



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101843473 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 09

(21) 申请号 201010171631. 1

EP 1190667 A2, 2002. 03. 27, 全文.

(22) 申请日 2010. 01. 18

CN 101042470 A, 2007. 09. 26, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 陈淑珍

102009004866. 9 2009. 01. 16 DE

(73) 专利权人 卡尔蔡司视觉有限责任公司

地址 德国阿伦

(72) 发明人 B·莫尼克·贝克尔

吉泽斯-米格尔·卡贝扎-吉伦

蒂莫·克拉策

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邱军

(51) Int. Cl.

A61B 3/09 (2006. 01)

A61B 3/00 (2006. 01)

A61B 3/103 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1779505 A, 2006. 05. 31, 全文.

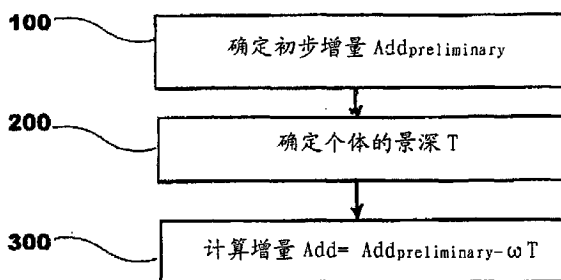
权利要求书3页 说明书16页 附图12页

(54) 发明名称

用于确定助视器个体所需的增量的方法和装置

(57) 摘要

本发明提供了用于确定眼睛个体所需的助视器的增量(Add)的方法以及相应的装置。所述方法具有如下方法步骤:a)确定初步增量(Addpreliminary);b)个体地确定景深(T);c)根据以下等式计算增量(Add): $Add = Addpreliminary - \omega T$ ;其中 $\omega$ 是实数,其范围为 $0 < \omega \leq 1$ 。所述方法相对于现有技术能够更准确地确定助视器个体所需的增量。



1. 用于确定眼睛个体所需的助视器的增量 Add 的方法,具有如下方法步骤:
  - a) 确定初步增量  $Add_{preliminary}$ ;
  - b) 个体地确定景深 T;
  - c) 根据以下等式计算增量 Add:
 
$$Add = Add_{preliminary} - \omega T;$$
 其中  $\omega$  是实数,其范围为  $0 < \omega \leq 1$ 。
2. 根据权利要求 1 的方法,其特征在于
  - e) 确定眼睛刚好还未发生调节处的最大调节刺激  $\Delta A_{stimulus, max}$ ;和,
  - f) 景深 T 被设定为等于最大调节刺激  $\Delta A_{stimulus, max}$  的两倍。
3. 根据权利要求 2 的方法,其特征在于利用波前测量或自动屈光测量确定最大调节刺激  $\Delta A_{stimulus, max}$ 。
4. 根据权利要求 1 的方法,其特征在于基于估算生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$  和 / 或估算实际最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  和 / 或估算使用调节  $\Delta A_{use}$  来确定初步增量  $Add_{preliminary}$ 。
5. 根据权利要求 1 至 3 之一的方法,其特征在于基于个体地测量生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$  和 / 或个体地测量实际最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  和 / 或个体地测量使用调节  $\Delta A_{use}$  来确定初步增量  $Add_{preliminary}$ 。
6. 根据权利要求 4 的方法,其特征在于确定使用距离  $a_{use}$  和根据以下的等式来计算初步增量  $Add_{preliminary}$ 

$$Add_{preliminary} = 1 / a_{use} - \sigma \Delta A^*_{max},$$
 其中  $\sigma$  是实数,其范围为  $0 \leq \sigma \leq 1$ 。
7. 根据权利要求 5 的方法,其特征在于确定使用距离  $a_{use}$  和根据以下的等式来计算初步增量  $Add_{preliminary}$ :
$$Add_{preliminary} = 1 / a_{use} - \sigma \Delta A^*_{max},$$
 其中  $\sigma$  是实数,其范围为  $0 \leq \sigma \leq 1$ 。
8. 根据权利要求 7 的方法,其特征在于如下个体地测量生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$ :
  - i) 在小于调节时间  $t_A$  的时间 t 内测量近点距离  $a_p$ ;
  - ii) 根据如下等式计算生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$ :
 
$$\Delta A^*_{max} = \frac{1}{a_p}.$$
9. 根据权利要求 5 的方法,其特征在于确定使用距离  $a_{use}$  和根据以下等式来计算初步增量  $Add_{preliminary}$ :
$$Add_{preliminary} = 1 / a_{use} - \sigma \Delta A_{max};$$
 其中  $\sigma$  是实数,其范围为  $0 \leq \sigma \leq 1$ 。
10. 根据权利要求 6 的方法,其特征在于如下个体地确定使用距离  $a_{use}$ :
  - i) 将目标呈现给测试人;和
  - ii) 将从眼睛的物端主点  $H_A$  到测试人能放松观看的目标所处位置的距离作为使用距离  $a_{use}$ 。
11. 根据权利要求 6 的方法,其特征在于使用距离  $a_{use}$  由测试人利用输入的主要视觉任务和相应的距离,通过既往病历来确定。
12. 根据权利要求 7 的方法,其特征在于使用距离  $a_{use}$  如下被客观和个体地确定,即测量单元自动测量从目标到眼睛的物端主点  $H_A$  的距离  $a_{object}$ 。
13. 根据权利要求 7 的方法,其特征在于利用波前测量确定实际的最大的调节幅度

$\Delta A_{\max}$ 。

14. 根据权利要求 13 的方法,其特征在于实际的最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  如下确定:

aa) 由对眼睛的波前测量确定远点屈光  $A_R$  和近点屈光  $A_P$ ;

bb) 计算在步骤 aa) 中所确定的远点屈光  $A_R$  和在步骤 aa) 中所确定的近点屈光  $A_P$  之间的差,将该差值作为实际最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$ 。

15. 根据权利要求 7 的方法,其特征在于实际的最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  如下确定:

aa) 由自动屈光测量确定远点屈光  $A_R$  和近点屈光  $A_P$ ;

bb) 计算在步骤 aa) 中所确定的远点屈光  $A_R$  和在步骤 aa) 中所确定的近点屈光  $A_P$  之间的差,将该差值作为实际最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$ 。

16. 根据权利要求 4 的方法,其特征在于确定使用距离  $a_{\text{use}}$  和根据以下的等式来计算初步增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$ :

$$\text{Add}_{\text{preliminary}} = 1 / a_{\text{use}} - \Delta A_{\text{use}}。$$

17. 根据权利要求 5 的方法,其特征在于确定使用距离  $a_{\text{use}}$  和根据以下的等式来计算初步增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$ :

$$\text{Add}_{\text{preliminary}} = 1 / a_{\text{use}} - \Delta A_{\text{use}}。$$

18. 根据权利要求 17 的方法,其特征在于使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$  被如下测量:

a) 在长于调节时间  $t_A$  的时间  $t$  内测量焦点距离  $a_E$ ;

b) 根据如下等式计算使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$

$$\Delta A_{\text{use}} = 1 / a_E。$$

19. 根据权利要求 1 至 3 之一的方法,其特征在于根据如下等式计算初步增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$ :

$$\text{Add}_{\text{preliminary}} = A_P; \text{其中 } A_P \text{ 为近点屈光。}$$

20. 根据权利要求 1 至 3 之一的方法,其特征在于以单眼或双眼的方式确定增量  $\text{Add}$ 。

21. 根据权利要求 20 的方法,其特征在于为两个眼睛的助视器使用相同的增量  $\text{Add}$ 。

22. 根据权利要求 21 的方法,其特征在于,将被确定用于两个助视器的增量  $\text{Add}_{\text{left}}$ ,  $\text{Add}_{\text{right}}$  中较大的那个用于双眼的助视器,其中  $\text{Add}_{\text{left}}$  和  $\text{Add}_{\text{right}}$  分别是针对左眼和右眼的增量。

23. 用于确定眼睛个体所需的助视器的增量  $\text{Add}$  的装置,具有:

a) 用于确定初步增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  的增量确定单元;

b) 用于个体地确定眼睛的景深  $T$  的景深确定单元;

c) 用于根据以下等式计算增量  $\text{Add}$  的增量计算单元:

$$\text{Add} = \text{Add}_{\text{preliminary}} - \omega T; \text{其中 } \omega \text{ 是实数,其范围为 } 0 < \omega \leq 1。$$

24. 根据权利要求 23 的装置,其特征在于

i) 设置有调节刺激确定单元,用于确定眼睛恰好未发生调节处的最大调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus, max}}$ ; 和

ii) 景深确定单元将景深  $T$  设定为等于最大调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus, max}}$  的两倍。

25. 根据权利要求 24 的装置,其特征在于调节刺激确定单元包括波前测量单元或自动屈光测量单元。

26. 根据权利要求 23 至 25 之一的装置,其特征在于增量确定单元适于确定生理性最大

调节幅度  $\Delta A_{\max}^*$  的个体测量值和 / 或实际最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  的个体测量值和 / 或使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$  的个体测量值。

27. 根据权利要求 26 的装置,其特征在于设置有使用距离确定单元,用于确定使用距离  $a_{\text{use}}$ ,并且增量确定单元适于根据以下等式计算初步增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  :

$$\text{Add}_{\text{preliminary}} = 1 / a_{\text{use}} - \sigma \Delta A_{\max}^*, \text{ 其中 } \sigma \text{ 是实数,其范围为 } 0 \leq \sigma \leq 1.$$

28. 根据权利要求 26 的装置,其特征在于设置有使用距离确定单元,用于确定使用距离  $a_{\text{use}}$ ,并且增量确定单元适于根据如下等式计算初步增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  :

$$\text{Add}_{\text{preliminary}} = 1 / a_{\text{use}} - \sigma \Delta A_{\max}; \text{ 其中 } \sigma \text{ 是实数,其范围为 } 0 \leq \sigma \leq 1.$$

## 用于确定助视器个体所需的增量的方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于确定助视器个体所需的增量的方法以及用于确定助视器个体所需的增量的装置。本发明进一步涉及一种适于执行所述方法的计算机和计算机程序以及对应的计算机程序产品,所述程序和产品具有适于执行所述方法的程序代码。

### 背景技术

[0002] 下面,首先对以后所要引用的大量术语进行定义。

[0003] 视敏度或视力  $V$  是生物体利用其可视器官感知到外部世界中的图案和轮廓等的的能力。无量纲特征视力  $V$  被定义为

[0004]  $V=1' / (\text{个体角度视敏度})$  (1)

[0005] 其中角度视敏度是仍然能感知到两个观察目标不相连的分辨能力(也叫做最小“辨距阈(separabile)”)。

[0006] 根据 DIN19040,5-3.12,眼睛的景深或成像深度  $T$  是设定点  $A_E$  向前和向后的一个区域的大小,在该区域中,物点以视网膜图像的不可感知的模糊被成像。眼睛的成像深度  $T$  依赖于瞳孔直径和中心视敏度。当瞳孔直径为 2.9mm 且视敏度  $V$  为 1.0 时,理论上的成像深度  $T$  取决于在设定点  $A_E$  两侧对应于 0.1dpt 的距离:光方向上的设定点后面 10cm,光方向上的设定点前面 10cm,结果得到 20cm 的成像深度,对应于大约 0.25dpt(来源:Helmut Goersch,验光词典(Lexicon of Optometry),2001 年第二版)。

[0007] 使用距离  $a_{\text{use}}$  作为眼主点(eye principal point) $H_A$  到物体的距离,该距离由测试人选择。

[0008] 术语增量 Add 或近增量(near addition)被理解为表示连续视透镜或多焦点眼镜片的近部分的球面效应和远部分的球面效应之间的差。

[0009] 调节(来自拉丁语:accomodare“适应,应用,固定”)表示为了改变眼内光路以便在视网膜平面内对不同距离的物体清晰地成像所作的操作。在哺乳动物和鸟类中,根据关于调节的 Helmholtz 理论,弹性晶状体的形状发生改变,以改变屈光力。而 Schachar 理论又产生于眼睛晶状体在调节过程中所发生的向前位移。

[0010] 同时,随着睫状肌拉紧,眼睛进行会聚运动,即,眼睛朝向彼此运动,这样视轴在注视点交叉。特别地,会聚运动是双眼合拢产生视觉印象合并的先决条件。此外,瞳孔收缩(会聚缩瞳)是自动发生的。在眼睛看近物的调整过程中发生的三个偶联反应(调节,会聚和协同瞳孔反射)被称为调节三元组(accommodation triad)或会聚反应。

[0011] 远点屈光  $A_R$  是远点距离  $a_R$  的倒数,远点距离即从眼睛的物侧主点  $H_A$  到物体位置的距离  $a_{\text{object}}$ ,眼睛在所述距离中无需调节就可以清晰地感知物体。调节点屈光  $A_E$  是焦点距离  $a_E$ (也称作:调节距离)的倒数,焦点距离即瞬间调节的状态下成像在中央凹(fovea)并因此被清晰地看到的物点的距离  $a_{\text{object}}$ 。

[0012] 由调节引起的每单位时间的焦点屈光  $A_E$  的变化被表征为调节速度  $V_A$ ,其单位是 dpt/s。调节速度  $V_A$  由焦点屈光  $A_E$  的变化与调节时间  $t_A$  的比值得到。这取决于年龄和调

