



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110680381 A

(43)申请公布日 2020.01.14

(21)申请号 201910827131.X

(22)申请日 2019.09.03

(71)申请人 东软医疗系统股份有限公司

地址 110167 辽宁省沈阳市浑南区创新路
177-1号

(72)发明人 王宝宇 徐丹

(74)专利代理机构 北京博思佳知识产权代理有
限公司 11415

代理人 靳玫

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

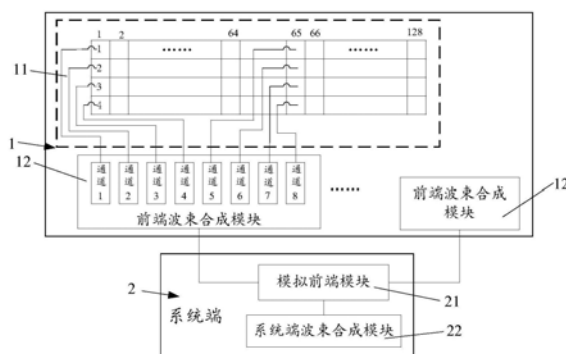
权利要求书2页 说明书18页 附图5页

(54)发明名称

医用1.X维超声探头及医用超声诊断系统

(57)摘要

本申请公开医用1.X维超声探头及医用超声诊断系统。该探头包括相控阵和多个前端波束合成模块。至少一个前端波束合成模块具有多个通道和累加单元。至少一个前端波束合成模块具有分别设置有控制开关的第一支路和第二支路,第二支路还包括接收延迟单元。所述相控阵包括至少2a个子阵,每个子阵的行数与所述相控阵的行数R相同,每个子阵的每列阵元包括N个输出端, $N \leq R$,以相邻的子阵为一组,每个子阵的相应列连接于同一个所述前端波束合成模块且每个输出端连接一个所述通道的输入端。基于前述结构,所述探头具有独立阵元控制能力,支持在Y轴上通过通道的延迟控制实现多个偏转角度发射和接收聚集,从而实现Y轴的空间复合。



1. 一种医用1.X维超声探头,其特征在于,该探头包括相控阵和多个前端波束合成模块,其中,

至少一个所述前端波束合成模块具有多个通道和累加单元,每个通道包括第一支路和第二支路;

所述第一支路包括具有输入端和输出端的控制发射开关,该控制发射开关的输出端连接于所述累加单元,该累加单元的输出端作为该前端波束合成模块的输出端;

所述第二支路包括依次连接的控制接收开关、放大单元、接收延迟单元和控制合成开关,所述控制接收开关的输入端连接于所述控制发射开关的输入端并共同作为该前端波束合成模块的输入端,控制合成开关的输出端连接于所述累加单元;

所述相控阵的行数 R 不大于8,包括至少 $2a$ 个子阵, a 为正整数;每个子阵的行数与所述相控阵的行数相同,每个子阵的每列阵元包括 N 个输出端, $N \leq R$,以相邻的子阵为一组,每个子阵的相应列连接于同一个所述前端波束合成模块且每个输出端连接一个所述通道的输入端。

2. 根据权利要求1所述的医用1.X维超声探头,其特征在于,所述 $R=N$ 。

3. 根据权利要求2所述的医用1.X维超声探头,其特征在于,所述 $R=4$,或者, $R=8$ 。

4. 根据权利要求1所述的医用1.X维超声探头,其特征在于,在相控阵的行数 R 等于5的情况下,所述每个子阵的每列阵元包括 N 个输出端包括:每列的第1行和第5行的阵元连接在一起作为第一输出端,每列的第2行和第4行的阵元连接在一起作为第二输出端,每列的第3行的阵元作为第三输出端和第四输出端;或者,

在相控阵的行数 R 等于7的情况下,所述每个子阵的每列阵元包括 N 个输出端包括:每列的第1行和第7行的阵元连接在一起作为第一输出端,每列的第2行和第6行的阵元连接在一起作为第二输出端;每列的第3行和第5行的阵元连接在一起作为第三输出端;每列的第4行的阵元作为第四输出端。

5. 根据权利要求1至4任一项所述的医用1.X维超声探头,其特征在于,所述第一支路包括发射延迟单元,所述控制发射开关的输出端连接于累加单元包括:所述控制发射开关和所述发射延迟单元串联,所述发射延迟单元的输出端连接于所述累加单元。

6. 一种医用1.X维超声探头,其特征在于,该探头包括相控阵和多个前端波束合成模块,其中,

至少一个所述前端波束合成模块具有多个通道和累加单元,每个通道包括第一支路和第二支路,第一支路包括控制发射开关,该控制发射开关的输出端连接于累加单元,该累加单元的输出端作为该前端波束合成模块的输出端;第二支路包括依次连接的控制接收开关、放大单元、接收延迟单元和控制合成开关,所述控制接收开关的输入端连接于所述控制发射开关的输入端并共同作为该前端波束合成模块的输入端,所述控制合成开关的输出端连接于所述累加单元;

相控阵的行数 R 不大于8,每列阵元包括 N 个输出端, $N \geq R$,每一个所述输出端连接该前端波束合成模块的至少一个通道。

7. 根据权利要求6所述的医用1.X维超声探头,其特征在于,所述 $R=N$ 。

8. 根据权利要求7所述的医用1.X维超声探头,其特征在于,所述 $R=4$ 或者8。

9. 根据权利要求6所述的医用1.X维超声探头,其特征在于,在所述相控阵的行数 R 等于

5的情况下,所述每列阵元包括N个输出端包括:每列的第3行的阵元作为两个所述输出端,每列其他行的阵元作为一个所述输出端;

或者,在所述相控阵的行数R等于7的情况下,所述每列阵元包括N个输出端包括:每列的第4行的阵元作为两个所述输出端,每列其他行的每个阵元作为一个所述输出端。

10.根据权利要求6至9任一项所述的医用1.X维超声探头,其特征在于,所述第一支路包括发射延迟单元,所述控制发射开关的输出端连接于累加单元包括:所述控制发射开关和所述发射延迟单元串联,发射延迟单元的输出端连接于所述累加单元。

11.一种医用超声诊断系统,其特征在于,该超声诊断系统包括模拟前端、系统端波束合成模块和权利要求1至10任何一项所述的医用1.X维超声探头,所述模拟前端模块对所述1.X维超声探头的所述累加单元的累加结果执行y轴方向的聚焦合成以得到Y轴的各个偏转角度的合成数据,所述系统端波束合成模块处理Y轴的各偏转角度的合成数据以及X方向的合成数据以获得超声图像,还控制所述1.X维超声探头的前端波束合成模块的控制发射开关、控制接收开关和控制合成开关各自的断开或被选通。

医用1.X维超声探头及医用超声诊断系统

技术领域

[0001] 本申请涉及超声医疗诊断设备,尤其涉及医用1.X维超声探头及医用超声诊断系统。

背景技术

[0002] 传统医用超声探头是由不同材料(单晶体,PZT等)的压电转换体通过物理切割而成的传感器阵列。最常用的线阵探头包括128个独立阵元,呈单列排列,一般被称为1维超声探头。随着加工工艺的提升,许多超声行业领先企业推出了诸如 64×64 的面阵探头,这种探头被称为2维探头,但是,2维探头的加工复杂,成本极高,探头接触面较宽不适宜所有应用场合,因此,介于1维与2维之间的1.X探头出现了。这种1.X探头很好的解决了性能与成本的矛盾,同时,也弥补了诸如穿刺引导等特殊领域的应用不足,是一种综合性能好,适于大批量生产装备的探头结构。市场上可见的是1.25维和1.5维探头。随着医疗行业的发展,对医用1.X维超声探头提出了每列阵元具有独立控制能力及能实现Y轴复合的需求。

发明内容

[0003] 为克服相关技术中存在的问题,本申请提供一种医用1.X维超声探头。该医用1.X维超声探头包括相控阵和多个前端波束合成模块。至少一个所述前端波束合成模块具有多个通道和累加单元,每个通道包括第一支路和第二支路。所述第一支路包括具有输入端和输出端的控制发射开关,该控制发射开关的输出端连接于所述累加单元,该累加单元的输出端作为该前端波束合成模块的输出端。所述第二支路包括依次连接的控制接收开关、放大单元、接收延迟单元和控制合成开关,所述控制接收开关的输入端连接于所述控制发射开关的输入端并共同作为该前端波束合成模块的输入端,控制合成开关的输出端连接于所述累加单元。所述相控阵的行数 R 不大于8,包括至少 $2a$ 个子阵, a 为正整数;每个子阵的行数与所述相控阵的行数相同,每个子阵的每列阵元包括 N 个输出端, $N \leq R$,以相邻的子阵为一组,每个子阵的相应列连接于同一个所述前端波束合成模块且每个输出端连接一个所述通道的输入端。

