



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115698369 A

(43) 申请公布日 2023. 02. 03

(21) 申请号 202180039600.7

拉米·胡拉尼

(22) 申请日 2021.06.30

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

(30) 优先权数据

有限公司 11006

63/055,158 2020.07.22 US

专利代理师 徐金国 赵静

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2022.11.30

G23C 14/34 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

G23C 14/00 (2006.01)

PCT/US2021/039790 2021.06.30

G23C 14/08 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

G23C 14/58 (2006.01)

W02022/020077 EN 2022.01.27

G23C 16/24 (2006.01)

(71) 申请人 应用材料公司

G23C 16/30 (2006.01)

地址 美国加利福尼亚州

G02B 1/02 (2006.01)

G23C 14/56 (2006.01)

(72) 发明人 安德鲁·塞巴洛斯

卢多维克·戈代

卡尔·J·阿姆斯特朗

权利要求书3页 说明书13页 附图5页

按照条约第19条修改的权利要求书3页

(54) 发明名称

掺杂的非晶硅光学器件膜及经由掺入掺杂原子的沉积

(57) 摘要

本公开内容的实施方式一般涉及用于光学器件制造的方法及材料。更具体而言,本文描述的实施方式提供了光学膜沉积方法及材料,其经由通过在沉积期间抑制光学材料的晶体生长来掺入掺杂原子,从而扩大非晶光学膜沉积的处理窗口。通过使非晶膜能够在更高温度下沉积,能够实现显著的成本节省及产量增加。



1. 一种方法,包含以下步骤:
在基板支撑件上设置光学器件基板,所述基板支撑件设置在腔室中,所述腔室包含:
设置在所述腔室中的光学器件材料靶材,所述光学器件材料靶材包含光学器件材料;
及
设置在所述腔室中的电介质靶材,所述电介质靶材包含掺杂剂材料;及
在所述光学器件基板上沉积掺杂的光学器件膜,包含以下步骤:
沉积所述光学器件材料以在所述光学器件基板的表面上形成光学器件层,沉积所述光学器件材料的步骤包含以下步骤:将第一功率水平提供至所述光学器件材料靶材来,从而以第一沉积速率沉积所述光学器件材料;及
将所述掺杂剂材料沉积到所述光学器件层中,以形成所述掺杂的光学器件膜,沉积所述掺杂剂材料的步骤包含以下步骤:将第二功率水平提供至所述电介质靶材,从而以第二沉积速率沉积所述掺杂剂材料,其中所述第一沉积速率与所述第二沉积速率是不同的。
2. 根据权利要求1所述的方法,进一步包含以下步骤:在沉积所述光学器件材料及沉积所述掺杂剂材料期间,将所述光学器件基板维持在大于约30°C的温度下。
3. 根据权利要求1所述的方法,进一步包含以下步骤:氧化所述光学器件基板的所述表面。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中顺序执行沉积所述光学器件材料及沉积所述掺杂剂材料的步骤。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中以所述第二功率水平沉积所述掺杂剂材料的步骤是通过在沉积所述光学器件材料的同时以设定频率脉冲所述第二功率水平来执行的。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中:
所述光学器件材料包括下列中的一者或两者:
含金属材料,所述含金属材料包含二氧化钛 (TiO_2)、五氧化钽 (Ta_2O_5)、二氧化锆 (ZrO_2)、氧化铟 (In_2O_3)、或氧化铪 (HfO_2);及
半导体材料,所述半导体材料包含硅 (Si)、锗 (Ge)、锗硅 (SiGe)、III-V 半导体、II-IV 半导体、三元半导体、四元半导体、及透明导电氧化物;并且
所述掺杂剂材料包含硅 (Si)、铝 (Al)、铌 (Nb)、钛 (Ti)、钽 (Ta)、锆 (Zr)、铟 (In)、铪 (Hf)、或上述的氧化物,其中所述掺杂剂材料与所述光学器件材料是不同的。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述掺杂的光学器件膜包含约0%至15%原子百分比的掺杂剂浓度的所述掺杂剂材料。
8. 一种方法,包含以下步骤:
在腔室中设置光学器件基板,所述腔室包含一个或多个靶材,所述一个或多个靶材各自具有预掺杂的光学器件材料,所述预掺杂的光学器件材料包含:
第一浓度的光学器件材料;及
第二浓度的掺杂剂材料;及
将功率提供至所述靶材,以在所述光学器件基板上沉积掺杂的光学器件膜。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述光学器件材料包括下列中的一者或两者:
含金属材料,所述含金属材料包含二氧化钛 (TiO_2)、五氧化钽 (Ta_2O_5)、二氧化锆 (ZrO_2)、氧化铟 (In_2O_3)、或氧化铪 (HfO_2);及

半导体材料,所述半导体材料包含硅(Si)、锗(Ge)、锗硅(SiGe)、III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、及透明导电氧化物。

10.一种方法,包含以下步骤:

在腔室中设置光学器件基板;

使光学器件材料前驱物以第一流动速率流动到所述腔室中,以在所述光学器件基板的表面上沉积光学器件层;及

使掺杂剂前驱物以第二流动速率流动到所述腔室中,以在所述光学器件基板上形成掺杂的光学器件膜。

11.根据权利要求10所述的方法,其中使所述光学器件材料前驱物流动到所述腔室中的步骤包含以下步骤:将含氧前驱物引入所述腔室中。

12.根据权利要求11所述的方法,其中所述光学器件材料前驱物是钛前驱物。

13.根据权利要求10所述的方法,其中所述掺杂剂前驱物是硅烷(SiH_4)。

14.根据权利要求10所述的方法,其中所述掺杂剂前驱物在所述掺杂的光学器件膜中以约0%至15%原子百分比的浓度沉积。

15.一种方法,包含以下步骤:

在基板支撑件上设置光学器件基板,所述基板支撑件设置在腔室中,所述腔室包含:

设置在所述腔室中的光学器件材料靶材,所述光学器件材料靶材包含光学器件材料;

及

设置在所述腔室中的电介质靶材,所述电介质靶材包含掺杂剂材料;在所述光学器件基板上沉积掺杂的光学器件膜,包含以下步骤:

沉积所述光学器件材料以在所述光学器件基板的表面上形成光学器件层,沉积所述光学器件材料的步骤包含以下步骤:将第一功率水平提供至所述光学器件材料靶材并且将含氧气体提供至所述腔室,从而以第一沉积速率沉积所述光学器件层;及

将所述掺杂剂材料沉积到所述光学器件层中以形成所述掺杂的光学器件膜,沉积所述掺杂剂材料的步骤包含以下步骤:将第二功率水平提供至所述电介质靶材,从而以第二沉积速率沉积所述掺杂剂材料,其中所述第一沉积速率与所述第二沉积速率不同。

16.一种光学器件,包含:

设置在光学器件基板的表面上方的掺杂的光学器件膜,所述掺杂的光学器件膜包含:

非晶光学器件材料;及

掺杂剂材料,其中所述掺杂剂材料被掺入到所述非晶光学器件材料中。

17.根据权利要求16所述的光学器件,其中:

所述非晶光学器件材料具有第一折射率;并且

所述掺杂剂材料具有第二折射率,其中所述第一折射率大于所述第二折射率。

18.根据权利要求17所述的光学器件,其中所述非晶光学器件材料包含下列中的一者或两者:

含金属材料,所述含金属材料包含二氧化钛(TiO_2)、五氧化钽(Ta_2O_5)、二氧化锆(ZrO_2)、氧化铟(In_2O_3)、或氧化铪(HfO_2);及

半导体材料,所述半导体材料包含硅(Si)、锗(Ge)、锗硅(SiGe)、III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、及透明导电氧化物。

19. 根据权利要求17所述的光学器件,其中所述掺杂剂材料包含硅(Si)、铝(Al)、铌(Nb)、钛(Ti)、钽(Ta)、锆(Zr)、铟(In)、铪(Hf)、或上述氧化物,所述掺杂剂材料与所述非晶光学器件材料是不同的。

20. 根据权利要求16所述的光学器件,其中在所述掺杂的光学器件膜中,所述掺杂剂材料具有约0%至15%原子百分比的浓度。

掺杂的非晶硅光学器件膜及经由掺入掺杂原子的沉积

技术领域

[0001] 本公开内容的实施方式一般涉及光学器件制造。更具体而言,本文描述的实施方式提供了掺杂的光学器件膜、具有掺杂结构的光学器件、及形成掺杂的光学器件膜及结构的方法。

背景技术

[0002] 光学器件(如波导、平坦光学器件、超表面(超表面)、滤色器、及抗反射涂层)被加工以呈现高折射率及低吸收损失特性。导电材料具有高折射率及低吸收损失,此实现了高效、大规模的光学器件制造。

[0003] 具有多晶膜的光学器件是非均质的、具有大的表面粗糙度、且可能是双折射的,而非晶膜则是均质、光滑的、且具有均匀的折射率。然而,用于形成光学器件的非晶膜的常规物理气相沉积(physical vapor deposition;PVD)处理在低于30°C的基板温度下执行,以便抑制微晶形成。用于二氧化钛的低于30°C的处理温度由于需要专用硬件而增加制造成本及复杂性,而高于约30°C的处理温度则导致产生具有显著非均质性的多晶二氧化钛膜。另外,约200°C或更高的处理温度在膜中产生明显晶体。

[0004] 由此,本领域中需要改进的掺杂的光学器件膜、具有掺杂结构的光学器件、及形成掺杂的光学器件膜及结构的方法。

发明内容

[0005] 在一个实施方式中,提供了一种方法。该方法包括在基板支撑件上设置光学器件基板。基板支撑件设置在腔室中。腔室包括在腔室中设置的光学器件材料靶材及在腔室中设置的电介质靶材。光学器件材料靶材包括光学器件材料且电介质靶材包括掺杂剂材料。掺杂的光学器件膜被沉积在光学器件基板上。沉积掺杂的光学器件膜包括:沉积光学器件材料以在光学器件基板的表面上形成光学器件层,及将掺杂剂材料沉积到光学器件层中以形成掺杂的光学器件膜。沉积光学器件材料包括:将第一功率水平提供至光学器件材料靶材,从而以第一沉积速率沉积光学器件层。将掺杂剂材料沉积到光学器件层中包括:将第二功率水平提供至电介质靶材,从而以第二沉积速率沉积电介质靶材。第一沉积速率与第二沉积速率是不同的。

