(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119795549 A
(43)申请公布日 2025.04.11

(21)申请号 202411707450.4

(22)申请日 2024.11.26

(71)申请人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 李介博 尹心承 燕鑫 李娜 魏思扬

(74)专利代理机构 北京慧而行专利代理事务所(普通合伙) 11841
专利代理师 李锐 张辉

(51)Int.Cl.
B29C 64/106(2017.01)
B29C 64/386(2017.01)
B29C 64/30(2017.01)
B33Y 10/00(2015.01)
B33Y 40/20(2020.01)
B33Y 50/00(2015.01)

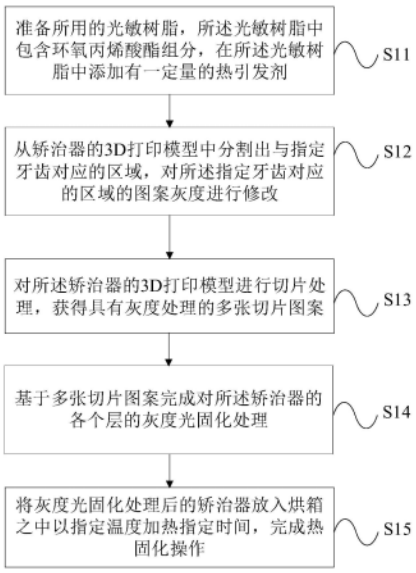
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法。该方法包括:准备所用的光敏树脂,光敏树脂中包含环氧丙烯酸酯组分,在光敏树脂中添加有一定量的热引发剂;从矫治器的3D打印模型中分割出与指定牙齿对应的区域,对指定牙齿对应的区域的图案灰度进行修改;对矫治器的3D打印模型进行切片处理,获得具有灰度处理的多张切片图案;基于多张切片图案完成对矫治器的各个层的灰度光固化处理;将灰度光固化处理后的矫治器放入烘箱之中以指定温度加热指定时间。本发明基于灰度调控,在3D打印矫治器的过程中采用光固化、热固化分步固化方案,在保证3D打印矫治器的机械性能的同时降低内部的单体量,能够有效降低单体的析出,提高生物相容性。



CN 119795549 A

1.一种基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法,其特征在于,包括:

准备所用的光敏树脂,所述光敏树脂中包含环氧丙烯酸酯组分,在所述光敏树脂中添加有一定量的热引发剂;

从矫治器的3D打印模型中分割出与指定牙齿对应的区域,对所述指定牙齿对应的区域的图案灰度进行修改;

对所述矫治器的3D打印模型进行切片处理,获得具有灰度处理的多张切片图案;

基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理;

将灰度光固化处理后的矫治器放入烘箱之中以指定温度加热指定时间,完成热固化操作;

其中,所述光敏树脂中的环氧丙烯酸酯组分碳碳双键官能度多于环氧基团官能度。

2.根据权利要求1所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,所述准备光敏树脂,包括:

将热引发剂与光敏树脂加入避光容器中,之后放入搅拌器中进行充分搅拌,得到搅拌后的混合物,将搅拌后的混合物放入超声清洗机中进行超声分散,使所述热引发剂完全溶解于所述光敏树脂中,得到打印用光敏树脂。

3.根据权利要求1所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,所述环氧丙烯酸酯成分为双酚A甲基丙烯酸缩水甘油酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、季戊四醇三丙烯酸酯、新戊二醇二缩水甘油醚二丙烯酸酯中的1种以上的组成。

4.根据权利要求1所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,所述热引发剂与所述光敏树脂的重量份组成的比例为0.2-2份。

5.根据权利要求1所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,所述热引发剂为偶氮二异丁酸二甲酯、氮二异庚腈、过氧化-2-乙基已酸叔丁酯、593固化剂、T31固化剂、1-甲基咪唑、过氧化二碳酸二异丙酯中的一种或两种组成。

6.根据权利要求1所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,所述对所述指定牙齿对应的区域的灰度进行修改,包括:

将指定牙齿对应的区域的灰度调高或调低。

7.根据权利要求6所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,所述将指定牙齿对应的区域的灰度调低,包括:

将指定牙齿对应的区域的灰度调低40%-60%。

8.根据权利要求6所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,在将指定牙齿对应的区域的灰度调低的情况下,还包括:

获取所述指定牙齿的表面像素,将所述指定牙齿的表面像素的灰度值恢复为原值。

9.根据权利要求8所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,所述获取所述指定牙齿的表面像素,包括:

获取所述指定牙齿的所对应的各个切片图案的边缘,所述指定牙齿的所对应的各个切片图案的边缘为所述指定牙齿的水平方向的表面像素;

根据所述相邻的切片图案的各个像素的灰度值的差值获取所述指定牙齿的竖直方向的表面像素。

10.根据权利要求1所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,所述基

于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理,包括:

使用UV光基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理。

11.根据权利要求1所述的基于灰度调控的3D打印矫治器的方法,其特征在于,烘箱加热指定温度为60-120℃,指定时间为1-12h。

基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及3D打印技术领域,特别涉及一种基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法及系统。

背景技术

[0002] 在生长发育过程中,由于先天遗传或后天疾病及不良习惯等因素的影响,出现的诸如牙齿排列不齐、上下咬合关系异常、颌骨大小形态位置异常等问题统称为错颌畸形。它会影响我们的口腔健康,带来牙周炎症等问题。为改善错颌畸形问题,临床上采取佩戴矫治器的方式进行治疗。

[0003] 无托槽隐形矫治器是一种新型正畸治疗方法。与传统的金属矫治器正畸相比,隐形正畸治疗凭借其美观、舒适、治疗周期短的优势在我国迅速发展壮大,市场占比逐渐提高。当前隐形矫治器的主流制造方式是采用热压模成型技术。该技术通过3D打印进行患者牙模的制造,然后将热塑性膜片在牙模上加热后压制成型。不过与膜片的原始尺寸相比,热压膜工艺会形成不均匀的厚度,这会影响其机械性能以及临床治疗效果。

[0004] 随着3D打印技术和生物相容材料的不断发展,直接3D打印矫治器被认为是矫治器制造发展的下一个阶段。相较于热压膜工艺,直接3D打印提高了矫治器的制造精度并减少了资源浪费和时间成本。然而,在应对复杂正畸力时,隐形矫治器存在明显的局限性,例如难以控制扭矩、牙根吸收等。为此需要一种有效的方式来帮助矫治器提供可调控的正畸力,以确保牙齿按照正确的位置移动,并且防止过大的矫治力,造成移动牙周围牙周组织的损伤。

[0005] 灰度光固化打印是近年来快速发展的制造技术,能够通过控制局部材料交联度实现不同的材料特性,利用灰度打印制造矫治器能够弥补3D打印矫治器单一材料性能的缺点,以适应更复杂的矫治案例。不过由于3D打印树脂在聚合完全之前具有生物毒性,必须采取二次固化和加工来消除3D打印矫治器的潜在毒性,因此限制了灰度打印的应用。

[0006] 关于灰度光固化打印,现有技术提出了一种基于双色光固化的方法,该方法虽然可以一定程度减少打印体内部单体的析出,但打印体内部单体量没有减少。现有技术还提出一种使用可光降解的单体,这种单体在长时间曝光后会分解,从而提高生物活性,但该方法会导致打印体的机械性能降低。

[0007] 如何保证打印体的机械性能的同时降低打印体内部的单体量成为亟待解决的问题。

发明内容

[0008] 鉴于上述问题,提出了本发明以便提供一种克服上述问题或者至少部分地解决上述问题的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法及系统。

[0009] 本发明的一个实施例提供的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法,该方法包括:

[0010] 准备所用的光敏树脂,所述光敏树脂中包含环氧丙烯酸酯组分,在所述光敏树脂中添加有一定量的热引发剂;

[0011] 从矫治器的3D打印模型中分割出与指定牙齿对应的区域,对所述指定牙齿对应的区域的图案灰度进行修改;

[0012] 对所述矫治器的3D打印模型进行切片处理,获得具有灰度处理的多张切片图案;