[0004] 本申请还公开另一种医用1.X维超声探头,该探头包括相控阵和多个前端波束合成模块。至少一个所述前端波束合成模块具有多个通道和累加单元,每个通道包括第一支路和第二支路,第一支路包括控制发射开关,该控制发射开关的输出端连接于累加单元,该累加单元的输出端作为该前端波束合成模块的输出端;第二支路包括依次连接的控制接收开关、放大单元、接收延迟单元和控制合成开关,所述控制接收开关的输入端连接于所述控制发射开关的输入端并共同作为该前端波束合成模块的输入端,所述控制合成开关的输出端连接于所述累加单元。相控阵的行数 R 不大于8,每列阵元包括 N 个输出端, $N \geq R$,每一个所述输出端连接该前端波束合成模块的至少一个通道。

[0005] 本申请还公开一种医用超声诊断系统。该超声该超声诊断系统包括模拟前端、系统端波束合成模块和前述任何一种医用1.X维超声探头,所述模拟前端模块对所述1.X维超

声探头的所述累加单元的累加结果执行y轴方向的聚焦合成以得到Y轴的各个偏转角度的合成数据,所述系统端波束合成模块处理Y轴的各偏转角度的合成数据以及X方向的合成数据以获得超声图像,还控制所述1.X维超声探头的前端波束合成模块的控制发射开关、控制接收开关和控制合成开关各自的断开或被选通。

[0006] 本申请的实施方式提供的技术方案可以包括以下有益效果:

[0007] 1、由于前端波束合成模块包括两个支路,第一支路包括控制发射开关,第二支路包括控制接收开关、控制合成开关、接收延迟单元以及每列阵元包括N个输出端,在输出端的数量N与相控阵的行数R满足 $N \leq R$,相控阵包括2a个子阵的情况下,以相邻的子阵为一组,每个子阵的相应列连接于同一个所述前端波束合成模块且每个输出端连接一个所述通道的输入端;或者,在输出端的数量N与相控阵的行数R满足 $N \geq R$ 的情况下,每个输出端连接一个前端波束合成模块的至少一个通道的输入端,这样,本申请实施方式的探头具有独立阵元控制能力,通过对每个通道的放大单元配置相应的增益,给接收延迟单元配置相应的延迟值就能实现多个偏转角度的接收聚集,从而实现Y轴的空间复合。而传统方式中,阵列的阵元列数有限,延迟值相同,聚焦中心只能在Y轴法线上上下调整,只能实现单角度,改善90度条件下的聚焦效果,不能实现多个偏转角度的复合。

[0008] 2、由于阵元能够独立控制,给放大单元配置相应的增益以及接收延迟单元配置相应的延迟值,可以完成不同焦点的调整,所以,能够扩大动态聚焦范围,改善近场成像效果。传统单一阵元的焦点由物理外形决定,相对于这个局限性,本方案能够提高聚集的精度。

[0009] 3、由于前端波束合成模块包括两个支路,第一支路包括控制发射开关,第二支路包括控制接收开关和控制合成开关,结合前述相控阵列的输出端与该前端波束合成模块的前述多种连接方法,能够通过配置参数(延迟值和/或增益)来得到不同的成像效果,所以,本方案的控制的灵活性很高,充分发挥Y轴方向的空间复合成像能力。

[0010] 4、在二维成像方面,由于1.X维探头的阵元比一维探头的阵元更多且每个阵元能够独立控制,所以,随着探头的可控制列数增加,Y轴方向上能够形成良好的动态聚焦,得到接近于面阵探头的图像质量,并且由于通过1.X维探头就达到了面阵探头的图像质量,而1.X维探头的成本比面阵探头的成本低,所以,所述1.X维探头还能使得医用超声诊断系统具有成本优势。

[0011] 5、由于前述相控阵包括N个输出端且每个输出端连接至少一个通道,这种相控阵和连接方式使得该探头在制造过程中,切割的数量少,实现难度低于2维探头。

[0012] 6、由于第一支路还包括发射延迟单元,通过配置发射延迟单元的延迟值可以实现探头的Y轴可调深度,可变角度的聚焦发射,配合X轴向的发射聚焦控制,可以获得更好的空间声场条件,提高图像质量。

[0013] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本申请。

附图说明

[0014] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本申请的实施方式,并与说明书一起用于解释本申请的原理。

- [0015] 图1是第一种实施方式的医用超声诊断系统的结构示意图；
- [0016] 图2是用于图1所示的1.X维超声探头的前端波束合成模块的结构示意图；
- [0017] 图3是波束发射和接收的时序图；
- [0018] 图4是Y轴复合的示意图；
- [0019] 图5是第二种实施方式的医用超声诊断系统的结构示意图；
- [0020] 图6是第三种实施方式的医用超声诊断系统的结构示意图；
- [0021] 图7是第四种实施方式的医用超声诊断系统的结构示意图；
- [0022] 图8是第五种实施方式的医用超声诊断系统的结构示意图；
- [0023] 图9是第六种实施方式的医用超声诊断系统的结构示意图；
- [0024] 图10是第七种实施方式的医用超声诊断系统的结构示意图；
- [0025] 图11是第八种实施方式的医用超声诊断系统的结构示意图。

具体实施方式

[0026] 这里将详细地对示例性实施方式进行说明，其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时，除非另有表示，不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施方式中所描述的实施方式并不代表与本申请相一致的所有实施方式。相反，它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本申请的一些方面相一致的装置和方法的例子。

[0027] 在本申请使用的术语是仅仅出于描述特定实施方式的目的，而非旨在限制本申请。在本申请和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式，除非上下文清楚地表示其他含义。

[0028] 应当理解，本申请说明书以及权利要求书中使用的“第一”“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。同样，“一个”或者“一”等类似词语也不表示数量限制，而是表示存在至少一个；“多个”表示两个及两个以上的数量。除非另行指出，“前部”、“后部”、“下部”和/或“上部”等类似词语只是为了便于说明，而并非限于一个位置或者一种空间定向。“包括”或者“包含”等类似词语意指出现在“包括”或者“包含”前面的元件或者物件涵盖出现在“包括”或者“包含”后面列举的元件或者物件及其等同，并不排除其他元件或者物件。

[0029] 下面结合附图，对本申请示例型实施方式进行详细说明。在不冲突的情况下，下述的实施方式及实施方式中的特征可以相互补充或相互组合。

[0030] 请参阅图1和图2，一种实施方式的医用超声诊断系统包括医用1.X维超声探头1和至少包括模拟前端模块21和数字波束合成模块22的系统端2。所述医用1.X维超声探头1包括相控阵11和多个前端波束合成模块12。每个前端波束合成模块12具有多个通道和累加单元123。每个通道包括第一支路和第二支路。第一支路包括控制发射开关1211。该控制发射开关1211的输出端连接于累加单元123。在另一种实施方式中，所述第一支路也可以是如下结构：所述第一支路包括控制发射开关1211和发射延迟单元1212。所述控制发射开关1211和发射延迟单元1212串联，发射延迟单元1212的输出端连接于所述累加单元123的输入端。第二支路包括依次连接的控制接收开关1221、放大单元1222（比如低噪声的放大单元，也可以采用其他类型的放大单元）、接收延迟单元1223、数据缓存器1224和合成开关1225。所述控制接收开关1221的输入端连接于所述控制发射开关的输入端并作为该通道的输入端。所

述控制合成开关1225的输出端连接于所述累加单元123的输入端。所述累加单元123的输出端作为该前端波束合成模块12的输出端连接于所述模拟前端模块21。所述模拟前端模块21对所述1.X维超声探头的所述累加单元123的信号进行叠加。所述系统端波束合成模块22处理来自模拟前端模块21的信号以获得超声图像,还控制所述1.X维超声探头的前端波束合成模块12的控制发射开关1212、控制接收开关1221和控制合成开关1225各自的断开或被选通。

[0031] 图1、图5至图7是分时复用的情况,在这些实施方式中,所述相控阵包括至少2a个子阵,a为正整数,每个子阵的行数与所述相控阵的行数相同,所述每个输出端连接的通道数量相等且至少连接一个所述通道包括:以相邻的子阵为一组,该两子阵的相应列的连接于同一个前端波束合成模块且每个输出端连接的通道数量相等且至少连接一个所述通道的输入端。

[0032] 下面,以每个相控阵包括2个子阵 (a=1),且相应列的每个输出端连接一个通道的输入端为例分别叙述如下。所述相应列中的“相应”是指在子阵中的顺序相同,比如,第1子阵的第1列和第2子阵的第1列是相应列,第1子阵的第2列和第2子阵的第2列是相应列,以此类推,第1子阵的第10列和第2子阵的第10列是相应列。

[0033] 图1所示为4×128个阵元。所述相控阵的行数R等于4 (不大于8),至少2a个子阵,a为正整数 (在本实施方式中,a=1)。每个子阵的每列R个阵元包括N个输出端,R=N,也就是,相应1列的每一个输出端连接于同一个前端波束合成模块12的一个输出端。其连法如下表格所示:

[0034]

子阵	列	行	输出端 序号	前端波束合 成模块序号	通道序号
第 1 子阵	1	1	1	1	1
		2	2		2
		3	3		3
		4	4		4
第 2 子阵	1 (即相控阵 的第 65 列)	1	1	1	5
		2	2		6
		3	3		7
		4	4		8
第 1 子阵	2	1	1	2	1
		2	2		2

[0035]			3	3		3
			4	4		4
	第 2 子阵	2 (即相控阵 的第 66 列)	1	1	2	5
			2	2		6
			3	3		7
			4	4		8
						
