

证书号第 1010405 号



发明 专利 证书

发明名称：微波滤波网络薄膜移相器及其制备方法

发明人：王雨；陈王丽华；陈雪娇

专利号：ZL 2007 1 0149651.7

专利申请日：2007 年 09 月 10 日

专利权人：香港理工大学

授权公告日：2012 年 07 月 25 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书，并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 09 月 10 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

回力善





(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101388480 B

(45) 授权公告日 2012.07.25

(21) 申请号 200710149651.7

(22) 申请日 2007.09.10

(73) 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 王雨 陈王丽华 陈雪娇

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限

公司 72003

代理人 郭晓东

(51) Int. Cl.

H01P 1/18 (2006.01)

H01P 1/19 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1738097 A, 2006.02.22,

CN 1932080 A, 2007.03.21,

CN 1738097 A, 2006.02.22,

CN 1837401 A, 2006.09.27,

Z. Ying et al.. Fine-grained

BaZr0.2Ti0.803 thin films for tunable

device applications. 《JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 101, 086101 (2007)》. 2007,

审查员 许洪岩

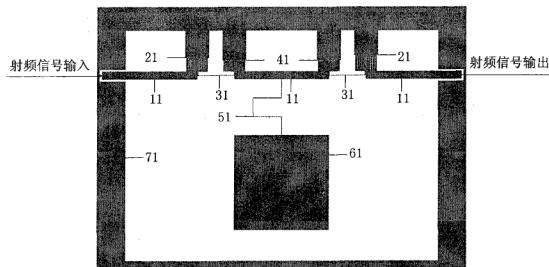
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

微波滤波网络薄膜移相器及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种微波滤波网络的薄膜移相器及其制备方法。该移相器由衬底、铁电薄膜、表面电极以及底电极组成且具有微波滤波网络的多层结构；所述的微波滤波网络由可变分布参数部分和不可变分布参数部分组成；所述微波滤波网络的可变分布参数部分构筑在铁电薄膜上，所述微波滤波网络的不可变分布参数部分构筑在衬底上。本发明通过改变网络中的分布电容参数值，实现微波相移。此外，本发明所选用的铁电薄膜为锆钛酸钡薄膜。因此，该移相器，具有以下优点：性能稳定，良好的阻抗匹配，损耗小，电路拓扑结构简单，工艺易于实现，尺寸小，重量轻。



1. 一种微波滤波网络的薄膜移相器，其由衬底、铁电薄膜、表面电极以及底电极组成且具有微波滤波网络的多层结构；其特征在于：

所述的微波滤波网络由可变分布参数部分和不可变分布参数部分组成；所述微波滤波网络的可变分布参数部分构筑在铁电薄膜上，所述微波滤波网络的不可变分布参数部分构筑在衬底上；所述的可变分布参数部分为分布参数电容，通过调节控制所述分布参数电容上的电压获得微波相移；所述不可变分布参数部分为 50Ω 传输线、阻抗匹配电路、表面电极以及底电极和分布参数电感。

2. 根据权利要求 1 所述的微波滤波网络薄膜移相器，其特征在于，所述的微波滤波网络为一节或多节级联的微波低通滤波网络；其中，所述的不可变分布参数部分为 50Ω 传输线、阻抗匹配电路、表面电极以及底电极和分布参数电感，所述的可变分布参数部分为分布参数电容。

3. 根据权利要求 2 所述的微波滤波网络薄膜移相器，其特征在于，

所述的级联数目为两级，所述分布参数电容由在 50Ω 传输线与分布参数电感之间联结的四只交叉指电容组成，通过对交叉指电容供电来改变其电容值，以使低通滤波网络产生群时延形成相移。

4. 根据权利要求 2 所述的微波滤波网络薄膜移相器，所述的阻抗匹配电路为至少两阶的四分之一波长阻抗变换线。

5. 根据权利要求 1-4 任一所述的微波滤波网络薄膜移相器，其特征在于，所述铁电薄膜为锆钛酸钡薄膜。

6. 根据权利要求 1-4 任一所述的微波滤波网络薄膜移相器，其特征在于，所述的衬底材料为铝钽铌单晶材料。

7. 根据权利要求 1-4 任一所述的微波滤波网络薄膜移相器，其特征在于，所述的 50Ω 传输线、分布参数电感、表面电极以及底电极的材料为金薄膜，且厚度大于等于 500 纳米。

8. 根据权利要求 7 所述的微波滤波网络薄膜移相器，其特征在于，所述金薄膜与所述衬底之间预制有一层薄的镍膜。

9. 一种微波滤波网络薄膜移相器的制备方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤 S1：在衬底表面上覆盖一个特定形状的掩模板，以遮挡衬底表面不需要生长铁电薄膜的部分，其中，所述的特定形状用于生长所述微波滤波网络的可变分布参数电路，所述可变分布参数电路包括用以通过电压控制获得微波相移的分布参数电容；

