



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116182738 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 30

(21) 申请号 202310150616.6

(22) 申请日 2023.02.22

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72) 发明人 王健 陈佳浩 彭立华 徐龙  
周莉萍

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

专利代理师 孔娜

(51) Int. Cl.

G01B 11/24 (2006.01)

G01B 11/06 (2006.01)

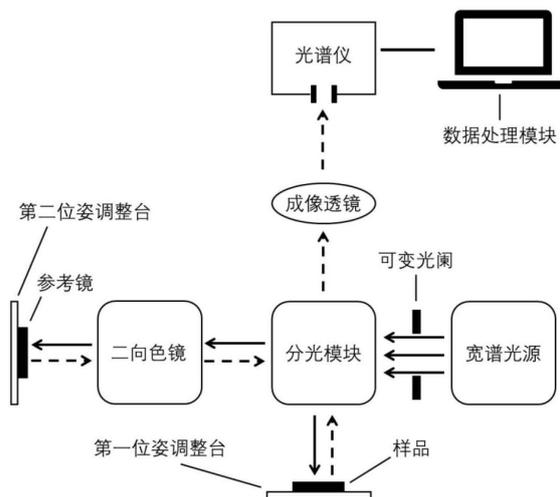
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

## (54) 发明名称

基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步  
测量方法及装置

## (57) 摘要

本发明属于精密仪器相关技术领域,其公开了一种基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量方法及装置,测量装置包括分光模块、二向色镜、参考镜、成像透镜及光谱仪,分光模块用于将接收到的光线分为第一光束及第二光束,第一光束被待测的薄膜全波段反射;第二光束中部分波段的光被参考镜反射回来与薄膜反射回来的对应波段的光发生干涉,干涉光与薄膜反射回来的其余光进入光谱仪。本发明通过对光谱图像进行处理,即可同时得到薄膜样品的表界面轮廓,二向色镜的滤光功能使得同时得到干涉光谱和反射光谱,实现了单次曝光下对薄膜样品表界面轮廓的测量,不需要多次曝光或者对直接获得的光强再处理就可以直接得到测量样品干涉光谱和反射光谱。



1. 一种基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在于:

所述测量装置包括分光模块、二向色镜、参考镜、成像透镜及光谱仪;

工作时,所述分光模块用于将接收到的光线分为第一光束及第二光束,所述第一光束被待测的薄膜全波段反射;

所述第二光束中波长为所述二向色镜透射波段的光被所述参考镜反射,其余光离开所述测量装置;所述参考镜反射回来的光与所述薄膜反射回来的、且波长为所述二向色镜透射波段的光在所述分光模块产生干涉而形成干涉光;所述干涉光与所述薄膜反射回来的、且波长为所述二向色镜反射波段的光经过所述成像透镜后到达所述光谱仪;或者,所述第二光束中波长为所述二向色镜反射波段的光被所述参考镜反射,其余光离开所述测量装置;所述参考镜反射回来的光与所述薄膜反射回来的、且波长为所述二向色镜反射波段的光在所述分光模块产生干涉而形成干涉光;所述干涉光与所述薄膜反射回来的、且波长为所述二向色镜透射波段的光经过所述成像透镜后到达所述光谱仪;

所述光谱仪同时采集到干涉光的光谱图像及反射光的光谱图像,进而实现同时测量薄膜的表界面轮廓。

2. 如权利要求1所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在于:所述测量装置还包括可变光阑,所述分光模块设置在所述可变光阑的出光方向上。

3. 如权利要求2所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在于:所述可变光阑为孔径可调光阑,其用于调整进入所述分光模块的光束的直径。

4. 如权利要求1-3任一项所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在于:所述分光模块、所述二向色镜及所述参考镜沿第一方向间隔设置,所述光谱仪、所述成像透镜沿第二方向间隔设置,所述第一方向与所述第二方向垂直;所述分光模块包括间隔设置的消色差柱面镜、矩形光阑、第一消色差透镜、分光棱镜、第二消色差透镜、第三消色差透镜及补偿片,所述消色差柱面镜、所述矩形光阑、所述第一消色差透镜、所述分光棱镜、所述第三消色差透镜沿第一方向设置,所述补偿片、所述第二消色差透镜及所述分光棱镜沿第二方向设置;光线经所述消色差柱面镜聚焦后呈线状光斑,线状光斑经所述矩形光阑后到达所述第一消色差透镜。

5. 如权利要求4所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在于:所述矩形光阑的大小变化方向与所述线状光斑平行,通过调整所述矩形光阑的大小来调整所述线状光斑的长度,进而使得薄膜被照明的位置对应到光谱仪的面阵相机的空间维度的像素坐标。

6. 如权利要求4所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在于:所述分光棱镜有50:50的分光比,且对波长不敏感;所述光谱仪的狭缝位于所述成像透镜的后焦面上。

7. 如权利要求6所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在于:所述光谱仪包括第四消色差透镜、衍射光栅、第五消色差透镜及面阵相机,来自所述成像透镜的线状光斑经过所述狭缝、所述第四消色差透镜、所述衍射光栅后发生色散而形成色散光束,该色散光束经过所述第五消色差透镜汇聚而生成具有空间维度和光谱维度的二维图像于所述面阵相机的探测面。

