



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103676121 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310426690. 2

(22) 申请日 2013. 09. 18

(71) 申请人 徐长春

地址 210012 江苏省南京市雨花台区康盛花园

(72) 发明人 徐长春 陶纯堪

(74) 专利代理机构 南京天华专利代理有限责任公司 32218

代理人 徐冬涛

(51) Int. Cl.

G02B 21/00 (2006. 01)

G01B 9/04 (2006. 01)

G01B 11/24 (2006. 01)

G01B 11/30 (2006. 01)

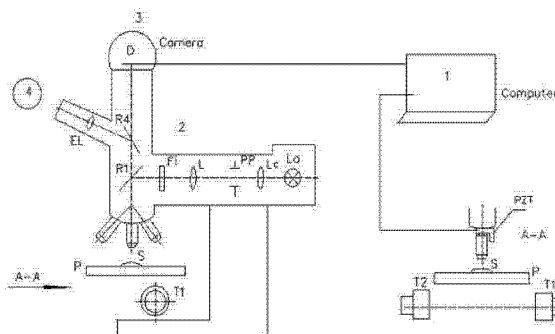
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

Mirau 型物镜及使用该物镜的 Mirau 白光干涉显微镜和测量系统

(57) 摘要

一种 Mirau 型物镜及使用该物镜的 Mirau 白光干涉显微镜和测量系统, 使用 Mirau 型物镜的白光干涉显微镜是一台光路不失调能长期稳定工作的干涉显微镜, 并且实现数字化自动控制, 实现了 10^x、20^x 以至 50^x 等一系列放大倍率的 Mirau 型物镜加工和装配工艺技术。本发明对第一干涉板上反射圆斑的位置、第一和第二干涉板厚度、第一和第二干涉板的位置及它们上表面的平行性作了限定, 对第一和第二干涉板的沿光轴的距离也作了限定, 使得本系统能准确快速调试出能提供质量优良干涉图的 Mirau 型物镜和以它为基础的 Mirau 白光干涉显微镜。从调试出干涉图的速度性, 干涉图的色彩鲜明性和干涉图的对比度, 不亚于国外同类仪器。



1. 一种 Mirau 型物镜,包括显微镜头、第一干涉板和第二干涉板;第一干涉板和第二干涉板平行放置在显微镜头的下方,且与显微镜头的光轴垂直;第一干涉板在显微镜头和第二干涉板之间;第一干涉板上表面中心设有反射圆斑,反射率 100%,第二干涉板的上表面镀有分光膜,该分光膜的反射率是 10%~30%;其特征是所述的第一干涉板上表面中心的反射圆斑同时也位于第二干涉板的中心轴线上和显微物镜 OB 的光轴上,且第一干涉板上表面和第二干涉板上表面互相平行。

2. 根据权利要求 1 所述的 Mirau 型物镜,其特征是所述的第一干涉板和第二干涉板厚度为 2 至 3 毫米。

3. 根据权利要求 1 所述的 Mirau 型物镜,其特征是所述的第一干涉板和第二干涉板各自的上下两表面互相平行。

4. 根据权利要求 1 所述的 Mirau 型物镜,其特征是所述的第一干涉板和第二干涉板的光程长度相等,并作光程配对。

5. 根据权利要求 1 所述的 Mirau 型物镜,其特征在于第一干涉板和第二干涉板相对位置固定,两干涉板上表面之间距离不得大于显微物镜 OB 前端到其前焦点之间距离的一半。

6. 一种使用权利要求 1-5 任一所述 Mirau 型物镜的 Mirau 白光干涉显微镜,其特征是包括光源、聚光镜、视场光阑、准直镜、单色滤光片、第一分光镜、第二分光镜、工作台和所述 Mirau 型物镜;所述光源、聚光镜、视场光阑、准直镜、单色滤光片和第一分光镜位于第一光轴上,且自后向前依次排列;所述第二分光镜、第一分光镜和所述 Mirau 型物镜位于第二光轴上,且自上向下依次排列;所述第二分光镜位于第三光轴上;第一光轴和第二光轴相互垂直;第三光轴和第一光轴夹角 20° 到 45° ;所述第一分光镜与第一光轴和第二光轴都成 45° ;在第三光轴上设有目镜;用于装载被测物的工作台位于 Mirau 型物镜的下方。