[0013] 基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理;

[0014] 将灰度光固化处理后的矫治器放入烘箱之中以指定温度加热指定时间,完成热固化操作;

[0015] 其中,所述光敏树脂中的环氧丙烯酸酯组分碳碳双键官能度多于环氧基团官能度。

[0016] 可选地,所述准备光敏树脂,包括:

[0017] 将热引发剂与光敏树脂加入避光容器中,之后放入搅拌器中进行充分搅拌,得到搅拌后的混合物,将搅拌后的混合物放入超声清洗机中进行超声分散,使所述热引发剂完全溶解于所述光敏树脂中,得到打印用光敏树脂。

[0018] 可选地,所述环氧丙烯酸酯成分为双酚A甲基丙烯酸缩水甘油酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、季戊四醇三丙烯酸酯、新戊二醇二缩水甘油醚二丙烯酸酯中的1种以上的组成。

[0019] 可选地,所述热引发剂与所述光敏树脂的重量份组成的比例为0.2-2份。

[0020] 可选地,所述热引发剂为偶氮二异丁酸二甲酯、氮二异庚腈、过氧化-2-乙基已酸叔丁酯、593固化剂、T31固化剂、1-甲基咪唑、过氧化二碳酸二异丙酯中的一种或两种组成。

[0021] 可选地,所述对所述指定牙齿对应的区域的灰度进行修改,包括:

[0022] 将指定牙齿对应的区域的灰度调高或调低。

[0023] 可选地,所述将指定牙齿对应的区域的灰度调低,包括:

[0024] 将指定牙齿对应的区域的灰度调低40%-60%。

[0025] 可选地,在将指定牙齿对应的区域的灰度调低的情况下,还包括:

[0026] 获取所述指定牙齿的表面像素,将所述指定牙齿的表面像素的灰度值恢复为原值。

[0027] 可选地,所述获取所述指定牙齿的表面像素,包括:

[0028] 获取所述指定牙齿的所对应的各个切片图案的边缘,所述指定牙齿的所对应的各个切片图案的边缘为所述指定牙齿的水平方向的表面像素;

[0029] 根据所述相邻的切片图案的各个像素的灰度值的差值获取所述指定牙齿的竖直方向的表面像素。

[0030] 可选地,所述基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理,包括:

[0031] 使用UV光基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理。

[0032] 可选地,烘箱加热指定温度为60-120℃,指定时间为1-12h。

[0033] 本发明的另一个实施例提供一种基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化系统,采用如上所述的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法。

[0034] 本发明的有益效果是,通过对无托槽隐形正畸矫治器模型中指定牙齿对应的区域的灰度进行修改,利用光强的变化来控制该区域的交联程度,从而使该区域的杨氏模量发

生变化,从而创造了软硬不同的区域,这意味着可以对牙齿的矫治力提供定制化设计,从而达到调控矫治力的作用。本发明没有对矫治器模型的厚度进行修改,这意味着均匀的厚度;利用对灰度的调控,矫治时能够实现更大的矫治量而不引起患者的不适感。本发明基于灰度调控,在所用光敏树脂中添加热引发剂,在3D打印矫治器的过程中采用光固化、热固化分步固化方案,在保证3D打印矫治器的机械性能的同时降低内部的单体量,能够有效降低单体的析出,提高生物相容性。

附图说明

[0035] 图1为本发明一个实施例的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法的流程示意图;

[0036] 图2为本发明一个实施例的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法的原理示意图;

[0037] 图3为本发明一个实施例的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化系统的原理示意图;

[0038] 图4为本发明一个实施例的基于矫治器的3D打印模型获得矫治器的示意图。

具体实施方式

[0039] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0040] 图1为本发明一个实施例的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法的流程示意图。如图1所示,本发明实施例的方法包括:

[0041] S11:准备所用的光敏树脂,所述光敏树脂中包含环氧丙烯酸酯组分,在所述光敏树脂中添加有一定量的热引发剂;

