



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101520842 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 08

(21) 申请号 200910118657. 7

JP 特开 2007-34436 A, 2007. 02. 08, 全文.

(22) 申请日 2009. 02. 27

审查员 康凯

(30) 优先权数据

2008-051121 2008. 02. 29 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子 3-30-2

(72) 发明人 金田雄司 真继优和

(74) 专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293

代理人 任之光 郭召道

(51) Int. Cl.

G06K 9/00 (2006. 01)

H04N 5/30 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 11-66304 A, 1999. 03. 09, 全文.

JP 特开 2004-192552 A, 2004. 07. 08, 全文.

CN 1818930 A, 2006. 08. 16, 全文.

CN 1889093 A, 2007. 01. 03, 全文.

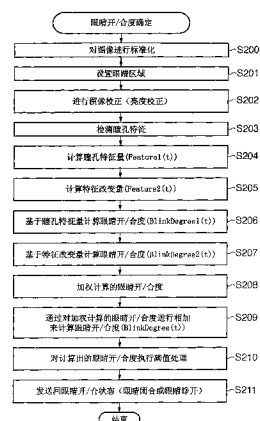
权利要求书2页 说明书13页 附图22页

(54) 发明名称

信息处理装置、眼睛开 / 合度确定方法及图像传感装置

(57) 摘要

本发明提供一种信息处理装置、眼睛开 / 合度确定方法及图像传感装置。该信息处理装置输入图像, 从所输入的图像中检测人的面部, 并计算与所检测到的面部的眼睛的开 / 合状态相关联的特征量。此外, 该信息处理装置计算所计算出的特征量与预定特征量之差作为特征改变量, 并基于该特征量和该特征改变量来计算所检测到的面部的眼睛的眼睛开 / 合度。



1. 一种信息处理装置,该信息处理装置包括:

输入单元 (112、S109、S110),用于输入图像;

面部检测单元 (112、S110),用于从所述输入单元输入的所述图像中检测人的面部;

第一计算单元 (112、S204),用于根据由所述面部检测单元检测到的所述面部,来计算与眼睛开/合状态相关联的特征量;

第二计算单元 (112、S205),用于计算由所述第一计算单元计算出的所述特征量与根据从在预定时间之前输入的图像中检测到的面部而计算出的特征量之差,作为特征改变量;以及

第三计算单元 (112、S206、S207、S209、S210),用于通过将基于所述特征量的眼睛开/合度和基于所述特征改变量的眼睛开/合度相加或加权相加,来计算由所述面部检测单元检测到的所述面部的眼睛的眼睛开/合度。

2. 根据权利要求1所述的信息处理装置,该信息处理装置还包括:加权单元 (112、S208),用于为由所述第一计算单元计算出的所述特征量和由所述第二计算单元计算出的所述特征改变量设置权重,

其中,所述第三计算单元基于经所述加权单元设置了所述权重的所述特征量和所述特征改变量,来计算由所述面部检测单元检测到的所述面部的眼睛的所述眼睛开/合度。

3. 根据权利要求2所述的信息处理装置,其中

所述第一计算单元根据在预定时间内从所述输入单元输入的多个图像中检测到的人的面部,来计算与所述人的眼睛开/合状态相关联的特征量,并且

当由所述第一计算单元根据所述多个图像而计算出的多个特征量中的最大值与最小值之差与预设阈值具有预定关系时,所述第三计算单元仅基于加权后的特征量,来计算由所述面部检测单元检测到的所述面部的眼睛的所述眼睛开/合度。

4. 根据权利要求2所述的信息处理装置,其中

所述第一计算单元在预定时间内根据从所述输入单元输入的多个图像中检测到的人的面部,来计算与所述人的眼睛开/合状态相关联的特征量,并且

所述加权单元基于由所述第一计算单元根据所述多个图像而计算出的多个特征量,来改变为所述特征量和所述特征改变量设置的所述权重。

5. 根据权利要求4所述的信息处理装置,其中

所述第一计算单元计算瞳孔特征量作为与所述眼睛开/合状态相关联的所述特征量,并且

当由所述第一计算单元根据所述多个图像而计算出的多个特征量中的最大值与最小值之差小于预定阈值时,所述加权单元将用于所述特征改变量的所述权重设置为大于为所述特征量设置的所述权重。

6. 根据权利要求4所述的信息处理装置,其中

所述第一计算单元计算瞳孔特征量作为与所述眼睛开/合状态相关联的所述特征量,并且

当由所述第一计算单元根据所述多个图像而计算出的多个特征量中的最大值与最小值之差大于预定阈值时,所述加权单元将用于所述特征量的所述权重设置为大于为所述特征改变量设置的所述权重。

7. 根据权利要求1所述的信息处理装置,该信息处理装置还包括:确定单元(112、S210、S211),用于通过对由所述第三计算单元计算出的所述眼睛开/合度进行阈值处理,来进行眼睛开/合确定。

8. 一种眼睛开/合度确定方法,该方法包括如下步骤:

输入图像(S109、S110);

从在上述输入图像的步骤中输入的所述图像中检测人的面部(S110);

根据在上述检测面部的步骤中检测到的所述面部,来计算与眼睛开/合状态相关联的特征量(S204);

计算在上述计算特征量的步骤中计算出的所述特征量与根据从在预定时间之前输入的图像中检测到的面部而计算出的特征量之差,作为特征改变量(S205);以及

通过将基于所述特征量的眼睛开/合度和基于所述特征改变量的眼睛开/合度相加或加权相加,来计算在上述检测面部的步骤中检测到的所述面部的眼睛的眼睛开/合度(S206、S207、S209、S210)。

9. 一种图像传感装置(100),该图像传感装置包括:

输入单元(112、S109、S110),用于输入图像;

面部检测单元(112、S110),用于从所述输入单元输入的所述图像中检测人的面部;

第一计算单元(112、S204),用于根据由所述面部检测单元检测到的所述面部,来计算与眼睛开/合状态相关联的特征量;

第二计算单元(112、S205),用于计算由所述第一计算单元计算出的所述特征量与根据从在预定时间之前输入的图像中检测到的面部而计算出的特征量之差,作为特征改变量;

第三计算单元(112、S206、S207、S209、S210),用于通过将基于所述特征量的眼睛开/合度和基于所述特征改变量的眼睛开/合度相加或加权相加,来计算由所述面部检测单元检测到的所述面部的眼睛的眼睛开/合度;

确定单元(112、S210、S211),用于通过对由所述第三计算单元计算出的所述眼睛开/合度进行阈值处理,来进行眼睛开/合确定;以及

图像传感单元(101、102、103、112、S114、S115),用于基于所述确定单元的眼睛开/合度确定的结果来进行拍摄。

信息处理装置、眼睛开 / 合度确定方法及图像传感装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种信息处理装置、眼睛开 / 合度确定方法及图像传感装置。

背景技术

[0002] 从包含静态图像及动态图像的图像中检测面部的技术通常已为人们所知 (Mitarai, Y., Mori, K., Matsugu, M. “Robust Face Detection System Based on Convolutional Neural Networks Using Selective Activation of Modules (基于利用模块选择性激活的卷积神经网络的稳健面部检测系统)”, FIT (Forum of Information Technology, 信息技术论坛), L1-013, 2003)。另外, 已提出多种用于在被检测面部中确定眼睛开 / 合度的技术。

[0003] 在这方面, 日本专利特开平第 09-044685 号公报提出一种技术, 其将眉毛与瞳孔间的距离或者眉毛与瞳孔的面积比与预定的参考值进行比较, 并计算距离的改变量, 从而确定出眼睛开 / 合度。

[0004] 日本专利特开平第 11-242744 号公报提出一种技术, 其将眼睛区域分为白色区域和黑色 (瞳孔) 区域, 当黑色区域改变时, 便确定目标眨动。

[0005] 日本专利特开第 2004-192551 号公报提出一种技术, 其准备多个处理来确定眼睛开 / 合度, 以便将闭眼前瞬间的眼睛状态与诸如微笑等的表情改变时的眼睛状态区别开来, 并基于利用各个确定结果的逻辑乘的结果来确定眼睛开 / 合度。

[0006] 在眼睛完全睁开时的无表情状态下, 眼睛尺寸 (例如, 上眼睑与下眼睑间的距离或瞳孔的外观) 存在个体差异。例如, 在眼睛完全睁开时的无表情状态 (状态 1) 下, 图 19 中所示的人 A 的瞳孔被全部看到。与此对比, 在眼睛完全睁开时的无表情状态 (状态 4) 下, 图 19 中所示的人 B 的瞳孔被部分隐藏。

[0007] 在这种方式下, 无表情状态下的眼睛尺寸存在个体差异。如果只从一个图像中确定眼睛开 / 合度, 则图 19 中所示的人 A 的状态 2 与图 19 中所示的人 B 的状态 4 被确定为具有相同的眼睛开 / 合度。例如, 当图 19 中所示的人 A 的状态 2 被确定为图像传感装置在拍摄时的拍摄失败时, 图 19 中所示的人 B 的状态 4 也被确定为拍摄失败。

[0008] 当利用多个图像间的改变量来确定眼睛开 / 合度时, 图 19 中所示的人 A 从状态 1 到状态 2 的改变量, 等于图 19 中所示的人 B 从状态 4 到状态 5 的改变量。确定出人 A 的状态 2 与人 B 的状态 5 是相同的。例如, 当图 19 中所示的人 A 的状态 2 被确定为图像传感装置在拍摄时的拍摄成功时, 图 19 中所示的人 B 的状态 5 也被确定为拍摄成功。

[0009] 确定由图像传感装置所拍摄的图像是失败还是成功, 是依图像传感装置的用户而变化的。有必要在不考虑眼睛尺寸的个体差异的情况下, 以高精度检测眼睛开 / 合度。例如, 在日本专利特开第 2004-192551 号公报中所公开的上述技术通过利用眼睛开 / 合度确定结果的组合, 来确定眼睛开 / 合度。然而, 各个眼睛开 / 合度确定结果是表示眼睛睁开或闭合的二进制输出。由于这一原因, 即使是这种技术也无法在不考虑眼睛尺寸的个体差异的情况下, 以高精度检测眼睛开 / 合度。

[0010] 后面将考查通过利用一个图像的方法来确定眼睛开 / 合度的情况, 以及通过利用多个图像间的改变量的方法来确定眼睛开 / 合度的情况。以下将举例说明在眼睛开 / 合度从图 20 中所示的状态 1 改变到状态 2 时确定眼睛开 / 合度的情况, 以及在眼睛开 / 合度从图 20 中所示的状态 4 改变到状态 5 时确定眼睛开 / 合度的情况。

[0011] 当眼睛从图 20 中所示的状态 1 (黑色眼睛面积 10) 改变到状态 2 (黑色眼睛面积 5) 时, 黑色眼睛面积的改变量是 5, 并且在状态 2 中黑色眼睛面积的绝对量是 5。当将用于确定眼睛闭合的绝对量阈值设置为 6 (当绝对量小于 6 时确定眼睛是闭合的) 并将用于确定眼睛闭合的改变量阈值设置为 4 (当改变量大于 4 时确定眼睛是闭合的) 时, 基于绝对量的确定结果和基于改变量的确定结果都表示眼睛是闭合的。当眼睛从图 20 中所示的状态 4 (黑色眼睛面积 5) 改变到状态 5 (黑色眼睛面积 0) 并进行与以上所述相同的确定时, 获得相同的结果, 并且基于绝对量的确定结果和基于改变量的确定结果都表示眼睛是闭合的。以这种方式, 根据通常提出的眼睛开 / 合度确定方法, 图 20 中所示的状态 2 与状态 5 被确定为具有相同的眼睛开 / 合度。

发明内容

[0012] 本发明能够提供一种不用考虑眼睛尺寸的个体差异而以高精度检测眼睛开 / 合度的信息处理装置、眼睛开 / 合度确定方法及图像传感装置。

[0013] 根据本发明的第一方面, 提供一种信息处理装置, 该信息处理装置包括:

[0014] 输入单元, 用于输入图像;

[0015] 面部检测单元, 用于从所述输入设备输入的所述图像中检测人的面部;

[0016] 第一计算单元, 用于根据由所述面部检测单元检测到的所述面部, 来计算与眼睛开 / 合状态相关联的特征量;

[0017] 第二计算单元, 用于计算由所述第一计算单元计算出的所述特征量与根据从在预定时间之前输入的图像中检测到的面部计算出的特征量之差, 作为特征改变量; 以及

[0018] 第三计算单元, 用于基于所述特征量与所述特征改变量来计算由所述面部检测单元检测到的所述面部的眼睛的眼睛开 / 合度。

[0019] 根据本发明的第二方面, 提供一种眼睛开 / 合度确定方法, 该方法包括:

[0020] 输入图像;

[0021] 从在上述图像输入中输入的所述图像中检测人的面部;

[0022] 根据在上述面部检测中检测到的所述面部, 来计算与眼睛开 / 合状态相关联的特征量;

[0023] 计算在上述特征量计算中计算出的所述特征量与根据从在预定时间之前输入的图像中检测到的面部计算出的特征量之差, 作为特征改变量; 以及

[0024] 基于所述特征量和所述特征改变量来计算在上述面部检测中检测到的所述面部的眼睛的眼睛开 / 合度。

[0025] 根据本发明的第三方面, 提供一种图像传感装置, 该图像传感装置包括:

[0026] 输入单元, 用于输入图像;

[0027] 面部检测单元, 用于从所述输入单元输入的所述图像中检测人的面部;

