

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810050784.3

[51] Int. Cl.

G02B 5/08 (2006.01)

G03F 7/00 (2006.01)

G02B 1/10 (2006.01)

[43] 公开日 2008年10月22日

[11] 公开号 CN 101290361A

[22] 申请日 2008.6.4

[21] 申请号 200810050784.3

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路16号

[72] 发明人 梁中翥 梁静秋

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 王淑秋

权利要求书1页 说明书6页 附图2页

[54] 发明名称

双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法，属于多级微反射镜制作方法领域，主要包括如下步骤：制作多级微反射镜的基片，对其进行清洗处理；将两种不同的膜层材料交替沉积于基片表面，形成交替的膜层；在膜层上表面涂敷高抗蚀光刻胶，进行光刻，然后分别用对应于两种膜层材料的腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀，去除光刻胶，清洗；经多次光刻和腐蚀得到设定级数的多级阶梯结构；最后在多级阶梯结构的上表面沉积增反膜层。本发明由于采用交替沉积不同材料的膜层，然后分别用两种腐蚀液交替腐蚀，所以在制作过程中能够精确地控制腐蚀深度，有效提高了多级微反射镜的纵向尺寸精度及重复性，工艺可控性强，重复性好。

1、一种双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法，其特征在于包括如下步骤：

(一)、选用双面抛光的表面粗糙度为 $0.2\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ 的硅片、玻璃、二氧化硅、碳化硅、钼片或石英片作为多级微反射镜的基片，并对其进行清洗处理；

(二)、将两种不同的膜层材料交替沉积于基片表面，形成交替的膜层，每单个膜层厚度为 h ，共 N 层，总沉积厚度为 Nh ；

(三)、在步骤（二）制作完成的膜层上表面涂敷高抗蚀光刻胶，用第一块光刻版进行第一次光刻，形成所需掩蔽图形；设定多级微反射镜总宽度为 L ，则第一块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^1$ ；然后分别用对应于两种膜层材料的腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀两种薄膜材料共 $N/2$ 层，去除光刻胶，清洗；

(四)、在步骤（三）制作完成的样品上表面涂敷高抗蚀光刻胶，然后用第二块光刻版进行第二次光刻，形成所需掩蔽图形，第一块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^2$ ；然后分别用对应于两种膜层材料的腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀两种薄膜材料 $N/4$ 层；去除光刻胶，清洗；

(五)、在步骤（四）制作完成的样品上表面涂敷高抗蚀光刻胶，用第三块光刻版进行第三次光刻，形成所需掩蔽图形，第三块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^3$ ；然后分别用对应于两种膜层材料的腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀两种薄膜材料 $N/8$ 层；去除光刻胶，清洗；以此类推，直至光刻后只腐蚀一层薄膜，得到设定级数的阶梯结构；

(六)、在步骤（五）得到的阶梯结构的上表面沉积增反膜层。

2、根据权利要求1所述的双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法，其特征在于增反膜层上沉积保护膜层。

3、根据权利要求2所述的双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法，其特征在于所述的保护膜层材料采用 MgF_2 、 Al_2O_3 或 SiO_2 。

双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法

技术领域

本发明涉及一种多级微反射镜的制作方法，特别涉及一种采用双膜交替腐蚀制作用于可见及红外波段的多级微反射镜的方法。

背景技术

多级微反射镜作为一种光的反射器件，在光学系统中有着越来越广泛的应用，如：光谱分析、光束整形和光纤耦合等。

随着光学系统向体积小、结构紧凑方向发展，光学系统中的器件微型化成为光学器件的一个重要研究课题，微型光学器件设计与制作水平直接决定该光学仪器的性能。多级微反射镜可以通过二元光学技术在衬底上经过多次光刻和多次腐蚀（干法或湿法）在石英等多种材料上制备阶梯微结构，这种方法存在以下缺点：1、因多次套刻，水平精度难以保证；2、腐蚀或刻蚀深度难以精确控制，精度和重复性较差。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种工艺可控性强，纵向尺寸控制精度高、重复性好的双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法。

本发明的双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法包括如下步骤：

（一）、选用双面抛光的表面粗糙度为 $0.2\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ 的硅片、玻璃、二氧化硅、碳化硅、钼片或石英片作为多级微反射镜的基片，并对其进行清洗处理；

