(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111494810 B
(45)授权公告日 2021.10.29

(21)申请号 201911411005.2
(22)申请日 2019.12.31
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111494810 A
(43)申请公布日 2020.08.07
(30)优先权数据
19150206.1 2019.01.03 EP
(73)专利权人 光线搜索实验室公司
地址 瑞典斯德哥尔摩
(72)发明人 阿尔宾·弗雷德里克松
马茨·霍尔姆斯特伦
谢尔·埃里克松
(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 穆森 戚传江
(51)Int.Cl.
A61N 5/10(2006.01)
(56)对比文件
US 2015265851 A1,2015.09.24
CN 107823806 A,2018.03.23
CN 107545137 A,2018.01.05
CN 104225806 A,2014.12.24
审查员 彭亮

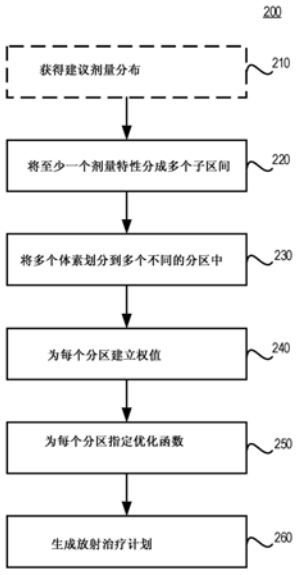
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

用于生成放射治疗计划的方法和对应的放射治疗系统

(57)摘要

本申请涉及用于生成放射治疗计划的方法和对应的放射治疗系统。本公开一般涉及放射治疗领域。更具体地,本公开一般涉及用于生成放射治疗计划的方法和放射治疗系统。根据一个示例实施例,方法可以包括:将与ROI的剂量分布相关的至少一个剂量特性分成(220)多个子区间。该方法可以进一步包括:基于所述子区间将所述ROI划分成(230)多个不同的分区。具有落入在相同的子区间内的值的ROI的所有体素都被划分到相同的分区中。对于多个不同的分区中的每个分区,该方法可以包括:建立(240)权值并且基于剂量特性的相应子区间指定(250)可获得的剂量分布的优化函数。该方法可以进一步包括:基于所建立的权值和指定的优化函数生成(260)放射治疗计划。



CN 111494810 B

1.一种编码有计算机程序的非暂时性计算机可读介质,所述计算机程序包括指令,所述指令在处理器上执行时使所述处理器执行生成用于放射治疗的放射治疗计划的方法,所述方法包括:

将与对象的感兴趣区ROI的剂量分布相关的至少一个剂量特性分成多个子区间,其中,每个子区间都具有所述至少一个剂量特性的值,该值与其它子区间的所述至少一个剂量特性的值不同,以及其中,所述对象的所述ROI被分成多个体素;

基于所述至少一个剂量特性的所述多个子区间,将所述多个体素划分到多个不同的分区中,其中,具有落入在相同的子区间内的所述至少一个剂量特性的值的所有体素都被划分到相同的分区中;

对于所述多个不同的分区中的每个分区,建立权值,其中,所述权值反映所述对象的所述ROI的所述分区的剂量标准的相对重要性;

对于所述多个不同的分区中的每个分区,基于剂量特性的相应子区间,指定可获得的剂量分布的优化函数,其中,相应的优化函数确定如何在每个分区中获得所述可获得的剂量分布;以及

基于所建立的权值和相应分区的剂量分布的所述指定的优化函数,生成所述放射治疗计划,所述放射治疗计划被配置为控制放射治疗机以关于所述对象的所述ROI执行治疗。

2.根据权利要求1所述的计算机可读介质,其中,所述方法进一步包括:

获得要用于对于所述对象的所述放射治疗计划的建议剂量分布,其中,所述建议剂量分布为所述对象的所述ROI指定至少一个期望剂量水平。

3.根据权利要求2所述的计算机可读介质,其中,所述至少一个剂量特性中的一个剂量特性是从所述建议剂量分布接收的剂量值,所述方法包括:

将所述建议剂量分布的所述剂量值分成多个子区间,其中,每个子区间都覆盖范围从0到最大剂量的所述剂量值的绝对或相对值的完整范围的部分,以及其中,所述最大剂量是所述建议剂量分布内的最高剂量。

4.根据权利要求3所述的计算机可读介质,其中,所述方法进一步包括:

对于所述多个不同的分区中的每个分区,基于所述子区间的相应剂量值,指定用于可获得的剂量分布的优化函数,其中,将具有高于指定剂量值的剂量值的分区的所述优化函数指定为最大和/或最小剂量值直方图(DVH)函数,并且将具有低于所述指定剂量值的剂量值的分区的所述优化函数指定为最大和/或最小参考剂量函数。

5.根据权利要求1所述的计算机可读介质,其中,所述对象的所述ROI的所述至少一个剂量特性中的一个剂量特性是能够达到剂量水平的确定性的概率分布,以及其中,所述方法包括:

将所述概率分布分成多个子区间。

6.根据权利要求5所述的计算机可读介质,其中,所述方法进一步包括:

对于所述多个不同的分区中的每个分区,为具有较高概率的子区间建立高于为具有较低概率的子区间所建立的权值的权值。

7.根据权利要求5所述的计算机可读介质,其中,所述方法进一步包括:

对于所述多个不同的分区中的每个分区,基于所述子区间的相应概率值,指定用于可获得的剂量分布的优化函数,其中,用于具有低概率的分区的所述优化函数目标在于将多

个体素的相同或等效的剂量分布作为建议剂量分布中的对应数量的体素，以及其中，在具有高概率的分区内的所述优化函数目标在于针对每个体素将对应的剂量分布作为所述建议剂量分布中的相应体素。

8.一种被配置为生成用于放射治疗的放射治疗计划的放射治疗系统，所述放射治疗系统包括：

至少一个处理器；以及

至少一个存储器，所述至少一个存储器包括指令，所述指令由所述至少一个处理器可执行，从而使所述放射治疗系统操作以：

将与对象的感兴趣区ROI的剂量分布相关的至少一个剂量特性分成多个子区间，其中，每个子区间都具有所述至少一个剂量特性的值，该值与其它子区间的所述至少一个剂量特性的值不同，以及其中，所述对象的所述ROI被分成多个体素；

基于所述至少一个剂量特性的所述多个子区间，将所述多个体素划分到多个不同的分区中，其中，具有落入在相同的子区间内的所述至少一个剂量特性的值的所有体素都被划分到相同的分区中；

对于所述多个不同的分区中的每个分区，建立权值，其中，所述权值反映所述对象的所述ROI的所述分区的剂量标准的相对重要性；

对于所述多个不同的分区中的每个分区，基于剂量特性的相应子区间，指定可获得的剂量分布的优化函数，其中，相应的优化函数确定如何在每个分区中获得所述可获得的剂量分布；以及