[0006] 在另一实施方式中,提供了一种方法。该方法包括在腔室中设置光学器件基板,该腔室包括具有预掺杂的光学器件材料的靶材。预掺杂的光学器件材料包括第一浓度的光学器件材料及第二浓度的掺杂剂材料。将功率提供至靶材,以在光学器件结构上沉积掺杂的非晶光学器件层。

[0007] 在另一实施方式中,提供了一种方法。该方法包括在基板支撑件上设置光学器件基板。基板支撑件设置在腔室中。腔室包括在腔室中设置的光学器件材料靶材及在腔室中设置的电介质靶材。光学器件材料靶材包括金属材料并且电介质靶材包括掺杂剂材料。掺杂的光学器件膜被沉积在光学器件基板上。沉积掺杂的光学器件膜包括:沉积光学器件材

料以在光学器件基板的表面上形成光学器件层, 及将掺杂剂材料沉积到光学器件层中以形成掺杂的光学器件膜。沉积光学器件材料包括: 将第一功率水平提供至光学器件材料靶材并将含氧气体提供至腔室, 从而以第一沉积速率沉积光学器件层。将掺杂剂材料沉积到光学器件层中包括: 将第二功率水平提供至电介质靶材, 从而以第二沉积速率沉积电介质靶材。第一沉积速率与第二沉积速率是不同的。

[0008] 在又一实施方式中, 提供了一种光学器件。光学器件包括设置在光学器件基板的表面上方的非晶光学器件层。非晶光学器件层包括非晶光学器件材料及掺杂剂材料, 其中掺杂剂材料被掺入到非晶光学器件材料中。

附图说明

[0009] 为了能够详细理解本公开内容的上述特征的方式, 可参考实施方式来获得对上文简要概述的本公开内容的更特定描述, 一些实施方式在附图中示出。然而, 将注意, 附图仅示出示例性实施方式, 并且因此不被认为是限制其范围, 且可允许其他同等有效的实施方式。

[0010] 图1是根据实施方式的包括设置在光学器件基板上的掺杂的光学器件膜的光学器件的横截面视图。

[0011] 图2A是根据实施方式的设置在光学器件基板上的二元光学器件结构的示意性横截面视图。

[0012] 图2B是根据实施方式的设置在光学器件基板上的成角度的光学器件结构的示意性横截面视图。

[0013] 图3是根据实施方式的物理气相沉积 (physical vapor deposition; PVD) 处理腔室的示意性横截面视图。

[0014] 图4是根据实施方式的化学气相沉积 (chemical vapor deposition; CVD) 处理腔室的示意性横截面视图。

[0015] 图5是根据实施方式的集群工具的示意性俯视图。

[0016] 图6是根据实施方式的用于制造掺杂的光学器件膜的方法的流程图。

[0017] 图7是根据实施方式的用于制造掺杂的光学器件膜的方法的流程图。

[0018] 图8是根据实施方式的用于制造掺杂的光学器件膜的方法的流程图。

[0019] 图9是根据实施方式的用于制造掺杂的光学器件膜的方法的流程图。

[0020] 为了便于理解, 相同附图标记在可能的情况下已经用于标识图中共有的相同元素。可以预期, 一个实施方式的元素及特征可有利地并入其他实施方式中, 而无需进一步叙述。

具体实施方式

[0021] 本文描述的实施方式涉及光学器件制造。具体而言, 本文描述的实施方式提供了掺杂的光学器件膜、具有掺杂结构的光学器件、及形成掺杂的光学器件膜及结构的方法。本文描述的实施方式提供了掺杂的光学器件膜及具有光学器件层的结构, 在掺杂的光学器件膜及结构的整个厚度中, 具有光学器件材料浓度的光学器件材料及掺杂剂浓度的掺杂剂材料。

[0022] 本文描述及参考的光学器件材料具有约2.0或更大的光学器件材料折射率。本文描述及参考的掺杂剂材料具有小于2.0的掺杂剂折射率。组合起来,光学器件材料及其中均匀分布的掺杂剂材料构成具有约2.0或更大的光学器件折射率的掺杂的光学器件膜。当光学器件材料被氧化、硝化、或氧硝化并且在光学器件基板上方沉积或流动时,形成光学器件层。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,光学器件材料包括均匀分布的掺杂剂材料。

[0023] 在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,光学器件材料是含金属材料。含金属材料包括但不限于金属、金属氧化物、金属氮化物或金属氮氧化物。在可以与本文描述的其他实施方式结合的另一实施方式中,光学器件材料是半导体材料。半导体材料包括但不限于硅(Si)、锗(Ge)、锗硅(SiGe)、III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、透明导电氧化物、或上述的组合。在其他实施方式中,半导体材料是硅(Si)、锗(Ge)、硅锗(SiGe)的氧化物、氮氧化物、氮化物、或碳化物,III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、或透明导电氧化物。掺杂剂材料包括但不限于硅(Si)、铝(Al)、铌(Nb)、钛(Ti)、钽(Ta)、锆(Zr)、铟(In)、或铪(Hf),及上述的氧化物、氮化物、或氮氧化物。

[0024] 在一个实施方式中,一种方法包括设置于腔室中的基板支撑件上设置光学器件基板。沉积光学器件材料以在光学器件基板的表面上方形成光学器件层。沉积光学器件材料包括:将第一功率水平提供至光学器件材料靶材,从而以第一沉积速率沉积光学器件材料。掺杂剂材料被均匀地沉积到光学器件层中以形成掺杂的光学器件膜。沉积掺杂剂材料包括:将第二功率水平提供至电介质靶材,从而以第二沉积速率沉积掺杂剂材料。

[0025] 图1是光学器件100的横截面视图。根据本文描述的实施方式,掺杂的光学器件膜101设置在光学器件基板102的表面103上方。掺杂的光学器件膜101通过本文描述的方法600、700、800、及900形成。光学器件基板102是其上可形成光学器件的任何适宜的光学器件基板。在一个实施方式中,光学器件基板102包括但不限于硅(Si)、氮化硅(SiN)、二氧化硅(SiO₂)、熔凝二氧化硅(fused silica)、石英、碳化硅(SiC)、锗(Ge)、锗硅(SiGe)、磷化铟(InP)、砷化镓(GaAs)、氧化镓(GaO)、金刚石、铌酸锂(LiNbO₃)、氮化镓(GaN)、蓝宝石、氧化钽(Ta₂O₅)、二氧化钛(TiO₂)、或上述的组合。光学器件基板102可包括光学透明的钙钛矿材料。

[0026] 掺杂的光学器件膜101包括光学器件层,该光学器件层包括光学器件材料。掺杂的光学器件膜101也包括分布在光学器件层内的掺杂剂材料。掺杂的光学器件膜101是非晶的,以便实现光学特性,包括大于约2.0的均匀折射率及低吸收损失。当光学器件材料被氧化、硝化、或氧硝化并且在光学器件基板102上方沉积或流动时,形成光学器件层。可由光学器件材料与掺杂剂材料的反应形成的掺杂的光学器件膜101的示例包括但不限于五氧化钽(Ta₂O₅)、二氧化锆(ZrO₂)、氧化铟(In₂O₃)、或氧化铪(HfO₂)。

[0027] 掺杂的光学器件膜101具有厚度110。厚度110被划分为一定范围的多个区域115。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,厚度110在多个区域115的整个范围中具有均匀或实质上均匀的掺杂剂材料分布。在一个实施方式中,掺杂的光学器件膜101包括在整个厚度110中均匀的约2.0的光学器件折射率。在另一实施方式中,掺杂的光学器件膜101包括在整个厚度110中均匀的约2.6至约2.7的光学器件折射率。

[0028] 本文描述及参考的掺杂剂材料具有小于2.0的掺杂剂折射率。组合而言,构成光学器件层的光学器件材料及其中分布的掺杂剂材料构成具有约2.0或更大的光学器件折射率的掺杂的光学器件膜101。

[0029] 掺杂的光学器件膜101包括光学器件材料浓度的光学器件材料及掺杂剂材料浓度的掺杂剂材料。光学器件材料包括含金属材料及半导体材料中的一者或两者。调整光学器件材料浓度、光学器件材料折射率、掺杂剂材料浓度、及掺杂剂材料折射率将决定光学器件膜101的光学特性,诸如光学器件折射率。

[0030] 在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,掺杂的光学器件膜101包括约85%至约100%原子百分比的光学器件材料浓度。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,掺杂的光学器件膜101包括从约0%至15%原子百分比的掺杂剂浓度的掺杂剂材料。约0至约50%的掺杂剂浓度影响掺杂的光学器件膜101的形态,而光学器件层的折射率没有显著有害增加。

[0031] 为了实现期望的光学特性,掺杂剂材料可分布在光学器件层中并且维持在温度处理窗口内。在一些实施方式中,掺杂剂材料均匀地分布在光学器件层中。温度处理窗口是温度范围,在该温度范围下,光学器件层非晶地形成,以便实现光学特性,包括均匀的高折射率及低吸收损失。在没有掺杂剂材料的情况下,光学器件层在某一温度处理窗口内非晶地形成,并且当光学器件层超过该温度处理窗口时形成晶体结构。不具有掺杂剂材料的光学器件层在小于30°C的温度处理窗口内非晶地形成,并且在高于30°C的温度下变为晶体。如方法600、700、800、及900中所描述,均匀地掺入到光学器件层中的掺杂剂材料抑制晶体结构的生长并且扩大所形成的掺杂的光学器件膜101的温度处理窗口。具有以掺杂剂浓度(例如,5%原子百分比)均匀地掺入到光学器件层中的掺杂剂材料的光学器件层将使此掺杂的光学器件膜101非晶地形成的温度处理窗口扩大到大于约30°C的温度,例如,在约30°C与300°C之间的温度处理窗口。

[0032] 图2A是设置在光学器件基板102上的二元光学器件结构201a的示意性横截面视图。图2B是设置在光学器件基板102上的成角度的光学器件结构201b的示意性横截面视图。光学器件200a、200b包括设置在光学器件基板102的表面103上的光学器件结构201a、201b。光学器件结构201a、201b可例如通过蚀刻掺杂的光学器件膜101来形成,掺杂的光学器件膜101通过本文描述的方法600、700、800、及900形成。

