

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01Q 15/00

H01Q 3/44

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99125408.2

[43] 公开日 2001 年 6 月 13 日

[11] 公开号 CN 1299160A

[22] 申请日 1999. 12. 7 [21] 申请号 99125408. 2
 [71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械研究所
 地址 130022 吉林省长春市人民大街 140 号
 [72] 发明人 樊仲维

[74] 专利代理机构 中国科学院长春专利事务所
 代理人 梁爱荣

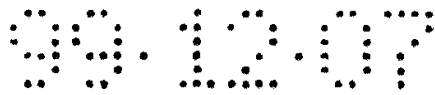
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图页数 2 页

[54] 发明名称 位相调制降低毫米波平面衍射天线近轴旁瓣的方法

[57] 摘要

本发明属于电子与光学交叉科学领域, 涉及一种对毫米波平面天线设计方法的改进。解决离散结构造成方向图的近轴旁瓣电平升高, 造成从这些旁瓣接收进噪声的问题。本发明计算天线的特征结构参数和需要进行压制的旁瓣位置和压制量; 建立特征结构尺寸和位置的评价函数并对方向图进行计算分析; 与已有方法相比没有能量损失。本发明是最小限度地影响天线的增益, 同时降低毫米波平面衍射天线近轴旁瓣。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4



权 利 要 求 书

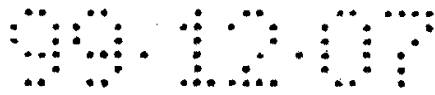
1、一种位相调制降低毫米波平面衍射天线近轴旁瓣的方法，其特征在于：

(1)、按照位相相差 2π 或者 2π 的整数倍对具有连续位相结构的抛物面天线进行离散化处理，初步得到具有毫米波平面天线一般特征结构的参数；

(2)、根据使用要求计算出需要进行压制的旁瓣位置和压制量；

(3)、微量改变由步骤 1 得到的特征结构尺寸和位置，建立评价函数，即压制量和特征结构变量之间的解析式，采用逐次逼近的方法对方向图进行计算分析；

(4)、当计算方向图的旁瓣值达到使用要求之后，此时的特征结构尺寸可降低毫米波平面天线近轴旁瓣。



说 明 书

位相调制降低毫米波平面衍射天线近轴旁瓣的方法

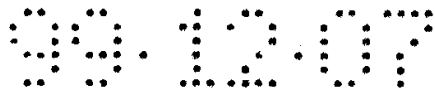
本发明属于电子与光学交叉科学领域，涉及一种对毫米波平面天线设计方法的改进。

通常的毫米波平面衍射天线设计过程是对传统抛物面天线连续结构按照一定的关系进行离散化处理，一般是将离散后各个环带之间的位相相差 2π 或者 2π 的整数倍。对轴线上的远场点天线各个环带的贡献是相加的，因此具有增益高、方向性好的特点，同时天线的轴向尺寸得到压缩。

如附图 1 和图 2 所示，将传统天线的位相函数 $\varphi(r)$ 的幅值限制在 $\pm\alpha/2$ 范围后即形成平面衍射天线的位相函数 $\varphi(r)'$ 。 α 可以取 $2l\pi$ ， l 为大于或等于 1 的整数。如， $l=1$ ， $\alpha=2\pi$ ； $l=2$ 时， $\alpha=4\pi$ 。此时理论衍射效率均可以达到 100%，所得到的位相形式与传统天线位相形式完全等效，因而焦点位置与传统天线相同。不同的是 l 取不同的值时所用的衍射电磁波的级次有所不同。 $l=1$ 时是一级； $l=2$ 时是二级等等。位相压缩后在平面衍射天线的表面形成多个各自分别连续的具有三维浮雕结构的环带，不同环带之间有位相突变点。焦距为 f 的平面衍射天线的第 m 个位相突变点的位置 r_m 为：

$$r_m = \sqrt{2ml\lambda f + m^2 l^2 \lambda^2}$$

式中 λ 为工作波长。 l 越大，每个环带的宽度也就越大，同时平面衍射天线的厚度



也越大。一般取 $l=1$ ，此时厚度最小：除片基外反射式天线的厚度等于工作波长的 $1/2$ ；透射式天线的厚度等于 $\lambda/(n-1)$ ，其中 n 为透射介质的折射率。有时在同一天线结构中 l 采用不同的数值。即在内环取 $l=1$ 。到了外环，为保证环带宽度不致过小，采用 $l>1$ 的位相结构。