基于所建立的权值和相应分区的剂量分布的所述指定的优化函数，生成所述放射治疗计划，所述放射治疗计划被配置为控制放射治疗机以关于所述对象的所述ROI执行治疗。

9.根据权利要求8所述的放射治疗系统，其中，所述至少一个存储器包括指令，所述指令由所述至少一个处理器可执行，从而使所述放射治疗系统操作以：

获得要用于对于所述对象的所述放射治疗计划的建议剂量分布，其中，所述建议剂量分布为所述对象的所述ROI指定至少一个期望剂量水平。

10.根据权利要求9所述的放射治疗系统，其中，所述至少一个剂量特性中的一个剂量特性是从所述建议剂量分布接收的剂量值，以及其中，所述至少一个存储器包括指令，所述指令由所述至少一个处理器可执行，从而使所述放射治疗系统操作以：

将所述建议剂量分布的所述剂量值分成多个子区间，其中，每个子区间都覆盖范围从0到最大剂量的绝对或相对剂量值的完整范围的部分，以及其中，所述最大剂量是所述建议剂量分布内的最高剂量。

11.根据权利要求10所述的放射治疗系统，其中，所述至少一个存储器包括指令，所述指令由所述至少一个处理器可执行，从而使所述放射治疗系统操作以：

对于所述多个不同的分区中的每个分区，基于所述子区间的相应剂量值，指定用于可获得的剂量分布的优化函数，其中，将具有高于指定剂量值的剂量值的分区的所述优化函数指定为最大和/或最小剂量值直方图(DVH)函数，并且将具有低于所述指定剂量值的剂量值的分区的所述优化函数指定为最大和/或最小参考剂量函数。

12.根据权利要求8所述的放射治疗系统，其中，所述对象的所述ROI的所述至少一个剂量特性中的一个剂量特性是能够达到剂量水平的确定性的概率分布，以及其中，所述至少

一个存储器包括指令，所述指令由所述至少一个处理器可执行，从而使所述放射治疗系统操作以：

将所述概率分布分成多个子区间。

13.根据权利要求12所述的放射治疗系统，其中，所述至少一个存储器包括指令，所述指令由所述至少一个处理器可执行，从而使所述放射治疗系统操作以：

对于所述多个不同的分区中的每个分区，为具有较高概率的子区间建立高于为具有较低概率的子区间所建立的权值的权值。

14.根据权利要求12所述的放射治疗系统，其中，所述至少一个存储器包括指令，所述指令由所述至少一个处理器可执行，从而使所述放射治疗系统操作以：

对于所述多个不同的分区中的每个分区，基于所述子区间的相应概率值，指定用于可获得的剂量分布的优化函数，其中，用于具有低概率的分区的所述优化函数目标在于将多个体素的相同或等效的剂量分布作为建议剂量分布中的对应数量的体素，以及其中，在具有高概率的分区内的所述优化函数目标在于针对每个体素将对应的剂量分布作为所述建议剂量分布中的相应体素。

用于生成放射治疗计划的方法和对应的放射治疗系统

技术领域

[0001] 本公开一般涉及放射治疗领域。更具体地，本公开一般涉及用于生成用于放射治疗的放射治疗计划的方法和放射治疗系统。本公开也涉及一种计算机程序产品和计算机可读介质。

背景技术

[0002] 放射治疗可以用于治疗肿瘤组织。在放射治疗中，高能放射束瞄准患者。更准确地说，放射源产生放射束，该放射束瞄准和指向患者体内的靶区。重要的是，放射以这样一种方式释放：到恶性组织的放射和到应受到保护的周围组织的放射不会偏离设定的临床目标太多。剂量和剂量的投放必须精确控制，以确保肿瘤接受足够的放射，并且使得对周围的健康组织的损伤最小化。

[0003] 放射治疗的实施，例如，用于癌症治疗，通常是复杂的过程，需要临床和技术两者的专业知识，以生成对治疗是安全且有效的治疗计划。治疗计划可以用治疗计划系统(TPS)(以下可互换地称为放射治疗系统)来创建和评估。

[0004] 对于放射治疗过程，根据治疗部位，用例如计算机断层扫描(CT)成像和/或用其它成像技术(例如，MR、PET)使患者成像。将感兴趣区(ROI)(即，作为放射指向的位置的目标)和正常组织结构(即，放射最小化的位置)手动和/或半自动或自动绘制在获取的图像上。指定治疗的临床目标，然后使用优化算法生成放射束的强度和/或形状和/或调制以实现治疗目标。然后，可以计算剂量分布，即，患者将接受的剂量的空间表示。放射治疗系统被配置为基于获得的图像确定或计算ROI中的计划的剂量分布。

发明内容

[0005] 虽然用于确定放射治疗计划的已知策略通常能提供对肿瘤组织的充分治疗，但是仍有改进的空间。需要创建更好的放射治疗计划，这些放射治疗计划会找到一组治疗参数，这组治疗参数会产生模拟期望的剂量分布的剂量分布，同时在确保适当的肿瘤覆盖和避免对健康结构的过度放射之间取得平衡。正是鉴于上述考虑以及其它考虑，已经提出了本文所公开的各个方面和实施例。

[0006] 尽管放射治疗技术(例如，用于癌症治疗)在进步，但是本公开认识到这样一个事实，对提供改进的放射治疗计划的放射治疗系统和方法的需求仍未满足，这些改进的放射治疗计划以更临床相关的方式模拟参考剂量。

[0007] 鉴于上述情况，因此，贯穿本公开描述的方面和实施例的一般目的是提供一种解决方案，这种解决方案克服了上述缺陷中的一个或多个。更具体地，各个方面和实施例解决模拟参考剂量的目的，其手段是在忠实于最初的剂量与为优化留有余地之间取得平衡。

[0008] 上述一般目的已由所附独立权利要求解决。在所附从属权利要求中限定有利的实施例。

[0009] 根据第一方面，提供了一种生成用于放射治疗的放射治疗计划的方法。

[0010] 方法包括:将与对象的感兴趣区(ROI)的剂量分布相关的至少一个剂量特性分成多个子区间。每个子区间都具有至少一个剂量特性的值,该值与其它子区间的至少一个剂量特性的值不同。将对象的ROI分成多个体素。方法之后包括:基于至少一个剂量特性的多个子区间,将多个体素划分到多个不同的分区中。具有落入在相同的子区间内的至少一个剂量特性的值的所有体素都被划分到相同的分区中。对于多个不同的分区中的每个分区,方法进一步包括:建立权值。权值反映对象的ROI的分区的剂量标准的相对重要性。对于多个不同的分区中的每个分区,方法进一步包括:基于剂量特性的相应子区间,指定可获得的剂量分布的优化函数。相应的优化函数确定如何在每个分区中获得可获得的剂量分布。方法之后包括:基于所述建立的权值和相应分区的剂量分布的指定的优化函数,生成放射治疗计划。

