



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114929152 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 19

(21) 申请号 202080070969.X

(22) 申请日 2020.08.26

(30) 优先权数据

62/892,952 2019.08.28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.04.08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/048023 2020.08.26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/041560 EN 2021.03.04

(71) 申请人 观点医疗有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 威廉·布莱尔

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

专利代理师 李慧然 谢攀

(51) Int.Cl.

A61B 90/00 (2016.01)

A61B 8/08 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

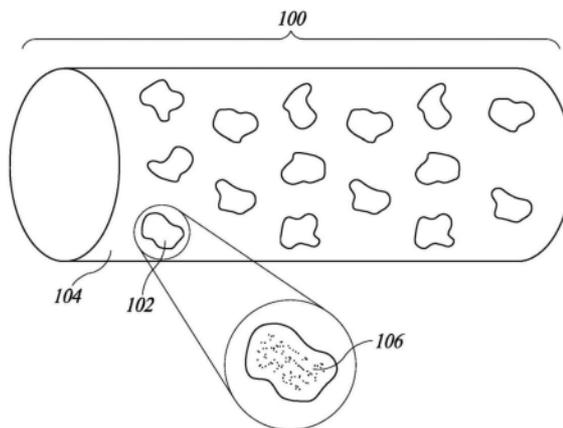
权利要求书6页 说明书18页 附图13页

(54) 发明名称

超声标记物检测、标记物及相关联的系统、方法和物品

(57) 摘要

用于身体组织的标记物采用多种形式,并且可以包括多个超声反射元件(例如充满空气的中空壳体)和结合超声反射元件的水凝胶。水凝胶可以是天然的或人造的并且可以是交联的。超声系统有利地在驱动信号中注入变化,该变化使超声探测信号的频率或相位相对于标称频率或标称相位变化。变化量优选比标称频率或相位小一至六个数量级。超声系统能够至少在多普勒操作模式中呈现或检测由变化的探测信号与超声反射元件的相互作用而导致的闪烁伪影。



1. 一种超声系统中的操作方法,所述方法包括:
生成具有标称脉冲重复频率的驱动信号;
将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级;
将具有引入的变化的驱动信号提供给至少一个超声换能器,以使所述至少一个超声换能器发射具有相对于标称脉冲重复频率的变化的超声信号;
经由至少一个超声换能器发射超声信号,所发射的超声信号具有变化的脉冲重复频率,所述变化的脉冲重复频率表示相对于标称脉冲重复频率的变化;以及
经由所述至少一个超声换能器接收返回信号。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,将变化引入到所述驱动信号中是主振荡器的如果存在的时钟抖动所导致的任何变化之外的。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,将变化引入到所述驱动信号中包括将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中包括将随着时间以定义的模式改变的定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。
5. 根据权利要求2所述的方法,其中,将变化引入到所述驱动信号中包括将随机的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。
6. 根据权利要求2所述的方法,其中,将变化引入到所述驱动信号中包括通过延迟电路将延迟引入到所述驱动信号中。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少两个数量级。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少三个数量级。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少四个数量级。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少五个数量级。
11. 根据权利要求1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少六个数量级。
12. 根据权利要求1至11中任一项所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。
13. 根据权利要求1至11中任一项所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中包括在捕获超声数据的一个或更多个多普勒帧期间,在多普勒操作模式期

间发射的多个脉冲上将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

14. 一种超声系统,包括:

至少一个超声换能器;

控制系统,其包括至少一个驱动电路,所述控制系统操作为:

生成具有标称脉冲重复频率的驱动信号;

将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号;以及

使所述至少一个超声换能器发射超声信号,所述超声信号具有变化的脉冲重复频率,所述变化的脉冲重复频率表示相对于标称脉冲重复频率的变化。

15. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,引入到所述驱动信号中的变化是主振荡器的如果存在的时钟抖动所导致的任何变化之外的。

16. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中,控制系统将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

17. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中,控制系统将随着时间以定义的模式改变的定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

18. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中,控制系统将随机的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

19. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将所述变化引入到所述驱动信号中,延迟电路将延迟引入到所述驱动信号中。

20. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少两个数量级。

21. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少三个数量级。

22. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少四个数量级。

23. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少五个数量级。

24. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少六个数量级。

25. 根据权利要求14所述的超声系统,其中,所述至少一个超声换能器耦合到所述控制系统以向所述控制系统提供信号,所述信号表示由所述至少一个超声换能器接收的返回信号,并且所述控制系统能够操作为在彩色多普勒操作模式中检测所接收的返回信号中的闪烁伪影,所述闪烁伪影是由具有变化的脉冲重复频率的超声信号与标记物的至少一部分的相互作用而导致的,所述标记物是超声反射的且具有不规则的表面。

26. 根据权利要求14至23中任一项所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述控制系统将相对于标称脉冲重复频率的变化的变化引入到所述驱动信号中。

27. 根据权利要求14至23中任一项所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述控制系统在捕获超声数据的多普勒帧期间,在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

28. 一种使用超声系统的方法,所述方法包括:

将超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导,所述超声信号的特征在于标称脉冲重复频率,并且具有随时间相对于所述标称脉冲重复频率变化的实际脉冲重复频率;

经由至少一个超声换能器接收来自所述身体组织的部分的返回信号;

在超声系统的彩色多普勒操作模式中,检测由所接收的返回信号中的超声信号诱导的标记物的至少一部分的共振作为闪烁伪影;以及

至少部分地基于彩色多普勒操作模式中的闪烁伪影来在身体组织中定位所述标记物。

29. 根据权利要求28所述的方法,还包括:

经由至少一个超声换能器生成超声信号,所述超声信号在一段时间内具有标称频率,所述超声信号还具有相对于标称脉冲重复频率的脉冲重复频率变化,所述频率变化比标称脉冲重复频率小至少一个或更多个数量级。

30. 根据权利要求28所述的方法,还包括:

经由至少一个超声换能器生成超声信号,所述超声信号在一段时间内具有标称脉冲重复频率,所述超声信号还具有相对于标称脉冲重复频率的脉冲重复频率变化,所述频率变化比标称脉冲重复频率小至少一个或更多个数量级。

31. 根据权利要求30所述的方法,其中,产生超声信号包括:

生成具有标称脉冲重复频率的驱动信号;

将频率变化引入到所述驱动信号中;以及

将具有引入的变化的驱动信号提供给所述至少一个超声换能器,以使所述至少一个超声换能器发射具有相对于标称脉冲重复频率的脉冲重复频率变化的超声信号。

32. 根据权利要求31所述的方法,其中,将频率变化引入到所述驱动信号中包括在捕获超声数据的多普勒帧期间,在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

33. 根据权利要求28至32中任一项所述的方法,其中,将超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导包括将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导,所述标记物包括水凝胶和由水凝胶承载的多个超声反射元件。

34. 根据权利要求28至32中任一项所述的方法,其中,将超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导包括将超声信号朝向包含以下标记物的身体组织的部分引导,所述标记

物包括至少部分交联的水凝胶和由至少部分交联的水凝胶至少暂时包裹的多个中空壳体，每个中空壳体具有形成腔体的相应外壁，所述外壁具有不规则的外表面，并且所述腔体不含全氟碳化物。

35. 一种超声系统中的操作方法，所述方法包括：

经由主振荡器生成驱动信号，所述驱动信号具有标称脉冲重复频率；

引入相对于标称脉冲重复频率的驱动信号的脉冲重复频率的变化；以及

经由具有所引入的脉冲重复频率的变化的驱动信号来驱动至少一个超声换能器。

36. 根据权利要求35所述的方法，其中，将脉冲重复频率变化引入到驱动信号中包括将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

37. 根据权利要求35所述的方法，其中，将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中包括将随着时间以定义的模式改变的定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

38. 根据权利要求35所述的方法，其中，将脉冲重复频率变化引入到驱动信号中包括将随机的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

39. 根据权利要求35所述的方法，其中，将脉冲重复频率变化引入到驱动信号中包括引入比标称脉冲重复频率小至少两个数量级的脉冲重复频率变化。

40. 根据权利要求35所述的方法，其中，将脉冲重复频率变化引入到驱动信号中包括经由超声系统的门发生器引入脉冲重复频率变化。

41. 根据权利要求35所述的方法，还包括：

将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导，所述标记物包括水凝胶和由所述水凝胶承载的多个超声反射元件。

42. 根据权利要求35至41中任一项所述的方法，还包括：

将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导包括将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导，所述标记物包括水凝胶和由水凝胶承载的多个超声反射元件。

43. 根据权利要求35至41中任一项所述的方法，还包括：

将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导，所述标记物包括至少部分交联的水凝胶和由所述至少部分交联的水凝胶至少暂时包裹的多个中空壳体，每个中空壳体具有形成腔体的相应外壁，所述外壁具有不规则的外表面，并且所述腔体不含全氟碳化物。

44. 根据权利要求35至41中任一项所述的方法，其中，引入相对于标称脉冲重复频率的驱动信号的脉冲重复频率的变化包括在捕获超声数据的一个或更多个多普勒帧期间，在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上引入脉冲重复频率的变化。

45. 一种标记物，包括：

至少一个中空壳体，其具有形成腔体的至少一个外壁，所述腔体不含全氟碳化物。

46. 根据权利要求45所述的标记物，其中，所述至少一个中空壳体的腔体包含气体。

47. 根据权利要求45所述的标记物，其中，所述至少一个中空壳体的腔体包含空气。

48. 根据权利要求45所述的标记物，其中，所述至少一个中空壳体的腔体包含惰性气体。

49. 根据权利要求45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体包括二氧化硅。
50. 根据权利要求45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体由二氧化硅组成。
51. 根据权利要求45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体是多孔的。
52. 根据权利要求51所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体包括至少暂时密封其一个或更多个孔的疏水涂层。
53. 根据权利要求45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体包括多个中空壳体。
54. 根据权利要求53所述的标记物,还包括:
水凝胶,其将所述多个中空壳体结合在一起。
55. 根据权利要求54所述的标记物,其中,所述水凝胶是至少部分交联的水凝胶。
56. 根据权利要求54或55中任一项所述的标记物,其中,所述水凝胶是明胶。
57. 根据权利要求45至55中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面。
58. 根据权利要求45至55中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体对超声是高反射的。
59. 根据权利要求45至55中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面,并且所述中空壳体对超声是高反射的。
60. 一种标记物,包括:
水凝胶载体;以及
多个超声反射元件,其由所述水凝胶载体承载,所述超声反射元件具有高超声反射率、不规则的外表面,并且为固体颗粒或多孔非球形颗粒。
61. 根据权利要求60所述的标记物,其中,所述水凝胶载体将所述多个超声反射元件结合在一起。
62. 根据权利要求61所述的标记物,其中,所述水凝胶载体是至少部分交联的水凝胶。
63. 根据权利要求61或62中任一项所述的标记物,其中,所述水凝胶载体包括明胶。
64. 根据权利要求61或62中任一项所述的标记物,其中,所述多个超声反射元件中的每个超声反射元件包括相应的中空壳体,所述中空壳体具有形成腔体的至少一个外壁,所述腔体不含全氟碳化物。
65. 根据权利要求60所述的标记物,其中,所述中空壳体的腔体包含气体。
66. 根据权利要求60所述的标记物,其中,所述中空壳体的腔体包含空气。
67. 根据权利要求60所述的标记物,其中,所述中空壳体的腔体包含惰性气体。
68. 根据权利要求60所述的标记物,其中,所述中空壳体包括二氧化硅。
69. 根据权利要求60所述的标记物,其中,所述中空壳体由二氧化硅组成。
70. 根据权利要求60所述的标记物,其中,所述中空壳体是多孔的。
71. 根据权利要求60所述的标记物,其中,所述多个超声反射元件中的每个超声反射元件包括至少暂时密封其一个或更多个孔的相应的疏水涂层。
72. 根据权利要求60至62或权利要求65至71中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面。
73. 根据权利要求60至62或权利要求65至71中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体对超声是高反射的。

74. 根据权利要求60至62或权利要求65至71中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面,并且所述中空壳体对超声是高反射的。

75. 一种套件,包括:

至少一个标记物,所述至少一个标记物包括:具有形成腔体的至少一个外壁的多个中空壳体,以及将所述多个中空壳体结合在一起的水凝胶;以及

超声系统,所述超声系统包括:至少一个超声换能器和控制系统,所述控制系统包括至少一个驱动电路,所述控制系统操作为:生成具有标称脉冲重复频率的驱动信号;将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中;以及使所述至少一个超声换能器发射超声信号,所述超声信号具有变化的脉冲重复频率,所述变化的脉冲重复频率表示相对于标称脉冲重复频率的变化。

76. 根据权利要求75所述的套件,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,控制系统在捕获超声数据的多普勒帧期间,在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

77. 根据权利要求75所述的套件,其中,所述中空壳体的腔体包含气体。

78. 根据权利要求75所述的套件,其中,所述中空壳体的腔体包含空气并且不含全氟碳化物。

79. 根据权利要求75所述的套件,其中,所述中空壳体包括二氧化硅。

80. 根据权利要求75所述的套件,其中,所述中空壳体由二氧化硅组成。

81. 根据权利要求75所述的套件,其中,所述中空壳体是多孔的。

82. 根据权利要求81所述的套件,其中,所述中空壳体中的每个具有至少暂时密封其一个或更多个孔的疏水涂层。

83. 根据权利要求82所述的套件,其中,所述水凝胶是至少部分交联的水凝胶。

84. 根据权利要求82或83中任一项所述的套件,其中,所述水凝胶是明胶。

85. 根据权利要求75至83中任一项所述的套件,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面。

86. 根据权利要求75至83中任一项所述的套件,其中,所述中空壳体对超声是高反射的。

87. 根据权利要求75至83中任一项所述的套件,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面,并且所述中空壳体对超声是高反射的。

88. 根据权利要求75至83中任一项所述的套件,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述控制系统将相对于标称脉冲重复频率的变化的变化引入到所述驱动信号中。

