



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104169739 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 26

(21) 申请号 201280065031. 4

代理人 史新宏

(22) 申请日 2012. 10. 29

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01S 15/89 (2006. 01)

61/553, 137 2011. 10. 28 US

A61B 8/00 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 06. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/062435 2012. 10. 29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/066821 EN 2013. 05. 10

(71) 申请人 决策科学国际公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 A. 韦格纳

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

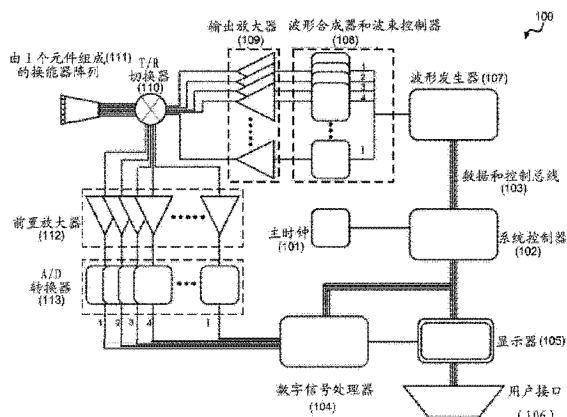
权利要求书4页 说明书13页 附图6页

(54) 发明名称

超声成像中的扩频编码波形

(57) 摘要

本发明公开了使用扩频、相干、频率和 / 或相位编码波形的超声成像技术、系统、和装置。在一个方面中, 一种在声成像设备中从声波形中创建图像的方法包括将设备设置成向目标发送声波形的发送模式; 在发送声波形时, 在一个或多个波形合成器中合成形成复合波形的多种基本正交编码波形作为向目标发送的声波形, 其中每种波形对应于不同频带; 将设备设置成接收从目标的至少一部分返回的返回声波形的接收模式; 将接收的返回声波形从模拟格式转换成数字格式作为包含目标的信息的接收复合波形; 以及处理该接收复合波形以产生目标的图像。



1. 一种在声成像设备中从声波形中创建图像的方法,包括:

将声成像设备中的发送 / 接收切换器设置成向目标发送声波形的发送模式;

在发送声波形时,在一个或多个波形合成器中合成形成复合波形的多种基本正交编码波形作为向目标发送的声波形,其中每种波形对应于不同频带,该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种;

将声成像设备中的发送 / 接收切换器设置成接收从目标的至少一部分返回的返回声波形的接收模式;

将接收的返回声波形从模拟格式转换成数字格式作为包含目标的信息的接收复合波形;以及

处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中合成频率编码波形包括选择与频带相对应的两个或更多个载波频率,以及确定编码波形的每种波形的一个或多个振幅和时间带宽乘积参数。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中合成相位编码波形包括确定编码波形的每种波形的时间带宽乘积参数和相位参数。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中该相位参数从一组伪随机数中确定。

5. 如权利要求 3 所述的方法,其中该相位参数从一组确定数中确定。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中该编码波形是相干波形。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其中该编码波形是频率编码波形和相位编码波形。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其中多种编码波形的每一种波形包括一个或多个振幅和一个或多个相位。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其中针对多种编码波形的至少一种波形单独振幅加权一个或多个振幅,从而提供声波形的偏转、聚焦或形成的至少一种。

10. 如权利要求 8 所述的方法,其中针对多种编码波形的至少一种波形单独相位加权一个或多个相位,从而提供声波形的偏转、聚焦或形成的至少一种。

11. 如权利要求 1 所述的方法,其中该信息包括与接收复合波形的相应频带相联系的振幅和相位。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其中针对接收复合波形的相应频带的至少一个频带单独振幅加权该振幅,从而提供声波形的偏转、聚焦或形成的至少一种。

13. 如权利要求 11 所述的方法,其中针对接收复合波形的相应频带的至少一个频带单独相位加权该相位,从而提供声波形的偏转、聚焦或形成的至少一种。

14. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括根据复合波形形成射频 (RF) 波形。

15. 如权利要求 14 所述的方法,进一步包括根据 RF 波形形成声波形。

16. 如权利要求 14 所述的方法,进一步包括放大 RF 波形。

17. 如权利要求 1 所述的方法,其中该声波形是包括与多种编码波形相联系的相应频带的空间组合声波形。

18. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括放大接收返回声波形。

19. 如权利要求 1 所述的方法,其中处理接收复合波形由数字信号处理器 (DSP) 进行。

20. 一种声波形成像系统,包括:

包含与波形发生器耦合的一个或多个波形合成器的波形生成单元,其中该波形生成单

元合成包含多种基本正交编码波形的复合波形,该多种基本正交编码波形对应于该一个或多个波形合成器按照该波形发生器提供的波形信息生成的频带,该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种;

发送 / 接收切换单元,用于在发送模式与接收模式之间切换;

与该发送 / 接收切换单元通信的换能元件阵列,用于向目标发送基于该复合波形的声波形和接收从目标的至少一部分返回的返回声波形;

模数 (A/D) 转换器阵列,用于将该换能元件阵列接收的接收返回声波形从模拟格式转换成数字格式作为包含目标的信息的接收复合波形;

与该波形生成单元和该 A/D 转换器阵列通信的控制单元,其包含处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像的处理单元;以及

与该控制单元通信的用户接口单元。

21. 如权利要求 20 所述的声波形成像系统,其中该用户接口单元包含显示图像的显示器。

22. 如权利要求 20 所述的声波形成像系统,其中该波形生成单元进一步包含配置在该发送 / 接收切换单元与该一个或多个波形合成器之间、修改复合波形的一个或多个放大器。

23. 如权利要求 20 所述的声波形成像系统,进一步包括配置在该发送 / 接收切换单元与至少一个 A/D 转换器的阵列之间、修改接收返回声波形的一个或多个前置放大器的阵列。

24. 如权利要求 20 所述的声波形成像系统,其中该处理单元包含数字信号处理器 (DSP)。

25. 如权利要求 20 所述的声波形成像系统,其中该控制单元进一步包含使该声波形成像系统的至少一个元件中的时间同步的主时钟。

26. 如权利要求 20 所述的声波形成像系统,其中该用户接口单元进一步包含与该控制单元通信的、接收来自用户的输入的一个或多个用户接口设备。

27. 如权利要求 26 所述的声波形成像系统,其中该输入包括操作模式。

28. 如权利要求 27 所述的声波形成像系统,其中该操作模式包括根据从返回声波形中获得的一种或多种测量性质的至少一种特征实现图像颜色编码的、使生物组织成像的至少一种 ATS 模式 (人工组织染色模式)。

29. 如权利要求 27 所述的声波形成像系统,其中该操作模式包括使用一个或多个算法分类器,以便使用从返回声波形中获得的一种或多种测量性质的至少一种特征分类生物组织类型的使生物组织成像的至少一种 CAD 模式 (计算机辅助诊断模式)。

30. 如权利要求 29 所述的声波形成像系统,其中该用户接口单元包含根据分类的生物组织类型显示生物组织的颜色编码图像的显示器。

31. 如权利要求 20 所述的声波形成像系统,其中将换能器元件的阵列划分成两个或更多个子阵列,以便针对与发送声波形相对应的频带的至少一个频带单独振幅加权两个或更多个子阵列的至少一个和单独相位加权两个或更多个子阵列的至少一个并组合它们,从而提供提高的交叉范围分辨率。

32. 如权利要求 20 所述的声波形成像系统,其中将换能器元件的阵列划分成两个或更

多个子阵列,以便针对与接收返回声波形相对应的频带的至少一个频带单独振幅加权两个或更多个子阵列的至少一个和单独相位加权两个或更多个子阵列的至少一个并组合它们,从而提供提高的交叉范围分辨率。

33. 一种从声波形中创建图像的方法,包括:

将发送/接收切换器设置成发送模式;

从多种操作模式中选择一种操作模式;

在一个或多个波形合成器中合成形成复合波形的多种基本正交编码波形,其中每种波形对应于不同频带,该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种;

向目标发送基于该复合波形的声波形;

将发送/接收切换器设置成接收模式;

接收从目标的至少一部分返回的返回声波形;

将接收的返回声波形从模拟格式转换成数字格式作为包含目标的信息的接收复合波形;以及

处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像。

34. 如权利要求33所述的方法,其中该操作模式包括根据从返回声波形中获得的一种或多种测量性质的至少一种特征实现图像颜色编码的、使生物组织成像的至少一种ATS模式。

35. 如权利要求33所述的方法,其中该操作模式包括使用一个或多个算法分类器,以便使用从返回声波形中获得的一种或多种测量性质的至少一种特征分类生物组织类型的使生物组织成像的至少一种CAD模式。

36. 如权利要求35所述的方法,进一步包括根据分类的生物组织类型显示生物组织的颜色编码图像。

37. 如权利要求33所述的方法,其中合成频率编码波形包括选择与频带相对应的两个或更多个载波频率,以及确定编码波形的每种波形的一个或多个振幅和时间带宽乘积参数。

38. 如权利要求33所述的方法,其中合成相位编码波形包括确定编码波形的每种波形的时间带宽乘积参数和相位参数。

39. 一种从声波形中创建图像的方法,包括:

组合与不同频带相对应的多种编码波形以产生包含在不同频带上的基本正交波信号的复合波形,该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种;

使用该复合波形产生朝向目标的包括不同频带的声探测波;

接收该声探测波被发送到目标之后从目标的至少一部分返回的声能;

将接收的返回声能转换成包含目标的信息的数字复合波形;以及

处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像。

40. 一种从声波形中创建图像的设备,包括:

组合与不同频带相对应的多种编码波形以产生包含在不同频带上的基本正交波信号的复合波形的部件,该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种;

使用该复合波形产生朝向目标的包括不同频带的声探测波的部件;

接收该声探测波被发送到目标之后从目标的至少一部分返回的声能的部件;

将接收的返回声能转换成包含目标的信息的数字复合波形的部件；以及  
处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像的部件。

## 超声成像中的扩频编码波形

[0001] 交叉引用相关申请

[0002] 本专利文件要求 2011 年 10 月 28 日提交、发明名称为“超声成像中的扩频编码波形 (SPREAD SPECTRUM CODED WAVEFORMS IN ULTRA-SOUND IMAGING)”的美国临时申请第 61/553,137 号的优先权，其通过引用作为本文件的一部分并入。