[0028] 第一计算单元, 用于根据由所述面部检测单元检测到的所述面部, 来计算与眼睛

开 / 合状态相关联的特征量；

[0029] 第二计算单元,用于计算由所述第一计算单元计算出的所述特征量与根据从在预定时间之前输入的图像中检测到的面部计算出的特征量之差,作为特征改变量；

[0030] 第三计算单元,用于基于所述特征量和所述特征改变量来计算由所述面部检测单元检测到的所述面部的眼睛的眼睛开 / 合度；

[0031] 确定单元,用于通过对由所述第三计算单元计算出的该眼睛开 / 合度进行阈值处理,来进行眼睛开 / 合确定；以及

[0032] 图像传感单元,用于基于所述确定单元的眼睛开 / 合度确定的结果来进行拍摄。

[0033] 通过下面参照附图对示例性实施例的描述,本发明的其他特征将变得更加清楚。

附图说明

[0034] 图 1 是示出根据本发明的实施例的图像传感装置 100 的结构的示例的框图；

[0035] 图 2A 及图 2B 是示出图 1 中所示的图像传感装置 100 中的处理序列的示例的流程图；

[0036] 图 3 是示出在图 2B 中所示的步骤 S113 中的眼睛开 / 合度确定的序列的示例的流程图；

[0037] 图 4 是示出图像标准化的概况的示例的图；

[0038] 图 5 是示出在设置要经历瞳孔特征检测的区域时处理的概况的示例的图；

[0039] 图 6 是示出瞳孔特征检测结果的示例的图；

[0040] 图 7 是示出利用预定函数 func_1 计算出的眼睛开 / 合度值的分布的示例的坐标图；

[0041] 图 8 是示出利用预定函数 func_2 计算出的眼睛开 / 合度值的分布的示例的坐标图；

[0042] 图 9 是用于说明第一实施例的效果的示例的第一图。

[0043] 图 10 是用于说明第一实施例的效果的示例的第二图。

[0044] 图 11 是示出根据第二实施例的眼睛开 / 合度确定的序列的示例的流程图；

[0045] 图 12 是示出瞳孔特征量在预定时间内的改变的示例的坐标图；

[0046] 图 13 是用于说明第二实施例的效果的示例的第一图。

[0047] 图 14A 和图 14B 是示出根据第三实施例的图像传感装置 100 中的处理序列的示例的流程图；

[0048] 图 15 是示出在图 14B 中所示的步骤 S416 中的眼睛开 / 合度确定的序列的示例的流程图；

[0049] 图 16 是示出在图 15 中所示的步骤 S502 中的权重确定的序列的示例的流程图；

[0050] 图 17 是用于说明第三实施例的效果的示例的第一图。

[0051] 图 18 是用于说明第三实施例的效果的示例的第二图。

[0052] 图 19 是用于说明现存问题的第一图；以及

[0053] 图 20 是用于说明现存问题的第二图。

具体实施方式

[0054] 现在将参照附图来详细描述本发明的优选实施例。应当注意,除非另外具体说明,否则在这些实施例中提出的各组件的相对布置、数字表示及数值并不限定本发明的范围。

[0055] (第一实施例)

[0056] 图 1 是示出根据本发明的实施例的图像传感装置 100 的结构的示例的框图。第一实施例将举例说明图像传感装置 100 是电子数码相机的情况。

[0057] 图像传感装置 100 包括图像传感透镜单元 101 和具有光阑及快门的光量调节装置 102。图像传感器 103 是例如 CCD(电荷耦合器件)或 CMOS(互补金属氧化物半导体)传感器,用于将穿过图像传感透镜单元的对象图像的光束转换为电信号。模拟信号处理电路 104 对从图像传感器 103 输出的模拟信号进行箝位(clamp)和增益等。A/D 转换器 105 将来自模拟信号处理电路 104 的输出转换为数字信号。

[0058] 数字信号处理电路 107 对来自 A/D 转换器 105 的数据或来自存储器控制电路 106 的数据,进行预定的像素插值和色彩转换等。数字信号处理电路 107 还利用感测到图像数据进行预定的计算,以及基于所获得的计算结果进行 TTLAWB(自动白平衡)处理。另外,数字信号处理电路 107 对感测到的图像数据执行特定对象面部检测及眼睛开/合度确定。特定对象面部检测及眼睛开/合度确定使用存储在存储器(后面要描述的存储器 108)中的数据。

[0059] 系统控制电路 112 基于上述计算结果进行 TTL(通过镜头)AF(自动聚焦)、AE(自动曝光)及 EF(预电子闪光),以控制曝光控制电路 113 及聚焦控制电路 114。

[0060] 存储器控制电路 106 控制模拟信号处理电路 104、A/D 转换器 105、数字信号处理电路 107、存储器 108 及数字/模拟(以下称为 D/A)转换器 109。由 A/D 转换器 105 进行 A/D 转换的数据经由数字信号处理电路 107 及存储器控制电路 106 被写入在存储器 108 中。由 A/D 转换器 105 进行 A/D 转换的数据有时直接经由存储器控制电路 106 被写入在存储器 108 中。

[0061] 存储器 108 存储例如要显示在显示装置 110 上的数据。存储在存储器 108 中的数据经由 D/A 转换器 109 被输出到诸如 TFT 或 LCD 等的显示装置 110 中,并被显示在其上。存储器 108 存储包括感测到的静态图像及动态图像的图像。存储器 108 具有足以存储预定数量的静态图像及预定时间的动态图像的容量。即使在连续拍摄或相继拍摄多个静态图像的全景拍摄中,也能够以高速度将许多图像写入在存储器 108 中。存储器 108 也可以用作系统控制电路 112 的工作区。通过利用接口(I/F)111,也可以将感测到的静态图像及动态图像写入在诸如 CD-ROM、软盘®、硬盘、磁带、磁光盘或非易失性存储卡等的存储介质中。

[0062] 显示装置 110 能够依次显示感测到的图像数据,并且在这种情况下充当电子取景器。显示装置 110 能够根据来自系统控制电路 112 的指示任意地开关显示器。当显示器关闭时,图像传感装置 100 的电力消耗比显示器打开时的电力消耗降低很多。显示装置 110 根据系统控制电路 112 中的程序的执行,利用文本和图像等来显示操作状态和消息等。

[0063] I/F 111 将图像传感装置 100 与诸如存储卡或硬盘等的存储介质相连接。通过利用 I/F 111,图像传感装置 100 能够与另一计算机或诸如打印机等的外围设备交换图像数据及附属于该图像数据的管理信息。当 I/F 111 符合 PCMCIA 卡或 CF(紧凑式闪存®)卡等的标准时,I/F 111 在连接各种通信卡时充当通信接口。这些通信卡包括 LAN 卡、调制解调器卡、USB 卡、IEEE1394 卡、P1284 卡、SCSI 卡及 PHS 通信卡。

[0064] 系统控制电路 112 控制图像传感装置 100 的整体操作。系统控制电路 112 中的存储器存储用于操作系统控制电路 112 或者识别特定对象的面部及眼睛开 / 合度的常量、变量和程序等。利用 CD-ROM、软盘®、硬盘、磁带、磁光盘或非易失性存储卡等,能够改变存储在系统控制电路 112 的内部存储器中的常量、变量和程序等。

[0065] 曝光控制电路 113 控制光量调节设备 102 的光阑及快门。聚焦控制电路 114 控制图像传感透镜单元 101 的聚焦及变焦。曝光控制电路 113 及聚焦控制电路 114 由 TTL 进行控制。系统控制电路 112 基于由数字信号处理电路 107 对感测到的图像数据执行计算的结果来控制曝光控制电路 113 及聚焦控制电路 114。

[0066] 以下将参照图 2A 及图 2B,来说明图 1 中所示的图像传感装置 100 中的处理序列的示例。用于执行这一处理的程序被存储在例如系统控制电路 112 的内部存储器中,并且该程序在系统控制电路 112 的控制下被执行。

[0067] 这一处理在开机等时开始。当处理开始时,系统控制电路 112 对内部存储器中的各种标志和控制变量等进行初始化(步骤 S100)。然后,系统控制电路 112 检测图像传感装置 100 的模式设置状态。模式的示例有防闭眼拍摄模式。

[0068] 如果系统控制电路 112 检测到拍摄模式以外的模式(步骤 S101 中的另一模式),则图像传感装置 100 执行与所选模式相对应的处理(步骤 S102),然后处理返回至步骤 S101。如果系统控制电路 112 检测到诸如防闭眼拍摄模式的拍摄模式(步骤 S101 中的拍摄模式),则其确定在剩余的电池电量或操作状态下是否出现了错误。如果出现了错误(步骤 S103 中“否”),则系统控制电路 112 利用显示装置 110 以图像或声音发出预定警告(步骤 S104),然后处理返回至步骤 S101。如果未出现错误(步骤 S103 中“是”),则系统控制电路 112 确定存储介质操作状态是否不适合于图像传感装置 100 的操作,特别是对存储介质的图像数据记录 / 重放操作。

[0069] 如果存储介质操作状态不适合(步骤 S105 中“否”),则与上述警告相类似地,系统控制电路 112 利用显示装置 110 以图像或声音发出预定警告(步骤 S104),然后处理返回至步骤 S101。如果存储介质是适合的(步骤 S105 中“是”),则系统控制电路 112 利用显示装置 110,以图像或声音来显示表示图像传感装置 100 的各种设置状态的用户界面(以下称作 UI)(步骤 S106)。当显示装置 110 的图像显示器处于打开(ON)状态时,也可以利用显示装置 110,以图像或声音来显示表示图像传感装置 100 的各种设置状态的 UI。以这种方式,用户进行各种设置。

[0070] 系统控制电路 112 将显示装置 110 的图像显示器设置为打开(步骤 S107)。系统控制电路 112 设置透视显示(through display)状态,以依次显示感测到的图像数据(步骤 S108)。在透视显示状态下,显示装置 110 依次显示写入在存储器 108 中的数据,从而实现了电子取景器的功能。

[0071] 之后,图像传感装置 100 确定用户(例如摄影师)是否已按下快门开关。如果用户尚未按下快门开关(步骤 S109 中“否”),则处理返回至步骤 S101。如果用户已按下快门开关(步骤 S109 中“是”),则系统控制电路 112 执行面部检测(步骤 S110)。在面部检测中,将从图像传感器 103 输入的图像数据压缩至低分辨率,并从压缩后的图像数据中检测人的面部。更具体地说,通过执行淡化(thinning)等将图像数据压缩至例如 640×480 像素的低分辨率,然后对面部进行检测。面部检测方法的已知示例是卷积神经网络

络 (CNN), 其从诸如边缘等的低阶特征中分层检测诸如眼睛和嘴等的高阶特征, 并最终检测面部的重心 (Mitarai, Y., Mori, K., Matsugu, M. “Robust Face Detection System Based on Convolutional Neural Networks Using Selective Activation of Modules (基于利用模块选择性激活的卷积神经网络的稳健面部检测系统)”, FIT (Forum of Information Technology, 信息技术论坛), L1-013, 2003)。通过利用 CNN, 可以获得眼睛或嘴的重心。

[0072] 在以此种方式检测人的面部之后, 系统控制电路 112 对所检测的人的面部执行预定的 AE/AF 控制 (步骤 S111), 并透视显示感测到的图像 (步骤 S112)。此时, 系统控制电路 112 通过利用在步骤 S110 中检测到的眼睛 / 面部位置, 来确定每个人的眼睛开 / 合度 (步骤 S113)。眼睛开 / 合度确定的细节将在后面予以说明。

[0073] 系统控制电路 112 基于眼睛开 / 合度确定的结果, 确定是否由图像传感装置 100 进行拍摄。更具体地说, 如果系统控制电路 112 确定眼睛是闭合的, 则其不促使图像传感装置 100 进行拍摄 (步骤 S114 中“否”), 并确定是否强行终止拍摄。如果系统控制电路 112 确定强行终止拍摄 (步骤 S119 中“是”), 则处理结束。如果系统控制电路 112 确定不强行终止拍摄 (步骤 S119 中“否”), 则其再次进行面部检测 (步骤 S118), 并且处理返回至步骤 S112。

[0074] 如果系统控制电路 112 确定眼睛是睁开的, 则其促使图像传感装置 100 进行拍摄 (步骤 S114 中“是”之后的步骤 S115)。进行拍摄之后, 系统控制电路 112 显示感测到的图像的快速浏览 (步骤 S116), 对感测到的高分辨率图像进行编码, 并将编码图像记录在诸如闪存等的存储介质上 (步骤 S117)。也就是说, 通过淡化等压缩的低分辨率图像用于面部检测, 而高分辨率图像用于记录。

[0075] 将参照图 3 对图 2B 中所示的步骤 S113 中的眼睛开 / 合度确定的细节进行说明。

[0076] 当该处理开始时, 系统控制电路 112 利用在步骤 S110 中检测到的眼睛或面部位置来执行图像标准化 (步骤 S200)。在标准化中, 将被压缩至低分辨率的输入图像 300 中的各个面部的取向校准为直立, 如图 4 所示。然后, 进行仿射变换及提取, 以将两眼间的宽度改变为预定像素数 (例如, 50 像素), 并将所提取的图像的宽度及高度改变为预定像素数 (例如, 120×120 像素)。在图 4 中所示的示例中, 作为对输入图像 300 进行标准化的结果, 获得面部图像 301 及面部图像 302。

[0077] 之后, 系统控制电路 112 在标准化的图像中设置如图 5 中所示的眼睛区域 (步骤 S201)。在图 5 中所示的示例中, 眼睛区域 303 的左上角的坐标点被设置为 (1, 10), 眼睛区域 303 的右下角的坐标点被设置为 (120, 60)。

[0078] 在对眼睛区域进行设置之后, 系统控制电路 112 对眼睛区域进行图像校正 (例如, 亮度校正) (步骤 S202)。在亮度校正中, 建立眼睛区域的亮度直方图并对该亮度直方图进行扩展以改变各像素的亮度值。

[0079] 在亮度校正之后, 系统控制电路 112 从亮度校正后的图像的眼睛区域中检测瞳孔特征 (步骤 S203)。与面部检测相类似, 利用预先知道的、用以检测瞳孔的瞳孔检测 CNN 来检测瞳孔特征。瞳孔检测 CNN 假定瞳孔区域作为正确答案, 瞳孔区域以外的区域作为错误答案, 并知道只在瞳孔存在的区域中从 CNN 的各神经元中输出大的数值。例如, 如果将已在步骤 S202 中经历亮度校正的图像输入到瞳孔检测 CNN 中, 则获得如图 6 中所示的神经元输出值。

[0080] 然后,系统控制电路 112 利用瞳孔特征检测量计算瞳孔特征量 (步骤 S204)。第一实施例中的瞳孔特征量用在时间 $t[s]$ 时变为等于或大于预定阈值 I_{th} 的输出值 $Counter(t)$ 来表示:

$$[0081] \quad \text{如果 } I(x,y) \geq I_{th} \Rightarrow Counter(t) + 1 \quad \dots(1)$$

[0082] 也可以使用与上、下眼睑相对应的边缘间的距离,替代瞳孔特征量。从要经历眼睛开 / 合度确定的一个图像中提取的瞳孔特征量,用 $Feature1(t)$ 来表示:

$$[0083] \quad Feature1(t) = Counter(t) \quad \dots(2)$$

[0084] 在特征量计算之后,系统控制电路 112 计算所算出的瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 的特征改变量 $Feature2(t)$ (步骤 S205)。通过计算瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 与预定特征量 (在这种情况下,是先前计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t_n)$) 之差来计算特征改变量 $Feature2(t)$:

$$[0085] \quad Feature2(t) = |Counter(t_n) - Counter(t)| \quad \dots(3)$$

[0086] 先前计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t_n)$ 是在计算瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 之前的预定时间 (例如,500ms) 计算的瞳孔特征量。在公式 (3) 中, n 是人无意识地眨眼时的平均时间。例如,当人闭上睁开的眼睛时的平均时间是 500ms 时,设置 $n = 500ms$ 。

