



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109298477 B

(45) 授权公告日 2021.05.25

(21) 申请号 201810776179.8

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2018.07.16

G02B 5/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109298477 A

(56) 对比文件

CN 1668961 A, 2005.09.14

(43) 申请公布日 2019.02.01

EP 3187909 A1, 2017.07.05

(30) 优先权数据

CN 106199801 A, 2016.12.07

15/657,515 2017.07.24 US

GB 2175016 A, 1986.11.19

(73) 专利权人 唯亚威通讯技术有限公司

US 4684565 A, 1987.08.04

地址 美国加利福尼亚州

审查员 李飞

(72) 发明人 詹姆斯·斯维泽三世

乔治·J·欧肯法斯

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理  
有限公司 11262

代理人 张瑞 杨明钊

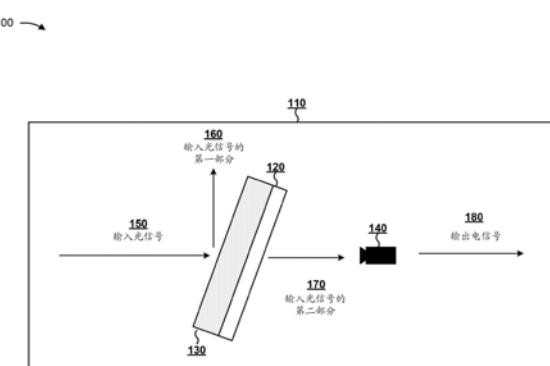
权利要求书2页 说明书9页 附图12页

(54) 发明名称

光学滤波器

(57) 摘要

本公开涉及光学滤波器。带通滤波器可以包括一组层。该一组层可以包括第一子集层。第一子集层可以包括具有第一折射率的氢化锗(Ge:H)。该一组层可以包括第二子集层。第二子集层可以包括具有第二折射率的材料。第二折射率可以小于第一折射率。



1. 一种带通滤波器，包括：

一组层，包括：

第一子集层，

所述第一子集层是具有第一折射率的氢化锗；以及

第二子集层，

所述第二子集层包括具有第二折射率的材料，

所述第二折射率小于所述第一折射率，以及

所述材料包括以下中的至少一种：

二氧化硅材料，

氧化铝材料，

二氧化钛材料，

五氧化二铌材料，

五氧化二钽材料，或

氟化镁材料，

其中，在大约1550纳米的波长下，所述第一折射率大于4.2。

2. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，所述第一子集层是高折射率层H，并且所述第二子集层是低折射率层L；以及

其中，所述一组层以下列项中的至少一项进行布置：

(H-L)<sub>m</sub> 阶，

(H-L)<sub>m</sub>-H阶，

(L-H)<sub>m</sub> 阶，或

L-(H-L)<sub>m</sub> 阶，

其中，m是交替的H层和L层的数量。

3. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，所述一组层被配置为使与在1100纳米至2000纳米之间的光谱范围相关联的阈值部分的光通过。

4. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，所述一组层被配置为使与在1400纳米至2000纳米之间的光谱范围相关联的阈值部分的光通过。

5. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，所述一组层被配置为使与具有大约1550纳米的中心波长的光谱范围相关联的阈值部分的光通过。

6. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，所述第一子集层与消光系数相关联，该消光系数在以大约1550纳米为中心的光谱范围处小于0.01。

7. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，在1100纳米至2000纳米的光谱范围处，所述第二折射率小于3。

8. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，对于从0度到40度的入射角，光谱范围的中心波长的变化小于40纳米。

9. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，对于从0度到40度的入射角，光谱范围的中心波长的变化小于30纳米。

10. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，对于从0度到30度的入射角，光谱范围的中心波长的变化小于20纳米。

11. 如权利要求1所述的带通滤波器，其中，对于从0度到20度的入射角，光谱范围的中心波长的变化小于10纳米。

12. 一种光学滤波器，包括：

基底；以及

一组交替的高折射率层和低折射率层，所述一组交替的高折射率层和低折射率层设置在所述基底上以对入射光进行滤波，

其中，所述光学滤波器被配置为使所述入射光中的在中心波长大约为1550纳米的光谱范围内的第一部分通过并且反射入射光的不在所述光谱范围内的第二部分，

所述高折射率层是氢化锗，以及

所述低折射率层是二氧化硅，

并且其中，在大约1550纳米的波长下，所述高折射率层的折射率大于4.2。

13. 如权利要求12所述的光学滤波器，其中，使用溅射过程沉积所述高折射率层。

14. 如权利要求12所述的光学滤波器，其中，所述高折射率层是退火的。

15. 一种光学系统，包括：

光学滤波器，所述光学滤波器被配置为对输入光信号进行滤波并提供滤波后的输入光信号，

所述输入光信号包括来自第一光源的光和来自第二光源的光，

所述光学滤波器包括一组介电薄膜层，

所述一组介电薄膜层包括：

具有第一折射率的氢化锗的第一子集层，

具有小于所述第一折射率的第二折射率的材料的第二子集层，

其中，在大约1550纳米的波长下，所述第一折射率大于4.2，

所述材料包括以下中的至少一种：

二氧化硅材料，

氧化铝材料，

二氧化钛材料，

五氧化二铌材料，

五氧化二钽材料，或

氟化镁材料，以及

所述滤波后的输入光信号包括来自所述第二光源的相对于所述输入光信号减小强度的光；和

光学传感器，所述光学传感器被配置为接收所述滤波后的输入光信号并提供输出电信号。

16. 如权利要求15所述的光学系统，其中，所述光学滤波器设置在所述光学传感器的传感器元件阵列上。

17. 如权利要求15所述的光学系统，其中，所述光学滤波器与传感器元件分离了自由空间。

18. 如权利要求15所述的光学系统，其中，所述光学滤波器具有大约 $5.6\mu\text{m}$ 的厚度。

## 光学滤波器

### [0001] 背景

[0002] 可以利用光学传感器设备来捕获信息。例如，光学传感器设备可以捕获与一组电磁频率有关的信息。光学传感器设备可以包括捕获信息的一组传感器元件(例如，光学传感器、光谱传感器和/或图像传感器)。例如，传感器元件阵列可用于捕获与多个频率有关的信息。在一个示例中，传感器元件阵列可用于捕获关于特定光谱范围(例如从大约1100纳米(nm)到大约2000nm的光谱范围、具有大约1550nm的中心波长的另一光谱范围等)的信息。传感器元件阵列中的传感器元件可以与滤波器相关联。滤波器可以包括与传递到传感器元件的第一光谱范围的光相关联的通带。滤波器可以与阻挡第二光谱范围的光被传递到传感器元件相关联。

### [0003] 概述

[0004] (1)一种带通滤波器，可以包括一组层。该一组层可以包括第一子集层。第一子集层可以包括具有第一折射率的氢化锗(Ge:H)。该一组层可以包括第二子集层。第二子集层可以包括具有第二折射率的材料。第二折射率可以小于第一折射率。

[0005] (2)如(1)所述的带通滤波器，其中，所述材料包括以下中的至少一种：二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)材料，氧化铝(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)材料，二氧化钛(TiO<sub>2</sub>)材料，五氧化二铌(Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)材料，五氧化二钽(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)材料，或氟化镁(MgF<sub>2</sub>)材料。

[0006] (3)如(1)所述的带通滤波器，其中，所述第一子集层是高折射率层(H)，并且所述第二子集层是低折射率层(L)；以及其中，所述一组层以下列项中的至少一项进行布置：(H-L)<sub>m</sub>阶，(H-L)<sub>m</sub>-H阶，(L-H)<sub>m</sub>阶，或L-(H-L)<sub>m</sub>阶，其中，m是交替的H层和L层的数量。

[0007] (4)如(1)所述的带通滤波器，其中，所述一组层被配置为使与在大约1100纳米(nm)至2000nm之间的光谱范围相关联的阈值部分的光通过。

[0008] (5)如(1)所述的带通滤波器，其中，所述一组层被配置为使与在大约1400纳米(nm)至2000nm之间的光谱范围相关联的阈值部分的光通过。

[0009] (6)如(1)所述的带通滤波器，其中，所述一组层被配置为使与具有大约1550纳米的中心波长的光谱范围相关联的阈值部分的光通过。

[0010] (7)如(1)所述的带通滤波器，其中，在大约1550纳米的波长下，所述第一折射率大于大约3.8。

[0011] (8)如(1)所述的带通滤波器，其中，在大约1550纳米的波长下，所述第一折射率大约为4.2。

[0012] (9)如(1)所述的带通滤波器，其中，所述第一子集层与在特定光谱范围处小于大约0.01的消光系数相关联。

[0013] (10)如(1)所述的带通滤波器，其中，在大约1100纳米(nm)至大约2000nm的光谱范围处，所述第二折射率小于3。

[0014] (11)如(1)所述的带通滤波器，其中，对于从0度到40度的入射角，光谱范围的中心波长的变化小于40纳米。

[0015] (12)如(1)所述的带通滤波器，其中，对于从0度到40度的入射角，光谱范围的中心

波长的变化小于30纳米。

[0016] (13) 如(1)所述的带通滤波器,其中,对于从0度到30度的入射角,光谱范围的中心波长的变化小于20纳米。

[0017] (14) 如(1)所述的带通滤波器,其中,对于从0度到20度的入射角,光谱范围的中心波长的变化小于10纳米。

[0018] (15) 一种光学滤波器,可以包括基底。光学滤波器可以包括设置在基底上的一组交替的高折射率层和低折射率层,以对入射光进行滤波。光学滤波器可以被配置成使入射光中的在具有大约1550纳米(nm)的中心波长的光谱范围内的第一部分通过,并且反射入射光的不在该光谱范围内的第二部分。高折射率层可以是氢化锗(Ge:H)。低折射率层可以是二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)。

