

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02C 7/04

G02C 7/06

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98812805.5

[43] 公开日 2001 年 2 月 28 日

[11] 公开号 CN 1285929A

[22] 申请日 1998.12.24 [21] 申请号 98812805.5

[30] 优先权

[32] 1997.12.29 [33] US [31] 08/999,371

[32] 1998.11.16 [33] US [31] 09/192,629

[86] 国际申请 PCT/EP98/08466 1998.12.24

[87] 国际公布 WO99/34248 英 1999.7.8

[85] 进入国家阶段日期 2000.6.29

[71] 申请人 诺瓦提斯公司

地址 瑞士巴塞尔

共同申请人 加利福尼亚大学董事会

[72] 发明人 W·C·班亚 J·沃格特 D·斯维尼
张晓啸

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

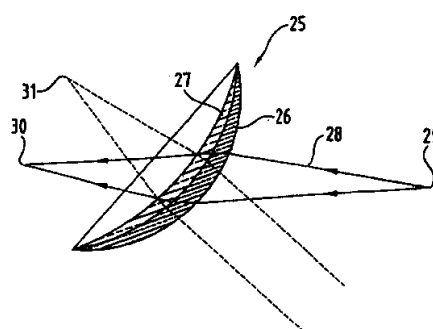
代理人 刘金辉

权利要求书 3 页 说明书 19 页 附图页数 7 页

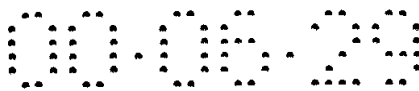
[54] 发明名称 复合型全息多焦透镜

[57] 摘要

本发明提供了一种具有可提供衍射光焦度的组合体积全息光学元件的光学透镜。该光学透镜具有一个程序设计的激活角,在该角中全息光学元件提供一个衍射光焦度。本发明也提供一种生产适用于该光学透镜的多层全息元件的方法。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种光学透镜，包含第一光学元件和一个透射型体积全息光学元件，其中所述第一光学元件在第一焦点处提供第一光焦度，所述全息光学元件在第二焦点处提供第二光焦度，其中所述全息光学元件是组合全息光学元件且当满足布拉格条件时衍射高达 100% 的入射光。

2. 如权利要求 1 所述光学透镜，其中所述组合全息光学元件具有两层全息元件。

3. 如权利要求 2 所述光学透镜，其中所述两层全息元件是分别制造的层。

4. 如权利要求 2 所述光学透镜，其中所述两层全息元件是同时记录的层。

5. 如权利要求 1 所述光学透镜，是生物相容的。

6. 如权利要求 1 所述光学透镜，是接触透镜。

7. 如权利要求 1 所述光学透镜，是眼镜片。

8. 一种生产双层全息元件的方法，包括以下步骤：

h) 提供第一源光束；

i) 将所述第一源光束分为第一和第二光束；

j) 提供具有相对设置的第一和第二表面的可记录全息元件，所述表面为平面、凸面或凹面；

k) 将所述第一和第二光束分别射向所述可记录全息元件的所述第一和第二表面；

l) 提供第二源光束；

m) 将所述第二源光束分为第三和第四光束；和

n) 将所述第三和第四光束分别射向所述可记录全息元件的所述第一和第二表面，其中

所述第一和第三光束具有适当的相位关系以从所述可记录全息元件的所述第一表面记录光栅结构，且所述第二和第四光束具有适当的相位关系以从所述可记录全息元件的所述第二表面记录光栅结构。

9. 如权利要求 8 所述方法, 其中所述可记录全息元件包括可交联或可聚合的光学材料。

10. 如权利要求 9 所述方法, 其中所述可记录全息元件是流体状光学材料, 当暴露于所述光束时形成非流体状光学材料。

11. 如权利要求 9 所述方法, 其中所述可记录全息元件还包括紫外吸收剂。

12. 如权利要求 9 所述方法, 所述方法进一步包括用所述参考光束对记录的光学元件进行后固化的步骤。

13. 一种包括透射型体积全息光学元件的光学透镜, 所述光学元件具有一个程序设计的激活角, 其中所述光学元件为以所述激活角以外的角度进入所述光学元件的光提供第一光焦度且为以所述激活角之内的角度进入所述光学元件的光提供第二光焦度, 所述全息光学元件是组合型全息光学元件。

14. 如权利要求 13 所述的光学透镜, 其中所述光学透镜是眼科透镜。

15. 如权利要求 13 所述的光学透镜, 其中所述光学透镜是接触透镜。

16. 如权利要求 13 所述的光学透镜, 其中所述组合型全息光学元件具有至少两层全息元件。

17. 一种生产复合型全息元件的方法, 包括以下步骤:

- q) 在第一模具中提供第一可聚合或可交联的流体光学材料;
- r) 在所述光学材料中记录第一体积光栅结构, 从而形成第一非流体 HOE 层;
- s) 提供第二模具, 所述第二模具具有比所述第一 HOE 层大的腔室体积并将所述第一 HOE 层固定于其一个表面上;
- t) 在所述第二模具中提供第二可聚合或可交联的流体光学材料于所述第一 HOE 层之上; 和
- u) 在所述第二光学材料中记录第二体积光栅结构, 从而形成第二非流体 HOE 层, 其中所述第一和第二 HOE 层被粘接在一起。

18. 权利要求 17 所述的方法，其中所述第一和第二流体光学材料是相同的流体光学材料。

19. 权利要求 17 所述的方法，其中所述第一和第二流体光学材料是化学上相容的光学材料。

20. 一种生产双层全息元件的方法，包括以下步骤：

t) 提供一种具有相对设置的第一和第二表面的可记录全息元件；

u) 提供第一源光束；

v) 将所述第一源光束分为第一和第二光束；

w) 将所述第一和第二光束射向所述可记录全息元件的所述第一表面；

x) 提供第二源光束；

y) 将所述第二源光束分为第三和第四光束；和

z) 将所述第三和第四光束射向所述可记录全息元件的所述第二表面，其中所述第一和第二光束具有适当的相位关系以从所述可记录全息元件的所述第一表面记录光栅结构，所述第三和第四光束具有适当的相位关系以从所述可记录全息元件的所述第二表面记录光栅结构。

说明书

复合型全息多焦透镜

本发明涉及一种含有全息元件并提供至少两个光焦度的多焦透镜。

现有技术中已有关于放在眼睛上或置于眼睛内以矫正视觉缺陷的眼科透镜如接触透镜和眼内透镜的各种双焦透镜设计方案。一种传统的双焦眼科透镜设计是同轴同时视线型；另一种传统的双焦眼科透镜设计是衍射同时视线型。另外还有一种传统的双焦眼科透镜设计是转换型。转换型透镜有两个位置不同的观察区，具有不同的光焦度。当配戴者想看那些与当前被聚焦物体距离不同的物体时，必须将该双焦透镜在眼睛上的位置从一个区移至另一个区。

最近，已经建议使用可主动控制的方法在眼科透镜中提供双焦功能。一种局部涂有热致变色涂料的同时视线型双焦透镜就是一个例子。但仍需要一种能够可靠地提供多焦功能而又没有现有多焦透镜缺点的眼科透镜，也同样需要一种适宜的生产这种多焦透镜的工艺。

根据本发明提供了一种具有提供光焦度的体积全息光学元件的光学透镜，该体积全息光学元件是组合型或复合型全息元件。这种光学透镜具有一个程序设计的激活角，在该角内该全息光学元件提供衍射光焦度。本发明还提供一种生产适用于该光学透镜的多层全息元件的方法。该方法具有如下步骤：提供第一源光束；将该第一源光束分为第一和第二光束；提供具有相对设置的第一和第二表面的可记录全息元件，其中该表面为平面、凸面或凹面；将第一和第二光束分别射向该可记录全息元件的第一和第二表面；提供第二源光束；将第二源光束分为第三和第四光束；将第三和第四光束分别射向可记录全息元件的第一和第二表面，其中第一与第三光束和第二与第四光束具有适合的相位关系以将光栅结构，理想的是体积光栅结构记录于该可记录全息元件中。本发明还提供生产复合型全息元件的顺次方法。该顺次方法具有如下步骤：在第一模具中提供第一可聚合或可交联的流体光学材

料；在该光学材料中记录第一体积光栅结构，从而形成第一非流体 HOE 层；提供第二模具，其中该第二模具有大于第一 HOE 层的腔室体积且将第一 HOE 层固定于其一个表面上；在第二模具中提供第二可聚合或可交联的流体光学材料于第一 HOE 层上；在该第二光学材料中记录第二体积光栅结构，从而形成第二非流体 HOE 层，其中第一和第二 HOE 层相互粘接。

