



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107144235 A

(43)申请公布日 2017.09.08

(21)申请号 201710304285.1

(22)申请日 2017.05.03

(71)申请人 佛山科学技术学院

地址 528000 广东省佛山市禅城区江湾一路18号

(72)发明人 张潞英 周红仙

(74)专利代理机构 佛山市南海智维专利代理有限公司 44225

代理人 李宪宾

(51) Int. Cl.

G01B 11/24(2006.01)

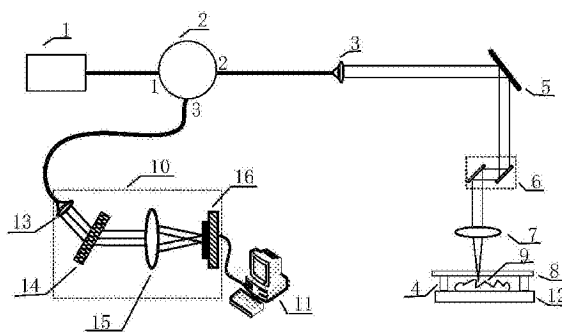
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

一种物品表面形貌检测方法及装置

## (57)摘要

本发明公开一种物品表面形貌检测方法：①低相干光线从三端环形器的端口1射进，从端口2射出，经第一透镜准直后从x-y扫描振镜中的x振镜射入，y振镜射出；③射出的光线经第二透镜聚焦后经过一分光片被分为两部分光线，一部分从玻璃底面反射，作为参考光，另一部分穿透玻璃后射到被样品表面并反射，作为样品光；④两部分光线共光路返回，经第二透镜汇聚到扫描振镜的y振镜，经y振镜射入x振镜，然后射出；⑤光线经第一透镜汇聚进入三端环形器的端口2，然后从端口3射出；⑥从端口3射出的光线进入光谱仪，光谱仪传递数据给电脑；⑦扫描振镜对样品进行逐点扫描；⑧电脑计算相邻位置的相位差 $\Delta\phi$ 和深度差 $\Delta z$ ，得到最终样品表面形貌的定量分布情况。



1. 一种物品表面形貌检测方法,检测过程如下:

①由低相干光源产生低相干光线,低相干光线射进三端环形器的端口1,然后从端口2射出;

②从端口2射出的光线经第一透镜准直后射进x-y扫描振镜中的x振镜,然后从x振镜射到y振镜,接着从y振镜射出;

③从y振镜射出的光线经第二透镜聚焦,聚焦后的光线经过一分光片后分为两部分光线,一部分从玻璃底面反射,作为参考光,另一部分穿透玻璃后投射到被样品表面,然后反射,作为样品光;

④从③中发射的两部分光线共光路返回,经第二透镜汇聚到扫描振镜的y振镜,经y振镜射入x振镜,然后射出;

⑤x振镜射出的光线经第一透镜汇聚进入三端环形器的端口2,然后从端口3射出;

⑥从端口3射出的参考光和样品光进入光谱仪,光谱仪传递数据给电脑;

⑦控制扫描振镜的运动,扫描振镜对样品进行逐点扫描,电脑获得样品表面各个位置的低相干光干涉光谱;

⑧电脑计算相邻位置的相位差 $\Delta\varphi$ ;

⑨根据相位差 $\Delta\varphi$ ,计算样品该相邻两位置的深度差 $\Delta z$ ,得到样品表面形貌的相位差分布图;

⑩对计算的深度差 $\Delta z$ 进行积分,得到最终样品表面形貌的定量分布情况。

2. 根据权利要求1所述的一种物品表面形貌检测方法,其特征在于:步骤⑧中所属的计算相邻位置的相位差的步骤如下:

相邻两位置点1和2的相干光谱分别为:

位置点1的相干光谱为: $I_1(k_m) = S(k_m)[A_{11}^2 + A_{12}^2 + 2A_{11}A_{12} \cos(4k_m \pi n z_0 + \varphi_1)]$ ;

位置点2的相干光谱为: $I_2(k_m) = S(k_m)[A_{21}^2 + A_{22}^2 + 2A_{21}A_{22} \cos(4k_m \pi n z_0 + \varphi_2)]$ ;

