

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102629707 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201210105092. 0

CN 101335379 A, 2008. 12. 31,

(22) 申请日 2012. 04. 12

审查员 张莹

(73) 专利权人 中国科学院光电技术研究所

地址 610209 四川省成都市双流 350 信箱

(72) 发明人 黄成 罗先刚 冯沁 蒲明博

王民

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责

任公司 11251

代理人 成金玉

(51) Int. Cl.

H01Q 1/42 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101425621 A, 2009. 05. 06,

CN 101501927 A, 2009. 08. 05,

US 2004140945 A1, 2004. 07. 22,

权利要求书1页 说明书3页 附图3页

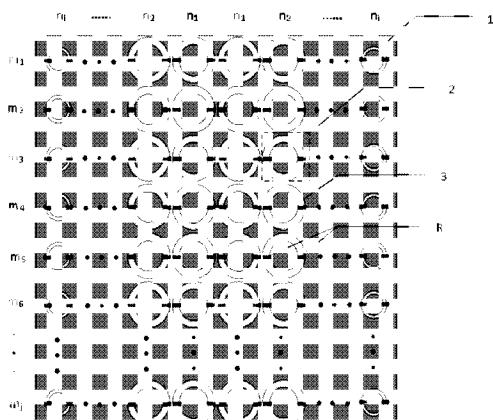
(54) 发明名称

一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线

罩

(57) 摘要

一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩，在单面覆铜的微波介质板上沿横向和纵向分别印刷 $2n_i$ 列和 m_j 行环形缝隙单元结构，其中横向排布的环形缝隙单元结构具有相似结构外形和不同大小尺寸，并且沿天线罩横向中心轴对称分布，纵向排布的环形缝隙单元结构完全相同；在每个环形缝隙结构中沿横向对称添加贴片电阻，通过合理选择电阻阻值大小并设计人工结构材料单元结构尺寸，使得电磁波通过每列结构具有不同的透过率和相同的透射相位，从而实现降低天线副瓣电平的目的；该结构设计简单，重量轻，成本低。



1. 一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩,其特征在于:在单面覆铜的微波介质板(1)上,以长度 p 为周期分别印刷 $2n_i$ 列 $\times m_j$ 行环形缝隙结构(2),其中 $\lambda/4 < p < 2 \times \lambda/3$, λ 为工作波长,其中 n 代表列, m 代表行, i 代表列数, j 代表行数;所述 $2n_i$ 列环形缝隙结构(2)以 $n_i, n_{i-1}, \dots, n_1, n_1, \dots, n_{i-1}, n_i$ 的次序横向排列,并沿天线罩横向中心轴对称,第 n_i 列内的环形缝隙结构(2)的结构外形和大小尺寸完全相同, m_j 行环形缝隙结构(2)纵向排布并沿天线罩纵向中心轴对称,每一行内列数 i 不同的环形缝隙结构(2)具有相似的结构外形和不同的大小尺寸;在每个环形缝隙结构(2)的缝隙(3)中沿横向对称添加贴片电阻 R ,至此构成可降低副瓣电平的人工结构材料;通过选择贴片电阻 R 阻值大小并设计横向排布的环形缝隙结构(2)的尺寸,使得电磁波通过列数 i 不同的环形缝隙结构(2)具有不同的透过率和相同的透射相位,通过列数 i 相同的环形缝隙结构(2)具有相同的透过率和透射相位;将该人工结构材料作为天线罩置于天线阵列上方就可实现降低天线副瓣电平的目的。

2. 根据权利要求 1 所述的一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩,其特征在于:所述 $2n_i$ 列环形缝隙结构(2)和 m_j 行环形缝隙结构(2)的 i 和 j 的数量由人工结构材料天线罩覆盖的天线口径来确定,使人工结构材料大小能够覆盖整个天线。

3. 根据权利要求 1 所述的一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩,其特征在于:所述 $2n_i$ 列环形缝隙结构(2)尺寸大小由所需副瓣电平大小确定,根据副瓣电平值,采用泰勒分布或切比雪夫分布计算出 n_1 到 n_i 列缝隙结构(2)出射电磁波透过率的振幅比,然后反推出相应列环形缝隙结构(2)的尺寸大小。

