



(10) 授权公告号 CN 113031121 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 05

(21) 申请号 202010921499.5

(22) 申请日 2020.09.04

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113031121 A

(43) 申请公布日 2021.06.25

(30) 优先权数据

10-2019-0162865 2019.12.09 KR

(73) 专利权人 现代自动车株式会社

地址 韩国首尔

专利权人 起亚自动车株式会社

高丽大学教产学协力团

(72) 发明人 洪承赞 李一洲 李承祐 许智赫

(74) 专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司 11314

专利代理师 程伟 王锦阳

(51) Int.Cl.

G02B 1/115 (2015.01)

G02B 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101108944 A, 2008.01.23

CN 104975261 A, 2015.10.14

CN 106405690 A, 2017.02.15

CN 110208885 A, 2019.09.06

US 2010060979 A1, 2010.03.11

US 2017269263 A1, 2017.09.21

WO 2016052079 A1, 2016.04.07

CA 898020 A, 1972.04.18

CN 108089244 A, 2018.05.29

JP H04136901 A, 1992.05.11

WO 2011086511 A1, 2011.07.21

审查员 毛洁

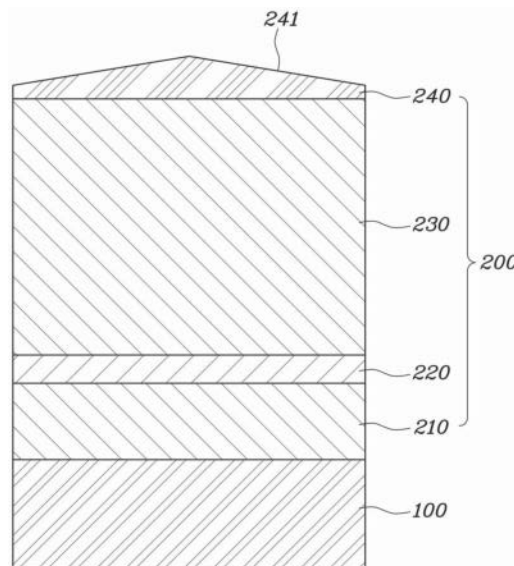
权利要求书2页 说明书9页 附图12页

(54) 发明名称

红外线的抗反射透镜

(57) 摘要

本发明涉及一种红外线的抗反射透镜。公开了一种红外线的抗反射透镜及其制造方法,该红外线的抗反射透镜消除了红外波段的波长,从而提高了抗反射效果。红外线的抗反射透镜可以是用在红外波段的抗反射透镜。抗反射透镜包括:透镜基体部和抗反射涂层部,所述透镜基体部包括基体折射材料,所述基体折射材料的折射率约为3.0或更高;所述抗反射涂层部形成于透镜基体部的前表面。



1. 一种用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其包括:
透镜基体部,其包括基体折射材料,所述基体折射材料的折射率为3.0或更高;以及
抗反射涂层部,其形成于所述透镜基体部的前表面;
其中,所述抗反射涂层部包括:
第一层,其应用于所述透镜基体部的表面并且包括第一折射材料,所述第一折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率;
第二层,其应用于所述第一层的表面并且包括第二折射材料,所述第二折射材料的折射率大于基体折射材料的折射率;
第三层,其应用于所述第二层的表面并且包括第三折射材料,所述第三折射材料的折射率与第一折射材料的折射率相对应;以及
第四层,其应用于所述第三层的表面并且包括第四折射材料,所述第四折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率且大于第三折射材料的折射率;
其中,所述第一折射材料和所述第三折射材料的折射率为1.3至1.7,所述第二折射材料的折射率为4.5至4.7,所述第四折射材料的折射率为2.2至2.5。
2. 根据权利要求1所述的用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其中,所述基体折射材料的折射率为4.0,所述第一折射材料的折射率和所述第三折射材料的折射率为1.3,所述第二折射材料的折射率为4.6,所述第四折射材料的折射率为2.3。
3. 根据权利要求1所述的用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其中,所述基体折射材料包括锗或硅,所述第一折射材料和所述第三折射材料包括选自 BaF_2 、 CaF_2 、 Al_2O_3 、 LiF 、 MgF_2 、 MgO 和 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的群组中的一种或更多种,所述第二折射材料包括金纳米颗粒,所述第四折射材料包括选自 ZnS 、 ZnSe 、 LiNbO_3 、 TiO_2 、 YVO_4 和 $\text{ZrO}_2\text{:Y}$ 的群组中的一种或更多种。
4. 根据权利要求3所述的用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其中,所述第二折射材料包括以立方体形式合成的金纳米颗粒,所述立方体一边的长度为50nm至100nm。
5. 根据权利要求1所述的用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其中,所述透镜基体部的厚度为3.5mm至4mm,所述第一层的厚度为0.405 μm 至0.495 μm ,所述第二层的厚度为0.144 μm 至0.176 μm ,所述第三层的厚度为1.35 μm 至1.65 μm ,所述第四层的厚度为0.198 μm 至0.242 μm 。
6. 根据权利要求5所述的用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其中,所述第一层的厚度为0.45 μm ,所述第二层的厚度为0.16 μm ,所述第三层的厚度为1.5 μm ,所述第四层的厚度为0.22 μm 。
7. 根据权利要求1所述的用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其中,所述第四层具有从中心点倾斜的前倾斜表面,使得截面面积越靠近前侧越小。
8. 根据权利要求1所述的用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其中,所述抗反射涂层部的第一层至第四层是利用溶胶-凝胶法、Langmuir-Blodgett法、对流自组装法和纳米压印法中的任意一种溶液法或两种以上的溶液法形成的。
9. 根据权利要求8所述的用在红外波段中的红外线的抗反射透镜,其中,所述抗反射涂层部的第一层和第三层是利用溶胶-凝胶法形成的,所述抗反射涂层部的第二层是利用Langmuir-Blodgett法和对流自组装法形成的,所述抗反射涂层部的第四层是利用纳米压印法形成的。

10. 一种生产抗反射透镜的方法,其包括:

设置透镜基体部,所述透镜基体部包括基体折射材料,所述基体折射材料的折射率为3.0或更高;

在透镜基体部的前表面形成抗反射涂层部;

其中,所述抗反射涂层部包括:

第一层,其应用于所述透镜基体部的表面并且包括第一折射材料,所述第一折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率;

第二层,其应用于所述第一层的表面并且包括第二折射材料,所述第二折射材料的折射率大于基体折射材料的折射率;

第三层,其应用于所述第二层的表面并且包括第三折射材料,所述第三折射材料的折射率与第一折射材料的折射率相对应;以及

第四层,其应用于所述第三层的表面并且包括第四折射材料,所述第四折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率且大于第三折射材料的折射率;

其中,所述第一折射材料和所述第三折射材料的折射率为1.3至1.7,所述第二折射材料的折射率为4.5至4.7,所述第四折射材料的折射率为2.2至2.5。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述抗反射涂层部的第一层至第四层是利用溶胶-凝胶法、Langmuir-Blodgett法、对流自组装法和纳米压印法中的任意一种溶液法或两种以上的溶液法形成的。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述抗反射涂层部的第一层和第三层是利用溶胶-凝胶法形成的,所述抗反射涂层部的第二层是利用Langmuir-Blodgett法和对流自组装法形成的,所述抗反射涂层部的第四层是利用纳米压印法形成的。

13. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述基体折射材料的折射率为4.0,所述第一折射材料的折射率和所述第三折射材料的折射率为1.3,所述第二折射材料的折射率为4.6,所述第四折射材料的折射率为2.3。

14. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述基体折射材料包括锗或硅,所述第一折射材料和所述第三折射材料包括选自 BaF_2 、 CaF_2 、 Al_2O_3 、 LiF 、 MgF_2 、 MgO 和 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的群组中的一种或更多种,所述第二折射材料包括金纳米颗粒,所述第四折射材料包括选自 ZnS 、 ZnSe 、 LiNbO_3 、 TiO_2 、 YVO_4 和 $\text{ZrO}_2\text{:Y}$ 的群组中的一种或更多种。

15. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述第二折射材料包括以立方体形式合成的金纳米颗粒,所述立方体一边的长度为50nm至100nm。

16. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述透镜基体部的厚度为3.5mm至4mm,所述第一层的厚度为0.405 μm 至0.495 μm ,所述第二层的厚度为0.144 μm 至0.176 μm ,所述第三层的厚度为1.35 μm 至1.65 μm ,所述第四层的厚度为0.198 μm 至0.242 μm 。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述第一层的厚度为0.45 μm ,所述第二层的厚度为0.16 μm ,所述第三层的厚度为1.5 μm ,所述第四层的厚度为0.22 μm 。

18. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述第四层具有从中心点倾斜的前倾斜表面,使得截面面积越靠近前侧越小。

红外线的抗反射透镜

技术领域

[0001] 本发明涉及一种红外线的抗反射透镜。具体地,涉及这样一种红外线的抗反射透镜,其可以消除红外波段的波长,从而提高抗反射效果。

背景技术

[0002] 抗反射涂层被用于提高诸如透镜和光学滤波器的各种光学元件的透射率。

[0003] 当光入射至空气中的具有高折射率的材料(玻璃、锗等,以下称为“介质”)时,有百分之几到百分之几十的光在空气与介质的界面处被反射。具体地,随着介质的折射率增加,反射的发生会随之增加。此外,反射和透射率根据入射至介质的光的波长和角度而变化。这种现象降低了使用具有高折射率的介质的光学元件的信噪比,并且导致像差(其中焦点根据入射波长和入射角度而改变),从而损害了光学设备的性能。因此,为了解决这些问题,大多数光学元件应用了称为抗反射涂层的技术。

