



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111060915 A

(43)申请公布日 2020.04.24

(21)申请号 202010042661.6

(22)申请日 2020.01.15

(71)申请人 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所

地址 200092 上海市杨浦区四平街道赤峰路63号

(72)发明人 李国栋 魏珂 陈军

(74)专利代理机构 上海伯瑞杰知识产权代理有限公司 31227

代理人 李庆 王一琦

(51)Int.Cl.

G01S 15/96(2006.01)

G01S 7/521(2006.01)

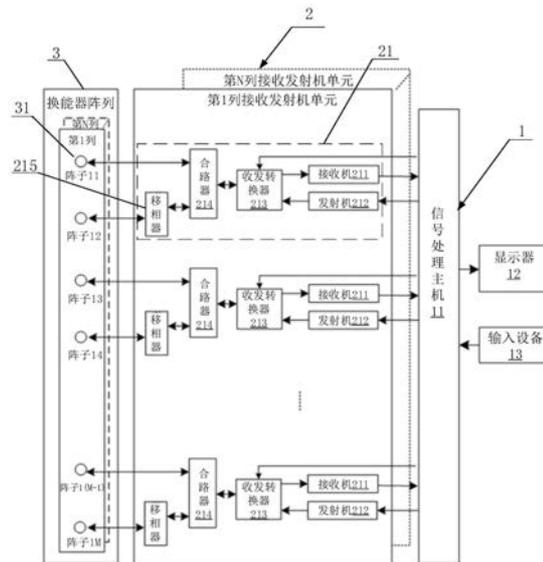
权利要求书1页 说明书5页 附图9页

(54)发明名称

双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统

(57)摘要

本发明提供一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,包括一信号处理单元、一接收发射机单元和一换能器阵列;所述换能器阵列包括M行和N列阵子,M和N为自然数,且M为偶数;所述接收发射机单元包括M/2行和N列接收发射通道;每一列每相邻的两所述阵子连接一所述接收发射通道;所述接收发射通道连接所述信号处理单元。本发明的一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,可减少一半水声发射和接收通道数量,也减少一半的信号处理计算量,大幅度降低系统的复杂度。



1. 一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,其特征在于,包括一信号处理单元、一接收发射机单元和一换能器阵列;所述换能器阵列包括M行和N列阵子,M和N为自然数,且M为偶数;所述接收发射机单元包括M/2行和N列接收发射通道;每一列每相邻的两所述阵子连接一所述接收发射通道;所述接收发射通道连接所述信号处理单元。

2. 根据权利要求1所述的双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,其特征在于,每一所述接收发射通道包括一接收机、一发射机、一收发转换器、一合路器和一移相器;所述接收机和所述发射机分别与信号处理单元通信连接;所述收发转换器与所述接收机、所述发射机和所述信号处理单元通信连接;所述合路器连接所述收发转换器和当前所述接收发射通道对应的一所述阵子;所述移相器连接所述合路器和当前所述接收发射通道对应的另一所述阵子。

3. 根据权利要求2所述的双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,其特征在于,所述移相器包括LC延迟电路。

4. 根据权利要求3所述的双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,其特征在于,所述LC延迟电路包括:

一第一电阻;

一电容,所述电容的第一端连接所述第一电阻;

一第二电阻,所述第二电阻的第一端连接所述电容的第二端,所述第二电阻的第二端接地;

一电感,所述电感的第一端连接所述第二电阻的第一端;和

一第三电阻,所述第三电阻的第一端连接所述电感的第二端。

5. 根据权利要求4所述的双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,其特征在于,所述信号处理单元包括一信号处理主机、一显示器和一输入设备;所述显示器和所述输入设备连接所述信号处理主机;所述接收发射通道连接所述信号处理主机。

## 双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及海洋渔业多波束渔用声呐系统领域,尤其涉及一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统。

### 背景技术

[0002] 渔用声呐(探鱼仪)作为海洋渔业中使用最广泛、最典型的助渔仪器之一,是利用水声学方法探测海洋鱼群位置、大小和运动的主要工具。探鱼仪种类可以分为垂直单波束探鱼仪、水平探鱼仪、垂直双频探鱼仪、分裂波束探鱼仪和多波束渔用声呐等,其中多波束渔用声呐可以获得更远的空间探测距离和更高的角度分辨率能力,对于远洋渔业拖网、围网捕捞提高捕捞效率具有极大帮助,但其采用多波束技术,实现复杂度高,系统庞大,价格昂贵,限制了更大规模的使用。

[0003] 传统多波束渔用声呐采用多阵子平面阵,基阵垂直方向和水平方向分别分布一定数量的阵子,典型如 $8 \times 8$ 阵列,也就是垂直方向8列阵子,水平方向8行阵子,每个阵子单独连接一个通道接收机/发射机,连入信号处理器,通过信号处理产生不同指向性的发射或接收波束,从而实现对在所在水域不同方向的探测。该系统接收/发射通道数与阵子数量相等,信号处理需要具备对应阵子数量的运算处理能力,系统复杂度高,硬件成本大,对信号处理器的要求也高。

[0004] 请参阅图1,传统全方位数字式多波束鱼群探测系统由换能器阵、接收机、发射机、收发转换器、信号处理主机、显示器、键盘等组成,其中显示器和键盘(含鼠标)与信号处理主机搭配使用,完成声呐探测影像的显示和设置参数的输入、控制等。渔用声呐换能器阵是由垂直 $N$ 列,水平 $M$ 行组成,其 $N \times M$ 个阵子对应 $N \times M$ 个接收通道和发射通道。多波束渔用声呐通过先发射多个波束声学信号,再通过波束成形接收多个不同方向水声回波信号来实现探测不同方向鱼群。发射和接收过程的转换由信号处理主控机来控制。在发射过程,由信号处理主机根据设定的参数产生多个通道对应波束的驱动信号,各通道驱动信号存在一定的相位差来实现声波在水中不同方向的波束指向,通过发射机将电信号送到对应换能器阵子,各阵子独立将电信号转换为水声信号。在接收过程,换能器阵中的各阵子独立将水声信号转换成为电信号,通过各换能器对应的接收机进行模拟信号处理包括滤波、放大、下变频和模数转换等过程后,送入信号处理主机,在信号处理主机根据参数设置对各通道信号移相来获得不同方向的波束。

