

三角光学测量系统

相关申请

本申请要求 2024 年 12 月 31 日申请的，申请号为 202412000451.1，名称为“三角光学
5 测量系统”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

技术领域

本申请涉及光学检测技术领域，特别是涉及一种三角光学测量系统。

10 背景技术

3D 线扫光学检测系统是一种用于高精度三维测量与检测的光学系统，激光或者高功率 LED 线光源和工业相机以一定的角度处于固定的相对位置，在物体表面进行线扫，工业相机捕捉光线在物体表面的反射点位置变化，通过三角测量法实时计算出被测物体表面各点的三维坐标。相比于相关的接触式测量方法，3D 线扫光学检测系统具有非接触、
15 无损伤的优势，适用于测量复杂形状或表面敏感的物体，可以快速、高效地生成物体表面的三维形貌信息，广泛应用于半导体晶圆检测、光刻胶厚度测量、半导体元器件的微结构形貌测量等工业检测中。然而，相关的光学检测系统中，采用一个光源进行照明，获取的信息量不足，存在检测精度低或检测效率低的缺点。

20 发明内容

根据本申请的各种实施例，提供一种可提高检测精度或检测效率的三角光学测量系统。

一种三角光学测量系统，包括：

照明模组，所述照明模组包括第一功能分光元件和至少两个第一光源，所述第一功能分光元件用于将至少两个所述第一光源发出的照明光分光形成至少两个不同特性的非
25 相干线光沿同一方向入射至待测物表面；

成像模组，所述成像模组用于采集至少两个所述非相干线光的反射光以成像；

其中，所述照明模组还包括狭缝元件，所述狭缝元件的狭缝沿宽度方向位置可调，使所述非相干的光学路径不同或重合。

30 在其中一个实施例中，所述第一功能分光元件为将不同特性的至少两束光反射和透

射后沿同一方向出射且不产生干涉的元件，以产生两束非相干线光同时对待测物检测。

在其中一个实施例中，所述成像模组包括至少一个图像采集器，用于同时采集至少两个所述非相干线光的反射像作为一个周期的关注区域图像；

三角光学测量系统还包括控制模组，用于在待测物沿预设扫描路径产生位移时周期性地采集待测物上的关注区域图像。

在其中一个实施例中，所述控制模组控制所述成像模组按照设定周期曝光进行图像采集，所述控制模组还控制待测物沿预设扫描路径在所述设定周期内产生的位移，与非相干线光入射至待测物的关注区域在预设扫描路径方向上的宽度一致，以使每次图像采集对应的关注区域在预设扫描路径方向上连续且不重叠。

在其中一个实施例中，所述控制模组控制所述成像模组按照设定周期曝光进行图像采集，所述控制模组还控制待测物沿预设扫描路径在所述设定周期内产生的位移，小于非相干线光入射至待测物的关注区域在预设扫描路径方向上的宽度，以使每次图像采集对应的关注区域在预设扫描路径方向上连续且至少部分重叠。

在其中一个实施例中，至少两个所述非相干线光包括平行设置的第一线光和第二线光；当前关注区域中的第一线光扫描区域与上一个连续的关注区域中的第二线光扫描区域重叠。

在其中一个实施例中，所述第一功能分光元件将照明光分光形成不同波长或不同偏振态的非相干线光。

在其中一个实施例中，所述狭缝元件设置于所述第一功能分光元件和各所述第一光源之间，各所述第一光源发射的照明光，通过对应的狭缝元件后形成线光输出至所述第一功能分光元件。

在其中一个实施例中，所述狭缝元件的狭缝沿宽度方向位置可调，使所述非相干线光的光学路径不同或重合。

在其中一个实施例中，所述第一图像采集器的数量为两个以上，所述成像模组还包括第二功能分光元件，所述第二功能分光元件对所述待测物反射的线光进行透射或反射，分离出不同特性的非相干线光并传输至对应的第一图像采集器。

在其中一个实施例中，所述照明模组还包括第一透镜和第一显微物镜，所述第一功能分光元件、所述第一透镜和所述第一显微物镜沿光路依次设置，所述第一功能分光元件输出的非相干线光，经过所述第一透镜和所述第一显微物镜后入射至待测物表面。

在其中一个实施例中，所述成像模组还包括第二透镜和第二显微物镜，所述第二显微物镜、所述第二透镜和所述第二功能分光元件沿光路依次设置，所述待测物反射的线

光通过所述第二显微物镜、所述第二透镜传输至所述第二功能分光元件进行透射或反射，分离出不同特性的非相干线光并传输至对应的第一图像采集器。

在其中一个实施例中，所述第一功能分光元件为二向色镜或偏振分光元件，所述第二功能分光元件为二向色镜或偏振分光元件。

- 5 在其中一个实施例中，所述照明模组还包括第二图像采集器，所述成像模组还包括第二光源；所述成像模组中，所述第二功能分光元件将对应第二光源发射的照明光分离出不同特性的线光传输至待测物；所述照明模组中，所述第一功能分光元件对所述待测物反射的线光进行分离，得到不同特性的线光传输至对应的第二图像采集器。

