



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105912986 A

(43)申请公布日 2016.08.31

(21)申请号 201610203579.0

(22)申请日 2016.04.01

(71)申请人 北京旷视科技有限公司

地址 100080 北京市海淀区科学院南路2号  
A座313室

申请人 北京小孔科技有限公司

(72)发明人 范浩强 印奇

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 于小宁 张晓明

(51)Int.Cl.

G06K 9/00(2006.01)

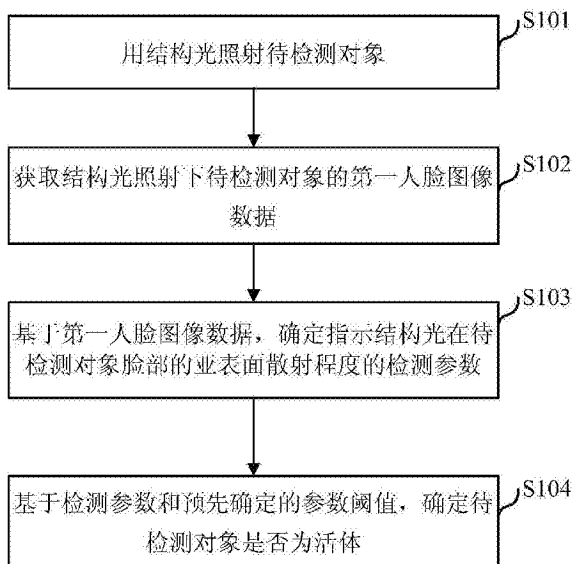
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

活体检测方法、活体检测系统以及计算机程序产品

(57)摘要

本发明涉及能够实现人体活体检测的活体检测方法和使用该活体检测方法的活体检测系统。所述活体检测方法,包括:用结构光照射待检测对象;获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据;基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数;以及基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体。



1. 一种活体检测方法,包括:  
用结构光照射待检测对象;  
获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据;  
基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数;以及  
基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体。
2. 如权利要求1所述的活体检测方法,其中还包括:  
在用结构光照射待检测对象之前,连续捕获待检测对象的监视图像;  
利用预先训练的人脸检测单元检测所述监视图像,以获得监视结果;  
当所述监视结果指示所述监视图像中存在脸部图像时,开启结构光光源发射所述结构光照射所述待检测对象。
3. 如权利要求1所述的活体检测方法,其中所述检测参数为所述第一人脸图像数据在预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值。
4. 如权利要求3所述的活体检测方法,其中还包括:  
利用预先训练的人脸关键点检测单元在所述第一人脸图像数据上确定多个预定人脸关键点,根据所述多个预定人脸关键点确定所述预定区域。
5. 如权利要求1所述的活体检测方法,其中基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数包括:  
将所述第一人脸图像数据分为多个子图像区域;  
将每个子图像区域的子图像数据进行傅里叶变换,以获得所述每个子图像区域的子图像傅里叶变换系数;  
对于所述每个子图像区域,计算子图像傅里叶变换系数在预定频率范围内的平方和与子图像傅里叶变换最低频率系数的平方的比例;以及  
计算所述多个子图像区域中所述比例的平均值作为所述检测参数。
6. 如权利要求1到5的任一项所述的活体检测方法,其中基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体包括:  
如果所述检测参数大于第一参数阈值并且小于第二参数阈值,则确定所述待检测对象通过活体检测;  
否则,则确定所述待检测对象不通过活体检测。
7. 一种活体检测系统,包括:  
结构光光源模块,用于发射结构光照射待检测对象;  
图像数据获取模块,用于获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据;以及  
活体检测模块,基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数,并且基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体。
8. 如权利要求7所述的活体检测系统,其中在所述结构光光源模块发射结构光照射待检测对象之前,所述图像数据获取模块连续捕获待检测对象的监视图像,  
所述活体检测模块利用预先训练的人脸检测单元检测所述监视图像,以获得监视结

果，

当所述监视结果指示所述监视图像中存在脸部图像时，所述活体检测模块控制开启所述结构光源模块发射所述结构光照射所述待检测对象。

9. 如权利要求7所述的活体检测系统，其中所述检测参数为所述第一人脸图像数据在预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值。

10. 如权利要求9所述的活体检测系统，其中所述活体检测模块利用预先训练的人脸关键点检测单元在所述第一人脸图像数据上确定多个预定人脸关键点，根据所述多个预定人脸关键点确定所述预定区域。

11. 如权利要求7所述的活体检测系统，其中所述活体检测模块将所述第一人脸图像数据分为多个子图像区域；将每个子图像区域的子图像数据进行傅里叶变换，以获得所述每个子图像区域的子图像傅里叶变换系数；对于所述每个子图像区域，计算子图像傅里叶变换系数在预定频率范围内的平方和与子图像傅里叶变换最低频率系数的平方和的比例；以及计算所述多个子图像区域中所述比例的平均值作为所述检测参数。

12. 如权利要求7到11的任一项所述的活体检测系统，其中如果所述检测参数大于第一参数阈值并且小于第二参数阈值，则所述活体检测模块确定所述待检测对象通过活体检测；

否则，则所述活体检测模块确定所述待检测对象不通过活体检测。

## 活体检测方法、活体检测系统以及计算机程序产品

### 技术领域

[0001] 本公开涉及活体检测领域,更具体地,本公开涉及能够实现人体活体检测的活体检测方法、活体检测系统以及计算机程序产品。

### 背景技术

[0002] 目前,人脸识别系统越来越多地应用于安防、金融等领域中需要身份验证的场景,诸如银行远程开户、门禁系统、远程交易操作验证等。在这些高安全级别的应用领域中,除了确保被验证者的人脸相似度符合数据库中存储的底库数据外,首先需要被验证者是一个合法的生物活体。也就是说,人脸识别系统需要能够防范攻击者使用照片、3D人脸模型或者面具等方式进行攻击。

[0003] 解决上述问题的方法通常称为活体检测,其目的是判断获取到的生物特征是否来自一个有生命、在现场的、真实的人。目前市场上的技术产品中还没有公认成熟的活体验证方案,已有的活体检测技术要么依赖特殊的硬件设备,诸如红外相机、深度相机等的图像采集设备或者诸如DLP投影仪的复杂的主动光源,要么只能防范简单的静态照片攻击。此外,现有的活体检测系统大多是配合式的,即需要被测试人员根据系统指示做出相应动作或者停留在原地不动一段时间,如此将影响用户体验和活体检测效率。

