



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115515531 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 23

(21) 申请号 202180033263.0

(22) 申请日 2021.03.10

(30) 优先权数据

62/988,198 2020.03.11 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.11.04

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2021/051990 2021.03.10

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2021/181300 EN 2021.09.16

(71) 申请人 华柏恩视觉研究中心有限公司

地址 澳大利亚新南威尔士州

(72) 发明人 阿瑟·霍

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

专利代理师 李健 张奎燕

(51) Int.Cl.

A61F 2/16 (2006.01)

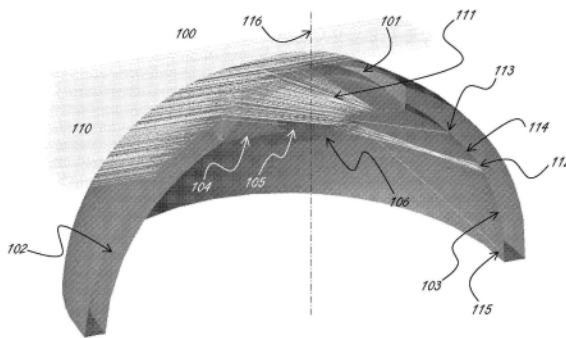
权利要求书3页 说明书90页 附图101页

(54) 发明名称

用于减少外周假性眩光幻影症的人工晶状体

(57) 摘要

一种人工晶状体,其包括:光学区;以及控制区,该控制区相对于光学区定位在外周并且被配置为减少、最小化和/或消除负性外周假晶状体眩光幻影症(PPD)。



1. 一种人工晶状体 (IOL), 其包括:

前 (前部) 表面, 所述前 (前部) 表面包括位于所述前表面的中心部分中的前光学表面和位于所述前光学表面外周的前控制表面;

后 (后部) 表面, 所述后 (后部) 表面包括位于所述后表面的中心部分中的后光学表面和位于所述后光学表面外周的后控制表面;

光学区, 所述光学区由所述前光学表面、所述后光学表面、前光学表面和所述后光学表面之间的厚度 (其可以是恒定的或径向或周向变化的) 和折射率 (例如, 一种或多种折射率) 限定; 以及

控制区, 所述控制区相对于所述光学区定位在外周并且由所述前控制表面、所述后控制表面和边缘限定;

其中所述前光学表面具有第一表面曲率并且所述前控制表面具有不同于所述第一表面曲率的第二表面曲率, 并且所述后光学表面具有第三表面曲率并且所述后控制表面具有不同于所述第三表面曲率的第四表面曲率;

其中所述控制区被配置为减少、最小化和/或消除负性外周假晶状体眩光幻影症 (PPD) (例如, 负性 PPD)。

2. 一种人工晶状体 (IOL), 其包括:

光学区, 所述光学区包括前 (前部) 光学表面、后 (后部) 光学表面、厚度 (在前光学表面和后光学表面之间, 其可以是恒定的或径向或周向变化的), 以及折射率 (例如, 一种或多种折射率); 以及

控制区, 所述控制区相对于所述光学区定位在外周并且包括前 (前部) 控制表面、后 (后部) 控制表面和边缘;

其中所述前光学表面具有第一表面曲率并且所述前控制表面具有不同于所述第一表面曲率的第二表面曲率, 并且所述后光学表面具有第三表面曲率并且所述后控制表面具有不同于所述第三表面曲率的第四表面曲率;

其中所述控制区被配置为减少、最小化和/或消除负性外周假晶状体眩光幻影症 (PPD)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的人工晶状体, 其中所述前控制表面是朝向眼睛后面凸出的 (例如, 基本上凸出的, 或大体上凸出的, 例如, 当考虑跨所述前控制表面的跨度时是凸出的) (例如, 朝向所述眼睛的前面是凹入的)。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体, 其中所述前控制表面可以具有与所述前光学表面的曲率符号相反的曲率。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体, 其中所述前控制表面的曲率半径的绝对值可以小于 (例如, 在值上更小) 所述前光学表面的曲率半径的绝对值。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体, 其中所述前控制表面具有比所述前光学表面更陡的曲率 (例如, 更短的曲率半径)。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体, 其中所述前光学表面是凸出的正性折射表面并且针对所述前光学表面的曲率的绝对值低于针对所述前控制表面的曲率的绝对值 (即具有更大的绝对曲率半径), 所述前控制表面沿子午线横截面具有更大曲率 (即具有更小的绝对曲率半径)。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述前光学表面是朝向眼睛前面凸出的正性折射表面,而所述前控制表面是朝向所述眼睛的前面凹入的。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述后控制表面可以朝向眼睛后面凸出的(例如,基本上凸出的,或大体上凸出的,即当考虑跨后控制表面的跨度时是凸出的)(例如,是朝向所述眼睛的前面凹入的)。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述后控制表面具有与所述后光学表面的曲率符号相反的曲率。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述后控制表面的曲率半径的绝对值小于(例如,在值上更小)所述后光学表面的曲率半径的绝对值。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述后控制表面具有比所述后光学表面更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述后光学表面是凸出的正性折射表面,并且针对所述后光学表面的曲率的绝对值低于(例如,具有更大的绝对曲率半径)针对所述后控制表面的曲率的绝对值,所述后控制表面沿子午线横截面具有较大曲率(例如,具有较小的绝对曲率半径)。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述光学区包括处方光焦度(Optical Power)。

15. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述光学区结合下列中的一种或多种的任意组合:用于支持近视力的多焦点光学器件;用于支持近视力的扩展焦深光学器件;衍射光学器件;以及用于矫正散光的复曲面光学器件。

16. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述控制区位置向所述IOL的外周靠近但不延伸到所述IOL的最边缘。

17. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述控制区位置向所述IOL的外周靠近并且延伸到所述IOL的最边缘。

18. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述控制区被配置为拦截穿过瞳孔(例如,来自从外周场角入射到眼睛上的光)的偏斜光射线的一部分并且将所述射线重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

19. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中光学区和控制区之间的边界形成光学-控制连接部,所述光学-控制连接部标记从所述光学表面到所述控制表面的边界或过渡。

20. 根据权利要求19所述的人工晶状体,其中所述光学-控制连接部是光学表面过渡(或混合)到控制表面的区域(例如对于圆形IOL而言是环带)。

21. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中邻近所述IOL的边缘的所述后控制表面的斜坡使得随着所述后控制表面径向向外(例如,从所述IOL轴线朝向外周视网膜)行进,所述后控制表面上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

22. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中邻近所述IOL的边缘的所述后控制表面相对于所述人工晶状体的额平面的斜坡角的绝对值大于在所述后光学-控制连接部处所述后控制表面相对于所述人工晶状体的所述额平面的斜坡角的绝对值。

23. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中位于或邻近所述后控制-边缘

连接部,所述后控制表面相对于所述人工晶状体的额平面的斜坡角度值比位于或接近所述后光学-控制连接部,所述后控制表面相对于所述人工晶状体的所述额平面的斜坡角度值更负。

24. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中位于或邻近所述前控制-边缘连接部,所述前控制表面相对于所述人工晶状体的额平面的斜坡角度值比位于或接近所述前光学-控制连接部,所述前控制表面相对于所述人工晶状体的所述额平面的斜坡角度值更负。

25. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中邻近所述IOL的边缘的后控制表面的斜坡和边缘表面形成介于 $70^{\circ}$ 和 $110^{\circ}$ 之间,或介于 $75^{\circ}$ 和 $105^{\circ}$ 之间,或介于 $80^{\circ}$ 和 $100^{\circ}$ 之间的角度。

26. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中控制表面与光学表面是C0-连续的(例如,所述后控制表面与所述后光学表面会合而没有突出部或突升部)。

27. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中控制表面与光学表面是C1-连续的(例如,所述后控制表面与所述后光学表面在它们会合之处具有公共切线)。

28. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中邻近所述IOL的边缘相对于所述前控制表面的斜坡角的绝对值大于在所述前光学-控制连接部处相对于所述前控制表面的斜坡角的绝对值。

29. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述边缘为面向前部倾斜的斜坡,使得所述边缘表面的法线和所述IOL的轴线形成小于约 $45^{\circ}$ 、 $40^{\circ}$ 、 $35^{\circ}$ 、 $30^{\circ}$ 、 $25^{\circ}$ 或 $20^{\circ}$ 的角度。

30. 根据前述权利要求中任一项所述的人工晶状体,其中所述人工晶状体是辅助人工晶状体,其被植入以与现有的人工晶状体联合起作用。

## 用于减少外周假性眩光幻影症的人工晶状体

### 相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于2020年3月11日提交的题为Intraocular Lenses for Reducing Peripheral Pseudophakic Dysphotopsia的第62/988,198号美国临时申请的优先权。本优先权申请通过引用以其整体并入本文。

### 技术领域

[0002] 本公开涉及人工晶状体 (intraocular lenses), 尤其涉及用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症 (例如, 负性和/或正性外周假晶状体眩光幻影症) 的人工晶状体。

### 背景技术

[0003] 人工晶状体 (IOL) 植入物是植入眼睛中的晶状体。可以将IOL植入眼睛中以恢复、改善或维持眼睛的视力。IOL可在白内障手术后使用, 其中眼睛的天然晶状体被摘除并替换为IOL。其天然晶状体被IOL替换的眼睛通常被称为“假晶状体”。

[0004] 虽然IOL被广泛用作白内障手术和/或近视、远视和/或散光眼的治疗的一部分, 但IOL植入患者有时抱怨一种称为外周假晶状体眩光幻影症 (PPD) 的现象。这种现象的程度可从感到不便到受到视觉干扰不等, 可能以两种形式表现出来——正性PPD和/或负性PPD。由IOL植入患者报告的正性PPD是在患者眼睛的远外周视野中有相对明亮的瞬态光斑块。相反, 负性PPD被认为在患者眼睛的远外周视野中有“暗的”或“缺失的”条带或区域或斑块。在某些情况下, PPD可能足够严重, 以至于可能需要移除IOL植入物并使用不同的IOL (例如, 具有不同设计的IOL) 进行替换。

[0005] 因此, 需要一种用于减少、最小化和/或消除PPD的人工晶状体。示例性实施方案可以降低、显著降低、最小化和/或消除PPD (例如, 负性和/或正性PPD) 的影响和/或具有如本文所讨论的其他优点。本公开旨在解决本文公开的这些和其他问题。本公开还旨在指出使用本文所述的示例性IOL植入物的一个或多个优点。

### 发明内容

[0006] 本公开至少部分地涉及克服和/或改善本文所述的一个或多个问题。

[0007] 本公开至少部分地涉及一种用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症 (例如, 负性和/或正性外周假晶状体眩光幻影症) 的人工晶状体。

[0008] 本公开至少部分地涉及一种用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症 (例如, 负性和/或正性外周假晶状体眩光幻影症) 的人工晶状体, 其通过将来自外周场角的光射线重新定向到眼睛的视网膜位置上, 从而减少、最小化和/或消除PPD。

[0009] 本公开至少部分地涉及一种人工晶状体, 其包括: 光学区; 以及控制区, 其相对于光学区位于其外周并且被配置为减少、最小化和/或消除负性外周假晶状体眩光幻影症 (PPD)。

[0010] 在一些实施方案中,光学区可以包括前(前部)光学表面、后(后部)光学表面、厚度(在前光学表面和后光学表面之间,其可以恒定或径向变化和/或周向变化和/或在光学区的至少一部分上横向变化),以及折射率。

[0011] 在一些实施方案中,控制区可以包括前(前部)控制表面、后(后部)控制表面,以及边缘。在一些实施方案中,控制区可以具有径向变化的厚度。例如,在一些实施方案中,厚度可以朝向外周增加或者厚度可以朝向外周减小。

[0012] 在一些实施方案中,光学区可以包括处方光焦度。

[0013] 在一些实施方案中,光学区可以被配置为在大范围内传递光焦度。

[0014] 在一些实施方案中,光学区可以结合下列中的一种或多种的任意组合:用于支持近视力的多焦点光学器件,其可以是折射的和/或衍射的或其组合;用于支持近视力的扩展焦深光学器件;以及用于矫正散光的复曲面光学器件。

[0015] 在一些实施方案中,光学区可以位于IOL的中心部分并且可以提供用于支持患者视力的光焦度。

[0016] 在一些实施方案中,控制区的位置可以靠近IOL的外周,但可以不延伸到IOL的最边缘。

[0017] 在一些实施方案中,控制区的位置可以靠近IOL的外周并且延伸到IOL的最边缘。

[0018] 在一些实施方案中,控制区可以被配置为控制PPD。

[0019] 在一些实施方案中,控制区可以被配置为将光折射到暗条带区域以减少、显著减少和/或消除PPD的发生/感知。

[0020] 在一些实施方案中,控制区可以被配置为拦截穿过瞳孔(例如,来自从外周场角入射到眼睛上的光)的偏斜(oblique)光射线的一部分并且将射线重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0021] 在一些实施方案中,重新定向和/或重新分布的光撞击视网膜的位置可以通过后控制表面、前控制表面、边缘宽度,和/或IOL在控制区的厚度或厚度轮廓的适当配置来实现。

[0022] 在一些实施方案中,光学区和控制区之间的边界可以形成光学-控制连接部,该光学-控制连接部包括标记从前光学表面到前控制表面的边界或过渡的前光学-控制连接部,以及标记从后光学表面到前控制表面的边界或过渡的后光学-控制连接部。

[0023] 在一些实施方案中,光学区的尺寸(如果是圆形,则为直径)可以由前光学-控制连接部和/或后光学-控制连接部的位置确定。

[0024] 在一些实施方案中,前光学-控制连接部可以是前光学表面和前控制表面会合的点(当被视为子午线横截面时)。

[0025] 在一些实施方案中,前光学-控制连接部可以是前光学表面过渡(或混合)到前控制表面的区域(例如对于圆形IOL而言是环带)。

[0026] 在一些实施方案中,后光学-控制连接部可以是后光学表面和后控制表面会合的点(当被视为子午线横截面时)。

[0027] 在一些实施方案中,后光学-控制连接部可以是后光学表面过渡(或混合)到后控制表面的区域(例如对于圆形IOL而言是环带)。

[0028] 在一些实施方案中,前光学-控制连接部的位置可以设置为使得光学区的尺寸匹

配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。

[0029] 在一些实施方案中,后光学-控制连接部的位置可以设置为使得光学区的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。

[0030] 在一些实施方案中,光学区的尺寸可以略小于或大于患者瞳孔的大小,并且不会显著干扰视力。

[0031] 在一些实施方案中,后光学-控制连接部位置可以比前光学-控制连接部的位置更靠外周。

[0032] 在一些实施方案中,控制区的前控制表面和/或后控制表面可以被配置为具有特定的表面曲率和/或轮廓,以将光重新定向和/或分布到视网膜的原本暗条带区域。

[0033] 在一些实施方案中,控制区的宽度可以尽可能宽以重新定向尽可能多的光,将光重新定向到视网膜的原本暗条带区域而不显著影响视力。

[0034] 在一些实施方案中,后(后部)控制表面与前(前部)控制表面的曲率/表面轮廓一起可以将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0035] 在一些实施方案中,后控制表面可以是朝向眼睛后面凸出的(例如,是朝向眼睛前面凹入的)。

[0036] 在一些实施方案中,后控制表面可以具有比后光学表面更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。

[0037] 在一些实施方案中,后控制表面轮廓可以在后光学-控制连接部与IOL边缘之间有曲率变化(例如,曲率半径变化)。

[0038] 在一些实施方案中,后控制表面轮廓可以在朝着IOL边缘方向上曲率逐渐增加(例如,曲率半径变得更短)。

[0039] 在一些实施方案中,后控制表面轮廓可以在朝着IOL边缘方向上曲率逐渐减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0040] 在一些实施方案中,后控制表面轮廓可以在朝着IOL边缘方向上曲率逐渐减小然后逐渐增加(例如,曲率半径变得更长然后更短)。

[0041] 在一些实施方案中,后控制表面轮廓可以在朝着IOL边缘方向上曲率逐渐增加然后逐渐减小(例如,曲率半径变得更短然后更长)。

[0042] 在一些实施方案中,后控制表面轮廓可以由非球面曲线限定;该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。

[0043] 在一些实施方案中,邻近IOL边缘的后控制表面的斜坡(slope)可以使得随着后控制表面径向向外(例如,从IOL轴线朝向外周视网膜)行进,后控制表面上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

[0044] 在一些实施方案中,邻近IOL边缘的后控制表面相对于人工晶状体额平面(frontal plane)的斜坡角的绝对值可以大于在后光学-控制连接部处后控制表面相对于额平面的斜坡角的绝对值。

[0045] 在一些实施方案中,位于或邻近后控制-边缘连接部处,后控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角度值比位于或接近后光学-控制连接部,后控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角度值更负。

[0046] 在一些实施方案中,邻近IOL边缘的后控制表面的斜坡和边缘表面可以形成小于90度、约90度和/或大于90度的角度。

[0047] 在一些实施方案中,邻近IOL边缘的后控制表面的斜坡和边缘表面可以形成介于70°和110°之间,或介于75°和105°之间,或介于80°和100°之间的角度。

[0048] 在一些实施方案中,后控制表面可以与后光学表面是C0-连续的(例如,后控制表面与后光学表面会合而没有突出部或突升部)。

[0049] 在一些实施方案中,后控制表面可以与后光学表面是C1-连续的(例如,后控制表面与后光学表面在它们会合之处具有公共切线)。

[0050] 在一些实施方案中,后控制表面可以与后光学表面是C2-连续的(例如,后控制表面与后光学表面在它们会合的点处具有相同的瞬时曲率)。

[0051] 在一些实施方案中,前控制表面可以是朝向眼睛后面凸出的(例如,是朝向眼睛前面凹入的)。

[0052] 在一些实施方案中,前控制表面可以具有比后光学表面更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。

[0053] 在一些实施方案中,前光学表面可以是朝向眼睛前面凸出的正性折射表面。

[0054] 在一些实施方案中,前控制表面轮廓可以在朝着IOL边缘方向上有曲率变化(例如,曲率半径改变)。

[0055] 在一些实施方案中,前控制表面轮廓可以在前光学-控制连接部和IOL边缘之间曲率逐渐增加(例如,曲率半径变得更短)。

[0056] 在一些实施方案中,前控制表面轮廓可以在朝着IOL边缘方向上曲率逐渐减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0057] 在一些实施方案中,前控制表面轮廓可以在朝着IOL边缘方向上曲率逐渐减小然后逐渐增加(例如,曲率半径变得更长然后更短)。

[0058] 在一些实施方案中,前控制表面轮廓可以在朝着IOL边缘方向上曲率逐渐增加然后逐渐减小(例如,曲率半径变得更短然后更长)。

[0059] 在一些实施方案中,前控制表面轮廓可以由非球面曲线限定;该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。

[0060] 在一些实施方案中,邻近IOL边缘的前控制表面的斜坡可以使得随着前控制表面径向向外(例如,从IOL轴线朝向外周视网膜)行进,前控制表面上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

[0061] 在一些实施方案中,邻近IOL边缘的前控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角的绝对值可以大于在前光学-控制连接部处前控制表面相对于的人工晶状体额平面的斜坡角的绝对值。

[0062] 在一些实施方案中,位于或邻近前控制-边缘连接部处,前控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角度值比位于或接近前光学-控制连接部处,前控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角度值更负。

[0063] 在一些实施方案中,邻近IOL边缘的前控制表面的斜坡和边缘表面可以形成小于90度、约90度和/或大于90度的角度。

[0064] 在一些实施方案中,邻近IOL边缘的前控制表面的斜坡和边缘表面可以形成介于 $70^\circ$ 和 $110^\circ$ 之间,或介于 $75^\circ$ 和 $105^\circ$ 之间,或介于 $80^\circ$ 和 $100^\circ$ 之间的角度。

[0065] 在一些实施方案中,前控制表面可以与前光学表面是C0-连续的(例如,前控制表面与前光学表面会合而没有突出部或突升部)。

[0066] 在一些实施方案中,前控制表面可以与前光学表面是C1-连续的(例如,前控制表面与前光学表面在它们会合之处具有公共切线)。

[0067] 在一些实施方案中,前控制表面可以与前光学表面是C2-连续的(例如,前控制表面与前光学表面在它们会合的点处具有相同的瞬时曲率)。

[0068] 在一些实施方案中,后光学表面和后控制表面可以会合,以在后表面处为靠近后光学连接部的光学和控制区域内的射线创建射线折射/偏转角的逐渐过渡。

[0069] 在一些实施方案中,前光学表面和前控制表面可以会合,以在前表面处为靠近(例如,邻近或接近)前光学连接部附近的光学和控制区域内的射线创建射线折射/偏转角的逐渐过渡。

[0070] 在一些实施方案中,后控制表面的曲率/表面轮廓和/或前控制表面的曲率/表面轮廓可以将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0071] 在一些实施方案中,边缘可以由在前控制表面和后控制表面之间并连接前控制表面和后控制表面的表面形成。

[0072] 在一些实施方案中,边缘可以为向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线可以形成小于 $45^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 或 $30^\circ$ 的角度。

[0073] 在一些实施方案中,边缘可以为向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线可以形成小于约 $45^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 或 $10^\circ$ 的角度。

[0074] 在一些实施方案中,边缘可以为向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线可以形成约 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $5^\circ$ 或 $2.5^\circ$ 的角度。

[0075] 在一些实施方案中,边缘可以为向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线可以形成介于约 $35-45^\circ$ 、 $35-40^\circ$ 、 $25-35^\circ$ 、 $25-30^\circ$ 、 $15-25^\circ$ 、 $10-20^\circ$ 、 $10-15^\circ$ 、 $5-15^\circ$ 、 $0-15^\circ$ 、 $5-10^\circ$ 、 $0-10^\circ$ 或 $10-40^\circ$ 之间的角度。

[0076] 在一些实施方案中,边缘表面可以是倾斜的,使其倾斜角度与旁通射线基本相同(例如,旁通射线的方向基本平行于边缘的表面)。

[0077] 在一些实施方案中,边缘表面的宽度可以是约 $2.5\text{mm}$ 、 $2\text{mm}$ 、 $1.5\text{mm}$ 、 $1\text{mm}$ 、 $0.5\text{mm}$ 、 $0.25\text{mm}$ 或 $0.1\text{mm}$ 。

[0078] 在一些实施方案中,边缘表面的宽度可以小于约 $2.5\text{mm}$ 、 $2\text{mm}$ 、 $1.5\text{mm}$ 、 $1\text{mm}$ 、 $0.5\text{mm}$ 或 $0.25\text{mm}$ 。

[0079] 在一些实施方案中,边缘表面可以经处理以改变其光学特性(例如,透射/不透明度、散射/漫射、光谱透射、反射等中的一种或多种)。

[0080] 在一些实施方案中,该处理可以消除或减少光射线的传播,该光射线可以从房水到晶状体(从外向内)或从晶状体到房水或玻璃体(从内向外),或从晶状体到晶状体(内反射),或从房水到房水(外反射)折射或反射出边缘。

[0081] 在一些实施方案中,边缘表面可以是光滑的折射或反射表面,或具有光学特征,例如衍射光栅、超表面(例如,纳米光学柱)、磨砂(例如,类似于淋浴屏以使表面散射/漫射)。

[0082] 在一些实施方案中,前控制-边缘连接部可以是前控制表面或比前控制表面更靠外周的区域或区与IOL边缘会合的位置。

[0083] 在一些实施方案中,前控制-边缘区域可以是前表面上的区域,在该区域,前控制表面或比前控制表面更靠外周的区域或区连接到IOL边缘。

[0084] 在一些实施方案中,当被视为子午线横截面时,前控制-边缘连接部可以是尖角、倒圆角/圆角(radiused/rounded corner)、倒角(chamfered corner)、修圆角(filleted corner),或将前控制表面连接到边缘的轮廓。

[0085] 在一些实施方案中,后控制-边缘连接部可以是后控制表面或比后控制表面更靠外周的区域或区与IOL边缘会合的位置。

[0086] 在一些实施方案中,后控制-边缘区域可以是后表面上的区域,在该区域,后控制表面或比后控制表面更靠外周的区域或区连接到IOL边缘。

[0087] 在一些实施方案中,当被视为子午线横截面时,后控制-边缘连接部可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、修圆角,或将后控制表面连接到边缘的轮廓。

[0088] 在一些实施方案中,人工晶状体可以是辅助人工晶状体,其被植入以与另一个人工晶状体(例如,先前已植入的现有IOL)联合(例如,与其组合或与其一起)发挥作用。例如,通过现有IOL和辅助人工晶状体的光焦度的组合来提供所需的处方光度,并且辅助人工晶状体包括被配置为减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的控制区。

[0089] 在此描述的主题的其他特征和优点将从描述和附图以及从权利要求中显见。

## 附图说明

[0090] 当与附图一起阅读时,可以从以下详细描述中理解本文描述的实施方案各方面。

[0091] 图1是根据某些实施方案的可射线追踪的人工晶状体眼的三维示意模型。

[0092] 图2是射线截距图,其示出了根据某些实施方案,在约84度的入射光场角情况下与视网膜相交的光射线的分布。

[0093] 图3是射线截距图,其示出了根据某些实施方案,在约87.5度的入射光场角情况下与视网膜相交的光射线的分布。

[0094] 图4是射线截距图,其示出了根据某些实施方案,在约90度的入射光场角情况下与视网膜相交的光射线的分布。

[0095] 图5是射线截距图,其示出了根据某些实施方案,在约93.5度的入射光场角情况下与视网膜相交的光射线的分布。

[0096] 图6是在一系列场角上整合(integrated)的射线密度图,其示出了根据某些实施方案的视网膜上的光分布的强度。

[0097] 图7是在一系列场角和方位角上整合的整合射线密度图(或相对全场视网膜辐照度图),其示出了根据某些实施方案的视网膜上的光分布的强度。

[0098] 图8A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图1模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度,例如,其在一系列场角和方位角上整合)。

[0099] 图9A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图1模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分

布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0100] 图10A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图1模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0101] 图11A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图1模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0102] 图12A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图1模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0103] 图13A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图1模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0104] 图14A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图1模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0105] 图15A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图1模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0106] 图16是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0107] 图17是在一系列场角上整合的射线密度图,其示出了根据某些实施方案使用根据图1模型所示眼睛和图29的人工晶状体跨视网膜上的光分布的强度。

[0108] 图18是在一系列场角和方位角上整合的相对全场视网膜辐照度图(例如,整合射线密度图),其示出了根据某些实施方案的图17的射线密度图的跨视网膜上的光分布的强度。

[0109] 图19A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0110] 图20A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0111] 图21A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0112] 图22A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0113] 图23A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处

用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0114] 图24A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0115] 图25A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0116] 图26A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0117] 图27是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0118] 图28是根据某些实施方案实现用于定义人工晶状体的控制表面轮廓的方程1的示例性实施方案。

[0119] 图29是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0120] 图30是根据某些实施方案实现用于定义人工晶状体的控制表面轮廓的方程2的示例性实施方案。

[0121] 图31是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0122] 图32是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0123] 图33是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0124] 图34是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0125] 图35是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0126] 图36是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0127] 图37是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0128] 图38是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0129] 图39是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0130] 图40是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0131] 图41A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0132] 图42A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0133] 图43A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0134] 图44A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0135] 图45A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0136] 图46A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0137] 图47A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0138] 图48A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0139] 图49A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0140] 图50A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0141] 图51A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0142] 图52A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0143] 图53A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0144] 图54A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0145] 图55A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0146] 图56A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0147] 图57A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0148] 图58A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0149] 图59A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0150] 图60A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0151] 图61A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0152] 图62A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0153] 图63A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0154] 图64A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0155] 图65A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0156] 图66A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0157] 图67A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0158] 图68A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0159] 图69A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0160] 图70A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0161] 图71A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0162] 图72A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0163] 图73A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0164] 图74A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0165] 图75A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0166] 图76A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0167] 图77A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0168] 图78A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0169] 图79A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0170] 图80A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0171] 图81是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0172] 图82是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0173] 图83是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0174] 图84是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。

[0175] 图85A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0176] 图86A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0177] 图87A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0178] 图88A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0179] 图89A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0180] 图90A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0181] 图91A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0182] 图92A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0183] 图93A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0184] 图94A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处

用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0185] 图95A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0186] 图96A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0187] 图97A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0188] 图98A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0189] 图99A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0190] 图100A-F是整合射线密度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。

[0191] 图101是人工晶状体的半子午线截面的示意图,该人工晶状体用作根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的辅助人工晶状体。

## 具体实施方式

[0192] 以下公开提供了许多不同的实施方案或示例,用于实现所提供的主题的不同特征。下面描述部件和布置的具体示例以简化本公开。当然,这些仅仅是示例而不是限制性的。此外,本公开可以在各种示例中重复参考标记和/或字母。这种重复是为了简单和清楚的目的,其本身并不规定所讨论的各种实施方案和/或配置之间的关系。

[0193] 详细描述中使用的主题标题是为了便于读者参考而包含在内的,并且不应用于限制在整个公开或权利要求中发现的主题。主题标题不应用于解释权利要求的范围或权利要求的限定。

[0194] 如在本公开中使用的术语“约”应理解为可与术语近似或近似地(approximate or approximately)互换。在一些情况下,术语“约”可以被理解为与术语大致或大致地(approximal or approximately)互换。

[0195] 如在本说明书中使用的术语“包括”及其派生词(例如,包含、含有)应被视为包含其所指的特征,并且不意味着排除附加特征的存在,除非另有说明或暗示。

[0196] 如本文所用,术语“人工晶状体(“IOL”)是植入眼睛中用于恢复、部分恢复、矫正和/或改善视力的任何晶状体。IOL可在白内障手术后使用,其中天然晶状体被摘除并由IOL替换。其天然晶状体被IOL替换的眼睛被称为“假晶状体”。

[0197] 同样如本文所用,人工晶状体可以指为假晶状体单独植入的单个(例如,独立的或整体的)人工晶状体,或可以指经植入组合(例如,联合或一起)发挥作用以提供所需的视力矫正的人工晶状体系统中的一个或多个,或可以指经植入以与现有的(例如,较早植入的)人工晶状体组合(例如,与其联合,或与其一起,或与其一致)发挥作用以提供“辅助”功能(例如减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症)的辅助人工晶状体。

[0198] 图1是根据某些实施方案的可射线追踪的人工晶状体眼的三维示意模型。如图所示,图1示出了植入有人工晶状体(IOL) 106的眼睛100。图1中的此模型是使用Zemax Opticstudio(版本18)以非顺次射线追踪模式进行射线追踪的计算机生成的,并且眼睛100的维度大致地基于Arizona眼模型。IOL 106是等凸(例如,具有相同的前后表面曲率半径的双凸)设计,其光学区直径为6mm。眼睛100包括角膜101、巩膜102、在巩膜102的内表面处的视网膜表面103、虹膜104和瞳孔105。IOL 106位于虹膜104和瞳孔105下方(例如,更靠其后部),这可能是白内障手术摘除后IOL植入的典型特征。虽然在实践中,自然人眼的一些部件相对于彼此略微倾斜(tilted)和偏心,但对于一般视觉光学建模而言,眼睛可以(并且通常已经)被视为围绕眼睛116的轴线大致旋转对称,并且IOL的轴线可以被视为与眼睛的轴线大致重合。

[0199] 如图所示,成束的光射线110以约89.3度的场角(例如,与眼睛的轴线116成89.3度)入射到眼睛上。前房射线111是由角膜101折射进入前房的光射线。在一些实施方案中,一些前房射线可以被虹膜104阻挡。折射的射线(例如,到达视网膜位置112)是在由角膜101折射并横穿前房之后,穿过瞳孔105开口、由IOL 106折射并最终到达视网膜103一部分的光射线。旁通射线(例如,到达视网膜位置113)是由角膜101折射并横穿前房并穿过瞳孔105、错过IOL 106并直接到达视网膜103一部分的光射线。由于射线的倾斜、瞳孔的直径、IOL的直径和/或IOL的植入深度,旁通射线错过了IOL,因此不会被IOL折射——也就是说,它们绕过IOL而直接到达视网膜。

[0200] 如本文所用,IOL的“植入深度”是眼睛的虹膜/瞳孔与IOL之间的距离。植入深度可根据眼睛的解剖结构或几何形状、IOL的设计(例如,用于将IOL在眼睛中固定、对齐或居中的触觉设计)和/或用于植入IOL的外科手术程序而变化。本发明的IOL可采用用于将植入的IOL在眼睛中固定、对齐或居中的多种触觉设计中的任意一种,例如J形环、C形环、板形触觉件等。在某些实施方案中,触觉或固定装置可以在其晶状体边缘(例如,图16中的1611)或后控制表面(例如,图16中的1608)或其组合处全部或部分地附接到IOL。

[0201] “暗条带”区域114是视网膜表面103上的区域,该区域介于拦截折射射线的视网膜部分112和拦截旁通射线的视网膜部分113之间。在某些情况下,在特定的场角、眼睛几何形状、IOL几何形状和/或光学特性和/或植入深度下,无论场角如何,视网膜上可能存在没有光(例如,没有光、基本上没有光、最小光等)到达的区域。此暗条带区域114可以被认为没有光视网膜刺激并且可以被患者感知为他们视野中的暗区。在一些实施方案中,此暗区域可能是负性外周假晶状体眩光幻影症(PPD)的基础。

[0202] 在图1的计算机模型中,假设IOL 106的边缘是透明的,具有平坦的方形边缘和尖角。在此假设下,在某些场角下,少量光在通过IOL前表面折射后可在IOL边缘表面处发生折射或反射。此类射线(例如,边缘射线)被偏转以到达不同的视网膜位置115。实际上,IOL边缘通常是弯曲的或有轮廓的(例如,圆形的、倒圆的、倒角的、斜面的、修圆角的)并且会广泛

传播到达晶状体边缘的光,由此使此类射线对患者视力的影响可忽略不计。

[0203] 如前所述,图1中的模型是使用Zemax Opticstudio (版本18)以非顺次模式进行射线追踪的计算机生成的,并且眼睛100的维度大致地基于Arizona眼模型。基于Arizona眼模型,并且为了便于对视网膜辐照度进行建模,眼睛100可以具有以下特征:虹膜厚度0.25mm;巩膜内半径12mm;视网膜半径11.995mm(例如,视网膜半径可以被设置为比巩膜内半径小约5 $\mu$ m,以便于在射线追踪分析期间计算对视网膜的射线截距;确保受跟踪的射线在巩膜之前拦截视网膜表面)。有效巩膜内半径的这种微小减小(5 $\mu$ m)不会显著改变视网膜上光射线的辐照度和分布方面的结果。在图1的模型中,IOL可具有以下特征:晶状体光学直径6.0mm;前半半径=+22.54mm;背面半径=-22.54mm(在此处采用的符号约定中,半径为负值的背面表示凸面);中心厚度=0.55mm;以及晶状体材料折射率=1.55,从而产生约+19D(度)的光焦度。该模型的射线追踪分析可以在约55°到100°(例如,以0.5°的步长)的场角范围内;和/或在2.5mm-5.0mm(例如,以0.5mm的步长)的瞳孔直径范围内运行。在一些实施方案中,IOL的建模植入深度可以是0mm到0.7mm(例如,以0.1mm的步长)。

[0204] 在图1中的特定模型中,由虹膜104中的孔形成的瞳孔105的直径为3mm,并且IOL植入深度(从瞳孔/虹膜平面到IOL前面的距离)为0.3mm。场角(入射光110的方向与眼睛轴线116之间的角度)约为89.3°(其中0°是光从正前方接近眼睛)。为清楚起见,在图1中的模型的渲染中仅包含了500条射线。

[0205] 在由角膜101折射之后从约89.3°的场角入射到眼睛100上的光束横穿通过并越过前房。虹膜104等解剖特征可阻碍前房射线111的一部分进一步传播。其他射线可穿过瞳孔105。在穿过瞳孔105的射线中,一部分射线将被IOL 106的光学器件折射。此类折射射线在视网膜位置112处被引导到视网膜表面103。对于眼睛的给定几何形状和IOL(例如,图1的IOL)的光学特性,视网膜表面103上的视网膜112上的辐照度位置可以根据入射场角而变化——更靠后部或更靠前部。在穿过瞳孔105的射线中,根据入射场角,另一部分射线可以绕过IOL 106并到达视网膜103,而不会被IOL106折射。此类旁通射线可以被引导到视网膜上113处更靠前部的位置。在视网膜表面103上的视网膜113上的辐照度位置可以根据入射场角而变化——更靠后部或更靠前部。然而,该位置与IOL的折射焦度无关。因此,在两个受辐照的位置113和112之间存在“间隙”(或“暗条带”114)。如上所讨论的,区域114可以没有(或至少基本上没有)光。

[0206] 对于眼睛特性(包含角膜形状和焦度、前房深度和/或瞳孔直径中的一种或多种的组合)和IOL特性(包含焦度和焦度分布、晶状体形式或形状、IOL的直径和/或厚度和折射率中的一种或多种的组合)以及生理和手术因素(例如植入深度),视网膜上可能存在暗条带区域,而与场角或子午线或方位角或方位角度无关,其中子午线是穿过眼睛轴线的平面。例如,从水平面上的一个位置到达的入射光可以被认为在水平子午线上,并且位于与水平面成45°的平面中的光源可以用45°的方位角或子午线角来描述。

[0207] 暗条带114的出现可以解释称为负性PPD的现象,其中患者(在IOL植入后)报告在他们的视场中出现没有光的条带,或斑块或区域——即,“暗条带”横跨他们的视野。

[0208] 同时,在位置112被IOL折射后到达视网膜的射线的位置和绕过IOL到达更靠前部的位置113的射线的位置确实取决于入射光110的场角。当患者旋转他们的眼睛或头部以朝不同的方向观看时,明亮的光源(例如,类似于夜间点亮的路灯)可在该视网膜位置瞬时出

现。这可产生与正性PPD报告一致的“突升部”或“闪光”的现象。例如,如果一个光斑正朝向患者的外周视场从较低的场角(更靠近眼睛注视方向的正面)朝向更大的场角(更靠外周)移动,其射线最初可被IOL折射到视网膜上的112等位置。随着光斑在患者的视场中更靠外周地移动,视网膜上的光斑将更靠前部移动。然而,在某些更靠外周的场角处,来自光斑的射线将绕过IOL并似乎“突升”到更靠前部的视网膜位置113,然后随着增加的外周场角超过眼睛的总视场而最终消失。感知到的光斑移动的这种不连续性可给患者带来“闪光”的感觉。

[0209] 图2至图15示出了来自图1的眼睛和IOL模型的计算射线追踪分析的图,其中眼睛和IOL的参数值如上文所详述。

[0210] 图2至图5是射线截距图,其示出了针对各种入射光场角进行视网膜拦截的光射线的分布。图1中所示的非顺次射线追踪模型用于(使用Zemax Opticstudio)计算针对具有方形边缘轮廓的等凸IOL,以 $0.5^\circ$ 的步长在 $55^\circ$ 到 $110^\circ$ 的场角范围内入射的约100,000条光射线的传播。射线截距图示出了针对给定的入射光场角(或仅入射角或仅场角)进行视网膜拦截的光射线的分布。也就是说,进行视网膜拦截的每条射线都被绘制为单个点,表示该射线与视网膜表面的交点。通过绘制到达视网膜的射线,在射线成簇和/或集中的情况下,成簇的点显示视网膜光斑或更亮的光斑块。束宽约为3mm的入射光束的光源被设置为模拟无穷远处的点源(即距离眼睛很远的光源位置),从而产生入射到眼睛上的一束平行光射线。

[0211] 在射线截距图中,水平轴线(例如,图2中的202)表示横向(或子午线或方位角)视网膜位置。沿此轴线的零度表示沿视网膜的前后部位置,这些位置与入射光源在同一子午线平面中。假设眼睛的巩膜/视网膜是球形的。在射线追踪模型中,仅对巩膜和视网膜的前部半球进行了建模,因为PPD被认为是一种与视场外周到远外周相关的视觉现象。从外周到远外周场的光射线在由眼睛和IOL折射后通常在外周到远外周视网膜(其是表示视网膜的球体的赤道前部的视网膜部分)处进行视网膜拦截。赤道是在视网膜周围视网膜表面与额平面或冠平面(其将眼睛平分为前半球和后半球)相交的位置的轨迹。

[0212] 射线截距图中的垂直轴线(例如,图2中的201)表示视网膜表面半球的前后部位置。标度以相对于表示巩膜/视网膜的球体中心的度数计。因此, $0^\circ$ (朝向图的顶部)表示沿眼轴线的方向(即,面向正前方,或眼睛所视的方向),而 $90^\circ$ (在图的底部)表示在视网膜赤道处的位置。注意,此轴线的标度使得患者视力的“正前方”( $0^\circ$ )向上。因此,沿垂直轴线的较高位置(即具有较低角度值)表示视网膜上更靠外周到远外周的位置。

[0213] 图2至图5示出了随着光源的入射角逐渐增加(例如,在视场中的位置变得更靠外周),针对精选的示例性入射角,光在外周到远外周视网膜上的辐照度分布。模拟的瞳孔大小为3mm,并且植入深度为0.3mm。

[0214] 图2是射线截距图200,其示出了根据某些实施方案针对约 $84^\circ$ 的入射光场角进行视网膜拦截的光射线的分布。当来自无穷远处的光束以约 $84^\circ$ 的角度入射到眼睛上时,实际上所有(例如,基本上所有)穿过瞳孔的光射线都在被IOL折射后在单个射线簇位置处入射到视网膜上,从而创建光斑203。这些对应于图1中讨论的视网膜位置112处的折射射线。视网膜光斑203的非圆形形状可能至少部分归因于眼睛的一种或多种外周像差的组合,例如(径向或偏斜)散光和彗形像差以及外周屈光散焦,其中光射线可能不会聚焦在视网膜上,而是在视网膜前面(更前部,例如,在眼睛的玻璃体或后房中)或后面(更后部)。

[0215] 图3是射线截距图300,其示出了根据某些实施方案的针对约87.5度的入射光场角进行视网膜拦截的光射线的分布。当来自无穷远处的光束以87.5°的更靠外周的角入射到眼睛上时,穿过瞳孔的大部分光射线在被IOL折射后在折射光斑301处入射到视网膜上。一部分光射线在被IOL的前表面折射之后被图1中模型化的IOL的平坦/方形边缘表面折射。这将“边缘”射线更靠后部地引导到“边缘”射线斑302。图1中的IOL的方形边缘可以简化以用于射线追踪的目的。例如,在一些IOL中,边缘形状可以是圆形的、倒圆角的、倒角的、斜角的或修圆角的,并且会在视网膜上散布光,从而基本上消除“边缘”射线斑302的存在或使其视觉影响可忽略不计。

[0216] 图4是射线截距图400,其示出了根据某些实施方案的针对约90度的入射光场角进行视网膜拦截的光射线的分布。当来自无穷远处的光束以约90°的甚至更靠外周的角入射到眼睛上时,通过瞳孔的大部分光射线在被IOL折射后在折射光斑401处入射到视网膜上。一部分光射线在被IOL的前表面折射之后,被图1的IOL的平坦/方形边缘表面折射。这将“边缘”射线更靠后部地引导到“边缘”射线斑402。图1中的IOL的方形边缘可简化以用于射线追踪的目的。例如,在一些IOL中,边缘形状可以是圆形的、倒圆角的、倒角的、斜角的或修圆角的,并且会在视网膜上散布光,从而基本上消除了“边缘”射线斑402的存在。在此场角下,一些射线也通过横穿虹膜后部和IOL前部之间的后房空间而绕过IOL。这些射线到达视网膜以产生旁通射线斑403,其比折射光斑401更靠前部地位于视网膜表面上。折射射线视网膜光斑401和旁通射线视网膜光斑403之间的间隙404是没有光(例如,基本上没有光)的区域。如本文所述,对于眼睛特性、IOL特性和手术因素的某些组合,无论入射光场角如何,此类间隙404都可以持续存在,从而产生可以解释负性PPD现象的暗条带。

[0217] 图5是射线截距图500,其示出了根据某些实施方案的针对约93.5度的入射光场角进行视网膜拦截的光射线的分布。当来自无穷远处的光束以约93.5°的甚至更大的外周角入射到眼睛上时,穿过瞳孔的实际上所有的光射线都通过横穿虹膜后部和IOL前部之间的后房空间而绕过IOL。这些射线到达视网膜以产生旁通射线斑503。在某些情况下,超过特定的外周场角(例如此93.5°的外周角),不会形成折射光斑(即,预期的视网膜图像),并且患者仅感知到单一光源,即旁通射线视网膜光斑投射回视觉空间中。

[0218] 图6是在一定范围的场角上整合的射线密度图600,其示出了根据某些实施方案的跨视网膜的光分布的强度。图6示出了沿单个子午线(例如,单个方位角)在一定范围的视场角上整合的射线密度图600。图的水平轴线和垂直轴线与用于图2至图5的那些相同。水平轴线将视网膜上的横向位置表示为方位角(或子午线角);并且垂直轴线将前后部视网膜位置表示为相对于眼轴线的角度,并在对巩膜/视网膜建模的球体的几何中心处对向。

[0219] 此射线密度图是就其前后光学表面延伸到约6mm的整个光学直径的等凸IOL,针对3mm瞳孔直径和0.3mm植入深度,使用图1中详述的模型计算的。在视场角上的整合以0.5°步长从55°到100°(即总共91个场角)。在每个场角下,对100,000条射线进行非顺次追踪,以模拟点光源在无限远处沿眼睛的单个子午线(方位角)的效果。对于场角中的每一个,生成射线截距图(类似于图2至图5)。然后将来自射线截距图的所有场角上的光射线进行整合(即求和),并计算它们的相对视网膜密度(或相对视网膜辐照度,或相对光强度,计算为视网膜上每单位面积的射线数量)。将特定视网膜位置处的合成强度(视网膜前后部位置的方位角)绘制为灰度值,其中明亮的阴影表示相对较高的强度,而深色阴影表示相对较低的强

度。用于相对视网膜强度的阴影由灰度601表示(所示的标度是对数,其中全范围为4.5个对数单位(以10为底))。

[0220] 在场角上进行整合的射线密度图600上,被折射光射线辐照的视网膜区域可以被视为折射光区域602。在建模中,此强度的少量由“边缘”射线贡献并且被视为低强度簇605。更靠前部地,在旁通区域603中看到较小区域,该较小区域表示被旁通射线辐照的视网膜的位置。

[0221] 如图所示,在折射射线视网膜区域602和旁通射线视网膜区域603之间存在没有光(例如,基本上没有光)的区域604。这是暗条带区域604,无论入射光场角如何,都没有或只有极少的光到达该区域。此暗条带可以为负性PPD现象提供解释。

[0222] 为了便于理解和解释图6,如果零方位角表示患者眼睛看向水平面(例如,地平线)上一点的水平子午线,则入射光的范围(从 $55^{\circ}$ 到 $100^{\circ}$ )可以想象为均匀明亮的扩展光源,并且沿地平线提供连续的线光源,其从与患者注视方向成 $55^{\circ}$ 延伸到与患者注视方向成 $100^{\circ}$ 左右。虽然此扩展光源的光线是连续且均匀明亮的,但从在场角上整合的视网膜射线密度来看,患者会感知到在与暗条带视网膜区域604相关联的视场方向上被中断或缺失的光间隔。在此暗条带稍微更靠外周之处,患者会“看到”或感知到由旁通射线产生的“残段”光。无论场角如何,都存在该暗条带区域。也就是说,即使患者转动其眼睛或头部来改变注视方向,光线仍然会中断——无论患者可能正在看向何处,暗条带都与患者的注视方向保持相同的角度。这与经历负性PPD的患者的报告一致。

[0223] 折射光区域602可以理解为通过以 $0.5^{\circ}$ 为增量在 $55^{\circ}$ 到 $100^{\circ}$ 的场角上对折射光斑(例如,图4中的斑401)求和产生的视网膜区域。在一些实施方案中,还可能来自“边缘”射线斑605的一些贡献(例如,由图4中的斑402贡献)。区域603可以被理解为通过以 $0.5^{\circ}$ 为增量在 $55^{\circ}$ 到 $100^{\circ}$ 的场角上对旁通光斑(例如,由图4中的斑403贡献)求和产生的视网膜区域。

[0224] 图7是在一定范围场角和方位角上整合的整合射线密度(或相对视网膜辐照度,或相对全场视网膜辐照度)图700,其示出了根据某些实施方案的跨视网膜的光分布的强度。

[0225] 在场角上对射线截距(视网膜强度)进行整合的图6的射线密度图600图示了沿单个子午线定位的连续线光源对患者而言的外观。为了描绘均匀明亮的视场的外观(例如广阔的晴朗天空、雪景或大的空白墙壁),在眼睛(或眼睛的视场)的子午线(或方位角)上方(或周围)整合视网膜射线密度(例如图6)。在数学上,这可以被认为是射线密度图(例如,图6中的图)在多个方位角上的卷积。图7图示了相对“全场”视网膜强度图700。如本文所用,术语“全场”是指整合来自多个场角(例如,介于 $55^{\circ}$ 和 $100^{\circ}$ 之间)的光源并围绕所有多个方位角(例如,总共 $360^{\circ}$ ,即整个视场的所有子午线)进行卷积。在此示例中,由于假设无论场角或方位角如何,光源都具有恒定的亮度,因此围绕方位角的卷积在数学上等效于围绕眼轴线的每个视网膜角位置处的射线密度图值的总和。根据水平轴线701绘制所得的相对全场视网膜辐照度,其中较少量的视网膜辐照度或强度位于左侧,而大量的视网膜辐照度或强度位于右侧(标度为对数(以10为底),其中全范围为约4.5个对数单位)。

[0226] 根据图700,其是图1模型所示IOL对3mm瞳孔直径和0.3mm植入深度进行建模的结果,视网膜的折射射线区域提供了前后从 $90^{\circ}$ 到大致 $56^{\circ}$ 的相对恒定的视网膜辐照度。在大致 $56^{\circ}$ 和 $47^{\circ}$ 之间的视网膜位置之间,出现暗条带区域702。无论光源的方向(场角或子午线)

如何,都存在此暗条带。在具有负性PPD的患者的某些报告中,一种抱怨是当视场均匀明亮(如晴朗的天空或雪景)时出现暗条带的干扰。图7中的结果似乎与此类抱怨一致。

[0227] 负性PPD的报告表明该现象在患者和IOL设计之间是不一致的并且有所变化。本文描述的眼睛/IOL非顺次射线追踪建模为负性PPD报告中的明显不一致提供了解释,因为暗条带的存在似乎随着IOL的瞳孔直径和/或植入深度的组合而变化。

[0228] 图8至图15图示了相对全场视网膜辐照度或强度,其针对如图1模型所示IOL,只是瞳孔大小以0.5mm步长,直径从2.5mm到5mm变化,并且植入深度以0.1mm步长从0mm到0.7mm变化。如本文所述,所建模的IOL是等凸设计,其前表面和后表面延伸穿过6mm的整个光学器件直径。在所有情况下,针对每个场角对通过眼模型的约100,000条射线非顺次地进行追踪,并生成在场角(例如,91个场角)上整合的射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方位角进行卷积,以产生整合射线密度图,或相对全场视网膜辐照度或强度图。图8至图15中示出的图的图轴线和标度与图7中使用的那些相同。

[0229] 图8A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的在图1中建模的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜强度)。图8A图示了针对0mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图8B图示了针对0mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图8C图示了针对0mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图8D图示了针对0mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图8E图示了针对0mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图8F图示了针对0mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,暗条带视网膜区域分别针对4mm和4.5mm的瞳孔大小出现在位置801和802处。在位置803 5mm瞳孔大小处出现相对暗条带,在该相对暗条带内辐照度不为零,但在强度上比折射射线区域低许多数量级(在此示例中,约4个以10为底的对数单位),因此将由个人感知为暗条带。

[0230] 图9A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的在图1中建模的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜强度)。图9A图示了针对0.1mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图9B图示了针对0.1mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图9C图示了针对0.1mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图9D图示了针对0.1mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图9E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图9F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,暗条带视网膜区域901、902和903分别针对3.5mm、4mm和4.5mm瞳孔大小出现。

[0231] 图10A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的在图1中建模的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜强度)。图10A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图10B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图10C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图10D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场

视网膜辐照度。图10E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图10F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,暗条带视网膜区域1001、1002、1003和1004分别针对2.5mm、3mm、3.5mm和4mm瞳孔大小出现。

[0232] 图11A-F是相对全场视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的在图1中建模的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对视网膜强度)。图11A图示了针对0.3mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图11B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图11C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图11D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图11E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图11F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,暗条带视网膜区域1101、1102和1103针对2.5mm、3mm和3.5mm瞳孔大小出现。

[0233] 图12A-F是相对视网膜强度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的在图1中建模的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图12A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图12B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图12C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图12D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图12E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图12F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,暗条带视网膜区域1201、1202和1203分别针对2.5mm、3mm和3.5mm瞳孔大小出现。

[0234] 图13A和F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的在图1中建模的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图13A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图13B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图13C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图13D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图13E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图13F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,暗条带视网膜区域1301和1302分别针对2.5mm和3mm瞳孔大小出现。

[0235] 图14A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的在图1中建模的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图14A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图14B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图14C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径

的相对全场视网膜辐照度。图14D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图14E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图14F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,暗条带视网膜区域1401和1402分别针对2.5mm和3mm瞳孔大小出现。

[0236] 图15A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的在图1中建模的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图15A图示了针对0.7mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图15B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图15C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图15D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图15E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图15F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,暗条带视网膜区域1501针对2.5mm瞳孔大小出现。

[0237] 图16是根据某些实施方案的减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。对于定向,在图16中,该图中向上是朝向眼睛/IOL的前部(前面)(例如,朝向眼睛的入射光),并且向下是朝向眼睛/IOL的后部(后面)(例如,朝向眼睛的视网膜和小凹)。眼睛/IOL 1602的轴线定位在图16的左侧。因此,朝向该图的右侧是从眼睛/IOL的中心/轴线径向向外的方向。(视觉科学家、IOL的设计者和眼保健从业者都理解的是,虽然眼睛可能不是完全旋转对称的,但它可以合理地近似于围绕轴线旋转对称。)如图所示。图16示出了IOL 1600围绕光学系统1602的轴线的半子午线横截面。IOL 1600的横截面被图示为被植入眼睛的虹膜1601后部。在一些实施方案中,IOL 1600和虹膜1601的相对位置可以根据例如瞳孔大小、虹膜拓扑结构和/或植入深度而变化。

[0238] 图16的子午线横截面仅用于说明目的并且可能不是等距的(例如,非等轴的);也就是说,水平方向的距离(或维度或标度)可能与垂直方向的不同。

[0239] IOL 1600包括光学区1603和控制区1606。在一些实施方案中,IOL 1600的处方光焦度可以由光学区1603提供。

[0240] IOL的光学区的特征可以在于下列中一种或多种的任意组合:前(前部)光学表面1604、后(后部)光学表面1605、厚度(在前光学表面和后光学表面之间,例如沿轴线1602),以及IOL材料的折射率。

[0241] 在一些实施方案中,控制区1606可以被配置为控制PPD(例如,负性和/或正性PPD)。如图所示,控制区1606可以包括前(前部)控制表面1607、后(后部)控制表面1608和边缘1611。光学区1603和控制区1606之间的边界形成光学-控制连接部。前光学-控制连接部1609标记从前光学表面1604到前控制表面1607的边界或过渡。后光学-控制连接部1610标记从后光学表面1605到后控制表面1608的边界或过渡。

[0242] 由于控制区1606朝向IOL 1600的外周定位,因此在一些实施方案中,IOL 1600的光学区1603(其位于更中心)以与常规IOL相同的方式起作用。例如,光学区1603可以被配置为在较大范围内传递光焦度。光学区1603可以结合包含用于支持近视力的多焦点光学器件或扩展焦深光学器件、衍射光学器件、用于校正散光的复曲面光学器件等的一系列常规IOL

光学器件中的一种或多种的任意组合。

[0243] 在一些实施方案中,控制表面1607、1608和边缘1611的相交部可以在控制表面和边缘之间形成连接部1612、1613。例如,前控制表面1607可以在前控制-边缘连接部1612处与边缘1611会合,并且后控制表面1608可以在后控制-边缘连接部1613处与边缘1611会合。

[0244] 在一些实施方案中,控制区1606的前控制表面1607和/或后控制表面1608可以被配置为具有特定的表面曲率和/或轮廓以将光重新定向和/或分布到视网膜的原本暗条带区域。通过将控制区1606配置为填充(例如,将光折射到)暗条带区域,IOL 1600可以减少、显著减少和/或消除PPD的发生/感知。

[0245] 在一些实施方案中,眼睛(具有天然晶状体,或具有IOL)可以近似于旋转对称光学系统并且轴线1602可以用于参考方向和径向或横向距离。

[0246] 在一些实施方案中,光学区1603可以位于IOL的中心部分中并提供用于支持患者视力的光焦度。光学区的光学特征(例如,光焦度、像差、焦深等)可以由前光学表面1604和后光学表面1605的曲率或轮廓、IOL厚度以及IOL材料的折射率确定。前光学区表面1604和后光学区表面1605之一或两者上的光学区可以是圆形或多边形的(例如,六边形的)或根据光学区的视觉/光学目的是自由型形状。光学区的尺寸可以是几毫米(例如,约1.5mm,或约2mm,或约3mm,或约4mm,或约5mm或约6mm)。IOL 1600的厚度可以根据光学要求或光学区的目的进行选择,例如厚度较大以为更大光焦度的IOL(其需要更大的表面曲率或更短的曲率半径)提供足够大尺寸的光学区,或厚度较低以使IOL能够卷起或折叠以便于通过角膜小切口植入。IOL材料可以选自一系列合适的眼科材料(例如,常规眼科材料),包含水凝胶、亲水性材料、疏水性材料、有机硅材料、丙烯酸或丙烯酸酯类材料,或更高级的材料,例如梯度指数(GRIN)或光敏(例如,光可调的)材料等。此类IOL材料的折射率可在约1.4至约1.6的范围内。前光学表面1604和/或后光学表面1605的表面轮廓可以是球面(例如圆形横截面)、圆锥截面、多项式、泽尼克斯、超圆锥曲线、贝塞尔、样条曲线、傅里叶、小波、相息图、小阶梯光栅、相位台阶、环形、小透镜、小透镜阵列等中的一种或多种的组合。

[0247] 在一些实施方案中,IOL可以利用光学区域设计和配置,包含在较大光焦度范围内任何光焦度下的单视、用于促进近距视觉的多焦点或扩展的焦深、复曲表面或用于矫正散光的光焦度。光学区可以利用光学方法,包含折射或衍射表面,或高级的光学表面,例如超表面或纳米结构。在一些实施方案中,光学区的尺寸(如果是圆形,则为直径)可以由光学-控制连接部1609、1610一者或两者的位置来确定。

[0248] 控制区1606可以被配置为控制负性PPD。在一些实施方案中,控制区可以被配置为拦截穿过瞳孔的(例如,来自外周场角入射到眼睛上的光)偏斜光射线的一部分并将射线重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。在一些实施方案中,这可以通过后控制表面1608、前控制表面1607、IOL在控制区1606处的厚度或厚度轮廓和/或边缘1611的宽度(或长度,例如,控制-边缘连接点1612、1613之间的距离)的适当配置来实现。

[0249] 在一些实施方案中,控制区1606可以朝向IOL的外周定位,但不一定延伸到IOL的最边缘。在一些实施方案中,控制区1606可以延伸到IOL的边缘。在一些实施方案中,控制区1606的宽度可以尽可能宽以将尽可能多的光重新定向以“填充”视网膜的原本暗条带区域,但不会显著影响视力。

[0250] 在一些实施方案中,后(后部)控制表面1608,连同前(前部)控制表面1607的曲率/

表面轮廓,和/或IOL在控制区1606处的厚度或厚度轮廓,和/或边缘1611的宽度(或长度,例如,控制-边缘连接点1612和1613之间的距离),可以将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。在一些实施方案中,控制区1606可以具有径向变化的厚度。例如,在一些实施方案中,厚度可以朝向外周增加或者厚度可以朝向外周减小。

[0251] 在一些实施方案中,后控制表面1608可以是朝向眼睛后面凸出的(例如,基本上凸出的,或大体上凸出的,即当考虑跨后控制表面1608的跨度时是凸出的)(例如,是朝向眼睛的前面凹入的),如图16所示。在一些实施方案中,后控制表面1608可以具有比后光学表面1605更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。在一些实施方案中,后控制表面1608的曲率半径的绝对值可以比后光学表面1605的曲率半径的绝对值小(例如,在值上更小)。例如,后光学表面1605可以是凸出的正性折射表面并且针对后光学表面的曲率的绝对值可以低于针对后控制表面1608的曲率的绝对值(例如,具有更大的绝对曲率半径),该后控制表面1608沿子午线横截面具有更大曲率(例如,具有更小的绝对曲率半径)。平光(例如,具有零光焦度的平坦平面)表面(例如,光学表面、控制表面)的曲率被认为是零(例如曲率的最低绝对值)并且平光表面的曲率半径被认为是无限的(例如,曲率半径的最高绝对值)。

[0252] 在一些实施方案中,后控制表面1608可以具有与后光学表面1605的曲率符号相反的曲率。例如,后光学表面1605可以是朝向眼睛前面凸出的负性折射表面,而后控制表面1608可以是朝向眼睛前面凹入的;也就是说,两个表面具有相反的曲率符号。当考虑曲率半径值的符号时,可以从表面到曲率中心测量表面的曲率半径。当从表面到曲率中心的方向与入射光(例如,从眼睛的前部/前面到眼睛的后部/后面)的行进方向相同时,曲率半径为正值(即具有正号)。如果从表面到曲率中心的方向与入射光的行进方向相反,则曲率半径为负值(即,具有负号)。例如,朝向眼睛前面凸出的表面具有正性曲率半径。表面的曲率被确定为曲率半径的倒数,并且其符号与相关联的曲率半径的符号相匹配。也就是说,具有正性曲率半径的表面具有正曲率值,相反,具有负性曲率半径的表面具有负曲率值。例如,朝向眼睛前面凹入的表面具有负性曲率半径,并且其曲率值也是负值。

[0253] 在一些实施方案中,后控制表面1608可以沿其轮廓在曲率(例如,局部曲率或瞬时曲率)上变化。

[0254] 在一些实施方案中,后控制表面1608轮廓可以朝向IOL 1600的边缘1611在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)。在一些实施方案中,后控制表面1608轮廓可以朝向IOL 1600的边缘在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)。在一些实施方案中,后控制表面1608轮廓可以朝向IOL 1600的边缘1611在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)然后在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)。在一些实施方案中,后控制表面1608轮廓可以朝向IOL 1600的边缘1611在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)然后在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0255] 在一些实施方案中,接近后控制-边缘连接部1613沿着后控制表面1608相对于(例如,参考或测量自)额平面的斜坡使得随着后控制表面1608径向向外(例如,从IOL轴线朝向外周视网膜)行进,后控制表面1608上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。额平面是平行于眼睛虹膜(其孔形成瞳孔)平面且垂直于眼睛轴线1602的平面。

[0256] 在一些实施方案中,位于或接近后控制-边缘连接部1613,后控制表面1608相对于额平面的斜坡角的绝对值大于位于或接近后光学-控制连接部1610,后控制表面1608相对

于额平面的斜坡角的绝对值。

[0257] 在一些实施方案中,在与后控制-边缘连接部1613不重合(例如,不在其上,不与其位于同一位置)但邻近(例如,接近或在其附近)后控制-边缘连接部1613的点或区域中,沿着后控制表面1608,后控制表面1608相对于(例如,参考或测量自)额平面的斜坡使得随着后控制表面1608径向向外(例如,在从IOL轴线朝向外周视网膜的方向上)行进,后控制表面1608上靠近(例如,接近或位于)后控制-边缘连接部1613的各点的位置变得更靠前部(例如,朝向眼睛的角膜),并且在后控制-边缘连接部1613处,后控制表面1608相对于额平面的斜坡角的绝对值大于不在后控制-边缘连接部1613上(例如,不与其重合,不与其位于同一位置)但接近其(例如邻近其)的后控制表面1608的点或区域相对于额平面的斜坡的绝对值。从后控制-边缘连接部1613到不在后控制-边缘连接部1613上(例如,不与其位于同一位置,不与其重合)但邻近其(例如接近其)的后控制表面1608上的点或区域的距离可以小于2mm、小于1.5mm、小于1mm、小于0.5mm或小于0.25mm。

[0258] 在一些实施方案中,位于(例如,与其位于同一位置、与其重合)或接近(例如,邻近、在其附近)后控制-边缘连接部1613,后控制表面1608相对于额平面的斜坡角度值比位于或接近后光学-控制连接部1610,后控制表面1608相对于额平面的斜坡角度值更负。对于IOL表面(例如,光学表面、控制表面、边缘)相对于额平面的斜坡角,当斜坡表面切线上的点随着该点沿斜坡表面的切线径向向外(例如,远离IOL轴线)行进而而在位置上变得更靠后部(例如,更接近眼睛后面,或朝向小凹或视网膜)时,该角的符号被认为是正的。相反,当斜坡表面上的点随着该点沿斜坡表面的切线径向向外(例如,远离IOL轴线)行进而而在位置上变得更靠前部(例如,更接近眼睛前面,或朝向角膜或入射光源)时,相对于额平面的斜坡角的符号被认为是负的。注意,在此类一些实施方案的这种比较中,上述斜坡角的值在符号上可以其中之一是正的或负的,也可以两者都是。例如,如图16中所示的后控制表面1608在后光学-连接点1610处的斜坡角在值上是(稍微)负的,而如图16中所示的在后控制表面1608上接近控制-边缘连接部1613的斜坡角度值更负。

[0259] 在一些实施方案中,后控制表面1608轮廓可以由非球面曲线定义:该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。

[0260] 在一些实施方案中,后控制表面1608可以与后光学表面1605是C0-连续的。例如,后控制表面1608可以与后光学表面1605会合而没有突出部或“突升部”。在一些实施方案中,后控制表面1608可以与后光学表面1605是C1-连续的。例如,后控制表面1608可以与后光学表面1605在它们会合之处具有公共切线。

[0261] 在一些实施方案中,后控制表面1608可以与后光学表面1605是C2-连续的。例如,后控制表面可以与后光学表面在它们会合的点处具有相同的瞬时曲率。在一些实施方案中,这可以帮助确保对于在后光学连接部1610附近的光学和控制区域内的射线,在后表面处的射线折射/偏转角或图像形成的逐渐过渡。

[0262] 前(前部)控制表面1607是在IOL 1600前表面上的位于控制区1606内的表面。前控制表面1607的曲率/表面轮廓,与后控制表面1608的曲率/表面轮廓、IOL在控制区1606处的厚度或厚度轮廓和/或边缘1611的宽度(或长度,例如控制-边缘连接部1612、1613之间的距离)一起,可以将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0263] 在一些实施方案中,前控制表面1607可以是朝向眼睛后面凸出的(例如,基本上凸出的,或大体上凸出的,即当考虑跨前控制表面1607的跨度时是凸出的)(例如,是朝向眼睛前面凹入的),如图16所示。在一些实施方案中,前控制表面1607可以具有比前光学表面1604更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。在一些实施方案中,前控制表面1607的曲率半径的绝对值可以比前光学表面1604的曲率半径的绝对值小(例如,在值上更小)。例如,前光学表面1604可以是凸出的正性折射表面并且针对前光学表面的曲率的绝对值低于针对前控制表面1607的曲率的绝对值(例如,具有更大的绝对曲率半径),该前控制表面1607沿子午线横截面具有更大曲率(例如,具有更小的绝对曲率半径)。

[0264] 在一些实施方案中,前控制表面1607可以具有与前光学表面1604的曲率符号相反的曲率。例如,前光学表面1604可以是朝向眼睛的前面凸出的正性折射表面,而前控制表面1607可以朝向眼睛的前面凹入;也就是说,这两个表面可具有相反的曲率符号。

[0265] 在一些实施方案中,前控制表面1607可以沿其轮廓在曲率(例如,局部曲率或瞬时曲率)上变化。

[0266] 在一些实施方案中,前控制表面1607轮廓可以朝向IOL 1600的边缘1611在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)。

[0267] 在一些实施方案中,前控制表面1607轮廓可以朝向IOL 1600的边缘在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)。在一些实施方案中,前控制表面1607轮廓可以朝向IOL 1600的边缘1611在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)然后在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)。在一些实施方案中,前控制表面1607轮廓可以朝向IOL 1600的边缘1611在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)然后在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0268] 在一些实施方案中,接近(例如,邻近或在其附近)前控制-边缘连接部1612沿着前控制表面1607相对于(例如,参考或测量自)额平面的斜坡使得随着前控制表面1607径向向外(例如,从IOL轴线朝向外周视网膜)行进,前控制表面1607上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。额平面是平行于眼睛虹膜平面且垂直于眼睛/IOL的轴线1602的平面。

[0269] 在一些实施方案中,位于或接近前控制-边缘连接部1612,前控制表面1607相对于额平面的斜坡角的绝对值大于位于前光学-控制连接部1609,前控制表面1607相对于额平面的斜坡角的绝对值。

[0270] 在一些实施方案中,在与前控制-边缘连接部1612不重合(例如,不与其位于同一位置,不在其上)但邻近(例如,接近或在其附近)前控制-边缘连接部1612的点或区域中,沿着前控制表面1607,前控制表面1607相对于(例如,参考或测量自)额平面的斜坡使得随着前控制表面1607径向向外(例如,在从IOL轴线朝向外周视网膜的方向上)行进,前控制表面1607上靠近(例如,接近或位于)前控制-边缘连接部1612的各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜),并且在控制-边缘连接部1612处,前控制表面1607相对于额平面的斜坡角的绝对值大于不在前光学-控制连接部1609上(例如,不与其重合,不与其位于同一位置)但邻近其(例如接近其)的前控制表面1607的点或区域相对于额平面的斜坡的绝对值。从前控制-边缘连接部1612到不在前控制-边缘连接部1612上(例如,不与其位于同一位置,不与其重合)但邻近其(例如接近其)的前控制表面1607上的点或区域的距离可以小于2mm、小于1.5mm、小于1mm、小于0.5mm或小于0.25mm。

