



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108700661 A

(43)申请公布日 2018.10.23

(21)申请号 201780009710.2

克尔特·伊藤

(22)申请日 2017.03.17

(74)专利代理机构 北京寰华知识产权代理有限公司

公司 11408

(30)优先权数据

代理人 林柳岑

62/309,759 2016.03.17 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2018.08.03

G01S 17/89(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G01S 7/481(2006.01)

PCT/US2017/022987 2017.03.17

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/161284 EN 2017.09.21

(71)申请人 伊雷克托科学工业股份有限公司

地址 美国俄勒冈州97229波特兰西北科学
园大道

(72)发明人 刘源 胡宏华 吉姆·布鲁克伊塞

李光宇 布兰登·比利恩

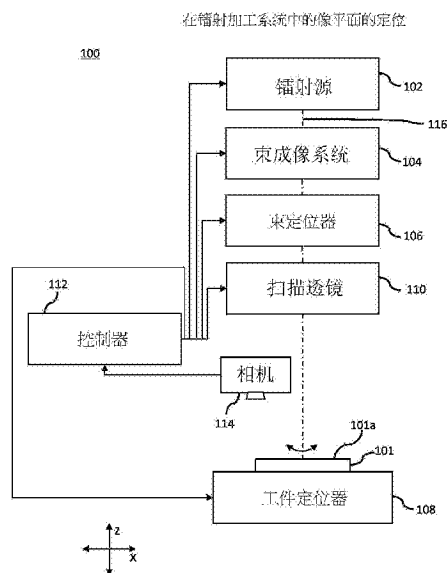
权利要求书2页 说明书12页 附图1页

(54)发明名称

在镭射加工系统中的像平面的定位

(57)摘要

本发明揭示一种用以加工工件的方法及装置,包括产生其特征为第一空间强度分布的第一镭射能量束。第一工件使用该第一镭射能量束来加工以形成在扫描透镜与第一工件之间的第一距离的多个特征以及形成在第二距离的第二特征。该方法包括:确定该多个特征的哪个具有形状为最接近类似的于该第一空间强度分布的形状,并设定加工距离为其产生该特征的距离。使用此加工距离,第二工件的表面使用其具有第二空间强度分布的第二镭射能量束来加工。



1. 一种使用镭射加工系统来加工工件的方法, 该镭射加工系统具有扫描透镜, 该方法包含:

产生第一镭射能量束, 其特征为第一空间强度分布具有当朝正交于该镭射能量束沿着其所传播的路径的平面所视时而在该束的焦点的非圆形的周边形状;

使用该第一镭射能量束来加工第一工件;

该加工包含在该第一工件中形成多个特征, 其中在该多个特征的一个特征的形成期间而在该扫描透镜与该第一工件之间的第一距离是不同于在该多个特征的至少一个其他特征的形成期间而在该扫描透镜与该第一工件之间的第二距离;

确定该多个特征的哪个特征具有形状为最接近类似的于该第一空间强度分布的形状;

设定加工距离为在其具有形状为最接近类似的于该第一空间强度分布的该特征形成期间而在该扫描透镜与该第一工件之间的距离;

确定像平面为在从该扫描透镜到正交于该镭射能量束沿着其所传播的路径的平面的加工距离处的平面;

配置第二工件的表面为实质在该像平面;

产生第二镭射能量束以形成调变的镭射能量束, 其特征为不同于该第一空间强度分布的第二空间强度分布; 且

使用其特征为该第二空间强度分布的该调变的镭射能量束来加工配置在该像平面的第二工件的表面。

2. 如权利要求1所述的方法, 其中在该束的焦点的该第二空间强度分布周边形状为圆形。

3. 如权利要求1所述的方法, 其中在该束的焦点的该第一空间强度分布周边形状选自椭圆形、方形、矩形、三角形、新月形、半圆形、制鞋刀形、星形。

4. 如权利要求1所述的方法, 其中确定该多个特征的哪个具有形状为最接近类似的于该第一空间强度分布的形状还包含:

捕捉该多个特征的影像并产生其代表捕捉的该影像的影像数据;

将该影像数据传送到控制器; 且

由该控制器来处理该影像数据。

5. 如权利要求4所述的方法, 其还包含: 该影像是由相机所捕捉。

6. 如权利要求1所述的方法, 其中该第二工件为该第一工件。

7. 一种用于镭射加工基板的装置, 其包含:

镭射源;

束成像系统, 该束成像系统适以产生第一镭射能量束, 其特征为第一空间强度分布具有当朝正交于该镭射能量束沿着其所传播的路径的平面所视时而在该束的焦点的非圆形的周边形状, 且该束成像系统适以产生第二镭射能量束以形成调变的镭射能量束, 其特征为不同于该第一空间强度分布的第二空间强度分布;

束定位器;

扫描透镜;

工件定位器;

从该工件定位器到该扫描透镜的正交的距离为可变; 及

工件,其具有多个特征,所述特征具有从该第一空间强度分布且分别从彼此而发散的形状,依据在该多个特征中的每个特征的形成期间而从该工件到该扫描透镜的正交的距离。

在镭射加工系统中的像平面的定位

[0001] 背景

1. 技术领域

[0002] 本文所述的实施例概括关于像平面的定位,且尤指用于定位在镭射加工系统中的像平面的方法及装置。

2. 背景技术

[0003] 在诸如使用已知的“冲击(percussion)”钻孔技术而在工件(例如:印刷电路板)钻孔的那些镭射加工系统中,镭射束通常使用圆形隙缝而在空间上削波、成形或用其他方式成像,然后由扫描透镜所聚焦且指向到该工件的表面上。典型而言,经成像的镭射束的空间强度特性对于在关联于该隙缝的像平面的镭射剥蚀而言将为最佳。因此,当工件表面具有关于像平面的预定空间关系(例如:当该工件表面与像平面共平面或至少实质为如此,考虑到关于扫描透镜与工件相对于彼此而定位的精密度与准确度),隙缝视为“成像”在工件表面,且经形成在该工件中的特征将具有合意的几何特性(例如:尺寸、形状、深度等等)。

[0004] 一种用于找到像平面的方法需要用户以镭射系统来实验,藉由使用镭射束(即:其已经使用圆形隙缝所削波)来在工件中剥蚀测试型样且接着以视觉来判断该测试型样的某些几何特性(例如:尺寸、形状、深度等等)是否为可接受。经常,该种实验实行多次,且使用者针对各个实验而改变在工件表面与扫描透镜之间的距离。从按照种种距离所实行的实验所得到的测试型样在视觉上比较以确定哪个测试型样具有最佳的几何特性。在产生其经判断具有最佳几何特性的测试型样的实验期间所存在的工件表面的平面被视为像平面。

