



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108828811 B

(45) 授权公告日 2021.01.26

(21) 申请号 201810710415.6

G02F 1/139 (2006.01)

(22) 申请日 2018.07.02

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108828811 A

CN 107394318 A, 2017.11.24

CN 107490727 A, 2017.12.19

CN 107508572 A, 2017.12.22

(43) 申请公布日 2018.11.16

CN 107453727 A, 2017.12.08

(73) 专利权人 京东方科技集团股份有限公司  
地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路10号

CN 103401077 A, 2013.11.20

CN 206210991 U, 2017.05.31

(72) 发明人 卢永春

JP 2006019855 A, 2006.01.19

JP 2004104382 A, 2004.04.02

(74) 专利代理机构 北京中博世达专利商标代理  
有限公司 11274

JP 2007225644 A, 2007.09.06

代理人 胡萌

审查员 纪红

(51) Int. Cl.

G02F 1/133 (2006.01)

G02F 1/1343 (2006.01)

G02F 1/137 (2006.01)

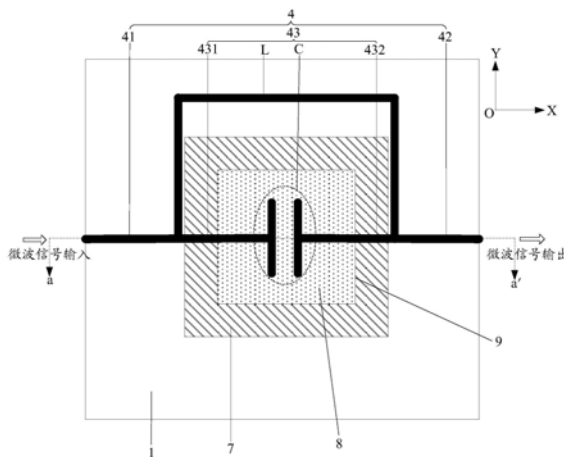
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

微波幅相控制器及微波幅度和/或相位的控制方法

(57) 摘要

本公开提供了一种微波幅相控制器及微波幅度和/或相位的控制方法,以在简化结构、降低成本、提高工作效率的前提下,实现对微波幅度和相位的同时控制。其中所述微波幅相控制器包括:相对设置的第一基板和第二基板;依次设置于第一基板朝向第二基板一面上的导电层和第一配向膜,导电层配置为接收第一电压信号;依次设置于第二基板朝向第一基板一面上的谐振结构层和第二配向膜,谐振结构层配置为接收第二电压信号,且配置为传输微波信号;设置于第一基板和第二基板之间的液晶层。上述微波幅相控制器应用于对微波的幅度和/或相位的调控中。



1. 一种微波幅相控制器,其特征在于,所述微波幅相控制器包括:  
相对设置的第一基板和第二基板;  
依次设置于所述第一基板朝向所述第二基板一面上的导电层和第一配向膜,所述导电层配置为接收第一电压信号;  
依次设置于所述第二基板朝向所述第一基板一面上的谐振结构层和第二配向膜,所述谐振结构层配置为接收第二电压信号,且配置为传输微波信号;  
设置于所述第一基板和所述第二基板之间的液晶层;  
所述谐振结构层包括:复合谐振结构,包括缝隙电容,及并联于所述缝隙电容两端的跨接导电结构;  
所述缝隙电容包括两个相对且间隔设置的金属带条,所述缝隙电容的两个金属带条长度和宽度均相等;所述缝隙电容的两个金属带条为叉指状金属电极;所述跨接导电结构为金属带条,所述跨接导电结构为轴对称结构;所述跨接导电结构的金属带条的长度小于或等于 $0.5\lambda$ ;其中, $\lambda$ 为待调控的微波的工作波长。
2. 根据权利要求1所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述谐振结构层还包括:分别与所述缝隙电容的两端电连接的第一信号线和第二信号线,所述第一信号线用于接收待调控的微波信号,所述第二信号线用于输出调控后的微波信号。
3. 根据权利要求2所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述复合谐振结构还包括:第一连接线和第二连接线,所述缝隙电容的一端通过所述第一连接线与所述跨接导电结构的一端及所述第一信号线电连接,所述缝隙电容的另一端通过所述第二连接线与所述跨接导电结构的另一端及所述第二信号线电连接。
4. 根据权利要求3所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述缝隙电容的金属带条垂直于所述第一连接线和所述第二连接线。
5. 根据权利要求3所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述缝隙电容的两条金属带条相对于所述跨接导电结构的对称轴线对称布置。
6. 根据权利要求2所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述液晶层在所述第一基板上的正投影至少覆盖所述缝隙电容在所述第一基板上的正投影。
7. 根据权利要求1所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述液晶层的厚度小于或等于 $0.5\lambda$ ;其中, $\lambda$ 为待调控的微波的工作波长。
8. 根据权利要求1所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述微波幅相控制器还包括:设置于所述第一基板和所述第二基板之间的边框,所述边框配合所述第一基板和所述第二基板形成空腔,所述液晶层填充于所述空腔中。
9. 根据权利要求1所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述第一配向膜和所述第二配向膜的配向方向一致。
10. 根据权利要求1所述的微波幅相控制器,其特征在于,所述导电层接地。
11. 一种微波幅度和/或相位的控制方法,其特征在于,所述控制方法包括:  
将第一电压信号接入微波幅相控制器的导电层,并将第二电压信号接入所述微波幅相控制器的谐振结构层;其中,所述微波幅相控制器为如权利要求1~10任一项所述的微波幅相控制器;  
向所述微波幅相控制器的谐振结构层输入待调控的微波信号,调整所述第一电压信号

和所述第二电压信号之间的压差,直至所述谐振结构层输出的调控后的微波信号具有所需要的幅度和/或相位。

## 微波幅相控制器及微波幅度和/或相位的控制方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及液晶器件技术领域,尤其涉及一种微波幅相控制器及微波幅度和/或相位的控制方法。

### 背景技术

[0002] 微波可重构器件对于组建智能无线网络,促进5G通信技术发展具有重要作用。然而,现有的微波可重构器件,如果只使用单一调控机构在固定的频率位置上,要么只能针对输出微波信号的幅度进行控制,要么只能针对输出微波信号的相位进行控制,这种情况极大限制了微波可重构器件的应用场景。虽然使用多个调控机构可以实现同时对输出微波信号的幅度和相位进行控制,但结构复杂,造价昂贵;而且多个调控机构会消耗更多微波能量,降低了微波可重构器件的工作效率。

