



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104966881 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 07

(21) 申请号 201510375121. 9

(22) 申请日 2015. 06. 30

(71) 申请人 南通大学

地址 226019 江苏省南通市啬园路9号南通  
大学电子信息学院

(72) 发明人 施金 徐凯 秦伟 陈建新 唐慧  
周立衡 包志华

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理  
有限公司 44217

代理人 汪丽

(51) Int. Cl.

H01P 5/16(2006. 01)

H01P 5/20(2006. 01)

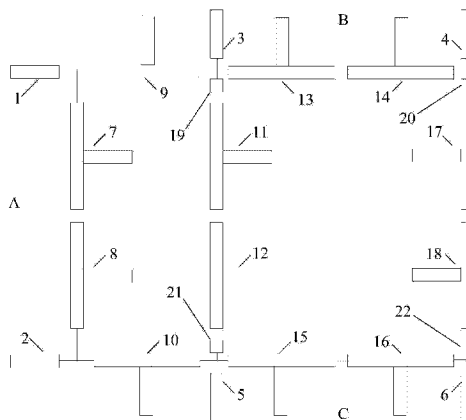
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

一种双频带平衡式功分器

(57) 摘要

本发明公开了一种双频带平衡式功分器,解决了现有技术中双频带功分器为单端设计,没有共模抑制且不方便与差分器件相连接,以致实现双频带平衡式功分器尺寸大且成本高的技术问题,所述功分器包括:六个端口(1-6);其中,端口(1和2)组成平衡式端口(A),端口(3和4)组成平衡式端口(B),端口(5和6)组成平衡式端口(C);五对T型传输线结构(7和8、11和12、13和14、15和16、17和18)和两个单独的T型传输线结构(9、10);四个电阻(19-22);所述功分器的整个结构是一个对称的结构;填补了双频带平衡式功分器的空白,在实现功率分配的同时,还实现了双频带工作,共模抑制功能,并方便与平衡式电路连接。



1. 一种双频带平衡式功分器,其特征在于,包括:

第一端口 (1)、与所述第一端口 (1) 对称设置的第二端口 (2)、第三端口 (3)、与所述第三端口 (3) 对称设置的第四端口 (4)、第五端口 (5)、与所述第五端口 (5) 对称设置的第六端口 (6);所述第一端口 (1) 和所述第二端口 (2) 组成第一平衡式端口 (A),所述第三端口 (3) 和所述第四端口 (4) 组成第二平衡式端口 (B),所述第五端口 (5) 和所述第六端口 (6) 组成第三平衡式端口 (C),所述第一平衡式端口 (A) 为信号输入端口,所述第二平衡式端口 (B) 和所述第三平衡式端口 (C) 为信号输出端口;

串联连接于所述第一端口 (1) 和所述第二端口 (2) 之间且对称设置的第一 T 型传输线结构 (7) 和第二 T 型传输线结构 (8),连接于所述第一端口 (1) 和所述第三端口 (3) 之间的第三 T 型传输线结构 (9),连接于所述第二端口 (2) 和所述第五端口 (5) 之间的第四 T 型传输线结构 (10),串联连接于所述第三端口 (3) 和所述第五端口 (5) 之间且对称设置的第五 T 型传输线结构 (11) 和第六 T 型传输线结构 (12),串联连接于所述第三端口 (3) 和所述第四端口 (4) 之间且对称设置的第七 T 型传输线结构 (13) 和第八 T 型传输线结构 (14),串联连接于所述第五端口 (5) 和所述第六端口 (6) 之间且对称设置的第九 T 型传输线结构 (15) 和第十 T 型传输线结构 (16),串联连接于所述第四端口 (4) 和所述第六端口 (6) 之间且对称设置的第十一 T 型传输线结构 (17) 和第十二 T 型传输线结构 (18);

串联于所述第三端口 (3) 和所述第五 T 型传输线结构 (11) 的连接线上的第一电阻 (19),串联于所述第四端口 (4) 和所述第十一 T 型传输线结构 (17) 的连接线上的第二电阻 (20),串联于所述第五端口 (5) 和所述第六 T 型传输线结构 (12) 的连接线上的第三电阻 (21),串联于所述第六端口 (6) 和所述第十二 T 型传输线结构 (18) 的连接线上的第四电阻 (22)。

2. 如权利要求 1 所述的双频带平衡式功分器,其特征在于,任一 T 型传输线结构包括两条横向传输线和一条开路枝节;

所述两条横向传输线串联,所述开路枝节连接在所述两条横向传输线的连接点上。

3. 如权利要求 2 所述的双频带平衡式功分器,其特征在于,所述第一 T 型传输线结构 (7) 包括:第一横向传输线 (71)、第二横向传输线 (72) 和第一开路枝节 (73);

所述第一横向传输线 (71) 和所述第二横向传输线 (72) 的特性阻抗均为第一阻抗、电长度均为第一电长度,所述第一开路枝节 (73) 的特性阻抗为第二阻抗值、电长度为第二电长度;

所述第二 T 型传输线结构 (8)、所述第五 T 型传输线结构 (11)、所述第六 T 型传输线结构 (12)、所述第七 T 型传输线结构 (13)、所述第八 T 型传输线结构 (14)、所述第九 T 型传输线结构 (15)、所述第十 T 型传输线结构 (16)、所述第十一 T 型传输线结构 (17) 和所述第十二 T 型传输线结构 (18) 均与所述第一 T 型传输线结构 (7) 相同。

4. 如权利要求 2 所述的双频带平衡式功分器,其特征在于,所述第三 T 型传输线结构 (9) 包括:第三横向传输线 (91)、第四横向传输线 (92) 和第二开路枝节 (93);

所述第三横向传输线 (91) 和所述第四横向传输线 (92) 的特性阻抗均为第三阻抗、电长度均为第三电长度,所述第二开路枝节 (93) 的特性阻抗为第四阻抗、电长度为第四电长度;

所述第四 T 型传输线结构 (10) 与所述第三 T 型传输线结构 (9) 相同。

5. 如权利要求 2 所述的双频带平衡式功分器,其特征在于,所述两条横向传输线的特性阻抗均为  $Z_{T1}$ 、电长度均为  $Q_{T1}$ ,所述开路枝节的特性阻抗为  $Z_{T2}$ 、电长度为  $Q_{T2}$ ,任一 T 型传输线结构满足下列公式 (1)、(2) 和 (3):

$$Z_{T1} \tan Q_{T1} = \pm Z_c \quad (1)$$

$$\frac{\tan Q_{T2}}{Z_{T2}} = \frac{\cos 2Q_{T1}}{Z_c \cos^2 Q_{T1}} \quad (2)$$

$$Q_{T1} = \frac{f_1}{f_1 + f_2} \pi @ f_1 \quad (3)$$

其中,  $Z_c$  为传统的四分之一波长的传输线的特性阻抗,  $f_1$  和  $f_2$  为所述双频带平衡式功分器的两个工作频率。

6. 如权利要求 5 所述的双频带平衡式功分器,其特征在于,所述传统的四分之一波长的传输线的特性阻抗  $Z_c = 50/\sqrt{2}$  欧姆。

7. 如权利要求 5 所述的双频带平衡式功分器,其特征在于,所述双频带平衡式功分器的两个工作频率的比值需要满足条件:  $f_2/f_1 > 3$ 。

8. 如权利要求 1 ~ 7 任一权项所述的双频带平衡式功分器,其特征在于,所述第一电阻 (19)、第二电阻 (20)、第三电阻 (21) 和第四电阻 (22) 阻抗值均为 50 欧姆。

9. 如权利要求 2 所述的双频带平衡式功分器,其特征在于,所述双频带平衡式功分器的结构通过微带线实现,或通过共模波导和带状线实现。

## 一种双频带平衡式功分器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及射频及微波功率分配、馈电网络技术领域,尤其涉及一种双频带平衡式功分器。

### 背景技术

[0002] 现如今,随着射频系统的快速发展,一方面,平衡式电路因为其方便与其它平衡式器件相连接以及具有较好地共模抑制等优点得到广泛应用。另一方面,功分器作为微波系统中重要的一种器件,它按一定的比例对微波信号进行功率分配;并且功分器在实现各种功能的微波组件,馈电网络以及整机中,发挥着重要的作用。所以,平衡式功分器的设计显得很重要。