- 10 本申请的一个或多个实施例的细节在以下附图和描述中提出，以使本申请的其他特征、目的和优点更加简明易懂。

附图说明

- 15 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例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，还可以根据公开的附图获得其他的附图。

图 1 为一个实施例中三角光学测量系统的结构示意图。

图 2 为一个实施例中三角光学测量系统的结构原理图。

图 3 为另一个实施例中三角光学测量系统的结构示意图。

- 20 图 4 为一个实施例中待测物表面线扫示意图。

图 5 为一个实施例中照明和成像时序示意图。

图 6 为另一个实施例中照明和成像时序示意图。

图 7 为一些实施例中待测物关注区域图像采集示意图。

图 8 为单光源照明检测的照明和成像时序示意图。

- 25 图 9 为相关技术中单光源照明检测的待测物关注区域图像采集示意图。

图 10 为图 7 中方案二的另一种表现方式示意图。

具体实施方式

- 30 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。

除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请。

- 5 可以理解，以下实施例中的“连接”，如果被连接的电路、模块、单元等相互之间具有电信号或数据的传递，则应理解为“电连接”、“通信连接”等。

- 在此使用时，单数形式的“一”、“一个”和“所述/该”也可以包括复数形式，除非上下文清楚指出另外的方式。还应当理解的是，术语“包括/包含”或“具有”等指定所陈述的特征、整体、方法、操作、组件、部分或它们的组合的存在，但是不排除存在或添加一个或更多
10 多个其他特征、整体、方法、操作、组件、部分或它们的组合的可能性。

- 在一个实施例中，如图 1 和图 2 所示，提供了一种三角光学测量系统，包括照明模组 100、成像模组 200 和控制模组（图中未示出），照明模组 100 包括第一功能分光元件 110 和至少两个第一光源，第一功能分光元件 110 用于将至少两个第一光源发出的照明光分光
15 形成至少两个不同特性的非相干线光沿同一方向（指传输方向大致相同，不要求完全平行）入射至待测物表面；成像模组 200 包括至少一个第一图像采集器，用于同时采集至少两个非相干线光的反射像作为一个周期的关注区域图像。控制模组用于在待测物沿预设扫描路径产生位移时周期性地采集待测物上的关注区域图像。

- 其中，待测物可以是晶圆或其他需要进行表面图像检测的产品。第一光源的数量可以是两个或更多，例如包括第一光源 A、第一光源 B 等。第一光源可以是常亮型第一光源，持续提供照明光，第一光源也可以是频闪型光源，在一个周期内频闪一次提供照明
20 光。第一光源发射的照明光类型并不唯一，例如第一光源可以是不同波长或者不同偏振态的激光光源，也可以是不同波长或者不同偏振态的宽光谱光源等。

- 对应地，第一功能分光元件 110 将各第一光源的照明光分光形成不同特性的非相干线光，可以是将照明光分光形成不同波长或不同偏振态的非相干线光。参照图 2，本申请实
25 施例中的第一功能分光元件 110 具体可采用二向色镜或偏振分光元件。偏振分光元件具体可以采用偏振分光棱镜或偏振分光片。二向色镜具体可以采用短波通二向色镜、长波通二向色镜、多波段二向色镜等分光元件。其中短波通二向色镜对低于截止波长的光具有高透过性、对高于截止波长的光具有高反射性；长波通二向色镜对高于起始波长的光具有高透过性、对低于起始波长的光具有高反射性；多波段二向色镜具有三个或多个透射
30 或反射波段，例如对截止波长和起始波长之间的波段具有高透过性、对其他波段具有高反射性。

以上具体实例仅对第一功能分光元件 110 进行举例说明，在其他实施例中，只要能够将分别来自该功能分光元件反射面和透射面的两个不同波长（或偏振态）的光束反射、透射后沿同一方向出射至待测物即可。

需要强调的是，本申请中的第一功能分光元件 110 与普通的分光棱镜或分光片不同，普通的分光棱镜或分光片只具备单一的分光功能，对不同波长或偏振态的光没有选择反射或透射的特性，而本申请中的第一功能分光元件 110 能够将不同特性的至少两束光反射和透射后沿同一方向出射且不产生干涉（或相干度较低），以便于产生两束非相干线光同时对待测物检测，提高检测效率。

第一图像采集器的数量可以是一个或多个，例如包括工业相机 1、工业相机 2 等。第一图像采集器的类型也并不唯一，可以是线阵相机、面阵相机等。当第一图像采集器的数量为一个时，则是第一图像采集器采集至少两个不同特性的非相干线光的反射像，当第一图像采集器的数量为多个时，则可以是每个第一图像采集器采集一个或多个不同特性线光的反射像。本实施例中，采用多个第一图像采集器分别对不同波长/偏振态的线光进行采集，能够更好地成像。