4. 根据权利要求 1 所述的一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩,其特征在于:所述贴片电阻 R 阻值的大小由所需副瓣电平水平大小确定,根据副瓣电平值,采用泰勒分布或切比雪夫分布计算出 n_1 到 n_i 列环形缝隙结构出射电磁波透过率的振幅比,然后反推出相应列环形缝隙结构中贴片电阻 R 的值,贴片电阻值 R 的取值范围为 $1 \sim 1000 \Omega$ 。

一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩

技术领域

[0001] 本发明涉及一种天线罩，特别是一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩。

背景技术

[0002] 副瓣电平水平是衡量阵列天线性能的重要指标。较低的副瓣电平可以有效的减少阵列天线辐射电磁波的相互干扰，提高信号俘获效率，改善信噪比。因此，如何实现较低的副瓣电平一直是研究人员关心的问题。常见的低副瓣电平阵列天线设计方法主要有两种：优化辐射源功率配比和改善天线单元结构外形。通过模拟退火法、遗传算法、加权算法等对辐射源功率配比的优化，可以有效的控制副瓣电平。同时通过改善天线阵列外形也可以降低天线副瓣电平，如喇叭型，金字塔型，阶梯型等。

[0003] 优化辐射源功率配比是通过设计优化馈源辐射功率，使得电磁波出射时具有一定的振幅强度分布，从而达到降低阵列天线副瓣电平的目的。这种调控方式要求对多个辐射源的功率进行认真计算优化，并且精确控制，对天线后端要求比较高。另外一种常用降低天线副瓣电平的方法——改善天线单元结构外形，这种方法通常会改变天线的外形，会使其加工难度增加导致成本提高或者天线体积变大导致集成困难。

[0004] 近年来出现了一种新型的人工结构材料，通过设计材料的结构单元，可以有效操控电磁波的辐射。目前，人工结构材料在天线方面的应用研究主要集中在如何有效地提高天线的辐射性能，如提高增益、拓宽工作带宽、实现极化转化和波束偏转等。而利用人工结构材料作为天线罩降低天线副瓣方面的研究还未见报道。

发明内容

[0005] 本发明的技术解决方案：克服现有技术的不足，提供一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩，通过设计材料单元结构尺寸和优化贴片电阻阻值使得天线（阵）辐射出的电磁波在经过天线罩不同列的时候具有不同的透过率振幅和相同的辐射率相位，当透过率振幅满足一定排布的时候，可以有效的降低天线（阵）的副瓣电平。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：一种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩，其特征在于：在单面覆铜的微波介质板1上，以长度p为周期（ $\lambda/4 < p < 2 \times \lambda/3$ ）， λ 为工作波长，分别印刷 $2n_i$ 列 $\times m_j$ 行环形缝隙结构2，其中n代表列，m代表行，i代表列数，j代表行数； $2n_i$ 列环形缝隙结构2横向排布，每列具有相似的结构外形和不同的大小尺寸，并沿天线罩横向中心轴对称， m_j 行环形缝隙结构2纵向排布，结构外形和大小尺寸完全相同；在每个环形缝隙结构的缝隙3中沿横向对称添加贴片电阻R，至此构成可降低副瓣电平的人工结构材料。通过选择贴片电阻R阻值大小并设计横向排布的环形缝隙结构的尺寸，使得电磁波通过每列环形缝隙结构具有不同的透过率和相同的透射相位。将该人工结构材料作为天线罩置于天线阵列上方就可实现降低天线副瓣电平的目的。

[0007] 所述 $2n_i$ 列环形缝隙结构2和 m_j 行环形缝隙结构2的i和j的数量由人工结构材料天线罩覆盖的辐射天线口径来确定，使人工结构材料大小能够覆盖整个天线。如天线的

口径尺寸为 $L_a \times W_a$, 则要求 $2 \times i \times p > L_a, j \times p > W_a$ 。

[0008] 所述 $2n_i$ 列环形缝隙结构 2 尺寸大小由所需副瓣电平大小确定, 根据副瓣电平值, 采用泰勒分布或切比雪夫分布计算出 n_i 到 n_i 列环形缝隙结构出射电磁波透过率的振幅比, 然后反推出相应列环形缝隙结构的尺寸大小。

[0009] 所述贴片电阻 R 阻值的大小由所需副瓣电平水平大小确定, 根据副瓣电平值, 采用泰勒分布或切比雪夫分布计算出 n_i 到 n_i 列环形缝隙结构的出射电磁波透过率的振幅比, 然后反推出相应列环形缝隙结构中贴片电阻 R 的值, 通常电阻 R 取值范围为 $1 \sim 1000 \Omega$ 。