### 技术领域

[0003] 本专利文件涉及超声成像。

### 背景技术

[0004] 超声成像是应用声波穿过介质的性质再现直观图像的成像形式。作为一种成像形式，超声成像已用在多种生物医学领域中观看动物和人类的内部结构和功能数十年了。用在生物医学成像中的超声波可以在不同频率中，例如，在 1 到 20MHz 之间，或甚至在更高频率中操作。当使用超声成像的传统技术时，包括不适当的空间分辨率和组织分化在内的一些因素可能导致令人失望的图像质量，这可能限制了将其用于许多临床应用。

### 发明内容

[0005] 本文公开了使用可以呈现宽瞬时带宽的扩频、相干、频率和 / 或相位编码波形的超声成像技术、系统、和装置。

[0006] 在所公开技术的一个方面中，一种在声成像设备中从声波形中创建图像的方法包括将声成像设备中的发送 / 接收切换器设置成向目标发送声波形的发送模式；在发送声波形时，在一个或多个波形合成器中合成形成复合波形的多种基本正交编码波形作为向目标发送的声波形，其中每种波形对应于不同频带以及该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种；将声成像设备中的发送 / 接收切换器设置成接收从目标的至少一部分返回的返回声波形的接收模式；将接收的返回声波形从模拟格式转换成数字格式作为包含目标的信息的接收复合波形；以及处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像。

[0007] 在另一个方面中，提供了一种声波形成像系统，其包括：包含与波形发生器耦合的一个或多个波形合成器的波形生成单元，其中该波形生成单元合成包含多种基本正交编码波形的复合波形，该多种基本正交编码波形对应于该一个或多个波形合成器按照该波形发生器提供的波形信息生成的频带，该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种；发送 / 接收切换单元，用于在发送模式与接收模式之间切换；与该发送 / 接收切换单元通信的换能元件阵列，用于向目标发送基于该复合波形的声波形和接收从目标的至少一部分返回的返回声波形；模数 (A/D) 转换器阵列，用于将该换能元件阵列接收的接收返回声波形从模拟格式转换成数字格式作为包含目标的信息的接收复合波形；与该波形生成单元和该 A/D 转换器阵列通信的控制单元，其包含处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像的处理单元；以及与该控制单元通信的用户接口单元。

[0008] 在另一个方面中，提供了一种从声波形中创建图像的方法，其包括：将发送 / 接收

切换器设置成发送模式；从多种操作模式中选择一种操作模式；在一个或多个波形合成器中合成形成复合波形的多种基本正交编码波形，其中每种波形对应于不同频带，该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种；向目标发送基于该复合波形的声波形；将发送/接收切换器设置成接收模式；接收从目标的至少一部分返回的返回声波形；将接收的返回声波形从模拟格式转换成数字格式作为包含目标的信息的接收复合波形；以及处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像。

[0009] 在另一个方面中，提供了一种从声波形中创建图像的方法，其包括：组合与不同频带相对应的多种编码波形以产生包含在不同频带上的基本正交波信号的复合波形，该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种；使用该复合波形产生朝向目标的包括不同频带的声探测波；接收该声探测波被发送到目标之后从目标的至少一部分返回的声能；将接收的返回声能转换成包含目标的信息的数字复合波形；以及处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像。

[0010] 在又一个方面中，提供了一种从声波形中创建图像的设备，其包括：组合与不同频带相对应的多种编码波形以产生包含在不同频带上的基本正交波信号的复合波形的部件，该编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种；使用该复合波形产生朝向目标的包括不同频带的声探测波的部件；接收该声探测波被发送到目标之后从目标的至少一部分返回的声能的部件；将接收的返回声能转换成包含目标的信息的数字复合波形的部件；以及处理该接收复合波形以产生目标的至少一部分的图像的部件。

[0011] 描述在本专利文件中的主题可以提供如下特征的一种或多种以及可以用在许多应用中。例如，所公开的技术可以在例行初级保健筛选期间用于识别和定位早期恶性肿瘤，以及后期癌症，这潜在地可以提高难以诊断无症状患者的存活率。所公开的技术可以被专业认证放射科医师用于在任何手术活检或切除干预之前将赘生物诊断成良性的或恶性的，这也可以在减少不必要活检的同时提高患者的存活率。当与细针活检仪器结合时，所公开的技术可以用在医疗过程中确认非侵入性诊断，这可以降低这样活检过程的侵袭性的程度。当与微创手术的高清晰度视频仪器结合时，所公开的技术可以融合光学和超声图像，这可以进一步赋予外科医生以无需切除过多正常组织地定位和手术切除病变组织的额外能力。当与专业外科仪器结合，将超声图像与其它数据融合时，所公开的技术可以赋予外科医生以在对附近结构的不必要伤害最小的同时定位和操纵感兴趣的解剖区域的额外能力。所公开的技术通过，例如，引导导管和密封放射源插入适当地点中，可以缩短近距离治疗恶性赘生物的时间。类似地，所公开的技术可以帮助插入高剂量、定域药物来治疗疾病。

## 附图说明

- [0012] 图 1A 示出了使用扩频编码波形的示范性超声成像系统的框图；
- [0013] 图 1B 示出了使用扩频编码波形的示范性超声成像系统的操作流程图；
- [0014] 图 2 示出了表征多种波形的示范性扩频、宽瞬时带宽、频率和/或相位编码波形的曲线图；
- [0015] 图 3 示出了示范性扩频编码波形的模糊函数特性；
- [0016] 图 4A-4C 示出了波束偏转、动态聚焦、和形成的示范性图形；以及
- [0017] 图 5 示出了扩频编码波形的校正处理的示范性框图。

[0018] 各种图形中的相同标号和指定表示相同元件。

### 具体实施方式

[0019] 本文描述了生成,发送,接收和处理用在超声成像中的相干、扩频、频率和 / 或相位编码波形的技术、系统和装置。超声成像可以通过发射部分从两种介质(例如,生物组织结构)之间的边界反射和部分透射的时间选通、单频或窄瞬时频带声波形(脉冲)来进行。该反射可以取决于两种介质之间的声阻抗差。一些技术的超声成像可能只使用来自反射信号的振幅信息。例如,当发射一个脉冲时,可以连续采样反射信号。在生物组织中,可以认为声速是相当稳定的,其中波形的发射与反射信号的接收之间的时间取决于波形在那种组织结构中行进的距离(例如,反射结构的深度)。因此,可以在多个时间间隔上采样反射信号以接收从多个深度反射的反射信号。此外,在不同深度上的不同组织可能以不同能量反射部分反射入射波形,因此来自不同介质的反射信号可以具有不同振幅。可以根据深度构建相应超声图像。发射新波形之前的时间因此可以独立于希望成像的最大深度。应用脉冲化单色和 / 或窄瞬时频带波形的超声成像技术可能遭受图像处理和产生的差分辨率之苦。然后,具有可以编码(例如,通过频率和 / 或相位)的扩频、宽瞬时带宽特性的波形可以实现超声成像的实时控制和更高质量的所得图像。

[0020] 图 1A 示出了可以产生具有包括扩频、宽瞬时带宽、相干性、伪随机噪声特性和频率和 / 或相位编码的改进波形特性的声波形的示范性超声成像系统(100)的框图。系统(100)可以以许多系统设计之一配置。在一个例子中,系统(100)可以包括用于时间同步的主时钟(101)。主时钟(101)可以与系统控制器(102)交接。系统控制器(102)可以包括处理单元,例如,基于 RISC 的中央处理单元(CPU)或其它类型的 CPU 架构。系统控制器(102)还可以包括与处理单元通信、以便支持系统控制器(102)的各种功能的至少一种输入 / 输出(I/O) 单元和 / 或存储单元。例如,处理单元可以与系统控制总线,例如,数据和控制总线(103)相联系。系统控制器(102)可以被实现成像个人计算机(PC)、膝上型电脑、平板电脑、和移动通信设备架构那样的各种数据处理架构之一。

[0021] 存储单元可以存储像处理单元处理或引用的指令、软件、数值、图像、和其它数据那样的其它信息和数据。各种类型的随机访问存储器(RAM)设备、只读存储器(ROM)设备、闪速存储器设备、和其它合适存储介质都可以用于实现存储单元的存储功能。存储单元可以存储可以用在生成,例如,像扩频、宽瞬时带宽、相干、伪随机噪声、和频率和 / 或相位编码波形那样的波形的实现中的预存波形和系数数据和信息。存储单元还可以存储从接收和处理后波形中获得、可以用于生成和发送新波形的数据和信息。存储单元可以与系统控制总线,例如,数据和控制总线(103)相联系。

[0022] I/O 单元可以与外部接口、数据存储源、和 / 或显示设备连接。I/O 单元可以与系统控制总线,例如,数据和控制总线(103)相联系。遵从像如下那样但不限于这些的典型数据通信标准的各种类型有线或无线接口都可以用于实现 I/O 单元:通用串行总线(USB)、IEEE1394(火线)、蓝牙、IEEE802.111、无线局域网(WLAN)、无线个人区域网(WPAN)、无线广域网(WWAN)、WiMAX-IEEE802.16(全球微波互联接入(WiMAX))、和并行接口。I/O 单元可以与外部接口、数据存储源、或显示设备交接,以便检索和传送可以由处理单元处理、存储在存储单元中、或呈现在输出单元上的数据和信息。

[0023] 系统控制器 (102) 可以控制系统 (100) 的所有模块, 例如, 通过经由数据和控制总线 (103) 的连接。例如, 数据和控制总线 (103) 可以将系统控制器 (102) 链接到例如数字信号处理器 (104) 的一个或多个所附数字信号处理器, 用于为它们的功能控制处理波形。数字信号处理器 (104) 可以包括像如下那样但不限于这些的一个或多个处理器: ASIC (专用集成电路)、FPGA (现场可编程门阵列)、DSP (数字信号处理器)、AsAP (简单处理器的异步阵列)、和其它类型的数据处理架构。数据和控制总线 (103) 还可以将系统控制器 (102) 以及数字信号处理器 (104) 与带有用户接口模块的一个或多个显示单元, 例如, 带有用户接口模块 (106) 的显示器 (105) 链路, 以便向用户或操作人员提供信息和接收来自用户或操作人员的输入 / 命令。显示器 (105) 可以像如下那样但不限于这些的许多合适显示单元: 阴极射线管 (CRT)、发光二极管 (LED)、和作为视觉显示器的液晶显示器 (LCD) 监视器 / 和 / 或屏幕。显示器 (105) 还可以包括各种类型的显示器、扬声器、或打印接口。在其它例子中, 显示器 (105) 可以包括像如下那样的其它输出装置: 色剂、液体喷墨、固体油墨、染料升华、无墨 (譬如, 热或 UV) 打印装置、和各种类型的音频信号换能装置。用户接口 (106) 可以包括许多合适接口, 其包括各种类型的键盘、鼠标、语音命令、触摸垫、和脑机接口装置。

