



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112557402 B

(45) 授权公告日 2023.03.14

(21) 申请号 202011411979.3

(22) 申请日 2020.12.04

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112557402 A

(43) 申请公布日 2021.03.26

(73) 专利权人 北京天科合达半导体股份有限公司

地址 102600 北京市大兴区中关村科技园
区大兴生物医药产业基地天荣大街9
号2幢301室

专利权人 北京天科合达新材料有限公司
新疆天科合达蓝光半导体有限公司
江苏天科合达半导体有限公司

(72) 发明人 娄艳芳 刘春俊 彭同华 王波
赵宁 杨建 张平 邹宇 杨帆

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 骆宗力

(51) Int.Cl.
G01N 21/88 (2006.01)
G01N 1/32 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2020365685 A1, 2020.11.19
CN 110031478 A, 2019.07.19
CN 109540004 A, 2019.03.29
CN 111238910 A, 2020.06.05
CN 110494894 A, 2019.11.22
郭钰 等. “4H-SiC外延层中堆垛层错与衬底缺陷的关联性研究”.《无机材料学报》.2019,第34卷(第7期),

审查员 谭丽娟

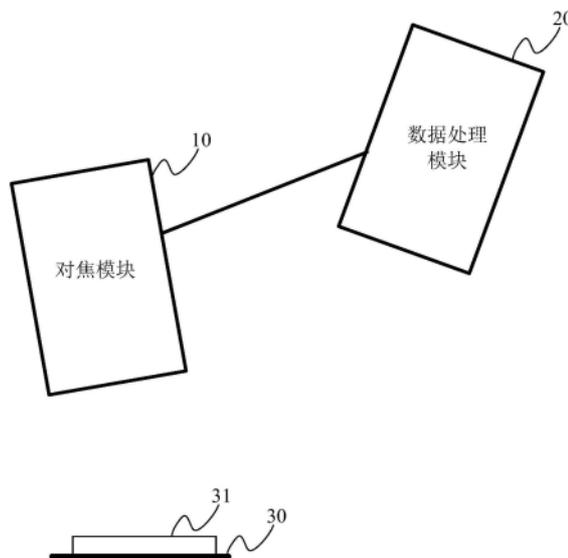
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种位错检测系统

(57) 摘要

本申请公开了一种位错检测系统,所述位错检测系统采用对焦模块按照预设路径向待测样品出射探测光线,并接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成探测图像,然后利用数据处理模块基于图像处理技术对所述待测图像进行自动识别,以获取包括所述待测图像中包括的位错信息,从而实现对待测样品的位错信息进行自动检测的目的,有利于提高对于待测样品的位错信息的检测效率,并且相较于人工检测位错的方法可以较为容易的增加对于待测样品的采集点数量,有利于提高位错密度的估算精度。



1. 一种位错检测系统,其特征在于,包括:对焦模块和数据处理模块;其中,

所述对焦模块,用于按照预设路径向待测样品出射探测光线,所述待测样品为包括多个位错的腐蚀片;和用于接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成待测图像;

所述对焦模块,还用于根据所述待测样品表面的位错分布进行自动对焦,具体地,所述对焦模块出射的探测光线以稍微倾斜的方式照射在所述腐蚀片表面,探测光线经过所述腐蚀片反射后投射到所述对焦模块的感光器件表面的固定位置,如果腐蚀片表面的高度有变化,则调节样品台的高度使感光器件上投影点回到固定位置;

所述数据处理模块,用于对所述待测图像进行自动识别,以获取所述待测图像中包括的位错信息,所述位错信息至少包括螺位错数量、刃位错数量、基平面位错数量、各螺位错所在位置、各刃位错所在位置和各基平面位错所在位置;

所述腐蚀片为经过腐蚀后的,表面为c向偏角取值范围为 $2^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 的碳化硅单晶片。

2. 根据权利要求1所述的位错检测系统,其特征在于,所述对焦模块包括:激光对焦组件和光学显微组件;其中,

所述激光对焦组件,用于对所述待测样品进行自动对焦,并按照预设路径向所述待测样品出射探测光线;

所述光学显微组件,用于接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成所述待测图像。

3. 根据权利要求1所述的位错检测系统,其特征在于,所述腐蚀片包括非标准碳化硅单晶片或尺寸为2寸、3寸、4寸、6寸或8寸的标准碳化硅单晶片。

4. 根据权利要求3所述的位错检测系统,其特征在于,所述预设路径包括:十字路径、米字路径、矩阵模式路径和局部矩形路径。

5. 根据权利要求4所述的位错检测系统,其特征在于,所述十字路径包括:沿所述腐蚀片的两条垂直直径分布的多个采集点;

所述米字路径包括沿所述腐蚀片的多条直径分布的多个采集点,所述多条直径构成米字形状;

所述矩阵模式路径包括按照纵横矩阵方式排布的多个采集点;

所述局部矩形路径包括位于所述腐蚀片的局部的矩形区域内的多个采集点。

6. 根据权利要求5所述的位错检测系统,其特征在于,所述矩阵模式路径包括网格矩阵路径和连续矩阵路径;

所述网格矩阵路径中的采集点之间包括预设间隔;

所述连续矩阵路径中的采集点彼此接触。

7. 根据权利要求5所述的位错检测系统,其特征在于,所述数据处理模块还用于存储所述位错信息。

8. 根据权利要求7所述的位错检测系统,其特征在于,所述数据处理模块还用于存储与所述采集点对应的位错图片,和用于在接收到与所述采集点对应的显示指令时,显示与所述采集点对应的位错图片。

