



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111295798 B

(45) 授权公告日 2022. 01. 21

(21) 申请号 201880070530.X

(22) 申请日 2018.11.06

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111295798 A

(43) 申请公布日 2020.06.16

(30) 优先权数据  
17200223.0 2017.11.06 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.04.28

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/IB2018/058697 2018.11.06

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/087166 EN 2019.05.09

(73) 专利权人 瑞士十二公司  
地址 瑞士雷恩斯

(72) 发明人 埃斯特万·梅纳格戈麦斯  
桑蒂亚戈·卡德维拉卡斯坎特  
托米斯拉夫·杰博戈维奇

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 王艳江 李春艳

(51) Int.Cl.  
H01P 1/161 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2017170570 A1, 2017.06.15  
CN 1409433 A, 2003.04.09  
WO 2012172565 A1, 2012.12.20  
EP 0805511 A2, 1997.11.05  
US 4228410 A, 1980.10.14  
JP H07221501 A, 1995.08.18  
US 2006226931 A1, 2006.10.12  
Nelson J.G. Fonseca等. Compact  
Orthomode Power Divider for High-  
Efficiency Dual-Polarisation Rectangular  
Horn Antennas.《6th European Conference on  
Antennas and Propagation (EUCAP) 2011》  
.2011, (续)

审查员 曹乾

权利要求书2页 说明书8页 附图11页

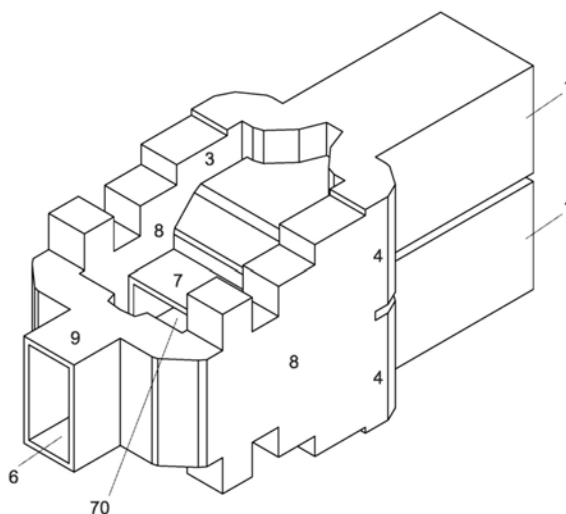
(54) 发明名称

正交模转换器

(57) 摘要

一种正交模转换器,包括:第一Boifot结;第二Boifot结,第一Boifot结和第二Boifot结中的每一者包括双极化端口、第一侧向端口、第二侧向端口以及沿着信号在双极化端口中传播的方向的第三单极化端口,第一侧向端口和第二侧向端口是单极化的;第一功率分配器,第一功率分配器用于将第一Boifot结的第一侧向端口与第二Boifot结的第一侧向端口联接至第三端口;第二功率分配器,第二功率分配器用于将所述第一Boifot结的第二侧向端口与第二Boifot结的第二侧向端口联接至第三端口;第三功率分配器,第三功率分配器用于将第一功率分配器的第三端口与第二功率分配器的第三端口联接至第四

单极化端口。



CN 111295798 B

[接上页]

(56) 对比文件

Nelson J.G.Fonseca等.Compact Waveguide Othomode Transducer Without Crossing.《2009 13th International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics and the Canadian

Radio Science Meeting》.2009,  
Jorge A. Ruiz-Cruz等.Full-Wave Modeling and Optimization of Boifot Junction Ortho-Mode Transducers.《2008 Wiley Periodicals, Inc》.2008,

1. 一种正交模转换器,包括:

第一Boifot结(10);

第二Boifot结(10);

所述第一Boifot结和所述第二Boifot结中的每一者包括双极化端口(1)、第一侧向端口(3)、第二侧向端口(4)以及沿着信号在所述双极化端口中传播的方向的第三单极化端口(2),所述第一侧向端口和所述第二侧向端口是单极化的;

第一功率分配器(8),所述第一功率分配器用于将所述第一Boifot结的第一侧向端口(3)与所述第二Boifot结的第一侧向端口(3)联接至第三端口(80);

第二功率分配器(8),所述第二功率分配器用于将所述第一Boifot结的第二侧向端口(4)与所述第二Boifot结的第二侧向端口(4)联接至第三端口(80);

第三功率分配器(9),所述第三功率分配器用于将所述第一功率分配器(8)的第三端口(80)与所述第二功率分配器(8)的第三端口(80)联接至第四单极化端口(6)。

2. 根据权利要求1所述的正交模转换器,还包括:第四功率分配器(7),所述第四功率分配器用于将所述第一Boifot结的第三单极化端口(2)与所述第二Boifot结的第三单极化端口(2)联接至第五单极化端口(70)。

3. 根据权利要求2所述的正交模转换器,其中,所述第四功率分配器(7)被放置在所述第一功率分配器与所述第二功率分配器之间。

4. 根据权利要求3所述的正交模转换器,其中,所述第四单极化端口(6)传输第一线性极化,而所述第五单极化端口(70)传输与所述第一线性极化正交的第二线性极化。

5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的正交模转换器,其中,所述正交模转换器包括两个对称平面。

6. 根据权利要求1至4中的任一项所述的正交模转换器,其中,所述第一功率分配器和所述第二功率分配器是阶梯状的。

7. 根据权利要求1至4中的任一项所述的正交模转换器,其中,所述第一功率分配器和所述第二功率分配器是扭曲的。

8. 根据权利要求7所述的正交模转换器,其中,所述双极化端口(1)是错列的。

9. 根据权利要求1至4中的任一项所述的正交模转换器,其中,所述第一Boifot结与所述第二Boifot结(10)之间的距离在一个第一方向上小于一个标称波长,并且在垂直于所述第一方向的第二方向上小于两个标称波长。

10. 根据权利要求1至4中的任一项所述的正交模转换器,其中,所述第一Boifot结和所述第二Boifot结(10)之间的距离在一个第一方向上大于一个标称波长,并且在垂直于所述第一方向的第二方向上大于标称波长。

11. 根据权利要求1至4中的任一项所述的正交模转换器,其中,所述正交模转换器适用于下述中的一者:

C波段卫星通信;

X波段卫星通信;

Ku波段卫星通信;

Ka波段卫星通信;

Q波段卫星通信;以及/或

V波段卫星通信。

12. 根据权利要求1至4中的任一项所述的正交模转换器,其中,所述正交模转换器是一体式的并且包括3D打印的芯和导电镀覆的侧面。

13. 一种天线阵列,所述天线阵列包括至少一个根据前述权利要求中的任一项所述的正交模转换器以及连接至所述第一Boifot结和所述第二Boifot结中的每一者的双极化端口(1)的一个喇叭式天线。

14. 根据权利要求13所述的天线阵列,其中,所述喇叭式天线是矩形喇叭式天线。

15. 根据权利要求14所述的天线阵列,其中,所述喇叭式天线是阶梯状矩形喇叭式天线。

16. 根据权利要求13所述的天线阵列,其中,所述喇叭式天线是圆形喇叭式天线。

17. 根据权利要求14至16中的任一项所述的天线阵列,其中,所述喇叭式天线具有20mm×40mm或10mm×20mm的尺寸。

18. 根据权利要求13至16中任一项所述的天线阵列,其中,两个天线喇叭部沿一个第一方向之间的间隔小于标称波长,并且在与所述第一方向正交的一个第二方向上,两个天线喇叭部之间的间隔小于两个标称波长。

## 正交模转换器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及正交模转换器、特别地涉及具有波束成型能力的正交模转换器以及包括这种转换器的天线阵列。

### 背景技术

[0002] 经极化的辐射元件(比如喇叭天线或波导孔)的阵列已被认为是抛物面天线的轻巧、体积小的替代品。它们被广泛用于卫星电信、雷达、遥感或其他电信应用中。信号通常通过波导或同轴电缆、微带线或PCB传播至天线阵列中的每个元件。

[0003] 例如,在卫星电信应用中,可以通过使用不同的信号极化或频率使信号彼此分开或隔绝。作为示例,电磁波导的两个正交线性极化可以用来在例如Ku和/或Ka频段无线电频段中的那些信号之间提供隔绝。因此,正交模转换器(OMT)是此类系统中最重要部件之一,因为它们能够通过正交极化来实现信号在空间上的分离。在诸如基于波导的双极化天线阵列的示例中,正交模转换器是特别有用的。