[0010] 本发明与现有技术相比的有益效果在于 :

[0011] (1) 本发明是可以有效降低副瓣电平的天线罩, 无需对天线(阵)外形做特殊优化, 也无需对天线阵列单元作繁琐的不等功率配比设计, 只需通过合理设计材料的结构单元实现入射电磁透过率振幅的一定分布, 就能有效地控制天线(阵)副瓣电平大小。

[0012] (2) 本发明还具有设计新颖, 结构简单, 重量轻, 成本低的优点。本发明的结构采用单面焊接贴片电阻的方式, 制作过程简单, 和传统的降低天线(阵)副瓣电平的方法相比, 具有设计方法简单新颖、体积小、重量轻、成本低的特点。

附图说明

[0013] 图 1 为本发明的环形缝隙结构示意图;

[0014] 图 2 为本天线罩整体结构示意图;

[0015] 图 3 为电磁波透过率振幅分布调制示意图;

[0016] 图 4 为本发明结构示意图;

[0017] 图 5 为环形缝隙结构单元透射率和透射相位曲线;

[0018] 图 6 为天线加载和未加载人工结构材料天线罩的远场辐射方向图对比。

[0019] 图中 :1 代表微波介质板, 2 代表环形缝隙结构, 3 代表缝隙。

具体实施方式

[0020] 如图 1 所示, 为了制作这种利用人工结构材料降低副瓣电平的天线罩, 采用印刷有环形缝隙的单面覆铜微波介质板, 并在沿横向方向对称添加两个贴片电阻 R。在 xyz 坐标系中, k 为入射波方向沿 z 轴, E 为电场方向沿 x 轴, H 为磁场方向沿 y 轴。其中 P 表示单元周期, r 表示外环半径, w 表示环形缝隙宽度, t 表示介质板的厚度, R 表示贴片电阻。

[0021] 图 2 为发明设计的天线罩整体结构示意图。在单面覆铜的微波介质板 1 上, 分别印刷 $2n_i$ 列 $\times m_j$ 行环形缝隙结构 2, 其中 $2n_i$ 列环形缝隙结构横向排布, 每列具有相似的结构外形和不同的大小尺寸, 并沿天线罩横向中心轴对称, m_j 行环形缝隙结构纵向排布, 结构外形和大小尺寸完全相同, 在每个环形缝隙结构的缝隙 3 中沿横向对称添加贴片电阻 R。所述的 $2n_i$ 列环形缝隙结构和 m_j 行环形缝隙结构 2 的 i 和 j 的大小由人工结构材料天线罩覆盖的辐射天线口径来确定, 使人工结构材料大小能够覆盖整个天线。

[0022] 图 3 给出了平面波经过人工结构材料后电磁波透过率振幅调制。天线(阵)辐射的平面波束具有相同的振幅 A_0 和相同的相位, 经过横向 $2n_i$ 列人工结构材料调制后, 每列出射的电磁波相位相同但振幅不同, 分别为 A_1, A_2, \dots, A_n 。当 $A_1 : A_2 : \dots : A_n$ 的比例满足一定条件时, 出射的电磁波具有低副瓣电平。

[0023] 在具体实施过程中,辐射天线由缝隙阵列天线构成,其口径大小为 $105\text{mm} \times 105\text{mm}$,工作频率设定为 10.3GHz ($\lambda \approx 29.12\text{mm}$),以副瓣电平降低至 -26dB 为目标,要求电磁波经过每列人工结构材料时透过率振幅按泰勒函数分布并且具有相同的透过率相位。根据天线口径大小,这里采用 8×8 单元环形缝隙结构,即 $2n_i$ 列中 $i = 4$, m_j 行中 $j = 8$ 。环形缝隙结构的周期 $p = 15\text{mm}$,最后由人工结构材料构造的整个天线罩尺寸为 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$ 。选择抽样数目为 4 的泰勒分布,即副瓣电平 $R_0 = -26\text{dB}$,等副瓣电平参数 $n = 4$ 。经过计算得到电磁波透过率振幅比为 : $1 : 0.8401 : 0.5779 : 0.3745$ (从中心到边缘,由于左右对称关系,这里仅列出了一半)。

