

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02C 7/04 (2006.01)

G02C 7/06 (2006.01)

A61F 2/16 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480022889.8

[43] 公开日 2006年9月13日

[11] 公开号 CN 1833192A

[22] 申请日 2004.6.16

[21] 申请号 200480022889.8

[30] 优先权

[32] 2003.6.16 [33] US [31] 10/462,294

[86] 国际申请 PCT/US2004/019009 2004.6.16

[87] 国际公布 WO2004/113959 英 2004.12.29

[85] 进入国家阶段日期 2006.2.10

[71] 申请人 阿波罗光学系统有限责任公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 G·M·莫里斯 D·A·布拉利

R·J·费德里科

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨凯 张志醒

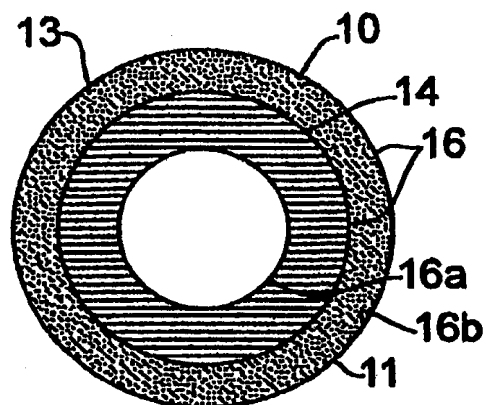
权利要求书5页 说明书16页 附图6页

[54] 发明名称

用于视觉校正的双焦点多级衍射透镜

[57] 摘要

本发明提供具有透镜主体(11)的双焦点多级衍射透镜,透镜主体(11)带有一个或多个第一区域(14)和一个或多个第二区域(16),而一个或多个第一区域(14)具有提供近视校正的第一多级衍射结构,一个或多个第二区域(16)具有提供远视校正的第二多级衍射结构,其中透镜(10)限定在第一区域和第二区域(14,16)之间所划分的孔径。



- 1、一种双焦点多级衍射透镜，包括：
限定所述透镜孔径的透镜主体；
具有提供近视校正的多级衍射结构的在所述透镜主体上的至少一个第一区域；以及
具有提供远视校正的多级折射结构的在所述主体上的一个或多个第二区域，其中在所述第一区域和第二区域之间划分所述透镜的孔径。
- 2、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述第一区域的所述多级衍射结构将多个不同波长导向用于近视校正的单个焦点，并且所述第二区域将多个不同波长导向用于远视校正的单个焦点。
- 3、根据权利要求 2 所述的透镜，其中所述第一区域和第二区域的每个多级衍射结构的特征在于：包括限定带边界的多个带，入射到所述衍射结构上的光在所述带边界处经受光相移，并且所述多个带将每个所述波长的光以不同的衍射级 m 衍射到所述衍射结构的焦点，以使 $m \geq 1$ 。
- 4、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜主体有第一表面和第二表面，且所述第一区域和第二区域位于所述第一表面和所述第二表面的其中之一上。
- 5、根据权利要求 4 所述的透镜，其中所述透镜主体有第一表面和第二表面，且所述第一区域设在所述第一表面上，以及所述第二区域设在所述第二表面上。
- 6、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述第一区域包括多个提供近视校正的多级衍射结构的第一环形区域，且所述的第二区域包括中心区域以及与所述第一环形区域交替朝向所述透镜边缘的、提供远视校正的多级衍射结构的多个环形区域。
- 7、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述第一区域由至少一个

提供近视校正的多级衍射结构的环形圈提供，且所述第二区域由所述第一区域外的所述透镜的孔径部分提供。

8、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜主体有第一表面和第二表面，并且第一区域基本沿着所述第一表面的一半延伸，且所述第二区域沿着所述第一区域外的所述第一表面的部分延伸。

9、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜主体有第一表面和第二表面，并且所述第一区域基本沿着所述第一表面的一半延伸，且所述第二区域沿着所述第二表面延伸。

10、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜主体由单个光学元件构成。

11、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜主体由多个光学元件构成。

12、根据权利要求 11 所述的透镜，其中所述透镜主体有前表面和后表面，以及根据光学元件的数量在所述前表面和后表面之间的一个或多个中间表面，且沿着相同的中间表面提供所述第一区域和第二区域，以划分所述透镜的孔径。

13、根据权利要求 11 所述的透镜，其中所述透镜主体具有前表面和后表面，以及根据光学元件的数量在所述前表面和后表面之间的一个或多个中间表面，且沿着不同的中间表面提供所述第一区域和第二区域，以划分所述透镜的孔径。

14、根据权利要求 11 所述的透镜，其中所述多个光学元件的邻接元件表示具有后表面的第一邻接光学元件和具有面对着所述后表面的前表面的第二邻接光学元件，且所述第一衍射结构和第二衍射结构设在所述第一表面和第二表面中的一个上或设在所述第一表面和第二表面中的不同表面上，以划分所述透镜的孔径。

15、根据权利要求 14 所述的透镜，其中所述前表面和后表面由空气或液体之一隔开。

16、根据权利要求 14 所述的透镜，其中所述前表面和后表面彼

此紧密配合。

17、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜主体具有提供用于近视或远视校正的折射率的一个或多个表面。

18、根据权利要求 11 所述的透镜，其中所述多个光学元件的数量为二或三。

19、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜是眼内植入的部分。

20、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜表示接触透镜。

21、根据权利要求 1 所述的透镜，其中所述透镜表示眼镜片。

22、根据权利要求 1 所述的透镜，其中对明视觉和暗视觉来优化所述第一区域和第二区域的其中之一或两者的所述多级衍射结构。

23、根据权利要求 1 所述的透镜，其中对散光来优化所述第一区域和第二区域的其中之一或两者的所述多级衍射结构。

24、一种双焦点多级衍射透镜，包括：

被成形为对光进行折射以提供远视校正的透镜主体，以及用于将焦度加到用于近视校正的所述透镜的至少一个多级衍射结构。

25、根据权利要求 24 所述的透镜，其中所述透镜主体有前表面和后表面，并且所述透镜主体由两个或两个以上的光学元件提供，并在所述前表面和后表面之间有所述光学元件之一的表面，提供所述多级衍射结构。

26、根据权利要求 24 所述的透镜，其中所述透镜主体由彼此逐次邻接的多个光学元件提供，且所述邻接的光学元件中的两个各有彼此面对的表面，并且沿所述两个邻接光学元件之一的表面上的下部区域设有所述多级衍射结构。

27、根据权利要求 24 所述的透镜，其中所述透镜主体由彼此逐次邻接的多个光学元件提供，并且所述多级衍射结构设在定位于所述邻接光学元件中的两个之间的构件上。

28、根据权利要求 24 所述的透镜，其中所述透镜主体由单个光学元件提供。

29、根据权利要求 24 所述的多级衍射透镜，其中一个或多个所述衍射结构与明视觉和暗视觉的波长相一致。

30、根据权利要求 29 所述的多级衍射透镜，其中所述明视觉和暗视觉各具有峰值效率的波长，且明视觉和暗视觉的峰值效率的波长与每个所述衍射结构的峰值效率的波长对准。