[0004] 常规的正交模转换器可以包括作为极化滤波器或分隔元件的Boifot结。在下述中描述了Boifot结:电气工程师学会(THE INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS),斯蒂夫尼奇,英国,2008年7月(2008-07),RUIZ-CRUZ JA ET AL:“Boifot结正交模转换器的全波建模和优化”(Full-wave modeling and optimization of Boifot junction ortho-mode transducers),国际射频与微波计算机辅助工程杂志,John Wiley&Sons公司,美国,卷18,第4号,第303至313页,ISSN:096-4290。

[0005] 图1的分解图示出了常规的Boifot结的示例。

[0006] 所示的Boifot结是一个四端口元件,其中,端口1传播两种正交极化(TE<sub>10</sub>-V<sub>pol</sub>、TE<sub>01</sub>-H<sub>pol</sub>)。金属隔板逐渐将TE<sub>01</sub>模分成为朝向端口3和4(侧向端口)的两个半部,而TE<sub>10</sub>模则不受影响地朝端口2(直通端口)传播。三个端口2、3、4仅传播一种极化。

[0007] 如果在天线和发射器/接收器之间的传输通道中使用Boifot结,则双极化端口1通常是天线侧上的输入端口,而三个单极化端口2、3、4是发射器/接收器侧上的输出端口。

[0008] 在三个单极化端口中,它们中的一者2沿传播方向放置,其较宽的边在图上的水平上对准,并且与双极化端口1相反。另外两个单个端口3、4的较宽的边在竖向上对准并放置成垂直于传播方向。这些较后的端口3、4被称为侧向端口。

[0009] 内部障碍物或隔板5用作极化滤波器。当两个正交极化通过输入端口1传播时,隔板会阻碍具有水平对准电场(TE<sub>01</sub>)的极化穿过结。模被分为两个相同的半部,其被再定向成朝向侧向端口3、4。另一方面,具有竖向对准的电场(TE<sub>10</sub>)的极化不受影响地向轴向端口2传播。TE<sub>01</sub>无法耦合至侧向端口,侧向端口在该模下处于断开状态。

[0010] 双极化端口1通常形成为仅传播简并模的正方形或圆形波导,但是其他对称的几何形状例如八角形波导和在一个特定的频带中传播两种模的不对称的几何形状也是可能的选择。对于单个的极化端口2、3和4,通常使用矩形波导,但可以考虑其他几何形状。

[0011] 该Boifot结具有两个对称平面,从而允许该结以及使用该结作为极化滤波器的其

他部件、比如正交模转换器的带宽是宽的。

[0012] 对于矩形波导的示例,部件的带宽由波导宽度确定,该宽度决定了任何端口处的基本模和第一高阶的激发。在比如图1所示的结构中,具有两个对称平面,并且输入端口的边和矩形端口的较宽的边相等,基本模始终为TE<sub>10</sub>(而输入端口处为简并模TE<sub>01</sub>),其截止频率为 $c/2a$ 。由于对称性(并考虑矩形端口的较短的边为 $b \leq a/2$ ),被激发的第一高阶模为TE<sub>12</sub>(及其简并模TM<sub>12</sub>),其截止频率为 $1.118c/a$ 。从理论上讲,这保证了超过一个倍频程的带宽( $f_{\max} = 2.236f_{\min}$ )。

[0013] 比如图1所示的Boifot结可以具有不同的输入和输出端口,这些输入和输出端口的尺寸也更宽。在这种情况下,部件的带宽由输入和输出波导的最高基本模和最低高阶模确定。

[0014] Boifot结的双极化端口通常使用圆形波导来完成。圆形波导提供的带宽略小于方形/矩形波导。在任何情况下,通过适当地选择波导尺寸仍能达到一个倍频程的带宽。

[0015] 单面对称结由于存在附加的、截止频率低于 $c/a$ 的高阶模而具有较窄的操作带宽。

[0016] 其他的双面对称结、比如五端口十字转门结也提供了超过倍频程的带宽。在W02012172565和EP0805511中描述了十字转门结的示例。

[0017] 在通信系统中,Boifot正交模转换器通常比十字转门正交模转换器更受青睐,因为Boifot正交模转换器具有更小的尺寸并且紧凑。

[0018] Boifot结的双面对称性还确保使极化之间的泄漏最小。

[0019] 侧向端口3、4和轴向端口2都可以具有附加元件(图中未示出)以增强结的阻抗匹配,比如膜片、引脚、波导阶梯、波导孔径的变化等。

[0020] 图2是另一Boifot结的分解图,其中,使用了脊形截面或楔形作为极化滤波器。端口1是支持两种简并模(TE<sub>10</sub>-V<sub>pol</sub>、TE<sub>01</sub>-H<sub>pol</sub>)的方形波导。金属楔形逐渐将TE<sub>01</sub>模分成为朝向端口3和4(侧向端口或侧端口)的两个半部,而TE<sub>10</sub>模朝向端口2(直通端口)传播被阻碍。

[0021] 图3是另一Boifot结的分解图,其中,极化滤波器是借助于放置在结两侧处的两个混合连接器而产生的。这些连接器从输入波导1完全提取TE<sub>01</sub>模。波导金属端子负责将提取的信号重定向到侧向端口3、4。与前面的示例一样,TE<sub>10</sub>模朝向轴向端口2的传播不受影响。

[0022] 为了使用之前提出的任何Boifot结来设计完整的正交模转换器,首先需要使侧向端口3、4向后弯曲,然后使用重组网12将侧向端口3、4重新合并为单个波导6,如图3所示。

[0023] 另一极化路径2通常包含引导元件、比如弯曲件或变压器7。

[0024] 正交模转换器通常安装在辐射元件的背面,以便使两个正交波导6、7进入到单个双极化波导1中,该双极化波导1将信号从辐射元件传输到接收器。

[0025] 在这种阵列中,两个Boifot正交模转换器需要彼此面对,如图4所示。如果空间限制很严格,则无法连接两个独立的Boifot正交模转换器:它们将相交,或者在相邻正交模转换器的公共端口之间需要一个以上的波长的间隔。设计阵列时,由于其阵列尺寸,通常不使用Boifot正交模转换器和十字转门正交模转换器。常用的基于双极化波导的阵列会通过缝隙辐射,因此无法实现宽带性能(>40%)。

[0026] 因此,在现有技术中,Boifot结的两个正交波导6、7的共存、重组网络12的尺寸以及安装成彼此面对的两个Boifot结的需要,意味着正交模转换器的覆盖区大于一个波长,

因此限定了阵列的连续辐射元件之间的间隔。因此,背面装有正交模转换器的辐射元件阵列往往相对较大且笨重。

[0027] 在设计阵列时,辐射元件之间大于一个波长的间隔会在阵列的前半球部中产生方向性相对较高的次级波束(所谓的光栅波瓣)。这些波束,无论其用途是什么,通常都是不希望,因为它们会破坏其他系统的性能。

[0028] 在EP2869400A1中已描述了一种正交模转换器阵列。该文献介绍了一种新型的线性极化正交模转换器和将它们连接的功率分配器。这种设计可以被认为是基于具有两个短路臂的十字转门正交模转换器。短路臂充当匹配的短截线/无功负载。该部件是不对称的,因此限制了带宽。EP2869400A1中描述的阵列还设计成在最高工作频率下,所有方向上的天线之间的间隔大于一个波长。

[0029] 在US8477075B2中已描述另一种正交模转换器阵列。该文献描述了背面装有隔板正交模转换器的矩形格栅喇叭状的阵列,其具有多个波导阶梯以使带宽更宽。这样的正交模转换器仅具有一个对称平面,因此无法实现高达一个倍频程的理论带宽。

[0030] 在EP2287969A1和“用于高效双极化矩形喇叭式天线的紧凑型正交模功率分配器”(“Compact Orthomode Power Divider for High-Efficiency Dual-Polarisation Rectangular Horn Antennas”,N.J.G.Fonseca和P.Rinous,第六届欧洲天线与传播大会)中已描述另一正交模转换器的阵列。这种阵列是窄带的并且还设计成在最高工作频率下,所有方向上的天线之间的间隔大于一个波长。