[0087] 在特征改变量计算之后,系统控制电路 112 分别针对所计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 和特征改变量 $Feature2(t)$,计算眼睛开 / 合度 (步骤 S206 及步骤 S207)。在第一实施例中,眼睛开 / 合度将用眼睛闭合度 $BlinkDegree(t)$ 来说明。不过,眼睛开 / 合度还可以用眼睛睁开度来表示。

[0088] 基于瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$,是通过将瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 代入预定函数 $func_1$ 来计算的:

$$[0089] \quad BlinkDegree1(t) = func_1(Feature1(t)) \quad \dots(4)$$

[0090] 基于特征改变量 $Feature2(t)$ 的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$,是通过将特征改变量 $Feature2(t)$ 代入预定函数 $func_2$ 来计算的:

$$[0091] \quad BlinkDegree2(t) = func_2(Feature2(t)) \quad \dots(5)$$

[0092] 如公式 (6) 所表示的,系统控制电路 112 将权重 w_1 和权重 w_2 添加到眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$ 和眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$ 上,然后将加权后的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$ 与加权后的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$ 相加 (步骤 S208),从而计算出最终的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree(t)$ (步骤 S209):

$$[0093] \quad BlinkDegree(t)$$

$$[0094] \quad = w_1 \times BlinkDegree1(t) + w_2 \times BlinkDegree2(t) \quad \dots(6)$$

[0095] 其中,该实施例中的权重 w_1 及权重 w_2 是 1 : 1。

[0096] 图 7 示出了利用预定函数 $func_1$ 计算的眼睛开 / 合度值的分布。如图 7 中所示,当从要经历眼睛开 / 合度确定的一个图像中计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 变大时,眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$ 变小。也就是说,随着瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 变大,确定眼睛睁开的可能性变大。

[0097] 图 8 示出了利用预定函数 $func_2$ 计算的眼睛开 / 合度值的分布。如图 8 中所示,当特征改变量 $Feature2(t)$ 变大时,眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$ 变大。也就是说,随着特征改变量 $Feature2(t)$ 变大,确定眼睛保持闭合或正在睁开或闭合的可能性变大。

[0098] 再参照图 3,在执行最终的眼睛开 / 合度计算之后,系统控制电路 112 进行眼睛是闭合还是睁开的二进制确定。该确定通过对眼睛开 / 合度 $BlinkDegree(t)$ 执行阈值处理来实现(步骤 S210)。系统控制电路 112 基于 $BlinkDegree(t)$ 与阈值间的关系(等于、大于或小于阈值)而发送回确定结果“眼睛睁开”或“眼睛闭合”(步骤 S211)。然后,处理结束。

[0099] 图 9 及图 10 是用于说明在确定眼睛开 / 合状态时利用从要经历眼睛开 / 合度确定的图像中计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 以及相应的特征改变量 $Feature2(t)$ 而获得的效果的图。

[0100] 图 9 是示出在具有大的眼睛开 / 合宽度的人 A 的各个状态下以及在具有小的眼睛开 / 合宽度的人 B 的各个状态下计算眼睛开 / 合度的结果的图。如上所述,眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$ 是基于要经历眼睛开 / 合度确定的图像的瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 来计算的。眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$ 是基于表示瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 与先前计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t_n)$ 之差的特征改变量 $Feature2(t)$ 来计算的。 $BlinkDegree(t)$ 表示通过将加权后的 $BlinkDegree1(t)$ 与加权后的 $BlinkDegree2(t)$ 相加而计算出的最终眼睛开 / 合度。

[0101] 下面将考查人 A 的眼睛从状态 1(眼睛睁开状态)改变到状态 1'(眼睛睁开状态)的情况。在这种情况下,瞳孔在状态 1'(眼睛睁开状态)中被清楚地看到,因此瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 取大值。因而,眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$ 取小值。当人 A 的眼睛从状态 1(眼睛睁开状态)改变到状态 1'(眼睛睁开状态)时,瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 几乎没有改变。因此,基于瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 与先前计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t_n)$ 之间的特征改变量 $Feature2(t)$ 计算的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$ 也取小值。结果,在添加权重 = 1 : 1 之后最终计算出的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree(t)$ 变为“0.0”。

[0102] 下面将考查人 A 的眼睛从状态 1(眼睛睁开状态)改变到状态 2(眼睛半睁状态)的情况。在这种情况下,瞳孔区域在状态 2(眼睛半睁状态)中被部分看到,因此瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 取中间值(例如,0 到 1 之间的值)。因而,眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$ 也取中间值。当人 A 的眼睛从状态 1(眼睛睁开状态)改变到状态 2(眼睛半睁状态)时,瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 略有改变。因此,基于瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 与先前计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t_n)$ 之间的特征改变量 $Feature2(t)$ 计算的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$ 也取个中间值。在添加权重 = 1 : 1 之后最终计算出的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree(t)$ 变为“1.0”。

[0103] 类似地,下面将考查人 A 的眼睛从状态 1(眼睛睁开状态)改变到状态 3(眼睛闭合状态)的情况。在这种情况下,基于瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 计算的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$ 取大值。另外,基于特征改变量 $Feature2(t)$ 计算的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$ 也取大值。在添加权重 = 1 : 1 之后最终计算出的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree(t)$ 变为“2.0”。

[0104] 作为对比,下面将考查人 B 的眼睛从状态 4(眼睛睁开状态)改变到状态 4'(眼睛睁开状态)的情况。在这种情况下,基于瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 计算的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree1(t)$ 取中间值。基于特征改变量 $Feature2(t)$ 计算的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t)$ 取小值。在添加权重 = 1 : 1 之后最终计算出的眼睛开 / 合度

BlinkDegree(t) 变为“0.5”。

[0105] 下面将考查人B的眼睛从状态4(眼睛睁开状态)改变到状态5(眼睛闭合状态)的情况。在这种情况下,基于瞳孔特征量Feature1(t) 计算的眼睛开/合度BlinkDegree1(t)取大值。基于特征改变量Feature2(t) 计算的眼睛开/合度BlinkDegree2(t)取中间值。在添加权重=1:1之后最终计算出的眼睛开/合度BlinkDegree(t)变为“1.5”。

[0106] 图10示出了所计算出的眼睛开/合度BlinkDegree(t)的分布。如图10所示,在人A及人B的各个状态下计算出的眼睛开/合度取不同的值。换句话说,能够不用考虑眼睛尺寸的个体差异而以高精度检测眼睛开/合度。

[0107] 如上所述,根据第一实施例,对基于从要确定的图像中获得的瞳孔特征量计算出的眼睛开/合度以及表示瞳孔特征量与先前计算出的瞳孔特征量之差的特征改变量进行加权和相加,以计算最终眼睛开/合度。结果,能够不用考虑眼睛尺寸的个体差异而以高精度检测眼睛开/合状态。

[0108] 在上述第一实施例中,最终眼睛开/合度是在加权之后计算出的。然而,加权并非必不可少的,最终眼睛开/合度也可以在不进行加权的情况下计算出来。

[0109] (第二实施例)

[0110] 现在将说明第二实施例。第二实施例中的装置结构及整体操作序列与在第一实施例中描述的图1及图2中的情形相同,以下将省略有关它们的描述,并且只说明与第一实施例的不同之处。第二实施例与第一实施例的不同在于参照图3描述的眼睛开/合度确定。

[0111] 根据第二实施例的眼睛开/合度确定的序列将参照图11来进行说明。在第二实施例中,为了避免重复描述,将省略在第一实施例中描述的详细处理(例如,检测及计算瞳孔特征量的方法)的描述,并且只说明表示不同之处的大体序列。

[0112] 当该处理开始时,系统控制电路112估算在步骤S110(图2A)中检测到的面部的眼睛睁开的状态。更具体地说,系统控制电路112估算眼睛睁开的状态,并检查该眼睛状态是否与预定的眼睛状态(第二实施例中的窄眼睛)相对应。即使当具有窄眼睛的人正常地睁开他的眼睛时,瞳孔区域的大部分也是被隐藏的。

[0113] 为了估算眼睛睁开时的眼睛状态,系统控制电路112利用与第一实施例中相同的方法,来计算瞳孔特征量Feature1(t)(步骤S300)。瞳孔特征量Feature1(t)被重复计算,直到预定时间经过(步骤S301中“否”)。也就是说,系统控制电路112从在预定时间内依次输入的各帧图像中计算瞳孔特征量Feature1(t)。预定时间是眨眼花费的平均时间。其满足在预定时间内始终眨眼(例如,5秒)。

[0114] 在预定时间经过时(步骤S301中“是”),系统控制电路112基于在步骤S300中从多帧图像中计算出的瞳孔特征量Feature1(t)来估算眼睛状态(步骤S302)。更具体地说,系统控制电路112通过参考在预定时间(时间 $t = t_1[s]$ 至时间 $t = t_n[s]$)内计算出的瞳孔特征量Feature1(t_1)、……、Feature1(t_n),来估算眼睛睁开状态。

[0115] 图12是示出从时间 $t = t_1[s]$ 至时间 $t = t_n[s]$ 所计算出的瞳孔特征量Feature1(t_1)、……、Feature1(t_n)的坐标图。

[0116] 基于从时间 $t = t_1[s]$ 至时间 $t = t_n[s]$ 所计算出的瞳孔特征量Feature1(t)的宽度 $L(= \text{Feature1Max} - \text{Feature1Min})$,来确定眼睛是否与预定眼睛状态(窄眼睛)相对应。更具体地说,如果瞳孔特征量Feature1(t)的宽度 L 大于预定阈值 L_{th} ,则确定当眼睛

睁开时瞳孔区域的大部分没被隐藏。如果瞳孔特征量 $\text{Feature1}(t)$ 的宽度 L 等于或小于预定阈值 L_{th} , 则确定当眼睛睁开时瞳孔区域的大部分被隐藏。

[0117] 如果眼睛未处于预定的眼睛状态 (步骤 S303 中“否”), 则系统控制电路 112 只利用在时间 $t = t_{n1}[s]$ 时从一个图像中计算出的瞳孔特征量 $\text{Feature1}(t_{n1})$ 来计算 $\text{BlinkDegree}(t_{n1})$ (步骤 S304)。只利用瞳孔特征量 $\text{Feature1}(t_{n1})$ 来计算眼睛开 / 合度 $\text{BlinkDegree}(t_{n1})$ 相当于将权重 w_2 设置为 0。

[0118] 如果系统控制电路 112 确定眼睛处于预定的眼睛状态, 即眼睛是窄的 (步骤 S303 中“是”), 则系统控制电路 112 以与第一实施例中相同的方法, 通过利用瞳孔特征量及特征改变量两者, 来计算眼睛开 / 合度 (步骤 S305)。更具体地说, 系统控制电路 112 通过利用在时间 $t = t_{n1}[s]$ 时从一个图像中计算出的瞳孔特征量 $\text{Feature1}(t_{n1})$ 及特征改变量 $\text{Feature2}(t_{n1})$, 来计算眼睛开 / 合度 $\text{BlinkDegree}(t_{n1})$ 。特征改变量 $\text{Feature2}(t_{n1})$ 表示瞳孔特征量 $\text{Feature1}(t_{n1})$ 与从先前输入的图像中计算出的瞳孔特征量 $\text{Feature1}(t_{n1-n1'})$ ($1 \leq n1' < n1$) 之差。在这种情况下, 权重 w_1 及权重 w_2 被设置为 1 : 1。

[0119] 之后, 系统控制电路 112 通过对计算出的眼睛开 / 合度 $\text{BlinkDegree}(t_{n1})$ 执行阈值处理来确定眼睛开 / 合度状态, 并发送回确定结果 (眼睛闭合或眼睛睁开) (步骤 S306)。然后, 处理结束。

[0120] 如上所述, 根据第二实施例, 如果人的眼睛像图 13 中所示的人 A 一样, 未处于预定的眼睛状态, 即不是窄的, 则只利用从一个图像中获得的特征量计算眼睛开 / 合度 $\text{BlinkDegree}(t_{n1})$ 。如果人的眼睛像图 13 中所示的人 B 一样, 处于预定眼睛状态, 即是窄的, 则利用从一个图像中获得的特征量及特征改变量计算眼睛开 / 合度 $\text{BlinkDegree}(t_{n1})$ 。通过基于眼睛状态来变换眼睛开 / 合度计算方法, 能够不用考虑眼睛尺寸的个体差异而以高精度确定眼睛开 / 合度。从而, 能够以最低的处理成本实现眼睛开 / 合度的高精度检测。

[0121] (第三实施例)

[0122] 下面将说明第三实施例。第三实施例中的装置的结构与在第一实施例中描述的图 1 中的结构相同, 下面将省略有关它的描述, 并且只说明与第一实施例的不同之处。

[0123] 图 14A 及图 14B 示出了根据第三个实施例的图像传感装置 100 中的处理序列的示例。步骤 S400 至步骤 S408 中的处理与第一实施例的图 2A 中的步骤 S100 至步骤 S108 中的处理相同, 因此有关它们的描述将被省略。

[0124] 如果在步骤 S409 中用户按下第一开关 (聚焦开关) (步骤 S409 中“是”), 则与第一实施相类似地, 执行面部检测、AE/AF 控制及透视显示 (步骤 S410 至步骤 S412)。在透视显示之后, 在预定时间内计算瞳孔特征量 (步骤 S413)。更具体地说, 利用与第二实施例中相同的方法, 在预定时间 (时间 $t = t_2[s]$ 至时间 $t = t_{n2}[s]$) 内从依次输入的多帧图像中计算瞳孔特征量。

[0125] 如果用户按下第二开关 (拍摄开关) (步骤 S414 中“是”), 则进行拍摄 (步骤 S415)。在这种情况下, 不用考虑眼睛开 / 合状态进行拍摄。此时, 感测到的图像被暂时地存储在图 1 中所示的存储器 108 中。除感测到的高分辨率图像之外, 存储器 108 还存储有在眼睛开 / 合确定中使用而压缩的低分辨率图像。

[0126] 如果在步骤 S414 中用户未按下第二开关 (步骤 S414 中“否”), 则再次执行面部检测 (步骤 S420) 及透视显示 (步骤 S421)。然后, 处理返回至步骤 S413。

[0127] 如果在步骤 S415 中进行了拍摄,则系统控制电路 112 利用压缩的低分辨率图像来执行眼睛开 / 合确定 (步骤 S416)。眼睛开 / 合度确定的细节将在后面予以说明。

[0128] 系统控制电路 112 在图像传感装置 100 上显示快速浏览 (步骤 S417)。此时,如果在眼睛开 / 合度确定中确定眼睛是闭合的,则显示诸如“您希望再次拍摄?”的消息,以提示用户再次拍摄。也可以在不进行提示用户再次拍摄的任何显示的情况下强制用户拍摄。