### 发明内容

[0004] 鉴于上述问题而提出了本公开。本公开提供了一种能够实现人体活体检测的活体检测方法和使用该活体检测方法的活体检测系统,其通过使用静态的结构光光源,基于人脸对于结构光的亚表面散射来判断是活体人脸还是诸如3D人脸模型或者面具的攻击者,对用户的配合要求低,提高了人脸识别系统的准确性、易用性和用户体验。

[0005] 根据本公开的一个实施例,提供了一种活体检测方法,包括:用结构光照射待检测对象;获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据;基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数;以及基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体。

[0006] 此外,根据本公开的一个实施例的活体检测方法,其中还包括:在用结构光照射待检测对象之前,连续捕获待检测对象的监视图像;利用预先训练的人脸检测单元检测所述监视图像,以获得监视结果;当所述监视结果指示所述监视图像中存在脸部图像时,开启结构光光源发射所述结构光照射所述待检测对象。

[0007] 此外,根据本公开的一个实施例的活体检测方法,其中所述检测参数为所述第一人脸图像数据在预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值。

[0008] 此外,根据本公开的一个实施例的活体检测方法,其中还包括:利用预先训练的人脸关键点检测单元在所述第一人脸图像数据上确定多个预定人脸关键点,根据所述多个预定人脸关键点确定所述预定区域。

[0009] 此外,根据本公开的一个实施例的活体检测方法,其中基于所述第一人脸图像数

据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数包括:将所述第一人脸图像数据分为多个子图像区域;将每个子图像区域的子图像数据进行傅里叶变换,以获得所述每个子图像区域的子图像傅里叶变换系数;对于所述每个子图像区域,计算子图像傅里叶变换系数在预定频率范围内的平方和与子图像傅里叶变换最低频率系数的平方和的比例;以及计算所述多个子图像区域中所述比例的平均值作为所述检测参数。

[0010] 此外,根据本公开的一个实施例的活体检测方法,其中基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体包括:如果所述检测参数大于第一参数阈值并且小于第二参数阈值,则确定所述待检测对象通过活体检测;否则,则确定所述待检测对象不通过活体检测。

[0011] 根据本公开的另一个实施例,提供了一种活体检测系统,包括:结构光光源模块,用于发射结构光照射待检测对象;图像数据获取模块,用于获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据;以及活体检测模块,基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数,并且基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体。

[0012] 此外,根据本公开的另一个实施例的活体检测系统,其中在所述结构光光源模块发射结构光照射待检测对象之前,所述图像数据获取模块连续捕获待检测对象的监视图像,所述活体检测模块利用预先训练的人脸检测单元检测所述监视图像,以获得监视结果,当所述监视结果指示所述监视图像中存在脸部图像时,所述活体检测模块控制开启所述结构光光源模块发射所述结构光照射所述待检测对象。

[0013] 此外,根据本公开的另一个实施例的活体检测系统,其中所述检测参数为所述第一人脸图像数据在预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值。

[0014] 此外,根据本公开的另一个实施例的活体检测系统,其中所述活体检测模块利用预先训练的人脸关键点检测单元在所述第一人脸图像数据上确定多个预定人脸关键点,根据所述多个预定人脸关键点确定所述预定区域。

[0015] 此外,根据本公开的另一个实施例的活体检测系统,其中所述活体检测模块将所述第一人脸图像数据分为多个子图像区域;将每个子图像区域的子图像数据进行傅里叶变换,以获得所述每个子图像区域的子图像傅里叶变换系数;对于所述每个子图像区域,计算子图像傅里叶变换系数在预定频率范围内的平方和与子图像傅里叶变换最低频率系数的平方和的比例;以及计算所述多个子图像区域中所述比例的平均值作为所述检测参数。

[0016] 此外,根据本公开的另一个实施例的活体检测系统,其中如果所述检测参数大于第一参数阈值并且小于第二参数阈值,则所述活体检测模块确定所述待检测对象通过活体检测;否则,则所述活体检测模块确定所述待检测对象不通过活体检测。

[0017] 根据本公开的又一个实施例,提供了一种计算机程序产品,包括计算机可读存储介质,在所述计算机可读存储介质上存储了计算机程序指令,所述计算机程序指令在被计算机运行时,使得所述计算机执行以下步骤:获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据;基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数;以及基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体。

[0018] 要理解的是,前面的一般描述和下面的详细描述两者都是示例性的,并且意图在于提供要求保护的技术的进一步说明。

### 附图说明

[0019] 通过结合附图对本发明实施例进行更详细的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显。附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中,相同的参考标号通常代表相同部件或步骤。

[0020] 图1是概述根据本发明实施例的活体检测方法的流程图。

[0021] 图2是图示根据本发明实施例的活体检测系统的功能性框图。

[0022] 图3A和3B是示意性图示根据本发明实施例的活体检测过程的示意图。

[0023] 图4是进一步图示根据本发明第一实施例的活体检测方法的流程图。

[0024] 图5是进一步图示根据本发明第二实施例的活体检测方法的流程图。

[0025] 图6是图示根据本发明实施例的活体检测系统的示意性框图。

### 具体实施方式

[0026] 为了使得本发明的目的、技术方案和优点更为明显,下面将参照附图详细描述根据本发明的示例实施例。显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是本发明的全部实施例,应理解,本发明不受这里描述的示例实施例的限制。基于本公开中描述的本发明实施例,本领域技术人员在没有付出创造性劳动的情况下所得到的所有其它实施例都应落入本发明的保护范围之内。

[0027] 以下,将参考附图详细描述本发明的优选实施例。

[0028] 图1是概述根据本发明实施例的活体检测方法的流程图。如图1所示,根据本发明实施例的活体检测方法包括以下步骤。

[0029] 在步骤S101中,用结构光照射待检测对象。

[0030] 在本发明的一个实施例中,所述结构光是在诸如红外波段(例如,850nm)的波长上的具有一定结构的明暗条纹的光。所述明暗条纹为竖线状条纹,条纹间距配置为匹配待检测对象的尺寸。例如,在所述待检测对象为人脸的情况下,所述明暗条纹的条纹间距为2mm左右。在本发明的一个实施例中,可以通过在一字线激光器之前放置特定光栅(例如,161线/英寸)来产生所述结构光。