本发明提供一种具有组合型体积全息光学元件的可激活多焦光学透镜。这种组合型体积全息光学元件使得光学元件在激活与失活状态之间具有小的角度变化，而且也减少色散和色差。

图 1 说明本发明的活性眼科透镜。

图 2 说明本发明活性透镜的全息光学元件的衍射功能。

图 3 说明本发明的活性眼科透镜。

图 4 说明该全息光学元件的透射功能。

图 5 说明该全息光学元件被激活时的衍射功能。

图 6 说明生产该全息光学元件的示例方法。

图 7 说明该全息光学元件的光焦度。

图 8-8B 说明本发明的组合型全息光学元件。

图 9 说明本发明的眼镜复合透镜(spectacle composite lens)。

图 10 说明一种生产组合型 HOE 的示例方法。

图 11 说明另一种生产组合型 HOE 的示例方法。

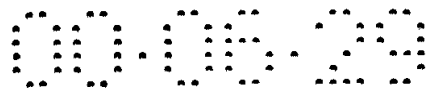
本发明提供一种活性多焦眼科透镜。本发明还提供眼镜用活性多焦透镜。下文中除非另有说明，术语“光学透镜”用来同时代表眼科透镜和眼镜片。本发明的活性光学透镜具有多个光焦度。尤其是，该透镜具有至少一个光焦度和至少一个可以被激活的附加光焦度。与传统的双焦透镜不同，本发明的活性多焦透镜可以被主动和选择性地控制，以在没有或基本没有来自该透镜其它光焦度的光干涉时提供一个所需的光焦度。

该活性光学透镜含有一全息光学元件(HOE)，适合于该活性光学透镜的 HOE 是透射型体积 HOE。体积 HOE 含有干涉条纹图案，该图案

随着该光学材料折射率的周期性改变而被程序设计或记录。该折射率的周期性改变在该光学材料内部产生峰值折射率的平面，即体积光栅结构。以下将进一步讨论该 HOE 内的干涉条纹图案的平面。

图 1 说明本发明的示例活性双焦透镜 10。应该注意，尽管本发明的活性光学透镜可以有多于两个光焦度，但是为了便于说明，此处公开的本发明参考双焦光学透镜。该透镜 10 是一个具有第一光学元件 12 和一个 HOE 14 的接触透镜。该 HOE 14 被嵌入或包封在该第一光学元件 12 中以形成复合透镜 10，使得该 HOE 14 与该透镜 10 一同移动。该第一光学元件 12 提供第一光焦度以矫正屈光不正，例如近视。或者是，该第一光学元件 12 可以是平光透镜，用作 HOE 14 的载体。至于 HOE 14，该光学元件设计成只有在光线以预先程序设计的角度，或以在预先程序设计的角度范围之内激活该光学元件的角度即激活角进入 HOE 14 时，才改变光路。因此，当光线以激活角之外的角度进入时，该 HOE 14 完全或基本完全透射入射光线，而不显著改变或不改变光路。或者说，除非当入射光线的入射角在该预先程序设计的激活角之内，HOE 14 可以作为平光透镜。当 HOE 14 被激活时，HOE 14 中程序设计的条纹图案或体积光栅结构改变光路以提供一个与透镜 10 的第一光焦度不同的光焦度。除了该可激活的光焦度之外，该 HOE14 也可以提供一个由 HOE 14 的形状和 HOE 14 的组分折射率产生的光焦度。在进入透镜 10 的入射光线的角度不能激活 HOE 14 时，这种附加的光焦度补偿第一光学材料以提供活性透镜 10 的第一光焦度。此处使用的术语“激活角”表示入射光线的入射角，该角为由入射光线的前进方向与垂直于 HOE 表面的轴形成的角，满足布拉格条件，使得入射光线被 HOE 的干涉条纹光栅结构衍射，这些将在后面进一步讨论。应当注意该激活角不是一个单一值且可以是一个角度范围。当满足布拉格条件时，高达 100% 的入射光线可以被相干衍射。

图 2 进一步说明图 1 中双焦活性透镜 10 的 HOE 14 的功能。垂直于 HOE 14 平面表面的 z 轴和入射光线 R 的前进方向形成入射角 σ 。当入射光线 R 以 HOE 14 的激活角之内的入射角进入 HOE 14 时，光线 R



被 HOE 14 的预先程序设计的干涉条纹图案，即体积光栅结构衍射，并从 HOE 14 射出光线 S，出射角 ρ 与入射角 σ 不同。

图 3 说明本发明另一实施方案的活性双焦透镜。该活性双焦透镜 16 是一个复合透镜，具有第一光学透镜 17 和完全覆盖第一光学透镜 17 的 HOE 透镜 18。或者，HOE 透镜 18 的尺寸仅覆盖眼睛的瞳孔。第一光学透镜 17 和 HOE 透镜 18 可以分别制造，再通过例如粘合或热方法结合在一起。或者，第一光学透镜 17 和 HOE 透镜 18 可以一个在另一个上面依次或同时制造，以制造复合透镜。当第一光学透镜和 HOE 透镜由一种基本材料或两种具有化学相容性的材料制成时，这种依次或同时的方法特别适合。尽管活性透镜 16 表示为其内半部是第一光学透镜而外半部是 HOE 透镜的透镜，但可以根据本发明制造各种光学元件的其他组合。

活性双焦透镜的又一实施方案是非复合活性 HOE 双焦透镜。在这个实施方案中，该活性 HOE 双焦活性透镜由制造 HOE 的光学材料制造。该活性透镜的形状和 HOE 材料折射率相结合提供了第一光焦度，HOE 透镜中程序设计的体积光栅结构提供了第二光焦度。当所用的 HOE 材料是生物相容的材料并且因此不和眼睛组织发生不利相互作用时，这种非复合活性 HOE 透镜实施方案特别适合。此处所用的术语“生物相容性材料”是指当植入试验对象的生物组织中或放置在其附近一段时间后，不会明显劣化并且不会引起显著免疫反应或有害的组织反应，例如有毒反应或明显刺激的聚合材料。适合于制造本发明的 HOE 的示例性生物相容性材料已经在 Beat Müller 的美国专利 No. 5, 508, 317 和 Mühlebach 的国际专利申请 No. PCT/EP96/00246 中披露，此处引入该专利和专利申请作为参考，并在后面进一步讨论。合适的生物相容性材料是高度可光交联或可光聚合的光学材料，包括聚乙烯醇、聚乙烯亚胺或聚乙烯基胺的衍生物和共聚物。

该 HOE 被设计或程序设计成为具有一个激活角或一个在其内该 HOE 能够被激活的激活角范围，并且 HOE 衍射入射光线，使其聚焦在所希望的位置。图 4 和 5 说明复合活性透镜 20 的 HOE 21 的功能，该复合

要，可以容易地改变。

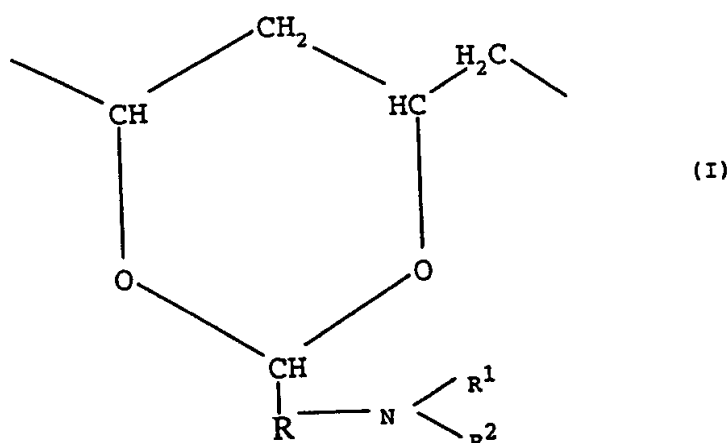
尽管本发明的活性透镜提供多个光焦度，但该活性透镜每次通过一个光焦度聚焦形成清晰可见的影象。因此该活性透镜不会象传统的双焦透镜例如同心同时双焦透镜那样形成雾化的或模糊的影象。再回到图 5，当活性透镜 25 设置在观察近处物体 29 的位置时（即从物体 29 发出的光线的入射角在 HOE 透镜 26 的激活角之内），HOE 透镜 26 与第一光学透镜 27 和眼睛晶状体一起将从物体 29 发出的光线聚焦在凹处 30。同时，从远处物体发出的光线的入射角不在活性透镜 25 的激活角之内。因此，从远处物体发出的入射光线的光路不会被 HOE 透镜 26 改变，但是从远处物体发出的入射光线的光路会被第一光学透镜 27 和眼睛晶状体改变，即折射。因此从远处物体发出的入射光线在凹处之外的区域 31 聚焦形成影象。所以近处和远处物体的聚焦影象不会同心或轴向对准。已经发现，在凹处 31 之外形成的影象对于活性透镜 25 的配戴者不会被清晰地觉察，因而易于作为周边视线予以忽略。因此活性透镜 25 的配戴者可以清楚地看见近处物体 29，而不受远处物体发出光线的模糊干扰。