[0271] 在一些实施方案中,位于(例如,与其位于同一位置、与其重合)或接近(例如,邻

近、在其附近)前控制-边缘连接部1612,前控制表面1607相对于额平面的斜坡角度值比位于或接近前光学-控制连接部1609,前控制表面1607相对于额平面的斜坡角度值更负。

[0272] 在一些实施方案中,前控制表面1607轮廓可以由非球面曲线定义,该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。在一些实施方案中,前控制表面1607可以与前光学表面1604是C0-连续的。例如,前控制表面1607可以与前光学表面在公共点处与前光学表面会合,而没有突出部或突升部。

[0273] 在一些实施方案中,前控制表面1607可以与前光学表面1604是C1-连续的。例如,前控制表面1607可以与前光学表面1604在它们会合之处与前光学表面1604具有公共切线。在一些实施方案中,前控制表面1607可以与前光学表面1604是C2-连续的。例如,前控制表面1607可以与前光学表面1604在它们会合的点处具有与前光学表面1604相同的瞬时曲率。在一些实施方案中,这可以帮助确保对于在前光学连接部1609附近的光学和控制区域内的射线,在前表面处的射线折射/偏转角或图像形成的逐渐过渡。

[0274] 前光学-控制连接部1609,也称为前光学-控制边界,是在IOL 1600前表面上前光学表面1604与前控制表面1607会合所处的位置或区域。在一些实施方案中,前光学-控制连接部1609的径向/横向位置可以对光学区1603的尺寸施加限制。在一些实施方案中,前光学-控制连接部1609可以容易地定义为单独的点,并且在一些实施方案中,前光学控制连接部可以是光学区1603和控制区1606之间的较难定义的区域。在一些实施方案中,前光学-控制连接部1609可以是前光学表面1604和前控制表面1607直接会合所处的“点”(当被视为子午线横截面时),或者可以是在其上前光学表面1604过渡(或混合)到前控制表面1607所处的区域(例如,对于圆形IOL而言是环带)。

[0275] 在一些实施方案中,前光学-控制连接部1609的位置可以设置为使得光学区1603的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。在一些实施方案中,(例如,由于斯蒂尔斯-克拉弗德效应),穿过瞳孔外周的光射线可通过视网膜的光感受器(例如视杆和视锥)产生较小的响应。因此,匹配(或基本匹配)患者瞳孔的大小可能不需要将前光学-控制连接部1609定位为使得光学区1603的尺寸与瞳孔大小相同,但它可以更小(或更大)并且仍然不显著干扰视力。

[0276] 后光学-控制连接部1610,也称为后光学-控制边界,是后表面上后光学表面1605与后控制表面1608会合所处的位置或区域。在一些实施方案中,后光学-控制连接部的径向/横向位置可以对光学区1603的尺寸施加限制。在一些实施方案中,后光学-控制连接部1610可以容易地定义为单独的点,并且在一些实施方案中,后光学-控制连接部1610可以是光学区1603和控制区1606之间的较难定义的区域。在一些实施方案中,后光学-控制连接部可以是后光学表面1605和后控制表面1608直接会合的“点”(当被视为子午线横截面时),或者可以是在其上后光学表面1605过渡(或混合)到后控制表面1608的区域(例如对于圆形IOL而言是环带)。

[0277] 在一些实施方案中,后光学-控制连接部的位置可以设置为使得光学区1603的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。在一些实施方案中,(例如,由于斯蒂尔斯-克拉弗德效应),穿过瞳孔外周的光射线可通过视网膜的光感受器(例如视杆和视锥)产生较小的响应。因此,匹配患者瞳孔的大小可能不需要后光学-控制连接部1610与瞳孔大小相同,但它

可以更小(或更大)并且仍然不显著干扰视力。在一些实施方案中,后光学-控制连接部1610位置可以比前光学-控制连接部1609的位置更靠外周(例如,离轴线更远,更靠近边缘)。

[0278] IOL 1600的边缘1611被定义为在IOL 1600的前表面1607和后表面1608之间并连接该前表面1607和后表面1608的表面(例如,如果IOL是圆形的,则基本上为圆柱形或圆锥形)。在一些实施方案中,边缘1611可以在前表面1607和后(也更靠外周的)表面1608之间基本上是直的、至少部分弯曲的,和/或起伏的或以其他方式变化的。在一些实施方案(其中控制区1606延伸到晶状体尺寸的极限)中,边缘可以分别由在前控制表面1607和后控制表面1608之间并连接该前控制表面1607和后控制表面1608的表面形成。在一些实施方案中,边缘1611可以成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面1611的法线和IOL的轴线1602形成小于 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 或 $20^\circ$ 的角度(其中 $0^\circ$ 意指边缘1611表面面向正前方(即,边缘表面1611的法线平行于轴线1602,并且边缘表面位于额平面中并且朝向虹膜面向前部),而 $90^\circ$ 意指边缘表面平行于眼睛的子午线平面直接朝外)。对于边缘的法线和IOL的轴线之间的角度,符号约定是这样的:正角表示边缘的法线使得在该边缘处,沿边缘法线更靠前部(例如,朝向眼睛的前面)的点从轴线处径向更远地(例如,朝向外周)位置。在一些实施方案中,边缘的法线与IOL的轴线之间的角度可以是约 $45^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $10^\circ$ 或 $5^\circ$ 。在一些实施方案中,该角度可以小于约 $45^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 或 $10^\circ$ 。在一些实施方案中,该角度可以介于约 $35-45^\circ$ 、 $35-40^\circ$ 、 $25-35^\circ$ 、 $25-30^\circ$ 、 $15-25^\circ$ 、 $10-20^\circ$ 、 $10-15^\circ$ 、 $5-10^\circ$ 、 $0-15^\circ$ 、 $0-20^\circ$ 、 $0-30^\circ$ 、 $0-40^\circ$ 或 $10-40^\circ$ 之间。

[0279] 在一些实施方案中,边缘表面1611可以是倾斜的,使其倾斜角度与旁通射线基本相同。也就是说,旁通射线的方向基本上平行于边缘1611的表面。

[0280] 在一些实施方案中,后控制表面1608位于或接近后控制-边缘连接部1613的斜坡与边缘表面1611位于或接近后控制-边缘连接部1613的斜坡形成约 $90^\circ$ 的角度(例如与其垂直)。

[0281] 在一些实施方案中,后控制表面1608位于或接近后控制-边缘连接部1613的斜坡与边缘表面1611位于或接近后控制-边缘连接部1613的斜坡形成等于或小于约 $90^\circ$ 的角度,其中该角度在晶状体材料内对向(例如,根据图16,该角度从后控制表面1608顺时针形成到边缘表面1611)。

[0282] 在一些实施方案中,后控制表面1608位于或接近后控制-边缘连接部1613的斜坡与边缘表面1611位于或接近后控制-边缘连接部1613的斜坡形成等于或大于约 $90^\circ$ 的角度,其中该角度在晶状体材料内对向(例如,根据图16,该角度从后控制表面1608顺时针形成到边缘表面1611)。

[0283] 在一些实施方案中,前控制表面1607位于或接近前控制-边缘连接部1612的斜坡与边缘表面1611位于或接近前控制-边缘连接部1612的斜坡形成约 $90^\circ$ 的角度(例如与其垂直)。

[0284] 在一些实施方案中,前控制表面1607位于或接近前控制-边缘连接部1612的斜坡与边缘表面1611位于或接近前控制-边缘连接部1612的斜坡形成等于或小于约 $90^\circ$ 的角度,其中该角度在晶状体材料内对向(例如,根据图16,该角度从前控制表面1607逆时针形成到边缘表面1611)。

[0285] 在一些实施方案中,前控制表面1607位于或接近前控制-边缘连接部1612的斜坡

与边缘表面1611位于或接近前控制-边缘连接部1612的斜坡形成等于或大于约90°的角度,其中该角度在晶状体材料内对向(例如,根据图16,该角度从前控制表面1607逆时针形成到边缘表面1611)。

[0286] 在一些实施方案中,边缘表面1611的宽度可以是约2.5mm、2mm、1.5mm、1mm、0.5mm或0.25mm。在一些实施方案中,边缘表面1611的宽度可以在径向方向(例如,沿着根据图16的水平方向)测量。在一些实施方案中,边缘表面1611的宽度可以沿着边缘表面1611(例如在与其平行的方向上)测量。

[0287] 在一些实施方案中,边缘表面1611的宽度可以小于约2.5mm、2mm、1.5mm、1mm、0.5mm或0.25mm。

[0288] 在一些实施方案中,前控制-边缘连接部1612和后控制-边缘连接部1613可以重合(例如,基本上重合,非常接近),因此边缘表面1611在宽度上可以非常窄,或基本上是“刀刃”(例如,楔形、锥形)。

[0289] 在一些实施方案中,边缘表面可以经处理以改变其光学特性,例如透射/不透明、散射/漫射、光谱透射、反射等中的一种或多种。该处理可以消除或减少光射线(例如,“边缘”射线)的传播,该光射线可以从房水到晶状体(从外向内),或从晶状体到房水/玻璃体(从内向外),或从晶状体到晶状体(内反射),或从房水/玻璃体到房水/玻璃体(外反射)折射或反射出边缘。

[0290] 在一些实施方案中,边缘表面1611可以是光滑的折射或反射表面,或者可以具有光学特征,例如衍射光栅、超表面(例如,纳米光学柱)、磨砂(例如,类似于淋浴屏以使表面散射/漫射)等。

[0291] 前控制-边缘连接部1612是前控制表面1607或比前控制表面更靠外周的区域或区与IOL的边缘1611会合的位置。当被视为子午线横截面时,前控制-边缘连接部1612可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、斜角、修圆角,或将前控制表面1607连接到边缘1611的轮廓。

[0292] 在某些实施方案中,前控制曲线1607可以与前控制-边缘连接部1612或边缘1611分离,在这种情况下,前控制表面1607可以呈现为在从正面到IOL 1600看时不延续到晶状体边缘1611的环形或环状形状。

[0293] 后控制-边缘连接部1613是后控制表面1608或比前控制表面更靠外周的区域或区与IOL的边缘1611会合的位置。当被视为子午线横截面时,后控制-边缘连接部1613可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、斜角、修圆角,或将后控制表面1608连接到边缘1611的轮廓。

[0294] 在某些实施方案中,后控制曲线1608可以与后控制-边缘连接部1613或IOL边缘1611分离,在这种情况下,后控制表面1608可以被视为在从正面到IOL 1600看时不延续到晶状体边缘1611的环形或环状形状。

[0295] 图17是在一定范围的场角上整合的射线密度图,其示出了根据某些实施方案,使用根据图1建模的眼睛和图29的人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度。图17示出了沿单个子午线(例如,单个方位角)在一定范围的视场角上整合的射线密度图1700。该图的水平轴线和垂直轴线与用于图6的那些相同。水平轴线将视网膜上的横向位置表示为方位角(或子午线角),而垂直轴线将前后部视网膜位置表示为相对于眼轴线并在对巩膜/视网膜建模的球体的几何中心对向的角度。

[0296] 此射线密度图是针对3mm瞳孔直径和0.3mm植入深度,但就结合控制区以用于将光

分布到视网膜上的原本暗条带区域的IOL(参见图29),使用图1中详述的模型计算的。在视场角上的整合以 $0.5^\circ$ 步长从 $55^\circ$ 到 $100^\circ$ (即总共91个场角)。在每个场角下,对100,000条射线进行非顺次追踪,以模拟点光源在无限远处沿眼睛的单个子午线(方位角)的效果。对于每个场角,生成射线截距图(类似于图2至图5中所示的那些)。然后将来自射线截距图的所有场角上的光射线进行整合,并计算它们的相对视网膜密度(或相对光强度,或相对辐照度,计算为每单位面积的射线数量)。用于计算此射线密度图1700的参数与用于图6的射线密度图600的那些相同,不同之处在于,将具有常规边缘的等凸IOL(图6)替换为具有用于控制负性PPD的控制区的IOL(参见图16和之前的解释)。将视网膜位置处的合成强度(前后部视网膜位置的方位角)绘制为灰度,其中明亮的阴影指示高强度,而深色阴影指示低强度。用于相对视网膜强度的阴影由灰度1701指示。在整合场角的射线密度图1700上,被折射射线辐照的视网膜区域可以被视为折射光区域1702。在建模中,此强度1705的少量是由边缘射线贡献的(例如,类似于图4中的402)。如前所述,此类边缘射线可通过适当选择IOL边缘表面特征(例如磨砂、不透明化等)进行控制。在图1700中更靠前部,在旁通区域1703中看到较小的区域,其表示受旁通射线辐照的视网膜的位置(例如,类似于图4中的403)。折射射线视网膜区域1702和旁通射线视网膜区域1703之间的区域1706是对于常规IOL而言在视网膜上呈现暗条带区域(例如,图6中的暗条带区域604)的区域。此区域1706现在示出了从折射射线区域1702到旁通射线区域1703的视网膜辐照度的连续性。因此,IOL的控制区有效地“填充”了视网膜上的潜在暗条带。在一些实施方案中,此控制区可以减少、消除、基本上消除或显著减少负性PPD的发生。

[0297] 图18是在一定范围的场角和方位角上整合的相对全场视网膜辐照度图(例如,整合射线密度图),其示出了根据某些实施方案,针对图17的射线密度图的跨视网膜上的光分布的强度。图18示出了针对围绕方位角卷积的图17的射线密度图,相对全场视网膜辐照度(或相对视网膜强度,或整合射线密度图)1800。从图1800(其作为3mm瞳孔直径和0.3mm植入深度的情景的结果)可以看出,对于常规IOL,介于大致 $47^\circ$ 和 $56^\circ$ 视网膜位置之间的视网膜的暗条带区域(例如,图7中的暗条带702)已被消除(或至少减少或显著减少),从而产生跨场角的更连续的视网膜辐照度。

[0298] 如图所示,图18展示了具有用于减少/消除暗条带区域的控制区的IOL(例如,对于3mm瞳孔直径和0.3mm植入深度的情景)的有效性。图8至图15图示了针对瞳孔大小和植入深度的各种组合的暗条带区域的出现,图19至图26图示了当瞳孔大小以0.5mm步长直径从2.5mm到5mm变化并且植入深度以0.1mm步长从0mm到0.7mm变化时的相对全场视网膜强度。所建模的IOL是具有用于分配光射线以辐照视网膜上原本暗条带的控制区的IOL的示例(参见图29)。换言之,图19至图26分别与图8至图15中呈现的结果类似,不同之处在于,常规等凸IOL已被具有如本文所述的控制区的示例性IOL替换。在所有情况下,对于每个场角,对通过眼模型的约100,000条射线进行非顺次追踪。在(例如,91个)场角上整合生成射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方位角进行卷积,以产生相对的全场视网膜辐照度图。图19至图26中示出的所有图的图轴线和标度,以及强度灰度与图7至图15中使用的那些相同。

[0299] 图19A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜强度或整合射线密度图)。图19A图示了针对0mm IOL

植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图19B图示了针对0mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图19C图示了针对0mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图19D图示了针对0mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图19E图示了针对0mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图19F图示了针对0mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0300] 图20A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图20A图示了针对0.1mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图20B图示了针对0.1mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图20C图示了针对0.1mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图20D图示了针对0.1mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图20E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图20F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0301] 图21A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图21A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图21B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图21C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图21D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图21E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图21F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0302] 图22A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图22A图示了针对0.3mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图22B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图22C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图22D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图22E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图22F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0303] 图23A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图23A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图23B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图23C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图23D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场

视网膜辐照度。图23E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图23F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0304] 图24A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图24A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图24B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图24C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图24D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图24E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图24F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0305] 图25A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图25A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图25B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图25C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图25D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图25E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图25F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0306] 图26A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图29模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图26A图示了针对0.7mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图26B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图26C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图26D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图26E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图26F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0307] 图27是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线截面的示意图。图27中所示的示例性IOL的处方在下表1中提供。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.55	
IOL 的标称焦距	(D)	+19	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	22.541	
中心厚度	(mm)	0.551	
后光学曲率半径	(mm)	-22.541	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.469	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.048	距 IOL 最高点平面(vertex plane)的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	2.000	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.462	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.595	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.448	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	-0.174	相对于 IOL 的顶点(apex)(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	-0.100	相对于 IOL 的顶点
<u>前控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		6	多项式的顶点在前边缘点处
二阶系数		-9.783E-01	
六阶系数		-4.555E+02	
前多项式倾斜角	(°)	7.595	多项式轴线相对于额平面的倾斜
<u>后控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		4	多项式的顶点在后边缘点处
二阶系数		-6.365E-01	
四阶系数		-2.721E+00	
后多项式倾斜角	(°)	7.595	多项式轴线相对于额平面的倾斜

表1

[0308] 图27的子午线横截面仅用于说明目的并且可能不是等距的(例如,非等轴的);也就是说,水平(或径向)方向上的距离(或维度或标度)可能与竖直(或轴向)方向上的不同。

[0309] 在图27的示例性实施方案中,IOL 2700由折射率为1.55的材料制成并且通过光学区2703提供约+19D的屈光力。光学器件是等凸的,其前表面2704的曲率半径等于22.541mm。凸后光学区表面2705具有-22.541mm的半径。如本领域普通技术人员将容易理解的,本文使用符号约定,由此当在IOL或眼睛中的光行进的前后部方向上测量时,距离被认为是正的。在此符号约定中,半径是从表面到半径中心测量的。因此,凸后表面(即在后部方向上是凸出的)的曲率半径为负值。IOL 2700的中心厚度为0.551mm。

[0310] 用于控制、减少和/或消除外周假晶状体眩光幻影症(PPD)的控制区2706作为IOL 2700的一部分提供。控制区2706包括前控制表面2707和后控制表面2708。前(前部)控制表面2707从前光学区2704和前控制表面2707之间的连接部2709(有时称为“前光学-控制连接部”)延伸到前边缘点2712(有时称为“前控制-边缘连接部”)。后(后部)控制表面2708从后光学区2705和后控制表面2708之间的连接部2710(有时称为“后光学-控制连接部”)延伸到后边缘点2713(有时称为“后控制-边缘连接部”)。前边缘点2712和后边缘点2713由IOL的边

缘2711连接。

[0311] 对于此示例性IOL,前光学-控制连接部2709、后光学-控制连接部2710、前边缘点2712和后边缘点2713的径向位置和轴向位置在上文的表1中给出。如本领域普通技术人员将容易理解的,径向距离是从IOL轴线2702并且在垂直于IOL轴线2702的方向上测量的。轴向距离是从包含IOL的前顶点2720的额平面并且在垂直于额平面的方向上测量的。额平面是平行于眼睛虹膜(其孔形成瞳孔)平面并垂直于眼睛和IOL轴线2702的平面。(视觉科学家、IOL的设计者和眼保健从业者理解的是,虽然眼睛可能不是完全旋转对称的,但它可以合理地近似于旋转对称。类似地,IOL的轴线可以合理近似于与眼轴线重合。)

[0312] 使用相同的符号约定,IOL的顶点2720前面(即,在与眼睛中的光行进方向相反的顶点的方向上)的轴向位置具有负轴向距离而在顶点2720后面或更后部的轴向位置被认为是正的。

[0313] 在此示例性IOL(具有上文表1中列出的处方)中,前控制表面2707和后控制表面2708的轮廓使用多项式方程定义,该多项式方程然后平移精选的径向和轴向距离并倾斜精选的角度以提供控制表面(前控制表面2707,后控制表面2708)和光学区(前光学区2704,后光学区2705)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部2709,后连接部2710)处的连续性。

[0314] 在一些实施方案中,多项式方程可以具有以下描述的形式:

$$r = a_2 z^2 + a_k |z|^k \dots \dots \dots \text{方程 (1)}$$

其中 $r$ 和 $z$ 分别是控制表面轮廓上各点的局部径向和轴向坐标, $k$ 是大于2的指数,并且 $a_2$ 和 $a_k$ 是与多项式的二阶和 $k$ 阶分量相关联的系数。方程1的坐标 $r$ 和 $z$ 可以是局部(例如特定)多项式,并且可以不同于关于IOL和/或眼睛的径向和轴向坐标。指数 $k$ 不必限于整数,但可以具有从实数集合中提取的值(例如,小数,例如2.573)。

[0315] 图28是根据某些实施方案用于定义人工晶状体的控制表面轮廓的方程1的实现方式的示例性实施方案。在图28中,由方程1描述的形式多项式用于定义连接光学-控制连接部2803和边缘点2802的控制表面2801。

[0316] 如图所示,规定的多项式经平移以将其顶点置于边缘点2802处。多项式沿轴线2804呈现对称性。多项式相对于眼睛和IOL的额平面2807倾斜角度2806,并且其对称轴线2804与IOL的边缘(例如,图27中的2711)重合。

[0317] 方程1描述了围绕其轴线2804对称的多项式曲线,因此其具有上臂2805和下臂2801,在这种情况下,下臂2801(具有较大的正 $z$ 或轴向值)用于定义控制表面的轮廓。

[0318] 表1列出了前控制表面轮廓和后控制表面轮廓的 $k$ 阶、2阶系数、 $k$ 阶系数和倾斜角的值。对于这两个控制表面轮廓,多项式经平移以将其顶点置于它们各自的边缘点上。

[0319] 此示例性IOL的边缘相对于IOL或眼睛的额平面成约 $7.6^\circ$ 的角度。也就是说,晶状体边缘的法线与IOL的轴线成约 $7.6^\circ$ 的角度。对于此示例性IOL,当前控制表面接近前边缘点时,晶状体边缘和前控制表面之间的角度(即,前控制表面位于或接近前边缘点的切线的角度)为约 $90^\circ$ 。此角度被认为是IOL前边缘点的“内”角。内角是在IOL的自体(或材料)内在前边缘点处对向的角度。在图27中,该角是前控制曲线2707在前边缘点2712的切线与晶状体边缘2711之间的角度(选择小于 $180^\circ$ 的角度值),该晶状体边缘2711在前边缘点2712和后边缘点2713之间。当后控制表面接近后边缘点时,晶状体边缘和后控制表面之间的角度(即,后控制表面位于或接近后边缘点的切线的角度)约为 $90^\circ$ 。与前边缘点处的角度类似,

晶状体边缘和后控制表面之间的此角度被测量为后控制曲线2708在后边缘点2713处的切线与晶状体边缘2711之间的角度(选择小于180°的角度值),该晶状体边缘2711在后边缘点2713和前边缘点2712之间。

[0320] 在一些实施方案中,可以使用其他数学函数来描述控制表面轮廓,例如样条曲线、傅里叶级数等中的一种或多种。例如,光学区域处方与图27的那个基本相同的IOL的控制表面轮廓可以使用贝塞尔线段来定义。下文就例如图29和表2描述了具有用于控制PPD的控制表面轮廓的此类示例性IOL的处方。

[0321] 图29是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。IOL的此示例性实施方案是用于获得就图17至图26所描述的结果的设计。下表2中给出了具有用于控制PPD的控制表面轮廓的此类示例性IOL的处方。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.55	
IOL 的标称焦距	(D)	+19	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	22.541	
中心厚度	(mm)	0.551	
后光学曲率半径	(mm)	-22.541	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.469	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.048	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	2.000	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.462	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.595	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.448	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	-0.174	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	-0.100	相对于 IOL 的顶点
前控制表面轮廓			

前边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.420	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.038	距 IOL 最高点平面的轴向距离
前连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.393	距 IOL 轴线的径向距离
前连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.108	距 IOL 最高点平面的轴向距离
<b>后控制表面轮廓</b>			
后边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.958	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.218	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.778	距 IOL 轴线的径向距离
后连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.393	距 IOL 最高点平面的轴向距离

表2

[0322] 如上所述, IOL 2900由折射率为1.55的材料制成并通过光学区2903提供约+19D的屈光力。光学器件是等凸的, 其中前表面2904的曲率半径为22.541mm。凸后光学区表面2905具有-22.541mm的半径(使用上述相同的符号约定)。IOL 2900的中心厚度为0.551mm。

[0323] 用于控制、减少和/或消除PPD的控制区2906设置在IOL 2900中。控制区2906包括前控制表面2907和后控制表面2908。前(前部)控制表面2907从前光学-控制连接部2909延伸到前边缘点2912。后(后部)控制表面2908从后光学-控制连接部2910延伸到后边缘点2913。前边缘点2912和后边缘点2913通过IOL的边缘2911连接。

[0324] 根据上文就表1使用的相同符号约定, 在表2中给出了此示例性IOL的前光学-控制连接部2909、后光学-控制连接部2910、前边缘点2912和后边缘点2913的径向和轴向位置。

[0325] 在此示例性IOL(具有表2中列出的处方)中, 前控制表面2907和后控制表面2908的轮廓使用贝塞尔曲线线段定义以提供控制表面(前控制表面2907, 后控制表面2908)和光学区的(前光学区2904, 后光学区2905)轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部2909, 后连接部2910)处的连续性。

[0326] 图30是根据某些实施方案在图29中描述的人工晶状体的半子午线的一部分的示意图。如图30中所示, 三次贝塞尔线段3001具有确定贝塞尔线段形状四个基点。这些是贝塞尔曲线的起始点3002和终止点3003以及两个点3005和3007(称为“切点”)。应该注意的是, 虽然起始点和终止点表示位于贝塞尔曲线段轮廓末端的控制表面上的物理点, 但切点不是物理点, 而是用于定义贝塞尔曲线段轮廓的数学构造。

[0327] 三次贝塞尔线段的方程是:

$$\begin{bmatrix} r \\ z \end{bmatrix} = (1-t)^3 \begin{bmatrix} r_0 \\ z_0 \end{bmatrix} - 3t(1-t)^2 \begin{bmatrix} r_1 \\ z_1 \end{bmatrix} + 3t^2(1-t) \begin{bmatrix} r_2 \\ z_2 \end{bmatrix} - t^3 \begin{bmatrix} r_3 \\ z_3 \end{bmatrix} \dots\dots \text{方程(2)}$$

其中[r, z]是沿贝塞尔线段的点的径向和轴向坐标, 该贝塞尔线段在坐标为[r<sub>0</sub>, z<sub>0</sub>]的起始点3002和坐标为[r<sub>3</sub>, z<sub>3</sub>]的终止点3003之间, 使用其值介于0和1之间(含端值)的参数t进行参数评估, 由此t=0表示起始点3002, 而t=1表示终止点3003。起始切点3005(即

与起始点相关联的切点)具有坐标 $[r_1, z_1]$ ,而终止切点3007具有坐标 $[r_2, z_2]$ 。

[0328] 图29图示了示例性IOL中贝塞尔线段的实现方式。对于前控制表面2907,贝塞尔线段具有在前边缘点2912处的起始点(对应于图30中的点3002),在前光学-控制连接部2909处的终止点(对应于图30中的点3003)。还示出了前起始切点2914和前终止切点2915(分别对应于图30中的点3005和3007)的位置。

[0329] 对于后控制表面2908,贝塞尔线段具有在后边缘点2913处的起始点(对应于图30中的点3002),在后光学-控制连接部2910处的终止点(对应于图30中的点3003)。

[0330] 还示出了后起始切点2916和后终止切点2917(分别对应于图30中的点3005和3007)的位置。

[0331] 表2给出了相关点的径向和轴向坐标(位置)。

[0332] 此示例性IOL的边缘相对于IOL或眼睛的额平面成约 $7.6^\circ$ 的角度。也就是说,晶状体边缘的法线与IOL的轴线成约 $7.6^\circ$ 的角度。对于此示例性IOL,当前控制表面接近前边缘点时,晶状体边缘和前控制表面之间的角度(即,前控制表面位于或接近前边缘点的切线的角度)为约 $90^\circ$ 。此角度被认为是IOL前边缘点的“内”角。内角是在IOL的自体(或材料)内在前边缘点处对向的角度。在图29中,该角是前控制曲线2907在前边缘点2912的切线与晶状体边缘2911之间的角度(选择小于 $180^\circ$ 的角度值),该晶状体边缘2911在前边缘点2912和后边缘点2913之间。当后控制表面接近后边缘点时,晶状体边缘和后控制表面之间的角度(即,后控制表面位于或接近后边缘点的切线的角度)约为 $90^\circ$ 。与前边缘点处的角度类似,晶状体边缘和后控制表面之间的此角度被测量为后控制曲线2908在后边缘点2913处的切线与晶状体边缘2911之间的角度(选择小于 $180^\circ$ 的角度值),该晶状体边缘2911在后边缘点2913和前边缘点2912之间。

[0333] 为了对PPD进行光学射线追踪分析(例如,图17至图26),可以使用Zemax Opticstudio的部件设计者功能(Part Designer function)对利用贝塞尔线段来定义控制曲线的IOL进行建模。Zemax部件设计者中的草图选项卡(Sketch tab)可用于渲染前后控制曲线以及IOL边缘的贝塞尔线段曲线。然后将草图与IOL的光学区组合,该光学区也可以在部件设计者中进行渲染。然后可以使用诸如初始图形交换规范(IGES)之类的格式将完全渲染的IOL(光学和控制区域完整)导出为计算机辅助设计(CAD)文件。然后将IGES文件作为CAD部件(STEP/IGES/SAT表面类型)加载到Zemax Opticstudio模型(包含IOL和眼睛)中。

[0334] 图31是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。用于控制PPD的此示例性IOL的处方在下表3中给出。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.55	
IOL 的标称焦距	(D)	+22	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	11.633	
中心厚度	(mm)	0.717	
后光学曲率半径	(mm)	-61.536	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.109	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.053	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.900	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.688	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.595	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.309	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	-0.042	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	0.050	相对于 IOL 的顶点
<b>前控制表面轮廓</b>			
多项式阶数		6	多项式的顶点在前边缘点处
二阶系数		-9.261E-01	
六阶系数		-4.275E+03	
前多项式倾斜角	(°)	7.595	多项式轴线相对于额平面的倾斜
<b>后控制表面轮廓</b>			
多项式阶数		6	多项式的顶点在后边缘点处
二阶系数		-5.468E-01	
六阶系数		-3.060E+00	
后多项式倾斜角	(°)	7.595	多项式轴线相对于额平面的倾斜

表3

[0335] IOL 3100由折射率为1.55的材料制成并通过光学区3103提供约+22D的屈光力。光学区具有曲率半径为11.633mm的前表面3104。凸后光学区表面3105具有-61.536mm的曲率半径。IOL 3100的中心厚度为0.717mm。

[0336] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3109、后光学-控制连接部3110、前边缘点3112和后边缘点3113的径向和轴向位置在表3中给出。

[0337] 在此示例性IOL中,前控制表面3107和后控制表面3108的轮廓使用多项式方程定义,该多项式方程然后平移精选的径向和轴向距离并倾斜精选的角度以提供控制表面(前控制表面3107,后控制表面3108)和光学区(前控制表面3104,后控制表面3105)的轮廓之间在它们各自的连接部处(前连接部3109,后连接部3110)的连续性。

[0338] 多项式方程的形式之前已经就方程1进行了描述。规定的多项式经平移以将其顶

点置于对应于图28中的点2802的边缘点(前边缘点3112,后边缘点3113)处。多项式相对于眼睛和IOL的额平面倾斜一个角度(对应于图28中的2806),并且其对称轴线3114(对应于图28中的2804)与IOL的边缘3111重合。

[0339] 表3列出了前控制表面轮廓和后控制表面轮廓的k阶、2阶系数、k阶系数和倾斜角的值。对于这两个控制表面轮廓,多项式经平移以将其顶点置于它们各自的边缘点上并倾斜,因此它们的轴线3114倾斜到一定角度。

[0340] 图34是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。在下表4中给出此示例性IOL的处方,此示例性IOL的光学区参数与上文就图31描述的那些相同但具有使用贝塞尔线段定义的控制表面轮廓。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.55	
IOL 的标称焦距	(D)	+22	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	11.633	
中心厚度	(mm)	0.717	
后光学曲率半径	(mm)	-61.536	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.109	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.053	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.900	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.688	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.595	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.309	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	-0.042	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	0.050	相对于 IOL 的顶点
<b>前控制表面轮廓</b>			
前边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.289	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.109	距 IOL 最高点平面的轴向距离
前连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.357	距 IOL 轴线的径向距离
前连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.173	距 IOL 最高点平面的轴向距离
<b>后控制表面轮廓</b>			
后边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.933	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.550	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.643	距 IOL 轴线的径向距离
后连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.665	距 IOL 最高点平面的轴向距离

表4

[0341] IOL 3400由折射率为1.55的材料制成并通过光学区3403提供约+22D的屈光力。光学区具有曲率半径为11.633mm的前表面3404。凸后光学区表面3405具有-61.536mm的半径。IOL 3400的中心厚度为0.717mm。

[0342] 用于控制、减少和/或消除PPD的控制区3406设置在IOL 3400中。控制区3406包括前控制表面3407和后控制表面3408。前/前部控制表面3407从前光学-控制连接部3409延伸到前边缘点3412。后/后部控制表面3408从后光学-控制连接部3410延伸到后边缘点3413。前边缘点3412和后边缘点3413由IOL的边缘3411连接。

[0343] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3409、后光学-控制连接部3410、前边缘点3412和后边缘点3413的径向和轴向位置在表4中给出。

[0344] 在此示例性IOL中,使用贝塞尔线段在控制表面(前控制表面3407,后控制表面3408)和光学区(前光学区3404,后光学区3405)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部3409,后连接部3410)处定义前控制表面3407和后控制表面3408的轮廓。前控制曲线的切点位于3414(前边缘起始切点)和3415(前光学-控制连接部终止切点)处,并且后控制曲线的切点位于3416(后边缘起始切点)和3417(后光学-控制连接部终止切点)处。三次贝塞尔线段的方程形式已在上文方程2中定义。

[0345] 表4给出了相关点的径向和轴向坐标(位置)。

[0346] 图31和图34的示例性IOL(其处方分别在表3和表4中详述)在其前光学-控制连接部和后光学-控制连接部均为C0-连续和C1-连续的。也就是说,在这些点处,它们的前光学表面和后光学表面会合(例如,它们的光学表面和控制表面是连续的或相互连接,而没有突然的变化,例如突出部)并与它们各自的前控制表面和后控制表面共享公共切线。

[0347] 图32是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。用于控制PPD的此示例性IOL的处方在下表5中给出。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.53	
IOL 的标称焦距	(D)	+30	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	8.287	
中心厚度	(mm)	0.968	
后光学曲率半径	(mm)	-29.927	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	0.871	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.046	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.900	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.908	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.782	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.699	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	0.019	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	0.060	相对于 IOL 的顶点
<u>前控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		6	多项式的顶点在前边缘点处
二阶系数		-6.218E+00	
六阶系数		-3.144E+03	
前多项式倾斜角	(°)	7.782	多项式轴线相对于额平面的倾斜
<u>后控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		6	多项式的顶点在后边缘点处
二阶系数		-2.446E-01	
六阶系数		-7.875E-01	
后多项式倾斜角	(°)	7.782	多项式轴线相对于额平面的倾斜

表5

[0348] IOL 3200由折射率为1.53的材料制成并通过光学区3203提供约+30D的屈光力。光学区具有曲率半径为8.287mm的前表面3204。凸后光学区表面3205具有-29.927mm的半径。IOL 3200的中心厚度为0.968mm。

[0349] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3209、后光学-控制连接部3210、前边缘点3212和后边缘点3213的径向和轴向位置在表5中给出。

[0350] 在此示例性IOL中,前控制表面3207和后控制表面3208的轮廓使用多项式方程定义,该多项式方程然后平移精选的径向和轴向距离并倾斜精选的角度以提供控制表面(前控制表面3207,后控制表面3208)和光学区(前光学区3204,后光学区3205)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部3209,后连接部3210)处的连续性。

[0351] 多项式方程的形式已在上文就方程1进行了描述。规定的多项式经平移以将其顶

点置于对应于图28中的点2802的边缘点(前边缘点3212和后边缘点3213)处。多项式相对于眼睛和IOL的额平面倾斜一个角度,并且其对称轴线3214与IOL的边缘3211重合。

[0352] 表5列出了前控制表面轮廓和后控制表面轮廓的k阶、2阶系数、k阶系数和倾斜角的值。对于这两个控制表面轮廓,多项式经平移以将其顶点置于它们各自的边缘点上并倾斜,因此它们的轴线3214倾斜到表5中指定的精选角度。

[0353] 图35是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。在下表6中给出此示例性IOL的处方,此示例性IOL的光学区参数与上文就图32描述的那些相同但具有使用贝塞尔线段定义的控制表面轮廓。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.53	
IOL 的标称焦距	(D)	+30	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	8.287	
中心厚度	(mm)	0.968	
后光学曲率半径	(mm)	-29.927	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	0.871	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.046	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.900	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.908	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.782	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.699	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	0.019	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	0.060	相对于 IOL 的顶点
<u>前控制表面轮廓</u>			
前边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.676	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.191	距 IOL 最高点平面的轴向距离
前连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.352	距 IOL 轴线的径向距离
前连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.202	距 IOL 最高点平面的轴向距离
<u>后控制表面轮廓</u>			
后边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.916	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.678	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.735	距 IOL 轴线的径向距离
后连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.855	距 IOL 最高点平面的轴向距离

表6

[0354] IOL 3500由折射率为1.53的材料制成并通过光学区3503提供约+30D的屈光力。光学区具有曲率半径为8.287mm的前表面3504。凸后光学区表面3505具有-29.927mm的半径。IOL 3500的中心厚度为0.968mm。

[0355] 用于控制、减少和/或消除PPD的控制区3506设置在IOL 3500中。控制区3506包括前控制表面3507和后控制表面3508。前/前部控制表面3507从前光学-控制连接部3509延伸到前边缘点3512。后/后部控制表面3508从后光学-控制连接部3510延伸到后边缘点3513。前边缘点3512和后边缘点3513由IOL的边缘3511连接。

[0356] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3509、后光学-控制连接部3510、前边缘点3512和后边缘点3513的径向和轴向位置在表6中给出。

[0357] 在此示例性IOL中,使用贝塞尔线段在控制表面(前控制表面3507,后控制表面3508)和光学区(前光学区3504,后光学区3505)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部3509,后连接部3510)处定义前控制表面3507和后控制表面3508的轮廓。前控制曲线的切点位于3514(前边缘起始切点)和3515(前光学-控制连接部终止切点)处,并且后控制曲线的切点位于3516(后边缘起始切点)和3517(后光学-控制连接部终止切点)处。三次贝塞尔线段的方程形式已在上文方程2中定义。

[0358] 表6给出了相关点的径向和轴向坐标(位置)。

[0359] 图33是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。用于控制PPD的此示例性IOL的处方在下表7中给出。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.47	
IOL 的标称焦距	(D)	+10	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	17.302	
中心厚度	(mm)	0.634	
后光学曲率半径	(mm)	-62.350	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.208	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.042	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	2.100	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.599	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.534	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.213	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	-0.057	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.100	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	0.060	相对于 IOL 的顶点
<u>前控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		6	多项式的顶点在前边缘点处
二阶系数		-1.019E+01	
四阶系数		-2.947E+03	
前多项式倾斜角	(°)	7.534	多项式轴线相对于额平面的倾斜
<u>后控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		6	多项式的顶点在后边缘点处
二阶系数		-8.674E-01	
六阶系数		-6.205E+00	
后多项式倾斜角	(°)	7.534	多项式轴线相对于额平面的倾斜

表7

[0360] IOL 3300由折射率为1.47的材料制成并通过光学区3303提供约+10D的屈光力。光学区具有曲率半径为17.302mm的前表面3304。凸后光学区表面3305具有-62.350mm的半径。IOL 3300的中心厚度为0.634mm。

[0361] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3309、后光学-控制连接部3310、前边缘点3312和后边缘点3313的径向和轴向位置在表7中给出。

[0362] 在此示例性IOL中,前控制表面3307和后控制表面3308的轮廓使用多项式方程定义,该多项式方程然后平移精选的径向和轴向距离并倾斜精选的角度以提供控制表面(前控制表面3307,后控制表面3308)和光学区(前光学区3304,后光学区3305)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部3309,后连接部3310)处的连续性。

[0363] 多项式方程的形式已在上文就方程1进行了描述。规定的多项式经平移以将其顶

点置于对应于图28中的点2802的边缘点(前边缘点3312和后边缘点3313)处。多项式相对于眼睛和IOL的额平面倾斜一个角度,并且其对称轴线3314与IOL的边缘3311重合。

[0364] 表7列出了前控制表面轮廓和后控制表面轮廓的k阶、2阶系数、k阶系数和倾斜角的值。对于这两个控制表面轮廓,多项式经平移以将其顶点置于它们各自的边缘点上并倾斜,因此它们的轴线3314倾斜到表7中指定的精选角度。

[0365] 图36是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。在下表8中给出此示例性IOL的处方,此示例性IOL的光学区参数与上文就图33描述的那些相同但具有使用贝塞尔线段定义的控制表面轮廓。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.47	
IOL 的标称焦度	(D)	+10	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	17.302	
中心厚度	(mm)	0.634	
后光学曲率半径	(mm)	-62.350	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.208	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.042	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	2.100	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.599	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.534	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.213	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	-0.057	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.100	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	0.060	相对于 IOL 的顶点
<b>前控制表面轮廓</b>			
前边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.191	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.106	距 IOL 最高点平面的轴向距离
前连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	1.552	距 IOL 轴线的径向距离
前连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.066	距 IOL 最高点平面的轴向距离
<b>后控制表面轮廓</b>			
后边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	3.041	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.505	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.653	距 IOL 轴线的径向距离
后连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.580	距 IOL 最高点平面的轴向距离

表8

[0366] IOL 3600由折射率为1.47的材料制成并通过光学区3603提供约+10D的屈光力。光学区具有曲率半径为17.302mm的前表面3604。凸后光学区表面3605具有-62.350mm的半径。IOL 3600的中心厚度为0.634mm。

[0367] 用于控制、减少和/或消除PPD的控制区3606设置在IOL 3600中。控制区3606包括前控制表面3607和后控制表面3608。前/前部控制表面3607从前光学-控制连接部3609延伸到前边缘点3612。后/后部控制表面3608从后光学-控制连接部3610延伸到后边缘点3613。前边缘点3612和后边缘点3613由IOL的边缘3611连接。

[0368] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3609、后光学-控制连接部3610、前边缘点3612和后边缘点3613的径向和轴向位置在表8中给出。

[0369] 在此示例性IOL中,使用贝塞尔线段在控制表面(前控制表面3607,后控制表面3608)和光学区(前光学区3604,后光学区3605)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部3609,后连接部3610)处定义前控制表面3607和后控制表面3608的轮廓。前控制曲线的切点位于3614(前边缘起始切点)和3615(前光学-控制连接部终止切点)处,并且后控制曲线的切点位于3616(后边缘起始切点)和3617(后光学-控制连接部终止切点)处。三次贝塞尔线段的方程形式在上文方程2中定义。

[0370] 表8给出了相关点的径向和轴向坐标(位置)。

[0371] 图37是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。下表9中给出了用于控制外周假晶状体眩光幻影症的这种进一步示例性IOL的处方。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.54	
IOL 的标称焦距	(D)	+25	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	10.058	
中心厚度	(mm)	0.761	
后光学曲率半径	(mm)	-44.569	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.350	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.091	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	2.100	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.711	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	9.834	相对于额平面
前边缘径向位置	(mm)	2.756	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘轴向位置	(mm)	0.078	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘 径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘 轴向位置	(mm)	0.120	相对于 IOL 的顶点
<b>前控制表面轮廓</b>			
多项式阶数		5	多项式的顶点在前边缘点处
二阶系数		-5.720E+00	
六阶系数		-3.854E+03	
前多项式倾斜角	(°)	9.834	多项式轴线相对于额平面的倾斜
<b>后控制表面轮廓</b>			
多项式阶数		5	多项式的顶点在后边缘点处
二阶系数		-3.785E-01	
五阶系数		-2.678E+00	
后多项式倾斜角	(°)	9.834	多项式轴线相对于额平面的倾斜

表9

[0372] IOL 3700由折射率为1.54的材料制成并通过光学区3703提供约+25D的屈光力。光学区具有曲率半径为10.058mm的前表面3704。凸后光学区表面3705具有-44.569mm的半径。IOL 3700的中心厚度为0.761mm。

[0373] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3709、后光学-控制连接部3710、前边缘点3712和后边缘点3713的径向和轴向位置在表9中给出。

[0374] 在此示例性IOL中,前控制表面的轮廓3707和后控制表面3708使用多项式方程定义,该多项式方程然后平移精选的径向和轴向距离并倾斜精选的角度以提供控制表面(前控制表面3707,后控制表面3708)和光学区(前光学区3704,后光学区3705)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部3709,后连接部3710)处的连续性。

[0375] 多项式方程的形式已在上文就方程1进行了描述。规定的多项式经平移以将其顶

点置于对应于图28中的点2802的边缘点(前边缘点3712和后边缘点3713)处。多项式相对于眼睛和IOL的额平面倾斜一个角度,并且其对称轴线3714与IOL的边缘3711重合。

[0376] 表9列出了前控制表面轮廓和后控制表面轮廓的k阶、2阶系数、k阶系数和倾斜角的值。对于这两个控制表面轮廓,多项式经平移以将其顶点置于它们各自的边缘点上并倾斜,因此它们的轴线3714倾斜到表9中指定的精选角度。

[0377] 图38是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。在下表10中给出此示例性IOL的处方,此示例性IOL的光学区参数与上文就图37描述的那些相同但具有使用贝塞尔线段定义的控制表面轮廓。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.54	
IOL 的标称焦距	(D)	+25	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	10.058	
中心厚度	(mm)	0.761	
后光学曲率半径	(mm)	-44.569	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.350	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.091	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	2.100	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.711	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	9.834	相对于额平面
前边缘径向位置	(mm)	2.756	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘轴向位置	(mm)	0.078	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘 径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘 轴向位置	(mm)	0.120	相对于 IOL 的顶点
<b>前控制表面轮廓</b>			
前边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.730	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.228	距 IOL 最高点平面的轴向距离
前连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.591	距 IOL 轴线的径向距离
前连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.259	距 IOL 最高点平面的轴向距离
<b>后控制表面轮廓</b>			
后边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.914	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.617	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.843	距 IOL 轴线的径向距离
后连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.676	距 IOL 最高点平面的轴向距离

表10

[0378] IOL 3800由折射率为1.54的材料制成并通过光学区3803提供约+25D的屈光力。光学区具有曲率半径为10.058mm的前表面3804。凸后光学区表面3805具有44.569mm的半径。IOL 3800的中心厚度为0.761mm。

[0379] 用于控制、减少和/或消除PPD的控制区3806设置在IOL 3800中。控制区3806包括前控制表面3807和后控制表面3808。前/前部控制表面3807从前光学-控制连接部3809延伸到前边缘点3812。后/后部控制表面3808从后光学-控制连接部3810延伸到后边缘点3813。前边缘点3812和后边缘点3813由IOL的边缘3811连接。

[0380] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3809、后光学-控制连接部3810、前边缘点3812和后边缘点3813的径向和轴线位置在表10中给出。

[0381] 在此示例性IOL中,使用贝塞尔线段在控制表面(前控制表面3807,后控制表面3808)和光学区(前光学区3804,后光学区3805)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部3809,后连接部3810)处定义前控制表面3807和后控制表面3808的轮廓。前控制曲线的切点位于3814(前边缘起始切点)和3815(前光学-控制连接部终止切点)处,并且后控制曲线的切点位于3816(后边缘起始切点)和3817(后光学-控制连接部终止切点)处。三次贝塞尔线段的方程形式已在上文方程2中定义。

[0382] 表10给出了相关点的径向和轴向坐标(位置)。

[0383] 图39是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。用于控制PPD的此示例性IOL的处方在下表11中给出。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.47	
IOL 的标称焦距	(D)	+12.5	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	13.830	
中心厚度	(mm)	0.620	
后光学曲率半径	(mm)	-50.000	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.123	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.046	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.950	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.582	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.595	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.333	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	-0.039	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	0.050	相对于 IOL 的顶点
<u>前控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		4	多项式的顶点在前边缘点处
二阶系数		-1.000E+01	
六阶系数		-2.829E+03	
前多项式倾斜角	(°)	7.595	多项式轴线相对于额平面的倾斜
<u>后控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		4	多项式的顶点在后边缘点处
二阶系数		-4.251E-02	
四阶系数		-4.835E+00	
后多项式倾斜角	(°)	7.595	多项式轴线相对于额平面的倾斜

表11

[0384] IOL 3900由折射率为1.47的材料制成并通过光学区3903提供+12.5D的屈光力。光学区具有曲率半径为13.830mm的前表面3904。凸后光学区表面3905具有-50.0mm的半径。IOL 3900的中心厚度为0.62mm。

[0385] 此示例性IOL的前光学-控制连接部3909、后光学-控制连接部3910、前边缘点3912和后边缘点3913的径向和轴向位置在表11中给出。

[0386] 在此示例性IOL中,前控制表面3907和后控制表面3908的轮廓使用多项式方程定义,该多项式方程然后平移精选的径向和轴向距离并倾斜精选的角度以提供控制表面(前控制表面3907,后控制表面3908)和光学区(前光学区3904,后光学区3905)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部3909,后连接部3910)处的连续性。

[0387] 多项式方程的形式已在上文就方程1进行了描述。规定的多项式经平移以将其顶点置于对应于图28中的点2802的边缘点(前边缘点3912和后边缘点3913后)处。多项式相对

于眼睛和IOL的额平面倾斜一个角度,并且其对称轴线3914与IOL的边缘3911重合。

[0388] 表11列出了前控制表面轮廓和后控制表面轮廓的k阶、2阶系数、k阶系数和倾斜角的值。对于这两个控制表面轮廓,多项式经平移以将其顶点置于它们各自的边缘点上并倾斜,因此它们的轴线3914倾斜到表11中指定的精选角度。

[0389] 图40是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。在下表12中给出此示例性IOL的处方,此示例性IOL的光学区参数与上文就图39描述的那些相同但具有使用贝塞尔线段定义的控制表面轮廓。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.47	
IOL 的标称焦距	(D)	+12.5	当浸入水中时
前光学曲率半径	(mm)	13.830	
中心厚度	(mm)	0.620	
后光学曲率半径	(mm)	-50.000	负值意指朝向后面凸出
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.123	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.046	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.950	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.582	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	7.595	相对于额平面
前边缘点径向位置	(mm)	2.333	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘点轴向位置	(mm)	-0.039	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL
			顶点前面)
后边缘点径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘点轴向位置	(mm)	0.050	相对于 IOL 的顶点
<b>前控制表面轮廓</b>			
前边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.310	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.130	距 IOL 最高点平面的轴向距离
前连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	1.650	距 IOL 轴线的径向距离
前连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.089	距 IOL 最高点平面的轴向距离
<b>后控制表面轮廓</b>			
后边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.961	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.344	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.975	距 IOL 轴线的径向距离
后连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.542	距 IOL 最高点平面的轴向距离

表12

[0390] IOL 4000由折射率为1.47的材料制成并通过光学区4003提供约+12.5D的屈光力。光学区具有曲率半径为13.830mm的前表面4004。凸后光学区表面4005具有-50.0mm的半径。IOL 4000的中心厚度为0.62mm。

[0391] 用于控制、减少和/或消除PPD的控制区4006设置在IOL 4000中。控制区4006包括前控制表面4007和后控制表面4008。前/前部控制表面4007从前光学-控制连接部4009延伸到前边缘点4012。后/后部控制表面4008从后光学-控制连接部4010延伸到后边缘点4013。前边缘点4012和后边缘点4013由IOL的边缘4011连接。

[0392] 此示例性IOL的前光学-控制连接部4009、后光学-控制连接部4010、前边缘点4012和后边缘点4013的径向和轴向位置在表12中给出。

[0393] 在此示例性IOL中,使用贝塞尔线段在控制表面(前控制表面4007,后控制表面4008)和光学区(前光学区4004,后光学区4005)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部4009,后连接部4010)处定义前控制表面4007和后控制表面4008的轮廓。前控制曲线的切点位于4014(前边缘起始切点)和4015(前光学-控制连接部终止切点)处,并且后控制曲线的切点位于4016(后边缘起始切点)和4017(后光学-控制连接部终止切点)处。三次贝塞尔线段的方程形式已在上文方程2中定义。

[0394] 表12给出了相关点的径向和轴向坐标(位置)。

[0395] 图81是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。用于控制PPD的此示例性IOL的处方在下表13中给出。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.47	
IOL 的标称焦距	(D)	+20.00	当浸入水中时
前光学中心 曲率半径	(mm)	9.330	
前光学圆锥常数		-2.950	
中心厚度	(mm)	0.722	
后光学中心 曲率半径	(mm)	-24.590	负值意指朝向后面凸出
后光学圆锥常数		-11.220	
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.107	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.065	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.950	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.646	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	8.904	相对于额平面
前边缘径向位置	(mm)	2.600	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘轴向位置	(mm)	0.057	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘 径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘 轴向位置	(mm)	0.120	相对于 IOL 的顶点
<u>前控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		4.25	多项式的顶点在前边缘点处
二阶系数		-8.777E-01	
4.25 阶系数		-6.253E+02	
前多项式倾斜角	(°)	8.904	多项式轴线相对于额平面的倾斜
<u>后控制表面轮廓</u>			
多项式阶数		3.5	多项式的顶点在后边缘点处
二阶系数		-6.598E-01	
3.50 阶系数		-2.477E+00	
后多项式倾斜角	(°)	8.904	多项式轴线相对于额平面的倾斜

表13

[0396] IOL 8100由折射率为1.47的材料制成并通过光学区8103提供约+20D的屈光力。光学区具有中心曲率半径为9.33mm的前表面8104并且是非球面的,其圆锥常数为-2.95。凸后光学区表面8105是非球面的,其中心半径为-24.59mm以及圆锥常数为-11.22。IOL 8100的中心厚度为0.722mm。

[0397] 在IOL 8100的非球面前表面和后表面中,中心曲率半径是在非球面的顶点(或最高点或中心、轴向点)处的瞬时半径。圆锥常数是描述表面非球面性的无量纲值。

[0398] 在一些实施方案中,具有中心半径和圆锥常数的非球面表面可以通过下列方程进行描述:

$$Z = \frac{cR^2}{1 + \sqrt{1 - (1+q)c^2R^2}} \dots\dots\dots \text{方程(3)}$$

其中R和Z是非球面表面上各点的径向和轴向坐标,其中最高点(或顶点,或中心/轴向点)位于原点(即R=0,Z=0),并且c是中心曲率(中心曲率半径的倒数),q是圆锥常数。当c=0时,该表面是平坦的(或平面或平光)。当q=0时,表面截面是圆(或球体)的一部分。当q<0且q>-1时,表面截面是长椭圆(即其局部曲率半径朝向外周增加的椭圆)的一部分。对于q=-1,表面截面是抛物线的一部分。当q<-1时,表面截面是双曲线的一部分。具有扁椭圆截面的非球面表面的q值为正。

[0399] 此示例性IOL的前光学-控制连接部8109、后光学-控制连接部8110、前边缘点8112和后边缘点8113的径向和轴向位置在表13中给出。

[0400] 在此示例性IOL中,前控制表面8107和后控制表面8108的轮廓使用多项式方程定义,该多项式方程然后平移精选的径向和轴向距离并倾斜精选的角度以提供控制表面(前控制表面8107,后控制表面8108)和光学区(前光学区8104,后光学区8105)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部8109,后连接部8110)处的连续性。

[0401] 多项式方程的形式已在上文就方程1进行了描述。规定的多项式经平移以将其顶点置于对应于图28中的点2802的边缘点(前边缘点8112和后边缘点8113)处。多项式相对于眼睛和IOL的额平面倾斜一个角度,并且其对称轴线8114与IOL的边缘8111重合。

[0402] 表13列出了前控制表面轮廓和后控制表面轮廓的k阶、2阶系数、k阶系数和倾斜角的值。对于这两个控制表面轮廓,多项式经平移以将其顶点置于它们各自的边缘点上并倾斜,因此它们的轴线8114倾斜到表13中指定的精选角度。在此示例性IOL中,k阶的值不必是整数(或整)值,前表面多项式的阶数k为4.25,而后表面多项式的阶数k为3.5(参见表13)。

[0403] 图82是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。在下表14中给出此示例性IOL的处方,此示例性IOL的光学区参数与上文就图81描述的那些相同但具有使用贝塞尔线段定义的控制表面轮廓。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.47	
IOL 的标称焦距	(D)	+20.00	当浸入水中时
前光学中心 曲率半径	(mm)	9.330	
前光学圆锥常数		-2.950	
中心厚度	(mm)	0.722	
后光学中心 曲率半径	(mm)	-24.590	负值意指朝向后面凸出
后光学圆锥常数		-11.220	
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.107	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.065	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.950	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.646	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	8.904	相对于额平面
前边缘径向位置	(mm)	2.600	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘轴向位置	(mm)	0.057	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘 径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘 轴向位置	(mm)	0.120	相对于 IOL 的顶点
<b>前控制表面轮廓</b>			
前边缘贝塞尔 切点径向位置	(mm)	2.583	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘贝塞尔 切点轴向位置	(mm)	0.168	距 IOL 最高点平面的轴向距离
前连接部贝塞尔 切点径向位置	(mm)	2.631	距 IOL 轴线的径向距离
前连接部贝塞尔 切点轴向位置	(mm)	0.244	距 IOL 最高点平面的轴向距离
<b>后控制表面轮廓</b>			
后边缘贝塞尔 切点径向位置	(mm)	2.958	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘贝塞尔 切点轴向位置	(mm)	0.390	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后连接部贝塞尔 切点径向位置	(mm)	2.800	距 IOL 轴线的径向距离
后连接部贝塞尔 切点轴向位置	(mm)	0.581	距 IOL 最高点平面的轴向距离

表14

[0404] IOL 8200由折射率为1.47的材料制成并通过光学区8203提供约+20D的屈光力。光学区具有中心曲率半径为9.33mm并且圆锥常数为-2.95的非球面前表面8204。凸非球面后光学区表面8205具有-24.59mm的中心半径和-11.22的圆锥常数值。IOL 8200的中心厚度为0.722mm。

[0405] 用于控制、减少和/或消除PPD的控制区8206设置在IOL 8200中。控制区8206包括

前控制表面8207和后控制表面8208。前/前部控制表面8207从前光学-控制连接部8209延伸到前边缘点8212。后/后部控制表面8208从后光学-控制连接部8210延伸到后边缘点8213。前边缘点8212和后边缘点8213由IOL的边缘8211连接。

[0406] 此示例性IOL的前光学-控制连接部8209、后光学-控制连接部8210、前边缘点8212和后边缘点8213的径向和轴向位置在表14中给出。

[0407] 在此示例性IOL中,使用贝塞尔线段在控制表面(前控制表面8207,后控制表面8208)和光学区(前光学区8204,后光学区8205)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部8209,后连接部8210)处定义前控制表面8207和后控制表面8208的轮廓。前控制曲线的切点位于8214(前边缘起始切点)和8215(前光学-控制连接部终止切点)处,并且后控制曲线的切点位于8216(后边缘起始切点)和8217(后光学-控制连接部终止切点)处。三次贝塞尔线段的方程形式已在上文方程2中定义。

[0408] 表14给出了相关点的径向和轴向坐标(位置)。

[0409] 图83是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。用于控制PPD的此示例性IOL的处方在下表15中给出。

特征/参数	单位	值	注释
<b>光学区</b>			
折射率		1.53	
IOL 的标称焦距	(D)	+20.0	当浸入水中时
前光学中心 曲率半径	(mm)	18.120	
前光学圆锥常数		-45.830	
中心厚度	(mm)	0.670	
后光学中心 曲率半径	(mm)	-21.130	负值意指朝向后面凸出
后光学圆锥常数		23.120	

控制区			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.257	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.041	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	2.000	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.570	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	9.464	相对于额平面
前边缘径向位置	(mm)	2.600	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘轴向位置	(mm)	-0.037	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘 径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘 轴向位置	(mm)	0.030	相对于 IOL 的顶点
<u>前控制表面轮廓</u>			
焦度曲线的阶数/指数		1.353	局部坐标: 焦度曲线的原点/顶点位于前边缘点处
焦度曲线的幅度		-1.972	
前焦度曲线倾斜角	(°)	26.871	前边缘点处的前控制表面焦度曲线法线相对于额平面的角度
<u>后控制表面轮廓</u>			
焦度曲线的阶数/指数		2.220	局部坐标: 焦度曲线的原点/顶点位于后边缘点处
焦度曲线的幅度		-0.755	
后焦度曲线倾斜角	(°)	26.871	后边缘点处的后控制表面焦度曲线法线相对于额平面的角度

表15

[0410] IOL 8300由折射率为1.53的材料制成并通过光学区8303提供约+20D的屈光力。光学区具有中心曲率半径为18.12mm并且圆锥常数为-45.83的非球面前表面8304。非球面凸后光学区表面8305具有-21.13mm的中心半径和23.12的圆锥常数。IOL 8300的中心厚度为0.67mm。

[0411] 此示例性IOL的前光学-控制连接部8309、后光学-控制连接部8310、前边缘点8312和后边缘点8313的径向和轴向位置在表15中给出。

[0412] 在此示例性IOL中,前控制表面8307和后控制表面8308的轮廓可以使用幂函数来描述,该幂函数可以通过下列描述的形式:

$$y = Bx^p \dots \dots \dots \text{方程 (4)}$$

其中x和y分别是控制表面轮廓上各点的局部径向和轴向坐标,p是幂函数的指数,并且B是幂函数的幅值。方程4的坐标x和y可以是局部的(即,特定于其坐标系的)幂函数坐标,并且可以不同于关于IOL和/或眼睛的径向和轴向坐标系。指数p不必限于整数,并且可以采用从包含正值和负值的实数集合中提取的值。幅值B也可以采用从包含正值和负值的实数集合中提取的值。

[0413] 为了呈现控制曲线,幂函数曲线(如根据方程4在其局部坐标中定义的)被平移,使得将其顶点(局部坐标系中的x=0,y=0)置于IOL的边缘点(前边缘点8312,后边缘点8313)上。

[0414] 然后,平移的幂函数围绕其顶点(现在处于边缘点)旋转,使得其y轴(在其局部坐标系中)就(例如,相对于)IOL和/或眼睛的额平面倾斜一个角度。

[0415] 表15列出了图83的示例性IOL的各种参数的值。前控制表面轮廓的焦度具有-1.972的幅值B和1.353的指数p,而后控制表面焦度曲线被描述为具有-0.755的幅值B和

2.22的指数 $p$ 。描述前控制表面和后控制表面的焦度曲线的局部 $y$ 轴相对于IOL的额平面倾斜 $26.871^\circ$ 。

[0416] 此示例性IOL的边缘相对于IOL或眼睛的额平面成约 $9.5^\circ$ 的角度。也就是说,晶状体边缘的法线与IOL的轴线成约 $9.5^\circ$ 的角度。对于此示例性IOL,当前控制表面接近前边缘点时,晶状体边缘和前控制表面之间的角度(即,前控制表面位于或接近前边缘点的切线的角度)为约 $107.4^\circ$ 。此角度被认为是IOL前边缘点的“内”角。内角是在IOL的自体(或材料)内在前边缘点处对向的角度。在图83中,该角是前控制曲线8307在前边缘点8312的切线与晶状体边缘8311之间的角度(选择小于 $180^\circ$ 的角度值),该晶状体边缘8311在前边缘点8312和后边缘点8313之间。当后控制表面接近后边缘点时,晶状体边缘和后控制表面之间的角度(即,后控制表面位于或接近后边缘点的切线的角度)约为 $72.6^\circ$ 。与前边缘点处的角度类似,晶状体边缘和后控制表面之间的此角度被测量为后控制曲线8308在后边缘点8313处的切线与晶状体边缘8311之间的角度(选择小于 $180^\circ$ 的角度值),该晶状体边缘8311在后边缘点8313和前边缘点8312之间。

[0417] 图84是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体的半子午线的示意图。在下表16中给出此示例性IOL的处方,此示例性IOL的光学区参数与上文就图83描述的那些相同但具有使用贝塞尔线段定义的控制表面轮廓。

特征/参数	单位	值	注释
光学区			
折射率		1.53	
IOL的标称焦度	(D)	+20.0	当浸入水中时
前光学中心 曲率半径	(mm)	18.120	
前光学圆锥常数		-45.830	
中心厚度	(mm)	0.670	
后光学中心 曲率半径	(mm)	-21.130	负值意指朝向后面凸出

后光学圆锥常数		23.120	
<b>控制区</b>			
前光学-控制连接部径向位置	(mm)	1.257	距 IOL 轴线的径向距离
前光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.041	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后光学-控制连接部径向位置	(mm)	2.000	距 IOL 轴线的径向距离
后光学-控制连接部轴向位置	(mm)	0.570	距 IOL 最高点平面的轴向距离
边缘角度	(°)	9.464	相对于额平面
前边缘径向位置	(mm)	2.600	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘轴向位置	(mm)	-0.037	相对于 IOL 的顶点(负值意指在 IOL 顶点前面)
后边缘 径向位置	(mm)	3.000	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘 轴向位置	(mm)	0.030	相对于 IOL 的顶点
<u>前控制表面轮廓</u>			
前边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.592	距 IOL 轴线的径向距离
前边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	-0.021	距 IOL 最高点平面的轴向距离
前连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.402	距 IOL 轴线的径向距离
前连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.113	距 IOL 最高点平面的轴向距离
<u>后控制表面轮廓</u>			
后边缘贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.900	距 IOL 轴线的径向距离
后边缘贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.228	距 IOL 最高点平面的轴向距离
后连接部贝塞尔切点径向位置	(mm)	2.702	距 IOL 轴线的径向距离
后连接部贝塞尔切点轴向位置	(mm)	0.495	距 IOL 最高点平面的轴向距离

表16

[0418] IOL 8400由折射率为1.53的材料制成并通过光学区8403提供约+20D的屈光力。光学区是非球面的,其中前表面8404的中心曲率半径为18.12mm,并且圆锥常数为-45.83。凸后光学区非球面表面8405具有-21.13mm的中心半径。IOL 8400的中心厚度为0.67mm。

[0419] 用于控制、减少和/或消除PPD的控制区8406设置在IOL 8400中。控制区8406包括前控制表面8407和后控制表面8408。前/前部控制表面8407从前光学-控制连接部8409延伸到前边缘点8412。后/后部控制表面8408从后光学-控制连接部8410延伸到后边缘点8413。前边缘点8412和后边缘点8413由IOL的边缘8411连接。

[0420] 此示例性IOL的前光学-控制连接部8409、后光学-控制连接部8410、前边缘点8412和后边缘点8413的径向和轴向位置在表16中给出。

[0421] 在此示例性IOL中,使用贝塞尔线段在控制表面(前控制表面4007,后控制表面8408)和光学区(前光学区4004,后光学区8405)的轮廓之间在它们各自的连接部(前连接部4009,后连接部8410)处定义前控制表面8407和后控制表面8408的轮廓。前控制曲线的切点位于8414(前边缘起始切点)和8415(前光学-控制连接部终止切点)处,并且后控制曲线的

切点位于8416(后边缘起始切点)和8417(后光学-控制连接部终止切点)处。三次贝塞尔线段的方程形式已在上文方程2中定义。

[0422] 表16给出了相关点的径向和轴向坐标(位置)。

[0423] 此示例性IOL的边缘相对于IOL或眼睛的额平面成约 $9.5^\circ$ 的角度。也就是说,晶状体边缘的法线与IOL的轴线成约 $9.5^\circ$ 的角度。对于此示例性IOL,当前控制表面接近前边缘点时,晶状体边缘和前控制表面之间的角度(即,前控制表面位于或接近前边缘点的切线的角度)为约 $107.4^\circ$ 。此角度被认为是IOL前边缘点的“内”角。内角是在IOL的自体(或材料)内在前边缘点处对向的角度。在图84中,该角是前控制曲线8407在前边缘点8412的切线与晶状体边缘8411之间的角度(选择小于 $180^\circ$ 的角度值),该晶状体边缘8411在前边缘点8412和后边缘点8413之间。当后控制表面接近后边缘点时,晶状体边缘和后控制表面之间的角度(即,后控制表面位于或接近后边缘点的切线的角度)约为 $72.6^\circ$ 。与前边缘点处的角度类似,晶状体边缘和后控制表面之间的此角度被测量为后控制曲线8408在后边缘点8413处的切线与晶状体边缘8411之间的角度(选择小于 $180^\circ$ 的角度值),该晶状体边缘8411在后边缘点8413和前边缘点8412之间。

[0424] 图41至图48图示了当瞳孔大小以 $0.5\text{mm}$ 步长直径从 $2.5\text{mm}$ 到 $5\text{mm}$ 变化并且植入深度以 $0.1\text{mm}$ 步长从 $0\text{mm}$ 到 $0.7\text{mm}$ 变化时另一示例性IOL的相对全场视网膜强度。所建模的IOL是具有用于分配光射线以辐照视网膜上原本暗条带的控制区的IOL的另一示例(参见图34和表4)。对于图41至图48,对于每个场角,对通过眼模型的约 $10,000$ 条射线进行非顺次追踪。在场角(例如,以 $0.5^\circ$ 步长 $58^\circ$ 到 $98^\circ$ )上整合生成射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方位角进行卷积,以产生相对的全场视网膜辐照度图。图41至图48中示出的所有图的图轴线和标度,以及强度灰度与图8至图15和图19至图26中使用的那些相同,不同之处在于,指示相对全视网膜辐照度值同时仍然使用对数标度(以10为底)的水平轴线具有4个对数单位的全标度范围(对比图8至图15和图19至图26的4.5个对数单位范围)。这是由于模型追踪的射线较少( $10,000$ 对 $100,000$ ),从而导致进行视网膜拦截的射线数量较少。

