



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111316146 B

(45) 授权公告日 2022.06.03

(21) 申请号 201880072331.2

(22) 申请日 2018.09.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111316146 A

(43) 申请公布日 2020.06.19

(30) 优先权数据
62/570,428 2017.10.10 US
62/577,474 2017.10.26 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.05.08

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2018/057569 2018.09.28

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/073329 EN 2019.04.18

(73) 专利权人 3M创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 罗伯特·M·詹宁斯
格雷格·A·安布尔 乔·A·埃特
本杰明·G·桑内克 真智省

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112

专利代理师 顾红霞 张芸

(51) Int.Cl.
G02B 5/30 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102906605 A, 2013.01.30
CN 106062597 A, 2016.10.26
CN 103389536 A, 2013.11.13

审查员 王硕

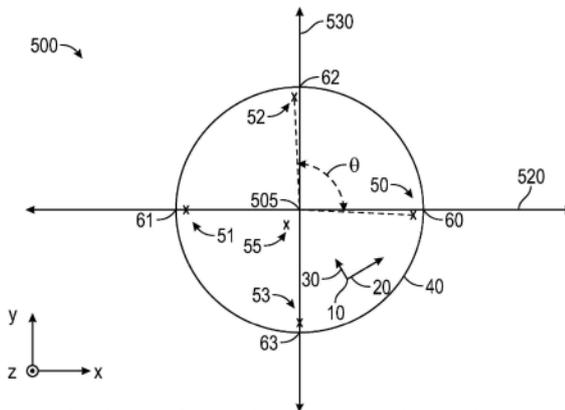
权利要求书4页 说明书47页 附图47页

(54) 发明名称

弯曲的反射偏振膜及其成形方法

(57) 摘要

本发明描述了成形光学膜和使光学膜成形的方法。所述方法包括将所述光学膜的周边的至少一部分固定在第一平面中,使得固定部分不相对于彼此移动;以及通过沿垂直于所述第一平面的至少第一方向移位所述光学膜的一部分来拉伸所述光学膜,使得所述光学膜的径向拉伸和周向拉伸中的一者从所述光学膜的中心到所述周边实质上恒定,并且所述光学膜的所述径向拉伸和所述周向拉伸中的另一者从所述光学膜的所述中心到所述周边实质上变化。所述光学膜可为包括多个交替的聚合物层的反射偏振器。



1. 一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在6mm至1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长的垂直入射光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于70%的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于70%的最大透射率,其中所述反射偏振器的厚度在所述反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处大至少5%,并且其中所述反射偏振器的所述厚度从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置单调递减,对于具有所述预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对所述阻光偏振态的小于5%的最小透射率,所述轴线在所述反射偏振器的所述中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,并且对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线以及在所述反射偏振器的所述中心位置处彼此相交的正交的第三轴线和第四轴线,所述第一轴线和所述第三轴线之间的角度为45度,所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率:

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第一边缘之间的所述第一轴线的第一个位置为T1;

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第二边缘之间的所述第二轴线的第二个位置为T2;

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第三边缘之间的所述第三轴线的第三个位置为T3;并且

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第四边缘之间的所述第四轴线的第四个位置为T4,

其中T1和T2的最大值小于T3和T4的最小值。

2. 一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在6mm至1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长的垂直入射光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于70%的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于70%的最大透射率,其中所述反射偏振器的厚度在所述反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处小至少5%,并且其中所述反射偏振器的所述厚度从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置单调递增,对于具有所述预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对所述透光偏振态的大于70%的第二最大透射率,所述轴线在所述反射偏振器的所述中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,并且对于在所述反射偏振器的所述中心处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线,所述反射偏振器针对所述透光偏振态的所述第二最大透射率:

在所述中心处为Tc;

在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为T1;

在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的与所述第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为T2;

在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为T3;并且

在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的与所述第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为T4；

其中Tc大于T1和T2的最大值，并且小于T3和T4的最小值。

3. 一种弯曲的反射偏振器，所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层，使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在6mm至1000mm范围内的曲率半径，对于第一反射谱带中的具有预定波长的垂直入射光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于70%的最大反射率和小于5%的对应最小透射率，以及针对正交透光偏振态的大于70%的最大透射率，其中所述第一反射谱带的长波长谱带边缘在所述反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处大至少5%，并且

其中所述反射偏振器的所述长波长谱带边缘从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置单调递减，对于具有所述预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对所述阻光偏振态的小于5%的第二最小透射率，所述轴线在所述反射偏振器的所述中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器，并且对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线以及在所述反射偏振器的所述中心位置处彼此相交的正交的第三轴线和第四轴线，所述第一轴线和所述第三轴线之间的角度为45度，所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述第二最小透射率：

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第一边缘之间的所述第一轴线的第一个位置为T1；

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和所述第二边缘之间的所述第二轴线的第二个位置为T2；

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第三边缘之间的所述第三轴线的第三个位置为T3；并且

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第四边缘之间的所述第四轴线的第四个位置为T4，

其中T1和T2的最大值小于T3和T4的最小值。

4. 一种弯曲的反射偏振器，所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层，使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在6mm至1000mm范围内的曲率半径，对于第一反射谱带中的具有预定波长的垂直入射光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于70%的最大反射率和小于5%的对应最小透射率，以及针对正交透光偏振态的大于70%的最大透射率，其中所述第一反射谱带的长波长谱带边缘在所述反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处小至少5%，并且其中所述反射偏振器的所述长波长谱带边缘从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置单调递增，对于具有所述预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对所述透光偏振态的大于70%的第二最大透射率，所述轴线在所述反射偏振器的所述中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器，并且对于在所述反射偏振器的所述中心处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线，所述反射偏振器针对所述透光偏振态的所述第二最

大透射率：

在所述中心处为 T_c ；

在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为 T_1 ；

在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的与所述第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为 T_2 ；

在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为 T_3 ；并且

在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的与所述第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为 T_4 ；

其中 T_c 大于 T_1 和 T_2 的最大值，并且小于 T_3 和 T_4 的最小值。

5. 一种弯曲的反射偏振器，所述反射偏振器包括多个交替的聚合物干涉层，每个聚合物干涉层通过光学干涉来反射或透射光，弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在6mm至1000mm范围内的曲率半径，其中对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于70%的最大透射率，以及针对所述阻光偏振态的最小透射率，所述轴线在中心位置处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器，使得对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线以及在所述反射偏振器的所述中心位置处彼此相交的正交的第三轴线和第四轴线，所述第一轴线和所述第三轴线之间的角度为45度，所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率：

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第一边缘之间的所述第一轴线的第一个位置为 T_1 ；

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和所述第二边缘之间的所述第二轴线的第二个位置为 T_2 ；

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第三边缘之间的所述第三轴线的第三个位置为 T_3 ；并且

在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第四边缘之间的所述第四轴线的第四个位置为 T_4 ，

其中 T_1 和 T_2 的最大值小于 T_3 和 T_4 的最小值。

6. 一种弯曲的反射偏振器，所述反射偏振器包括多个交替的聚合物干涉层，每个聚合物干涉层通过光学干涉来反射或透射光，弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在6mm至1000mm范围内的曲率半径，对于具有预定波长的光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于70%的最大透射率，以及针对所述阻光偏振态的最小透射率，使得对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线，所述反射偏振器针对所述透光偏振态的所述最大透射率：

在所述中心位置处为 T_c ；

在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为 T_1 ；

在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的与所述第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为 T_2 ；

在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为 T_3 ；并且

在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的与所述第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为T4；

其中Tc大于T1和T2的最大值,并且小于T3和T4的最小值。

弯曲的反射偏振膜及其成形方法

技术领域

[0001] 本发明涉及弯曲的反射偏振膜及其成形方法。

背景技术

[0002] 光学膜诸如反射偏振膜用于多种光学系统中。在一些情况下,光学膜可为弯曲的。

发明内容

[0003] 在本说明书的一些方面,提供了一种使包括多个交替的聚合物层的光学膜成形的的方法。该方法包括以下步骤:将光学膜的周边的至少一部分固定在第一平面中,使得固定部分不相对于彼此移动;以及通过沿垂直于第一平面的至少第一方向移位光学膜的一部分来拉伸光学膜,使得光学膜的径向拉伸和周向拉伸中的一者从光学膜的中心到周边实质上恒定,并且光学膜的径向拉伸和周向拉伸中的另一者从光学膜的中心到周边实质上变化。

[0004] 在本说明书的一些方面,提供了一种使包括多个交替的聚合物层的光学膜成形的的方法。该方法包括以下步骤:设置光学膜,使得光学膜的至少第一部分实质上设置在与弯曲模具表面相邻的第一平面中;以及拉伸光学膜以使光学膜的第一部分适形于弯曲模具表面的至少一部分,使得第一部分中的每个点在弯曲表面上具有位于圆锥内的位置,该圆锥在拉伸步骤之前在第一平面中的点的位置处具有顶点,其中圆锥沿垂直于第一平面的轴线居中并且具有不超过10度的锥角。

[0005] 在本说明书的一些方面,通过本说明书的方法成形的光学膜为反射偏振器。在本说明书的一些方面,提供了由本文所述的使光学膜成形的的方法产生的成形反射偏振器。

[0006] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长的垂直入射光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率。反射偏振器的厚度在反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处大至少5%。反射偏振器的厚度从反射偏振器的中心到至少一个边缘位置实质上单调递减。

[0007] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长的垂直入射光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率。反射偏振器的厚度在反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处小至少5%。反射偏振器的厚度从反射偏振器的中心到至少一个边缘位置实质上单调递增。

[0008] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少

一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于第一反射谱带中的具有预定波长的垂直入射光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率。第一反射谱带的长波长谱带边缘在反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处大至少5%。反射偏振器的长波长谱带边缘从反射偏振器的中心到至少一个边缘位置实质上单调递减。

[0009] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于第一反射谱带中的具有预定波长的垂直入射光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率。第一反射谱带的长波长谱带边缘在反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处小至少5%。反射偏振器的长波长谱带边缘从反射偏振器的中心到至少一个边缘位置实质上单调递增。

[0010] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括多个交替的聚合物干涉层。每个聚合物干涉层主要通过光学干涉来反射或透射光。弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,以及针对阻光偏振态的最小透射率,该轴线在中心位置处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器,使得对于在反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线以及在反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第三轴线和第四轴线,第一轴线和第三轴线之间的角度为约45度,反射偏振器针对阻光偏振态的最小透射率:在沿位于反射偏振器的中心位置和第一边缘之间的第一轴线的第一个位置为T1;在沿位于反射偏振器的中心位置和第二边缘之间的第二轴线的第二个位置为T2;在沿位于反射偏振器的中心位置和第三边缘之间的第三轴线的第三个位置为T3;并且在沿位于反射偏振器的中心位置和第四边缘之间的第四轴线的第四个位置为T4。T1和T2的最大值小于T3和T4的最小值。

[0011] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括多个交替的聚合物干涉层。每个聚合物干涉层主要通过光学干涉来反射或透射光。弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,以及针对阻光偏振态的最小透射率,该轴线在中心位置处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。对于反射偏振器的在反射偏振器的不同第一边缘和第二边缘之间延伸的连续第一部分,具有反射偏振器的最大侧向尺寸的至少3%的最小宽度并且限定反射偏振器的不相交的第二部分和第三部分,反射偏振器针对阻光偏振态的最小透射率在第一部分的至少70%中的每个位置处比在第二部分的至少70%中的每个位置和第三部分的至少70%中的每个位置处高。

[0012] 在本说明书的一些方面,提供了一种包括多个聚合物层的弯曲的反射偏振器。弯

曲的反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约0.7的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约0.7的最大透射率,以及针对阻光偏振态的最小透射率,该光轴在中心位置处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。反射偏振器的在与光轴相距半径R内的区域具有在约0.001至约0.005范围内的阻光偏振态的最小透射率的最大变化。反射偏振器具有与光轴相距的最大半径 R_m ,并且R在0.4至0.7倍的 R_m 的范围内。

[0013] 在本说明书的一些方面,提供了一种包括多个聚合物层的弯曲的反射偏振器。弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约0.7的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约0.7的最大透射率,该轴线在中心位置处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。至少一个第一位置和至少一个第二位置的针对透光偏振态的最大透射率彼此相差至少3.8%,其中至少一个第一位置和至少一个第二位置靠近反射偏振器的边缘并且相对于中心位置构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0014] 在本说明书的一些方面,提供了一种包括多个聚合物层的弯曲的反射偏振器。弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约0.7的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约0.7的最大透射率,该轴线在中心位置处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。至少一个第一位置和至少一个第二位置的针对透光偏振态的最大透射率彼此相差至少3.8%,其中至少一个第一位置靠近中心位置,并且至少一个第二位置靠近反射偏振器的边缘。

[0015] 在本说明书的一些方面,提供了一种包括多个聚合物层的弯曲的反射偏振器。弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,该轴线在中心位置处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。在平面图中,在中心实质上居中的基本上矩形区域中的至少70%的位置中的每一个处针对透光偏振态的最大透射率处于在反射偏振器的中心处针对透光偏振态的最大透射率的1.5%以内,并且在基本上矩形区域之外的反射偏振器的至少大部分位置处针对透光偏振态的最大透射率比在反射偏振器的中心处针对透光偏振态的最大透射率低至少1.5%。

[0016] 在本说明书的一些方面,提供了一种包括多个交替的聚合物干涉层的弯曲的反射偏振器。每个聚合物干涉层主要通过光学干涉来反射或透射光。弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,以及针对阻光偏振态的最小透射率。对于在反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线,反射偏振器针对透光偏振态的最大透射率:在中心位置处为 T_c ;在沿第一轴线靠近反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为 T_1 ;在沿第一轴线靠近反射偏振器的与第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为 T_2 ;在沿第二

轴线靠近反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为T3;并且在沿第二轴线靠近反射偏振器的与第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为T4。 T_c 大于T1和T2的最大值,并且小于T3和T4的最小值。

[0017] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,该轴线在中心位置处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。在反射偏振器的中心处与反射偏振器相切的平面上的投影中,至少一个第一边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态顺时针旋转,并且至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态逆时针旋转,其中至少一个第一边缘位置和至少一个第二边缘位置相对于反射偏振器的中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0018] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,该轴线在反射偏振器的中心处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。在反射偏振器的中心处与反射偏振器相切的平面上的投影中,至少一个第一边缘位置和至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于彼此旋转大于2度,至少一个第一边缘位置和至少一个第二边缘位置相对于反射偏振器的中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0019] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,该光轴在反射偏振器的中心处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器,使得在反射偏振器的中心处与反射偏振器相切的平面上的投影中,反射偏振器的在与光轴相距半径R内的区域具有阻光偏振态的最大变化:对于R小于R1,该最大变化小于约1度;并且对于R大于R2,该最大变化大于约2度。反射偏振器具有与光轴相距的最大半径 R_m 。R1为至少0.4 R_m ,并且R2大于R1且不超过0.95 R_m 。

[0020] 在本说明书的一些方面,提供了一种包括多个交替的聚合物干涉层的弯曲的反射偏振器。每个聚合物干涉层主要通过光学干涉来反射或透射光。弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,以及圆形二向衰减,该光轴在反射偏振器的中心处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。对于在反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线,反射偏振器的圆形二向衰

减:在中心位置处为 CD_c ;在沿第一轴线靠近反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为 CD_1 ;在沿第一轴线靠近反射偏振器的与第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为 CD_2 ;在沿第二轴线靠近反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为 CD_3 ;并且在沿第二轴线靠近反射偏振器的与第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为 CD_4 。 CD_c 小于 CD_3 和 CD_4 的最小值,并且大于 CD_1 和 CD_2 的最大值。

[0021] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,该光轴在反射偏振器的中心处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。反射偏振器的具有小于或等于反射偏振器的总面积的面积的区域圆形二向衰减的最大变化为至少0.04。

[0022] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,该光轴在反射偏振器的中心处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器,使得反射偏振器的具有大于反射偏振器的总面积一半的面积的区域圆形二向衰减的最大变化不超过0.015。

[0023] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,该光轴在反射偏振器的中心处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器,使得反射偏振器的具有大于反射偏振器的总面积一半的面积的区域圆形二向衰减的最大绝对值不超过0.007。

[0024] 在本说明书的一些方面,提供了一种弯曲的反射偏振器。反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向和第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径。对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,该光轴在反射偏振器的中心处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器,使得在反射偏振器的中心处与反射偏振器相切的平面上的投影中,反射偏振器的在与光轴相距半径 R 内的区域具有阻光偏振态的最大变化,对于 R 小于 $0.8R_m$,该最大变化小于约1度。

附图说明

[0025] 图1为光学膜的示意性剖视图;

- [0026] 图2为光学膜的示意性前视图；
- [0027] 图3A为具有弯曲模具表面的第一模具的示意性剖视图；
- [0028] 图3B至图3C为设置在图3A的第一模具和第二模具之间的光学膜的示意性剖视图；
- [0029] 图3D为示出适形于第一模具的弯曲模具表面的图3B至图3C的光学膜的一部分的示意性剖视图；
- [0030] 图3E为图3D所示的形成的光学膜的示意性剖视图；
- [0031] 图3F为具有弯曲模具表面的第一模具的示意性剖视图；
- [0032] 图4A为光学膜的示意性俯视图；
- [0033] 图4B为设置在模具上的图4A的光学膜的示意性侧视图；
- [0034] 图4C为图4A至图4B的光学膜的示意性侧视图,其中该光学膜的一部分适形于弯曲模具表面的至少一部分；
- [0035] 图4D为设置在模具上的光学膜的示意性侧视图；
- [0036] 图4E为模具的示意性侧视图；
- [0037] 图5为弯曲的反射偏振器的示意性前视图；
- [0038] 图6为反射偏振器从中心位置到边缘位置的厚度的示意图；
- [0039] 图7为另一个反射偏振器从中心位置到边缘位置的厚度的示意图；
- [0040] 图8为反射偏振器的反射率随波长变化的示意图；
- [0041] 图9为反射偏振器的透射率随波长变化的示意图；
- [0042] 图10为反射偏振器从中心位置到边缘位置的长波长谱带边缘的示意图；
- [0043] 图11为另一个反射偏振器从中心位置到边缘位置的长波长谱带边缘的示意图；
- [0044] 图12为一体形成的反射偏振器的示意性剖视图；
- [0045] 图13至图15为前平面图中反射偏振器的最小透射率(T_{\min})的示意图；
- [0046] 图16为反射偏振器的示意性前视图；
- [0047] 图17为在反射偏振器的中心和与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径 R 之间的反射偏振器的区域中的 T_{\min} 的最大变化的示意图；
- [0048] 图18至图19为示出阻光偏振态的可能变化的反射偏振器的示意性前平面图；
- [0049] 图20为在反射偏振器的中心和与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径 R 之间的反射偏振器的区域中的阻光轴取向的最大变化的示意图；
- [0050] 图21至图22示意性地示出了在前平面图中反射偏振器的最大透射率(T_{\max})的可能模式；
- [0051] 图23为在前平面图中反射偏振器的预定波长下的圆形二向衰减的示意图；
- [0052] 图24为在反射偏振器的中心和与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径 R 之间的反射偏振器的区域的圆形二向衰减的最大变化的示意图；
- [0053] 图25至图26为光学系统的示意性剖视图；
- [0054] 图27为形成的反射偏振器的厚度与成形成的反射偏振器在形成之前的相应厚度比的曲线图；
- [0055] 图28为在加压过程中形成的光学膜的径向拉伸比和周向拉伸比的曲线图；
- [0056] 图29为在下拉过程中形成的光学膜的径向拉伸比和周向拉伸比的曲线图；
- [0057] 图30为具有从反射偏振器切割出的五个样本的成形反射偏振器的透视图；

- [0058] 图31为从在加压过程中成形的反射偏振器切割的样品的阻光态透射的曲线图；
- [0059] 图32为从在下拉过程中成形的反射偏振器切割的样品的阻光态透射的曲线图；
- [0060] 图33A至图33D为在下拉过程中成形的反射偏振器样本的二向衰减取向的曲线图；
- [0061] 图34A至图34D为在加压过程中成形的反射偏振器样本的二向衰减取向的曲线图；
- [0062] 图35为在下拉过程中成形的反射偏振膜的透光轴变化的缩放图；
- [0063] 图36为在加压过程中成形的反射偏振膜的透光轴变化的缩放图；
- [0064] 图37A为具有反射偏振器样本的二向衰减取向的半径R的区域中的平均值的曲线图；
- [0065] 图37B为具有反射偏振器样本的二向衰减取向的半径的R区域中的最大变化的曲线图；
- [0066] 图38A至图38D为在下拉过程中成形的反射偏振器样本的透光轴透射的曲线图；
- [0067] 图39A至图39D是在加压过程中成形的反射偏振器样本的透光轴透射的曲线图；
- [0068] 图40A为具有反射偏振器样本的最大透光轴透射半径R的区域中的平均值的曲线图；
- [0069] 图40B为具有反射偏振器样本的透光轴透射半径R的区域中的最大变化的曲线图；
- [0070] 图41A至图41D为在下拉过程中成形的反射偏振器样本的阻光轴透射的曲线图；
- [0071] 图42A至图42D为在加压过程中成形的反射偏振器样本的阻光轴透射的曲线图；
- [0072] 图43A为具有反射偏振器样本的最大阻光轴透射半径R的区域中的平均值的曲线图；
- [0073] 图43B为具有反射偏振器样本的阻光轴透射半径R的区域中的最大变化的曲线图；
- [0074] 图44A至图44D为在下拉过程中成形的反射偏振器样本的线性二向衰减的曲线图；
- [0075] 图45A至图45D为在加压过程中成形的反射偏振器样本的线性二向衰减的曲线图；
- [0076] 图46A为具有反射偏振器样本的最大线性二向衰减的半径R的区域中的平均值的曲线图；
- [0077] 图46B为具有反射偏振器样本的线性二向衰减的半径R的区域中的最大变化的曲线图；
- [0078] 图47A至图47D为在下拉过程中成形的反射偏振器样本的圆形二向衰减的曲线图；
- [0079] 图48A至图48B为在加压过程中成形的反射偏振器样本的圆形二向衰减的曲线图；
- [0080] 图49A为具有反射偏振器样本的圆形二向衰减的半径R的区域中的平均值的曲线图；
- [0081] 图49B为具有反射偏振器样本的圆形二向衰减的半径R的区域中的最大变化的曲线图；
- [0082] 图50为包括两组干涉层的反射偏振器的层厚度随层数变化的曲线图；并且
- [0083] 图51为光学叠堆的示意性剖视图。

具体实施方式

[0084] 在以下说明中参考附图，该附图形成本发明的一部分并且其中以举例说明的方式示出各种实施方案。附图未必按比例绘制。应当理解，在不脱离本说明书的范围或实质的情况下，可设想并进行其他实施方案。因此，以下具体实施方式不应被视为具有限制意义。

[0085] 已知通过将膜拉伸到模具表面上来使光学膜热成形。根据本说明书的一些方面,已发现,对光学膜的拉伸提供某些约束可导致膜的期望光学特性。根据一些实施方案,提供了使光学膜成形的的方法,其中光学膜的径向拉伸和周向拉伸中的一者(但不是另一者)在膜被拉伸成可用形状时实质上恒定。在一些实施方案中,光学膜为反射偏振器。在其他实施方案中,光学膜可为例如镜膜。已发现,当反射偏振器被拉伸使得径向拉伸实质上恒定时,所得成形且弯曲的反射偏振器的在本文别处进一步描述的各种特性,对于一些应用为期望的;并且,当反射偏振器被拉伸使得周向拉伸实质上恒定时,所得成形且弯曲的反射偏振器的在本文别处进一步描述的各种特性,对于一些应用为期望的。使径向拉伸保持实质上恒定产生的特性中的一些可不同于使周向拉伸保持恒定产生的特性,而其他特性可类似。

[0086] 从光学膜的中心到周边的实质上恒定的拉伸可被理解为意味着从中心到周边的最大应变比从中心到周边的最小应变大至多5%。从光学膜的中心到周边的实质上变化的拉伸可被理解为意味着从中心到周边的最大应变比从中心到周边的最小应变大至少5%。在一些实施方案中,从光学膜的中心到周边实质上恒定的光学膜的拉伸具有从中心到周边小于5%、或小于4%、或小于3%、或小于2%、或小于1%的拉伸变化。在一些实施方案中,从光学膜的中心到周边实质上变化的光学膜的拉伸具有从中心到周边至少5%、或至少8%、或至少10%、或至少15%、或至少20%的拉伸变化。

[0087] 光学膜(例如,反射偏振器)可形成为围绕两个正交的轴线弯曲的形状,并且可具有例如透镜表面的弯曲形状。在光学膜成形之后,可通过例如插入成型在光学膜上形成光学透镜。具有光学膜的透镜可用于利用折叠光学路径的光学系统中,诸如例如美国专利9,557,568(Ouderkirk等人)中所述的那些光学系统,该专利以不与本说明书矛盾的程度据此以引用方式并入本文。此类光学系统通常包括与反射偏振器相邻并且间隔开的部分反射器,以及设置在部分反射器和反射偏振器之间的延迟器。为此类光学系统提供了折叠光学路径,因为光线可穿过部分反射器,从反射偏振器反射回部分反射器,从部分反射器反射,并且然后穿过反射偏振器。通常期望此类光学系统中的反射偏振器围绕两个正交的轴线弯曲。本文所述的方法可提供适用于折叠光学系统或其他光学系统中的反射偏振器,其中期望弯曲的反射偏振器(例如,在偏振分束器中的棱镜的曲面上)。当反射偏振器形成为围绕两个正交的轴线弯曲的成形的弯曲的反射偏振器时,反射偏振器的各种光学特性(例如,具有阻光偏振态的光的最小透射率、阻光轴、线性二向衰减、圆形二向衰减、反射偏振器的厚度和谱带边缘中的一者或多者的位置的变化)通常通过形成过程被改变。在一些情况下,改变的的光学特性的一些模式相比于其他模式为优选的。哪种模式为优选的可取决于光学系统的设计。例如,反射偏振器的一个或多个特性的空间变化可补偿或部分补偿光学系统中的其他光学元件的特性的空间变化,并且反射偏振器的一个或多个特性的优选空间变化可取决于光学系统中的其他光学元件。

[0088] 图1为已成形的光学膜100的示意性剖视图。光学膜100具有中心105、周边107和边界部分108。周边107为光学膜100的部分106的周边,当用于例如光学系统中时,光学膜100的部分可为或可包括该光学膜的活性部分。边界部分108与周边107相邻并且可为光学膜100的一部分,该部分在光学膜100成形时被夹持或以其他方式固定。示出了穿过中心105的轴线111和垂直于轴线111的平面112。该轴线在中心105处垂直于光学膜100。光学膜100具有 $2R_m$ 的最大侧向尺寸和 S 的最大垂度。沿光学膜100的等高线距中心105的径向距离为 r 。径

向方向沿该径向距离。周向方向是沿光学膜的垂直于径向方向的等高线的方向。在示出的横截面中的周向方向平行于y轴,参见图1的x-y-z坐标系。光学膜上的点可使用径向弧长距离r、使用与轴线111相距圆柱形坐标半径R,或使用从光学膜100的曲率中心到光学膜100上的点的轴线111和线段之间的角度 ϕ 来描述。在例示的实施方案中,光学膜100具有曲率半径 R_c 。在一些实施方案中,光学膜100为非球面的并且具有随r或R变化的曲率半径。角度 ϕ 具有最大值 ϕ_{\max} 。在一些实施方案中,光学膜用于光学系统中,并且轴线111为光学系统的光轴。角度 $2\phi_{\max}$ 可被理解为光学膜100的视场(FOV)。在一些实施方案中,在光学系统中使用光学膜100之前移除光学膜100的边界部分108。

[0089] 可针对垂直入射在光学膜上的光或沿平行于轴线的方向入射在光学膜上的光指定光学膜的特性,该轴线在中心位置处垂直于光学膜并穿过光学膜。例如,可针对在位置110处垂直于光学膜100的光199来指定位置110处的光学膜100的特性,并且/或者可针对在位置110处沿平行于轴线111的方向入射在光学膜100上的光198来指定光学膜100的特性。在一些情况下,可针对垂直入射的光199以及沿平行于轴线111的方向入射到光学膜100上的光198来指定反射偏振器的特性。例如,可针对光199和光198两者指定沿阻光轴和透光轴偏振的光的透射率和反射率。可针对从光学膜100的任一侧入射到光学膜100上的光来确定反射率和透射率或其他光学特性。在例示的实施方案中,光学膜100朝入射光198和入射光199凸出。如果未指定入射光的方向,则可假设光垂直入射在膜上。除非另外指明,否则针对从反射偏振器的一侧(如图1所示的反射偏振器朝入射光凸出的一侧)入射在反射偏振器上的光来确定透射率和反射率或其他光学特性。

[0090] 弯曲的光学膜的中心位置可被视为光学膜上与基准平面相距最大距离处的点,其中基准平面为不与光学膜相交的平面并且被设置成使得光学膜的至少大部分朝基准平面为凹形,并且基准平面使得光学膜在基准平面中具有最大投影面积。

[0091] 图2为围绕两个相互正交的轴线(x轴和y轴)弯曲的光学膜200的示意性前视图。光学膜200具有中心205和周边207。径向方向204为从中心205大致朝向周边207。周向方向206与径向方向204正交。光学膜200的中心205可与光学膜200的光轴或包括光学膜200的光学系统的光轴与光学膜200相交的位置重合。示出了方位角 Φ 。在一些情况下,可能期望根据方位角平均量(诸如方位角平均厚度或方位角平均谱带边缘波长)来表征光学膜200。方位角平均量是固定半径(距中心205的距离)在方位角上的量的未加权平均值。方位角范围可取决于半径。例如,对于例示的实施方案中的小半径,方位角 Φ 在零至 2π 的范围内,并且方位角平均量可表示为该量在 Φ 从0至 2π 上的积分除以 2π 。对于大半径,方位角 Φ 可仅在0至 2π 范围内的一些子集上延伸。例如,对于在例示的实施方案中加减x方向上的边缘附近的半径,方位角 Φ 的范围为以0和 π 弧度为中心的相对较窄的范围。

[0092] 在径向方向上的拉伸可通过与径向应变 ϵ_r 相关的径向拉伸比 λ_r 表征为 $\lambda_r = 1 + \epsilon_r$ 。类似地,在周向方向上的拉伸可通过与周向应变 ϵ_θ 相关的周向拉伸比 λ_θ 表征为 $\lambda_\theta = 1 + \epsilon_\theta$ 。在一些实施方案中,光学膜在成形之前为盘形的或具有盘形部分,该盘形部分被成形为适于具有曲率半径 R_c 的球形表面的一部分。在轴对称变形的情况下,径向拉伸比 λ_r 和周向拉伸比 λ_θ 由以下公式相关:

$$[0093] \quad \lambda_r \left[R_c \frac{d\lambda_\theta}{dr} \sin\left(\frac{r}{R_c}\right) - \lambda_\theta \cos\left(\frac{r}{R_c}\right) \right] + \lambda_\theta^2 = 0 \quad (\text{公式 1})$$

[0094] 对于更一般的变形,拉伸比 λ_r 和 λ_0 可能不满足公式1。在常规热成形方法中, λ_r 和 λ_0 两者从中心205变化到周边207。根据本说明书的一些实施方案,已发现,有利的是利用其中 λ_r 和 λ_0 中的一个(但不是另一个)在形成过程中实质上恒定的形成工艺。

[0095] 在一些实施方案中,光学膜200可不关于穿过中心205的在中心205处垂直于光学膜200的轴线旋转对称。在这种情况下, λ_r 和 λ_0 中的一个(但不是另一个)可沿从中心205到周边207的至少一个方向实质上恒定。在一些实施方案中, λ_r 和 λ_0 中的一个(但不是另一个)沿从中心205到周边207的每个方向实质上恒定。例如,当光学膜200关于穿过中心205的轴线旋转对称时,可能是这种情况。

[0096] 在一些实施方案中,模具用于使光学膜成形的的方法中。在一些实施方案中,光学膜的周边的至少一部分通过将光学膜的边界部分的至少一部分固定在第一模具的一部分和第二模具的一部分之间而固定在平面中。在一些实施方案中,第一模具具有弯曲模具表面,并且压力(例如,空气压力)用于移位光学膜的一部分,使得光学膜适形于弯曲模具表面。在拉伸光学膜之前通常预形成将膜设置在适当位置和/或固定光学膜的一部分。

[0097] 图3A为具有弯曲模具表面362的第一模具360的示意性剖视图。第一模具360可经由机加工操作(例如,使用金刚石车削)来制造。模具360和本文所述的其他模具可由例如铝或铝合金、不锈钢、工具钢或其他合适的合金制成。在一些实施方案中,模具由包含开放孔的多孔材料(例如,多孔铝)制成,以允许空气流动穿过模具(例如,通过抽真空)。弯曲模具表面362具有最大侧向尺寸D、最大垂度S和垂度直径比S/D。在一些实施方案中,S/D为至少0.05、或至少0.1、或至少0.2,并且可小于0.5或小于0.4。在一些实施方案中,弯曲模具表面362具有最佳拟合球面第一曲率半径 R_s ,在一些实施方案中,该曲率半径在约30mm至约1000mm的范围内。在一些实施方案中,垂度S与最佳拟合球面第一曲率半径 R_s 的比在约0.02至约0.2的范围内、或在约0.02至约0.15的范围内、或在约0.02至约0.12的范围内、或在约0.03至约0.12的范围内、或在0.04至约0.12的范围内。在一些实施方案中,光学膜300在形成为弯曲形状之后具有在这些范围中的任一个中的垂度半径比。

[0098] 图3B为具有模具表面372的第一模具360和第二模具370的示意性剖视图,光学膜300设置在第一模具360和第二模具370之间,光学膜300的周边307的至少一部分固定在第一平面312中,使得固定部分不相对于彼此移动。在一些实施方案中,固定部分为整个周边307。由于光学膜300的边界部分308被固定在第一模具360的一部分和第二模具370的一部分之间,因此周边307被固定。在其他实施方案中,仅周边307的一部分被固定。例如,第一模具360和第二模具可包括其中周边307未被固定的一个或多个通道。这在图3C的横截面中示出,例如,在示出了通道381并且直接覆盖在通道381上的光学膜300的一部分未固定在第一模具360和第二模具370之间的情况下。在例示的实施方案中,边界部分308设置在第一平面312中。在其他实施方案中,周边307或周边307的至少一部分设置在平面312中,但由于例如第一模具360和第二模具370沿边界部分308的倾斜度,边界部分308不完全设置在第一平面312中。

[0099] 在一些实施方案中,加热第二模具370,并且在第一模具360和光学膜300之间的空间380中施加压力,以迫使光学膜300接触第二模具370的模具表面372,从而加热光学膜300。可通过第一模具360和光学膜300之间的通道(未示出)施加压力(例如,空气压力)。在其他实施方案中,光学膜300在放置在第一模具360和第二模具370之间之前被预热,并且/

或者第一模具360被加热并且在光学膜适形于弯曲模具表面362时加热该光学膜。

[0100] 在一些实施方案中,光学膜300在拉伸和形成膜之前被加热至大于光学膜300的玻璃化转变温度的温度。光学膜300的玻璃化转变温度可指光学膜300的任何层的玻璃化转变温度。例如,当光学膜300包括交替的非双折射层和双折射层时,光学膜300的玻璃化转变温度可为光学膜300的层中的任一个的最高玻璃化转变温度、可为光学膜300的层中的任一个的最低玻璃化转变温度、可为光学膜300的双折射干涉层的玻璃化转变温度,或者当光学膜300包括交替的较高和较低折射率干涉层时,光学膜300的玻璃化转变温度可为光学膜300的较高折射率干涉层的玻璃化转变温度。

[0101] 在一些实施方案中,通过沿垂直于第一平面312的至少第一方向(z方向)移位光学膜300的一部分来拉伸光学膜300,使得光学膜的径向拉伸从光学膜300的中心305到周边307实质上恒定,并且光学膜的周向拉伸从光学膜300的中心305到周边307实质上变化。相对于周边307移位的光学膜的一部分通常包括靠近光学膜300的中心305的一部分。在一些实施方案中,压力用于移位光学膜300的一部分。在一些实施方案中,在加热光学膜300之后,通过通道381在光学膜300和第二模具370之间的空间382中施加压力(例如,空气压力),以使光学膜300适形于或至少部分地适形于弯曲模具表面362,如图3D所示。在一些实施方案中,第一模具360为多孔的。在一些实施方案中,真空或部分真空被牵拉穿过第一模具360以有助于将光学膜300适形于弯曲模具表面362。在这种情况下,真空或部分真空被牵拉到在光学膜300和第一模具360之间的空间380中。

[0102] 随后将光学膜300从第一模具360和第二模具370移除。图3E示出了所得成形光学膜300。在后续的加工步骤中,可将透镜或其他光学元件注塑到光学膜300上。可在注塑步骤之前或之后移除光学膜300的边界部分308。

[0103] 在一些实施方案中,光学膜300上的至少一个位置310沿正交的第一方向和第二方向(例如,x方向和y方向)中的每一者具有在约6mm至约1000mm范围内,或在约12mm至约500mm范围内的曲率半径R1。在一些实施方案中,光学膜300上的每个位置沿正交的第一方向和第二方向(例如,x方向和y方向)中的每一者具有在约6mm至约1000mm范围内,或在约12mm至约500mm范围内的曲率半径。在一些实施方案中,沿第一方向和第二方向的曲率半径不同,但各自在约6mm至约1000mm的范围内,或在约12mm至约500mm的范围内。在一些实施方案中,沿第一方向和第二方向的曲率半径大致相等。

[0104] 图3F为对应于第一模具360并且可用于代替第一模具360的模具360b的示意图。模具360b具有弯曲模具表面362b以及至少一个过渡区域364。例如,至少一个过渡区域364可为围绕弯曲模具表面362b的边缘的单个连续区域。至少一个过渡区域364通常具有从弯曲模具表面362b至平坦边界部分396的平滑变化的曲率。可包括至少一个过渡区域364以防止或减小光学膜中的应力集中。已发现,与使用不包括至少一个过渡区域364的模具相比,这允许以减小的压力形成光学膜。模具360b可为多孔的,例如针对第一模具360所描述的。

[0105] 在一些实施方案中,模具用于使光学膜成形的的方法中。在一些实施方案中,通过夹持光学膜的一部分而将光学膜的周边的至少一部分被固定在平面中,使得固定部分不相对于彼此移动。在一些实施方案中,该模具具有弯曲模具表面,并且模具和光学膜相对于彼此移动,以便使光学膜的一部分相对于周边的固定部分移位,使得光学膜适形于弯曲模具表面。

[0106] 图4A为具有中心405、周边407和边界部分408的光学膜400的示意性顶视图。图4B为设置在模具460上方的光学膜400的示意性侧视图。边界部分408的至少一部分被夹持在夹具473中,以便将周边407的至少一部分固定在第一平面412(平行于x-y平面)中。模具460具有弯曲模具表面462。

[0107] 在一些实施方案中,通过沿垂直于第一平面412的至少第一方向(z方向)移位光学膜400的一部分来拉伸光学膜400,使得光学膜的周向拉伸从光学膜400的中心405到周边407实质上恒定,并且光学膜400的径向拉伸从光学膜400的中心405到周边407实质上变化。在一些实施方案中,通过沿第一方向改变弯曲模具表面462和光学膜400的周边407之间的距离来移位光学膜400的靠近光学膜400中心的一部分,使得光学膜400的靠近光学膜400的中心405的至少一部分接触弯曲模具表面462。可通过朝光学膜400移动模具460和/或通过朝模具460移动固定周边407的至少一部分的夹具473来改变弯曲模具表面462和周边407之间的距离。图4C为在夹具473和模具460和模具已相对于彼此移动之后的光学膜400和模具460的示意性侧视图。光学膜400的至少一部分适形于弯曲模具表面462的至少一部分。在一些实施方案中,真空或部分真空被牵拉到模具460和光学膜400之间的区域477中。在一些实施方案中,模具460在密封室493中,并且向与模具460相对的光学膜400施加压力。例如,可在区域491中施加空气压力。可完成牵拉真空和/或施加压力以有助于使光学膜400适形于弯曲模具表面462。

[0108] 在一些实施方案中,光学膜400具有在本文其他地方描述的范围的任一个内的曲率半径。例如,光学膜400上的至少一个位置可沿正交的第一方向和第二方向中的每一者具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,如对于光学膜300所描述的。

[0109] 图4D为根据本说明书的一些实施方案的光学膜400中的点如何映射到弯曲模具表面462上的点的示意图。光学膜400的第一部分488在光学膜400的拉伸过程中适形于弯曲模具表面462的至少一部分468。在一些实施方案中,设置光学膜400,使得至少第一部分488实质上设置在与弯曲模具表面462相邻的第一平面412中。第一平面412可定位在距弯曲模具表面462上的最近点的一定距离处(在图4D中的z方向上),该距离在弯曲模具表面462的垂度或弯曲模具表面462的部分468的垂度的零至100倍的范围内。在一些实施方案中,然后拉伸光学膜400以使光学膜的第一部分488适形于弯曲模具表面462的至少一部分468。该拉伸可如图4A至图4C所示和所述进行。在一些实施方案中,拉伸使得第一部分488中的每个点480在弯曲模具表面462上具有位于圆锥484内的位置482,该圆锥在拉伸之前在平面412中的点480的位置481处具有顶点485。在一些实施方案中,圆锥484沿垂直于第一平面412的轴线486居中,并且具有不超过10度,或不超过5度的锥角 σ 。

[0110] 如果膜或部分在平面中,或者如果膜或部分与平面的最大偏差不超过膜或部分的最大侧向尺寸(前平面图中的最大尺寸)的20%,则可以说膜或膜的一部分实质上在该平面中。在一些实施方案中,膜或部分与平面的最大偏差不超过最大侧向尺寸的10%或不超过5%。

[0111] 图4E为对应于模具460并且可用于代替模具460的模具460b的示意图。模具460b具有弯曲模具表面462b以及至少一个过渡区域464。例如,至少一个过渡区域464可为围绕弯曲模具表面462b的边缘的单个连续区域。至少一个过渡区域464可具有从弯曲模具表面462b至边界部分496的平滑变化的曲率。可包括至少一个过渡区域464以防止或减小光学膜

中的应力集中。过渡区域464的期望形状可取决于当光学膜400至少部分地适形于弯曲模具表面462b时夹具473的位置。已发现,与使用不包括至少一个过渡区域464的模具相比,这允许以减小的压力形成光学膜。

[0112] 光学膜300或光学膜400可为反射偏振器或镜膜(例如,可见光镜,诸如自美国明尼苏达圣保罗的3M公司(3M Company, St. Paul, MN)的增强镜面反射器(ESR),或近红外反射器)。反射偏振器或镜膜可包括多个交替的干涉层,如本文其他地方进一步描述的(参见例如图12)。

[0113] 图5为弯曲的反射偏振器500的示意性前视图。在一些实施方案中,弯曲的反射偏振器500包括至少沿正交的第一方向520和第二方向530拉伸和成形的多个聚合物层,使得弯曲的反射偏振器上的至少一个位置具有沿第一方向520和第二方向530中的每一者在约6mm至约1000mm或在约12mm至约500mm范围内的曲率半径。在一些实施方案中,反射偏振器500上的每个位置10具有针对阻光偏振态20的大于约70%的最大反射率。在一些实施方案中,反射偏振器500上的每个位置10具有针对正交透光偏振态30的大于约70%的最大透射率。在一些实施方案中,反射偏振器500上的每个位置10具有针对阻光偏振态20的小于约5%的最小透射率。对于预定波长、预定波长范围或预定多个波长(例如,400nm至700nm的波长范围)或反射偏振器500的反射谱带之上的垂直入射光,最大反射率、最大透射率和最小透射率可在这些范围内。另选地或除此之外,对于预定波长、预定波长范围或预定多个波长的光,或在反射偏振器500的反射谱带上沿平行于轴线的方向入射的光,最大反射率、最大透射率和最小透射率可在这些范围内,该轴线在反射偏振器的中心处垂直于反射偏振器并穿过该反射偏振器。反射率和透射率可表示为分数而不是百分比。例如,70%的反射率或70%的透射率分别等同于0.7的反射率或0.7的透射率。

[0114] 预定波长范围可为包括光学膜的光学系统被设计为在其上操作的波长范围。例如,预定波长范围可为可见范围(400nm至700nm)。又如,预定波长范围可包括一个或多个可见波长范围。例如,预定波长范围可为多于一个窄波长范围的并集(例如,对应于显示面板的发光颜色的不相交的红色、绿色和蓝色波长范围的并集)。此类波长范围在美国专利公布2017/0068100(Ouderkirk等人)中进一步描述,该专利以不与本说明书矛盾的程度据此以引用方式并入本文。在一些实施方案中,预定波长范围包括其他波长范围(例如,红外(例如,近红外(约700nm至约2500nm))或紫外(例如,近紫外(约300nm至约400nm))以及可见波长范围。预定波长可为预定波长范围内的任何波长。例如,预定波长范围可为从400nm至700nm,并且预定波长可为500nm。

