



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105378547 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201380071410. 9

A61B 3/103(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 05. 01

A61B 3/028(2006. 01)

A61B 3/10(2006. 01)

(30) 优先权数据

13/687, 309 2012. 11. 28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 07. 24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2013/001051 2013. 05. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/083392 EN 2014. 06. 05

(71) 申请人 完美视觉(香港)有限公司

地址 中国香港荃湾大涌道8号TAL大厦13楼

(72) 发明人 梁俊忠

(74) 专利代理机构 上海科律专利代理事务所(特殊普通合伙) 31290

代理人 金碎平

(51) Int. Cl.

G02C 7/10(2006. 01)

权利要求书4页 说明书14页 附图7页

(54) 发明名称

人眼的自动测量和墨镜、眼镜发送的方法和系统

(57) 摘要

本发明提供用于人眼校正自动测量和墨镜与眼镜交货的方法、设备和系统,个人包括视力20/20或更好的人。

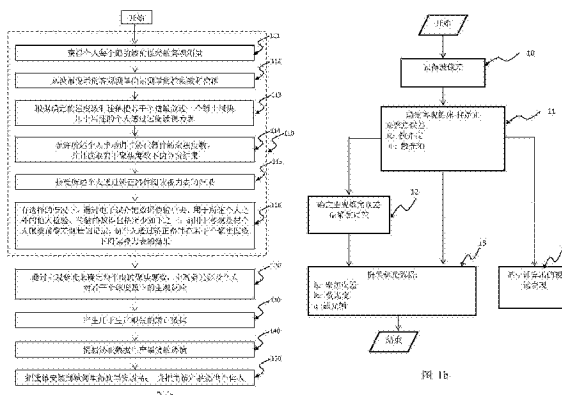


图 1b

1. 一种为个人提供墨镜的方法, 所述的个人包括视力 20/20 或更好视力的人, 其特征在于包括下述步骤:

提供一个测量工作台, 不需要所述的个人之外的其他人的操作下能实现自动数据采集, 所述的工作台的配置包括:

获得所述个人每个眼的波像差一个客观测量;

根据所述个人每个眼的波像差的客观测量放置若干个透镜在一个矫正器件里, 让所述的个人透过矫正器件阅读至少一个视力表;

允许所述的个人手动调节矫正器件的聚焦度数;

接收所述的个人每个眼透过矫正器件阅读视力表的结果; 并且

通过主观验光确定每个眼的聚焦度数, 所述的主观验光涉及所述个人的对多个聚焦度数的主观回应;

生成制造一副墨镜的矫正数据;

通过电子媒介传输制造所述一副墨镜的数据, 所述传输的数据至少包括制造一副墨镜的矫正数据;

根据所述的矫正数据制造墨镜的透镜;

把所述的透镜安置到镜架里产生墨镜产品;

为所述的个人提供完成的墨镜产品。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于: 所述墨镜是柜台上购买的, 无需验光单。

3. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于: 所述的传输制造一副墨镜的数据进一步包括由其他人来检查和复查如下之一: a) 获得的所述个人每个眼波像差一个客观测量的记录, b) 所述的个人通过所述的矫正器件的多个聚焦度数阅读视力表的结果, c) 所述个人读近处任务的近聚焦度数。

4. 根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于: 允许所述个人外的其他人核查传输的数据并为工作台提供反馈数据。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于: 所述工作台设置成通过客观测量的波相差来确定散光度数和散光轴。

6. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于: 所述工作台设置成能够接收从个人选择的镜架。

7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于: 生成透镜的矫正数据根据选定的镜架形状而调整。

8. 根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于: 所述工作台设置成能够给所述的个人照相, 照相时人可以戴或不戴镜架。

9. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于: 所述工作台设置成能够接收所述个人的付款信息。

10. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于: 所述工作台设置成能够接收所述个人的送货信息。

11. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于: 所述工作台能够和镜片制造设备建立通讯, 所述的工作台向镜片制造设备传输矫正数据来定制镜片。

12. 根据权利要求 11 所述的方法, 其特征在于: 所述的镜片制造设备是全自动的。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其特征在于:所述测量工作台与自动镜片制造设备通讯,设置成向镜片制造设备传输从所述个人处获得的矫正数据和发货信息来定制镜片。

14. 根据权利要求 12 所述的方法,其特征在于:所述测量工作台设置成能提供和接收所述个人选定的墨镜架式样。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其特征在于:所述自动镜片制造设备能把所述定制镜片和所述选定镜架组装起来。

16. 根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于:所述测量工作台设置成有从所述的个人接收付款信息和发货信息的功能。

17. 根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于:根据每个眼的矫正数据为所述的个人选择成品镜片。

18. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:镜片制造是通过磨具成型或机械加工。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述测量工作台包括一波前验光机用于测量包括聚焦误差和柱误差屈光矫正,所述的波前验光机包括:

一个波前测量模块用于客观测量人眼的像差,测量瞳孔上的波前斜率,确定人眼波像差至少包括一个柱轴和一个柱度数比 0.25 光角度更精确,和

一个验光模块有若干个球镜和柱镜以及一个视力表用于主观确定人眼的聚焦误差。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其特征在于:所述的柱透镜依据所述波前测量模块客观测量的像差而设置,所述主观确定的聚焦误差涉及人眼看视力表对多个个聚焦度数的主观反应。

21. 根据权利要求 19 所述的方法,其特征在于:所述的波前测量模块用透镜阵列探测器测量人眼的像差。

22. 根据权利要求 19 所述的方法,其特征在于:所述的客观测量进一步包括一个聚焦误差、一个球差、一个慧差、和其他高阶像差,其中的柱误差是通过对人眼瞳孔上的波像差来确定从而优化视觉的。

23. 一个测量工作台,不需要所述的个人之外的其他人的操作下能实现自动数据采集,工作台的配置包括:

- a. 获得所述个人每个眼波像差的一个客观测量;
- b. 从所述的客观测量获得的人眼波像差的确定一个柱镜度数和—个柱轴;
- c. 根据获得的一个柱度数和—个柱轴放置多个透镜到—个矫正器件,让所述个人透过矫正器件阅读至少—个视力表;
- d. 允许所述个人手动调节矫正器件的聚焦度数;
- e. 接收所述个人每个眼透过所述矫正器件阅读视力表的结果;
- f. 通过主观验光确定每个眼的聚焦度数,主观验光涉及测量人眼的对多个聚焦度数的主观回应;
- g. 传输测得的每个眼的柱度数、柱轴和聚焦度数到透镜制作设备来个体定制镜片或成镜仓库。

24. 根据权利要求 23 所述的测量工作台,其特征在于:传输制造—副墨镜的数据进一步包括由所述个人外的其他人来检查和复查至少如下之一:a) 获得的所述个人每个眼波像差的一个客观测量的记录,b) 所述个人通过若干个聚焦度数的矫正器件阅读视力表的结果

果。

25. 根据权利要求 23 所述的测量工作台,其特征在于:所述测量工作台设置成能够给个人照相,照相时人可以戴或不戴镜架。

26. 根据权利要求 23 所述的测量工作台,其特征在于:所述测量工作台包括一波前验光机用于测量屈光矫正,包括聚焦误差和柱误差,所述的波前验光机包括:

一个波前测量模块用于客观测量人眼的像差,测量瞳孔上的波前斜率,确定人眼波像差至少包括一个柱轴和一个柱度数比 0.25 光角度更精确,和

一个验光模块有若干个球镜和柱镜以及一个视力表用于主观确定人眼的聚焦误差。

27. 根据权利要求 23 所述的测量工作台,其特征在于:所述工作台设置成能够提供和接收所述个人一个镜架的选择。

28. 根据权利要求 23 所述的测量工作台,其特征在于:所述工作台设置成能够接收所述个人的付款信息。

29. 根据权利要求 23 所述的测量工作台,其特征在于:所述工作台设置成能够接收所述个人的送货信息。

30. 一种为个人,包括视力 20/20 或更好视力的人,提供墨镜的系统,包括:

一个测量工作台,不需要所述的个人之外的其他人的操作下能实现自动数据采集,包括获得所述个人每个眼波像差的客观测量,通过波像差的客观测量来确定一个柱度数和—个柱轴,根据确定的柱度数和柱轴把若干个透镜放置在一个矫正器件里,让所述个人透过矫正器件阅读至少一个视力表,通过主观验光确定每个眼的聚焦度数,所述的主观验光涉及测量人眼的对多个聚焦度数的主观回应;以及

一个用于定制透镜的透镜生产设备或者一个可以根据测量的柱度数、柱轴和聚焦度数选择提供成品透镜的透镜成镜仓库。

31. 根据权利要求 30 所述的系统,其特征在于:所述测量工作台进一步包括一个波前测量模块用于提供人眼波像差的客观测量,所述波前测量模块测量跨过人眼的波前斜率并确定人眼的波象差,包括至少一个柱轴,一个柱度数比 0.25 光角度更精确;和一个验光模块其组成包括若干个球透镜、柱透镜和一个视力表,用于主观确定人眼的聚焦误差。

32. 根据权利要求 30 所述的系统,其特征在于:所述的测量工作台设置成能够接收所述个人的付款信息和发货信息。

33. 一种为个人,包括视力 20/20 或更好视力的人,提供处方镜片的方法,其特征在于包括下述步骤:

为所述的个人提供一个测量工作台实现自动数据采集,包括:

获得被所述个人每个眼波像差的一个客观测量;

根据获得的眼波像差确定一个测量的柱度数和—个柱轴;

根据获得的人眼波像差的客观测量确定的柱度数和—个柱轴放置若干个透镜在一个矫正器件里,让所述的个人透过矫正器件阅读至少一个视力表;

允许所述的个人手动调节矫正器件的聚焦度数;

接收所述的个人每个眼透过矫正器件阅读视力表的结果;并且

通过主观验光确定每个眼的聚焦度数,所述的主观验光涉及测量人眼的对多个聚焦度数的主观回应;

生成用于制造透镜的矫正数据；  
制造透镜或从成片中挑选适合矫正数据的镜片，  
把透镜安置到镜架里完成眼镜成品；  
将所述完成的眼镜成品提供给所述的个人。

34. 一个处方眼镜的售货亭，其特征是在于：不需要被测量的个人之外的其他人操作下，实现自动数据采集，包括：

a. 一个波前测量模块用于提供人眼波像差的客观测量，所述波前测量模块测量跨过人眼的波前斜率并确定人眼的波像差，包括至少一个柱轴，一个柱度数比 0.25 光角度更精确；

b. 一个视觉矫正模块为所述的个人透过它提供若干个屈光矫正，若干个屈光矫包括：依据确定的波像差获得的一个柱度数和柱轴，以及若干个由所述的个人手动控制修正的聚焦度数；

c. 一个视力表用于通过若干个聚焦度数的矫正来确定人眼的视力；

d. 一个人机接口模块用于接收所述的个人透过能提供多个聚焦度数修正的矫正模块来阅读视力表而获得结果；

e. 一个输出模块，用于传输数据到透镜生产设备以个体定制镜片，或者传输数据到一个成品透镜仓库；所述传输的数据包括至少如下之一：测量的每个眼的柱度数、柱轴、聚焦度数；波前模块的记录用于复查；所述的个人透过矫正器件用若干聚焦度数阅读视力表的测量结果。