[0005] 为了降低可能否则要实行的实验的数目,镭射系统的镭射束、隙缝、与扫描透镜的光学性质系可初始模拟以估测在像平面与其中该成像的镭射束具有最小光点尺寸(即:最大中心辐射亮度)的平面(正交于该束为沿着其所传播的轴)之间的距离(亦在本文标示为“ Δz ”)。一旦 Δz 估测,系统用户调整在该扫描透镜与工件表面之间的距离,例如:藉由致动台座(其支撑扫描透镜或工件)以将工件表面定位在最小光点尺寸的平面,且接着增加其等于 Δz 的偏移以将工件表面移动到(标称)像平面。镭射束功率亦可调整以补偿该工件表面相对于扫描透镜的改变位置。所述测试型样可接着在其中工件表面被定位在标称像平面的实验、以及在其中工件表面被定位在标称像平面的稍微上方及/或稍微下方的一些实验期间而被剥蚀以确认该工件表面的最佳的放置。

[0006] 尽管有用,以上论述的模拟技术并非没有其缺点。举例来说,仿真该种镭射系统且估测 Δz 所需要的软件可能昂贵且可能不易整合到典型的镭射加工系统。此外,实行该种仿真系需要其为系统用户可能未拥有的光学的深入了解。此外,在工件中所剥蚀的测试型样通常为圆形的形状,甚至当在扫描透镜与工件表面之间的距离变化时,且调整镭射束功率是可能改变在剥蚀的测试型样中的特征的尺寸与深度。因此,精确识别当该工件表面为在像平面时所形成的测试型样系可能为困难且耗时的过程。

发明内容

[0007] 本文所揭示的是一种方法及装置,其适以实行该种使用具有扫描透镜的镭射加工系统来加工工件的方法。该方法包括:产生第一镭射能量束,其特征为第一空间强度分布具有当朝正交于该镭射能量束沿着其所传播的路径的平面所视时而在该束的焦点的非圆形的周边形状。

[0008] 第一工件使用该第一镭射能量束来加工。此加工包含:形成在该第一工件中的多个特征,其中,在该多个特征的一个特征的形成期间而在该扫描透镜与该第一工件之间的第一距离不同于在该多个特征的至少一个其他特征的形成期间而在该扫描透镜与该第一工件之间的第二距离。

[0009] 该方法更包括:确定该多个特征的哪个具有形状为最接近类似的于该第一空间强度分布的形状;且,设定加工距离为在其具有形状为最接近类似的于该第一空间强度分布的的特征的形成期间而在该扫描透镜与该第一工件之间的距离。像平面被确定为在从该扫描透镜到正交于该镭射能量束沿着其所传播的路径的平面的加工距离的平面。

[0010] 第二工件的表面基本配置在该像平面上。第二镭射能量束产生以形成调变的镭射能量束,其特征为不同于该第一空间强度分布的第二空间强度分布。经配置在该像平面的第二工件的表面使用其特征为该第二空间强度分布的该调变的镭射能量束来加工。

附图说明

[0011] 图1是描绘用于定位在一种镭射加工系统中的像平面的一个实施例的实际组件的示意图。

具体实施方式

[0012] I. 介绍

[0013] 实例的实施例参考伴随图式而描述于本文。除非另为明确陈述,在图式中,构件、特征、组件、等等的尺寸、位置、等等、以及其相对距离不必依比例绘制,而可能为了清楚而夸大。

[0014] 本文所使用的术语仅为了描述特定实例的实施例的目的且无意为限制性质。如在本文所使用,单数形式“一(a)”、“一个(an)”与“该(the)”意图同样包括复数形式,除非上下文系明确地另为指明。应理解的是,当使用在此说明书中,术语“包含(comprises)”及/或“包含(comprising)”详细指明所陈述的特征、整体事物、步骤、操作、组件、及/或构件的存在,但不排除一个或多个其他特征、整体事物、步骤、操作、组件、构件、及/或其群组的存在或添加。除非另为指明,一个范围的值在陈述时而包括该范围的上限与下限、以及在其间的任何子范围。除非另为指明,诸如“第一”、“第二”、等等的术语仅是用以区别一个组件与另一者。举例来说,一个节点可称为“第一节点”,同理,且另一个节点可称为“第二节点”,或反之亦然。在本文所使用的段落标题仅为了组织目的且并非视为限制所描述的目标。

[0015] 除非另为指明,术语“大约(about)”、“左右(thereabout)”、等等意指的是,数量、尺寸、公式、参数、与其他的量与特征并非且不必为精确,但可为近似且/或为较大或较小,如所期望,反映容许误差、转换因素、舍入、测量误差与类似的、以及对于熟习此技艺人士所

已知的其他因素。

[0016] 诸如“在下方 (below)”、“在之下 (beneath)”、“下方 (lower)”、“在上方 (above)”、“与上方 (upper)”、以及类似的空间相对术语是可为了容易描述而使用在本文以描述一个组件或特征相对于另一个组件或特征的关系,如在图式所示。应理解的是,除了在图式所绘的方位之外,空间相对术语是意图涵盖不同方位。举例来说,若在图式中的一个物体是翻转,描述为在其他组件或特征的下方或之下的组件将于是方位为在所述其他组件或特征的上方。因此,示范的术语“在下方”是可涵盖在上方以及在下方的一个方位。一个物体可用其他方式定向 (例如:转动90度或在其他方位) 且在本文所使用的空间相对描述是可相应地解读。

[0017] 同样的标号指在全文中的同样组件。因此,相同或类似的标号可关于其他图式而描述,即使其并未被提到或描述于对应图式中。此外,甚至是并未由参考标号所标示的组件可关于其他图式而描述。

[0018] 将理解的是,诸多不同的形式与实施例是在没有脱离此揭露内容的精神与教导的情况下而为可能,故此揭露内容不应视为受限制于本文所陈述的实例的实施例。反之,这些实例与实施例的提供使得此揭露内容将为彻底完整,且将此揭露内容的范畴传达给熟习此技艺人士。

[0019] II. 系统概述

[0020] 图1示意说明根据本发明的一个实施例的镭射加工系统,其装配以使用成像的镭射能量束来加工工件。如将在下文所更详细描述,成像的镭射能量束藉由以镭射能量束来照射隙缝、屏蔽、等等所产生,以便将该隙缝、屏蔽等等的影像投射到其待加工的工件上。