[0115] 在一些实施方案中,反射偏振器500的厚度在反射偏振器的中心505处比在至少一个边缘位置(例如,分别靠近边缘60、61、62和63的边缘位置50、51、52和53)处大至少5%。例如,在一些实施方案中,当反射偏振器500在周向拉伸实质上恒定并且径向拉伸实质上随径向位置变化的过程中成形时,该厚度在中心505处比在至少一个边缘位置处大。合适的工艺包括如图4A至图4E所示描述的那些工艺。在一些实施方案中,反射偏振器500的厚度从反射偏振器500的中心505到至少一个边缘位置实质上单调递减。

[0116] 靠近边缘的边缘位置是指反射偏振器上距反射偏振器的边缘比距反射偏振器的中心更近的位置。在一些实施方案中,从边缘到边缘位置的弧长小于从中心到边缘位置的弧长的50%、或小于40%、或小于30%、或小于20%或小于10%。

[0117] 在一些实施方案中,反射偏振器500的厚度在反射偏振器的中心505处比在至少一个边缘位置(例如,边缘位置50、51、52和53)处小至少5%。例如,在一些实施方案中,当反射偏振器500在径向拉伸实质上恒定并且周向拉伸实质上随径向位置变化的过程中成形时,该厚度在中心505处比在至少一个边缘位置处小。在一些实施方案中,该成形工艺如图3A至图3F中所述和所示的那些。在一些实施方案中,反射偏振器500的厚度从反射偏振器500的中心505到至少一个边缘位置实质上单调递增。

[0118] 在一些实施方案中,对于具有预定波长并且沿平行于轴线(z轴)的方向入射在反射偏振器上的光,反射偏振器500上的每个位置10具有针对阻光偏振态20的大于约0.7的最大反射率,以及针对正交透光偏振态30的大于约0.7的最大透射率,该轴线在中心位置505处垂直于反射偏振器500并穿过该反射偏振器,使得至少一个第一位置(例如,位置52或位置55)和至少一个第二位置(例如,位置50)的针对透光偏振态30的最大透射率彼此相差至少3.8%、或至少4%、或至少4.2%、或至少4.4%或至少4.5%。在一些实施方案中,至少一个第一位置和至少一个第二位置的针对透光偏振态30的最大透射率彼此相差(例如,(较大减去较小)/较大乘以100%)不超过6%、或不超过5.5%或不超过5.0%。例如,第一位置处的最大透射率可为0.90,第二位置处的最大透射率可为0.86。在这种情况下,最大透射率彼此相差 $(0.90-0.86)/0.90*100\%$,为约4.4%。

[0119] 在一些实施方案中,至少一个第一位置和至少一个第二位置(例如,位置52和位置50)靠近反射偏振器500的边缘(分别为60和62),并且相对于中心505构成在约70度至约110度范围内的角度 θ 。在这种情况下,最大透射率变化为形成反射偏振器的工艺的特征,其中径向拉伸实质上恒定。在一些实施方案中,针对第一位置(例如,位置52)的透光偏振态30的最大透射率不小于0.83,并且针对第二位置(例如,位置50)的透光偏振态的最大透射率不超过0.81。

[0120] 在一些实施方案中,至少一个第一位置(例如,位置55)靠近中心位置505(距中心位置505比距最近边缘更近),并且至少一个第二位置(例如,位置50)靠近反射偏振器500的边缘。在这种情况下,最大透射率变化为形成反射偏振器的工艺的特征,其中周向拉伸实质上恒定。在一些实施方案中,针对第一位置的透光偏振态的最大透射率不小于0.89,并且针对第二位置的透光偏振态的最大透射率不超过0.87。

[0121] 图6为反射偏振器从中心位置到边缘位置的厚度的示意图。中心位置具有 T_c 的厚度,并且边缘位置具有 T_e 的厚度。在一些实施方案中, T_c 比 T_e 大至少5%。该条件可表示为 $(T_c-T_e)/T_e \geq 0.05$ 。在一些实施方案中, $(T_c-T_e)/T_e \geq 0.1$,或0.15或0.2。在例示的实施方案中,厚度从中心位置到边缘位置实质上单调递减。在一些实施方案中,该厚度变化是在周向拉伸实质上恒定的过程中形成反射偏振器而产生的。合适的工艺包括在图4A至图4E中所述和所示的那些工艺,这些工艺可被称为下拉工艺。在一些实施方案中,厚度沿从中心到至少一个边缘位置中的每个位置的弧线从中心到至少一个边缘位置实质上单调递减。在一些实施方案中,厚度沿从中心到边缘附近的每个位置的弧线从中心到边缘实质上单调递减。在一些情况下,根据厚度的方位角平均值来表征厚度是可用的。在一些实施方案中,方位角平均厚度在反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置中的边缘位置处大。在一些实施方案中,方位角平均厚度从反射偏振器的中心到边缘位置实质上单调递减。在一些实施方案中,方位角平均厚度对应于图6中描绘的厚度。

[0122] 如果在范围内任何较大的中间点处的量(诸如厚度或谱带边缘波长)小于或约等于该范围内任何较小的中间点处的量,则可以说该量在从该范围的第一端点(例如,反射偏振器的中心位置)到该范围的第二端点(例如,反射偏振器的边缘位置)的范围内实质上单调递减。类似地,如果在范围内任何较大的中间点处的量大于或约等于该范围内任何较小的中间点处的量,则可以说该量在从该范围的第一端点到该范围的第二端点的范围内实质上单调递增。对于随位置在一定范围(例如,从中心位置到边缘位置的位置范围内的厚度或谱带边缘波长)内变化的量,如果一点处的量等于某一值,或者如果该点处的量在该值加上或减去该范围内的量的最大值减去最小值的5%的范围内,则该点处的量可以说约等于该值(例如,在另一点处的量)。被描述为实质上单调递减或实质上单调递增的量可分别单调递减或单调递增。被描述为实质上单调递减或实质上单调递增的量可分别严格单调递减或严格单调递增。如果对于满足 $x_2 \geq x_1$ 的任何 x_1 和 x_2 , $f(x_2) \leq f(x_1)$, 则变量 x 的函数 $f(x)$ 是单调递减的。如果对于满足 $x_2 > x_1$ 的任何 x_1 和 x_2 , $f(x_2) < f(x_1)$, 则变量 x 的函数 $f(x)$ 严格单调递减。类似地,如果对于满足 $x_2 \geq x_1$ 的任何 x_1 和 x_2 , $f(x_2) \geq f(x_1)$, 则变量 x 的函数 $f(x)$ 是单调递增的;并且如果对于在满足 $x_2 > x_1$ 的范围内的任何 x_1 和 x_2 , $f(x_2) > f(x_1)$, 则变量 x 的函数 $f(x)$ 严格单调递增。

[0123] 图7为反射偏振器从中心位置到边缘位置的厚度的示意图。中心位置具有 T_c 的厚度,并且边缘位置具有 T_e 的厚度。在一些实施方案中, T_c 比 T_e 小至少5%。该条件可表示为 $(T_e - T_c) / T_e \geq 0.05$ 。在一些实施方案中, $(T_e - T_c) / T_e \geq 0.1$,或0.15或0.2。在例示的实施方案中,厚度从中心位置到边缘位置实质上单调递增。在一些实施方案中,该厚度变化是在径向拉伸实质上恒定的过程中形成反射偏振器而产生的。合适的工艺包括在图3A至图3F中所述和所示的那些工艺,这些工艺可被称为加压工艺。在一些情况下,根据厚度的方位角平均值来表征厚度是可用的。在一些实施方案中,方位角平均厚度在反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置中的边缘位置处小。在一些实施方案中,方位角平均厚度从反射偏振器的中心到边缘位置实质上单调递增。在一些实施方案中,方位角平均厚度对应于图7中描绘的厚度。

[0124] 图8为针对以阻光偏振态或透光偏振态垂直入射在反射偏振器上的光的反射偏振器的反射率随波长变化的示意图。示出了从 λ_1 至 λ_2 的预定波长范围。针对具有阻光偏振态的垂直入射光在预定波长下的平均反射率为 R_b ,该平均反射率可为至少70%、或至少80%、或至少85%或至少90%。针对具有透光偏振态的垂直入射光在预定波长下的平均反射率为 R_p ,该平均反射率可小于20%、或小于15%、或小于10%或小于5%。反射偏振器具有反射谱带847,该反射谱带具有长波长谱带边缘 λ_3 。反射谱带通常具有长波长谱带边缘和短波长谱带边缘两者,反射率在这两种谱带边缘处快速下降。在例示的实施方案中,短波长谱带边缘小于 λ_1 ,并且长波长谱带边缘 λ_3 大于 λ_2 。可针对垂直入射的光来确定谱带边缘,同时反射偏振器朝入射光凸出。

[0125] 图9为针对以阻光偏振态或透光偏振态垂直入射在反射偏振器上的光的反射偏振器的透射率随波长变化的示意图。针对具有透光偏振态的垂直入射光在预定波长(从 λ_1 至 λ_2)下的平均透射率为 T_p ,该平均透射率可为至少70%、或至少80%、或至少85%或至少90%。针对具有阻光偏振态的垂直入射光在预定波长下的平均透射率为 T_b ,该平均透射率可小于10%、或小于5%、或小于3%、或小于2%、或小于1%或小于0.5%。

[0126] 可使用若干不同的标准来限定谱带边缘的精确波长。谱带边缘所表现出的空间变化模式(例如,随半径单调递减或单调递增)通常不取决于所使用的精确标准。谱带边缘的波长可能被视为例如针对具有阻光偏振态的垂直入射光的反射率减少至 $1/2R_b$ 的波长或针对具有阻光偏振态的垂直入射光的透射率增加至10%的波长。除非另外指明,否则谱带边缘可被理解是指针对具有阻光偏振态的垂直入射光的透射率增加至10%的波长。

[0127] 图10为反射偏振器从中心位置到边缘位置的长波长谱带边缘的示意图。中心位置具有 λ_c 的长波长谱带边缘,并且边缘位置具有 λ_e 的长波长谱带边缘。在一些实施方案中, λ_c 比 λ_e 大至少5%。该条件可表示为 $(\lambda_c - \lambda_e) / \lambda_e \geq 0.05$ 。在一些实施方案中, $(\lambda_c - \lambda_e) / \lambda_e \geq 0.1$,或0.15或0.2。在例示的实施方案中,长波长谱带边缘从中心位置到边缘位置实质上单调递减。在一些实施方案中,该长波长谱带边缘变化是在周向拉伸实质上恒定的过程中形成反射偏振器而产生的。合适的工艺包括在图4A至图4E中所述和所示的那些工艺。在一些情况下,根据长波长谱带边缘的方位角平均值来表征长波长谱带边缘是可用的。在一些实施方案中,方位角平均长波长谱带边缘在反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置中的边缘位置处大。在一些实施方案中,方位角平均长波长谱带边缘从反射偏振器的中心到边缘位置实质上单调递减。在一些实施方案中,方位角平均长波长谱带边缘对应于图10所描绘的长波长谱带边缘。

[0128] 图11为反射偏振器从中心位置到边缘位置的长波长谱带边缘的示意图。中心位置具有 λ_c 的长波长谱带边缘,并且边缘位置具有 λ_e 的长波长谱带边缘。在一些实施方案中, λ_c 比 λ_e 小至少5%。该条件可表示为 $(\lambda_e - \lambda_c) / \lambda_e \geq 0.05$ 。在一些实施方案中, $(\lambda_e - \lambda_c) / \lambda_e \geq 0.1$,或0.15或0.2。在例示的实施方案中,长波长谱带边缘从中心位置到边缘位置实质上单调递增。在一些实施方案中,该长波长谱带边缘变化是在径向拉伸实质上恒定的过程中形成反射偏振器而产生的。合适的工艺包括在图3A至图3F中所述和所示的那些工艺。在一些实施方案中,方位角平均长波长谱带边缘在反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置中的边缘位置处小。在一些实施方案中,方位角平均长波长谱带边缘从反射偏振器的中心到边缘位置实质上单调递增。在一些实施方案中,方位角平均长波长谱带边缘对应于图11所描绘的长波长谱带边缘。

[0129] 图12为包括多个干涉层1234和非干涉层1233的一体形成的反射偏振器1200的示意性剖视图。在一些实施方案中,多个干涉层包括交替的聚合物层1236和1237。在例示的实施方案中,包括单个非干涉层1233。当可通过光学干涉合理地描述干涉层的反射率和透射率,或者随着干涉层的反射率和透射率由光学干涉产生,可合理地精确地对干涉层的反射率和透射率进行建模时,干涉层可被描述为主要通过光学干涉来反射或透射光。此类干涉层在例如美国专利5,882,774(Jonza等人)和美国专利6,609,795(Weber等人)中所述。当具有不同折射率的相邻干涉层对具有光的 $1/2$ 波长的组合光学厚度(折射率乘以物理厚度)时,该对通过光学干涉来反射光。干涉层通常具有小于约200纳米的物理厚度。非干涉层具有太大的光学厚度,无法经由干涉来反射可见光。通常,非干涉层具有至少1微米的物理厚度。在一些实施方案中,包括多于一个非干涉层。在一些实施方案中,多个干涉层1234设置在至少一个非干涉层1233的同一侧上。在一些实施方案中,至少一个非干涉层(例示的实施方案中的非干涉层1233)与多个干涉层1234一体形成,并且主要通过光学干涉而不反射或透射光。在一些实施方案中,非干涉层1233为非粘性柔性光学层,如本文其他地方进一步描

述的。

[0130] 适用于反射偏振膜(诸如反射偏振器1200)中较高折射率干涉层的材料包括例如聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、含有PEN和聚酯(例如,聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)或二苯甲酸的共聚物、乙二醇改性聚对苯二甲酸乙二醇酯。适用于反射偏振膜(诸如反射偏振器1200)中较低折射率干涉层的材料包括例如基于PEN的共聚酯、基于PET的共聚酯、聚碳酸酯(PC),或这三类材料的共混物。为了通过期望数量的层来获得高反射率,相邻微层可表现出针对沿阻光轴偏振的光的折射率差值例如为至少0.2。

[0131] 如本文所用,与第二元件“一体形成”的第一元件意味着第一元件和第二元件一起制造,而不是单独制造,并且然后两元件随后接合。一体形成包括制造第一元件,然后在第一元件上制造第二元件。如果将多个层一起制造(例如,从组合的熔融流浇铸膜,并且然后定向流延膜)而不是单独制造并且然后这些层随后接合,则包括所述多个层的反射偏振器是一体形成的。

[0132] 在一些实施方案中,与针对从第二主侧面1239以阻光态入射的光相比,反射偏振器1200针对从第一主侧面1238以阻光态入射的光具有不同的反射率,如本文其他地方进一步描述的。

[0133] 所述多个干涉层1234的平均总厚度为 T_{int} ,并且所述至少一个非干涉层1233的平均总厚度为 T_{non} 。在一些实施方案中, T_{int} 在约20微米至约70微米的范围内,并且 T_{non} 在约40微米至约100微米的范围内。如果一个或多个非干涉层的表面被结构化,则总厚度可变化。总厚度也可由于例如普通的制造变化而变化。平均总厚度为这些层的面积上的厚度的未加权平均值。在一些实施方案中,反射偏振器的平均总厚度($T_{int}+T_{non}$)为至少50微米、或至少60微米或至少70微米。

[0134] 在一些实施方案中,在将膜形成弯曲形状之前,干涉层中的至少一个实质上单轴取向。例如,层1237中的每一个可为实质上单轴取向的。如果反射偏振器或反射偏振器中的层在平面内方向上实质上取向并且在正交平面内方向上实质上不取向并且在厚度方向上实质上不取向,则该反射偏振器或反射偏振器中的层为实质上单轴取向的。实质上单轴取向的反射偏振器可以商品名Advanced Polarizing Film或APF购自3M公司(3MCompany)。也可使用其它类型的多层光学膜反射偏振器(例如,购自3M公司的反射式偏光增亮膜或DBEF)。DBEF膜在平面内方向上比在正交平面内方向上取向实质上更多,并且还在厚度方向上表现出取向。DBEF膜不如本文所用的“实质上单轴取向”那样实质上单轴取向。

[0135] 在一些实施方案中,反射偏振器在形成弯曲形状之前为实质上单轴取向的,因为该反射偏振器具有至少0.7或至少0.8或至少0.85的单轴性程度 U ,其中 $U = (1/MDDR - 1) / (TDDR^{1/2} - 1)$,MDDR被定义为纵向拉伸比,TDDR被定义为横向拉伸比。此类实质上单轴取向的多层光学膜在美国专利2010/0254002(Merrill等人)中有所描述,该专利以不与本说明书矛盾的程度据此以引用方式并入本文,并且可包括多个交替的第一聚合物层和第二聚合物层,第一聚合物层具有沿长度方向(例如,x方向)和厚度方向(例如,z方向)实质上相同但与沿宽度方向(例如,y方向)的折射率实质上不同的折射率。例如,沿x方向和z方向的折射率之差的绝对值可以小于0.02或小于0.01,并且沿x方向和y方向的折射率之差的绝对值可以大于0.05或大于0.10。除非另外指明,否则折射率是指在550nm的波长下的折射率。在形成弯曲形状之后,反射偏振器可具有在至少一个位置处实质上单轴取向的至少一个层。在一

些实施方案中,在至少一个位置处的至少一个层在沿该层的厚度的第一方向上具有第一折射率,在与第一方向正交的第二方向上具有第二折射率,并且在与第一方向和第二方向正交的第三方向上具有第三折射率,并且第一折射率和第三折射率之间的差值的绝对值小于约0.02或小于约0.01,并且第二折射率和第三折射率之间的差值的绝对值大于约0.05或大于约0.10。在一些实施方案中,在形成弯曲形状之后,反射偏振器具有在多个位置处实质上单轴取向的至少一个层。

[0136] 虽然实质上单轴取向的反射偏振膜(例如,DBEF膜)可具有大于100微米的总厚度,但实质上单轴取向的膜(例如,APF膜)通常要薄得多。例如,APF膜的厚度通常小于约35微米。根据本说明书,已发现厚(例如,大于约50微米厚)实质上单轴取向的反射偏振膜在形成弯曲形状并用于光学系统中时提供改善的特性,如本文其他地方进一步描述的。改善的特性包括改善的机械特性和改善的光学特性。改善的机械特性包括改善的可成形性以获得更高的曲率或更高的垂度直径比而不会在膜中产生缺陷。改善的光学特性当在利用折叠光学设计的光学系统中使用时包括改善的偏振对比度,如本文中其他地方进一步描述的。除了使用厚反射偏振膜之外或代替使用厚反射偏振膜,已发现在形成之前将非粘性柔性光学膜粘结到反射偏振器以改善物理特性。可通过在给定厚度范围内包括附加干涉层并且/或者通过增加非干涉层的厚度来增加反射偏振器的厚度。

[0137] 在一些实施方案中,反射偏振器包括两个或更多个交替的聚合物干涉层分组以提供高对比度。此类反射偏振器在提交于2017年3月6日的美国临时专利申请62/467712(Haag等人)中进一步描述,该专利以不与本说明书矛盾的程度据此以引用方式并入本文。在一些实施方案中,反射偏振器包括多个分组,其中每个分组具有层厚度随层数变化的实质上连续的曲线。图50示出了包括两个分组(分组1和分组2)的反射偏振器的层厚度随层数的变化。在一些实施方案中,厚度分布实质上重叠(例如,大于分组1的厚度范围的50%与大于分组2的厚度范围的50%重叠)。在其他实施方案中,厚度范围内几乎没有或没有重叠。

[0138] 在反射偏振器成形之后,先前单轴取向的一个或多个层在所有位置中可不再单轴取向。然而,在一些实施方案中,在形成之后,至少一个层在至少一个位置处实质上单轴取向。例如,反射偏振膜可在膜的形成过程中径向拉伸,并且沿从反射偏振器的中心位置开始的曲线的位置处径向拉伸。例如,参见图19,在一些实施方案中,至少一个层(例如,对应于图12中所描绘的层1237和/或层1236)在中心1905和位置1910-5处实质上单轴取向。在图19所示的实施方案中,位置1910-5处的取向沿阻光轴1910b-5,该阻光轴在投影到x-y平面上时平行于中心1905处的阻光轴1905b。在一些实施方案中,反射偏振器在反射偏振器的中心位置和远离反射偏振器的中心位置的至少一个位置处实质上单轴取向。

[0139] 在一些实施方案中,对于具有预定波长并且垂直入射在反射偏振器上或沿平行于穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的轴线的方向入射的光,反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的最大反射率、针对正交透光偏振态的最大透射率,以及针对阻光偏振态的最小透射率。在一些实施方案中,最大反射率大于约70%。在一些实施方案中,最大透射率大于约70%。在一些实施方案中,最小透射率小于约5%。

[0140] 图13为根据本说明书的一些实施方案的反射偏振器1300在预定波长(例如,约550nm)下阻光偏振态的最小透射率(T_{min})的示意图。可针对平行于z轴的光或针对垂直入射的光来确定示出的 T_{min} ,反射偏振器朝入射光凸出。示出了恒定 T_{min} 的等高线1372。已发

现,示出的等高线1372是根据一些实施方案的使用其中周向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振膜的特征。

[0141] 示出了在反射偏振器1300的中心位置1305处彼此相交的正交的第一轴线1320和第二轴线1330以及在反射偏振器1300的中心位置1305处彼此相交的正交的第三轴线1325和第四轴线1335。第一轴线1320和第三轴线1325之间的角度 ξ 为约45度。在一些实施方案中, T_{\min} 较小且沿第一轴线1320和第二轴线1330大致恒定,并且沿第三轴线1325和第四轴线1335中的每一者远离中心位置1305大致递增。在一些实施方案中,反射偏振器1300在中心位置1305处的阻光轴沿第二轴线1330。

[0142] 在一些实施方案中,反射偏振器1300的针对阻光偏振态的最小透射率:在沿位于反射偏振器1300的中心位置1305和第一边缘1360之间的第一轴线1320的第一位置1313为 T_1 ;在沿位于反射偏振器1300的中心位置1305和第二边缘1362之间的第二轴线1330的第二位置1315为 T_2 ;在沿位于该反射偏振器的中心位置1305和第三边缘1374之间的第三轴线1325的第三位置1317为 T_3 ;并且在沿位于反射偏振器1300的中心位置1305和第四边缘1378之间的第四轴线1335的第四位置1319为 T_4 。在一些实施方案中, T_1 和 T_2 的最大值小于 T_3 和 T_4 的最小值。在一些实施方案中,反射偏振器1300的针对阻光偏振态的最小透射率:在沿位于反射偏振器1300的中心位置1305和与第一边缘1360相对的第五边缘1361之间的第一轴线1320的第五位置1314为 T_5 ;在沿位于该反射偏振器的中心位置1305和与第二边缘1362相对的第六边缘1363之间的第二轴线1330的第六位置1316为 T_6 ;在沿位于反射偏振器1300的中心位置1305和与第三边缘1374相对的第七边缘1375之间的第三轴线1325的第七位置1318为 T_7 ;在沿位于反射偏振器1300的中心位置1305和与第四边缘1378相对的第八边缘1379之间的第四轴线1335的第八位置1321为 T_8 。在一些实施方案中, T_1 、 T_2 、 T_5 和 T_6 的最大值小于 T_3 、 T_4 、 T_7 和 T_8 的最小值。

[0143] 在一些实施方案中,反射偏振器1300的针对阻光偏振态的最小透射率 T_{\min} 为关于穿过反射偏振器1300的中心位置1305垂直于该反射偏振器的光轴(平行于z轴)实质上4倍旋转对称的。如果一个量在大约360度/n的所有旋转中都是对称的,则该量为n倍旋转对称的,其中n是大于1的整数。如果反射偏振器的表面积的至少70%中的每个点处的量与由对称性操作确定的对应点处的量相差不超过该量的最大变化的20%,则表征反射偏振器的量可被描述为在对称性操作(例如,关于轴线或平面的反射或通过角度的旋转)下为实质上对称的。例如,如果反射偏振器的表面积的至少70%中的每个点处的 T_{\min} 与由围绕光轴的90度、180度和270度的每一者的旋转确定的对应点处的最小透射率相差不超过 T_{\min} 的最大变化的20%,则反射偏振器1300的最小透射率(T_{\min})为关于光轴实质上4倍对称的。 T_{\min} 的最大变化为反射偏振器的最大 T_{\min} 减去最小 T_{\min} 。在一些实施方案中,反射偏振器的表面积的至少70%、或至少80%、或至少90%或至少95%的每个点处的量与由对称性操作确定的对应点处的量相差不超过该量的最大变化的20%、或不超过15%、或不超过10%或不超过5%。

[0144] 在一些实施方案中, T_{\min} 在反射下为关于第一轴线1320、第二轴线1330、第三轴线1325和第四轴线1335中的任一者或多者实质上对称的。关于轴线的反射是指在关于平面图中的轴线的反射或关于投影到垂直于穿过反射偏振器的中心并垂直于反射偏振器的光轴的平面上的轴线的反射。反射对称性也可通过关于平面的反射来表征。被描述为关于轴线

对称或反对称的量也可关于包含反射偏振器的轴线和光轴的平面对称或反对称。在一些实施方案中, T_{\min} 在反射下为关于包含光轴和第一轴线1320、第二轴线1330、第三轴线1325和第四轴线1335中的任一者的一个或多个平面中的每一个实质上对称的。

[0145] 在其他实施方案中, T_{\min} 沿第三轴线1325在反射偏振器的第一部分中相对较大, 并且沿第四轴线1335远离该部分递减。这在图14中示意性地示出。

[0146] 图14为根据本说明书的一些实施方案的反射偏振器1400在预定波长下阻光偏振态的最小透射率 (T_{\min}) 的示意图。可针对平行于z轴的光或针对垂直入射的光来确定示出的 T_{\min} , 反射偏振器朝入射光凸出。示出了恒定 T_{\min} 的等高线1472a和1472b。反射偏振器1400的连续第一部分1471在反射偏振器1400的第一端部1474和第二端部1475之间延伸, 并且具有反射偏振器1400的最大侧向尺寸D(前平面图中的最大尺寸)的至少3%、或至少5%、或至少8%或至少10%。在一些实施方案中, 宽度W不超过D的80%、或不超过70%、或不超过60%、或不超过50%或不超过40%。第一部分1471将反射偏振器1400的非接合的第二部分1466和第三部分1476限定为不包括在第一部分1471中的反射偏振器1400的一部分。在一些实施方案中, T_{\min} 在第一部分1471中通常较大, 并且在第二部分1466和第三部分1476中通常较小。已发现, T_{\min} 的该行为是根据一些实施方案的使用其中径向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振膜的特征。 T_{\min} 在第一部分1471中通常较大并且在第二部分1466和第三部分1476中通常较小, 这可被理解为意味着反射偏振器1400的针对阻光偏振态的最小透射率在大于第一部分1471的50%的每个位置处比在大于第二部分1466的50%的每个位置和大于第三部分1476的50%的每个位置处高。换句话讲, 对于第一部分1471中的第一区域、第二部分1466中的第二区域和第三部分1476中的第三区域, 其中第一区域大于第一部分1471的总面积的50%, 第二区域大于第二部分1466的总面积的50%, 并且第三区域大于第三部分1476的总面积的50%, 因此反射偏振器1400针对阻光偏振态的最小透射率在第一区域中的每个位置处比在第二区域和第三区域中的每个位置处高。第一区域、第二区域和/或第三区域可为连续的或不连续的。在一些实施方案中, 反射偏振器1400针对阻光偏振态的最小透射率在大于第一部分1471的60%、或70%、或80%或90%的每个位置处比在大于第二部分1466的60%、或70%、或80%或90%的每个位置和大于第三部分1476的60%、或70%、或80%或90%的每个位置处高。

[0147] 第一部分1471可实质上沿如图14示意性地示出的恒定方向延伸, 或者第一部分1471可具有弯曲形状。在其中第一部分1471实质上沿恒定方向延伸的实施方案中, 阻光偏振态的最小透射率 (T_{\min}) 在反射下可为关于恒定方向实质上对称的, 或者在反射下可为关于包含光轴(平行于z轴)的平面和恒定方向实质上对称的。在其中第一部分具有弯曲形状的实施方案中, T_{\min} 可不具有对称轴线或对称平面。图15为根据本说明书的一些实施方案的反射偏振器1500在预定波长下的 T_{\min} 的示意图。元件1571、1574、1575、1572a、1572b、1566和1576分别如针对元件1571、1574、1575、1572a、1572b、1566和1576所述, 不同的是第一部分1571沿反射偏振器1500的第一端部1574和第二端部1575之间的曲线延伸。图14至图15的反射偏振器可在反射偏振器的中心处具有平行于y轴的阻光轴。

[0148] 在一些情况下, 本说明书的反射偏振器可通过某个区域的量的范围作为该区域的函数来表征。区域的量的范围是区域中量的最大值减去区域中量的最小值, 并且可称为区域的量的最大变化。在一些情况下, 考虑在反射偏振器的中心的弧长r内或在反射偏振器的

中心的半径 R (与穿过反射偏振器的中心的轴线相距圆柱形坐标距离;参见例如图1)内的区域为可用的。图16为具有中心位置1605并且具有在与穿过反射偏振器1600的中心位置1605垂直于反射偏振器1600的光轴相距半径 R 内的区域1627的反射偏振器1600的示意性前平面图。反射偏振器1600具有与光轴相距的最大半径 R_m 。在一些情况下,区域1627可根据反射偏振器1600的区域1627的面积(弯曲表面的面积)而非半径 R 来表征。

[0149] 图17为在反射偏振器的中心和与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径 R 之间的反射偏振器的区域中的 T_{min} 的最大变化的示意图。曲线1726为使用其中膜的周向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振器的在具有半径 R 的区域(参见例如图16中所描绘的区域1627)内的 T_{min} 的范围。曲线1723为使用其中膜的径向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振器的在具有半径 R 的区域内的 T_{min} 的范围。在一些实施方案中,由于 R 在最大半径 R_m 的0.4至0.7倍的范围内,因此阻光偏振态的最小透射率的最大变化(表示为分数而不是百分比)在约0.001至约0.005的范围内。在一些实施方案中,对于 R/R_m 为约0.6,阻光偏振态的最小透射率的最大变化在约0.001至约0.003的范围内(例如,针对曲线1723)。在一些实施方案中,对于 R/R_m 为约0.6,阻光偏振态的最小透射率的最大变化在约0.001至约0.003的范围内(例如,针对曲线1726)。

[0150] 可用于表征反射偏振器的另一个量是阻光偏振态的变化。例如,可指定不同位置处的阻光轴的相对取向,并且/或者可指定在反射偏振器的中心和与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径 R 之间的反射偏振器的区域中的阻光偏振态的最大变化。可通过投影到垂直于穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴的平面上的方向或取向来描述阻光偏振态或阻光轴。该方向上的角度变化为阻光偏振态的变化,并且可以度表示。可针对平行于穿过并垂直于反射偏振器的中心的轴线的入射光来确定阻光轴,反射偏振器朝入射光凸出。

[0151] 图18为示出了阻光偏振态的可能变化的反射偏振器1800的示意性前平面图。反射偏振器1800的中心1805具有通过阻光轴1805b表征的阻光偏振态。位置1810-1、1810-2、1810-3和1810-4具有分别通过阻光轴1810b-1、1810b-2、1810b-3和1810b-4表征的阻光偏振态。可通过阻光轴和在中心1805处的阻光轴1805b之间的角度来量化该阻光轴的变化,该角度是在投影到与穿过中心1805垂直于反射偏振器1800的轴线正交的平面(x - y 平面)上确定的。该平面可被视为在中心1805处与反射偏振器1800相切的平面。示出了阻光轴1810b-1和1810b-2的角度 α_1 和 α_2 。在例示的实施方案中,相对于阻光轴1805b的顺时针旋转可被认为是正的,使得 α_1 为正的并且 α_2 为负的。位置1910-1、1910-2、1910-3和1910-4可为边缘位置(距反射偏振器1800的边缘比距中心1805更近)。第一位置1810-1和第二位置1810-2可相对于反射偏振器1800的中心1805构成在约70度至约110度范围内的角度 θ 。第三位置1810-3和第四位置1810-4、和/或第二位置1810-2和第三位置1810-3和/或第一位置1810-1和第四位置1810-4可类似地相对于反射偏振器的中心1805构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0152] 图19为示出了阻光偏振态的另一种可能变化的反射偏振器1900的示意性前平面图。反射偏振器1900的中心1905具有通过阻光轴1905b表征的阻光偏振态。位置1910-1、1910-2、1910-3、1910-4和1910-5具有分别通过阻光轴1910b-1、1910b-2、1910b-3、1910b-4和1910b-5表征的阻光偏振态。示出了阻光轴1910b-1和1810b-2的角度 α_1 和 α_2 。在图19所示

的实施方案中,角度 α_1 和 α_2 具有与图18所示的实施方案的对应角度相反的符号。图18的实施方案表示使用其中径向拉伸实质上恒定的方法成形的反射偏振器,并且图19表示使用其中周向拉伸实质上恒定的方法成形的反射偏振器。在一些实施方案中,反射偏振器1900中的至少一个层在中心1905和位置1910-5处实质上单轴取向,如本文其他地方进一步描述的。类似地,在一些实施方案中,反射偏振器1800中的至少一个层在至少一个位置处实质上单轴取向。

[0153] 在一些实施方案中,至少一个第一边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态顺时针旋转,并且至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态逆时针旋转,至少一个第一位置和至少一个第二位置相对于反射偏振器的中心构成在约70度至约110度范围内的角度 θ 。在一些实施方案中,第二位置由第一位置围绕穿过反射偏振器的中心的光轴顺时针旋转角度 θ 来限定。例如,位置1810-2可由位置1810-1围绕穿过反射偏振器1800的中心1805的光轴(平行于z轴)顺时针旋转角度 θ 来限定。在一些实施方案中,第二位置由第一位置围绕穿过反射偏振器的中心的光轴逆时针旋转角度 θ 来限定。例如,位置1910-1可由位置1910-2围绕穿过反射偏振器1900的中心1905的光轴(平行于z轴)逆时针旋转角度 θ 来限定。

[0154] 在一些实施方案中,至少一个第一边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态顺时针旋转至少0.2度、或至少0.5度、或至少1度或至少1.5度。在一些实施方案中,至少一个第一边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态顺时针旋转不超过4度、或不超过3.5度或不超过3度。在一些实施方案中,至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态逆时针旋转至少0.2度、或至少0.5度、或至少1度或至少1.5度。在一些实施方案中,至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态顺时针旋转不超过4度、或不超过3.5度或不超过3度。在一些实施方案中,至少一个第一边缘位置和至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于彼此旋转大于2度或大于2.5度。除非另外指明,否则相对于彼此的旋转是指非负旋转。在一些实施方案中,至少一个第一边缘位置和至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于彼此旋转不超过7度、或不超过6度或不超过5度。在一些实施方案中,至少一个第三边缘位置和至少一个第四边缘位置的阻光偏振态相对于彼此旋转小于2度或小于1.5度。

[0155] 在一些实施方案中,至少一个第三边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态顺时针旋转,并且至少一个第四边缘位置的阻光偏振态相对于反射偏振器的中心处的阻光偏振态逆时针旋转。例如,阻光偏振轴1810b-3相对于中心1805处的阻光偏振轴1805b顺时针旋转,并且阻光偏振轴1810b-4相对于中心1805处的阻光偏振轴1805b逆时针旋转。又如,阻光偏振轴1910b-4相对于中心1905处的阻光偏振轴1905b顺时针旋转,并且阻光偏振轴1910b-3相对于中心1905处的阻光偏振轴1905b逆时针旋转。在一些实施方案中,至少一个第一位置和至少一个第三位置相对于反射偏振器的中心构成在约160度至约180度范围内的角度,并且至少一个第二位置和至少一个第四位置相对于反射偏振器的中心构成在约160度至约180度范围内的角度。

[0156] 图20为在反射偏振器的中心和与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径R之间的反射偏振器的区域中的阻光轴的最大变化的曲线图。曲线2026为使用其中膜的周向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振器的在具有半径R的区域

(参见例如图16中所描绘的区域1627)内的阻光偏振态的最大变化。曲线2023为使用其中膜的径向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振器的在具有半径R的区域内的阻光偏振态的最大变化。在一些实施方案中,阻光偏振态的最大变化:对于R小于 R_1 ,该最大变化小于约1度,并且对于R大于 R_2 ,该最大变化大于约2度,其中 R_1 为至少 $0.4R_m$,并且 R_2 大于 R_1 且不超过 $0.95R_m$,或者不超过 $0.9R_m$ 。在一些实施方案中, R_1 为约 $0.45R_m$,并且 R_2 为约 $0.7R_m$ 。在一些实施方案中,对于R大于 $0.75R_m$,最大变化大于约3度。在一些实施方案中,对于R大于 $0.85R_m$,最大变化大于约3.5度。在一些实施方案中, R_1 为约18mm, R_2 为约28mm,并且 R_m 为约41.5mm。在一些实施方案中,R等于 R_m 时的最大变化不超过7度、或不超过6度或不超过5度。

[0157] 在一些实施方案中,反射偏振器的在与反射偏振器的光轴相距半径R内的区域内,反射偏振器具有阻光偏振态下的小于约1度、或小于约0.8度、或小于约0.6度、或小于约0.5度、或小于约0.4度或小于约0.3度,其中R小于 $0.8R_m$ 、或小于 $0.9R_m$ 或小于或等于 R_m 的最大变化。这可例如通过在反射偏振器的中心附近切割反射偏振器的一部分(例如,反射偏振器的在与反射偏振器的中心相距半径 R_1 内的部分2026)来实现。在一些实施方案中,反射偏振器或反射偏振器的切割部分具有约0.1或更大、或约0.15或更大或约0.18或更大的最大垂直度直径比。

[0158] 图21至图22示意性地示出了根据本说明书的一些实施方案的反射偏振器在具有预定波长的透光偏振态下发生的最大透射率(T_{max})的可能模式。可针对平行于z轴的光或针对垂直入射的光来确定示出的 T_{max} ,反射偏振器朝入射光凸出。根据一些实施方案,图21的实施方案表示使用其中周向拉伸实质上恒定的方法成形的反射偏振器,并且图22表示使用其中径向拉伸实质上恒定的方法成形的反射偏振器。

[0159] 图21为根据本说明书的一些实施方案的反射偏振器2100在预定波长下透光偏振态的最大透射率的示意图。示出了具有基本上矩形形状并且在反射偏振器2100的中心2105实质上居中的恒定 T_{max} 的等高线2172。基本上矩形形状通常具有长度和宽度,宽度小于或等于长度。基本上矩形形状为矩形或近似矩形的形状,该形状可具有圆角和/或弯曲边,弯曲边的曲率半径为该边的长度的至少5倍,圆角的曲率半径不超过矩形的宽度的 $1/5$ 。如果反射偏振器的中心与基本上矩形形状的中心之间的距离不超过矩形的宽度的 $1/5$,则基本上矩形形状在反射偏振器的中心实质上居中。在一些实施方案中,在等高线2172内的区域2127中的至少70%、或至少80%、或至少90%、或100%的位置中的每一者处针对透光偏振态的最大透射率处于在反射偏振器2100的中心2105处针对透光偏振态的最大透射率的2%以内、或1.5%以内、或1.0%以内。例如,中心2105可具有0.90的最大透射率,并且区域2127中的每个位置可具有在0.89至0.91范围内的最大透射率,使得区域2127中的每个位置具有处于在反射偏振器2100的中心2105处针对透光偏振态的最大透射率的 1.11% ($0.01/0.90*100\%$) 以内的最大透射率。

[0160] 如果在该区域总面积的至少指定百分比的全部区域中满足某种特性,则该区域中的位置的至少指定百分比具有该特性。例如,整个区域中针对透光偏振态的最大透射率可通过测量该区域中足够数量的点处的最大透射率来确定,以通过测量到最大透射率的点之间的插值来确定整个区域的最大透射率。如果以这种方式确定的最大透射率处于在区域总面积的至少70%的面积(连续或不连续)的中心点处的最大透射率的1%以内,则该最大透射率处于在该区域中的位置的至少70%的中心点处的最大透射率的1%以内。

[0161] 在一些实施方案中,反射偏振器2100在区域2127外部的位置的至少大部分、或至少60%、或至少70%或至少80%的针对透光偏振态的最大透射率比在反射偏振器2100的中心2105处针对透光偏振态的最大透射率至少低1%、或至少低1.5%或至少低2%。

[0162] 在一些实施方案中,反射偏振器2100的中心2105处的阻光轴沿第二轴线2130。在一些实施方案中,区域2127具有实质上平行于反射偏振器2100的最大侧向尺寸D的至少一半的阻光偏振态的长度L。在一些实施方案中,区域2127具有实质上平行于反射偏振器2100的最大侧向尺寸D的至少25%的透光偏振态的宽度W。

[0163] 图22为根据本说明书的一些实施方案的反射偏振器2200在预定波长(例如,约550nm)下透光偏振态的最大透射率的示意图。示出了恒定 T_{max} 的等高线2272。正交的第一轴线2220和第二轴线2230在反射偏振器2200的中心位置2205处彼此相交。在一些实施方案中,反射偏振器针对透光偏振态的最大透射率:在中心位置2205处为 T_c ;在沿第一轴线2220靠近反射偏振器2200的第一边缘2260的第一边缘位置2213为 T_1 ;在沿第一轴线2220靠近反射偏振器2200的与第一边缘2260相对的第二边缘2261的第二边缘位置2214为 T_2 ;在沿第二轴线2230靠近反射偏振器的第三边缘2262的第三边缘位置2215为 T_3 ;并且在沿第二轴线2230靠近反射偏振器2200的与第三边缘2262相对的第四边缘2263的第四边缘位置2216为 T_4 。在一些实施方案中, T_c 大于 T_1 和 T_2 的最大值,并且小于 T_3 和 T_4 的最小值。

[0164] 在一些实施方案中, T_{max} 在反射下为关于第一轴线2220和第二轴线2230中的一者或两者实质上对称的。在一些实施方案中, T_{max} 在反射下为关于包含在中心位置2205处平行于z轴的光轴并包含第一轴线2220和第二轴线2230中的一者中的一者或两者实质上对称的。在一些实施方案中,反射偏振器2200的中心2205处的阻光轴沿第二轴线2230。

[0165] 线性二向衰减由 $(T_{max}-T_{min}) / (T_{max}+T_{min})$ 给出。在一些实施方案中,线性二向衰减的空间变化由 T_{min} 的空间变化来控制。线性二向衰减的等高线曲线图可看起来类似于 T_{min} 的等高线曲线图,相对较高的 T_{min} 的区域对应于相对低线性二向衰减的区域,而相对较低的 T_{min} 的区域对应于相对较高的线性二向衰减的区域。在一些实施方案中,对于反射偏振器的在与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径R内的区域,当R为至少约0.4 R_m 、或至少约0.5 R_m 、或至少约0.6 R_m ,或在0.4至0.7倍的 R_m 的范围内时,线性二向衰减不小于约0.98、或不小于0.985或不小于0.99。在一些实施方案中,对于反射偏振器的在与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径R内的区域,当R为至少约0.4 R_m 、或至少约0.5 R_m 、或至少约0.6 R_m ,或在0.4至0.7倍的 R_m 的范围内时,线性二向衰减的最大变化不超过约0.015、或不超过约0.01或不超过约0.008。

[0166] 图23为根据本说明书的一些实施方案的反射偏振器2300在预定波长下的圆形二向衰减的示意图。圆形二向衰减是指 $(T_R-T_L) / (T_R+T_L)$,其中 T_R 和 T_L 分别是右旋和左旋圆形偏振的入射光的透射率。可针对平行于z轴的光或针对垂直入射的光来确定示出的圆形二向衰减,反射偏振器朝入射光凸出。示出了恒定圆形二向衰减的等高线2372。已发现,示出的等高线2372是根据一些实施方案的使用其中周向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振膜的特征。

[0167] 示出了在反射偏振器2300的中心位置2305处彼此相交的正交的第一轴线2325和第二轴线2335以及在反射偏振器2300的中心位置2305处彼此相交的正交的第三轴线2320和第四轴线2330。在例示的实施方案中,中心位置2305处的阻光态沿第四轴线2330。第一轴

线2325和第三轴线2320之间的角度 ξ 为约45度。在一些实施方案中,圆形二向衰减沿第三轴线2320和第四轴线2330接近零并大致恒定;沿着沿第一轴线2325的每个方向远离中心位置2305大致递减;并且沿着沿第二轴线2335的每个方向远离中心位置2305大致递增。在一些实施方案中,反射偏振器2300的圆形二向衰减:在中心位置处为 CD_c ;在沿第一轴线2325靠近反射偏振器的第一边缘2374的第一边缘位置2317为 CD_1 ;在沿第一轴线2325靠近反射偏振器2300的与第一边缘2374相对的第二边缘2375的第二边缘位置2318为 CD_2 ;在沿第二轴线2335靠近反射偏振器的第三边缘2378的第三边缘位置2319为 CD_3 ;并且在沿第二轴线2335靠近反射偏振器的与第三边缘相对的第四边缘2379的第四边缘位置2321为 CD_4 。在一些实施方案中, T_c 小于 CD_3 和 CD_4 的最小值,并且大于最大值 CD_1 和 CD_2 。在一些实施方案中, CD_1 和 CD_2 中的每一者为负数,并且 CD_3 和 CD_4 中的每一者为正数。