[0042] 其中,所述光敏树脂中的环氧丙烯酸酯组分碳碳双键官能度多于环氧基团官能度。

[0043] S12:从矫治器的3D打印模型中分割出与指定牙齿对应的区域,对所述指定牙齿对应的区域的图案灰度进行修改;

[0044] 可理解的是,本发明实施例的基本原理是利用灰度修改矫治器模型的局部模量,从而调节对矫治力的影响。在模型的预处理过程中,根据需要,矫治器模型局部区域需要进行矫治力的调整,将该区域的灰度进行修改。

[0045] S13:对所述矫治器的3D打印模型进行切片处理,获得具有灰度处理的多张切片图案;

[0046] 在实际应用中,利用3D打印软件对模型进行切片处理,获取多个切片图案。切片图案中的灰度值与投影图案光的光强值正相关,灰度值高则光强高,树脂接受到的能量越多,固化程度更高。

[0047] S14:基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理;

[0048] S15:将灰度光固化处理后的矫治器放入烘箱之中以指定温度加热指定时间,完成热固化操作。

[0049] 本发明实施例在所用光敏树脂中添加热引发剂,第一阶段先进行灰度光固化处

理,调控矫治器的力学性能,第二阶段将矫治器放到烘箱中进行热固化处理。

[0050] 需要说明的是,本发明实施例所用的光敏树脂包含环氧丙烯酸酯组分,能够同时具备丙烯酸酯的快速固化速度和环氧树脂的低收缩率以及良好的机械性能。在第一阶段光固化处理中的光照射下,光敏树脂中的光引发剂裂解产生自由基,新形成的自由基就会扩散到树脂介质中并与丙烯酸酯单体发生聚合反应,形成交联网络。在第二阶段进行加热后,热量触发环氧基团的聚合反应,进一步提高交联密度。由于两种反应机制存在差异,打印结构内部会形成互穿聚合物网络。所使用树脂中的单体具有可参与聚合反应的环氧基团以及碳碳双键基团,在光固化反应中,碳碳双键参与反应,而在热固化条件中,环氧基团参与反应。在第一阶段光固化处理中,通过调控投影图案的局部灰度实现投影局部光强的变化,从而对矫治器的局部交联程度进行调控。(此处的局部交联程度指单体通过碳碳双键反应形成的交联网络,环氧基团在光照下不参与反应。)在第二阶段热固化中,热引发剂产生活性基团与组分中的环氧基团发生聚合反应,(碳碳双键不参与该反应,因此这两个反应互不影响,为正交关系)伴随着环氧基团的聚合,整体交联密度不断提高。由于光敏树脂中的环氧丙烯酸酯组分碳碳双键官能度多于环氧基团官能度,因此相较于热固化,由于更多的官能团能参与反应,光固化能形成更加致密的交联网络。

[0051] 以下结合图2说明本发明实施例的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法的原理。图2的左图中对所用光敏树脂进行第一阶段光固化处理,其中左侧投影设置100%灰度,右侧设置50%灰度。由于热固化不发生,因此形成网络完全为光固化交联网络。并且左侧网络比右侧网络致密,局部残余单体含量更少。图2中的右图中对所用光敏树脂进行第二阶段热固化处理,由于50%灰度投影一侧具有更多的未反应单体,因此热固化网络主要在灰度侧形成。最终在灰度光固化的作用下能形成具有不同交联程度的光热交联互穿网络。由于热固化交联网络相比于光固化网络更加柔软,因此灰度打印调控力学性能的优势能有效保留。并且由于热固化过程能进一步提高交联程度,因此打印体内部的单体含量能有效降低,从而减少单体的析出,提高打印体的生物相容性。

[0052] 本发明实施例通过对无托槽隐形正畸矫治器模型中指定牙齿对应的区域的灰度进行修改,利用光强的变化来控制该区域的交联程度,从而使该区域的杨氏模量发生变化,从而创造了软硬不同的区域,这意味着可以对牙齿的矫治力提供定制化设计,从而达到调控矫治力的作用。本发明没有对矫治器模型的厚度进行修改,这意味着均匀的厚度;利用对灰度的调控,矫治时能够实现更大的矫治量而不引起患者的不适感。本发明实施例基于灰度调控,在所用光敏树脂中添加热引发剂,在3D打印矫治器的过程中采用光固化、热固化分步固化方案,在保证3D打印矫治器的机械性能的同时降低内部的单体量,能够有效降低单体的析出,提高生物相容性。

