



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103650352 B

(45)授权公告日 2020.03.06

(21)申请号 201180058392.1

(22)申请日 2011.10.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103650352 A

(43)申请公布日 2014.03.19

(30)优先权数据
61/456,086 2010.11.01 US
13/282,257 2011.10.26 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.06.04

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2011/057929 2011.10.26

(87)PCT国际申请的公布数据
W02012/061179 EN 2012.05.10

(73)专利权人 罗韦技术有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 弗朗西斯·达勒·罗韦
约翰·罗密欧 克罗伊特纳·保罗

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287

代理人 章蕾

(51)Int.Cl.
H04B 1/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 1901837 A,2007.01.24,

审查员 施莹莹

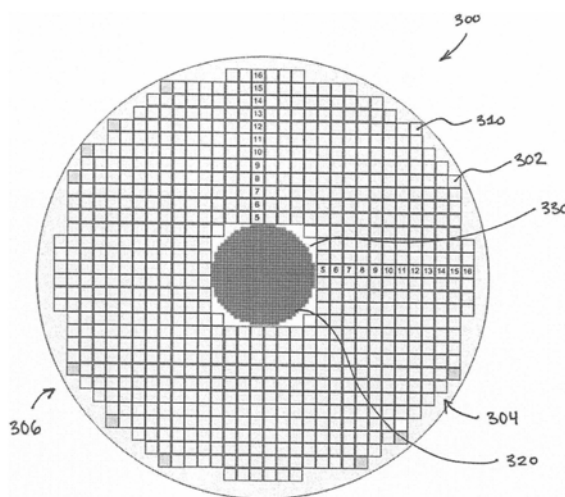
权利要求书3页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

多频二维相控阵列换能器

(57)摘要

本发明揭示改进型二维平面阵列换能器及波束形成器设备及方法。在一个实施例中，二维平面阵列换能器能够在两个轴上且在两个或两个以上远远分开的声频下从单一平坦平面阵列换能器同时或连续形成多个声束。所述换能器平面阵列由在不同频率下操作的两个或两个以上电学上且声学上独立的二维平面换能器阵列结构组成，所述结构在物理上集成到单一多频配置上。在示范性实施例中，第二较高频率换能器阵列位于较低频率平面阵列换能器的孔口区域内。本发明还揭示了使用上述二维平面阵列换能器及波束形成器的方法。



1. 一种多频换能器阵列,其包括:
单一实质平坦的平面表面,其包括:
第一换能器阵列,其包括针对第一标称频率进行配置的第一多个换能器元件,所述第一多个换能器元件布置于具有多个第一换能器元件行和多个第一换能器元件列的二维阵列内;及
第二换能器阵列,其包括针对第二标称频率进行配置的第二多个换能器元件;
其中所述第一换能器阵列包括不含有所述多个第一换能器元件行或所述多个第一换能器元件列中的任一个的中心部分,所述第二换能器阵列位于所述中心部分内。
2. 根据权利要求1所述的多频换能器阵列,其中所述第一换能器阵列占据所述单一实质平坦的平面表面的第一对称区域部分,而所述第二换能器阵列占据所述单一实质平坦的平面表面的第二对称区域部分。
3. 根据权利要求2所述的多频换能器阵列,其中所述第二对称区域部分完全安置在所述第一对称区域部分内。
4. 根据权利要求3所述的多频换能器阵列,其中所述第二对称区域部分与所述第一对称区域部分实质同心。
5. 根据权利要求2所述的多频换能器阵列,其中所述第二对称区域部分占据所述第一对称区域部分的百分之十以下。
6. 根据权利要求1所述的多频换能器阵列,其中所述第一多个换能器元件包括具有一行值M换能器元件及一列值N换能器元件的阵列。
7. 根据权利要求6所述的多频换能器阵列,其中所述第二多个换能器元件包括具有一行值X换能器元件及一列值Y换能器元件的阵列。
8. 根据权利要求7所述的多频换能器阵列,其中所述值M等于所述值X且所述值N等于所述值Y。
9. 根据权利要求8所述的多频换能器阵列,其中所述值M等于所述值N。
10. 一种用于在声学多普勒流速剖面仪ADCP应用中使用的多频换能器阵列,其包括:
单一平坦二维平面换能器阵列结构,其由多个个别阵列元件组成,所述个别阵列元件中的每一者和所述个别阵列元件中的其他个别阵列元件的至少一部分沿着多个平面前侧列或多个平面后侧行电互连,所述单一平坦二维平面换能器阵列结构包括:
第一换能器阵列,其经优化以用于在第一深度下操作,并具有所述多个个别阵列元件中的阵列元件的第一部分,所述阵列元件的第一部分具有第一大小且布置于第一多个行和第一多个列内;及
第二换能器阵列,其经优化以用于在第二深度下操作,并具有所述多个个别阵列元件中的阵列元件的第二部分,所述阵列元件的第二部分具有第二大小,且布置于第二多个行和第二多个列内;所述第二大小和所述第一大小不同,所述第二深度不同于所述第一深度;
其中所述第一换能器阵列包括所述第一多个行和所述第一多个列的完全填充的阵列结构,而所述第二换能器阵列包括所述第二多个行和所述第二多个列的部分填充的阵列结构,所述部分填充的阵列结构具有未被占用的中心部分,所述第一换能器阵列被安置在所述未被占用的中心部分内。
11. 根据权利要求10所述的用于在ADCP应用中使用的多频换能器阵列,其中预期所述

