



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106094441 A

(43) 申请公布日 2016. 11. 09

(21) 申请号 201510800502. 7

(22) 申请日 2015. 11. 19

(30) 优先权数据

62/155, 111 2015. 04. 30 US

14/803, 849 2015. 07. 20 US

(71) 申请人 台湾积体电路制造股份有限公司

地址 中国台湾新竹

(72) 发明人 卢彦丞 陈政宏 吴善德 陈子祥

(74) 专利代理机构 北京德恒律治知识产权代理有限公司 11409

代理人 章社杲 李伟

(51) Int. Cl.

G03F 7/20(2006. 01)

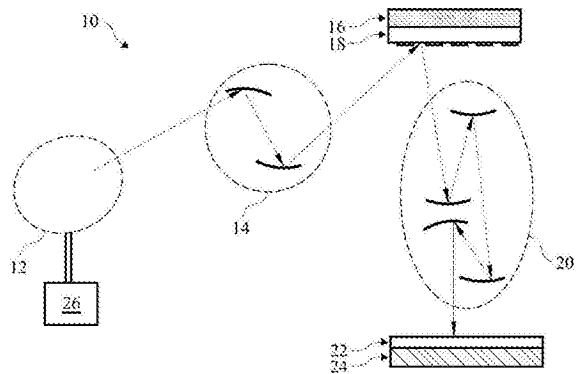
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

远紫外光刻收集器污染减少

(57) 摘要

远紫外 (EUV) 辐射源模块包括目标液滴发生器、第一激光源和第二激光源。目标液滴发生器配置为生成多个目标液滴。第一激光源配置为生成多个第一激光脉冲, 第一激光脉冲在相应的激发位置处加热目标液滴, 从而生成多个目标羽流。目标液滴的至少一个在与其他目标液滴不同的激发位置处被加热。第二激光源配置为生成多个第二激光脉冲, 第二激光脉冲加热目标羽流, 从而生成发射 EUV 辐射的等离子体。本发明的实施例还涉及远紫外光刻收集器污染减少。



1. 一种远紫外 (EUV) 辐射源模块,包括:
目标液滴发生器,配置为生成多个目标液滴;
第一激光源,配置为生成多个第一激光脉冲,所述第一激光脉冲加热所述目标液滴,从而生成多个目标羽流,其中,所述目标液滴的至少一个在与其他目标液滴不同的激发位置处被加热;以及
第二激光源,配置为生成多个第二激光脉冲,所述第二激光脉冲加热所述目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体。
2. 根据权利要求 1 所述的 EUV 辐射源模块,还包括:
收集器,配置为收集和反射所述 EUV 辐射。
3. 根据权利要求 1 所述的 EUV 辐射源模块,其中:
所述目标液滴发生器配置为一次一个地生成所述目标液滴;以及
所述第一激光源配置为一次一个地生成所述第一激光脉冲,所述第一激光脉冲与所述目标液滴的生成大体同步,其中,所述第一激光脉冲的至少一个比正常时序更早地生成。
4. 根据权利要求 1 所述的 EUV 辐射源模块,其中:
所述目标液滴发生器配置为一次一个地生成所述目标液滴;以及
所述第一激光源配置为一次一个地生成所述第一激光脉冲,所述第一激光脉冲与所述目标液滴的生成大体同步,其中,所述第一激光脉冲的至少一个比正常时序更迟地生成。
5. 根据权利要求 1 所述的 EUV 辐射源模块,其中,所述第一激光源和所述第二激光源是同步的,使得在每个所述第一激光脉冲和相应的一个所述第二激光脉冲之间存在固定的时间延迟。
6. 根据权利要求 1 所述的 EUV 辐射源模块,其中,所述第一激光源和所述第二激光源配置为使得所述目标液滴的至少一个不被所述第一激光源或所述第二激光源加热。
7. 根据权利要求 1 所述的 EUV 辐射源模块,其中,所述目标液滴包括锡 (Sn)。
8. 根据权利要求 1 所述的 EUV 辐射源模块,其中,所述第一激光脉冲和所述第二激光脉冲的驱动功率为至少 20kW。
9. 一种 EUV 光刻系统,包括:
辐射源,其中,所述辐射源包括:
目标液滴发生器,配置为生成多个目标液滴;
第一激光源,配置为生成多个第一激光脉冲,所述第一激光脉冲加热所述目标液滴,从而生成多个目标羽流,其中,所述目标液滴的至少一个在与其他目标液滴不同的激发位置处被加热;
第二激光源,配置为生成多个第二激光脉冲,所述第二激光脉冲加热所述目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体;和
收集器,配置为收集和反射所述 EUV 辐射;
掩模工作台,配置为固定 EUV 掩模;
晶圆工作台,配置为固定半导体晶圆;以及
光学模块,设计为向导来自所述辐射源的所述 EUV 辐射以将限定在所述 EUV 掩模上的集成电路 (IC) 图案成像至所述半导体晶圆。
10. 一种用于图案化目标的远紫外 (EUV) 光刻工艺,包括:

将半导体晶圆装载至 EUV 光刻系统,所述 EUV 光刻系统包括:

辐射源,所述辐射源包括:

目标液滴发生器,配置为生成多个目标液滴;

第一激光源,配置为生成多个第一激光脉冲,所述第一激光脉冲加热所述目标液滴,从而生成多个目标羽流;

第二激光源,配置为生成多个第二激光脉冲,所述第二激光脉冲加热所述目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体;和

收集器,配置为收集和反射所述 EUV 辐射;

掩模工作台,保持 EUV 掩模;

晶圆工作台,配置为固定所述半导体晶圆;以及

光学模块,设计为导向来自所述辐射源的所述 EUV 辐射以将限定在所述 EUV 掩模上的 IC 图案成像至所述半导体晶圆;

编程所述辐射源,使得所述目标液滴和所述第一激光脉冲的生成与正常时序大体同步,但是所述第一激光脉冲的至少一个在与所述正常时序不同的时序处生成;以及

通过所述 EUV 辐射曝光所述半导体晶圆。

远紫外光刻收集器污染减少

[0001] 优先权数据

[0002] 本申请要求 2015 年 4 月 30 日提交的标题为“Extreme Ultraviolet Lithography Collector Contamination Reduction”的美国临时申请第 62/155,111 号的权益,其全部内容结合于此作为参考。

技术领域

[0003] 本发明的实施例涉及远紫外光刻,更具体地,涉及远紫外光刻收集器污染减少。

背景技术

[0004] 半导体集成电路 (IC) 工业已经经历了指数增长。IC 材料和设计中的技术进步已经产生了多代 IC,其中,每一代 IC 都具有比前一代更小和更复杂的电路。在 IC 演化的过程中,功能密度(即,每芯片面积的互连器件的数量)通常已经增大,而几何尺寸(即,使用制造工艺可以产生的最小组件(或线))已经减小。这种按比例缩小工艺通常通过提高生产效率和降低相关成本来提供益处。这些按比例缩小也已经增大了 IC 处理和制造的复杂度。

[0005] 例如,实施更高分辨率的光刻工艺的需求增长。一种光刻技术是远紫外光刻 (EUVL)。EUVL 采用使用远紫外 (EUV) 区的光的扫描仪,远紫外区具有约 1-100nm 的波长。一些 EUV 扫描仪提供类似于一些光学扫描仪的 4X 缩小投影印刷,除了 EUV 扫描仪使用反射光学而不是折射光学之外,即,反射镜而不是透镜。一种类型的 EUV 光源是激光等离子体 (LPP)。LPP 技术通过将高功率激光束聚焦在小锡液滴目标上以形成发射 EUV 辐射的高度电离的等离子体而产生 EUV 光,EUV 辐射具有 13.5nm 的最大发射的峰。然后 EUV 光由 LPP 收集器收集并且通过光学组件朝着光刻目标(例如,晶圆)反射。由于颗粒、离子、辐射的碰撞和更严重的锡沉积,LPP 收集器经受损坏和退化。