步骤 S2：采用脉冲激光沉积法或磁控溅射的生长方法，在衬底上生长一层铁电薄膜，且在进行脉冲激光沉积过程中的氧分压控制在低于 5Pa 的范围内；

步骤 S3：将制得的薄膜连同衬底在较高的温度下进行提高薄膜质量的热处理；

步骤 S4：采用光刻工艺在衬底上制成表面电极、底电极和微波滤波网络的不可变分布参数部分；其中，所述的不可变分布参数部分为 50Ω 传输线、阻抗匹配电路和分布参数电感。

10. 根据权利要求 9 所述的微波滤波网络薄膜移相器的制备方法，其特征在于，所述铁电薄膜为锆钛酸钡薄膜。

微波滤波网络薄膜移相器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种薄膜移相器，特别涉及一种用于无线通信领域的微波低通滤波网络铁电薄膜移相器及其制备方法。

背景技术

[0002] 相控阵天线是现代雷达和无线通信领域发展的主流。不论是在军事方面还是在民用通信系统中都充分表现了它的优势，现已成为各国竞相研究的重点。而电控数字式移相器是相控阵雷达、卫星通信、移动通信领域相控阵天线的核心组件。电控数字式移相器是相控阵雷达、卫星通信、移动通信领域相控阵天线的核心组件，不论是在军事方面还是在民用通信系统中都充分表现了它的优势。例如，在 Wi-Fi、3G 和 Wimax 当中均采用了基带信号的相位调制方式；F-22 战机上火控相控阵雷达，每部上有 1980 条移相组件；美国国家导弹防御系统地基雷达使用了 81000 条移相组件。

[0003] 移相器的性能不仅取决于所选用的材料，结构设计也很重要。因此，研制出重量轻、体积小和高性价比的电控数字式移相器成为现今技术发展的关键。

[0004] 当前，常用移相器有 PIN 二极管数字式移相器、铁氧体数字式移相器和单片微波集成电路 (MMIC) 数字式移相器。虽然都能实现移相的功能，它们有各自固有的弱点：(1) PIN 二极管移相器所需控制电流直流功耗大，插入损耗大，结构的版面尺寸大，功率处理能力有限，X 波段四位移相器插入损耗达 8dB，并且每增加一位相移，插入损耗就会增加 2dB。(2) 铁氧体移相器的复位 / 置位瞬时冲击电流可达十几安培。相移转换时间慢，甚至可达毫秒量级，在应用当中严重影响信号的调制速度和雷达波束的电扫速度，而且只能在波导管当中制作，不能用于平面电路。(3) 砷化钾单片微波集成电路 (MMIC) 的数字式移相器同样存在插入损耗过大的固有缺陷，并且只能在砷化钾生产线上制作，成本较高。

[0005] 近几年来，人们利用铁电材料介电性能随电压而改变的特点，研制了一类新型的移相器，即铁电薄膜移相器。相比而言，铁电薄膜移相器具有耗电省、插入损耗小、易控制、尺寸小等优点，将成为未来移相器件的主流形式。

[0006] 基于铁电移相器的复杂结构和工作原理，铁电薄膜基的微波移相器件的性能受到多方面条件的影响，研究表明，对于铁电薄膜基的微波移相器，铁电薄膜基的微波移相器件的性能受到多方面条件的影响，其性能取决于多方面的因素：

[0007] (1) 电极的导电性能及电极在电路中的形状。通用的电极材料包括金和高温超导氧化物，其中，金电极较为常用；从材料而言，金是良导体，但是如果没有良好的附着性以及足够的厚度，金电极本身会给器件带来大的损耗，通常存在的问题是：金电极厚度不够，电极设计不合理导致与电路阻抗失配。另外，电极的形状直接影响到整个器件的交流阻抗和可调性能。因此，通过合理设计电极的导电性能及形状，才能使得器件与外电路形成良好的匹配是一个重要的考虑因素。

[0008] (2) 铁电薄膜的结构与介电性能。较常见的铁电薄膜在满足较好的可调介电性能的同时，往往因材料本征或非本征的因素（比如选择衬底不当导致界面性能不好、薄膜成

