



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104220931 B

(45)授权公告日 2016.10.12

(21)申请号 201280071975.2

(22)申请日 2012.03.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104220931 A

(43)申请公布日 2014.12.17

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.09.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/055621 2012.03.29

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/143594 EN 2013.10.03

(73)专利权人 卡尔蔡司SMT有限责任公司

地址 德国上科亨

(72)发明人 I.萨恩杰 F.施莱塞纳

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邱军

(51)Int.Cl.

G03F 7/20(2006.01)

(56)对比文件

US 2009040496 A1, 2009.02.12,

CN 101946212 A, 2011.01.12,

CN 101802715 A, 2010.08.11,

CN 101589343 A, 2009.11.25,

CN 102200693 A, 2011.09.28,

CN 1914525 A, 2007.02.14,

WO 2009152867 A1, 2009.12.23,

US 2006139612 A1, 2006.06.29,

US 2005007573 A1, 2005.01.13,

US 2010002209 A1, 2010.01.07,

审查员 武晓卫

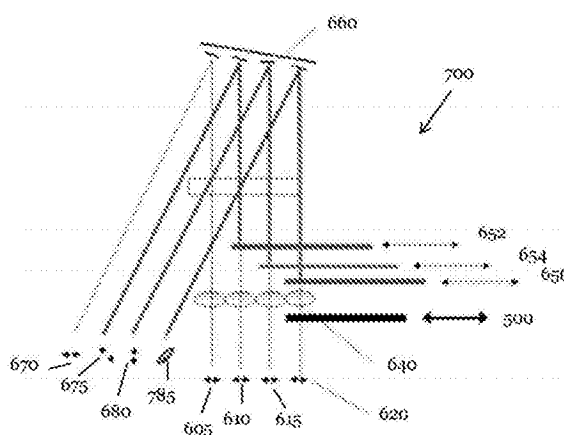
权利要求书2页 说明书14页 附图11页

(54)发明名称

补偿微光刻投射曝光系统的通道缺陷的设备
及方法

(57)摘要

本发明涉及一种微光刻投射曝光设备的照明系统,其包含:(a)多个通道,每个通道引导部分光束且至少一个通道包含至少一个缺陷;及(b)至少一个光学元件,其布置在具有该至少一个缺陷的该至少一个通道中,该光学元件适配于至少部分补偿该通道的部分光束的至少一个缺陷。



1. 一种微光刻投射曝光设备的照明系统, 包含:
 - a. 多个通道, 每个通道引导部分光束, 至少一个通道包含至少一个缺陷;
 - b. 至少一个光学元件, 布置在具有所述至少一个缺陷的所述至少一个通道中, 所述光学元件适配于至少部分补偿所述通道的部分光束的至少一个缺陷; 以及
 - c. 其中, 所述至少一个光学元件包含应变引致双折射, 其至少部分补偿所述部分光束的偏振变化, 以及其中, 所述应变引致双折射由在所述光学元件的光学无关区中引入局部持续修改的至少一个布置导致, 其中, 所述局部持续修改配置为在所述至少一个光学元件中产生所述应变引致双折射。
2. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个缺陷包含所述至少一个通道中的所述部分光束的偏振变化。
3. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件通过修改所述部分光束的偏振而至少部分补偿所述至少一个缺陷。
4. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 二维反射镜阵列的反射镜将通过所述至少一个光学元件的部分光束引向与预定目标光瞳一致的光瞳的外边缘。
5. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件的应变引致双折射包含具有固定方向的快轴。
6. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件的应变引致双折射在所述至少一个光学元件的光学有关区中包含1nm-10nm的延迟。
7. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件的应变引致双折射在所述至少一个光学元件的光学有关区中包含2nm-8nm的延迟。
8. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件的应变引致双折射在所述至少一个光学元件的光学有关区中包含3nm-6nm的延迟。
9. 如权利要求5所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件通过选择所述至少一个光学元件的快轴相对于所述通道中的所述部分光束的偏振的取向而最大化所述部分光束的偏振的修改。
10. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述照明系统适配于将至少一个第一通道和至少一个第二通道的部分光束叠加于单一斑点中, 使得所叠加的光束的延迟补偿所述照明系统的延迟。
11. 如权利要求10所述的照明系统, 其中, 所述至少一个第一通道的部分光束的偏振相对于所述至少一个第二通道的部分光束的偏振旋转预定量。
12. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个缺陷的补偿增加从所述照明系统出射的光束的优选状态下的强度。
13. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件适配于包含致动器, 以在所述至少一个光学元件的光学有关区中引起应变。
14. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件适配于在所述照明系统操作期间动态插入所述至少一个通道中。
15. 如权利要求1所述的照明系统, 其中, 所述至少一个光学元件为以不同固定快轴和/或不同延迟量制造的多个光学元件。
16. 如权利要求15所述的照明系统, 其中, 所述多个光学元件适配于插入各具有缺陷的

多个通道中,使得从所述照明系统出射的光束的优选状态下的强度最大化。

17.如权利要求1所述的照明系统,其中,所述至少一个光学元件适配于包含偏振器,其将所述部分光束的偏振改变预定量。

18.如权利要求1所述的照明系统,其中,所述至少一个光学元件包含反射所述部分光束的反射镜。

19.如权利要求1所述的照明系统,其中,所述至少一个光学元件包含偏转所述部分光束的透镜。

20.如权利要求1所述的照明系统,其中,所述至少一个光学元件适配于包含具有用于至少两个通道的至少两个光学有关区的至少一个板,所述光学有关区布置在所述至少一个板的光学无关区之间。

21.如权利要求20所述的照明系统,其中,所述至少两个光学有关区以一维行或二维矩形矩阵布置,所述至少两个光学有关区具有调整到所述部分光束的直径的直径,所述至少两个光学有关区具有调整到所述至少两个不同通道的部分光束之间的距离的距离。

22.如权利要求20所述的照明系统,其中,所述板包含至少两个光学有关区,其适配于补偿至少两个不同缺陷。

23.如权利要求20所述的照明系统,其中,所述板的至少两个光学有关区包含偏振器,其将所述部分光束的偏振改变预定量。

24.如权利要求1所述的照明系统,其中,超短激光脉冲用于引入所述局部持续修改的至少一个布置。

25.如权利要求20所述的照明系统,其中,所述板适配于垂直于所述至少两个部分光束的光束方向移动和/或旋转。

26.如权利要求20所述的照明系统,其中,所述板适配于在所述照明系统操作期间动态插入所述至少两个通道的部分光束的光束路径中。

27.一种补偿微光刻投射曝光系统的照明系统的至少一个通道中的至少一个缺陷的方法,所述方法使用如权利要求1-26中任一项所述的照明系统。

28.如权利要求27所述的方法,还包含以下步骤:在具有最能够由至少一个光学元件补偿的缺陷的至少一个通道中插入至少一个光学元件。

补偿微光刻投射曝光系统的通道缺陷的设备与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及补偿微光刻投射曝光系统的通道缺陷的领域。

背景技术

[0002] 微光刻投射曝光系统用于生产微结构组件,尤其是诸如集成电路(IC)的半导体组件。微光刻投射曝光系统的必要组件包含光源、照明装置或照明系统及投射物镜或投射系统。在使用深紫外光(DUV)波长范围的电磁辐射的现代投射曝光系统中,光源通常是准分子激光系统(248nm的氟化氪(KrF)准分子激光器、193nm的氟化氩(ArF)激光、或157nm波长氟化物(F₂)的准分子激光)。

[0003] 照明系统的性质决定微光刻投射曝光系统所能达到的成像质量及晶片产量。照明系统必须能够从光源形成光束以用于各种可能的照明模式或设定。使用各种设定(如具有不同相干度的环形场照明及/或双极或四极离轴照明)以在基板上布置的感光层中产生光刻掩模的结构元件的最佳成像对比。同时,投射曝光系统必须具有合理的工艺窗口(process window)。例如,可使用离轴倾斜照明以利用二光束干涉增加焦深(depth of focus, DoF),以及还增加总体系统的分辨能力。

[0004] 由于产生波长减小(尤其在DUV波长范围中)的电磁辐射的工作量及成本大大增加,照明系统必须以最高效率产生各种设定。此外,在照明模式中,光学强度分布必须尽可能一致,因为任何不均匀性将减少要在基板上成像的特征元件的临界尺寸(CD)。

[0005] 为了满足这些需求,将光源的光束分离或分成多个部分光束,并通过光学照明系统中的微结构光学组件将这些光束单独地成形和/或引向不同通道。使用分开及引导部分光束的不同原理的微光刻照明系统例如公开在US2004/0108167 A1及WO 2005/026843 A2中。

[0006] 术语“通道”在此处及下文中是指照明系统中的体积(volume),部分光束通过此体积从通过分开输入光束而产生的位置行进至与其它部分光束叠加或组合的位置。

[0007] 微光刻投射曝光系统的投射物镜收集透射通过掩模的光并将其聚焦于分配在基板上的感光层或光刻胶上,基板布置在投射物镜的焦平面中。基板通常是半导体晶片,如硅晶片。

[0008] 由于半导体工业中不断增加的集成密度,光刻投射曝光系统必须将越来越小的结构投射至光刻胶上。为了满足此要求,如已经提到的,投射曝光系统的曝光波长已从电磁光谱的近紫外光跨越中间紫外光而移至深紫外光区。现在,通常使用193nm的波长曝光晶片上的光刻胶。结果,以逐渐增加的分辨率制造微光刻投射曝光系统变得越来越复杂,且因此也变得越来越昂贵。未来,投射曝光系统将使用电磁光谱的极紫外光(EUV)波长范围中明显更小的波长(如,在10nm-15nm的范围中)。

[0009] 在给定波长,投射曝光系统的分辨率可通过增加其投射系统的数值孔径(NA)而增加。M.Totzeck等人在文献“Polarization influence on imaging”(J.Microlith., Microlab., Microsyst., 4(3)(Jul-Sep 2005), p.031108-1-031108-15))中对以下进行了

讨论:对于高NA投射系统,照明光束的偏振对于投射曝光系统的分辨率具有重大的影响。

[0010] 因此,为了能够控制微光刻照明系统的出射光束的相干度,需要控制其偏振状态。已知在照明系统以及投射系统的光瞳平面和/或掩模平面中调整预定偏振分布以优化图像对比度的各种方法。一些不详尽的示例列举如下:WO 2005/069081 A2、WO 2005/031467 A2、US 6191880 B1、US 2007/0146676A1、WO 2009/034109 A2、WO 2008/019936 A2、WO 2009/100862 A1、EP 1879071 A2、及DE 102004011733 A1。

[0011] 以上所提文献说明照明系统的总光束或一些子光束(包含单独通道的许多部分光束)的偏振控制。另一方面,单独通道中可能有缺陷,如由有缺陷或较差光学组件引起的单独部分光束的偏振缺陷。其中一个或几个部分光束可能具有改变的或甚至不明确的偏振状态的部分光束的叠加可导致无法预期的总光束的偏振状态。此情况造成优选状态下的强度(intensity in preferred state,简称IPS)的减少,使其可能落在预定阈值以下。

