



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104995796 B

(45)授权公告日 2017.10.13

(21)申请号 201380060211.8

(22)申请日 2013.12.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104995796 A

(43)申请公布日 2015.10.21

(30)优先权数据

2013154269 2013.12.06 RU

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.05.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/RU2013/001133 2013.12.18

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/084208 RU 2015.06.11

(73)专利权人 昆特里尔资产股份有限公司

地址 英属维尔京群岛托尔托拉岛

(72)发明人 E·V·科姆拉科夫

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038

代理人 吴信刚

(51)Int.Cl.

H01Q 21/00(2006.01)

H04B 1/50(2006.01)

(56)对比文件

US 3648284 A, 1972.03.07,

US 3854140 A, 1974.12.10,

US 2012268344 A1, 2012.10.25,

US 4766438 A, 1988.08.23,

US 5283587 A, 1994.02.01,

WO 0209233 A1, 2002.01.31,

US 2008316101 A1, 2008.12.25,

CN 201852934 U, 2011.06.01,

CN 1333935 A, 2002.01.30,

审查员 董志迪

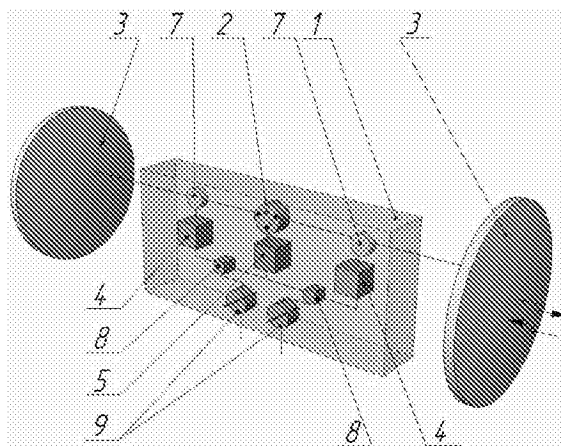
权利要求书1页 说明书5页 附图8页

(54)发明名称

接收器-发送器

(57)摘要

本公开提供一种接收器-发送器。所述接收器-发送器包括包含多个发送-接收模块的多个有源双侧相控阵APA,所述多个发送-接收模块中的每一个包括两个辐射元件、发送器、两个接收器和移相器,在保持环视的能力的同时把所述多个有源双侧相控阵布置成在水平平面中彼此成75-105°的角度,所述多个发送-接收模块中的每一个设有另外的移相器,上述两个移相器中的每一个都经由选择器开关持久地连接到接收器之一或发送器,并且发送器经由选择器开关和环行器连接到所述两个辐射元件,所述多个有源双侧相控阵在水平和/或垂直平面中相对于彼此偏移。



1. 一种接收器-发送器,所述接收器-发送器包括包含多个发送-接收模块的多个有源双侧相控阵,所述多个发送-接收模块中的每一个包括两个辐射元件、发送器、两个接收器、以及移相器,

其中,所述多个有源双侧相控阵中的每一个被制成一维或二维的,

在保持环视的能力的同时,所述多个有源双侧相控阵被布置成在水平平面中彼此成 $75-105^{\circ}$ 的角度,

所述多个发送-接收模块中的每一个设有另外的移相器,

上述两个移相器中的每一个都经由选择器开关持久地连接到接收器之一或发送器,并且发送器经由选择器开关和环行器连接到所述两个辐射元件,

与能够形成沿相反方向的至少两个独立波束的接收器接收模式的不同频率和编码对应,所述发送器能够在使用不同的频率和/或使用不同的信号编码的情况下交替地连接到所述两个辐射元件,

所述多个有源双侧相控阵在水平和/或垂直平面中相对于彼此偏移。

2. 如权利要求1所述的接收器-发送器,其中,有源双侧相控阵的每侧的面板能够被布置成在垂直平面中彼此成一角度。

3. 如权利要求1所述的接收器-发送器,其中,另外设有位于所述接收器-发送器之上和/或之下的至少一个雷达或通信站,使得能够在两个平面中扫描以向上和/或向下辐射。

4. 如权利要求3所述的接收器-发送器,其中,所述雷达或通信站被制成二维有源单侧相控阵。

5. 如权利要求3所述的接收器-发送器,其中,所述雷达或通信站被制成具有所述发送-接收模块的二维有源双侧相控阵,布置为在水平和垂直平面中相对于所述接收器-发送器具有位移。

接收器-发送器

技术领域

[0001] 本发明涉及有源相控阵 (APA) 技术,并且在建立用于移动或固定目标的雷达站以及通信系统方面可以获得广泛应用。

背景技术

[0002] 现有技术描述了基于APA技术的各种装置。

[0003] 关于基本特征的组合,与要求保护的装置最接近的是根据1972年3月7日公开的美国专利3648284A的双面相控阵的布置,并且其包括包含发送-接收模块 (TRM) 的二维双面相控阵,具有把同时沿相反方向辐射和接收的一个发送器和两个接收器转向 (commutate) 两个辐射元件的能力。

[0004] 上述技术方案的缺点是:需要使用三个双面相控阵来提供环视,这增加了雷达系统的成本;低扫描速度,这造成半球上部中的宽盲区;因为在TRM中使用了唯一的移相器所以不可能沿相反方向形成完全独立的波束,这显著降低了能势以及雷达系统中使用的能力,并且几乎完全阻碍它们在通信系统中的使用;不能沿相反方向使用不同的信号编码,这在同时发送和接收的情况下降低了抗噪声能力;由于仅使用二维阵列造成通信系统的低效率;由于缺少在水平和/或垂直平面中关于彼此偏移的双侧阵列造成难以安装以及存在阴影扇区。

发明内容

[0005] 采用本发明获得的技术效果包括:增加了能势 (energy potential) 和效率,以及在提供环视的同时降低了雷达系统或通信系统的成本,增大了垂直平面中的扫描区域,提供了形成沿相反方向的完全独立波束的能力并且不存在阴影扇区。

