



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105007856 B

(45)授权公告日 2018.08.03

(21)申请号 201380074608.2

(22)申请日 2013.03.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105007856 A

(43)申请公布日 2015.10.28

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.09.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2013/072420 2013.03.11

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/139078 EN 2014.09.18

(73)专利权人 卡尔斯特里姆保健公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 Y.戈立克 陈骏然 莫雨峰

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 杜娟娟 张懿

(51)Int.Cl.

A61C 19/04(2006.01)

G06T 17/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2002015934 A1, 2002.02.07, 说明书第[0030], [0097]-[0098], [0170]-[0177], [0288]-[0290], [0298]-[0326], [0352]-[0431]段、附图1-2, 5-6, 36-53.

审查员 文洁

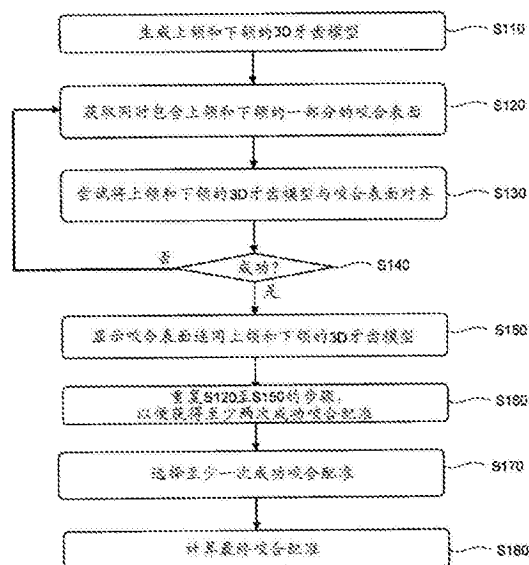
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54)发明名称

用于咬合配准的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及了用于使用多次咬合配准进行咬合配准的方法和系统。在该方法或系统中,当上颌的3D牙齿模型和下颌的3D牙齿模型两者与咬合表面成功对齐时,所述咬合表面以及所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型显示以进一步进行评估;用户所选择的所述咬合表面组合生成最终咬合配准。使用多个咬合表面进行配准提高了准确性。



1. 一种由计算机程序实现的咬合配准方法,所述方法特征在于包括以下步骤:
 - a. 生成上颌和下颌的3D牙齿模型;
 - b. 获取同时包含上颌和下颌的一部分的咬合表面;
 - c. 尝试将所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型与所述咬合表面对齐;
 - d. 如果成功对齐,则将所述咬合表面与同所述咬合表面对齐的所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型一起显示;
 - e. 重复步骤b至步骤d,以便获得对应于不同所显示的咬合表面的至少两次成功咬合配准;
 - f. 通过评估至少两次成功咬合配准,选择一次或多次成功咬合配准;以及
 - g. 使用所选择的一次或多次成功咬合配准计算最终咬合配准。
2. 根据权利要求1所述的咬合配准方法,其中
对所述最终咬合配准的所述计算涉及根据所选择的成功咬合配准的成本函数的优化。
3. 根据权利要求1所述的咬合配准方法,其中
对所述最终咬合配准的所述计算涉及对所述所选择的一次或多次成功咬合配准的一次或多次矩阵插值。
4. 根据权利要求3所述的咬合配准方法,其中所述一次或多次插值包含以下步骤:
将每个矩阵分解成等效值集;
插值来自每个值集的对应值;以及
将来自所述插值值集的矩阵重新安排。
5. 根据权利要求1所述的咬合配准方法,其中步骤a包括以下步骤:
 - a1) 由扫描仪捕获在所述上颌或下颌上的3D牙齿表面;
 - a2) 判断扫描期间所捕获的3D牙齿表面是否是第一个;
 - a3) 如果所捕获的部分是所述第一个,那么接受所述所捕获的3D牙齿表面;并且如果另外成功接受,那么将所述所捕获的3D牙齿表面与所述3D牙齿模型组合;以及
 - a4) 如果所捕获的部分并不是所述第一个,那么尝试将所述所捕获的3D牙齿表面拼接在所述3D牙齿模型上;如果成功拼接,那么将所述所捕获的3D牙齿表面与所述3D牙齿模型组合。
6. 根据权利要求1所述的咬合配准方法,其中步骤d包括以下步骤:
如果所述对齐并不成功,那么放弃所述咬合表面,并且用户接收关于无法对齐或配准所述咬合表面的通知,其中如果所述对齐并不成功,那么自动返回步骤b,直至所述对齐成功。
7. 根据权利要求1所述的咬合配准方法,其中所述对齐至少能够通过将所获取的咬合表面的3D牙齿表面的一部分与下牙弓或上牙弓拼接而来完成,其中所述拼接过程包括以下步骤:
生成候选3D刚性变换以相对于所述3D牙齿模型定位所述3D牙齿表面;
使用所述3D牙齿表面相对于所述3D牙齿模型的相对定位,评估所述候选3D刚性变换度量;
选择对应于最佳度量的最佳3D刚性变换;以及
如果所述最佳度量趋于低于预定阈值,那么接受所述最佳3D刚性变换;如果所述最佳

度量超过预定阈值,那么拒绝所述拼接。

8.根据权利要求1所述的咬合配准方法,其中所述最终咬合配准的计算涉及两次或更多次所选择的成功咬合配准,并且其中在所述步骤e中,当重复执行步骤b时,所获取的咬合表面的位置被改变。

9.一种咬合配准系统,所述咬合配准系统包括扫描仪和计算机化工作站,其中所述工作站配置为执行计算机程序,所述计算机程序执行以下步骤:

生成上颌和下颌的3D牙齿模型;

获取同时包含上颌和下颌的一部分的咬合表面;

尝试将所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型与所述咬合表面对齐;

如果成功对齐,那么将所述咬合表面与同所述咬合表面对齐的所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型一起显示;

重复获取步骤至显示步骤,以便获得对应于不同所显示的咬合表面的至少两次成功咬合配准;

通过评估至少两次成功咬合配准,选择一次或多次成功咬合配准;以及

使用所选择的一次或多次成功咬合配准计算最终咬合配准。

10.根据权利要求9所述的咬合配准系统,其中所述系统用于构造全局3D牙齿模型。

用于咬合配准的方法和系统

发明领域

[0001] 本发明涉及了牙科三维(3D)成像技术领域,并且更具体地,涉及用于使用至少两个咬合表面进行咬合配合的方法和计算机化系统。

[0002] 发明背景

[0003] 在牙科领域中,在治疗过程中,其中一关键点在于获得对应于咬紧状态的准确3D牙齿模型。3D相机系统用于直接形成患者3D牙齿模型,这就无需浇铸印模材料并将印模材料送往实验室以进行修复。这减少了成本并简化了牙体修复工作流程。

[0004] 对于构造全局3D牙齿模型过程,咬合配准的步骤是必要且重要的步骤之一。咬合配准是将上颌与下颌配准的过程,这可建立处于咬紧状态下的上颌与其对应下颌间的3D空间定位关系。