### 发明内容

[0005] 针对上述现有技术中的不足,本发明提供一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,可减少一半水声发射和接收通道数量,也减少一半的信号处理计算量,大幅度降低系统的复杂度。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提供一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,包括一信号处理单元、一接收发射机单元和一换能器阵列;所述换能器阵列包括 $M$ 行和 $N$

列阵子,  $M$ 和 $N$ 为自然数, 且 $M$ 为偶数; 所述接收发射机单元包括 $M/2$ 行和 $N$ 列接收发射通道; 每一列每相邻的两所述阵子连接一所述接收发射通道; 所述接收发射通道连接所述信号处理单元。

[0007] 优选地, 每一所述接收发射通道包括一接收机、一发射机、一收发转换器、一合路器和一移相器; 所述接收机和所述发射机分别与信号处理单元通信连接; 所述收发转换器与所述接收机、所述发射机和所述信号处理单元通信连接; 所述合路器连接所述收发转换器和当前所述接收发射通道对应的一所述阵子; 所述移相器连接所述合路器和当前所述接收发射通道对应的另一所述阵子。

[0008] 优选地, 所述移相器包括LC延迟电路。

[0009] 优选地, 所述LC延迟电路包括:

[0010] 一第一电阻;

[0011] 一电容, 所述电容的第一端连接所述第一电阻;

[0012] 一第二电阻, 所述第二电阻的第一端连接所述电容的第二端, 所述第二电阻的第二端接地;

[0013] 一电感, 所述电感的第一端连接所述第二电阻的第一端; 和

[0014] 一第三电阻, 所述第三电阻的第一端连接所述电感的第二端。

[0015] 优选地, 所述信号处理单元包括一信号处理主机、一显示器和一输入设备; 所述显示器和所述输入设备连接所述信号处理主机; 所述接收发射通道连接所述信号处理主机。

[0016] 本发明由于采用了以上技术方案, 使其具有以下有益效果:

[0017] 通过移相器和合路器的配合通过将两个换能器基阵阵子根据预设倾角进行固定移相后, 再合并进行信号发射和信号接收; 可减少一半水声发射和接收通道数量, 也减少一半的信号处理计算量, 大幅度降低系统的复杂度。

## 附图说明

[0018] 图1为传统全方位数字式多波束鱼群探测系统的结构示意图;

[0019] 图2为本发明实施例的双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统的结构示意图;

[0020] 图3为本发明实施例的LC延迟电路的电路图;

[0021] 图4为本发明实施例的双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统的奇数行的等效图;

[0022] 图5为本发明实施例的双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统的偶数行的等效图。

[0023] 图6为本发明实施例的双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统的第 $j$ 列的等效图;

[0024] 图7为总波束倾角为0度时的本发明与传统渔用声呐系统的波束指向性波形对比图;

[0025] 图8为总波束倾角为-10度时的本发明与传统渔用声呐系统的波束指向性波形对比图;

[0026] 图9为总波束倾角为-30度时的本发明与传统渔用声呐系统的波束指向性波形对

比图；

[0027] 图10为总波束倾角为 $-45^\circ$ 时的本发明与传统渔用声呐系统的波束指向性波形对比图。

### 具体实施方式

[0028] 下面根据附图2~图10,给出本发明的较佳实施例,并予以详细描述,使能更好地理解本发明的功能、特点。

[0029] 请参阅图2,本发明实施例的一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,包括一信号处理单元1、一接收发射机单元2和一换能器阵列3;换能器阵列3包括M行和N列阵子31,M和N为自然数,且M为偶数;接收发射机单元2包括M/2行和N列接收发射通道21;每一列每相邻的两阵子31连接一接收发射通道21;接收发射通道21连接信号处理单元1。

[0030] 其中,每一接收发射通道21包括一接收机211、一发射机212、一收发转换器213、一合路器214和一移相器215;接收机211和发射机212分别与信号处理单元1通信连接;收发转换器213与接收机211、发射机212和信号处理单元1通信连接;合路器214连接收发转换器213和当前接收发射通道21对应的一阵子31;移相器215连接合路器214和当前接收发射通道21对应的另一阵子31。

[0031] 其中,信号处理单元1包括一信号处理主机11、一显示器12和一输入设备13;显示器12和输入设备13连接信号处理主机11;接收发射通道21连接信号处理主机11。输入设备13可采用键盘。

[0032] 信号处理主机11、显示器12和输入设备13配合使用,用完成声呐探测影像的显示和设置参数的输入、控制等。

[0033] 本实施例中,移相器215包括LC延迟电路。

[0034] 请参阅图3,LC延迟电路包括:一第一电阻R0、一电容C、一第二电阻RL、一电感L和一第三电阻R1;电容C的第一端连接第一电阻R0;第二电阻RL的第一端连接电容C的第二端,第二电阻RL的第二端接地;电感L的第一端连接第二电阻RL的第一端;第三电阻R1的第一端连接电感L的第二端。

[0035] 请参阅图2和图3,本发明实施例的一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,换能器阵列3是由水平N列,M行(这里M为偶数)阵子31组成。每列上相邻两个阵子31对应一个接收发射通道21,因此,其 $N \times M$ 个阵子31用 $N \times M/2$ 个接收发射通道21。多波束渔用声呐通过先发射多个波束声学信号,再通过波束成形实现接收多个不同方向水声回波信号来实现探测不同方向鱼群。发射和接收过程的转换由信号处理主控机11来控制。