### 发明内容

[0003] 针对上述现有技术中所存在的问题,本公开的实施例提供一种微波幅相控制器及微波幅度和/或相位的控制方法,以在简化结构、降低成本、提高工作效率的前提下,实现对微波幅度和相位的同时控制。

[0004] 为达到上述目的,本公开的实施例采用如下技术方案:

[0005] 第一方面,本公开的实施例提供了一种微波幅相控制器,所述微波幅相控制器包括:相对设置的第一基板和第二基板;依次设置于所述第一基板朝向所述第二基板一面上的导电层和第一配向膜,所述导电层配置为接收第一电压信号;依次设置于所述第二基板朝向所述第一基板一面上的谐振结构层和第二配向膜,所述谐振结构层配置为接收第二电压信号,且配置为传输微波信号;设置于所述第一基板和所述第二基板之间的液晶层。

[0006] 上述微波幅相控制器中,在液晶层的上下两侧分别设有导电层和谐振结构层,二者之间的压差可调;并且液晶层的上下两侧还分别设有第一配向膜和第二配向膜,以对液晶分子进行配向。当改变导电层和谐振结构层之间的压差时,液晶分子会发生偏转,从而液晶层的等效介电常数发生变化。当采用该微波幅相控制器对微波进行控制时,微波输入谐振结构层,引起谐振结构层中的谐振结构产生谐振,同时液晶层的等效介电常数会对谐振效应产生影响,从而影响微波的幅度和相位,通过调节施加在液晶层上的压差,使液晶分子产生不同程度的偏转,引起液晶层的等效介电常数产生不同的变化,从而对谐振结构层中的谐振产生不同的影响,使得微波的幅度和相位发生不同的变化,最终可以得到需要的幅度和相位的微波,实现了对微波幅度和相位的同时控制。

[0007] 并且,上述微波幅相控制器相对于现有的同时对微波幅度和相位控制的装置,结构简单,造价低廉,工作效率高。

[0008] 基于上述技术方案,可选的,所述谐振结构层包括:复合谐振结构,包括缝隙电容,及并联于所述缝隙电容两端的跨接导电结构;分别与所述缝隙电容的两端电连接的第一信号线和第二信号线,所述第一信号线用于接收待调控的微波信号,所述第二信号线用于输

出调控后的微波信号。

[0009] 可选的,所述复合谐振结构还包括:第一连接线和第二连接线,所述缝隙电容的一端通过所述第一连接线与所述跨接导电结构的一端及所述第一信号线电连接,所述缝隙电容的另一端通过所述第二连接线与所述跨接导电结构的另一端及所述第二信号线电连接。

[0010] 可选的,所述缝隙电容包括两个相对且间隔设置的金属带条,所述缝隙电容的两个金属带条长度和宽度均相等;所述跨接导电结构为金属带条,所述跨接导电结构为轴对称结构。

[0011] 可选的,所述缝隙电容的金属带条垂直于所述第一连接线和所述第二连接线。

[0012] 可选的,所述缝隙电容的两条金属带条相对于所述跨接导电结构的对称轴线对称布置。

[0013] 可选的,所述跨接导电结构的金属带条的长度小于或等于 $0.5\lambda$ ;其中, $\lambda$ 为待调控的微波的工作波长。

[0014] 可选的,所述缝隙电容包括两个相对且间隔设置的金属电极,所述金属电极为叉指状金属电极。

[0015] 可选的,所述液晶层在所述第一基板上的正投影至少覆盖所述缝隙电容在所述第一基板上的正投影。

[0016] 可选的,所述液晶层的厚度小于或等于 $0.5\lambda$ ;其中, $\lambda$ 为待调控的微波的工作波长。

[0017] 可选的,所述微波幅相控制器还包括:设置于所述第一基板和所述第二基板之间的边框,所述边框配合所述第一基板和所述第二基板形成空腔,所述液晶层填充于所述空腔中。

[0018] 可选的,所述第一配向膜和所述第二配向膜的配向方向一致。

[0019] 可选的,所述导电层接地。

[0020] 第二方面,本公开的实施例提供了一种微波幅度和/或相位的控制方法,所述控制方法包括:将第一电压信号接入微波幅相控制器的导电层,并将第二电压信号接入所述微波幅相控制器的谐振结构层;其中,所述微波幅相控制器为如第一方面所述的微波幅相控制器;向所述微波幅相控制器的谐振结构层输入待调控的微波信号,调整所述第一电压信号和所述第二电压信号之间的压差,直至所述谐振结构层输出的调控后的微波信号具有所需要的幅度和/或相位。

[0021] 上述微波幅度和/或相位的控制方法所能产生的有益效果与第一方面所提供的微波幅相控制器的有益效果相同,此处不再赘述。

## 附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本公开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公开的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0023] 图1为本公开实施例所提供的微波幅相控制器的平面结构图;

[0024] 图2为图1所示出的微波幅相控制器沿虚线aa'的截面结构图;

[0025] 图3为图1所示出的谐振结构层的各部件尺寸设计图;

- [0026] 图4为本公开实施例所提供的微波幅相控制器中谐振结构层的另一种平面结构图；
- [0027] 图5为本公开实施例所提供的控制方法的第一种基本流程图；
- [0028] 图6为本公开实施例所提供的控制方法的第二种基本流程图；
- [0029] 图7为本公开实施例所提供的控制方法的第三种基本流程图；
- [0030] 图8为本公开实施例所提供的控制方法的幅度控制曲线图；
- [0031] 图9为本公开实施例所提供的控制方法的相位控制曲线图；
- [0032] 图10为线型电极上施加驱动电压后液晶分子指向的分布情况图。
- [0033] 附图标记说明：
- |                     |            |
|---------------------|------------|
| [0034] 100-微波幅相控制器； | 1-第一基板；    |
| [0035] 2-第二基板；      | 3-导电层；     |
| [0036] 4-谐振结构层；     | 41-第一信号线；  |
| [0037] 42-第二信号线；    | 43-复合谐振结构； |
| [0038] 431-第一连接线；   | 432-第二连接线； |
| [0039] L-跨接导电结构；    | C-缝隙电容；    |
| [0040] 5-第一配向膜；     | 6-第二配向膜；   |
| [0041] 7-边框；        | 8-液晶层；     |
| [0042] 9-空腔。        |            |

### 具体实施方式

[0043] 为使本公开的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面将结合本公开实施例中的附图，对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅仅是本公开一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本公开中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例，均属于本公开保护的范围。