[0011] 在一些实施例中,方法进一步包括:获得要用于对象的放射治疗计划的建议剂量分布。建议剂量分布为对象的ROI指定至少一个期望剂量水平。

[0012] 在一个实施例中,至少一个剂量特性中的一个剂量特性是从建议剂量分布接收的剂量值。方法然后进一步包括:将建议剂量分布的剂量值分成多个子区间。每个子区间都覆盖范围从0到最大剂量的剂量值的绝对或相对值的完整范围的部分。最大剂量是建议剂量分布内的最高剂量。

[0013] 在一个实施例中,方法进一步包括:对于多个不同的分区中的每个分区,基于子区间的相应剂量值,指定用于可获得的剂量分布的优化函数。将具有高于指定剂量值的剂量值的每个分区的优化函数都指定为最大和/或最小参考剂量值直方图(DVH)函数。将具有低于指定剂量值的剂量值的每个分区的优化函数都指定为最大和/或最小参考剂量函数。

[0014] 在一些实施例中,对象的ROI的至少一个剂量特性中的一个剂量特性是能够达到剂量水平的确定性的概率分布。方法然后进一步包括:将概率分布分成多个子区间。例如,可以将概率分布分成多个子区间,其中,在子区间内的对象的ROI的每个体素都可以具有自己的概率分布。在一个实施例中,方法进一步包括:对于多个不同的分区中的每个分区,为具有较高概率的子区间建立高于为具有较低概率的子区间所建立的权值的权值。

[0015] 在一个实施例中,方法进一步包括:对于多个不同的分区中的每个分区,基于子区间的相应概率值指定可获得的剂量分布的优化函数。用于具有低概率的分区的优化函数目标在于将多个体素的相同或等效的剂量分布作为建议剂量分布中的对应数量的体素。在具有高概率的分区内的优化函数目标在于针对每个体素将对应的剂量分布作为建议剂量分布中的相应体素。

[0016] 根据第二方面,提供了一种操作以执行根据第一方面的方法的放射治疗系统。

[0017] 放射治疗系统被配置为生成用于放射治疗的放射治疗计划。放射治疗系统包括至少一个处理器和至少一个存储器。至少一个存储器包括指令,这些指令由至少一个处理器可执行,从而使放射治疗系统操作以将与对象的ROI的剂量分布相关的至少一个剂量特性分成多个子区间。每个子区间都具有至少一个剂量特性的值,该值与其它子区间的至少一个剂量特性的值不同,并且将对象的ROI分成多个体素。放射治疗系统进一步操作以基于至少一个剂量特性的多个子区间将多个体素划分到多个不同的分区中。具有落入在相同的子区间内的至少一个剂量特性的值的所有体素都被划分到相同的分区中。对于多个不同的分区中的每个分区,放射治疗系统进一步操作以建立权值。权值反映对象的ROI的分区的剂量

标准的相对重要性。对于多个不同的分区中的每个分区，放射治疗系统进一步操作以基于剂量特性的相应子区间指定可获得的剂量分布的优化函数。相应的优化函数确定如何在每个分区中获得可获得的剂量分布。放射治疗系统之后操作以基于所述建立的权值和相应分区的剂量分布的所述指定的优化函数生成放射治疗计划。

[0018] 在一些实施例中，至少一个存储器包括指令，这些指令由至少一个处理器可执行，从而使放射治疗系统操作以获得要用于对于对象的放射治疗计划的建议剂量分布。建议剂量分布为对象的ROI指定至少一个期望剂量水平。

[0019] 在一个实施例中，至少一个剂量特性中的一个剂量特性是从建议剂量分布接收的剂量值。至少一个存储器包括指令，这些指令由至少一个处理器可执行，从而使放射治疗系统操作以将建议剂量分布的剂量值分成多个子区间。每个子区间都覆盖范围从0到最大剂量的绝对或相对剂量值的完整范围的部分。最大剂量是建议剂量分布内的最高剂量。

[0020] 在一个实施例中，至少一个存储器包括指令，这些指令由至少一个处理器可执行，从而使放射治疗系统操作以：对于多个不同的分区中的每个分区，基于子区间的相应剂量值，指定用于可获得的剂量分布的优化函数。将具有高于指定剂量值的剂量值的每个分区的优化函数都指定为最大和/或最小剂量值直方图(DVH)函数。将具有低于指定剂量值的剂量值的每个分区的优化函数都指定为最大和/或最小参考剂量函数。

[0021] 在一些实施例中，对象的ROI的至少一个剂量特性中的一个剂量特性是能够达到剂量水平的确定性的概率分布。至少一个存储器包括指令，这些指令由至少一个处理器可执行，从而使放射治疗系统操作以将概率分布分成多个子区间。

[0022] 在一个实施例中，至少一个存储器包括指令，这些指令由至少一个处理器可执行，从而使放射治疗系统操作以：对于多个不同的分区中的每个分区，为具有较高概率的子区间建立高于为具有较低概率的子区间所建立的权值的权值。

[0023] 在一个实施例中，至少一个存储器包括指令，这些指令由至少一个处理器可执行，从而使放射治疗系统操作以：对于多个不同的分区中的每个分区，基于子区间的相应概率值，指定用于可获得的剂量分布的优化函数。用于具有低概率的分区的优化函数目标在于将多个体素的相同或等效的剂量分布作为建议剂量分布中的对应数量的体素。在具有高概率的分区内的优化函数目标在于针对每个体素将对应的剂量分布作为建议剂量分布中的相应体素。

[0024] 根据第三方面，提供了一种计算机程序，该计算机程序包括指令，这些指令在处理电路系统上执行时使处理电路系统执行根据第一方面的方法。

[0025] 根据第四方面，提供了一种载体，该载体包括第三方面的计算机程序，其中，载体是电子信号、光信号、无线电信号或计算机可读存储介质中的一种。

[0026] 例如，计算机可读介质可以具有在其上存储指令的一个或多个序列，这些指令用于使一个或多个处理器将与对象的ROI的剂量分布相关的至少一个剂量特性分成多个子区间。每个子区间都具有至少一个剂量特性的值，该值与其它子区间的至少一个剂量特性的值不同，并且将对象的ROI分成多个体素。计算机可读介质还可以具有在其上存储指令的一个或多个序列，这些指令用于使一个或多个处理器基于至少一个剂量特性的多个子区间将多个体素划分到多个不同的分区中。具有落入在相同的子区间内的至少一个剂量特性的值的所有体素都被划分到相同的分区中。对于多个不同的分区中的每个分区，计算机可读介