[0005] 在现有3D相机系统中,咬合配准期间,构造全局3D牙齿模型仅需一个咬合表面。在这种方法中,单个咬合表面由扫描仪从咬紧牙齿的一个特定位置(诸如臼齿右侧)捕获,随后,所独立捕获的上颌和下颌的3D牙齿模型以半自动方式拼接(stitch)到咬合表面上,以便完成咬合配准。然而,当整副牙齿包含多个牙齿(诸如多于5个牙齿)时,仅从咬合表面的一个位置获得的咬合配准可能引起另一位置上的显著失配。例如,当仅仅使用对应于臼齿右侧的一个咬合表面时,在对应于远端(诸如切牙或臼齿右侧)的咬合配准中存在几百微米失配。因此,难以确保咬合配准的总体准确性,这会造成这个单个咬合配准所构造的最终虚拟全局3D牙齿模型与在唯一咬紧状态下的实际全局牙齿之间可能存在较大偏差。

[0006] 罗斯·J·米勒(Ross J. Miller)等人的美国公开号US 2005/0196724A1公开一种咬合配准设备,这种设备使用利用印膜材料来填充的方块(200)记录咬合配置。显然,这种设备无法提供数字可视咬合表面,并且因此无法适于数字3D相机系统。

[0007] 另外,鲁迪格·鲁伯特等人的美国专利号US 8121718 B2公开一种基于对牙齿的口内扫描的交互矫畸护理系统。在这种系统中,当将上颌和下颌两者拼接到咬合表面上时,操作以手动的方式完成。此外,仅将一个咬合表面用于获得牙齿的3D虚拟模型。

[0008] 发明概述

[0009] 鉴于上述问题,本发明的目标在于至少提高咬合配准的准确性。

[0010] 为了实现上述目标或者其他目标,本发明提供了以下技术解决方案。

[0011] 根据本发明的一个方面,提供一种咬合配合方法,这种方法包括以下步骤:

[0012] a. 生成上颌和下颌的三维(3D)牙齿模型;

[0013] b. 获取同时包含上颌和下颌的一部分的咬合表面;

[0014] c. 尝试将所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型与所述咬合表面对齐;

[0015] d. 如果成功对齐,那么将所述咬合表面与同所述咬合表面对齐的所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型一起显示;

[0016] e. 重复步骤b至步骤d,以便获得对应于不同所显示的咬合表面的至少两次成功咬合配准;

[0017] f. 通过评估至少两次成功咬合配准,选择一次或多次成功咬合配准;以及

- [0018] g.使用所选择的一次或多次成功咬合配准计算最终咬合配准。
- [0019] 根据本发明的另一方面,提供一种咬合配准系统,所述咬合配准系统包括:
- [0020] 用以生成上颌和下颌的3D牙齿模型的装置;
- [0021] 用以获取同时包含上颌和下颌的一部分的咬合表面的装置;
- [0022] 用以尝试将所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型与所述咬合表面对齐的装置;
- [0023] 用以如果成功对齐那么将所述咬合表面与同所述咬合表面对齐的所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型一起显示的装置;
- [0024] 用以通过重复获得对应于不同所显示的咬合表面的至少两次成功咬合配准的装置;
- [0025] 用以通过评估至少两次成功咬合配准,选择一次或多次成功咬合配准的装置;以及
- [0026] 用以使用所选择的一次或多次成功咬合配准计算最终咬合配准的装置。
- [0027] 根据本发明的又一方面,提供一种咬合配准系统,所述咬合配准系统包括扫描仪和计算机化工作站,其中所述工作站配置为:
- [0028] 生成上颌和下颌的3D牙齿模型;
- [0029] 获取同时包含上颌和下颌的一部分的咬合表面;
- [0030] 尝试将所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型与所述咬合表面对齐;
- [0031] 如果成功对齐,那么将所述咬合表面与同所述咬合表面对齐的所述上颌和所述下颌的所述3D牙齿模型一起显示;
- [0032] 重复获取步骤至显示步骤,以便获得对应于不同所显示的咬合表面的至少两次成功咬合配准;
- [0033] 通过评估至少两次成功咬合配准,选择一次或多次成功咬合配准;以及
- [0034] 使用所选择的一次或多次成功咬合配准计算最终咬合配准。
- [0035] 附图简述
- [0036] 本发明的上述及其他目标和优点将参考附图从以下具体实施方式弯曲理解,在附图中,相同或类似的元件是由相同参考符号指示。
- [0037] 图1是根据本发明的实施方案的咬合配准系统的示意结构视图;
- [0038] 图2是根据本发明的实施方案的咬合配准方法的工作流程;
- [0039] 图3是根据本发明的实施方案的咬合配准的示意工作流程;
- [0040] 图4(a)是上颌的3D牙齿模型;
- [0041] 图4(b)是下颌的3D牙齿模型;
- [0042] 图5是监控器中显示的咬合表面的示意图;
- [0043] 图6是根据本发明的实施方案的将3D牙齿模型与咬合表面对齐的示意工作流程;
- [0044] 图7是根据本发明的实施方案的成功拼接时的用户界面显示;
- [0045] 图8是根据本发明的实施方案的并未成功拼接时的用户界面显示;
- [0046] 图9示出多个矩阵插值的示意工作流程;
- [0047] 图10示出具有咬合表面的所获取的3D表面的一部分。

具体实施方式

[0048] 本发明的许多可能的实施方案中的一些将在下文进行描述以提供对本发明的基本理解,并且并未标识本发明的重要或关键元件或限定保护范围。可容易地理解,根据本发明的技术解决方案,在不背离本发明的真实精神的情况下,本领域的普通技术人员能够提出其他替代实现方式。因此,以下实施方案和附图是本发明的技术解决方案的说明性的描述,并且应理解为构成本发明的整个内容,或限制或限定本发明的技术解决方案。

[0049] 图1是根据本发明的实施方案的咬合配准系统的示意结构视图。系统10至少用于咬合配准。如图1简单所示,在该实施方案中,系统10包括扫描仪13以及计算机化工作站91。扫描仪13是由牙科医师手持,并且它可部分放入患者90口中。当放入口中时,扫描仪13可按需要捕获牙齿的图像或其他3D视图。扫描仪13和工作站91可以无线或有线方式连接,使得扫描仪13捕获的图像和视图传输至工作站,以用于数据处理或实时显示。当然,工作站91所生成的一些指令也可被传输至扫描仪13,以便控制扫描仪的行动。

[0050] 工作站91至少包括监控器19,该监控器可在工作站91的控制下显示所有类型2D/3D图像或窗。可将咬合配准软件安装在工作站91中。当运行软件时,工作站91用作图像处理设备,它至少可在构造全局3D牙齿模型的过程中,完成咬合配准步骤。当然,可以理解,软件可不限于执行咬合配准步骤,而可用于适时实现全局3D牙齿模型。因此,如果必要,系统10(主要构成适合于牙齿的3D相机系统)还可用于构造患者全局3D牙齿模型。