超声标记物检测、标记物及相关联的系统、方法和物品

技术领域

[0001] 本公开大体上涉及身体组织中标记物的超声检测,并且还涉及标记物和相关联的系统、方法制品和/或套件,它们可以例如促进身体组织(例如,异常身体组织)边缘的检测以进行监测、活检、切除或消融。

背景技术

[0002] 相关技术描述

[0003] 使用各种类型的标记物来标记要随时间进行监测(或活检、切除或消融)的身体组织。例如,一些标记物可以允许或增强外科医生的视觉检测。一些标记物允许经由各种能量发射成像模态进行检测,例如超声成像、放射成像(诸如X射线成像或磁共振成像(MRI))。这些不同的成像模态通常在不同的场景中采用,并且在各种视觉检测或成像模态下可检测的标记物通常需要不同的物理特性以便可被检测。

[0004] 一些标记物可以是永久性的,而其他标记物可以在一段时间内被身体吸收。例如,在相当长的时段(例如,几个月、一年)内标记身体组织的一部分可能是有用的,以用于后续评估或检测。

[0005] 需要可经由超声进行检测的标记物以及附加的成像模态,并且可选地,其随着时间的推移可被吸收。

[0006] 还需要不使用电离辐射的改进的成像技术,例如改进的超声成像技术,其可以增强身体组织中标记物的检测和/或某些身体组织边缘的检测(例如,异常的身体组织(例如肿瘤)或被怀疑异常的身体组织)。

发明内容

[0007] 本公开大体上涉及身体组织中标记物的超声检测,并且还涉及可检测的标记物和相关联的系统、方法、制品和/或套件,相比于使用传统方法的其他可能的方式,它们可以例如促进对要进行监测、活检、切除或消融的组织的更精确的检测。

[0008] 用于身体组织的标记物采用多种形式,并且可以包括多个超声反射元件和结合超声反射元件的水凝胶。例如,超声反射元件可以采用中空壳体的形式。中空壳体的腔体可以填充有流体,例如气体(诸如空气、液体或气体和液体的组合(例如蒸汽)),并且可以有利地不含全氟碳化物。中空壳体可以是多孔的,并且可以涂覆有疏水涂层以至少暂时密封孔,以防止或延迟流体(例如,气体)从腔体释放到中空壳体的外部。超声反射元件可以包括或由一种或更多种形式的二氧化硅组成。水凝胶可以是天然的(例如明胶)或人造水凝胶(例如聚乙二醇(PEG))。水凝胶可以是部分或完全交联的。水凝胶可以被设计成在一段时间内被身体吸收,或者替代地可以是不可吸收的。

[0009] 超声系统有利地注入驱动信号的变化,该变化使超声探测信号的频率或相位相对于标称频率或标称相位改变。变化量优选比标称频率或相位小一至六个数量级。变化可以是周期性的,可以遵循定义的模式,或者可以是伪随机或随机的。超声系统可以至少在多普

勒操作模式中呈现或检测闪烁伪影,这是由变化的探询信号与超声反射元件的相互作用引起的。

[0010] 标记物和超声系统可以提供为套件,在多普勒操作模式期间,中空壳体超声反射元件在接收到频率或相位变化(优选在比标称频率或相位小一至六个数量级的范围内)的超声探询信号时特别有效地产生闪烁伪影。

附图说明

[0011] 在附图中,相同的附图标记表示相似的元件或动作。附图中元件的大小和相对位置不一定按比例绘制。例如,各个元件的形状和角度未按比例绘制,其中一些元件被任意放大和定位以提高附图的易读性。另外,所绘制的元件的特定形状不旨在传递关于该特定元件的真实形状的任何信息,选择该特定形状仅仅是为了便于在附图中识别。

[0012] 图1是根据一种图示实施方式的用于标记身体组织的标记物的等距视图,该标记物包括多个超声反射元件和水凝胶载体,其放大视图详细示出了超声反射元件之一包括由超声反射元件承载的造影剂,以增强对其他成像模态的检测。

[0013] 图2是根据一种图示实施方式的用于标记身体组织的标记物的等距视图,该标记物包括多个超声反射元件、水凝胶和可选的线,其放大图详细示出了超声反射元件之一包括造影剂以及疏水涂层,该造影剂由超声反射元件承载以增强对其他成像模式的检测。

[0014] 图3是根据至少一种图示实施方式的模拟脉冲超声成像系统的示意图,该模拟脉冲超声成像系统将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到驱动超声换能器的驱动信号中,并且该模拟脉冲超声成像系统可操作为在多普勒操作模式(例如,彩色多普勒模式)中检测所接收的返回信号中的闪烁伪影,该闪烁伪影是由具有变化的脉冲重复频率的超声信号与被超声反射且优选具有不规则表面的标记物的至少一部分相互作用而产生的。

[0015] 图4是根据至少一种图示实施方式的数字脉冲超声成像系统的示意图,该数字脉冲超声成像系统将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到驱动超声换能器的驱动信号中,并且该数字脉冲超声成像系统可操作为在多普勒操作模式(例如,彩色多普勒模式)中检测所接收的返回信号中的闪烁伪影,该闪烁伪影是由具有变化的脉冲重复频率的超声信号与被超声反射且优选具有不规则表面的标记物的至少一部分相互作用而产生的。

[0016] 图5是根据至少一种图示实施方式的连续波(CW)超声成像系统的示意图,该CW超声成像系统将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到驱动超声换能器的驱动信号中,并且该CW超声成像系统可操作为在多普勒操作模式(例如,彩色多普勒模式)中检测所接收的返回信号中的闪烁伪影,该闪烁伪影是由具有变化的脉冲重复频率的超声信号与被超声反射且优选具有不规则表面的标记物的至少一部分相互作用而产生的。

[0017] 图6是根据至少一种图示实施方式的能够在硬件、软件和/或固件中实现的信号处理算法的框图。

[0018] 图7A是示出根据至少一种图示实施方式的由ADC产生的时域中的示例性原始模数(ADC)信号的曲线图。

[0019] 图7B是示出根据至少一种图示实施方式的由ADC产生的频域中的示例性原始模数(ADC)信号的曲线图。

[0020] 图8A是示出根据至少一种图示实施方式的在对原始ADC信号进行带通滤波之后的

时域中的示例性带通滤波ADC信号的曲线图。

[0021] 图8B是示出根据至少一种图示实施方式的在对原始ADC信号进行带通滤波之后的频域中的示例性带通滤波ADC信号的曲线图。

[0022] 图9是示出根据至少一种图示实施方式的对示例性带通滤波器的滤波器响应的曲线图。

[0023] 图10A是示出根据至少一种图示实施方式的在与I/Q参考信号混合之后由I/Q混频器输出的时域中的I/Q信号的曲线图。

[0024] 图10B是示出根据至少一种图示实施方式的在与I/Q参考信号混合之后由I/Q混频器输出的频域中的I/Q信号的曲线图。

[0025] 图11A是示出根据至少一种图示实施方式的由低通滤波器输出的时域中的低通滤波I/Q信号的曲线图。

[0026] 图11B是示出根据至少一种图示实施方式的由低通滤波器输出的频域中的低通滤波I/Q信号的曲线图。

[0027] 图12是示出根据至少一种图示实施方式的示例性低通滤波器的滤波器响应的曲线图,该示例性低通滤波器例如选择小于1MHz的频率。

[0028] 图13A是示出根据至少一种图示实施方式的由下采样器输出的时域中的下采样I/Q信号的曲线图。

[0029] 图13B是示出根据至少一种图示实施方式的由下采样器输出的频域中的下采样I/Q信号的曲线图。

[0030] 图14A是示出根据至少一种图示实施方式的根据下采样产生的下采样I/Q数据的曲线图。

[0031] 图14B是示出根据至少一种图示实施方式的由下采样I/Q数据的相位度数的曲线图。

[0032] 图14C是示出根据至少一种图示实施方式的由下采样I/Q数据的归一化幅度的曲线图。

具体实施方式

[0033] 在以下描述中,阐述了一些具体细节以提供对各个公开实施例的充分理解。然而,相关领域的技术人员将认识到,可以在没有这些具体细节中的一个或多个的情况下,或者使用其他方法、组件、材料等来实践实施例。在其他情况下,与微控制器、压电设备或换能器、电源(诸如DC/DC转换器)、无线电(即发射器、接收器或收发器)、包括客户端和服务器的计算系统的计算系统、网络(例如蜂窝式、分组交换)以及其他通信信道相关联的公知结构未详细示出或描述,以避免不必要地模糊实施例的描述。

[0034] 除非上下文另有要求,否则在随后的说明书和权利要求书中,“包括(comprise)”一词及其变体,诸如“包括(comprises)”和“包括(comprising)”应以开放、包容的意义解释,即“包括但不限于”。

[0035] 在本说明书全文中,提到“一个实施例”或者“实施例”时,指的是结合该实施例描述的特定特征、结构或者特性包含在至少一个实施例中。因此,在本说明书全文中多个地方出现的短语“在一个实施例中”或者“在实施例中”不一定是指同一实施例。此外,特定特征、结构或者特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多个实施例中。

[0036] 除非内容另有明确指示,否则在本说明书和附图中使用的单数形式“一个”、“一”、“该”包括复数表示对象。还应注意,除非内容另有明确指示,否则术语“或者”通常用来包括“和/或”的意义。

[0037] 本文中提供的公开内容的标题和摘要仅是为了方便,不用于解释实施例的范围或含义。

[0038] 特别地,本文描述了新的组织标记物和超声技术、系统、方法和制品以有利地标记组织以供以后评估、切除和/或消融。例如,这可以用于更精确地限定身体组织中异常或可疑组织(例如肿瘤)的边缘。

[0039] 图1示出了根据至少一种图示实施方式的用于标记身体组织的标记物100。

[0040] 在至少一个实施方式中,标记物100包括由水凝胶载体104承载的多个超声反射元件102(仅标出一个)。水凝胶载体104将多个超声反射元件102结合在一起。

[0041] 水凝胶载体104可以采取各种形式。水凝胶载体104可以包括天然水凝胶,例如明胶。水凝胶载体104可以包括人造水凝胶,例如聚乙烯醇(PVA)水凝胶或聚乙二醇(PEG)水凝胶。水凝胶载体104可以包括天然水凝胶(例如明胶)和人造水凝胶(例如PVA水凝胶、PEG水凝胶)的组合。

[0042] 在至少一些实施方式中,水凝胶载体104是至少部分交联的水凝胶。在至少一些实施方式中,水凝胶载体104是明胶,例如交联明胶。在至少一些实施方式中,水凝胶载体104是PVA水凝胶,例如交联PVA水凝胶。在至少一些实施方式中,水凝胶载体104是PEG水凝胶,例如交联PEG水凝胶。在至少一些实施方式中,水凝胶载体104包括天然水凝胶和人造水凝胶的组合,例如作为彼此耦合的相应凝胶体。

[0043] 水凝胶载体104可以是不能被身体吸收的(例如,持久存在超过60年或更长时间),或者可以在一段时间内被身体吸收。在可吸收的情况下,水凝胶载体104可被设计(例如,经由交联的程度或强度)为在体内持续存在一段时间,例如持续存在数小时、数天、一周或数周、一个月或数月或者甚至一年或数年。在至少一些实施方式中,可吸收水凝胶载体104的外部或暴露部分在被植入时可以比水凝胶载体的更多内部部分更快地吸收,当水凝胶载体104的各个部分暴露于包括体液的身体组织时发生所述吸收。在至少一些实施方式中,水凝胶载体104能够被设计(例如,受控交联分布(controlled cross-linking profiles))为使一些部分比其他部分吸收得更快和/或以确保一些部分比其他部分持久存在更长时间。因此,可以在水凝胶载体上或通过水凝胶载体形成各种吸收分布。

[0044] 每个超声反射元件都对超声是高度反射的。每个超声反射元件优选地具有不规则表面,例如具有粗糙的外表面以引起超声能量的散射或扩散。超声反射元件102可以为纳米尺寸(例如,1.8微米至约2.2微米)。

[0045] 超声反射元件102可以采用各种形式中的任何一种。

[0046] 在至少一个实施方式中,每个超声反射元件包括不是中空壳体而是实心颗粒或替代地是多孔非球形颗粒的颗粒。例如,每个超声反射元件可以包括相应的颗粒,该相应的颗粒包括或由不具有中空内部腔体的二氧化硅组成。每个颗粒可以包括一个或更多个层(图1中未示出)。一个或更多个层可以包括造影剂106,以增强经由除了超声成像之外的模态的检测,如下所述。替代地,一个或更多个超声反射元件可以包括或由一种或更多种造影剂组成。

[0047] 造影剂106可以例如包括增强视觉检测或使用X射线或MRI成像模态的检测的一种或更多种造影剂。例如,一些或所有超声反射元件102可以包括染料以增强通过直接视觉观察的检测。染料可以有利地为荧光染料。例如,染料可以包括或由亚甲蓝组成。又例如,一些或所有超声反射元件102可以包括或由不透射线材料(例如,金、铂、钽、铋、钷等)组成。又例如,一些或所有超声反射元件102可以包括或由MRI成像材料组成(例如,为包括化合物的钆,诸如钆DTPA、葡萄糖酸亚铁、硫酸亚铁等)。

[0048] 替代地,除了超声反射元件102之外,还可以将一种或更多种造影剂106,例如,上面指出的造影剂106或线(例如,螺旋缠绕金属线)或其他不透射线元件(诸如不透射线夹)结合到水凝胶载体104中或其周围。

[0049] 在至少一个实施方式中,每个超声反射元件102包括中空壳体。每个中空壳体具有形成腔体的至少一个外壁。在至少一些实施方式中,中空壳体是多层中空壳体,例如具有内层和外层的壳体。每个中空壳体都对超声是高度反射的。每个中空壳体优选地具有不规则表面,例如具有粗糙的外表面以引起超声能量的散射或扩散。中空壳体可以为纳米尺寸。