[0168] 在一些实施方案中,圆形二向衰减在反射下为关于第一轴线2325实质上对称的。在一些实施方案中,圆形二向衰减在反射下为关于第二轴线2335实质上对称的。在一些实施方案中,圆形二向衰减在反射下为关于第一轴线2325和第二轴线2335中的每一者实质上对称的。在一些实施方案中,圆形二向衰减在反射下为关于第三轴线2320实质上反对称的。在一些实施方案中,圆形二向衰减在反射下为关于第四轴线2330实质上反对称的。在一些实施方案中,圆形二向衰减在反射下为关于第三轴线2320和第四轴线2330中的每一者实质上反对称的。

[0169] 图24为在反射偏振器的中心和与穿过反射偏振器的中心垂直于反射偏振器的光轴相距半径 R 之间的反射偏振器的区域的圆形二向衰减的最大变化的示意图。曲线2426为使用其中膜的周向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振器的在具有半径 R 的区域(参见例如图16中所描绘的区域1627)内的圆形二向衰减的最大变化。曲线2423为使用其中膜的径向拉伸实质上恒定的方法形成弯曲形状的反射偏振器的在具有半径 R 的区域内的圆形二向衰减的最大变化。可根据反射偏振器的区域的面积而非半径 R 来定义反射偏振器的区域。该区域可为或可不为圆形的,并且在反射偏振器的中心可居中或可不居中。

[0170] 在一些实施方案中,反射偏振器的具有小于或等于反射偏振器的总面积的面积的区域的圆形二向衰减的最大变化为至少0.04、或至少0.06、或至少0.07、或至少0.08或至少0.09。在一些实施方案中,当该区域的面积等于反射偏振器的总面积时,圆形二向衰减的最大变化不超过0.15或不超过0.12。例如,反射偏振器可具有如曲线2426所示的圆形二向衰减的最大变化,并且在半径 R_3 内的区域(该区域可具有大于反射偏振器的总面积一半的面积)的圆形二向衰减的最大变化可为至少0.04。在一些实施方案中,该区域的面积为总面积的约0.3倍,并且最大变化为至少0.06。在一些实施方案中,该区域的面积为总面积的约0.5倍,并且最大变化为至少0.07。在一些实施方案中,该区域的面积为总面积,并且最大变化为至少0.09。

[0171] 在一些实施方案中,反射偏振器的具有大于反射偏振器的总面积一半的面积的区域的圆形二向衰减的最大变化不超过0.015、或不超过0.01、或不超过0.008或不超过0.006。例如,反射偏振器可具有如曲线2423所示的圆形二向衰减的最大变化,并且在半径 R_3 内的区域(该区域可具有大于反射偏振器的总面积一半的面积)可具有不超过0.015的圆形二向衰减的最大变化。在一些实施方案中,该区域中的圆形二向衰减的最大绝对值不超过0.007、或不超过0.005、或不超过0.004或不超过0.003。在一些实施方案中,最大圆形二

向衰减约等于最小圆形二向衰减的负值,并且圆形二向衰减的最大绝对值为圆形二向衰减的最大变化的约一半。在一些实施方案中,该区域的面积为反射偏振器的总面积的至少70%或至少80%。在一些实施方案中,该区域的面积为反射偏振器的总面积,并且圆形二向衰减的最大变化或圆形二向衰减的最大绝对值在相应的上述范围中的任一个内。在一些实施方案中,该区域的面积为反射偏振器的总面积,并且圆形二向衰减的最大变化不超过0.01。在一些实施方案中,该区域的面积为反射偏振器的总面积,并且圆形二向衰减的最大绝对值不超过0.005。

[0172] 在一些实施方案中,在周向拉伸实质上恒定的方法中形成的反射偏振器的圆形二向衰减的范围实质上大于未形成的膜的圆形二向衰减的范围。在一些实施方案中,在径向拉伸实质上恒定的方法中形成的反射偏振器的圆形二向衰减的范围实质上等于未形成的膜的圆形二向衰减的范围。

[0173] 在一些实施方案中,本说明书的反射偏振器用于光学叠堆中,该光学叠堆包括反射偏振器和粘结到反射偏振器的至少一个非粘性柔性光学层。在一些实施方案中,光学系统包括粘结到并适形于光学元件的弯曲第一主表面的光学叠堆。光学系统还可包括与反射偏振器相邻并间隔开的部分反射器,并且可包括设置在反射偏振器和部分反射器之间的延迟器。在一些实施方案中,光学系统包括本说明书的反射偏振器(具有或不具有非粘性柔性光学层),并且还包括与反射偏振器相邻并间隔开的部分反射器,并且可包括设置在反射偏振器和部分反射器之间的延迟器。

[0174] 本文所述的反射偏振器中的任一个可通过最佳拟合球形曲率半径表征的形状。表面的最佳拟合球面曲率半径为球体的半径,该半径使沿着球体的法线从球体到表面的平方距离最小化。最佳拟合球面曲率半径可使用常规最小平方拟合技术来确定。光学膜(诸如反射偏振膜)的最佳拟合球形曲率半径为膜的主表面的最佳拟合球形曲率半径。在一些实施方案中,反射偏振器具有至少6mm、或至少10mm、或至少15mm、或至少20mm、或至少25mm或至少30mm的最佳拟合球形曲率半径。在一些实施方案中,反射偏振器具有不超过1000mm、或不超过500mm、或不超过250mm、或不超过200mm或不超过150mm的最佳拟合球形曲率半径。

[0175] 图25为光学系统2500的示意性剖视图,该光学系统包括具有弯曲第一主表面2511和相对的第二主表面2512的第一光学元件2510;以及粘结到并适形于第一光学元件2510的弯曲第一主表面2511的光学叠堆2520。在一些实施方案中,光学叠堆2520通过任选的粘合剂层2532粘结到光学元件2510。在一些实施方案中,借助通过例如嵌件成型工艺使光学元件2510在光学叠堆2520上一体形成,使光学叠堆2520粘结到光学元件2510,并且省略任选的粘合剂层2532。光学叠堆2520包括第一层2522和第二层2526。第一层2522具有相对的第一主表面2523和第二主表面2524,并且第二层2526具有相对的第一主表面2527和第二主表面2528。在一些实施方案中,第一层2522和第二层2526通过任选的粘合剂层2530彼此粘结。在一些实施方案中,第一层2522和第二层2526借助彼此一体形成而彼此粘结,并且省略任选的粘合剂层2530。

[0176] 在一些实施方案中,第一层2522为本说明书的反射偏振器;并且第二层2526为粘结到该反射偏振器并具有实质上平行的相对的第一主表面2527和第二主表面2528的非粘性柔性光学层。在一些实施方案中,第二层2526为本说明书的反射偏振器;并且第一层2522为粘结到该反射偏振器并具有实质上平行的相对的第一主表面2523和第二主表面2524的

非粘性柔性光学层。

[0177] 非粘性柔性光学层可为或包括例如聚合物膜、抗反射涂层、吸收偏振器、中性密度滤光器、延迟器、染色膜、光学滤光器、包含电路、电极的膜、红外反射膜、多层光学膜和漫射体中的一者或多者。在一些实施方案中，非粘性柔性光学层为光学透明的膜基底，诸如聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 或聚萘二甲酸乙二醇酯 (PEN) 或聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)。如果膜或粘合剂层在预定波长范围 (例如，400nm至700nm) 内具有至少80%的非偏振垂直入射光的透射率并且具有小于20%的雾度，则可将该膜或粘合剂层描述为光学透明的。在一些实施方案中，非粘性柔性光学层为光学透明的膜，该膜在400nm至700nm的波长范围内具有至少85%的非偏振垂直入射光的透射率，并且具有小于10%的雾度。在一些实施方案中，非粘性柔性光学层为染色膜和/或光学滤光器，并且用于调节透射光的某个方面 (例如，颜色或强度)。例如，可包括中性密度滤光器以减小透射穿过滤光器的所有可见光的强度。电路可用于例如控制显示元件或触敏元件。可包括电极用于例如暗化液晶显示元件。

[0178] 在一些实施方案中，非粘性柔性光学层的至少一个位置具有小于约100nm、或小于约80nm、或小于约60nm、或小于约40nm、或小于约30nm、或小于约20nm、或小于约10nm或小于约5nm的光学延迟。在一些实施方案中，非粘性柔性光学层的至少一个位置具有大于约200nm、或大于约400nm、或大于约800nm、或大于约1000nm、或大于约2000nm、或大于约3000nm或大于约4000nm的光学延迟。某层的某一位置处的光学延迟为在该位置处垂直入射在该层上透射穿过该层的光线的相位延迟。如果该层为偏振器，则确定具有偏振器的透光偏振态的垂直入射光的相位延迟。除非另外指明，否则入射光线的波长为约550nm。该延迟可由于例如普通的制造变化而随位置变化。在一些实施方案中，非粘性柔性光学层的每个位置在上文针对至少一个位置所述的范围中的一个内具有光学延迟。

[0179] 在一些实施方案中，光学元件2510为光学透镜，光学系统2500为透镜组件。在一些实施方案中，光学透镜在至少一个方向上具有屈光度。例如，光学透镜可为在y方向上具有屈光度的柱面透镜，参见图25的x-y-z坐标系。又如，光学透镜可在两个相互正交的方向 (例如，x方向和y方向) 上弯曲，并且可在两个相互正交的方向 (例如，x方向和y方向) 上具有屈光度。在一些实施方案中，光学透镜具有实质上平坦的表面 (例如，第二主表面2512可为平坦的)。

[0180] 图26为包括透镜组件2600的光学系统2601的示意性剖视图。透镜组件2600可对应于光学部件2500并且包括第一透镜2610和设置在第一透镜2610的弯曲主表面上并适形于该弯曲主表面的光学叠堆2620。光学叠堆2620包括第一层2622和第二层2626。任选的粘合剂层可设置在第一层2622和第二层2626之间和/或光学叠堆2620和第一透镜2610之间。在一些实施方案中，第一层2622和第二层2626中的一者为本说明书的反射偏振器，并且第一层2622和第二层2626中的另一者为非粘性柔性光学层。光学系统2601还包括延迟器2635、延迟器2639、具有设置在第二透镜2640的主表面上的部分反射器2642的第二透镜2640。在一些实施方案中，光学系统2601适于向观察位置2665显示由显示器2650发射的图像。

[0181] 粘合剂层中的任一个可具有从约1微米至约50微米的平均厚度。粘合剂层可为或包括例如压敏粘合剂、热熔粘合剂、热固性粘合剂、溶剂基粘合剂和水基粘合剂中的一者或多者。在一些实施方案中，粘合剂层与紧邻层为实质上折射率匹配的。在一些实施方案中，粘合剂层为光学透明的粘合剂层。合适的光学透明粘合剂包括例如购自3M公司 (3M

Company) (例如,分别为1密耳厚和2密耳厚的3M光学透明粘合剂8171和8172) 和购自诺兰德制造有限公司(Norland Products Inc.,Cranbury,NJ) 的Norland光学粘合剂。

[0182] 在一些实施方案中,非粘性柔性光学层具有实质上平行的第一主表面和第二主表面。如果非粘性柔性光学层的第一主表面和第二主表面足够接近平行,使得非粘性柔性光学层具有可忽略不计的折射屈光度,或者如果第一主表面和第二主表面的至少80%上的成对相对点中的每一个处的斜率相差不超过30度,则这两个主表面可被描述为实质上平行的。在一些实施方案中,第一主表面和第二主表面的至少80%、或至少85%或至少90%上的每对相对点处的斜率相差不超过20度或相差不超过30度。相对点是指沿着沿非粘性柔性光学层的厚度方向的一条线的点,其中该线垂直于第一主表面和第二主表面中的至少一者。

[0183] 在一些实施方案中,第一透镜2610和第一光学叠堆2620与第二透镜2640间隔开。在一些实施方案中,第一透镜2610为具有实质上不平行的第一主表面和第二主表面的第一光学元件,并且第二透镜2640为具有实质上不平行的第一主表面和第二主表面的第二光学元件。如果透镜的第一主表面和第二主表面足够不同,使得透镜具有不可忽略不计的折射屈光度,或者如果第一主表面和第二主表面上的至少一对相对点处的斜率相差至少10度,则这两个主表面可被描述为实质上不平行的。在一些实施方案中,第一主表面和第二主表面上的至少一对相对点处的斜率相差至少20度或至少30度。相对点是指沿着沿透镜的厚度方向的一条线的点,其中该线垂直于第一主表面和第二主表面中的一者。如果棱镜的第一主表面和第二主表面之间的角度为至少约20度,则这两个表面为实质上不平行的。

[0184] 光学系统2601的其他构型是可能的。在一些实施方案中,延迟器2635可设置在与第一透镜2610相对的光学叠堆2620上,或者可设置在与部分反射器2642相对的第二透镜2640上。在一些实施方案中,延迟器2639可设置在部分反射器2642上或可设置在显示器2650上。在一些实施方案中,第一透镜2610和第二透镜2640被单个透镜替换(例如,部分反射器2642在一个主表面上,并且光学叠堆2620在相对的主表面上)。在另外的其他实施方案中,包括两个以上的透镜。光学系统的其他可能的布置在美国专利申请公布2017/0068100(Ouderkirk等人)中有所描述。光学叠堆2620可用于代替美国专利申请公布2017/0068100(Ouderkirk等人)中所述的实施方案中的任一个中的反射偏振器。

[0185] 在一些实施方案中,显示器2650以反射偏振器的阻光偏振态发射光,并且延迟器2635和2639被设置为使得由显示器发射的光首先以阻光偏振态入射到反射偏振器上。例如,延迟器2635和2639可具有相对于彼此取向成约90度的快轴。延迟器2635和2639可各自为在预定波长范围内的至少一个波长处的四分之一波长延迟器。其他配置也是可能的。例如,延迟器2635和2639可为四分之一波长延迟器,这两个延迟器相应的快轴对齐。在这种情况下,显示器2650可以反射偏振器的透光偏振态发射光,使得该光首先以阻光态入射到反射偏振器上。

[0186] 延迟器2635和/或2639可为基底或透镜上的涂层,或者可为延迟膜,并且可由任何合适的材料形成,这些材料包括例如在美国专利申请公布US2002/0180916(Schadt等人)、US 2003/028048(Cherkaoui等人)以及US2005/0072959(Moia等人)中描述的线性可光致聚合的聚合物(LPP)材料和液晶聚合物(LCP)材料。合适的LPP材料包括ROP-131EXP 306LPP,并且合适的LCP材料包括ROF-5185EXP 410LCP,这两者均可得自瑞士奥什维尔落利刻新材料公司(Rolic Technologies,Allschwil,Switzerland)。在一些实施方案中,延迟器2635

为在预定波长范围(例如,400nm至700nm)的至少一个波长处的四分之一波长延迟器。

[0187] 部分反射器2642可为任何合适的部分反射器。例如,部分反射器可通过将金属(例如,银或铝)的薄层涂覆在透明基板(例如,可随后粘附到透镜上的膜,或基板可为透镜)上来构造。部分反射器也可通过例如将薄膜电介质涂层沉积到透镜基板的表面上,或者通过将金属和电介质涂层的组合沉积在表面上来形成。在一些实施方案中,部分反射器具有在预定波长下或在预定波长范围内的平均光学反射率和平均光学透射率,该平均光学反射率和该平均光学透射率各自在20%至80%的范围内、或各自在30%至70%的范围内、或各自在40%至60%的范围内、或各自在45%至55%的范围内。部分反射器可以是例如半镜。除非另外指明,否则在预定波长范围内的平均光学反射率和平均光学透射率分别是指在法向入射下确定的在预定波长范围内以及在光学反射率和光学透射率的偏振上的未加权平均值。在一些实施方案中,部分反射器可为反射偏振器或可具有偏振相依反射比。然而,通常优选的是,法向入射光学反射率和光学透射率独立于或实质上独立于入射光的偏振态。这种偏振独立性可使用例如实质上各向同性金属层和/或电介质层来获得。

[0188] 在一些实施方案中,第一透镜2610和第二透镜2640中的每一者在至少一个方向上具有大于零的屈光度。在一些实施方案中,部分反射器2642针对在预定波长范围内的实质上垂直入射的光具有至少30%的平均光学反射率。在一些实施方案中,反射偏振器(第一层2622和第二层2626中的一者)实质上透射在预定波长范围内具有第一偏振态的光,并且实质上反射在预定波长范围内具有第二偏振态的光。光学系统2601具有光轴2660,该光轴可被理解为沿光轴2660传播的光线2661穿过第一透镜2610、第二透镜2640、部分反射器2642以及反射偏振器而实质上不被折射的轴线。实质上不被折射意味着入射在表面上的光线与透射穿过该表面的光线之间的角度不超过15度。在一些实施方案中,沿光轴2660传播的光线穿过第一透镜2610、第二透镜2640、部分反射器2642以及反射偏振器,而在光学系统2601的任何主表面处被折射不超过10度、或不超过5度、或不超过3度或不超过2度。

[0189] 在一些实施方案中,光学系统2601适于接收入射光并向观察位置2665处的观察者传输光。从光学系统2601出射的光由第一光部件2655和第二光部件2657示意性地示出。

[0190] 已发现,本说明书的光学叠堆和反射偏振器允许光学系统实现比常规光学系统更高的偏振对比度。在一些实施方案中,对于具有第二偏振态(反射偏振器的阻光态)和在预定波长范围内的波长并以约100度至约160度的全锥角 θ 在光轴2660上居中的入射光锥2653,入射光从具有第一光部件2655和第二光部件2657的光学系统出射,第一光部件2655具有第一偏振态(反射偏振器的透光偏振态)且第二光部件2657具有第二偏振态,第一光部件2655的平均强度与第二光部件2657的平均强度的比大于约100、或大于约110、或大于约120或大于约130。

[0191] 本说明书的反射偏振器中的任一个可用于在2017年10月9日提交的标题为“OPTICAL COMPONENTS AND OPTICAL SYSTEMS”的美国临时专利申请62/569942中所描述的光学部件和光学系统中的任一者,据此以不与本说明书矛盾的程度以引用方式并入本文。

[0192] 光学膜中的任一个可包括在光学膜的一侧上的剥离衬垫或光学膜的两个相对侧中的每一个上的剥离衬垫。例如,光学膜100、300和400中的任一个可包括一个或多个剥离衬垫。又如,反射偏振器1200的层1233可为剥离衬垫,而不是与干涉层1234共挤出的层。在将光学膜形成为弯曲形状之前,可将一个或多个剥离衬垫施加到光学膜以保护该光学膜

(例如,使得来自模具的表面纹理不压印到光学膜上)。

[0193] 粘结到光学膜但可在实质上不损坏光学膜的情况下从光学膜干净地移除的衬垫可被描述为可剥离地粘结到光学膜上并且可被描述为剥离衬垫。在一些实施方案中,可剥离地粘结到光学膜的衬垫可在对光学膜没有可见损坏的情况下从光学膜移除。可剥离地粘结的衬垫可包括具有粘合剂层的基底,该粘合剂层牢固地粘结到基底,但轻微地粘结到光学膜。例如,衬垫可包括施加到基底上的低粘性粘合剂薄层,该基底具有被处理以增加其与粘合剂的粘结的表面。其他合适的衬垫包括例如如美国专利6,991,695 (Tait等人)中所述的静电粘结到光学膜的那些衬垫。合适的衬垫的一个示例为可购自株式会社山樱化研 (Sun A Kaken Co, Ltd) 的OCPET NSA33T。

[0194] 图51为光学叠堆5000的示意性剖视图,该光学叠堆还可被描述为光学膜,该光学叠堆包括光学膜5100(可为反射偏振器)以及适形于光学膜5100的第一附加层5111和第二附加层5122。可使用本文其他地方所述的方法中的任一个将光学叠堆5000形成为示出的弯曲形状。在一些实施方案中,省略第一附加层5111和第二附加层5122中的一者。在一些实施方案中,第一附加层5111和第二附加层5122中的一者或两者不与光学膜5100一体形成。在一些实施方案中,第一附加层5111和第二附加层5122中的一者或两者为适形于并可剥离地粘结到光学膜5100的衬垫。光学膜5100可为例如本文其他地方所述的反射偏振器中的任一个。

[0195] 诸如“约”的术语将在本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中理解。如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对“约”应用于表达特征尺寸、数量和物理属性的量的使用不清楚,则“约”将被理解为是指处于指定值的10%以内。给定为约指定值的量可精确地为指定值。例如,如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对其不清楚,则具有约1的值的量是指该量具有介于0.9和1.1之间的值,并且该值可为1。

[0196] 本领域普通技术人员将在本说明书中使用和描述的上下文中理解术语诸如“基本上/实质上”。如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对“实质上平行”的使用不清楚,则“实质上平行”将指处于平行的30度以内。在一些实施方案中,描述为彼此实质上平行的方向或表面可以处于20度以内、或处于平行的10度以内、或者可以是平行的或名义上平行的。

[0197] 以下为本说明书的示例性实施方案的列表。

[0198] 实施方案1为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长的垂直入射光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,其中所述反射偏振器的厚度在所述反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处大至少5%,并且其中所述反射偏振器的所述厚度从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置实质上单调递减。

[0199] 实施方案2为根据实施方案1所述的反射偏振器,所述反射偏振器具有方位角平均厚度,所述方位角平均厚度在所述反射偏振器的所述中心处比在所述至少一个边缘位置中

的边缘位置处大。

[0200] 实施方案3为根据实施方案2所述的反射偏振器,其中所述方位角平均厚度从所述反射偏振器的所述中心到所述边缘位置实质上单调递减。

[0201] 实施方案4为根据实施方案1所述的反射偏振器,其中对于具有所述阻光偏振态的垂直入射光,所述反射偏振器具有反射谱带,所述反射谱带具有长波长谱带边缘,所述预定波长处于所述反射谱带中,所述长波长谱带边缘在所述反射偏振器的所述中心处比在所述至少一个边缘位置处大至少5%。

[0202] 实施方案5为根据实施方案4所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器的所述长波长谱带边缘的方位角平均值从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置实质上单调递减。

[0203] 实施方案6为根据实施方案1所述的反射偏振器,其中对于具有所述预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对所述阻光偏振态的小于约5%的最小透射率,所述轴线在所述反射偏振器的所述中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器。

[0204] 实施方案7为根据实施方案6所述的反射偏振器,其中对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线以及在所述反射偏振器的所述中心位置处彼此相交的正交的第三轴线和第四轴线,所述第一轴线和所述第三轴线之间的角度为约45度,所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率:

[0205] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第一边缘之间的所述第一轴线的第一个位置为T1;

[0206] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第二边缘之间的所述第二轴线的第二个位置为T2;

[0207] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第三边缘之间的所述第三轴线的第三个位置为T3;并且

[0208] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第四边缘之间的所述第四轴线的第四个位置为T4,

[0209] 其中T1和T2的最大值小于T3和T4的最小值。

[0210] 实施方案8为根据实施方案7所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率:

[0211] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置 and 与所述第一边缘相对的第五边缘之间的所述第一轴线的第五位置为T5;

[0212] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置 and 与所述第二边缘相对的第六边缘之间的所述第二轴线的第六位置为T6;

[0213] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置 and 与所述第三边缘相对的第七边缘之间的所述第三轴线的第七位置为T7;并且

[0214] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置 and 与所述第四边缘相对的第八边缘之间的所述第四轴线的第八位置为T8,

[0215] 其中T1、T2、T5和T6的最大值小于T3、T4、T7和T8的最小值。

[0216] 实施方案9为根据实施方案8所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器的在与穿过

所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径R内的区域具有在约0.001至约0.005范围内的所述阻光偏振态的所述最小透射率的最大变化，

[0217] 其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径 R_m ，并且R在0.4至0.7倍的 R_m 的范围内。

[0218] 实施方案10为根据实施方案1所述的反射偏振器，其中对于具有所述预定波长并且垂直入射在所述反射偏振器上的光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对所述阻光偏振态的小于约5%的最小透射率。

[0219] 实施方案11为根据实施方案10所述的反射偏振器，其中对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线以及在所述反射偏振器的所述中心位置处彼此相交的正交的第三轴线和第四轴线，所述第一轴线和所述第三轴线之间的角度为约45度，所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率：

[0220] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第一边缘之间的所述第一轴线的第一个位置为T1；

[0221] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第二边缘之间的所述第二轴线的第二个位置为T2；

[0222] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第三边缘之间的所述第三轴线的第三个位置为T3；并且

[0223] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第四边缘之间的所述第四轴线的第四个位置为T4，

[0224] 其中T1和T2的最大值小于T3和T4的最小值。

[0225] 实施方案12为根据实施方案11所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率：

[0226] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和与所述第一边缘相对的第五边缘之间的所述第一轴线的第五位置为T5；

[0227] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和与所述第二边缘相对的第六边缘之间的所述第二轴线的第六位置为T6；

[0228] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和与所述第三边缘相对的第七边缘之间的所述第三轴线的第七位置为T7；并且

[0229] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和与所述第四边缘相对的第八边缘之间的所述第四轴线的第八位置为T8，

[0230] 其中T1、T2、T5和T6的最大值小于T3、T4、T7和T8的最小值。

[0231] 实施方案13为根据实施方案10所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器的在与穿过所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径R内的区域具有在约0.001至约0.005范围内的所述阻光偏振态的所述最小透射率的最大变化，

[0232] 其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径 R_m ，并且R在0.4至0.7倍的 R_m 的范围内。

[0233] 实施方案14为根据实施方案1所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器的在与穿过所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径R内的区域的线性二向衰减的最大变化不超过约0.01，

[0234] 其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径 R_m ,并且 R 在0.4至0.7倍的 R_m 的范围内。

[0235] 实施方案15为根据实施方案1所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器的在与穿过所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径 R 内的整个区域的线性二向衰减为至少约0.99,其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径 R_m ,并且 R 为至少0.4 R_m 。

[0236] 实施方案16为根据实施方案11所述的反射偏振器,其中在平面图中,在所述中心实质上居中的基本上矩形区域中的至少70%的位置中的每一个处针对所述透光偏振态的所述最大透射率处于在所述反射偏振器的所述中心处针对所述透光偏振态的所述最大透射率的1.5%以内,并且在所述基本上矩形区域之外的所述反射偏振器的至少大部分位置处针对所述透光偏振态的所述最大透射率比在所述反射偏振器的所述中心处针对所述透光偏振态的所述最大透射率低至少1.5%。

[0237] 实施方案17为根据实施方案1所述的反射偏振器,其中在所述反射偏振器的中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中,至少一个第一边缘位置的阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的阻光偏振态顺时针旋转,并且至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的所述阻光偏振态逆时针旋转,所述至少一个第一边缘位置和所述至少一个第二边缘位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0238] 实施方案18为根据实施方案17所述的反射偏振器,其中所述至少一个第一边缘位置的所述阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的所述阻光偏振态顺时针旋转至少0.2度、或至少0.5度、或至少1度。

[0239] 实施方案19为根据实施方案1所述的反射偏振器,其中在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中,至少一个第一边缘位置和至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于彼此旋转大于2度,所述至少一个第一位置 and 所述至少一个第二位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0240] 实施方案20为根据实施方案1所述的反射偏振器,其中在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中,所述反射偏振器的在与穿过所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径 R 内的区域具有所述阻光偏振态的最大变化:

[0241] 对于 R 小于 R_1 ,所述最大变化小于约1度;并且

[0242] 对于 R 大于 R_2 ,所述最大变化大于约2度,

[0243] 其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径 R_m , R_1 为至少0.4 R_m , R_2 大于 R_1 且不超过0.95 R_m 。

[0244] 实施方案21为根据实施方案1所述的反射偏振器,其中对于具有所述预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有圆形二向衰减,所述轴线在所述反射偏振器的所述中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得对于在所述反射偏振器的所述中心处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线,所述反射偏振器的所述圆形二向衰减:

[0245] 在所述中心位置处为 CD_c ;

[0246] 在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为CD1；

[0247] 在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的与所述第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为CD2；

[0248] 在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为CD3；并且

[0249] 在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的与所述第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为CD4；

[0250] 其中CDc小于CD3和CD4的最小值，并且大于CD1和CD1的最大值。

[0251] 实施方案22为根据实施方案1所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器的具有小于或等于所述反射偏振器的总面积的面积的区域圆形二向衰减的最大变化为至少0.04。

[0252] 实施方案23为根据实施方案1所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器的具有小于或等于所述反射偏振器的总面积的面积的区域圆形二向衰减的最大绝对值为至少0.02。

[0253] 实施方案24为一种弯曲的反射偏振器，所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层，使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径，对于具有预定波长的垂直入射光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率，以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率，其中所述反射偏振器的厚度在所述反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处小至少5%，并且其中所述反射偏振器的所述厚度从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置实质上单调递增。

[0254] 实施方案25为根据实施方案24所述的反射偏振器，其中对于具有所述阻光偏振态的垂直入射光，所述反射偏振器具有反射谱带，所述反射谱带具有长波长谱带边缘，所述预定波长处于所述反射谱带中，所述长波长谱带边缘在所述反射偏振器的所述中心处比在所述至少一个边缘位置处小至少5%。

[0255] 实施方案26为根据实施方案25所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器的所述长波长谱带边缘从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置实质上单调递增。

[0256] 实施方案27为根据实施方案25所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器的所述长波长谱带边缘的方位角平均值从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置实质上单调递增。

[0257] 实施方案28为根据实施方案24所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器的在与穿过所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径R内的区域具有在约0.001至约0.005范围内的所述阻光偏振态的所述最小透射率的最大变化，

[0258] 其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径R_m，并且R在0.4至0.7倍的R_m的范围内。

[0259] 实施方案29为根据实施方案24所述的反射偏振器，其中所述反射偏振器的在与穿过所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径R内的区域的线性二向衰减的最大变化不超过约0.01，

[0260] 其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径R_m，并且R在0.4至0.7倍的R_m的范围内。

[0261] 实施方案30为根据实施方案24所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器的在与穿过所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径R内的整个区域的线性二向衰减为至少约0.99,其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径 R_m ,并且R为至少 $0.4R_m$ 。

[0262] 实施方案31为根据实施方案24所述的反射偏振器,其中对于具有所述预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对所述透光偏振态的大于约70%的第二最小透射率,所述轴线在所述反射偏振器的所述中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器。

[0263] 实施方案32为根据实施方案31所述的反射偏振器,其中至少一个第一位置和至少一个第二位置的针对所述透光偏振态的第二最大透射率彼此相差至少3.8%,所述至少一个第一位置和所述至少一个第二位置靠近所述反射偏振器的边缘,所述至少一个第一位置和所述至少一个第二位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0264] 实施方案33为根据实施方案31所述的反射偏振器,其中对于在所述反射偏振器的所述中心处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线,所述反射偏振器针对所述透光偏振态的所述第二最大透射率:

[0265] 在所述中心处为 T_c ;

[0266] 在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为 T_1 ;

[0267] 在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的与所述第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为 T_2 ;

[0268] 在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为 T_3 ;并且

[0269] 在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的与所述第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为 T_4 ;

[0270] 其中 T_c 大于 T_1 和 T_2 的最大值,并且小于 T_3 和 T_4 的最小值。

[0271] 实施方案34为根据实施方案24所述的反射偏振器,其中在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中,至少一个第一边缘位置和至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于彼此旋转大于2度,所述至少一个第一边缘位置和所述至少一个第二边缘位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0272] 实施方案35为根据实施方案24所述的反射偏振器,其中在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中,所述反射偏振器的在与穿过所述反射偏振器的中心垂直于所述反射偏振器的光轴相距半径R内的区域具有所述阻光偏振态的最大变化:

[0273] 对于R小于 R_1 ,所述最大变化小于约1度;并且

[0274] 对于R大于 R_2 ,所述最大变化大于约2度,

[0275] 其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径 R_m , R_1 为至少 $0.4R_m$, R_2 大于 R_1 且不超过 $0.95R_m$ 。

[0276] 实施方案36为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置

具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于第一反射谱带中的具有预定波长的垂直入射光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,其中所述第一反射谱带的长波长谱带边缘在所述反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处大至少5%,并且其中所述反射偏振器的所述长波长谱带边缘从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置实质上单调递减。

[0277] 实施方案37为根据实施方案36所述的反射偏振器,所述反射偏振器的方位角平均长波长谱带边缘在所述反射偏振器的所述中心处比在所述至少一个边缘位置中的边缘位置处大。

[0278] 实施方案38为根据实施方案37所述的反射偏振器,其中所述方位角平均长波长谱带边缘从所述反射偏振器的所述中心到所述边缘位置实质上单调递减。

[0279] 实施方案39为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于第一反射谱带中的具有预定波长的垂直入射光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,其中所述第一反射谱带的长波长谱带边缘在所述反射偏振器的中心处比在至少一个边缘位置处小至少5%,并且其中所述反射偏振器的所述长波长谱带边缘从所述反射偏振器的所述中心到所述至少一个边缘位置实质上单调递增。

[0280] 实施方案40为根据实施方案39所述的反射偏振器,所述反射偏振器的方位角平均长波长谱带边缘在所述反射偏振器的所述中心处比在所述至少一个边缘位置中的边缘位置处小。

[0281] 实施方案41为根据实施方案40所述的反射偏振器,其中所述方位角平均长波长谱带边缘从所述反射偏振器的所述中心到所述边缘位置实质上单调递增。

[0282] 实施方案42为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括多个交替的聚合物干涉层,每个聚合物干涉层主要通过光学干涉来反射或透射光,弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,其中对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,以及针对所述阻光偏振态的最小透射率,所述轴线在中心位置处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线以及在所述反射偏振器的所述中心位置处彼此相交的正交的第三轴线和第四轴线,所述第一轴线和所述第三轴线之间的角度为约45度,所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率:

[0283] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第一边缘之间的所述第一轴线的第一个位置为T1;

[0284] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第二边缘之间的所述第二轴线的第

二位置为T2;

[0285] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第三边缘之间的所述第三轴线的第三位置为T3;并且

[0286] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和第四边缘之间的所述第四轴线的第四位置为T4,

[0287] 其中T1和T2的最大值小于T3和T4的最小值。

[0288] 实施方案43为根据实施方案42所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率:

[0289] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和与所述第一边缘相对的第五边缘之间的所述第一轴线的第五位置为T5;

[0290] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和与所述第二边缘相对的第六边缘之间的所述第二轴线的第六位置为T6;

[0291] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和与所述第三边缘相对的第七边缘之间的所述第三轴线的第七位置为T7;并且

[0292] 在沿位于所述反射偏振器的所述中心位置和与所述第四边缘相对的第八边缘之间的所述第四轴线的第八位置为T8,

[0293] 其中T1、T2、T5和T6的最大值小于T3、T4、T7和T8的最小值。

[0294] 实施方案44为根据实施方案42所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率在反射下为关于所述第一轴线和所述第二轴线中的每一者实质上对称的。

[0295] 实施方案45为根据实施方案42所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器的针对所述阻光偏振态的所述最小透射率为关于穿过所述反射偏振器的所述中心位置垂直于所述反射偏振器的光轴实质上4倍旋转对称的。

[0296] 实施方案46为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括多个交替的聚合物干涉层,每个聚合物干涉层主要通过光学干涉来反射或透射光,弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,以及针对所述阻光偏振态的最小透射率,其中所述轴线在中心位置处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,对于所述反射偏振器的在所述反射偏振器的不同第一边缘和第二边缘之间延伸的连续第一部分,具有所述反射偏振器的最大侧向尺寸的至少3%的最小宽度并且限定所述反射偏振器的不相交的第二部分和第三部分,所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率在所述第一部分的至少70%中的每个位置处比在所述第二部分的至少70%中的每个位置和所述第三部分的至少70%中的每个位置处高。

[0297] 实施方案47为根据实施方案46所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器针对所述阻光偏振态的所述最小透射率在所述第一部分的至少80%中的每个位置处比在所述第二部分的至少80%中的每个位置和所述第三部分的至少80%中的每个位置处高。

[0298] 实施方案48为根据实施方案46所述的反射偏振器,其中所述第一部分的所述最小宽度为所述反射偏振器的所述最大侧向尺寸的至少5%。

[0299] 实施方案49为根据实施方案46所述的反射偏振器,其中所述第一部分的所述最小宽度不超过所述反射偏振器的所述最大侧向尺寸的80%。

[0300] 实施方案50为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括多个聚合物层,弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约0.7的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约0.7的最大透射率,以及针对所述阻光偏振态的最小透射率,所述光轴在中心位置处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得所述反射偏振器的在与所述光轴相距半径R内的区域具有在约0.001至约0.005范围内的所述阻光偏振态的所述最小透射率的最大变化,其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径 R_m ,并且R在0.4至0.7倍的 R_m 的范围内。

[0301] 实施方案51为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括多个聚合物层,弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约0.7的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约0.7的最大透射率,所述轴线在中心位置处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得至少一个第一位置和至少一个第二位置的针对所述透光偏振态的所述最大透射率彼此相差至少3.8%,所述至少一个第一位置和所述至少一个第二位置靠近所述反射偏振器的边缘,所述至少一个第一位置和所述至少一个第二位置相对于所述中心位置构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0302] 实施方案52为根据实施方案51所述的反射偏振器,其中所述至少一个第一位置和所述至少一个第二位置的针对所述透光偏振态的所述最大透射率彼此相差不超过6.0%。

[0303] 实施方案53为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括多个聚合物层,弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约0.7的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约0.7的最大透射率,所述轴线在中心位置处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得至少一个第一位置和至少一个第二位置的针对所述透光偏振态的所述最大透射率彼此相差至少3.8%,所述至少一个第一位置靠近所述中心位置,并且所述至少一个第二位置靠近所述反射偏振器的边缘。

[0304] 实施方案54为根据实施方案53所述的反射偏振器,其中所述至少一个第一位置和所述至少一个第二位置的针对所述透光偏振态的所述最大透射率彼此相差不超过6.0%。

[0305] 实施方案55为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括多个聚合物层,弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率,以及针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,所述轴线在中心位置处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得在平面图中,在所述中心实质上居中的基本上矩形区域中的至少70%的位置中的每一个处针对所述透光偏振态的所述最大透射率处于在所述反射偏振器的所述中心处

针对所述透光偏振态的所述最大透射率的1.5%以内,并且在所述基本上矩形区域之外的所述反射偏振器的至少大部分位置处针对所述透光偏振态的所述最大透射率比在所述反射偏振器的所述中心处针对所述透光偏振态的所述最大透射率低至少1.5%。

[0306] 实施方案56为根据实施方案55所述的反射偏振器,其中所述基本上矩形区域具有实质上平行于所述反射偏振器的最大侧向尺寸的至少一半的所述阻光偏振态的长度。

[0307] 实施方案57为根据实施方案55所述的反射偏振器,其中所述基本上矩形区域具有实质上平行于所述反射偏振器的最大侧向尺寸的至少25%的所述透光偏振态的宽度。

[0308] 实施方案58为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括多个交替的聚合物干涉层,每个聚合物干涉层主要通过光学干涉来反射或透射光,弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,以及针对所述阻光偏振态的最小透射率,使得对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线,所述反射偏振器针对所述透光偏振态的所述最大透射率:

[0309] 在所述中心位置处为 T_c ;

[0310] 在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为 T_1 ;

[0311] 在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的与所述第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为 T_2 ;

[0312] 在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为 T_3 ;并且

[0313] 在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的与所述第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为 T_4 ;

[0314] 其中 T_c 大于 T_1 和 T_2 的最大值,并且小于 T_3 和 T_4 的最小值。

[0315] 实施方案59为根据实施方案58所述的弯曲的反射偏振器,其中所述最大透射率在反射下为关于所述第一轴线实质上对称的,并且在反射下为关于所述第二轴线实质上对称的。

[0316] 实施方案60为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,其中对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,所述轴线在中心位置处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得在所述反射偏振器的中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中,至少一个第一边缘位置的阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的阻光偏振态顺时针旋转,并且至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的所述阻光偏振态逆时针旋转,所述至少一个第一边缘位置和所述至少一个第二边缘位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0317] 实施方案61为根据实施方案60所述的反射偏振器,其中所述至少一个第二边缘位置中的第二边缘位置由所述至少一个第一位置中的第一位置围绕穿过所述反射偏振器的所述中心的光轴顺时针旋转角度 θ 来限定。

[0318] 实施方案62为根据实施方案60所述的反射偏振器,其中所述至少一个第二边缘位置中的第二边缘位置由所述至少一个第一位置中的第一位置围绕穿过所述反射偏振器的所述中心的光轴逆时针旋转角度 θ 来限定。

[0319] 实施方案63为根据实施方案60所述的反射偏振器,其中在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的所述平面上的所述投影中,至少一个第三边缘位置的阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的阻光偏振态顺时针旋转,并且至少一个第四边缘位置的阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的所述阻光偏振态逆时针旋转,所述至少一个第一位置和所述至少一个第三位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约160度至约180度范围内的角度,所述至少一个第二位置和所述至少一个第四位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约160度至约180度范围内的角度。

[0320] 实施方案64为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于轴线的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,所述轴线在所述反射偏振器的中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中,至少一个第一边缘位置和至少一个第二边缘位置的阻光偏振态相对于彼此旋转大于2度,所述至少一个第一边缘位置和所述至少一个第二边缘位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0321] 实施方案65为根据实施方案64所述的反射偏振器,其中在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的所述平面上的所述投影中,至少一个第三边缘位置和至少一个第四边缘位置的阻光偏振态相对于彼此旋转小于2度,所述至少一个第三位置和所述至少一个第四位置相对于所述反射偏振器的所述中心构成在约70度至约110度范围内的角度。

[0322] 实施方案66为根据实施方案64所述的反射偏振器,其中在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的所述平面上的所述投影中,所述至少一个第一边缘位置和所述至少一个第二边缘位置的所述阻光偏振态相对于彼此旋转不超过7度。

[0323] 实施方案67为根据实施方案64所述的反射偏振器,其中所述至少一个第一边缘位置的所述阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的阻光偏振态顺时针旋转,并且所述至少一个第二边缘位置的所述阻光偏振态相对于所述反射偏振器的所述中心处的所述阻光偏振态逆时针旋转。

[0324] 实施方案68为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,所述光轴在所述反射偏振器的中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中,所述

反射偏振器的在与所述光轴相距半径R内的区域具有所述阻光偏振态的最大变化：

[0325] 对于R小于R1,所述最大变化小于约1度;并且

[0326] 对于R大于R2,所述最大变化大于约2度,

[0327] 其中所述反射偏振器具有与所述光轴相距的最大半径Rm,R1为至少0.4Rm,R2大于R1且不超过0.95Rm。

[0328] 实施方案69为根据实施方案68所述的反射偏振器,其中R1为约0.45Rm,并且R2为约0.7Rm。

[0329] 实施方案70为根据实施方案68所述的反射偏振器,其中对于R大于0.75Rm,所述最大变化大于约3度。

[0330] 实施方案71为根据实施方案68所述的反射偏振器,其中对于R等于Rm,所述最大变化不超过7度。

[0331] 实施方案72为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括多个交替的聚合物干涉层,每个聚合物干涉层主要通过光学干涉来反射或透射光,弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率、针对正交透光偏振态的大于约70%的最大透射率,以及圆形二向衰减,所述光轴在所述反射偏振器的中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得对于在所述反射偏振器的中心位置处彼此相交的正交的第一轴线和第二轴线,所述反射偏振器的所述圆形二向衰减:

[0332] 在所述中心位置处为CDc;

[0333] 在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的第一边缘的第一边缘位置为CD1;

[0334] 在沿所述第一轴线靠近所述反射偏振器的与所述第一边缘相对的第二边缘的第二边缘位置为CD2;

[0335] 在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的第三边缘的第三边缘位置为CD3;并且

[0336] 在沿所述第二轴线靠近所述反射偏振器的与所述第三边缘相对的第四边缘的第四边缘位置为CD4;

[0337] 其中CDc小于CD3和CD4的最小值,并且大于CD1和CD1的最大值。

[0338] 实施方案73为根据实施方案72所述的反射偏振器,其中所述圆形二向衰减在反射下为关于所述第一轴线和所述第二轴线中的每一者实质上对称的。

[0339] 实施方案74为根据实施方案72所述的反射偏振器,其中对于在所述反射偏振器的所述中心位置处彼此相交的正交的第三轴线和第四轴线,所述第一轴线和所述第三轴线之间的角度为约45度,所述圆形二向衰减在反射下为关于所述第三轴线和所述第四轴线中的每一者实质上对称的。

[0340] 实施方案75为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,所述光轴在所述反射偏振器的中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振

器,使得所述反射偏振器的具有小于或等于所述反射偏振器的总面积的面积的区域圆形二向衰减的最大变化为至少0.04。

[0341] 实施方案76为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,所述光轴在所述反射偏振器的中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得所述反射偏振器的具有大于所述反射偏振器的总面积一半的面积的区域圆形二向衰减的最大变化不超过0.015。

[0342] 实施方案77为一种弯曲的反射偏振器,所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层,使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径,对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在所述反射偏振器上的光,所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率,所述光轴在所述反射偏振器的中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器,使得所述反射偏振器的具有大于所述反射偏振器的总面积一半的面积的区域圆形二向衰减的最大绝对值不超过0.007。