同样地，例如如图 4 所示，当活性透镜设置在观察远处物体的位置时，从远处物体发出的光线 22 以在 HOE21 的激活角之外的角度进入透镜。因此，该光线的光路不受 HOE21 的影响，而只受第一光学元件 23 和眼睛晶状体的影响，因此在凹处 24 上或其附近形成远处物体的影象。同时，从近处物体发出的光线被 HOE21 衍射和聚焦，并投射在凹处之外的区域。因此活性透镜的配戴者可以清楚地看见远处物体而没有显著的干扰。

该活性透镜的不模糊优点是利用了眼睛固有构造设计活性透镜的结果。已经知道凹处之外的视网膜受体的浓度明显比凹处中的低。因此对于任何基本聚焦在凹处之外的影象来讲，由于视网膜对该影象抽样不足，并且很容易被透镜配戴者的大脑认为是周边视线或影象而忽略不计，因此该影象不是清晰可见的。实际上，已经发现人眼对于只偏离视线 8° 的物体的视觉分辨力降至约 20/100。以上面描述的主动控

侧进入 HOE 36 并与图 6 中准直参考光 34 的反向光路相匹配或基本匹配时, 该焦点与图 6 中点光源物体光 32 的位置相一致。图 6 和 7 提供了一种制造具有正矫正光焦度的 HOE 的示例方法。可以理解, 在上述的 HOE 制造方法中加以小的改动, 就可以制造具有负矫正光焦度的 HOE。例如, 可以使用一个能够在 HOE 远离光源的另一侧形成焦点的会聚物体光源代替点光源物体光, 以制造具有负矫正光焦度的 HOE。根据本发明, 可以很容易和简便地制造具有各种矫正光焦度的活性多焦透镜, 以矫正各种屈光不正状况, 例如近视, 远视, 老视, 规则散光, 不规则散光, 和其组合。例如, 通过改变物体光的距离, 位置和/或光路可以改变 HOE 的矫正光焦度, 并且通过改变物体光和参考光的位置可以改变 HOE 的激活角。

根据本发明, 合适的 HOE 可以由能够较快地光聚合或光交联的可聚合和可交联光学材料制成。可快速聚合的光学材料能够在该光学材料中产生折射率的周期性改变, 因此在该光学材料聚合形成固体光学材料的同时形成体积光栅结构。适于本发明的示例性可聚合光学材料公开于 Beat Müller 的美国专利 No. 5, 508, 317 中。如美国专利 No. 5, 508, 317 所述, 优选的一类可聚合光学材料是包含 1, 3-二醇基本结构的那些, 其中一定比例的 1, 3-二醇单元已被改性成在 2 位具有可聚合但未聚合的基团的 1, 3-二噁烷。该可聚合光学材料优选为重均分子量 M_w 至少为约 2, 000 的聚乙烯醇的衍生物, 基于聚乙烯醇的羟基数目, 该衍生物包含约 0.5%-约 80% 的式 I 单元:

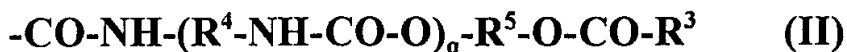


其中 R 为具有至多 8 个碳原子的低级亚烷基,

R^1 为氢或低级烷基，和

R^2 为烯属不饱和的吸电子可共聚基团，优选具有至多 25 个碳原子。 R^2 例如为式 R^3 -CO- 的烯属不饱和酰基，其中 R^3 为具有 2-24 个碳原子，优选 2-8 个碳原子，尤其优选 2-4 个碳原子的烯属不饱和可共聚基团。

在另一个实施方案中，基团 R^2 为式 II 的基团：



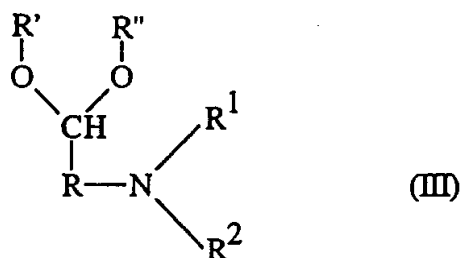
其中 q 为 0 或 1， R^4 和 R^5 各自独立地为具有 2-8 个碳原子的低级亚烷基，具有 6-12 个碳原子的亚芳基，具有 6-10 个碳原子的饱和二价环脂族基团，具有 7-14 个碳原子的亚芳基亚烷基或亚烷基亚芳基或具有 13-16 个碳原子的亚芳基亚烷基亚芳基，以及 R^3 如上定义。

低级亚烷基 R 优选具有至多 8 个碳原子且可以是直链或支链的。合适的实例包括亚辛基、亚己基、亚戊基、亚丁基、亚丙基、亚乙基、亚甲基、2-亚丙基、2-亚丁基和 3-亚戊基。优选低级亚烷基 R 具有至多 6 个，尤其是至多 4 个碳原子。亚甲基和亚丁基是尤其优选的。 R^1 优选为氢或具有至多 7 个，尤其至多 4 个碳原子的低级烷基，尤其是氢。

对于 R^4 和 R^5 ，低级亚烷基 R^4 或 R^5 优选具有 2-6 个碳原子且尤其是直链的。合适的实例包括亚丙基、亚丁基、亚己基、二甲基亚乙基，尤其优选亚乙基。亚芳基 R^4 或 R^5 优选为亚苯基，其未被取代或被低级烷基或低级烷氧基取代，尤其是 1, 3-亚苯基或 1, 4-亚苯基或甲基-1, 4-亚苯基。饱和二价环脂族基团 R^4 或 R^5 优选为亚环己基或亚环己基-低级亚烷基，例如亚环己基亚甲基，其未被取代或被一个或多个甲基取代，例如三甲基亚环己基亚甲基，例如二价异佛尔酮基团。亚烷基亚芳基或亚芳基亚烷基 R^4 或 R^5 的亚芳基单元优选为亚苯基，其未被取代或被低级烷基或低级烷氧基取代，且其亚烷基单元优选为低级亚烷基，如亚甲基或亚乙基，尤其是亚甲基。因此，此类基团 R^4 或 R^5 优选为亚苯基亚甲基或亚甲基亚苯基。亚芳基亚烷基亚芳基 R^4 或 R^5 优选为亚烷基单元中具有至多 4 个碳原子的亚苯基-低级亚烷基-亚苯基，例如亚苯基亚乙基亚苯基。基团 R^4 和 R^5 各自独立地优选为具有

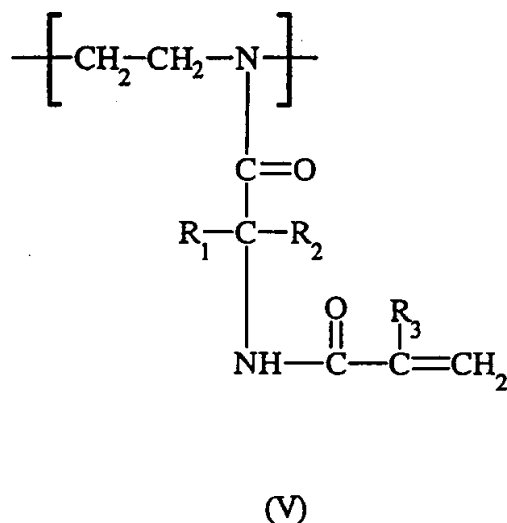
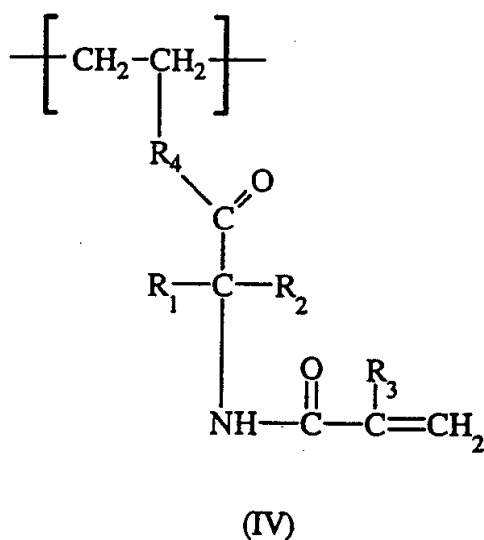
2-6 个碳原子的低级亚烷基，未被取代或被低级烷基取代的亚苯基，未被取代或被低级烷基取代的亚环己基或亚环己基-低级亚烷基，亚苯基-低级亚烷基，低级亚烷基-亚苯基或亚苯基-低级亚烷基-亚苯基。