[0050] 在至少一些实施方式中,每个中空壳体可以包括二氧化硅或二氧化钛,或者替代地由二氧化硅或二氧化钛组成。形成纳米尺寸的中空壳体的一些技术在如下文献中描述,例如:美国专利申请60/955678;美国专利申请61/034468;美国专利申请12/673224(现为美国专利8440229);国际专利申请PCT/US2008/072972;美国专利申请13/866940(现为美国专利9220685);美国专利申请15/722436;美国专利申请61/707794;国际专利申请PCT/US2013/062436;美国专利申请15/706446;美国专利申请62/135653;美国专利申请15/559764;国际专利申请PCT/US2016/23492;美国专利申请62/483,274;美国专利申请62/645,677;美国专利申请15/946,479;和国际专利申请PCT/US2018/26291。

[0051] 中空壳体或中空壳体的一层或更多层可以包含一种或更多种造影剂,例如以上指出的用于增强视觉、放射或MRI检测的造影剂。

[0052] 在至少一些实施方式中,至少一个中空壳体的腔体包含流体,即气体、液体或气体和液体的组合或混合物。气体可以采用一种材料的形式,而液体可以采用不同于形成气体的材料的另一种材料的形式。替代地,气体和液体可以是相同的材料,只是处于不同的相态。例如,气体和液体的组合或混合物可以采取蒸汽的形式,其或者处于静止状态,或者受到引起加热的某个阈值能量水平的超声影响。至少一个中空壳体的腔体可以例如包含空气。替代地,至少一个中空壳体的腔体可以包含惰性气体(例如氮气、氩气)。腔体优选地不具有任何全氟碳化物,例如无论是气态和/或液态形式。

[0053] 每个中空壳体可以是多孔的。在中空壳体包含流体(即,气体、液体或气体和液体的组合或混合物)的情况下,标记物100可以可选地包括至少暂时密封其一个或更多个孔的涂层(优选为疏水涂层)。

[0054] 在一些实施方式中,水凝胶可以是可膨胀的,例如当植入到身体组织中时。在一些实施方式中,标记物100在未膨胀状态下的长度可以为约2mm至约40mm,且其横向尺寸为约0.5mm至约2mm。标记物从干燥的未膨胀状态到水饱和膨胀状态的尺寸膨胀比可以为约1:1.5至约1:10。标记物100从干燥的未膨胀状态到水饱和膨胀状态的尺寸膨胀比可以为约1:2至约1:3。

[0055] 图2示出了根据至少一种图示实施方式的用于标记身体组织的标记物200。

[0056] 在至少一个实施方式中,标记物200包括至少一个中空壳体202,并且优选地包括多个中空壳体202(仅标出一个)。每个中空壳体202具有形成腔体的至少一个外壁。在至少一些实施方式中,中空壳体202是多层中空壳体,例如具有外层202a、内层202b和腔体202c的壳体。每个中空壳体202都对超声是高度反射的。每个中空壳体202优选地具有不规则表面,例如具有粗糙的外表面以引起超声能量的散射或扩散。中空壳体202可以为纳米尺寸(例如,1.8微米至约2.2微米)。

[0057] 在至少一些实施方式中,每个中空壳体202可以包括二氧化硅或二氧化钛,或者替代地由二氧化硅或二氧化钛组成。形成纳米尺寸的中空壳体202的一些技术在如下文献中描述,例如:美国专利申请60/955678;美国专利申请61/034468;美国专利申请12/673224(现为美国专利8440229);国际专利申请PCT/US2008/072972;美国专利申请13/866940(现为美国专利9220685);美国专利申请15/722436;美国专利申请61/707794;国际专利申请PCT/US2013/062436;美国专利申请15/706446;美国专利申请62/135653;美国专利申请15/559764;国际专利申请PCT/US2016/23492;美国专利申请62/483,274;美国专利申请62/645,677;美国专利申请15/946,479;和国际专利申请PCT/US2018/26291(公布为W02018/187594)。

[0058] 在至少一些实施方式中,至少一个中空壳体202的腔体202c包含流体,或气体,或气体和流体的组合或混合物。例如,至少一个中空壳体的腔体202c可以包含空气。替代地,至少一个中空壳体202的腔体202c可以包含惰性气体(例如氮气、氩气)。腔体202c优选地不具有任何全氟碳化物,例如无论是气态和/或液态形式。

[0059] 每个中空壳体202可以是多孔的。在中空壳体202包含流体(即,气体、液体或气体和液体的混合物)的情况下,标记物200可以可选地包括至少暂时密封其一个或多个孔的涂层,优选为疏水涂层208。疏水涂层208可以采用疏水聚合物的形式,例如包括辛基三乙氧基硅烷的疏水聚合物。

[0060] 如下所述,中空壳体202的一层或更多层202a、202b可以包括一种或更多种造影剂206a、206b,以增强经由除超声成像以外的模态的检测。

[0061] 造影剂可以例如包括增强视觉检测或使用X射线或MRI成像模态的检测的一种或更多种造影剂。例如,一些或所有超声反射元件102可以包括染料206a(在最外层202a中),以增强通过直接视觉观察的检测。染料可以有利地为荧光染料。例如,染料可以包括或由亚甲蓝组成。又例如,一些或所有超声反射元件102可以包括或由不透射线的材料(例如,金、铂、钽、铋、钡等)和/或MRI成像材料组成(例如,为包括化合物的钆,诸如钆DTPA、葡萄糖酸亚铁、硫酸亚铁等),其统称为202b。

[0062] 如上所述,标记物200可以优选地包括多个中空壳体202。标记物200还可以包括将多个中空壳体202结合在一起的水凝胶204。在至少一些实施方式中,水凝胶204是至少部分交联的水凝胶。在至少一些实施方式中,水凝胶204是明胶,例如交联明胶。水凝胶204可以采取多种形式。例如,水凝胶可以是天然水凝胶(例如明胶)或人造水凝胶(例如聚乙烯醇(PVA)水凝胶、聚乙二醇(PEG)水凝胶)。水凝胶204可以是不能被身体吸收的(例如,持久存在超过60年或更长时间),或者可以在一段时间内被身体吸收。在可吸收的情况下,水凝胶204可以被设计(例如,经由交联的程度或强度)为在体内持续存在一段时间,例如持续存在数小时、数天、一周或数周、一个月或数月或者甚至一年或数年。在至少一些实施方式中,

可吸收水凝胶的外部或暴露部分在被植入时可以比水凝胶的更多内部部分更快地吸收,当水凝胶的各个部分暴露于包括体液的身体组织时发生所述吸收。在至少一些实施方式中,水凝胶204能够被设计(例如,受控交联分布)为使一些部分比其他部分吸收得更快和/或以确保一些部分比其他部分持久存在更长时间。因此,可以在水凝胶204上或通过水凝胶204形成各种吸收分布。

[0063] 除了中空壳体202之外,一种或更多种造影剂206a、206b,例如上面指出的造影剂或不透射线元件(例如,不透射线、螺旋缠绕金属线210、不透射线夹),可以结合到水凝胶载体中或其周围。

[0064] 在一些实施方式中,水凝胶可以是可膨胀的,例如当植入到身体组织中时。在一些实施方式中,标记物200在未膨胀状态下的长度可以为约2mm至约40mm,且其横向尺寸为约0.5mm至约2mm。标记物从干燥的未膨胀状态到水饱和膨胀状态的尺寸膨胀比可以为约1:1.5至约1:10。标记物200从干燥的未膨胀状态到水饱和膨胀状态的尺寸膨胀比可以为约1:2至约1:3。

[0065] 图3示出了根据至少一个图示实施例的植入身体组织302中的标记物300,以及包括定位成检测标记物300的超声探头或换能器阵列306的模拟脉冲多普勒超声系统304。

[0066] 模拟脉冲多普勒超声系统304包括发射部分308和接收部分310。发射部分308生成脉冲并驱动超声探头或换能器阵列306以发射超声能量。接收部分310接收表示从超声探头或换能器阵列306的视场中的物体返回的超声能量的信号,并且基于一种或更多种操作模式(例如,A模式、B模式、M模式、多普勒彩色模式、多普勒功率模式)来处理返回信号。在一些实施方式中,模拟脉冲多普勒超声系统304将在捕获B模式帧和多普勒彩色或功率模式帧之间交替,例如在多普勒操作模式期间发生但在B操作模式期间不发生的脉冲重复的变化。

[0067] 模拟脉冲多普勒超声系统304包括输出定时信号的主时钟或振荡器312。由主时钟或振荡器312输出的定时信号设置或用于设置标称脉冲重复频率,即超声脉冲在该处重复的频率。在至少一些实施方式中,标称脉冲重复频率可以由操作者至少在某个定义的范围内进行设置。在其他实施方式中,标称脉冲重复频率可以是特定模拟脉冲多普勒超声系统304的固定特性。

[0068] 发射部分308包括在由主时钟或振荡器312提供的时钟信号中引入变化的变化电路(VAR)314,直接或间接(例如,经由门发生器(gate generator))将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到用于在多普勒操作模式期间驱动超声探头或换能器阵列306的驱动信号中。该变化可以是时间上的变化或相位上的变化,并且该变化是一段时间内的变化。例如,该变化可以经由延迟时钟信号的一个或更多个延迟电路或电容器来实现。例如,延迟电路可以具有可调节的延迟,或者两个或更多个不同的延迟电路(每个具有各自的延迟),可以引入持续时间不同的延迟来实现多普勒操作模式期间的变化。变化可以是周期性的,可以遵循模式,或者可以是伪随机的,例如经由伪随机数发生器(也称为随机数发生器(RNG))产生。周期性变化可以具有与标称脉冲重复频率不同的周期或频率。接收部分310可以有利地采用周期性变化或遵循模式的变化。在捕获超声数据的一个或更多个多普勒帧期间,可以在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上将该变化引入到驱动信号中,以有意引入通常被视为不期望的噪声的伪影。

[0069] 该变化优选地比标称脉冲重复频率小至少一个数量级,并且更优选地比标称脉冲

重复频率小两个数量级、三个数量级、四个数量级、五个数量级,或者最优选地小六个数量级。

[0070] 变化的时钟信号被提供给门发生器316,其经由放大器318通信耦合以驱动超声探头或换能器阵列306。变化的时钟信号也被提供给接收部分310,例如一组混频器320,以及设置延迟和持续时间电路322。该设置延迟持续时间电路322通信耦合到接收部分310的第二组混频器324,混频器送入一组距离门326,后者又送入接收部分310的一组保持和滤波电路328。

[0071] 接收部分310接收表示从超声探头或换能器阵列306的视场中的物体返回的超声能量的信号,并且接收部分310的放大器330放大返回信号。匹配滤波器332对放大的返回信号进行滤波。然后该组混频器320将变化的时钟信号混入,并且结果由一组低通滤波器334进行低通滤波,以经由第二组混频器324、距离门326以及保持和滤波电路328提供用于正交处理。

[0072] 图4示出了根据至少一种图示实施方式的植入身体组织402中的标记物400,以及包括定位成检测标记物400的超声探头406的数字脉冲多普勒超声系统404。

[0073] 数字脉冲多普勒超声系统404包括发射部分408和接收部分410。发射部分408生成脉冲并驱动超声探头或换能器阵列406以发射超声能量。接收部分410接收表示从超声探头或换能器阵列406的视场中的物体返回的超声能量的信号,并且基于一种或更多种操作模式(例如,A模式、B模式、M模式、多普勒彩色模式、多普勒功率模式)来处理返回信号。在一些实施方式中,数字脉冲多普勒超声系统404将在捕获B模式帧和多普勒彩色或功率模式帧之间交替,例如在多普勒操作模式期间发生但在B操作模式期间不发生的脉冲重复的变化。

[0074] 数字脉冲多普勒超声系统404包括输出定时信号的主时钟或振荡器412。由主时钟或振荡器412输出的定时信号设置或用于设置标称脉冲重复频率,即超声脉冲在该处重复的频率。在一些实施方式中,标称脉冲重复频率可以由操作者至少在某个定义的范围进行设置。在其他实施方式中,标称脉冲重复频率可以是特定数字脉冲多普勒超声系统404的固定特性。

[0075] 发射部分408包括在由主时钟或振荡器412提供的时钟信号中引入变化的变化电路(VAR)414,直接或间接(例如,经由门发生器)将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到用于在多普勒操作模式期间驱动超声探头或换能器阵列406的驱动信号中。该变化可以是时间上的变化或相位上的变化,并且该变化是多普勒操作模式期间一段时间内的变化。例如,该变化可以经由延迟时钟信号的一个或多个延迟电路来实现。例如,延迟电路可以具有可调节的延迟,或者两个或多个不同的延迟电路(每个具有各自的延迟)可以引入不同持续时间的延迟来实现变化。变化可以是周期性的,可以遵循模式,或者可以是伪随机的,例如经由伪随机数发生器(也称为随机数发生器(RNG))产生。周期性变化可以具有与标称脉冲重复频率不同的周期或频率。接收部分410可以有利地采用周期性变化或遵循模式的变化。该变化优选地比标称脉冲重复频率小至少一个数量级,并且更优选地比标称脉冲重复频率小两个数量级、三个数量级、四个数量级、五个数量级,或者最优选地小六个数量级。

[0076] 变化的时钟信号被提供给门发生器416,其经由放大器418通信耦合以驱动超声探头或换能器阵列406。变化的时钟信号也被提供给接收部分410,例如一组混频器420,以及一组数模转换器(ADC)422。

[0077] 接收部分410接收表示从超声探头或换能器阵列406的视场中的物体返回的超声能量的信号,并且接收部分410的放大器424放大返回信号。匹配滤波器426对放大的返回信号进行滤波。然后,该组混频器420将变化的时钟信号混入,并且结果由ADC 422进行模数转换。来自ADC 422的输出被提供给一组距离门428以用于数字信号处理。

[0078] 图5示出了根据至少一个图示实施例的植入身体组织502中的标记物500,以及包括定位成检测标记物500的超声探头或换能器阵列506的连续波多普勒超声系统504。

[0079] 连续波多普勒超声系统504包括发射部分508和接收部分510。发射部分508生成连续(例如,正弦波、余弦波)信号并驱动超声探头或换能器阵列506发射超声能量。接收部分510接收表示从超声探头或换能器阵列506的视场中的物体返回的超声能量的信号,并且基于一种或更多种操作模式(例如,A模式、B模式、M模式、多普勒彩色模式、多普勒功率模式)来处理返回信号。在一些实施方式中,连续波多普勒超声系统504将在捕获B模式帧和多普勒彩色或功率模式帧之间交替,例如在多普勒操作模式期间发生但在B操作模式期间不发生的脉冲重复的变化。