[0031] 为了避免这些缺陷,本申请的第一目的是提出一种具有波束成型能力的新型宽带正交模转换器,其中,可以减小辐射元件之间的最小距离。

[0032] 在最高工作频率下,部件应允许间隔在水平轴上小于一个波长并在竖向轴上小于两个波长。

[0033] 本发明的另一目的是设计可以适用于天线阵列的紧凑型正交模转换器和完整的天线阵列。

[0034] 为了创建天线阵列,使用了一系列功率分配器(也称为功率分割器,当反向使用时,称为功率组合器)、弯曲件和扭波导。

[0035] 如果相邻的Boifoit结之间的距离小于一个波长,则这种布置是有利的。如果该距离大于或等于一个波长,则也是可以使用的。

[0036] 该正交模转换器和天线阵列可适用于比如宽带性能从10.7GHz至14.5GHz、尽可能符合FCC增益掩模的Ku波段卫星通信,或适用于比如宽带性能从17GHz至22GHz以及从27GHz到32GHz、尽可能符合FCC增益掩模的Ka波段卫星通信。

[0037] 天线阵列优选地包括矩形喇叭式天线,例如20mm×40mm的天线(在14.5GHz时约为 $1\lambda\times 2\lambda$ )。

[0038] 可以将天线布置成不存在光栅瓣的最相关角度(在一个轴线上 $<80^\circ$ )的阵列。

[0039] 建议的部件应该是宽带的,并且可以是线性或圆极化的。

[0040] 该转换器可以用来对天线进行馈送。

[0041] 该转换器可以在动中通(SOTM)应用中使用。

[0042] 正交模转换器优选地适用于下述中的一者:

[0043] C波段卫星通信;

- [0044] X波段卫星通信;
- [0045] Ku波段卫星通信;
- [0046] Ka波段卫星通信;
- [0047] Q波段卫星通信;
- [0048] 以及/或V波段卫星通信。

## 发明内容

[0049] 本公开内容根据本发明,这些目的是通过具有波束形成能力的正交模转换器来实现的,该正交模转换器包括:比如图1至图2所示的第一Boifot结;比如图1至图2所示的、出于对称原因优选等同于第一Boifot结的第二Boifot结,所述第一和第二Boifot结中的每一者都包括双极化端口、第一侧向端口、第二侧向端口,第一和第二侧向端口是单极化的,并且第三单极化端口沿双极化端口中的信号的传播方向。第一功率分配器将第一Boifot结的第一侧向端口与第二Boifot结的第一侧向端口联接至第三端口。第二功率分配器将第一Boifot结的第二侧向端口与第二Boifot结的第二侧向端口联接至第三端口。第三功率分配器将第一功率分配器的第三端口与第二功率分配器的第三端口联接至第四单极化端口。

[0050] 因此,一方面,采用的解决方案在于不使用正交模转换器的重组网络,而是通过功率分配器将“不完全”正交模转换器中的两个相邻Boifot结连接起来。

[0051] 因此,所采用的解决方案包括修改Boifot结的步骤,以提供对应的侧向端口的结间连接。每个Boifot结的两个侧向端口仅在与相邻Boifot结的相应侧向端口连接后重新组合。

[0052] 取代在正交模转换器中紧密连接Boifot结的两个侧向端口2、3,将第一结的第一侧向端口联接至相邻结的等效端口,而将第一结的第二侧向端口联接至相邻结的第二个端口。然后,使用第三功率分配器将经联接的第一和第二端口重新组合。

[0053] 优选地,两个相邻Boifot结喇叭部之间的间隔小于标称波长,并且在与第一方向正交的一个第二方向上,两个Boifot结喇叭部之间的间隔优选地小于两个标称波长。然而,当在第一方向和第二方向上的间隔等于或大于一个标称波长时,也可以使用所提出的设计。

[0054] 功率分配器(也被称为功率分割器,当反向使用时被称为功率组合器)是基于无源波导的设备,其用于分配两个端口之间传输线中的电磁功率;在相反的方向上,它们用于将来自两个端口的电磁波合并为一个信号。

[0055] 由于其较宽的带宽和紧凑性,用于组合侧向端口的功率分配器最好呈阶梯状,但也可以具有其他几何形状、包括光滑的壁设计。此外,取决于进一步需要的波束,该功率分隔件可以是对称功率分布(-3dB)的也可以是非对称功率分布的。

[0056] 可以依此使用具有两个Boifot结的这种布置。

[0057] 在一个实施方式中,多个这样的布置被组合。优选地,第四功率分配器将第一Boifot结的第三单极化端口与第二Boifot结的第三单极化端口联接至第五单极化端口(正交输出)。

[0058] 第四功率分配器优选地放置在第一功率分配器与第二功率分配器之间。

[0059] 第五端口(正交输出)优选是弯曲的。



[0060] 第四端口优选地布置成用于传输第一线性极化,而所述第五端口优选地布置成用于传输与第一极化正交的第二线性极化。

[0061] 正交模转换器优选地适用于比如宽带性能从10.7GHz至14.5GHz并尽可能符合FCC增益掩模的Ku波段卫星通信。

[0062] 正交模转换器优选地适用于比如宽带性能从17GHz至22GHz以及从27GHz到32GHz并尽可能符合FCC增益掩模的Ka波段卫星通信。

[0063] 具有波束成型能力的正交模转换器优选地是一体式制造的、或者由减少数量的零部件来制造,以便减少成本和零部件之间的接合处的衰减。然而,所要求保护的解决方案的一些益处也可以通过组成不同零部件的组件的正交模转换器来实现。

[0064] 在优选实施方式中,具有波束成型能力的正交模转换器包括3D打印的芯,该芯可能还包括导电镀覆的侧面或表面。

[0065] 本发明还涉及下述天线阵列,该天线阵列包括至少一个根据前述权利要求中的任一项所述的具有波束形成能力的正交模转换器、以及两个喇叭式天线,每个喇叭式天线分别连接至具有波束成型能力的正交模转换器的每个双极化端口。

[0066] 喇叭式天线优选地是矩形喇叭式天线,但也可以具有其他形状。

[0067] 在设计用于Ku波段传输的阵列的情况下,喇叭式天线的尺寸最好为20mm×40mm(在14.5GHz时约为 $1\lambda\times 2\lambda$ )。

[0068] 可以将天线布置成不存在光栅瓣的最相关角度( $<80^\circ$ )的阵列。

[0069] 优选地,在一个第一方向上,两个天线喇叭部之间的间隔小于标称波长,并且在与第一方向正交的一个第二方向上,两个天线喇叭部之间的间隔小于两个标称波长。

[0070] 标称波长是为阵列设计的波长或最小波长。

[0071] 天线阵列应允许相邻天线之间的间隔在水平轴上小于一个波长、在竖向轴上小于两个波长。

[0072] 天线阵列最好是宽带的、即它的带宽可以覆盖一个倍频程。

## 附图说明

[0073] 借助于以示例的方式给出并由附图示出的实施方式的描述,将更好地理解本发明,在附图中:

[0074] 图1示出了Boifot结的分解图,侧壁的一部分已在图中移除以显示隔板。

[0075] 图2示出了具有脊状边缘的Boifot结的分解图,侧壁的一部分已在图中移除以显示隔板。

[0076] 图3示出了根据现有技术的正交模转换器转换器。

[0077] 图4示出了根据现有技术的两个正交模转换器转换器的堆叠。

[0078] 图5示出了在本发明的装置中使用的两个Boifot结的堆叠。

[0079] 图6示出了下述功率分配器,该功率分配器可以用于将图1和图2中的第一Boifot结的第一端口与这些附图中的第二Boifot结的第一端口联接(或将第一Boifot结的第二端口与第二Boifot结的第二端口联接)。

[0080] 图7示出了通过两个根据图6的功率分配器联接的两个根据图1和图2的Boifot结的堆叠。

[0081] 图8示出了通过两个根据图6的功率分配器联接的两个根据图1和图2的Boifot结的堆叠,那些功率分配器的输出端口通过另一功率分配器联接。

[0082] 图9示出了具有波束成型能力的、包括通过两个根据图6的功率分配器联接的两个根据图1和图2的Boifot结的堆叠的完整正交模转换器,这些功率分配器的输出端口通过另一功率分配器联接,正交输出是弯曲的。

[0083] 图10示出了具有波束成型能力的、包括通过两个扭曲的功率分配器联接的两个Boifot结的堆叠的完整正交模转换器的另一实施方式,这些功率分配器的输出端口通过另一个功率分配器联接,两个输出均是弯曲的。

[0084] 图11和图12是两个正交模转换器(各自具有两个Boifot结)的布置的两个不同视图,每个转换器的正交输出通过功率分配器进行组合。

[0085] 图13示出了使用具有波束成型能力的这种四个正交模转换器的天线阵列,其通过一系列功率分配器,弯曲件和扭波导彼此连接。

### 具体实施方式

[0086] 图5示出了可以在本发明的正交模转换器中使用的两个Boifot结10的堆叠。例如,这些Boifot结可以是常规的并且对应于例如上述图1或图2中描述的结。