其中, $I_1(k_m)$ 、 $I_2(k_m)$ 分别为位置点1、2的相干光谱, $S(k_m)$ 为光源光谱强度分布, $A_{11}$ 、 $A_{12}$ 分别为位置1对应的样品光和参考光振幅, $A_{21}$ 、 $A_{22}$ 分别为位置2对应的样品光和参考光振幅, $k_m$ 为波数, $n$ 为空气折射率,样品面和参考面的距离用不同分辨率的两部分表示,相邻两位置点1和2的相干光谱表达式中 $z_0$ 表示样品面和参考面的绝对距离,其精度决定于光源的相干长度,相对于 $z_0$ 的具有亚相干长度分辨率的距离为 $\delta z = \varphi_1 / 4k_c \pi n$ , $k_c$ 为光源的中心波数,其精度决定于光谱仪的光谱分辨率。

假定位置点2相对于点1的微小高度增量为 $\Delta z_0$ ,位置点1和2的参考臂光程相等,则位置点1和2的高度差 $\Delta z_0$ 为,

$$\Delta z_0 = \frac{\Delta\varphi_{21} \lambda_c}{4\pi n} \Delta\varphi_{21} \text{为} \varphi_2 \text{与} \varphi_1 \text{之差}$$

对 $I_1(k_m)$ 和 $I_2(k_m)$ 分别进行傅立叶变换后得到相对应的复数序列 $F_1(2nz_m)$ 和 $F_2(2nz_m)$ , $z_m$ 表示离散化的高度。因为样品中只有样品表面为反射面,则 $F_1(2nz_m)$ 和 $F_2(2nz_m)$ 的功率谱极大值对应的位置即为 $2nz_0$ ,因此得到两个复数 $F_1(2nz_0) = A_1 \exp(j4k_c \pi n \varphi_1)$ 和 $F_2(2nz_0) = A_2 \exp(j4k_c \pi n \varphi_2)$ ,则 $\Delta\varphi_{21}$ 为,

$$\Delta\varphi_{21} = \text{angle}(F_2(2nz_0) \times F_1^*(2nz_0))$$

上式中星号表示复共轭,由此式计算出相位差 $\Delta\varphi_{21}$ ,即得到样品表面的相位差分图,不论各点的相位值大小,只要相邻两点在区间 $[-\pi, +\pi]$ ,不发生相位包裹,当相邻两点的相位差超过 $\pi$ ,在相位差分图上出现相位包裹,通过相位解包裹处理,消除相位差分图上的相位包裹,再进行积分,得到样品表面的相位分布及形貌。由于解包裹运算是在相位差分图上进行的,因此,把相邻两点相位差绝对值的限制条件由目前的 $\pi$ 扩大到 $2\pi$ 。

3. 根据权利要求2所述的一种物品表面形貌检测方法,其特征在于:步骤⑨中,根据所述的相位差 $\Delta\varphi$ ,获得位置1与位置2的深度差 $\Delta z$ ,具体通过以下方式获得:

$$\Delta z = \frac{\Delta\varphi\lambda}{4\pi n}$$

4. 一种物品表面形貌检测的装置,其特征在于:包括有低相干光源、三端环形器、第一透镜、扫描振镜、第二透镜和分光片,三端环形器的端口1与低相干光源相连通,端口2后续依次连接第一透镜—x-y扫描振镜—第二透镜,端口3依次连接光谱仪—电脑,第一透镜与x-y扫描振镜的x振镜相连,第二透镜与x-y扫描振镜的y振镜相连,分光片设置在第二透镜与y振镜相连一侧的另一侧,分光片上第二透镜一侧的另一侧镀上一层透光率为50%~70%的反射膜,分光片镀上反射膜的一侧设有提供给被样品放置的样品台。