[0004] 为此目的所应用的抗反射涂层的原理将参考附图进行描述。

[0005] 图1显示了现有技术的抗反射的示例性原理。例如,抗反射涂层的基本原理是使到达透镜然后在透镜上反射的波长发生相消干涉。在透镜1的前表面形成涂层2的情况下,如图1所示,当光L从外部入射至透镜1时,在涂层2的顶部和底部发生反射。反射光束R1和R2相对于入射光表现出 180° 的相位差。通常,从涂层2的顶部反射的光R1与穿过涂层后从涂层2的底部的边界表面反射的光R2彼此干涉。当涂层被设计为使得从涂层2的顶部反射的光R1的波长与从涂层2的底部的边界表面反射的光R2的波长之间具有半波长的相位差,从而从涂层2的顶部反射的光R1的波长与从涂层2的底部的边界表面反射的光R2的波长彼此相消干涉时,将导致反射光的消失。

[0006] 如上所述的通过应用抗反射涂层的原理来形成涂层的技术可以显著提高透镜的透射性能。然而,根据抗反射涂层的原理,涂层设计是针对一个波长进行的,因此在宽带光谱中的适用性受到限制。

[0007] 因此,目前大多数抗反射涂层中使用包括2至3层或更多层的多层结构,以克服该限制。例如,为了拓宽抗反射波长的范围,重复地形成具有高折射率的材料和具有低折射率的材料,以制造具有多层结构的抗反射涂层,或者将中间层替换为具有折射率梯度的梯度折射率薄膜(其折射率在厚度方向上连续变化),从而实现抗反射涂层。

[0008] 然而,常规的抗反射涂层技术具有这样的缺点,即抗反射性能根据入射波的入射角度而显著降低。此外,尽管近年来在基于纳米技术的蛾眼抗反射技术领域已经取得了技术进步,但是这些技术仍然不能实现完美的抗反射技术。

[0009] 同时,上述常规的抗反射涂层技术必然需要低折射率层和高折射率层中的至少一层,在对具有不同折射率的沉积层中的材料进行选择的方面存在限制。此外,由于在所有常规的抗反射涂层技术中都是基于真空沉积过程形成涂层,难以在较宽的波段在沉积过程中实现多层涂层或具有折射率逐渐变化的折射率梯度的抗反射涂层。

[0010] 同时,在单层的情况下,可以利用斜入射沉积法来实现在较宽的波长范围中都有

效的抗反射涂层。然而,即使在这种情况下,也存在这样的问题:必须在改变基底的角度的同时对涂层进行沉积,并且在过程中需要精确的厚度控制。

[0011] 被描述为背景技术的内容仅用于理解本发明的背景,而不应被视为与本领域技术人员已知的现有技术相对应。

发明内容

[0012] 在优选的方面,提供了一种红外线的抗反射透镜,即使当透镜相对较薄时,该红外线的抗反射透镜也可以基本或完全阻挡约 $8\mu\text{m}$ 至 $12\mu\text{m}$ 的较宽波段的以大角度入射的反射光,从而提高透镜的透射率。

[0013] 在一个方面,提供了一种红外线的抗反射透镜。例如,抗反射透镜可以包括:具有超常的超高折射率(4.5或更大)的涂层。基于锗(Ge)制造的光学透镜的基本或完全抗反射涂层可能需要具有超常的超高折射率的涂层,锗是用于检测远红外线(long-wavelength infrared, LWIR, 长波红外)的热成像光学系统中使用的代表性材料,并且是利用基于金纳米颗粒的超材料获得的。

[0014] 在一个方面,提供了一种红外线的抗反射透镜,其可以利用溶液法来生产。

[0015] 在一个方面,提供了一种抗反射透镜,其可以用在红外波段。

[0016] 在一个优选的方面,提供了一种抗反射透镜,其可以包括:透镜基体部和抗反射涂层部,所述透镜基体部包括基体折射材料,所述基体折射材料的折射率约为3.0或更高;所述抗反射涂层部形成于透镜基体部的前表面。

[0017] 抗反射涂层部可以优选地包括:i) 第一层,其应用于透镜基体部的表面并且包括第一折射材料,所述第一折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率;第二层,其应用于第一层的表面并且包括第二折射材料,所述第二折射材料的折射率大于基体折射材料的折射率;第三层,其应用于第二层的表面并且包括第三折射材料,所述第三折射材料的折射率与第一折射材料的折射率相对应;以及第四层,其应用于第三层的表面并且包括第四折射材料,所述第四折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率且大于第三折射材料的折射率。

[0018] 第一折射材料和第三折射材料的折射率可以分别约为1.3至1.7,第二折射材料的折射率可以约为4.5至4.7,第四折射材料的折射率可以约为2.2至2.5。

[0019] 具体地,基体折射材料的折射率可以约为4.0,第一折射材料的折射率和第三折射材料的折射率可以约为1.3,第二折射材料的折射率可以约为4.6,第四折射材料的折射率可以约为2.3。

[0020] 基体折射材料可以适当地包括锗(Ge)或硅(Si),第一折射材料和第三折射材料可以适当地包括选自 BaF_2 、 CaF_2 、 Al_2O_3 、 LiF 、 MgF_2 、 MgO 和 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的群组中的一种或更多种,第二折射材料(超材料)可以适当地包括金纳米颗粒,第四折射材料可以适当地包括选自 ZnS 、 ZnSe 、 LiNbO_3 、 TiO_2 、 YVO_4 和 $\text{ZrO}_2\text{:Y}$ (氧化钇稳定氧化锆)的群组中的一种或更多种。

[0021] 第二折射材料可以包括以立方体形式合成的金纳米颗粒,所述立方体一边的长度约为50nm至100nm。

[0022] 透镜基体部的厚度可以适当地约为3.5mm至4mm,第一层的厚度可以适当地约为 $0.405\mu\text{m}$ 至 $0.495\mu\text{m}$,第二层的厚度可以适当地约为 $0.144\mu\text{m}$ 至 $0.176\mu\text{m}$,第三层的厚度可以

适当地约为 $1.35\mu\text{m}$ 至 $1.65\mu\text{m}$,第四层的厚度可以适当地约为 $0.198\mu\text{m}$ 至 $0.242\mu\text{m}$ 。

[0023] 第一层的厚度可以适当地约为 $0.45\mu\text{m}$,第二层的厚度可以适当地约为 $0.16\mu\text{m}$,第三层的厚度可以适当地约为 $1.5\mu\text{m}$,第四层的厚度可以适当地约为 $0.22\mu\text{m}$ 。

[0024] 第四层可以具有从中心点倾斜的前倾斜表面,使得截面面积可以越靠近前侧越小。

[0025] 抗反射涂层部的第一层至第四层可以利用溶胶-凝胶法、Langmuir-Blodgett法、对流自组装法和纳米压印法中的任意一种溶液法或两种以上的溶液法形成。

[0026] 抗反射涂层部的第一层和第三层可以优选地利用溶胶-凝胶法形成,抗反射涂层部的第二层可以优选地利用Langmuir-Blodgett法和对流自组装法形成,抗反射涂层部的第四层可以适当地利用纳米压印法形成。

[0027] 在一个优选的方面,提供了一种生产如上所述的抗反射透镜的方法。该方法可以包括:设置透镜基体部,所述透镜基体部包括基体折射材料,所述基体折射材料的折射率约为3.0或更高;在透镜基体部的前表面形成抗反射涂层部。

[0028] 抗反射涂层部可以包括:第一层、第二层、第三层和第四层,所述第一层应用于透镜基体部的表面并且包括第一折射材料,所述第一折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率;所述第二层应用于第一层的表面并且包括第二折射材料,所述第二折射材料的折射率大于基体折射材料的折射率;所述第三层应用于第二层的表面并且包括第三折射材料,所述第三折射材料的折射率与第一折射材料的折射率相对应;所述第四层应用于第三层的表面并且包括第四折射材料,所述第四折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率且大于第三折射材料的折射率。

[0029] 抗反射涂层部的第一层至第四层可以适当地利用溶胶-凝胶法、Langmuir-Blodgett法、对流自组装法和纳米压印法中的任意一种溶液法或两种以上的溶液法形成。例如,抗反射涂层部的第一层和第三层可以利用溶胶-凝胶法形成,抗反射涂层部的第二层可以利用Langmuir-Blodgett法和对流自组装法形成,抗反射涂层部的第四层可以利用纳米压印法形成。

[0030] 第一折射材料和第三折射材料的折射率可以适当地约为1.3至1.7,第二折射材料的折射率可以适当地约为4.5至4.7,第四折射材料的折射率可以适当地约为2.2至2.5。例如,基体折射材料的折射率可以约为4.0,第一折射材料的折射率和第三折射材料的折射率可以约为1.3,第二折射材料的折射率可以约为4.6,第四折射材料的折射率可以约为2.3。

[0031] 基体折射材料可以适当地包括锗(Ge)或硅(Si),第一折射材料和第三折射材料可以适当地具有选自 BaF_2 、 CaF_2 、 Al_2O_3 、 LiF 、 MgF_2 、 MgO 和 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的群组中的一种或更多种,第二折射材料可以适当地具有金纳米颗粒,第四折射材料包括选自 ZnS 、 ZnSe 、 LiNbO_3 、 TiO_2 、 YVO_4 和 $\text{ZrO}_2\text{:Y}$ (氧化钇稳定氧化锆)的群组中的一种或更多种。具体地,第二折射材料可以包括以立方体形式合成的金纳米颗粒,所述立方体一边的长度约为50nm至100nm。