[0003] 另外,随着通信系统的发展,不同的通信系统具有不同的需求(如宽带宽、结构紧凑和多频带等)。在这些需求中,多频带工作因其可以减少电路尺寸和系统成本而显得尤为重要。可见,平衡式功分器的设计结合多频带功能可为通信系统电路设计带来新的突破。但是,目前只有单端的多频带功分器,还没有平衡式的多频带功分器。如果以现有的技术来实现双频带平衡式功分器最起码需要一个双频带的单端功分器和三个巴伦,这样会导致电路尺寸大和成本过高。

[0004] 也就是说,现有技术中存在,双频带功分器为单端设计,没有共模抑制且不方便与差分器件相连接,以致实现双频带平衡式功分器尺寸大且成本高的技术问题。

### 发明内容

[0005] 本发明针对现有技术中存在的,双频带功分器为单端设计,没有共模抑制且不方便与差分器件相连接,以致实现双频带平衡式功分器尺寸大且成本高的技术问题,提供了一种双频带平衡式功分器,填补了双频带平衡式功分器的空白,在实现功率分配的同时,还实现了双频带工作,共模抑制功能,并方便与平衡式电路连接。

[0006] 本发明实施例提供了一种双频带平衡式功分器,包括:

[0007] 第一端口、与所述第一端口对称设置的第二端口、第三端口、与所述第三端口对称设置的第四端口、第五端口、与所述第五端口对称设置的第六端口;所述第一端口和所述第二端口组成第一平衡式端口,所述第三端口和所述第四端口组成第二平衡式端口,所述第五端口和所述第六端口组成第三平衡式端口,所述第一平衡式端口为信号输入端口,所述第二平衡式端口和所述第三平衡式端口为信号输出端口;

[0008] 串联连接于所述第一端口和所述第二端口之间且对称设置的第一 T 型传输线结构和第二 T 型传输线结构,连接于所述第一端口和所述第三端口之间的第三 T 型传输线结构,连接于所述第二端口和所述第五端口之间的第四 T 型传输线结构,串联连接于所述第三端口和所述第五端口之间且对称设置的第五 T 型传输线结构和第六 T 型传输线结构,串联连接于所述第三端口和所述第四端口之间且对称设置的第七 T 型传输线结构和第八 T 型传输线结构,串联连接于所述第五端口和所述第六端口之间且对称设置的第九 T 型传输线

结构和第十 T 型传输线结构, 串联连接于所述第四端口和所述第六端口之间且对称设置的第十一 T 型传输线结构和第十二 T 型传输线结构;

[0009] 串联于所述第三端口和所述第五 T 型传输线结构的连接线上的第一电阻, 串联于所述第四端口和所述第十一 T 型传输线结构的连接线上的第二电阻, 串联于所述第五端口和所述第六 T 型传输线结构的连接线上的第三电阻, 串联于所述第六端口和所述第十二 T 型传输线结构的连接线上的第四电阻。

[0010] 可选的, 任一 T 型传输线结构包括两条横向传输线和一条开路枝节;

[0011] 所述两条横向传输线串联, 所述开路枝节连接在所述两条横向传输线的连接点上。

[0012] 可选的, 所述第一 T 型传输线结构包括: 第一横向传输线、第二横向传输线和第一开路枝节;

[0013] 所述第一横向传输线和所述第二横向传输线的特性阻抗均为第一阻抗、电长度均为第一电长度, 所述第一开路枝节的特性阻抗为第二阻抗值、电长度为第二电长度;

[0014] 所述第二 T 型传输线结构、所述第五 T 型传输线结构、所述第六 T 型传输线结构、所述第七 T 型传输线结构、所述第八 T 型传输线结构、所述第九 T 型传输线结构、所述第十 T 型传输线结构、所述第十一 T 型传输线结构和所述第十二 T 型传输线结构均与所述第一 T 型传输线结构相同。

[0015] 可选的, 所述第三 T 型传输线结构包括: 第三横向传输线、第四横向传输线和第二开路枝节;

[0016] 所述第三横向传输线和所述第四横向传输线的特性阻抗均为第三阻抗、电长度均为第三电长度, 所述第二开路枝节的特性阻抗为第四阻抗、电长度为第四电长度;

[0017] 所述第四 T 型传输线结构与所述第三 T 型传输线结构相同。

[0018] 可选的, 所述两条横向传输线的特性阻抗均为  $Z_{T1}$ 、电长度均为  $Q_{T1}$ , 所述开路枝节的特性阻抗为  $Z_{T2}$ 、电长度为  $Q_{T2}$ , 任一 T 型传输线结构满足下列公式 (1)、(2) 和 (3):

$$[0019] \quad Z_{T1} \tan Q_{T1} = \pm Z_c \quad (1)$$

$$[0020] \quad \frac{\tan Q_{T2}}{Z_{T2}} = \frac{\cos 2Q_{T1}}{Z_c \cos^2 Q_{T1}} \quad (2)$$

$$[0021] \quad Q_{T1} = \frac{f_1}{f_1 + f_2} \pi @ f_1 \quad (3)$$

[0022] 其中,  $Z_c$  为传统的四分之一波长的传输线的特性阻抗,  $f_1$  和  $f_2$  为所述双频带平衡式功分器的两个工作频率。

[0023] 可选的, 所述传统的四分之一波长的传输线的特性阻抗  $Z_c = 50/\sqrt{2}$  欧姆。

[0024] 可选的, 所述双频带平衡式功分器的两个工作频率的比值需要满足条件:  $f_2/f_1 > 3$ 。

[0025] 可选的, 所述第一电阻、第二电阻、第三电阻和第四电阻阻抗值均为 50 欧姆。

[0026] 可选的, 所述双频带平衡式功分器的结构通过微带线实现, 或通过共模波导和带状线实现。

[0027] 本发明中提供的一个或多个技术方案, 至少具有如下技术效果或优点:

[0028] 由于在本发明中,双频带平衡式功分器的电路结构包括 6 个端口(即第一至第六端口),其中,第一端口和第二端口组成第一平衡式端口,第三端口和第四端口组成第二平衡式端口,第五端口和第六端口组成第三平衡式端口,从而构成了平衡式的电路结构,以方便与其它平衡式电路连接。并且,整个电路结构是由 5 对 T 型传输线结构(即第一和第二 T 型传输线结构,第五和第六 T 型传输线结构,第七和第八 T 型传输线结构,第九和第十 T 型传输线结构,第十一和第十二 T 型传输线结构),2 个单独的 T 型传输线结构(第三、第四 T 型传输线结构)以及 4 个电阻(即第一、二、三、四电阻)组成的,整个电路结构对称。通过第一和第二、第七和第八、第九和第十这三对 T 型传输线结构,可以在第一平衡式端口(即信号输入端口)、第二平衡式端口和第三平衡式端口(即两个信号输出端口)处产生两个频带的差分信号,通过第三、第四这两个单独的 T 型传输线结构将第一平衡式端口的差分信号平均分配到第二平衡式端口和第三平衡式端口,并能工作在两个频带。同时第五和第六、第十一和第十二这两对 T 型传输线结构和 4 个电阻可以实现两个输出端口之间的隔离。有效解决了现有技术中双频带功分器为单端设计,没有共模抑制且不方便与差分器件相连接,以致实现双频带平衡式功分器尺寸大且成本高的技术问题,填补了双频带平衡式功分器的空白,在实现功率分配的同时,还实现了双频带工作,共模抑制功能,并方便与平衡式电路连接。

#### 附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其它的附图。

[0030] 图 1 为本发明实施例提供的一种双频带平衡式功分器结构示意图;

[0031] 图 2 为本发明实施例提供的 T 型传输线结构示意图;

[0032] 图 3 为本发明实施例提供的一种双频带平衡式功分器的电路原理图;

[0033] 图 4 为本发明实施例提供的两个不同频率比双频带平衡式功分器的差模响应图;

[0034] 图 5 为本发明实施例提供的两个不同频率比双频带平衡式功分器的共模响应图;

[0035] 图 6 为本发明实施例提供的不同  $Z_1$  和  $Z_2$  值的双频带平衡式功分器的差模响应图;

[0036] 图 7 为本发明实施例提供的不同  $Z_1$  和  $Z_2$  值的双频带平衡式功分器的共模响应图;

[0037] 图 8 为本发明实施例提供的一种双频带平衡式功分器的电路结构图;

[0038] 图 9 为本发明实施例提供的一种双频带平衡式功分器电路的实测差模响应图;