[0044] 需要说明的是，本公开实施例中，以微波幅相控制器100所在的平面（也可视为第一基板1或第二基板2所在的平面）为XOY平面，在XOY平面中，X方向和Y方向为相互垂直的两个方向；垂直于XOY平面且由第一基板1指向第二基板2的方向为Z方向。

[0045] 本公开的实施例提出了一种微波幅相控制器，如图1和图2所示，该微波幅相控制器100包括：相对设置的第一基板1和第二基板2；依次设置于第一基板1朝向第二基板2一面上的导电层3及第一配向膜5；依次设置于第二基板2朝向第一基板1一面上的谐振结构层4及第二配向膜6；设置于第一基板1和第二基板2之间的液晶层8。

[0046] 上述微波幅相控制器100中，导电层3配置为接收第一电压信号，谐振结构层4配置为接收第二电压信号，第一电压信号和/或第二电压信号可调，从而使得第一电压信号与第二电压信号之间的压差可调。

[0047] 谐振结构层4配置为传输微波信号。示例性的，谐振结构层4具有微波信号输入端和微波信号输出端，微波信号输入端用于接收微波信号，微波信号输出端用于输出微波信号。

[0048] 上述微波幅相控制器100中，在液晶层8的上下两侧分别设有导电层3和谐振结构

层4,二者之间的压差可调;并且液晶层8的上下两侧还分别设有第一配向膜5和第二配向膜6,以对液晶分子进行配向。当改变导电层3和谐振结构层4之间的压差时,液晶分子会发生偏转,从而液晶层8的等效介电常数发生变化。

[0049] 当采用该微波幅相控制器100对微波进行控制时,微波输入谐振结构层4,引起谐振结构层4中的谐振结构产生谐振,同时液晶层8的等效介电常数会对谐振效应产生影响,从而影响微波的幅度和相位,通过调节施加在液晶层8上的压差,使液晶分子产生不同程度的偏转,引起液晶层8的等效介电常数产生不同的变化,从而对谐振结构层4中的谐振产生不同的影响,能够使得微波的幅度和相位发生不同的变化,最终可以得到需要的幅度和相位的微波,实现了对微波幅度和相位的同时控制。

[0050] 相比于现有的同时对微波幅度和相位控制的装置,本实施例所提供的微波幅相控制器100无需使用多个调控机构就能够实现对微波幅度和相位的同时控制,结构十分简单,造价低廉,并且不会消耗太多的微波能量,因此工作效率较高。

[0051] 此外,通过对微波幅相控制器100内部结构的设计,改变微波幅相控制器100的工作频率,可以使微波幅相控制器100实现仅改变微波的相位,或者进改变微波的幅度,或者同时改变微波的幅度和相位的不同效果,也就是说,上述微波幅相控制器100既可单独用作幅度控制器,也可单独用作相位控制器(即移相器),也可同时用作幅度控制器和移相器。

[0052] 在上述微波幅相控制器100中,谐振结构层4的结构设计对于幅相控制的有效性的影响十分重要,下面示例性的给出一些可能的设计。

[0053] 请参见图1,谐振结构层4包括:复合谐振结构43、第一信号线41和第二信号线。其中:

[0054] 复合谐振结构43包括缝隙电容C,及并联于缝隙电容C两端的跨接导电结构L。当微波输入时,微波会引起缝隙电容C发生耦合,产生谐振,缝隙电容C上的谐振作用会感应跨接导电结构L,跨接导电结构L又会反过来影响缝隙电容C上的谐振,从而使得整个复合谐振结构43产生品质因数极高的谐振效应。

[0055] 第一信号线41和第二信号线42分别设置于缝隙电容C的两端,与缝隙电容C的两端电连接。第一信号线41作为谐振结构层4的微波信号输入端,也即整个微波幅相控制器100的微波信号输入端,用于接收待调控的微波信号。第一信号线42作为谐振结构层4的微波信号输出端,也即整个微波幅相控制器100的微波信号输出端,用于输出调控后的微波信号。

[0056] 复合谐振结构43还包括:第一连接线431和第二连接线432,缝隙电容C的一端通过第一连接线431与跨接导电结构L的一端及第一信号线41电连接,缝隙电容C的另一端通过第二连接线432与跨接导电结构L的另一端及第二信号线42电连接。

[0057] 作为一种可能的设计,请继续参见图1,缝隙电容C包括两个相对且间隔设置的金属带条,缝隙电容C的两个金属带条长度相等,宽度也相等;跨接导电结构L为金属带条,跨接导电结构L为轴对称结构;进一步的,第一连接线431和第二连接线432的长度相等,宽度也相等;缝隙电容C的金属带条垂直于第一连接线431和第二连接线432;缝隙电容C的两条金属带条相对于跨接导电结构L的对称轴对称布置;以使得缝隙电容C、跨接导电结构L、第一连接线431和第二连接线432所构成的复合谐振结构43具有轴对称结构,有利于增强谐振,提高品质因数。

[0058] 对于谐振结构层4的各项尺寸设计,不同尺寸规格、工作频率要求等的微波幅相控

制器100应有不同的尺寸设计方案。

[0059] 示例性的,以图1中所示出的谐振结构层4的结构为例,假设微波幅相控制器100中液晶层8的一组边平行于X方向,另一组边平行于Y方向。谐振结构层4中复合谐振结构43的缝隙电容C的金属带条平行于Y方向。请参见图3,各项尺寸参数可采取如下设计(以下描述中假设向微波幅相控制器100所输入的待调控的微波的工作波长为 $\lambda$ ):

[0060] 跨接导电结构L的长度 $x_1$ (其平行于x方向的部分和两侧平行于Y方向的部分的长度之和) $\leq 1\lambda$ ,可选为 $\leq 0.5\lambda$ ,宽度 $d_1 \leq 0.5\lambda$ ;

[0061] 缝隙电容C的金属带条的长度 $x_2 \leq 0.5\lambda$ ,宽度 $d_2 \leq 0.5\lambda$ ,两金属带条之间的间隙 $d_3 \leq 0.5\lambda$ ;

[0062] 第一信号线41和第二信号线42的长度 $x_3 \leq 0.5\lambda$ ,宽度 $d_3 \leq 0.5\lambda$ 。

[0063] 在另外的实施例中,请参见图4,缝隙电容C可包括两个相对且间隔设置的金属电极,该金属电极为叉指状金属电极。

[0064] 在本公开的实施例中,导电层3和谐振结构层4的材料为导电材料;进一步的,二者的材料为金属,例如:金、银、铜、铝等金属。用于供应第一电压信号的导线可连接于导电层3上的任意位置,用于供应第二电压信号的导线可连接于谐振结构层4上的任意位置。