	第 1 子阵	64	1	1	64	1
			2	2		2
			3	3		3
			4	4		4
	第 2 子阵	64 (即相控阵 的第 128 列)	1	1	64	5
			2	2		6
			3	3		7
			4	4		8

[0036] 请参阅图3并结合图1和图2,简述上述医用1.X维超声探头1的工作方式如下:工作状态至少包括配置状态和成像工作状态。

[0037] 在配置状态下,系统端波束合成模块22需要通过配置总线下载参数值(增益和/或延迟值等)。这些参数值比如包括发射通道控制字、发射延迟单元参数、接收通道控制字、LNA增益、接收延迟单元参数、合成控制字和累加增益。发射通道控制字用于控制所述控制发射开关1211的断开或者被选通,比如,该控制字是1表示控制发射开关1211被选通,控制字是0表示所述控制发射开关1211断开。发射延迟单元参数用于控制发射延迟单元1212的延迟。接收通道控制字用于控制所述控制接收开关1221的断开或者被选通。LNA增益用于调节所述放大单元1222的增益。接收延迟单元参数用于控制所述接收延迟单元1223的延迟。所述合成控制字用于控制所述控制合成开关1225断开或者被选通,从而,确定该通道的信号是否参与波束合成。所述累加单元123根据累加参数进行累加。

[0038] 成像工作状态:在成像工作状态,系统端波束合成模块22根据下载的相应参数控制各部件的工作,比如,根据各控制开关的控制字相应的控制所述控制发射开关、控制接收开关和控制合成开关各自的断开或被选通。成像工作状态存在发射和接收两个阶段。先发射然后接收,形成循环。发射和接收从逻辑上分为两个层面,第一层面是X轴移位实现循环扫描,第二层面是Y轴延迟聚焦。

[0039] 请参阅图1、图3和图4,首先以图3中从左至右的发射周期和接收周期从1开始的序号说明上述过程如下:

[0040] 1) 在第1个发射周期:根据配置状态下获得的发射延迟参数的延迟值调整发射延迟并控制第1列至第64列阵元发射,也就是,第1前端波束合成模块至第64前端波束合成模块各自通道1至第通道4的第一支路的控制发射开关1211被选通,通道5至通道8被断开,形成Y轴的发射聚集,(也可以不做延迟调整,发射平面波),不做延迟调整的一种实现方式是所述发射单元延迟参数的延迟值等于0,另一种实现方式是通道的第一支路没有发射延迟单元1212。

[0041] 2) 在第1个接收周期:发射完毕后,控制所述控制发射开关1211断开而关闭发射通

道(通道的第一支路),根据下载参数设定控制接收开关1221、放大单元1222(放大单元1222具有增益调节功能,提供若干可配置增益,通过控制总线下载到前端,支持接收变迹功能,根据需要为每个通道提供不同的增益)、接收延迟单元1223和控制合成开关1225的参数以使得接收路径自动打开开始工作。各通道的放大单元1222根据相应的增益对信号进行放大。接收延迟单元1223根据配置状态下得到的延迟值(如图3所示)将数据缓存在数据缓存器1224内。所述延迟值和增益均可以选择现有技术得到。由于通道1至通道4与通道5至通道8不同时工作,且通道1至通道4同时工作,通道5至通道8同时工作,所以,在第一个接收周期,每个前端波束合成模块的累加单元123对通道1至通道4的数据进行累加。图1所示的实施方式需要64个前端波束合成模块,为了方便后续叙述,参照前述表格以第1前端波束合成模块至第64前端波束合成模块进行区别。这64个前端波束合成模块各自的累加单元123对该通道1至通道4的输出数据缓存器1224里的数据进行累加,累加结果被传输给模拟前端模块21。模拟前端模块21对该64个前端波束合成模块12的累加结果进行Y轴的聚焦合成,由此,得到如图4所示的Y轴的偏转角度11的合成数据。

[0042] 3) 在第2个发射周期:阵元从第1列至第64列转移到第2列至第65列(X轴移位实现循环扫描),第2列第65列的阵元参与发射,由于第65列连接于第1前端波束合成模块,第64列连接于第64前端波束合成模块,所以,仍然是第1前端波束合成模块至第64前端波束合成模块各自通道5至通道8的第一支路的控制发射开关1211被选通,通道1至通道4被断开,并根据延迟值进行发射。

[0043] 4) 在第2个接收周期:因为虽然在第2个发射周期,是第2列-65列发射,但由于每个前端波束合成模块12的通道1至通道4与通道5至通道8不同时工作,所以,第1前端波束合成模块至第64前端波束合成模块各自的通道5至通道8的第二支路的接收控制开关1221和接收合成开关1225被选通。各通道的放大单元1222根据相应的增益对信号进行放大。接收延迟单元1223根据各自的延迟值将数据存储在输出数据缓存器1224,每个前端波束合成模块的累加单元123对通道5至通道8的数据进行累加,由此,可以得到64个累加结果。累加结果传输至所述模拟前端模块21。模拟前端模块21对累加单元123的累加结果进行y轴方向的聚焦合成,由此得到如图4所示的Y轴的偏转角度12的合成数据。

[0044] 此处需要说明的是,图4所列出的延迟值只是举例,并不一定是真正的延迟值,延迟值应该是以最小延迟时间为单位,具体需要看角度偏转计算的结果,如何确定延迟值可以使用现有技术。

[0045] 5) 在第3个发射周期,阵元从第2列至第65列转移到第3列至第66列,第3列至第66列的阵元发射,由于第65列的阵元连接于第1前端波束合成模块、第66列连接于第2前端波束合成模块,所以,仍然是第1前端波束合成模块12至第64前端波束合成模块12各自通道1至通道4的第一支路的控制发射开关1211被选通,通道5至通道8断开,并根据各自发射延迟单元1212的延迟值进行发射。

[0046] 6) 在第3个接收周期,与前述接收周期一样,由于每个前端波束合成模块12的通道1至通道4与通道5至通道8不同时工作,所以,仍然是通道1至通道4各自的放大单元根据相应的增益对信号放大,各自的接收延迟单元根据相应的延迟值将数据存入所述输出数据缓存器1224。在第3个接收周期,第1前端波束合成模块12至第64前端波束合成模块12共64个前端波束合成模块12各自的累加单元123对该前端波束合成模块的通道1至通道4中输出数

据缓存器1224中的数据进行累加。64个累加结果被传输给模拟前端模块21。模拟前端模块21对该64个前端波束合成模块12的累加结果进行y轴方向的聚焦合成,由此,得到Y轴的偏转角度13的合成数据。

[0047] 7) 在第4个发射周期,阵元从第3列至第66列转移到第4列至第67列,第4列阵元至第67列阵元发射,由于第65列的阵元连接于第1前端波束合成模块、第66列的阵元连接于第2前端波束合成模块和第67列阵元连接于第3前端波束合成模块,所以,是第1前端波束合成模块至第64前端波束合成模块的通道5至通道8的第一支路的控制发射开关1211被选通,通道1至通道4断开,再根据各自的发射延迟单元1212的延迟值进行发射。

[0048] 8) 在第4个接收周期,第2前端波束合成模块12、第1前端波束合成模块和第64前端波束合成模块12各自的通道5至通道8各自的第二支路的接收控制开关1221和接收合成开关1225被选通,通道5至通道8各自的放大单元1222根据相应的增益对信号进行放大。通道5至通道8各自的接收延迟单元1223根据相应的延迟值将数据存储到输出数据缓存器1224,每个前端波束合成模块(第2前端波束合成模块12)的累加单元123对通道5至通道8的数据进行累加。累加结果传输至所述模拟前端模块21。模拟前端模块21对该累加单元123的累加结果进行Y轴的聚焦合成,由此得到Y轴的偏转角度14的合成数据。

[0049] 以此类推,直至在第64个发射和接收周期,第64列至第128列发射,总结其规律为发射一次,接收一次,发射一次,接收一次,如此循环。接收和发射完成后,比如经过128次或者256次发射后,系统端波束合成模块22处理所有Y轴的偏转角度的合成数据以及X方向的合成数据。最终形成在X轴和Y轴两个空间纬度上的聚焦。

[0050] 上述虽然以4行并将相控阵分为两个子阵,且每列阵元的四个输出端中,每个输出端连接一个通道为例进行了说明,前端波束合成模块的通道数是行数的2倍,本领域技术人员可以理解,上述方案也可以推导到其他行,比如,8行16通道,5行10通道、6行12通道、7行14通道等等,当然,也可以是8行17通道,只是这种情况下,会有1个通道闲置。此外,在前端波束合成模块通道数是行数的K倍(K是偶数)的情况下,相应列是指相应K/2列,比如,在行数等于4、前端波束合成模块12的通道数等于16的情况下,通道数是行数的4倍,相应列是指每个子阵相同位置的2列,比如,第1子阵第1至2列,第2子阵的第1列和第2列共4列连接于同一个所述前端波束合成模块12;又比如,在行数等于4、前端波束合成模块12的通道数等于32的情况下,通道数是行数的8倍,这样,第1子阵和第2子阵各连续4列连接于同一个前端波束合成模块12。以表格形式说明其连接关系如下:

[0051]

子阵	列	行	输出端 序号	前端波束合 成模块序号	通道序号
第 1 子阵	1	1	1	1	1
		2	2		2
		3	3		3
		4	4		4
					
	4	1	1		13
		2	2		14
		3	3		15
		4	4		16
	1 (相控阵的 65 列)	1	1		17
		2	2		18
		3	3		19
		4	4		20
第 2 子阵					
	4 (相控阵的 69 列)	1	1		29
		2	2		32
		3	3		31
		4	4		32

[0052] 请参阅图5,前一种方式是输出端数量N等于相控阵的行数R的情况,第二种实施方式的医用超声诊断系统与第一实施方式的医用超声诊断系统的区别在于:每列阵元的输出端构成不同使得输出端的数量N小于行数R,在本实施方式中,每列的第1行和第5行的阵元连接在一起作为第一输出,每列的第2行和第4行的阵元连接在一起作为第二输出端,每列的第3行的阵元作为相控阵的两个输出端,由此,每列阵元的输出端的数量 $N < R$,具体的, $R = 5, N = 4$ 。每个子阵的相应列连接于同一个所述前端波束合成模块且每个输出端连接一个所述通道。用表格更详细说明如下:

[0053]

子阵	列	行	输出端 序号	前端波束合 成模块序号	通道序号
第 1 子阵	1	1	1	1	1
		2	2		2
		3	3、4		3、4
		4	2		2
		5	1		1
第 2 子阵	1（即相 控阵的 65 列）	1	1	1	5
		2	2		6
		3	3、4		7、8
		4	2		6
		5	1		5
.....					
第 1 子阵	64	1	1	64	1
		2	2		2
		3	3、4		3、4
		4	2		2
		5	1		1
第 2 子阵	64 列（即 相 控 阵 的 128 列）	1	1	64	5
		2	2		6
		3	3、4		7、8
		4	2		6
		5	1		5

[0054] 请参阅图5并结合图3,简述叙述该实施方式的工作过程如下:

[0055] 1) 在第1个发射周期,第1列至第64列发射,第1前端波束合成模块至第64前端波束合成模块各自的通道1至通道4的第一支路的控制发射开关1211被选通,发射延迟单元1212得到延迟值,实现发射。其发射过程也可以参见第一实施方式的叙述,只是其下载的参数值不同,比如,发射时的延迟值与第一实施方式的不一樣。

[0056] 2) 在第1个接收周期,第1前端波束合成模块至第64前端波束合成模块各自的通道1至通道4的控制接收开关1221和控制合成开关1225被选通,放大单元1222根据相应的增益对接收到的信号进行放大,接收延迟单元1223根据相应的延迟值控制数据缓存到输出数据缓存器1224内,每个前端波束合成模块的累加单元123对通道1至通道4的数据进行累加得到累加结果。64个累加结果被传输给模拟前端模块21。模拟前端模块21对该64个前端波束合成模块12的累加结果进行Y轴的聚焦合成,得到偏转角度的合成信息。

[0057] 3) 其他发射和接收周期与前述第一实施方式中的过程类似,都是发射一次,接收一次,发射一次,接收一次,且通道1至通道4同时工作,通道5至通道8同时工作,通道1至通道4和通道5至通道8不同时工作,如此循环。

[0058] 请参阅图6,该实施方式与前述实施方式相比,区别在于,在相控阵的行数是7行的

情况下,其构成输出端的数量N小于行数R的方式不同,具体的,所述每个子阵的每列R阵元包括N个输出端包括:每列的第1行和第7行的阵元连接在一起作为第一输出端,每列的第2行和第6行的阵元连接在一起作为第二输出端;每列的第3行和第5行的阵元连接在一起作为第三输出端;每列的第4行的阵元作为第四输出端,由此,输出端的数量N<R,因为N=4,R=7。仍然是每个子阵的相应列的每个输出端连接同一个前端波束合成模块的一个通道的输入端。为更加清楚明白,以表格形式说明前述连接关系如下:

[0059]	子阵	列	行	输出端 序号	前端波束合 成模块序号	通道序号
	第 1 子阵	1	1	1	1	1
			2	2		2
			3	3		3
			4	4		4
			5	3		3
			6	2		2
[0060]			7	1		1
	第 2 子阵	1 (即相 控阵的 65 列)	1	1		5
			2	2		6
			3	3		7
			4	4		8
			5	3		7
			6	2		6
			7	1		5
						
	第 1 子阵	64	1	1	64	1
			2	2		2
			3	3		3
			4	4		4
			5	3		3
			6	2		2
			7	1		1
	第 2 子阵	64 列(即 相 控 阵 的 128 列)	1	1		5
			2	2		6
			3	3		7
			4	4		8
			5	3		7
			6	2		6
			7	1		5

[0061] 此种方式中,通道数等于输出端的2倍,技术人员可以理解,仍然可以像前述实施方式那样,通道数等于输出端的偶数倍,比如,2倍、4倍、8倍等等,此种情况下,相应列如前所述是指相应的 $(R/N)/2$ 列。比如,通道数等于输出端4倍的情况下,第1子阵的2列与第2子阵的2列连接于同一前端波束合成模块。

[0062] 请继续参阅图6,图6所示实施方式能够实现Y轴法线上动态延迟聚焦。此种实施方式支持X轴方向上最大64孔径的操作。该实施方式的发射和接收过程与第一实施方式相同,区别在于下载的发射和接收的参数值不同。

[0063] 请参阅图7,前述图1、图5至图6均是以相控阵被分为两个子阵为例说明本申请的构思,技术人员可以理解,本申请的相控阵可以分为至少 $2a$ 个子阵, a 为正整数,但通常情况下,分为两个子阵,这样计算方便。子阵的数量结合相控阵11的行数和前端波束合成模块12的通道数确定,如图7所示,相控阵被分为4个子阵($a=2$)。此外,上述虽然以相控阵的行数等于4且前端波束合成模块12的通道数等于8进行说明,本领域技术人员可以理解,这种将相控阵11划分为 $2a$ (a 为正整数)的方式,同样适用于相控阵的行数是5行、6行、7行或8行的情况。在各种情况下,每个子阵的行数与相控阵的行数相同,其连接方式参见图1、图5至图7的连接方式,每个子阵的相应列连接于同一个所述前端波束合成模块且每个输出端连接一个所述通道。以相控阵有4行、划分为4个子阵且前端波束合成模块12的通道数等于8为例说明这种情况。以表格简述其连接关系如下:

[0064]

子阵	列	行	输出端 序号	前端波束合成 模块序号	通道序号
第 1 子阵	1 即相控阵的 第 1 列)	1	1	1	1
		2	2		2
		3	3		3
		4	4		4
第 2 子阵	1 (即相控阵的 第 33 列)	1	5	1	5
		2	6		6
		3	7		7
		4	8		8
第 1 子阵	2 即相控阵的 第 2 列)	1	1	2	1
		2	2		2
		3	3		3
		4	4		4
第 2 子阵	2 (即相控阵的 第 33 列)	1	5	2	5
		2	6		6
		3	7		7
		4	8		8
.....					
第 3 子阵	1 (即相控阵第 65 列)	1	1	33	1
		2	2		2
		3	3		3
		4	4		4
第 4 子阵	1 (即相控阵的 第 97 列)	5	5	33	5
		6	6		6
		7	7		7
		8	8		8
.....					

[0065]

第 3 子阵	32 (及相控阵 96 列)	1	1	64	1
		2	2		2
		3	3		3
		4	4		4
第 4 子阵	32 (及相控阵 128 列)	1	5	64	5
		2	6		6
		3	7		7
		4	8		8

[0066] 请参阅图8,也可以不分时复用进行相控阵和前端波束合成模块的连接,这种方式中,前端波束合成模块的结构和前述实施方式中的前端波束合成模块的结构相同,不再赘述。在本实施方式中,相控阵的行数R不大于8,相控阵的行数R不大于8,每列阵元包括N个输出端, $N \geq R$,每一个所述输出端连接该前端波束合成模块的至少一个通道(具体的,连接一个通道的一个输入端)。以下先以每个输出端连接一个通道为例分别具体说明。

[0067] 请继续参阅图8,在该实施方式中,每列的行数R=每列阵元的输出端N,也就是R=

$N=8$,且由于前端波束合成模块12的通道数 $D=8$ 。其连法以表格形式表示如下:

列	行	输出端	前端波束合成模块序号	通道序号
1	1	1	1	1
				
	8	8		8
2	1	1	2	1
				
	8	8		8
.....				
128	1	1	128	1
				
	8	8		8

[0069] 请继续参阅图8并参考图3及对第一实施方式的叙述,图8所示实施方式支持较为丰富的控制操作,每列的8个子阵元都可以实现单独控制,区别在于它能够支持更大角度的Y轴延迟偏转,同时不限制X轴方向的最大同时操作列数,而如图1所示的方式一次最多发射最多64列发射。对不限制X方向的同时操作列数的方式说明如下:该种方式的工作过程也包括配置状态和成像工作状态。成像工作状态包括发射周期对应的工作状态和接收周期对应的工作状态。