[0425] 图41A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在 $0\text{mm}$ 的植入深度处用于以 $0.5\text{mm}$ 步长从 $2.5\text{mm}$ 到 $5\text{mm}$ 的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图41A图示了针对 $0\text{mm}$  IOL植入深度和 $2.5\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图41B图示了针对 $0\text{mm}$  IOL植入深度和 $3\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图41C图示了针对 $0\text{mm}$  IOL植入深度和 $3.5\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图41D图示了针对 $0\text{mm}$  IOL植入深度和 $4\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图41E图示了针对 $0\text{mm}$  IOL植入深度和 $4.5\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图41F图示了针对 $0\text{mm}$  IOL植入深度和 $5\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0426] 图42A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在 $0.1\text{mm}$ 的植入深度处用于以 $0.5\text{mm}$ 步长从 $2.5\text{mm}$ 到 $5\text{mm}$ 的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图42A图示了针对 $0.1\text{mm}$  IOL植入深度和 $2.5\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图42B图示了针对 $0.1\text{mm}$  IOL植入深度和 $3\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图42C图示了针对 $0.1\text{mm}$  IOL植入深度和 $3.5\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图42D图示了针对 $0.1\text{mm}$  IOL植入深度和 $4\text{mm}$ 瞳孔直径的相对全场

视网膜辐照度。图42E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图42F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0427] 图43A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图43A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图43B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图43C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图43D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图43E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图43F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0428] 图44A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图44A图示了针对0.3mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图44B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图44C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图44D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图44E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图44F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0429] 图45A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图45A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图45B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图45C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图45D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图45E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图45F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0430] 图46A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图46A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图46B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图46C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图46D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图46E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图46F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0431] 图47A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图47A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图47B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图47C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图47D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图47E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图47F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0432] 图48A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图34模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图48A图示了针对0.7mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图48B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图48C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图48D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图48E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图48F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0433] 图49至图56图示了当瞳孔大小以0.5mm步长直径从2.5mm到5mm变化并且植入深度以0.1mm步长从0mm到0.7mm变化时另一示例性IOL的相对全场视网膜强度。所建模的IOL是具有用于分配光射线以辐照视网膜上原本暗条带的控制区的IOL的另一示例(参见图35和表6)。对于图49至图56,对于每个场角,对通过眼模型的约10,000条射线进行非顺次追踪。在场角(例如,以0.5°步长58°到98°)上整合生成射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方位角进行卷积,以产生相对的全场视网膜辐照度图。图49至图56中示出的所有图的图轴线和标度,以及强度灰度与图8至图15和图19至图26中使用的那些相同,不同之处在于,指示相对全视网膜辐照度值同时仍然使用对数标度(以10为底)的水平轴线具有4个对数单位的全标度范围(对比图8至图15和图19至图26的4.5个对数单位范围)。这是由于模型追踪的射线较少(10,000对100,000),从而导致相对视网膜辐照度值较低。

[0434] 图49A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图49A图示了针对0mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图49B图示了针对0mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图49C图示了针对0mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图49D图示了针对0mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图49E图示了针对0mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图49F图示了针对0mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0435] 图50A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上

的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图50A图示了针对0.1mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图50B图示了针对0.1mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图50C图示了针对0.1mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图50D图示了针对0.1mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图50E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图50F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0436] 图51A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图51A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图51B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图51C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图51D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图51E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图51F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0437] 图52A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图52A图示了针对0.3mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图52B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图52C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图52D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图52E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图52F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0438] 图53A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图53A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图53B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图53C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图53D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图53E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图53F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0439] 图54A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图54A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图54B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图54C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的

相对全场视网膜辐照度。图54D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图54E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图54F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0440] 图55A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图55A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图55B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图55C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图55D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图55E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图55F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0441] 图56A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图35模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图56A图示了针对0.7mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图56B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图56C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图56D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图56E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图56F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0442] 图57至图64图示了当瞳孔大小以0.5mm步长直径从2.5mm到5mm变化并且植入深度以0.1mm步长从0mm到0.7mm变化时另一示例性IOL的相对全场视网膜强度。所建模的IOL是具有用于分配光射线以辐照视网膜上原本暗条带的控制区的IOL的另一示例(参见图36和表8)。对于图57至图64,对于每个场角,对通过眼模型的约10,000条射线进行非顺次追踪。在场角(例如,以0.5°步长58°到98°)上整合生成射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方位角进行卷积,以产生相对的全场视网膜辐照度图。图57至图64中示出的所有图的图轴线和标度,以及强度灰度与图8至图15和图19至图26中使用的那些相同,不同之处在于,指示相对全视网膜辐照度值同时仍然使用对数标度(以10为底)的水平轴线具有4个对数单位的全标度范围(对比图8至图15和图19至图26的4.5个对数单位范围)。这是由于模型追踪的射线较少(10,000对100,000),从而导致相对视网膜辐照度值较低。

[0443] 图57A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图57A图示了针对0mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图57B图示了针对0mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图57C图示了针对0mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图57D图示了针对0mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图57E图示了针对0mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图57F

图示了针对0mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0444] 图58A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图58A图示了针对0.1mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图58B图示了针对0.1mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图58C图示了针对0.1mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图58D图示了针对0.1mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图58E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图58F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0445] 图59A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图59A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图59B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图59C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图59D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图59E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图59F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0446] 图60A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图60A图示了针对0.3mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图60B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图60C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图60D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图60E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图60F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0447] 图61A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图61A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图61B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图61C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图61D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图61E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图61F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0448] 图62A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深

度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图62A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图62B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图62C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图62D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图62E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图62F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0449] 图63A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图63A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图63B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图63C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图63D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图63E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图63F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0450] 图64A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图36模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图64A图示了针对0.7mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图64B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图64C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图64D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图64E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图64F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0451] 图65至图72图示了当瞳孔大小以0.5mm步长直径从2.5mm到5mm变化并且植入深度以0.1mm步长从0mm到0.7mm变化时另一示例性IOL的相对全场视网膜强度。所建模的IOL是具有用于分配光射线以辐照视网膜上原本暗条带的控制区的IOL的另一示例(参见图38和表10)。对于图65至图72,对于每个场角,对通过眼模型的约10,000条射线进行非顺次追踪。在场角(例如,以0.5°步长58°到98°)上整合生成射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方位角进行卷积,以产生相对的全场视网膜辐照度图。图65至图72中示出的所有图的图轴线和标度,以及强度灰度与图8至图15和图19至图26中使用的那些相同,不同之处在于,指示相对全视网膜辐照度值同时仍然使用对数标度(以10为底)的水平轴线具有4个对数单位的全标度范围(对比图8至图15和图19至图26的4.5个对数单位范围)。这是由于模型追踪的射线较少(10,000对100,000),从而导致相对视网膜辐照度值较低。

[0452] 图65A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜强度)。图65A图示了针对0mm IOL植入深度和2.5mm瞳

孔直径的相对全场视网膜辐照度。图65B图示了针对0mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图65C图示了针对0mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图65D图示了针对0mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图65E图示了针对0mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图65F图示了针对0mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0453] 图66A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图66A图示了针对0.1mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图66B图示了针对0.1mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图66C图示了针对0.1mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图66D图示了针对0.1mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图66E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图66F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0454] 图67A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图67A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图67B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图67C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图67D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图67E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图67F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0455] 图68A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图68A图示了针对0.3mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图68B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图68C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图68D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图68E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图68F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0456] 图69A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图69A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图69B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图69C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图69D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场

视网膜辐照度。图69E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图69F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0457] 图70A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图70A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图70B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图70C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图70D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图70E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图70F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0458] 图71A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图71A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图71B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图71C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图71D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图71E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图71F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0459] 图72A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图38模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图72A图示了针对0.7mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图72B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图72C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图72D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图72E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图72F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0460] 图73至图80图示了当瞳孔大小以0.5mm步长直径从2.5mm到5mm变化并且植入深度以0.1mm步长从0mm到0.7mm变化时另一示例性IOL的相对全场视网膜强度。所建模的IOL是具有用于分配光射线以辐照视网膜上原本暗条带的控制区的IOL的另一示例(参见图40和表12)。对于图73至图80,对于每个场角,对通过眼模型的约10,000条射线进行非顺次追踪。在场角(例如,以0.5°步长58°到98°)上整合生成射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方位角进行卷积,以产生相对的全场视网膜辐照度图。图73至图80中示出的所有图的图轴线和标度,以及强度灰度与图8至图15和图19至图26中使用的那些相同,不同之处在于,指示相对全视网膜辐照度值同时仍然使用对数标度(以10为底)的水平轴线具有4个对数单位的全标度范围(对比图8至图15和图19至图26的4.5个对数单位范围)。这是由于模型追踪的射

线较少(10,000对100,000),从而导致相对视网膜辐照度值较低。

[0461] 图73A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图73A图示了针对0mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图73B图示了针对0mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图73C图示了针对0mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图73D图示了针对0mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图73E图示了针对0mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图73F图示了针对0mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0462] 图74A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图74A图示了针对0.1mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图74B图示了针对0.1mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图74C图示了针对0.1mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图74D图示了针对0.1mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图74E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图74F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0463] 图75A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图75A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图75B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图75C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图75D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图75E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图75F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0464] 图76A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图76A图示了针对0.3mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图76B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图76C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图76D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图76E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图76F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0465] 图77A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上

的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图77A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图77B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图77C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图77D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图77E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图77F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0466] 图78A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图78A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图78B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图78C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图78D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图78E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图78F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0467] 图79A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图79A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图79B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图79C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图79D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图79E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图79F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0468] 图80A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图40模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图80A图示了针对0.7mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图80B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图80C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图80D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图80E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图80F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0469] 图85至图92图示了当瞳孔大小以0.5mm步长直径从2.5mm到5mm变化并且植入深度以0.1mm步长从0mm到0.7mm变化时另一示例性IOL的相对全场视网膜强度。所建模的IOL是具有用于分配光射线以辐照视网膜上原本暗条带的控制区的IOL的另一示例(参见图82和表14)。对于图85至图92,对于每个场角,对通过眼模型的约10,000条射线进行非顺次追踪。在场角(例如,以0.5°步长58°到98°)上整合生成射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方

位角进行卷积,以产生相对的全场视网膜辐照度图。图85至图92中示出的所有图的图轴线和标度,以及强度灰度与图8至图15和图19至图26中使用的那些相同,不同之处在于,指示相对全场视网膜辐照度值同时仍然使用对数标度(以10为底)的水平轴线具有4个对数单位的全标度范围(对比图8至图15和图19至图26的4.5个对数单位范围)。这是由于模型追踪的射线较少(10,000对100,000),从而导致相对视网膜辐照度值较低。

[0470] 图85A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜强度)。图85A图示了针对0mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图85B图示了针对0mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图85C图示了针对0mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图85D图示了针对0mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图85E图示了针对0mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图85F图示了针对0mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0471] 图86A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图86A图示了针对0.1mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图86B图示了针对0.1mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图86C图示了针对0.1mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图86D图示了针对0.1mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图86E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图86F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0472] 图87A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图87A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图87B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图87C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图87D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图87E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图87F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0473] 图88A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图88A图示了针对0.3mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图88B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图88C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图88D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图88E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜

辐照度。图88F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0474] 图89A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图89A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图89B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图89C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图89D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图89E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图89F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0475] 图90A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图90A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图90B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图90C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图90D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图90E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图90F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0476] 图91A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图91A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图91B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图91C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图91D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图91E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图91F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0477] 图92A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图82模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图92A图示了针对0.7mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图92B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图92C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图92D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图92E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图92F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0478] 图93至图100图示了当瞳孔大小以0.5mm步长直径从2.5mm到5mm变化并且植入深

度以0.1mm步长从0mm到0.7mm变化时另一示例性IOL的相对全场视网膜强度。所建模的IOL是具有用于分配光射线以辐照视网膜上原本暗条带的控制区的IOL的另一示例(参见图84和表16)。对于图93至图100,对于每个场角,对通过眼模型的约10,000条射线进行非顺次追踪。在场角(例如,以0.5°步长58°到98°)上整合生成射线密度图。然后,将射线密度结果围绕方位角进行卷积,以产生相对的全场视网膜辐照度图。图93至图100中示出的所有图的图轴线和标度,以及强度灰度与图8至图15和图19至图26中使用的那些相同,不同之处在于,指示相对全视网膜辐照度值同时仍然使用对数标度(以10为底)的水平轴线具有4个对数单位的全标度范围(对比图8至图15和图19至图26的4.5个对数单位范围)。这是由于模型追踪的射线较少(10,000对100,000),从而导致相对视网膜辐照度值较低。

[0479] 图93A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜强度)。图93A图示了针对0mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图93B图示了针对0mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图93C图示了针对0mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图93D图示了针对0mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图93E图示了针对0mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图93F图示了针对0mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0480] 图94A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.1mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图94A图示了针对0.1mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图94B图示了针对0.1mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图94C图示了针对0.1mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图94D图示了针对0.1mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图94E图示了针对0.1mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图94F图示了针对0.1mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0481] 图95A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.2mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图95A图示了针对0.2mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图95B图示了针对0.2mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图95C图示了针对0.2mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图95D图示了针对0.2mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图95E图示了针对0.2mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图95F图示了针对0.2mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0482] 图96A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.3mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图96A图示了针对0.3mm IOL植入深度和

2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图96B图示了针对0.3mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图96C图示了针对0.3mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图96D图示了针对0.3mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图96E图示了针对0.3mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图96F图示了针对0.3mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。虽然图96A图示了视网膜强度的一种非常小的不规则性,但是此不规则性被认为是由于所追踪的射线数量造成的,而且在任何情况下它在空间宽度和其相对于相邻点的强度两个方面都如此小,以至于眼睛不太可能察觉到。

[0483] 图97A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.4mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图97A图示了针对0.4mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图97B图示了针对0.4mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图97C图示了针对0.4mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图97D图示了针对0.4mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图97E图示了针对0.4mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图97F图示了针对0.4mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0484] 图98A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.5mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图98A图示了针对0.5mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图98B图示了针对0.5mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图98C图示了针对0.5mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图98D图示了针对0.5mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图98E图示了针对0.5mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图98F图示了针对0.5mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0485] 图99A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.6mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图99A图示了针对0.6mm IOL植入深度和2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图99B图示了针对0.6mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图99C图示了针对0.6mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图99D图示了针对0.6mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图99E图示了针对0.6mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图99F图示了针对0.6mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0486] 图100A-F是相对视网膜辐照度图,其示出了根据某些实施方案,在0.7mm的植入深度处用于以0.5mm步长从2.5mm到5mm的瞳孔大小的图84模型所示人工晶状体的跨视网膜上的光分布的强度(例如,相对全场视网膜辐照度)。图100A图示了针对0.7mm IOL植入深度和

2.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图100B图示了针对0.7mm IOL植入深度和3mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图100C图示了针对0.7mm IOL植入深度和3.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图100D图示了针对0.7mm IOL植入深度和4mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图100E图示了针对0.7mm IOL植入深度和4.5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。图100F图示了针对0.7mm IOL植入深度和5mm瞳孔直径的相对全场视网膜辐照度。如图所示,在此植入深度,针对图示的瞳孔大小没有出现暗条带视网膜区域。

[0487] 在植入假晶状体的个体经历外周假晶状体眩光幻影症的某些情况下,摘除现有的人工晶状体(例如由于手术风险等)可能是不明智的。在此类应用中,用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的人工晶状体可作为辅助人工晶状体植入,以与现有的人工晶状体组合(例如,与其联合、与其一起或与其一致)发挥作用。

[0488] 图101是根据某些实施方案的用于减少、最小化和/或消除外周假晶状体眩光幻影症的辅助人工晶状体的半子午线截面的示意图。对于定向,图101的坐标系与图16中的相同。眼睛/辅助IOL 10102的轴线位于图101的左侧。

[0489] 如图所示,图101示出了辅助IOL 10100围绕光学系统的轴线10102的半子午线横截面。

[0490] 图101的子午线横截面仅用于说明目的并且可能不是等距的(例如,非等轴的);也就是说,水平方向的距离(或维度或标度)可能与垂直方向的不同。

[0491] 辅助IOL 10100被植入以与现有的IOL 10120一起发挥作用。辅助IOL 10100的横截面被图示为植入眼睛的虹膜10101后部。辅助IOL 10100可以被植入后与现有的IOL 10120接触,或者可以被植入后与现有的IOL 10120间隔开(如图101中所示)。

[0492] 辅助IOL 10100包括光学区10103和控制区10106。在一些实施方案中,辅助IOL 10100的处方光焦度可以由光学区10103提供。辅助IOL 10100和现有的IOL 10120的组合光焦度可为眼睛提供必要的焦度。

[0493] 辅助IOL的光学区的特征可以在于下列中的一种或多种的任意组合:前(前部)光学表面10104、后(后部)光学表面10105、厚度(在前光学表面和后光学表面之间,例如,沿轴线10102),以及辅助IOL材料的折射率。

[0494] 在一些实施方案中,后(或后部)光学表面10105可以具有表面轮廓(例如,曲率、形状、非球面)以便于辅助IOL 10100的后光学表面10105与现有的IOL 10120的前表面的间隔开的对准或基本间隔开的对准。

[0495] 在一些实施方案中,后(或后部)光学表面10105可以具有表面轮廓(例如,曲率、形状、非球面)以便于辅助IOL 10100的后光学表面10105与现有的IOL 10120的前表面的接触对准或基本接触对准(例如,并置)。

[0496] 在一些实施方案中,控制区10106可以被配置为控制PPD(例如,负性和/或正性PPD)。如图所示,控制区10106可以包括前(前部)控制表面10107、后(后部)控制表面10108和边缘10111。光学区10103和控制区10106之间的边界形成光学-控制连接部。前光学-控制连接部10109标记从前光学表面10104到前控制表面10107的边界或过渡。后光学-控制连接部10110标记从后光学表面10105到后控制表面10108的边界或过渡。

[0497] 由于控制区10106朝向辅助IOL 10100的外周定位,因此在一些实施方案中,辅助IOL 10100的光学区10103(其位于更中心)以与常规IOL相同的方式起作用,或以与常规IOL

相同的方式与现有IOL功能组合使用。例如,光学区10103可以被配置在较大范围内传递光焦度。光学区10103可以结合包含用于支持近视力的多焦点光学器件或扩展焦深光学器件、衍射光学器件、用于校正散光的复曲面光学器件等的一系列常规IOL光学器件中的一种或多种的任意组合。辅助IOL 10100和现有的IOL 10120的组合光焦度可为眼睛提供必要的焦度。

[0498] 在一些实施方案中,控制表面10107、10108和边缘10111的相交部可以在控制表面和边缘之间形成连接部10112、10113。例如,前控制表面10107可以在前控制-边缘连接部点10112处与边缘10111会合,并且后控制表面10108可以在后控制边缘连接部10113处与边缘10111会合。

[0499] 在一些实施方案中,控制区10106的前控制表面10107和/或后控制表面10108可以被配置为具有特定的表面曲率和/或轮廓以将光重新定向和/或分布到视网膜的原本暗条带区域。通过将控制区10106配置为填充(例如,将光折射到)暗条带区域,辅助IOL 10100可以减少、显著减少和/或消除PPD的发生/感知。

[0500] 在一些实施方案中,眼睛(具有天然晶状体或具有IOL)可以近似于旋转对称光学系统,并且轴线10102可以用于参考方向和径向或横向距离。

[0501] 在一些实施方案中,光学区10103可以位于辅助IOL的中心部分中并提供用于支持患者视力的光焦度(例如,与现有IOL的光焦度组合)。光学区的光学特性(例如,光焦度、像差、焦深等)可以由前光学表面10104和后光学表面10105的曲率或轮廓、辅助IOL厚度以及辅助IOL材料的折射率确定。

[0502] 控制区10106可以被配置为控制负性PPD。在一些实施方案中,控制区或前控制表面或后控制表面配置可以基于整个本说明书公开的配置和/或设计方法(例如,在图27、29、31至40,以及81至84,或表1至16中的任何一个中所示的示例性实施方案中)。

[0503] 在一些实施方案中,控制区可以被配置为拦截穿过瞳孔的(例如,来自从外周场角入射到眼睛上的光的)偏斜光射线的一部分并将射线重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。在一些实施方案中,这可以通过后控制表面10108、前控制表面10107、辅助IOL在控制区10106处的厚度或厚度轮廓和/或边缘10111的宽度(或长度,例如,控制-边缘连接点10112、10113之间的距离)的适当配置来实现。

[0504] 在一些实施方案中,控制区10106可以朝向辅助IOL的外周定位,但不一定延伸到辅助IOL的最边缘。在一些实施方案中,控制区10106可以延伸到辅助IOL的边缘。

[0505] 在一些实施方案中,后(后部)控制表面10108,连同前(前部)控制表面10107的曲率/表面轮廓,和/或辅助IOL在控制区10106处的厚度或厚度轮廓,和/或边缘10111的宽度(或长度,例如,控制-边缘连接点10112和10113之间的距离),可以将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0506] 在一些实施方案中,后控制表面10108可以是朝向眼睛后面凸出的(例如,基本上凸出的,或大体上凸出的,即当考虑跨后控制表面10108的跨度时是凸出的)(例如,朝向眼睛的前面是凹入的),如图101所示。在一些实施方案中,后控制表面10108可以具有比后光学表面10105更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。在一些实施方案中,后控制表面10108的曲率半径的绝对值可以比后光学表面10105的曲率半径的绝对值小(例如,在值上更小)。例如,后光学表面10105可以是凸出的正性折射表面并且针对后光学表面的曲率的绝对值可

以低于针对后控制表面10108的曲率的绝对值(例如,具有更大的绝对曲率半径),该后控制表面10108沿子午线横截面具有更大曲率(例如,具有更小的绝对曲率半径)。

[0507] 在一些实施方案中,后控制表面10108可以具有与后光学表面10105的曲率符号相反的曲率。例如,后光学表面10105可以是朝向眼睛前面凸出的负性折射表面(如图101中所示的示例),而后控制表面10108可以朝向眼睛前面凹入的;也就是说,两个表面具有相反的曲率符号。

[0508] 在一些实施方案中,后控制表面10108可以沿其轮廓在曲率(例如,局部曲率或瞬时曲率)上变化。

[0509] 在一些实施方案中,后控制表面10108轮廓可以朝向辅助IOL 10100的边缘10111在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)。在一些实施方案中,后控制表面10108轮廓可以朝向辅助IOL 10100的边缘在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)。在一些实施方案中,后控制表面10108轮廓可以朝向辅助IOL 10100的边缘10111在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)然后在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)。在一些实施方案中,后控制表面10108轮廓可以朝向辅助IOL 10100的边缘10111在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)然后在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0510] 在一些实施方案中,接近后控制-边缘连接部10113沿着后控制表面10108相对于(例如,参考或测量自)额平面的斜坡使得随着后控制表面10108径向向外(例如,从辅助IOL轴线朝向外周视网膜)行进,后控制表面10108上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

[0511] 在一些实施方案中,位于或接近后控制-边缘连接部10113,后控制表面10108相对于额平面的斜坡角的绝对值大于位于或接近后光学-控制连接部10110,后控制表面10108相对于额平面的斜坡角的绝对值。

[0512] 在一些实施方案中,在与后控制-边缘连接部10113不重合(例如,不在其上,不与其位于同一位置)但邻近(例如,接近或在其附近)后控制-边缘连接部10113的点或区域中,沿着后控制表面10108,后控制表面10108相对于(例如,参考或测量自)额平面的斜坡使得随着后控制表面10108径向向外(例如,在从辅助IOL轴线朝向外周视网膜的方向上)行进,后控制表面10108上靠近(例如,接近或位于)后控制-边缘连接部10113的各点的位置变得更靠前部(例如,朝向眼睛的角膜),并且在后控制-边缘连接部10113处,后控制表面10108相对于额平面的斜坡角的绝对值大于不在后控制-边缘连接部10113上(例如,不与其重合,不与其位于同一位置)但接近其(例如邻近其)的后控制表面10108的点或区域相对于额平面的斜坡的绝对值。

[0513] 在一些实施方案中,位于(例如,与其位于同一位置、与其重合)或接近(例如,邻近、在其附近)后控制-边缘连接部10113,后控制表面10108相对于额平面的斜坡角度值比位于或接近后光学-控制连接部10110,后控制表面10108相对于额平面的斜坡角度值更负。对于辅助IOL表面(例如,光学表面、控制表面、边缘)相对于额平面的斜坡角,当斜坡表面切线上的点随着该点沿斜坡表面的切线径向向外(例如,远离辅助IOL轴线)行进而在位置上变得更靠后部(例如,更接近眼睛后面,或朝向小凹或视网膜)时,该角的符号被认为是正的。相反,当斜坡表面上的点随着该点沿斜坡表面的切线径向向外(例如,远离辅助IOL轴线)行进而在位置上变得更靠前部(例如,更接近眼睛前面,或朝向角膜或入射光源)时,相

对于额平面的斜坡角的符号被认为是负的。注意,在此类一些实施方案的这种比较中,该角中的一者或两者的值在符号上可以是正的或负的。例如,如图101中所示的后控制表面10108在后光学-连接点10110处的斜坡角在值上是负的,而如图101中所示的在后控制表面10108上接近控制-边缘连接部10113的斜坡角在值上更负。

[0514] 在一些实施方案中,后控制表面10108轮廓可以由非球面曲线定义:该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。

[0515] 在一些实施方案中,后控制表面10108可以与后光学表面10105是C0-连续的。例如,后控制表面10108可以与后光学表面10105会合而没有突出部或“突升部”。在一些实施方案中,后控制表面10108可以与后光学表面10105是C1-连续的。例如,后控制表面10108可以与后光学表面10105在它们会合之处具有公共切线。

[0516] 前(前部)控制表面10107是在辅助IOL 10100前表面上的位于控制区10106内的表面。前控制表面10107的曲率/表面轮廓,与后控制表面10108的曲率/表面轮廓、辅助IOL在控制区10106处的厚度或厚度轮廓和/或边缘10111的宽度(或长度,例如控制-边缘连接部10112、10113之间的距离)一起,可以将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0517] 在一些实施方案中,前控制表面10107可以是朝向眼睛后面凸出的(例如,基本上凸出的,或大体上凸出的,即当考虑跨前控制表面10107的跨度时是凸出的)(例如,朝向眼睛的前面是凹入的),如图101所示。在一些实施方案中,前控制表面10107可以具有比前光学表面10104更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。在一些实施方案中,前控制表面10107的曲率半径的绝对值可以比前光学表面10104的曲率半径的绝对值小(例如,在值上更小)。例如,前光学表面10104可以是凸出的正性折射表面并且针对前光学表面的曲率的绝对值低于针对前控制表面10107的曲率的绝对值(例如,具有更大的绝对曲率半径),该前控制表面10107沿子午线横截面具有更大曲率(例如,具有更小的绝对曲率半径)。

[0518] 在一些实施方案中,前控制表面10107可以具有与前光学表面10104的曲率符号相反的曲率。例如,前光学表面10104可以是朝向眼睛的前面凸出的正性折射表面,而前控制表面10107可以朝向眼睛的前面凹入;也就是说,这两个表面可具有相反的曲率符号。

[0519] 在一些实施方案中,前控制表面10107可以沿其轮廓在曲率(例如,局部曲率或瞬时曲率)上变化。

[0520] 在一些实施方案中,前控制表面10107轮廓可以朝向辅助IOL 10100的边缘10111在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)。

[0521] 在一些实施方案中,前控制表面10107轮廓可以朝向辅助IOL 10100的边缘在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)。在一些实施方案中,前控制表面10107轮廓可以朝向辅助IOL 10100的边缘10111在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)然后在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)。在一些实施方案中,前控制表面10107轮廓可以朝向辅助IOL 10100的边缘10111在曲率上增加(例如,曲率半径变得更短)然后在曲率上减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0522] 在一些实施方案中,接近(例如,邻近或在其附近)前控制-边缘连接部10112沿着前控制表面10107相对于(例如,参考或测量自)额平面的斜坡使得随着前控制表面10107径

向向外(例如,从辅助IOL轴线朝向外周视网膜)行进,前控制表面10107上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

[0523] 在一些实施方案中,位于或接近前控制-边缘连接部10112,前控制表面10107相对于额平面的斜坡角的绝对值大于位于前光学-控制连接部10109,前控制表面10107相对于额平面的斜坡角的绝对值。

[0524] 在一些实施方案中,在与前控制-边缘连接部10112不重合(例如,不与其位于同一位置,不在其上)但邻近(例如,接近或在其附近)前控制-边缘连接部10112的点或区域中,沿着前控制表面10107,前控制表面10107相对于(例如,参考或测量自)额平面的斜坡使得随着前控制表面10107径向向外(例如,在从辅助IOL轴线朝向外周视网膜的方向上)行进,前控制表面10107上靠近(例如,接近或位于)前控制-边缘连接部10112的各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜),并且在控制-边缘连接部10112处,前控制表面10107相对于额平面的斜坡角的绝对值大于不在前光学-控制连接部10109上(例如,不与其重合,不与其位于同一位置)但邻近其(例如接近其)的前控制表面10107的点或区域相对于额平面的斜坡的绝对值。

[0525] 在一些实施方案中,位于(例如,与其位于同一位置、与其重合)或接近(例如,邻近、在其附近)前控制-边缘连接部10112,前控制表面10107相对于额平面的斜坡角度值比位于或接近前光学-控制连接部10109,前控制表面10107相对于额平面的斜坡角度值更负。

[0526] 在一些实施方案中,前控制表面10107轮廓可以由非球面曲线定义,该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。在一些实施方案中,前控制表面10107可以与前光学表面10104是C0-连续的。例如,前控制表面10107可以在公共点处与前光学表面会合,而没有突出部或突升部。

[0527] 在一些实施方案中,前控制表面10107可以与前光学表面10104是C1-连续的。例如,前控制表面10107可以与前光学表面10104在它们会合之处具有公共切线。

[0528] 前光学-控制连接部10109,也称为前光学-控制边界,是在辅助IOL 10100前表面上前光学表面10104与前控制表面10107会合所处的位置或区域。在一些实施方案中,前光学-控制连接部10109的径向/横向位置可以对光学区10103的尺寸施加限制。在一些实施方案中,前光学-控制连接部10109可以容易地定义为单独的点,并且在一些实施方案中,前光学控制连接部可以是光学区10103和控制区10106之间的较难定义的区域。在一些实施方案中,前光学-控制连接部10109可以是前光学表面10104和前控制表面10107直接会合所处的“点”(当被视为子午线横截面时),或者可以是在其上前光学表面10104过渡(或混合)到前控制表面10107所处的区域(例如,对于圆形辅助IOL而言是环带)。

[0529] 在一些实施方案中,前光学-控制连接部10109的位置可以设置为使得光学区10103的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。在一些实施方案中,(例如,由于斯蒂尔斯-克拉弗德效应),穿过瞳孔外周的光射线可通过视网膜的光感受器(例如视杆和视锥)产生较小的响应。因此,匹配(或基本匹配)患者瞳孔的大小可能不需要将前光学-控制连接部10109定位为使得光学区10103的尺寸与瞳孔大小相同,但它可以更小(或更大)并且仍然不显著干扰视力。

[0530] 后光学-控制连接部10110,也称为后光学-控制边界,是后表面上后光学表面

10105与后控制表面10108会合所处的位置或区域。在一些实施方案中,后光学-控制连接部的径向/横向位置可以对光学区10103的尺寸施加限制。在一些实施方案中,后光学-控制连接部10110可以容易地定义为单独的点,并且在一些实施方案中,后光学-控制连接部10110可以是光学区10103和控制区10106之间的较难定义的区域。在一些实施方案中,后光学-控制连接部可以是后光学表面10105和后控制表面10108直接会合的“点”(当被视为子午线横截面时),或者可以是在其上后光学表面10105过渡(或混合)到后控制表面10108的区域(例如对于圆形辅助IOL而言是环带)。

[0531] 在一些实施方案中,后光学-控制连接部的位置可以设置为使得光学区10103的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。在一些实施方案中,后光学-控制连接部10110位置可以比前光学-控制连接部10109的位置更靠外周(例如,离轴线更远,更靠近边缘)。

[0532] 辅助IOL 10100的边缘10111被定义为在辅助IOL 10100的前表面10107和后表面10108之间并连接该前表面10107和后表面10108的表面(例如,如果辅助IOL是圆形的,则基本上为圆柱形或圆锥形)。在一些实施方案中,边缘10111可以在前表面10107和后(也更靠外周的)表面10108之间基本上是直的、至少部分弯曲的,和/或起伏的或以其他方式变化的。在一些实施方案(其中控制区10106延伸到晶状体尺寸的极限)中,边缘可以分别由在前控制表面10107和后控制表面10108之间并连接该前控制表面10107和后控制表面10108的表面形成。在一些实施方案中,边缘10111可以成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面10111的法线和辅助IOL的轴线10102形成小于 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 或 $20^\circ$ 的角度(其中 $0^\circ$ 意指边缘10111表面面向正前方(即,边缘表面10111的法线平行于轴线10102,并且边缘表面位于额平面中并且朝向虹膜面向前部),而 $90^\circ$ 意指边缘表面平行于眼睛的子午线平面直接朝外)。对于边缘的法线和辅助IOL的轴线之间的角度,符号约定是这样的:正角表示边缘的法线使得在该边缘处,沿边缘法线更靠前部(例如,朝向眼睛的前面)的点从轴线处径向更远地(例如,朝向外周)定位。在一些实施方案中,边缘的法线与辅助IOL的轴线之间的角度可以是约 $45^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $10^\circ$ 或 $5^\circ$ 。在一些实施方案中,该角度可以小于约 $45^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 或 $10^\circ$ 。在一些实施方案中,该角度可以介于约 $35-45^\circ$ 、 $35-40^\circ$ 、 $25-35^\circ$ 、 $25-30^\circ$ 、 $15-25^\circ$ 、 $10-20^\circ$ 、 $10-15^\circ$ 、 $5-10^\circ$ 、 $0-15^\circ$ 、 $0-20^\circ$ 、 $0-30^\circ$ 、 $0-40^\circ$ 或 $10-40^\circ$ 之间。

[0533] 在一些实施方案中,边缘表面10111可以是倾斜的,倾斜的角度与旁通射线基本相同。也就是说,旁通射线的方向基本上平行于边缘10111的表面。

[0534] 在一些实施方案中,后控制表面10108位于或接近后控制-边缘连接部10113的斜坡与边缘表面10111位于或接近后控制-边缘连接部10113的斜坡形成约 $90^\circ$ 的角度(例如与其垂直)。

[0535] 在一些实施方案中,后控制表面10108位于或接近后控制-边缘连接部10113的斜坡与边缘表面10111位于或接近后控制-边缘连接部10113的斜坡形成等于或小于约 $90^\circ$ 的角度,其中该角度在晶状体材料内对向(例如,根据图101,该角度从后控制表面10108顺时针形成到边缘表面10111)。

[0536] 在一些实施方案中,后控制表面10108位于或接近后控制-边缘连接部10113的斜坡与边缘表面10111位于或接近后控制-边缘连接部10113的斜坡形成等于或大于约 $90^\circ$ 的角度,其中该角度在晶状体材料内对向。

[0537] 在一些实施方案中,后控制表面10108位于或接近后控制-边缘连接部10113的斜

坡与边缘表面10111位于或接近后控制-边缘连接部10113的斜坡形成介于约75°和约105°之间的角度,其中该角度在晶状体材料内对向。

[0538] 在一些实施方案中,前控制表面10107位于或接近前控制-边缘连接部10112的斜坡与边缘表面10111位于或接近前控制-边缘连接部10112的斜坡形成约90°的角度(例如与其垂直)。

[0539] 在一些实施方案中,前控制表面10107位于或接近前控制-边缘连接部10112的斜坡与边缘表面10111位于或接近前控制-边缘连接部10112的斜坡形成等于或小于约90°的角度,其中该角度在晶状体材料内对向(例如,根据图101,该角度从前控制表面10107逆时针形成到边缘表面10111)。

[0540] 在一些实施方案中,前控制表面10107位于或接近前控制-边缘连接部10112的斜坡与边缘表面10111位于或接近前控制-边缘连接部10112的斜坡形成等于或大于约90°的角度,其中该角度在晶状体材料内对向。

[0541] 在一些实施方案中,前控制表面10107位于或接近前控制-边缘连接部10112的斜坡与边缘表面10111位于或接近前控制-边缘连接部10112的斜坡形成介于约75°和约105°之间的角度,其中该角度在晶状体材料内对向。

[0542] 在一些实施方案中,前控制-边缘连接部10112和后控制-边缘连接部10113可以重合(例如,基本上重合,非常接近),因此边缘表面10111在宽度上可以非常窄,或基本上是“刀刃”(例如,楔形、锥形)。

[0543] 在一些实施方案中,边缘表面可以经处理以改变其光学特性,例如透射/不透明、散射/漫射、光谱透射、反射等中的一种或多种。该处理可以消除或减少光射线(例如,“边缘”射线)的传播,该光射线可以从房水到晶状体(从外向内),或从晶状体到房水/玻璃体(从内向外),或从晶状体到晶状体(内反射),或从房水/玻璃体到房水/玻璃体(外反射)折射或反射出边缘。

[0544] 在一些实施方案中,边缘表面10111可以是光滑的折射或反射表面,或者可以具有光学特征,例如衍射光栅、超表面(例如,纳米光学柱)、磨砂(例如,类似于淋浴屏以使表面散射/漫射)等。

[0545] 前控制-边缘连接部10112是前控制表面10107或比前控制表面更靠外周的区域或区与辅助IOL的边缘10111会合的位置。当被视为子午线横截面时,前控制-边缘连接部10112可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、斜角、修圆角,或将前控制表面10107连接到边缘10111的轮廓。

[0546] 在某些实施方案中,前控制曲线10107可以与前控制-边缘连接部10112或边缘10111分离,在这种情况下,前控制表面10107可以呈现为在从正面到辅助IOL 10100看时不延续到晶状体边缘10111的环形或环状形状。

[0547] 后控制-边缘连接部10113是后控制表面10108或比前控制表面更靠外周的区域或区与辅助IOL的边缘10111会合的位置。当被视为子午线横截面时,后控制-边缘连接部10113可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、斜角、修圆角,或将后控制表面10108连接到边缘10111的轮廓。

[0548] 在某些实施方案中,后控制曲线10108可以与后控制-边缘连接部10113或辅助IOL边缘10111分离,在这种情况下,后控制表面10108可以被视为在从正面到辅助IOL 10100看

时不延续到晶状体边缘10111的环形或环状形状。

[0549] 所要求保护的主题的其他优点将从描述所要求保护的主题的某些实施方案的以下示例中变得明显。在某些实施方案中,以下进一步实施方案中的一个或多个(包含例如全部)可以包括其他实施方案中的每一个或其部分。

#### 实施例

[0550] A1.一种人工晶状体(IOL),其包括:光学区;以及控制区,该控制区相对于光学区定位在位于其外周并且被配置为减少、最小化和/或消除负性外周假晶状体眩光幻影症(PPD)。

[0551] A2.实施例A中任一项的人工晶状体,其中光学区包括前(前部)光学表面、后(后部)光学表面、厚度(在前光学表面和后光学表面之间,其可以是恒定的或径向变化的和/或周向变化和/或在光学区的至少一部分上横向变化)和折射率。

[0552] A3.实施例A中任一项的人工晶状体,其中控制区包括前(前部)控制表面、后(后部)控制表面和边缘。

[0553] A4.实施例A中任一项的人工晶状体,其中光学区包括处方光焦度。

[0554] A5.实施例A中任一项的人工晶状体,其中光学区被配置在较大范围内传递光焦度。

[0555] A6.实施例A中任一项的人工晶状体,其中光学区结合了下列中的一种或多种的任意组合:用于支持近视力的多焦点光学器件,其可以是折射的和/或衍射的或其组合;用于支持近视力的扩展焦深光学器件;以及用于矫正散光的复曲面光学器件。

[0556] A7.实施例A中任一项的人工晶状体,其中光学区位于IOL的中心部分中并提供用于支持患者视力的光焦度。

[0557] A8.实施例A中任一项的人工晶状体,其中控制区朝向IOL的外周定位但不延伸到IOL的最边缘。

[0558] A9.实施例A中任一项的人工晶状体,其中控制区定位成朝向IOL的外周并且延伸到IOL的最边缘。

[0559] A10.实施例A中任一项的人工晶状体,其中控制区被配置为控制PPD。

[0560] A11.实施例A中任一项的人工晶状体,其中控制区被配置为将光折射到暗条带区域以减少、显著减少和/或消除PPD的发生/感知。

[0561] A12.实施例A中任一项的人工晶状体,其中控制区被配置为拦截穿过瞳孔(例如,来自从外周场角入射到眼睛上的光)的偏斜光射线的一部分并且将射线重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0562] A13.实施例A中任一项的人工晶状体,其中重新定向和/或重新分布的光撞击视网膜的位置通过后控制表面、前控制表面、边缘宽度和/或IOL在控制区的厚度或厚度分布(例如,朝向人工晶状体的外周增加或减小的厚度分布)的适当配置来实现。

[0563] A14.实施例A中任一项的人工晶状体,其中光学区和控制区之间的边界形成光学-控制连接部,该光学-控制连接部包括标记从前光学表面到前控制表面的边界或过渡的前光学-控制连接部,以及标记从后光学表面到前控制表面的边界或过渡的后光学-控制连接部。

[0564] A15.实施例A中任一项的人工晶状体,其中光学区的尺寸(如果是圆形,则为直径)

由前光学-控制连接部和/或后光学-控制连接部的位置确定。

[0565] A16. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前光学-控制连接部是前光学表面和前控制表面会合的点(当被视为子午线横截面时)。

[0566] A17. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前光学-控制连接部是前光学表面过渡(或混合)到前控制表面的区域(例如对于圆形IOL而言是环带)。

[0567] A18. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后光学-控制连接部是后光学表面和后控制表面会合的点(当被视为子午线横截面时)。

[0568] A19. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后光学-控制连接部是后光学表面过渡(或混合)到后控制表面的区域(例如对于圆形IOL而言是环带)。

[0569] A20. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前光学-控制连接部的位置设置为使得光学区的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。

[0570] A21. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后光学-控制连接部的位置设置为使得光学区的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。

[0571] A22. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中光学区的尺寸略小于或大于患者瞳孔的大小,并且不会显著干扰视力。

[0572] A23. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后光学-控制连接部位置比前光学-控制连接部的位置更靠外周。

[0573] A24. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中控制区的前控制表面和/或后控制表面被配置为具有特定的表面曲率和/或轮廓,以将光重新定向和/或分布到视网膜的原本暗条带区域。

[0574] A25. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中控制区的宽度尽可能宽以重新定向尽可能多的光,将光重新定向到视网膜的原本暗条带区域而不显著影响视力。

[0575] A26. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后(后部)控制表面与前(前部)控制表面的曲率/表面轮廓一起将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0576] A27. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面是朝向眼睛后面凸出的(例如,是朝向眼睛前面凹入的)。

[0577] A28. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面具有比后光学表面更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。

[0578] A29. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓在后光学-控制连接部和IOL边缘之间有曲率变化(例如,曲率半径改变)。

[0579] A30. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐增加(例如,曲率半径变得更短)。

[0580] A31. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0581] A32. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐减小然后逐渐增加(例如,曲率半径变得更长然后更短)。

[0582] A33. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐增加然后逐渐减小(例如,曲率半径变得更短然后更长)。

[0583] A34. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓由非球面曲线限定;该

非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。

[0584] A35. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘的后控制表面的斜坡使得随着后控制表面径向向外(例如,从IOL轴线朝向外周视网膜)行进,后控制表面上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

[0585] A36. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘相对于后控制表面的斜坡角的绝对值大于在后光学-控制连接部处相对于后控制表面的斜坡角的绝对值。

[0586] A37. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘的后控制表面的斜坡和边缘表面形成小于90度、约90度和/或大于90度的角度。

[0587] A38. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面与后光学表面是C0-连续的(例如,后控制表面与后光学表面会合而没有突出部或突升部)。

[0588] A39. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面与后光学表面是C1-连续的(例如,后控制表面与后光学表面在它们会合之处具有公共切线)。

[0589] A40. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面与后光学表面是C2-连续的(例如,后控制表面与后光学表面在它们会合的点处具有相同的瞬时曲率)。

[0590] A41. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面是朝向眼睛后面凸出的(例如,是朝向眼睛前面凹入的)。

[0591] A42. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面具有比后光学表面更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。

[0592] A43. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前光学表面是朝向眼睛前面凸出的正性折射表面。

[0593] A44. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上变化(例如,曲率半径改变)。

[0594] A45. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓在前光学-控制连接部和IOL边缘之间在曲率上逐渐增加(例如,曲率半径变得更短)。

[0595] A46. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0596] A47. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐减小然后逐渐增加(例如,曲率半径变得更长然后更短)。

[0597] A48. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐增加然后逐渐减小(例如,曲率半径变得更短然后更长)。

[0598] A49. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓由非球面曲线限定;该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。

[0599] A50. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘的前控制表面的斜坡使得随着前控制表面径向向外(例如,从IOL轴线朝向外周视网膜)行进,前控制表面上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

[0600] A51. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘相对于前控制表面的斜坡角的绝对值大于在前光学-控制连接部处相对于前控制表面的斜坡角的绝对值。

- [0601] A52. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘的前控制表面的斜坡和边缘表面形成小于90度、约90度和/或大于90度的角度。
- [0602] A53. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面与前光学表面是C0-连续的(例如,前控制表面与前光学表面会合而没有突出部或突升部)。
- [0603] A54. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面与前光学表面是C1-连续的(例如,前控制表面与前光学表面在它们会合之处具有公共切线)。
- [0604] A55. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制表面与前光学表面是C2-连续的(例如,前控制表面与前光学表面在它们会合的点处具有相同的瞬时曲率)。
- [0605] A56. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后光学表面和后控制表面会合以在后表面处为后光学连接部近处的光学和控制区域内的射线创建射线折射/偏转角的逐渐过渡。
- [0606] A57. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前光学表面和前控制表面会合以在前表面处为前光学连接部附近(例如,邻近或接近其)的光学和控制区域内的射线创建射线折射/偏转角的逐渐过渡。
- [0607] A58. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制表面的曲率/表面轮廓和/或前控制表面的曲率/表面轮廓将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。
- [0608] A59. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘由在前控制表面和后控制表面之间并连接前控制表面和后控制表面的表面形成。
- [0609] A60. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线形成小于45°、40°、35°或30°的角度。
- [0610] A61. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线形成小于约45°、40°、35°、30°、25°、20°、15°或10°的角度。
- [0611] A62. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线形成约45°、40°、35°、30°、25°、20°、15°、10°、5°或2.5°的角度。
- [0612] A63. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线形成介于约35-45°、35-40°、25-35°、25-30°、15-25°、10-20°、10-15°、5-15°、0-15°、5-10°、0-10°或10-40°之间的角度。
- [0613] A64. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘表面是倾斜的,其斜坡角与旁通射线基本相同(例如,旁通射线的方向基本平行于边缘的表面)。
- [0614] A65. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘表面成斜坡,使得斜坡与旁通射线所成角度在约正或负5°的范围内(例如,旁通射线的方向相对于边缘表面的斜坡所成角度在任一方向上均小于约5°)。
- [0615] A66. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘表面的宽度为约2.5mm、2mm、1.5mm、1mm、0.5mm、0.25mm或0.1mm。
- [0616] A67. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘表面的宽度小于约2.5mm、2mm、1.5mm、1mm、0.5mm或0.25mm。
- [0617] A68. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中边缘表面可以经处理以改变其光学特性(例如,透射/不透明性、散射/漫射、光谱透射、反射率等中的一种或多种)。
- [0618] A69. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中上述处理消除或减少了光射线的传播,

该光射线可以从房水到晶状体(从外向内)或从晶状体到房水或玻璃体(从内向外),或从晶状体到晶状体(内反射),或从房水到房水(外反射)折射或反射出边缘。

[0619] A70. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中,边缘表面是光滑的折射或反射表面,或具有光学特征,例如衍射光栅、超表面(例如,纳米光学柱)、磨砂(例如,类似于淋浴屏以使表面散射/漫射)。

[0620] A71. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制-边缘连接部是前控制表面或比前控制表面更靠外周的区域或区与IOL边缘会合的位置。

[0621] A72. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中前控制-边缘区域是前表面上的区域,在该区域中,前控制表面或比前控制表面更靠外周的区域或区连接到IOL边缘。

[0622] A73. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中,当被视为子午线横截面时,前控制-边缘连接部可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、修圆角,或将前控制表面连接到边缘的轮廓。

[0623] A74. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制-边缘连接部是后控制表面或比后控制表面更靠外周的区域或区与IOL边缘会合的位置。

[0624] A75. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中,当被视为子午线横截面时,后控制-边缘连接部可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、圆角,或将后控制表面连接到边缘的轮廓。

[0625] A76. 实施例A中任一项的人工晶状体,其中后控制-边缘区域是后表面上的区域,在该区域中,后控制表面或比后控制表面更靠外周的区域或区连接到IOL边缘。

[0626] B1. 一种人工晶状体(IOL),其包括:前(前部)表面,该前(前部)表面包括位于前表面中心部分中的前光学表面和位于前光学表面外周的前控制表面;后(后部)表面,该后(后部)表面包括位于后表面中心部分中的后光学表面和位于后光学表面外周的后控制表面;光学区,该光学区由前光学表面、后光学表面、前光学表面和后光学表面之间的厚度(其可以是恒定的或径向或周向变化的)和折射率(例如,一种或多种折射率)限定;以及控制区,该控制区相对于光学区定位在外周并且由前控制表面、后控制表面和边缘限定;其中前光学表面具有第一表面曲率并且前控制表面具有不同于第一表面曲率的第二表面曲率,并且后光学表面具有第三表面曲率并且后控制表面具有不同于第三表面曲率的第四表面曲率;其中控制区被配置为减少、最小化和/或消除负性外周假晶状体眩光幻影症(PPD)(例如,负性PPD)。

[0627] B2. 一种人工晶状体(IOL),其包括:光学区,该光学区包括前(前部)光学表面、后(后部)光学表面、厚度(在前光学表面和后光学表面之间,其可以是恒定的或径向或周向变化的),以及折射率(例如,一种或多种折射率);以及控制区,该控制区相对于光学区定位在外周并且包括前(前部)控制表面、后(后部)控制表面和边缘;其中前光学表面具有第一表面曲率并且前控制表面具有不同于第一表面曲率的第二表面曲率,并且后光学表面具有第三表面曲率并且后控制表面具有不同于第三表面曲率的第四表面曲率;其中控制区被配置为减少、最小化和/或消除负性外周假晶状体眩光幻影症(PPD)。

[0628] B3. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面是朝向眼睛后面凸出的(例如,基本上凸出的,或大体上凸出的,例如,当考虑跨前控制表面的跨度时是凸出的)(例如,朝向眼睛的前面是凹入的)。

[0629] B4. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面可以具有与前光学表面的曲率符号相反的曲率。

- [0630] B5. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面的曲率半径的绝对值可以小于(例如,在值上更小)前光学表面的曲率半径的绝对值。
- [0631] B6. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面具有比前光学表面更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。
- [0632] B7. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前光学表面是凸出的正性折射表面并且针对前光学表面的曲率的绝对值低于针对前控制表面的曲率的绝对值(即具有更大的绝对曲率半径),该前控制表面沿子午线横截面具有更大曲率(即具有更小的绝对曲率半径)。
- [0633] B8. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前光学表面是朝向眼睛前面凸出的正性折射表面,而前控制表面是朝向眼睛前面凹入的。
- [0634] B9. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面可以朝向眼睛后面凸出的(例如,基本上凸出的,或大体上凸出的,即当考虑跨后控制表面的跨度时是凸出的)(例如,是朝向眼睛前面凹入的)。
- [0635] B10. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面具有与后光学表面的曲率符号相反的曲率。
- [0636] B11. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面的曲率半径的绝对值小于(例如,在值上更小)后光学表面的曲率半径的绝对值。
- [0637] B12. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面具有比后光学表面更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。
- [0638] B13. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后光学表面是凸出的正性折射表面,并且针对后光学表面的曲率的绝对值低于(例如,具有更大的绝对曲率半径)针对后控制表面的曲率的绝对值,该后控制表面沿子午线横截面具有较大曲率(例如,具有较小的绝对曲率半径)。
- [0639] B14. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后光学表面是朝向眼睛前面凸出的负性折射表面,而后控制表面是朝向眼睛前面凹入的。
- [0640] B15. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学区包括前(前部)光学表面、后(后部)光学表面、厚度(在前光学表面和后光学表面之间,其可以是恒定的或径向或周向变化的)和折射率。
- [0641] B16. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制区包括前(前部)控制表面、后(后部)控制表面和边缘。
- [0642] B17. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学区包括处方光焦度。
- [0643] B18. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学区被配置为在较大范围内传递光焦度。
- [0644] B19. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学区结合下列中的一种或多种的任意组合:用于支持近视力的多焦点光学器件;用于支持近视力的扩展焦深光学器件;衍射光学器件;以及用于矫正散光的复曲面光学器件。
- [0645] B20. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学区位于IOL的中心部分中并提供用于支持患者视力的光焦度。
- [0646] B21. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制区朝向IOL的外周定位但不延伸到IOL的最边缘。

- [0647] B22. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制区定位成朝向IOL的外周并且延伸到IOL的最边缘。
- [0648] B23. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制区被配置为控制负性PPD。
- [0649] B24. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制区被配置为将光折射到暗条带区域以减少、显著减少和/或消除PPD的发生/感知。
- [0650] B25. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制区被配置为拦截穿过瞳孔(例如,来自从外周场角入射到眼睛上的光)的偏斜光射线的一部分并且将射线重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。
- [0651] B26. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中重新定向和/或重新分布的光撞击视网膜的位置通过后控制表面、前控制表面、边缘宽度和/或IOL在控制区的厚度或厚度分布(例如,朝向人工晶状体的外周增加或减小的厚度分布)的适当配置来实现。
- [0652] B27. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学区和控制区之间的边界形成光学-控制连接部,所述光学-控制连接部标记从光学表面到控制表面的边界或过渡。
- [0653] B28. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学区的尺寸(如果是圆形,则为直径)由前光学-控制连接部和/或后光学-控制连接部的位置确定。
- [0654] B29. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前光学-控制连接部是前光学表面和前控制表面会合的点(当被视为子午线横截面时)。
- [0655] B30. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前光学-控制连接部是前光学表面过渡(或混合)到前控制表面的区域(例如对于圆形IOL而言是环带)。
- [0656] B31. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后光学-控制连接部是后光学表面和后控制表面会合的点(当被视为子午线横截面时)。
- [0657] B32. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学-控制连接部是光学表面过渡(或混合)到控制表面的区域(例如对于圆形IOL而言是环带)。
- [0658] B33. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前光学-控制连接部的位置被设定为使得光学区的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。
- [0659] B34. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后光学-控制连接部的位置被设置为使得光学区的尺寸匹配(或紧密匹配)患者瞳孔的大小。
- [0660] B35. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中光学区的尺寸略小于或大于患者瞳孔的大小并且不显著干扰视力。
- [0661] B36. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后光学-控制连接部位置比前光学-控制连接部的位置更靠外周。
- [0662] B37. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制区的前控制表面和/或后控制表面被配置为具有特定的表面曲率和/或轮廓以将光重新定向和/或分布到视网膜的原本暗条带区域。
- [0663] B38. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后(后部)控制表面与前(前部)控制表面的曲率/表面轮廓一起将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。
- [0664] B39. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面是朝向眼睛后面凸出的(例如,是朝向眼睛前面凹入的)。
- [0665] B40. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面具有比后光学表面更陡的

曲率(例如,更短的曲率半径)。

[0666] B41. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上变化(例如,曲率半径改变)。

[0667] B42. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐增加(例如,曲率半径变得更短)。

[0668] B43. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0669] B44. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐减小然后逐渐增大(例如,曲率半径变得更长然后更短)。

[0670] B45. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐增加然后逐渐减小(例如,曲率半径变得更短然后更长)。

[0671] B46. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面轮廓由非球面曲线限定;该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。

[0672] B47. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘的后控制表面的斜坡使得随着后控制表面径向向外(例如,从IOL轴线朝向外周视网膜)行进,后控制表面上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

[0673] B48. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘的后控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角的绝对值大于在后光学-控制连接部处后控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角的绝对值。

[0674] B49. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中位于或邻近后控制-边缘连接部,后控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角比位于或接近后光学-控制连接部,后控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角具有更负的值。

[0675] B50. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中位于或邻近前控制-边缘连接部,前控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角度值比位于或接近前光学-控制连接部,前控制表面相对于人工晶状体额平面的斜坡角度值更负。

[0676] B51. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘的后控制表面的斜坡和边缘表面形成介于 $70^\circ$ 和 $110^\circ$ 之间,或介于 $75^\circ$ 和 $105^\circ$ 之间,或介于 $80^\circ$ 和 $100^\circ$ 之间的角度。

[0677] B52. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制表面与光学表面是C0-连续的(例如,后控制表面与后光学表面会合而没有突出部或突升部)。

[0678] B53. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中控制表面与光学表面是C1-连续的(例如,后控制表面与后光学表面在它们会合之处具有公共切线)。

[0679] B54. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面与后光学表面是C2-连续的(例如,后控制表面与后光学表面在它们会合的点处具有相同的瞬时曲率)。

[0680] B55. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面是朝向眼睛后面凸出的(例如,是朝向眼睛前面凹入的)。

[0681] B56. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面具有比后光学表面更陡的曲率(例如,更短的曲率半径)。

[0682] B57. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前光学表面是朝向眼睛前面凸出的正

性折射表面。

[0683] B58. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上变化(例如,曲率半径改变)。

[0684] B59. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐增加(例如,曲率半径变得更短)。

[0685] B60. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐减小(例如,曲率半径变得更长)。

[0686] B61. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐减小然后逐渐增加(例如,曲率半径变得更长然后更短)。

[0687] B62. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓朝向IOL边缘在曲率上逐渐增大然后逐渐减小(例如,曲率半径变得更短然后更长)。

[0688] B63. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面轮廓由非球面曲线限定;该非球面曲线可由数学函数定义,该数学函数包含圆锥曲线、多项式、贝塞尔曲线、样条曲线、傅里叶级数、小波,或此类函数中的两种或更多种的组合。

[0689] B64. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘的前控制表面的斜坡使得随着前控制表面径向向外(例如,从IOL轴线朝向外周视网膜)行进,前控制表面上各点的位置变得更靠前部(例如,朝向虹膜)。

[0690] B65. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中邻近IOL边缘相对于前控制表面的斜坡角的绝对值大于在前光学-控制连接部处相对于前控制表面的斜坡角的绝对值。

[0691] B66. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制表面与前光学表面是C2-连续的(例如,前控制表面与前光学表面在它们会合的点处具有相同的瞬时曲率)。

[0692] B67. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后光学表面和后控制表面会合以在后表面处为后光学连接部近处的光学和控制区域内的射线创建射线折射/偏转角的逐渐过渡。

[0693] B68. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制表面的曲率/表面轮廓和/或前控制表面的曲率/表面轮廓将光重新定向和/或分布到视网膜上原本会是暗条带的区域。

[0694] B69. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中边缘由在前控制表面和后控制表面之间并连接前控制表面和后控制表面的表面形成。

[0695] B70. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中边缘成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线形成约 $45^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $10^\circ$ 或 $5^\circ$ 的角度。

[0696] B71. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中边缘成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线形成小于约 $45^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $25^\circ$ 或 $20^\circ$ 的角度。

[0697] B72. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中边缘成向前倾斜的斜坡,使得边缘表面的法线和IOL轴线形成介于约 $35-45^\circ$ 、 $35-40^\circ$ 、 $25-35^\circ$ 、 $25-30^\circ$ 、 $15-25^\circ$ 、 $10-20^\circ$ 、 $10-15^\circ$ 、 $5-10^\circ$ 或 $10-40^\circ$ 之间的角度。

[0698] B73. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中边缘表面成斜坡,其斜坡角与旁通射线基本相同(例如,旁通射线的方向基本平行于边缘的表面)。

[0699] B74. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中边缘表面的宽度为约 $2.5\text{mm}$ 、 $2\text{mm}$ 、 $1.5\text{mm}$ 、 $1\text{mm}$ 或 $0.5\text{mm}$ 。

[0700] B75. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中边缘表面的宽度小于约2.5mm、2mm、1.5mm、1mm或0.5mm。

[0701] B76. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中边缘表面可以被处理以改变其光学特性(例如,透射/不透明性、散射/漫射、光谱透射、反射率等中的一种或多种)。

[0702] B77. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中上述处理消除或减少了光射线的传播,该光射线可以从房水到晶状体(从外向内)或从晶状体到房水(从内向外),或从晶状体到晶状体(内反射)折射或反射出边缘。

[0703] B78. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中,边缘表面是光滑的折射或反射表面,或具有光学特征,例如衍射光栅、超表面(例如,纳米光学柱)、磨砂(例如,类似于淋浴屏以使表面散射/漫射)。

[0704] B79. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中前控制-边缘连接部是前控制表面或比前控制表面更靠外周的区域或区与IOL边缘会合的位置。

[0705] B80. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中,当被视为子午线横截面时,前控制-边缘连接部可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、修圆角,或将前控制表面连接到边缘的轮廓。

[0706] B81. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中后控制-边缘连接部是后控制表面或比前控制表面更靠外周的区域或区与IOL边缘会合的位置。

[0707] B82. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中,当被视为子午线横截面时,后控制-边缘连接部可以是尖角、倒圆角/圆角、倒角、圆角,或将后控制表面连接到边缘的轮廓。

[0708] B83. 实施例B中任一项的人工晶状体,其中人工晶状体是辅助人工晶状体,其被植入以与现有的人工晶状体联合起作用。

[0709] 应当理解,在本说明书中公开和定义的各实施方案还可扩展到从文本或附图中提及或显见的两个或更多个单个特征的所有替代组合。所有这些不同的组合构成本公开的各种替代方面。

[0710] 以上概述了若干实施方案的特征,以便本领域技术人员可以更好地理解本公开的各方面。本领域的技术人员应该理解,他们可以容易地使用本公开作为设计或修改其他过程和结构以执行相同目的和/或实现本文介绍各实施方案的相同优点的基础。本领域技术人员也应该意识到,此类等效构造并不脱离本公开的精神和范围,并且他们可以在不脱离本公开的精神和范围的情况下对本文进行各种改动、替换和变更。