[0006] 采用本发明获得的技术效果包括:由于在TRM中使用另外的移相器沿相反方向形成至少两个独立波束,所以增加了接收器-发送器的能势和效率;因为仅使用了两个双侧APA,所以降低了装置的成本;由于使用了另外的单侧或双侧APA,或者由于双面有源相控阵的每一面的面板在垂直平面中以一角度安装到彼此的事实,所以消除了上半球和/或下半球中的装置的任何盲视区域;由于在向不同方向发送时使用了不同的信号编码,所以另外增加了抗噪声能力;由于APA在垂直和/或水平平面中相对于彼此偏移,所以有利于APA定位以及消除阴影扇区。

[0007] 通过以下事实获得上述技术效果:在包括包含发送-接收模块的有源双面相控阵的接收器-发送器中,所述发送-接收模块中的每一个包括两个辐射元件、发送器、两个接收器、两个隔离开关、混合器和移相器,所述双面相控阵被制成一维或二维的,在保持环视的能力的同时把所述双面相控阵布置成在水平平面中彼此呈 $75-105^{\circ}$ 的角度,所述发送-接收模块设有另外的移相器,两个移相器中的每一个都经由选择器开关持久地连接到接收器之一或发送器,并且发送器经由选择器开关和环行器连接到辐射元件,所述发送器可以在使用不同的频率和/或使用不同的信号编码的情况下交替地连接到辐射元件,与可以形成沿

相反方向的至少两个独立波束的接收器接收模式的不同频率和编码对应,有源双侧相控阵在水平和/或垂直平面中相对于彼此偏移。

[0008] 还通过以下事实获得上述技术效果:有源双侧相控阵的每侧的面板能够被布置成在垂直平面中彼此成一角度。此外,所述接收器-发送器可以另外设有位于所述接收器-发送器之上和/或之下的至少一个雷达或通信站,能够在两个平面中扫描以向上和/或向下辐射。在该实例中,所述雷达或通信站可以被制成二维有源单侧相控阵,或者具有权利要求1描述的发送-接收模块的二维有源双侧相控阵并且在水平和垂直平面中相对于所述接收器-发送器具有位移。

附图说明

[0009] 通过附图图示本发明的要旨,其中:

[0010] 图1示意性地示出了来自最接近现有技术美国专利3648284的TRM;

[0011] 图2示出了要求保护的TRM构造的总视图,具有具备用于发送通道的选择器开关的两个辐射元件,具有两个独立接收器和两个独立移相器,其中,1表示TRM,2表示选择器开关,3表示辐射元件,4表示接收器,5表示发送器,7表示环行器,8表示接收-发送的开关,9表示移相器;

[0012] 图3示出了在水平平面中提供360°扫描的两个一维APA的总视图,其中,1表示TRM,3表示辐射元件,6表示APA面板,11表示外壳;

[0013] 图4示出了在水平平面中提供全方位360°扫描且在垂直平面中提供 $\pm 45-60^\circ$ 扫描的两个二维APA的总视图,其中,1表示TRM,3表示辐射元件,6表示APA面板,11表示外壳;

[0014] 图5示出了具有成一角度布置的面板、在水平平面中提供360°扫描且在垂直平面中提供从水平线开始高达90°的扫描的两个二维APA的总视图,其中,1表示TRM,3表示辐射元件,6表示APA面板,11表示外壳;

[0015] 图6示出了具有具备传统TRM的另外的二维单侧APA的装置的总视图,其被布置成可以向上辐射,其中,1表示TRM,3表示辐射元件,6表示APA面板,11表示外壳;

[0016] 图7示出了具有一个另外的二维APA的装置的总视图,所述一个另外的二维APA具有具备发送通道开关、两个独立接收器和两个独立移相器的TRM,并且被布置成相对于接收器-发送器具有偏移并且可以向上和向下辐射,其中,1表示TRM,3表示辐射元件,6表示APA面板,11表示外壳;

[0017] 图8示出了用于雷达-通信船桅杆的接收器-发送器的总视图的示例。

具体实施方式

[0018] 在最近几十年里,在雷达和通信系统中使用APA变得非常广泛。然而,TRM的成本仍然相当高。同时,由于诸如单片微波集成电路(MMIC)之类的现代高频集成电路技术,TRM的尺寸变小。TRM的减小的尺寸使得能够容易地构建根据本发明的装置。

[0019] 当需要环视时,构建雷达或通信系统的传统方案在于使用四个APA,所述四个APA中的每一个在水平和垂直平面中执行 $\pm 45-60^\circ$ 扫描。因此,为了提供相对窄的方向图,例如在任何范围内的 2° ,各个APA将包括多于3000个的APA。在四个APA的情形中,需要使得能够形成四个完全独立波束的多于12000个的APA。这种雷达相当昂贵。根据所要求保护的发明

的装置在保持其能势和四个独立波束时使得能够降低这种雷达的成本,因为大约80%的成本与TRM模块有关,另外的接收器和移相器的成本并不高。

[0020] 图1示出了在美国专利3648284中公开的布置,其中,10表示发送器,12和14是辐射元件,16是选择器开关,18是移相器,20和28是混合器,24和26是接收器。相比于使用单面相控阵的雷达系统,其能够两倍地降低TRM的数量,但是能势将会低于两个独立的单侧相控阵的情形。由于对于不同方向仅使用一个移相器,所以将会出现发射和接收具有相同相位的信号,这使得不能形成完全独立的波束。

[0021] 图2示出了一种布置,其中,1表示TRM,2是开关,3表示辐射元件,4是接收器,5是发送器,7表示环行器,8表示发送-接收选择器开关,9表示移相器。这种布置使得能够同时发射和接收,因为使用了两个独立的移相器,所以不同方向以及具有不同相位的信号因此能够在相反的APA面板上形成完全独立的波束,而没有损失能势。