[0012] 因此,本发明的目的在于提供补偿部分光束通道内的部分光束的缺陷的设备和方法。

发明内容

[0013] 根据本发明的第一方面,提供一种如权利要求1所述的方法。在实施例中,一种微光刻投射曝光设备的照明系统包含:(a)多个通道,每个通道引导部分光束且至少一个通道包含至少一个缺陷;及(b)至少一个光学元件,其布置在具有该至少一个缺陷的该至少一个通道中,该光学元件适配于至少部分补偿该通道的部分光束的至少一个缺陷。

[0014] 通过补偿部分光束通道内的缺陷,避免部分光束的局部缺陷可能使通过叠加从照明系统出射的几个部分光束以照明掩模而形成的光束的质量降低。尤其,叠加几个良性部分光束及单一有缺陷部分光束可导致减损从照明系统出射的第二数量总光束。此减损可导致对照明系统的(一个或多个)照明光束的复杂校正措施。

[0015] 由于光学元件仅最低限度地影响相应通道中部分光束的光束特性,插入光学元件并不需要对部分光束的补偿措施。另一方面,补偿缺陷有效增加从照明系统出射的(一个或多个)光束的优选状态下的强度(IPS)。

[0016] 另外一方面,至少一个缺陷包含至少一个通道中部分光束的偏振变化。另一方面,至少一个光学元件通过修改部分光束的偏振来至少部分补偿至少一个缺陷。

[0017] 照明系统通道中的缺陷的一个示例是部分光束的偏振变化。此偏振变化的来源可能是接口及涂层处的反射和/或透射和/或光束通道中光学组件的双折射。双折射可为固有的或材料双折射和/或可由光学组件的底座(mounting)造成的应变所引致。通过选择性修改部分光束的偏振,可至少部分补偿偏振变化。

[0018] 根据另外一方面,至少一个光学元件包含至少部分补偿部分光束的偏振变化的应变引致双折射。在另一有利效应中,应变引致双折射包含将局部持续修改的至少一个布置引入光学元件在其光学有关区外的区域中。

[0019] 众所周知,在透明材料中引入局部变形会造成局部应变引致双折射变化。基于描述引致的局部变形依据引入局部变形所用激光束的参数的模型,可控制在光学元件材料中局部引致的应变分布。因此,可将预定局部应变分布引入光学元件中。此应变分布造成相应双折射分布。

[0020] 在优选实施例中,在光学元件的光学无关区中引入一个或几个局部持续修改的布置。深远的应变分量在光学元件的光学有关区中延伸,并造成至少部分补偿相应通道中光学缺陷的应变引致双折射分布。可借助计算机系统从所需双折射分布计算局部持续修改的布置。

[0021] 在光学元件的光学有关区外的区域中引入局部持续修改的(一个或多个)布置的构造具有以下优点:局部持续修改的布置对于部分光束的光子没有任何影响。此外,局部持续修改的布置不会使光学元件的光学有关区的光学特性恶化(degrade)。

[0022] 在本说明书中,术语“实质上(essentially)”是指在最先进测量技术的分辨率极限以下的数量变化。

[0023] 光学元件的光学有关区是光束或部分光束穿过光学元件或光束或部分光束从光学元件反射的区域。光学元件的所有其它区域部分则是光学无关区。

[0024] 另外一方面,二维反射镜阵列的反射镜将通过至少一个光学元件的部分光束引向与预定目标光瞳一致的光瞳的外边缘。

[0025] 双折射引起的延迟显示光瞳平面中光束上的对称变化。其从光瞳中心朝向光瞳边缘增加。因此,通过将穿过至少一个光学元件并因此取得限定的延迟的一个或多个部分光束引向光瞳边缘,可补偿光瞳边缘中的延迟。此程序必须考虑以下约束:光瞳平面中的强度分布必须满足预定的目标分布。然而,光瞳平面中的缺陷不需要包含光瞳上的对称变化以在限定的照明系统中得到补偿。

[0026] 根据另外一有利方面,至少一个光学元件的应变引致双折射包含具有固定方向的快轴。

[0027] 在光学元件中引入具有带有固定方向的快轴的应变引致双折射,允许对偏振变化进行空间解析的校正。

[0028] 另一方面,至少一个光学元件的应变引致双折射包含在至少一个光学元件的光学有关区中的1nm-10nm、较佳2nm-8nm、以及最佳3nm-6nm的延迟。

[0029] 另一优选方面,至少一个光学元件通过选择至少一个光学元件的快轴相对于通道中部分光束的偏振的取向来最大化部分光束的偏振的修改。

[0030] 若部分光束具有线性偏振及光学元件具有方向固定的快轴,则容易执行所说明的优化过程。然而,若部分光束具有任意偏振及应变引致双折射未产生固定快轴,则还可执行缺陷补偿。

[0031] 另一有利方面,照明系统适配于叠加至少一个第一通道及至少一个第二通道的部分光束于单一斑点中,使得叠加部分光束的延迟补偿照明系统的延迟。

[0032] 此特征是有利的,因其允许通过在局部叠加光束的通道的一个中插入特别设计的光学元件,补偿部分光束在单一斑点中叠加以形成从照明系统出射的照明光束的几个通道的缺陷。因此,大程度地简化其中一些或全部通道具有缺陷的多个通道的缺陷补偿。

[0033] 另外一方面,至少一个第一通道的部分光束的偏振相对于至少一个第二通道的部分光束的偏振旋转预定的量。

[0034] 根据另外一方面,至少一个缺陷的补偿增加从照明系统出射的光束的优选状态下的强度。

[0035] 优选状态下的强度(IPS)是投射曝光系统成像质量的重要特性。因此,利用将可使

用光子损失限制于极低比例的阈值(如, $IPS > 97\%$)来限定IPS。

[0036] 另一方面,至少一个光学元件适配于包含致动器,以在至少一个光学元件的光学有关区中引致应变。另外一方面,致动器包含压电元件。

[0037] 通过组合光学元件与致动器,可对光学元件施加暂时改变的应变,允许双折射快速适配于新情况。致动器可改变延迟并使快轴不受影响,或其可布置成修改快轴的取向及延迟二者。还可设想为光学元件布置两个或两个以上致动器。

[0038] 根据另一方面,至少一个光学元件适配于在照明系统操作期间动态插入至少一个通道中。

[0039] 此特征可在投射曝光系统操作期间优化投射曝光系统的IPS。其既不需要光学元件实质上变更部分光束的光学强度,也不需要改变其相位关系。

[0040] 又另外一方面,至少一个光学元件包含以不同固定快轴和/或不同延迟量制造的多个光学元件。

[0041] 例如,在微光刻照明系统的通道中可以有各种材料双折射量的缺陷。因此,产生具有适配于照明系统通道中发生的不同缺陷的局部持续修改的各种布置的光学元件将很有利。

[0042] 根据另一方面,多个光学元件适配于插入各具有缺陷的多个通道中,使得最大化从照明系统出射的光束的优选状态下的强度。

[0043] 微光刻照明系统具有多个通道。因此,可能多于一个通道具有缺陷。两个或两个以上通道中的缺陷可具有实质上相同的缺陷数量或不同通道的缺陷可具有不同的缺陷数量。这些缺陷可通过在相应缺陷通道中插入最能补偿相应缺陷的光学元件而得到补偿。通过叠加的部分光束的IPS控制缺陷补偿。

[0044] 另一方面,至少一个光学元件适配于包含偏振器,其将部分光束的偏振改变预定量。

[0045] 通过在偏振器的非光学使用区中引入局部持续修改的布置,偏振器可对部分光束执行预定偏振操纵并可同时补偿由通道中偏振变化引起的缺陷。此构造可节省微光刻照明系统通道中的空间。

[0046] 另外一方面,至少一个光学元件包含反射部分光束的反射镜。根据再另一方面,至少一个光学元件包含偏转部分光束的透镜。

[0047] 如已经提到的,微光刻照明系统通常包含各引导一部分光束的许多不同通道。因此,在不同的部分光束之间通常没有太多空间。因此,有利的是结合缺陷补偿与光学元件的另一功能以节省照明系统中的空间。

[0048] 还可设想结合方才讨论的方法与插入针对通道缺陷补偿特别设计的一或多个光学元件。可为有利的是,将预定的缺陷补偿量加入特定通道(如接近通道矩阵边缘及/或角落的通道)的光学元件及仅对具有特定缺陷的几个通道插入额外光学元件。

[0049] 根据另一方面,至少一个光学元件适配于包含具有用于至少两个通道的至少两个光学有关区的至少一个板,光学有关区布置在至少一个板的光学上无关的区域之间。

[0050] 由于微光刻照明系统的通道布置通常包含许多通道,可能会有其中单独地补偿数个通道中的缺陷的麻烦情况。若通道布置的数个相邻通道具有缺陷,则单独通道缺陷补偿的该方法可能因空间限制而受限。因此,有用的是产生可补偿数个通道的缺陷的板。

[0051] 又另一方面,至少两个光学有关区以一维列或二维矩形矩阵布置,至少两个光学有关区具有调整到部分光束直径的直径,及至少两个光学有关区具有调整到至少两个不同通道的部分光束之间的距离的距离。

[0052] 另外一方面,该板包含适配于至少部分补偿至少一个缺陷的至少一个光学有关区和没有应变引致双折射的至少一个光学有关区。

[0053] 类似于单一通道的光学元件,板可整合各种功能,如缺陷补偿和产生预定偏振变化。

[0054] 又另一方面,该板包含至少两个适配于补偿至少两个不同缺陷的光学有关区。

[0055] 根据另外一方面,该板的至少两个光学有关区包含偏振器,其将部分光束的偏振改变预定量。

[0056] 在再另一方面,使用超短激光脉冲以引入局部持续修改的至少一个布置。

[0057] 另外一有利方面,该板适配于实质上垂直于至少两个部分光束的光束方向移动和/或旋转。

[0058] 类似于单一通道的光学元件,此特征可通过将该板调整到通道矩阵中最小化IPS损失的位置来优化缺陷补偿。

[0059] 根据另一方面,该板适配于在照明系统操作期间动态插入至少两个通道的部分光束的光束路径中。

[0060] 又另外一有利方面,补偿微光刻投射曝光系统中照明系统的至少一个通道中至少一个缺陷的方法使用上述方面的任一方面的照明系统。

[0061] 最后,另一方面另外包含在具有最能够由至少一个光学元件补偿的缺陷的至少一个通道中插入该至少一个光学元件的步骤。

附图说明

[0062] 为了更好地理解本发明及明白其实际应用,在下文中提供并参考以下示图。应注意,示图仅给定作为示例,而不限制本发明的范围。

[0063] 图1示意性示出微光刻投射曝光系统的必要组件;