[0039] 图 10 为本发明实施例提供的一种双频带平衡式功分器电路的实测共模响应图。

#### 具体实施方式

[0040] 本发明实施例通过提供一种双频带平衡式功分器,解决了现有技术中存在的,双频带功分器为单端设计,没有共模抑制且不方便与差分器件相连接,以致实现双频带平衡式功分器尺寸大且成本高的技术问题,填补了双频带平衡式功分器的空白,在实现功率分配的同时,还实现了双频带工作,共模抑制功能,并方便与平衡式电路连接。

[0041] 本发明实施例的技术方案为解决上述技术问题,总体思路如下:

[0042] 本发明实施例提供了一种双频带平衡式功分器,包括:第一端口、与所述第一端口对称设置的第二端口、第三端口、与所述第三端口对称设置的第四端口、第五端口、与所述第五端口对称设置的第六端口;所述第一端口和所述第二端口组成第一平衡式端口,所述第三端口和所述第四端口组成第二平衡式端口,所述第五端口和所述第六端口组成第三平衡式端口,所述第一平衡式端口为信号输入端口,所述第二平衡式端口和所述第三平衡式端口为信号输出端口;串联连接于所述第一端口和所述第二端口之间且对称设置的第一 T 型传输线结构和第二 T 型传输线结构,连接于所述第一端口和所述第三端口之间的第三 T 型传输线结构,连接于所述第二端口和所述第五端口之间的第四 T 型传输线结构,串联连接于所述第三端口和所述第五端口之间且对称设置的第五 T 型传输线结构和第六 T 型传输线结构,串联连接于所述第三端口和所述第四端口之间且对称设置的第七 T 型传输线结构和第八 T 型传输线结构,串联连接于所述第五端口和所述第六端口之间且对称设置的第九 T 型传输线结构和第十 T 型传输线结构,串联连接于所述第四端口和所述第六端口之间且对称设置的第十一 T 型传输线结构和第十二 T 型传输线结构;串联于所述第三端口和所述第五 T 型传输线结构的连接线上的第一电阻,串联于所述第四端口和所述第十一 T 型传输线结构的连接线上的第二电阻,串联于所述第五端口和所述第六 T 型传输线结构的连接线上的第三电阻,串联于所述第六端口和所述第十二 T 型传输线结构的连接线上的第四电阻。

[0043] 可见,在本发明实施例中,双频带平衡式功分器的电路结构包括 6 个端口(即第一至第六端口),其中,第一端口和第二端口组成第一平衡式端口,第三端口和第四端口组成第二平衡式端口,第五端口和第六端口组成第三平衡式端口,从而构成了平衡式的电路结构,以方便与其它平衡式电路连接。并且,整个电路结构是由 5 对 T 型传输线结构(即第一和第二 T 型传输线结构,第五和第六 T 型传输线结构,第七和第八 T 型传输线结构,第九和第十 T 型传输线结构,第十一和第十二 T 型传输线结构),2 个单独的 T 型传输线结构(第三、第四 T 型传输线结构)以及 4 个电阻(即第一、二、三、四电阻)组成的,整个电路结构对称。通过第一和第二、第七和第八、第九和第十这三对 T 型传输线结构,可以在第一平衡式端口(即信号输入端口)、第二平衡式端口和第三平衡式端口(即两个信号输出端口)处产生两个频带的差分信号,通过第三、第四这两个单独的 T 型传输线结构将第一平衡式端口的差分信号平均分配到第二平衡式端口和第三平衡式端口,并能工作在两个频带。同时第五和第六、第十一和第十二这两对 T 型传输线结构和 4 个电阻可以实现两个输出端口之间的隔离。有效解决了现有技术中双频带功分器为单端设计,没有共模抑制且不方便与差分器件相连接,以致实现双频带平衡式功分器尺寸大且成本高的技术问题,填补了双频带平衡式功分器的空白,在实现功率分配的同时,还实现了双频带工作,共模抑制功能,并方便与平衡式电路连接。

[0044] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案进行详细的说明,应当理解本发明实施例以及实施例中的具体特征是对本申请技术方案的详细的说明,而不是对本申请技术方案的限定,在不冲突的情况下,本发明实施例以及实施例中的技术特征可以相互组合。

[0045] 实施例一

[0046] 请参考图 1,本发明实施例提供了一种双频带平衡式功分器,包括:

[0047] 第一端口 1、与第一端口 1 对称设置的第二端口 2、第三端口 3、与第三端口 3 对称设置的第四端口 4、第五端口 5、与第五端口 5 对称设置的第六端口 6，第一端口 1 和第二端口 2 组成第一平衡式端口 A，第三端口 3 和第四端口 4 组成第二平衡式端口 B，第五端口 5 和第六端口 6 组成第三平衡式端口 C，第一平衡式端口 A 为信号输入端口，第二平衡式端口 B 和第三平衡式端口 C 为信号输出端口，从而构成了平衡式的电路结构；

[0048] 串联连接于第一端口 1 和第二端口 2 之间且对称设置的第一 T 型传输线结构 7 和第二 T 型传输线结构 8，连接于第一端口 1 和第三端口 3 之间的第三 T 型传输线结构 9，连接于第二端口 2 和第五端口 5 之间的第四 T 型传输线结构 10，串联连接于第三端口 3 和第五端口 5 之间且对称设置的第五 T 型传输线结构 11 和第六 T 型传输线结构 12，串联连接于第三端口 3 和第四端口 4 之间且对称设置的第七 T 型传输线结构 13 和第八 T 型传输线结构 14，串联连接于第五端口 5 和第六端口 6 之间且对称设置的第九 T 型传输线结构 15 和第十 T 型传输线结构 16，串联连接于第四端口 4 和第六端口 6 之间且对称设置的第十一 T 型传输线结构 17 和第十二 T 型传输线结构 18；

[0049] 串联于第三端口 3 和第五 T 型传输线结构 11 的连接线上的第一电阻 19，串联于第四端口 4 和第十一 T 型传输线结构 17 的连接线上的第二电阻 20，串联于第五端口 5 和第六 T 型传输线结构 12 的连接线上的第三电阻 21，串联于第六端口 6 和第十二 T 型传输线结构 18 的连接线上的第四电阻 22。

[0050] 请参考图 2，为本实施方案中 T 型传输线结构示意图，本实施方案中任一 T 型传输线结构包括两条横向传输线 (2-1 和 2-2) 和一条开路枝节 2-3；两条横向传输线 (2-1 和 2-2) 串联，开路枝节 2-3 连接在两条横向传输线的连接点上。如图 2 所示，两条横向传输线 (2-1 和 2-2) 不相连的两端 (2-4 和 2-5) 用于与各端口和 / 或其它 T 型传输线结构连接。其中，两条横向传输线 (2-1 和 2-2) 的特性阻抗均为  $Z_{T1}$ 、电长度均为  $Q_{T1}$ ，开路枝节 2-3 的特性阻抗为  $Z_{T2}$ 、电长度为  $Q_{T2}$ ，任一 T 型传输线结构满足下列公式 (1)、(2) 和 (3)：

$$[0051] \quad Z_{T1} \tan Q_{T1} = \pm Z_c \quad (1)$$

$$[0052] \quad \frac{\tan Q_{T2}}{Z_{T2}} = \frac{\cos 2Q_{T1}}{Z_c \cos^2 Q_{T1}} \quad (2)$$

$$[0053] \quad Q_{T1} = \frac{f_1}{f_1 + f_2} \pi @ f_1 \quad (3)$$

[0054] 其中， $Z_c$  为传统的四分之一波长的传输线的特性阻抗，具体可取  $Z_c = 50/\sqrt{2}$ ， $f_1$  和  $f_2$  为所述双频带平衡式功分器的两个工作频率，如  $f_1 = 1\text{GHz}$ 、 $f_2 = 4\text{GHz}$ 。

[0055] 也就是说，在本实施方案中，第一至第十二 T 型传输线结构 (7-18) 均具备上述图 2 所示 T 型传输线结构的特性，可得如图 3 所示的平衡式功分器的电路原理图，在图 3 中，第三、第四、第七、第八、第九和第十 T 型传输线结构 (9、10、13、14、15 和 16) 的开路枝节均折放在电路结构的外部，在其它实施方式中也可折放在电路结构的内部。值得注意的是，对于成对的 T 型传输线结构 (7 和 8、11 和 12、13 和 14、15 和 16、17 和 18) 和单独的 T 型传输线结构 (9、10) 的特性阻抗和电长度具有不同的取值。