8. 如权利要求7所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在

于:所述狭缝、所述成像透镜的后焦面与所述第四消色差透镜的前焦面重合,所述面阵相机的探测面与所述第五消色差透镜的后焦面重合。

9.如权利要求1-3任一项所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,其特征在于:所述分光模块及所述二向色镜沿第一方向间隔设置,所述光谱仪、所述成像透镜沿第二方向间隔设置,所述参考镜与所述二向色镜沿第二方向间隔设置,所述第一方向与所述第二方向垂直;所述分光模块包括间隔设置的消色差柱面镜、矩形光阑、第一消色差透镜、分光棱镜、第二消色差透镜及第三消色差透镜,所述消色差柱面镜、所述矩形光阑、所述第一消色差透镜、所述分光棱镜、所述第三消色差透镜沿第一方向设置,所述第二消色差透镜及所述分光棱镜沿第二方向设置;光线经所述消色差柱面镜聚焦后呈线状光斑,线状光斑经所述矩形光阑后到达所述第一消色差透镜。

10.一种基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量方法,其特征在于:所述测量方法采用权利要求1-9任一项所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置对薄膜的表界面轮廓进行同时测量。

## 基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于精密仪器相关技术领域,更具体地,涉及一种基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量方法及装置。

### 背景技术

[0002] 由薄膜组成微观结构的核心元件广泛应用于现代工业,包括集成电路、传感器和LED行业。其中薄膜表界面轮廓尺寸也就是薄膜的厚度以及界面轮廓的尺寸会直接影响器件的性能。为了提高智能制造技术水平,不仅应优化工艺条件,还应优化用于测量和检查薄膜的计量。

[0003] 白光反射光谱技术以白光作为光源,通过薄膜干涉的原理和光谱分光原理得到不同波长光的薄膜干涉光强进行求解测量薄膜厚度。白光反射光谱仪作为白光反射光谱技术的一类经典的测量仪器,其中的具体过程则是让薄膜样品的反射光入射到光谱仪,光谱仪将薄膜干涉光进行分光分别得到分成不同波长的光的光强,即是薄膜干涉光的光谱信号,通过对光谱信号进行数据处理如拟合反射率,极值点法等求解薄膜厚度。所以,白光反射光谱仪能测量薄膜厚度但不能测量高度信息,因此不能测量薄膜的界面轮廓。

[0004] 白光光谱干涉技术也以白光作为光源,通过光的干涉和光谱分光原理得到不同波长光的干涉光强进行求解测量样品特性。光谱型白光干涉仪作为白光光谱干涉技术的一类经典的测量仪器可以测量薄膜样品的表界面轮廓,其中具体的过程是参考镜和测量样品的反射光发生干涉,干涉光再入射到光谱仪,采集到参考镜和测量样品的干涉光的光谱信号,通过对干涉光信号进行数据处理求解薄膜样品中的薄膜厚度和界面轮廓从而完成测量表界面轮廓的过程。

[0005] 信号求解的具体过程则是通过对干涉光的光谱信号使用数字信号相关的算法可以解调出干涉光光谱信号中干涉项的相位信息,从而测量透明薄膜的厚度以及界面轮廓。但是当薄膜厚度降低到某个阈值限制以下时,不同厚度的薄膜相位谱信息差异很小,在解调过程中难以获得准确的相位,难以保证测量的可靠性。为实现界面轮廓变化的基底上的更薄的膜层厚度测量,有研究者在白光光谱干涉技术的基础上又引入了反射谱技术,因为更薄的不同厚度的薄膜反射谱的差异相对较大,通过拟合反射谱测量薄膜厚度的可靠性更高。出现了在光谱型白光干涉仪中加入光闸进而获得反射谱拟合反射率测量膜厚的方法和通过在光谱型白光干涉仪中加入偏振元件以及偏振相机。在分光白光干涉仪中加入光闸的测量方法中,对同一个测量位置需要两个步骤,即分别在打开和关闭光闸的状态下进行一次曝光从而分别直接获得干涉光谱和反射光谱,不适用于在线测量;光谱型白光干涉仪中加入偏振元件以及偏振相机的方法中,偏振相机直接探测到不同区域对应不同相位的干涉光谱信号,通过对不同相位的干涉光谱信号进行计算从而间接获得反射光谱,偏振元件硬件成本高,且可用光谱范围以及测量尺寸受偏振元件波长适用范围和尺寸的限制。

## 发明内容

[0006] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量方法及装置,通过对光谱图像进行处理,即可同时得到薄膜样品的厚度和界面轮廓从而获得表界面轮廓,二向色镜的滤光功能使得同时得到干涉光谱和反射光谱,实现了单次曝光下对薄膜样品表界面轮廓的测量。

[0007] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置,所述测量装置包括分光模块、二向色镜、参考镜、成像透镜及光谱仪;

[0008] 工作时,所述分光模块用于将接收到的光线分为第一光束及第二光束,所述第一光束被待测的薄膜全波段反射;

