



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114721071 A

(43) 申请公布日 2022.07.08

(21) 申请号 202210253719.0

(22) 申请日 2022.03.15

(71) 申请人 天津山河光电科技有限公司

地址 300450 天津市滨海新区经济技术开发区滨海-中关村科技园华塘睿城一区3号楼二层B区015号

(72) 发明人 孙磊 杨新征 邱兵

(74) 专利代理机构 北京墨丘知识产权代理事务所(普通合伙) 11878

专利代理师 唐忠仙 谷轶楠

(51) Int. Cl.

G02B 1/00 (2006.01)

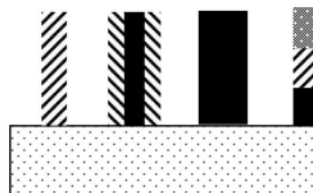
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种超表面光学器件及其制作工艺

(57) 摘要

本发明提供一种超表面光学器件及其制作工艺,其中,所述超表面光学器件包括:衬底和设置在所述衬底端面之上的多个纳米柱,所述多个纳米柱的材料包括至少两种,所述至少两种材料的色散系数相互补偿。本发明采用至少两种材料构成全部纳米柱,且不同材料的折射率和色散系数均不相同,光线在经过纳米柱时,会产生不同的衍射效果,通过纳米柱不同的材料、结构和排列等,对出射光的波前进行调制,包括并不限于减小或增大色差、调制偏振、振幅、频率等,实现不同的预设功能。



1. 一种超表面光学器件,其特征在于,所述超表面光学器件包括:衬底和设置在所述衬底端面之上的多个纳米柱,其中,

所述多个纳米柱的材料包括至少两种,所述至少两种材料的色散系数相互补偿或者抵消或者按照预设功能组合。

2. 根据权利要求1所述的超表面光学器件,其特征在于,所述多个纳米柱的材料包括至少两种,包括:

所述多个纳米柱中的第一部分纳米柱中任一纳米柱的材料是同一种材料,所述多个纳米柱中的第二部分纳米柱中任一纳米柱的材料与第一材料不同。

3. 根据权利要求2所述的超表面光学器件,其特征在于,
所述第二部分纳米柱中任一纳米柱的材料是单一材料,且所述单一材料不同于所述第一材料。

4. 根据权利要求2所述的超表面光学器件,其特征在于,
所述第二部分纳米柱中任一纳米柱包括至少两种材料。

5. 根据权利要求1所述的超表面光学器件,其特征在于,所述多个纳米柱的材料包括至少两种,包括:

所述多个纳米柱中的任一纳米柱包括至少两种材料。

6. 根据权利要求4或5所述的超表面光学器件,其特征在于,当所述纳米柱包括至少两种材料时,所述纳米柱包括:所述至少两种材料沿垂直于所述衬底端面方向逐层设置以形成的柱体,或者,所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上组合形成的柱体。

7. 根据权利要求6所述的超表面光学器件,其特征在于,所述纳米柱包括:所述至少两种材料沿垂直于所述衬底端面方向逐层设置以形成的柱体,或者,所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上组合形成的柱体,包括:

所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上顺次排列形成所述纳米柱;或者,

所述至少两种材料中任一材料作为包裹层,其他材料作为所述包裹层中柱芯所形成的纳米柱,所述柱芯由单一材料组成,或者由至少两种材料沿垂直于所述衬底端面方向逐层组成。

8. 根据权利要求1所述的超表面光学器件,其特征在于,还包括:所述至少两种材料对光的吸收性均小于预设值,且所述至少两种材料的对光的折射率不同。

9. 根据权利要求7所述的超表面光学器件,其特征在于,所述多个纳米柱中任一纳米柱的任一种材料的形状包括:圆形、方形、星形、环形、五边形和六边形。

10. 一种超表面光学器件的制作工艺,其特征在于,所述制作工艺包括:

在衬底的端面之上镀第一材料,使得所述第一材料覆盖所述衬底的完整端面;

刻蚀部分所述第一材料至所述衬底的端面,保留另一部分所述第一材料;

镀第二材料,使得所述第二材料与所述第一材料在平行于所述衬底端面的方向并列排布或者垂直于所述衬底端面的方向层叠设置,所述第二材料的色散系数与所述第一材料的色散系数相互补偿;

刻蚀所述第二材料和所述第一材料,得到多个纳米柱。

11. 根据权利要求10所述的超表面光学器件的制作工艺,其特征在于,所述镀第二材料,包括:

在刻蚀得到的所述衬底的端面之上镀所述第二材料,使所述第二材料的厚度与所述第一材料的厚度相同,得到并列排布的所述第一材料镀膜和所述第二材料镀膜。

12. 根据权利要求10所述的超表面光学器件的制作工艺,其特征在于,所述镀所述第二材料,包括:

在刻蚀得到的所述衬底的端面之上镀牺牲材料或者填充材料,使所述牺牲材料或者所述填充材料的厚度与所述第一材料的厚度相同;

在所述牺牲材料或者所述填充材料与所述第一材料形成的端面之上镀所述第二材料,得到垂直于所述衬底端面的方向层叠设置所述第一材料镀膜和所述第二材料镀膜。

13. 根据权利要求12所述的超表面光学器件的制作工艺,其特征在于,刻蚀所述第二材料和所述第一材料,得到多个纳米柱,包括:

刻蚀所述衬底端面之上镀有牺牲材料的部分,得到多个纳米柱。

14. 一种超表面光学器件的制作工艺,其特征在于,所述制作工艺包括:

在衬底的端面之上镀牺牲材料,使得所述牺牲材料覆盖所述衬底的完整端面;

刻蚀部分所述牺牲材料至所述衬底的端面,得到至少两个柱状空间;

分别在所述至少两个柱状空间中镀纳米材料,使得不同柱状空间中的纳米材料不同,或者,至少一个柱状空间中包含至少两种层叠设置的纳米材料,所述不同材料的色散系数相互补偿;

刻蚀所述衬底的端面之上的剩余牺牲材料,得到多个纳米柱。

一种超表面光学器件及其制作工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及光学技术领域,具体涉及一种超表面光学器件及其制作工艺。

背景技术

[0002] 超表面光学器件在光学设计领域应用比较广泛,通过超表面设计可以实现透镜、偏振器件、光计算、激光雷达等等,超表面光学器件几乎可以取代所有现有的光学器件。

[0003] 普通的超表面光学器件会受到结构衍射色散的影响,不同波长的光在经过超表面光学器件时的衍射方向不同,从而会发生色散现象,现有的减小色散的方法主要包括以下三类:第一类,把超表面光学器件表面的纳米柱做高可以减小色散,但是深宽比过高导致制作工艺难度较大且有工艺极限;第二类,超表面光学器件和现有的器件相结合,使用现有器件消除色散现象,使得光学系统复杂度增大,效率下降,不利于光学设计的实施;第三类:设计长焦深超表面器件,对后期成像采用计算处理,减小色散的影响,但是算法比较复杂,且长焦深器件聚焦效率较低。可见,现有的减小色散的方法实施起来均比较困难。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种超表面光学器件及其制作工艺,更有效地对出射光的波前进行调制,包括并不限于减小或增大色差、调制偏振、振幅、频率等,可用于色差调节,成像,光谱调控,显示器件,电光集成,光学计算等。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案如下:

[0006] 本申请实施例的第一方面提供一种超表面光学器件,所述超表面光学器件包括:衬底和设置在所述衬底端面之上的多个纳米柱,其中,

[0007] 所述多个纳米柱的材料包括至少两种,所述至少两种材料的色散系数相互补偿或者抵消或者按照预设功能组合。

[0008] 一些可选的实施方式中,所述多个纳米柱的材料包括至少两种,包括:

[0009] 所述多个纳米柱中的第一部分纳米柱中任一纳米柱的材料是同一种材料,所述多个纳米柱中的第二部分纳米柱中任一纳米柱的材料与第一材料不同。

[0010] 一些可选的实施方式中,所述第二部分纳米柱中任一纳米柱的材料是单一材料,且所述单一材料不同于所述第一材料。

[0011] 一些可选的实施方式中,所述第二部分纳米柱中任一纳米柱包括至少两种材料。

[0012] 一些可选的实施方式中,所述多个纳米柱的材料包括至少两种,包括:

[0013] 所述多个纳米柱中的任一纳米柱包括至少两种材料。

[0014] 一些可选的实施方式中,当所述纳米柱包括至少两种材料时,所述纳米柱包括:所述至少两种材料沿垂直于所述衬底端面方向逐层设置以形成的柱体,或者,所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上组合形成的柱体。

[0015] 一些可选的实施方式中,所述纳米柱包括:所述至少两种材料沿垂直于所述衬底端面方向逐层设置以形成的柱体,或者,所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向

上组合形成的柱体,包括:

[0016] 所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上顺次排列形成所述纳米柱;或者,

[0017] 所述至少两种材料中任一材料作为包裹层,其他材料作为所述包裹层中柱芯所形成的纳米柱,所述柱芯由单一材料组成,或者由至少两种材料沿垂直于所述衬底端面方向逐层组成。

[0018] 一些可选的实施方式中,还包括:所述至少两种材料对光的吸收性均小于预设值,且所述至少两种材料的对光的折射率不同。

[0019] 一些可选的实施方式中,所述多个纳米柱中任一纳米柱的任一种材料的形状包括:圆形、方形、星形、环形、五边形和六边形。

[0020] 本申请实施例的第二方面提供一种超表面光学器件的制作工艺,所述制作工艺包括:

[0021] 在衬底的端面之上镀第一材料,使得所述第一材料覆盖所述衬底的完整端面;

[0022] 刻蚀部分所述第一材料至所述衬底的端面,保留另一部分所述第一材料;

[0023] 镀第二材料,使得所述第二材料与所述第一材料在平行于所述衬底端面的方向并列排布或者垂直于所述衬底端面的方向层叠设置,所述第二材料的色散系数与所述第一材料的色散系数相互补偿;

[0024] 刻蚀所述第二材料和所述第一材料,得到多个纳米柱。

[0025] 一些可选的实施方式中,所述镀第二材料,包括:

[0026] 在刻蚀得到的所述衬底的端面之上镀所述第二材料,使所述第二材料的厚度与所述第一材料的厚度相同,得到并列排布的所述第一材料镀膜和所述第二材料镀膜。

[0027] 一些可选的实施方式中,所述镀第二材料,包括:

[0028] 在刻蚀得到的所述衬底的端面之上镀牺牲材料或者填充材料,使所述牺牲材料或者所述填充材料的厚度与所述第一材料的厚度相同;

[0029] 在所述牺牲材料或者所述填充材料与所述第一材料形成的端面之上镀所述第二材料,得到垂直于所述衬底端面的方向层叠设置所述第一材料镀膜和所述第二材料镀膜。

[0030] 一些可选的实施方式中,刻蚀所述第二材料和所述第一材料,得到多个纳米柱,包括:

[0031] 刻蚀所述衬底端面之上镀有牺牲材料的部分,得到多个纳米柱。

[0032] 本申请实施例的另一方面提供一种超表面光学器件的制作工艺,所述制作工艺包括:

[0033] 在衬底的端面之上镀牺牲材料,使得所述牺牲材料覆盖所述衬底的完整端面;

[0034] 刻蚀部分所述牺牲材料至所述衬底的端面,得到至少两个柱状空间;

[0035] 分别在所述至少两个柱状空间中镀纳米材料,使得不同柱状空间中的纳米材料不同,或者,至少一个柱状空间中包含至少两种层叠设置的纳米材料,所述不同材料的色散系数相互补偿;

[0036] 刻蚀所述衬底的端面之上的剩余牺牲材料,得到多个纳米柱。

[0037] 为解决超表面器件色散的问题,本申请实施例提供了一种超表面光学器件及其制作工艺,所述超表面光学器件包括:衬底和设置在所述衬底端面之上的多个纳米柱,其中,

所述多个纳米柱的材料包括至少两种,所述至少两种材料的色散系数相互补偿。可见本申请实施例提供了一种超表面光学器件及其制作工艺,通过采用至少两种材料构成全部纳米柱,且不同材料的折射率和色散系数均不相同,光线在经过纳米柱时,会产生不同的折射和衍射效果,通过纳米柱不同的材料、结构、位置、形状、周期、排列、高度等,对出射光的波前进行调制,包括并不限于减小或增大色差、调制偏振、振幅、频率等,实现不同的预设功能。

附图说明

- [0038] 图1是本发明实施例示出的一种示例性纳米柱结构示意图;
- [0039] 图2是本发明实施例示出的第二种示例性纳米柱结构示意图;
- [0040] 图3是本发明实施例示出的第三种示例性纳米柱结构示意图;
- [0041] 图4是本发明实施例示出的第四种示例性纳米柱结构示意图;
- [0042] 图5是本发明实施例提供的一种示例性超表面光学器件制作工艺流程图;
- [0043] 图6是本发明实施例提供的第二种示例性超表面光学器件制作工艺流程图;
- [0044] 图7是本发明实施例提供的第三种示例性超表面光学器件制作工艺流程图;
- [0045] 图8是本发明实施例提供的第四种示例性超表面光学器件制作工艺流程图。

具体实施方式

[0046] 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例,然而应当理解,可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开,并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0047] 如图1、图2、图3和图4所示,本发明的实施例提出一种超表面光学器件,包括:衬底和设置在所述衬底端面之上的多个纳米柱,其中,

[0048] 所述多个纳米柱的材料包括至少两种,所述至少两种材料的色散系数相互补偿或者抵消或者按照预设功能组合。

[0049] 该实施例中,衬底通常为晶圆,但衬底的材料包括但不限于本实施例中的晶圆,也可以为其他材料。至少两种材料的色散系数可以相反,或者相同。相同时,可以依靠同种纳米材料组成的超表面器件的透镜设计,使得最后色散效果减小。类似传统透镜里的双合透镜,两个透镜色散系数符号一样,依靠色散系数大小和曲率半径减小色差。

[0050] 该实施例中,如图1所示,根据超表面光学器件需要实现的功能,通过数据库计算得出纳米柱的阵列方式,纳米柱可以交替设置,也可以周期设置,两种不同的纳米柱对应着两种不同的光学功能,纳米柱光学功能的差异主要依赖于柱体的形状和材料等。通过纳米柱不同的材料、结构、位置、形状、周期、排列、高度等,实现不同的预设功能。

[0051] 该实施例中,多个纳米柱按照数据库预设好的阵列排布在衬底之上,光束可以从任意角度入射,穿透超表面光学器件之后再出射,光束入射到超表面光学器件之后,不同纳米柱的材料、形状各不相同,某种材料的纳米柱对于某种特定波长的光可以进行优化,能够减小色散或者改变折射和衍射效果,不同材料的不同折射率和色散系数可以进行多样化的组合,使得入射光的色散现象减小或增大,从而实现光的汇聚、发散、透射、反射、偏振等等。

[0052] 可见,采用本实施方式,提供了一种超表面光学器件,通过采用至少两种材料构成

全部纳米柱,且不同材料的折射率和色散系数均不相同,光线在经过纳米柱时,会产生不同的折射和衍射效果,通过不同材料的纳米柱多样化的排列组合方式,对出射光的波前进行调制,包括并不限于减小或增大色差、偏振、振幅、频率等,比单一材料的超表面器件更好地实现预设功能。

[0053] 在本发明一些实施方式中,所述多个纳米柱的材料包括至少两种,包括:

[0054] 所述多个纳米柱中的第一部分纳米柱中任一纳米柱的材料是同一种材料,所述多个纳米柱中的第二部分纳米柱中任一纳米柱的材料与第一材料不同。

[0055] 该实施例中,第一部分纳米柱包括至少一个纳米柱,具体数量应该根据超表面光学器件的功能设计进行确定;第一部分纳米柱中的每个纳米柱均由同一种材料构成;第二部分纳米柱的材料和第一部分纳米柱的材料不同。