控制模组可连接成像模组和放置待测物的载物平台，控制载物平台带动待测物沿预设扫描路径移动产生位移（即预设步进位移），以及控制成像模组进行曝光采集图像，获取待测物上的关注区域图像。关注区域图像是指在每个周期对待测物上的关注区域进行图像采集得到的图像。关注区域具体可根据第一图像采集器的 FOV（视场角）来确定，例如，第一图像采集器采用线阵相机时，其 FOV 是 $1*n$ 或 $2*n$ 个像素区，则可以是将关注区域设置成 m 或 $m/2$ 个 FOV 大小，在每个周期第一光源频闪一次或常亮，线阵相机进行多次曝光，获取该周期关注区域的所有 $m*n$ 像素的图像，得到关注区域图像。第一图像采集器采用面阵相机时，其 FOV 较大（可以理解为类似正方形），而一般三角测量的时候每帧图像的形状都是一个跟线光形状相对应的条形关注区，为了保证条形关注区连续，预设步进位移一般小于位移方向的 FOV 宽度，这样两个连续的 FOV 会有重叠，则可以在 FOV 中框选一个包含线光的条形的 ROI（感兴趣区）区域作为关注区域，依据 ROI 区域依次扫描，也就是 ROI 扫描模式，此关注区域可重叠也可不重叠。可以理解，如果第一图像采集器是普通线阵相机，关注区域就是一个周期内多次曝光图像拼接的区域；如果是 TDI（时间延迟积分）相机，关注区域也可以是 TDI 相机的 FOV 或 ROI 区域。

在每个周期内，各第一光源频闪一次，控制模组控制各第一图像采集器进行一次或多次曝光，采集待测物表面非相干线光的反射像得到该周期的关注区域图像，实时捕捉测物表面特征信息。结合不同周期采集得到的关注区域图像，便可以分析待测物表面的

不同高度。通过使用多个第一光源提供照明光，并利用第一功能分光元件 110 将各第一光源发出的照明光分光形成不同特性的非相干线光，可以在待测物表面捕捉不同特性非相干线光的图像信息，获取更为精细和准确的图像。

此外，控制模组还用于基于关注区域图像中的线光的反射像信息来确定当前关注区域内的待测物三维高度信息。进一步地，将相邻的关注区域依次拼接处理后可以形成完整的待测物图像（图 4），用于分析待测物表面的三维高度信息或二维尺寸信息等等。由于本申请中的成像模组 200 同时采集至少两个非相干线光的反射像作为一个周期的关注区域图像，不论该至少两个非相干线光的光学路径不同或重合，当前的一个关注区域图像（或该周期的一个关注区域图像）中都同时包含至少两个非相干线光的反射像信息，控制模组再对每个关注区域图像中的多个非相干线光的反射像进行分析处理完成形貌或尺寸重构。由此可知，在相同的扫描时间和/或获取相同的关注区域图像数量的情况下，本申请（如图 7 方案二和方案三）能够获取比相关技术（如图 9）更多或更丰富的待测物表面信息；在相同的待测物扫描面积的情况下，本申请（如图 7 方案一）能够比相关技术（如图 9）扫描速度加快至少一倍（时间至少减少一半）。

在一个实施例中，如图 2 所示，照明模组 100 还包括第一透镜 120 和第一显微物镜 130，第一功能分光元件 110、第一透镜 120 和第一显微物镜 130 沿光路依次设置，第一功能分光元件 110 输出的非相干线光，经过第一透镜 120 和第一显微物镜 130 后入射至待测物表面。

如图 1 和图 2 所示，照明模组 100 还包括第一壳体 101，第一功能分光元件 110 和第一透镜 120 设置在第一壳体 101 内，第一壳体 101 上设置有光纤安装接口，如光纤安装接口 a、光纤安装接口 b 等，分别通过光纤连接到对应的第一光源。进一步地，照明模组 100 还可包括第一物镜转换器 140，第一物镜转换器 140 设置在第一壳体 101 上，第一显微物镜 130 的数量为多个，且各第一显微物镜 130 的倍率不同，各第一显微物镜 130 设置于第一物镜转换器 140，第一物镜转换器 140 可带动各第一显微物镜 130 相对于第一壳体 101 转动。照明模组 100 中第一透镜 120 与第一显微物镜 130 组合，形成无限远校正光学系统，还可以根据实际需要合理选择和组合不同倍率的第一显微物镜 130 来优化照明，通过第一显微物镜 130 改变照明第一光源的线宽，实现成像照明的变倍功能。

如图 2 和图 3 所示，照明模组 100 还可包括设置于第一功能分光元件 110 和第一光源之间的狭缝元件 150，各第一光源发射的照明光，通过对应的狭缝元件 150 后形成线光输出至第一功能分光元件 110。具体地，狭缝元件 150 可采用光栅片，可将狭缝元件 150 设置在光纤安装接口和第一功能分光元件 110 之间，第一光源通过光纤将照明光传输到光纤

安装接口，通过不同狭缝位置的狭缝元件 150 后，光斑呈狭长的线条状，形成两行线状光线。两行线状光线通过具有功能选择性的第一功能分光元件 110，分离出不同光谱或者不同偏振态的两行线光。

