受光角度条件相同(即,由于满足数学式(6)和数学式(7)所示的条件)而使用使投光角度 $\alpha_a$ 与投光角度 $\alpha_b$ 相同并能够在钢材S的宽度方向的2个方向上照射的斜光照明光源。此外,若认识到2组光学系统的差异,则即便投光角度 $\alpha_a$ 、 $\alpha_b$ 稍微不同,也以一定程度得到本原理的效果。此时,关于斜光照明光的颜色,相对于宽度方向,使来自一方的照射为红色,使来自另一方的照射为绿色,使用彩色线传感器。关于波长,若斜光线光源11a、11b的波长域和彩色线传感器的分光灵敏度特性分别不重复,则本光学系统成立。

[0087] 此外,该例子中,通过照射不同波长的斜光照明光的斜光线光源和彩色线传感器的组合,按各反射光中每个反射光,接受来自各斜光线光源的斜光照明光的在检查对象部位处的反射光并拍摄了图像,但也可以为照射波长特性相同、一部分重叠或者不同的斜光照明光的斜光线光源和线传感器的组合。在这种情况下,高速切换斜光线光源的发光时刻与线传感器的曝光时刻,并且调整照射时刻与曝光时刻。

[0088] 此外,也可以将多组斜光线光源和线传感器设置于不同的部位。此外,彩色线传感器的受光角度 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 只要选定最佳的角度即可。此外,若为与投光角度 $\alpha_a$ 、 $\alpha_b$ 不同的角度,也能够追加正反射条件。这是用于应对正反射条件下与灵敏度最高的线状的表面缺陷,能够通过追加蓝色的通常线光源(在宽度方向上不具有照射成分)而在蓝色的通道获取正反射图像。

[0089] 并且,对配置B的光学系统进行说明。在配置B中,从L方向的上游侧和下游侧这2个方向照射斜光照明光。此时,在通过一个线传感器12辨别2个方向的斜光照明光的情况下,

若使线传感器12的受光角度 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 相同并向上游侧和下游侧的任一个方向倾斜,则一个相对于斜光线光源位于近前侧,另一个相对于斜光线光源位于相反一侧。因此,最优选使线传感器12的受光角度 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 为 $0^\circ$ 而设置于钢材S的正上方。另外,在配置B(即,使用斜光线光源11a和斜光线光源11b2)的情况下,斜光线光源11a、11b2中亮度变高的位置和变低的位置相同,因此,也可以通过线性组合等将多个线传感器12的信号综合而实施明暗校正处理。

[0090] 配置B的具体例如图14的(a)、(b)所示。而且,该例子中,对照射的各斜光照明光的波长特性成为不同的波长的两个斜光线光源11a、11b和彩色线传感器12的组合进行说明。在图14的(a)、(b)所示的配置中,以使输送方向上游侧的照明光的颜色成为红色、使输送方向下游侧的照明光的颜色成为绿色的方式配设有斜光线光源11a、11b。另外,使用这些斜光线光源11a、11b,以使斜光照明光向钢材S的表面的正投影在检查对象部位上正交的方式从2个方向照射了斜光照明光。而且,使用彩色线传感器12接受来自检查对象部位的反射光。彩色线传感器12为了使2组光学系统的投受光角条件相同(即,为了满足数学式(6)和数学式(7)所示的条件),而设置为受光角度 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 成为 $0^\circ$ 。此外,若认识到2组光学系统的差异则即便稍微偏离正上方,也以一定程度得到本原理的效果。此时,以尽可能使2组光学系统的错位(即,投光角度 $\alpha_a$ 、 $\alpha_b$ 的偏离和受光角度 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 的偏离)变小的方式调整输送方向上游侧和输送方向下游侧的斜光线光源11a、11b较佳。此外,通过从正上方变更角度,也得到能够设置正反射条件的效果。

[0091] 此外,在本实施方式中,配置为在将斜光线光源11a、11b的斜光照明光L1、L2正投影在钢材S的表面上时,斜光照明光成分L1'、L2'相对于斜光线光源的轴向具有 $45^\circ$ 的倾斜,但在一个斜光照射光相对于斜光线光源的轴向具有 $\omega^\circ$ 的倾斜,另一个斜光照明光相对于斜光线光源的轴向具有 $\psi^\circ$ 的倾斜时,若 $\omega^\circ + \psi^\circ = 90^\circ$ (该式从 $(90^\circ - \omega^\circ) + (90^\circ - \psi^\circ) = 90^\circ$ 导出)则得到相同的效果。然而,两个以上的光学系统中的投光角度 $\alpha$ 与受光角度 $\beta$ 的各自的差异较小即可,因背景噪声变化等引起的检测性能差能够减少因斜光角变大引起的反射光的亮度不均,因此,最优选斜光照明光成分相对于斜光线光源的轴向具有 $45^\circ$ 的倾斜。

[0092] 另外,在本实施方式中,对以使钢材S的输送方向(L方向)与斜光线光源11a、11b的轴向分别成为直角的方式配置有斜光线光源11a、11b的例子进行了说明,但本发明不限于该配置。只要来自斜光线光源11a的斜光照明光的照射方向与来自斜光线光源11b的斜光照明光的照射方向在向钢材S的表面的正投影中在检查对象部位上正交,则即便斜光线光源11a、11b各自的轴向与钢材S的输送方向不是直角而较小的那个角度具有直角(换句话说 $90^\circ$ )以下的角度,也能够得到本发明的效果。特别是,在由于制造设备的布局上的问题而无法形成直角的情况下,也可以在能够期待斜光照明的效果的范围内使较小的那者角度成为直角以下。若考虑斜光照明的效果,则在经验上优选斜光线光源11a、11b的轴向与钢材S的输送方向所成的较小的那者角度为 $60^\circ$ 以上,更优选为 $80^\circ$ 以上。作为斜光线光源的配置,越接近 $90^\circ$ 则越是成为理想的形式。

[0093] 另外,在本实施方式中,通过线传感器12进行了说明,但也可以取代线传感器12而使用区域传感器。在使用区域传感器的情况下,最优选从区域传感器的视野仅提取出线状的视野来使用。另外,在本实施方式中,对线传感器12为1台的情况进行了说明,但也可以是,线传感器12不仅为1台,还使用多台来接受各光源的反射光。其中,若考虑到对位的精度等,则最优选线传感器为1台。另外,在本实施方式中,对检查对象部位为线的情况进行了说

明,但不限于此。检查对象部位根据线传感器12或者区域传感器的视野也能够成为点、线和面的任一个形式是不言而喻的。另外,在本实施方式中,仅对从本发明所涉及的2个方向照射斜光照明光的光学系统的情况进行了说明,但本发明不限于此。例如,也可以在从上述2个方向照射斜光照明光的光学系统组合正反射光学系统等完全不同的光学系统,实施针对本发明成为检查对象的相同的线状的表面缺陷的检查。