[0080] 连续波多普勒超声系统504包括输出定时信号的主时钟或振荡器512。由主时钟或振荡器512输出的定时信号设置或用于生成连续波(例如,正弦波、余弦波)。在一些实施方式中,连续波的频率可以由操作者至少在某个定义的范围进行设置。在其他实施方式中,连续波的频率可以是特定超声系统504的固定特性。

[0081] 发射部分508包括在由主时钟或振荡器512提供的连续波信号中引入变化的变化电路(VAR)514,直接或间接将连续波的相对于标称频率的变化引入到用于在多普勒操作模式期间驱动超声探头或换能器阵列506的驱动信号中。该变化可以表示为时间上的变化或相位上的变化,并且该变化是多普勒操作模式期间一段时间内的变化。例如,该变化可以由延迟时钟信号的一个或更多个延迟电路来实现。例如,延迟电路可以具有可调节的延迟,或者两个或更多个不同的延迟电路(每个具有各自的延迟)可以引入不同持续时间的延迟来实现变化。变化可以是周期性的,可以遵循模式,或者可以是伪随机的,例如经由伪随机数发生器(也称为随机数发生器(RNG))产生。周期性变化可以具有与标称脉冲重复频率不同的周期或频率。接收部分510可以有利地采用周期性变化或遵循模式的变化。该变化优选地比标称脉冲重复频率小至少一个数量级,并且更优选地比标称脉冲重复频率小两个数量级、三个数量级、四个数量级、五个数量级,或者最优选地小六个数量级。

[0082] 变化的连续波信号也被提供给接收部分510,例如提供给一组混频器520,其可以用硬件、软件和/或固件来实现。

[0083] 接收部分510接收表示从超声探头或换能器阵列506的视场中的物体返回的超声能量的信号,并且接收部分510的放大器530放大返回信号。匹配滤波器532对放大的返回信号进行滤波。然后,该组混频器520将变化的连续波信号混入,并且结果由一组低通滤波器534进行低通滤波。移相器535对信号路径之一进行移位,以提供正交处理,以及一组加法器537产生分离的多普勒输出(例如,正向流(forward flow);反向流(reverse flow))。

[0084] 在任何图3、图4和图5的实施方式中,在多普勒操作模式期间捕获的图像可以与在B操作模式期间捕获的图像叠加呈现,以促进标记物相对于身体的各种解剖特征的可视化。

[0085] 图6示出了根据至少一种图示实施方式的能够在硬件、软件和/或固件中实现的信号处理算法600。硬件可以例如包括模数转换器(ADC)、现场可编程门阵列(FPGA)和基于一

个或多个处理器的计算机系统,该计算机系统采用一个或多个处理器和存储器或其他非暂时性存储介质。例如,处理器可以包括以下各项中的一项或更多项:微处理器、微控制器、中央处理单元(CPU)、数字信号处理器(DSP)、图形处理单元(GPU)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)和/或可编程逻辑控制器(PLC)等。存储器可以例如包括以下各项中的一项或更多项:只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、EEPROM、闪存和/或寄存器等。其他非暂时性存储介质可以例如包括以下各项中的一项或更多项:磁盘和相关联的磁盘驱动器、光盘和相关联的光盘驱动器、和/或固态驱动器(SSD)等等。

[0086] 从换能器(图6中未示出)接收模拟换能器信号602。接收的模拟换能器信号602具有中心频率,例如3MHz的中心频率。

[0087] 接收的模拟换能器信号602例如经由ADC 604进行数字化。ADC 604可以例如采用具有例如12MHz采样时钟605的14位ADC的形式。

[0088] 由ADC 604输出的原始ADC采样数据由FPGA 606(添加图6)捕获,并例如经由USB接口610传输到基于处理器的计算机系统(由虚线框表示)608。注意的是,FPGA 606仅捕获ADC采样数据并将ADC采样数据传递给基于处理器的计算机系统608,而不对ADC采样数据执行任何操作。

[0089] 图7A和图7B分别示出了时域和频域中的原始ADC信号700a、700b的示例。特别地,图7A放大了第750个至第850个采样的原始ADC信号700a。图7B是基于FFT的原始ADC信号700b的功率谱密度估计。能够看到最大功率如何以3MHz为中心,这是预期中的,因为Tx频率为3MHz。此时,原始ADC信号还没有进行滤波。

[0090] 返回到图6,基于处理器的计算机系统608可以执行剩余的信号处理操作。例如,以Python编写的软件可以对经由FPGA 606提供的所收集的原始ADC采样进行操作。

[0091] 在第一信号处理操作中,由基于处理器的计算机系统608执行的软件可以实现带通滤波器612,以在I/Q解调信号处理操作之前去除带外噪声。例如,带通滤波器612可以具有2MHz至4MHz的通带。

[0092] 图8A示出了在对2-4MHz的原始ADC信号(图7A)进行带通滤波之后时域800a中的带通滤波的ADC信号(限于所采集的时间采样750和850,总共1600个)。图8B示出了在对2-4MHz的原始ADC信号(图7B)进行带通滤波之后频域800b中的带通滤波的ADC信号。请注意与图7A和图7B中所示的频率功率相比,0-2和4-6MHz范围内的频率功率是如何大大降低的。

[0093] 图9示出了示例性带通滤波器612的滤波器响应900。

[0094] 返回到图6,由基于处理器的计算机系统608执行的软件可以实现I/Q混频器614,以执行解调信号处理操作。I/Q混频器614将带通滤波器612的输出与I/Q参考信号混合,例如3MHz I/Q参考信号615。I/Q参考信号615的频率可以优选地匹配到所接收的换能器信号602的中心频率。

[0095] 图10A示出了在与I/Q参考信号混合之后由I/Q混频器614输出的时域中的I/Q信号1000a,包含来自第750至第850个采样的信号。图10B示出了在与I/Q参考信号混合之后由I/Q混频器614输出的频域中的I/Q信号1000b。混合I/Q信号以零为中心,因为I/Q参考信号与接收信号的频率相匹配。值得注意的是,负频率与正频率之间存在非常轻微的不对称性。

[0096] 返回到图6,由基于处理器的计算机系统608执行的软件可以实现低通滤波器616,以从由I/Q混频器614输出的信号中去除任何双频分量,仅保留基带分量。应用低通滤波器

获得混合信号的包络。值得注意的是,这就是为什么图11A的时域图中的线看起来很平滑,而不像图10A中的对应线。例如,低通滤波器616可以具有设置为1MHz的通带。

[0097] 图11A示出了低通滤波器616输出的时域中的低通滤波的I/Q信号1100a。

[0098] 图11B示出了低通滤波器616输出的频域中的低通滤波的I/Q信号1100b。

[0099] 图12示出了例如选择小于1MHz的频率的示例性低通滤波器616的滤波器1200响应。

[0100] 返回到图6,由基于处理器的计算机系统608执行的软件可以实现下采样器618,以降低数据采样率。下采样器618可以将数据采样率从例如12MHz降低到3MHz,例如从低通滤波器616输出的数据仅具有小于1MHz的频率分量。降低采样率有利地减少了处理所需的数据量而不减少信息内容。

[0101] 图13A示出了由下采样器618输出的时域中的下采样的I/Q信号1300a。图13B示出了由下采样器618输出的频域中的下采样的I/Q信号1300b。在所示示例中,低通滤波的I/Q数据被有利地下采样为四分之一。

[0102] 返回到图6,由基于处理器的计算机系统608执行的软件可以实现相位计算组件或信号处理操作620,其中针对下采样的I/Q数据的每个采样点计算下采样的I/Q信号的相位。

[0103] 返回到图6,由基于处理器的计算机系统608执行的软件可以实现幅度计算组件或信号处理操作622,其中针对下采样的I/Q数据的每个采样点计算下采样的I/Q信号的幅度。

[0104] 图14A示出了由下采样产生的下采样的I/Q数据1400a。图14B示出了下采样的I/Q数据的相位(度)图1400b。图14C示出了下采样的I/Q数据的归一化幅度的图1400c。在这个特定的图示示例中,幅度的范围仅10%,相位变化大约1.5度。

[0105] 示例

[0106] 示例1、一种超声系统中的操作方法,所述方法包括:

[0107] 生成具有标称脉冲重复频率的驱动信号;

[0108] 将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级;

[0109] 将具有引入的变化的驱动信号提供给至少一个超声换能器,以使所述至少一个超声换能器发射具有相对于标称脉冲重复频率的变化的超声信号;

[0110] 经由至少一个超声换能器发射超声信号,所发射的超声信号具有变化的脉冲重复频率,所述变化的脉冲重复频率表示相对于标称脉冲重复频率的变化;以及

[0111] 经由所述至少一个超声换能器接收返回信号。

[0112] 示例2、根据示例1所述的方法,其中,将变化引入到所述驱动信号中是主振荡器的如果存在的时钟抖动所导致的任何变化之外的。

[0113] 示例3、根据示例2所述的方法,其中,将变化引入到所述驱动信号中包括将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0114] 示例4、根据示例3所述的方法,其中,将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中包括将随着时间以定义的模式改变的定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0115] 示例5、根据示例2所述的方法,其中,将变化引入到所述驱动信号中包括将随机的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0116] 示例6、根据示例2所述的方法,其中,将变化引入到所述驱动信号中包括通过延迟电路将延迟引入到所述驱动信号中。

[0117] 示例7、根据示例1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少两个数量级。

[0118] 示例8、根据示例1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少三个数量级。

[0119] 示例9、根据示例1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少四个数量级。

[0120] 示例10、根据示例1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少五个数量级。

[0121] 示例11、根据示例1所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称脉冲重复频率小至少六个数量级。

[0122] 示例12、根据示例1至11中任一项所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比标称频率小至少一个数量级包括将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

[0123] 示例13、根据示例1至11中任一项所述的方法,其中,将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中包括在捕获超声数据的一个或多个多普勒帧期间,在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

[0124] 示例14、一种超声系统,包括:

[0125] 至少一个超声换能器;

[0126] 控制系统,其包括至少一个驱动电路,所述控制系统操作为:

[0127] 生成具有标称脉冲重复频率的驱动信号;

[0128] 将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号;以及

[0129] 使所述至少一个超声换能器发射超声信号,所述超声信号具有变化的脉冲重复频率,所述变化的脉冲重复频率表示相对于标称脉冲重复频率的变化。

[0130] 示例15、根据示例14所述的超声系统,其中,引入到所述驱动信号中的变化是主振荡器的如果存在的时钟抖动所导致的任何变化之外的。

[0131] 示例16、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中,控制系统将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0132] 示例17、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中,控制系统将随着时间以定义的模式改变的定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0133] 示例18、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中,控制系统将随机的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0134] 示例19、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将所述变化引入到所述驱动信号中,延迟电路将延迟引入到所述驱动信号中。

[0135] 示例20、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少两个数量级。

[0136] 示例21、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少三个数量级。

[0137] 示例22、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少四个数量级。

[0138] 示例23、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少五个数量级。

[0139] 示例24、根据示例14所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少一个数量级,控制系统将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述变化比所述标称脉冲重复频率小至少六个数量级。

[0140] 示例25、根据示例14所述的超声系统,其中,所述至少一个超声换能器耦合到所述控制系统以向所述控制系统提供信号,所述信号表示由所述至少一个超声换能器接收的返回信号,并且所述控制系统能够操作为在彩色多普勒操作模式中检测所接收的返回信号中的闪烁伪影,所述闪烁伪影是由具有变化的脉冲重复频率的超声信号与标记物的至少一部分的相互作用而导致的,所述标记物是超声反射的且具有不规则的表面。

[0141] 示例26、根据示例14至23中任一项所述的超声系统,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述控制系统将相对于标称脉冲重复频率的变化的变化引入到所述驱动信号中。

[0142] 示例27、根据示例14至23中任一项所述的超声系统,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述控制系统在捕获超声数据的多普勒帧期间,在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

[0143] 示例28、一种使用超声系统的方法,所述方法包括:

[0144] 将超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导,所述超声信号的特征在于标称脉冲重复频率,并且具有随时间相对于所述标称脉冲重复频率变化的实际脉冲重复频率;

[0145] 经由至少一个超声换能器接收来自所述身体组织的部分的返回信号;

[0146] 在超声系统的彩色多普勒操作模式中,检测由所接收的返回信号中的超声信号诱导的标记物的至少一部分的共振作为闪烁伪影;以及

[0147] 至少部分地基于彩色多普勒操作模式中的闪烁伪影来在身体组织中定位所述标记物。

[0148] 示例29、根据示例28所述的方法,还包括:

[0149] 经由至少一个超声换能器生成超声信号,所述超声信号在一段时间内具有标称频率,所述超声信号还具有相对于标称脉冲重复频率的脉冲重复频率变化,所述频率变化比标称脉冲重复频率小至少一个或更多数量级。

[0150] 示例30、根据示例28所述的方法,还包括:

[0151] 经由至少一个超声换能器生成超声信号,所述超声信号在一段时间内具有标称脉冲重复频率,所述超声信号还具有相对于标称脉冲重复频率的脉冲重复频率变化,所述频率变化比标称脉冲重复频率小至少一个或更多数量级。

[0152] 示例31、根据示例30所述的方法,其中,产生超声信号包括:

[0153] 生成具有标称脉冲重复频率的驱动信号;

[0154] 将频率变化引入到所述驱动信号中;以及

[0155] 将具有引入的变化的驱动信号提供给所述至少一个超声换能器,以使所述至少一个超声换能器发射具有相对于标称脉冲重复频率的脉冲重复频率变化的超声信号。

[0156] 示例32、根据示例31所述的方法,其中,将频率变化引入到所述驱动信号中包括在捕获超声数据的多普勒帧期间,在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