质可以具有在其上存储指令的一个或多个序列,这些指令用于使一个或多个处理器建立权值。权值反映对象的ROI的划分的剂量标准的相对重要性。对于多个不同的分区中的每个分区,计算机可读介质还可以具有在其上进一步存储指令的一个或多个序列,这些指令用于使一个或多个处理器基于剂量特性的相应子区间指定用于可获得的剂量分布的优化函数。相应的优化函数确定如何在每个分区中获得可获得的剂量分布。计算机可读介质还可以具有在其上存储指令的一个或多个序列,这些指令用于使一个或多个处理器基于所述建立的权值和相应分区的剂量分布的所述指定的优化函数生成放射治疗计划。

[0027] 本文所呈现的方面和实施例提供了放射治疗计划,在这些放射治疗计划中,不仅基于对象的几何学而且基于解剖学将ROI分成多个不同的分区。根据本公开将ROI划分成多个不同的分区是基于与剂量分布的剂量特性相关的附加特征。由此,可以更临床相关的方式模拟参考剂量。因此,可以模拟参考剂量,其手段是在忠实于最初的剂量与为优化留有余地之间取得平衡。换言之,通过本公开,可以在不必增加放射剂量的情况下改进对对象的剂量施用。这样做的另一个可能的好处是,可以最小化或至少减少总放射剂量。这样做的又一个可能的好处是,可以实现放射治疗计划的自动生成。

附图说明

[0028] 参考附图,通过下面对各个实施例的描述,这些和其它方面、特征和优点将变得显而易见并得以阐明,在附图中:

[0029] 图1示意性地图示了被配置为生成用于放射治疗的放射治疗计划的放射治疗系统;

[0030] 图2示意性地图示了由放射治疗系统执行或实施在放射治疗系统中的方法的流程图;

[0031] 图3示意性地图示了放射治疗机;以及

[0032] 图4示意性地图示了根据一个方面的包含计算机程序的载体。

具体实施方式

[0033] 现在将在下文更充分地描述本发明。然而,本发明可以体现为许多不同的形式,并且不应被理解为受限于本文所陈述的实施例。确切地说,提供这些实施例是为了使本公开全面且完整,并且将本发明的范围充分传达给本领域的技术人员。在说明书中相同的参考标记指的是相同的元件或方法步骤。

[0034] 本文所公开的方面和实施例涉及生成用于放射治疗的放射治疗计划。放射治疗计划可以用于治疗治疗区,即,对象的感兴趣区(ROI)。例如,可以治疗对象的ROI,以消除或至少减少肿瘤组织,诸如,癌症。

[0035] 放射治疗通常是在多个疗程(也称为部分)中对对象或患者施用的。在每个部分中施用的放射都可以与其它部分中施用的放射相同,或者放射在部分之间可能不同。这些部分通常是基于对象的解剖学或几何学而创建的。然而,通过以改进的方式生成放射治疗计划,其中,基于不仅与对象的ROI的几何学相关而且与解剖学相关的特性将对象的ROI分成分区,本公开的一个可能的优点可以是,可以在不必增加放射的情况下改进对对象的ROI的剂量施用。

[0036] 通常,本公开因此建议以改进的方式将ROI分成多个分区,以便在每个分区中为对象的ROI提供优化治疗。

[0037] 现在参照附图,其中,图1图示了其中可以应用本发明的方面和实施例的放射治疗系统100的示例。放射治疗系统100被配置为生成用于放射治疗的放射治疗计划。放射治疗计划可以用于治疗治疗区,即,对象的感兴趣区(ROI)。ROI通常包括至少一个目标,其典型地由肿瘤组织代表和/或至少一个处于危险的器官(OAR),即,健康组织,其中,放射量应分别保持在一定水平以下。另外,放射量也应最小化并且保持在ROI外部的体积的一定水平以下。

[0038] 继续参照图1,放射治疗系统100包括一个或多个处理器110或控制器。处理器100通信连接至一个或多个存储器120。一个或多个存储器120可以包括指令,这些指令可由处理器110执行,从而使放射治疗系统100操作以执行贯穿本公开而描述的各种功能和/或方法。

[0039] 处理器110也可以通信连接至至少一个用户界面(UI)131、132、140。用户或操作者(未示出)可以与UI 131、132、140交互并且操作UI 131、132、140,例如,以控制放射治疗系统100的操作。为此,UI因此可以包括用于接收用户输入的UI输入设备131、132。输入设备可以被配置为接收来自操作者的命令c1和c2。命令可以指定生成放射治疗计划的标准。图1所示的UI输入设备以用于输入文本、数字和命令的键盘131和用于选择和确认选择的鼠标132为范例。另外或可替代地,UI可以包括用于将信息输出至用户的UI输出设备140。例如,这种信息可以是对生成的放射治疗计划的描述。在一些实施例中,UI131、132和140可以实施为触敏UI。例如,UI可以包括适当地结合UI输入设备和UI输出设备两者的功能的触敏显示器。

[0040] 一个/多个存储器120可以包括指令,这些指令可由处理器110执行,从而使放射治疗系统100操作以生成用于放射治疗的放射治疗计划。放射治疗计划随后可以用于治疗对象的ROI。例如,放射治疗计划随后可以用于治疗癌症。

[0041] 一个/多个存储器120可以包括指令,这些指令可由处理器110执行,从而使放射治疗系统操作以将与对象的ROI的剂量分布相关的至少一个剂量特性分成多个子区间。每个子区间都具有至少一个剂量特性的值,该值与其它子区间的至少一个剂量特性的值不同。将对象的ROI分成多个体素。子区间可以均匀划分,即,可以覆盖多个相等的区间,或子区间可以不均匀划分,使得至少一个区间可以大于至少一个其它区间。

[0042] 至少一个剂量特性可以是与ROI的剂量分布相关的任何特性。这种剂量特性的示例可以是剂量值。然而,剂量特性并不限于剂量本身,但是另外或可替代地,也可以是能够达到剂量水平的确定性的概率分布。

[0043] 在一些实施例中,可以将与对象的ROI的剂量分布相关的一个剂量特性分成多个子区间,并且可以基于剂量特性的多个子区间将对象的ROI的多个体素划分到多个不同的分区中。例如,在这些实施例中,可以基于剂量值将对象的ROI分成多个不同的分区。在替代示例中,可以基于能够达到剂量水平的确定性的概率分布将对象的ROI分成多个不同的分区。

[0044] 在一些实施例中,当可以将对象的ROI划分成多个不同的分区时,可以使用与剂量分布相关的多个剂量特性。例如,在这些示例中,可以基于剂量值和能够达到剂量水平的确定性的概率分布两者将对象的ROI分成多个不同的分区。