[0056] 在本发明一些实施方式中,所述第二部分纳米柱中任一纳米柱的材料是单一材料,且所述单一材料不同于所述第一材料。

[0057] 该实施例中,第二部分纳米柱包括至少一个纳米柱,具体数量应该根据超表面光学器件的功能设计进行确定;第二部分纳米柱中的每一个纳米柱只由一种材料构成,第二部分纳米柱中的全部纳米柱可以包括不同材料;第二部分的纳米柱与第一部分的纳米柱的阵列方式多样化,不同材料的纳米柱可以交替设置,也可以某一区域是同一种材料的纳米柱,另一区域是另外一种材料的纳米柱,如图2所示,两部分纳米柱均由单一材料构成,阵列方式包括但不限于如图所示。

[0058] 在本发明一些实施方式中,所述第二部分纳米柱中任一纳米柱包括至少两种材料。

[0059] 该实施例中,如图3和图4所示,第二部分纳米柱中的每一个纳米柱包括至少两种材料,第二部分纳米柱中的每一个纳米柱包括的材料可以各不相同,也可以是完全相同的纳米柱,同样的,第二部分纳米柱和第一部分纳米柱的阵列方式是多样化的,可以不同结构的纳米柱交替设置,也可以某一区域是同一种结构的纳米柱,另一区域是另外一种结构的纳米柱。

[0060] 在本发明一些实施方式中,所述多个纳米柱的材料包括至少两种,包括:

[0061] 所述多个纳米柱中的任一纳米柱包括至少两种材料。

[0062] 该实施例中,如图3和图4所示,超表面光学器件上的全部纳米柱中的每一个纳米柱都包括至少两种材料,每一个纳米柱包括的材料可以各不相同,也可以是完全相同的纳米柱,不同结构的纳米柱阵列方式是多样化的,需要根据预设的功能进行分布。

[0063] 在本发明一些实施方式中,当所述纳米柱包括至少两种材料时,所述纳米柱包括:所述至少两种材料沿垂直于所述衬底端面方向逐层设置以形成的柱体,或者,所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上组合形成的柱体。

[0064] 该实施例中,当一个纳米柱包括至少两种材料的时候,不同材料的排列方式包括以下两种,第一种,如图3所示,不同材料沿着垂直于衬底端面的方向依次设置,根据每个纳米柱的光学功能决定不同材料的设置顺序;第二种,如图4所示,不同的材料垂直设置在衬底端面之上,外侧的材料为同一种材料,与内侧的材料不同,可以为夹心式结构,也可以为环形包围式结构,外侧材料环形包围内侧材料。

[0065] 在本发明一些实施方式中,所述纳米柱包括:所述至少两种材料沿垂直于所述衬

底端面方向逐层设置以形成的柱体,或者,所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上组合形成的柱体,包括:

[0066] 所述至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上顺次排列形成所述纳米柱;或者,

[0067] 所述至少两种材料中任一材料作为包裹层,其他材料作为所述包裹层中柱芯所形成的纳米柱,所述柱芯由单一材料组成,或者由至少两种材料沿垂直于所述衬底端面方向逐层组成。

[0068] 该实施例中,当一个纳米柱包括至少两种材料时,并且至少两种材料在垂直于所述衬底端面的方向上组合设置,如图4所示,纳米柱被分为包裹层和柱芯两部分,包裹层为同种材料,且与柱芯的材料不同,柱芯可以是单一材料的纳米柱也可以是不同材料组成的纳米柱,柱芯可以是如图2和图3所示的纳米柱中的任意一种,但不限于如图所述。包裹层可以是分为两部分分别设置于柱芯两侧,形成夹心式结构,也可以是环形结构设置于柱芯外侧,也可以是环形结构带一个或多个缺口的形式,但不限于如上所述。

[0069] 在本发明一些实施方式中,还包括:所述至少两种材料对光的吸收性均小于预设值,且所述至少两种材料的对光的折射率不同。

[0070] 该实施例中,所有材料均应该对光无吸收性或者吸收性小于预设的值,材料对光无吸收才不会影响光的入射和出射。

[0071] 在本发明一些实施方式中,所述多个纳米柱中任一纳米柱的任一种材料的形状包括:圆形、方形、星形、环形、五边形和六边形。

[0072] 该实施例中,根据超表面光学器件的功能确定每个纳米柱的柱体形状,当纳米柱包括多种材料层叠设置时,每层材料均可以对应不同形状,例如一个纳米柱有两层,可以是下面圆柱、上面方柱的结构,另一个纳米柱可以是下面五边形、上面六边形的结构。纳米柱的形状包括但不限于圆形、方形、星形、环形、五边形和六边形,根据制作工艺的难易程度以及预设功能决定每个纳米柱的形状,不同形状的纳米柱排列方式多样化。

[0073] 综上,采用本申请实施例所述结构的超表面光学器件,通过采用至少两种材料构成全部纳米柱,且不同材料的折射率和色散系数均不相同,光线在经过纳米柱时,会产生不同的折射和衍射效果,通过纳米柱不同的材料、结构、位置、形状、周期、排列等,对出射光的波前进行调制,包括并不限于减小或增大色差、调制偏振、振幅、频率等,实现不同的预设功能。

[0074] 对应图1至图4示意的超表面光学器件,本发明实施例还提供了相应制作工艺。以下结合实施例对制作相应超表面光学器件的制作工艺进行介绍。

[0075] 一些实施方式中,本发明提供了一种超表面光学器件的示例性制作工艺100,所述制作工艺100包括以下步骤:

[0076] 在衬底的端面之上镀第一材料,使得所述第一材料覆盖所述衬底的完整端面;