[0129] 如果用户不希望再次拍摄 (步骤 S418 中“否”),则系统控制电路 112 将存储在存储器 108 中的高分辨率感测图像记录在闪存等中 (步骤 S419)。然后,处理结束。如果用户希望再次拍摄 (步骤 S418 中“是”),则系统控制电路 112 针对下一帧图像进行面部检测 (步骤 S420),并进行透视显示 (步骤 S421)。之后,处理返回至步骤 S413。

[0130] 图 14B 中所示的步骤 S416 中的眼睛开 / 合度确定的细节将参照图 15 来进行说明。在第三实施例中,为了避免重复描述,将省略第一实施例及第二实施例中描述的具体处理 (例如,检测及计算瞳孔特征量的方法) 的描述,并且只说明表示不同之处的大体序列。

[0131] 当该处理开始时,系统控制电路 112 参考在步骤 S413 (图 14B) 中从时间 $t = t_2[s]$ 到时间 $t = t_{n2}[s]$ 计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t_2)$ 、……、 $Feature1(t_{n2})$ 。系统控制电路 112 估算在步骤 S410 (图 14A) 或步骤 S420 (图 14B) 中检测到的面部的眼睛的睁开的状态 (步骤 S500)。与第二实施例相类似,通过将预定时间内的瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 的最大值与最小值之间的宽度 L ,与预定阈值 L_{th} 进行比较,来确定眼睛是否处于预定眼睛状态。请注意,如上所述,从时间 $t = t_2[s]$ 至时间 $t = t_{n2}[s]$ 的瞳孔特征量 $Feature1(t_2)$ 、……、 $Feature1(t_{n2})$ 被存储在图 1 中的存储器 108 中。

[0132] 如果系统控制电路 112 确定眼睛处于预定眼睛状态,即是窄的 (步骤 S501 中“是”),则系统控制电路 112 执行权重确定 (步骤 S502)。权重确定的细节将在后面进行描述。在权重确定之后,与第一实施例相类似,系统控制电路 112 进行诸如加权的处理,然后计算最终眼睛开 / 合度 $BlinkDegree(t_{n2})$ (步骤 S503)。也就是说,系统控制电路 112 利用瞳孔特征量及特征改变量两者来计算眼睛开 / 合度。

[0133] 如果眼睛未处于预定眼睛状态,即不是窄的 (步骤 S501 中“否”),则与第一实施例相类似,系统控制电路 112 进行诸如加权的处理,然后计算最终眼睛开 / 合度 $BlinkDegree(t_{n2})$ (步骤 S503)。另外,在这种情况下,系统控制电路 112 利用瞳孔特征量及特征改变量两者来计算眼睛开 / 合度。

[0134] 之后,系统控制电路 112 通过对计算出的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree(t_{n2})$ 执行阈值处理来确定眼睛开 / 合状态,并发送回确定结果 (眼睛闭合或眼睛睁开) (步骤 S504)。然后,处理结束。

[0135] 图 15 中所示的步骤 S502 中的权重确定的细节将参照图 16 进行说明。在下面的描述中,利用满足关系“ $L_{th1} > L_{th2}$ ”的阈值来确定权重。请注意,权重是利用预先准备好的表格来确定的。

[0136] 当该处理开始时,系统控制电路 112 确定步骤 S413 (图 14B) 中在预定时间内计算出的瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 的宽度 L 是否满足 $L > L_{th1}$ 。如果 $L > L_{th1}$ (步骤 S600 中“是”),则权重 w_1 及权重 w_2 被确定为 1 : 1 (步骤 S601),然后处理结束。

[0137] 如果 $L \leq L_{th1}$ (步骤 S600 中“否”),则系统控制电路 112 确定 $L_{th1} \geq L > L_{th2}$ 是否保持。如果 $L_{th1} \geq L > L_{th2}$ (步骤 S602 中“是”),则权重 w_1 及权重 w_2 被确定为 1 : 2 (步

骤 S603), 然后处理结束。如果 $L \leq L_{th2}$ (步骤 S602 中“否”), 则权重 w_1 及权重 w_2 被确定为 1 : 5 (步骤 S604), 然后处理结束。也就是说, 当在预定时间内瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 的最大值与最小值之间的宽度 L 变小时, 眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ 的权重 w_2 被设置得更大。

[0138] 参照图 15 及图 16 描述的处理只在眼睛对应于预定眼睛状态 (窄眼睛) 时才改变设置的权重, 但是本发明并不局限于此。例如, 当人的眼睛未处于预定眼睛状态 (例如眼睛是大的) 时, 也可以将权重 w_1 设置得比权重 w_2 大。

[0139] 图 17 及图 18 是用于说明在检测预定眼睛状态时通过设置基于特征改变量 $Feature2(t_{n2})$ 计算的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ 的权重 w_2 所获得的效果的图。

[0140] 对于眼睛未处于预定眼睛状态 (即眼睛不是窄的) 的人 A, 如图 17 所示, $BlinkDegree1(t_{n2})$ 的权重 w_1 和眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ 的权重 w_2 被设置为 1 : 1。

[0141] 作为对比, 对于眼睛处于预定眼睛状态 (即眼睛是窄的) 的人, 像图 17 中所示的人 B, $BlinkDegree1(t_{n2})$ 的权重 w_1 和眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ 的权重 w_2 被设置为 1 : 2。也就是说, 权重 w_2 被设置得更大。使用该设置, 人 A 的状态 2 与人 B 的状态 4' 可以相互区别开来。另外, 能够确定眼睛不是窄眼睛的人 A 的状态 3 与眼睛是窄眼睛的人 B 的状态 5 具有相同的眼睛开 / 合度。

[0142] 对于眼睛非常窄的人, 像图 18 中所示的人 B, 基于特征改变量 $Feature2(t_{n2})$ 计算的眼睛开 / 合度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ 的权重 w_2 被设置得非常大。使用该设置, 能够不用考虑眼睛尺寸的个体差异确定眼睛开 / 合度。

[0143] 如上所述, 根据第三实施例, 根据在预定时间内瞳孔特征量的改变, 来确定要经历眼睛开 / 合状态确定的人的眼睛尺寸是否处于预定眼睛状态 (窄眼睛)。基于确定结果来改变权重, 然后确定眼睛开 / 合度。结果, 能够不用考虑眼睛尺寸而以高精度检测眼睛状态。

[0144] 以上描述了本发明的多个典型实施例。然而, 本发明并不局限于上述实施例及附图中所示的实施例, 可以在不偏离所附权利要求的范围的情况下对本发明进行适当修改。

[0145] 例如, 在第二实施例及第三实施例中, 将眼睛是窄眼睛的状态确定为预定眼睛状态。然而, 本发明并不局限于此, 也可以将眼睛是大眼睛的状态确定为预定眼睛状态。另外, 在这种情况下, 可以采用与上面所述相同的处理。

[0146] 在第二实施例及第三实施例中, 通过将在预定时间内瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 的最大值与最小值之间的宽度 L 与预定阈值 L_{th} 进行比较, 来估算预定眼睛状态。然而, 本发明并不局限于此。例如, 也可以通过将在预定时间内瞳孔特征量 $Feature1(t)$ 的平均值与预定阈值进行比较, 来估算预定眼睛状态。

[0147] 也可以对在第一实施例至第三实施例中描述的一些或全部处理进行组合。例如, 也可以将在第二实施例中描述的、用于变换确定眼睛开 / 合度的方法的处理与第三实施例中描述的权重确定组合起来执行。

[0148] 本发明还包括如下情况: 将软件程序直接或从远程地点提供给系统或装置, 并通过并入系统或装置的计算机来读出并执行所提供的程序代码, 来实现上述实施例的功能。在这种情况下, 所提供的程序是与实施例中的附图中所示的流程图相对应的计算机程序。

[0149] 因此, 安装在计算机中的、用以通过计算机实现本发明的功能处理的程序代码也

实现本发明。也就是说,本发明还包括用于实现本发明的功能处理的计算机程序。在这种情况下,程序可以采取目标代码、由解释器执行的程序或提供给 OS(操作系统)的脚本数据的形式,只要程序的功能能够被提供即可。

[0150] 各种类型的计算机可读存储介质可用于提供计算机程序。

[0151] 也可以通过将本发明的计算机程序从互联网主页下载到诸如硬盘的存储介质来提供程序:中。也可以通过如下方式提供程序:将构成本发明的程序的程序代码分组为多个文件,并从不同的主页上下载这些文件。

[0152] 另外,基于所述程序的指令与在计算机上运行的 OS 等协作也实现上述实施例的功能。

[0153] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了描述,然而应理解,本发明并不局限于所公开的示例性实施例。应对所附权利要求的范围给予最宽泛的解释,以使其涵盖所有的这种变型例及等同结构和功能。