节前后的焦点屈光  $A_{EV}$ ,  $A_{En}$ , 其值大约在 2 到 5dpt/s。

[0013] 根据 DIN5340-15, 以屈光度 (dpt) 为单位给出的调节需求  $A$  被认为是距离眼睛的物侧主点  $H_A$  的物距  $a_{object}$  (以米为单位) 的倒数。如果光学系统设置在眼睛的前面, 则由此系统所生成的图像的距离替代物距  $a_{object}$ 。

[0014] 在 DIN5340-12 中, 相对调节  $\Delta A_{rel}$  被定义为用于实现不变的聚散度位置和不改变的灵敏双目正常视觉的调节幅度  $\Delta A$  的变化。调节幅度  $\Delta A$  的变化通过具有球面效应的透镜而强制得到。

[0015] 精神调节 (mental accommodation)  $\Delta A_{psych}$  (近端调节 = 器械性近视) 被认为是由于感觉到接近而由实物所触发的近调节  $A_{near}$ 。

[0016] 调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$  是用于调节的刺激, 其由起初不清晰的视网膜图像通过注视距离  $a_{object}$  的改变所触发。

[0017] 根据 DIN5340-99, 同样以屈光度 (dpt) 形式给出的调节幅度  $\Delta A$  被认为是远点屈光  $A_R$  和设定点屈光  $A_E$  之间的差。术语调节幅度  $\Delta A$  也被称为是外部调节。

[0018] DIN5340-20 将最大调节幅度或最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  定义为远点屈光  $A_R$  和近点屈光  $A_p$  之间的差。近点屈光  $A_p$  是眼睛的主点  $H_A$  与最强调节下所能看清的物点的距离  $a_p$  的倒数。

[0019] 对于婴儿, 最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  大约是 14dpt。以眼睛接近 58dpt 的整体屈光力作为参照, 该调节幅度相当于大约 25% 的变化量。对于老年人, 最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  降至 2dpt 或 4% 以下。基于此原因, 物体仍然能被清晰地看到的最小距离, 即近点  $a_p$ , 从婴儿的大约  $a_p=7\text{cm}$  扩大至老年人的超过  $a_p=50\text{cm}$ 。

[0020] 目前, 还不能准确区分人眼的最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  和景深  $T$ 。因此, 由上述调节三元组机构所限定的实际最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  和景深  $T$  的加和在下文被称为生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$ 。

[0021] 1922 年, Duane 根据 5000 个具有正常视力的测试人的视觉印象确定了平均生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max,m}$  与年龄的相关性。在对此数据的确定中, 未将最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  与景深  $T$  区分开, 即, 所确定的曲线是两种效应的重叠。图 15 图示的中间曲线 802 示出平均生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max,m}$  与年龄的相关性。上面和下面的曲线 (804, 806) 表示各自的分布的生理极限。图 16 的图显示最小视距  $a_p$  与年龄的相关性。

[0022] 最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  减小的原因在于由于晶状体壳终身都在生长而导致晶状体囊的弹性减小或晶状体变稠 (Helmholtz 理论)。弹性随着年龄的增加而减小。可以确定的是, 晶状体囊即使失去弹性也会保留残存的最大调节幅度  $\Delta A_{max}$ 。根据由眼睛晶状体在调节过程中发生的向前位移而得出的所谓 Schachar 理论, 能够解释残存最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  不会随着年龄增加而消失的原因。

[0023] 如果包括了景深  $T$  的最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  随着年龄增加 (参见图 15) 下降到低于大约 3 屈光度 (在阅读报纸时需带着距离眼镜 (distance spectacles) 将报纸放在超过 35cm 距离处), 这个人就患上了老花眼。简单的阅读眼镜、双焦眼镜、连续视野眼镜 (continuous vision spectacles) 或多焦接触镜或眼内透镜 (intraocular lens) 可以弥补老花眼的问题。

[0024] 术语使用调节  $\Delta A_{use}$  被理解为能够不费力地长时间提供的调节  $A$ 。它大约等于最

大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  的  $1/2$  (Reiner) 至  $2/3$  (Schober)。

[0025] 根据现有技术,有许多已知的方法被用于确定多焦或连续视野眼镜、接触镜或眼内透镜的增量 Add,使得该增量适合屈光异常人士并适应这种人的需求。所有这些方法共同的一点是增量 Add 都不应当超过最小使用距离  $A_{\text{use, min}}$  的倒数。但是,这些方法在增量 Add 实际值的确定中彼此各不相同。这一主题将在下面基于一个简单的计算例子进行解释。

[0026] 假设一个测试人在阅读的时候将文件放置在距离眼睛 40cm 处是感觉比较舒适的。这一距离在下文中被标识为使用距离  $a_{\text{use}}$ 。进一步,假设测试人所持阅读材料的最小使用距离  $a_{\text{use, min}}$  在任何时候都是 33cm。最小使用距离  $a_{\text{use, min}}$  的倒数等于 3dpt。该 3dpt 限定了用于最小使用距离  $a_{\text{use, min}}$  的调节需求 A。

[0027] 如果测试人例如是 50 岁,那么根据图 15 的 Duane 图,测试人具有大约 2dpt 的残余最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$ 。由于实际所使用的调节作用,即使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$ ,根据 Reiner 理论,大约是残余调节幅度  $\Delta A_{\max}$  的一半(根据 Schober 理论大约是三分之二),测试人将实际使用到他或她的最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  的大约 1dpt(根据 Schober 等于 1.5dpt)。因此,根据 Reiner,对于具有上述给定最小使用距离  $a_{\text{use, min}}$  为 33cm 的测试人,测试人的眼镜,接触镜或眼内透镜的修正增量 Add 为 2dpt(或根据 Schober 等于 1.5dpt)。

[0028] 在此例子中,在阅读中,文件通常被放置在使用距离  $a_{\text{use}}$  处,即,距离测试人的眼睛 40cm 的阅读距离(其倒数  $1/a_{\text{use}}$  是 2.5dpt)。为此,对于大约 1dpt(或根据 Schober 是 1.5dpt)的使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$ ,1.5dpt(或根据 Schober 是 1dpt)的增量 Add 将会以一种令人满意的方式满足测试人的需求。由于测试人具有残余最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$ (包括景深 T),测试人能够以区区 1.5dpt(或根据 Schober 是 1dpt)的增量 Add 在 33cm 的阅读距离  $a_{\text{use}}$  下看得清楚。因此,根据 Reiner 理论,眼镜,接触镜或眼内透镜的增量 Add 等于 1.5dpt(或根据 Schober 是 1dpt)并不应当超过 2.0dpt。该增量 Add 最好地适应测试人的需求。

[0029] 不幸的是,在目前实际使用中,普遍会开更高增量 Add 的处方,这导致具有该种透镜设计的助视器的佩戴者不满意。

[0030] 以下章节介绍根据申请人确定眼镜、接触镜或眼内透镜的增量 Add 所最常使用的方法的概况,以及在每种情况下方法所存在的不足。

[0031] 方法 1,基于估算表确定增量

[0032] 用于确定增量的最常使用的方法是利用一个如表 1 所示的估算表。

[0033] 表 1:用于确定眼镜、接触镜或眼内透镜的增量 Add 的估算表

[0034]

年龄(年)	使用距离是 33 cm 的增量 Add (dpt)	使用距离是 40 cm 的增量 Add (dpt)
45	1.0	0.75
45...48	1.5	1.00
48...50	2.0	1.25
50...65	2.5	1.75

[0035] 本估算表是以年龄分类的平均生理性调节幅度  $\Delta A^*_{\max, m}$  和期望的使用距离  $a_{\text{use}}$  为参照而制定的。估算表以图 15 所示和上面所述的 Duane 曲线为基础。

[0036] 在此方法中, 首先确定适合测试人的使用距离  $a_{\text{use}}$ 。这一距离是测试人最常使用的眼睛的物端主点  $H_A$  和被感知的物体之间的距离。然后, 基于上面所示的表对应测试人的年龄估算增量 Add。

[0037] 该方法全部地建立在仅仅估算和考虑年龄和使用距离  $a_{\text{use}}$  的基础上。基于此原因, 它非常不准确。该方法的不足之处早已为人所知。已经研究出了这样的一些方法, 它们进行可能的检查并, 如果需要的话, 也可能对以估算表为基础而确定的增量 Add 进行校正。以下将选取一些例子进行介绍。

[0038] 方法 2. 基于方法 1 的估算表经红 - 绿对比补偿 (red-green contrast compensation) 确定增量

[0039] 在此方法中, 红和绿视力表以相应的使用距离  $a_{\text{use}}$  呈现给测试人的双眼。上述视力表具有与用方法 1 下面介绍的方法确定出来的增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  相对应的屈光效果。测试人针对对比等同性 (contrast equality) 比较视力表。特别地, 测试人比较视力表上红焦点和绿焦点的亮度。如果视力表上的红色焦点看起来较暗, 增量 Add 应当被减小或者物距  $a_{\text{use}}$  应当被增加。如果视力表上的绿色焦点看起来较暗, 则增量 Add 应当被增加或者使用物距  $a_{\text{use}}$  应当被减小。如果视力表上的红和绿焦点的亮度相等, 则对应的增量 Add 是正确的。

[0040] 该方法也是非常不准确的, 因为它同样基于对上述估算表的使用。进一步, 该方法基于测试人的主观感受。如果测试人进行自我暗示, 认为所有的视力表看起来具有相同的亮度, 则验光师就必须改变物距  $a_{\text{use}}$  才能检查出测试人是否对测试还有反应。进一步, 已经表明了 50 岁以下的测试人不会准确地调节到物平面; 而是调节到此平面略前面一点。这一差异会由人眼的景深 T 所补偿, 由此产生的效果是使验光师确定的增量 Add 过高。根据年龄大小, 对应下面提出的表 2, 扣减一校正量。

[0041] 表 2: 根据红 - 绿对比补偿而确定眼镜, 接触镜或眼内透镜的增量 Add 的校正量

[0042]

年龄 (年)	校正量 (dpt)
50 以下	0.5
50...60	0.25

[0043] 该方法非常不准确, 因为它仅根据估算, 且仅考虑年龄, 使用距离  $a_{\text{use}}$  和双目对比度。

[0044] 方法 3: 确定增量同时考虑主观确定的调节幅度

[0045] 在此方法中, 对测试人在一个足够长的距离上进行合适的视觉测试 (例如, 所称的 Duane 线图)。此后, 眼睛和测试特征之间的距离持续缩短, 直到测试人指示他或她不能清晰的感知到测试特征时为止。物体和主点  $H_A$  之间的这个距离的倒数对应于包括了眼睛的景深 T 的最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$ 。根据 Reiner 的提示, 取该倒数值的一半作为增量 Add。Reiner 假定实际使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$  恰好等于最大调节幅度  $\Delta A^*_{\max}$  一半。Schober 提示用系数  $2/3$  代替系数  $1/2$ 。

[0046] 如果进行单目测试,则调节刺激(调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ )全部通过视网膜不清晰和察觉接近(closeness)来触发;但是,在双目测试中,眼睛的会聚也影响调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ 。双目观看使最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}^*$  增加大约 0.5dpt。

[0047] 此方法仅考虑了主观确定的生理性最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}^*$  和估算的使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$ ,其中该生理性最大调节幅度根据实际调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  和景深 T 之和而计算得出:

$$[0048] \quad \Delta A_{\text{max}}^* = \Delta A_{\text{max}} + T \quad (2)$$

[0049] 因此该方法是非常不准确的。

[0050] 方法 4:确定增量同时考虑相对调节

[0051] 在此方法中,首先,使用方法 1 所描述的方法再次使用估算表(表 1)确定一个合适的增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$ 。此后,将一个合适的视标(例如, Duane 的线图)固定于使用距离  $a_{\text{use}}$  处。现在,将增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  增加到测试人正好仍能看清楚增量  $\text{Add}+$ 。此后将增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  减小到测试人正好仍能看清楚增量  $\text{Add}-$ 。最大的增量  $\text{Add}+$  和最小的增量  $\text{Add}-$  之和被 2 除而得到所需的增量

$$[0052] \quad \text{Add} = (\text{Add}++\text{Add}-) / 2 \quad (3)$$

[0053] 该方法仅考虑了年龄,使用距离  $a_{\text{use}}$ ,相对调节  $\Delta A_{\text{rel}}$  和使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$  的估值,因此是不准确的。

[0054] 因此,所有上述根据所述现有技术确定增量 Add 的方法都展示出不准确性,这是因为它们都是建立在假设或估算的基础上的。因为所有的上述方法都是主观的方法,它们不可避免地带有主观测量方法的缺点(即,特别是,测试人陈述的有效性,测试人在测量位置的感觉等)。

## 发明内容

[0055] 基于以上情况,本发明的任务是提供一种相对于现有技术更准确的确定助视器个体所需的增量的方法以及一种适于执行该方法的装置。

[0056] 上述任务的解决方式如下:一种具有专利权利要求 1 的特征的用于确定助视器个体所需的增量的方法以及具有专利权利要求 25 的特征的相应的装置;一种具有专利权利要求 9 的特征的用于确定个体所需的助视器的增量的方法以及具有专利权利要求 31 的特征的相应的装置;一种具有专利权利要求 21 的特征的计算机以及具有专利权利要求 22 的特征的计算机程序和/或具有专利权利要求 24 的特征的计算机程序产品。本发明的有利的实施例和进一步的改进之处在从属权利要求中提出。