第一深度具有比所述第二深度更具空间及速度动态的流速。

12. 根据权利要求11所述的用于在ADCP应用中使用的多频换能器阵列,其中第一及第二换能器阵列优化分别包括所述第一及第二换能器阵列的操作频率的配置。

13. 根据权利要求10所述的用于在ADCP应用中使用的多频换能器阵列,其中所述第一换能器阵列经配置以在第一标称操作频率下操作,且所述第二换能器阵列经配置以在第二标称操作频率下操作,所述第二标称操作频率不同于所述第一标称操作频率。

14. 根据权利要求13所述的用于在ADCP应用中使用的多频换能器阵列,其中第一及第二标称操作频率中的一个标称操作频率至少比所述第一及第二标称操作频率中的另一个标称操作频率大四倍。

15. 一种换能器阵列,其包括:

单一平面结构,其包括至少两个电学上且声学上独立的二维平面换能器,所述至少两个电学上且声学上独立的二维平面换能器不同地驻留在所述单一平面结构上;

所述至少两个电学上且声学上独立的二维平面换能器包括:

第一换能器阵列,其包括针对第一标称频率进行配置的第一多个换能器元件,所述第一多个换能器元件具有多个第一换能器元件行和多个第一换能器元件列;及

第二换能器阵列,其包括针对第二标称频率进行配置的第二多个换能器元件,所述第二多个换能器元件具有多个第二换能器元件行和多个第二换能器列;

其中所述至少两个电学上且声学上独立的二维平面换能器中的至少一个驻留在所述至少两个电学上且声学上独立的二维平面换能器中的另一个内,所述至少两个电学上且声学上独立的二维平面换能器中的所述至少一个具有驻留在所述第一换能器阵列的未被占用的中心部分的所述第二换能器阵列,所述未被占用的中心部分的特征在于没有所述第一换能器阵列。

16. 根据权利要求15所述的换能器阵列,其中所述单一平面结构经配置以在两个或两个以上分开的声频下同时或连续地形成多个声束。

17. 根据权利要求16所述的换能器阵列,其中所述单一平面结构进一步经配置以沿着两个轴同时或连续地形成多个声束。

18. 一种供在声学多普勒流速剖面仪ADCP应用中使用的多频换能器阵列,其包括:

单一平坦二维平面换能器阵列结构,其由多个个别阵列元件组成,所述个别阵列元件中的每一者和所述个别阵列元件中的其他个别阵列元件的至少一部分沿着多个平面前侧列或多个平面后侧行电互连,所述单一平坦二维平面换能器阵列结构包括:

第一换能器构件,其经优化以用于在第一深度下操作,并具有所述多个个别阵列元件中的阵列元件的第一部分,所述阵列元件的第一部分具有第一大小;及

第二换能器构件,其经优化以用于在第二深度下操作,所述第二深度不同于所述第一深度,并具有所述多个个别阵列元件中的阵列元件的第二部分,所述阵列元件的第二部分具有和所述第一大小不同的第二大小;

其中所述第一换能器构件包括完全填充的阵列结构,而所述第二换能器构件包括具有未被占用的中心部分的部分填充的阵列结构,所述未被占用的中心部分没有所述第二换能器构件,所述第一换能器构件被安置在所述未被占用的中心部分内。

19. 一种进行流速剖面测量的方法,所述方法包括:

结合移动船舶利用双频平面换能器产生多个流速剖面,所述双频平面换能器由多个个别阵列元件组成,所述个别阵列元件中的每一者和所述个别阵列元件中的其他个别阵列元件的至少一部分沿着多个平面前侧列或多个平面后侧行电互连,所述双频平面换能器包括(i)第一阵列,其包括与其相关联的第一频率,并具有所述多个个别阵列元件中的阵列元件的第一部分,所述阵列元件的第一部分具有第一大小,及(ii)第二阵列,其包括低于第一频率的第二频率,并具有所述多个个别阵列元件中的阵列元件的第二部分,所述阵列元件的第二部分具有和所述第一大小不同的第二大小,所述多个剖面包括:

具有高分辨率的第一流速剖面,使用所述第一阵列测量所述第一流速剖面;

具有低分辨率的第二流速剖面,使用所述第二阵列测量所述第二流速剖面;

其中所述第一阵列包括完全填充的阵列结构,而所述第二阵列包括具有未被占用的中心部分的部分填充的阵列结构,所述未被占用的中心部分的特征在于没有所述第二阵列,所述第一阵列被安置在所述未被占用的中心部分内。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中在水体表面附近获得所述第一流速剖面,且在所述水体中存在空间及速度动态较少的流速的更深位置处获得所述第二流速剖面。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中所述高和低分辨率各自包括(i)时间分辨率、(ii)空间分辨率及/或(iii)速度分辨率中的至少一个。

22. 根据权利要求19所述的方法,其中所述双频平面换能器包括可安装在所述移动船舶上的单一位置处的实质整体装置。

多频二维相控阵列换能器

[0001] 优先权

[0002] 本申请案主张对2011年10月26日申请的标题相同的第13/282,257号共同拥有且共同待决的美国专利申请案的优先权,其主张2010年11月1日申请的标题相同的第61/456,086号美国临时专利申请案的优先权,所述申请案的全部内容以引用的方式并入本文中。

[0003] 版权

[0004] 本专利文献的揭示内容的部分包含受版权保护的材料。版权所有并不反对任何人对专利文献或专利揭示内容进行传真复制,正如在专利商标局专利文件或记录中所显示,但除此之外无论如何都保留所有版权权利。