9. 根据权利要求7所述的位错检测系统,其特征在于,所述数据处理模块还用于根据所述位错信息生成位错分布图,所述位错分布图中不同类型的位错以不同颜色表示。

一种位错检测系统

技术领域

[0001] 本申请涉及半导体技术领域,更具体地说,涉及一种位错检测系统。

背景技术

[0002] 采用熔融氢氧化钾对碳化硅单晶片(或称碳化硅单晶晶圆)进行择优腐蚀,放大晶圆内的位错缺陷,再选取几个特定区域用光学显微镜进行拍照观察,人工数出每个观察区域中位错的总数以及各个不同位错种类的数量,再除以观察区域的面积,即可得到该碳化硅单晶片的平均总位错密度以及各种不同位错的平均密度。这种方法是目前常规的碳化硅单晶片位错密度检测方法,但该方法由于主要依赖人工检测,效率低下。

发明内容

[0003] 为解决上述技术问题,本申请提供了一种位错检测系统,以实现对待测样品的位错信息进行自动检测的目的,有利于提高对于待测样品的位错信息的检测效率。

[0004] 为实现上述技术目的,本申请实施例提供了如下技术方案:

[0005] 一种位错检测系统,包括:对焦模块和数据处理模块;其中,

[0006] 所述对焦模块,用于按照预设路径向待测样品出射探测光线,所述待测样品为包括多个位错的腐蚀片;和用于接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成待测图像;

[0007] 所述数据处理模块,用于对所述待测图像进行自动识别,以获取所述待测图像中包括的位错信息,所述位错信息至少包括螺位错数量、刃位错数量、基平面位错数量、各螺位错所在位置、各刃位错所在位置和各基平面位错所在位置。

[0008] 可选的,所述对焦模块包括:激光对焦组件和光学显微组件;其中,

[0009] 所述激光对焦组件,用于对所述待测样品进行自动对焦,并按照预设路径向所述待测样品出射探测光线;

[0010] 所述光学显微单元,用于接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成所述待测图像。

[0011] 可选的,所述腐蚀片为经过腐蚀后的,表面为c向偏角取值范围为 $2^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 的碳化硅单晶片。

[0012] 可选的,所述腐蚀片包括非标准碳化硅单晶片或尺寸为2寸、3寸、4寸、6寸和8寸的标准碳化硅单晶片。

[0013] 可选的,所述预设路径包括:十字路径、米字路径、矩阵模式路径和局部矩形路径。

[0014] 可选的,所述十字路径包括:沿所述腐蚀片的两条垂直直径分布的多个采集点;

[0015] 所述米字路径包括沿所述腐蚀片的多条直径分布的多个采集点,所述多条直径构成米字形状;

[0016] 所述矩阵模式路径包括按照纵横矩阵方式排布的多个采集点;

[0017] 所述局部矩形路径包括位于所述腐蚀片的局部的矩形区域内的多个采集点。

- [0018] 可选的,所述矩阵模式路径包括网格矩阵路径和连续矩阵路径;
- [0019] 所述网格矩阵路径中的采集点之间包括预设间隔;
- [0020] 所述连续矩阵路径中的采集点彼此接触。
- [0021] 可选的,所述数据处理模块还用于存储所述位错信息。
- [0022] 可选的,所述数据处理模块还用于存储与所述采集点对应的位错图片,和用于在接收到与所述采集点对应的显示指令时,显示与所述采集点对应的位错图片。
- [0023] 可选的,所述数据处理模块还用于根据所述位错信息生成位错分布图,所述位错分布图中不同类型的位错以不同颜色表示。
- [0024] 从上述技术方案可以看出,本申请实施例提供了一种位错检测系统,所述位错检测系统采用对焦模块按照预设路径向待测样品出射探测光线,并接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成探测图像,然后利用数据处理模块基于图像处理技术对所述待测图像进行自动识别,以获取包括所述待测图像中包括的位错信息,从而实现对待测样品的位错信息进行自动检测的目的,有利于提高对于待测样品的位错信息的检测效率,并且相较于人工检测位错的方法可以较为容易的增加对于待测样品的采集点数量,有利于提高位错密度的估算精度。

附图说明

- [0025] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。
- [0026] 图1为本申请的一个实施例提供的一种位错检测系统的结构示意图;
- [0027] 图2为本申请的另一个实施例提供的一种位错检测系统的结构示意图;
- [0028] 图3为以 22×22 矩阵模式路径进行检测的4寸腐蚀片位错分布图以及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2);
- [0029] 图4为以25点十字路径进行检测的4寸腐蚀片位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2);
- [0030] 图5为以 22×22 矩阵模式路径进行检测的4寸腐蚀片位错分布图以及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2);
- [0031] 图6为以 98×98 矩阵模式路径进行检测的6寸腐蚀片的位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2);
- [0032] 图7为以局部矩形路径进行检测的4寸腐蚀片的位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2);
- [0033] 图8为以 33×33 矩阵模式检测的4寸腐蚀片位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2);
- [0034] 图9为以9点米字路径检测的4寸腐蚀片位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2);
- [0035] 图10为以9点十字路径进行检测的4寸腐蚀片位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2)。

具体实施方式

[0036] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0037] 本申请实施例提供了一种位错检测系统,如图1所示,包括:对焦模块和数据处理模块;其中,

[0038] 所述对焦模块,用于按照预设路径向待测样品出射探测光线,所述待测样品为包括多个位错的腐蚀片;和用于接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成待测图像;

[0039] 所述数据处理模块,用于对所述待测图像进行自动识别,以获取所述待测图像中包括的位错信息,所述位错信息至少包括螺位错数量、刃位错数量、基平面位错数量、各螺位错所在位置、各刃位错所在位置和各基平面位错所在位置。