[0024] 示范性系统 (100) 可以包括可以由系统控制器 (102) 控制产生一种或多种数字波形的波形发生器 (107)。一种或多种数字波形可以由, 例如, 在本例中表示成波形合成器和波束控制器 (108) 的波形合成器和波束控制器的阵列中的至少一个元件生成模拟电信号 (例如, 模拟波形)。波形发生器 (107) 可以是函数发生器和任意波形发生器 (AWG) 的至少一种。例如, 波形发生器 (107) 可以配置成生成任意数字波形的 AWG, 以便让波形合成器和波束控制器 (108) 合成成单独模拟波形和 / 或复合模拟波形。波形发生器 (107) 还可以包括可以存储用在数字波形的生成中的预存波形和系数数据和信息的至少一个存储单元。

[0025] 显示在图 1A 中的示范性系统 (100) 包括包含 I 个阵列元件的波形合成器和波束控制器 (108)。在一个例子中, 波形合成器和波束控制器 (108) 可以被配置成包括 I 个阵列波形合成器的每条线上的至少一个波形合成器元件。在另一个例子中, 波形合成器和波束控制器 (108) 可以包括 I 个阵列波束控制器的每条线上的至少一个波束控制器元件。在另一个例子中, 波形合成器和波束控制器 (108) 可以包括 I 个阵列波形合成器和波束控制器的每条线上的至少一个波形合成器和波束控制器元件。波形合成器和波束控制器 (108) 可以包括生成电信号, 例如, 射频 (RF) 波形的锁相环系统。示范性 RF 波形可以由波形合成器和波束控制器 (108) 从在波形合成器和波束控制器 (108) 的阵列元件中生成的单独波形中合成, 例如, 一个单独 RF 波形可以在一个阵列元件中与波形合成器和波束控制器 (108) 的其它阵列元件生成的所有其它单独波形基本同时地生成。每个单独 RF 波形可以针对也称为频率成分或“频片”的特定频带来定义, 以及可以包括与频片相对应的至少一个振幅值和至少一个相位值的每个单独波形的波形性质可以由波形发生器 (107) 决定。波形发生器 (107) 可以为生成可以复合成复合 RF 波形的单独 RF 波形发出命令以及将包括有关每个单独波形的性质的信息的波形数据发送给波形合成器和波束控制器 (108)。

[0026] 波形合成器和波束控制器 (108) 生成的单独 RF 波形和 / 或复合 RF 波形可以由包括 I 个放大器的阵列的输出放大器 (109), 例如, 通过放大增益和 / 或移动波形的相位来修改。输出放大器 (109) 可以用作换能器驱动器。可以将单独 RF 波形和 / 或复合 RF 波形传递给发送 / 接收 (T/R) 切换器 (110), 例如, N 极双掷发送 / 接收切换器。T/R 切换器

(110) 可以与换能器模块交接。可以包括换能器元件的阵列,例如,包含 I 个元件的换能器阵列 (111) 的换能器模块可以将要发送给目标介质的所生成 RF 波形,例如,复合 RF 波形和 / 或至少一种单独 RF 波形换能成,例如,声波。例如,换能的声波可以以声波形脉冲的形式发射。换能器阵列 (111) 的每个阵列元件可以生成与波形发生器 (107) 确定的单独波形频片相对应的一种或多种声波形。

[0027] 可以向目标区域,例如,生物组织发送示范性换能发送声波形,并形成空间组合声波形。发送的波形可以传播到目标介质中,该目标介质可以含有,例如,部分透射和部分反射发送声波形的一种或多种非均匀介质。也称为返回声波形的部分反射的示范性声波形可以被换能器阵列 (111) 接收。例如,换能器阵列 (111) 的 I 个阵列元件的每个阵列元件可以被配置成接收与频片相对应的返回声波形,并将其转换成模拟 RF 波形。单独接收 (模拟) RF 波形可以由包括 I 个放大器的阵列的前置放大器模块 (112),例如,通过放大增益和 / 或移动波形的相位来修改。单独接收波形可以由模数 (A/D) 转换器模块 (113) 从模拟格式转换成数字格式,A/D 转换器模块 (113) 包括 I 个 A/D 转换器的阵列。A/D 转换器模块 (113) 可以包括具有低最低有效位 (LSB) 抖动、无杂散动态范围 (SFDR) 和波形相关性的 A/D 转换器,以便可以适当地解码示范性波形。单独接收波形的转换数字表示可以由处理器,例如,数字信号处理器 (104) 以创建和形成目标介质的代表性图像的方式处理。

[0028] 示范性系统 (100) 可以以多种操作模式之一操作。在一个例子中,主时钟 (101) 可以提供使系统 (100) 同步的时基,例如,作为波形合成器 (108) 的时基。主时钟 (101) 可以配置成低相位噪声时钟,以便可以相位编码示范性波形。操作人员可以在用户接口 (106) 上选择操作模式。为用户在用户接口 (106) 上选择提供的示范性操作模式包括传统 A 模式 (例如,只有 1D 深度的图像)、传统 B 模式 (例如,横向与深度之间的关系的 2D 平面图像)、传统 C 模式 (例如,在所选深度上的 2D 平面图像)、和传统 D 模式 (例如,多普勒模式)。示范性多普勒模式包括颜色多普勒 (例如,颜色编码多普勒和 B 模式图像的叠加)、连续多普勒 (例如,1D 多普勒分布与深度之间的关系)、脉冲波形多普勒 (例如,在所选体积内多普勒与时间之间的关系)、和双重 / 三重多普勒 (例如,传统 B 模式、传统 C 模式或颜色多普勒、和脉冲波形多普勒的叠加)。一些其它示范性操作模式可以包括前述操作模式的传统 3D 和 4D (“实时” 3D) 体积再现。示范性系统 (100) 可以实现可以生成扩频、宽瞬时带宽、频率和 / 或相位编码波形的新操作模式。例如,用户可以选择可以包含与图像颜色编码组合以帮助组织区分一类似于微观组织学研究的组织染色的 B 模式、C 模式、D 模式或其它模式的示范性 ATS 模式 (人工组织染色模式);以及区分和识别组织类型的示范性 CDA 模式 (计算机辅助诊断模式)。ATS 模式可以根据从来自目标区域的返回回波波形,例如,来自示范性发送扩频、宽瞬时带宽、编码声波形的返回回波中获得的多种测量性质的一种或多种在图像处理中采用将特征用于图像颜色编码。CAD 模式可以使用分类器 (算法) 来根据来自目标区域的返回回波,例如,来自示范性发送扩频、宽瞬时带宽、编码声波形的返回回波的测量性质的特征分类,例如,组织类型。特征性质可以包括不同阻抗、振幅反射 (作为波长的函数)、群延迟等。使用 CAD 模式可以采用的一些示范性分类器可以包括确定分类器、随机分类器 (例如,贝叶斯 (Bayesian) 分类器)、和神经网络分类器。

[0029] 图 1B 示出了为超声成像操作系统 (100) 的示范性操作过程 (150)。在每个时代内,过程 (150) 可以从实现将系统 (100) 切换在发送模式下的过程 (151) 开始。例如,系

统控制器 (102) 可以命令 N 极双掷 T/R 切换器, 例如, T/R 切换器 (110) 到发送位置。过程 (150) 包括检验用户定义的操作模式的过程 (152)。例如, 操作模式可以由用户使用用户接口 (106) 来选择, 或操作模式可以由另一个实体或在系统 (100) 内内部选择。根据所选操作模式, 系统控制器 (102) 可以命令波形发生器 (107) 将定义在过程 (153) 中命令例如实现的形成所希望带宽复合 RF 波形的每个频片的频率、振幅和相位的数字消息 (数据) 发送给波形合成器和波束控制器 (108) 中的一个或多个元件。过程 (152) 可以在过程 (150) 期间出现在任何地方以及以众多事例实现。过程 (150) 包括将波形数据 (例如, 示范性数字消息 / 数据) 发送给像波形合成器和波束控制器 (108) 那样的波形合成器和波束形成器。发送的波形数据可以包括合成频率和 / 或相位编码波形的所希望频片的频率、振幅和相位信息, 其中每种编码波形对应于不同频带。过程 (150) 包括生成与所定义频片相对应的单独模拟 RF 波形的过程 (154)。例如, 波形合成器和波束控制器 (108) 的阵列中的每个元件可以将来自波形发生器 (107) 的数字消息 / 数据转换成可以构成相干模拟宽带复合波形的单独模拟波形。过程 (150) 包括放大可以构成相干模拟宽带复合波形的单独模拟波形的过程 (155)。例如, 每种模拟波形和 / 或宽带复合波形可以由输出放大器 (109) 中的阵列元件放大。放大的模拟宽带复合波形然后可以通过 T/R 切换器 (110), 激发换能器阵列 (111) 的其各自阵列元件 (例如, 在超声探针中)。过程 (150) 包括将复合模拟波形换能成可以通过整个扫描体积传播的声波形的过程 (156)。例如, 换能器阵列 (111) 的每个元件可以提供构成宽带复合声波形的来自在波形合成器和波束控制器 (108) 中生成的与频片相对应的每种单独模拟波形的声波形。换能器阵列 (111) 可以形成传播到目标介质, 例如, 正在研究的生物组织体中的声束。