35. 根据权利要求 34 所述的售货亭，其特征是在于：所述售货亭设置成能提供和接收所述的个人选择镜架。

36. 根据权利要求 34 的售货亭，其特征是在于：所述售货亭设置成给所述的个人拍照，所述的个人可以戴或不戴镜架。

37. 根据权利要求 34 所述的售货亭，其特征是在于：所述售货亭设置成接收所述的个人付款信息。

38. 根据权利要求 34 所述的售货亭，其特征是在于：所述售货亭设置成接收所述的个人发货信息。

## 人眼的自动测量和墨镜、眼镜发送的方法和系统

本发明已申请在先相关申请的优先权,在先申请为美国申请 No. 13/687,309,申请日为 2012 年 11 月 28 日,该在先申请为美国申请的延续 (continuation-in-part),申请号 US2011/0228225 (USSN 13/116,262),名称为“用于人眼高清晰屈光矫正的方法和设备”该在先申请由梁俊忠于 2011 年 5 月 26 日提出申请,及国际 PCT/US09/66148 申请的延续的,,该在先申请由梁俊忠于 2009 年 2 月 20 日提出申请。这些相关申请包含于此作为参考。

### 技术领域

本发明通常涉及人眼的自动测量以及提供墨镜和眼镜来改善人的视觉,包括视力是 20/20 或更好的人。

### 背景技术

[0003] 人眼的屈光矫正可表现两个基本类型,第一类型为传统的视觉矫正方法,它利用主观验光 (manifest refraction) 来测量人眼的聚焦误差 (focus error) 和散光 (cylindrical error) 并进行矫正,第二种类型为波前引导视觉矫正,它对利用客观 (objective) 波前传感器测量的人眼所有的像差,包括聚焦误差、散光、球差、彗差等等进行校正。

[0004] 传统的视觉矫正方法从概念上局限于聚焦误差、散光的矫正。此外,还局限于主观验光本身的主观性,即主观验光如何来确定人眼屈光误差 (refractive error),特别是确定散光。散光俗称象散 (astigmatism),由于它包括散光度 (cylindrical power) 和散光轴 (cylindrical axis),所以会引起特殊的问题。

[0005] 主观验光本身至少存在五个限制因素。首先,因为主观验光依赖于使用矫正透镜和主观的测试人眼视觉,主观验光受限于验光仪 (phoropter) 中可用透镜。聚焦误差通常限制在 0.125 (D) 光焦度的精度 (resolution),而散光通常限制在 0.25 (D) 光焦度的精度。第二,散光轴的主观确定存在较多问题,因为散光轴的轻微变动 (仅在小度数内的变动) 会对散光校正超过 2D 导致显著性能差异。第三,病人或专业人员 (practitioner) (例如验光师) 导致的人为误差往往是不可避免的,这是因为主观验光依赖于病人对多次屈光矫正作出主观判断和反应,以及专业人员对病人的主观反应的分析。第四,因为主观验光的验光师要经过一个费时的流程才能确定屈光矫正的最终结果,这使得主观验光本质上是片面的、经验的验光方案。最后,主观验光是费时的过程,因为它对 3 个之多的独立变量,包括聚焦误差、散光度 (cylindrical power) 和散光轴 (cylindrical axis) 来人为控制视觉优化。

[0006] 基于主观验光的缺陷以及现有的透镜制造技术的高误差导致了大多数情况下的视觉矫正存在误差。由于使用主观验光的传统视觉矫正方法的不精确性,导致不同的验光师对同一个病人眼睛的验光数据 (refractive prescription) 显著不同,同时导致低精度的散光度 (大到 0.25 光焦度),这通常是传统视觉矫正的精度。因此,当前眼科工业中的可用眼镜 (ophthalmic lens) 也限制在精度在 0.25 光焦度的透镜。另外,传统框架眼镜 (spectacle lens) 制造中的高误差容忍度使得利用传统的视觉矫正来矫正人眼散光更加

复杂。进一步来讲,行业内已经接受 20/20 视力已经完美、无需矫正,通过主观验光来把正常人眼 (emmetropic eye) 矫正到比 20/20 之上并不现实,因为传统主观验光 (manifest refraction) 的终极目标是减轻眼的症状,从而通过选择验光机里的透镜实现 20/20 矫正视力。

[0007] 因此,虽然很多视觉矫正的方法和原理是现有技术中已知的,但所有的现有矫正方法都存在一个或多个缺点。因此,仍然需要提供自动的方法和设备来实现实用而不妥协的屈光矫正。

## 发明内容

[0008] 本发明的一个方面提供了一种确定人眼屈光矫正的自动方法。

[0009] 因此,本发明的若干实施方案提供一个为个体人,包括视力 20/20 或更好视力的人,提供一副墨镜的方法,包括下述步骤:1) 提供一个测量工作台设置在没有必要被测量个体之外其他人操作 (intervention) 下,实现自动数据采集,工作台的配置包括:获得个体人每个眼波像差的一个客观测量;根据获得的人眼波像差的客观测量、放置若干 (a plurality of) 个透镜在一个矫正器件里,让个体人透过矫正器件阅读至少一个视力表;通过主观验光确定每个眼的聚焦度数,其中的主观验光涉及测量人对多个聚焦度数的主观回应;2) 生成用于制造一副墨镜的矫正收据;3) 通过电子媒介传输收据,其中的传输收据至少包括用于制造一副墨镜的矫正数据;4) 根据矫正数据制造墨镜的透镜;5) 把透镜安装到镜架里产生墨镜产品;6) 为个体人提供墨镜产品。

[0010] 本实施方案的一个方面,提供的墨镜是柜台上能购买的,无需验光单。某些方面,测量工作台设置成接收个体人眼透过矫正器件阅读视力表的结果;另外方面,测量工作台设置成允许测量个体人手动 (manual) 来调节矫正器件的聚焦度数;另一些方面,传输制造一副墨镜的数据这一步还包括由外人来检查和复查如下之一:a) 获得的个体人每个眼波像差的一个客观测量的记录,b) 透过若干个透镜个体人每个眼阅读视力表的结果记录。

[0011] 在发明的实施方案的若干方面,测量工作台设置成从客观测量的波前来确定测量的散光度数和散光轴。另一些方面,工作台设置成能够接收个人对镜架的选择。又一些方面,生成的透镜矫正数据要考虑到选定的镜架形状来改变。再一些方面,测量工作台设置成能够给个人照相,照相时人可以戴或不戴镜架。

[0012] 在发明的另一些方面中,测量工作台设置成能够接收个人付款信息。另一些方面,测量工作台设置成能够接收个人送货信息。

[0013] 发明的另一些方面中,测量工作台与镜片生产建立通讯,并设置成把矫正数据传输生产设备来个体定制镜片。另一些方面,镜片制造是全自动的。更进一步,测量工作台与自动镜片制造设备通讯,设置成传输矫正数据和发货信息到生产中个体定制镜片。另一些方面,测量工作台设置成能提供和接收个体选定的墨镜架式样。

[0014] 本发明的另一些方面中,自动镜片制造进一步设置成把镜片在镜架上组装起来。

在实施方案的另一些方面,测量工作台设置成来从个人接收付款信息和发货信息。

[0015] 在发明其他方面中,透镜制造不是全自动的。另外方面,镜片是根据每个眼的矫正收据从成品镜片中选择来的。另一个方面镜片制造是通过磨具成型 (molding) 或机械加工。

[0016] 在发明的另一些实施方案中,测量工作台包含波前验光机用于测量屈光矫正包括人眼的聚焦误差和柱误差,其中的波前验光机包括:一个波前测量模块用于提供人眼像差的客观测量,它测量瞳孔上的波前斜率,确定人眼的波像差至少包括一个柱轴和一个柱度数比 0.25 光角度更精确;一个验光模块有若干个球镜和柱透镜以及一个视力表用于主观确定人眼的离焦误差。在一些方面,柱透镜的设置是根据从波前测量模块客观测得的像差,主观确定的聚焦误差涉及人眼看视力表对若干个聚焦度数的主观反应。在另一些方面,波前测量模块用透镜阵列探测波前探测器测量人眼的像差。另一些方面,客观测量进一步包括聚焦误差、一个球差、一个慧差、和其他高阶像差,柱误差是通过对人眼瞳孔像差进行视觉优化来确定。

[0017] 在发明的另一个实施方案中,测量工作台设置成在没有必要被测量人外其他人操作 (intervention) 下实现自动数据采集,工作台的配置包括:获得被测量人每个眼波像差的一个客观测量;从客观获得的人眼波像差的确定一个柱镜度数和柱轴;根据获得的一个柱度数和柱轴放置若干 (a plurality of) 个透镜到一个矫正器件,让个体人透过矫正器件阅读至少一个视力表;通过主观验光确定每个眼的聚焦度数,主观验光涉及测量人眼的对多个聚焦度数的主观回应;传输收据包括一个柱镜度数,一个柱轴,和聚焦度数到透镜生产地来个体定制镜片或现成的镜片储藏地。

[0018] 本实施方案中的发明包括测量工作台进一步设置成接收个体人每个眼透过矫正器件阅读视力表的结果,和/或测量工作台进一步设置成允许测量人手动 (manual) 调节矫正器件的聚焦度数。另一些方面,测量工作台进一步设置成传输数据由外其他人来检查和复查,传输的数据包括如下之一:a) 获得的被测量人每个眼波像差的一个客观测量的记录,b) 透过若干个透镜被测量人的阅读视力表的结果记录。另外一些方面,工作台设置成能够给个人照相。

[0019] 发明另一个实施方案提供一种为个体人,包括视力 20/20 或更好视力的人,提供墨镜的系统,包括:一个测量工作台,在没有必要被测量人之外其他人操作 (intervention) 下,实现自动数据采集,获得个体人每个眼波像差的客观测量,和通过眼波像差的客观测量来确定一个测量的柱度数和柱轴;根据确定的柱度数和柱轴把若干 (a plurality of) 个透镜在一个矫正器件里,让个体人透过矫正器件阅读至少一个视力表;通过主观验光确定每个眼的聚焦度数,其特点是主观验光涉及测量人对多个聚焦度数的主观回应;一个透镜生产装置用于定制透镜或一个透镜仓库 (repository) 挑选成镜,根据根据测量的柱度数,柱轴和聚焦度数。另一些方面,该系统进一步包括一个数据库设置成能够接收个人付款信息和发货到个人的信息。

[0020] 发明的另一个实施提供一种为个体人,包括视力 20/20 或更好视力的人,提供处方镜片的方法,其特征在于包括下述步骤:

- 1) 提供一个工作台设置成自动数据采集,获得被测量个体人每个眼波像差的一个客观测量;根据获得的眼波像差确定一个测量的柱度数和柱轴;根据获得的人眼波像差的客观测量确定的柱度数和柱轴放置若干 (a plurality of) 个透镜在一个矫正器件里,让个体人透过矫正器件阅读至少一个视力表;通过主观验光确定每个眼的聚焦度数,其特点是主观验光涉及测量人眼的对多个聚焦度数的主观回应;
- 2) 生成矫正数据用于透镜制造;
- 3) 生产透镜或从成片中挑选适合矫正数据的镜片;
- 4) 把透镜安装到镜架里以产生眼