[0032] 优选地,透镜基体部的厚度可以适当地约为3.5mm至4mm,第一层的厚度可以适当地约为 $0.405\mu\text{m}$ 至 $0.495\mu\text{m}$,第二层的厚度可以适当地约为 $0.144\mu\text{m}$ 至 $0.176\mu\text{m}$,第三层的厚度可以适当地约为 $1.35\mu\text{m}$ 至 $1.65\mu\text{m}$,第四层的厚度可以适当地约为 $0.198\mu\text{m}$ 至 $0.242\mu\text{m}$ 。例如,第一层的厚度可以约为 $0.45\mu\text{m}$,第二层的厚度可以约为 $0.16\mu\text{m}$,第三层的厚度可以约为 $1.5\mu\text{m}$,第四层的厚度可以约为 $0.22\mu\text{m}$ 。

[0033] 优选地,第四层可以具有从中心点倾斜的前倾斜表面,使得截面面积越靠近前侧越小。

[0034] 根据本发明的各个方面,由于所有涂层法都可以作为溶液法进行,与传统的沉积法技术相比,可以提高方法的便利性。

[0035] 此外,由于可以利用包括金纳米颗粒的超材料而不是组合各种材料的方法来调节折射率,因此在实现与理想的抗反射设计相对应的折射率方面几乎没有限制。

[0036] 此外,与常规的抗反射涂层相比,可以在较宽的波段获得透镜的抗反射能力。

[0037] 下文公开了本发明的其他方面。

附图说明

[0038] 通过下文结合附图所呈现的详细描述将会更为清楚地理解本发明的以上和其它目的、特征以及优点,在这些附图中:

[0039] 图1显示了现有技术的抗反射原理;

[0040] 图2是显示了根据本发明示例性实施方案的示例性的红外线的抗反射透镜的截面图;

[0041] 图3A、图3B和图4是用于解释形成根据本发明示例性实施方案的红外线的抗反射透镜的第二层的第二折射材料的示意图;

[0042] 图5显示了通过将示例性立方体型金纳米颗粒的有效折射率的测量值与计算值进行比较而获得的结果;

[0043] 图6A和图6B显示了根据本发明示例性实施方案的示例性第四层的示例性结构的透射率;

[0044] 图7A至图7D显示了根据示例和比较例的透射率。

具体实施方式

[0045] 在本说明书中,应当理解,诸如“包括”或“具有”的术语旨在表示说明书中描述的特征、数量、步骤、操作、组件、部件或其组合,并且不排除存在或添加一个或更多个其他特征、数量、步骤、操作、组件、部件或其组合的可能性。此外,当诸如层、膜、区域或板的部分被称为在另一部分“上方”时,它不仅可以在另一部分的“正上方”,也可以是中间以外的其它部分。相反,当诸如层、膜、区域或板的部分被称为在另一部分“下方”时,它不仅可以在另一部分的“正下方”,也可以是中间以外的其它部分。

[0046] 除非另有说明,否则本文中使用的涉及成分、反应条件、聚合物组分和制剂的量的所有数量、值和/或表述应理解为在所有情况下都可以通过术语“约”修饰,因为这些数量本质上是近似值,除其他方面外,这些近似值反映了在获得此类值时遇到的各种测量不确定性。

[0047] 另外,除非特别声明或者从上下文显而易见的,本发明所使用的术语“约”被理解为在本领域的正常公差范围内,例如在平均2个标准偏差内。“约”可以理解为在指定值的10%、9%、8%、7%、6%、5%、4%、3%、2%、1%、0.5%、0.1%、0.05%或者0.01%之内。除非上下文另有清楚的说明,否则本文所提供的所有数值通过术语“约”进行修饰。

[0048] 另外,在本文公开了数值范围的情况下,该范围是连续的,并且除非另外指出,否

则包括该范围的最小值至最大值(包括最大值)的每个值。更进一步地,在该范围是指整数的情况下,除非另外指出,否则包括从最小值到最大值(包括最大值)的每个整数。

[0049] 下面将参考所附附图对本发明示例性实施方案进行具体描述。然而,本发明不限于以下公开的实施方案,而是将以各种不同的形式来实现,并且提供实施方案仅为了完成本发明的公开并且充分告知本发明范围的技术领域的技术人员。附图中,相同的附图标记指代相同的元件。

[0050] 图2是显示了根据本发明示例性实施方案的示例性的红外线的抗反射透镜的截面图。

[0051] 如图2所示,红外线的抗反射透镜可以用在红外波段中,并且可以包括透镜基体部100和抗反射涂层部200,所述透镜基体部100包括基体折射材料,所述基体折射材料具有约3.0或更高的高折射率;所述抗反射涂层部200形成于透镜基体部100的前表面。

[0052] 透镜基体部100可以使用具有约3.0或更高的高折射率的基体折射材料形成,所述基体折射材料通常用来制造用于检测远红外线(long-wavelength infrared, LWIR, 长波长红外)的热成像光学系统的透镜。例如,透镜基体部100可以适当地使用锗(Ge)或硅(Si)形成。优选地,透镜基体部100可以使用锗(Ge)形成,从而具有约4.0的折射率。

[0053] 透镜基体部100的厚度可以适当地约为3.5mm至约4mm。

[0054] 抗反射涂层部200可以在透镜基体部100的前表面形成成为多层,从而引起入射至透镜基体部100的光的反射波长的相消干涉,进而实现抗反射。

[0055] 抗反射涂层部200可以通过将具有不同折射率的材料和具有超常的超高折射率的超材料进行层叠而形成,以便完全防止波长范围约 $8\mu\text{m}$ 至 $12\mu\text{m}$ 的远红外线的光反射。

[0056] 例如,抗反射涂层部200可以包括第一层210、第二层220、第三层230和第四层240,所述第一层210应用于透镜基体部100的表面并且包括第一折射材料,所述第一折射材料的折射率小于透镜基体部100的基体折射材料的折射率;所述第二层220应用于第一层210的表面并且包括第二折射材料(或“超材料”),所述第二折射材料的折射率大于透镜基体部100的基体折射材料的折射率;所述第三层230应用于第二层220的表面并且包括第三折射材料,所述第三折射材料的折射率与第一层210的第一折射材料的折射率相对应;所述第四层240应用于第三层230的表面并且包括第四折射材料,所述第四折射材料的折射率小于基体折射材料的折射率且大于第三层230的第三折射材料的折射率。

[0057] 第一层210、第三层230和第四层240可以具有相对较低的折射率,并且包括具有较低折射率的材料(例如第一折射材料、第三折射材料、第四折射材料)。第二层220可以具有相对较高的折射率,并且包括包含金纳米颗粒的第二折射材料(超材料)。

[0058] 第一层210的第一折射材料和第三层230的第三折射材料可以具有约1.3至1.7的折射率。例如,第一折射材料和第三折射材料可以包括选自 BaF_2 、 CaF_2 、 Al_2O_3 、 LiF 、 MgF_2 、 MgO 和 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的群组中的一种或更多种,以形成第一层210和第三层230。因此,例如,第一层210和第三层230的任何一层可以包括 BaF_2 ,而另一层可以包括 CaF_2 。此外,第一层210和第三层230均可以使用相同的材料,即 BaF_2 形成。相应地,第一层210和第三层230均可以包括 BaF_2 ,从而形成具有约1.3的折射率的层。

[0059] 第一层210和第三层230包括 BaF_2 、 CaF_2 、 Al_2O_3 、 LiF 、 MgF_2 、 MgO 或 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的原因是,所提出的这些材料在红外范围吸收的光很少,并且所述材料是能够利用溶胶-凝胶法(该方

法为溶液法之一)简单地应用的氟化物材料。例如,聚合物(PDMS、PMMA等)是能够用于溶液法的通用材料,由于特定分子的键合,在红外范围的吸收可以非常强,该聚合物无法应用于形成第一层210和第三层230的材料。

[0060] 另外,第四层240可以包括第四折射材料,所述第四折射材料的折射率大于第一层210的第一折射材料和第三层230的第三折射材料的折射率。第四层240可以适当地包括折射率约为2.2至2.5的第四折射材料。例如,第四层240的第四折射材料可以包括选自ZnS、ZnSe、LiNbO₃、TiO₂、YVO₄和ZrO₂:Y(氧化钇稳定氧化锆)的群组中的一种或更多种。优选地,第四层240可以包括ZnS以形成折射率为2.3的层。

[0061] 第四层240包括ZnS、ZnSe、LiNbO₃、TiO₂、YVO₄或ZrO₂:Y(氧化钇稳定氧化锆)的原因是,在根据透镜基体部100的折射率设计抗反射涂层部200时,最外层所需的折射率约为2.3。可以利用纳米压印法(该方法为溶液法之一)形成第四层240。

[0062] 同时,第二层220可以包括第二折射材料,所述第二折射材料的折射率大于第一层210的第一折射材料、第三层230的第三折射材料和第四层240的第四折射材料的折射率。优选地,尽管第二层220具有相对较小的厚度,但是第二层220的第二折射材料的折射率可以大于透镜基体部100的基体折射材料的折射率。优选地,可以使用包括金纳米颗粒221的超材料形成第二层220,使得第二层220可以形成为具有约4.5至4.7的超常的超高折射率且几乎不吸收光的涂层。优选地,第二层220的第二折射材料的折射率为4.6。

