



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104066374 B

(45)授权公告日 2018.08.24

(21)申请号 201280067747.8

(22)申请日 2012.11.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104066374 A

(43)申请公布日 2014.09.24

(30)优先权数据

61/563,091 2011.11.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.07.22

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2012/056382 2012.11.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/076616 EN 2013.05.30

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 A·戈森 H·S·黑泽 T·克勒

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英 刘炳胜

(51)Int.Cl.

A61B 6/00(2006.01)

(续)

(56)对比文件

US 2009/0268866 A1, 2009.10.29, 说明书第10段, 第14段, 第18-26段、附图1-2.

US 2007/0238957 A1, 2007.10.11, 说明书摘要、说明书第21段, 第33段, 第39段, 第48段, 第50段, 第52段, 第58-59段, 第93段, 第98段, 第109-111段、附图1, 8.

Ang Li et al..Tomographic optical breast imaging guided by three-dimensional mammography.《APPLIED OPTICS》.2003,第42卷(第25期),第5181-5190页. (续)

审查员 宋含

权利要求书3页 说明书8页 附图1页

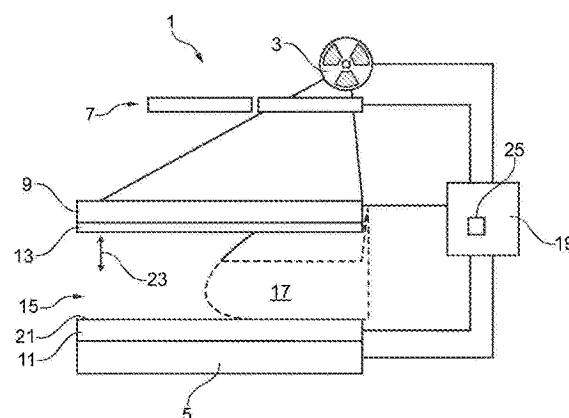
(54)发明名称

使用X射线投影和光学断层摄影对身体软组织进行成像的方法和设备

(57)摘要

提出了一种用于对诸如女性乳房的身体软组织进行成像的方法和设备(1)。组合了X射线投影技术和光学断层摄影技术。可以使用X射线源(3)和X射线探测器(5)通过X射线投影来采集针对乳房(17)第一图像的第一图像数据。可以使用包括光源(9)和光探测器(11)的光学断层摄影装置来采集针对第二图像的第二图像数据。从第一图像数据导出乳房(17)的估计的体光学性质。基于这种估计的体光学性质,从第二图像数据重建具有高图像质量的光学断层摄影图像。在乳房(17)的不同压缩状态下进行乳房摄影采集可以改进患者的舒适度。可以在两种不同压缩状态下采集乳房X射线照片,其中,第一压缩状态适于提供高的图像分辨率。在第二压缩状态,可以与光学断层摄影图像一同采集另一乳房X射线照片。

可以使用两幅乳房X射线照片进行图像配准,由此可能提供用于先验变形的信息。可以通过在不同X射线设置下采集第一和第二乳房X射线照片来接收关于乳房之内组织成分的额外信息。



[接上页]

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

(56)对比文件

Qianqian Fang et al..Combined Optical

Imaging and Mammography of the Healthy Breast: Optical Contrast Derived From Breast Structure and Compression.《IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING》.2009,第28卷(第1期),第30-42页.

1. 一种对身体软组织 (17) 进行成像的方法, 所述方法包括:

- 使用X射线投影采集针对所述身体软组织的感兴趣区域的第一图像的第一图像数据;
- 使用光学断层摄影采集针对所述身体软组织的所述感兴趣区域的第二图像的第二图像数据;
- 从所采集的第一图像数据导出所述感兴趣区域中的所述身体软组织的估计的体光学性质;
- 使用所述估计的体光学性质从所述第二图像数据重建所述第二图像; 并且
- 使用X射线投影来采集针对所述身体软组织的所述感兴趣区域的第三图像的第三图像数据;

其中, 所述第一图像数据是在所述身体软组织处于第一压缩状态时采集的, 而所述第二图像数据和所述第三图像数据是在所述身体软组织处于比所述第一压缩状态压缩更低的不同的第二压缩状态时采集的。

2. 根据权利要求1所述的方法, 还包括:

弹性地配准所述第一图像数据和所述第三图像数据, 由此导出与所述身体软组织的所述第一压缩状态和所述第二压缩状态相关的先验变形。

3. 根据权利要求2所述的方法, 还包括:

使用先验变换对先前导出的估计的体光学性质进行变换; 并且

额外地使用这样的经变换的体光学性质从所述第二图像数据重建所述第二图像。

4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法,

其中, 所述第一图像数据是利用针对X射线能量、X射线光谱和/或X射线剂量的第一设置来采集的, 并且

其中, 所述第三图像数据是利用针对X射线能量、X射线光谱和/或X射线剂量的不同第二设置来采集的。

5. 根据权利要求4所述的方法, 还包括:

考虑所采集的第一图像数据和所采集的第三图像数据, 导出关于所述感兴趣区域中的所述身体软组织的组织成分的估计信息; 并且

从估计的关于组织成分的信息导出所述感兴趣区域中的所述身体软组织的估计的体光学性质;

使用这样的估计的体光学性质从所述第二图像数据重建所述第二图像。

6. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法, 其中, 所述第二图像数据是使用漫射光学断层摄影来采集的。

7. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法, 还包括:

显示从重建的第二图像导出的2维图像和所述第一图像的配准的叠加。

8. 一种成像设备 (1), 包括:

身体软组织压缩器 (15), 其用于将身体软组织压缩在不同的压缩状态下;

X射线源 (3) 和X射线探测器 (5), 它们布置在所述身体软组织压缩器的相对侧;

光学断层摄影光源 (9) 和光学断层摄影光探测器 (11), 它们布置在所述身体软组织压缩器的相对侧;

适于执行根据权利要求1至7中的任一项所述的方法的计算机 (25)。

9. 根据权利要求8所述的成像设备,其中,所述设备适于自动控制以下中的至少一项:所述身体软组织压缩器、所述X射线源、所述X射线探测器、所述光学断层摄影光源和所述光学断层摄影光探测器。

10. 一种对身体软组织(17)进行成像的装置,所述装置包括:

-用于使用X射线投影采集针对所述身体软组织的感兴趣区域的第一图像的第一图像数据的单元;

-用于使用光学断层摄影采集针对所述身体软组织的所述感兴趣区域的第二图像的第二图像数据的单元;

-用于从所采集的第一图像数据导出所述感兴趣区域中的所述身体软组织的估计的体光学性质的单元;

-用于使用所述估计的体光学性质从所述第二图像数据重建所述第二图像的单元;以及

-用于使用X射线投影来采集针对所述身体软组织的所述感兴趣区域的第三图像的第三图像数据的单元;

其中,所述第一图像数据是在所述身体软组织处于第一压缩状态时采集的,而所述第二图像数据和所述第三图像数据是在所述身体软组织处于比所述第一压缩状态压缩更低的不同的第二压缩状态时采集的。

11. 根据权利要求10所述的装置,还包括:

用于弹性地配准所述第一图像数据和所述第三图像数据由此导出与所述身体软组织的所述第一压缩状态和所述第二压缩状态相关的先验变形的单元。

12. 根据权利要求11所述的装置,还包括:

用于使用先验变换对先前导出的估计的体光学性质进行变换的单元;以及

用于额外地使用这样的经变换的体光学性质从所述第二图像数据重建所述第二图像的单元。

13. 根据权利要求10至12中的任一项所述的装置,

其中,所述第一图像数据是利用针对X射线能量、X射线光谱和/或X射线剂量的第一设置来采集的,并且

其中,所述第三图像数据是利用针对X射线能量、X射线光谱和/或X射线剂量的不同第二设置来采集的。

14. 根据权利要求13所述的装置,还包括:

用于考虑所采集的第一图像数据和所采集的第三图像数据,导出关于所述感兴趣区域中的所述身体软组织的组织成分的估计信息的单元;以及

用于从估计的关于组织成分的信息导出所述感兴趣区域中的所述身体软组织的估计的体光学性质的单元;

用于使用这样的估计的体光学性质从所述第二图像数据重建所述第二图像的单元。

15. 根据权利要求10至12中的任一项所述的装置,其中,所述第二图像数据是使用漫射光学断层摄影来采集的。

16. 根据权利要求10至12中的任一项所述的装置,还包括:

用于显示从重建的第二图像导出的2维图像和所述第一图像的配准的叠加的单元。

17. 一种计算机可读介质,其上存储有包括用于指示计算机执行根据权利要求1至7中的任一项所述的方法的计算机可读指令的计算机程序产品。

使用X射线投影和光学断层摄影对身体软组织进行成像的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及用于对诸如女性乳房的身体软组织进行成像的方法和设备。此外，本发明涉及用于执行这种方法的计算机程序产品以及其上存储这种计算机程序产品的计算机可读介质。

背景技术

[0002] 为了能够检查诸如女性乳房的身体软组织并可能探测其中的肿瘤组织，已经开发出多种成像方法。

[0003] 例如，乳房摄影成像使用X射线，X射线被投射通过乳房并在透射之后被探测，使得从探测到的X射线强度分布可以导出关于乳房之内几何形状和X射线吸收结构的信息。乳房摄影X射线投影采集的图像通常是二维(2D)的。