技术领域

[0005] 本发明一般涉及平面阵列声纳换能器,且在一个示范性方面中涉及用于产生声音多普勒流速剖面的多频平面阵列声纳换能器。

背景技术

[0006] 声纳换能器当前用于测量二维或三维速度及/或距离的不同类型的声学反向散射系统。在揭示声学平面阵列换能器的第5,808,967号美国专利中揭示一种此类声纳换能器,所述声学平面阵列换能器沿着单一二维(“2D”)相控阵列换能器的两个轴在单一的或相对较窄的频率范围下形成多个波束。图1说明此一声学阵列换能器1)。通过将波束形成器连接到换能器的一侧上的第一组电极形成一对波束110且通过将第二波束形成器连接到换能器的另一侧上的第二组电极而形成另一对波束120。换能器的每一侧上的电极为紧密间隔的且在一个方向上越过换能器的整个尺寸延伸的平行薄铜线。换能器的一侧上的电极在与换能器的另一侧上的电极正交的方向上延伸。

[0007] 为了同时地且单独地在发射及接收通道两者上形成每一对波束,使用两个个别的且独立的发射波束形成器130及两个个别的且独立的接收波束形成器140。还使用发射/接收开关(未图示)来将一个发射波束形成器及一个接收波束形成器连接到换能器的一侧上的电触点。通过第二发射/接收开关而将第二个独立的发射及接收波束形成器对连接到换能器的第二侧上的触点。使用两个发射及接收波束形成器以同时在每一X及Y轴上产生两对或两对以上的独立波束。一对从侧面倾斜且与换能器的一侧上的电极正交且另一对从侧面倾斜且与换能器的另一侧上的电极正交。虽然这些波束处于固定位置中,但波束形成器既同步又独立的事实允许可能同时且独立地相对于另一组波束操纵一组波束。此外,如果将换能器电极个别地带到波束形成器内,那么每一波束形成器可沿着两个正交的X及Y轴中的每一个潜在地产生一组完全独立的任意同步波束。

[0008] 在每一轴中的波束组不同步或是独立形成的地方还使用替代的2D平面阵列换能器。虽然这些类别的2D平面阵列声纳一般仅需要单一波束形成器用于发射及/或接收进而导致明显较少的波束形成器复杂性,但这些类型的替代2D平面阵列换能器具有缺点,例如

具有数目较少的同步形成的波束以及多个2D波束的不完全独立。此外,这些2D平面阵列换能器及波束形成器可产生声束的频率范围受换能器阵列自身的带宽可实现的带宽的限制。此约为标称操作频率的百分之五十(50%)或0.5倍。因此,换能器受限于约标称操作频率的百分之二十五(25%)以上或百分之二十五(25%)以下。

[0009] 在许多应用(例如声学多普勒流速剖面仪(ADCP)应用)中,需要至少三(3)个且通常四个(4)沿着两个轴的倾斜窄波束150来测量水柱中的三(3)维流速。在ADCP应用中,从水面船舶来看,需要在给定水柱各处测量流速剖面,然而,靠近表面的水柱区相比于较深水柱来说更占空间且速度更富动态化(以水流速度的小尺度变化及水中的分散粒子为特征)。因此,相比于较长的距离区,需要以较高的空间、时间及速度分辨率来测量较浅的、近的换能器区。对于此类2D声纳应用来说,对于近的动力学的及较深动态较小的水流运动来说,可通过使用通过约四(4)的因数而在频率上分开的两个声纳来操作而最佳地获得此情形。虽然在较低频率下的操作提供较大声纳距离(用于在较深水柱深度下使用),但具有较少空间、速度及时间分辨率。相反,虽然在较高频率下的操作具有较少距离,但在其可达到的距离(即,深度)上提供较佳的距离、速度及时间分辨率。

[0010] 当前,当针对应用(例如,流速剖面)使用2D平面阵列换能器时,通过使用两个物理上分开的且独立的2D平面阵列换能器而获得此双声纳频率操作。图2中说明在通过四(4)的因数分开的频率下操作的这两个2D平面阵列换能器200的前视图。对于来自两个阵列的等效波束宽度来说,高频换能器202具有比低频换能器204小四(4)的因数的直径,因为水中的声音波长要小四(4)的因数。每一圆形换能器为其中心线的每一侧上的波长宽度的八(8)又二分之一(1/2)。此双换能器声纳提供对短距离及长测距仪较低分辨率的所需高分辨率性能;然而,此一配置是不合需要的,原因在于每一换能器必须单独安装到船体上位于两个换能器面都暴露在水中的位置。因此,当安装在船体中时,此换能器方法需要两个船体贯穿,其可:(1)对于安装来说是昂贵的;及(2)难以放置在船体中。

[0011] 因此,仍然迫切需要可在单一离散波形因数内体现的同时提供不同水平的空间、速度及时间分辨率的换能器阵列。理想地,此一解决方案将在以多个离散换能器设计提供相媲美的性能的同时获得此一所需的形状因数。

发明内容

[0012] 本发明通过提供改进的换能器设备及使用方法而解决前述需要。

[0013] 在本发明的第一方面中,揭示一种换能器阵列。在一个实施例中,换能器阵列包含两个大小经不同地设定的分别与两个不同操作频率相关的换能器阵列,其体现在单一的整体平面阵列结构中。