[0031] 此外,如下将参照附图进一步描述的,在根据本发明实施例的活体检测方法中,无需一直用结构光光源照射检测区域,而是在初步检测到检测区域中存在脸部图像后,再开启所述结构光光源模块。

[0032] 此后,处理进到步骤S102。

[0033] 在步骤S102中,获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据。在本发明的一个实施例中,经由图像数据获取模块获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据。经由图像数据获取模块获取第一人脸图像数据包括但不限于,在所述结构光照射下,由物理位置上分离配置的图像数据获取模块采集人脸图像数据之后,经由有线或者无线方式,活体检测系统中的其他模块或组件接收从所述图像数据获取模块发送

的第一人脸图像数据。可替代地,图像数据获取模块可以与活体检测系统中的其他模块或组件物理上位于同一位置甚至位于同一机壳内部,活体检测系统中的其他模块或组件经由内部总线接收从所述图像数据获取模块发送的第一人脸图像数据。

[0034] 此后,处理进到步骤S103。

[0035] 在步骤S103中,基于第一人脸图像数据,确定指示结构光在待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数。在本发明的一个实施例中,利用指示结构光在待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数来执行活体检测。这是由于结构光入射待检测对象表面后,由待检测对象内部结构决定入射后的结构光经由待检测对象内部散射后的散射程度。人的活体组织、构成面具的纸张或硅胶对于入射后的结构光会呈现不同的亚表面散射程度。如下将参照附图详细描述,在本发明的一个实施例中,利用人脸图像数据在预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值作为指示亚表面散射程度的检测参数。可替代地,在本发明的一个实施例中,将第一人脸图像数据分为多个子图像区域,并对每个子图像区域的子图像数据进行傅里叶变换以获得每个子图像区域的子图像傅里叶变换系数,对于每一个子图像区域,计算对应的子图像傅里叶变换系数在预定频率范围内的平方和与对应的子图像傅里叶变换最低频率系数的平方和的比例,并将多个子图像区域中计算得到的比例的平均值作为所述检测参数。

[0036] 此后,处理进到步骤S104。

[0037] 在步骤S104中,基于检测参数和预先确定的参数阈值,确定待检测对象是否为活体。在本发明的一个实施例中,基于人活体组织对于入射后的结构光的亚表面散射特性,设置参数阈值。如下将参照附图详细描述,设置的参数阈值可以为阈值区间,当在步骤S103中获取的检测参数落入该阈值区间中时,则确定待检测对象为活体。

[0038] 上述根据本发明实施例的活体检测方法,其通过使用静态的结构光光源,基于人脸对于结构光的亚表面散射程度来判断是活体人脸还是诸如3D人脸模型或者面具的攻击者,从而对用户的配合要求低,提高了人脸识别系统的准确性、易用性和用户体验。

[0039] 以下,将参照图2进一步描述执行上述活体检测方法的一种活体检测系统。

[0040] 图2是图示根据本发明实施例的活体检测系统的功能性框图。如图2所示,根据本发明实施例的活体检测系统20包括结构光光源模块21、图像数据获取模块22和活体检测模块23。所述活体检测模块23进一步包括人脸检测单元231和人脸关键点检测单元232。

[0041] 具体地,所述结构光光源模块21用于发射结构光照射待检测对象。如上所述,可以通过在一字线激光器之前放置特定光栅(例如,161线/英寸)来配置所述结构光光源模块21。如此配置的所述结构光光源模块21可以发射在诸如红外波段(例如,850nm)的波长上的具有一定结构的明暗条纹的光。所述明暗条纹为竖线状条纹,条纹间距配置为匹配待检测对象的尺寸。例如,在所述待检测对象为人脸的情况下,所述明暗条纹的条纹间距为2mm左右。

[0042] 所述图像数据获取模块22用于获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据。如上所述,所述图像数据获取模块22可以与其后的所述活体检测模块23物理上分离,或者物理上位于同一位置甚至位于同一机壳内部。在所述图像数据获取模块22与其后的所述活体检测模块23物理上分离的情况下,所述图像数据获取模块22进一步经由有线或者无线方式将获取的第一人脸图像数据发送给其后的模块。在所述图像数据获取模块

22与其后的所述活体检测模块23物理上位于同一位置甚至位于同一机壳内部的情况下,所述图像数据获取模块22经由内部总线将获取的第一人脸图像数据发送给其后的模块。在经由有线或者无线方式或者经由内部总线发送所述第一人脸图像数据之前,可以将其预定格式进行编码和压缩为图像数据包,以减少发送需要占用的通信量和带宽。

[0043] 所述活体检测模块23用于基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数,并且基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体。

[0044] 如上所述,在根据本发明实施例的活体检测方法中,无需一直用结构光光源照射检测区域,而是在初步检测到检测区域中存在脸部图像后,再开启所述结构光光源模块21。所述活体检测模块23中包括的人脸检测单元231用于初步检测检测区域中是否存在脸部图像。在本发明的一个实施例中,在所述结构光光源模块21发射结构光照射待检测对象之前,所述图像数据获取模块22连续捕获待检测对象的监视图像,所述活体检测模块23利用预先训练的所述人脸检测单元231检测所述监视图像,以获得监视结果。例如,所述人脸检测单元231可以由Haar级联分类器配置。当所述监视结果指示所述监视图像中存在脸部图像时,所述活体检测模块23控制开启所述结构光光源模块21发射所述结构光照射所述待检测对象。

[0045] 此外,在本发明的一个实施例中,所述活体检测模块23利用所述第一人脸图像数据在预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值作为指示亚表面散射程度的检测参数。具体地,所述活体检测模块23中包括的人脸关键点检测单元232用于在所述第一人脸图像数据上确定多个预定人脸关键点,根据所述多个预定人脸关键点确定所述预定区域。例如,所述人脸关键点检测单元232可以由卷积神经网络配置,以得到诸如眼睛、鼻子、嘴巴、轮廓等的关键点。以下,将参照示意图和流程图进一步详细描述基于关键点确定预定区域,以及在预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值作为指示亚表面散射程度的检测参数的检测处理过程。

[0046] 图3A和3B是示意性图示根据本发明实施例的活体检测过程的示意图。

[0047] 如图3A所示,在用结构光照射待检测对象之前,连续捕获待检测对象的监视图像。同时,利用预先训练的人脸检测单元231检测所述监视图像,以获得监视结果。当所述监视结果指示所述监视图像中存在脸部图像F时(对应的人脸图像数据为 $I_1$ ),开启结构光光源模块21发射所述结构光照射所述待检测对象。