[0056] 具体的，对于成对的 T 型传输线结构，其每一个 T 型传输线结构特性均相同，以第一 T 型传输线结构 7 为例，仍请参考图 3，第一 T 型传输线结构 7 包括：第一横向传输线 71、



第二横向传输线 72 和第一开路枝节 73 ;第一横向传输线 71 和第二横向传输线 72 的特性阻抗均为第一阻抗 (记作  $Z_1$ )、电长度均为第一电长度 (记作  $\theta_1$ ) ,第一开路枝节 73 的特性阻抗为第二阻抗 (记作  $Z_2$ )、电长度为第二电长度 (记作  $\theta_2$ ) ;其中,第一横向传输线 71 和第二横向传输线 72 对应图 2 中的两条横向传输线 (2-1 和 2-2),第一开路枝节 73 对应图 2 中的开路枝节 2-3,也就是说,  $Z_1$ 、 $\theta_1$ 、 $Z_2$ 、 $\theta_2$  分别与  $Z_{T1}$ 、 $Q_{T1}$ 、 $Z_{T2}$ 、 $Q_{T2}$  对应。并且,第二 T 型传输线结构 8、第五 T 型传输线结构 11、第六 T 型传输线结构 12、第七 T 型传输线结构 13、第八 T 型传输线结构 14、第九 T 型传输线结构 15、第十 T 型传输线结构 16、第十一 T 型传输线结构 17 和第十二 T 型传输线结构 18 均与第一 T 型传输线结构 7 相同。对于单独的 T 型传输线结构,其每一个 T 型传输线结构特性均相同,以第三 T 型传输线结构 9 为例,仍请参考图 3,第三 T 型传输线结构 9 包括:第三横向传输线 91、第四横向传输线 92 和第二开路枝节 93 ;第三横向传输线 91 和第四横向传输线 92 的特性阻抗均为第三阻抗 (记作  $Z_3$ )、电长度均为第三电长度 (记作  $\theta_3$ ) ,第二开路枝节 93 的特性阻抗为第四阻抗 (记作  $Z_4$ )、电长度为第四电长度 (记作  $\theta_4$ ) ;其中,第三横向传输线 91 和第四横向传输线 92 对应图 2 中的两条横向传输线 (2-1 和 2-2),第二开路枝节 93 对应图 2 中的开路枝节 2-3,也就是说,  $Z_3$ 、 $\theta_3$ 、 $Z_4$ 、 $\theta_4$  分别与  $Z_{T1}$ 、 $Q_{T1}$ 、 $Z_{T2}$ 、 $Q_{T2}$  对应。并且,第四 T 型传输线结构 10 与第三 T 型传输线结构 9 相同。另外,在图 3 中,四个电阻 (19-22) 的阻值均为  $R$ 。图 3 所示的整个电路结构为一个对称的电路结构。

[0057] 进一步,图 3 所示电路的工作原理为:通过第一和第二 T 型传输线结构 (7 和 8)、第七和第八 T 型传输线结构 (13 和 14)、第九和第十 T 型传输线结构 (15 和 16) 这三对 T 型传输线结构可以在输入端口 A (图 3 中 A+、A- 分别对应图 1 中端口 1、端口 2),输出端口 B 和 C 处产生两个频带的差分信号 (图 3 中 B+、B-、C+、C- 分别对应图 1 中端口 3、端口 4、端口 5、端口 6),通过第三和第四 T 型传输线结构 (9 和 10) 这两个单独的 T 型传输线结构将输入端口 A 的差分信号平均分配到输出端口 B 和 C,并能工作在两个频带。同时,第五和第六 T 型传输线结构 (11 和 12)、第十一和第十二 T 型传输线结构 (17 和 18) 这两对 T 型传输线结构和四个电阻 (19-22) 可以实现输出端口 B 和 C 之间的隔离。

[0058] 在本方案中,第一至第十二 T 型传输线结构 (7-18) 均要满足上述式 (1)、(2) 和 (3),根据设计需要的不同的工作频率  $f_1$  和  $f_2$  结合公式 (3) 可以得到  $Q_{T1}$ ,即本方案设计的电路结构中 T 型传输线结构的横向传输线的电长度,即  $\theta_1$  和  $\theta_3$ 。为了方便计算,在公式 (2) 中选择  $Q_{T2} = Q_{T1}$ ,即在本方案设计的结构中 T 型传输线结构的开路枝节的电长度  $\theta_2 = \theta_1$ ,  $\theta_4 = \theta_3$ 。为满足平衡式的输入端口 A 的差分信号平均分配到平衡式的输出端口 B 和 C,两个单独的 T 型传输线结构 (9 和 10) 需要在公式 (1) 和 (2) 中满足  $Z_C = 50/\sqrt{2}$ ,从而得到  $Z_{T1}$  和  $Z_{T2}$ ,即在图 3 中的  $Z_3$  和  $Z_4$ 。其次,为实现较好的隔离,四个电阻 (19-22) 的取值为  $R = 50 \Omega$ 。 $Z_1$  和  $Z_2$  在满足公式 (1) 和 (2) 的基础上对电路在两个工作频点上的响应没有影响。

[0059] 由公式 (2) 可知,为了满足电路尺寸小的要求且  $Q_{T2} = Q_{T1}$ ,等式的左边是一个正值,因此要使等式 (2) 成立需要满足的是  $Q_{T1} < \pi/4$ 。因此结合公式 (3) 可知本方案设计的双频带平衡式功分器的两个工作频率的比值需要满足条件:  $f_2/f_1 > 3$ 。以  $f_2/f_1 = 4$  和  $f_2/f_1 = 5$  两个不同频率比双频带平衡式功分器为例,图 4 为其差模响应的结果图,图

5 为其共模响应的结果图,图 4 和图 5 中的曲线根据信号的 S 参数绘制, S 参数即散射参数,是微波传输中的一项重要参数。从图 4 可知:  $|S_{AA}^{dd}| < -20\text{dB}$  (即在两个工作频率输入端口 A 是匹配的),  $|S_{BA}^{dd}| = |S_{CA}^{dd}| = -3\text{dB}$  (即差模信号可以均匀分配到输出端口 B 和 C),  $|S_{CB}^{dd}| < -20\text{dB}$  (即输出端口 B 和 C 之间具有很好的差模隔离)。从图 5 可知:  $|S_{AA}^{cc}| = 0\text{dB}$ 、 $|S_{BA}^{cc}| = |S_{CA}^{cc}| < -20\text{dB}$  (即在两个工作的频率具有很好的共模抑制的功能),且  $|S_{CB}^{cc}| < -20\text{dB}$  (即输出端口之间具有很好的共模隔离)。

[0060] 在具体实施过程中,本方案中的双频带平衡式功分器的带宽可以通过取不同的  $Z_1$  和  $Z_2$  的值来调节,以工作频率比  $f_2/f_1 = 4$  为例仿真观察  $Z_1$  和  $Z_2$  取值不同给带宽带来的影响,选择三组  $Z_1$  和  $Z_2$  的值,具体的,第一组:  $Z_1 = 25\Omega$ ,  $Z_2 = 28\Omega$ ; 第二组:  $Z_1 = 48.7\Omega$ ,  $Z_2 = 54.4\Omega$ ; 第三组:  $Z_1 = 65\Omega$ ,  $Z_2 = 100\Omega$ 。由图 6 可以看出随着  $Z_1$  和  $Z_2$  取值增大,差模响应的带宽也随之增大,由图 7 可以看出随着  $Z_1$  和  $Z_2$  取值增大,共模响应的带宽也随之减小。