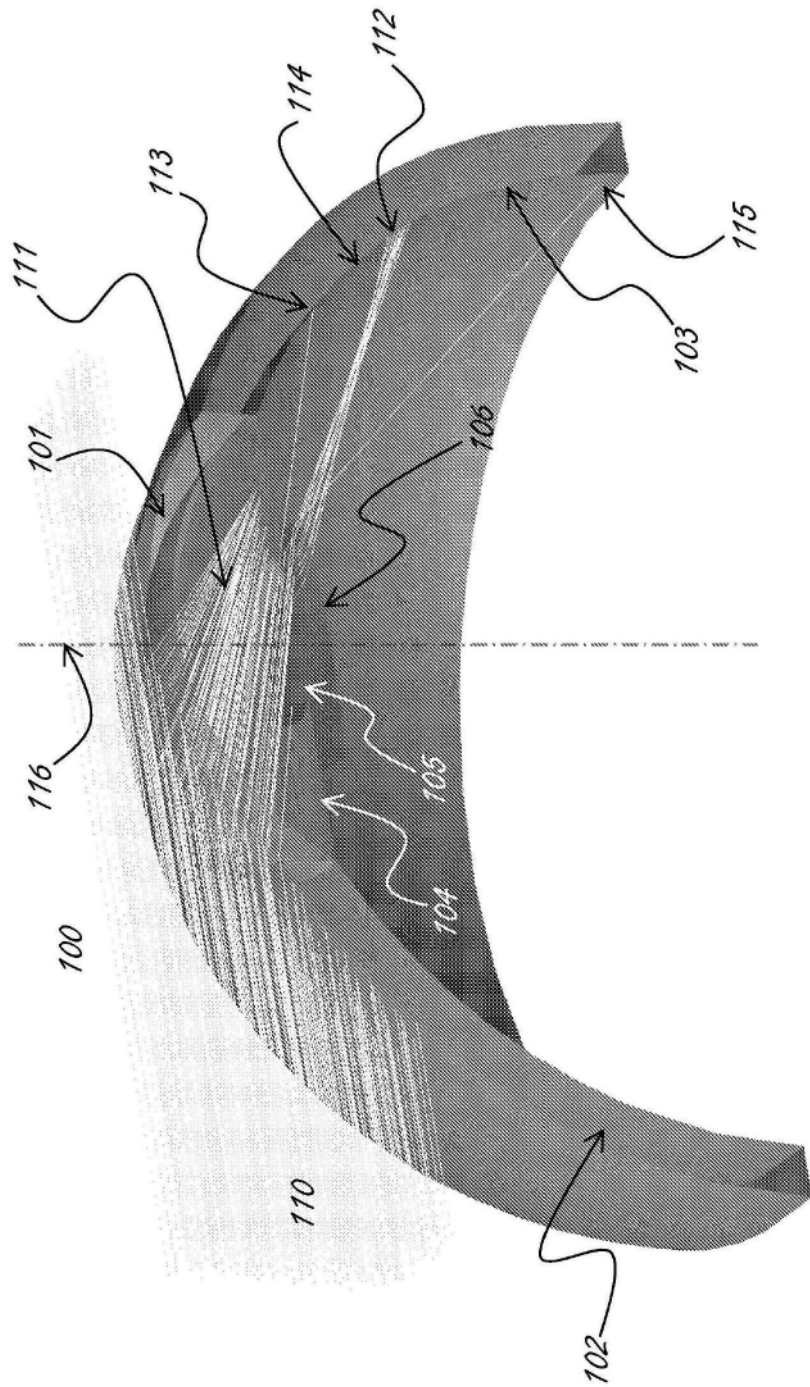


图1

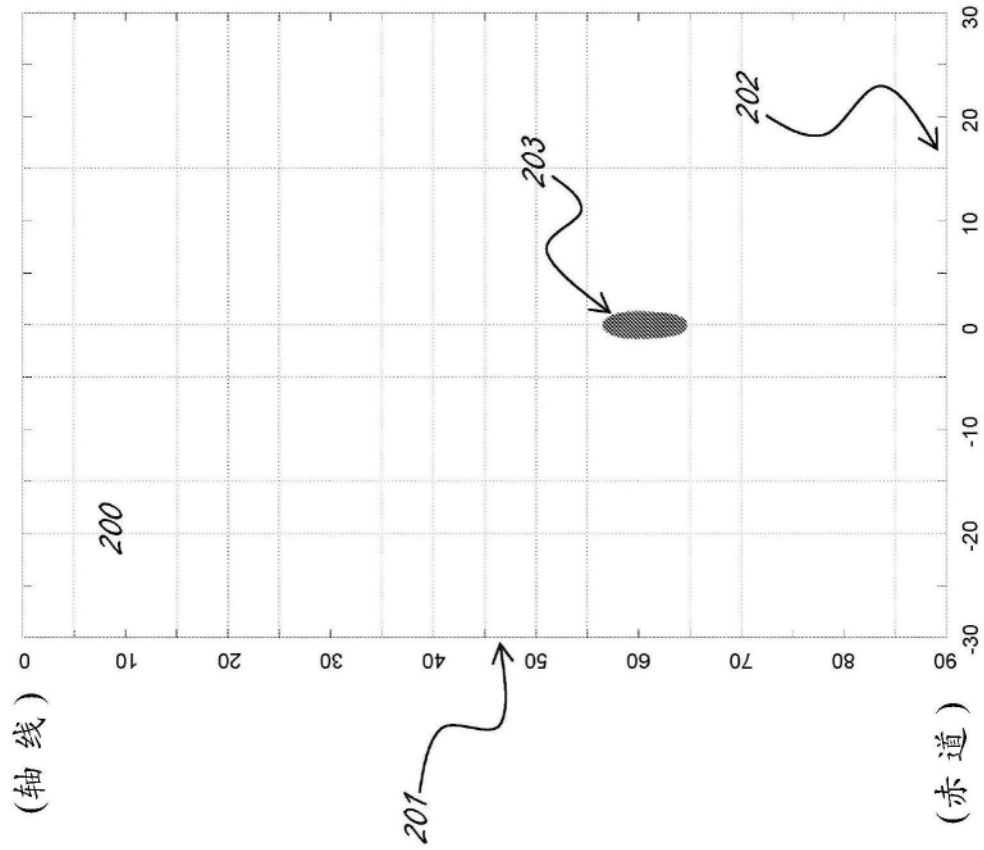


图2

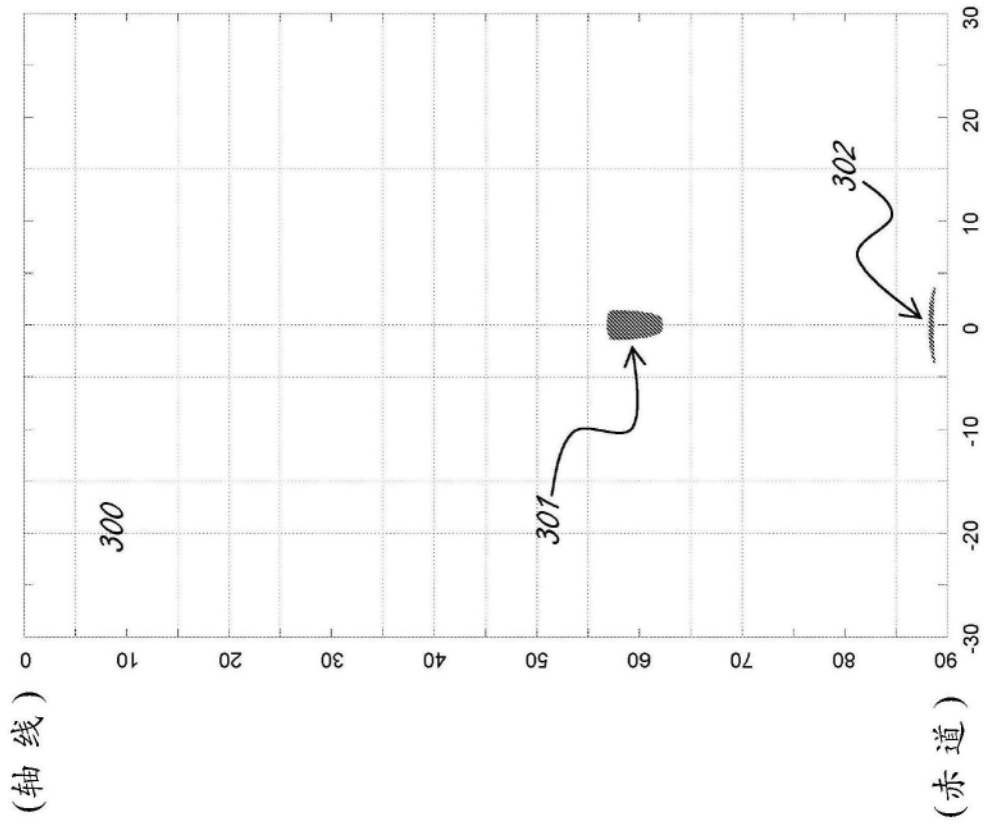


图3

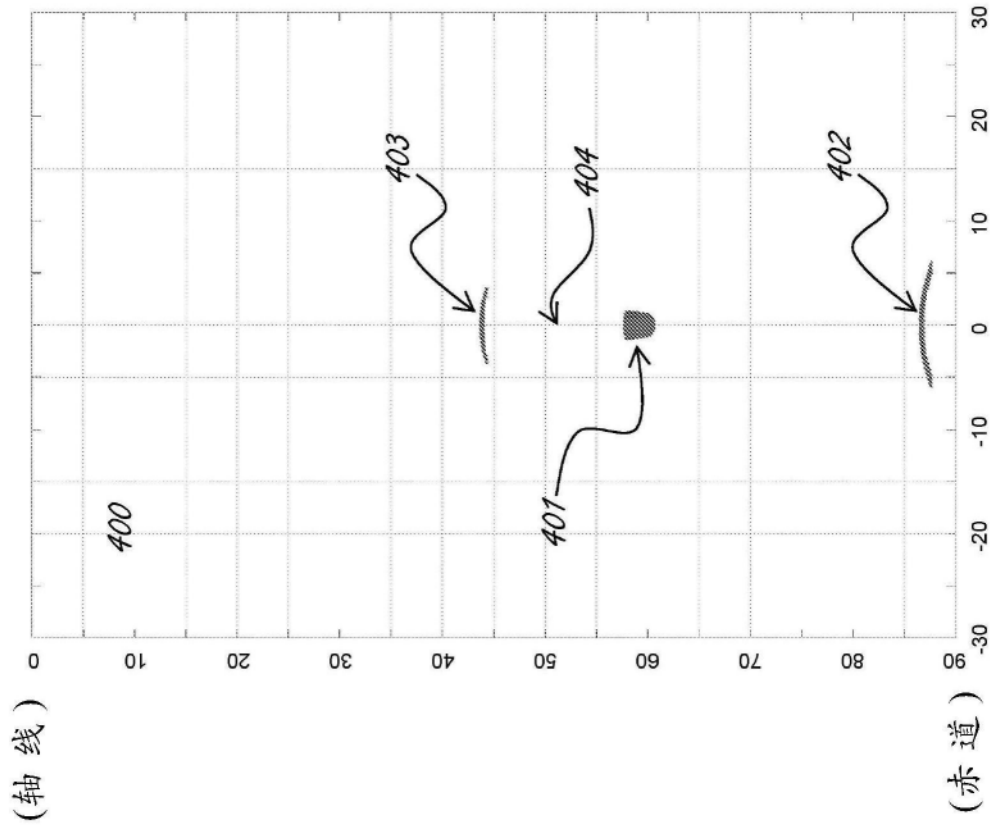


图4

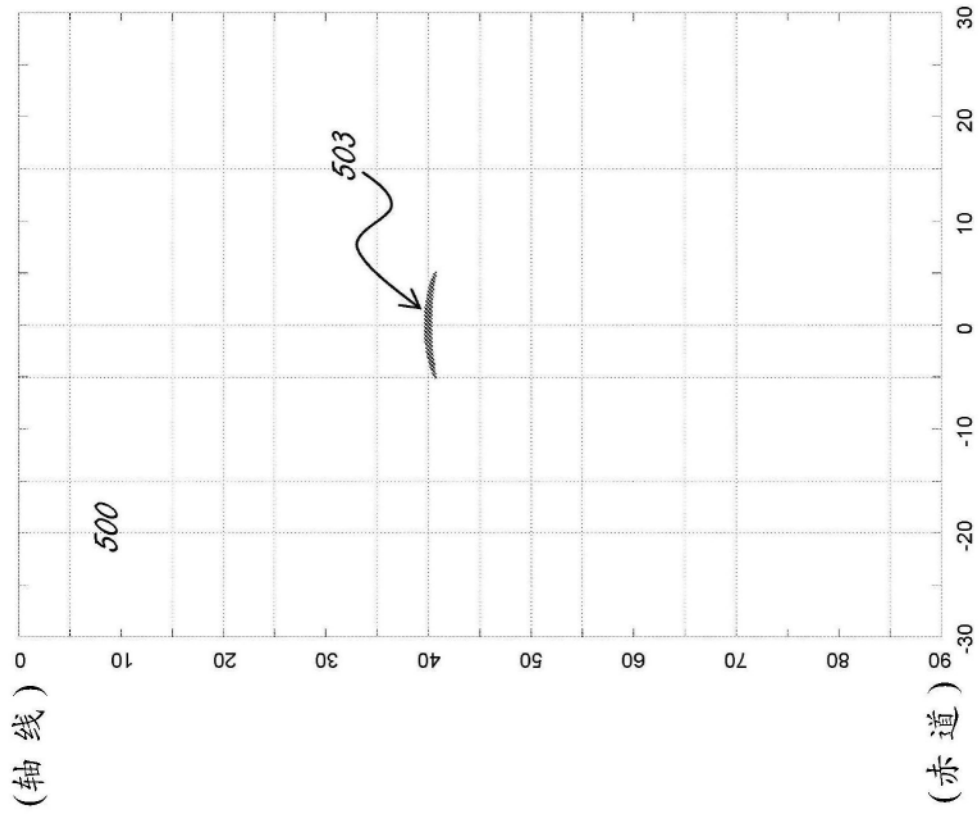


图5

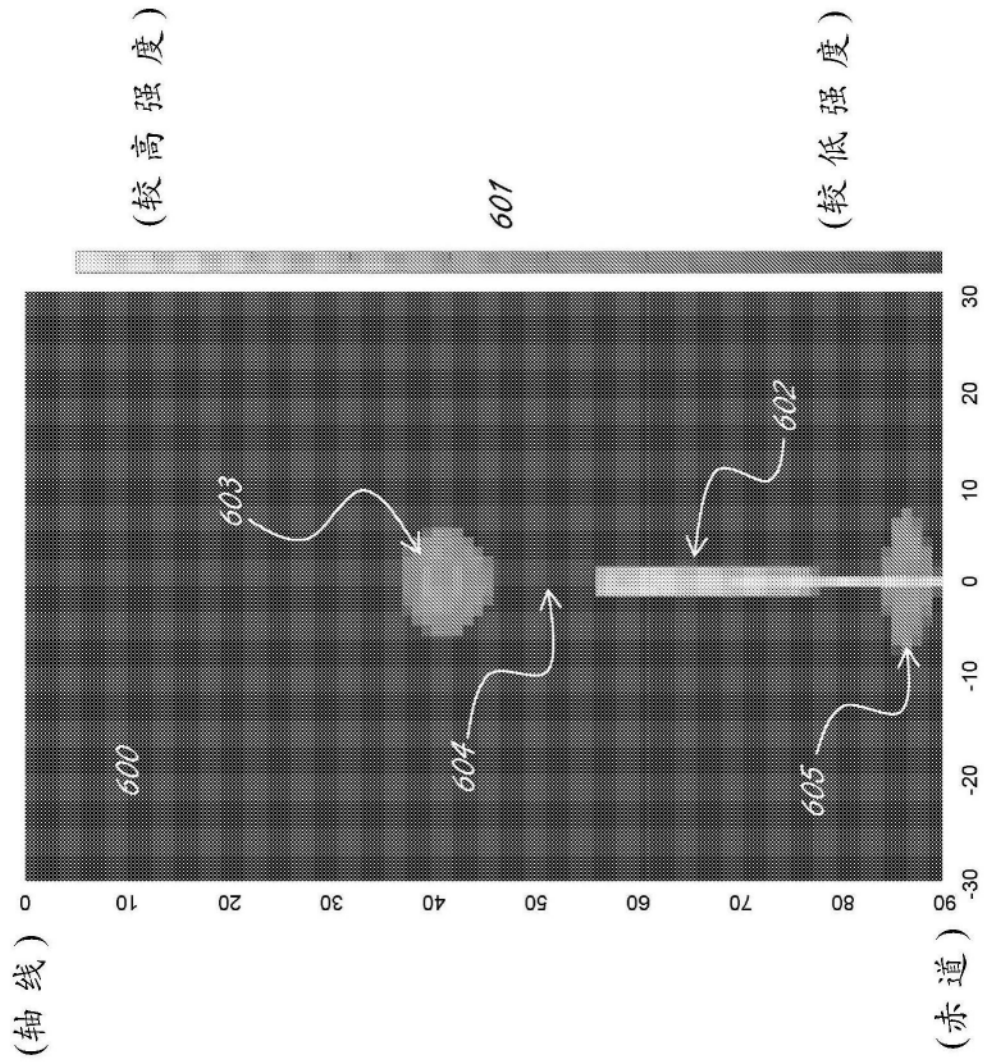


图6

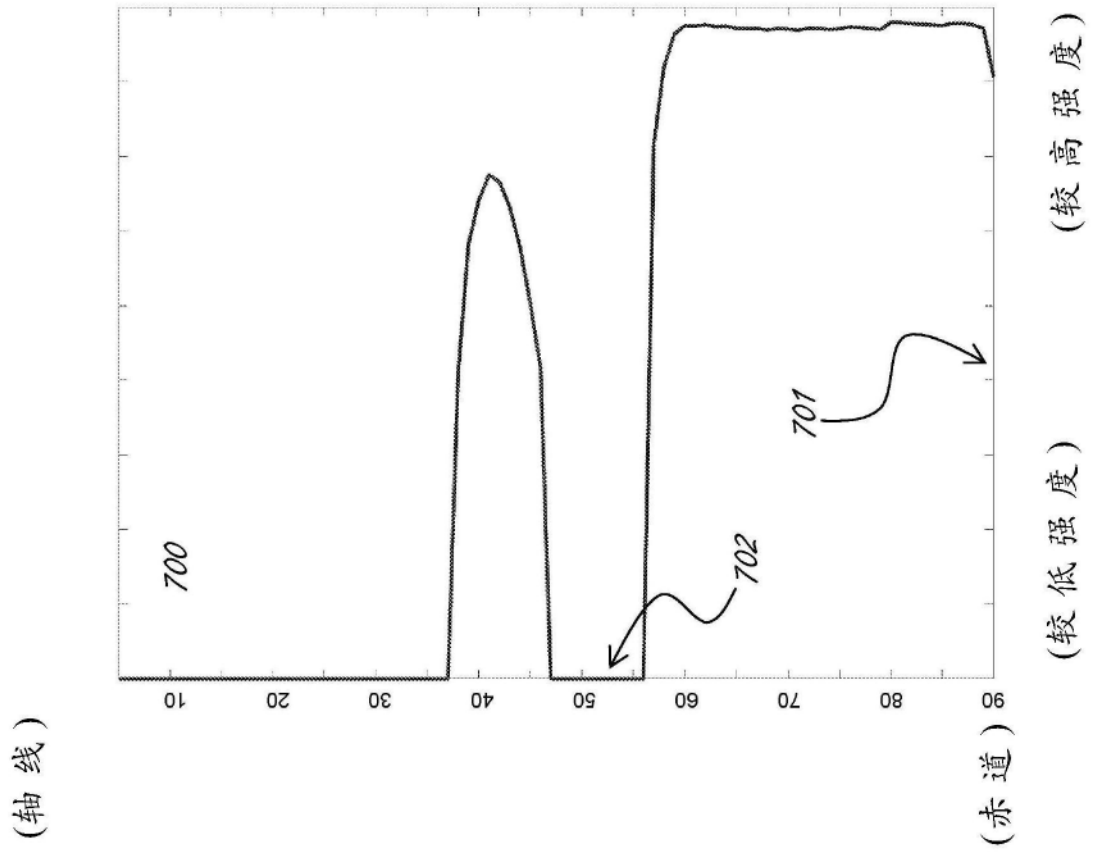


图7

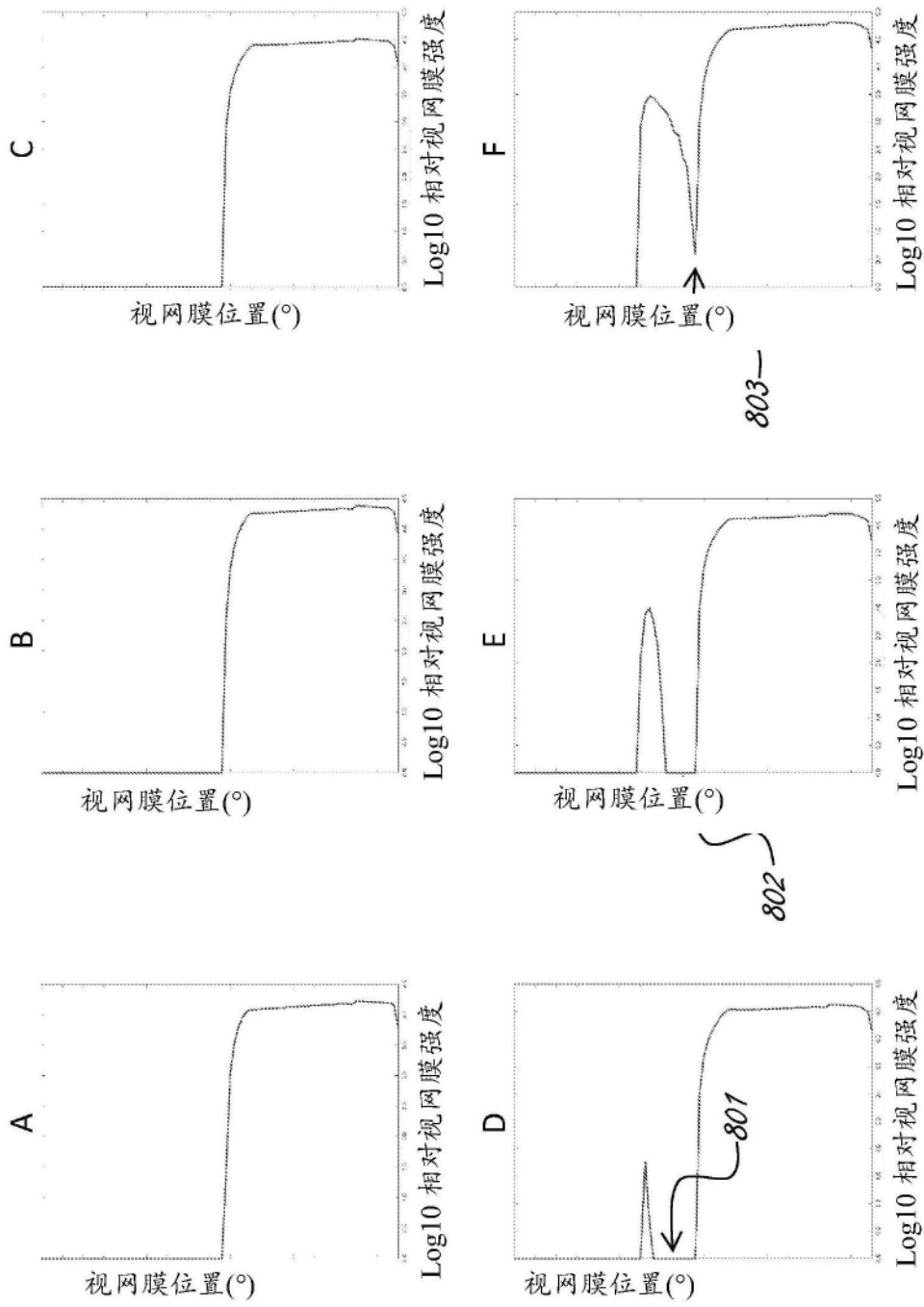


图8

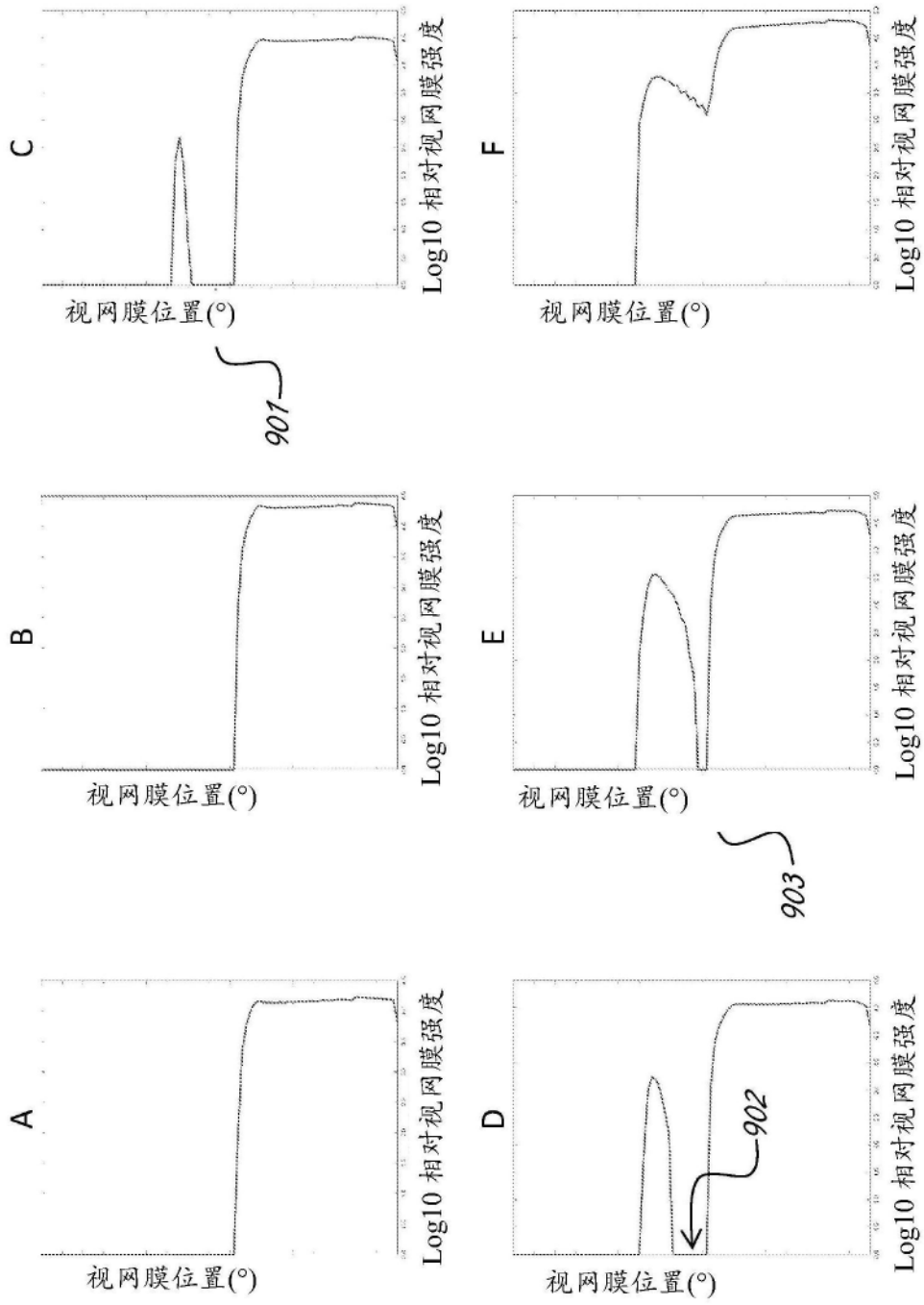


图9

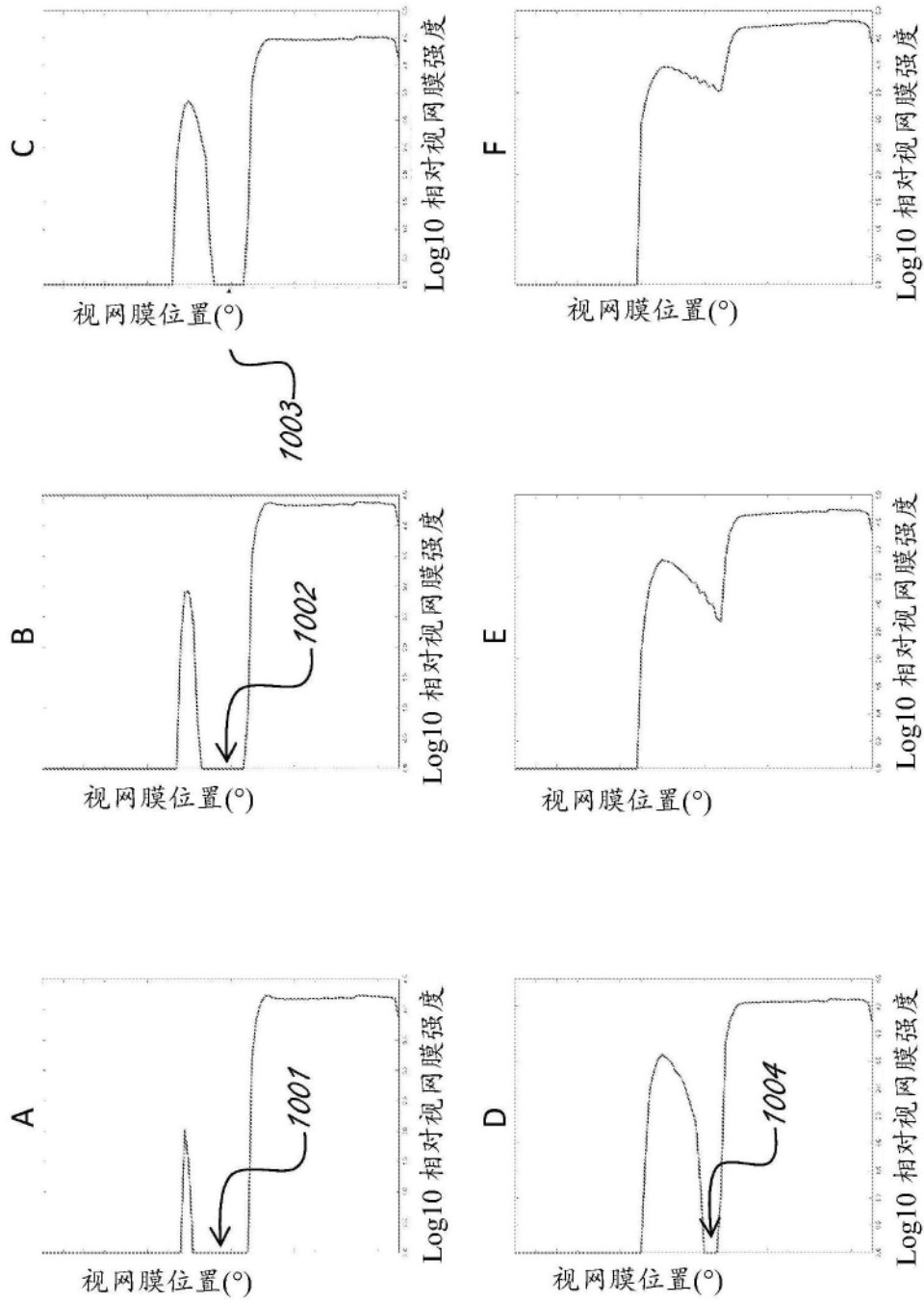


图10

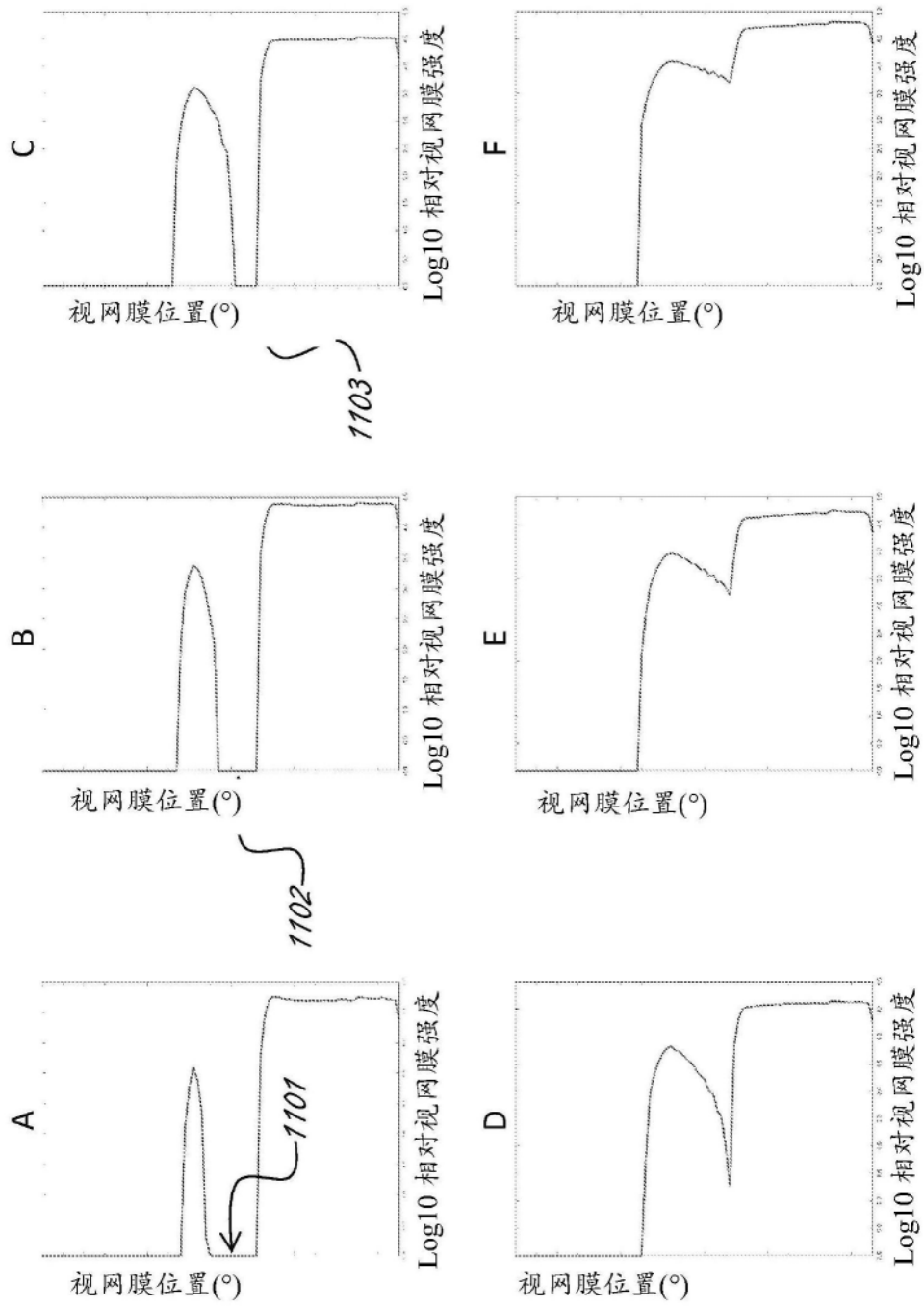


图11

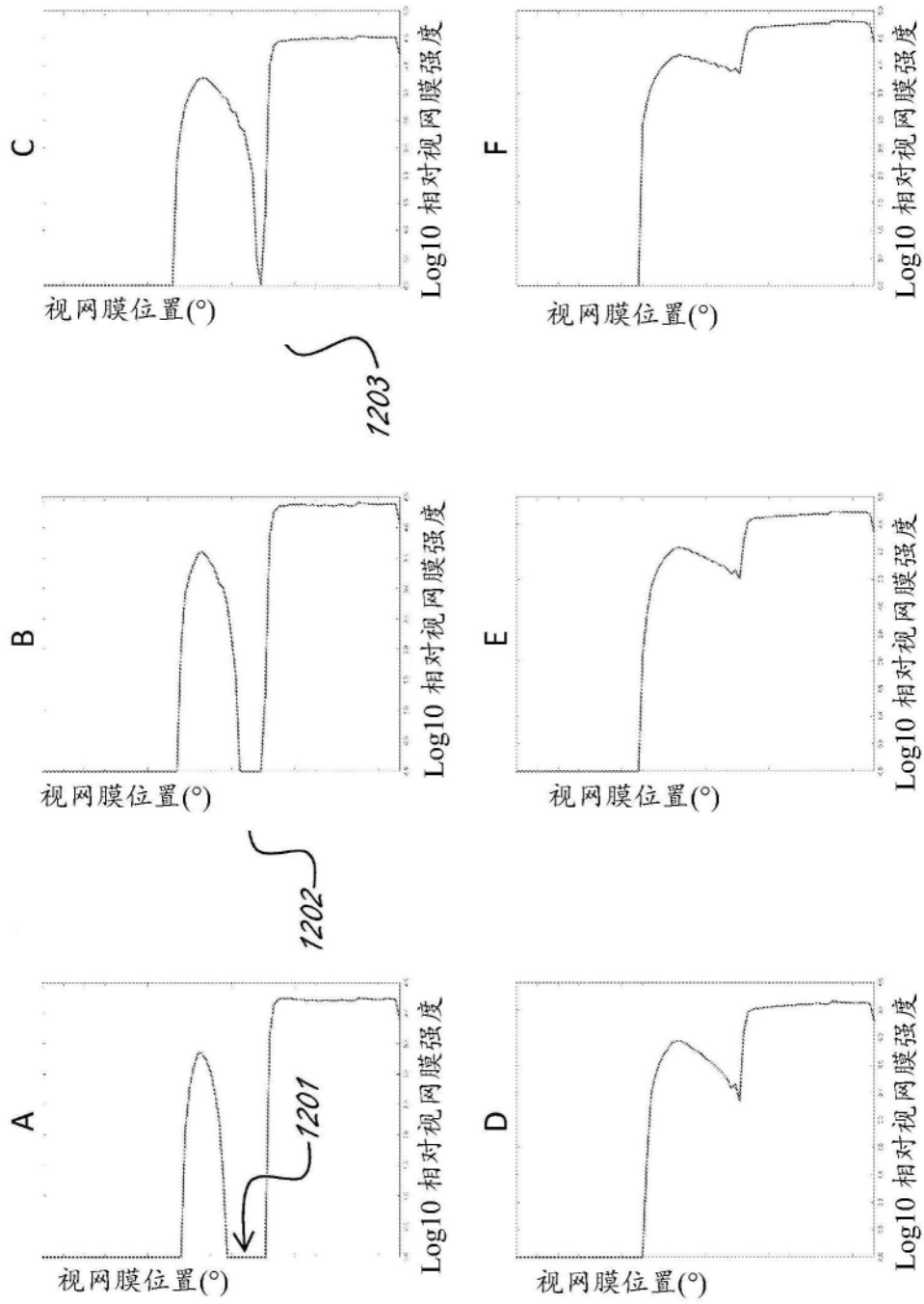


图12

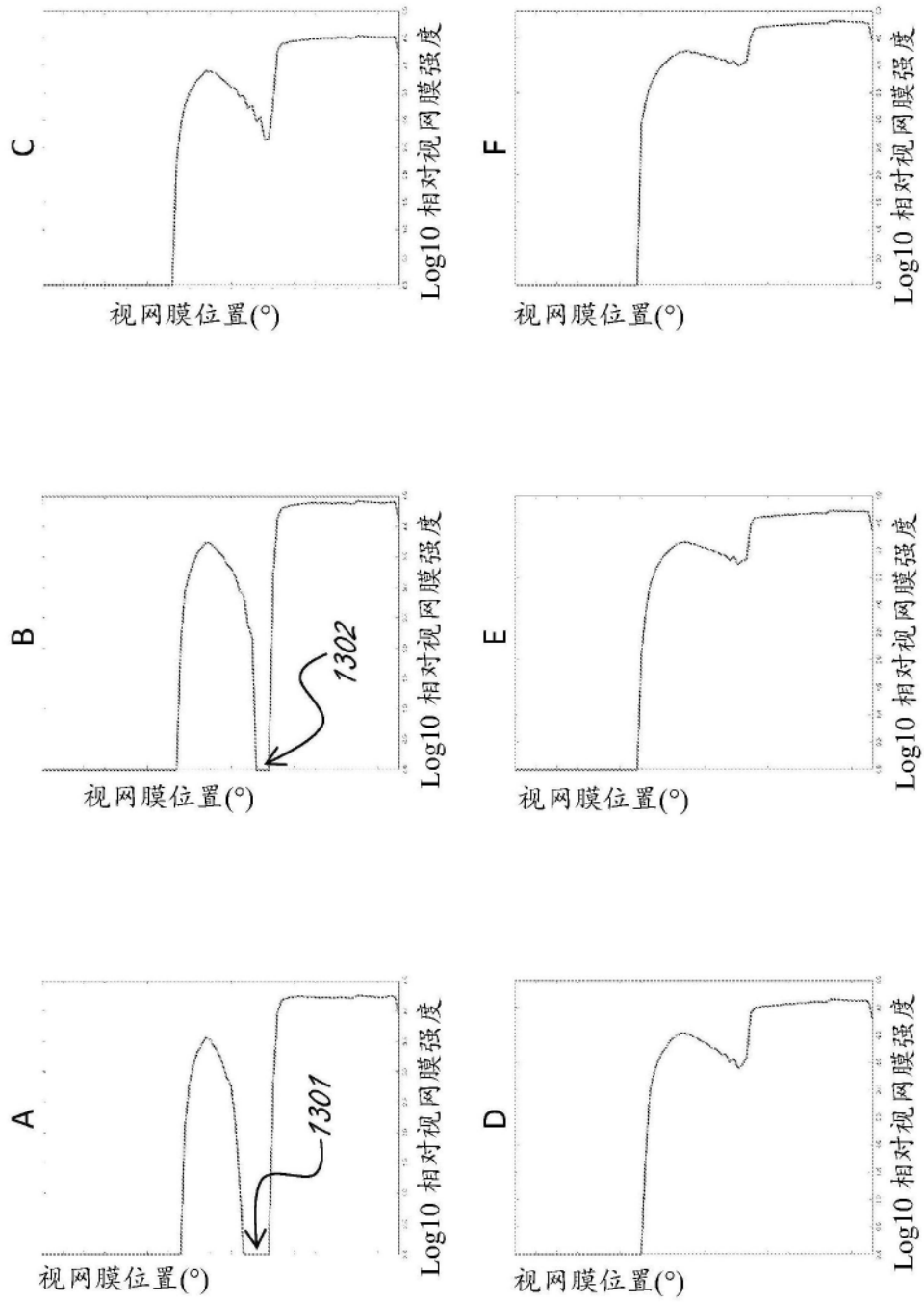


图13

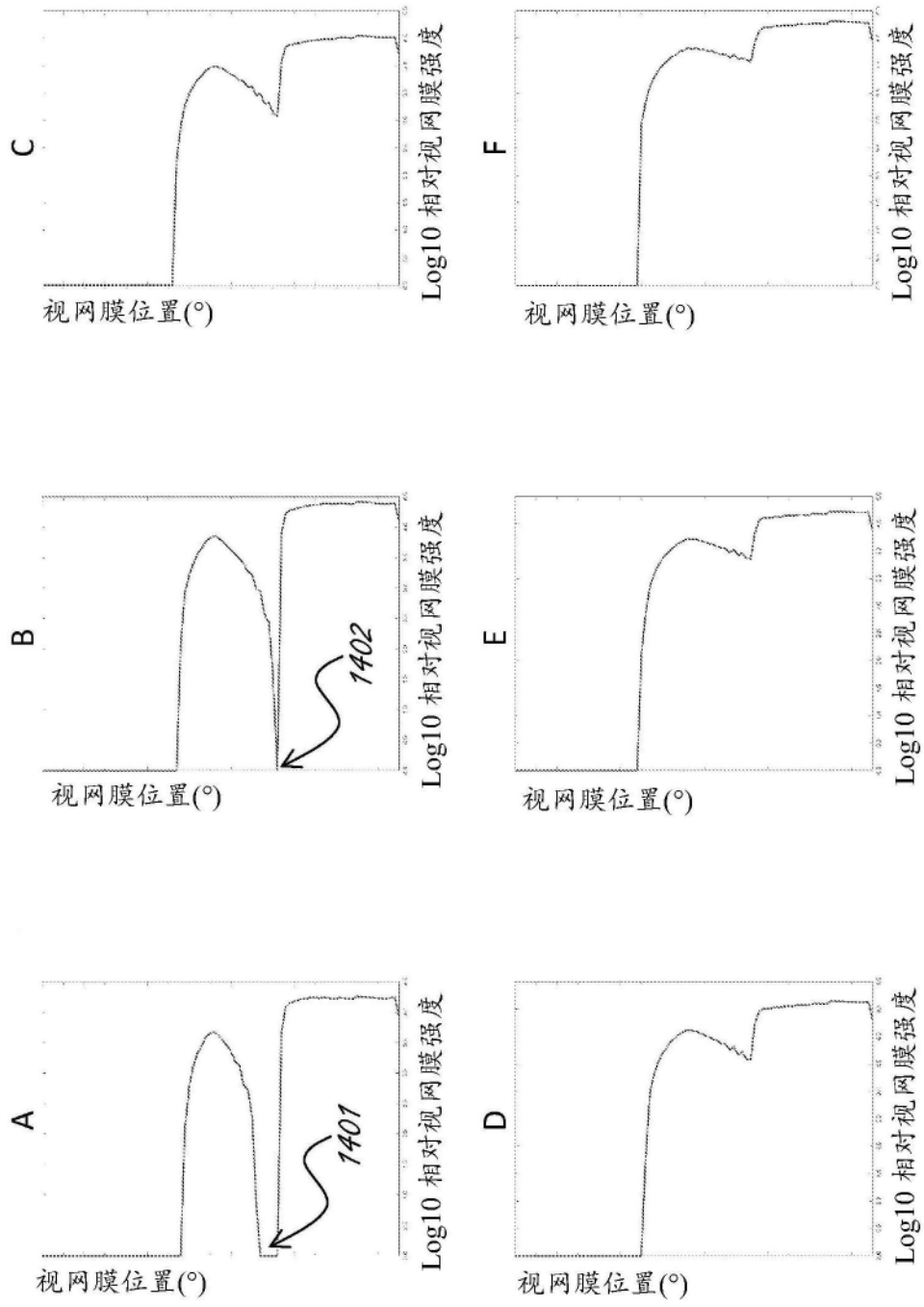


图14

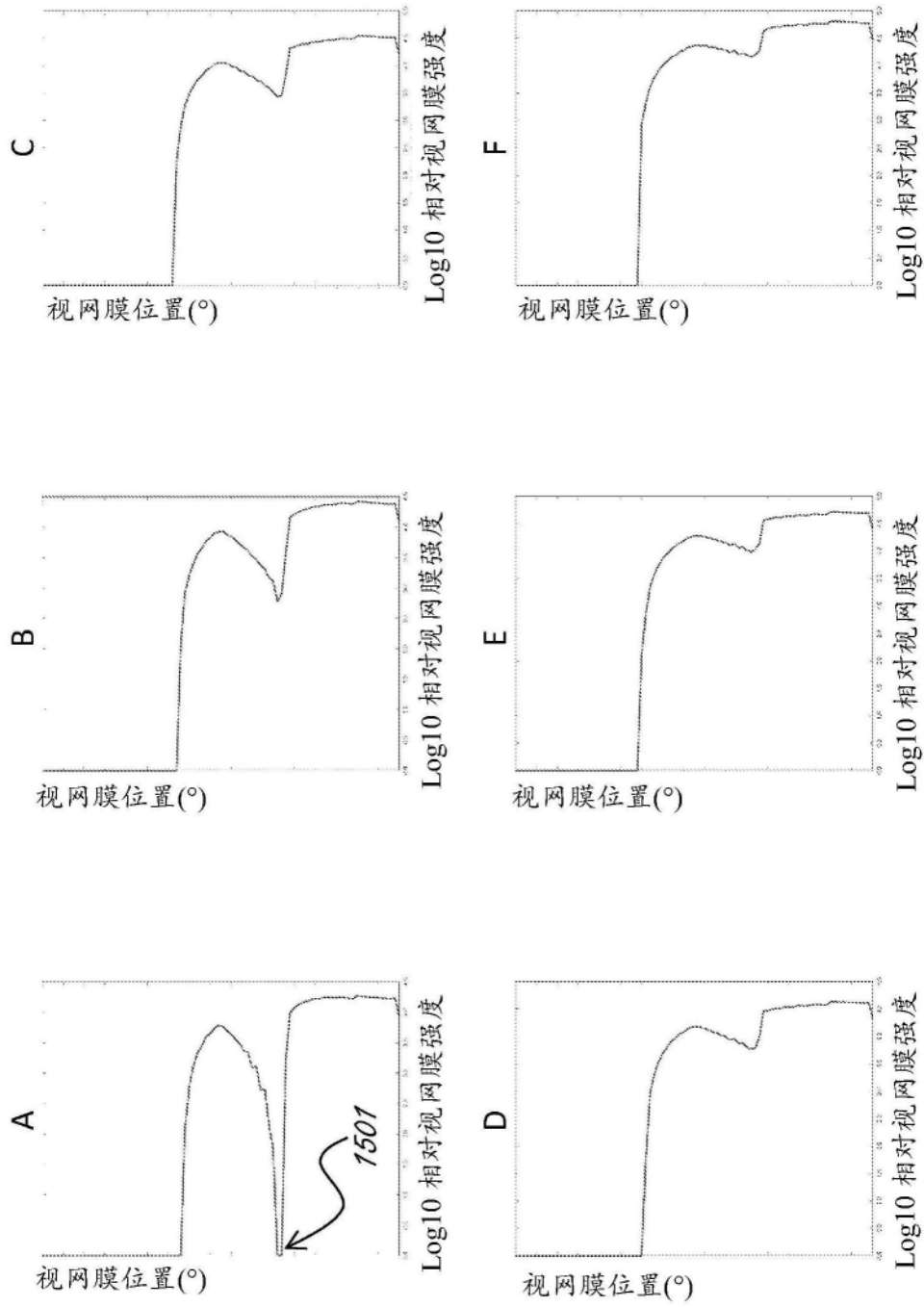


图15

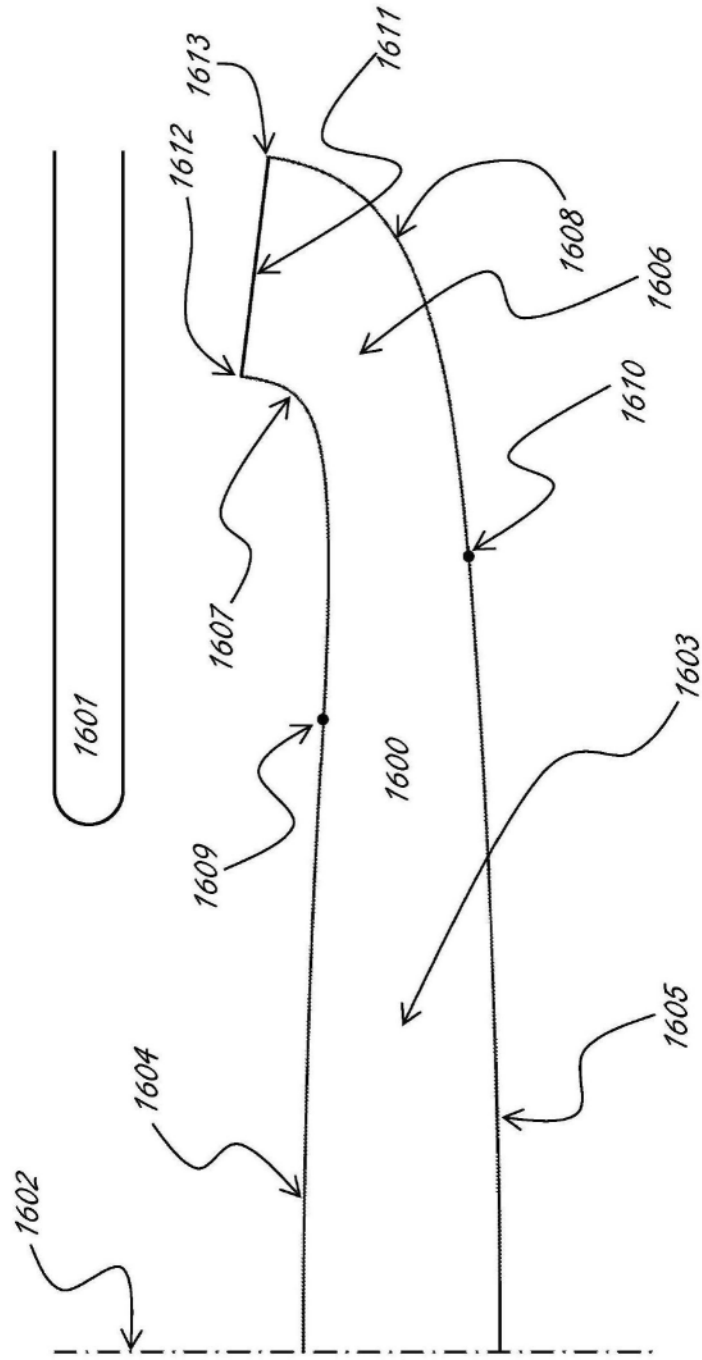


图16

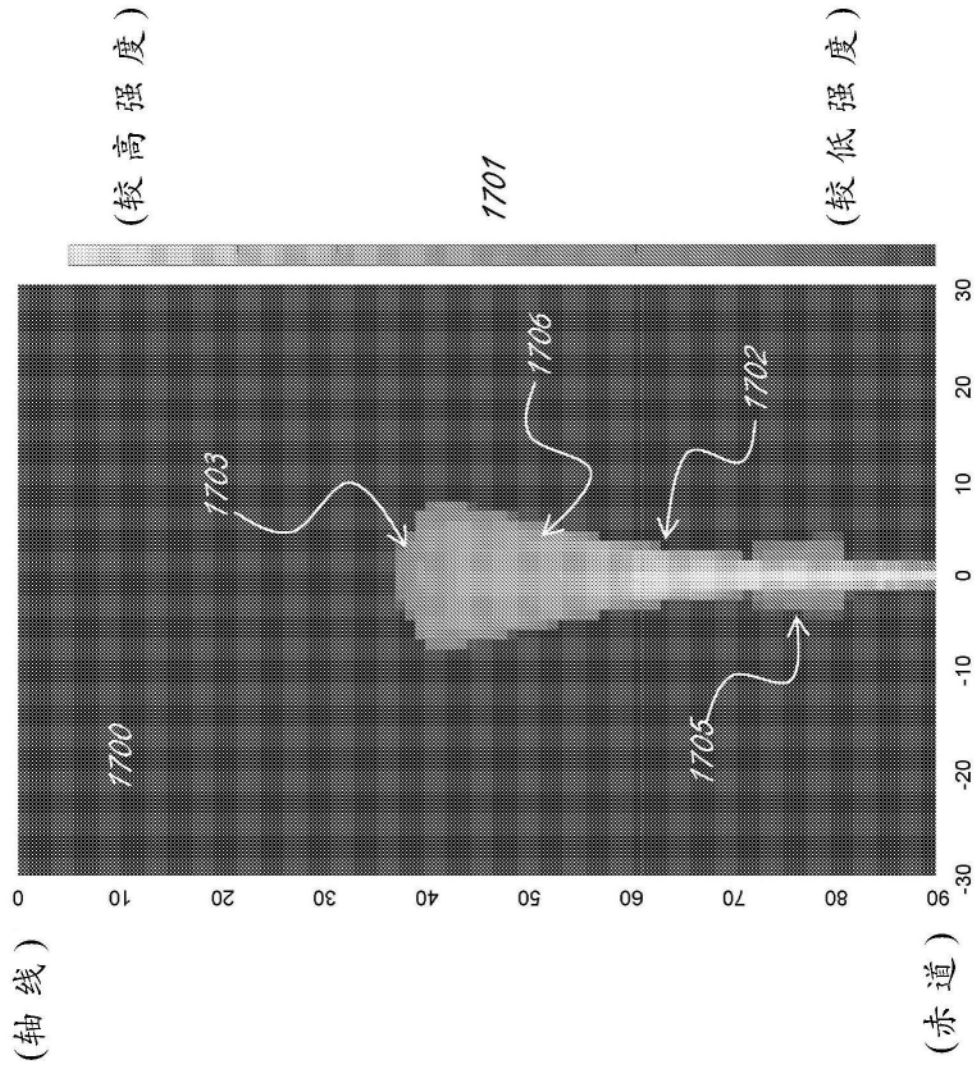


图17

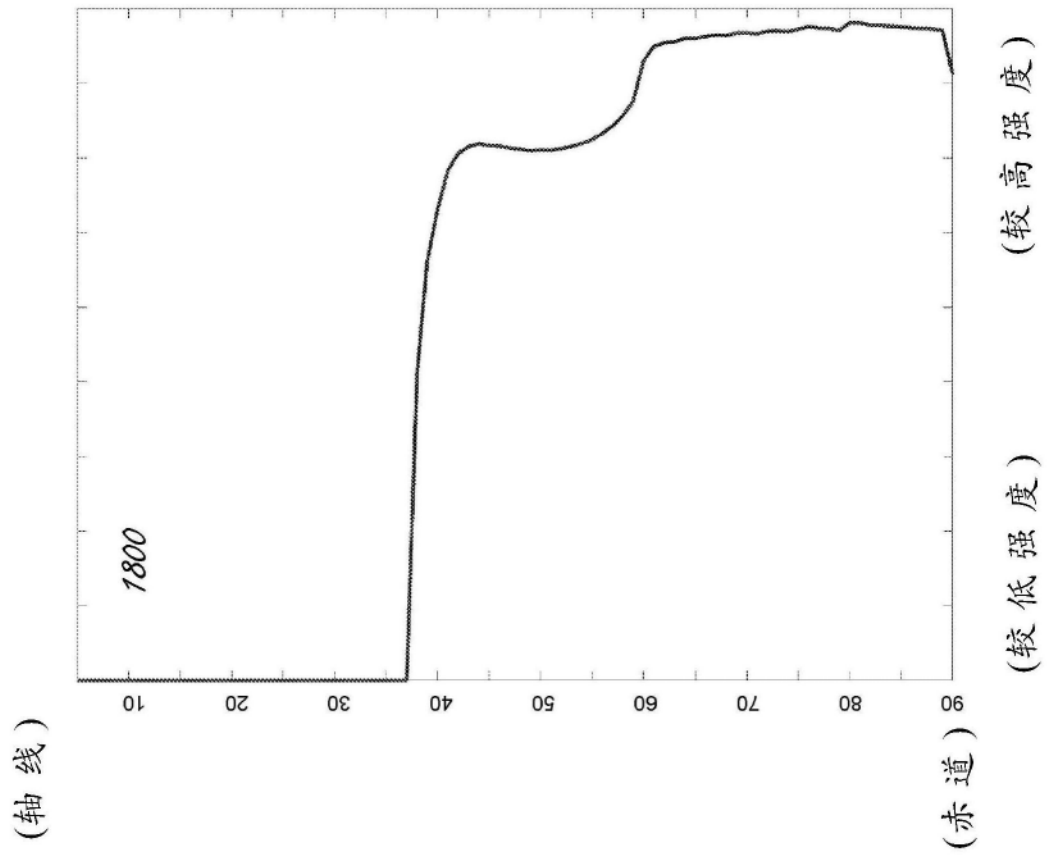


图18

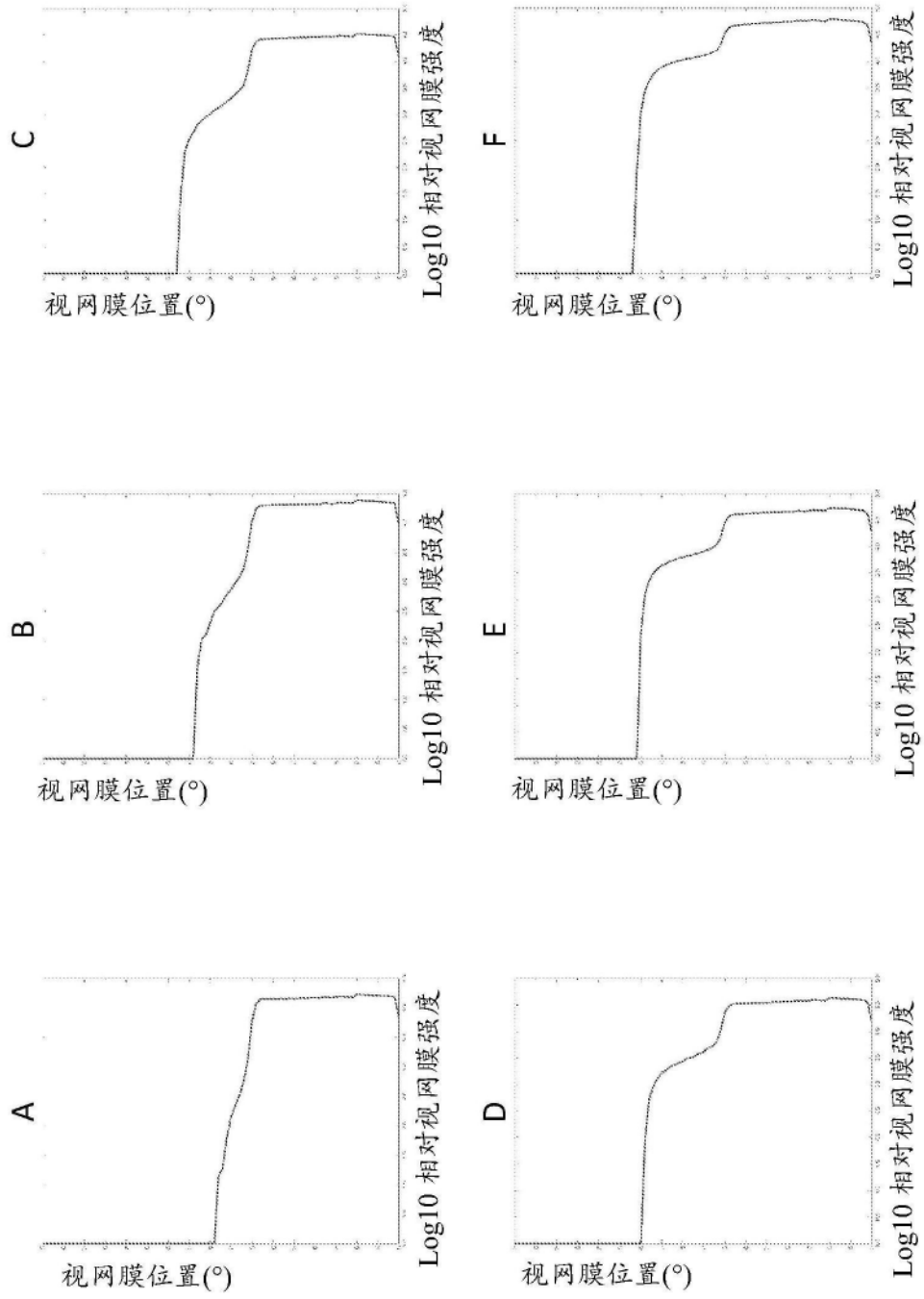


图19

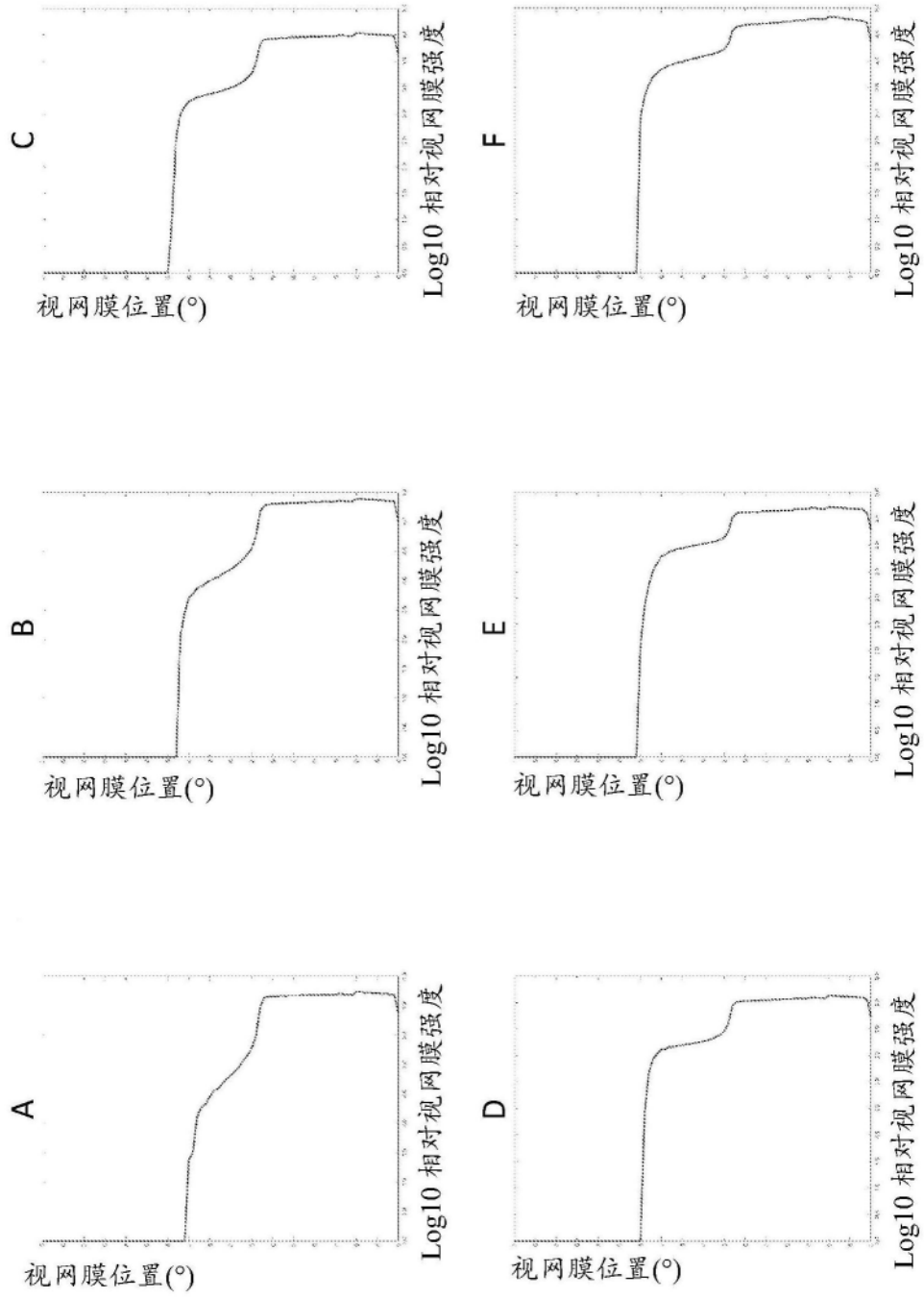