[0036] 本发明实施例的一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,在发射过程,由信号处理主机11根据设定的参数产生多个通道对应波束的驱动信号,各通道驱动信号存在一定的相位差来实现不同方向的可调指向发射波束成形,通过发射机212将电信号送到对应两个阵子31,根据渔用声呐扫海过程通常在倾角一般为 $-5^\circ$ 到 $-10^\circ$ 之间的情况,其中一个阵子31通道加了移相器215进行了移相,常用的移相电路如LC延迟电路,这里的移相器215为无源移相器,其原理和实现较简单,但渔用声呐系统使用过程无法更改移相值,也就是这一倾角波束为固定值,相当于双阵子31进行了固定垂直方向发射波束成形,最后各阵子31将电信号转换为水声信号。总的发射波束指向性为 $N \times M/2$ 通道可调波束形成和双阵

子31固定波束形成的两级波束成过程形共同作用的结果。

[0037] 在接收过程,换能器阵列3中的各阵子31独立将水声信号转换为电信号,在进行双通道合并前,通过移相器215产生一个固定倾角的接收波束。通过各阵子31对应的接收机211进行模拟信号处理包括滤波、放大、下变频和模数转换等过程后,送入信号处理主机11,在信号处理主机11根据参数设置对各通道信号移相来获得不同方向的可调波束。总的接收波束指向性为 $N \times M/2$ 通道可调波束形成和双阵子31固定波束形成的两级波束成过程形共同作用的结果。

[0038] 总的发射或接收波束指向性为两级波束成形过程共同作用的结果,其中一级为可调波束,因此总的发射或接收波束水平指向性和垂直指向性均可调。根据平面阵波束成形原理,由于总的发射或接收波束水平指向性等效为水平指向性与垂直指向性独立求得再相乘,也就是总的指向性为:

$$[0039] \quad D_0(\theta, \varphi) = D_V(\theta) D_H(\varphi)$$

[0040] 其中, $\theta$ 和 $\varphi$ 分别为水声信号垂直面的等效夹角和水平面的等效夹角, $D_V$ 为一列换能器阵子的指向性, $D_H$ 为一行换能器阵子的指向性。

[0041] 请参见图2~图6,从水平方向看,如第*i*行,当第*i*行为奇数时,等效收发系统如图4,可见与传统单阵子对应单通道渔用声呐系统情况一致。当第*i*行为偶数时,等效收发系统如图5,相较于传统渔用声呐系统,每个通道多了相同的移相器215,从波束成形原理可知,各通道同时进行相同的移相不影响器波束成形的指向性。综上,从水平方向看无论是奇数行还是偶数行,其水平波束指向性均不变。

[0042] 从垂直方向看,如第*j*列等效收发系统,请参见图6,可见与传统单阵子对应单通道渔用声呐系统存在极大不同,减少了通道数。其垂直波束形成相当于进行两次波束成形,也就是:

$$[0043] \quad D_V(\theta) = D_{V1}(\theta_0) D_{V2}(\theta)$$

[0044] 其中, $D_{V1}$ 为两个通道双阵子的固定波束形成; $\theta_0$ 为固定角度,通常为 $-5^\circ$ 到 $-10^\circ$ ; $D_{V2}$ 为 $M/2$ 个通道的可调波束成形。

[0045] 本发明实施例的一种双换能器阵子合并收发的多波束渔用声呐系统,整个系统探测性能取决于垂直方向两次波束形成过程。通过仿真比较本发明渔用声呐与传统渔用声呐的波束指向性差别,设定固定倾角为 $-10^\circ$ ,垂直向阵子数位8个,阵子间距为0.5个波长,如图7,可见,当总波束倾角为0度(也就是水平指向)时,本发明的渔用声呐垂直波束指向性与传统渔用声呐差别不大;请参阅图8,当总波束倾角为 $-10$ 度时,本发明的渔用声呐垂直波束指向性图与传统渔用声呐完全重叠,无性能损失;请参阅图9,当总波束倾角为 $-30$ 度时,本发明的渔用声呐垂直波束指向性与传统渔用声呐降低10%左右,性能下降还是在可接受的范围内;请参阅图10,当总波束倾角为 $-45$ 度时,本发明的渔用声呐垂直波束指向性比传统渔用声呐降低30%左右,并且有较大旁瓣出现,此时,性能下降严重。综上,总垂直指向性当在固定倾角上时等同于传统渔用声呐,随着总倾角与固定倾角的拉大,性能逐渐降低,角度差在 $20^\circ$ 内,性能降低不明显。

[0046] 通常多波束渔用声呐使用于拖网和围网渔船,其用于捕捞过程中的鱼群探测,在渔船航行过程中进行扫海,使用场景一般为在固定倾角或固定倾角附近进行工作,在大倾角工作的场景极少。因此,本发明带来系统复杂度和成本降低的益处要远大于其不常用场

景中性能损失的弊处。

[0047] 以上结合附图实施例对本发明进行了详细说明,本领域中普通技术人员可根据上述说明对本发明做出种种变化例。因而,实施例中的某些细节不应构成对本发明的限定,本发明将以所附权利要求书界定的范围作为本发明的保护范围。