[0014] 在一个变体中,第一换能器阵列包含不含所述第一换能器阵列的换能器元件中的任一者的中心部分。

[0015] 在另一变体中,第二换能器阵列位于此中心部分内。

[0016] 在又一变体中,第一换能器阵列占据单一平坦平面表面的第一对称区域部分,而第二换能器阵列占据单一平坦平面表面的第二对称区域部分。

[0017] 在又一变体中,第二对称区域部分完全位于第一对称区域部分内。

[0018] 在又一变体中,第二对称区域部分与第一对称区域部分实质同心。

- [0019] 在又一变体中,第二对称区域部分占据第一对称区域部分的百分之十以下。
- [0020] 在又一变体中,第一多个换能器元件由具有值M换能器元件的行及值N换能器元件的列构成。
- [0021] 在又一变体中,换能器元件的第二阵列由具有值X换能器元件的行及具有换能器元件的值Y的列构成。
- [0022] 在一个变体中,值M等于值X且值N等于值Y。
- [0023] 在又一变体中,值M等于值N。
- [0024] 在本发明的第二方面中,揭示一种用于在声学多普勒流速剖面仪(ADCP)应用中使用的多频换能器阵列。在一个实施例中,多频换能器阵列包含单一换能器阵列结构,所述结构具有经优化以用于在第一深度下操作的第一换能器阵列及经优化以用于在不同于第一深度的第二深度下操作的第二换能器阵列。
- [0025] 在一个变体中,预期第一深度具有比第二深度更具空间及速度动态的流速。
- [0026] 在替代变体中,第一及第二换能器阵列优化分别包括第一及第二换能器阵列的操作频率的配置。
- [0027] 在又一变体中,第一换能器阵列包括完全填充阵列结构,而第二换能器阵列包括部分填充阵列结构。
- [0028] 在又一变体中,第一换能器阵列经配置以在第一标称操作频率下操作,而第二换能器阵列经配置以在不同于第一标称操作频率的第二标称操作频率下操作。
- [0029] 在又一变体中,第一及第二标称操作频率之间的差异大于或等于四的因数。
- [0030] 在本发明的第三方面中,揭示一种换能器阵列。在一个实施例中,换能器阵列包含含有至少两个电学上且声学上独立的二维平面换能器的单一平面结构。
- [0031] 在一个变体中,单一平面结构经配置以在两个或两个以上分开的声学频率下同时或连续地形成多个声束。
- [0032] 在又一变体中,单一平面结构进一步经配置以沿着两个轴同时或连续地形成多个声束。
- [0033] 在本发明的第四方面中,揭示一种包含前述换能器阵列中的任一者的船舶。在一个实施例中,船舶包含水面舰艇。在另一实施例中,船舶包含半潜船。在又一实施例中,船舶包含固定式浮标。
- [0034] 在本发明的第五方面中,揭示使用前述换能器阵列中的任一者的方法。
- [0035] 当鉴于本文所提供的揭示内容考虑时,本发明的这些及其它方面将变得显而易见。

附图说明

- [0036] 当结合附图时,本发明的特征、目的及优点将从以下所陈述的详细描述变得显而易见,其中:
- [0037] 图1为现有技术二维换能器阵列的功能框图。
- [0038] 图2说明两(2)个现有技术二维三十二乘三十二半波长间隔的平面阵列换能器元件的前视图,其中较大换能器在四个较低声频的因数下操作。
- [0039] 图3说明根据本发明的原理的单一双频二维三十二乘三十二元件平面阵列换能器

的前视图。

[0040] 图4说明根据本发明的原理的双频声学多普勒流速剖面仪 (ADCP) 应用的各种应用及流速剖面。

[0041] 本文所揭示的所有图为©Copyright2010-2013罗氏技术公司 (Rowe Technologise, Inc.), 保留所有权利。

具体实施方式

[0042] 现在参考图, 其中相同数字自始至终指代相同部件。

[0043] 综述

[0044] 本发明提供 (尤其) 改进的二维 (2D) 平面阵列换能器及波束形成器, 其能够从单一平坦平面阵列换能器在两个轴上且在两个或两个以上远远分开的声频下同时或连续地形成多个声束。换能器平面阵列由两个或两个以上电学上且声学上独立的二维平面换能器构成, 所述换能器在不同频率下操作且物理上集成到单一平面阵列换能器的孔口区域内的单一多频配置中。

[0045] 示范性实施例的详细描述

[0046] 现在提供对本发明的设备及方法的各个实施例及变体的详细描述。虽然主要在声学多普勒流速剖面仪 (ADCP) 应用的背景下进行论述, 但本文所论述的各种设备及方法并不受限于此。实际上, 本文所描述的设备及方法论中的许多者在其中特征操作频率是有利的以及其中全部多个换能器孔口也是重要的任何平面阵列换能器中都是有用的。举例来说, 许多成像及水深测量声纳采用1D或2D平面阵列且使用物理上分开的两 (2) 组这些阵列在较短距离下实现高分辨率且在较长距离下实现较低分辨率。此外, 出于此目的, 许多现代远洋船舶采用此类物理上分开的多个声纳。本文关于2D ADCP声纳应用所描述的相同技术可等效地应用到这些应用。

[0047] 此外, 虽然主要在具有两个不同的换能器阵列的双频二维 (2D) 平面换能器的背景下进行论述, 但应了解, 根据本文随后所描述的本发明的实施例, 额外换能器阵列 (即, 三 (3) 个或更多个) 可包含在2D平面换能器中。此外, 在许多实例中, 关于特定实施例所论述的某些特征可容易经调适以在本文所描述的一个或一个以上其它所预期的实施例中使用。所属领域的技术人员可易于认识到, 在本发明的情况下, 本文所描述的多数特征在藉以对其进行描述的特定实例及实施方案之外拥有更广阔的用途。