[0045] 每个子区间通常都可以具有剂量特性的值，该值与其它子区间不同。然而，在有被分成子区间且与剂量分布相关的一个以上的剂量特性的实施例中，与剂量特性之一相关的每个子区间的值都可以具有与其它子区间不同的剂量特性的值，而其它剂量特性的子区间的值可能重叠。

[0046] 一个/多个存储器120可以进一步包括指令，这些指令可由处理器110执行，从而使放射治疗系统100操作以基于至少一个剂量特性的多个子区间将多个体素划分到多个不同的分区中。具有至少一个剂量特性在相同的子区间内的值的所有体素都被划分到相同的分区中。

[0047] 对于多个不同的分区中的每个分区，放射治疗系统100操作以建立权值。权值反映剂量标准对对象的ROI的划分的相对重要性。在一个示例性实施例中，可以为分区建立高权值，在这些分区中，获得哪种剂量是很确定的。

[0048] 对于多个不同的分区中的每个分区，放射治疗系统100进一步操作以基于剂量特性的相应子区间指定可获得的剂量分布的优化函数。相应的优化函数确定如何在每个分区中获得可获得的剂量分布。例如，优化函数可以是约束、目标函数或目标函数的组成部分。因此，相应的优化函数确定在获得可获得的剂量分布时什么是重要的，或者换句话说，应如何测量剂量分布的质量。优化函数可以确定应为每个分区选择哪种类型的处罚。可以使用的优化函数的非限制性示例是最大参考剂量函数、最小/最大参考剂量值直方图(DVH)函数、最小/最大等效均匀剂量(EUD)函数、最小/最大参考剂量函数和均匀参考剂量函数。

[0049] 放射治疗系统100之后操作以基于所述建立的权值和相应分区的剂量分布的所述指定的优化函数生成放射治疗计划。

[0050] 通过提出的放射治疗系统100，可以基于至少一个剂量特性的子区间指定每个分区的要求，并且因此，如果需要，则可以满足每体素水平的要求。可以使生成的放射治疗计划能够以比之前的系统更精确的方式保持忠实于最初的剂量分布，因为ROI是以不只是考虑对象的解剖学的方式被分成分区的。多个不同的分区中的每个分区都可以基于剂量特性的相应子区间接收不同的权值和优化函数，从而可以针对每个分区优化放射治疗计划。因此，提出的放射治疗系统100可以另外为优化提供更多的余地，并且可以为不同的分区中的每个分区选择更合适的优化函数。由此，可以更临床相关的方式模拟参考剂量。换言之，通过本公开，可以在不必增加放射剂量的情况下改进对对象的剂量施用。这样做的另一个可能的好处是，可以最小化或至少减少总放射剂量。

[0051] 在一个实施例中，可以为多个不同的分区指定可获得的剂量分布的相同的优化函数。然而，为多个不同的分区建立的权值在多个不同的分区之间仍然可能不同。当应如何测量多个不同的分区的剂量分布的质量同样重要时，这可能是有利的，但是剂量标准对对象的ROI的划分的相对重要性在多个不同的分区之间可能不同。在一个实施例中，至少一个存储器可以包括指令，这些指令可由至少一个处理器110执行，从而使放射治疗系统100操作以获得要用于对象的放射治疗计划的建议剂量分布。建议剂量分布可以为对象的ROI指定至少一个期望剂量水平。例如，获得的要用于生成对象的放射治疗计划的建议剂量分布可能已经通过机器学习预测到，从之前的计划接收到，即，撤退，或者可能已经从多标准优化(MCO)接收到，例如，使用帕雷托表面导航。

[0052] 在一些实施例中，至少一个剂量特性中的一个剂量特性可以是从建议剂量分布接

收的剂量值。至少一个存储器120然后可以包括指令，这些指令可由至少一个处理器110执行，从而使放射治疗系统可以操作以将建议剂量分布的剂量值分成多个子区间。每个子区间都可以覆盖范围从0到最大剂量的绝对或相对剂量值的完整范围的部分。最大剂量可以是建议剂量分布内的最高剂量。可替代地，可能存在覆盖高于某个剂量值的所有剂量值的子区间。然后，这个子区间可能是最后一个子区间并且可能只有下限，而没有更高的限制。另外或可替代地，这个子区间也可以覆盖高于最大剂量的剂量值。例如，可以基于固定数量的Gy或基于建议剂量分布内的固定数量的子区间将子区间分成子区间。可替代地，可以基于规定剂量的百分比将子区间分成子区间。

[0053] 根据一个示例，绝对或相对值的完整范围的所有剂量值都在子区间内并且因此可以被子区间覆盖。根据另一个示例，绝对或相对剂量值的完整范围的剂量值中的一些未被子区间覆盖。

[0054] 当至少一个剂量特性中的一个剂量特性是从建议剂量分布接收的剂量值时，根据一个实施例，可以基于离目标的距离建立每个分区的权值。例如，可以为分区建立高权值，这些分区具有值与目标相关的至少一个剂量特性的子区间和具有低剂量值的子区间。在这些分区中，获得哪种剂量是很确定的。

[0055] 在一个实施例中，当至少一个剂量特性中的一个剂量特性可以是从建议剂量分布接收的剂量值时，至少一个存储器120可以包括指令，这些指令可由至少一个处理器110执行，从而使放射治疗系统100操作以：对于多个不同的分区中的每个分区，基于子区间的相应剂量值指定可获得的剂量分布的优化函数。可以将具有高于指定剂量值的剂量值的每个分区的优化函数都指定为最小/或最大参考剂量值直方图(DVH)函数。最大和/或最小参考DVH函数是优化函数，该优化函数可以处罚考虑分区中的可获得的剂量分布的累积DVH的部分，该累积DVH可能超过或低于考虑分区中的建议剂量分布的累积DVH。可以将具有低于指定剂量值的剂量值的每个分区的优化函数都指定为最小和/或最大参考剂量函数。最大和/或最小参考剂量函数是优化函数，该优化函数可以处罚具有可获得的剂量值的体素，这些可获得的剂量值超过或低于考虑分区中的对应的建议体素剂量值。因此，可以在低剂量区中保持剂量的空间分布，而可以对高剂量区留有更大的余地。在一些实施例中，对象的ROI的至少一个剂量特性中的一个剂量特性可以是能够达到剂量水平的确定性的概率分布。至少一个存储器120可以包括指令，这些指令可由至少一个处理器110执行，从而使放射治疗系统100可以操作以将概率分布分成多个子区间。因此，例如，可以将子区间分成非常可能达到剂量水平的子区间、非常不确定是否能够达到剂量水平(即，能够达到剂量水平的可能性很小)的子区间以及在它们之间的子区间。例如，子区间可以包括单个概率值或多个值，例如，值的范围。