[0077] 刻蚀部分所述第一材料至所述衬底的端面,保留另一部分所述第一材料;

[0078] 镀第二材料,使得所述第二材料与所述第一材料在平行于所述衬底端面的方向并列排布或者垂直于所述衬底端面的方向层叠设置,所述第二材料的色散系数与所述第一材料的色散系数相互补偿;

[0079] 刻蚀所述第二材料和所述第一材料,得到多个纳米柱。

[0080] 可选的,所述制作工艺100中镀第二材料的工艺,可以包括:

[0081] 在刻蚀得到的所述衬底的端面之上镀所述第二材料,使所述第二材料的厚度与所述第一材料的厚度相同,得到并列排布的所述第一材料镀膜和所述第二材料镀膜,如图5所示。

[0082] 示例性的,图5示出了本发明实施例提供的一种超表面光学器件制作工艺流程图,先在衬底上镀第一材料,使得第一材料覆盖衬底的完整端面,在第一材料之上还包括一些牺牲材料和光刻材料,之后按照预设纳米柱的排布信息,刻蚀掉部分不需要的材料,之后镀第二材料,并在两种不同材料之上再镀牺牲材料和光刻材料,之后按照预设纳米柱的排布信息,刻蚀掉部分不需要的材料,为了保护已经成型的纳米柱,需要在纳米柱之间镀上牺牲介质,等所有纳米柱都刻蚀成型之后再刻蚀掉不需要的材料介质。最终得到的如图2所示的光学器件,所得到的光学器件的每个纳米柱由单一材料构成,多个纳米柱的材料不同。

[0083] 图5所示的制作工艺,仅是本发明实施例的一种可选制作工艺,在其他实施例方式中,本发明的技术方案还提供了其他制作工艺。例如,在本发明另一些实施方式中,所述制作工艺100中的镀第二材料,还包括:

[0084] 在刻蚀得到的所述衬底的端面之上镀牺牲材料或者填充材料,使所述牺牲材料或者所填充材料的厚度与所述第一材料的厚度相同;

[0085] 在所述牺牲材料或者所述填充材料与所述第一材料形成的端面之上镀所述第二材料,得到垂直于所述衬底端面的方向层叠设置所述第一材料镀膜和所述第二材料镀膜。

[0086] 在本发明一些实施方式中,刻蚀所述第二材料和所述第一材料,得到多个纳米柱,包括:

[0087] 刻蚀所述衬底端面之上镀有牺牲材料的部分,得到多个纳米柱。

[0088] 示例性的,如图6所示,图6示出了本发明实施例提供的一种超表面光学器件制作工艺流程图,图6中,先在衬底上镀第一材料,使得第一材料覆盖衬底的完整端面,在第一材料之上还包括一些牺牲材料和光刻材料,之后按照预设纳米柱的排布信息,刻蚀掉部分不需要的材料,之后在刻蚀的柱状空间中镀上牺牲材料或者填充材料,之后再镀第二材料,并在第二材料之上再镀牺牲材料和光刻材料,之后按照预设纳米柱的排布信息,刻蚀掉牺牲材料,填充材料用于保护纳米柱的机械稳定性,以及防止纳米柱受到外部损害,因此保留填充材料,得到预设的纳米柱。最终得到的光学器件上每个纳米柱包括至少两种材料,不同材料沿着垂直于衬底端面的方向依次设置,如图3所示的超表面光学器件。

[0089] 应理解,制作工艺100及其可选实现方式,仅是示意性描述,对本发明实施例的制作工艺不构成限制。本发明的另一些实施方式中,本发明的制作工艺,还可以实现为其他。

[0090] 例如,本发明还提供了一种超表面光学器件的制作工艺200,所述制作工艺200包括以下步骤:

[0091] 在衬底的端面之上镀牺牲材料,使得所述牺牲材料覆盖所述衬底的完整端面;

[0092] 刻蚀部分所述牺牲材料至所述衬底的端面,得到至少两个柱状空间;

[0093] 分别在所述至少两个柱状空间中镀纳米材料,使得不同柱状空间中的纳米材料不同,或者,至少一个柱状空间中包含至少两种层叠设置的纳米材料,所述不同材料的色散系数相互补偿;

[0094] 刻蚀所述衬底的端面之上的剩余牺牲材料,得到多个纳米柱。

[0095] 一些实施方式中,制作工艺200例如实现为图7所示的超表面光学器件制作工艺,具体的,先在衬底的端面之上镀牺牲材料,使得牺牲材料覆盖衬底的完整端面,在牺牲材料之上还包括光刻材料,之后按照预设纳米柱的排布信息,刻蚀掉部分不需要的材料,在刻蚀得到的柱状空间中镀纳米材料,之后继续镀光刻材料,并按照预设纳米柱的排布信息进行刻蚀,在不同的柱状空间中镀不同的纳米材料,最后刻蚀掉不需要的材料,得到多个纳米柱。最终得到如图2所示的光学器件,光学器件上的每个纳米柱由单一材料构成,多个纳米柱的材料不同。

[0096] 另一些实施方式中,制作工艺200还可以实现为图8所示的工艺流程。如图8所示,先在衬底的端面之上镀牺牲材料,使得牺牲材料覆盖衬底的完整端面,在牺牲材料之上还包括光刻材料,之后按照预设纳米柱的排布信息,刻蚀掉部分不需要的材料,在刻蚀得到的柱状空间中沿垂直于衬底端面方向依次镀至少两种不同的纳米材料,使得至少两种纳米材料层叠设置,得到预设的纳米柱。最终得到的光学器件上每个纳米柱包括至少两种材料,不同材料沿着垂直于衬底端面的方向依次设置,得到如图3所示的光学器件。

