



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112467395 B

(45) 授权公告日 2024. 05. 31

(21) 申请号 202011192065.2

(22) 申请日 2020.10.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112467395 A

(43) 申请公布日 2021.03.09

(73) 专利权人 航天恒星科技有限公司  
地址 100086 北京市海淀区知春路82号院

(72) 发明人 尹建勇 高蔚 赵毅寰 谢晶  
刘尚强

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心  
11009  
专利代理师 任林冲

(51) Int. Cl.  
H01Q 21/00 (2006.01)  
H01Q 21/06 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 106785405 A, 2017.05.31
- CN 110048211 A, 2019.07.23
- CN 110233335 A, 2019.09.13
- CN 111403911 A, 2020.07.10
- CN 202352833 U, 2012.07.25
- JP 2002111328 A, 2002.04.12

审查员 罗秋

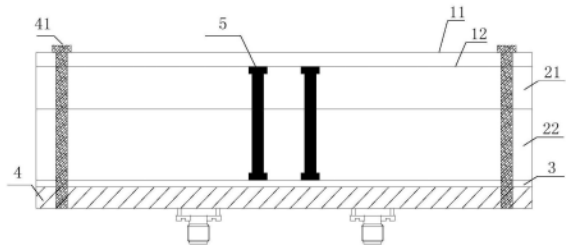
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种小型化低剖面双圆极化天线

(57) 摘要

本发明涉及一种小型化低剖面双圆极化天线,包括一对正交的环形偶极子、耦合馈电线、第一支撑介质板、第二支撑介质板、馈电同轴线、馈电网络板和反射板,偶极子和耦合馈电层选用TLY板材作为介质基板,偶极子和馈电线印制在介质基板的两面;偶极子印制在的底面,耦合馈电线印制在顶面;馈电线的一段在介质顶面,一段在介质基板底面,通过过孔短路金属柱连接;所述偶极子采用两对正交的方环结构,每对偶极子对角增加了4个突出的枝节,在偶极子和谐振器之间引入了一段不均匀耦合,改变偶极子上的电流分布,改变偶极子上的电流分布,从而控制模式的移动,引入新的谐振点,提高天线的带宽。本发明解决了在紧凑型多模终端中小型化宽带天线的设计和安装问题。



1. 一种小型化低剖面双圆极化天线,其特征在于,包括一对正交的环形偶极子(11)、一对正交的“钥匙”型环形耦合馈电线(12)、第一支撑介质板(21)、第二支撑介质板(22)、馈电同轴线(5)、馈电网络板(3)和反射板(4),

偶极子和“钥匙”型耦合馈电线构成偶极子层,偶极子和“钥匙”型耦合馈电线印制在一个介质基板的两面,介质基板为TLY板;偶极子(11)印制在介质基板的顶面,“钥匙”型耦合馈电线印制在介质基板的底面;其中“钥匙”型耦合馈电线由两部分连接而成,其中一部分为呈环状的耦合段,另一部分为呈长条形的馈电段,其中一个“钥匙”型耦合馈电线的馈电段的一部分设置在介质基板的顶面,该部分与该馈电段其它部分通过短路金属柱连接,以防止两个正交的“钥匙”型耦合馈电线交叉;

每对偶极子包括两个对称的方环结构,每个方环结构的对角上分别设置有1个突出的枝节,改变偶极子上的电流分布,从而控制模式的移动,引入新的谐振点,提高天线的带宽;

偶极子层和馈电网络板之间设置有两层介质支撑结构,以降低偶极子天线高度,第一支撑介质板(21)采用介电常数1.1,厚度为8mm的硬质泡沫,第二支撑介质板(22)采用介电常数6.15,厚度13mm的TP-2介质板;

馈电同轴线(5)采用三段分体式SMP结构,上段采用标贴式SMP连接器(51),外导体与偶极子的一个方环结构连接,内导体与“钥匙”型耦合馈电线连接;

信号通过50Ω标准同轴线输入然后转化到“钥匙”型耦合馈电线上,进而耦合到环形偶极子的另外一个方环结构从而实现馈电,通过改变“钥匙”型耦合馈电线的尺寸来调节阻抗匹配;