[0019] (16) 如(15)所述的光学滤波器,其中,使用溅射过程沉积所述高折射率层。

[0020] (17) 如(15)所述的光学滤波器,其中,所述高折射率层被退火。

[0021] (18) 一种光学系统,可以包括光学滤波器,该光学滤波器被配置为对输入光信号进行滤波并提供滤波后的输入光信号。输入光信号可以包括来自第一光源的光和来自第二光源的光。光学滤波器可以包括一组介电薄膜层。该一组介电薄膜层可包括具有第一折射率的氢化锗的第一子集层。该一组介电薄膜层可以包括具有小于第一折射率的第二折射率的材料的第二子集层。滤波后的输入光信号可包括来自第二光源的相对于输入光信号强度减小的光。光学系统可以包括光学传感器,该光学传感器被配置为接收滤波后的输入光学信号并提供输出电信号。

[0022] (19) 如(18)所述的光学系统,其中,所述光学滤波器设置在所述光学传感器的传感器元件阵列上。

[0023] (20) 如(18)所述的光学系统,其中,所述光学滤波器与所述光学传感器分离了自由空间。

## 附图说明

[0024] 图1A-1C是本文描述的示例实施方式的概览图;

[0025] 图2是本文描述的基于氢化锗的光学滤波器的图;

[0026] 图3是用于制造本文描述的基于氢化锗的光学滤波器的系统的图;

[0027] 图4A-4D是与本文描述的基于氢化锗的光学滤波器相关的特性的图;以及

[0028] 图5A-5C是与本文描述的基于氢化锗的光学滤波器相关的特性的图。

[0029] 详细描述

[0030] 以下示例实施方式的详细描述参考了附图。不同附图中的相同附图标记可以标识相同或相似的元素。

[0031] 光学传感器设备可以包括传感器元件组成的传感器元件阵列,以接收从诸如光发射器、灯泡、环境光源等光源发起的光。光学传感器设备可利用一种或更多种传感器技术,例如互补金属氧化物半导体(CMOS)技术、电荷耦合器件(CCD)技术等。光学传感器设备的传感器元件(例如,光学传感器)可以获得关于一组电磁频率的信息(例如,光谱数据)。传感器元件可以是基于砷化铟镓(InGaAs)的传感器元件、基于锗化硅(SiGe)的传感器元件等。

[0032] 传感器元件可以与滤波器相关联,该滤波器对到传感器元件的光进行滤波,以使

传感器元件能够获得关于特定光谱范围的电磁频率的信息。例如，传感器元件可以与具有在以下光谱范围中的通常的滤波器对准以使得导向传感器元件的一部分光被滤波：大约1100纳米(nm)至大约2000nm的光谱范围、大约1500nm至大约1600nm的光谱范围、具有大约1550nm的中心波长的光谱范围等。滤波器可以包括多组介电层，以滤波该部分光。例如，滤波器可以包括交替的高折射率层和低折射率层的介电滤波器叠层，例如作为高折射率材料的氢化硅(Si:H或SiH)或锗(Ge)和作为低折射率材料的二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)的交替层。然而，使用氢化硅作为与具有约1550nm的中心波长的光谱范围相关联的滤波器的高折射率材料可能导致过度的角度偏移(例如，大于阈值的角度偏移)。此外，使用锗作为高折射率材料可导致小于以大约1550nm为中心的通常的阈值透射率，例如小于在大约1550nm的波长下大约20%的透射率。

[0033] 本文描述的一些实施方式提供了以氢化锗(Ge:H或GeH)作为高折射率材料的光学滤波器，从而导致小于阈值的角度偏移。例如，光学滤波器可以包括一层或多层氢化锗或退火的氢化锗和一层或多层二氧化硅，以对于以大约1550nm的波长为中心的通常，在45度的入射角时提供小于大约100nm的角度偏移，在30度的入射角时提供小于大约30nm的角度偏移，在15度的入射角时提供小于大约10nm的角度偏移，等等。此外，使用氢化锗和/或退火的氢化锗的光学滤波器可以为以大约1550nm为中心的通常提供大于阈值水平的透射率，例如大于大约40%、大于大约80%、大于大约85%等的透射率。以这种方式，本文描述的一些实施方式以小于阈值的角度偏移且大于阈值水平的透射率对光进行滤波。

[0034] 图1A-1C是本文描述的实施方式100/100' /100”的概览图。如图1A所示，示例实施方式100包括传感器系统110。传感器系统110可以是光学系统的一部分，并且可以提供与传感器决定相对应的电输出。传感器系统110包括光学滤波器结构120和光学传感器140，光学滤波器结构120包括光学滤波器130。例如，光学滤波器结构120可以包括执行通常滤波功能的光学滤波器130。在另一示例中，光学滤波器130可以与光学传感器140的传感器元件阵列对准。

[0035] 尽管本文描述的一些实施方式可能是就传感器系统中的光学滤波器而言的，但是本文描述的实施方式可以在另一种类型的系统中使用，可以在传感器系统的外部使用，等等。

[0036] 如图1A进一步所示，并且通过附图标记150，输入光信号被导向光学滤波器结构120。输入光信号可以包括但不限于与特定光谱范围(例如，以大约1550nm为中心的光谱范围)相关联的光，例如1500nm至1600nm的光谱范围、1100nm至2000nm的光谱范围等。例如，光发射器可以将光导向光学传感器140，以允许光学传感器140执行对光的测量。在另一示例中，光发射器可以针对另一功能来引导另一光谱范围的光，例如针对测试功能、感测功能、通信功能等。

[0037] 如图1A进一步所示，并且通过附图标记160，具有第一光谱范围的光信号的第一部分不被传递通过光学滤波器130和光学滤波器结构120。例如，可包括光学滤波器130的高折射率材料层和低折射率材料层的介电薄膜层的介电滤波器叠层可使得第一部分的光在第一方向上被反射、被吸收等。在这种情况下，第一部分的光可以是入射到光学滤波器130上的不包括在光学滤波器130的通频带中的阈值部分的光，例如不在以大约1550nm为中心的特定光谱范围内的大于95%的光。如附图标记170所示，光信号的第二部分被传递通过光学

滤波器130和光学滤波器结构120。例如，光学滤波器130可以沿着朝向光学传感器140的第二方向使具有第二光谱范围的第二部分的光通过。在这种情况下，第二部分的光可以是在光学滤波器130的通频带内的入射到光学滤波器130上的阈值部分的光，例如在以大约1550nm为中心的光谱范围内的大于50%的入射光。

[0038] 如图1A进一步所示，基于被传递到光学传感器140的光信号的第二部分，光学传感器140可以为传感器系统110提供输出电信号180，例如用于成像、环境光感测、检测物体的存在、执行测量、促进通信等。在一些实施方式中，可以使用光学滤波器130和光学传感器140的另外的布置。例如，光学滤波器130可将光信号的第二部分沿另一方向导向不同位置的光学传感器140，而不是与输入光信号共线地使光信号的第二部分通过。

[0039] 如图1B所示，另一实施方式100'包括形成光学传感器140并集成到光学滤波器结构120的基底中的传感器元件阵列的一组传感器元件。在这种情况下，光学滤波器130直接设置在基底上。输入光信号150-1和150-2以多个不同角度被接收，并且输入光信号150-1和150-2的第一部分160-1和160-2以多个不同角度被反射。在这种情况下，输入光信号150-1和150-2的第二部分被传递通过光学滤波器130到达形成光学传感器140的传感器元件阵列，光学传感器140提供输出电信号180。

[0040] 如图1C所示，另一实施方式100"包括形成光学传感器140并且与光学滤波器结构120分离(例如，分离了在自由空间光学类型的光学系统中的自由空间)的传感器元件阵列的一组传感器元件。在这种情况下，光学滤波器130设置在光学滤波器结构120上。输入光信号150-1和150-2在光学滤波器130处以多个不同角度被接收。输入光信号150-1和150-2的第一部分160-1和160-2被反射，并且输入光信号150-1和150-2的第二部分170-1和170-2被传递通过光学滤波器130和光学滤波器结构120。基于接收到第二部分170-1和170-2，传感器元件阵列提供输出电信号180。

[0041] 如上所述，图1A-1C仅作为示例提供。其它示例是可能的，并且可以不同于关于图1A-1C描述的示例。

[0042] 图2是示例性光学滤波器200的示图。图2示出了使用氢化锗作为高折射率材料的光学滤波器的示例叠层。如图2进一步所示，光学滤波器200包括光学滤波器涂层部分210和基底220。

[0043] 光学滤波器涂层部分210包括一组光学滤波器层。例如，光学滤波器涂层部分210包括第一组层230-1至230-N(N≥1)(例如，高折射率层(H层))和第二组层240-1至240-(N+1)(例如，低折射率层(L层))。在一些实施方式中，层230和240可以以特定顺序排列，例如(H-L)<sub>m</sub>(m≥1)顺序、(H-L)<sub>m</sub>-H顺序、(L-H)<sub>m</sub>顺序、L-(H-L)<sub>m</sub>顺序等。例如，如图所示，层230和240以(H-L)<sub>n</sub>-H的顺序设置，其中H层设置在光学滤波器200的表面处，并且H层紧邻基底220的表面。在一些实施方式中，光学滤波器200中可以包括一个或更多个其他层，例如一个或更多个保护层、提供一个或更多个其他滤波功能(例如，阻断剂、抗反射涂层等)的一个或更多个层，等。

[0044] 层230可以包括一组氢化锗层。在一些实施方式中，可将另一种材料用于H层，例如在特定光谱范围(例如，约1100nm至约2000nm的光谱范围、约1400nm至约1600nm的光谱范围、约1550nm的波长等)上折射率大于L层的折射率、折射率大于2.0、折射率大于3.0、折射率大于4.0、折射率大于4.5、折射率大于4.6等的另一种材料。在另一示例中，层230可被选

择以包括在约1550nm的波长下约4.2的折射率。

[0045] 在一些实施方式中,可以为H层230选择特定的基于氢化锗的材料,例如氢化锗、退火的氢化锗等。在一些实施方式中,层230和/或240可与在特定光谱范围(例如,约800nm至约2300nm的光谱范围,约1100nm至约2000nm的光谱范围,约1550nm的波长等)上的特定消光系数(例如在约1550nm处小于约0.1、小于约0.05、小于约0.01、小于约0.005的消光系数、小于约0.001的消光系数、小于约0.0008的消光系数等)相关联。

