

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103477268 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201280007005. 6

G02B 1/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 01. 18

A61F 2/16 (2006. 01)

(30) 优先权数据

1100820. 8 2011. 01. 18 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 07. 30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2012/050109 2012. 01. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02012/098398 EN 2012. 07. 26

(71) 申请人 米歇尔·奎隆

地址 英国伦敦

(72) 发明人 米歇尔·奎隆 塞西尔·麦萨

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理

有限责任公司 11204

代理人 余朦 王艳春

(51) Int. Cl.

G02C 7/04 (2006. 01)

G02C 7/08 (2006. 01)

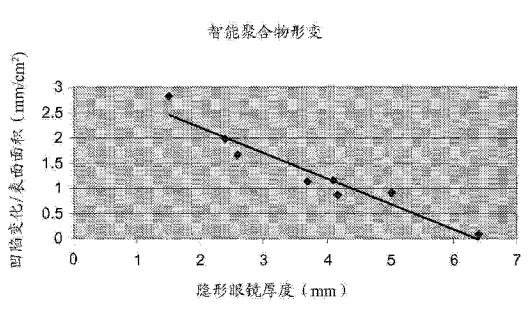
权利要求书3页 说明书16页 附图13页

(54) 发明名称

隐形眼镜

(57) 摘要

本发明提供一种隐形眼镜，其至少部分地由智能聚合物制造，隐形眼镜具有松弛状态并且当作用第一刺激时形成第一矫正形状，当作用第二刺激时，形成第二矫正形状，其中由处于松弛状态的隐形眼镜提供的矫正效果处于由第一、第二矫正形状提供的矫正视觉效果之间。



1. 一种隐形眼镜，至少部分地由智能聚合物制造，所述隐形眼镜具有松弛状态并且当作用第一刺激时形成第一矫正形状，当作用第二刺激时，形成第二矫正形状，其中由处于所述松弛状态的所述隐形眼镜提供的矫正效果处于由所述第一矫正形状、所述第二矫正形状提供的矫正视觉效果之间。

2. 根据权利要求 1 所述的隐形眼镜，其中由第一矫正、受激形状提供的视觉效果为近距离附加矫正。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的隐形眼镜，其中由第二矫正、受激形状提供的视觉效果为远距矫正。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述第一矫正形状和所述第二矫正形状在所述隐形眼镜的弯曲度方面不同。

5. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的隐形眼镜，其中，当发射所述第一刺激和 / 或所述第二刺激时，隐形眼镜形状的变化局限于所述隐形眼镜内的嵌入区域和 / 或后表面和 / 或前表面。

6. 根据权利要求 5 所述的隐形眼镜，其中所述嵌入区域位于所述隐形眼镜内的充气腔内。

7. 根据权利要求 5 或 6 所述的隐形眼镜，其中所述嵌入区域包括：部分或者全部由智能聚合物围绕的充气腔。

8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜包括腔，所述腔包括气体。

9. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述后表面和 / 或所述前表面呈环面形和 / 或非球面形。

10. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜为眼内透镜。

11. 根据权利要求 1 至 10 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜为角膜镶嵌透镜。

12. 根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜为角膜覆盖透镜。

13. 根据权利要求 1 至 12 中任一项所述的隐形眼镜，其中，所述第一刺激具有正极性，所述第二刺激具有负极性。

14. 根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的隐形眼镜，其中，所述第一刺激具有负极性，所述第二刺激具有正极性。

15. 根据权利要求 1 至 14 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述第一刺激和所述第二刺激为电场。

16. 根据权利要求 1 至 15 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述第一刺激和所述第二刺激为磁场。

17. 根据权利要求 1 至 16 中任一项所述的隐形眼镜，其中响应型聚合物改变所述隐形眼镜的折射率。

18. 根据权利要求 1 至 17 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述刺激由刺激发射器件产生。

19. 根据权利要求 18 所述的隐形眼镜，其中所述刺激发射器件嵌入在所述隐形眼镜

内。

20. 根据权利要求 18 或 19 所述的隐形眼镜，其中所述刺激发射器件为纳米芯片或微型芯片。

21. 根据权利要求 18 或 19 所述的隐形眼镜，其中所述刺激发射器件为电磁体。

22. 根据权利要求 1 至 21 中任一项所述的隐形眼镜，还包括用于监测眼球运动的器件。

23. 根据权利要求 22 所述的隐形眼镜，其中用于监测眼球运动的所述器件嵌入所述隐形眼镜中。

24. 根据权利要求 22 或 23 所述的隐形眼镜，其中用于监测眼球运动的所述器件为纳米芯片或微型芯片。

25. 根据权利要求 20 或 24 中任一项所述的隐形眼镜，其中同一芯片起所述刺激发射器件和用于监测眼球运动的所述器件的作用。

26. 根据权利要求 24 或 25 所述的隐形眼镜，其中所述芯片监测眼球运动，使得眼球运动的变化致使所述芯片发射所述刺激或如果已发射刺激，则改变所述刺激的量值。

27. 根据权利要求 24 或 25 所述的隐形眼镜，其中所述芯片监测视线，使得辐辏角的变化致使所述芯片发射所述刺激或如果已发射刺激，则改变所述刺激的量值。

28. 根据权利要求 24 或 25 所述的隐形眼镜，其中所述芯片跟踪所述隐形眼镜的旋转，使得旋转的变化致使所述芯片发射所述刺激或如果已发射刺激，则改变所述刺激的量值。

29. 根据权利要求 24 或 25 所述的隐形眼镜，其中所述芯片监测用户瞳孔中心之间的瞳孔间距离，并当所述瞳孔间距离改变时发射所述第一刺激或所述第二刺激。

30. 根据权利要求 24 或 25 所述的隐形眼镜，其中所述芯片监测右隐形眼镜与左隐形眼镜之间的距离，并当右隐形眼镜与左隐形眼镜之间的距离改变时发射所述第一刺激或所述第二刺激。

31. 根据权利要求 24 或 25 所述的隐形眼镜，其中所述芯片能够发射处于一系列量值的所述第一刺激和 / 或所述第二刺激。

32. 根据权利要求 24 或 25 所述的隐形眼镜，其中所述芯片能够发射处于一系列预定量值的所述第一刺激和 / 或所述第二刺激。

33. 根据权利要求 1 至 32 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜包括单个智能聚合物区域。

34. 根据权利要求 1 至 32 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜包括多个智能聚合物区域。

35. 根据权利要求 34 所述的隐形眼镜，其中存在于每个所述智能聚合物区域中的智能聚合物在所述刺激发射时产生相同类型的效果。

36. 根据权利要求 1 至 33 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜大体上完全地由智能聚合物形成。

37. 根据权利要求 1 至 36 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜包括：水凝胶、硅水凝胶、硅氧烷聚合物、聚(氨基甲酸酯)、聚(硅氧烷)、硅树脂、聚(甲基丙烯酸甲酯)、聚(乙烯醇)、聚(乙烯)、聚(乙烯基吡咯烷酮)、聚(甲基丙烯酸)、聚(丙烯酰胺)、聚(环氧乙烷)、聚(丙烯酸)、聚(环氧丙烷)、以及聚(2-羟基甲基丙烯酸乙酯)或其混合物。

38. 根据权利要求 1 至 37 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述智能聚合物包括电子型

电活性聚合物和 / 或离子型电活性聚合物。

39. 根据权利要求 38 所述的隐形眼镜，其中所述电子型电活性聚合物包括：介电型 EAP (例如硅树脂和丙烯酸系弹性体如丙烯酸系弹性体 VHB4910)、电致伸缩弹性体(例如聚氨酯弹性体、硅橡胶和电致伸缩接枝弹性体如与结晶基团接枝的柔性主链聚合物)、电致粘弹性弹性体(例如硅弹性体和半导体聚合物粒子)、压电聚合物、铁电聚合物(例如聚偏二氟乙烯 (PVDF) 和聚 [偏二氟乙烯 - 共 - 三氟乙烯] [P (VDF-TrFE)]) 和 / 或碳纳米管气凝胶或其混合物。

40. 根据权利要求 38 或 39 所述的隐形眼镜，其中所述离子型电活性聚合物包括：聚合物凝胶(例如聚丙烯酸、聚乙烯醇、改性聚丙烯腈)、聚电解质材料、离子型聚合物(可选地包括金属复合物)、离子交换聚合物金属基体复合物 (IPMC) (例如离子交换聚合物和镀金)、导电共轭聚合物(例如聚吡咯、聚苯胺)和 / 或碳纳米管或其混合物。

41. 根据权利要求 1 至 40 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述智能聚合物包括：壳聚糖、硫酸软骨素、透明质酸、藻酸盐、乙烯醇、烯丙胺、丙烯腈、2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、苯胺、2-羟基甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸、丙烯酸、乙烯磺酸、聚(2-羟基甲基丙烯酸乙酯)和壳聚糖、聚(乙烯醇)和聚(马来酸钠 - 共 - 丙烯酸钠)、藻酸盐 / 聚(二甲基二烯丙基氯化铵)、丙烯酸 / 乙烯磺酸水凝胶、基于聚丙烯酸 / 聚乙烯磺酸的水凝胶、聚(丙烯酸) - 共 - (丙烯酰胺) 凝胶、丙烯酸丙烯酰胺共聚物凝胶 PAAm、聚(乙烯醇) - 聚(丙烯酸) 凝胶、聚(乙烯醇) - 聚(丙烯酸钠)、具有与双丙烯酰胺交联的丙烯酸钠的聚丙烯酸、聚丙烯腈、聚丙烯酸钠 (PAANa)、明胶 / 聚(甲基丙烯酸羟乙酯) 水凝胶、聚电解质凝胶如乙烯基聚合物和聚电解质(透明质酸)、具有 TiO_2 粒子的聚(二甲基硅氧烷)，或其混合物。

42. 根据权利要求 1 至 41 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述智能聚合物包括：磁铁矿、钢化凝胶、金属(例如二氧化钛)粒子和 / 或金属镀层、金属复合物粒子和 / 或金属复合物镀层、高分子半导体粒子、聚 N- 异丙基丙烯酰胺聚(甲基丙烯酸羟乙酯)、苯乙烯 - 乙烯 / 丁烯 - 苯乙烯三嵌段聚合物凝胶、乙烯 - 乙烯醇共聚物、和 / 或其他聚电解质或添加剂、或其混合物。

43. 根据权利要求 1 至 42 中任一项所述的隐形眼镜，还包括：引发剂、表面活性剂、润湿剂、着色剂或染色剂、交联剂(例如戊二醛)、或其混合物。

44. 根据权利要求 1 至 43 中任一项所述的隐形眼镜，还包括电源。

45. 根据权利要求 44 所述的隐形眼镜，其中所述电源嵌入在所述隐形眼镜内。

46. 根据权利要求 1 至 45 中任一项所述的隐形眼镜，其中所述隐形眼镜是完备的。

47. 一对隐形眼镜，其中所述隐形眼镜之一或二者为根据权利要求 1 至 46 中任一项所述的隐形眼镜。

48. 一种套件，包括根据权利要求 1 至 47 中任一项所述的隐形眼镜中的一个或多个。

49. 根据权利要求 43 所述的套件，包括一对或多对根据权利要求 48 所述的隐形眼镜。

50. 根据权利要求 48 或 49 所述的套件，还包括本文中所包括的所述隐形眼镜的使用说明书。

隐形眼镜

[0001] 本发明涉及隐形眼镜，如隐形眼镜、眼内透镜、植入透镜、镶嵌透镜、覆盖透镜或任何其他眼科骨再折术装置。为便于参考，这些透镜全被称为“隐形眼镜”。因此，任何涉及“隐形眼镜(contact lenses)”、“隐形眼镜(contact lens)”、“隐形眼镜(lenses)”、“隐形眼镜(lens)”等应理解为至少包括上述透镜。

[0002] 因为隐形眼镜的流行程度已增大到超过使用眼镜来矫正视力，所以期望解决需要矫正近距观察和远距观察视力的用户所遭遇的问题。因此期望研发双焦的(两个焦点)，优选多焦的(两个以上焦点，包括连续变化的焦点和多个分离的焦点)隐形眼镜。

[0003] 已知双焦点隐形眼镜的布置的示例。被称为交替图像双光眼镜或交替视力双光眼镜的一个布置具有位于隐形眼镜上部的远距观察区域和位于隐形眼镜下部的近距观察部分。隐形眼镜的两部分通过延伸穿过直的或弯曲的隐形眼镜的线分离。对这些隐形眼镜典型设计的评论可见于 Ruben M. & Guillon M. (1994), 第 33 章 Presbyopia and Influence of Aging on Prescription of Contact Lenses (老花眼和老化对隐形眼镜处方的影响) (WJ Benjamin, IM Borish) Chapman&Hall, 伦敦, 英国。

[0004] 这些双焦隐形眼镜通过在笔直向前凝视和在向下凝视中采用不同位置而起作用。理论上，在笔直向前凝视中，瞳孔由远距区域覆盖，在向下凝视中，接触透镜较高而瞳孔由近距区域覆盖。然而，该布置存在某些缺点。

[0005] 该布置的一个缺点为难以精确控制隐形眼镜的移动，使得瞳孔交替地由远距和近距位置覆盖。为实现该目的，需要耗时且未必成功的有技巧过程。不能实现最优的瞳孔覆盖具有以下缺点：用户同时通过隐形眼镜的远距和近距部分观察，有时导致同时看到被称为“重影”的两个图形并且和利用眼镜所实现的相比惯常地导致视觉灵敏度的下降。

[0006] 第二缺点为对于光学地实现交替视力双焦，需要显著移动超过最舒适的位置，因此用户可能会感到一些不适。此外，可能必须在隐形眼镜上提供部件以在向下凝视中增加其移动，从而使隐形眼镜的近距观察部分位于瞳孔之前。然而，这些部件可增加隐形眼镜的厚度和不规则性，这样可导致差于传统的简单设计的舒适度。

[0007] 该布置的另一缺点为分离线使隐形眼镜的表面不连续。如果该线位于隐形眼镜的前表面上，其可挡住眼睑，造成不适，并将隐形眼镜拉错位从而至少暂时削弱用户的视力。如果分离线位于隐形眼镜的后表面上，其可对眼睛组织造成机械性创伤。