馈电网络板(3)采用缝隙耦合结构3dB定向耦合电桥,将多层介质板层叠在一起,相叠的公共面作为接地板,在接地板上开有特定形状的缝隙,位于缝隙两侧的上、下介质板分别有贴片结构,通过中间的缝隙,上、下的贴片产生缝隙耦合效应;

缝隙耦合结构3dB电桥的第一端口是输入端口,第四端口是隔离端口,第二端口是直通端口,第三端口是耦合端口;耦合电桥在第一端口处偶模和奇模输入阻抗表示为:

$$Z_{0e} = Z_0 \sqrt{\frac{1+10^{-C/20}}{1-10^{-C/20}}}$$

$$Z_{0o} = Z_0 \sqrt{\frac{1-10^{-C/20}}{1+10^{-C/20}}}$$

其中 $Z_{0e}$ 和 $Z_{0o}$ 为偶模和奇模特性阻抗, $Z_0$ 为终端负载阻抗, $C$ 为电压耦合系数;

天线工作带宽44%,覆盖频段1.6GHz~2.5GHz;天线阵元尺寸 $0.4\lambda \times 0.4\lambda \times 0.25\lambda$ , $\lambda$ 为中心频点波长。

2. 根据权利要求1所述的一种小型化低剖面双圆极化天线,其特征在于,馈电同轴线的下段采用贴式SMP连接器,外导体与馈电网络板的地焊接,内导体与馈电网络板的信号输入端焊接。

3. 根据权利要求1所述的一种小型化低剖面双圆极化天线,其特征在于,中间段采用标准SMP-KK转接(53),实现上下对插固定。

4. 根据权利要求1所述的一种小型化低剖面双圆极化天线,其特征在于,偶极子层、第

一支撑介质板(21)、第二支撑介质板(22)、馈电网络板(3)和反射板(4)采用上下层叠结构,使对插SMP接头不受力。

5.根据权利要求1所述的一种小型化低剖面双圆极化天线,其特征在于,在天线四角安装4个支撑柱(51),通过支撑柱将偶极子层、两个支撑介质板和馈电网络板固定在反射板上。

6.根据权利要求1所述的一种小型化低剖面双圆极化天线,其特征在于,工作频段内,天线驻波小于2.0,阵元最大增益大于5.0dB,阵列增益大于12.0dB。

## 一种小型化低剖面双圆极化天线

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种小型化低剖面双圆极化天线,属于卫星通信技术领域。

### 背景技术

[0002] 宽频段天线可实现多个工作频带的信号发射或接收,有效地提高了天线的口径效率,在狭小空间内实现了天线同一口径的复用,在卫星通信、导航、数据传输等方面得到了广泛应用。

[0003] 在卫星通信领域,随着天线泛星技术的发展,卫星通信天线正朝着小型化、低剖面、宽带化的方向发展,要求天线能工作在多个频段,同时在限定的口径内,对天线的尺寸、重量方面等通常都提出了比较苛刻的要求。偶极子天线具有工作频带宽、方向图稳定性好等优点,通过合理的结构设计即可实现小型化、低剖面及双圆极化工作。

[0004] 在通信、导航和雷达领域,已经出现很多宽带圆极化天线,如微带天线、阵子天线以及对数周期天线等。但是上述天线在相同尺寸下,相对带宽较窄,天线高度也较高,并不能适用于卫星通信中小型化、低剖面、宽频带的传输环境。

### 发明内容

[0005] 本发明解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提出一种小型化低剖面双圆极化天线,解决了在紧凑型多模终端中小型化宽带天线的设计和安装问题。

[0006] 本发明解决技术的方案是:

[0007] 一种小型化低剖面双圆极化天线,包括一对正交的环形偶极子、耦合馈电线、第一支撑介质板、第二支撑介质板、馈电同轴线、馈电网络板和反射板,

[0008] 偶极子和耦合馈电层选用TLY板材作为介质基板,偶极子和馈电线印制在介质基板的两面;偶极子印制在的底面,耦合馈电线印制在顶面;馈电线的一段在介质顶面,一段在介质基板底面,通过过孔短路金属柱连接;