这种平面天线的局限性在于，由于引入离散结构造成衍射效率下降，方向图的近轴旁瓣电平升高。如果入射波为正入射的振幅均匀分布的平面波，天线效率为 100%，忽略吸收等损耗，则平面衍射天线焦平面上的衍射图样第一旁瓣能量占总能量的 9.1%；旁瓣电平为 -16.7dB；而理想的抛物面天线焦平面上的衍射图样第一旁瓣能量占总能量的 7.2%；旁瓣电平为 -16.9dB。

本发明的目的是解决离散结构造成方向图的近轴旁瓣电平升高，造成从这些旁瓣接收进噪声的问题，提供一种对离散的各个环带的位相进行调制，同时最小限度地影响天线的增益，降低毫米波平面衍射天线近轴旁瓣的方法。

利用本发明压制靠近主瓣的旁瓣的方法和步骤如下：

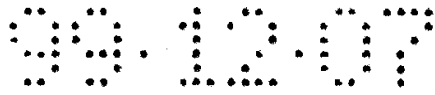
(1)、按照位相差 2π 或者 2π 的整数倍对具有连续位相结构的抛物面天线进行离散化处理，初步得到具有毫米波平面天线一般特征结构的参数；

(2)、根据使用要求计算出需要进行压制的旁瓣位置和压制量；

(3)、微量改变由步骤 1 得到的特征结构尺寸和位置，建立评价函数，即压制量和特征结构变量之间的解析式，采用逐次逼近的方法对方向图进行计算分析；

(4)、当计算方向图的旁瓣值达到使用要求之后，此时的特征结构尺寸可降低毫米波平面天线近轴旁瓣。

理论上只要我们给出所需要的远场方向图，或者远场振幅方向图时，就可以计



算出位相调制参数。但实际所求的方向图形式不可能是任意的。首先调制前后远场衍射的能量是守恒的，所求的方向图不能违反这个原则。另外，调制参数变化范围不能很大。

本发明的积极效果是将衍射光学技术引入毫米波天线的设计，使毫米波天线厚度薄、体积小和重量轻，同时保持或改善其某些性能，平面化的外观使之安装和调整十分方便。使平面天线能适应某些特殊环境的使用要求。采用位相调制法压旁瓣与已有的通过控制口面场分布降低旁瓣电平的方法相比没有能量损失。本发明选择适当的评价函数，对位相调制参数进行计算，寻找到最佳的位相调制参数，位相调制前后几个旁瓣峰值的比较见附表 1，可以看出，方向图的第一和第二旁瓣得到有效地压制。主瓣宽度略有增加，主瓣的峰值高度略有下降，即增益略有下降。说明本发明提供了一种最小限度地影响天线的增益，同时降低毫米波平面衍射天线近轴旁瓣的方法。

本发明的附图说明：

图 1 是已有技术天线的连续位相结构

图 2 是已有技术离散处理为平面衍射天线的位相结构

图 3 是本发明与已有技术调制位相分布的比较

图 4 是本发明与已有技术方向图的比较

图 5 是本发明焦距为无限远的平面天线的实施例

附表 1 是本发明与已有技术几个旁瓣峰值的比较

附表 2 是发明一种实施例的不同位置位相调制的变化量

附表 3 是本发明一种实施例位相调制前后几个主要旁瓣峰值强度数值计算值比

较结果。

本发明的一种实施例：

如图 5 所示是焦距为无限远的平面天线，它可以等效为等间距的衍射光栅。设衍射光栅单元数为 N ，光栅常数为 d ，每个单元的宽度亦为 d 。所有单元上的场大小相同，位相也相同。选择光栅的中心位置为原点，则最大辐射方向在此光栅的垂直中分线上。光栅的单元数 N 可以是奇数，也可以是偶数，为了说明一般问题，采用如下的记法

$$i_n = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ 2 & n > 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \sum_n &= \sum_{n=1,3,5,\dots}^{N-1} & N \text{ 为偶数} \\ \sum_n &= \sum_{n=0,2,4,\dots}^{N-1} & N \text{ 为奇数} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