[0065] 导电层3和谐振结构层4的厚度的取值范围可 $\leq 0.5\lambda$ 。

[0066] 导电层3的制备过程可为:采用导电层材料,进行蒸镀、涂覆、印刷或淀积等工艺,形成一整层的导电薄膜。谐振结构层4的制备过程可为:首先采用谐振结构材料形成具有设计厚度的一整层的薄膜,然后采用光刻工艺去除所形成的薄膜中的特定部分,保留部分形成所需要的谐振结构层4图案。

[0067] 在一些实施例中,可将导电层3接地,即导电层3所接入的第一电压信号为接地电压,这样可以使得导电层3的电位固定,在调节导电层3与谐振结构层4之间的压差时,可以仅对谐振结构层4所接入的第二电压信号进行调节,简化操作。

[0068] 第一配向膜5和第二配向膜6的配向方向一致,以使得液晶层8中的液晶分子具有均匀一致的取向。第一配向膜5和第二配向膜6的配向方向,也即液晶层8中的液晶分子的取向(此处所述的取向特指液晶分子长轴的指向),可沿X轴正负方向,或沿Y轴正负方向,或沿XOY平面上的其它任一方向。

[0069] 设置于第一基板1和第二基板2之间的边框7,边框7配合第一基板1和第二基板2形成用于容纳待测量的液晶的空腔9,边框7的作用为防止液晶泄露,且维持第一基板1和第二基板2之间的间隙,为夹设于第一基板1和第二基板2之间的液晶提供支撑空间。

[0070] 液晶层8的厚度的取值范围可为 $\leq 0.5\lambda$ 。液晶材料可选用向列相液晶。

[0071] 第一基板1和第二基板2的介电常数的取值范围可为1.1~20,可选为4。

[0072] 请再次参见图1和图2,本公开实施例所提供的微波幅相控制器100还可包括:设置于第一基板1和第二基板2之间的边框7,边框7配合第一基板1和第二基板2形成空腔9,液晶层8填充于该空腔9中。边框7的作用为防止液晶层8中的液晶分子泄露,且维持第一基板1和第二基板2之间的间隙,为夹设于第一基板1和第二基板2之间的液晶层8提供支撑空间。边框7的材料可以选用封框胶。

[0073] 作为一种可能的设计,液晶层8在第一基板1上的正投影至少覆盖缝隙电容C在第一基板1上的正投影,以使得液晶层8的等效介电常数能够对缝隙电容C上的谐振效应产生

比较充分的影响,从而充分影响复合谐振结构43中所传输的微波。

[0074] 以上是对本公开所提供的微波幅相控制器100的结构介绍,下面对采用上述微波幅相控制器100控制微波的幅度和/或相位的方法进行介绍。

[0075] 需要说明的是,对于本实施例中的微波幅相控制器100,工作频率不同,其对微波的控制效果不同。具体的,当微波幅相控制器100的工作频率为某一频率时,其可对微波的幅度和相位同时产生调控作用;当微波幅相控制器100的工作频率为另一频率时,其仅可对微波的幅度产生调控作用;当微波幅相控制器100的工作频率为另一频率时,其仅可对微波的相位产生调控作用。在实际应用时,通过调整微波幅相控制器100的内部结构,比如:调节和优化跨接导电结构L的长度、宽度、形状等,调节和优化缝隙电容C的金属电极的长度、宽度、形状、两金属电极之间的间隙等,调节液晶层8的覆盖面积,等等,达到调整微波幅相控制器100的工作频率的目的。

[0076] 请参见图5,本公开实施例提供了一种微波幅度和相位的控制方法,该控制方法包括如下步骤:

[0077] S11:将第一电压信号接入本公开实施例所提供的微波幅相控制器100的导电层3,并将第二电压信号接入微波幅相控制器100的谐振结构层4。

[0078] S12:向微波幅相控制器100的谐振结构层4输入待调控的微波信号,调整第一电压信号和第二电压信号之间的压差,使液晶层8的等效介电常数发生变化,影响微波的幅度和相位,直至谐振结构层4输出的调控后的微波信号具有所需要的幅度和相位。

[0079] 需要说明的是,在执行上述方法步骤之前,需要预先对微波幅相控制器100的内部结构进行设计,使其工作频率适用于同时对微波的幅度和相位进行控制的情形。

[0080] 参见图6,本公开实施例提供了一种微波相位的控制方法,该控制方法包括如下步骤:

[0081] S21:将第一电压信号接入本公开实施例所提供的微波幅相控制器100的导电层3,并将第二电压信号接入微波幅相控制器100的谐振结构层4。

[0082] S22:向微波幅相控制器100的谐振结构层4输入待调控的微波信号,调整第一电压信号和第二电压信号之间的压差,使液晶层8的等效介电常数发生变化,影响微波的相位,直至谐振结构层4输出的调控后的微波信号具有所需要的相位。

[0083] 需要说明的是,在执行上述方法步骤之前,需要预先对微波幅相控制器100的内部结构进行设计,使其工作频率适用于仅对微波的相位进行控制的情形。

[0084] 参见图7,本公开实施例提供了一种微波幅度的控制方法,该控制方法包括如下步骤:

[0085] S31:将第一电压信号接入本公开实施例所提供的微波幅相控制器100的导电层3,并将第二电压信号接入微波幅相控制器100的谐振结构层4。

[0086] S32:向微波幅相控制器100的谐振结构层4输入待调控的微波信号,调整第一电压信号和第二电压信号之间的压差,使液晶层8的等效介电常数发生变化,影响微波的幅度,直至谐振结构层4输出的调控后的微波信号具有所需要的幅度。

[0087] 需要说明的是,在执行上述方法步骤之前,需要预先对微波幅相控制器100的内部结构进行设计,使其工作频率适用于对微波的幅度进行控制的情形。

[0088] 示例性的,以图1和图3中所示出的结构建立仿真模型,假设微波幅相控制器100

中,第一基板1和第二基板2的介电常数为4;液晶层8的厚度为1mm;跨接导电结构L平行于X方向的长度为6mm,平行于Y方向的长度为6mm,总长度x1为18mm;宽度为0.6mm;缝隙电容C的金属带条长度x2为2mm,宽度d2为0.7mm,两金属带条之间的间隙d3为0.7mm;第一信号线41和第二信号线42的长度x3为4mm,宽度d3为1mm。经过模拟仿真,可知上述微波幅相控制器100的工作频率在2.5GHz~3GHz之间可调。