分控制不当、晶粒过大等等),导致介电损耗相对较大的不足,而这种不足将导致器件损耗的增大。

[0009] (3) 衬底与铁电薄膜的结构匹配性、绝缘性能及介电常数。衬底的结构和表面形态对铁电薄膜的生长质量有直接影响,同时,衬底的微波介电性能也直接关系到器件的性能。较常用的单晶衬底包括铝酸镧(化学式为 LaAlO_3)、氧化镁(化学式为 MgO)等。但是铝酸镧的表面平整度不是很理想,影响铁电薄膜的质量和微波性能。而氧化镁易潮解,化学稳定性不好,对铁电薄膜的性能也有负面影响。

[0010] 因此,从上述三个方面的因素可以看出,如何在对各种因素的综合考虑和优化的设计之上,提升铁电移相器的集成度,使器件尺寸在结构上要求更加小型化、平面化和薄膜化,性能上要求小的插入损耗,具有一定的功率容量,以及成本低等问题,是目前业界急需解决的问题。

[0011] 中国专利申请号为200510102551.x公开了一种铁电薄膜移相器,使用钛酸锶钡($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ 简称BST)铁电薄膜,整体采用共面反射结构,主要由两部分构成:一为可变叉指电容,另一部分为阻抗匹配电路;其中可变叉指电容利用铁电材料实现,其电容值随外加电压连续可调,具体结构尺寸可根据不同的设计要求进行调整;阻抗匹配电路是利用四阶四分之一波长线实现;与同类产品相比,该发明部分满足了移相器需具有小型化、平面化、薄膜化以及较小插入损耗的要求。

[0012] 然而,由于上述铁电薄膜移相器存在如下不足:

[0013] (1) 输入输出电路没有放在微波电路拓扑模型中一起仿真优化,上述铁电薄膜移相器还需要另外考虑输入输出微波电路的匹配问题,这样,较难得到最佳的阻抗匹配,电路拓扑结构较复杂,工艺难于实现。

[0014] (2) 微波低通滤波网络的不变部分和可变部分均构筑在构成钛酸锶钡($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ 简称BST)铁电薄膜,无法减少微波低通滤波网络系统中的失配性和较小插入损耗的要求。

[0015] (3) 钛酸锶钡虽然具有较好的可调介电性能;它的缺点是介电损耗相对较大,而这种损耗是来源于两个方面:一方面,是本征的原因,即钛本身有+3和+4两种价态,在薄膜中难以保证所有钛的离子都是处于+4的价态;而这两种价态之间的变化,导致材料损耗的增大,另一方面,薄膜制备过程也可能造成损耗增大。

发明内容

[0016] 鉴于上述技术方案的不足,本发明的目的在于,提供一种微波低通滤波网络铁电薄膜移相器,该铁电薄膜移相器性能稳定,阻抗匹配良好,损耗小,电路拓扑结构简单,工艺易于实现,尺寸小以及重量轻。本发明通过微波低通滤波网络实现微波相移,即用分布参数代替集中参数(LC),通过改变网络中的分布电容参数值(利用铁电薄膜的电压可调性质)来实现微波相移。

[0017] 为实现上述目的,本发明提供了一种微波滤波网络的薄膜移相器,其由衬底、铁电薄膜、表面电极以及底电极组成且具有微波滤波网络的多层结构;所述的微波滤波网络由可变分布参数部分和不可变分布参数部分组成;所述微波滤波网络的可变分布参数部分构筑在铁电薄膜上,所述微波滤波网络的不可变分布参数部分构筑在衬底上。

[0018] 所述的微波滤波网络为一节或多节级联的微波低通滤波网络；其中，所述的不可变分布参数部分为 50Ω 传输线、阻抗匹配电路、表面电极以及底电极和分布参数电感，所述的可变分布参数部分为分布参数电容。

[0019] 所述的级联数目为两级，所述分布参数电容由在 50Ω 传输线与分布参数电感之间联结的四只交叉指电容组成，通过对交叉指电容供电来改变其电容值，以使低通滤波网络产生群时延形成相移。

[0020] 所述的阻抗匹配电路为至少两阶的四分之一波长阻抗变换线。

[0021] 所述的铁电薄膜为锆钛酸钡薄膜。

[0022] 所述的衬底材料为铝钽锶镧单晶材料。

[0023] 所述的 50Ω 传输线、分布参数电感、表面电极以及底电极的材料为金薄膜，且厚度大于等于 500 纳米。

[0024] 所述金薄膜与所述衬底之间预制有一层薄的镍膜。

[0025] 本发明还提供一种微波滤波网络薄膜移相器的制备方法，其包括如下步骤：

[0026] 步骤 S1：在衬底表面上覆盖一个特定形状的掩模板，以遮挡衬底表面不需要生长铁电薄膜的部分，其中，所述的特定形状用于生长所述微波滤波网络的可变分布参数电路；