图20

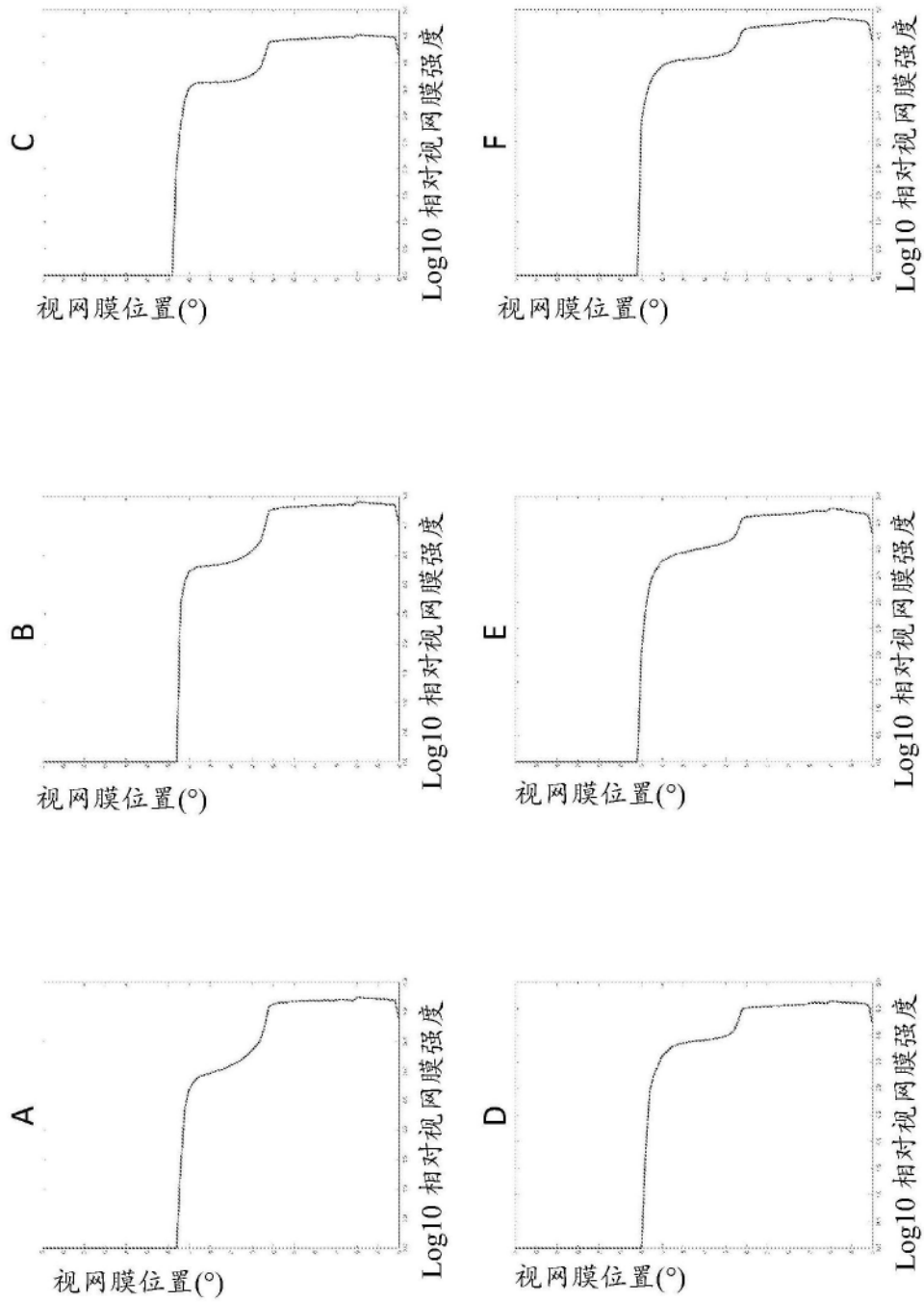


图21

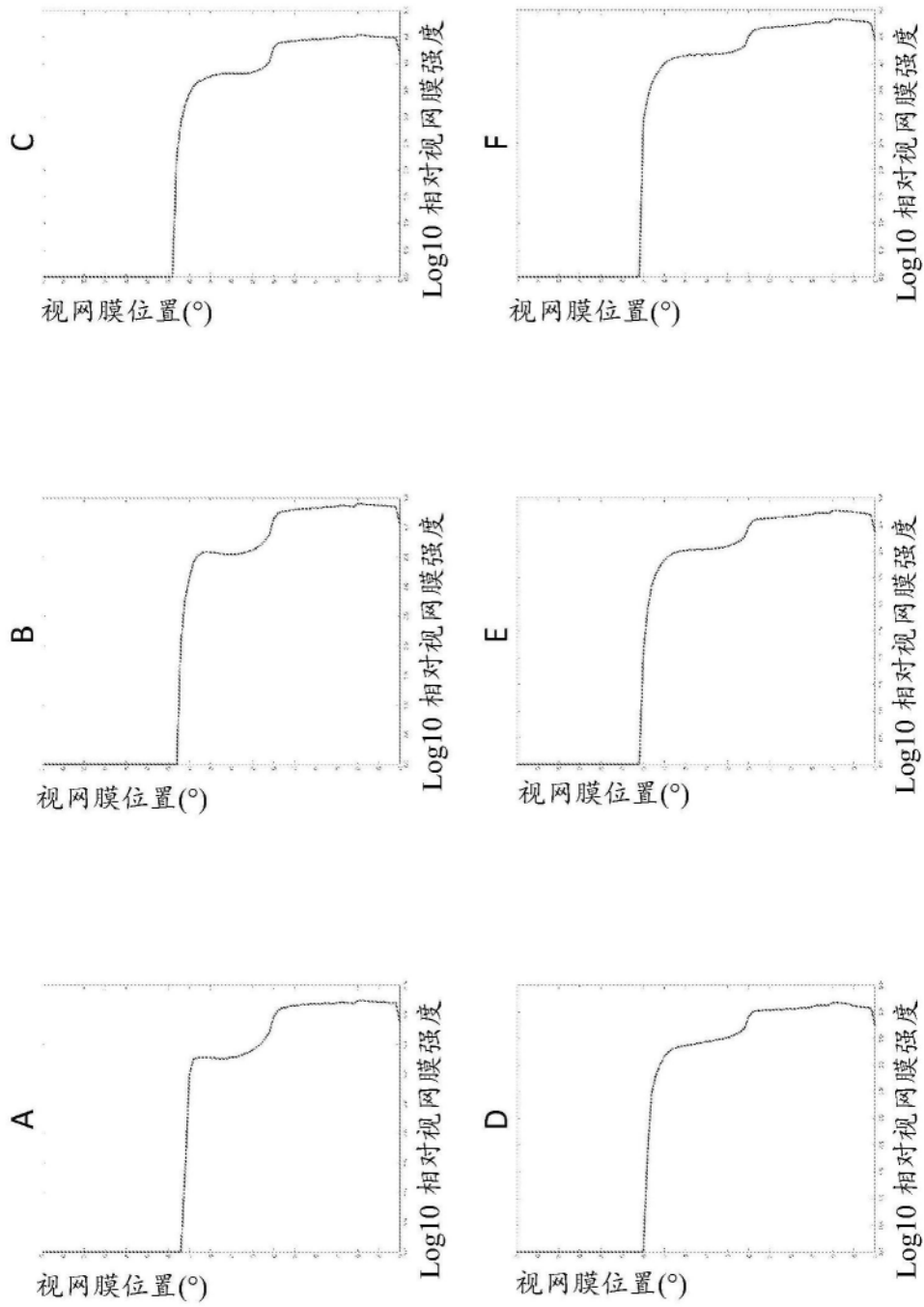


图22

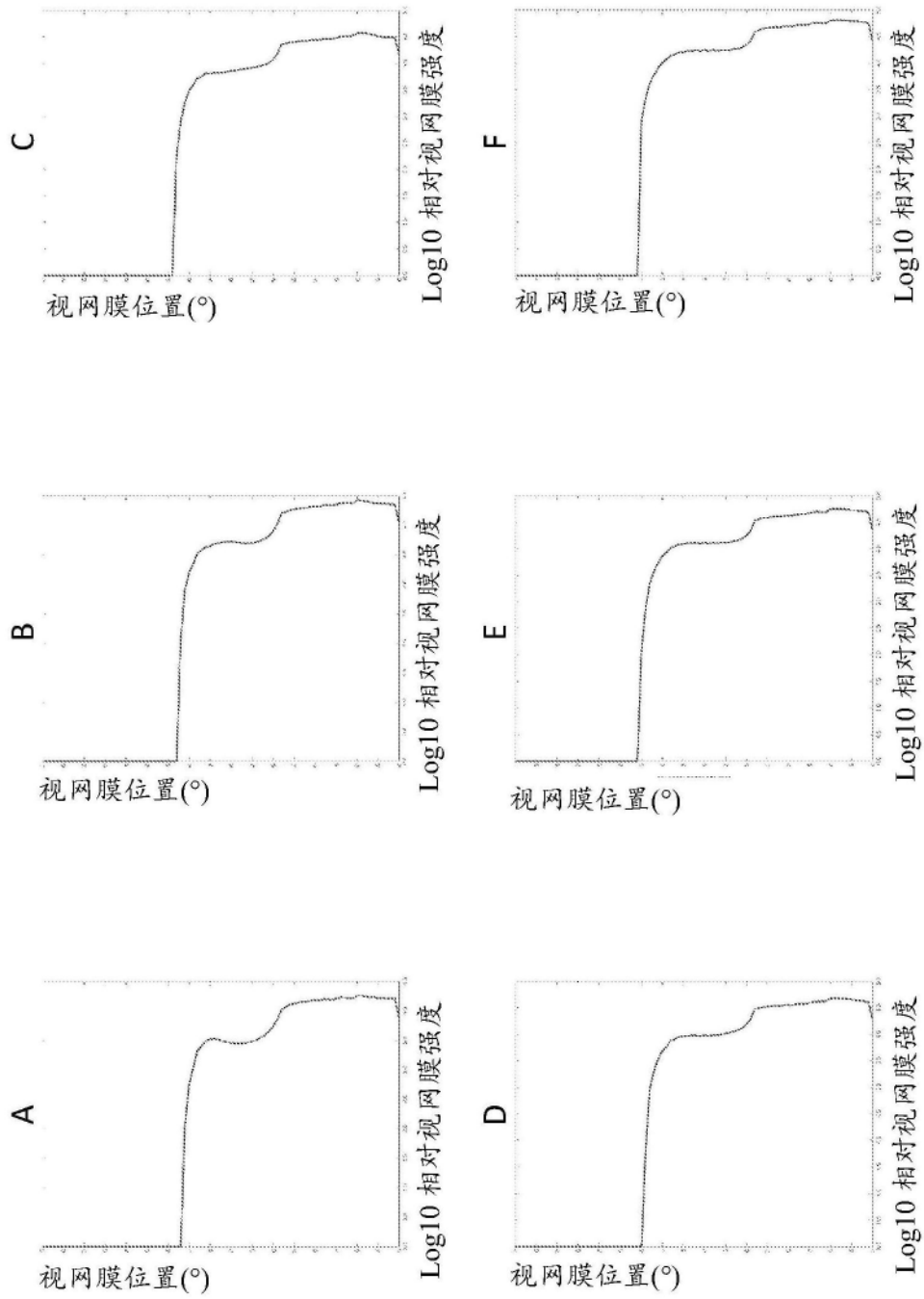


图23

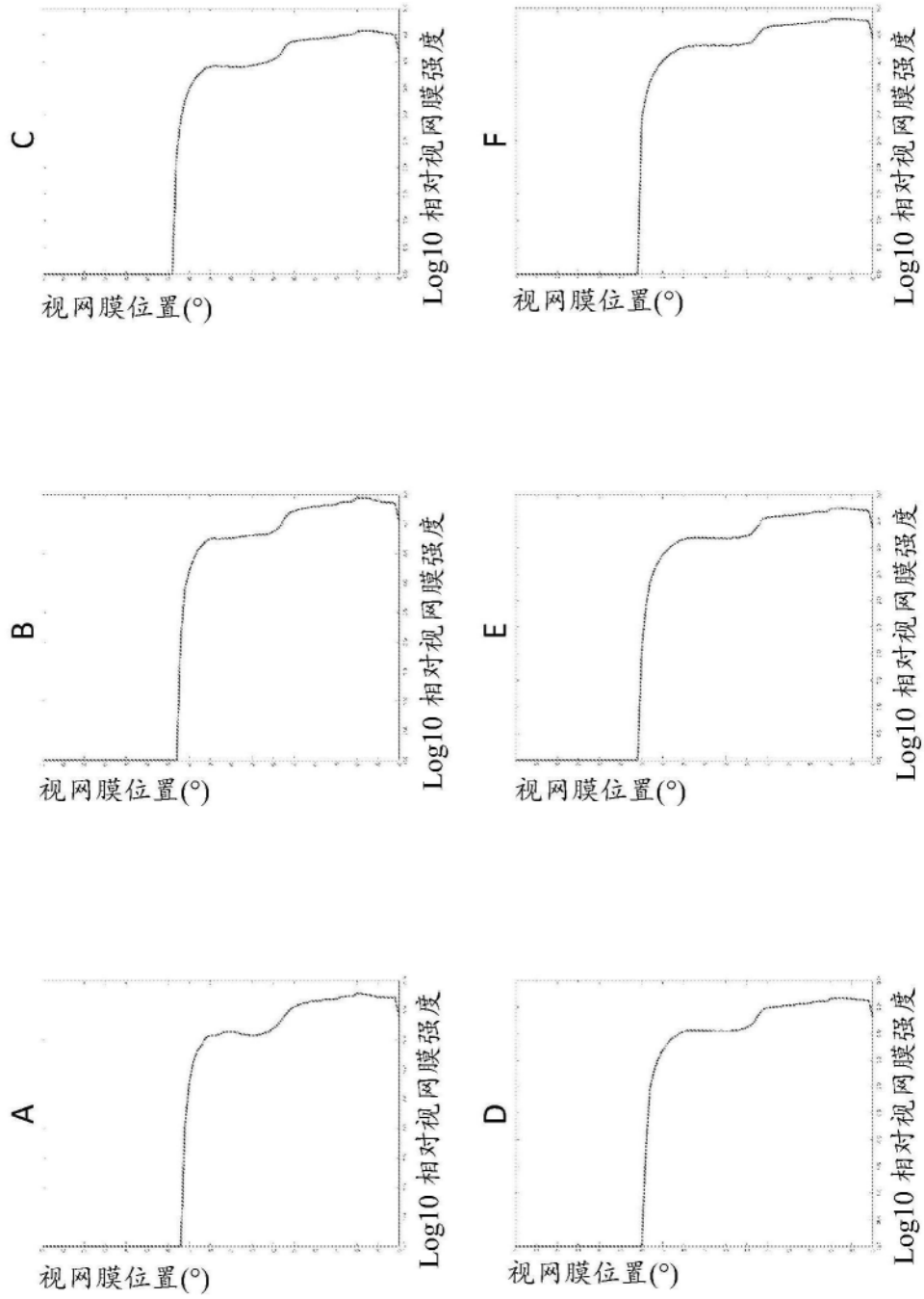


图24

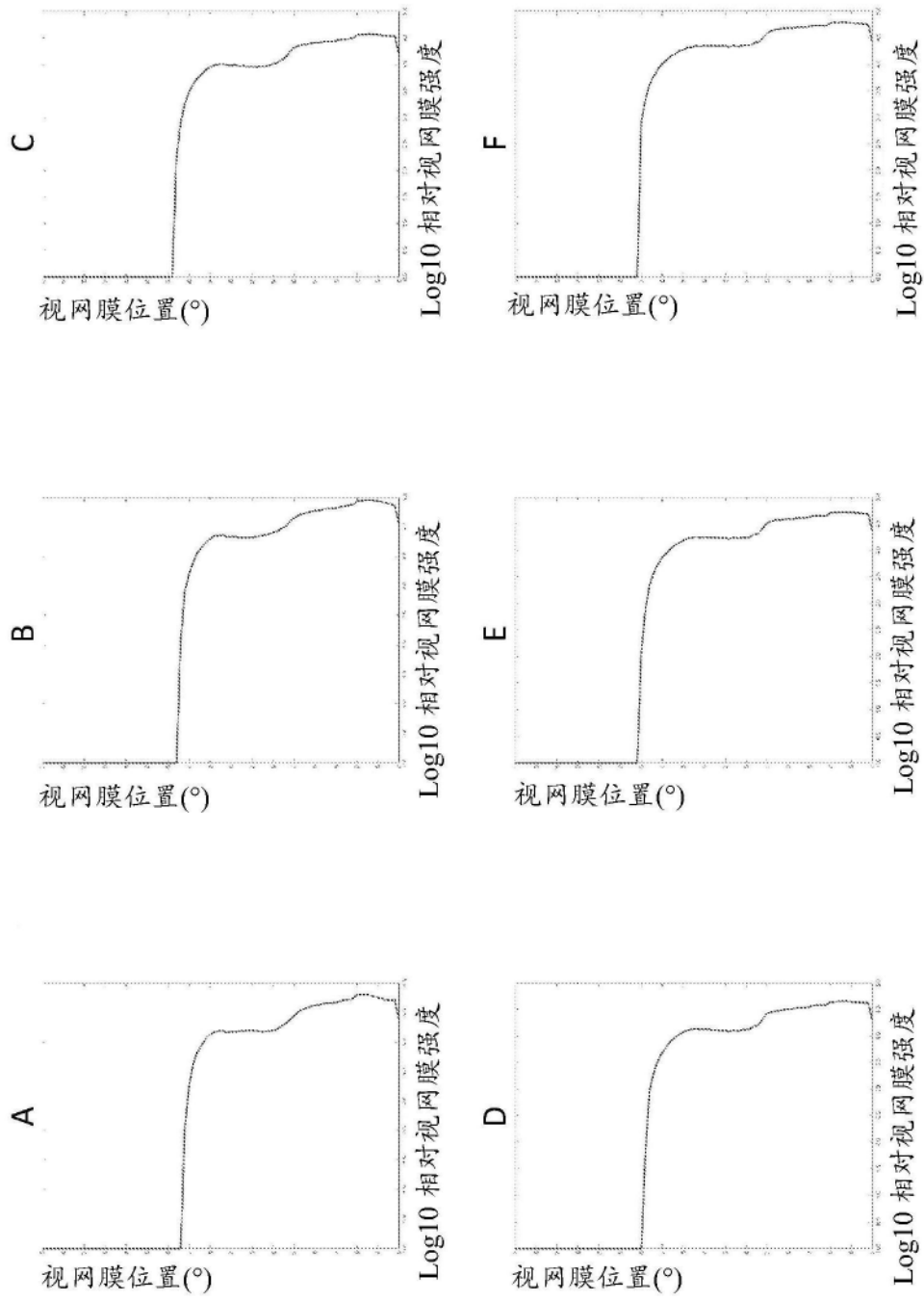


图25

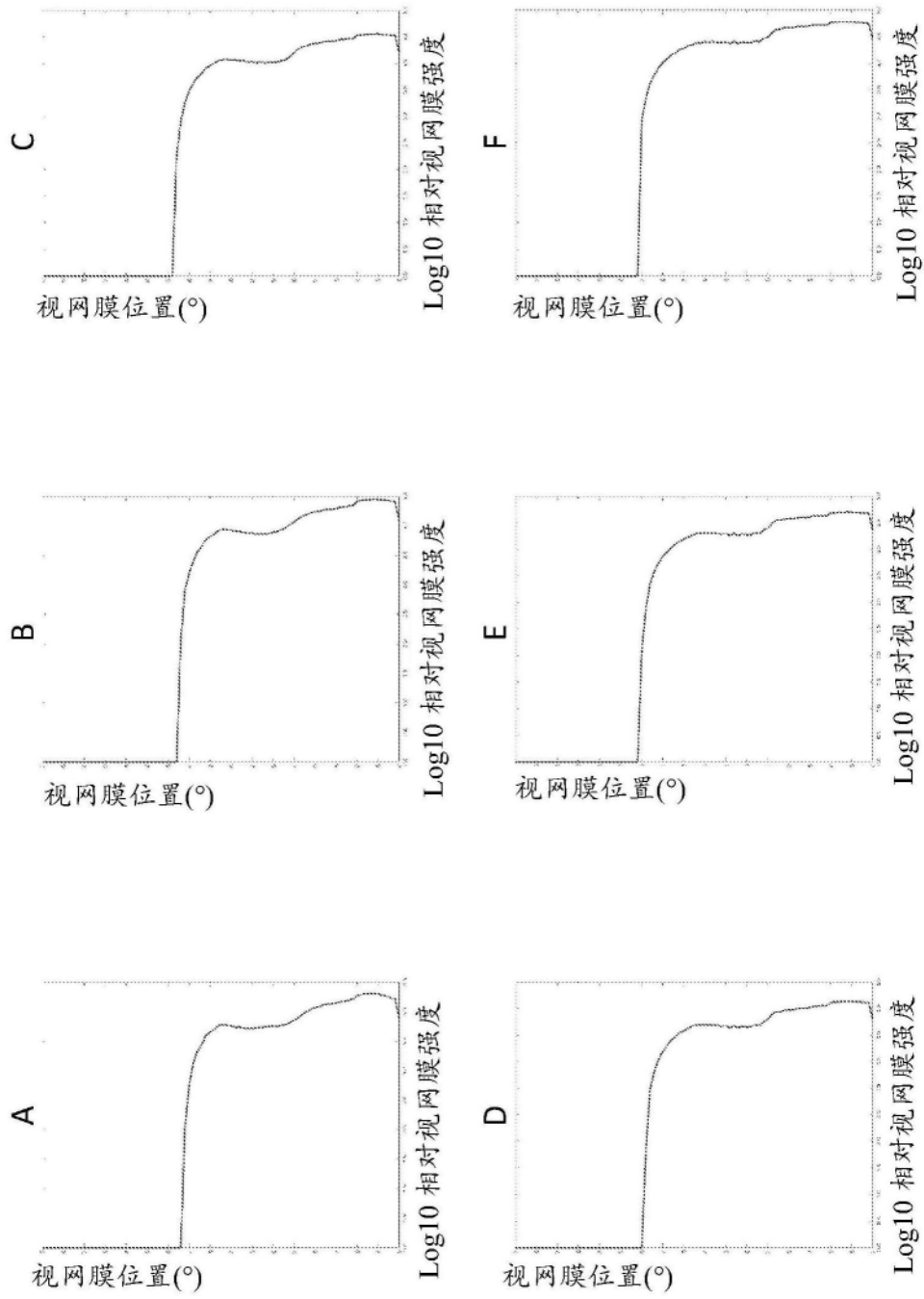


图26

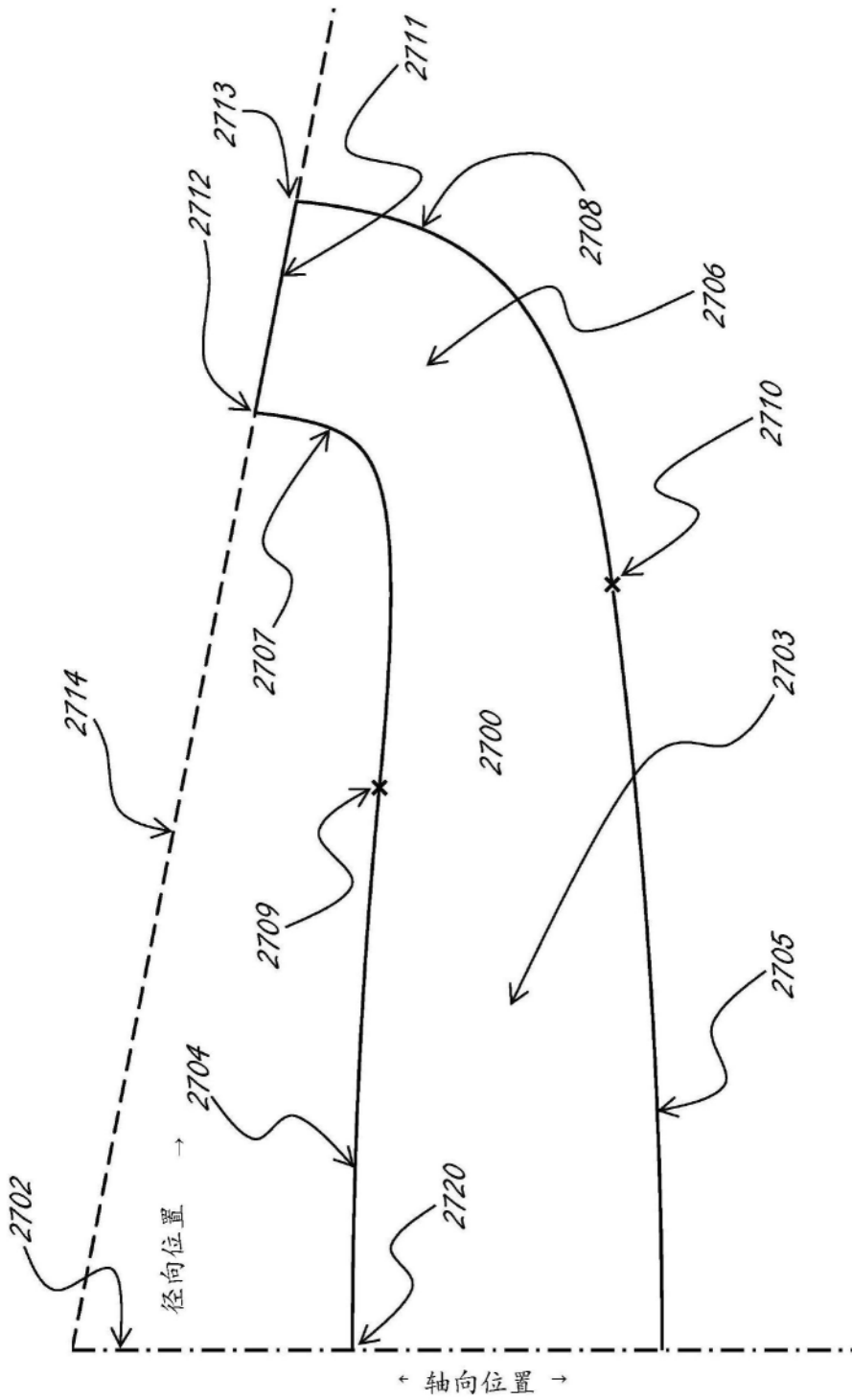


图27

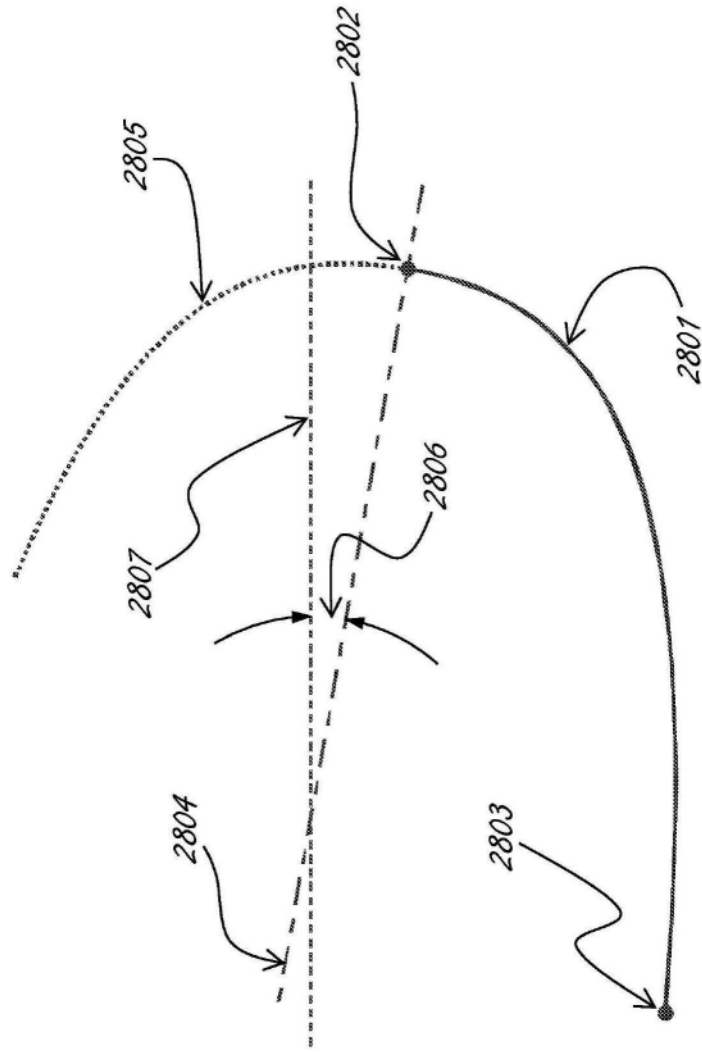


图28



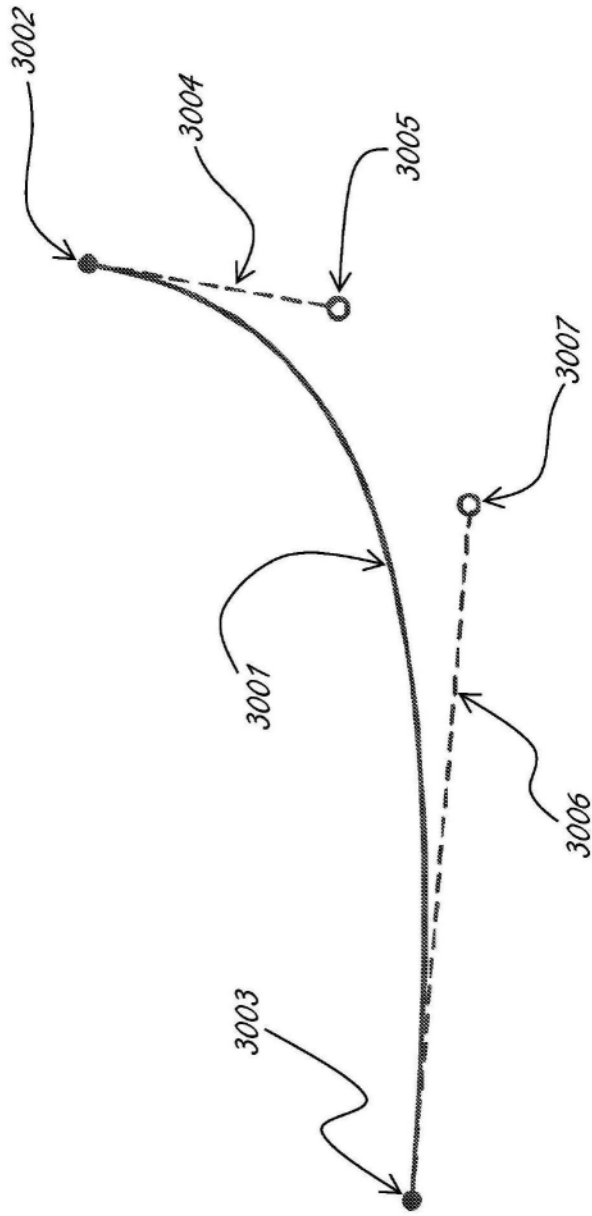


图30

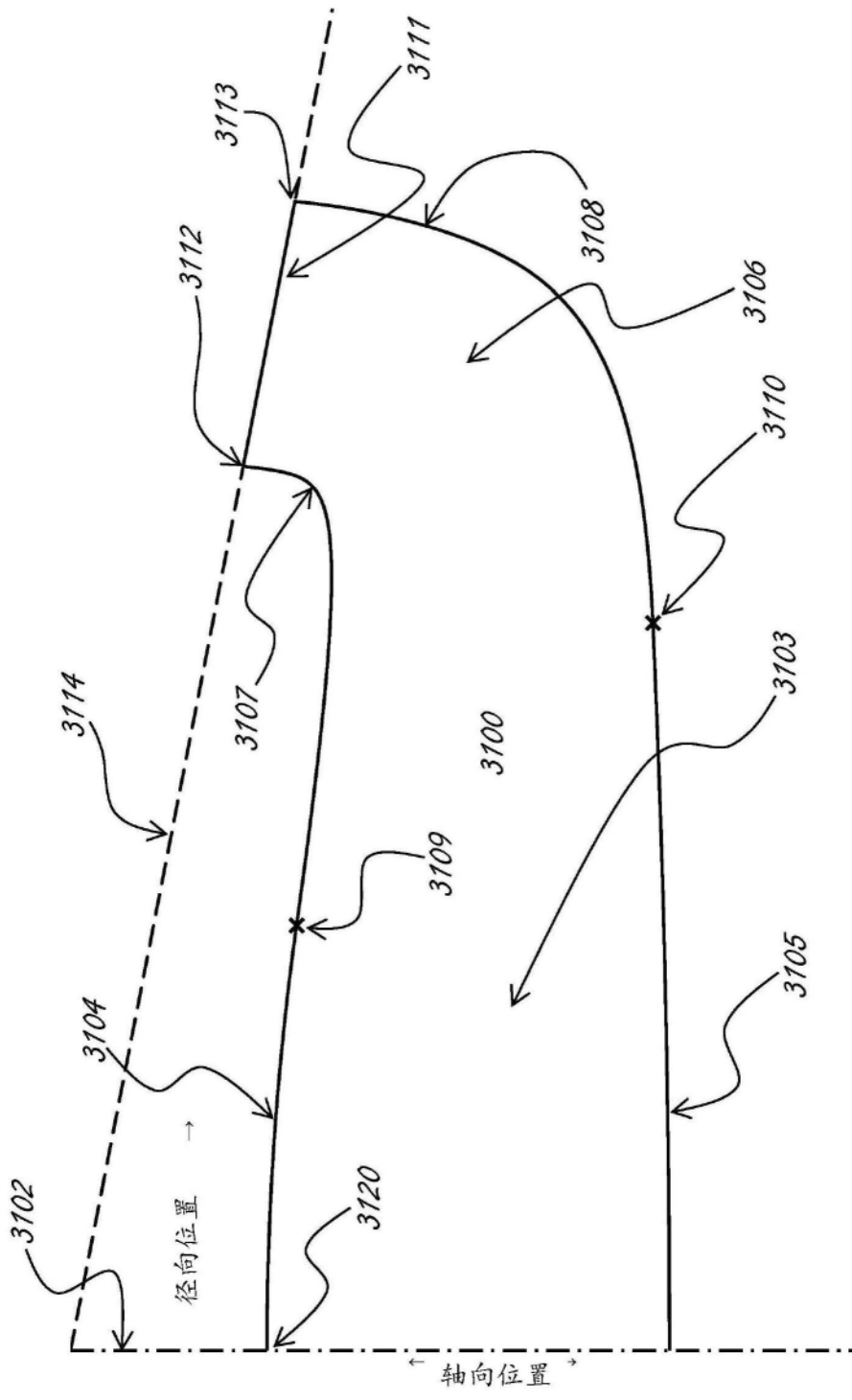


图31

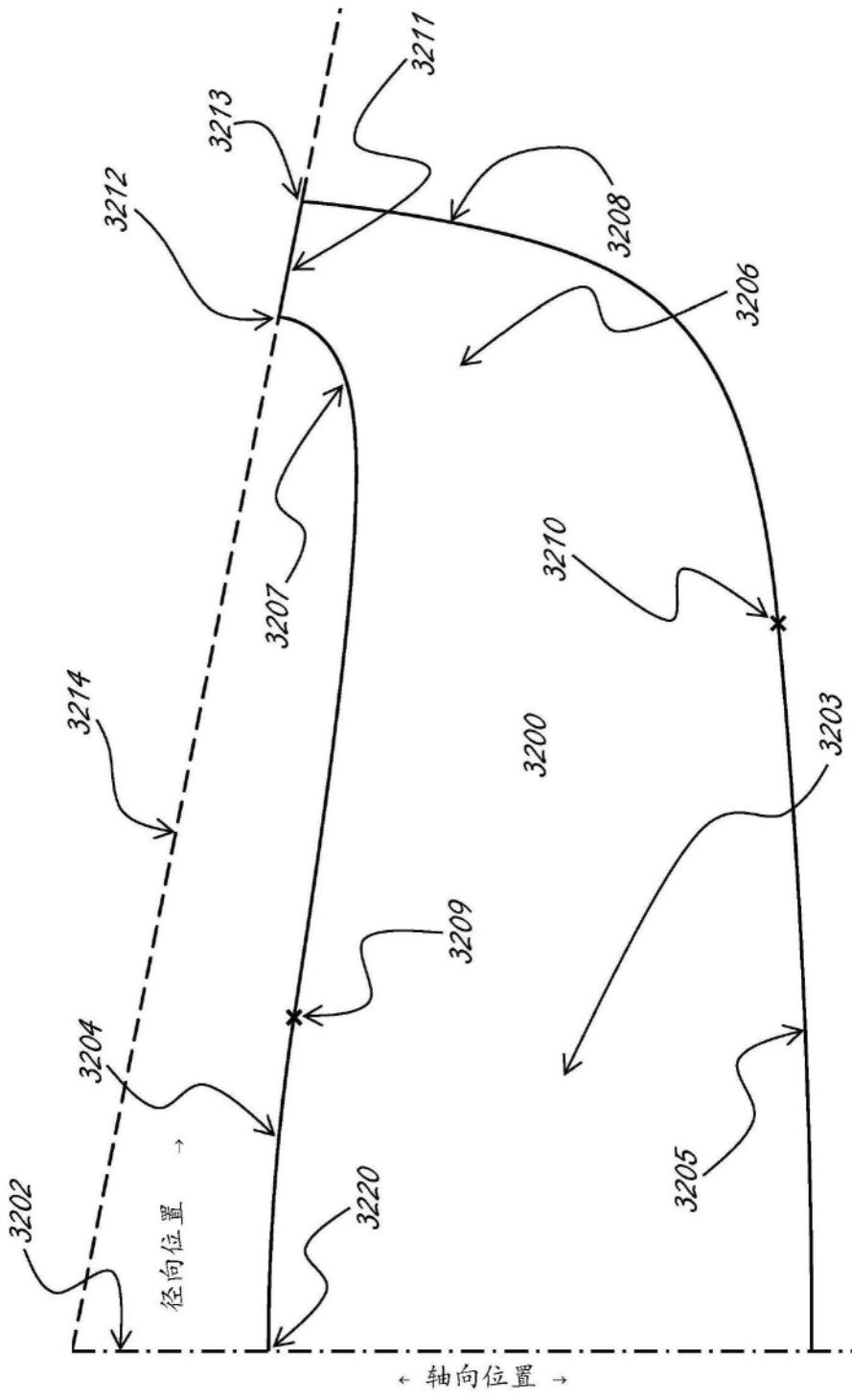


图32

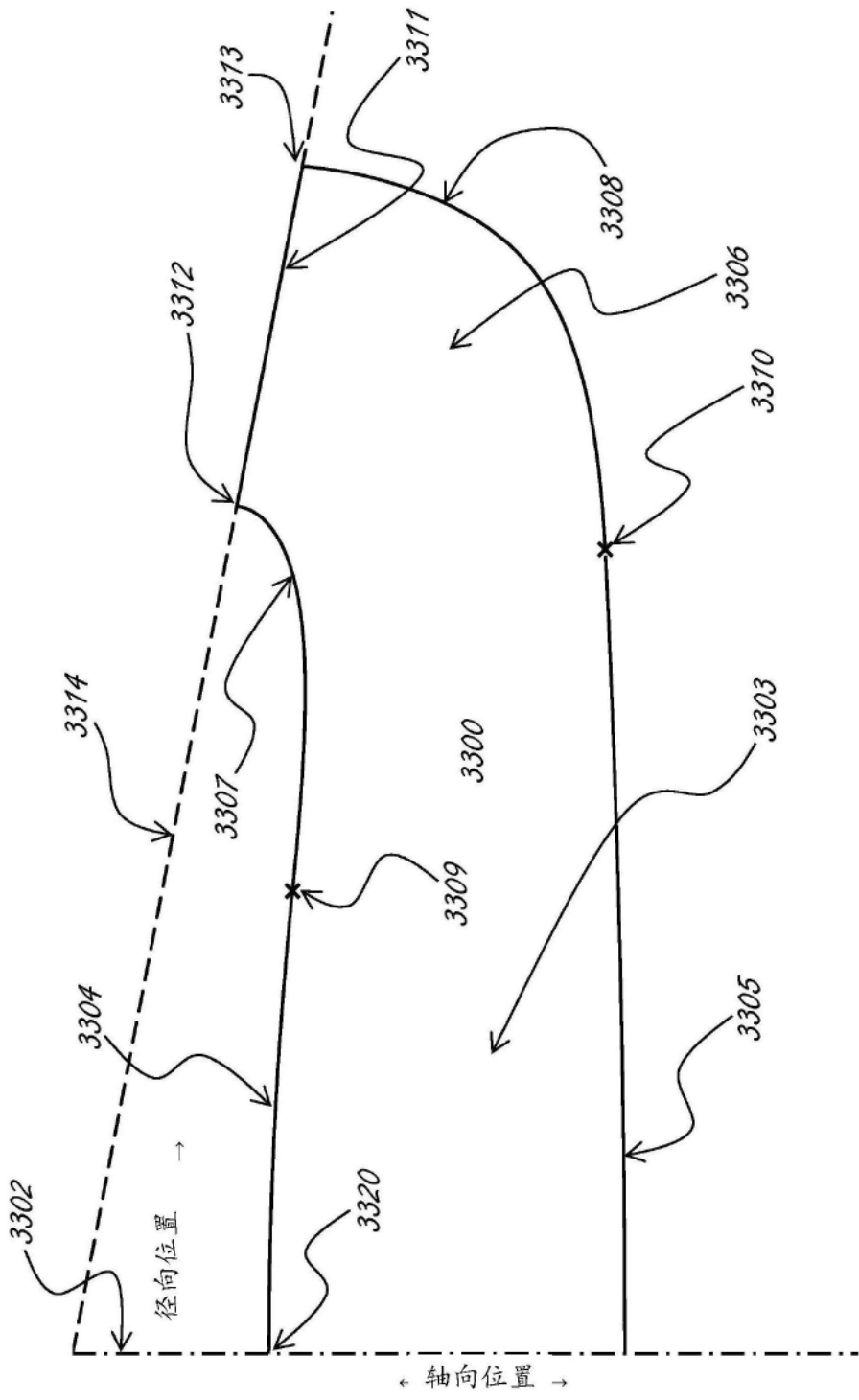


图33

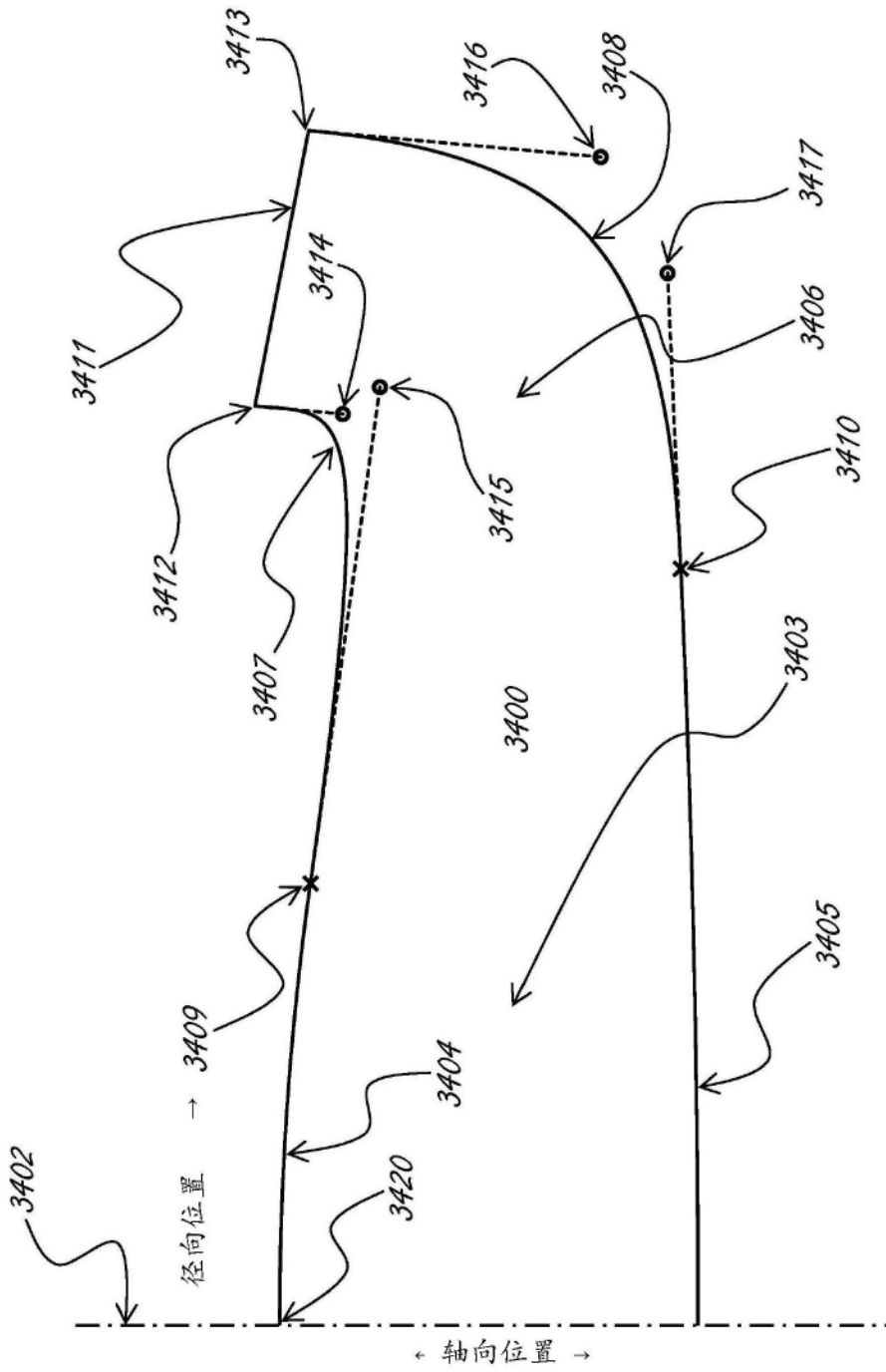


图34

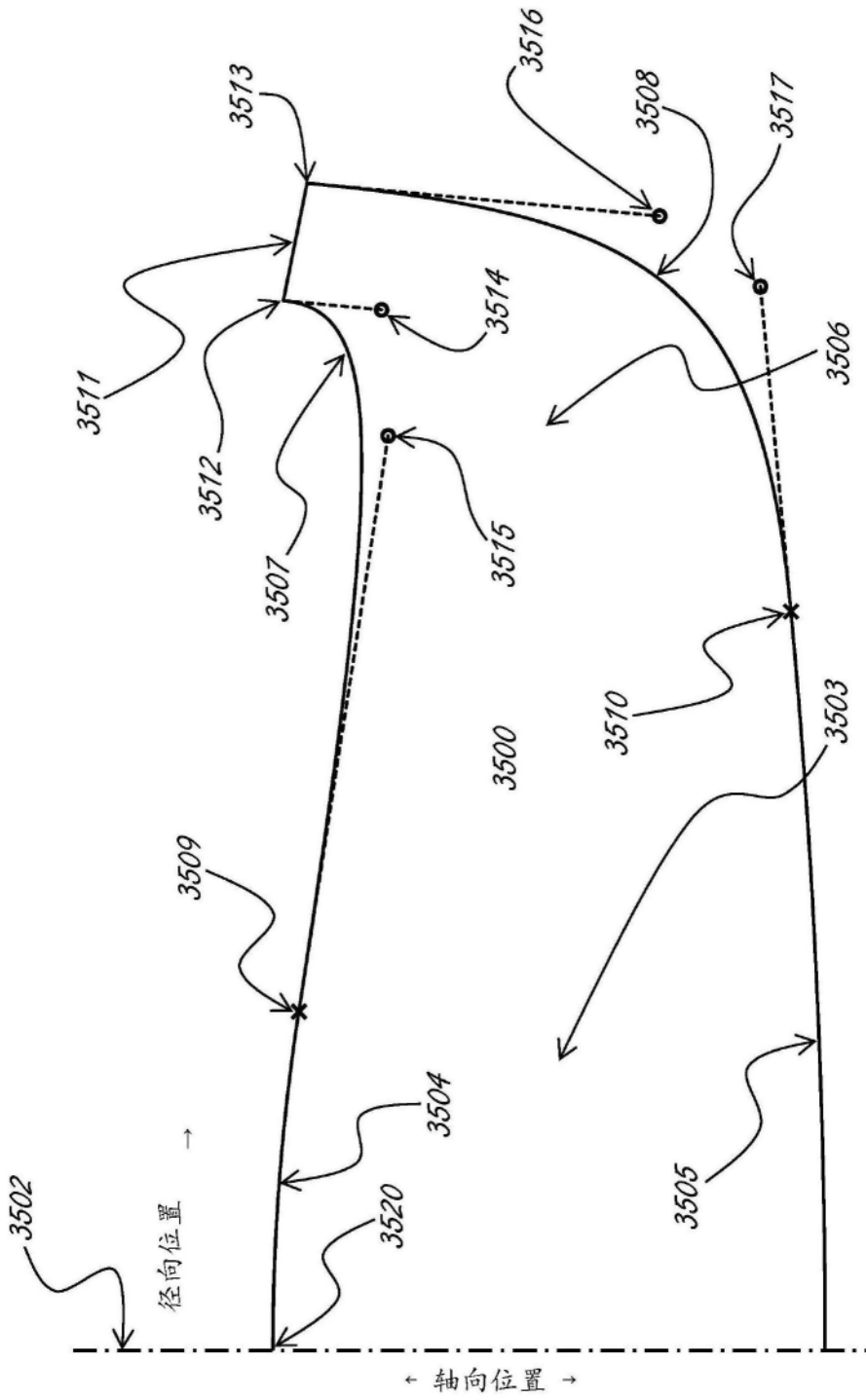


图35

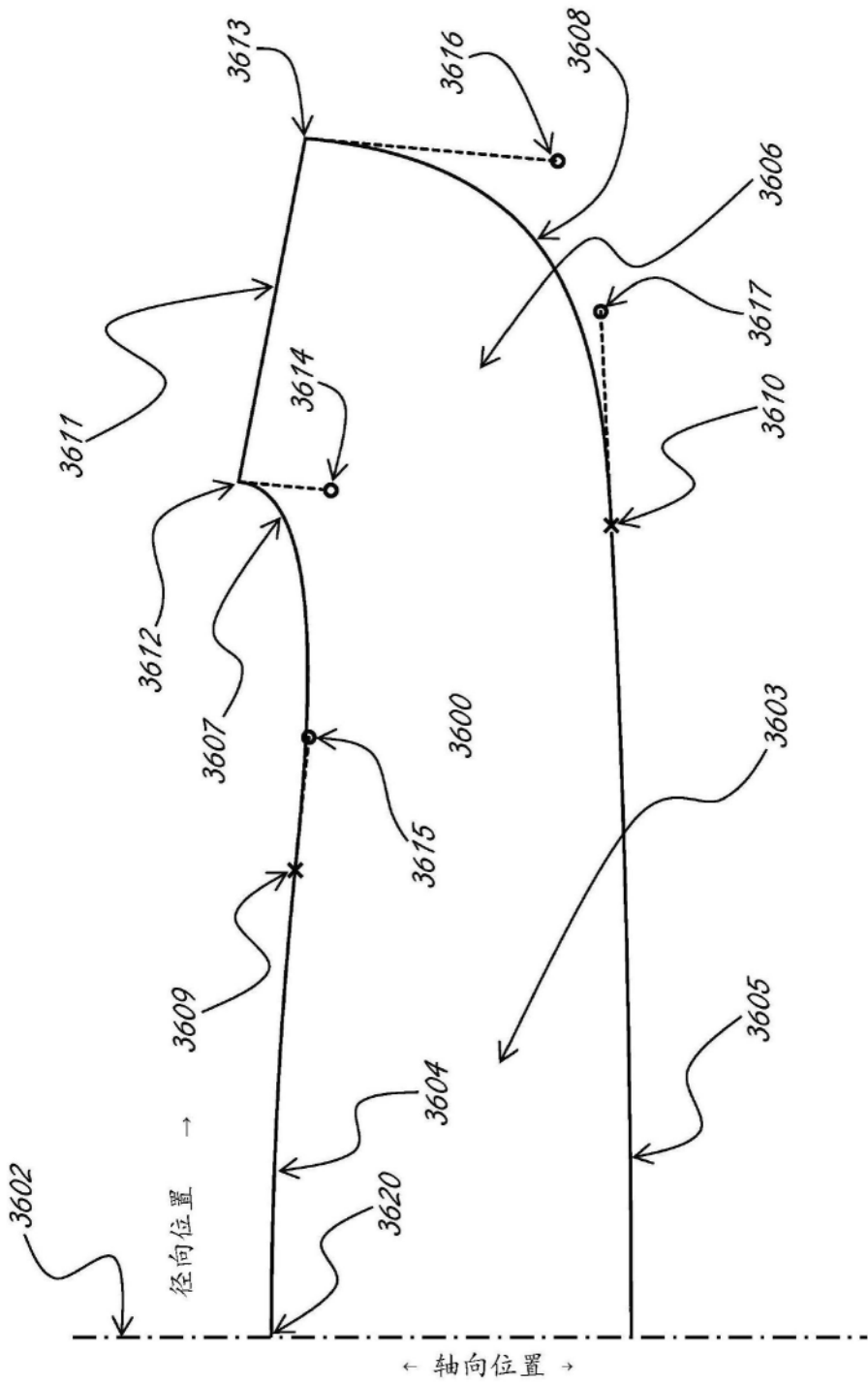


图36

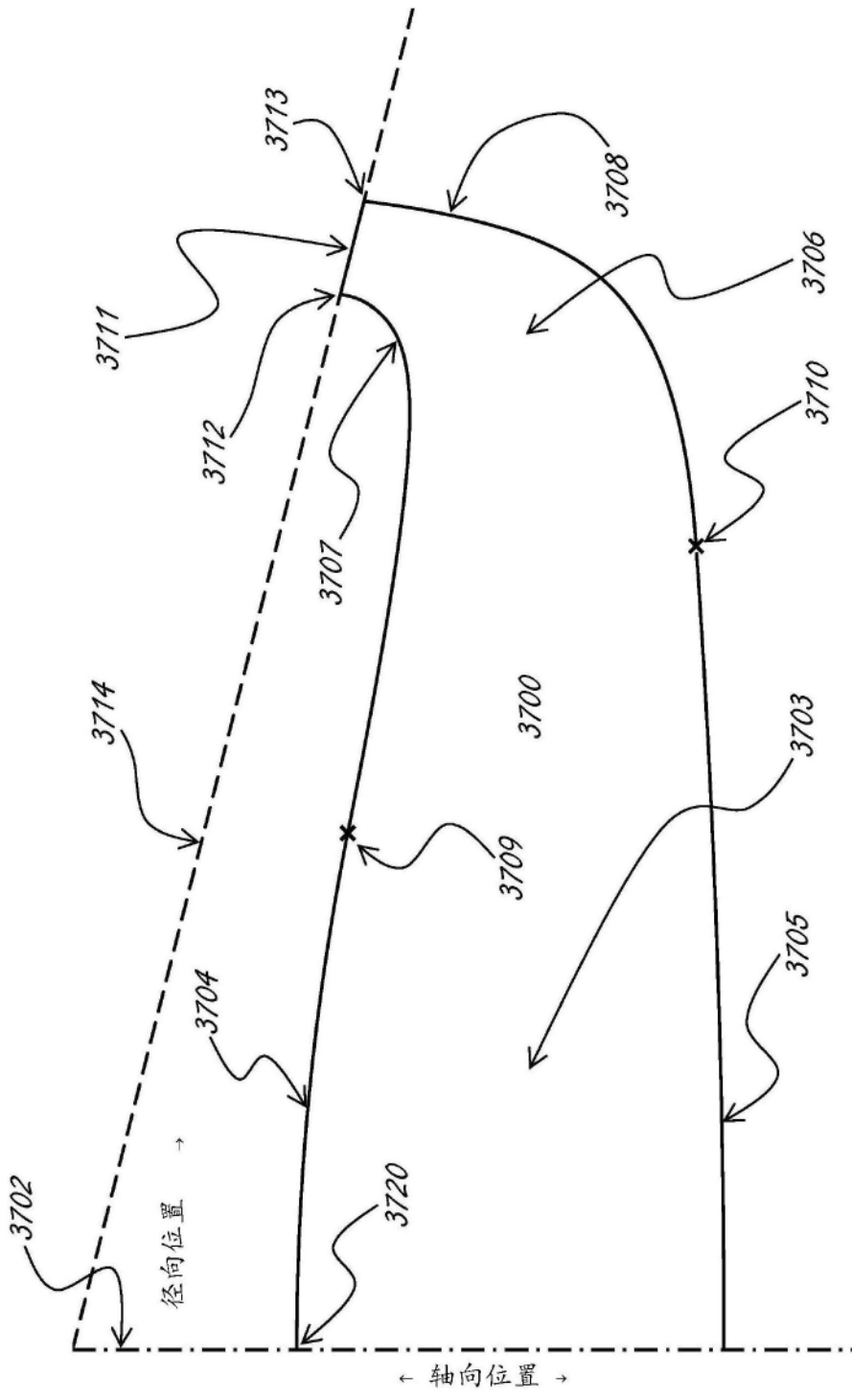


图37

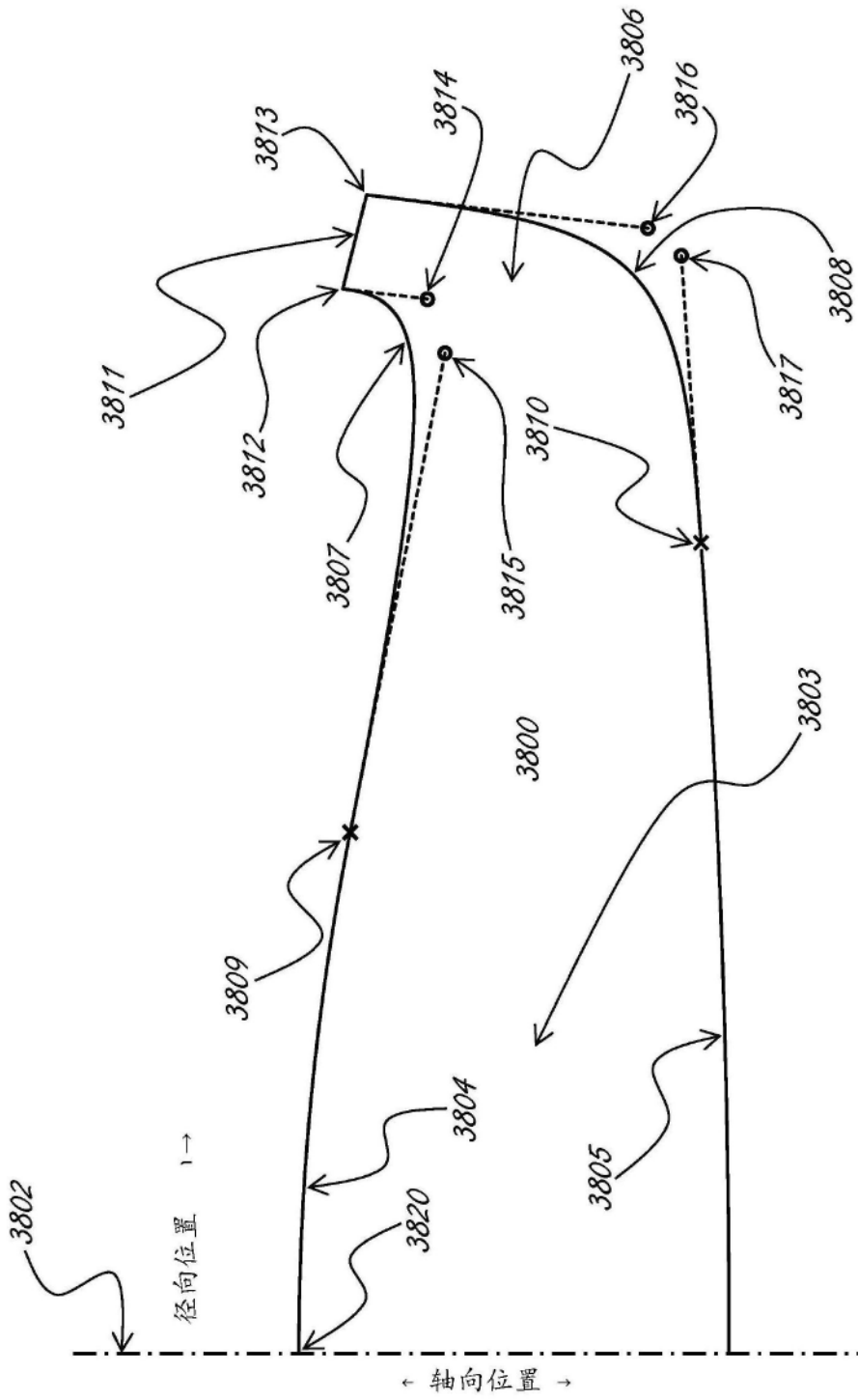


图38



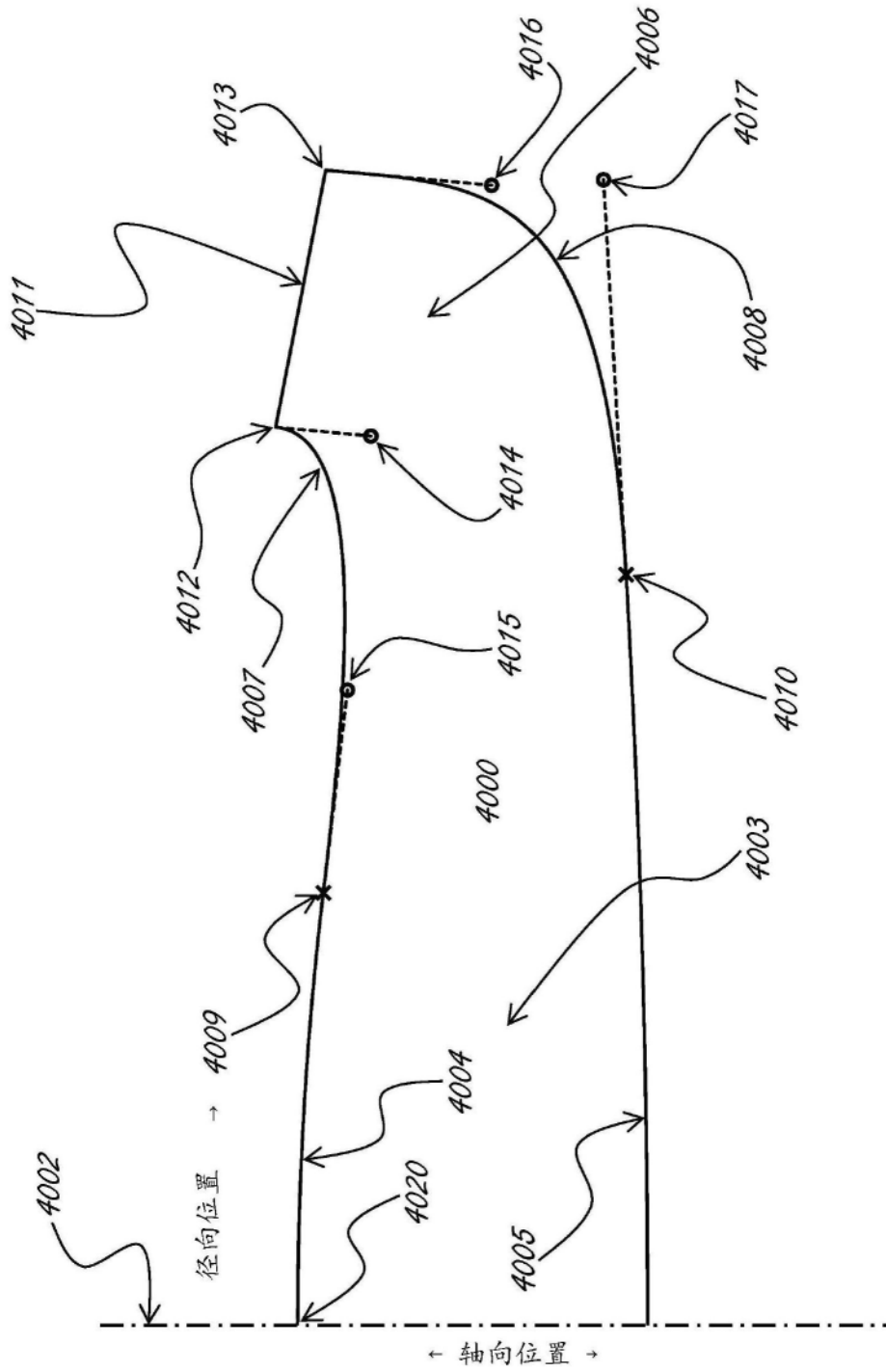


图40

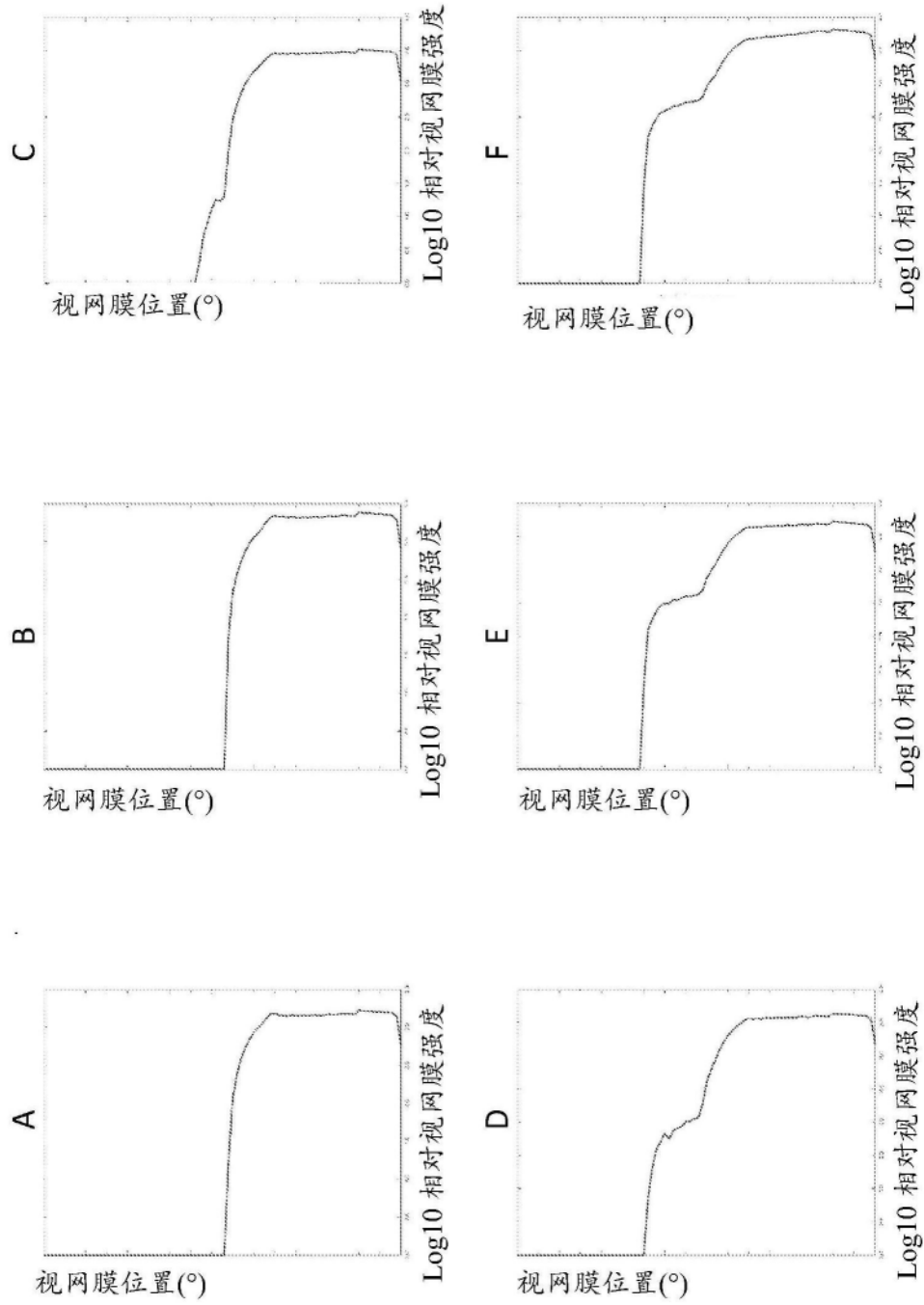


图41