[0033] 如由图2A所示,光学器件结构201a是二元(即,垂直)结构。如图2A所示,光学器件结构201a包括与光学器件基板102的表面103平行的顶表面204。第一侧壁205及第二侧壁206与第三侧壁207及第四侧壁208平行。侧壁205、206、207、及208与光学器件基板102的主轴正交地定向。

[0034] 如图2B所示,光学器件结构201b是成角度的结构。如图2B所示,光学器件结构201b包括与第三侧壁207及第四侧壁208平行的第一侧壁205及第二侧壁206。侧壁205、206、207、及208相对于光学器件基板102的表面103倾斜。

[0035] 由光学器件膜101形成的光学器件结构201a、201b包括光学器件材料浓度的光学器件材料及在光学器件膜101的整个厚度110中分布的掺杂剂材料浓度的掺杂剂材料。掺杂剂材料在整个厚度110中的分布提供了大于约2.0的均匀折射率及低吸收损失。

[0036] 图3是PVD腔室300的示意性横截面视图。将理解,下文描述的PVD腔室300是示例性

PVD腔室,并且其他PVD腔室(包括来自其他制造商的PVD腔室)可与本公开内容的多个方面一起使用或被修改以实现本公开内容的多个方面。PVD腔室300可以用于本文描述的方法600、700、800、及900。

[0037] PVD腔室300用于形成掺杂的光学器件膜101。PVD腔室300包括附接到腔室主体308的多个阴极,这些阴极包括具有多个对应靶材的至少一个电介质靶材阴极302及至少一个光学器件材料靶材阴极303,这些靶材包括至少一个电介质靶材304及至少一个光学器件材料靶材306,例如,金属或半导体)靶材306。尽管图3描绘了一个电介质靶材304及一个光学器件材料靶材306,PVD腔室300可包括一个或多个电介质靶材304和/或一个或多个光学器件材料靶材306。例如,从电介质靶材304或光学器件材料靶材306中的至少一者选择的3至5个靶材可包括在PVD腔室300中。在具有一个或多个电介质靶材304及一个或多个光学器件材料靶材306的实施方式中,每个电介质靶材304是可操作的,以沉积不同的掺杂剂材料,和/或每个光学器件材料靶材306是可操作的,以沉积不同的光学器件材料。

[0038] PVD腔室300被构造为包括基板支撑件310,基板支撑件310具有用于支撑光学器件基板102的支撑表面312。PVD腔室300包括开口334(例如,狭缝阀),光学器件基板可穿过开口314进入处理体积305。

[0039] 在图3所示的实施方式中,基板支撑件310包括耦合至设置在基板支撑件310中偏置电极316的RF偏置电源314。PVD腔室300包括提供溅射气体(如氩(Ar))的溅射气源336。PVD腔室300包括提供反应气体(如含氧气体或含氮气体)的反应气源338。

[0040] 基板支撑件310包括将光学器件基板102保持在基板支撑件310的支撑表面312上的机构(未图示),诸如静电夹盘、真空夹盘、基板固定夹具、或类似者。基板支撑件310经构造为包括设置在基板支撑件310中的冷却导管318,其中冷却导管318将基板支撑件310及其上定位的光学器件基板102可控地冷却到预定温度,例如在约30°C至约300°C之间。冷却导管318耦接到冷却流体源320以提供冷却流体。基板支撑件310进一步被构造为包括嵌入其中的加热器322。设置在基板支撑件310中的加热器322(如电阻式元件)耦合到可选的加热器电源324并且将基板支撑件310及其上定位的光学器件基板102可控地加热到预定温度,例如在约30°C至300°C之间。每个靶材(例如,电介质靶材304或光学器件材料靶材306)具有DC电源326或RF电源328及相关联的磁控管。多个电源使DC供电处理及RF供电处理两者能够在相同的PVD腔室300中发生。

[0041] PVD腔室300包括处理气体供应器330,用于将预定的处理气体供应到PVD腔室300的处理容积305。例如,处理气体供应器330将含氧气体供应到处理容积305以在处理容积305中形成氧化环境。PVD腔室300也可包括由前驱物流控制器331控制的前驱物流源332,用于供应前驱物气体,例如,气态掺杂剂前驱物。

[0042] 图4是CVD腔室400的示意性横截面视图。将理解,下文描述的CVD腔室400是示例性CVD腔室,并且其他CVD腔室(包括来自其他制造商的CVD腔室)可与本公开内容的多个方面一起使用或经修改以实现本公开内容的多个方面。

[0043] CVD腔室400具有腔室主体408,腔室主体408包括处理容积405,处理容积405具有设置其中的基板支撑件410,以在基板支撑件410上支撑光学器件基板102。基板支撑件410包括加热/冷却导管414及将光学器件基板102保持在基板支撑件410的支撑表面412上的机构,诸如静电夹盘、真空夹盘、基板固定夹具、或类似者。基板支撑件410耦接到处理容积405

并且通过连接到升降系统(未图标)的杆406可移动地设置在处理容积405中,升降系统在升高的处理位置与降低的位置之间移动基板支撑件410,此举促进穿过开口420将光学器件基板102移动到CVD腔室400及从CVD腔室400移出光学器件基板102。

[0044] CVD腔室400包括设置在第一气源402、第二气源403、及腔室主体408之间的流量控制器418a、418b(诸如质量流量控制(mass flow control;MFC)器件),以控制处理气体从第一气源402及第二气源403到用于在整个处理容积405中分布处理气体的喷头404的流动速率。第一气源402是可操作的,以包括光学器件材料。第二气源403是可操作的,以包括掺杂剂材料。尽管图4描绘了两个气源402、403,CVD腔室400可包括一个或多个第一气源402和/或一个或多个第二气源403。例如,从第一气源402或第二气源403中的至少一者选择的3至5个气源可包括在腔室300中。在具有一个或多个第一气源402及一个或多个第二气源403的实施方式中,每个第一气源402是可操作的,以沉积不同的光学器件材料,和/或每个第二气源403是可操作的,以沉积不同的掺杂剂材料。

[0045] 喷头404通过RF馈送422连接到RF电源416,用于在处理容积405中从处理气体产生等离子体。RF电源416将RF能量提供至喷头404以促进在喷头404与基板支撑件410之间产生等离子体。杆406被构造为将基板支撑件410移动到升高的处理位置。

[0046] 图5是工厂环境501中的集群工具502的示意图。将理解,本文描述的集群工具502是示例性集群,并且其他集群工具可与本公开内容的多个方面一起使用或经修改以实现本公开内容的多个方面。本文描述的集群工具502可用于本文描述的方法700、800、900、及1000。

[0047] 集群工具502包括由一个或多个处理腔室504围绕的传送腔室506。处理腔室504可包括用于形成本文描述的掺杂的光学器件膜101的任何适宜类型的处理腔室。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,处理腔室504可以是PVD腔室300。在可与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,处理腔室504可以是CVD腔室400。在可与本文描述的其他实施方式相结合的又一实施方式中,处理腔室504可以是PVD腔室300及CVD腔室400的组合。

[0048] 此外,集群工具502包括耦接到装载锁定腔室510的基板存取腔室508。在一个实施方式中,基板存取腔室508可用于将大气压的工厂环境501连接到真空压力下的装载锁定腔室510。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,集群工具502可用于单腔室处理,诸如其中处理腔室504是具有至少两个靶材(例如,电介质靶材304或光学器件材料靶材306)的PVD腔室300。在可与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,集群工具502可用于多腔室处理,诸如在方法600-900中,其中多个处理腔室504是PVD腔室300、CVD腔室400、或两者的组合。集群工具502将在多个处理腔室504之间传送光学器件基板102,使得在每个处理腔室504中光学器件层或掺杂剂材料可以沉积在一定范围的多个区域115中的每个区域中沉积。光学器件基板将分别穿过PVD腔室300及CVD腔室400的开口334、420进入每个处理腔室504。

[0049] 图6是用于制造掺杂的光学器件膜101的方法600的流程图。为了便于解释,图6将参考图3的PVD腔室300及图5的集群工具502描述。然而,将注意,不同于图3的PVD腔室300的PVD腔室可与方法600结合使用。还将注意,不同于图5的集群工具502的集群工具可与方法600结合使用。如上文描述,可利用集群工具502,其中处理腔室504是PVD腔室300。方法600

将光学器件材料沉积到光学器件基板102上以形成光学器件层。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,掺杂剂材料可在光学器件层的整个厚度110中均匀地沉积。

[0050] 在操作601处,意欲用于涂布的光学器件基板102设置在PVD腔室300中的基板支撑件上。例如,光学器件基板102设置在基板支撑件310上设置。

[0051] 在操作602处,沉积光学器件材料。光学器件材料从一个或多个光学器件材料靶材306沉积,以在光学器件基板102上方形成光学器件层。光学器件材料是含金属材料及半导体材料中的一者或两者。光学器件材料经由PVD处理沉积。在可以与本文所描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,PVD处理是溅射处理。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,PVD处理是蒸发处理。

[0052] 在实施方式中,当光学器件材料是金属时,当一个或多个光学器件材料靶材306的所沉积金属与反应气体反应以在光学器件基板102上方形成光学器件层时,光学器件层形成。反应气源338提供反应气体,诸如含氧气体或含氮气体。例如,纯钛的光学器件材料被沉积且与反应气体(如氧)反应以形成二氧化钛(TiO_2)。在实施方式中,当光学器件材料是金属氧化物、金属氮化物、或金属氮氧化物时,当光学器件材料在光学器件基板102上方沉积时,光学器件层形成。将耦合到一个或多个光学器件材料靶材306的光学器件材料靶材阴极303设定到第一功率水平,以便以第一沉积速率沉积光学器件材料。当施加第一功率水平时,第一功率水平可在操作602及603中保持恒定。PVD腔室300可包括一个或多个光学器件材料靶材306。例如,从光学器件材料靶材306中的至少一者选择的3至5个靶材可包括在PVD腔室300中。在具有一个或多个光学器件材料靶材306的实施方式中,每个光学器件材料靶材306是可操作的,以沉积不同的光学器件材料。