发明内容

[0006] 本发明的实施例提供了一种远紫外 (EUV) 辐射源模块,包括:目标液滴发生器,配置为生成多个目标液滴;第一激光源,配置为生成多个第一激光脉冲,所述第一激光脉冲加热所述目标液滴,从而生成多个目标羽流,其中,所述目标液滴的至少一个在与其他目标液滴不同的激发位置处被加热;以及第二激光源,配置为生成多个第二激光脉冲,所述第二激光脉冲加热所述目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体。

[0007] 本发明的另一实施例提供了一种 EUV 光刻系统,包括:辐射源,其中,所述辐射源包括:目标液滴发生器,配置为生成多个目标液滴;第一激光源,配置为生成多个第一激光脉冲,所述第一激光脉冲加热所述目标液滴,从而生成多个目标羽流,其中,所述目标液滴的至少一个在与其他目标液滴不同的激发位置处被加热;第二激光源,配置为生成多个第二激光脉冲,所述第二激光脉冲加热所述目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体;和收集器,配置为收集和反射所述 EUV 辐射;掩模工作台,配置为固定 EUV 掩模;晶圆工作台,配置为固定半导体晶圆;以及光学模块,设计为向导来自所述辐射源的所述 EUV 辐射以将

限定在所述 EUV 掩模上的集成电路 (IC) 图案成像至所述半导体晶圆。

[0008] 本发明的又一实施例提供了一种用于图案化目标的远紫外 (EUV) 光刻工艺,包括:将半导体晶圆装载至 EUV 光刻系统,所述 EUV 光刻系统包括:辐射源,所述辐射源包括:目标液滴发生器,配置为生成多个目标液滴;第一激光源,配置为生成多个第一激光脉冲,所述第一激光脉冲加热所述目标液滴,从而生成多个目标羽流;第二激光源,配置为生成多个第二激光脉冲,所述第二激光脉冲加热所述目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体;和收集器,配置为收集和反射所述 EUV 辐射;掩模工作台,保持 EUV 掩模;晶圆工作台,配置为固定所述半导体晶圆;以及光学模块,设计为向导来自所述辐射源的所述 EUV 辐射以将限定在所述 EUV 掩模上的 IC 图案成像至所述半导体晶圆;编程所述辐射源,使得所述目标液滴和所述第一激光脉冲的生成与正常时序大体同步,但是所述第一激光脉冲的至少一个在与所述正常时序不同的时序处生成;以及通过所述 EUV 辐射曝光所述半导体晶圆。

附图说明

[0009] 当结合附图进行阅读时,从以下详细描述可最佳理解本发明的各方面。应该强调,根据工业中的标准实践,各个部件未按比例绘制并且仅用于说明的目的。实际上,为了清楚的讨论,各个部件的尺寸可以任意地增大或减小。

[0010] 图 1 是根据一些实施例构建的具有激光等离子体 (LPP) EUV 辐射源的 EUV 光刻系统的示意图。

[0011] 图 2 是根据一些实施例构建的图 1 的 EUV 光刻系统中的 EUV 辐射源的图解视图。

[0012] 图 3 示出了撞击目标液滴的不同激发位置的预脉冲激光,目标液滴可以配置在图 2 的 EUV 辐射源中。

[0013] 图 4 是根据一些实施例构建的图 1 的 EUV 光刻系统中的 EUV 辐射源的图解视图。

[0014] 图 5 示出了根据一些实施例构建的通过图 4 的 EUV 辐射源的激光预脉冲的不同配置。

[0015] 图 6 是根据一些实施例构建的光刻工艺的流程图中。

具体实施方式

[0016] 以下公开内容提供了许多用于实现本发明的不同特征的不同实施例或实例。下面描述了组件和布置的具体实例以简化本发明。当然,这些仅仅是实例,而不旨在限制本发明。例如,在以下描述中,在第二部件上方或者上形成第一部件可以包括第一部件和第二部件直接接触形成的实施例,并且也可以包括在第一部件和第二部件之间可以形成额外的部件,从而使得第一部件和第二部件可以不直接接触的实施例。此外,本发明可在各个实例中重复参考标号和 / 或字符。该重复是为了简单和清楚的目的,并且其本身不指示所讨论的各个实施例和 / 或配置之间的关系。

[0017] 而且,为便于描述,在此可以使用诸如“在...之下”、“在...下方”、“下部”、“在...之上”、“上部”等的空间相对术语,以描述如图所示的一个元件或部件与另一个(或另一些)元件或部件的关系。除了图中所示的方位外,空间相对术语旨在包括器件在使用或操作中的不同方位。装置可以以其他方式定向(旋转 90 度或在其他方位上),而本文使用的空间相对描述符可以同样地作相应的解释。

[0018] 本发明通常涉及远紫外 (EUV) 光刻系统和方法。更具体地, 涉及用于减轻激光等离子体 (LPP) EUV 辐射源中的收集器上的污染的装置和方法。收集器 (也称为 LPP 收集器或 EUV 收集器) 是 LPP EUV 辐射源的重要组成部分。它收集和反射 EUV 辐射并且有助于整体 EUV 转换效率。然而, 由于颗粒、离子、辐射的碰撞和碎片沉积, 收集器经受损坏和退化。本发明的目标针对减少 LPP 收集器上的碎片沉积, 从而增加其使用寿命。

[0019] 图 1 是根据一些实施例构建的光刻系统 10 的示意图和图解视图。光刻系统 10 也可以一般地称为扫描仪, 该扫描仪可用于以相应的辐射源和曝光模式实施光刻曝光工艺。在本实施例中, 光刻系统 10 是设计为通过 EUV 光 (或 EUV 辐射) 曝光光刻胶层的远紫外 (EUV) 光刻系统。光刻胶层是对 EUV 光敏感的材料。EUV 光刻系统 10 采用辐射源 12 以生成 EUV 光, 诸如具有介于约 1nm 和约 100nm 的范围内的波长的 EUV 光。在一个特定实例中, 辐射源 12 生成波长集中在约 13.5nm 的 EUV 光。因此, 辐射源 12 也称为 EUV 辐射源 12。在本实施例中, EUV 辐射源 12 利用双脉冲激光等离子体 (LPP) 的机制以生成 EUV 辐射, 这将在后面进一步描述。

[0020] 光刻系统 10 也采用照明器 14。在各个实施例中, 照明器 14 包括各种折射光学组件, 诸如单个透镜或具有多个透镜 (波带片) 的透镜系统, 或可选地反射光学组件 (用于 EUV 光刻系统), 诸如单个反射镜或具有多个反射镜的反射镜系统以将光从辐射源 12 导向至掩模工作台 16 上, 特别是固定在掩模工作台 16 上的掩模 18。在本实施例中, 其中辐射源 12 生成 EUV 波长范围内的光, 照明器 14 采用反射光学组件。

[0021] 光刻系统 10 也包括配置为固定掩模 18 的掩模工作台 16。在一些实施例中, 掩模工作台 16 包括静电卡盘 (e-卡盘) 以固定掩模 18。这是因为气体分子吸收 EUV 光, 并且用于 EUV 光刻图案化的光刻系统保持在真空环境中以避免 EUV 强度损失。在本发明中, 掩模、光掩模和中间掩模的术语可以互换使用。在本发明中, 光刻系统 10 是 EUV 光刻系统, 并且掩模 18 是反射掩模。掩模 18 的一个示例性结构包括具有合适的材料的衬底, 诸如低热膨胀材料 (LTEM) 或熔融石英。在各个实例中, LTEM 包括 TiO_2 掺杂的 SiO_2 或具有低热膨胀的其他合适的材料。掩模 18 包括沉积在衬底上的多个反射多层 (ML)。ML 包括多个膜对, 诸如钼-硅 (Mo/Si) 膜对 (例如, 在每个膜对中, 钼层位于硅层之上或之下)。可选地, ML 可以包括钼-铍 (Mo/Be) 膜对或可配置为高度反射 EUV 光的其他合适的材料。掩模 18 还可以包括设置在 ML 上用于保护的诸如钌 (Ru) 的覆盖层。掩模 18 还包括设置在 ML 上方的吸收层, 诸如氮化钽硼 (TaBN) 层。图案化吸收层以限定集成电路 (IC) 的层。可选地, 另一反射层可以沉积在 ML 上方并且被图案化以限定集成电路的层, 从而形成 EUV 相移掩模。