[0070] 在第1个发射周期,连续M列发射(第1列至第M列),M可以任意选取,不大于128,也就是不限制列数。由于是相控阵的每列的阵元连接于一个前端波束合成模块,所以,也就是第1前端波束合成模块至第M前端波束合成模块的第一支路的通道1至通道8的控制发射开关1211被选通,并根据各自的发射延迟单元的延迟值进行发射。

[0071] 在第1个接收周期,连续P个(发射的阵元的数量和接收的阵元的数量不一定相等),可以是第1前端波束合成模块至第M前端波束合成模块的第二支路控制接收开关1221被选通,放大单元1222根据增益值放大信号、接收延迟单元1223根据延迟值将数据缓存到输出数据缓存器1224。每个前端波束合成模块的累加单元123执行累加操作,由此,可以得到M个累加结果。模拟前端模块21对该64个前端波束合成模块12的累加结果进行Y轴的聚焦合成,以得到Y轴的偏转角度的合成数据。当然,也可以是参与接收的阵元数量多于参与发射的阵元的数量($M>P$),此种情况下,工作过程相同,只是参数的具体值不相同。

[0072] 在第2个发射周期,连续M列(第M+1列至第2M-1列)发射,当然,与前述类似,发射的阵元的数量和接收的阵元的数量不一定相等。当然,技术人员也可以理解,每次发射的列数也可以不相等,比如,第1次是M列阵元参与发射,第2次是T列, $T \neq M$ 。

[0073] 基于上述过程实现其他发射周期的发射及接收周期的接收,通常情况下,每次参与发射的列数一样,比如,如图8所示的128列阵元,可以是每次64列阵元,也可以是每次32列阵元。总之,对于一次发射和一次接收,参与接收的通道数量可以大于、等于或小于参与发射的通道数量;对于不同的接收周期,参与接收的通道数量可以不相等,比如,比如,第1个发射周期中,64列阵元对应的通道参与发射,可以是64个通道参与接收,也可以是

66个通道参与接收；第2个发射周期，64列阵元对应的通道参与发射，可以是64个通道参与接收，也可以是80个通道参与接收。在此种方式中，所述系统端波束合成模块22处理Y轴的各种偏转角度的合成数据以及X方向的合成数据以获得超声图像，还控制所述1.X维超声探头的前端波束合成模块的控制发射开关、控制接收开关和控制合成开关各自的断开或被选通。

[0074] 上述表格以8×128个阵元为例说明了每列的输出端与通道的连接关系，对于输出端的数量N等于相控阵的行数R的情况，基于每列阵元的每个输出端连接于一个通道进行类推到其他情况，比如，如果行数R=N且R小于通道数D的情况下，也能使用前述方案，只是这会造成通道闲置，比如，相控阵11的行数R=7，每列的输出端N=7，所述前端波束合成模块12的通道数是8，采用前述方式，前端波束合成模块12有1个通道闲置；又比如，相控阵11的行数R=6，每列的输出端N=6，所述前端波束合成模块12的通道数是8，采用前述方式，所述前端波束合成模块12有2个通道闲置。又比如，相控阵为4×192的相控阵，则，也可以采用如前所述的方式。此外，也可以类推到前端波束合成模块12的通道数是相控阵11的行数的整数倍的情况，此种情况下，相邻的几列连接到一个所述前端波束合成模块12，仍然是每列的每个输出端连接于所述前端波束合成模块的一个通道，比如，前端波束合成模块12的通道数是16，相控阵11的行数是4行，每列阵元的输出端数量N=4，则，每4列阵元连接到一个前端波束合成模块12，且每个输出端连接到一个前端波束合成模块的一个通道。

[0075] 请参阅图9，图9所示方式与图8所示方式相比，使得输出端数量N大于行数R的构成方式不同，在本实施方式中，在所述相控阵的行数R等于5的情况下，所述每列的R个阵元包括N个输出端包括：每列的第3行的阵元作为两个所述输出端，每列其他行的每个阵元作为一个所述输出端。为便于理解，以表格形式将上述阵元、输出端和通道的连接关系呈现如下：

[0076]

列	行	输出端	前端波束合成模块序号	通道序号
1	1	1	1	1
	2	2		2
	3	3、4		3、4

[0077]

2	4	5		5
	5	6		6
	1	1	2	1
	2	2		2
	3	3、4		3、4
	4	5		5
	5	6		6
				
	1	1	128	1
	2	2		2
128	3	3、4		3、4
	4	5		5
	5	6		6

[0078] 在采用通道数等于8的前端波束合成模块12的情况下,该种方式会造成模块通道的浪费,但能实现发明目的,为了减少这种浪费,也可以采用通道数为其他数量的前端波束合成模块,比如,通道数等于6的前端波束合成模块。此外,本领域技术人员也可以理解,上述实施方式也可以扩展到前端波束合成模块12的通道数是其他数量的情况,比如,前端波束合成模块12的通道数是16的情况下,每两列阵元的每个输出端连接到一个该前端波束合成模块12的一个通道,或者,前端波束合成模块12的通道数是15的情况下,每3列阵元的每个输出端连接于一个该前端波束合成模块12的一个通道。

[0079] 请参阅图10,该实施方式与前述实施方式的区别在于,使得使得输出端数量N大于行数R的构成方式不同,更为具体的,在所述相控阵的行数R等于7的情况下,所述每列的R个阵元包括N个输出端包括:每列的第4行的阵元作为两个所述输出端,每列其他行的每个阵元作为一个所述输出端。每一个所述输出端连接一个通道,仍然以表格形式具体说明如下:

[0080]

列	行	输出端 序号	前端波束合 成模块序号	通道序号
1	1	1	1	1
	2	2		2
	3	3		3
	4	4、5		4、5

[0081]		5	6		6
		6	7		7
		7	8		8
	2	1	1	2	1
		2	2		2
		3	3		3
		4	4、5		4、5
		5	6		6
		6	7		7
		7	8		8
					
	128	1	1	128	1
		2	2		2
		3	3		3
		4	4、5		4、5
		5	6		6
		6	7		7
		7	8		8

[0082] 上述实施方式虽然以相控阵的行数等于5行、7行和8行以及前端波束合成模块12的通道数等于8为例进行说明,本领域技术人员可以理解,上述技术思路使得相控阵的输出端的数量不小于行数且每个输出端连接一个通道,技术人员可以联想到每个输出端可以连接2个通道、3个通道等多余一个通道的情况,下面以每列阵元的每个输出端连接2个通道为例进行说明。

[0083] 请参阅图9,该实施方式的医用超声诊断系统与前述实施方式相比,区别在于:所述相控阵的每列的每个输出端连接两个通道。仍然以表格形式说明阵元的输出端、通道和前端波束合成模块之间的连接关系如下:

[0084]	列	行	输出端 序号	前端波束合 成模块序号	通道序号
	1	1	1	1	1、5
		2	2		2、6
		3	3		3、7
		4	4		4、8
	2	1	1	2	1、5

[0085]		2	2		2、6
		3	3		3、7
		4	4		4、8
					
	128	1	1	128	1、5
		2	2		2、6
		3	3		3、7

[0086] 请继续参阅图11,这种实施方式的工作过程如下:也包括配置状态和成像工作状态,配置状态与前述相同,不再赘述。成像工作状态与前述状态相比,发送一次后,因为每个阵元连接有两个通道,所以,能接收到两组信号,所以,处理速度快,但是,由于每个阵元连接有两个通道,所以,结构相对复杂。更为具体的说明其工作过程如下:

[0087] 1) 在第1个发射周期,第1列至第M列发射,第1前端波束合成模块12至第M前端波束合成模块12各自通道1至通道8的第一支路的控制发射开关1211被选通并根据发射延迟单元1212的延迟值进行发射。

[0088] 2) 在第1个接收周期,第1至第M前端波束合成模块的每个通道的第二支路的控制接收开关1221和控制合成开关1225被选通,放大单元1222根据增益对信号放大,接收延迟单元1223根据延迟值控制数据存储到所述输出数据缓存器1224内。在每个输出端连接2个通道的情况下,放大单元1222的增益可以不同,接收延迟单元1223延迟值可以不同,比如,第1列第1行的阵元的输出端连接通道1和通道5,则,通道1和通道5各自的放大单元1222的增益可以不同,通道1和通道5各自的接收延迟单元1223的延迟值可以不相同,同样的道理,适用于一个输出端连接的三个通道、四个通道等情况。累加单元123将该前端波束合成模块各通道的数据进行累加,将累加结果传输给模拟前端模块21。

[0089] 3) 在第2个发射周期,接着的M列阵元发射(第M+1至2M-1列),发射过程与前述类似,不再赘述。发射结束后,控制发射开关1211断开。

[0090] 4) 在第2个接收周期,第M+1前端波束合成模块至第2M-1前端波束合成模块各自的第二支路的控制接收开关1221和控制合成开关1225被选通,放大单元1222和接收延迟单元1223根据各自的参数值进行工作。当然,技术人员可以理解,在这种实施方式中,每次发射的列数也不一定相等,比如,第1次是M列发射,第2次可以是P列, $M > P$;此外,每次发射的通道数不一定等于接收的通道数,通常情况下,是接收的通道数大于等于发射的通道数,比如,第2次M列发射,发射通道数为M(第1至第M前端波束合成模块的通道),则,接收通道除了该第1至第M前端波束合成模块的通道外,还可以包括其他前端波束合成模块的通道。

