(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108885798 B
(45)授权公告日 2023.03.31

(21)申请号 201780016451.6
(22)申请日 2017.03.02
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108885798 A
(43)申请公布日 2018.11.23
(30)优先权数据
1604155.0 2016.03.10 GB
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.09.10
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2017/054959 2017.03.02
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/153259 EN 2017.09.14
(73)专利权人 尼辛牙科产品有限公司
地址 日本京都
(72)发明人 尼尔斯·范登布拉贝尔
马克·德格雷夫
(74)专利代理机构 深圳中一联合知识产权代理有限公司 44414
专利代理师 颜思晨
(51)Int.Cl.
G06T 17/00(2006.01)
G06T 17/20(2006.01)
G09B 23/28(2006.01)
(56)对比文件
CN 101442955 A,2009.05.27
CN 104011724 A,2014.08.27
US 2009248184 A1,2009.10.01
审查员 赵鼎新

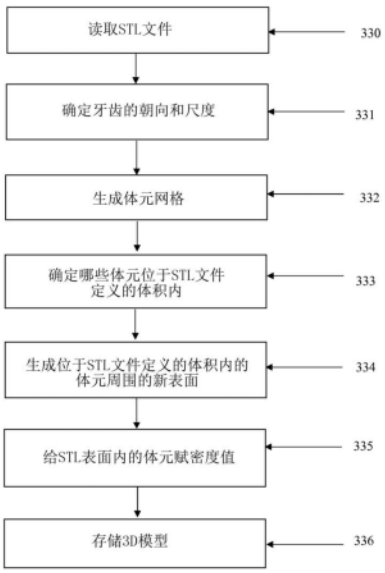
权利要求书2页 说明书4页 附图9页

(54)发明名称

用于牙齿仿真的生成3D模型的方法及机器

(57)摘要

一种用于牙齿仿真的生成3D模型的计算机实现方法,包括:读取描述3D物体表面的文件,所述3D物体具有体积;生成包含3D物体的体元网格,其中体元网格包括多个体元;识别位于3D物体体积内的多个体元的体元子集;生成三角化的表面,其中三角化的表面包含体元子集且定义了3D模型的外表面;给体元子集中的每一个体元赋密度值,其中体元子集定义了3D模型的立体体积。



CN 108885798 B

1.一种用于牙齿仿真的生成3D模型的计算机实现方法,包括:

读取描述3D物体的三角化的表面的文件,所述3D物体具有体积,其中所述文件为STL文件;

生成包含所述3D物体的体元网格,其中所述体元网格包括多个体元,所述多个体元为由3D网格定义的立方体;

识别位于所述3D物体的体积内的多个体元的体元子集,其中识别位于所述3D物体的体积内的多个体元的体元子集包括:确定与所述3D物体的三角化的表面相交的立方体边缘上的交点,以及将基于所述三角化的表面的每个三角形的面法线方向的顶点在所述三角化的表面内体元确定为位于所述3D物体的体积内的体元;

通过使用所述交点生成新的三角化的表面,其中所述新的三角化的表面围绕所述体元子集且定义了所述3D模型的外表面;

给所述体元子集中的每一个体元赋密度值,其中所述体元子集定义了所述3D模型的立体体积;

所述体元子集中的不同体元具有不同的密度值。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述文件描述了一个或更多真正牙齿的表面几何图形。

3.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括将所述3D模型输出至牙齿仿真机器上的显示器。

4.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括在仿真程序中加载所述3D模型。

5.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述体元网格中的每个立方体的体积为0.2mm^3。

6.根据权利要求1-5任一项所述的方法,其特征在于,生成体元网格的步骤包括:在所述3D物体周围生成轴对齐的最小边界框。

7.根据权利要求1-5任一项所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括提取所述STL文件的一部分并仅基于选定的部分生成3D模型。

8.一种存储指令的机器可读取的存储介质,所述指令在被处理器运行时执行根据权利要求1-7任一项所述的方法。

9.一种用于牙科训练的提供3D模型的方法,包括:

光学扫描形成病人口部部分的一颗或多颗牙齿;

生成所述一颗或多颗牙齿的3D表面图像;

根据权利要求1所述的方法处理所述3D表面图像以生成所述一颗或多颗牙齿的3D立体模型;以及

在牙齿仿真机器的显示器上显示所述3D立体模型。

10.根据权利要求9所述的方法,所述方法进一步包括,在牙科训练软件程序中加载所述3D模型。

11.一种牙齿仿真机器,包括:

选择3D模型的装置,所述3D模型根据权利要求1-7任一项来生成,以在牙科训练软件程序中使用;

在训练程序执行期间在观看屏上显示选定的3D模型的装置。

12.根据权利要求11所述的牙齿仿真机器,所述机器进一步包括生成指令以在所述训练程序执行期间修改所述3D模型的装置。

13.一种设备,其被配置为执行权利要求1-7中任一项所述的方法。

用于牙齿仿真的生成3D模型的方法及机器

技术领域

[0001] 本发明涉及3D模型的生成，且更具体地涉及在牙齿仿真中使用的3D模型的生成。

背景技术

[0002] 模拟牙科技术的机器众所周知是用于训练目的，且包括，例如由申请人制造的Simodont机器。这些机器实施虚拟现实技术以允许学生练习各种牙科步骤。该仿真机器大体上包括显示屏，其输出3D图像供戴上3D眼镜的使用者观看。显示屏的下方为至少一个手持件，其通过包括一系列连接件和电机的机构固定至机器。当用户在一个牙齿、一组牙齿或下巴的虚拟3D模型上进行牙科手术(例如，钻牙)时，测量手持件的相对位置(当它被用户移动时)以及用户施加的力。党学生执行他们的钻孔时，该手持件模拟牙医的钻子并且给学生提供触觉反馈。

[0003] 在实习牙医被要求在真正的而不是虚拟的牙齿上实施相同的技术之前，牙齿仿真机器为实习牙医提供了仿真环境。病人的安全非常重要。3D模型越真实，学生从在牙齿仿真机器上训练到在真正的病人身上实施牙科的转换更顺利。