[0021] 概括而言,加工是整体或部分达成,藉由用镭射辐射来照射工件以加热、熔化、蒸发、剥蚀、爆裂、变色、抛光、粗糙化、碳化、泡沫化、或用其他方式来修改该工件为由其所形成的一种或多种材料的一个或多个性质或特性 (例如:化学组成、晶体结构、电子结构、微结构、纳米结构、密度、黏性、折射率、导磁性、相对渗透率等等)。所述材料可在加工之前或期间而存在于工件的外表面,或可在加工之前或期间而位在工件之内 (即:不存在于工件的外表面)。可由图示的设备所实行的加工的特定实例包括:通路钻孔、穿孔、焊接、刻划、雕刻、标记 (例如:表面标记、子表面标记等等)、切割、镭射诱导顺向转移、清洗、褪色、亮画素修复 (例如:滤色器暗化、OLED材料的改良处理、等等)、去除涂覆层、表面纹理、等等。因此,由于加工而可能形成在工件上或之内的特征可包括:开口、槽、通路 (例如:盲孔、通孔、槽孔)、沟、渠、划线、截口、凹陷区域、传导线迹、欧姆接点、电阻图案、标记 (例如:由在其具有一个或多个视觉、文本、等等区别的特性的工件的一个或多个区域所组成)、或类似的或其任何组合。当形成为开口、通路等等,所述特征可具有任何适合或合意的形状 (例如:圆形、椭圆形、方形、矩形、三角形、环形、或类似的或其任何组合)。

[0022] 可由该种装置所加工的工件可概括描述特征为金属、聚合物、陶瓷、或复合物。可经加工的工件的特定实例包括:印刷电路板 (PCB, printed circuit board) 的面板 (亦在本文称为“PCB面板”)、PCB、可挠式印刷电路 (FPC, flexible printed circuit)、集成电路 (IC, integrated circuit)、IC封装 (ICP, IC package)、发光二极管 (LED, light-emitting diode)、LED封装、半导体晶圆、电子或光学装置基板 (例如:由 Al_2O_3 、 AlN 、 BeO 、 Cu 、 GaAs 、 GaN 、 Ge 、 InP 、 Si 、 SiO_2 、 SiC 、 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ (其中 $0.0001 < x < 0.9999$)、或类似的、或其任何组合或合金所

形成的基板)、用于微流体装置的由塑料、玻璃(例如:未强化、或热强化、化学强化或用其他方式强化)、石英、蓝宝石、塑料、硅、等等所形成的物品、触控传感器、电子显示器的构件(例如:已经形成在其上的基板、TFT、滤色器、有机LED(OLED, organic LED)数组、量子点LED数组、或类似的或其任何组合)、盖玻片、透镜、反射镜、屏幕保护器、等等、涡轮叶片、粉末、薄膜、箔片、平板、模具、纺织物(编织、毡制、等等)、外科手术仪器、医疗植入物、消费包装物品、鞋子、脚踏车、汽车、汽车或航空零件(例如:框架、本体面板、等等)、器具(例如:微波、炉具、冰箱、等等)、装置外壳(例如:用于手表、计算机、智能型手机、平板计算机、穿戴式电子装置、或类似的或其任何组合)。智能型手机通常理解为包括可携式电子装置,诸如:(由苹果计算机(APPLE)、三星(SAMSUNG)、等等所制造的)IPHONE、GALAXY、等等。平板计算机通常理解为包括可携式电子装置,诸如:(由苹果计算机、三星、谷歌(GOOGLE)、索尼(SONY)、等等所制造的)IPAD、GALAXY NOTE、NEXUS、XPERIA、等等。穿戴式电子装置通常理解为包括电子装置,诸如:(由PEBBLE、苹果计算机、摩托罗拉(MOTOROLA)、索尼、等等所制造的)PEBBLE、APPLE WATCH、MOTO 360、SMARTWATCH、GEAR、等等,其典型为配戴在使用者的手腕,但是亦可包括其经配戴在使用者的足部、腿部、躯干、手臂、手指、头部、耳朵、等等电子装置。

[0023] 是以,可经加工的材料包括一种或多种金属(例如:Al、Ag、Au、Cu、Fe、In、Mg、Pt、Sn、Ti、或类似物、或其组合或合金)、导电的金属氧化物(例如:ITO、等等)、透明的导电聚合物、陶瓷、蜡、树脂、无机介电材料(例如:使用作为层间的介电结构,诸如氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、或类似物或其任何组合)、低k的介电材料(例如:甲基倍半硅氧烷(MSQ, methyl silsesquioxane)、氢倍半硅氧烷(HSQ, hydrogen silsesquioxane)、氟化四乙基原硅酸盐(FTEOS, fluorinated tetraethyl orthosilicate)、或类似的或其任何组合)、有机介电材料(例如:SILK、苯并环丁烯(benzocyclobutene)、Nautilus(均为由陶氏公司(DOW)所制造)、多氟四乙烯(polyfluorotetraethylene)(由杜邦公司(DuPont)所制造)、FLARE(由联合化学公司(Allied Chemical)所制造)、或类似的或其任何组合)、玻璃纤维、聚合材料(聚酰胺(polyamide)、聚酰亚胺(polyimide)、聚酯(polyester)、聚缩醛(polyacetal)、聚碳酸酯(polycarbonate)、修饰的聚苯醚(modified polyphenylene ether)、聚对苯二甲酸丁二酯(polybutylene terephthalate)、聚苯硫(polyphenylene sulfide)、聚酯砜(polyester sulfone)、聚酯酰亚胺(polyester imide)、聚酯醚酮(polyester ether ketone)、液晶聚合物、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(acrylonitrile butadiene styrene)、与其任何化合物、复合物、或合金)、皮革、纸、积累材料(例如:ANJINOMOT堆积膜(Build-up Film)(亦习称为ABF)、等等)、玻璃纤维强化环氧树脂叠层(例如:FR4)、预浸材料、或类似的或其任何化合物、叠层、或其他组合。

[0024] 参考图1,镭射加工系统100包括:用于产生激光脉冲的镭射源102、束成像系统104、束定位器106、工件定位器108、扫描透镜110、控制器112、以及选用式的相机114。虽然未图标,镭射加工系统100还包括一个或多个光学构件(例如:束扩展器、束成形器、隙缝、谐波产生晶体、滤波器、准直器、透镜、反射镜、极化器、波板、绕射光学组件、或类似的或其任何组合)以聚焦、扩展、准直、成形、极化、滤波、分割、结合、或用其他方式修改、调节或指引其沿着延伸在镭射源102与扫描透镜110之间的一个或多个束路径(例如:束路径116)而由镭射源102所产生的激光脉冲。通过扫描透镜110所传送的激光脉冲沿着束轴而传播以便为递送到工件101。激光脉冲典型递送以便为入射于其待加工的工件表面101a的区域上。由递