[0091] 综上所述,本申请的实施方式的医用1.X维超声探头至少具有如下优点:

[0092] 1、由于前端波束合成模块包括两个支路,第一支路包括控制发射开关,第二支路包括控制接收开关、控制合成开关、接收延迟单元以及每列阵元包括N个输出端,在输出端的数量N与相控阵的行数R满足 $N \leq R$,相控阵包括2a个子阵的情况下,以相邻的子阵为一组,每个子阵的相应列连接于同一个所述前端波束合成模块且每个输出端连接一个所述通道的输入端;或者,在输出端的数量N与相控阵的行数R满足 $N \geq R$ 的情况下,每个输出端连接一

个前端波束合成模块的至少一个通道的输入端,这样,本申请实施方式的探头具有独立阵元控制能力,通过对每个通道的放大单元配置相应的增益,对接收延迟单元配置相应的延迟值就能实现多个偏转角度的接收聚集,从而,实现Y轴的空间复合。而传统方式中,阵列的阵元列数有限,延迟值相同,聚焦中心只能是Y轴法线上上下下调整,只能实现单角度,改善90度条件下的聚焦效果,不能实现多个偏转角度的复合。

[0093] 2、由于阵元能够独立控制,给放大单元配置相应的增益以及接收延迟单元配置相应的延迟值,可以完成不同聚焦点的调整,所以,该结构能够扩大动态聚焦范围,改善近场成像效果。传统单一阵元的焦点由物理外形决定,相对于这个局限性,本方案能够提高聚集的精度。

[0094] 3、由于前端波束合成模块包括两个支路,第一支路包括控制发射开关,第二支路包括控制接收开关和控制合成开关,结合相控阵列的输出端与该前端波束合成模块的连接方式,而且,能够通过配置参数(增益和/或延迟值,选通开关)来得到不同的成像效果,所以,能够大幅度提高1.X维度超声探头的控制的灵活性。

[0095] 4、在二维成像方面,由于1.X维探头的阵元比一维探头的阵元更多且每个阵元能够独立控制,所以,随着探头的可控制列数增加,Y轴方向上能够形成良好的动态聚焦,得到接近于面阵探头的图像质量,并且由于通过1.X维探头就达到了面阵探头的图像质量,而1.X维探头的成本比面阵探头的成本低,所以,所述1.X维探头还能使得医用超声诊断系统具有成本优势。

[0096] 5、由于前述相控阵包括N个输出端且每个输出端连接至少一个通道,这种相控阵及连接方式使得探头在制造过程中,切割的数量少,实现难度低于2维探头。

[0097] 6、由于第一支路还包括发射延迟单元,通过配置发射延迟单元的延迟值可以实现探头的Y轴可调深度,可变角度的聚焦发射,配合X轴向的发射聚焦控制,可以获得更好的空间声场条件,提高图像质量。

[0098] 以上所述仅是本申请的较佳实施方式而已,并非对本申请做任何形式上的限制,虽然本申请已以较佳实施方式揭露如上,然而并非用以限定本申请,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本申请技术方案的范围,当可利用上述揭示的技术内容做出些许更动或修饰为等同变化的等效实施方式,但凡是未脱离本申请技术方案的内容,依据本申请的技术实质对以上实施方式所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本申请技术方案的范围。