[0048] 如图3B所示,在用结构光照射待检测对象之后,由图像数据获取模块22获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据 $I_2$ 。为了确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数,利用预先训练的人脸关键点检测单元232在所述第一人脸图像数据上确定多个预定人脸关键点,根据所述多个预定人脸关键点确定所述预定区域D。如图3B所示,基于关键点确定矩形区域作为所述预定区域D(如图3B中所示的虚线表示的区域D)。在本发明的一个实施例中,所述预定区域D(x,y)在 $x_0 <= x <= x_1, y_0 <= y <= y_1$ 的范围内,其中 $x_0, x_1$ 为人脸在图像上的最左和最右位置的横坐标, $y_1$ 是人脸的最下方位置的纵坐标, $y_0$ 是人的两眼中心与鼻子的中点的位置的纵坐标。容易理解是,所述预定区域的选取不限于此。

[0049] 以下,将参照图4和图5进一步详细描述根据本发明第一实施例和第二实施例的活



体检测方法。

[0050] 图4是进一步图示根据本发明第一实施例的活体检测方法的流程图。如图4所示，根据本发明第一实施例的活体检测方法包括以下步骤。

[0051] 在步骤S401中，连续捕获待检测对象的监视图像。在本发明第一实施例中，在开启所述结构光光源模块21之前，由所述图像数据获取模块22连续捕获待检测对象的监视图像。此后，处理进到步骤S402。

[0052] 在步骤S402中，利用预先训练的人脸检测单元检测监视图像，以获得监视结果。在本发明第一实施例中，所述活体检测模块23中包括的人脸检测单元231监视步骤S401中的图像数据，以获得关于其中是否存在脸部图像的监视结果。此后，处理进到步骤S403。

[0053] 在步骤S403中，判断是否存在脸部图像。

[0054] 如果在步骤S403中获得否定结果，即所述监视图像中不存在脸部图像，则处理返回步骤S401，以便继续连续捕获待检测对象的监视图像和执行监视。

[0055] 相反地，如果在步骤S403中获得肯定结果，即所述监视图像中存在脸部图像(对应的人脸图像数据为 $I_1$ )，则处理进到步骤S404。需要注意的是，在所述监视图像中存在脸部图像的情况下，该脸部图像可能是由人脸面具或3D人脸模型等攻击者的图像，从而需要进一步执行活体检测。

[0056] 在步骤S404中，开启结构光光源模块21发射结构光照射待检测对象。此后，处理进到步骤S405。

[0057] 在步骤S405中，获取结构光照射下待检测对象的第一人脸图像数据。由所述图像数据获取模块22获取结构光照射下待检测对象的第一人脸图像数据 $I_2$ 。在本发明的一个实施例中，可以在获取了第一人脸图像数据 $I_2$ 后关闭所述结构光光源模块21。此后，处理进到步骤S406。

[0058] 在步骤S406中，在第一人脸图像数据上确定多个预定人脸关键点。如上参照图3B所述，利用预先训练的人脸关键点检测单元232在所述第一人脸图像数据上确定多个预定人脸关键点，所述关键点包括但不限于眼睛、鼻子、嘴巴、轮廓等。此后，处理进到步骤S407。

[0059] 在步骤S407中，根据多个预定人脸关键点确定预定区域。如上参照图3B所述，在本发明第一实施例中，所述预定区域 $D(x, y)$ 在 $x_0 \leq x \leq x_1, y_0 \leq y \leq y_1$ 的范围内，其中 $x_0, x_1$ 为人在图像上的最左和最右位置的横坐标， $y_1$ 是人的最下方位置的纵坐标， $y_0$ 是人的两眼中心与鼻子的中点的位置的纵坐标。此后，处理进到步骤S408。

[0060] 在步骤S408中，获取所述第一人脸图像在所述预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值作为检测参数。其中，所述检测参数指示结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度。

[0061] 具体地，利用以下等式(1)计算第一人脸图像数据 $I_2$ 的梯度强度 $I_{2\_m}$ ：

$$[0062] \quad I_{2\_m}(i, j) = \sqrt{(I_2(i, j) - I_2(i+1, j))^2 + (I_2(i, j) - I_2(i, j+1))^2} \quad \text{等式 (1)}$$

[0063]  $I_2(i, j)$ 表示图像数据 $I_2$ 在 $(i, j)$ 处的像素值。

[0064] 在步骤S407中确定所述预定区域 $D(x, y) x_0 \leq x \leq x_1, y_0 \leq y \leq y_1$ 后，利用以下等式(2)计算所述第一人脸图像数据 $I_2$ 在该预定区域中的梯度强度之和：

$$[0065] \quad M = \sum_{x=x_0}^{x_1} \sum_{y=y_0}^{y_1} \min(T, |I_{2_m}(i, j)|) \quad \text{等式 (2)}$$

[0066] 其中T是预先确定的阈值参数。如果(i, j)处的像素值大于该阈值参数T,则对应的像素点(i, j)的图像数据将被视为诸如边缘等的噪声干扰,对于被视为噪声干扰的像素点(i, j),统一将像素点(i, j)数据取值为该阈值参数T,进而结合等式(2),计算得到所述第一人臉图像数据I<sub>2</sub>在该预定区域中的梯度强度之和M。

[0067] 此外,利用以下等式(3)计算该预定区域中图像总体亮度值:

$$[0068] \quad B = \sum_{x=x_0}^{x_1} \sum_{y=y_0}^{y_1} (I_2(i, j) - I_1(i, j)) \quad \text{等式 (3)}$$

[0069] 注意到,在如等式(3)表示的预定区域中图像总体亮度值中,从结构光照射下的图像亮度值中减去了没有结构光照射下的图像亮度,从而得到结构光本身对于图像亮度的影响。