[0056] 例如，可以从机器学习算法获得能够达到剂量水平的确定性的概率分布。机器学习算法可以提供每个每体素剂量水平区间的概率。在此基础上，可以在每个体素中都创建能够达到剂量水平的确定性的概率分布。在一个实施例中，放射治疗系统100可以操作以：对于多个不同的分区中的每个分区，为具有较高概率的子区间建立高于为具有较低概率的子区间建立的权值的权值。

[0057] 如前所述，可以基于与对象的ROI的剂量分布相关的多个剂量特性将对象的ROI的多个体素划分到多个分区中。在一个示例性实施例中，放射治疗系统100可以操作以将概率

分布分成多个子区间，其中，子区间中的每个体素都可以具有其自己的概率分布。体素自己的概率分布然后可以用于模拟参考剂量。例如，如果体素的概率是分散的，则该体素的权值可以建立为零。

[0058] 当对象的ROI的至少一个剂量特性中的一个剂量特性可以是能够达到剂量水平的确定性的概率分布时，放射治疗系统100可以操作以：对于多个不同的分区中的每个分区，基于子区间的相应概率值指定可获得的剂量分布的优化函数。具有低概率的分区的优化函数的目的可以是将多个体素的相同或等效的剂量分布作为建议剂量分布中的对应数量的体素。它们的顺序可能会被忽视。因此，在达到剂量水平的可能性低(即，不确定性高)的分区中，目的是实现数量与建议剂量分布中的体素大致相同的体素的相同剂量分布，而不考虑几何位置。这意味着，目的是实现相同或等效数量的体素的与建议剂量分布中的剂量分布相同或等效的剂量分布，但这并不一定意味着，其是与建议剂量分布中的体素对应且达到相同的剂量分布的体素。这意味着，达到了相同或等效的DVH。在具有高概率的分区内的优化函数目标在于针对每个体素将对应的剂量作为建议剂量分布中的相应体素。因此，在概率高的分区中，目的是，在可获得的剂量分布中的每个体素都应具有对应的剂量作为建议剂量分布中的相应体素。因此，提出的放射治疗系统提供了改进的放射治疗计划，其中，可以基于能够达到剂量水平的确定性的概率分布的相应子区间指定优化函数，并且放射治疗计划可以关于每个子区间的不同值进行适配。

[0059] 尽管放射治疗技术(例如，用于癌症治疗)在进步，但是本公开认识到这样一个事实，对提供用于放射治疗的改进的放射治疗计划的放射治疗系统和方法的需求仍未满足，这些改进的放射治疗计划能够以更临床相关的方式模拟参考剂量。

[0060] 如前所述并且尽管放射治疗技术在进步，但是现有的放射治疗计划通常不是关于对象的ROI的不同分区的不同特性生成的，而可能是关于对象的ROI的几何学生成的。为了解决对能够以更临床相关的方式模拟参考剂量、也能够自动生成放射治疗计划并且根据一个方面的用于放射治疗的改进的放射治疗计划的未满足的需求，因此，本公开也提出了如图2中的流程图中示意性地图示的方法。

[0061] 因此，图2示意性地图示了生成用于放射治疗的放射治疗计划的方法200的流程图。

[0062] 方法200有利地但不一定由图1所示的放射治疗系统100执行或实施在其中。

[0063] 动作210：可选地，方法可以从可获得要用于创建对象的放射治疗计划的建议剂量分布开始。所述建议剂量分布可以为对象的ROI指定至少一个期望剂量水平。

[0064] 动作220：将与对象的ROI的剂量分布相关的至少一个剂量特性分成多个子区间。每个子区间都具有至少一个剂量特性的值，该值与其它子区间的至少一个剂量特性的值不同。将对象的ROI分成多个体素。在一个实施例中，例如，至少一个剂量特性中的一个剂量特性可以是从建议剂量分布接收的剂量值。然后，可以将建议剂量分布的剂量值分成多个子区间。每个子区间都可以覆盖范围从0到最大剂量的剂量值的绝对或相对值的完整范围的部分。最大剂量可以是建议剂量分布内的最高剂量。另外或可替代地，例如，至少一个剂量特性中的一个剂量特性可以是能够达到剂量水平的确定性的概率分布。然后，可以将概率分布分成多个子区间。

[0065] 动作230：基于至少一个剂量特性的多个子区间将多个体素划分到多个不同的分

区中。具有至少一个剂量特性在相同的子区间内的值的所有体素都被划分到相同的分区中。

[0066] 动作240:对于多个不同的分区中的每个分区,建立权值。权值反映剂量标准对对象的ROI的划分的相对重要性。在一个实施例中,当至少一个剂量特性中的一个剂量特性是能够达到剂量水平的确定性的概率分布时,对于多个不同的分区中的每个分区,可以为具有较高概率的子区间建立高于为具有较低概率的子区间建立的权值的权值。

[0067] 动作250:对于多个不同的分区中的每个分区,基于剂量特性的相应子区间指定可获得的剂量分布的优化函数。例如,相应的优化函数可以是约束、目标函数或目标函数的组成部分,并且确定如何在每个分区中获得可获得的剂量分布。相应的优化函数确定如何测量剂量分布的质量。

[0068] 在一个实施例中,当至少一个剂量特性中的一个剂量特性是剂量值时,对于多个不同的分区中的每个分区,可以基于子区间的相应剂量值指定可获得的剂量分布的优化函数。可以将具有高于指定剂量值的剂量值的分区的优化函数指定为DVH函数,并且可以将具有低于指定剂量值的剂量值的分区的优化函数指定为最大参考剂量函数。

[0069] 在一个实施例中,当至少一个剂量特性中的一个剂量特性是能够达到剂量水平的确定性的概率分布时,可以基于子区间的相应概率值指定可获得的剂量分布的优化函数。具有低概率的分区的优化函数的目的可以是将多个体素的相同或等效的剂量分布作为建议剂量分布中的对应数量的体素,并且在具有高概率的分区内的优化函数的目的可以是针对每个体素将对应的剂量分布作为建议剂量分布中的相应体素。

[0070] 动作260:基于所述建立的权值和相应分区的剂量分布的所述指定的优化函数生成放射治疗计划。

[0071] 如从上面的讨论中所了解的,本公开提出了一种对对象的ROI进行划分以生成更精确的放射治疗计划的方式。放射治疗计划的生成使用与剂量分布相关的至少一个剂量特性,以对对象的ROI进行划分。因此,可以基于至少一个剂量特性的子区间指定每个分区的要求,并且因此,如果需要,则可以满足每体素水平的要求。可以使生成的放射治疗计划能够以比之前的系统更精确的方式保持忠实于最初的剂量分布,因为ROI是以不只是考虑对象的解剖学的方式被分成分区的。另外,方法可以为优化提供更多的余地。因此,可以选择不同的分区中的每个分区的更合适的优化函数。改进的放射治疗计划继而可能导致改进的癌症治疗。