[0094] 并且,通过对利用从2个方向照射斜光照明光而得到的2个图像进行图像处理,能够高精度地检测线状的表面缺陷。图15的(a)、(b)是用于对通过从2个方向对具有凹凸的线状的表面缺陷和不存在凹凸的细长的形状的无害花纹照射斜光照明光而得到的图像进行说明的图。如图15的(a)所示,在线状的表面缺陷D中,相对于斜光照明光的照射方向,灵敏度大幅不同,因此,根据斜光照明光的照射方向而图像的浓淡大幅变化。相对于此,如图15的(b)所示,在不存在凹凸的细长的形状的无害花纹P中,灵敏度相对于斜光照明光的照射方向几乎没有变化,因此,图像的浓淡没有根据斜光照明光的照射方向而改变。因此,通过对斜光照明光的照射方向不同的2个图像进对比,并使用差、比等来掌握图像的浓淡的变化,能够区别线状的表面缺陷和无害花纹。

[0095] 另外,因线状的表面缺陷的方向与斜光照明光的照射方向之间的关系性上的不同,即便为具有凹凸的线状的表面缺陷,图像的浓淡的变化量也变化。在来自2个方向的斜光照明光中一个斜光照明光的照射方向相对于线状的表面缺陷的长轴方向接近平行、另一个斜光照明光的照射方向接近垂直的情况下,大幅地表现出图像的浓淡差。然而,例如图16所示,在相对于来自2个方向的斜光照明光而线状的表面缺陷D的长轴方向以相同程度不同的情况下,几乎不产生图像的浓淡差。在这种情况下,只要是具有凹凸的线状的表面缺陷,则在缺陷部区域内部根据斜光照明光的照射方向而产生不同的浓淡,但在无害花纹的情况下在缺陷部区域内部也看起来相同,因此,能够通过比较图像来进行区别。

[0096] 并且,在想要高效地区别无害花纹的情况下,获取从2个方向得到的图像的差异也较为有效(参照专利文献5)。例如,在铁钢产品中,存在因成分、工艺而在表面整个面产生无害花纹的情况。此时,若欲实施基于现有的阈值处理的缺陷检测和基于图像处理的缺陷判定,则通过阈值处理将钢板整个面识别为缺陷候选。因此,产生如下课题:由于庞大的缺陷候选而处理速度来不及,检查不成立,无法通过其后的图像处理来区分无害的信号。在这样的条件下,通过获取从2个方向照射的2个图像的差异而仅除去平坦的无害花纹的信号,因凹凸而仅一者具有灵敏度的细长的形状的表面缺陷、在区域内部看起来不同的表面缺陷由于差异处理而残留信号。

[0097] 在实施前述的差异处理的情况下,优选在视野的各位置处从2个方向照射的两种光学系统的投光角和受光角相等(参照专利文献6)。若在两种光学系统中投光角与受光角不同,则即使例如对象平坦,镜面性、扩散性不同的部位也无法通过差异处理而除去,而残留为信号。因此,在实施差异处理的情况下,优选不是仅配置于图10所示那样的L方向的上游侧或者下游侧的图案(配置A),而是配置于图11所示那样的L方向的上游侧和下游侧的图案(配置B)。即,优选来自上游侧的照射光和来自下游侧的照射光向钢材S的表面的正投影在成为线传感器的视野的检查对象部位上正交,此外,两个光源的投光角度 $\alpha$ 和照射角度 $\theta$ 相等。

[0098] 此外,本实施方式的钢材包括钢带、薄钢板、厚钢板、板坯、带钢、型钢、热轧钢板或

者冷轧钢板。

[0099] [实施例]

[0100] 实际示出对可能在所有方向具有长轴方向的线状的表面缺陷进行了拍摄和检查的结果。光学系统使用图14所示的配置B的光学系统,将投光角度 $\alpha_a$ 、 $\alpha_b$ 设定为 $25^\circ$ ,将受光角度 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 设定为 $0^\circ$ 。从钢材的输送方向(L方向)上游侧和输送方向(L方向)下游侧照射了照明光时拍摄到的图像和线状的表面缺陷的检测结果如图17的(a)、(b)所示。在从输送方向下游侧照射了照明光的情况下,如图17的(b)所示,由虚线的圆圈包围的表面缺陷部分的检测较困难。相对于此,在从输送方向上游侧照射了照明光的情况下,如图17的(a)所示,能够在由实线的圆圈包围的部位确认能够检测的等级的表面缺陷信号。这样,根据本发明确认出:即便为仅从一侧的斜光照明光的照射的情况下灵敏度不足而有漏检之虞的线状的表面缺陷也能够检测。

[0101] 以上,对应用了由本发明人作出的发明的实施方式进行了说明,但不是通过成为本实施方式的本发明的公开的一部分的叙述和附图来限定本发明。例如,通过利用本发明的一实施方式的表面检查装置或者表面检查方法,一边检测线状的表面缺陷一边制造钢材,能够高精度地检测线状的表面缺陷而提高钢材的制造成品率。另外,通过利用本发明的一实施方式的表面检查装置或者表面检查方法而基于线状的表面缺陷的有无来对钢材进行分类,能够管理钢材的品质。换言之,能够高精度地检测线状的表面缺陷而提高钢材的制造成品率。另外,通过利用本发明的一实施方式的表面检查装置或者表面检查方法来检查由公知或者现有的制造设备制造出的钢材的表面,由此能够高精度地检测线状的表面缺陷而提高钢材的制造成品率。这样,基于本实施方式而由本领域技术人员等进行的其他实施方式、实施例和应用技术等全部包含于本发明的范畴。

[0102] 工业上的可利用性

[0103] 根据本发明,能够提供能够高精度地检测长轴方向可能在所有方向产生的线状的表面缺陷的表面检查装置和表面检查方法。另外,根据本发明,能够提供能够高精度地检测长轴方向可能在所有方向产生的线状的表面缺陷而能够提高钢材的制造成品率的钢材的制造方法、钢材的品质管理方法和钢材的制造设备。

[0104] 附图标记说明

[0105] 1...拍摄单元;2...光源;10...表面检查装置;11a、11b...斜光线光源;12...线传感器、彩色线传感器;13...检测单元;D...线状的表面缺陷;S...钢材;L1...来自斜光线光源11a的斜光照明光;L2...来自斜光线光源11b的斜光照明光(未图示);L1'...来自斜光线光源11a的斜光照明光正投影于钢材S的表面的斜光照明光成分;L2'...来自斜光线光源11b的斜光照明光(未图示)正投影于钢材S的表面的斜光照明光成分; $\theta$ ...照射方向(正投影于钢材的表面的情况下)、照明角度(正投影于钢材的表面的情况下); $\theta_a$ 、 $\theta_b$ ...照明角度(正投影于钢材的表面的情况下); $\alpha$ 、 $\alpha_a$ 、 $\alpha_b$ ...投光角度; $\beta$ 、 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ ...受光角度; $\xi_a$ 、 $\xi_b$ ...斜光角度; $\gamma$ ...一个直线偏光板的设置角度(单位 $^\circ$ ); $\omega$ ...一个斜光照射光相对于斜光线光源的轴向的倾斜(单位 $^\circ$ ); $\psi$ ...另一个斜光照明光相对于斜光线光源的轴向的倾斜(单位 $^\circ$ )。