[0030] 在过程 (156) 结束时, 过程 (150) 可以实现将系统 (100) 切换在接收模式下的过程 (157)。例如, 系统控制器 (102) 可以命令 N 极双掷 T/R 切换器 (110) 到接收位置。过程 (150) 包括接收可以具有一种或多种返回声波形 (也称为声波形回波) 的形式的返回声波形的过程 (158)。过程 (158) 还可以包括将返回声波形换能成, 例如, 与所生成单独波形的频片相对应的单独接收模拟波形。例如, 返回声波形传播回到换能器阵列 (111) 并被其接收。换能器阵列 (111) 的每个元件可以将它接收的接收声波形转换成模拟信号 (波形)。过程 (150) 包括放大单独接收模拟波形的过程 (159)。例如, 每种接收模拟波形可以由前置放大器模块 (112) 中的其各自低噪声前置放大器元件放大。过程 (150) 包括将单独接收模拟波形转换成数字波形数据的过程 (160)。例如, 每种接收 (和放大) 模拟波形信号可以由 A/D 转换器模块 (113) 中的每个各自 A/D 元件转换成数字字。可以将数字格式数据发送给数字信号处理器 (104) 加以信号处理。过程 (150) 包括将数字波形数据处理成代表目标介质的图像帧的过程 (161)。过程 (161) 还可以包括将数字波形数据复合成代表单独和复合接收模拟波形的复合数字信号。例如, 数字信号处理器 (104) 可以检测构成每个换能器阵列元件接收的宽带复合声波形的每个频片的振幅和相位。数字信号处理器 (104) 可以形成接收波束和分离该波束的每个分辨单元的振幅和多普勒成分, 并且可以形成与操作人员以前选择的模式相联系的图像帧。可以在显示器 (105) 上向用户显示数字信号处理器 (104) 形成的图像帧。在其它随后时代内, 系统控制器 (102) 可以, 例如, 通过命令波形发生器 (107) 向波形合成器 (108) 中的每个元件发送定义构成宽带复合波形的每个频片的振幅和相位的另一个数字消息以及通过命令 T/R 切换器 (110) 回到发送位置等重复这个示范性

过程。

[0031] 系统 (100) 可以被实现成为超声成像产生扩频、宽瞬时带宽 (例如, 达到相对带宽的 100% 或更大)、相干、伪随机噪声 (PRN)、频率和 / 或相位编码波形。存在这样波形的无限多实施例。在图 2 中表征了一个例子, 图 2 示出了由多个单独波形 (例如, 频片) 组成的所生成复合波形 (200) 的示范性曲线。在一些实现中, 复合波形 (200) 的单独波形可以是 PRN 波形, 该 PRN 波形包括在, 例如, 一个序列或代码时段 (T) 之后重复自身的每个频片的脉冲序列, 以便该序列与该组频片中的任何其它序列, 与在明显不同时间帧上的相同序列, 或与窄带干扰或热噪声存在极低关联性。例如, 系统 (100) 可以在发送器和接收器两端上生成示范性 PRN 波形的完全相同序列, 因此对于产生目标的声像的信号处理, 接收信号序列 (基于发送信号序列) 可以呈现高度关联性。

[0032] 如图 2 所示, 复合波形 (200) 的示范性单独波形或频片 (201) 对应于在从时间帧  $t_0$  开始的发送时段 T 期间, 例如, 如图 1B 中的过程 (156) 所述发送的频片  $f_{N-2}$ 。如图 2 所示, 在发送时段 T 之后, 呈现如图 1B 中的过程 (158) 所述接收返回声波形回波的接收时间间隔  $T_R$ 。发送时段 T 和接收时间间隔  $T_R$  形成在随后时间帧 ( $t_1, t_2, t_3, \dots$ ) 中可以重复的帧时段  $T_f$ 。

[0033] 示范性复合波形 (200) 可以通过由方程 (1) 给出、可以在时域中表示成复数的波形方程 W 来表示 :

$$[0034] W(t) = \sum_{k=1}^M \sum_{n=1}^N A_n e^{j(2\pi f_0 t + \Phi_{nk} + C_n)} U(t - kT_f) \quad (1)$$

[0035] W 由 M 种单独正交波形 (例如, 正交频片) 组成, 其中  $j = \sqrt{-1}$ 。在方程 (1) 中, T 代表编码序列的频片持续时间或时段, 以及  $f_0$  代表频片基频, 使得  $f_0 = 1/NT$ , 以及其中  $Nf_0$  是最大频率, 和  $(M-N+1)f_0$  是最小频率。n 代表从 M-N+1 到 N 的正整数的序列。波形重复频率是  $1/T_f$ ,  $T_f$  是一个帧或时代的持续时间, 以及对于  $0 \leq x \leq T_f$ ,  $U(x) = 1$ 。 $\Phi_{nk}$  代表第 k 时代中的第 n 频片的频片相位项, 以及  $A_n$  是第 n 频片的振幅。频片相位项  $\Phi_{nk}$  可以是伪随机相位项, 其中伪随机加扰开始相位  $\Phi_{nk}$  是集合  $\{I_{nk} 2\pi/N\}$  中的随机数, 其中  $I_{nk}$  是不放回地从级数  $I = 0, 1, 2, 3, \dots, N$  中选择的随机、正整数的序列, N 是大数。作为附加相位项的  $C_n$  是 0 与  $2\pi$  之间的数字。例如, 频片相位伪随机值  $\Phi_{nk}$  可以预存在系统控制器 (102) 和 / 或波形发生器 (107) 的存储单元内的示范性数据库中。

[0036] 复合波形 W 可以通过合成基本正交编码波形 (例如, 频片) 形成, 其中每种编码波形对应于不同频带, 以及编码波形包括频率编码波形或相位编码波形的至少一种, 例如, 在波形合成器 (108) 中合成的编码波形。通过选择定义频片的载波频率的两个或更多个频率 (例如, 包括选择最小和最大频率) 和确定频片的  $A_n$  振幅值, 可以将编码波形合成成频率编码波形。频率编码波形的合成还可以包括确定编码波形的每种波形的时间带宽乘积 ( $Mf_0T$ ) 参数。在一些实现中, 可以将特定频片的振幅确定成在特定时代期间那种频片的单个值, 以及在特定频片的随后时代中重复。在其它实现中, 可以将特定频片的振幅确定成在特定时代期间那种频片的单个值, 以及在特定频片的随后时代中指定不同单个值。并且, 在其它实现中, 可以将特定频片的振幅确定成包括在特定时代期间那种频片的多个振幅值, 其中在特定频片的随后时代中重复或改变  $A_n$  的多个值。从最大频率 ( $Nf_0$ ) 到最小频率 ( $(M-N+1)$

$f_0$ ) 的频率范围以及单独波形振幅项 ( $A_n$ ) 的集合的选择可以利用许多已知代码序列 (例如, 包括推动序列、巴克 (Barker) 码等) 之一或, 例如, 将对伪随机代码或任何其它代码的数值搜索用于最小模糊旁瓣。

[0037] 另外或可替代地, 通过确定编码波形的每种波形的单独波形相位项 ( $\Phi_{nk}$ ), 可以将编码波形合成成相位编码波形。例如, 为了提供复合波形  $W$  的变种, 相位  $\Phi_{nk}$  在发送时段  $T$  内可以包括频片的一个或多个相位值。在一些实现中, 可以将特定频片的相位  $\Phi_{nk}$  确定成在特定时代期间那种频片的单个值, 以及在特定频片的随后时代中重复。在其它实现中, 可以将特定频片的相位  $\Phi_{nk}$  确定成在特定时代期间那种频片的单个值, 以及在特定频片的随后时代中指定不同单个值。并且, 在其它实现中, 可以将特定频片的相位  $\Phi_{nk}$  确定成包括在特定时代期间那种频片的多个值, 其中在特定频片的随后时代中重复或改变  $\Phi_{nk}$  的多个值。例如, 第一时代 ( $t_0$ ) 中的波形 (201) 可以包括第一相位  $\Phi_A$ , 例如, 作为其发送时段  $T$  的开始部分的相移、和第二相位  $\Phi_B$ , 例如, 作为其发送时段  $T$  的后面部分的相移。下一个时代 ( $t_1$ ) 中的波形 (201) 可以重复示范性相位  $\Phi_A$  和  $\Phi_B$  作为其开始和以后相移, 或包括另一个相移序列 (例如, 像  $\Phi_A$ ,  $\Phi_B$ ,  $\Phi_C$  那样, 或像  $\Phi_B$  和  $\Phi_A$  那样, 或其它配置)。频率编码的合成还可以包括确定编码波形的每种波形的时间带宽乘积 ( $Mf_0T$ ) 参数。

[0038] 如在图 2 中所看到, 示范性发送波形  $W$  可以由正交的和完全跨过频率范围  $f_{N-M+1}$  到  $f_N$  的  $M$  种单独波形的集合组成。参数  $N$  可以被选成大数, 以便赋予  $W$  以宽瞬时带宽。在最低频率  $f_{N-M+1} = 1/T$  的特殊情况下,  $W$  可以描述可以包含在这个频率范围内的任何宽带波形。对于  $M$  种单独波形当中的任何波形, 可以在间隔  $T$  期间在单种波形中编码一个或多个相位 (例如,  $\Phi_{nk}$ )。另外,  $M$  种单独波形当中的任何波形都可以包括编码在单种波形中的多个振幅。这可以通过振幅加权和相位加权来实现。

[0039] 通过方程 (1) 描述的单独波形的家族可以形成相干、伪随机噪声、编码和 / 或相位编码、扩频复合波形。根据参数的选择, 可以使单独波形统计性地在所希望的某种程度上正交。例如, 对于给定波形, 描述在后面方程 (2) 中的模糊函数的旁瓣水平代表那种波形的正交性的程度。通过确定波形的特定参数, 可以显著提高医学超声图像分辨率。例如, 影响医学超声图像的分辨率的参照包括决定波形的固有组合轴向范围 (例如, 多普勒分辨率) 和斑点抑制能力的时间带宽乘积 ( $Mf_0T$ ) 参数、和决定统计正交性的程度 (例如, 其又决定波形可以在生物组织的非均匀介质中起作用的程度) 的单独波形相位项 ( $\Phi_{nk}$ )。例如, 旁瓣越低, 正交性就越大以及分辨率就越高 (噪声就越低)。单独波形相位项 ( $\Phi_{nk}$ ) 的集合的选择可以利用许多已知代码序列 (例如, 包括巴克 (Barker)、弗兰克 (Frank)、格雷 (Golay) 等) 之一或, 例如, 将对伪随机代码或任何其它代码的数值搜索用于最小模糊旁瓣。

[0040] 在一些实现中, 例如, 通过方程 (1) 描述的复合波形 (200) 可以是单带宽、相干、频率和 / 或相位编码波形。例如, 根据参数的选择, 可以使单种波形统计性地与存在于目标介质中的任何其它信号波形或噪声信号正交。