[0046] 层240可以包括一组二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )层。在一些实施方式中,针对L层可以使用另一种材料。在一些实施方式中,可以为L层240选择特定材料。例如,层240可以包括一组二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )层、一组氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )层、一组二氧化钛( $\text{TiO}_2$ )层、一组五氧化二铌( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ )层、一组五氧化二钽( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )层、一组氟化镁( $\text{MgF}_2$ )层等。在这种情况下,层240可以被选择为包括在例如特定光谱范围(例如,约1100nm至约2000nm的光谱范围、约1400nm至约1600nm的光谱范围、约1550nm的波长等)上低于层230的折射率的折射率。例如,层240可被选择为在特定光谱范围(例如,约1100nm至约2000nm的光谱范围、约1400nm至约1600nm的光谱范围、约800nm的光谱范围、约1550nm的波长等)上与小于3的折射率相关联。

[0047] 在另一个示例中,层240可以被选择为在特定光谱范围(例如,约1100nm至约2000nm的光谱范围、约1400nm至约1600nm的光谱范围、约1550nm的波长等)上与小于2.5的折射率相关联。在另一示例中,层240可以被选择为在特定光谱范围(例如,约1100nm至约2000nm的光谱范围、约1400nm至约1600nm的光谱范围、约1550nm的波长等)上与小于2的折射率相关联。在另一个示例中,层240可以被选择为在特定光谱范围(例如,约1100nm至约2000nm的光谱范围、约1400nm至约1600nm的光谱范围、约1550nm的波长等)上与小于1.5的折射率相关联。在一些实施方式中,可以基于带外阻挡光谱范围的期望宽度、与入射角变化相关联的期望中心波长偏移等为层240选择特定材料。

[0048] 在一些实施方式中,光学滤波器涂层部分210可以与特定数量m的层相关联,例如,基于氢化锗的光学滤波器可以包括大约20层的交替的H层和L层。在另一实例中,光学滤波器200可与另一数量的层相关联,例如2层至1000层的范围、4层至50层的范围等。在一些实施方式中,光学滤波器涂层部分210的每一层可与特定厚度相关联。例如,层230和240可各自与在约5nm和约2000nm之间的厚度相关联,导致光学滤波器涂层部分210与在约0.2 $\mu\text{m}$ 和100 $\mu\text{m}$ 之间的厚度、在约0.5 $\mu\text{m}$ 与20 $\mu\text{m}$ 之间的厚度等相关联。

[0049] 在一些实施方式中,层230和240可以与多个厚度相关联,例如层230的第一厚度和层240的第二厚度、层230的第一子集的第一厚度和层230的第二子集的第二厚度、层240的第一子集的第一厚度和层240的第二子集的第二厚度等。在这种情况下,层厚度和/或层的数量可以基于一组预期的光学特性来选择,例如预期通带、预期透射率等。例如,层厚度和/或层的数量可以被选择为允许光学滤波器200用于大约1100nm至大约2000nm的光谱范围、大约1550nm的中心波长等。

[0050] 在一些实施方式中,光学滤波器涂层部分210可以使用溅射过程来制造。例如,光学滤波器涂层部分210可以使用基于脉冲磁控管的溅射过程来制造,以在玻璃基底上溅射交替层230和240。在一些实施方式中,光学滤波器涂层部分210可以与入射角变化的情况下相对低的中心波长偏移相关联。例如,光学滤波器涂层部分210可以在入射角从0度变化到15度的情况下引起大小上小于约20nm、小于约15nm、小于约10nm等的中心波长偏移;在入

射角从0度变化到30度的情况下引起小于约100nm、小于约50nm、小于约30nm等的中心波长偏移；在入射角从0度变化到45度的情况下引起小于约200nm、小于约150nm、小于约125nm、小于约100nm等的中心波长偏移；等。

[0051] 在一些实施方式中，光学滤波器涂层部分210附接到基底，例如基底220。例如，光学滤波器涂层部分210可以附接到玻璃基底。在一些实施方式中，光学滤波器涂层部分210可以与入射介质相关联，例如空气介质或玻璃介质。在一些实施方式中，光学滤波器200可以设置在一组棱镜之间。

[0052] 在一些实施方式中，退火过程可用于制造光学滤波器涂层部分210。例如，在基底上溅射沉积层230和240之后，光学滤波器200可被退火以改善光学滤波器200的一个或更多个光学特性，例如相对于未执行退火过程的另一光学滤波器降低光学滤波器200的吸收系数。

[0053] 如上所述，图2仅作为示例被提供。其它示例是可能的，并且可以不同于关于图2描述的示例。

[0054] 图3是用于制造本文所述的基于氢化锗的光学滤波器的溅射沉积系统的示例300的图。

[0055] 如图3所示，示例300包括真空室310、基底320、阴极330、靶331、阴极电源340、阳极350、等离子体活化源(PAS)360和PAS电源370。靶331可以包括锗材料。PAS电源370可用于为PAS 360供电，并可包括射频(RF)电源。阴极电源340可用于为阴极330供电，并可包括脉冲直流(DC)电源。

[0056] 关于图3，靶331在氢气( $H_2$ )以及惰性气体(如氩气)的存在下溅射，以沉积氢化锗材料作为基底320上的层。惰性气体可以通过阳极350和/或PAS 360提供到腔室中。氢通过用于活化氢的PAS 360引入真空室310。另外，或者替代地，阴极330可引起氢活化(例如，在这种情况下，氢可从真空室310的另一部分引入)或者阳极350可引起氢活化(例如，在这种情况下，氢可通过阳极350引入真空室310)。在一些实施方式中，氢可以采取氢气、氢气和惰性气体(例如氩气)的混合物等的形式。PAS 360可以位于阴极330的阈值接近度内，允许来自PAS 360的等离子体和来自阴极330的等离子体重叠。PAS 360的使用允许氢化锗层以相对高的沉积速率沉积。在一些实施方式中，以大约0.05nm/s至大约2.0nm/s的沉积速率、以大约0.5nm/s至大约1.2nm/s的沉积速率、以大约0.8nm/s的沉积速率等沉积氢化锗层。

[0057] 尽管本文描述的溅射过程，是就特定几何形状和特定实施方式而言的，但是其他几何形状和其他实施方式也是可能的。例如，可以从另一个方向、从在阴极330的阈值接近度内的气体歧管等注入氢。尽管本文就不同的组件配置方面进行了描述，但是使用不同的材料、不同的制造工艺等也可以实现不同的锗的相对浓度。

[0058] 如上所述，图3仅作为示例被提供。其它示例是可能的，并且可以不同于关于图3描述的示例。

[0059] 图4A-4D示出了与使用氢化锗作为高折射率材料的光学滤波器有关的示例。图4A-4D示出了与基于氢化锗的单层膜有关的特性。

[0060] 如图4A所示，且通过图表400，提供了显示一组膜410-1至410-5的透射率的滤波器响应。每个膜410可以是大约2.5微米的单层膜。膜410-1与和0标准立方厘米/分钟(SCCM)的流速相关的氢浓度相关。换句话说，膜410-1使用未氢化锗。膜410-2、410-3、410-4和410-5

与和20SCCM、100SCCM、160SCCM和200SCCM的流速相关的氢浓度相关。换句话说，膜410-2至410-5使用氢浓度增加的氢化锗。在这种情况下，氢化锗膜，例如膜410-2至410-5，相对于非氢化锗膜410-1，与增加的透射率相关联。以这种方式，在光学滤波器中利用氢化锗可以提供改进的透射率。例如，基于氢化锗膜中的氢浓度，对于1100nm至2000nm的光谱范围、1400nm至1600nm的光谱范围、具有1550nm波长的光谱范围等，氢化锗膜可以与大于20%、大于40%、大于60%、大于80%、大于85%、大于90%等的透射率相关联。

[0061] 如图4B所示，且通过图表420，提供了膜410的折射率和消光系数。在1400nm的波长下，未氢化锗膜410-1与大约0.1的消光系数相关联，该消光系数大于氢化锗膜410-2、410-3和410-5的消光系数，氢化锗膜410-2、410-3和410-5的消光系数分别为大约0.05、大约0.005和大约0.002。类似地，在1400nm的波长下，未氢化锗膜410-1与4.7的折射率相关联，相对照地，氢化锗膜410-2、410-3和410-5分别与4.6、4.4和4.3的折射率相关联。在这种情况下，氢化锗膜410-2、410-3和410-5与减小的消光系数相关联，同时保持阈值折射率（例如，大于4.0、大于4.2、大于4.4、大于4.5等）。

[0062] 在1550nm的波长下，未氢化锗膜410-1与大约0.07的消光系数相关联，该消光系数大于氢化锗膜410-2、410-3和410-5的消光系数，氢化锗膜410-2、410-3和410-5的消光系数分别为大约0.03、大约0.003和大约0.001。类似地，在1550nm的波长下，未氢化锗膜410-1与4.6的折射率相关联，相对照地，氢化锗膜410-2、410-3和410-5分别与4.4、4.3和4.2的折射率相关联。在这种情况下，氢化锗膜410-2、410-3和410-5与减小的消光系数相关联，同时保持阈值折射率（例如，大于4.0、大于4.2、大于4.4等）。

[0063] 在2000nm的波长下，未氢化锗膜410-1与大约0.05的消光系数相关联，该消光系数大于氢化锗膜410-2、410-3和410-5的消光系数，氢化锗膜410-2、410-3和410-5的消光系数分别为大约0.005、大约0.0005和大约0.000001。类似地，在1550nm的波长下，未氢化锗膜410-1与4.5的折射率相关联，相对照地，氢化锗膜410-2、410-3和410-5分别与4.4、4.2和4.1的折射率相关联。在这种情况下，氢化锗膜410-2、410-3和410-5与减小的消光系数相关联，同时保持阈值折射率（例如，大于3.5、大于3.75、大于4.0）。

[0064] 如图4C所示，且通过图表430，提供了氢化锗膜410-5和氢化硅膜410-6的折射率。在这种情况下，氢化锗膜410-5的折射率均大于氢化硅膜410-6的折射率。

[0065] 如图4D所示，且通过图表440，提供了关于氢化锗膜410-5和退火的氢化锗膜410-5'的折射率和消光系数。在这种情况下，例如在大约300摄氏度下施加退火过程60分钟，导致形成退火的氢化锗膜410-5'，导致相对于氢化锗膜410-5在中心波长为大约1550nm的光谱范围处折射率增加（例如增加到大约4.3）和消光系数减小（例如减小到大约0.0006），从而减小角度偏移并提高透射率。