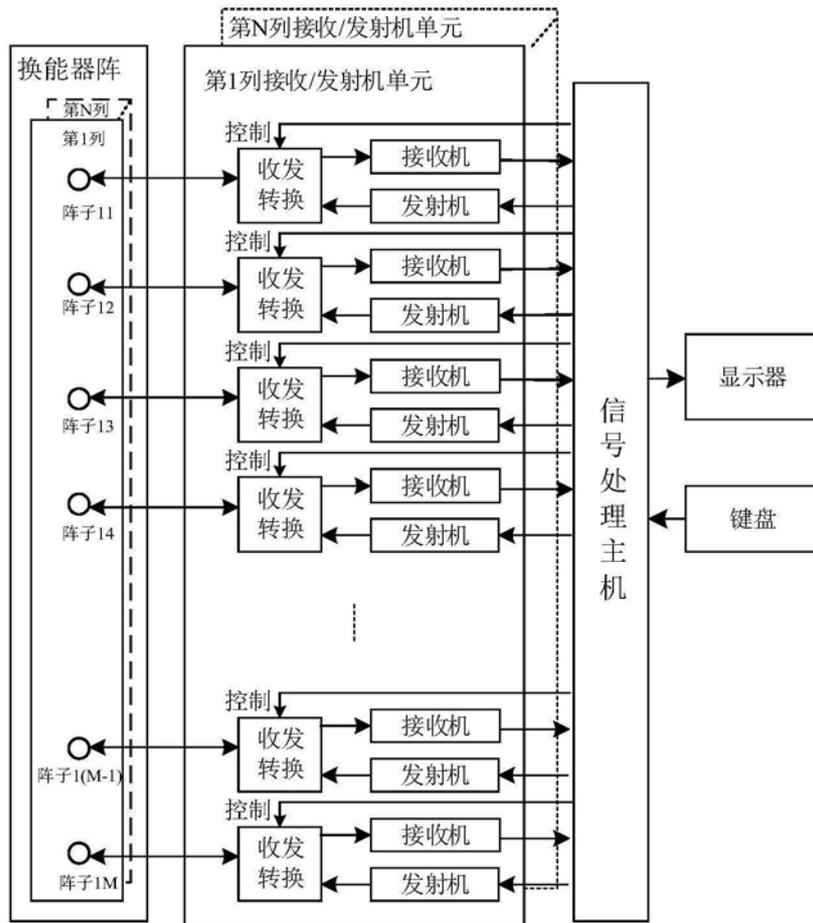


图1

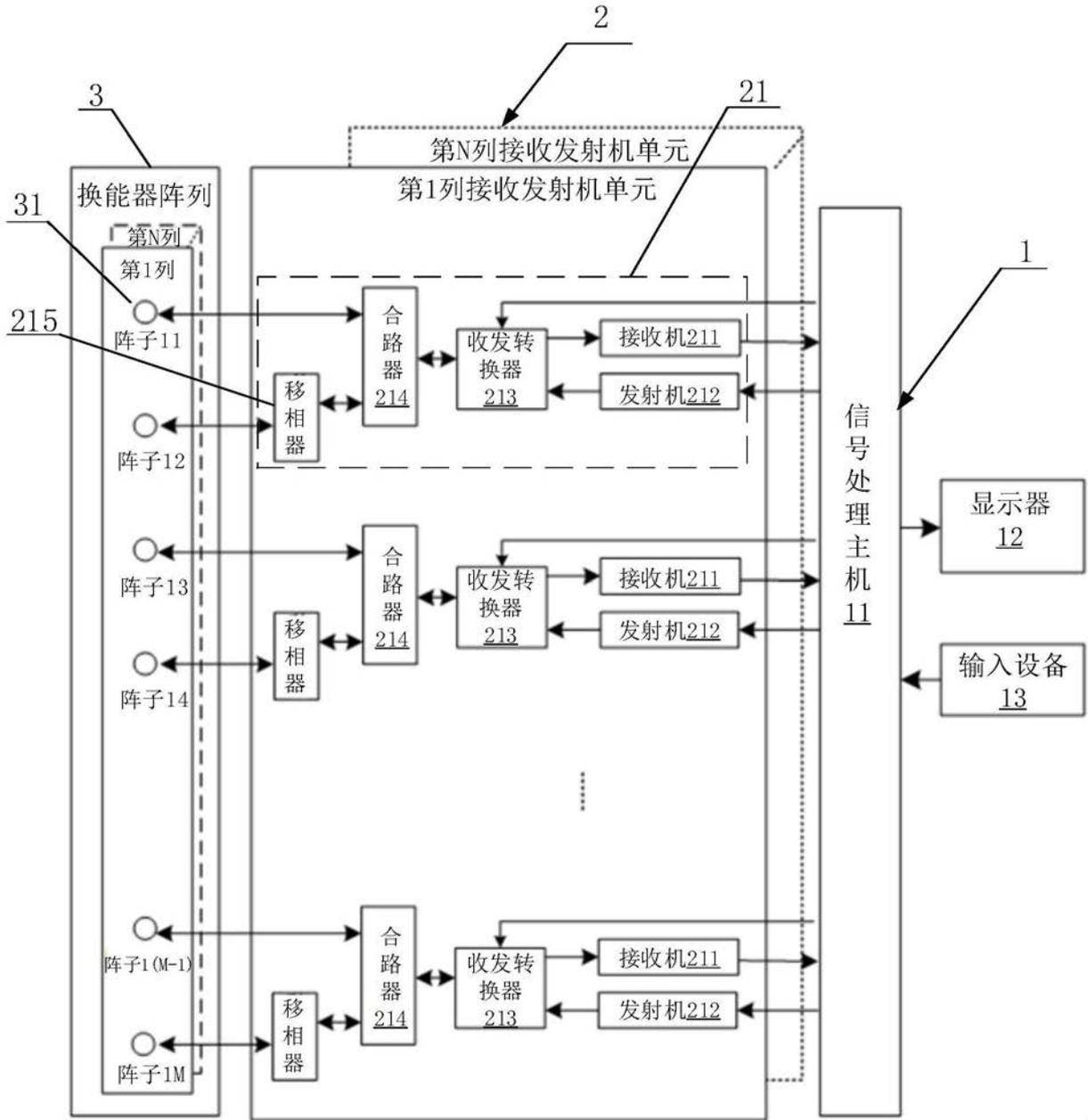


图2