其中，狭缝元件 150 的狭缝沿宽度方向位置可调，使非相干线光的光学路径不同或重合。通过调节狭缝元件 150 上两个狭缝沿其宽度方向的位置，能够改变其出射的线光在照明模组 100 的物方的相对位置，进而改变照明模组 100 的像方的线光（即打在待测物上的线光）的宽度方向的间距至合适的范围。可根据实际情况调节狭缝元件 150 上两个狭缝之间的距离，改变生成的两行线光的光学路径，满足不同的测试需要。可以理解，狭缝元件 150 的位置并不唯一，由于第一光源的发散光经第一功能分光元件 110 后仍保持发散特性，因此狭缝元件 150 设置于光轴方向的第一光源（A 或 B）之后、第一透镜 120 之前均可。在其他实施例中，狭缝元件 150 也可以是设置在第一功能分光元件 110 和第一透镜 120（具体为具有准直作用的筒镜）之间，同样可以通过调节狭缝元件 150 使非相干线光的光学路径不同或重合。具体地，参照图 2 和图 3，两个狭缝元件 150 采用带有线状狭缝的光栅片 A 和光栅片 B，可知光栅片 A 和光栅片 B 可替代的位置布置方式至少包括：①光栅片 A 位于光源 A 与第一功能分光元件 110 之间，光栅片 B 位于第一功能分光元件 110 与第一透镜 120 之间；②光栅片 A 位于第一功能分光元件 110 与第一透镜 120 之间，光栅片 B 位于光源 B 与第一功能分光元件 110 之间；③光栅片 A 和光栅片 B 均位于第一功能分光元件 110 与第一透镜 120 之间。在上述替代方案①-③中，光栅片 A 和光栅片 B 在垂直于光轴方向错开布置，以避免其中一个光栅片（A 或 B）遮住后一个光栅片（B 或 A）的狭缝路径。其中替代方案①和②的光栅片 A 和光栅片 B 的位置不同，默认各自光栅片上的狭缝分别独立设置。其中替代方案③中可进一步细化包括：③-1、光栅片 A 和光栅片 B 分别具有一个狭缝，通过调节光栅片 A 和光栅片 B 宽度方向相对距离使两条线性光斑位置不同或重合；③-2、光栅片 A 具有一个狭缝，光栅片 B 具有两个狭缝，光栅片 A 和光栅片 B 均设置于光栅切换器上，通过旋转或平移光栅切换器可使目标光栅片切入照明光路和/或成像光路中（类似于旋转物镜转换器使目标物镜切入光路中参与照明和/或成像），实现两条线性光斑位置不同（对应光栅片 B 在光路中，光栅片 A 在光路外）或重合（对应光栅片 A 在光路中，光栅片 B 在光路外）的直接切换。原方案（图 2 和图 3 的方案）以及替代方案①和②的优势在于各光栅片分开独立设置，有足够的调节空间，便于用户操作；替代方案③-1 的优势在于无需③-2 的光栅切换器，直接调节光栅片相对距离，避免光学元件冗杂；替代方案③-2 的优势在于光栅片 A 和光栅片 B 都处于同一平面，都在焦面上，能够形成最佳的共轭关系，简单切换就能实现用户需要的光斑。用户可根据实际检

测需求或工况选择或变换上述方案，其他可变情况不做详细赘述。

在一个实施例中，如图 2 所示，第一图像采集器的数量为两个以上，成像模组 200 还包括第二功能分光元件 210，第二功能分光元件 210 对待测物反射的线光进行透射或反射，分离出不同特性的非相干线光并传输至对应的第一图像采集器。第二功能分光元件 210 同样可采用二向色镜、偏振分光元件等分光元件，第二功能分光元件 210 与第一功能分光元件 110 的功能基本相同，差异在于，第二功能分光元件 210 是将来自同一方向的两束不同特性的非相干线光分束后传输至对应的第一图像采集器。由于不同材料在不同波长下的光谱响应不同，并且具有不同的偏振反射特性。针对待测物表面的不同材料特征，在照明模组 100 和成像模组 200 中采用具有功能选择性的第一功能分光元件 110 和第二功能分光元件 210，将照明光和成像光选择性地分离出不同光谱或者不同偏振态的光线，使照射在待测物表面的光斑呈线状或条状，以便更快速、更精准地获取待测物表面特征的深度信息，以此实现多光谱检测或者偏振成像检测，从而获取更丰富、更清晰的特征图像，能够更准确地从复杂背景中提取细节信息。

进一步地，成像模组 200 还包括第二透镜 220 和第二显微物镜 230，第二显微物镜 230、第二透镜 220 和第二功能分光元件 210 沿光路依次设置，待测物反射的线光通过第二显微物镜 230、第二透镜 220 传输至第二功能分光元件 210 进行透射或反射，分离出不同特性的非相干线光并传输至对应的第一图像采集器。第二显微物镜 230 和第二透镜 220 组合，形成无限远校正光学系统。通过第二显微物镜 230 改变线光成像至工业相机中所对应的像素数量，以此来优化成像，获取更为精细和准确的图像，提高整个系统的检测精度。