[0066] 如上所述，图4A-4D仅作为示例提供。其它示例是可能的，并且可以不同于关于图4A-4D描述的示例。

[0067] 图5A-5C是与光学滤波器相关的特性图。图5A-5C示出了与带通滤波器相关的特性。

[0068] 如图5A所示，且通过图表500，提供了关于氢化锗光学滤波器510的滤波器响应。光学滤波器510可以包括氢化锗和二氧化硅的交替层。在一些实施方式中，光学滤波器510可以与大约5.6 $\mu\text{m}$ 的厚度相关联，并且对于0度的入射角可以与以大约1550nm为中心的通频带

相关联。此外,对于从0度到40度的入射角,光学滤波器510与大于阈值量(例如,大于约90%)的透射率相关联。

[0069] 如图5B所示,且通过图表520,提供了关于基于氢化硅的光学滤波器530的滤波器响应。光学滤波器530可以包括氢化硅和二氧化硅的交替层。在一些实施方式中,光学滤波器530可以与大约5.9微米( $\mu\text{m}$ )的厚度相关联,并且对于0度的入射角可以与以大约1550nm为中心的通频带相关联。

[0070] 如图5C所示,且通过图表540,相对于光学滤波器510(Si:Ge),对于入射角从0度变化到大约40度,光学滤波器530(Si:H)与减小的角度偏移相关联。例如,光学滤波器510与例如以下中心波长的变化相关联:在大约0-10度的入射角处小于大约5nm、在大约0-10度的入射角处小于大约4nm、在大约0-10度的入射角处小于大约3nm、在大约0-10度的入射角处小于大约2nm等的中心波长的变化。类似地,光学滤波器510与例如以下中心波长的变化相关联:在10-20度的入射角处小于约15nm、在10-20度的入射角处小于约10nm、在10-20度的入射角处小于约9nm、在10-20度的入射角处小于约8nm等的中心波长的变化。

[0071] 类似地,光学滤波器510与例如以下中心波长的变化相关联:在20度入射角处小于约8nm、在20度入射角处小于约9nm、在20-30度入射角处小于约30nm、在20-30度入射角处小于约20nm、在20-30度入射角处小于约15nm、在20-30度入射角处小于约10nm等。类似地,光学滤波器510与例如以下中心波长的变化相关联:在大约30-40度的入射角处小于大约40nm、在大约30-40度的入射角处小于大约35nm、在大约30-40度的入射角处小于大约30nm、在大约30-40度的入射角处小于大约25nm、在大约30-40度的入射角处小于大约20nm等。

[0072] 如上所述,图5A-5C仅作为示例提供。其它示例是可能的,并且可以不同于关于图5A-5C描述的示例。

[0073] 这样,氢化锗光学滤波器,例如以氢化锗作为高折射率层和另一种材料作为低折射率层的光学滤波器,相对于用于与中心波长约为1550nm的光谱范围相关联的光学滤波器的其他材料,可以提供改进的角度偏移、改进的透射率和减小的物理厚度。

[0074] 前述公开提供了说明和描述,但并不旨在穷举或将实施方式限制到所公开的精确形式。根据以上公开想到的,或者可以从实施方式的实践中获得修改和变化是可能的。

[0075] 本文结合阈值描述了一些实施方式。如本文所使用的,满足阈值可以指值大于阈值、多于阈值、高于阈值、大于或等于阈值、小于阈值、少于阈值、低于阈值、小于或等于阈值、等于阈值等。

[0076] 尽管在权利要求中陈述和/或在说明书中公开了特征的特定组合,但是这些组合并不旨在限制可能的实施方式的公开内容。事实上,这些特征中的许多可以以权利要求中未具体陈述和/或说明书中未公开的方式组合。尽管下面列出的每个从属权利要求可以直接从属于仅仅一个权利要求,但是可能的实施方式的公开内容包括与权利要求集合中的每个其他权利要求相结合的每个从属权利要求。

[0077] 除非明确说明,否则本文使用的任何元素、动作或指令都不应被解释为关键或必要的。此外,本文所用的冠词“一(a)”和“一(an)”旨在包括一个或更多个项目,并且可以与“一个或更多个”互换使用。此外,如本文所使用的,术语“集合”旨在包括一个或更多个项目(例如,相关项目、不相关项目、相关项目和不相关项目的组合等),并且可以与“一个或更多个”互换使用。在仅旨在说明一个项目的情况下,使用术语“一个(one)”或类似的语言。此

外,本文使用的术语“具有 (has)”、“具有 (have)”、“具有 (having)”等旨在是开放式的术语。此外,除非另有明确说明,否则“基于”一词旨在表示“至少部分基于”。