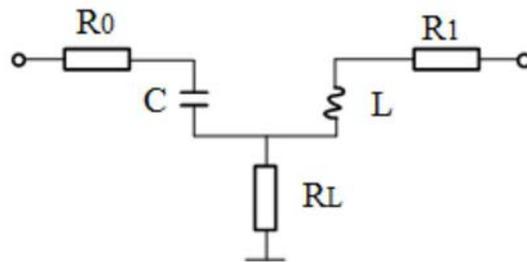


图3

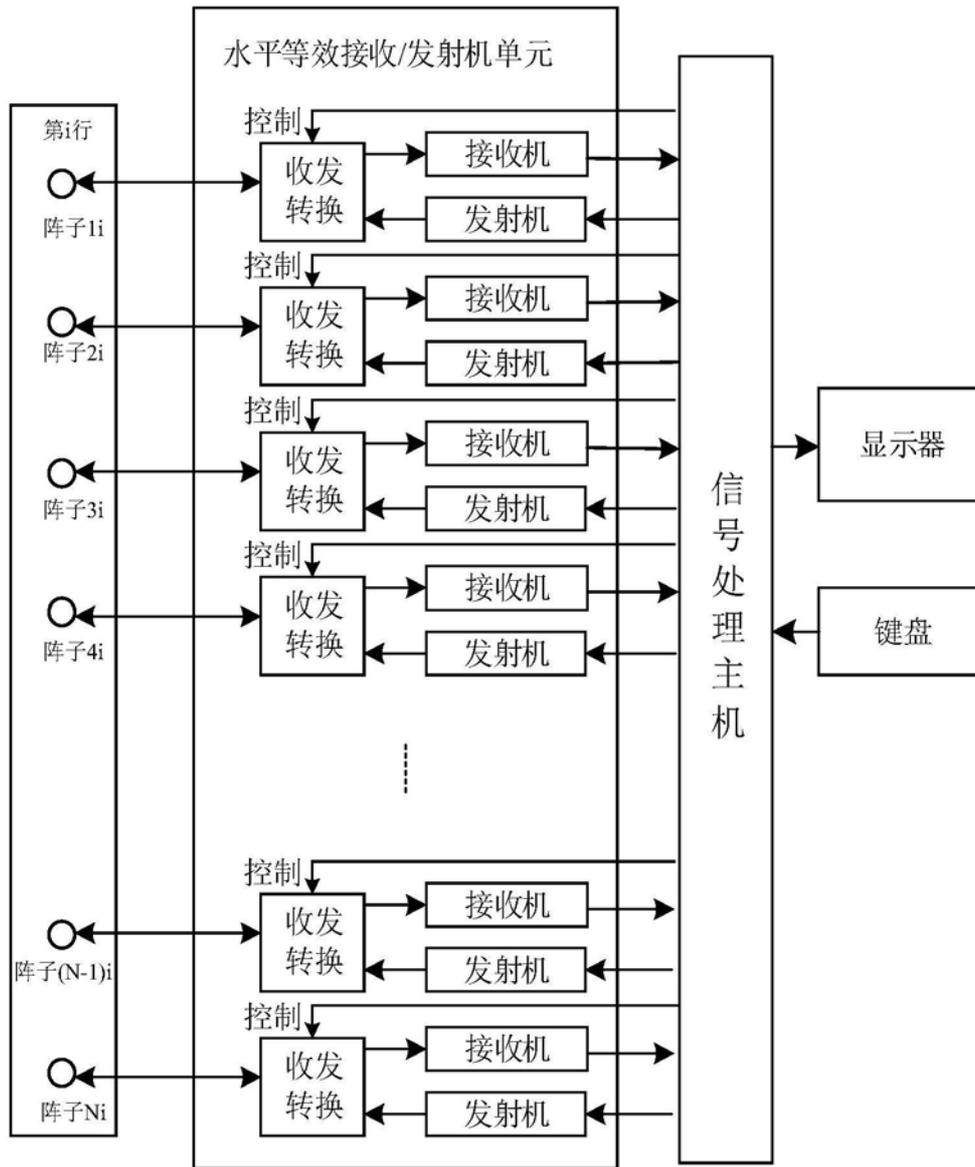


图4