[0024] 在具体实施过程中,如图 4 所示,该 8×8 行环形缝隙结构印刷在单面覆铜的微波介质板 1(采用 Arlon AR 320) 的覆铜面上,其中 8 列环形缝隙结构沿天线罩横向中心轴对称,每列具有相似的结构外形和不同的大小尺寸,8 行环形缝隙结构 2 纵向排列,结构尺寸完全相同;在每个环形缝隙结构 2 的缝隙 3 处沿横向对称添加贴片电阻 R,通过选择贴片电阻 R 阻值大小并设计每个横向环形缝隙结构 2 的结构尺寸,使得电磁波通过每列环形缝隙结构 2 具有不同的透过率和相同的透射相位,从而实现降低天线副瓣电平的目的。根据计算得到的透过率振幅比,首先设计具有最大透过率振幅的结构尺寸。将最常见阻值大小为 3Ω 的贴片电阻对称添加在单元结构中,通过优化外环半径 r 和 w 缝宽,得到最大透过率 A_1 ,将其定为列 n_1 。记录此时得到的透过率振幅及对应的透过率相位。在以后的优化过程中以 A_1 为归一化分母,调节 r, w 和 R 的值,使得电磁波通过每列环形缝隙结构时的透过率振幅比满足上述比例条件,同时满足透过率相位基本稳定不变。设定 r_i 表示第 i 列的外环半径, w_i 表示第 i 列的环形缝隙宽度, R_i 表示第 i 列环形缝隙添加的贴片电阻的阻值大小,利用电磁仿真软件 CST 或 HFSS 优化可以得到每列环形缝隙结构单元的值: $r_1 = r_2 = 7\text{mm}$, $r_3 = 6.65\text{mm}$, $r_4 = 4.2\text{mm}$, $w_1 = 2.2\text{mm}$, $w_2 = 2.3\text{mm}$, $w_3 = 2.2\text{mm}$, $w_4 = 1\text{mm}$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 22.5\Omega$, $R_3 = 75\Omega$, $R_4 = 315\Omega$ 。图 5 列举了 n_1 列人工结构单元对应的透过率和相位曲线。在 $r_1 = 7\text{mm}$, $w_1 = 2.2\text{mm}$, $R_1 = 3\Omega$ 条件下,在 10.3GHz 得到最大透过率振幅 $A_1 = 0.954$ 和对应的透过率相位。

[0025] 图 6 即为天线加载和不加载人工结构材料天线罩得到的辐射远场图,从图 6 中可以看出,加载天线罩后,天线副瓣电平从 -13.4dB 降低到 -24.6dB ,接近理论设计值 -26dB 。由此验证了本发明所提出的天线罩可以很好的实现降低天线副瓣电平的目的。

[0026] 本发明未详细阐述部分属于本领域公知技术。

[0027] 显然,对于本领域的普通技术人员来说,参照上文所述的实施例还可能做出其它的实施方式。上文中的实施例都只是示例性的、而不是局限性的。所有的在本发明的权利要求技术方案的本质之内的修改都属于其所要求保护的范围。