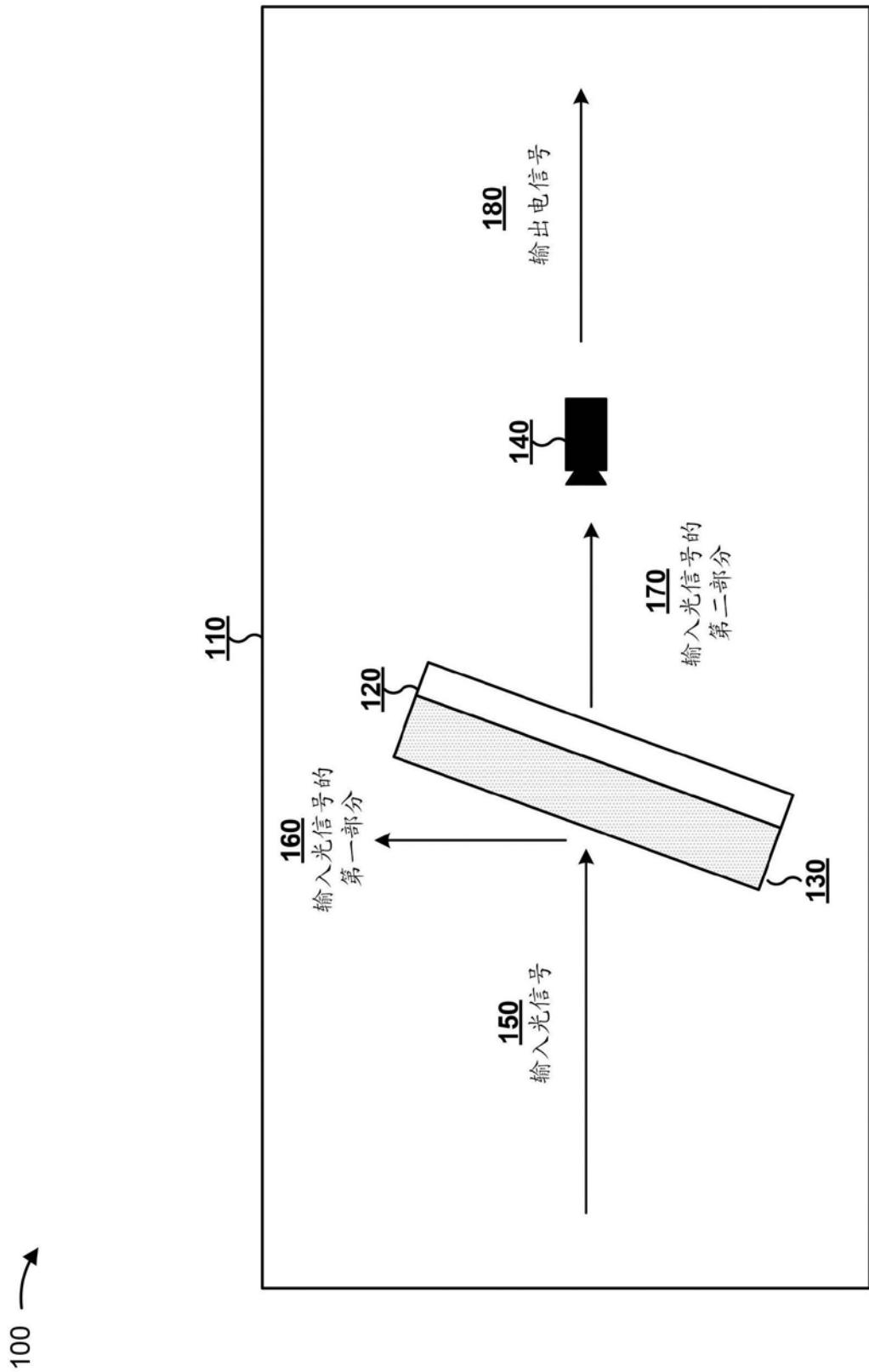


图1A

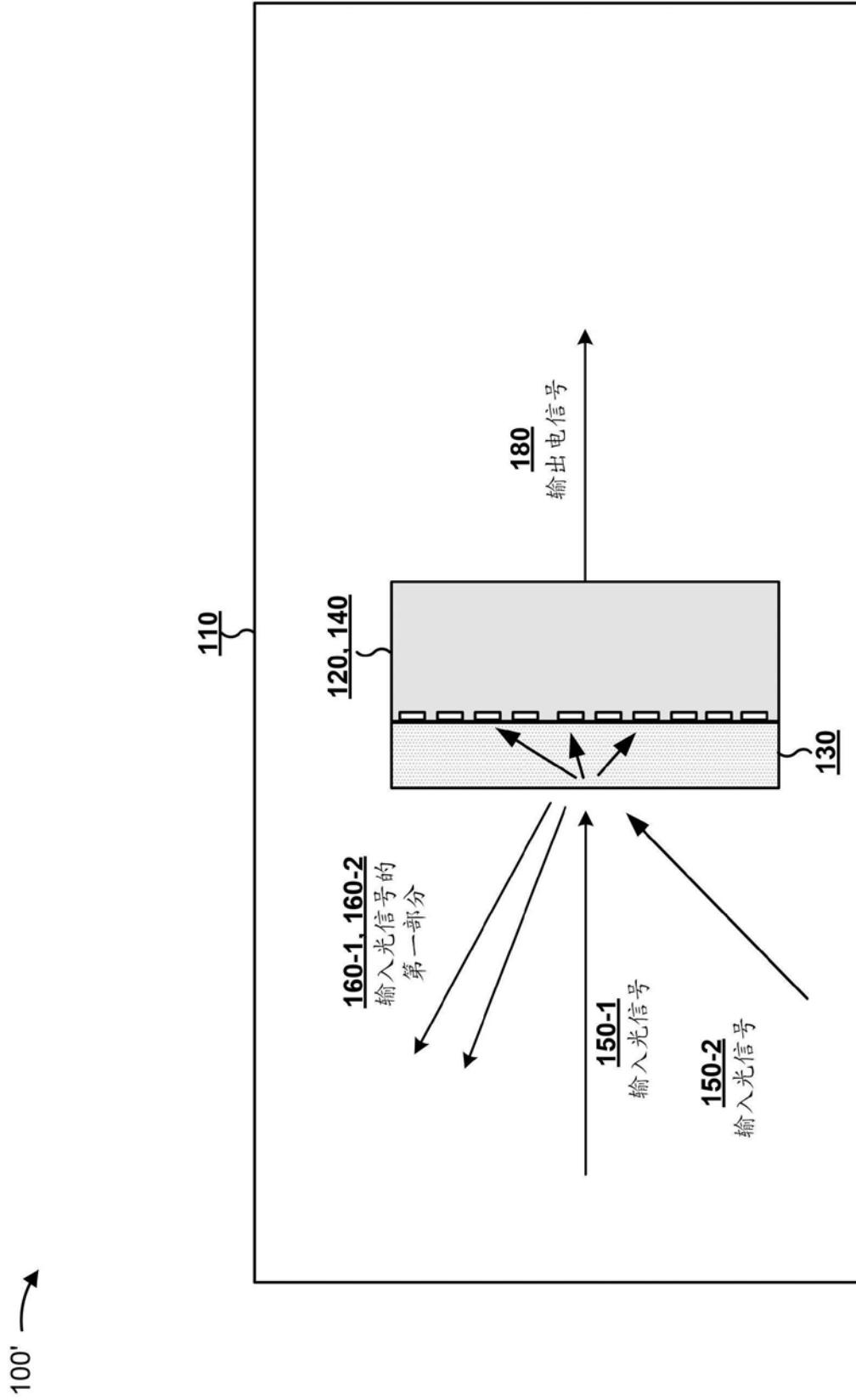


图1B

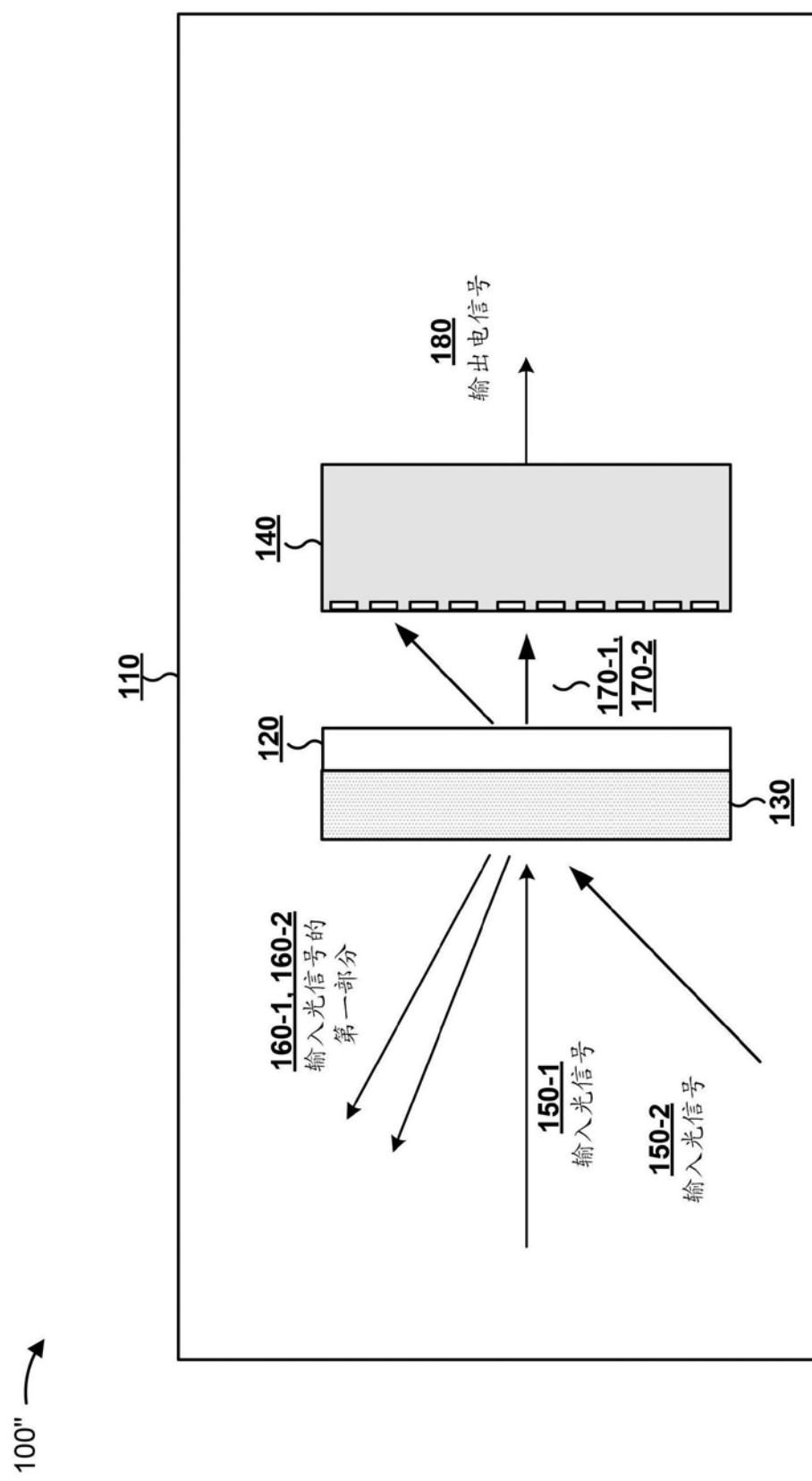


图1C