[0343] 实施方案78为根据实施方案1至77中任一项所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器包括在一个或多个位置处实质上单轴取向的至少一个层。

[0344] 实施方案79为根据实施方案1至77中任一项所述的反射偏振器,其中所述反射偏振器包括具有至少一个位置的至少一个层,在所述至少一个位置处,沿所述至少一个层的厚度的第一方向上的第一折射率与正交的第二方向上的第二折射率之间的差值的绝对值小于约0.02,并且所述第二折射率与正交于所述第一方向和所述第二方向的第三方向上的第三折射率之间的差值的绝对值大于约0.05。

[0345] 实施方案80为一种光学系统,所述光学系统包括:

[0346] 第一透镜;

[0347] 第二透镜,所述第一透镜和所述第二透镜中的每一者在至少一个方向上具有大于零的屈光度;

[0348] 部分反射器,所述部分反射器针对在预定波长范围内的实质上垂直入射的光具有至少30%的平均光学反射率;以及

[0349] 根据实施方案1至79中任一项所述的反射偏振器,所述光学系统具有光轴,沿所述光轴穿过所述第一透镜、所述第二透镜、所述部分反射器和所述反射偏振器传播的光线实质上不被折射,使得对于具有所述阻光偏振态和在所述预定波长范围内的波长并以约100度至约160度的全锥角在所述光轴上居中的入射光锥,所述入射光从具有第一光部件和第二光部件的光学系统出射,所述第一光部件具有所述透光偏振态,所述第二光部件具有所述阻光偏振态,所述第一光部件的平均强度与所述第二光部件的平均强度的比率大于约100。

[0350] 实施方案81为一种使光学膜成形的的方法,所述光学膜包括多个交替的聚合物层,

所述方法包括以下步骤：

[0351] 将所述光学膜的周边的至少一部分固定在第一平面中，使得固定部分不相对于彼此移动；以及

[0352] 通过沿垂直于所述第一平面的至少第一方向移位所述光学膜的一部分来拉伸所述光学膜，使得所述光学膜的径向拉伸和周向拉伸中的一者从所述光学膜的中心到所述周边实质上恒定，并且所述光学膜的所述径向拉伸和所述周向拉伸中的另一者从所述光学膜的所述中心到所述周边实质上变化。

[0353] 实施方案82为根据实施方案81所述的方法，所述方法还包括将所述光学膜加热至大于所述光学膜的玻璃化转变温度的温度。

[0354] 实施方案83为一种使光学膜成型的方法，所述光学膜包括多个交替的聚合物层，所述方法包括以下步骤：

[0355] 设置所述光学膜，使得所述光学膜的至少第一部分实质上设置在与弯曲模具表面相邻的第一平面中；以及

[0356] 拉伸所述光学膜以使所述光学膜的所述第一部分适形于所述弯曲模具表面的至少一部分，使得所述第一部分中的每个点在所述弯曲表面上具有位于圆锥内的位置，所述圆锥在所述拉伸步骤之前在所述第一平面中的所述点的位置处具有顶点，所述圆锥沿垂直于所述第一平面的轴线居中并且具有不超过10度的锥角。

[0357] 实施方案84为根据实施方案83所述的方法，其中所述拉伸步骤包括拉伸所述光学膜，使得所述光学膜的周向拉伸从所述光学膜的中心到所述光学膜的周边实质上恒定，并且所述光学膜的径向拉伸从所述光学膜的所述中心到所述周边实质上变化。

[0358] 实施方案85为一种弯曲的反射偏振器，所述反射偏振器包括至少沿正交的第一方向和第二方向拉伸并成形的多个聚合物层，使得弯曲的所述反射偏振器上的至少一个位置具有沿所述第一方向和所述第二方向中的每一者在约6mm至约1000mm范围内的曲率半径，对于具有预定波长并且沿平行于光轴的方向入射在所述反射偏振器上的光，所述反射偏振器上的每个位置具有针对阻光偏振态的大于约70%的最大反射率和小于约5%的对应最小透射率，所述光轴在所述反射偏振器的中心处垂直于所述反射偏振器并穿过所述反射偏振器，使得在所述反射偏振器的所述中心处与所述反射偏振器相切的平面上的投影中，所述反射偏振器的在与所述光轴相距半径R内的区域具有所述阻光偏振态的最大变化，对于R小于0.8R_m，所述最大变化小于约1度。

[0359] 实施例

[0360] 使用图3A至图3F所示的加压过程和图4A至图4C所示的下拉过程将反射偏振器热成形为基座8透镜形状。

[0361] 反射偏振膜如下进行制造。共挤出了两个多层光分组，每个分组包括325个聚萘二甲酸乙二醇酯 (PEN) 交替层和一个低折射率各向同性层，该层由聚碳酸酯和共聚酯的共混物 (PC:coPET) 构成，使得折射率为约1.57并在单轴取向时保持实质上各向同性，其中PC:coPET摩尔比为大约42.5摩尔%Pc和57.5摩尔%coPET，并且具有105摄氏度的T_g。选择这种各向同性材料，使得在拉伸之后，该材料在两个非拉伸方向上的折射率与双折射材料在非拉伸方向上的折射率实质上保持匹配，而在拉伸方向上，双折射层和非双折射层折射率之间实质上不匹配。将PEN和PC:coPET聚合物从单独的挤出机进料到多层共挤出进料区块中，

在该进料区块中,这些聚合物被组装成具有325个交替的光学层的分组(“分组1”和“分组2”),加上在叠堆光分组的外侧上较厚的PC/coPET保护边界层,总共652层。如美国专利6,916,440(Jackson等人)中所述,将该膜在抛物面拉幅机中实质上单轴地拉伸。将该膜在约150°C的温度下拉伸C至约6的拉伸比。所得反射偏振器的层厚度分布在图50中示出,并指示分组1和分组2。该反射偏振器具有如通过电容测厚仪测得的所得厚度,大约为65 μm 。将保护烯烃衬里施加到反射偏振器的每一侧。

[0362] 基座8透镜形状具有65.3mm的球形曲率半径 R_c (参见图1)、83mm的直径 $2R_m$ 、39.5度的 ϕ_{\max} 、14.9mm的垂度 S 和0.179的垂度直径比。

[0363] 用于加压工艺和下拉工艺中的模具为铝模具,该铝模具被加工以提供对应于基座8透镜形状的弯曲主表面。将多孔铝用于第一模具360,使得真空可被牵拉穿过该模具。在下拉过程中,在区域477中抽真空,并且在区域491中不添加正压。

[0364] 加压过程在来自美国亚利桑那州菲尼克斯的Hy-tech Forming Systems公司(Hy-tech Forming Systems(USA),Phoenix,AZ)的成形机上实施。将两片2.5密耳厚的附加衬里层压到反射偏振膜的两侧。从层压反射偏振膜上切割大于6"×6"的一片膜。将该片膜放置在成形机中的底部压板的顶部上,所述底部压板包括由多孔铝加工并且保持在80°F的温度下的阴模板。然后将预热至350°F的上层平坦压板在下层压板上关闭,从而将该膜的边缘夹持在适当的位置。将60psi的压力施加到该膜的底侧(穿过多孔铝),以将该膜压靠在上方平坦的加热压板上。将该压力保持6秒。释放底侧压力,并向膜的上侧施加475psi的压力,以将膜膨胀成下方的阴模板。将压力保持6秒,并且然后从机器中取出形成的部件(具有形成的衬里)。

[0365] 下拉过程在来自伊利诺伊州卡罗尔流的MAAC机械公司(MAAC Machinery Corporation,Carol Stream,IL)的真空成形机上实施。切割8"×8"方形片的反射偏振器,取出烯烃衬里。将膜置于夹持膜的全部四个边缘的一组四个夹持件中。将膜和夹持件向后滑动以放置在预热至380°F温度的加热压板下。然后滑动具有膜的框架,以将膜的中心放置在保持在100°F温度的(阳)基座8模板上方(定位在平坦基座的稍上方)。然后将模板(和基座)向上移动到膜中,直到膜与基座接触。在模板到达其最终位置之后,抽真空(端口位于模板和平坦基座之间的接缝中)以将膜更紧密地拉靠在模板上。在接触几秒之后,打开夹持件并取出形成的部件。

[0366] 图27至图29示出了基于公式1的建模所确定的厚度除以初始厚度以及拉伸比。图28示出了在下拉过程中成形的膜的拉伸比,并且图29示出了在加压过程中成形的膜的拉伸比。出于建模的目的, ϕ_{\max} 延伸至45度。加压过程产生在中心处最薄的膜,该膜的厚度随角度 ϕ 单调递增。下拉过程产生在中心处最厚的膜,该膜的厚度随 ϕ 单调递减。在加压过程中形成的膜中,拉伸比在径向方向上实质上恒定,但在周向方向上实质上恒定。在下拉过程中形成的膜中,拉伸比在周向方向上实质上恒定,但在径向方向上实质上恒定。

[0367] 由加压过程形成的反射偏振器样本的测量厚度在靠近反射偏振器的中心约52微米至更靠近反射偏振器的边缘约57微米的范围内。由下拉过程形成的反射偏振器样本的测量厚度在靠近反射偏振器的中心约65微米至更靠近反射偏振器的边缘约52微米的范围内。表1列出了根据加压过程和下拉过程形成的样品的确定厚度。厚度在由圆柱形径向坐标 R 的 x 坐标和 y 坐标以及方位角确定的不同位置处列出。阻光轴沿样品的中心处的 y 轴。

[0368] 表1:厚度分布

R(mm)	方位角(度)	x(mm)	y(mm)	加压过程厚度(μm)	下拉过程厚度(μm)
0	0	0.0	0.0	53	65
15	0	15.0	0.0	52	65
15	45	10.6	10.6	53	64
15	90	0.0	15.0	54	65
15	135	-10.6	10.6	52	66
15	180	-15.0	0.0	52	65
15	225	-10.6	-10.6	52	64
15	270	0.0	-15.0	52	63
15	315	10.6	-10.6	52	63
30	0	30.0	0.0	55	63
30	45	21.2	21.2	53	63
30	90	0.0	30.0	54	62
30	135	-21.2	21.2	56	65
30	180	-30.0	0.0	54	64
30	225	-21.2	-21.2	54	63
30	270	0.0	-30.0	54	55
30	315	21.2	-21.2	54	62
45	0	45.0	0.0	56	64
45	45	31.8	31.8	56	63
45	90	0.0	45.0	57	58
45	135	-31.8	31.8	56	63
45	180	-45.0	0.0	56	64
45	225	-31.8	-31.8	57	58
45	270	0.0	-45.0	57	52
45	315	31.8	-31.8	56	60

[0371] 如图30所示,从形成的反射偏振器样品中以中心(C)、北(N)、南(S)、东(E)和西(W)图案切割直径为22mm的部分。横向方向(TD)为反射偏振器的阻光方向,该横向方向沿中心的的东西方向。使用Lambda950分光光度计(可购自马萨诸塞州沃尔瑟姆市的PerkinElmer公司(PerkinElmer, Waltham, MA))在垂直入射下测量作为波长函数的阻光态透射。图31至图32示出了分别使用加压工艺和下拉工艺形成的样品在中心、北、南、东和西位置的长波长谱带边缘附近的阻光态透射曲线图。长波长谱带边缘被确定为阻光态透射达到10%的波长。以nm为单位的长波长谱带边缘的结果记录在表2中。

[0372] 表2:长波长谱带边缘 (nm)

位置	加压	下拉
中心	688	831
北	719	804
西	717	831
南	726	821
东	725	828

[0374] 使用Axometrics AxoScanTMMuller矩阵偏振器(可购自阿拉巴马州亨茨维尔的Axometrics公司(Axometrics, Inc., Huntsville, AL))进一步表征通过加压工艺和下拉工

艺形成的反射偏振器的光学特性。在光源沿平行于穿过膜的中心的轴的方向朝向形成的膜(例如,图1的入射光198)入射且反射偏振器朝入射光凸出的情况下执行测量。在反射偏振器样品以沿样品的中心的y轴的横向方向(TD)取向的情况下,相对于x轴和y轴绘制了各种量。示例的等高线和三维表面曲线图中的x轴和y轴是在平面图中测量与成形膜的中心相距的距离的笛卡尔坐标,以mm为单位。在加压工艺和下拉过程中形成第一样品和第二样品。这些样品来自相同反射偏振膜的不同部分。对于测量的每个量,在每个位置使用约2mm直径的光束进行20次测量并取平均值。通过用在某一位置上居中的3乘3网格中的九个测量的平均值代替该位置处的每个值来平滑该平均值。报告的数据覆盖了在与形成的样品的中心相距30mm内的形成的样品的区域。

[0375] 图33A至图33D示出了在下拉过程中形成的反射偏振器样品的二向衰减取向。图33A和图33B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图33C和图33D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。二向衰减取向等同于透光轴取向。

[0376] 图34A至图34D示出了在加压过程中形成的反射偏振器样品的二向衰减取向。图34A和图34B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图34C和图34D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。

[0377] 图35至图36示出了分别在下拉过程和加压过程中形成的反射偏振器样本的透光轴变化。角位移按比例缩放10倍(例如,在成形膜中,与垂直线成10度的直线与垂直线成1度的取向),使得变化清晰可见。

[0378] 图37A为形成的反射偏振器样品的区域中的平均二向衰减取向(以度为单位)作为通过加压过程(Pres)和下拉过程(PD)形成的样品的区域的圆柱形径向坐标R(例如,参见图1)的函数的曲线图。图37B是在该区域中反射偏振器样品的中心处的相对于二向衰减取向的二向衰减取向(以度为单位)的最大变化(最大减去最小)作为圆柱形径向坐标R的函数的曲线图。

[0379] 图38A至图38D示出了在下拉过程中形成的反射偏振器样品的透光轴透射(Tmax)。图38A和图38B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图38C和图38D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。这些曲线图示出乘以100的Tmax,使得数字表示百分比。

[0380] 图39A至图39D示出了在加压过程中形成的反射偏振膜的透光轴透射(Tmax)。图39A和图39B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图39C和图39D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。这些曲线图示出乘以100的Tmax,使得数字表示百分比。

[0381] 图40A为形成的反射偏振器样品的区域中的平均Tmax(乘以100%)作为通过加压过程(Pres)和下拉过程(PD)形成的样品的区域的圆柱形径向坐标R(例如,参见图1)的函数的曲线图。图40B为该区域中Tmax的最大变化(最大Tmax百分比减去最小Tmax百分比)作为圆柱形径向坐标R的函数的曲线图。

[0382] 图41A至图41D示出了在下拉过程中形成的反射偏振器样品的阻光轴透射(Tmin)。图41A和图41B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图41C和图41D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。这些曲线图示出乘以100的Tmin,使得数字表示百分比。来自Axometrics偏振器的Tmin测量值低于所报告的仪器的本底噪

声。但是,据信,这些曲线图中所示的 T_{\min} 的相对变化主要是反射偏振器样品的特性而不是测量误差的结果。

[0383] 图42A至图42D示出了在加压过程中形成的反射偏振膜的阻光轴透射(T_{\min})。图42A和图42B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图42C和图42D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。这些曲线图示出乘以100的 T_{\min} ,使得数字表示百分比。

[0384] 图43A为形成的反射偏振器样品的区域中的平均 T_{\min} (乘以100%)作为通过加压过程(Pres)和下拉过程(PD)形成的样品的区域的圆柱形径向坐标R(例如,参见图1)的函数的曲线图。图43B为该区域中 T_{\min} 的最大变化(最大 T_{\min} 百分比减去最小 T_{\min} 百分比)作为圆柱形径向坐标R的函数的曲线图。

[0385] 图44A至图44D示出了在下拉过程中形成的反射偏振器样品的线性二向衰减。图44A和图44B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图44C和图44D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。这些曲线图示出乘以100的线性二向衰减。

[0386] 图45A至图45D示出了在加压过程中形成的反射偏振膜的线性二向衰减。图45A和图45B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图45C和图45D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。这些曲线图示出乘以100的线性二向衰减。

[0387] 图46A为形成的反射偏振器样品的区域中的平均线性二向衰减作为通过加压过程(Pres)和下拉过程(PD)形成的样品的区域的圆柱形径向坐标R(例如,参见图1)的函数的曲线图。图46B为该区域中线性二向衰减的最大变化(最大减去最小)作为圆柱形径向坐标R的函数的曲线图。

[0388] 图47A至图47D示出了在下拉过程中形成的反射偏振器样品的圆形二向衰减。图47A和图47B分别为第一形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图,图47C和图47D分别是第二形成的样品的等高线曲线图和三维表面曲线图。这些曲线图示出乘以100的圆形二向衰减。

[0389] 图48A至图48B示出了在下拉过程中形成的反射偏振器样品的圆形二向衰减。图48A为第一形成的样品的三维表面曲线图,并且图48B为第二形成的样品的三维表面曲线图。这些曲线图示出乘以100的圆形二向衰减。

[0390] 图49A为形成的反射偏振器样品的区域中的平均圆形二向衰减作为通过加压过程(Pres)和下拉过程(PD)形成的样品的区域的圆柱形径向坐标R(例如,参见图1)的函数的曲线图。图49B为该区域中圆形二向衰减的最大变化(最大减去最小)作为圆柱形径向坐标R的函数的曲线图。

[0391] 除非另外指明,否则针对附图中元件的描述应被理解为同样应用于其它附图中的对应元件。虽然本文已经例示并描述了具体实施方案,但本领域的普通技术人员将会知道,在不脱离本公开范围的情况下,可用多种另选的和/或等同形式的具体实施来代替所示出和所描述的具体实施方案。本申请旨在涵盖本文所讨论的具体实施方案的任何改型或变型。因此,本公开旨在仅受权利要求及其等同形式的限制。