[0053] 在本发明实施例的一种可选的实施方式中,所述准备光敏树脂,包括:

[0054] 将热引发剂与光敏树脂加入避光容器中,之后放入搅拌器中进行充分搅拌,得到搅拌后的混合物,将搅拌后的混合物放入超声清洗机中进行超声分散,使所述热引发剂完全溶解于所述光敏树脂中,得到打印用光敏树脂。

[0055] 在实际应用中,搅拌时长可以是10分钟,超声分散的时间可以是15分钟。

[0056] 在实际应用中,所述环氧丙烯酸酯成分为双酚A甲基丙烯酸缩水甘油酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、季戊四醇三丙烯酸酯、新戊二醇二缩水甘油醚二丙烯酸酯中的1种以上的

组成。

[0057] 所述热引发剂与所述光敏树脂的重量份组成的比例为0.2-2份。

[0058] 所述热引发剂为偶氮二异丁酸二甲酯、氮二异庚腈、过氧化-2-乙基已酸叔丁酯、593固化剂、T31固化剂、1-甲基咪唑、过氧化二碳酸二异丙酯中的一种或两种组成。

[0059] 本发明的另一个实施例提供一种基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化系统,采用如上所述的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化方法。在实际应用中,3D打印矫治器的系统的硬件组成结构可以利用现有技术。

[0060] 图3为本发明一个实施例的基于灰度调控的3D打印矫治器分步固化系统的原理示意图。为更好理解本发明实施例的技术方案,以下结合图3进行说明。

[0061] 如图3所示,本发明实施例的3D打印矫治器分步固化系统包括步进电机1、导轨2、打印平台3、装有光敏树脂4的料槽5、反射镜6、电机驱动器7、显示器8、DLP光机9、控制主板10。其中,步进电机1用于控制打印平台3的移动;导轨2用于限制打印平台3的移动方向,使得打印平台3可以在竖直方向上移动;打印平台3是通过横梁与导轨2相接,打印体在打印平台3上形成;反射镜6用于将投影光反射到料槽5底部;电机驱动器7用于驱动步进电机1移动;显示器8用于提供操作界面;DLP光机9,用以投影图案光;控制主板10负责整体3D打印流程的控制。操作人员可通过显示器8操作,设置打印参数。其中,打印参数包括打印平台的移动速度、移动距离、设置的打印层厚以及DLP光机的曝光时间。其中,打印平台的移动速度和移动距离会影响打印体的打印成功率,打印层厚影响打印体在竖直方向的打印精度,曝光时间影响打印的成功率和精度,如果曝光量小,由于树脂固化不足,可能导致层与层之间的粘连失败,曝光量过大可能导致过固化而影响打印体精度。控制主板10将切片图案传入DLP光机9中并投影,等待一定时间的曝光后,料槽5内部对应图案的光敏树脂固化,DLP光机9闭光。随后,步进电机1接收到控制指令开始向上移动,使得固化树脂脱离料槽5底面,完成一层的打印过程。之后DLP光机投影下一张切片图案,并经历相同的过程,最终制造出带有灰度的矫治器。

[0062] 具体地,所述对所述指定牙齿对应的区域的灰度进行修改,包括:

[0063] 将指定牙齿对应的区域的灰度调高或调低。

[0064] 切片图案中的灰度值与投影图案光的光强值正相关,灰度值高则光强高,树脂接受到的能量越多,固化程度更高。当将指定牙齿对应的区域的灰度调低时,该区域的光强降低,使得该区域的光敏树脂固化程度降低,从而减小该区域的模量。反之,当将指定牙齿对应的区域的灰度调高时,该区域的光强提高,使得该区域的光敏树脂固化程度提高,从而增大该区域的模量。