[0051] 结合以下附图在下文中详细描述软件中的咬合配准函数。当然,一种咬合配准方法可进一步被应用来构造全局3D牙齿模型。

[0052] 图2是根据本发明的实施方案的咬合配准方法的工作流程。在该实施方案中,图2的方法能够获得对应于不同咬合表面的至少两次成功咬合配准。结合图1至图10,以下说明描述获得至少两次成功咬合配准并由用户选择至少一次咬合对准的咬合配准的工作流程。

[0053] 首先,在步骤S110中,牙科医师在患者90的口中操作扫描仪13,因此,上颌和下颌的多个2D图像可分别从不同视角捕获。多个2D图像被传输至工作站91,并且随后被处理以生成上颌和下颌的3D牙齿模型。

[0054] 在优选的实施方案中,如图3所示,S110包括以下步骤:S111,上颌或下颌的3D牙齿表面将由手持式扫描仪13捕获;S112,在工作站91处针对某个患者判断所捕获的部分是否是第一个;S114,如果扫描期间所捕获的部分是第一个,接受所捕获的部分;如果在S116中继续接受,进入将所捕获的3D牙齿表面与3D牙齿模型组合的S117;S113,如果所捕获的部分并非第一个,尝试拼接所捕获的部分到现有3D牙齿模型上;S115,判断所捕获的部分是否成功拼接;如果在S115中成功拼接,进入将所捕获的部分与现有3D牙齿模型组合的S117。因此,所捕获的部分与现有3D牙齿模型的组合将会使得上颌或下颌的最终成形3D牙齿模型更为准确。

[0055] 在另一个实施方案中,步骤S110中的3D牙齿模型生成方法可涉及两个已提交的专利申请号US13/293,308和专利申请号13/525,590,这两个申请的名称均为“使用光学多线方法的3D口内测量(3D INTRAORAL MEASUREMENTS USING OPTICAL MULTILINE METHOD)”。这些专利申请的整个内容以引用方式并入本文。

[0056] 另外,在S120的步骤中,获取同时包含上颌的一部分和下颌的一部分的咬合表面。在该实施方案中,扫描仪13设置在某个位置处,以便捕获对应于一些牙齿的一个或多个咬合视图(或表面)。扫描仪13所捕获的咬合视图是在唯一咬紧状态下获得的,在这个状态下,

上颌相对于下颌而静止。因此,一个或多个咬合视图可形成同时包含上颌和下颌的一部分的咬合表面。具体来说,咬合视图是包含上颌和下颌的3D表面,并且在实施方案中,分别对应于不同牙齿的若干咬合视图可组合成一个视图,以便形成更大咬合视图。在一个实例中,咬合表面191可适时显示在监控器上,如图5所示。

[0057] 可以理解,咬合表面191是3D表面,并可通过被应用于一个或多个咬合视图的图像处理方法获得。在实施方案中,这种方法与S110的步骤使用的方法类似。还可理解,由于是在咬紧状态下捕获的,因此扫描仪13能够方便地对牙齿外侧成像。因此,咬合表面191是通常表示外侧的3D形状特性的3D表面,且其无法取代最终获得的全局3D牙齿模型的功能。然而,这个咬合表面可进一步用于全局匹配过程,以提高全局3D牙齿模型的准确性。由于咬合表面191还用于与3D牙齿模型对齐,因此咬合表面191必须同时包含处于唯一咬紧状态下的上颌和下颌的部分。

[0058] 在优选的实施方案中,在咬合表面中观察到的上颌和下颌的部分可被改变。例如,当重复执行S120的步骤时,咬合表面可从咬紧的上颌和下颌的不同部分获得;因此所获取的咬合表面的位置可改变。在可选择实施方案中,所获得的咬合表面可以包括但不限于来自切牙、前臼齿、臼齿的部分。

[0059] 另外,在S130的步骤中,尝试将上颌和下颌的3D牙齿模型与咬合表面对齐。在实施方案中,对齐至少能够通过将咬合表面的3D牙齿模型的一部分与上颌和下颌的3D牙齿模型拼接而来完成。在另一个实施方案中,对齐至少能够通过将所获取的咬合表面的3D牙齿模型的一部分与上牙弓或者与下牙弓拼接来完成。

[0060] 图6是根据本发明的实施方案的将3D牙齿模型与咬合表面对齐的示意工作流程。将咬合表面的3D牙齿模型的一部分与3D牙齿模型拼接包括S131至S136的步骤。在S131中,生成候选3D刚性变换以相对于3D牙齿模型定位咬合表面的3D牙齿表面。在S132中,使用所述3D牙齿表面相对于所述3D牙齿模型的相对定位,评估所述候选3D刚性变换度量。在S133中,选择对应于最佳度量的最佳3D刚性变换。在S134处,判断最佳度量是否超过预定阈值;如果最佳度量趋于低于预定阈值,那么进入S136,接受对应3D刚性变换;如果最佳度量超过预定阈值,进入S137,拒绝拼接,这意味着拼接失败。

[0061] 应当注意,拼接过程可以手动方式、半自动方式或自动方式完成。在使用半自动方式的情况下,特定拼接方法可以参考美国专利号US 8121718 B2。在其他优选的实施方案中,拼接过程可基于算法来自动执行。US 8121718 B2的整个内容以引用方式并入本文。可以理解,对齐过程中使用的自动方式可为用户大大节省宝贵时间。因此,不仅提高咬合配准速率,而且改进用户体验。

[0062] 另外,在S140的步骤中,判断S130中的对齐是否成功。如果对齐成功,进入S150的步骤,即,咬合表面连通上颌和下颌的3D牙齿模型一起显示;如果对齐失败,则返回至S120的步骤,以便获取另一咬合表面,直到成功对齐为止。

[0063] 图7是根据本发明的实施方案的成功对齐时的用户界面显示。在实施方案中,如图7所示,106指示咬合表面连同拼接到咬合表面的上颌/下颌的3D牙齿模型,这表示了一次成功咬合配准。此外,具体来说,101指示应用窗口;102指示应用菜单栏;103指示应用工作空间;104指示处于初始定位的上颌的3D牙齿模型;并且105指示处于初始定位的下颌的3D牙齿模型。箭头表示在对齐过程中上颌/下颌的3D牙齿模型的移动方向。当对齐成功时,可

获得并存储对应于成功咬合配准的变换,并且用户可在最终咬合配准计算的接下来的步骤中用到这个变换。

[0064] 图8是根据本发明的实施方案的并未成功对齐时的用户界面显示。在对齐未成功的情况下,如在图8的用户界面中所示,用户将会接收关于无法对齐或配置咬合表面的通知109。此外,可自动地放弃这个咬合表面。因此,用户仅会得到满足对齐的算法质量准则的结果,这有助于提高咬合配准的准确性。同时,必须返回S120,以便重复进行另一循环咬合配置过程。