镜 ;5) 为个人提供眼镜成品。

[0021] 在发明的另一个实施提供一个墨镜或处方眼镜的售货亭, 设置成在没有必要被测量个人之外其他人操作 (intervention) 下, 实现自动数据采集, 包括: 一个波前探测模块用于提供人眼波象差的客观测量, 所述波前探测模块测量人眼瞳孔内的波前斜率并确定人眼的波象差包括至少一个柱轴, 一个柱度数比 0.25 光角度更精确; 一个视觉矫正模块为个人透过它提供若干个屈光矫正, 若干个屈光矫包括通过眼波象差确定的一个柱度数和柱轴, 以及若干个聚焦度数由测量个体自己控制 (manual control); 一个视力表用于确定人眼的在若干个聚焦度数下的视力, 人机接口模块用于接收测量个人透过矫正模块, 在若干个聚焦度数下阅读视力表的结果; 一个输出模块用于传输数据到透镜生产, 个体定制透镜或一个成镜仓库, 其中的传输的数据包括至少如下之一: 人眼测量的柱度数、柱轴、聚焦度数; 波前模块的记录用于复查; 个人透过矫正模块阅读视力表的结果。

[0022] 发明的另一实施方案提供了一个生产眼镜片的制造方法, 包括透镜的自动化生产。第一步, 通过测量工作台把矫正数据发送到生产设备, 该数据含有波前象差和球面度数 (spheric power); 第二步, 从透镜制造商选择一个半成品透镜毛坯; 第三步, 把半成品透镜毛坯放进透镜表面加工系统; 第四步, 基于通过测量工作台收到的数据和所述半成品毛坯的一套已知的屈光属性 (refractive properties) 对半成品毛坯的表面进行表面加工以制造成品透镜 (fabricated lens); 第五步, 用焦度计测量所述成品透镜的屈光度数, 以确定出所述屈光度数和所述个性化验光数据之间的屈光差值; 最后, 基于确定的散光差值重新加工所述表面, 直到测得的成品透镜的散光度和所述验光数据的散光度在 0.01 和 0.08 光焦度之间的容忍度以内。

通过下述本发明优选实施方式的具体描述, 本发明的各种目的、特征、方案和优点将变得更加清晰。

## 附图说明

[0024] 图 1a 显示本发明的全自动方法用于人眼测量和提供墨镜和眼镜的流程图;

[0025] 图 1b 显示本发明的用于确定人眼屈光矫正方法的流程图;

[0026] 图 2 显示无任何屈光矫正下主观视力 (subjective visual acuity) 在 20/20 以上的正视人眼的像差;

[0027] 图 3 显示无任何屈光矫正下视力在 20/20 以上的正视人眼的不同像差成分的分布;

[0028] 图 4 显示本发明的又一确定人眼屈光矫正方法的流程图;

[0029] 图 5 显示本发明的一种眼镜;

[0030] 图 6 显示本发明的一种人眼折射矫正的预视方法;

[0031] 图 7 显示本发明的一种用于主观验光的验光仪示意图;

[0032] 图 8 显示本发明的又一用于主观验光的验光仪示意图;

[0033] 图 9 显示本发明的一种改进的人眼主观验光方法的流程图。

## 具体实施方式

[0034] 下面将详细披露本发明的具体实施方式, 并通过附图来说明实施方式中的一个或

多个例子。每个例子提供的是发明技术的解释,并不为相应技术的限制。实际上,本领域普通技术人员都明了,在不脱离本发明的精神和范围的情况下可以对本发明的技术进行修正和变形。例如,某实施方式的描述或显示的细节可被用于其它实施方式,从而产生另一个实施方式。所以,本发明的主题旨在涵盖落入所附权利要求及其等同物范围内的各种修改和变形。

[0035] 本发明阐述用于提供视觉矫正的墨镜和眼镜自动方法、器件和系统,矫正的人眼视力甚至是 20/20 视力或更好。本发明是特别革命性的,因为它为正常眼 (emmetropic eye) 提供视觉矫正,而墨镜通常情况下柜台销售,透镜不含屈光矫正。虽然极大多数情况下墨镜不提供屈光矫正,墨镜还是很重要的,因为它保护人眼受紫外线伤害,和保护人眼让亮光下更加舒适。现有的墨镜也有偏振型能减少炫光 (glare),和各种彩色型的,如褐色 (brown) 加强立体感,灰色保证颜色真实性。本发明适用于各种镜架形状,特别来讲如大弧形 (wrap shape) 墨镜 (或护目镜),由于透镜镜片与角膜不平行,该形式的墨镜的视觉矫正更加重要。所以,与现有销售墨镜方式形成对比,本发明阐述提供视觉矫正的墨镜和眼镜自动方法、器件和系统,矫正的人眼视力甚至是 20/20 视力或更好,或者对已经戴隐形角膜接触镜的人。

[0036] 正常眼 (emmetropic eyes) 是定义为一种视觉状态,涉及人眼在放松和常态下对位于无限远的物体精确聚集 (sharp focus)。这种正常眼的实现是角膜和晶状体的屈光与人眼的轴长完全匹配,致使光线被聚焦到视网膜上,实现完美视觉。但是,没有矫正的正常眼 (emmetropic) 实际上并不完美。举例来说,图 2 和图 3 显示了视力在 20/20 到 20/10 的正常眼 (emmetropic eyes) 仍然有光学缺陷 (optical defects)。此外,正常眼墨镜是有缺陷的,举例来讲深色镜片 (dark lenses) 会降低光强度,导致问题,比如从强光下变到阴天状态。

[0037] 更进一步,发明人收集的进一步临床数据显示,通过波象差仪测量部分视力是 20/10 或 20/12 的眼发现,散光 (柱误差) 可以大到 0.60D,和矫正那些视力是 20/10 或 20/12 的眼的散光墨镜有明显医学效果,发现亮度、对比度以及立体视觉都达到改善。发明人还获得进一步临床数据显示,对于视力在 20/25, 20/20, 和 20/16 的人眼来讲聚焦误差和柱差 (散光) 都非常重要,有些人眼的通过波象差仪测得的散光可以大到 1.0D,矫正这群人眼的聚焦误差和柱差 (散光) 可以提高视力 2 到 4 条线,导致亮度、对比度以及立体感明显提高。

[0038] 图 1a 显示根据本发明的一个方案,通过自动测量来矫正人眼并提供墨镜和眼镜的流程图。第一步,提供一个测量工作台或售货亭,首选 (preferably) 包括:1) 一个地方可以让人舒适的坐下;2) 一个波前探测模块用于提供人眼波象差的客观测量,该波前探测模块测量人眼瞳孔内的波前斜率,并确定人眼的波象差,包括至少一个柱轴,一个柱度数比 0.25 光角度更精确;3) 一个视觉矫正模块用于个体人透过它提供若干个屈光矫正,该若干个屈光矫正包括一个柱度数和柱轴是通过眼波象差确定的,若干个聚焦度数,其特点是由测量个体人自己控制 (manual control);4) 一个视力表用于确定人在若干个聚焦度的视力;5) 一个人机接口模块用于与测量工作台通讯,来接收测量个体人透过矫正模块阅读视力表的测量结果,矫正模块由若干个透镜组成;6) 一个输出模块用于传输数据到透镜生产工厂用于个体定制透镜或一个成镜仓库,其中的传输的数据包括至少如下之一:人眼测

量的柱度数、柱轴、聚焦度数；波前模块的记录便于数据复查；个人透过矫正模块阅读视力表的测量结果。7) 可选择设置成能够给个人照相，照相时个人可以戴或不戴镜架。8) 可选择的电子付款模块用于接收个人的付款信息。

[0039] 测量工作台 110 设置成：a) 在没有必要被测量个体外其他人操作 (intervention) 下实现自动数据采集，通过获得被测量人每个眼波像差的一个客观测量 111；2) 从客观获得的人眼波像差的确定一个柱镜度数和柱轴 112；3) 根据获得的一个柱度数和柱轴放置若干 (a plurality of) 个透镜到一个矫正器件，让个人透过矫正器件阅读至少一个视力表 113；4) 允许测量个人手动 (manual) 调节矫正器件的聚焦度数 114，在若干个聚焦度数下阅读一个分辨目标；5) 接收个人每个眼透过矫正器件阅读视力表的结果 115；6) 可选择地通过电子媒介传输数据由其他人 116 来检查和复查，该传输的数据包括至少如下的之一：a) 获得的被测量个人每个眼波像差的一个客观测量的记录，b) 透过若干个透镜个人每个眼阅读视力结果的记录。

[0040] 另外，测量工作台设置成通过主观验光来确定每个眼的聚焦度数，主观验光涉及测量工作台接受测量人眼的对多个聚焦度数的主观回应 120。

[0041] 本发明的测量工作台设置成在波前测量确定的柱矫正下来确定聚焦度数，因为柱度数和柱轴两者都会对主观确定的聚焦度数有影响。通过波前测量来确定的柱度数和柱轴的优势包括消除现有主观验光技术 (typically used in the art) 的两个独立变量 (knob)，提供最佳 (state-of-the-art) 矫正后视觉质量，根据客观测量眼的波象差来实现了无散光 (astigmatism-free) 矫正。因为人眼会调节到不同的聚焦，聚焦度数必须主观确定保证完美聚焦，防止过矫或欠矫。

[0042] 本发明的自动测量工作台有上面提到的优势。传统屈光矫正要求主观验光确定三个独立参量：聚焦、柱度数和柱角度，这三个参量通常要通过专业人员如验光师来测量，而且非常复杂，因为传统设备要 3 个独立按钮来优化视觉，所以测量和设备不可以全自动。与之相反，本发明方法和器件可以实现全自动，因为柱度数和柱轴已通过波象差仪客观、精确确定。大家都知道传统自动验光 (auto-refractor) 不能区分图像模糊是由人眼的聚焦误差，柱误差 (柱度数和柱轴)，球差、慧差、以及其他一系列高级像差引起的。传统自动验光 (auto-refractor) 优化视觉是实现最清晰图像来实现的，确定人眼的柱度数和柱角度会受到实时 (real-time) 聚集误差 (人眼调节) 以及眼里的其他像差，如球差和慧差的影响。和传统自动验光 (auto-refractor) 不同，波像差仪通过波前探测器独立测量人眼各像差，测量的人眼柱度数和柱轴不受实时 (real-time) 聚集误差，如人眼调节，以及眼里的其他像差，如球差、慧差、和许多其他高级像差影响。波像差仪提供无以能比的柱角度和柱度数的精度，因此他们的测量值可以用作最终的柱度数和柱轴，无需通过主观验光来确定，这点和传统自动验光 (auto-refractor) 不同。另外，人眼的聚焦度数必须被主观确定，因为必须对不同距离调节，验光只需一个按钮，病人自己可以在工作台控制。

[0043] 本发明工作台里的波前探测器可以通过指令自己操作，这一点和传统自动验光 (auto-refractor) 不同。它能提供波前探测器的图像 (images) 用于独立核查，如果需要，波前测量可以在测量后由其他人专业人员来检验。当人眼的柱度数和柱角度的自动测量被用来制造矫正透镜，本发明的若干选择的方案中，测量人以外的人来独立验证是有益的。波前图像和它们的分析为其他人提供直接证据来确定自动测量的柱角度和柱度数是否可以