[0057] 发明人已经证实了大多数之前描述的方法是建立在年龄和 40cm 的标准使用距离  $a_{\text{use}}$  的基础上,而并未考虑或未充分考虑到实际的最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$ 、实际的景深 T 以及测试人的习惯。这一事实所造成的后果是大多数增量 Add 被设得太高。不必要的高增量 Add 使得可用视区减小,主要是在校正眼镜的中间区域和近区,由此所述增量对眼镜的佩戴者造成了显著的伤害,这就使得设计变差了。

[0058] 本发明建立在这样的构思上,该构思考虑眼睛的景深 T 和/或个体地确定到目前为止仅仅是被估算的特定测试人的眼睛特性,并且基于这些优选客观地被确定的特性,为测试人确定其需求的和最适合的助视器增量 Add。

[0059] 本发明用于确定眼睛个体所需的助视器的增量 Add 的方法包括以下方法步骤:

[0060] a) 确定初步增量  $Add_{preliminary}$ , 例如, 使用上面所述的方法之一;

[0061] b) 确定眼睛的个体的景深  $T$ ; 和

[0062] c) 根据以下等式计算增量  $Add$  :

$$[0063] \quad Add = Add_{preliminary} - \omega T \quad (4)$$

[0064] 其中  $\omega$  是实数, 其范围为  $0 < \omega \leq 1$ 。通常,  $\omega$  的范围在  $1/4 \leq \omega \leq 3/4$ 。因此, 景深  $T$  的权重系数  $\omega$  的适合取值, 例如, 为 0.5 或  $2/3$ 。

[0065] 用于执行所述方法的对应的装置相应地包括如下部件:

[0066] a) 用于确定测试人眼睛的初步增量  $Add_{preliminary}$  的增量确定单元;

[0067] b) 用于确定测试人眼睛的个体的景深  $T$  的景深确定单元; 和

[0068] c) 用于根据上述等式 (4) 计算增量  $Add$  的计算单元。

[0069] 根据本发明用于确定眼睛个体所需的助视器的增量  $Add$  的另一方法包括如下方法步骤:

[0070] a) 个体地和客观地确定最大调节幅度  $\Delta A_{max}$ ;

[0071] b) 个体地确定使用距离  $a_{use}$ ; 和,

[0072] c) 根据如下等式计算增量  $Add$  :

$$[0073] \quad Add = 1 / a_{use} - \sigma \Delta A_{max} \quad (5)$$

[0074] 其中  $\sigma$  是实数, 其范围为  $0 < \sigma \leq 1$ 。通常,  $\sigma$  的取值在  $1/4 \leq \sigma \leq 3/4$  区间内。因此,  $\sigma$  可以取, 例如,  $1/2$ 、 $2/3$  或  $5/12$ 。

[0075] 根据本发明的对应的装置包括:

[0076] a) 用于个体地和客观地确定最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  的最大调节幅度确定单元;

[0077] b) 用于个体地确定使用距离  $a_{use}$  的使用距离确定单元; 和,

[0078] c) 根据等式 (5) 计算增量  $Add$  的增量计算单元

[0079] 上述根据本发明的方法可以, 例如在相应的适于执行特定方法的计算机上执行。

[0080] 可以在计算机上提供具有用于执行特定方法的计算机代码的计算机程序或计算机程序产品。该计算机程序可以存储在机器可读数据载体上。

[0081] 初步增量  $Add_{preliminary}$  可以, 例如基于估算生理性调节幅度  $\Delta A_{max}^*$  进行确定。例如, 可以使用上述 Duane 图。计算初步增量  $Add_{preliminary}$  可以, 例如借助于上述方法 1 或方法 2 进行。这些用于计算初步增量  $Add_{preliminary}$  的方法的特点在于它们为使用相同方法的验光师所熟知。因此, 对于本方法的大部分内容, 无需对使用本发明的方法的验光师进行培训。

[0082] 初步增量  $Add_{preliminary}$  也可以基于估算实际的最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  而被确定。估算实际的最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  可以, 例如发生在测试人将适合的阅读样本放置到离眼睛很近, 以至于阅读样本刚好不能清晰的显示的情况下。阅读样本到测试人的眼睛主点  $H_A$  的使用距离  $a_{use}$  的倒数生成了最大调节幅度  $\Delta A_{max}$ , 其中使用距离以米为单位计量。

[0083] 估算使用调节  $\Delta A_{use}$  同样可以作为确定初步增量  $Add_{preliminary}$  的基础。使用调节  $\Delta A_{use}$  被假定为, 例如根据 Reiner 为最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  的一半。Schober 假定此值为最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  的  $2/3$ 。

[0084] 初步增量  $Add_{preliminary}$  也可以, 例如基于生理性最大调节幅度  $\Delta A_{max}^*$  的个体测量值而被计算。作为方法 3 介绍描述的例子提出根据该方法确定初步增量  $Add_{preliminary}$  的提示。

[0085] 生理性最大调节幅度  $\Delta A_{max}^*$  也可以这样确定, 例如通过单眼测试的方式由测试人

使用适合的测试图将近点确定在距离  $a_p$  处,在此距离测试人完全被校正。如公知的,近点需要最大限度的张紧调节。由于此原因,有必要尽可能快地进行上述测量,即,在调节时间 ( $t < t_A$ ) 内。否则,会遇的问题是,测量到的不是生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$ ,而是使用调节  $\Delta A_{use}$ 。生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$  是以米为单位测量的近点距离  $a_p$  的倒数:

$$[0086] \quad \Delta A^*_{max} = 1 / a_p \quad (6)$$

[0087] 另一可能性是在距离测试人眼睛的主点  $H_A$  例如 40cm (对应于 2.5dpt 的焦点屈光  $A_E$ ) 的设定距离  $a_E$  处设置合适的测试图。如果测试人清楚地看到测试图,就将负球面镜施加到双眼直到测试图刚好变模糊。如果测试人不能清楚地看到测试图,则将正球面镜施加到双眼直到测试图看起来刚好变清楚。记录镜片的由正负球面镜所决定的球面效果的值  $S'_{binocular}$ 。生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$  则由以下等式得出:

$$[0088] \quad \Delta A^*_{max} = A_E - S'_{binocular} \quad (7)$$

[0089] 其中:  $A_E = 2.5dpt$ 。这一可能性的缺点在于双目测量位置所造成的会聚。

[0090] 另一个确定生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$  的可能性将在下文描述。

[0091] 基于图 16 的曲线,在相应的距离  $a_{use}$  (距离  $a_{use}$  对应最小视距  $a_p$ ,所述视距为对应测试人年龄的平均值) 处给测试人呈现合适的测试图。如果测试图在该处被清楚地分辨,负球面镜以单眼的方式增加,直到测试图刚好模糊。如果测试图不能被清楚地分辨,正球面镜以单眼的方式增加,直到测试图刚好模糊。个体的生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$  则由平均最小距离的倒数  $a_{pDuane}$  (对应来自图 15 所示图表中的平均曲线 802 的平均生理性最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$ ) 和用于预指定透镜的所确定的值  $S'_{monocular}$  得到。为此,以下等式适用:

$$[0092] \quad \Delta A^*_{max} = \Delta A^*_{max, m} - S'_{monocular} \quad (8)$$

[0093] 其中

$$[0094] \quad \Delta A^*_{max, m} = 1 / a_{pDuane} \quad (9)$$

[0095] 在上述描述的三个方法中可以使用如图 17 所示的调节测量仪表 (出自 Heinz Diepes, "Refraction Determination", 出版人 Heinz Postenrieder, Pforzheim, 1975 年第二版,第 414 页)。

[0096] 也可以对实际最大调节幅度  $\Delta A^*_{max}$  进行个体的测量。同时,例如从 US6, 554, 429B1 可获知借助于波前测量可以客观地确定实际最大调节幅度  $\Delta A_{max}$ 。执行上述方法的同时考虑客观确定的最大调节幅度  $\Delta A_{max}$  显著地提高了准确度。

[0097] 最后,可以测量实际个体的使用调节  $\Delta A_{use}$  并且基于此,可以确定初步增量  $Add_{preliminary}$ 。例如作为方法 4 描述的方法下面的介绍性说明中限定的例子。

[0098] 为了确定使用调节  $\Delta A_{use}$ ,对于对距离被完全校正的测试人,可以在测量眼镜中设置估算的增量  $Add_{preliminary}$ 。然后,要求测试人将一个合适的测试图以单眼的方式放置在离眼睛足够近的距离直到测试人刚好仍能清晰地分辨该测试图。这对应的是近点距离  $a_p$ 。接着要求测试人用单眼看测试图直到由于调节  $\Delta A$  变小而看不清楚为止。在下一步中,测试人应当将测试图放置在远离他或她的足够远的位置直到再一次看清楚为止 (对应的是设定点  $a_E$ )。到设定点的距离  $a_E$  (以米为单位计量) 的倒数就是使用调节  $\Delta A_{use}$ :

$$[0099] \quad \Delta A_{use} = 1 / a_E \quad (10)$$

[0100] 在本发明的特定结构中,根据以下等式可以确定出使用距离  $a_{use}$  以及计算出初步增量  $Add_{preliminary}$ :

[0101]  $\text{Add}_{\text{preliminary}} = 1 / a_{\text{use}} - \sigma \Delta A_{\text{max}}$  (11)

[0102] 其中  $\sigma$  是实数,其范围为  $0 \leq \sigma \leq 1$ 。由于初步增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  是一个纯计算量,所以它实际上也可以设定为等于使用距离  $a_{\text{use}}$  的倒数。

[0103] 在本发明的特定结构中,可以确定使用距离  $a_{\text{use}}$  和根据以下的等式来计算初步增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  :

[0104]  $\text{Add}_{\text{preliminary}} = 1 / a_{\text{use}} - \sigma \Delta A_{\text{max}}$ ,其中  $\sigma$  是实数,其范围为  $0 \leq \sigma \leq 1$ 。

[0105] 使用距离  $a_{\text{use}}$  可以例如被个体地确定,其中提供给测试人一个目标,该目标设置在测试人在放松观看的过程中找到的位置,从眼睛的物端主点  $H_A$  到该位置的距离被作为使用距离  $a_{\text{use}}$ 。个体地确定测试人的使用距离  $a_{\text{use}}$  不必限于期望的阅读距离,而也可以是所有其他期望的距离,如工作在具有显示器的计算机前的距离。

[0106] 使用距离  $a_{\text{use}}$  也可以由测试人利用主要视觉任务 (primary viewing task) 和对应距离的指标由医疗史来确定。上述两种方法定义了主观的方法,通过对测试人进行适合的提问,该方法可以被客观化到一定程度。

[0107] 但是,客观和个体地确定使用距离  $a_{\text{use}}$  通常更准确。客观地,使用距离  $a_{\text{use}}$  可以例如这样被确定,即使用测量装置自动地测量一个或多个对测试人来说重要的使用距离  $a_{\text{use}}$ ,并且根据需要对这些使用距离进行平均。例如,WO2008 / 064379A1 描述了一种用于检测阅读视觉清晰度的装置,通过此装置也可以确定使用距离  $a_{\text{use}}$ 。设置用于测量测试人可自由选择的、与显示表面上所示的文本或所示的图形相隔的阅读距离  $a_{\text{use}}$  的装置。

[0108] 可以利用不同装置来个体地和客观地确定最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$ 。实际最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  可以,如上面指出的,通过波前测量来确定。相应地,为了确定最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$ ,可以使用如波前传感器这样的波前测量单元,例如,使用 Shack-Hartmann 传感器。如上文所指出的,利用波前传感器来确定最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  的方法,公开在例如 US6, 554, 429B1 中 (具体参见第 3 栏第 23 行至第 4 栏第 25 行和权利要求 1)。在那里也指出了不同类型的适合的传感器 (参见第 3 栏第 10 行至第 13 行)。

[0109] 然而,最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  也可以可替代地被确定为远点屈光  $A_R$  和近点屈光  $A_P$  之间的差,远点屈光  $A_R$  和近点屈光  $A_P$  由对眼睛的波前测量或自动屈光测量而客观地被确定。

[0110] 特别地,该实际最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  的确定通过如下步骤进行:

[0111] a) 测量照射到非调节眼上并在视网膜处被反射的、具有预定波前的光束的波前或测量非调节眼的自动屈光。优选地,没有调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  呈现给眼睛。

[0112] b) 由步骤 a) 中所测量的波前或步骤 a) 中所测量的自动屈光计算眼睛的远点屈光  $A_R$ 。

[0113] c) 此后,超过实际最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  的调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  呈现给眼睛。

[0114] d) 然后,测量照射到由于调节  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  而发生调节的眼睛上并在视网膜处被反射的、具有预定波前的光束的波前,或测量由于调节  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  而发生调节的眼睛的自动屈光。特别地,这产生于,选择注视距离  $a_E$  (即,从眼睛的主点  $H_A$  到眼睛的焦点的距离),使得眼睛不再能够清晰地感知设置在注视点处的物体。