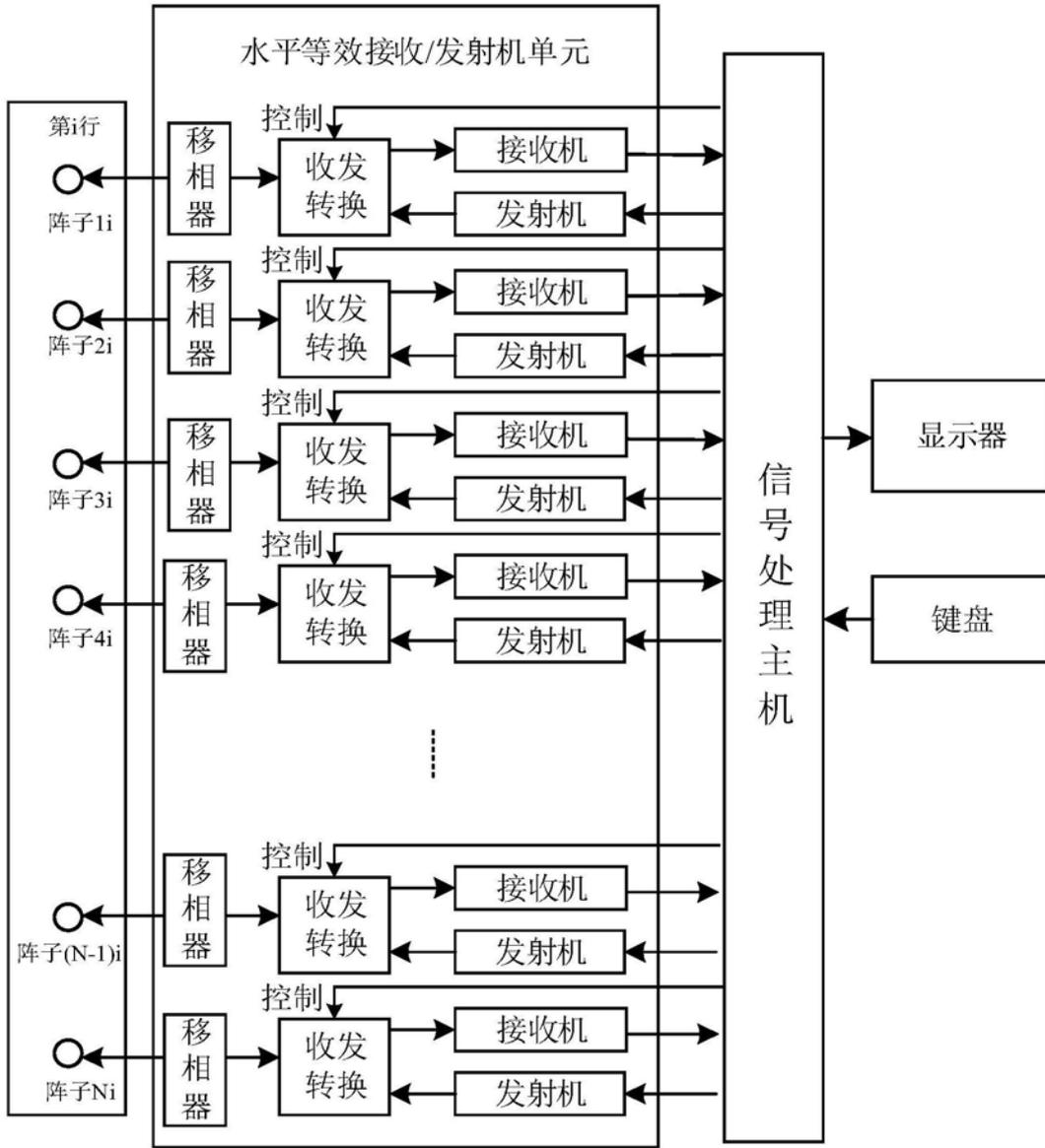


图5

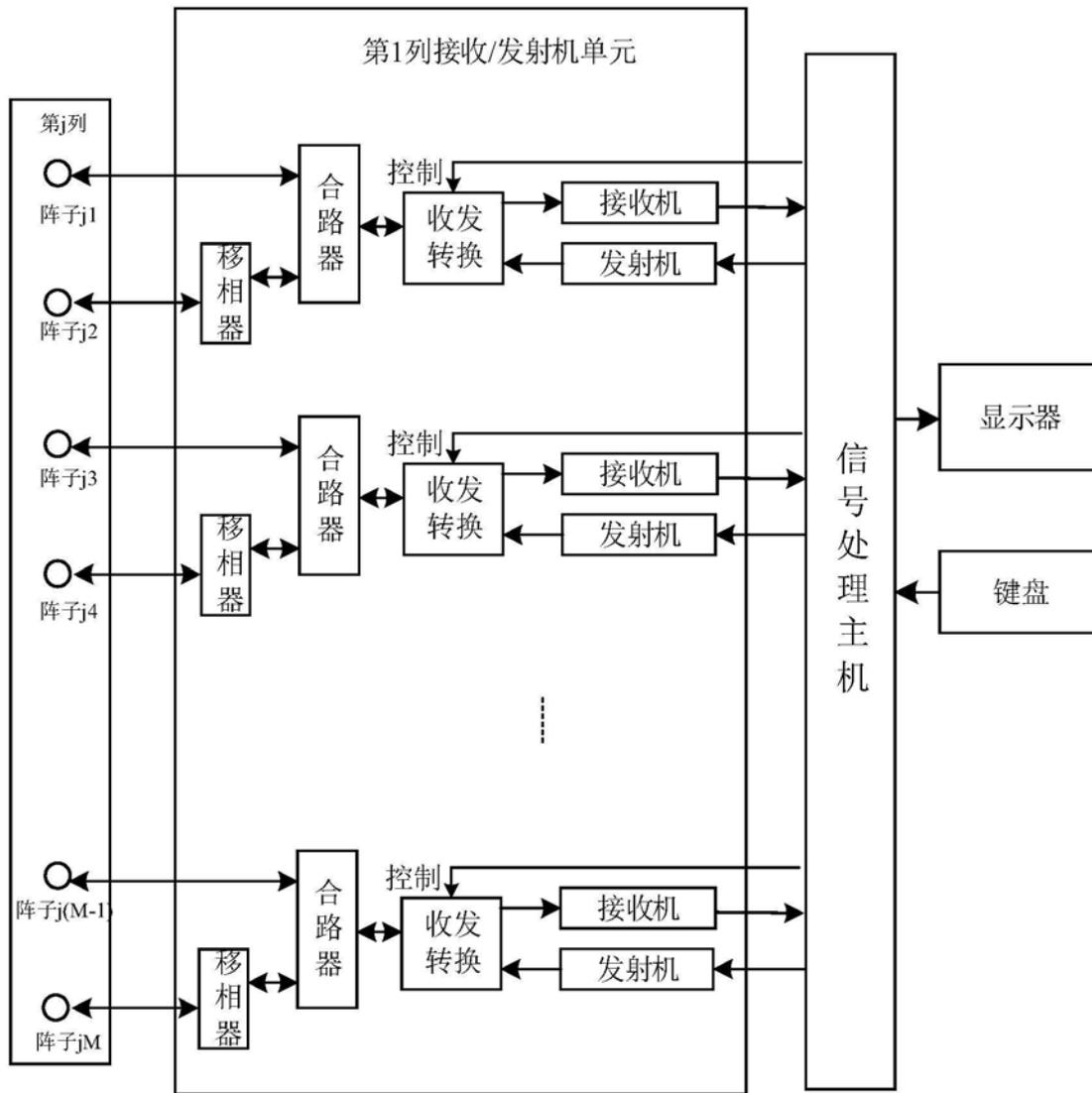


图6