[0009] 所述偶极子采用两对正交的方环结构,每对偶极子对角增加了4个突出的枝节,在偶极子和谐振器之间引入了一段不均匀耦合,改变偶极子上的电流分布,改变偶极子上的电流分布,从而控制模式的移动,引入新的谐振点,提高天线的带宽;

[0010] 在偶极子层和馈电网络之间增加了两层介质支撑结构,以降低偶极子天线高度,第一层支撑介质板采用介电常数1.1,厚度为8mm的硬质泡沫,第二层支撑介质板采用介电常数6.15,厚度13mm的TP-2介质板;

[0011] 馈电同轴线采用三段分体式SMP结构,上段采用标贴式SMP连接器(51),外导体与偶极子的一个环形臂连接,内导体过孔与顶层的耦合馈电线焊接在一起。

[0012] 进一步的,信号通过50 $\Omega$ 标准同轴线输入然后转化到馈电线上,能量通过馈电线耦合到环形偶极子的另外一个臂从而实现馈电,通过改变“钥匙”型耦合馈电线的尺寸来调节阻抗匹配。

[0013] 进一步的,下段采用贴式SMP连接器,外导体与与馈电网络地焊接,内导体与馈电

网络信号输入端焊接。

[0014] 进一步的,中间段采用标准SMP-KK转接,实现上下对插固定。

[0015] 进一步的,馈电网络板采用缝隙耦合结构3dB定向耦合电桥,将多层介质板层叠在一起,相叠的公共面作为接地板,在接地板上开有一定形状进行开缝,位于缝隙两侧的上、下介质板分别有贴片结构,通过中间的缝隙,上、下的贴片产生缝隙耦合效应。

[0016] 进一步的,缝隙耦合结构3dB电桥作为输入的第一端口是匹配的,而第四端口是隔离的,第二端口是直通端口,第三端口是耦合端口;耦合电桥在第一端口处偶模和奇模输入阻抗表示为:

$$[0017] \quad Z_{0e} = Z_0 \sqrt{\frac{1+10^{-C/20}}{1-10^{-C/20}}}$$

$$[0018] \quad Z_{0o} = Z_0 \sqrt{\frac{1-10^{-C/20}}{1+10^{-C/20}}}$$

[0019] 其中 $Z_{0e}$ 和 $Z_{0o}$ 为偶模和奇模特性阻抗, $Z_0$ 为终端负载阻抗,C为电压耦合系数。

[0020] 进一步的,偶极子层、第一支撑介质板、第二支撑介质板、馈电网络板和反射板采用上下层叠结构,使对插SMP接头不受力。

[0021] 进一步的,在天线四角安装4个支撑柱,通过支撑柱内嵌螺钉将偶极子贴片、支撑介质板和馈电网络板固定在反射板上。

[0022] 进一步的,天线工作带宽44%,覆盖频段1.6GHz~2.5GHz;天线阵元尺寸 $0.4\lambda \times 0.4\lambda \times 0.25\lambda$ , $\lambda$ 为中心频点波长。

[0023] 进一步的,工作频段内,天线驻波小于2.0,阵元最大增益大于5.0dB,阵列增益大于12.0dB。

[0024] 本发明与现有技术相比的有益效果是:

[0025] (1) 本发明采用6个顺序旋转的阵元组成圆环形阵列,所述的圆环形阵列对称性好,口径利用率高。利用二次圆极化原理,可以提高轴比带宽,改善天线宽角扫描时圆极化特性;

[0026] (2) 本发明阵元采用平面偶极子结构,所述的偶极子采用非对称的方环结构,每对偶极子对角增加了4个突出的枝节,引入不均匀耦合馈电,有效的增加了天线的工作带宽。同时,所述的耦合馈电线采用“钥匙”型结构,进一步改善阻抗匹配,实现谐振带宽内的宽带匹配;

[0027] (3) 本发明在平面偶极子的基础上增加了两层支撑介质层,降低了天线的高度,通过高低介电常数和不同厚度支撑板的选择,在保证天线相对带宽达到44%以上的同时,实现了天线的小型化和低剖面(60mm×60mm×25mm);