[0115] e) 由步骤 d) 中所测量的波前或步骤 d) 中所测量的自动屈光,计算眼睛的实际焦点屈光  $A_E$ 。

[0116] f) 将在步骤 e) 所计算的实际焦点屈光  $A_E$  与焦点屈光  $A_{E, \text{ideal}}$  相比较,所述焦点屈

光  $A_{E, ideal}$  在此后被认为是理想的, 如果眼睛的调节  $A$  能够跟得上调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$ , 那么就会发生上述的理想情况。

[0117] g) 此后, 调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$  连续地减小或以例如 0.05dpt 的离散步骤减小, 并且根据步骤 e) 和 f) 不断地测量实际焦点屈光  $A_E$ , 并将此实际焦点屈光与理想焦点屈光  $A_E$  相比较。

[0118] h) 根据步骤 g) 中所进行的比较, 选择第一次跟随理想焦点屈光  $A_E$  的变化的实际焦点屈光  $A_E$  作为近点屈光  $A_p$ 。

[0119] 或者, 可以在步骤 e) 之后连续地或以离散的步骤减小调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$ , 并根据步骤 e) 和 f) 连续地测量实际焦点屈光  $A_E$ , 将所测量到的实际焦点屈光  $A_E$  (或所测量到的实际焦点屈光之一或所测量到的实际焦点屈光的平均值) 作为近点屈光  $A_p$ , 所述测量到的焦点屈光  $A_E$  不再跟随调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$ 。

[0120] 作为另一替代方式, 代替方法中的步骤 c), 可以将眼睛容易跟上的调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$  呈现给眼睛, 接着连续地或以离散的步骤增加调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$ , 直至眼睛的调节  $A$  不能够跟随此调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$  为止 (如果需要的话, 也可稍高于该程度)。然后, 方法步骤 d) 到 h) 可以例如以相应的方式进行。然后, 根据步骤 g) 中所进行的比较, 选择最后一次理想地跟随理想焦点屈光  $A_E$  的变化的实际焦点屈光  $A_E$  作为近点屈光  $A_p$ 。可以理解的是, 所测量的刚好不再跟随调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$  的实际焦点屈光  $A_E$  (或所测量到的实际焦点屈光之一或所测量到的实际焦点屈光  $A_E$  的平均值) 也可以作为近点屈光  $A_p$ 。

[0121] 初步增量  $Add_{preliminary}$  可以, 例如在完成使用距离  $a_{use}$  的确定之后根据下述等式进行计算:

$$[0122] \quad Add_{preliminary} = 1 / a_{use} - \Delta A_{use} \quad (12)$$

[0123] 实际使用调节  $\Delta A_{use}$  可以, 例如以如下方式测量。

[0124] 进行与就测量最大调节幅度已经描述的相同的测量, 区别仅在于测量时间更长并且特定调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$  呈现给眼睛数秒并且理想地持续到调节  $A$  完全跟随刺激  $\Delta A_{stimulus}$  为止。因此调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$  的持续时间  $t$  选择为大于调节时间  $t_A$ 。

[0125] 为了确定使用调节  $\Delta A_{use}$ , 要求对该距离完全校正过的测试人用单眼将一个适合的测试图放得离眼睛足够近, 直到他或她刚好能清楚地分辨测试图。这一测试图可以, 例如, 显示在如图 17 所示的调节仪上。这样确定的距离对应于近点距离  $a_p$ 。如果由于高度的老花眼而使得调节轨道的长度 (或, 如果没有调节仪而无法测量该长度的话, 就用测试人的臂长) 不够, 那么调查人由于不确定, 会附加一个球面近增量, 这一增量将在后面从所测量到的使用调节  $\Delta A_{use}$  中被减去。测试人现在被要求用单眼长时间地看测试图直到由于调节  $\Delta A$  变小而看不清测试图为止。在下一步骤, 测试人被要求将测试图放置得足够远, 直到再一次看清测试图为止 (对应焦点  $a_E$ )。以米为单位计量的到焦点  $a_E$  的距离的倒数就是使用调节  $\Delta A_{use}$ 。

[0126] 初步增量  $Add_{preliminary}$  可以, 例如根据传统的方法用远点屈光  $A_R$  和近点屈光  $A_p$  计算得出, 其计算等式如下:

$$[0127] \quad Add_{preliminary} = A_p - A_R \quad (13)$$

[0128] 景深  $T$  正好对应于眼睛刚好还没调节的最大调节刺激  $\Delta A_{stimulus}$  的两倍。

[0129] 使用波前测量装置确定景深  $T$  在这里是绝对需要的。单独使用自动屈光测量单元

不可能确定景深 T。对于无晶状体或假晶状体,仅最后提到的基于使用波前测量单元的测量方法可用于确定景深 T。

[0130] 测试人的个体景深 T 可以,例如在接近远点附近的注视距离通过一系列波前测量或一系列自动屈光测量而确定。可以采用例如这样的调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  (对应注视距离的倒数) 作为最大调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ , 对于该调节刺激, 所测量的焦点屈光  $A_E$  刚好偏离从波前测量或自动测量所确定的远点屈光  $A_R$ , 或刚好仍对应于相应的远点屈光  $A_R$ 。也可以采用这样的调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  作为最大调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ , 其中所测量的波前刚好仍与无穷的注视距离处的波前相符合, 或其中所测量的波前刚好稍微偏离无穷的注视距离处的波前。

[0131] 另一基于波前分析的确定景深 T 的方法可以, 例如, 包括如下方法步骤:

[0132] a) 测量照射到非调节眼上并在视网膜处被反射的、具有预定波前的光束的波前或测量非调节眼的自动屈光。优选地, 没有调节刺激呈现给眼睛。

[0133] b) 提前、同时或之后测量眼睛的瞳孔直径。在步骤 a) 之后, 这里最基本的是对瞳孔直径的测量。瞳孔直径的测量可以这样进行, 例如, 对眼睛用照相机做记录并从所述记录中提取瞳孔直径。

[0134] c) 此后, 进行所测量的波前到期望的瞳孔直径的转变。公布在 J. Opt. Soc. Am. A, 第 10 卷, No. 10, 1937 到 1945 页的 J. Schwiegerling 的名称为“Scaling Zernike expansion coefficients to different pupil sizes”的文章中显示了转变的多种可能。

[0135] d) 在另一步骤中, 利用具有对应于所期望的要求 (例如阅读时视力  $V=0.4$ ) 的预定空间频率的结构展示, 获得注视目标。

[0136] e) 此后, 以例如 0.05dpt 或 0.1dpt 的步进进行平均球面  $mSph =$  远点屈光  $A_R$  周围的例如  $+ / -5dpt$  或  $+ / -3dpt$  的检查范围的注视, 其中:

$$[0137] \quad mSph = Sph + \frac{Zy1}{2} \quad (14)$$

[0138] 其中, Sph 是球面效应, Zy1 是提供给测试人的助视器的散光效应。

[0139] f) 此后, 在搜索空间中特定点预先给出的平均球面  $mSph_{\text{corr}}$  周围进行对波前的卷积。然后, 这一经校正的波前与注视目标的结构进行卷积。这一卷积模拟在搜索空间中变化了的波前给测试人的视觉印象。

[0140] g) 随后对卷积的评估包括, 例如, 由因卷积而出现的结构的最大和最小强度 ( $I_{\text{max}}$ ,  $I_{\text{min}}$ ) 确定比值 Q:

$$[0141] \quad Q = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}}} \quad (15)$$

[0142] h) 现在搜索空间内对于全部的  $mSph_{\text{corr}}$  值执行步骤 f) 和 g)。通过该方式, 可以获得每一  $mSph_{\text{corr}}$  的比值 Q。

[0143] 对于景深 T, 取检查空间中平均球面值  $mSph_{\text{corr}}$  的差异量, 使得其中比值 Q 刚好超过或刚好小于预定比值  $Q_{\text{pre}}$ 。在剑桥大学出版社出版的《光学原理》 (“Principles of Optics”) 第 7 版, 第 370 到 371 页中, Max Bom 等提供了相邻的结构刚好可以被分开辨识的阈值, 例如强度差  $I_{\text{max}} - I_{\text{min}}$  与  $I_{\text{max}}$  的比值 Q 为 19% (也叫做瑞利 Rayleigh 准则):

$$[0144] \quad Q = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}}} = 0.19 \quad (16)$$

[0145] 另一种基于波前分析确定景深 T 的方法可以包括如下的方法步骤：

[0146] a) 测量照射到非调节眼上并在视网膜处被反射的、具有预定波前的光束的波前或测量非调节眼的自动屈光。优选地，没有调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  呈现给眼睛。

[0147] b) 提前，同时或之后测量眼睛的瞳孔直径（参见上述方法）。

[0148] c) 此后，进行所测量的波前到期望的瞳孔直径的转变。

[0149] d) 此后，确定在远点屈光  $A_R$  的平均球面 mSph 周围例如 + / -3dpt 范围内的焦散面。焦散面被理解为是由于球面像差造成的图像空间中的光线的包络（参见 Helmut Goersch, Zeiss Handbuch für Augenoptik, 2000 版, 第 35 页）。

[0150] e) 此后，对区域内的每个位置的强度进行求和，所述区域在例如围绕光轴 oA 的柱形体积内的焦散面的平均球面 mSph 周围 + / -3dpt。

[0151] f) 接着，由沿焦散面的两点距离确定景深，在所述两点处，强度比最大强度小大约特定阈值，例如 19%。

[0152] 根据本发明的增量 (Add, Add<sub>preliminary</sub>) (通常，初始地) 以单眼方式确定。增量 (Add, Add<sub>preliminary</sub>) 可以用双眼的方式确定，例如，相同的增量可用于 (Add, Add<sub>preliminary</sub>) 双眼的助视器。这里，例如，可以选择分别单眼确定的增量 (Add, Add<sub>preliminary</sub>) 的平均值。或者，例如，对于双眼的助视器，可以使用为两个助视器所确定的增量 (Add, Add<sub>preliminary</sub>) 中较大的那个增量。

#### 附图说明

[0153] 以下，本发明将参考附图做更详细的解释。

[0154] 图 1 是流程图，示出本发明方法的一个实施例为了确定测试人个体所需的助视器增量 Add 的各个方法步骤；

[0155] 图 2 示出根据图 1 所示的方法适于确定个体所需的增量 Add 的装置；

[0156] 图 3 是流程图，示出本发明方法的另一实施例为了确定测试人个体所需的助视器的增量 Add 的各个方法步骤；

[0157] 图 4 是确定测试人的个体的使用距离  $a_{\text{use}}$  的例子的流程图；

[0158] 图 5 是确定测试人个体的最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  和景深 T 的例子的流程图；

[0159] 图 6 示出与调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  的相关的、测量到的测试人眼睛平均球面 mSph；

[0160] 图 7 示出确定测试人眼睛的个体的最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  和景深 T 的另一实施例的流程图；

[0161] 图 8 示出确定测试人眼睛的个体的景深 T 的例子的流程图；

[0162] 图 9 示出用于执行图 8 所示流程图的方法的注视目标的实施例；

[0163] 图 10 是示意性强度分布，所述强度作为当注视目标设置在远点  $A_R$  和与远点不同的距离处时，对图 9 的注视目标中相邻的线的感知的度量；

[0164] 图 11 是用于确定测试人眼睛的个体的景深 T 的第二例子的流程图；

[0165] 图 12 是通过光束的焦散面 (caustic) 的纵向截面图，所述光束在视网膜区域内以输入平面波前照射到测试人的眼睛；

[0166] 图 13 示出与距视网膜平面的距离  $a_{\text{m}}$  相关的、被包围在图 12 所示焦散面中的柱体内的光强度；

[0167] 图 14 是一个图,其中不同测试人的眼睛的调节 A 表示为调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  的函数:

[0168] A:50 岁人的个体的使用调节  $\Delta A_{\text{use},50}$ ;

[0169] B:50 岁人的个体的最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max},50}$ ;

[0170] C:根据 Duane,50 岁人的平均最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max},50}^*$ ;

[0171] D:根据 Duane,30 岁人的平均最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max},30}^*$ ;

[0172] E:理想最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$ ;

[0173] 图 15 示出根据 Duane,平均生理性最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}^*$  与年龄的相关性(现有技术);

[0174] 图 16 示出根据现有技术的平均视距离(=近点距离) $a_p$ 与年龄的相关性;

[0175] 图 17 示出调节仪(现有技术)。

## 具体实施方式

[0176] 确定增量的实施例

[0177] 图 1 示出一个流程图,从该流程图可以获得根据本发明方法的一种变型的各个方法步骤,用于确定测试人个体所需的助视器的增量 Add。图 2 示出对应的用于执行上述方法的装置。以下将对上述方法和装置做具体的描述。