[0027] 步骤 S2：采用脉冲激光沉积法或磁控溅射的生长方法，在衬底上生长一层铁电薄膜，且在进行脉冲激光沉积过程中的氧分压控制在低于 5Pa 的范围内；

[0028] 步骤 S3：将制得的薄膜连同衬底在较高的温度下进行提高薄膜质量的热处理；

[0029] 步骤 S4：采用光刻工艺在衬底上制成表面电极、底电极和微波滤波网络的不可变分布参数部分；其中，所述的不可变分布参数部分为 50Ω 传输线、阻抗匹配电路和分布参数电感。

[0030] 由上述技术方案可知，与背景技术中的移相器相比，本发明提出该移相器具有以下优点：

[0031] 1) 本发明在模拟仿真时就考虑到与系统的匹配问题，把输入输出电路放在微波电路拓扑模型中一起仿真优化。因此，不需要另外考虑输入输出微波电路的匹配问题，并可以得到最佳的阻抗匹配。

[0032] 2) 由于采用把微波低通滤波网络薄膜移相器的不变部分和可变部分分别构筑在常介电常数衬底上和电压可调的 BZT 薄膜上的形式，减少了微波低通滤波网络系统中的失配和插入损耗，从而获得了较小的驻波系数。

[0033] 3) 本发明通过电压控制相移，直流耗散趋近于零，所以控制功耗小，插入损耗低，性能稳定，可靠性、可调性高。

[0034] 4) 本发明的相移既可以连续可调，也可以通过对电压的编程控制实现任意位数的数字式相移。同时增加数字移相器的位数，并不需要增加射频 (RF) 网络。

[0035] 5) 本发明制作工艺简单，适用于一般的薄膜工艺，相对造价低。

[0036] 6) 本发明采用的多层介质之中选用的铁电薄膜，具有高可调性、低损耗的特点；所选用的衬底介电常数低、损耗小、表面形貌平整。这些因素皆有利于系统性能的提高。

[0037] 综上所述，本发明提出该移相器具有以下优点：性能稳定，良好的阻抗匹配，损耗小，电路拓扑结构简单，工艺易于实现，尺寸小，重量轻。

[0038] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0039] 图 1 为本发明实施例的微波分布参数低通滤波网络移相器的结构立体图;

[0040] 图 2 为本发明实施例的集中参数低通滤波网络移相器原理图,其中,电容 C 为变量;

[0041] 图 3 为本发明实施例的微波分布参数低通滤波网络移相器的结构俯视图;

[0042] 图 4 为本发明实施例的微波分布参数低通滤波网络移相器的电容结构的局部放大图,其中,电容 C 为交叉指电容;交叉指电容为电压可调薄膜电容;虚线框表示铁电薄膜所在的位置;

[0043] 图 5 是通过计算机仿真得到的本发明移相器的相移参数;

[0044] 图 6 是通过计算机仿真得到的本发明移相器插入损耗与回波损耗。

具体实施方式

[0045] 本发明所提供的技术方案为采用微波低通滤波网络薄膜移相器的不变部分和可变部分分别构筑在常介电常数衬底上和电压可调的铁电薄膜上的形式。具体地,采用微波网络综合的方法导出低通滤波网络,通过对微波网络中电容元件的电压控制获得微波相移。用分布参数模拟集中参数 (L、C),通过改变网络中的分布电容参数值,实现微波相移,网络中分布电容参数值的改变是利用铁电薄膜的性质即电压可调性来实现。

[0046] 请参阅图 1,图 1 为本发明实施例的微波分布参数低通滤波网络移相器的结构立体图。如图所示,本发明实施例的微波低通滤波网络铁电薄膜移相器为多层结构,其由衬底(10)、铁电薄膜(20)、表面电极以及底电极组成,且具有微波滤波网络(30)的多层结构。所述的微波滤波网络由可变分布参数部分和不可变分布参数部分组成;所述的微波滤波网络的可变分布参数部分构筑在铁电薄膜(20)上,所述的微波滤波网络的不可变分布参数部分构筑在低介电常数、低损耗的介质的衬底(10)上。

[0047] 请参阅图 2,图 2 为本发明实施例的集中参数低通滤波网络原理图,其中,电容 C 为变量。在制作微波低通滤波网络铁电薄膜移相器之前,可根据设计要求,采用网络综合法,以衰减和相移函数为基础,利用网络综合理论,先求出集中参数元件低通滤波网络的原型电路,然后将集中参数元件原型电路中的各元件用微波结构来实现。即以分布参数模型代替集中参数模型,用 Ansoft 微波软件进行计算机仿真与优化,从而得到最优的方案。