[0065] 另外,在S160的步骤中,用户可以重复执行S120至S150的步骤,以便获得另一成功咬合配准。重复S120至S150的步骤的次数不受该实施方案限制。用户可主观地确定重复次数,以便获得至少两次成功咬合配准。用户也可存储并自由地显示多次成功咬合配准。因此,为用户评估所有的成功咬合配准是非常方便的,并且用户可进一步在下一步骤中,从多次成功咬合配准中选择具有优选变换的一个。如图7和图8所示,每个按钮107表示重复过程。在实例中,按钮107可设置为绿色,如果选定成功咬合配准的话。

[0066] 另外,在S170的步骤中,通过评估至少两次成功咬合配准,选择至少一次成功咬合配准。在这个步骤中,咬合表面以及上颌和下颌的3D模型106可以不同视角显示;因此,用户可从不同视角观察这个咬合表面以及配准的上牙弓和下牙弓,这大大有助于全面观察不同位置处的失配。当评估时,上颌和下颌的3D牙齿模型的相应位置可由用户评估,以便判断咬合表面是否合适。如果对应于咬合表面远端的失配超过期望的值,那么咬合表面及其对应咬合配准不适合于用于最终咬合配准的计算的接下来的步骤。例如,当咬合表面选自臼齿右侧时,用户可观察到臼齿右侧位置中的失配。另外,通过比较性地评估至少两次成功咬合配准,具有较佳评估结果的一次或多次成功咬合配准及其对应咬合表面可容易由用户选择出来。因此,用户可以直观方式选择具有优化的变换的咬合配准,这能够进一步大大提高最终所形成的全局3D牙齿模型的准确性。

[0067] 具体来说,如图7和图8所示,用户可以双击任何按钮107,以实现并存储期望成功咬合配准及其对应咬合表面,并且未选择的咬合配准在最终咬合配准的计算的接下来的步骤中禁用。在一实施方案中,当用户选择成功咬合配准时,按钮107变绿;当并未选择成功咬合配准时,按钮107变红。因此,用户可容易地分辨所选择的成功咬合配准与未选择的成功咬合配准。在另一个实施方案中,对成功咬合配准的选择可以自动方式完成。在另一个实施方案中,步骤170在无用户交互的情况下,自动选择所有成功咬合配准。当另外点击按钮108时,转至步骤S180。

[0068] 另外,在S180的步骤中,使用所选择的一次或多次成功咬合配准来计算最终咬合配准。

[0069] 在一实施方案中,对最终咬合配准的计算采用对所选择的成功咬合配准的多次矩阵插值。如果在步骤S170中选择至少两次成功咬合配准,那么将分别对应于不同所选择的成功咬合配准的所有变换组合成单个变换。具体来说,如图9所示,4×4矩阵差值可以包含以下步骤:将每个矩阵分解成等效值集(S211),插入来自对应值集的对应值(S212),以及将来自插入值集的矩阵重新分解(S213)。等效值集可以包括平移、缩放、拉伸(全表示为具有3分量的矢量)以及透视、四元数(两者都表示为具有4分量的矢量) 详细来说,上文所提及的多个矩阵差值还描述于<http://dev.w3.org/csswg/css3-transforms/#matrix->

interpolation,且其公开内容以引用的方式并入本文。

[0070] 因此,在多个矩阵差值的实施方案中,S180会向用户提供将来自所有所选择的咬合配准的信息合并在一起的方式,并且这个步骤可被示为对变换求平均(即,对拼接噪声求平均)、同时使上牙弓和下牙弓保持刚性的过程。

[0071] 应当注意,如果在步骤S170中仅仅选择一个成功咬合配准,那么所选择的咬合配准的变换可通过现有技术方法处理。

[0072] 在另一个实施方案中,计算根据所选择的成功咬合配准采用对成本函数的优化,即,采用3D视图的全局匹配以同时优化在一定程度上重叠的所有视图的相对定位。这个过程中重用的咬合表面是对应于所选择的咬合配准的咬合表面。也就是说,S170中选择的咬合表面可被再次用来优化每个3D表面的定位。

[0073] 具体来说,全局匹配是指对每个3D表面的定位优化,以便优化成本函数。在全局匹配的实施方案中,来自上颌、下颌的3D表面以及所选择的成功咬合配准可一起被用于要优化的成本函数。在全局匹配的另一个实施方案中,来自下颌的3D表面的子集、来自上颌的表面的子集以及所选择的成功咬合配准用于要优化的成本函数。在一实施方案中,成本函数根据成对3D表面之间距离计算。成对3D表面之间距离可以根据表面上的对应最靠近点之间距离计算。如果表面使用离散表示,那么对应点可使用离散坐标插值获得。表面上的对应最靠近点之间距离可被权衡,并且这种权衡可取决于预定阈值。预定阈值可以表示阈值距离,高于这个阈值距离,对应最靠近点的影响会减小。

[0074] 针对单对3D表面S1和S2的成本函数可撰写为:

$$[0075] \quad f(S_1, S_2) = \sum_{i \in S_1} w_i d_i^2(S_1, S_2)$$

[0076] 其中指数i是表面S1上的点,并且 $d_i(S_1, S_2)$ 是该点与另一表面的距离,并且 w_i 可取决于两个表面之间初始距离以及预定阈值。

[0077] 针对所有对的3D表面的成本函数可撰写为:

$$[0078] \quad F = \sum_k \sum_{l \neq k} f(T_k(S_k), T_l(S_l))$$

[0079] 其中(k, l)表示任何对的不同表面,并且 T_k, T_l 表示要优化的表面变换。

[0080] 全局匹配此处对应变换 T_k, T_l 未知的最小平方和函数的最小化。

[0081] 存在成本函数的提供类似最终变换的其他变型,对于本领域的技术人员而言,这些变型将被示为具有相同作用。

[0082] 变换的使用一个或多个所选择的咬合配准的优化可指通过优化成本函数使用一个或多个所选择的咬合配准来进行的上牙弓相对于下牙弓的定位优化。在一实施方案中,成本函数根据成对3D表面之间距离计算。成对3D表面之间距离可以根据表面上的对应最靠近点之间距离计算。表面上的对应最靠近点之间距离可被权衡,并且这种权衡可取决于预定阈值。预定阈值可以表示阈值距离,高于这个阈值距离,对应最靠近点的影响会减小。

[0083] 针对变换的优化的成本函数可撰写为:

$$[0084] \quad G = \sum_{b \in B} \sum_{l \in L} f(T_b(S_b), T_l(S_l)) + \sum_{b \in B} \sum_{u \in U} f(T_b(S_b), S_u)$$

[0085] 其中b表示所选择的咬合表面的指数,B是所选择的咬合表面指数的池,L是来自下颌的表面的池,U是来自上颌的表面的池, T_b 是具有指数b的每个咬合表面的变换,T是下颌

相对于上颌的变换。在这个表示中,上颌被示为静止的,但也存在这个成本函数的提供类似最终变换的变型。要优化的未知内容是咬合表面的单独变换 T_b 以及下颌的全局变换 T 。