[0178] 在第一步骤 100 中,确定对于测试人眼睛的助视器(例如,眼镜镜片)的初始增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$ 。可以使用现有技术中已知的和在介绍性说明中作为方法 1 到 4 描述的多种方法之一作为确定初始增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  的方法。例如,可以使用这样的方法,其中测试人从多个测试眼镜中选择他感觉最舒适的测试眼镜。作为初始增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$ ,也可使用借助图 2 的屈光单元 10 确定的增量 Add。该屈光单元 10 可以,例如包括视标表或透明的从内部照明的表。视标的下边缘必须设置在高于地平面至少 1.40m 处。例如,可以在对面墙上安装一个偏转镜,并且此偏转镜可以这样倾斜使得测试人能够分辨偏转镜中心的视标图像。偏转镜中心大致位于坐着的测试人的眼睛高度。进一步的详细内容在例如以下文章中阐明:Heinz Diepes 所著的“Refraktionsbestimmung”,出版人为 Heinz Postenrieder Pforzheim,1975 年第 2 版,第 28 页。

[0179] 在第二步 200 中,确定测试人眼睛的个体的景深 T。测试人眼睛的个体的景深 T 可通过各种非常不同的方式客观地确定。以下将阐述一系列客观确定测试人眼睛的个体的景深 T 的方法。特别地,如图 2 所示,也可以使用测量单元 20 客观地确定波前和景深 T。

[0180] 接着在第三步 300 中,用初始增量  $\text{Add}_{\text{preliminary}}$  减去经范围在 0 到 1 之间的系数  $\omega$  加权的个体的景深 T,得到实际的增量 Add。可以使用例如 1/2 或 2/3 作为加权系数  $\omega$ 。计算可以,例如通过图 2 所示的传统的个人计算机 30 来进行。增量确定,景深确定和增量计算都可以使用其中结合了部件 10,20 和 30 的单个计算机来进行。

[0181] 对于两个眼睛的助视器(例如,眼镜),增量 Add 的确定可以单眼分别进行或甚至双眼顺序进行。可以为测试人的右眼和左眼分别提供不同的助视器增量 ( $\text{Add}_{\text{left}}, \text{Add}_{\text{right}}$ )。然而,也可能例如为测试人两个眼睛的注视器提供相同的增量  $\text{Add} = \text{Add}_{\text{left}} = \text{Add}_{\text{right}}$ 。例如,作为两个助视器(例如,眼镜)的共同增量 Add,可以使用为各个眼睛的助视器分别确定的增量中的最大增量  $\text{Add} = \max[\text{Add}_{\text{left}}, \text{Add}_{\text{right}}]$ 。

[0182] 确定增量的另一实施例

[0183] 图 3 示出本发明用于确定测试人个体所需的助视器增量 Add 的方法的另一变型的各个方法步骤的流程图。

[0184] 在第一步 105 中,确定个体的最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$ ,与现有技术不同,该最大调节幅度不是主观地(即同时考虑测试人所表达的个体的印象)确定的,而是通过以下描述的方法之一来客观地确定的。

[0185] 在第二步 120 中,确定测试人个体的使用距离  $a_{\text{use}}$ 。确定测试人个体的使用距离  $a_{\text{use}}$  可以例如包括图 4 所示的方法步骤。在此例子中,测试人手持文件作为阅读样本。测试人被要求以对他来说感觉舒适的距离手持文件并被要求阅读文件上的内容(方法步骤 122)。确定文件到眼睛主点  $H_A$  的相对位置(方法步骤 124)。这可以通过估算通过照相机侧面记录的阅读测试人的图像来进行。此后,确定测试人眼睛的主点  $H_A$  和文件位置之间的距离  $a_{\text{use}}$ (方法步骤 126)。

[0186] 该距离  $a_{\text{use}}$  限定了使用距离  $a_{\text{use}}$ 。也可以想到使用设置在阅读样本(例如,作为显示器的一部分)上的距离传感器来直接测量到眼睛主点  $H_A$  的距离  $a_{\text{use}}$ 。

[0187] 在步骤 135,计算经系数  $\sigma$  加权的最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  和使用距离  $a_{\text{use}}$  的倒数的差,作为助视器的增量 Add。加权系数  $\sigma$  可以采用大于 0 且小于 1 的范围内的数值。根据上述 Reiner 理论,加权系数  $\sigma$  可以是例如  $1/2$ 。Schober 建议该值例如是  $2/3$ 。

[0188] 确定最大调节幅度和景深的实施例

[0189] 基于本发明人的构思的用于确定最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  和景深 T 的方法 200 的一个例子包括以下详细描述和在图 5 中示意性示出的方法步骤。

[0190] 首先,对照射到测试人的非调节的眼睛上的、具有预定波前的光束进行在视网膜上被反射的波前的测量 202。或者,可以进行自动屈光测量。根据所测量到的波前或自动屈光测量,计算得到眼睛的远点屈光  $A_R$ (方法步骤 204)。

[0191] 仅在那时进行对最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  的实际测量。为此目的,波前测量单元或自动屈光测量单元的注视目标被设置在下测量范围的极限(步骤 206)。这限定了调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ ,其对测试人的眼睛来说是仪器可能给出的最大刺激。以 dpt 为单位的调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  和以 dpt 为单位的调节幅度  $\Delta A$  之间的理想曲线在软件中被固定。图 6 示出测试人眼睛的平均球面 mSph(对应于等式(14))和调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ (即从眼睛的主点  $H_A$  到注视目标的距离的倒数)之间的关系。线性虚线限定了反映在对应的平均球面 mSph 中的调节 A 总是跟随调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  的理想情形。

[0192] 现在测量波前或自动屈光值(方法步骤 208),并由此计算有效的处方值:眼睛的球面、柱面、轴线(方法步骤 210)。有效的处方值(球面,柱面,轴线)与注视目标的调整相比较并被存储(步骤 212)。现在,注视目标快速地以正球面效应 Sph 变化(步骤 212)。换句话说,这表示注视距离在相对较快地减小。这里的快速表示眼睛跟不上调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  的变化。对于目标在增加正球面效应 Sph+ 的方向上的每次变化,都会进行新的波前测量或自动屈光测量,并随后计算眼睛的远点屈光  $A_R$ 。具有正球面效应 Sph 的目标的变化一直进行,直到远点屈光  $A_R 3\text{dpt}+3\text{dpt}$ (步骤 216)。在图 6 中由测量线上测试人最后一次不发生调节处的点与测试人第一次最大地调节的点之间的垂直距离得到最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$ (步骤 218)。由测量线上位于远点屈光  $A_R$  上的点和测试人最后不调节的点之间的水平差的 2 倍

得到景深 T (步骤 220, 图 6)。

[0193] 确定最大调节幅度和景深的其它实施例

[0194] 用于确定最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  和景深 T 的方法 300 的另一个例子包括示意性地示出在图 7 中并在下文描述的方法步骤。

[0195] 与之前的例子中一样, 首先, 对照射在测试人的非调节的眼睛上的、具有预定波前的光束的在视网膜处被反射的波前进行测量 302。或者, 也可以进行自动屈光测量。根据所测量到的波前或自动屈光测量结果, 计算眼睛的远点屈光  $A_r$  (方法步骤 304)。

[0196] 接着, 波前测量单元或自动屈光单元的目标被设置到上测量范围的极限 (306)。

[0197] 测量波前 (步骤 308) 或自动屈光值, 并由此计算有效处方值 (球面效应, 柱面效应和轴线位置) 眼睛的 Sph、Zy1、轴线 (步骤 310)。这些处方值与目标调节相比较 (步骤 312) 并被保存。现在, 目标快速地以负球面效应 Sph 的方向变化。对于目标在减小方向的每次变化, 都进行新的波前测量或自动屈光测量, 并随后计算眼睛的远点屈光  $A_r$  (步骤 316)。

[0198] 在图 6 中由测量线上测试人最后一次最大调节的点到测试人第一次不发生调节的点之间的垂直距离得到最大调节幅度  $\Delta A_{\max}$  (步骤 318)。由测量线上远点屈光上的点和测试人上一次不被调节的点之间的水平差的 2 倍得到景深 T (步骤 320, 图 6)。

[0199] 确定景深的实施例

[0200] 基于波前分析的用于确定景深 T 的方法 400 也可以包括下面提出并显示在图 8 中的方法步骤。

[0201] 在第一步中, 在预定亮度条件和预定的注视目标的距离下对测试人的一只眼睛进行波前测量 (步骤 402)。测量条件根据眼镜佩戴者的个体问题模式, 即根据既往病历, 来确定, 因此在这里没有真正地确定。

[0202] 预定亮度决定了测试人在测量过程中眼睛的瞳孔尺寸。公知的是, 瞳孔尺寸会根据亮度条件而调节, 该尺寸能够显著地影响所测量到的波前。然而, 测量波前的条件不必然与测试人通常观看物体的条件, 特别是测试人例如看报纸时的条件相同。因此, 在下一步骤 406 中, 本发明对所测量的波前进行包括所测量到的瞳孔直径  $P_{\text{measurement}}$  到所期望的瞳孔直径  $P_{\text{target}}$  的转变。所期望的瞳孔直径  $P_{\text{target}}$  可以是例如这样的瞳孔直径, 即如果测试人在日光的条件下阅读报纸, 该瞳孔直径会进行调节。所期望的瞳孔直径  $P_{\text{target}}$  也可以是例如这样的瞳孔直径, 即如果测试人在人工照明条件下的计算机屏幕下工作, 该瞳孔直径会进行调节。显然, 对应的自调节瞳孔直径  $P_{\text{target}}$  可以例如在所考虑的最常使用的条件下借助于视频记录被客观地确定。

[0203] 在另一方法步骤中, 对应于期望的要求, 例如, 阅读时的视力  $V=0.4$ , 具有规定的空间频率的注视目标被固定。这类图形的例子 (测试图像 500) 显示在图 9 中。在该例子中, 图形包括 6 个以等间距  $d$  排列的条带 (502、503、504、505、506、507)。但是, 该注视目标 500 不像通常使用的在预定距离  $a_{\text{use}}$  处呈现给测试人; 而是, 通过计算, 例如借助于计算机, 确定注视目标, 使得如果可能的话, 测试人会在到眼睛主点  $H_A$  的不同的距离  $a_{\text{use}}$  处观察到注视目标 500 的图案。特别地, 在该例子中情况是这样的: 首先按例如 0.05dpt 或 0.1dpt 分步确定出在远点屈光  $A_r$  的平均球面 mSph 周围例如  $+ / -3$  或  $+ / -5$ dpt 的搜索空间  $R_s$  (步骤 410)。随后, 目标 500 的图案与波前进行卷积, 所述波前在搜索空间中的点周围被校正 (步骤 412), 即, 确定注视目标 500 的可感知的图案 (502、503、504、505、506 和 507), 所述感知

根据注视目标 500 到眼睛主点  $H_A$  的距离  $a_{use}$  的变化而不同。

[0204] 在下一步骤 414, 对注视目标 500 的图形 (502、503、504、505、506 和 507) 进行评估, 该图形通过卷积获得。图 10 示出注视目标 500 的图形 (502、503、504、505、506 和 507) 中两条相邻的线 (例如, 图 9 中的 503 和 504) 经卷积后相对于平均球面  $mSph$  的强度分布图, 即所测量的球面和半球面屈光值  $(Sph+Zy1 / 2)$  的和。对图案的感知的质量的一个度量是独立地感知到增加了强度  $I$  的相邻的线, 光度对比。根据例如上面引用的《光学原理》 (“Principles of Optics”) 可以知道, 当较低强度  $I_{min}$  与较高强度  $I_{max}$  相差超过 19% 时, 相互毗连存在的区域之间的强度差  $\Delta I$  能够被个体地感知到。因此, 本发明提供确定例如所确定的强度分布  $I$  (例如, 如图 10 所示) 中强度最大值  $I_{max}$  和强度最小值  $I_{min}$ , 计算所确定的极端值 ( $I_{min}, I_{max}$ ) 之间的差  $\Delta I$ , 将从中所获得的值与指定阈值  $S$  (例如, 值为 19%) 相比较, 在搜索空间内对所有的值  $mSph_{corr}$  作上述操作 (步骤 416、418)。作为景深  $T$ , 搜索空间内点的差值被固定使得刚好超过阈值  $S$  或刚好在阈值之下一点。

[0205] 确定景深的其它实施例

[0206] 以下参考图 11 到 13 对基于波前分析而确定景深  $T$  的另一方法进行说明。

[0207] 该方法还是从预定亮度条件和预定注视目标距离  $a_{fixation}$  的波前测量 502 开始。接着, 以与上述实施例相同的方式进行所测量的波前到期望的瞳孔直径  $P_{target}$  (步骤 506) 的转变 504。

[0208] 在下一步骤 508 中, 在远点屈光  $A_r$  的平均球面周围例如  $\pm 3dpt$  或  $\pm 5dpt$  的范围内计算确定焦散面。如图 12 所示, 焦散面 602 被理解为光束的大致窄的限制, 所述限缩产生而代替图像点, 并且由于像差的原因, 所述光束表现为光束在再一次发散之前就从图像点发出了。特别地, 例如通过在测试人的被引导至远点  $A_r$  的非调节眼的视网膜周围多个位置  $a_{NH}$  进行计算确定点散射函数 PSF。

[0209] 此后, 对焦散面 602 的强度进行积分 510 直到距离光轴 604 的指定距离  $r_0$ 。该焦散面 602 的强度积分在图 12 显示为柱体体积 606, 其中给定了积分角度  $\phi=0 \dots 360^\circ$  和到光轴 604 的距离  $\rho=0 \dots r_0$ 。距离  $r_0$  可以例如被设定为等于所需视力  $V$  的倒数。图 13 示出焦散面 602 沿光轴 604 的强度分布。强度分布包含在柱体体积 606 内。