接受。传统自动验光 (auto-refractor) 没有需要的相关信息来进行独立核查。更进一步, 对于核实和确定人眼的聚焦度数, 其他的人来验证测量的主观视力也是有益的, 否则, 因为人眼能调节到不同的聚焦度数, 测量人自己仅根据最佳主观视力来确定的聚焦度数可能会导致过矫, 导致远视 (hyperopia)。在若干实施方案里, 本发明的方法进一步容许允许被测量人之外的人来检验测量工作台传输来的数据, 已经允许其他人在远处发送反馈数据到测量工作台来修正任何错误或微调自动测量。

[0044] 本发明的测量工作台也可以提供更多的功能。举例来讲, 测量工作台可能为被测量个体人提供墨镜或眼镜之框架选择 (不同式样和 / 或大小和 / 或颜色), 可以是实物或虚拟样品。另外, 测量工作台可能给被测量个体人照相, 让人们用数字照相来“虚拟”试戴不同框架式样、大小、颜色。更进一步, 提供的数字照相可用于美学和时尚之外的目的, 比如说, 照相有另外优势, 当镜架放在人的脸上时, 透镜和人眼的位置关系就确定了, 或多或少唯一决定个人的脸和选择的镜架关系。把人的脸和镜架的信息结合起来照相允许测量工作台的软件为透镜的中心和人眼瞳孔做优化调节。该测量工作台相关的其他功能包括测量工作台接收个人付款信息, 接收个人的验光单 (用于提供根据验光的视觉矫正, 比如其他根据本发明的视觉矫正), 比如个人的接收发货 (如邮寄) 信息, 和接收用于老视眼近处视觉的聚焦度数, 从而墨镜可以制成双焦, 三焦, 和渐进透镜。

[0045] 在图 1a 的又有一步里, 矫正数据是根据测量的波像差和聚焦度数 (矫正数据) 是通过测量工作台 110 生成, 或通过一个计算机与测量工作台通讯得来。在又一个步骤中, 的矫正数据 130 (以及数字图像、验光单、付款、发货和 / 或任何其他病人数据) 然后从测量工作台 (或与测量工作台通讯的计算机) 通过电子媒介传输到透镜生产。

[0046] 透镜生产可以是手工生产或是自动化生产。透镜制造的说明在“用于屈光矫正的高精度复曲面透镜”一节和图 5 已经给出。基本上讲,

透镜是通过注塑 (molding) 或机械加工 (machining) 或二者的结合 140。举例来讲, 半成品透镜毛坯是具有一定范围矫正的通用 (generic) 镜片, 通常适用于根据个体人的矫正数据的高精度特殊定制的。本发明考虑到 (contemplates) 把数据传输到一个自动、半自动或手工镜片生产系统, 透镜的生产至少是根据测量工作台传输的从矫正数据。在生产透镜之外, 透镜生产可能也涉及把透镜安装到墨镜或眼镜的镜框里 150。最后, 把完成的墨镜或眼镜提供给个体人 150。基于生产和安装上, 把完成的墨镜或眼镜发货信息提供给个体人可能是自动过程, 半自动过程, 或手工过程, 根据个体人提供的发货信息, 或相关信息输入到测量工作台里。

#### 改进的用于确定人眼屈光矫正的方法

[0047] 图 1b 显示一个用于确定人眼屈光矫正的改进方法的流程图, 本发明的所述方法基于人眼波像差的客观测量以及人眼聚焦误差的主观测量。所述改进的方法能实现优化的无散光屈光矫正, 使得大多数正常人能达到 20/10 的视力而不是传统的 20/20。

[0048] 首先, 在步骤 10 中, 获取人眼所有像差的客观测量, 其中人眼的所有像差表示为波像差  $W(x, y)$ ; 第二, 步骤 11 中, 根据波像差  $W(x, y)$ , 通过去除聚焦误差和散光误差 (cylindrical error) 优化人眼视觉来确定客观的球-柱矫正。客观的球-柱矫正包括聚焦误差 (focus error), 散光度 (cylindrical power) 和散光轴 (cylindrical axis)。第三, 步骤 12 中, 通过主观验光来获取人眼的聚焦误差, 其中所述主观验光包括基于对多次

屈光矫正的主观回应来测量人眼的视觉表现；最后，步骤 13 中，通过结合所述客观确定的散光度、客观确定的散光轴，以及主观确定的聚焦误差，产生用于眼镜或视觉矫正手术的验光数据。

[0049] 这里描述的方法与传统的视觉矫正相比具有许多优点。首先，由于验光过程不再依赖于验光仪中数目有限的柱透镜、被测主体对不同散光矫正的细微差异做出的主观反馈、以及验光师采用的主观优化策略，人眼的散光偏差 (cylindrical error) 可以精确确定到 0.025 光焦度，就像其他高级像差如人眼的球差、彗差一样。第二，通过计算人眼成像质量，可以精确确定散光轴，并确定散光轴中误差的容忍度。最后，视觉优化不再局限于主观验光的特定情形。替代它的，可以通过使用室外、室内和夜视的视觉模拟来应用虚拟优化，以考虑不同的瞳孔大小情况下的不同视觉条件。

[0050] 与威廉姆斯和梁 (Williams&Liang) 的美国专利 5,777,719 中描述的利用波前像差仪的客观波前验光相比，本发明的方法也解决了利用客观验光测量人眼聚焦误差的问题。客观波前传感器如波前像差仪可以准确测量聚焦误差，但是有两个原因导致不能保证测量的聚焦误差是人眼的最佳远点。首先，人眼是根据不同的视距通过晶状体来调节聚焦误差，即所谓的适应性调节。客观波前传感器仅仅能测量在某个特定适应状态下的人眼聚焦误差。再者，客观波前传感器如客观像差仪仅测量在某个特定光波长下的人眼聚焦误差，该特定光波长通常在红外光谱内以确保病人在客观验光时更舒服。为了确定人眼远适应点 (far accommodation point) 的最佳聚焦，人眼色差也必须考虑进去。所以，从客观验光仪获取的聚焦误差对远适应点来说是真正的聚焦误差，其测量精度在  $\pm 0.125$  光焦度内并且仅适用于 20% 的测量人眼。

[0051] 对大约 40% 的人眼，客观验光仪得到的聚焦误差会矫正过小，导致低于 20/20 的视力。同时，对于另外 40% 的人眼，客观验光仪得到的聚焦误差会矫正过大，屈光校正后的人眼会成远视眼。本发明这里所讨论的用于确定屈光矫正的改良方法，采用主观途径修正来自客观验光仪的聚焦误差，因而考虑到了适应性调节和色差的影响，得到人眼远适应点的最佳验光。

[0052] 所述用于确定屈光矫正的改进方法进一步包括预测 (preview) 视觉矫正，如在步骤 14 中那样，即使是在透镜制造前也是可以的。视觉预测可以包括卷积的 (convolved) 视力表的视网膜图像，计算出的调制转换函数，计算出的点扩展函数，以及夜视症模拟。计算出的视觉效果 (performance) 可以显示给病人和验光师，用来接受或选择具体的屈光矫正。

[0053] 这里叙述的改进的屈光矫正方法让每个人实现优化的无散光矫正成为可能。对人眼散光的完美矫正对矫正后的视力影响巨大。图 2 显示了发明人取得、尚未发表的临床研究，其中显示了超过 200 个视力 20/20 以上的散光及总像差 (total aberration)。所有这些测试人眼本质上都是无需任何屈光矫正的正视眼。每个人眼中的散光偏差及总像差都利用客观波前传感器测量，并在视力主观测量过程中对每个人眼基于其瞳孔尺寸进行计算。视力测量的瞳孔大小在 2.5 到 4.5 毫米之间，平均值为 3.7 毫米。图 2 中的误差柱状图为被测人群的标准偏差。

[0054] 如图 2 所示，客观测量的散光偏差与主观测量的视力是相关的。此外，散光偏差显然是决定人眼主观视力的决定因素。

[0055] 图 3 还突出显示了散光偏差对自然正视人眼的视力的重要性。在图 3 显示的发明人取得、尚未发表的临床数据中,针对四个视力群的正视人眼显示了不同像差在总像差中的平均成分。可以看见,在视力测试中正视人眼的总像差的 60%到 80%是由象散导致的。彗差的贡献小的多,仅占 10%到 20%,而球差对视力的影响可忽略不计。

[0056] 根据图 2 和图 3 的数据,不难总结出矫正人眼象散的质量对主观视力有重大影响。通常可以通过完美的散光偏差矫正来实现 20/10 视力或 20/12 的视力。虽然对彗差、球差及其他高等级像差的附加矫正对夜视觉较重要,它们对大多数正常人的视力的影响可忽略不计。

[0057] 人眼散光的完美矫正需要对人眼散光进行精确的测量和定量 (specification),因此,需要把散光度规定为比 0.25 光焦度的传统精度精细很多,比如 0.025 光焦度。

[0058] 记录客观测量中的散光轴 (cylindrical axis) 也很重要。记录散光轴的一个示例是在客观测量散光时记录人眼的数字图像。该数字图像在以后可用来协助眼镜在人眼中的定位,或者用来验证眼镜的合适方向。

[0059] 本发明所描述的确定屈光矫正的方法与本发明描述的先进制镜技术的创新结合起来,就能实现无散光个性化屈光矫正,这比基于传统主观验光的传统的视觉矫正方法具有更优良的视觉表现。

[0060] 在本发明一个实施例中,一种实现无散光、个性化屈光矫正的方法如下:首先,客观的获取人眼波像差,其中波像差包括人眼的聚焦误差、象散、彗差和球差。可以通过威廉姆斯和梁 (Williams&Liang) 申请的美国专利 5,777,719 中描述的利用诸如客观像差仪的设备来测量人眼波像差,以实现客观获取人眼波像差。第二,通过客观获取的波像差确定散光度和散光轴。散光度的精度必须比 0.25 光焦度精密,例如是 0.025 光焦度。该确定的散光度的精度规定在 0.01 到 0.10 光焦度之间。散光轴也必须精确确定。第三,通过主观验光确定人眼的聚焦误差。主观验光可通过使用验光仪来实现。第四,通过结合客观确定的散光度和散光轴以及主观确定的聚焦误差,产生用于眼镜或矫正手术的验光数据。第五,根据产生的高精度散光度的高精度验光数据来配置个性化眼镜。散光度的精度比 0.25 光焦度更精密,例如 0.025 光焦度,同时容忍度在 0.01 到 0.05 光焦度之间。另外,屈光矫正还可以进一步包括根据波像差确定的球差。对有些人的眼睛来说,降低眼的球差可改善夜视觉,尤其对有光晕和眩光等夜视症状的人眼有利。

[0061] 图 4 显示了本发明的另一个实施例,用于完美矫正人眼散光的一种简化方法。该实施例不涉及测量高级像差如球差和彗差。首先,在步骤 41 中,通过客观方法测量人眼的散光,而不涉及任何主观反馈。为了提高散光测量精度,步骤 41 中的客观方法可以涉及测量瞳孔大小在 2.5 毫米到 4 毫米之间的人眼屈光属性,并且对多次独立的客观测量取平均值。第二,步骤 42 中,通过主观验光确定人眼的聚焦误差,该主观验光基于对多次屈光矫正的主观回应来测量人眼的视觉性能。第三,步骤 43 中,通过结合所确定散光度、确定的聚焦误差,产生用于眼镜或眼科屈光手术的验光数据,这里的散光度具有比传统的 0.25 光焦度更细的精度,例如 0.025 光焦度。