[0008] 已知通常称为同步图像双焦或多焦隐形眼镜的可替代性隐形眼镜布置。这些隐形眼镜通常由具有交替的远距与近距光焦度的两个或更多同心区域或者光焦度连续变化(逐渐地)的一个区域形成。两种选择都可得到。在第一种中，已知中心近距隐形眼镜，其中近距光焦度位于隐形眼镜中心处。在第二种中，已知具有相反布置的中心远距隐形眼镜。通常，对于光焦度逐渐变化的设计，近距部分位于中心处但是已知有相反的布置。通常在中心近距或中心远距设计中都可得到同心区域设计。(Ruben M. & Guillon M. (1994), 第 33 章 Presbyopia and Influence of Aging on Prescription of Contact Lenses (老花眼和老化对隐形眼镜处方的影响) (WJ Benjamin, IM Borish) Chapman&Hall, 伦敦, 英国。)

[0009] 这些隐形眼镜较之交替视力双焦隐形眼镜的一个益处为，不需要移动来实现双

焦。然而,其在远距和近距凝视过程中都需要优良的共轴性(centration)。该要求较之单视力隐形眼镜在使安装更严格方面是一个缺点。

[0010] 同步图像双焦或多焦隐形眼镜的主要缺点是,为了起作用,其一直将远距图像和近距图像聚焦在视网膜上。相关联的缺点为其产生较之利用单视力隐形眼镜或框镜获得的图像的质量更差的视网膜图像。例如,在远距凝视期间,仅瞳孔的一部分通过形成焦点对准图像的远距光学器件覆盖;瞳孔的其他部分由焦点未对准的中距和 / 或近距区域覆盖,该中距和 / 或近距区域使产生在视网膜上的图像质量下降并因此减小视觉功能,产生视觉疾病。在光线不足的情况下(如晚上用户在室内或驾驶),该问题尤其显著。相反的情况出现在近距凝视过程中,当瞳孔的一部分由焦点未对准的中间和 / 或远距区域覆盖时,降低了近距信号的质量。

[0011] 又一缺点是,瞳孔的尺寸在病人之间变化,更重要地对于每个病人具有不同水平的亮度。这样具有以下缺点:形成远距、近距或任何中距图像的光的准确百分比不受控制。已经提出多种建议以通过使用“瞳孔智能”布置和 / 或其中一个隐形眼镜有利于近距视力而另一隐形眼镜有利于远距视力的“双镜对”来解决该缺点。例如,一个隐形眼镜可具有中心近距设计,另一隐形眼镜可具有中心远距设计。然而,即使有这些修改,上述缺点仍然存在。尤其是,产生成比例的视网膜信号的聚焦光的强度减弱,导致物体之间对比度减低,降低其可视性。

[0012] 在另一可替代性布置中,建议使用具有不同折射率的两种材料来制造交替视力或同步视力双焦或者多焦隐形眼镜。然而,这些不同的制造方法不能克服前者的机械问题和后者的视觉问题。

[0013] 在其他可替代性布置中,利用衍射原理而不是折射原理制造同步视力双焦隐形眼镜。损害视力的缺点在两种情况中相似,另外大量的光损失,使得在晚上视力比利用折射型隐形眼镜更有问题。

[0014] US6511178、US5835192、US6179420、US5485228、和 US5448312 中提供了现有隐形眼镜的示例。

[0015] 在新近发展的可替代性布置中,隐形眼镜至少部分地由能够改变形状的所谓智能聚合物制造。

[0016] 智能聚合物为具有对外界刺激如温度、pH、离子强度、光、电场、磁场、剪切力或化学触发物做出反应的能力。响应型聚合物通常为聚合物网络。这些网络为聚合物 - 聚合物组合物,组成聚合物之间存在有利的相互作用。相互作用可以是共价键、库仑引力、氢键结、范德瓦尔斯引力、和诸如缠结的物理相互作用。

[0017] 响应型聚合物的示例可见于 US5503893、W097/00275、US4188373、US5252318、W095/24430、Katoaka K 等人, Journal of the American Chemical Society (美国化学学会期刊) 1998 年 12 月、Tanaka T 等人, Faraday Discuss, 101, 201 (1995)、Li Y, Hu Z, Chen Y, “Shape memory gels made by the modulated gel technology (通过调制的凝胶技术制造形状记忆凝胶)”, J Appl Poly Sci 63:1173-1178 (1997)、Hu Z, Science 269:525 (1995)、Tanaka 等人, Collapse of gels in an electric field (电场中的凝胶折叠), Science 218:457-469 (1982)、Osada Y, Ross-Murphy SB, 智能凝胶(Intelligent gels), Scientific American, 1993 年 5 月 pp42 以及 Karauchi T 等人, “Deformation behaviours

of polymer gels in electric field(电场中聚合物凝胶的形变行为)”在 Polymer Gels. Ed. 以及 D. DeRossi 等人, PlenumPress, NY, 1991, pp237, 其通过应用并入本文。

[0018] GB2410029 中提供了包括智能聚合物的隐形眼镜的示例, 其通过引用并入。当这些隐形眼镜克服与上述更传统的隐形眼镜使用相关联的多个问题时, 最近发现, 取决于所使用的智能聚合物、隐形眼镜需要提供的矫正度数以及隐形眼镜类型, 可能在某些环境中需要改进。

[0019] 更具体地, 在某些情况下, 已经发现若干智能聚合物, 随着重复的刺激表现出疲劳并且逐渐地开始不能回到其原来的形状。为了避免疑惑, 如本文中所使用的与智能聚合物相关的术语“疲劳”不仅以其文字方式使用而且还包括可能由于条件如迟滞或智能聚合物区域中存在残留电荷而出现的聚合物不能回到其原来形状或任何活性损失。

[0020] 另外, 对于某些隐形眼镜类型, 如眼内透镜, 具有较少弯曲表面的更厚隐形眼镜的使用是优选的。这种隐形眼镜需要百分比形式的更大的隐形眼镜曲线变化以有效地起作用。已经发现, 改变智能聚合物形状所需刺激的量值与隐形眼镜厚度之间存在一定程度的比例性。还已经发现, 无论隐形眼镜厚度如何, 刺激的量值与曲率变化程度之间存在一定程度的比例性。因此, 当需要厚的且相对较小弯曲的隐形眼镜时, 改变智能聚合物形状所需刺激的量值可能较高。

[0021] 为进行说明, 由 PVA/PAA 制备现有眼内透镜的智能聚合物隐形眼镜布置。100mA 施加到从 1mm 到 6mm 的不同厚度的样本上。记录凹陷的变化(mm 每隐形眼镜表面面积, cm^2), 图 1 示出了结果。如所看到的, 观察到凹陷与隐形眼镜厚度之间大体上线性的关系。

[0022] 预测具有 0.250mm 到 0.050mm 之间的厚度的隐形眼镜和具有平均的典型厚度为 0.070mm 到 0.120mm (角膜隐形眼镜的典型厚度)的隐形眼镜的凹陷程度的结果的外推将分别给出 3.18mm 的变形和 3.16mm 的形变。

[0023] 因此期望提供克服以上缺陷和缺点的双焦或多焦隐形眼镜。

[0024] 因此, 根据第一方面, 提供至少部分地由智能聚合物制造的隐形眼镜, 该智能聚合物具有松弛状态并且当作用第一刺激时形成第一矫正形状, 当作用第二刺激时形成第二矫正形状。

[0025] 本发明的隐形眼镜能够提供至少两个视力矫正度数。例如, 第一或第二受激形状可提供远距矫正而第一或第二受激形状中另一个可提供近距附加矫正。

[0026] 处于松弛状态的隐形眼镜形状优选提供相对于由第一或第二受激形状提供的矫正度数为中等的视力矫正度数。处于松弛状态的隐形眼镜形状可以是受激的第一形状与第二形状之间的任何形状。由处于松弛状态的隐形眼镜形状提供的视觉效果不需要提供任何有益于病人的效果。为避免任何疑惑, 如本文所使用的术语“中等”不必意味着当隐形眼镜处于松弛状态时的矫正程度处于由第一、第二受激形状提供的矫正程度的中间处。

[0027] 折射效果可使用本领域中已知的任何技术来定量。最优选使用屈光度单位来将视觉效果和矫正度数定量。

[0028] 例如, 如果病人需要 -4.00D 的远距矫正和 +2.00D 的近距附加矫正, 第一、第二受激形状将提供这些矫正度数。隐形眼镜处于松弛状态时的形状可提供 -3.00D 的中等矫正度数, 该矫正度数本身可以或可以不提高病人的视力。

[0029] 在这种布置中, 虽然隐形眼镜能够提供三个矫正度数, 但是因为仅两个对病人有

益,所以隐形眼镜可认为是双焦而不是三焦的。

[0030] 在可替代性布置中,隐形眼镜处于松弛状态时所提供的矫正度数提供最优的中等矫正,因此可认为是三焦点隐形眼镜。

[0031] 优选地,隐形眼镜处于松弛状态时所提供的视觉效果度数处于由第一、第二矫正形状所提供的视觉矫正度数中间处。然而,这并不是必须的以及在某些情况中,可能优选由隐形眼镜处于松弛状态时所提供的视觉矫正度数比第二形状更接近由第一形状提供的视觉矫正度数,或反之亦然。

[0032] 本发明的隐形眼镜的一个主要优点是在任何方向上作用在隐形眼镜上以实现由第一或者第二受激形状提供视觉矫正的刺激的量值比在现有的智能聚合物隐形眼镜中低,其中现有的智能聚合物隐形眼镜仅在一个方向上在矫正极限之间改变形状。

[0033] 通过减少在给定方向上作用在智能聚合物隐形眼镜上的刺激的量值,对疲劳更敏感的智能聚合物(即,不太可能在反复受到触发刺激后恢复原来的形状)的使用将成为可能。此外,对于任何智能凝胶,减少刺激的幅度以及因此减少形变的幅度具有以下优点:减少凝胶疲劳以及改进聚合物在其整个期望的生命周期中的响应。

[0034] 除减少刺激的量值之外,当隐形眼镜形状从松弛状态调整到第一和/或第二受激形状中任一个时,机械改变的量值也低于在矫正极限之间改变形状的现有智能隐形眼镜中的机械改变的量值。清楚地,在敏感的组织中,使诸如隐形眼镜的装置的机械运动程度最小是有利的,因为减少或消除了组织紊乱的风险以及隐形眼镜不希望有的移动。

[0035] 对于某些隐形眼镜类型,例如眼内隐形眼镜,可能优选更厚的隐形眼镜。已发现,实现提供期望矫正度数的形状所需的刺激量值通常与智能聚合物隐形眼镜的厚度成比例。例如,对于给定的电刺激,约以因子3减小厚度将以因子2.5增加响应的量值。然而,提供在这种隐形眼镜内发射高量值刺激的装置具有挑战性。此外,在隐形眼镜中发射强刺激增加了与隐形眼镜邻近的组织紊乱或不适的风险。因此,在已知的智能聚合物隐形眼镜中,隐形眼镜的最大厚度是有限的。

[0036] 有利地,通过使用处于松弛状态时的中等光焦度,本发明允许使用比现有智能聚合物隐形眼镜更低量值的刺激,因此允许更厚的隐形眼镜以比现有技术更低量值的刺激起作用,并且还允许比现有技术更低量值的刺激在视力矫正方面制造相同的差别。

[0037] 本发明的隐形眼镜可以是多焦的,即,如果需要其可能够采取三个或更多形状。在优选实施方式中,隐形眼镜适于不但形成当处于松弛状态时的形状及第一、第二受激形状,而且还形成另外的形状。例如,当发射第一刺激时,隐形眼镜将呈第一形状。然而,如果减小第一刺激的量值,而不是消除,那么隐形眼镜可呈松弛状态与第一受激形状之间的形状,提供比由隐形眼镜的第一受激形状所提供的视觉效果缓和的视觉效果。隐形眼镜可设置成使得能够在一定范围内发射第一和/或第二刺激,意即可提供一系列矫正光焦度。可替代地,可在固定的量值水平上发射刺激,意即隐形眼镜提供一系列固定的矫正光焦度。

[0038] 例如,处于其松弛状态的隐形眼镜可具有-3.00D的矫正光焦度。当受到刺激时,例如负电流,隐形眼镜改变形状并且矫正光焦度的改变可以是-0.50D,导致矫正光焦度为-3.50D。另外的负电流可在-0.50D的矫正光焦度中创造另外的改变,导致提供矫正光焦度为-4.00D的远距隐形眼镜形状。施加相反的离散刺激可使矫正光焦度改变+0.50D,然后第二电流输入可在矫正光焦度方面导致另外+0.50D的改变,从而导致提供矫正光焦度

为 -2.00D 的隐形眼镜形状。

[0039] 隐形眼镜处于松弛状态时和处于第一和第二受激形状的隐形眼镜可呈任何形式，假设每个形状，尤其第一和第二受激形状，对用户的视力提供不同的矫正度数。隐形眼镜形状的变化可局限于前表面和 / 或后表面和 / 或隐形眼镜内的嵌入区域。此外，嵌入区域的变化可独立地导致所需的矫正光焦度变化，或在隐形眼镜的前表面和 / 或后表面的曲率中创造变化，该变化导致所有的或一部分近距附加以产生所需的矫正范围。

[0040] 无论隐形眼镜是否包括嵌入区域，隐形眼镜都可设有腔。腔优选包括，并且可充有气体，例如空气。在隐形眼镜包括嵌入区域的实施方式中，嵌入区域可或可不位于腔中。另外或可替换地，嵌入区域可包括自己的腔，其优选包括，并且可充有气体，例如空气。通过在隐形眼镜中提供腔，显著地减少了获得矫正形状所需的刺激量值。

[0041] 下面将例示通过改变曲率半径来比较两种隐形眼镜的矫正光焦度，其中第一隐形眼镜包括位于隐形眼镜体内的嵌入区域，第二隐形眼镜包括位于空气填充的腔内的嵌入区域。

[0042] 例如，如果制成嵌入区域的材料折射率为 1.39，制成隐形眼镜其他部分的材料折射率为 1.37，空气折射率为 1.00，所述隐形眼镜的曲率半径为 10mm 和 9mm，将得到以下矫正光焦度：