[0041] 作为第  $n$  频片的振幅的参数  $A_n$ 、和作为附加相位项的  $C_n$  组合在一起可以提供激发换能器阵列 (111) 的每个单独元件、以便产生在  $W$  的频率范围上具有所希望振幅和相位特性的模拟信号的预强调。发送波形的预强调可以补偿作为频率的函数的换能器元件的非不变振幅和相位响应、和中间组织层的非均匀传播特性两者。例如, 预强调项可以提供具有振幅不变 (例如, 平坦) 和相位与频率关系特性已知的等振幅频片的声波形。这样的振幅与

频率关系不变的声波形可以称为“白色”波形。可替代地,如果不提供预强调,则发送声波形可以重复换能器的频率响应,这样的波形被称为“有色”波形。接收波形的去强调可以允许确定目标介质的体积,例如,生物组织体的反射特性。

[0042] 通过检查,单频模式(例如,传统A、B和C模式)由于它们的单色性质而无需预强调。这样的单频波形可能需要,例如,振幅控制,以便保证生物安全声强极限。

[0043] 如果每个频片的相位是随机的,则发送波形W可以具有类随机噪声特性,如果每个频片的相位( $\Phi_{nk}+C_n$ )是唯一确定的,可重复的以及与主时钟(如图1A所示)同步,则可以将发送波形W分类成伪随机噪声。这样的伪随机噪声波形是相干接收器的相干允许实现。

[0044] 宽瞬时带宽、伪随机噪声波形的图像处理优点可以包括利用适当波形选择抑制、以及潜在地消除斑点,例如,作为通常与传统医学超声图像相联系的相互干扰波形产生的随机强度图案的散斑/斑点图案。斑点的这种示范性抑制可以等同于没有可观察斑点的宽带、类高斯噪声白光照射的场景与相同场景的呈现强斑点的窄带激光照射的类比。

[0045] 相干、伪随机噪声、频率和/或相位编码波形的信号处理优点可以包括使波形具有极短时间和多普勒旁瓣。例如,模糊函数A( $\tau, v$ )可以是示出由于多普勒频移( $v$ )或传播延迟( $\tau$ )接收器中的匹配滤波器处理的接收波形的失真的二维表示。具体地说,示范性模糊函数A( $\tau, v$ )通过方程(2)来定义,并且只由波形性质和接收器特性决定而不是由情形决定。A( $\tau, v$ )的模糊函数通过如下方程定义:

$$[0046] A(\tau, v) = \int_{-\infty}^{+\infty} X_a(t) X_b^*(t - \tau) e^{j2\pi vt} \quad (2)$$

[0047] 其中对于 $0 \leq t \leq T$ ,  $X_k(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} e^{j[2\pi f_k(t-t_k) + \Phi_k]}$ ,否则,  $X_k(t) = 0$ 。

[0048] 对于方程(1)所述类型的波形,可以获得如下方程:

$$[0049] A(\tau, v, t, f_n, \Phi_n, f_m, \Phi_m, T) = \left(1 - \frac{|\tau - (\Delta t)|}{T}\right) \frac{\sin[2\pi(\Delta f)(T - |\Delta t|)]}{[2\pi(\Delta f)(T - |\Delta t|)]} e^{j2\pi[\Delta f(T + \Delta t) - f_n \Delta t + v \tau + \Delta \Phi]} \quad (3)$$

[0050] 其中 $\Delta t = \tau - t$ ,  $\Delta f = v - (f_n - f_m)$ 和 $\Delta \Phi = \Phi_n - \Phi_m$ ,这可以导致显示在方程(4)中的完全模糊方程:

$$[0051] x(\tau, v) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \sum_{m=1}^M A(\tau, v, t, f_n, \Phi_n, f_m, \Phi_m, T) \quad (4)$$

[0052] 其中n和m两者是从N-M+1到N的正整数的序列。

[0053] 图3示出了通过波形W的方程表示的伪随机噪声、频率编码波形(301)的示范性模糊函数特性。示范性编码波形(301)包括128的码长。如图3所示,这个模糊函数的旁瓣(302)由频片与频片相位相互作用引起,具有作为N2的函数的低于波峰的坪高。

[0054] 通过检查,许多波形(W)都可能取决于选择的特定随机数代码(I<sub>nk</sub>)。但是,对于定义的每种波形,不能保证旁瓣性能,因此,应该只使用如通过一组可能代码的数值搜索所确定给出足够低旁瓣的那些代码。

[0055] 例如,在医疗超声应用中,作为传播介质的活组织是非均匀的。传播介质的非均匀性可以造成不同延时,以及活组织可以引入不想要运动引起多普勒效应。超声换能器阵列还可以在超声波束的偏轴部分中引起将不想要延时和多普勒返回信号加入主瓣的返回信号中的非所希望旁瓣和栅瓣(例如,由于物理尺寸限制)。通过适当地抑制不同延时、运动引起多普勒、换能器旁瓣效应引起的干扰,呈现低模糊函数旁瓣的波形可以显著改善聚焦和目标对比度。

[0056] 相干、伪随机噪声、频率和 / 或相位编码波形可以使可以提高尺寸有限超声换能器阵列,例如,医疗超声换能器阵列的横向分辨率的更高阶交叉范围聚焦技术得以应用。

[0057] 例如,每种生物组织类型和每种病变组织类型可能呈现作为频率和空间形态的函数的它们自己唯一超声回波返回信号。当使用传统弹性成像 (Elastograph) 模式 (E 模式) 形式时,例如,由于像不能精确表征超声波通过重叠非均匀介质的传播那样的测量误差,可能难以利用这样的性质来分类组织。通过同时确定每条声射线通过中间组织层的传播延迟以及精确确定正受到调查的目标体积的空间回波特征,示范性系统 (100) 产生的示范性波形,例如,宽瞬时宽带、相干、伪随机噪声、频率和 / 或相位编码波形可以实现组织区分。可以将其中一个例子是贝叶斯推理分类器的分类器应用于从接收回波的的测量特性中获得的特征数据,以便自动分类在提供计算机辅助诊断模式 (CAD 模式) 的目标体积中观察到的组织类型。

[0058] 与固有地具有显著降低图像质量和依靠操作人员个体技术的传统 E 模式不同,方程 (1) 所述的示范性波形可以在 ATS 和 / 或 CAD 模式下,在按组织类型同时着色所得图像的同时可以固有地提供改善的图像质量。借助于这种优点,可以缓解用户的技术,以及可辨别病变部位的边界,因此使诊断得到改善。

[0059] 另外,根据发送放置的波形合成器 (108) 和根据接收放置的数字信号处理器 (104) (如图 1A 所示) 还可以执行波束控制(例如,波束偏转、动态波束聚焦、和波束形成)功能。图 4A-4C 示出了通过在相控阵列的每个元件之间引入不同延时或等效地相移和振幅加权执行这些数字电子功能的基本要素。如可以在图 4A 中看到,不同相移可以补偿每条声射线 ( $r_1, r_2, r_3, \dots, r_i, \dots$ ) 从第  $i$  元件行进到焦点 ( $p$ ) 的距离 ( $d$ ) 的不同变化。由于焦点 ( $p$ ) 未沿着换能器阵列 (111) 瞄准 / 对准目标介质中的目标的  $z$  轴方向,所以形成角度 ( $\theta$ )。另外,可以将不同振幅权重应用于每个元件,以便控制波束形状和抑制旁瓣和栅瓣。此外,对于示范性波形中的一个或多个频片,波形发生器 (107) 可以预编码相位延迟,以便延迟在换能器阵列 (111) 中的每个换能器元件上发送的一个或多个频片的相位。这种特征的示范性结果可以在图 4B 和 4C 中看到。可以将一个或多个频片的示范性相位延迟值传送给数字信号处理器 (104) 和 / 或系统控制器 (1020),以便在接收复合波形的信号处理中并入该相位延迟值。

[0060] 对于窄瞬时带宽超声设备,这种功能可以通过在驱动每个元件的复合模拟信号上引入相移和振幅衰减来实现。但是,对于系统 (100) 生成的示范性扩频、宽瞬时带宽、频率和 / 或相位编码波形,如方程 (5) 所指,分别对所有  $I$  个元件的每个阵列元件 ( $i$ ) 作为频率 ( $n$ ) 的函数地分别振幅加权 ( $B_{ni}$ ) 和相位加权 ( $D_{ni}$ ) 波形 ( $W_i$ ) 的每个单独频片。

$$[0061] W_i(t) = \sum_k \sum_n A_n B_{ni} e^{j(2\pi n f_0 t + \Phi_{nk} + C_n + D_{ni})} U(t - kT_f) \quad (5)$$

[0062] 在发送时,可以由系统控制器 (102) 计算每个频片所需的振幅和相位权重,并且可以将其作为指令发送给波形发生器 (107)。波形发生器 (107) 然后可以将数字字 (实部和虚部) 发送给波形合成器和波束控制器 (108), 波形合成器和波束控制器 (108) 产生由放大器 (109) 放大和发送给换能器阵列 (111) 的阵列的每个元件的模拟驱动信号。

[0063] 在接收时,执行相反的过程。A/D 转换器模块 (113) 可以将代表每个阵列元件的每个频片的振幅和相位信息的数字字发送给数字信号处理器 (104), 数字信号处理器 (104) 接着可以数字地形成每个频片的接收波束。

[0064] 可以使用众多方式来处理接收的波形,例如,宽带宽、扩频、频率和 / 或相位编码波形。图 5 示出了示范性校正处理技术。例如,示范性校正处理技术的输入可以包括数字化接收信号  $Y_i(\tau, v)$ , 可以将数字化接收信号  $Y_i(\tau, v)$  乘以发送数字波形的复共轭复制品  $W_i^*(\tau)$ 。可以在相乘之前将复共轭复制品  $W_i^*(\tau)$  时移  $1 \cdot \tau_0$ 。如在图 5 中所看到,对于多次时移,可以重复这种相乘运算多次,例如, J 次。多次时移的多次相乘运算可以并行地重复,但对于每次运算,如图所示,可以将复制品相对于前一个时移增量  $\tau_0$ 。对于每个时步,可以利用像汉恩 (Hann)、海明 (Hamming)、杜克 (Tukey)、凯泽贝塞尔 (Kaiser Bessel)、多尔夫 - 切比雪夫 (Dolph-Chebyshev)、布莱克曼 - 哈里斯 (Blackman-Harris) 窗口等那样的窗口函数、快速傅立叶变换 (FFT) 积分器滤波所得乘积,并且让其通过数字滤波器。例如,可以应用独立于特定波形  $W$  的类型的数字滤波器来滤波和抽选输入信号。该示范性过程可以导致换能器阵列的每个单独第  $i$  元件的范围 - 多普勒返回信号。然后可以使用传统技术处理来自示范性检测算法的输出数据流以形成用于显示的图像。处理后的范围和多普勒波形可以通过将  $i$  个换能器元件划分成两个或更多个子阵列加以进一步处理。可以取决于第  $i$  元件属于哪个子阵列地在振幅和 / 或相位中加权第  $i$  元件的处理后范围 - 多普勒返回信号。然后可以相加和相减这些加权返回信号。然后可以处理这些和值和差值以提高系统的交叉范围图像分辨率。