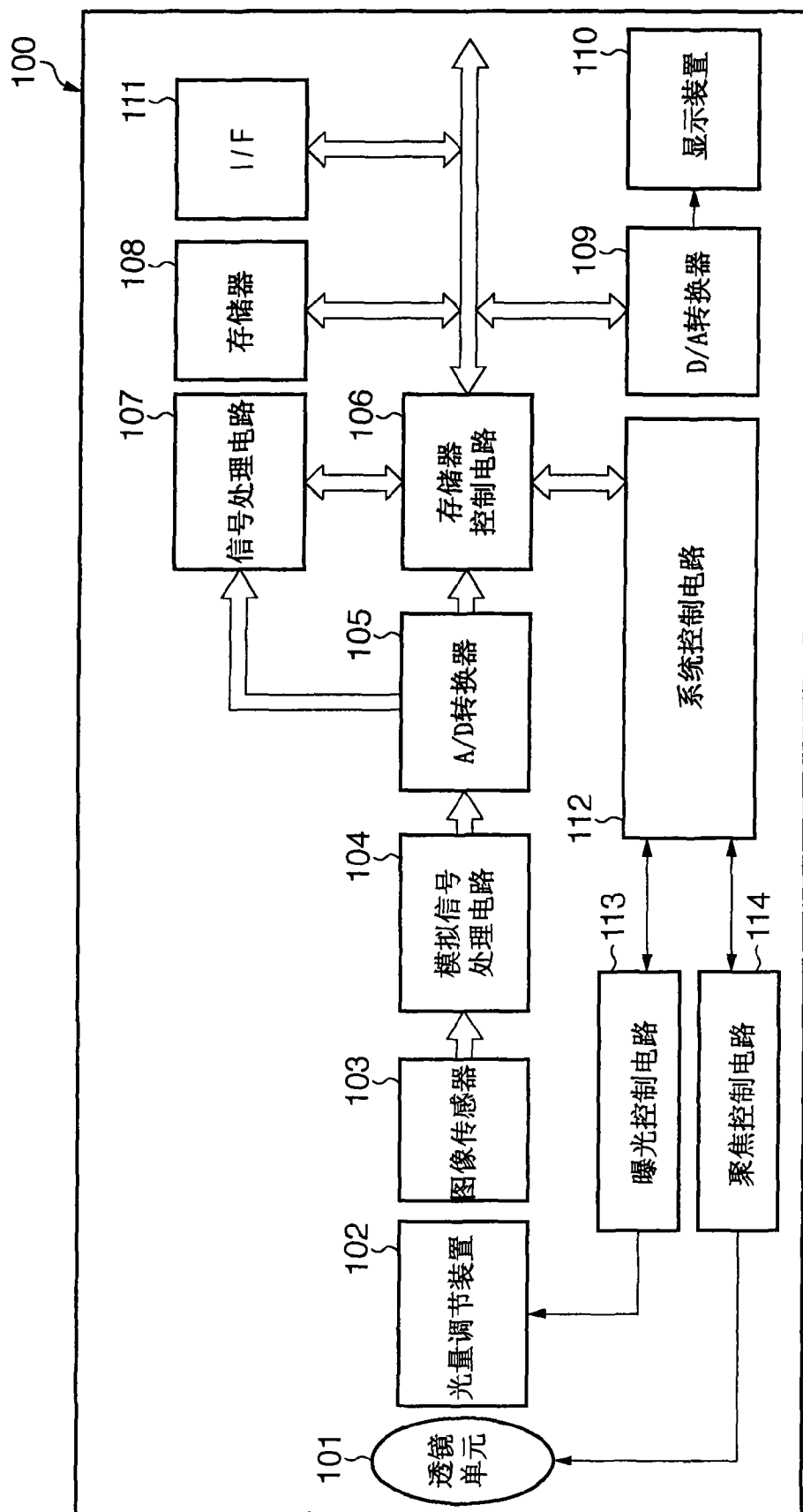


图1

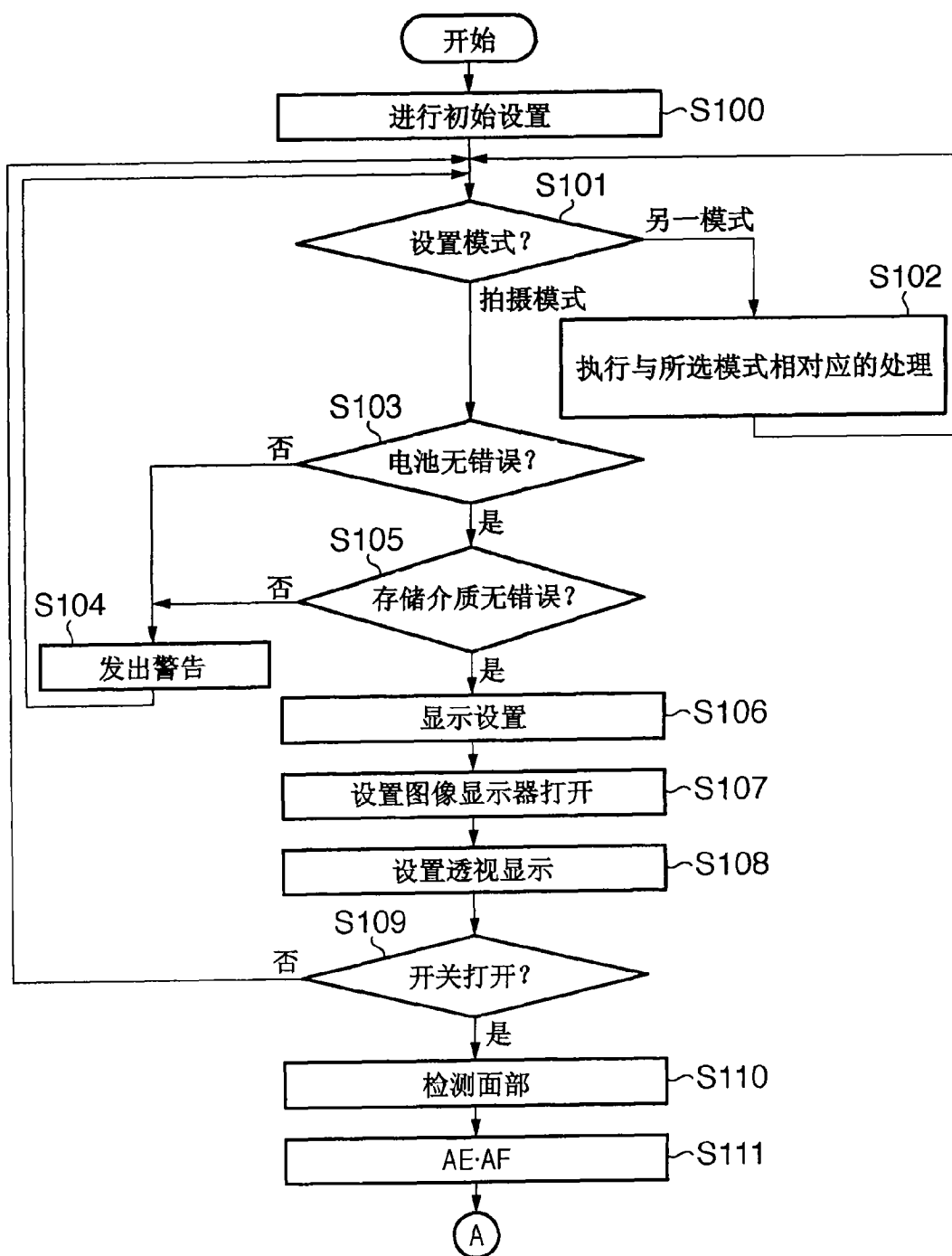


图 2A

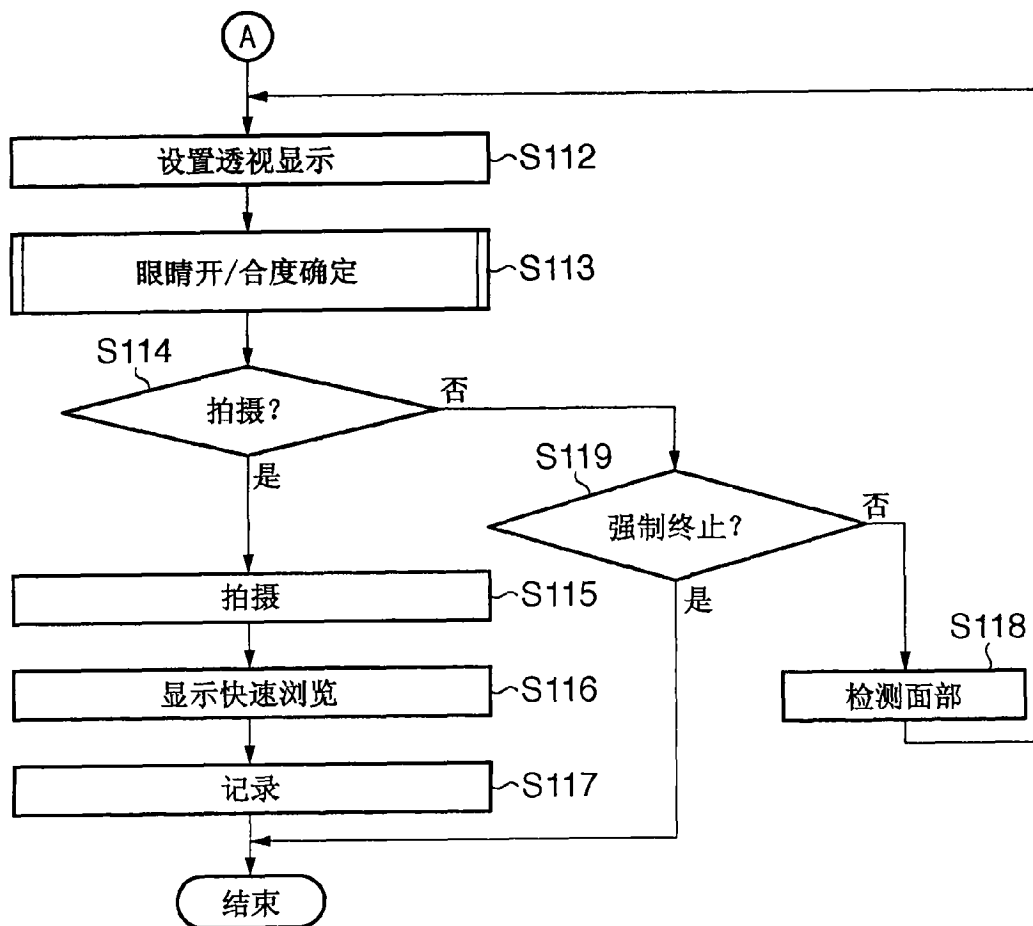


图 2B

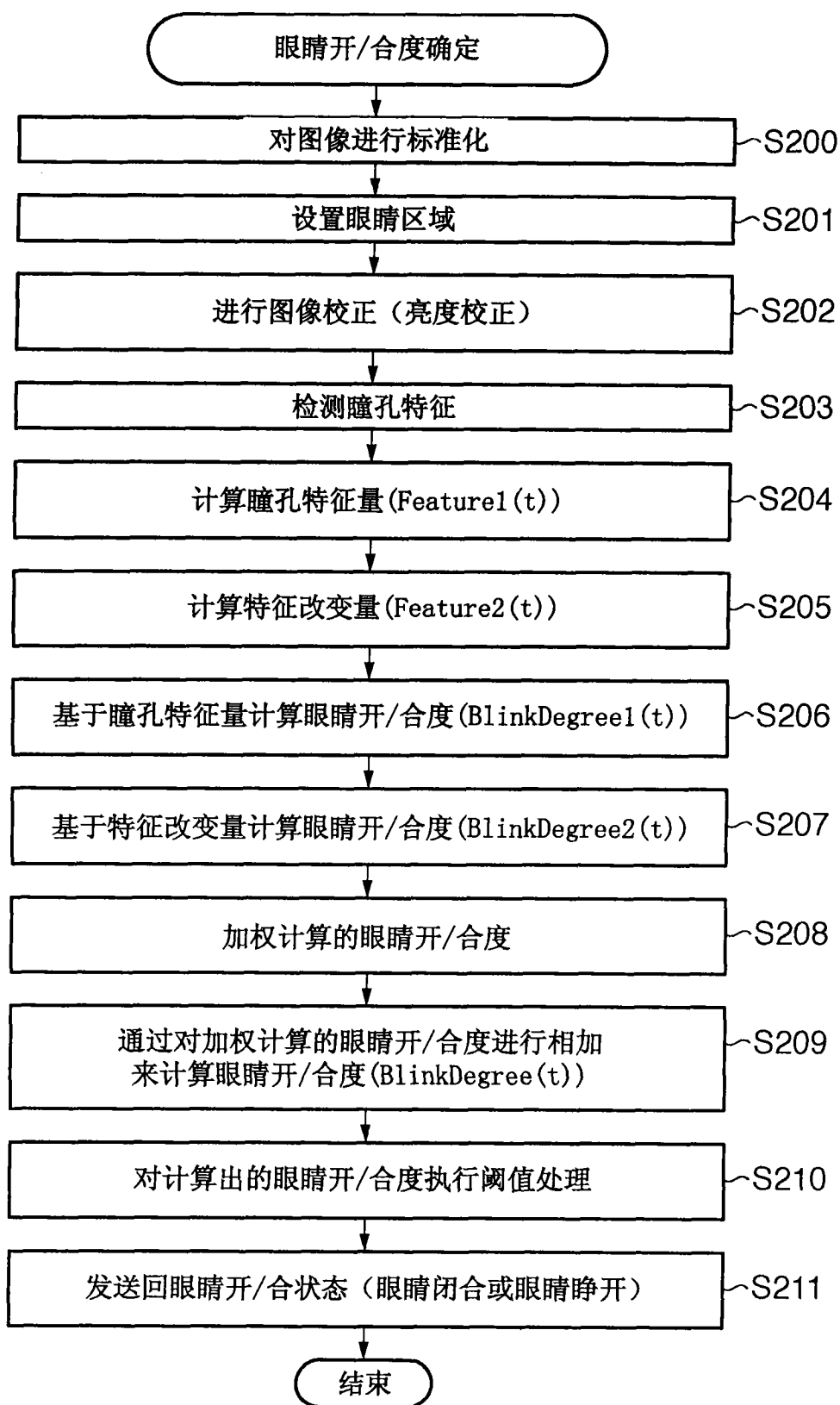


图 3

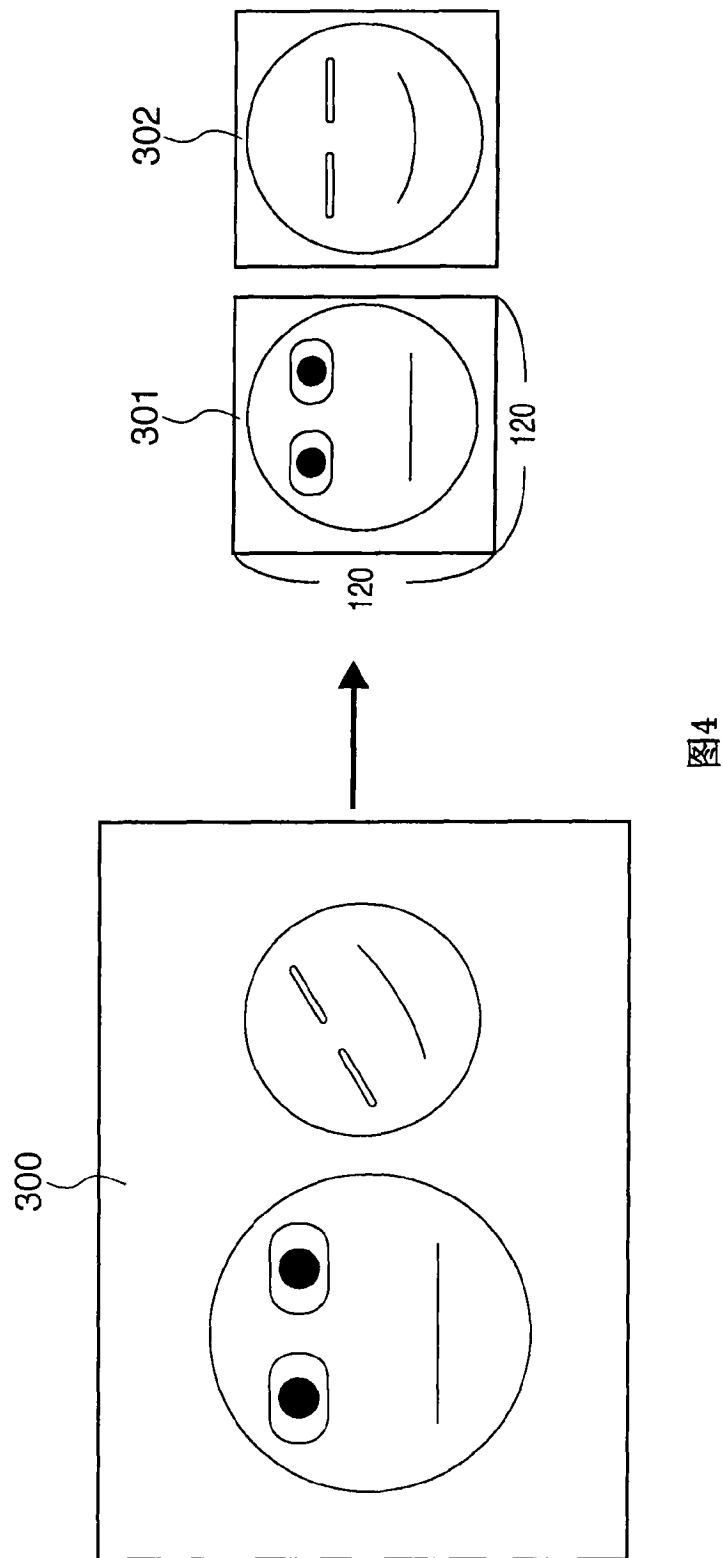


图4

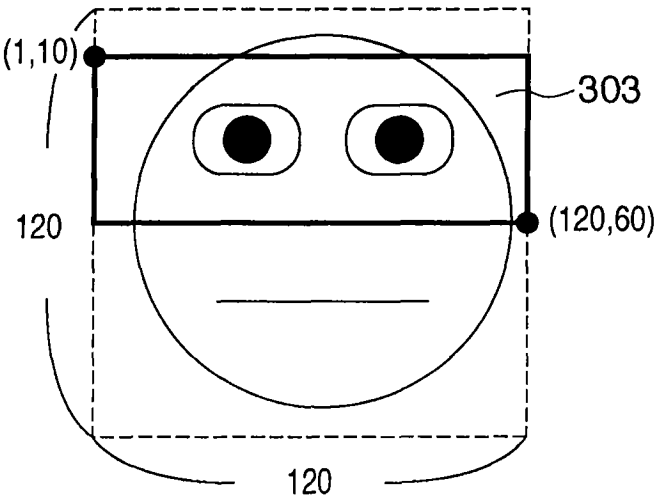