[0086] 图10示出具有咬合表面的所获取的3D表面的一部分。其中,201指示上颌,203指示下颌,并且202指示咬合表面202。来自上颌和下颌的积累定位误差通过同时优化所有补片的定位来减少。因此,在上颌与下颌间的关系得以维持,并且补片定位得到优化。

[0087] 在S180后,用于构造全局3D牙齿模型的方法可进一步包括其他步骤,诸如通过在重叠区域中插入表面来分开将补片合并在下颌和上颌中以生成全局表面,以及组合修补手术(像填洞、修匀和清洁)的修补后处理。其他步骤已为本领域的技术人员所知,因此,在本文中不再详细描述这些步骤。

[0088] 最后,全局3D牙齿模型形成并显示于监控器中。在使用准确咬合配准时,全局3D牙齿模型的准确性大大提高。

[0089] 可以理解,咬合配准系统可被视为用于构造全局3D牙齿模型的系统的子模块。

[0090] 在此上下文中,表面对应于在一次获取中获取的表面(也被称为一个视图),并且可实际上包含若干分离表面。

[0091] 以上实例主要论述用于咬合配准的方法和系统以及用于构造全局3D牙齿模型的方法和系统。虽然仅已描述本发明的实施方案的一些,但是本领域的技术人员应当理解,在不背离本发明的精神和范围的情况下,可以许多其他形式来实现本发明。因此,所示实例和实施方案应理解为示例性的而非限制性的。在不背离所附权利要求书限定的本发明的精神和范围的情况下,本发明可涵盖各种修改以及替换。