[0157] 示例33、根据示例28至32中任一项所述的方法,其中,将超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导包括将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导,所述标记物包括水凝胶和由水凝胶承载的多个超声反射元件。

[0158] 示例34、根据示例28至32中任一项所述的方法,其中,将超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导包括将超声信号朝向包含以下标记物的身体组织的部分引导,所述标记物包括至少部分交联的水凝胶和由至少部分交联的水凝胶至少暂时包裹的多个中空壳体,每个中空壳体具有形成腔体的相应外壁,所述外壁具有不规则的外表面,并且所述腔体不含全氟碳化物。

[0159] 示例35、一种超声系统中的操作方法,所述方法包括:

[0160] 经由主振荡器生成驱动信号,所述驱动信号具有标称脉冲重复频率;

[0161] 引入相对于标称脉冲重复频率的驱动信号的脉冲重复频率的变化;以及

[0162] 经由具有所引入的脉冲重复频率的变化的驱动信号来驱动至少一个超声换能器。

[0163] 示例36、根据示例35所述的方法,其中,将脉冲重复频率变化引入到驱动信号中包括将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0164] 示例37、根据示例35所述的方法,其中,将定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中包括将随着时间以定义的模式改变的定义的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0165] 示例38、根据示例35所述的方法,其中,将脉冲重复频率变化引入到驱动信号中包括将随机的脉冲重复频率变化引入到所述驱动信号中。

[0166] 示例39、根据示例35所述的方法,其中,将脉冲重复频率变化引入到驱动信号中包括引入比标称脉冲重复频率小至少两个数量级的脉冲重复频率变化。

[0167] 示例40、根据示例35所述的方法,其中,将脉冲重复频率变化引入到驱动信号中包括经由超声系统的门发生器引入脉冲重复频率变化。

[0168] 示例41、根据示例35所述的方法,还包括:

[0169] 将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导,所述标记物包括水凝胶和由所述水凝胶承载的多个超声反射元件。

[0170] 示例42、根据示例35至41中任一项所述的方法,还包括:

[0171] 将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导包括将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导,所述标记物包括水凝胶和由水凝胶承载的多个超声反射元件。

[0172] 示例43、根据示例35至41中任一项所述的方法,还包括:

[0173] 将由所述至少一个超声换能器发射的超声信号朝向包含标记物的身体组织的部分引导,所述标记物包括至少部分交联的水凝胶和由所述至少部分交联的水凝胶至少暂时包裹的多个中空壳体,每个中空壳体具有形成腔体的相应外壁,所述外壁具有不规则的外表面,并且所述腔体不含全氟碳化物。

[0174] 示例44、根据示例35至43中任一项所述的方法,其中,引入相对于标称脉冲重复频率的驱动信号的脉冲重复频率的变化包括在捕获超声数据的一个或多个多普勒帧期间,在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上引入脉冲重复频率的变化。

[0175] 示例45、一种标记物,包括:

[0176] 至少一个中空壳体,其具有形成腔体的至少一个外壁,所述腔体不含全氟碳化物。

[0177] 示例46、根据示例45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体的腔体包含气体。

[0178] 示例47、根据示例45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体的腔体包含空气。

[0179] 示例48、根据示例45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体的腔体包含惰性气体。

[0180] 示例49、根据示例45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体包括二氧化硅。

[0181] 示例50、根据示例45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体由二氧化硅组成。

[0182] 示例51、根据示例45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体是多孔的。

[0183] 示例52、根据示例51所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体包括至少暂时密封其一个或多个孔的疏水涂层。

[0184] 示例53、根据示例45所述的标记物,其中,所述至少一个中空壳体包括多个中空壳体。

[0185] 示例54、根据示例53所述的标记物,还包括:

[0186] 水凝胶,其将所述多个中空壳体结合在一起。

[0187] 示例55、根据示例54所述的标记物,其中,所述水凝胶是至少部分交联的水凝胶。

[0188] 示例56、根据示例50或55中任一项所述的标记物,其中,所述水凝胶是明胶。

[0189] 示例57、根据示例45至55中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面。

[0190] 示例58、根据示例45至55中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体对超声是高反射的。

[0191] 示例59、根据示例45至55中任一项所述的标记物,所述中空壳体具有粗糙的外表面,并且所述中空壳体对超声是高反射的。

[0192] 示例60、一种标记物,包括:

[0193] 水凝胶载体;以及

[0194] 多个超声反射元件,其由所述水凝胶载体承载,所述超声反射元件具有高超声反射率、不规则的外表面,并且为固体颗粒或多孔非球形颗粒。

[0195] 示例61、根据示例60所述的标记物,其中,所述水凝胶载体将所述多个超声反射元件结合在一起。

[0196] 示例62、根据示例61所述的标记物,其中,所述水凝胶载体是至少部分交联的水凝胶。

[0197] 示例63、根据示例61或62中任一项所述的标记物,其中,所述水凝胶载体包括明胶。

[0198] 示例64、根据示例61或62中任一项所述的标记物,其中,所述多个超声反射元件中的每个超声反射元件包括相应的中空壳体,所述中空壳体具有形成腔体的至少一个外壁,所述腔体不含全氟碳化物。

[0199] 示例65、根据示例60所述的标记物,其中,所述中空壳体的腔体包含气体。

[0200] 示例66、根据示例60所述的标记物,其中,所述中空壳体的腔体包含空气。

[0201] 示例67、根据示例60所述的标记物,其中,所述中空壳体的腔体包含惰性气体。

[0202] 示例68、根据示例60所述的标记物,其中,所述中空壳体包括二氧化硅。

[0203] 示例69、根据示例60所述的标记物,其中,所述中空壳体由二氧化硅组成。

[0204] 示例70、根据示例60所述的标记物,其中,所述中空壳体是多孔的。

[0205] 示例71、根据示例60所述的标记物,其中,所述多个超声反射元件中的每个超声反射元件包括至少暂时密封其一个或更多个孔的相应的疏水涂层。

[0206] 示例72、根据示例60至62或示例64至71中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面。

[0207] 示例73、根据示例60至62或示例64至71中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体对超声是高反射的。

[0208] 示例74、根据示例60至62或示例64至71中任一项所述的标记物,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面,并且所述中空壳体对超声是高反射的。

[0209] 示例75、一种套件,包括:

[0210] 至少一个标记物,所述至少一个标记物包括:具有形成腔体的至少一个外壁的多个中空壳体,以及将所述多个中空壳体结合在一起的水凝胶;以及

[0211] 超声系统,所述超声系统包括:至少一个超声换能器和控制系统,所述控制系统包括至少一个驱动电路,所述控制系统操作为:生成具有标称脉冲重复频率的驱动信号;将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中;以及使所述至少一个超声换能器发射超声信

号,所述超声信号具有变化的脉冲重复频率,所述变化的脉冲重复频率表示相对于标称脉冲重复频率的变化。

[0212] 示例76、根据示例75所述的套件,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,控制系统在捕获超声数据的多普勒帧期间,在多普勒操作模式期间发射的多个脉冲上将相对于标称脉冲重复频率的变化引入到所述驱动信号中。

[0213] 示例77、根据示例75所述的套件,其中,所述中空壳体的腔体包含气体。

[0214] 示例78、根据示例75所述的套件,其中,所述中空壳体的腔体包含空气并且不含全氟碳化物。

[0215] 示例79、根据示例75所述的套件,其中,所述中空壳体包括二氧化硅。

[0216] 示例80、根据示例75所述的套件,其中,所述中空壳体由二氧化硅组成。

[0217] 示例81、根据示例75所述的套件,其中,所述中空壳体是多孔的。

[0218] 示例82、根据示例76所述的套件,其中,所述中空壳体中的每个具有至少暂时密封其一个或更多个孔的疏水涂层。

[0219] 示例83、根据示例77所述的套件,其中所述水凝胶是至少部分交联的水凝胶。

[0220] 示例84、根据示例82或83中任一项所述的套件,其中,所述水凝胶是明胶。

[0221] 示例85、根据示例75至83中任一项所述的套件,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面。

[0222] 示例86、根据示例75至83中任一项所述的套件,其中,所述中空壳体对超声是高反射的。

[0223] 示例87、根据示例75至83中任一项所述的套件,其中,所述中空壳体具有粗糙的外表面,并且所述中空壳体对超声是高反射的。

[0224] 示例88、根据示例75至83中任一项所述的套件,其中,为了将相对于标称频率的变化引入到所述驱动信号中,所述控制系统将相对于标称脉冲重复频率的变化的变化引入到所述驱动信号中。

[0225] 前述详细描述已经通过使用框图、示意图和示例阐述了设备和/或过程的各种实施方式。只要此类框图、示意图和示例包含一个或多个功能和/或操作,本领域技术人员将理解,此类框图、示意图或示例中的每个功能和/或操作可以通过各种硬件、软件、固件或其几乎任何组合单独和/或共同实现。在一个实施方式中,本主题可以经由专用集成电路(ASIC)来实现。然而,本领域技术人员将认识到,本文公开的实施方式全部或部分可以在标准集成电路中同等地实现,作为在一个或多个计算机上运行的一个或多个计算机程序(例如,作为在一个或多个计算机系统上运行的一个或多个程序),作为在一个或多个控制器(例如微控制器)上运行的一个或多个程序,作为在一个或多个处理器(例如微处理器)上运行的一个或多个程序,作为固件,或作为其几乎任何组合,并且,根据本发明,为软件和/或固件设计电路和/或编写代码将完全在本领域普通技术人员的技能范围内。

[0226] 本领域技术人员将认识到,本文阐述的许多方法或算法可以采用附加动作,可以省略一些动作,和/或可以以与指定顺序不同的顺序执行动作。

[0227] 此外,本领域技术人员将理解,本文所教导的机制能够以各种形式作为程序产品分发,并且说明性实施方式同样适用,而无论用于实际执行分发的信号承载介质的特定类型如何。信号承载介质的示例包括但不限于以下项:可记录类型介质,诸如软盘、硬盘驱动

器、CD ROM、数字磁带和计算机存储器。

[0228] 能够组合上述各种实施方式能够以提供进一步的实施方式。美国专利申请60/955678;美国专利申请61/034468;美国专利申请12/673224(现为美国专利8440229);国际专利申请PCT/US2008/072972;美国专利申请13/866940(现为美国专利9220685);美国专利申请15/722436;美国专利申请61/707794;国际专利申请PCT/US2013/062436;美国专利申请15/706446;美国专利申请62/135653;美国专利申请15/559764;国际专利申请PCT/US2016/23492;美国专利申请62/483,274;美国专利申请62/645,677;美国专利申请15/946,479;和国际专利申请PCT/US2018/26291;以及美国专利申请62/892,952,其均以全文引用的方式并入本文。如有必要,可以修改实施方式的方面以采用该各个专利、申请和公开的系统、电路和构思,从而提供更进一步的实施方式。

[0229] 可以对根据上面详细描述的说 明书的实施方式做出这些和其他改变。通常,在所附权利要求中,所使用的术语不应解释为将权利要求限定为在本说明书和权利要求书中公开的具体实施方式,而应该理解为包括所附权利要求所保护的所有可行实施方式以及等同物。因此,权利要求不受公开内容限制。