#### 用于屈光矫正的高精度复曲面透镜

[0062] 由于传统主观验光的局限,目前的眼镜的散光度精度 (cylindrical power resolution) 为 0.25 光焦度。由于实际制造的透镜在低度透镜的  $\pm 0.09$  光焦度到高度透

镜  $\pm 0.37$  光焦度之间的较大容忍度内,实际中利用框架眼镜进行人眼象散的矫正更为复杂。所以,适用于无散光个性化屈光矫正的框架眼镜必须用更先进的技术来制造。

[0063] 目前的框架眼镜都是通过透镜模具成型或采用计算机控制机床的透镜机械加工制造的。对于大多数普通屈光范围(球面度数在  $-6.0D$  到  $+6.0D$  之间)内的透镜,框架眼镜一般通过模具成型实现大批量生产,然后储存在眼镜的商店或实验室里。模具成型需要两个透镜模具,一个模具具有球面或非球面形状的基本曲面,另一个具有复曲面的模具用于散光眼镜。对于散光度在普通范围以外的透镜,通常在半成品透镜毛坯上加工成透镜,半成品透镜毛坯通常通过模具成型批量而得,并在工厂里存放。半成品透镜坯包含一个具有球面或非球面形状的成型基本面和另一个验光顶面(top prescription surface),该验光顶面将根据透镜验光数据和基本面的光焦度来进行表面加工。如果制造的透镜具有散光度,所述验光顶面将具有复曲面。

[0064] 对于模具成型或机械加工的散光透镜,最后成型的透镜包含成形为球面或非球面的基本曲面,以及用于具有散光度的验光透镜的成形为复曲面的验光曲面(prescription curve)。基本曲面通常设置为有 5-8 个可能的表面形状,而验光面可以是几百个复曲面之一,以适用于具有传统精度 0.25 光焦度的组合起来的透镜,用来矫正各种球面(spherical)和散光的不同组合。

[0065] 对于散光度精度由 0.025 替代 0.25 光焦度的眼镜,眼镜厂家必须增加 10 倍的验光面,才能继续使用传统的单复曲面透镜。虽然理论上讲可能,但是利用单复曲面透镜方法制造无散光个性化透镜将会极其昂贵,因为需要的透镜模具实在太多了。

[0066] 图 5 显示了本发明的用于无散光个性化屈光矫正的新的框架眼镜。在本发明的一个实施例中,透镜包括复曲面 51,是在传统透镜中使用的传统的基本曲面的改进型。可以在传统的基本曲面基础上加上少量的散光(小于 0.25 光焦度)改变成复曲面,用来在低于 0.25 光焦度的精度上细调节散光度。另一个复曲面 52 与制造传统复曲面镜中使用的那些复曲面相同,其散光度在 0.00 到 6.00 光焦度之间,精度仍为 0.25 光焦度。另外,所述基本曲面和验光曲面还可以具有非球面特征,用于象传统复曲面透镜一样降低透镜离轴散光(oblique astigmatism)。

[0067] 可通过两个实施例实现把散光度精密调节到 0.025 光焦度。一个实施例涉及基本曲面的固定散光度为 0.25 或 0.125 光焦度,调节两个散光轴之间的角度,从而实现 0.025 光焦度的散光度精度。另一个实施例涉及多个基本曲面的散光度(0.025, 0.05, 0.075, 0.10, 0.125, 和 0.20 光焦度),把基本曲面和验光曲面的散光度结合起来,从而实现精细度达到 0.025 光焦度的散光。在第二个方案中,可以重合双复曲面透镜的两个散光轴以达到设计的散光度,或稍微不同以进一步调节散光度。

[0068] 双复曲面眼镜的两个面都有散光度,制造过程中控制两个散光轴的方向对达到期望的散光度非常重要。在模具成型制造双复曲面框架眼镜时,每个复曲面模具都具有机器可读的标志。在把两个模具放在一起以形成用于浇铸透镜的腔之前,应该把该两个模具在他们的散光轴方向上校准。在机械加工以成型制造双复曲面透镜时,半成品毛坯可含有机器可读的标志,用于指示最终完成的表面的散光轴。此外,机械加工面的散光轴应该参照先加工完的表面的散光轴进行精确控制。

[0069] 在另一个实施例中,图 5 的眼镜可进一步设置为在中央视觉区产生球差,以矫正

人眼的球差。这可通过把双复曲面中的一个复曲面环绕光轴成形为非球面部件来实现。

[0070] 图 5 的眼镜可进一步设置成让其远离光轴区形成非球面,以降低离轴 (off-axis) 塞德尔象差 (Seidel aberrations)。眼镜也可进一步设置成双焦、或多焦渐进镜 (progressive lens)。

#### 通过调节复曲面的散光轴控制散光度

[0071] 高精细散光可通过调节具有粗散光度的两个复曲面之间的散光轴来实现。根据本发明的方法,需要两个复曲面,该两个曲面之一具有在一个  $\Phi_{A1}$  方向的主散光度,另一个面具有在不同的  $\Phi_{A2}$  方向的小的调剂散光度。两个散光轴之间的角度为  $\alpha$ 。

[0072] 组合散光度可由数学公式表述为:

$$\Phi_A = \text{SQRT}(\Phi_{A1} * \Phi_{A1} + \Phi_{A2} * \Phi_{A2} + 2 * \Phi_{A1} \Phi_{A2} * \text{COS}(2\alpha)) \quad (1)$$

其中根号 SQRT 为开平方根的数学算符。组合散光度  $\Phi_A$  在  $(\Phi_{A1} - \Phi_{A2})$  和  $(\Phi_{A1} + \Phi_{A2})$  之间,取决于两个散光轴之间的角度。在一个示例中,如果主散光度  $\Phi_{A1}$  是 1.0 光焦度的散光度,调剂散光度  $\Phi_{A2}$  是 0.125 光焦度,由这两个基本散光度可以获得精度在 0.875 光焦度到 1.125 光焦度之间的任何散光度。在另一个示例中,可以选择基本的调剂散光度是 0.25 光焦度,以及 12 个基本的主散光度为 0.25, 0.75, 1.25, 1.75, 2.25, 2.75, 3.25, 3.75, 4.25, 4.75, 5.25, 5.75 光焦度,从而可以实现精度比 0.25 光焦度更精细的在 0.00 到 6.00 光焦度之间的任何散光度。

[0073] 利用设置在不同散光轴上的两个散光要素来制作具有散光度的透镜具有三个优点。首先,通过调节两个散光轴的相对方向可以实现高分辨、可调节的散光度。在生产过程中控制两个散光轴之间的角度在 2.5 度之内比精确控制曲面形状在 0.02 光焦度之内要相对容易。第二,因为仅需要有限数量的基本模具,制造具有高精度散光度的柱透镜的过程被大大简化,并且具有低成本。第三,制造的透镜仅需一个调剂度数或者仅需要几个调剂散光度,因而可实现高速的制造过程。从而,高分辨透镜可以象散光度数目有限的传统透镜一样进行个性化制造,唯一需要注意的是控制两个散光轴之间的相对角度。

[0074] 必须指出的是,在多个方向调节两个散光度会引起相对于基本球面度数 (spherical power) 的可变的聚焦偏移。产生的球面度数可被表示为:

$$\Phi_S = 0.5 * (\Phi_{A1} + \Phi_{A2} - \Phi_A) \quad (2)$$

其中的  $\Phi_{A1}$ 、 $\Phi_{A2}$ 、 $\Phi_A$  分别为主散光度、调剂散光度、和组合散光度。当两个散光轴之间的角度的全范围 (full range) 为 90 度时,总的聚焦偏移取决于两个散光轴之间的角度,并且聚焦偏移可以大到调剂散光度。由于聚焦偏移的存在,这种散光控制方法不可以用于制造精度在 0.25 光焦度的传统眼镜。

[0075] 当调剂散光度小于 0.25 光焦度时,框架眼镜中的聚焦偏移可以通过两种不同方法来处理。首先,如病人眼有足够的适应范围时,公式 (2) 里的聚焦偏移可以考虑进总球面度数里。再者,如病人眼没有足够或只有较小的调节范围时,需要一个以上的调剂散光度来降低公式 (2) 里的聚焦偏移。在这种情况下,可以用 5 到 10 个调剂散光度,并尽量采用较小的角度范围,以用于精确调节组合散光度。

[0076] 除了用来制造可精确控制散光度的透镜外,所描述的调节两个散光度的复合方法还有三个其它应用。首先,即使主散光度或调剂散光度有制造误差,精确控制散光度仍然可以实现。可以通过引入计算补偿角来消除主散光度或调剂散光度可能的制造误差。第二,

我们也可用此方法来改造验光仪,以实现无散光个性化视觉矫正的预视。第三,此方法也可用来制造个性化晶状体植入镜。

#### 制造个性化高精度复曲面镜的闭环方法

[0077] 现有的技术不能用来制造用于实现无散光屈光矫正的个性化定制的眼镜,这是因为当前的眼镜制造工艺适合于较粗糙的 0.25 光焦度间隔的透镜,透镜散光的标准也较低,如英国国标(国标)BS 2738-1:1998 所述,透镜散光的误差容忍度为  $\pm 0.09$  到  $\pm 0.37$  光焦度。因此,需要新的方法来制造用于无散光个性化屈光矫正的高精度眼镜。

[0078] 本发明的用于人眼的高清晰屈光矫正的个性化复曲面镜的制造方法采用闭环方法。首先,制造商会收到一个复曲面镜的个性化验光数据,其包括球面度数,比 0.25 光焦度更高精度的散光度,例如精度为 0.025 光焦度。第二,根据得到的验光数据和制造透镜的材料确定想要的透镜表面形状。第三,根据确定的表面形状,通过透镜模具成型或表面加工半成品毛坯制造个性化复曲面镜。第四,用焦度计测量每个制造的个性化透镜。如果测到的制成透镜的散光度与个性化验光数据中的散光度在 0.01 到 0.08 光焦度之间的定制误差范围内,比如 0.025 光焦度,向客户交付透镜。如果测到的制成透镜的散光度与个性化验光数据中的散光度之间的差异不在所述定制误差范围内,则重新加工制造透镜的至少一个面。

[0079] 在本发明的另一个实施例中,制造高精度眼镜的闭环方法包括如下步骤:a) 获取验光数据,其包括球面聚焦度数(spherical focus power)和散光度,可选的还包括散光轴和球差;b) 根据得到的验光数据和透镜材料确定想要的透镜表面形状;c) 把光学元件或部分加工的光学元件装到加工系统里,根据确定的透镜表面形状来改变所述元件的至少一个表面形状;d) 用焦度计测量改变的元件的屈光属性;f) 根据获取的验光数据和测量的已改变元件的验光数据来计算制成透镜的剩余偏差;e) 根据计算的剩余偏差进一步改变所述元件的至少一个表面形状,直到制造的透镜的剩余偏差在 0.01 到 0.08 光焦度之间的定制容忍度范围内,比如 0.025 光焦度。

#### 无散光屈光矫正的预视方法

[0080] 即使客观波前验光仪提供了人眼的散光度和散光轴的精确测量,为了矫正散光,在透镜制造前最好能让病人预先观察到无散光视觉矫正。

[0081] 在验光中,验光仪通常是用来主观确定人眼球面聚焦度数,散光度,散光轴的设备。矫正散光的精度限定在 0.25 光焦度,散光轴的方向一般在 5 度左右,在主观验光中,验光仪的散光轴从来没有与实际验光中的客观验光精确相关。因此,传统的验光仪根本不适合高精确屈光矫正。