[0043]

$$\text{矫正光焦度 } (D) = \frac{\text{折射率之差}}{\text{曲率半径 } (M)}$$

[0044] 10mm 的曲率半径：

[0045]

$$\text{第一隐形眼镜: } \frac{(1.39-1.37)}{0.01} = 2.00D$$

[0046]

$$\text{第二隐形眼镜: } \frac{(1.39-1.00)}{0.01} = 39.00D$$

[0047] 9mm 的曲率半径：

[0048]

$$\text{第一隐形眼镜: } \frac{(1.39-1.37)}{0.009} = 2.22D$$

[0049]

$$\text{第二隐形眼镜: } \frac{(1.39-1.00)}{0.009} = 43.33D$$

[0050] 因此，可看到曲率半径减少 1mm 致使第一隐形眼镜（其中隐形眼镜体内存在嵌入区域）的矫正光焦度改变 +0.22D，而相同的曲率半径减少致使第二隐形眼镜（其中嵌入区域位于腔中）的矫正光焦度变化 +4.33D。

[0051] 因此，对于第一隐形眼镜实现矫正光焦度变化例如 1.00D 所需的弯曲度变化（以及因此所需的刺激量值）将显著高于第二隐形眼镜所需的弯曲度变化。

[0052] 在某些实施方式中，第一和第二矫正、受激形状可在隐形眼镜的曲度方面不同。例

如,第一形状可以是高度弯曲的而第二形状可仅具有低的弯曲度。

[0053] 另外或可替换地,隐形眼镜的内表面和 / 或外表面可改变形状。这在以下布置中是优选的:通常较少弯曲的隐形眼镜或透镜曲率的显著变化不可接受,例如在眼内透镜中。

[0054] 在本发明的优选实施方式中,前表面改变形状以提供远距 / 近距和 / 或任何中距附加矫正,并且后表面可呈环面形以矫正散光。当应用至安装在眼睛之前的隐形眼镜时,该布置尤其是优选的。

[0055] 在本发明的可替代性优选实施方式中,后表面改变形状以提供远距 / 近距和 / 或任何中距附加矫正,并且前表面可呈环面形以矫正散光和 / 或呈非球面以矫正高阶像差。

[0056] 在本发明的另一优选实施方式中,隐形眼镜包括充气的腔并且嵌入区域位于其中,嵌入区域的前表面和 / 或后表面改变形状以提供远距 / 近距和 / 或任何中距附加矫正,并且整体隐形眼镜的前表面和 / 或后表面可呈环面形以矫正散光和 / 或呈非球面以矫正高阶像差。当应用至眼内透镜时,该布置尤其优选。

[0057] 智能聚合物可包括在隐形眼镜的一个或多个智能聚合物区域中。在优选实施方式中,隐形眼镜包括仅一个智能聚合物区域。在存在多个智能聚合物区域的可替代性布置中,智能聚合物区域优选都由于刺激发射而导致相同类型的效果,例如都扩大或都缩小。

[0058] 第一、第二刺激可独立地为能够引起智能聚合物形变的任何触发物,例如温度、pH、离子强度、光、电场、磁场、剪切力、或化学触发物。然而,设想在大多数布置中,第一、第二刺激都为相同类型的刺激。

[0059] 第一、第二刺激可在其量值和 / 或极性方面不同。例如,当第一、第二刺激都是电流时,第一刺激可以是具有第一量值和 / 或一系列量值的正电势,第二刺激可以是具有第二量值和 / 或一系列量值的正电势。可替代地,第一刺激可以是正电势和 / 或一系列正电势,第二刺激可以是负电势和 / 或一系列负电势,或反之亦然。

[0060] 在第一刺激为正而第二刺激为负的布置中,另一优点为由于重复受到第一刺激的智能聚合物中任何潜在疲劳或持续形变将被消除或至少通过受到第二刺激而减少。

[0061] 对于本发明的目的,其中术语“极性”、“正”和“负”与第一、第二刺激相关地使用,虽然这些术语通常用于描述电学或磁性信号的特性,但这些术语不仅适用于电学或磁性刺激。这些术语还可用于其他类型的刺激。例如,如果刺激改为 pH,增加两个 pH 单位或子单位应描述为正刺激,而减小两个 pH 单位或子单位应描述为负刺激,具有与第一刺激相反的极性。

[0062] 本发明的隐形眼镜可完全由智能聚合物形成。可替代地,其可部分地由通常使用的隐形眼镜材料形成并且包括由智能聚合物形成的区域。在一种布置中,响应型聚合物将仅包括光学区域和 / 或将嵌入隐形眼镜和 / 或组成隐形眼镜的前部或后部的一部分或全部。

[0063] 能够改变形状的任何合适的响应型聚合物凝胶可用于本发明。聚合物凝胶优选与眼睛组织相容。如果聚合物凝胶不与眼睛组织相容,其可包括在隐形眼镜内,以避免聚合物与眼睛组织的直接相互作用。尤其优选的是在环境条件改变的情况下和 / 或当施加诸如电场或磁场的刺激时改变形状的聚合物凝胶。聚合物还可存在折射率变化。

[0064] 可用于本发明隐形眼镜(具有智能聚合物的内部区域和 / 或外部区域)的聚合物的示例包括:水凝胶、硅水凝胶、硅氧烷聚合物、聚(氨基甲酸酯)、聚(硅氧烷)、硅树脂、聚(甲

基丙烯酸甲酯)、聚(乙烯醇)、聚(乙烯)、聚(乙烯基吡咯烷酮)、聚(甲基丙烯酸)、聚(丙烯酰胺)、聚(环氧乙烷)、聚(丙烯酸)、聚(环氧丙烷)、以及聚(2-羟基甲基丙烯酸乙酯)或其混合物。

[0065] 可包括在部分或全部由电气脉冲刺激的本发明的隐形眼镜中的智能聚合物优选为电子型电活性聚合物(由于响应于电场的电子迁移而改变形状或尺寸形状的聚合物)或离子型电活性聚合物(由于响应于电场的离子迁移而改变形状或尺寸形状的聚合物)。本领域技术人员应理解,电子型 EAPs 通常为干聚合物而离子型 EAPs 通常为湿的和 / 或包括电解溶液。然而,当用于本发明的隐形眼镜时,这些 EAPs 不必限于此。

[0066] 可用于本发明的隐形眼镜的电子型 EAPs 的示例包括:介电型 EAP (例如硅树脂和丙烯酸系弹性体如丙烯酸系弹性体 VHB4910)、电致伸缩弹性体(例如聚氨酯弹性体、硅橡胶和电致伸缩接枝弹性体如与结晶基团接枝的柔性主链聚合物)、电致粘弹性弹性体(例如硅弹性体和半导体聚合物粒子)、压电聚合物、铁电聚合物(例如聚偏二氟乙烯(PVDF) 和聚[偏二氟乙烯 - 共 - 三氟乙烯][P(VDF-TrFE)]) 和 / 或碳纳米管气凝胶或其混合物。

[0067] 可用于本发明的隐形眼镜的离子型 EAPs 的示例包括:聚合物凝胶(例如聚丙烯酸、聚乙烯醇、改性聚丙烯腈)、聚电解质材料、离子型聚合物(可选地包括金属复合物)、离子交换聚合物金属基体复合物(IPMC) (例如离子交换聚合物和镀金)、导电共轭聚合物(例如聚吡咯,聚苯胺)和 / 或碳纳米管或其混合物。

[0068] 可用于制备响应型材料的天然或合成聚合物的示例和特殊示例包括:壳聚糖、硫酸软骨素、透明质酸、藻酸盐、乙烯醇、烯丙胺、丙烯腈、2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、苯胺、2-羟基甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸、丙烯酸、乙烯磺酸、聚(2-羟基甲基丙烯酸乙酯)和壳聚糖、聚(乙烯醇)和聚(马来酸钠 - 共 - 丙烯酸钠)、藻酸盐 / 聚(二甲基二烯丙基氯化铵)、丙烯酸 / 乙烯磺酸水凝胶、基于聚丙烯酸 / 聚乙烯磺酸的水凝胶、聚(丙烯酸)-共-(丙烯酰胺)凝胶、丙烯酸丙烯酰胺共聚物凝胶 PAAm、聚(乙烯醇)-聚(丙烯酸)凝胶、聚(乙烯醇)-聚(丙烯酸钠)、具有与双丙烯酰胺交联的丙烯酸钠的聚丙烯酸、聚丙烯腈、聚丙烯酸钠(PAANa)、明胶 / 聚(甲基丙烯酸羟乙酯)水凝胶、聚电解质凝胶如乙烯基聚合物和聚电解质(透明质酸)、具有 TiO₂ 粒子的聚(二甲基硅氧烷),或其混合物。

[0069] 可用于制备响应型材料的成分的其他示例包括:磁铁矿、褐铁矿、金属(例如二氧化钛)粒子和 / 或金属镀层、金属复合物粒子和 / 或金属复合物镀层、高分子半导体粒子、聚N-异丙基丙烯酰胺聚(甲基丙烯酸羟乙酯)、苯乙烯 - 乙烯 / 丁烯 - 苯乙烯三嵌段聚合物凝胶、乙烯 - 乙烯醇共聚物、和 / 或其他聚电解质或添加剂、或其混合物。

[0070] 在本发明的某些方面中,本领域技术人员公知的额外的添加剂可用于本发明的隐形眼镜(存在于隐形眼镜中的智能聚合物的内部区域和 / 或外部区域)。额外的添加剂的示例包括一个或多个引发剂、表面活性剂、润湿剂、着色剂或染色剂、交联剂(例如戊二醛)、或其混合物。

[0071] 现有智能聚合物隐形眼镜用户所遇到的一个问题为较慢的响应时间,即刺激发射与实现矫正形状之间流逝的时间。例如,在 WO2006/055707 中,观察到 0 到 15 秒的响应时间。需要提供能够在亚秒响应时间内提供矫正形状的隐形眼镜。因此,在本发明的一个优选实施方式中,隐形眼镜独立地表现出约为 1 秒或更少的第一响应时间(当发射第一刺激时用于隐形眼镜从松弛状态改变到第一矫正形状所用的时间)和 / 或第二响应时间(当发射

第二刺激时用于隐形眼镜从松弛状态改变到第二矫正形状所用的时间),更优选约 0.8 秒或更少、约 0.6 秒或更少、约 0.5 秒或更少、约 0.4 秒或更少、约 0.3 秒或更少、约 0.2 秒或更少、约 0.1 秒或更少、或约 0.05 秒或更少。

[0072] 另外或可替换地,本发明的隐形眼镜优选具有约为 1 秒或更少的第一弛豫时间(当停止第一刺激时用于隐形眼镜从第一矫正形状恢复到松弛状态所用的时间)和 / 或第二弛豫时间(当停止第二刺激时用于隐形眼镜从第二矫正形状恢复到松弛状态所用的时间),更优选约 0.8 秒或更少、约 0.6 秒或更少、约 0.5 秒或更少、约 0.4 秒或更少、约 0.3 秒或更少、约 0.2 秒或更少、约 0.1 秒或更少、或约 0.05 秒或更少。

[0073] 如通过本发明的描述将理解,本发明的一个主要的目的为提供能够快速地在停止第一或第二刺激后重复、可靠地恢复到其原来的、松弛状态。本隐形眼镜的一个主要优点为其对疲劳的抵抗力,即在重复地在一个矫正形状保持延长的时段后,隐形眼镜不能完全恢复到其松弛的、天然形状。因此,使用形状记忆智能聚合物(设计成当受到第一刺激时得到形状,并且当停止发射刺激时部分地或全部地保持其形状)在本发明中并不优选。因此,用于本发明本隐形眼镜的智能聚合物优选包括少于约 50% 的形状记忆聚合物、少于约 20% 的形状记忆聚合物、少于约 10% 的形状记忆聚合物、少于约 5% 的形状记忆聚合物、或最优选少于约 1% 的形状记忆聚合物。

[0074] 如上所述,在本发明的背景中,术语“隐形眼镜”用来表示各种隐形眼镜,包括覆盖透镜和镶嵌透镜。镶嵌透镜和覆盖透镜适于植入前部基质或正好在角膜上皮之下。镶嵌透镜和覆盖透镜通常具有不同于角膜形状的不变的形状;对于矫正近视的隐形眼镜,其形状比角膜更少弯曲,而对于矫正远视的隐形眼镜,其形状比角膜更弯曲。还可通过使用覆盖透镜或镶嵌透镜来矫正散光,该覆盖透镜或镶嵌透镜在不同方向上具有不同曲率从而引入了球面矫正和散光矫正。

[0075] 在本发明的实施方式中,镶嵌透镜或覆盖透镜至少部分地由智能聚合物形成并且能够在受到第一、第二刺激和 / 或一系列刺激时改变形状。

[0076] 通过使用镶嵌透镜或覆盖透镜所提供的一个优点为,隐形眼镜将由眼外科医生放入眼睛中,因此不需要稳定系统来执行。

[0077] 改变隐形眼镜形状的刺激可由隐形眼镜周围的眼睛环境或可替代地由隐形眼镜内的任何人工器件提供。

[0078] 装置可包括检测器,以及单独地用于引起刺激的装置。

[0079] 在一种布置中,嵌入一个或两个隐形眼镜的装置将引起局部变化,该局部变化触发响应型聚合物可逆地从松弛状态改变到第一、第二、或任何另外的矫正、受激形状。

[0080] 用于改变隐形眼镜表面形状或隐形眼镜的嵌入部分形状的第一、第二刺激可由嵌入在隐形眼镜自身中的器件产生的电场来提供。可使用用于提供电场的任何合适方法。在一种布置中,可将芯片嵌入隐形眼镜中。芯片可以是纳米芯片或微型芯片,并且通常配置成使得其为用户不可见。芯片可由任何合适方法触发以发射电刺激。

[0081] 用于改变隐形眼镜表面形状或隐形眼镜的嵌入部分形状的第一、第二刺激可由嵌入在隐形眼镜自身中的刺激发射器件产生的电场来提供。可使用用于提供磁场的任何合适方法。在一种布置中,可将芯片嵌入隐形眼镜中。芯片可以是纳米芯片或微型芯片,并且通常配置成使得其为用户不可见。芯片可由任何合适方法触发以发射磁场。

[0082] 在优选布置中,本发明的隐形眼镜包括电源。其可用于直接向隐形眼镜发射第一刺激和 / 或第二刺激。可替代地,电源可用于驱动刺激发射器件。例如,当用于驱动隐形眼镜从松弛状态改变到第一矫正形状或第二矫正形状的刺激为磁场时,电源可配置成向电磁体供电,该电磁体当供电时发射第一刺激或第二刺激。可替代地,当刺激发射器件为嵌入隐形眼镜正确的芯片时,电源可配置成向芯片供电,然后该芯片将发射具有正确量值的电荷。可替代地,芯片可配置成还起电源的作用。