[0053] 靶材阴极的第一功率水平在约0%至约100%的范围中。例如,靶材阴极的第一功率水平是约80%并且对应的第一沉积速率是约0.35nm/s。在一个实施方式中,光学器件层包括约85%至约100%原子百分比的光学器件材料浓度。在一个实施方式中,光学器件材料包括第一折射率。第一折射率大于2.0。例如,第一折射率在约2.0至约2.8之间。在实施方式中,当光学器件材料是含金属材料时,含金属材料包括但不限于金属、金属氧化物、金属氮化物或金属氮氧化物,诸如二氧化钛(TiO_2)、五氧化钽(Ta_2O_5)、二氧化锆(ZrO_2)、氧化铟(In_2O_3)、或氧化铪(HfO_2)。在实施方式中,当光学器件材料是半导体材料时,半导体材料包括但不限于硅(Si)、锗(Ge)、锗硅(SiGe)、III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、透明导电氧化物、或上述组合。在其他实施方式中,半导体材料是Si、Ge、SiGe的氧化物、氮氧化物、氮化物、或碳化物,III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、或透明导电氧化物。

[0054] 在操作603处,沉积掺杂剂材料。掺杂剂材料从电介质靶材304沉积,以在光学器件基板102上形成掺杂的光学器件膜101。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,掺杂剂材料被沉积为使得其均匀地集中(concentrated)在光学器件层中以形成掺杂的光学器件膜101的一个或多个区域。将耦合到电介质靶材304的电介质靶材阴极302设定到第二功率水平,以便以第二沉积速率沉积掺杂剂材料。电介质靶材阴极302的第二功率水平在约0%至约100%之间的范围中。例如,电介质靶材阴极302的第二功率水平是约80%并且第二沉积速率系约0.35nm/s。在一个实施方式中,掺杂的光学器件膜101包括从约

0%至15%原子百分比的掺杂剂浓度的掺杂剂材料。掺杂剂材料包括但不限于硅(Si)、铝(Al)、铌(Nb)、钛(Ti)、钽(Ta)、锆(Zr)、铟(In)、或铪(Hf),及上述氧化物、氮化物、或氮氧化物。PVD腔室300可包括一个或多个电介质靶材304。例如,从电介质靶材304中的至少一者选择的3至5个靶材可包括在PVD腔室300中。在具有一个或多个电介质靶材304的实施方式中,每个电介质靶材304是可操作的,以沉积不同的掺杂剂材料。

[0055] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,操作602及603以顺序地将第一功率水平施加到光学器件材料靶材阴极303的时间间隔及将第二功率水平施加到电介质靶材阴极302的时间间隔重复。在另一实施方式中,以第二功率水平沉积掺杂剂材料是通过在沉积光学器件材料时以设定频率脉冲第二功率水平来执行的。在可与本文描述的其他实施方式相结合的又一实施方式中,光学器件材料及掺杂剂材料是通过同时将第一功率水平及第二功率水平施加到靶材(例如,电介质靶材304或光学器件材料靶材306)来同时沉积的,以形成掺杂的光学器件膜101。

[0056] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,单次执行操作602及603形成一定范围的多个区域115中的所有区域。在另一实施方式中,单次执行操作602及603形成掺杂的光学器件膜101的一部分,其中该部分可对应于一定范围的多个区域115中的一个或多个区域。一定范围的多个区域115中的每个区域可以是厚度110的每20nm至25nm。重复操作602及603直至达到预定厚度110。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,操作602及603可以在具有至少两个靶材(例如,电介质靶材304或光学器件材料靶材306)的PVD腔室300中执行。在可与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,操作602及603可以在集群工具502的多个处理腔室504中执行。例如,光学器件基板102在至少两个处理腔室504之间传送。处理腔室504中的至少一者是包括光学器件材料靶材306的PVD腔室300,并且处理腔室504中的至少另一者系包括电介质靶材302的PVD腔室300。

[0057] 图7是用于制造掺杂的光学器件膜101的方法700的流程图。为了便于解释,图7将参考图3的PVD腔室300及图5的集群工具502描述。然而,将注意,不同于图3的PVD腔室300的PVD腔室可与方法700结合使用。还将注意,不同于图5的集群工具502的集群工具可与方法700结合使用。如上文描述,可利用集群工具502,其中处理腔室504是PVD腔室300。

[0058] 在操作701处,意欲用于涂布的光学器件基板102设置在PVD腔室300中的基板支撑件上。例如,光学器件基板102设置在基板支撑件310上。

[0059] 在操作702处,沉积预掺杂的光学器件材料。预掺杂的光学器件材料是从一个或多个光学器件材料靶材306沉积的,以在光学器件基板102上方形成掺杂的光学器件膜101的一个或多个区域115。预掺杂的光学器件材料包括光学器件材料及掺杂剂材料。预掺杂的光学器件材料可包括含金属材料或半导体材料中的一者或两者。含金属材料包括但不限于金属、金属氧化物、金属氮化物或金属氮氧化物,诸如二氧化钛(TiO_2)、五氧化钽(Ta_2O_5)、二氧化锆(ZrO_2)、氧化铟(In_2O_3)、或氧化铪(HfO_2)。半导体材料包括但不限于硅(Si)、锗(Ge)、锗硅(SiGe)、III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、透明导电氧化物、或上述组合。在其他实施方式中,半导体材料是Si、Ge、SiGe的氧化物、氮氧化物、氮化物、或碳化物,III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、或透明导电氧化物。

[0060] 在其中预掺杂的光学器件材料是金属的实施方式中,所沉积的金属与反应气体反

应,以在光学器件基板102上方形成掺杂的光学器件膜101的一个或多个区域115。预掺杂的光学器件材料进一步包括掺杂剂材料,包括但不限于硅(Si)、铝(Al)、铌(Nb)、钛(Ti)、钽(Ta)、锆(Zr)、铟(In)、或铪(Hf),及上述氧化物、氮化物、或氮氧化物。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,掺杂剂材料在预掺杂的光学器件材料中均匀地预掺杂。PVD腔室300可包括一个或多个光学器件材料靶材306。例如,从光学器件材料靶材306中的至少一者选择的3至5个靶材可包括在PVD腔室300中。在具有一个或多个光学器件材料靶材306的实施方式中,每个光学器件材料靶材306是可操作的,以沉积不同的预掺杂的光学器件材料。在一个实施方式中,预掺杂的光学器件材料具有第一折射率。第一折射率大于2.0。例如,第一折射率在约2.0与约2.8之间。

[0061] 将耦合到光学器件材料靶材306的光学器件材料靶材阴极303设定到第一功率水平,以便以第一沉积速率沉积预掺杂的光学器件材料。当施加第一功率水平时,第一功率水平在操作702中保持恒定。由光学器件材料靶材306提供的预掺杂的光学器件材料具有预定的浓度,预掺杂的光学器件材料的浓度对应于掺杂的光学器件膜101的浓度。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,预掺杂的光学器件材料包括约85%至约100%原子百分比的光学器件材料浓度及从约0%至15%原子百分比的掺杂剂材料浓度的掺杂剂材料。例如,预掺杂的光学器件材料是二氧化钛(TiO_2)光学器件材料,在该材料中具有5%原子百分比的掺杂剂材料,诸如二氧化硅(SiO_2)。在一个实施方式中,预掺杂的光学器件材料的沉积温度维持在约270°C或更低,以防止在掺杂的光学器件膜101中形成二氧化钛(TiO_2)的晶粒。

[0062] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,单次应用操作702形成一定范围的多个区域115中的所有区域。在另一实施方式中,重复操作702形成掺杂的光学器件膜101的一部分,其中该部分可对应于一定范围的多个区域115中的一个或多个区域。

[0063] 在可以与本文描述的其他实施方式相结合的又一实施方式中,一个或多个光学器件材料靶材306是可操作的,以沉积预掺杂的含金属材料及预掺杂的半导体材料。预掺杂的含金属材料可与预掺杂的半导体材料同时沉积以形成一定范围的多个区域115。预掺杂的含金属材料及预掺杂的半导体材料可分别从相同的光学器件材料靶材306或不同的光学器件材料靶材306沉积。

[0064] 在可以与本文描述的其他实施方式相结合的又一实施方式中,一个或多个光学器件材料靶材306是可操作的,以从两个或多个光学器件材料靶材306沉积预掺杂的含金属材料以形成一定范围的多个区域115。预掺杂的含金属材料可分别从相同的光学器件材料靶材306或不同的光学器件材料靶材306沉积。

[0065] 图8是用于制造掺杂的光学器件膜101的示例性方法800的流程图。为了便于解释,图8将参考图3的PVD腔室300、图4的CVD腔室400及图5的集群工具502描述。然而,将注意,不同于图3的PVD腔室300的PVD腔室可与方法800结合使用。将注意,不同于图4的CVD腔室400的CVD腔室可与方法800结合使用。还将注意,不同于图5的集群工具502的集群工具可与方法800结合使用。如上文描述,可利用集群工具502,其中处理腔室504是PVD腔室300或CVD腔室400。在一个实施方式中,处理腔室是经修改的PVD腔室,例如,图3中描述的PVD腔室300的修改版本,装备该修改版本以供应掺杂剂前驱物,例如,从前驱物气流控制器331控制的前

驱物气源332供应的掺杂剂前驱物。

[0066] 在操作801处,意欲用于涂布的基板设置在PVD腔室300中的基板支撑件上。例如,光学器件基板102设置在基板支撑件310上。

[0067] 在操作802处,沉积光学器件材料。光学器件材料从一个或多个光学器件材料靶材306沉积,以在光学器件基板102上方形成光学器件层。光学器件材料可包括含金属材料或半导体材料中的一者或两者。在操作802的一个实施方式中,处理腔室是PVD腔室,例如,图4中的多阴极PVD腔室,并且包括光学器件材料靶材阴极303。光学器件材料靶材阴极303在第一功率水平下操作,从而以第一沉积速率沉积光学器件材料。通过将光学器件材料靶材阴极303设定到第一功率水平来在光学器件基板102的表面上沉积光学器件材料,以便以第一沉积速率沉积来形成光学器件层。例如,光学器件材料靶材阴极303的第一功率水平在约0%至约100%的范围中。例如,光学器件材料靶材阴极303的第一功率水平是约80%并且第一沉积速率是约0.35nm/s。PVD腔室300可包括一个或多个光学器件材料靶材306。例如,从光学器件材料靶材306中的至少一者选择的3至5个靶材可包括在PVD腔室300中。在具有一个或多个光学器件材料靶材306的实施方式中,每个光学器件材料靶材306是可操作的,以沉积不同的光学器件材料。