[0210] 如图 13 所示, 景深  $T$  被确定为沿光轴 604 的两点 ( $P_1, P_2$ ) 之间的距离  $d_T$ , 在所述两点处, 强度 ( $I_1, I_2$ ) 比最大强度  $I_{max}$  小特定的阈值  $S$ , 例如 19% (步骤 512)。

[0211] 确定其它使用条件下的景深的实施例

[0212] 已知如上所述基于不同强度  $I_1$  开始能够被感知的阈值  $S$  极大地依赖于每个测试人。因此建议个体地确定此阈值  $S$ , 这样据此确定的景深  $T$  能够更加准确。

[0213] 基于与期望的或给定的瞳孔直径  $P_{target}$  成比例的波前分析个体地确定景深  $T$  的方法也可以包括以下方法步骤。

[0214] 根据上述首先描述的方法之一, 可以获得, 例如对于第一瞳孔直径  $P1$  的景深  $T1$ 。根据替代的上述方法之一, 对于第二瞳孔直径  $P2=P1$ , 确定个体的阈值  $S_{ind}$  使得由其所计算得到的景深  $T2$  等于所测量的景深  $T1$ 。

[0215] 此后, 对于预定的瞳孔直径  $P_{target}$  (例如, 3.5mm) 和在之前的步骤中确定的阈值  $S_{ind}$ , 可以通过上述可替代的方法之一来确定景深  $T$ 。如果  $P1$  小于期望的瞳孔直径  $P_{target}$ , 则  $T2=T1$ 。

[0216] 总结

[0217] 图 14 示出一个图以便解释与现有技术的差异。在图 14 中,不同测试人的眼睛的调节 A 被绘制为调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$  的函数。曲线 E 定义了理想调节  $A_{\text{ideal}}$  的线性过程。理想的眼睛将会通过对应的调节  $A_{\text{ideal}}$  补偿每个调节刺激  $\Delta A_{\text{max}}$ 。

[0218] 作为对比,曲线 D 给出了 30 岁人的平均调节  $A_{m,30}$ ,曲线 C 给出了根据 Duane 的 50 岁人的平均调节  $A_{m,50}$ 。普通 30 岁人的眼睛能够补偿最多 8dpt 的调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ 。对于更高的调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ ,其眼睛的晶状体弹性不足以补偿。50 岁人的眼睛仅能补偿最多 2dpt 的调节刺激  $\Delta A_{\text{stimulus}}$ ,因为他的眼睛的晶状体弹性已经下降到这一程度。他的残余调节  $\Delta A_{\text{max}}$  是 2dpt。

[0219] 对于本领域普通技术人员来说最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  存在很大的个体差异,而不仅仅跟年龄相关。曲线 A 限定了所确定的 50 岁测试人的使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$ 。曲线 B 是 50 岁测试人的相应的个体的调节  $A_{50}$ 。显示出测试人的眼睛实际上仍具有 3dpt 的最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$ 。作为使用调节  $\Delta A_{\text{use}}$  使用的大约是 2dpt。

[0220] 本发明的方法和装置考虑了客观可决定的以及,如果需要,也可以客观地被确定的参数——最大调节幅度  $\Delta A_{\text{max}}$  和景深 T。这表示新方法不依赖于测试人的顺从性。当为年龄大的人或病人选择适合的助视器时,这种方法特别有利。进一步,不必要回到对增量 Add 的通常的 0.25dpt 量化;而是,增量 Add 可以在下一步骤个体地被调节以个体地优化助视器。考虑个体的景深 T 提供了这样的优点,即增量 Add 可以被选择得尽量小而能完全满足所需,使得特定的眼镜可以在软设计下制作而不损失近区域的视敏度。