[0083] 电源可以是能够直接或间接提供适量电能以导致隐形眼镜从松弛状态改变到第一、第二矫正形状的任何类型。在优选实施方式中,电源为化学电池、预充电电池、能够从环境(例如太阳能的)和 / 或人体获得能量的电池。

[0084] 在尤其优选的实施方式中,电源部分或全部嵌入在隐形眼镜内。这是有利的,因为用户不必保证,当隐形眼镜被佩戴时,辅助电源供给带在他们身上。在最优先的实施方式中,隐形眼镜是完全完备的,即其操作所需的所有隐形眼镜部件部分或全部嵌入在隐形眼镜内。

[0085] 本发明的隐形眼镜优选包括用于监测眼球运动的器件。在优选布置中,微型芯片或纳米芯片起作用以监测眼球运动。相同或不同的芯片可用于发射刺激和监测眼球运动。

[0086] 在一种布置中,芯片监测眼球运动,并且眼球运动的变化将致使芯片发射使响应型聚合物根据需要改变到第一或第二矫正形状所需的刺激。监测眼球运动可由芯片自己或由与芯片通信的单独的检测器执行。

[0087] 例如,当用户向内凝视时可触发芯片,并且隐形眼镜可从松弛状态改变到第一矫正形状,而在优选实施方式中第一矫正形状提供近距附加矫正,从而用户能够清楚地聚焦在邻近的材料上。然后当用户朝向远距物体凝视时,可停止第一刺激的发射而可触发第二刺激,从而致使隐形眼镜从第一形状短暂地改变到松弛状态然后改变到第二形状,而第二形状在优选实施方式中提供远距矫正。

[0088] 在一种可替代性布置中,芯片或单独的检测器可识别瞳孔间距离,瞳孔间距离为左右眼睛瞳孔之间的距离。当用户向前平视时,两眼之间的距离最大。在一种布置中,可以期望的是芯片发射第二刺激,以致使隐形眼镜改变到优选提供远距矫正的第二形状。然后当用户看离其更近的点时,其眼睛瞳孔一起靠得更近并且这将被检测到。芯片将对距离的变化作出反应,而这将触发发射第一刺激,第一刺激致使隐形眼镜从松弛状态改变到第一形状,而第一形状优选提供近附加矫正并将允许用户聚焦在离他们更近的点上。

[0089] 在更优先实施方式中,如果用户要看更近的点,致使其眼睛一起靠得更近,由芯片产生的第一刺激的量值将改变为在隐形眼镜的形状中导致成比例的变化,该变化将改变隐形眼镜的光焦度。

[0090] 另外或可替换地,芯片将监测两个隐形眼镜的相对距离。当用户从远距凝视改变为近距凝视时,隐形眼镜与眼睛一起移动并靠得更近,因此跟踪两个隐形眼镜之间的距离。两个隐形眼镜之间相对距离的变化将导致与所需的远距矫正度数成比例的第二刺激量值的连续或者离散的变化,以允许用户连续地聚焦在所关心的点上。

[0091] 因此在最优先布置中,隐形眼镜将提供用于所有聚焦距离的准确矫正。利用响应型聚合物,这将是特别有可能的,该响应型聚合物具有足够快的反应时间,使得变化不会由用户注意到,从而用户一直体验清楚视力。

[0092] 在可替代性优选布置中,隐形眼镜设置成使得具有预定量值的第一、第二刺激根据需要且当需要时发射,而不是改变的第一、第二刺激的量值与需要的矫正度数成比例。

[0093] 除第一、第二刺激导致形状改变外,刺激可诱发折射率改变。

[0094] 本发明的隐形眼镜有利地产生正确的矫正光焦度,该矫正光焦度用于在任一时刻眼睛所对准的距离(例如当驾驶时的远距视觉,看表板时的中距视觉或当看地图时的近距视觉)。

[0095] 为使矫正光焦度的调整能够实现,隐形眼镜必须能够检测所关心物体的距离。这可通过测量两个隐形眼镜之间的相对距离或可替代地瞳孔间距离来实现。因为隐形眼镜与眼镜一起移动并且当以可预测方式从远距观看到近距观看时两眼之间距离以线性模式减小,隐形眼镜之间的距离应可指示所观察物体的距离。

[0096] 然而,该系统的缺点为,远距视觉与近距视觉之间两眼或两隐形眼镜之间的距离差取决于隐形眼镜在眼中相对于眼睛旋转中心的位置。已经报告了角膜与眼睛旋转中心的之间的距离为 12.95mm 到 14.73mm(Park RS 和 Park GE, 1933)。在角膜隐形眼镜或角膜覆盖或镶嵌透镜的情况下,相同的差别适于眼睛旋转中心。当从远距观察到近距观察时,例如 40cm 处,两角膜隐形眼镜或角膜覆盖或镶嵌透镜之间的距离变化为 2.08mm 到 2.36mm。然而,在眼内透镜定位在眼镜中心之前 2mm 处的情况下,距离变化非常小且约为 0.32mm,因为隐形眼镜位于眼睛旋转中心处或眼睛旋转中心附近。

[0097] 在一种布置中,为抵消上述问题,可使用监测眼球运动(眼睛旋转)的芯片。眼球运动的变化(相对旋转)将致使芯片发射使响应型聚合物根据需要改变到第一或任何矫正形状所需的刺激。芯片本身,或与该芯片通信的单独的检测器可监测眼球运动。

[0098] 当眼睛朝远距目标(有时称为无限远)看时,两眼的视线(所观看物体与详细视觉发生的视网膜的中央凹部分之间的线)平行(相对角度为 0°)。当眼睛观看比无限远更近的物体时,眼睛向内转;视线之间的相对角度也一同改变。眼睛的旋转运动已知是交会的。对于当朝无限远看时间隔给定距离的一对眼睛,隐形眼镜应聚焦的视觉关注点的距离与两眼的视线之间的角度(也称为辐辏角)存在直接的关系。

[0099] 眼睛辐辏的变化可用作用于刺激发射的触发因素,以部分地或全部地引起隐形眼镜形状的变化。这样提供了多个优点。首先,待检测的差别相对较大。例如,对于当朝无限远看时视线之间的距离为 64mm 的一对眼睛,两视线之间的辐辏角从 0°(无限远)变化到 9.1°(用于 40cm 的阅读距离)。另一优点为,只要隐形眼镜不位于旋转中心处,视线的角度不取决于隐形眼镜相对于旋转中心的相对位置。因此,该系统有效地适用于本文中描述的任何隐形眼镜(包括眼内隐形眼镜)。

[0100] 因为隐形眼镜与眼睛一起旋转,所以触发因素可以可替代地由两隐形眼镜旋转的相对轨迹来产生。

[0101] 作为本发明的另一方面,提供了大体上如上所述的一对隐形眼镜。在特别优选的实施方式中,该对隐形眼镜是完备的,意即其操作所需的所有部件(包括,例如使得隐形眼镜能够检测隐形眼镜之间的各自距离的器件,而通过该距离可确定瞳孔间距离)部分地或全部地嵌入隐形眼镜中,意即用户不需要携带为了使隐形眼镜正确操作的透镜系统的辅助部件。

[0102] 根据本发明的又一方面,提供包括一对或多对本文中所述的隐形眼镜的套件。该

套件优选还包括隐形眼镜的使用说明书。

[0103] 本发明进一步在附图中示出，下面将描述附图，然后是实施例。

[0104] 图 2 至图 13 示出了本发明的一系列实施方式。例示布置中所示的所有部件的旋转与径向位置为说明性并可位于隐形眼镜内的任何位置。仅用于说明的目的，例示布置中示出的稳定特征位于隐形眼镜的下部中；其表示适用于隐形眼镜的各种稳定方法。另外，在示出的实施方式，环形线用来在整个单元上传输电能。然而，本发明的隐形眼镜并不限于此；可以使用能够实现在本发明的隐形眼镜上传输刺激(stimulus) / 刺激(stimuli) 的具有任何形状的任何类型装置。

[0105] 图 2 示出了右左响应型凝胶隐形眼镜 101、106，其均通过太阳能电池 102、107 供电。太阳能电池 102、107 连接至线 104、109，线 104、109 用来将太阳能电池连接至包括在隐形眼镜中的其他部件并还向隐形眼镜提供电刺激。刺激的发射和量值由芯片 103、108 控制，芯片 103、108 还根据隐形眼镜相对于彼此的相对位置发射和接收信号。隐形眼镜还设有稳定特征 105、110。

[0106] 一般地说，这样配置的隐形眼镜通过当适当的信号由芯片 103、108 接收时发射电刺激来操作。芯片然后触发对线的电刺激的释放，线将刺激传输到隐形眼镜体。形成隐形眼镜的智能聚合物然后改变形状。

[0107] 当然，可使用其他刺激，并且在刺激是电流的情况下，可使用除太阳能电池之外的其他类型电源。

[0108] 图 3 示出了一种可替代配置，其中一对芯片用于每个隐形眼镜以接收和发射关于隐形眼镜的相对位置的信号。更具体地，第一芯片 203210 接收信号而第二芯片 204、209 发射信号。另外，不同于图 2 所示的布置，芯片 203、204、209、210 不负责控制电刺激的输出；而由电池 202、208 来实现该作用。线 205、211 和稳定特征 206、212 以与在图 2 所示的隐形眼镜中相同的方式工作。

[0109] 图 4 所示的配置是简化的。单个部件 302、306 实现上述芯片和电池的作用。线 303、304 和稳定特征 307、308 以与在上述隐形眼镜中相同的方式工作。

[0110] 不同于图 2 至图 4 所示的配置，图 5 所示的隐形眼镜 401、407 不完全由智能聚合物形成，而仅包括由智能聚合物形成的插入件 402、408。为保证刺激到达插入件 402、408，需要更复杂的线网络。芯片 404、410 接收和发射关于隐形眼镜的相对位置的信号，并且还控制来自电池 403、409 的电刺激的发射和量值。

[0111] 图 6 所示的隐形眼镜配置类似于图 5 所示的隐形眼镜配置，其中隐形眼镜 501、508 包括由智能聚合物形成的插入件 502、509。唯一的区别是一对芯片 504、511、505、512 分别负责发射和接收关于隐形眼镜的相对位置的信号。接收位置信号的芯片 505、512 还负责控制来自电池 503、510 的电刺激的发射和量值。线 506、513 和稳定特征 507、514 以同样的方式作用。

[0112] 图 7 示出了与图 4 所示的隐形眼镜对类似的隐形眼镜对 601、606，其中单个部件 603、607 实现上述电池和芯片的作用。所示布置不同于图 4 的布置之处在于，隐形眼镜 601、606 包括智能聚合物插入件 602、609。线 604、608 和稳定特征 605、610 以同样的方式作用。

[0113] 图 8 至图 13 示出了与图 2 至图 7 所示配置一致的配置，除了包括在左隐形眼镜 706、807、905、1007、1108、1206 中的芯片 708、809、906、1010、1111、1207 不发射与隐形眼镜

相对于彼此的相对位置有关的信号。该作用单独由包括在右隐形眼镜 701、801、901、1001、1101、1201 中的芯片 703、804、902、1004、1104、1203 实现。

[0114] 为避免任何疑惑,下表示出附图标记与图 8 至图 13 所示特征的对应:

[0115]

图	隐 形 眼 镜(右, 左)	智 能 聚 合 物 插 入 件 (右, 左)	电 池 (右, 左)	芯 片 发 射 信 号 (右)	芯 片 接 收 信 号(右, 左)	刺 激 的 芯 片 控 制发 射(右, 左)	线(右, 左)	稳 定 特 征(右, 左)
8	701, 706	N/A	702, 707	703	703, 708	703, 708	704, 709	705, 710
9	801, 807	N/A	802, 808	803	804, 809	804, 809	805, 810	806, 811
10	901, 905	N/A	902, 906	902	902, 906	902, 906	903, 907	904, 908
11	1001, 1007	1002, 1008	1003, 1009	1004	1004, 1010	1004, 1010	1005, 1011	1006, 1012
12	1101, 1108	1102, 1109	1103, 1110	1104	1105, 1111	1105, 1111	1106, 1112	1107, 1113
13	1201, 1206	1202, 1209	1203, 1207	1203	1203, 1207	1203, 1207	1204, 1208	1205, 1210

实施例

[0116] 上述布置可以下述方式操作。为简单起见,参照图 2 所示布置描述实施例。

[0117] 为避免任何疑惑,使用术语“成比例”处,并不必须意味着刺激的量值真实地与下述分别的辐辏角或分离度之差成比例。该术语可用于表达之间的大体上正关系或负关系。

[0118] 下面‘X’、‘Y’、‘Z’用于将刺激量化,‘X’为具有比‘Y’更低量值的刺激,‘Y’为具有比‘Z’更低量值的刺激。下面‘X’、‘Y’、‘Z’用于将刺激量化,‘X’为具有比‘Y’更低量值的刺激,‘Y’为具有比‘Z’更低量值的刺激,其中‘X’、‘Y’和‘Z’与‘X’、‘Y’和‘Z’极性相反。

[0119] 实施例 1:

[0120] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间存在明显大于当隐形眼镜处于松弛状态时的分离度的最大分离度(即,用户‘远距观察’),芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的具有给定极性的信号。

[0121] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示分离度略微减小(例如,表示‘中远距观察’),芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的较少量值的信号。

[0122] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中远距观察’时(例如,其具有 64mm 的分离度),信号强度为 X。当隐形眼镜用于‘远距观察’时(例如,其具有 65mm 的分离度),信号强度为 Y。

[0123] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的分离度小于当隐形眼镜处于松弛状态时的分离度,芯片(103,108)发射与差值成比例的具有反极性的信号。如果隐形眼镜之间存在最低分离度(即,用户在‘近距观察’),则芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的具有反极性的信号。

[0124] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示分离度略微增加(例如,表示‘中近距观察’),芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的较少量值的信号。

[0125] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜被用于‘中近距观察’时(例如,其具有 62mm 的分离度),信号强度为 X’。当隐形眼镜用于‘近距观察’时(例如,其具有 61mm 的分离度),信号强度为 Y’。

[0126] 实施例 2：

[0127] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间的分离度大于隐形眼镜处于松弛状态时的分离度,芯片(103,108)产生具有单一幅度且具有固定极性的信号。