7. 根据权利要求 6 所述的 Mirau 白光干涉显微镜,其特征是所述 Mirau 型物镜包括多个,各个 Mirau 型物镜倍率不同;本 Mirau 白光干涉显微镜的工作模式有白光干涉和单色光干涉;白光干涉时,单色滤光片移出光路;单色光干涉时,单色滤光片移进光路。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的 Mirau 白光干涉显微镜,其特征是 Mirau 型物镜的旋转座上装设 PZT 精密线性移动机构,所述的 Mirau 型物镜的镜头与 PZT 精密线性移动机构沿光轴方向用螺纹固联,当 PZT 精密线性移动机构沿光轴线性精密移动时,改变 Mirau 型物镜与工作台上被测物之间的光程差,从而改变相位实现移相。

9. 一种使用权利要求 8 所述的 Mirau 白光干涉显微镜的测量系统,其特征是它包括 Mirau 白光干涉显微镜、计算机和摄像机,摄像机固定在所述 Mirau 白光干涉显微镜的摄像孔处,摄像机的光轴与 Mirau 白光干涉显微镜的第二光轴重合;摄像机的探测面与被测物面干涉场定位面共轭;摄像机的视频信号数据输出端连接所述计算机的数据输入端,计算机的控制信号输出端连接 PZT 精密线性移动机构的控制信号输入端,通过调节 PZT 精密线性移动机构的位置改变 Mirau 型物镜与工作台上被测物之间的光程差,从而改变相位实现移相。

10. 根据权利要求 9 所述的测量系统,其特征是 PZT 精密线性移动机构的行程为 10~20 微米,移动的分辨率为 5 纳米~10 纳米。

Mirau 型物镜及使用该物镜的 Mirau 白光干涉显微镜和测量系统

技术领域

[0001] 本发明专利属于光学技术领域,具体是一种 Mirau 型物镜、以及使用该物镜的 Mirau 白光干涉显微镜和使用该干涉显微镜的测量系统。

[0002]

背景技术

[0003] 随着光电子工业,微电子工业,光学加工工业,半导体材料工业以及机械加工工业的发展,对加工的表面形貌以及表面粗糙度要求越来越高,迫切要求用光学干涉显微镜进行精密测量和检查。光学干涉显微镜的特点是对被检验表面与基准表面进行光波的干涉,形成干涉条纹来精密测量和检验其误差。它的鲜明特点是精密和准确。

[0004] 本发明专利的 Mirau (米洛)白光干涉显微镜的基本用途主要有:检测各种表面的粗糙度,包括光电子工业,微电子工业,里的化合物半导体材料表面,光学工业里的精密光学和超光滑表面,化学工业里的高分子材料及聚合物材料表面,精密机械加工表面。检测光学加工表面的半径等形貌指标,尤其是微小光学零件;利用干涉法检测光学表面加工的质量及疵病。检测光学薄膜厚度及光学台阶厚度等。

[0005] 迄今我国进口的 Mirau 干涉显微镜(例如 Veeco 牌)有如下缺点:对高反射率(例如反射率高于 70%)表面就难于得到满意干涉条纹,调试出干涉条纹很费时,干涉条纹是黑白的灰度图象而不是鲜明的白光条纹等。

[0006] 而我国长期以来曾经是用上海光学仪器厂生产的 6JA 型干涉显微镜(俄罗斯的同类仪器也属此类)测表面粗糙度。它们是基于林立克原理,基准光路和测试光路分别在两条互相垂直的光轴上。其中任何一条光路的误差都引起光路失调,干涉条纹不稳,系统经常不能正常工作。甚至一些单位的 6JA 型干涉显微镜绝大多数不能工作,维修之后不几天又坏。

[0007]

发明内容

[0008] 本发明专利提出一种新的具有系列放大倍率的 Mirau 白光干涉显微镜。

[0009] 本发明立足于 Mirau (米洛)白光干涉显微镜光路,即基准光路和测试光路的光轴合一,从原理上保证不失调。

[0010] 本发明的技术方案是:

一种 Mirau 型物镜,包括显微镜头、第一干涉板和第二干涉板;第一干涉板和第二干涉板平行放置在显微镜头的下方,且与显微镜头的光轴垂直;第一干涉板在显微镜头和第二干涉板之间;第一干涉板上表面中心设有反射圆斑,反射率 100%,第二干涉板的上表面镀有分光膜,该分光膜的反射率是 10%~30%;其特征是所述的第一干涉板上表面中心的反射圆斑同时也位于第二干涉板的中心轴线上和显微物镜 OB 的光轴上,且第一干涉板上表面和第二干涉板上表面互相平行。