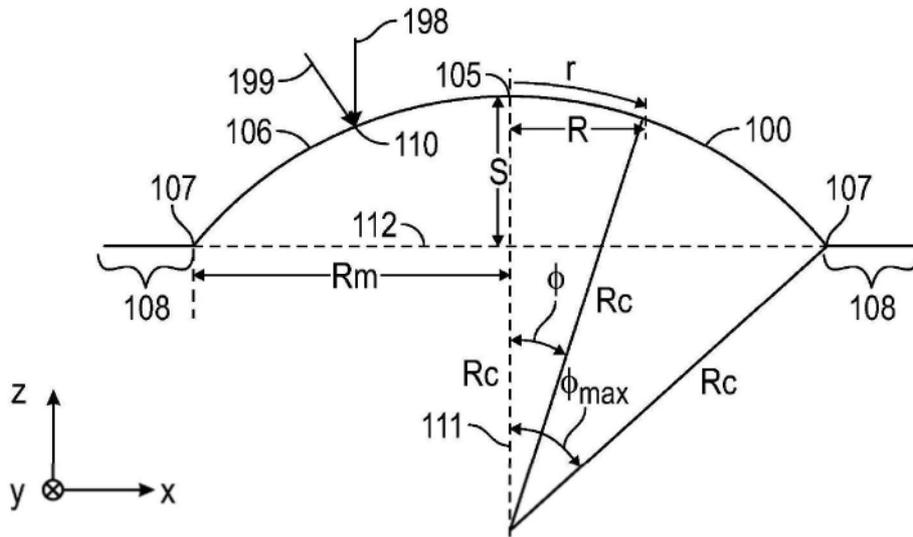


图1

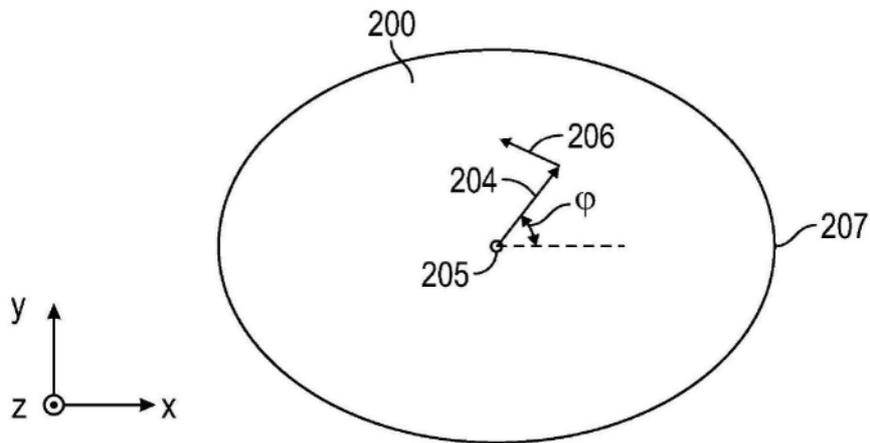


图2

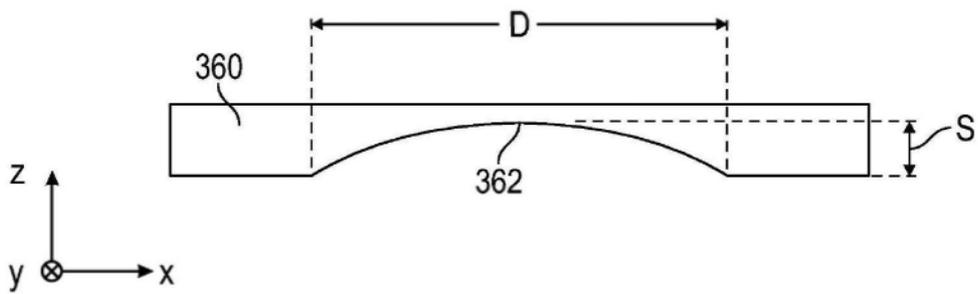


图3A

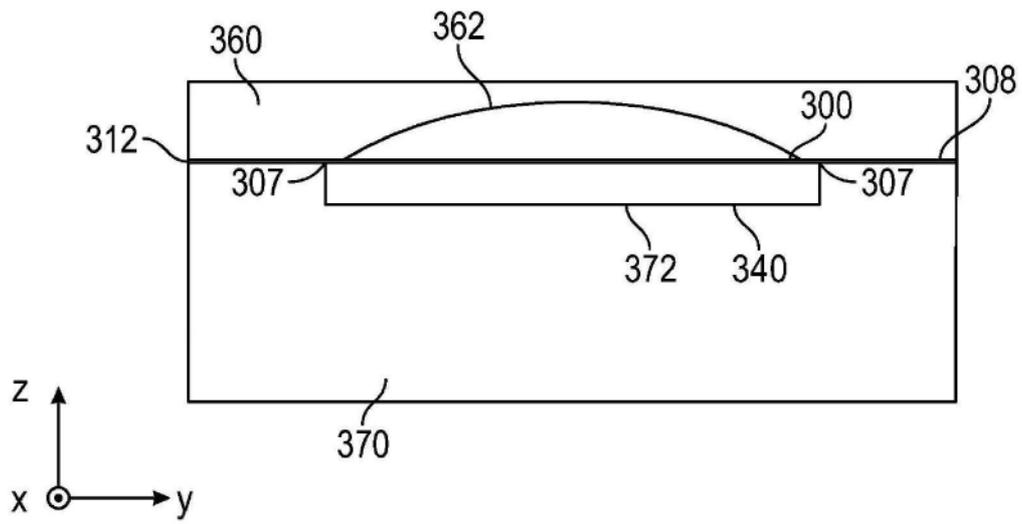


图3B

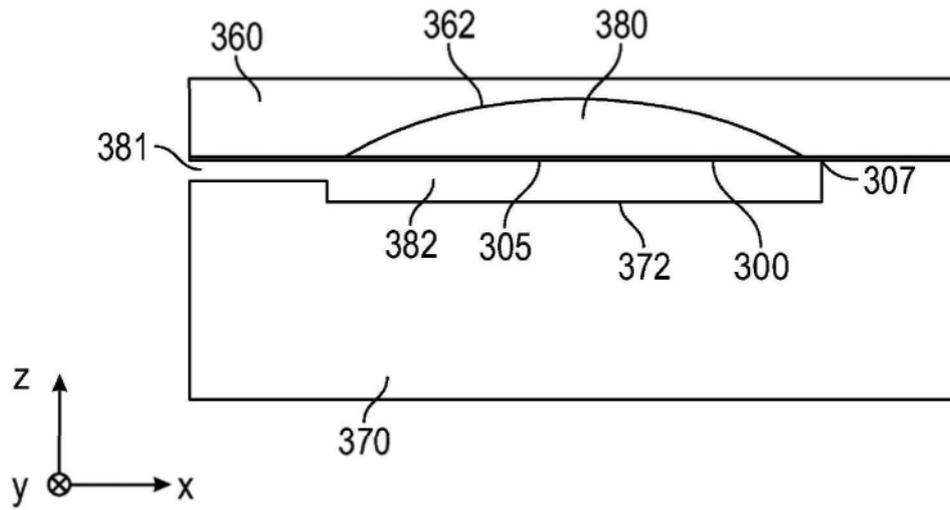


图3C

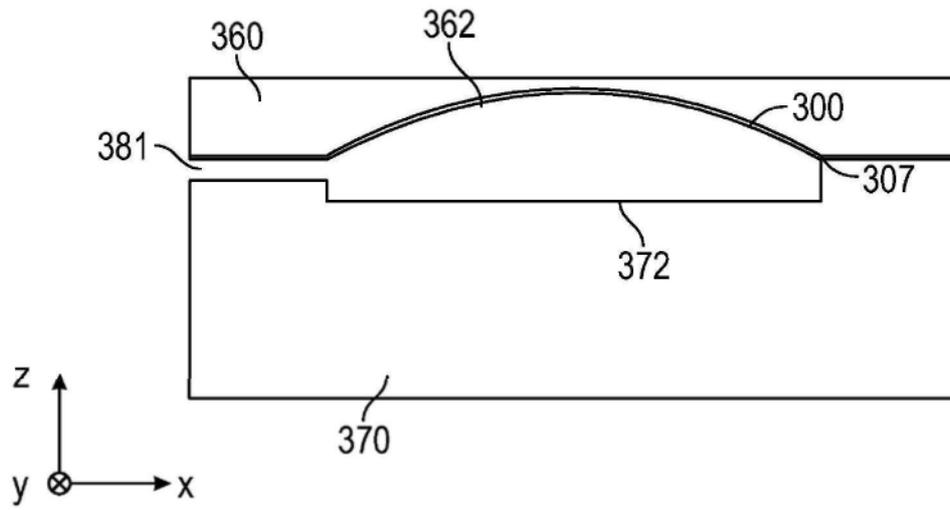


图3D

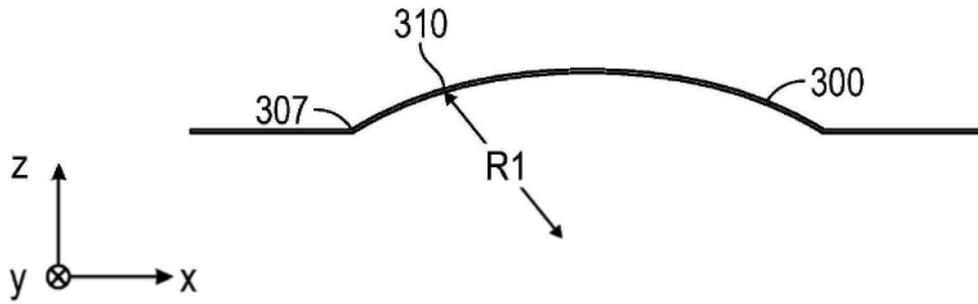


图3E

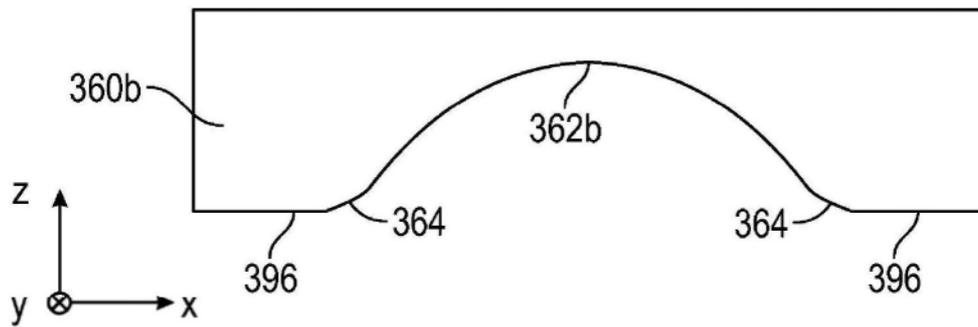


图3F

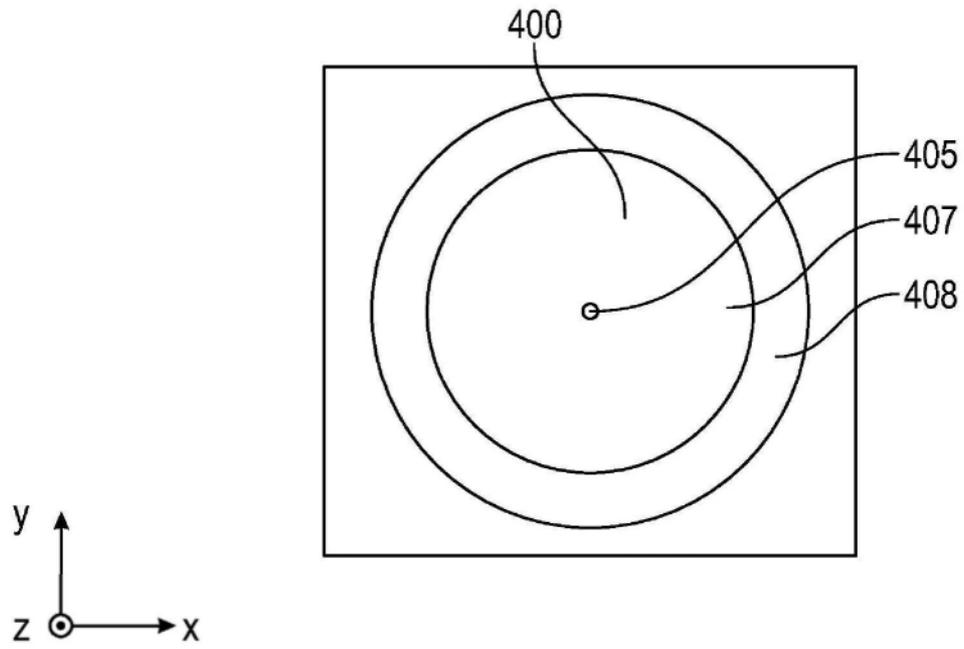


图4A

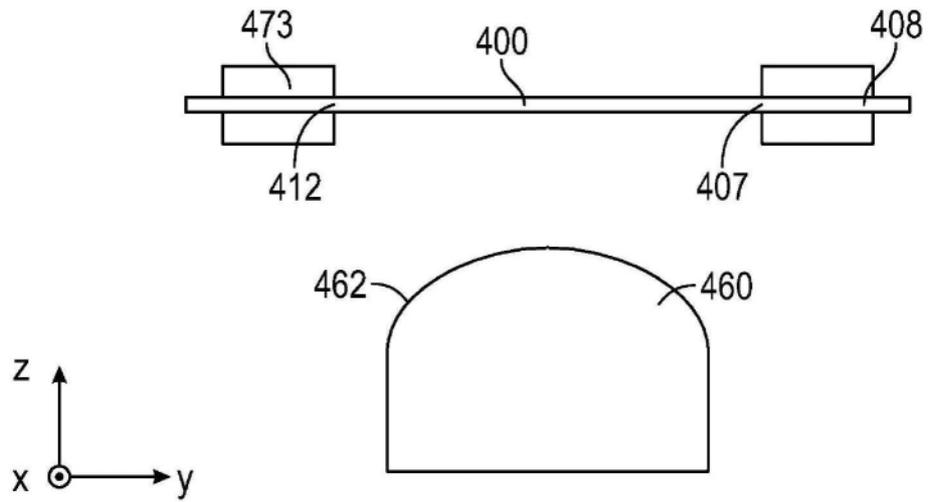


图4B

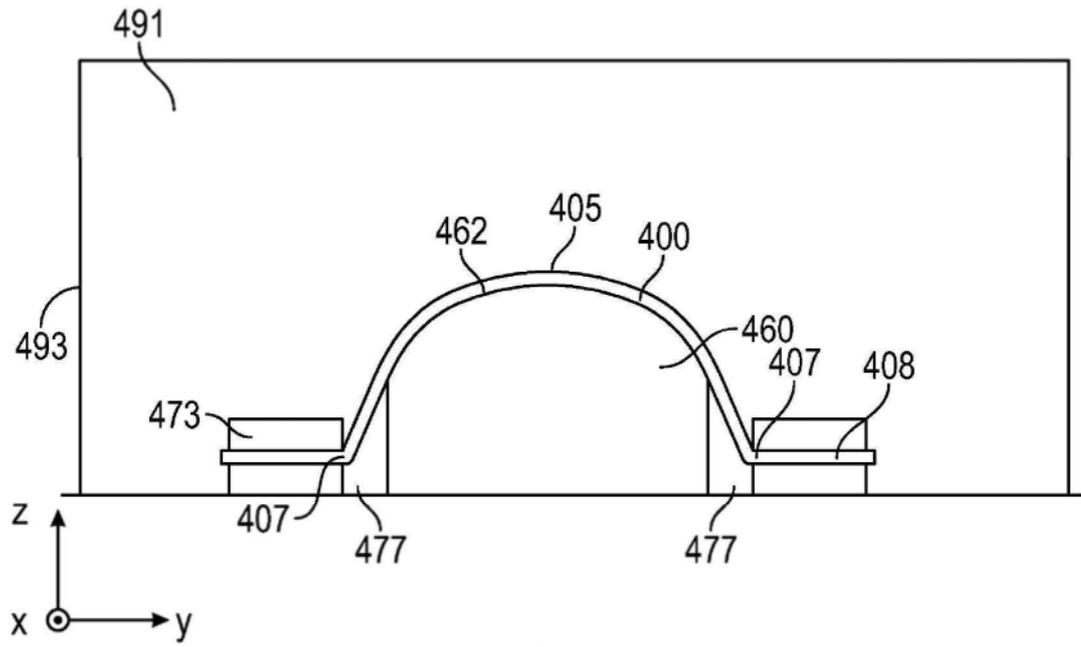


图4C

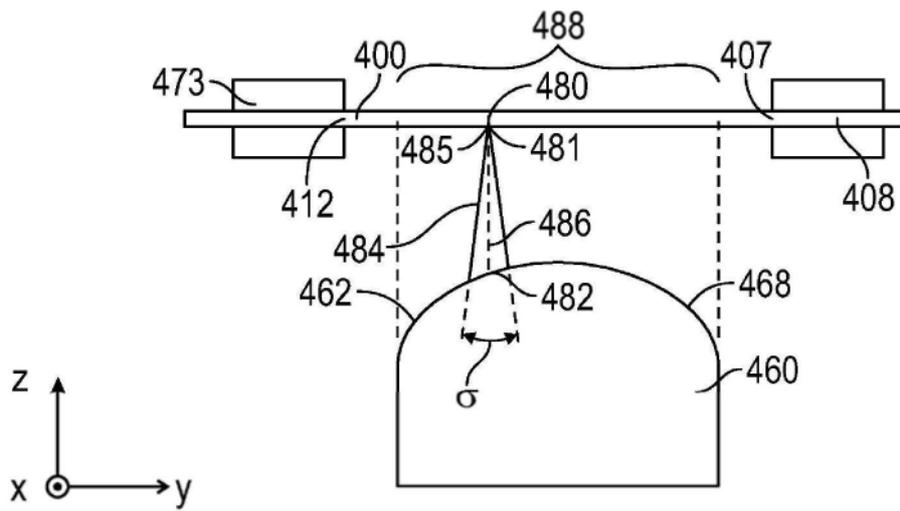


图4D

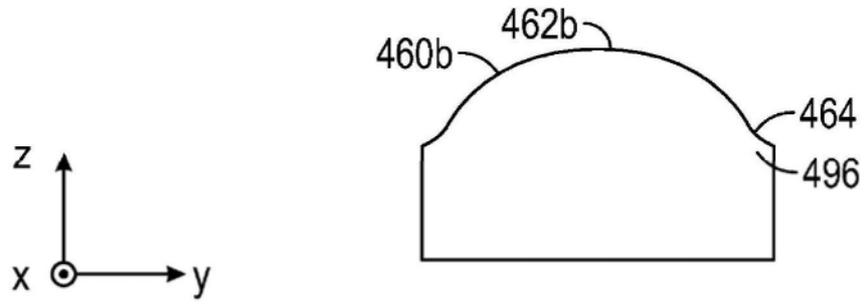


图4E

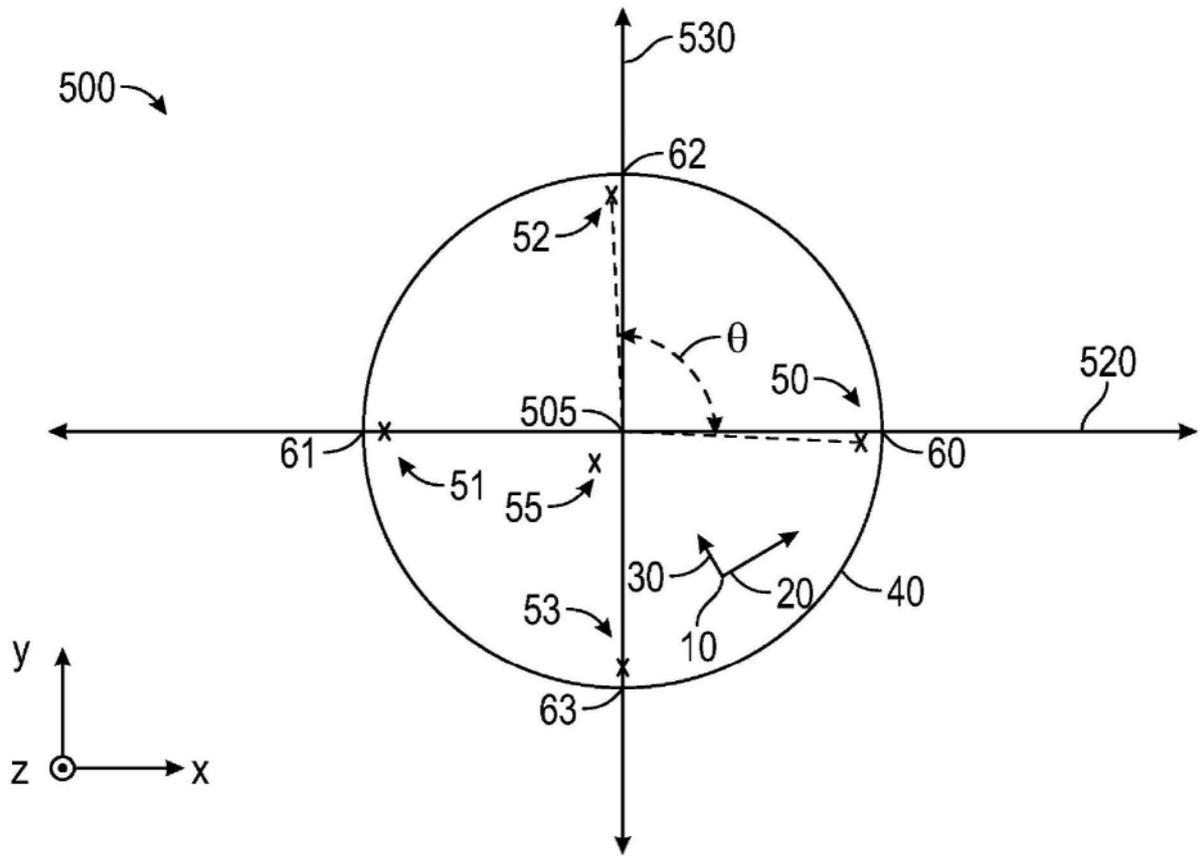


图5

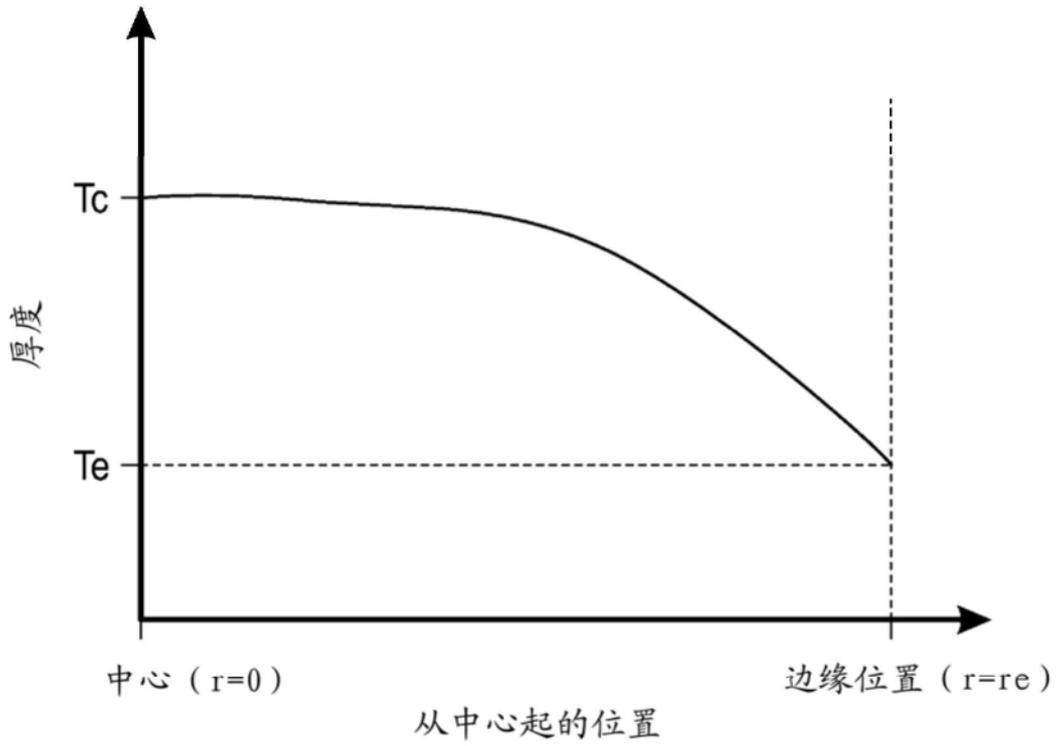


图6

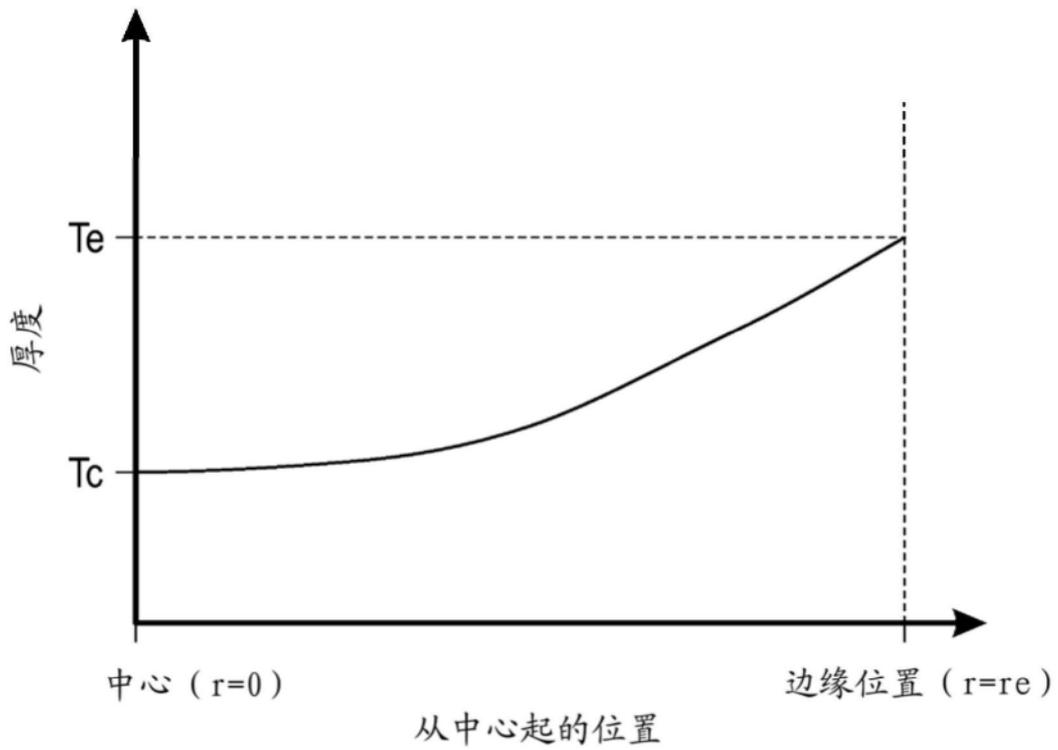


图7

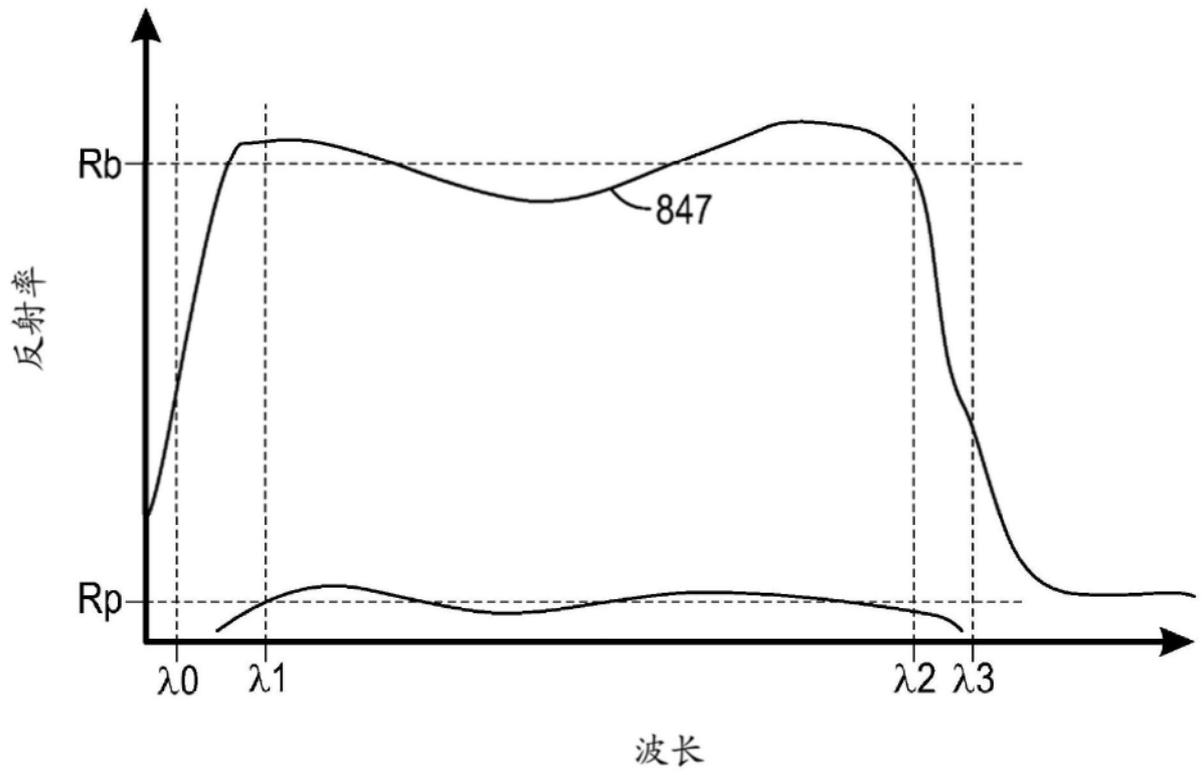


图8

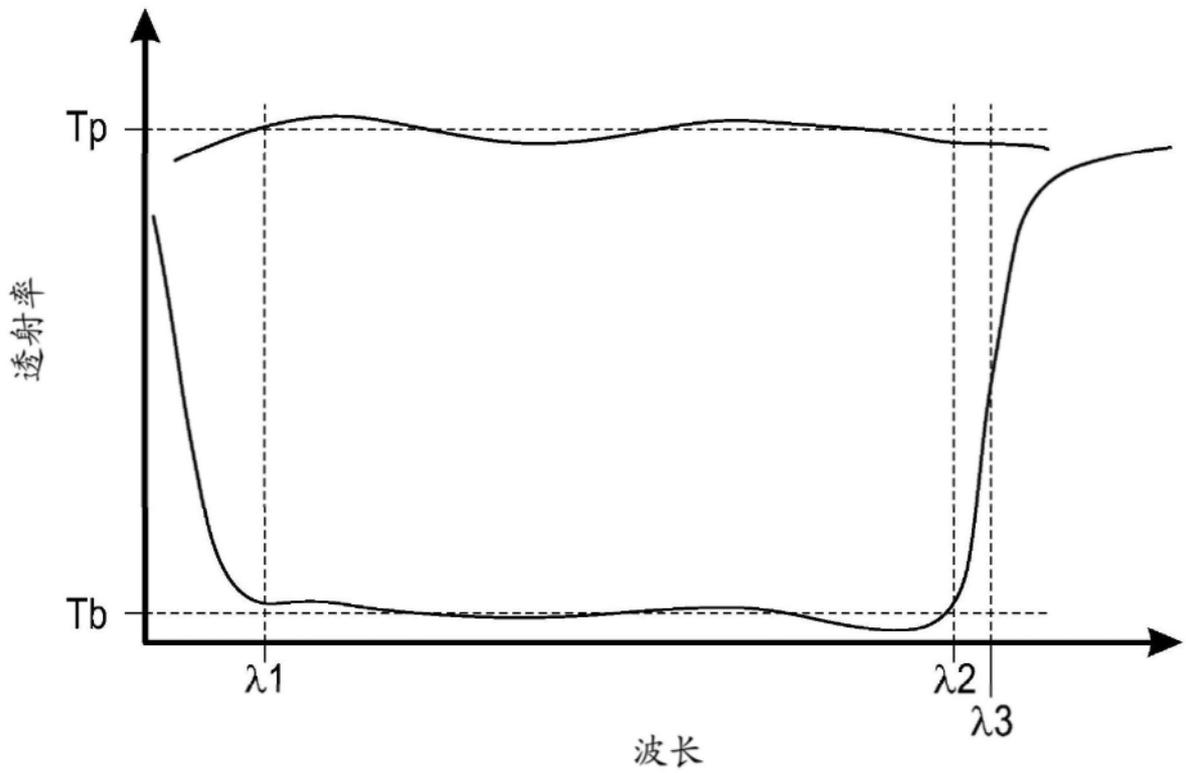


图9

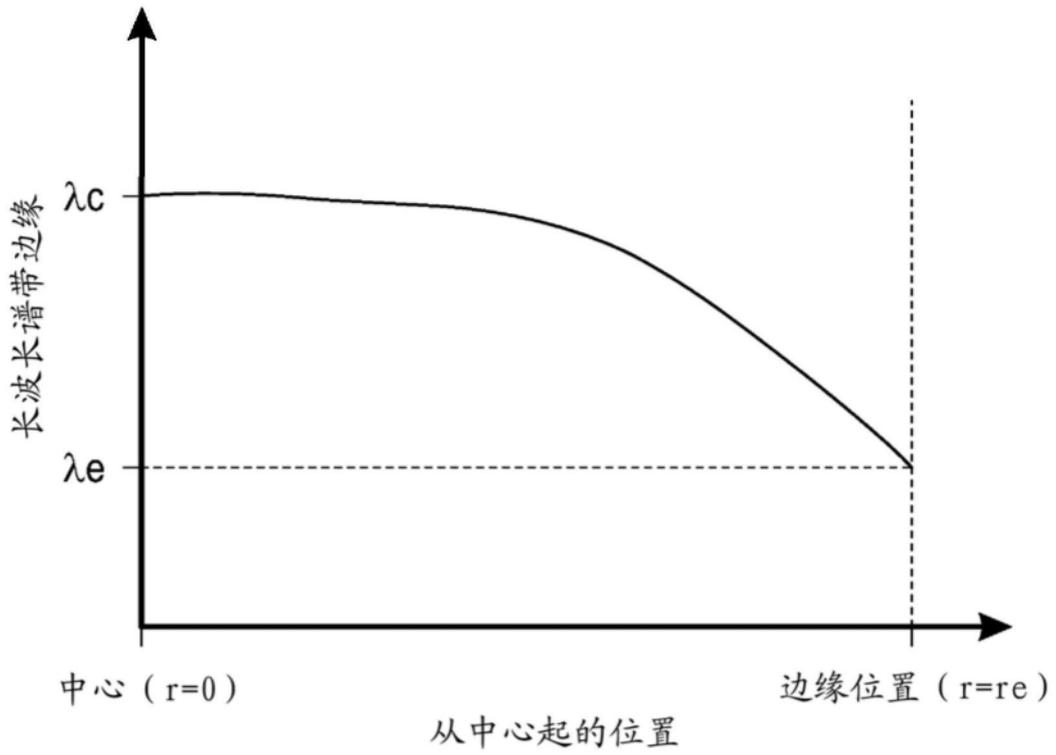


图10

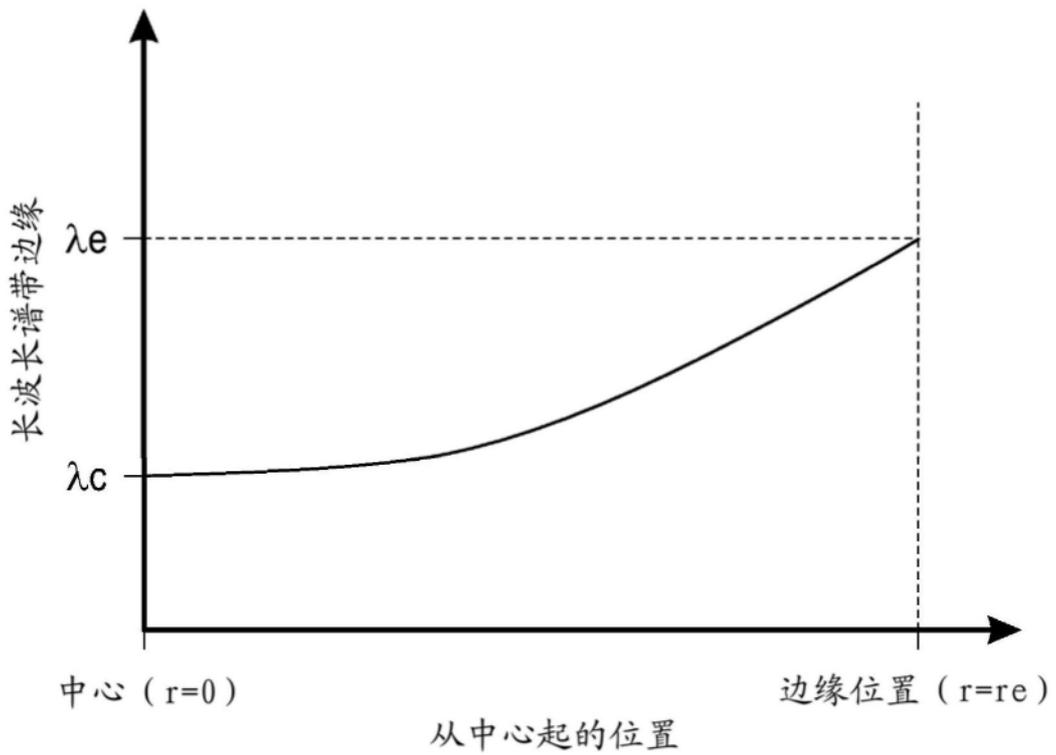


图11

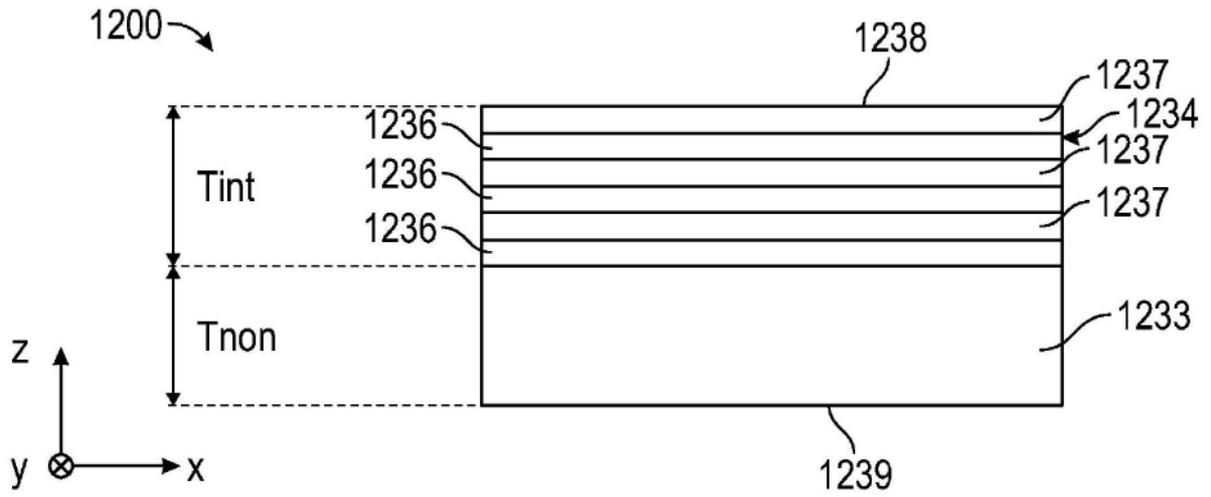


图12

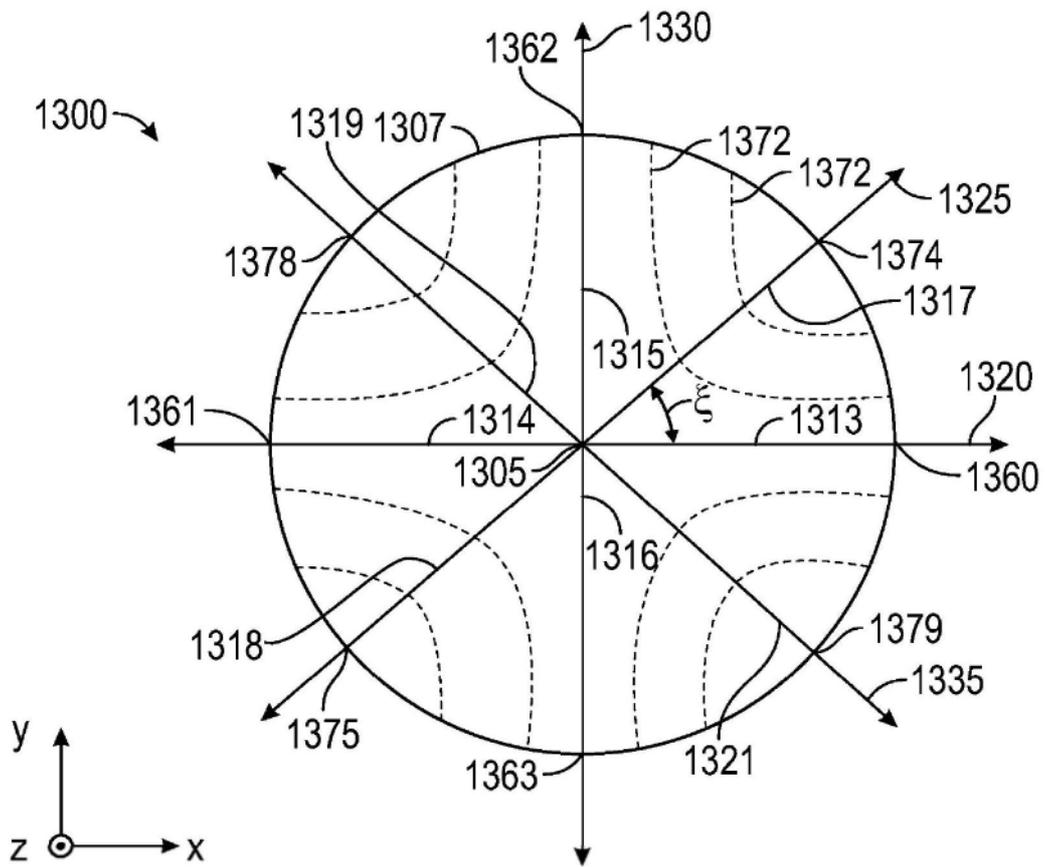


图13

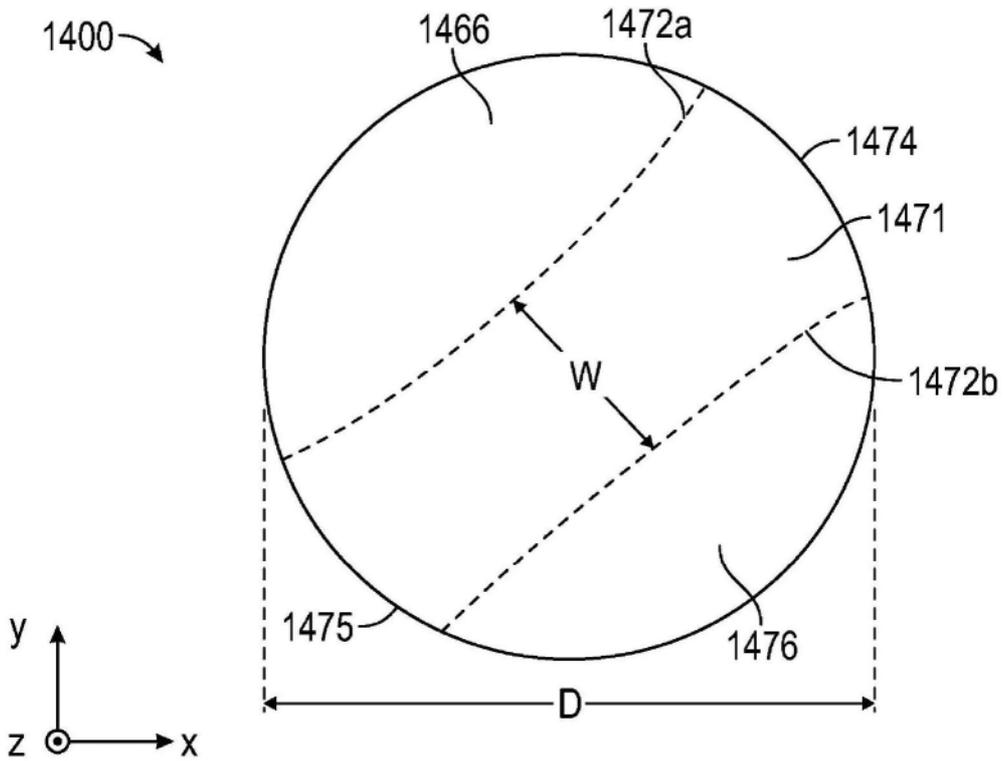


图14

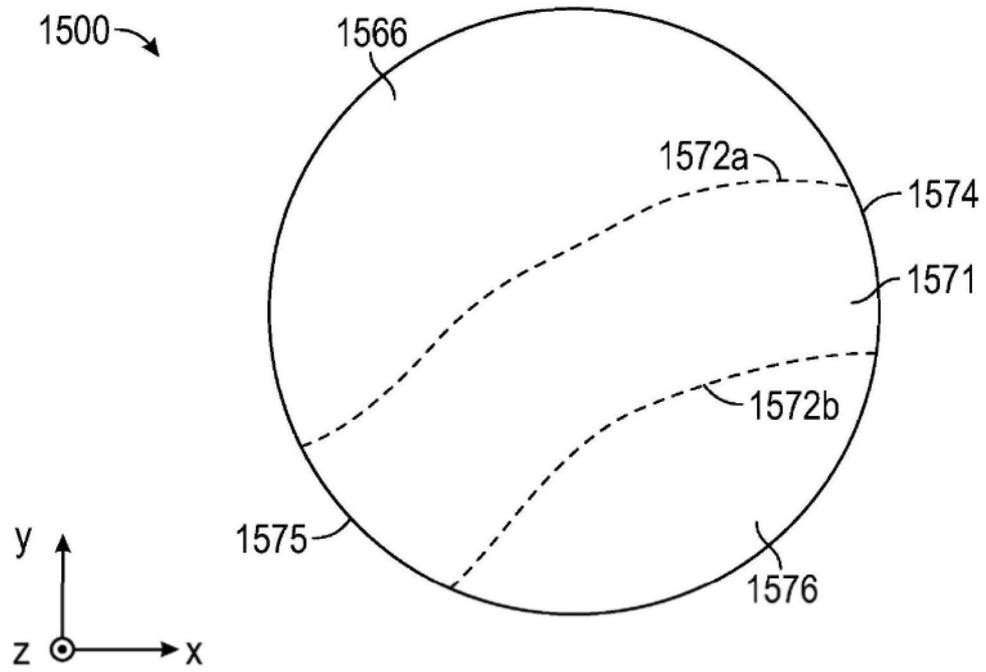