[0040] 图1中,除了对焦模块和数据处理模块之外,还示出了样品台和待测样品。

[0041] 在本实施例中,为了使得所述对焦模块可以获取清晰的待测图像,所述对焦模块还可根据所述待测样品表面的位错分布进行自动对焦,具体地,所述对焦模块出射的探测光线以稍微倾斜的方式照射在所述腐蚀片表面,探测光线经过所述腐蚀片反射后投射到所述对焦模块的感光器件(例如CCD)表面的固定位置,如果腐蚀片表面的高度有变化,则感光器件表面投射点的位置也会随之变化,通过调节样品台的高度使感光器件上投射点回到固定位置,从而保持所述腐蚀片表面的当前采集点距离所述对焦模块的距离保持不变。

[0042] 采集点是指所述探测光线当前照射的位置,在采集点的位置上,探测光线会保持一段时间静止,以使所述对焦模块的感光器件有足够的时间获取该位置处的图像。

[0043] 所述数据处理模块对于所述待测图像的自动识别功能可以具体包括:图像中位错的边界提取功能、位错形貌形态的人工智能学习和位错大小尺寸分布图分析功能。具体地,当所述数据处理模块提取到所述腐蚀片中包括的位错的边界后,可以得到位错的边缘形态,一般情况下位错的边缘形态为六边形时为螺位错(TSD),位错的边缘形态为圆形时为刃位错(TED),位错的边缘形态为三角形时为基平面位错(BPD),因此在对位错的边界进行提取之后获得所述边界的边缘形貌后,可以利用预先训练的分类器对该不同边缘形貌的位错进行分类,以实现有位错的自动识别,最后可以利用具有统计功能的单元对各种位错的数量、位置等参数进行统计。所述预先训练的分类器可以包括预先训练的神经网络等人工智能模块。

[0044] 在上述实施例的基础上,在本申请的一个实施例中,如图2所示,所述对焦模块包括:激光对焦组件和光学显微组件;其中,

[0045] 所述激光对焦组件,用于对所述待测样品进行自动对焦,并按照预设路径向所述待测样品出射探测光线;

[0046] 所述光学显微单元,用于接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成所述待测图像。

[0047] 如前文所述,所述激光对焦组件具有自动对焦和探测光线出射的功能,所述探测光线可选为激光。所述探测光线经过所述光学显微单元的放大后投射到光学显微单元的感

光器件表面,从而形成所述待测图像。

[0048] 对于所述腐蚀片,可选的,所述腐蚀片为经过腐蚀后的,表面为c向偏角取值范围为 $2^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 的碳化硅单晶片。在本实施例中,选取表面为c向偏角取值范围为 $2^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 的碳化硅单晶片可以更加有利于将腐蚀片的基平面位错显现出来,这是因为由于基平面位错是平躺在c平面内的,如果腐蚀片为纯平的碳化硅单晶片,则不会或不容易将所述基平面位错显现出来。

[0049] 所述腐蚀片包括非标准碳化硅单晶片或尺寸为2寸、3寸、4寸、6寸和8寸的标准碳化硅单晶片。

[0050] 对于不同类型的位错的腐蚀坑而言,一般情况下,螺位错的腐蚀坑边长的取值为40~150微米,刃位错的腐蚀坑边长的取值范围为20~100微米,基平面位错的腐蚀坑的边长的取值范围为10~60微米。具体可选的,所述螺位错的腐蚀坑的边长的取值为80微米,刃位错的腐蚀坑边长为47微米,基平面位错的腐蚀坑的边长的取值为39微米。

[0051] 本申请实施例提供的所述位错检测系统,根据实际的使用检验发现,螺位错检测的误判率可小于10%,漏判率小于10%,总数误差小于5%;刃位错的误判率可小于10%,漏判率可小于10%,总数误差可小于5%;基平面位错的误判率可小于20%,漏判率可小于20%,总数误差可小于10%,相较于人工检测位错的方法的误判率和漏判率均大大缩小,有利于提高对于位错检测的精度,以及对位错密度统计的精度。

[0052] 在上述实施例的基础上,在本申请的又一个实施例中,所述预设路径包括:十字路径、米字路径、矩阵模式路径和局部矩形路径。

[0053] 其中,所述十字路径包括:沿所述腐蚀片的两条垂直直径分布的多个采集点,具体地,可以以腐蚀片的圆心为中心,进行径向的采集点数量和去变量的设置,去变量是指在设定的去变量范围内,不做采集点的分布。

[0054] 所述米字路径包括沿所述腐蚀片的多条直径分布的多个采集点,所述多条直径构成米字形状;具体地,米字路径是指以腐蚀片的圆心为中心,进行镜像的采集点数量和去变量的设置。

[0055] 所述矩阵模式路径包括按照纵横矩阵方式排布的多个采集点;具体地,矩形模式路径包括对腐蚀片进行纵横矩阵模式采集,进行径向的采集点数量和去变量的设置,在该模式中,采样点多以 $M\times N$ 的矩阵方式分布,M和N可以相同,也可以不同。

[0056] 所述局部矩形路径包括位于所述腐蚀片的局部的矩形区域内的多个采集点。局部矩形路径是指对腐蚀片的指定矩形区域进行采集。

[0057] 所述矩阵模式路径包括网格矩阵路径和连续矩阵路径;