[0011] 所述的第一干涉板和第二干涉板厚度为 2 至 3 毫米。

[0012] 所述的第一干涉板和第二干涉板各自的上下两表面互相平行。

[0013] 所述的第一干涉板和第二干涉板的光程长度相等,并作光程配对。

[0014] 第一干涉板和第二干涉板相对位置固定,两干涉板上表面之间距离不得大于显微物镜 OB 前端到其前焦点之间距离的一半。

[0015] 所述 Mirau 型物镜的 Mirau 白光干涉显微镜,包括光源、聚光镜、视场光阑、准直镜、单色滤光片、第一分光镜、第二分光镜、工作台和所述 Mirau 型物镜;所述光源、聚光镜、视场光阑、准直镜、单色滤光片和第一分光镜位于第一光轴上,且自后向前依次排列;所述第二分光镜、第一分光镜和所述 Mirau 型物镜位于第二光轴上,且自上向下依次排列;所述第二分光镜位于第三光轴上;第一光轴和第二光轴相互垂直;第三光轴和第一光轴夹角 20° 到 45° ;所述第一分光镜与第一光轴和第二光轴都成 45° ;在第三光轴上设有目镜;用于装载被测物的工作台位于 Mirau 型物镜的下方。

[0016] 所述 Mirau 型物镜包括多个,各个 Mirau 型物镜倍率不同;本 Mirau 白光干涉显微镜的工作模式有白光干涉和单色光干涉;白光干涉时,单色滤光片移出光路;单色光干涉时,单色滤光片移进光路。

[0017] 所述的 Mirau 白光干涉显微镜, Mirau 型物镜的旋转座上装设 PZT 精密线性移动机构,所述的 Mirau 型物镜的镜头与 PZT 精密线性移动机构沿光轴方向用螺纹固联,当 PZT 精密线性移动机构沿光轴线性精密移动时,改变 Mirau 型物镜与工作台上被测物之间的光程差,从而改变相位实现移相。

[0018] 所述的 Mirau 白光干涉显微镜的测量系统,它包括 Mirau 白光干涉显微镜、计算机和摄像机,摄像机固定在所述 Mirau 白光干涉显微镜的摄像孔处,摄像机的光轴与 Mirau 白光干涉显微镜的第二光轴重合;摄像机的探测面与被测物面干涉场定位面共轭;摄像机的视频信号数据输出端连接所述计算机的数据输入端,计算机的控制信号输出端连接 PZT 精密线性移动机构的控制信号输入端,通过调节 PZT 精密线性移动机构的位置改变 Mirau 型物镜与工作台上被测物之间的光程差,从而改变相位实现移相。

[0019] 本 Mirau 白光干涉显微镜,其 PZT 精密线性移动机构的行程为 10 ~ 20 微米,移动的分辨率为 5 纳米 ~ 10 纳米。

[0020] 本发明的有益效果:

本发明的使用 Mirau 型物镜的 Mirau 白光干涉显微镜是一台光路不失调能长期稳定工作的干涉显微镜,并且实现数字化自动控制的 Mirau (米洛)白光干涉显微镜,而且实现了 10 \times 、20 \times 以至 50 \times 等一系列放大倍率的 Mirau 型物镜加工和装配工艺技术。

[0021] 本发明与现有技术比较,对第一干涉板上反射圆斑的位置作了限定;对第一和第二干涉板厚度作了限定;对第一和第二干涉板的位置及它们上表面的平行性作了限定;对第一和第二干涉板的沿光轴的距离作了限定;从而使得本系统能准确快速调试出能提供质量优良干涉图的 Mirau 型物镜和以它为基础的 Mirau 白光干涉显微镜。从调试出干涉图快速性,干涉图色彩鲜明性和干涉图对比度,不亚于国外同类仪器。除此而外,本发明与现有技术比较,还采用 Mirau 型物镜的旋转座上装设 PZT 精密线性移动机构,以代替传统的超声电机。优点有二:其一、体积小;其二、超声电机将占用显微镜工作台的一个微调

转轮,从而妨碍操作者操作显微镜工作台的微调转轮作精密调整,现在避免了此类缺点。

[0022]

附图说明

[0023] 图 1 是本发明专利实施例的结构示意图;

图 2 是图 1 中 Mirau 型物镜示意图;