此外，成像模组 200 还包括第二壳体 201，第二透镜 220 和第二功能分光元件 210 设置在第二壳体 201 内，第一图像采集器设置在第二壳体 201 上。如图 1 所示，成像模组 200 中还可包括第二物镜转换器 240，第二物镜转换器 240 设置在第二壳体 201 上，第二显微物镜 230 的数量为多个，且各第二显微物镜 230 的倍率不同，各第二显微物镜 230 设置于第二物镜转换器 240，第二物镜转换器 240 可带动各第二显微物镜 230 相对于第二壳体 201 转动。可以根据实际需要合理选择和组合不同倍率的第二显微物镜 230 来优化成像，以此来确保最佳成像精度和分辨率。

通过在照明模组 100 和成像模组 200 中分别设置多个不同倍率的显微物镜，使用相应的物镜转换器实现不同倍率的照明和成像。针对待测物表面不同尺寸的结构特征，可以合理选择和组合不同倍率的显微物镜来优化成像和照明，以此来确保最佳成像精度和分辨率。

在一个实施例中，以第一功能分光元件 110 和第二功能分光元件 210 采用二向色镜为

例，第一光源可以是不同波长的激光光源或宽光谱光源。如图 1 至图 3 所示，在照明模组 100 中，照明光纤分别安装在光纤安装接口 a 和光纤安装接口 b 中，同时光纤安装接口 a、光纤安装接口 b 与第一功能分光元件 110 之间分别添加狭缝元件 150，两个狭缝元件 150 的狭缝位置不同，狭缝宽度可以相同，也可以不同，可以根据待测物表面的特征尺寸选择狭缝宽度。第一光源 A 和第一光源 B 发射的照明光通过照明光纤导入第一壳体 101 中，在此过程中，光线通过不同狭缝位置的狭缝元件 150 形成两行线状光线，两行线光通过二向色镜分离出不同光谱的两行线光，这两行线光经第一透镜 120 与第一显微物镜 130 组合变倍后照射在待测物表面的同一关注区域，形成两行不同的视场检测，如图 4 所示的线光 WL1 和线光 WL2。两行照明线光经待测物表面反射后，进入到成像模组 200 中的第二显微物镜 230 和第二透镜 220 再次变倍，再通过二向色镜选择性分离，使线光 WL1 成像于工业相机 1 中，线光 WL2 成像于工业相机 2 中，实现双视野同时成像检测。

在另一个实施例中，以第一功能分光元件 110 和第二功能分光元件 210 采用偏振分光棱镜为例，第一光源可以是不同偏振态的激光光源或宽光谱光源。若待测物为保偏材料，使用偏振成像检测，可以增强图像对比度和颜色饱和度，更有效地突出特定的结构或者特征，提高成像质量。同样参照图 1 至图 3，在照明模组 100 中，照明光纤分别安装在光纤安装接口 a 和光纤安装接口 b 中，同时光纤安装接口 a、光纤安装接口 b 与第一功能分光元件 110 之间分别添加狭缝元件 150，两个狭缝元件 150 的狭缝位置不同，狭缝宽度可以相同，也可以不同，可以根据待测物表面的特征尺寸选择狭缝宽度。第一光源 A 和第一光源 B 发射的照明光通过照明光纤导入第一壳体 101 中，在此过程中，光线通过不同狭缝位置的狭缝元件 150 形成两行线状光线，两行线光通过偏振分光棱镜分离出不同偏振态的两行线光：s 光和 p 光，这两行线光经第一透镜 120 与第一显微物镜 130 组合变倍后照射在待测物表面的同一关注区域，形成两行不同的视场检测。两行照明线光经待测物表面反射后，偏振态不变，进入到成像模组 200 中的第二显微物镜 230 和第二透镜 220 再次变倍，再通过偏振分光棱镜选择性分离，使线光 WL1（s 光）成像于工业相机 1 中，线光 WL2（p 光）成像于工业相机 2 中，实现双视野同时成像检测。

以上两个实施例中，通过使用不同波长或者不同偏振态的激光光源或者宽光谱光源作为照明光源，适配不同功能的二向色镜或者偏振分光棱镜，分离出不同光谱或者不同偏振态的两行线光，可以更有效地识别和分析待测物表面的结构特征，这两行线光照射在待测物表面的同一关注区域，形成两行不同的视场检测。WL1 为第一光源 A 发射的照明线光，由工业相机 1 捕捉成像；WL2 为第一光源 B 发射的照明线光，由工业相机 2 捕捉成像，实现双视野同时成像，以此减少视角盲区，覆盖更大的视角范围，提高系统的

整体覆盖率，大幅度提高检测速度。两行线光经待测物表面反射后进入成像模组 200，成像模组 200 中的工业相机可采用高帧率的线阵相机或者 ROI 模式的面阵相机，两个工业相机同时捕捉不同光谱或者不同偏振态范围内的图像信息，实时高速获取待测物表面的全局信息，实现高速线扫功能，避免由于物体高速移动导致的图像模糊问题。