[0070] 进一步地,在本发明第一实施例中,利用以下等式(4)计算预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值作为检测参数u:

$$[0071] \quad u = M/B \quad \text{等式(4)}$$

[0072] 此后,处理进到步骤S409。

[0073] 在步骤S409中,判断所述检测参数u是否大于第一参数阈值TH<sub>1</sub>并且小于第二参数阈值TH<sub>2</sub>。所述检测参数u的大小反映结构光在预定区域内亚表面散射的强弱。亚表面散射越强烈时,图像梯度越小,从而扩散程度越小。一般的纸或塑料等材质制成的面具的亚表面散射程度远弱于人脸,而一般的硅胶等材质的面具的亚表面散射程度远强于人脸。也就是说,如果所述检测参数u小于第一参数阈值TH<sub>1</sub>,则指示待检测对象是纸或塑料等材质制成的面具。如果所述检测参数u大于第二参数阈值TH<sub>2</sub>,则指示待检测对象是硅胶等材质制成的面具。只有所述检测参数u落入第一参数阈值TH<sub>1</sub>和第二参数阈值TH<sub>2</sub>之间,才指示待检测对象是活体人脸。

[0074] 也就是说,如果在步骤S409获得肯定结果,即所述检测参数u落入第一参数阈值TH<sub>1</sub>和第二参数阈值TH<sub>2</sub>之间,则处理进到步骤S410,确定待检测对象为活体。

[0075] 相反地,如果在步骤S409获得否定结果,即所述检测参数u小于第一参数阈值TH<sub>1</sub>或者大于第二参数阈值TH<sub>2</sub>,则处理进到步骤S411,确定待检测对象为非活体。

[0076] 图5是进一步图示根据本发明第二实施例的活体检测方法的流程图。如图5所示,根据本发明第二实施例的活体检测方法包括以下步骤。

[0077] 图5中示出的步骤S501到S505分别与以上参照图4描述的步骤S401到S405相同,在此将省略其重复描述。此后,处理进到步骤S506。

[0078] 在步骤S506中,将前述步骤S501到S505中获得的第一人脸图像数据分为多个子图像区域。在本发明的第二实施例中,将人脸图像数据分为L×L的n个子区域,设每个子区域内的图像为J。此后,处理进到步骤S507。

[0079] 在步骤S507中,获得每个子图像区域的子图像傅里叶变换系数。在本发明的第二实施例中,利用以下等式(5)计算每个子图像区域的子图像傅里叶变换系数:

$$[0080] \quad f_{p,q} = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{L-1} J_{x,y} e^{2\pi(px+qy)/N} \quad \text{等式 (5)}$$

[0081] 此后,处理进到步骤S508。

[0082] 在步骤S508中,对于每个子图像区域,计算该子图像区域对应的子图像傅里叶变换系数在预定频率范围内的平方和与对应的子图像傅里叶变换最低频率系数的平方和的比例。在本发明的第二实施例中,利用以下等式(6)计算每个子图像区域内的对应的子图像傅里叶变换系数在预定频率范围内的平方和与对应的子图像傅里叶变换最低频率系数的平方和的比例:

$$[0083] \quad u_j = \frac{\sum_{p=0}^{p_1} \sum_{q=q_1}^{q_2} |f_{p,q}|^2}{f_{0,0}^2} \quad \text{等式 (6)}$$

[0084] 其中, $p_1$ 、 $q_1$ 、 $q_2$ 是预先确定的频率范围。此后,处理进到步骤S509。

[0085] 在步骤S509中,计算多个子图像区域中比例的平均值作为检测参数。在本发明的第二实施例中,利用以下等式(7)计算多个子图像区域中比例的平均值作为检测参数:

$$[0086] \quad u = \frac{\sum_{j=1}^n u_j}{n} \quad \text{等式 (7)}$$

[0087] 此后,处理进到步骤S510。

[0088] 在步骤S510中,判断所述检测参数 $u$ 是否大于第三参数阈值 $TH_3$ 并且小于第四参数阈值 $TH_4$ 。在本发明的第二实施例中,把所有子区域内的比例系数的平均值 $u$ 做为对扩散程度的一个度量,即所述检测参数。与以上参照图4描述的第一实施例类似,如果它在两个预先确定的阈值之间,那么认为待检测对象为活体。

[0089] 也就是说,如果在步骤S510获得肯定结果,即所述检测参数 $u$ 落入第三参数阈值 $TH_3$ 和第四参数阈值 $TH_4$ 之间,则处理进到步骤S511,确定待检测对象为活体。

[0090] 相反地,如果在步骤S510获得否定结果,即所述检测参数 $u$ 小于第三参数阈值 $TH_3$ 或者大于第四参数阈值 $TH_4$ ,则处理进到步骤S512,确定待检测对象为非活体。

[0091] 图6是图示根据本发明实施例的活体检测系统的示意性框图。如图6所示,根据本发明实施例的活体检测系统6包括:处理器61、存储器62、以及在所述存储器62的中存储的计算机程序指令63。

[0092] 所述计算机程序指令63在所述处理器61运行时可以实现根据本发明实施例的活体检测系统的各个功能模块的功能,并且/或者可以执行根据本发明实施例的活体检测方法的各个步骤。

[0093] 具体地,在所述计算机程序指令63被所述处理器61运行时,可以使得活体检测系统6执行以下步骤:获取所述结构光照射下所述待检测对象的第一人脸图像数据;基于所述第一人脸图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数;以及基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体。

[0094] 此外,在所述计算机程序指令63被所述处理器61运行时,还使得所述活体检测系统6执行:在用结构光照射待检测对象之前,连续捕获待检测对象的监视图像;利用预先训练的人脸检测单元检测所述监视图像,以获得监视结果;当所述监视结果指示所述监视图

像中存在脸部图像时,开启结构光光源发射所述结构光照射所述待检测对象。

[0095] 此外,在所述计算机程序指令63被所述处理器61运行时,还使得所述活体检测系统6执行:利用预先训练的人脸关键点检测单元在所述第一人臉图像数据上确定多个预定人脸关键点,根据所述多个预定人脸关键点确定所述预定区域。所述检测参数为所述第一人臉图像数据在预定区域内的梯度强度和与在所述预定区域内的图像总体亮度值的比值。

[0096] 此外,在所述计算机程序指令63被所述处理器61运行使得所述活体检测系统6执行的基于所述第一人臉图像数据,确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数的步骤包括:将所述第一人臉图像数据分为多个子图像区域;将每个子图像区域的子图像数据进行傅里叶变换,以获得所述每个子图像区域的子图像傅里叶变换系数;对于所述每个子图像区域,计算子图像傅里叶变换系数在预定频率范围内的平方和与子图像傅里叶变换最低频率系数的平方和的比例;以及计算所述多个子图像区域中所述比例的平均值作为所述检测参数。