[0065] 所公开技术的几种应用和使用可以被实现成利用上述系统、方法和设备的所述特征。下面针对所公开技术的临床使用来描述一些例子。

[0066] 在一种示范性应用中,示范性扩频超声设备的所得图像质量、ATS 和 CAD 模式可以使初级保健医生能够将这种形式纳入例行检查筛选协议中,以便定位早期恶性肿瘤 (例如,第 0 或 1 期) 以及后期癌症。作为这种应用的结果,该设备可以潜在地,例如,提高难以诊断患像胃癌、胰腺癌、膀胱癌等那样的恶性肿瘤的无症状患者的存活率。

[0067] 在另一种示范性应用中,示范性扩频超声设备的所得图像质量、ATS 和 CAD 模式可以使专业认证放射科医师在任何手术活检或切除干预之前将赘生物诊断成良性的或恶性的。作为这种应用的结果,放射科医师定位和诊断早期恶性肿瘤 (例如,第 0 或 1 期) 的能力可以潜在地改善患者存活率。另外,可以潜在地避免不必要的活检,以及伴随着它们的像,例如,耐甲氧西林金黄色葡萄球菌 (MRSA 金黄色葡萄球菌) 感染那样难以治疗或甚至致命的并发症的风险。

[0068] 在另一种示范性应用中,示范性扩频超声设备的所得 3D 图像质量以及它的 4D 成像能力可以用在细针活检和其它医疗过程中。例如,可以将示范性扩频超声设备并入示范性细针活检仪器中 (例如,利用设备的换能器探针),这可以使极小、早期 (例如,第 0 或 1 期) 赘生物得到细针活检以确认非侵入性诊断。作为这种应用的结果,外科医生避免开放

性活检和可能导致难以治疗和致命的并发症的潜在性的能力显然有利于患者。

[0069] 在另一种示范性应用中,这种设备的扩频换能器探针与微创手术高清晰度视频仪器的结合可以允许融合光学和超声图像。鉴于这种扩频超声设备的改善 3D 图像质量、它的 4D 成像能力、ATS 和 CAD 模式,这样的融合视频和超声图像可以赋予外科医生以无需切除过多正常组织地定位和手术切除病变组织的额外能力。

[0070] 在另一种示范性应用中,鉴于这种扩频超声设备的改善 3D 图像质量、它的 4D 成像能力、以及它的 ATS 模式,示范性扩频超声设备通过精确引导导管和密封放射源插入适当地点中,可以缩短近距离治疗恶性赘生物的时间。将这种扩频超声设备应用于近距离治疗尤其可用于治疗细小、难以定位的赘生物以及它们的边界。

[0071] 在另一种示范性应用中,鉴于这种扩频超声设备的改善 3D 图像质量、它的 4D 成像能力、以及它的 ATS 模式,示范性扩频超声设备通过精确引导导管和药物插入适当地点中,可以实现高剂量、定域药物的有效插入来治疗疾病。将这种扩频超声设备应用于近距离治疗尤其可用于治疗细小、难以定位的赘生物。

[0072] 像各种模块那样描述在本说明书中的主题和功能操作的实现可以在数字电子线路,或在包括公开在本说明书中的结构和它们的结构等效物的计算机软件、固件、或硬件中,或在它们的一种或多种的组合体中实现。描述在本说明书中的主题的实现可以实现成一个或多个计算机程序产品,例如,编码在有形和非短暂计算机可读介质上供数据处理装置执行或控制数据处理装置的操作的计算机程序指令的一个或多个模块。该计算机可读介质可以是机器可读存储设备、机器可读存储基片、存储器件、影响机器可读传播信号的物质的复合物、或它们的一种或多种的组合体。术语“数据处理装置”包含处理数据的所有装置、设备和机器,举例来说,包括可编程处理器、计算机、或多个处理器或多台计算机。除了硬件之外,该装置还可以包括为所涉及的计算机程序创建执行环境的代码,例如,构成处理器固件、协议栈、数据库管理系统、操作系统、或它们的一种或多种的组合体的代码。

[0073] 计算机程序(也称为程序、软件、应用软件、脚本或代码)可以用包括编译或解释语言的任何形式编程语言编写,并且可以任何形式部署,包括部署成独立程序或部署成模块、组件、子例程、或适合用在计算环境中的其它单元。计算机程序未必对应于文件系统中的文件。一个程序可以存储在保存其它程序或数据(例如,存储在标记语言文档中的一个或多个脚本)的文件的一部分中,存储在专用于所涉及的程序的单个文件中,或存储在多个协作文件(例如,存储代码的一个或多个模块、子程序、或部分的文件)中。计算机程序可以被部署成一台计算机上或处在一个地点上或分布在多个地点上并通过通信网络互连的多台计算机上执行。

[0074] 描述在本说明书中的过程和逻辑流程可以由执行一个或多个计算机程序以便通过操作输入数据和生成输出执行功能的一个或多个可编程处理器执行。过程和逻辑流程也可以由专用逻辑电路,例如, FPGA(现场可编程门阵列)或 ASIC(专用集成电路)执行,以及装置也可以实现成专用逻辑电路,例如,FPGA(现场可编程门阵列)或 ASIC(专用集成电路)。

[0075] 适合执行计算机程序的处理器包括,举例来说,像例如数字信号处理器(DSP)那样的通用和专用两者的微处理器、和任何类型数字计算机的任何一个或多个处理器。一般说来,处理器接收来自只读存储器或随机访问存储器,或两者的指令和数据。计算机的基

本元件是执行指令的处理器和存储指令和数据的一个或多个存储器件。一般说来，计算机还包括存储数据的一个或多个大容量存储设备，例如，磁盘、磁光盘、或光盘，或可操作地耦合成从其接收数据，向其发送数据，或两者。但是，计算机无需含有这样的设备。适合存储计算机程序指令和数据的计算机可读介质包括所有形式的非易失性存储器、介质和存储器件，举例来说，包括半导体存储器件，例如，EPROM、EEPROM、和闪速存储器件。处理器和存储器可以通过专用逻辑电路补充，或并入专用逻辑电路中。

[0076] 虽然本说明书包含许多细节，但这些细节不应该理解为限制本发明的范围或可能要求保护的范围，而是作为对本发明的特定实施例特有的特征的描述。在独立实施例的背景下描述在本专利文件中的某些特征也可以在单个实施例中以组合形式实现。相反，在单个实施例的背景下描述的各种特征也可以独立地或以任何适当分组合的形式在多个实施例中实现。此外，尽管上面可能将一些特征描述成以某种组合形式起作用和甚至最初要求这样，但所要求组合当中的一种或多种特征在一些情况下可以从该组合中分割出来，以及所要求组合可以针对分组合或分组合的变种。

[0077] 类似地，虽然在附图中按特定次序描绘这些操作，但不应该将此理解为要求按所示的特定次序或顺序地执行这样的操作，或执行所有例示的操作来获得所希望的结果。在某些情况下，多任务和并行处理可能是有利的。此外，在上述的实施例中各种系统组件的分开不应该理解为在所有实施例中都要求这样分开。