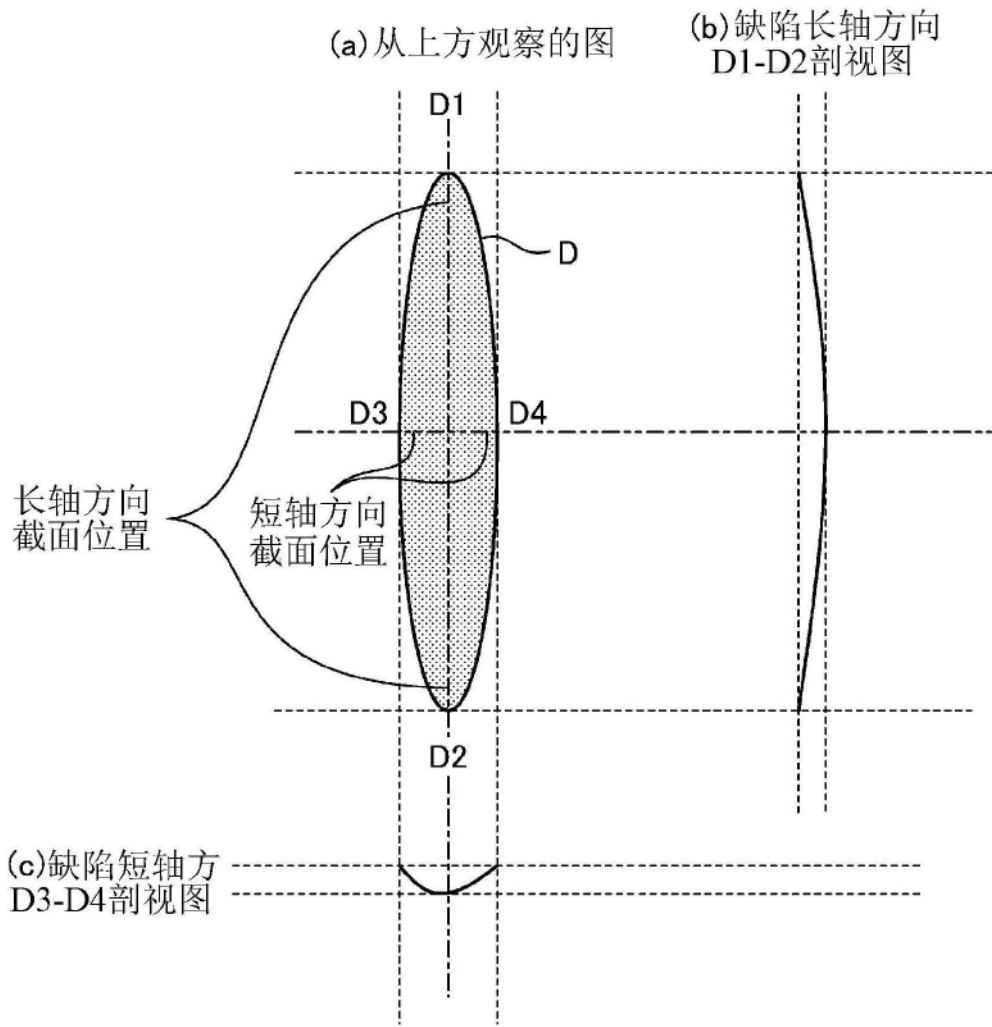


图1



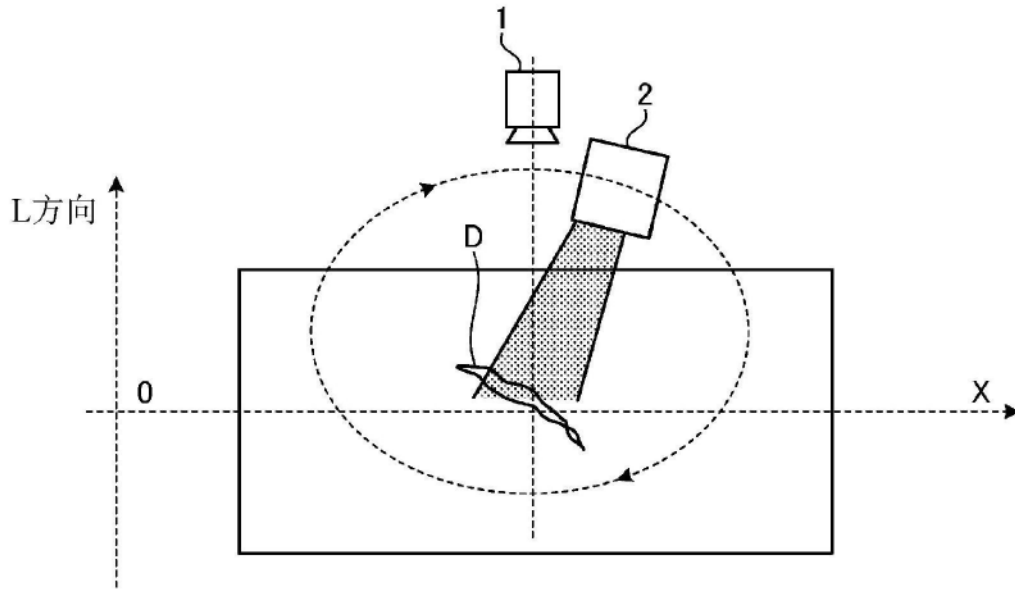


图2

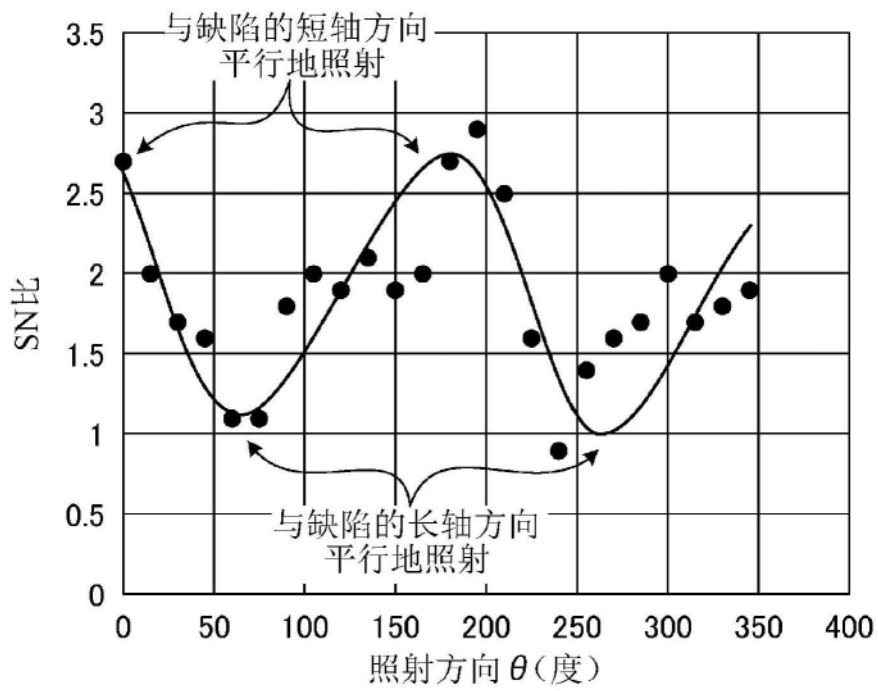