[0022] 图3示出了包括按照正交方式安装的两个一维双侧APA的雷达或通信系统,所述两个一维双侧APA沿相反方向工作并且包括图2所图示的TRM。这种布置在提供环视的同时使每个阵列面板能够沿相反方向在水平平面中用独立电子波束扫描 $\pm 45-60^\circ$ 。在互相正交的平面中布置2个二维APA,在来自各个APA面板(图4)的独立波束的帮助下,实现了水平平面中的环视以及在垂直平面中的 $\pm 45-60^\circ$ 。这种布置为在使用6000个TRM而不是12000个TRM的同时维持能势以及形成独立波束提供了环视的可能性。为了防止形成阴影扇区,把一维或二维双面APA在垂直和/或水平平面中安装为具有相对于彼此的某种偏移,并且可以考虑数学上的视差。

[0023] 如果具有传统环视APA的雷达具有12000个1W功率的TRM以及10的开关时间比(10%的工作时间),其平均功率将是1200W。当使用根据本发明的装置提供环视时,仅需要6000个1W的TRM,但是它们将工作20%的时间,整个系统的平均功率也等于1000瓦特。

[0024] 在使用具有根据本发明的布置(图2)的TRM的情形中,发送通道也经由用于两个辐射元件的选择器开关来工作,接收独立通道(4)持久地连接到两个辐射元件。在这种情形中,对于各个辐射元件,TRM发送器(5)将以5-10的开关时间比来工作,即,它将总计工作20-40%的时间。当发送器为一个辐射元件工作时,这个辐射元件的接收器在环行器(7)的帮助下被阻塞,同时,相对的辐射元件的接收器继续为接收而工作,因为其未受沿相反方向的辐射的干扰。为了防止反射信号影响相对的开路接收器,可以沿不同方向以近似但不同的频率发射,和/或使用信号的不同编码,例如移相信号。

[0025] 在现有技术的RTM中,仅存在一个移相器。在把这样的TRM用于对接收和发送同时工作的相控阵中的情形中,几乎不可能形成两个独立波束,因为发送信号的相位与接收信号的相位相同。在这种情形中,将沿相反方向对于发射和接收形成相对于辐射元件的各个面板的垂线的近似方向的波束。同时,对空间的常规监测比使用根据本发明的具有两个移相器的装置的TRM花费更多的时间。如果例如从一个面板发送脉冲,则现有技术的TRM将发送器转向另一板,并且第一面板接收器开始接收反射信号。这时,发送器从第二面板发送脉冲,并且在第二面板处立即开始接收反射信号。因为仅存在一个移相器,所以两个面板都以相同相位工作。在第一面板接收全信号后,它开始等待,因为第二面板还没有完全接收信号,因为脉冲被稍后发送,并且禁止改变相位。只有在第二面板处完全接收信号之后,才可以改变该相位,并且沿另一方向发送下一脉冲。考虑到现代雷达使用相当长的脉冲,时间损

耗对于常规监测来说将是重要的。此外,具有电子波束扫描的现代雷达系统不仅被用于常规空间监测。在检测目标时,波束中断常规监测,并且另外处理这些目标。在存在危险目标时,由常规监测时间导致对于它们的工作时间增加。对于对目标的工作时间,如现有技术中具有具备一个移相器的TRM的相控阵在沿相反方向同时工作时完全放松了其效率,因为沿远离阵列的另一侧的相同方向很可能没有目标。在这种情形中,当TRM使用根据本发明的装置时,相对的面板可以继续执行常规监测,或者独立于第一面板对目标工作。这就是使用具有一个移相器的TRM在常规监测的情形中造成时间和能势损耗,以及在对目标工作时造成另外的损耗的原因,这显著降低了雷达系统的效率,特别是当存在很多目标时,虽然这种情形恰恰需要高效的雷达。

[0026] 如现有技术中具有具备单个移相器的TRM的相控阵是低效的或者一般不能用于通信系统。基于相控阵的通信系统用于接收和发送关于位于已知方向上的特定目标的数据。当对来自一侧的目标工作时,不可能在相同方向上具有来自另一侧的另一目标。在这种情形中,通信系统的效率将非常低,因为当从一侧对目标进行工作时,另一侧将根本不会工作。并且在使用这种系统作为转发器的情形中,它将根本不工作,因为需要从一侧的对象连续接收信息,并且立即将该信息发送给另一侧的另一目标。这些对象的方向相同是极为不可能的。

[0027] 当在具有环视的传统雷达中使用四个APA时,分离的APA的面板通常不被垂直安装,而是与水平线成一角度。这产生了在垂直平面中增大雷达视野的情况。当分离的APA面板被安装为与水平线呈 30° 的角度时,并且当在垂直平面中的扫描是 $\pm 45-60^\circ$ 时,雷达在垂直平面中相对水平线具有 $75-90^\circ$ 的视野,即,其覆盖整个半球。现有技术仅提供了在垂直平面中的面板的平行布置,这是该装置的明显缺点,因为在上部和/或下部视野半球中出现 $60-90^\circ$ 的大的盲视区域。为了补偿这个缺点,用于上半球的本发明的装置也可以用分离的APA面板制成,例如与水平线成 30° 的角度,并且用这种方式,在垂直平面中的整个视野将覆盖所有的上半球(参见图5)。然而在这种情形中,在下部TRM中会出现与损耗相关的一些问题,因为从TRM到辐射元件的距离相当远。增大视野区域以防止上述缺点的另一方式是使用另外的APA。

[0028] 在对于目标 45° 的定位角度,距相同目标的距离即使在大约20km的飞行高度也将是约28km,这不太大。可以由包括具有低的总能势的传统TRM并且按照在上部视野扇区进行发射的方式在顶部安装的单个单侧二维APA来提供以这种或更少的距离对目标的检测(参见图6)。这种APA需要在 $\pm 45-60^\circ$ 的界限内在两个平面中进行扫描。在这种情形中,这种APA的总天线方向图将表现为具有 $90-120^\circ$ 的孔径角($\pm 45-60^\circ$)的球体的一部分,这将使得能够采用雷达系统完全监视整个上半球。随着需要照射整个球体,在顶部和底部安装这样的APA。