[0087] 每个Boifot结10(图1和图2)具有两个对称平面:一个水平对称平面(在图上为水平且平行于隔板5或脊楔6)、以及一个竖向对称平面(在图上为竖向并且垂直于隔板)。

[0088] 所示的Boifot结10中的任一者具有四个端口。端口1传播两种正交极化(TE<sub>10</sub>-V<sub>pol</sub>、TE<sub>01</sub>-H<sub>pol</sub>)。尽管结是可逆的并且可以在接收器或在接收器中双向使用,但我们将这个端口称为输入端口。端口1可以具有波导,该波导具有矩形截面、或者具有仅传播简并模的任何其他截面。在期望频段中传播两种模的对称几何形状是优选的,因为它们都是宽带的。

[0089] 隔板5用作为极化滤波器,将TE<sub>01</sub>模分成朝向输出端口3和4(侧向端口)的两个半部,而TE<sub>10</sub>模被阻塞朝向输出端口2(通过端口)。三个端口2、3、4仅传播一种极化。输出直通端口2沿传播方向放置,其较宽的边在图上的水平上对准,并且输出直通端口2与双极化端口1相反。两个侧向端口3、4的较宽的边在竖向上对准并放置成垂直于传播方向。

[0090] 隔板5优选是脊状的。脊状隔板本身是已知的,但通常仅用于非常高的频率,远高于KU/Ka频段。如将要描述的,脊状隔板优选通过3D打印、比如立体光刻、或选择性地通过激光烧结或选择性的激光熔融来制造(作为部件的其余部分而制造),这使得脊状隔板更易于制造。

[0091] 隔板是可选的,并且可以考虑包括其他类型的极化滤波器的正交模转换器。

[0092] 输出端口2、3和4的截面优选地是矩形的;优选地使用优选具有两个对称平面其他截面。

[0093] 图6示出了用来将图5的第一Boifot结的第一侧向端口3与图5的第二Boifot结的第一侧向端口3联接的功率分配器8。第二相同的功率分配器8用于将图5的第一Boifot结的第二侧向端口4与第二Boifot结的第二侧向端口4联接。功率分配器8优选为阶梯状的,因为阶梯状的更宽的带宽和紧凑性。取决于进一步需要的波束,该功率分配器可以是对称功率分布的也可以是非对称功率分布的。每个功率分配器8具有两个输入端81以及一个将两个输入信号组合的输出端80,该输入端81用于接收来自Boifot结的侧向输出端3或4的信号。

同样,该部件是可逆的,使用“功率分配器”而非“功率联接器”、“输入”而非“输出”仅是为了区分本文中的那些元件,对信号的传输方式没有任何影响。

[0094] 图7示出了包括图5的两个堆叠的Boifot结的组件,该Boifot结的侧向端口3和4分别通过功率分配器8连接。可以观察到,上Boifot结和下Boifot结的两个侧向端口3通过一个第一功率分配器连接,而上Boifot结和下Boifot结的另外两个侧向端口4通过另一功率分配器连接。

[0095] 图8示出了基于图7组件的具有波束成型能力的完整的正交模转换器。它有两个对称平面:一水平和一竖向。对称平面仅涉及用于部件内部波信号的空路径;外侧不必是对称的。

[0096] 在图8的部件中,功率分配器8的两个输出80通过另一功率分配器9与一输出6联接。在与另一Boifot结的等效端口组合之后,侧向端口3与侧向端口4之间的联接仅发生在该功率分配器9中。此外,两个Boifot结的直通输出2与两个功率分配器8之间的第四功率分配器7联接。该功率分配器在两个Boifot结的两个直通输出处耦合两个竖向的极化信号。

[0097] 图8的部件优选地是整体的(单个)、即由单个零部件制成。在一个优选的实施方式中,通过对芯进行3d打印、例如使用立体光刻工艺或选择性的激光烧结工艺或选择性的激光熔融工艺来制造该零部件。芯优选地是非导电的,并且可以由诸如聚酰胺的塑料或诸如铝的导电金属制成。然后可以在该芯上镀覆诸如铜或银的导电层。这种一个整体部件的3D打印工艺减少了由部件之间的连接所引起的干扰,并减少了零部件的体积和重量。

[0098] 图9示出图8的具有波束成型能力的正交模转换器,但其中,位于连接两个直通端口2的第四功率分配器7的输出处的第五端口70沿向上方向弯曲。这种弯曲有助于进入垂直于Boifot结的第五端口极化。该路径也可以在不影响性能的情况下向下弯曲。通过使功率分配器8弯曲或扭曲、或通过将该端口70分成两个分支(未示出),可以实现进入第五端口70。

[0099] 图10示出了类似于图9的转换器的具有波束成型能力的完整正交模转换器的另一实施方式,但其中每个功率分配器8包括位于侧向端口3、4与分配部分82之间的扭曲腿部81。扭曲角优选在 $30^{\circ}$ 至 $120^{\circ}$ 之间、优选在 $30^{\circ}$ 至 $60^{\circ}$ 之间、例如 $45^{\circ}$ 。

[0100] 在图10的布置中,两个相邻的Boifot结的输入端口1是错列的,从而允许两个方向上的两个相邻结之间的距离进一步减小。这种布置可以用于小于、等于或大于一个标称波长的两个Boifot结之间的、和相邻的辐射元件之间的间隔。

[0101] 如图8、图9或图10所示的多个具有波束成型能力的正交模转换器可以联接至一个单部件中。图11和图12示出了两个正交模转换器(各自具有两个Boifot结)的布置的两个不同视图,每个第四功率分配器的输出处的弯曲正交端口70通过附加的功率分配器15进行组合。如图8至图10所示,还可以将每个转换器的两个功率分配器8的输出与第三功率分配器9(未示出)组合,然后将这两个第三功率分配器9的输出与附加的功率分配器(未示出)组合。

[0102] 此外,如图11所示,辐射元件(天线11)可以联接至每个Boifot结的输入端口1。在该实施方式中,天线阵列包括通过四个具有如前文所述的波束成型能力的正交模转换器联接的8个天线11。具有波束成形能力的堆叠的正交模转换器的水平极化输出7通过附加的扭波导、弯曲件以及功率分配器13相互联接。具有波束成形能力的堆叠的正交模转换器的竖向水平极化输出7通过附加的扭波导、弯曲件以及功率分配器13相互联接。

[0103] 天线11优选是矩形喇叭式天线。在优选实施方式中,它们是阶梯状喇叭式天线。增大横截面的波导阶梯用于改善由天线辐射的正交极化信号的反射系数。可以使用其他天线轮廓、比如线性、平滑或花键轮廓,由于天线轴向尺寸较短,因此是阶梯形轮廓。

[0104] 在设计用于Ku波段传输的阵列的情况下,喇叭式天线的尺寸最好为 $20\text{mm} \times 40\text{mm}$  (在 $14.5\text{GHz}$ 时约为 $1\lambda \times 2\lambda$ )。

[0105] 可以将天线布置成不存在光栅瓣的最相关角度( $<80^\circ$ )的阵列。

[0106] 优选地,在一个第一方向上,两个天线喇叭部之间的间隔小于标称波长,并且在与第一方向正交的一个第二方向上,两个天线喇叭部之间的间隔小于两个标称波长。

[0107] 标称波长是为阵列设计的波长或最小波长,并且可以以最小衰减传输。

[0108] 有趣的是,图10的这种布置仍然具有水平和竖向对称平面。

[0109] 可以使用具有不同数量天线和正交模功率分配器的天线阵列。

[0110] 天线阵列可以构建为一体式部件。另外,天线阵列可以由不同的零部件组装而成;例如,天线11可以安装在正交模功率分配器的端口1上。

[0111] 本发明的天线阵列仅包括天线、形成具有射束成型能力的被称为正交模转换器的新部件的Boifot结对、功率分配器和未扭曲的波导。

[0112] 部件的带宽由波导宽度决定,而波导宽度决定了基本模和高阶模的传播。在一个实施方式中,该宽度在 $15\text{mm}$ 至 $19.05\text{mm}$ 之间、例如 $16.5\text{mm}$ ,并且基本模(TE<sub>10</sub>)和第一高阶模(TE<sub>20</sub>)的截止频率分别是 $9.08\text{GHz}$ 和 $18.15\text{GHz}$ 。