图 5

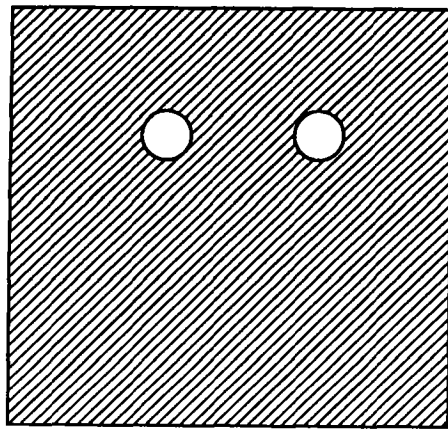


图 6

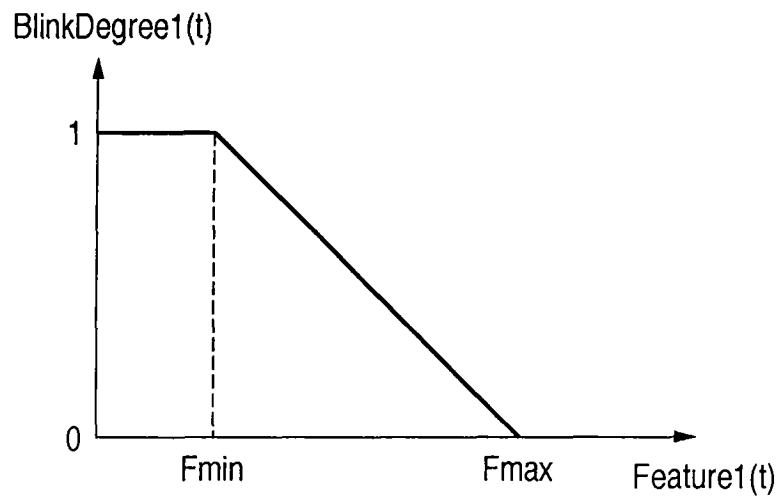


图 7

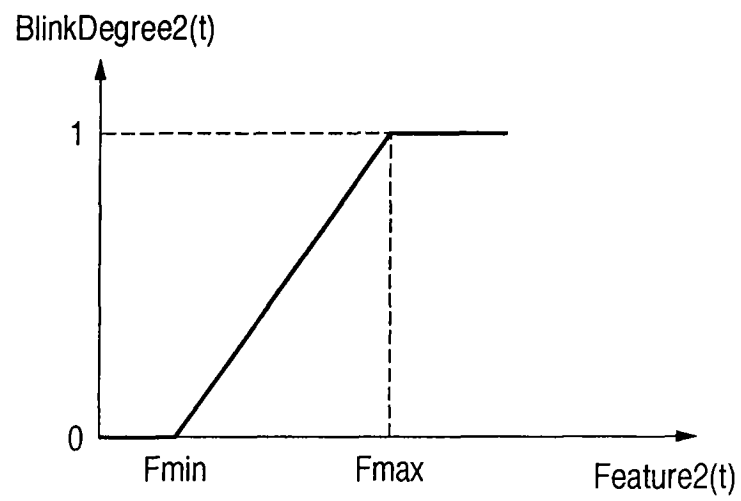


图 8

\

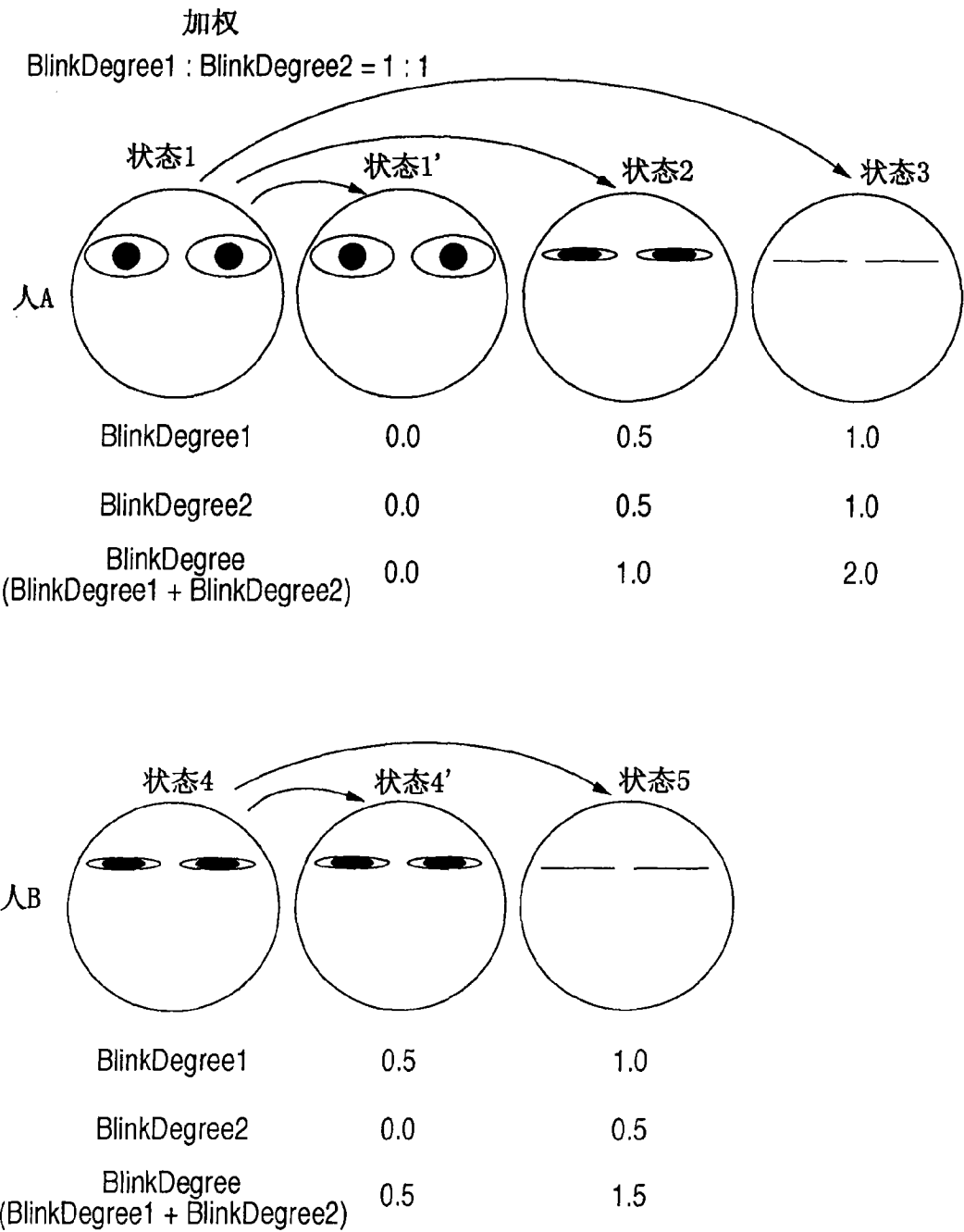


图 9

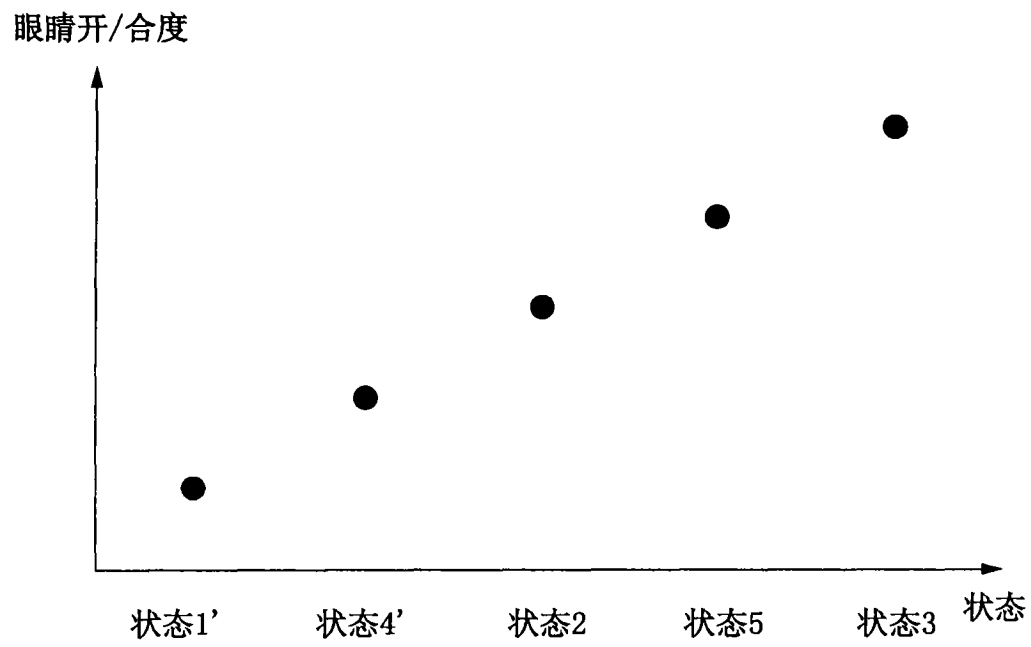


图 10