31、根据权利要求 24 所述的多级衍射透镜，其中一个或多个所述衍射结构用于对散光进行校正。

32、一种双焦点多级衍射透镜，包括：

具有用于远视校正的多焦点衍射结构的透镜主体，以及用于将焦度加到用于近视校正的所述透镜的一个或多个折射区域。

33、根据权利要求 32 所述的多级衍射透镜，其中所述透镜主体由单个光学元件提供，且所述透镜主体具有第一表面和第二表面，所述第一表面具有所述衍射结构，所述第二表面具有所述一个或多个折射区域。

34、根据权利要求 32 所述的多级衍射透镜，其中所述透镜主体是由多个光学元件提供。

35、根据权利要求 34 所述的多级衍射透镜，其中所述衍射结构设在所述多个光学元件中的两个之间的所述透镜的内表面上。

36、根据权利要求 32 所述的多级衍射透镜，其中所述衍射结构与明视觉和暗视觉的波长相一致。

37、根据权利要求 36 所述的多级衍射透镜，其中所述明视觉和暗视觉各有峰值效率的波长，且明视觉和暗视觉的峰值效率的波长与所述衍射结构的峰值效率的波长对准。

38、根据权利要求 36 所述的多级衍射透镜，其中所述衍射结构用于对散光进行校正。

39、一种多级衍射镜片，包括：

一个或多个多级衍射结构，其中每个所述衍射结构与明视觉和暗视觉的波长相一致。

40、根据权利要求 39 所述的镜片，其中所述明视觉和暗视觉各具有峰值效率的波长，且明视觉和暗视觉的峰值效率的波长与每个所述衍射结构的峰值效率的波长对准。

41、一种多级衍射镜片，包括：

具有提供不同光焦度的两个或两个以上衍射结构的透镜主体，其中每个所述衍射结构将多个不同波长的光导向单个焦点。

42、根据权利要求 41 所述的镜片，其中所述衍射结构设在所述透镜主体的单个表面上。

43、根据权利要求 41 所述的镜片，其中所述衍射结构设在所述透镜主体的不同表面上。

44、根据权利要求 41 所述的镜片，其中所述透镜主体由单个光学元件提供。

45、根据权利要求 41 所述的镜片，其中所述透镜主体由多个光学元件提供。

46、根据权利要求 41 所述的镜片，其中所述衍射结构设在所述多个光学元件中的两个之间的所述透镜的内表面上。

47、根据权利要求 41 所述的镜片，其中一个或多个所述衍射结构与明视觉和暗视觉波长相一致。

48、根据权利要求 47 所述的镜片，其中所述明视觉和暗视觉各具有峰值效率的波长，且明视觉和暗视觉的峰值效率的波长与每个所述衍射结构的峰值效率的波长对准。

49、根据权利要求 41 所述的镜片，其中一个或多个所述衍射结构用于对散光进行校正。

用于视觉校正的双焦点多级衍射透镜

技术领域

本发明涉及一种用于视觉校正的多级 (multiorder) 衍射透镜, 并具体涉及一种双焦点多级衍射透镜, 其用于治疗远视和近视的视觉校正, 且适于用在多种视觉校正应用中, 例如眼内植入 (IOL)、接触透镜或眼镜片 (眼镜)。

背景技术

多级衍射 (MOD) 透镜用于将不同波长的多个光谱成分引导到共同的焦点, 并且在美国专利 5,589,982 中进行了描述, 通过引用将其结合在此。MOD 透镜具有多个环形带结构, 该环形带结构具有有限带的边界的阶跃高度, 其以不同的衍射级将每个波长的光衍射到共同的焦点。这样的 MOD 透镜还没有被应用到视觉校正的双焦点光学系统中。

用于眼镜的传统的双焦点光学系统由透镜提供, 该透镜具有用于近的和远距离 (远的) 视觉校正的不同折射率的下部和上部区域。对于接触透镜和 IOL, 已经提出了多焦点折射光学系统, 其具有经成形以提供不同折射率的中心带、环形近视带和环形远视带的透镜 (或 IOL 镜片) 的前表面和/或后表面。这样的双焦点折射透镜没有利用用于近视或远视校正的衍射结构。接触透镜和 IOL 的多焦点折射透镜的例子示出在美国专利 6,231,603, 5,805,260, 5,798,817, 5,715,031, 5,682,223 和公开号为 US2003/0014107 A1 的美国专利中。其它的多焦点折射透镜有其它带, 例如成形为盘形、双曲线或针轮形的近或远带, 如美国专利 5,512,220 和 5,507,979 所示, 或成形为螺旋形的带, 如美国专利 5,517,260 和 5,408,281 所示。而且, 对于相等的光焦度, 折射透镜一般比衍射透镜厚, 且在眼科的应用中通常期望减少厚度, 如接触透镜和 IOL。

用于多焦点眼科应用中的非 MOD 衍射光学系统存在有一种透镜，其具有提供用于近视和远视校正的不同阶跃高度的同心带的衍射结构的表面，例如，在美国专利 5,699,142 中所述。另一多焦点衍射透镜，如美国专利 5,748,282 中所述，其具有相似的衍射结构，该结构具有减小的阶跃高度的区域以减小来自这样的区域的光强度。还有如美国专利 5,116,111 中所述的多焦点的衍射透镜，其也具有相似的非 MOD 衍射结构，其中透镜的基本焦度可由该透镜的衍射结构提供。美国专利 5,699,142，5,748,282 和 5,116,111 中所述的衍射透镜由于依赖于非 MOD 结构，而缺少 MOD 透镜可将不同波长的光聚焦到共同焦点以用于近视或远视校正的能力。其它的非 MOD 光学系统可以被分割以提供多种区域，但不是多焦点。例如，美国专利 5,071,207 描述的一种具有盘形片段的非 MOD 衍射的透镜，其中透镜的所有的片断限于将光聚焦到一个共同焦点。因此，现有的多焦点或双焦点光学系统的方法已经利用了折射面或非 MOD 结构。

发明内容

因此，本发明的主要特征是提供双焦点衍射透镜，其利用多级衍射的 (MOD) 结构以提供近距离和远距离处的视觉校正。

本发明另一个特征是提供双焦点多级衍射透镜，其可适用于多种视觉校正应用中，包括接触透镜、眼内植入 (IOL) 和眼镜片。

本发明另一个特征是提供使用 MOD 结构的双焦点多级衍射透镜，该结构可具有用于附加焦度校正的折射表面。

本发明另外的特征是提供用于视觉校正的双焦点多级衍射透镜，其中该透镜的性能适于在高的 (明视的) 和低的 (暗视的) 照明度下人对光的感受。

简而言之，本发明具体体现为一种透镜主体，该透镜体具有一个或多个第一区域和一个或多个第二区域，该第一区域具有提供近视校正的第一多级衍射结构，该第二区域具有提供远视校正的第二多级衍射结构，其中该透镜限定在第一区域和第二区域之间划分的