[0097] 此外,在所述计算机程序指令63被所述处理器61运行时使得所述活体检测系统6执行的基于所述检测参数和预先确定的参数阈值,确定所述待检测对象是否为活体的步骤包括:如果所述检测参数大于第一参数阈值并且小于第二参数阈值,则确定所述待检测对象通过活体检测;否则,则确定所述待检测对象不通过活体检测。

[0098] 根据本发明实施例的活体检测系统中的各模块可以通过根据本发明实施例的活体检测系统中的处理器运行在存储器中存储的计算机程序指令来实现,或者可以在根据本发明实施例的计算机程序产品的计算机可读存储介质中存储的计算机指令被计算机运行时实现。

[0099] 所述计算机可读存储介质可以是一个或多个计算机可读存储介质的任意组合,例如一个计算机可读存储介质包含用于确定指示所述结构光在所述待检测对象脸部的亚表面散射程度的检测参数计算机可读的程序代码,另一个计算机可读存储介质包含用于基于所述检测参数和预先确定的参数阈值确定所述待检测对象是否为活体的计算机可读的程序代码。

[0100] 所述计算机可读存储介质例如可以包括智能电话的存储卡、平板电脑的存储部件、个人计算机的硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM)、便携式紧致盘只读存储器(CD-ROM)、USB存储器、或者上述存储介质的任意组合。

[0101] 在上面详细描述的本发明的示例实施例仅仅是说明性的,而不是限制性的。本领域技术人员应该理解,在不脱离本发明的原理和精神的情况下,可对这些实施例进行各种修改,组合或子组合,并且这样的修改应落入本发明的范围内。