[0113] 尽管已经在Ku波段卫星通信阵列中描述了所提出的具有波束成型能力的正交模转换器,但该正交模转换器也可以用于其他应用。

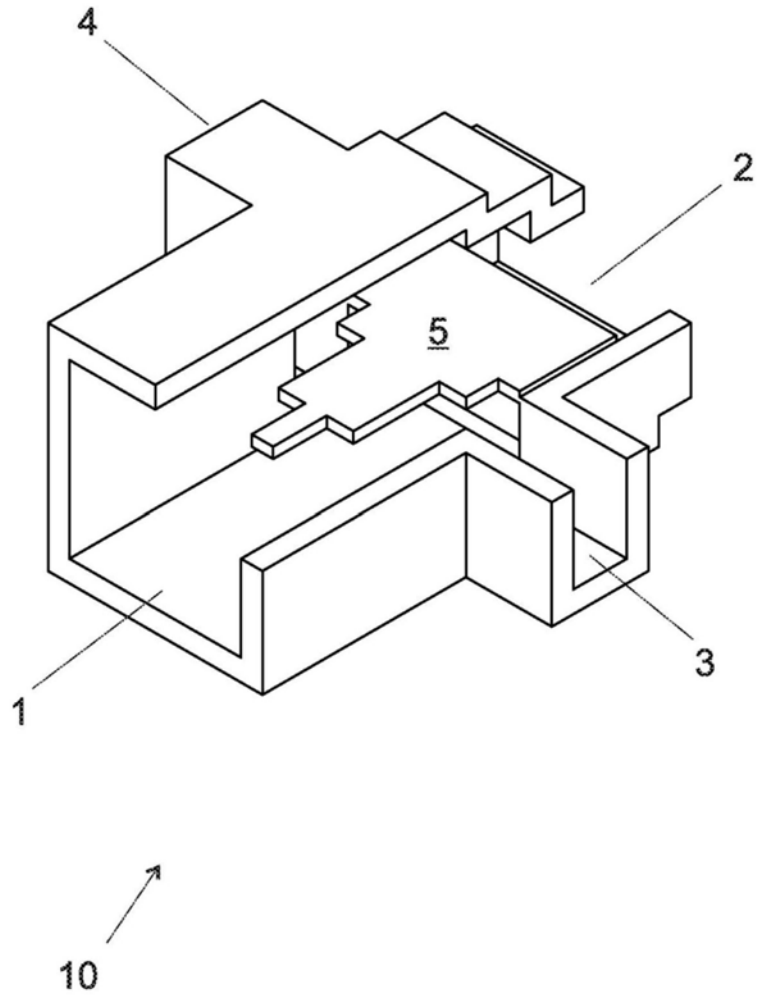


图1

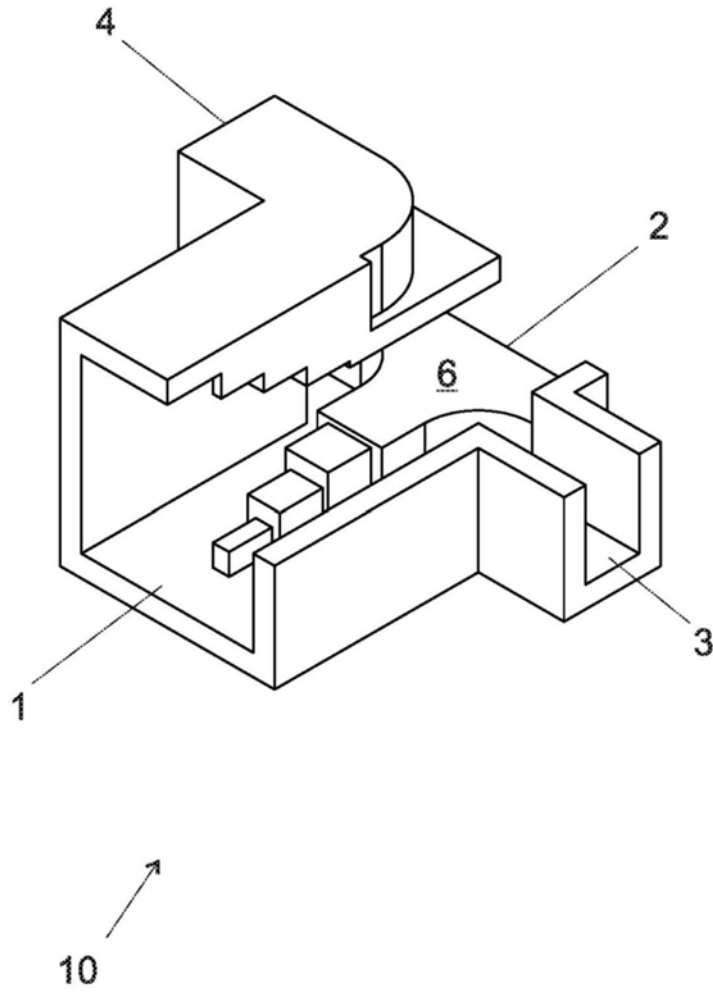


图2