[0048] 本发明实施例中,该移相器利用了低通滤波器的相时延特性实现相移。根据网络的归一化及考虑无耗情况,我们可以导出相移 φ 与电感 L 和电容 C 的关系:即

[0049] $\cos \varphi = 1 - BX$, 其中, $B = \omega C = 2\pi fC$ 、 $X = \omega L = 2\pi fL$

[0050] 从上述式子可以看出,只要根据我们预期的相移量 φ ,就可以计算出集中参数的电感 L 和电容 C 值。然后,用分布电感参数和分布电容参数代替以上集中电感参数和集中电容参数,并且,将可调电容通过电压可调的薄膜交叉指电容实现,通过电压改变其电容值,从而实现相移。

[0051] 请参阅图 3,图 3 为本发明实施例的微波分布参数低通滤波网络铁电薄膜移相器

的结构俯视图。在本发明的实施例中，微波低通滤波网络电路部分为两节低通滤波网络级联，若所需铁电薄膜移相器的相移较大，可通过多低通滤波网络级联的方式实现。

[0052] 如图 3 所示，该微波分布参数低通滤波网络铁电薄膜移相器的不可变分布参数部分为 50Ω 传输线 (11)、阻抗匹配电路 (51) 和分布参数电感 (31)，可变分布参数部分为分布参数电容 (21、41)，该分布参数电容 (21、41) 为电压可调的分布参数交叉指电容。

[0053] 其中， 50Ω 传输线 (11)、分布参数电感 (31)、阻抗匹配电路 (51)、供电部分的表面电极 (61) 和底电极 (71) 直接构筑在低损耗、低介电常数且高可靠性的介质衬底上。该阻抗匹配电路 (51) 至少为两阶的四分之一波长阻抗变换线。

[0054] 本发明实施例在模拟仿真时就考虑到与系统的匹配问题，把射频信号输入输出和供电电路放在微波电路拓扑模型中一起仿真优化，即可以得到最佳的阻抗匹配。

[0055] 该衬底可以选用氧化镁、铝酸镧单晶等常用的材料，优选地，可选用近年来出现的一种新的单晶材料铝钽锶镧（化学式为 $(La_{0.18}Sr_{0.82})(Al_{0.59}Ta_{0.41})O_3$ ，通常简写为 LSAT）作为衬底。铝钽锶镧具有较好的表面平整度、较低的微波介电常数和损耗、较高的性价比。器件中涉及的 50Ω 传输线 (11) 和表面电极 (61) 和底电极 (71) 较优地由金薄膜通过微电子加工的工艺制成，金薄膜的厚度不小于 0.5 微米。这种设计，较好地保证了器件与外电路形成良好的匹配。

[0056] 请参阅图 4，图 4 为本发明实施例的微波分布参数低通滤波网络移相器的电容结构的局部放大图，其中，电容 C 为交叉指电容；交叉指电容为电压可调薄膜电容；虚线框表示铁电薄膜所在的位置。在本发明的实施例中，四只分布参数的交叉指电容 (21、41) 构筑在铁电薄膜上，尺寸为 $0.5mm \times 0.3mm$ ，交叉指电容 (21) 与相邻交叉指电容 (41) 最小间距尺寸为 $0.3mm$ ，即微带分布电感 (31) 的长度，通过调整交叉指电容的供电来改变交叉指电容的电容值，从而使低通滤波网络产生相时延，形成相移。

[0057] 较常见的铁电薄膜材料为钛酸锶钡（化学式为 $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ）；钛酸锶钡具有较好的介电可调性能，但由于钛本身有 +3 和 +4 两种价态，在薄膜中难以保证所有钛的离子都是处于 +4 的价态，而这两种价态之间的变化，将导致材料损耗的增大。在本发明的实施例中，选择锆钛酸钡（化学式为 $BaZr_{1-x}Ti_xO_3$ ，简写作 BZT）体系取代钛酸锶钡体系。锆钛酸钡有相对小的介电损耗。此外，通过精细的生长工艺控制，锆钛酸钡薄膜具有较小的晶粒尺寸，也有利于改善损耗性能，因此，在同等的条件下，锆钛酸钡薄膜制成的移相器具有更好的综合性能。

[0058] 本发明提出的一种新型的微波低通滤波网络铁电薄膜移相器的物理模型与数学模型移相器，其有益效果可通过图 5 和图 6 得到很好地体现。

[0059] 请参阅图 5，图 5 为通过计算机仿真得到的本发明移相器的相移参数。如图所示，以微波低通滤波网络两级级联为例：频率在 9GHz 时，起始相位为 -80° （即图中虚线上的 A 点）；在外加电压下当 BZT 的可调性达到 20%，相位为 -65° （即图中虚线上的 B 点），相比起始点即实现了 15° 的相移；若 BZT 的可调性达到 60% 时（即图中虚线上的 C 点），此时，相应实现相移量为 50° 左右。若需要更大的相移量，可通过多级微波低通滤波网络级联实现。