[0097] 制作工艺100和制作工艺200得到的纳米柱子还可以和自对准双重图形技术相结合,得到图4的结构。

[0098] 本公开提供的制作工艺100和制作工艺200仅是示意性描述,对本发明实施例的技术方案不构成限制,本发明实施例技术方案的具体实施方式包括并不限于上述实施例。实际实施场景中,还可以根据本公开的超表面光学器件的结构采用其他具体的实施方式,此处不再赘述。

[0099] 综上,在本发明的上述实施例中,提供了一种超表面光学器件及其制作工艺,通过采用至少两种材料构成全部纳米柱,且不同材料的折射率和色散系数均不相同,光线在经过纳米柱时,会产生不同的折射和衍射效果,通过纳米柱不同的材料、结构、位置、形状、周期、排列等,对出射光的波前进行调制,包括并不限于减小或增大色差、调制偏振、振幅、频率等,实现不同的预设功能。

[0100] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以作出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

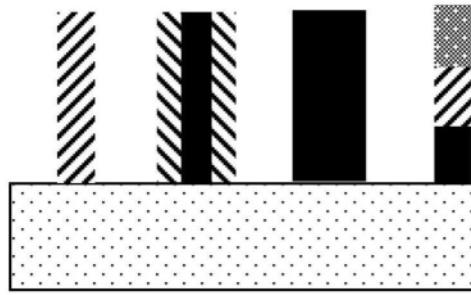


图1

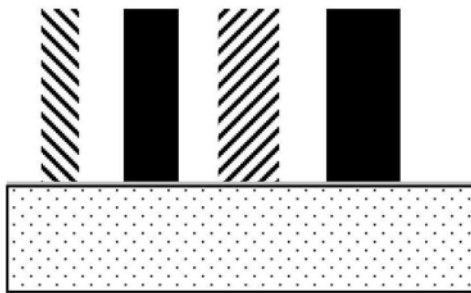