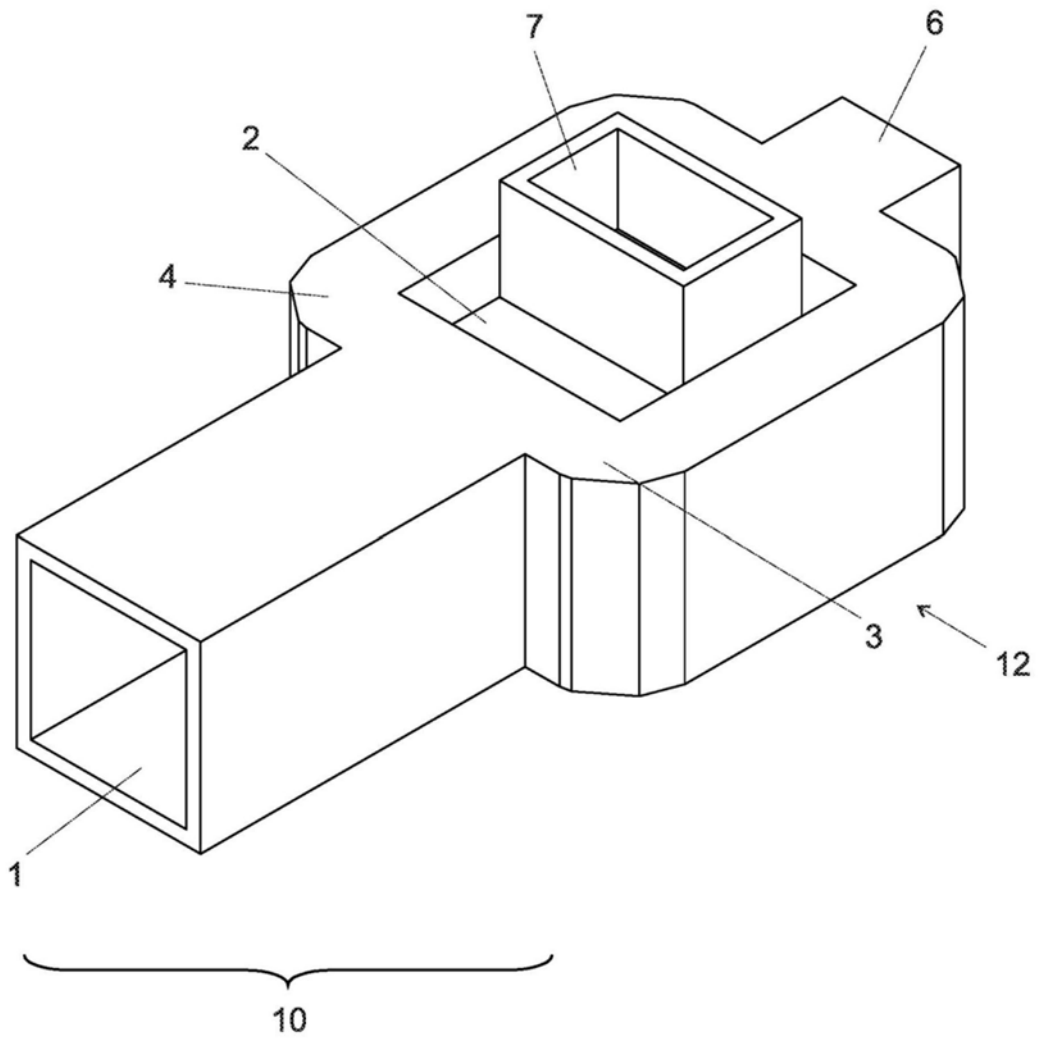


图3

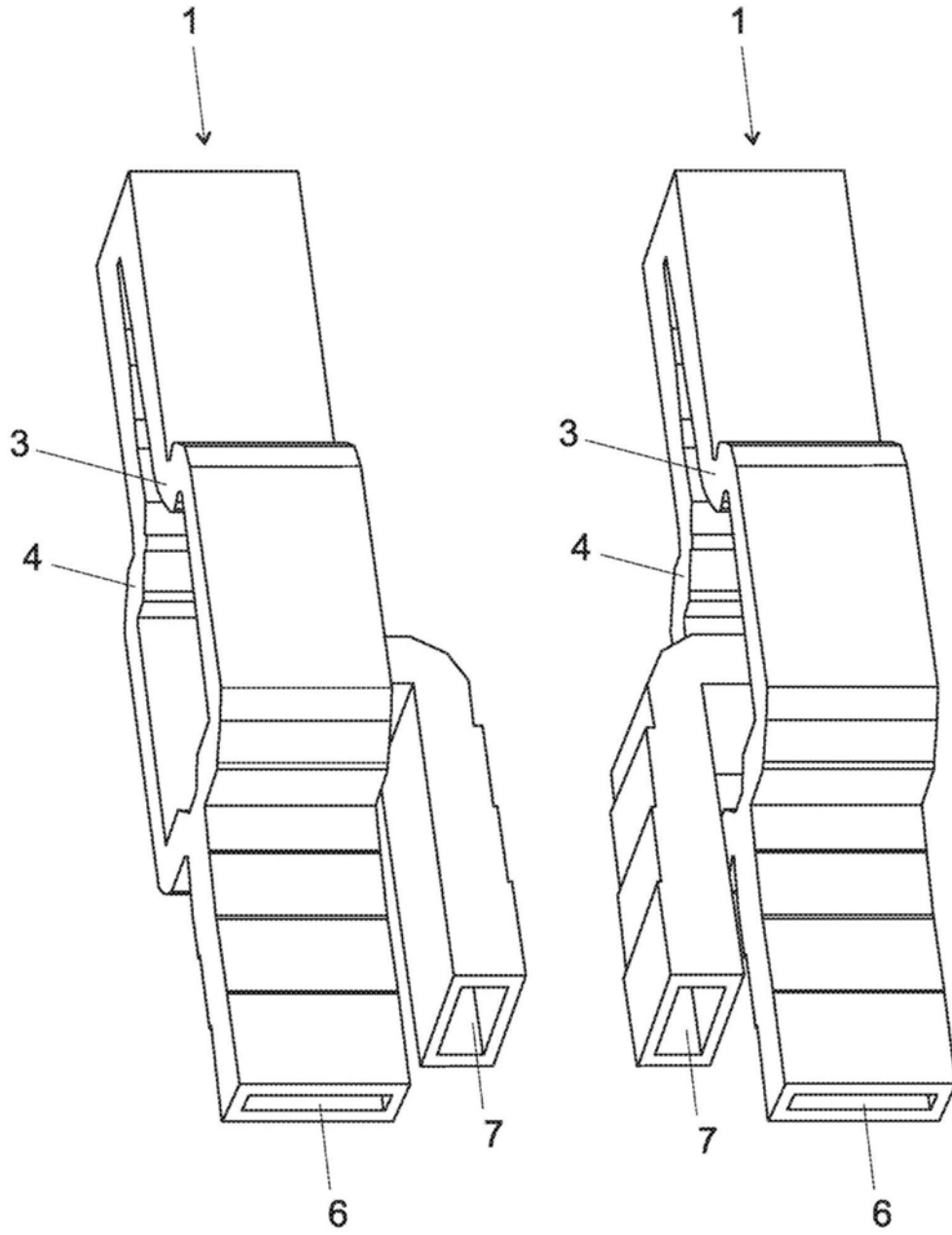


图4



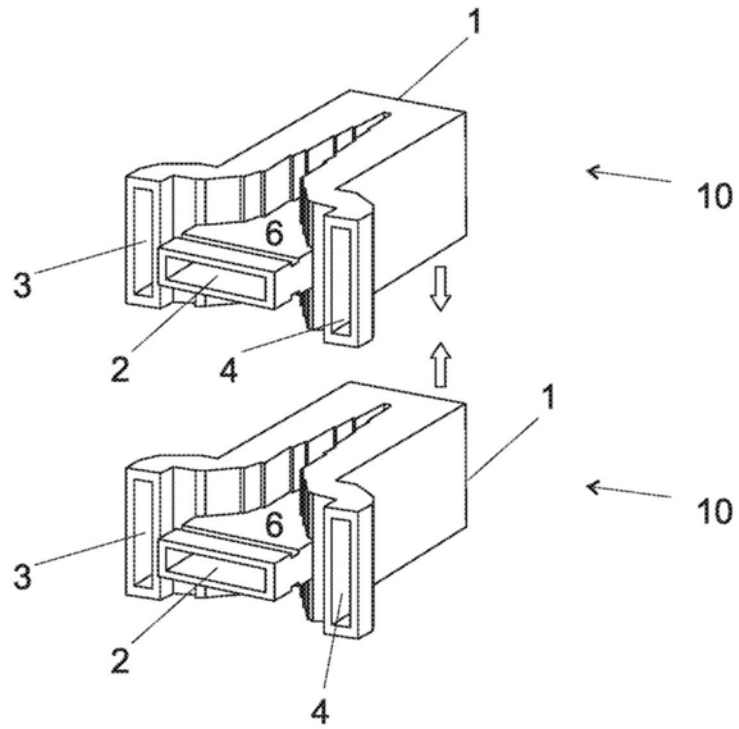


图5

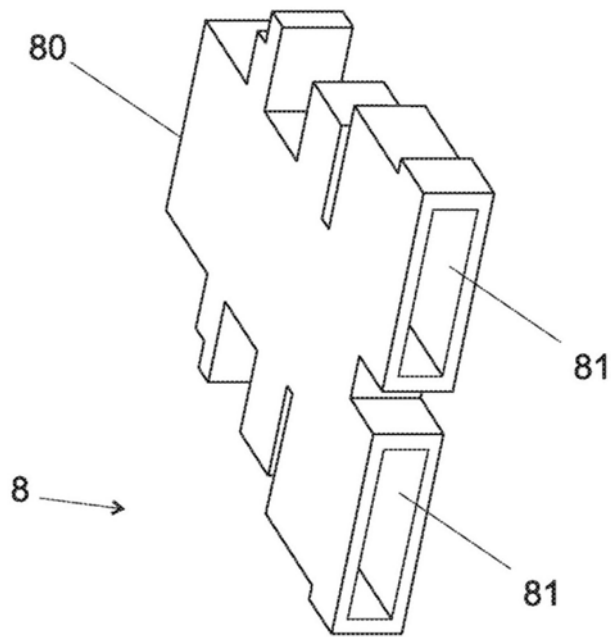