[0004] 典型地，3D模型是人为构造的。不同的模型设计用于不同的训练要求和情景——例如，特殊的模型可以是断裂牙齿的结构(其中要求学生在模拟的训练场景中修理)。其它模型根据牙科训练程序的需要可以展示其它特点或特点的组合。然而，企图建立人为模型来精确表示可能出现的每个不同的可能牙齿情景是不现实的(几乎不可能)。因此通用模型的使用可能限制学生在牙齿仿真机器上训练的有效性。

[0005] 以前已经做了尝试使用实际病人数据来生成仿真模型。在一个方法中，从结合CT(Computed Tomography，计算机断层扫描)扫描的层析片来生成体积模型。然而，CT扫描既不方便又昂贵。

[0006] 本发明的目的在于减少现有技术的至少一些缺点。

发明内容

[0007] 根据本发明的第一方面，提供一种用于牙齿仿真的生成3D模型的计算机实现方法，包括：读取描述3D物体表面的文件，所述3D物体具有体积；生成包含3D物体的体元网格，其中体元网格包括多个体元；识别位于3D物体体积内的多个体元的体元子集；生成3D表面，其中3D表面围绕体元子集且定义了3D模型的外表面；给体元子集中的每一个体元赋密度值，其中体元子集定义了3D模型的立体体积。使用有关真正牙齿的数据，本方法自动有效地提供在牙齿仿真程序中使用的具有密度数据的3D模型。

[0008] 根据本发明的第二方面，提供一种根据所附权利要求13的方法。所述方法便利地使用光学扫描仪的便捷性和灵活性，来精确有效地建立在牙齿仿真环境中使用的立体模型。

[0009] 根据本发明的第三方面，提供一种根据所附权利要求15的牙齿仿真机器。

[0010] 本发明的优选特征在所附的从属权利要求中定义。

附图说明

[0011] 本发明将结合附图进行描述，其中：

[0012] 图1为牙齿仿真机器的透视图；

[0013] 图2为根据本发明一实施例的3D成像过程的主要步骤的流程图；

[0014] 图3为根据本发明一实施例的生成3D模型的方法的步骤的流程图；

[0015] 图4为用户在牙齿仿真机器的观看屏上观看的根据本发明一实施例创建的图像；

[0016] 图5a为一组牙齿的三角形网状表面图像；

[0017] 图5b为根据本发明一实施例所生成的图5a中所示的牙齿图像；

[0018] 图6a为图5a和5b的一组牙齿的三角形网状表面图像，其相对图5a和5b旋转了；

[0019] 图6b为根据本发明一实施例所生成的图6a中所示的牙齿图像；

[0020] 图7为根据本发明一实施例所生成的三个牙齿的图像。

具体实施方式

[0021] 图1中大体上显示了牙齿仿真机器。机器100由牙医学的学生使用，以使用虚拟现实技术练习牙科学。学生坐在椅子(未显示)上面朝观看屏101。手工工具架102通常定义了一面积，学生在其中操作牙科学手持件，例如牙医的钻子。电源按钮105给机器提供开/关功能，高度调整开关106允许用户调整包括手工工具架102和观看屏101的机器100的位置高度。观看屏101显示虚拟的3D移动图像，图像的移动与学生的手持件(其通常位于手工工具架101的面积内)的移动相对应。学生戴上无源3D眼镜在观看屏101上观看图像。鼠标104允许机器的用户在三维中调整观看屏101上的图像的相对位置和朝向。脚踏板107协助控制模拟钻子(或者其它电动牙科工具)的操作。

[0022] 机器100还包括训练屏103(其可以为触摸感应屏)，其被学生使用来获取与他们训练相关的信息，例如训练程序、个人课程、评分和标记数据、导师评论，并回顾之前的训练材料。当执行仿真步骤时，在观看屏101上显示的图像也输出至训练屏103以允许旁观者观看学生对机器的使用.

[0023] 现在讲结合图2来描述本发明的概述。在步骤211处，使用口内扫描仪扫描一个或多个牙齿。口内扫描仪为手持的光学扫描仪，其通常被牙医和其它医学教授使用以获得治疗之前或者之后的牙齿和牙龈的图像。口内扫描仪生成的图像允许详细观察口腔区域，可能是在场外或稍后。口内扫描获取的图像便于牙医用于视觉分析以帮助辅助诊断或预后。通常，口内扫描采用3D激光扫描技术，本领域技术人员可以获知它的进一步细节。

[0024] 在步骤212处，口内扫描仪的原始数据被转换成STL格式，其中被扫描的一个或多个牙齿的表面几何图形被(ASCII，或者二进制)表示成包括多个三角形的网格。本领域技术人员可以获知STL文件格式的进一步细节。

[0025] 将理解为，当牙齿扫描的STL文件描述三维物体的表面几何图形时，它不提供关于物体内部的信息。然而，在特定的牙科仿真中，可以要求学生钻进牙齿或者围绕牙齿并因此减小牙齿的体积。以下结合图3描述的算法提供一种在牙科仿真中使用的3D模型，其除了描述牙齿的表面轮廓还描述牙齿本身。这在图2的方法的步骤213处完成。

[0026] 在步骤214处，通过用户申请，提供牙齿或多个牙齿的3D模型给牙齿仿真机器并可由学生获取作为针对病人的训练项目/课程的部分，其类似于其它的训练项目，可以具有截

止日期和有效日期,所述截止日期规定了完成该项目/课程的时间表,有效日期规定了有关针对病人的模型不能再被学生获取到的数据。特定的模型可以分配给能够“登录”用户申请的一个或多个特定的学生,以便于在学生正在使用的牙齿仿真机器上加载模型。

[0027] 3D模型的生成优选地发生在安全的“导师环境”。接着创建3D模型,但其在允许在牙齿仿真机器上获取3D模型之前,导师或者指导者(例如)可以从病人扫描的库中检索3D模型并检查该模型以评估其在具体课程中或者对于特定学生的适用性。通过案件管理器程序,导师或者指导者因此可以确定是否或何时允许从服务器、机器或其他存储设备处获取3D模型。