[0029] 考虑到在上部和/或下部视野扇区中与目标的距离相比于水平方向下降10倍,这种二维APA可以包括很少量的TRM,例如 16×16 个TRM,总共给出256个元件,然而这种APA的天线方向图将是 $8^\circ \times 8^\circ$,这会影响上部和/或下部扇区中的雷达系统的分辨率,虽然在这些扇区中这种雷达系统的能势将是相当充足的。总体上,本发明的雷达系统在使用上部单侧APA时将具有6256个TRM,然而具有四个传统APA的雷达系统具有12000个TRM。

[0030] 为了获得球形的视野区域,也可以使用单个二维双侧APA,其具有具备发送器的选

择器开关的TRM、两个接收器和两个移相器(按照在上部和下部视野扇区进行发射并且相对于两个正交APA在水平和垂直平面中具有偏移的方式安装),能够考虑数学上的视差(参见图7)。然后,具有球形视野区域的雷达系统以及尺寸为 16×16 个TRM的另外的双侧二维APA将包括6256个TRM。包括与水平线成一角度排列的四个APA和12000个TRM的雷达系统的传统设计遮盖了半球,并且通常不能提供球形视野区域。

[0031] 为了覆盖依据本发明的具有二维双侧APA的装置的上部和/或下部视野扇区中的大盲区,不仅可以安装使用安装在顶部和/或底部的二维单侧APA,或者具有上部和下部视野扇区的单个二维双侧APA,而且可以使用实现相同功能的其他雷达结构,例如无源传递(passed)阵列、具有机械扫描的结构等。

[0032] 图8公开了通过使用双侧一维和二维APA和单侧APA来构建船载雷达-通信桅杆以监视上部视野扇区的示例。船载雷达-通信桅杆包括透射线的雷达天线罩(30)、桅杆(31)、S波段雷达的双侧二维APA(32)、S波段的双侧一维APA(33)、X波段雷达的双侧二维APA(34)、X波段通信系统的双侧一维APA(35)、X波段雷达的单侧二维APA,以监视上部视野扇区(37)。

[0033] 通过船载雷达-通信桅杆的示例,可以容易地观察到,不同波段的两个独立的雷达系统和两个独立的通信系统的安装提供了各个系统的全值环视,而没有由彼此和由桅杆形成的任何阴影扇区,因为双侧阵列在垂直和水平平面上偏移。把如旋转APA的结构或者现有技术中描述的“Y”形状的结构用于这样的四个系统将仅在安装在桅杆的顶部的系统中不会产生阴影扇区。其他三个系统将具有由桅杆和/或由彼此产生的阴影扇区,这显著影响了雷达或通信系统的效率。另外,如现有技术中具有《Y》形状的结构的最大扫描角度将是 $\pm 30^\circ$ 。采用较大扫描角度,由相邻阵列产生的阴影将会出现。