[0009] 所述第二光束中波长为所述二向色镜透射波段的光被所述参考镜反射,其余光离开所述测量装置;所述参考镜反射回来的光与所述薄膜反射回来的、且波长为所述二向色镜透射波段的光在所述分光模块产生干涉而形成干涉光;所述干涉光与所述薄膜反射回来的、且波长为所述二向色镜反射波段的光经过所述成像透镜后到达所述光谱仪;或者,所述第二光束中波长为所述二向色镜反射波段的光被所述参考镜反射,其余光离开所述测量装置;所述参考镜反射回来的光与所述薄膜反射回来的、且波长为所述二向色镜反射波段的光在所述分光模块产生干涉而形成干涉光;所述干涉光与所述薄膜反射回来的、且波长为所述二向色镜透射波段的光经过所述成像透镜后到达所述光谱仪;

[0010] 所述光谱仪同时采集到干涉光的光谱图像及反射光的光谱图像,进而实现同时测量薄膜的表界面轮廓。

[0011] 进一步地,所述测量装置还包括可变光阑,所述分光模块设置在所述可变光阑的出光方向上。

[0012] 进一步地,所述可变光阑为孔径可调光阑,其用于调整进入所述分光模块的光束的直径。

[0013] 进一步地,所述分光模块、所述二向色镜及所述参考镜沿第一方向间隔设置,所述光谱仪、所述成像透镜沿第二方向间隔设置,所述第一方向与所述第二方向垂直;所述分光模块包括间隔设置的消色差柱面镜、矩形光阑、第一消色差透镜、分光棱镜、第二消色差透镜、第三消色差透镜及补偿片,所述消色差柱面镜、所述矩形光阑、所述第一消色差透镜、所述分光棱镜、所述第三消色差透镜沿第一方向设置,所述补偿片、所述第二消色差透镜及所述分光棱镜沿第二方向设置;光线经所述消色差柱面镜聚焦后呈线状光斑,线状光斑经所述矩形光阑后到达所述第一消色差透镜。

[0014] 进一步地,所述矩形光阑的大小变化方向与所述线状光斑平行,通过调整所述矩形光阑的大小来调整所述线状光斑的长度,进而使得薄膜被照明的位置对应到光谱仪的面阵相机的空间维度的像素坐标。

[0015] 进一步地,所述分光棱镜有50:50的分光比,且对波长不敏感;所述光谱仪的狭缝位于所述成像透镜的后焦面上。

[0016] 进一步地,所述光谱仪包括第四消色差透镜、衍射光栅、第五消色差透镜及面阵相机,来自所述成像透镜的线状光斑经过所述狭缝、所述第四消色差透镜、所述衍射光栅后发生色散而形成色散光束,该色散光束经过所述第五消色差透镜汇聚而生成具有空间维度和

光谱维度的二维图像于所述面阵相机的探测面。

[0017] 进一步地,所述狭缝、所述成像透镜的后焦面与所述第四消色差透镜的前焦面重合,所述面阵相机的探测面与所述第五消色差透镜的后焦面重合。

[0018] 进一步地,所述分光模块及所述二向色镜沿第一方向间隔设置,所述光谱仪、所述成像透镜沿第二方向间隔设置,所述参考镜与所述二向色镜沿第二方向间隔设置,所述第一方向与所述第二方向垂直;所述分光模块包括间隔设置的消色差柱面镜、矩形光阑、第一消色差透镜、分光棱镜、第二消色差透镜及第三消色差透镜,所述消色差柱面镜、所述矩形光阑、所述第一消色差透镜、所述分光棱镜、所述第三消色差透镜沿第一方向设置,所述第二消色差透镜及所述分光棱镜沿第二方向设置;光线经所述消色差柱面镜聚焦后呈线状光斑,线状光斑经所述矩形光阑后到达所述第一消色差透镜。

[0019] 本发明还提供了一种基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量方法,所述测量方法采用如上所述的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置对薄膜的表界面轮廓进行同时测量。

[0020] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,本发明提供的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量方法及装置要具有以下有益效果:

[0021] 1.通过二向色镜的滤光功能使得光谱仪能够同时直接得到干涉光谱和反射光谱,从而实现单次曝光下对样品薄膜的表界面轮廓的测量,不需要多次曝光或者对直接获得的光强再处理就可以直接得到测量样品干涉光谱和反射光谱,测量的步骤更少,可行性高,成本低,更适用于在线测量。

[0022] 2.可变光阑为孔径可调光阑,通过改变光阑的大小可以调整准直器出来的平行光束的直径,从而调整平行光经过消色差柱面镜汇聚成的线光斑的锥角,从而调整了之后经过二向色镜的角度范围,而二向色镜对于不同角度入射的光的滤光作用有所变化,所以这里可以调整角度使得目标范围的波段的光被滤掉。

[0023] 3.柱状平行光束经过消色差柱面镜聚焦后呈线状光斑,线状光斑经过矩形光阑,通过调整矩形光阑的大小可以调整线状光斑的长度,从而可以调整线状光斑经过光学元件后聚焦在薄膜样品的长度,使得薄膜样品被照明的全部位置对应到后续的光谱仪里面阵相机的空间维度的像素坐标,使得操作人员能够确定当前测量区域。

[0024] 4.所述薄膜表界面轮廓测量方法具有更少的测量步骤,可以用于快速反应过程和制造情况下的针对薄膜表界面轮廓的在线测量,适用性及灵活性较好。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明提供的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置的结构示意图;

[0026] 图2是实施例1中的基于透射波段干涉光谱的测量装置的光路示意图;

[0027] 图3是实施例1中的基于透射波段干涉光谱的测量装置的光源部分到样品端和参考端后干涉光进入狭缝的仿真光路图;