[0063] 第二层220可以包括第二折射材料或超材料,所述超材料通过将以一边长度约为50nm至100nm的立方体形式合成的金纳米颗粒221进行平面组装而获得。

[0064] 本文所使用的术语“超材料”是指通过人为地且周期性地排列超原子而获得的材料,超材料使用制造为尺寸小于光波长以实现自然界不存在的特征的金属或介电材料进行设计。超材料可以形成为具有波长的1/10至1/5的尺寸。

[0065] 由于第二层220的折射率必须具有约4.6的高折射率值,这是无法使用天然材料获得的,因此可以使用超材料形成第二层220。

[0066] 形成第二层220的方法将参考附图进行描述。

[0067] 图3A显示了在天然材料中发生极化的现象,图3B显示了在示例性超材料中发生极化的现象,图4显示了这样的现象:其中超材料通过Langmuir-Blodgett和/或对流自组装而进行平面组装。

[0068] 基于以下的介电常数方程,形成第二层220的超材料的结构可以尽可能大地增加介电常数值。

[0069] $\epsilon = 1 + P / (\epsilon_0 \times E) \cdots$ [介电常数方程]

[0070] (ϵ :介电常数、P:极化强度、 ϵ_0 :真空介电常数、E:电场)

[0071] 介电常数(ϵ)是指当电场施加到预定材料时极化强度的物理量。在天然材料中,极化程度由构成实际材料的原子或分子确定。然而,在本发明中,引入了超材料的概念以将金纳米颗粒用作人造原子(超原子),从而可以使极化超常地最大化,从而极大地提高介电常数。

[0072] 如图3A所示,对于自然界中存在的天然材料的介电常数,当施加电场时,构成材料的原子或分子中存在的电子沿与电场相反的方向移动,从而引起极化。介电常数是在施加电场时,材料中的构成材料的原子或分子的极化程度的指示。

[0073] 然而,在超材料的情况下,如图3B所示,当构成超材料的超原子是金纳米颗粒221时,金纳米颗粒221彼此相对的表面用作电容器,这导致极化比普通原子或分子的极化强得多。

[0074] 第二层220利用超材料引起强极化的原理进行设计。折射率是介电常数和磁导率的乘积的平方根值。由于磁导率的影响不是很大,所以结果是,用这种结构设计的超材料的折射率具有自然界无法获得的非常高的折射率值。

[0075] 可以通过以立方体形式合成金纳米颗粒221然后组装金纳米颗粒221来制造超材料。

[0076] 在以立方体形式合成金纳米颗粒221的方法中,可以首先合成非常均匀的金纳米棒,然后可以利用金离子蚀刻金纳米棒,从而获得球形单晶金纳米种子。种子可以用于生长具有尖端的多面体(凹菱形十二面体)金纳米颗粒,并利用金离子进行进一步蚀刻。可以重复地进行生长和蚀刻过程以获得非常均匀的球形种子,并基于种子生长立方体(正六面体)形颗粒,从而合成非常均匀的立方体形金纳米颗粒221。

[0077] 金纳米颗粒221可以合成为使得一边的长度具有约50nm至100nm的尺寸。

[0078] 另外,在制备了以立方体(其一边长度约为50nm至100nm)的形式合成的金纳米颗粒221之后,可以将金纳米颗粒221进行平面组装。

[0079] 例如,可以通过利用水-油界面组装法进行组装来制造包括金纳米颗粒221的超材料层。

[0080] 制备的金纳米颗粒221可以分散在水溶液中。另外,可以将己烷添加至喷洒有金纳米颗粒221的金纳米颗粒水溶液中,从而形成水-油层。在这种情况下,当将乙醇注入到分散有金纳米颗粒221的水溶液层中时,金纳米颗粒221的表面电荷可能变弱并且变得不稳定。为此,金纳米颗粒221可以位于具有相对较高能量的水-己烷界面处,从而变得热力学稳定。当以预定浓度注入乙醇时,水溶液层中的所有金纳米颗粒221可以位于水-己烷界面处,并且金纳米颗粒的数量可以增加,从而非常密集地组装(Langmuir-Blodgett和/或对流组装)金纳米颗粒。另外,可以将密集组装的金纳米颗粒221移动到透镜基体部100上,从而制造超材料层。

[0081] 利用上述方法制造的超材料层可以通过以下方法获得,利用图4所示的Langmuir-Blodgett法将立方体形式的金纳米颗粒221进行组装,从而形成平面层。组装的超材料层可以在金纳米颗粒221之间限制更多的光(电磁波),从而显著提高折射率。

[0082] 同时,可以根据金纳米颗粒221的空间占比而自由地调节超材料层的折射率。例如,可以调节分散在金纳米颗粒分散液中的金纳米颗粒221的浓度,从而实现约1.5至5.0范围内的折射率。在本实施方案中,可以将金纳米颗粒221的浓度调节为与包括锗(Ge)的透镜基体部100的折射率相对应,从而形成具有约4.6的折射率的第二层。

[0083] 图5显示了通过将立方体型金纳米颗粒的有效折射率的测量值和计算值进行比较而获得的结果。根据图5,当立方体型金纳米颗粒密集地聚集时,通过计算超材料的有效折射率获得的值可以在 $8\mu\text{m}$ 至 $12\mu\text{m}$ 的波段内,并且可以利用分光椭圆偏振法对折射率进行实际测量。如图5所示,当立方型金纳米颗粒密集地聚集且利用分光椭圆偏振法实际测量的测量值平均约为4.6时,通过计算超材料的有效折射率获得的计算值在约 $8\mu\text{m}$ 至 $12\mu\text{m}$ 的波段内。

[0084] 因此,当使用上述超材料形成第二层时,可以形成具有约4.6的折射率的层。

[0085] 同时,与形成为平面的第一层210、第二层220和第三层230不同,第四层240优选地可以具有从中心点倾斜的前倾斜表面241,使得截面面积越靠近前侧越小(图2的向上方向)。因此,第四层240可以以周期性布置的结构的形式而获得,在该结构中第四层240的宽度随着远离第三层230而变窄。

[0086] 第四层240的宽度随着远离第三层230而变窄的原因是:在第四层240(其形成最外层)为平面的情况下,当入射角较大时,透射率会下降,由此仅在较窄的波段中可以实现抗反射效果。

[0087] 图6A和图6B显示了根据第四层的结构的透射率。图6A显示了根据本发明示例性实施方案的当在第四层上形成倾斜表面时的透射率。图6B是显示了当第四层形成为平面时的透射率的示意图。

[0088] 如图6A所示,当第四层的表面(其为抗反射涂层部的最外表面)形成为倾斜表面时,即使在入射角不同的情况下,有效折射率也可以相对均匀地增加。

[0089] 相反,如图6B所示,当第四层的表面(其为抗反射涂层部的最外表面)为平面时,透射率趋向于随着入射角度增加而下降。这样,仅在较窄的波段中可以获得抗反射效果。

[0090] 如上所述的透射率取决于第四层的表面形状的原因如下。根据本实施方案的示例性实施方案,当在第四层的表面形成倾斜表面时,有效折射率可以随着入射角度的增加而增加,但是当第四层的表面为平面时,则无法获得有效折射率随着入射角度的增加而增加的效果。

[0091] 抗反射涂层部的厚度可以约为 $2.097\mu\text{m}$ 至 $2.563\mu\text{m}$,或者具体地约为 $2.33\mu\text{m}$ 。

[0092] 优选地,第一层的厚度可以约为 $0.405\mu\text{m}$ 至 $0.495\mu\text{m}$,第二层的厚度可以约为 $0.144\mu\text{m}$ 至 $0.176\mu\text{m}$,第三层的厚度可以约为 $1.35\mu\text{m}$ 至 $1.65\mu\text{m}$,第四层的厚度可以约为 $0.198\mu\text{m}$ 至 $0.242\mu\text{m}$ 。具体地,第一层的厚度可以约为 $0.45\mu\text{m}$,第二层的厚度可以约为 $0.16\mu\text{m}$,第三层的厚度可以约为 $1.5\mu\text{m}$,第四层的厚度可以约为 $0.22\mu\text{m}$ 。

[0093] 根据本实施方案的各种示例性实施方案,仅当通过以所提出的顺序将上述第一层至第四层进行层叠来形成抗反射涂层部时,才能够得到期望的抗反射效果。通过实验来确定该效果,结果如图7A至图7D所示。

[0094] 图7A至图7D是显示了根据示例和比较例的透射率的示意图。

[0095] 图7A显示了根据本发明的示例制造的抗反射涂层部的透射率,图7B显示了应用了常规的普通QAR(quarter-wave antireflection,四分之一波长抗反射)涂层的涂层(比较例1)的透射率,图7C显示了在本示例中仅形成第一至第三层而没有第四层的抗反射涂层部(比较例2)的透射率,图7D显示了在本示例中具有改变第二层和第四层的顺序的结构的抗反射涂层部(比较例3)的透射率。