5. 根据权利要求4所述的一种物品表面形貌检测的装置,其特征在于:在第一透镜和x-y扫描振镜之间设置一反射镜。

## 一种物品表面形貌检测方法及装置

### 技术领域：

[0001] 本发明涉及一种物品表面形貌检测方法及装置。

### 背景技术：

[0002] 微观表面形貌检测在工业产品检测、机械制造、电子工业等领域均有非常重要的应用价值,随着现代电子工业、光学精微加工及微机电技术的发展,对微观表面精度的要求越来越高,表面形貌质量成为保证和提高机械、电子及光学系统性能、质量和寿命的关键因素之一。在最近几十年里,国内外微观表面形貌测量领域出现了许多新技术和新方法,使测量精度不断提高,已从微米尺度进入到纳米甚至亚纳米尺度。目前微观表面形貌测量方法可分为两大类:接触式和非接触式。触针式轮廓仪是目前使用比较广泛的接触式表面轮廓测量仪,具有测量范围大、分辨率高、测量结果稳定可靠、重复性好等优点,其轴向测量分辨率可达1nm或更小,但在微观表面轮廓检测中,通常要求不能和样品表面接触,接触检测会导致样品表面损伤。纳米级精度非接触测量方法可分为非光学方法和光学方法两大类,非光学测量方法包括扫描隧道显微镜和原子力显微镜,扫描隧道显微镜横向分辨率为0.1nm,轴向分辨率0.01nm量级,其轴向和横向测量范围较小(约1 $\mu$ m),扫描隧道显微镜是通过隧道电流反映被测表面形貌,因此,只能测量导体或半导体,而且测量必须在真空中进行。原子力显微镜的轴向分辨率达到0.1nm,横向分辨率约为10nm,既可以检测导体,也可以检测非导体,但具有成像范围小、受探头影响大的缺点。纳米级光学测量方法分为两类:(1)结合色差和共焦显微技术的色差共焦光谱技术(Chromatic confocal spectrum,CCS),(2)干涉测量方法,包括:单色光相移干涉法(Phase-shifting interferometry,PSI)、垂直扫描白光干涉法(Vertical scanning white-light interferometry,SWLI)、白光光谱干涉法(White-light spectral interferometry,WLSI)及外差干涉法(Heterodyne interferometry,HI)。

[0003] 轴向分辨率、轴向测量范围、系统稳定性、横向分辨率及检测速度是纳米级形貌成像中比较关键的问题。CCS轴向分辨率达到2nm,差于干涉方法,但是CCS的优点是高稳定性。CCS的另一缺点是其轴向分辨率、轴向测量范围及横向分辨率都决定于样品光焦点,轴向分辨率、轴向测量范围依赖于焦点色散特性,因此,要求焦点色散特性严格稳定,不适合于进行快速的光学扫描,目前都是用高精度平移台移动样品进行二维扫描,机械扫描会引入振动干扰,影响轴向测量精度,同时也限制了测量速度。对于干涉方法,影响系统性能的主要因素是稳定性和轴向测量范围,干涉方法具有高灵敏度,但对外界的干扰也同样灵敏,干涉方法的轴向精度和横向分辨率无关,可以实现快速的光学扫描。

[0004] 干涉法的轴向分辨率要高于CCS,但是干涉法存在相位包裹及易受环境干扰的问题。PSI、WLSI及HI是通过计算参考光和样品光之间的相位差得到样品表面的高度值,相位计算的主值范围为 $[-\pi, +\pi]$ ,当相位超过 $[-\pi, +\pi]$ ,发生相位包裹,必须通过相位解包裹恢复真实相位,才能得到正确的高度信息。目前,虽然已有多种数值相位解包裹的方法被提出,然而这些方法都存在一定的问题,计算复杂耗时,受噪声及欠采样影响,特别是当相邻两点

相位差超过 $\pi$ 时,无法恢复真实的相位。相位解包裹的原理是根据相位的连续性,通过比较相邻两点之间相位差进行相位解包裹,从原理上讲,当相邻两点的相位差大于 $\pi$ 时,就无法正确恢复真实相位,这就限定了干涉法的应用范围。SWLI可以测量绝对光程,不存在相位包裹问题,但是对于每一探测点,需要进行轴向扫描,干涉条纹的解调精度和轴向扫描精度限制了轴向测量精度,同时使用轴向扫描也限制了测量速度。