[0028] 图4是实施例1中的基于透射波段干涉光谱的测量装置的样品表面反射光成像到狭缝的仿真光路图;

[0029] 图5是图1中的基于透射波段干涉光谱的测量装置的线成像光谱仪相机获得的图

像；

[0030] 图6是实施例2中的基于反射波段干涉光谱的测量装置的光路示意图；

[0031] 图7是实施例2中的基于反射波段干涉光谱的测量装置的光源部分到样品端和参考端后干涉光进入狭缝的仿真光路图；

[0032] 图8是实施例2中的基于反射波段干涉光谱的测量装置的样品表面反射光成像到狭缝的仿真光路图；

[0033] 在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或结构，其中：1-宽谱光源，101-光源灯，102-光纤，103-准直器，2-可变光阑，3-分光模块，301-消色差柱面镜，302-矩形光阑，303-第一消色差透镜，304-分光棱镜，305-第二消色差透镜，306-第三消色差透镜，307-补偿片，4-薄膜样品，5-第一位姿调整台，6-二向色镜，7-参考镜，8-第二位姿调整台，9-成像透镜，10-线成像光谱仪，1001-狭缝，1002-第四消色差透镜，1003-衍射光栅，1004-第五消色差透镜，1005-面阵相机，11-数据处理模块。

### 具体实施方式

[0034] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0035] 本发明以两个实施例来对本发明进行具体说明，两个实施例提供的基于分波段多光谱的薄膜表界面轮廓同步测量装置均包括宽谱光源1、可变光阑2、分光模块3、第一位姿调整台5、二向色镜6、参考镜7、第二位姿调整台8、成像透镜9、光谱仪10及数据处理模块11。

[0036] 实施例1

[0037] 请参阅图1、图2、图3、图4及图5，所述第二位姿调整台8、所述参考镜7、所述二向色镜6、所述分光模块3、所述可变光阑2及所述宽谱光源1沿第一方向间隔设置。所述第一位姿调整台5、所述分光模块3、所述成像透镜9及所述线成像光谱仪10沿第二方向间隔设置，所述第一方向与所述第二方向垂直。所述数据处理模块11连接于所述线成像光谱仪10。当然在其他实施方式中，所述线成像光谱仪10可以为点光谱仪。

[0038] 所述宽谱光源1所产生的光线经所述可变光阑2到达所述分光模块3。所述分光模块3将接收到的光线分为第一光束及第二光束，所述第一光束经补偿片后被设置在所述第二位姿调整台上的薄膜样品全波段反射。所述第二光束中波长为所述二向色镜透射波段的光被设置在所述第二位姿调整台上的参考镜反射，其余光（即波长为所述二向色镜反射波段的光）离开所述测量装置。所述参考镜反射回来的光与所述薄膜样品反射回来的、且波长为所述二向色镜透射波段的光在所述分光模块产生干涉而形成干涉光。所述干涉光与所述薄膜样品反射回来的、且波长为所述二向色镜反射波段的光经过所述成像透镜后到达所述线成像光谱仪，仿真光路如图3所示，进而所述线成像光谱仪同时采集到干涉光的光谱图像及反射光的光谱图像。所述数据处理模块依据来自所述线成像光谱仪的干涉光的光谱图像及反射光的光谱图像来获得薄膜样品的表面高度及薄膜层的厚度。

[0039] 所述宽谱光源1包括光源灯101、光纤102及准直器103，所述光纤102相背的两端分别连接所述光源灯101及所述准直器103。所述光源灯101用于产生波段为所述二向色镜透

射波段及反射波段范围的光线。所述光纤102用于将来自所述光源灯101的光线传输到所述准直器103。所述准直器103用于将来自所述光纤的光线进行准直后传输给所述可变光阑2。其中,所述光纤102为小口径芯径光纤。

[0040] 所述可变光阑2为孔径可调光阑,通过改变所述可变光阑2的大小可以调整来自所述准直器的平行光束的直径,从而调整平行光经过所述分光模块的消色差柱面镜301所汇集成线光斑的锥角,达到了调整之后经过所述二向色镜的角度范围。由于所述二向色镜对于不同角度入射的光的滤光作用有所变化,这里可以调整角度使得目标范围的波段的光被滤除。

[0041] 所述分光模块包括间隔设置的消色差柱面镜301、矩形光阑302、第一消色差透镜303、分光棱镜304、第二消色差透镜305、第三消色差透镜306及补偿片307,所述消色差柱面镜301、所述矩形光阑302、所述第一消色差透镜303、所述分光棱镜304、所述第三消色差透镜306沿第一方向设置,所述补偿片307、第二消色差透镜305及所述分光棱镜304沿第二方向设置。自所述可变光阑2发出的柱状平行光束经所述消色差柱面镜301聚焦后呈线状光斑,线状光斑经所述矩形光阑302后到达所述第一消色差透镜303。

[0042] 本实施方式中,所述矩形光阑302的大小变化方向与所述线状光斑平行,通过调整所述矩形光阑302的大小可以调整所述线状光斑的长度,从而可以调整线状光斑经光学元件后聚焦在薄膜样品4的长度,使得薄膜样品4被照明的全部位置对应到后续的线成像光谱仪的面阵相机1005的空间维度的像素坐标,使得操作人员能够确定当前测量区域。