送的激光脉冲所照射的区域在本文称为“加工光点 (spot)”、“光点位置”、或更简称为“光点”，且涵盖该束轴穿越过工件101的区域。

[0025] A. 镭射源

[0026] 在一个实施例中，镭射源102运作以产生激光脉冲。如此，镭射源102可包括脉冲镭射源、QCW镭射源、或CW镭射源。假如该镭射源102包括QCW或CW镭射源，镭射源102可更包括脉冲闸控单元(例如：声光(AO, acousto-optic)调变器(AOM, acousto-optic modulator)、束斩波器、等等)以依时间来调变由QCW或CW镭射源所输出的镭射放射束。在另一个实施例中，由镭射源102所产生的激光脉冲系可描述特征为具有在电磁频谱的紫外线(UV, ultra-violet)、可见光(例如：绿色)、红外线(IR, infrared)、近红外线(NIR, near-IR)、短波长红外线(SWIR, short-wavelength IR)、中波长红外线(MWIR, mid-wavelength IR)、或长波长红外线(LWIR, long-wavelength IR)范围中的一个或多个波长、或其任何组合。

[0027] 由镭射源102所输出的激光脉冲可具有在从30fs到900ms的范围中的脉冲宽度或期间(即：基于光功率对时间的半峰全幅值(FWHM, full-width at half-maximum))。然而，将理解的是，该脉冲期间可作成小于30fs或大于900ms。因此，由镭射源102所输出的至少一个激光脉冲可具有大于或等于10fs、15fs、30fs、50fs、100fs、150fs、200fs、300fs、500fs、700fs、750fs、850fs、900fs、1ps、2ps、3ps、4ps、5ps、7ps、10ps、15ps、25ps、500ps、1ns、1.5ns、2ns、5ns、10ns、20ns、50ns、100ns、200ns、400ns、800ns、1000ns、2μs、5μs、10μs、50μs、100μs、300μs、500μs、900μs、1ms、2ms、5ms、10ms、20ms、50ms、100ms、300ms、500ms、900ms、1s、等等的脉冲期间。同理，由镭射源102所输出的至少一个激光脉冲可具有小于1s、900ms、500ms、300ms、100ms、50ms、20ms、10ms、5ms、2ms、1ms、300ms、900μs、500μs、300μs、100μs、50μs、10μs、5μs、1000ns、800ns、400ns、200ns、100ns、50ns、20ns、10ns、5ns、2ns、1.5ns、1ns、500ps、25ps、15ps、10ps、7ps、5ps、4ps、3ps、2ps、1ps、900fs、850fs、750fs、700fs、500fs、300fs、200fs、150fs、100fs、50fs、30fs、15fs、10fs、等等的脉冲期间。在一个实施例中，由镭射源102所输出的激光脉冲具有在从3ps到15ps的范围中的脉冲期间。在另一个实施例中，由镭射源102所输出的激光脉冲具有在从5ps到7ps的范围中的脉冲期间。

[0028] 由镭射源102所输出的激光脉冲可具有在从100mW到50kW的范围中的平均功率。然而，将理解的是，该平均功率可作成小于100mW或大于50kW。因此，由镭射源102所输出的激光脉冲可具有大于或等于100mW、300mW、500mW、800mW、1W、2W、3W、4W、5W、6W、7W、500W、2kW、3kW、20kW、50kW、等等的平均功率。同理，由镭射源102所输出的激光脉冲可具有小于50kW、20kW、3kW、2kW、500W、7W、6W、5W、4W、3W、2W、1W、800mW、500mW、300mW、100mW、等等的平均功率。

[0029] 激光脉冲可由镭射源102以在从5kHz到1GHz的范围中的脉冲重复率所输出。然而，将理解的是，该脉冲重复率可小于5kHz或大于1GHz。因此，激光脉冲可由镭射源102以大于或等于5kHz、50kHz、100kHz、250kHz、500kHz、800kHz、900kHz、1MHz、2MHz、10MHz、20MHz、50MHz、70MHz、100MHz、150MHz、200MHz、250MHz、300MHz、350MHz、500MHz、550MHz、700MHz、900MHz、2GHz、10GHz、等等的脉冲重复率所输出。同理，激光脉冲可由镭射源102以小于10GHz、2GHz、1GHz、900MHz、700MHz、550MHz、500MHz、350MHz、300MHz、250MHz、200MHz、150MHz、100MHz、90MHz、70MHz、50MHz、20MHz、10MHz、2MHz、1MHz、900kHz、800kHz、500kHz、250kHz、100kHz、50kHz、5kHz、等等的脉冲重复率所输出。在另一个实施例中，镭射源102可

操作以基于需求而并非以任何特定脉冲重复率来产生一个或多个激光脉冲。

[0030] 除了波长、脉冲期间、平均功率与脉冲重复率之外,传递到工件101的激光脉冲可由诸如脉冲能量、峰值功率、等等一个或多个其他特性来描述其特征,其可选择(例如:选用式为基于诸如波长、脉冲期间、平均功率与脉冲重复率的一个或多个其他特性)以充分加工该工件101或其构件的光学强度(按 W/cm^2 所测量)、通量(按 J/cm^2 所测量)、等等而在加工光点来照射在工件101。

[0031] 在另一个实施例中,镭射源102可提供为一种QCW或CW镭射源且不包括脉冲闸控单元。在该实施例中,镭射源102可产生连续的镭射束以供沿着束路径116的后续的传播。因此,镭射源102可广义描述特征为被运作以产生镭射能量束,其可显现为一连串的激光脉冲或作为连续的镭射束,其可然后为沿着束路径116而传播。虽然在本文所论述的诸多实施例中提及激光脉冲,应理解的是,连续束可作为替代而运用。

[0032] 可提供作为镭射源102的镭射型式的实例包括气体镭射(例如:二氧化碳镭射、一氧化碳镭射、准分子(excimer)镭射、等等)与固态镭射(例如:Nd:YAG镭射)、棒(rod)镭射、光纤镭射、光子晶体棒/光纤镭射、被动模式锁定的固态纤维或光纤镭射、染料(dye)镭射、模式锁定的二极管镭射、或类似的或其任何组合。可经装备为镭射源102的镭射源的实例包括诸如由EOLITE所制造的BOREAS、HEGOA、SIROCCO或CHINOOK系列的镭射、由PYROPHOTONICS所制造的PYROFLEX系列的镭射、由COHERENT所制造的PALADIN进阶355或DIAMOND系列的镭射、由IPG PHOTONICS所制造的GLPN-500-R镭射、等等镭射源。

[0033] B. 束成像系统

[0034] 输入到束成像系统104的镭射能量束的空间强度分布(即:亦在本文称作为“输入空间强度分布”)可经描述特征为一种高斯(Gaussian)轮廓、一种 sech^2 轮廓、一种劳伦兹(Lorentzian)轮廓、等等,且该束成像系统104装配以在空间上削减、修剪、截切或用其他方式来调变镭射能量的输入束的空间强度轮廓。因此,由该束成像系统104所输出的镭射能量束可描述特征为具有经调变的空间强度轮廓,其为不同于输入空间强度分布。