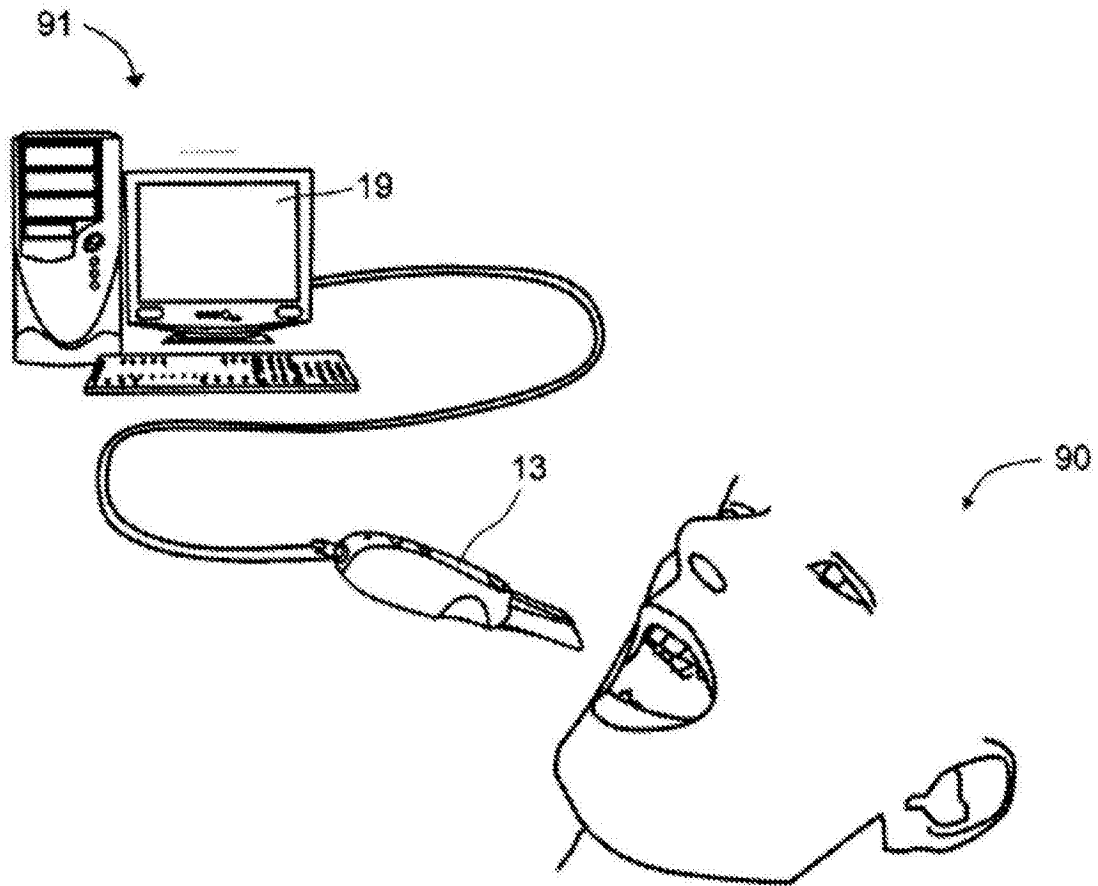
10

图1

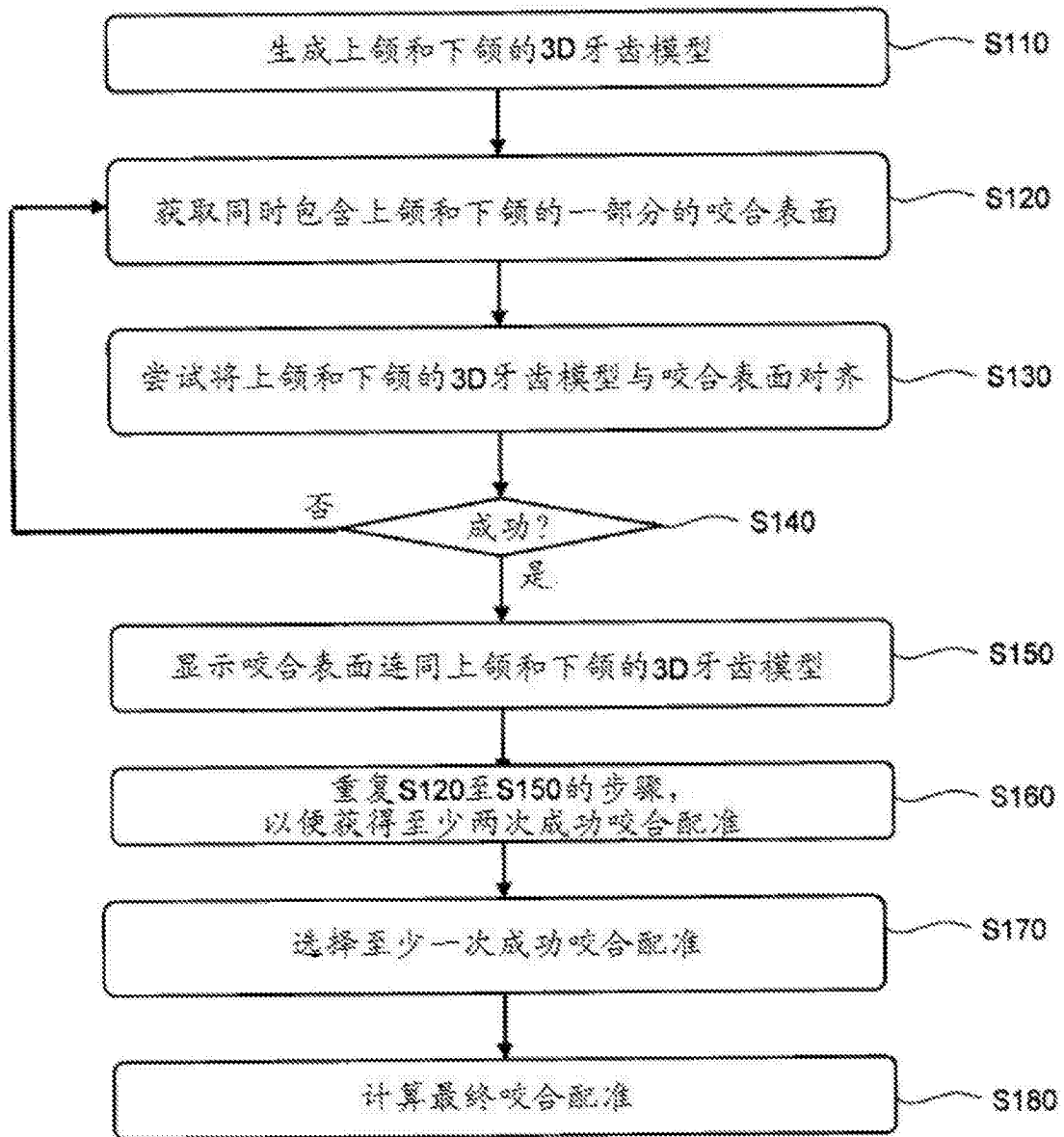


图2

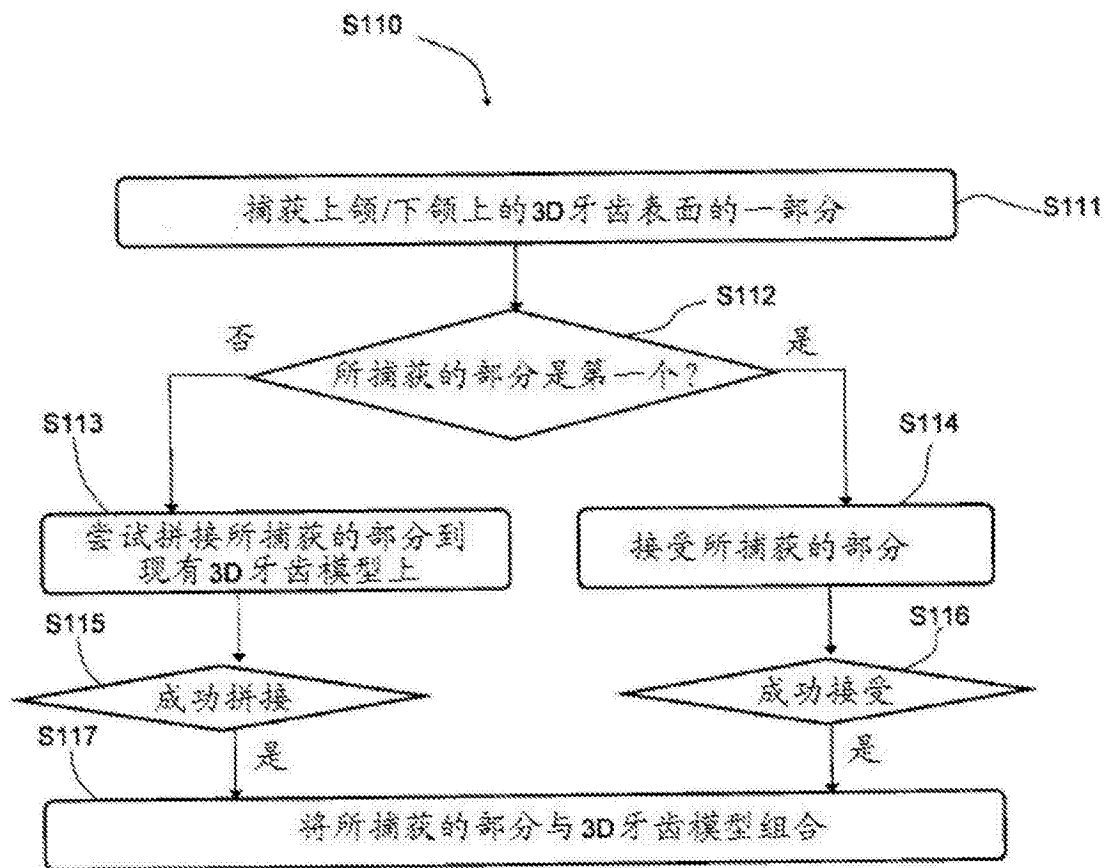


图3