[0028] (4) 本发明所述馈电网络采用紧耦合式带状线90°电桥,馈电网络和耦合馈电线之间采用分体式SMP对插结构,改结构上下与馈电网络和耦合馈电线焊接,内嵌在支撑板内,解决了偶极子天线圆极化馈电的难题。

## 附图说明

- [0029] 图1为本发明示意图；  
[0030] 图2为平面偶极子示意图；  
[0031] 图3为偶极子馈电示意图；  
[0032] 图4为带状线耦合电桥示意图；  
[0033] 图5为同轴馈电线结构示意图；  
[0034] 图6为本发明结构俯视图。

## 具体实施方式

[0035] 下面结合实施例对本发明作进一步阐述。

[0036] 如图1、6所示为本发明天线阵列示意图,天线采用顺序旋转圆极化阵列形式,通过两个多线极化波或者圆极化波可以合成出极化纯度更高的圆极化波。6个天线阵元围绕圆环阵列中心,顺序旋转 $60^\circ$ ,通过单元的旋转形成的二次圆极化,进一步提高圆极化轴比带宽,改善天线低仰角圆极化性能。

[0037] 如图2所示为本发明阵元结构示意图。包括一对正交的环形偶极子11、一对“钥匙”型耦合馈电线12、第一支撑介质板21、第二支撑介质板22、馈电同轴线5、馈电网络板3和反射板4。

[0038] 偶极子和耦合馈电层选用TLY板材作为介质基板,偶极子和馈电线印制在介质基板的两面。偶极子贴片11印制在的底面,耦合馈电线12印制在顶面。为了防止两对正交的馈电线交叉,馈电线的一段在介质顶面,一段在介质基板底面,通过过孔短路金属柱连接。

[0039] 所述偶极子贴片11采用两对正交的方环结构,非对称的方环结构可以减小偶极子的尺寸,每对偶极子对角增加了4个突出的枝节。一个偶极子作为环形谐振器,通过控制偶极子和谐振器之间的耦合就可以控制第二个模式的移动。边缘突出枝节的引入一方面是在偶极子和谐振器之间引入了一段不均匀耦合,另一方面也改变了偶极子上的电流分布,从而控制模式的移动面也改变了偶极子上的电流分布,从而控制模式的移动,引入新的谐振点,提高天线的带宽。

[0040] 偶极子天线高度一般在 $1/4$ 波长左右,为了降低天线的高度,在偶极子层和馈电网络之间增加了两层介质支撑结构,第一层支撑介质板21采用介电常数1.1,厚度为8mm的硬质泡沫,第二层支撑介质板22采用介电常数6.15,厚度13mm的TP-2介质板。通过两层不同介电常数和厚度的支撑结构,可以保证带宽的同时,降低天线的高度,实现较低的剖面。

[0041] 所述同轴馈电线采用三段分体式SMP结构,上段采用标贴式SMP连接器51,外导体与偶极子的一个环形臂连接,内导体过孔与顶层的耦合馈电线焊接在一起。信号通过 $50\Omega$ 标准同轴线输入然后转化到馈电线上,能量通过馈电线耦合到环形偶极子的另外一个臂从而实现馈电,通过改变“钥匙”型耦合馈电线的尺寸来调节阻抗匹配。下段采用贴式SMP连接器52,外导体与与馈电网络地焊接,内导体与馈电网络信号输入端焊接。中间段采用标准SMP-KK转接53,实现上下对插固定。

[0042] 所述馈电网络板3采用缝隙耦合结构3dB定向耦合电桥,采用的是多层介质板缝隙耦合技术,将多层介质板层叠在一起,相叠的公共面作为接地板,在接地板上挖出一定形状进行开缝,位于缝隙两侧的上、下介质板分别有贴片结构,通过中间的缝隙,上、下的贴片可