图6

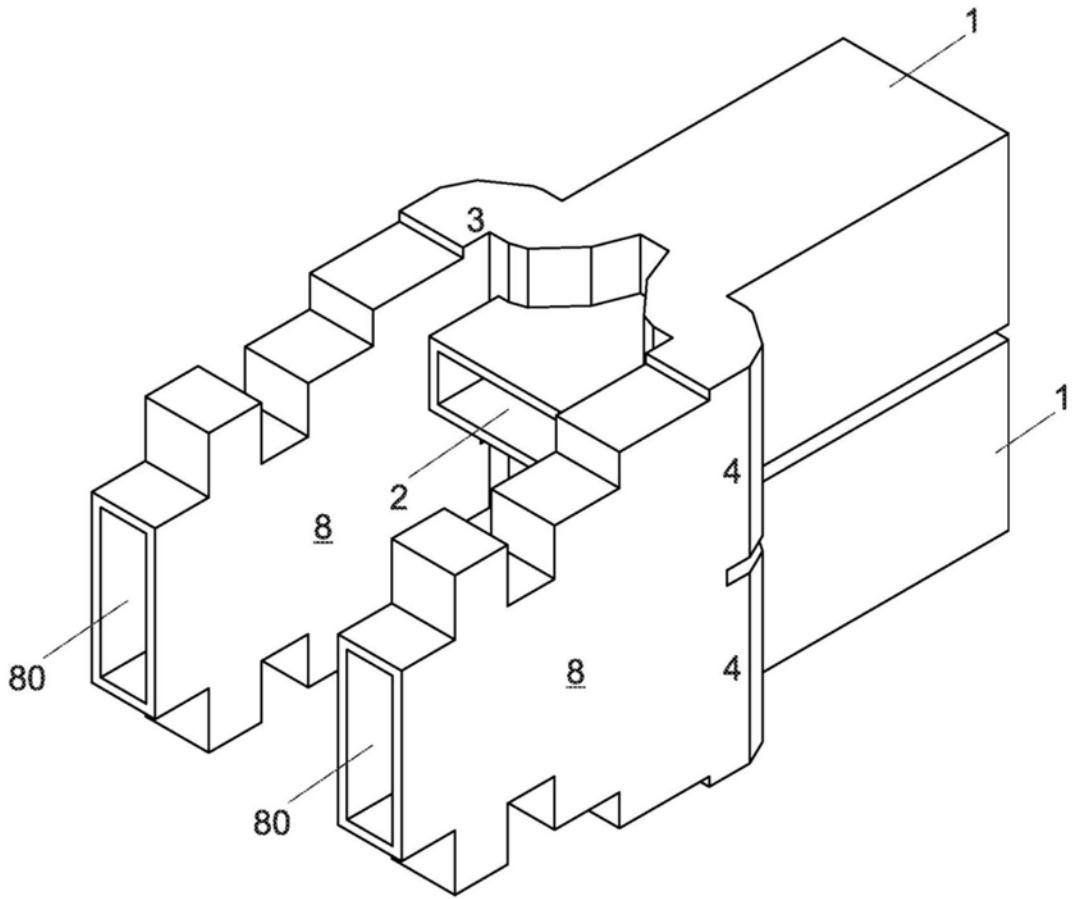


图7

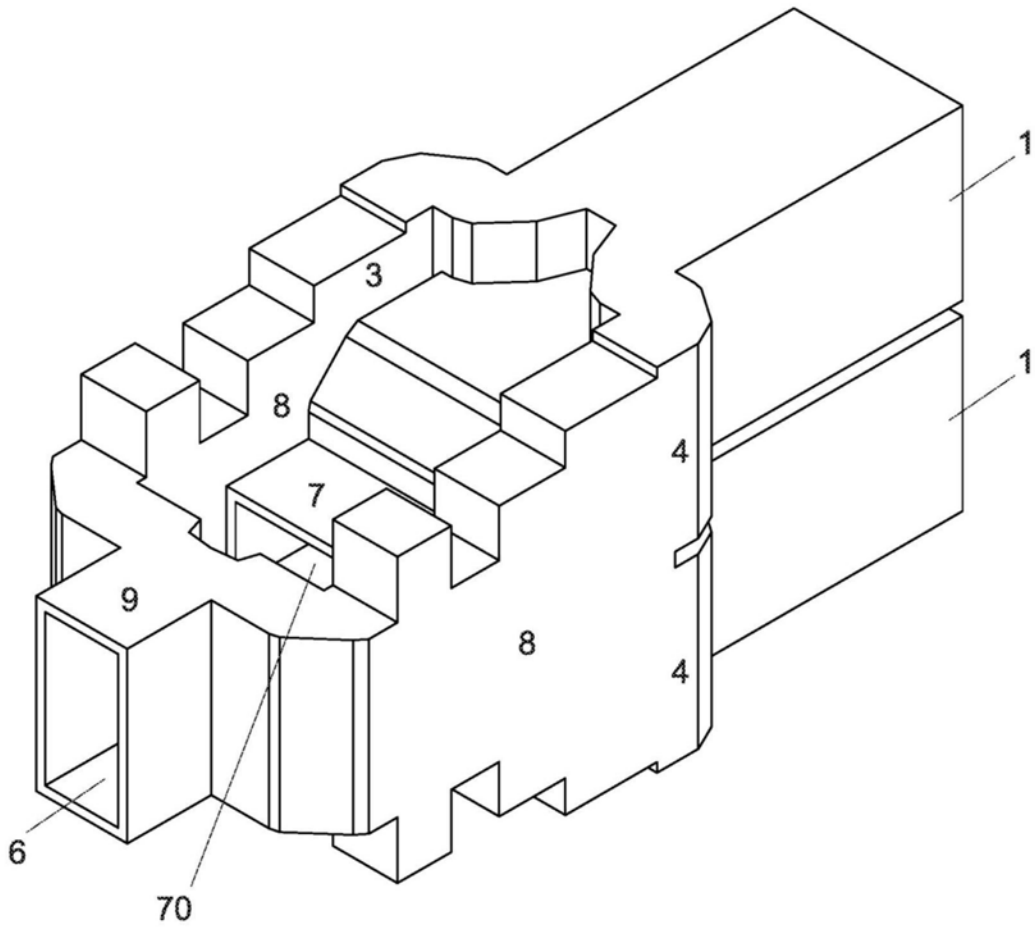


图8

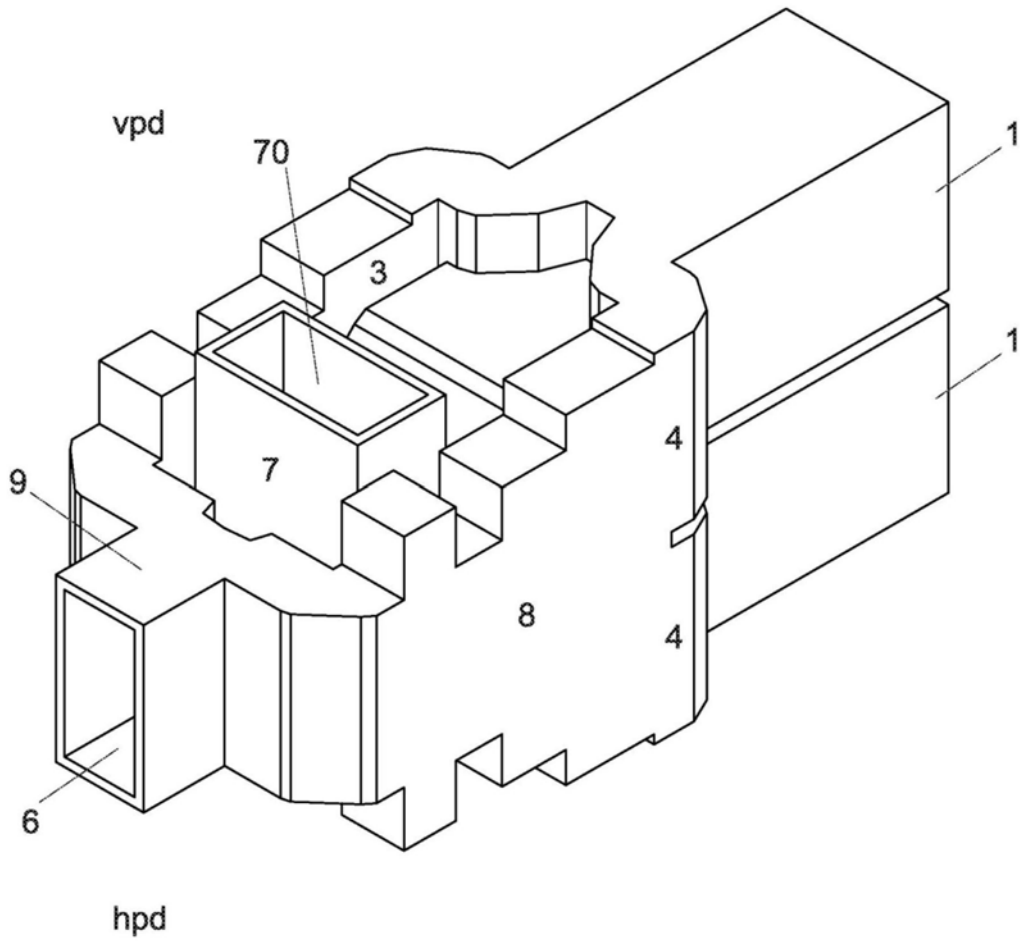


图9