式 I 的可聚合光学材料可以通过例如使聚乙烯醇与化合物 III 反应而产生：



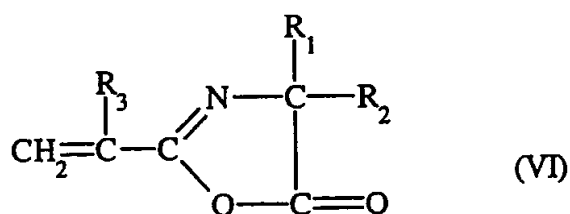
其中 R、R¹ 和 R² 如上所定义，且 R' 和 R'' 各自独立地为氢、低级烷基或低级链烷酰基，如乙酰基或丙酰基。理想的是，所得可聚合光学材料的羟基中有约 0.5-80% 被化合物 III 替代。

另一组适用于本发明的示例性可聚合光学材料公开于 Mühlebach 的国际专利申请 PCT/EP96/00246 中。其中公开的合适光学材料包括聚乙烯醇、聚乙烯亚胺或聚乙烯基胺的衍生物，其分别基于聚乙烯醇中的羟基数目或聚乙烯亚胺或聚乙烯基胺中的亚胺或胺基团数目含有约 0.5-80% 的式 IV 和 V 的单元：



其中 R_1 和 R_2 各自独立地为氢、 C_1-C_8 烷基、芳基或环己基，其中这些基团是未取代的或取代的； R_3 为氢或 C_1-C_8 烷基，优选甲基；以及 R_4 为 -O- 或 -NH- 桥，优选为 -O-。适于本发明的聚乙烯醇、聚乙烯亚胺或聚乙烯基胺的数均分子量为约 2000-1,000,000，优选 10,000-300,000，更优选 10,000-100,000，最优选 10,000-50,000。特别合适的可聚合光学材料为聚乙烯醇的水溶性衍生物，基于聚乙烯醇中的羟基数目具有约 0.5-80%，优选约 1-25%，更优选约 1.5-12% 的式 IV，后者的 R_1 和 R_2 为甲基， R_3 为氢， R_4 为 -O-（即酯键）。

式 IV 和 V 的可聚合光学材料可以通过例如式 VI 的氮杂内酯



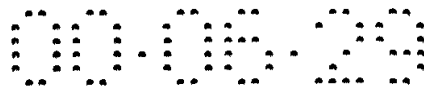
其中 R_1 、 R_2 和 R_3 如上所定义，与聚乙烯醇、聚乙烯亚胺或聚乙烯基胺在约 55-75°C 的高温下在合适的有机溶剂中任选在合适的催化剂存在下反应而生产。合适的溶剂为溶解聚合物骨架的那些并包括非质子极性溶剂，例如甲酰胺、二甲基甲酰胺、六甲基磷酰三胺，二甲亚砜、吡啶、硝基甲烷、乙腈、硝基苯、氯苯、三氯甲烷和二噁烷。合适的催化剂包括叔胺，例如三乙胺，以及有机锡盐，例如二丁基二月桂酸锡。

适合于本发明的另一组 HOE 可以由常用的其它体积透射型全息光学元件记录介质制成。同使用上述制造 HOE 的可聚合材料一样，物体光和准直参考光同时投射在 HOE 记录介质上，使得物体光和参考光的电磁波形成干涉条纹图案。该干涉条纹图案，即体积光栅结构，被记录在该 HOE 介质中。当该 HOE 记录介质被充分曝光后，使用已知的 HOE 显影方法对已经记录的 HOE 介质进行显影。合适的体积透射型全息光学元件记录介质包括市售的全息照相记录材料或底版，例如二色性明胶。全息照相记录材料可以从各制造商处买到，包括 Polaroid 公司。但是当照相记录材料用作 HOE 时，必须考虑该材料对于眼睛环境的毒

性影响。因此，当使用常用的照相 HOE 材料时，优选将该 HOE 包封在生物相容性光学材料中。用于包封 HOE 的有用生物相容性光学材料包括适合于本发明活性透镜第一光学元件的光学材料，以下将进一步讨论这些适合的材料。

正如在眼科领域所知道的那样，眼科透镜应当具有薄的空间厚度，以提高透镜配戴者的舒适程度。因此，本发明中优选使用空间厚度薄的 HOE。但是，为了提供具有高衍射效率的 HOE，该 HOE 在光学上必须是厚的，即光被该干涉条纹图案的多个平面衍射。提供光学意义上较厚而空间上较薄的 HOE 的一种途径是将干涉条纹图案沿着向 HOE 长度倾斜的方向程序设计。这种倾斜的体积光栅结构使得该 HOE 在入射光线的入射角和出射光线的出射角之间具有一个大的角偏移。但是具有大角偏移的 HOE 可能不特别适合用于光学透镜。例如，当这种 HOE 被用于眼科透镜并被激活时，视线的工作线明显弯曲偏离视线的正常直线。在本发明的优选实施方案中，通过采用多层组合 HOE，特别是双层 HOE，解决了设计 HOE 透镜中的这种角度限制。图 8 说明本发明的示例性多层 HOE40。具有大角偏移的二个空间上薄的 HOE 被制成组合 HOE，以提供具有小角偏移的空间上薄的 HOE。组合 HOE 40 具有空间上薄的第一 HOE 42 和薄的第二 HOE 44。该第一 HOE 42 被程序设计以衍射入射光，使得在光线以激活角 α 进入该 HOE 时，该光线以出射角 β 从 HOE 42 射出，如图 8A 所示，出射角 β 大于入射角 α 。优选该第一 HOE 厚度在约 $10\mu\text{m}$ -约 $100\mu\text{m}$ 之间，更优选在约 $20\mu\text{m}$ -约 $90\mu\text{m}$ 之间，最优选在约 $30\mu\text{m}$ -约 $50\mu\text{m}$ 之间。该第二 HOE44 被程序设计为具有与第一 HOE42 的出射角 β 相匹配的激活入射角 β 。另外，当光线在激活角 β 之内进入时，第二 HOE44 被程序设计将入射光聚焦在焦点 46 上。图 8B 说明该第二 HOE44。优选第二 HOE 厚度在约 $10\mu\text{m}$ -约 $100\mu\text{m}$ 之间，更优选在约 $20\mu\text{m}$ -约 $90\mu\text{m}$ 之间，最优选在约 $30\mu\text{m}$ -约 $50\mu\text{m}$ 之间。

当第一 HOE42 紧挨着第二 HOE44 设置且入射光的角度与第一 HOE42 的激活角 α 相一致时，从该多层 HOE 射出的光聚焦在焦点 46。通过采



用多层组合 HOE，可以制造具有高衍射效率和小偏移角的空间上薄的 HOE。除了高衍射效率和小偏移角的优点以外，采用多层 HOE 还有其它额外优点，包括矫正分散象差和色差。由于可见光是由不同波长的电磁波谱组成，并且波长的不同导致 HOE 对其衍射不同，因此单个 HOE 会产生具有分散象差和色差的影象。已经发现，多层特别是双层 HOE 可以抵消并矫正由单层 HOE 产生的这些象差。因此，多层组合 HOE 被优选作为活性透镜的 HOE 组元。