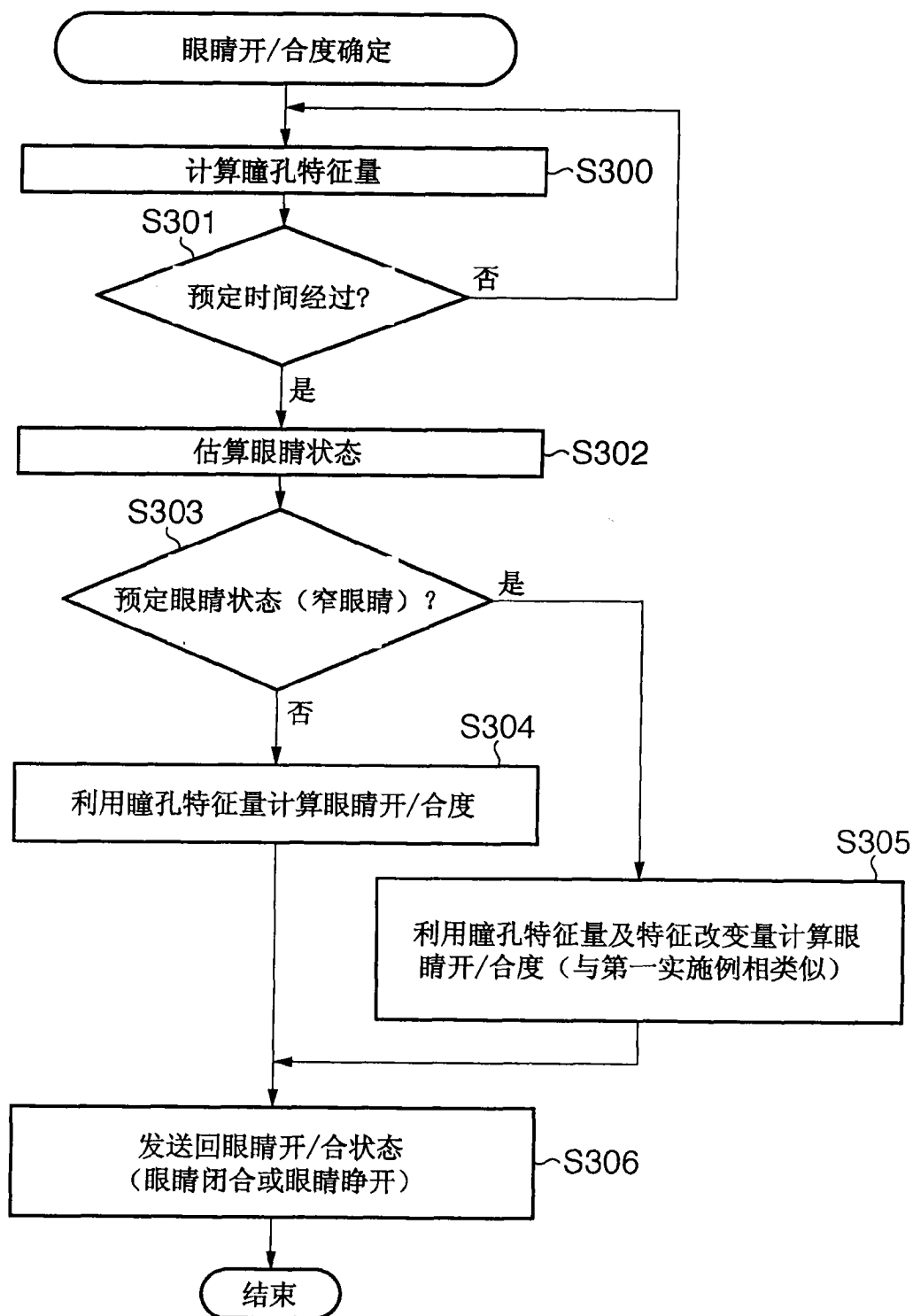


图 11

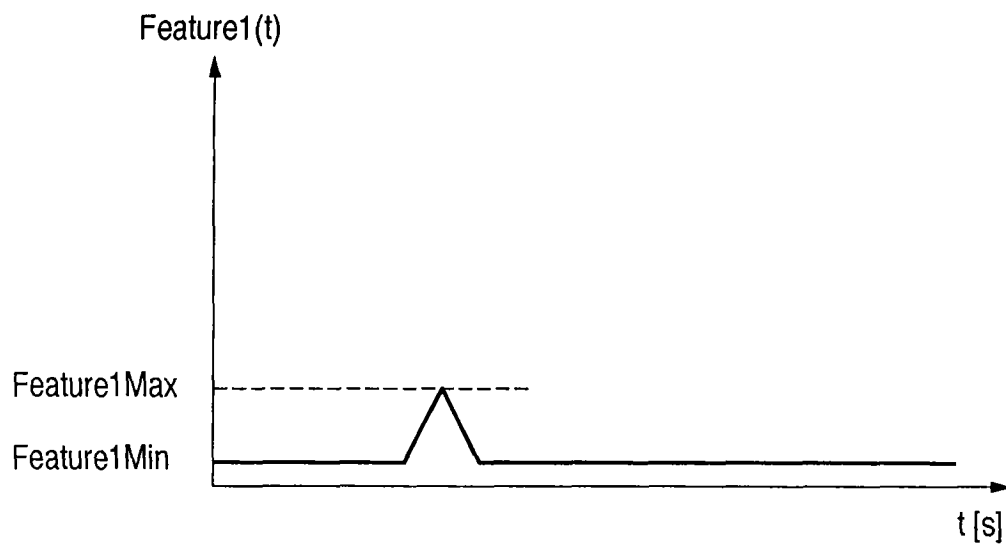


图 12

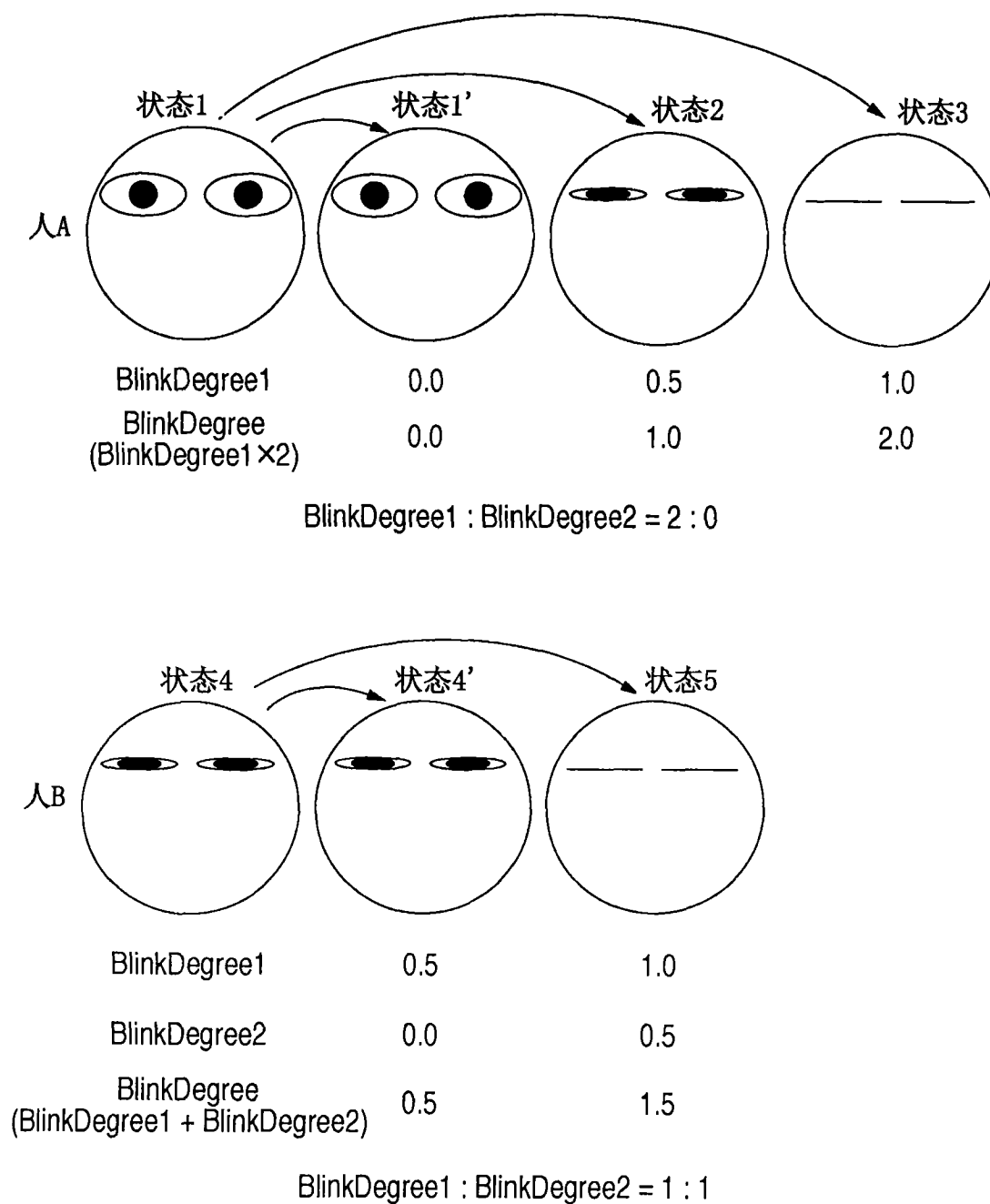


图 13

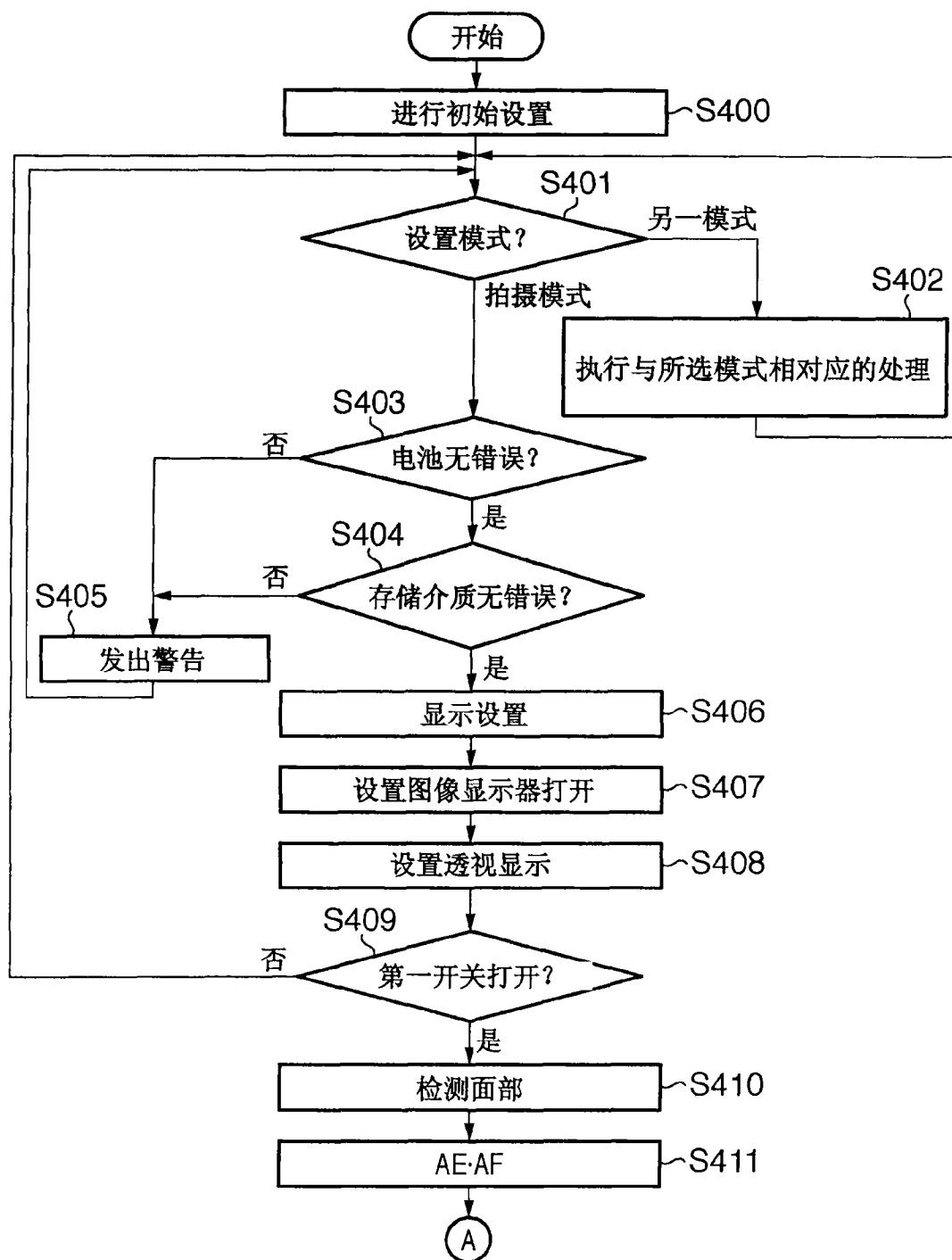


图 14A

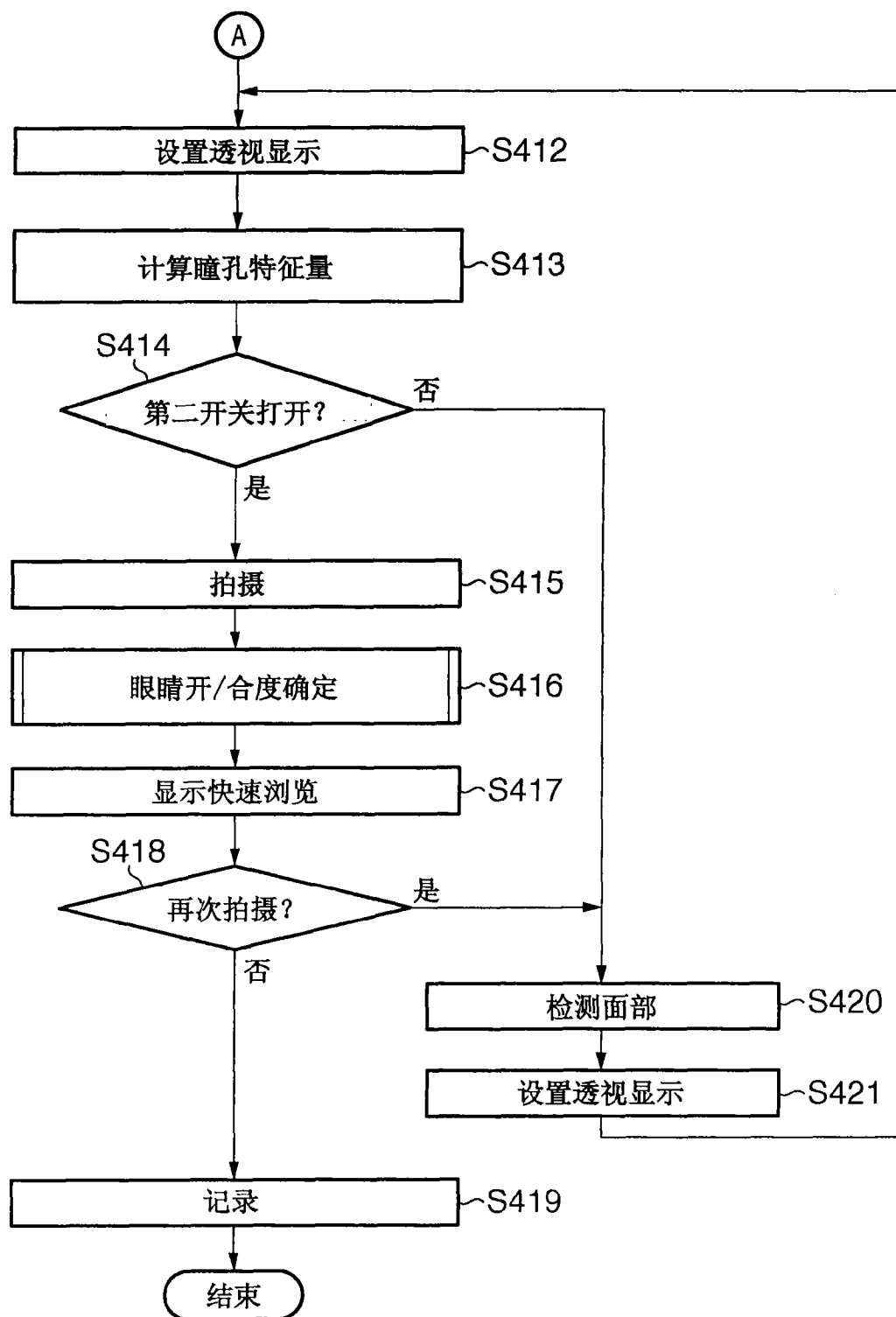


图 14B

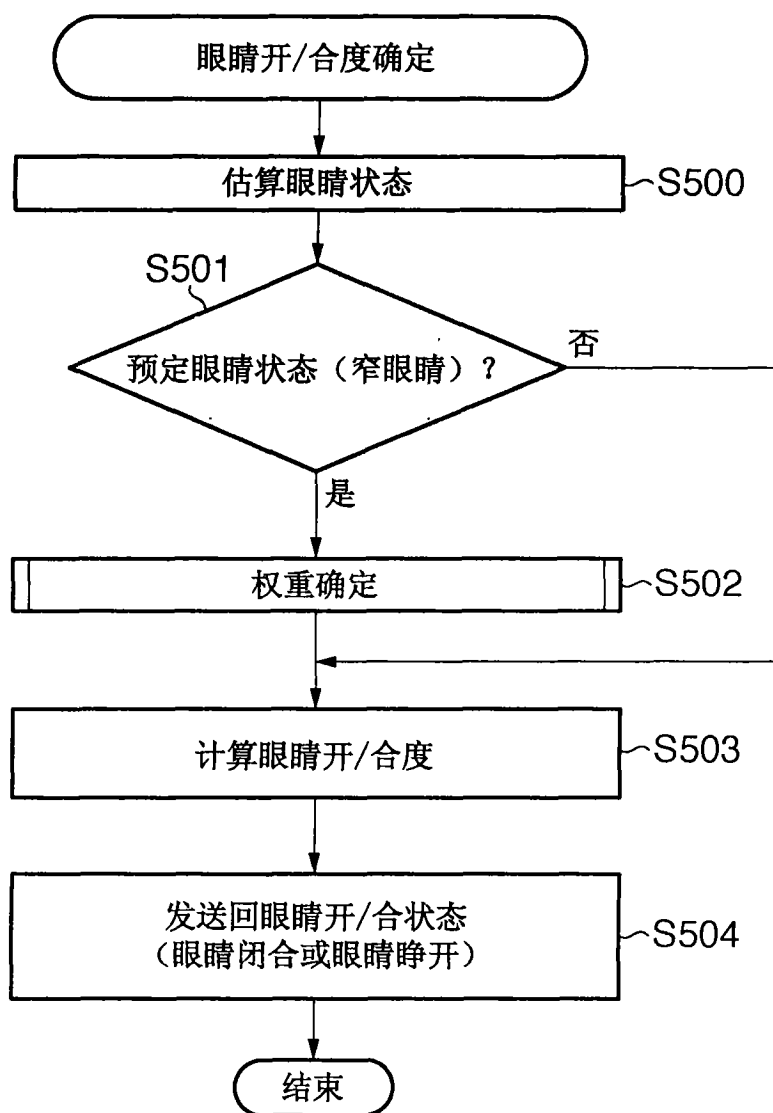