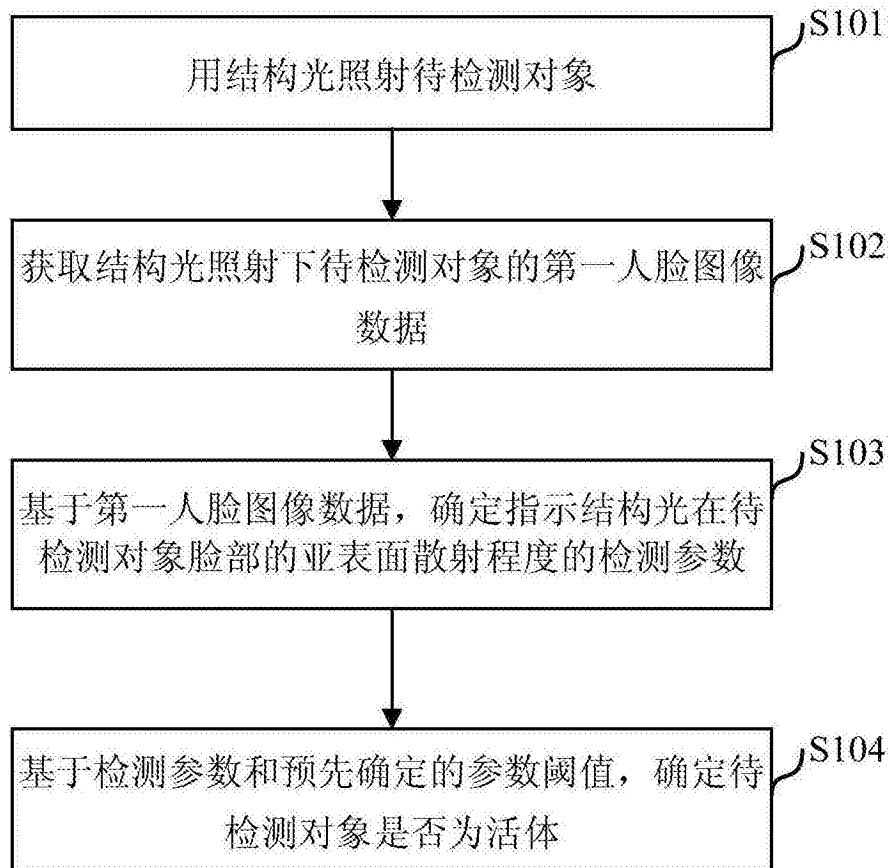


图1

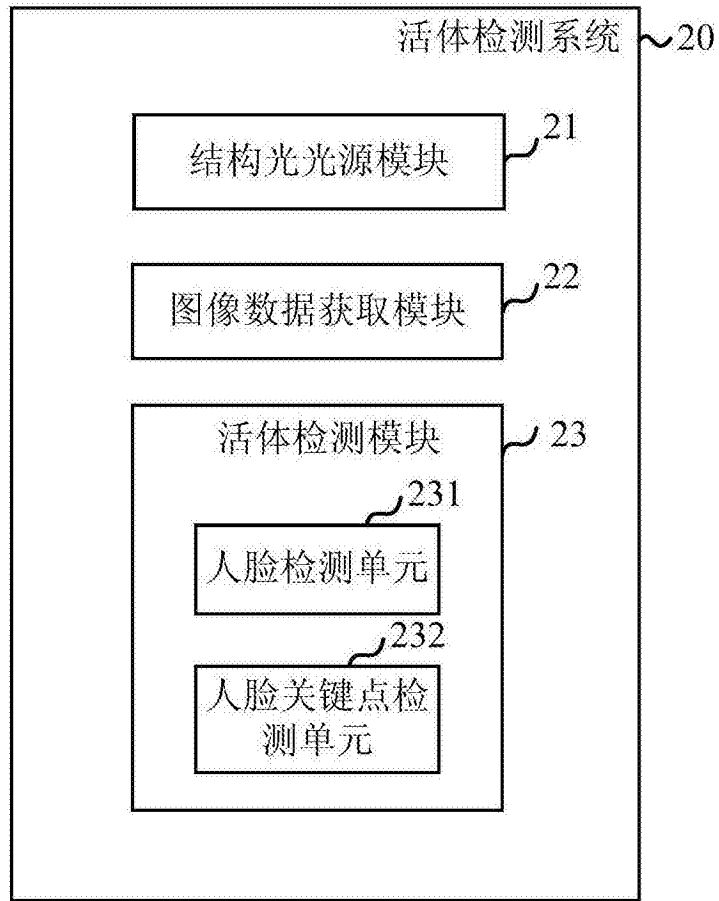


图2

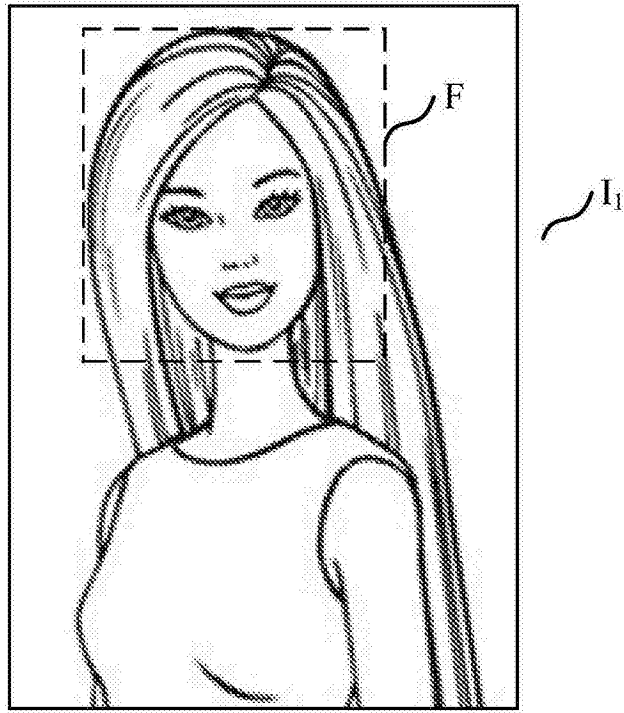


图3A

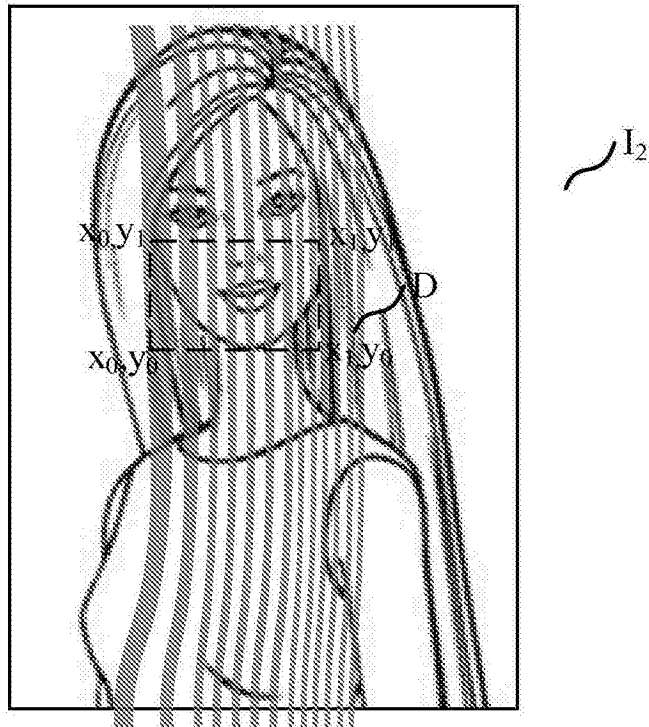