[0064] 图2示意性显示微光刻照明系统的通道布置的横截面;

[0065] 图3图解在光刻掩模平面中分析的线性偏振光束的DUV投射曝光系统的照明系统的延迟分布,图3a重现照明系统焦平面视场的左方部分,图3b示出中心部分,及图3c指示右方部分;

[0066] 图4示意性表现在光学元件中引入局部持续修改的布置的设备的方块图;

[0067] 图5示意性图解具有引入局部持续修改的布置的光学有关区和光学无关区的光学元件;

[0068] 图6示意性表现图2的片段,其中偏振板插入不同通道的部分光束中;

[0069] 图7显示在图6中将光学元件布置在通道之一中以变更相应部分光束的偏振;

[0070] 图8示意性图解两个叠加部分光束的延迟具有加成性;

[0071] 图9示意性描绘对4x4部分光束矩阵布置4x4光学有关区的板,其中一些光学有关区具有不同局部持续修改的布置以造成具有不同快轴取向及不同延迟量的应变引致双折射;

[0072] 图10示意性显示图9的板具有光学有关区的应变引致双折射的四个不同构造,其中每个构造具有其不同快轴取向及不同延迟量;

[0073] 图11示意性表现在一部分通道矩阵中的三个偏振板和第一补偿板的组合;

[0074] 图12示意性显示在一部分通道矩阵中的三个偏振板和第二补偿板的组合。

具体实施方式

[0075] 优选实施例的详细描述

[0076] 下文中,将参考图解本发明示例实施例的附图更详细说明本发明。不过,本发明可以不同方式实施,但不应被视为受限于所列出的实施例。确切地说,所提供的这些实施例将使得本公开内容更为详尽,并让本领域技术人员了解本发明的范围。

[0077] 图1示意性显示微光刻投射曝光系统100的必要组件。光源110将线性偏振电磁辐射发射至光束扩展单元120中。对于紫外光(UV)或DUV波长范围中的光刻系统,通常应用准分子激光器作为光源110。如已经提到的,KrF准分子激光系统用于248nm、ArF准分子激光系统用于193nm,F₂准分子激光系统用于157nm波长范围。准分子激光系统通常发射线性偏振电磁辐射。此外,准分子激光系统一般发射具有纳秒范围的脉冲持续时间的光脉冲或激光脉冲。还可对用于未来光刻系统的其它波长应用以下讨论的系统及方法。

[0078] 光束扩展单元120将激光束145的直径从毫米范围增加到厘米范围。例如,进入扩展单元120的光束可具有15nm×20nm的大小,从扩展单元120出射的光束可具有例如80mm×80mm的尺寸。

[0079] 在图1的示例实施例中,照明系统130包含三个不同部分。第一部分131(又称为“光学单元”)包含光学组件,以将光源100产生并由光束扩展单元120扩展的光束分成部分光束或部分束(图1未显示)。将在图2的背景中讨论产生及形成部分光束的细节。偏转镜132将部分光束引向第二部分134(又称为“透镜组”)。在第二部分134中,使部分光束成形,并重新布置光学强度的空间分布。在第二部分134的出口处存在其中布置掩模母版遮蔽系统(REMA)的中间场平面,该REMA可用作可调整场光阑(图1未指示)。第三部分136包含将掩模母版遮蔽系统成像至晶片160上的物镜,晶片布置在照明系统130的另一场平面中。

[0080] 投射物镜140将穿过掩模150的光成像至布置在基板160上的感光层170。基板160通常是硅晶片。

[0081] 图2更详细地示意性图解照明系统130的第一部区,其布置在照明系统130的第一部分131和第二部分134中。扩展光束205进入照明系统130的第一部分131。第一透镜210使扩展光束205成形以便进一步处理。接着,二维微透镜光栅阵列215将扩展光束205分成多个部分光束235。多个部分光束235有规律地布置且互相平行。另一微透镜阵列225调整部分光束235的光束角度。

[0082] 在一示例实施例中,扩展光束具有80mm×80mm的尺寸。二维微透镜光栅阵列215将光束分成例如4mm×4mm的方形,其导致20×20部分光束205的阵列或矩阵。这表示在讨论的示例中,部分光束235的通道220具有垂直于光束方向的尺寸4mm×4mm。在图2中,以虚线标出通道220。两个二维微透镜阵列215及225将部分光束235集中成2mm×2mm的面积。在图10-12(在下文说明)的讨论中应用的照明系统使用64×64反射镜元件的多反射镜阵列(MMA)。

[0083] 在微透镜阵列225的下游,在部分光束235的一些通道220中插入偏振板230。偏振

板230例如通过将偏振旋转预限定角度和/或通过形成圆偏振的部分光束235来以限定方式改变部分光束的线性偏振。因此,偏振板230允许设定从照明系统130出射的(一个或多个)光束285的预定偏振状态以照明掩模150。

[0084] 每个部分光束235照在二维反射镜阵列250的相应反射镜240。在讨论的示例中,反射镜阵列250的反射镜240为平的且具有 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的大小。每个反射镜240可绕彼此垂直对准的两个倾斜轴倾斜。每个反射镜240的倾斜运动可由控制单元260单独地控制,控制单元260经由电连接255连接至反射镜阵列250。

[0085] 单独反射镜240位于 $4\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的方形区域中,方形区域在二维反射镜阵列250上位于彼此旁边。可将单独反射镜240的数目调整为部分光束235的数目,并且在讨论的示例中,此数目 ≥ 400 。反射镜阵列250布置在照明系统130的第一部分131的偏转镜132上。代替反射镜阵列250,还可使用可控反射衍射光栅阵列(an array of controllable reflective diffraction gratings)以将部分光束235偏转在预定方向上。

[0086] 使用光学组件265以使自反射镜240反射的部分光束235形成或成形。为此目的,至少一些光学组件265可沿着照明系统130的光轴(图2未显示)移动。例如,光学元件265可形成变焦三棱轴锥体物镜(zoom-axicon objective)。光学组件265的出瞳是照明系统130的光瞳成形表面。

[0087] 在讨论的示例中,光栅元件270布置在光瞳成形表面中或接近光瞳成形表面。光栅元件270具有满足若干功能的衍射或折射光学元件的二维阵列。光栅元件270使入射部分光束235成形。此外,光栅元件270形成离开光栅元件270且在随后的场平面中叠加的部分光束,并因此混合部分光束以均匀照明该照明系统130的出瞳(其中布置掩模或掩模母版150,图2未显示)。光栅元件270可实现为二维棱镜阵列,其中按顺序布置单独棱镜以视需要照明均匀化的场平面。代替光栅元件270,还可使用形式为积分棒或蝇眼聚光器的常规混合元件(图2未显示)。

[0088] 透镜280象征布置在照明系统130的第三部分136中的物镜,其将具有掩模系统的均匀化场平面投射至其中布置掩模150的掩模母版平面290上。

[0089] 反射镜阵列250改变部分光束235入射在反射镜阵列250的反射镜240上的角分布,并因此重新布置扩展光束205的光学强度分布。在图2示意性图解的示例中,光束205被集中成可用以形成双极设定的两个输出光束285。在图2的示例中,光束235的上部用以形成双极设定的第一部分,光束235的下部用以形成双极设定的第二部分。然而,还可应用光束235的不同分离以形成图2的双极设定或一般地形成预定设定。

[0090] 此外,反射镜阵列250可通过单独反射镜在光瞳平面的相应部分中的相应倾斜来切换单独部分光束235。这提供在照明系统130的光瞳平面中设定所要或预定的延迟分布以补偿光瞳平面中的相应延迟分布的可能性。所说明的延迟补偿过程必须另外满足以下要求:光学强度在预定设定(即图2的示例中的双极设定)内均匀分布。

[0091] 在部分光束的从二维光栅阵列215到二维光栅阵列270的路径上,部分光束235穿过几个光学元件,如微透镜阵列225、偏振板230及光学组件265。此外,部分光束235从反射镜240反射。在部分光束235与光学组件215、225、240、230、265、270的每个交互作用中,部分光束235可被扭曲。例如,部分光束235的光子可被吸收或从光束散射,导致部分光束235的强度降低。此外,部分光束235中的相位关系可通过与光学组件215、225、230、240、265、270

的交互作用而扭曲。此外,部分光束235的偏振可通过部分光束235在组件215、225、230、240、265、270的界面和/或涂层处的反射和/或透射而扭曲。另外,光学元件215、225、230、265、270的固有或材料双折射可改变部分光束235的偏振状态。

[0092] 以下说明重点在于补偿部分光束235在相应通道220的路径中获得的偏振变化。但应了解,所讨论的措施还可用于补偿部分光束235的其它缺陷。

[0093] 在下一个步骤中,解说能够补偿部分光束235的偏振变化的光学元件的制造。然后,讨论在部分光束235的通道220中插入光学元件的示例。

[0094] 图3示意性描绘投射曝光系统100的照明系统130的光学组件215、225、230、265、270在掩模150的平面290中的固有或材料双折射的效应。如在图1的讨论已经提过,激光源110的输出光束205实质上线性偏振。通常,光束205为水平偏振(在图2的纸张平面中)或垂直偏振(垂直于图2的纸张平面)。

[0095] 图3呈现标量双折射分量 Ret_{45} 的示例性示图,其图解向量延迟在 45° 轴上的投影,其中该角度是相对于x轴而测量的。图3a-3c清楚指出,延迟朝着照明系统130的透镜边缘而明显增加。此外,图3a-3c还指出,延迟还朝着光瞳边缘而明显增加。这表示照明系统130的光学元件215、225、230、265、270的材料双折射具有强烈的场及光瞳依赖性。

[0096] 具有材料双折射的光学元件215、225、230、265、270、500的延迟 Δ 根据以下方程式由光学元件215、225、230、265、270、500的厚度 d 及其快轴的折射率 n_F 及慢轴的折射率 n_S 决定:

$$[0097] \quad \Delta = d \cdot (n_S - n_F) = d \cdot \Delta n = d \cdot \delta(1)$$

[0098] 其中, δ 称为“双折射”。

[0099] 由光学元件215、225、230、265、270的材料双折射所造成的延迟 Δ 变更部分光束235的偏振状态,因此导致照明光束285在掩模150的照明场290上的偏振变化。因此,图3中由光学组件215、225、230、265、270的材料双折射示例性散布的偏振变化导致优选状态下的强度(IPS)减少。对于微光刻投射曝光系统100的用户,IPS规格是很重要的特性。因此,必须补偿IPS损失使得投射曝光系统100满足预定的IPS阈值。目前,典型的IPS规格取决于照明设定,例如在94%至98%的范围中。