[0058] 所述网格矩阵路径中的采集点之间包括预设间隔,即在网格矩阵路径中,相邻的采集点之间是不连续的。

[0059] 所述连续矩阵路径中的采集点彼此接触,即在连续矩阵路径中,相邻的采集点是连续的。

[0060] 在上述实施例的基础上,在本申请的再一个实施例中,所述数据处理模块还用于存储所述位错信息。

[0061] 可选的,所述数据处理模块还用于存储与所述采集点对应的位错图片,和用于在接收到与所述采集点对应的显示指令时,显示与所述采集点对应的位错图片。

[0062] 所述数据处理模块还用于根据所述位错信息生成位错分布图,所述位错分布图中不同类型的位错以不同颜色表示。

[0063] 下面以具体实施例对所述位错检测装置的效果进行说明,将一片4寸碳化硅单晶片浸入550℃的熔融氢氧化钾溶液中10分钟后,取出等待冷却之后用清水冲洗干净,晾干之后的腐蚀片普通光学显微镜下观察,发现螺位错的尺寸大小为80微米左右,刃位错的尺寸大小为50微米左右,基平面位错的尺寸大小为40微米左右,将该碳化硅单晶片放入本申请实施例提供的位错检测装置的样品台上,样品主定位边与标定位置相对应,选择腐蚀片的尺寸为4寸,选择22×22矩阵模式路径,去变量为1mm(即距离边缘1mm之内不设置采集点)。之后进行检测,得到如图3所示的检测结果。图3为以22×22(采集点数量,下同)矩阵模式路径进行检测的4寸腐蚀片位错分布图以及平均位错密度统计结果(单位:个/cm²)。

[0064] 将一片4寸碳化硅单晶片浸入500℃的熔融氢氧化钾溶液中15分钟后,取出等待冷却之后用清水冲洗干净,晾干之后的腐蚀片普通光学显微镜下观察,发现螺位错的尺寸大小为60微米左右,刃位错的尺寸大小为45微米左右,基平面位错的尺寸大小为35微米左右,将该碳化硅单晶片放入本申请实施例提供的位错检测装置的样品台上,样品主定位边与标定位置相对应,选择腐蚀片的尺寸为4寸,选择25点十字路径,去变量为1mm(即距离边缘1mm之内不设置采集点)。之后进行检测,得到如图4所示的检测结果。图4为以25点(采集点)十字路径进行检测的4寸腐蚀片位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/cm²)。

[0065] 将一片4寸碳化硅单晶片浸入550℃的熔融氢氧化钾溶液中15分钟后,取出等待冷却之后用清水冲洗干净,晾干之后的腐蚀片普通光学显微镜下观察,发现螺位错的尺寸大小为100微米左右,刃位错的尺寸大小为70微米左右,基平面位错的尺寸大小为48微米左右,将该碳化硅单晶片放入本申请实施例提供的位错检测装置的样品台上,样品主定位边与标定位置相对应,选择腐蚀片的尺寸为4寸,选择22×22矩阵模式路径,去变量为1mm(即距离边缘1mm之内不设置采集点)。之后进行检测,得到如图5所示的检测结果。图5为以22×22矩阵模式路径进行检测的4寸腐蚀片位错分布图以及平均位错密度统计结果(单位:个/cm²)。

[0066] 将一片6寸碳化硅单晶片浸入550℃的熔融氢氧化钾溶液中10分钟后,取出等待冷却之后用清水冲洗干净,晾干之后的腐蚀片普通光学显微镜下观察,发现螺位错的尺寸大小为80微米左右,刃位错的尺寸大小为50微米左右,基平面位错的尺寸大小为40微米左右,将该碳化硅单晶片放入本申请实施例提供的位错检测装置的样品台上,样品主定位边与标定位置相对应,选择腐蚀片的尺寸为6寸,选择98×98矩阵模式路径,去变量为1mm(即距离边缘1mm之内不设置采集点)。之后进行检测,得到如图6所示的检测结果。图6为以98×98矩阵模式路径进行检测的6寸腐蚀片的位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/cm²)。

[0067] 将一片4寸碳化硅单晶片浸入550℃的熔融氢氧化钾溶液中10分钟后,取出等待冷却之后用清水冲洗干净,晾干之后的腐蚀片普通光学显微镜下观察,发现螺位错的尺寸大小为80微米左右,刃位错的尺寸大小为50微米左右,基平面位错的尺寸大小为40微米左右,将该碳化硅单晶片放入本申请实施例提供的位错检测装置的样品台上,样品主定位边与标定位置相对应,选择腐蚀片的尺寸为4寸,选择局部矩形路径,并选择矩形所在位置及大小。之后进行检测,得到如图7所示的检测结果。参考图7,图7为以局部矩形路径进行检测的4寸腐蚀片的位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/cm²)。

[0068] 经过类似的试验,参考图8,图8为以 33×33 矩阵模式检测的4寸腐蚀片位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2)。

[0069] 参考图9,图9为以9点米字路径检测的4寸腐蚀片位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2)。

[0070] 参考图10,图10为以9点十字路径进行检测的4寸腐蚀片位错分布图及平均位错密度统计结果(单位:个/ cm^2)。

[0071] 综上所述,本申请实施例提供了一种位错检测系统,所述位错检测系统采用对焦模块按照预设路径向待测样品出射探测光线,并接收所述待测样品反射的所述探测光线,并根据接收的所述探测光线形成探测图像,然后利用数据处理模块基于图像处理技术对所述待测图像进行自动识别,以获取包括所述待测图像中包括的位错信息,从而实现对待测样品的位错信息进行自动检测的目的,有利于提高对于待测样品的位错信息的检测效率,并且相较于人工检测位错的方法可以较为容易的增加对于待测样品的采集点数量,有利于提高位错密度的估算精度。

[0072] 本说明书中各实施例中记载的特征可以相互替换或者组合,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0073] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