以产生缝隙耦合效应。这种馈电网络具有强耦合,结构紧凑,宽带幅相一致性好等优点。

[0043] 缝隙耦合结构3dB电桥示意图如图2-4所示,作为输入的第一端口是匹配的,而第四端口是隔离的,第二端口是直通端口,第三端口是耦合端口。耦合电桥在第一端口处偶模和奇模输入阻抗可以表示为:

$$[0044] \quad Z_{0e} = Z_0 \sqrt{\frac{1+10^{-C/20}}{1-10^{-C/20}}}$$

$$[0045] \quad Z_{0o} = Z_0 \sqrt{\frac{1-10^{-C/20}}{1+10^{-C/20}}}$$

[0046] 其中 $Z_{0e}$ 和 $Z_{0o}$ 为偶模和奇模特性阻抗, $Z_0$ 为终端负载阻抗, $C$ 为电压耦合系数。当终端特征阻抗 $Z_0 = 50 \Omega$ ,电压耦合系数 $C = 3\text{dB}$ 时,可根据上式推导出设计所需的偶模特性阻抗 $Z_{0e} = 120.5 \Omega$ ,奇模特征阻抗 $Z_{0o} = 20.7 \Omega$ 。

[0047] 上述偶极子层1、第一支撑介质板21、第二支撑介质板22、馈电网络板3和反射板4采用上下层叠结构。成为了使对插SMP接头不受力,在天线四角安装4个支撑柱51,通过支撑柱内嵌螺钉将偶极子贴片、支撑介质板和馈电网络板固定在反射板上。

[0048] 天线工作带宽44%,覆盖频段1.6GHz~2.5GHz,阵元尺寸 $60\text{mm} \times 60\text{mm} \times 25\text{mm}$ ( $0.4\lambda \times 0.4\lambda \times 0.25\lambda$ , $\lambda$ 为中心频点波长),阵列尺寸 $\Phi 220\text{mm} \times 25\text{mm}$ ,重量小于1Kg。工作频段内,天线驻波小于2.0,阵元最大增益大于5.0dB,阵列增益大于12.0dB,可根据使用需求实现波束扫描。

[0049] 具体的,天线由6个顺序旋转的天线单元组成环形阵列,每个天线阵元包括一对正交的环形偶极子11、一对“钥匙”型耦合馈电线12、第一支撑介质板21、第二支撑介质板22、馈电同轴线5、馈电网络板3和反射板4组成。所述偶极子1、支撑板2和馈电网络层3叠放置,通过层压螺钉41固定于所述反射板4上。

[0050] 所述的环形阵列由6个相同的天线阵元组成,每个天线阵元绕圆环中心顺序旋转 $60^\circ$ ,天线阵元间距68mm。

[0051] 所述的平面偶极子采用层叠结构,从上到下依次是偶极子及馈线1、第一支撑介质板21、第二支撑介质板22、馈电网络4和反射板5。

[0052] 所述的偶极子和馈电线印制在介质基板的两面。偶极子贴片11印制在的底面,耦合馈电线12印制在顶面;偶极子贴片采用非对称的方环形式,每对偶极子对角有4个突出的枝节。

[0053] 所述的耦合馈电线12采用“钥匙”型非对称的方环结构,馈电线的一段在介质顶面,一段在介质基板底面,通过过孔短路金属柱连接。

[0054] 所述支撑板采用两层介电常数不同的介质板,第一支撑板21介电常数1.1,第二支撑板22介电常数6.15,第一支撑板厚度为8mm,第二支撑板厚度为8mm。

[0055] 如图5所示,本发明中所述的馈电同轴线5为分体式结构,上、下端采用标贴式SMP连接器51、52,分别与耦合馈电线及馈电网络输入端焊接,中间采用标准SMP-KK转接器53对插,将馈电网络和耦合馈电线焊接在一起,分别向一对正交的偶极子馈电。

