



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102736427 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201110086800. 6

(22) 申请日 2011. 04. 07

(73) 专利权人 上海微电子装备有限公司

地址 201203 上海市浦东区张江高科技园区
张东路 1525 号

(72) 发明人 许琦欣 王帆

(74) 专利代理机构 北京连和连知识产权代理有
限公司 11278

代理人 王光辉

(51) Int. Cl.

G03F 7/20(2006. 01)

审查员 张会均

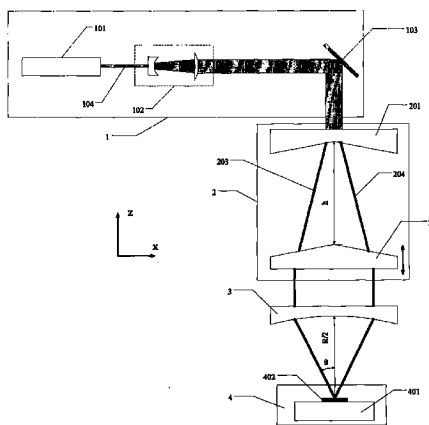
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种曝光装置及其方法

(57) 摘要

一种曝光装置及方法, 该装置包括照明单元, 发出相干光束; 棱镜集合, 该相干光束经由该棱镜集合形成多数平行的干涉臂出射; 干涉头, 将该些平行的干涉臂干涉形成干涉条纹; 以及基底, 该干涉条纹位于该基底表面; 其特征在于, 该棱镜集合包括第一棱镜及第二棱镜, 该第一棱镜与第二棱镜沿光传播方向的间距可调节, 且该些平行的干涉臂经由该干涉头后汇聚的高度恒定。



1. 一种曝光装置,沿光传播方向包括:

照明单元,发出平行的相干光束;

包括第一棱镜及第二棱镜的棱镜集合,该平行的相干光束经由该棱镜集合形成多数平行的干涉臂出射,其中,该第一棱镜与第二棱镜沿光传播方向的间距可调节,该第一棱镜,包括一由多数第一切面形成的凹部,且该些第一切面会合于第一点,该第二棱镜,包括一由多数第二切面形成的凸部,且该些第二切面会合于第二点,该凸部与该凹部相匹配;以及干涉头,将该些平行的干涉臂干涉形成干涉条纹,且该些平行的干涉臂经由该干涉头后汇聚的高度恒定。

2. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,该照明单元包括光源和扩束器,该光源发出的光,通过该扩束器扩束后形成该平行的相干光束垂直入射至该第一棱镜。

3. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,该照明单元包括光源、扩束器及反射镜,该光源发出的光,通过该扩束器扩束后形成该平行的相干光束,该平行的相干光束经该反射镜反射后垂直入射到该第一棱镜。

4. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,该干涉头为一棱镜,该棱镜至少包括一平面及一曲面,且该至少一曲面为连续曲面,该些平行的干涉臂至少经由一个平面及一个曲面后会聚干涉。

5. 根据权利要求4所述的曝光装置,其特征在于,该些平行的干涉臂形成的光束的直径 d 与该至少一曲面的曲率半径 R 满足 $d \ll R$ 。

6. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,该第一棱镜位置固定,该第二棱镜可沿光传播方向移动。

7. 根据权利要求1所述的曝光装置,还包括承片台,用以承载基底,该些平行干涉臂经由该干涉头在该基底表面形成该干涉条纹。

8. 一种曝光方法,包括:

照明单元发出平行的相干光束;

具有第一棱镜及第二棱镜的棱镜集合对该平行的相干光束进行分光处理以产生多数平行的干涉臂出射,该第一棱镜包括一由多数第一切面形成的凹部,且该些第一切面会合于第一点,该第二棱镜包括一由多数第二切面形成的凸部,且该些第二切面会合于第二点,该凸部与该凹部相匹配;

该些平行的干涉臂经由干涉头在基底表面形成干涉条纹;以及

调节该第一棱镜与第二棱镜沿光传播方向的间距以调节所形成的该干涉条纹的周期 (pitch),在该间距调节过程中,该些平行的干涉臂经由该干涉头会聚的高度恒定。

9. 根据权利要求8所述的曝光方法,其特征在于,该照明单元包括光源和扩束器,该光源发出的光,通过该扩束器扩束后形成该平行的相干光束垂直入射至该第一棱镜。

10. 根据权利要求8所述的曝光方法,其特征在于,该照明单元包括光源、扩束器及反射镜,该光源发出的光,通过该扩束器扩束后形成该平行的相干光束,该平行的相干光束经该反射镜反射后垂直入射到该第一棱镜。