[0028] 一旦3D模型已经被“公开了”并且可被上课的学生通过牙齿仿真机器100上的训练屏103获取,3D模型就可作为仿真程序的部分(步骤214)。执行仿真程序允许用于在观看屏101上观看3D的模型,并且调制模型的放大倍数和朝向。学生用身体移动一个或多个手持件108,就像操作牙科工具,例如钻子。图4为例行训练期间学生可能会典型观看到的图像。3D模型442包括四个牙齿,其中一个是由钻子440的毛刺441来操作。如上所述,根据学生的三维模型的模拟钻孔,牙齿仿真机器100给操作钻子的学生提供触觉反馈(步骤215)。当学生钻进牙齿时,程序通过减小牙齿的体积来模拟立体材料的移除。因为牙齿有密度(因此必须给钻子施加压力来移除材料),虚拟的密度被赋予牙齿内部,以使得机器100的触觉控制单元可以通过连接至手持件108的电机给学生施加适当的阻力。

[0029] 将结合图3进一步详细描述生成3D模型的方法。被扫描牙齿的STL文件(通常由口内扫描仪提供)被导入存储器且被程序读取,该程序执行本文描述的算法。STL文件通常描述封闭的表面物体——也就是物体的表面是封闭的和连接的。因为由牙齿的口内扫描仪获取的扫描是光学的,且当然牙齿连接至牙龈和下颚,使用口内扫描仪,牙齿的完整封闭的表面扫描是不可能的且这种扫描将总是“打开的”,所述“打开的”通常位于与下颚的平面平行的平面中。根据STL文件格式,STL文件中规定的表面几何图形被描述为三角形网格,三角形网格的数量和相对大小取决于口内扫描仪的分辨率。STL文件提供每个三角形角点的变量。一些STL文件可以提供构成网格的每个三角形的面法线,有些不可以。根据已知的技术,如果法线在STL文件中不提供则其可以计算出。在本发明的可选实施例中,生成3D模型的算法处理X3D文件。

[0030] 通过生成轴对齐的最小边界框,牙齿的STL网格对齐变量轴,使得STL文件描述的牙齿的朝向和尺度可以在步骤331处确定。作为可选地,可以使用任意对齐的最小边界框。体元的3D网格结构在步骤332处从最小边界框中建立。包括网格的立方体的相对尺寸定义了网格的分辨率。为了给触觉控制单元提供合适的分辨率,给3D网格结构的每个立方体选择0.2㎜的边缘长度。

[0031] 为了确定3D网格的哪些体元或数据点在表面网格内(因此基本上包括被扫描牙齿的体积)以及哪些体元位于表面网格之外,使沿3D网格的每个网格线(即沿着3D网格的每个立方体的每个边缘)的虚拟光栅扫描或光线轨迹在每个x、y和z方向上确定网格线(即立方体边缘)上的点,所述网格线与STL网格的三角形相交。一旦交点被确定了,就确定了具有交点的立方体的顶点处的数据点。使用三角形的面法线确定STL网格里面的顶点,法线的方向指示表面网格的外面。确定在STL网格里面的顶点因此确定了认为位于STL网格里面的体元。

[0032] 为了在练习中使用STL网格必须是封闭。既然被扫描的牙齿的STL网格是“打开的”,有必要估计封闭的网格。二维上光线追踪的交点为待估计得封闭提供了足够的数据。例如,如果开口是在z-y平面上,x方向上的光线追踪只可以产生1个交点(如果是2,将会是封闭网格的情况)。然而,在z和y维上的光线追踪将分别产生两个交点,且这足够用来估计z-y平面上的封闭。

[0033] 根据立方体的哪些顶点在STL网格里面和外面,原始的marching cubes算法所述的查找表被用于为立方体提供一组三角形。这样,交点用于生成新的三角形表面网格,其界定位于STL表面的体元(步骤334)。这建立了虚拟的结构,其定义了用于图形和触觉渲染的3D模型的外表面。不同于STL表面的三角形,新的表面具有与3D网格中立方体尺寸一致的指定分辨率。

[0034] 被发现在STL网格里面的体元在步骤335处被赋予密度值。为了计算效率,所有的相关体元(即位于网格里面的那些)被赋予相同的密度,密度值表示瓷釉。当学生虚拟地钻进3D模型时,正如通过触觉控制单元所控制的,给学生的反馈对于模拟瓷釉的钻孔来说将是合适的。

[0035] 然而,牙齿由具有不同密度的不同材料的“层”组成,因此特定牙齿的密度在穿过横截面时会改变。在可选的实施例中,当在仿真机器上的训练程序中使用时,在虚拟牙齿中模拟密度的这种变化,使得当实习牙医执行模拟钻孔时,根据钻孔的牙齿层被赋予的密度值,调节来自仿真机器的触觉控制单元的响应。为了执行这个,不同的体元根据它们的位置被赋予不同的密度值。例如,位于朝向3D模型外壳的体元可以被赋予瓷釉密度值,但是位于进一步朝向牙齿中心的体元可以被赋予与象牙质相同的密度值,象牙质比瓷釉更软。这样,3D模型具有与牙齿结构一致的密度数据,使得钻进牙齿的仿真是真实的。一旦赋予了密度值,3D模型可以加载在牙齿仿真机器100上。

[0036] 一些口内扫描仪提供颜色数据。在一个实施例中,根据扫描数据,颜色数据被应用至3D模型的表面。颜色数据还可以被应用至体元以更接近地表示牙齿的内部。

[0037] 图5a、5b、6a和6b显示了一组四颗牙齿,其中一颗要求更换牙冠。在仿真期间,可以要求学生在牙冠543和643的基部附近钻孔以提供凹痕,在其中可以固定新的牙冠(未示出)(如图4中所示)。图5a和5b显示了一组四颗牙齿542和642的表面网格,其包括使用交点生成的三角形544和644。图5b和6b显示了相应的已完成的灰度3D模型。

[0038] 被口内扫描仪扫描的面积越大(即牙齿的数量越多),以结合图3所述的方式来生成3D模型的处理要求就越高。在一个实施例中,由STL表示的扫描的兴趣区域可以被提取处理以建立3D模型——即只使用了STL文件的一部分。例如,牙齿技术员、指导师或导师可以检查STL文件提供的图像以确定只需要被扫描的多个牙齿中的一个。图7显示了一组三颗牙齿的3D模型700,其从包括更多牙齿的STL文件中生成。