[0100] 此较高的IPS规格阈值导致总投射曝光系统100还包括全部外部贡献的延迟预算在约10nm的范围中。因此,IPS规格对于照明系统130的每一个光学元件215、225、230、265、270以及微光刻投射曝光系统100的投射系统140设定新的双折射需求。此外,这还对由掩模150、光刻胶170及掩模150的薄膜(图1未显示)引致的偏振变化有高要求。在本发明中,不涉及不是投射曝光系统100的一部分的最后组件的影响。

[0101] 图4描绘设备400的示意性方块图,可使用设备400以在光学元件215、225、230、265、270中及尤其对在图5背景中讨论的特定光学元件500引入局部持续修改的布置,以补偿投射曝光系统100的光学元件215、225、230、265、270的材料双折射的效应。设备400包含可在三维中移动的夹盘420。光学元件410可通过使用各种技术(如夹紧)而固定于夹盘420。光学元件410可以是图2的光学元件215、225、265、270之一以及图5讨论的特定光学元件500。

[0102] 设备400包括脉冲激光源430,其产生脉冲或激光脉冲的束或光束435。激光源430产生可变持续时间的脉冲或激光脉冲。脉冲持续时间可如10fs之低,但还可持续增加至

100ps。脉冲激光源430产生的光脉冲的脉冲能量还可在每脉冲0.01μJ至每脉冲10mJ的大范围内进行调整。此外,激光脉冲的重复率包含1Hz至100MHz的范围。在优选实施例中,光脉冲可由在800nm的波长工作的Ti:蓝宝石激光器产生。然而,下文说明的方法不限于此激光器类型,可使用基本上全部激光器类型,其具有的光子能量小于光学元件410的材料的带隙,且其能够产生持续时间在飞秒范围中的脉冲。因此,还可应用例如Nd-YAG激光器或染料激光系统。

[0103] 设备400还可包含多于一个脉冲激光源430(图4未显示)。

[0104] 下表表示在一方面用于将局部持续修改的布置引入光学元件410中的双频Nd-YAG激光系统的激光束参数的概览。单一局部持续修改局部地修改光学元件410的密度。光学元件410的局部修改密度在光学元件410的至少一个小体积中间断地修改,其中至少一个小体积称为“像素”。此外,单一局部持续修改的局部修改密度引起所引致像素的局部持续修改周围的应变分布。通过在光学元件410的材料的专用布置中引入或写入许多像素,可产生所要的应变分布。

[0105] 已知引致的不渗透性变化 $\Delta\beta_{ij}$ 线性依赖于材料中引致的应变,其中不渗透性 β 与电容率 ε 的关系为:

$$[0106] \quad \varepsilon = \frac{1}{\beta} \quad (2)$$

[0107] 此依赖性可借助应力光学矩阵的分量表达:

$$[0108] \quad \Delta\beta_{ij} = \sum_{k=1, j=1}^{3,3} q_{ijkl} \sigma_{kl} \quad (3)$$

[0109] 因此,通过在光学元件215、225、230、265、270、500中引入或写入像素而在光学元件215、225、230、265、270、500的材料中所引致的应变与材料中光束或部分光束235的延迟 Δ 直接相关,并由以下方程式给出:

$$[0110] \quad \Delta = d \cdot n_0^3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\beta_{11} - \beta_{22}}{2}\right)^2 + \beta_{12}^2} \quad (4)$$

[0111] 其中,d一样是光学元件215、225、230、265、270的厚度, n_0 是光学元件215、225、230、265、270、500的各向同性材料的折射率, β_{ij} 是光学元件215、225、230、265、270、500的材料的不渗透性矩阵的分量。

[0112] 下文中,特征化特定激光脉冲的激光束参数集又称为写入模式,因为激光束聚焦于光学元件215、225、230、265、270、500中且激光脉冲被“写入”光学元件410的材料。每个激光束或激光脉冲参数集或每个写入模式引致光学元件215、225、230、265、270、500中对此参数集为典型或特定的局部变形。换言之,每个激光脉冲参数集或每个写入模式产生其在光学元件410的材料中的特定变形。

[0113] 下文中,以称为“模式印记(mode signature,MS)”的参数形式说明激光脉冲对光学元件215、225、230、265、270、500的效应。在此概念中,将光学元件215、225、230、265、270、500的区域分成较小的基本区域,较佳为小矩形或方形。模式印记说明基本区域因激光脉冲的作用或全部激光脉冲的作用而产生的扭曲或变形。

[0114] 表1:双频Nd-YAG激光系统的所选激光束参数的数值

[0115]

概览		
参数	数值	单位
脉冲能量	0.05-5	μJ
脉冲长度	0.05-100	ps
重复率	1-10000	kHz
脉冲密度	1000-10000000	mm^{-2}
NA	0.1-0.9	
波长	532	nm

[0116] 下表指示不同地影响局部持续修改的布置的参数及因此在光学元件410的材料中引致的应变分布。表2针对称为标准工艺窗口(Std PW)的引入或写入像素模式提出双频Nd-YAG激光系统的参数。

[0117] 表2:针对标准工艺窗口的Nd-YAG激光系统的所选激光束参数的数值

[0118]

Std PW(标准工艺窗口)		
参数	数值	单位
脉冲能量	0.45	μJ
脉冲长度	8	ps
重复率	50	kHz
脉冲密度	1000-100000	mm^{-2}
NA	0.3	
波长	532	nm

[0119] 表3总结也使用双频Nd-YAG激光系统的实施例的称为低配准工艺窗口(low registration process window, LowReg PW)的模式的参数。激光系统430的此操作模式使用能量低于Std PW的光脉冲,但引入较高像素密度。

[0120] 表3:针对低配准工艺窗口(LowReg PW)的Nd-YAG激光系统的所选激

[0121] 光束参数的数值

[0122]

LowReg PW(低配准工艺窗口)		
参数	数值	单位
脉冲能量	0.32	μJ
脉冲长度	8	ps
重复率	50	kHz
脉冲密度	5000–500000	mm^{-2}
NA	0.3	
波长	532	nm

[0123] 操纵反射镜(steering mirror)或操纵系统490将脉冲激光束435引向聚焦物镜440中。物镜440将脉冲激光束435聚焦至光学元件410中。所应用物镜440的NA(数值孔径)取决于焦点的预定斑点大小和焦点在光学元件410的材料中的位置。如表1所示,物镜440的NA可高达0.9,这导致焦点斑点直径实质上为 $1\mu\text{m}$,最大强度实质上为 $10^{20}\text{W}/\text{cm}^2$ 。

[0124] 设备400还包括控制器480和计算机系统460,其管理样品保持器420的二轴定位台在x及y方向的平面中的平移。控制器480及计算机系统460还经由固定物镜440的单轴定位台450控制物镜440垂直于夹盘420的平面(z方向)的平移。应注意,在设备400的其它实施例中,夹盘420可配备三轴定位系统以将光学元件410移动至目标位置,并且物镜440可为固定的,或夹盘420可为固定的,而物镜440可在三维中移动。另应注意,还可使用手动定位台,以在x、y及z方向上将光学元件410移动至脉冲激光束435的目标位置,及/或物镜440可具有手动定位台,以在三维中移动。

[0125] 计算机系统460可以是微处理器、通用处理器、专用处理器、中央处理单元(CPU)、绘图处理单元(GPU)等。其可配置在控制器480中,或可以是独立单元,例如个人计算机(PC)、工作站、主机等。计算机系统460可另外包含输入/输出(I/O)单元,如键盘、触摸板、鼠标、视频/图形显示器、打印机等。另外,计算机460还可包含挥发性及/或非挥发性内存。可以硬件、软件、韧体或其任何组合实现计算机系统460。此外,计算机系统460可控制激光源430(图4中未指示)。

[0126] 此外,设备400还可提供包括电荷耦合装置(CCD)相机465的观察系统,其经由分色镜(dichroic mirror)445接收配置给夹盘420的来自照明源的光。观察系统有助于光学元件410相对于目标位置的导航。此外,观察系统还可用来观测在光学元件410中利用光源430的脉冲激光束435形成像素布置。

[0127] 图5示意性表现光学元件500,其经制备以补偿部分光束235在通道220中的偏振变化。光学元件500包含部分光束235所穿过的光学有关区510。光学元件500可以具有对部分光束235的相应波长为透明的任意材料。在DUV范围中,例如可应用石英或二氟化钙(CaF_2)制造光学元件500。为了引入相当数量的延迟,光学元件500的材料应为非晶的,尤其可应用非晶石英。

[0128] 在图2背景讨论的示例中,光学元件500的光学有关区510具有大小 $>2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。光学有关区510被光学无关区520围绕。在讨论的示例中,光学无关区520的外尺寸 $\leq 4\text{mm} \times$

4mm。将底座附接至光学无关区520,以将光学元件500插入及固定在通道220(图5未显示)中。

[0129] 使用光学无关区520以引入局部持续修改的一个或几个布置530、540。在图5中指示布置530、540只是为了图解原理。在解说设备400时,即在讨论图4期间,详细说明引入局部持续修改或像素的布置如何引入限定的局部应变分布,该限定的局部应变分布造成限定的应变引致双折射。在图5的示例中,像素布置530、540造成双折射,其中快轴沿着具有像素布置530、540的角(corner)取向,延迟量在中心处实质上为零且朝着具有像素布置530、540的角增加。

[0130] 图2展示光学元件215、225、230、265、270的材料双折射造成延迟在光瞳平面中的系统的依赖性。因此,第一方法是通过制造具有固定快轴和不同最大延迟量的光学元件500来补偿光学元件215、225、230、265、270的材料双折射。如方程式(1)所示,这可通过以下方式来执行:变更光学元件500的厚度或通过改变像素布置530、540而变更应变引致双折射。还可使用两种参数变化的组合以制造具有预定延迟量的光学元件500。各种光学元件500接着可插入相应部分光束235的通道220中,以补偿光瞳平面中的相应偏振变化。

[0131] 此方法具有以下优点:不必分析单独通道220的光学元件215、225、230、265、270的偏振变化。此外,不需要确定每个光学元件500的单独像素布置530、540。因此,在以下示例中讨论此方法。

[0132] 然而,必须强调,在第二方法中,还可测量单独通道220的光学组件215、225、230、265、270的偏振变化,并从此数据计算用于光学元件500的个别化缺陷补偿的相应像素布置530、540。

[0133] 此外,光学元件500还可装备有一个或多个致动器以暂时引起应变引致双折射(图5未显示)。这允许在照明系统130操作期间动态设定延迟。致动器可布置为修改光学元件500的双折射的快轴,并因此修改快轴的取向和延迟二者。另一方面,致动器可布置为仅变更延迟,但使快轴的取向保持不变。例如,可应用压电元件作为致动器。

[0134] 此外,取决于光学组件在通道220中的调整,尤其因为移动光学元件265,光学元件500可动态插入通道220中。这使得可针对照明系统130的各种设定做出灵活响应。