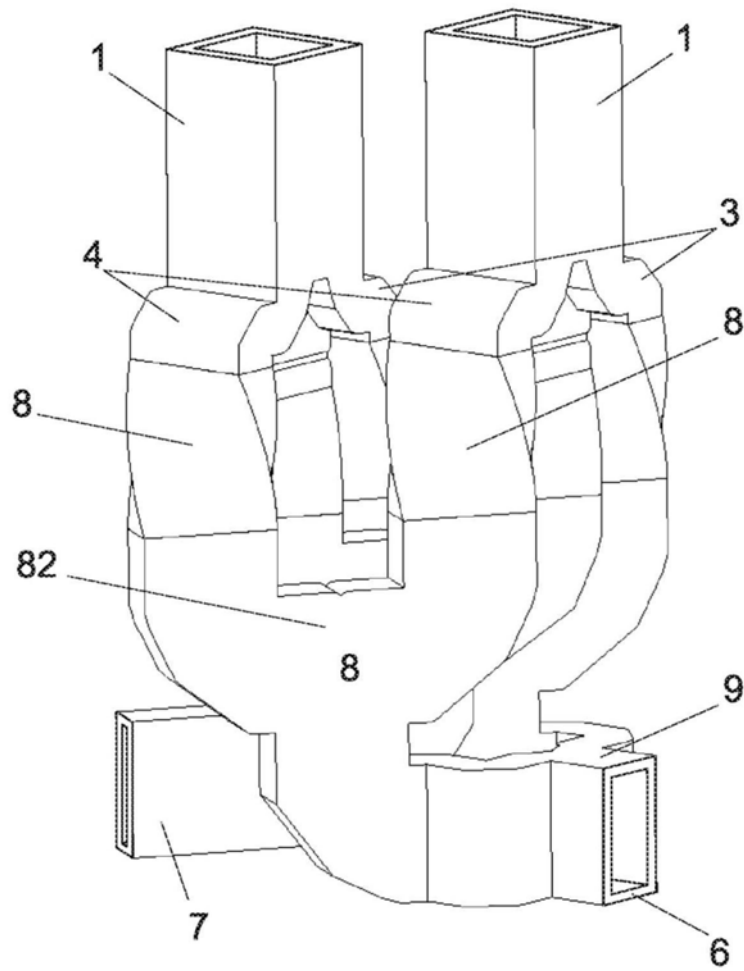


图10

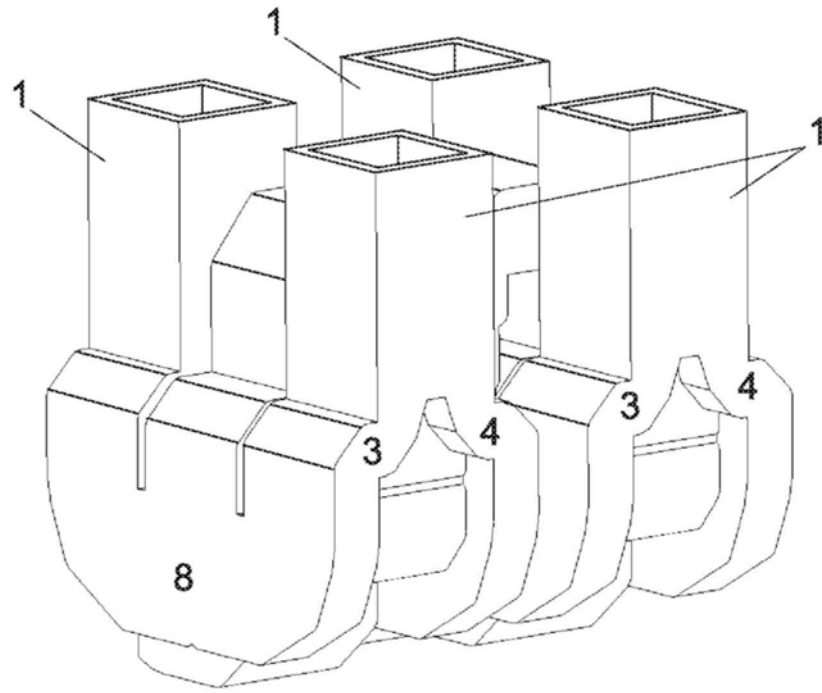


图11

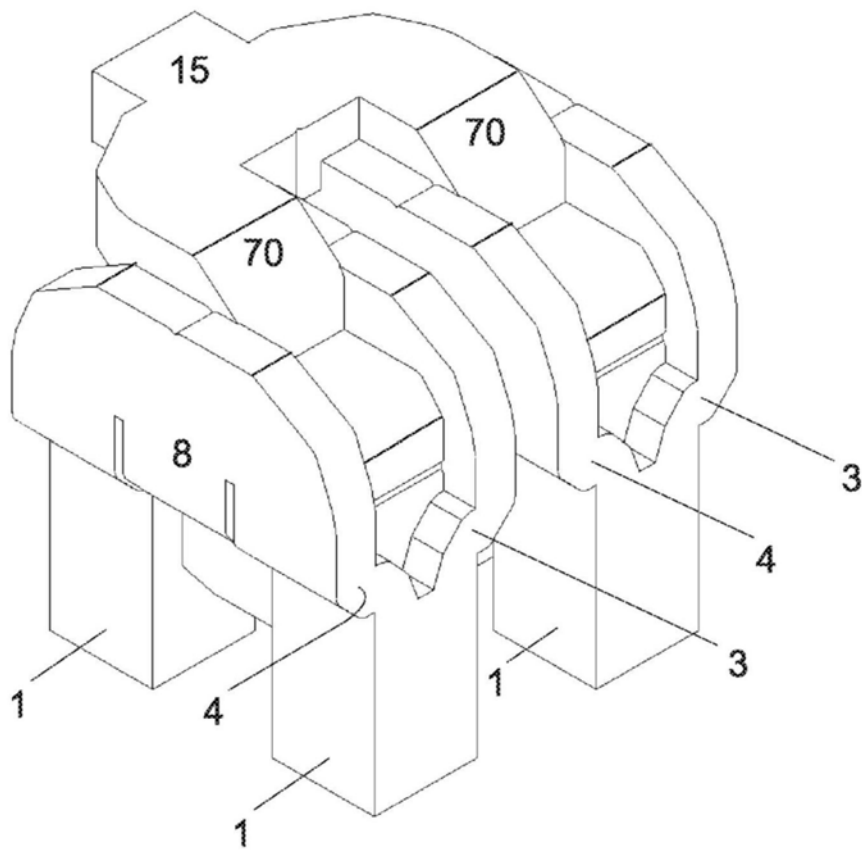


图12

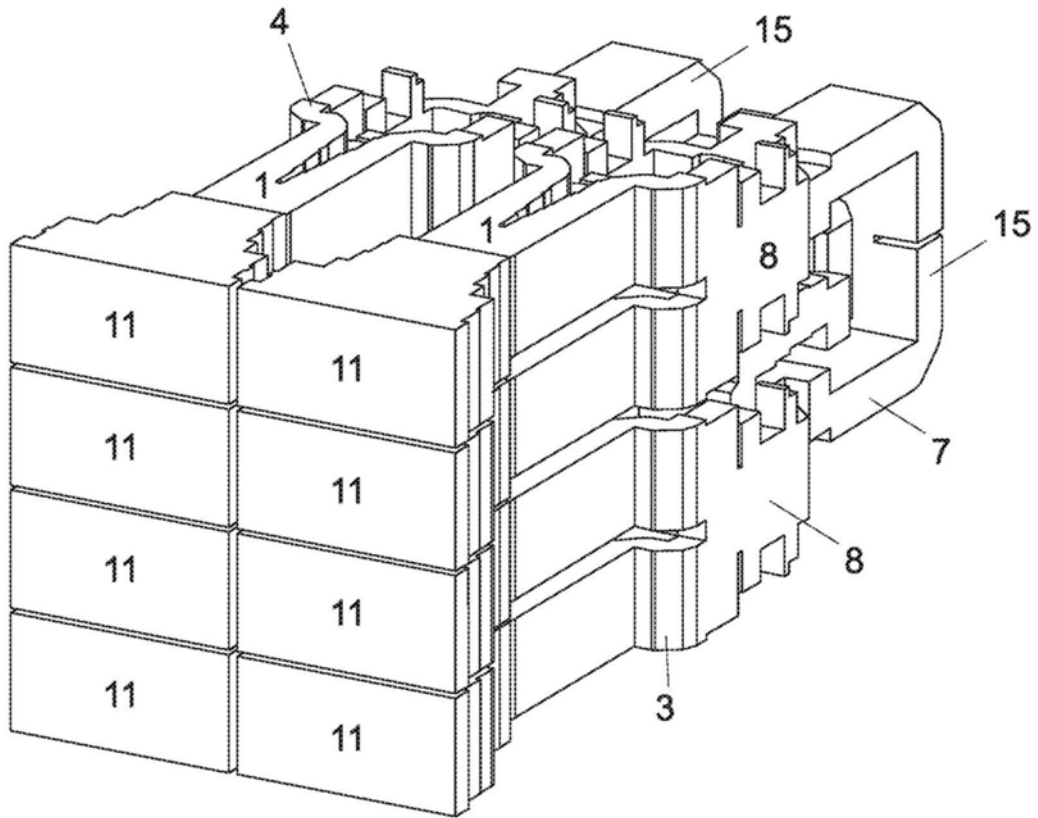


图13