[0043] 线状光斑经过所述矩形光阑302、所述第一消色差透镜后到达所述分光棱镜304。优选地,所述分光棱镜具备50:50的分光比,且对波长不敏感。所述分光棱镜将其入射光分数两束,分别为第一束光及第二束光,所述第一束光进入所述薄膜样品所在的样品端,所述第二束光进入所述参考镜所在的参考端。其中,所述补偿片307使得所述第一束光与所述第二束光的光程差为由相对距离和薄膜干涉引起的在干涉范围内的光程差。

[0044] 在所述参考端中,第二束光经过所述第三消色差透镜306后,其高波段的光经过所述二向色镜后到达所述参考镜并呈线状光斑。优选地,所述二向色镜对45°左右的入射光具有滤光作用,本实施方式的二向色镜采用高通二向色镜,使得高波段波长的光透射至薄膜样品,低波段波长的光反射而离开测量装置,进而可以实现后续只有高波段波长的光干涉而低波段波长的光只有薄膜样品反射光中的低波段光的目标。

[0045] 所述参考镜放置于所述第二位姿调整台8上。本实施方式中,所述第二位姿调整台8的结构与所述第一位姿调整台5的结构相同。

[0046] 在所述样品端中,第一束光经过所述第二消色差透镜305及所述补偿片307后在所述薄膜样品4呈线状光斑,光谱光源高波段波长的光和低波段波长的光都会透射过所述补偿片307。所述薄膜样品4放置在所述第一位姿调整台5上。其中,所述第一位姿调整台5包括夹持架及手动位移台,所述夹持架连接于所述手动位移台,所述夹持架用于夹持待测量的薄膜样品4或者参考镜7,也可以调整夹持物平面垂直于光线的方向,所述手动位移台的运动方向与聚焦于所述薄膜样品4表面光斑的长度方向垂直,可以调整薄膜样品4表面处于线状光斑的汇聚处。

[0047] 所述样品端返回的反射光的高波段波长的光和所述参考端返回的高波段波长的光在所述分光棱镜304处产生干涉,高波段波长的干涉光和所述样品端返回的反射光的低

波段波长的光经过所述成像透镜后汇聚成线状光斑后进入所述线成像光谱仪。其中,所述线成像光谱仪的狭缝1001位于所述成像透镜9的后焦面上,样品成像于狭缝面上,仿真光路如图4所示。

[0048] 请参阅图2,所述线成像光谱仪10包括第四消色差透镜1002、衍射光栅103、第五消色差透镜1004及面阵相机1005。来自所述成像透镜的线状光斑经过所述狭缝1001、所述第四消色差透镜1002、所述衍射光栅1003后在垂直于线状光斑的方向上发生色散而形成色散光束,色散光束经过所述第五消色差透镜1004汇聚而生成具有空间维度和光谱维度的二维图像于所述面阵相机1005的探测面。优选地,所述狭缝1001、所述成像透镜的后焦面与所述第四消色差透镜1002的前焦面重合,所述面阵相机1005的探测面与所述第五消色差透镜1004的后焦面重合。此外,所述面阵相机1005的信号输出端连接于所述数据处理模块。

[0049] 所述第一消色差透镜、所述第二消色差透镜、所述第三消色差透镜306、所述成像透镜、所述第四消色差透镜1002、所述第五消色差透镜1004具有高消色差能力,包括轴向色差及径向色差。

[0050] 在这个实施例中,具体设置为:宽谱光源1采用功率3w,波长440-670nm的白光光源,光纤102的数值孔径为0.22,芯径为600 $\mu\text{m}$ ;可变光阑2为孔径范围为1-24.5mm的可调光阑。

[0051] 准直器103采用消色差双胶合正透镜,焦距为100mm;消色差柱面镜301采用柱面消色差双胶合透镜,焦距为50mm;第一消色差透镜303采用消色差双胶合透镜,焦距为35mm;第二消色差透镜305和第三消色差透镜306采用同一的焦距为80mm的消色差双胶合透镜。

[0052] 分光棱镜304分光比为50:50,镀有反射率低于0.5%的增透膜;补偿片307为厚度为3.5mm、材质为K9L的玻璃窗口;二向色镜为截止波长550nm、厚度为3.5mm、基底材质为K9L的长波通二向色镜;第一位姿调整台5和第二位姿调整台8都是可以绕x轴和z轴双方向的角度调节范围为 $\pm 4^\circ$ 的支架和沿光轴单向移动范围为25mm的位移器通过连杆和底座组成。

[0053] 所述参考镜7为镀有可见光范围的高反射镜,反射率 $> 88\%$ ;所述成像透镜9为消色差双胶合透镜,焦距为152mm;所述狭缝1001的长度为10mm,宽度为20 $\mu\text{m}$ ;所述第四消色差透镜1002采用消色差双胶合正透镜,焦距为40mm;所述衍射光栅1003为平面刻线衍射光栅,闪耀角为 $8^\circ 37'$ ,刻度线为600Lines/mm;所述第五消色差透镜1004为焦距为40mm的Hastings消色差三胶合透镜;所述面阵相机1005采用黑白工业相机,具备1.1"英寸的感光芯片,像元尺寸3.45 $\mu\text{m}$ ,像素数4096 $\times$ 3000;该装置扫描线长6.4mm。