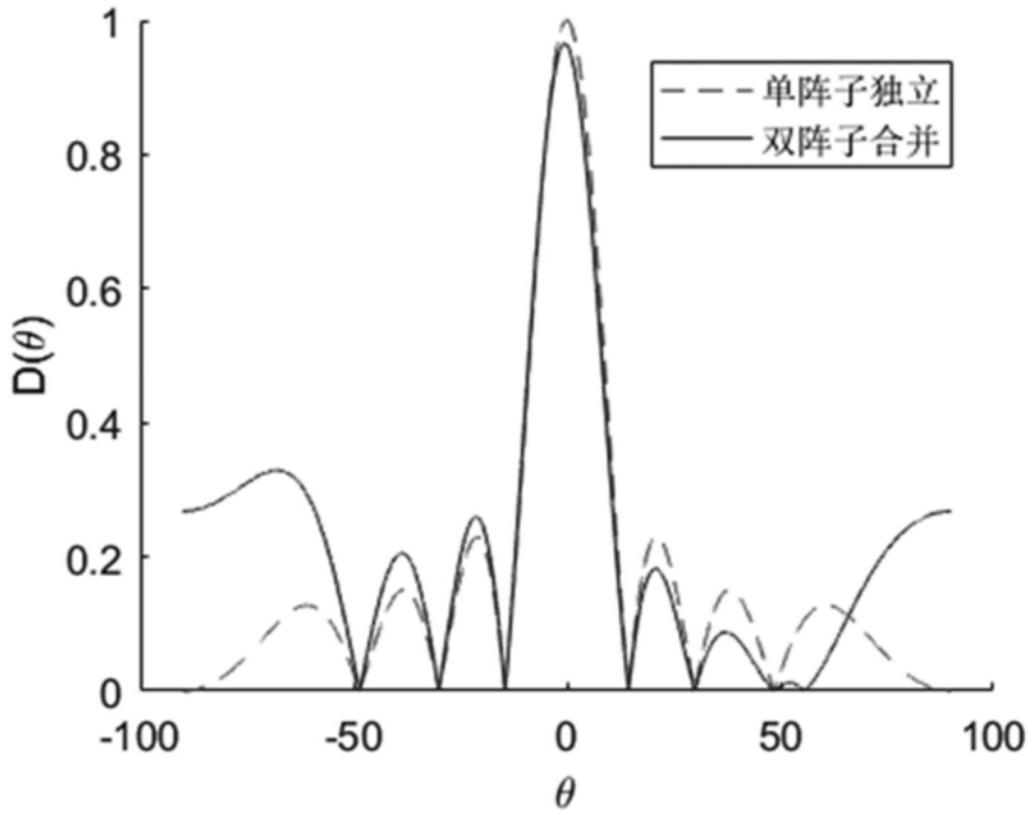


图7

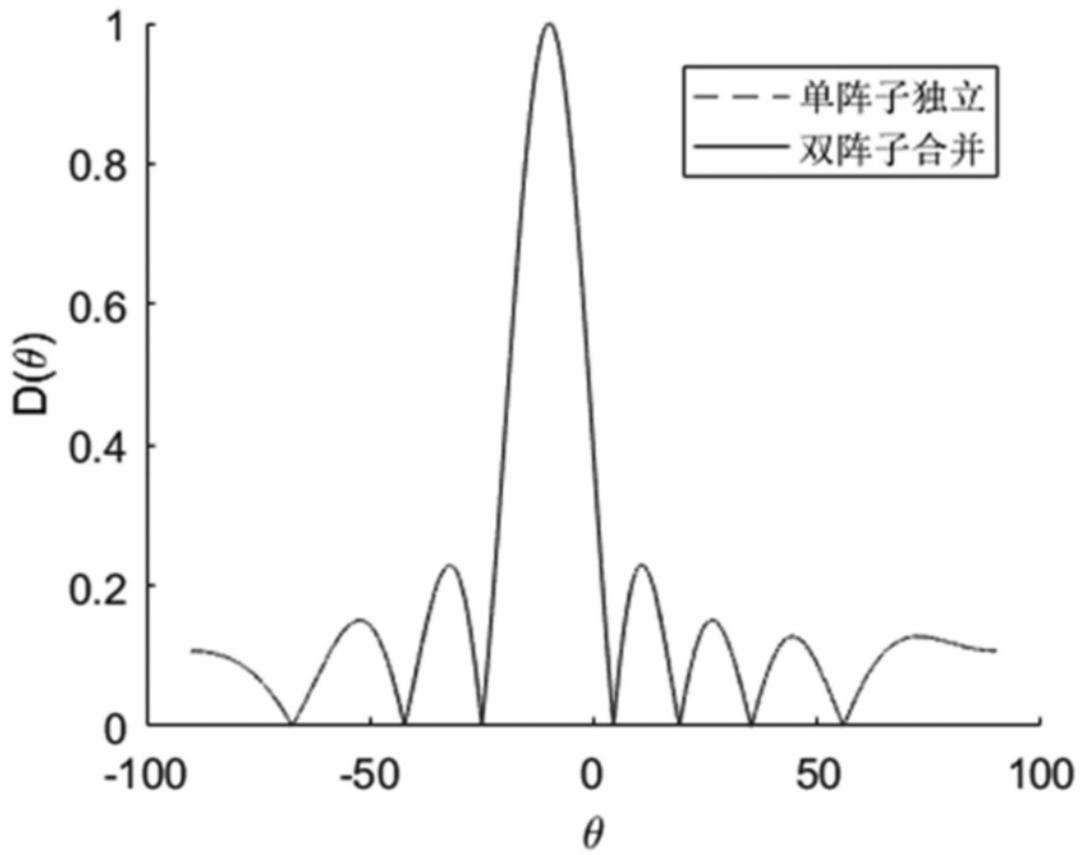


图8