[0072] 图3示意性地图示了放射治疗机300,生成的放射治疗计划可以用于该放射治疗机300。放射治疗机300被配置为接收由放射治疗系统100确定的放射治疗计划。放射治疗机300进一步被配置为根据生成的放射治疗计划,通过控制机器300的至少一个放射源305,对患者体内的治疗区310进行治疗。因此,至少一个放射源305可以例如被配置为以光子、电子、质子、碳离子、氦离子或其它离子的形式向治疗区310发射放射。

[0073] 现在转向图4,简要地讨论另一个方面。图4示出了计算机可读介质的示例,在该示例中其是数据盘400的形式。在一个实施例中,数据盘400是磁性数据存储盘。数据盘400被配置为承载指令410,这些指令410能够被加载到放射治疗系统(诸如,图1所示的放射治疗系统100)的存储器120中。在通过系统100的处理器110执行所述指令时,使放射治疗系统100执行根据本公开(例如,结合图2)所公开的方法中的任何一种的方法或过程。数据盘400

设置为连接到读取设备(未示出)或在读取设备内并且由读取设备读取,以将指令加载到处理器110中。结合一个(或多个)数据盘400的读取设备的一个这样的示例是硬盘驱动器。应当注意,计算机可读介质也可以是其它介质,诸如,压缩盘、数字视频盘、闪存或通用的其它存储器技术。在这种实施例中,数据盘400是一种类型的有形计算机可读介质。通过将指令包括在经由无线(或有线)接口(例如,经由互联网)发送到计算机数据读取设备的计算机可读信号(未示出)中以将指令加载到放射治疗系统100的处理器110中,可以可替代地将指令下载到计算机数据读取设备,诸如,计算机或能够读取计算机可读介质上的计算机编码数据的其它系统。在这种实施例中,计算机可读信号是一种类型的非有形计算机可读介质。

[0074] 在以上详细描述中,出于解释而非限制的目的,阐述了具体细节,以便透彻理解本公开所描述的各个方面和实施例。在一些情况下,省略了对公知设备、组件、电路和方法的详细描述,从而避免用不必要的细节混淆对本文所公开的实施例的描述。这里的所有记载的本文所公开的原理、方面和实施例以及其具体示例的陈述都旨在涵盖其结构和功能等同物。另外,希望这种等同物包括当前已知的等同物以及将来开发出的等同物,即,所开发出的任何执行相同功能的元件,不论其结构如何。因此,例如,将明白,这里的框图可以表示实现所描述的实施例的原理的说明性电路系统或其它功能单元的概念性视图。类似地,将明白,任何流程图等都表示实质上可以表示在计算机可读介质中并可以由计算机或处理器来如此执行的各种过程,不论这种计算机或处理器是否被明确地示出。包括功能块的各种元件的功能可以通过使用硬件(诸如,电路硬件和/或能够执行以编码指令的形式存储在上述计算机可读介质上的软件的硬件)来提供。因此,这样的功能和所示的功能块将被理解为是硬件实现的和/或计算机实现的,从而是机器实现的。就硬件实现方式而言,功能块可以没有限制地包括或包含数字信号处理器(DSP)硬件、精简指令集处理器、包括但不限于专用集成电路[ASIC]和/或现场可编程门阵列(FPGA)的硬件(例如,数字或模拟)电路系统和(在适当的情况下)能够执行这样的功能的状态机。就计算机实现方式而言,计算机通常被理解为包括一个或多个处理器或一个或多个控制器。当由计算机或处理器或控制器提供时,功能可以通过以下方式来提供:单个专用的计算机或处理器或控制器、单个共享的计算机或处理器或控制器、或者多个单独的计算机或处理器或控制器,它们中的一些可以是共享式的或分布式的。此外,术语“处理器”或“控制器”的使用还应被解释为指能够执行这样的功能和/或执行软件的其它硬件,诸如,以上列举的示例硬件。

[0075] 所描述的实施例的修改和其它变形会被受益于前面的描述和相关联的图中所呈现的教导的本领域的技术人员想到。因此,要理解,实施例并不限于本公开中所描述的具体示例实施例,并且修改和其它变形旨在被包括在本公开的范围内。此外,尽管在此使用了具体术语,但是它们仅以一般及描述的意义使用,并不用于限制的目的。因此,本领域的技术人员会认识到,所描述实施例的许多变化仍然在所附权利要求的范围内。如本文所使用的,术语“包含”或“包括”不排除其它元件或步骤的存在。此外,尽管单独的特征可以包括在不同的权利要求中,但是这些特征可能可以有利地组合,并且包括在不同的权利要求中并不意味着特征的组合不可行和/或不是有利的。另外,单数引用不排除多个。