（二）、将两种不同的膜层材料交替沉积于基片表面，形成交替的膜层，每个膜层厚度为 h ，共 N 层，总沉积厚度为 Nh ；

（三）、在步骤（二）制作完成的膜层上表面涂敷高抗蚀光刻胶，用第一块光刻版进行第一次光刻，形成所需掩蔽图形；设定多级微反射镜总宽度为 L ，则第一块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^1$ ；然后分别用对应于两种膜层材料的腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀两种薄膜材料共 $N/2$ 层，去除光刻胶，清洗；

（四）、在步骤（三）制作完成的样品上表面涂敷高抗蚀光刻胶，然后用第二块光刻版进行第二次光刻，形成所需掩蔽图形，第一块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^2$ ；然

后分别用对应于两种膜层材料的腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀两种薄膜材料 N/4 层；去除光刻胶，清洗；

(五)、在步骤(四)制作完成的样品上表面涂敷高抗蚀光刻胶，用第三块光刻版进行第三次光刻，形成所需掩蔽图形，第三块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^3$ ；然后分别用对应于两种膜层材料的腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀两种薄膜材料 N/8 层；去除光刻胶，清洗；以此类推，直至光刻后只腐蚀一层薄膜，得到设定级数的多级阶梯结构；

(六)、在步骤(五)得到的阶梯结构的上表面沉积增反膜层。

本发明由于采用多层膜腐蚀制作多级微反射镜，每层膜的厚度在沉积时能精确控制，并且不同材料的膜层相互交替沉积，然后分别用两种腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀两种薄膜材料，所以在制作过程中能够精确地控制腐蚀深度，有效提高了阶梯纵向尺寸精度及重复性，工艺可控性强，重复性好，微反射镜表面粗糙度低，平面度高。

所述的基片采用熔石英、钼片、碳化硅、玻璃或二氧化硅；第一种膜层材料为钛膜(Ti)，对应于钛膜的腐蚀液为浓盐酸；第二种膜层材料为硅膜(Si)或三氧化二铝(Al_2O_3)，对应于硅膜的腐蚀液为稀氢氧化钾溶液，对应于三氧化二铝的腐蚀液为三氧化二铬的硫酸饱和溶液；第一种膜层材料和第二种膜层材料通过磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅射或电子束蒸发或热蒸发方法沉积于基片的上表面。

所述的基片采用钼片或碳化硅；第一种膜层材料为硅膜(Si)，对应于硅膜的腐蚀液为稀氢氧化钾溶液；第二种膜层材料为二氧化硅(SiO_2)，对应于二氧化硅的腐蚀液为氢氟酸；第一种膜层材料和第二种膜层材料通过磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅射或电子束蒸发或热蒸发方法沉积于基片的上表面。

所述的基片采用熔石英、玻璃或二氧化硅；第一种膜层材料为钼膜(Mo)，对应于钼膜的腐蚀液为稀硝酸或三氯化铁溶液；第二种膜层材料为硅膜(Si)，对应于硅膜的腐蚀液为稀氢氧化钾溶液；第一种膜层材料和第二种膜层材料通过磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅射或电子束蒸发或热蒸发方法沉积于基片的上表面。

所述的基片采用碳化硅或玻璃；第一种膜层材料为钼膜(Mo)，对应于钼膜的腐蚀液为稀硝酸或三氯化铁溶液；第二种膜层材料为二氧化硅(SiO_2)，对应于二氧化硅的腐蚀液为氢氟酸；第一种膜层材料和第二种膜层材料通过磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅

射或电子束蒸发或热蒸发方法沉积于基片的上表面。

湿法腐蚀时采取交替腐蚀，例如：腐蚀钼（Mo）膜采用的溶液是稀硝酸或三氯化铁溶液，腐蚀硅（Si）膜采用的溶液是稀氢氧化钾溶液。腐蚀时是在两种溶液中交替进行，每层膜的腐蚀时间分别控制为：腐蚀钼（Mo）膜：30秒，腐蚀硅（Si）膜：20秒。腐蚀第一层膜时，准确控制腐蚀时间，当腐蚀完这层膜时，停止腐蚀，并用去离子水冲洗，然后再用另一种溶液腐蚀相应的下一层膜，依次进行，直到得到设定级数的多级阶梯结构。