[0004] 作为一种替代成像技术，开发出了光学断层摄影术。光学断层摄影是一种计算机断层摄影技术，通过重建通过对象透射并散射的光获得的三维图像来生成对象的数字体模型。其中，光学断层摄影使用了如下事实：对象通常至少部分是透光或半透明的。因此，这些技术最适于例如存在于女性乳房中的软组织。例如，在漫射光学断层摄影(DOT)中，近红外光谱中的光传输通过软组织对象并在透射之后被探测。由于各种组织类型的漫射特性不同，从所探测的光强数据可以导出关于软组织体积之内结构性质和材料性质的信息。例如，可以通过DOT获得关于氧合血红蛋白和去氧血红蛋白局部浓度的信息，这种信息可以允许导出关于感兴趣区域中包括的组织的功能性质的附加信息。可以从这样采集的光学断层摄影图像数据重建三维(3D)图像。例如，漫射光学断层摄影技术的空间分辨率通常相当粗糙，例如在几个毫米的范围中。

[0005] Qianqian Fang;Carp,S.A.;Selb,J.;Boverman,G.;Quan Zhang;Kopans,D.B.;Moore,R.H.;Miller,E.L.;Brooks,D.H.;Boas,D.A.在2009年1月Medical Imaging,IEEE Transactions上,第28卷,第1期30-42页doi:10.1109/TMI.2008.925082的文章“Combined Optical Imaging and Mammography of the Healthy Breast:Optical Contrast Derived From Breast Structure and Compression”,公开了组合式X射线乳房摄影/漫射光学乳房成像。不过,提出的方法仍然有着与例如图像质量和/或患者舒适度相关的缺点。

发明内容

[0006] 例如,可能需要一种对诸如女性乳房的身体软组织进行成像的方法以及实施这种方法的设备,其允许改进发生于身体软组织感兴趣区域之内的结构和组织特性的可视化。具体而言,例如可能需要一种以高的空间分辨率提供关于身体软组织特性的信息的成像方法和设备。此外,可能需要一种适于在计算机上实施这种方法的计算机程序产品以及其上存储有这种计算机程序产品的计算机可读介质。

[0007] 可以由独立权利要求的主题满足现有技术方法缺点造成的一些需求。在从属权利

要求中界定了本发明的更多实施例。

[0008] 根据本发明的第一方面,提出了一种对身体软组织进行成像的方法,包括如下步骤:(a)使用X射线投影采集针对所述身体软组织的感兴趣区域的第一图像的第一图像数据;(b)使用光学断层摄影采集针对所述身体软组织所述感兴趣区域的第二图像的第二图像数据;(c)从所采集的第一图像数据导出所述感兴趣区域中的所述身体软组织的估计的体光学性质;并且(d)使用所述导出估计的体光学性质从所述第二图像数据重建所述第二图像。

[0009] 可以按照与指出的不同的次序执行方法步骤。例如,可以反转步骤(a)和(b)的次序。

[0010] 本发明第一方面背后的大意可以被视为通过如下方式实现协同效果:使用两种不同类型的成像,即X射线投影成像和光学断层摄影来采集图像数据,其中,不仅组合了每种成像技术的优点,而且可以实现其他有利效果。

[0011] 例如,从如下事实可以获得益处:使用X射线投影采集的第一图像数据可以提供以高的空间分辨率表示射线成像的身体软组织的X射线吸收特性的二维图像。从这样的第一图像数据,可以导出身体软组织体中光学性质的估计。接下来可以使用这样的信息来改进从使用光学断层摄影技术采集的第二图像数据重建第二图像。典型地,这样的第二图像重建可能是复杂的,可能会出现不准确,因为在这种重建中,在启动重建之前一般必须要做出具体的假设。确定这种假设一般是复杂的,并可能导致重建图像中的不准确。尤其是,这种假设可能涉及到要使用光学断层摄影进行成像的身体软组织中存在的体光学性质,因为这种体光学性质可以影响到用于光学断层摄影的光的透射和漫射。

[0012] 本文中提出,通过从允许以高的空间分辨率导出体光学性质的先前采集的X射线投影图像数据导出身体软组织的估计的体光学性质来提供这种体光学性质的高质量估计。使用这种估计的体光学性质,可以改进光学断层摄影图像的重建,尤其可以显示增大的空间分辨率。

[0013] 可以将所提出方法的实施例特别用于对女性乳房成像。然后可以使用乳房摄影X射线投影采集第一图像数据,第一图像也可以被称为乳房X射线照片。在对女性乳房的这种成像中,可以有利地使用漫射光学断层摄影(DOT)来采集第二图像数据。DOT可以提供包括关于感兴趣区域中包括的组织的功能信息的三维图像。

[0014] 提出的成像方法还可以包括额外的过程步骤:使用X射线投影采集针对身体软组织的感兴趣区域的第三图像的第三图像数据。其中,在所述身体软组织处于第一压缩状态时采集所述第一图像数据,在所述身体软组织处在比所述第一压缩状态压缩更低的不同的第二压缩状态时采集所述第二和第三图像数据。