[0060] 请参阅图 6，图 6 为通过计算机仿真得到的本发明移相器插入损耗与回波损耗。如图所示，插入损耗受交叉指电容 (21、41) 电压可调性的影响很小，插入损耗在整个频带内；

在电压变化中,插入损耗始终保持在 -0.5dB 以内,回波损耗在整个频带内都保持在 -14dB 以下,并且,交叉指电容变化越大,回波损耗越小。

[0061] 综上所述,本发明的微波低通滤波网络铁电薄膜移相器可以达到如下主要技术指标:

[0062] 频率范围:X 波段;

[0063] 可实现最大相移量:180°

[0064] 输入输出驻波系数:< 1.5

[0065] 相位误差均方根值:1 ° rms

[0066] 状态转换时间:< 50ns

[0067] 下面简单介绍一下本发明实施例的微波滤波网络薄膜移相器的制备方法。该方法包括如下步骤:

[0068] 步骤 S1:在生长之前,衬底表面要覆盖一个特定形状的掩模板,以遮挡衬底表面不需要生长铁电薄膜的部分,掩模板可以用薄的不锈钢制成;其中,所述的特定形状用于生长所述微波滤波网络的可变分布参数电路。

[0069] 步骤 S2:采用脉冲激光沉积法(PLD)或磁控溅射等的生长方法,在衬底(LSAT)上生长一层铁电薄膜,例如,锆钛酸钡,且在沉积薄膜的过程中,尽量控制较低的氧分压;以脉冲激光法为例,氧分压宜低于 5Pa,较低的氧分压有利于减小铁电薄膜的晶粒尺寸,提高最终的微波介电性能。

[0070] 步骤 S3:将制得的薄膜连同衬底在较高的温度下进行提高薄膜质量的热处理。

[0071] 步骤 S4:采用光刻工艺在衬底上制成表面电极、底电极和微波滤波网络的不可变分布参数部分;其中,所述的不可变分布参数部分为 50 Ω 传输线、阻抗匹配电路和分布参数电感。金薄膜的厚度不低于 500 纳米;并且,金薄膜与薄膜以及衬底之间预置一层薄的镍膜以增强附着力。