[0135] 图6显示图2的片段。图2的光栅元件215产生四个入射部分光束605、610、615、620,其为线性偏振且其偏振在纸张平面中水平取向。在穿过聚焦微透镜阵列640后,偏振板652、654、656插入部分光束610、615、620中,以便将入射部分光束610-620的偏振改变预定量。如可从图6中看见,每个偏振板650在此示例中将光束610、615、620的偏振旋转 45° ($\pi/4$)。由于偏振板652、654、656的作用具有加成性,相对于部分光束670的偏振,部分光束615旋转 90° ,部分光束620旋转 135° 。反射镜660以图2指示的预定方向反射部分光束605-620。

[0136] 然而,为了在叠加部分光束605-620时产生预定偏振,可能需要部分光束620具有椭圆偏振而非线性偏振。为此目的,在具有一个或几个局部持续修改的布置530、540(其以固定快轴和限定的延迟产生应变引致双折射)的部分光束620的通道中插入光学元件500,以结合偏振板656产生部分光束785的所需偏振。

[0137] 图7图解此情况。将具有预定延迟的光学元件500插入部分光束620中,并根据该光学元件的延迟改变所反射光束785的偏振。由于入射光束620为线性偏振,光学元件500的效应取决于其快轴相对于部分光束620的偏振的取向。在光学元件500的快轴与部分光束620

的偏振之间的角度 $\pm 45^\circ$ 具有对偏振的最大效应。光学元件500的快轴的正负号必须不同于照明系统的有效延迟轴的正负号,以造成偏振变化的补偿。

[0138] 将光学元件500插入偏振板650的上游是有利的,因为此布置有助于光学元件500的快轴相对于部分光束620的偏振的取向。另一方面,在相对于部分光束620的偏振控制光学元件500的快轴的取向时,还可将光学元件500布置在偏振板652、654、656的下游。

[0139] 由相应照明光束285的IPS变化控制光学元件500的影响。

[0140] 图8显示当部分光束235叠加于单一斑点中时,还可使用插入具有缺陷(尤其是偏振缺陷)的通道220的光学元件500,以补偿第二通道的偏振缺陷。图8描绘其偏振由斯托克斯(Stokes)矢量 S_1 及 S_2 说明的两个部分光束235。两个部分光束235通过引入不同延迟量(指示为 Ret_1 和 Ret_2)的光学元件500。此外,第二部分光束235穿过偏振板652、654或656之一,使得部分光束235具有不同的偏振旋转 Φ_{11} 及 Φ_2 。因此,两个部分光束的斯托克斯矢量为:

$$[0141] \quad S_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ \cos(2\varphi_1) \\ -\sin(2\varphi_1) \\ Ret_1 \end{pmatrix}, S_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ \cos(2\varphi_2) \\ -\sin(2\varphi_2) \\ Ret_2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

[0142] 若两个部分光束235利用反射镜240或660的相应倾斜而叠加,则叠加光束的偏振由斯托克斯矢量 S_{sum} 说明:

$$[0143] \quad S_{sum} = S_1 + S_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ \cos(2\varphi_1) + \cos(2\varphi_2) \\ -\sin(2\varphi_1) - \sin(2\varphi_2) \\ Ret_1 + Ret_2 \end{pmatrix} \quad (6)$$

[0144] 这证明在由偏振板650产生额外偏振旋转时,由光学元件500引入的延迟也有效。这表示插入部分光束235的通道220中的光学元件500在部分光束235叠加时,即使其它通道由于偏振板652、654、656的作用而具有不同的偏振状态,还可补偿各种其它通道的偏振缺陷。

[0145] 有用的是可制备一组具有不同量的应变引致双折射的偏振板652、654、656。此外,还可设想在光学组件215、225、265、270中的一个或多个中引入像素布置530、540。在特定情况中,还可使用光学元件500及利用将一个或多个像素布置530、540引入光学组件215、225、230、265、270之一中的另一补偿措施的结合。

[0146] 此外,照明系统130的构造可以如下:更有效的是使用对不只一个通道220起作用的板或补偿板来代替光学元件500。有用的是可对通道矩阵的一部分应用补偿板。例如,可制造补偿板用于部分光束235的二维通道矩阵的四分之一。此补偿板例如可有利地用于照明系统130的四极设定。

[0147] 图9呈现用于双折射(尤其是部分光束235的通道220中的光学元件215、225、230、265、270的材料双折射)的通道式补偿的 4×4 补偿板900。如上文已经提过,图9至12中考虑的照明系统130的多反射镜阵列(MMA)660包含 64×64 反射镜布置。补偿板900包含通道220,如第三列的通道220,其对相应部分光束235的偏振不起作用。此外,补偿板900具有光学有关区910,其提供不同延迟量和不同快轴取向的应变引致双折射。

[0148] 在图9的示例中,在光学有关区之外引入或写入局部持续修改的布置。此区域在图9中称为结构化区。图9仅指出可以制造具有不同快轴取向并在单一补偿板900上还具有不同延迟量的补偿板900。

[0149] 图10图解 4×4 补偿板的各种构造。图10a显示一板,其中第二行的光学区有具有不同快轴取向和多种延迟量的双折射分布。图10b指示图10a的构造,其中图10a的第二行的应变引致双折射在图10b的第四行中重复。图10c呈现其中快轴取向在一行中为固定但具有不同延迟量的构造。最后,图10d将应变引致双折射分布至补偿板的所有行。对于每个偏振板652、654、656,均有具有延迟效应的通道及不具有延迟效应的其它通道。在静态方法的情况下,可因此利用计算反射镜240的反射镜倾斜角的Pol-CompPup算法来最佳地设定补偿效应,以优化照明光瞳。同时,通过设定每个反射镜240、三个偏振板652、654、656及补偿板500来优化所要强度分布、所要(线性)偏振分布及所需延迟分布。

[0150] 如在讨论光学元件500时已经提过,如果将补偿板900插入偏振板652、654、656的上游,则补偿板900仅需具有相对于部分光束235、605-620的偏振为 $\pm 45^\circ$ 的两个快轴取向。以下示图指出补偿板900结合偏振板652、654、656的几个可设想实施方案可能性。

[0151] 图11显示一示例,其中结合局部通道矩阵的三个偏振板(PolFlex板1至PolFlex板3)使用具有图10b的构造两倍的补偿板。在此构造中,存在用于每个偏振状态的通道220,其校正具有快轴 $+45^\circ$ 及 -45° 以及各快轴取向的延迟3nm及5nm的相应通道(即,通道220)的双折射。还存在对相应偏振状态的偏振不具有任何效应的一些通道220。因此,可极大地补偿形成出射光束(从叠加此通道矩阵部分的部分光束235产生)的部分光束235的延迟。

[0152] 图12同样呈现具有三个偏振板(PolFlex板1至PolFlex板3)和补偿板的示例。与图11的实例相比,使用具有图10a的构造一次的补偿板补偿所呈现的通道矩阵片段的不同通道的延迟效应。为了优化局部通道矩阵的通道220的偏振变化的补偿,补偿板在图12的通道矩阵片段中动态移动。补偿板的移动与偏振板无关。