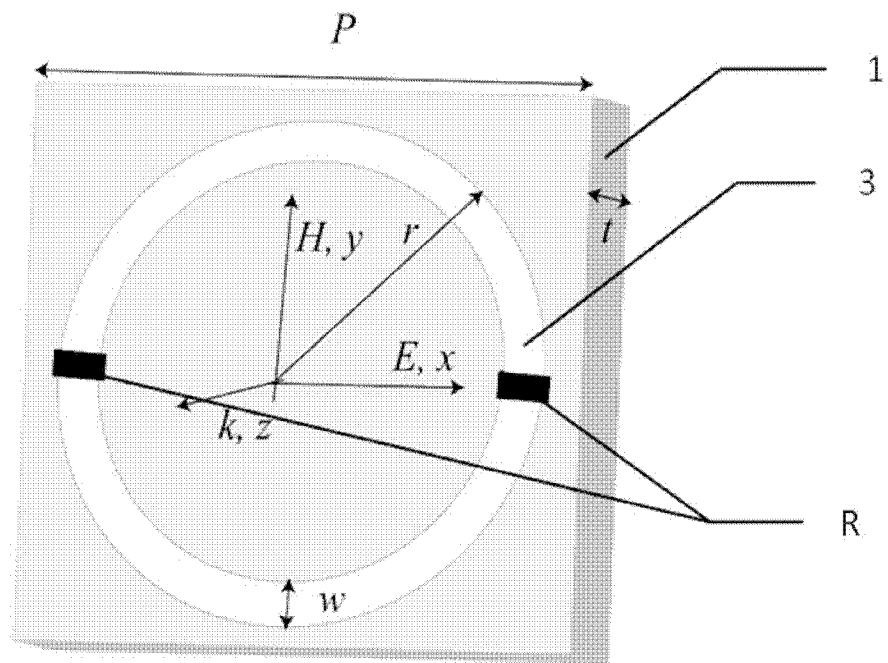


图 1

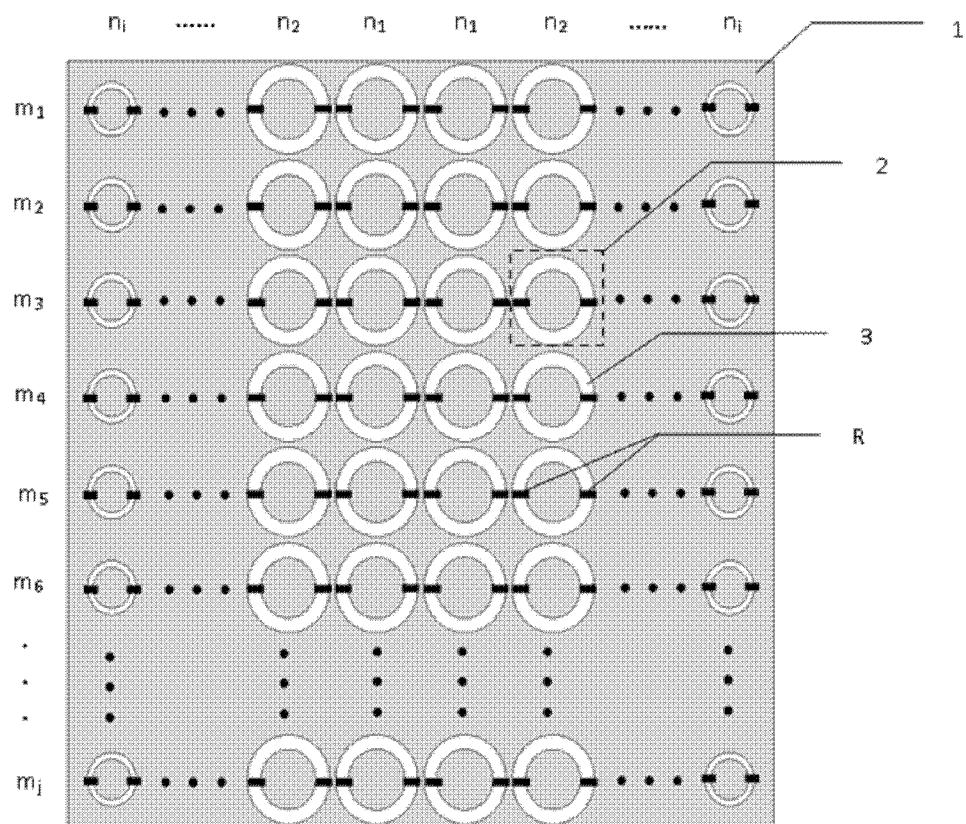


图 2