[0015] 采集第三图像数据可以进一步改进通过光学断层摄影采集的第二图像的重建。具体而言,可能有益的是在乳房高压压缩下采集例如女性乳房的第一图像数据,此外,在乳房更低压缩下采集第三图像数据,两个图像数据都是使用X射线投影采集的。而在乳房高压压缩下,可以采集高质量且高信息含量的乳房X射线照片,高压压缩对于患者而言可能是不舒服的。由于光学断层摄影需要较长的照明周期,所以可以在乳房的更低压缩下使用光学断层摄影采集第二图像数据,由此相当大地改进了患者的舒适性。为了更好地将第一图像数据和第二图像数据相关(这些第一和第二图像数据是使用不同的成像技术,在不同压缩状态

下采集的),进一步采集第三图像数据,这些第三图像数据是使用与第一图像数据相同的技术,在与第二图像数据相同的压缩状态下采集的。

[0016] 例如,可以将第一图像数据和第三图像数据彼此弹性配准。由此,可以导出与乳房的第一和第二压缩状态相关的所谓“先验变形”。这种先验变形可以包括关于被检查身体软组织在第一压缩状态和第二压缩状态之间是如何变形的信息。可以在接下来从第二图像数据重建第二图像时有利地使用这样的信息。

[0017] 例如,可以使用先验变形中包含的信息来变换从在高压压缩下采集的第一图像数据导出的身体软组织的体估计光学性质。然后可以在额外使用这种变换的体光学性质的同时,从在低压压缩下采集的第二图像数据重建第二图像。

[0018] 换言之,可以首先通过从使用X射线投影在身体软组织高压压缩下采集的第一图像数据导出信息来估计的体光学性质,因此其包括关于身体软组织局部吸收的高分辨率详细结构信息。因此,为了改进患者的舒适度,可以减小身体软组织的压缩,并可以分别使用光学断层摄影和使用X射线投影来采集第二和第三图像数据。然后可以使用第一图像数据中包括的高质量信息估计的体光学性质。原则上,也可以从在更低压缩下采集的第三图像数据导出这种体光学性质,但在这样更低压缩下信息质量低于X射线投影,通常会导致图像具有更低空间分辨率和/或更少关于局部X射线吸收的信息。因此,要使用从第一图像数据导出的关于体光学性质的详细信息,然后将其变换到在第二更低压缩状态下获取的身体软组织的几何形态。其中,可以使用通过配准都是使用X射线投影,但在不同压缩状态下采集的第一图像数据和第三图像数据获得的信息作为变换估计的体光学性质时的先验变形,估计的体光学性质是先前从高质量的第一图像数据导出的。于是,以高质量保持了关于体光学性质的信息,但其被变换成身体软组织在第二压缩状态中采取的几何形态,第二图像数据也是在第二压缩状态下使用光学断层摄影采集的。因此,最后可以在高质量下使用这种变换的体光学性质从第二图像数据重建第二图像。

[0019] 在所提出的方法中,可以使用针对X射线能量、X射线光谱和/或X射线剂量的第一设置采集所述第一图像数据,而可以使用针对X射线能量、X射线光谱和/或X射线剂量的不同第二设置来采集所述第三图像数据。

[0020] 在这样的实施例中,可以从如下事实获得益处:身体软组织可能在用于X射线投影的辐射的不同设置下具有不同的X射线吸收特性。换言之,具体类型的身体软组织在与另一种身体软组织不同的X射线能量、X射线光谱和/或X射线剂量处可能具有不同的X射线吸收特性。因此,通过为采集第一图像数据和第三图像数据时使用的X射线辐射分别使用不同的设置,可以采集关于身体软组织中组织类型局部分布的额外信息。

[0021] 例如,可以考虑所采集的第一图像数据和所采集的第三图像数据,导出关于所述感兴趣区域中身体软组织组织成分的估计信息。接下来,可以从估计的关于组织成分的信息导出所述感兴趣区域中所述身体软组织的估计的体光学性质。最后,可以使用这种估计的体光学性质,从第二图像数据重建第二图像。

[0022] 因此,在这样的实施例中,不仅可以基于使用X射线投影的单一数据采集,即第一图像数据,而且可以基于在不同X射线设置下使用X射线投影进行的两次数据采集,导出估计的体光学性质。从这两种图像数据,可以导出额外信息,例如与身体软组织感兴趣区域中组织成分相关的这种额外信息。由于感兴趣区域之内的光学性质尤其可能依赖于局部组织

成分,然后将这种额外信息用于更精确估计感兴趣区域中的体光学性质。这样改进的估计可能导致能够改进第二图像,即光学断层摄影图像的重建。

[0023] 可以与第一图像一起显示重建的第二图像。两幅图像都可以涉及不同的信息含量。例如,第二图像可以包括关于身体软组织之内生理功能的信息,而第一图像可以包括关于身体软组织之内结构的详细几何信息。