[0056] 6个的天线单元组成圆环形顺序旋转平面阵列,天线阵元绕圆环中心依次旋转

60°,间距68mm。

[0057] 平面偶极子阵元采用层叠结构,从上到下依次是偶级子及馈线11和12、第一支撑介质板21、第二支撑介质板22、馈电网络3和反射板4。

[0058] 所述的偶极子贴片11和馈电线12印制在介质基板的两面。偶极子印制在的底面,耦合馈电线印制在顶面。

[0059] 所述的耦合馈电线12采用“钥匙”型非对称的方环结构,馈电线的一段在介质顶面,一段在介质基板底面,通过过孔短路金属柱连接。

[0060] 所述偶极子贴片11采用非对称的方环形式,每对偶极子对角有4个突出的枝节。

[0061] 所述馈电偶同轴线5的外导体与偶极子的一个环形臂连接,内导体过孔与顶层的耦合馈电线12焊接在一起。

[0062] 馈电同轴线5为分体式结构,上、下端采用标贴式SMP连接器51、52,分别与耦合馈电线12及馈电网络输入端焊接,中间采用标准SMP-KK53对插。

[0063] 所述支撑板采用两层介电常数不同的介质板,第一支撑板21节电常数较小1~3,第二支撑板22节电常数较大5~10,第一支撑板厚度小于第二支撑板。

[0064] 本发明采用6个顺序旋转的阵元组成圆环形阵列,所述的圆环形阵列对称性好,口径利用率高。利用二次圆极化原理,可以提高轴比带宽,改善天线宽角扫描时圆极化特性;

[0065] 本发明阵元采用平面偶极子结构,所述的偶极子采用非对称的方环结构,每对偶极子对角增加了4个突出的枝节,引入不均匀耦合馈电,有效的增加了天线的工作带宽。同时,所述的耦合馈电线采用“钥匙”型结构,进一步改善阻抗匹配,实现谐振带宽内的宽带匹配;

[0066] 本发明在平面偶极子的基础上增加了两层支撑介质层,降低了天线的高度,通过高低介电常数和不同厚度支撑板的选择,在保证天线相对带宽达到44%以上的同时,实现了天线的小型化和低剖面(60mm×60mm×25mm);

[0067] 本发明所述馈电网络采用紧耦合式带状线90°电桥,馈电网络和耦合馈电线之间采用分体式SMP对插结构,改结构上下与馈电网络和耦合馈电线焊接,内嵌在支撑板内,解决了偶极子天线圆极化馈电的难题。

[0068] 本发明虽然已以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出可能的变动和修改,因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化及修饰,均属于本发明技术方案的保护范围。