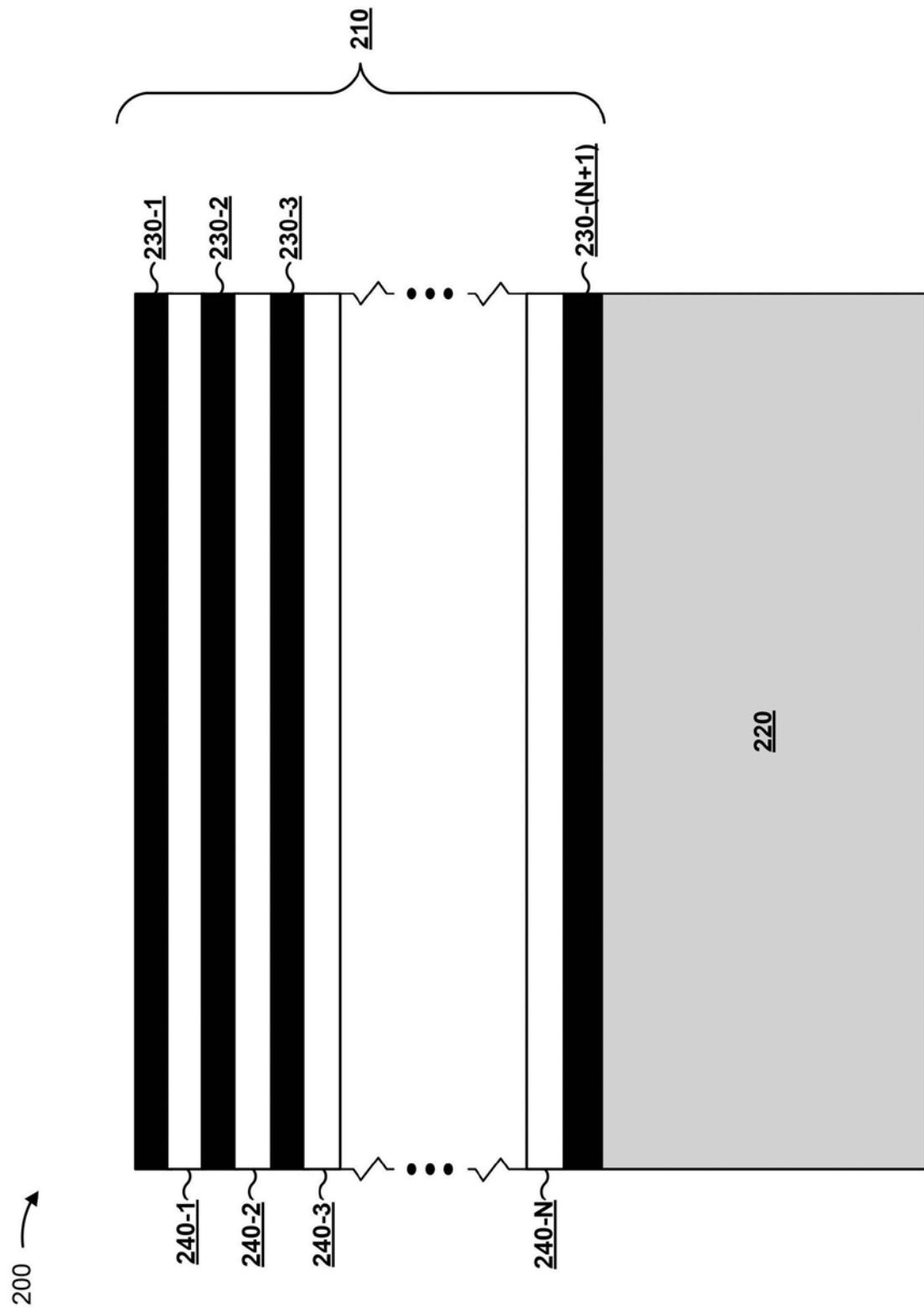


图2

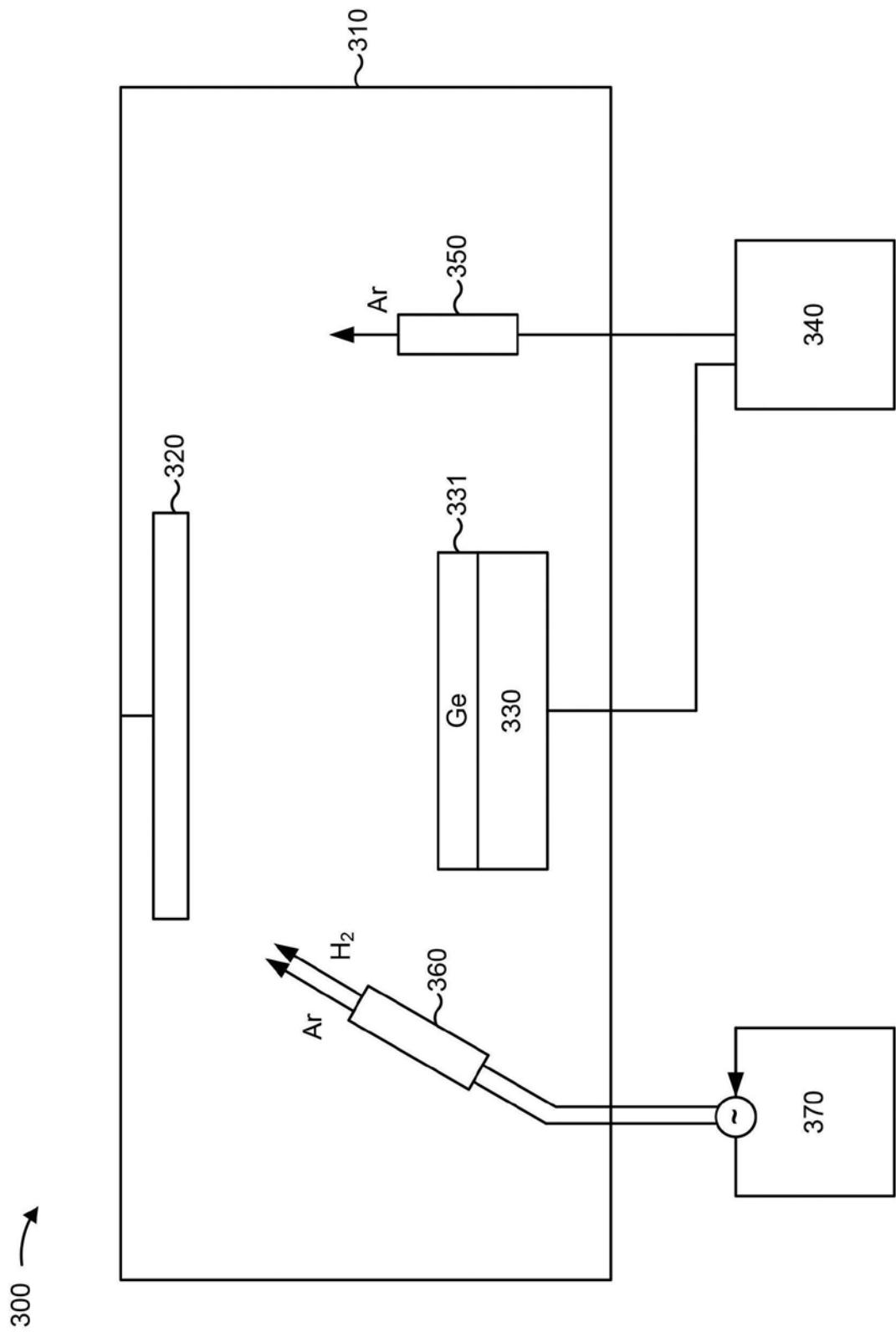


图3

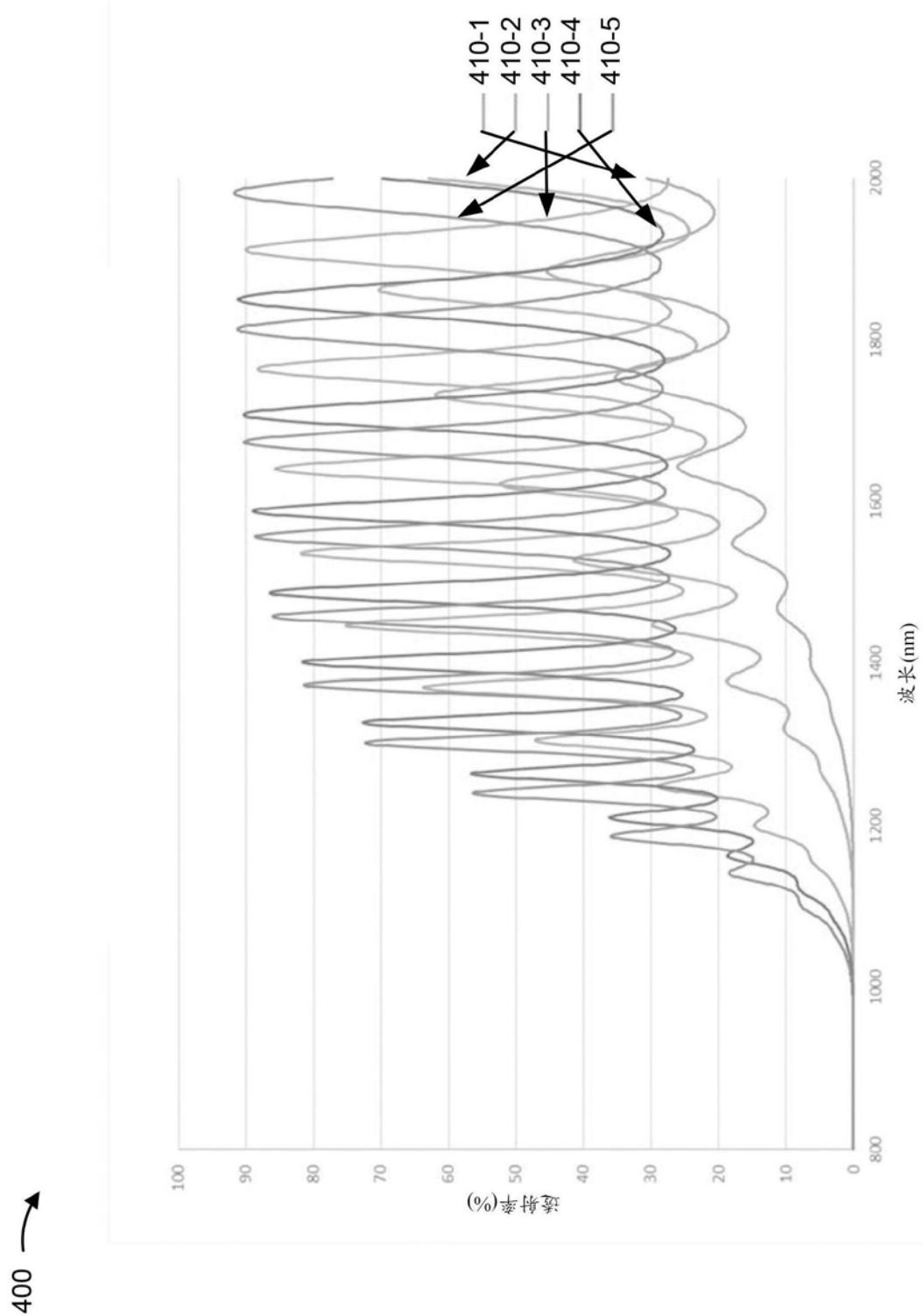


图4A