[0034] 根据本发明的装置公开的结构可以在声纳中高效地使用,在声纳中还使用有源相控阵,并且当前还关心2倍降低的TRM的数量。

[0035] 工业实用性

[0036] 根据本发明的装置可应用于使用APA的雷达、通信和声纳系统。

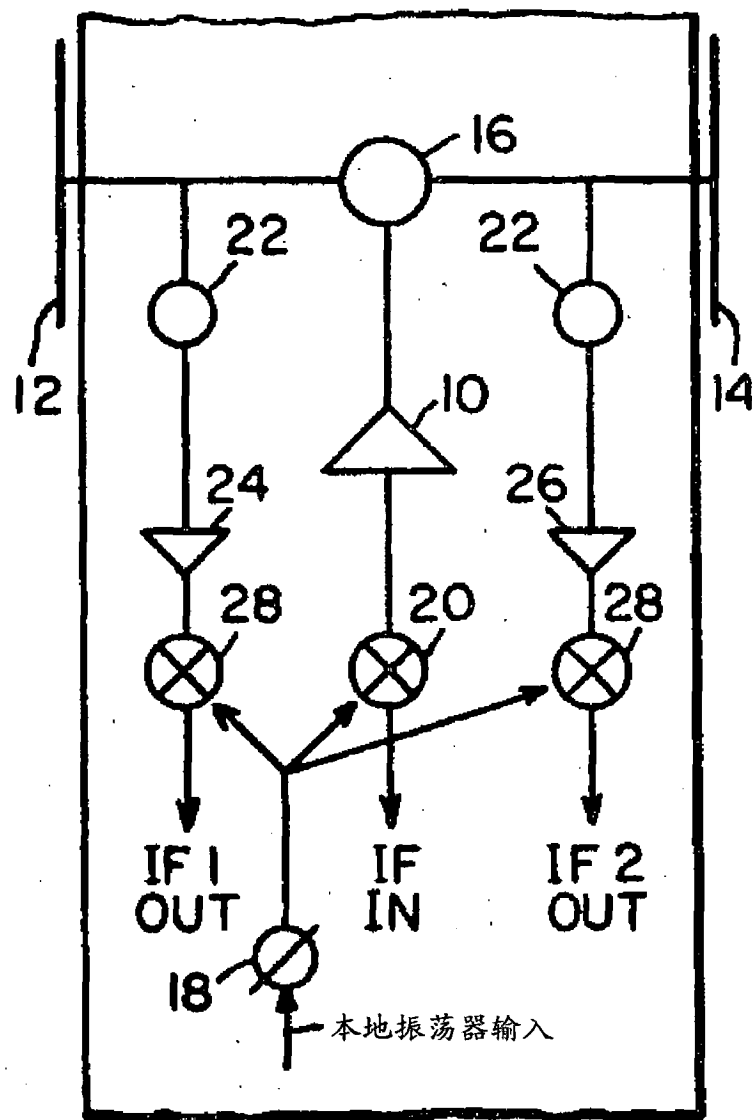


图1

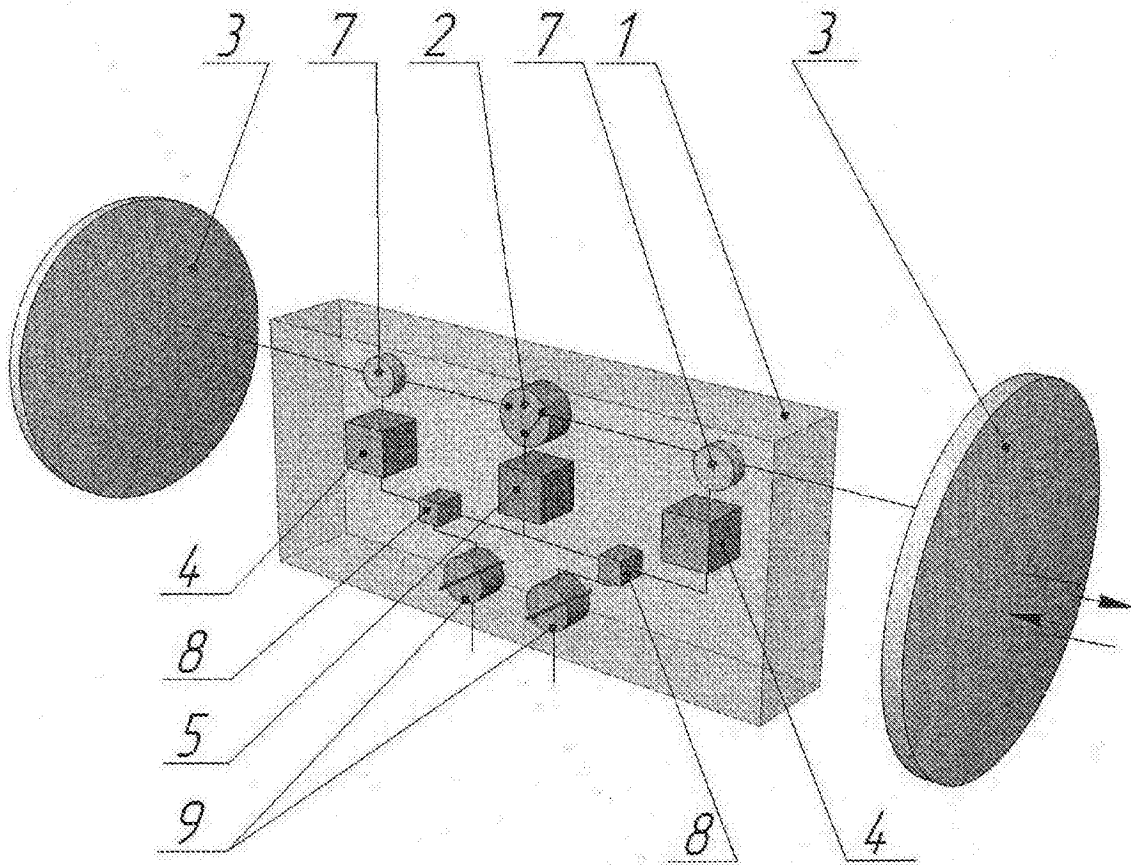


图2

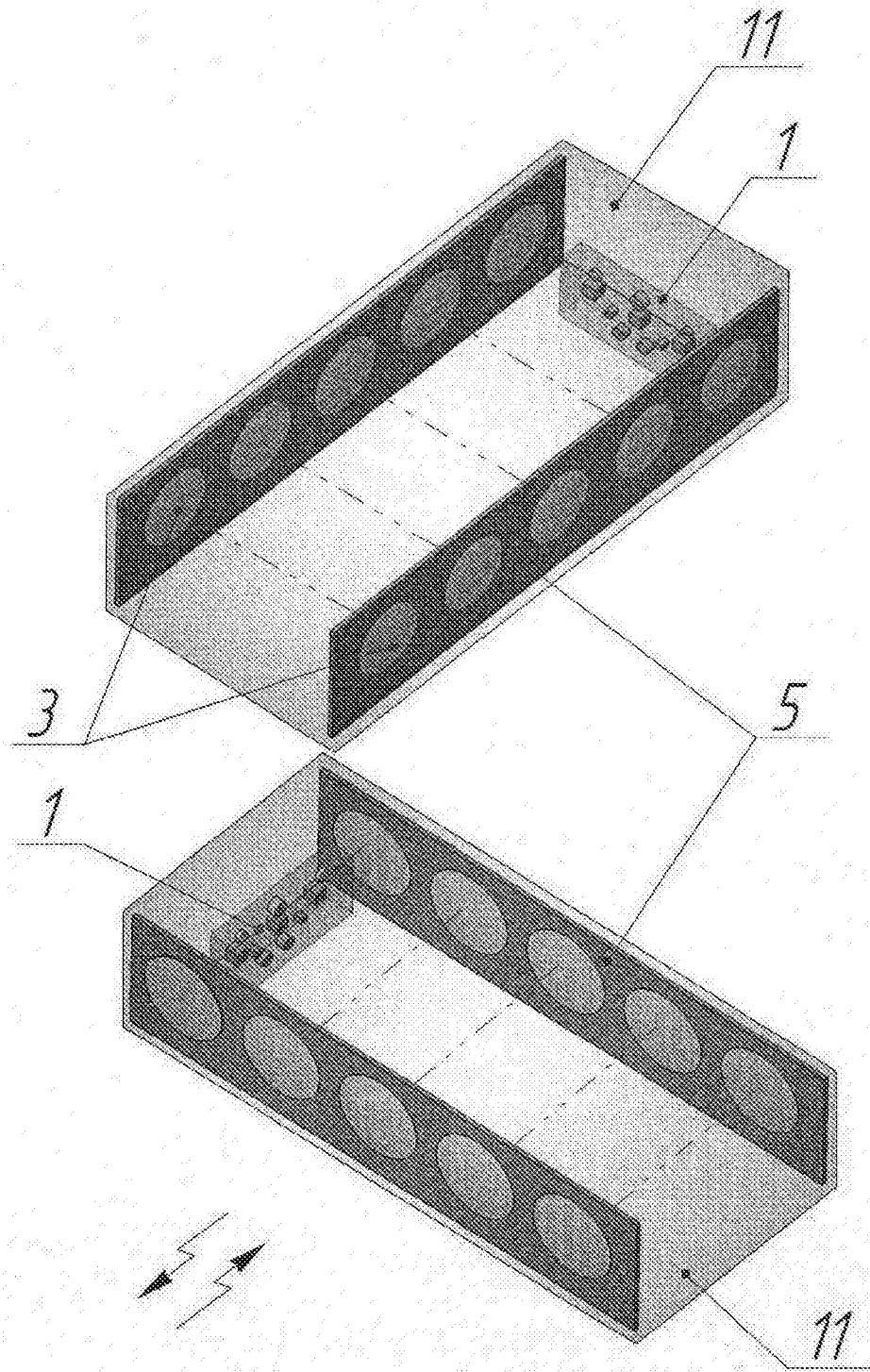