[0128] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜被用于‘中远距观察’时(例如,其具有64mm的分离度),信号强度为X。当隐形眼镜用于‘远距观察’时(例如,其具有65mm的分离度),信号强度为X。

[0129] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的分离度小于当隐形眼镜处于松弛状态时的分离度,芯片(103,108)发射与差值成比例的具有反极性的信号。如果隐形眼镜之间存在最低分离度(即,用户在‘近距观察’),则芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的具有反极性的信号。

[0130] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示分离度略微增加(例如,表示‘中近距观察’),芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的较小量值的信号。

[0131] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中近距观察’时(例如,其具有62mm的分离度),信号强度为X‘(任意单位)。当隐形眼镜用于近距观察时(例如,其具有61mm的分离度),信号强度为Y‘。

[0132] 实施例 3

[0133] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间存在明显小于当隐形眼镜处于松弛状态时的分离度的最低分离度(即,用户‘近距观察’),芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的具有给定极性的信号。

[0134] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示分离度略微增加(例如,表示‘中近距观察’),芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的较小量值的信号。

[0135] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中近距观察’时(例如,其具有62mm的分离度),信号强度为X(任意单位)。当隐形眼镜用于近距观察时(例如,其具有61mm的分离度),信号强度为Y。

[0136] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的分离度大于当隐形眼镜处于松弛状态时的分离度,芯片(103,108)发射与差值成比例的具有反极性的信号。如果隐形眼镜之间存在最大分离度(即,用户在‘远距观察’),则芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的具有反极性的信号。

[0137] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示分离度略微减少(例如,表示‘中远距观察’),芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的较小量值的信号。

[0138] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中远距观察’时(例如,其具有64mm的分离度),信号强度为X‘。当隐形眼镜用于‘远距观察’时(例如,其具有65mm的分离度),信号强度为Y‘。

[0139] 实施例 4

[0140] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间的分离度小于隐形眼镜处于松弛状态时的分离度,芯片(103,108)产生具有单一幅度且具有固定极性的信号。

[0141] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中近距观察’时(例如,其具有62mm的分离度),信号强度为X。当隐形眼镜用于‘近距观察’时(例如,其具有61mm的分离度),信号强度为X。

[0142] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的分离度大于当隐形眼镜处于松弛状态时的分离度,芯片(103,108)发射与差值成比例的具有反极性的信号。如果隐形眼镜之间存在最大分离度(即,用户在‘远距观察’),则芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的具有反极性的信号。

[0143] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示分离度略微减少(例如,表示‘中远距观察’),芯片(103,108)产生与各自的分离度之差成比例的较小量值的信号。

[0144] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中远距观察’时(例如,其具有64mm的分离度),信号强度为X’(任意单位)。当隐形眼镜用于‘远距观察’时(例如,其具有65mm的分离度),信号强度为Y’。

[0145] 实施例 5

[0146] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间的分离度超过‘距离阈值’,芯片(103,108)产生具有单一幅度且具有固定极性的信号。

[0147] 隐形眼镜可设置成使得‘距离阈值’为从当隐形眼镜处于松弛状态时的分离度与最大的分离度之间的任何距离。在某些实施方式中,在分离度大于隐形眼镜处于松弛状态时的分离度的情况下,将达到距离阈值。

[0148] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时(例如分离度为63.0mm),信号强度为零。当分离度增加到63.0mm之上并且超过距离阈值(>63.0mm)时,将发射信号强度为X的固定刺激。

[0149] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间的分离度超过‘近视视觉阈值’,芯片(103,108)产生具有单一幅度且具有固定极性的信号。

[0150] 隐形眼镜可设置成使得‘近视视觉阈值’为从当隐形眼镜处于松弛状态时的分离度与最低的分离度之间的任何距离。在某些实施方式中,在分离度低于隐形眼镜处于松弛状态时的分离度的情况下,将达到近视视觉阈值。

[0151] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时(例如分离度为63.0mm),信号强度为零。当分离度减少到63.0mm之下并且过了近视视觉阈值(<63.0mm)时,将发射信号强度为X’的固定刺激。

[0152] 实施例 6

[0153] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间存将明显小于当隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角的最小辐辏角(即,用户在‘远距观察’),芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的具有给定极性的信号。

[0154] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示辐辏角略微增加(例如,表示‘中远距观察’),芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的较小量值的信号。

[0155] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中远距观察’时(例如,其具有2°的辐辏角),信号强度为X。当隐形眼镜用于‘远距观察’时(例如,其具有0°的分离辐辏角),信号强度Y。

[0156] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的辐辏角大于当隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角,芯片(103,108)发射与差值成比例的具有反极性的信号。如果隐形眼镜之间存在最大辐辏角(即,用户在‘近距观察’),则芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的具有反极性的信号。

[0157] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示辐辏角略微减少(例如,表示‘中近距观察’),芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的较小量值的信号。

[0158] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中近距观察’时(例如,其具有 6° 的辐辏角),信号强度为X’。当隐形眼镜用于‘近距观察’时(例如,其具有 8° 的辐辏角),信号强度为Y’。

[0159] 实施例 7

[0160] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间的辐辏角小于隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角,芯片(103,108)产生具有单一幅度且具有固定极性的信号。

[0161] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中远距观察’时(例如,其具有 3.7° 的辐辏角),信号强度为X(任意单位)。当隐形眼镜用于‘远距观察’时(例如,其具有 0° 的辐辏角),信号强度为X。

[0162] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的辐辏角大于当隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角,芯片(103,108)发射与差值成比例的具有反极性的信号。如果隐形眼镜之间存在最大辐辏角(即,用户在‘近距观察’),则芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的具有反极性的信号。

[0163] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示辐辏角略微减少(例如,表示‘中近距观察’),芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的较小量值的信号。

[0164] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中近距观察’时(例如具有 5.7° 的辐辏角),信号强度为X’(任意单位)。当隐形眼镜用于‘近距观察’时(例如具有 9.2° 的辐辏角),信号强度为Y’。

[0165] 实施例 8

[0166] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间存在明显大于当隐形眼镜处于松弛状态时的角的最大辐辏角(即,用户在‘近距观察’),芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的具有给定极性的信号。

[0167] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示辐辏角略微减少(例如,表示‘中近距观察’),芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的较小量值的信号。

[0168] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中近距观察’时(具有 5.7° 的辐辏角),信号强度为X(任意单位)。当隐形眼镜用于‘近距观察’时(例如,其具有 9.2° 的辐辏角),信号强度为Y。

[0169] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的辐辏角小于当隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角,芯片(103,108)发射与差值成比例的具有反极性的信号。如果隐形眼镜之间存在最小辐辏角(即,用户在‘远距观察’),则芯片(103,108)产生与隐形眼镜之间各自的角之差成比例的具有反极性的信号。

[0170] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的角度略微增加(例如,表示‘中远距观察’),芯片(103,108)产生与各自的角之差成比例的较小量值的信号。

[0171] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中远距观察’时(例如,其具有隐形眼镜之间角度为 3.7°),信号强度为X’。当隐形眼镜用于‘远距观察’时(例如隐形眼镜之间的角度为 0°),信号强度为Y’。

[0172] 实施例 9

[0173] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间的辐辏角大于隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角,芯片(103,108)产生具有单一幅度且具有固定极性的信号。

[0174] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中近距观察’时(例如,其具有 6.2° 的辐辏角),信号强度为X。当隐形眼镜用于‘近距观察’时(例如,其具有 9.2° 的辐辏角),信号强度为X。

[0175] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示隐形眼镜之间的辐辏角小于当隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角,芯片(103,108)发射与差值成比例的具有反极性的信号。如果隐形眼镜之间存在最小辐辏角(即,用户在‘远距观察’),则芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的具有反极性的信号。

[0176] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示辐辏角略微增加(例如,表示‘中远距观察’),芯片(103,108)产生与各自的辐辏角之差成比例的较小量值的信号。

[0177] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时,信号强度为零。当隐形眼镜用于‘中远距观察’时(例如,其具有 4.6° 的辐辏角),信号强度为X’(任意单位)。当隐形眼镜用于‘远距观察’时(例如具有 0° 的辐辏角),信号强度为Y’。

[0178] 实施例 10

[0179] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间的辐辏角过了‘距离阈值’,芯片(103,108)产生具有单一幅度且具有固定极性的信号。

[0180] 隐形眼镜可设置成使得‘距离阈值’为从当隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角与最小辐辏角之间的任何辐辏角。在某些实施方式中,在辐辏角低于隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角的情况下,将达到距离阈值。

[0181] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时(例如辐辏角为 5.6°),信号强度为零。当辐辏角减少到 5.6° 之下并且超过距离阈值($<5.6^{\circ}$)时,将发射例如信号强度为X的固定刺激。

[0182] 如果由芯片(103,108)接收的信号指示两个隐形眼镜之间的辐辏角超过‘近视视觉阈值’,芯片(103,108)产生具有单一幅度且具有固定极性的信号。

[0183] 隐形眼镜可设置成使得‘近视视觉阈值’为当隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角与最大辐辏角之间的任何角度。在某些实施方式中,在辐辏角大于隐形眼镜处于松弛状态时的辐辏角的情况下,将达到近视视觉阈值。

[0184] 例如,当隐形眼镜处于其松弛状态时(例如辐辏角为 5.6°),信号强度为0。当辐辏角增大到 5.6° 之上并且过了近视视觉阈值($>5.6^{\circ}$)时,将发射具有例如信号强度为X’的固定刺激。