[0022] 光刻系统 10 也包括用于将掩模 18 的图案成像在半导体衬底 22 上的投影光学模块 (或投影光学盒 (POB)) 20, 半导体衬底 22 固定在光刻系统 10 的衬底工作台 24 上。在各个实施例中, POB 20 具有折射光学组件 (诸如用于 UV 光刻系统) 或可选地反射光学组件 (诸如用于 EUV 光刻系统)。从掩模 18 导向的光携带限定在掩模上的图案的图像, 该光由 POB 20 收集。照明器 14 和 POB 20 共同称为光刻系统 10 的光学模块。

[0023] 在本实施例中, 半导体衬底 22 是半导体晶圆, 诸如硅晶圆或将被图案化的其他类型的晶圆。在本实施例中, 半导体衬底 22 涂布有对 EUV 光敏感的光刻胶层。包括上述那些的各种组件集成在一起并且可用于实施光刻曝光工艺。

[0024] 光刻系统 10 还可以包括其他模块或与其他模块集成 (或连接)。在本实施例中,

光刻系统 10 包括设计为将氢气提供至辐射源 12 的气体供应模块 26。氢气帮助减少辐射源 12 中的污染。

[0025] 图 2 示出根据一些实施例的辐射源 12 的图解视图。辐射源 12 采用双脉冲激光等离子体 (LPP) 机制以生成等离子体和由等离子体进一步生成 EUV 光。

[0026] 参照图 2, 辐射源 12 包括目标液滴发生器 30、第一激光源 40、第二激光源 50 和 LPP 收集器 36。目标液滴发生器 30 生成多个目标液滴 32。在实施例中, 目标液滴 32 是锡 (Sn) 液滴。在实施例中, 每个锡液滴 32 具有约 30 微米 (μm) 的直径。在实施例中, 锡液滴 32 以约 50 千赫 (kHz) 的频率生成并且以约 70 米每秒 (m/s) 的速度引入到辐射源 12 中的激发区 31。其他材料也可以用于目标液滴 32, 例如, 含锡液体材料, 诸如包含锡、锂 (Li) 和氙 (Xe) 的共晶合金。

[0027] 第一激光源 40 产生激光脉冲 42。第二激光源 50 产生激光脉冲 52。在本实施例中, 激光脉冲 42 具有比激光脉冲 52 小的强度和小的光斑尺寸。激光脉冲 42 用于加热 (或预热) 目标液滴 32 以产生低密度目标羽流 34, 目标羽流 34 随后被激光脉冲 52 加热 (或重新加热), 从而生成 EUV 光的增大的发射。在本发明中, 激光脉冲 42 也称为预脉冲, 并且激光脉冲 52 是主脉冲。在各个实施例中, 预脉冲 42 具有约 $100\ \mu\text{m}$ 或更小的光斑尺寸, 并且主脉冲 52 具有约 $200\text{--}300\ \mu\text{m}$ 的光斑尺寸, 诸如 $225\ \mu\text{m}$ 。激光脉冲 42 和 52 生成为具有特定驱动功率以实现晶圆批量生产, 诸如每小时 125 个晶圆的生产量。在实施例中, 第一激光脉冲 42 配备有约 2 千瓦 (kW) 驱动功率, 而第二激光脉冲 52 配备有约 19kW 驱动功率。在各个实施例中, 第一激光脉冲 42 和第二激光脉冲 52 的总驱动功率为至少 20kW, 诸如 27kW。在实施例中, 第一激光源 40 是二氧化碳 (CO_2) 激光源。在另一实施例中, 第一激光源 40 是钕掺杂的钇铝石榴石 (Nd:YAG) 激光源。在实施例中, 第二激光源 50 是 CO_2 激光源。

[0028] 预脉冲 42 和主脉冲 52 通过窗口 (或透镜) 44 和 54 分别导向至激发区 31 内。窗口 44 和 54 采用对相应的激光束基本上透明的合适的材料。预脉冲 42 和主脉冲 52 的生成与目标液滴 32 的生成同步。当目标液滴 32 移动通过激发区 31 时, 预脉冲 42 加热目标液滴 32 并且将它们转化成低密度目标羽流 34。控制预脉冲 42 和主脉冲 52 之间的延迟以允许目标羽流 34 形成和扩展至最佳尺寸和几何结构。当主脉冲 52 加热目标羽流 34 时, 生成高温等离子体。等离子体发射 EUV 辐射 38, EUV 辐射 38 由收集器 36 收集。收集器 36 还反射和聚焦 EUV 辐射 38 以用于光刻曝光工艺。在实施例中, 液滴捕集器 (未示出) 安装在与目标液滴发生器 30 相对的位置处。液滴捕集器用于捕集过量的目标液滴 32。例如, 一些目标液滴 32 可能由激光脉冲 42 和 52 故意地错过。

[0029] 收集器 36 设计为具有适当的涂层材料和形状, 用作用于 EUV 收集、反射和聚焦的反射镜。在一些实施例中, 收集器 36 设计为具有椭圆几何结构。在一些实施例中, 收集器 36 的涂层材料类似于 EUV 掩模 18 的反射多层。在一些实例中, 收集器 36 的涂层材料包括 ML (诸如多个 Mo/Si 膜对) 并且还可以包括涂布在 ML 上的覆盖层 (诸如 Ru) 以基本上反射 EUV 光。在一些实施例中, 收集器 36 还可以包括设计为有效散射导向在收集器 36 上的激光束的光栅结构。例如, 氮化硅层涂布在收集器 36 上并且被图案化为具有光栅结构。

[0030] 在 EUV 光刻系统中, 诸如 EUV 光刻系统 10, EUV 转换效率是关键因素。由此, 预脉冲 42 和主脉冲 52 以适当的角度导向目标液滴 32 和目标羽流 34 以用于最佳 EUV 转换效率。例如, 预脉冲 42 可以对准以离位几度 (例如, 5 度) 的角度与目标液滴 32 相互作用。主脉

冲 52 也与目标羽流 34 适当地对准以用于最大转换效率。

[0031] EUV 光刻系统 10 中的另一因素是收集器 36 的使用寿命。在以上工艺期间,收集器 36 的反射表面经受各种颗粒、离子和辐射的碰撞。随着时间的进行,由于颗粒累积、离子损坏、氧化、起泡等,收集器 36 的反射率退化。其中,颗粒(例如,锡碎片)沉积是主要因素。

[0032] 减小收集器 36 的污染的一种方法是将氢气引入激发区 31 内和收集器 36 的反射表面附近的空间内。在实施例中,通过气体供应模块 26(图 1)提供氢气。氢气具有对 EUV 辐射的较少的吸收。到达收集器 36 的涂层表面(以及窗口 44 和 54)的氢气与锡化学反应以形成锡烷(SnH_4),EUV 生成工艺本身的气体副产物。然后锡烷被抽出、丢弃。可以可选地或额外地使用其他合适的气体。然而,使用氢气流不完全防止污染。本发明的发明人已经观察到,锡沉积趋于在收集器 36 上的特定斑点处发生,诸如图 2 中的斑点 37。这可以解释如下。预脉冲 42 在特定位置处激发目标液滴 32(称为激发位置)。因此,通常为煎饼形状的目标羽流 34 定向为特定方向。由目标羽流 34 的特定定向生成的碎片在收集器表面上的特定斑点 37 处溅射相对较厚的锡碎片。在斑点 37 处的锡沉积的速率超出通过氢气流的锡去除的速率,即使氢气流可能足以保护收集器 36 的其他区域。结果,锡碎片在收集器 36 的特定斑点 37 处的反射表面上累积,从而产生低收集器反射率和显著减小的收集器使用寿命。在以下部分中,公开了方法和装置以进一步减小锡污染。