[0082] 图 6 显示本发明的无散光屈光矫正的预视方法。在一个实施例中,人眼无散光屈光矫正的预视方法包括如下步骤:a) 通过客观验光仪(objective refractor)60 客观验光得到屈光矫正的验光数据,其中的客观验光仪测量分布于人眼瞳孔的波前斜率,并精确确定人眼的散光度(比 0.25 光焦度更精细)和散光轴,可选的还确定球差,以及球面聚焦度数的粗估值;b) 在验光仪(phorotor)61 中拨进确定的散光度和散光轴,散光参数精确控制为比 0.25 光焦度更精细;c) 把验光仪 62 里的球面聚焦度数设置为多个值,并通过测量仪 62 主观测量人眼视力;d) 主观确定最佳聚焦误差,以在远点 63 设置人眼的调节;e) 在预览(preview)模式下确定最佳矫正视力,并基于主观确定的聚焦误差和客观确定的散光度和散光轴来提供验光数据 64。

### 测量人眼的屈光矫正的改进验光仪

[0083] 前面所述的预视无散光屈光矫正的方法可通过把波前像差仪配置到验光仪来实现。在一个实施例中,这种改进的验光仪包含如下模块:波前测量模块用于提供人眼像差的快速、客观的测量;输出模块,用来显示测量的像差,它至少包括聚焦误差、散光轴,以及精度比 0.25 光焦度更精细的散光度,比如 0.025 光焦度;机械装置,用于把波前像差仪移动到一个位置以测量人眼的像差,以及使波前像差仪远离人眼光轴移动以测量人眼其它参量;验光仪模块用来进行人眼的主观验光,会用到多个球面镜和柱透镜,验光仪模块不涉及高级像差如球差、彗差的矫正;所述验光仪模块中的一个装置,用于拨入从所述波前像差仪的输出装置获得的散光度和散光轴,以实现无散光视觉矫正。波前测量模块 (wavefront module) 还测量人眼所有像差并根据测量的像差来计算出图像质量参量 (image metrics)。

[0084] 现有技术中的传统验光仪设计不适合实现无散光屈光矫正,改进的验光仪还必须解决把验光仪的散光轴和客观验光仪 (objective refractor) 的人眼的方向对应起来的问题,并把散光度控制到远比 0.25 光焦度更精细。

[0085] 图 7 显示本发明的一个用于主观验光的改进验光仪。一个对准标志 72 放在病人的脸上,通过把人眼的散光轴与所述对准标志 72 关联起来可以进行人眼的客观验光。当该同一只人眼放置在验光仪后面时,验光仪上产生的光束 71 可投射到人脸上的对准标志 72 附近,以实现在另一测量中将验光仪的散光轴与人眼方向关联起来。

[0086] 把验光仪的散光轴与客观验光仪中的人眼方向关联起来可能涉及机械装置,光束,投影图像,或成像装置的协助。把验光仪的散光轴与客观验光仪中的人眼的散光轴关联起来还可能涉及到把一固定方向(例如附设到验光仪上的校准标志 71)与人眼的方向(例如在病人脸上或人眼中的对准标志 72)进行比较。把验光仪的散光轴与客观验光仪中的人眼方向关联起来还可能涉及到调节方向(例如附设到验光仪的校准标志 71),以让其与人脸上或人眼中的对准标志 72 所限定的人眼方向匹配 (match),然后根据验光仪上的校准标志的调节来确定角偏移量 (angular offset)。

[0087] 改进的验光仪可进一步包括散光轴的数字控制和显示装置,以替代散光轴 73 的手动控制。数字控制可通过电机控制散光轴。

[0088] 改进的验光仪可进一步包括实现散光度的连续调节的装置,以替代传统验光仪中每档 0.25 光焦度的调节精度。

[0089] 改进的验光仪可进一步包括实现人眼球差的屈光矫正的装置,会用到多个位相板 (phase plate) 或多个非球面透镜。

[0090] 在另一个实施例中,改进的人眼主观验光仪包括一个装置,其用于手工输入散光度和散光轴,或导入来自客观验光仪的验光数据,以提高精度和效率。这种改进的验光仪如图 8 所示,其包括:a) 多个球面镜,用于人眼离焦的矫正;b) 多个柱透镜,用于人眼散光的矫正;c) 装置 81,用于手工输入散光度和散光轴,或导入来自客观验光仪的验光数据。

### 用于人眼屈光矫正的改进的客观验光仪

[0091] 传统的波前像差仪可精确测量人眼的散光,但对于实现本发明的无象散屈光矫正还不够用。因为传统的波前像差仪不能可靠的测量人眼处于远适应点位置的球面聚焦度数,并且不具备能够精确的把客观验光仪测量的散光轴与主观验光仪及眼镜中的散光轴关联起来的装置。

[0092] 图 9 显示了一种用于屈光矫正的改进的客观验光系统。该系统包括：客观验光装置 90，用于测量人眼的光学误差，该光学误差至少包含散光度，散光轴和球面聚焦误差，并且测量时不涉及任何主观反馈；一装置，用来把人眼方向校准到客观验光装置内的预定方向上，或在客观验光过程 92 中记录人眼面部方向的装置。

[0093] 在一个实施例中，客观验光装置 90 是能测量分布于人眼瞳孔上的波前斜率的客观像差仪。该像差仪向存储元件 91 至少提供球面聚焦度数、散光度、散光轴，以及可选的还提供人眼球差。聚焦误差和可选的球差可分别通过输出装置 95 和 94 输出。

[0094] 在一个实施例中，校准或记录人眼方向的装置 92 将容许人眼的有关方向改变到客观验光装置的预定方向，并提供视觉辅助来设定验光仪和测试人眼之间的相对方向。通过与存储元件 91 中的数据相结合，客观验光系统能根据校准标志或输出装置 93 中的记录图像来输出散光度和散光轴。

[0095] 在一个实施例中，校准与记录人眼面部方向 92 的装置可利用数码相机记录人脸的至少一部分。人脸上可能会有人造的校准标志，该校准标志可能形成为没有矫正原件的框架眼镜的镜框本身。

[0096] 在一个实施例中，客观验光装置可进一步提供人眼的全部波像差 96，基于该全部波像差的视觉诊断 98，屈光矫正的数据，以及剩余波像差 97，其中屈光矫正包括球面聚焦误差，散光度，散光轴，以及可选的还包括球差。

#### 改进的用于屈光矫正的主观验光

[0097] 根据本发明改进的验光仪和波前像差仪，披露了一种用于无散光个性化视觉校正的改进的主观验光方法，该方法涉及如下步骤。首先，把一个人造对准标记放在人脸上。第二，用客观验光仪客观估计人眼的聚焦误差、散光度和散光轴，所述客观验光得到的聚焦度数的精度为 0.25 光焦度，散光度的精度比 0.25 光焦度精细的多，比如 0.025 光焦度。客观验光仪优选为波前像差仪。第三，基于放置在人脸上的人造对准标记 (artificial registration mark)，存储人眼参照客观验光仪的方向信息。第四，验光师拨入散光矫正 (cylindrical correction) 以匹配从客观验光仪得到的散光度和散光轴。第五，除了所述拨入的散光矫正之外，还提供多个球面矫正 (spherical correction) 给病人。对客观测得的聚焦误差进行改进以获得改进的聚焦度数，以对远视眼提供优化的人眼矫正。第六，通过结合客观确定的散光度，散光轴和主观改进的聚焦度数以生成用于眼镜或屈光手术的验光数据。

[0098] 虽然已对发明的具体实施方式进行了详细说明，可以预见到，对于本领域的普通技术人员来说，一旦他们对如前所述的发明理解后，可以想到发明的替代，变更，和等同的方案。在不背离本发明的精神和范围的情况下，本领域的普通技术人员可实现这些和其它对于本发明的变化和改变。更进一步，本发明的普通技术人员应意识到本发明的前述描述仅仅是示例性的，而不是用于限制本发明。