[0068] 光学器件层包括光学器件材料浓度的光学器件材料。例如,光学器件材料浓度是从约85%至100%原子百分比。在一个实施方式中,光学器件材料包括第一折射率。第一折射率大于2.0。例如,第一折射率在约2.0与约2.8之间。

[0069] 在操作803处,流动掺杂剂前驱物。掺杂剂前驱物包括从对应于PVD腔室300的前驱物气源332或从对应于CVD腔室400的第二气源403中流动的掺杂剂材料。流入掺杂剂前驱物以在光学器件基板102上形成掺杂的光学器件膜101。掺杂剂前驱物包括但不限于硅(Si)、铝(Al)、铌(Nb)、钛(Ti)、钽(Ta)、锆(Zr)、铟(In)、或铪(Hf),及上述的氧化物、氮化物、或氮氧化物。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,流入掺杂剂前驱物,使得其均匀地集中在光学器件层中以形成掺杂的光学器件膜101的一个或多个区域。光学器件材料与掺杂剂前驱物反应以在光学器件基板102的表面上形成掺杂的光学器件膜101。

[0070] 掺杂剂前驱物在第二功率水平下流动,以便以流动速率沉积掺杂剂前驱物。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,将耦合到前驱物气源332的前驱物气流控制器331设定到第二功率水平。在可与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,将耦合到第二气源403的第二流量控制器418b设定到第一功率水平。PVD腔室300可包括一个或多个前驱物气源332。例如,3至5个前驱物气源332可包括在PVD腔室300中。在具有一个或多个前驱物气源332的实施方式中,每个光学器件材料靶材306是可操作的,以沉积不同的光学器件材料。CVD腔室400可包括一个或多个第二气源403。例如,3至5个第二气源403可包括在CVD腔室400中。在具有一个或多个第二气源403的实施方式中,每个第二气源403是可操作的,以沉积不同的掺杂剂前驱物。

[0071] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,光学器件材料的沉积速率大于掺杂剂前驱物的沉积速率,使得掺杂剂材料在掺杂的光学器件膜101中具有比光学器件材料更低的浓度。当施加第二功率水平时,第二功率水平在操作803中全程保持恒定。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,第一功率水平及第二功率水平可以是不同的。由光学器件材料靶材306提供的光学器件材料及由前驱物气源332或第

二气源403提供的掺杂剂前驱物具有预定的浓度,组合的光学器件材料及掺杂剂材料的浓度对应于掺杂的光学器件膜101的浓度。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,光学器件材料包括约85%至约100%原子百分比的光学器件材料浓度,而掺杂剂前驱物包括从约0%至15%原子百分比的掺杂剂材料浓度。

[0072] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,操作802及803以将第一功率水平施加到光学器件材料靶材阴极303的时间间隔及将第二功率水平施加到前驱物气流控制器331或第二流量控制器418b的时间间隔重复。在另一实施方式中,使掺杂剂前驱物以第二功率水平流动是通过在沉积金属光学器件材料时以设定频率脉冲第二功率水平来执行的。在可与本文描述的其他实施方式相结合的又一实施方式中,通过同时施加第一功率水平及第二功率水平,来沉积光学器件材料并且同时流动掺杂剂前驱物,从而形成掺杂的光学器件膜101。

[0073] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,单次执行操作802及803形成掺杂的光学器件膜101的一定范围的多个区域115中的所有区域。在另一实施方式中,单次执行操作802及803形成掺杂的光学器件膜101的一部分,该部分可对应于一定范围的多个区域115中的一个或多个区域。一定范围的多个区域115中的每个区域可以是厚度110的每20nm至25nm。重复操作802及803直至达到掺杂的光学器件膜101的预定厚度110。

[0074] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,操作802及803可以在至少具有光学器件材料靶材306及前驱物气源332的PVD腔室300中执行。在可与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,操作801及802可以在集群工具502的多个处理腔室504中执行。例如,光学器件基板102在至少两个处理腔室504之间传送。处理腔室504中的至少一者是包括光学器件材料靶材306的PVD腔室300,并且处理腔室504中的至少另一者是包括前驱物气源332的PVD腔室300。在又一示例中,处理腔室504中的至少一者是包括光学器件材料靶材306的PVD腔室300,并且处理腔室504中的至少另一者是包括第二气源403的CVD腔室400。

[0075] 图9是用于制造掺杂的光学器件膜101的示例性方法900的流程图。为了便于解释,图9将参考图4的CVD腔室400及图5的集群工具502描述。然而,将注意,不同于图4的CVD腔室400的CVD腔室可与方法900结合使用。还将注意,不同于图5的集群工具502的集群工具可与方法700结合使用。如上文描述,可利用集群工具502,其中处理腔室504是CVD腔室400。

[0076] 在操作901处,意欲用于涂布的基板设置在CVD腔室400中的基板支撑件上。例如,光学器件基板102设置在基板支撑件410上。

[0077] 在操作902处,流动光学器件材料前驱物。光学器件材料前驱物含有从第一气源402中流入以在光学器件基板102上方形成光学器件层的光学器件材料。光学器件材料可包括含金属材料或半导体材料中的一者或两者。含金属前驱物包括但不限于金属、金属氧化物、金属氮化物或金属氮氧化物,诸如二氧化钛(TiO_2)、五氧化钽(Ta_2O_5)、二氧化锆(ZrO_2)、氧化铟(In_2O_3)、或氧化铪(HfO_2)。半导体前驱物包括但不限于硅(Si)、锗(Ge)、锗硅(SiGe)、III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、透明导电氧化物、或上述的组合。在其他实施方式中,半导体前驱物是Si、Ge、SiGe的氧化物、氮氧化物、氮化物、或碳化物,III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、或透明导电氧化物。

[0078] 在实施方式中,当光学器件材料是金属时,当第一气源402的所流动金属与反应气

体反应以在光学器件基板102上方形成光学器件层时,光学器件层形成。在实施方式中,当光学器件材料是金属氧化物、金属氮化物、或金属氮氧化物时,当光学器件材料流入光学器件基板102上方时,光学器件层形成。将耦合到第一气源402的第一流量控制器418a设定到第一功率水平,以便以流动速率使光学器件材料前驱物流入。当施加第一功率水平时,第一功率位置在操作902及903中保持恒定。CVD腔室400可包括一个或多个第一气源402。例如,3至5个第一气源402可包括在腔室300中。每个第一气源402是可操作的,以沉积不同的光学器件材料。CVD腔室400可包括一个或多个第一气源403。例如,3至5个第一气源402可包括在CVD腔室400中。在具有一个或多个第一气源402的实施方式中,每个第一气源402是可操作的,以沉积不同的掺杂剂前驱物。

[0079] 在操作903处,流动掺杂剂前驱物。掺杂剂前驱物包括从第二气源403中流入的掺杂剂材料。流入掺杂剂前驱物,以在光学器件基板102上形成掺杂的光学器件膜101。掺杂剂前驱物包括但不限于硅(Si)、铝(Al)、铌(Nb)、钛(Ti)、钽(Ta)、锆(Zr)、铟(In)、或铪(Hf),及上述氧化物、氮化物、或氮氧化物。在可以与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,流入掺杂剂前驱物,使得其均匀地集中在光学器件层中以形成掺杂的光学器件膜101的一个或多个区域。在实施方式中,当光学器件材料前驱物是钛前驱物并且掺杂剂前驱物是氧(O₂)时,含金属前驱物与前驱物反应以形成二氧化钛(TiO₂)。

[0080] 掺杂剂前驱物在第二功率水平下流入,以便以流动速率沉积掺杂剂材料。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,将耦合到第二气源403的第二流量控制器418b设定到第二功率水平。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,光学器件材料前驱物的流动速率大于掺杂剂前驱物的流动速率,使得掺杂剂材料在掺杂的光学器件膜101中具有比光学器件材料更低的浓度。当施加第二功率水平时,第二功率水平在操作903中保持恒定。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,第一功率水平及第二功率水平可以是不同的。由第一气源402提供的光学器件材料前驱物及由第二气源403提供的掺杂剂前驱物具有预定浓度,组合的光学器件材料及掺杂剂材料的浓度对应于掺杂的光学器件膜101的浓度。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,光学器件材料前驱物包括约85%至约100%原子百分比的光学器件材料浓度,并且掺杂剂前驱物包括从约0%至15%原子百分比的掺杂剂材料浓度。CVD腔室400可包括一个或多个第二气源403。例如,3至5个第二气源403可包括在腔室300中。每个第二气源403是可操作的,以沉积不同的掺杂剂前驱物。

[0081] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,操作902及903以将第一功率水平施加到第一流量控制器418a的时间间隔及将第二功率水平施加到第二流量控制器418b的时间间隔重复。在另一实施方式中,使掺杂剂前驱物在第二功率水平下流动是通过在流入光学器件材料前驱物时以设定频率脉冲第二功率水平来执行的。在可与本文描述的其他实施方式相结合的又一实施方式中,通过同时施加第一功率水平及第二功率水平来同时流动光学器件材料前驱物及掺杂剂前驱物,以形成掺杂的光学器件膜101。

[0082] 在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,单次执行操作902及903形成掺杂的光学器件膜101的一定范围的多个区域115中的所有区域。在另一实施方式中,单次执行操作902及903形成掺杂的光学器件膜101的一部分,该部分可对应于一定范围的多个区域115中的一个或多个区域。重复操作902及903直至达到掺杂的光学器件膜101的

预定厚度110。在可与本文描述的其他实施方式相结合的一个实施方式中,操作902及903可以在至少具有第一气源402及第二气源403的CVD腔室400中执行。在可与本文描述的其他实施方式相结合的另一实施方式中,操作902及903可以在集群工具502的多个处理腔室504中执行。例如,光学器件基板102在至少两个处理腔室504之间传送。处理腔室504中的至少一者是包括光学器件材料靶材的CVD腔室400,并且处理腔室504中的至少另一者是包括第二气源403的CVD腔室400。