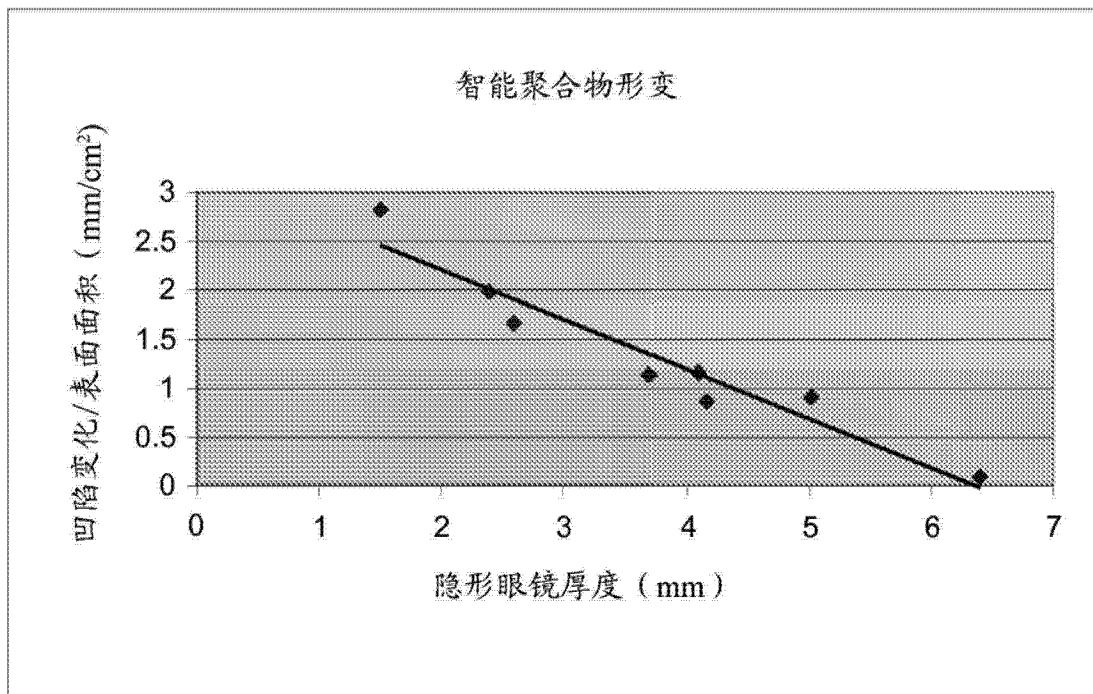


图 1

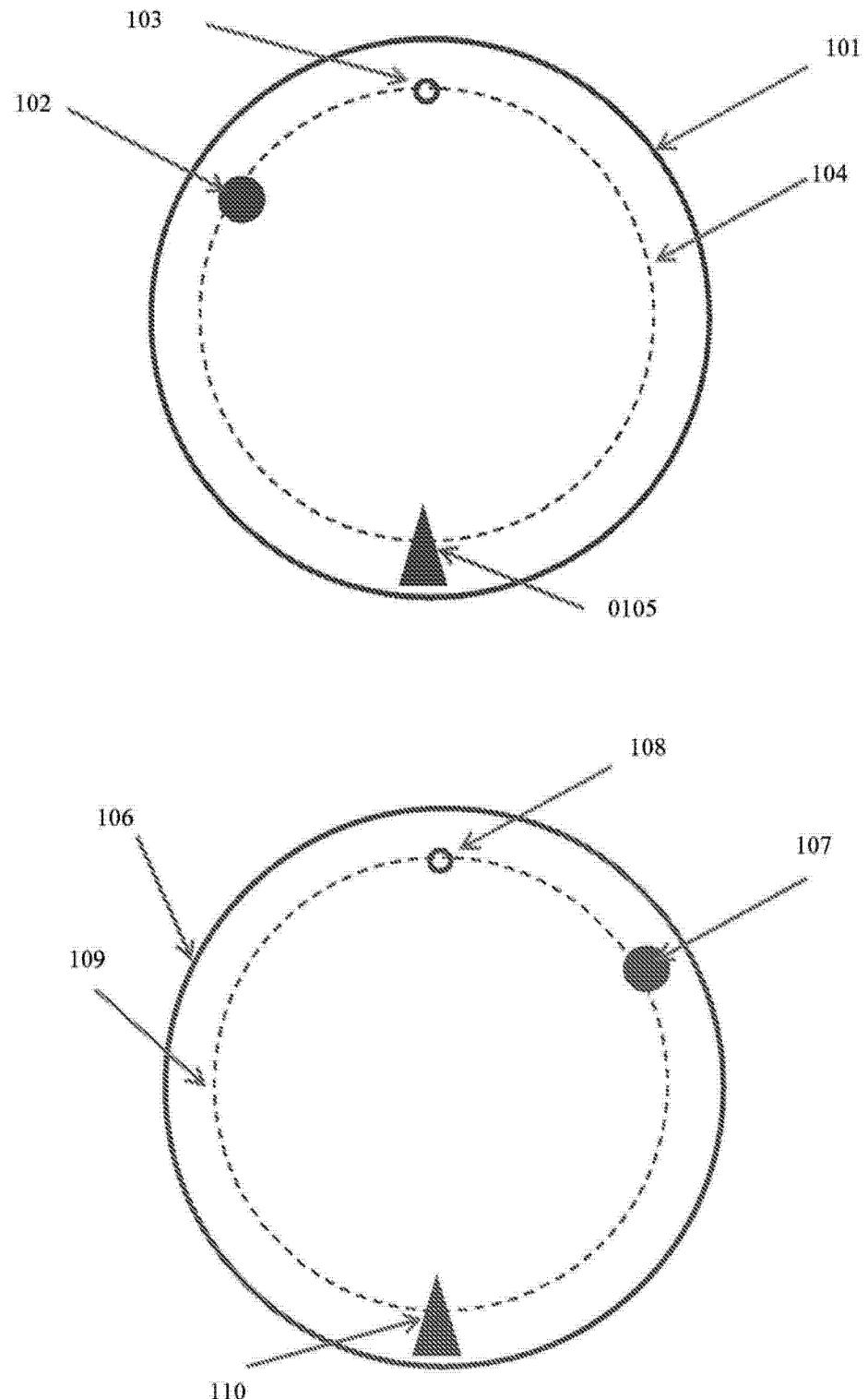


图 2

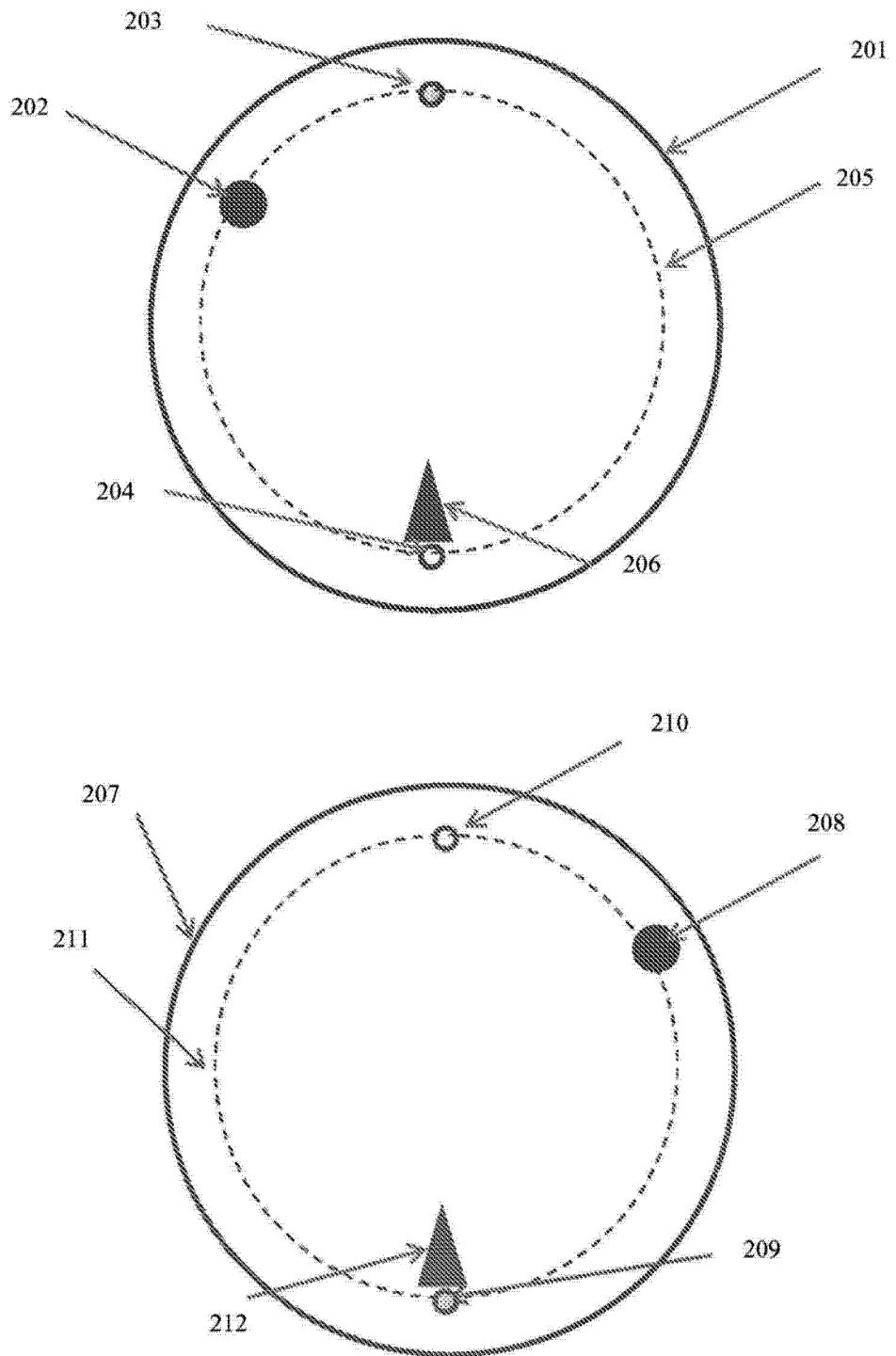


图 3

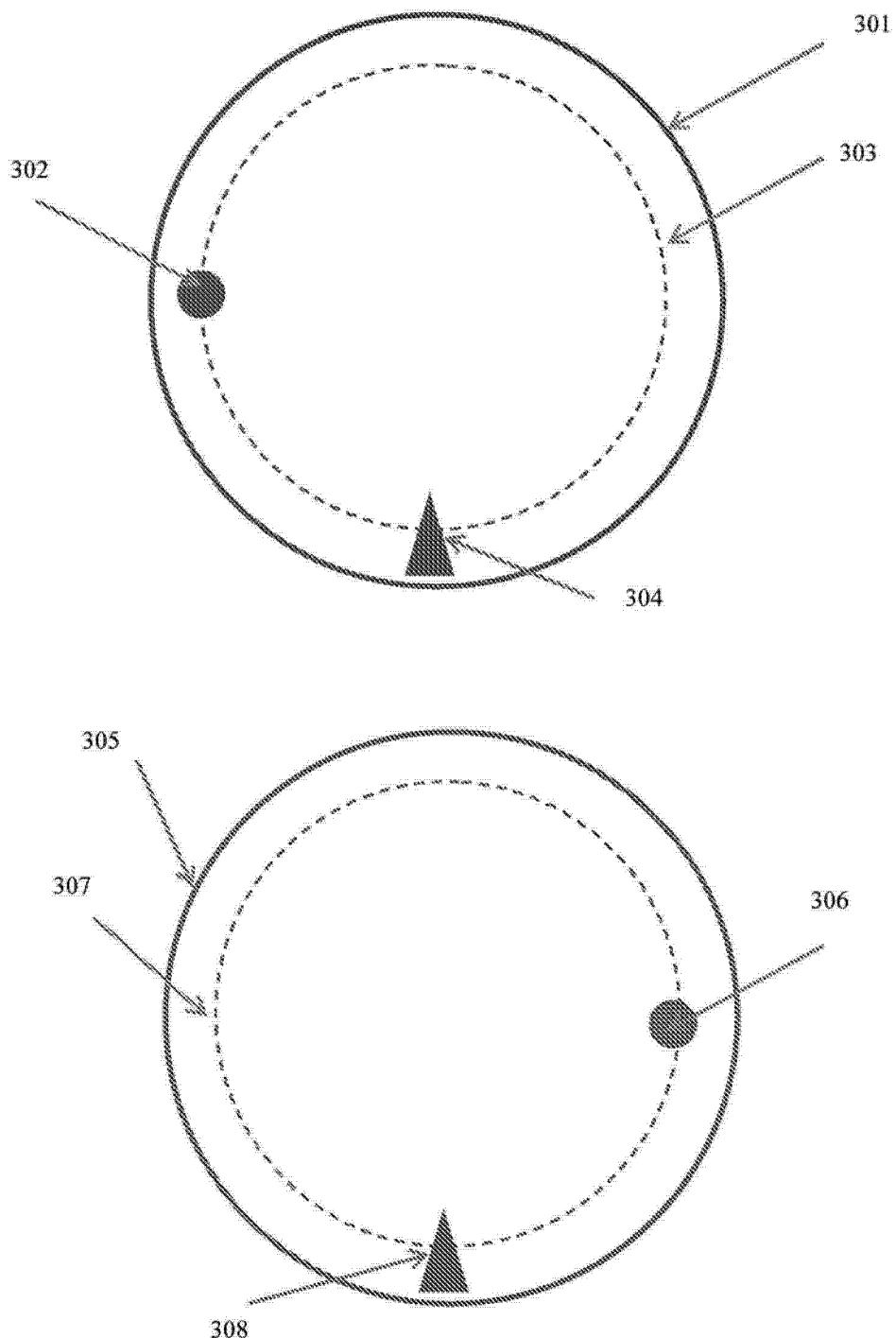


图 4