[0089] 液晶层8的等效介电常数从2.5变为3.3的变化过程代表液晶分子从水平取向(平行于XOY平面)变化为垂直取向(平行于Z轴)的变化过程。

[0090] 请参见图8,显示了液晶层8的等效介电常数从2.5变为3.3,该微波幅相控制器100所输出的微波的幅度的变化情况。曲线S1表示液晶分子从水平取向时,微波的幅度在微波幅相控制器100的各个工作频率下的变化情况;曲线S2表示液晶分子从垂直取向时,微波的幅度在微波幅相控制器100的各个工作频率下的变化情况。

[0091] 微波的幅度变化率=(最大幅度值-最小幅度值)/幅度中间值,而幅度中间值=(最大幅度值+最小幅度值)/2。在微波幅相控制器100的工作频率一定的前提下,等效介电常数从2.5变为3.3后,根据曲线S1和S2,可计算得到微波的幅度变化率很大,接近100%。

[0092] 例如:当微波幅相控制器100的工作频率为2.8909GHz时:等效介电常数 $\epsilon=2.5$ 时,微波的幅度=0.72734204(最大幅度值);等效介电常数 $\epsilon=3.3$ 时,微波的幅度=0.25685124(最小幅度值)。因此,计算可得为微波的幅度变化率为95%,接近100%。这说明该微波幅相控制器100对微波幅度的可调范围很大。

[0093] 请参见图9,显示了液晶层8的等效介电常数从2.5变为3.3,该微波幅相控制器100所输出的微波的相位的变化情况。曲线S3表示液晶分子从水平取向时,微波的相位在微波幅相控制器100的各个工作频率下的变化情况;曲线S4表示液晶分子从垂直取向时,微波的相位在微波幅相控制器100的各个工作频率下的变化情况。

[0094] 微波的绝对相移=最大相位值-最小相位值。在微波幅相控制器100的工作频率一定的前提下,等效介电常数从2.5变为3.3后,根据曲线S3和S4,可计算得到微波的绝对相移达到50度左右。

[0095] 例如:当微波幅相控制器100的工作频率为2.7001GHz时:等效介电常数 $\epsilon=2.5$ 时,微波的相位=-286.90065(最大幅度值);等效介电常数 $\epsilon=3.3$ 时,微波的相位=-333.60157(最小幅度值)。因此,计算可得为微波的绝对相移为46.7度。这说明该微波幅相控制器100对微波相位的可调范围并不小,在实际应用时若想获得更大的相移量,可将多个微波幅相控制器100叠加使用。

[0096] 此外,综合图8和图9,不难发现:

[0097] 当微波幅相控制器100的工作频率在2.7GHz左右时,液晶层8的等效介电常数的变化,引起微波的幅度和相位同时变化,这说明该微波幅相控制器100工作在2.7GHz左右时,能够使微波的幅度和相位同时发生变化,适用于需要对微波的幅度和相位同时进行控制的场景。

[0098] 当微波幅相控制器100的工作频率为2.5GHz时,液晶层8的等效介电常数的变化,不能引起微波的幅度发生变化(参见图8),能够引起微波的相位发生变化(参见图9),这说明该微波幅相控制器100工作在2.5GHz时,仅能够使微波的相位发生变化,适用于仅需要对微波的相位进行控制的场景。

[0099] 至于仅需要对微波的幅度进行控制的场景,由于通常情况下对微波的幅度进行控制时,不会关注相位是否发生了变化,因此当微波幅相控制器100工作在大于2.5GHz时,可以满足仅对微波的幅度进行控制的需求。

[0100] 需要说明的是,本公开实施例中,对液晶层8进行驱动所采用的电极虽然为线型电极(即谐振结构层4中的电极),但是仍然能够保证对液晶的有效驱动。请参见图10,在线型电极及其周围一定范围内的液晶分子均能够被有效驱动;并且,设定只有线型电极正下方的液晶层的等效介电常数才会在驱动电压的作用发生变化,而在其他地方的液晶层对于任何的驱动电压都保持不变,经过模拟仿真,结果显示,即便在这样的设定下,本公开实施例中的微波幅相控制器100仍然能够对微波信号的幅度和/或相位进行高效控制。

[0101] 以上所述仅为本公开的具体实施方式,但本公开的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本公开揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本公开的保护范围之内。因此,本公开的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