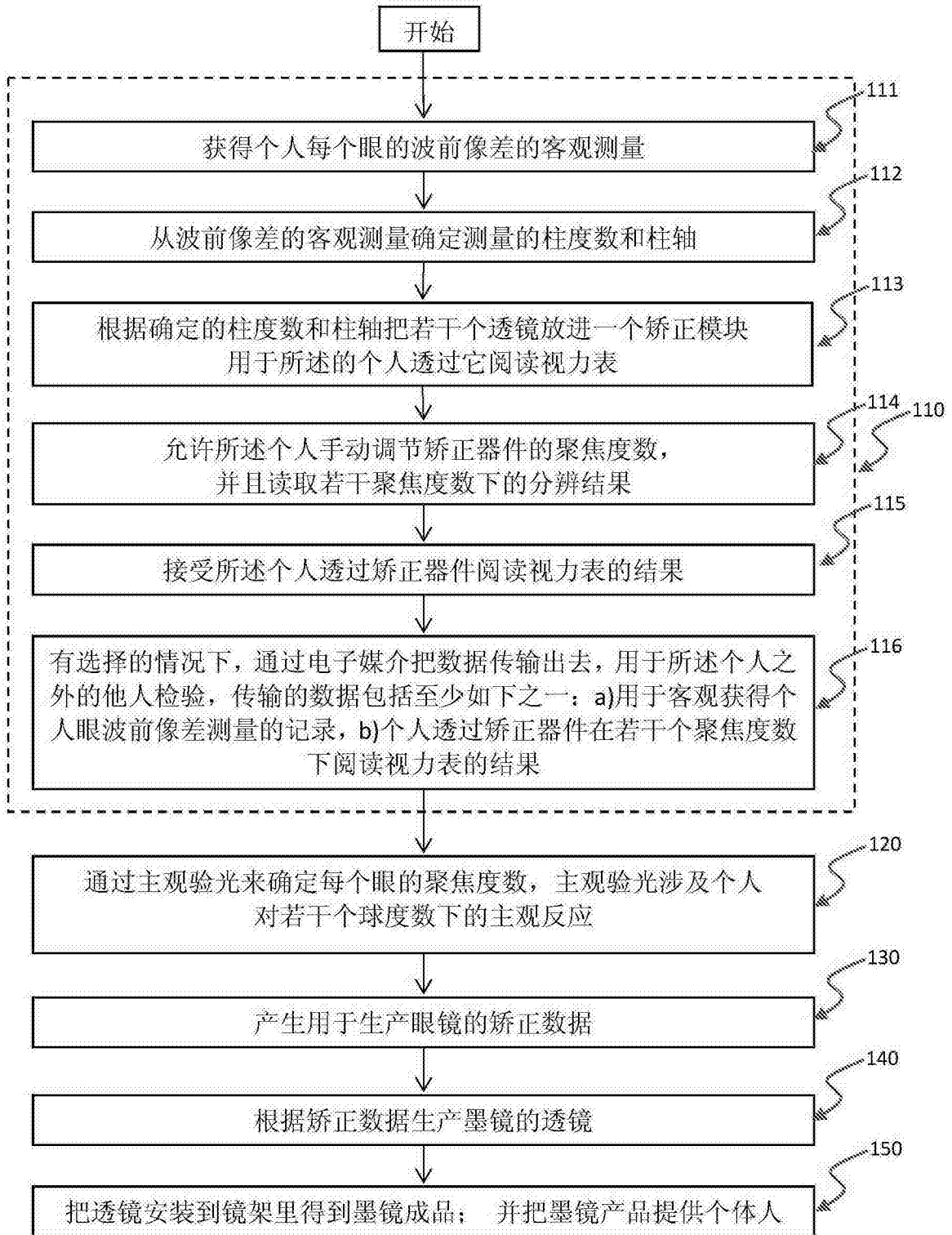


图 1a

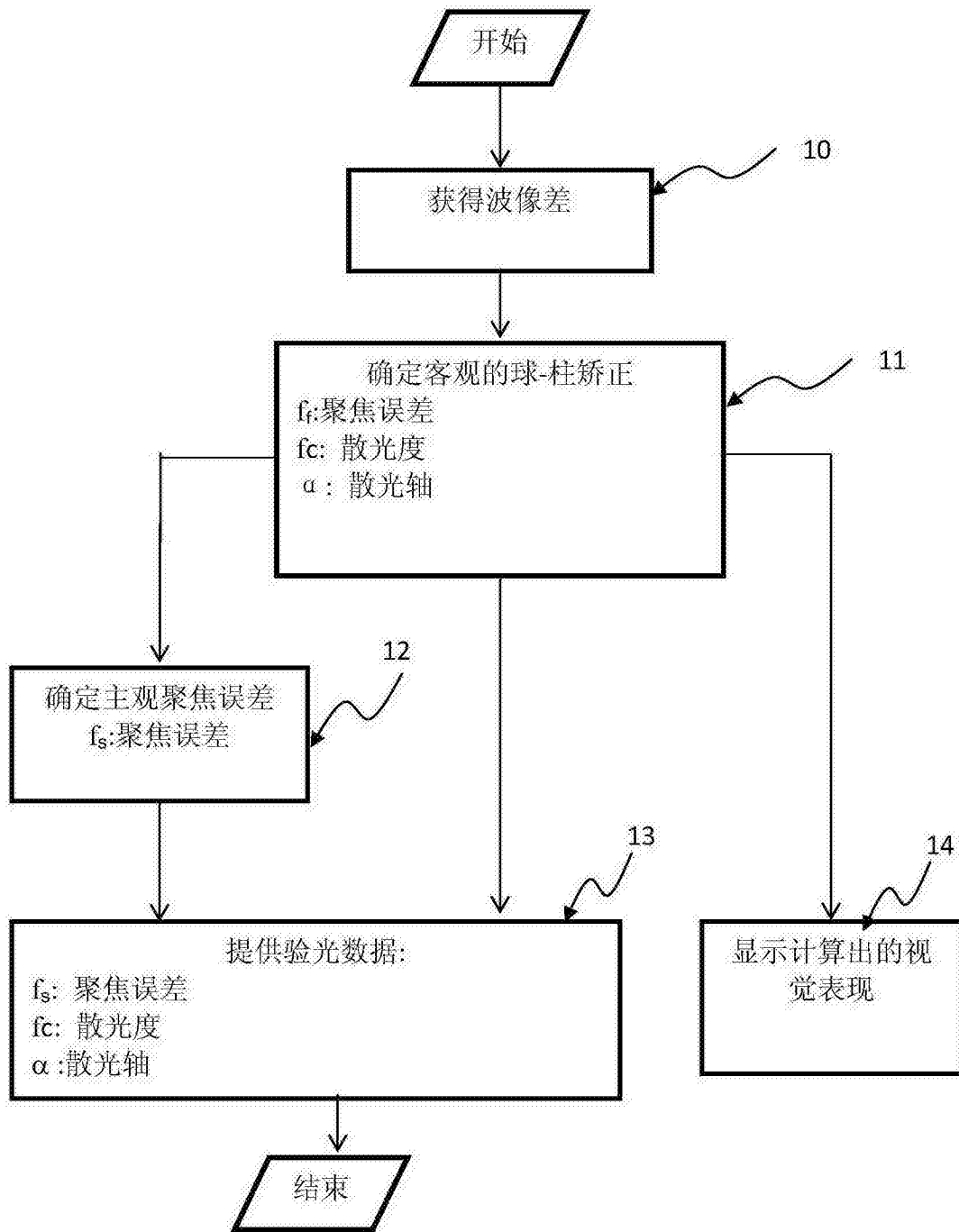


图 1b

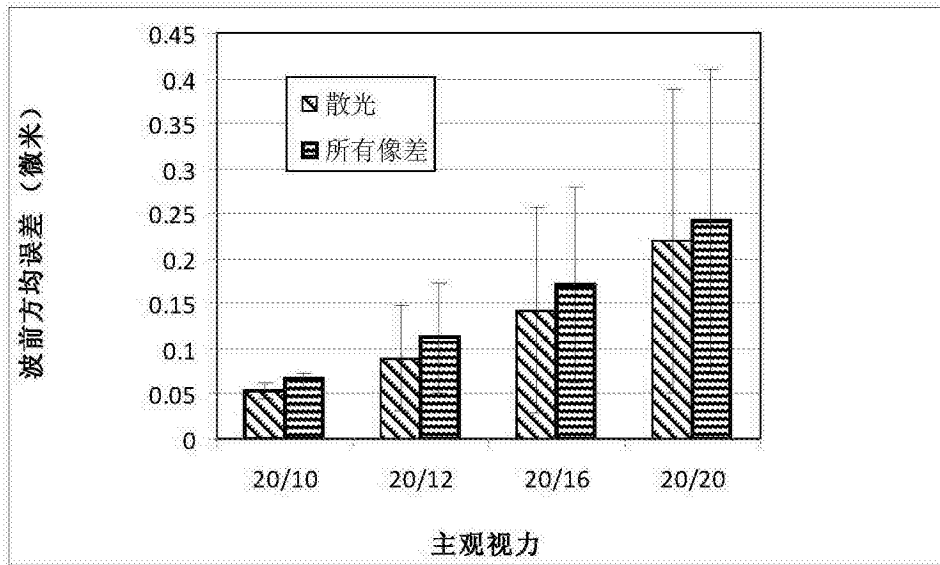


图 2

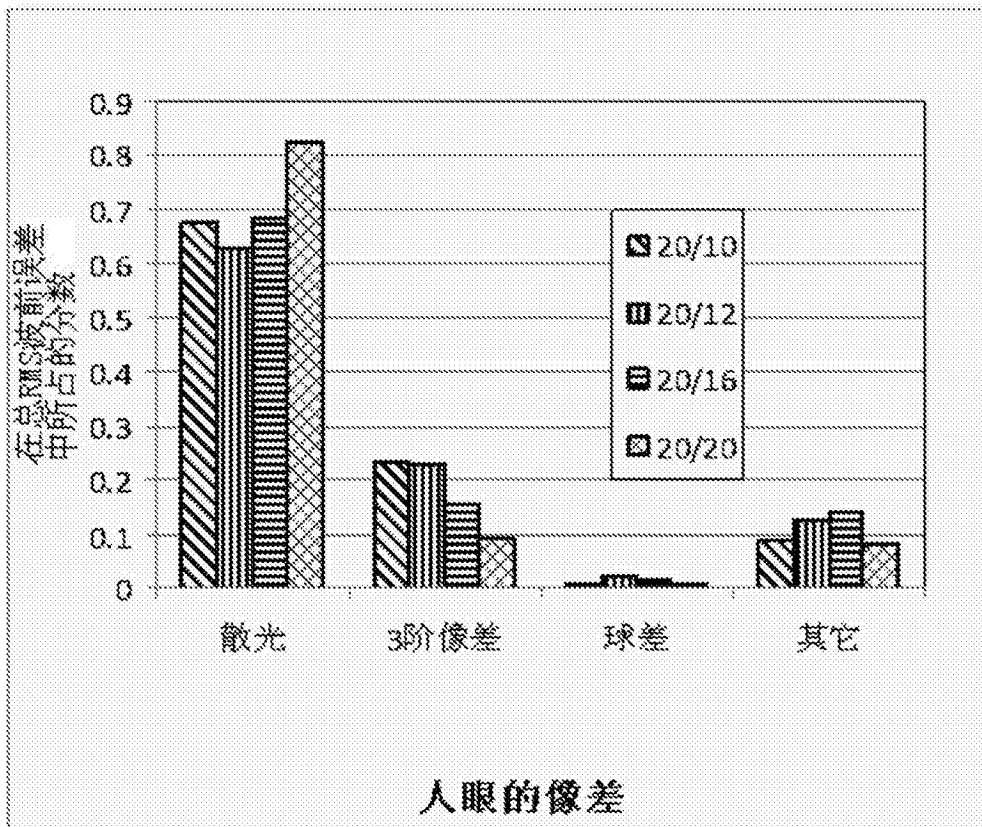


图 3

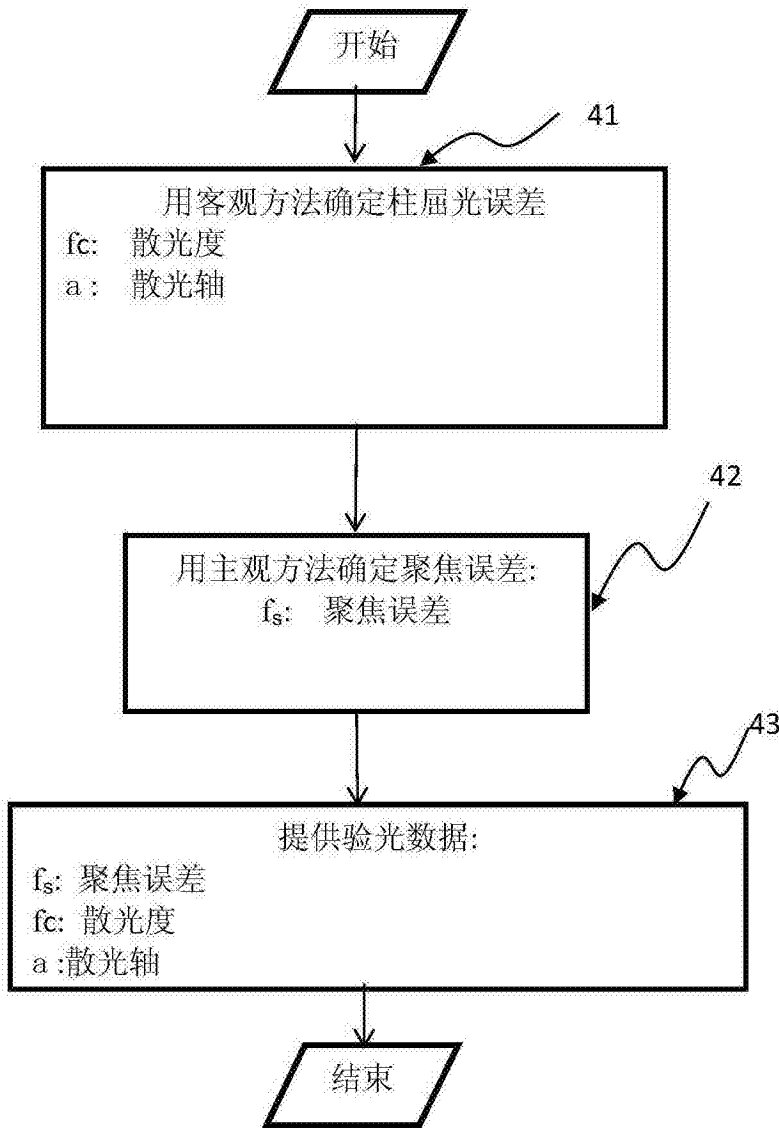


图 4