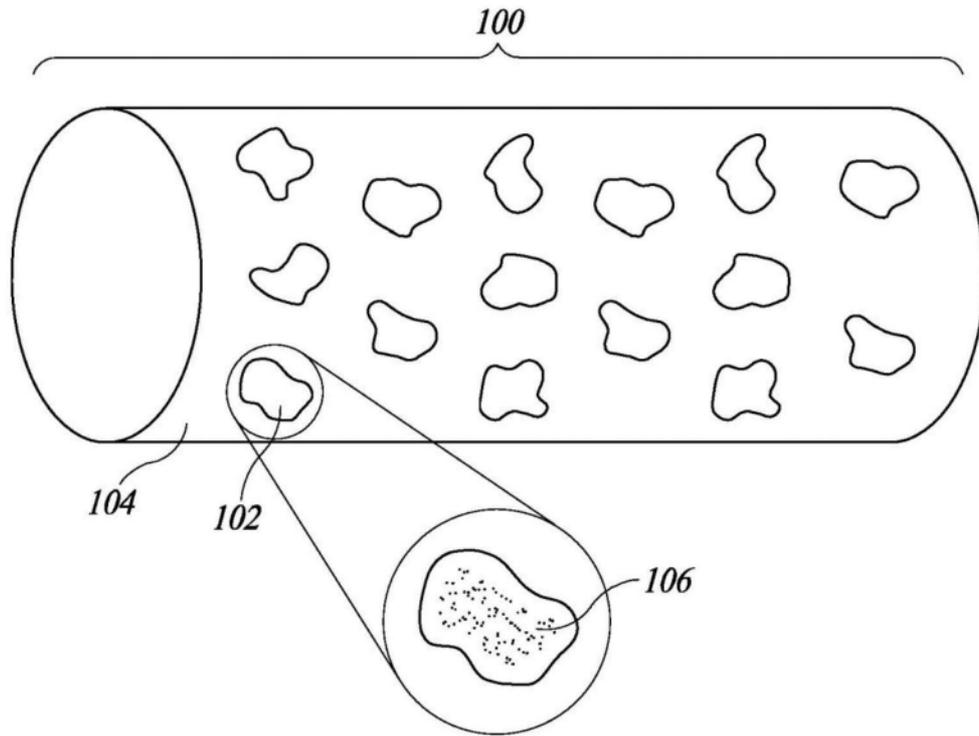


图1

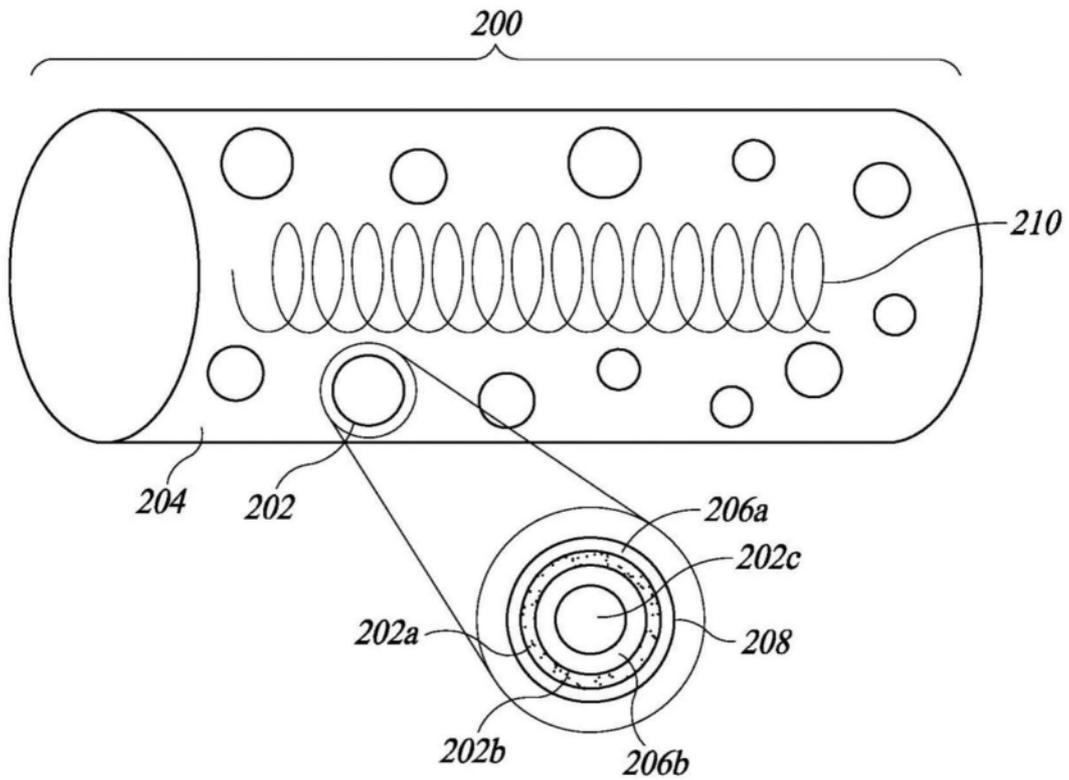


图2

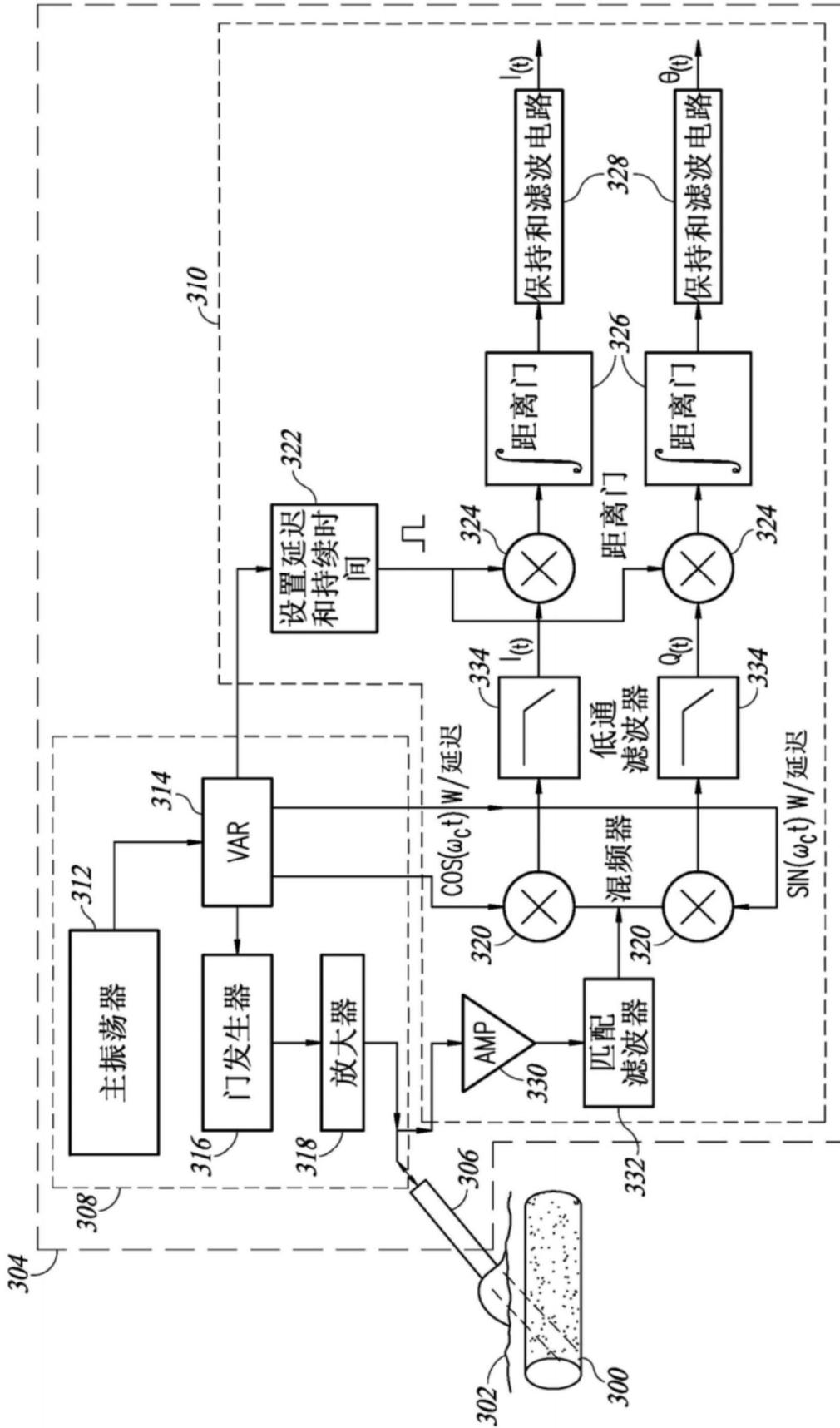


图3

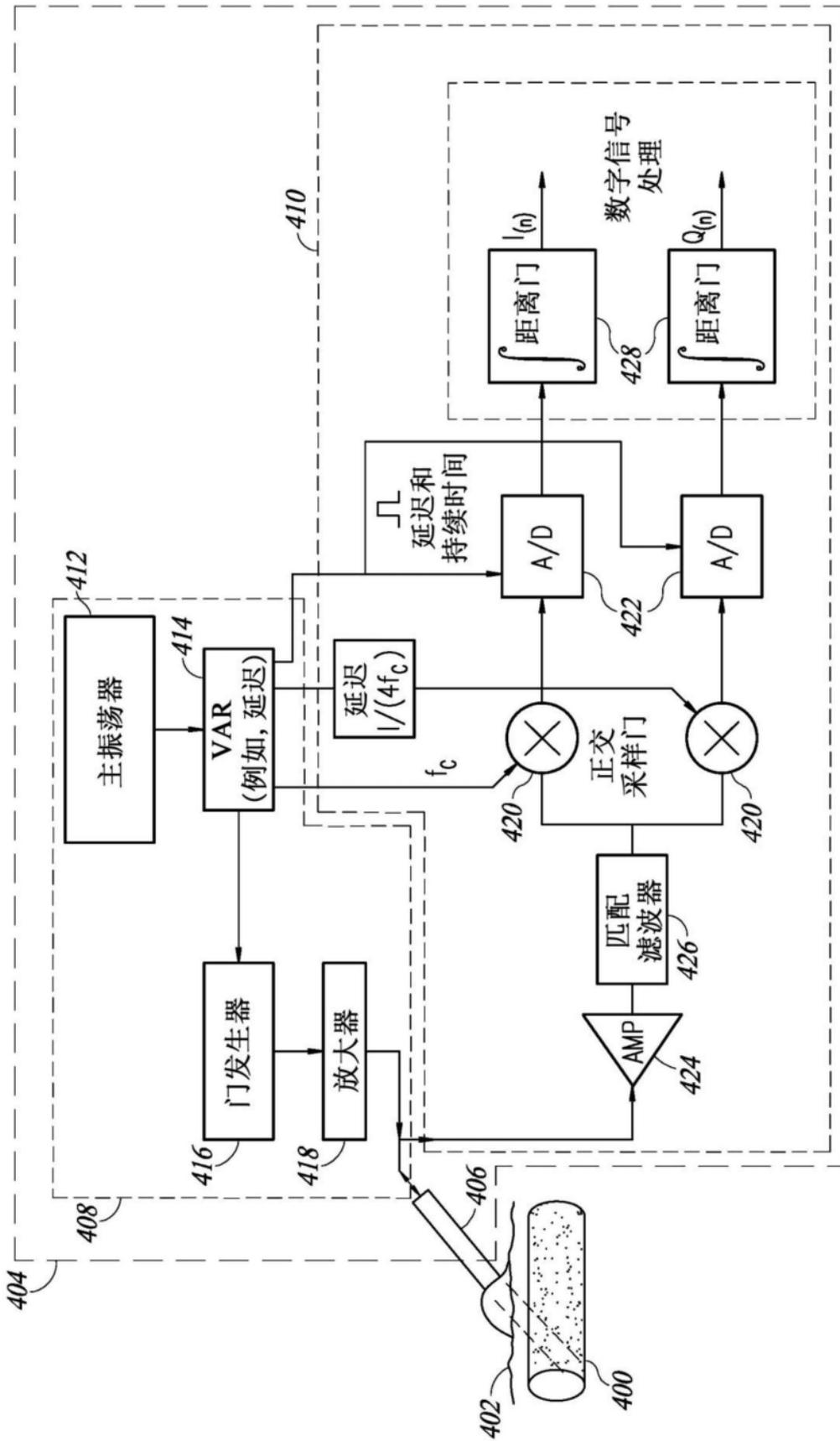


图4

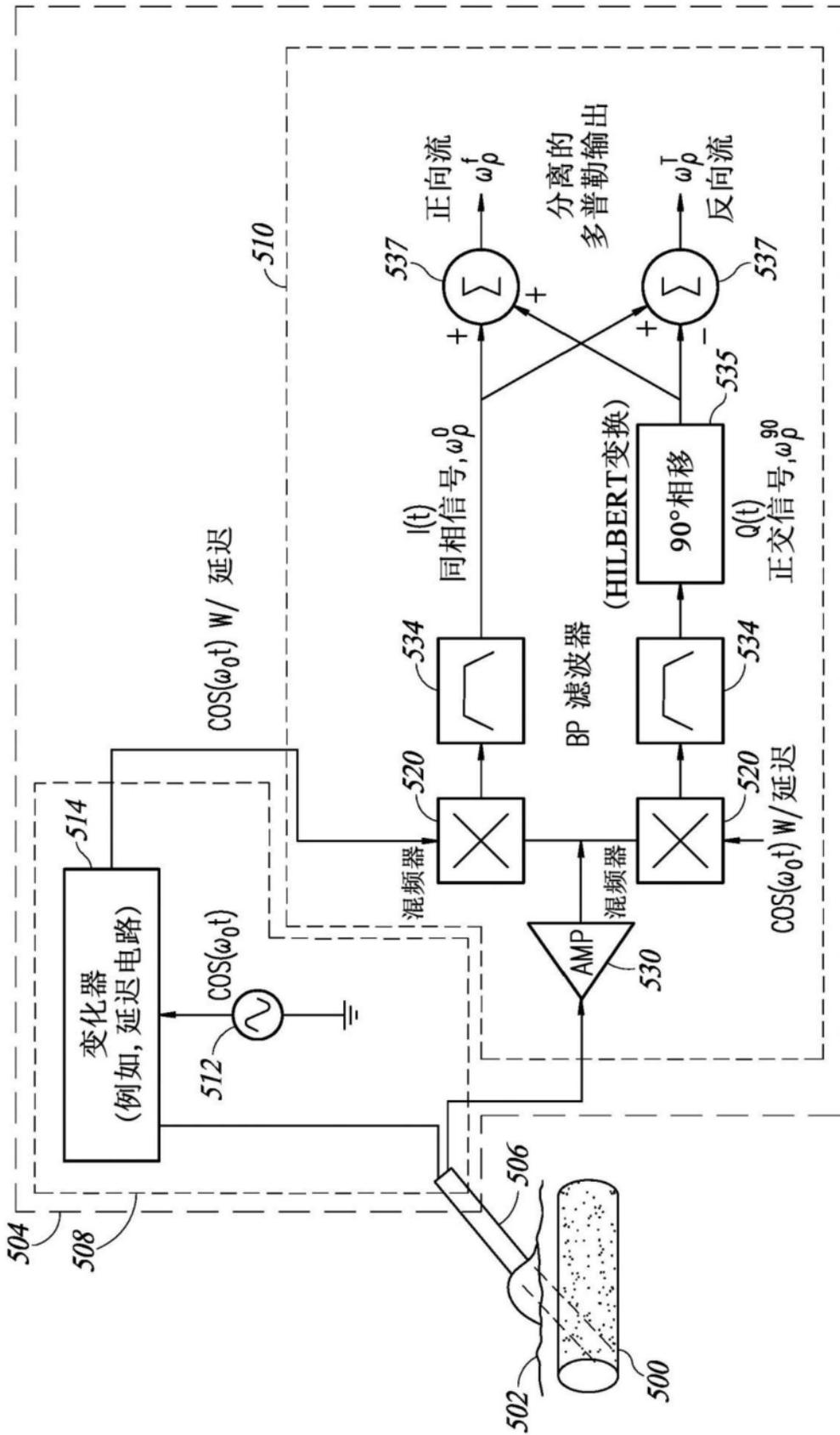


图5

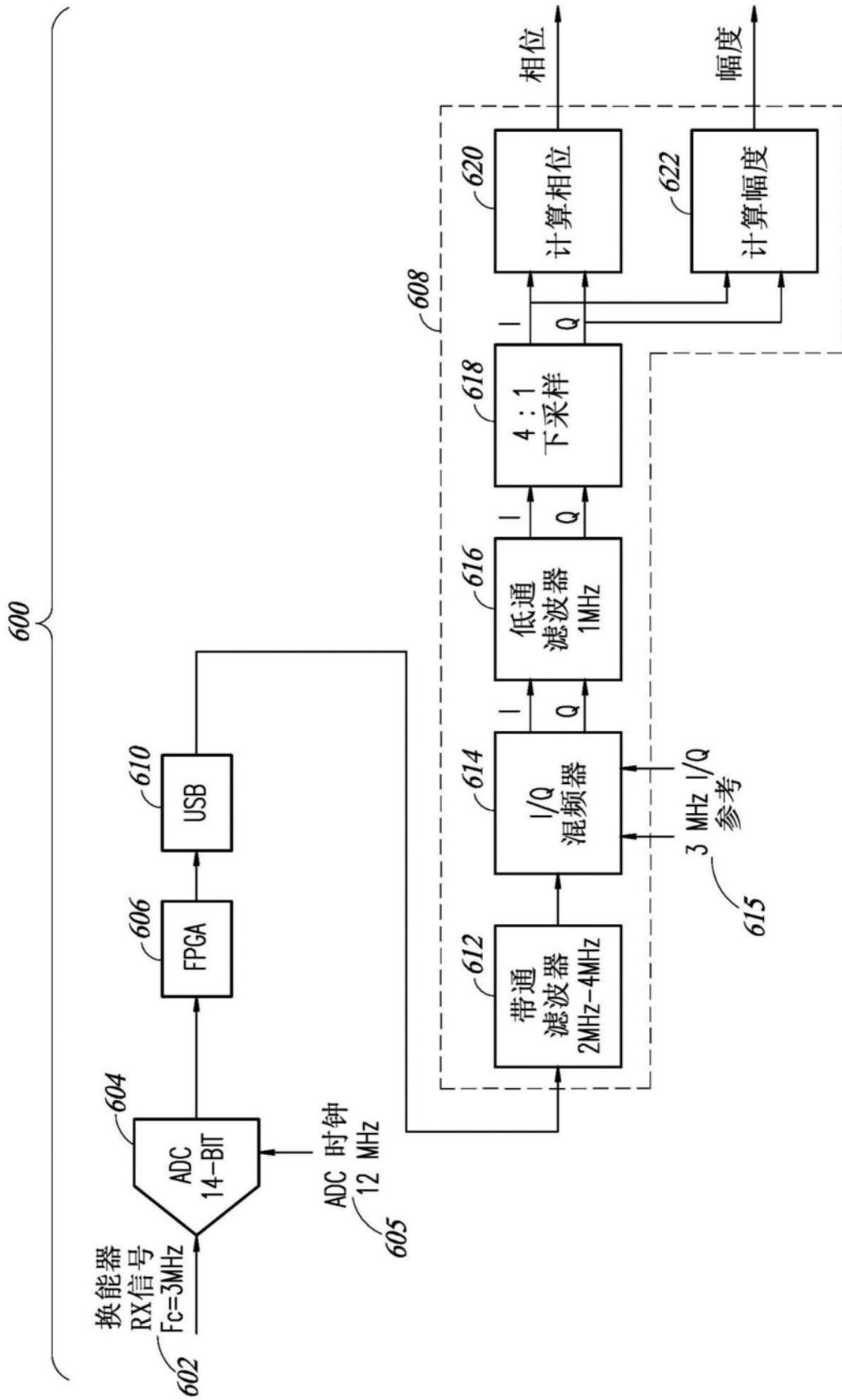


图6

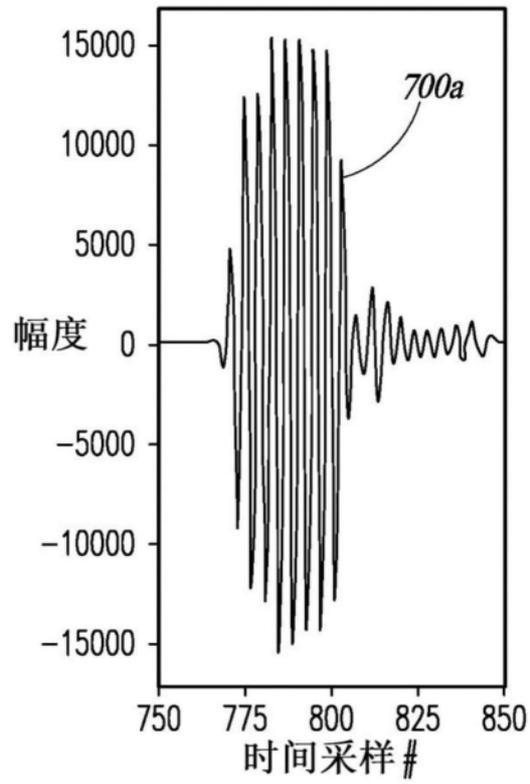


图7A