图3

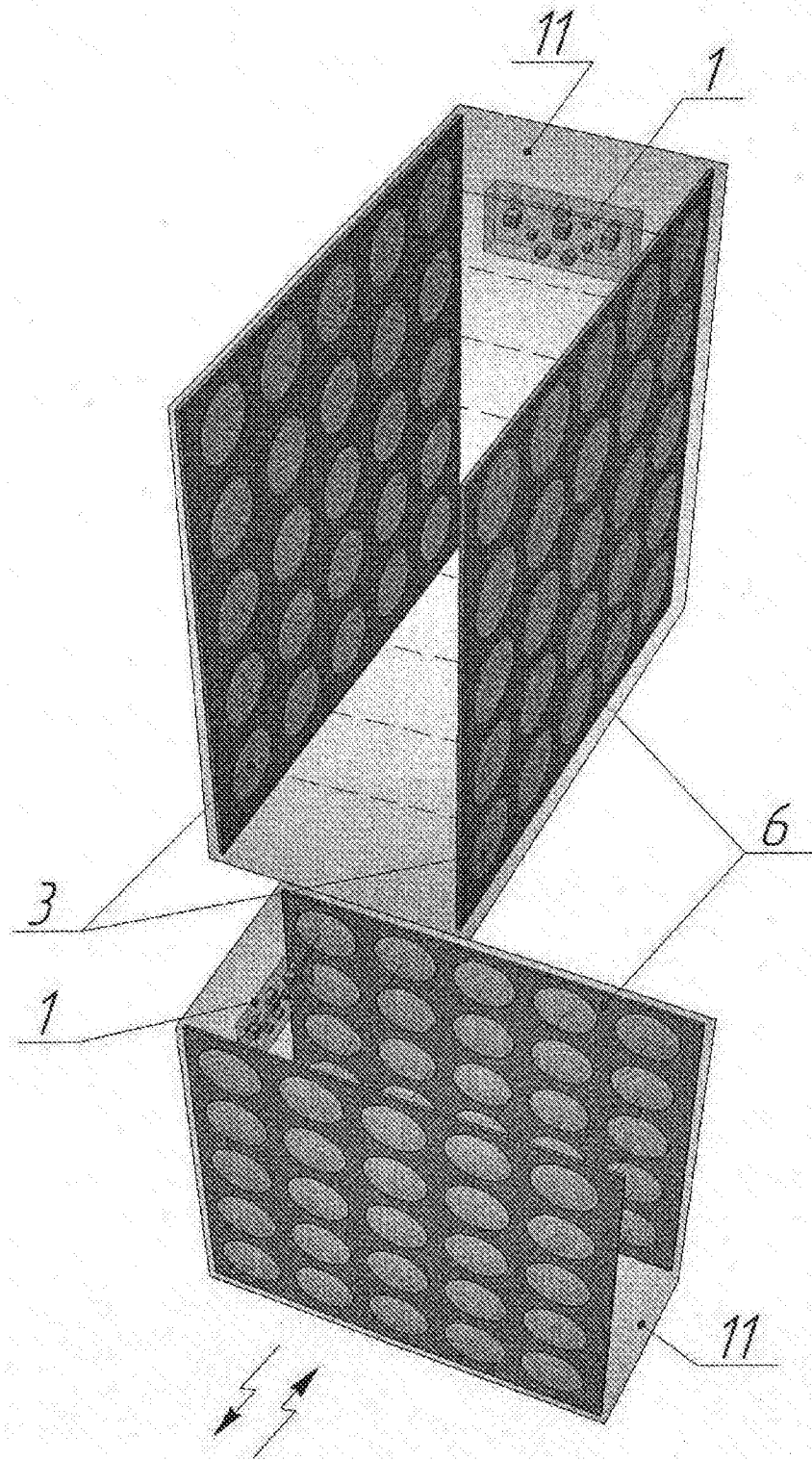


图4

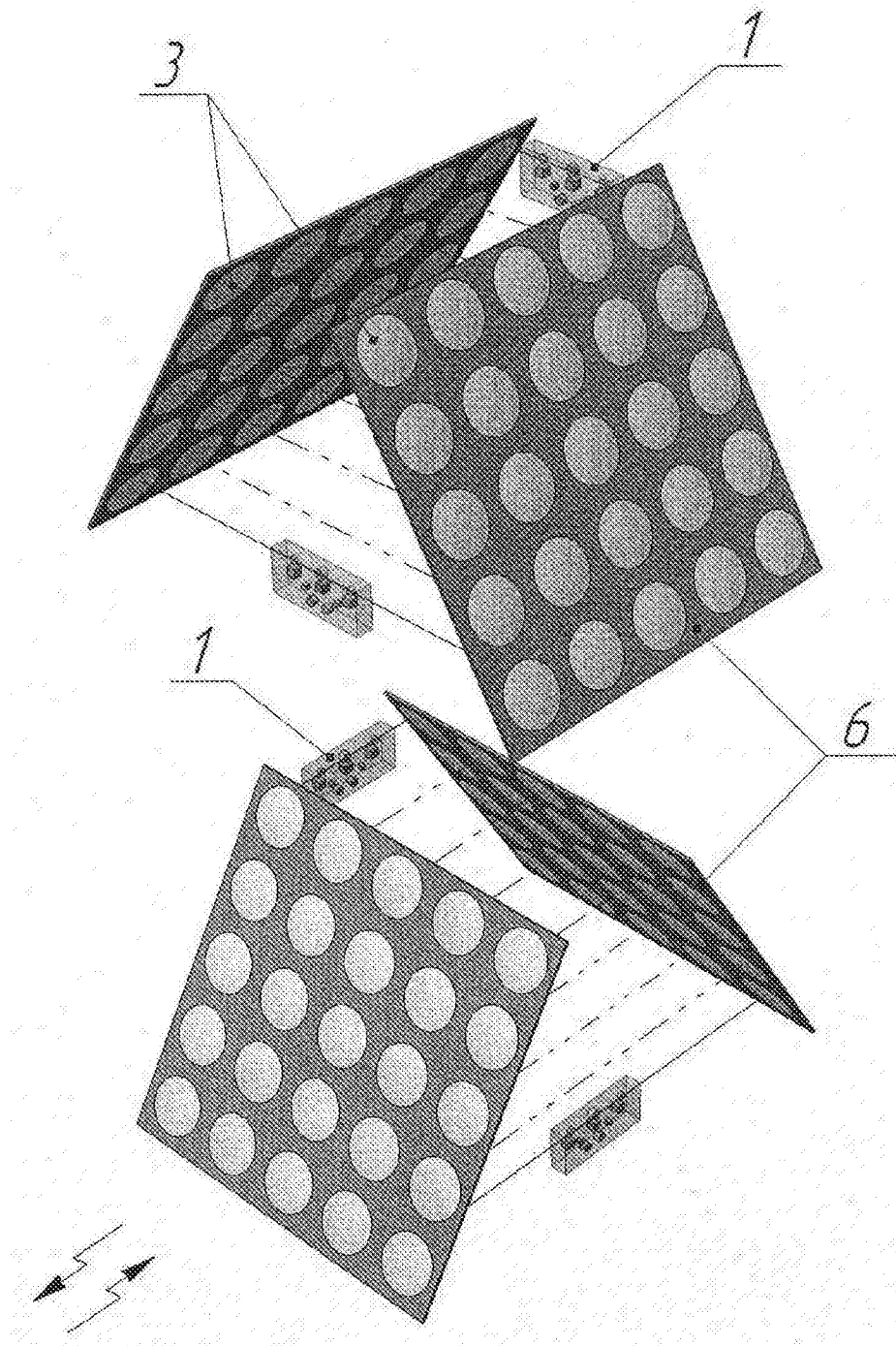


图5