11. 根据权利要求8所述的曝光方法,其特征在于,该干涉头为棱镜,该棱镜至少包括一平面及一曲面,且该至少一曲面为连续曲面,该些平行的干涉臂至少经由一个平面及一个曲面后会聚干涉。

12. 根据权利要求 11 所述的曝光方法,其特征在于,该些平行的干涉臂形成的光束的直径 d 和该至少一曲面的曲率半径 R 满足 $d \ll R$ 。

13. 根据权利要求 8 所述的曝光方法,其特征在于,在该间距调节过程中,该第一棱镜位置固定,该第二棱镜可沿光传播方向移动。

一种曝光装置及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及曝光领域,特别涉及干涉曝光领域。

背景技术

[0002] 在目前 IC 领域关键尺寸 (Critical dimension) 普遍进入 90nm 以下的大背景下,利用光学投影曝光的方法,要想在一定曝光场范围内产生高分辨率周期性图形,需要有高分辨率的掩模,并配以大数值孔径 (NA) 物镜,从而造成焦深变小;而随着基底尺寸越来越大,基底平整度往往难以加工得到很好的保证,如 12 寸硅片,蓝宝石基底等,所以需要引入复杂的、高精度的调焦调平系统以保证曝光面在投影物镜焦深范围之内;此外,还需要借助分辨率增强技术 (Resolution Enhancement Technology, RET),如移相掩模 (PSM)、离轴照明 (OAI)、光学邻近校正 (OPC) 等,以达到理想的成像质量。这些都会大大增加曝光设备的成本及复杂度。

[0003] 干涉曝光是一种成本相对低廉的光刻手段,相比传统的投影光刻,它具有以下几个优势:高分辨率,能够达到曝光波长的 1/4;系统简单,没有复杂的曲面光学元件和掩模板;焦深极大,这是相比光学投影光刻的最大优势。干涉曝光方法可应用于周期性图形的加工,但目前来看,干涉曝光技术要想进一步发展,需要解决以下问题:

[0004] 1. 曝光图形的周期 (即 pitch) 需要能够连续可调,以适应不同工艺节点的需求;

[0005] 2. 曝光图形可变,以适应不同类型产品的工艺需求;

[0006] 3. 曝光场大小可变,以适应不同晶圆布局 (wafer layout) 的曝光需求。

[0007] 其中图形周期连续可调是最关键的,因为它涉及到对干涉光路的调节。文献“Immersion microlithography at 193nm with a Talbot prism interferometer” (Proc. SPIE 5377, 2004) 公开了一种可用于浸没干涉曝光的装置,该装置的光束形成器件为 Talbot 棱镜,每改变一次周期 (pitch),必须更换一次棱镜,光路调节非常不便。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是现有技术无法对曝光中的分辨率在一个连续范围内进行有效调节。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明公开了一种曝光装置,包括:

[0010] 照明单元,发出平行的相干光束;

[0011] 包括第一棱镜及第二棱镜的棱镜集合,该平行的相干光束经由该棱镜集合形成多数平行的干涉臂出射,其中,该第一棱镜与第二棱镜沿光传播方向的间距可调节;以及

[0012] 干涉头,将该些平行的干涉臂干涉形成干涉条纹,且该些平行的干涉臂经由该干涉头后汇聚的高度恒定。

[0013] 该第一棱镜,包括一由多数第一切面形成的凹部,且该些第一切面会合于第一点,相应地,该第二棱镜,包括一由多数第二切面形成的凸部,且该些第二切面会合于第二点,该凸部与该凹部相匹配。

[0014] 于本发明的一实施例中,该照明单元包括光源和扩束器,该光源发出的光,通过该扩束器扩束后形成该平行的相干光束垂直入射至该第一棱镜。

[0015] 于本发明的另一实施例中,该照明单元包括光源、扩束器及反射镜,该光源发出的光,通过该扩束器扩束后形成该平行的相干光束,该平行的相干光束经该反射镜反射后垂直入射到该第一棱镜。