该多层组合 HOE 可以由单独生产的 HOE 层生产。制造组合 HOE 的各层，然后以粘合或热方式将其永久结合，以具有相干接触。另外，组合型 HOE 也可通过在光学材料上记录多层 HOE 而生产。优选同时记录 HOE 的多层。作为一个优选的实施方案，图 10 说明一种生产组合 HOE 的同时记录方法。这种同时记录装置 60 具有第一光区和第二光区。第一光区具有第一光源 62，分光镜 64，第一反射镜 66，第二反射镜 68 和一个用于支撑可聚合光学材料的光学材料支架 70。优选用激光光源作为光源 62 给分光镜 64 提供光束 63，分光镜 64 将光束 63 分为两部分，优选相等的两部分。两个反射镜 66 和 68 被放在分光镜 64 的两个对侧，以将继续光束 63 的原光路的一部分分出光束射向第一反射镜 66，而被反射的部分射向第二反射镜 68。两个反射镜将这两路光束以适当的相位射向光学材料以从光学材料支架 70 的一侧（即第一平表面）记录体积光栅结构。

第二光区和第一光区一样具有相同的组成，即光源 72，分光镜 74，第三反射镜 76，第四反射镜 78 和与第一光区共享的光学材料支架 70。第二光区的各组成部件的放置使得分开的光束从第一光区的对侧（即支架的第二表面）进入被光学材料支架 70 支撑的光学材料，并以适当的记录相位从第二表面记录体积光栅结构。所得聚合的光学元件具有两个 HOE 层。

作为另一个优选的实施方案，图 11 说明生产组合型 HOE 的第二种同时记录方法。第二种同时记录装置 80 也具有第一光区和第二光区。双向发射光源 71 向两个光区提供相干光束。在第一光区，从光源

81 来的光束 83 被反射镜 82 反射到分光镜 84 上。光束 83 被分为两束光，优选相等的两部分，85 和 87。第一光束 85 沿着原光束 83 行进的光路前进，第二光束 87 射向第一光束 85 的反方向。两束光 85 和 87 分别被反射镜 86 和 88 反射而射向光学材料支架 90。光学材料支架 90 是一个模具，用来盛装可聚合光学材料且具有两个平的或相对平的表面，该支架安放的位置使得两束光 85 和 87 可从光学材料支架 90 的两个相对的平表面入射。根据图 11 所示，第一光束 85 从右平表面进入光学材料支架 90，而第二光束 87 从左平表面进入光学材料支架 90。

第二光区与第一光区具有同样的组成—反射镜 92，分光镜 94，一对反射镜 96 和 98 以及两个光区共享的光学材料支架 90。第二光区的分光镜 94 提供两条光束，即第三光束 95 和第四光束 97，分光镜 96 和 98 将光束从两个平表面导向光学材料支架 90。第一光束 85 和第三光束 95 是相干光，在适当的相位进入光学材料支架 90，在支架 90 所支承的光学材料中从靠近入射平表面开始记录体积光栅结构。第二光束 87 和第四光束 98 也是相干光，它们从另一个平表面进入光学材料支架 90。两束光在适当的相位从靠近入射的平表面的光学材料开始在光学材料中记录体积光栅结构。优选记录装置 80 中还设有偏光镜，它们使得第一和第三光束被偏振后成为一组相干光且方向也被偏振，而第三和第四光束被偏振后成为另一组相干光且方向也被偏振，这样使这两对光束不会相互干扰。另外，对于以上的两种同时记录方法，优选各对光束仅对更靠近入射平表面放置的光学材料支架中的一半光学材料具有足够的聚合效应，从而有效地形成两层不同的 HOE 层。应当注意，尽管以上所示的本发明中用于接收记录光束的是具有两个平表面的光学支架和模具，但这两个表面可为其他形状，包括凹面和凸面及其组合。

同时记录方法特别适用于从上述披露的可聚合或可交联的光学材料中生产 HOE。可聚合或可交联的光学材料被放在光可透射的密封光学材料支架即模具中。适用于同时记录方法的模具包括传统的生产接触透镜的透镜模具。典型的透镜模具可从透明的或可透射紫外光的热

塑性材料制得，而且具有两个半模，即一个具有透镜的第一表面的半模，另一个具有透镜的第二表面的半模。

当光学材料被放在模具中时，记录装置就被启动以聚合光学材料和同时在光学材料中从由两个半模确定的两个相对表面记录两个体积光栅结构。任选地，在光学元件形成了体积光栅结构以后，将记录光装置关掉，而光学元件进行一个后固化步骤以确保模具中所有的流体光学材料完全聚合。例如可仅将参考光光源打开以完成光学材料的后固化。

用同时记录法生产组合型 HOE 比较简单，而且通过改变反射镜和分光镜在装置中的位置和角度就可以生产具有不同激活角的多种 HOE。优选在模具中的可聚合光学材料中添加有效量的光吸收化合物（例如使用紫外激光时的紫外光吸收剂），以使从模具的一侧（即模具限定的第一表面）入射的光束不会对更靠近模具第二侧的光学材料具有强烈的聚合作用。光吸收剂的加入保证了 HOE 的不同层的形成，而且从模具的一侧入射的聚合光不会与从另一侧入射的聚合光相互干扰。光吸收剂的有效量随着光吸收剂的效力而改变，但它的用量不应高到显著影响光学材料的适当聚合。尽管优选的光吸收剂是生物相容性光学吸收剂，尤其是当本发明被用于生产眼科透镜时，但非生物相容性光学吸收剂也可以用。当采用非生物相容性光学吸收剂时，HOE 完全形成之后，抽提得到的 HOE 以去除光学吸收剂。

适于光学材料的示例性 UV 吸收剂包括以下各化合物的衍生物：邻羟基二苯甲酮，水杨酸邻羟基苯基酯和 2-（邻羟基苯基）苯并三唑，苯磺酸和位阻胺。特别适合的 UV 吸收剂包括目前可接受的 UV 吸收剂，例如 2,4-二羟基二苯甲酮，2,2'-二羟基-4,4'-二甲氧基二苯甲酮，2-羟基-4-甲氧基二苯甲酮等。示例性实施方案使用 0.05-0.2wt% 的 UV 吸收剂，优选使用苯磺酸的衍生物，如 2,2'-（[1,1'-联苯基]-4,4'-二基二-2,1-乙烯二基）双苯磺酸二钠盐（benzenesulfonic acid, 2,2'-（[1,1'-biphenyl]-4,4'-diyl-di-2,1-ethenediyl）bis-, disodium salt）。

作为本发明的另一个实施方案，组合型 HOE 可由顺次记录方法生产。一个具有一对半模的密封模具组件装有流体状可聚合或可交联的光学材料，用于体积光栅结构记录过程，然后在形成的 HOE 层被粘在一个半模的光学表面时打开该模具组件。将额外量的可聚合光学材料或化学相容的第二种可聚合光学材料置于第一 HOE 层上。然后，一对新的半模与已经具有第一 HOE 层的半模相匹配，但前者具有比先前移走的半模大的腔室体积。新的模具组件用于第二体积光栅结构记录过程以在第一 HOE 层之上形成第二 HOE 层。所得 HOE 为具有两层顺次形成并结合的 HOE 层的组合型 HOE。

根据本发明，本发明的 HOE 对可见光谱内的所有或基本上所有波长具有的衍射效率优选为至少约 70%，更优选至少约 80%，最优选至少约 95%。特别适合于本发明的 HOE 对可见光谱的所有波长具有的衍射效率为 100%。但是其衍射效率比上述较低的 HOE 也可以用于本发明。另外，本发明优选的 HOE 在激活和非激活状态之间具有尖锐的过渡角，而不是平缓的过渡角，以使通过该活性透镜小的移动就可以实现 HOE 的激活与失活，并且在激活与失活状态之间移动时，该 HOE 不会产生或只产生最小的过渡影象。

至于该活性透镜的第一光学材料，可以使用适合于硬透镜，透气透镜或水凝胶透镜的光学材料。适合于活性眼科透镜第一光学元件的聚合材料包括水凝胶材料，刚性的透气材料和已知可用于制造眼科透镜例如接触眼镜的刚性材料。合适的水凝胶材料一般具有交联的亲水网络，并且基于水凝胶材料的总重量含有约 35%-约 75%的水。合适的水凝胶材料例子包括由甲基丙烯酸 2-羟乙酯和一种或多种共聚单体形成的共聚物，所述共聚单体如 2-羟基丙烯酸酯，丙烯酸乙酯，甲基丙烯酸甲酯，乙烯基吡咯烷酮，N-乙烯基丙烯酰胺，甲基丙烯酸羟丙酯，甲基丙烯酸异丁酯，苯乙烯，甲基丙烯酸乙氧基乙酯，甲基丙烯酸甲氧基三甘醇酯，甲基丙烯酸缩水甘油酯，双丙酮丙烯酰胺，醋酸乙烯酯，丙烯酰胺，丙烯酸羟基三亚甲基酯，甲基丙烯酸甲氧基甲酯，丙烯酸，甲基丙烯酸，乙基丙烯酸甘油酯和丙烯酸二甲氨基乙酯。其它