孔径。这样的—个或多个第一区域可以表示—个或多个环形圈，或透镜的其它部分，且第二区域可以占据第一区域外的透镜孔径的部分，例如中心区域和与第一区域环形圈交替的—个或多个环形圈。该透镜可以是单个光学元件，其具有位于透镜的相同的前表面或后表面上的第一区域和第二区域，或具有位于前表面或后表面之一上的第一区域和位于另外的表面上的第二区域。透镜还可以由集成到透镜主体中的多个光学元件提供，该透镜主体具有前表面和后表面以及取决于光学元件的数量的一—个或多个中间表面。沿着透镜的相同或不同的中间表面提供第一区域和第二区域以划分透镜孔径。第一多级衍射结构和第二多级衍射结构的其中之一或两者可以被有选择地对明视觉和暗视觉性能进行优化。

在其它的实施例中，双焦点多级衍射透镜由单个或多个元件透镜主体提供，该透镜主体具有用于远视校正的多级衍射结构和—个或多个折射区域以增加用于近视校正的焦度，或经成形用于远视校正的折射率的单个或多个元件透镜主体以及增加用于近视校正的焦度的多级衍射结构。

本发明的透镜的每个 MOD 结构将不同波长的光导向用于期望的视觉校正的光焦度的单个焦点。该 MOD 结构的特征在于：包括限定带边界的多个带，入射到衍射结构上的光在该边界处经受光相移，多个带将每个波长的光以不同的衍射级 m 衍射到相同的焦点，使 m 大于或等于 1。该带可以在 r_j 处径向隔开，并且所述半径通过求解方程 $\varphi(r_j) = 2\pi p_j$ 获得，其中 $\varphi(r_j)$ 表示从衍射透镜射出的波阵面的相位函数，并且 p 表示在多个波长之一的带边界处跳跃的 2π 相位的数量，其中 p 是大于 1 的整数。上述并入的美国专利 5,589,982 更为详细地描述了 MOD 结构。

本发明的透镜可以用于多种眼科应用中，例如接触透镜、眼镜片或眼内植入 (IOL) 的透镜，或用于眼睛的视觉校正的其它光学系统。

附图说明

结合附图并阅读下面的说明书，本发明的前面所述的特征和优点将变得更加清楚，其中：

图 1A 和 1B 是本发明的第一实施例的双焦点多级衍射透镜的两个表面的平面图，其中在图 1B 的表面上设有用于近视和远视校正的两个不同的多级衍射结构，且在图 1A 的表面上设有衍射结构；

图 1C 是图 1A 和 1B 的透镜的剖视图；

图 2A 和 2B 是本发明的第二实施例的双焦点多级衍射透镜的两个表面的平面图，其中沿着图 2A 的表面的环形区域设有一个用于近视校正的多级衍射结构，且在图 2B 的表面的环形区域和中心区域设有用于远视校正的第二多级衍射结构；

图 3A 和 3B 是本发明的第三实施例的双焦点多级衍射透镜的两个表面的平面图，其中图 3B 的表面沿着两个不同区域具有分别提供远视和近视校正的多级衍射结构，且图 3A 的表面没有衍射结构；

图 4A 和 4B 是本发明的第四实施例的双焦点多级衍射透镜的两个表面的平面图，其中每个表面沿着划分透镜的孔径的区域具有用于近视和远视校正的不同衍射的多级结构；

图 5 是本发明的第五实施例的双焦点多级衍射透镜的剖视图，具有用于远视校正的多级衍射结构的一个表面和沿着透镜的其它表面用于近视校正的折射曲面；

图 6-8 是双焦点多级衍射透镜的其它实施例的剖视图，该透镜具有集成到单个透镜主体中的两个光学元件；

图 9-14 是双焦点多级衍射透镜的更多实施例的剖视图，该透镜具有集成到单个透镜主体中的三个光学元件，其中中间光学元件可以是空气、液体、或固体透镜材料；

图 15 是双焦点多级衍射透镜的另外的实施例的剖视图，该透镜具有集成到透镜主体中用作眼镜片的两个光学元件，该眼镜片具有用于近视校正的多级衍射结构和用于远视校正的透镜主体的折射

率；

图 16 和 17 是双焦点多级衍射透镜的又一实施例的剖视图，该透镜具有集成到透镜主体中用作眼镜片的三个光学元件，该眼镜片在图 16 中的第一元件和第二元件之间和图 17 的第二元件和第三元件之间具有多级衍射结构，并具有用于远视校正的透镜主体的折射率；以及

图 18, 19 和 20 是三个多级衍射结构的效率对波长的曲线图，该结构具有不同的 p 值， p 是表示作为 2π 倍数的最大相位调制的整数，其中该效率的峰值对应于人对于明视觉和暗视觉的光的感觉的峰值。

具体实施方式

参考图 1A、1B 和 1C，示出的双焦点多级衍射 (MOD) 透镜 10 具有透镜主体 11，透镜主体 11 在图 1A 和图 1B 中分别具有第一表面 12 以及第二表面 13。表面 12 和 13 可以分别表示透镜的前表面和后表面。表面 13 具有第一环形区域 14，该环形区域 14 具有提供用于近视校正的焦距 (或光焦度) 的 MOD 透镜结构，以及位于第一环形区域 14 外的第二区域 16，其中第二区域 16 具有用于远视校正的焦距 (或光焦度) 的 MOD 透镜结构。区域 16 表示中心部分 16a 和环形部分 16b。区域 14 和 16 的 MOD 透镜结构如上述并入的美国专利 5,589,982 所述，其中区域具有阶跃高度的带，在与透镜使用者的眼睛的期望焦距相一致的焦度处提供双焦点视觉校正。图 1A-1C 表示双焦点 MOD 透镜的一个实施例，其中区域 14 和 16 在透镜的后表面 13 上形成，以划分或分离透镜 10 的孔径，且前表面 12 没有衍射焦度。图 1C 中的透镜主体 11 的曲面是为了例示的目的，该透镜主体可以是诸如盘的其它形状，其取决于特定的眼科应用。可选地，区域 14 和 16 可以设在透镜的前表面 12 上，且后表面 13 上没有焦度。图 2A 和 2B 表示依照本发明的透镜的另一实施例的前表面和后表面。在该实施例中，双焦点 MOD 透镜 10 在前表面 12 上具有区域

14 并在透镜的后表面 13 上具有区域 16, 以划分透镜的孔径, 而不是在同一表面上, 如图 1B 中所示。可选地, 在图 2A 和 2B 中, 区域 14 和 16 可以分别设在后表面 13 和前表面 12 上。而且, 尽管示出了一个环形区域 14, 但是区域 14 可以有与区域 16 的多个环形部分交替的多个环形区域。

图 3A 和 3B 示出双焦点 MOD 透镜 10 的另一实施例, 其中沿着基本占据透镜上部的月牙形部分形成了区域 16, 且在透镜的剩余的下部部分上形成了区域 14, 以划分透镜孔径。类似地, 图 3A 和 3B 的区域 14 和 16 可以是在相同的表面 12 或 13 上, 或可以在透镜的表面 12 或 13 上被分离, 如图 4A 和 4B 中所示。在图 3A、3B、4A 和 4B 中, 表面 12 和 13 可以表示透镜的前表面和后表面, 或反之亦然。