[0096] 如图7A所示,即使改变入射角度,根据本发明的示例制造的抗反射涂层部也能在较宽的波段中确保抗反射效果。

[0097] 相反,如图7B所示,比较例1仅在特定的波段中显示出高透射率,这表明仅在较窄的波段中实现了抗反射效果。

[0098] 另外,如图7C所示,在比较例2中,与图7A(示例)相比,抗反射效果在较宽的波段中总体下降。

[0099] 此外,如图7D所示,在比较例3中,与图7A(示例)相比,抗反射效果在较宽的波段中总体显著下降。

[0100] 因此,通过保持形成本发明所提出的抗反射涂层部的第一至第四层的层叠顺序和数量,可以在较宽的波段中实现抗反射效果。

[0101] 形成抗反射涂层部200的第一层210至第四层240可以一个接一个地依次层叠,但是本发明不限于此。为了提高抗反射效率,可以在第四层240固定地布置在最前部的状态下,通过在透镜基体部100和第四层240之间层叠来重复地形成第一层210至第三层230。

[0102] 例如,第一层210、第二层220、第三层230、第一层210、第二层220和第三层230可以依次层叠在作为基础的透镜基体部100的表面上,第四层240可以形成在最外部的第三层230的表面上。当然,第一层210、第二层220和第三层230的组合可以重复地层叠两次或更多次。

[0103] 尽管已经参考附图和上述示例性实施方案描述了本发明,但是本发明不限于此,而是由所附权利要求限定。相应地,本领域的一个普通技术人员可以在不脱离所附权利要求的技术精神的情况下对本发明进行各种变换和更改。