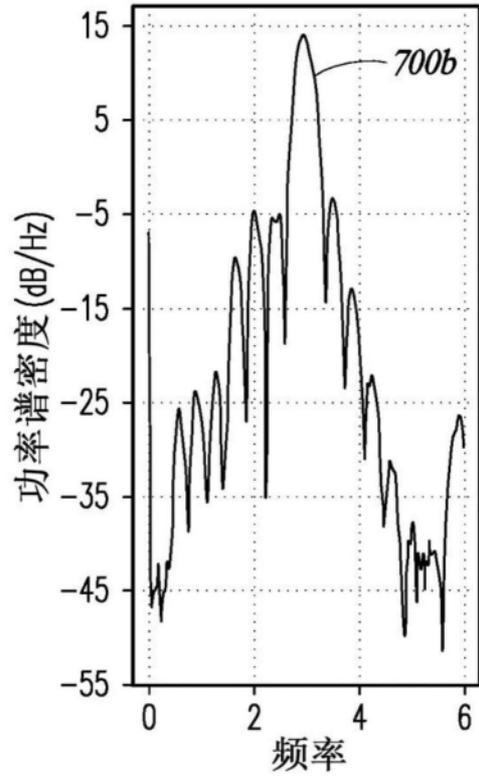


图7B

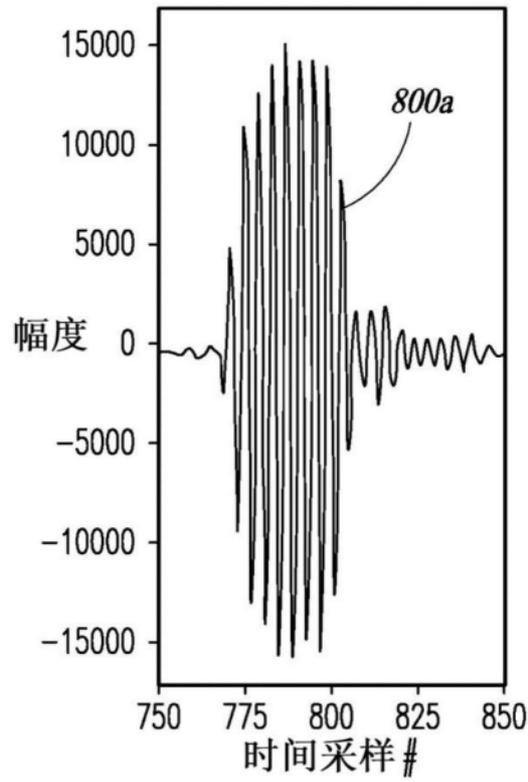


图8A

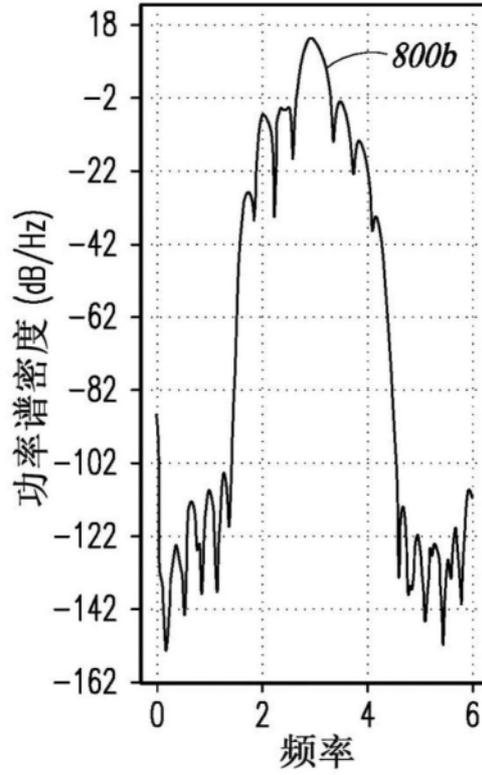


图8B

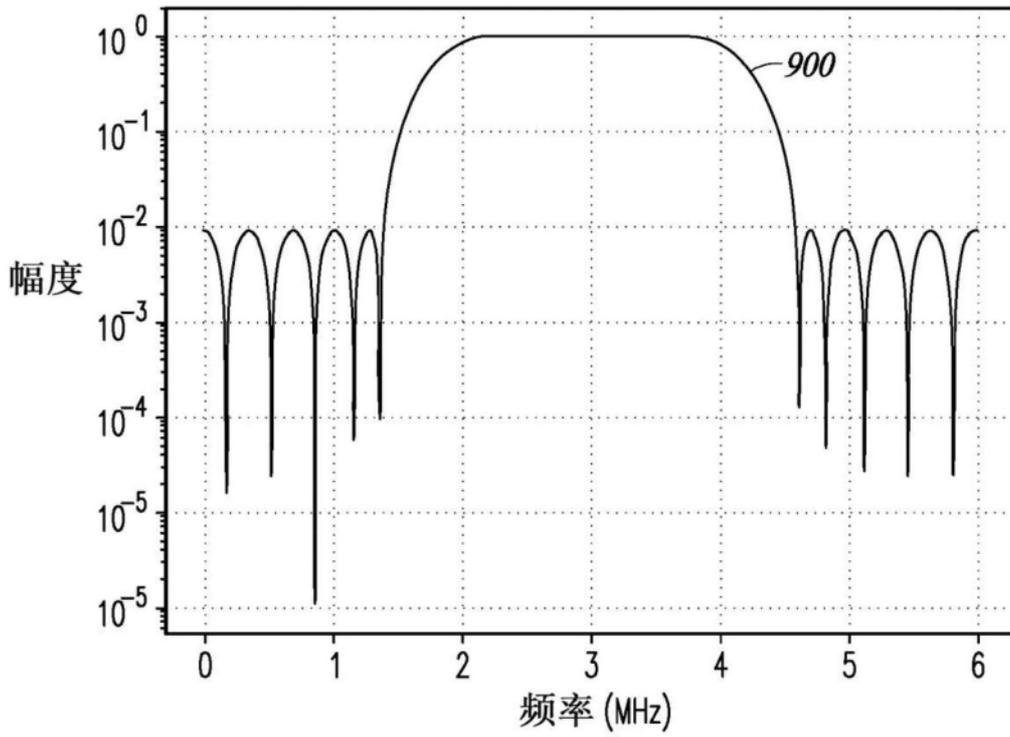


图9

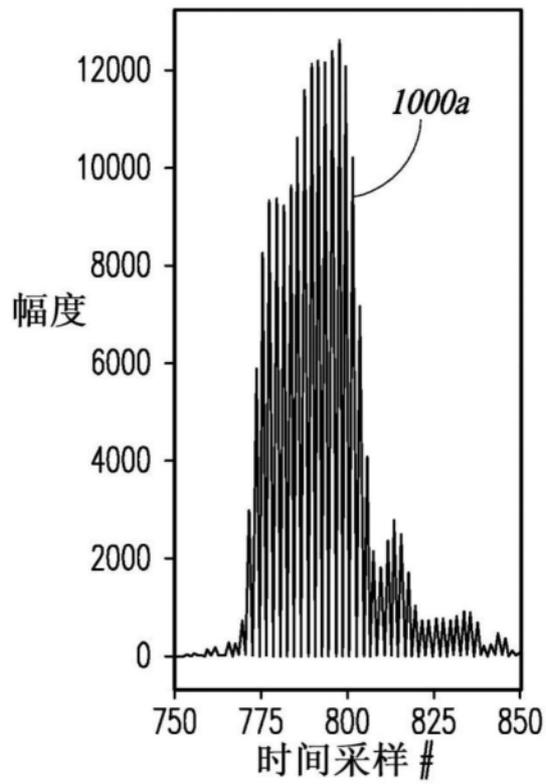


图10A

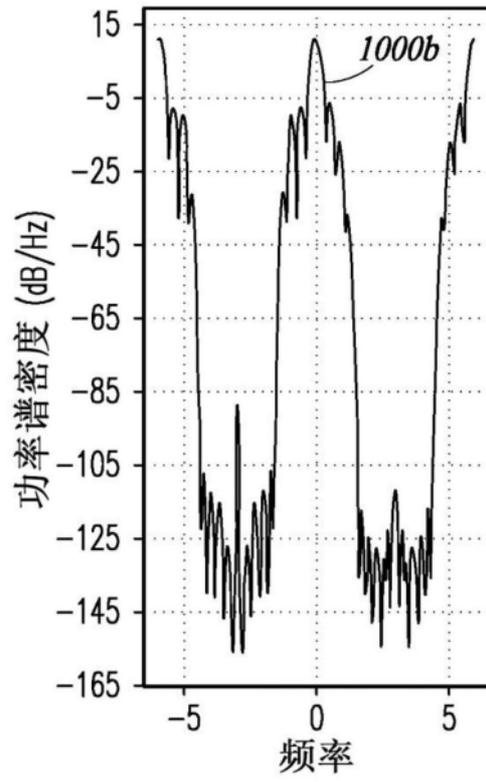


图10B

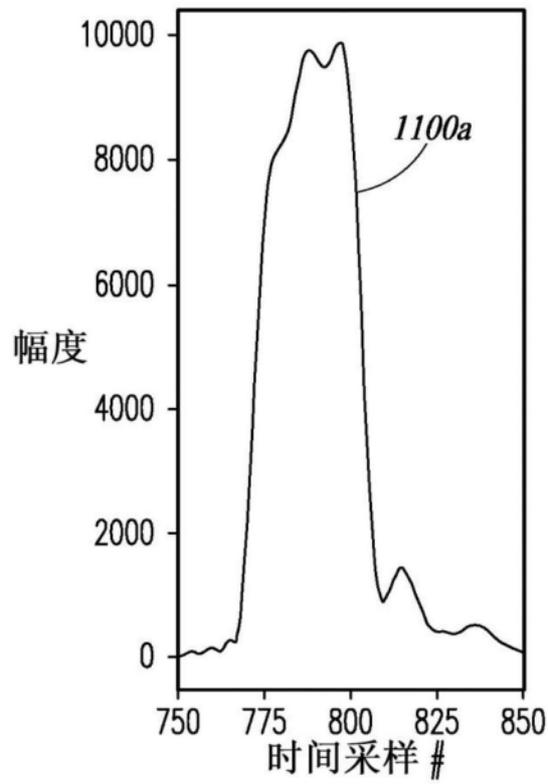


图11A