合适的水凝胶材料包括含有甲基乙烯基吡啶或甲基丙烯酸二甲氨基乙酯的共聚物。另一类适合的水凝胶材料包括可聚合的材料，例如改性的聚乙烯醇，聚乙烯亚胺和聚乙烯基胺，例如在 Beat Müller 的美国专利 No. 5, 508, 317 和国际专利申请 No. PCT/EP96/01265 中所披露的。另一类非常适合的水凝胶材料包括在国际专利申请 No. PCT/EP96/01265 中所披露的硅氧烷共聚物。适合于本发明的刚性透气材料包括交联的硅氧烷聚合物。这种聚合物的网络中含有适当的交联剂，例如 N, N' -二甲基双丙烯酰胺，二丙烯酸乙二醇酯，三丙烯酸三羟基丙烷酯，季戊四醇四丙烯酸酯和其它类似的多官能丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯，或乙烯基化合物，例如 N-甲基，乙基氨基二乙烯基吡啶。适合的刚性材料包括丙烯酸酯，例如甲基丙烯酸酯，二丙烯酸酯和二甲基丙烯酸酯，吡咯烷酮，苯乙烯，酰胺，丙烯酰胺，碳酸酯，乙烯基树脂，丙烯腈，腈，砜等。在这些适合的材料中，水凝胶材料特别适合本发明。

根据本发明，当实施复合活性透镜的实施方案之一时，第一光学元件和 HOE 可被层压，或者 HOE 可以被包封在该第一光学元件中以形成活性透镜。另外，当使用非生物相容性 HOE 制造眼科活性透镜时，由于该 HOE 对角膜长期健康具有不利影响，该 HOE 优选被包封在第一光学元件中，使得该 HOE 不直接与眼睛环境接触。或者，如上面所讨论的，该活性透镜可以由生物相容性 HOE 制造，使得 HOE 能同时提供活性透镜的衍射和折射功能，如第一和第二光焦度。

图 9 说明本发明的另一个实施方案。一个双焦眼镜片 50 由提供一个光焦度且具有第一光焦度 52 的第一光学材料层和提供第二光焦度的 HOE54 层层压形成。这两个层分别制造，然后联接在一起，例如采用加热或粘合的方式。随后该复合透镜可以被加工来配合眼镜框，以提供一副双焦眼镜。第一光学材料 52 是已经用于制造眼镜的常用光学材料，例如玻璃，聚碳酸酯，聚甲基丙烯酸甲酯等，而 HOE 是任何如前面所述能够程序设计聚焦入射光的全息光学材料。或者，该双焦眼镜片可以由成型的 HOE 制造，使得在该 HOE 没有被激活时，其光学形状

提供折射光焦度，而在该 HOE 被激活时，其体积光栅结构提供衍射光焦度。

本发明的多焦光学透镜不象传统的双焦透镜，可以主动和选择性地控制，以在没有或基本没有来自透镜其它光焦度的光学干涉的同时提供一个所希望的光焦度。另外，该活性透镜的 HOE 具有可程序设计的性质，使得该透镜非常适合于矫正不容易被传统的矫正性光学透镜调节的屈光不正状况。例如，该活性透镜可以通过具体设计物体光和参考光的相互位置被程序设计，从而对不规则散光状况的角膜曲率的不均匀和变形提供矫正办法。

本发明通过下面的实施例作进一步的说明。但是这些实施例不应视为对本发明的限制。

实施例

实施例 1

将约 0.06ml 的 Nelfilcon A 透镜单体组合物放置在阴半模的中心部分，一个与之匹配的阳半模放置在该阴半模上方，形成透镜模具组件。阳半模与阴半模之间不接触，分开约 0.1mm。该透镜半模由石英制成，除直径约为 15mm 的中心圆形透镜部分以外的区域用铬掩蔽。简单地说，Nelfilcon A 由含有约 0.48mmol/g 丙烯酰胺交联剂的可交联改性聚乙烯醇制成。该聚乙烯醇含有约 7.5mol% 的醋酸酯单元。Nelfilcon A 的固体含量为约 31%，并含有约 0.1% 的光引发剂，Durocure®1173。该闭合的透镜模具组件放置在激光装置之下。该激光装置提供波长为 351nm 的两束相干准直 UV 激光，其中一束光穿过光学凸透镜，以在距离透镜模具组件 500mm 处形成焦点。该聚焦的光用作点光源物体光。在物体光和参考光的光路之间形成约为 7° 的角。该装置为 HOE 提供了一个附加的 2 屈光度的矫正光焦度。用约为 0.2 瓦的激光束对透镜单体组合物曝光约 2 分钟，以使该组合物完全聚合，并形成干涉条纹图案。由于该透镜模具中心部分以外的区域被掩蔽，在该模具圆形中心部分中曝光的透镜单体受到物体光和参考光的照

射，并发生聚合。打开该模具组件，将透镜留在阳半模中。再次将约 0.06ml 的 Nelfilcon A 透镜单体组合物放置在阴半模的中心部分，将阳半模连同已形成的透镜放置在阴半模的上方。该阳半模与阴半模之间分开约 0.2mm。除了将光学凸透镜从物体光装置处移开以外，使用激光装置对闭合的模具组件再次曝光。用激光束对单体组合物再次曝光约 2 分钟，以使该组合物完全聚合，并形成第二层干涉条纹图案。所得的复合透镜具有基于透镜且形状和透镜材料的折射率的光焦度以及可激活的+2 屈光度的附加矫正光焦度。

实施例 2

除了对第二层的激光装置作出改动以外重复实施例 1。对于第二层，重复第一层的光栅结构记录装置。所得 HOE 是组合型 HOE 且具有两层体积光栅结构。当在电子显微镜下观察 HOE 的横截面时，两层不同的体积光栅结构可清楚地看见。

实施例 3

使用在上面结合图 11 讨论的 HOE 程序设计装置生产组合型 HOE。该程序设计装置具有相同结构的物体光和参考光区。光源提供一束波长为 351nm 的准直紫外激光束，且当每束光进入光学材料支架时光源提供足够的传输能量 $1-2\text{mW}/\text{cm}^2$ 。两块相距约 50mm 的平石英板用作光学材料支架，并将足量的可交联光学材料放在光学材料中形成 14mm 直径的圆柱。所用的可交联光学材料是紫外吸收剂改性的 Nelfilcon A。通过加入 0.1wt% 的 StilbeneTM 420 来改性 Nelfilcon A，StilbeneTM 420 购自 Exitron 且为 2,2'-([1,1' - 联苯基] - 4,4' - 二基二-2,1- 乙烯二基) 双苯磺酸二钠盐。模具中的光学材料被物体光和参考光从两侧照射 4 分钟以从模具的两个平表面记录两层体积光栅结构。

所得组合型 HOE 为具有两层不同的 HOE 层的柔性水凝胶 HOE。两层 HOE 层中的每一层大约各占水凝胶 HOE 厚度的一半。

说明书附图

图 1

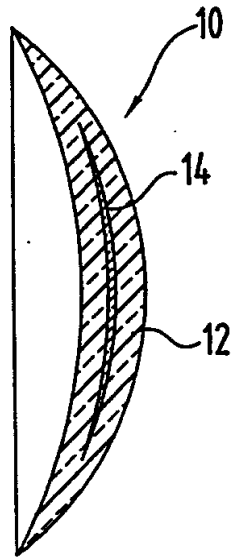


图 2

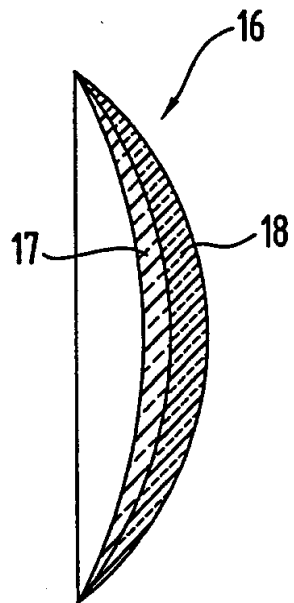
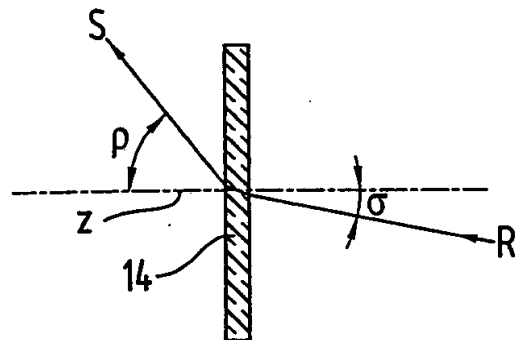