[0061] 进一步,根据以上的设计方法,在方案中设计了一种双频带平衡式功分器,使其工作在 1GHz 和 4GHz 两个工作频率,所述双频带平衡式功分器的结构可通过微带线实现或通过共模波导和带状线实现。为实现电路结构小型化将第三、第四、第七、第八、第九和第十 T 型传输线结构 (9、10、13、14、15 和 16) 的开路枝节折放在电路结构的内部,其总体电路结构如图 8 所示。由图 8 可知,对于单独的 T 型传输线结构 (9、10),其每一个 T 型传输线结构的两条横向传输线的长度总和为  $l_1$ 、宽度为  $w_1$ ,开路枝节长度为  $l_2$ 、宽度为  $w_2$ ;对于成对的 T 型传输线结构 (7 和 8、11 和 12、13 和 14、15 和 16、17 和 18),其每一个 T 型传输线结构的两条横向传输线的长度总和为  $l_3$ 、宽度为  $w_3$ ,开路枝节长度为  $l_4$ 、宽度为  $w_4$ ;并且,具体结构参数为:  $l_1 = 36.4\text{mm}$ ,  $l_2 = 17.4\text{mm}$ ,  $l_3 = 71.1\text{mm}$ ,  $l_4 = 19.2\text{mm}$ ,  $w_1 = 2\text{mm}$ ,  $w_2 = 1.75\text{mm}$ ,  $w_3 = 1.9\text{mm}$ ,  $w_4 = 1.75\text{mm}$  和  $R = 50\Omega$ 。此时电路的实测的差模响应结果和共模响应结果分别如图 9 和图 10 所示,在两个工作的频带 (中心频率为 1GHz 和 4GHz 处) 最终实现功率分配的同时,实现了对共模信号的抑制性能;在第一个频带的插入损耗为 0.1dB,输入端的匹配小于 -20dB 的带宽为 11.5%,共模抑制大于 20dB 的带宽为 22%;在第二个频带的插入损耗为 0.8dB,输入端的匹配小于 -20dB 的带宽为 1.9%,共模抑制大于 20dB 的带宽为 8.1%。在这两个工作通道中的差模和共模隔离均到 20dB。

[0062] 总而言之,本发明相比于现有技术,首次提出了双频带平衡式功分器,即同时实现了差分信号功率分配功能、双频带工作功能及共模信号抑制功能,并方便与其它平衡式电路连接。本发明规避了现有技术必须将单端的双频带功分器和三个巴伦级联来实现双频带工作功能的平衡式功分器的劣势,实现了电路结构小型化和集成化。

[0063] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例做出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0064] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