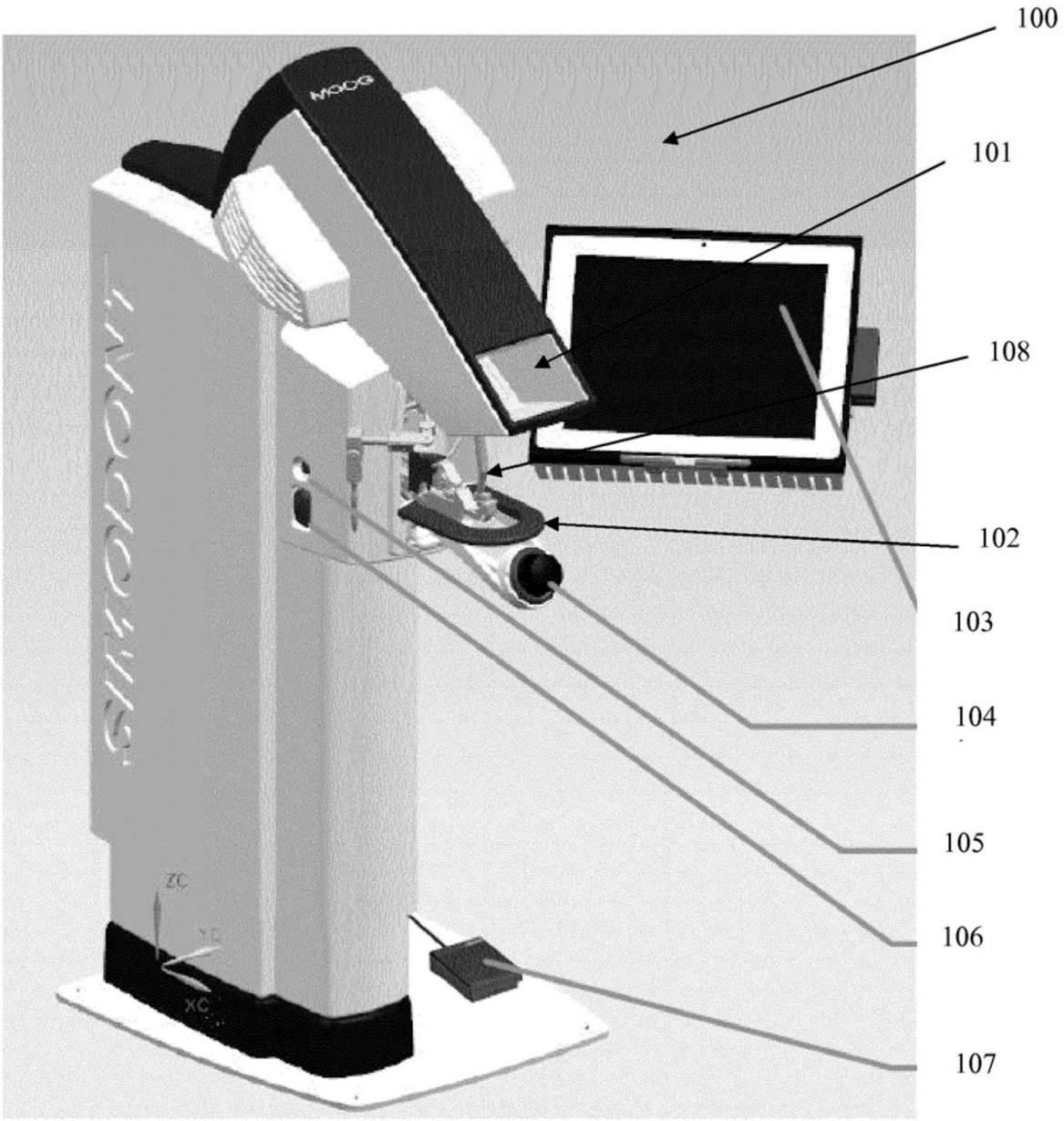


图1

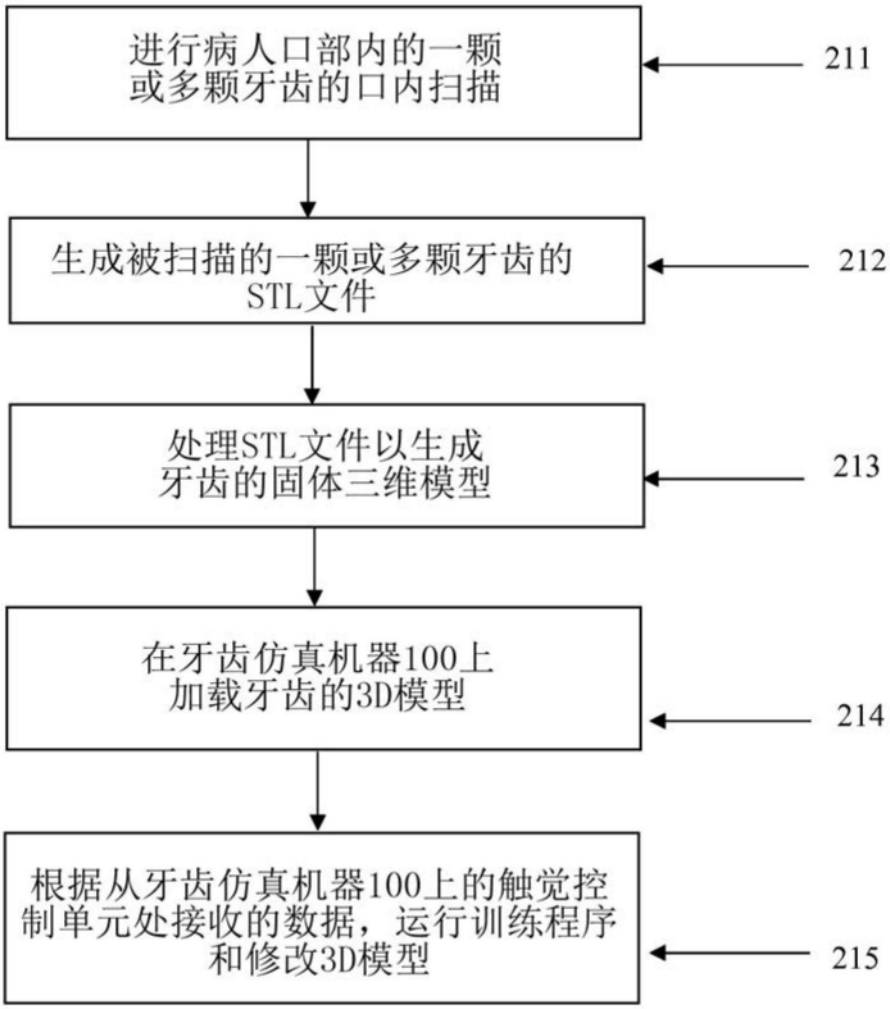

进行病人口部内的一颗或多颗牙齿的口内扫描
211
生成被扫描的一颗或多颗牙齿的STL文件
212
处理STL文件以生成牙齿的固体三维模型
213
在牙齿仿真机器100上加载牙齿的3D模型
214