[0083] 在一个实施方式中,方法600-900的掺杂的光学器件膜101维持在一定范围内的温度下,该温度范围使掺杂的光学器件膜101能够保持非晶。在可与本文描述的其他实施方式相结合的实施方式中,在整个方法600-900中,掺杂的光学器件膜101维持在此温度范围中。在一个实施方式中,光学器件基板102维持在大于约30°C的温度下,诸如在约30°C至300°C之间。在一个实施方式中,通过使用冷却导管318、414来冷却基板支撑件310、410及光学器件基板102,以维持温度。例如,冷却流体穿过设置在基板支撑件310中的冷却导管318流动。在一个实施方式中,通过使用加热器322或加热导管414来加热基板支撑件310、410及光学器件基板102,以维持温度。

[0084] 在方法600-900中,将光学器件材料暴露于约30°C或更高的处理温度。掺入到光学器件层中的掺杂剂材料能够使掺杂的光学器件膜101在大于约30°C(如在约100°C与约300°C之间)的温度下非晶地形成。当将掺杂剂材料掺入到光学器件层中时,具有掺杂剂材料的光学器件材料非晶地形成,其中掺杂剂材料修改光学器件材料的组成并且中断在光学器件层中晶体结构的形成,否则这些晶体结构在特定于该光学器件材料的某一温度以上时形成。例如,二氧化钛(TiO_2)可在30°C至200°C处或之间的温度下形成多晶二氧化钛(TiO_2),并且可在200°C处或以上的温度下形成明显晶体。

[0085] 总而言之,本文描述了用于形成具有光学特性(包括均匀的高折射率及低吸收损失)的掺杂的光学器件膜101的改进的方法及材料。为了实现期望的光学特性,掺杂剂材料在光学器件层中以掺杂剂浓度分布,并且掺杂的光学器件膜维持在使掺杂的光学器件膜能够非晶地形成(即,不形成晶体结构)的温度处理窗口内。具有掺杂剂浓度的掺杂剂材料扩大了掺杂的光学器件膜的温度处理窗口。掺杂剂材料修改光学器件层的组成,使得晶体形成在给定温度下中断。例如,在光学器件层具有均匀分布其中的掺杂剂材料的情况下,晶体形成在约30°C至300°C之间的温度下中断。掺杂剂材料的掺杂原子的0-50%浓度影响掺杂的光学器件膜的形态,而光学器件层的折射率没有显著有害增加。