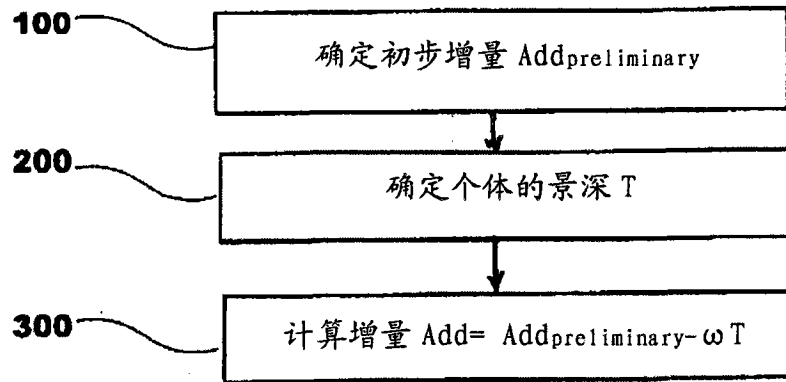


图 1

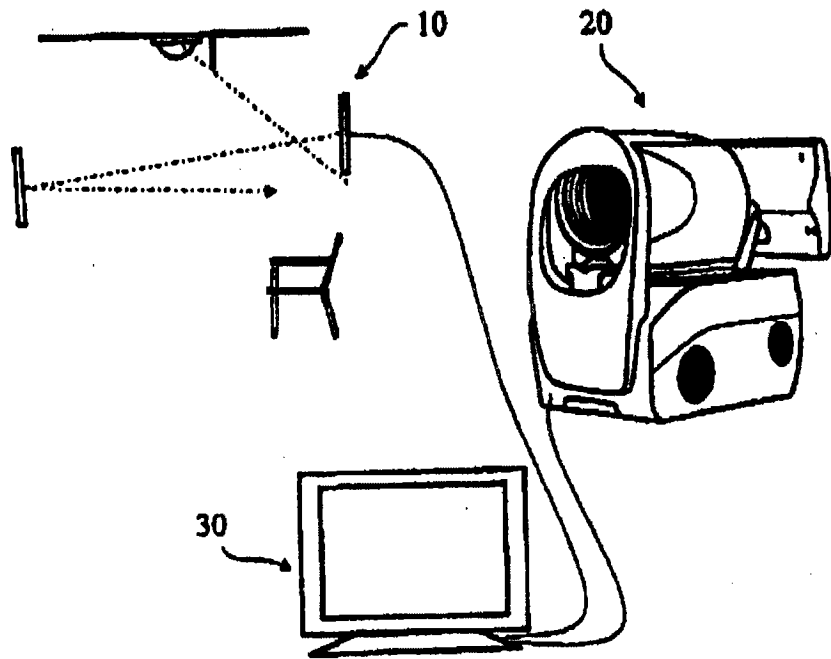


图 2

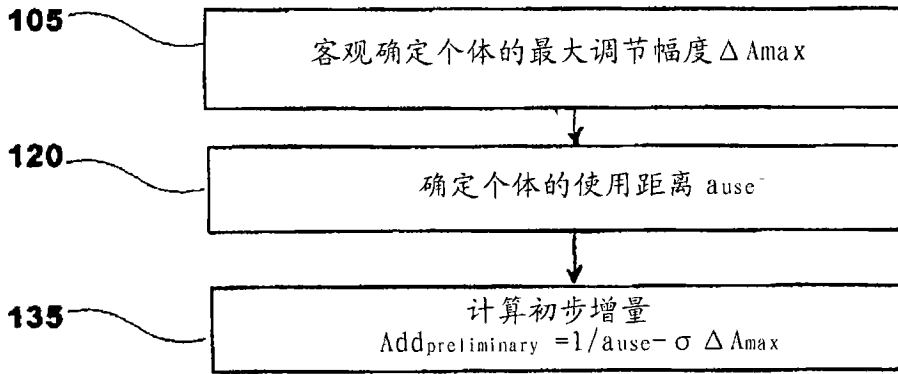


图 3

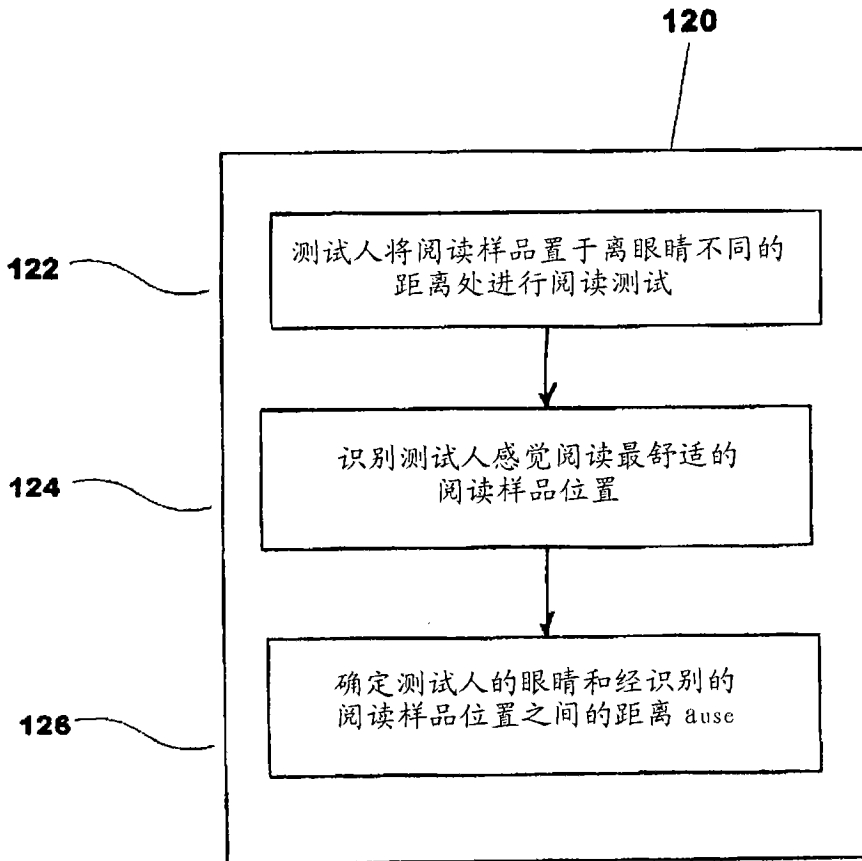


图 4

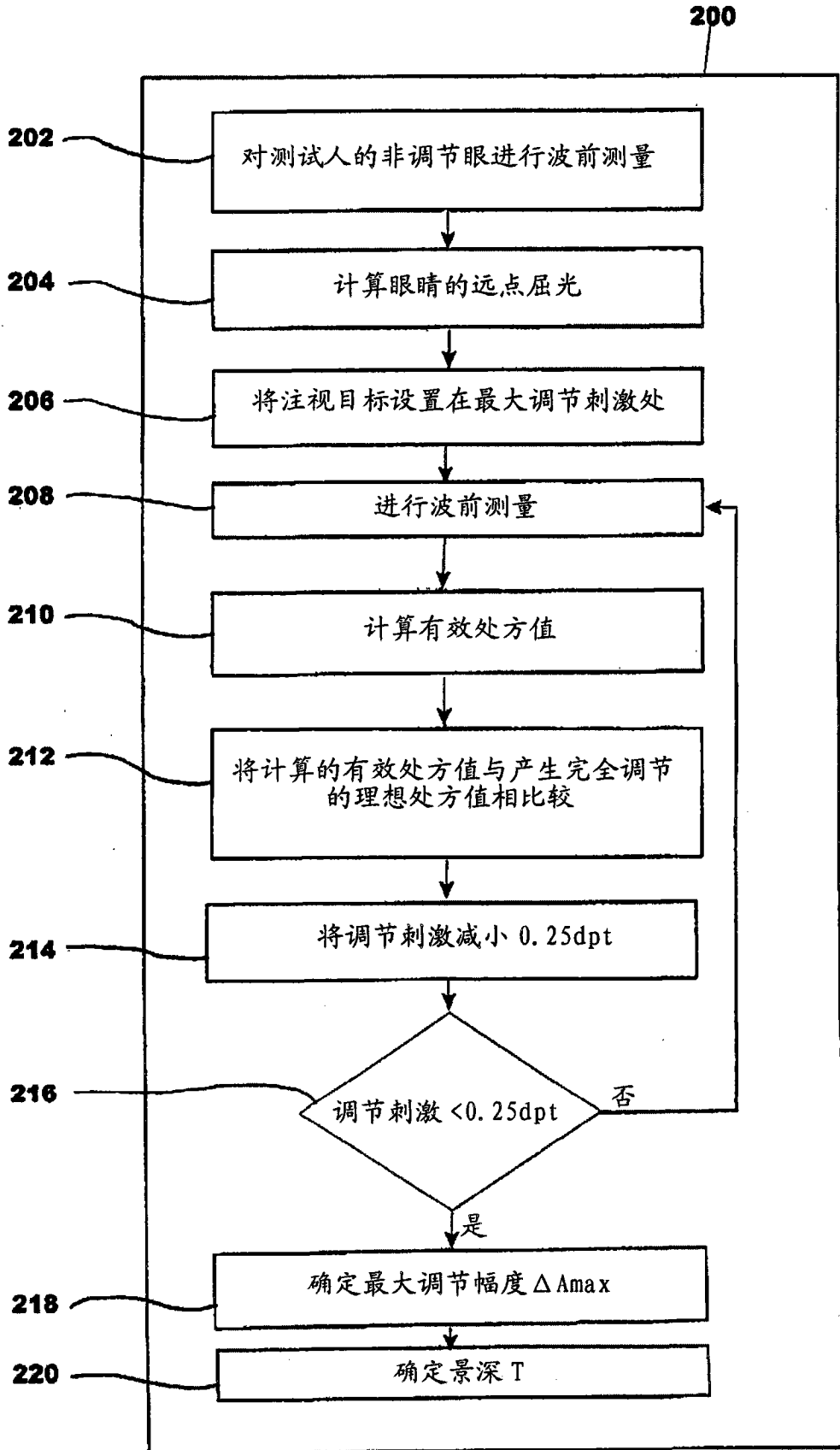


图 5

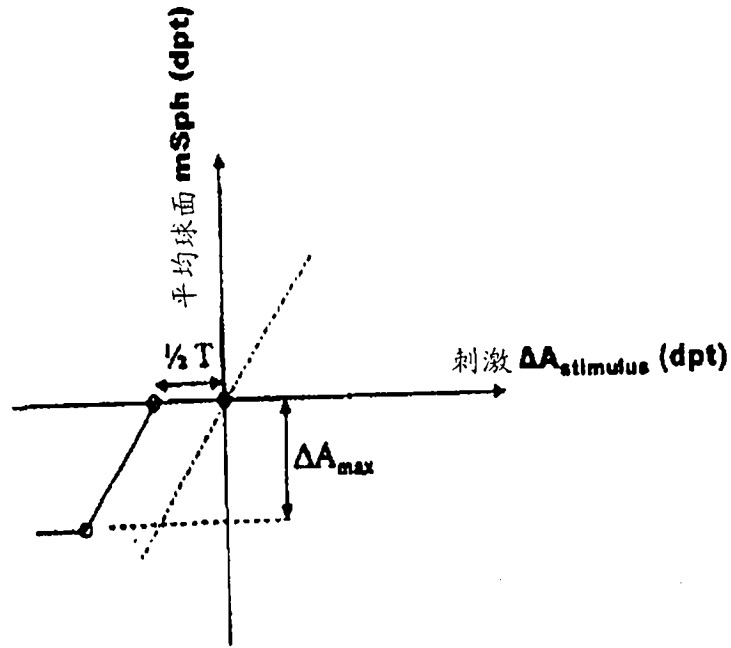


图 6

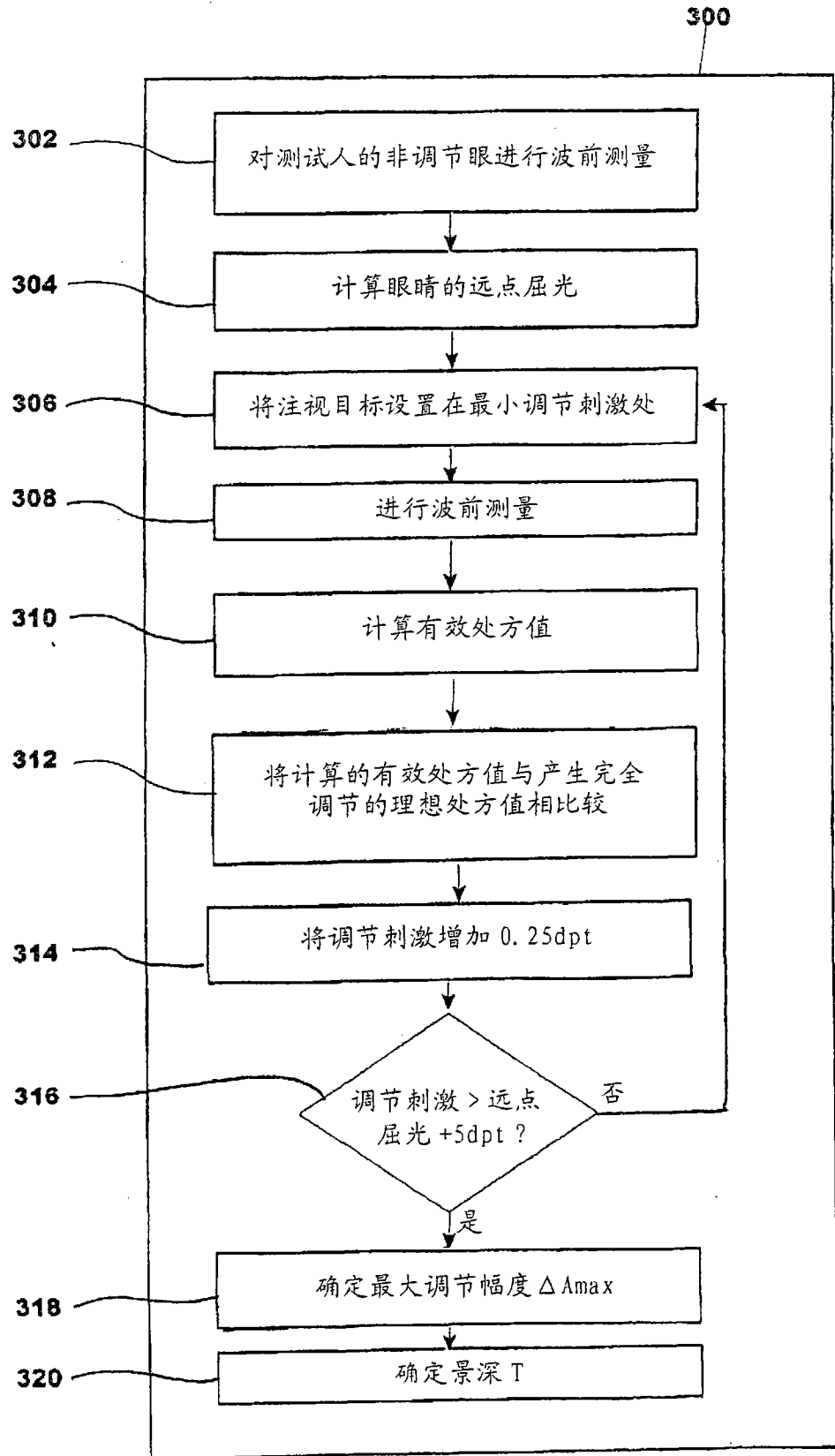


图 7

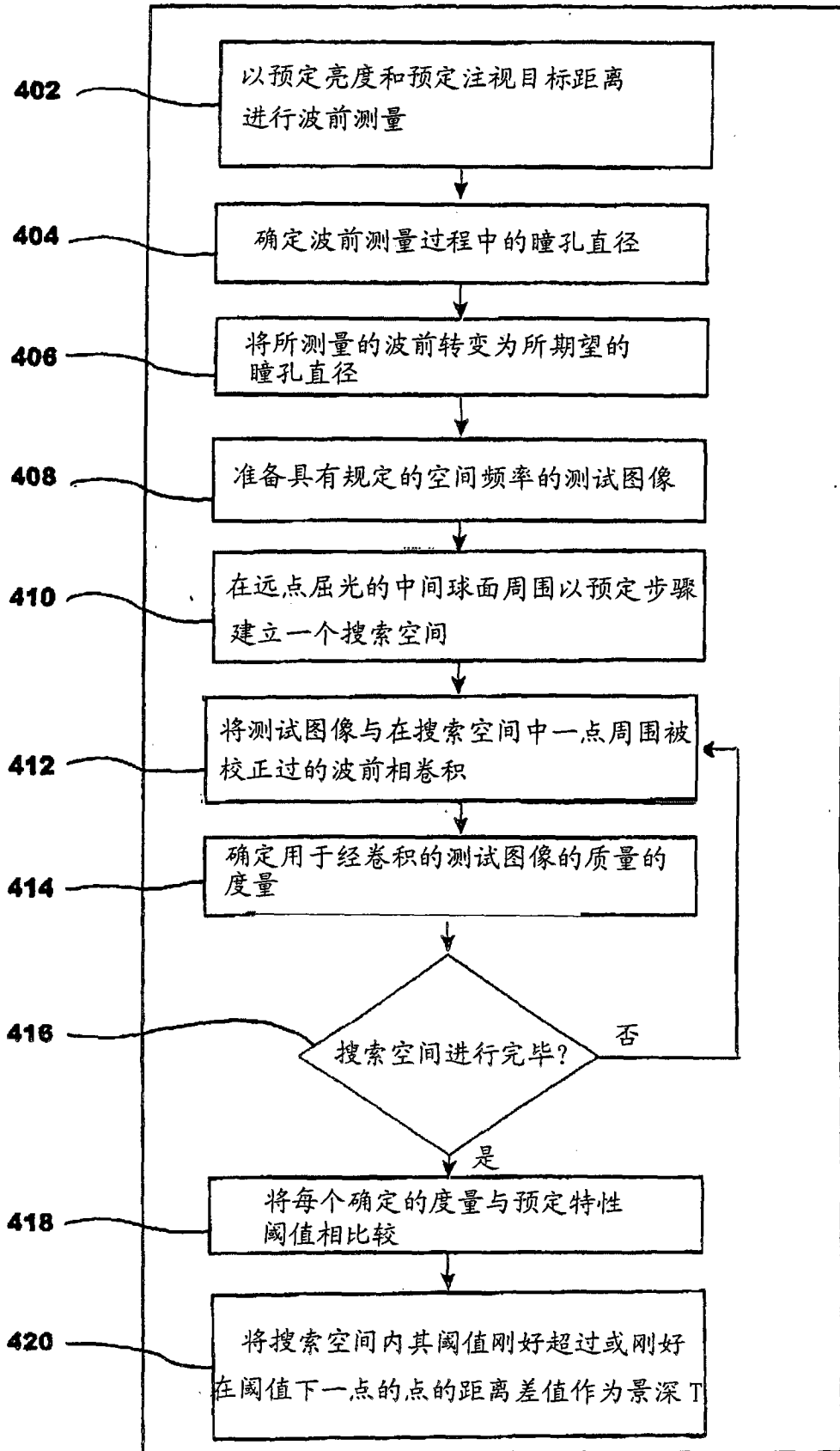


图 8

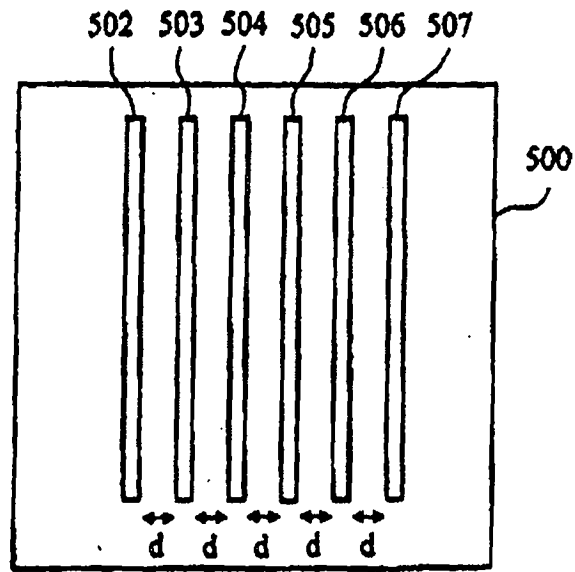