[0072] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围。

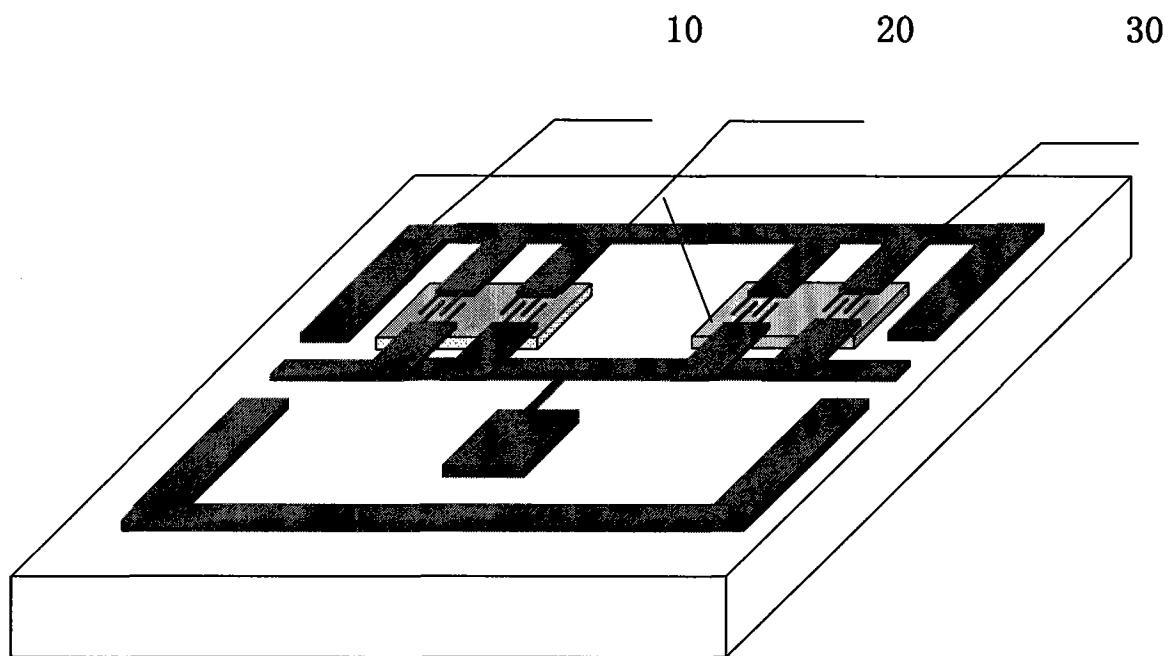


图 1

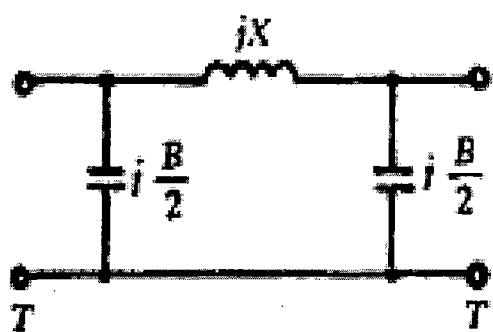


图 2