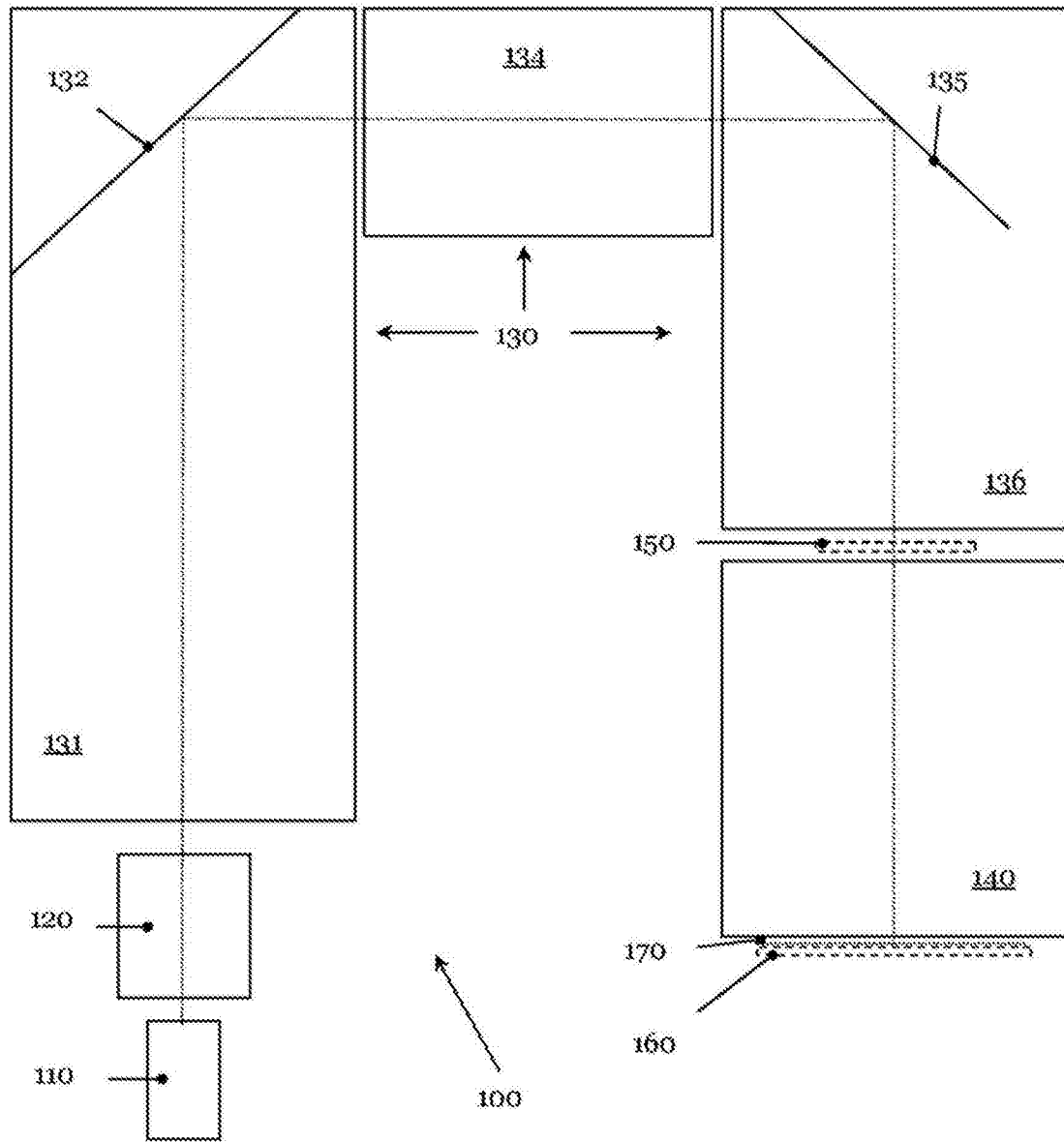


图1

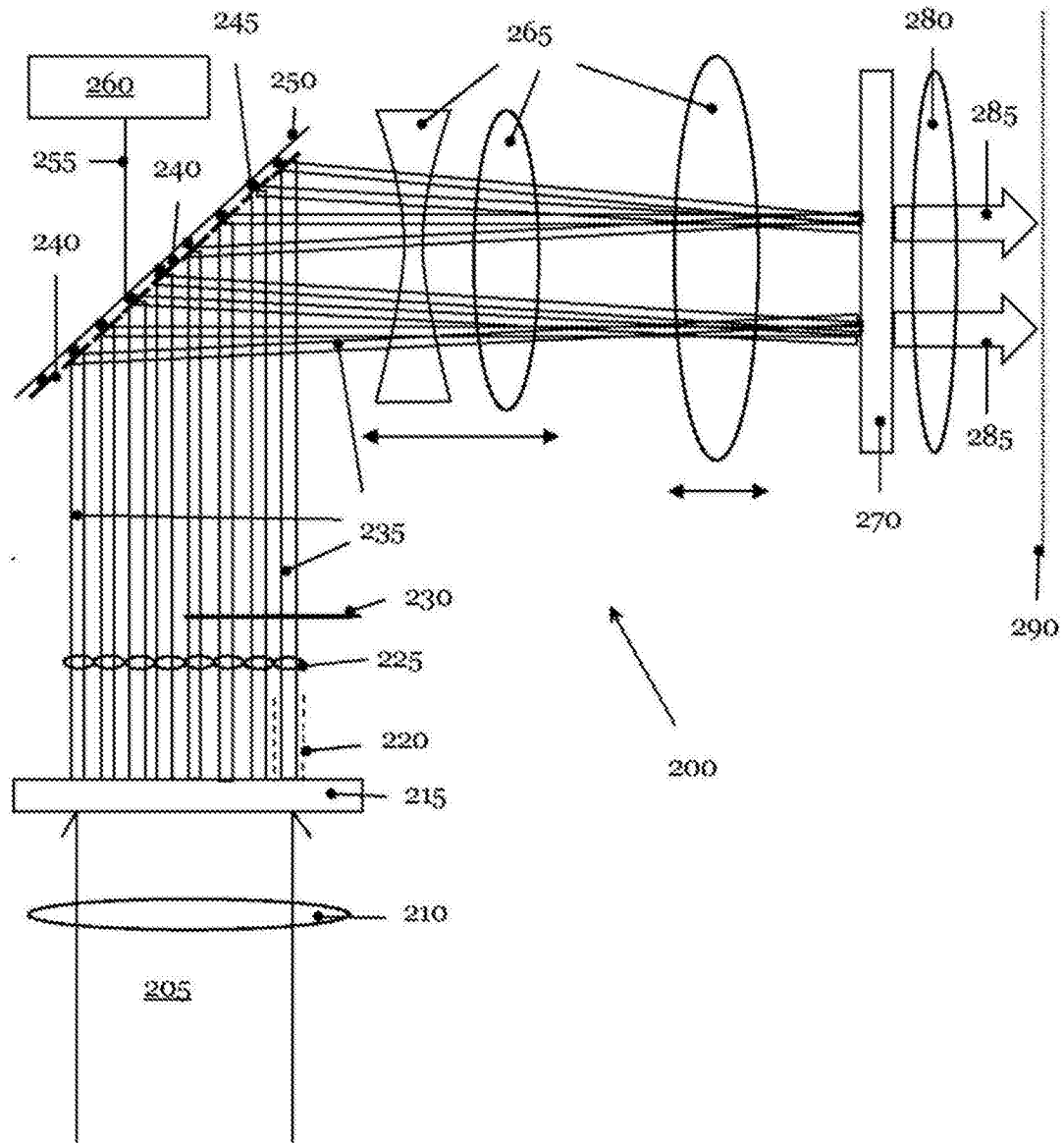


图2

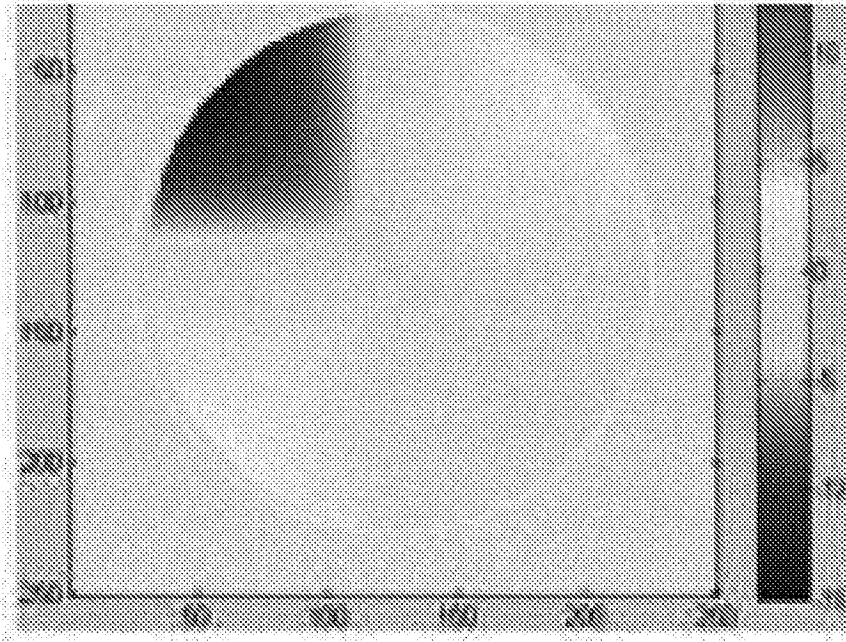


图3a

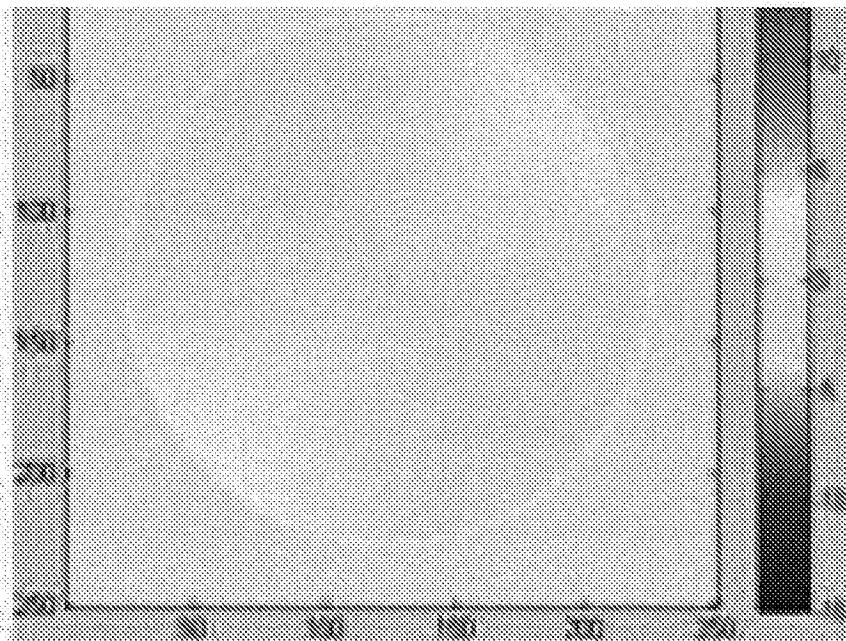


图3b