[0024] 可以将第一和第二图像显示成从重建的三维第二图像导出的二维第二图像和二维第一图像的配准的叠加。

[0025] 其中,例如可以从重建的3D第二图像,例如通过计算通过3D第二图像,相对于对应于由X射线投影采集第一图像的成像平面的成像平面的2D投影,来从重建的3D第二图像导出2D第二图像。或者,例如可以从重建的3D第二图像,通过计算3D第二图像在平行于采集第一图像的成像平面的平面中的2D切片,来导出2D第二图像。

[0026] 尽管可以在身体软组织的不同压缩状态下采集第一和第二2D图像,并可能因此涉及身体软组织中感兴趣区域的不同几何状态,但可以在配准图像之后叠加这两幅2D图像。配准可以包括将在身体软组织在高压压缩下的第一几何状态中采集的第一2D图像变换成身体软组织在采集第二图像数据的低压压缩下的第二几何状态,或反之亦然。在这种变换之后,可以叠加两幅2D图像并向用户显示,由此能够由用户进行简化的图像分析。

[0027] 根据本发明的又一方面,提出了一种成像设备。这种成像设备适于执行上述成像方法的实施例。

[0028] 例如,该成像设备可以包括身体软组织压缩器,用于在不同的压缩状态压缩身体软组织。此外,提供了布置于身体软组织压缩器相对侧的X射线源和X射线探测器,以及布置于身体软组织压缩器相对侧的光学断层摄影光源和光学断层摄影光探测器。此外,在成像设备中包括了适于执行在其实施例之一中上文定义的方法的计算机。

[0029] 成像设备可以适于自动控制所述身体软组织压缩器、所述X射线源、所述X射线探测器、所述光学断层摄影光源和所述光学断层摄影光探测器中的至少一个。

[0030] 因此,该成像设备可以适于自动分别使用针对X射线投影和光学断层摄影的相应手段采集第一、第二,以及任选的第三图像数据,并且可能使用身体软组织压缩器将身体软组织置于具体的不同压缩状态。

[0031] 根据本发明的第三方面,提出了一种计算机程序产品,其包括用于指示计算机执行根据上述方法的实施例的方法的计算机可读指令。可以将这样的计算机程序产品存储于计算机可读介质上。计算机程序产品可以使用任何适当编程语言的计算机可读指令以从相应成像手段采集图像数据,处理这种数据并最终输出这种数据,进行例如可视化。计算机可读介质可以是任何类型的适于存储计算机可读指令的介质,例如CD、DVD、闪存存储器等。

[0032] 要指出的是,在此参考不同主题描述了本发明的实施例及其可能特征和优点。具体而言,一些实施例是参考方法型权利要求描述的,而其他实施例是参考设备型权利要求描述的。不过,本领域的技术人员从以上和以下描述将理解,除非另行指出,除了属于一种主题的特征的任何组合之外,与不同主题相关的特征间的任何组合,尤其是设备型权利要求的特征和方法型权利要求的特征之间的组合,也被视为被本申请公开。

附图说明

[0033] 在下文中参考附图描述了本发明的实施例。说明书或附图都不应被解释为对本发明的限制。

[0034] 图1示出了根据本发明实施例的成像设备。

[0035] 图2(a)、(b)示出了正常和减弱压缩下采集的乳房X射线照片。附图仅仅是示意性而不是按比例。

[0036] 附图标记列表：

[0037] 1 成像设备

[0038] 3 X射线源

[0039] 5 X射线探测器

[0040] 7 可更换滤波器

[0041] 9 光学断层摄影光源

[0042] 11 光学断层摄影光探测器

[0043] 13 压缩板

[0044] 15 身体软组织压缩器

[0045] 17 乳房

[0046] 19 控制

[0047] 21 外壳

[0048] 23 运动方向

[0049] 25 计算机

具体实施方式

[0050] 图1示出了可用于执行如下文更详细地描述的、根据本发明实施例的成像方法的成像设备1。成像设备1适于在不同的压缩状态下并使用不同的成像装置对女性乳房17进行成像。

[0051] 成像设备1包括身体软组织压缩器15，其具有压缩板13，压缩板13可以如图1中所示在垂直方向23上移动。使用可移动的压缩板13，如图中分别用虚线和实线示意性所示，可以将插入压缩板13和外壳21之间的女性乳房17压缩到不同压缩状态。

[0052] X射线源3和X射线探测器5被布置在压缩器15的相对侧。X射线源3可以向乳房17之内的感兴趣区域发射X射线，使得这些X射线通过感兴趣区域透射并接下来被X射线探测器5检测到。因此，可以采集到乳房摄影X射线投影。