图 5 示出双焦点透镜 10 的另一实施例的剖视图, 双焦点透镜 10 沿着整个表面 13 具有用于远视校正的 MOD 结构, 且沿着沿表面 12 的环形区域 17 具有折射曲面以增加用于近视校正的焦度, 而没有用于近视校正的 MOD 结构。尽管示出了单个环形区域 17, 但是沿着表面 12 可以设有多个环形区域。可选地, 双焦点透镜 10 的基本焦度可由用于远视校正的折射提供, 并由用于近视校正的表面 13 上的 MOD 结构提供增加的焦度。

透镜 10 包括透射材料, 例如一般用在接触透镜、IOL 的光学部分或眼镜 (例如, 一般用于特定的接触、IOL 或眼镜应用的塑料、硅树脂、玻璃或聚合物) 的制造中。提供衍射光学表面的典型的处理, 例如蚀刻或模制, 可以形成透镜的 MOD 结构的带。例如, 来自 Keene, NH 的 Precitech 公司的微英寸技术 (single point diamond turning) 机械可以用来在透镜的一个或多个表面上提供 MOD 结构。虽然图 1A、1B、1C、2A、2B、3A、3B、4A、4B 和 5 的透镜 10 可以用于多种眼科应用中, 但是它们可以通过结合与 IOL 一起使用的触觉或支撑结构而在 IOL 透镜中是特别有用的, 如用于其它典型的 IOL 透镜中,

例如，参考美国专利 6,406,494，6,176,878，5,096,285 或公开号为 2002/0120329A1，2002/0016630A1，2002/0193876A1，2003/0014107A1 或 2003/0018385A1 的美国专利申请，或没有典型的触觉结构，如美国专利 4,769,033 所示。同样地，如果需要，依据在近视校正和远视校正之间划分的透镜孔径的期望的部分，图中所示的区域 14 和 16 可以在透镜 10 上转换。图 1A-1D、2A、2B、3A、3B、4A 和 4B 示出提供透镜主体的单个光学元件。还可以使用多个集成到一起的光学元件来提供透镜 10，从而来提供该透镜的主体，如下所示。

参考图 6-8，示出的透镜 10 的实施例有两个光学元件 10a 和 10b，其中的衍射分布图 (profile) 设在中间表面 18 上，中间表面 18 表示光学元件 10b 的前表面 19a 或光学元件 10a 的后表面 19b，在透镜的前表面 20 和后表面 21 之间。表面 19a 和 19b 被成形为 (即，一个表面的衍射分布图与另一表面的相反的衍射分布图)，使得当光学元件被彼此粘结 (例如液体粘合剂)、溶合、或被封在一起时，它们彼此可紧密配合。光学元件 10a 和 10b 由具有不同折射指数的不同材料制成，使得光可以由区域 14 和 16 的 MOD 结构适当地衍射。在透镜的中间表面 18 上设有衍射结构的优点在于，透镜的前表面和/或后表面可以是基本平滑的，并因此当这样的透镜用作接触透镜时更为舒适。图 6 具有沿着表面 18 的衍射分布图，类似于图 1B 具有中心区域 16 并且环形区域 14 和 16 以递增的直径交替直到透镜 10 的边缘，并且区域 14 的 MOD 结构提供近视校正，区域 16 的 MOD 结构提供远视校正。在图 6 的透镜 10 中，透镜的折射率可以是零或最小。图 7 具有沿着表面 20 的环形折射区域 22，表面 20 具有曲面以将另外的焦度提供给用于近视校正的透镜，且整个表面 18 可以提供用于远视校正的衍射分布图，而没有用于近视校正的 MOD 结构。换句话说，在图 7 中，穿过折射区域 22 的光提供增加到表面 18 上的 MOD 结构的基本焦度上的焦度，以使近视校正能够进行。虽然示出了两个折射区域 22，但是还可以提供一个或多于两个的环形区域 22。图

8 不同于图 7 之处在于，用于远视校正的基本焦度由光学元件 10a 和 10b 提供的透镜 10 主体的折射曲面提供，且沿着表面 18 是环形区域 14，其具有增加用于近视校正的焦度的 MOD 结构，而没有用于远视校正的 MOD 结构。

参考图 9-14，示出的透镜 10 的实施例有三个光学元件 10c、10d 和 10e，其中衍射分布图设在透镜前表面 25 和后表面的 26 之间的中间表面 24 上。光学元件 10e 表示基部，光学元件 10c 表示外壳，其被粘结（例如由液体粘合剂）、溶合、或被封到基部上，且光学元件 10d 表示占据光学元件 10e 和 10c 之间的界面的空气、液体或固体透镜材料。图 9 示出光学元件 10c 后表面上的中间表面 24，其具有分割透镜孔径的区域 14 和 16 的 MOD 结构，且与图 1B 类似，但具有中心区域 16，并且环形区域 14 和 16 以增加的直径交替直到透镜 10 的边缘。可选地，中间表面 24 可以表示面对光学元件 10d 的光学元件 10e 的前表面，如图 10 所示。此外，可以提供邻接元件 10c、10d 和 10e 之间的多个中间表面 24，且中心和环形区域 16 设在这种中间表面的其中之一上，且环形区域 14 设在另外一个这样的中间表面上以划分图 9 或 10 的透镜孔径。在图 9 和 10 的透镜 10 中，透镜的折射率可以是零或最小，但是用于近视或远视的附加折射率可以加到透镜主体上。图 11 示出在光学元件 10c 的后表面上具有表面 24 的透镜，且光学元件 10c 和/或 10e 被成形为以提供折射曲面，该曲面将基本焦度提供给用于远视校正的透镜。在图 11 中，表面 24 的衍射分布图有环形区域 14，该区域提供 MOD 结构以增加用于近视校正的焦度，而没有用于远视校正的 MOD 结构。图 12 示出透镜 10，其在光学元件 10e 的前表面具有表面 24，且有光学元件 10c 和 10e（以及元件 10d，如果是固体光学透射材料）的透镜 10 的折射曲面以提供用于远视校正的基本焦度，以及在表面 24 上具有用于近视校正的 MOD 结构的环形区域。图 13 示出透镜 10，其具有在光学元件 10d 上的中间表面 24，以及在光学元件 10e 的前表面上的区域或圈 28，

光学元件 10e 具有增加用于近视校正的折射率的曲面。图 14 示出透镜 10，其具有在光学元件 10e 前表面上的表面 24，且具有在光学元件 10d 的后表面上的区域或圈 29，光学元件 10d 具有增加用于近视校正的折射率的曲面。在图 13 和 14 中，在表面 24 上设有用于远视校正的 MOD 结构，而没有用于近视校正的 MOD 结构。

在图 9-14 中，当光学元件 10d 是固体光学透射材料而不是空气或液体时，它具有相反的表面特征的形状，以紧密配合元件 10c 或 10d 上的表面 24 的衍射分布图，如果存在的话，还具有相反的表面特征以分别紧密配合沿着元件 10e 或 10c 的折射特征 28 或 29。此外，当光学元件 10d 是固体材料时，它可以被粘结、溶合、或者被封到光学元件 10c 和/或 10e 上。虽然图 6-14 的透镜 10 可以用于各种不同的眼科应用中，但是它们对于接触透镜尤其有用。