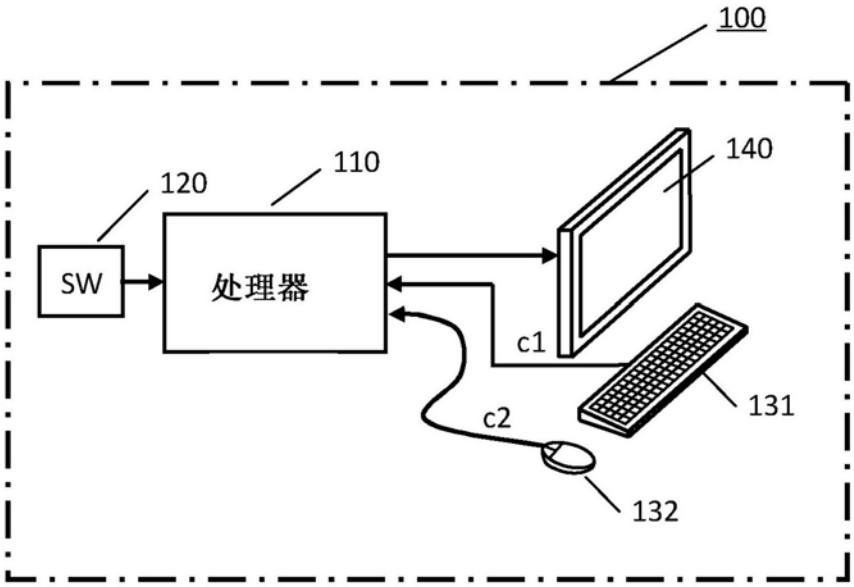


图1

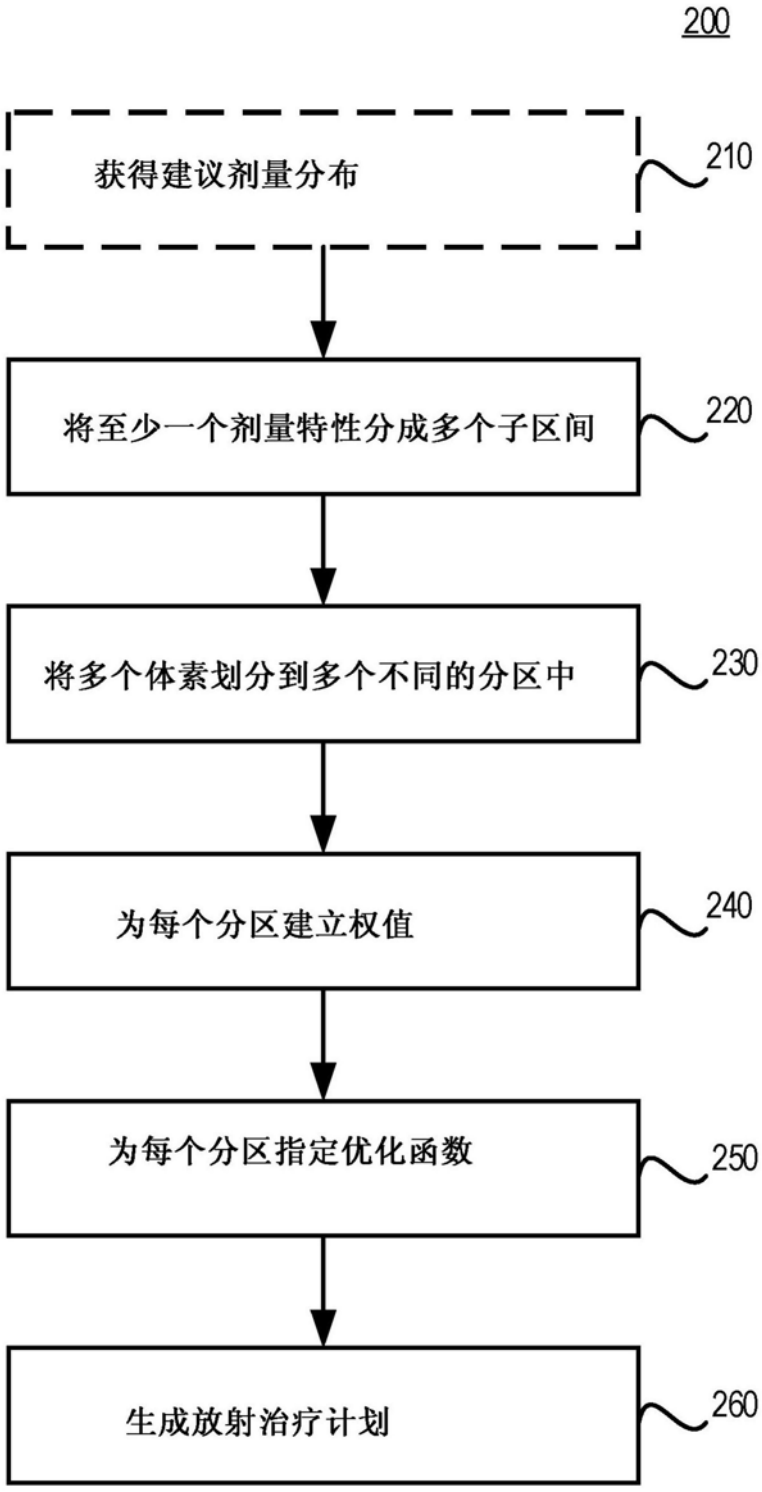

200
获得建议剂量分布
210
将至少一个剂量特性分成多个子区间
220
将多个体素划分到多个不同的分区中
230
为每个分区建立权值
240
为每个分区指定优化函数
250
生成放射治疗计划
260

图2

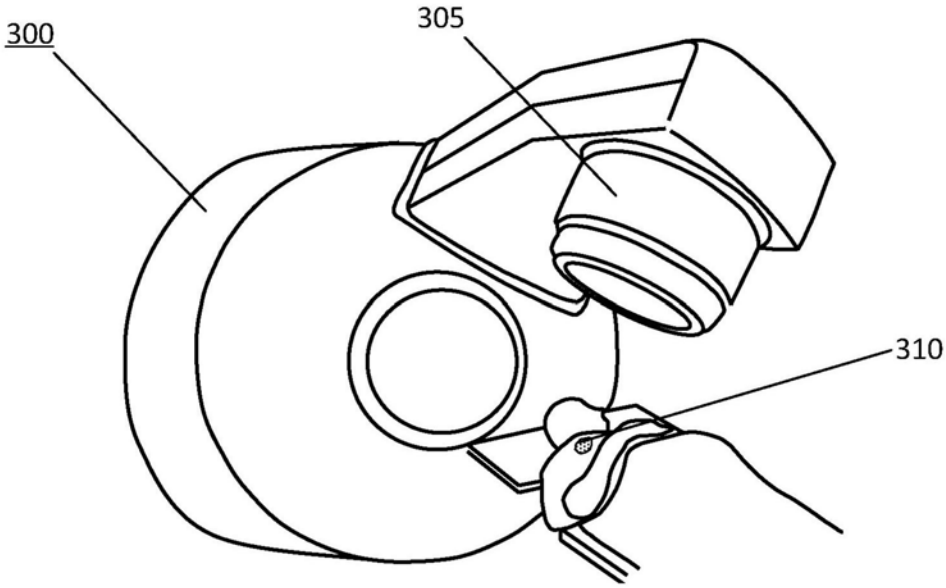


图3

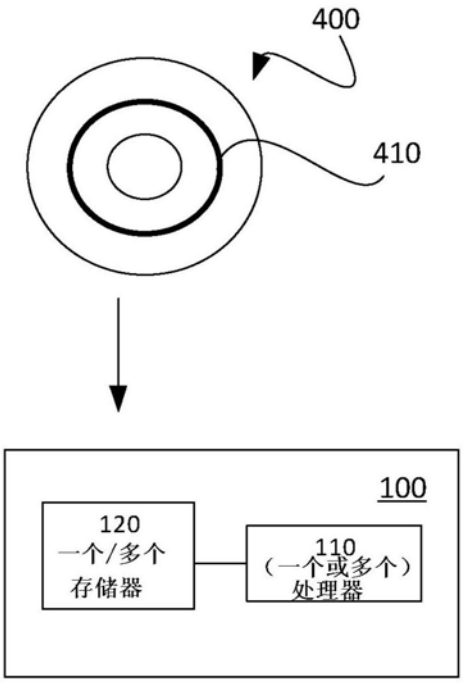


图4