图中,计算机 1、显微镜 2、摄像机 3、人眼 4、光源 La、单色滤光片 Fi、聚光镜 L、视场光阑 PP、准直镜 Lc、被测物 S、工作台 P、第一分光镜 R1、第一干涉板 R2、第二干涉板 R3、第二分光镜 R4、圆斑 R21、物镜的显微镜头 OB、摄像机的靶面 D、精密移动机构 PZT。

[0024]

具体实施方式

[0025] 下面结合附图与具体实施方式对本发明进一步说明如下:

一种 Mirau 型物镜,包括显微镜头、第一干涉板和第二干涉板,第一干涉板和第二干涉板平行放置在显微镜头的下方,且与显微镜头的光轴垂直,第一干涉板在显微镜头和第二干涉板之间;第一干涉板上表面中心设有反射圆斑;所述第二干涉板的上表面镀有分光膜,分光膜的反射率是 10%~30%。第一干涉板和第二干涉板之间的相对位置固定;它们沿光轴方向以及与光轴垂直方向的位置可调。所述反射圆斑的反射率为 100%。

[0026] 一种使用所述 Mirau 型物镜的 Mirau 白光干涉显微镜,包括光源、聚光镜、视场光阑、准直镜、单色滤光片、第一分光镜、第二分光镜、工作台和所述 Mirau 型物镜(型号可为 PZT8);所述光源、聚光镜、视场光阑、准直镜、单色滤光片和第一分光镜位于第一光轴上,且自后向前依次排列;所述第二分光镜、第一分光镜和所述 Mirau 型物镜位于第二光轴上,且自上向下依次排列;所述第二分光镜位于第三光轴上;第一光轴和第二光轴相互垂直;第三光轴和第一光轴夹角 20° 到 45° 便于人眼观察;所述第一分光镜与第一光轴和第二光轴都成 45° ;在第三光轴上都设有目镜;用于装载被测物的工作台位于 Mirau 型物镜的下方。所述 Mirau 白光干涉显微镜可工作在白光干涉和单色光干涉两种模式。所述 Mirau 型物镜包括多个,各个 Mirau 型物镜倍率不同。所述 PZT 精密线性移动机构固定在显微镜的物镜旋转座上,而 Mirau 物镜与 PZT 精密线性移动机构沿光轴用镜头螺纹固联。

一种使用所述的 Mirau 白光干涉显微镜的测量系统,包括 Mirau 白光干涉显微镜、计算机和摄像机;所述 Mirau 白光干涉显微镜的 PZT 精密线性移动机构固定在显微镜的物镜旋转座上,而 Mirau 物镜与 PZT 精密线性移动机构沿光轴用镜头螺纹固联;所述 PZT 精密线性移动机构的控制信号输入端连接计算机的控制信号输出端;摄像机固定在所述 Mirau 干涉显微镜的专设摄像孔处。摄像机的光轴与 Mirau 干涉显微镜的第二光轴重合。摄像机的探测面与被测物面干涉场定位面共轭;摄像机的视频信号数据输出端连接所述计算机的数据输入端。

[0027] 实施例:

本例以一台任何反射光路的显微镜,例如江南永新集团生产的小型金相显微镜 mv2100 或大型金相显微镜 mv5000 等为基础,见图 1,光源为卤素灯或白帜灯,光源发出的非相干光,经聚光镜 L,视场光阑 PP,准直镜 Lc,一个或多个波长的单色滤光片 Fi(例如可选上海

海光光学元件厂的半宽度为 $13 \frac{23723}{23723}$ 的滤光片),之后,成为相干光。再经第一分光镜 R1 的反射,进入 Mirau 物镜。再参看图 2,光在第二干涉板 R3 的上表面反射分为两支光路。第一支光路向上被圆斑 R21 反射向下到第二干涉板 R3 的上表面;第二支光路穿过第二干涉板 R3 到被测物 S 反射向上穿过第二干涉板 R3 到达它的上表面,此时第一支与第二支光路会合。由于两支光路存在光程差,便产生干涉。相干光向上穿过第一分光镜 R1 被第二分光镜 R4 反射,干涉图像被人眼观察;有一部分相干光穿过第二分光镜 R4 成像在摄像机(可以选用北京清德公司产品 EC300)的探测面 D 上被探测和采集变为数字信号进入计算机存储,干涉图像同时也显示在计算机的屏幕上。