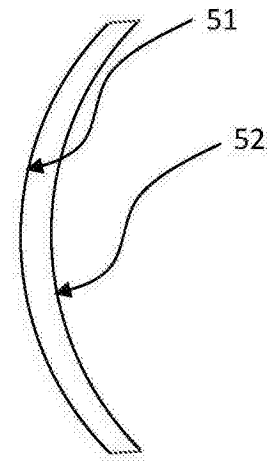


图 5

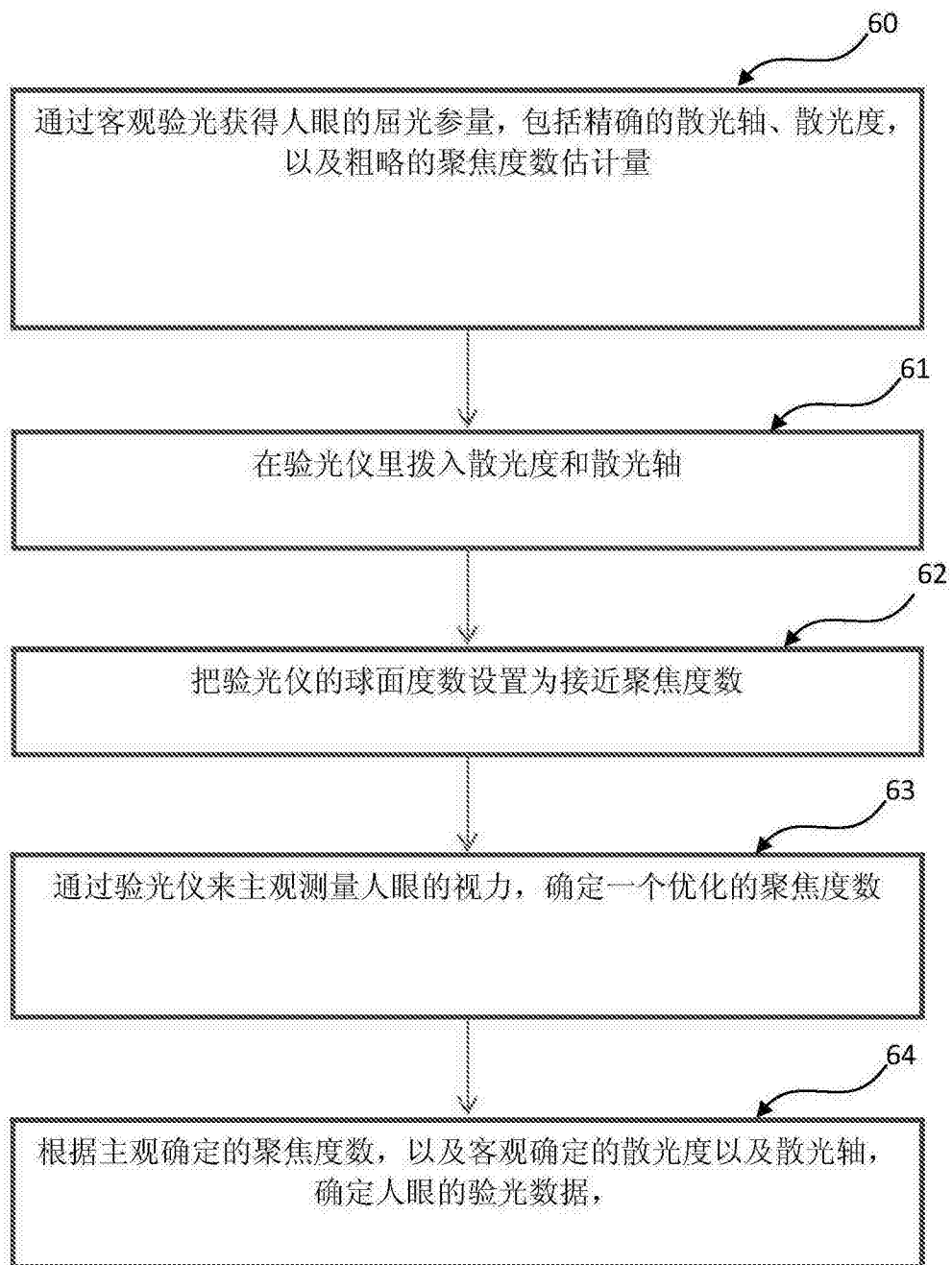


图 6

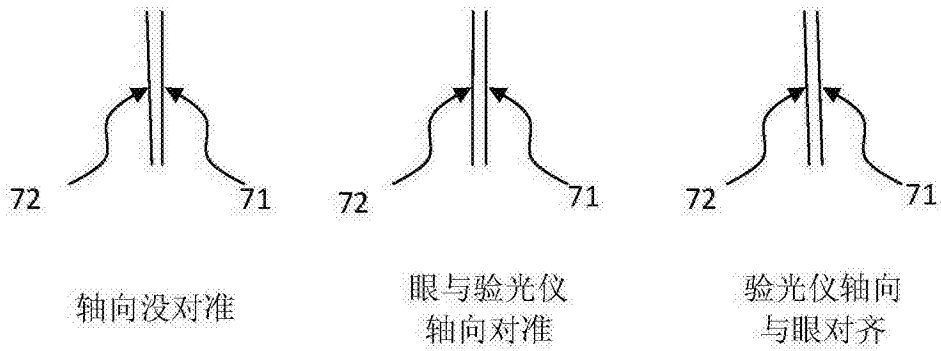
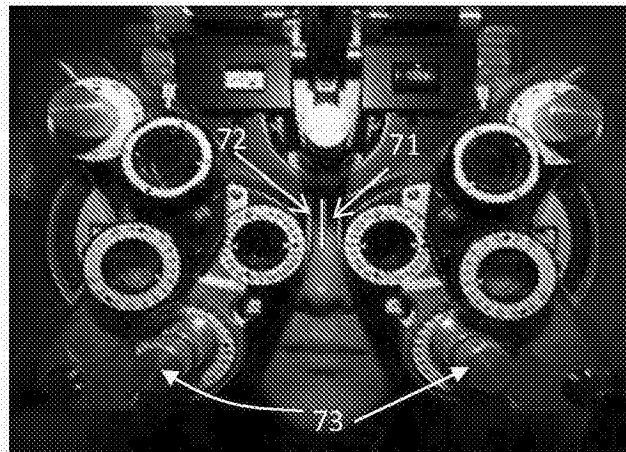


图 7

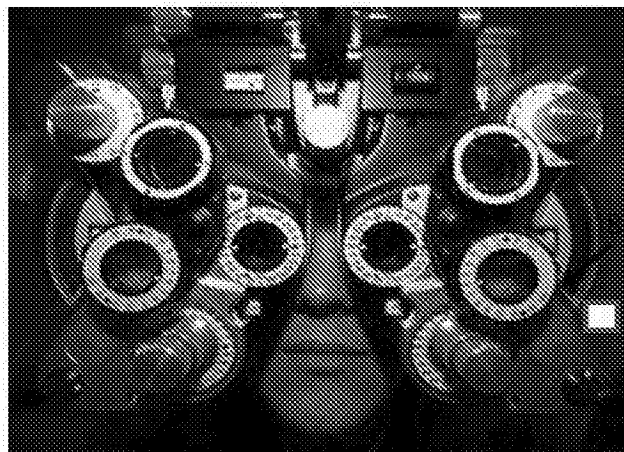


图 8

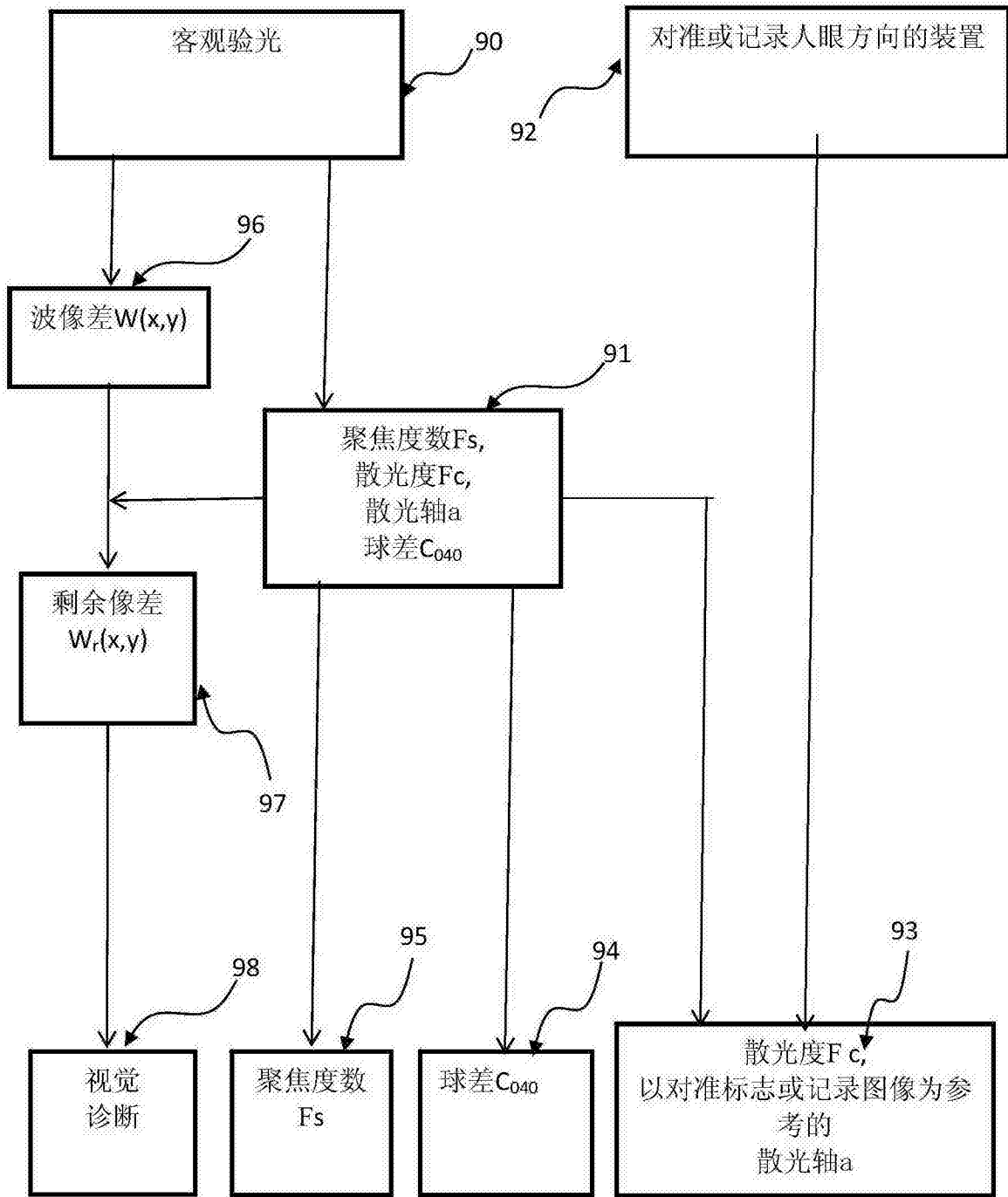


图 9