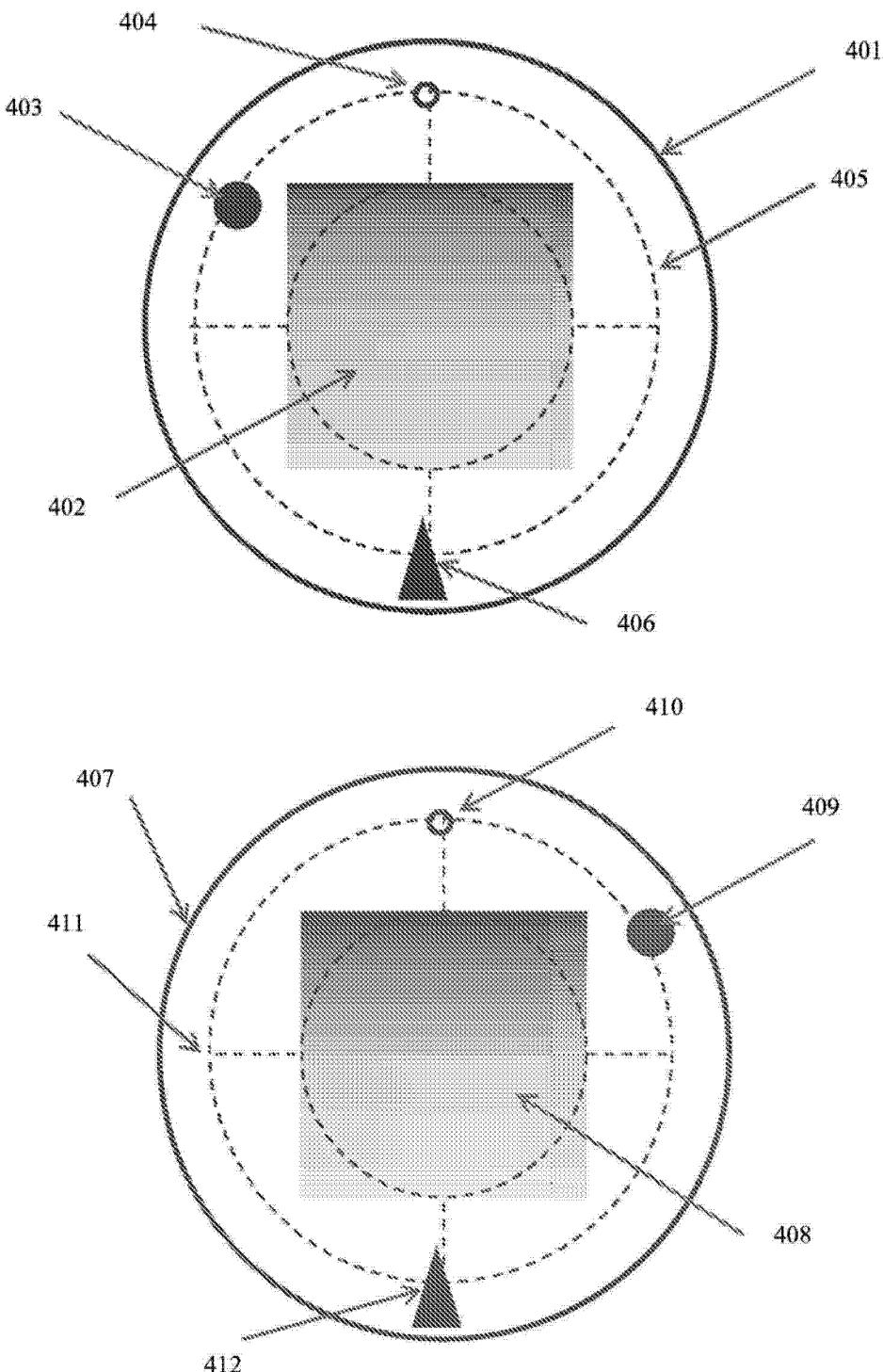


图 5

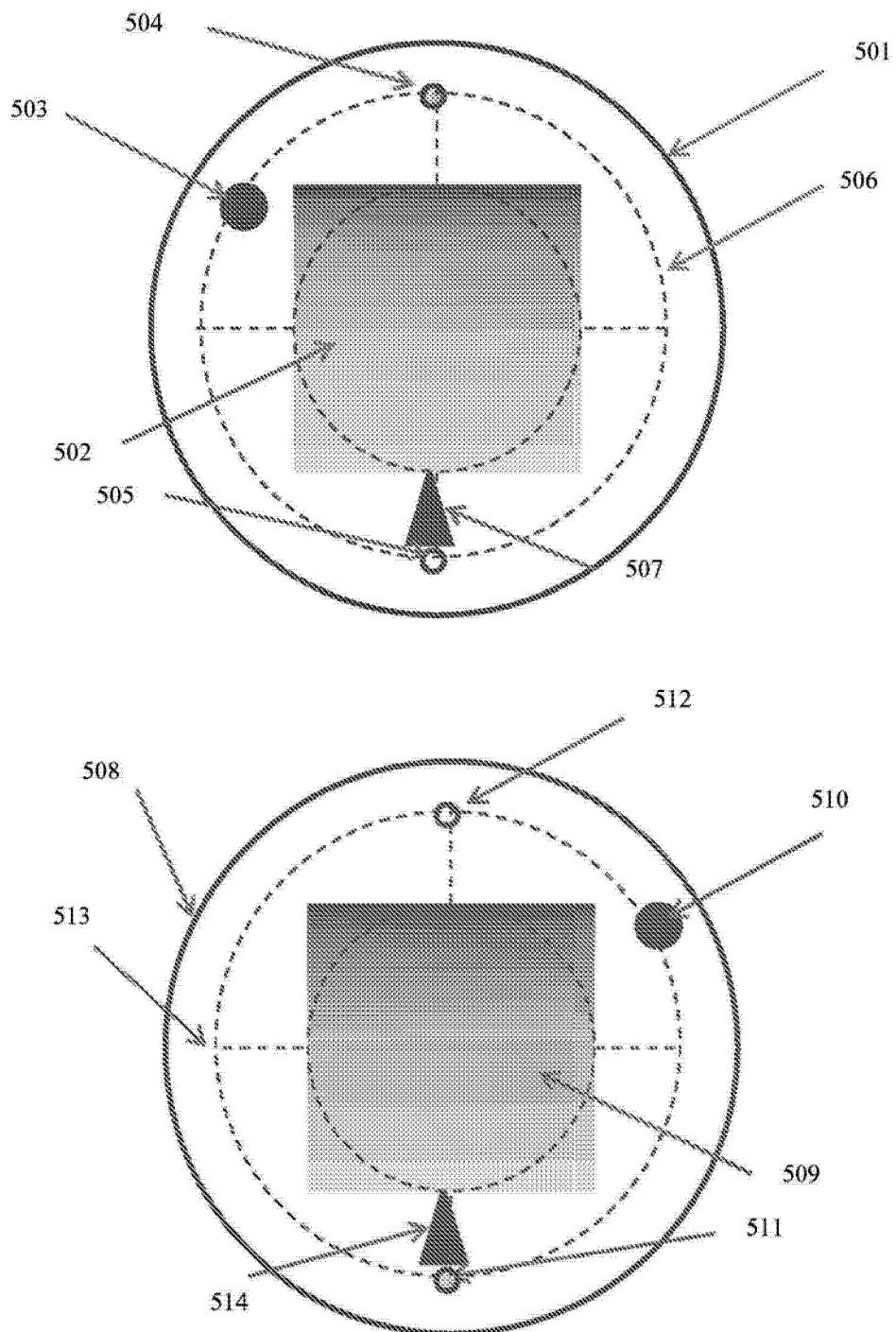


图 6

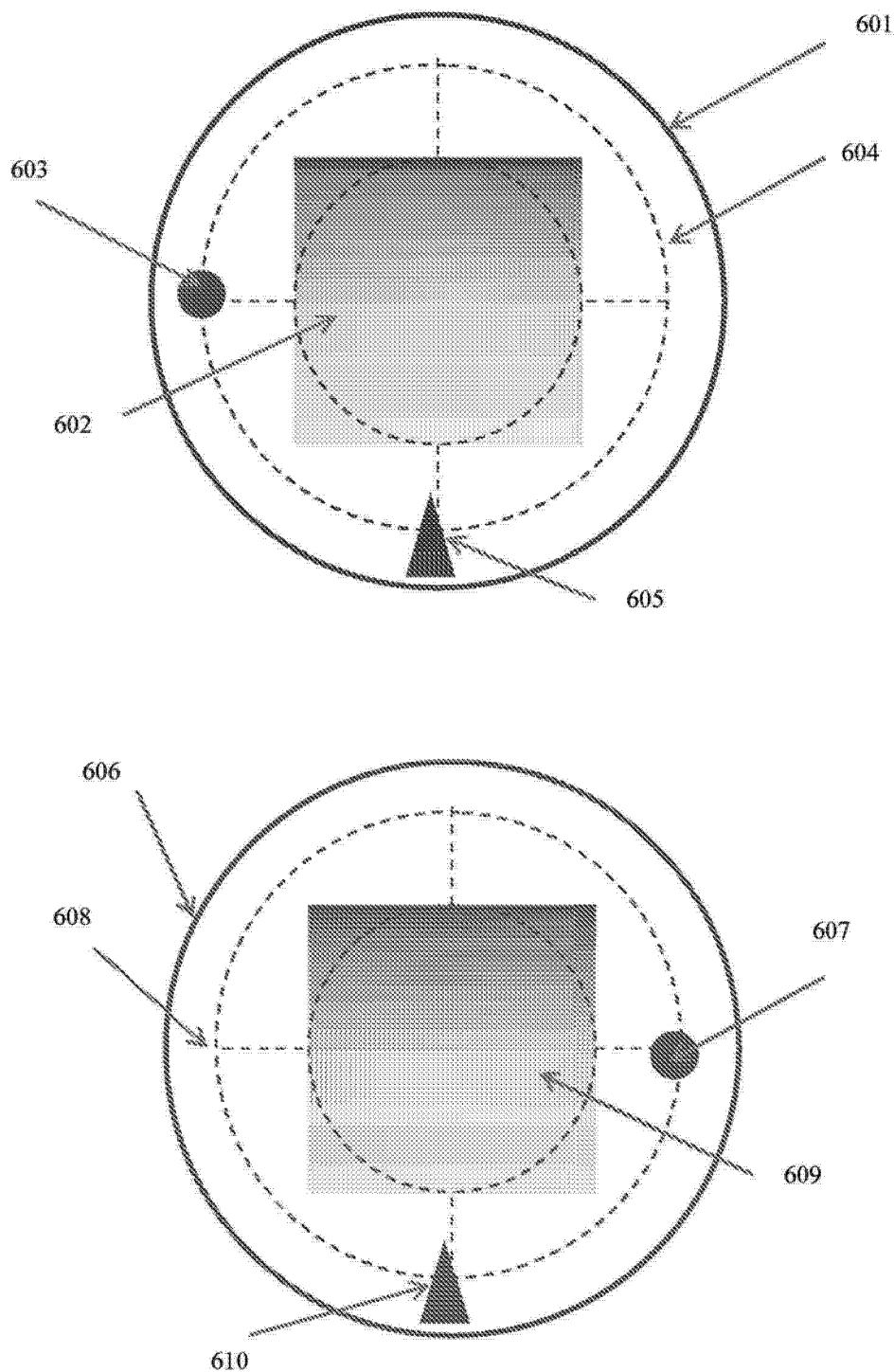


图 7

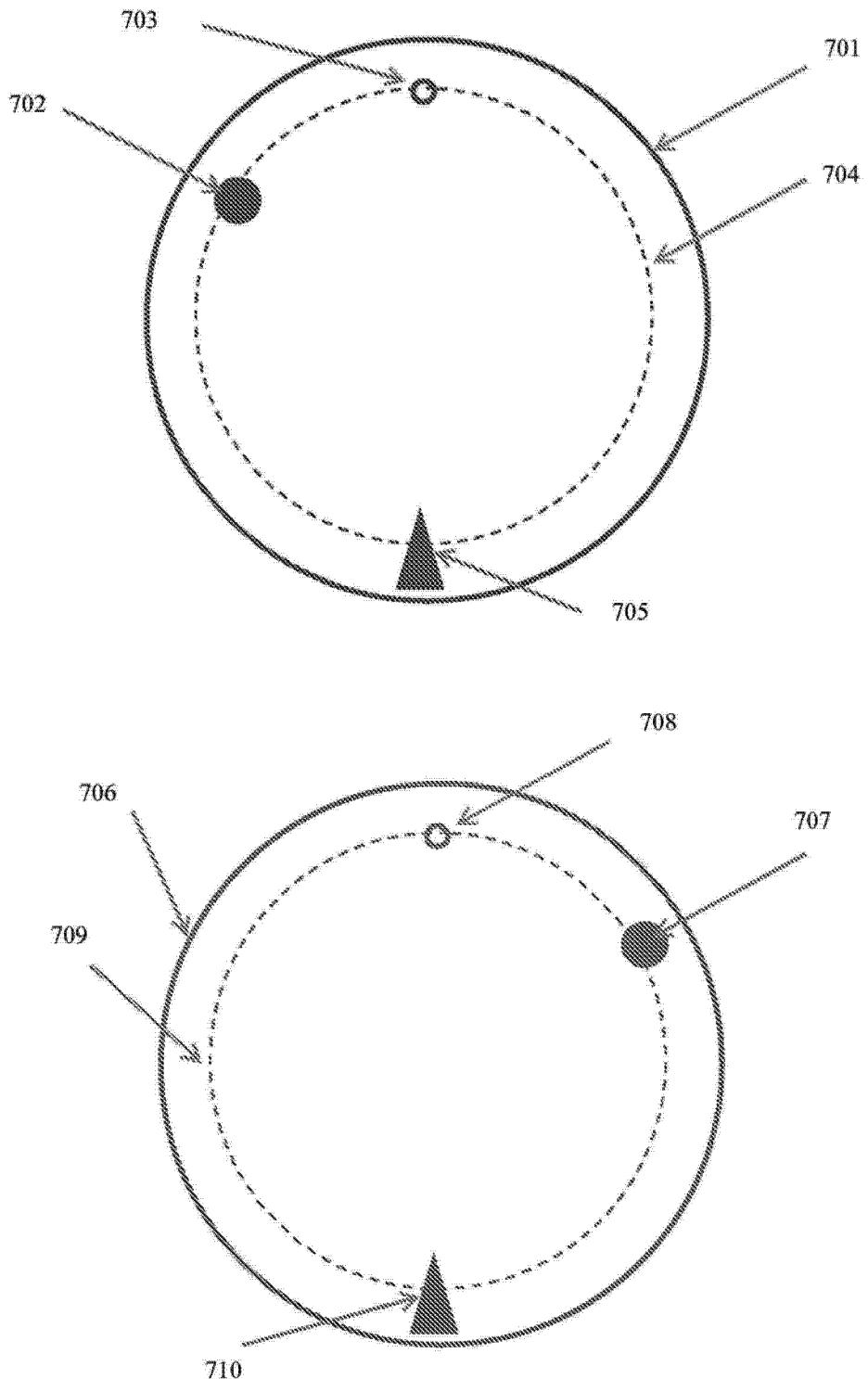


图 8

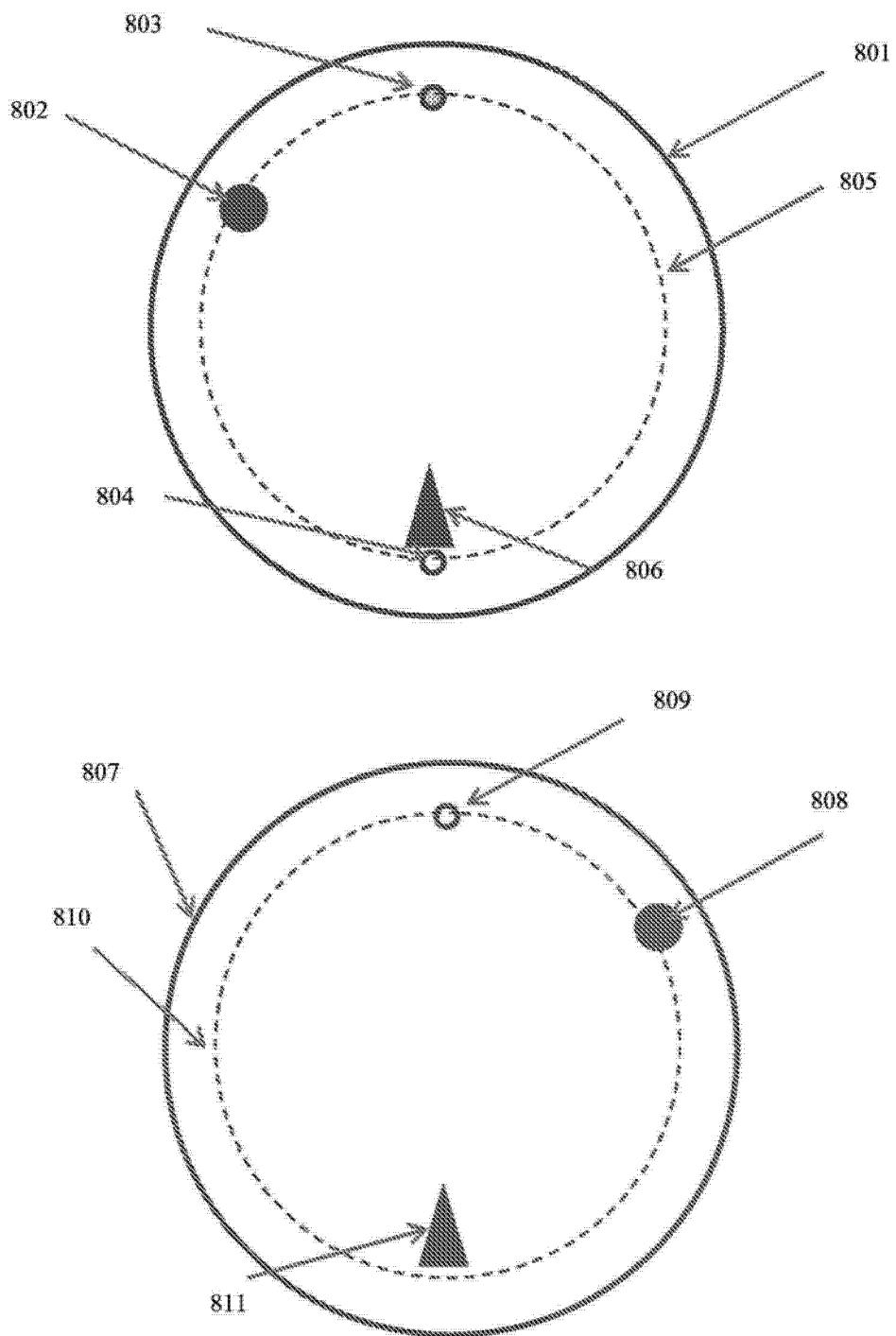