[0048] 多频2D平面阵列换能器

[0049] 现在参考图3, 说明了第一平面阵列换能器300的前视图, 所述换能器能够在两个轴上且在两个或两个以上远远分开的声频下从单一平坦2D平面阵列换能器同时或连续地形成多个声束。换能器平面阵列由两个物理上集成到单一多频配置中的电学上且声学上独立的2D平面换能器310、320构成。两个声学上独立的2D平面换能器内的个别阵列元件302沿着前侧列304及后侧行306电互连。在所说明的实施例中, 阵列面为圆形; 然而, 对许多声束声纳应用来说, 其它对称的几何形状 (例如, 椭圆形或多边形) 也是合适的。阵列元件中的每一个是由对称面 (如图3中所说明的正方形) 所组成的, 其中面宽约等于所需标称频率在水中的声学波长的一半。

[0050] 较大阵列310 (以下称为第一阵列) 由被半波长增量分开的且布置在N (例如, 三十

二(32))个实质平行的行及M(例如,三十二(32))个实质平行的列的平面阵列中的多个换能器元件302组成。每一行换能器元件沿着阵列的第一面电连接,而每一列换能器元件沿着第二面电连接。换能器元件中的每一个的大小进一步经设定以便本质上相同。波束形成器经采用且连接到每一面上的线以分别形成投射到阵列平面的外部的声束的第一及第二平面。

[0051] 在所说明的实施例中,第二较小阵列320(虽然大小设定得较小)与第一较大阵列310具有相同配置。第二阵列的较小大小经特别配置以便在比大小设定得较大的阵列相对较高的操作频率下操作,即,换能器元件宽度系配置成约为所需较高频率操作在水中的声学波长的四分之一。虽然使用所需声频的偶数倍并非必需,但使用偶数因数(例如,四的因数)有时是方便的,以使相同数目的元件(例如,32x32)可用于第一及第二阵列两者上,进而针对每一阵列提供相同的声学波束宽度。此外,换能器元件一般应在部分波长下进行均匀间隔,以避免可降低换能器阵列的性能的栅瓣。基于第一及第二阵列之间的所需频率差异而确定第二较小阵列的大小。举例来说,在其中需要通过四(4)的因数分开两(2)个频率且N及M的值相等的双频应用中,较高频率阵列的相应累积直径将比较大阵列小四(4)倍。因此,由于换能器阵列直径及其相关联的面积之间的平方关系,较小换能器阵列将占据的面积比第一较大阵列小十六(16)倍。

[0052] 在一个实施例中(且如图3中所说明),第一阵列的中心内的小区段330并不包含第一阵列310的换能器元件,进而使得2D阵列换能器能够物理上在此未被占用的中心部分内集成第二较小换能器阵列。在所说明的实施例中,针对第二换能器阵列320进行配置的此中心区域330比第一阵列310所需要的面积小十六(16)的因数。换句话说,当使用第一阵列的换能器元件测量时,集成第二阵列所必需的面积(在所说明的实施例中)为八(8)个换能器元件宽乘八(8)个换能器元件长。因此,即使为了容纳第二阵列而必须将来自第一阵列的元件移除,第一较大阵列实际上仍具有其原本相比于全填充第一阵列而拥有的元件的百分之九十三(93%)。此允许图3中的较大换能器阵列实现为全填充阵列的波束宽度的百分之九十三(93%)的波束宽度。对许多应用来说,波束宽度的此微小降低对换能器阵列的总系统性能的影响可忽略。

[0053] 如前面所论述,第二2D换能器阵列320位于图3的所说明的实施例中的此中心区内。类似于第一2D换能器阵列,第二2D换能器阵列由在所说明的实施例中以中心对中心方式测得的一个半波长增量下隔开的换能器元件阵列构成。虽然其它频率可易于实施,但所说明的第二阵列的波长比第一频率阵列小四(4)的因数。因此,对于低及高频率阵列两者的给定阵列大小(例如,N=32及M=32)来说,第二(较高频率)阵列的累积直径将比低频率阵列的直径小四(4)的因数。如前面所论述,第二阵列仅占据低频率阵列表面区域的一小部分,进而准许低频率阵列声学性能约等于全填充的二维阵列。对于频率差异为四(4)的因数的多频换能器阵列来说,第二高频率阵列所需的中心区域比总的低频率阵列大小小百分之七(7%)。如图3中所展示,第二高频率阵列由阵列元件完全填充。然而,应了解,类似于第一低频率阵列;第二阵列也可具有为额外(即,第三)换能器阵列而保留的非填充区段(例如,在中心内)。举例来说且以非限制性实例方式,比第二阵列小四(4)的因数的第三换能器元件阵列可集成到第二阵列的中心部分内。额外的换能器阵列的层或层级(例如,四(4)个或更多)也可集成到单一2D换能器阵列形状因数内。通过以此方式集成多个换能器阵列,小的较高频率阵列可在物理上内嵌到较低频率换能器的孔口内,而不显著降低任一声纳的性能