- 5 可以理解，通过控制模组控制待测物移动，以及控制成像模组进行图像采集的方式也不是唯一的。在一个实施例中，控制模组控制成像模组 200 按照设定周期曝光进行图像采集，控制模组还控制待测物沿预设扫描路径在设定周期内产生的位移，与非相干线光入射至待测物的关注区域在预设扫描路径方向上的宽度一致，以使每次图像采集对应的关注区域在预设扫描路径方向上连续且不重叠。其中，设定周期的具体取值也不是唯一的，
- 10 的，可根据实际需要进行设置。

- 具体地，如果通过调节狭缝元件 150 使两个非相干线光的光学路径不同，即两个线光在待测物上的像不重叠，本申请采用双光源照明相对于目前的单光源照明检测方案而言，关注区域在预设扫描路径方向上的宽度会增大，例如变成单光源照明方案的 2 倍。如图 8 所示，假设单光源照明检测方案中，光源 A 提供照明，在每个周期中待测物的步进位移为 S，工业相机 1 在每个周期进行图像采集和数据转换处理。本申请为了使关注区域在预设扫描路径方向上连续且不重叠，可以将每个周期中待测物的步进位移设置成 2S，如图 5 所示，两个工业相机在每个周期中对相应的关注区域图像进行图像采集和数据转换处理，其中 stage 代表支撑待测物的载物平台，其控制时序即待测物的位移时序。如图 7 中的方案一所示，每个黑色线框表示一个关注区域，采用两个第一光源照明并使产生的两个非
- 15 相干线光的光学路径不同，然后在预设扫描路径方向上对连续且不重叠的关注区域进行图像采集，相较于相关的单光源照明检测方案，可以提高检测速度。图 9 中的方案即相关技术中单光源照明检测的待测物关注区域图像采集示意图。
- 20

- 如果通过调节狭缝元件 150 使两个非相干线光的光学路径重合，即两个线光在待测物上重叠。本申请采用双光源照明相对于目前的单光源照明检测方案而言，关注区域在预设扫描路径方向上的宽度可认为保持不变。同样假设单光源照明检测方案中，在每个周期中待测物的步进位移为 S，则本申请同样可以是将每个周期中待测物的步进位移为 S，如图 6 所示。如图 7 中的方案三所示，每个黑色线框表示一个关注区域，采用两个第一光源照明并使产生的两个非相干线光的光学路径重合，然后在预设扫描路径方向上对连续且不重叠的关注区域进行图像采集，相较于相关的单光源照明检测方案，可以保持待测物的移动速度不变，但对待测物的同一个位置使用两种不同的第一光源进行扫描采集，
- 25
- 30 可以提高检测精度。

在一个实施例中，控制模组控制成像模组 200 按照设定周期曝光进行图像采集，控制模组还控制待测物沿预设扫描路径在所述设定周期内产生的位移，小于非相干线光入射至待测物的关注区域在预设扫描路径方向上的宽度，以使每次图像采集对应的关注区域在预设扫描路径方向上连续且至少部分重叠。可以理解，无论狭缝元件 150 使多个非相干线光的光学路径是否重合，都可通过控制待测物的移动速度，使预设扫描路径方向上每个周期的关注区域连续且至少部分重叠，例如可以是重叠一半，或者重叠更少或更多部分。

具体地，以狭缝元件 150 使非相干线光的光学路径不同为例，即两个线光在待测物上的像不重叠，本申请采用双光源照明相对于目前的单光源照明检测方案而言，关注区域在预设扫描路径方向上的宽度会增大，例如变成单光源照明方案的 2 倍。同样假设单光源照明检测方案中，在每个周期中待测物的步进位移为 S ，如图 8 所示。则本申请为了使关注区域在预设扫描路径方向上连续且重叠，可以将每个周期中待测物的步进位移设置成 $(0, 2S)$ 之间的任意一种。如图 7 中的方案二所示，每个黑色线框和灰色线框均表示一个关注区域（图中黑色线框和灰色线框仅为清晰展示出两个相邻的关注区域有重叠，颜色区别并无其他限定作用），采用多光源照明并使非相干线光的光学路径不同，然后在预设扫描路径方向上对部分重叠的关注区域进行图像采集。

本实施例中，至少两个非相干线光包括平行设置的第一线光和第二线光；当前关注区域中的第一线光扫描区域与上一个连续的关注区域中的第二线光扫描区域重叠。具体地，继续参照图 7 中的方案二，可以是待测物的步进位移设置成 S ，两个连续的关注区域存在一半的重叠区域，以使得两个连续的关注区域中不同特性的光线照在待测物同一位置，相当于对每个线光扫描区域在不同波段下或偏振态下扫描两次获得信息，在图像融合后更准确。这种设置方式可以使每个关注区域都相当于采用不同光源扫描了两次，扫描速度与单光源照明检测方案相同，但能够有效提高检测精度。可以理解，在其他实施例中，当前关注区域的第一线光扫描区域也可以位于上一个关注区域中两个线光扫描区域中间，相当于第 1、3、5、7、9、... 个关注区域的线光扫描区域有重叠，第 2、4、6、8、10、... 个关注区域的线光扫描区域有重叠，同样可以提高检测精度。