所述的步骤（六）中增反膜层通过磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅射或电子束蒸发或热蒸发方法沉积于步骤（五）得到的阶梯结构的上表面。

所述的增反膜层上沉积保护膜层，以防止膜层材料氧化。

所述的保护膜层材料采用 MgF_2 、 Al_2O_3 或 SiO_2 。

附图说明

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

图1（a）、（b）、（c）、（d）为本发明腐蚀工艺流程图。图中1光刻板，2第一种膜层材料，3第二种膜层材料。

具体实施方式

实施例1

本发明的双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法具体步骤如下：

（一）、多级微反射镜所用的基片采用双面抛光的玻璃、二氧化硅或熔石英片，基片表面粗糙度为 $0.2nm\sim 1\mu m$ ，其清洗处理的步骤为：

- 1)以甲苯、丙酮、乙醇超声清洗15分钟，去除油污等有机物；
- 2)用浓硫酸和浓硝酸混合液煮沸去除金属离子，其中硫酸和硝酸体积比为3:1；
- 3)用去离子水超声清洗，无水乙醇脱水后烘干。

（二）、通过磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅射或电子束蒸发或热蒸发等蒸镀方法将钼膜和硅膜材料交替沉积于玻璃或石英基片的粗糙度为 $0.2nm\sim 1\mu m$ 的表面，每个膜层厚50nm，共32层，总沉积厚度为 $1.6\mu m$ 。

（三）、在步骤（二）制作完成的钼、硅材料薄膜上表面涂敷高抗蚀光刻胶，并且用第

一块光刻版进行第一次光刻，曝光，显影，形成所需掩蔽图形，设定多级微反射镜总宽度为 L ，则第一块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^1$ ；然后用湿法腐蚀方法腐蚀薄膜材料，即：分别用对应于钼膜、硅膜的腐蚀液腐蚀钼膜、硅膜，形成图 1 (a) 所示的多级阶梯图形，去除光刻胶，清洗；

所述步骤 (三) 中，腐蚀钼 (Mo) 膜采用的溶液是稀硝酸或三氯化铁溶液，腐蚀硅 (Si) 膜采用的溶液是稀氢氧化钾溶液。腐蚀时是在两种溶液中交替进行，每层膜的腐蚀时间分别控制为：腐蚀钼 (Mo) 膜：30 秒，腐蚀硅 (Si) 膜：20 秒。腐蚀第一层膜时，准确控制腐蚀时间，当腐蚀完这层膜时，停止腐蚀，并用去离子水冲洗，然后再用另一种溶液腐蚀相应的下一层膜，依次进行，直到共腐蚀总膜层厚度的一半，即腐蚀 16 层，得到图 1 (a) 所示的结构。

(四)、在步骤 (三) 制作完成的样品上表面涂敷高抗蚀光刻胶，然后用第二块光刻版进行第二次光刻，形成所需掩蔽图形，第一块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^2$ ；用光刻工艺在步骤 (三) 制作完后的器件的钼、硅材料薄膜上表面再涂敷光刻胶，然后用湿法腐蚀方法腐蚀膜材料，即：分别用对应于钼膜、硅膜的腐蚀液腐蚀钼、硅膜，形成图 1 (b) 所示的阶梯图形，直到共腐蚀总膜层厚度的 $1/4$ ，即腐蚀 8 层，去除光刻胶，清洗；

(五)、在步骤 (四) 制作完成的样品上表面涂敷高抗蚀光刻胶，用第三块光刻版进行第三次光刻，形成所需掩蔽图形，第三块光刻版的明条纹和暗条纹的宽度各为 $L/2^3$ ；然后用湿法腐蚀方法腐蚀膜材料，即：分别用对应于钼膜、硅膜的腐蚀液腐蚀钼、硅膜，形成图 1 (c) 所示的阶梯图形，直到共腐蚀总膜层厚度的 $1/8$ ，即腐蚀 4 层，去除光刻胶，清洗；以此类推，直至光刻后只腐蚀一层薄膜，得到 32 级台阶的多级阶梯结构，如图 2 (d) 所示，去除光刻胶，清洗。；