[0054] 本发明还提供了一种基于反射谱及干涉谱同步成像的薄膜结构测量方法,所述测量方法采用如上所述的基于反射谱及干涉谱同步成像的薄膜结构测量装置对薄膜的厚度及高度进行同时测量。具体包括以下步骤:

[0055] S1、打开光源,将标准样品放置于第一位姿调整台上,调整夹持架和手动位移台使面阵相机接收到干涉光谱图像,遮住所述参考镜的返回光,记录标准样品的光谱图像,作为标定数据。

[0056] S2、取下标准样品,将薄膜样品放置于第一位姿调整台上,调整角度和手动位移台使面阵相机接收到光谱图像,记录测量薄膜样品的光谱图像。

[0057] S3、利用对所述的光谱图像的信号进行处理分别得到测量薄膜样品的反射率和干涉光中薄膜样品厚度的光程差,对这部分反射率和光程差进行反解得到薄膜厚度,再对干

涉光中薄膜样品界面轮廓高度的光程差进行反解得到薄膜样品的界面轮廓高度,界面轮廓加上相对应位置的厚度即得到表面轮廓。

[0058] 在实际中搭建的实验平台上所得图谱如图5所示,图右边高波段光产生了干涉现象,测量到随波长大小变化而波动的光强。

[0059] 实施例2

[0060] 实施例2的整体结构如图6所示,与实施例1基本相同,主要区别在于:所述参考镜7及所述第二位姿调整台8位于所述二向色镜6的一侧,而不是与所述二向色镜6沿第一方向设置,且实施例2未设置补偿片;不同于实施例1中二向色镜透射波段的光与薄膜反射的光发生干涉,实施例2中二向色镜反射波段的光与薄膜样品反射的光发生干涉,所述干涉光与所述薄膜样品反射回来的、且波长为所述二向色镜透射波段的光经过所述成像透镜后到达所述线成像光谱仪,仿真光路如图7所示

[0061] 具体地,与实施例1相比,如图7所示,参考镜7和第二位姿调整台8按照第二方向放置。同时,由于不会透射过所述二向色镜6的玻璃基底,因此不使用补偿器可以使得所述第一束光与所述第二束光的光程差为由相对距离和薄膜干涉引起的在干涉范围内的光程差。样品成像于狭缝面上,仿真光路如图8所示。

[0062] 本发明基于二向色镜的滤光作用,避免了需要其他步骤,而是通过单帧照相即可直接获得测量样品的干涉光谱和反射光谱,具有更少的测量步骤,可以用于快速反应过程和制造情况下的针对薄膜表界面形貌的在线测量。