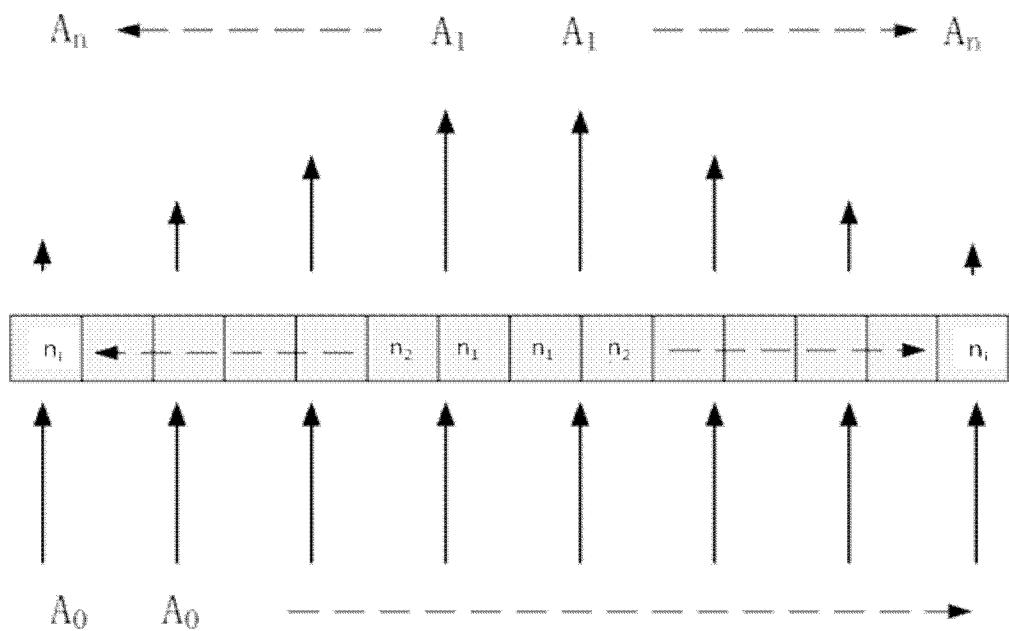


图 3

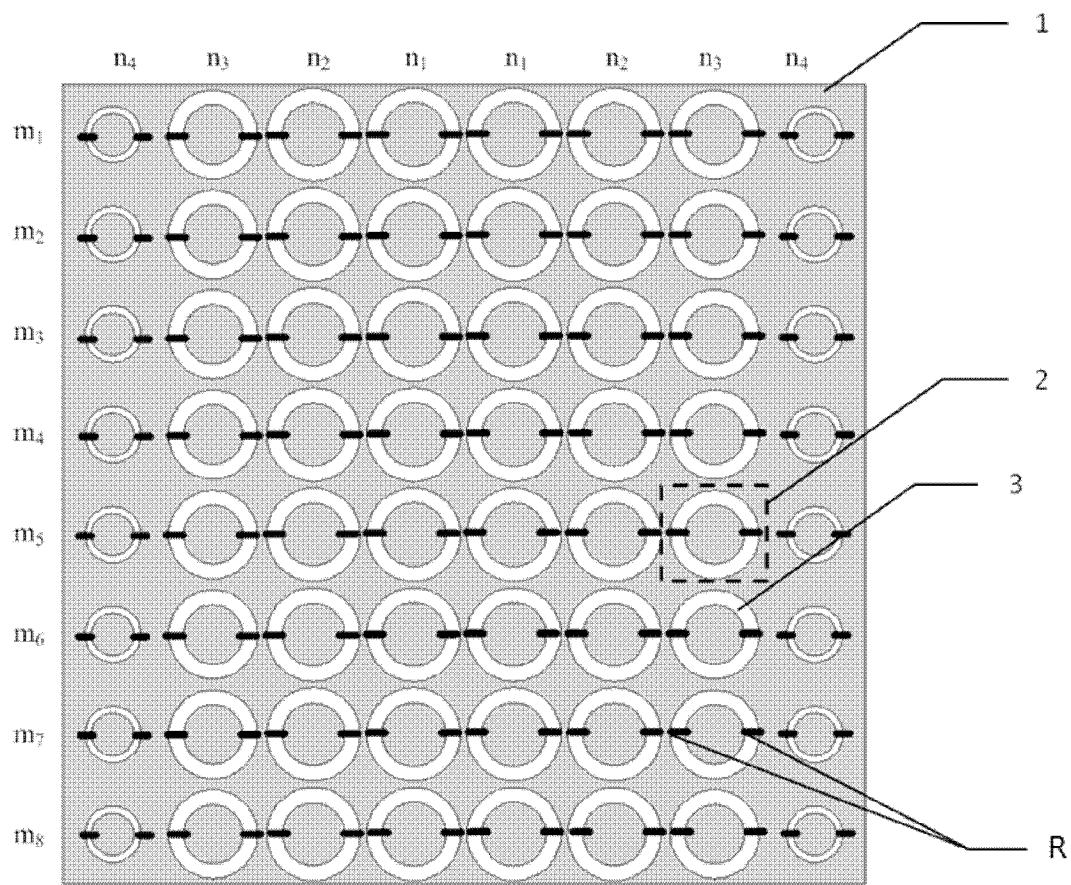


图 4