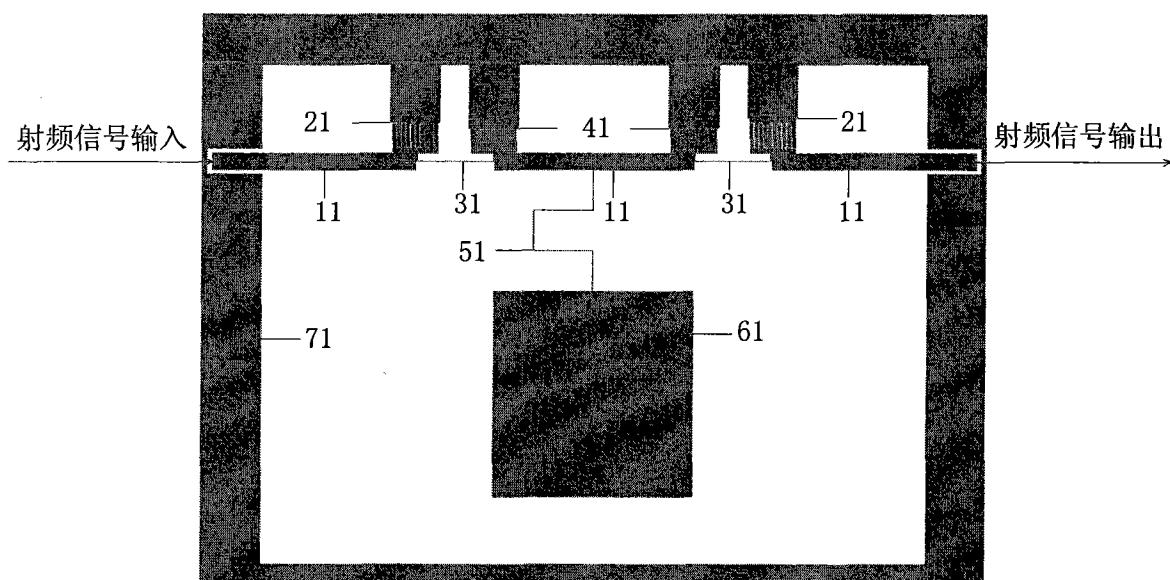


图 3

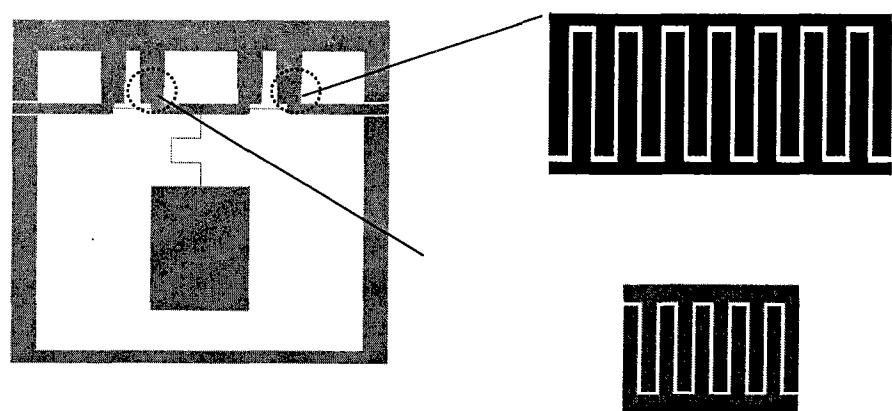


图 4

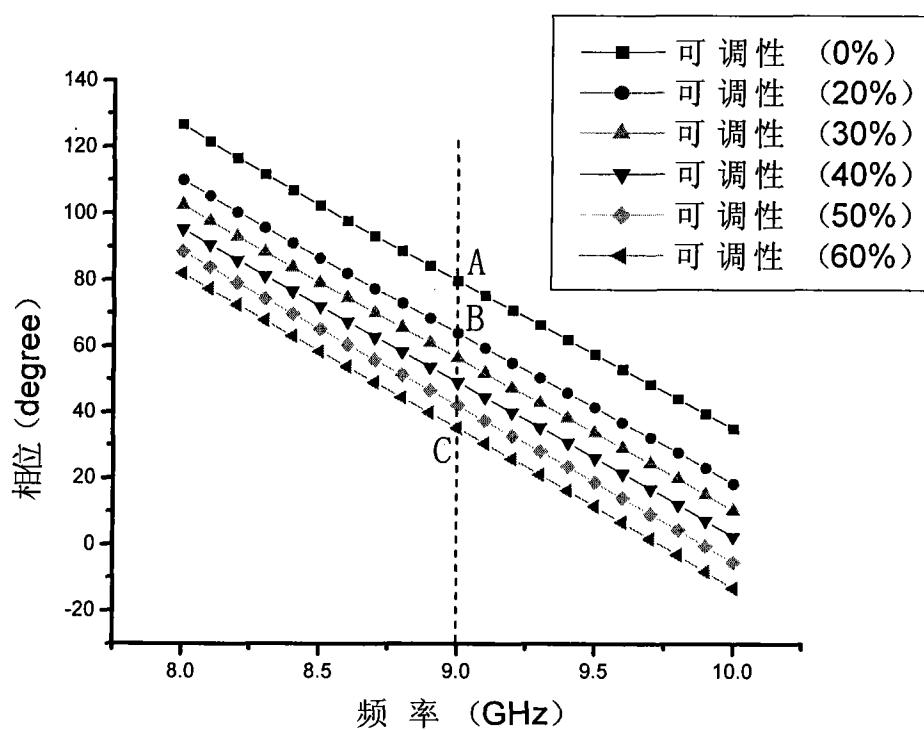


图 5

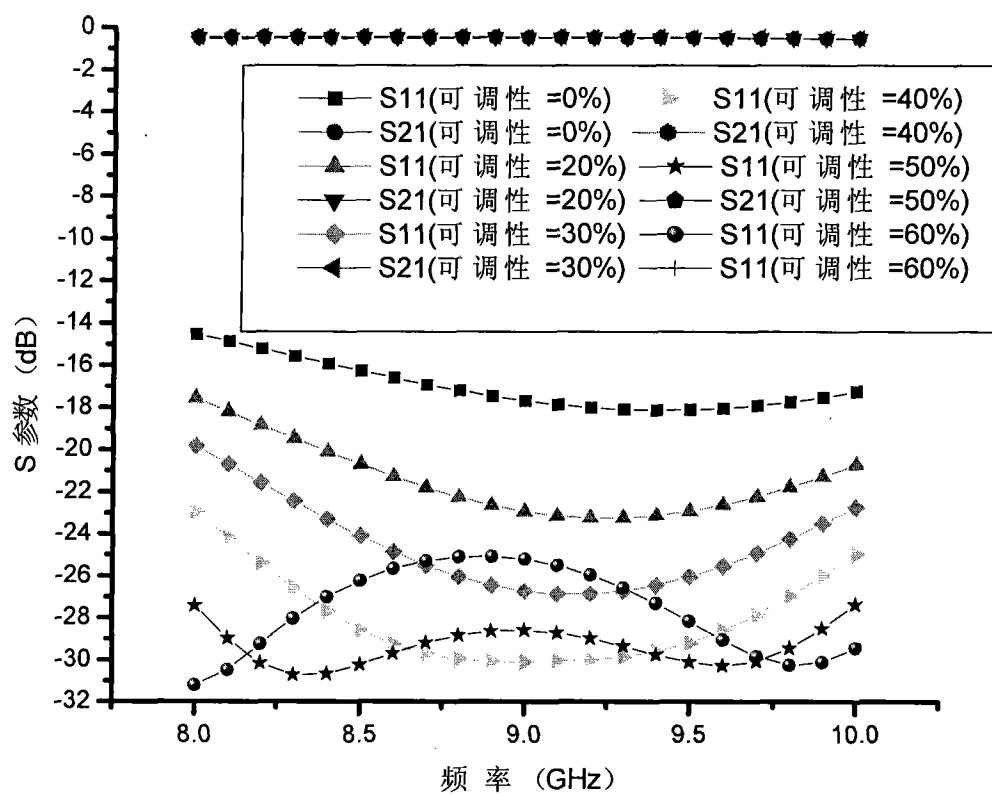


图 6