[0016] 该干涉头为一棱镜,该棱镜至少包括一平面及一曲面,且该至少一曲面为连续曲面,该些平行的干涉臂至少经由一个平面及一个曲面后会聚干涉。其中,该些平行的干涉臂形成的光束的直径 d 与该至少一曲面的曲率半径 R 满足 $d \ll R$ 。

[0017] 该第一棱镜位置固定,该第二棱镜可沿光传播方向移动。

[0018] 本发明之干涉曝光装置,还包括承片台,用以承载基底,该些平行干涉臂经由该干涉头在该基底表面形成该干涉条纹。

[0019] 利用本发明之曝光装置进行曝光的方法,包括照明单元发出平行的相干光束;具有第一棱镜及第二棱镜的棱镜集合对该平行的相干光束进行分光处理以产生多数平行的干涉臂出射;该些平行的干涉臂经由干涉头在基底表面形成干涉条纹;以及调节该第一棱镜与第二棱镜沿光传播方向的间距以调节所形成的该干涉条纹的周期 (pitch),在该间距调节过程中,该些平行的干涉臂经由该干涉头会聚的高度恒定。

[0020] 上述曝光装置及其方法的优点在于,采用非衍射的分光方法,提高能量的利用率;仅使用一个具有曲面及平面的棱镜作为干涉头,实现 pitch 连续可调;干涉头与棱镜集合相结合,使平行干涉臂经干涉头汇聚的高度能够始终保持恒定。

附图说明

[0021] 关于本发明的优点与精神可以通过以下的发明详述及所附图式得到进一步的了解。

[0022] 图 1 为本发明曝光装置的一种实施方式的结构示意图;

[0023] 图 2 为图 1 中曝光装置分辨率调节方式示意图;

[0024] 图 3 为楔形棱镜组分光原理示意图;

[0025] 图 4 为本发明曝光装置的另一种实施方式的结构示意图;以及

[0026] 图 5 为本发明曝光装置中使用的棱镜集合的另一实施例方式结构示意图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图详细说明本发明的具体实施例。

[0028] 实施例 1

[0029] 参见图 1 和 2 所示,本实施例一种分辨率可连续调节的干涉曝光装置其包含照明单元 1、棱镜集合 2、干涉头 3、载物台单元 4 四大部分,图中 z 方向为沿光路反方向, x 方向为水平向右方向, x 方向到 z 方向满足右手定律。

[0030] 其中,照明单元 1 包括光源 101、扩束器 102 和反射镜 103;棱镜集合 2 由两个楔形棱镜 201、202 组成;干涉头 3 为一个曲面镜;载物台单元 4 包括承片台 401 及所承载的基底 402,可具体为涂胶基底。

[0031] 该装置的工作过程如下:

[0032] 光源 101(通常为激光器)发出一束平行的相干光束 104,其波长为 λ ,由扩束器 102 进行扩束,形成一定大小的光斑,经由反射镜 103 反射后垂直入射棱镜集合 2,本实施例反射镜优选为与垂直方向 z 方向成 45° 放置。

[0033] 棱镜集合 2 由第一棱镜 201 和第二棱镜 202 组成,两者均为双光楔结构,且均为轴对称结构,相对的面为楔形面,另一面为平面,可看成是将一平行平板沿着一定的楔向剪开所获得,其楔角均为 Φ 。其中第一棱镜 201 位置固定,第二棱镜 202 可沿着 z 向进行一维运动,或者第二棱镜 202 位置固定,第一棱镜 201 可沿着 z 向进行一维运动,满足第一棱镜 201 和第二棱镜 202 之间沿 z 向间距可以调节即可。垂直入射的光束经过第一棱镜 201 时,其传播方向偏转 Φ 。于是,平行的相干光束 104 被分成两份,形成平行的干涉臂 203 和干涉臂 204。若保证平行的相干光束 104 经过第一棱镜 201 的中心,则可将平行的相干光束 104 均匀地分成两份。

[0034] 干涉臂 203 和干涉臂 204 经过第二棱镜 202 后,由于其楔角与第一棱镜 201 相等,但方向相反,因此两干涉臂 203、204 被重新调整为平行光束,进入干涉头 3。棱镜集合的分光原理参见图 3 所示,楔形棱镜组由固定元件 5 和可动元件 6 组成,两者可配合为一平行平板,入射光通过固定元件 5 后,进入中间介质(例如空气)后再进入可动元件 6,其中棱镜的折射率为 n_1 ,中间介质的折射率为 n_2 , $n_1 > n_2$ 。