[0063] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

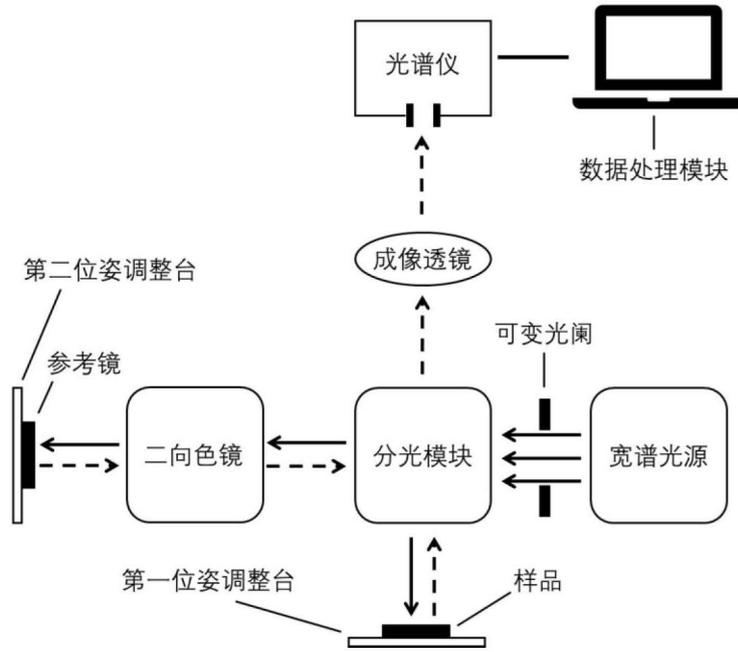


图1

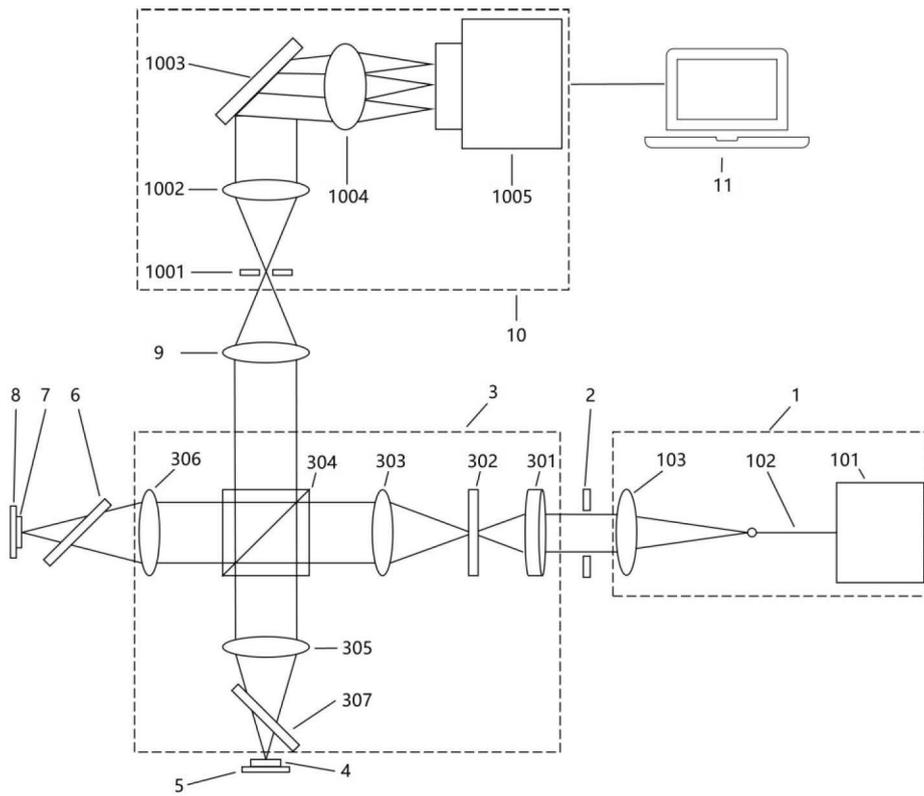


图2

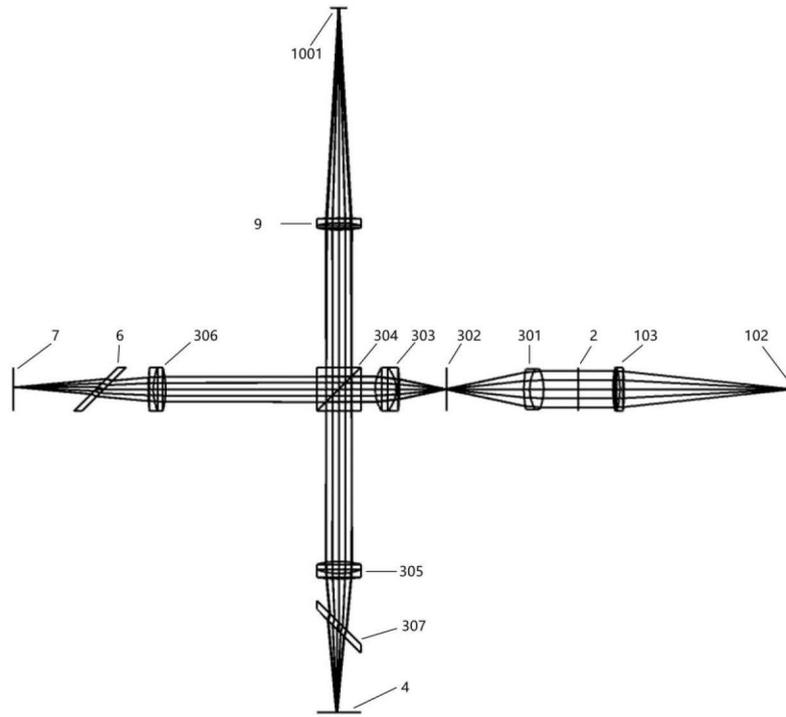


图3