(相比于其中其物理分开的实例)。

[0054] 双频2D平面阵列300电耦合到波束形成电路以从换能器元件的不同组合形成多个波束(未图示),所述波束形成电路电连接到第一较低频率阵列及第二较高频率阵列两者的行(N)及列(M)中的每一个内的换能器元件。这些波束形成电路分别向与每一列及行相关联的信号提供时间及/或相位延迟。通过向与每一列及行相关联的信号提供时间及/或相位延迟,形成投射到阵列平面的外部且此外与第一及第二换能器阵列实质垂直的声束的第一及第二平面。因此,总体物理上集成的双频阵列300提供在两个不同频率下于两个轴上形成的多个声束。在本文所描述的2D换能器阵列的应用中有用的波束形成电路及其它电路的使用在(例如)1998年9月15日发布的且标题为“二维阵列换能器及波束形成器(Two-dimensional array transducer and beamformer)”的第5,808,967号美国专利中进行描述,其全部内容以引用的方式并入本文。

[0055] 现在参考图4,展示各种双频ADCP应用。特定来说,图4在流速剖面应用中说明双频平面阵列换能器的操作,其中双频平面阵列换能器可或者从移动水面船舶410或替代地从固定(即,停泊)位置420操作。具有双频平面阵列换能器的移动水面船舶可产生与深度成函数关系的流速剖面430。具有高时间、空间及速度分辨率的流速剖面利用经内嵌高频2D换能器阵列来在表面附近(这里存在更具空间及速度动态的流速)测量,而使用低频率2D换能器阵列来测量在水柱较深处(这里存在空间及速度动态较少的流速)的流速剖面。因此,此单一多频ADCP实现了多个离散单频ADCP本质上相同的性能,而如双频ADCP的简化安装可安装在(例如)船体上的单一位置内。

[0056] 虽然以上的详细描述已展示、描述且指出应用到各种实施例的本发明的新颖特征,但应了解,在不脱离本发明的情况下,所属领域的技术人员可对所说明的装置或过程的形式及细节进行各种省略、替代及更改。前述描述为目前所预期的实施本发明的最佳模式。此描述绝没有限制的意思,而应作为对本发明的一般原理的说明。应参考权利要求书确定本发明的范围。

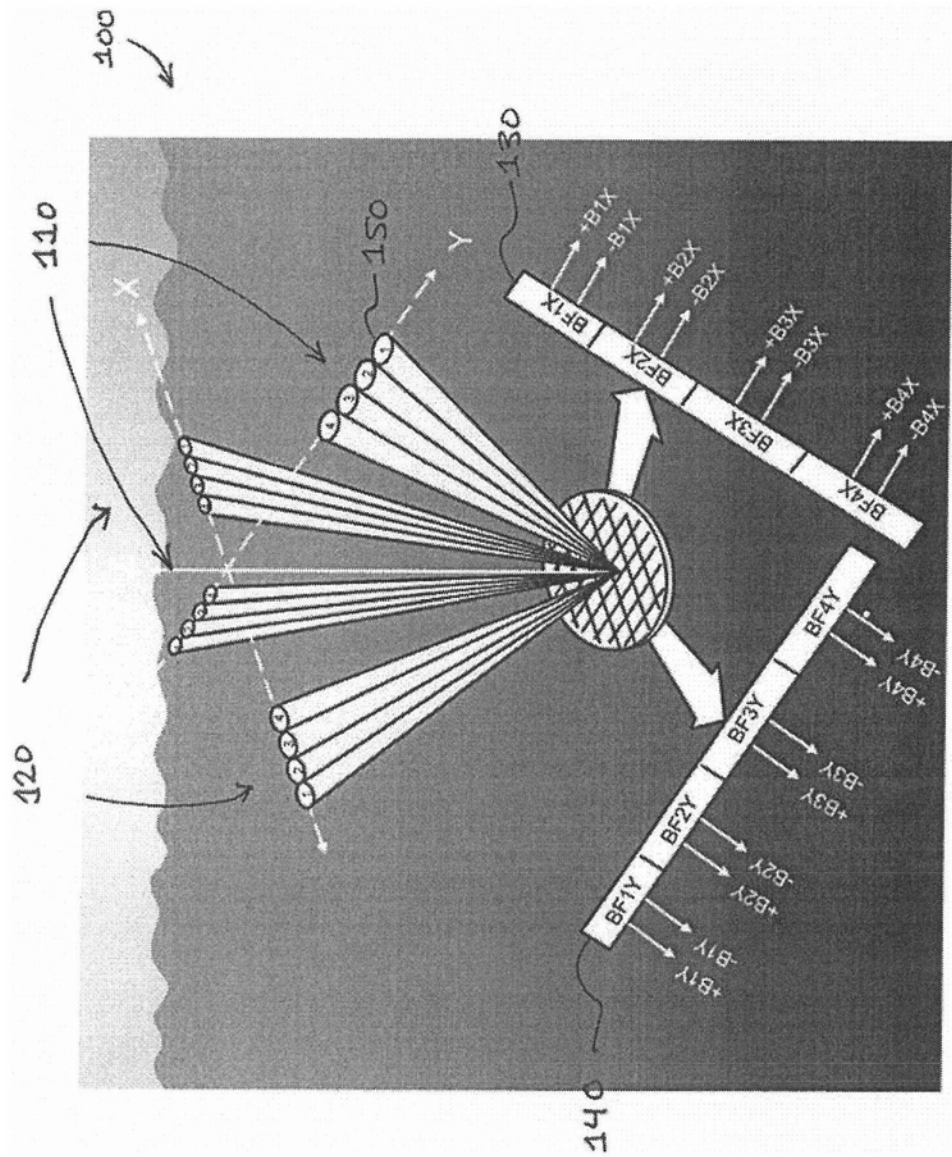


图1 (现有技术)