参考图 15，示出了双焦点多级衍射的透镜 10 的另一实施例，其具有集成到单个透镜主体中用做眼镜片的两个光学元件 10f 和 10g，以及具有用于近视校正的 MOD 结构的区域 30，其中沿着元件 10f 和 10g 的曲面提供用于远视校正的折射率。在光学元件 10f 的表面 31a 上或光学元件 10g 的表面 31b 上、在透镜 10 的下部附近形成区域 30。不具有这种区域 30f 的光学元件 10f 或 10g 被成形为具有与区域 30 相反的表面特征，以当光学元件 10f 和 10g 被结合在一起时紧密配合这样的区域。除了区域 30 以外，光学元件 10f 的后表面 31a 和光学元件 10g 的前表面 31b 有相同的曲面，使得当光学元件被粘结、溶合、或被封在一起时，它们彼此紧密配合。

参考图 16 和 17，所示为双焦点多级衍射透镜的实施例，该透镜具有集成到单个透镜主体的三个光学元件 10h、10i 和 10j，以用作眼镜片。光学元件 10j 表示基部，光学元件 10h 表示外壳，其是被粘结、溶合或被封到基部上，且光学元件 10i 表示占据光学元件 10h 和 10j 之间的界面的空气、液体或固体透镜材料。可以沿着光学元件 10h 的表面 31a 或光学元件 10j 的表面 31b 提供具有用于近视校正的 MOD

结构的区域 30，而光学元件 10h 和 10j 的曲面提供用于远视校正的折射率。可选择地，衍射板 (diffractive plate) 或构件可以提供区域 30，其可以在接合这样的元件之前被插入在光学元件 10h 或 10j 之间所提供的空间中，并通过液体粘合剂或其它接合手段粘结在这样的空间中。

图 6-14 的透镜 10 可以由光学透射材料制成，例如一般用于提供眼科应用中的透镜的塑料、硅树脂、玻璃或聚合物。为了例示的目的，图 9、11 和 13 将外壳光学元件 10c 示出为其所具有的边缘不能达到透镜 10 的上部边缘和下部边缘，与图 10 和 12 中相同，光学元件 10c 可以延伸到该透镜的这样的上部边缘和下部边缘。当图 6-14 的透镜 10 表示接触透镜时，表面 21 或 26 将会接触并与接触透镜佩戴者的眼睛表面相一致，以作为典型的接触透镜。

可比较焦度的双焦点折射光学系统的一个优点在于：具有双焦点 MOD 结构的透镜 10 比较薄，且在植入过程中 IOL 光学部分的局部更容易折叠。

上述附图中所示出的透镜 10 的实施例中的 MOD 结构，可以根据上述并入的美国专利所示的方程式进行设计以供制造。在这样的方程式中， n 表示材料（用该材料制得了 MOD 结构的相位分布图）和空气之间的折射指数。然而，在该应用中，MOD 结构可以邻接除了空气以外的材料，例如液体（例如，在透镜中，或者对于在外面的透镜表面上具有 MOD 结构的透镜，透镜在眼睛中的 IOL 的情况下可以被浸入其内），或邻近透镜元件的材料。因此，可以使用相同的方程式，其用“ $n-1$ ”表示制造 MOD 结构的材料和透镜 10 的特定光学设计中的这样的其它材料之间的折射指数的差异。

可形成上述附图中示出的透镜 10 的实施例中的 MOD 结构，使得在称为明视觉的高照明度或称为暗视觉的低照明度下，如一般分别在白天和夜晚出现的自然照明度下，对于人眼对光波长的感觉该结构的效率被进行了优化。这可通过选择 MOD 透镜结构的 MOD 数

字 p 获得。该 MOD 结构和变量 p 的光学设计在上述并入的美国专利中做了讨论。明视效率描述在亮光条件下的光谱响应，峰值明视觉效率在 $\lambda=555\text{nm}$ 处。暗视效率描述在低照度条件下的光谱响应，峰值暗视效率在 $\lambda=507\text{nm}$ 处。

设计透镜 10 的 MOD 结构，使得用对应波长的高的效率将这些波长引导到共同的焦点。通过选择设计波长 λ_0 作为这些峰值之一（明视的或者暗视的）而开始，例如，用于明视的 $\lambda_0=555\text{nm}$ 。具有相同焦距的其它波长由下面公式给出：

$$\lambda_{peak} = \frac{p\lambda_0}{m}$$

（参考上述并入的美国专利中的方程式（8））于是，将波长 λ_{peak} 引导到相同的焦点，当解出波长 λ_0 、 p 和 m 时，以使

$$\frac{\lambda_{peak}}{\lambda_0} = \frac{p}{m}$$

其中 m 是级的数目，并且 p 表示作为 2π 倍数的最大相位调制的整数。

对于明视和暗视的峰值， p/m 需要为 $507/555$ 或 0.914 。因为 p 和 m 是整数，所以对于小的 p 和 m 值不能严格满足该方程式，但是可以解出这些值的近似解。例如，这些值可以是：

$$p=11, m=12; p/m=0.917$$

$$p=21, m=23; p/m=0.913$$

$$p=32, m=35; p/m=0.914$$

对于这三种情形的效率曲线分别如图 18、19 和 20 中所示，还有人眼对亮光、明视的响应和暗光、暗视的响应中的波长感觉的效率曲线。对于每个 MOD 结构，峰值与峰值暗视效率对准，且另一峰值与明视效率对准，如分别由数字 32 和 33 所指示的。因此，衍射的光的量在低照明度和高照明度的这种波长处被最大化。在透镜 10 上的 MOD 结构没有这样优化的情况下，该透镜的使用者可能看不到对应于眼睛的峰值暗视和峰值明视效率的光，并因此对于使用者而言，察觉的来自这样的透镜的光的强度显得比优化的 MOD 结构的强

度小。虽然对于明视觉和暗视觉的这种优化已在上述的双焦点透镜 10 的 MOD 结构进行了描述，但是可以在具有单个 MOD 结构或任何数量 MOD 结构的透镜中提供优化。

在上述附图中描述的透镜 10 的实施例的 MOD 结构中，散光也可以通过使用并入的美国专利中描述的 MOD 结构中的非圆形的带（双曲线或椭圆）来进行校正，如在美国专利 5,016,977 的非 MOD 衍射结构所述的。

例子 1

考虑到眼科透镜配镜（prescription）需要用于远视的-7 屈光度的校正，以及用于近视的增加焦度的+2 屈光度的校正。因此，透镜的这两个焦度（用 ϕ 表示）是：

$$\phi_{distance} = -7D$$

$$\phi_{near} = -5D (= -7+2)$$

来自透镜中心的衍射带的半径位置 (r_j) 由下式给出：

$$r_j = \sqrt{\frac{2jp\lambda_0}{|\phi_0|}}$$

其中 j 是带数， p 是 MOD 数， λ_0 是设计波长，并且 ϕ_0 是透镜的期望光焦度（参考上述并入的美国专利中的方程式 (1)，其中 $\phi_0 = 1/F_0$ ）。

在该例子中， $\lambda_0 = 555\text{nm}$ （明视响应的峰值）。如果 $p = 11$ ，在远焦度的 12mm 的通光孔径直径内，带的半径是：