根据从牙齿仿真机器100上的触觉控制单元处接收的数据，运行训练程序和修改3D模型
215

图2

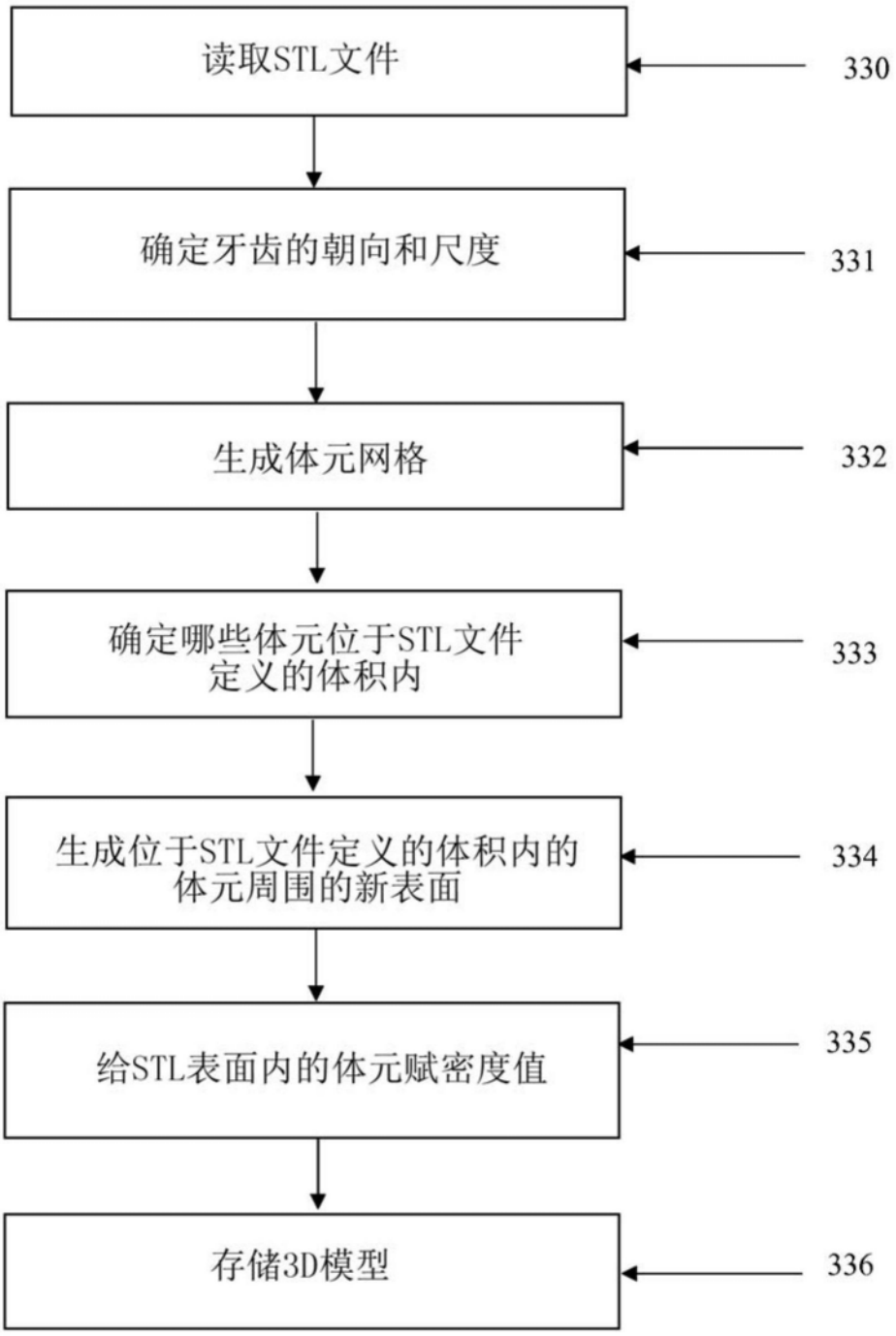

读取STL文件
330
确定牙齿的朝向和尺度
331
生成体元网格
332
确定哪些体元位于STL文件定义的体积内
333
生成位于STL文件定义的体积内的体元周围的新表面
334
给STL表面内的体元赋密度值
335
存储3D模型
336