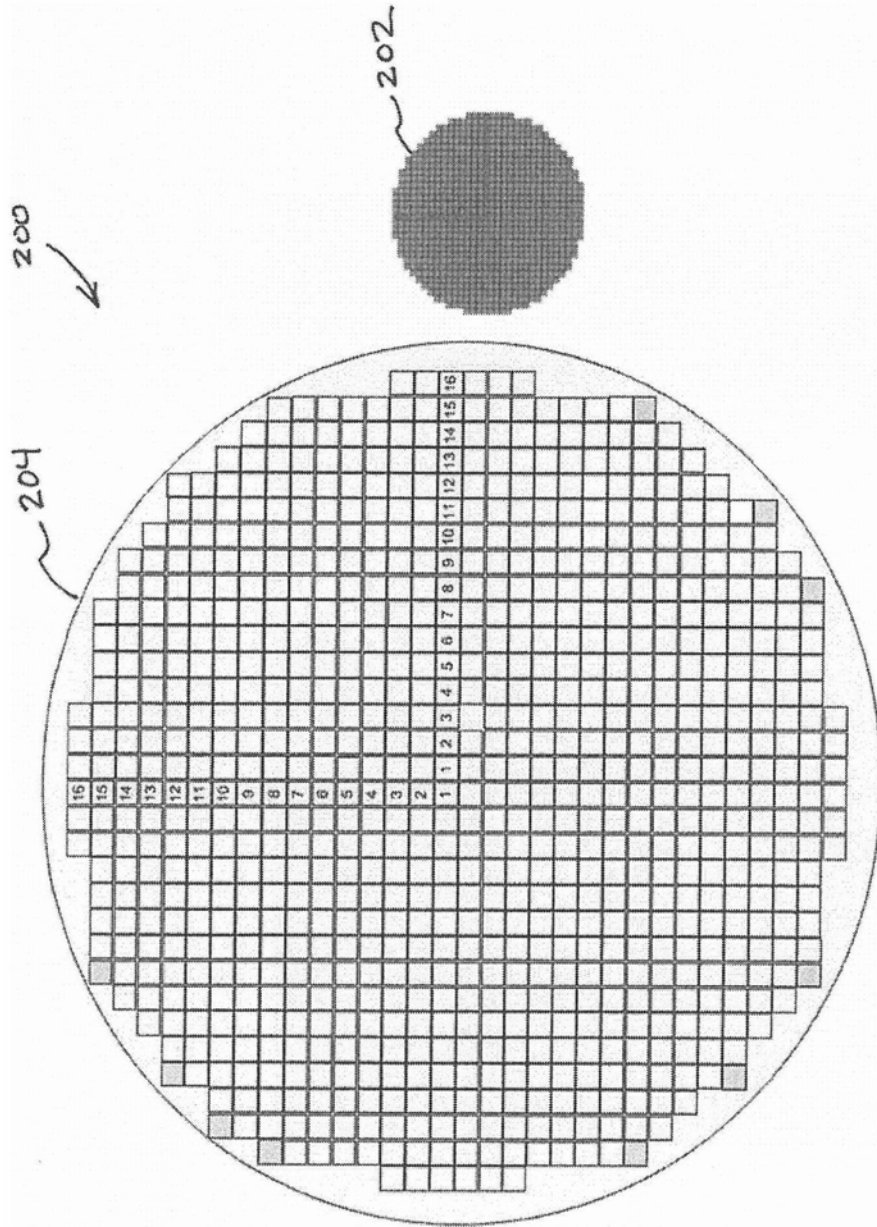


图2(现有技术)