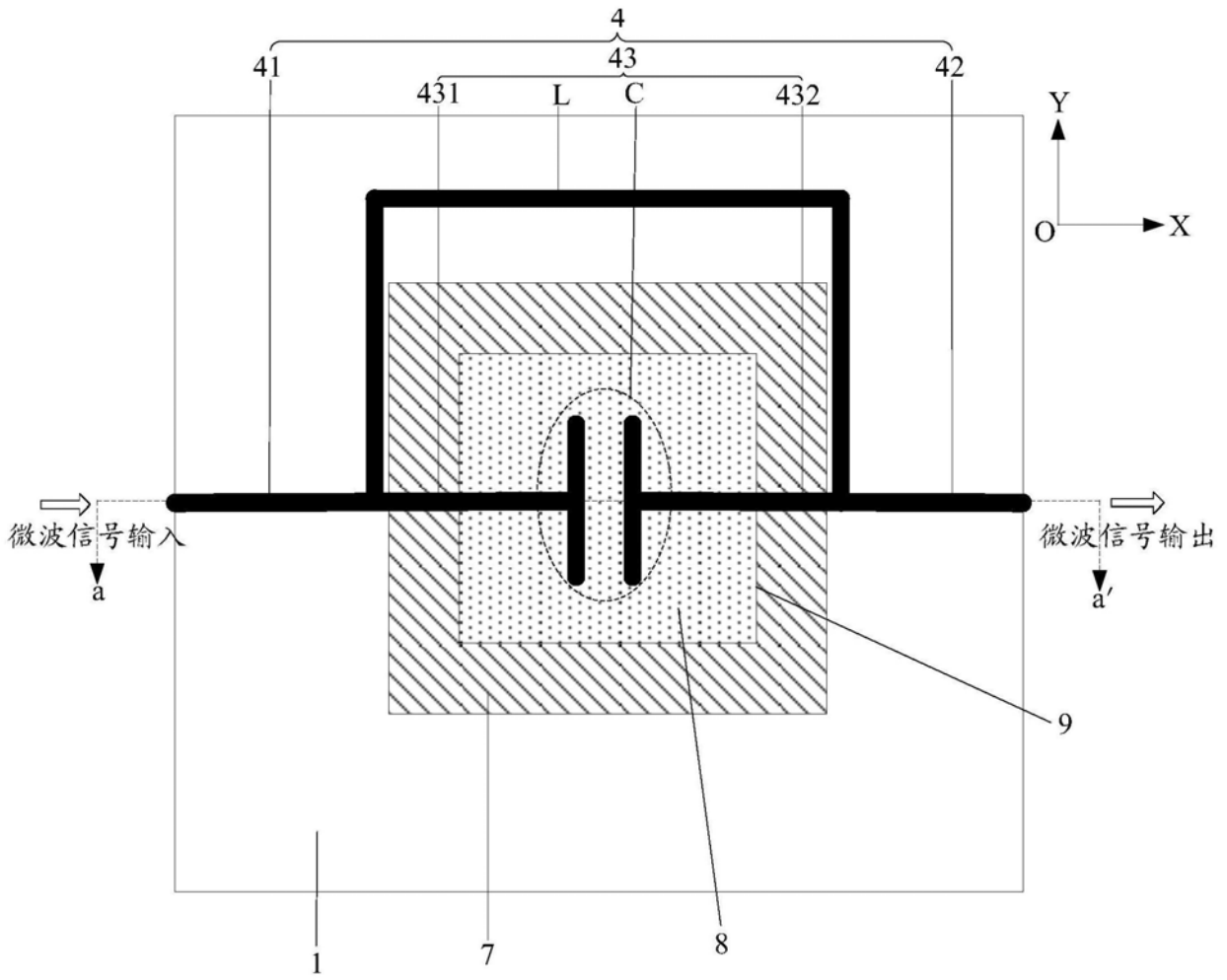


图1

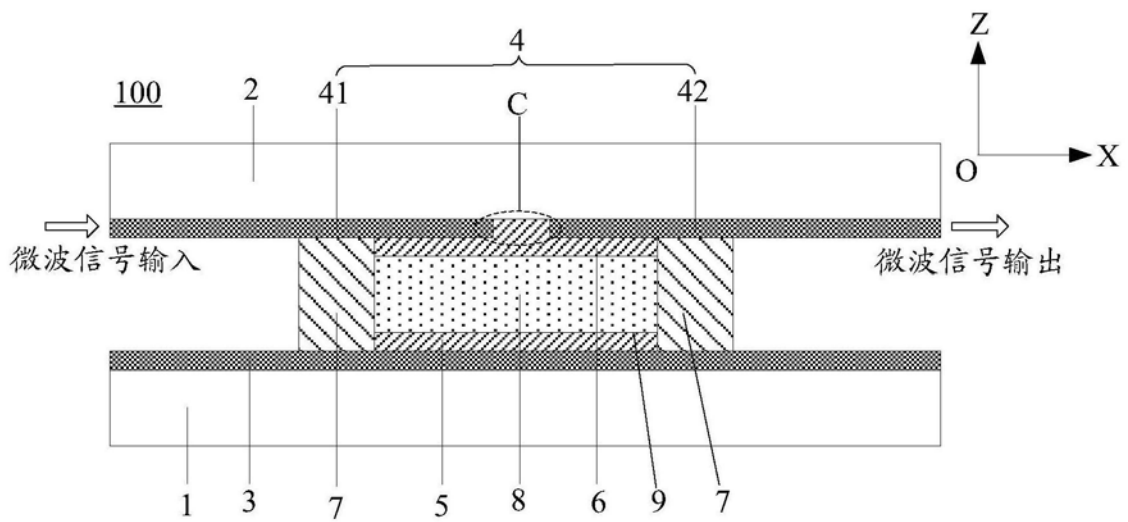


图2

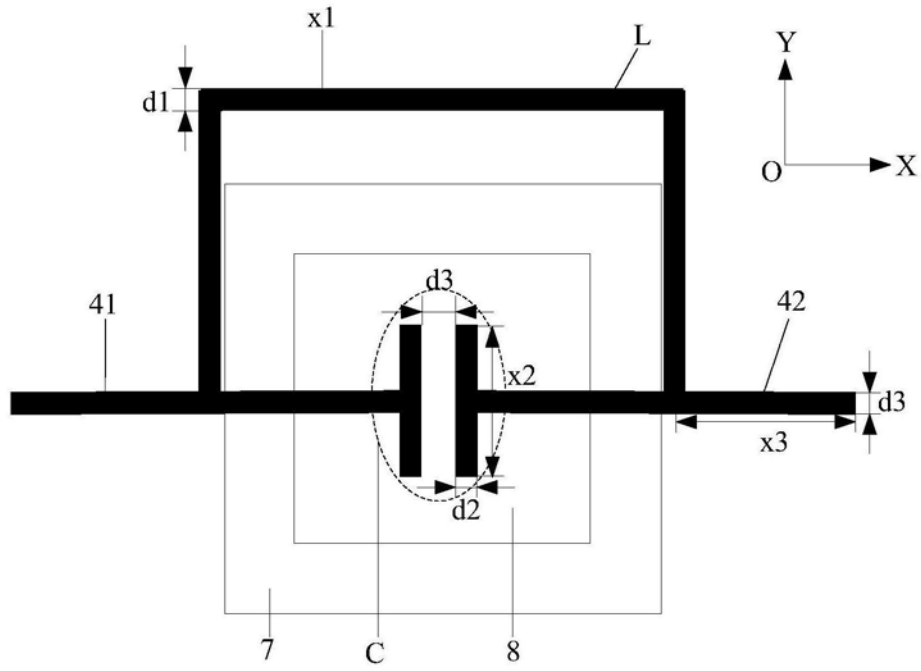


图3