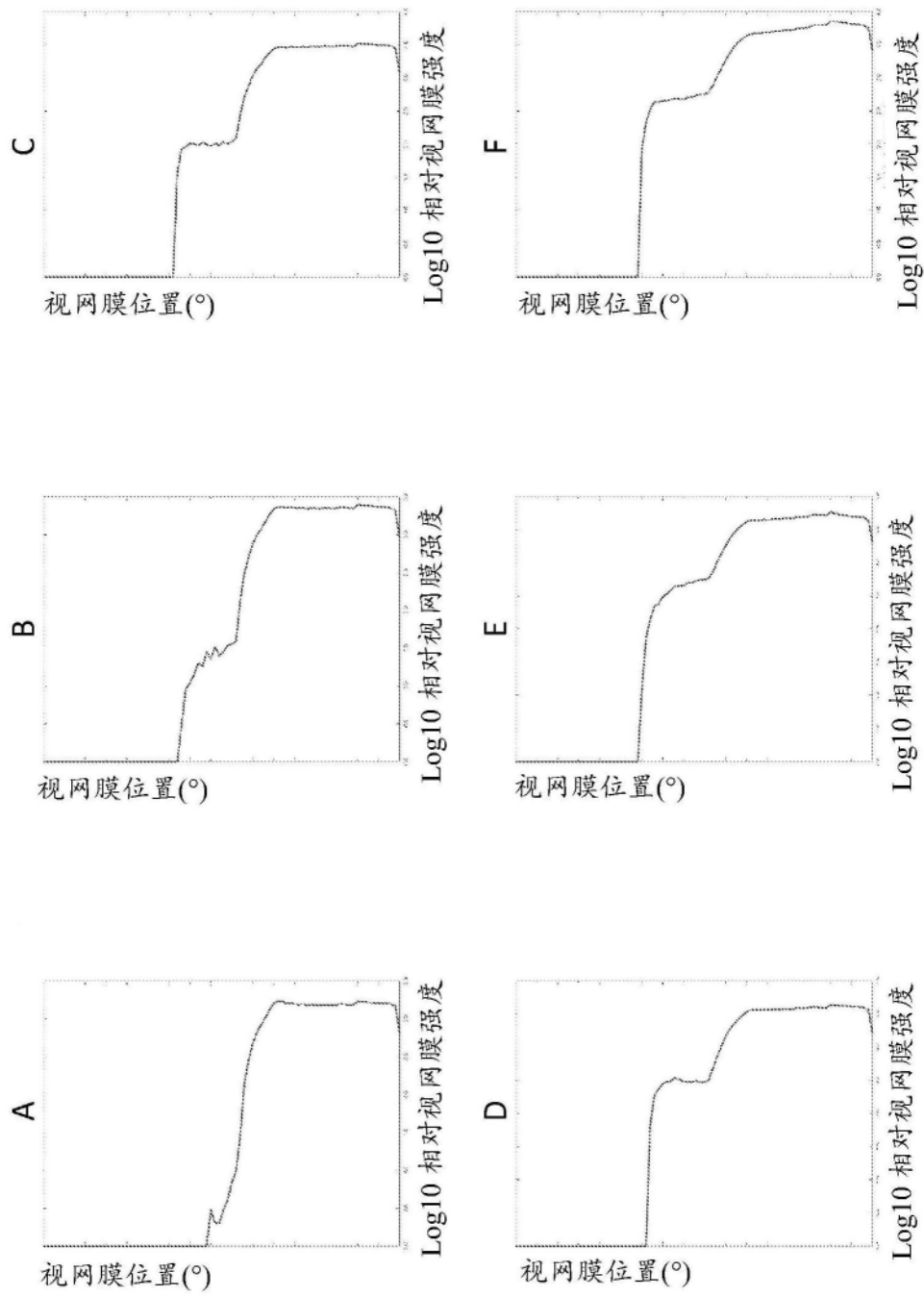


图42

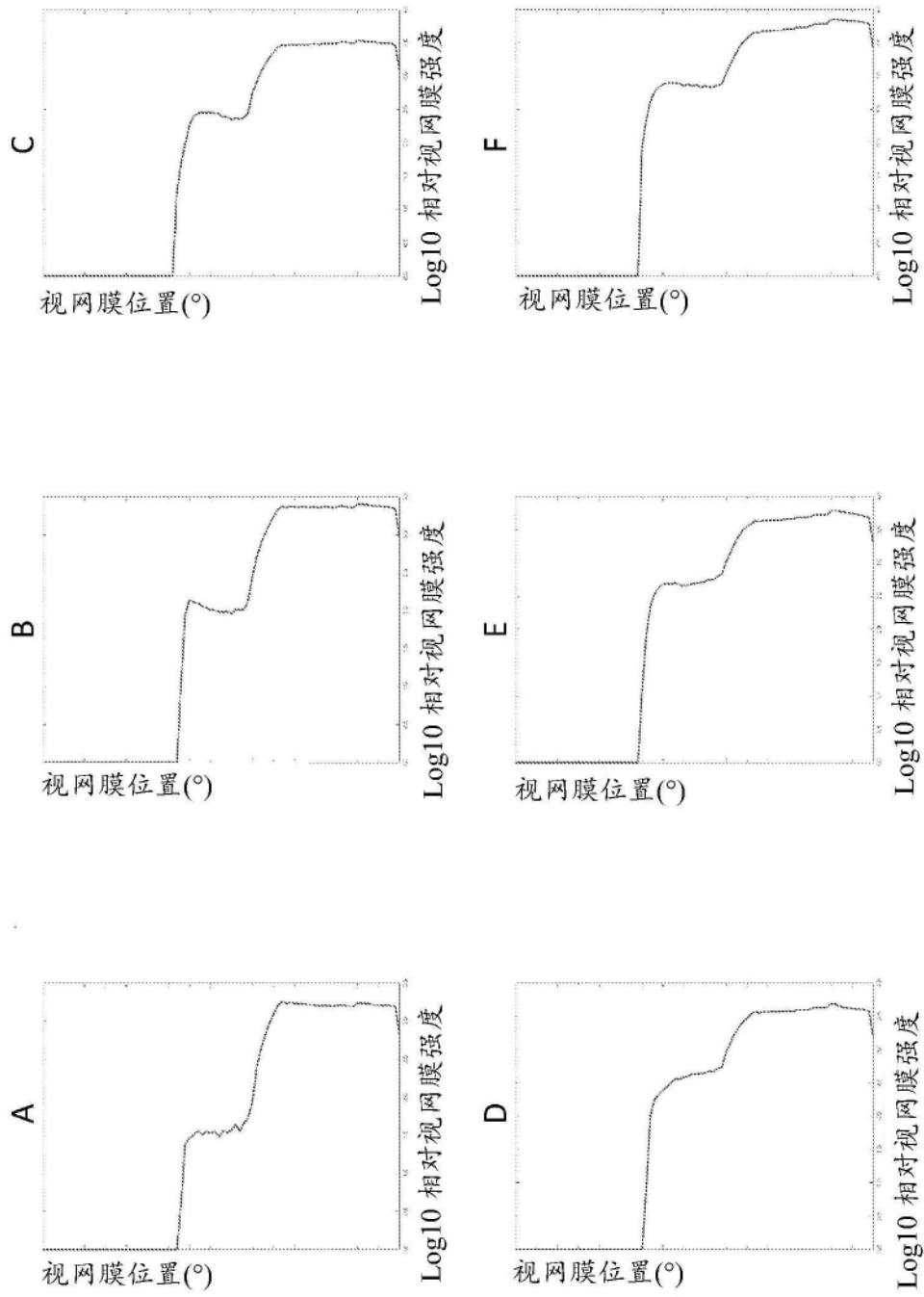


图43

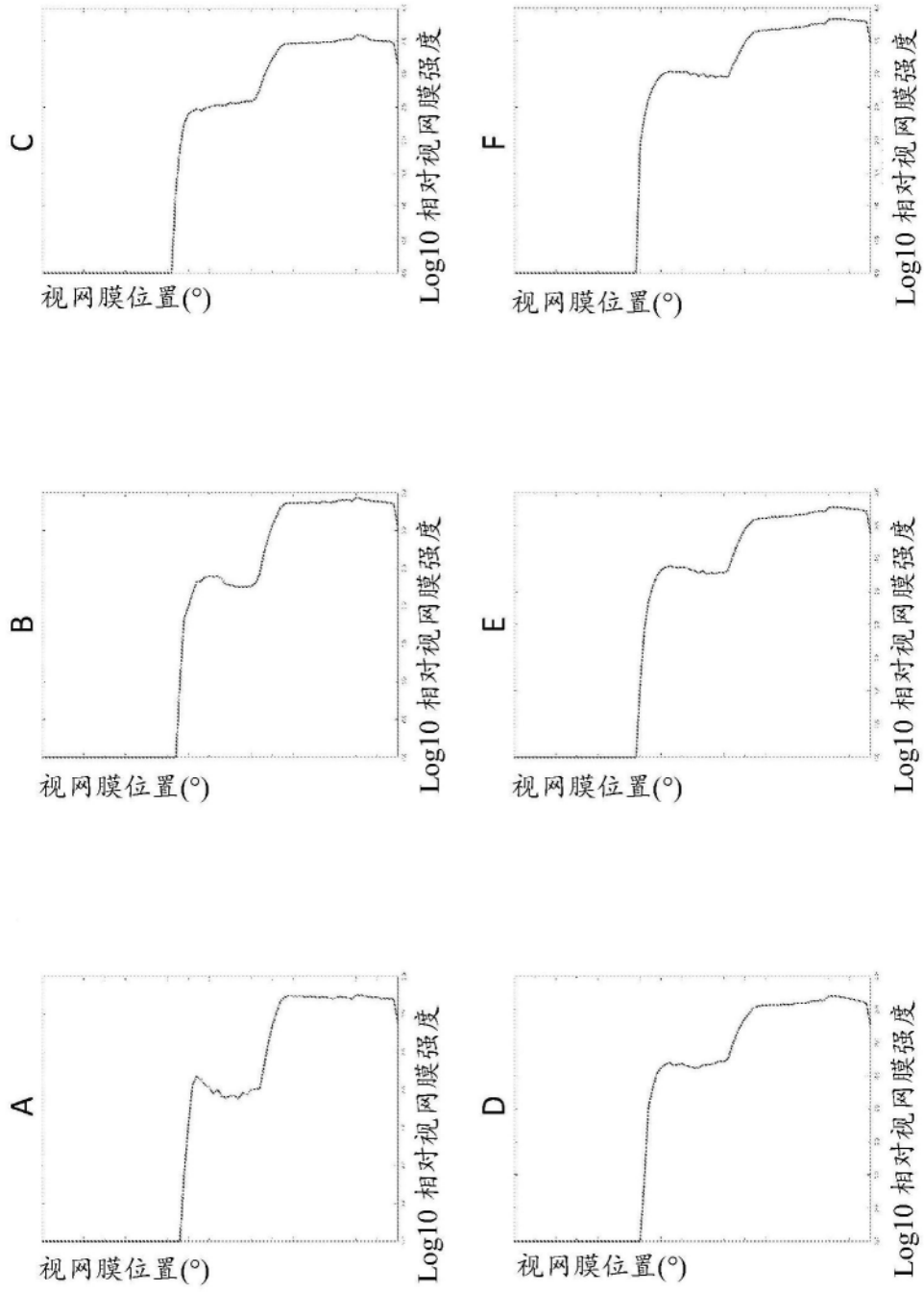


图44

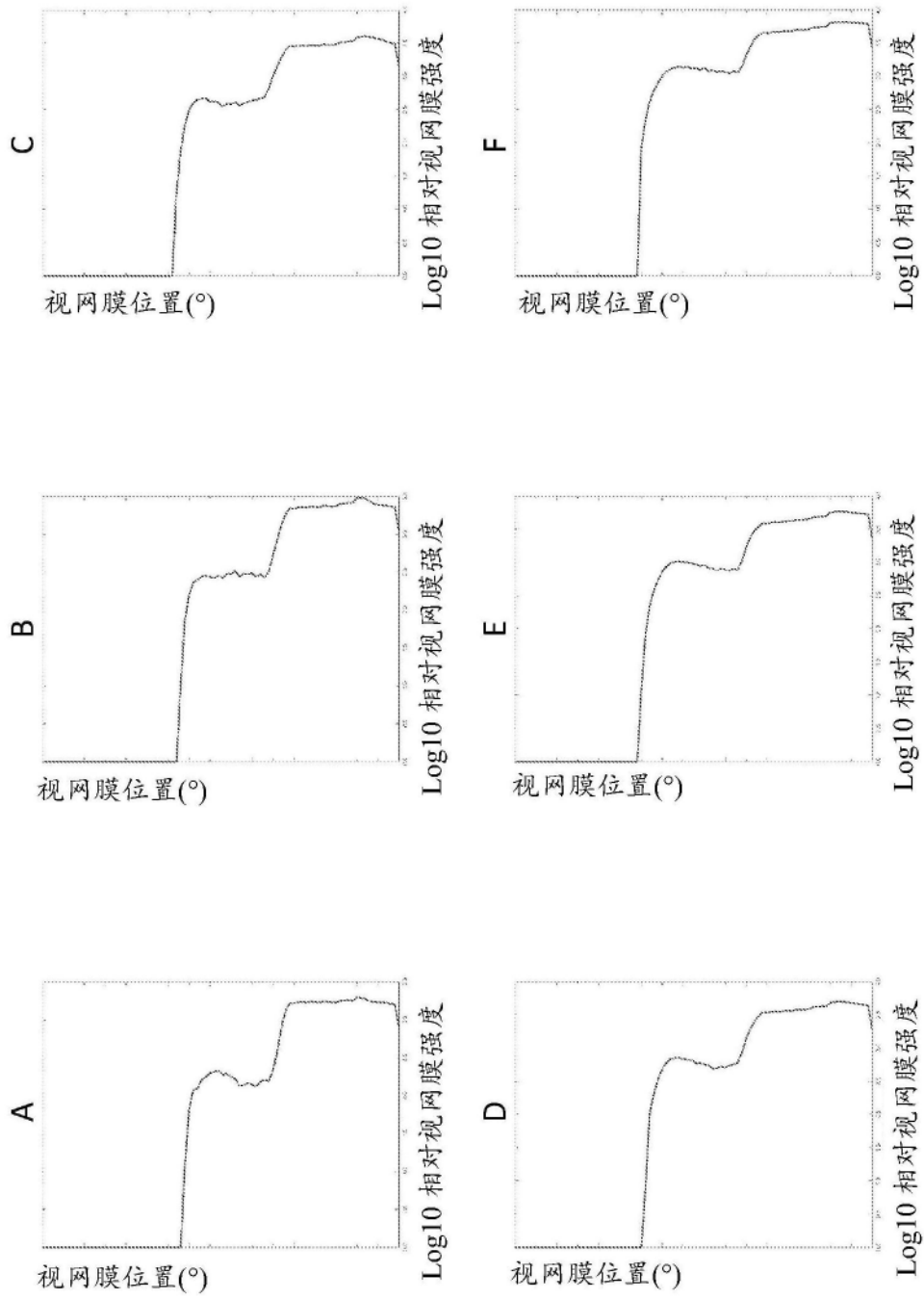


图45

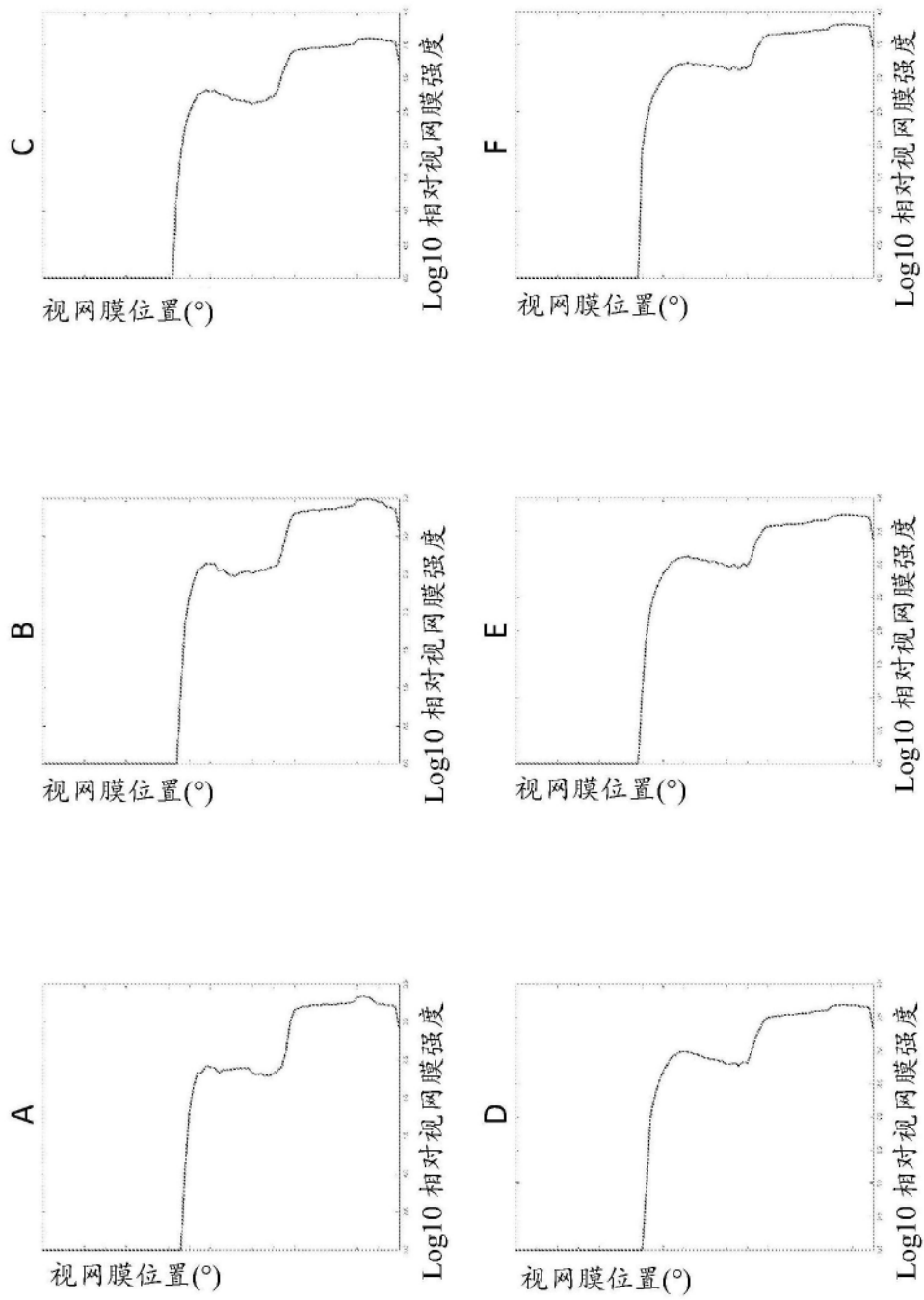


图46

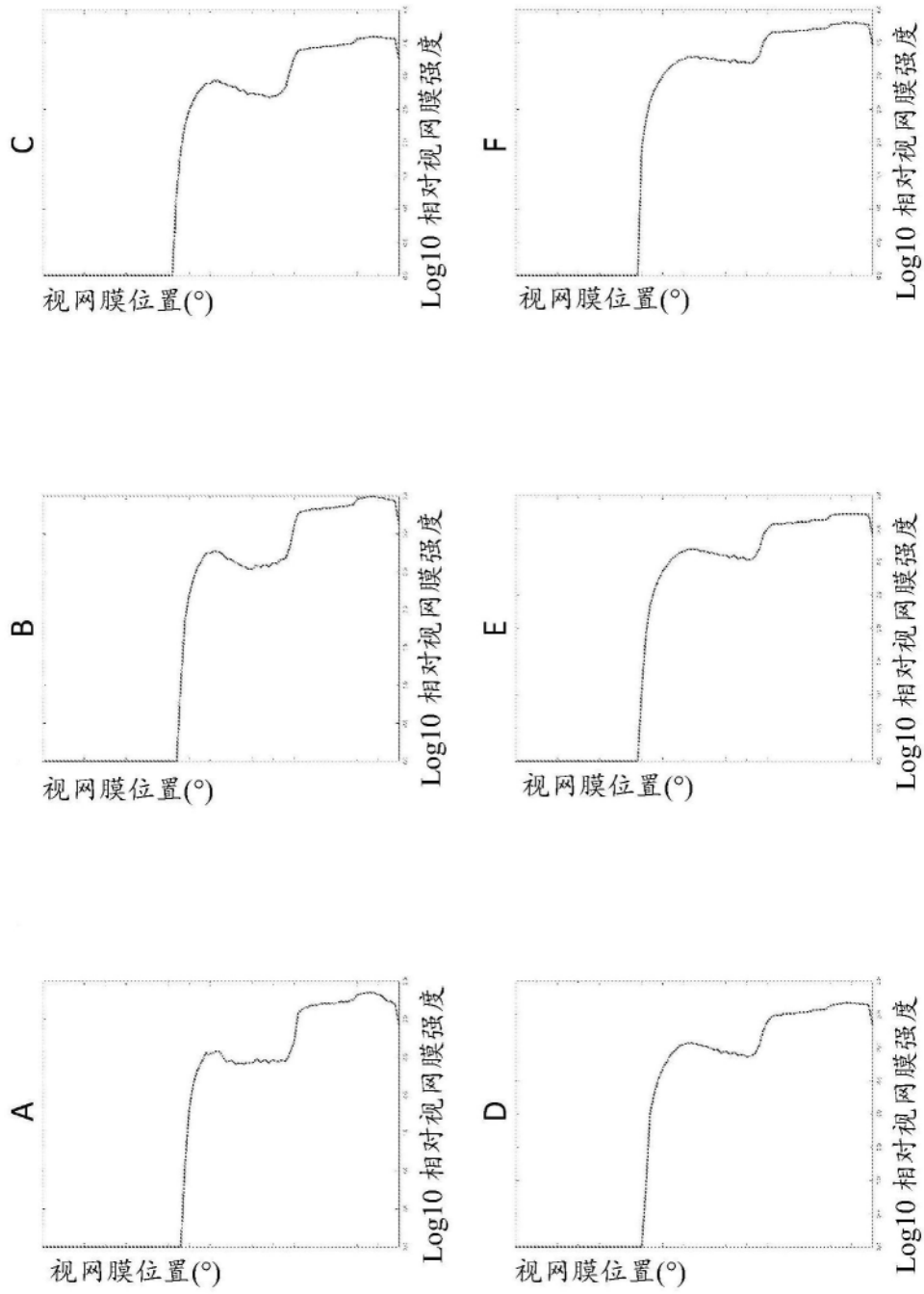


图47

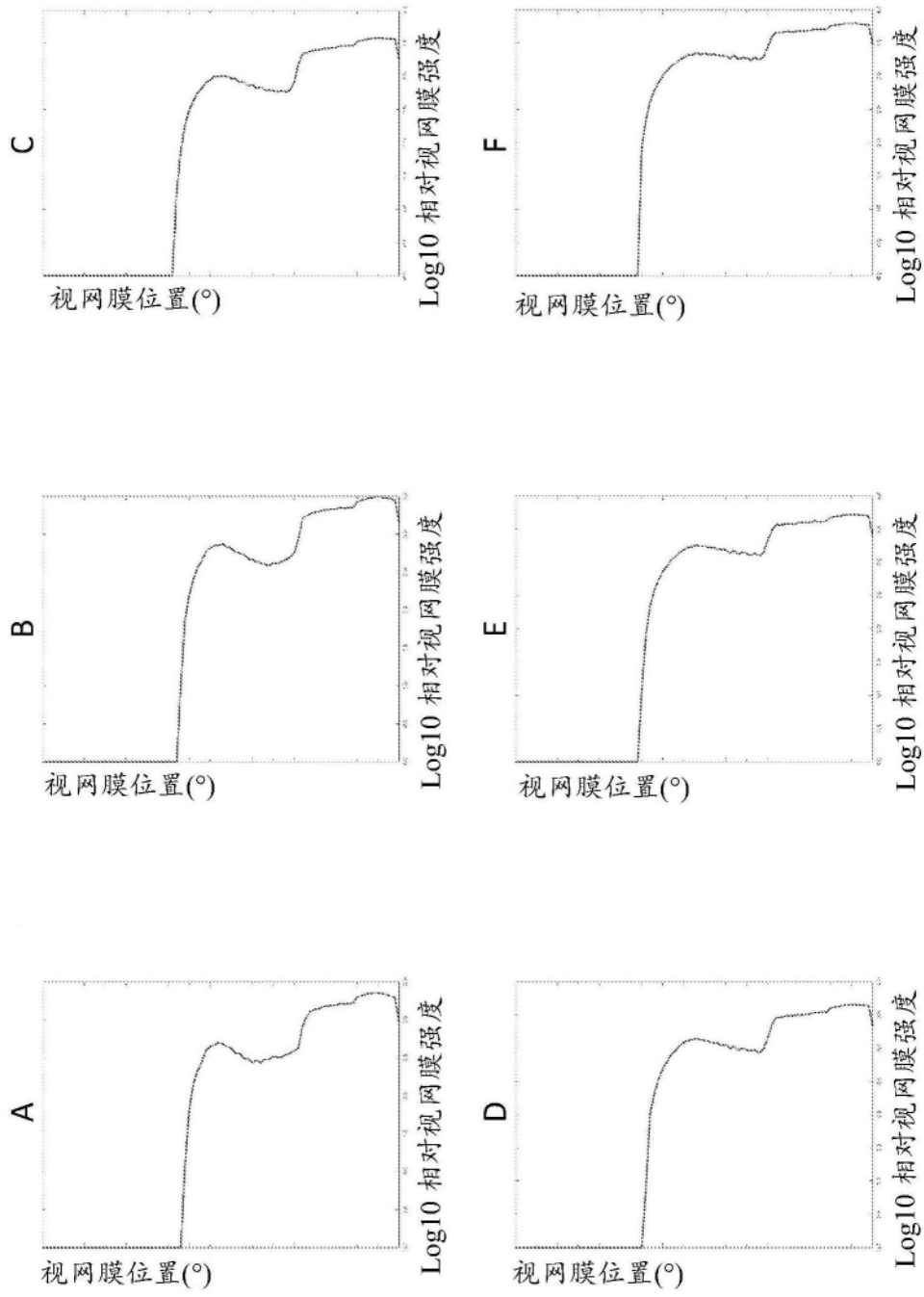


图48

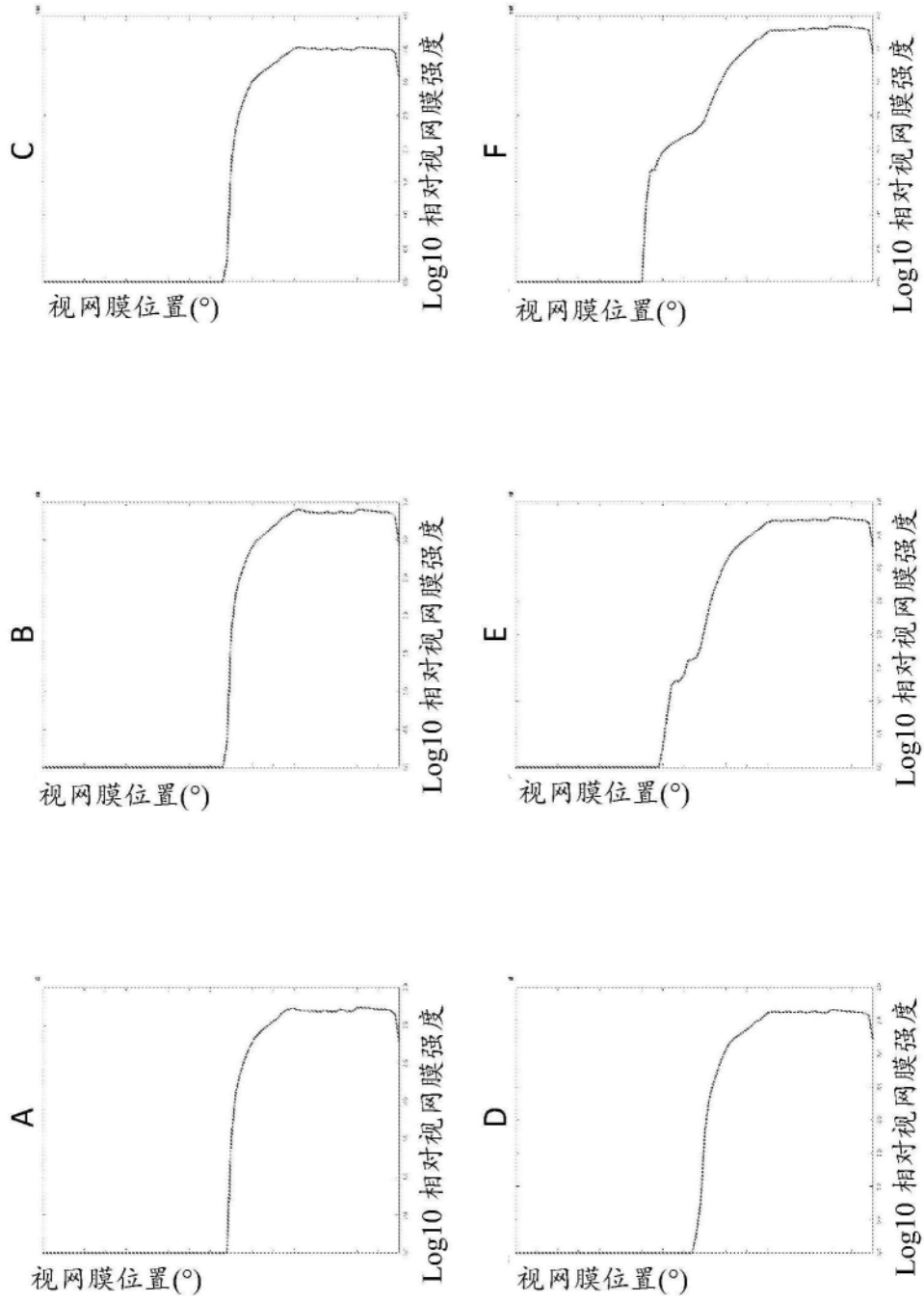


图49

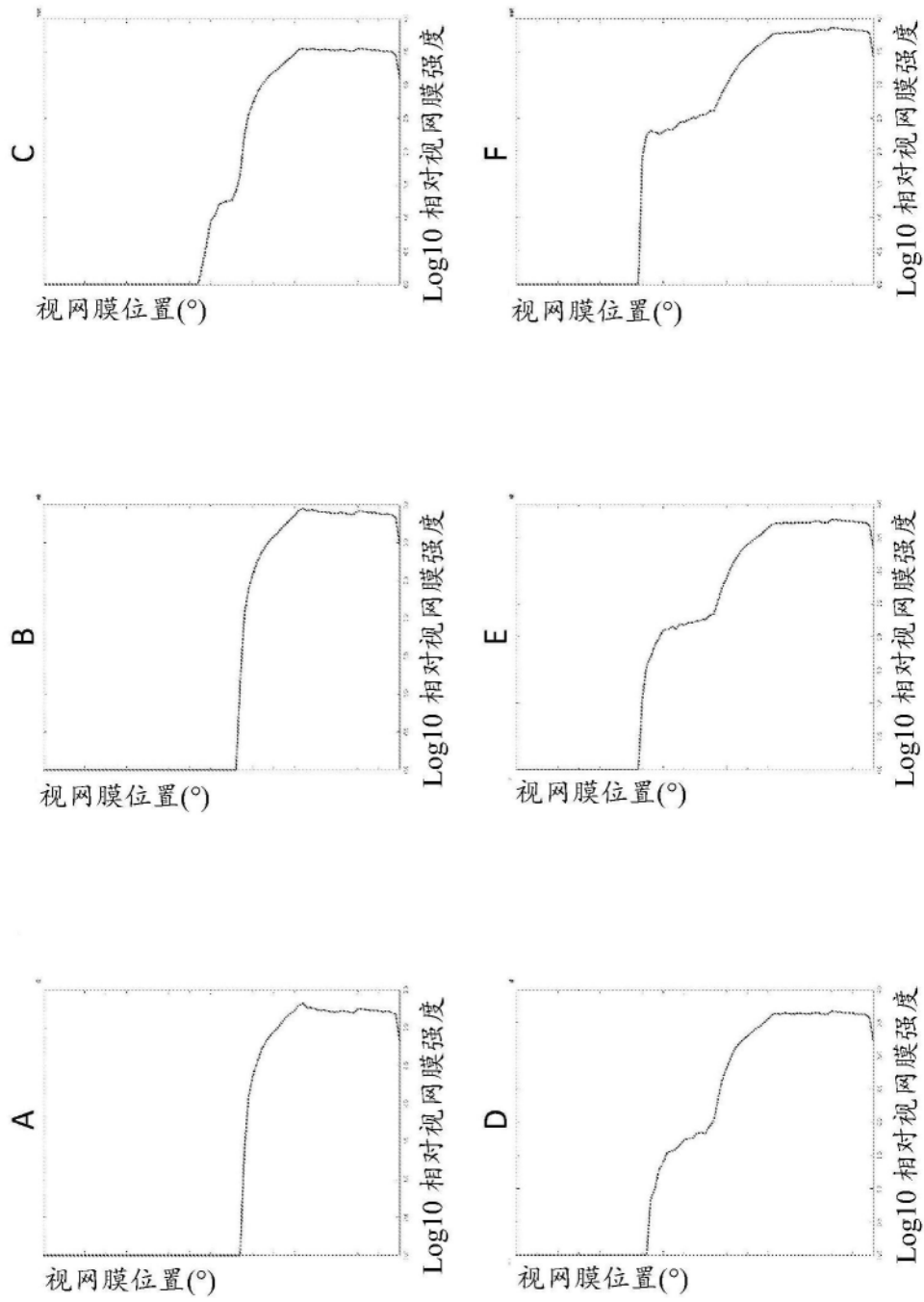


图50

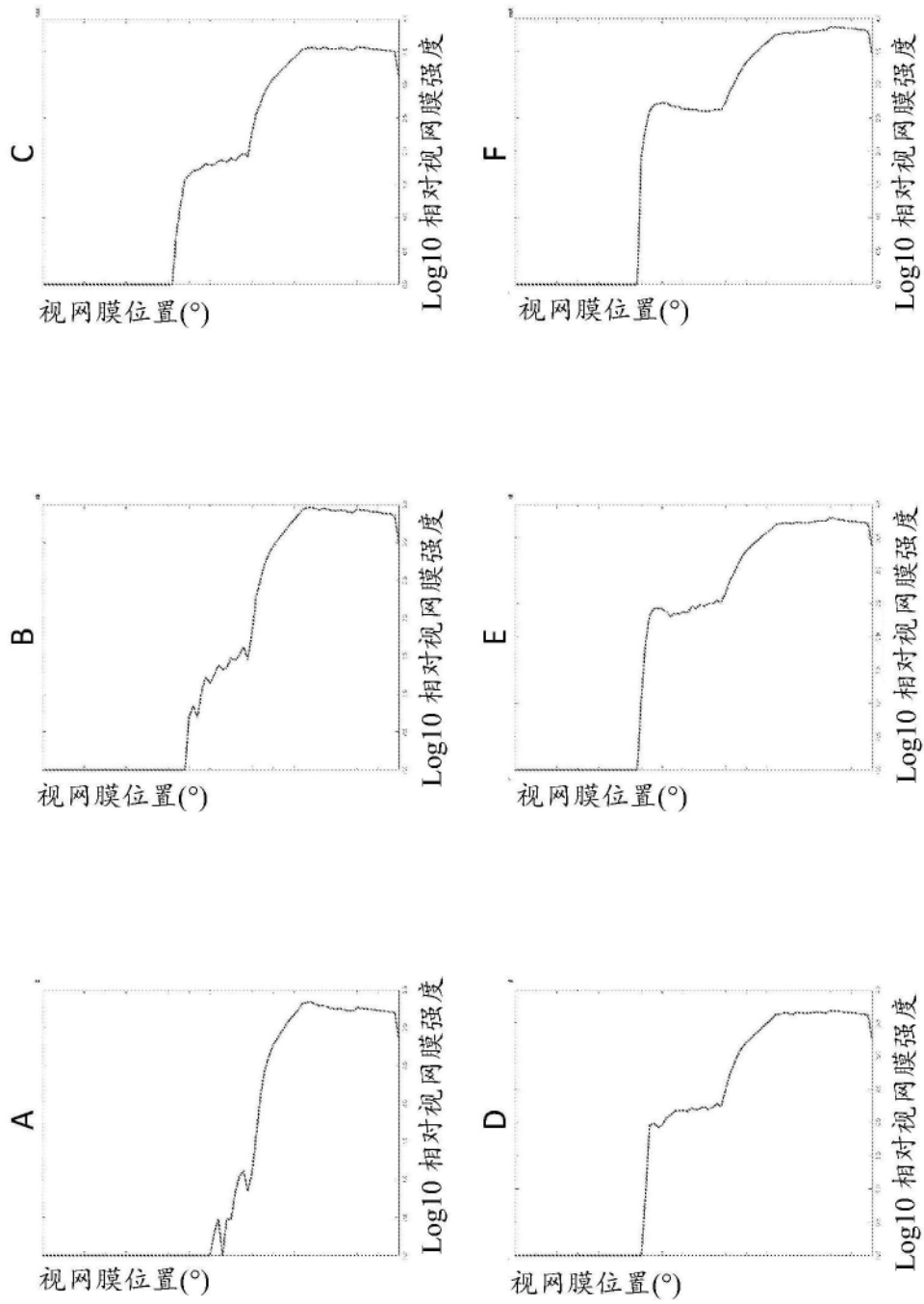


图51

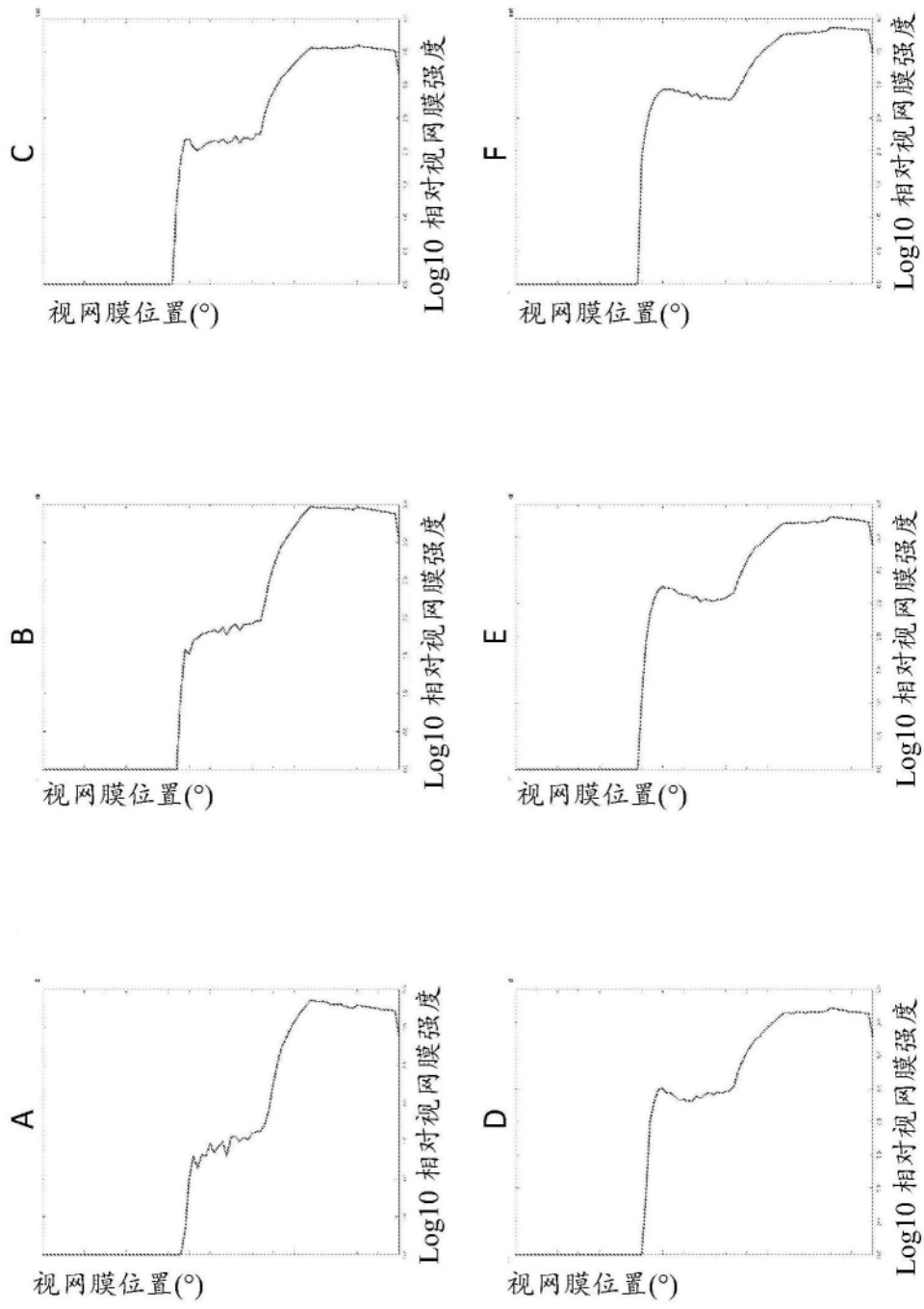


图52

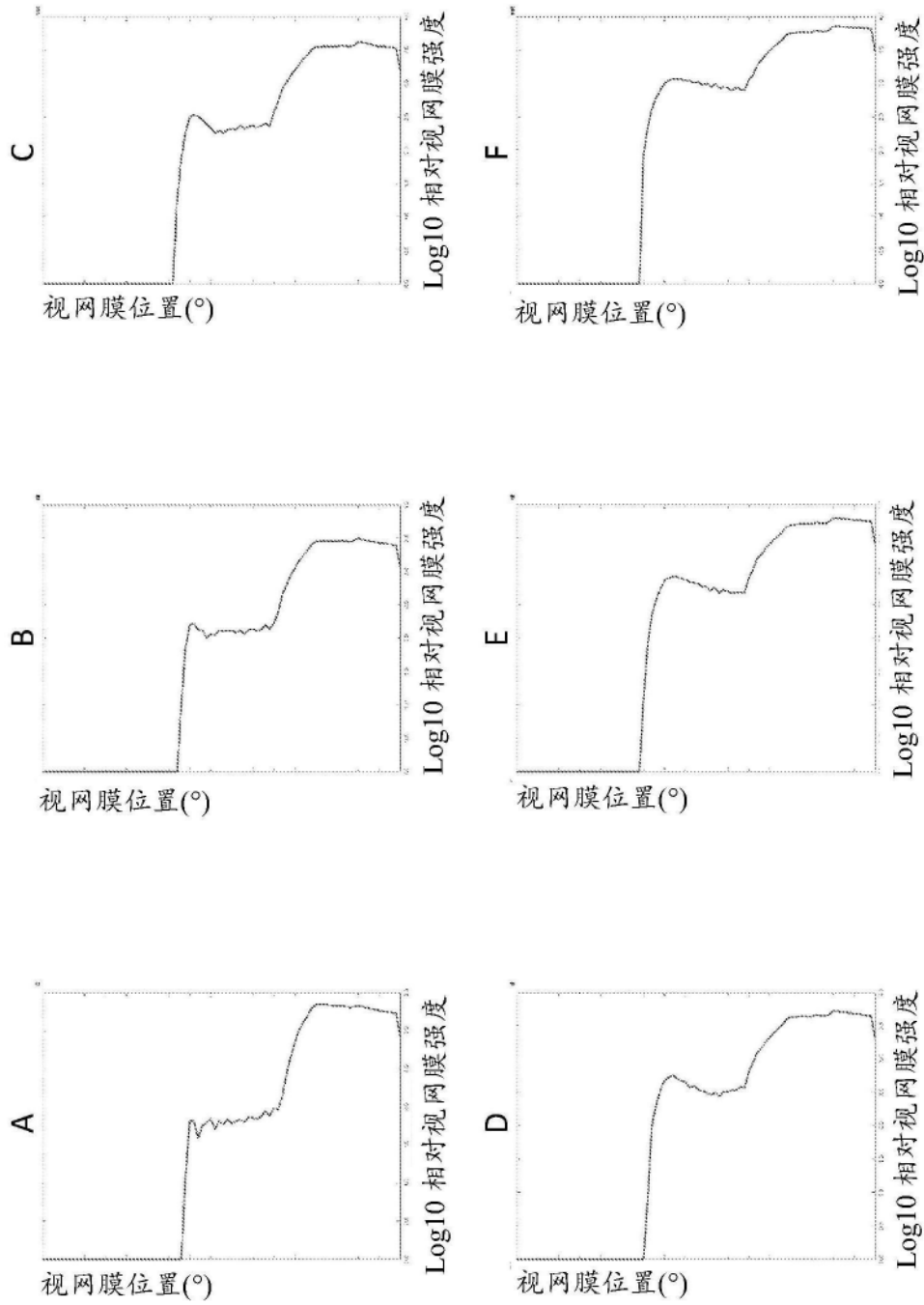


图53

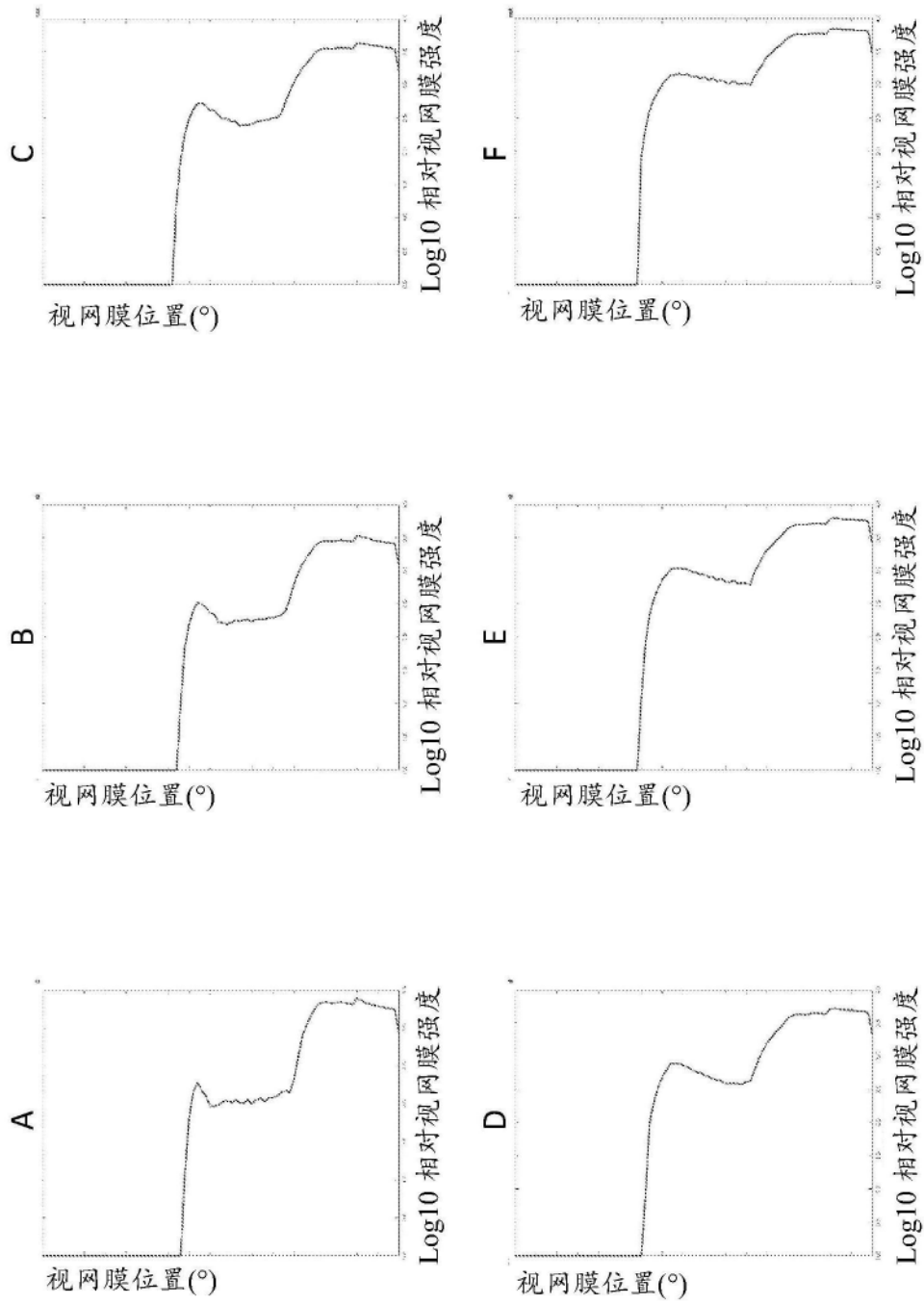


图54

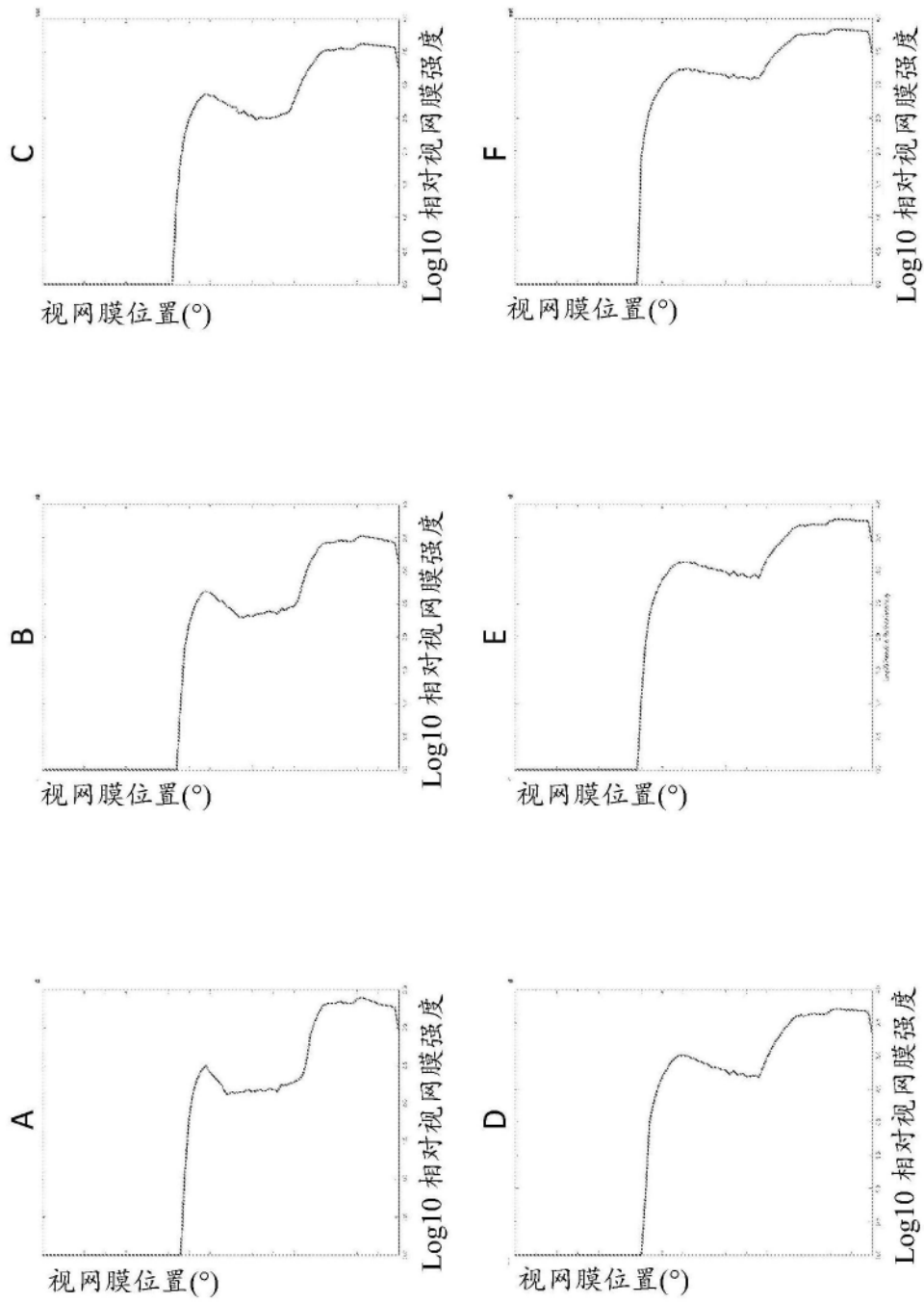


图55

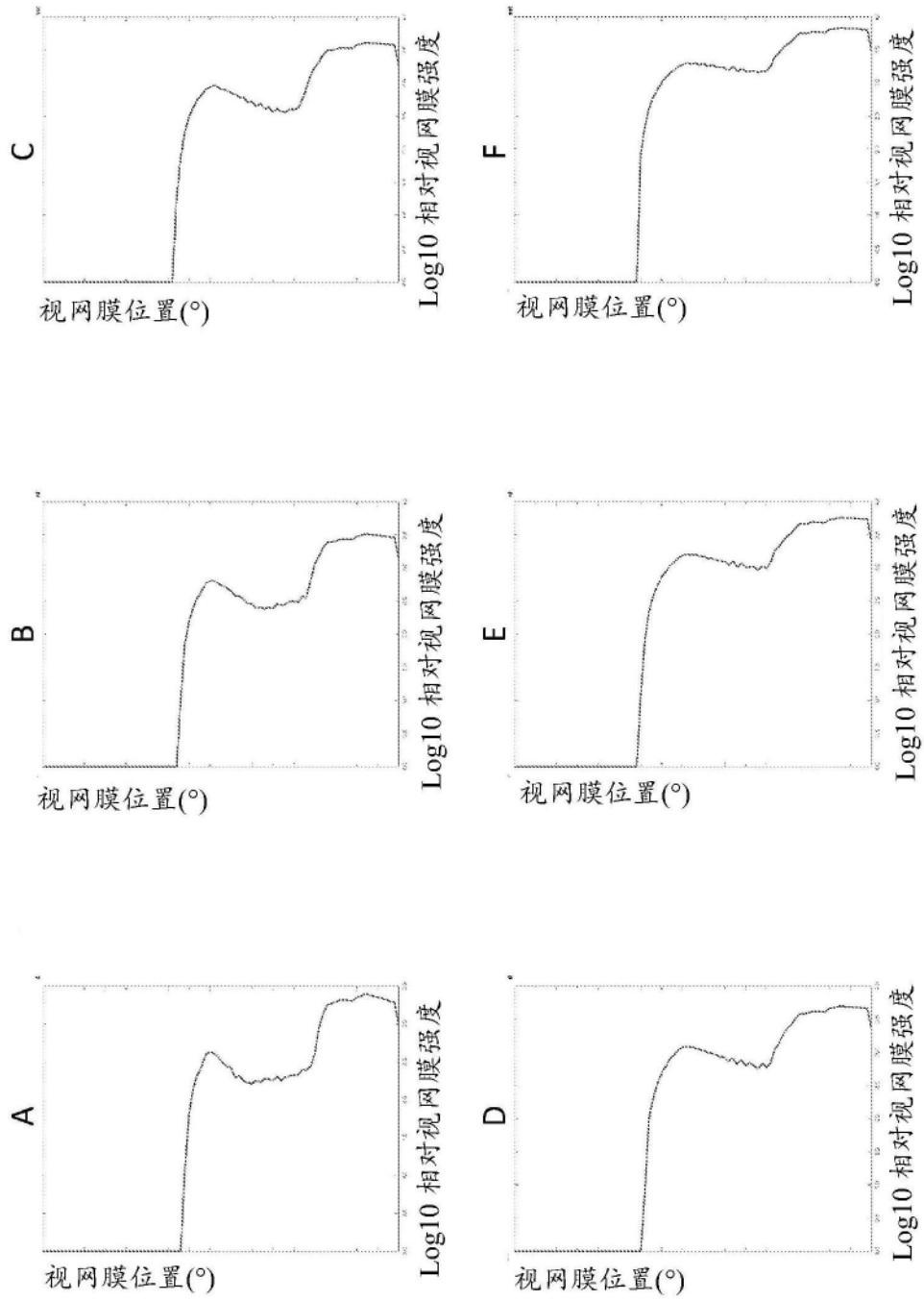


图56

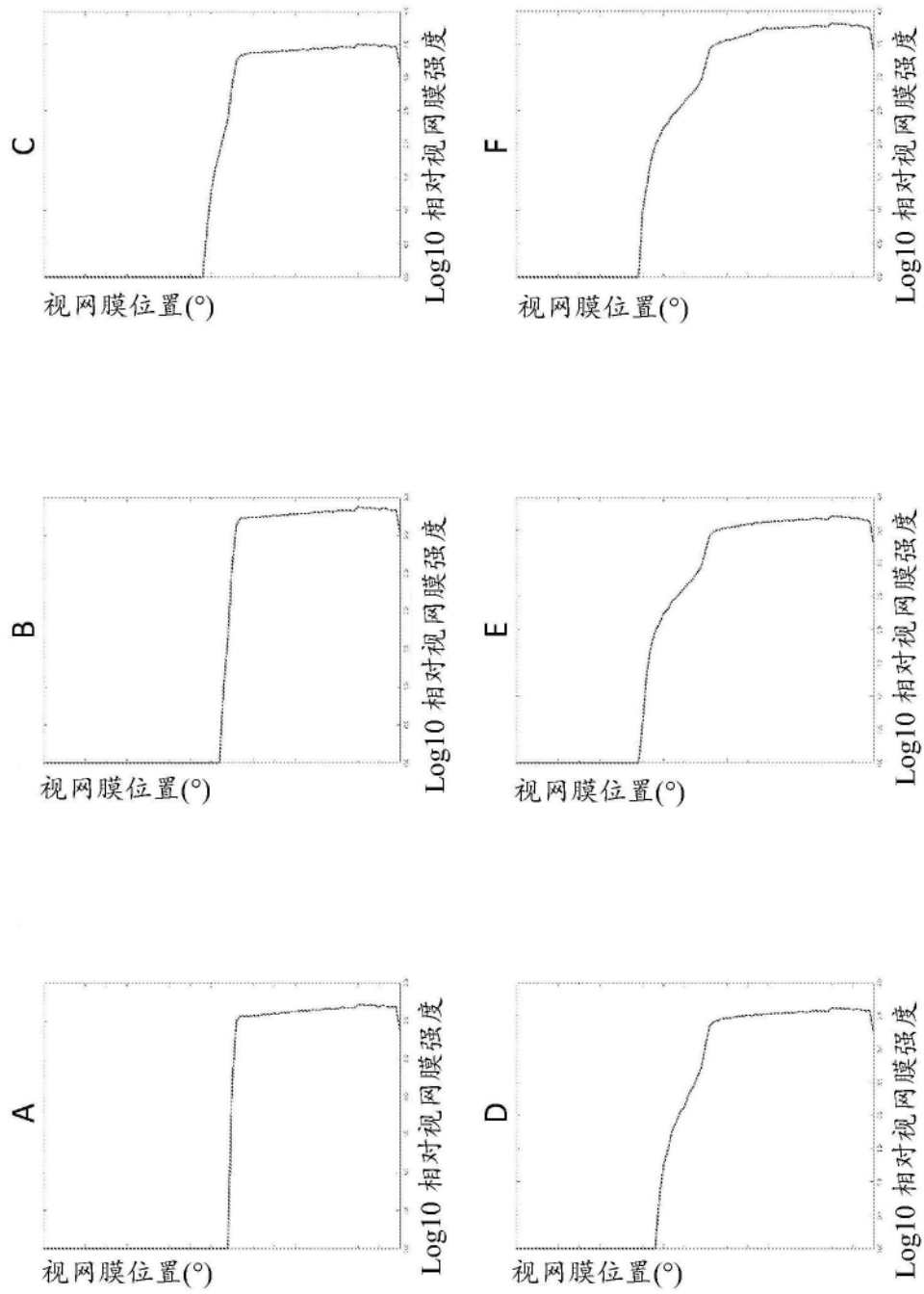


图57

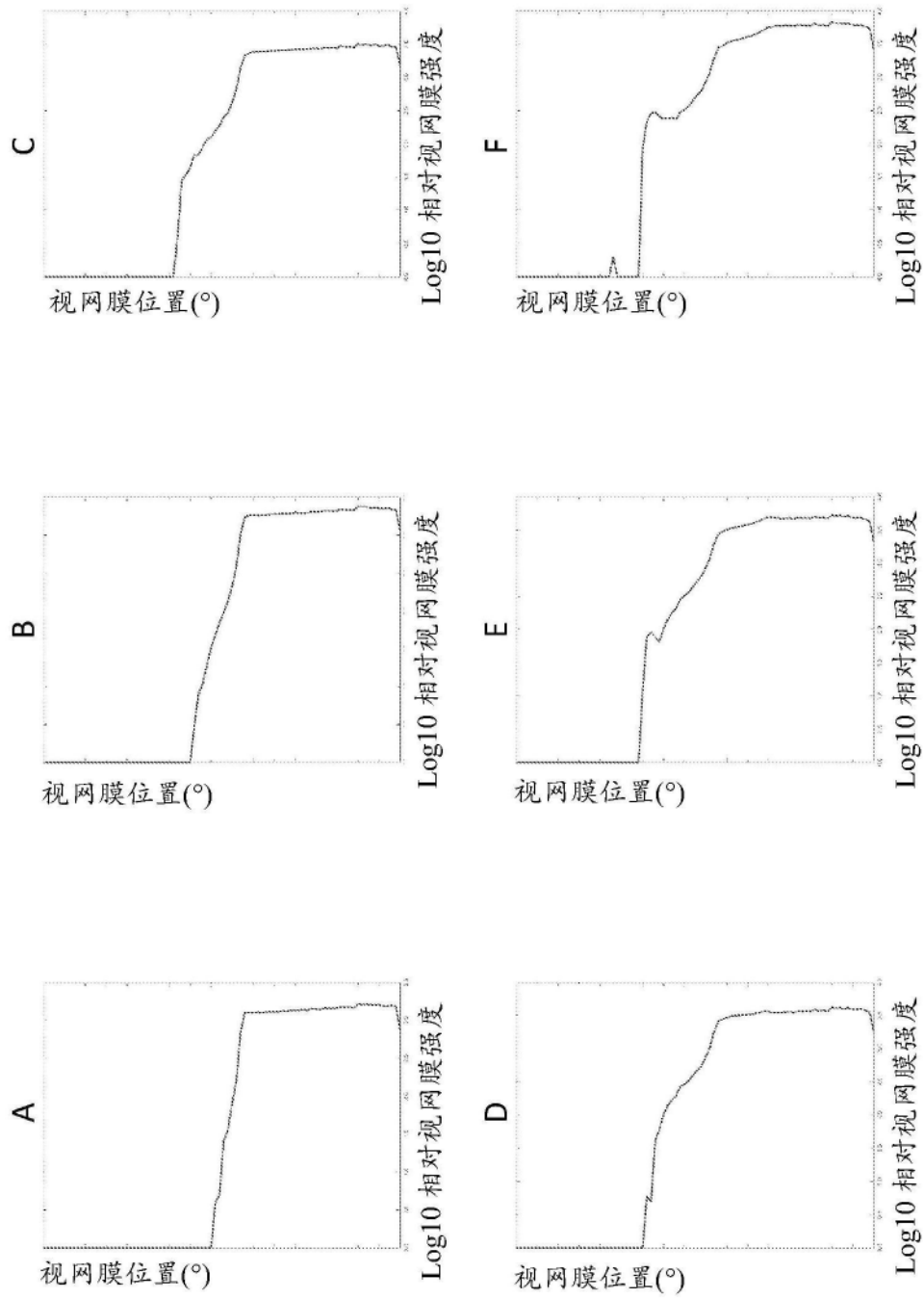


图58

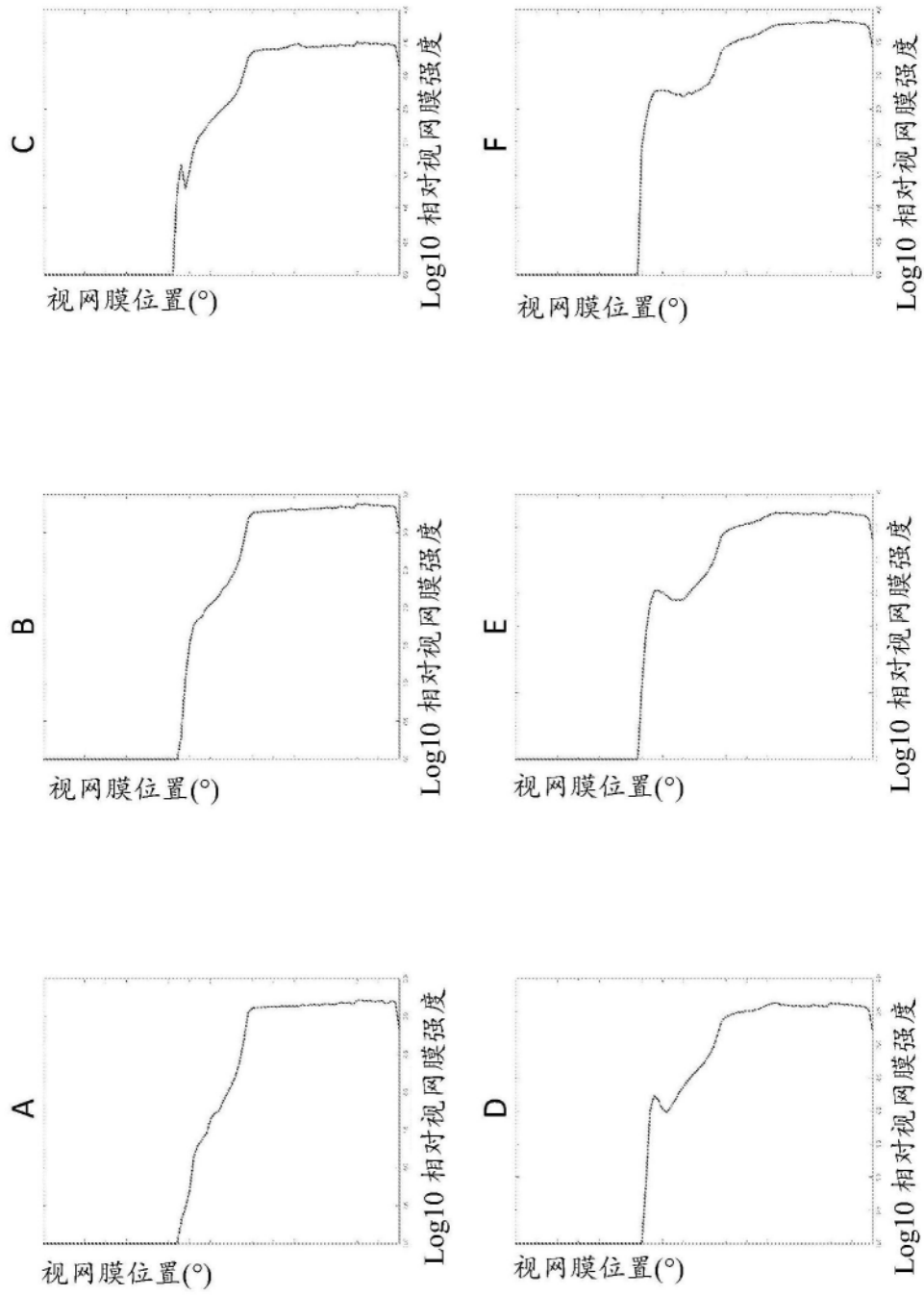


图59

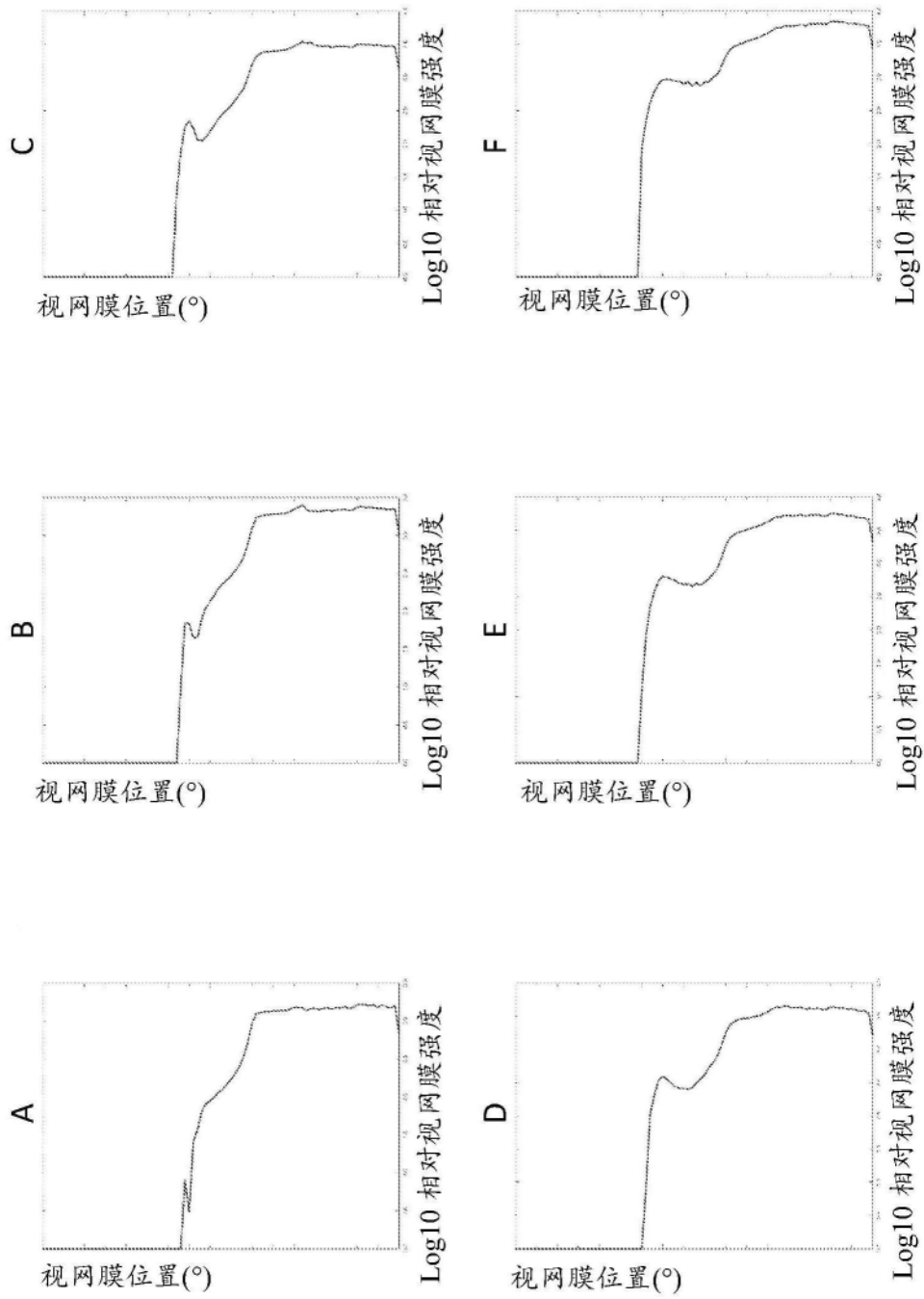


图60

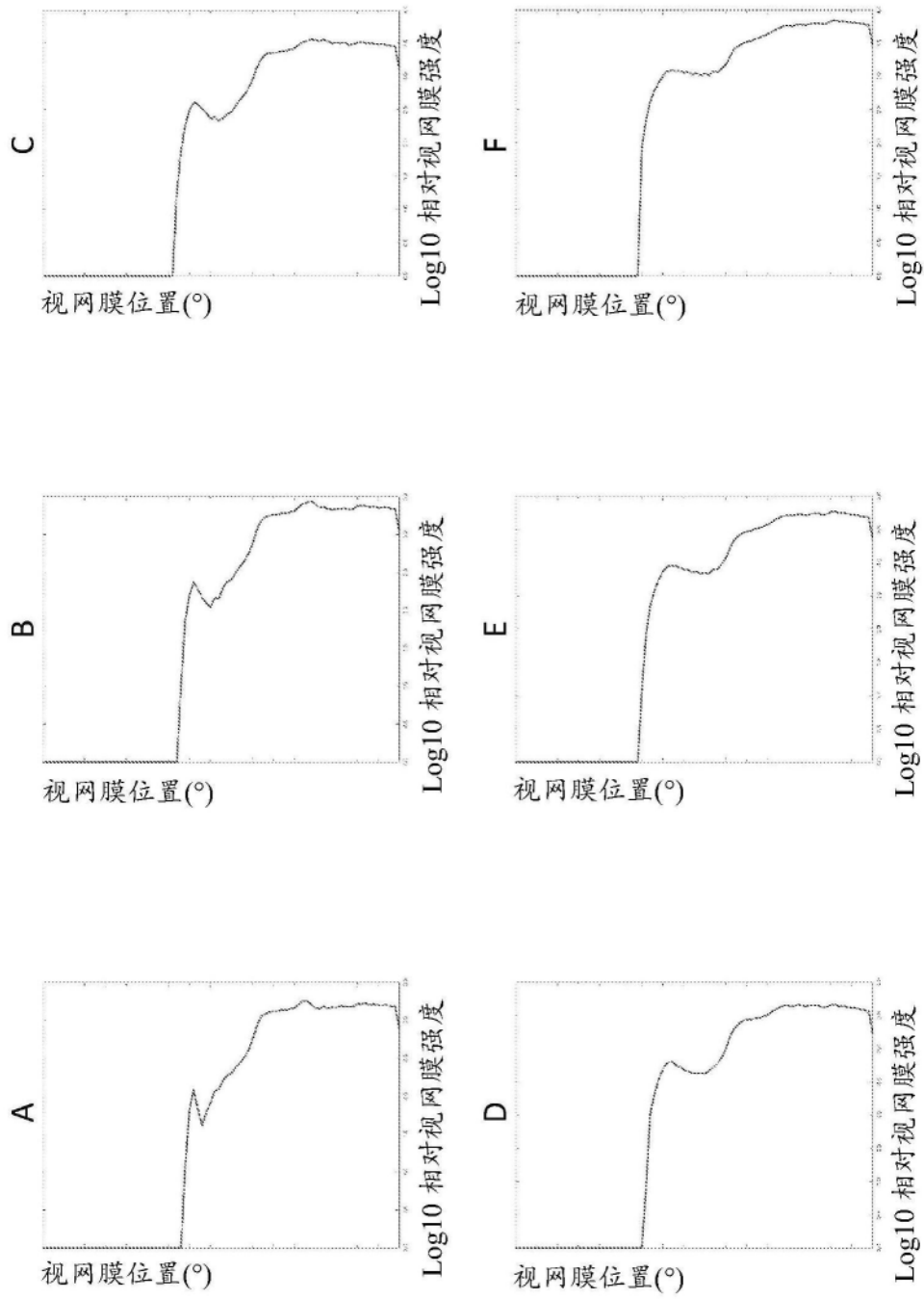