[0035] 经过棱镜集合 2 后,两干涉臂 203、204 被分开的距离与沿 z 向调节第二棱镜 202 的调整量有关,假设第二棱镜 202 沿着图示的 $-z$ 方向移动距离 h ,则得到的两干涉臂将在 x 方向移动 $\pm \Delta x$:

$$[0036] \quad \Delta x = h \cdot \tan \phi \quad (1)$$

[0037] 干涉头 3 的入射面为平面,出射面为一曲面,其面形方程应为处处连续且可导,记其半径为 R 。由于不论如何调第二形棱镜 202,总能得到两平行光束,而由处处连续可导的曲面性质可知,对于平行入射光束,总能在其半径的一半处,即 $R/2$ 处会聚,从而形成干涉条纹。会聚方位角 θ 为:

$$[0038] \quad \theta = \sin^{-1}\left(\frac{\Delta x}{R}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{h \cdot \tan \phi}{R}\right) \quad (2)$$

[0039] 因此,干涉曝光形成的条纹周期 (pitch) 为:

$$[0040] \quad \text{Pitch} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} = \frac{\lambda \cdot R}{2h \cdot \tan \phi} \quad (3)$$

[0041] 以上关系在光束直径 $d \ll R$ 时,能够成立。即采用该装置,通过要调节 h ,并配以 R 足够大的干涉头(如几百 mm),且光束直径为 10mm 左右时,就能得到一系列分辨率可调的大范围干涉曝光效果,如图 4 所示。

[0042] 通过调节承片台 401 使干涉条纹位于基底 402 表面。

[0043] 于本发明之另一实施例中,可在上述棱镜集合 2 的上方沿 Z 向直接设置包含光源及扩束器的照明单元,以使其出射的平行相干光束直接垂直入射至棱镜集合 2 上。

[0044] 实施例 2

[0045] 本发明的干涉曝光装置的另一种实施方式如图 4 所示,包含照明单元 1、棱镜集合 2、干涉头 3'、承片台 401 及基底。

[0046] 本实施例与实施例 1 的区别在于使用的不同的干涉头,本实施例中的干涉头 3'

为一棱镜,其入射面及出射面为平面,两侧反射面为抛物面,记其形貌为:

$$[0047] \quad x^2 = 2p(z-c) \quad p > 0 \quad (4)$$

[0048] 其中, p 为焦淮距, c 为抛物面顶点与 x 轴之间的距离,出射面经过抛物面焦点 $\left(0, \frac{p}{2} + c\right)$,因此根据抛物面的性质,可知,各平行入射的光束,均会聚于抛物面焦点所在的焦平面处,因此不论分辨率如何调节,各平行入射光汇聚位置不变。

[0049] 被棱镜集合 2 分开 Δx 的两平行入射的干涉臂,与抛物面交点为 $\left(\Delta x, \frac{\Delta x^2}{2p} + c\right)$,因此此会聚角 θ 为:

$$[0050] \quad \theta = \sin^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\sqrt{\Delta x^2 + \left(\frac{\Delta x^2}{2p} - \frac{p}{2}\right)^2}} \right) \quad (5)$$

[0051] 因此,干涉曝光形成的条纹周期 (pitch) 为:

[0052]

$$Pitch = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} = \frac{\lambda \sqrt{\Delta x^2 + \left(\frac{\Delta x^2}{2p} - \frac{p}{2}\right)^2}}{2 \Delta x} = \lambda \sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{h \cdot \tan \phi}{4p} - \frac{p}{4h \tan \phi}\right)^2} \quad (6)$$

[0053] 以上关系在光束直径远小于抛物线的曲率半径时,能够成立。同时,相比于方案 1,采用反射方式会聚干涉臂更容易得到较大的 $\sin \theta$,即干涉光刻的 NA 值,因此可实现高分辨率的干涉曝光需要。

[0054] 于本发明之再一实施例中,可在上述实施例 1 或实施例 2 所示的棱镜集合 2 的上方沿 Z 向直接设置包含光源及扩束器的照明单元,以使其出射的平行相干光束直接垂直入射至棱镜集合 2 上。