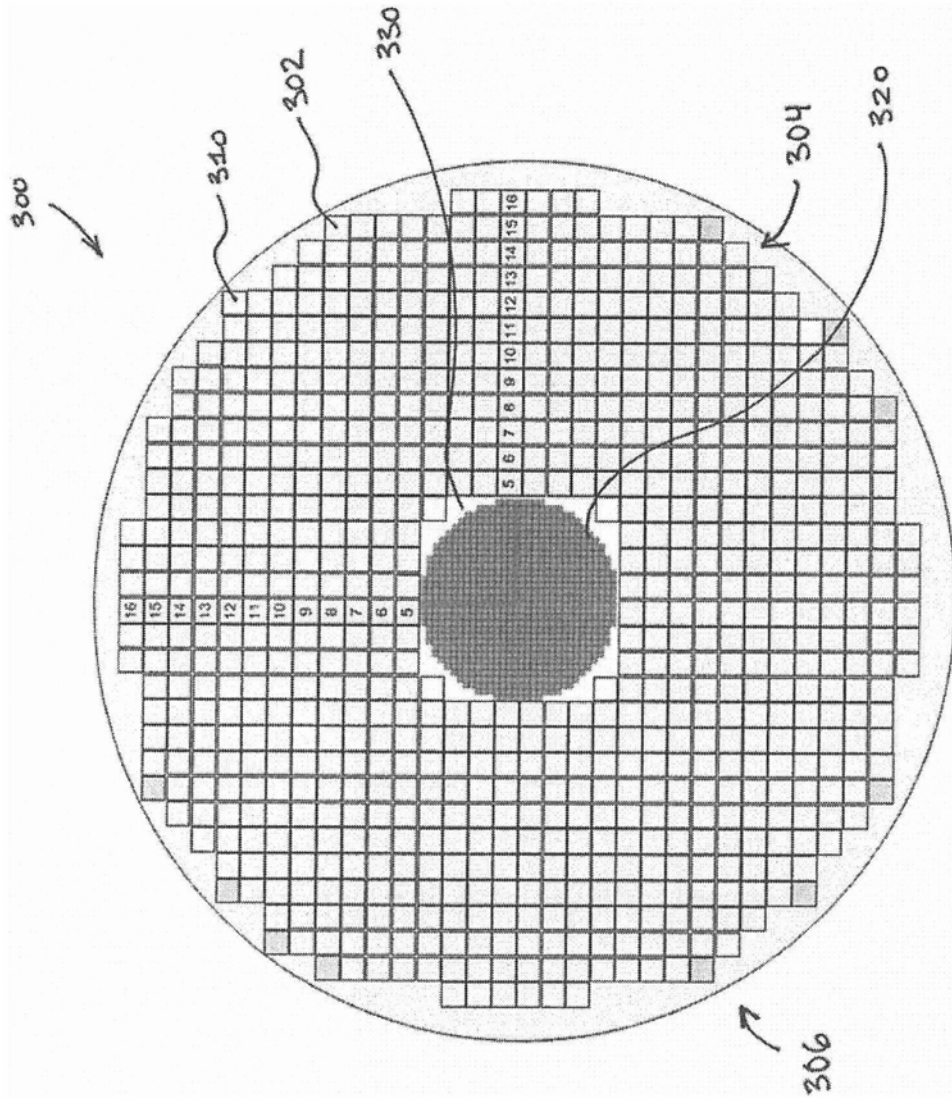


图3

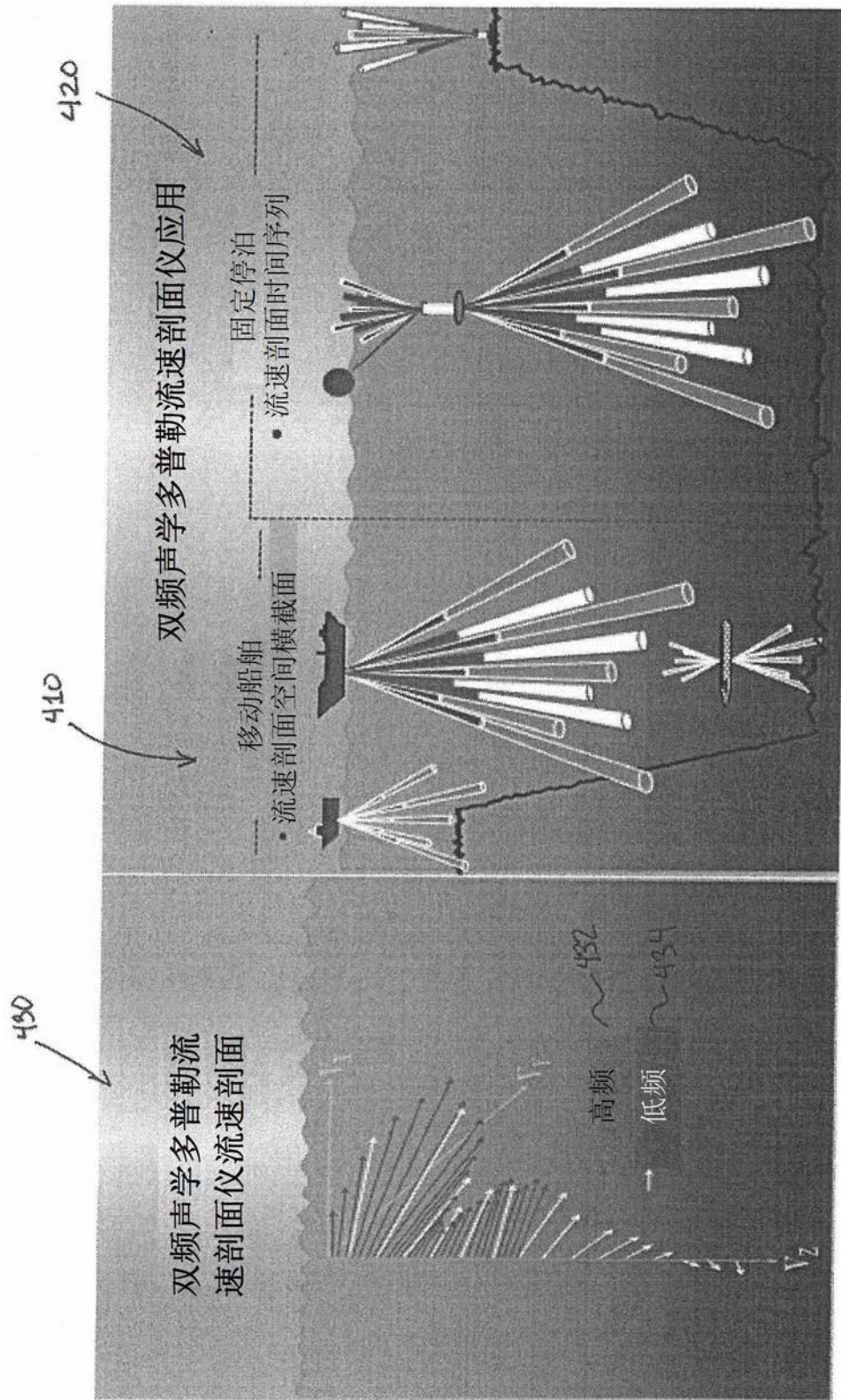


图4