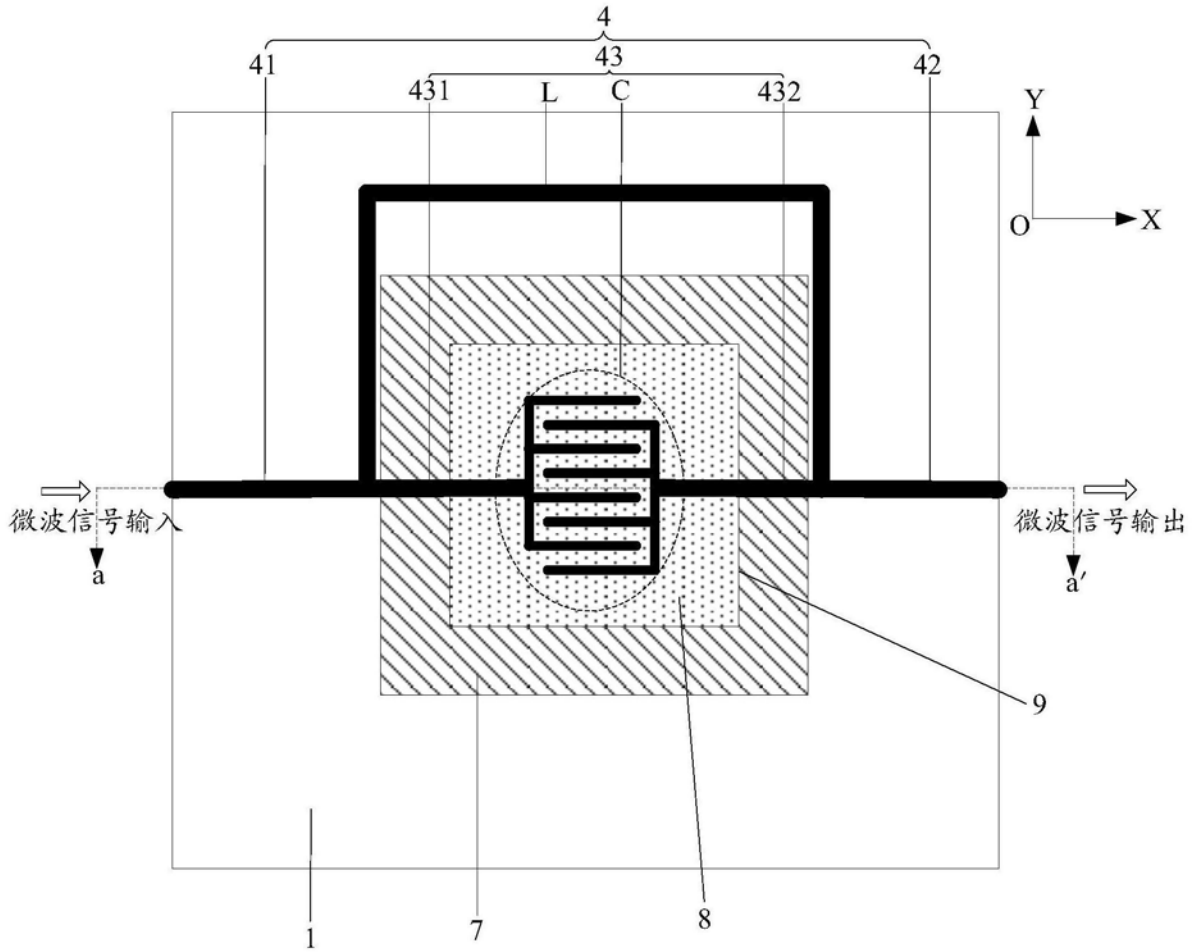


图4

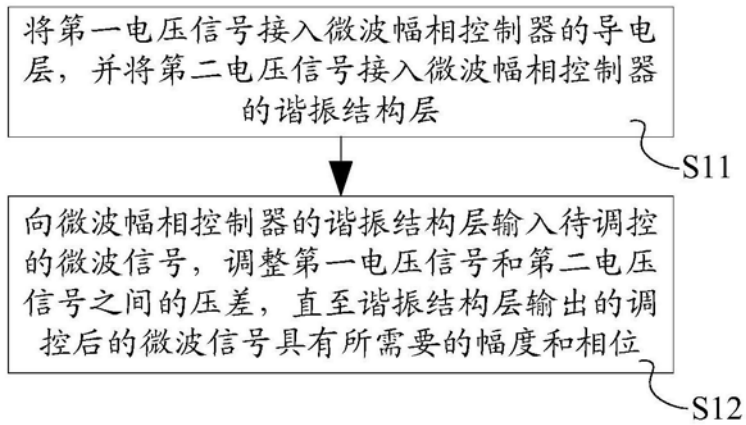


图5

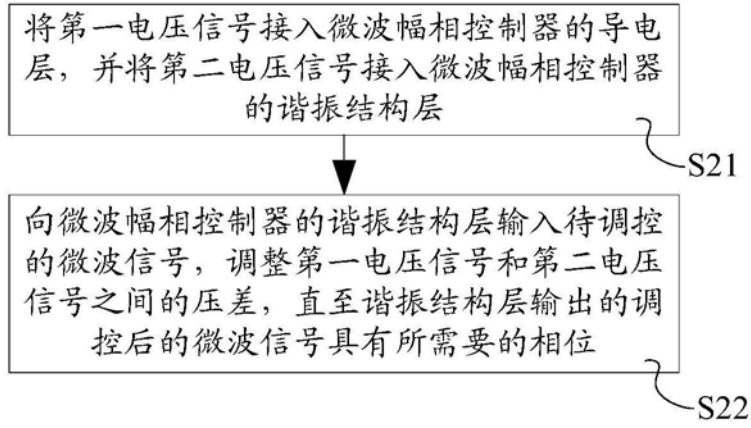


图6

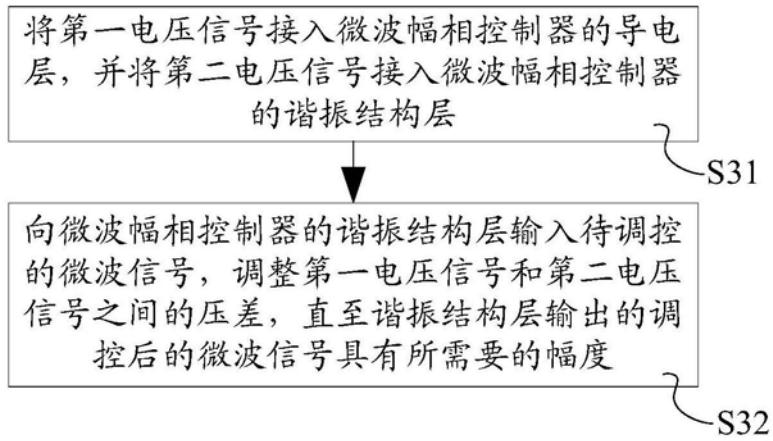