[0035] 在一些实施例中,束成像系统104可装备有一个或多个成像构件,诸如:隙缝轮、虹膜式光圈、光学狭缝、空间光调变器、屏蔽、或类似的或其任何组合。选用而言,束成像系统104可包括绕射光学组件(DOE,diffractive optical element)。然而,在一个实施例中,镭射加工系统100不包括DOE。概括而言,隙缝轮可提供为具有形成于其中的多个隙缝的不透明盘片,所述隙缝的中心相距该盘片的中心为径向等距。然而,将理解的是,隙缝轮可用任何其他适合的方式来装配。可使用在束成像系统104之中的虹膜式光圈包括虹膜式光圈,其被装配以界定圆形(或至少概括圆形)隙缝、方形或矩形隙缝、三角形隙缝、或类似的或其任何组合。

[0036] 束成像系统的成像构件可机械式(例如:借着马达,就隙缝轮、虹膜式光圈或其他屏蔽而言)或电子式(例如:就空间光调变器而言)驱动以调变入射到其的镭射能量束的空间强度轮廓,因而输出经空间调变的镭射能量束。举例来说,隙缝轮可安装(例如:于其中心)在心轴上且以将隙缝选择性放置进入(或离开)束路径116的一种方式而转动。虹膜式光圈可安装为将其虹膜置中在束路径116且驱动以打开、闭合、或用其他方式调整由该虹膜所界定的开口的大小。选用而言,束成像系统104可装配以通过入射的镭射能量束,使入射的镭射能量束的空间强度轮廓未调变(或是至少实质为未调变)。

[0037] 概括而言,束成像系统104装配以输出具有其为圆形或非圆形(例如:椭圆形、方形、矩形、三角形、星形、诸如多个部分的圆形或楔形的断裂或以其他方式中断的圆形、或任何任意的形状)、或其任何组合的空间强度轮廓(当以正交于束路径116的平面来评估)的镭射能量束。举例来说,束成像系统104可包括其具有至少一个圆形隙缝与至少非圆形隙缝的隙缝轮。

[0038] 在另一个实例中,束成像系统104包括其沿着束路径116而串联配置的二个成像构件。在此实例中,所述成像构件的一个可包括圆形隙缝(或经装配以界定圆形隙缝)且所述成像构件的另一个可包括非圆形隙缝(或经装配以界定非圆形隙缝)。替代而言,二个成像构件均可包括圆形隙缝,但可被装配以使得当响应于校正命令而致动(参阅下文),由所述成像构件所界定的圆形隙缝的中心并非同轴。在此状态,圆形隙缝调变入射的镭射能量束的空间强度分布轮廓,以输出其具有非圆形、双凸面的空间强度分布轮廓的镭射能量束。

[0039] 在另一个实例中,束成像系统104包括其沿着束路径116而串联配置的二个成像构件。在此实例中,所述成像构件的一个可包括圆形隙缝(或经装配以界定圆形隙缝)且所述成像构件的另一个可包括非圆形隙缝(或经装配以界定非圆形隙缝)。

[0040] C. 束定位器

[0041] 束定位器106运作以使从束成像系统104的输出而沿着束路径116所传播的镭射能量束绕射、反射、折射、或类似的或其任何组合,以便给予该束路径116相对于扫描透镜110的移动。概括而言,束定位器106装配以给予该束轴相对于工件101而沿着X与Y轴(或方向)的移动,使加工光点可扫描、移动或用其他方式而定位在其(例如:从扫描透镜110)被投射到工件101的扫描场域内。虽然未图示,X轴(或X方向)将了解以指称其为正交于图示的Y与Z轴(或方向)的轴(或方向)。

[0042] 束定位器106可提供为一种微电子机械系统(MEMS,micro-electro-mechanical-system)镜或镜数组、A0偏向器(AOD,A0 deflector)系统、电光学偏向器(E0,electro-optic deflector)系统、快速操纵镜(FSM,fast-steering mirror)组件(例如:纳入压电式致动器、电伸缩式致动器、音圈式致动器、等等)、检流计镜系统(例如:包括二个检流计镜构件,其中一个检流计镜构件系配置以给予该束轴相对于工件101沿着X方向的移动且另一个检流计镜构件配置以给予该束轴相对于工件101沿着Y方向的移动)、或类似的或其任何组合。

[0043] D. 工件定位器

[0044] 工件定位器108运作以相对于扫描透镜110朝X、Y及/或Z方向而移动工件101。因此,在工件定位器108朝X及/或Y方向而移动工件101的情形下,工件定位器108装配以将该工件101的不同区域移动进出由扫描透镜110所投射的扫描场域。在一个实施例中,工件定位器108提供为一个或多个线性台(例如:每个线性台能够将沿着X、Y、及/或Z方向的平移移动给予到工件101)、一个或多个旋转台(例如:每个旋转台能够将关于平行于X、Y及/或Z方向的一轴的旋转移动给予到工件101)、或类似的或其任何组合。在一个实施例中,工件定位器108包括:用于沿着X方向而移动工件101的X台、以及用于沿着Y方向而移动工件101且由X台所支撑(且因此可由X台而沿着X方向移动)的Y台。镭射加工系统100可选用式包括夹头(未显示),其耦接到工件定位器108,工件101可夹住、固定、支承、牢固或用其他方式所支撑到工件定位器108。虽然未显示,镭射加工系统100亦可包括其支撑工件定位器108的选用式

的底座。

[0045] 如到目前为止所述,镭射加工系统100运用一种所谓的“堆栈(stacked)”定位系统,其中,诸如束定位器106、扫描透镜110、等等的构件的位置相对于工件101而在镭射加工系统100为保持静止(例如:经由一个或多个支架、框架、等等,如在此技艺所习知),工件101经由工件定位器108而移动。在另一个实施例中,且虽然未显示,一个或多个补充的定位器(例如:一个或多个线性、旋转台、或类似的或其任何组合)可提供以移动诸如束定位器106、扫描透镜110、等等的一个或多个构件,且工件101可保持静止(在此情形,工件定位器108可省略)。

[0046] 在又一个实施例中,镭射加工系统100可运用一种分离轴(split-axis)定位系统,其中,诸如束定位器106、扫描透镜110、等等的一个或多个构件可由一个或多个补充的定位器(未显示)来定位。在该实施例中,一个或多个线性或旋转台配置且装配以移动诸如束定位器106、第二定位器108、扫描透镜110、等等的一个或多个构件,且工件定位器108配置且装配以移动该工件101。可裨益或有利地运用在镭射加工系统100的分离轴定位系统的一些实例包括在美国专利第5,751,585号、第5,798,927号、第5,847,960号、第6,706,999号、第7,605,343号、第8,680,430号、第8,847,113号、或在美国专利申请案公告第2014/0083983号中所揭示的、或其任何组合,其各自整体以参照方式而纳入本文。