图3

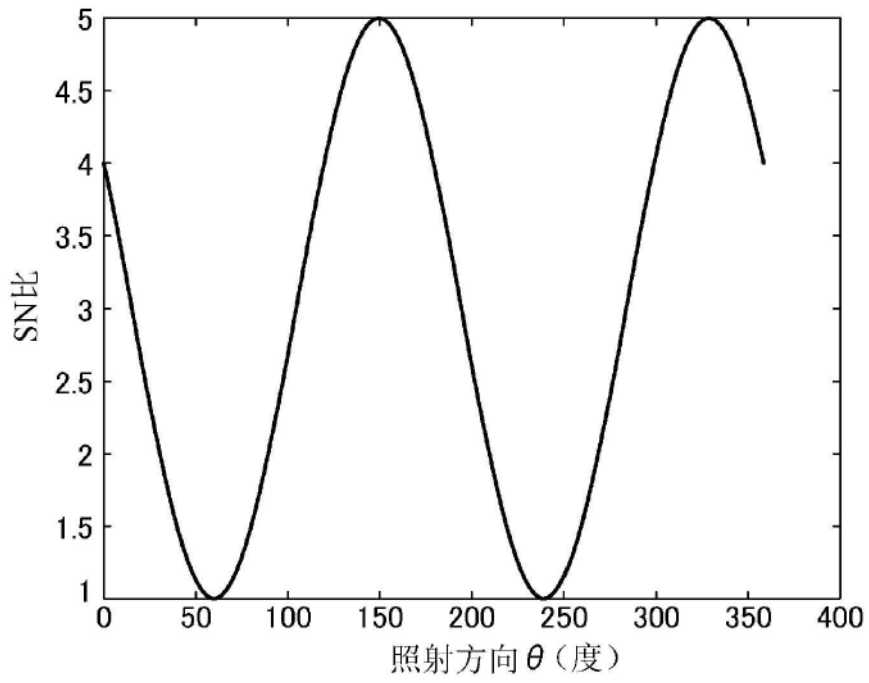


图4

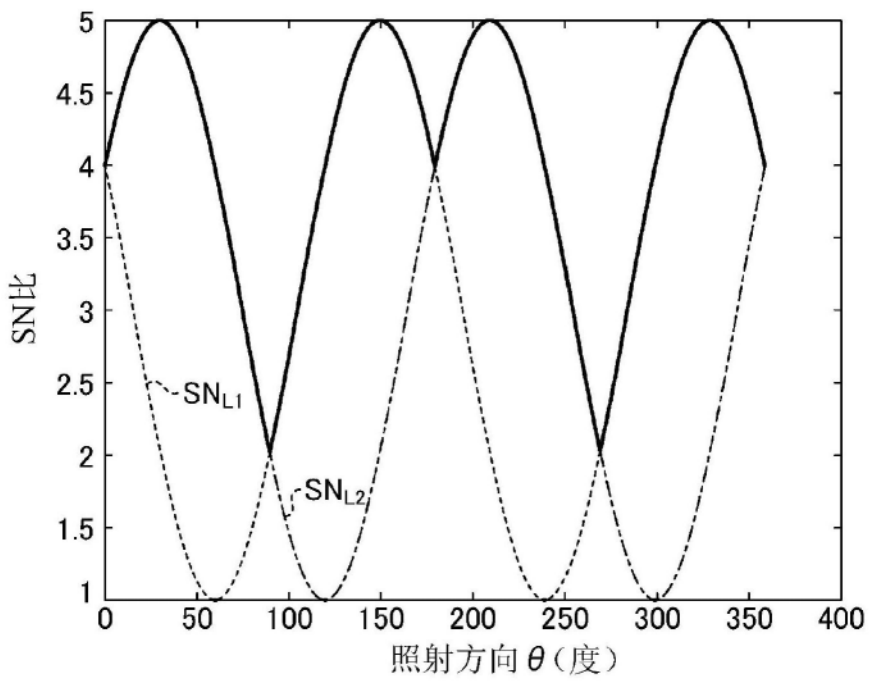


图5

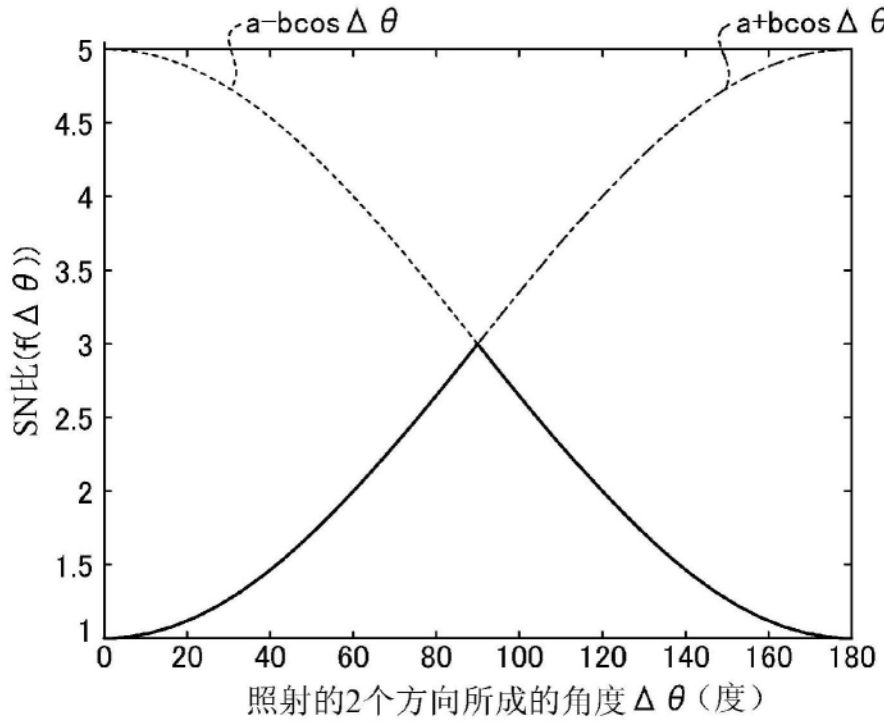