### 发明内容:

[0005] 本发明的目的是为了克服上述现有技术的缺点,提供一种测量精度高、受环境干扰以及机械干扰小的物品表面形貌检测方法及装置。

[0006] 本发明的发明目的可以通过以下的技术方案来实现:一种物品表面形貌检测方法,检测过程如下:

[0007] ①由低相干光源产生低相干光线,低相干光线射进三端环形器的端口1,然后从端口2射出;

[0008] ②从端口2射出的光线经第一透镜准直后射进x-y扫描振镜中的x振镜,然后从x振镜射到y振镜,接着从y振镜射出;

[0009] ③从y振镜射出的光线经第二透镜聚焦,聚焦后的光线经过一分光片后分为两部分光线,一部分从玻璃底面反射,作为参考光,另一部分穿透玻璃后投射到被样品表面,然后反射,作为样品光;

[0010] ④从③中发射的两部分光线共光路返回,经第二透镜汇聚到扫描振镜的y振镜,经y振镜射入x振镜,然后射出;

[0011] ⑤x振镜射出的光线经第一透镜汇聚进入三端环形器的端口2,然后从端口3射出;

[0012] ⑥从端口3射出的参考光和样品光进入光谱仪,光谱仪传递数据给电脑;

[0013] ⑦控制扫描振镜的运动,扫描振镜对样品进行逐点扫描,电脑获得样品表面各个位置的低相干光干涉光谱;

[0014] ⑧电脑计算相邻位置的相位差 $\Delta\varphi$ ,

[0015] ⑨根据相位差 $\Delta\varphi$ ,计算样品该相邻两位置的深度差 $\Delta z$ ,得到样品表面形貌的相位差分图;

[0016] ⑩对计算的深度差 $\Delta z$ 进行积分,得到最终样品表面形貌的定量分布情况。

[0017] 步骤⑧中所属的计算相邻位置的相位差的步骤如下:

[0018] 相邻两位置点1和2的相干光谱分别为:

[0019] 位置点1的相干光谱为:  $I_1(k_m) = S(k_m)[A_{11}^2 + A_{12}^2 + 2A_{11}A_{12} \cos(4k_m \pi n z_0 + \varphi_1)]$

[0020] 位置点2的相干光谱为:  $I_2(k_m) = S(k_m)[A_{21}^2 + A_{22}^2 + 2A_{21}A_{22} \cos(4k_m \pi n z_0 + \varphi_2)]$

[0021] 其中, $I_1(k_m)$ 、 $I_2(k_m)$ 分别为位置点1、2的相干光谱, $S(k_m)$ 为光源光谱强度分布, $A_{11}$ 、 $A_{12}$ 分别为位置1对应的样品光和参考光振幅, $A_{21}$ 、 $A_{22}$ 分别为位置2对应的样品光和参考光振幅, $k_m$ 为波数, $n$ 为空气折射率,样品面和参考面的距离用不同分辨率的两部分表示,相邻两位置点1和2的相干光谱表达式中 $z_0$ 表示样品面和参考面的绝对距离,其精度决定于光源的相干长度,相对于 $z_0$ 的具有亚相干长度分辨率的距离为 $\delta z = \varphi_1 / 4k_c \pi n$ , $k_c$ 为光源的中心波数,其精度决定于光谱仪的光谱分辨率。

[0022] 假定位置点2相对于点1的微小高度增量为  $\Delta z_0$ , 位置点1和2的参考臂光程相等, 则位置点1和2的高度差  $\Delta z_0$  为,

$$[0023] \quad \Delta z_0 = \frac{\Delta\varphi_{21}\lambda_c}{4\pi n} \quad \Delta\varphi_{21} \text{ 为 } \varphi_2 \text{ 与 } \varphi_1 \text{ 之差}$$