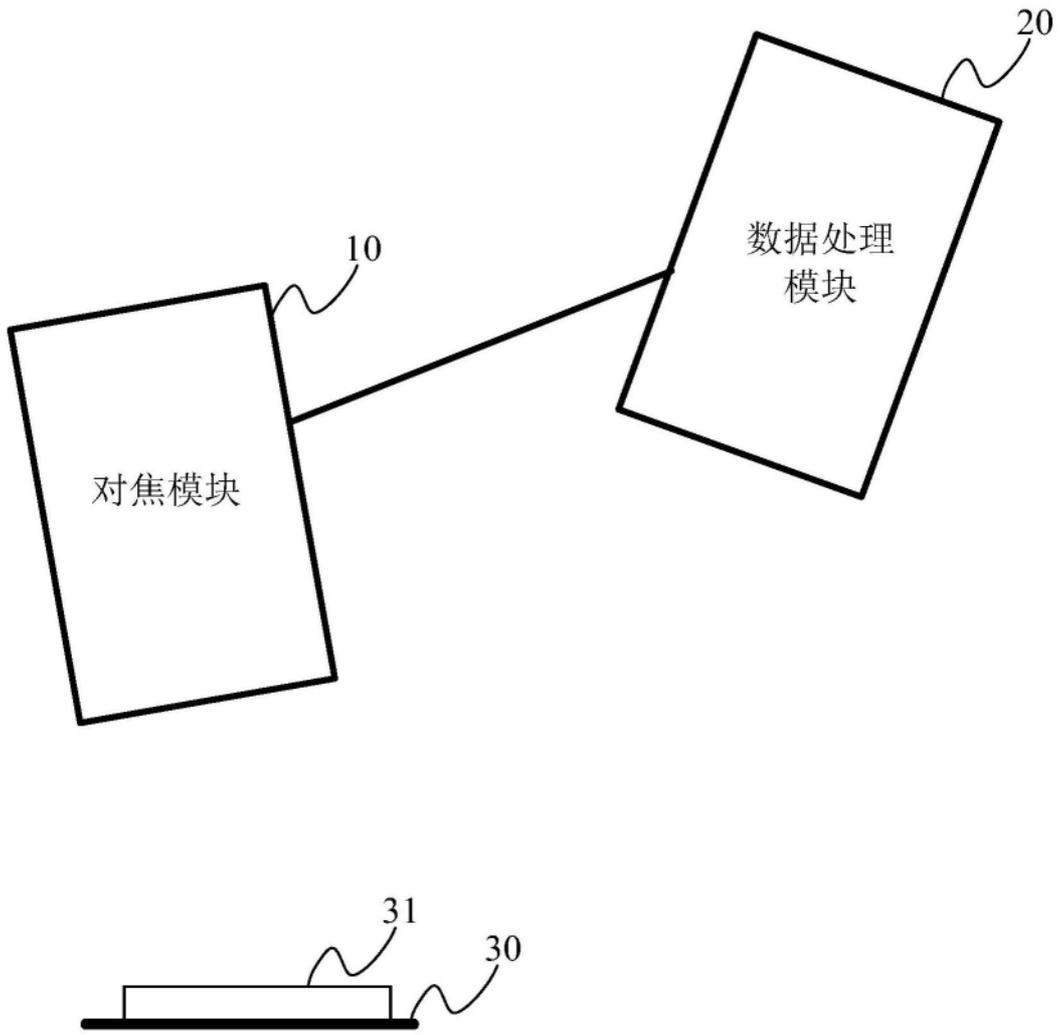


图1

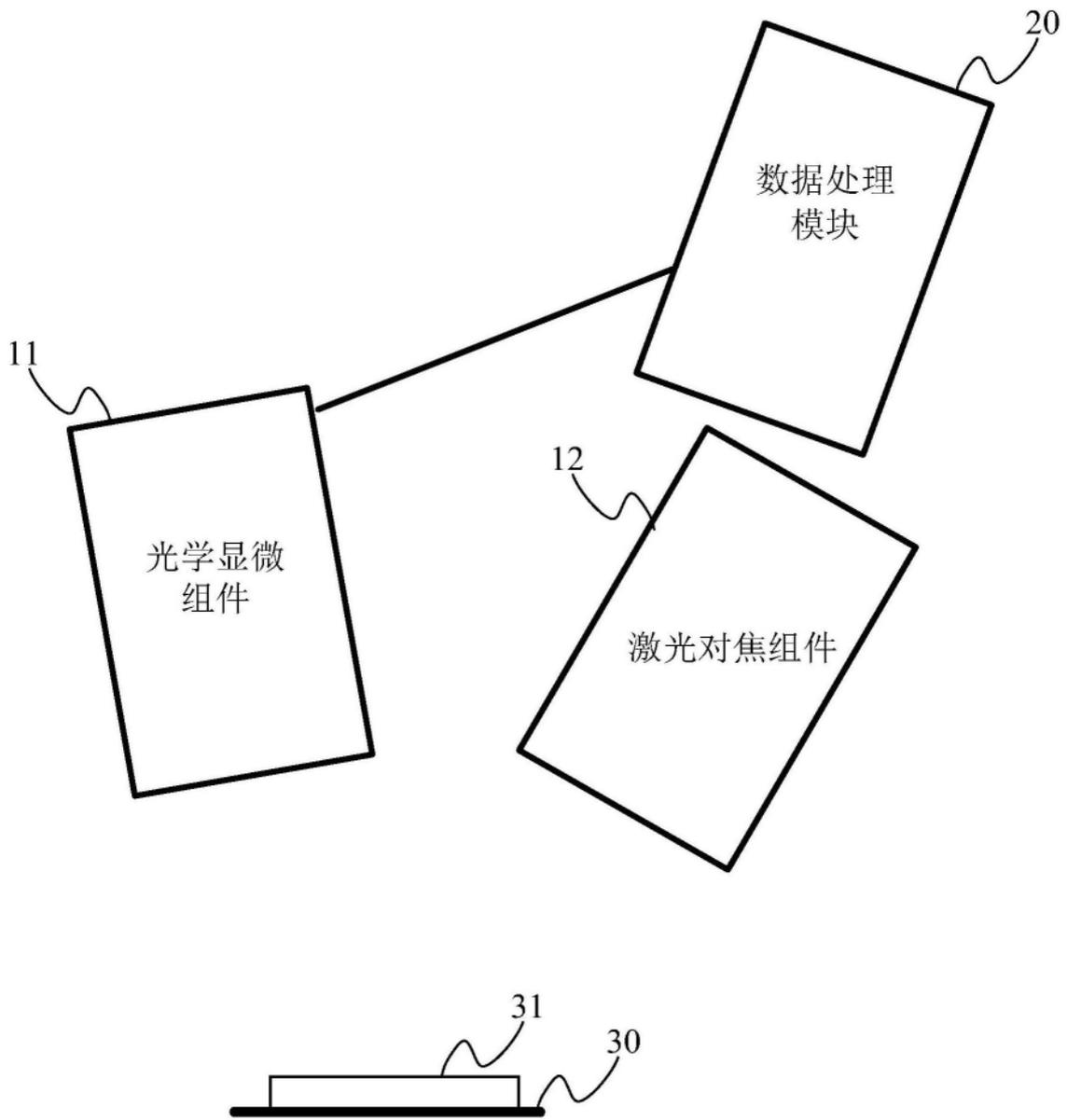


图2

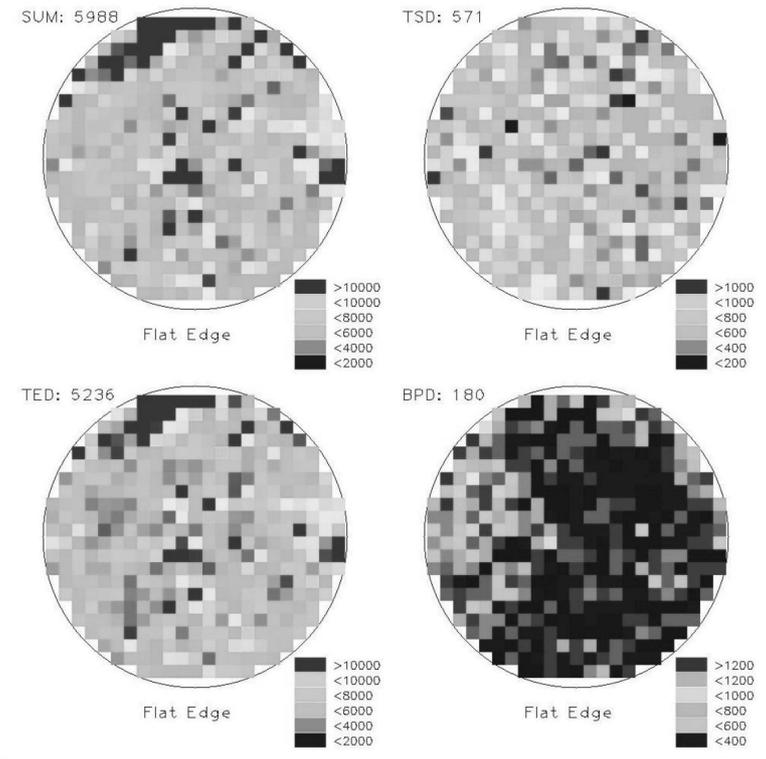