图3B

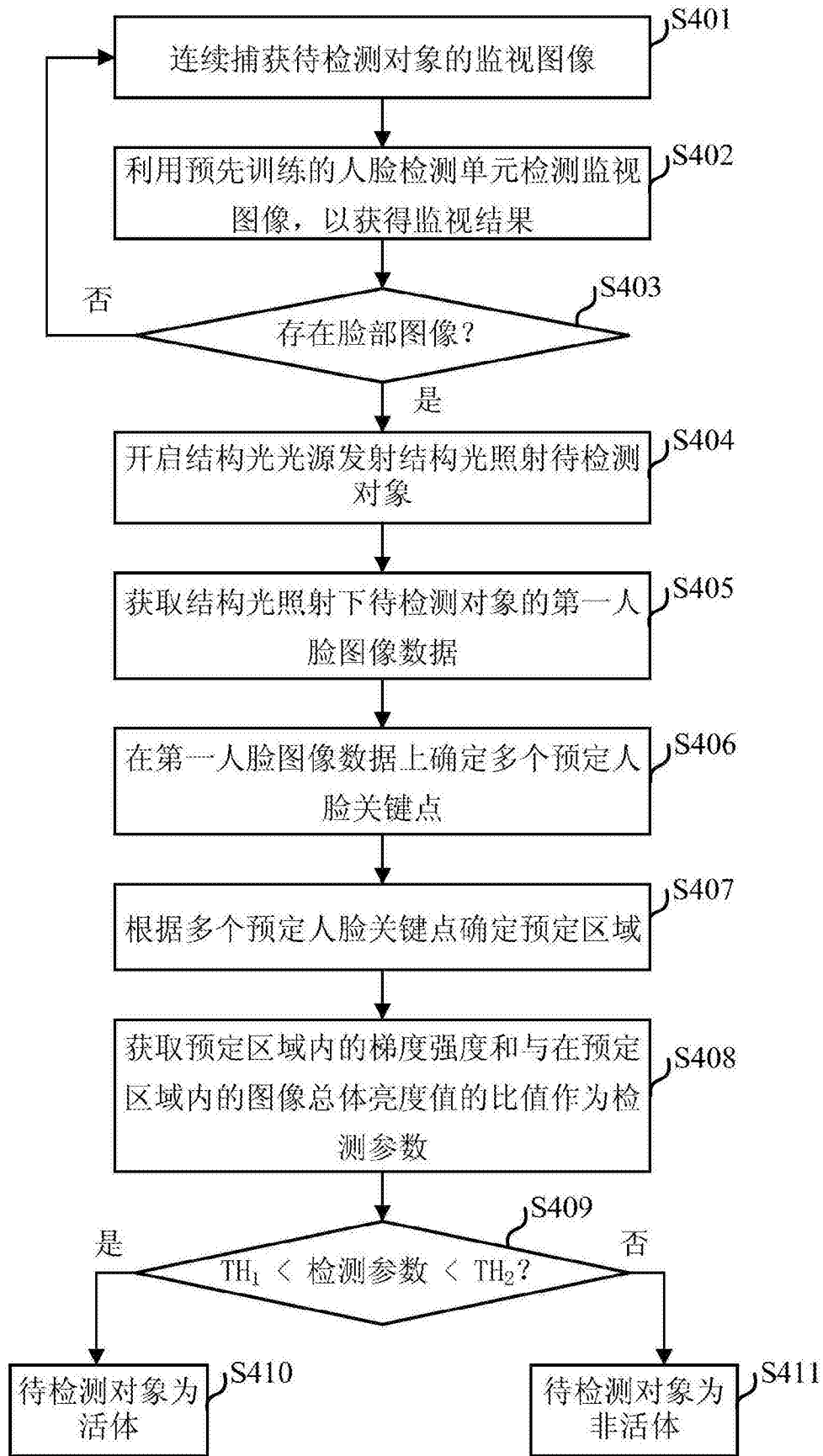


图4



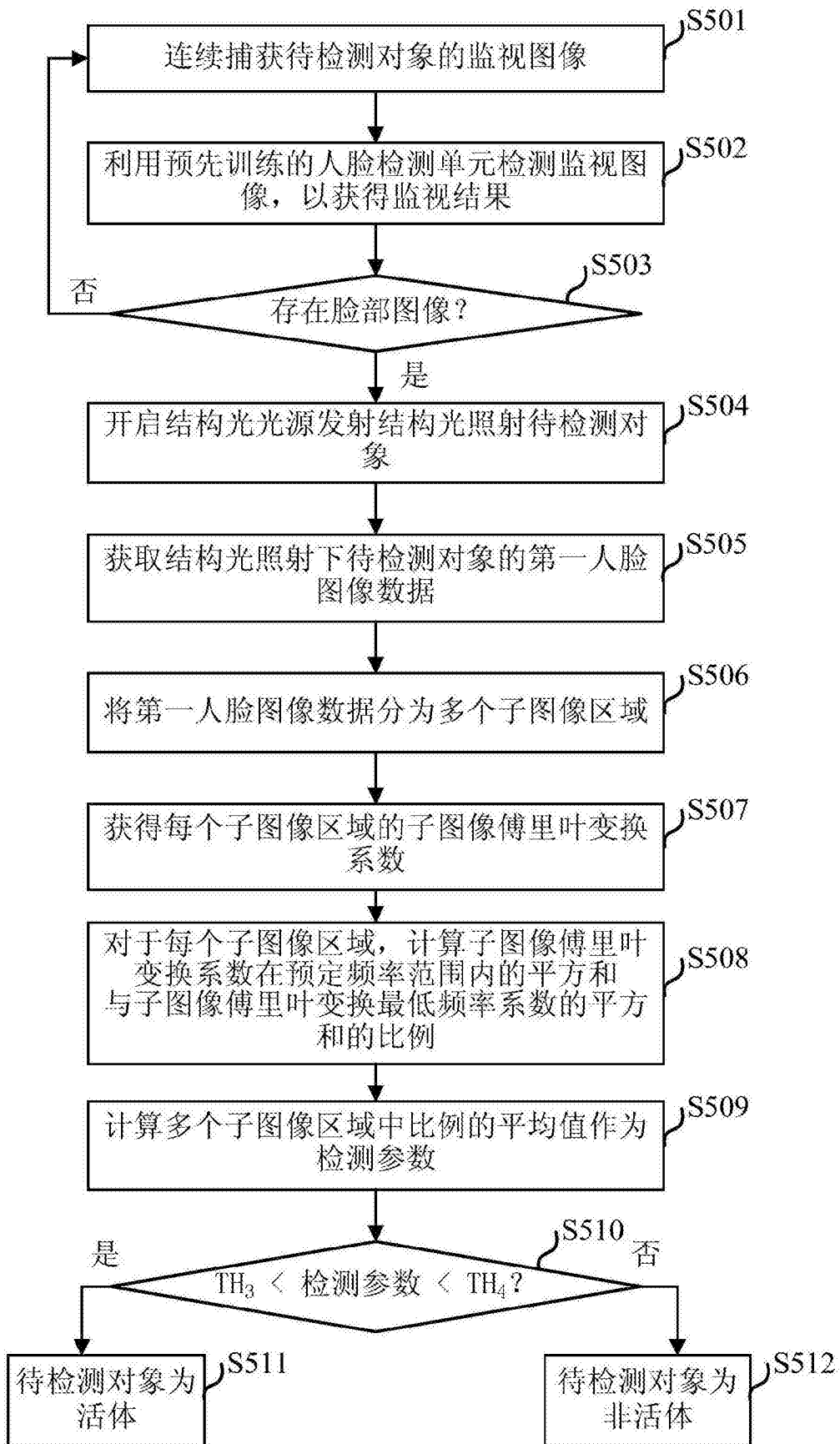


图5

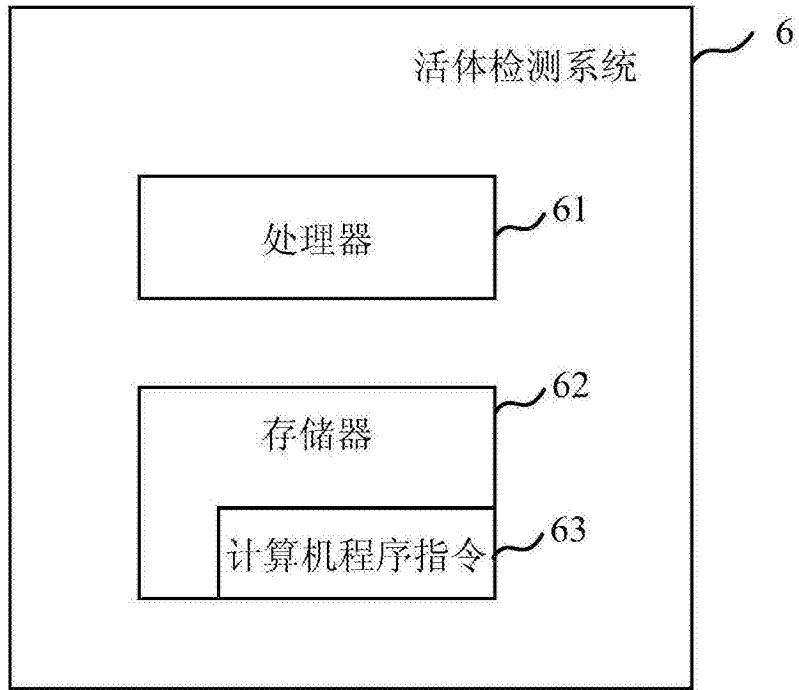


图6