[0024] 对  $I_1(k_m)$  和  $I_2(k_m)$  分别进行傅立叶变换后得到相对应的复数序列  $F_1(2nz_m)$  和  $F_2(2nz_m)$ ,  $z_m$  表示离散化的高度。因为样品中只有样品表面为反射面, 则  $F_1(2nz_m)$  和  $F_2(2nz_m)$  的功率谱极大值对应的位置即为  $2nz_0$ , 因此得到两个复数  $F_1(2nz_0) = A_1 \exp(j4k_z \pi n \varphi_1)$  和  $F_2(2nz_0) = A_2 \exp(j4k_z \pi n \varphi_2)$ , 则  $\Delta\varphi_{21}$  为,

$$[0025] \quad \Delta\varphi_{21} = \text{angle}(F_2(2nz_0) \times F_1^*(2nz_0))$$

[0026] 上式中星号表示复共轭, 由此式计算出相位差  $\Delta\varphi_{21}$ , 即得到样品表面的相位差分图, 不论各点的相位值大小, 只要相邻两点在区间  $[-\pi, +\pi]$ , 不发生相位包裹, 当相邻两点的相位差超过  $\pi$ , 在相位差分图上出现相位包裹, 通过相位解包裹处理, 消除相位差分图上的相位包裹, 再进行积分, 得到样品表面的相位分布及形貌。由于解包裹运算是在相位差分图上进行的, 因此, 把相邻两点相位差绝对值的限制条件由目前的  $\pi$  扩大到  $2\pi$ 。

[0027] 步骤⑨中, 根据所述的相位差  $\Delta\varphi$ , 获得位置1与位置2的深度差  $\Delta z$ , 具体通过以下方式获得:

$$[0028] \quad \Delta z = \frac{\Delta\varphi\lambda}{4\pi n}$$

[0029] 包括有低相干光源、三端环形器、第一透镜、扫描振镜、第二透镜和分光片, 三端环形器的端口1与低相干光源相连通, 端口2后续依次连接第一透镜—x-y扫描振镜—第二透镜, 端口3依次连接光谱仪—电脑, 第一透镜与x-y扫描振镜的x振镜相连, 第二透镜与x-y扫描振镜的y振镜相连, 分光片设置在第二透镜与y振镜相连一侧的另一侧, 分光片上第二透镜一侧的另一侧镀上一层透光率为50%~70%的反射膜, 分光片镀上反射膜的一侧设有提供给被样品放置的样品台。

[0030] 在第一透镜和x-y扫描振镜之间设置一反射镜。

[0031] 采用本技术方案后, 与现有技术相比, 本技术方案具有以下优点: 本发明能够实现表面形貌高精度的快速非接触测量, 系统结构简单, 成本较低, 测量精度能达到亚nm级, 由于不直接计算各个位置的相位, 因此, 只要相邻两点的相位差在区间  $[-\pi, +\pi]$ , 不发生相位包裹, 将干涉法相邻两点相位差绝对值的限制条件由目前的  $\pi$  扩大到  $2\pi$ 。参考面和样品置于同一平台之上, 最大限度消除环境干扰及系统振动的影响, 提高了系统稳定性, 使用光学扫描实现高速成像, 减小机械扫描引入的干扰。

#### 附图说明:

[0032] 图1是本发明物品表面形貌检测装置的结构图。

#### 具体实施方式:

[0033] 下面结合附图对本技术作进一步说明。

[0034] 物品表面形貌检测装置, 包括: 低相干光源1、光谱仪、三端环形器2、第一透镜3、反

射镜5、x-y扫描振镜6、第二透镜7和样品台12。低相干光源1发出的光由三端环形器2的端口1进入,从三端环形器2的端口2出来的光经透镜3准直后射到反射镜5,改变方向后的光射到x-y扫描振镜6的x振镜,从x振镜射到x-y扫描振镜6的y振镜,经y振镜的光被第二透镜7聚焦到被测样品9表面,通过扫描振镜6的快速转动,实现对样品9表面的扫描。样品和作为参考反射镜的分光片8置于同一平台之上,样品臂和参考臂为共光路。在样品台12上放一小立柱4,在小立柱4上放一分光片8该分光片底部上镀上一层透光率为50%—70%的反射膜,被第二透镜7聚焦的光一部分被分光片8下表面反射,另一部分穿过分光片8被聚焦到样品9表面,被样品9表面反射的样品光与被分光片8下表面反射的参考光通过第二透镜7汇聚到扫描振镜6的y振镜,经y振镜射入x振镜的光通过反射镜5改变方向后,由透镜3汇聚到三端环形器2的端口2,从三端环形器2的端口3进入光谱仪10的准直透镜13,经准直透镜13准直的光射入透射光栅14(1145lines/mm,Wasatch Photonics)后被第三透镜15聚焦到高速线阵相机16(GL2048L,Sensors Unlimited),参考光和样品光形成的干涉光谱被光谱仪10实时采集,干涉光谱传给电脑11进行后续处理。