图2

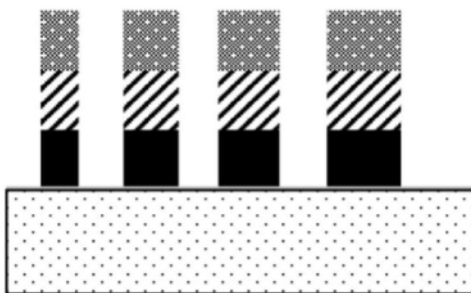


图3

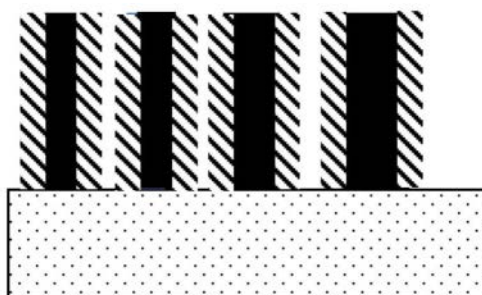


图4

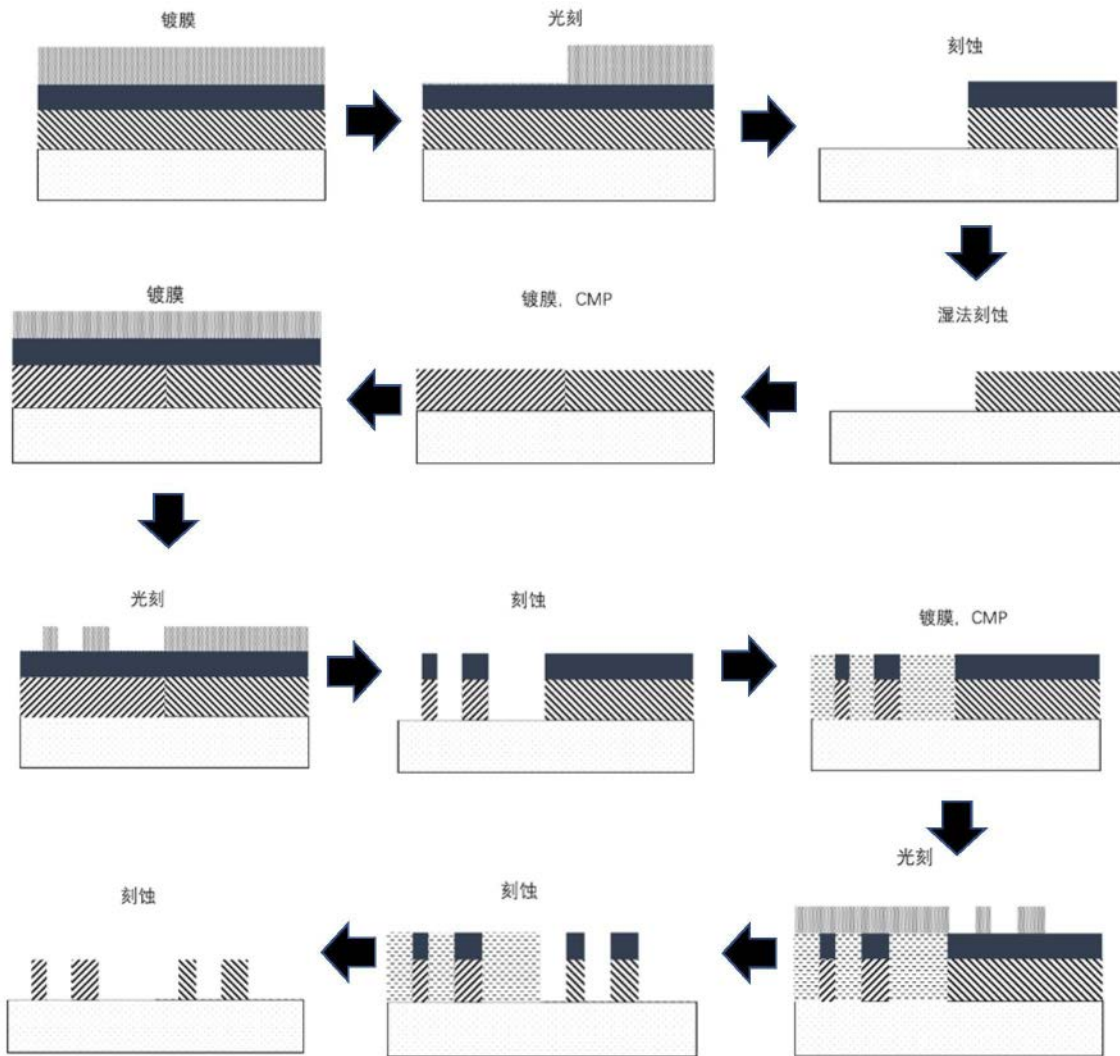


图5

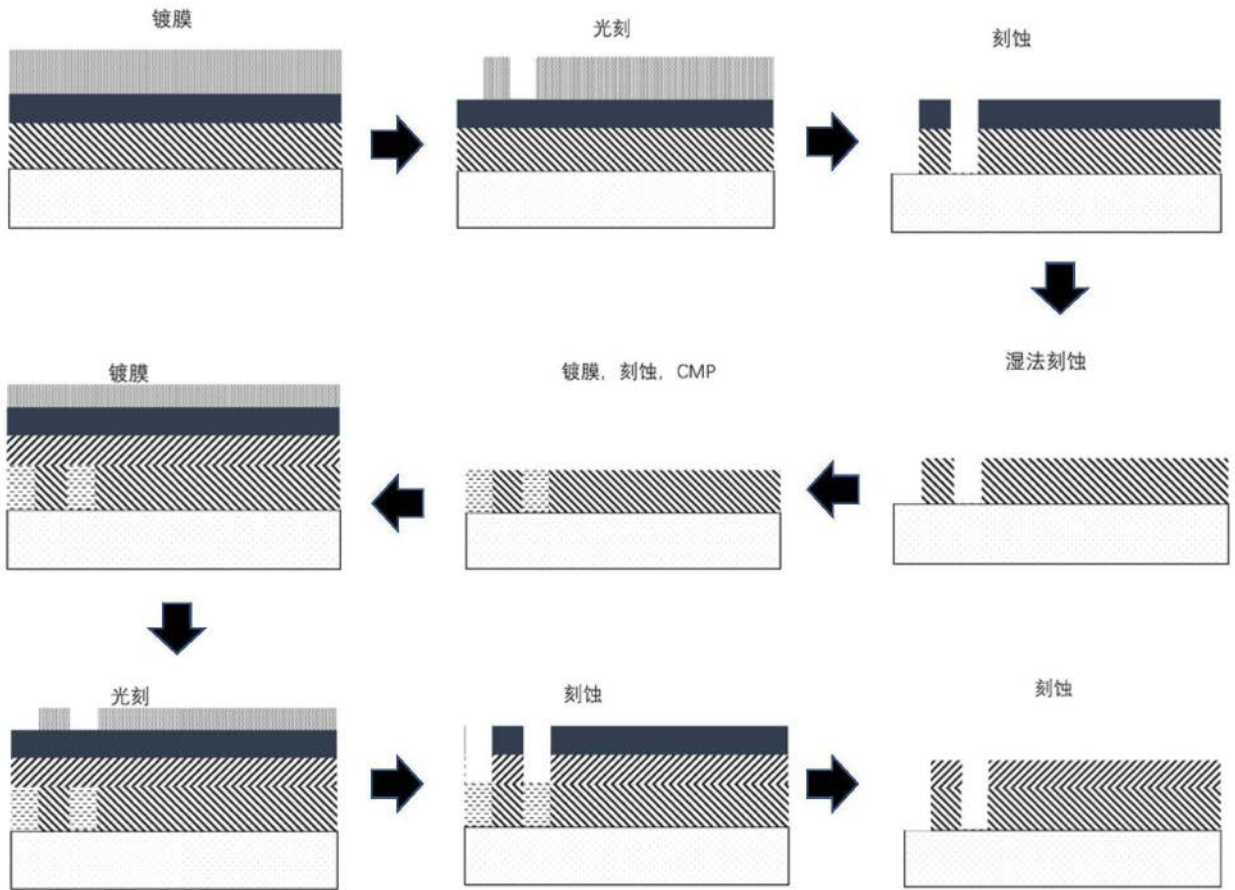


图6

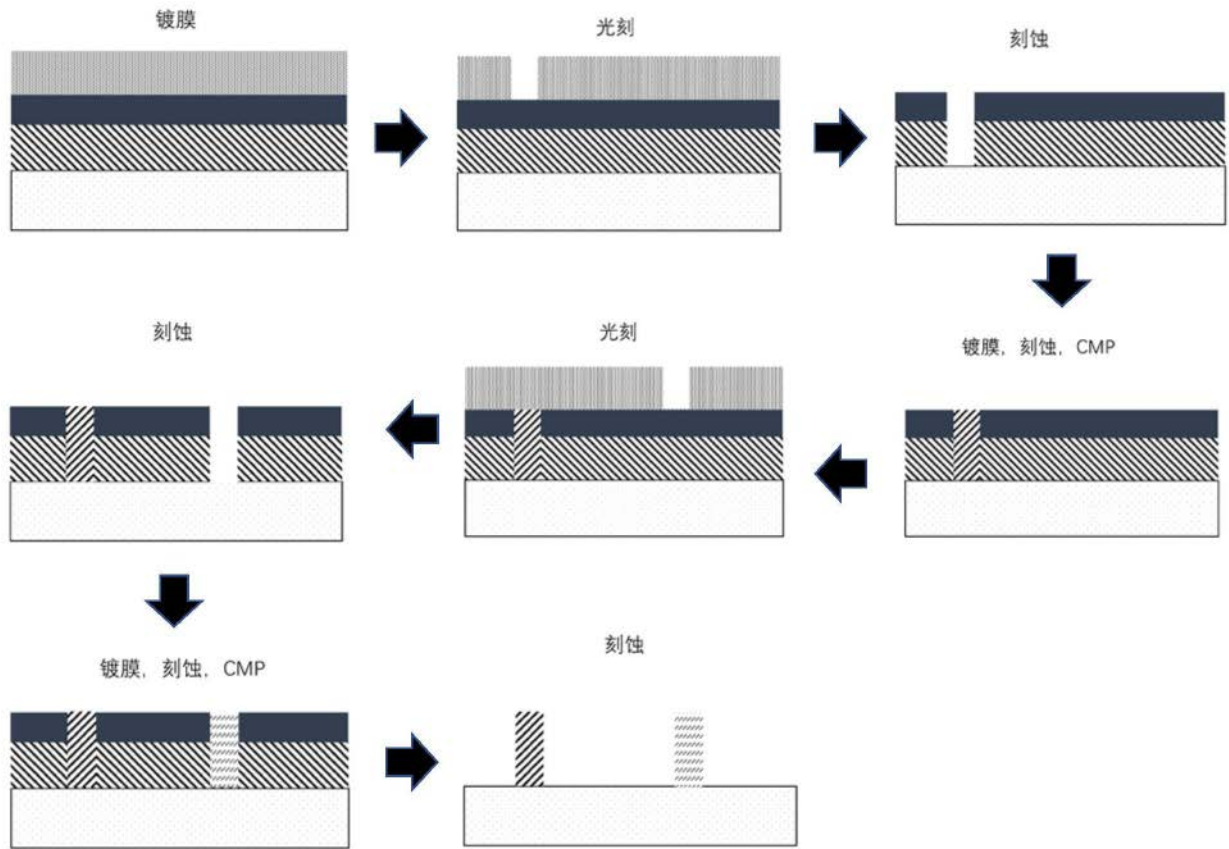


图7

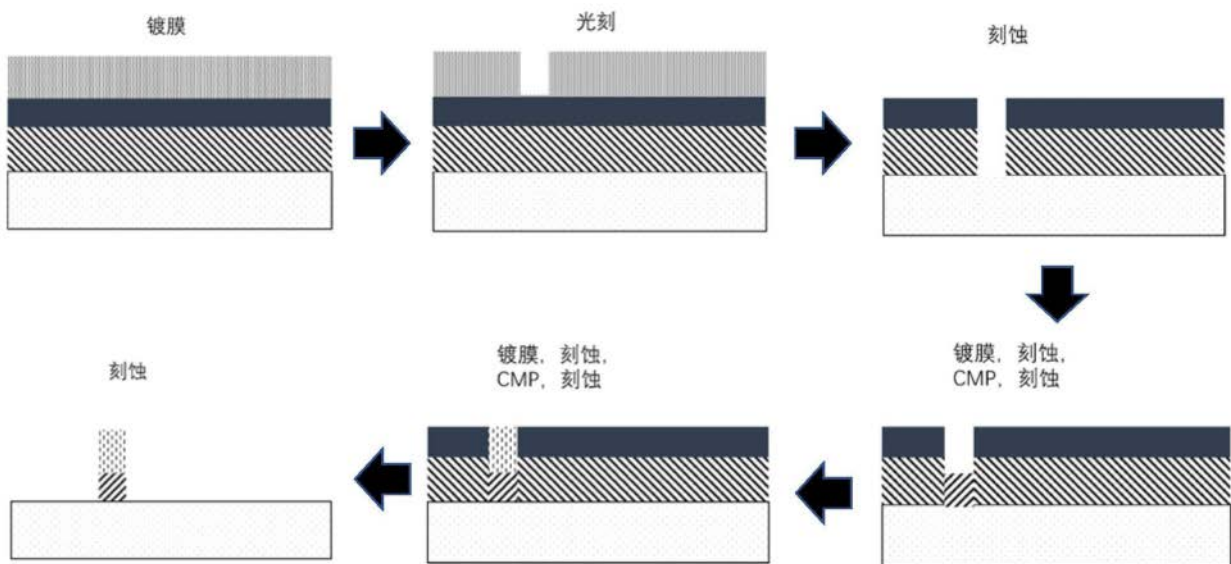


图8