图 9

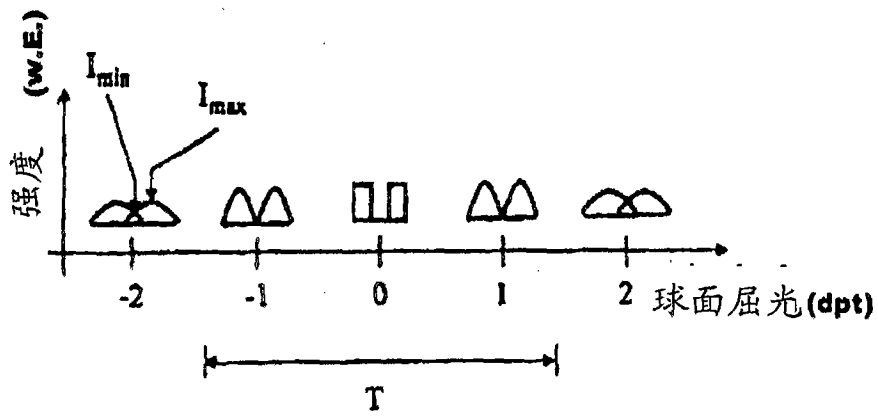


图 10

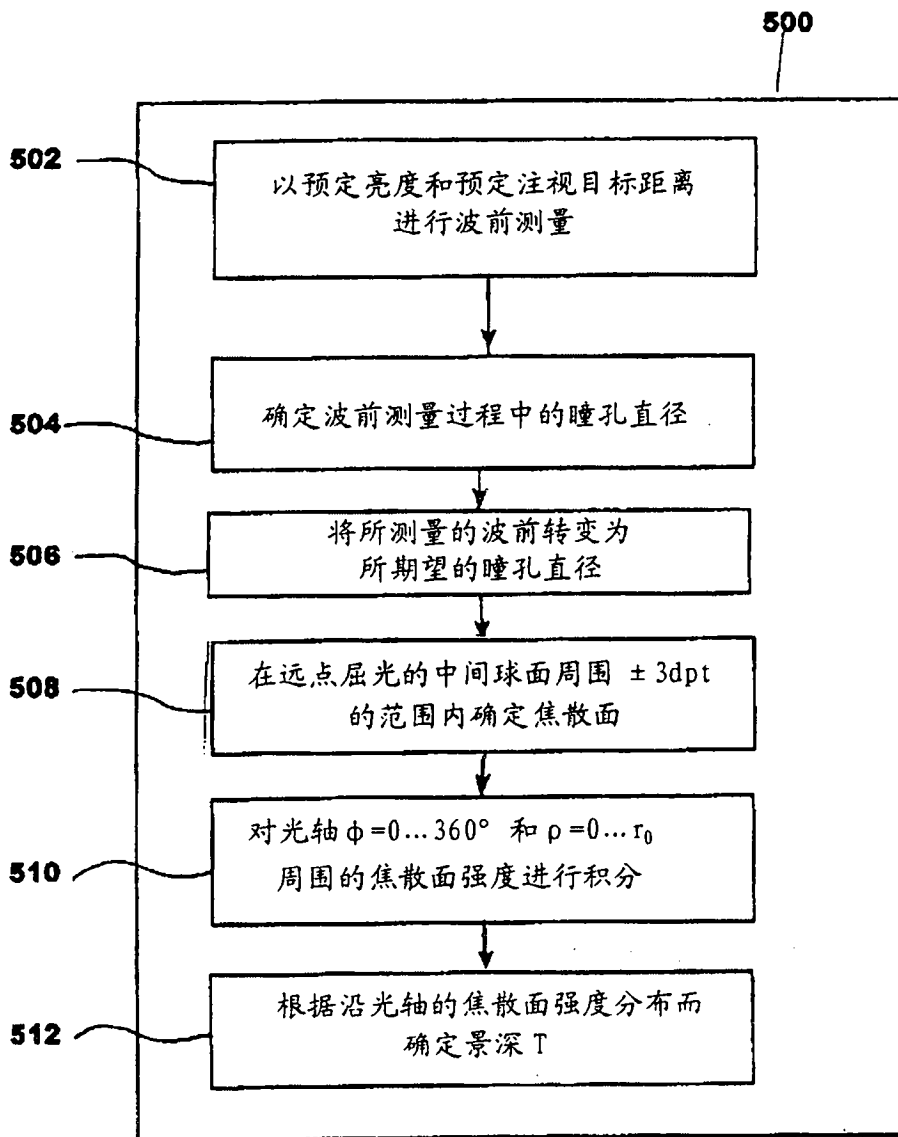


图 11

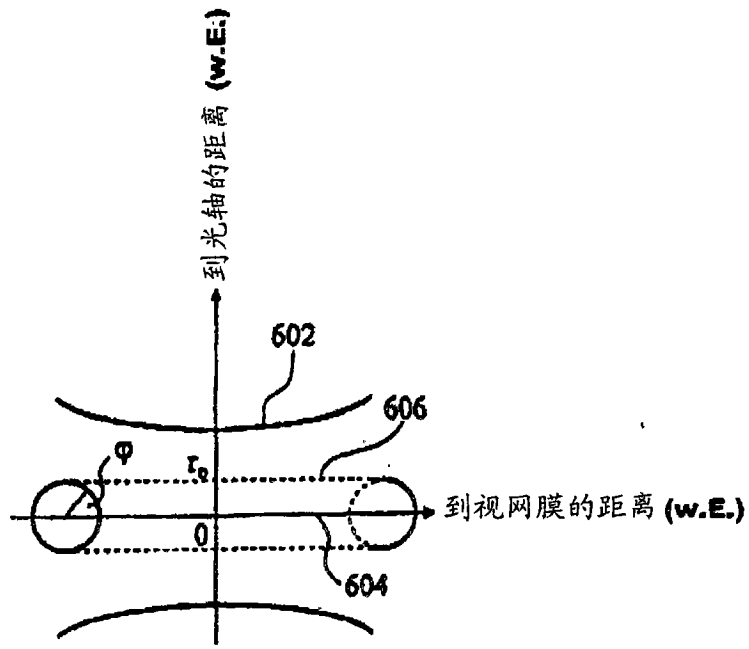


图 12

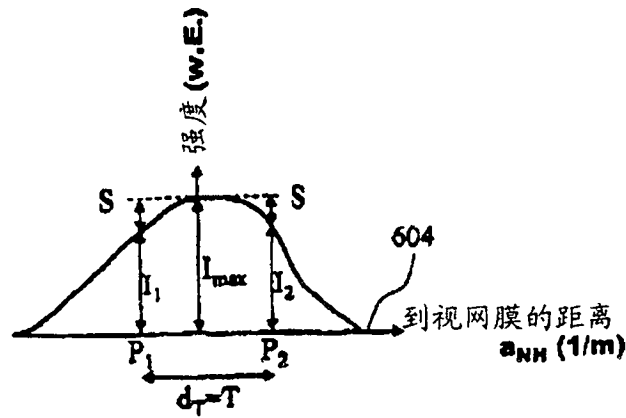


图 13

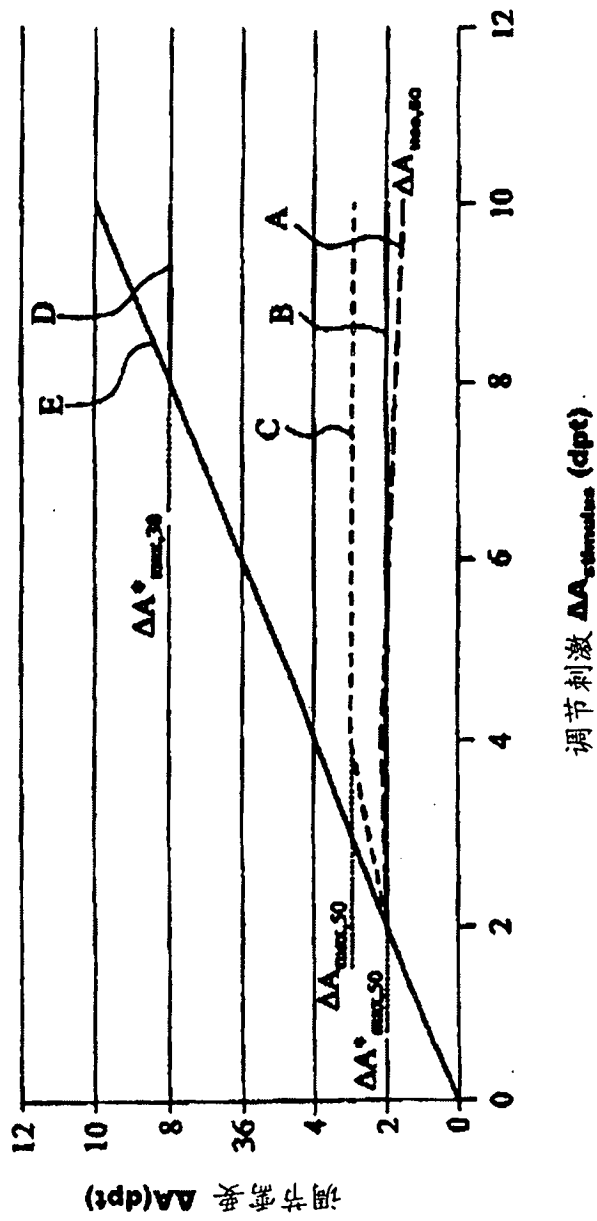


图 14

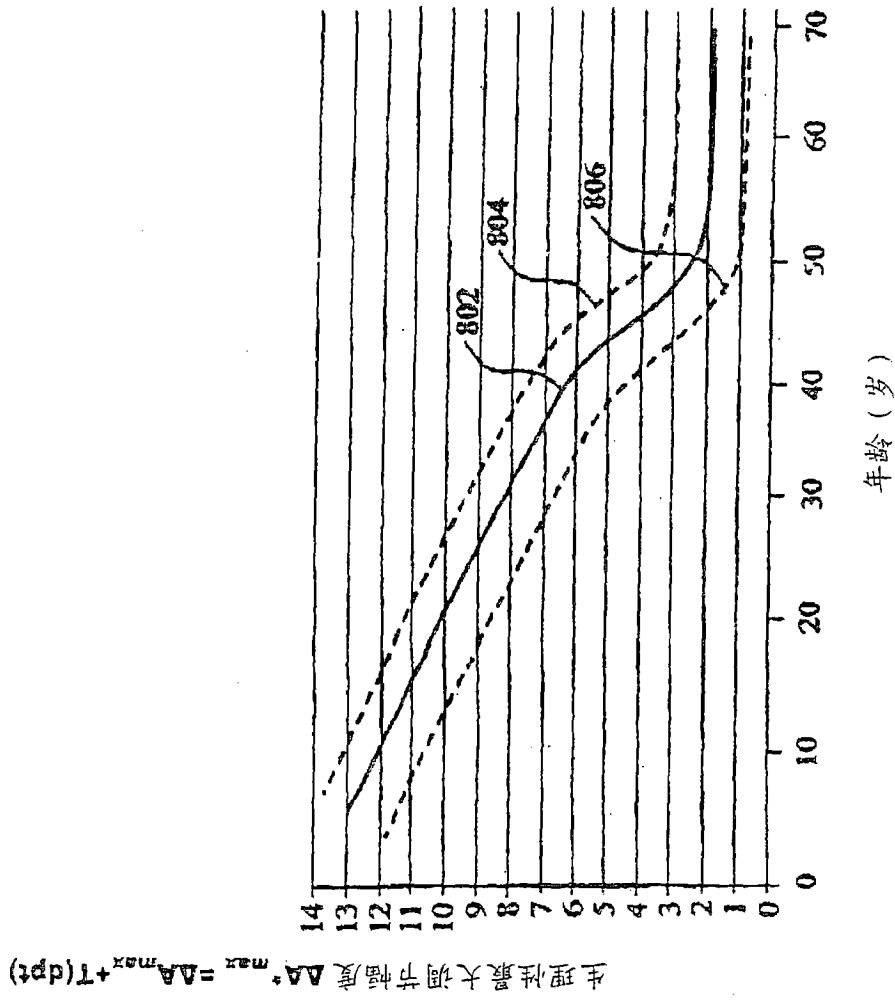


图 15

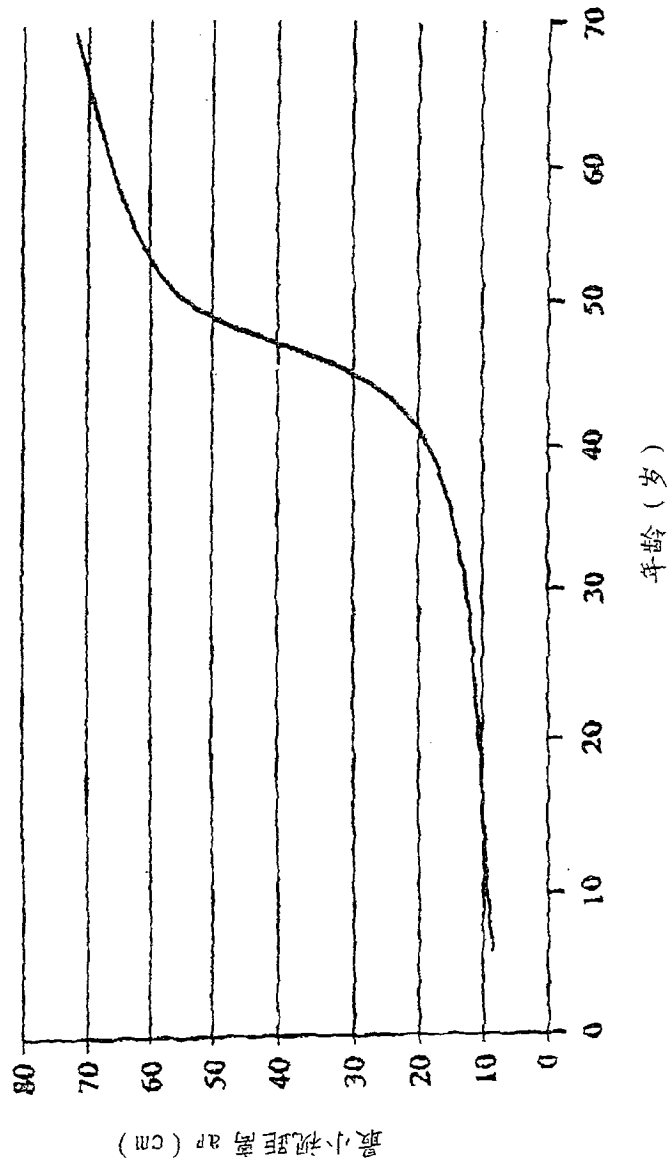


图 16

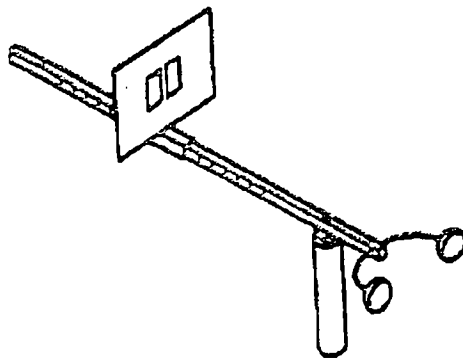


图 17