[0065] 模量与矫治力成正比例关系,基于灰度修改在完成对指定牙齿区域的模量的调整,也实现了对矫治力的调控。

[0066] 进一步地,所述将指定牙齿对应的区域的灰度调低,包括:

[0067] 将指定牙齿对应的区域的灰度调低40%-60%。

[0068] 优选地,将指定牙齿对应的区域的灰度调低50%。

[0069] 进一步地,在将指定牙齿对应的区域的灰度调低的情况下,还包括:

[0070] 获取所述指定牙齿的表面像素,将所述指定牙齿的表面像素的灰度值恢复为原值。

[0071] 可理解的是,考虑到光敏树脂具有生物毒性,并且其固化程度越高,毒性越低,因此需要提高矫治器的表面固化程度。在对模型进行灰度化处理中,由于指定牙齿的区域的灰度值减少,因而会使得该区域的固化程度降低而提高其生物毒性,故而要对修改灰度值的区域进行表面固化程度加强的处理。该处理操作的思路首先是获取指定牙齿的表面像素,将指定牙齿的表面像素的灰度值恢复为原值,从而提高曝光量,加强修改区域的表面固化度。

[0072] 具体地,所述获取所述指定牙齿的表面像素,包括:

[0073] 获取所述指定牙齿的所对应的各个切片图案的边缘,所述指定牙齿的所对应的各个切片图案的边缘为所述指定牙齿的水平方向的表面像素;

[0074] 根据所述相邻的切片图案的各个像素的灰度值的差值获取所述指定牙齿的竖直方向的表面像素。

[0075] 可理解的是,竖直方向的表面像素的获取需要计算相邻两层切片图案的各个像素的灰度值的差。举例说明,如果某像素A为模型表面像素,则与之相邻的切片图案的对应像素B的灰度值为0,这意味着B像素位置没有图案,也表明A像素位置为模型表面。那么通过对模型两层切片作差,如果是模型表面的话,对应像素的差值为A像素的绝对值。之后根据设定的灰度值50%,筛选出差值与50%灰度匹配的像素,这些像素便是模型在竖直方向上的表面区域。

[0076] 获取模型的表面像素后,将灰度值修改回100%,该操作的目的是为了提高打印矫治器的表面通光量,提高表面的固化程度。

[0077] 在实际应用中,所述基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理,包括:

[0078] 使用UV光基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理。

[0079] 优选地,烘箱加热指定温度为60-120℃,指定时间为1-12h。

[0080] 图4为本发明一个实施例的基于矫治器的3D打印模型获得矫治器的示意图。如图4所示,图4的左侧是矫治器的3D打印模型,中间6颗牙齿作为灰度调低50%的指定牙齿,其余牙齿的灰度不做调整。采用如上实施的方法第一阶段先采用UV光照射进行灰度光固化处理,调控矫治器的力学性能,第二阶段将矫治器放到烘箱中进行热固化处理,从而获得如图4右侧所示的打印完成的矫治器实物。

[0081] 需要说明的是:

[0082] 在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

[0083] 类似地,应当理解,为了精简本发明并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在上面对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该公开的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如下面的权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0084] 此外,本领域的技术人员能够理解,尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征,但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。

[0085] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,在本发明的上述教导下,本领域技术人员可以在上述实施例的基础上进行其他的改进或变形。本领域技术人员应该明白,上述的具体描述只是更好的解释本发明的目的,本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