图3

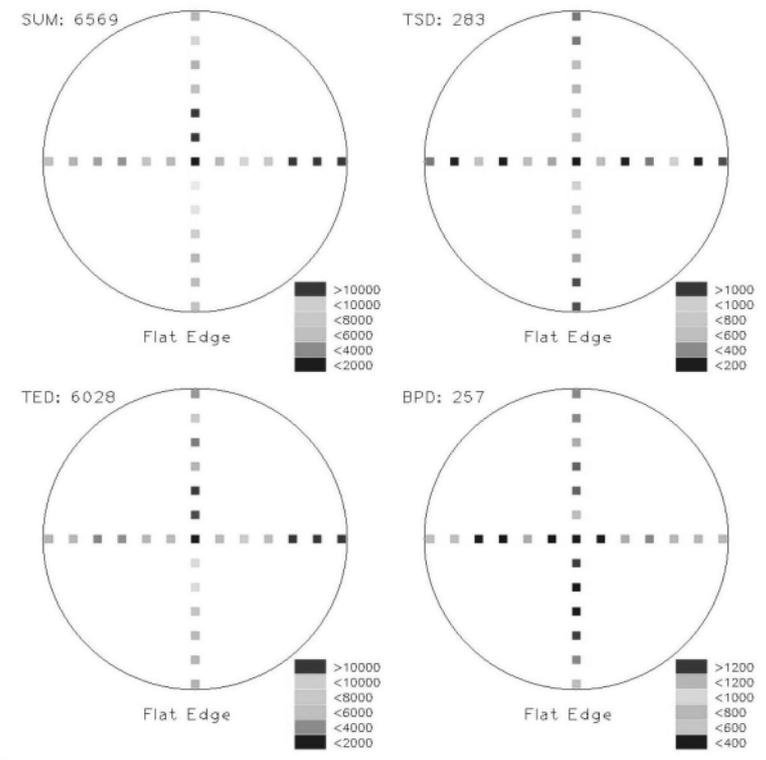


图4

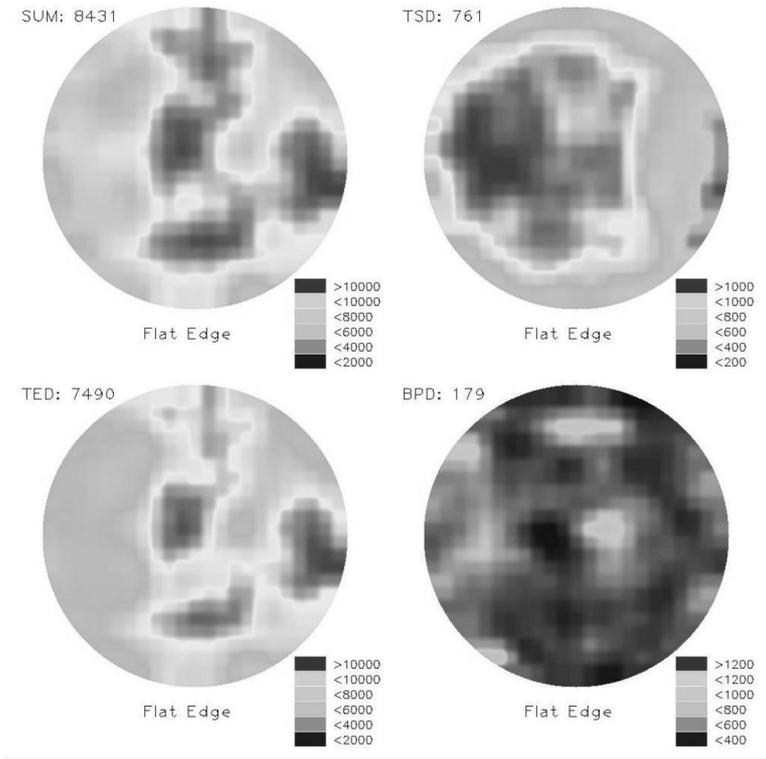


图5