[0028] 所述 Mirau 白光干涉显微镜可工作在白光干涉和单色光干涉两种模式。当为前者时,单色滤光片 Fi 被移出光路,宽光谱的白光沿著上述光路,只产生光程差接近于零的 2 到 3 条白光干涉条纹,供特种表面或精密机械加工表面的测试。

计算机给出指令控制 PZT 精密线性移动机构并带动 Mirau 物镜精密移动,改变 Mirau 物镜与被测试物之间的光程差,形成相位差改变,即移相。这时干涉条纹移动,利用移相算法测出被测物体表面的精密形貌,例如表面曲率半径,或表面粗糙度。

[0029] 本干涉显微镜采用 Mirau 型物镜(见图 2),该 Mirau 物镜是整个干涉显微镜系统的核心,特点包括:

1) 用长工作距离显微镜头为 Mirau 物镜的基础。

[0030] 2) 其下方增设两块干涉板第一干涉板 R2,第二干涉板 R3。该两块干涉板严格加工抛光和配对。

[0031] 3) 第一干涉板 R2 的上表面中心有一镀膜(100% 的反射率)的圆斑 R21,直径约 1 毫米。

[0032] 4) 第二干涉板 R3 的上表面镀分光膜,反射率约为 10% 至 30%,以至当测试不同被物体表面时,干涉条纹都有优良的对比度。

[0033] 5) 第一干涉板 R2、第二干涉板 R3 之间的轴向距离 d_{23} 严格控制并可在装配时作微小调节,同时能自锁。

[0034] 6) 第一干涉板 R2、第二干涉板 R3 组合在一起,使其可沿光轴上下微小移动。

[0035] 7) 第一干涉板 R2、第二干涉板 R3 组合在一起,可相对于光轴作微小横向调节,校正横向偏差。

[0036] 上述结构保证了仪器能长期稳定工作。经试验证明:

1、经过颠簸测试、跌落测试、以及运输过程中的摔碰等后,仪器安装本 Mirau 型物镜后立即出干涉条纹图像。且本 Mirau 型物镜始终产生清晰而稳定的干涉条纹图像, Mirau 型物镜成像平面与干涉定位面始终能够严格重合。

[0037] 2、Mirau 物镜是 10^{\times} , 20^{\times} 以至 50^{\times} 等倍率,都按前述技术方案,从而本发明实现对一系列倍率的 Mirau(米洛)白光干涉显微镜达到完善的生产和装配工艺处理。

[0038] 3、参见图 1,在本显微镜的光源光路中加入一个或多个波长的普通单色滤光片 Fi,从而普通光源 La(卤素灯或白帜灯)发出的非相干光经滤光片 Fi 之后变为相干光,实现了干涉,但又没有用激光作为光源时带来的价格昂贵及相干噪声大的缺点。

[0039] 4、如图 1 右侧所示,计算机控制 PZT 精密线性移动机构并带动 Mirau 物镜精密移动,改变 Mirau 物镜与被测试物 S 之间的光程差,形成相位差改变,即移相。这时干涉条

纹移动,利用移相算法测出被测物体表面的精密形貌,例如表面曲率半径,或表面粗糙度。较现有技术有二优点:其一,体积小。其二,原超声电机将占用显微镜工作台的一个微调转轮,从而妨碍操作者操作显微镜工作台的微调转轮作精密调整,现在避免了此缺点。