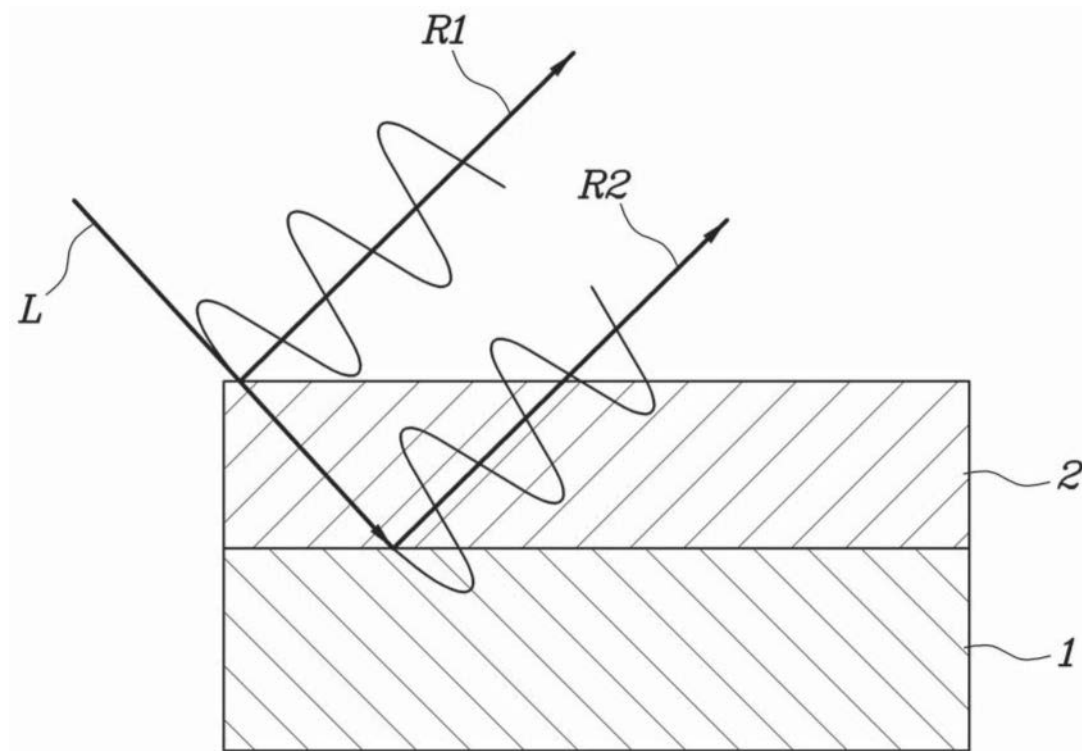


图1

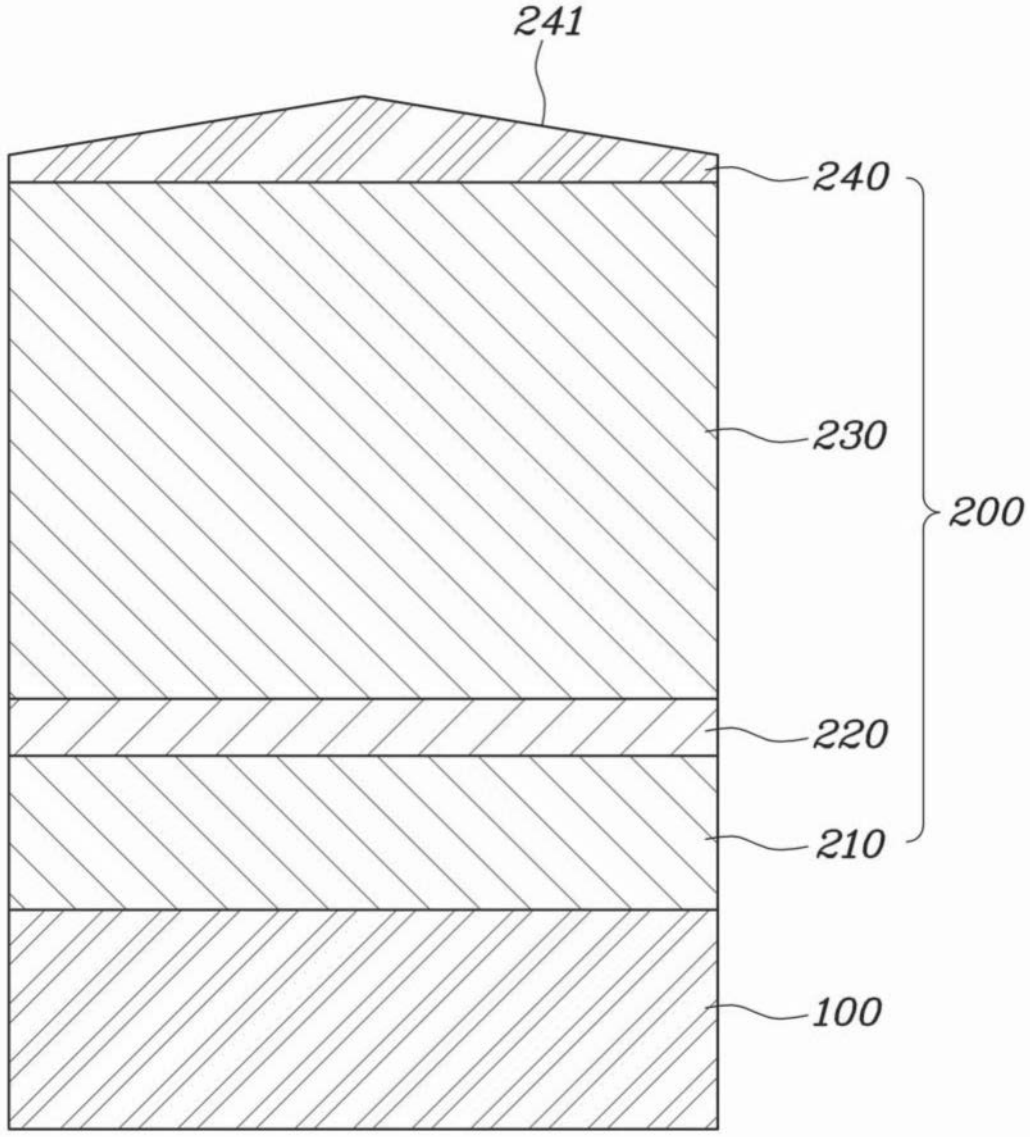


图2

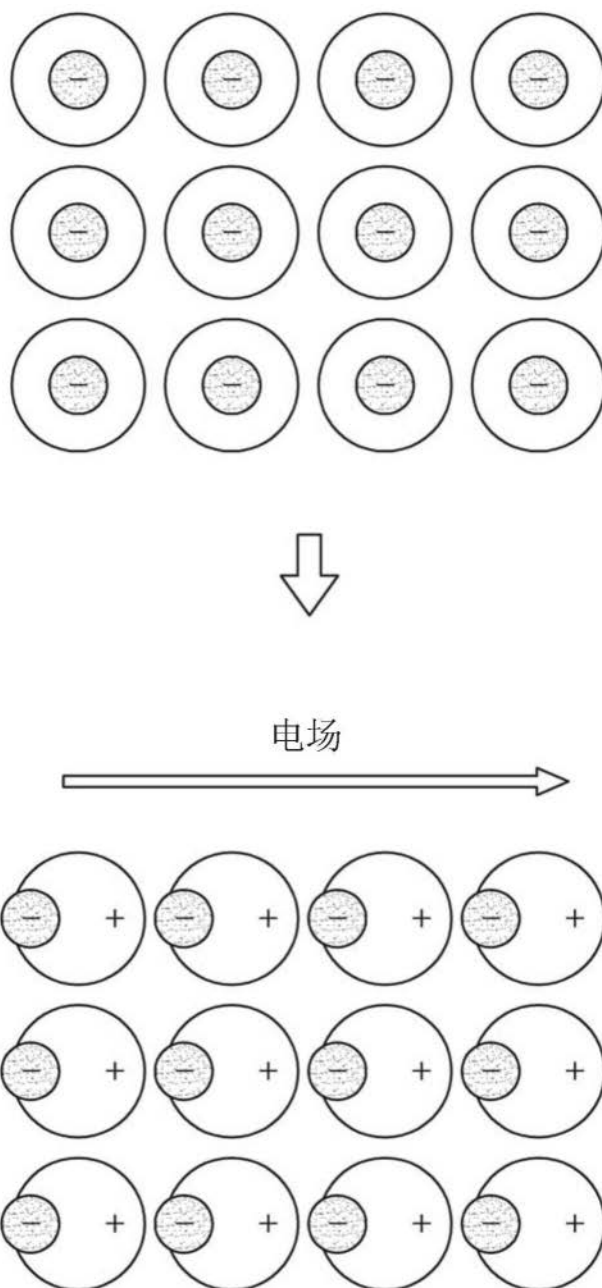


图3A

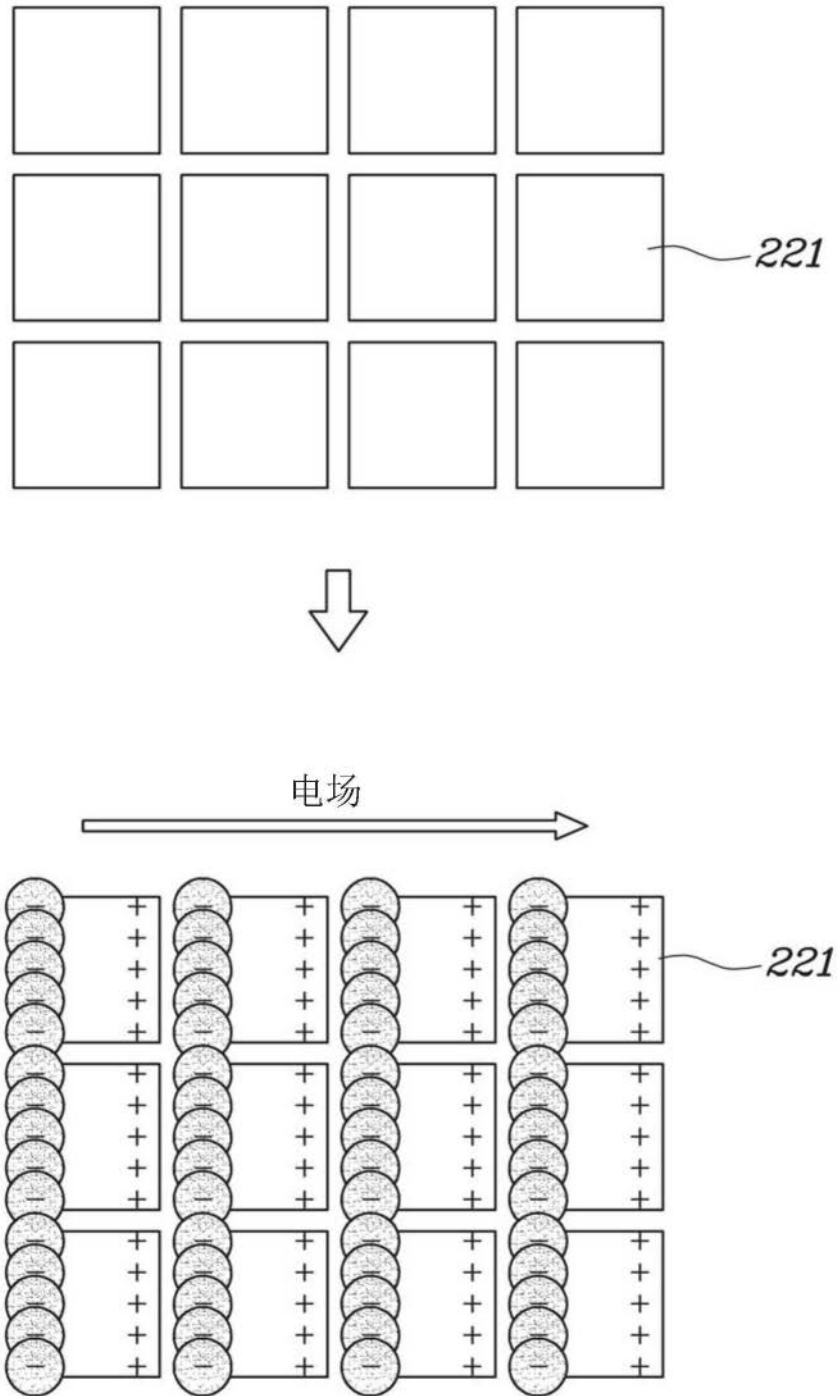


图3B