[0035] 扫描振镜6的y转轴位置为第二透镜7的焦点。通过扫描振镜6的快速转动,实现对样品9表面的扫描。

[0036] 本发明是一种达到亚纳米级表面形貌检测的方法,包括以下步骤:

[0037] S1,使用共光路的频域低相干光干涉装置,分光片8(该分光片上镀50%—70%反射膜)放在样品台12上,采集分光片8下表面的反射光与样品表面反射光的干涉光谱,用x-y扫描振镜6对样品进行逐点扫描,得到样品表面各个位置的低相干光干涉光谱。

[0038] S2,计算相邻位置的相位差 $\Delta\varphi$ ;

[0039] S3,根据所述的相位差 $\Delta\varphi$ ,计算样品该相邻两位置的深度差 $\Delta z$ ,得到表面形貌的相位差分图;

[0040] S4,对计算的深度差 $\Delta z$ 进行积分,得到样品表面形貌的定量分布。

[0041] 步骤S2中所述的计算相邻位置的相位差的步骤如下:

[0042] 相邻两位置点1和2的相干光谱分别为:

[0043] 位置点1的相干光谱为: $I_1(k_m) = S(k_m)[A_{11}^2 + A_{12}^2 + 2A_{11}A_{12} \cos(4k_m \pi n z_0 + \varphi_1)]$ ;

[0044] 位置点2的相干光谱为: $I_2(k_m) = S(k_m)[A_{21}^2 + A_{22}^2 + 2A_{21}A_{22} \cos(4k_m \pi n z_0 + \varphi_2)]$ ;

[0045] 其中, $I_1(k_m)$ 、 $I_2(k_m)$ 分别为位置点1、2的相干光谱, $S(k_m)$ 为光源光谱强度分布, $A_{11}$ 、 $A_{12}$ 分别为位置1对应的样品光和参考光振幅, $A_{21}$ 、 $A_{22}$ 分别为位置2对应的样品光和参考光振幅, $k_m$ 为波数, $n$ 为空气折射率,样品面和参考面的距离用不同分辨率的两部分表示,相邻两位置点1和2的相干光谱表达式中 $z_0$ 表示样品面和参考面的绝对距离,其精度决定于光源的相干长度,相对于 $z_0$ 的具有亚相干长度分辨率的距离为 $\delta z = \varphi_1 / 4k_c \pi n$ , $k_c$ 为光源的中心波数,其精度决定于光谱仪的光谱分辨率。

[0046] 假定位置点2相对于点1的微小高度增量为 $\Delta z_0$ ,置点1和2的参考臂光程相等,则位置点1和2的高度差 $\Delta z_0$ 为,

$$[0047] \quad \Delta z_0 = \frac{\Delta \varphi_{21} \lambda}{4\pi n} \quad (3)$$

[0048] 公式(3)中, $\Delta \varphi_{21}$ 为 $\varphi_2$ 与 $\varphi_1$ 之差。对 $I_1(k_m)$ 和 $I_2(k_m)$ 分别进行傅立叶变换后得到相