远焦度 (-7D)

带数 (j)	带半径 (r_j)
1	1.320714
2	1.867772
3	2.287544
4	2.641428
5	2.953206
6	3.235076
7	3.494281
8	3.735544
9	3.962142
10	4.176465
11	4.380313
12	4.575088

13	4.761902
14	4.941660
15	5.115104
16	5.282856
17	5.445444
18	5.603315
19	5.756859
20	5.906413

类似地，对于近焦度，带的半径是：

近焦度 (-5 D)

带数 (j)	带半径 (r_j)
1	1.562690
2	2.209977
3	2.706658
4	3.125380
5	3.494281
6	3.827793
7	4.134489
8	4.419955
9	4.688070
10	4.941660
11	5.182856
12	5.413317
13	5.634359
14	5.847051

在该例子中，示出了用于两种不同配镜的两个不同的 MOD 结构，以校正远视和近视。下面的例子示出这样的配镜可以结合在透镜中，以提供多级衍射双焦点透镜。

例子 2

为了沿着相同的表面构造双焦点 MOD 透镜，如图 1A-1C 所示，在透镜的一个表面的圆形/环形区域中包括所有的衍射焦度。远焦度包括在图 1B 的区域 16a 和 16b 中，而近焦度包括在区域 14 中。将区域 16a 的半径选定为 2mm，区域 14 的外径是 4mm 以及区域 16b 的外径是 6mm。那么，双焦点透镜的带的位置是位于这些区域边界内的单独的焦度成分的半径。在透镜的另一侧没有衍射带。

双焦点 MOD 透镜的带的位置：

带数 (j)	带半径 (r_j)	
1	1.320714	远
2	1.867772	远
3	2.209977	近
4	2.706658	近
5	3.125380	近
6	3.494281	近
7	3.827793	近
8	4.176465	远
9	4.380313	远
10	4.575088	远
11	4.761902	远
12	4.941660	远
13	5.115104	远
14	5.282856	远
15	5.445444	远
16	5.603315	远
17	5.756859	远
18	5.906413	远

注意，这是组合来自两个单独的焦度的带的一个方法；其它的组合也是可能的。

例子 3

另一选择是将近焦度设置在透镜的一个表面上，而将远焦度设置在另一表面上，如图 2A 和 2B 的透镜所示。在该实施例中，带的位置是：

第一表面

带数 (j)	带半径 (r_j)	
1	2.209977	近
2	2.706658	近
3	3.125380	近
4	3.494281	近
5	3.827793	近

没有半径小于 2.0mm 或半径大于 4.0mm 的衍射带。

第二表面

带数 (j)	带半径 (r_j)	
1	1.320714	远
2	1.867772	远
3	4.176465	远
4	4.380313	远
5	4.575088	远
6	4.761902	远
7	4.941660	远

8	5.115104	远
9	5.282856	远
10	5.445444	远
11	5.603315	远
12	5.756859	远
13	5.906413	远

没有半径大于 2.0mm 和小于 4.0mm 的衍射带。

对于所有上述的例子，带的高度由下式给出：

$$h = \frac{p\lambda_0}{n_{lens}(\lambda_0) - n_{medium}(\lambda_0)}$$

(参考上述并入的美国专利的方程式 (4))

如果透镜是在空气中，则 $n_{medium}(\lambda_0) = 1.0$ 。同样地，如果透镜是由折射指数 $n_{lens}(\lambda_0) = 1.5$ 的材料制成，由于这些例子中 $p=11$ 且 $\lambda_0=555\text{nm}$ ，这导致高度 $h=12.21\mu\text{m}$ 。如这些例子所示，可以产生具有特定期望光焦度的透镜 10 的不同 MOD 结构，其可以位于透镜的前表面或后表面的相同或不同的透镜表面上，或在多元件透镜的情况下位于内表面上。虽然在例子 2 和 3 中，单个环形区域提供近视校正，但是还可以提供用于近视校正的多个环形区域，其在例子 2 的情况下通过用于远视校正的 MOD 结构的环形区域划分透镜孔径。

总之，透镜 10 可以有提供双焦点视觉校正的分割的孔径。透镜的孔径中的每个点只产生单个的透镜焦度。通过使透镜孔径的不同面积上具有不同的光焦度来提供双焦点行为。这种分割可以在透镜基体的一侧或者两侧上实施，如前文所述。当在两侧实施分割时，非衍射侧上对应的面积没有衍射焦度（图 2A, 2B, 4A, 4B）。分离的焦度（即，提供远视校正的孔径部分和提供近视校正的部分）由被每个衍射透镜覆盖的孔径部分来决定。虽然该比率将在生产时固定，但是在使用中它将受眼睛瞳孔的大小的影响。该孔径可以由同心的环形带划分，或可提供孔径的其它划分，如图 3A、3B、4A 和 4B 所示。同样地，即使在只有两个明晰的焦度的双焦点中，可以在透镜的一个以上的光学带中提供每个焦度，以在瞳孔的大小的整个范围上保持期望的焦度平衡。

在上述的其它双焦点透镜中，可由折射的（非衍射的）可选择的结构或 MOD 结构在整个透镜上提供基本焦度，并增加折射或 MOD 结构的分割的透镜部分中的焦度，如图 5、7、8 和 11-14 所示。具有这样的混合折射和 MOD 结构的透镜对双焦点配镜通常是有用的，其中对于近视校正只需要相对小量的增加的焦度（ ~ 1 到 2.5 屈光度）。这种附加的焦度可以是由弱透镜提供，即具有大半径曲面的表面，或等价小的曲面，而远视校正是由适当焦度的 MOD 结构提供。透镜孔径的一部分有提供增加焦度的弱折射的表面。折射带（或多个带）位于与衍射表面相对的透镜的一侧。小曲面的结果是对厚度的影响相对小。利用环形折射带的透镜的举例的剖面图如图 5 所示。同样如上所述，混合的折射和 MOD 衍射透镜可以具有由加到基本折射透镜的衍射部件提供的增加的焦度。然而，这可增加透镜的厚度。

虽然在此描述的透镜是双焦点透镜，以提供两个光焦度，但是通过将另外的具有这样的焦度的交替的环形区域或者不同的增加焦度的折射区域提供给衍射 MOD 结构基本焦度，可以延伸到三焦点或者更多数量的光焦度。此外，每个 MOD 结构被设计成用于在设计波长处的特定的光焦度，在包括多个波长的照明度的视觉应用中，焦度表示由 MOD 结构衍射到共同焦点的不同波长的范围上的标称光焦度，因此在不同的波长处，光焦度位于设计波长处的光焦度附近的范围内。

由前文所述，显而易见的是已经提供了使用 MOD 结构用于视觉校正的双焦点多级衍射的透镜。对按照本发明的在此描述的装置的变化和修正，对本领域的技术人员来讲无疑将会想到。因此，前面的描述应该看作例示性而没有限制的意义。