图 3

图 4

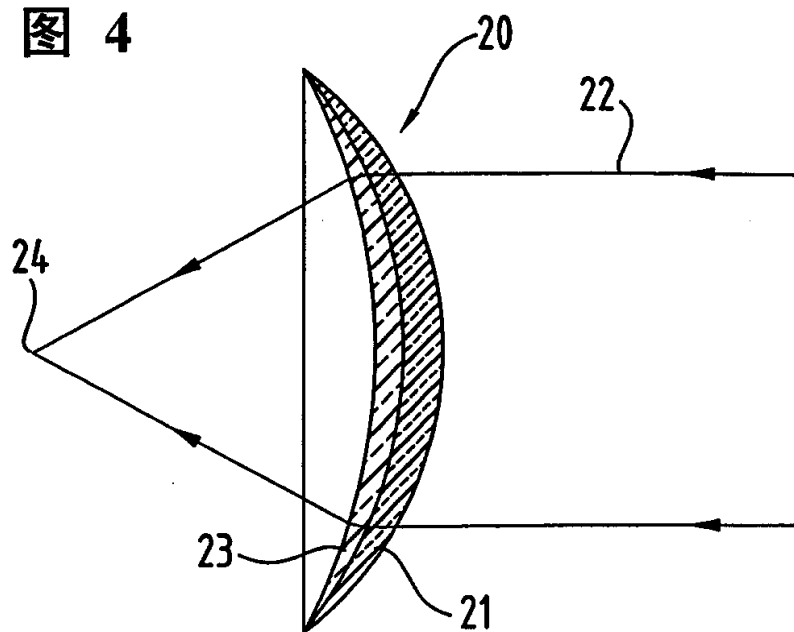


图 5

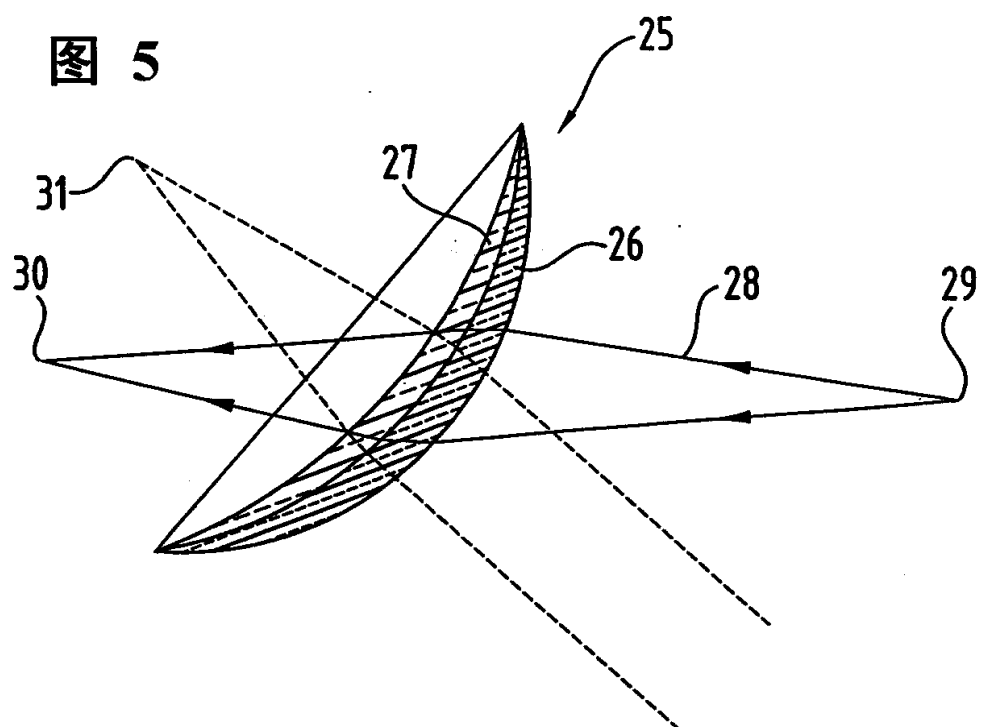


图 6

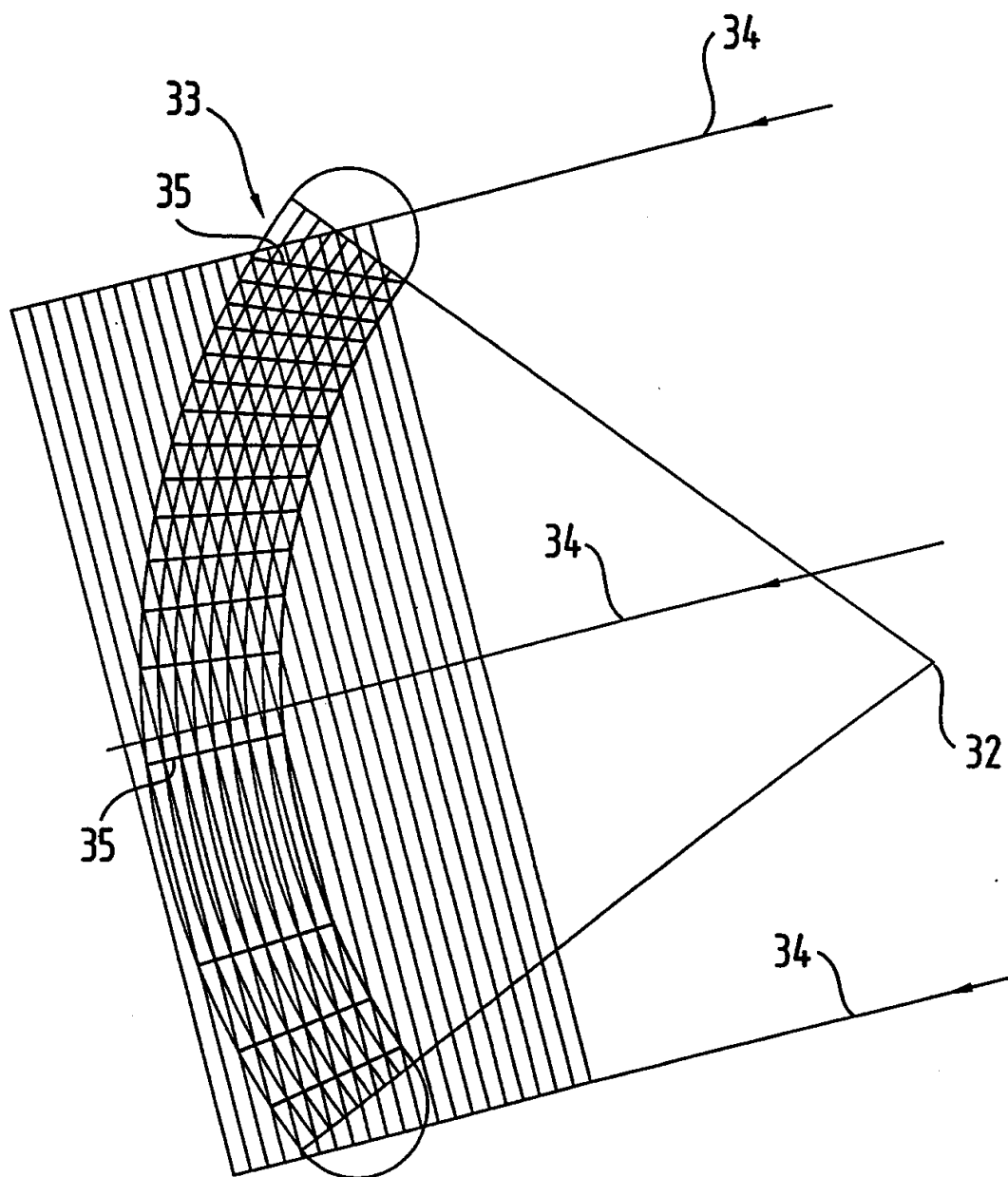


图 7

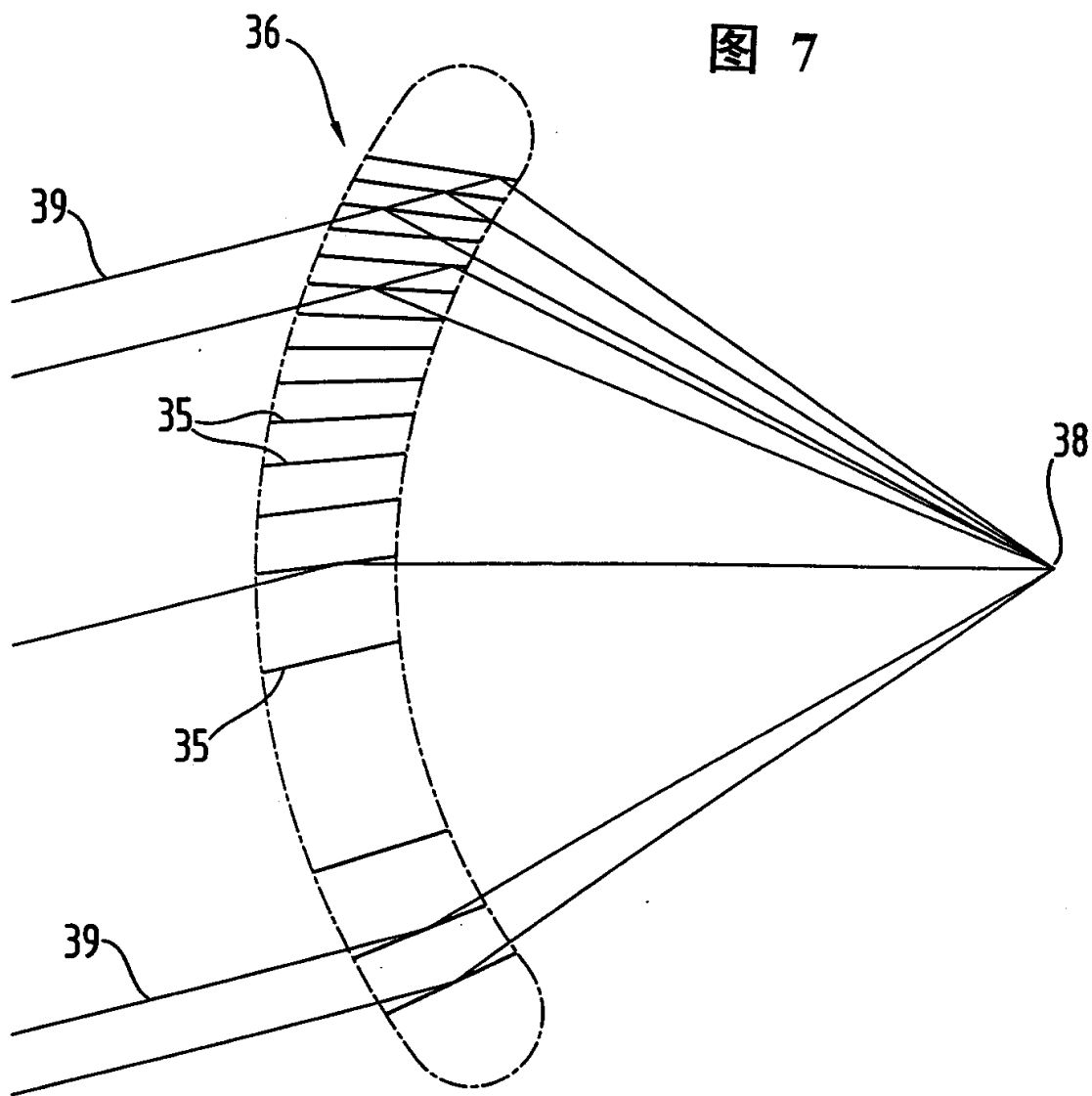


图 8