图7

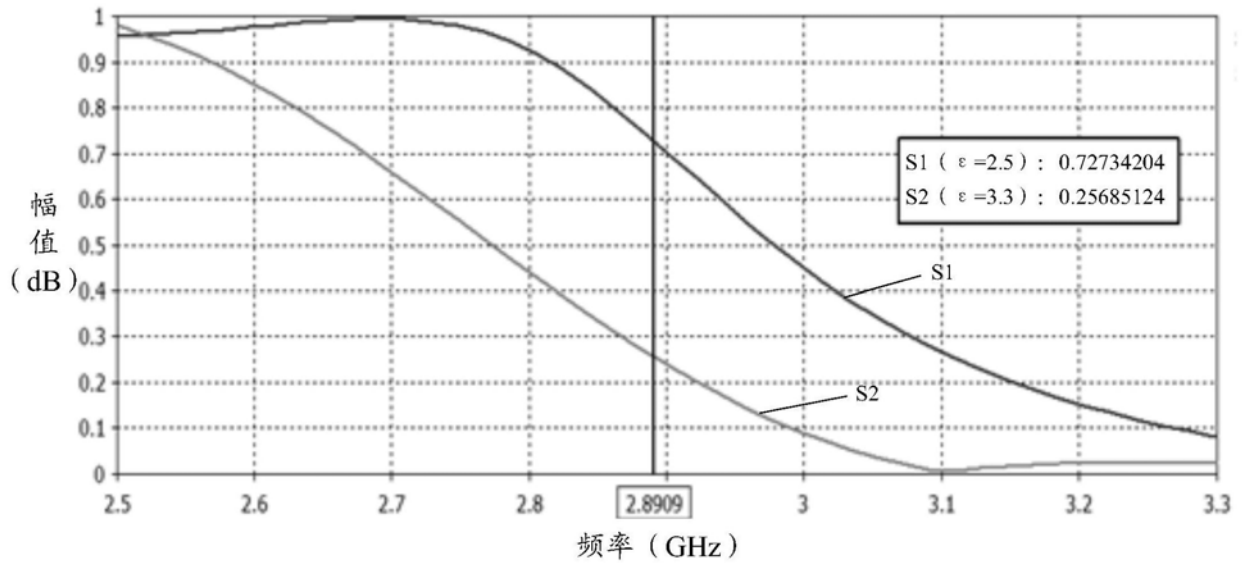


图8

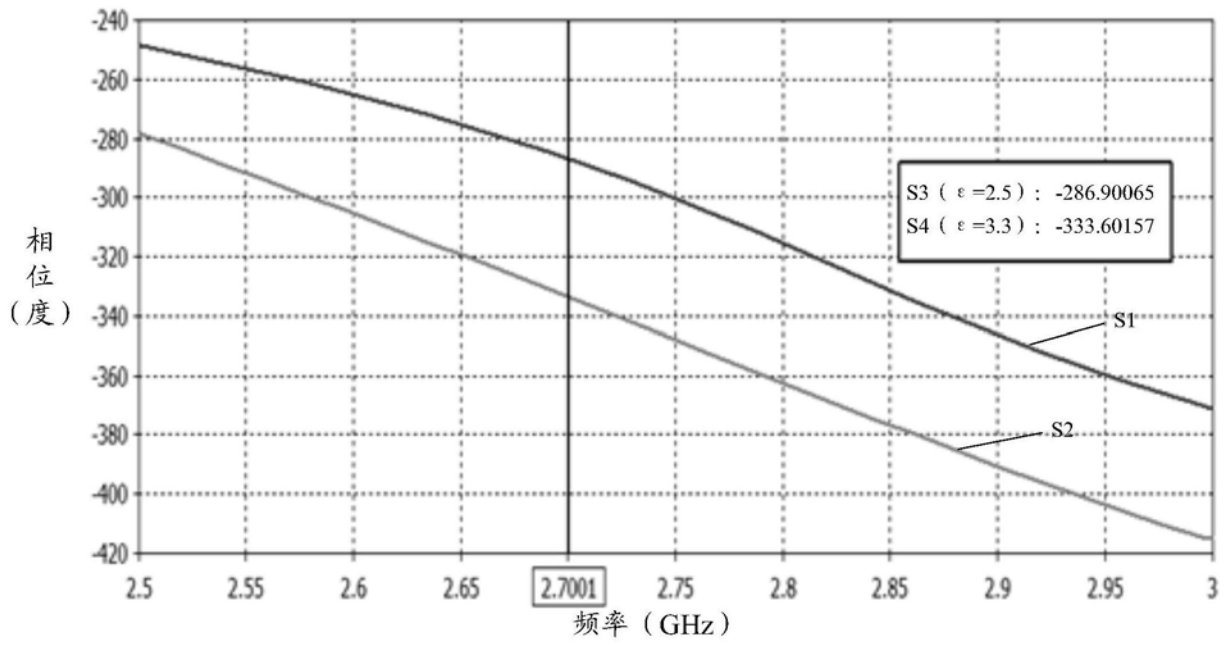


图9

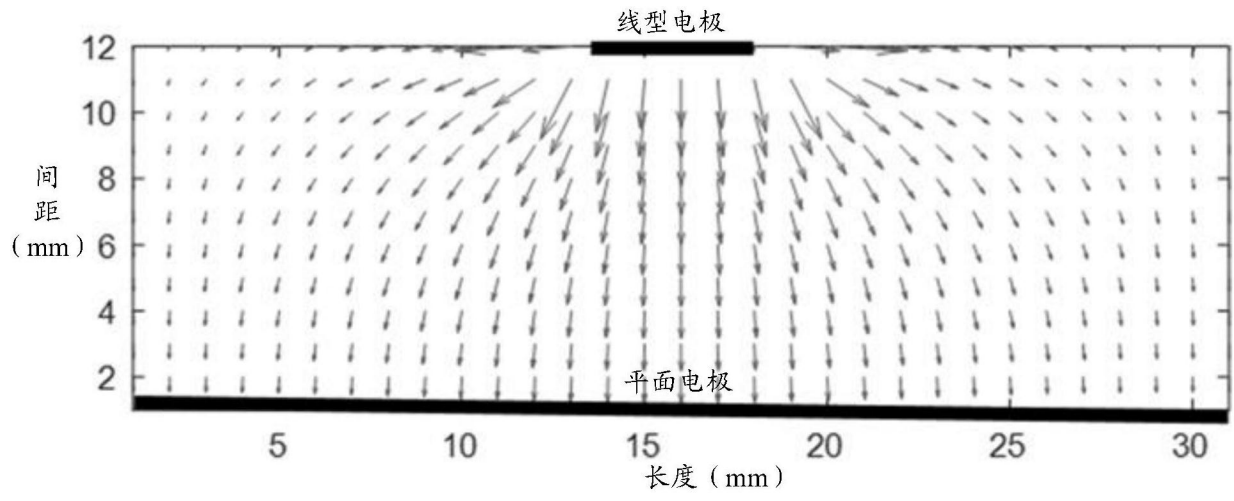


图10