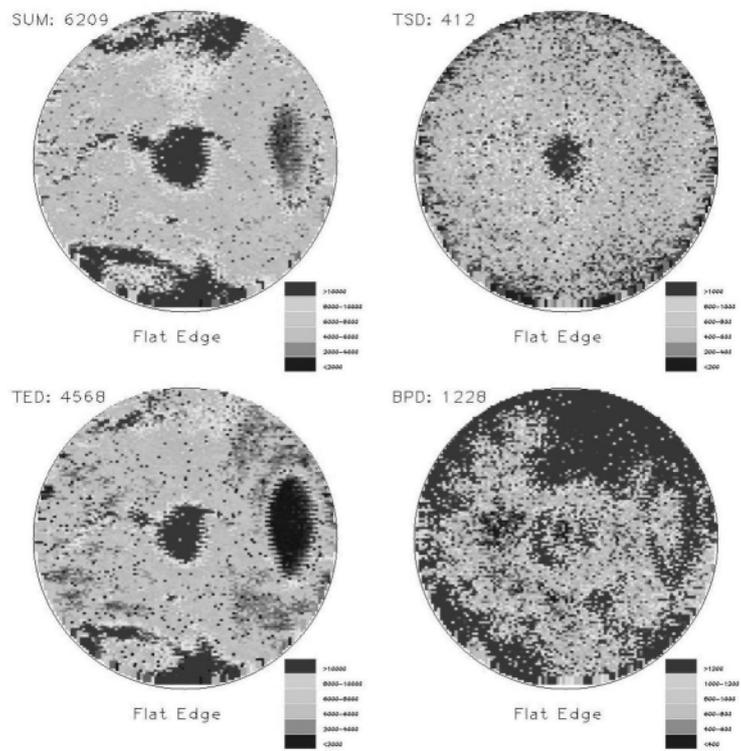


图6

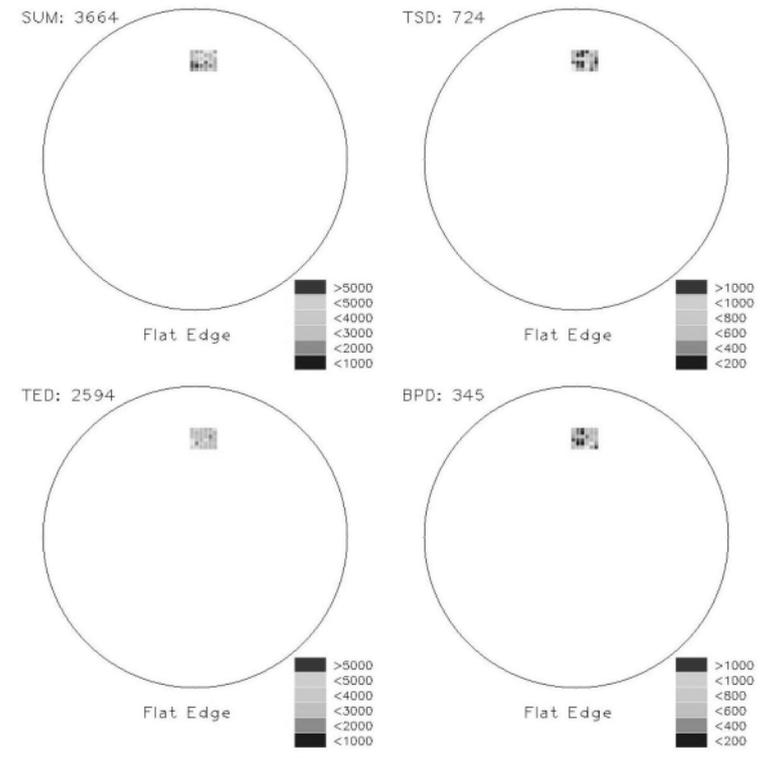


图7

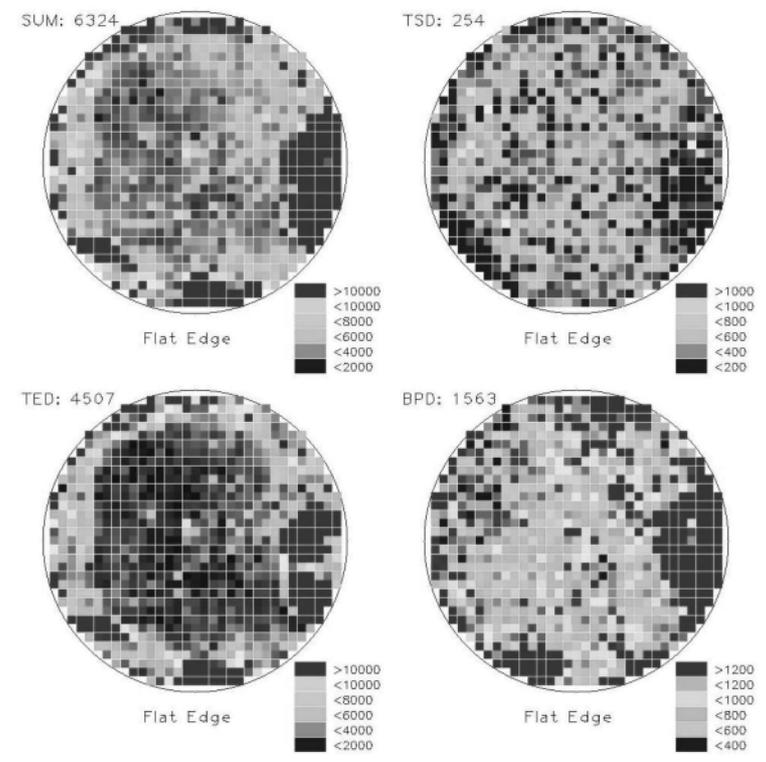