图3

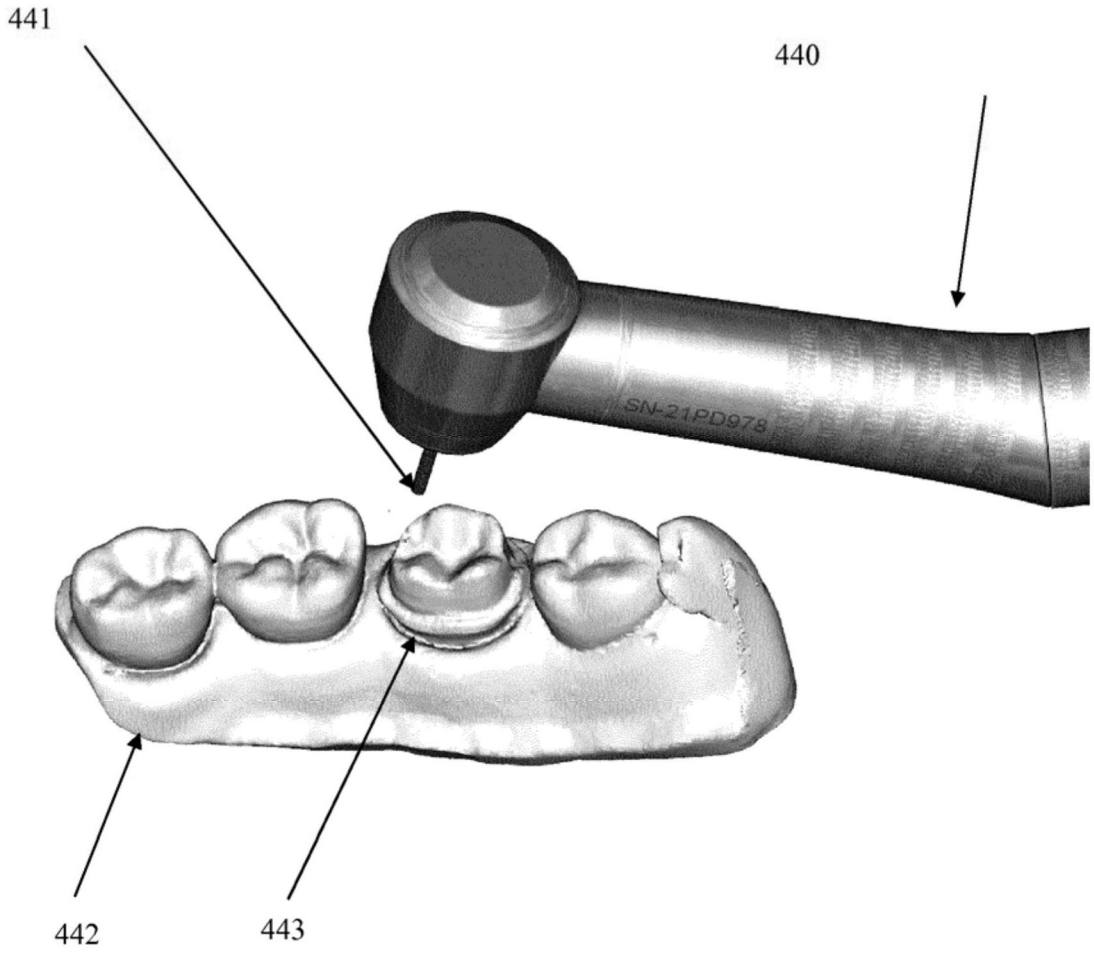


图4

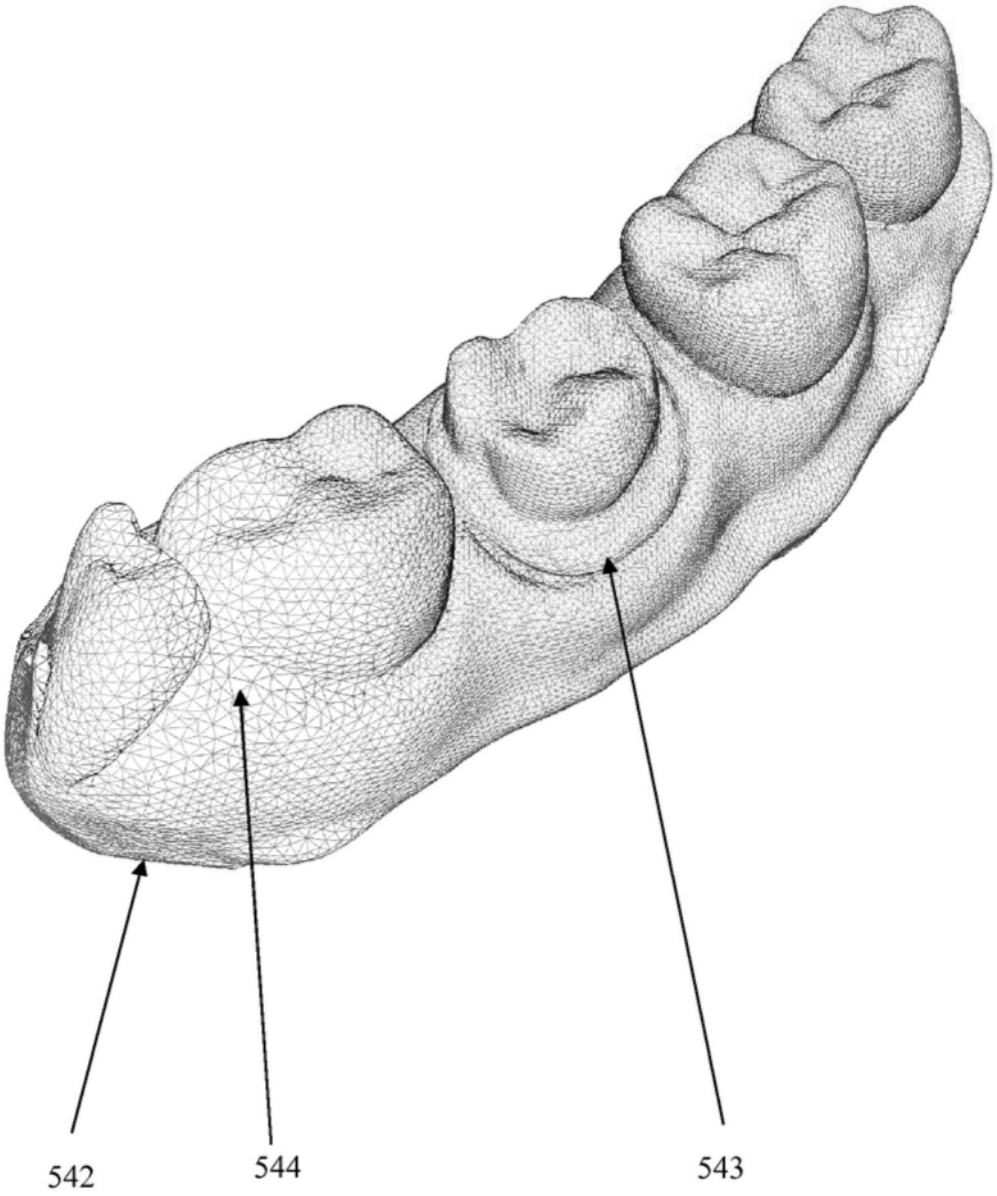