[0047] 在另一个实施例中,诸如束定位器106、扫描透镜110、等等的一个或多个构件可由铰接式、多轴的机械手臂(例如:2-、3-、4-、5-、或6-轴的手臂)所承载。在该实施例中,束定位器106及/或扫描透镜110系可选用式承载作为机械手臂的末端执行器。在又一个实施例中,工件101可直接承载在铰接式、多轴的机械手臂的一个末端执行器(即:没有工件定位器108的情况下)。在再一个实施例中,工件定位器108可承载在铰接式、多轴的机械手臂的末端执行器。

[0048] D. 扫描透镜

[0049] 扫描透镜110(例如:经提供为简单透镜、或复合透镜)概括装配以将镭射能量聚焦指向沿着束路径116,以便产生束腰部。扫描透镜110可提供为一种f- θ 透镜、远心透镜、旋转三棱镜(axicon)透镜、或类似的或其任何组合。在一个实施例中,扫描透镜110提供为一种固定焦距的透镜且被耦合到透镜致动器(未显示),其装配以移动该扫描透镜110(例如:以便改变沿着束轴的束腰部的位置)。举例来说,透镜致动器可提供为音圈,其装配以沿着Z方向而将扫描透镜110线性平移。在另一个实施例中,扫描透镜110提供为一种可变焦距的透镜(例如:一种变焦透镜、或一种所谓的“液体透镜”,其纳入由COGNEX、VARIOPTIC、等等所目前提供的技术),其能够被致动(例如:经由透镜致动器)以改变沿着束轴的束腰部的位置。

[0050] E. 控制器

[0051] 概括而言,控制器112为连通式耦合(例如:通过诸如USB、以太网(Ethernet)、火线(Firewire)、Wi-Fi、RFID、NFC、蓝牙(Bluetooth)、Li-Fi、或类似的或其任何组合的一个或多个有线或无线的通讯链路)到镭射加工系统100的一个或多个构件,诸如:镭射源102、束定位器106、工件定位器108、透镜致动器、等等,且其因此为响应于由控制器112所输出的一个或多个控制讯号而运作。

[0052] 概括而言,控制器112包括一个或多个处理器,其经装配以在执行指令时而产生控制讯号。处理器可经提供为可程序的处理器(例如:包括一个或多个通用计算机处理器、微

处理器、数字信号处理器、或类似的或其任何组合),其经装配以执行指令。可由处理器所执行的指令可实施为软件、固件、等等、或是任何适合形式的电路,其包括:可程序逻辑装置(PLD,programmable logic device)、现场可程序门阵列(FPGA,field-programmable gate array)、现场可程序对象数组(FPOA,field-programmable object array)、特定应用集成电路(ASIC,application-specific integrated circuit)(其包括数字、模拟与混合式模拟/数字电路)、或类似的、或其任何组合。指令的执行可实行在处理器上、分布在处理器之间、跨于在装置内的处理器或跨于装置的网络而作成并行,或类似的或其任何组合。

[0053] 在一个实施例中,控制器112包括有形媒体,诸如:计算机内存,其可由处理器所存取(例如:经由一个或多个有线或无线的通讯链路)。如在本文所使用,“计算机内存”包括磁性媒体(例如:磁带、硬盘机、等等)、光盘、依电性或非依电性的半导体内存(例如:RAM、ROM、NAND型式的闪存、NOR型式的闪存、SONOS内存、等等),且可为区域、远距(例如:跨于网络)或其组合而存取。概括而言,所述指令可储存为计算机软件(例如:可执行代码、档案、指令、等等、链接库档案、等等),从本文所提供的说明而可易于由技术人员所创作,例如:以C、C++、Visual Basic、Java、Python、Tel、Perl、Scheme、Ruby、等等所撰写。计算机软件通常储存在由计算机内存所承运的一个或多个数据结构中。

[0054] 虽然未显示,一个或多个驱动器(例如:RF驱动器、伺服驱动器、线路驱动器、电源、等等)可连通式耦合到诸如镭射源102、束定位器106、第二定位器108、工件定位器108、透镜致动器、等等的一个或多个构件的输入。在一个实施例中,各个驱动器典型包括输入,控制器112连通式耦合到该输入,且控制器112因此操作以产生一个或多个控制讯号(例如:触发讯号、等等),其可被传送到关联于镭射加工系统100的一个或多个构件的一个或多个驱动器的输入。因此,诸如镭射源102、束定位器106、第二定位器108、第三定位器、透镜致动器、等等的构件响应于由控制器112所产生的控制讯号。

[0055] 在另一个实施例中,且虽然未显示,一个或多个另外的控制器(例如:特定构件的控制器)可选用式为连通式耦合到驱动器的输入,该驱动器连通式耦合到诸如镭射源102、束定位器106、工件定位器108、透镜致动器、等构件(且因此为关联于该构件)。在此实施例中,各个特定构件的控制器可连通式耦合到控制器112且运作以响应于从控制器112所接收的一个或多个控制讯号而产生一个或多个控制讯号(例如:触发讯号、等等),其可被传送到经连通式耦合到驱动器的输入。在此实施例中,特定构件的控制器可如关于控制器112所类似的描述而装配。

[0056] 在其中一个或多个特定构件的控制器系提供的另一个实施例中,关联于构件(例如:镭射源102)的特定构件的控制器连通式耦合到其关联于构件(例如:束定位器106、等等)的特定构件的控制器。在此实施例中,所述特定构件的控制器的一个或多个可响应于从一个或多个其他特定构件的控制器所接收的一个或多个控制讯号而产生一个或多个控制讯号(例如:触发讯号、等等)。

[0057] E. 相机

[0058] 当经包括在镭射加工系统100之中,相机114概括装配以捕捉工件101的影像且将其代表所捕捉影像的影像数据传送到控制器112。相机114可提供为一种数字相机(例如:CCD相机、CMOS相机、或类似的或其任何组合),且可被装配及配置以使相机114的视野完全位在扫描场域之外。在另一个实施例中,相机114装配及配置以使相机114的视野完全位在

扫描场域之内。在又一个实施例中,相机114装配及配置以使相机114的视野仅部分为位在扫描场域之内。当相机114的视野完全位在扫描场域之外(或仅部分为位在扫描场域之内),工件定位器108可装配以定位该工件101的任何区域,其为能够被定位在扫描场域之内,在相机114的视野之内。

[0059] III.关于像平面定位的实施例

[0060] 当工件表面101a位在其关联于束成像系统104的一个或多个成像构件(例如:一个或多个隙缝、屏蔽、等等)的像平面,照射在工件表面101a的加工光点的形状将相同于(或至少类似于)由束成像系统104所输出的镭射能量束的形状。概括而言,像平面在预加工或校正步骤期间所定位。在该像平面系定位之后,镭射加工系统100调整以将工件表面101a固定在该像平面且工件101如所期望而加工。