[0033] 参照图 3,其中示出了目标液滴 32 上的激发位置和产生的目标羽流 34 的定向之间的相关性。本发明的发明人发现,通过在不同的位置(相对于正常位置)处加热目标液滴 32,可以控制产生的目标羽流 34 的定向。例如,当预脉冲 42B 在目标液滴 32B 的中心处(激发位置 60B 约处于正常位置处)加热目标液滴 32B 时,产生的目标羽流 34B 横向定向(它的头和尾处于正常位置)。当预脉冲 42A 在目标液滴 32A 的中心之上(激发位置 60A 位于 60B 之上)加热目标液滴 32A 时,产生的目标羽流 34A 头朝下并且尾向上定向。当预脉冲 42C 在目标液滴 32C 的中心之下(激发位置 60C 位于 60B 之下)加热目标液滴 32C 时,产生的目标羽流 34C 头朝上并且尾向下定向。当然,如本文中使用的“上”、“下”、“之上”和“之下”是相对的并且为了便于描述。

[0034] 以上构思用于和体现在根据本发明的各个方面构建的 EUV 辐射源 12A(图 4)中。参照图 4, EUV 辐射源 12A 类似于 EUV 辐射源 12。一个差别是 EUV 辐射源 12A 产生多重定向的目标羽流 34。换句话说,不是所有的目标羽流 34 都定向为相同的方向。至少一个目标羽流 34A 与其他目标羽流 34 不同地定向。结果,当主脉冲 52 加热目标羽流 34A 时,由此生成的颗粒(例如,锡碎片)趋于以与由目标羽流 34 生成的那些不同的方向落下。这具有使颗粒“散开”的作用,从而限制了收集器 36 上的任何特定斑点处的颗粒沉积的速率。结合该技术与气流清洗方法,本发明的实施例能够进一步降低收集器 36 上的污染。

[0035] 在实施例中,通过协调目标液滴发生器 30 和第一激光源 40 使得预脉冲 42 在不同的激发位置处加热目标液滴 32 来生成多重定向的目标羽流 34。在实施例中,目标液滴 32 以固定频率(例如,50kHz)生成并且以固定的速度(例如,70m/s)移动通过激发区 31。第一激光源 40 是时控的,使得预脉冲 42 与目标液滴 32 大体同步,但是至少一个预脉冲 42 在比正常时序更早或更迟的时序生成。这在图 5 中进一步示出。

[0036] 参照图 5,在实施例中,目标液滴 32 一次一个地生成,并且一连串的目标液滴 32 移动通过激发区 31。如图所示,第一目标液滴在时间 0 处进入激发区(相对来说),第二目标

液滴在时间“t”，时间 t 是两个目标液滴之间的正常延迟，第三目标液滴在时间“2t”，以此类推。在进一步的实施例中，第一激光源 40 配置为与目标液滴大体同步地生成预脉冲 42。图 5 中示出了三个场景。

[0037] 在场景 A 中，预脉冲 42 与目标液滴 32 完全同步，并且两个预脉冲 42 之间的延迟也是“t”。所有预脉冲 42 在相同的激发位置处加热相应的目标液滴 32。当然，激发位置可以处于正常位置或离位。然而，产生的目标羽流 34 是均匀地定向的（见图 3）。

[0038] 在场景 B 中，预脉冲 42 与目标液滴 32 大体同步，但是一个预脉冲 42D 比正常时序早生成时间 Δt_1 。当预脉冲 42D 加热相应的目标液滴时，产生的目标羽流将与其他目标羽流不同地定向（见图 3）。

[0039] 在场景 C 中，预脉冲 42 与目标液滴 32 大体同步，但是一个预脉冲 42E 比正常时序迟生成时间 Δt_2 。当预脉冲 42E 加热相应的目标液滴时，产生的目标羽流将与其他目标羽流不同地定向（见图 3）。

[0040] 在实施例中， Δt_1 和 Δt_2 的范围由目标液滴 32 的尺寸限制。它们可以受到目标羽流 34 期望定向的范围的进一步限制， Δt_1 和 Δt_2 的范围最终影响 EUV 辐射源 12（和 12A）的转换效率。在实施例中， Δt_1 和 Δt_2 的范围均限制于小于约 100 纳秒（ns）。在实施例中，一些预脉冲 42 特意地配置在范围之外，使得它们不加热目标液滴 32。相应的目标液滴 32 也不被主脉冲 52 加热，并且被保留用于 EUV 剂量边缘的目的。这些目标液滴 32 可以由以上描述的目标液滴捕集器收集。

[0041] 在实施例中，第二激光源 50 配置为与第一激光源 40 完全同步，即，在预脉冲 42 和相应的主脉冲 52 之间存在固定的时间延迟。例如，如果第一激光源 40 配置为生成如场景 B 中所示的预脉冲 42，则第二激光源 50 配置为使得与预脉冲 42D 相应的主脉冲也比正常时序早生成 Δt_1 。这确保主脉冲 52 适当地加热目标羽流。

[0042] 在实施例中，通过激光源 40 和 50 外部的一个或多个时序发生器控制生成预脉冲 42 和主脉冲 52 的时序。在另一实施例中，这样的时序控制器内置于（集成于）激光源 40 和 50。

[0043] 在实施例中，可以通过将延迟 Δt_1 和 Δt_2 分级在它们的相应的范围内来识别各个可接受的激发位置。在每个梯级中，可以实施验收测试。验收测试可以考虑诸如 EUV 转换效率、碎片沉积的量、碎片沉积的尺寸和方向等的测量。在可接受的激发位置中，一些可以共同地选择用于 EUV 光刻系统 10。用于选择多个激发位置的一个标准是整体 EUV 转换效率是可接受的（即使它可能不是最大的）并且收集器 36 的污染是足够低的。在实施例中，选择的激发位置与预脉冲 42 和主脉冲 52 的时序直接相关。

[0044] 图 6 是根据一些实施例构建的由 EUV 光刻系统 10 实施的 EUV 光刻工艺的方法 100 的流程图。可以在方法 100 之前、期间和之后提供额外的操作，并且对于方法的额外的实施例，可以替换、消除或移动描述的一些操作。方法 100 是实例，并且不旨在将本发明限制于权利要求中明确列举的。

[0045] 方法 100 包括操作 102，操作 102 将诸如掩模 18 的 EUV 掩模装载到可用于实施 EUV 光刻曝光工艺的光刻系统 10。掩模 18 包括将转印至诸如晶圆 22 的半导体衬底的 IC 图案。操作 102 还可以包括多个步骤，诸如将掩模 18 固定在掩模工作台 16 上以及实施对准。

[0046] 方法 100 包括操作 104，操作 104 将晶圆 22 装载到光刻系统 10。晶圆 22 涂布有

光刻胶层。在本实施例中,光刻胶层对来自光刻系统 10 的辐射源 12 的 EUV 辐射敏感。

[0047] 方法 100 包括操作 106,操作 106 编程 EUV 辐射源 12 以产生多重定向的目标羽流。操作 106 包括配置目标液滴发生器 30,配置第一激光源 40 和配置第二激光源 50。目标液滴发生器 30 配置为生成具有适当的材料、适当的尺寸、适当的频率和适当的移动速度和方向的目标液滴 32。第一激光源 40 配置为与目标液滴 32 的生成大体同步地生成预脉冲 42。然而,一些预脉冲 42 在时间上延迟或提前,使得它们将在不同的激发位置处加热相应的目标液滴 32。第二激光源 50 配置为与第一激光源 40 同步。在每个预脉冲 42 和相应的主脉冲 52 之间存在适当的延迟。