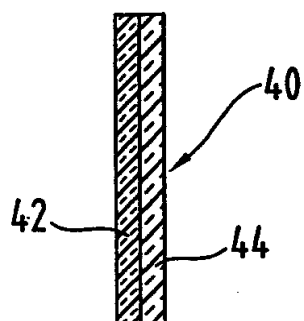


图 8A

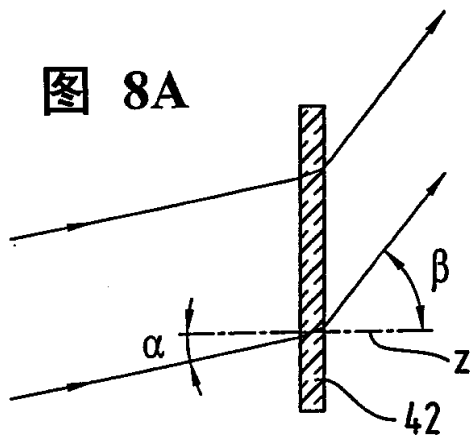


图 8B

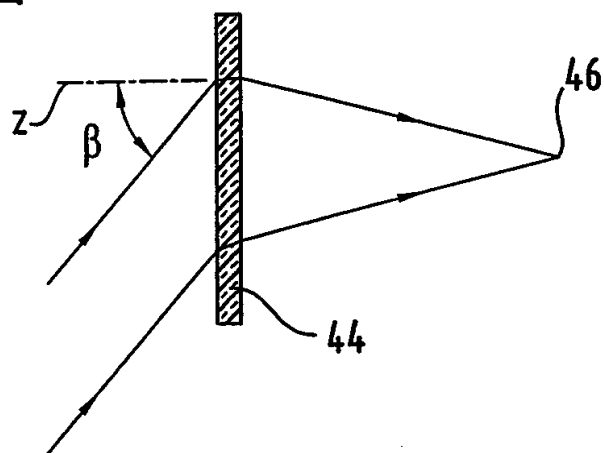


图 9

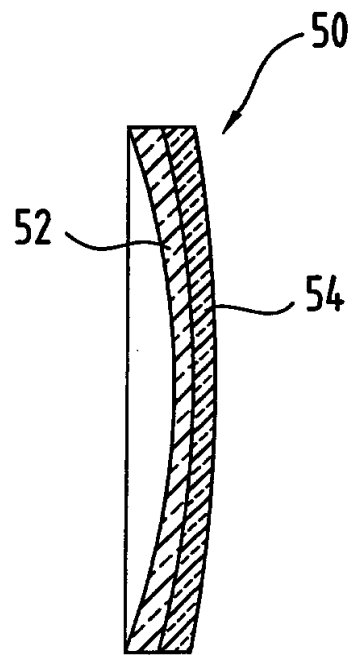


图 10

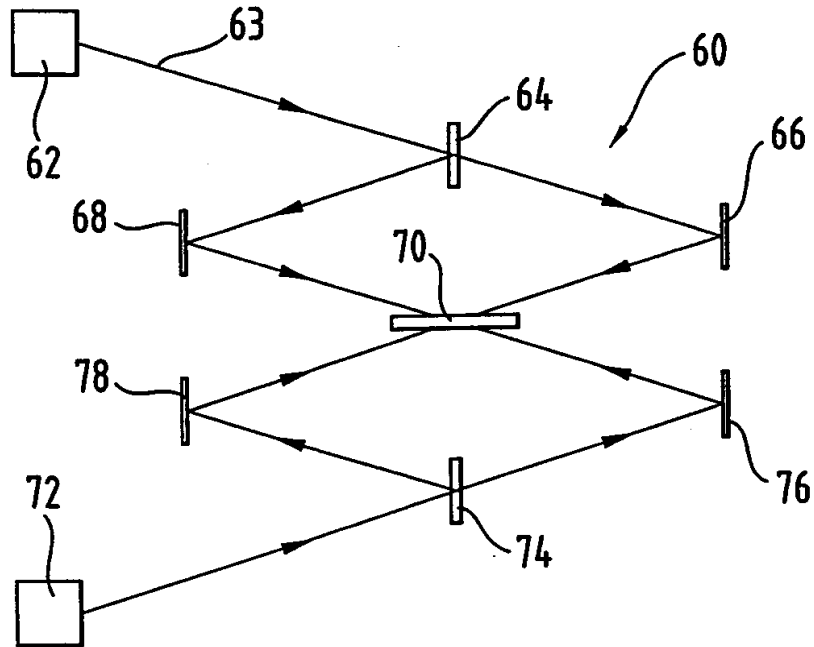


图 11