5、如图 1 所示,在仪器上方成像面处安置数码摄像机,它与计算机相连,获取干涉条纹及其移相变化信息,这些数据信息送入计算机作自动化处理。

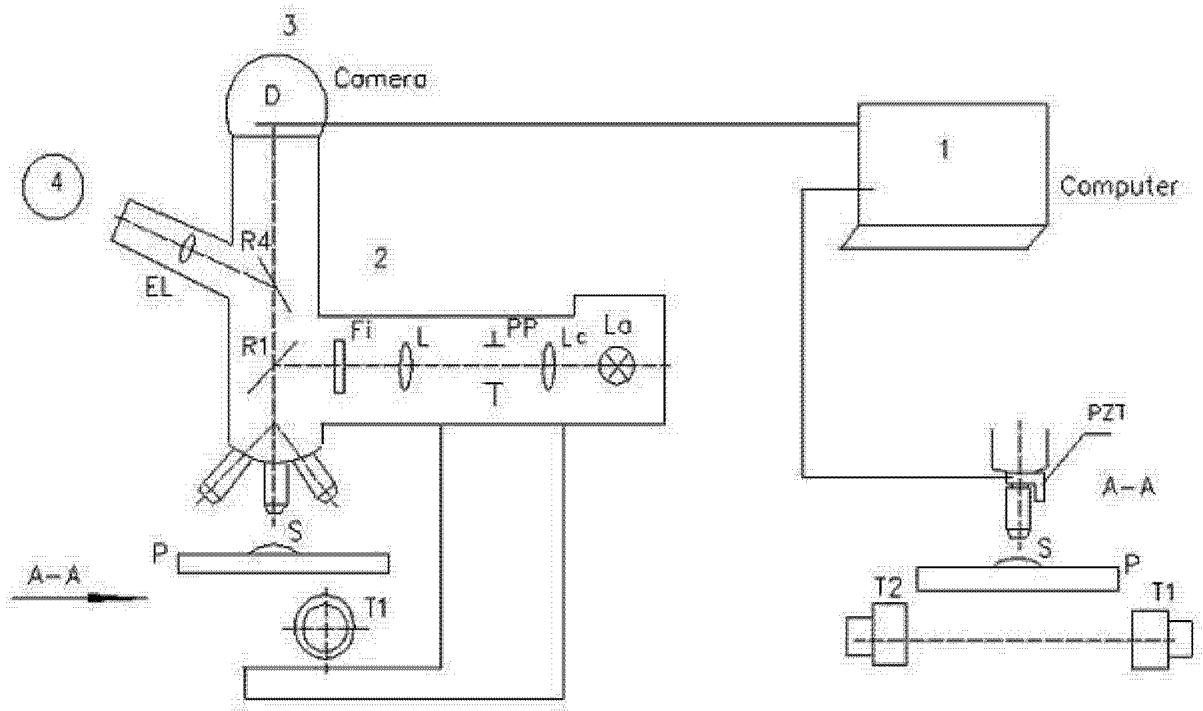


图 1

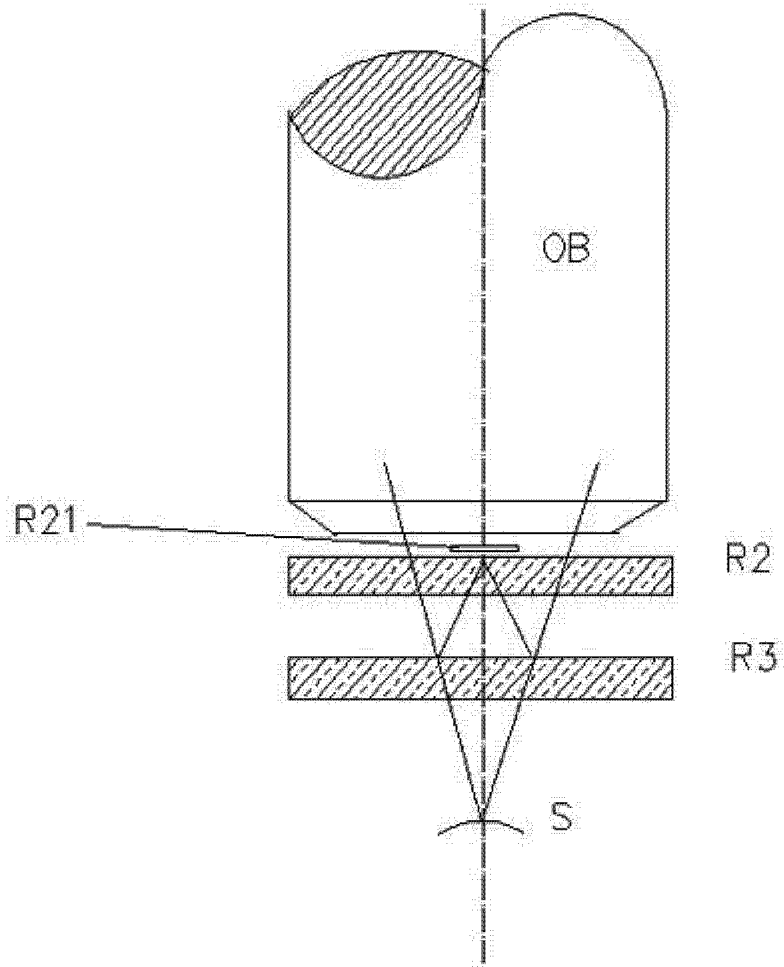


图 2