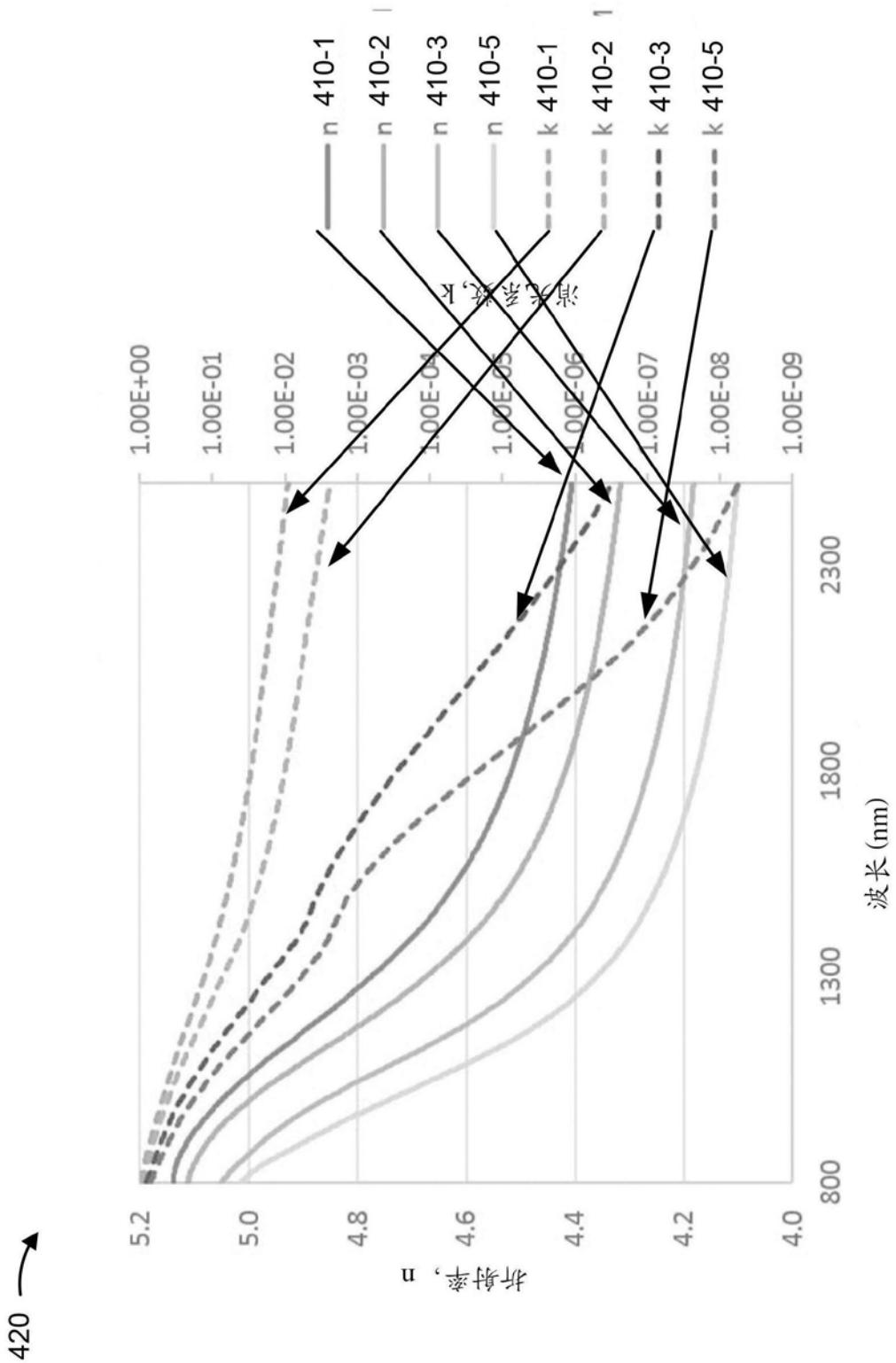


图4B

430 ↗

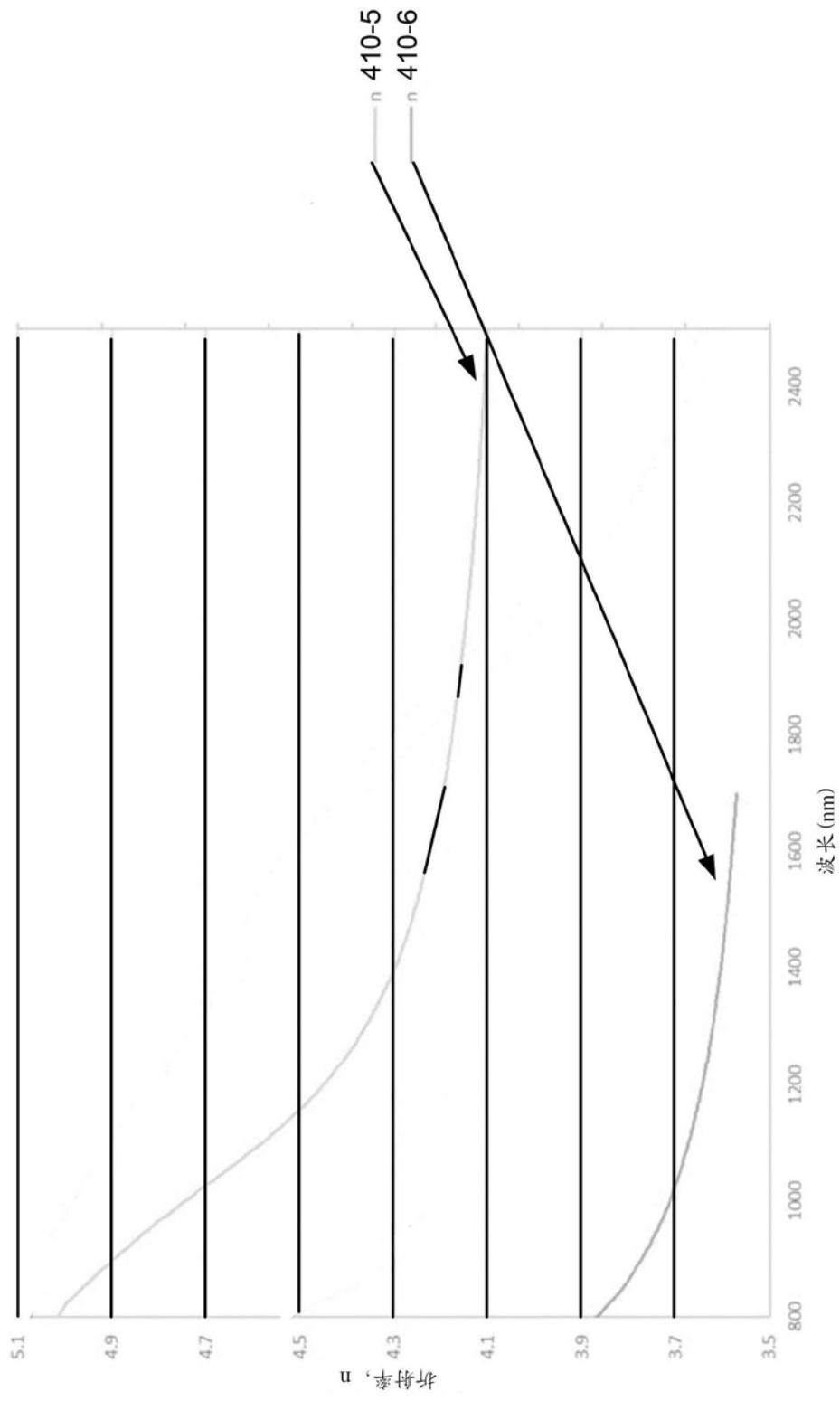


图4C

440 ↗

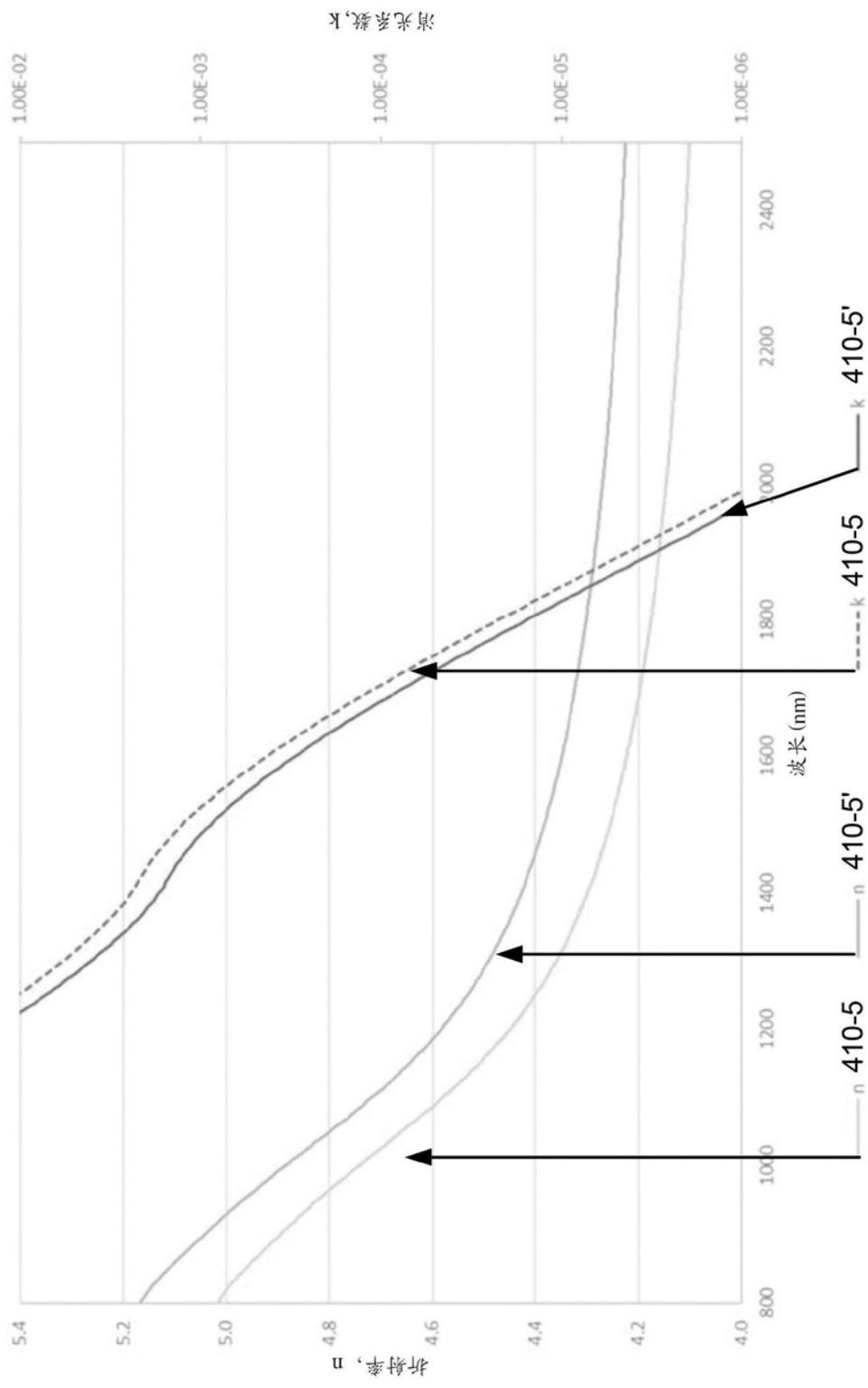