[0061] 为了定位该像平面,使用者藉由加工该工件101以在其中形成多个测试型样(例如:藉由将成像的镭射能量束递送到在工件101的一个或多个加工光点)而进行实验。概括而言,递送的镭射能量束的特性选择或用其他方式设定以便在该加工光点或附近来将工件101(或其构件)剥蚀、熔化、褪色等等。在像平面定位过程期间,束成像系统104的操作受控制(例如:手动或经由控制器112)以通过其具有形状为非圆形(当在其为正交于束路径116的平面所视)的调变空间强度轮廓(亦称为“测试空间强度轮廓”)的镭射能量束。测试空间强度轮廓可具有任何适合的非圆形的形状(例如:椭圆形、方形、矩形、三角形、新月形、半圆形、制鞋刀(arbelos)形、星形、等等、或任何任意的形状)。之后,镭射源102以及束定位器106与工件定位器108的一个或多个的操作受到控制(例如:藉由控制器112)以形成在工件101的测试型样。

[0062] 在像平面定位过程期间,多个测试型样形成,各者在工件表面101a与扫描透镜110之间的不同距离(亦在本文称为“加工距离”)。在各个测试型样形成之前,加工距离可藉由(例如:手动或经由控制器112)致动或控制工件定位器108、补充定位器、或其任何组合的操作而(递增或用其他方式)调整以沿着Z轴而重新定位工件101、扫描透镜110、或其组合。在一个实施例中,加工距离可调整于2mm的一段距离、于1.5mm的一段距离、于1.2mm的一段距离、于1mm的一段距离、于0.5mm的一段距离、或类似的。因此,测试型样可特征为形成在工件101,于一组的加工距离,其包括或否则为偏离一参考距离。如在本文所使用,“参考距离”可指该扫描透镜110的运作距离(即:当工件表面101a在扫描透镜110的聚焦平面时而在扫描透镜110的前缘与工件表面101a之间的距离)、相机114的焦距、在扫描透镜110与工件表面101a之间的距离(如由距离传感器、着陆传感器、等等所记录)、或类似的,或是可用其他方式而为从其所导出。

[0063] 概括而言,各个测试型样形成在工件101的不同区域以利于随后的视觉分析与其比较。在一个实施例中,各个测试型样被形成在其处的区域对应于该测试型样在像平面定位过程期间所形成的顺序。举例来说,在像平面定位过程期间所形成的测试型样可配置在 $m \times n$ 数组的工件区域内(其中, m 与 n 整数, $m \geq 1$ 且 $n > 1$,且各自的区域由有序对 (m, n) 所识别),且第一个测试型样可形成在该数组的区域 $(1, 1)$,第二个测试型样可形成在该数组的区域 $(1, 2)$,诸如此类。因此,在该数组内的特定测试型样的定位指示特定的加工距离。

[0064] 在一个实施例中,使用者可执行像平面定位过程(例如:经由其连通式耦合到控制器112的用户输入设备(未显示)来提供指令以进行此举)。用户输入设备可为一种键盘、计

计算机鼠标、触控屏幕、等等。在收到来自该用户的指令之时,控制器112可控制镭射源102、束成像系统104、束定位系统106、工件定位系统108、一个或多个补充定位器、或类似的或其任何组合的一个或多个的操作以形成在工件101之中的多个测试型样。经常,这些参考距离将(至多)离开该像平面为数毫米。

[0065] 在形成多个测试型样之后,使用者可(例如:视觉)检查所述测试型样以确定哪个测试型样含有其具有形状为最接近类似的于束成像系统104所选择的隙缝的非圆形形状的特征。概括而言,照射在工件表面101a的加工光点的形状(且因此为形成在工件101之特征的形状)将接近类似的于测试空间强度轮廓的形状,若该特征当工件表面101a被包含在该隙缝的像平面而形成。若工件表面101a位在远离该像平面,加工光点的形状(且因此为形成在工件101的特征的形状)不会接近类似的于测试空间强度轮廓的形状。在一些情形,经照射在其位在充分远离该像平面的工件表面101a的加工光点的形状(且因此为形成在工件101的特征的形状)不论该测试空间强度轮廓的形状而为圆形。藉由评估该加工光点的形状或其形成在加工光点的特征的形状,隙缝的像平面可容易且快速定位,无须如上所述而模拟该束轮廓或估测 Δz 。

[0066] 一旦其含有具有形状为最接近类似的于所选择隙缝的非圆形形状的特征的测试型样识别,使用者可设定该加工距离,藉由(例如:手动或经由控制器112)致动或用其他方式控制该工件定位器108、补充定位器、或其任何组合的操作而重新定位该工件101、扫描透镜110、或其组合为沿着Z轴以将工件表面101a放置在束成像系统104的像平面之内。之后,束成像系统104的操作可(例如:经由控制器112)控制而通过镭射能量束,其具有未调变的调变的空间强度轮廓或不同于该测试调变的空间强度轮廓的一个调变的空间强度轮廓(亦在本文称为“加工空间强度轮廓”)。概括而言,加工空间强度轮廓将为圆形,但是可替代为非圆形(例如:椭圆形、方形、矩形、三角形、新月形、半圆形、制鞋刀形、星形、等等、或任何任意的形状、等等),只要该加工空间强度轮廓不同于测试空间强度轮廓。在另一个实施例中,该加工空间强度轮廓可相同于测试空间强度轮廓。之后,镭射源102以及束定位器106与工件定位器108的一个或多个的操作控制(例如:藉由控制器112)以加工该工件101,令该工件表面101a被放置在像平面。可经实行的示范的加工包括:冲击钻孔技术(例如:运用单一个激光脉冲或多个激光脉冲以在诸如PCB的工件来钻出通孔)。

[0067] 如上文所论述,用户承担责任来视觉检查在像平面定位过程期间所形成的测试型样。在另一个实施例中,视觉检查可为以算法来实行。举例来说,相机114可捕捉测试型样的影像且产生其代表所捕捉的影像的影像数据。该影像数据可传送到控制器112且在其处理以确定哪个测试型样含有其具有形状为最接近类似的于该束成像系统104在像平面定位过程期间所设定的隙缝者的特征。影像数据可用任何适合方式来处理以进行此举。可经运用的示范的处理技术包括:标度不变的特征变换(SIFT, Scale-Invariant Feature Transform)、加速的强健特征(SURF, Speeded-Up Robust Features)、梯度定位与方位的直方图(GLOH, Gradient Location and Orientation Histogram)、定向梯度的直方图(HOG, Histogram of Oriented Gradients)、或类似的或其任何组合。具有特征其形状为最接近类似的于束成像系统104所设定的隙缝的测试型样(例如:在诸如上文论述的 $m \times n$ 数组的一数组内)的定位识别,且关联于识别的定位的加工距离设定(藉由控制器112)为像平面所位在处的相距该扫描透镜110的距离。控制器112可接着控制工件定位器108、补充定位器、或