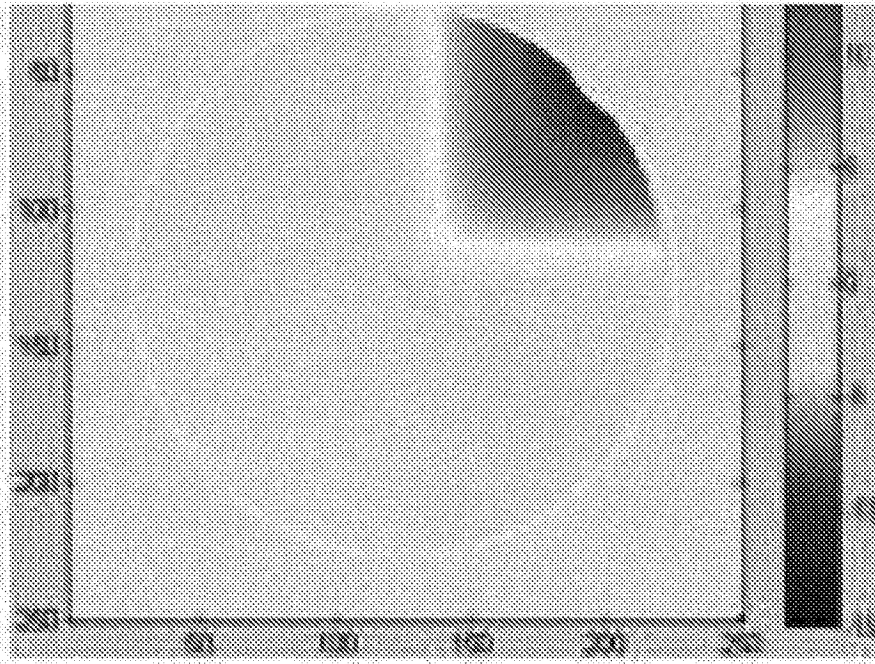


图3c

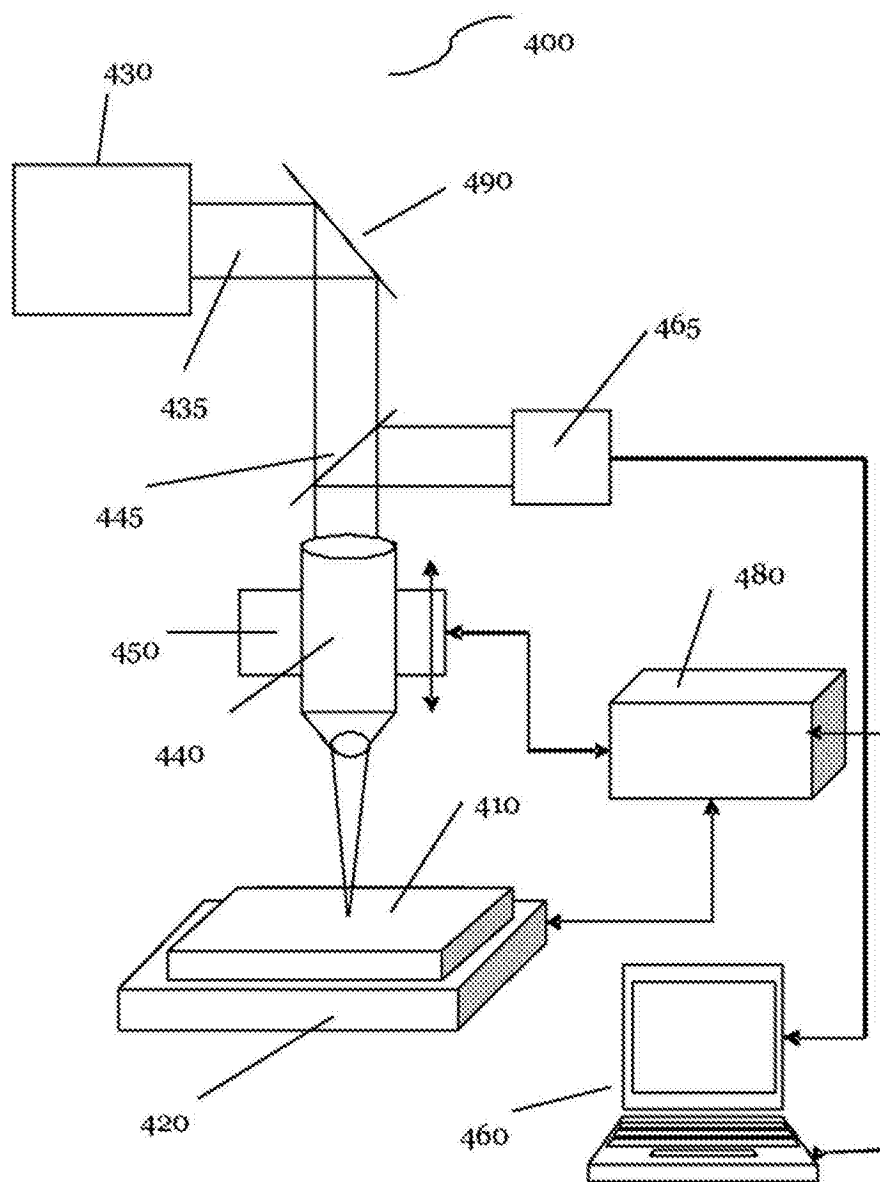


图4

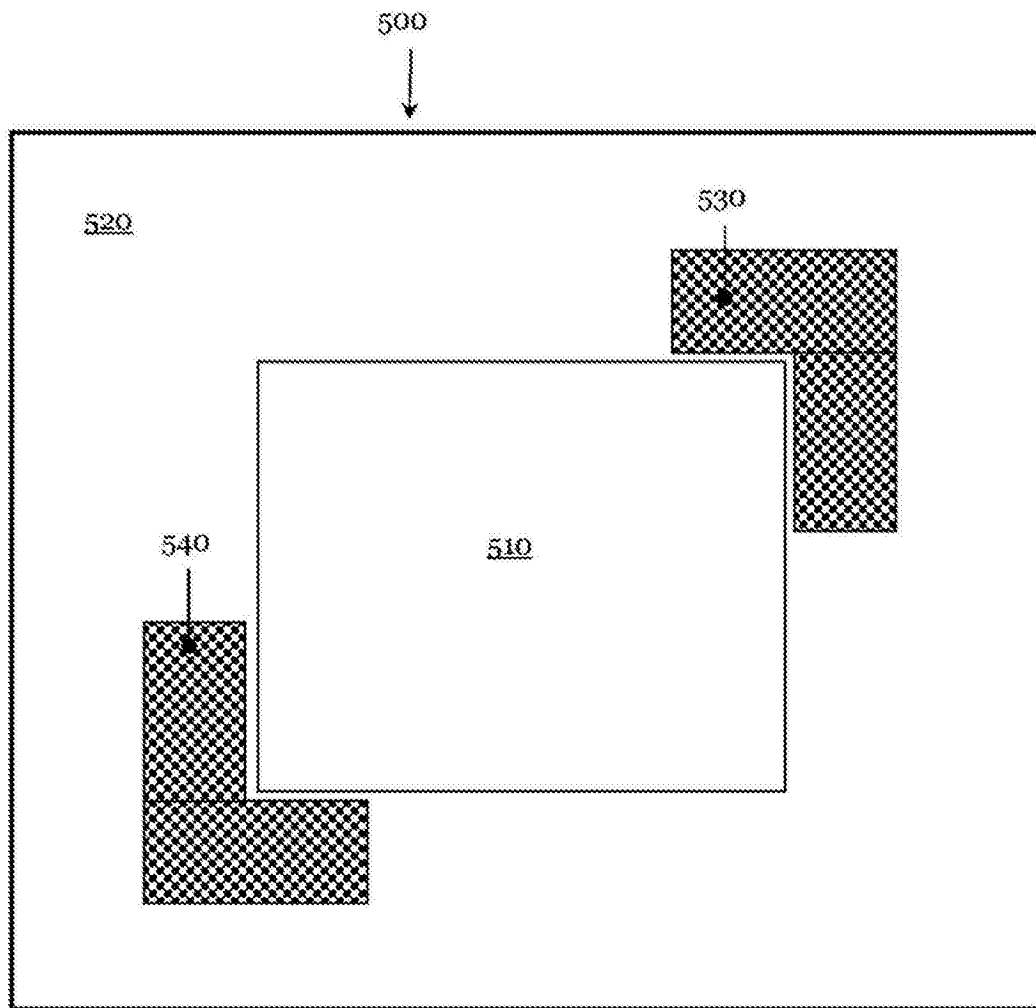


图5

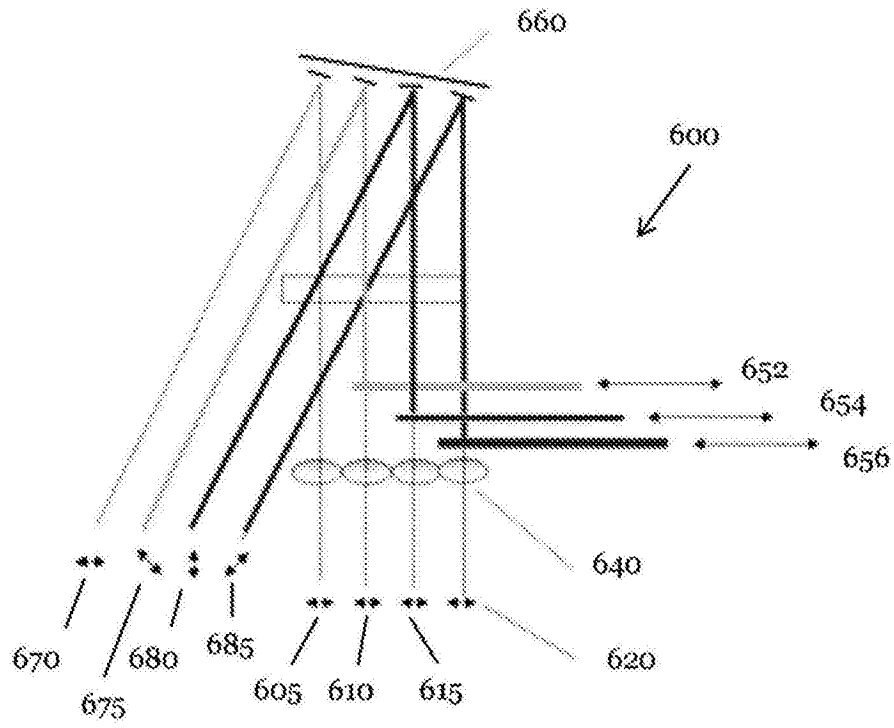


图6

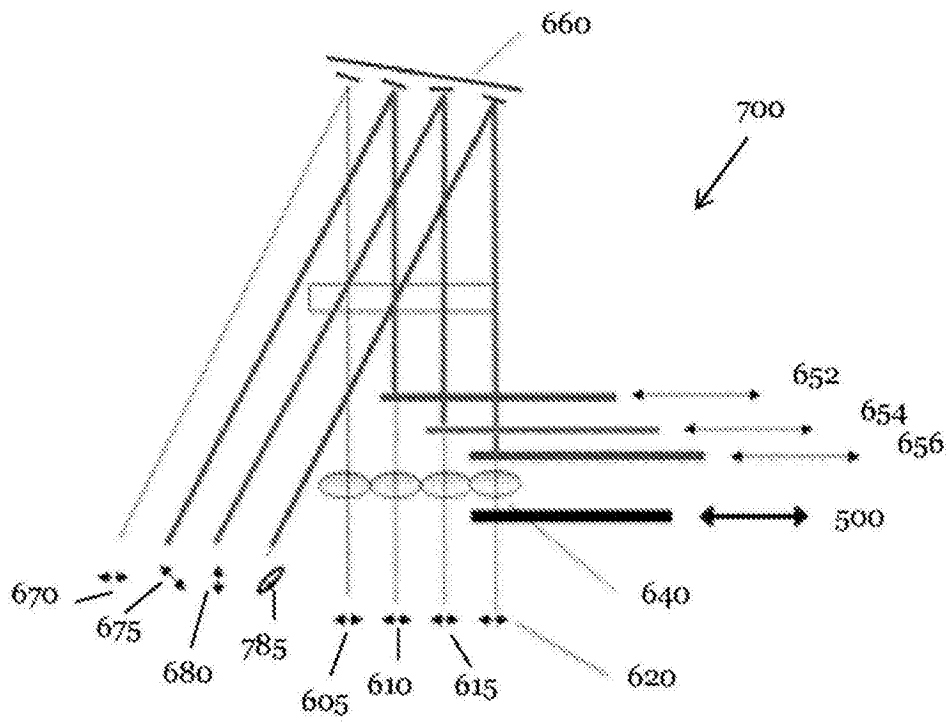