[0086] 尽管上述内容涉及本公开内容的实施方式,但可在不脱离其基本范围的情况下设计本公开内容的其他及进一步实施方式,并且其范围由随附权利要求书确定。

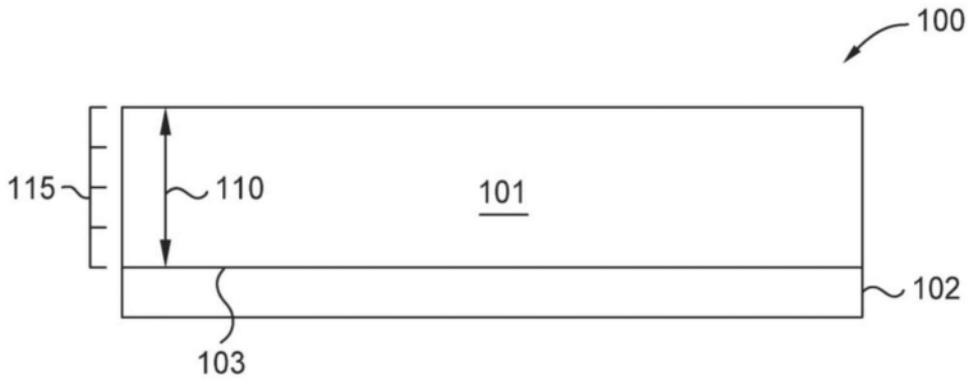


图1

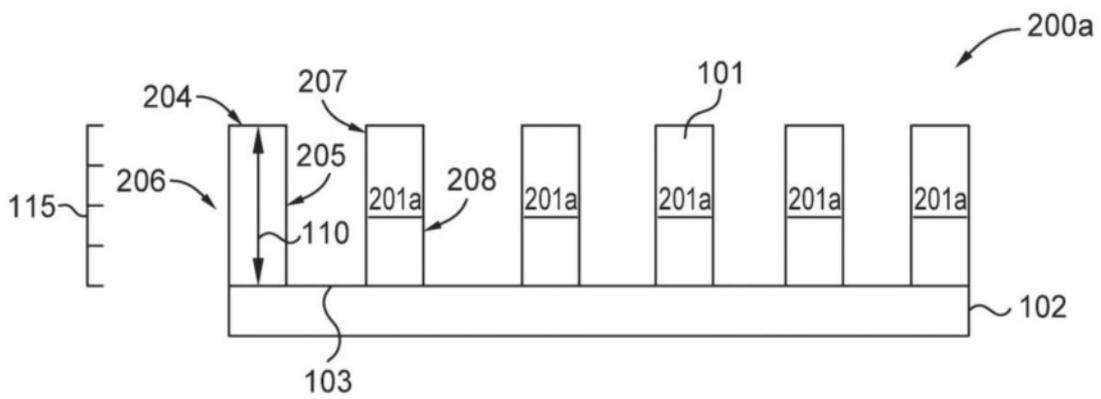


图2A

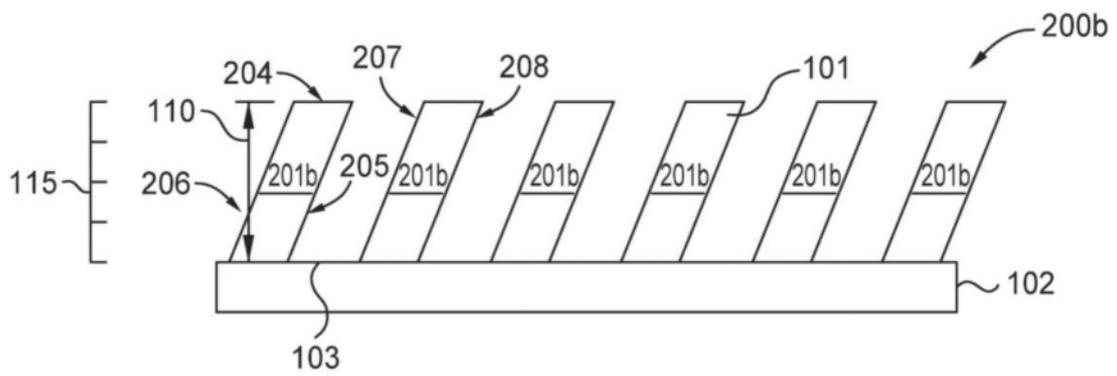


图2B

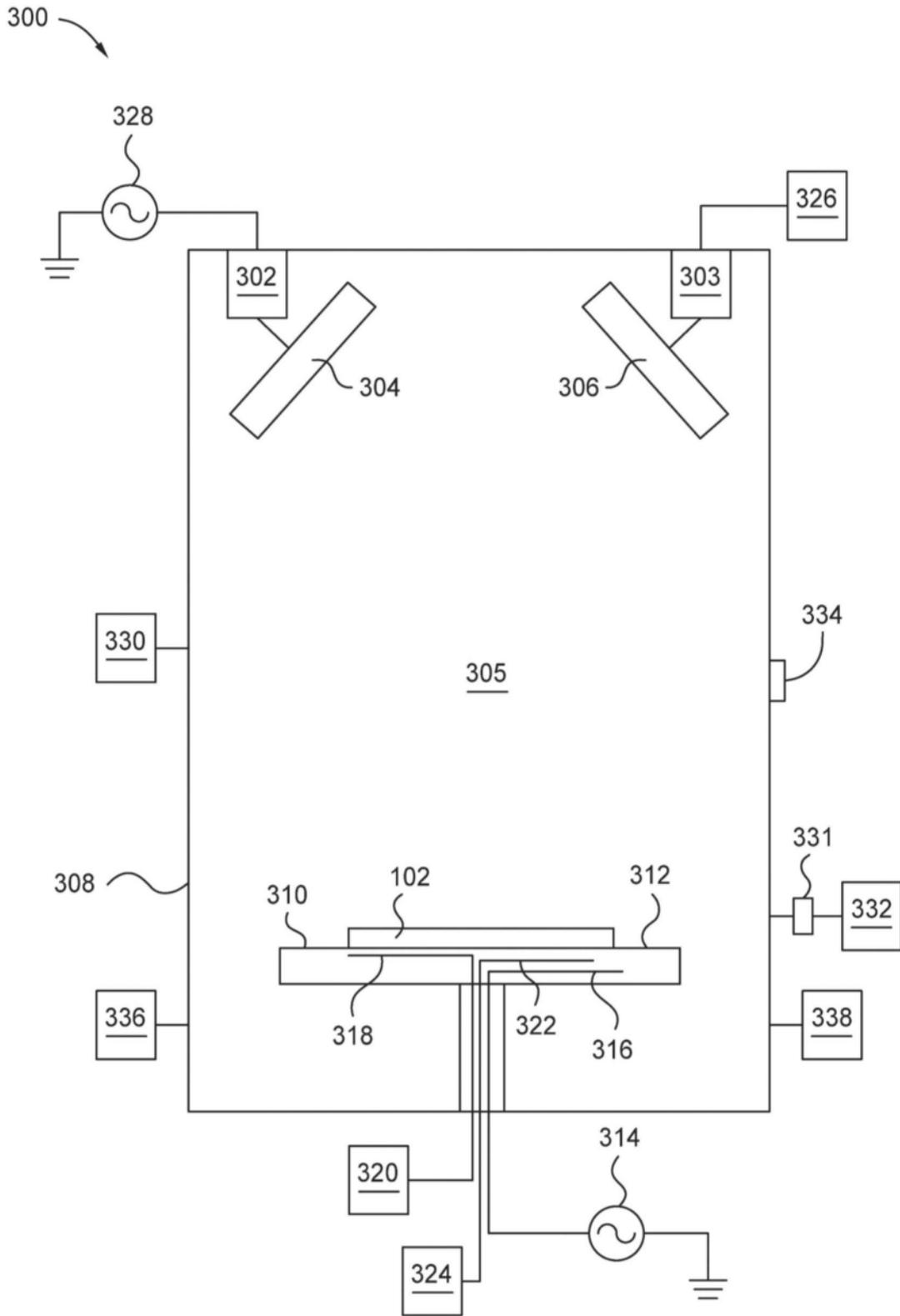


图3

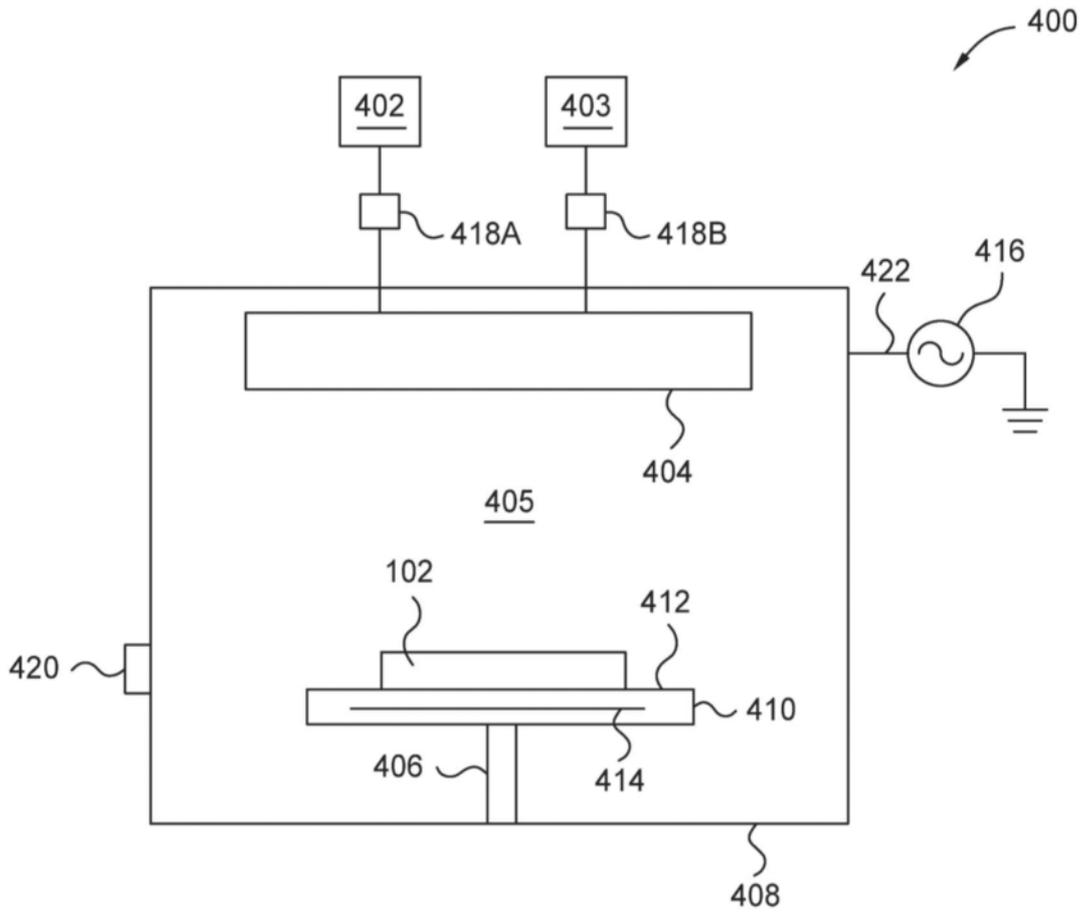


图4

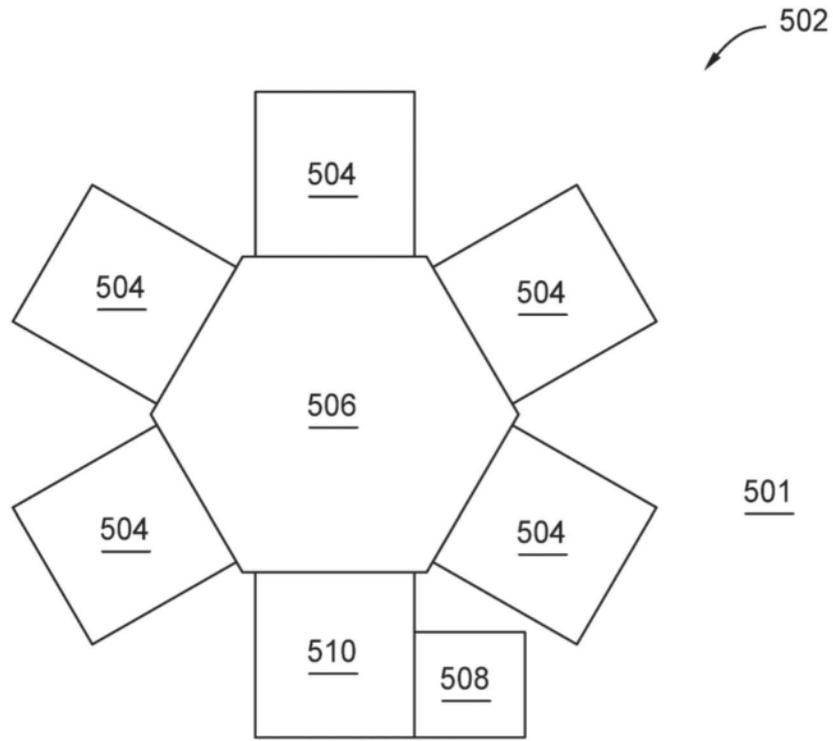


图5

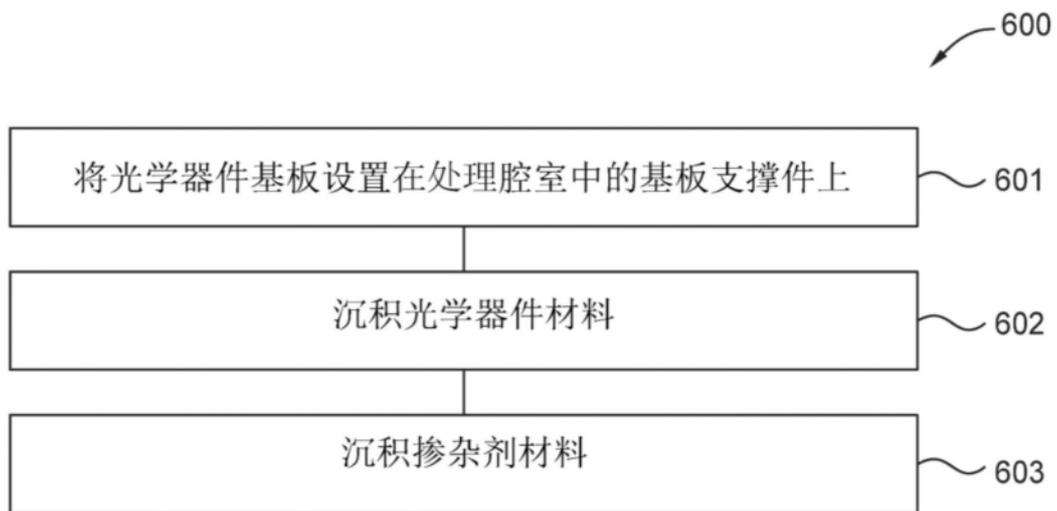


图6

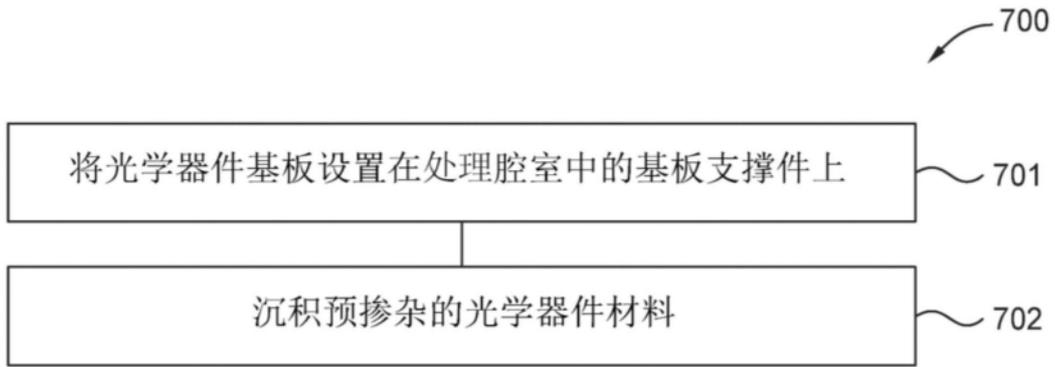


图7

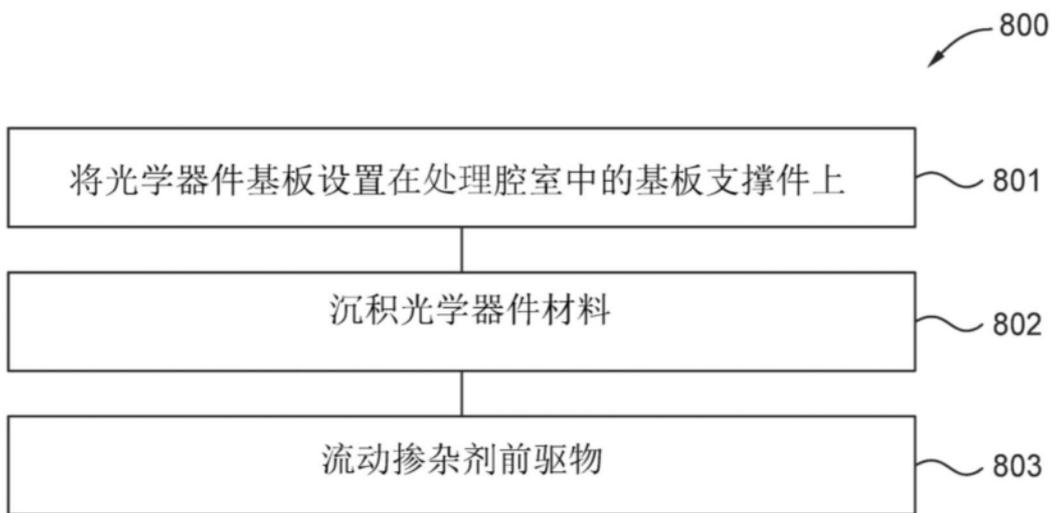


图8

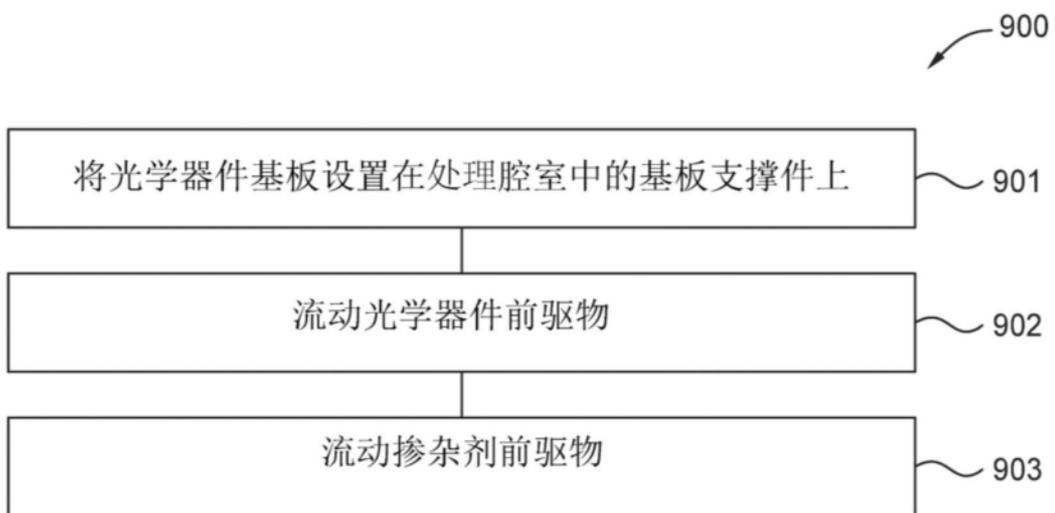


图9

1. 一种方法,包含以下步骤:

在基板支撑件上设置光学器件基板,所述基板支撑件设置在腔室中,所述腔室包含:
设置在所述腔室中的光学器件材料靶材,所述光学器件材料靶材包含光学器件材料;

及

设置在所述腔室中的电介质靶材,所述电介质靶材包含掺杂剂材料;及

在所述光学器件基板上沉积掺杂的光学器件膜,所述掺杂的光学器件膜具有从所述光学器件基板的表面垂直延伸到所述掺杂的光学器件膜的顶表面的一定范围的多个区域,包含以下步骤:

沉积所述光学器件材料以在所述光学器件基板的表面上形成光学器件层,沉积所述光学器件材料的步骤包含以下步骤:将第一功率水平提供至所述光学器件材料靶材来,从而以第一沉积速率沉积所述光学器件材料;及

将所述掺杂剂材料沉积到所述光学器件层的所述一定范围的多个区域中,以形成所述掺杂的光学器件膜,沉积所述掺杂剂材料的步骤包含以下步骤:将第二功率水平提供至所述电介质靶材,从而以第二沉积速率沉积所述掺杂剂材料,其中所述掺杂剂材料分布在所述一定范围的多个区域的每个区域中,其中所述第一沉积速率与所述第二沉积速率是不同的。

2. 根据权利要求1所述的方法,进一步包含以下步骤:在沉积所述光学器件材料及沉积所述掺杂剂材料期间,将所述光学器件基板维持在大于约30°C的温度下。

3. 根据权利要求1所述的方法,进一步包含以下步骤:氧化所述光学器件基板的所述表面。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中顺序执行沉积所述光学器件材料及沉积所述掺杂剂材料的步骤。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中以所述第二功率水平沉积所述掺杂剂材料的步骤是通过在沉积所述光学器件材料的同时以设定频率脉冲所述第二功率水平来执行的。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中:

所述光学器件材料包括下列中的一者或两者:

含金属材料,所述含金属材料包含二氧化钛 (TiO_2)、五氧化钽 (Ta_2O_5)、二氧化锆 (ZrO_2)、氧化铟 (In_2O_3)、或氧化铪 (HfO_2);及

半导体材料,所述半导体材料包含硅 (Si)、锗 (Ge)、锗硅 (SiGe)、III-V 半导体、II-IV 半导体、三元半导体、四元半导体、及透明导电氧化物;并且

所述掺杂剂材料包含硅 (Si)、铝 (Al)、铌 (Nb)、钛 (Ti)、钽 (Ta)、锆 (Zr)、铟 (In)、铪 (Hf)、或上述的氧化物,其中所述掺杂剂材料与所述光学器件材料是不同的。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述掺杂的光学器件膜包含约0%至15%原子百分比的掺杂剂浓度的所述掺杂剂材料。

8. 一种方法,包含以下步骤:

在腔室中设置光学器件基板,所述腔室包含一个或多个靶材,所述一个或多个靶材各自具有预掺杂的光学器件材料,所述预掺杂的光学器件材料包含:

第一浓度的光学器件材料;及

第二浓度的掺杂剂材料;及