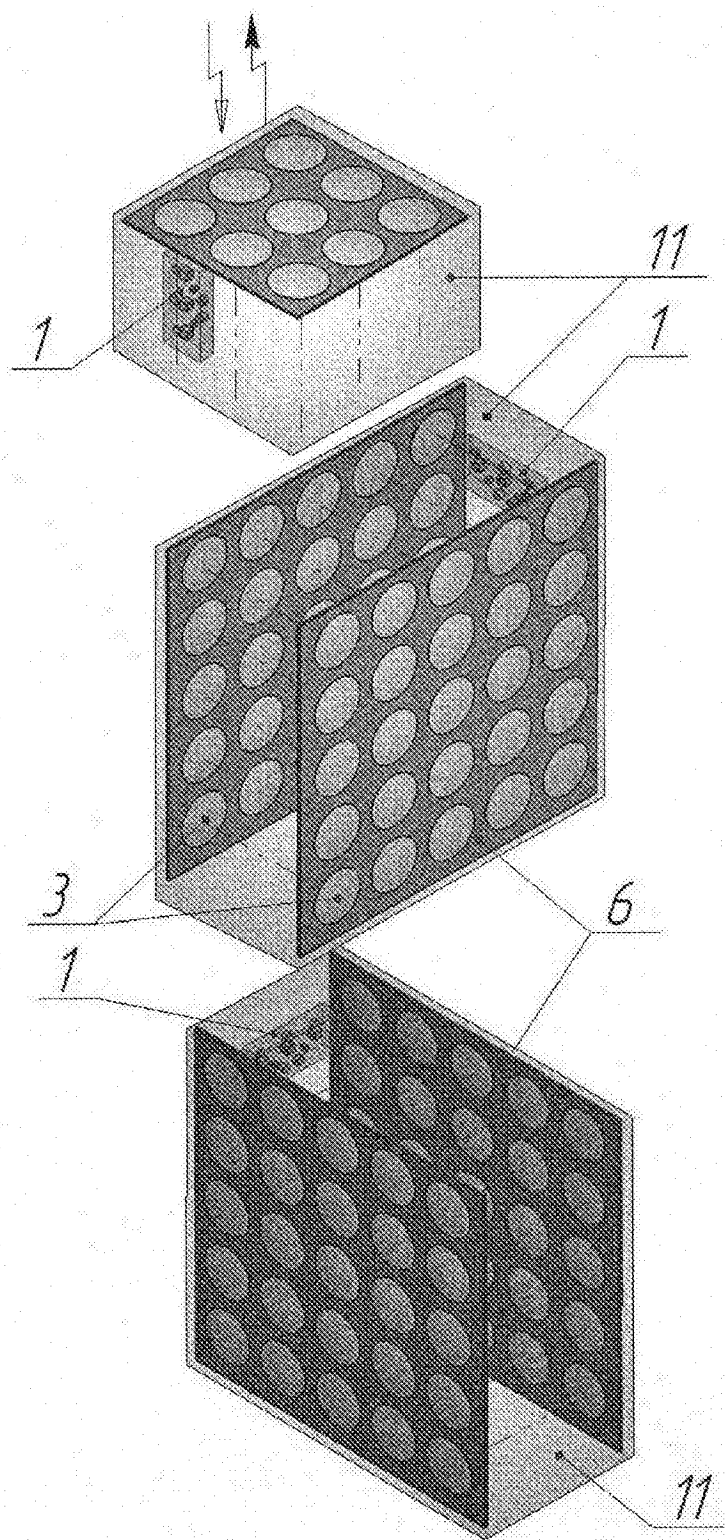


图6

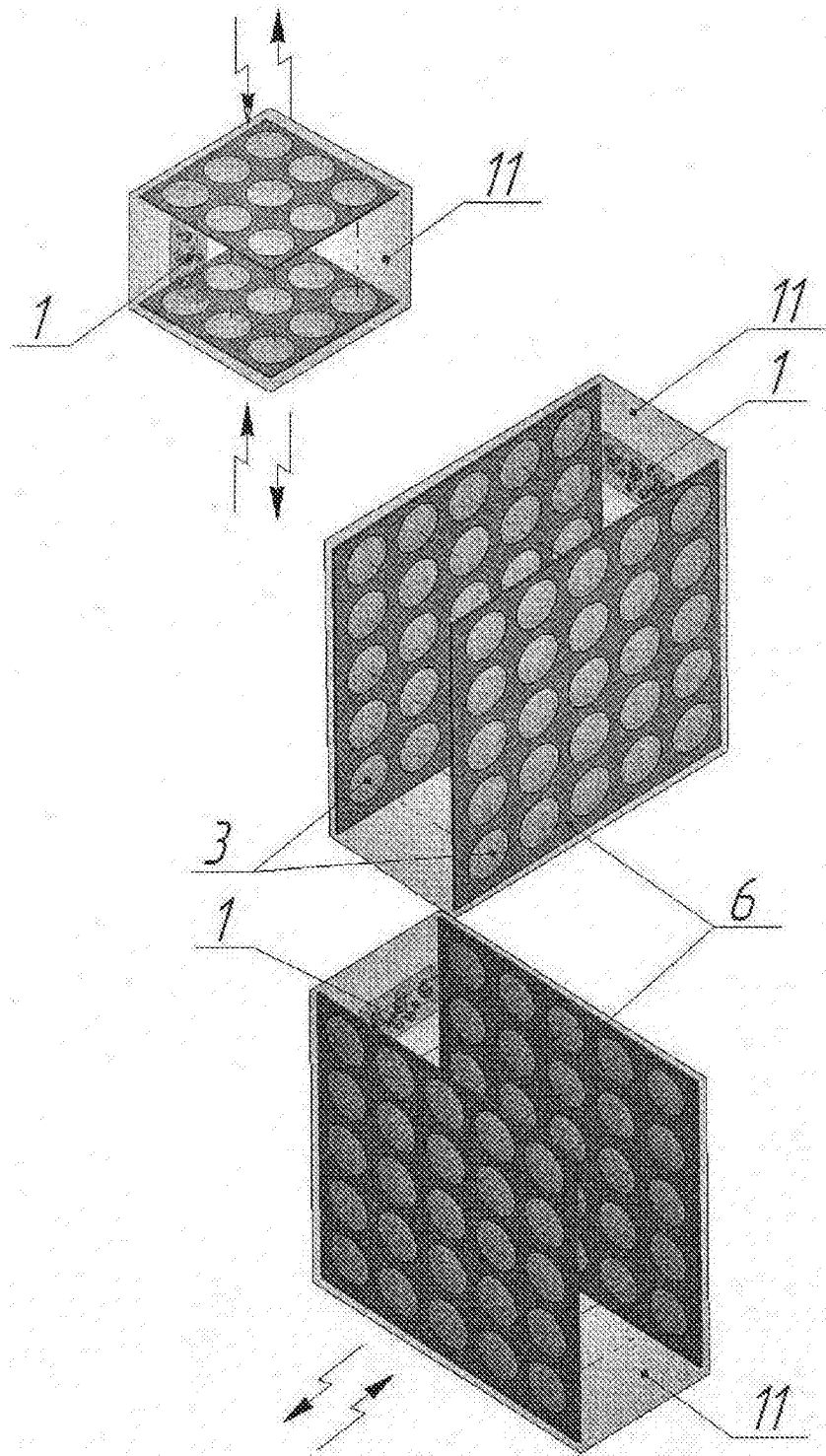


图7

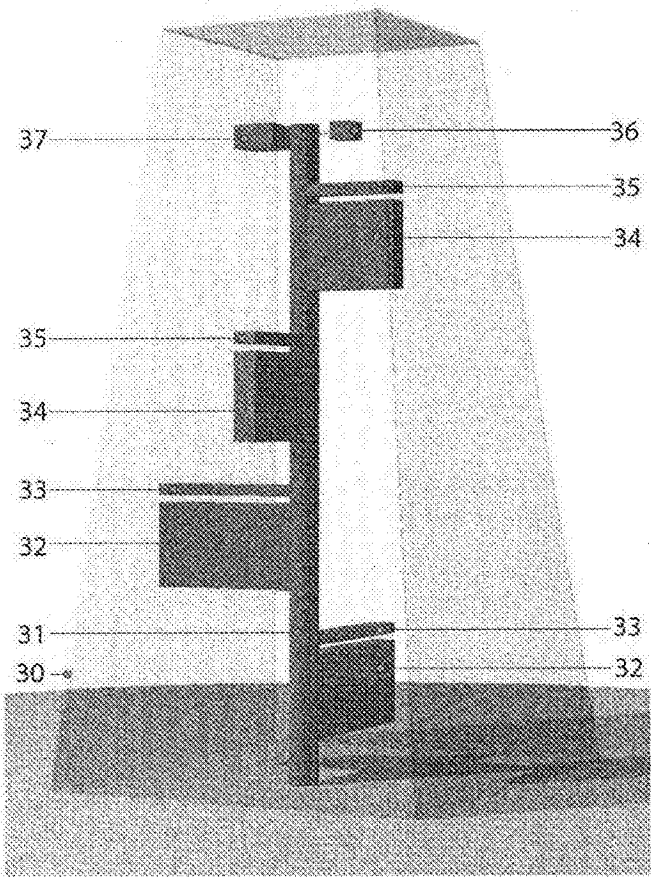


图8