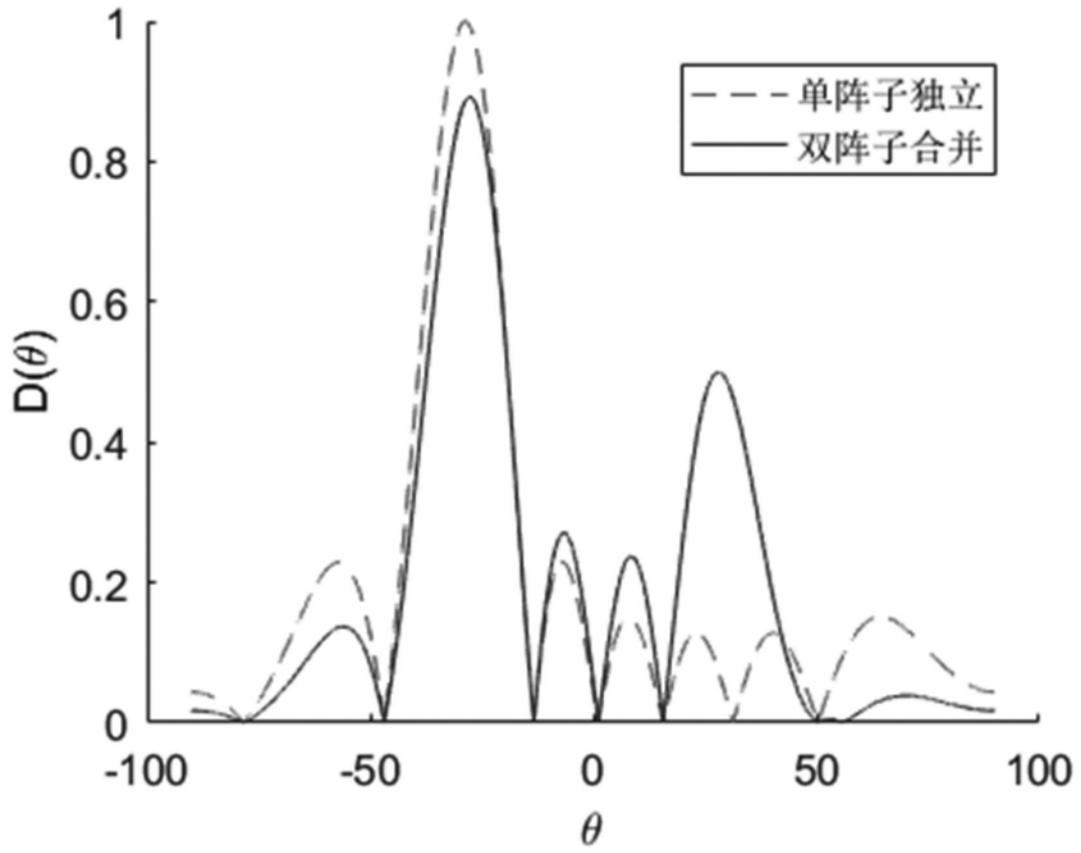


图9

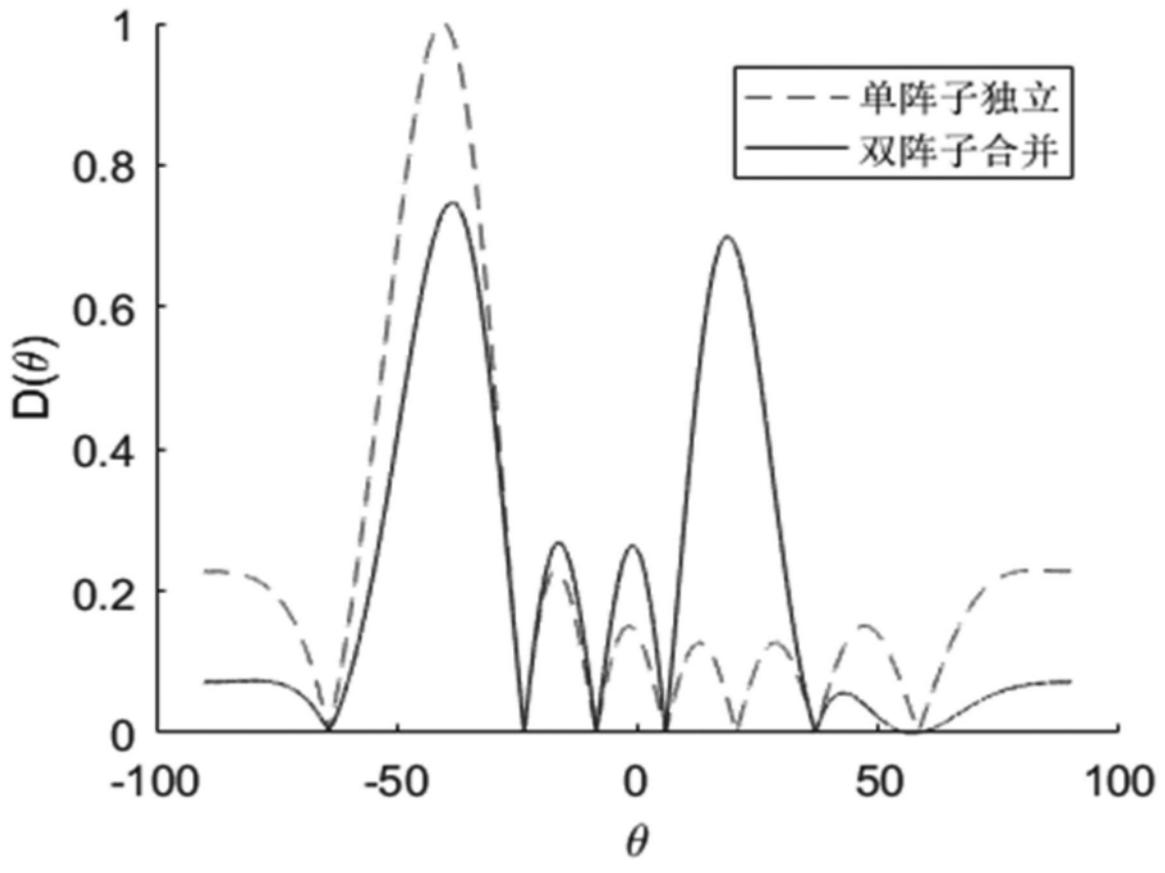


图10