将功率提供至所述靶材,以在所述光学器件基板上沉积掺杂的光学器件膜,所述掺杂的光学器件膜具有从所述光学器件基板的表面垂直延伸到所述掺杂的光学器件膜的顶表面的一定范围的多个区域,其中所述掺杂剂材料分布在所述一定范围的多个区域的每个区域中。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述光学器件材料包括下列中的一者或两者:

含金属材料,所述含金属材料包含二氧化钛(TiO_2)、五氧化钽(Ta_2O_5)、二氧化锆(ZrO_2)、氧化铟(In_2O_3)、或氧化铪(HfO_2);及

半导体材料,所述半导体材料包含硅(Si)、锗(Ge)、锗硅(SiGe)、III-V半导体、II-IV半导体、三元半导体、四元半导体、及透明导电氧化物。

10. 一种方法,包含以下步骤:

在腔室中设置光学器件基板;

使光学器件材料前驱物以第一流动速率流动到所述腔室中,以在所述光学器件基板的表面上沉积光学器件层;及

使掺杂剂前驱物以第二流动速率流动到所述腔室中,以在所述光学器件基板上形成掺杂的光学器件膜,所述掺杂的光学器件膜具有从所述光学器件基板的表面垂直延伸到所述掺杂的光学器件膜的顶表面的一定范围的多个区域,其中所述掺杂剂材料分布在所述一定范围的多个区域的每个区域中。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中使所述光学器件材料前驱物流动到所述腔室中的步骤包含以下步骤:将含氧前驱物引入所述腔室中。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中所述光学器件材料前驱物是钛前驱物。

13. 根据权利要求10所述的方法,其中所述掺杂剂前驱物是硅烷(SiH_4)。

14. 根据权利要求10所述的方法,其中所述掺杂剂前驱物在所述掺杂的光学器件膜中以约0%至15%原子百分比的浓度沉积。

15. 一种方法,包含以下步骤:

在基板支撑件上设置光学器件基板,所述基板支撑件设置在腔室中,所述腔室包含:

设置在所述腔室中的光学器件材料靶材,所述光学器件材料靶材包含光学器件材料;

及

设置在所述腔室中的电介质靶材,所述电介质靶材包含掺杂剂材料;在所述光学器件基板上沉积掺杂的光学器件膜,所述掺杂的光学器件膜具有从所述光学器件基板的表面垂直延伸到所述掺杂的光学器件膜的顶表面的一定范围的多个区域,包含以下步骤:

沉积所述光学器件材料以在所述光学器件基板的表面上形成光学器件层,沉积所述光学器件材料的步骤包含以下步骤:将第一功率水平提供至所述光学器件材料靶材并且将含氧气体提供至所述腔室,从而以第一沉积速率沉积所述光学器件层;及

将所述掺杂剂材料沉积到所述光学器件层的所述一定范围的多个区域中以形成所述掺杂的光学器件膜,沉积所述掺杂剂材料的步骤包含以下步骤:将第二功率水平提供至所述电介质靶材,从而以第二沉积速率沉积所述掺杂剂材料,其中所述掺杂剂材料分布在所述一定范围的多个区域的每个区域中,其中所述第一沉积速率与所述第二沉积速率不同。

16. 一种光学器件,包含:

设置在光学器件基板的表面上方的掺杂的光学器件膜,所述掺杂的光学器件膜包含:

一定范围的多个区域,所述一定范围的多个区域从所述光学器件基板的表面垂直延伸到所述掺杂的光学器件膜的顶表面;

非晶光学器件材料;及

掺杂剂材料,其中所述掺杂剂材料被掺入到所述非晶光学器件材料中,其中所述掺杂剂材料分布在所述一定范围的多个区域的每个区域中。

17. 根据权利要求16所述的光学器件,其中:

所述非晶光学器件材料具有第一折射率;并且

所述掺杂剂材料具有第二折射率,其中所述第一折射率大于所述第二折射率。

18. 根据权利要求17所述的光学器件,其中所述非晶光学器件材料包含下列中的一者或两者:

含金属材料,所述含金属材料包含二氧化钛 (TiO_2)、五氧化钽 (Ta_2O_5)、二氧化锆 (ZrO_2)、氧化铟 (In_2O_3)、或氧化铪 (HfO_2);及

半导体材料,所述半导体材料包含硅 (Si)、锗 (Ge)、锗硅 (SiGe)、III-V 半导体、II-IV 半导体、三元半导体、四元半导体、及透明导电氧化物。

19. 根据权利要求17所述的光学器件,其中所述掺杂剂材料包含硅 (Si)、铝 (Al)、铌 (Nb)、钛 (Ti)、钽 (Ta)、锆 (Zr)、铟 (In)、铪 (Hf)、或上述氧化物,所述掺杂剂材料与所述非晶光学器件材料是不同的。

20. 根据权利要求16所述的光学器件,其中在所述掺杂的光学器件膜中,所述掺杂剂材料具有约0%至15%原子百分比的浓度。