图6

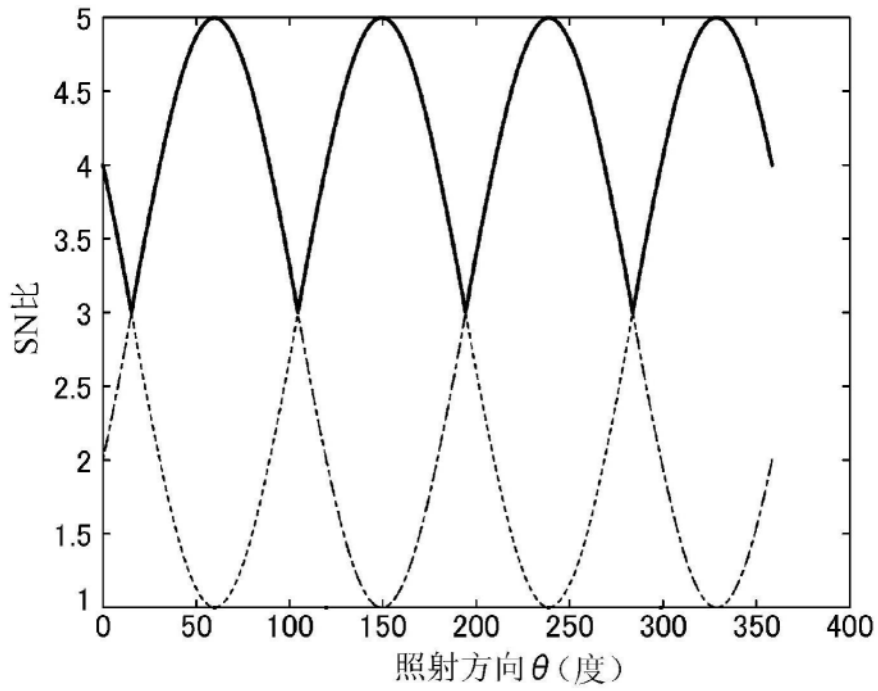


图7

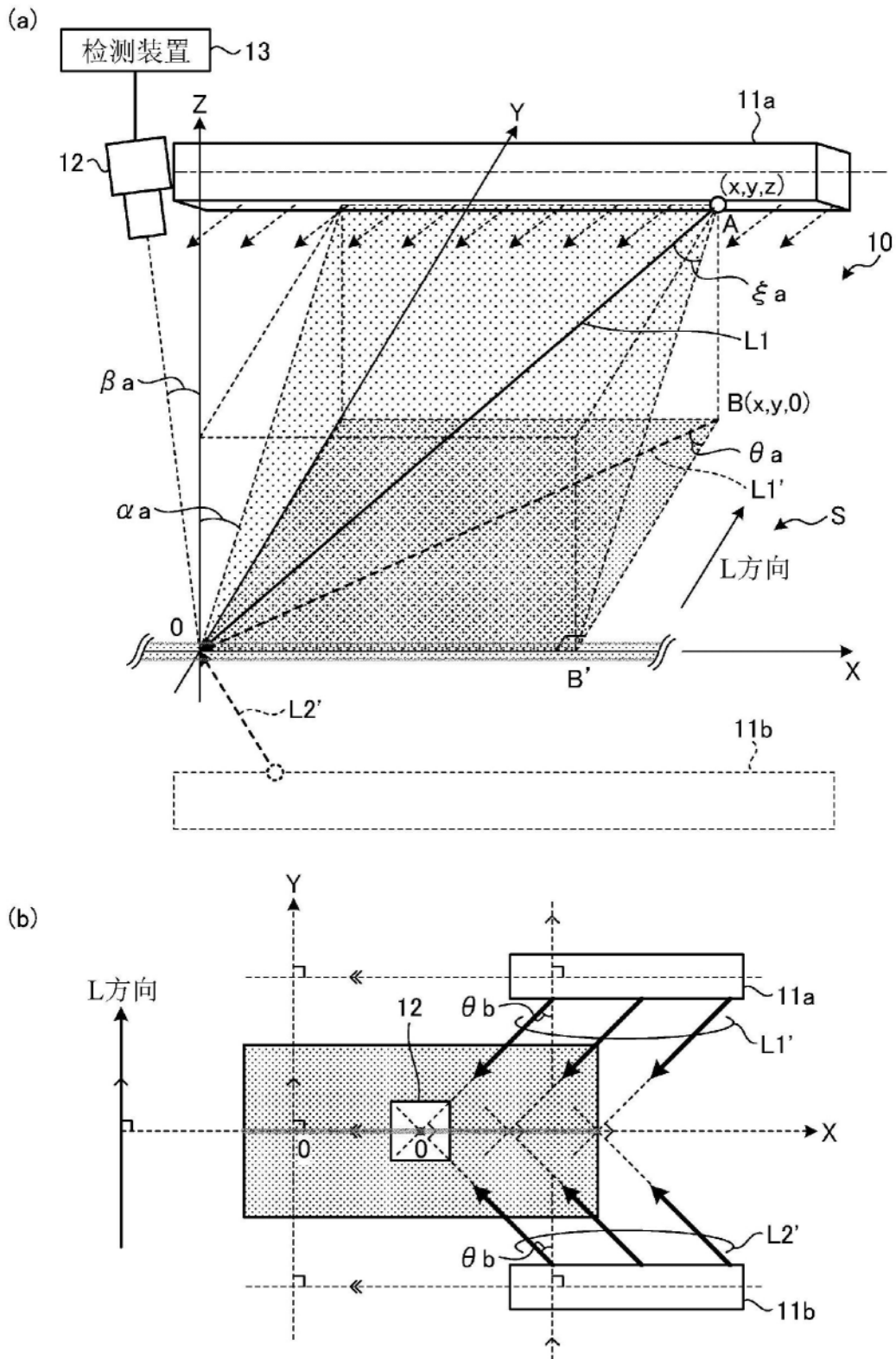


图8

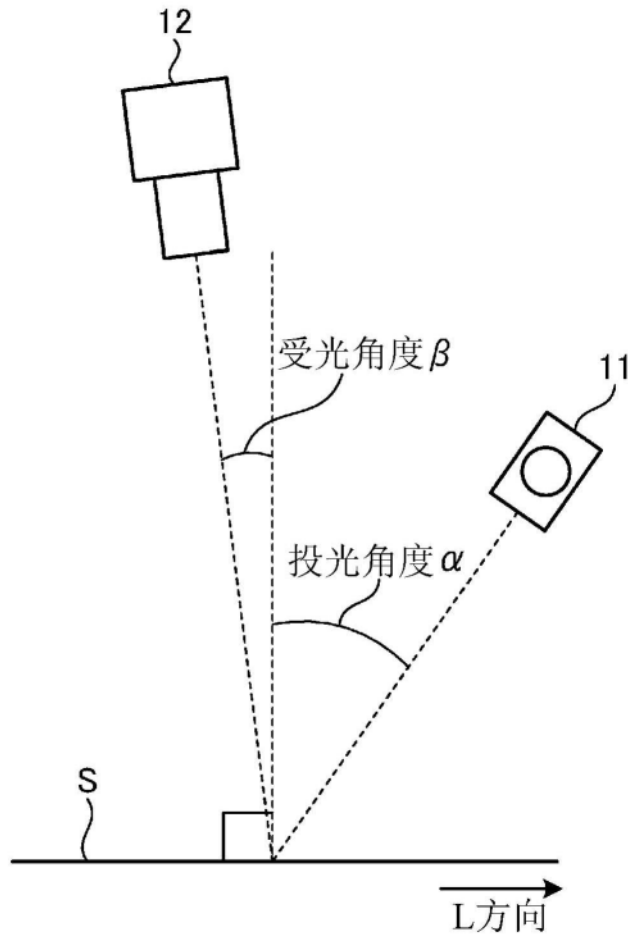