图15

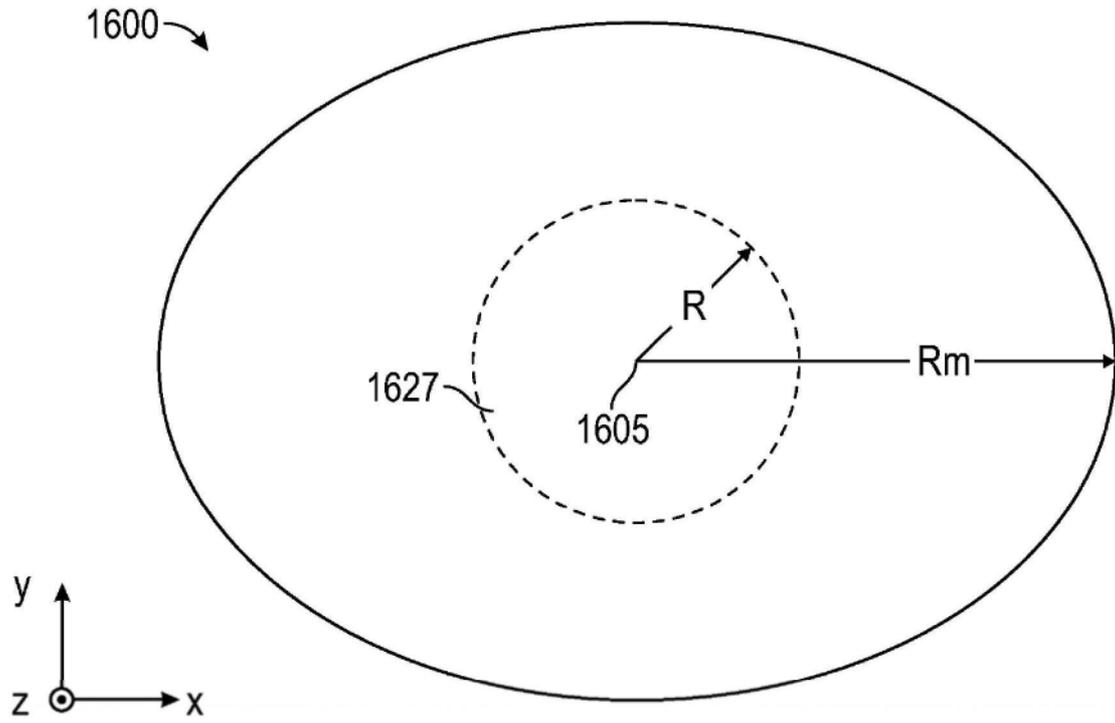


图16

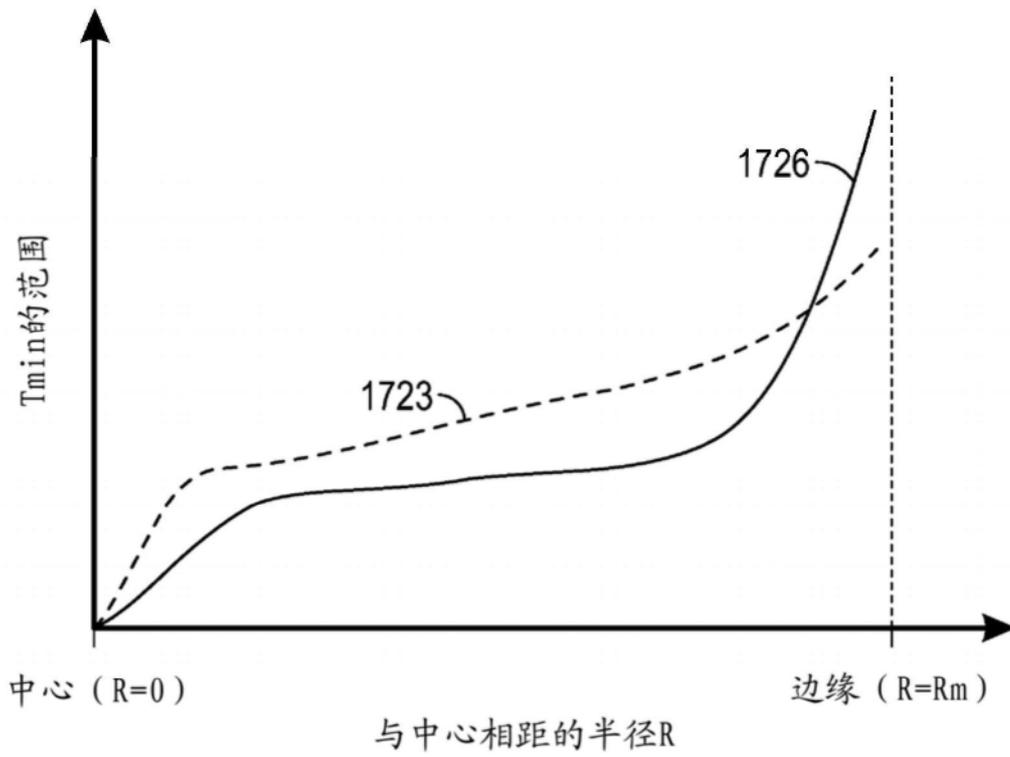


图17

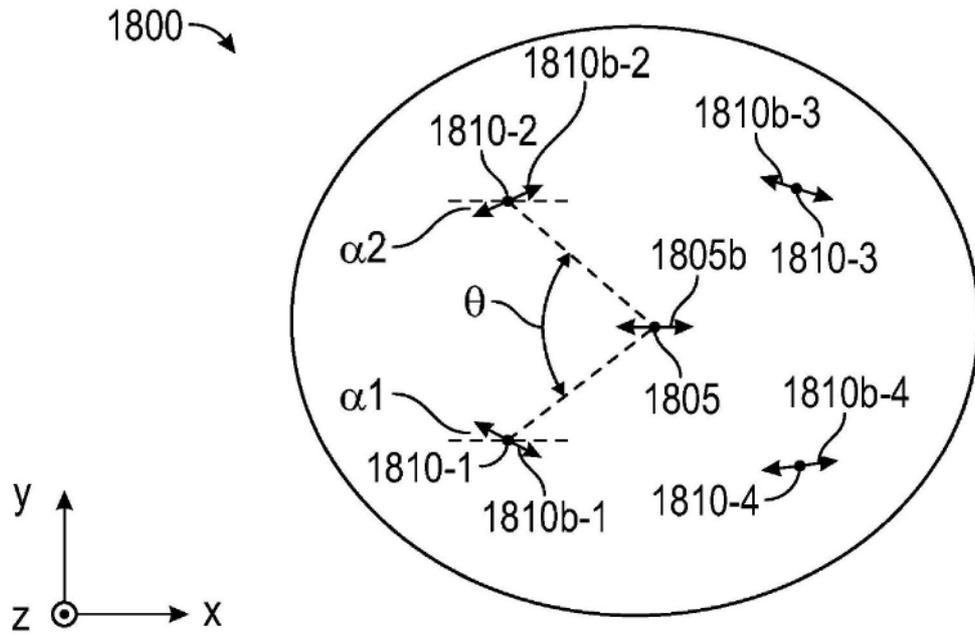


图18

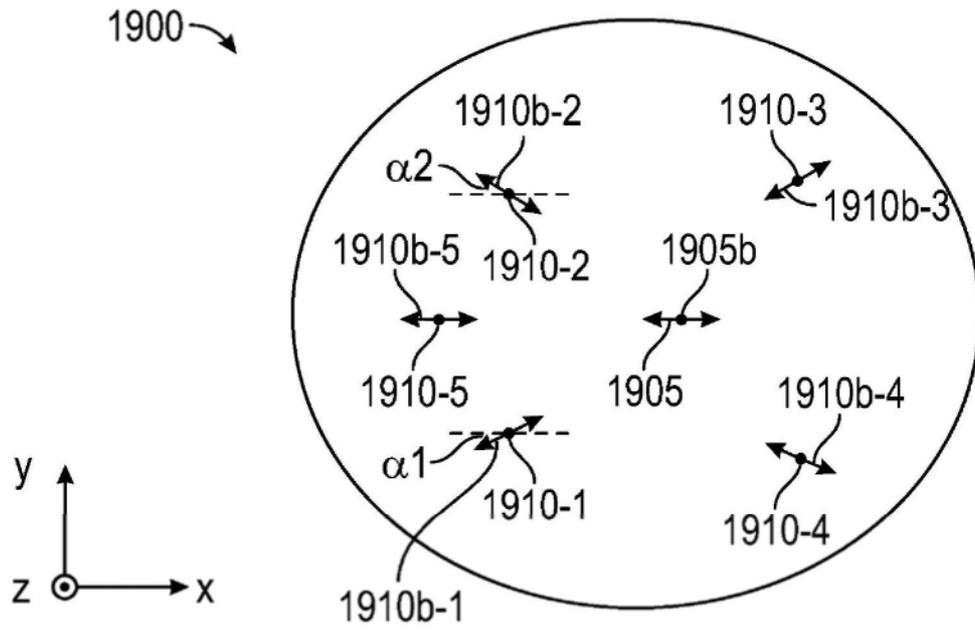


图19

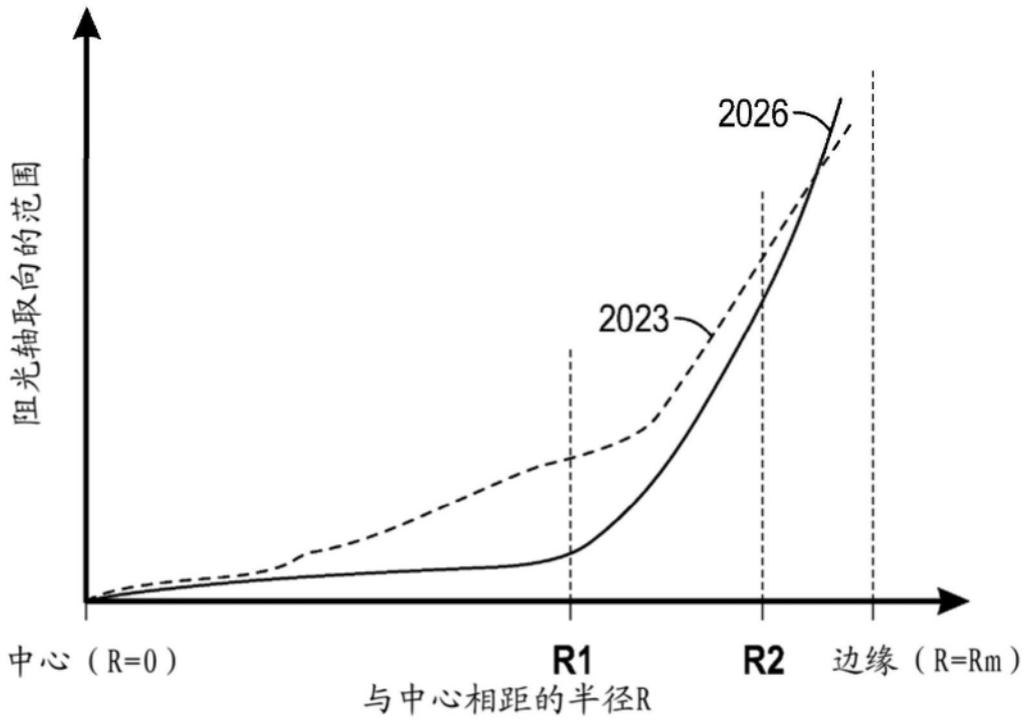


图20

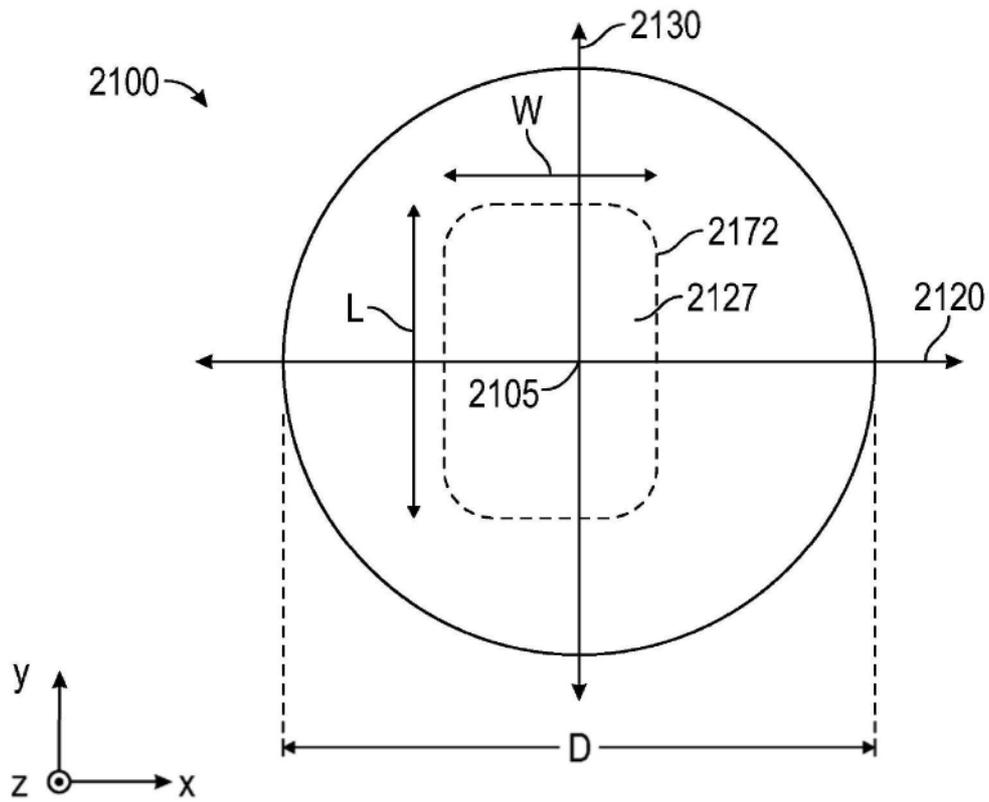


图21

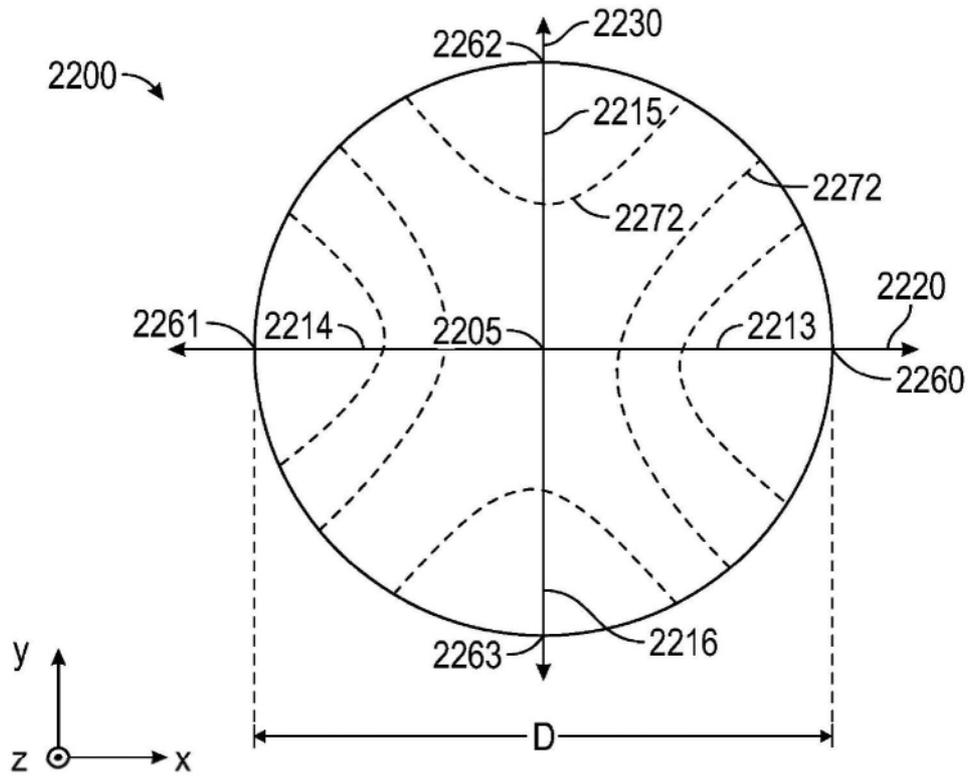


图22

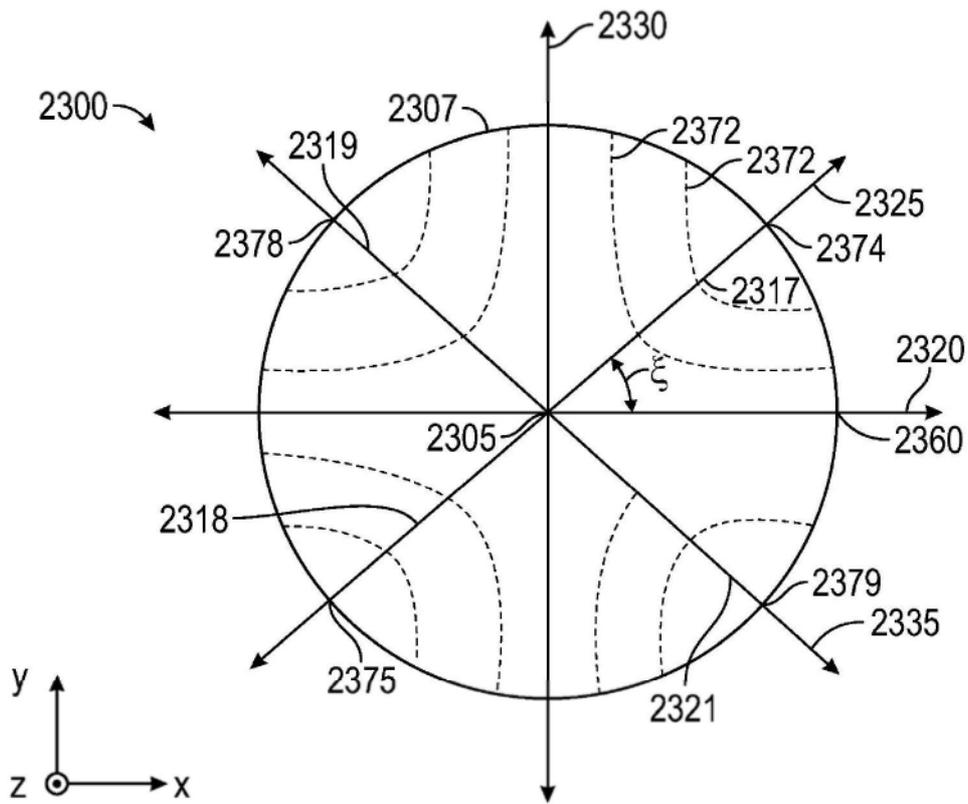


图23

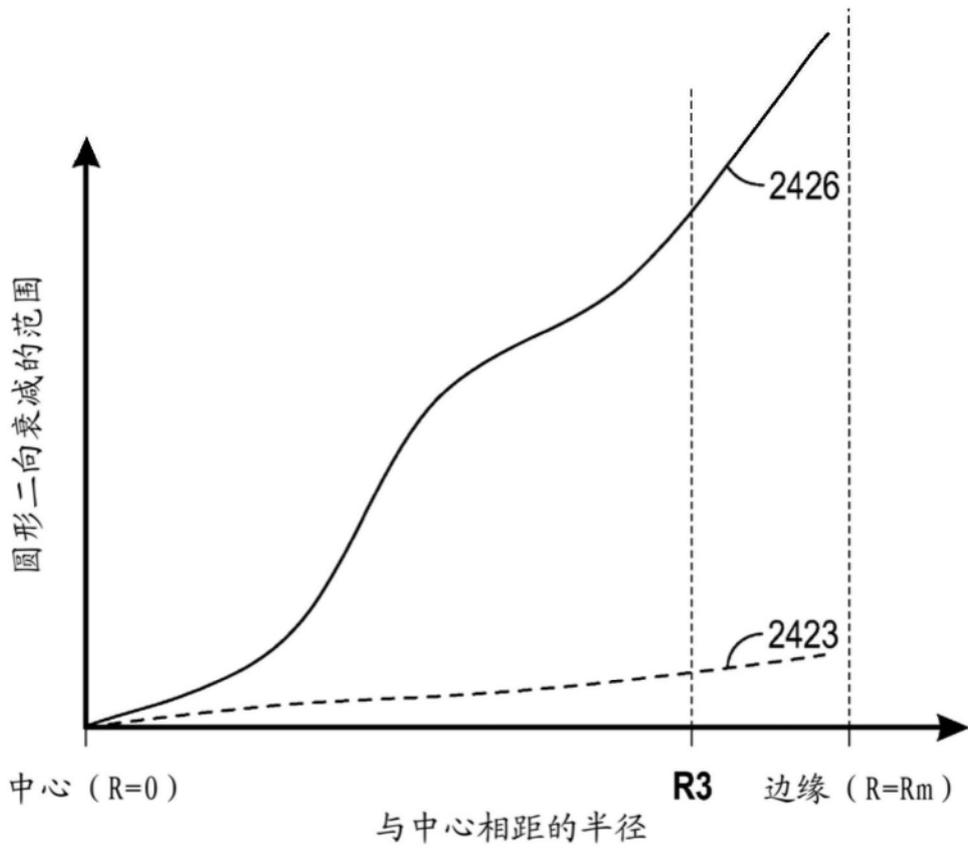


图24

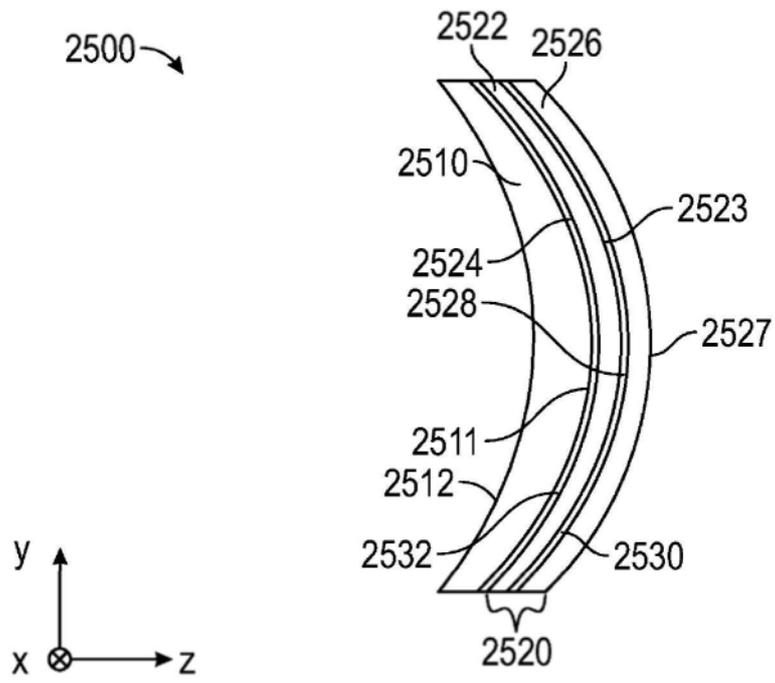


图25

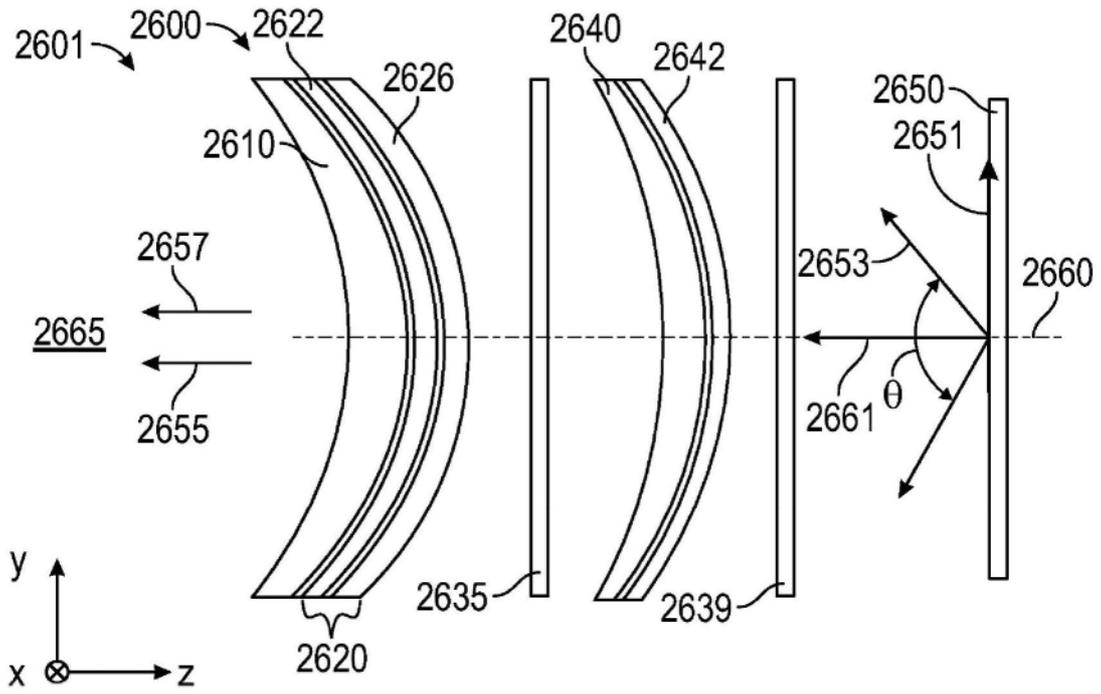


图26

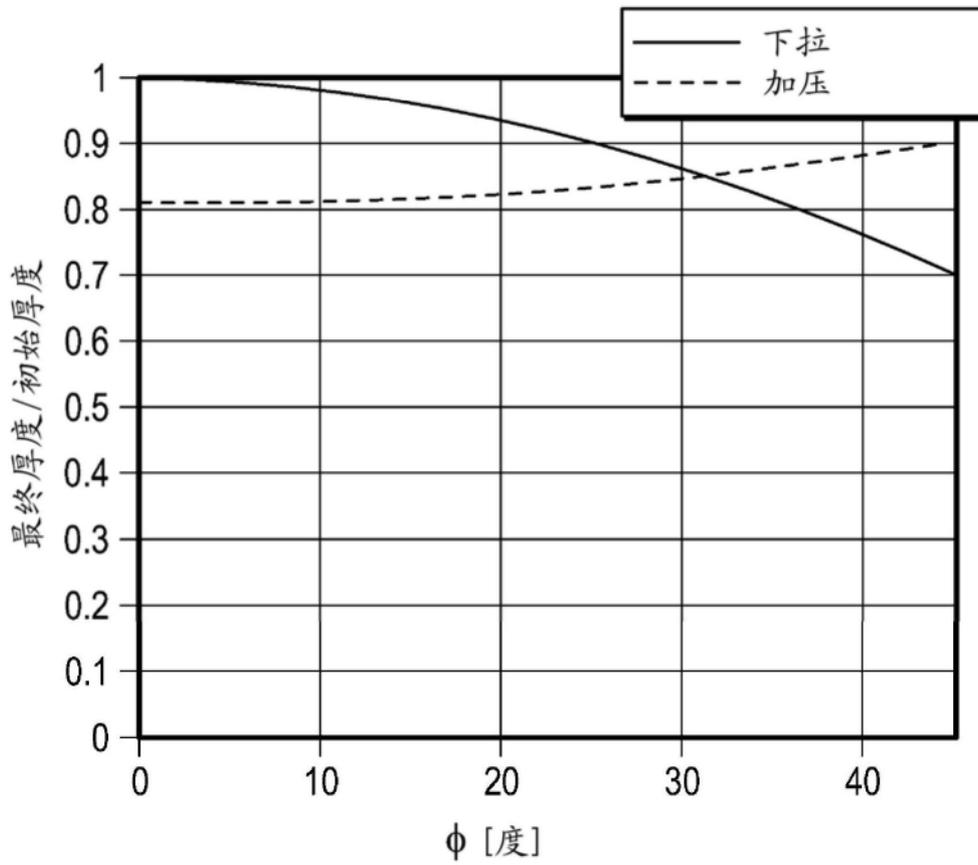


图27

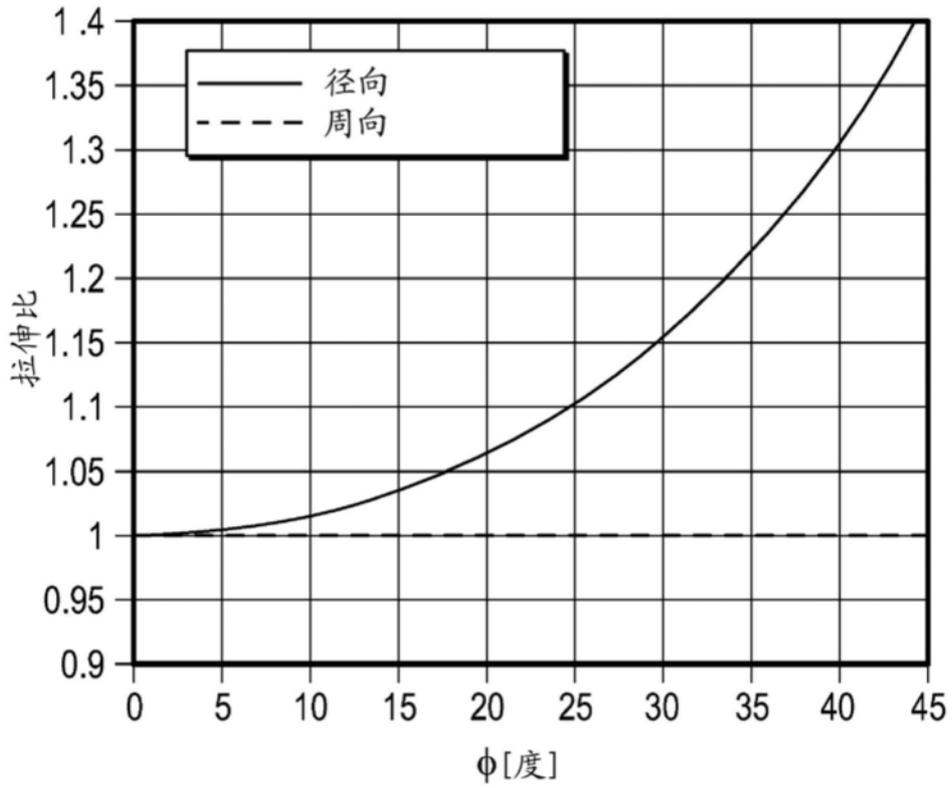


图28

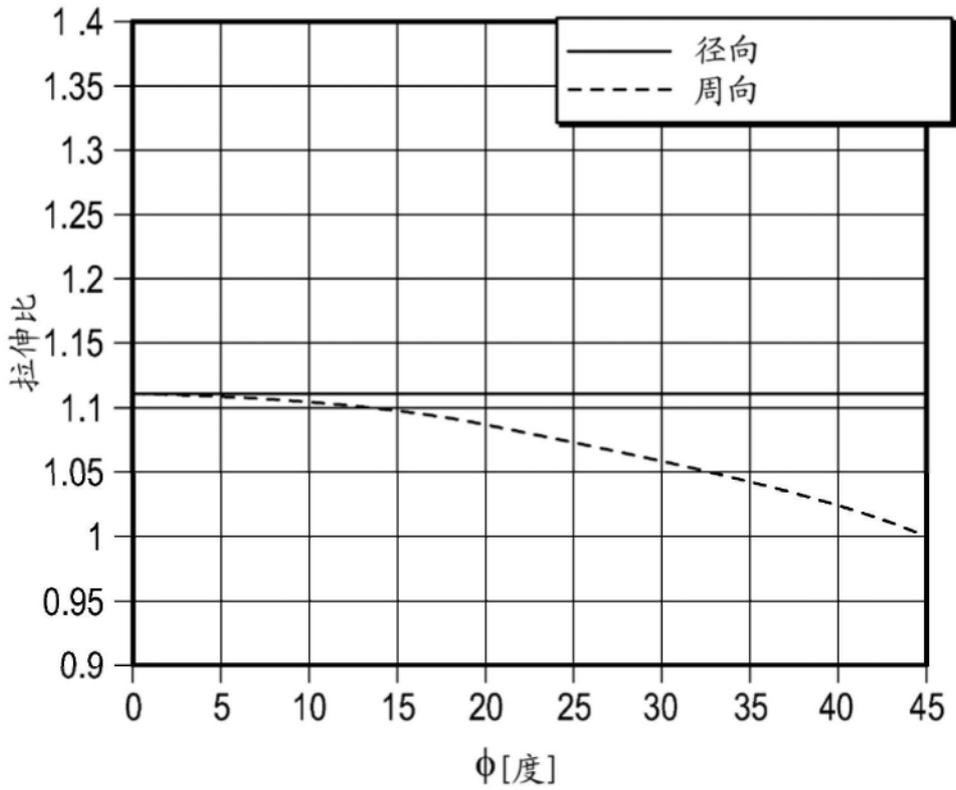


图29

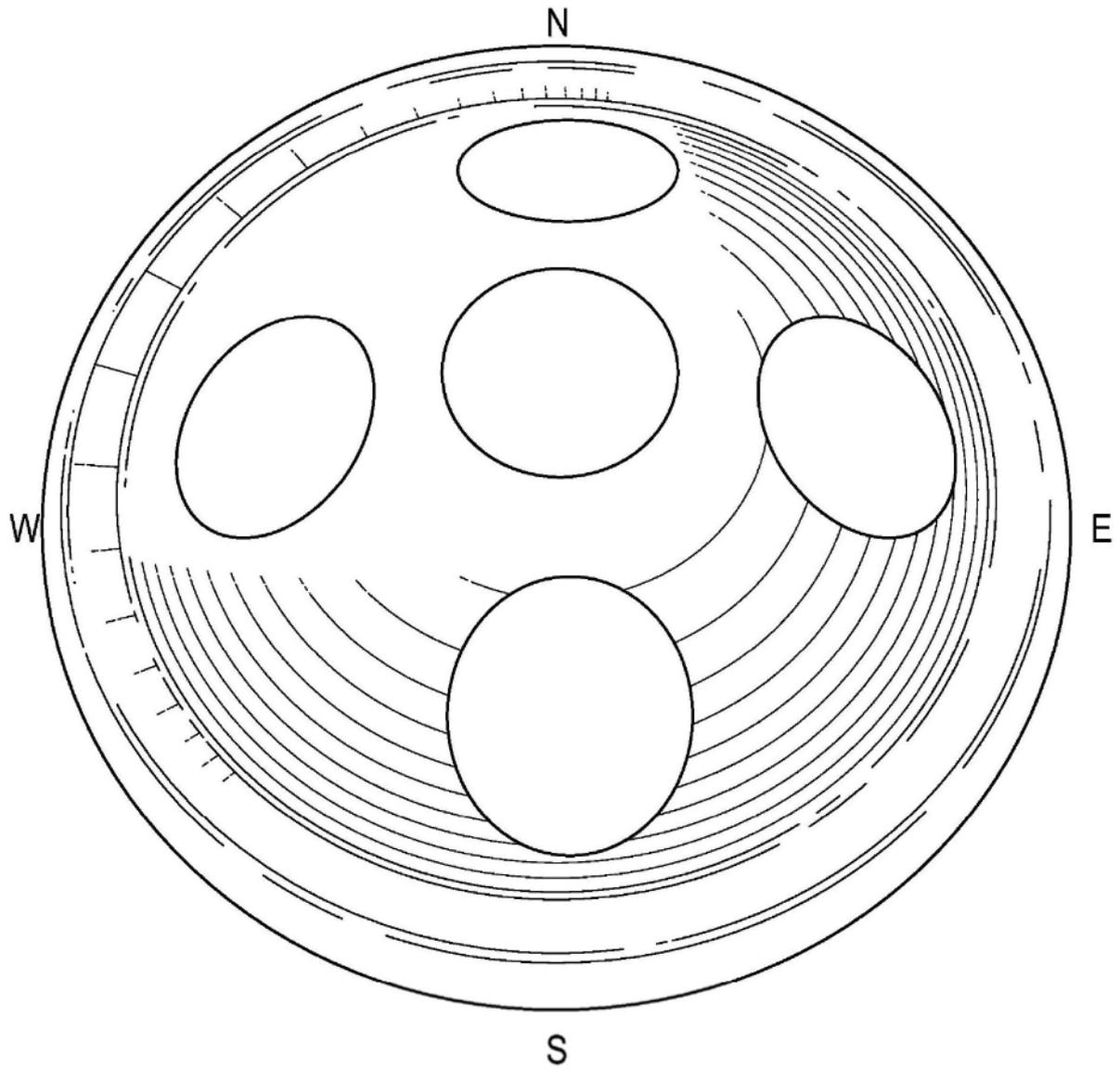


图30

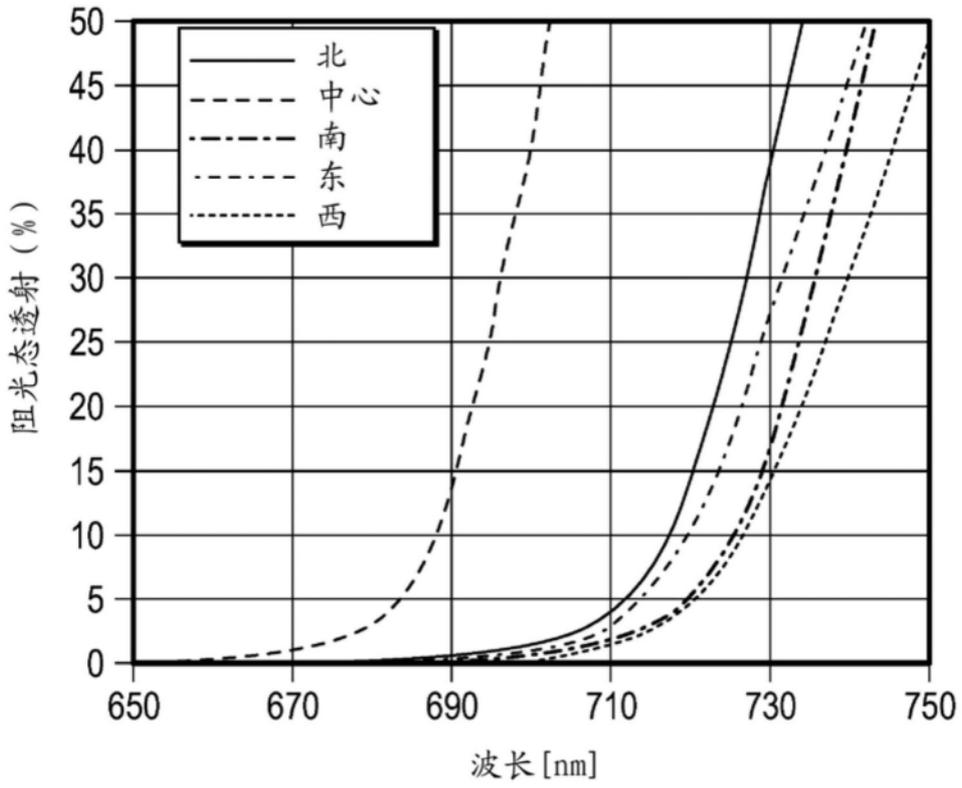


图31

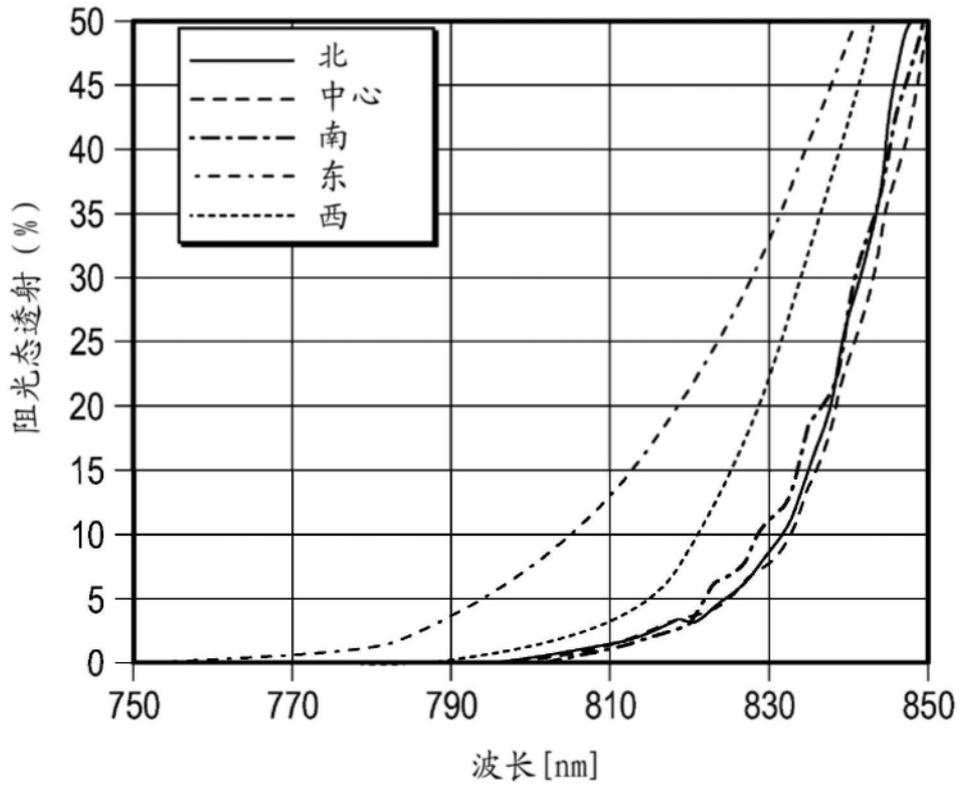


图32

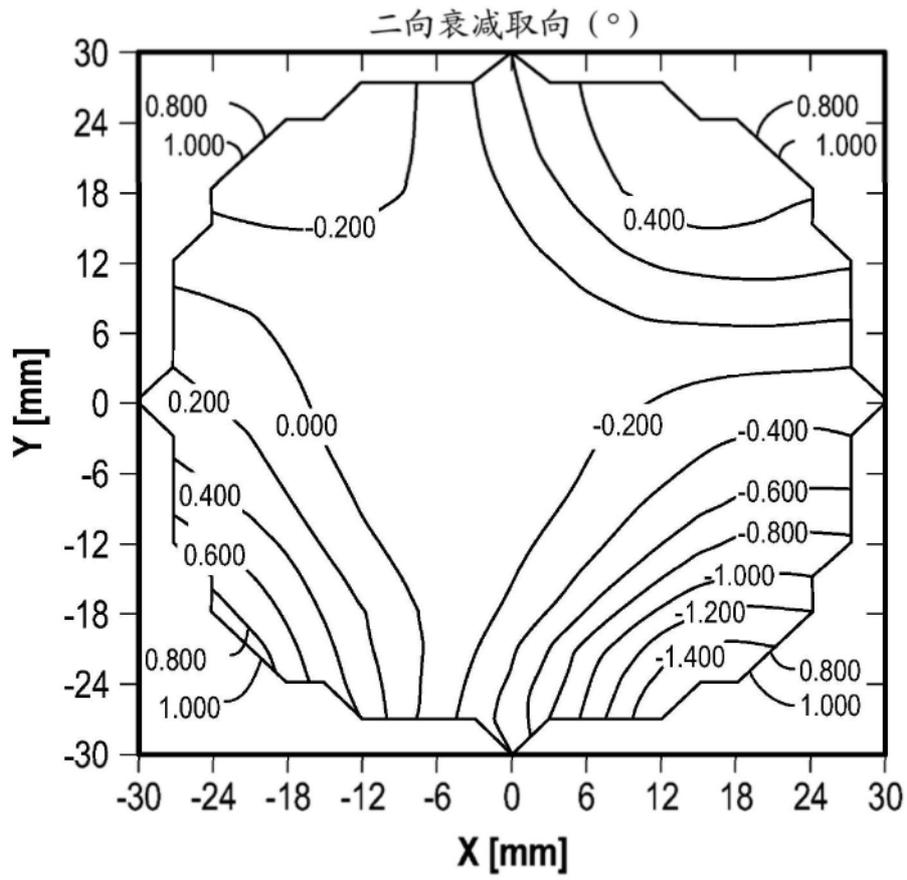


图33A

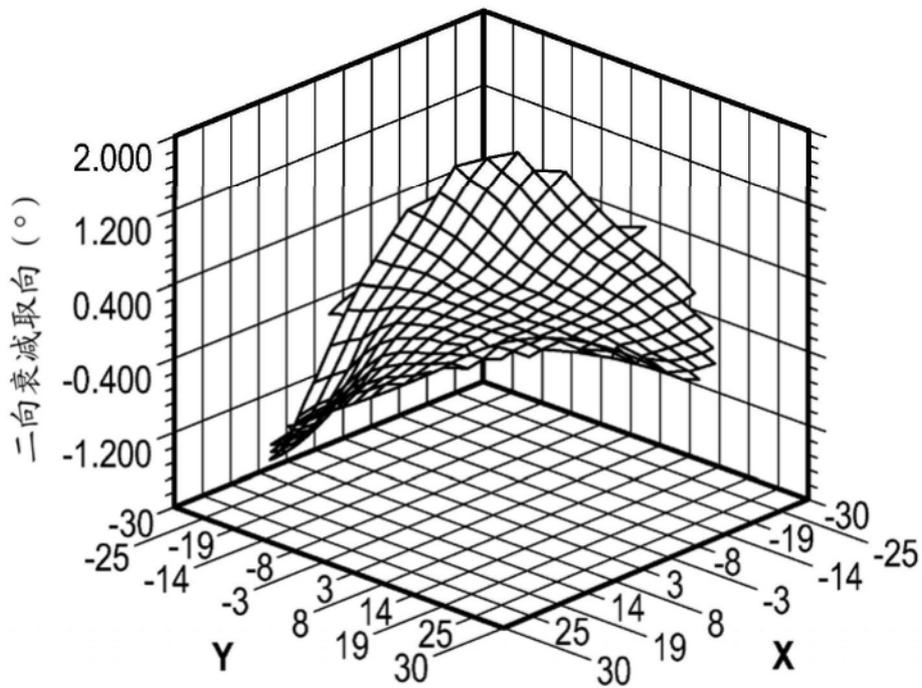


图33B

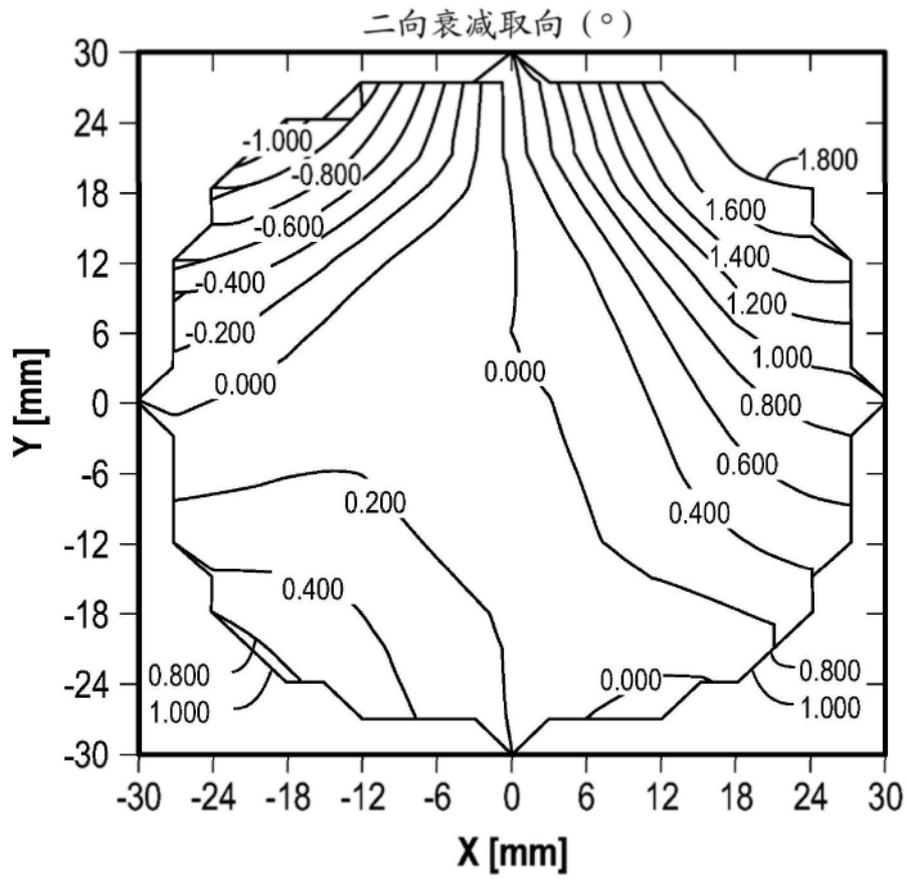


图33C

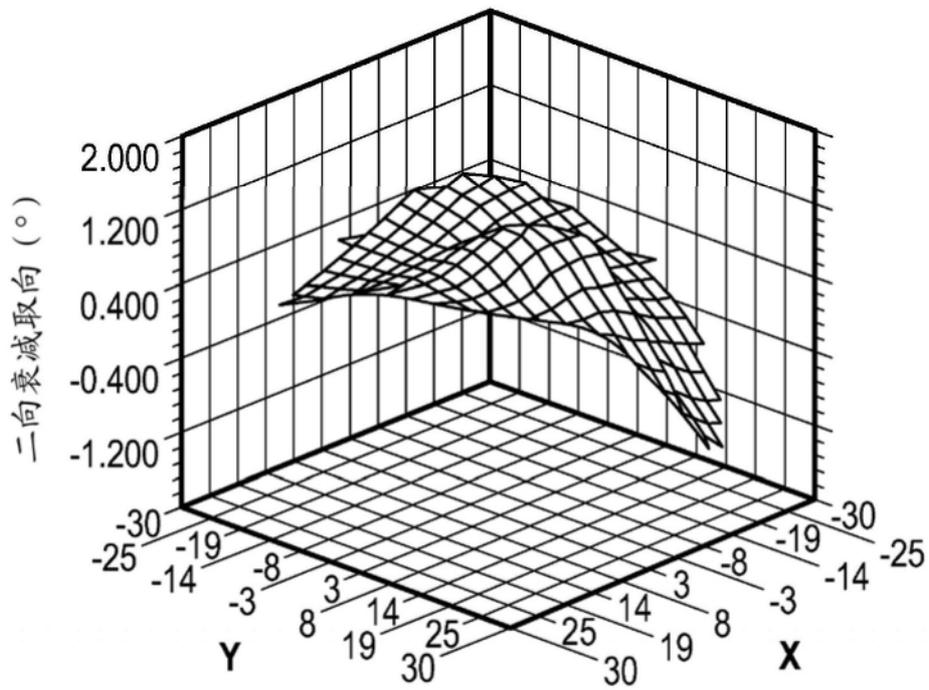


图33D

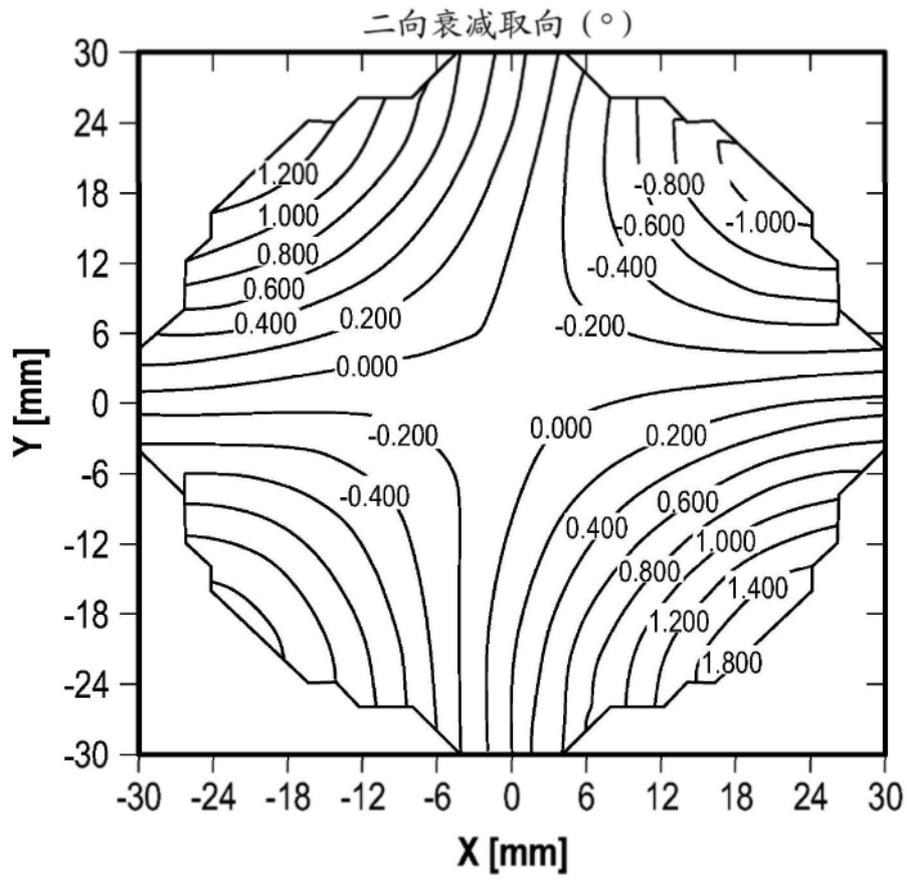


图34A

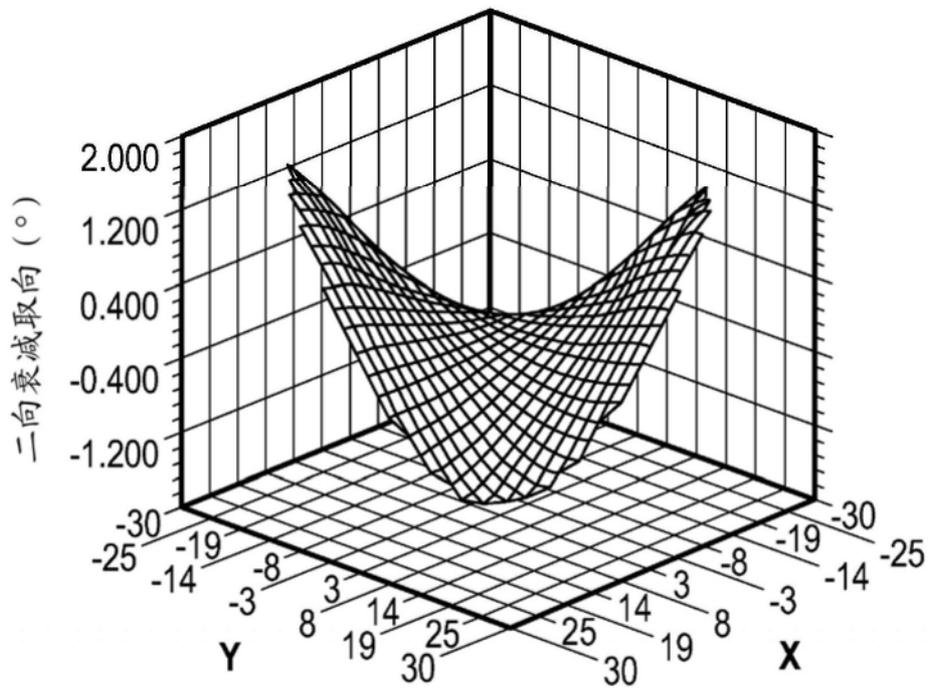