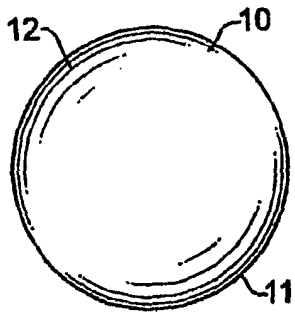


图 1A

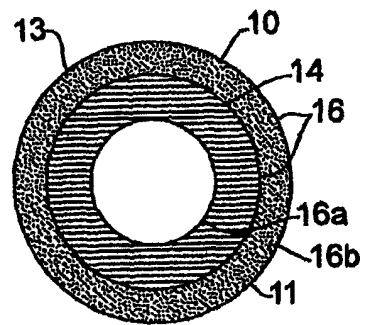


图 1B

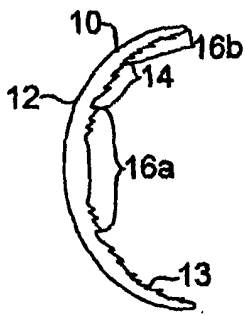


图 1C

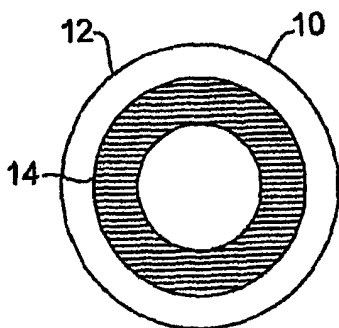


图 2A

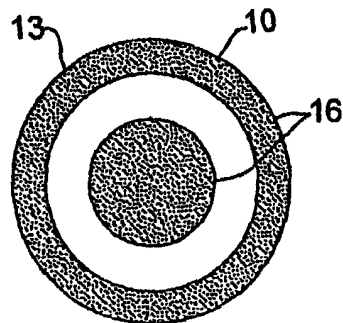


图 2B

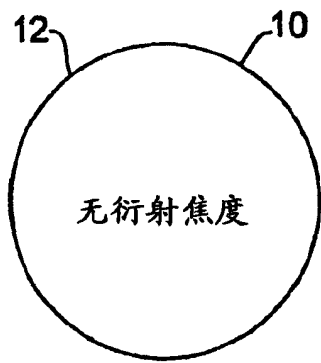


图 3A

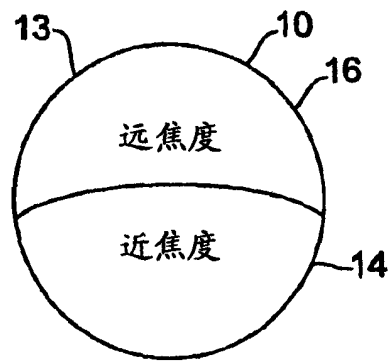


图 3B

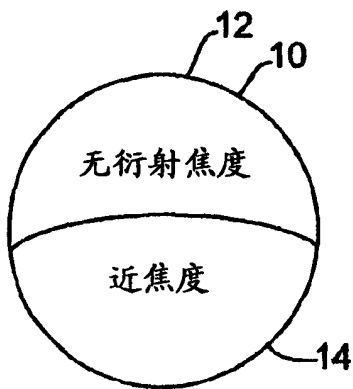


图 4A

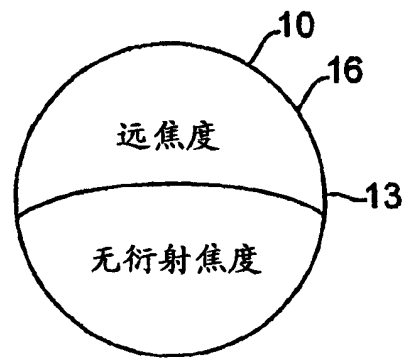


图 4B

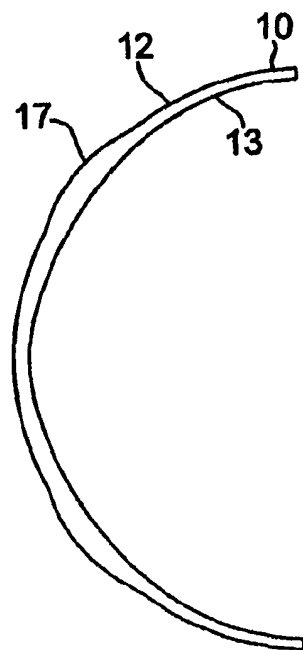


图 5

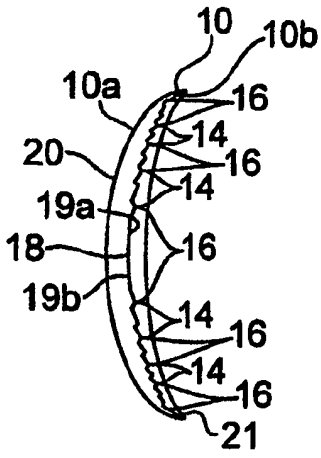


图 6

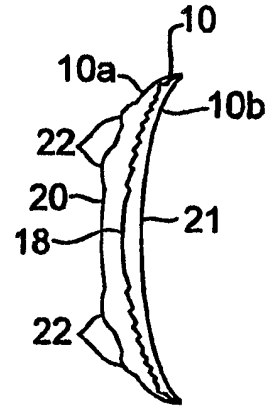


图 7