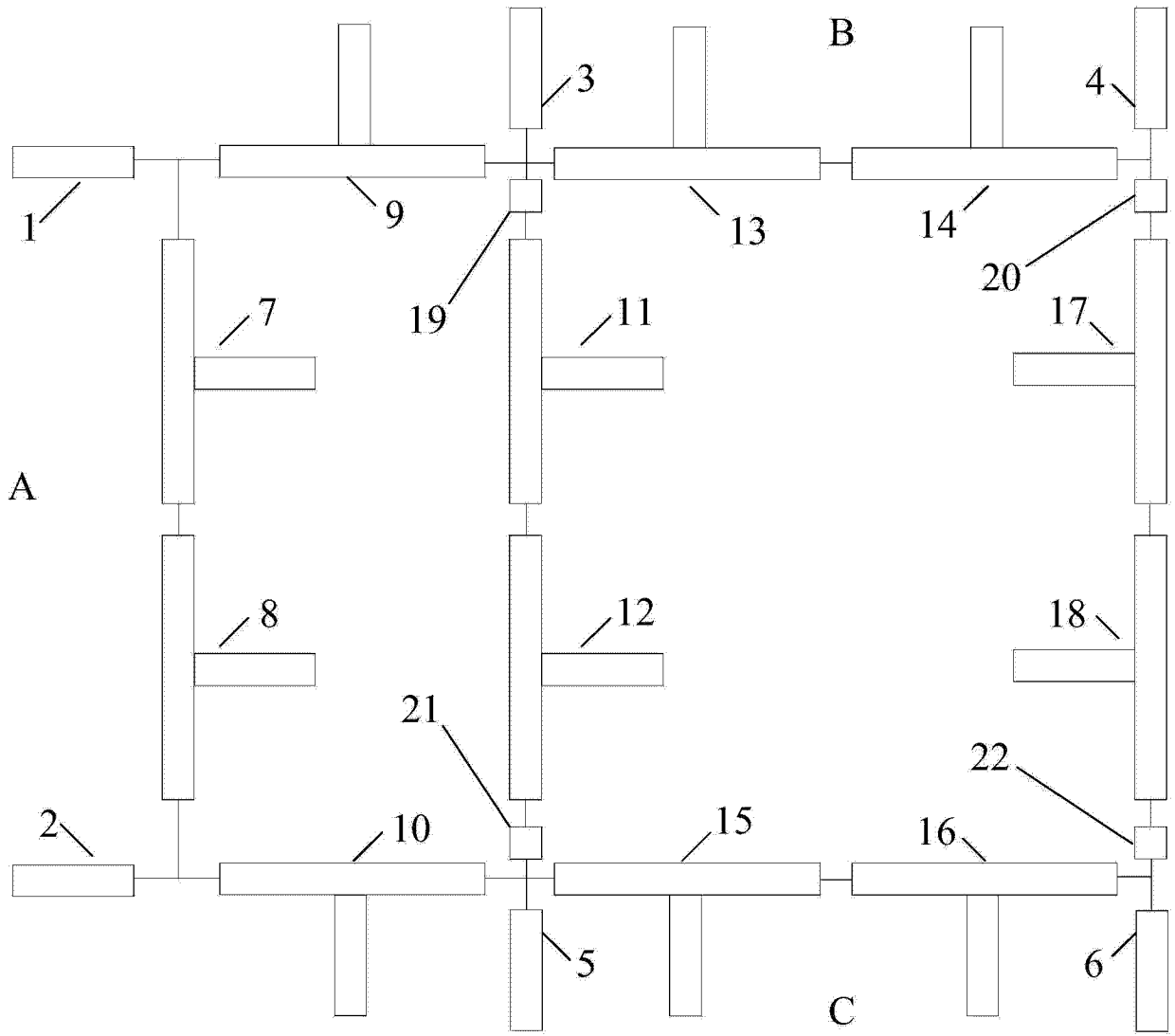


图 1

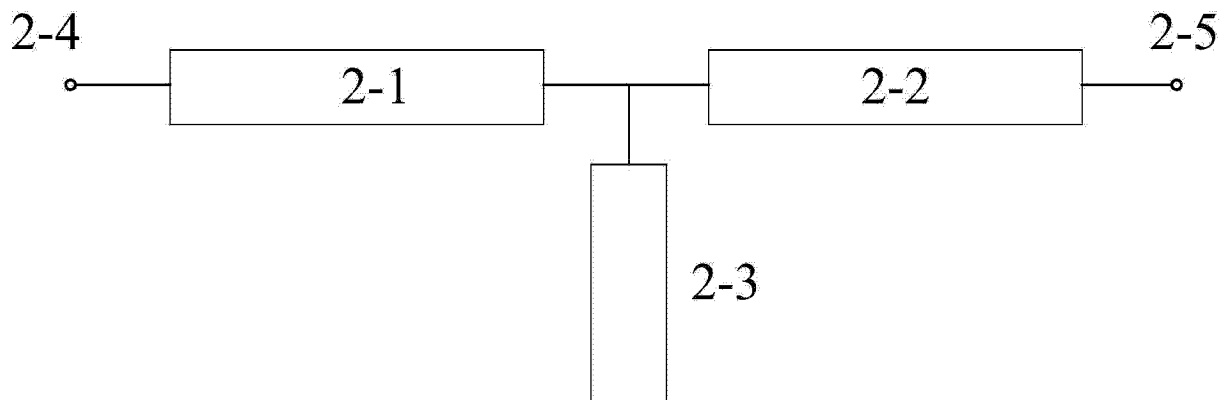


图 2

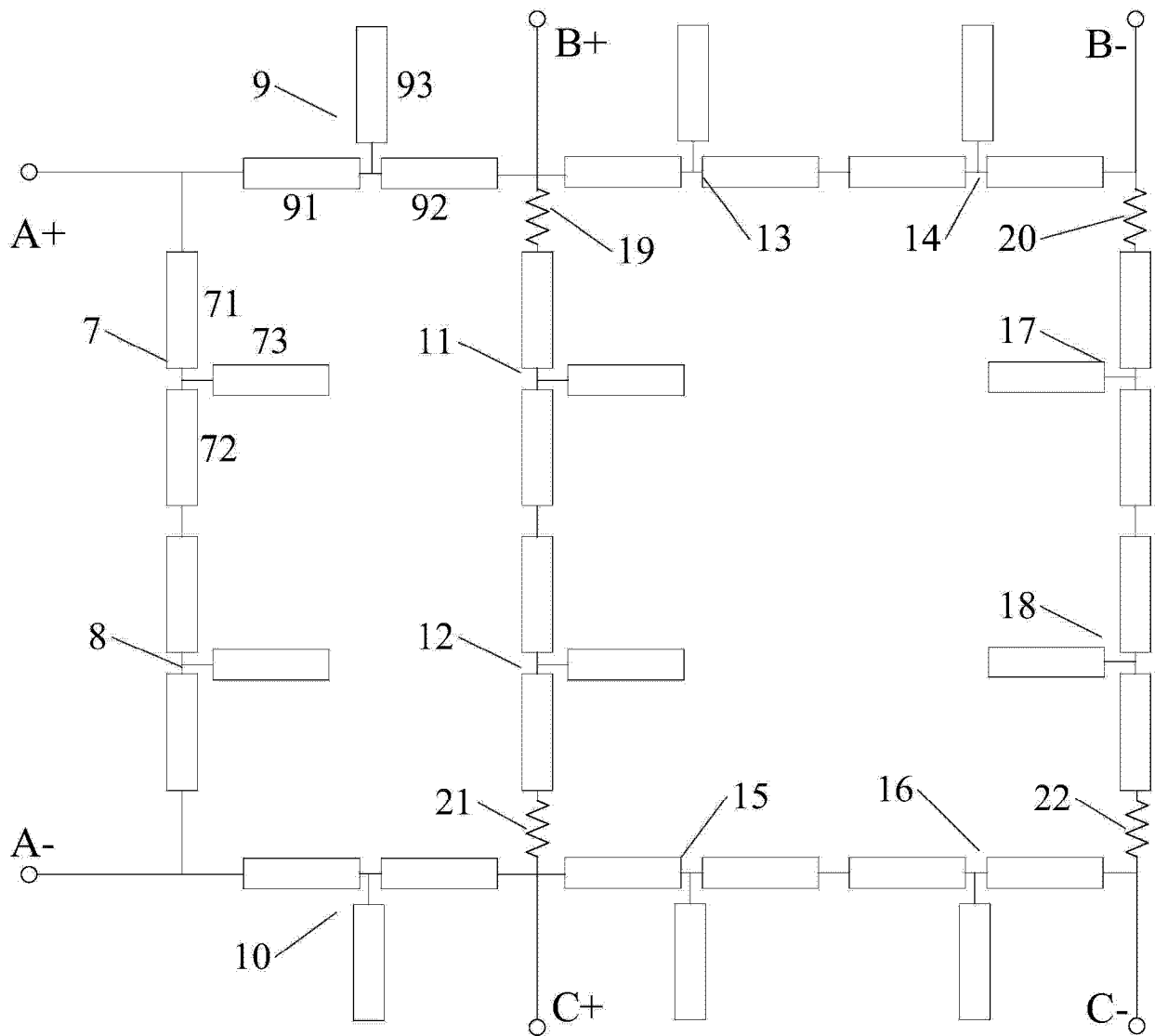


图 3