图34B

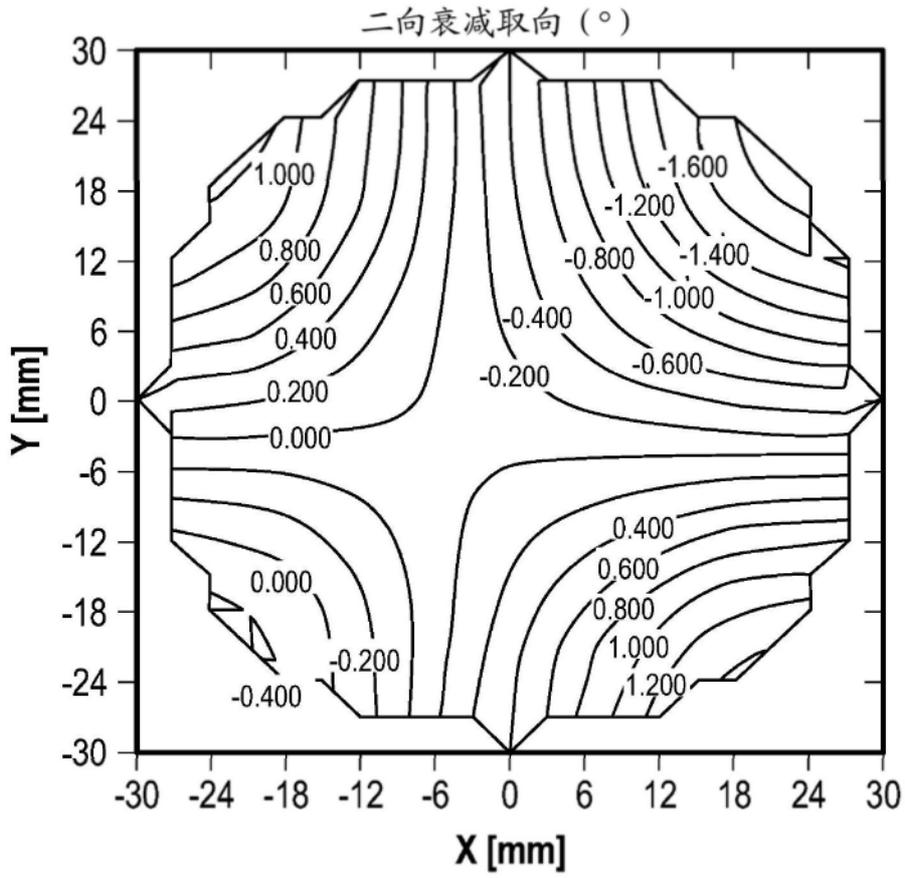


图34C

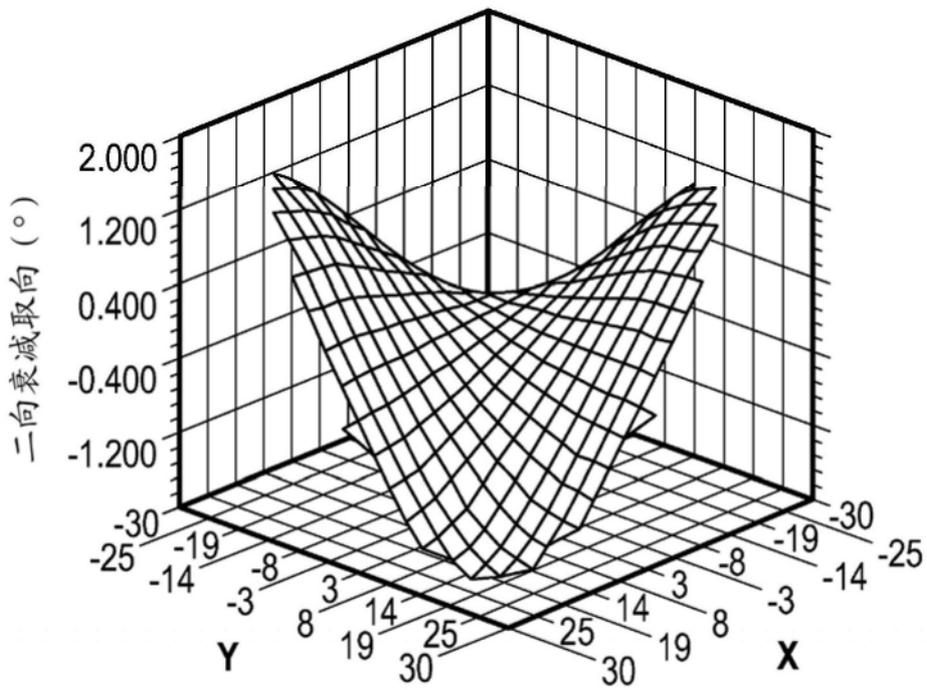


图34D

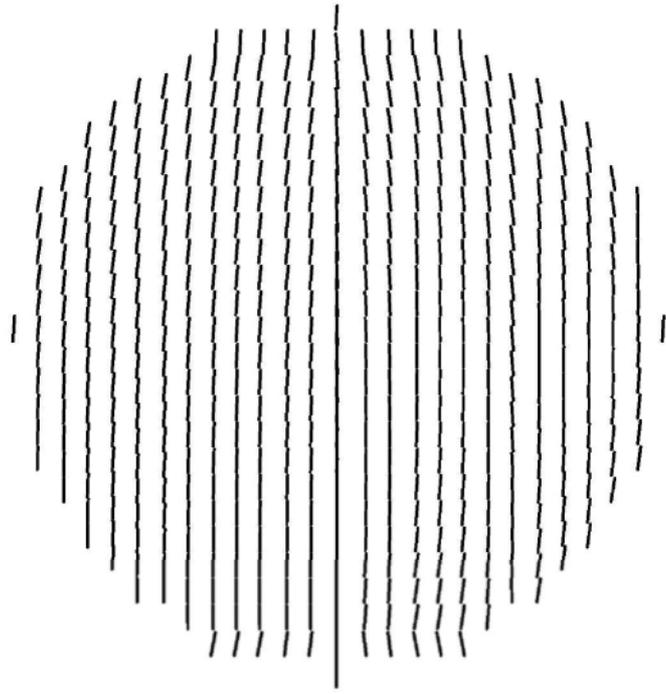


图35

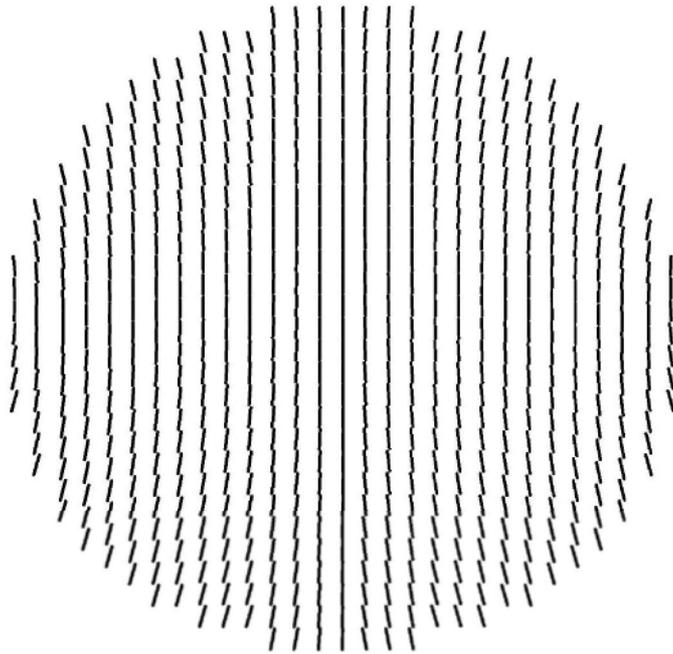


图36

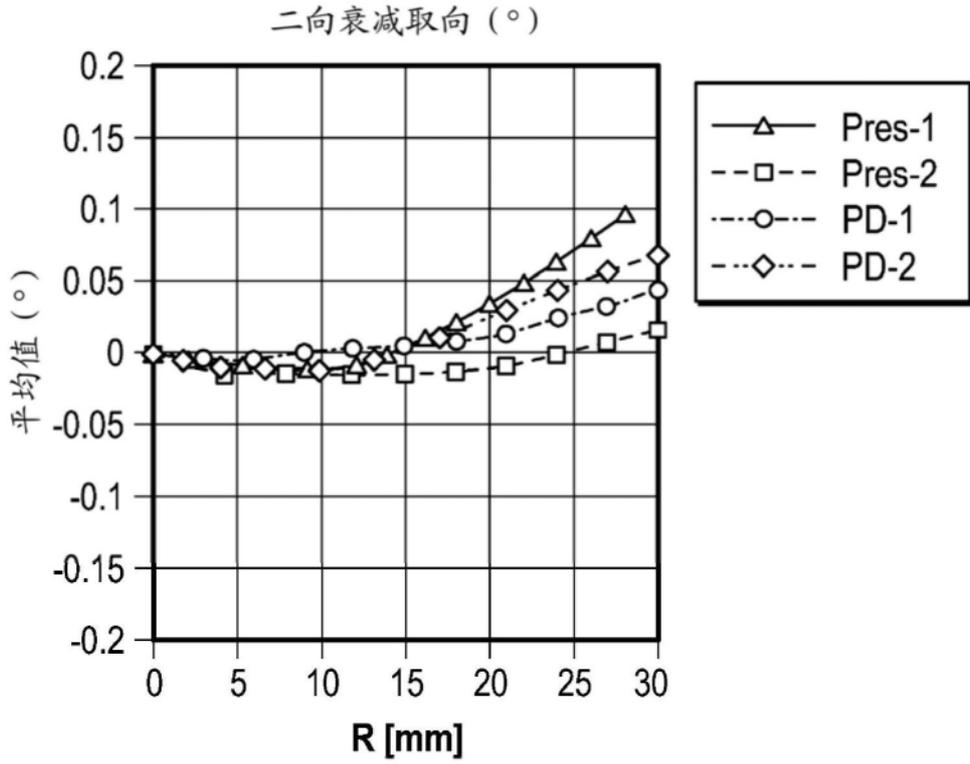


图37A

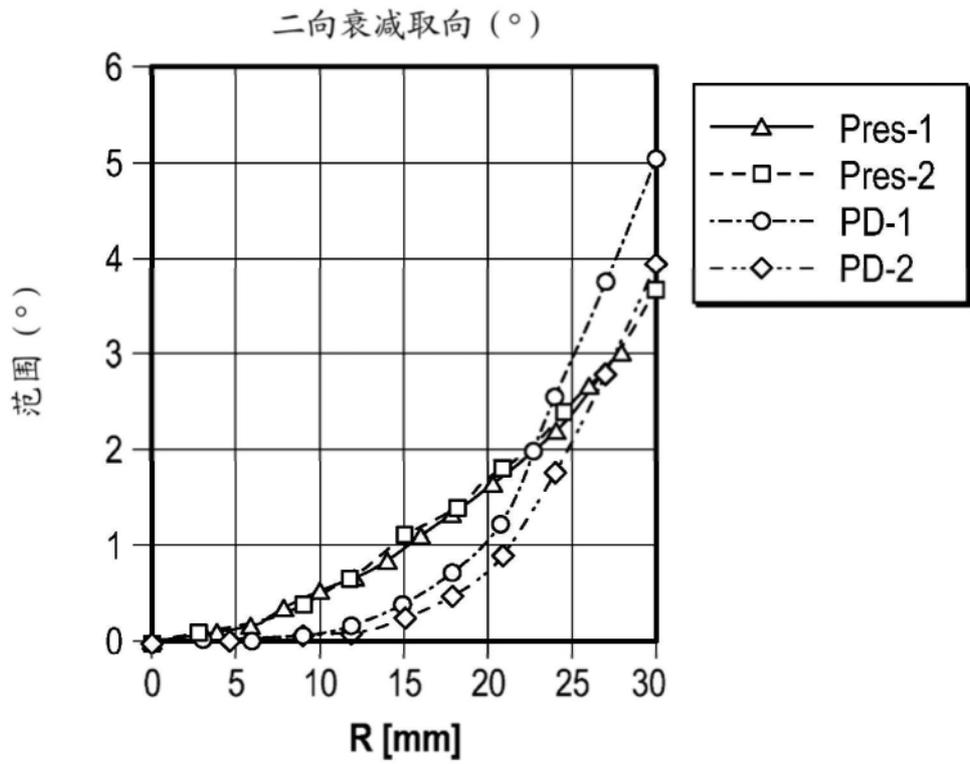


图37B

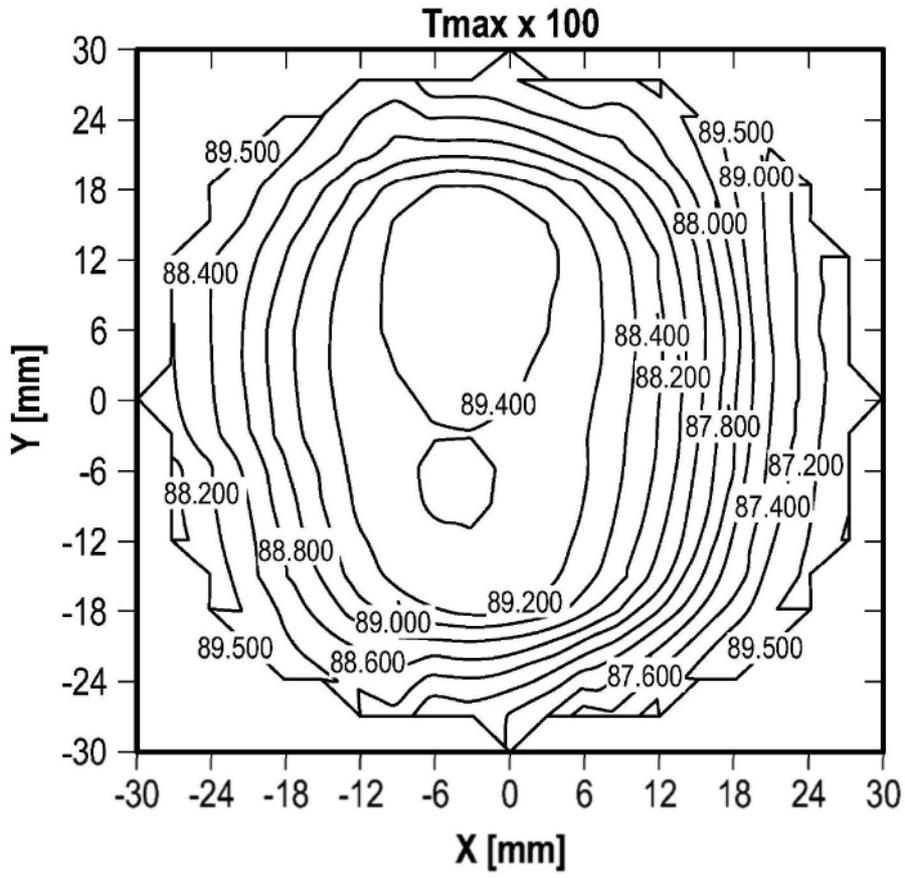


图38A

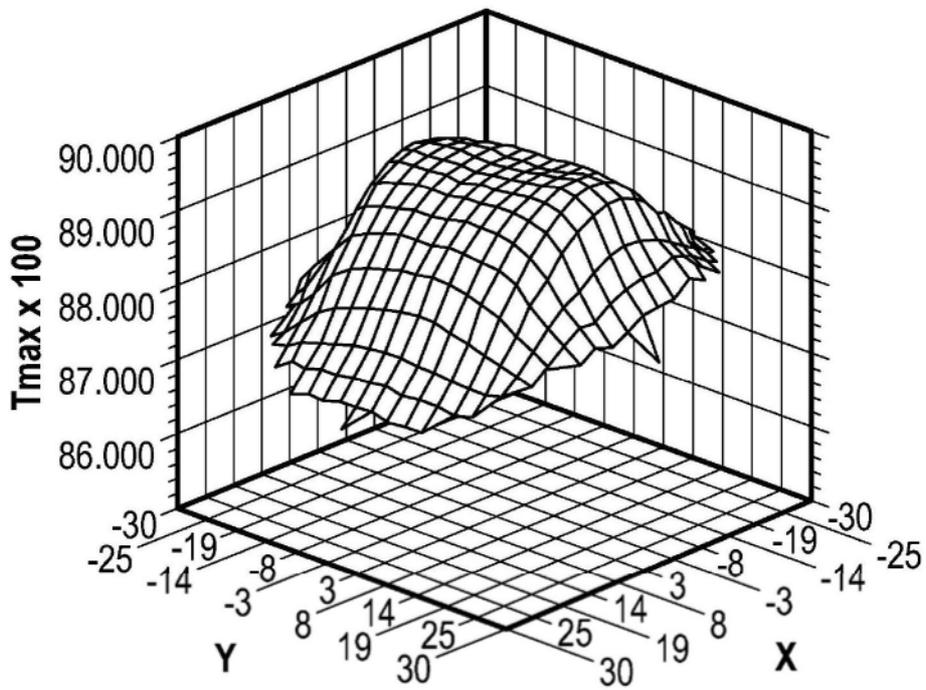


图38B

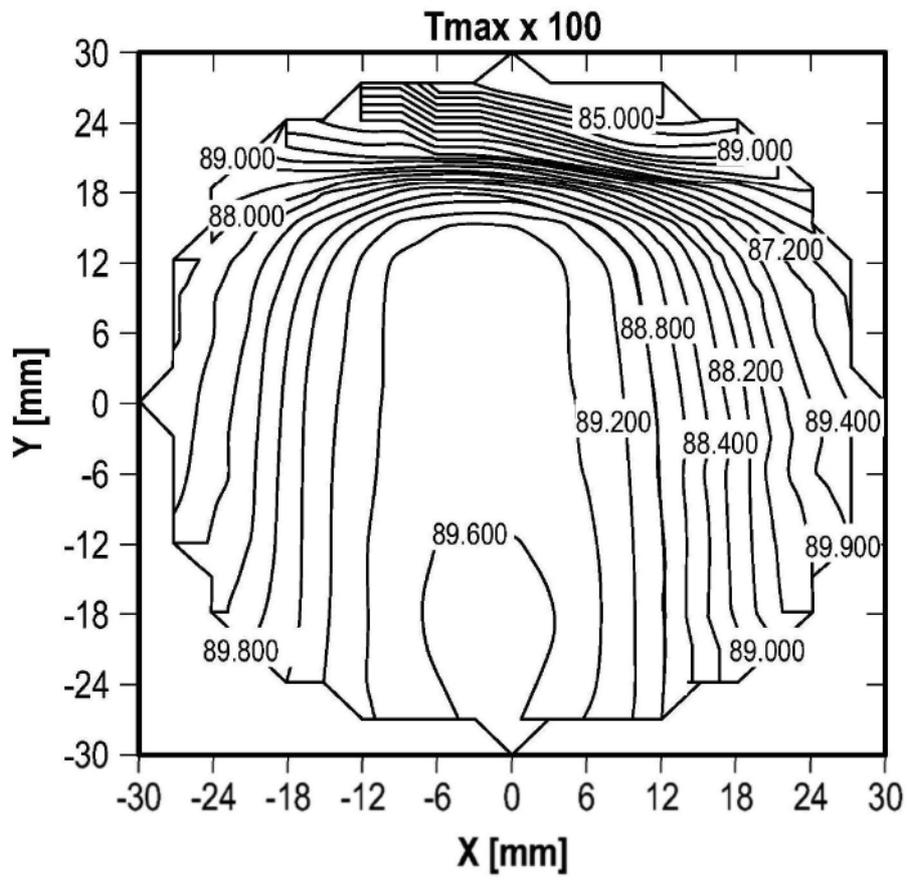


图38C

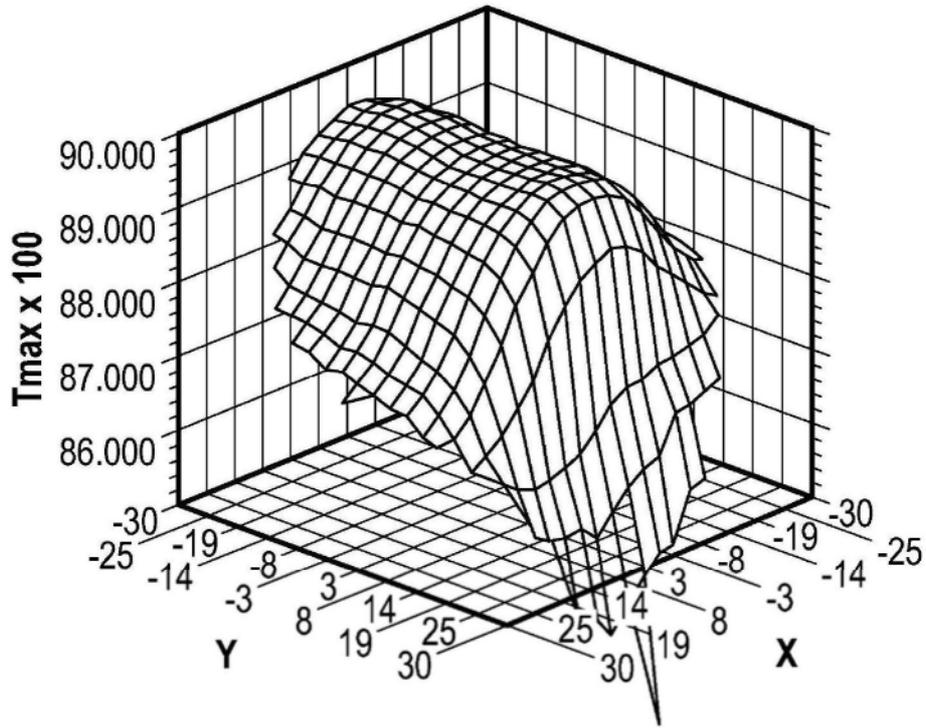


图38D

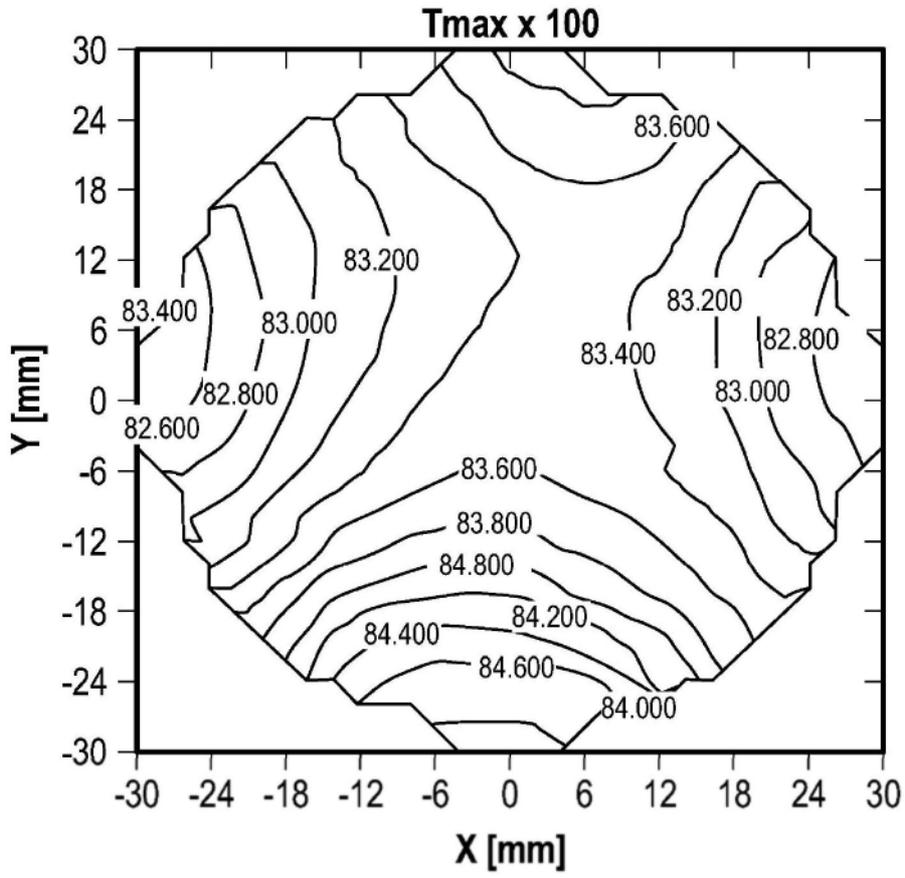


图39A

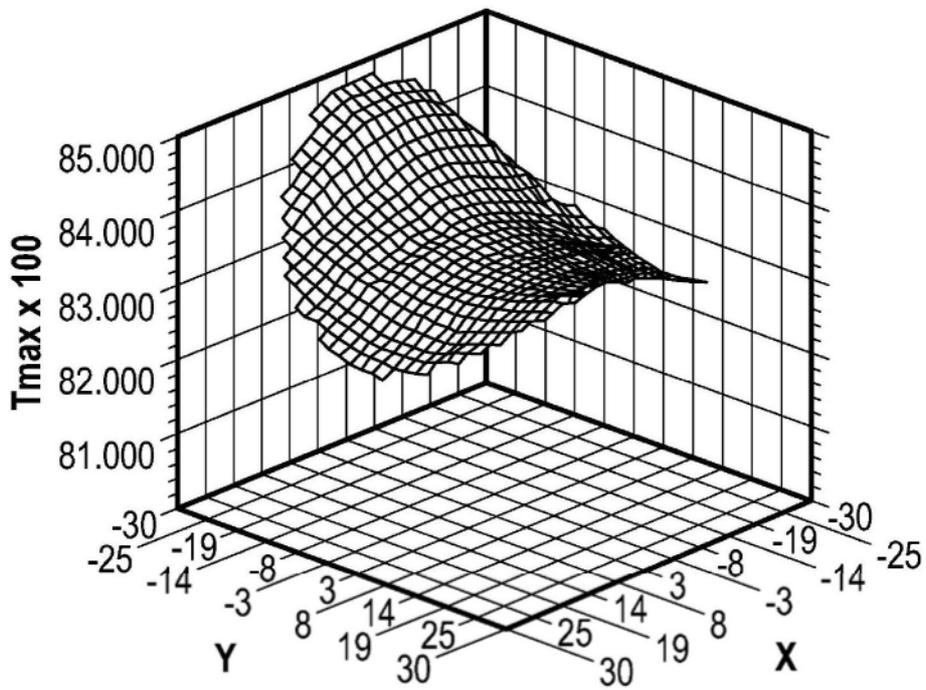


图39B

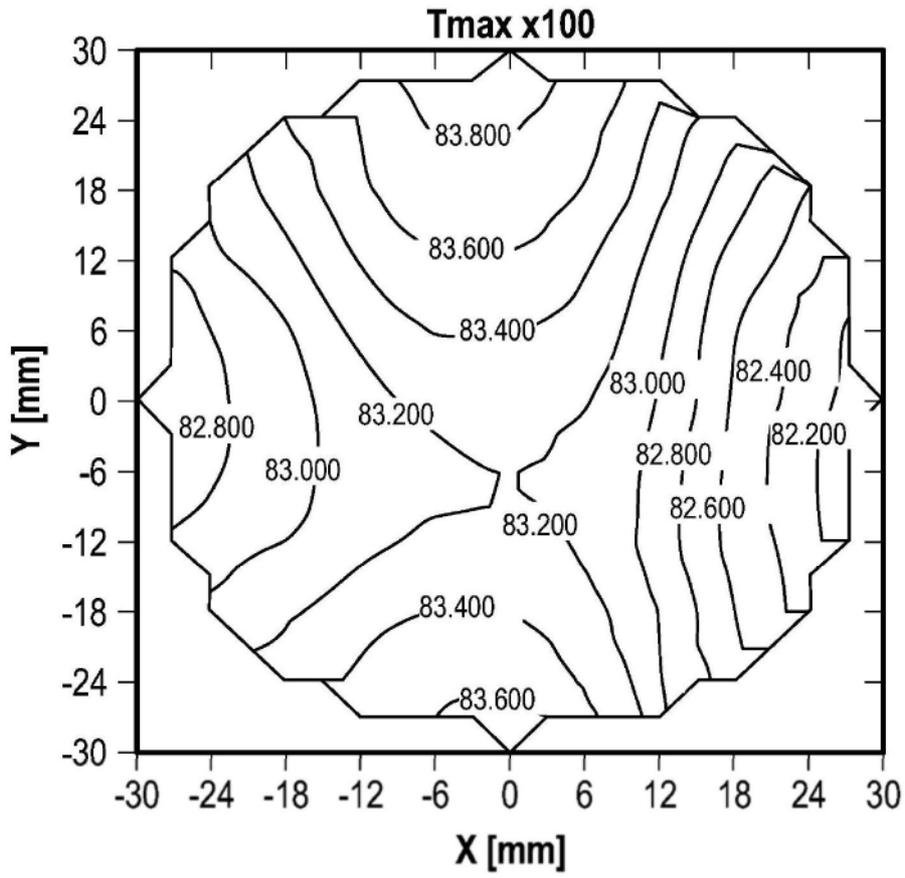


图39C

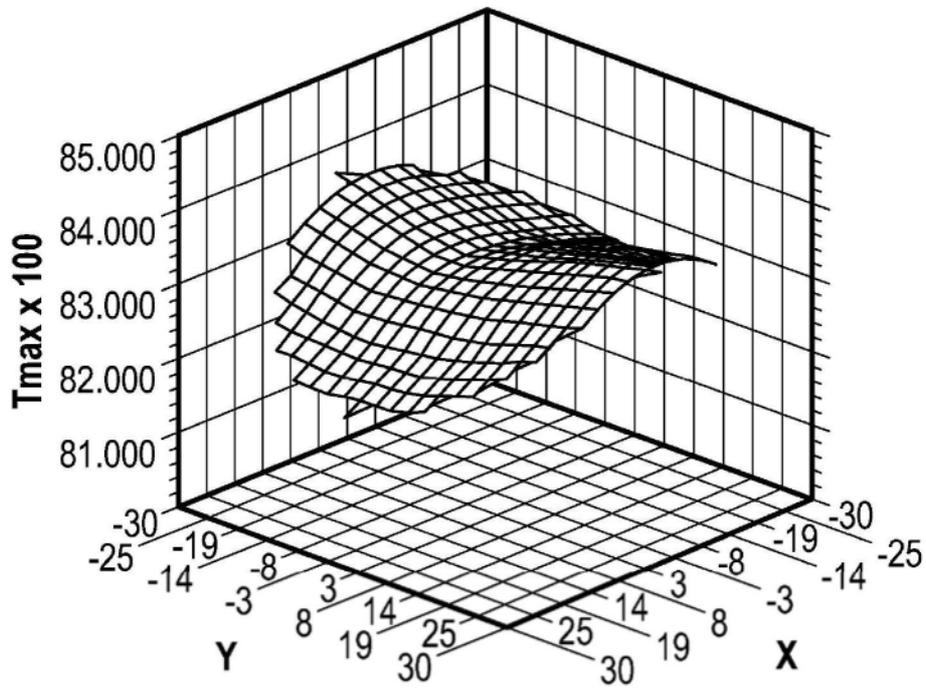


图39D

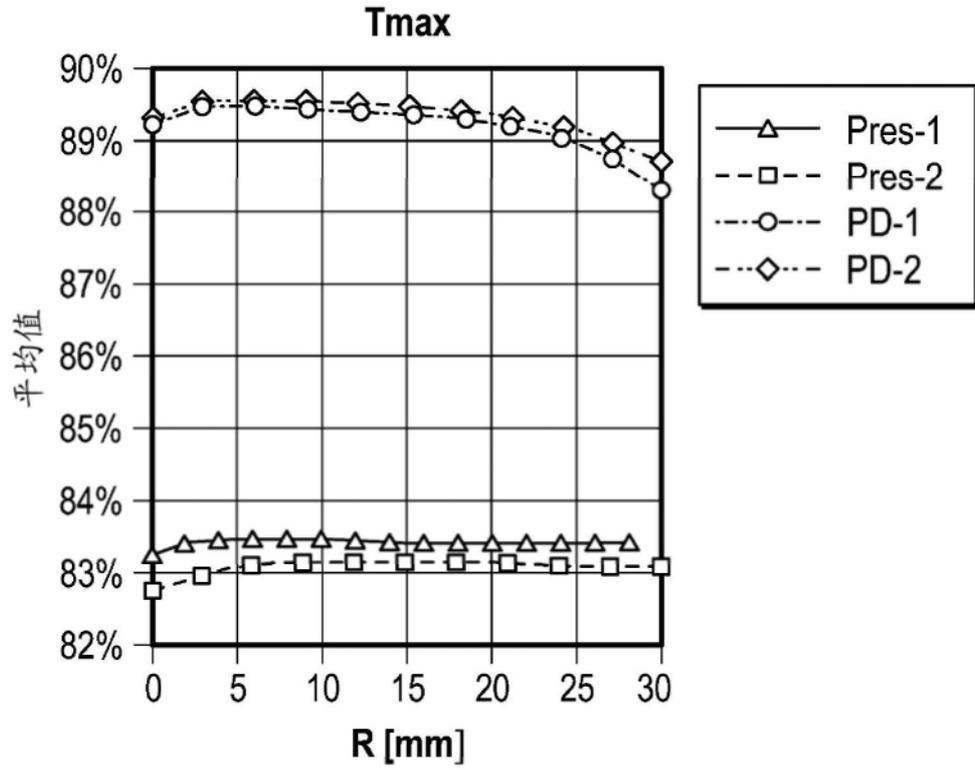


图40A

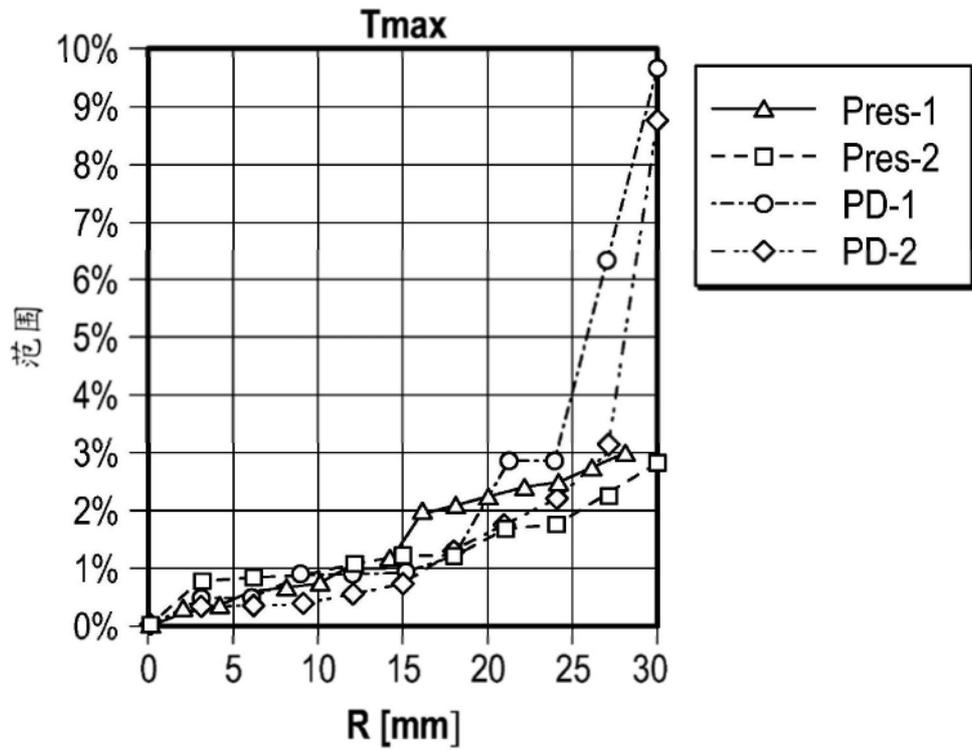


图40B

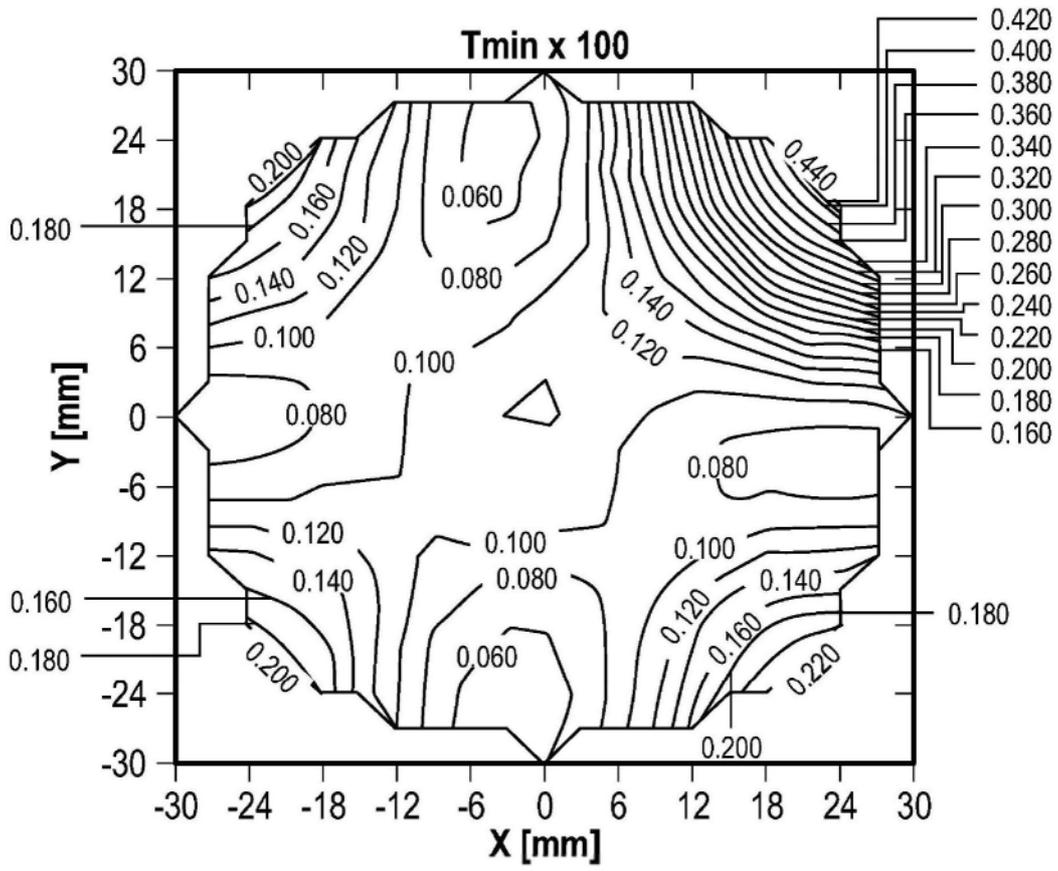


图41A

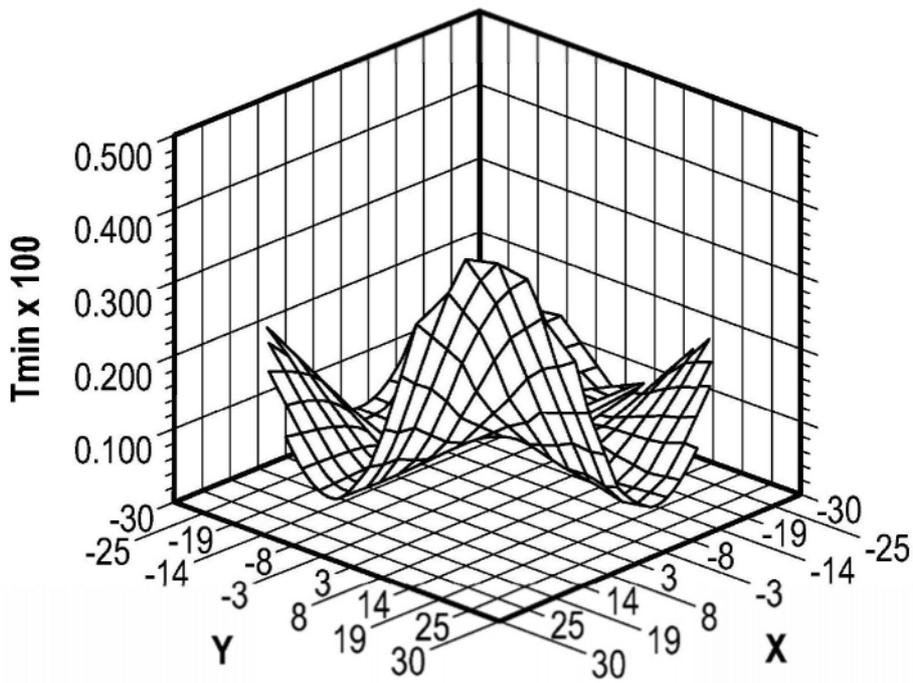


图41B

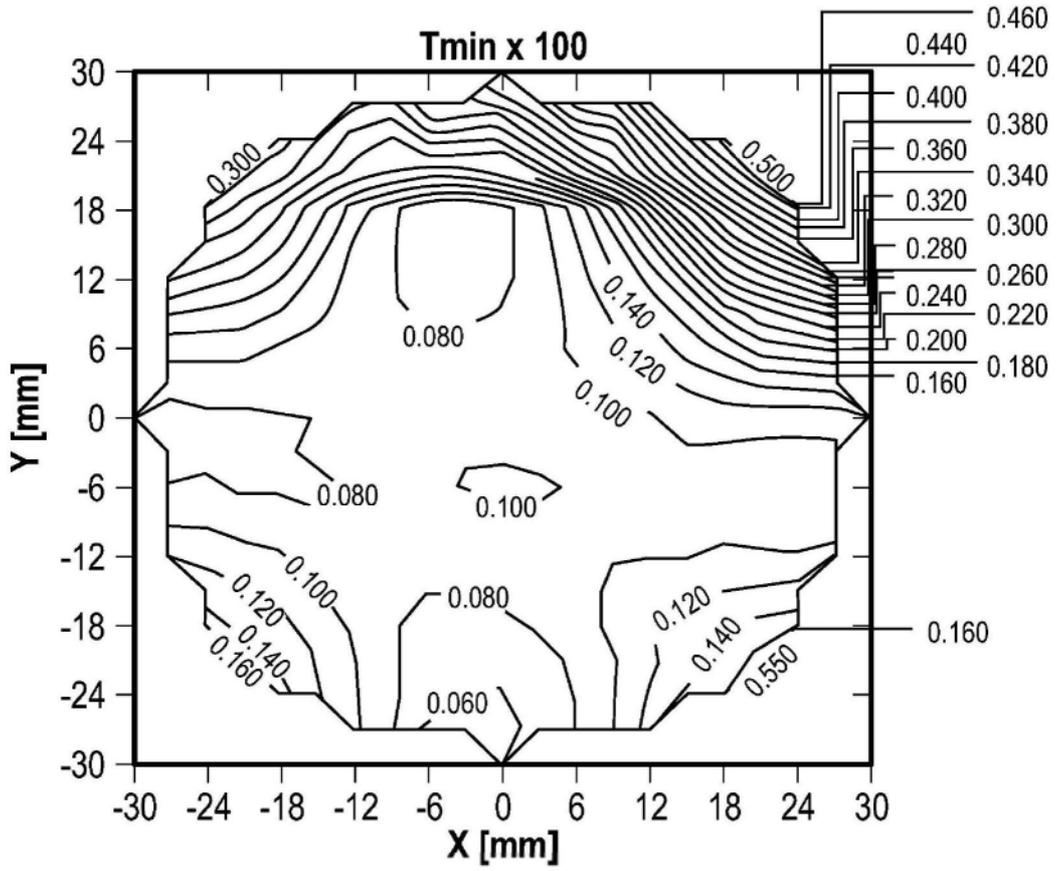


图41C

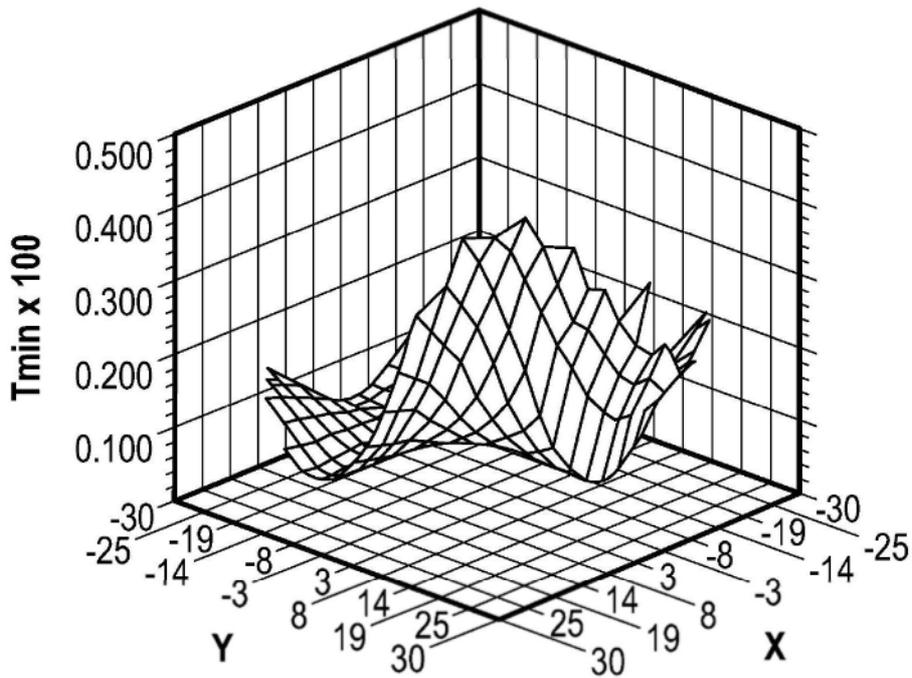


图41D

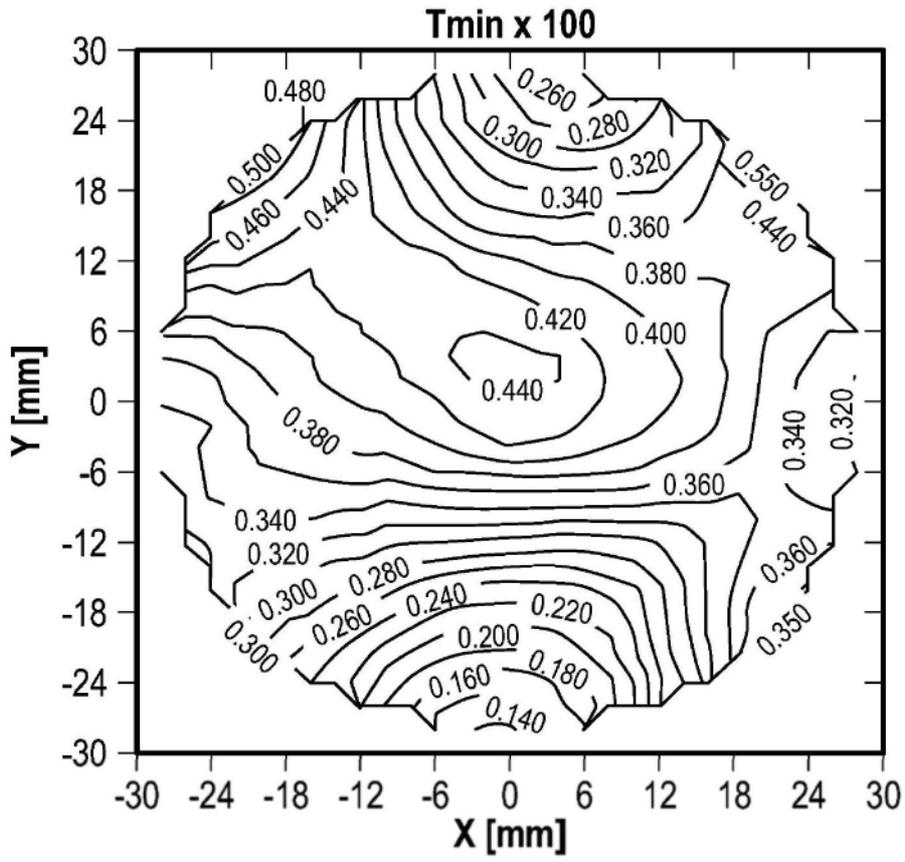


图42A

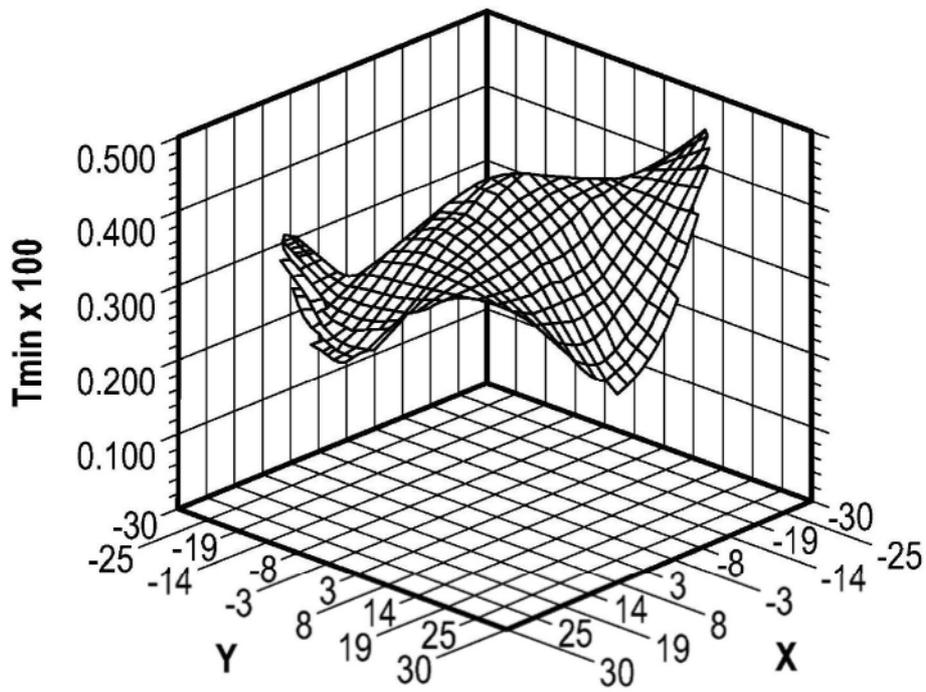


图42B

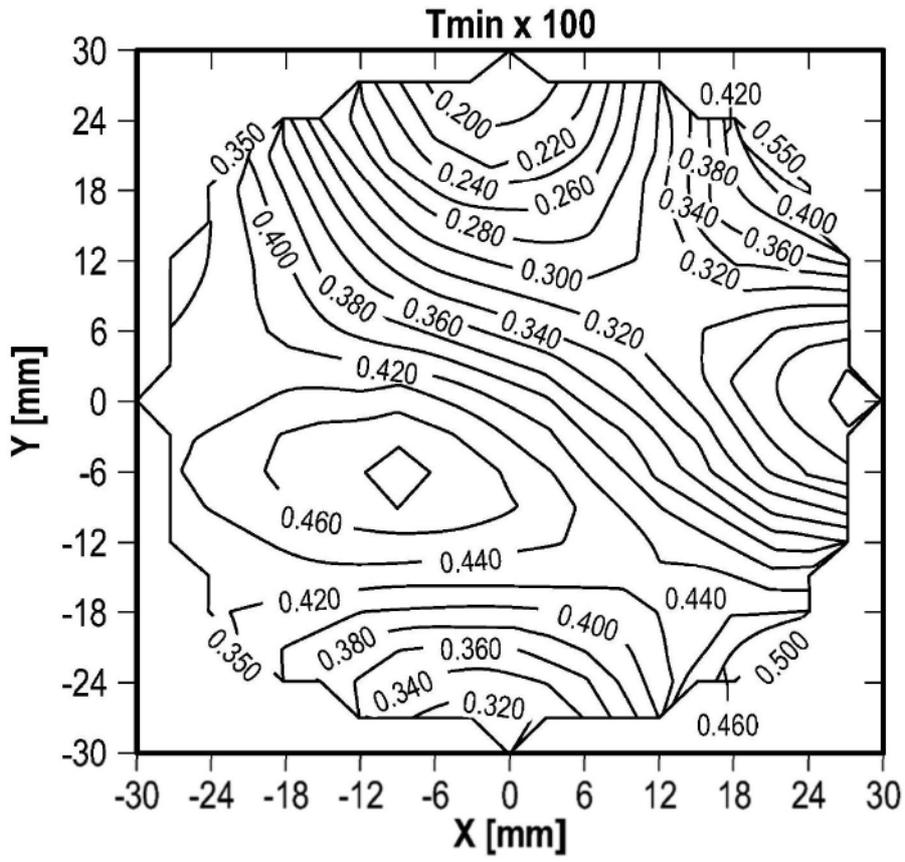


图42C