[0053] 可以在不同的工作条件下，例如在不同的加速电压、电子流密度等下，操作X射线源3，从而能够改变由X射线源3发射的X射线的能量、光谱和/或剂量。此外，可以向X射线束中引入滤波器7并可以动态地交换它们。通过在X射线图像数据采集期间建立这样不同的设置，可以特定地调整X射线源3发射的X射线特性，使得不同类型的身体组织根据X射线吸收显示不同的X射线吸收特性，从而最后可以使用高精度采集感兴趣区域之内组织成分的信息。

[0054] 除了射线辐射成像装置的部件3、5、7之外，可以将光学断层摄影装置的部件布置成与乳房17相邻。可以将光学断层摄影光源9布置于透明压缩板13顶部，可以将光学断层摄影光探测器11布置于乳房17下方，例如在外壳21之内，外壳21可能对于光学断层摄影光源9

发射的光也是透明的。

[0055] 光学断层摄影光源9包括多个处在不同位置的个体光发射器,从而可以向着乳房17发射例如近红外(NIR)光谱范围中的光,并向着光学断层摄影光探测器11在不同角度透射通过乳房17。光学断层摄影光探测器11包括多个分布成矩阵的个体光探测器,使得可以在二维上探测通过乳房17透射并可能在其中漫射的光。使用光学断层摄影光探测器11在光以不同角度透射透过乳房时采集多个二维图像,可以重建三维光学断层摄影图像。在有益的设置中,可以组合各种光源以获得可以由所有传感器探测的光发射的各种不同模式。这样可以产生准角信息,接下来可以将其用于图像重建。因此,可以在DOT采集期间不需要DOT装置部件的机械运动。

[0056] 成像设备1的所有部件,即X射线源3、X射线探测器5、滤波器7、光学断层摄影光源9、光学断层摄影光探测器11和用于压缩器15的可移动压缩板13的移动机构(未示出),都连接到控制19。控制19可以自动控制并操作部件,并采集、处理和输出来自部件的数据,以便如下所述地执行根据本发明实施例的成像方法。

[0057] 首先,将女性乳房布置于外壳21顶部,压缩板13下方。通过沿着方向23降低压缩板13,将乳房17压缩到图1中虚线所示的压缩状态。

[0058] 在这种第一压缩状态中,通过从X射线源3投射X射线通过乳房17朝向X射线探测器5并由探测器5探测透射的X射线来采集乳房17的第一图像数据。对于这样的乳房摄影X射线投影,可以使用X射线能量、X射线光谱、X射线剂量和滤波材料7选择的标准设置。

[0059] 接下来,通过向上移动压缩板17来减小对乳房17的压缩。由此,可以获得由实线在图1中所示的乳房17的第二压缩状态。

[0060] 在这种第二压缩状态中,采集另一乳房X射线照片。换言之,由X射线投影采集乳房17感兴趣区域的第三图像数据。在以减小压缩的第二压缩状态进行的这种X射线投影中,可以使用X射线源3和/或滤波器7的不同设置。例如,可以增大X射线源3的加速电压,可以减小电子流密度,并可以更换引入X射线束中的滤波器,从而以低剂量使用高的X射线光子能量采集第三图像数据。

[0061] 然后,可以与乳房17相邻布置光学断层摄影光源9和光学断层摄影光探测器11,同时保持乳房17处于第二压缩状态。使用这种光学断层摄影装置9,11,采集乳房17感兴趣区域的第二图像数据。

[0062] 在这样的图像数据采集之后,可以从压缩器15释放乳房17。任选地,可以为第二乳房重复该流程。

[0063] 图2(a)示出了第一高度压缩状态下乳房17的乳房X射线照片。图2(b)示出了第二低压缩状态下的乳房X射线照片。可以清楚地看出,在第一高压压缩状态的乳房X射线照片中,可以看到更多细节。

[0064] 所有的图像数据都可以分别由探测器5,11采集为数字数据,并可以被传输到控制9中包含的计算机25。计算机25适于采集第一、第二和第三图像数据并处理这些数据。

[0065] 例如,计算机25可以从所采集的第一图像数据导出乳房17体光学性质的估计并使用这样估计的体光学性质来改进从第二图像数据对第二图像(即三维光学断层摄影图像)的重建。

[0066] 在优选实施例中,计算机25对两个采集的乳房X射线照片,即第一图像和第三图

像,进行弹性配准,以便由此导出与乳房17的第一和第二压缩状态相关的先验变形的信息。

[0067] 此外,计算机25可以基于乳房密度和双能量谱分解来分析乳房17之内身体软组织的组织成分。其中,可以通过考虑在不同X射线设置下采集的第一图像数据和第三图像数据并分析这些第一和第三图像数据之间的差异来导出感兴趣区域中乳房的组织成分信息。可以从欧洲申请No.10194750.5推导出关于双能量体积乳房密度评估的细节。