图9

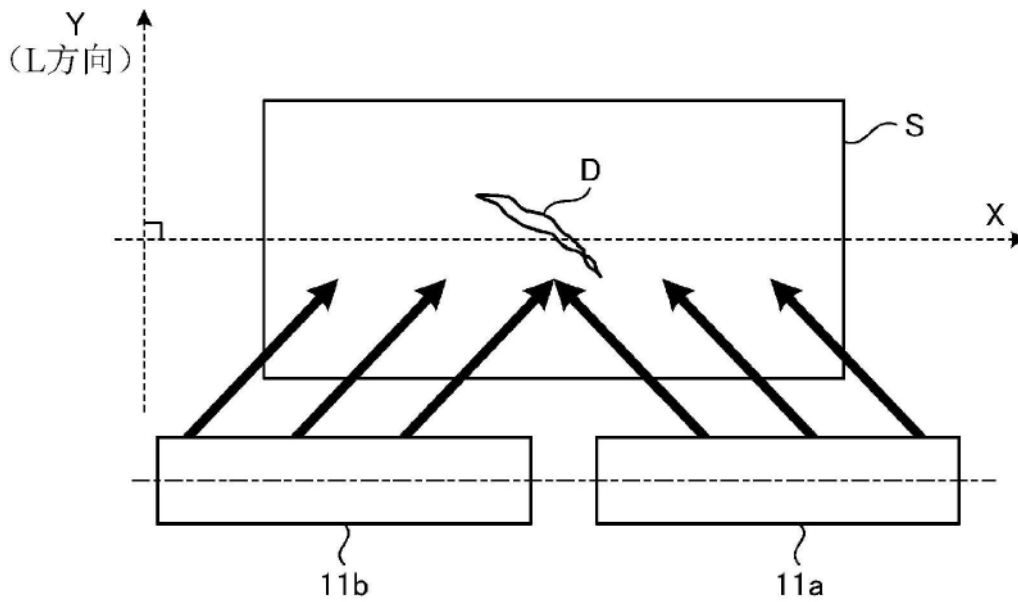


图10

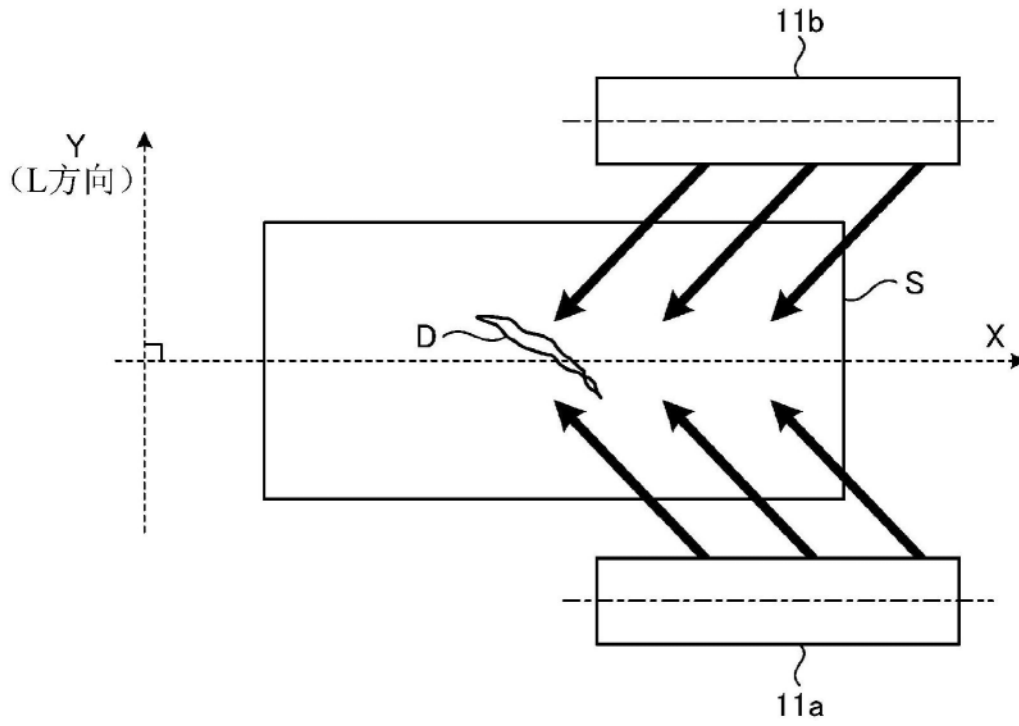


图11