图5a

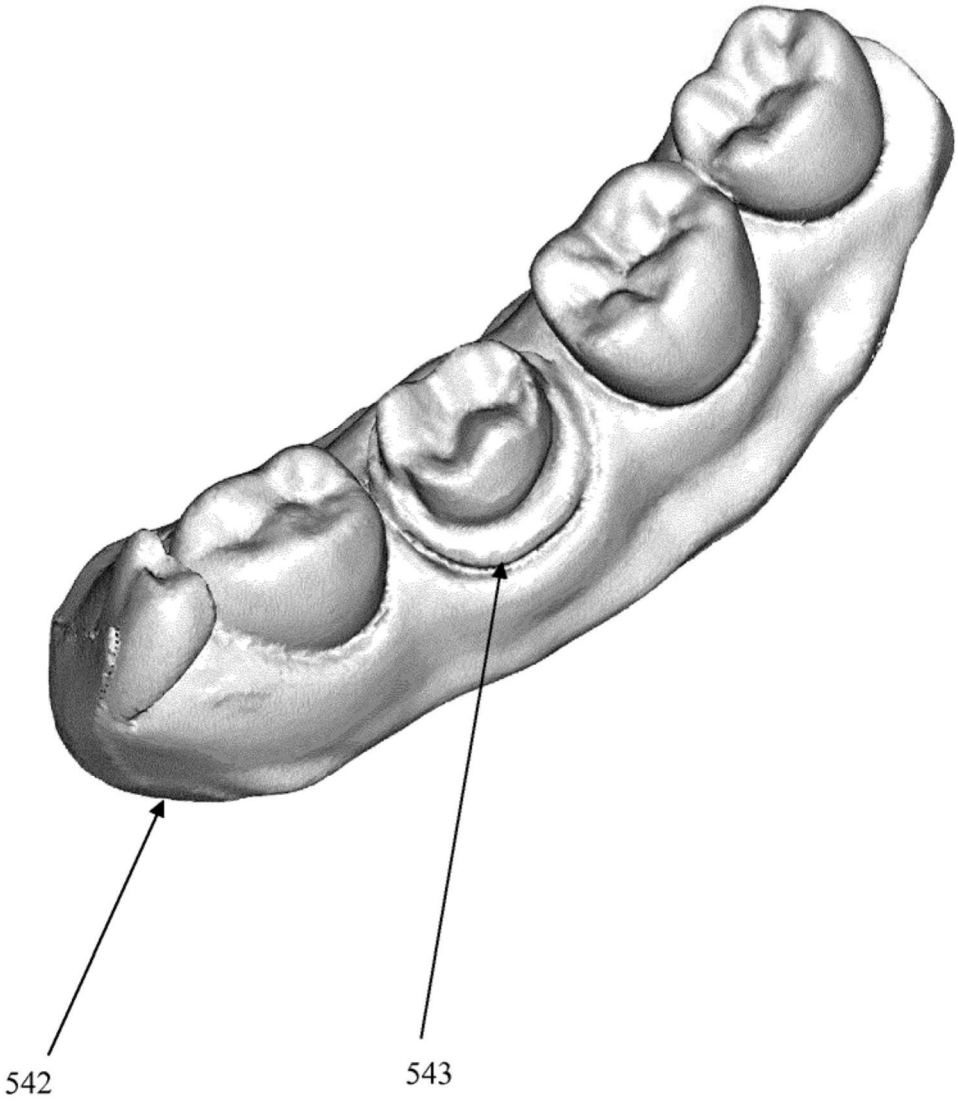


图5b

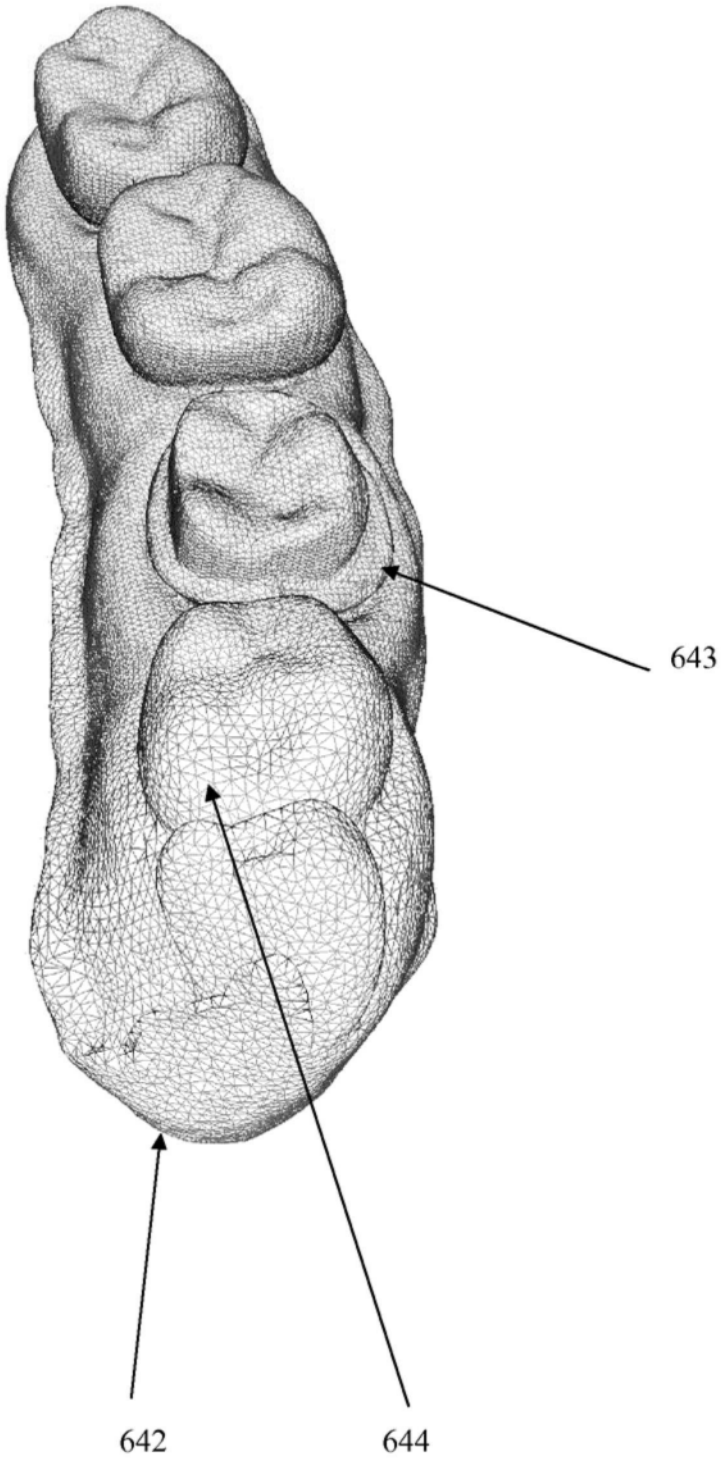