图 9

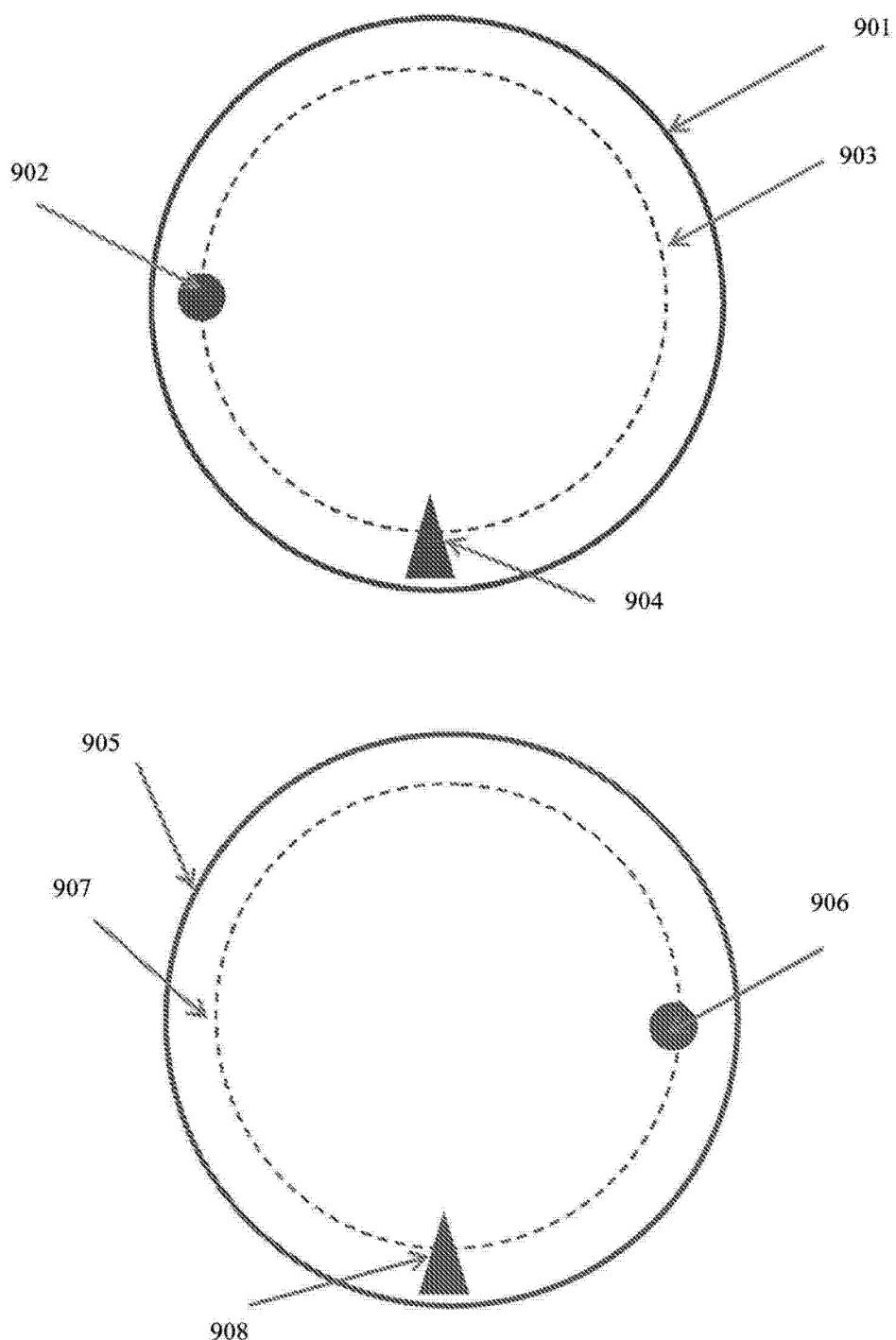


图 10

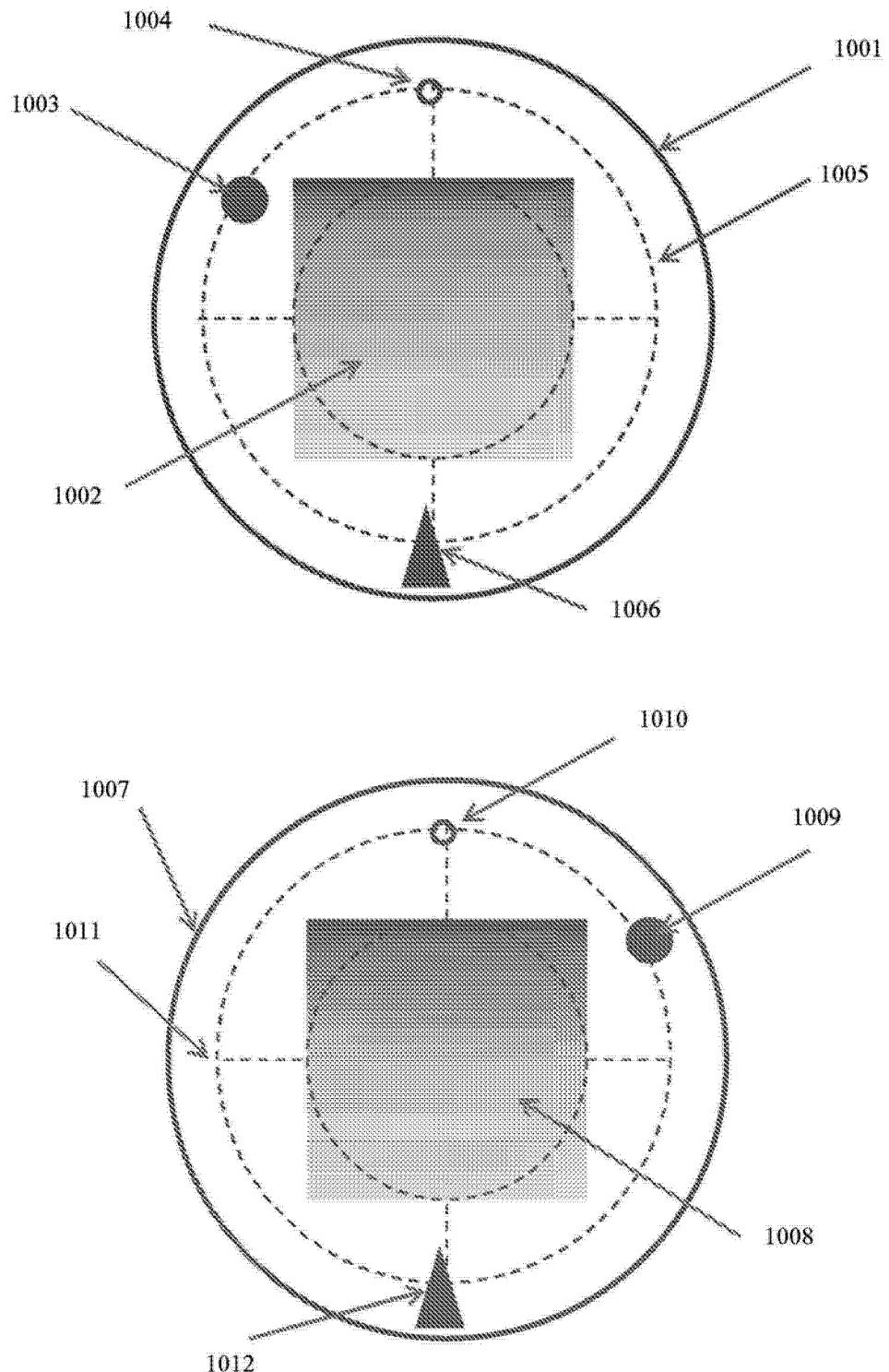


图 11

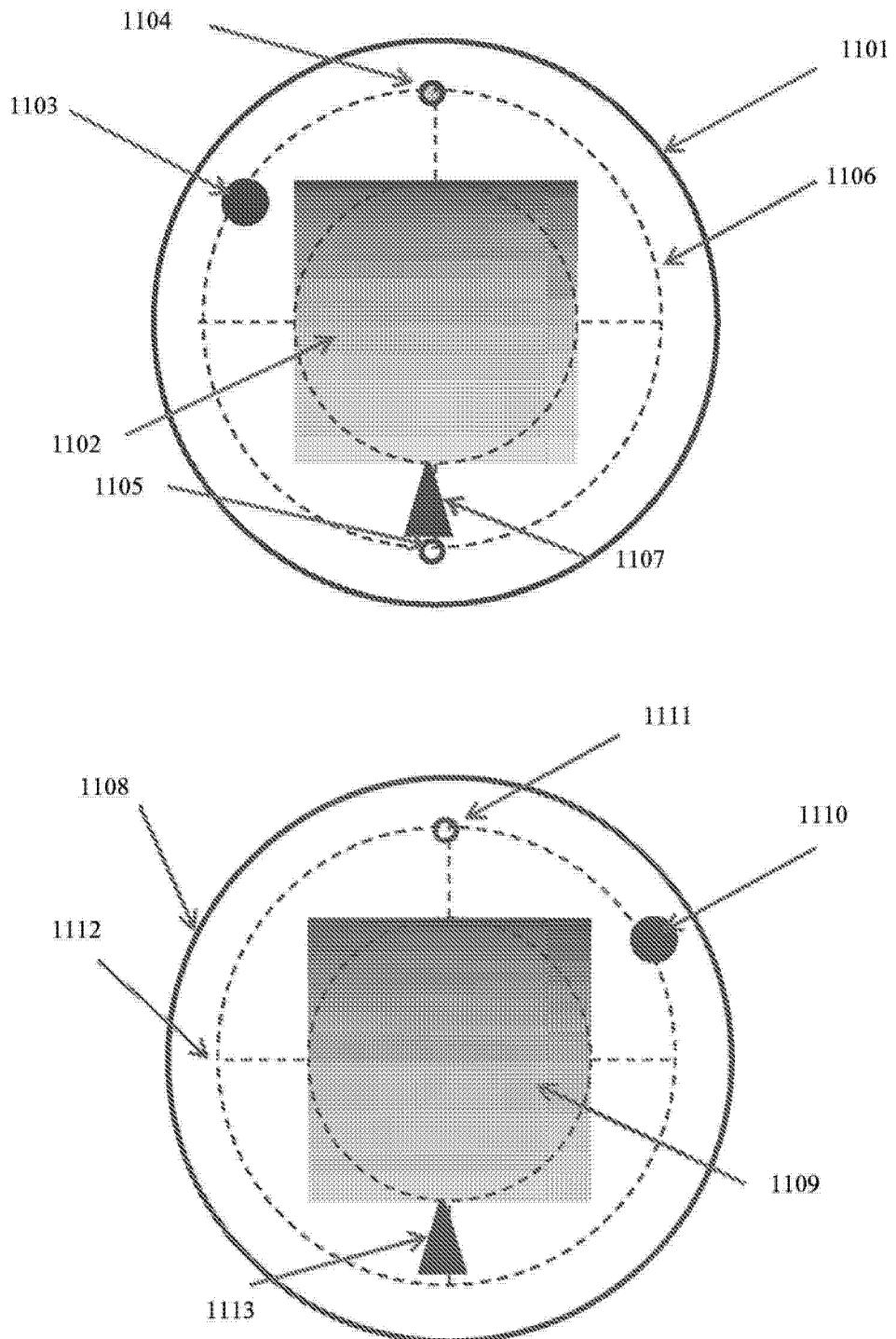


图 12

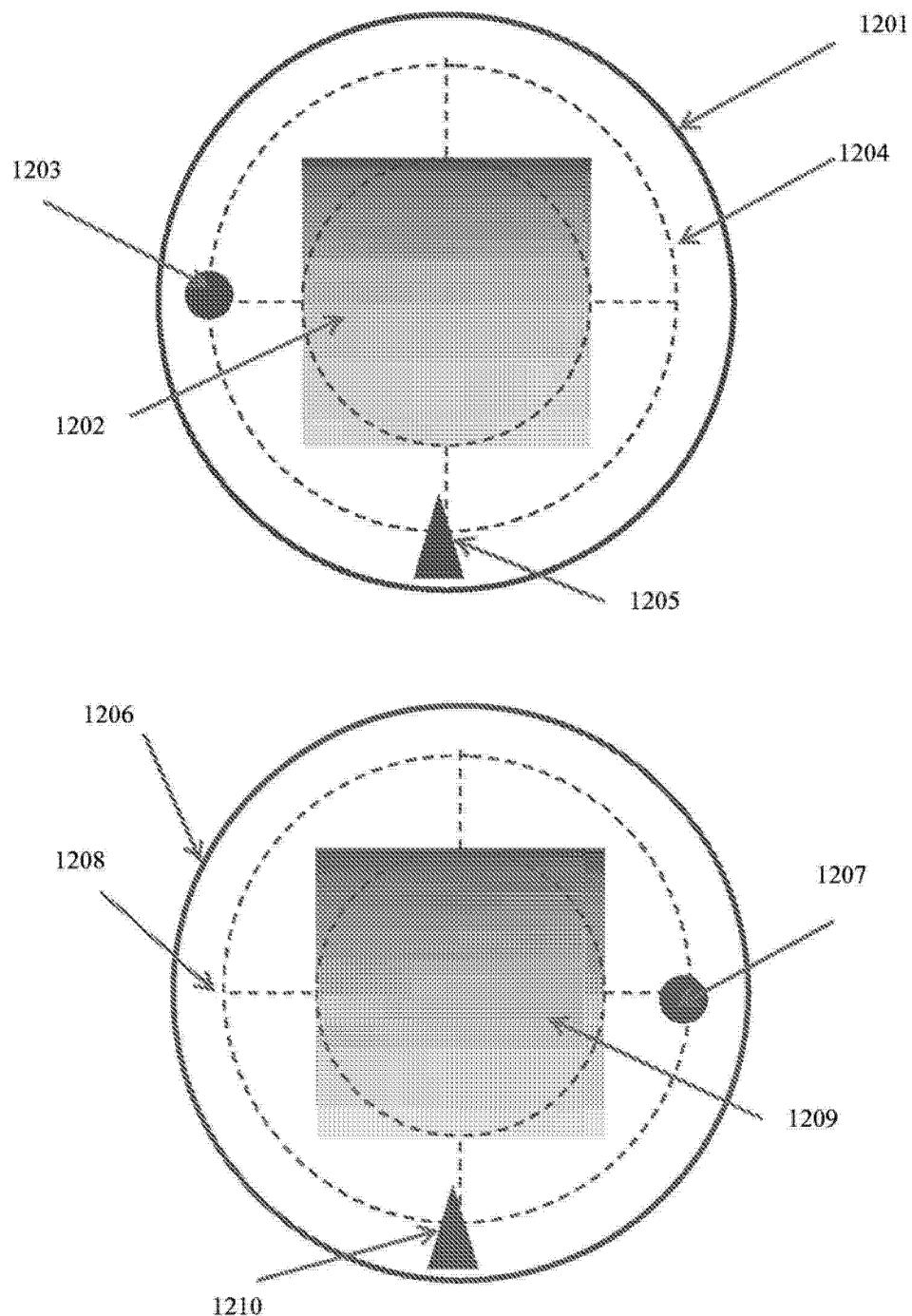


图 13