(六)、在步骤 (五) 得到的 32 级台阶的阶梯结构上表面用磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅射或电子束蒸发或热蒸发等蒸镀方法沉积一层高反射薄膜，阶梯镜镀膜要利用薄膜理论设计出阶梯反射镜的增反膜层。在增反膜层上沉积保护膜层，以防止膜层材料氧化，保护膜层材料一般用 MgF_2 、 Al_2O_3 或 SiO_2 。至此，完成多级微反射镜制作。

实施例 2

本发明的双膜交替腐蚀制作多级微反射镜的方法具体步骤如下：

(一)、多级微反射镜所用的基片采用双面抛光的钼片或碳化硅片，基片表面粗糙度为 $0.2\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ ，其清洗处理的步骤为：

- 1) 以甲苯、丙酮、乙醇超声清洗 15 分钟，去除油污等有机物；
- 2) 用硫酸和硝酸混合液煮沸去除金属离子（钼片除外），其中硫酸和硝酸体积比为 3: 1；
- 3) 用去离子水超声清洗，无水乙醇脱水后烘干。

(二)、通过磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅射或电子束蒸发或热蒸发等蒸镀方法将二氧化硅膜和硅膜材料交替沉积于钼片或碳化硅衬底的粗糙度为 $0.2\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ 的表面，每个膜层厚 50nm，共 32 层，总沉积厚度为 $1.6\mu\text{m}$ 。

(三)、二氧化硅和硅材料的薄膜沉积完后，用光刻工艺在二氧化硅和硅材料薄膜上表面涂敷光刻胶，并且曝光显影，形成所需掩蔽图形，然后用湿法腐蚀方法腐蚀膜材料，即：分别用对应于二氧化硅和硅膜的腐蚀液腐蚀二氧化硅和硅膜，形成图 1 (a) 所示的阶梯图形，去除光刻胶。

所述步骤（三）中，腐蚀二氧化硅（ SiO_2 ）膜采用的溶液是氢氟酸溶液，腐蚀硅（Si）膜采用的溶液是稀氢氧化钾溶液。腐蚀时是在两种溶液中交替进行，每层膜的腐蚀时间分别控制为：腐蚀二氧化硅（ SiO_2 ）膜：25 秒，腐蚀硅（Si）膜：20 秒。腐蚀第一层膜时，准确控制腐蚀时间，当腐蚀完这层膜时，停止腐蚀，并用去离子水冲洗，然后再用另一种溶液腐蚀相应的下一层膜，依次进行，直到共腐蚀总膜层厚度的 $1/2$ ，即腐蚀 16 层，可得到图 1 (a) 所示的结构。

(四)、用光刻工艺在步骤（三）制作完后的样品的二氧化硅和硅材料薄膜上表面再涂敷光刻胶，并且曝光显影，形成所需的第二次掩蔽图形，然后用湿法腐蚀方法腐蚀膜材料，即：分别用对应于二氧化硅和硅膜的腐蚀液腐蚀二氧化硅和硅膜，形成图 1 (b) 所示的阶梯图形，直到共腐蚀总膜层厚度的 $1/4$ ，即腐蚀 8 层，去除光刻胶。

(五)、在步骤（四）所制作的样品的上表面同样涂敷高抗蚀光刻胶，用第三块光刻版进行第三次光刻，形成所需掩蔽图形，然后分别用两种腐蚀液交替湿法腐蚀或干法刻蚀总膜层厚度的 $1/8$ ，，腐蚀 4 层，形成图 1 (c) 所示的阶梯图形，去除光刻胶，清洗。下几步按

此步骤类似进行，直至光刻后只腐蚀一层薄膜后，如图 1 (d) 所示，去除光刻胶，清洗。

(六)、在步骤 (五) 所制作的阶梯结构上表面用磁控溅射或射频溅射或离子束溅射或直流溅射或电子束蒸发或热蒸发等蒸镀方法沉积一层高反射薄膜，阶梯镜镀膜要利用薄膜理论设计出阶梯反射镜的增反膜层。在其上沉积保护膜层，以防止膜层材料氧化，保护膜层材料一般用 MgF_2 、 Al_2O_3 或 SiO_2 。至此，完成多级微反射镜制作。

本发明所用的高抗蚀光刻胶即具有高抗蚀性能的光刻胶（通常在产品说明中标明）。



图 1 (a)