图6a

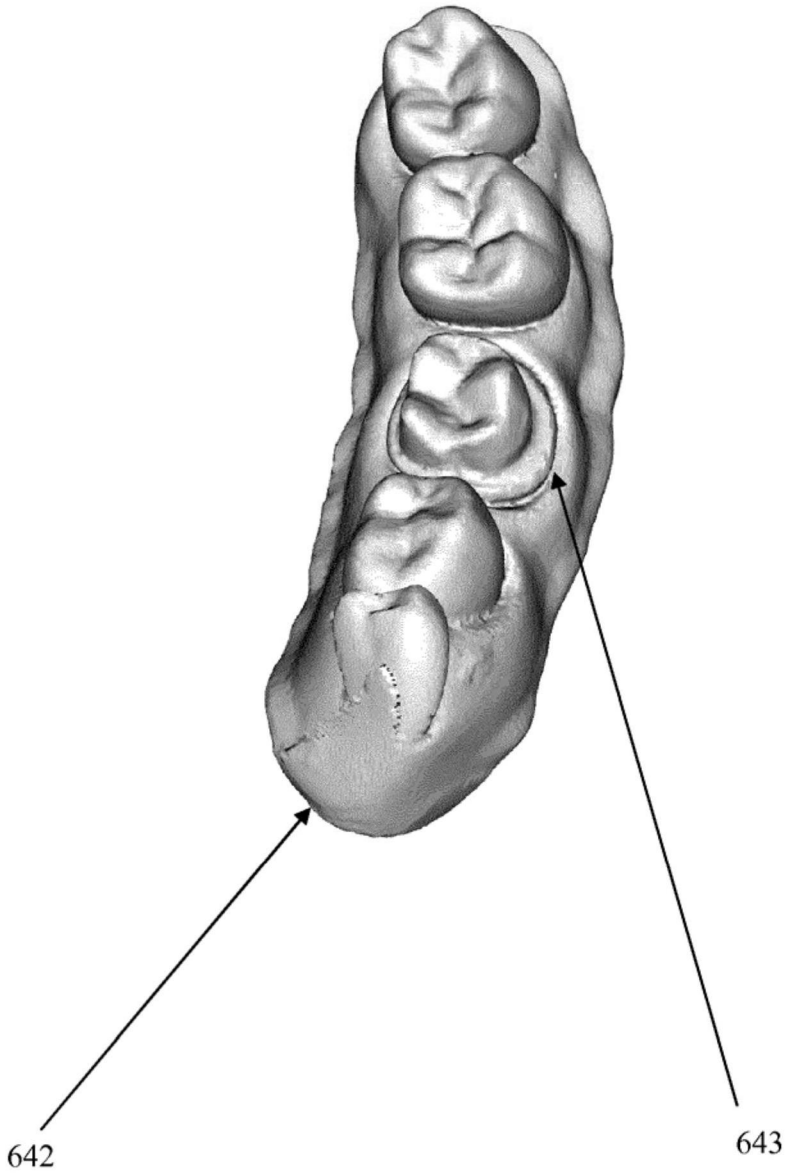


图6b

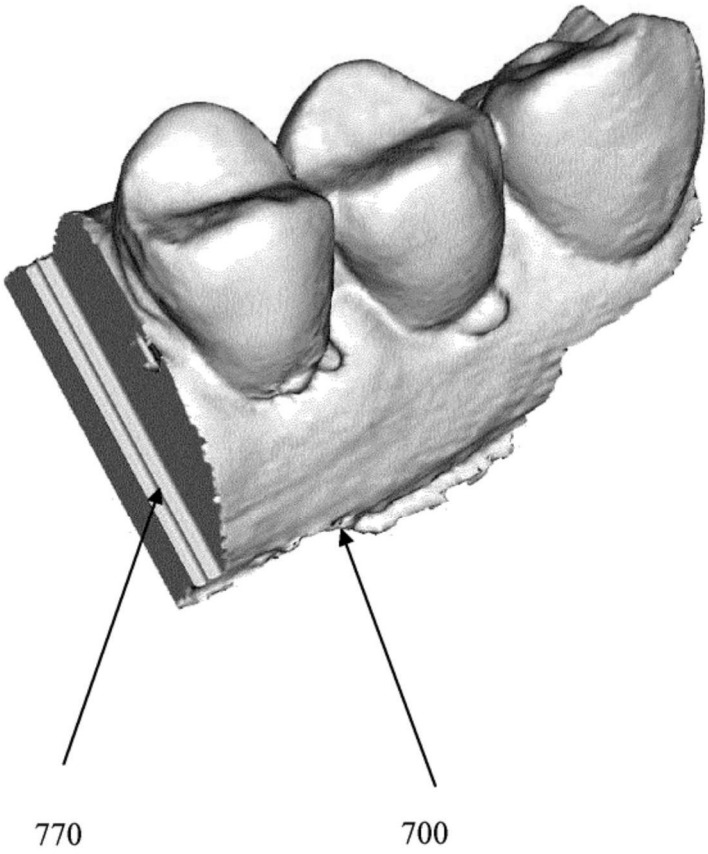


图7