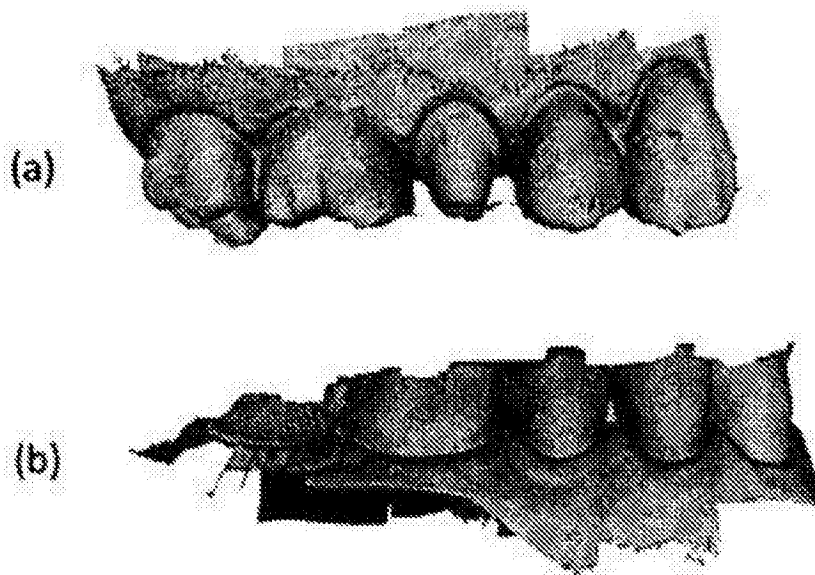


图4

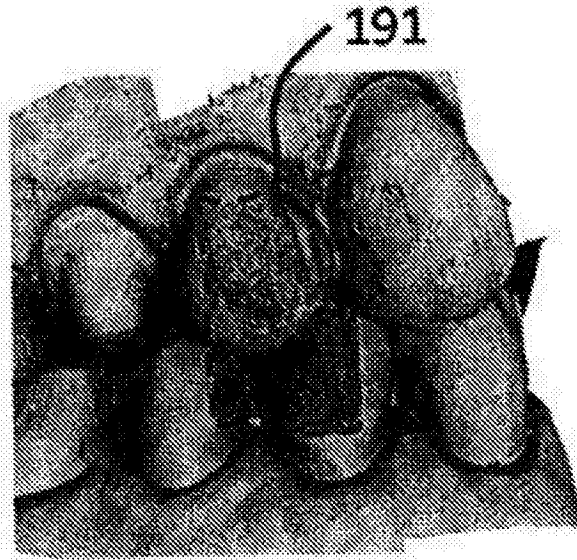


图5

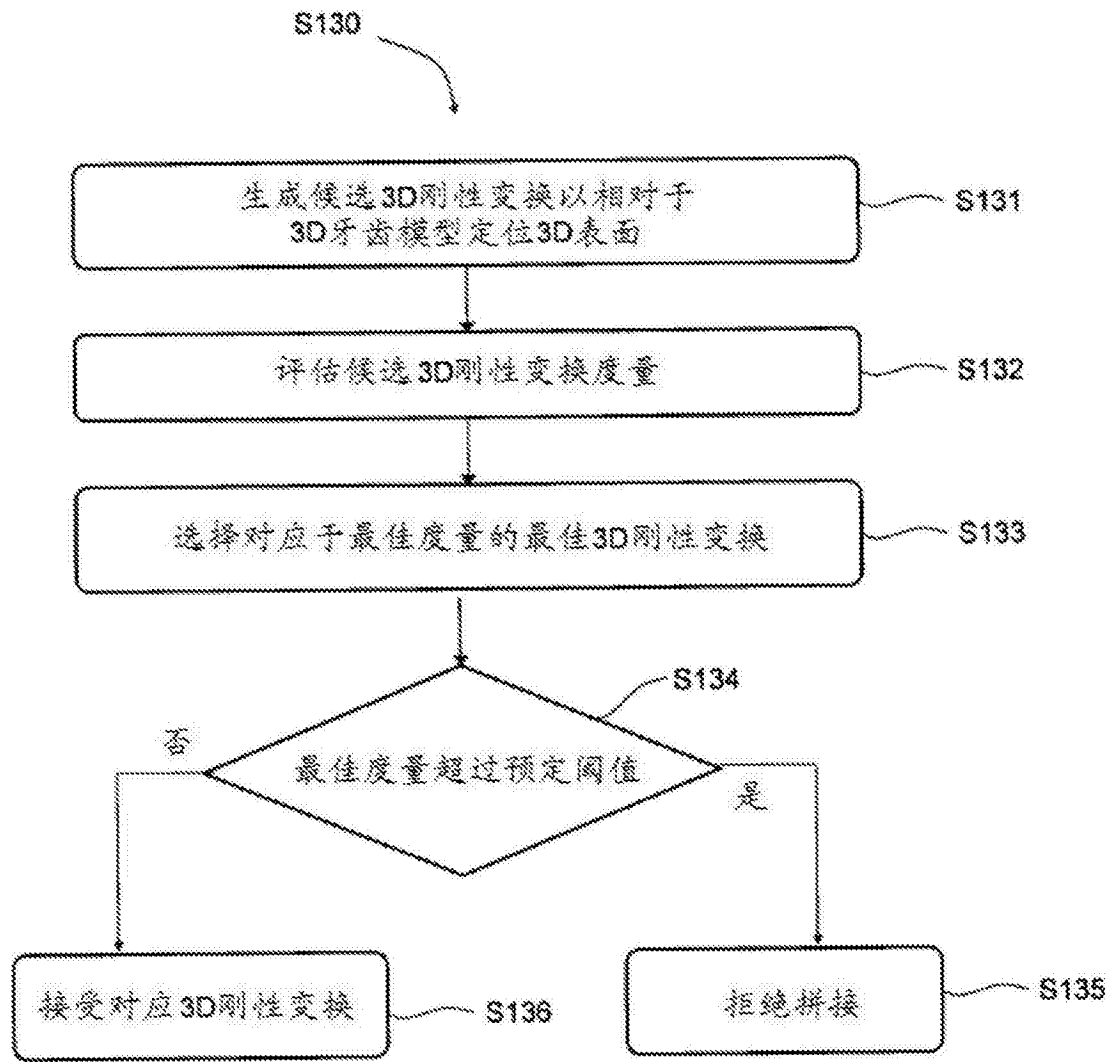


图6

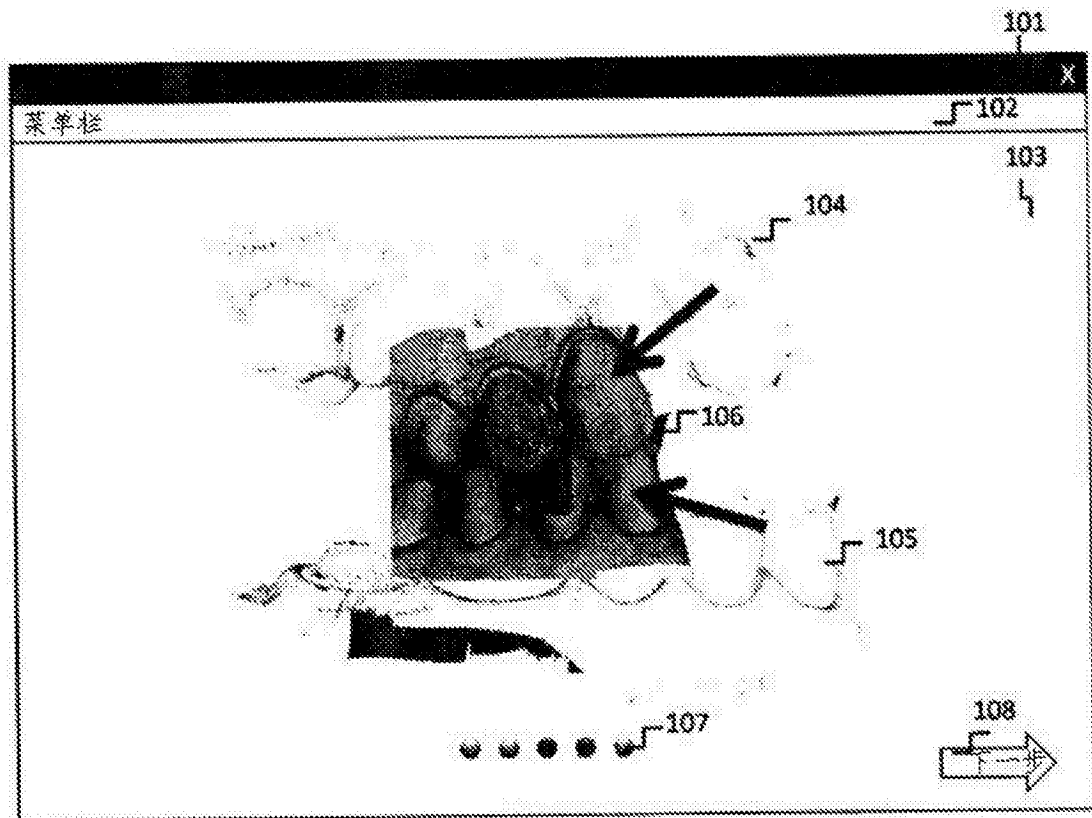