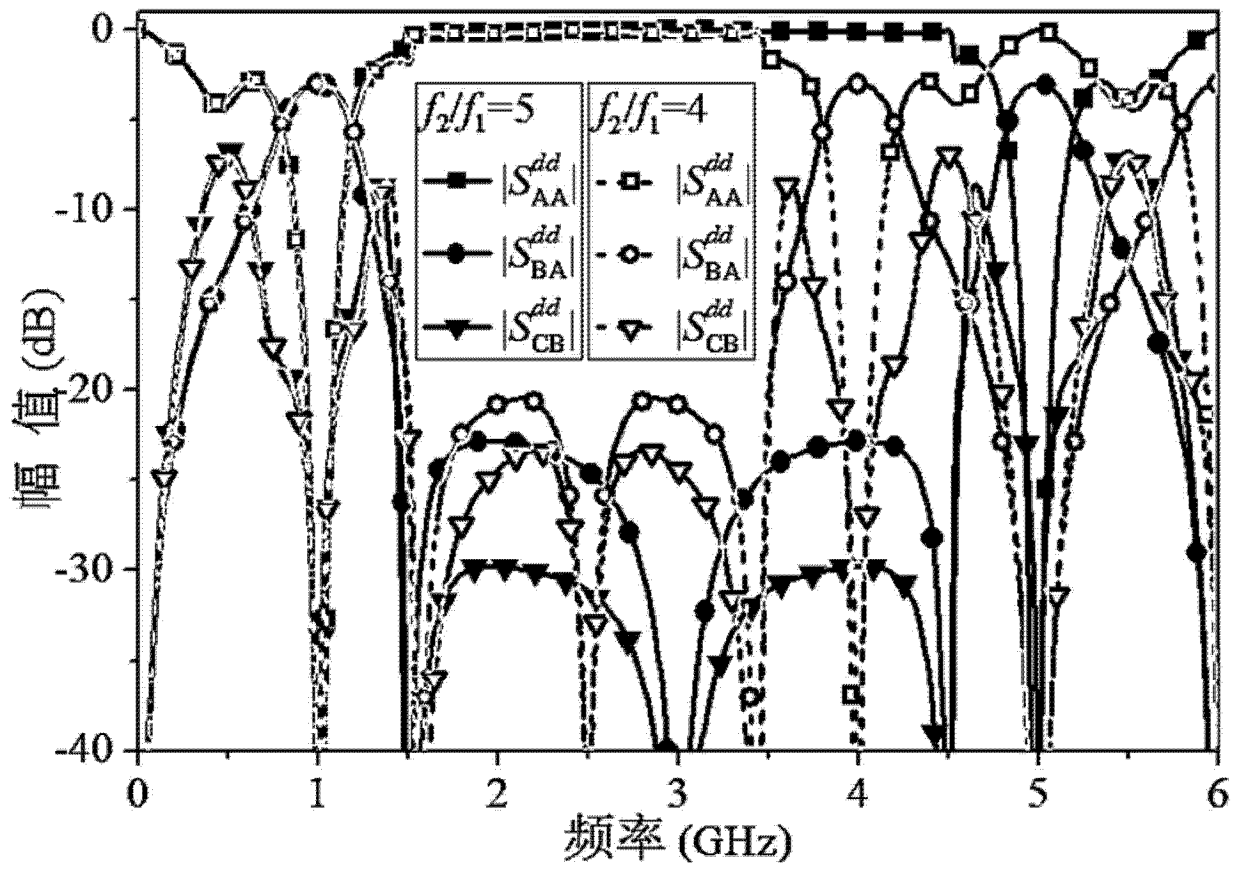


图 4

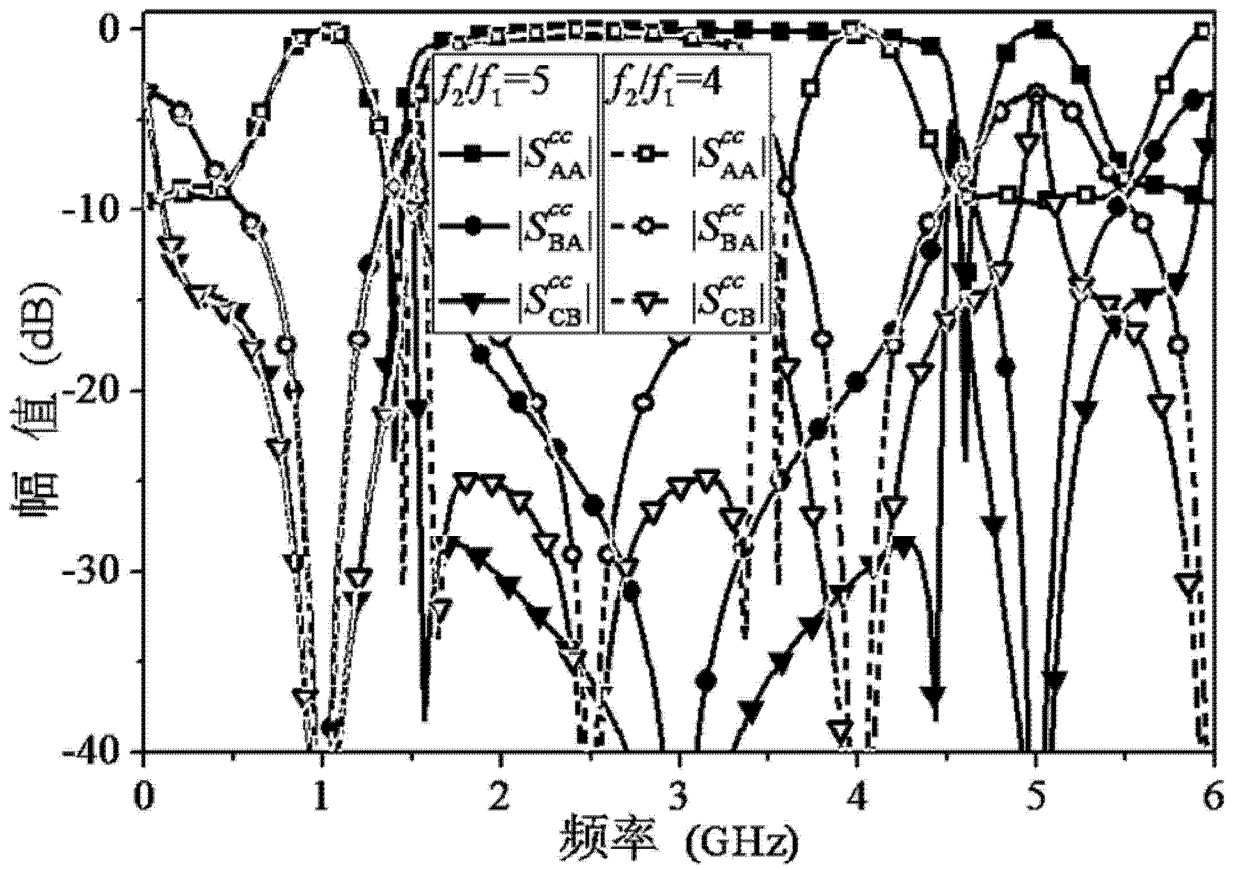


图 5

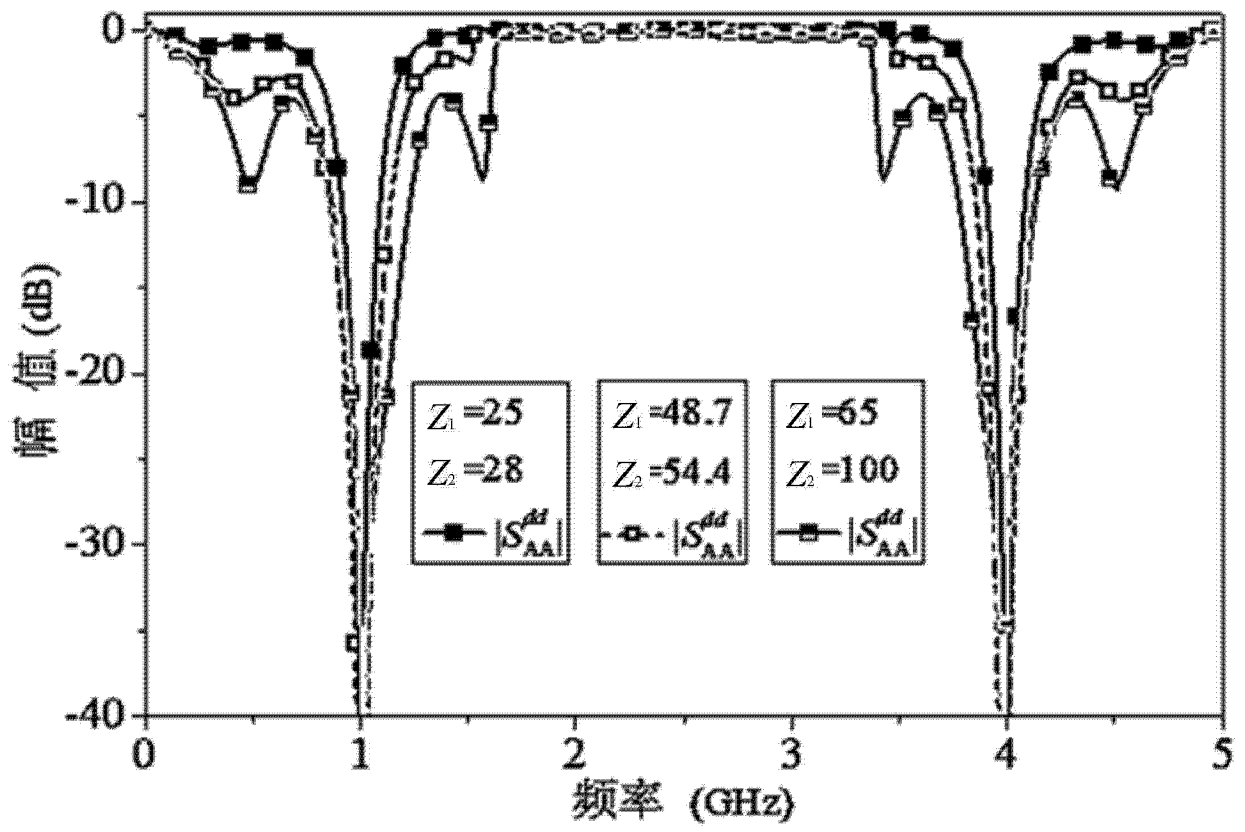


图 6

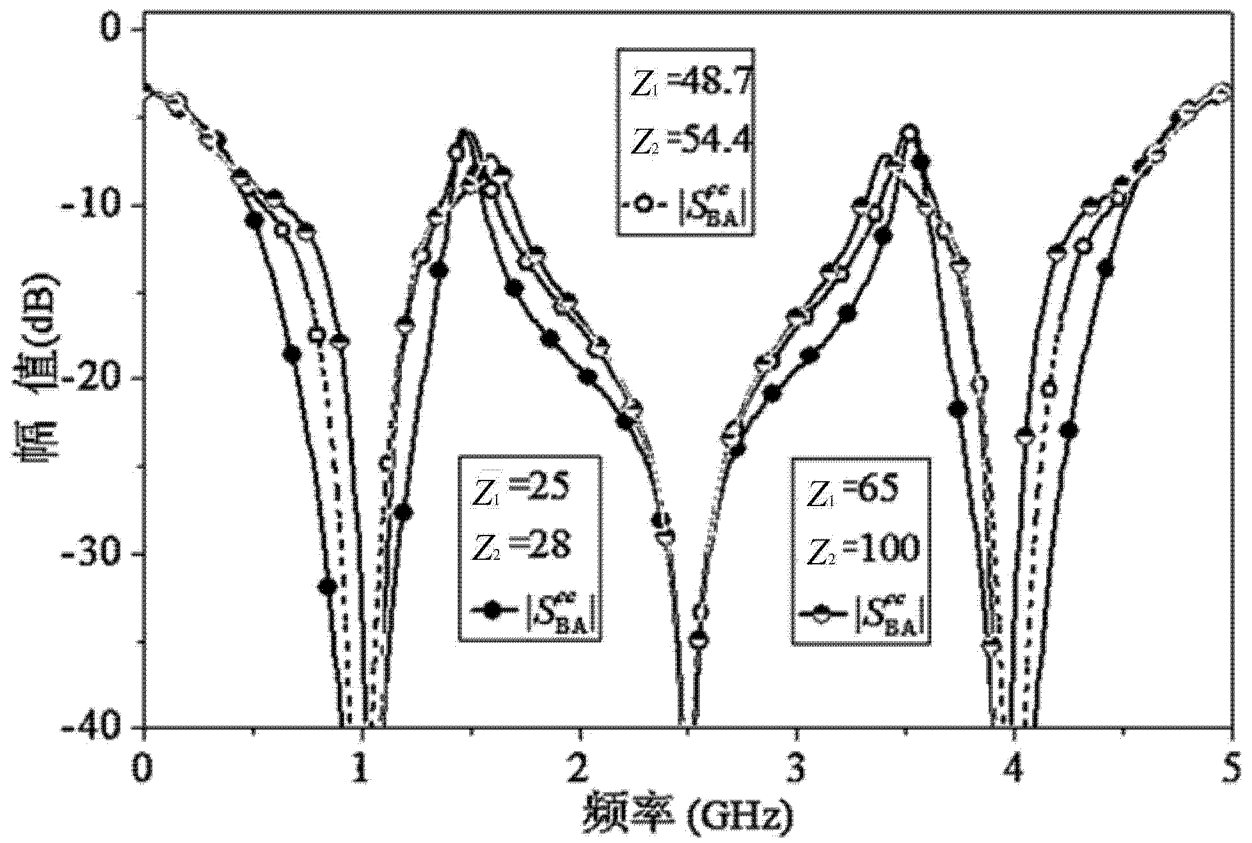