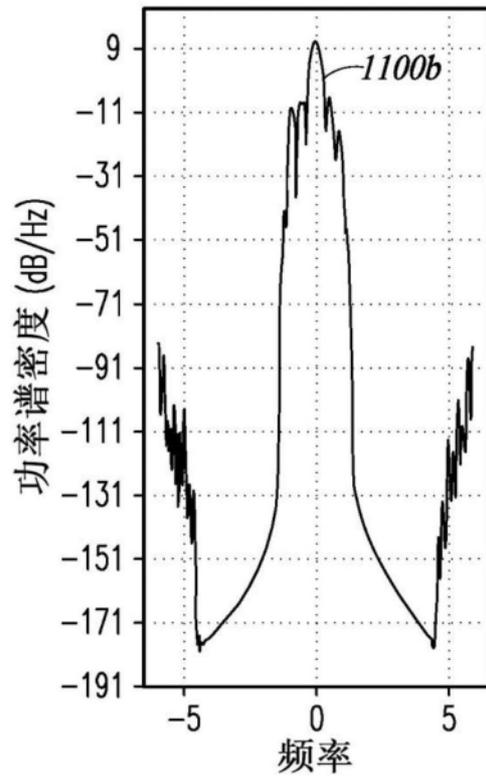


图11B

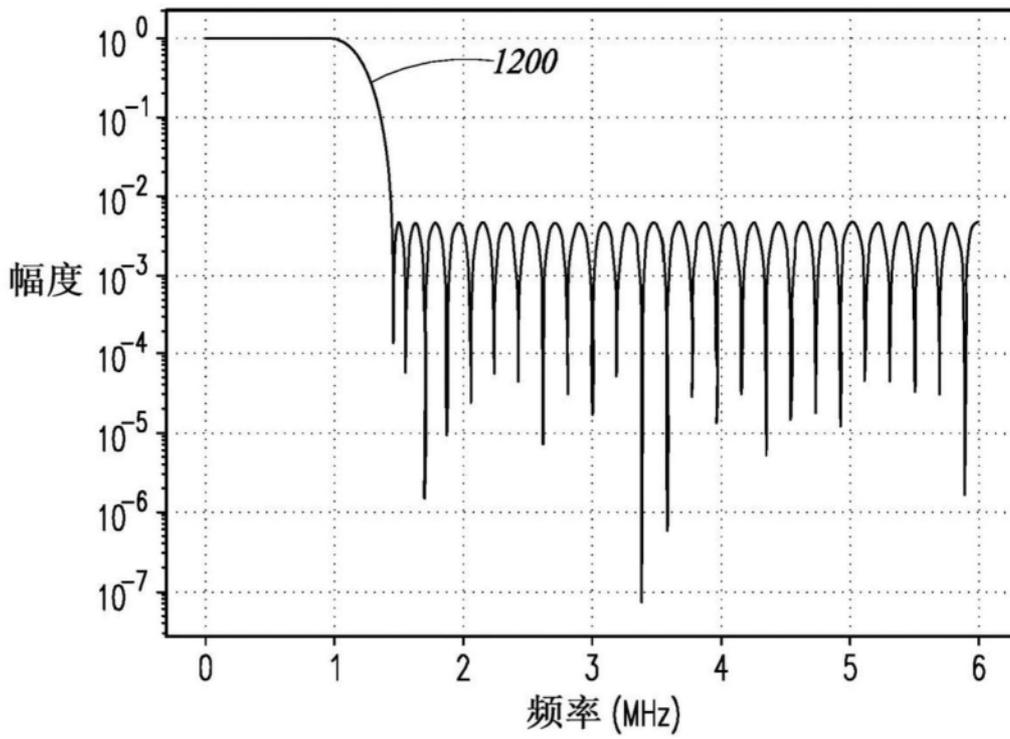


图12

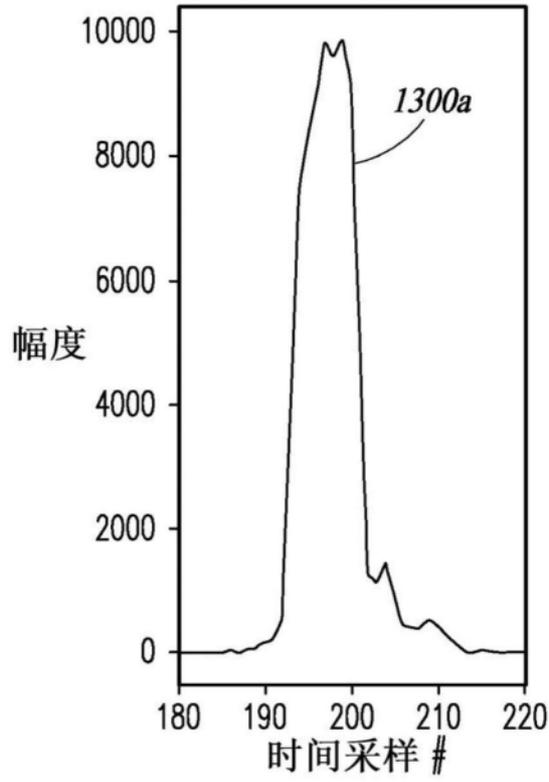


图13A

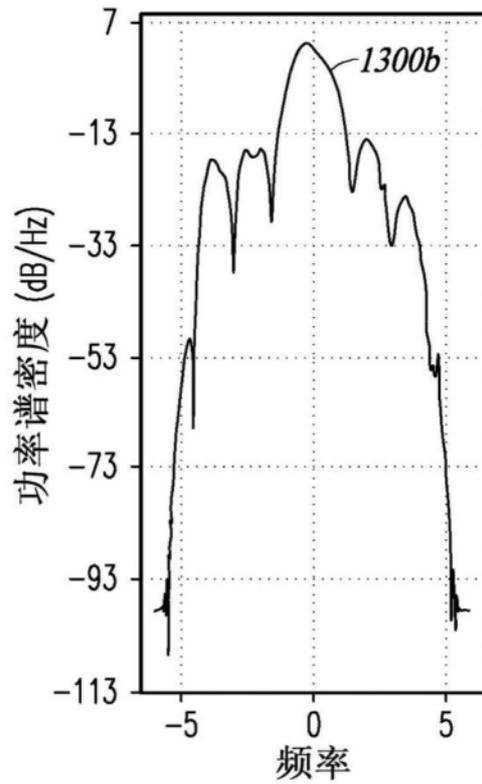


图13B

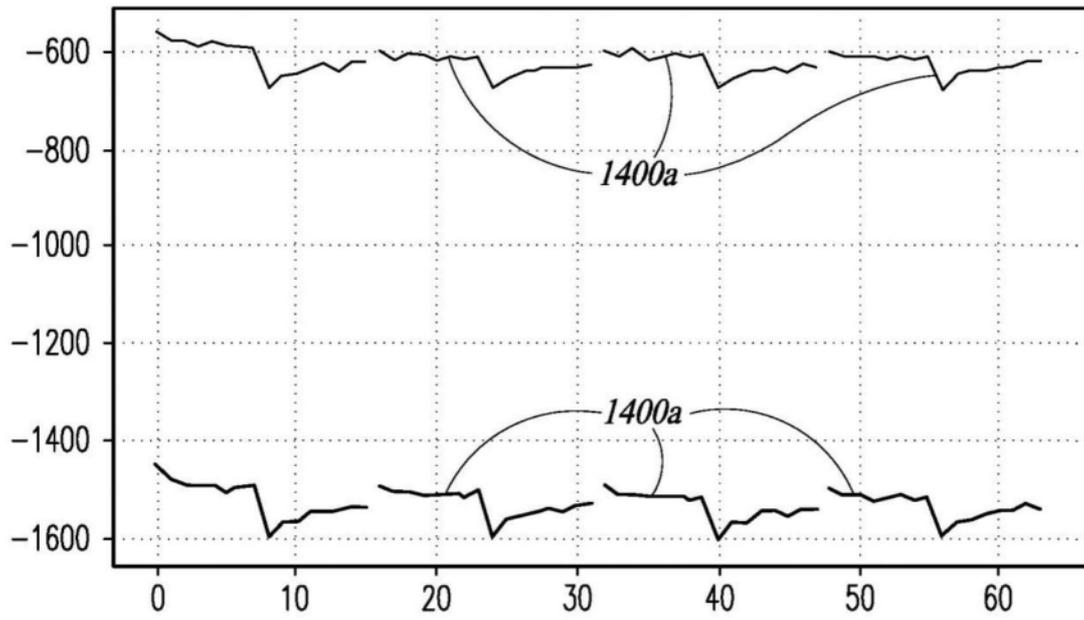


图14A

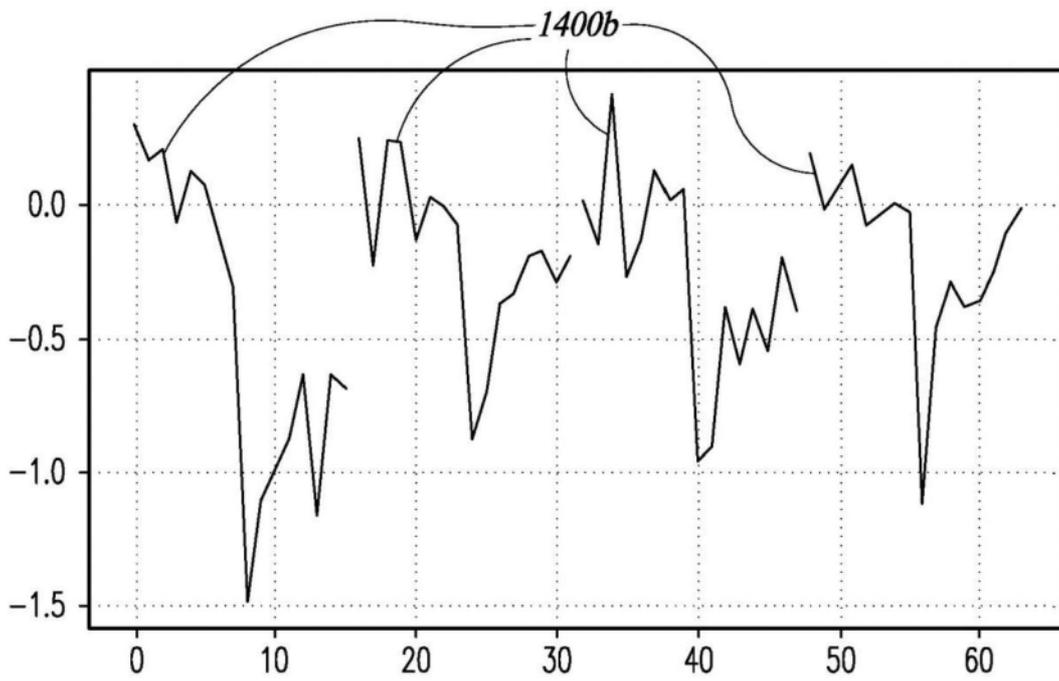


图14B

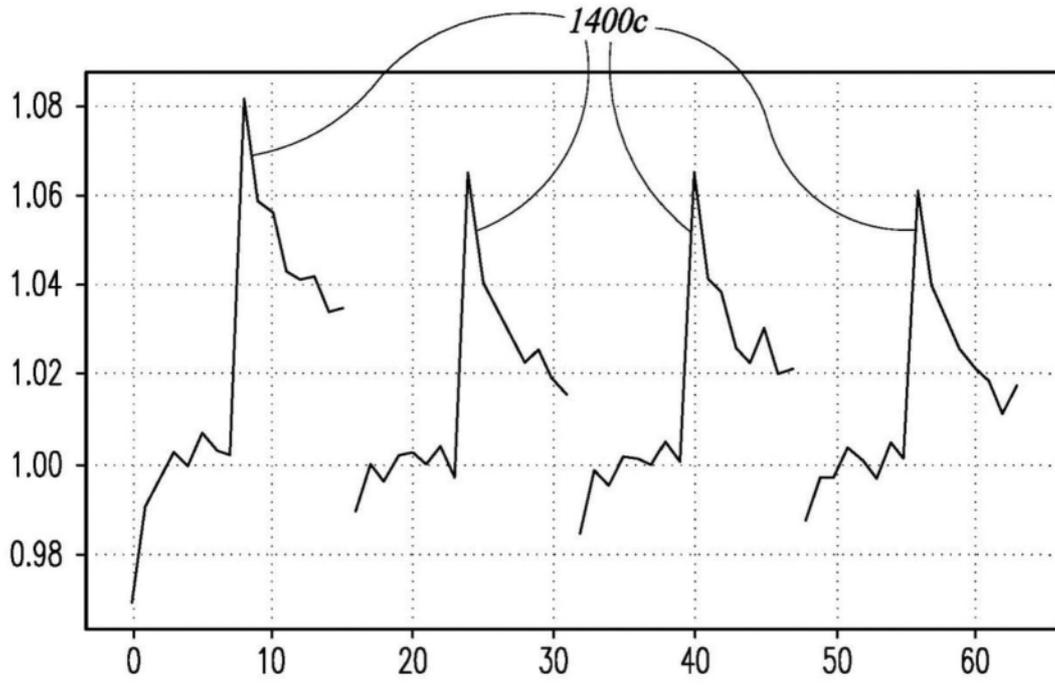


图14C