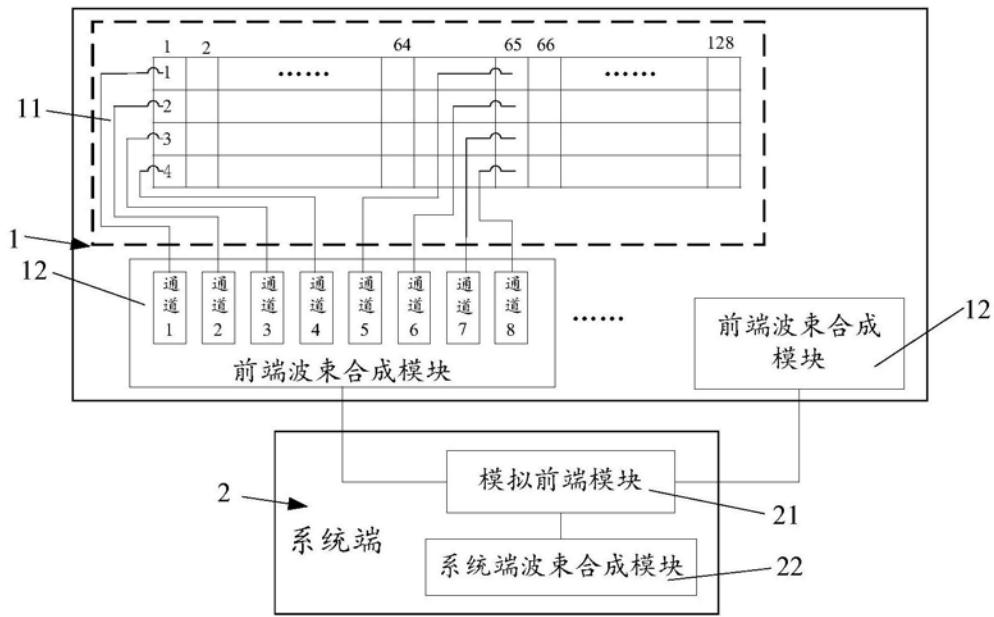


图1

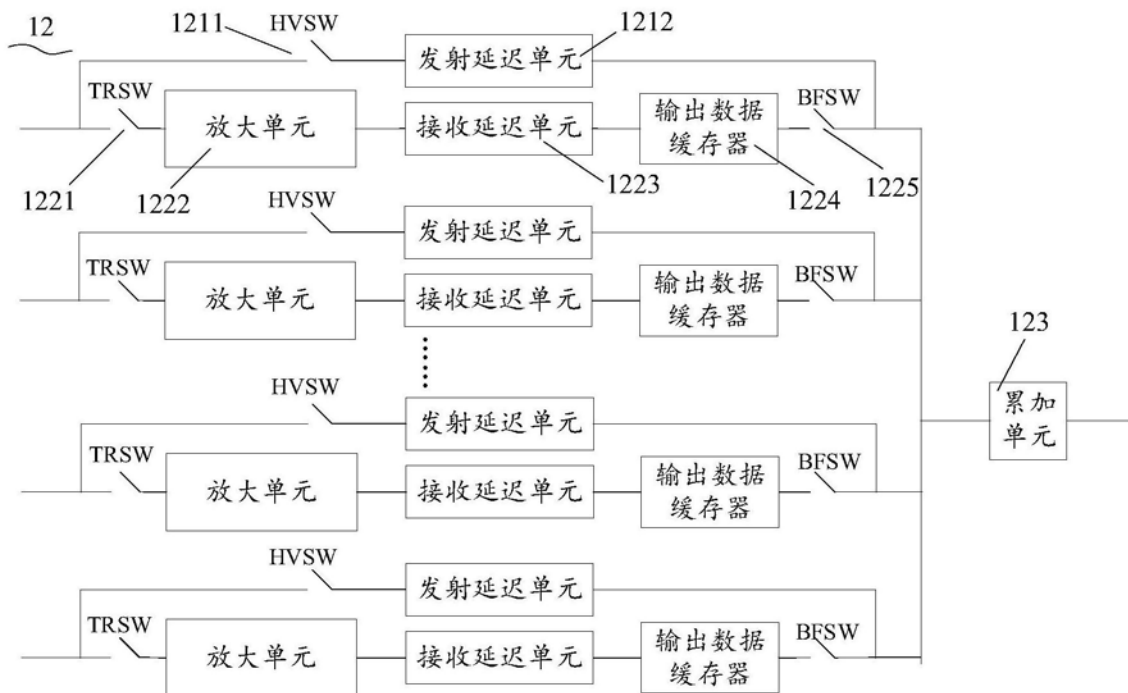


图2

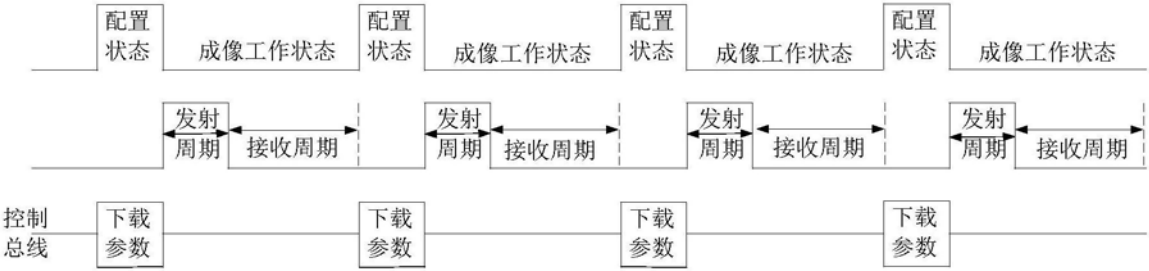


图3

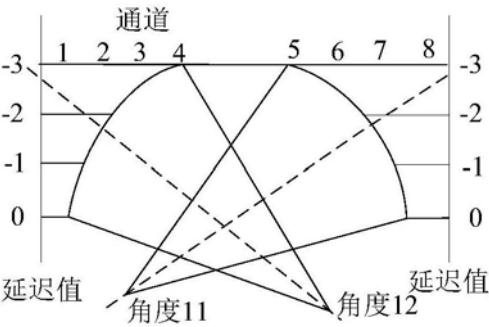


图4

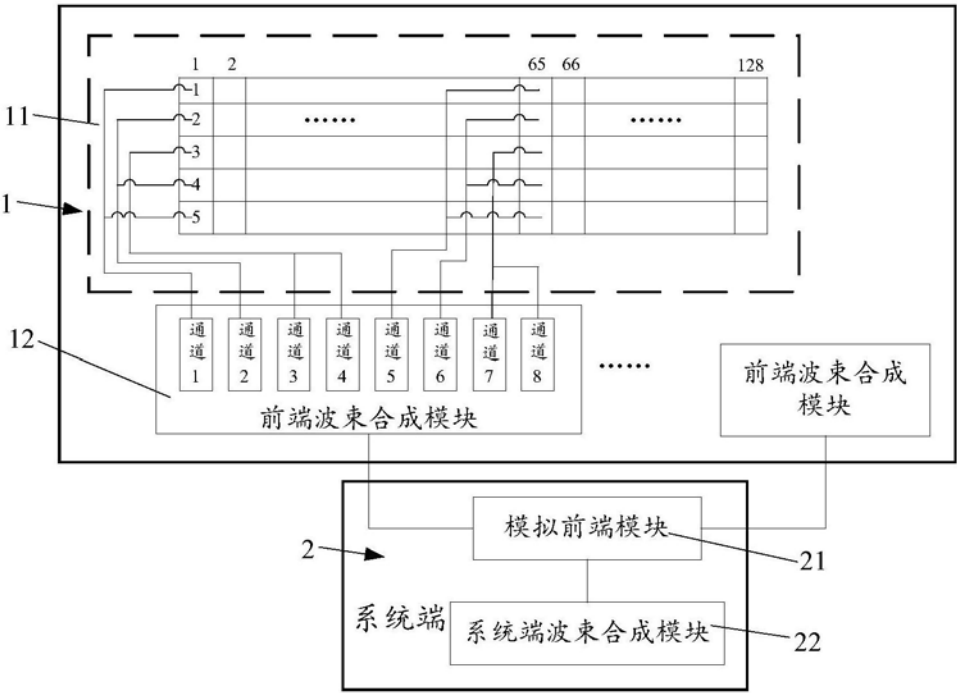


图5

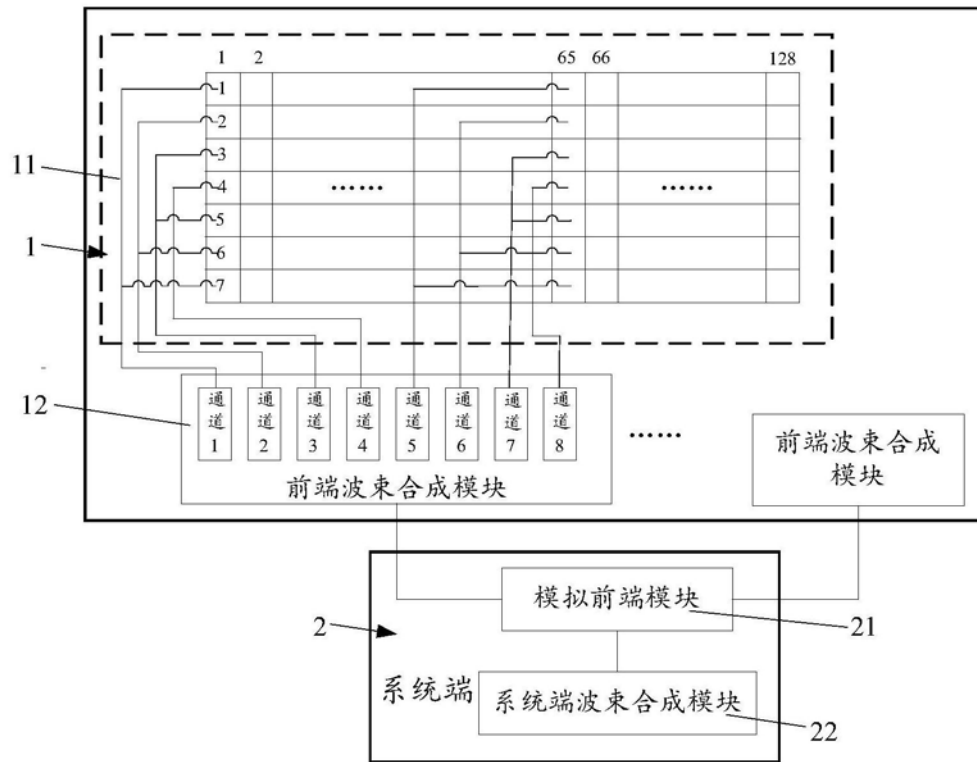


图6

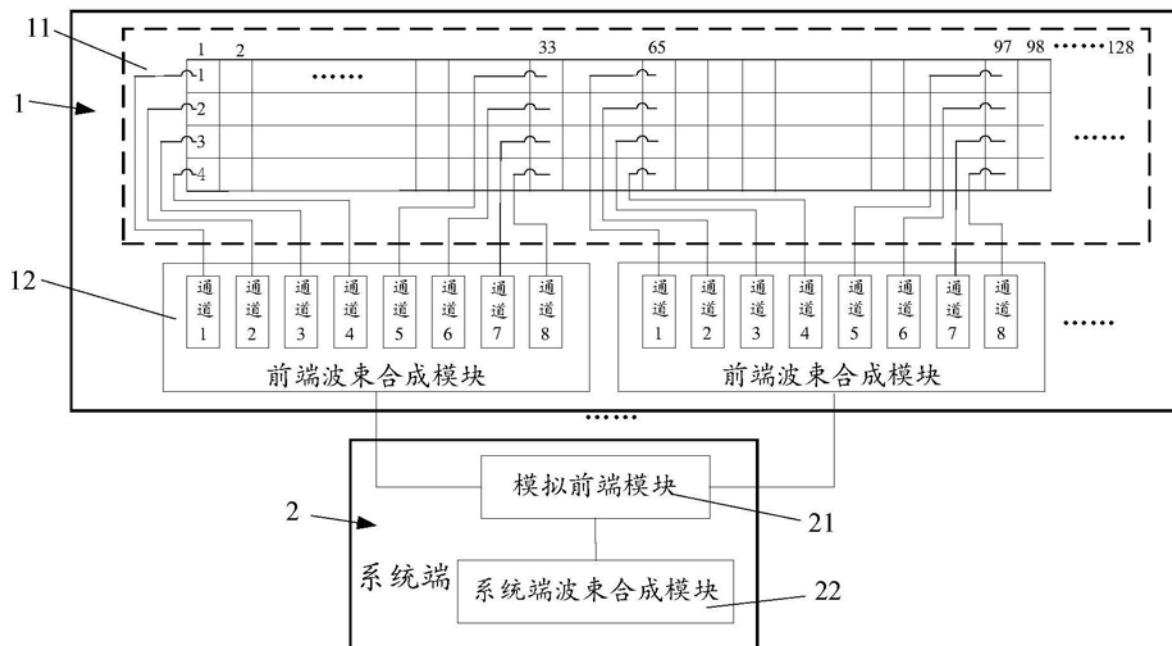


图7

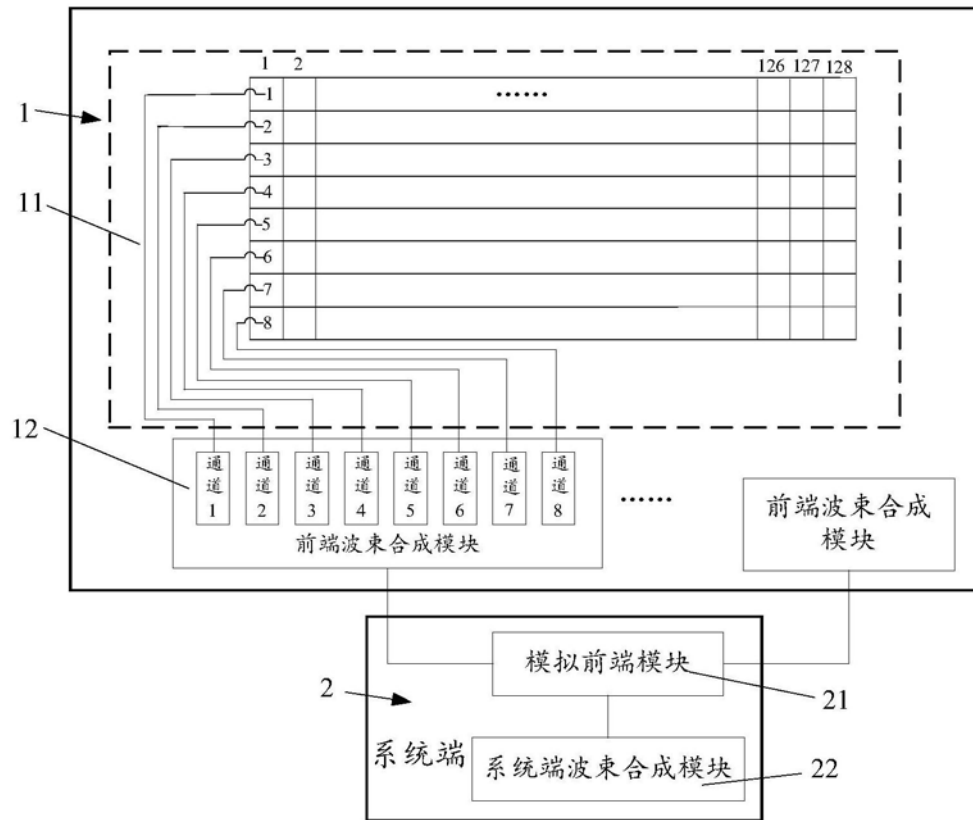


图8

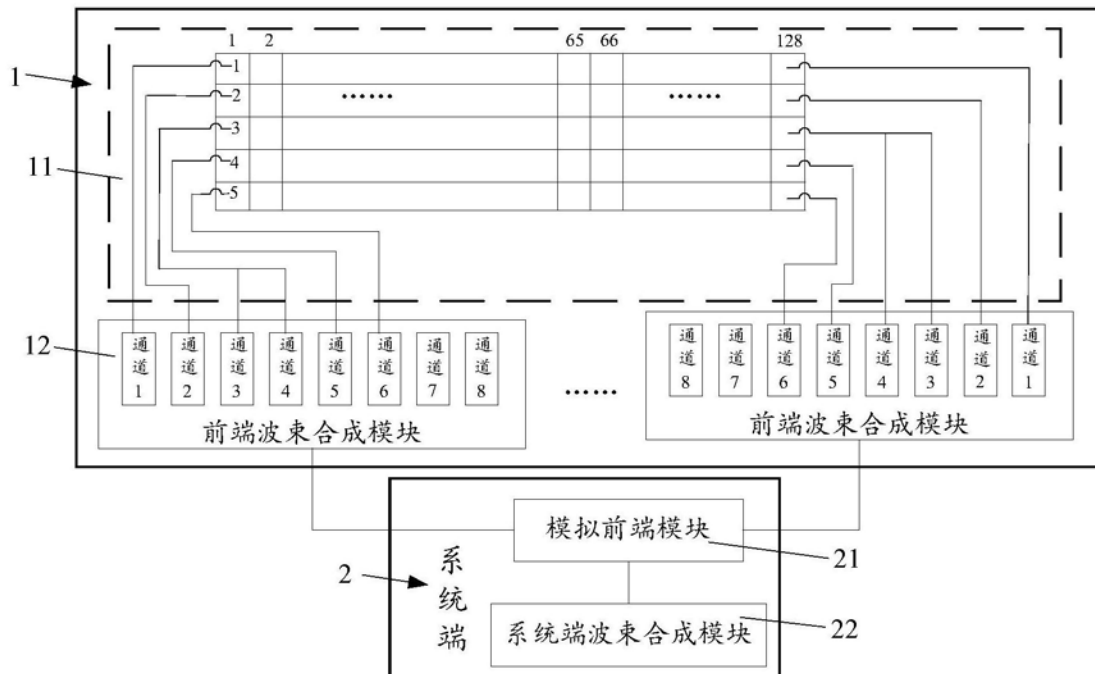


图9

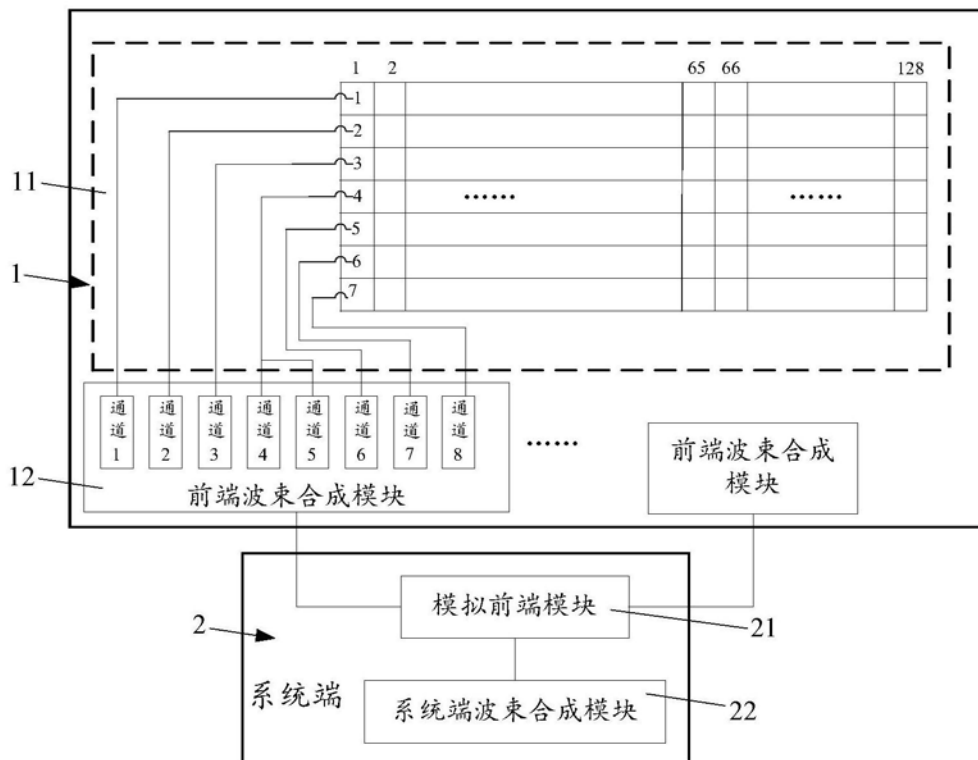


图10

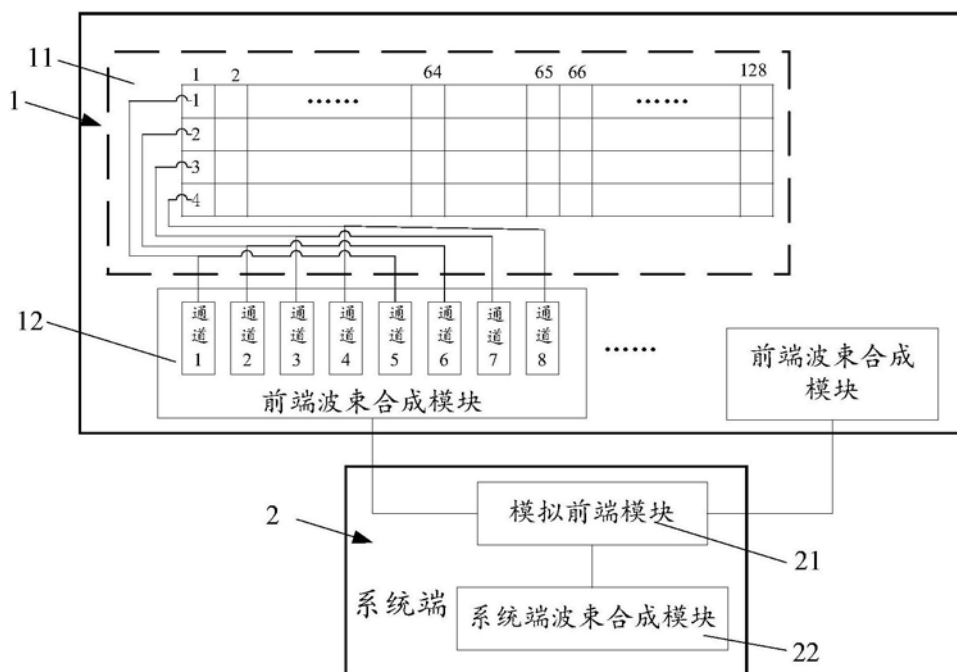


图11

专利名称(译)	医用1.X维超声探头及医用超声诊断系统		
公开(公告)号	CN110680381A	公开(公告)日	2020-01-14
申请号	CN201910827131.X	申请日	2019-09-03
[标]发明人	王宝宇 徐丹		
发明人	王宝宇 徐丹		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4444 A61B8/4488 A61B8/54		
代理人(译)	靳玫		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本申请公开医用1.X维超声探头及医用超声诊断系统。该探头包括相控阵和多个前端波束合成模块。至少一个前端波束合成模块具有多个通道和累加单元。至少一个前端波束合成模块具有分别设置有控制开关的第一支路和第二支路，第二支路还包括接收延迟单元。所述相控阵包括至少2a个子阵，每个子阵的行数与所述相控阵的行数R相同，每个子阵的每列阵元包括N个输出端， $N \leq R$ ，以相邻的子阵为一组，每个子阵的相应列连接于同一个所述前端波束合成模块且每个输出端连接一个所述通道的输入端。基于前述结构，所述探头具有独立阵元控制能力，支持在Y轴上通过通道的延迟控制实现多个偏转角度发射和接收聚集，从而实现Y轴的空间复合。