[0055] 此处需特别说明的是,上述实施例中的棱镜集合 2 的设计可依据实际设计所需的平行干涉臂的数量进行设计,例如若需形成三个平行干涉臂时,可用图 5 所示的棱镜集合代替上述棱镜集合 2 即可。如图 5 所示,棱镜集合包括第一棱镜 201' 及第二棱镜 202', 其中,第一棱镜 201' 下表面形成有由三个切面 S 形成的凹部,且三个切面 S 会聚于一点,相应的第二棱镜 202' 上表面形成有由三个切面 S' 形成的凸部,且三个切面 S' 亦会聚于一点,该凸部与该凹部相匹配。上述平行的相干光束 104 经由棱镜集合 2' 形成三个平行干涉臂。

[0056] 于本发明中,只要棱镜集合中的第一、第二棱镜的切面会聚于一点且对应形成的凹部及凸部相匹配即属于本发明所揭示的棱镜集合的范畴。

[0057] 本说明书中该的只是本发明的较佳具体实施例,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对本发明的限制。凡本领域技术人员依本发明的构思通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在本发明的范围之内。

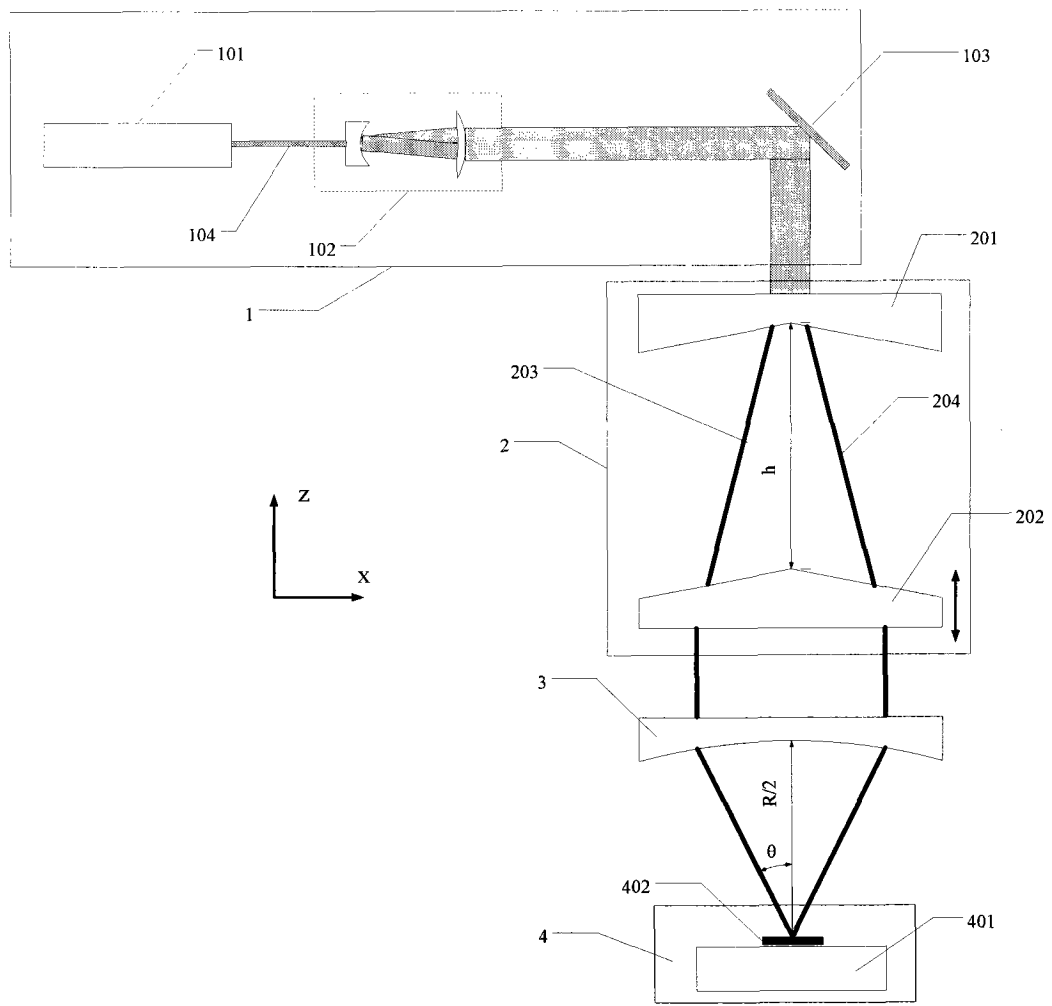


图 1

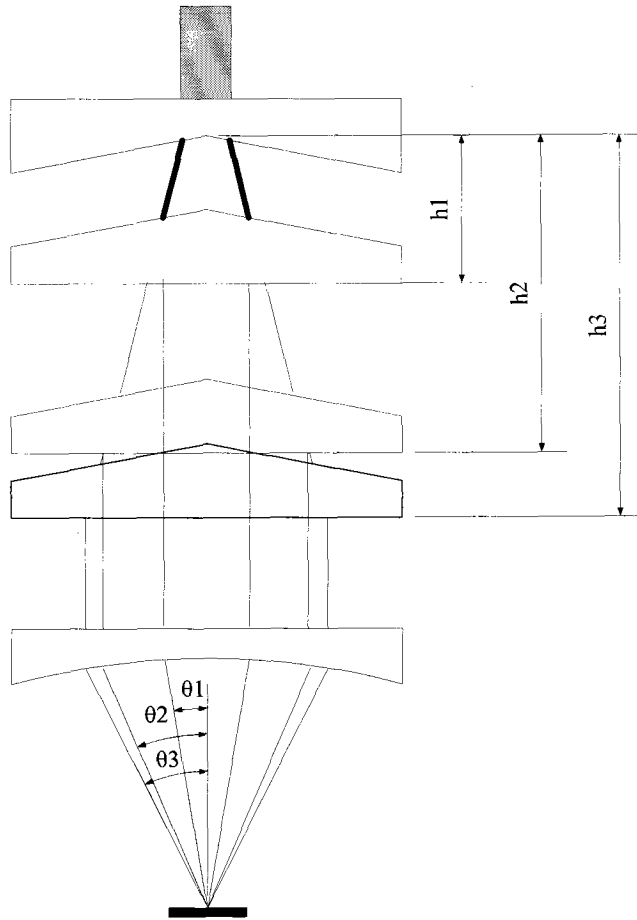


图 2

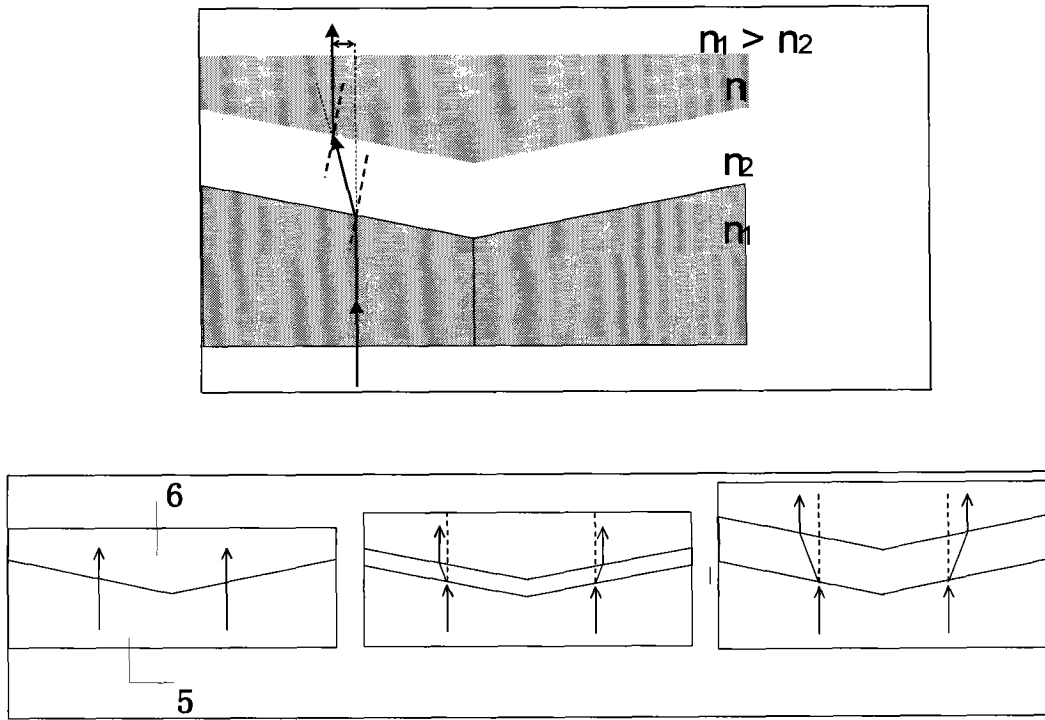


图 3

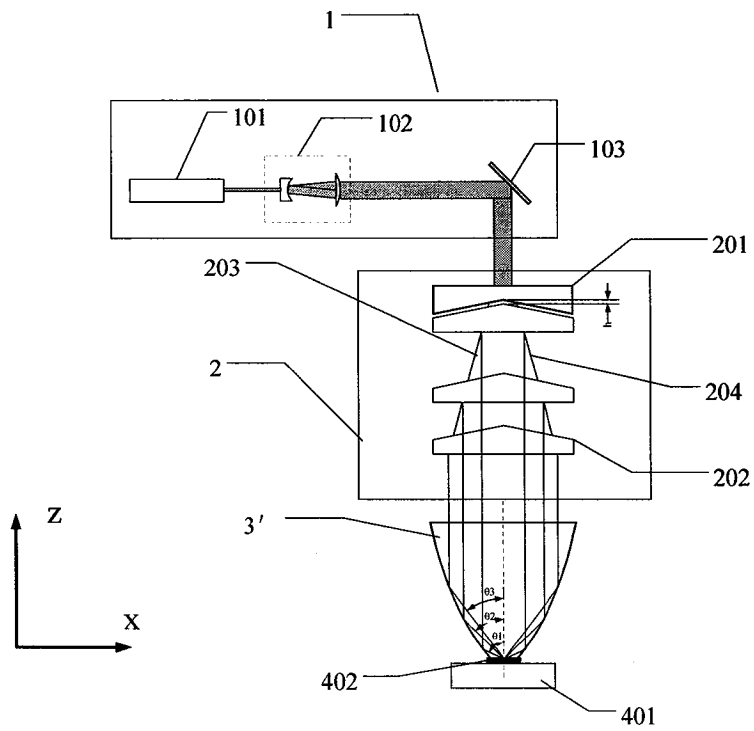


图 4

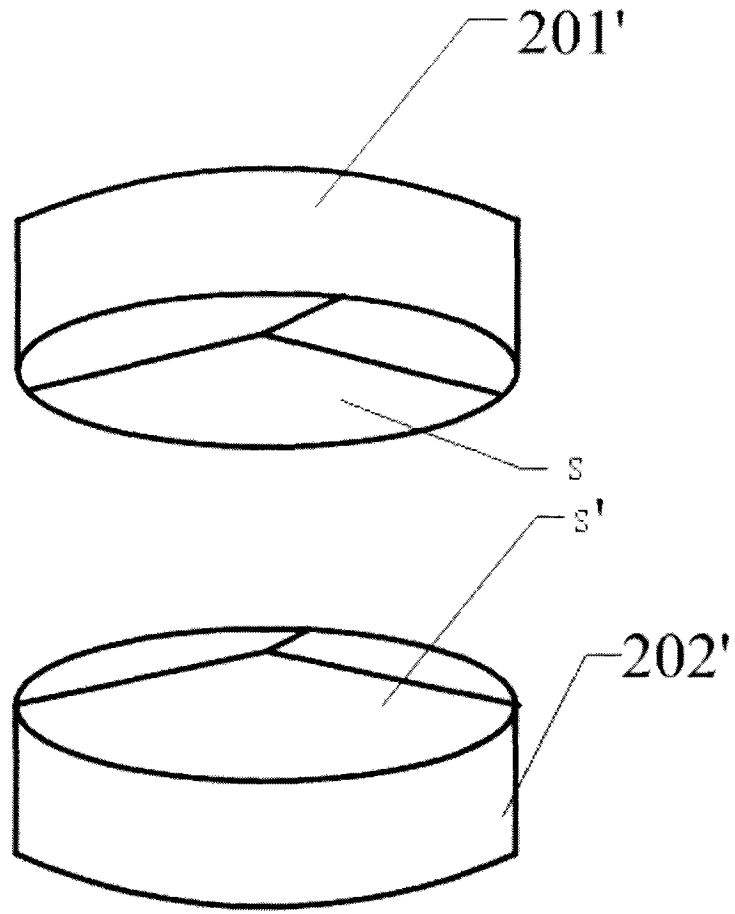


图 5