对应的复数序列 $F_1(2nz_m)$ 和 $F_2(2nz_m)$ ,  $z_m$ 表示离散化的高度。因为样品中只有样品表面为反射面, 则 $F_1(2nz_m)$ 和 $F_2(2nz_m)$ 的功率谱极大值对应的位置即为 $2nz_0$ , 因此得到两个复数 $F_1(2nz_0) = A_1 \exp(j4k_c \pi n \varphi_1)$ 和 $F_2(2nz_0) = A_2 \exp(j4k_c \pi n \varphi_2)$ , 则 $\Delta\varphi_{21}$ 为,

$$[0049] \quad \Delta\varphi_{21} = \text{angle}(F_2(2nz_0) \times F_1^*(2nz_0)) \quad (4)$$

[0050] 上式中星号表示复共轭, 由(4)式计算出相位差 $\Delta\varphi_{21}$ , 即得到样品表面的相位差分图, 不论各点的相位值大小, 只要相邻两点在区间 $[-\pi, +\pi]$ , 不发生相位包裹, 当相邻两点的相位差超过 $\pi$ , 在相位差分图上出现相位包裹, 通过相位解包裹处理, 消除相位差分图上的相位包裹, 再进行积分, 得到样品表面的相位分布及形貌。由于解包裹运算是在相位差分图上进行的, 因此, 把相邻两点相位差绝对值的限制条件由目前的 $\pi$ 扩大到 $2\pi$ 。

[0051] 步骤S3中, 根据所述的相位差 $\Delta\varphi$ , 获得位置1与位置2的深度差 $\Delta z$ 具体通过以下

$$\text{方式获得: } \Delta z = \frac{\Delta\varphi\lambda}{4\pi n}$$

[0052] 对所述的深度差 $\Delta z$ 进行积分, 得到被检测样品表面形貌定量分布:  $z = \int \Delta z$ 。

[0053] 以上所述, 仅是本发明的较佳实施例而已, 并非对本发明作任何形式上的限制。任何熟悉本领域的技术人员, 在不脱离本发明技术方案范围情况下, 都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案作出许多可能的变动和修饰, 或修改为等同变化的等效实施例。故凡是未脱离本发明技术方案的内容, 依据本发明之形状、构造及原理所作的等效变化, 均应涵盖于本发明的保护范围内。



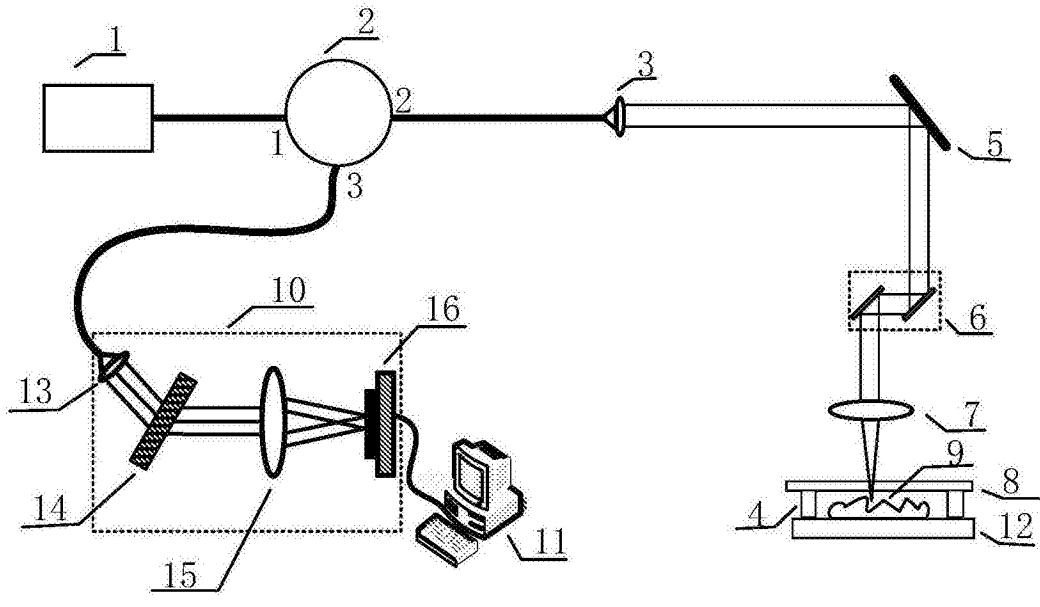


图1