图61

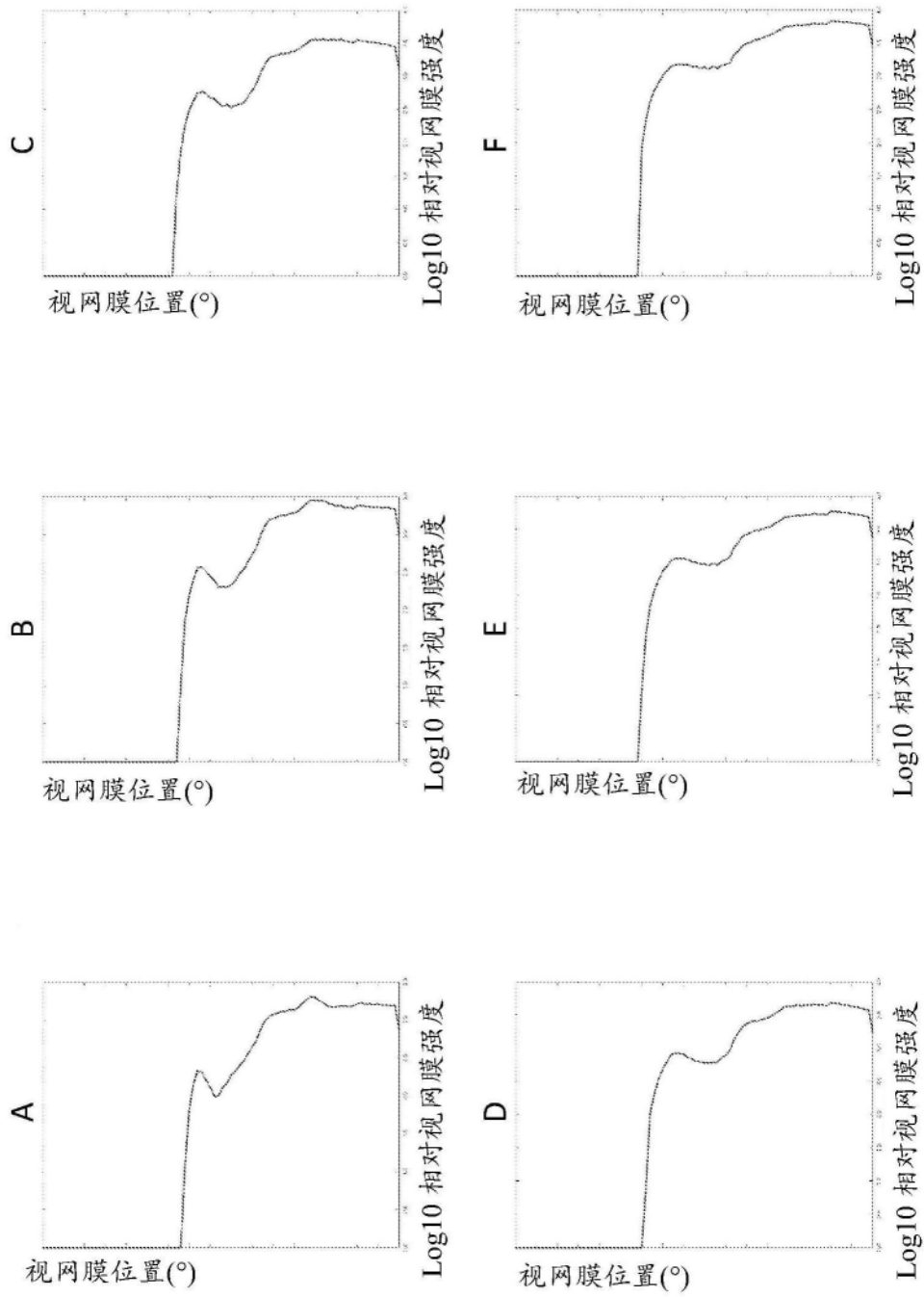


图62

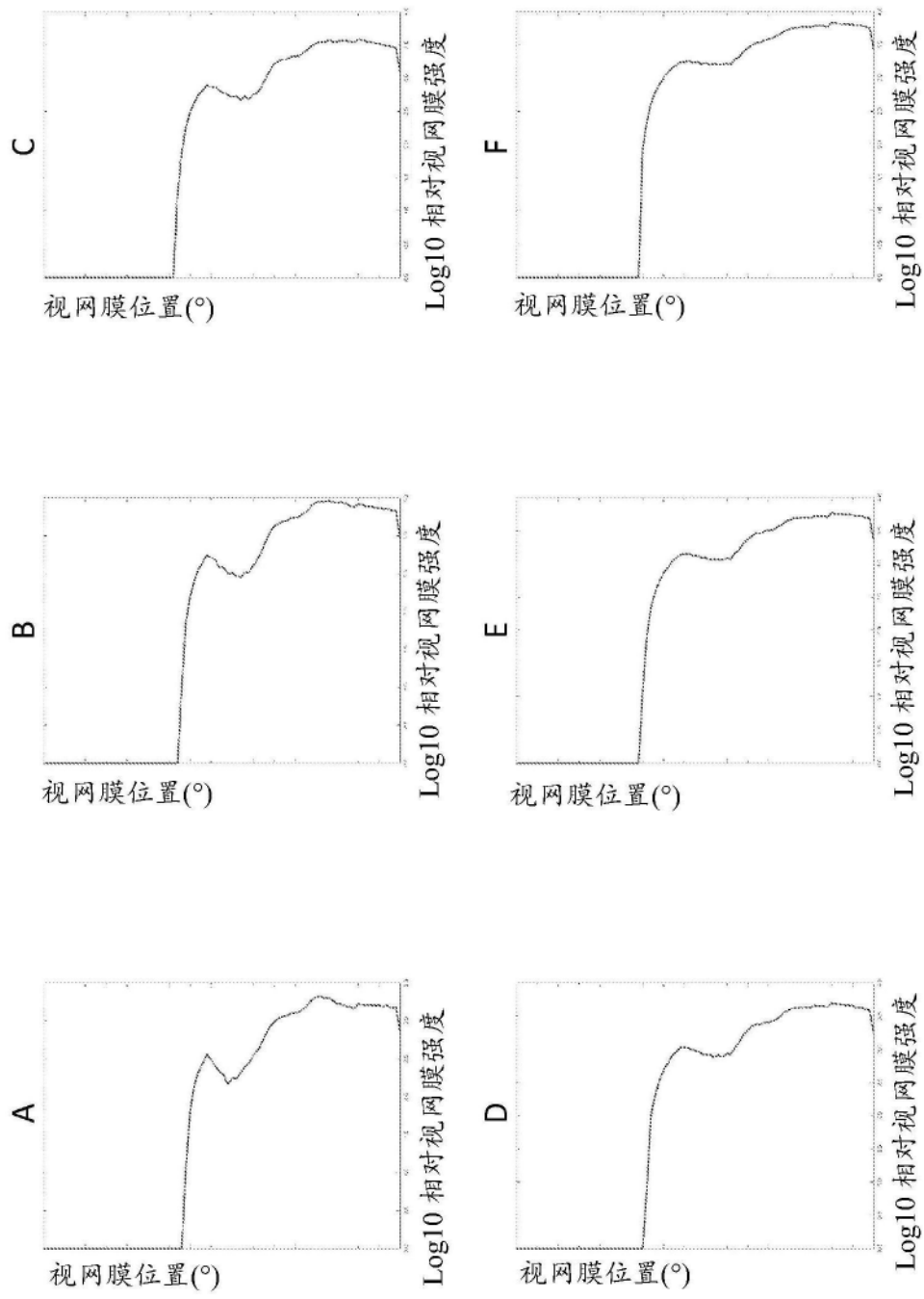


图63

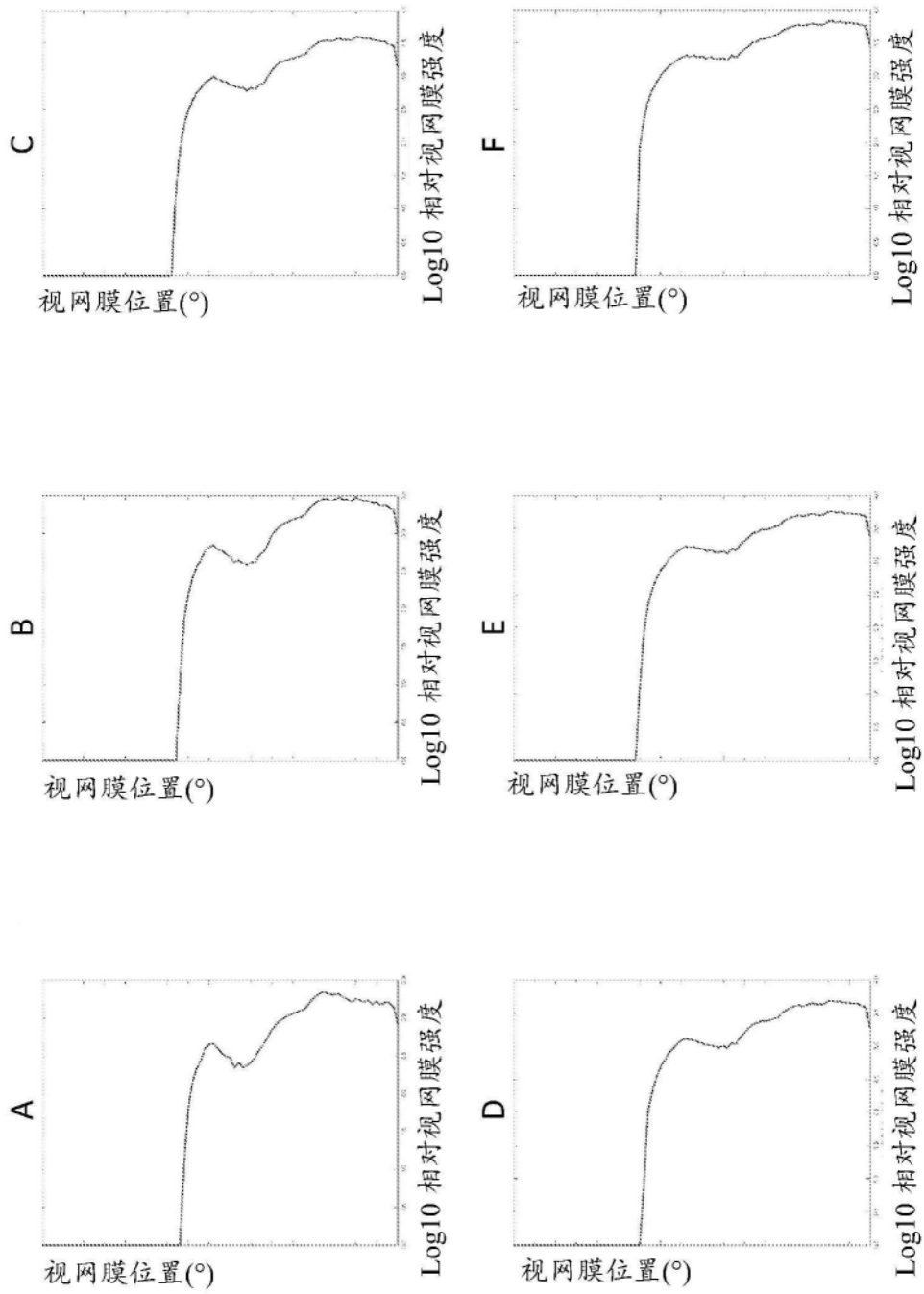


图64

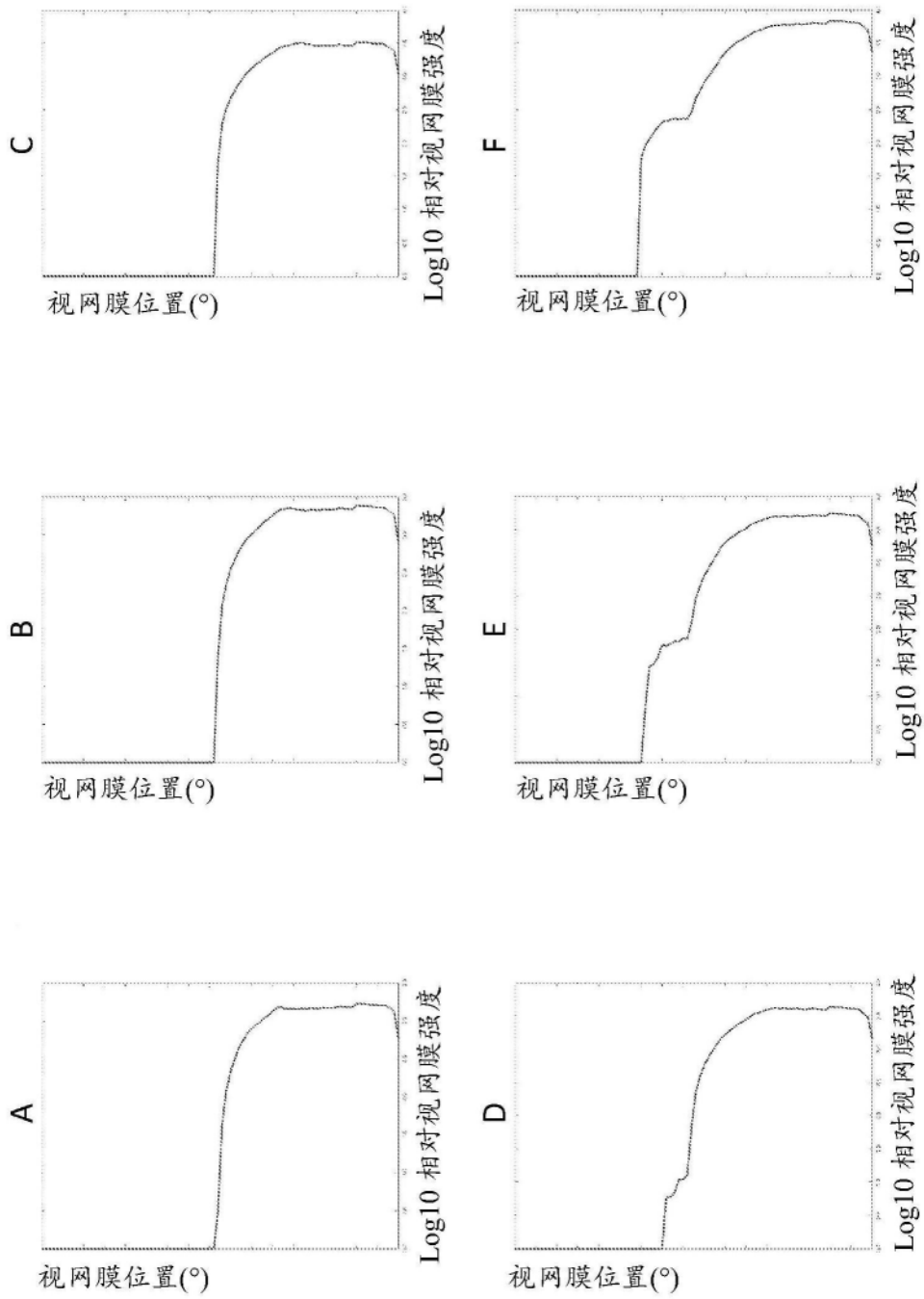


图65

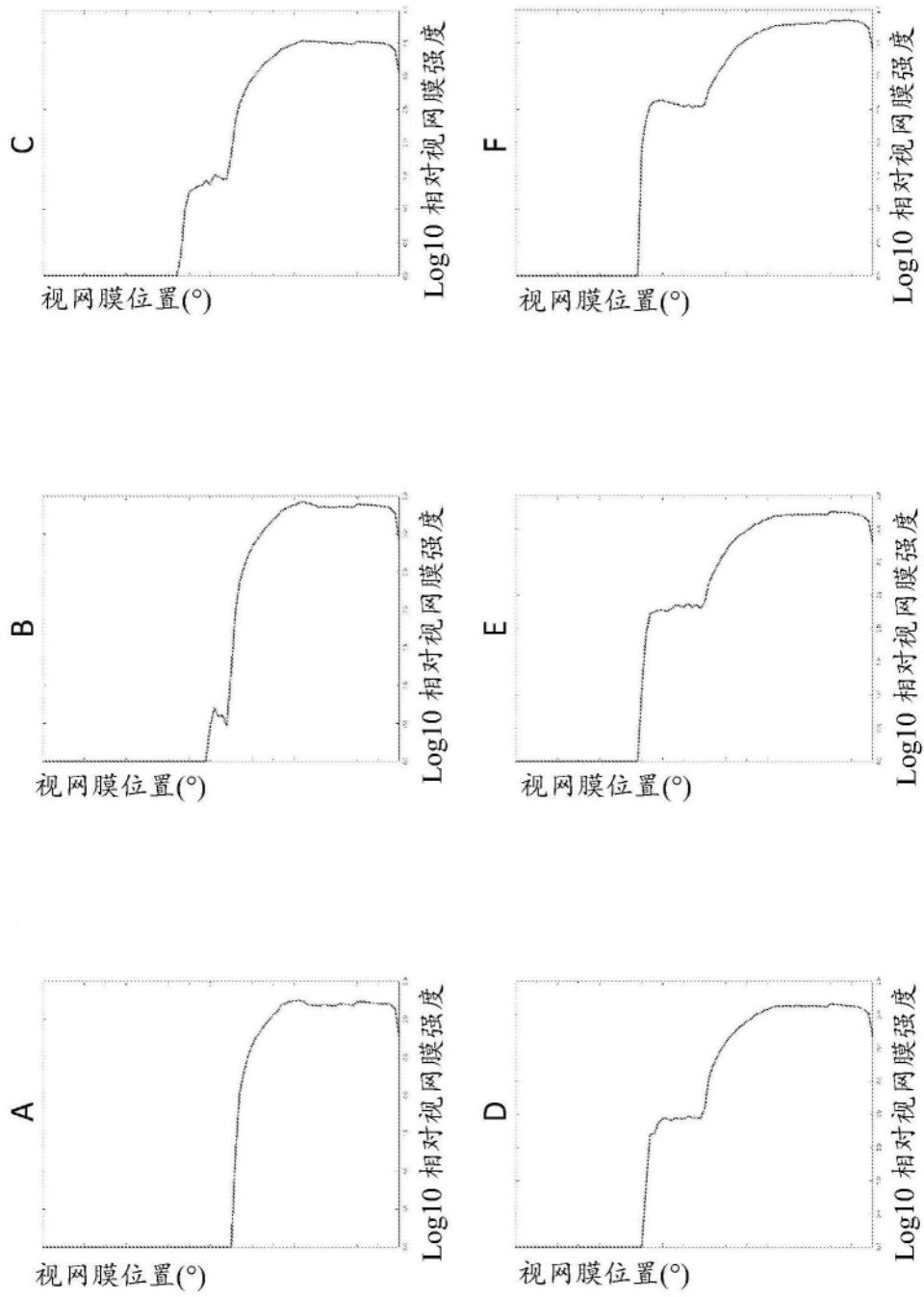


图66

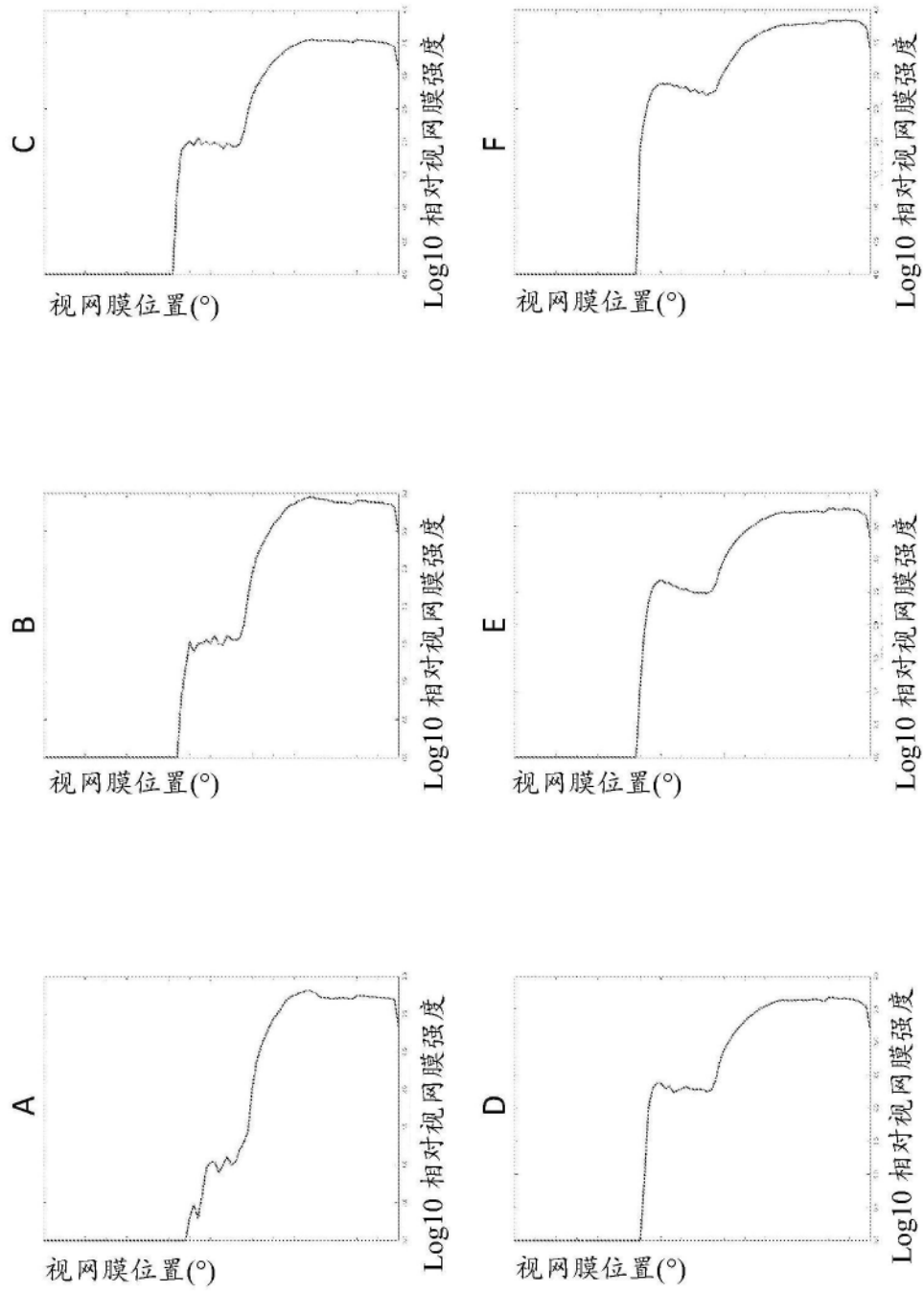


图67

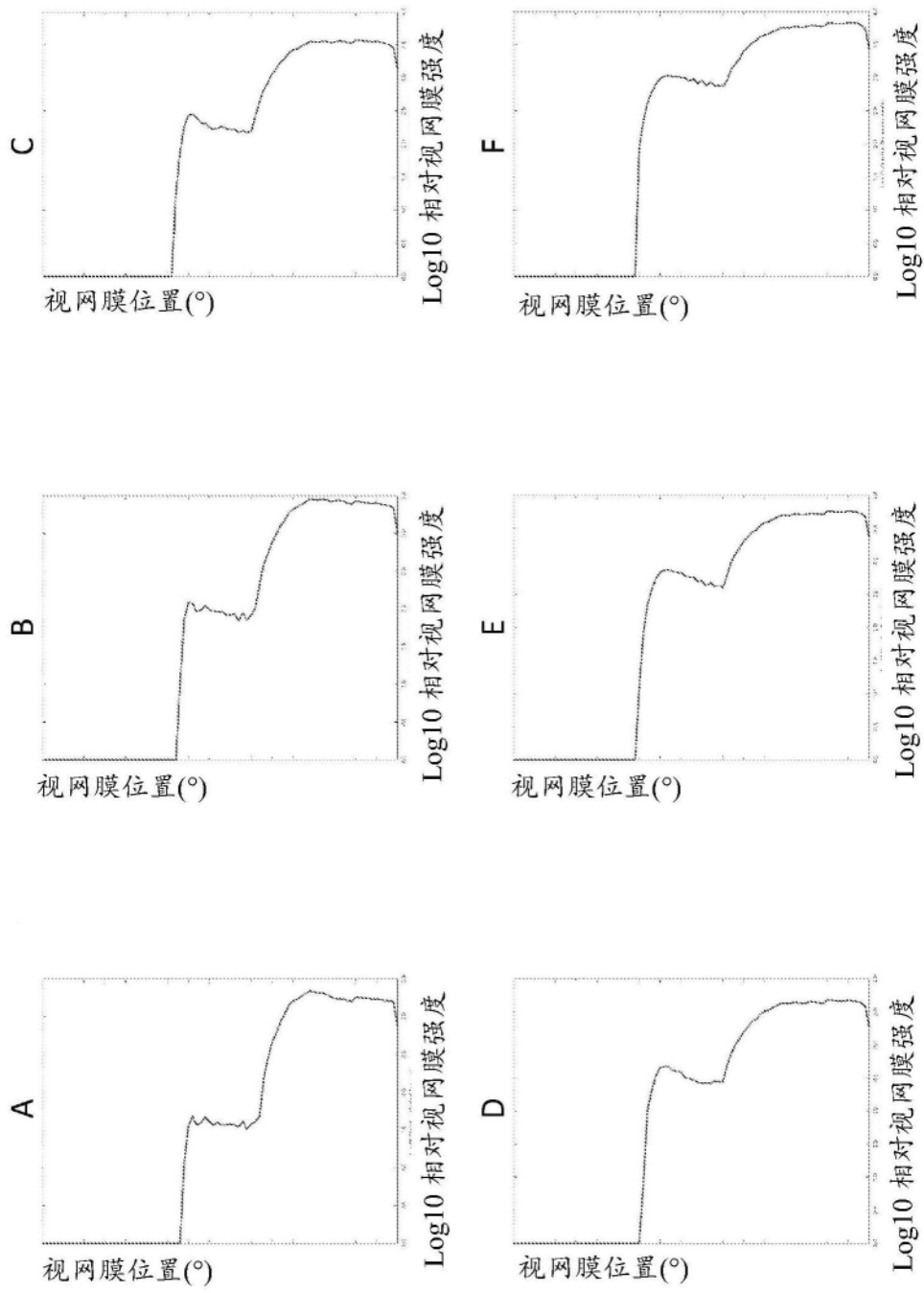


图68

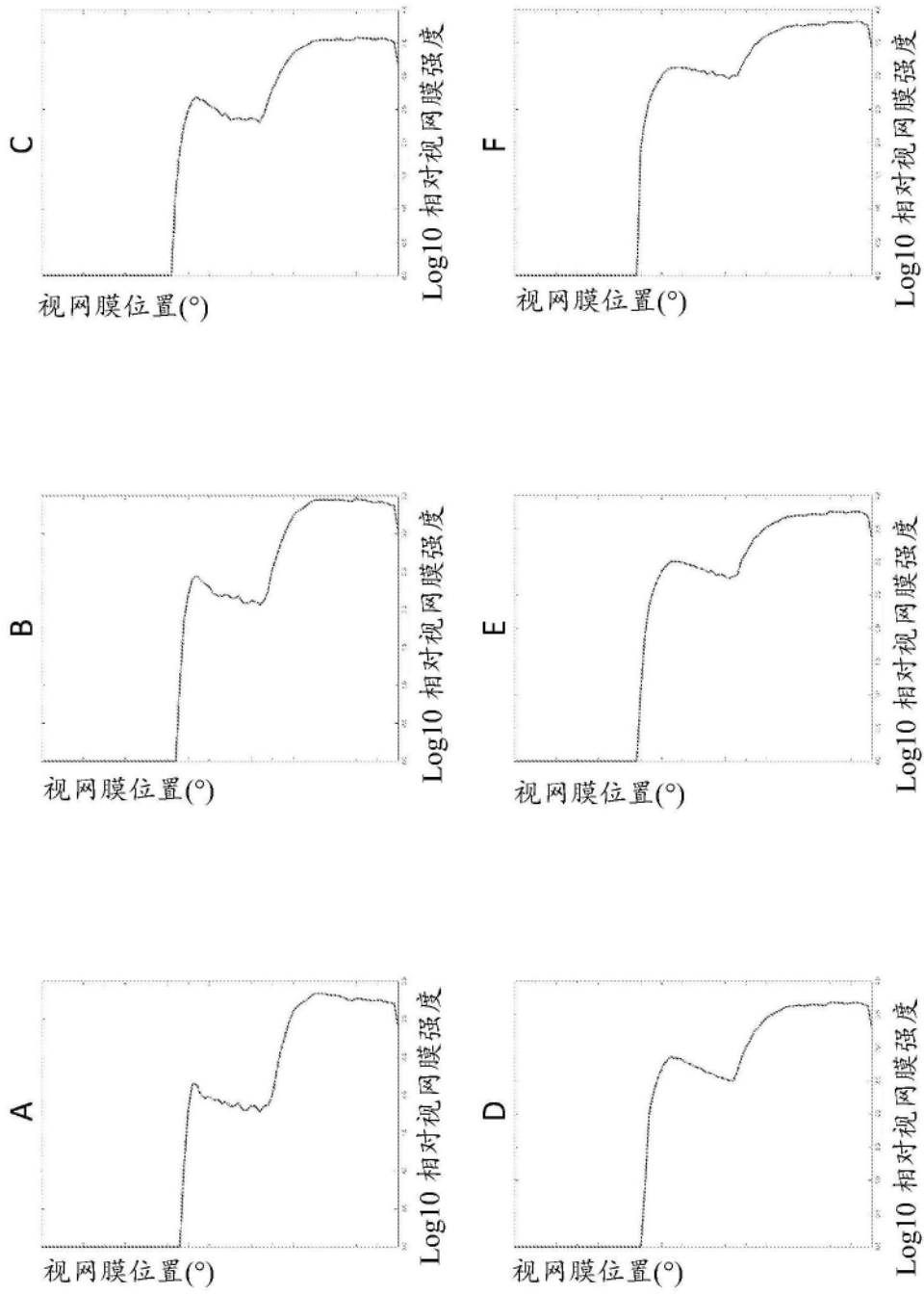


图69

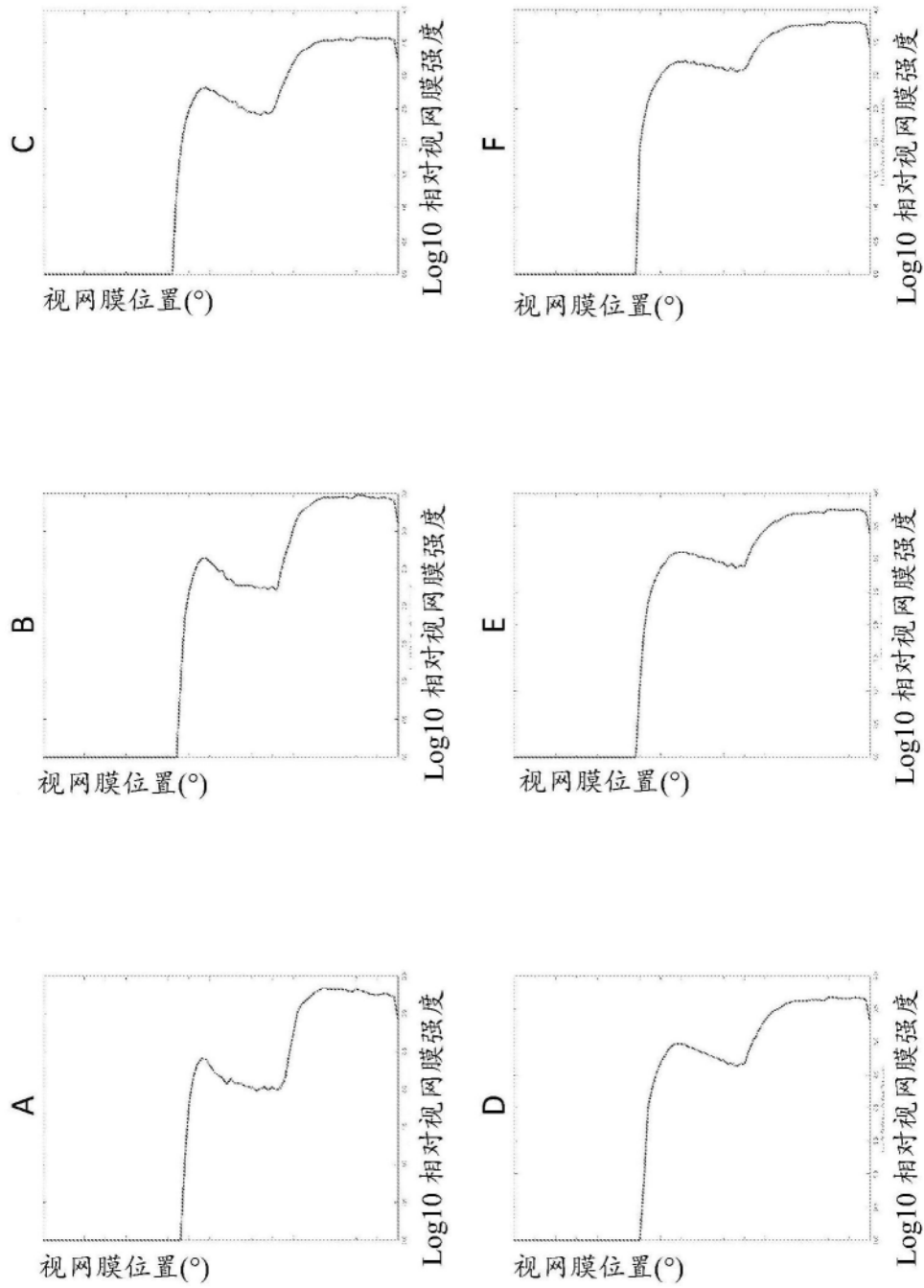


图70

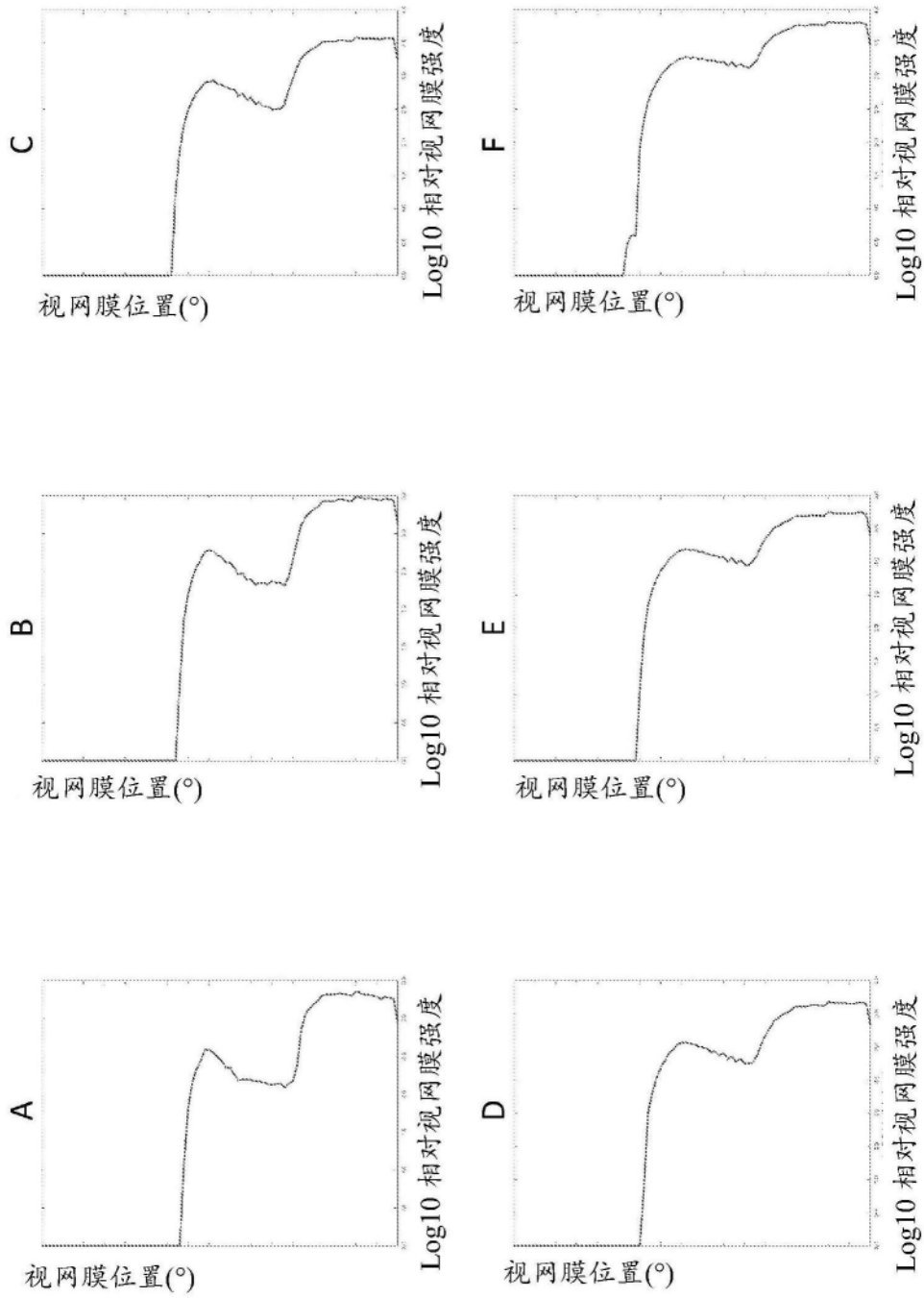


图71

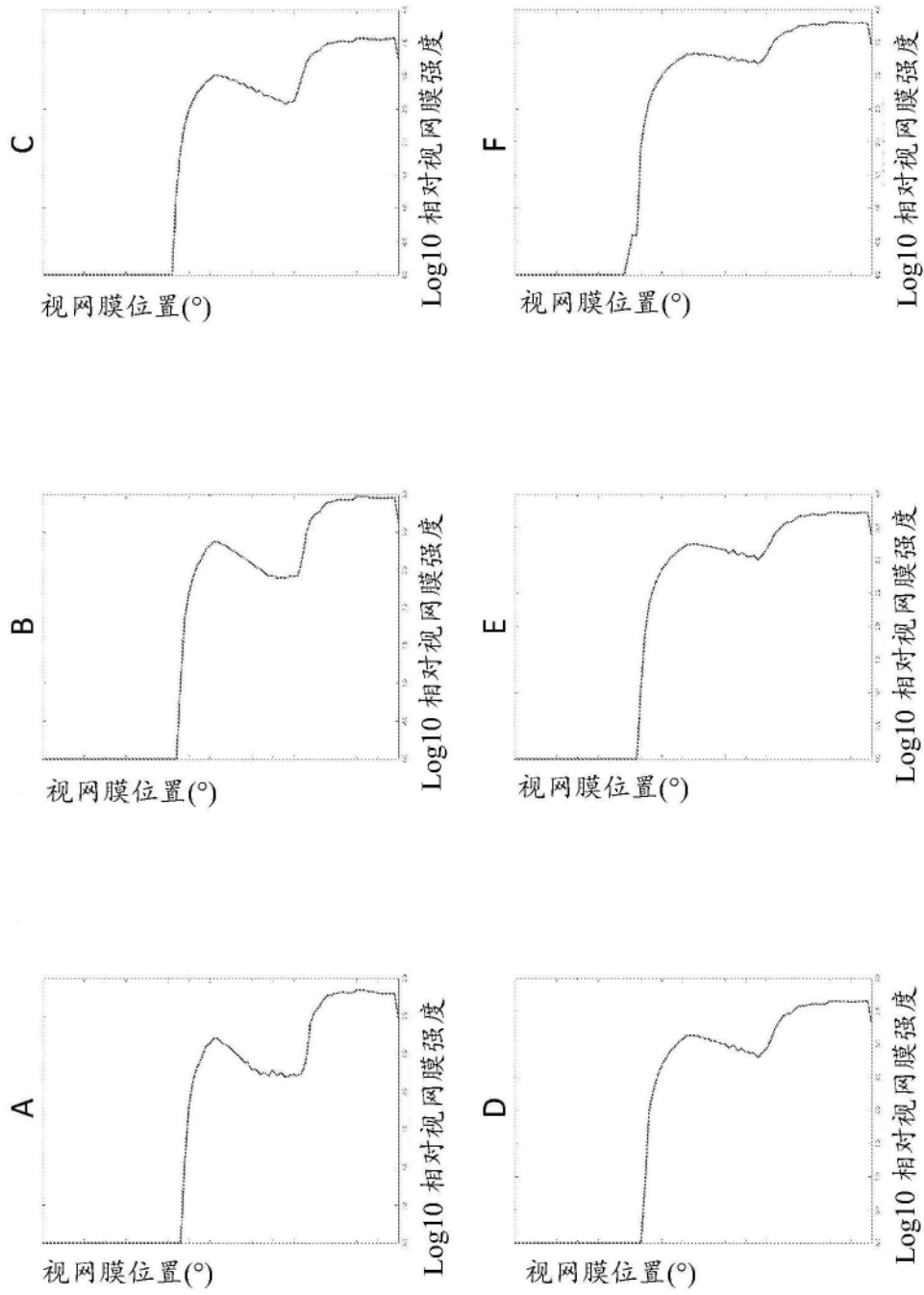


图72

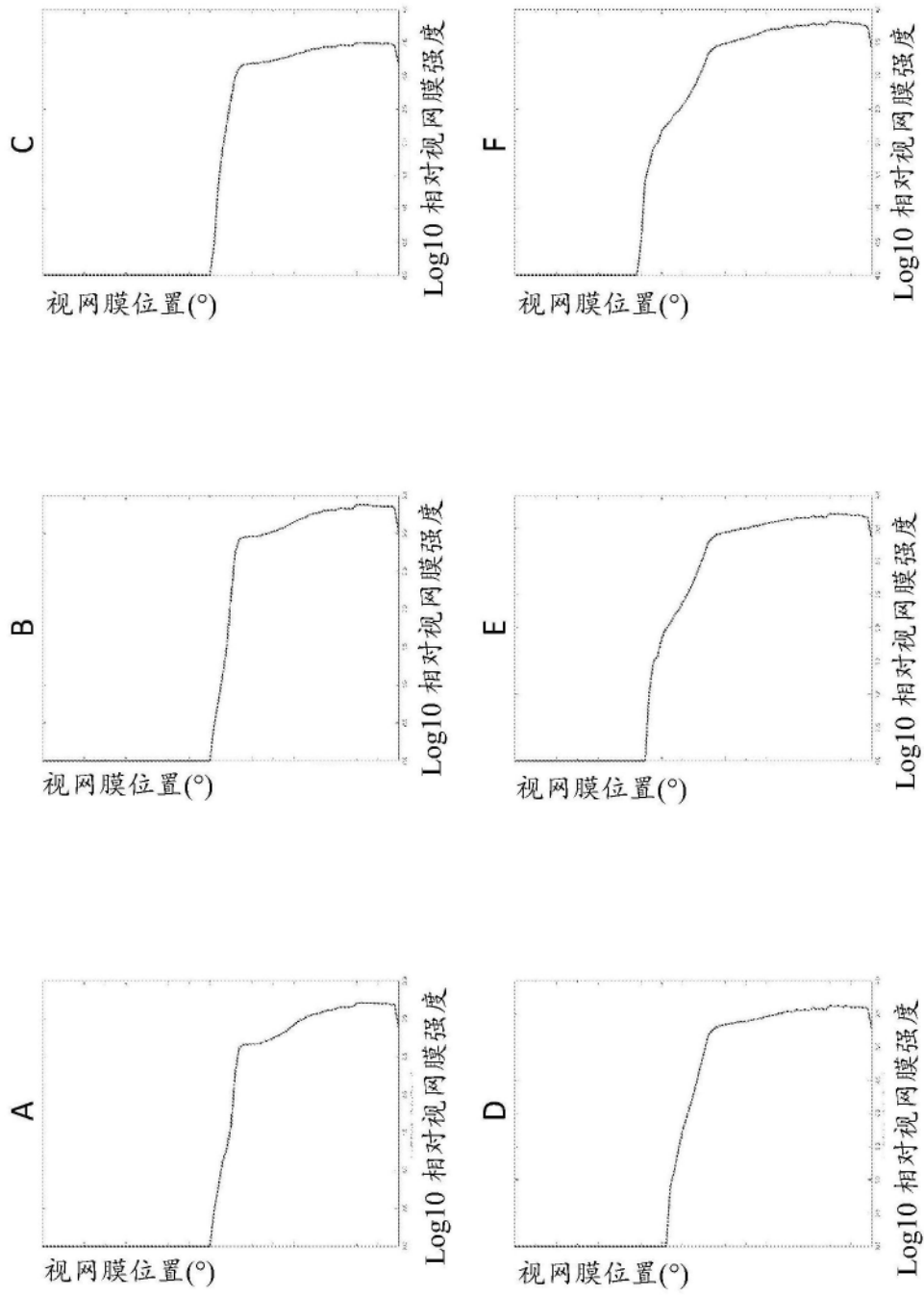


图73

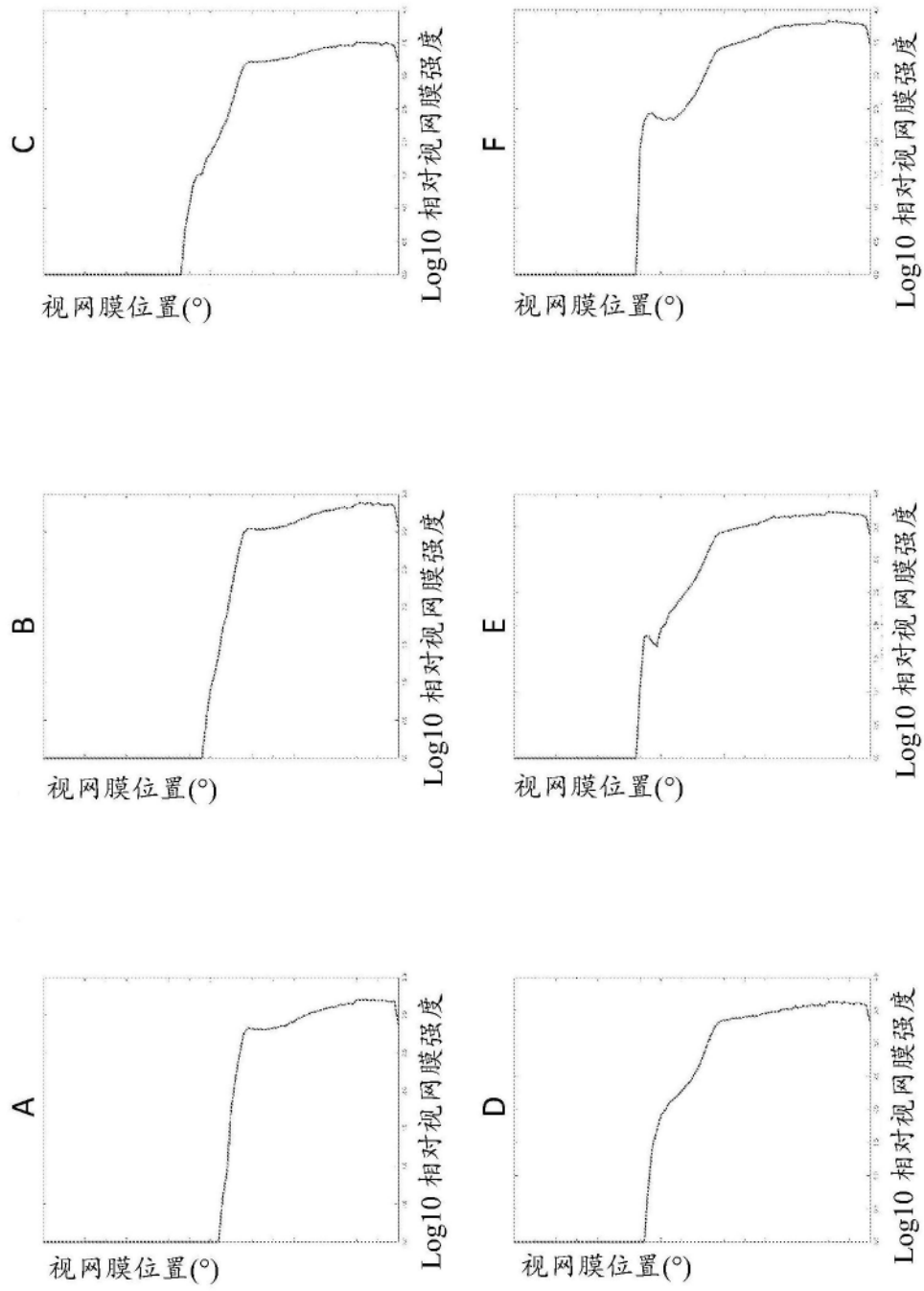


图74

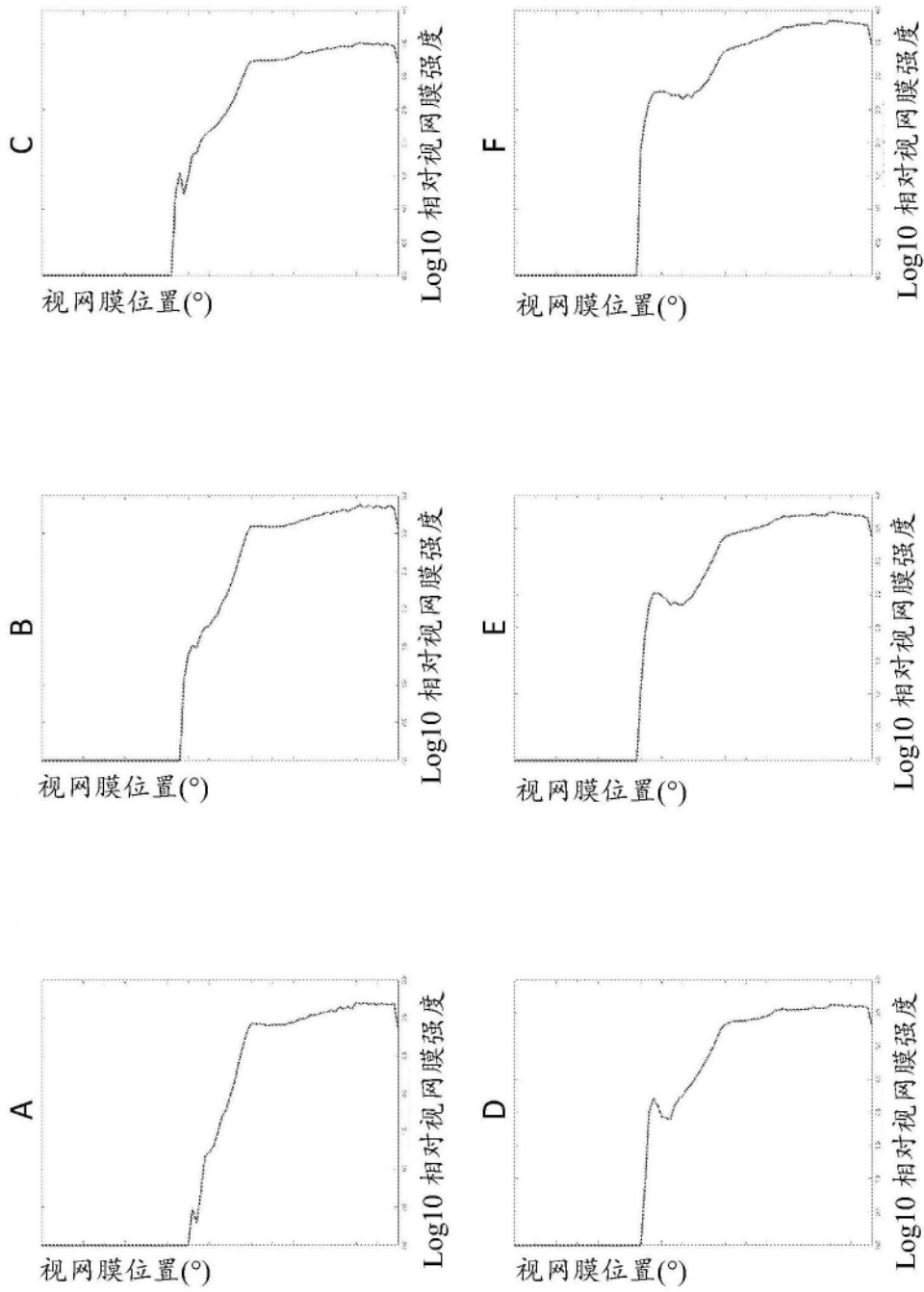


图75

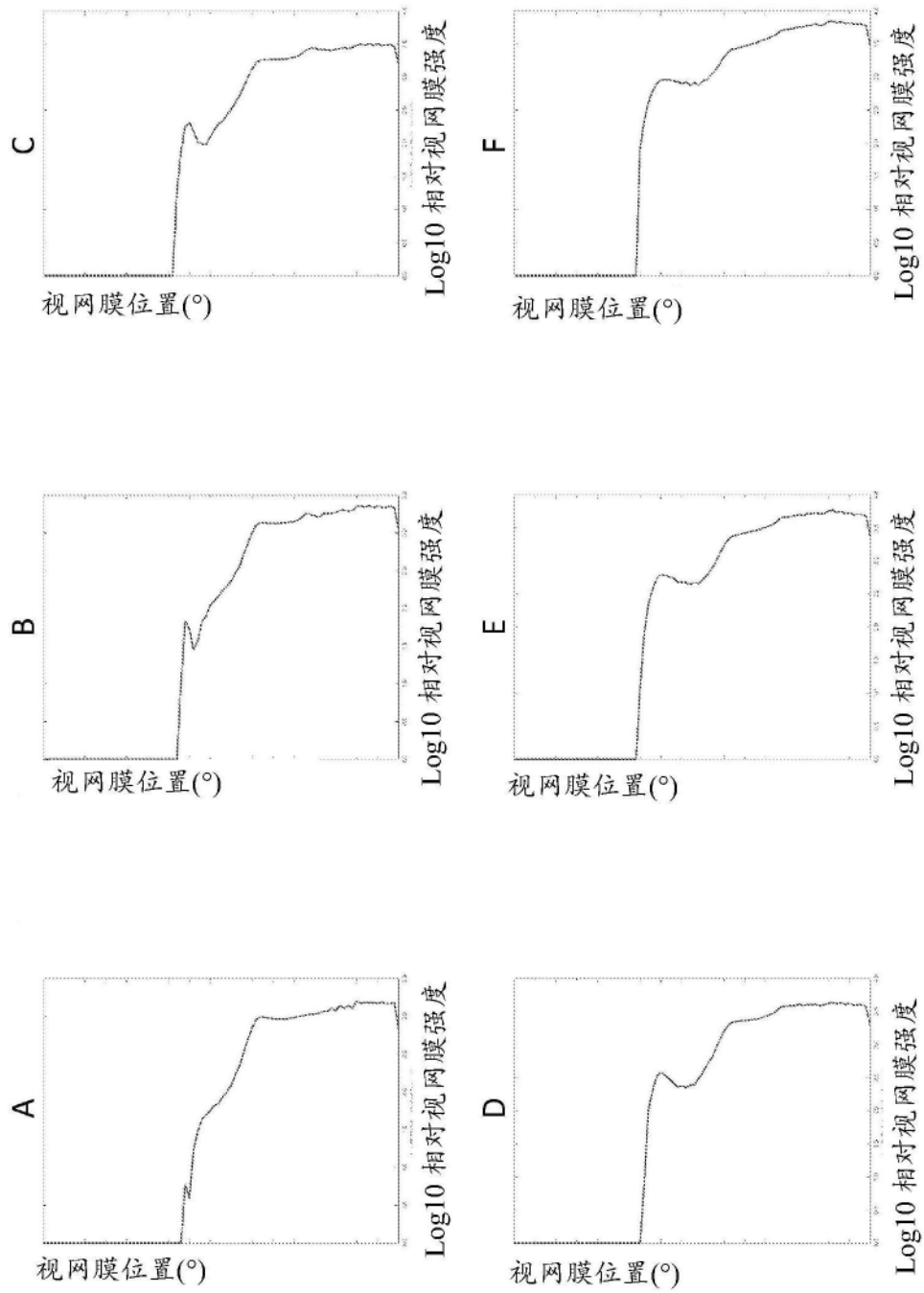


图76

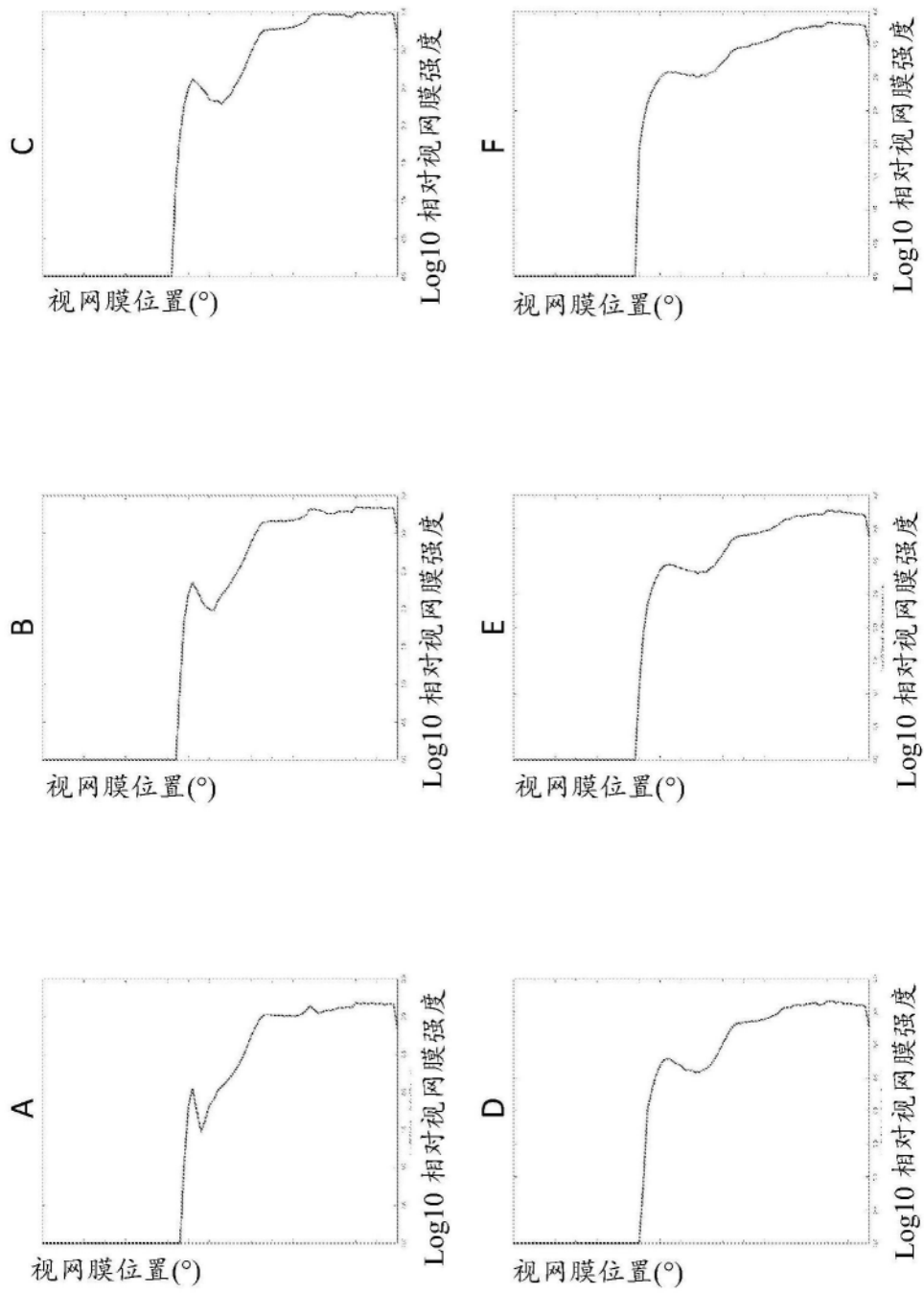


图77

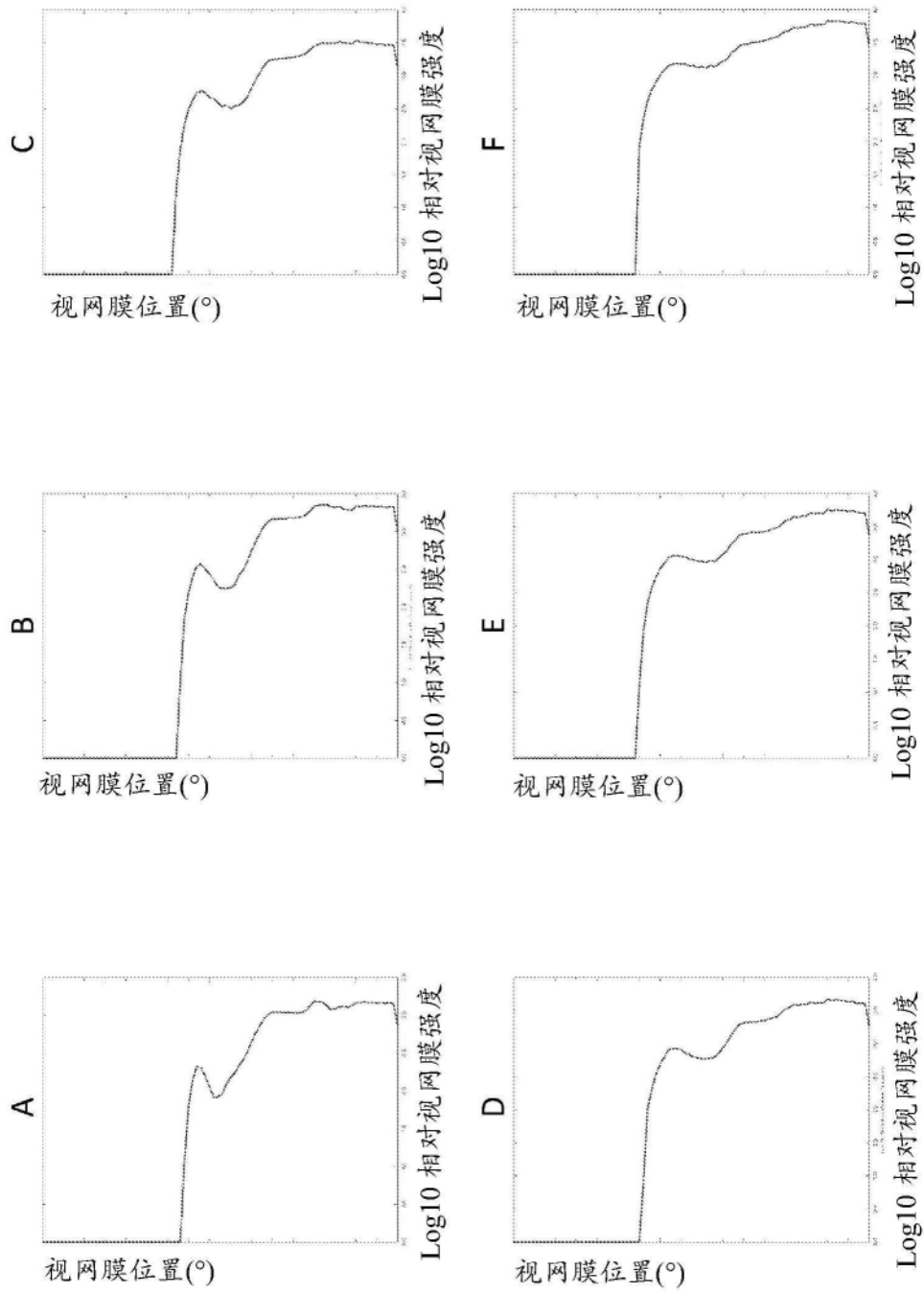


图78

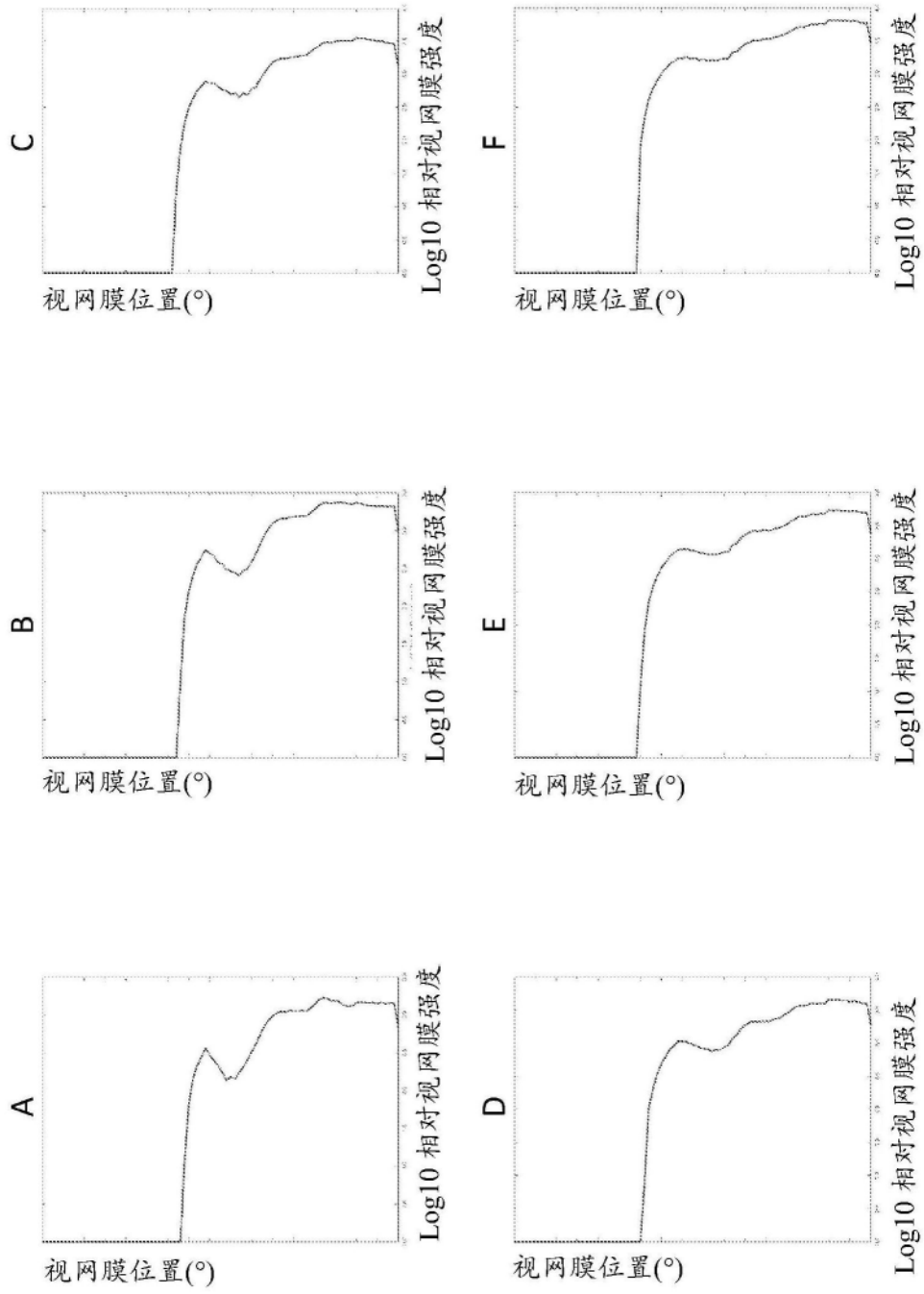


图79

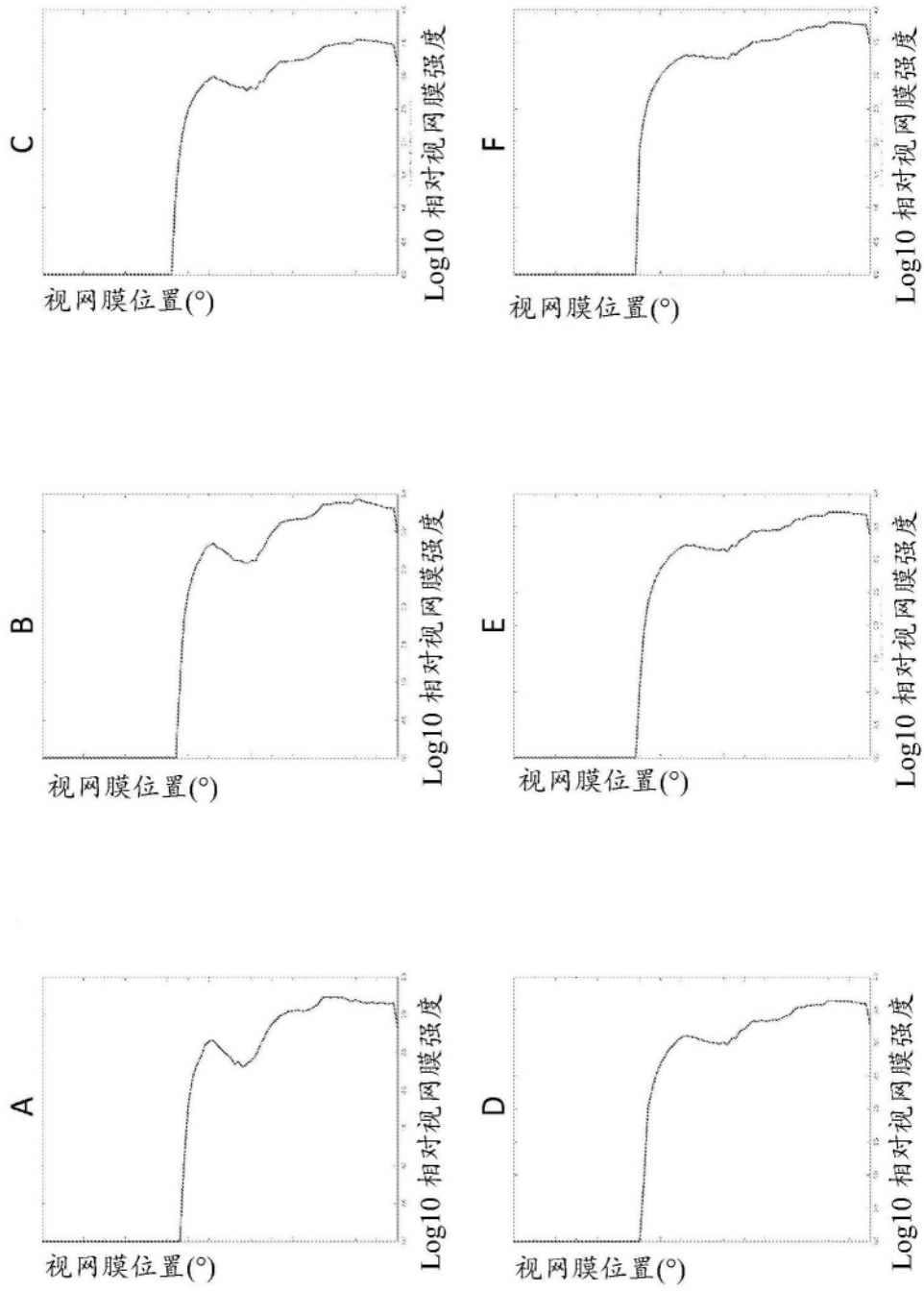


图80