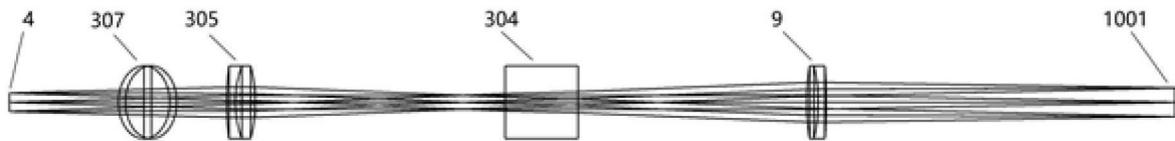


图4

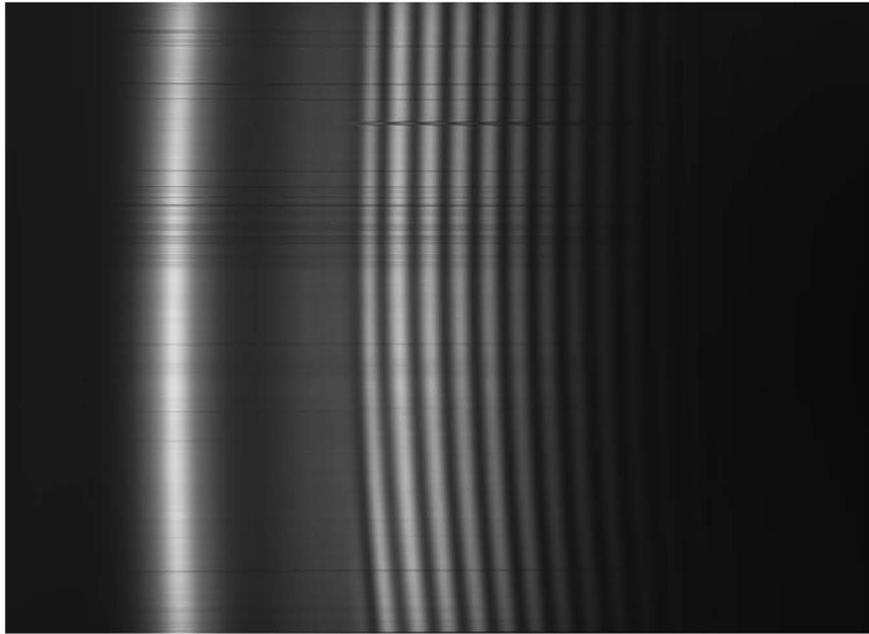


图5

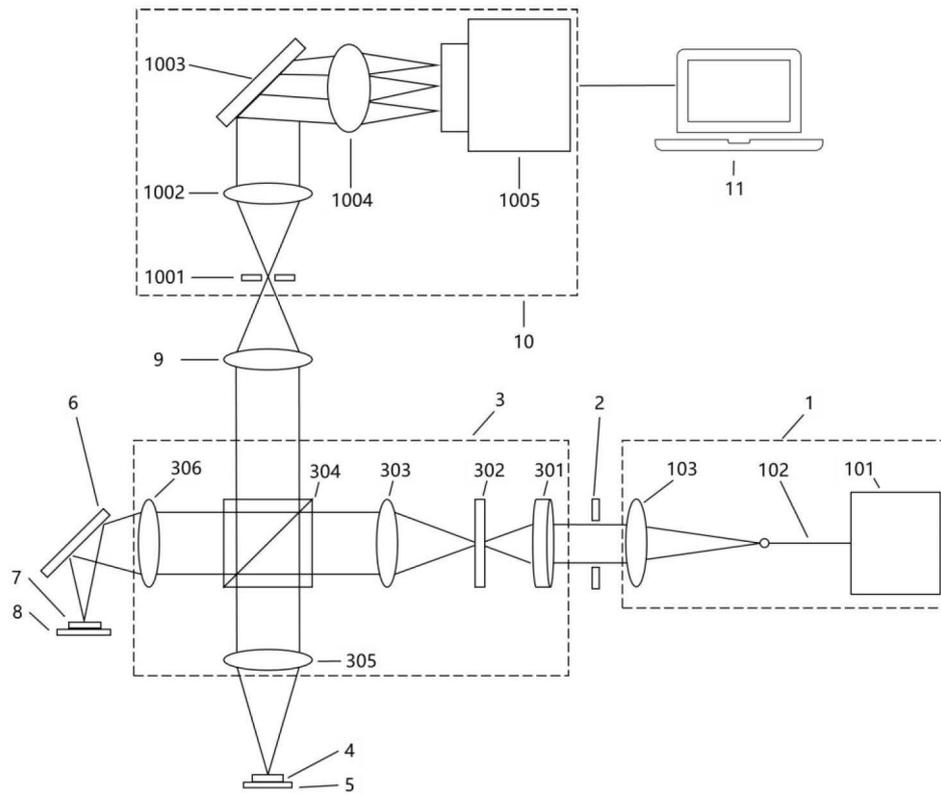


图6

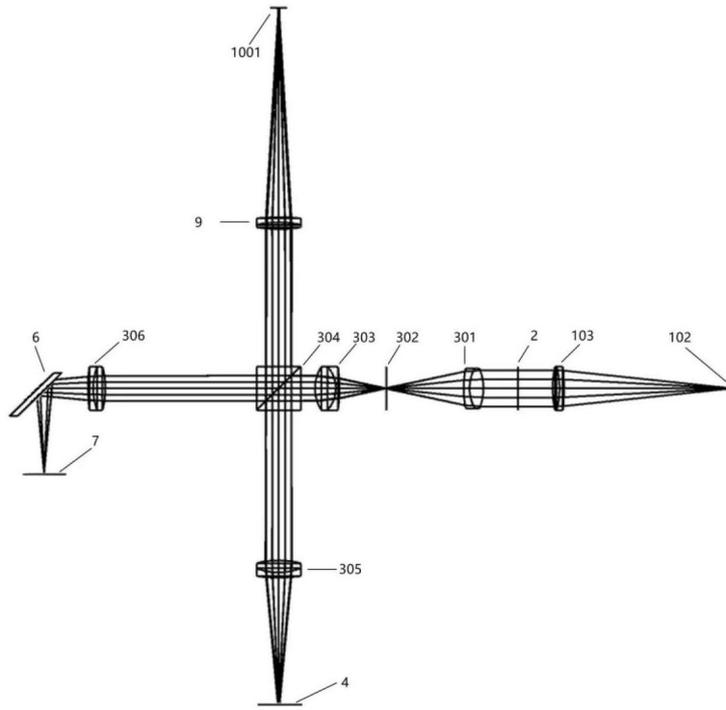


图7

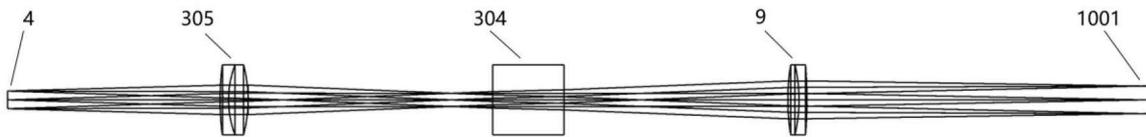


图8