图7

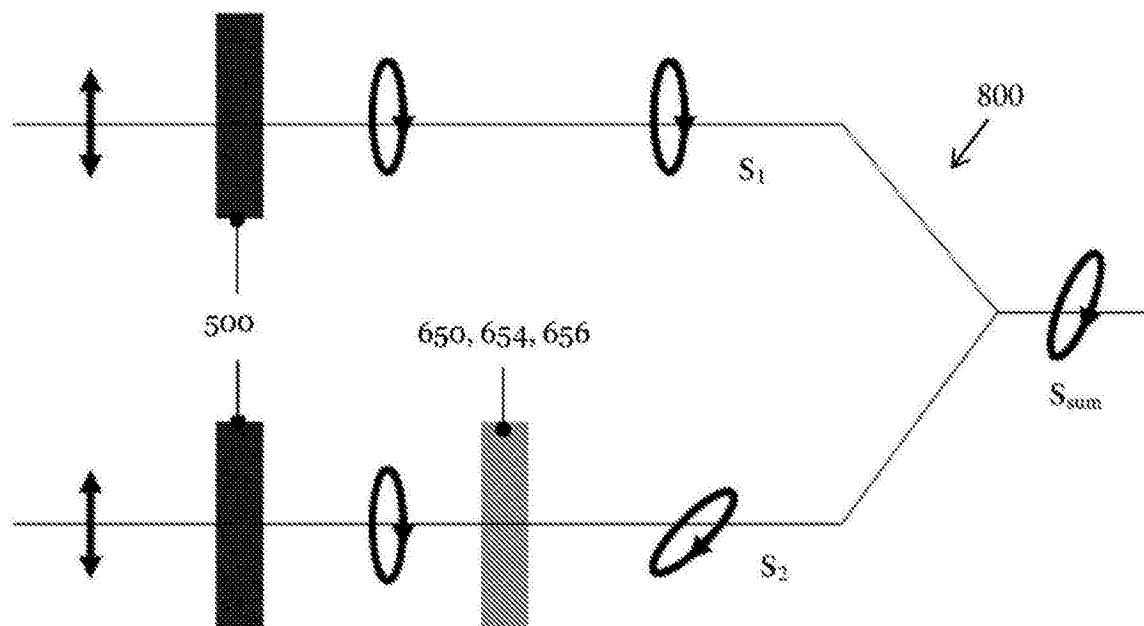


图8

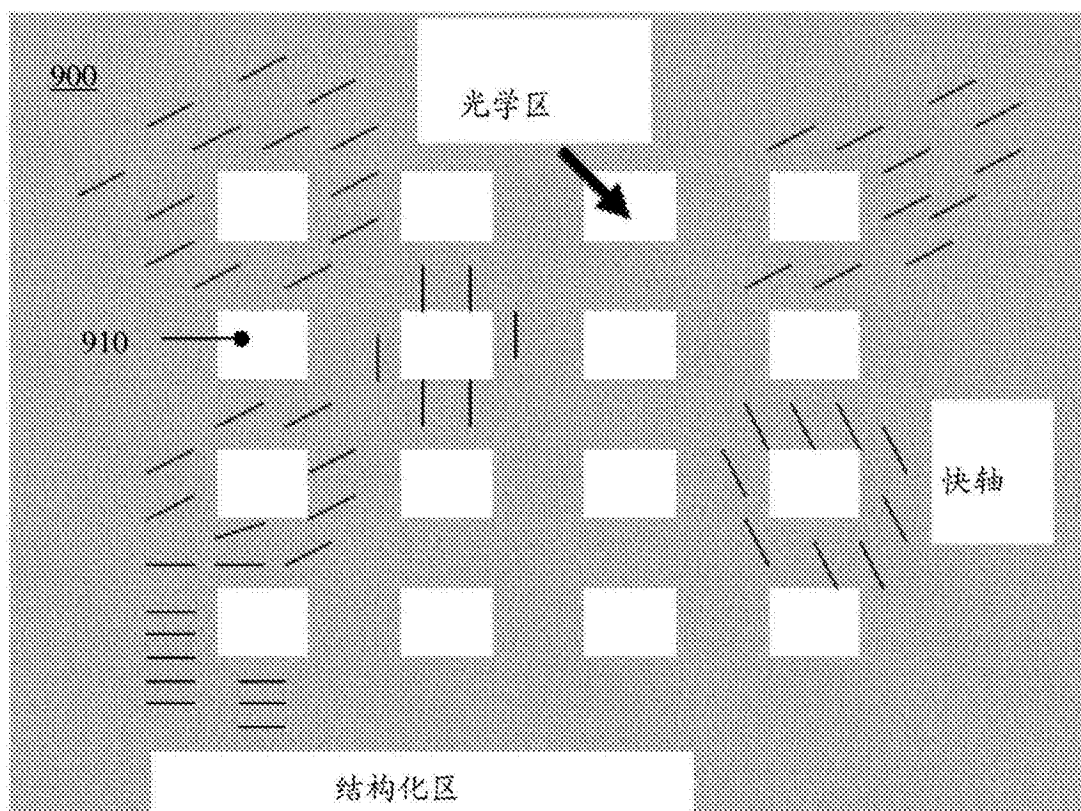


图9

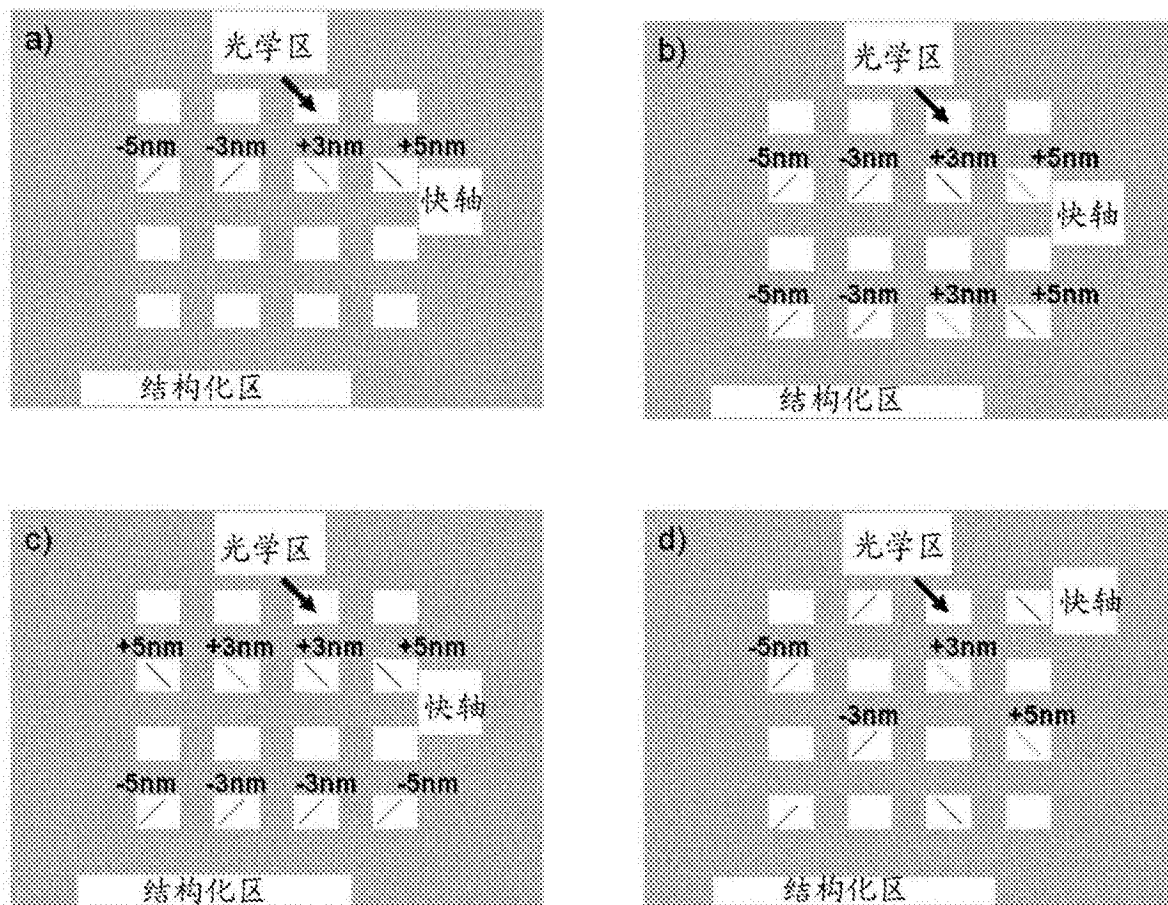


图10

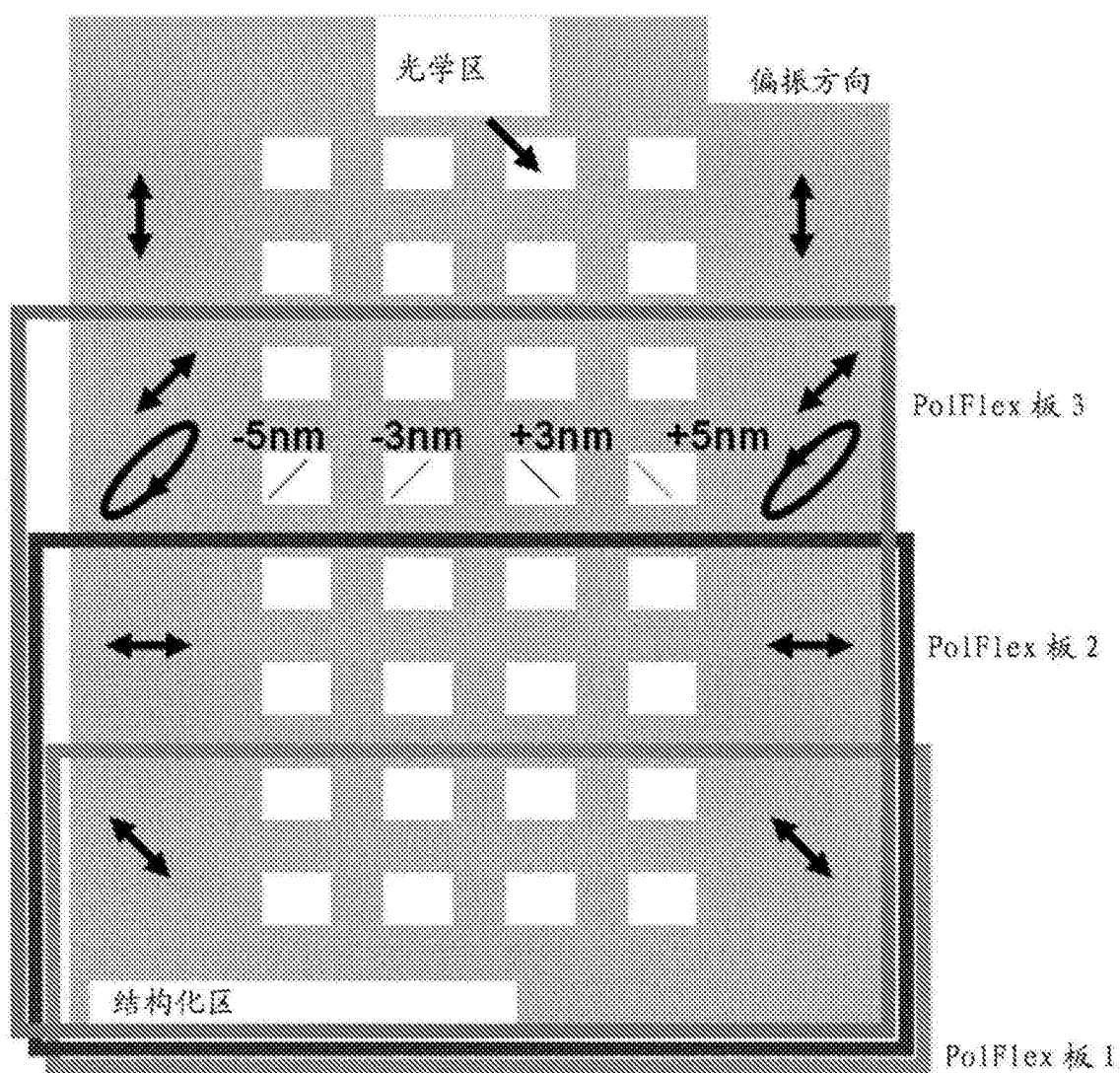


图12