[0068] 接下来可以在从第二图像数据重建第二图像时使用关于组织成分的这种估计信息,因为组织成分的这种信息可以用于更精确地估计感兴趣区域中乳房的体光学性质。因此,可以将这种信息用于在为光学断层摄影重建进行初始化时更准确地界定感兴趣体积。其中,感兴趣体积的界定可能与组织成分无关,但可以直接仅从第三图像数据的高空间分辨率导出。重要的是要提到,在第二和第三图像数据之间没有变形。

[0069] 最后,计算机25可以处理采集的图像数据,以显示从重建的第二图像导出的二维图像与第一图像的配准的叠加。换言之,可以配准并叠加从光学断层摄影图像采集的第二图像数据导出的功能数据的局部分布以及从第一乳房摄影图像导出的结构数据。为了从正常压缩和标准剂量下采集的乳房X射线照片和在减小的压缩下采集的光学断层摄影测量结果获得结构数据的配准覆盖图,可以使用通过弹性配准第一和第三图像数据而导出的先验变形中包括的信息。最后,可以将叠加的第一和第二图像可视化为融合图像。可以向用户,例如在显示器上呈现或者可以打印出这种可视化。

[0070] 由于这种可视化融合图像包括来自乳房X射线照片的高分辨率结构特征和来自光学断层摄影图像的功能特征,此外,光学断层摄影图像由于使用了从乳房X射线照片导出的额外信息而具有高质量,所以这样的融合图像可以向医生提供宝贵信息,以探测例如乳房之内的癌变组织。

[0071] 最后,可以如下用不同语言概括本发明实施例的可能特征、功能和优点。

[0072] 漫射光学断层摄影(DOT)和乳房摄影的多模态融合有希望通过依赖每者的强项来克服两种成像装置的缺点,由此可能实现协同效果。由光学性质提供了空间分辨率在10毫米范围中的功能信息,使用空间分辨率可能小于0.1毫米的X射线产生高分辨率的结构图像对比度。可以将DOT测量与乳房摄影系统集成。不过,DOT需要长时间的测量采集,这可能增加乳房X射线照片的采集时间。

[0073] 为了改进患者的舒适度,希望在减小的乳房压缩下进行DOT。

[0074] 这样可能在DOT测量和乳房X射线照片的结果之间带来对应性问题,并且可能需要估计变形场。此外,DOT可能对体光学性质的估计敏感,以便正确解释测得的响应。使用光学摄像机的现有技术仅能够采集外部变形而没有关于乳房内部结构的信息。此外,可能难以从单个乳房X射线照片而没有关于压缩高度的精确信息来准确地确定光学性质。

[0075] 换言之,组合式乳房摄影和DOT采集的主要缺点是测量时间长。减小乳房压缩可以改进患者的舒适度,但带来了对应性问题:必须要在正常压缩下采集乳房X射线照片以便实现结构的充分可见度以用于诊断的目的;因为测量时间长,DOT测量要在减小的压缩下进行,但它们缺少结构对比度,仅在粗糙分辨率下提供了功能响应。

[0076] 根据本发明的实施例,可以使用从两个乳房X射线照片的配置导出的先验变形克服这样的对应问题。

[0077] 此外,使用单一的二维乳房X射线照片为DOT归一化进行体光学性质估计可能是不

利的。从乳房X射线照片提取小部分组织可能对于不准确的压缩高度估计非常敏感,因此容易出现误差。根据本发明的实施例,可以通过使用减小压缩下的双能量修饰(pendant)来补充第一乳房X射线照片,从而克服这种缺点。

[0078] 根据实施例,本发明提出了一种方法,用于融合数字乳房X射线照片与不同乳房压缩下的漫射光学断层摄影(DOT)。DOT通常仅提供粗糙的分辨率,需要补充模态的结构信息,以便对数据进行空间评估。此外,DOT依赖于估计的体光学性质,即感兴趣体积之内的不同组织类型,以便对响应进行归一化。为了改进长时间DOT采集期间患者的舒适度,希望在减小的乳房压缩下进行DOT。不过,乳房成像的图像质量可能强烈依赖于高度乳房压缩。于是,提出使用不同的滤波器和/或X射线采集的能量设置来在减小的压缩下采集额外的低剂量射线照片。

[0079] 根据本发明的实施例,采用与用于光学断层摄影图像采集在相同程度的减小压缩下的额外的低剂量乳房X射线照片。使用可变形配准方案,可能能够导出平滑的变形场,其包含在正常压缩下采集的乳房X射线照片中像素和接下来在减小的压缩下的采集之间的对应性。这些对应关系还连接DOT和射线辐射成像图像数据,从而允许准确地覆盖功能和结构图像内容。