[0048] 方法 100 包括操作 108,在光刻系统 10 对晶圆 22 实施光刻曝光工艺。在操作 108 中,目标液滴发生器 30 和激光源 40 与 50 导通并且根据操作 106 中的配置操作。产生的目标羽流 34 具有多种定向。由于主脉冲 52 加热多重定向的目标羽流 34,生成等离子体,等离子体发射 EUV 辐射。同时,碎片(例如,锡碎片)散开,不累积在收集器 36 的特定位置处。在实施例中,方法 100 还包括在收集器 36 的表面附近引入氢气流。氢气流有效地从收集器 36 的表面去除锡碎片。

[0049] 在操作 108 期间,由辐射源 12 生成的 EUV 辐射照射在掩模 18 上(通过照明器 14),并且进一步投射在涂布在晶圆 22 上的光刻胶层上(通过 POB 20),从而在光刻胶层上形成潜像。在一些实施例中,以扫描模式实施光刻曝光工艺。

[0050] 方法 100 可以包括其他操作以完成光刻工艺。例如,方法 100 可以包括操作 110,显影曝光的光刻胶层以形成具有限定在其上的多个开口的光刻胶图案。特别地,在操作 108 中的光刻曝光工艺之后,晶圆 22 转移出光刻系统 10 至显影单元以对光刻胶层实施显影工艺。方法 100 还可以包括其他操作,诸如多个烘烤步骤。作为一个实例,方法 100 可以包括操作 108 和 110 之间的曝光后烘烤(PEB)步骤。

[0051] 方法 100 还可以包括其他操作,诸如操作 112,通过光刻胶图案的开口对晶圆实施制造工艺。在一个实例中,制造工艺包括将光刻胶图案用作蚀刻掩模,对晶圆 22 的蚀刻工艺。在另一实例中,制造工艺包括将光刻胶图案用作注入掩模,对晶圆 22 的离子注入工艺。

[0052] 虽然不旨在限制,本发明的一个或多个实施例提供了制造半导体器件的许多益处。例如,本发明的实施例提供了有效地生成 EUV 辐射同时保持 LPP 收集器的使用寿命的装置和方法。本发明的实施例可以在现有的 EUV 光刻系统中实施或集成到现有的 EUV 光刻系统中。

[0053] 在一个示例性方面,本发明针对远紫外(EUV)辐射源模块。EUV 辐射源模块包括目标液滴发生器、第一激光源和第二激光源。目标液滴发生器配置为生成多个目标液滴。第一激光源配置为生成多个第一激光脉冲,第一激光脉冲加热目标液滴,从而生成多个目标羽流,其中,目标液滴的至少一个在与其他目标液滴不同的激发位置处被加热。第二激光源配置为生成多个第二激光脉冲,第二激光脉冲加热目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体。

[0054] 在上述 EUV 辐射源模块中,还包括:收集器,配置为收集和反射所述 EUV 辐射。

[0055] 在上述 EUV 辐射源模块中,其中:所述目标液滴发生器配置为一次一个地生成所述目标液滴;以及所述第一激光源配置为一次一个地生成所述第一激光脉冲,所述第一激光脉冲与所述目标液滴的生成大体同步,其中,所述第一激光脉冲的至少一个比正常时序

更早地生成。

[0056] 在上述 EUV 辐射源模块中,其中:所述目标液滴发生器配置为一次一个地生成所述目标液滴;以及所述第一激光源配置为一次一个地生成所述第一激光脉冲,所述第一激光脉冲与所述目标液滴的生成大体同步,其中,所述第一激光脉冲的至少一个比正常时序更迟地生成。

[0057] 在上述 EUV 辐射源模块中,其中,所述第一激光源和所述第二激光源是同步的,使得在每个所述第一激光脉冲和相应的一个所述第二激光脉冲之间存在固定的时间延迟。

[0058] 在上述 EUV 辐射源模块中,其中,所述第一激光源和所述第二激光源配置为使得所述目标液滴的至少一个不被所述第一激光源或所述第二激光源加热。

[0059] 在上述 EUV 辐射源模块中,其中,所述目标液滴包括锡 (Sn)。

[0060] 在上述 EUV 辐射源模块中,其中,所述第一激光脉冲和所述第二激光脉冲的驱动功率为至少 20kW。

[0061] 在上述 EUV 辐射源模块中,其中,所述第一激光脉冲和所述第二激光脉冲的至少一个是 CO₂激光。

[0062] 在另一示例性方面,本发明针对一种 EUV 光刻系统。EUV 光刻系统包括辐射源、掩模工作台、晶圆工作台和光学模块。辐射源包括目标液滴发生器、第一激光源、第二激光源和收集器。目标液滴发生器配置为生成多个目标液滴。第一激光源配置为生成多个第一激光脉冲,第一激光脉冲加热目标液滴,从而生成多个目标羽流,其中,目标液滴的至少一个在与其他目标液滴不同的激发位置处被加热。第二激光源配置为生成多个第二激光脉冲,第二激光脉冲加热目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体。收集器配置为收集和反射 EUV 辐射。掩模工作台配置为固定 EUV 掩模。晶圆工作台配置为固定半导体晶圆。光学模块设计为导向来自辐射源的 EUV 辐射以将限定在 EUV 掩模上的集成电路 (IC) 图案成像至半导体晶圆。

[0063] 在上述 EUV 光刻系统中,其中,所述辐射源配置为使得所述目标液滴和所述第一激光脉冲的生成与正常时序大体同步,但是所述第一激光脉冲的至少一个在与所述正常时序不同的时序处生成。

[0064] 在上述 EUV 光刻系统中,其中,所述辐射源配置为使得所述目标液滴和所述第一激光脉冲的生成与正常时序大体同步,但是所述第一激光脉冲的至少一个在与所述正常时序不同的时序处生成,所述第一激光脉冲的至少一个比所述正常时序更早地生成。

[0065] 在上述 EUV 光刻系统中,其中,所述辐射源配置为使得所述目标液滴和所述第一激光脉冲的生成与正常时序大体同步,但是所述第一激光脉冲的至少一个在与所述正常时序不同的时序处生成,所述第一激光脉冲的至少一个比所述正常时序更迟地生成。

[0066] 在上述 EUV 光刻系统中,其中,所述第一激光源和所述第二激光源是同步的,使得在每个所述第一激光脉冲和相应的一个所述第二激光脉冲之间存在固定的时间延迟。

[0067] 在上述 EUV 光刻系统中,其中,所述目标液滴包括锡 (Sn) 或含锡材料。

[0068] 在上述 EUV 光刻系统中,其中,所述第一激光脉冲和所述第二激光脉冲的至少一个是 CO₂激光。

[0069] 在上述 EUV 光刻系统中,还包括:气体供应器,配置为将氢气引入至所述收集器的反射表面附近的空间内。

[0070] 在另一示例性方面,本发明针对用于图案化目标的一种远紫外 (EUV) 光刻工艺。EUV 光刻工艺包括将半导体晶圆装载至 EUV 光刻系统。EUV 光刻系统包括生成 EUV 辐射的辐射源、保持 EUV 掩模的掩模工作台、配置为固定半导体晶圆的晶圆工作台以及设计为导向来自辐射源的 EUV 辐射以将限定在 EUV 掩模上的 IC 图案成像至半导体晶圆的光学模块。辐射源包括目标液滴发生器、第一激光源、第二激光源和收集器。目标液滴发生器配置为生成多个目标液滴。第一激光源配置为生成多个第一激光脉冲,第一激光脉冲加热目标液滴,从而生成多个目标羽流。第二激光源配置为生成多个第二激光脉冲,第二激光脉冲加热目标羽流,从而生成发射 EUV 辐射的等离子体。收集器配置为收集和反射 EUV 辐射。EUV 光刻工艺还包括编程辐射源,使得目标液滴和第一激光脉冲的生成与正常时序大体同步,但是第一激光脉冲的至少一个在与正常时序不同的时间处生成。EUV 光刻工艺还包括通过 EUV 辐射曝光半导体晶圆。