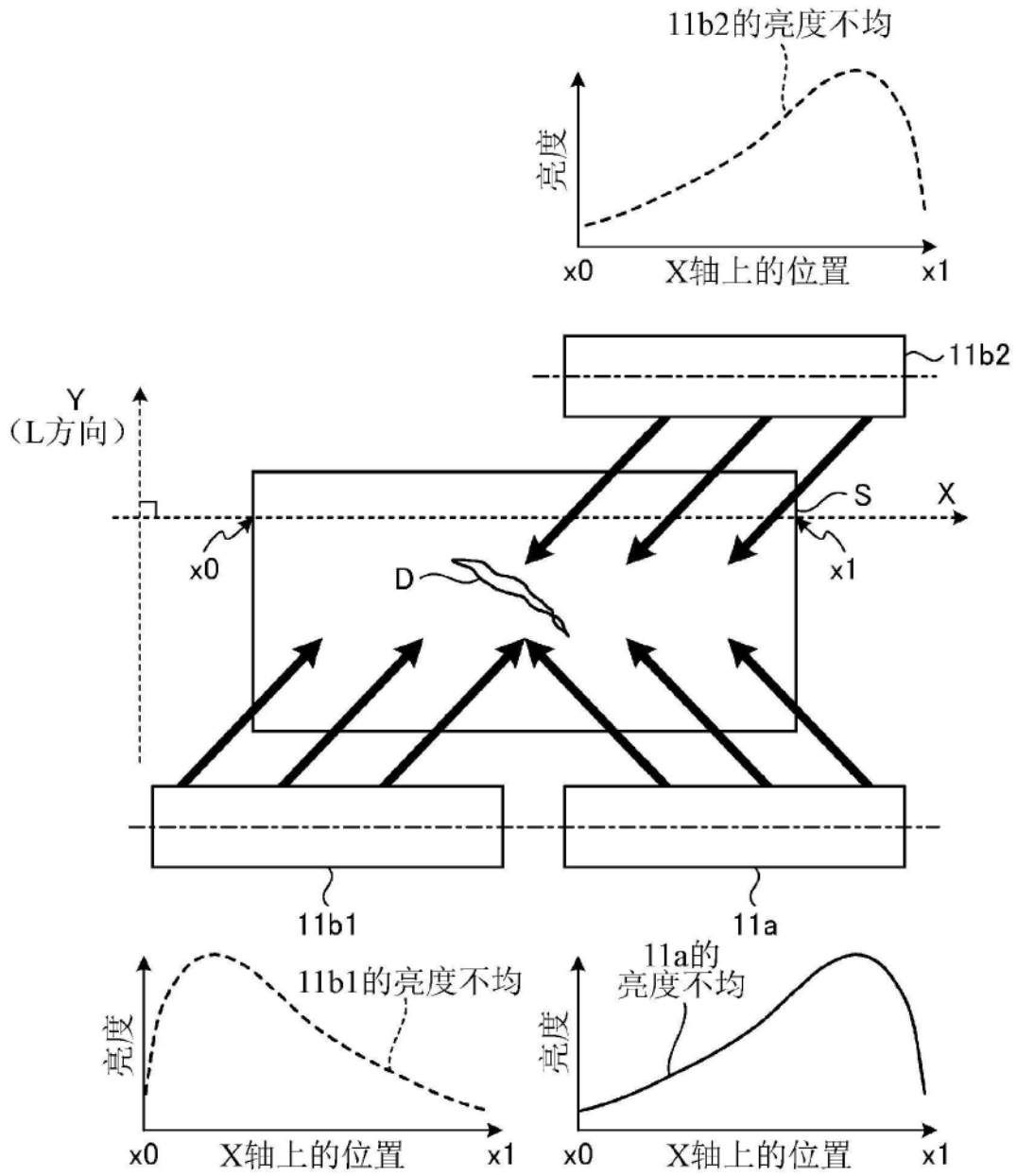


图12

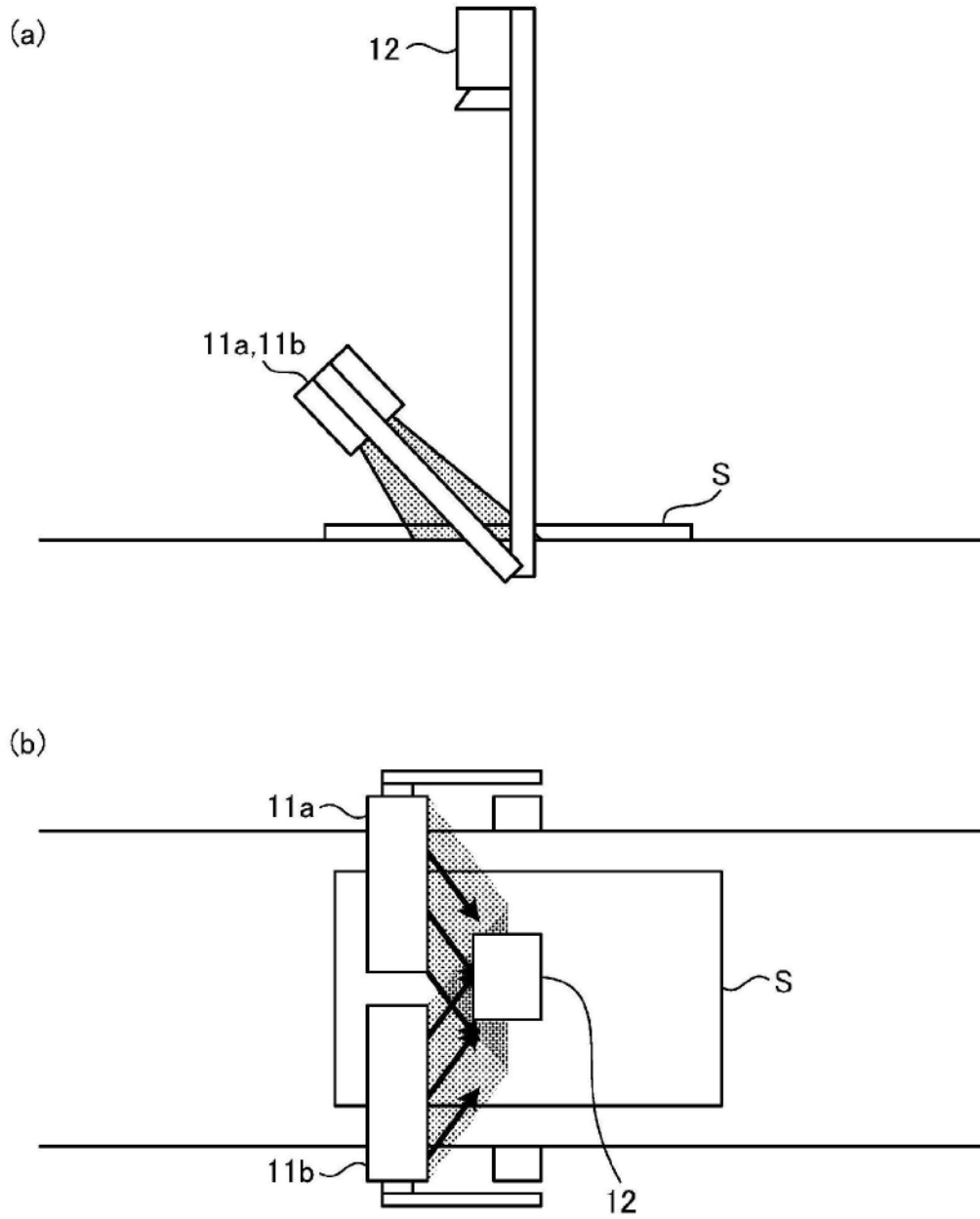


图13



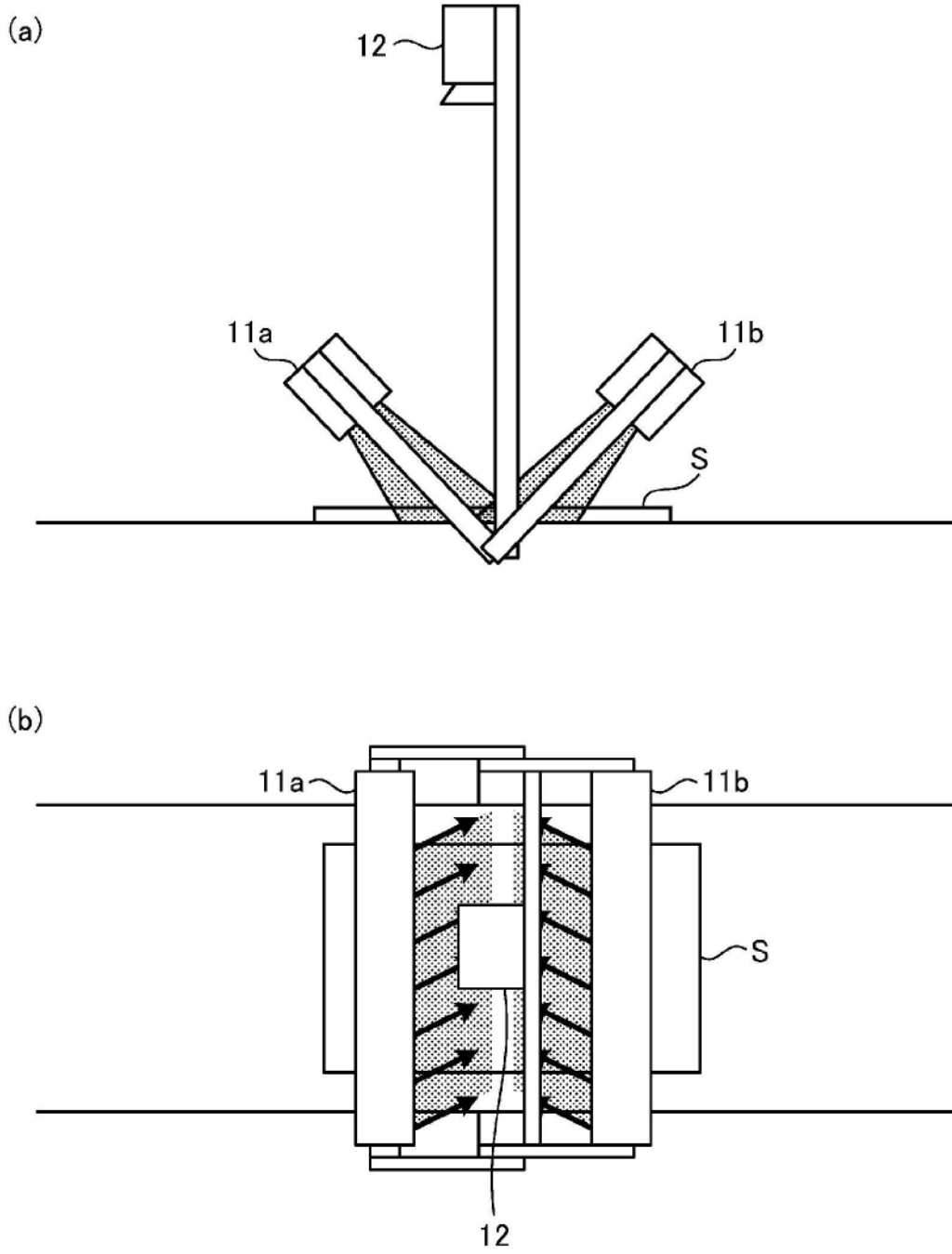


图14