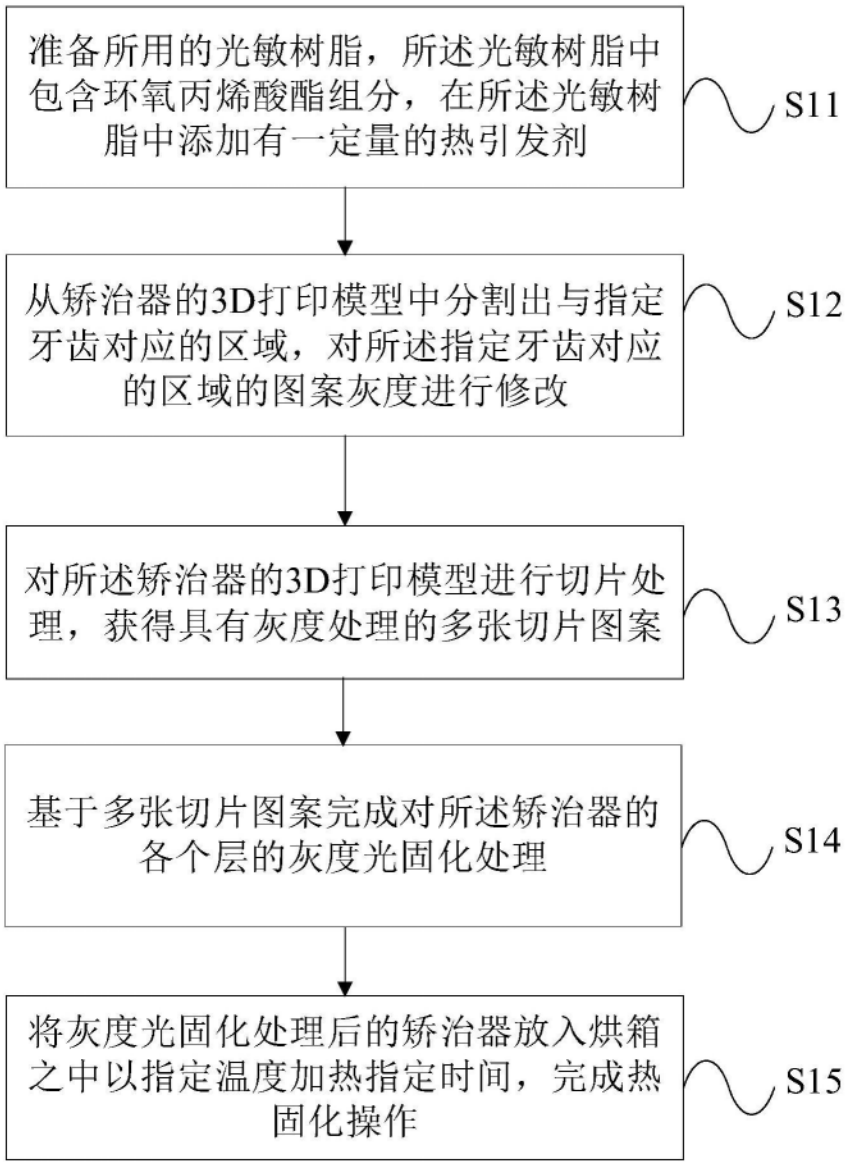

准备所用的光敏树脂，所述光敏树脂中包含环氧丙烯酸酯组分，在所述光敏树脂中添加有一定量的热引发剂
S11
从矫治器的3D打印模型中分割出与指定牙齿对应的区域，对所述指定牙齿对应的区域的图案灰度进行修改
S12
对所述矫治器的3D打印模型进行切片处理，获得具有灰度处理的多张切片图案
S13
基于多张切片图案完成对所述矫治器的各个层的灰度光固化处理
S14
将灰度光固化处理后的矫治器放入烘箱之中以指定温度加热指定时间，完成热固化操作
S15