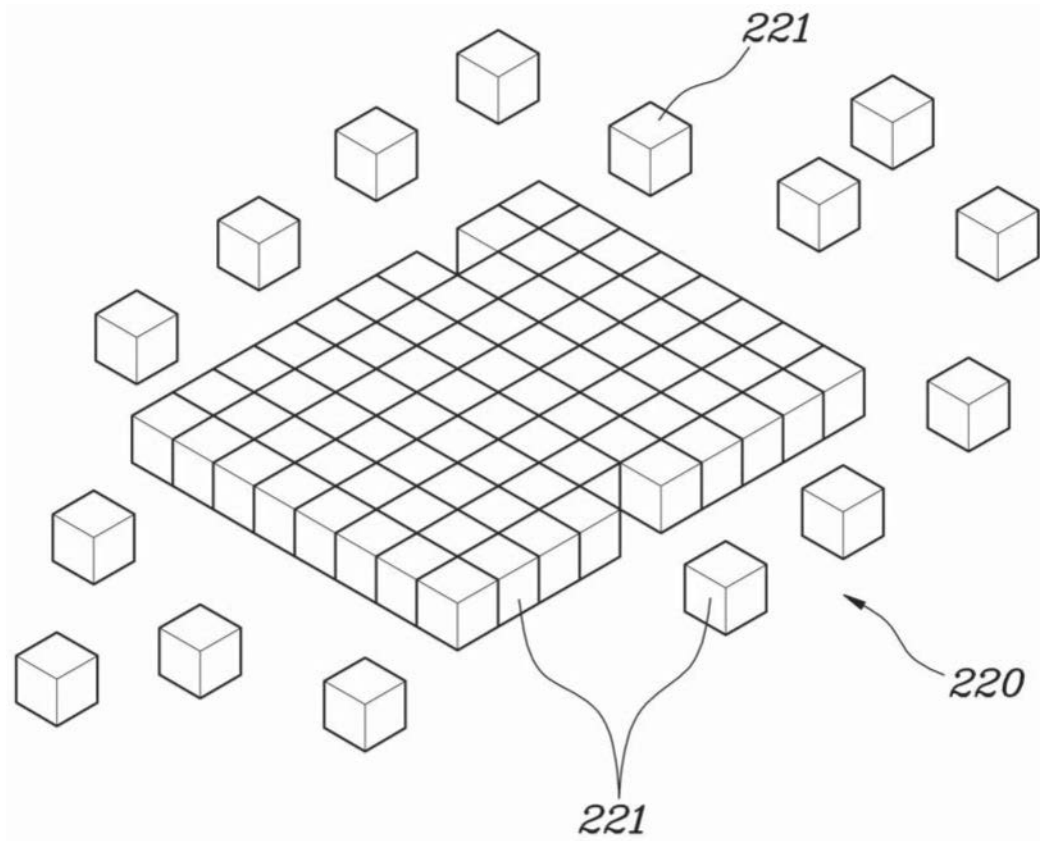


图4

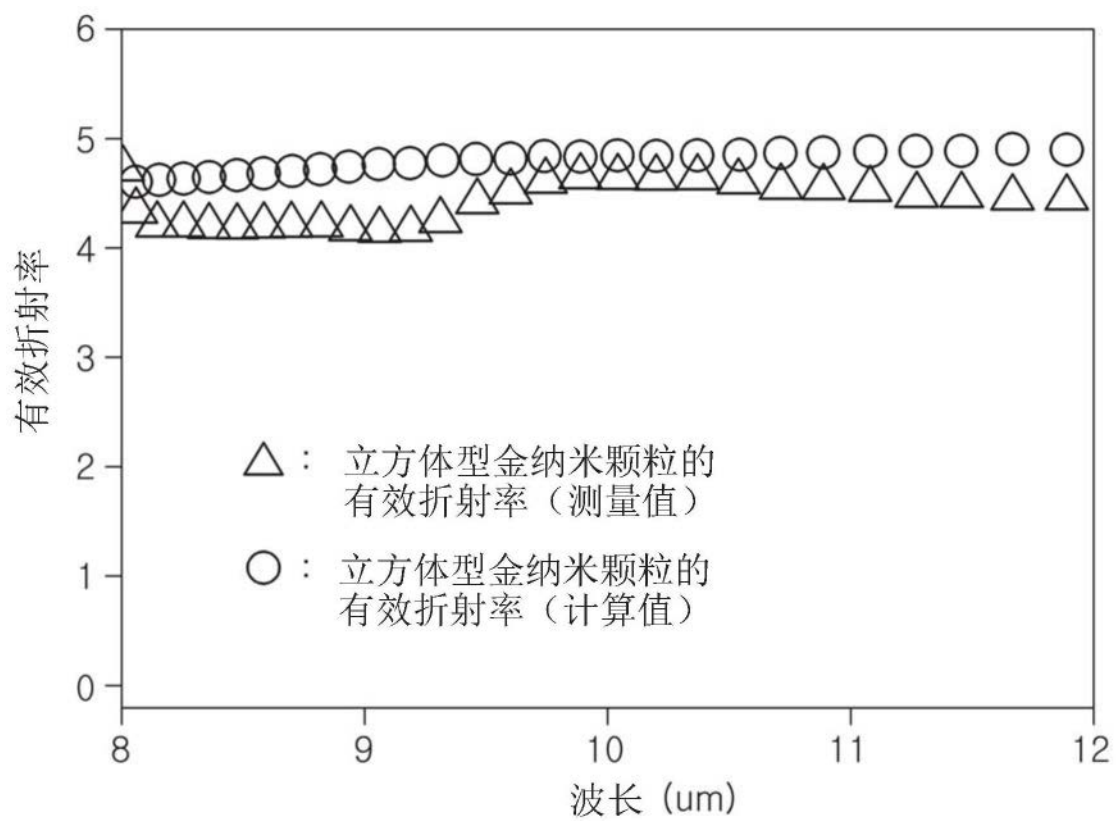


图5

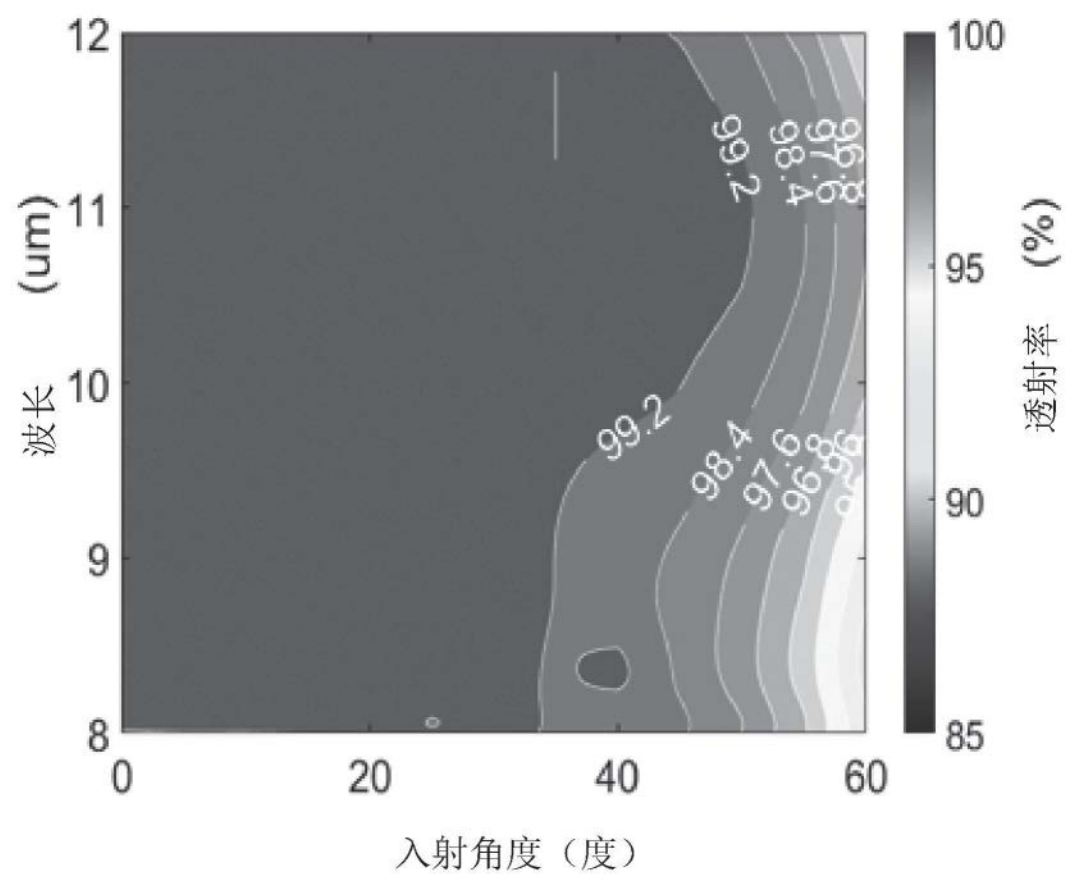


图6A

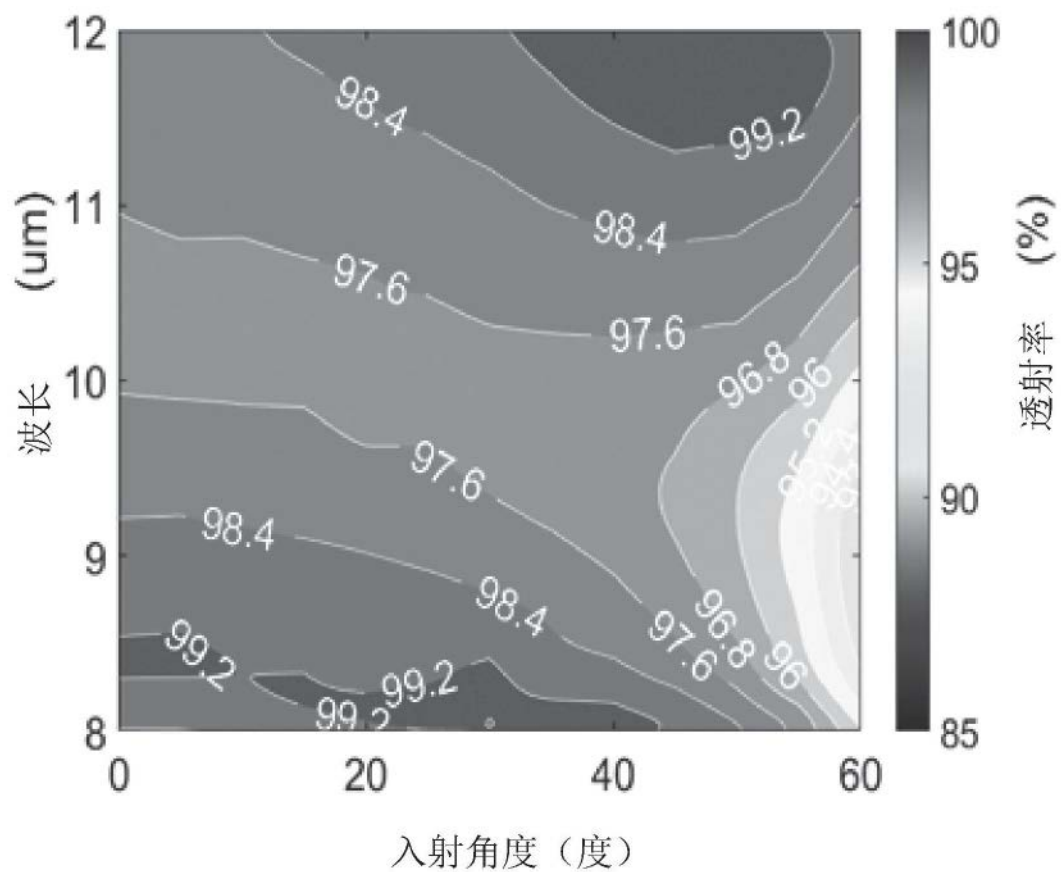


图6B