[0071] 在上述 EUV 光刻工艺中,还包括:编程所述辐射源,使得所述第一激光脉冲和所述第二激光脉冲的生成是同步的。

[0072] 在上述 EUV 光刻工艺中,还包括:将氢气流引入至所述收集器的反射表面附近的空间内。

[0073] 上面概述了若干实施例的特征,使得本领域技术人员可以更好地理解本发明的方面。本领域技术人员应该理解,他们可以容易地使用本发明作为基础来设计或修改用于实施与本文所介绍实施例相同的目的和/或实现相同优势的其他工艺和结构。本领域技术人员也应该意识到,这种等同构造并不背离本发明的精神和范围,并且在不背离本发明的精神和范围的情况下,本文中他们可以做出多种变化、替换以及改变。

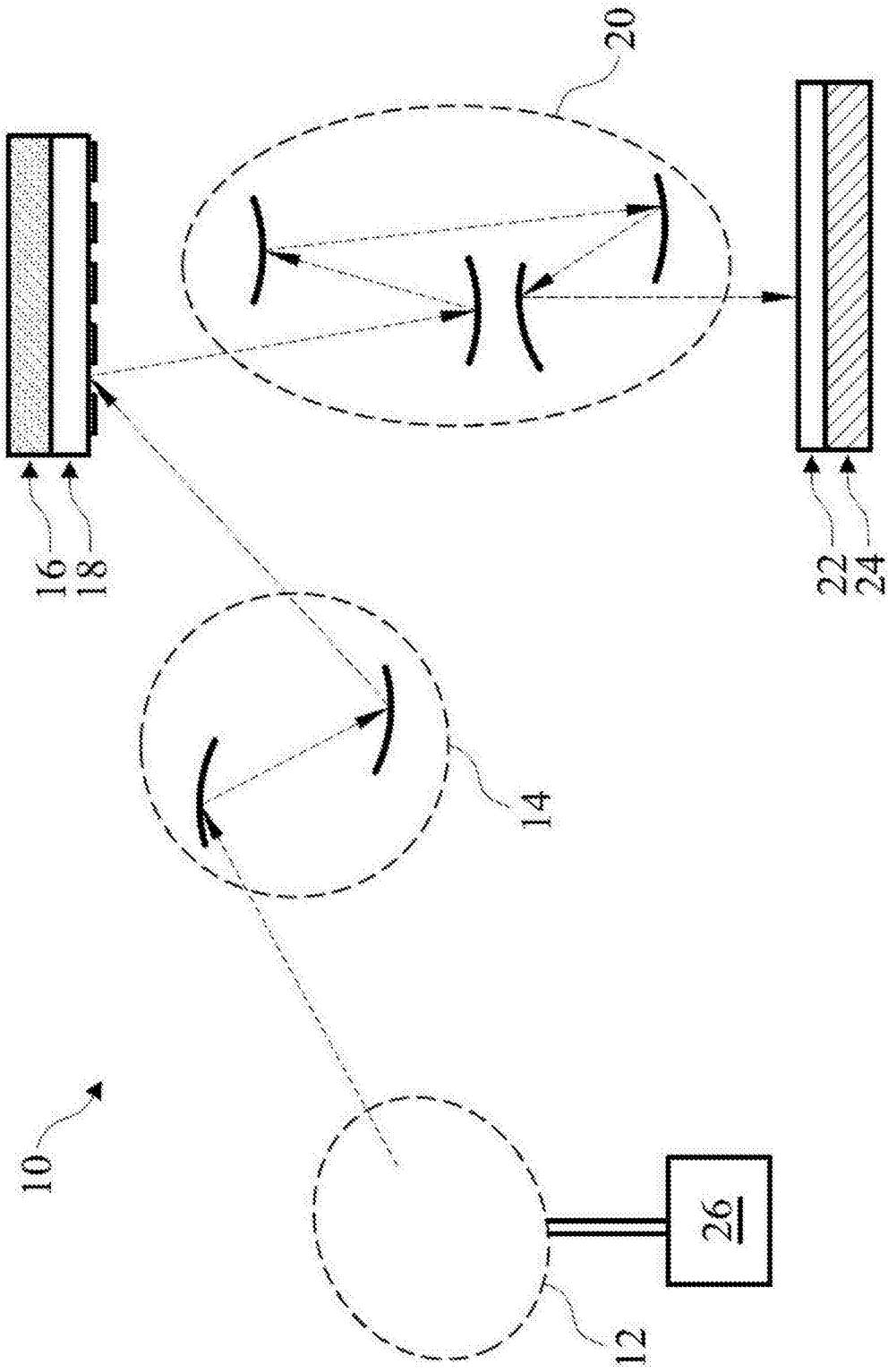


图 1

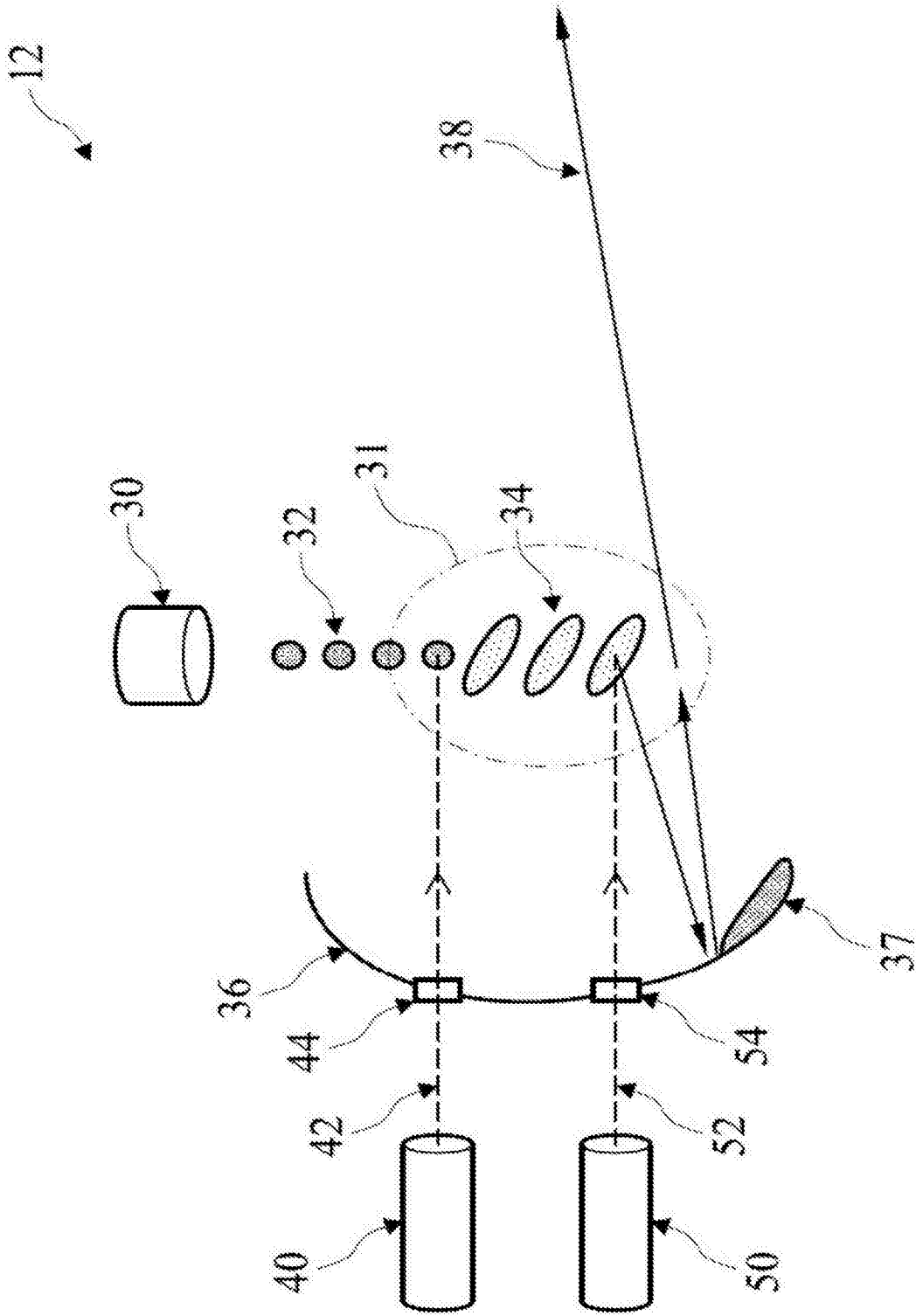