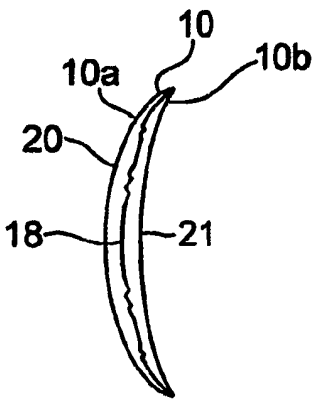


图 8

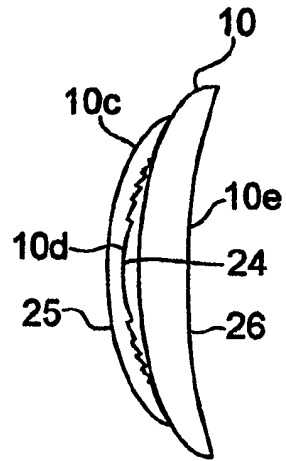


图 9

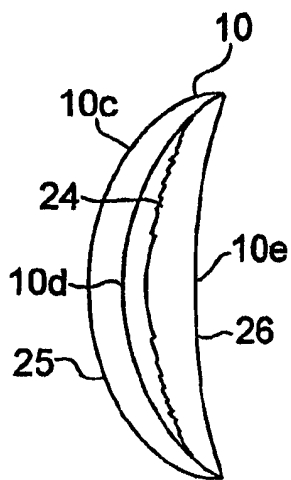


图 10

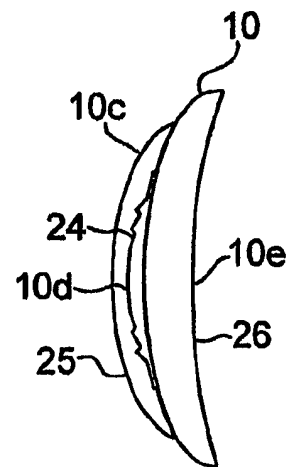


图 11

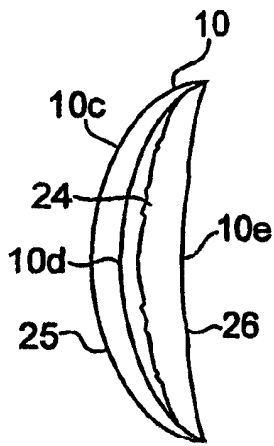


图 12

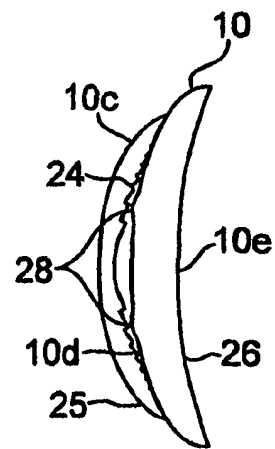


图 13

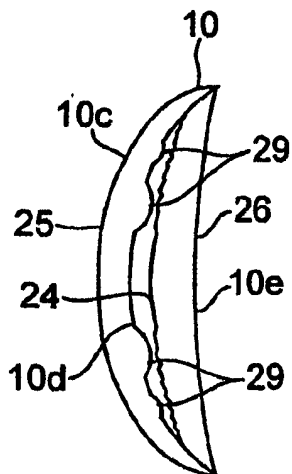


图 14

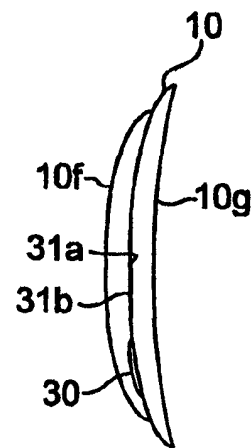


图 15

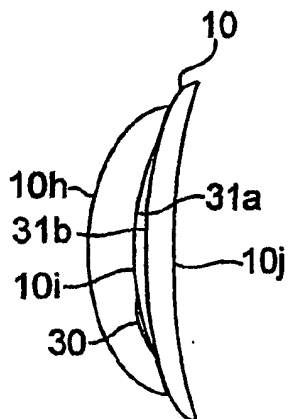


图 16

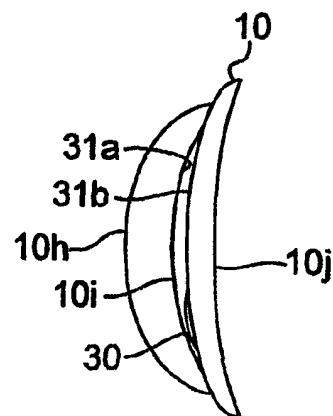


图 17

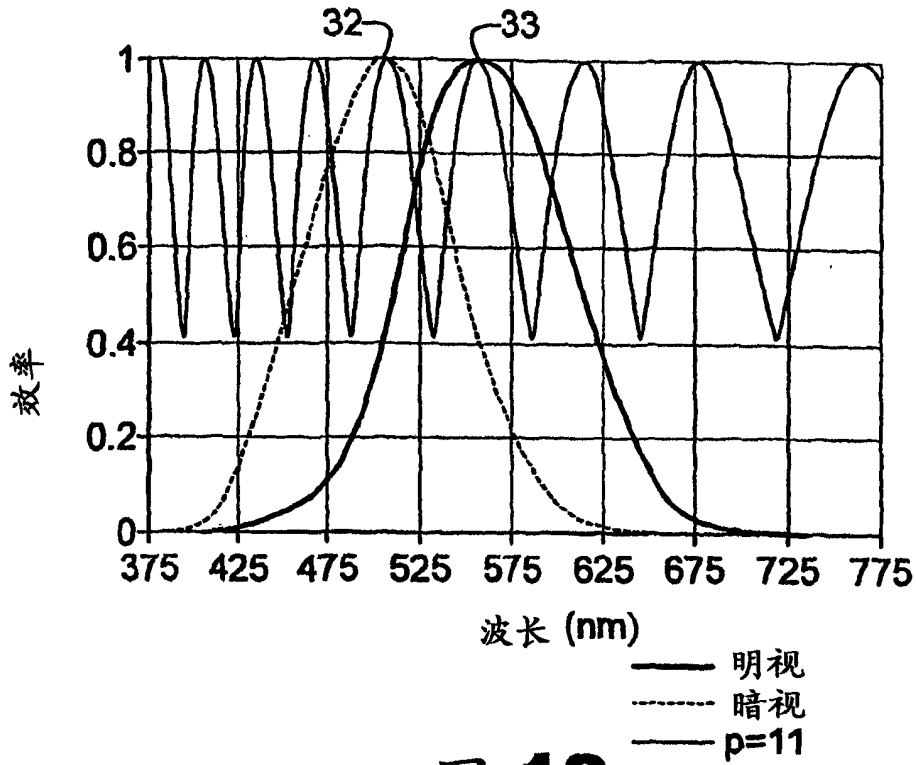


图 18

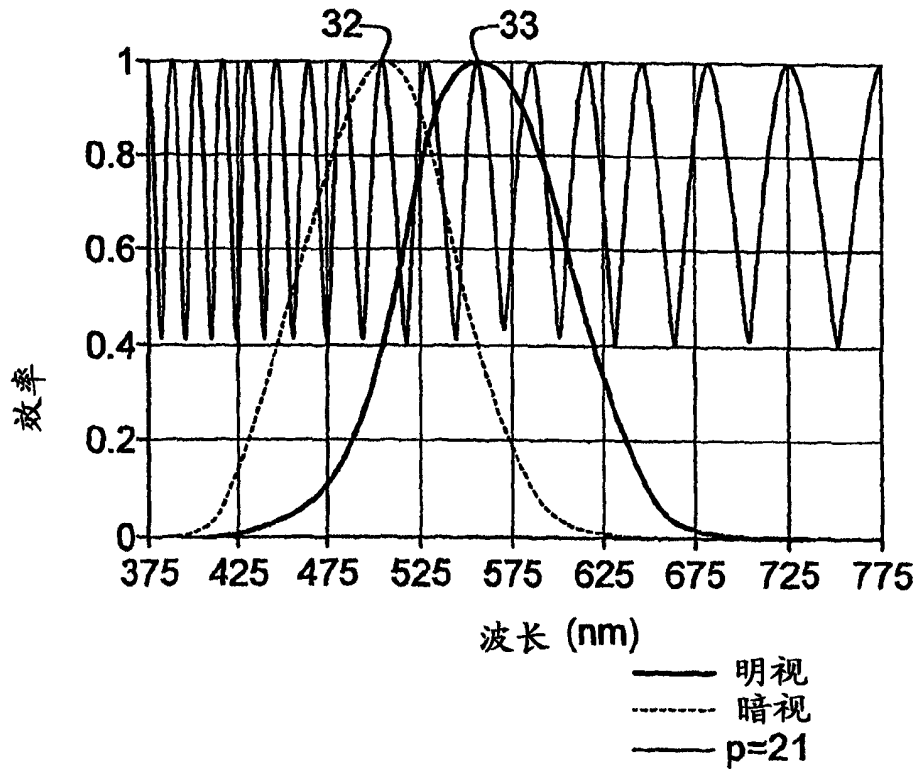


图 19