[0078] 上面只描述了少数实现和实施例，可以根据本专利文件所述和所例示作出各种其它实现、改善和改变。

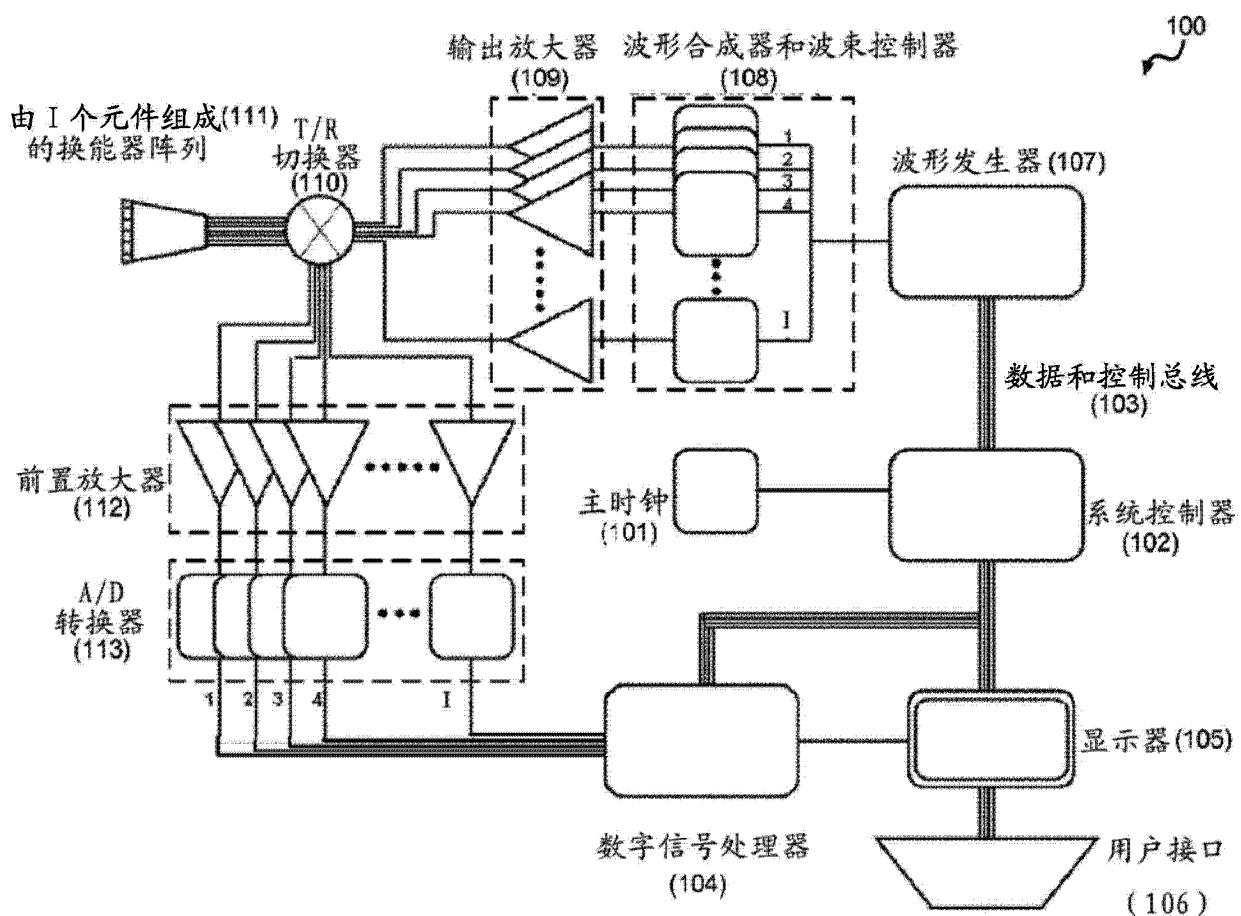


图 1A

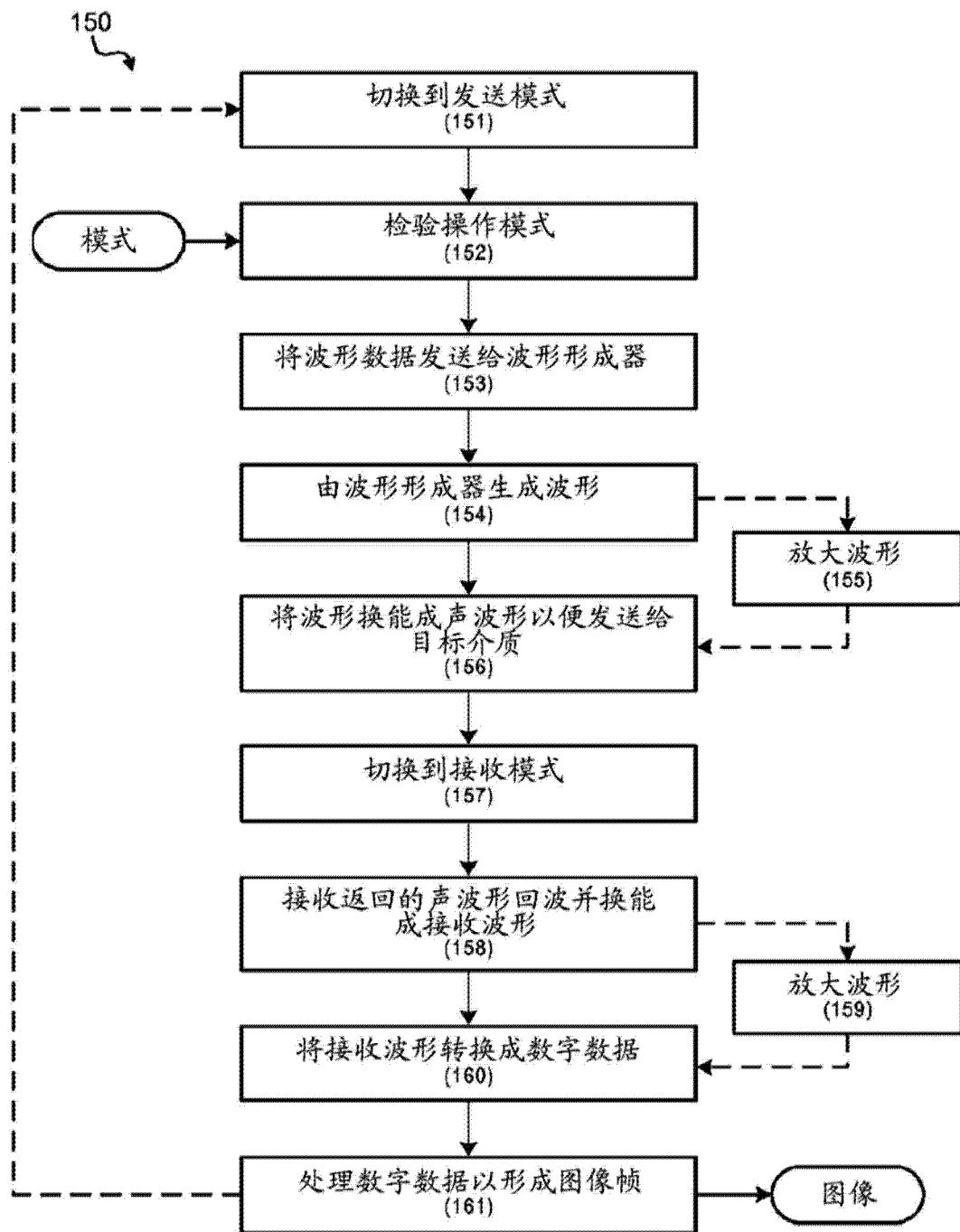


图 1B

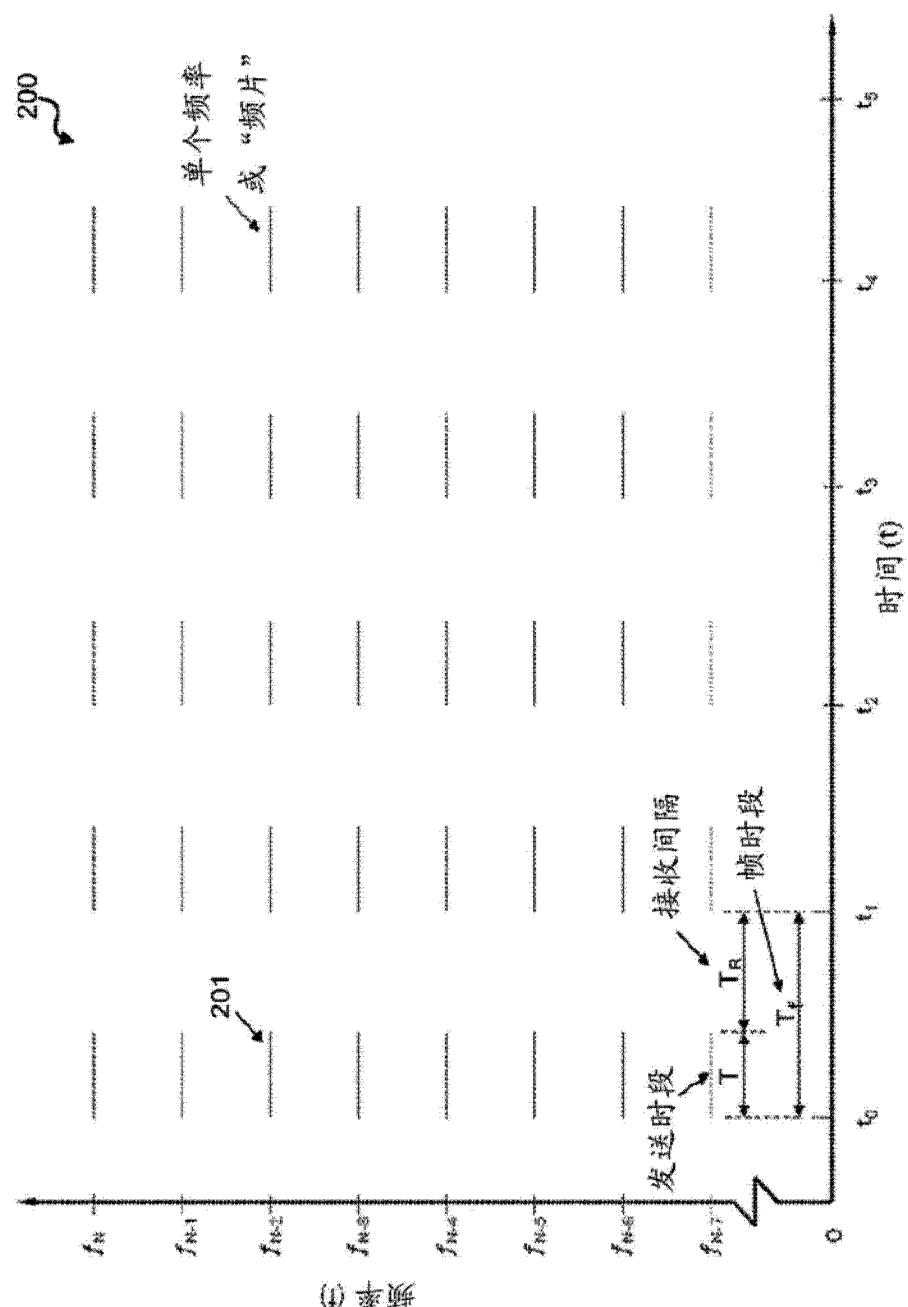


图 2

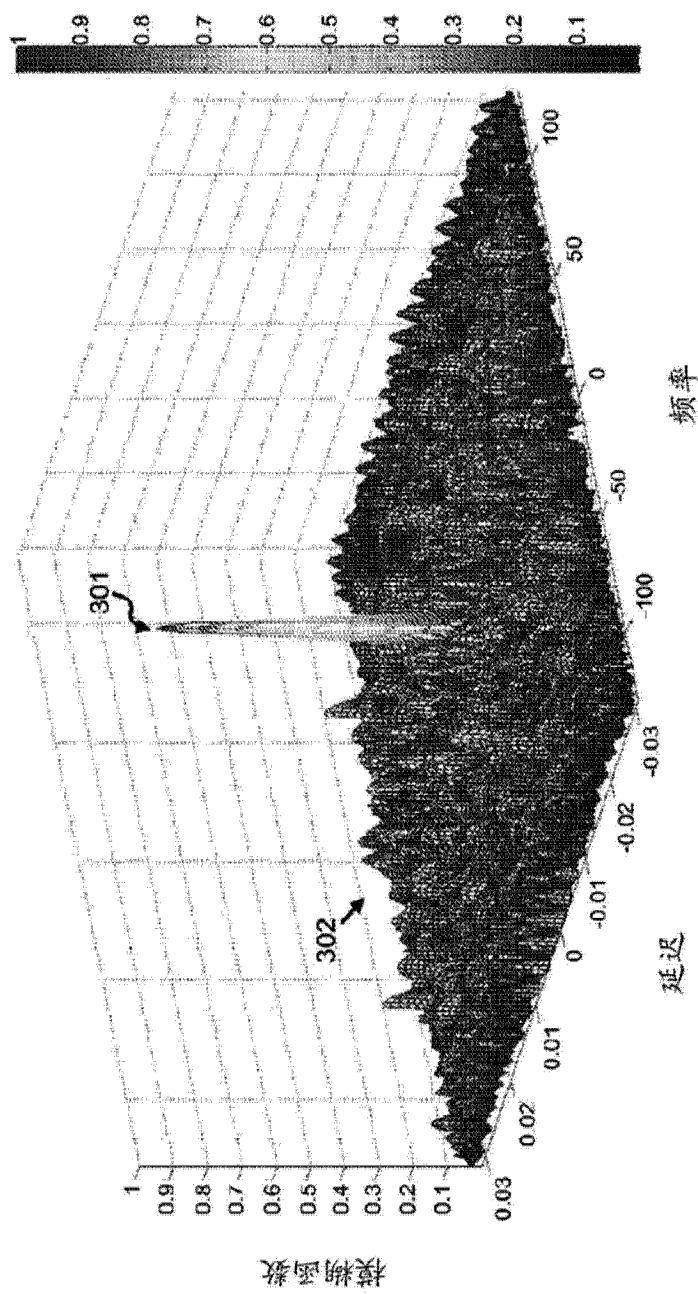


图 3

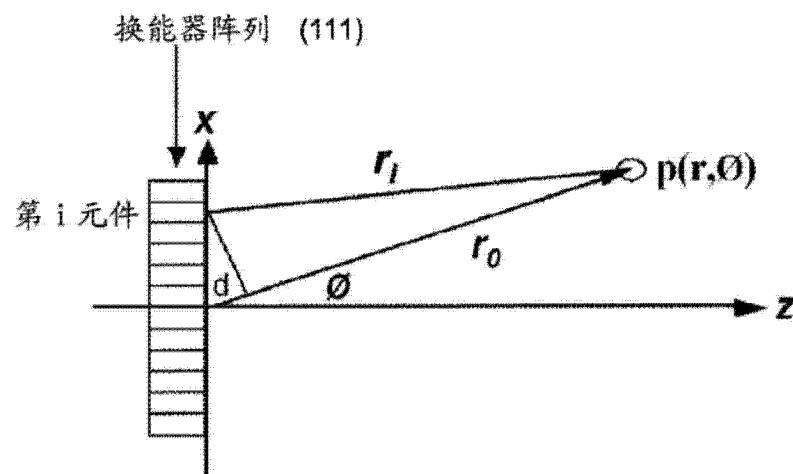


图 4A

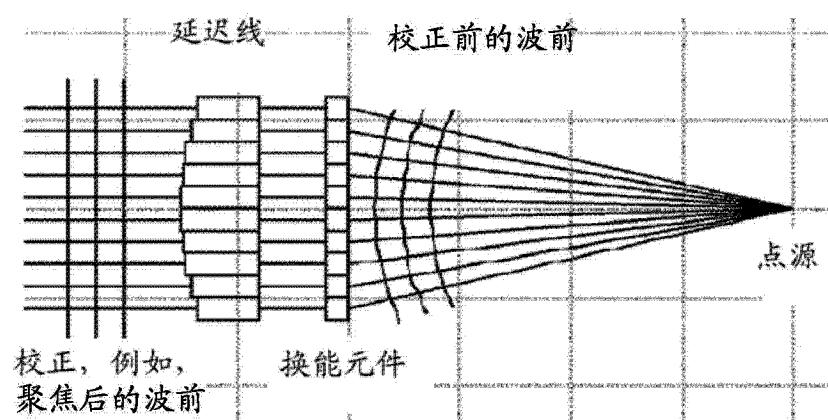


图 4B

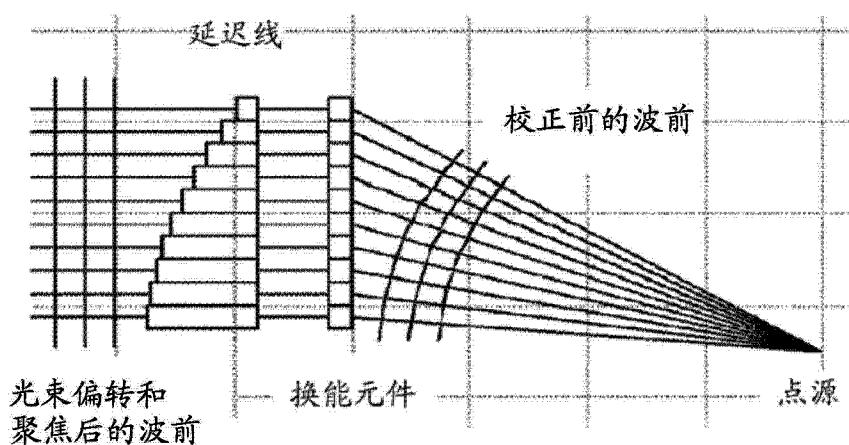


图 4C

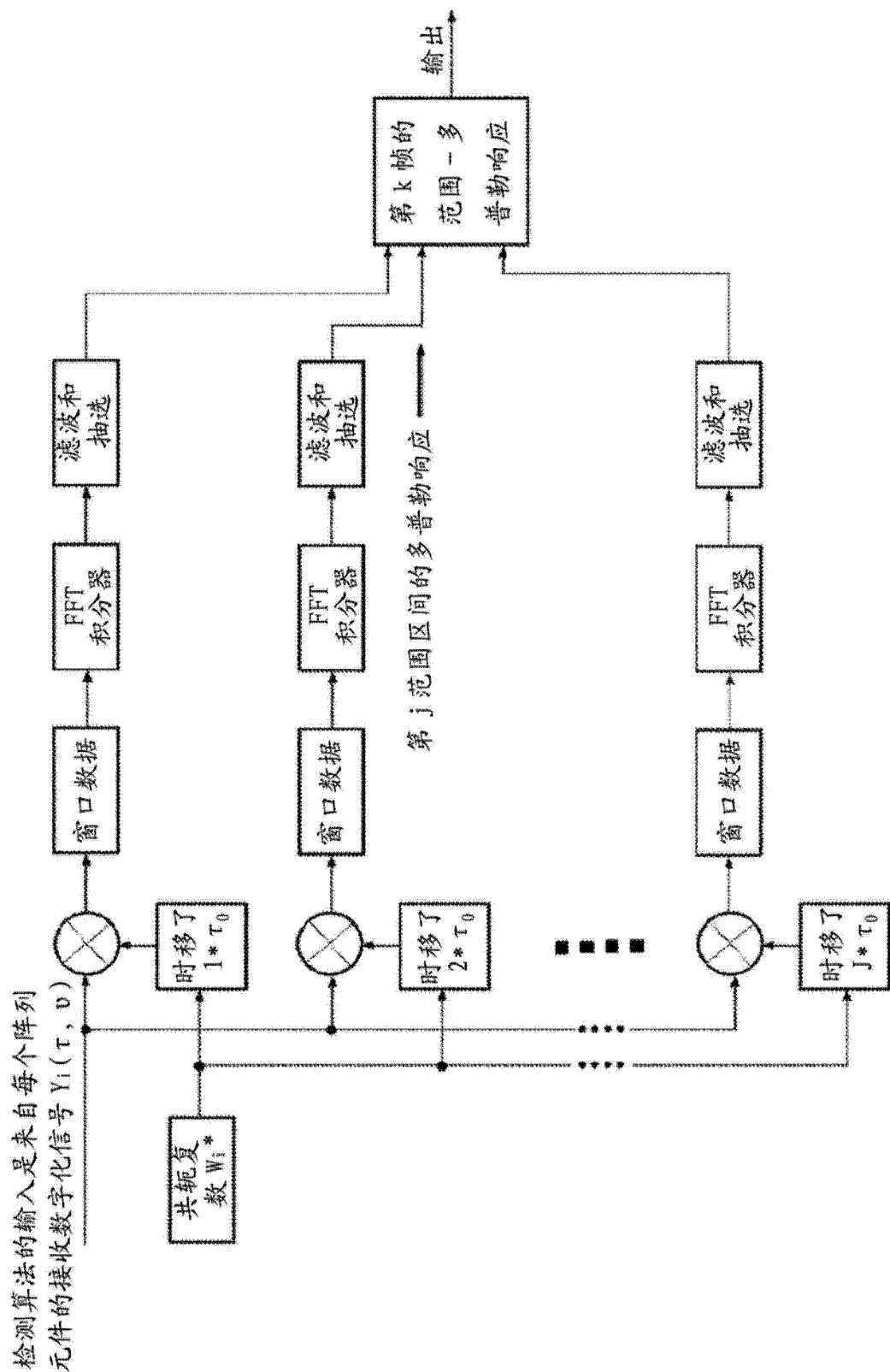


图 5

专利名称(译)	超声成像中的扩频编码波形		
公开(公告)号	<a href="#">CN104169739A</a>	公开(公告)日	2014-11-26
申请号	CN201280065031.4	申请日	2012-10-29
[标]申请(专利权)人(译)	决策科学国际公司		
申请(专利权)人(译)	决策科学国际公司		
当前申请(专利权)人(译)	决策科学国际公司		
[标]发明人	A 韦格纳		
发明人	A.韦格纳		
IPC分类号	G01S15/89 A61B8/00		
CPC分类号	G01S15/8959 A61B8/4488 A61B8/54 G01S7/52047 G01S15/8979 G01S7/5202 A61B8/145 A61B8/5207 A61B8/4483 G01S7/52071 G01S15/8915 G01S15/8927 G01S15/8952 A61B5/725 A61B8/4494 A61B8/463 A61B8/467 A61B8/488 A61B8/5223		
优先权	61/553137 2011-10-28 US		
其他公开文献	<a href="#">CN104169739B</a>		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

## 摘要(译)

本发明公开了使用扩频、相干、频率和/或相位编码波形的超声成像技术、系统、和装置。在一个方面中，一种在声成像设备中从声波形中创建图像的方法包括将设备设置成向目标发送声波形的发送模式；在发送声波形时，在一个或多个波形合成器中合成形成复合波形的多种基本正交编码波形作为向目标发送的声波形，其中每种波形对应于不同频带；将设备设置成接收从目标的至少一部分返回的返回声波形的接收模式；将接收的返回声波形从模拟格式转换成数字格式作为包含目标的信息的接收复合波形；以及处理该接收复合波形以产生目标的图像。