图 2

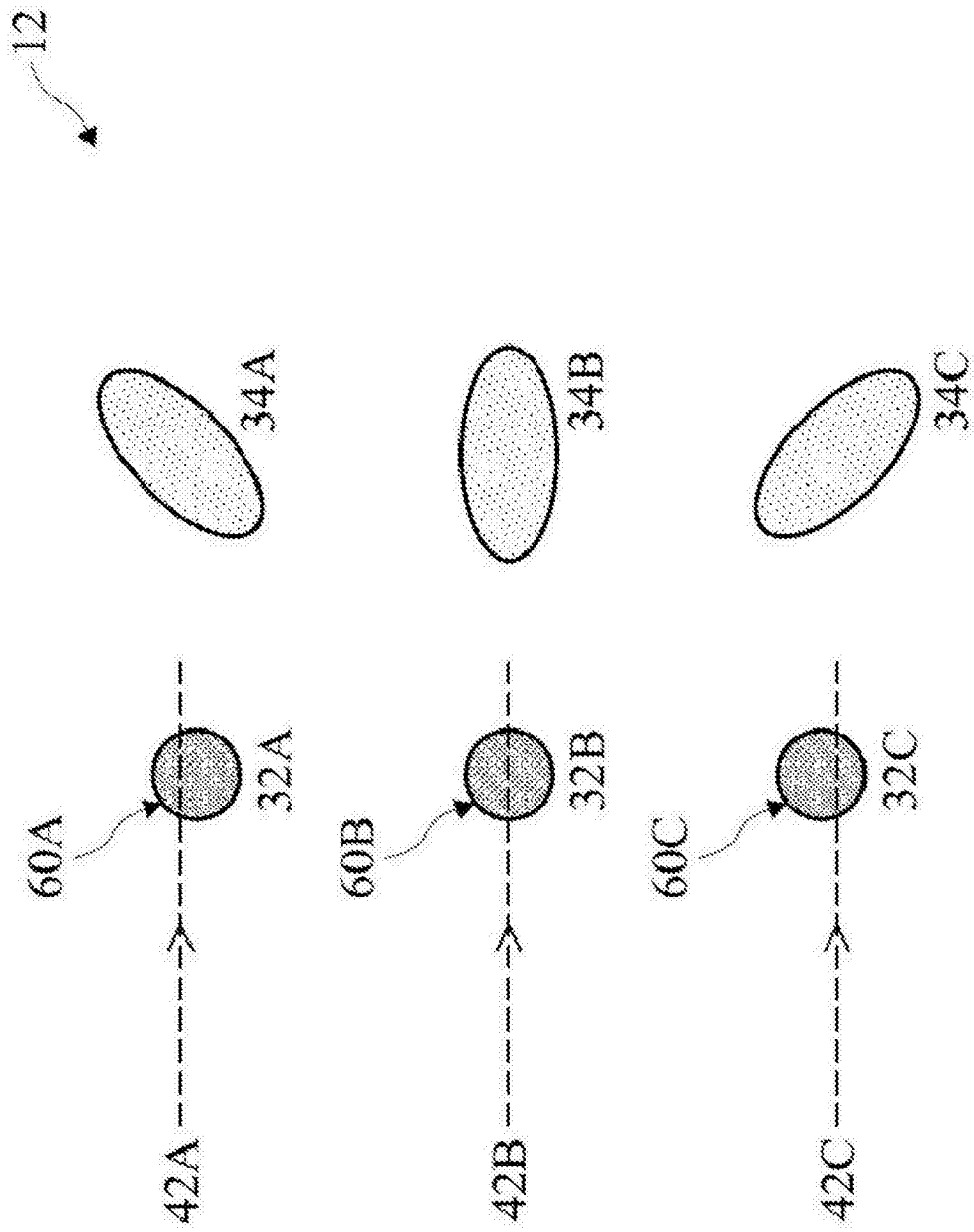


图 3

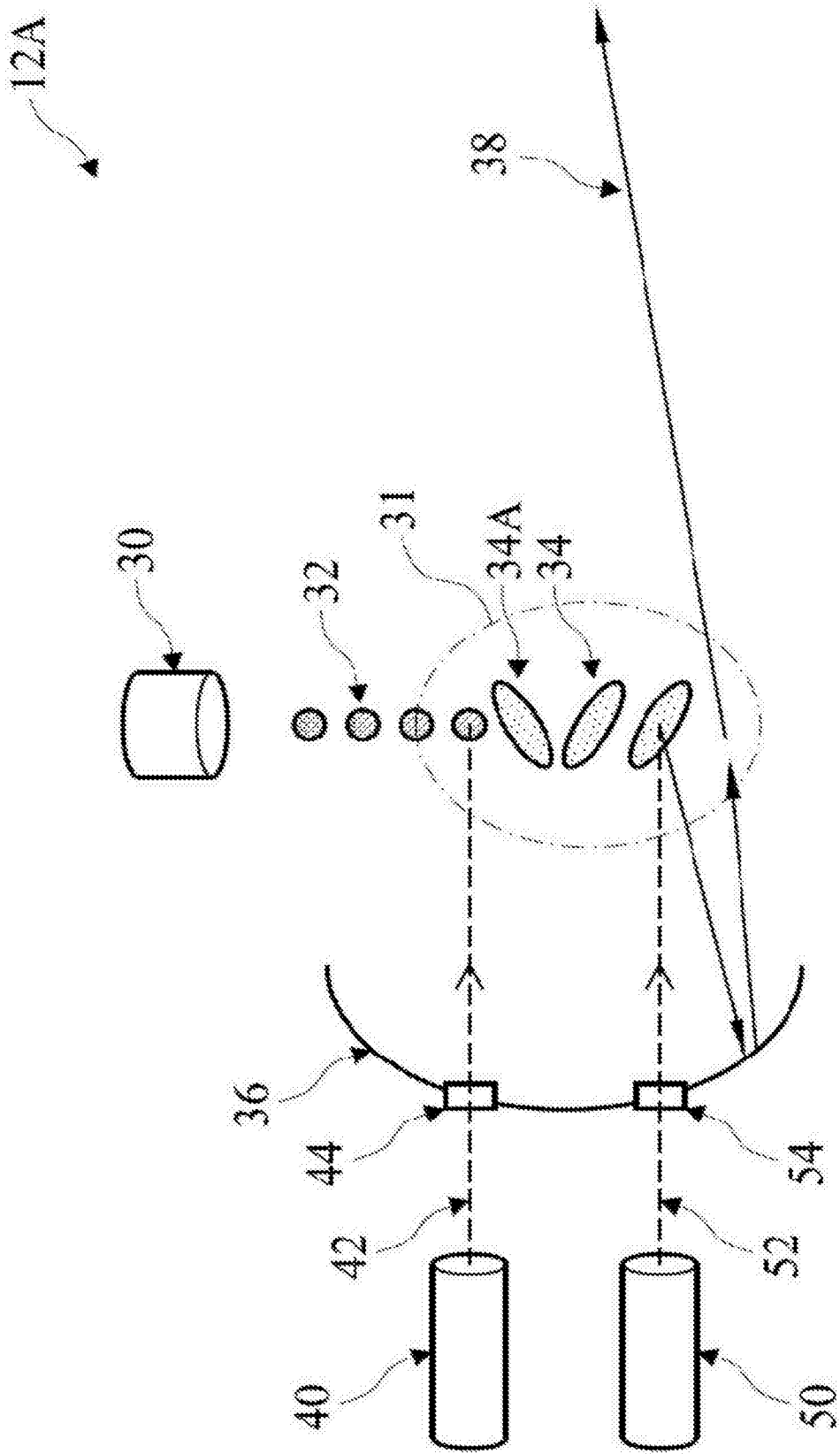


图 4

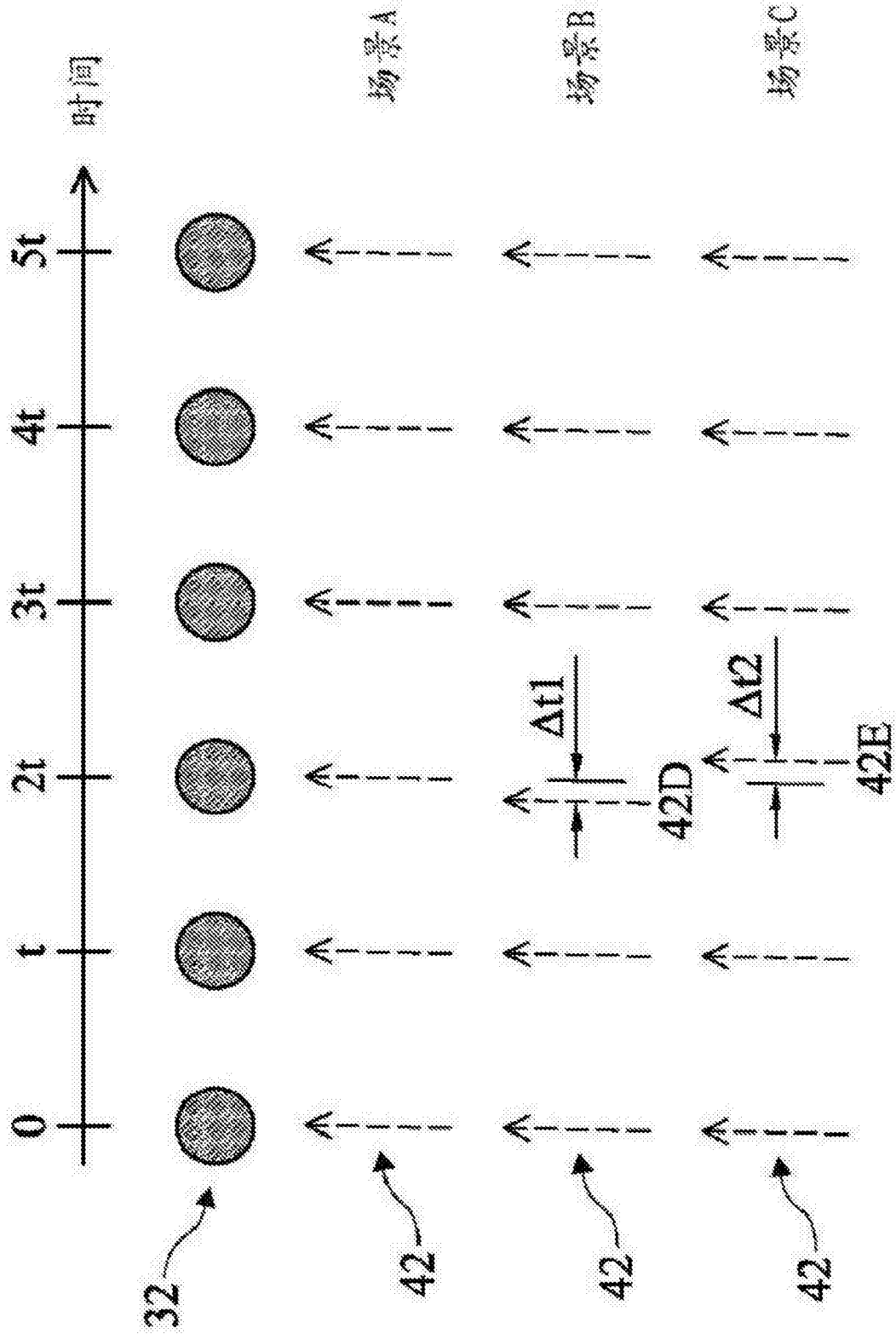


图 5

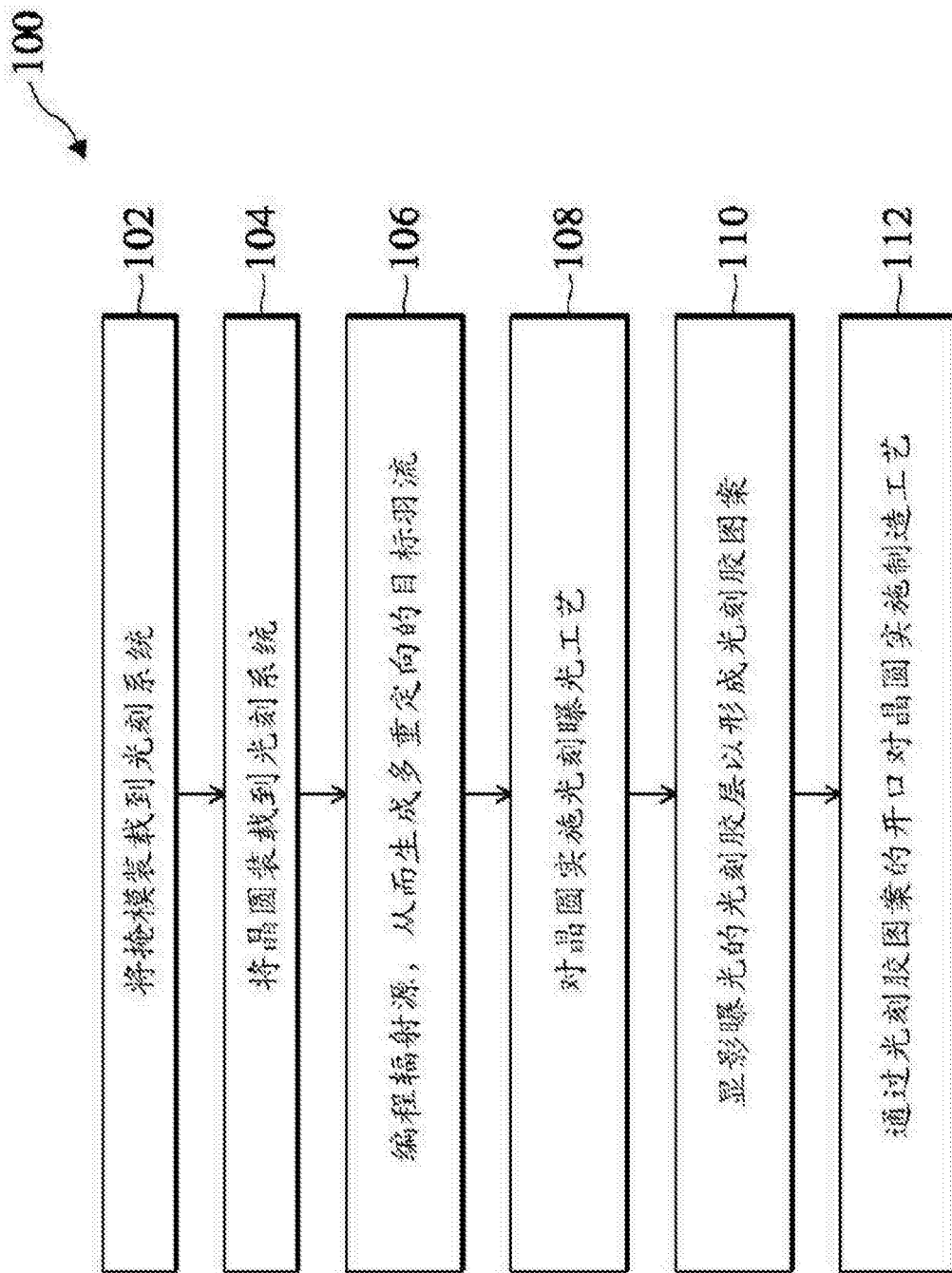


图 6