图7

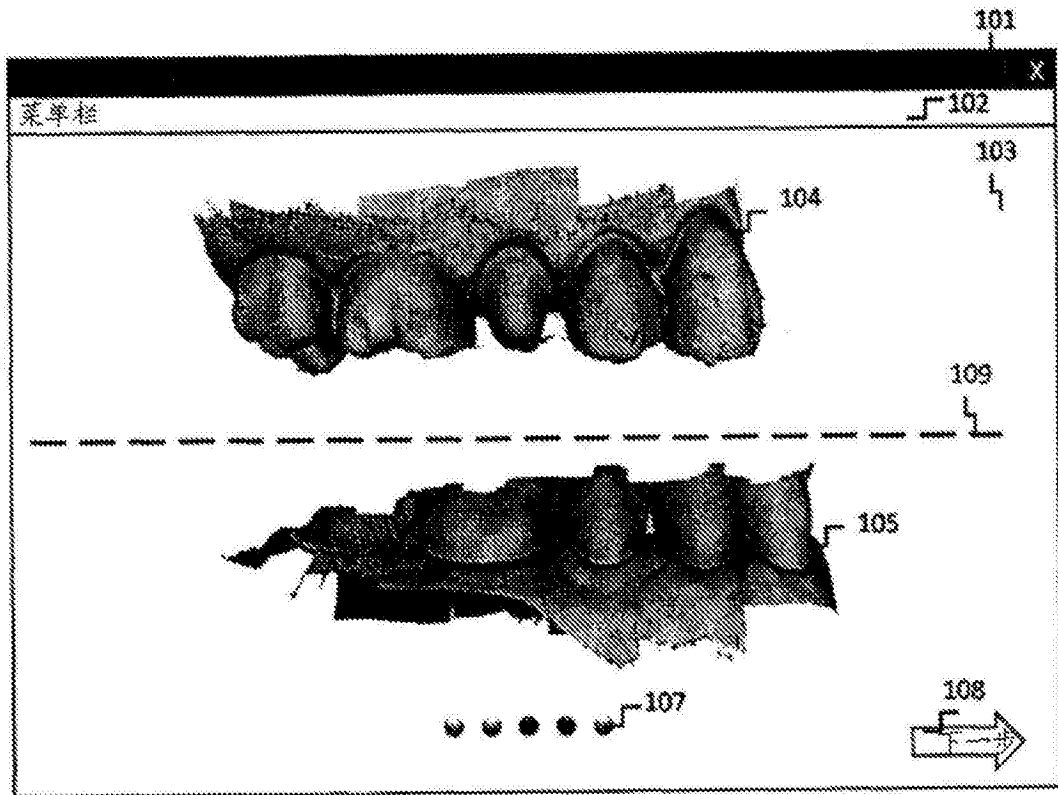


图8

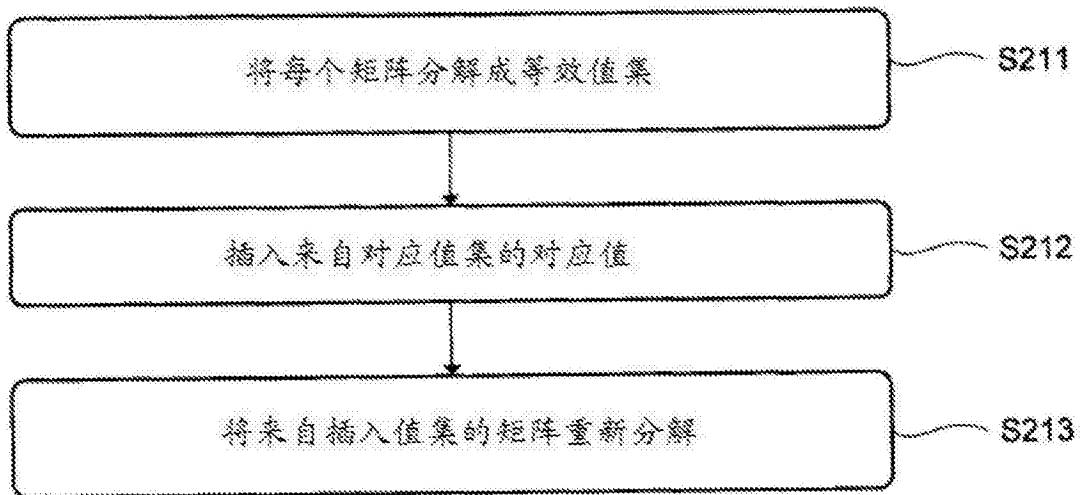


图9

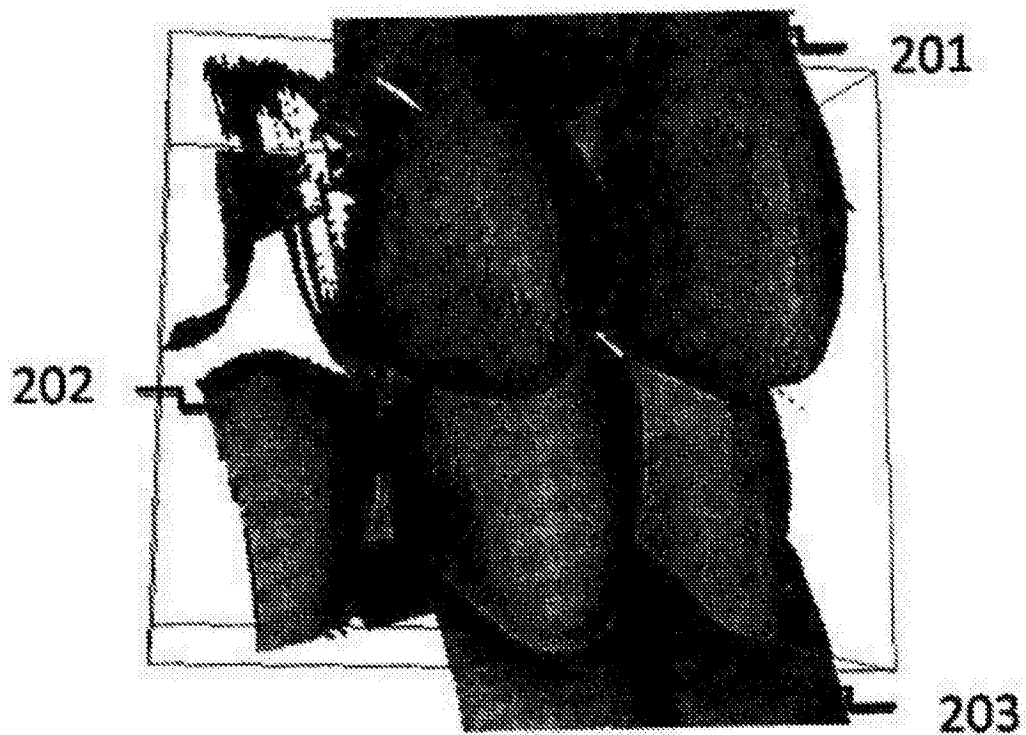


图10