图4D

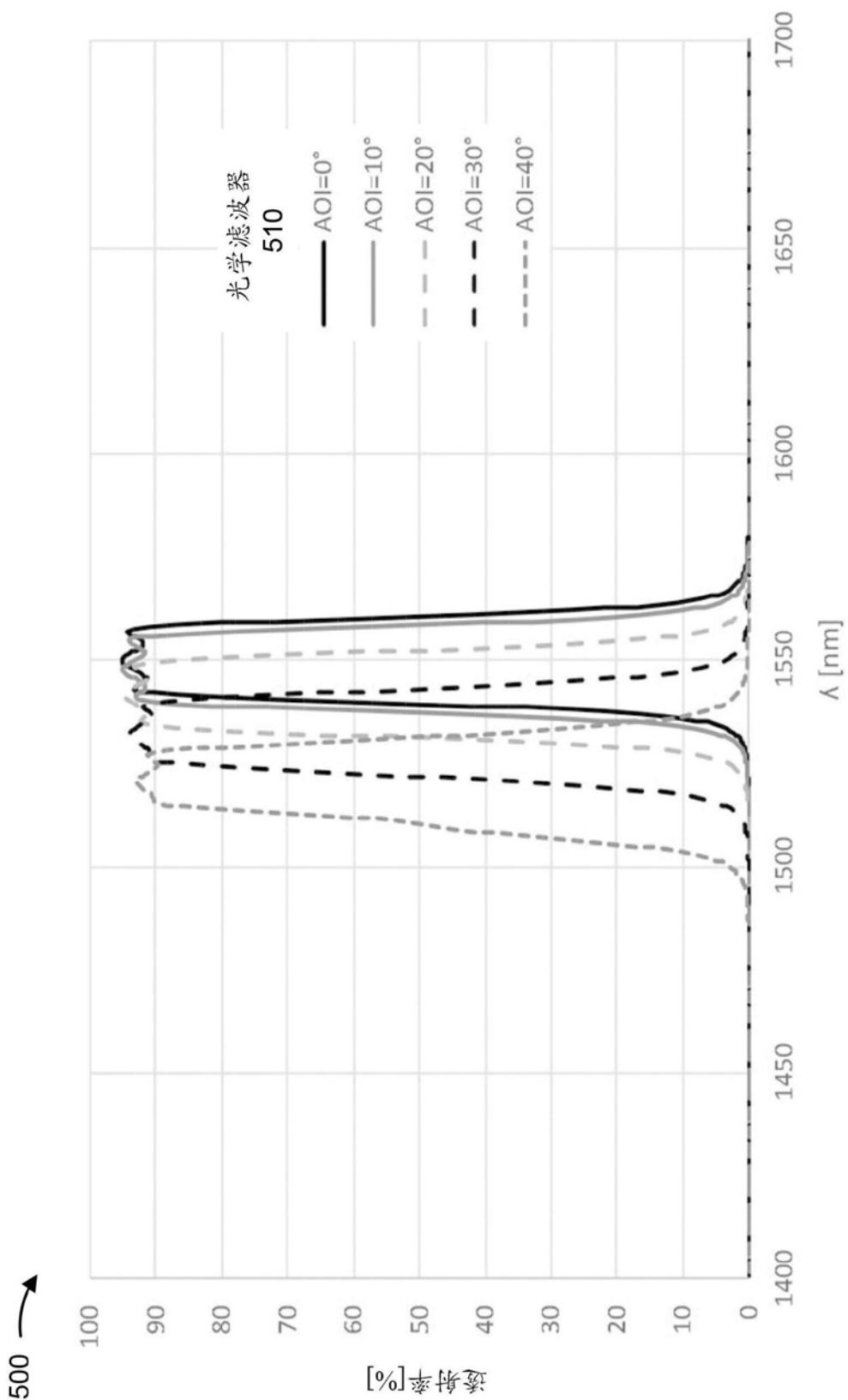


图5A

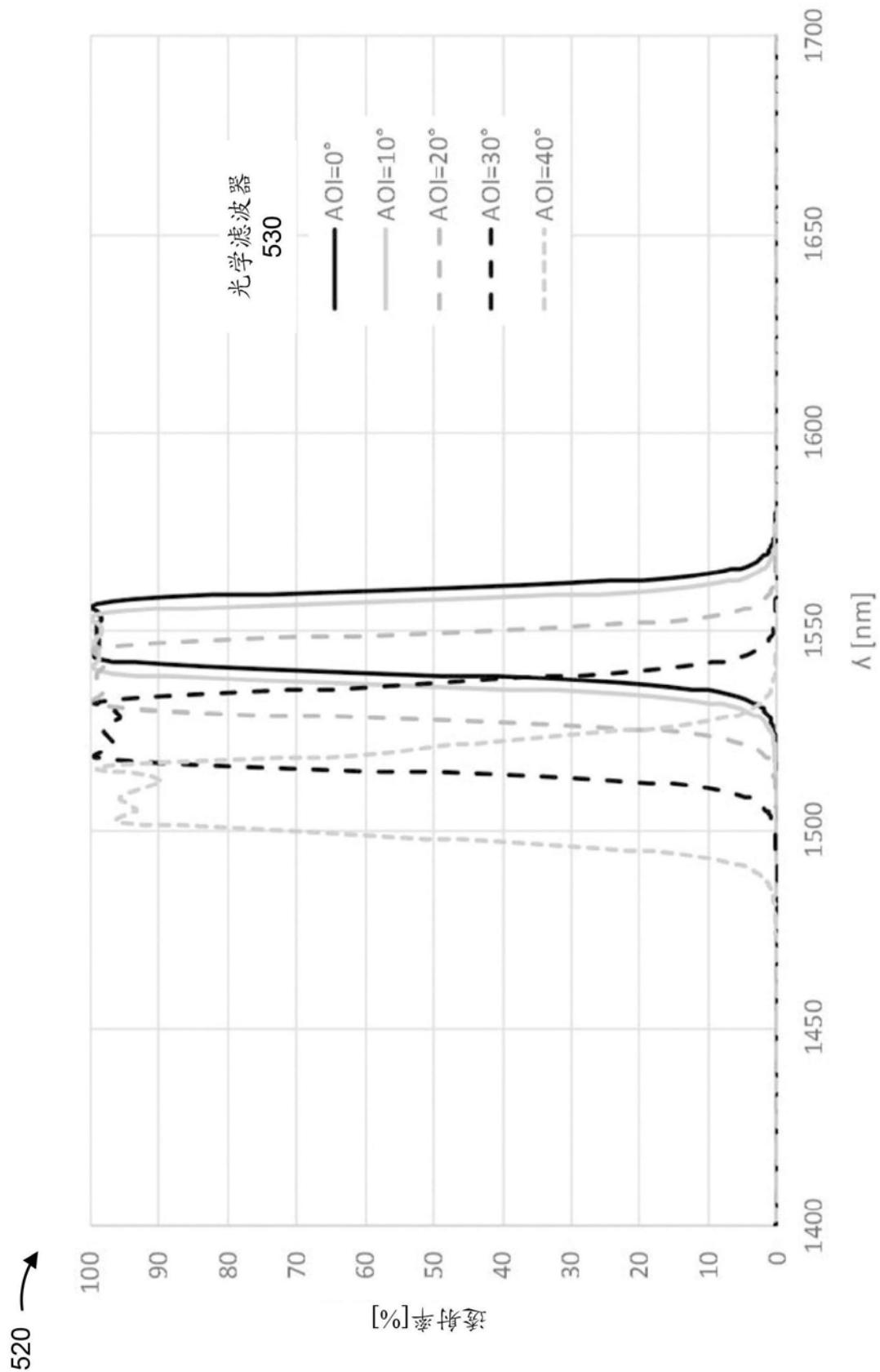


图5B

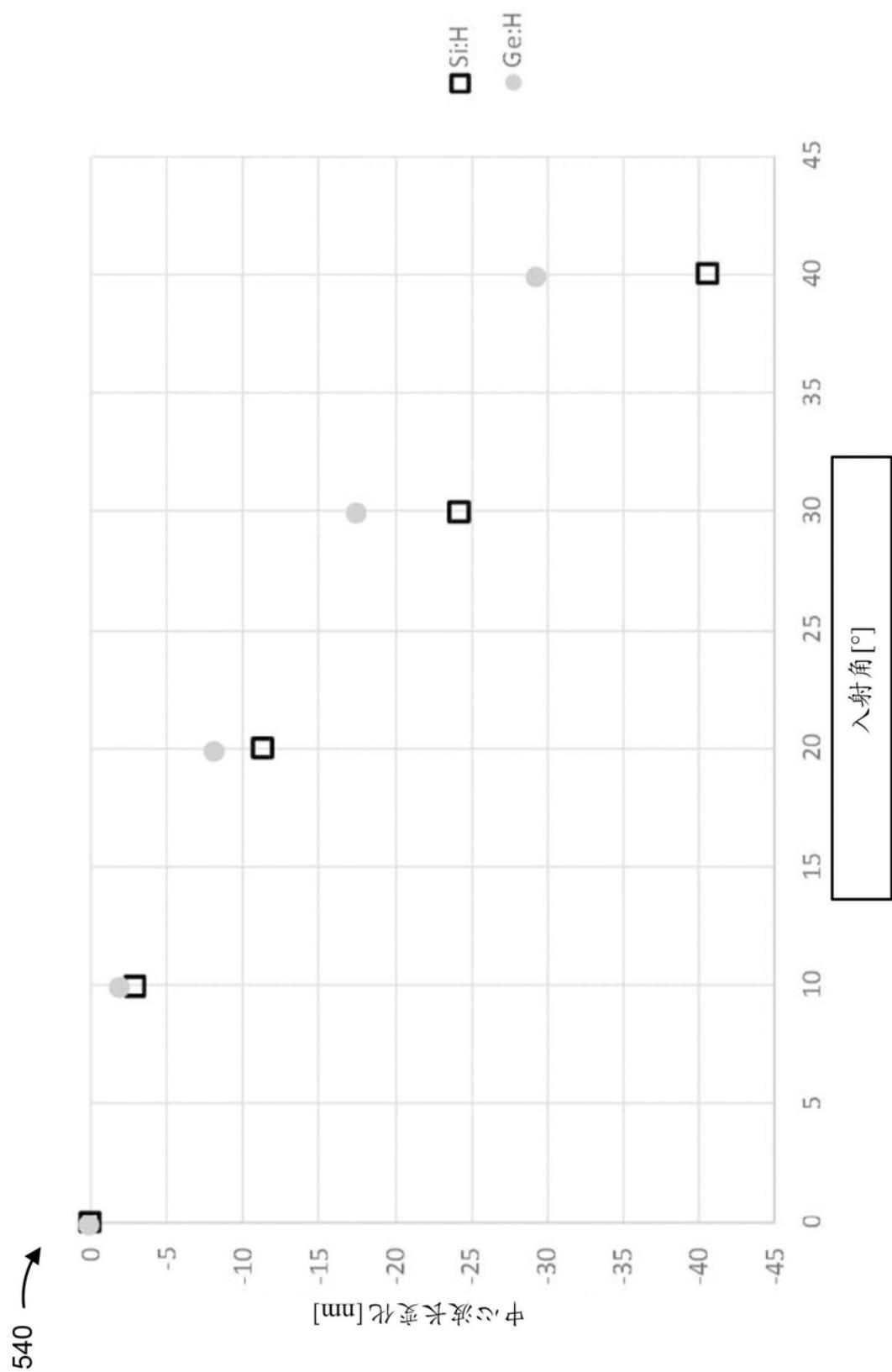


图5C