图1

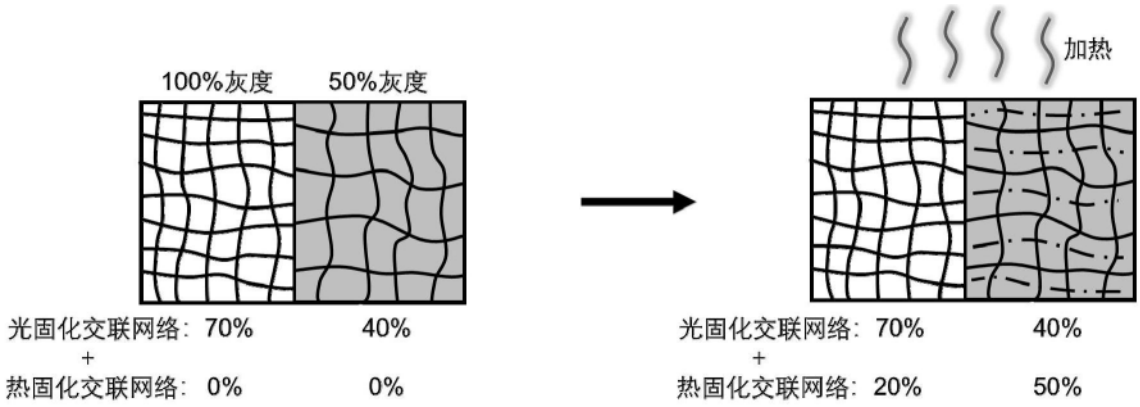

100%灰度
50%灰度
光固化交联网络：70%
40%
+
热固化交联网络：0%
0%
加热
光固化交联网络：70%
40%
+
热固化交联网络：20%
50%

图2

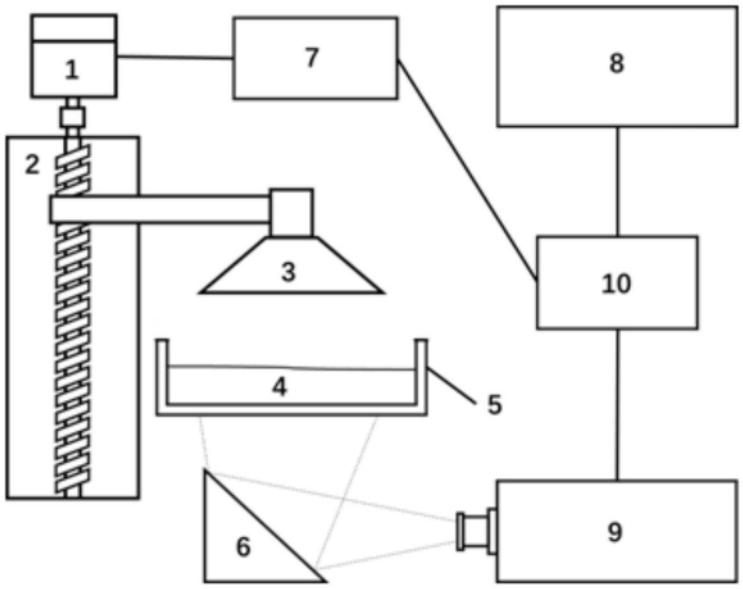


图3

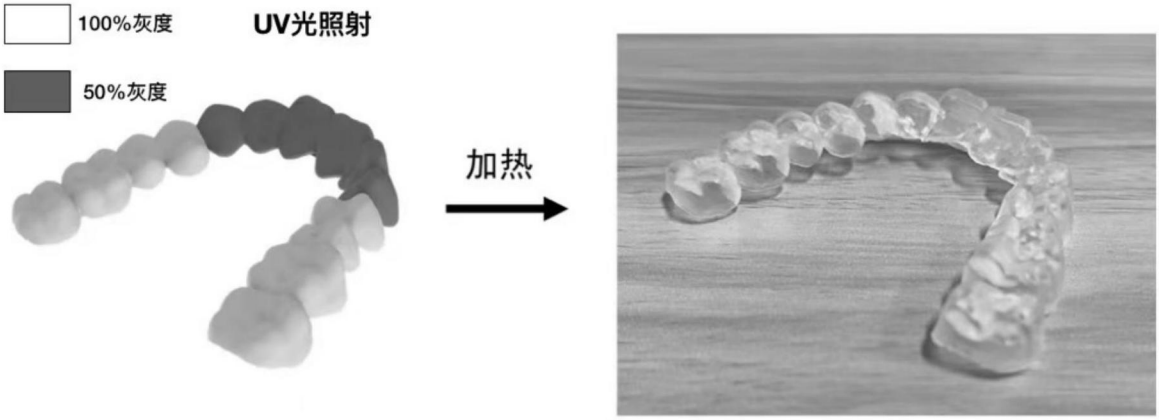


图4