针对图 7 的方案二中灰色线框表示的关注区域，如图 10 所示，第 2 帧关注区域中的第一线光扫描区域（线光 WL1 区域）与第 1 帧关注区域中的第二线光扫描区域（线光 WL2 区域）重叠，第 3 帧关注区域中的第一线光扫描区域（线光 WL1 区域）与第 2 帧关注区域中的第二线光扫描区域（线光 WL2 区域）重叠，第 4 帧关注区域中的第一线光扫描区域（线光 WL1 区域）与第 3 帧关注区域中的第二线光扫描区域（线光 WL2 区域）重

叠等。在方案二中，每帧关注区域图像中的第一线光扫描区域与上一帧关注区域图像中的第二线光扫描区域重叠。（注：图 10 中第 1、2、3……帧依次采图的方向即载物平台的步进位移的反方向，WL1 与 WL2 之间的虚线仅代表对应重叠关系，无其他特别含义，第 2、4 帧图像与第 1、3、5 帧图像分离仅为清晰展示，亦无其他特别含义）。

5 此外，照明模组 100 还包括第二图像采集器，成像模组 200 还包括第二光源；成像模组 200 中，第二功能分光元件 210 将对应第二光源发射的照明光分离出不同特性的线光沿同一方向传输至待测物；照明模组 100 中，第一功能分光元件 110 对待测物反射的线光进行分离，得到不同特性的线光传输至对应的第二图像采集器，光源和图像采集器位置互换之后第一功能分光元件 110 和第二功能分光元件 210 的功能也互相交换。

10 具体地，可以是在照明模组 100 中第一壳体 101 上新增第二图像采集器，或者是将设置光纤安装接口的位置替换成第二图像采集器；可以是在成像模组 200 中第二壳体 201 上新增光纤安装接口，或者是将安装第一图像采集器的位置替换成光纤安装接口。本实施例中，可以根据不同的应用需求相互调整更换光源和工业相机的位置（如工业相机 1、2 和光纤安装接口 a、b 的位置可以互相交换），通过调整光源和工业相机的位置，可以优化光线的入射角度和分布，从而提高图像的清晰度和对比度，减少不必要的光斑和反射，
15 使系统更具灵活性和高效性，能够满足不同应用需求，提高系统的测量精度和图像质量。

本申请提供的上述三角光学测量系统，具备以下优点：

优点 1：多光谱检测

使用不同波长的激光或者宽光谱光源分析待测物表面的三维轮廓信息，并使用具有
20 波长选择性的分光元件（如二向色镜）进行波长分离，不同光谱的光线经待测物表面反射后同时进入不同工业相机中成像。不同材料在不同波长下的光谱响应不同，多光谱检测可有效区分不同材料在不同波长下的反射信息，获得更丰富的待测物表面特征信息。

优点 2：偏振成像检测

使用不同偏振态的激光或者宽光谱光源分析待测物表面的三维轮廓信息，并使用具有
25 有偏振态选择性的分光元件（如偏振分光棱镜）进行偏振态分离，不同偏振态的光线经待测物表面反射后同时进入不同工业相机中成像。不同材料具有不同的偏振反射特性，偏振成像检测可有效地增强图像对比度和颜色饱和度，更有效地突出特定的结构或者特征，提高成像质量。

优点 3：高速检测

30 使用不同波长或者不同偏振态的激光或者宽光谱光源作为照明光源，光线通过不同狭缝位置的狭缝元件形成两行线状光线，两行线光通过具有功能选择性的分光元件（如

二向色镜、偏振分光棱镜) 分离出不同光谱或者不同偏振态的两行线光。这两行线光照射在待测物表面的同一关注区域, 形成两行不同的视场检测, 实现双视野同时成像, 以此减少视角盲区, 覆盖更大的视角范围, 提高系统的整体覆盖率, 大幅度提高检测速度。两行线光经待测物表面反射后进入成像端, 成像端采用高帧率的线阵相机或者 ROI 模式的面阵相机, 两个工业相机同时捕捉不同光谱或者不同偏振态范围内的图像信息, 实时高速获取待测物表面的全局信息。

优点 4: 灵活性高, 可扩展

在半导体检测中, 不同的材料由于其物理和化学特性, 需要使用不同波长或者不同偏振态的光源进行检测。本申请具有高度灵活和可扩展架构, 可根据不同的应用需求快速调整和扩展系统功能。例如, 结合不同待测物表面材料的光学特性以及所需检测的具体目标, 照明模组选择合适的光源, 成像模组选择性装配不同功能的分光元件 (如二向色镜或者偏振分光棱镜), 可以更有效地识别和分析待测物表面的结构特征。此外, 本申请的光源和工业相机的位置可以相互调整更换 (如工业相机 1 和光纤安装接口 b 的位置可以互相交换), 通过调整光源和相机的位置, 可以优化光线的入射角度和分布, 从而提高图像的清晰度和对比度, 减少不必要的光斑和反射, 使系统更具灵活性和高效性, 能够满足不同应用需求, 提高系统的测量精度和图像质量。