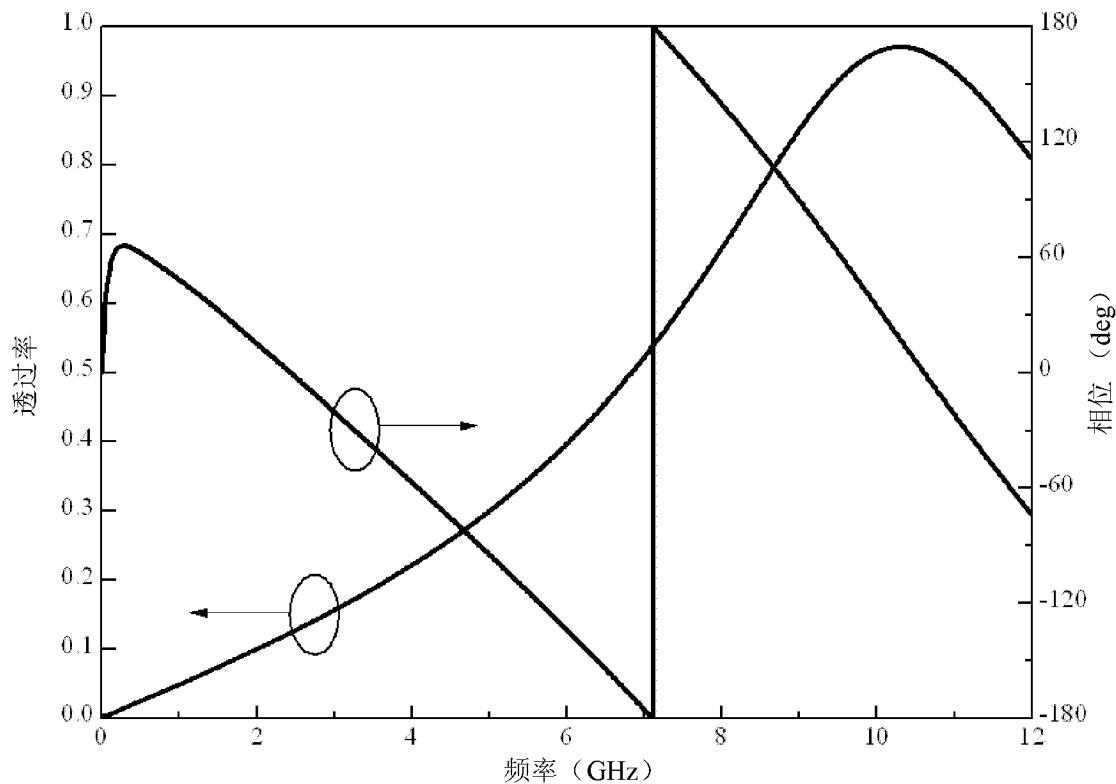


图 5

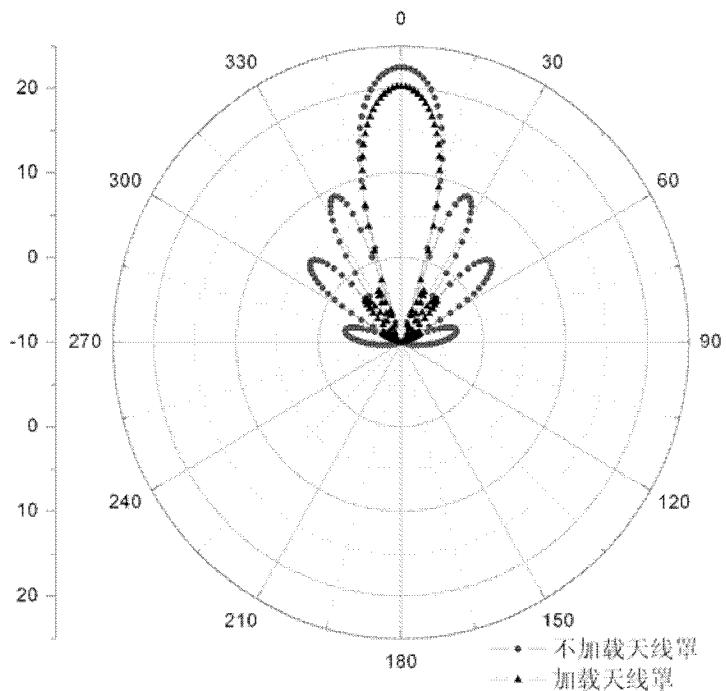


图 6