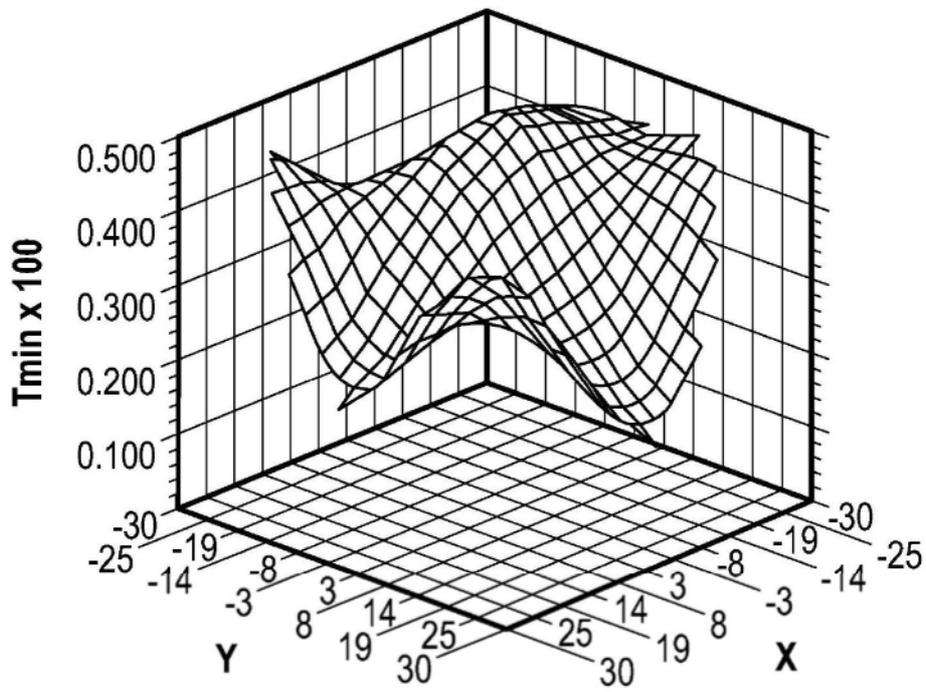


图42D

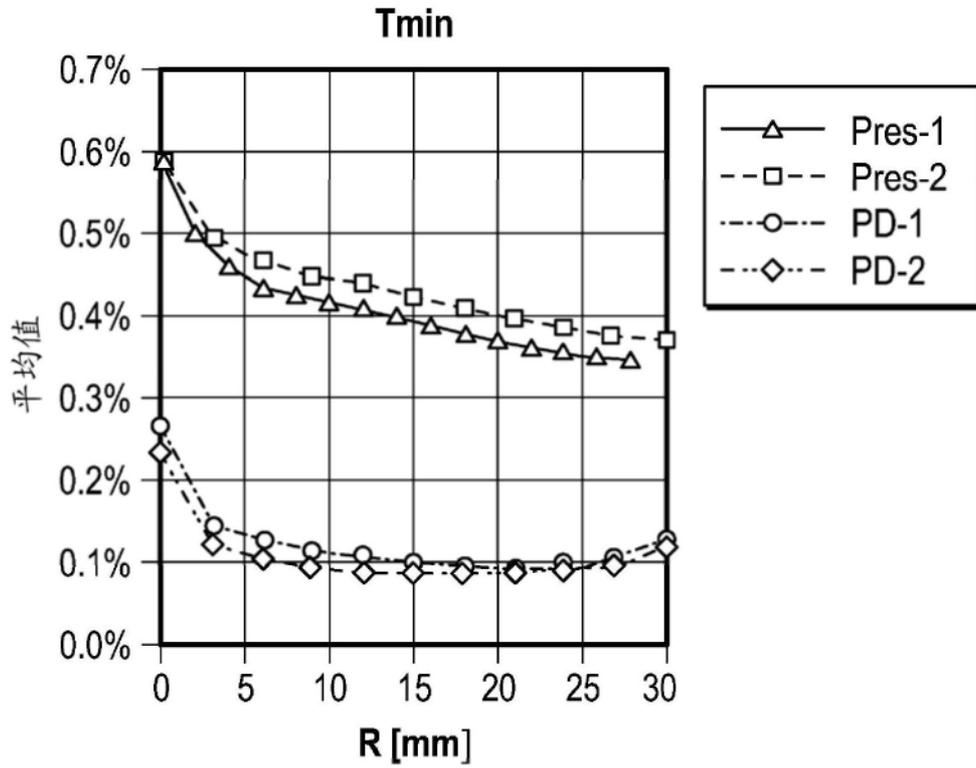


图43A

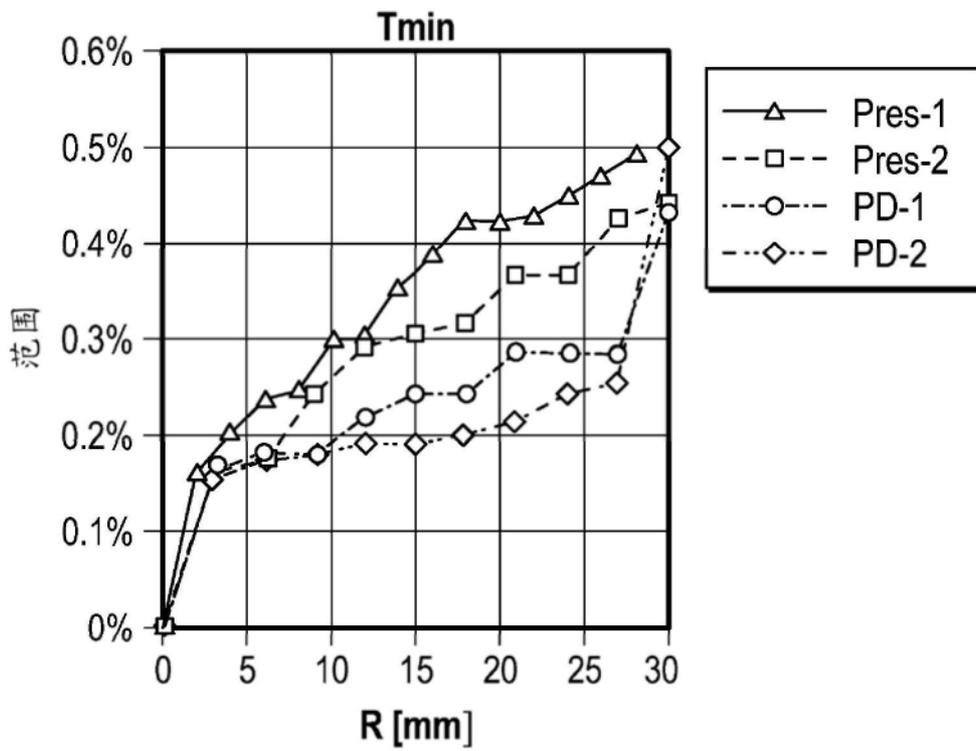


图43B

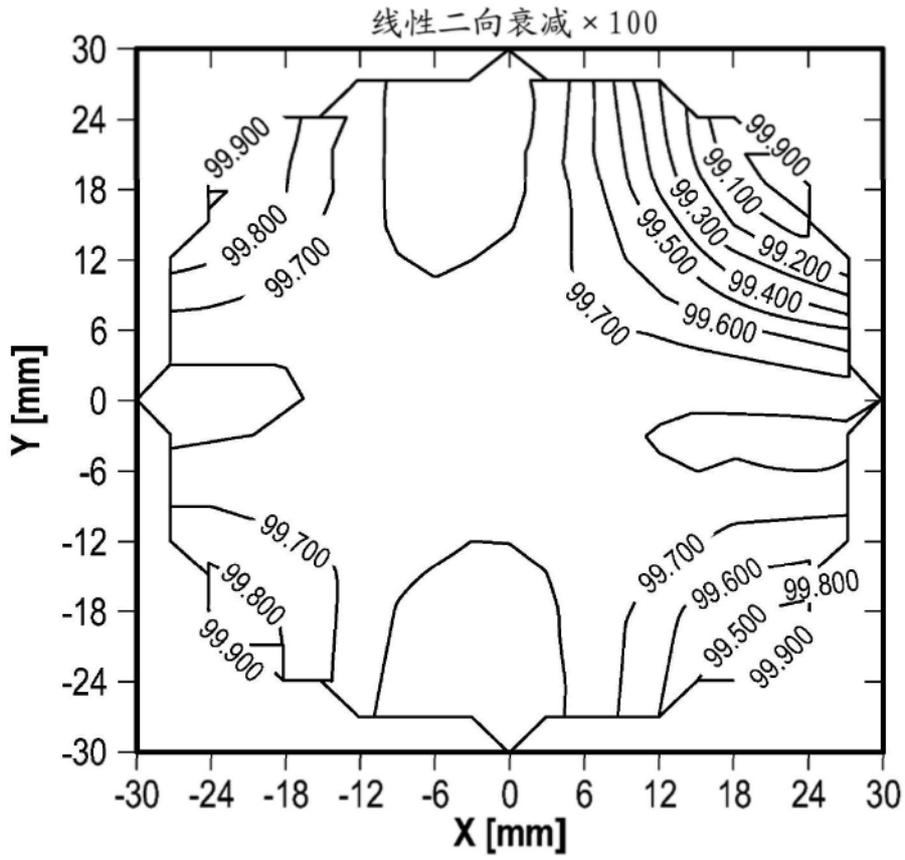


图44A

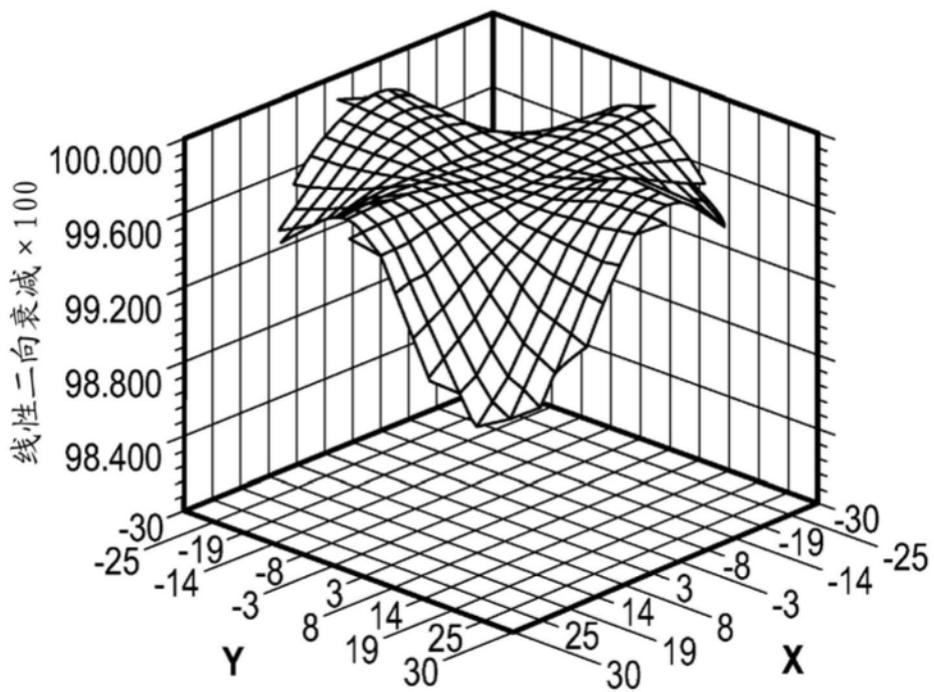


图44B

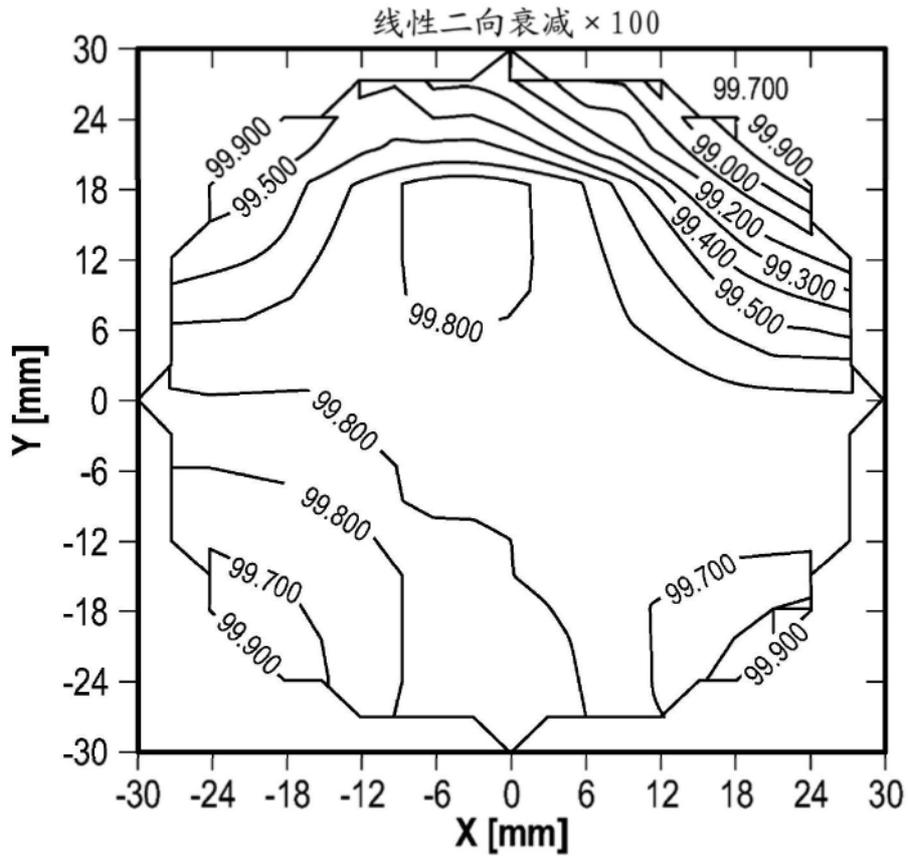


图44C

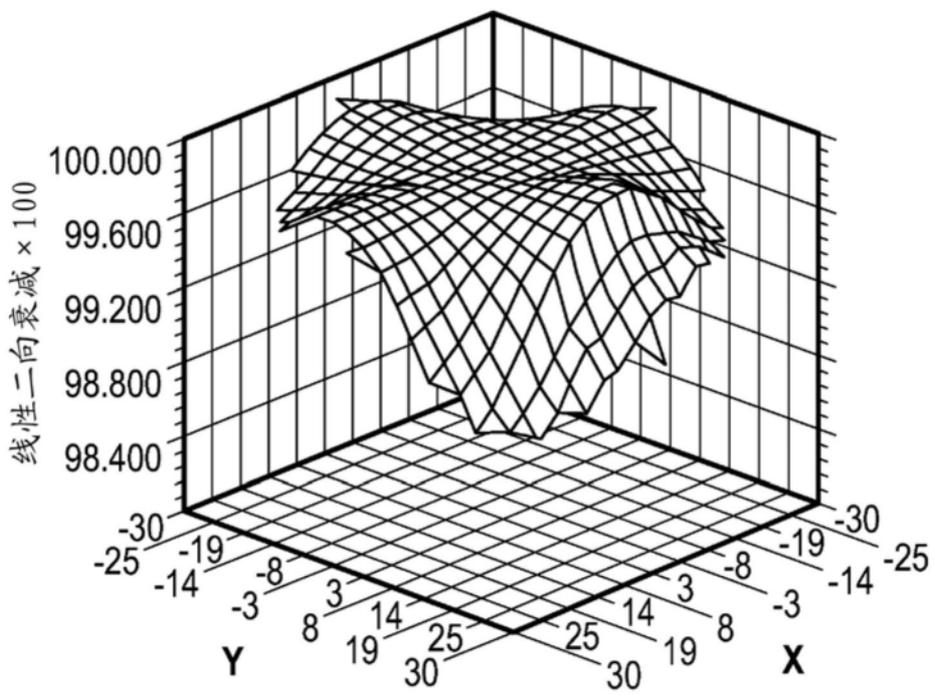


图44D

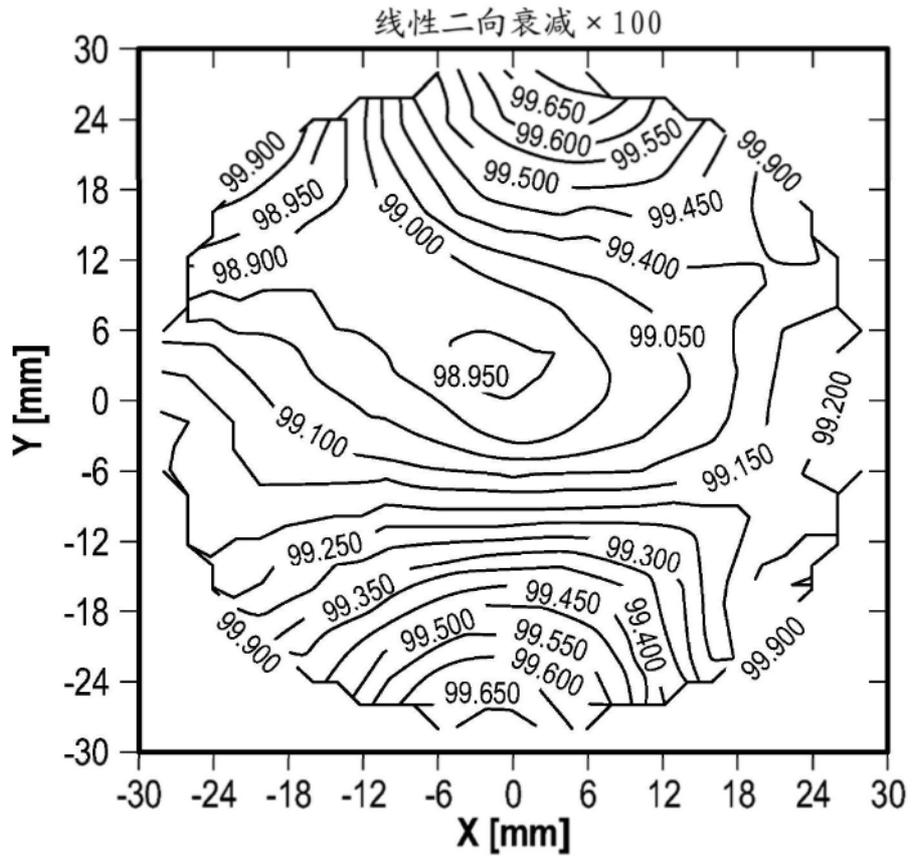


图45A

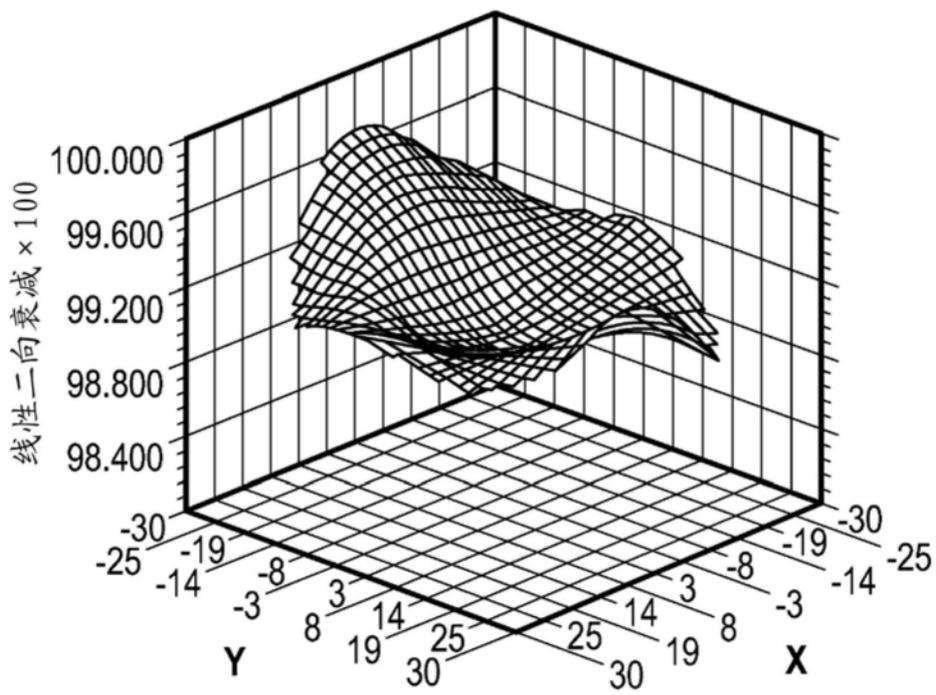


图45B

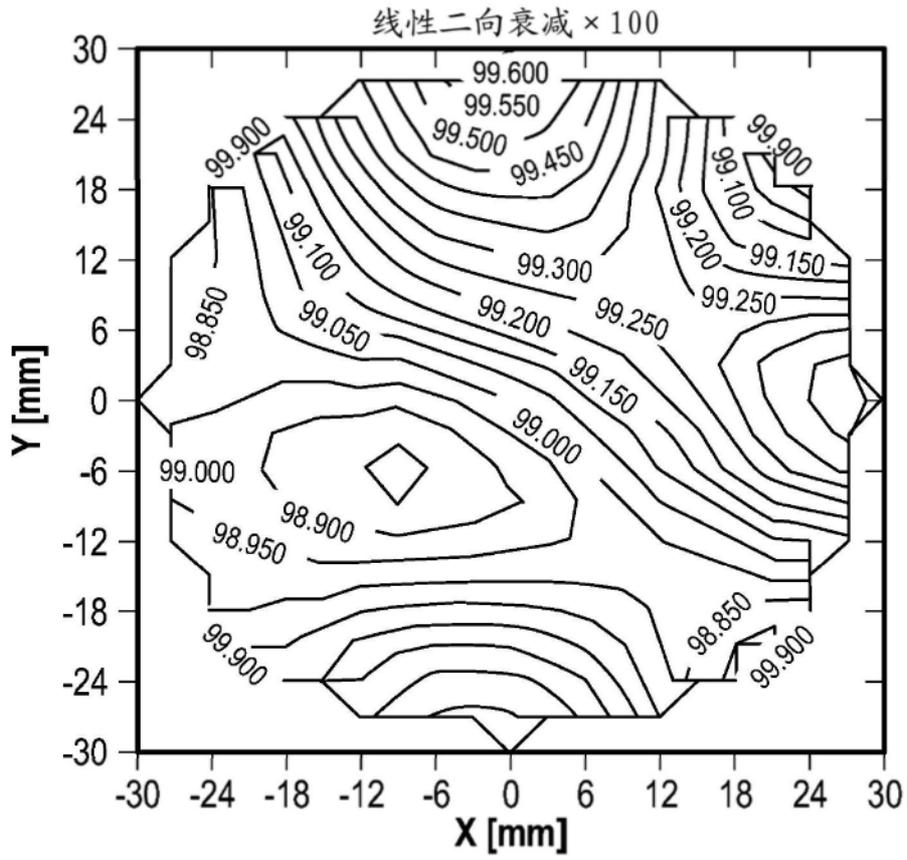


图45C

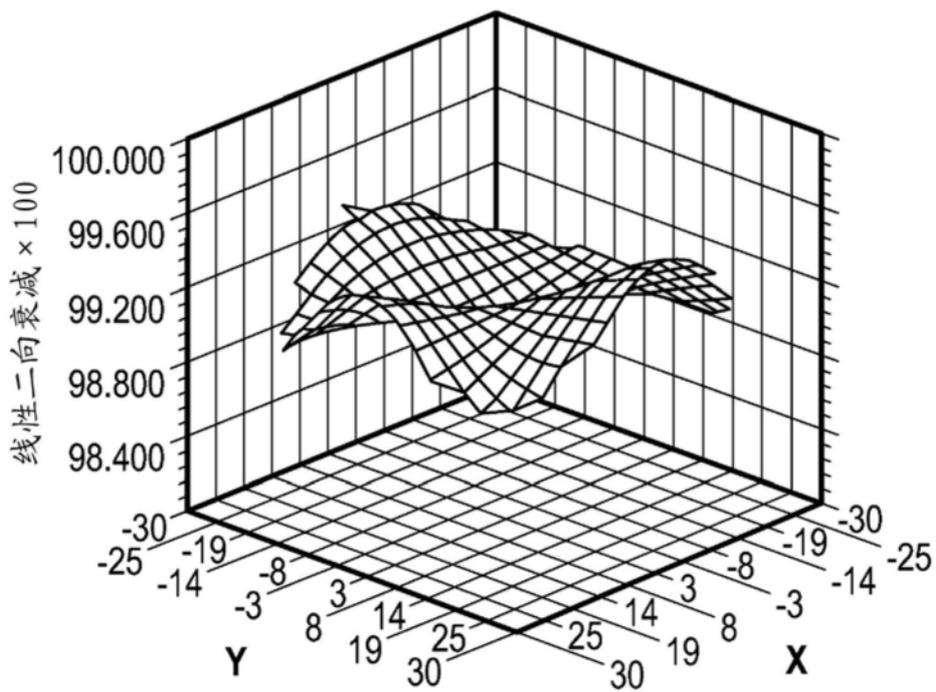


图45D

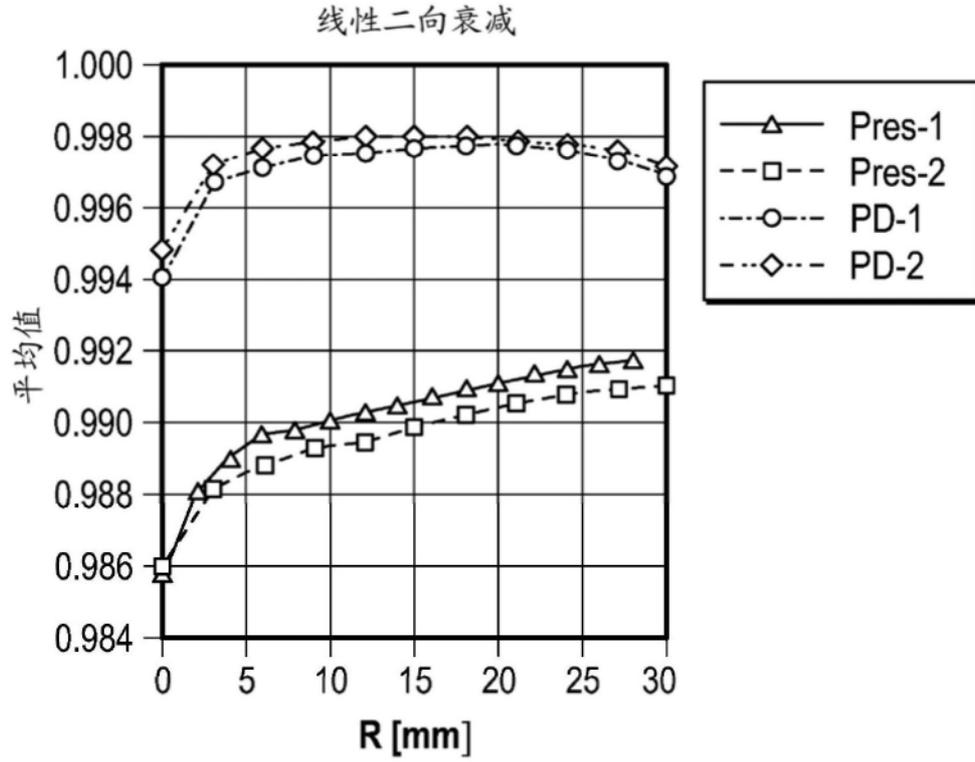


图46A

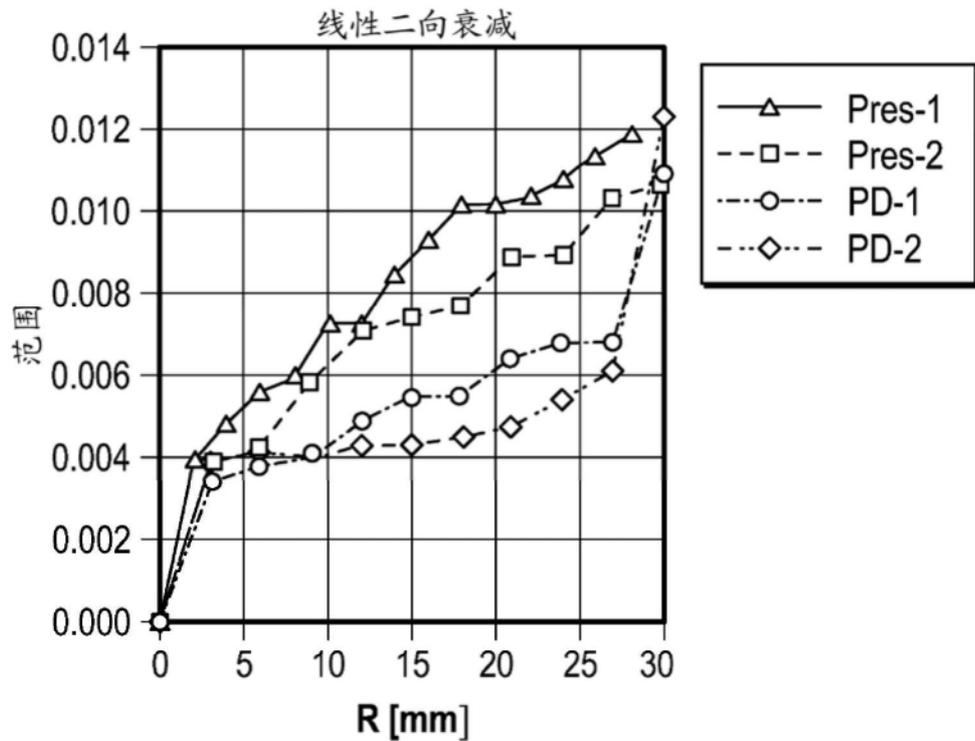


图46B

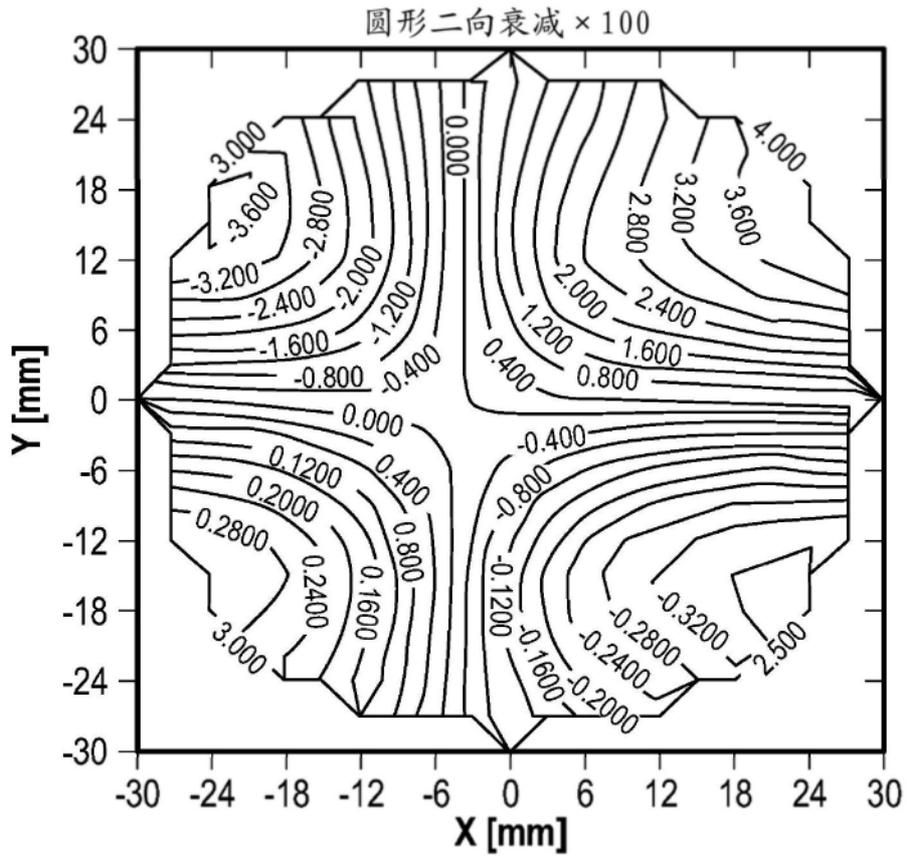


图47A

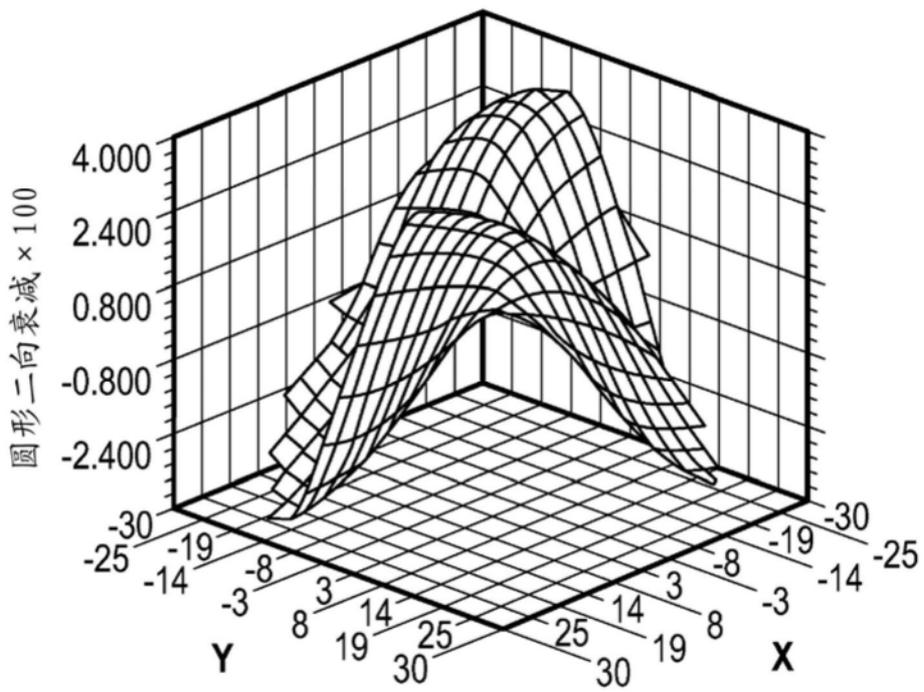


图47B

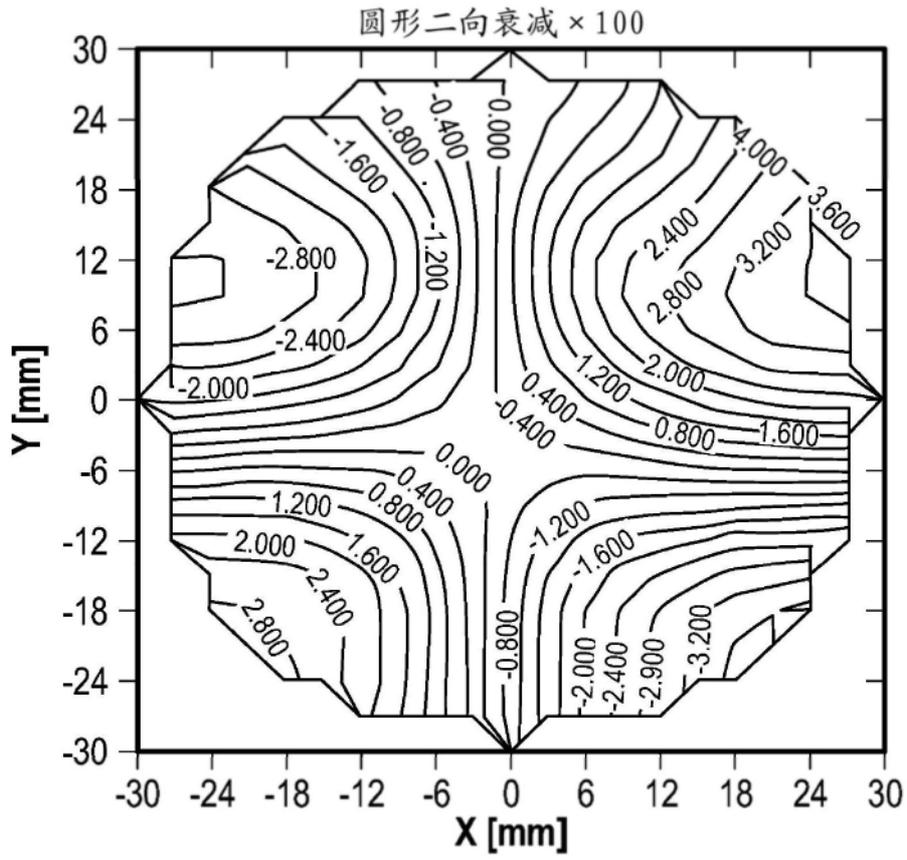


图47C

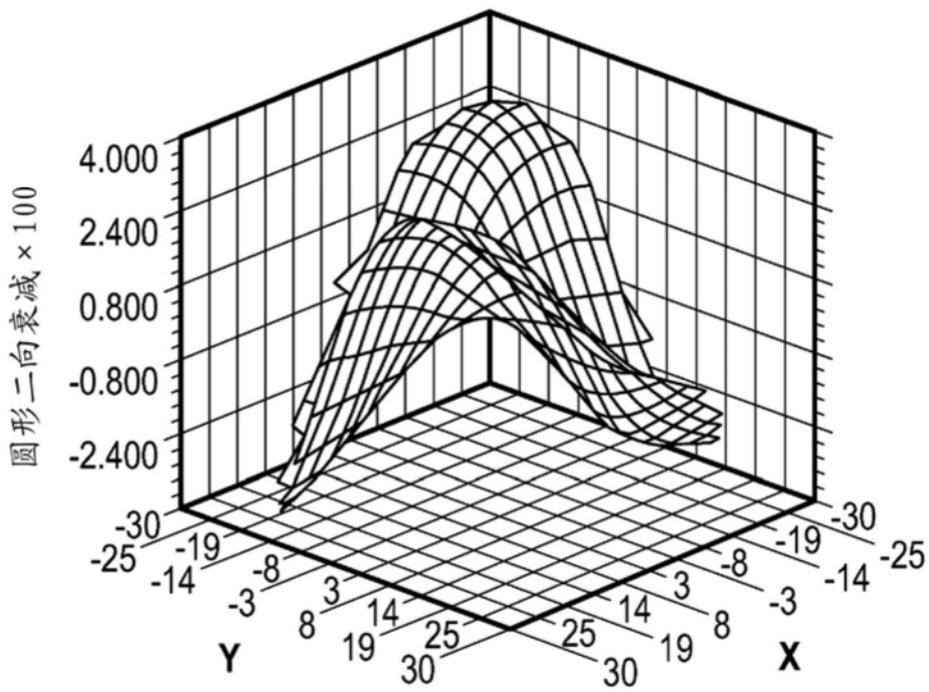


图47D

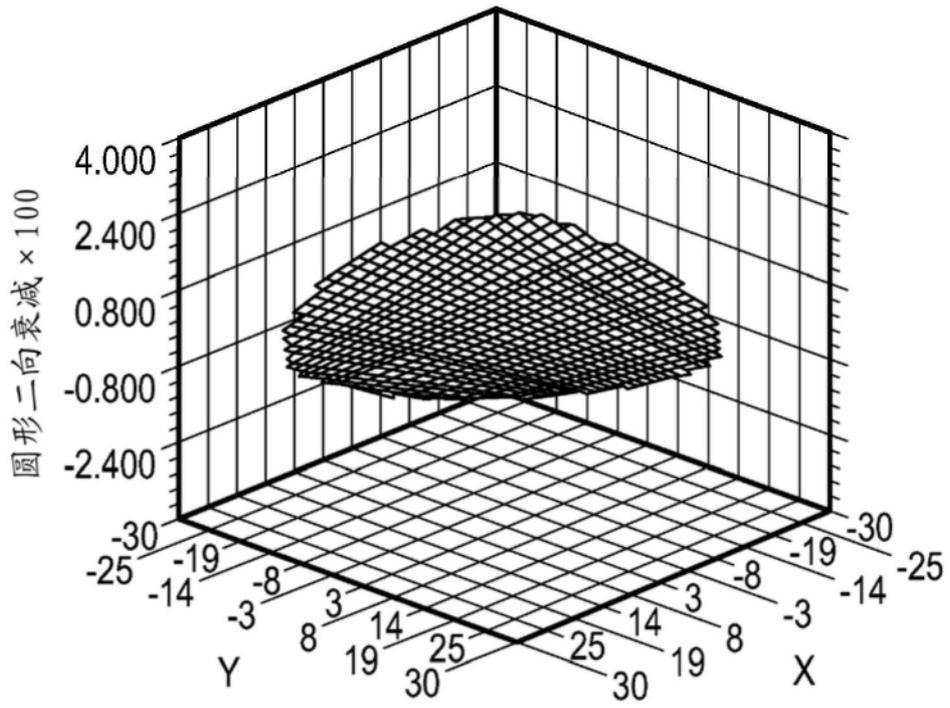


图48A

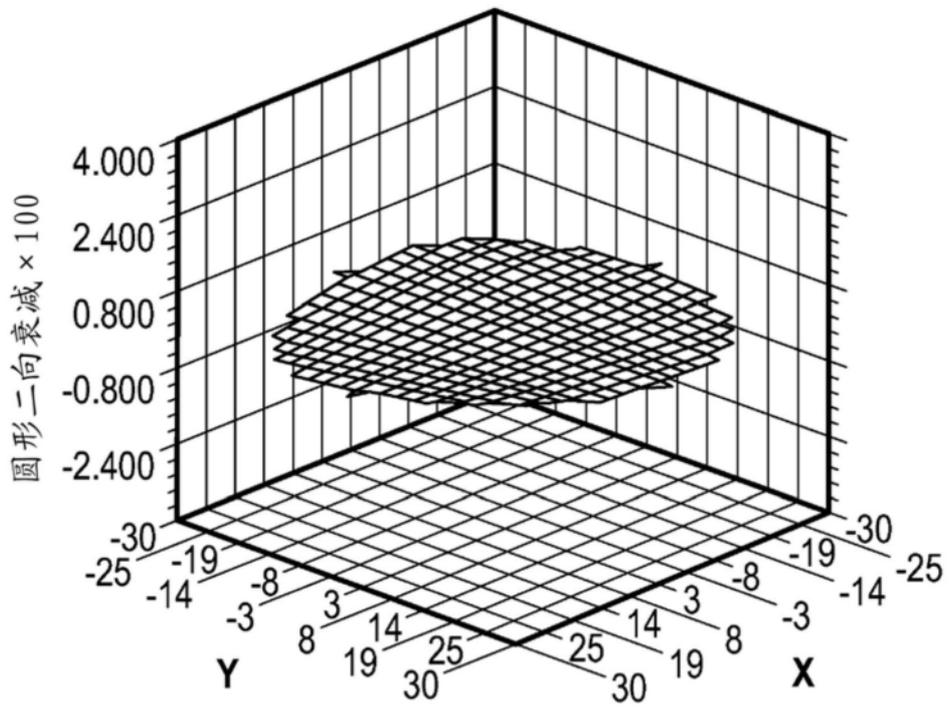


图48B

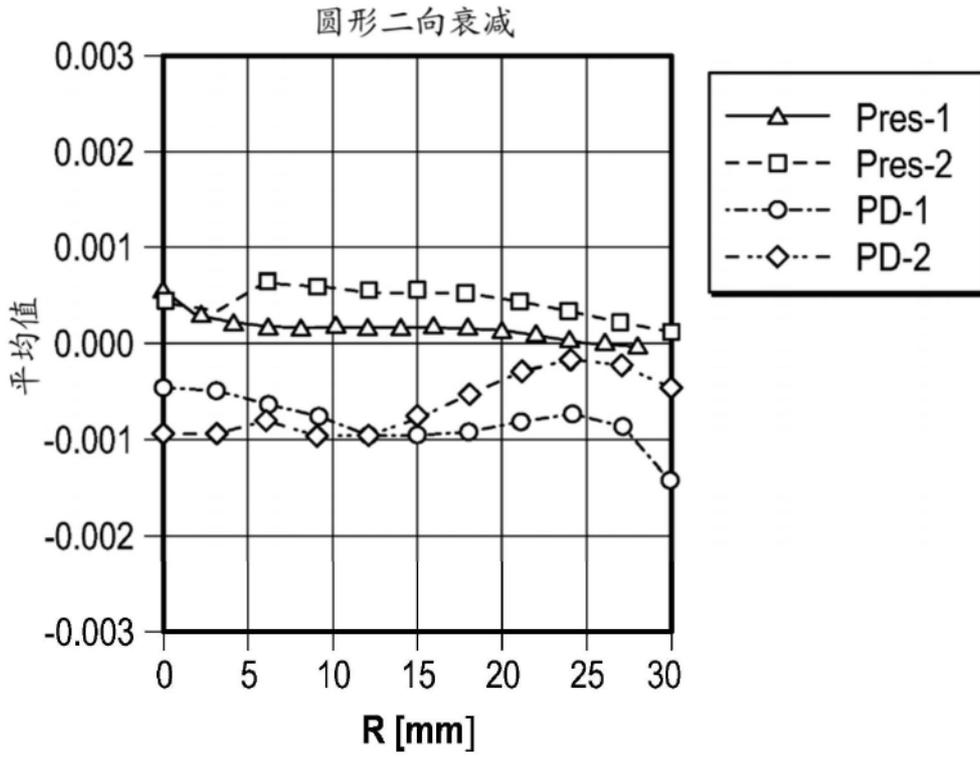


图49A

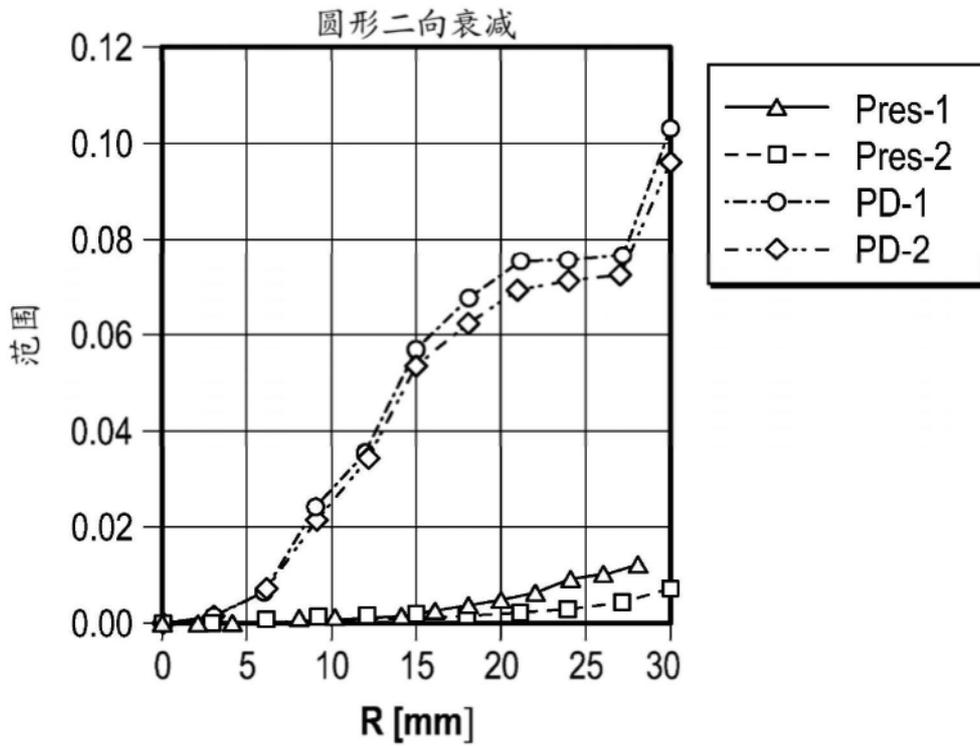


图49B

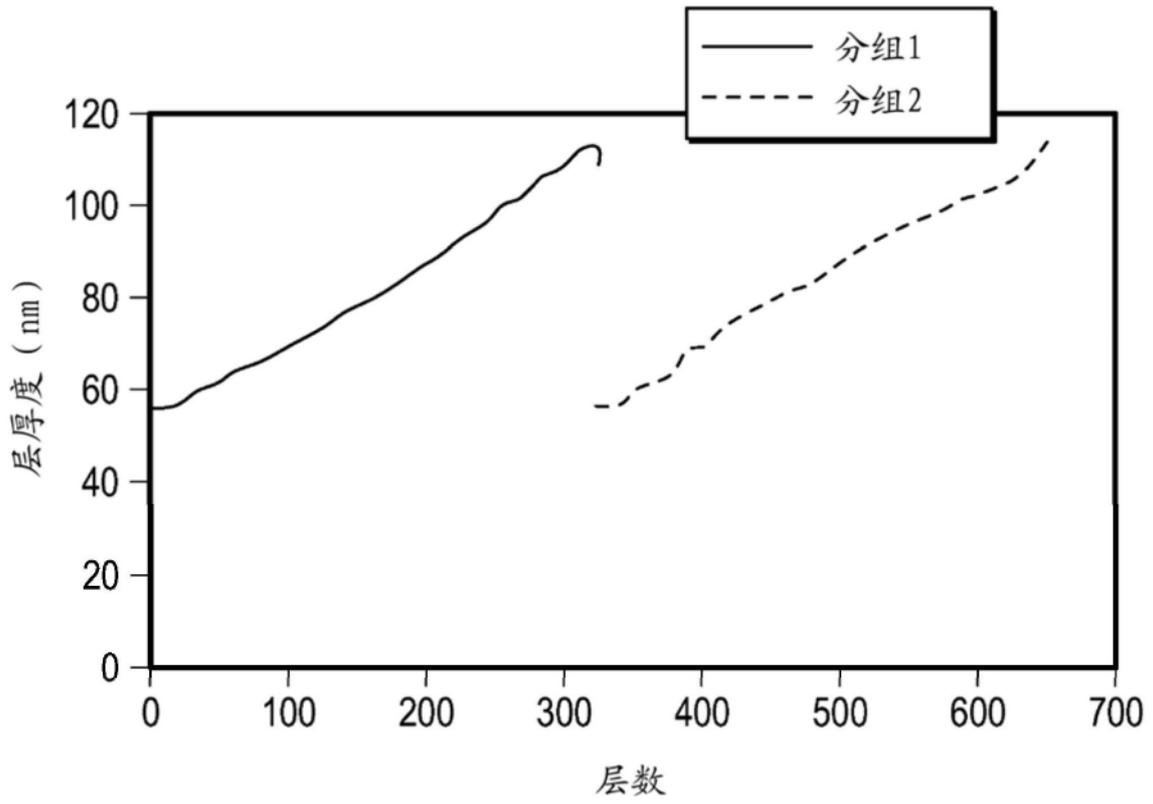


图50

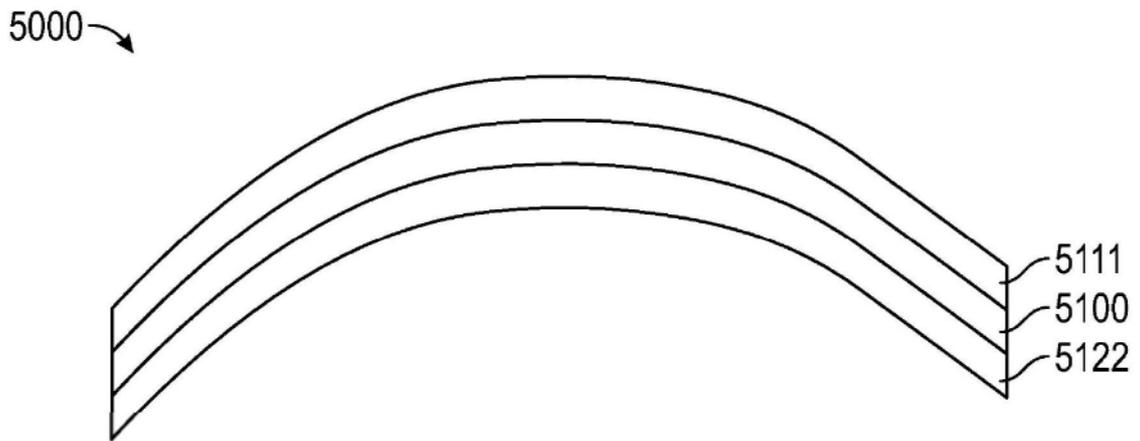


图51