其任何组合的操作而重新定位该工件101、扫描透镜110、或其组合以将工件表面101a放置在束成像系统104的像平面之内。

[0068] 在以上的实施例中,在校正步骤期间所初始加工的工件101相同于在校正步骤后所加工(例如:在其中钻出通孔、等等)的工件101。然而,在另一个实施例中,在校正步骤期间所初始加工的工件101(亦在本文称为“校正工件”)可从工件定位器108所移除且新的工件101(亦在本文称为“加工工件”)可安装到工件定位器108以供加工(例如:在其中钻出通孔)。在此实施例中,校正工件如同加工工件的相同(或至少实质相同)厚度,或所述校正与加工工件的厚度不同。若加工工件的厚度不同于校正工件的厚度,工件定位器108、补充定位器、或其任何组合可致动或用其他方式控制(例如:手动或经由控制器112)而重新定位该加工工件101、扫描透镜110、或其组合为沿着Z轴以补偿在厚度的差异且将该加工工件的工件表面101a放置在该束成像系统104的像平面之内。

[0069] 鉴于上文,应认知的是,上文所论述的该种镭射加工系统与像平面定位过程提供诸多的优点。举例来说,该像平面定位过程直接寻找像平面,免除要找到最小光点尺寸的平面的需求。找到对于圆形光点的最小光点尺寸的平面仅为中间步骤,且找到该最小光点尺寸之过程有点主观—不仅是因为在剥蚀坑洞中所形成的特征的形状变化不多,而且还因为特征的几何特性(例如:尺寸、深度、等等)亦取决于镭射能量。仅为直接寻找该像平面节省时间且降低误差。因为该像平面直接定位,没有必要实行该束轮廓的复杂且耗时的模拟以估测 Δz 。

[0070] IV. 结论

[0071] 前文说明本发明的实施例与实例,而并非被视为其限制。虽然一些特定的实施例与实例已经关于图式而描述,熟习此技艺人士将易于理解的是,对于揭示的实施例与实例的诸多修改、以及其他实施例在未实质脱离本发明的新颖揭示内容与优点的情况下而为可能。是以,所有所述修改意图被包括在如权利要求所界定的本发明的范畴内。举例来说,熟习此技艺人士将理解的是,任何句子、段落、实例或实施例的目标可和一些或所有其他句子、段落、实例或实施例的目标相结合,除了在所述结合相互排斥之外。因此,本发明的范畴应由以下的权利要求所确定,且所述权利要求的等效者包括在其中。

在镭射加工系统中的像平面的定位

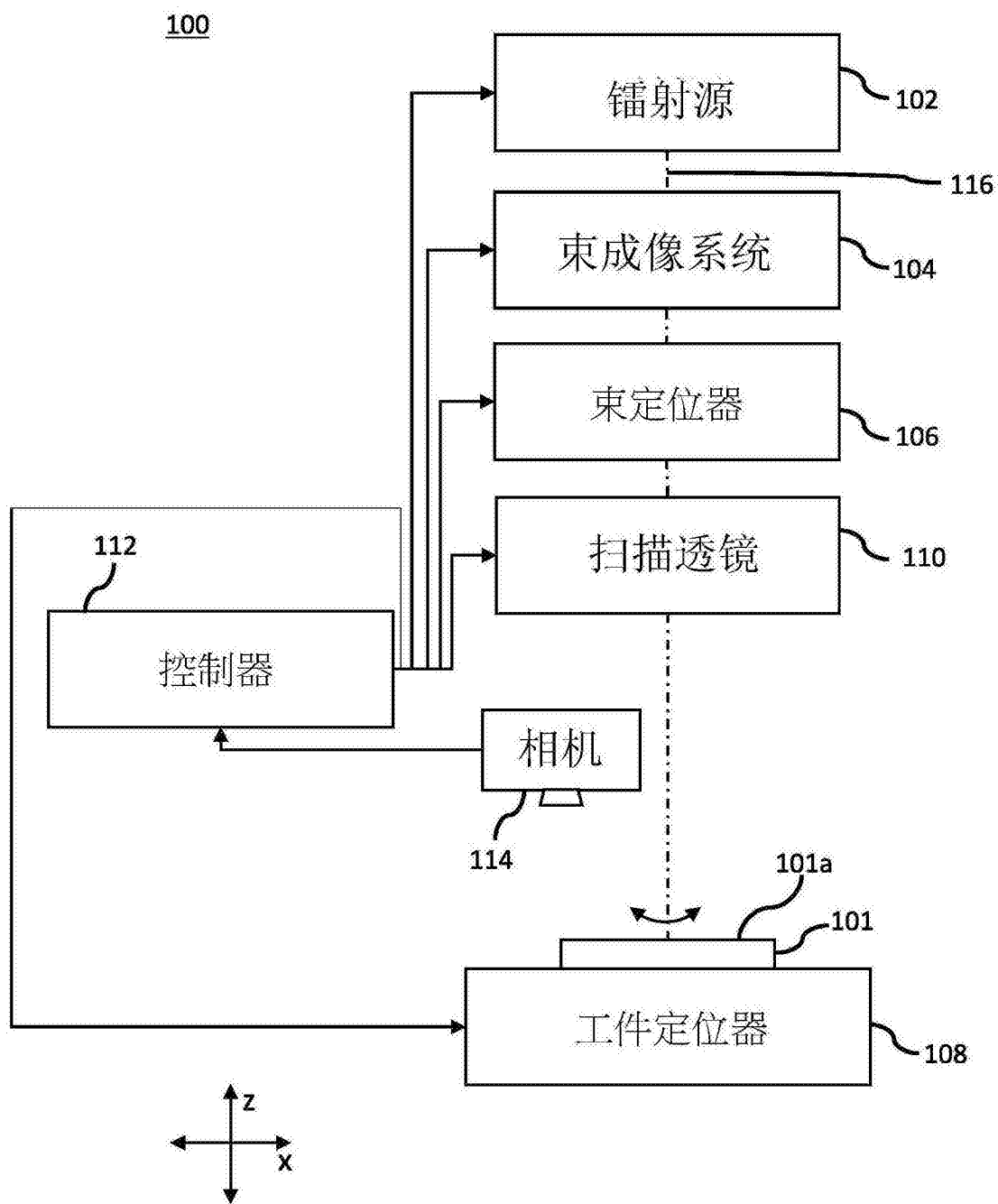


图1