图8

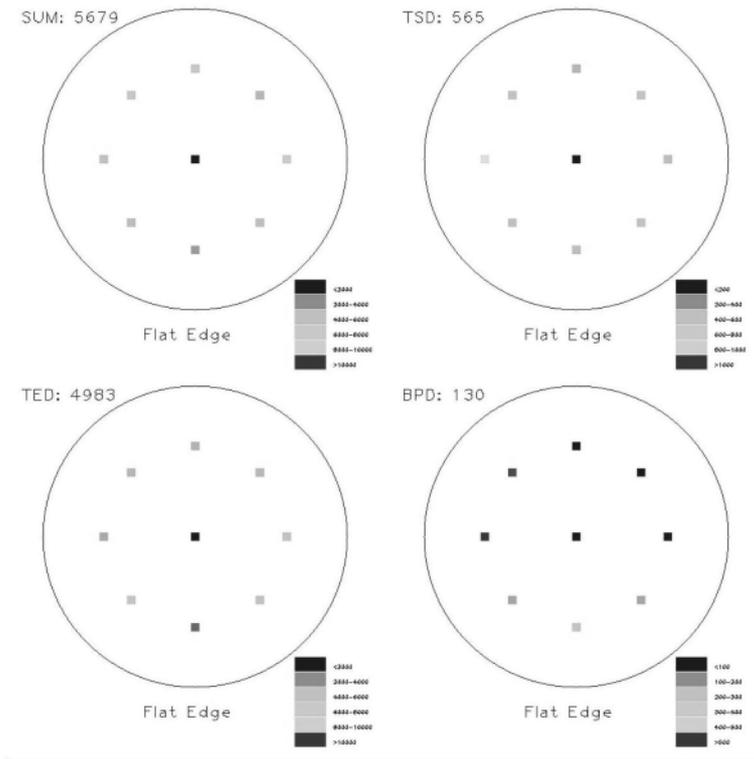


图9

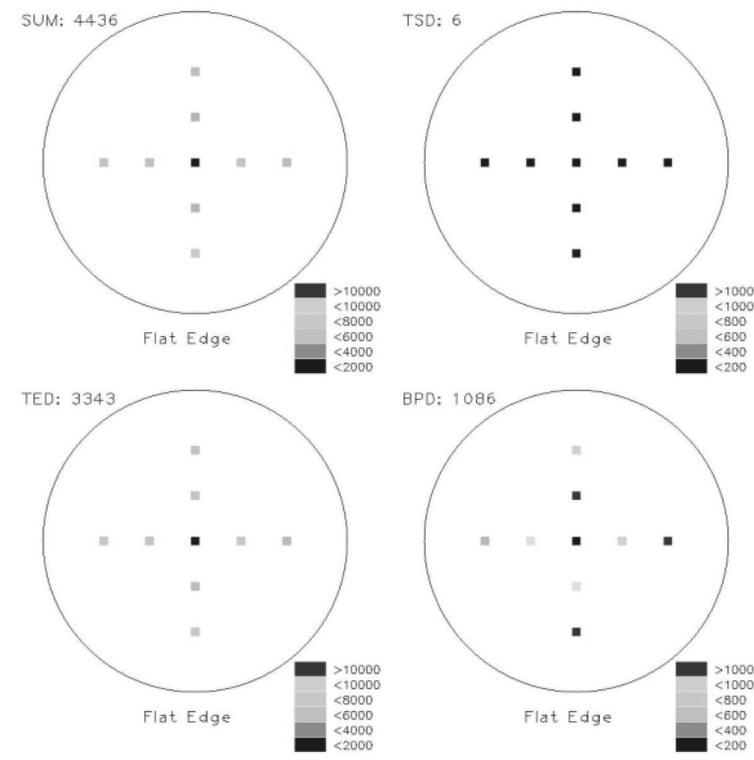


图10