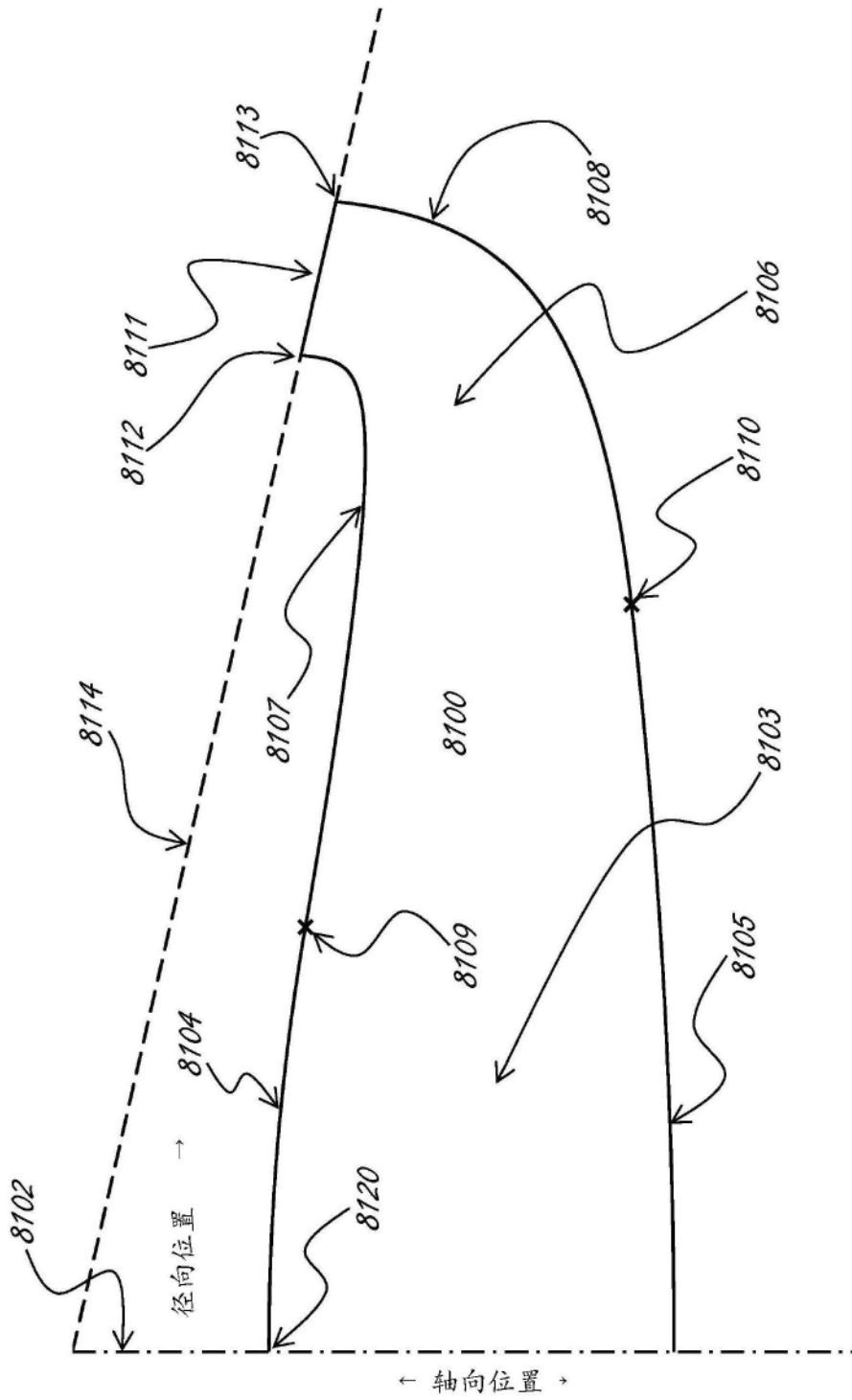


图81

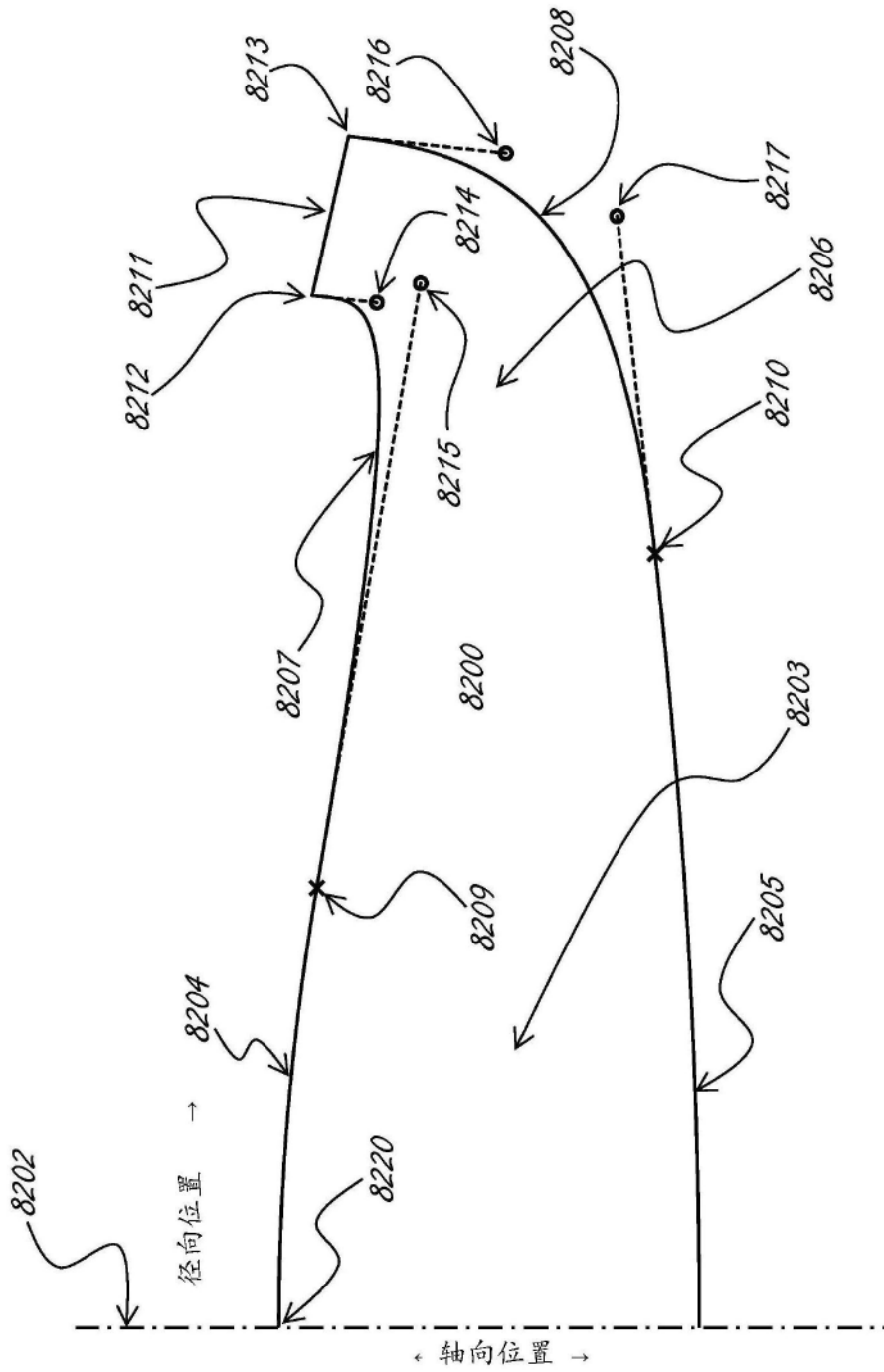


图82

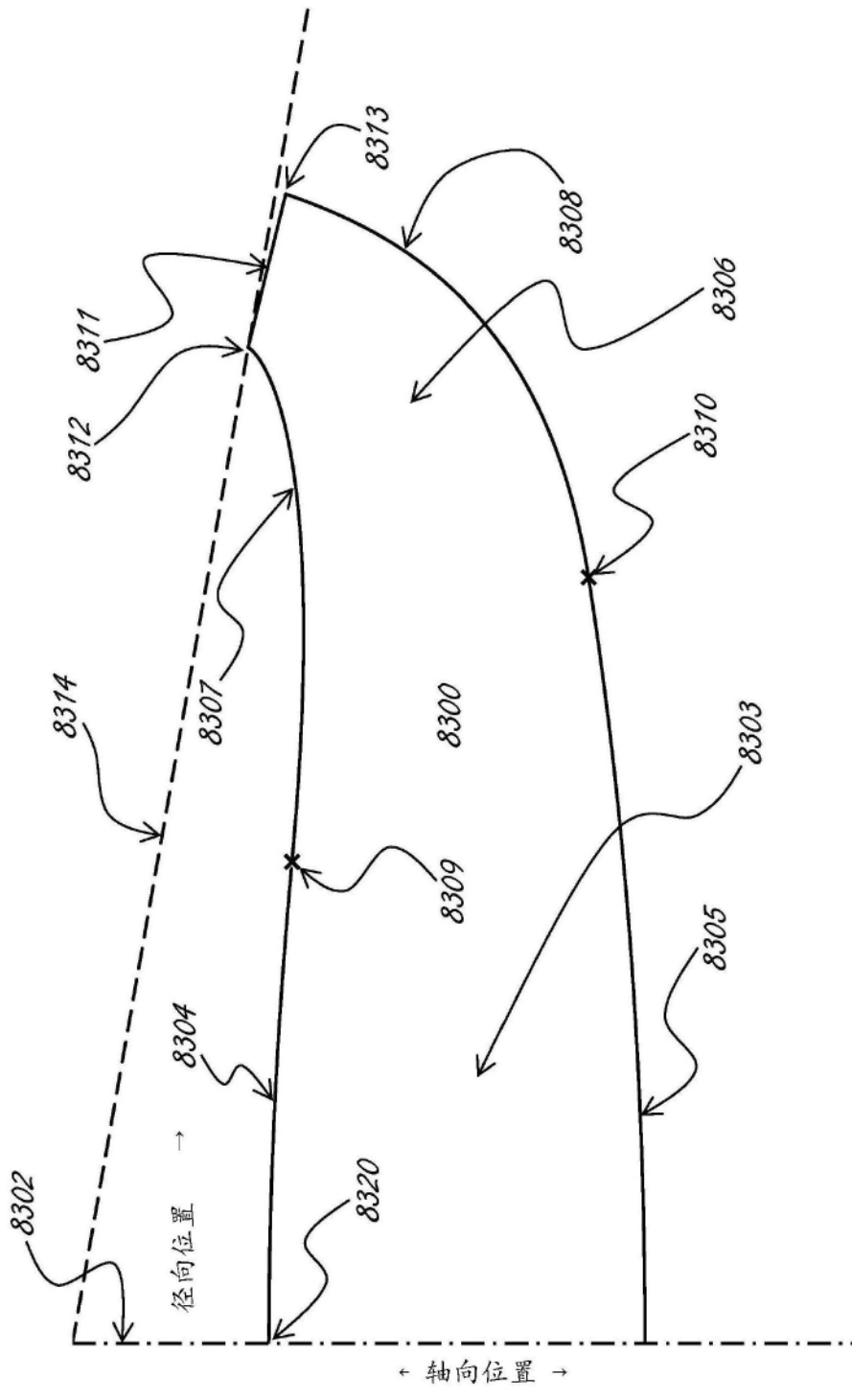


图83

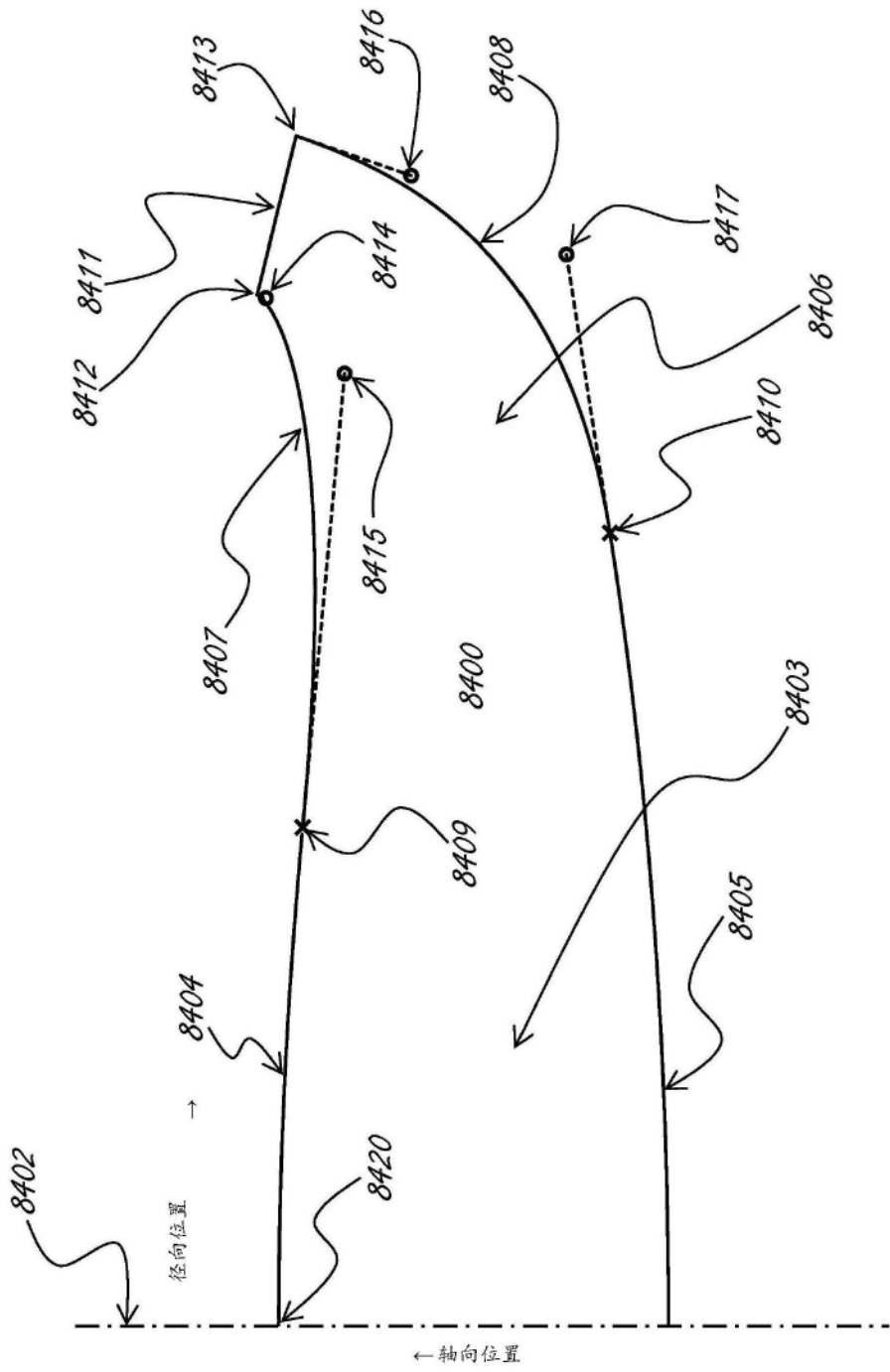


图84

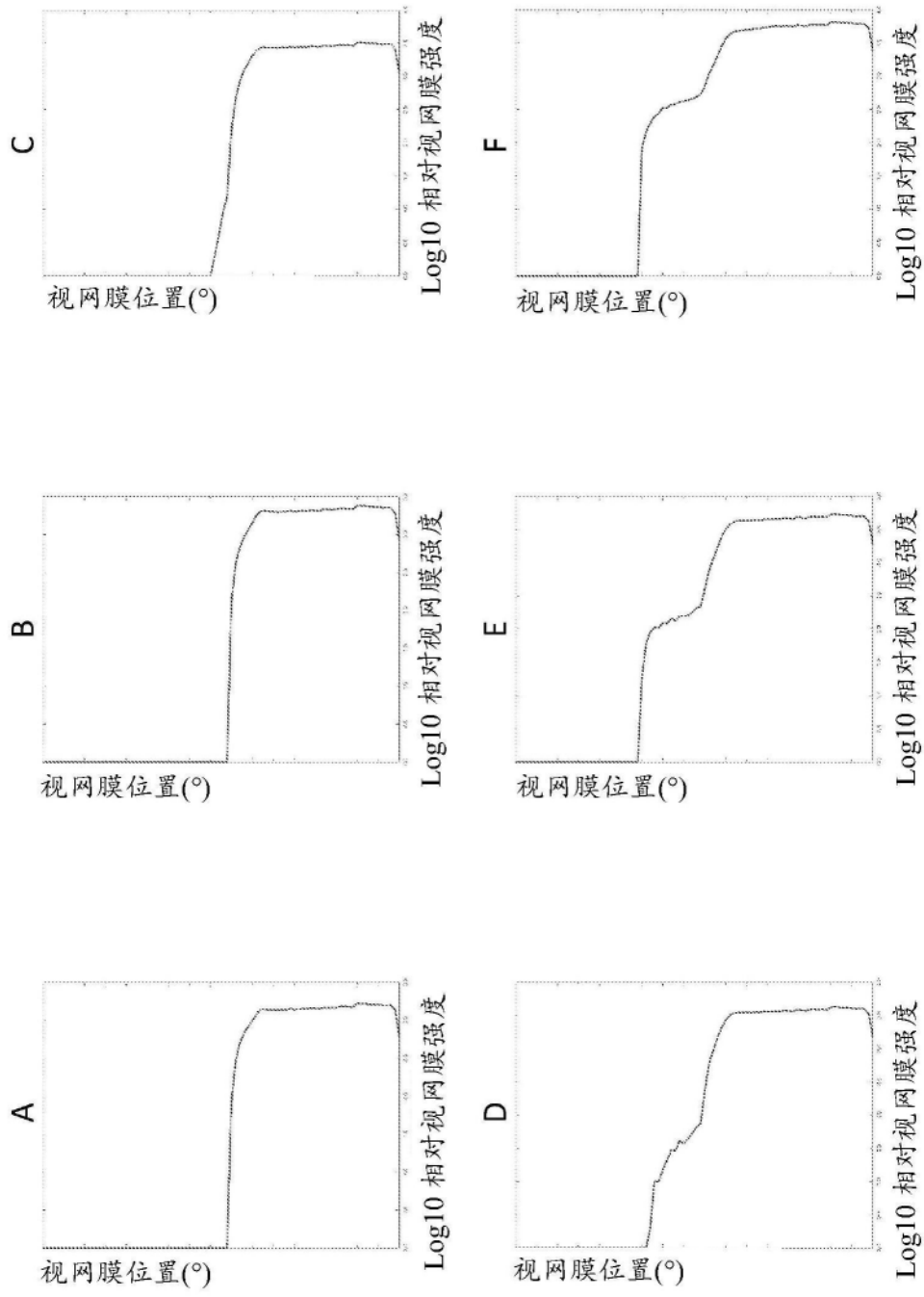


图85

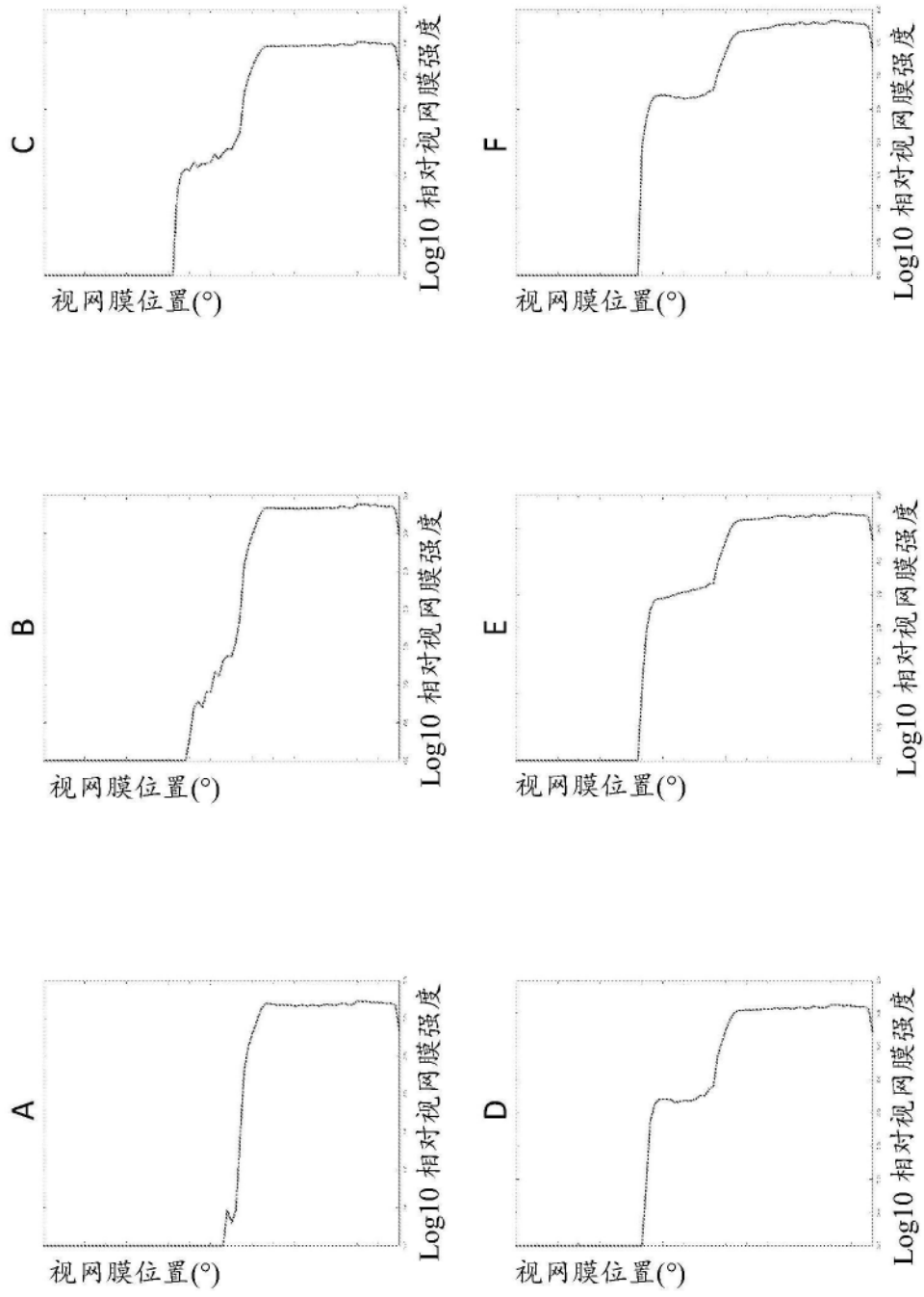


图86

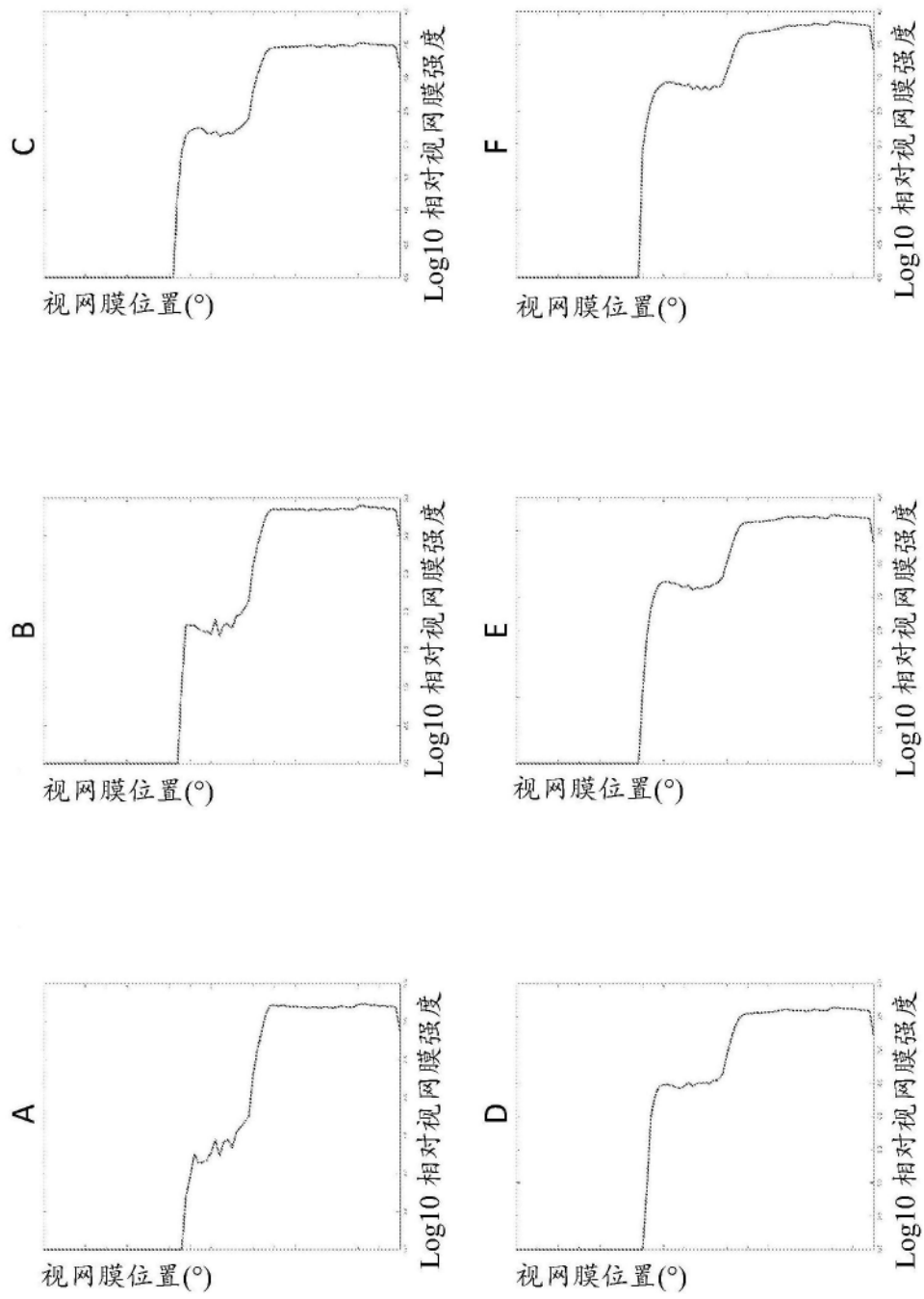


图87

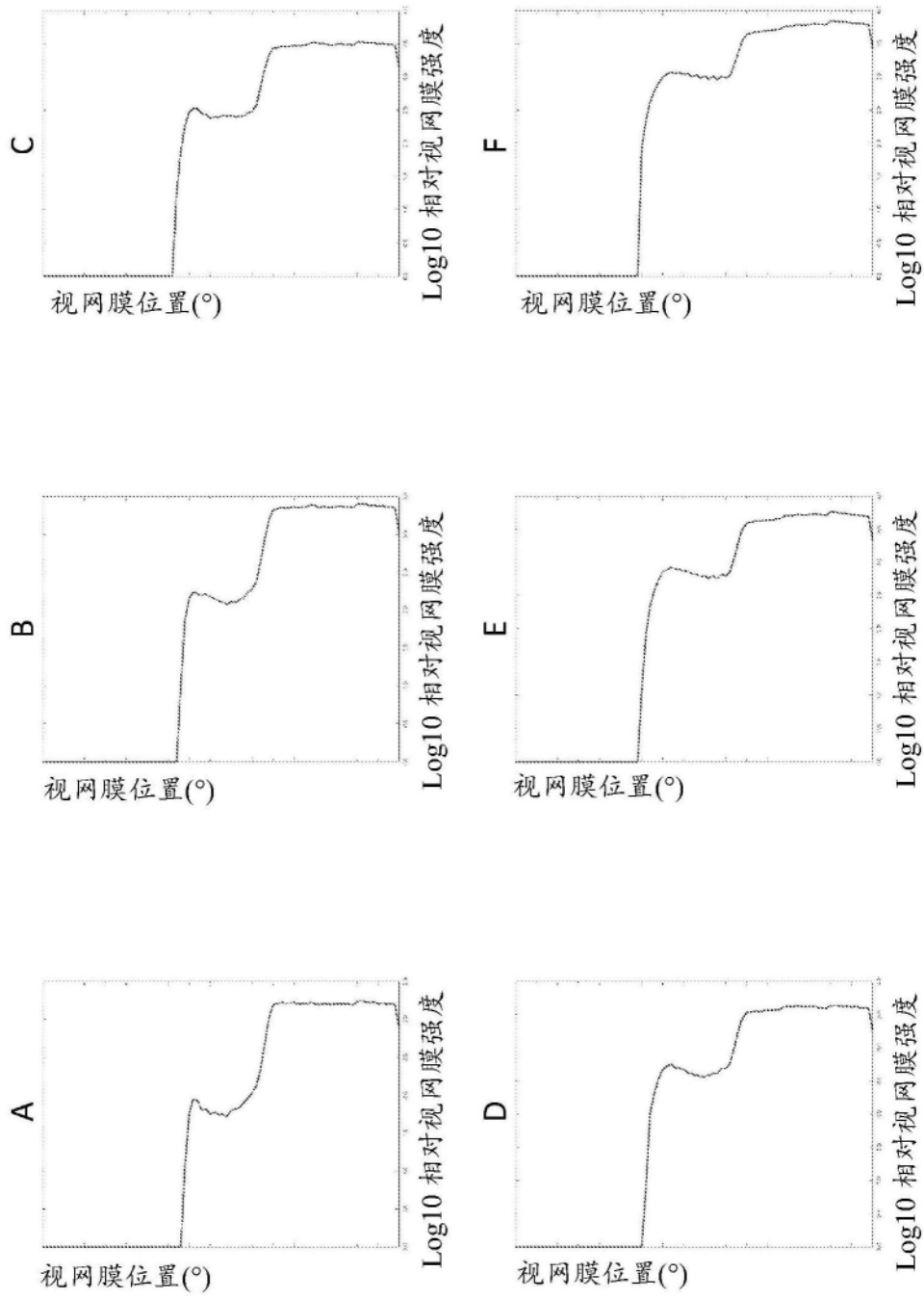


图88

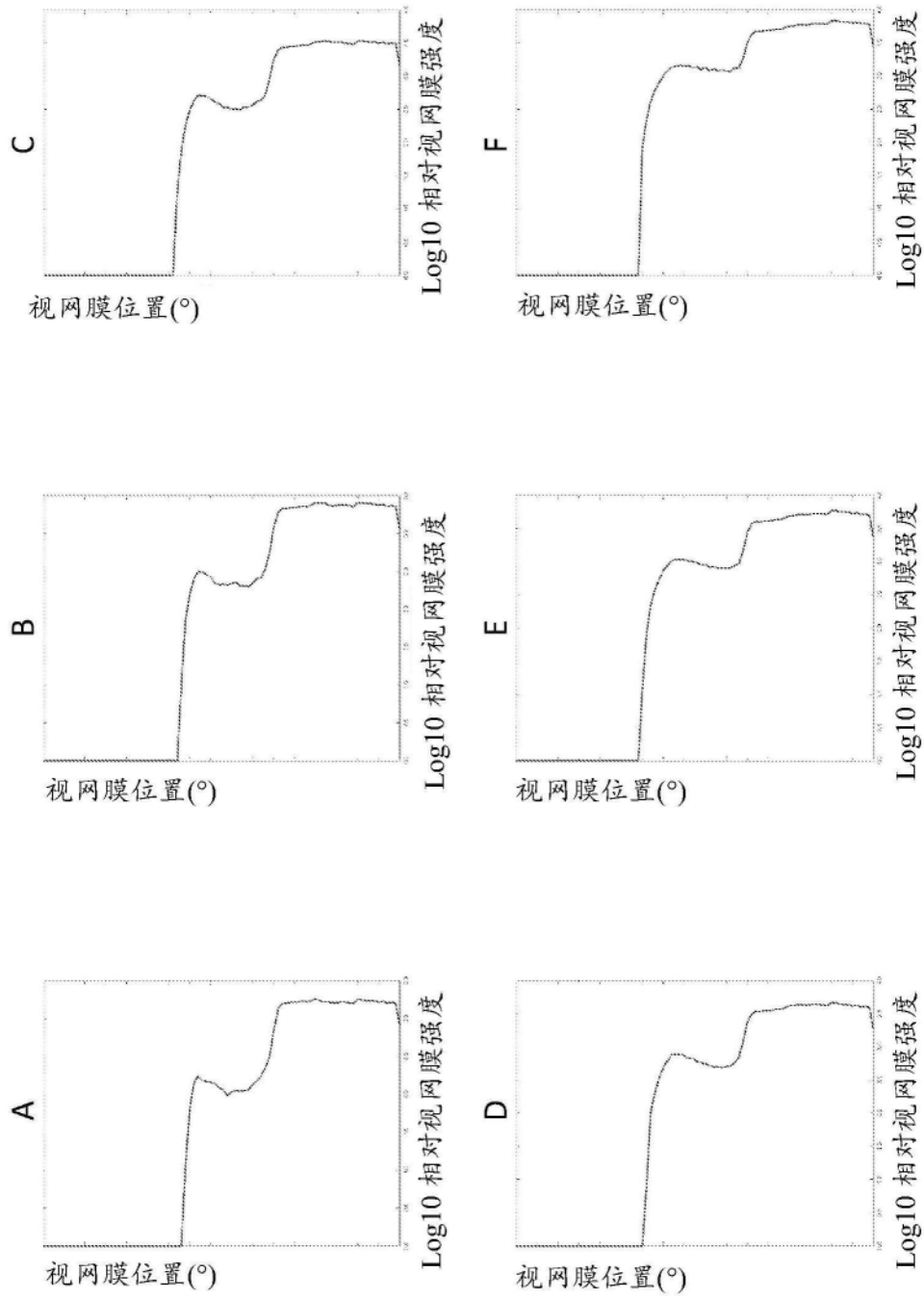


图89

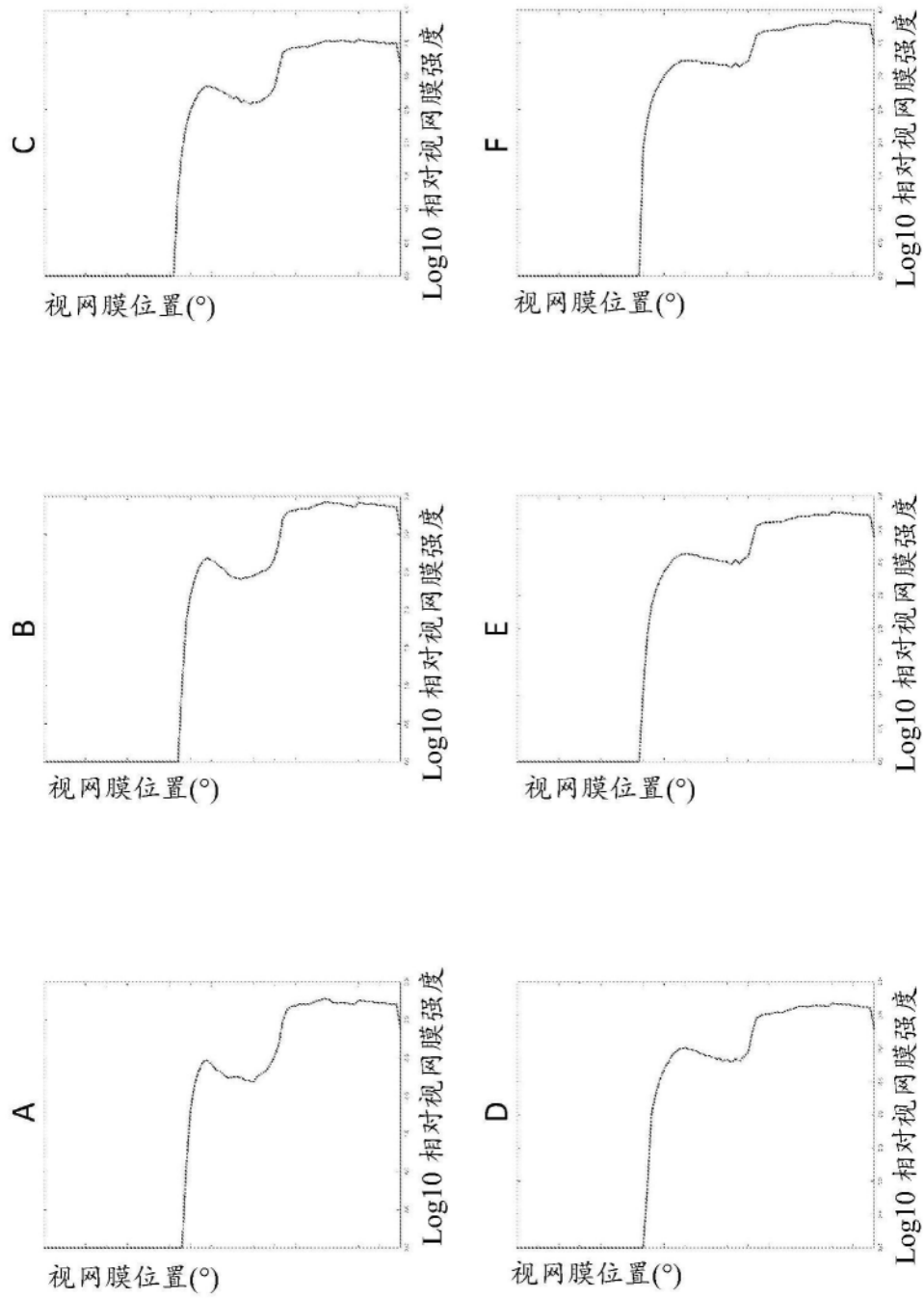


图90

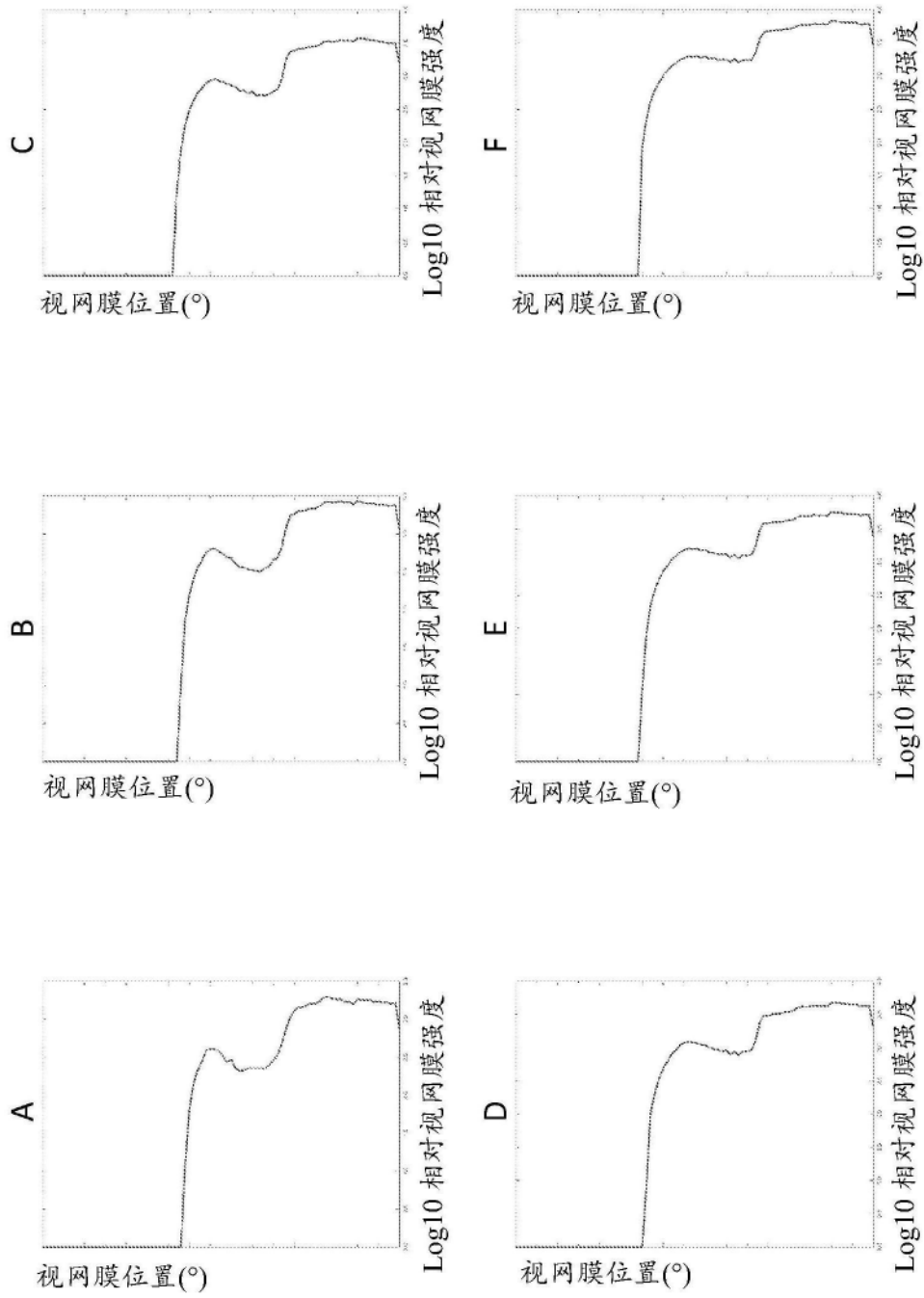


图91

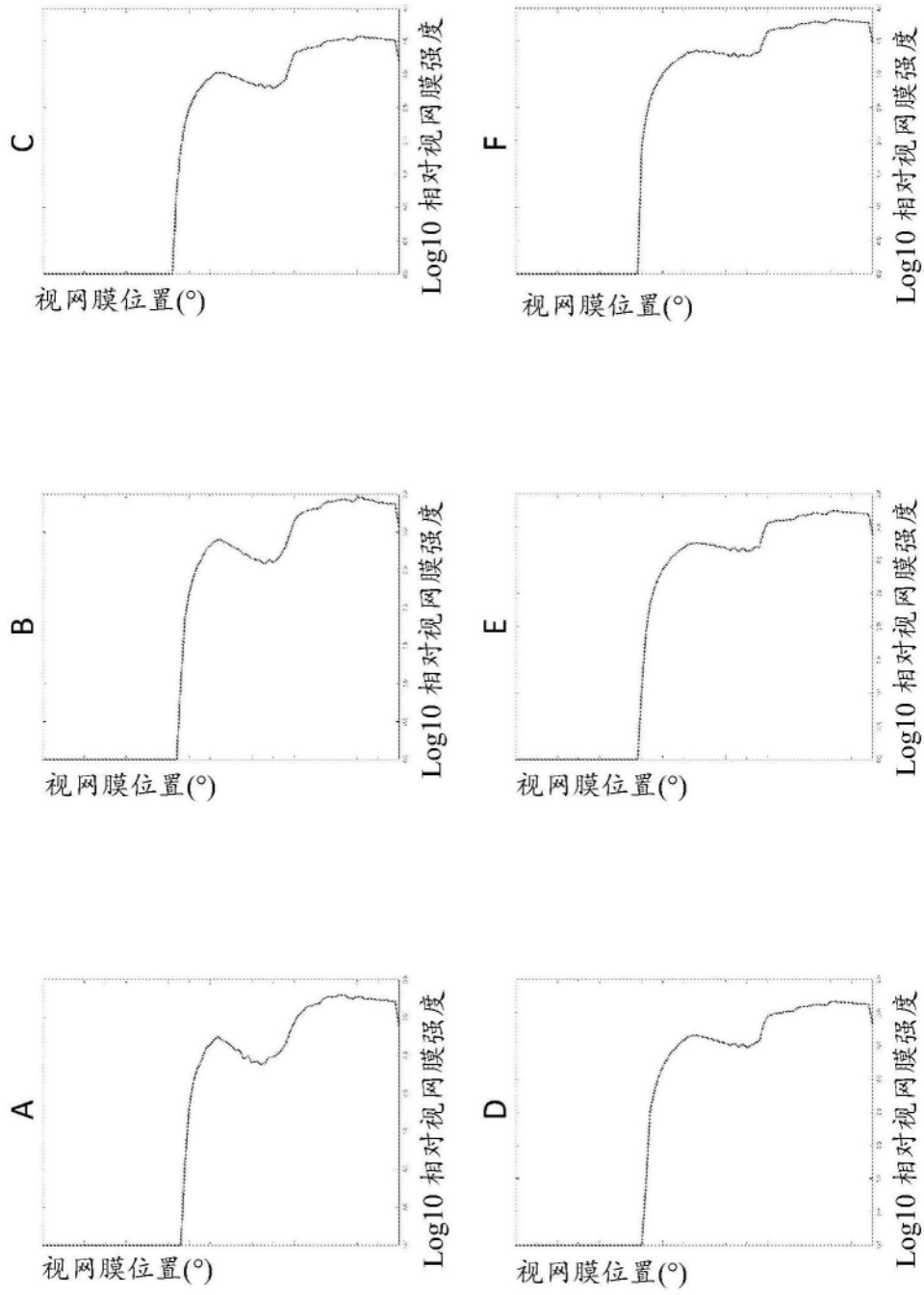


图92

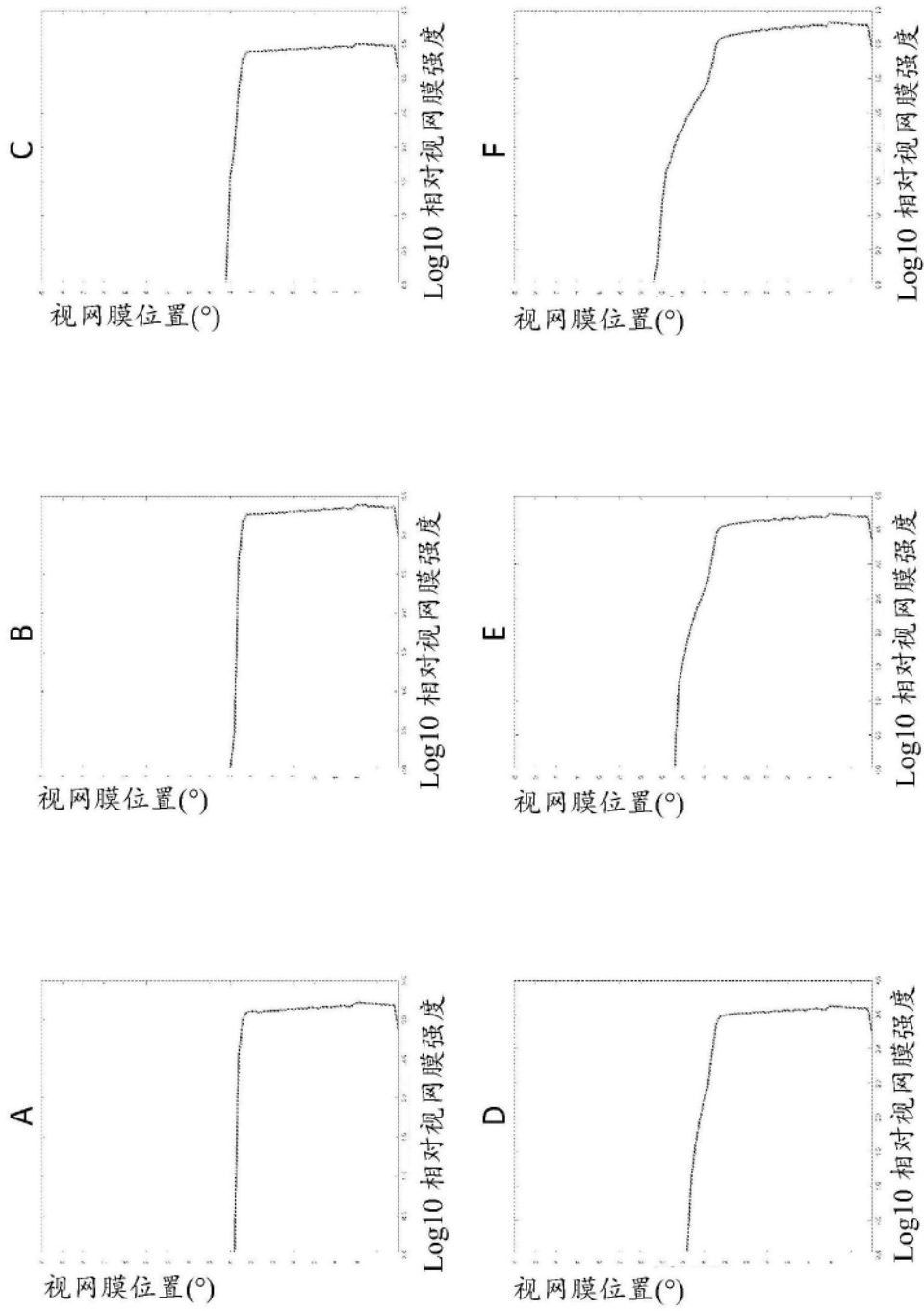


图93

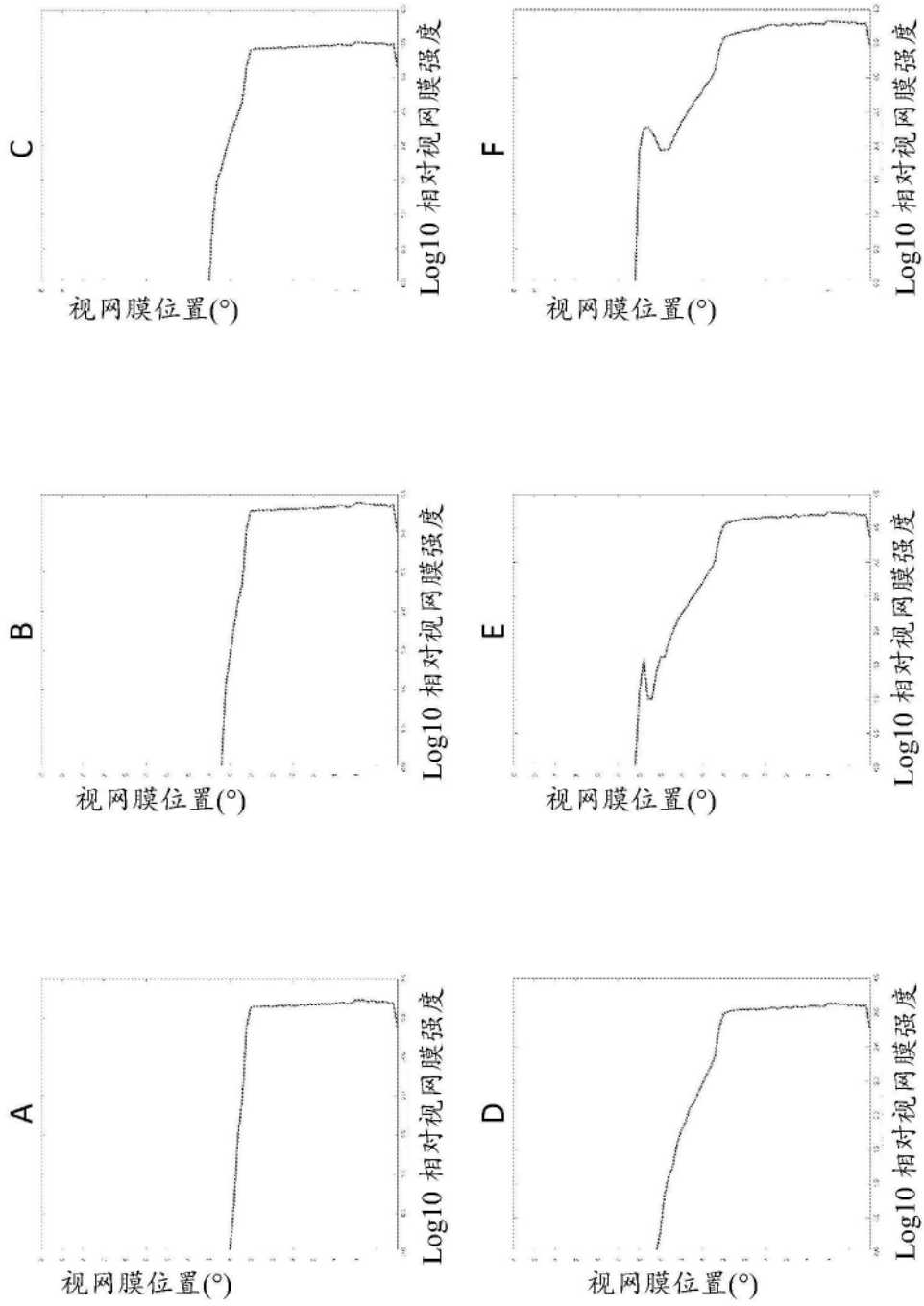


图94

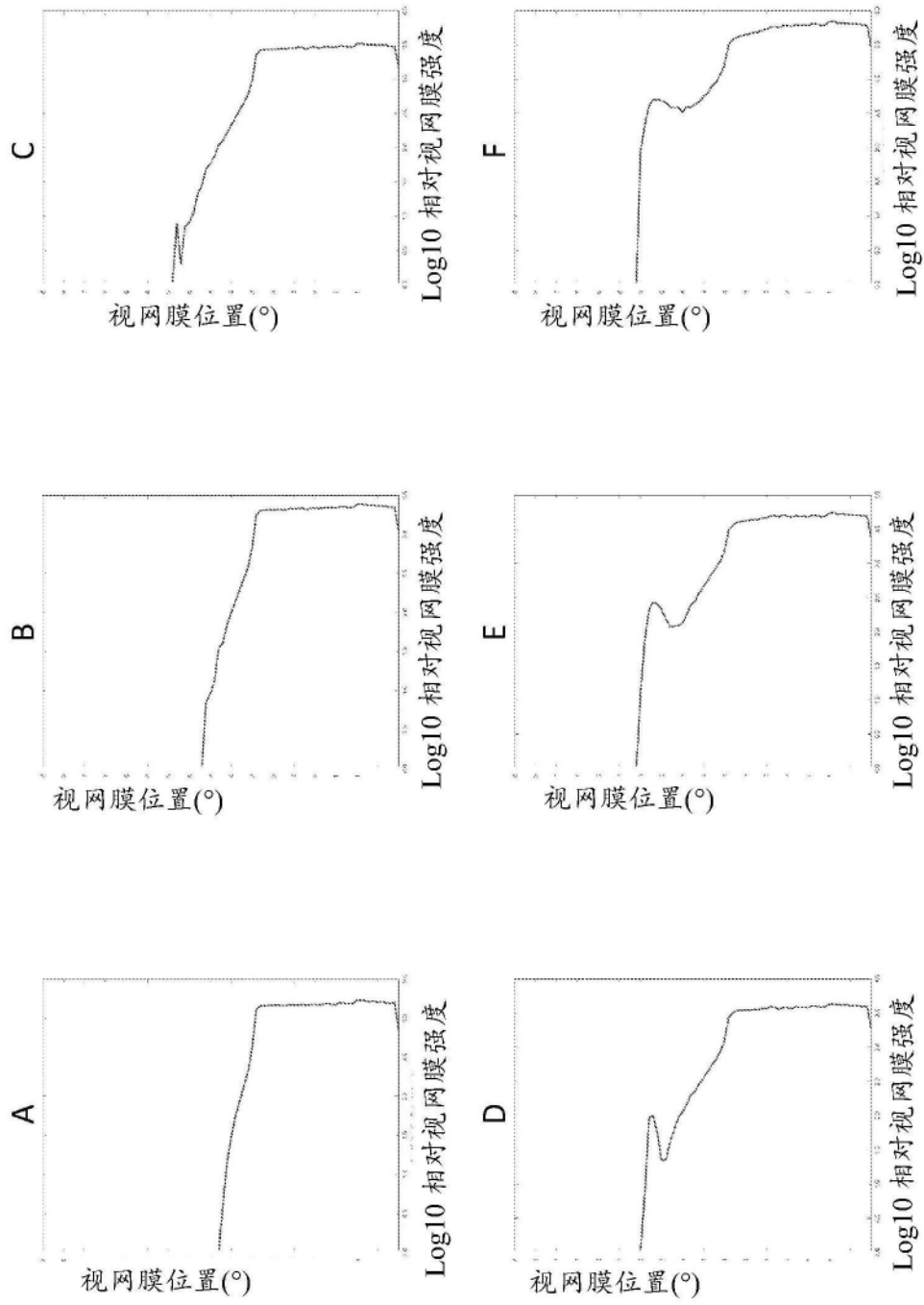


图95

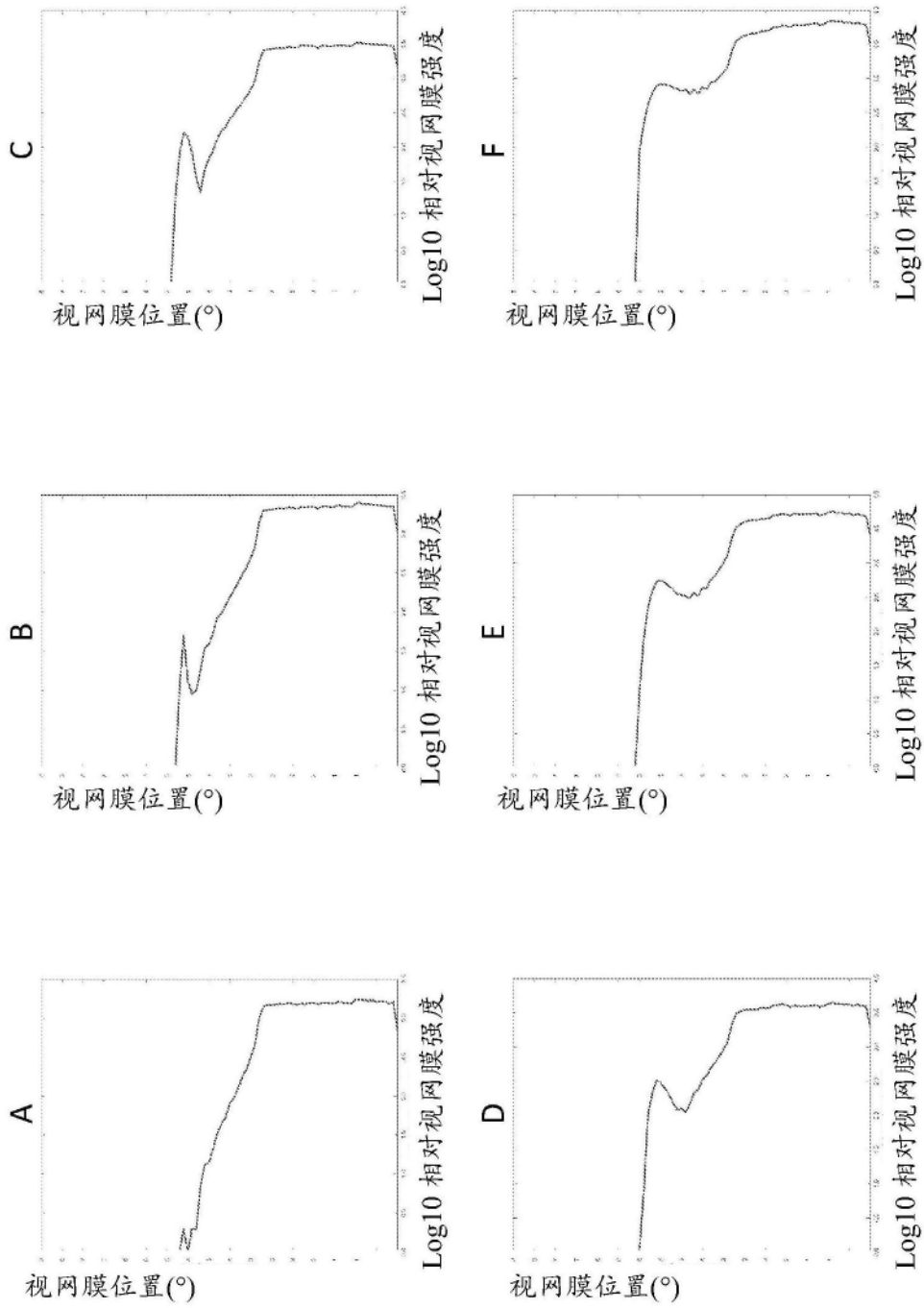


图96

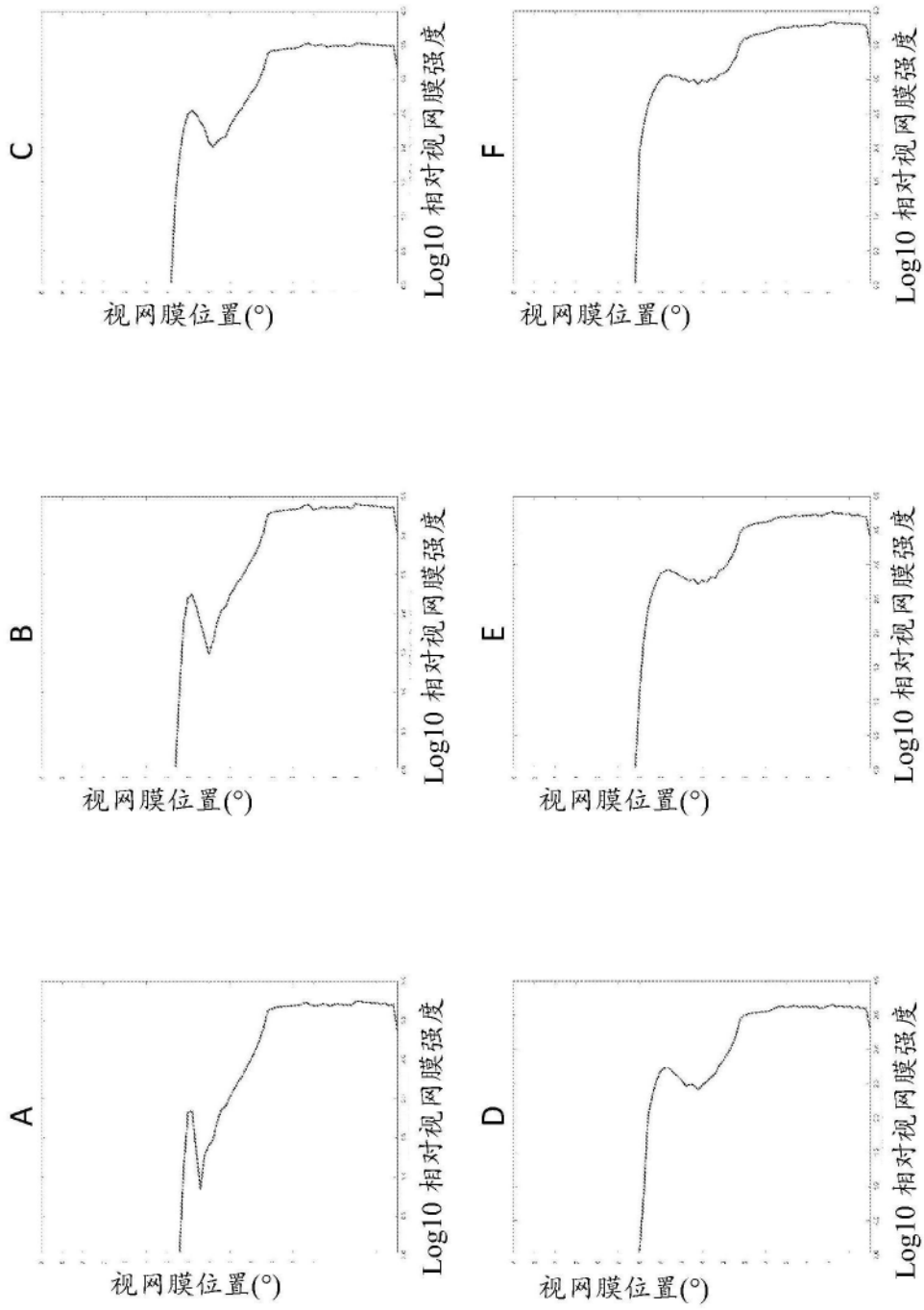


图97

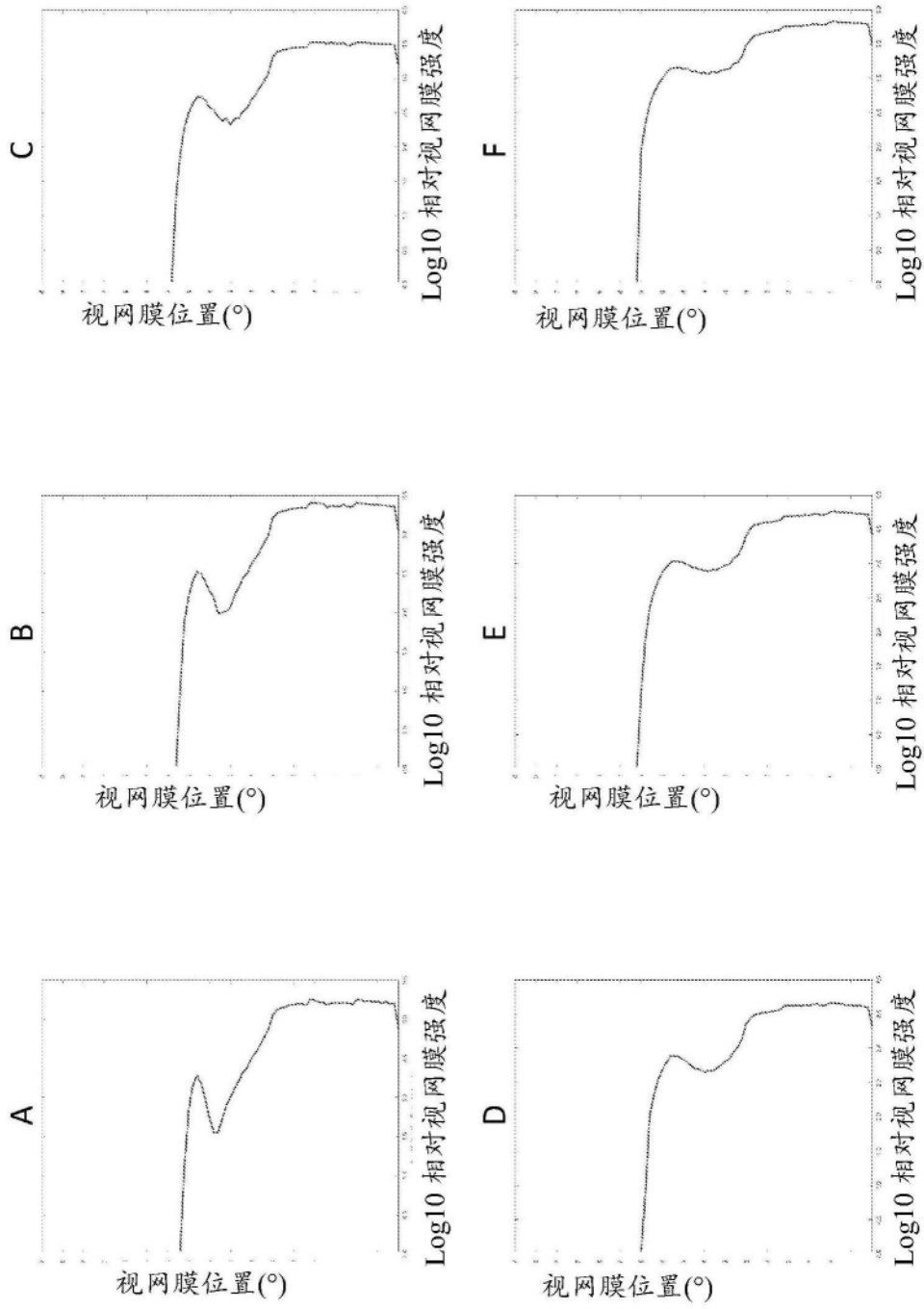


图98

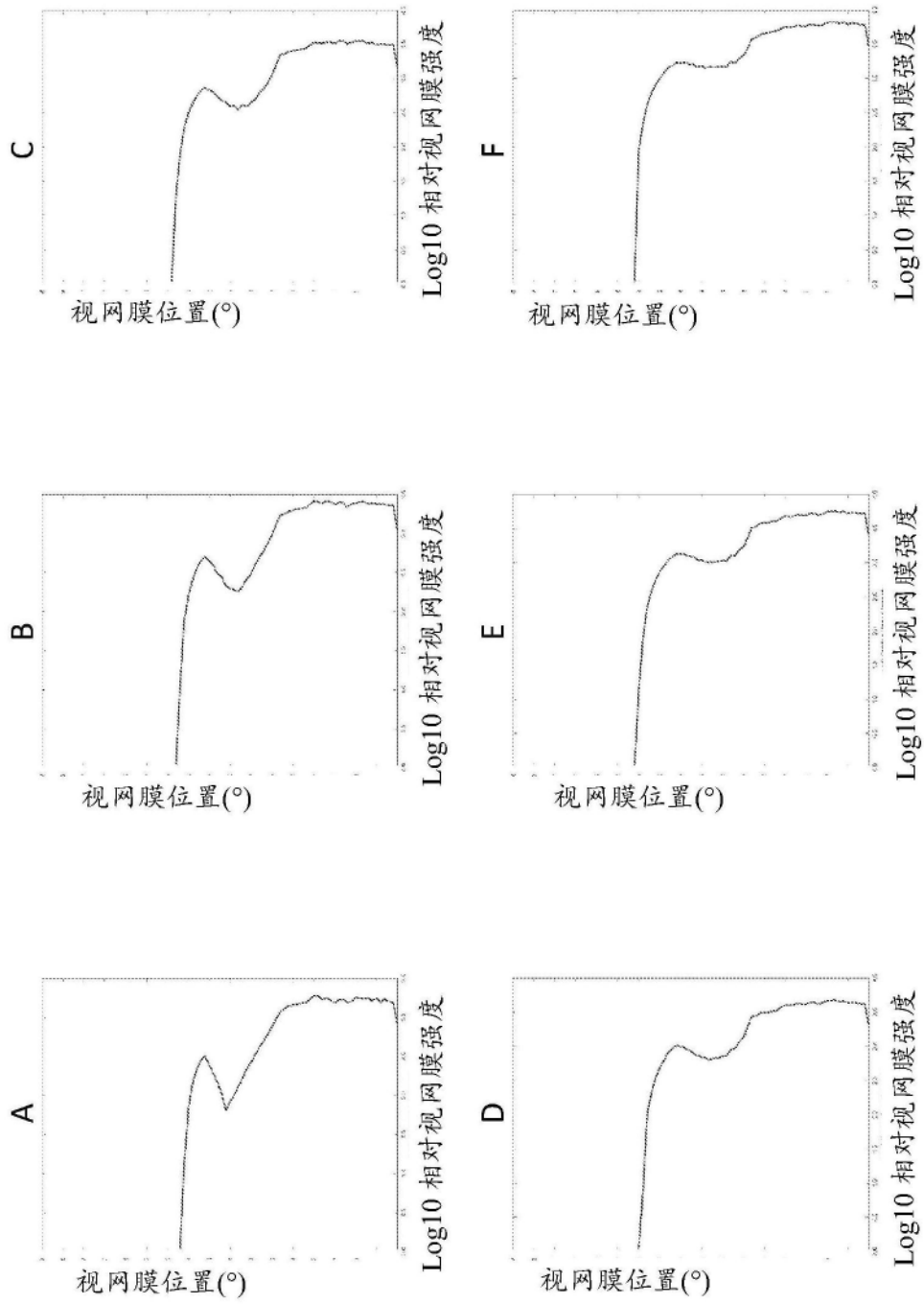


图99

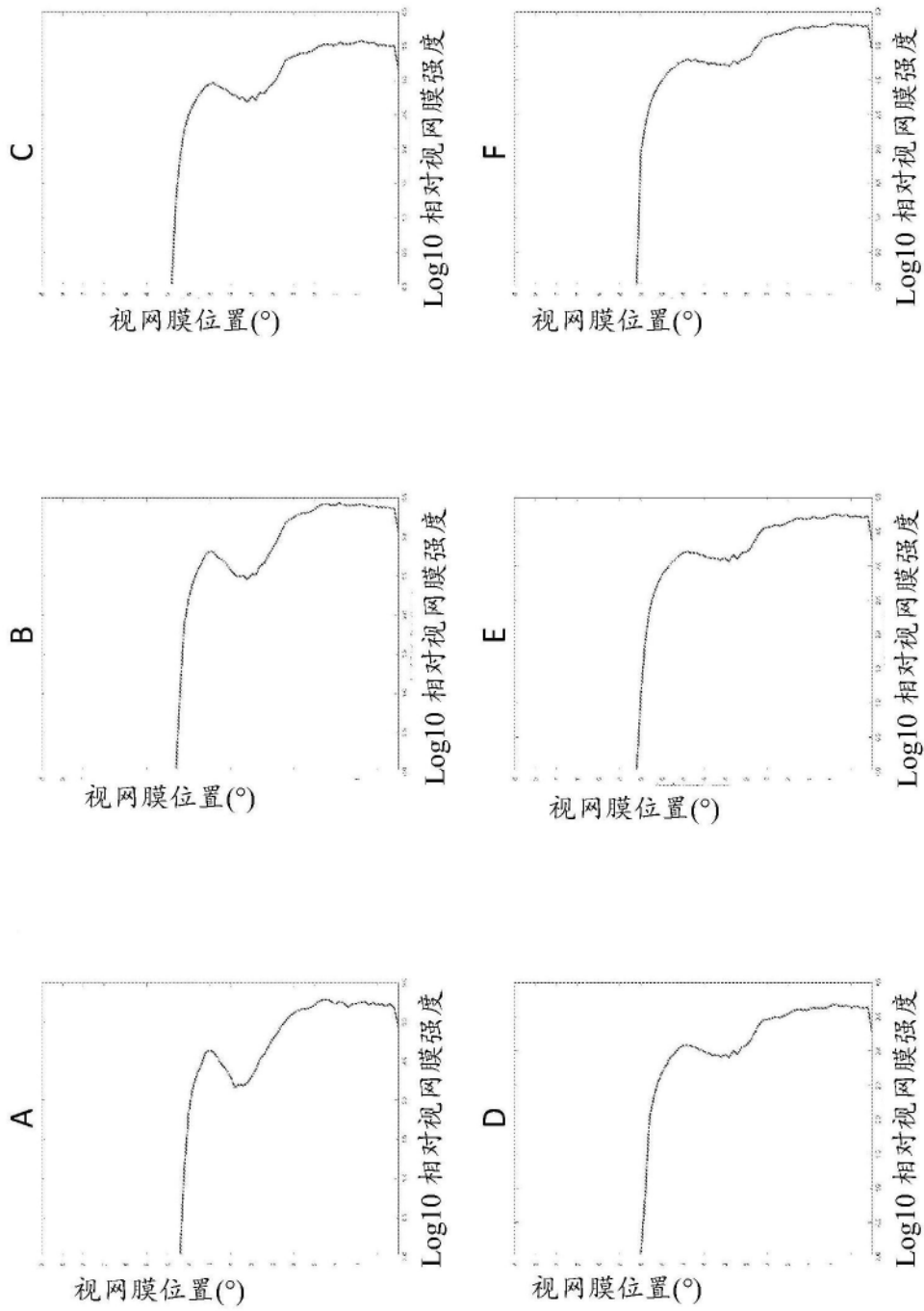


图100