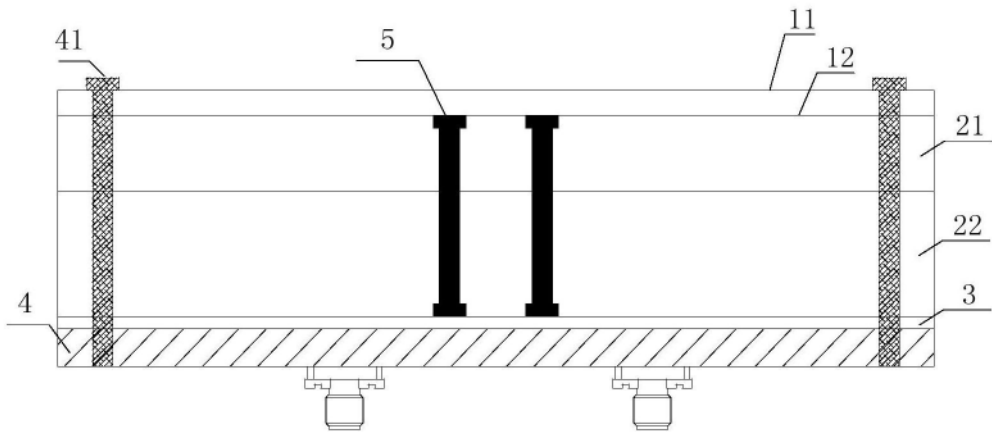


图1

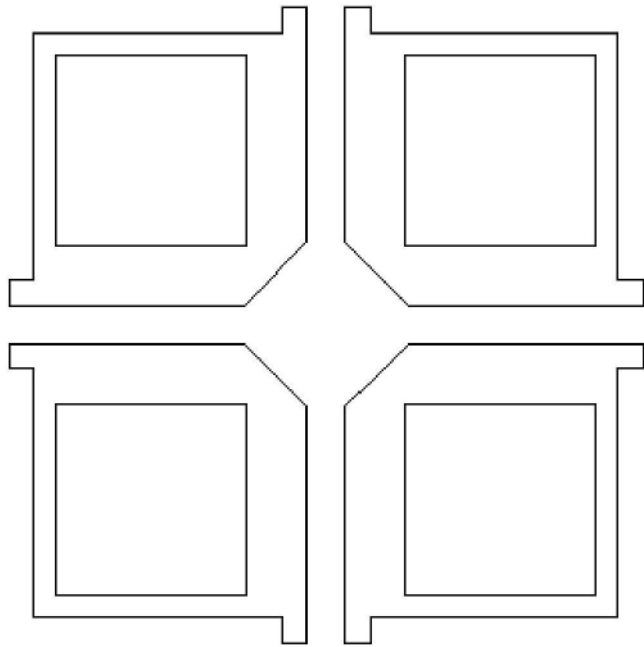


图2

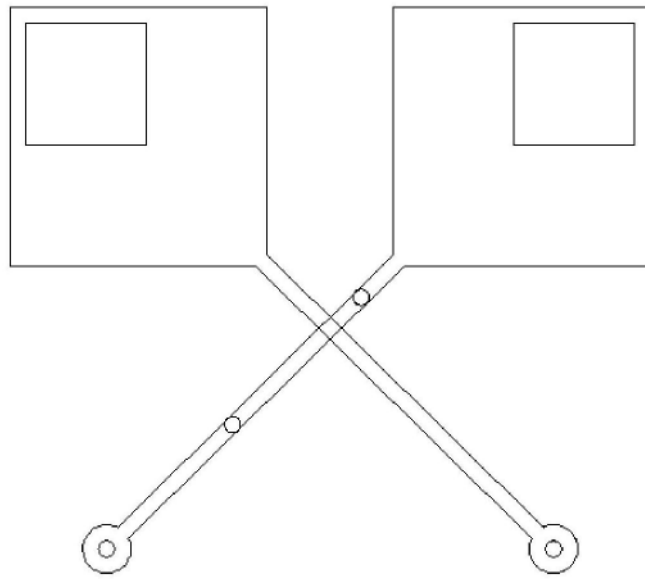


图3