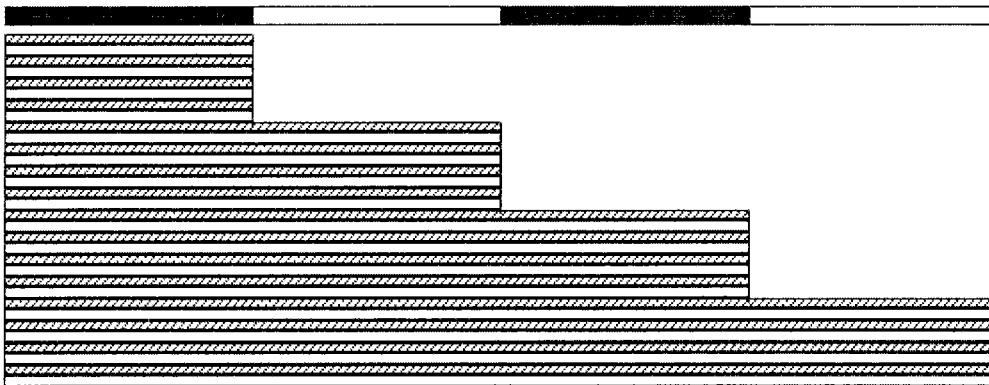


图 1 (b)

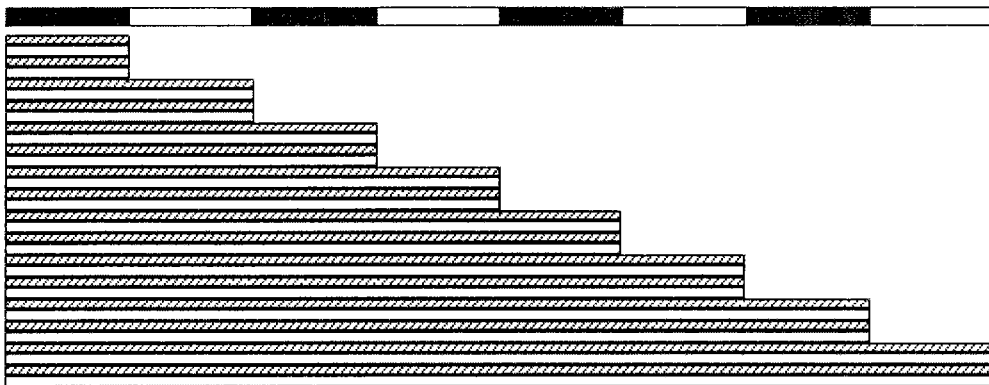
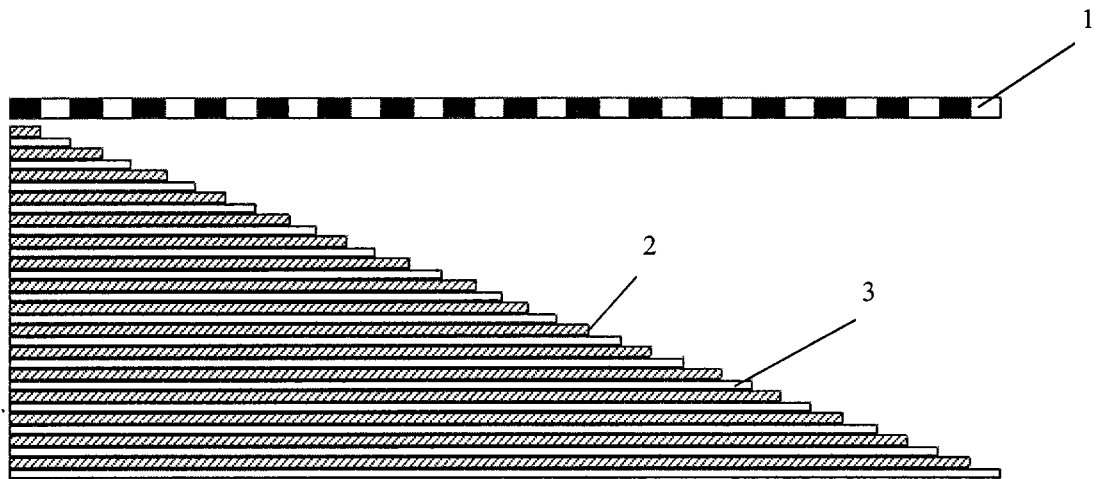


图 1 (c)



(d)

图 1