优点 5: 高精度检测

在成像模组和照明模组使用不同倍率的显微物镜进行照明和成像, 显微物镜的倍率、NA (数值孔径)、透射率等光学特性, 会影响整体成像质量和检测精度。结合待测物表面不同尺寸的结构特征, 合理选择和组合不同倍率的显微物镜来优化成像和照明, 改变照明光源的线光宽度, 以及线光成像至工业相机中所对应的像素数量, 从而获取更为精细和准确的图像, 提高整个系统的检测精度。

以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合, 为使描述简洁, 未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述, 然而, 只要这些技术特征的组合不存在矛盾, 都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本申请构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本申请的保护范围。因此, 本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求

1. 一种三角光学测量系统，其特征在于，包括：

5 照明模组，所述照明模组包括第一功能分光元件和至少两个第一光源，所述第一功能分光元件用于将至少两个所述第一光源发出的照明光分光形成至少两个不同特性的非相干线光沿同一方向入射至待测物表面；

成像模组，所述成像模组用于采集至少两个所述非相干线光的反射光以成像；

其中，所述照明模组还包括狭缝元件，所述狭缝元件的狭缝沿宽度方向位置可调，使所述非相干的光学路径不同或重合。

10 2. 根据权利要求 1 所述的系统，其中，所述成像模组包括至少一个第一图像采集器，用于同时采集至少两个所述非相干线光的反射像作为一个周期的关注区域图像；

所述系统还包括控制模组，用于在待测物沿预设扫描路径产生位移时周期性地采集待测物上的关注区域图像。

15 3. 根据权利要求 2 所述的系统，其中，所述控制模组用于控制所述成像模组按照设定周期曝光进行图像采集，所述控制模组还用于控制待测物沿预设扫描路径在所述设定周期内产生的位移，与非相干线光入射至待测物的关注区域在预设扫描路径方向上的宽度一致，以使每次图像采集对应的关注区域在预设扫描路径方向上连续且不重叠。

20 4. 根据权利要求 2 所述的系统，其中，所述控制模组用于控制所述成像模组按照设定周期曝光进行图像采集，所述控制模组还用于控制待测物沿预设扫描路径在所述设定周期内产生的位移，小于非相干线光入射至待测物的关注区域在预设扫描路径方向上的宽度，以使每次图像采集对应的关注区域在预设扫描路径方向上连续且至少部分重叠。

5. 根据权利要求 4 所述的系统，其中，至少两个所述非相干线光包括平行设置的第一线光和第二线光；当前关注区域中的第一线光扫描区域与上一个连续的关注区域中的第二线光扫描区域重叠。

25 6. 根据权利要求 1-5 任意一项所述的系统，其中，所述第一功能分光元件将照明光分光形成不同波长或不同偏振态的非相干线光。

7. 根据权利要求 6 所述的系统，其中，所述狭缝元件设置于所述第一功能分光元件和各所述第一光源之间，各所述第一光源发射的照明光，通过对应的狭缝元件后形成线光输出至所述第一功能分光元件。

30 8. 根据权利要求 2-5 任意一项所述的系统，其中，所述第一图像采集器的数量为两个以上，所述成像模组还包括第二功能分光元件，所述第二功能分光元件对所述待测物反

射的线光进行透射或反射，分离出不同特性的非相干线光并传输至对应的第一图像采集器。

9. 根据权利要求 8 所述的系统，其中，所述照明模组还包括第一透镜和第一显微物镜，所述第一功能分光元件、所述第一透镜和所述第一显微物镜沿光路依次设置，所述第一功能分光元件输出的非相干线光，经过所述第一透镜和所述第一显微物镜后入射至待测物表面。

10. 根据权利要求 8 所述的系统，其中，所述成像模组还包括第二透镜和第二显微物镜，所述第二显微物镜、所述第二透镜和所述第二功能分光元件沿光路依次设置，所述待测物反射的线光通过所述第二显微物镜、所述第二透镜传输至所述第二功能分光元件进行透射或反射，分离出不同特性的非相干线光并传输至对应的第一图像采集器。

11. 根据权利要求 8 所述的系统，其中，所述第一功能分光元件为二向色镜或偏振分光元件，所述第二功能分光元件为二向色镜或偏振分光元件。

12. 根据权利要求 8 所述的系统，其中，所述照明模组还包括第二图像采集器，所述成像模组还包括第二光源；所述成像模组中，所述第二功能分光元件将对应第二光源发射的照明光分离出不同特性的线光传输至待测物；所述照明模组中，所述第一功能分光元件对所述待测物反射的线光进行分离，得到不同特性的线光传输至对应的第二图像采集器。