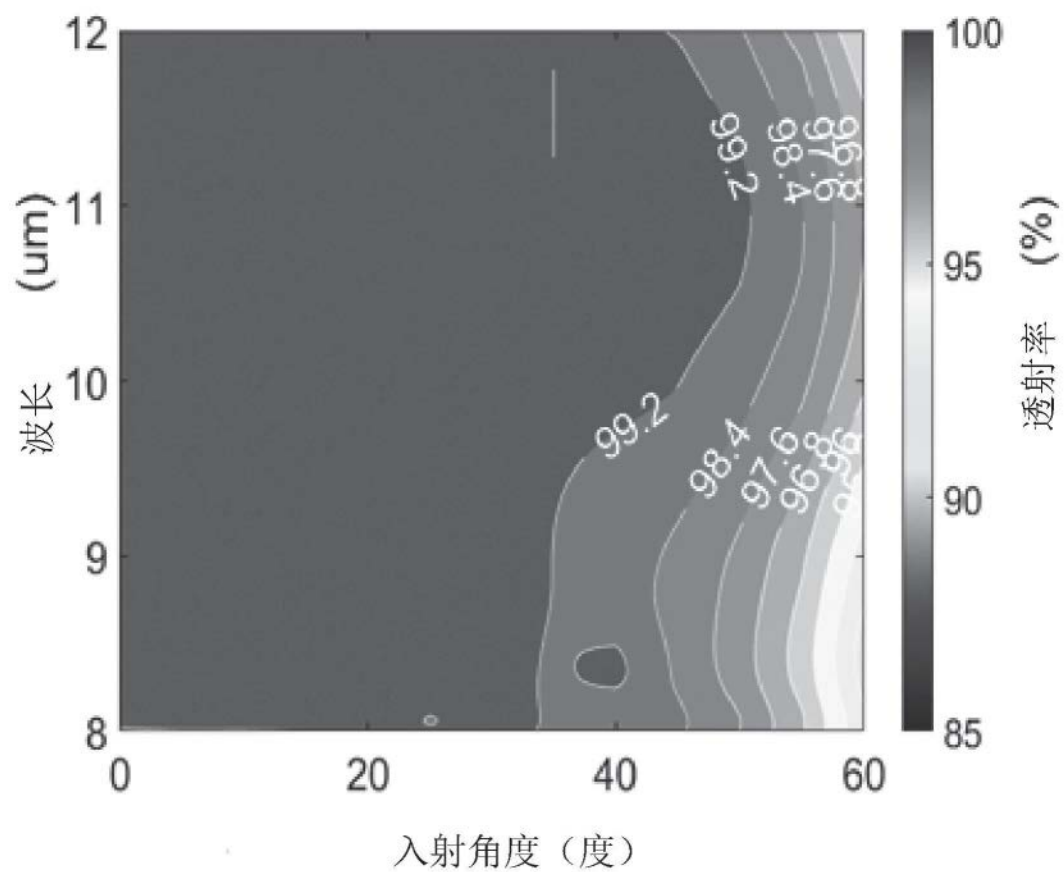


图7A

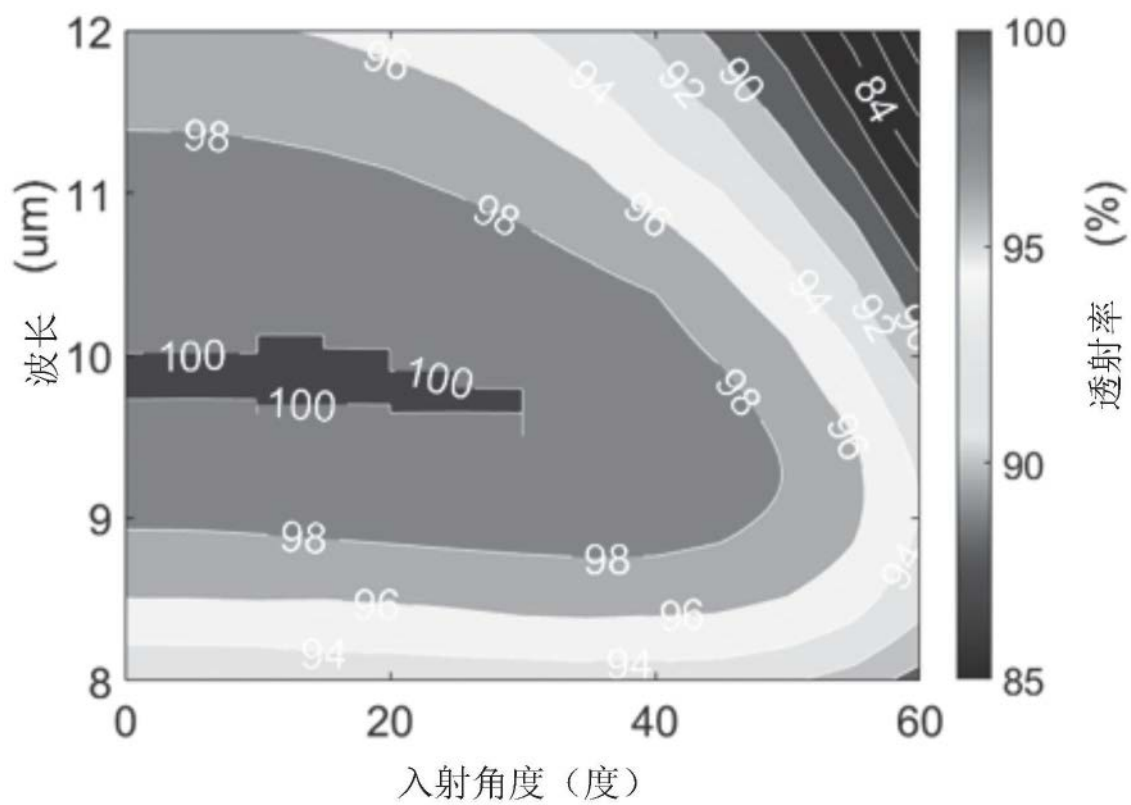


图7B

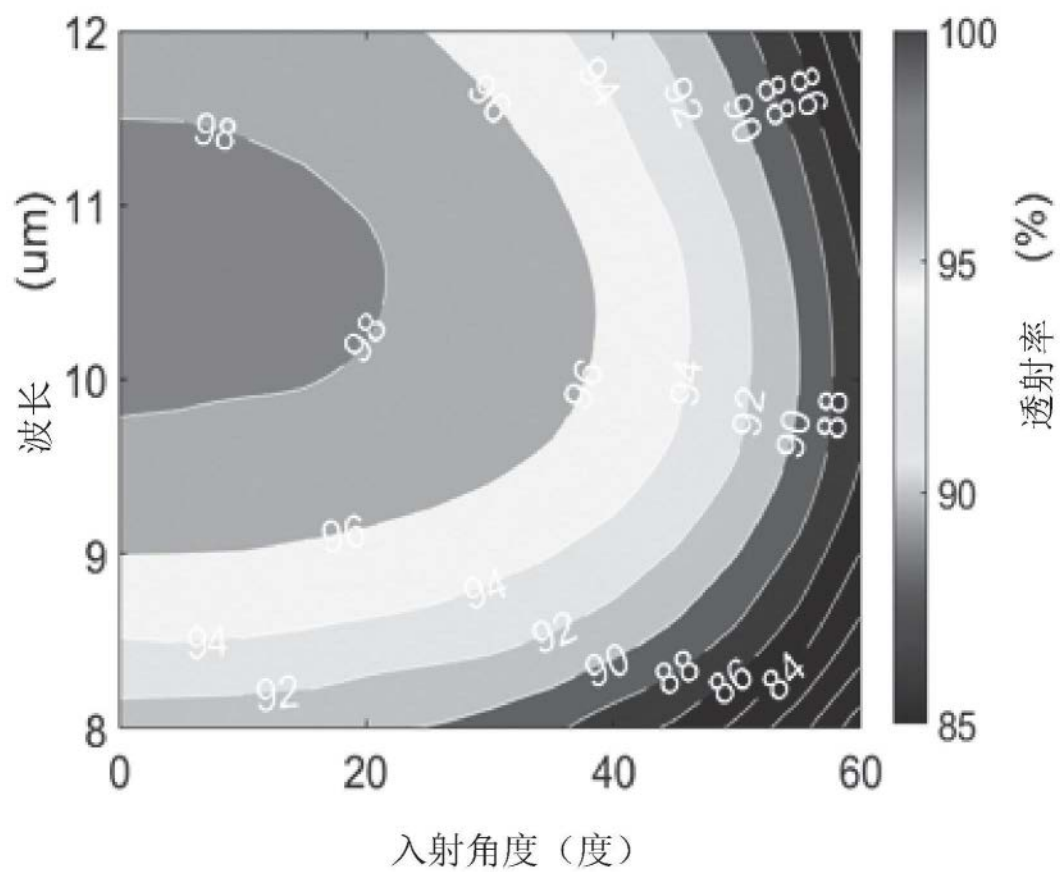


图7C

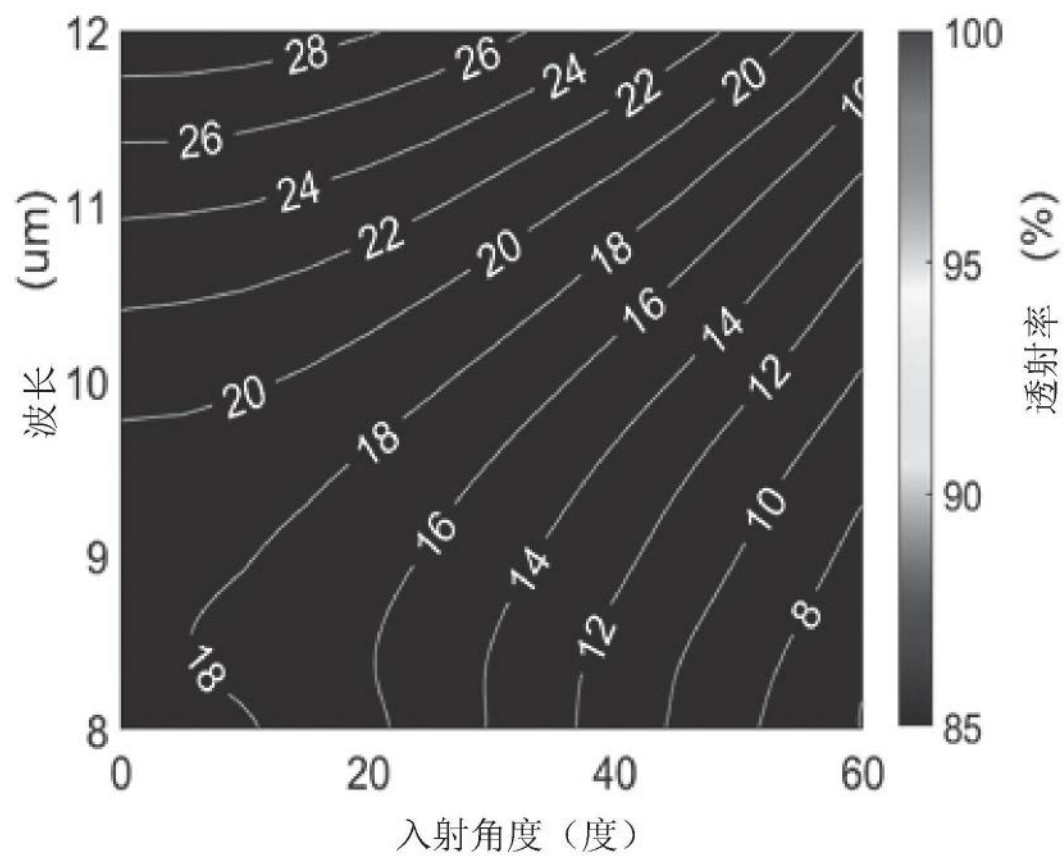


图7D