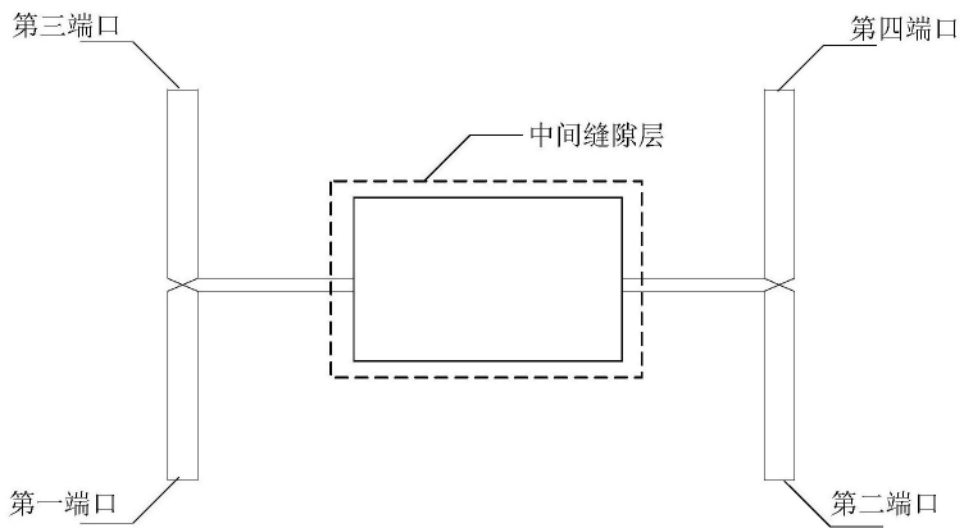


图4

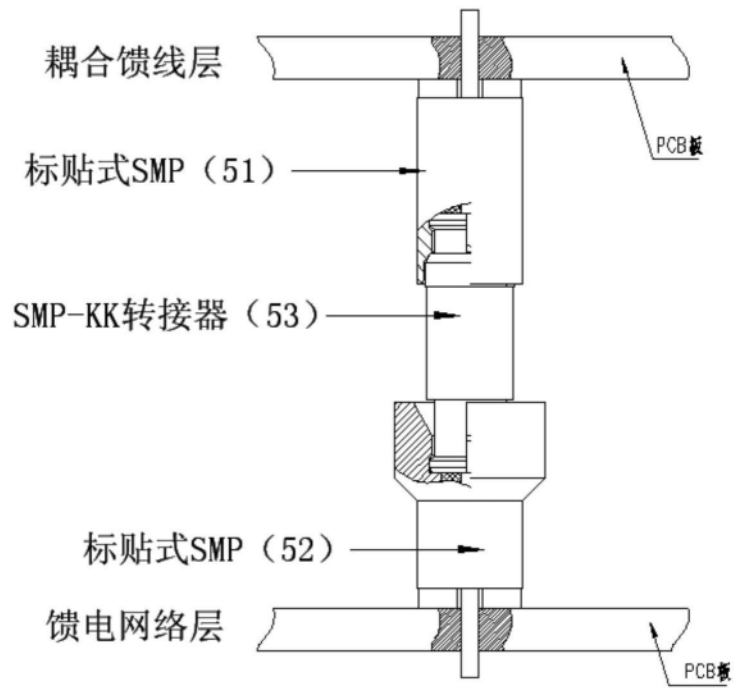


图5

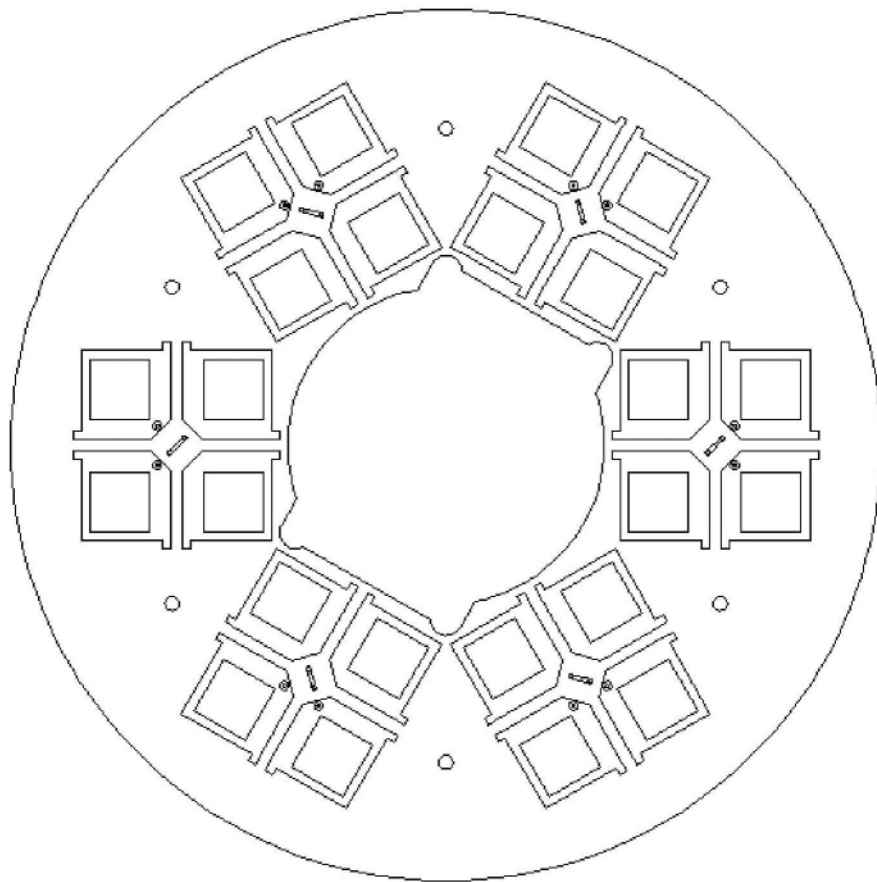


图6