图 15

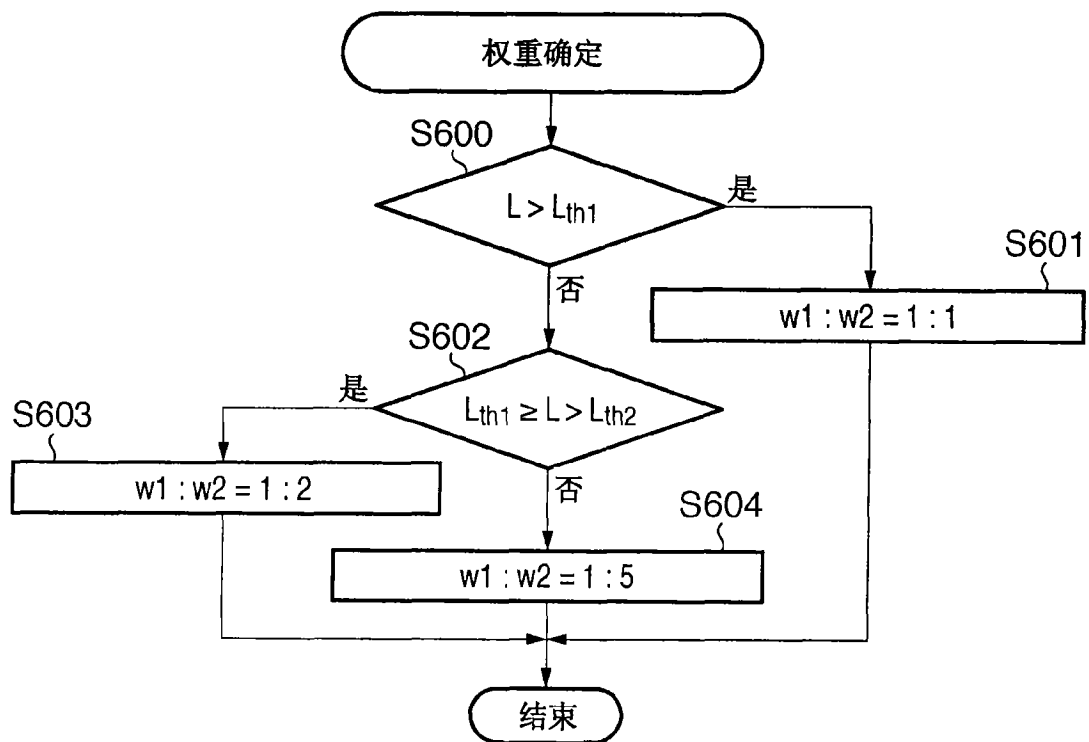


图 16

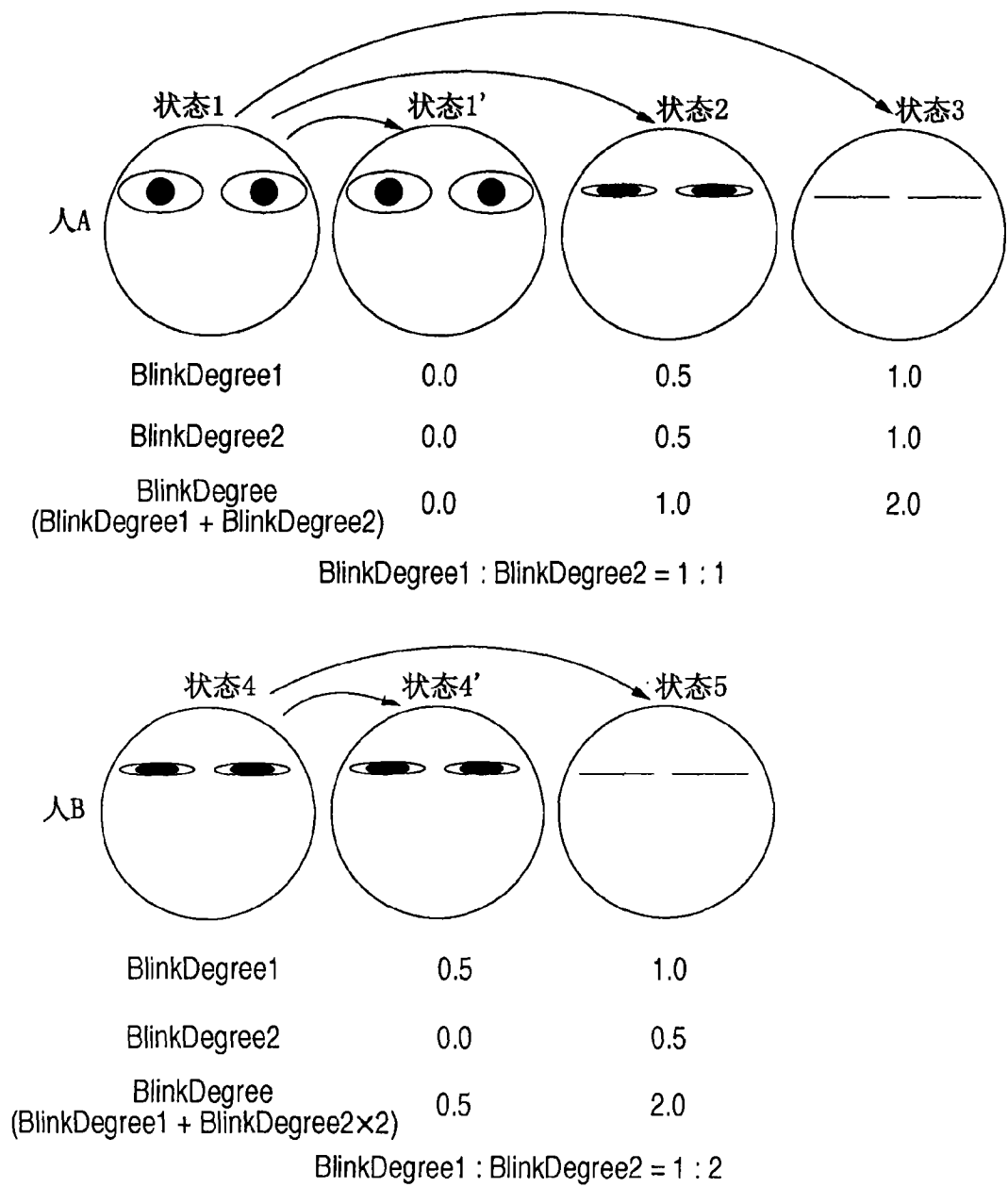


图 17

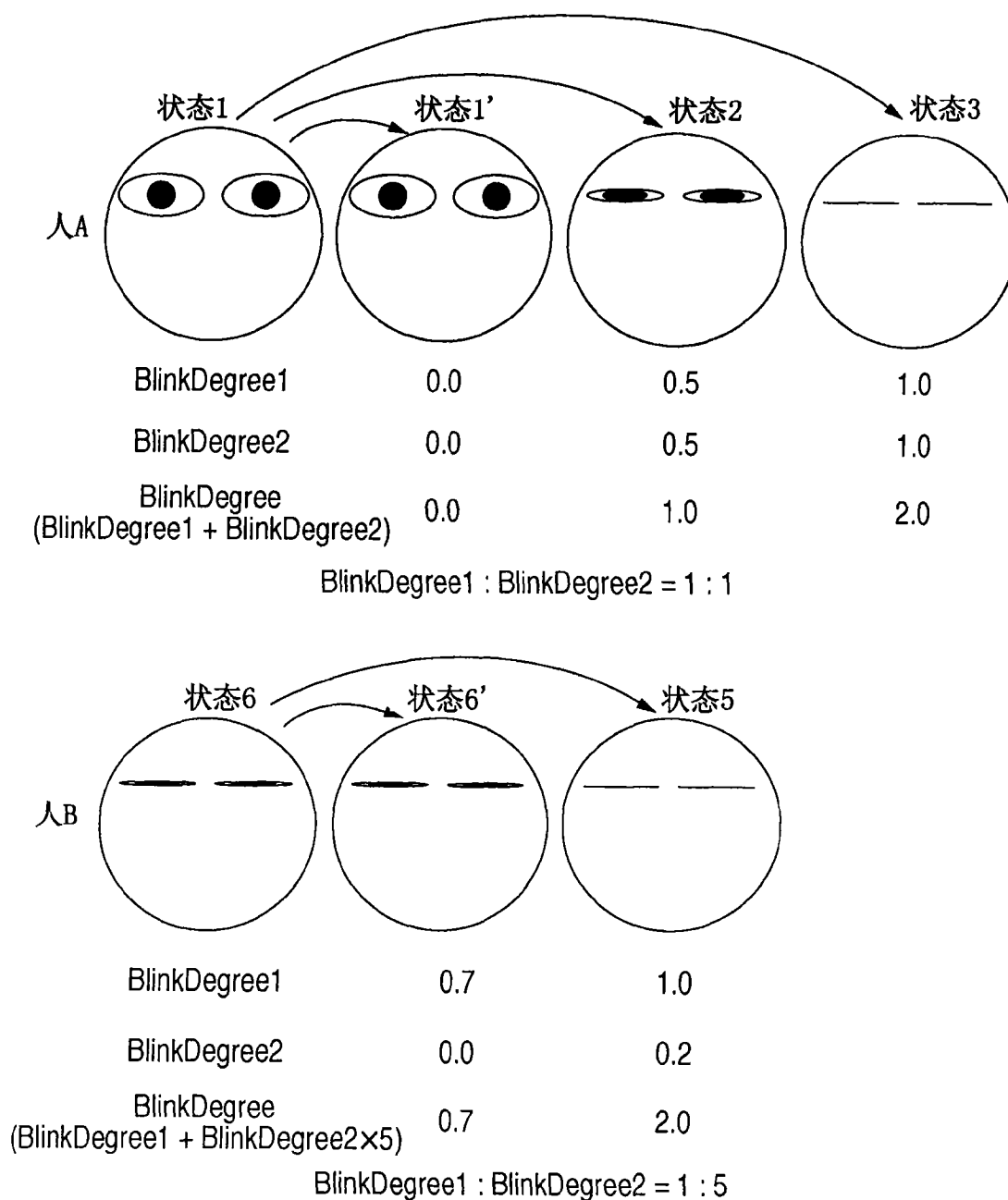


图 18

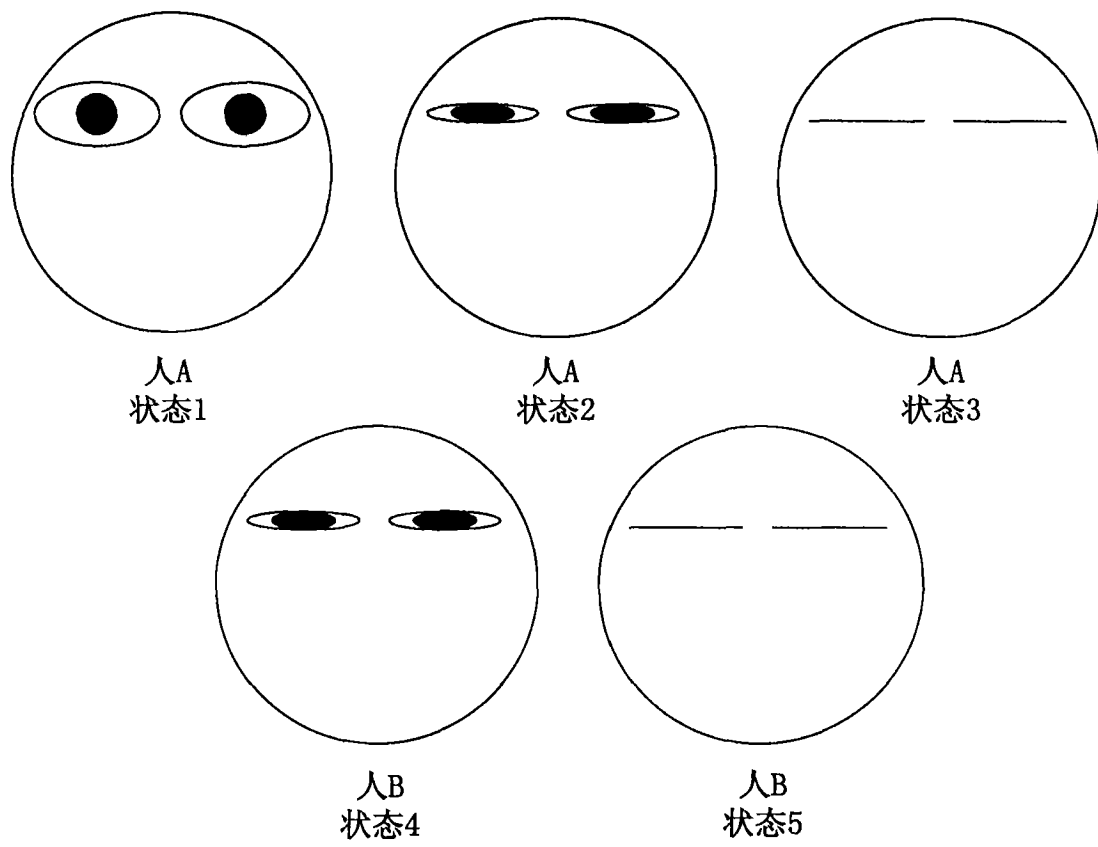


图 19

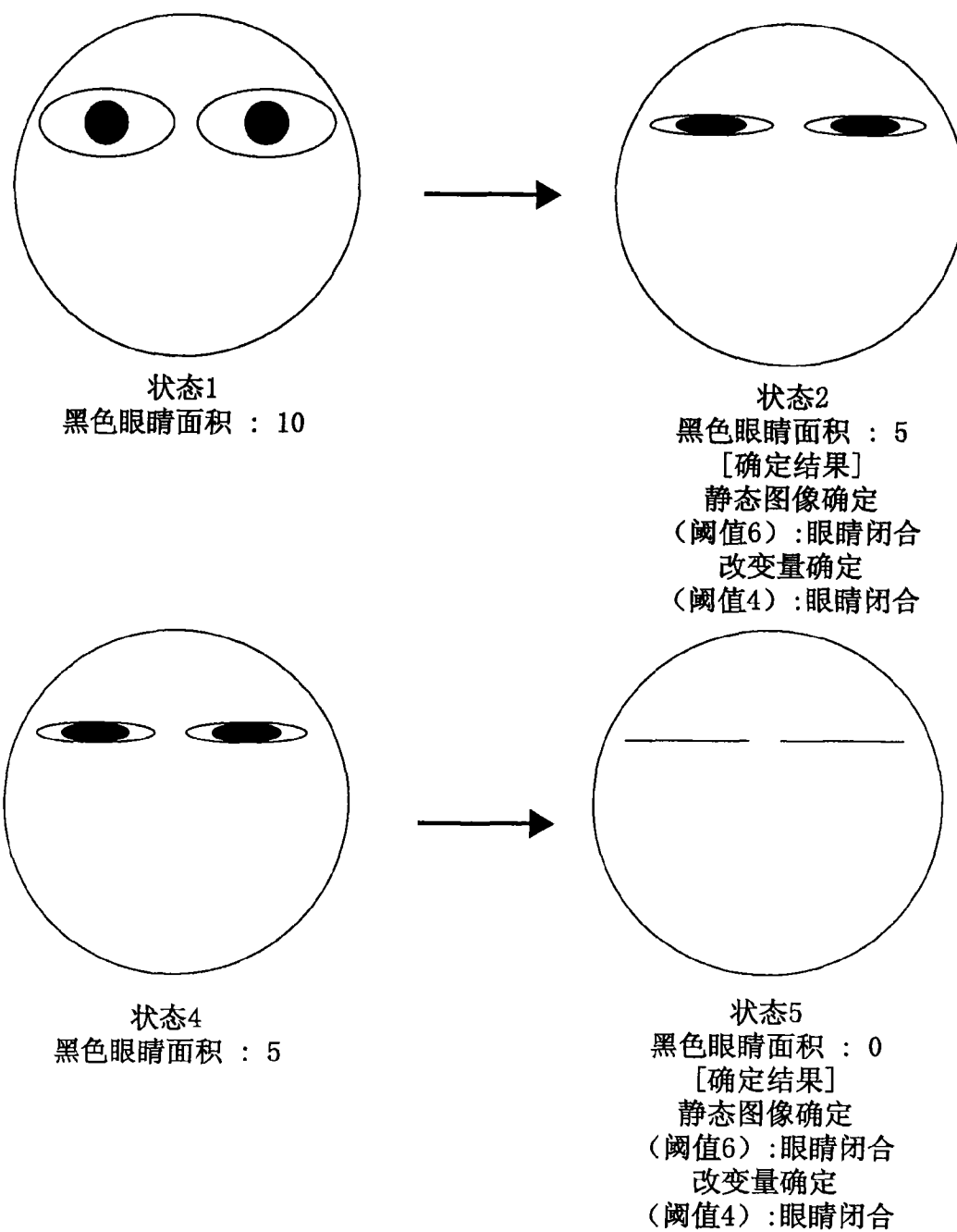


图 20