[0080] 为了改进从乳房X射线照片估计的体光学性质以对DOT结果进行归一化,可以使用不同的光子能量、靶材料和/或滤波器材料采集第二乳房X射线照片。使用这种双能量方法,一方面,在乳房X射线照片中仍然能够看到用于配准的相关结构,与从单一乳房X射线照片进行组织类型分解估计相比,可以使用两个互补的能量更鲁棒地将乳房分解成不同组织类型。此外,在与DOT采集相同压缩水平下采集的乳房X射线照片的高空间分辨率可以允许针对DOT重建更准确界定感兴趣体积。

[0081] 应当指出,术语“包括”不排除其他元件或步骤,限定词“一”或“一个”不排除复数。也可以组合结合不同实施例描述的元件。还应当指出,权利要求中的附图标记不应被解释为对权利要求的范围的限制。

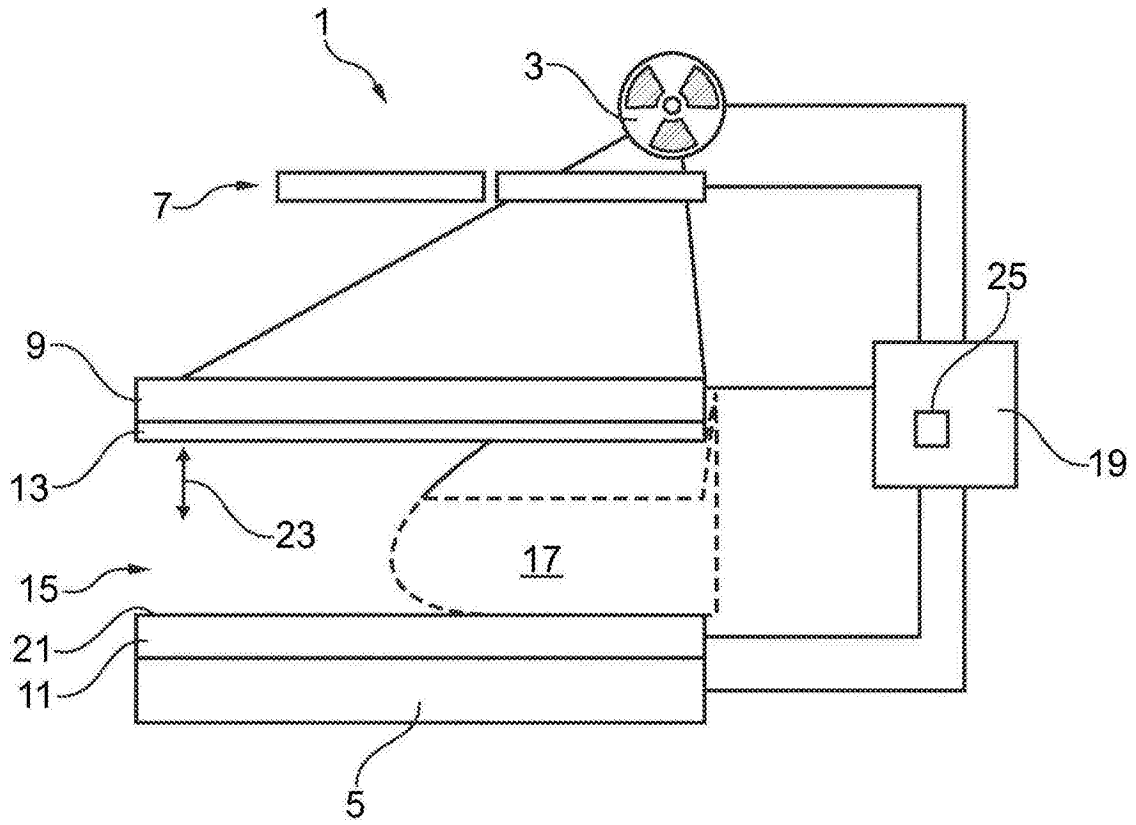
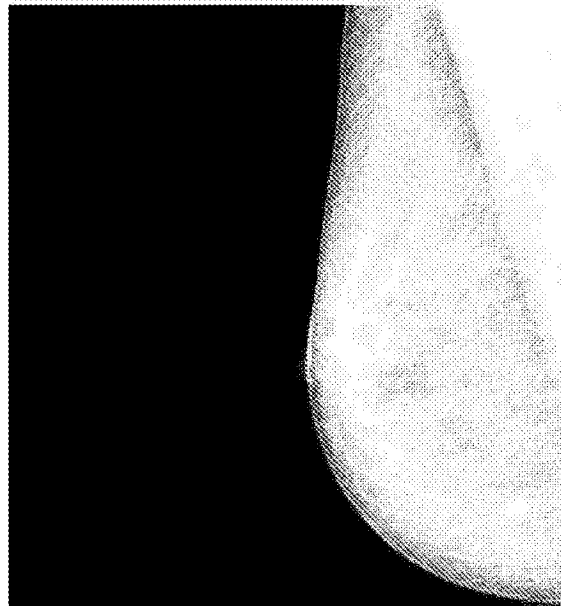


图1



(a)



(b)

图2