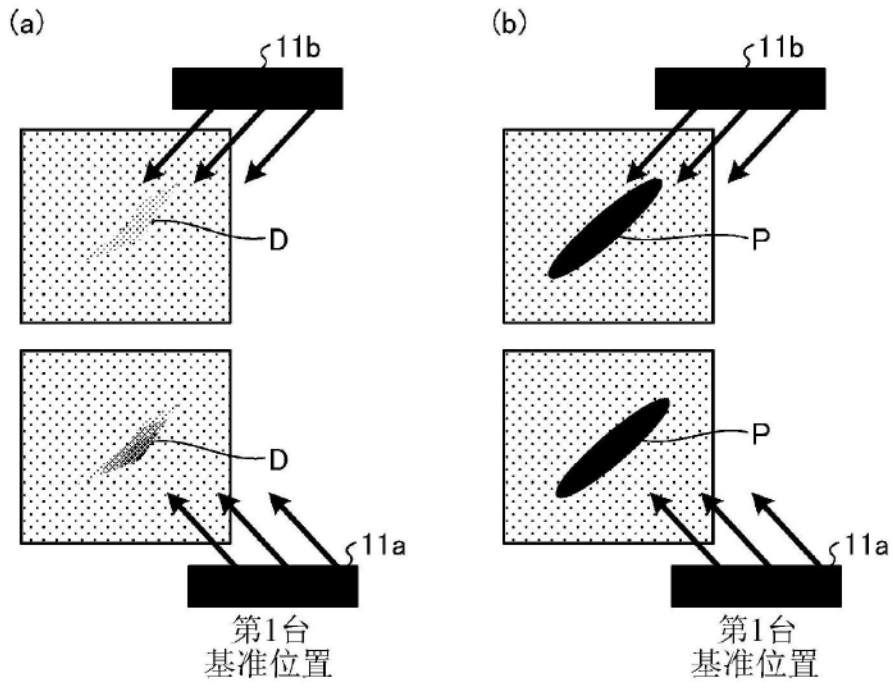


图15

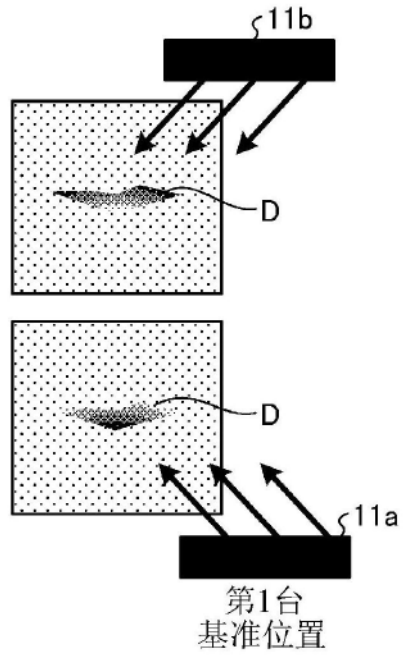


图16

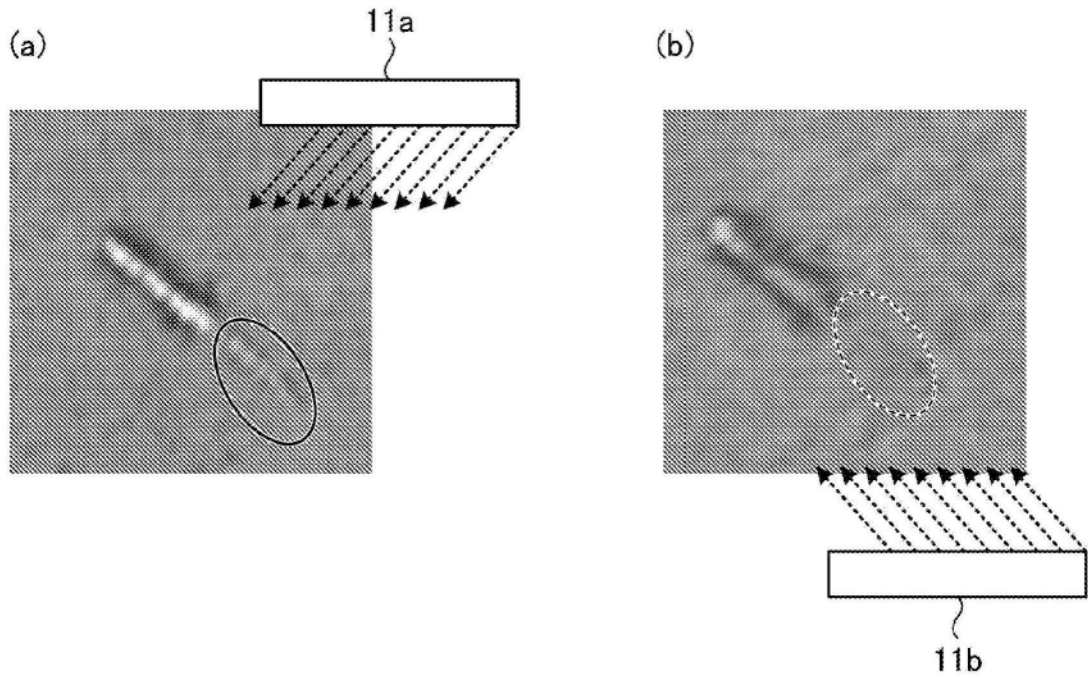


图17