图 7



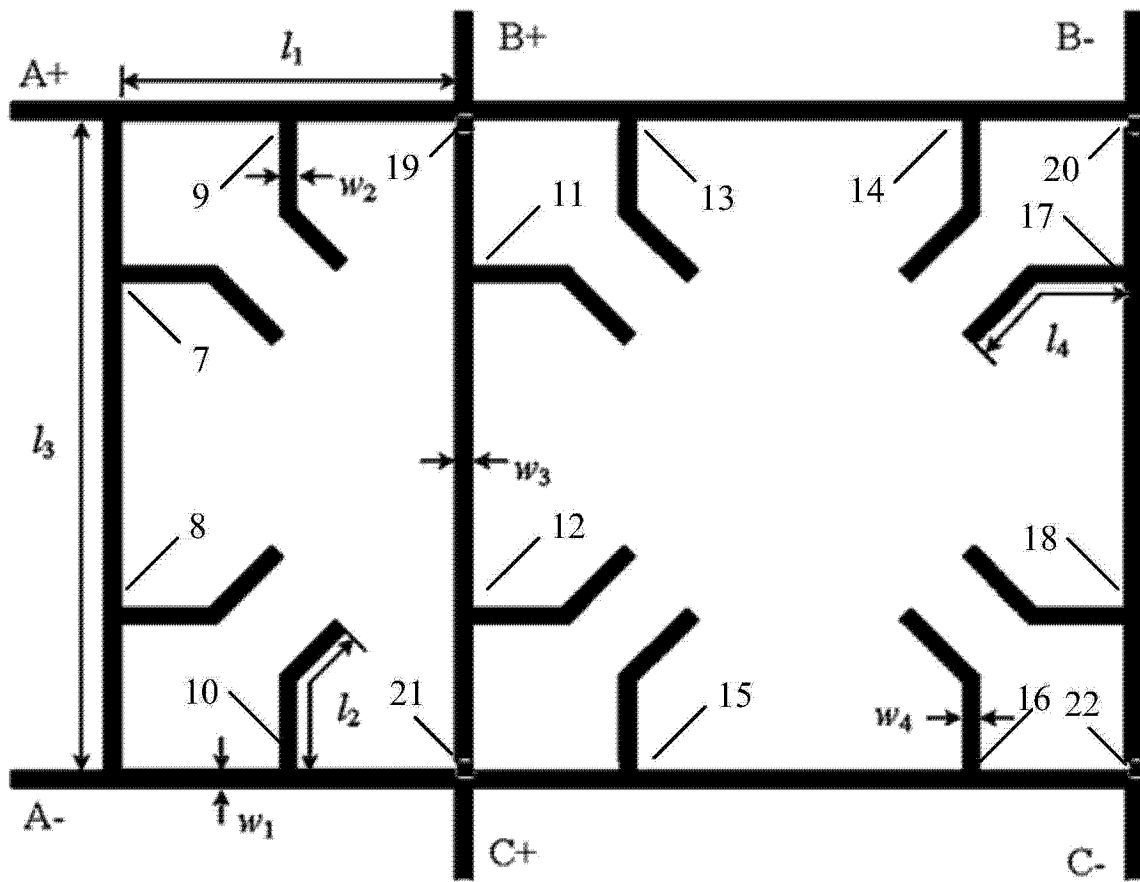


图 8

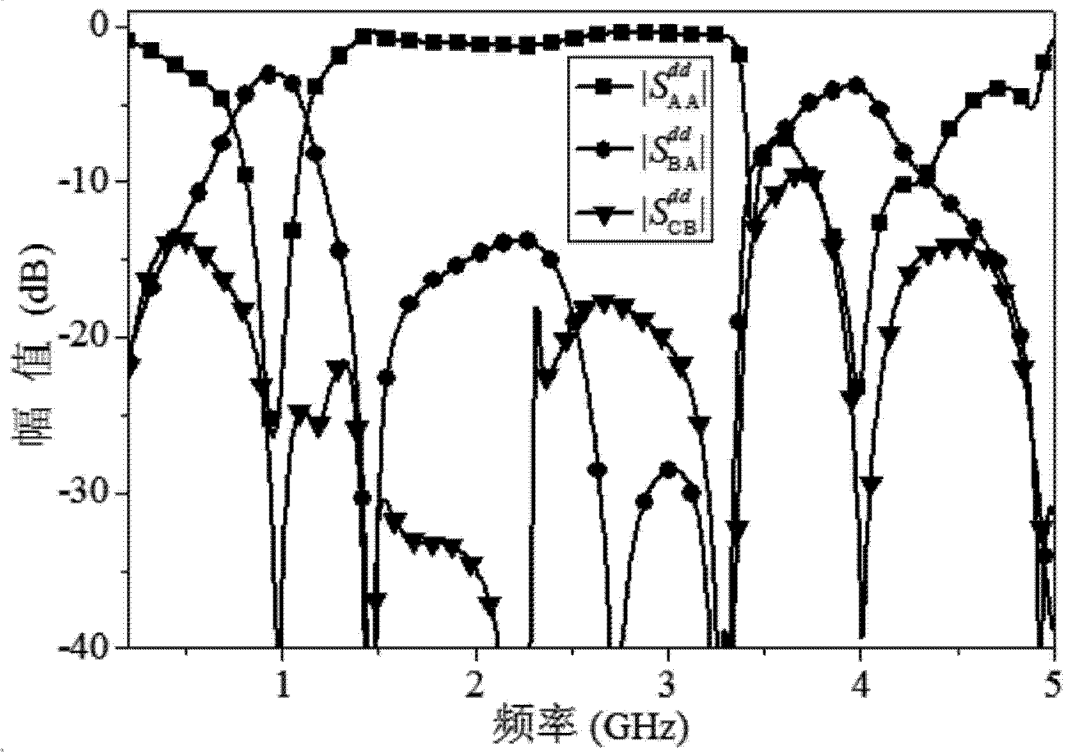


图 9

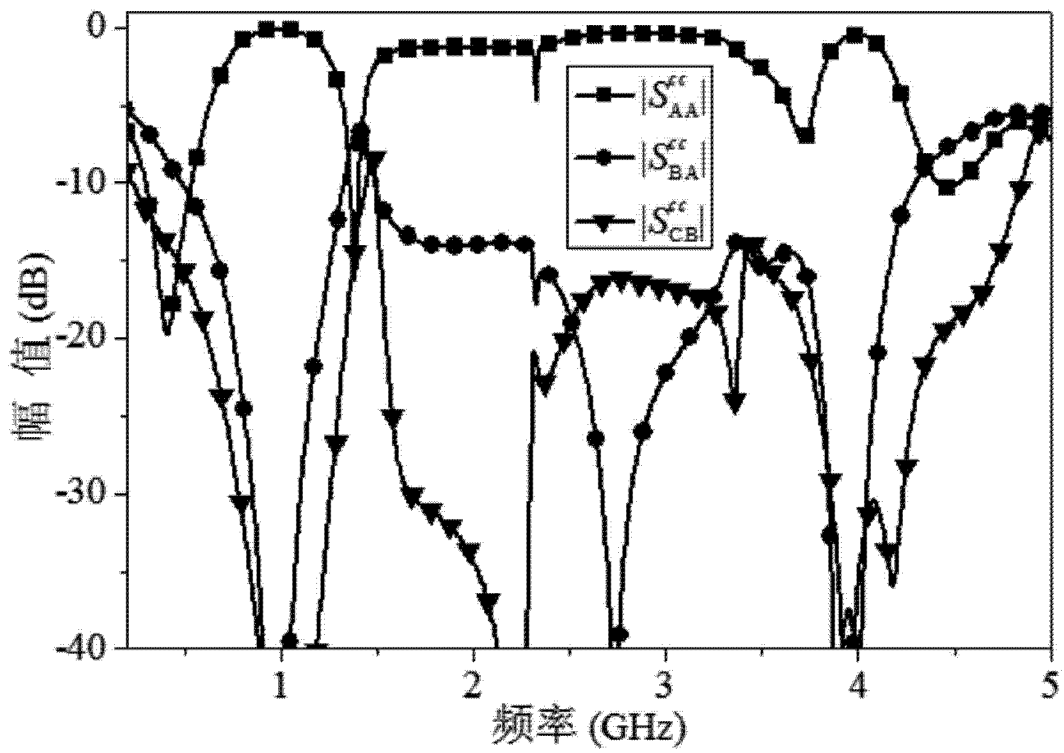


图 10