当很小时，针对主瓣值归一化远场振幅 E_0 与微量调制的位相差 $\Delta\beta_n$ 的分布表达式为

$$\Delta\beta_n = \frac{N}{\pi} \int_0^\pi \frac{\beta}{\sin \beta} (E_0 - E) \sin n\beta d\beta \quad (3)$$

其中，
$$\beta = \frac{\pi}{\lambda} d \sin \theta \quad (4)$$

等幅等相分布光栅旁瓣较高，可以在旁瓣的最大处用校正脉冲来压低它，然后通过 (3) 式计算出产生校正脉冲的位相变化量。将脉冲序号从原点算起为 1, 2, 3, ... k , β_k 为第 k 个脉冲的位置， α_k 为脉冲 k 的强度。此时脉冲校正项可以写成

$$E_0 - E = \sum_{k=1}^k \alpha_k \delta(\beta - \beta_k) \quad (5)$$

其中 δ 是单位脉冲函数。代入 (3) 式得

$$\Delta\beta_n = \frac{N}{\pi} \sum_{k=1}^k \alpha_k \frac{\beta_k}{\sin \beta_k} \sin n\beta_k \quad (6)$$

我们以具有 10 个单元的一维光栅为例来观察采用这种方法压旁瓣的效果。等幅等相分布光栅旁瓣最大处的位置是已知的。对于前面所述的一维光栅，前六处的位置分别为 $N\beta = 1.43\pi$ ， $N\beta = 2.46\pi$ ， $N\beta = 3.47\pi$ ， $N\beta = 4.48\pi$ ， $N\beta = 5.48\pi$ 和 $N\beta = 6.48\pi$ 。其归一化的振幅最大旁瓣值的大小分别为 0.22，0.13，0.09，0.07，0.06 和 0.05。则 $\beta_1 = 0.143\pi$ ， $\beta_2 = 0.246\pi$ ， $\beta_3 = 0.347\pi$ ， $\beta_4 = 0.448\pi$ ， $\beta_5 = 0.548\pi$ 和 $\beta_6 = 0.648\pi$ 。要求压制后这六个旁瓣的大小都降低一半。代入(3)式有

$$\begin{aligned} E_0 - E = & -0.11\delta(\beta - 0.143\pi) + 0.07\delta(\beta - 0.246\pi) \\ & - 0.05\delta(\beta - 0.347\pi) + 0.04\delta(\beta - 0.448\pi) \\ & - 0.03\delta(\beta - 0.548\pi) + 0.02\delta(\beta - 0.648\pi) \end{aligned} \quad (7)$$

代入(6)式得

$$\begin{aligned} \Delta\beta_n = \frac{10}{\pi} [& -0.11 \cdot \frac{0.143\pi}{\sin 0.143\pi} \sin n \cdot 0.143\pi + 0.07 \cdot \frac{0.246\pi}{\sin 0.246\pi} \sin n \cdot 0.246\pi \\ & - 0.05 \cdot \frac{0.347\pi}{\sin 0.347\pi} \sin n \cdot 0.347\pi + 0.04 \cdot \frac{0.448\pi}{\sin 0.448\pi} \sin n \cdot 0.448\pi \\ & - 0.03 \cdot \frac{0.548\pi}{\sin 0.548\pi} \sin n \cdot 0.547\pi + 0.02 \cdot \frac{0.648\pi}{\sin 0.648\pi} \sin n \cdot 0.648\pi] \end{aligned} \quad (8)$$

计算出的 $\Delta\beta_n$ 值列于表 2，表 3 是位相调制前后几个主要旁瓣峰值强度数值计算结果的比较。

说明书附图

旁瓣序数	位相调制前	位相调制后
第一旁瓣	0.047	0.025
第二旁瓣	0.017	0.006
第三旁瓣	0.008	0.008
第四旁瓣	0.005	0.004

附表 1

N	1	3	5	7	9
$\Delta\beta_n$ (弧度)	-0.014	-0.183	-0.397	-0.229	0.422

附表 2

	位相调制前	位相调制后
第一旁瓣	0.047	0.001
第二旁瓣	0.017	0.003
第三旁瓣	0.008	0.011
第四旁瓣	0.005	0.006
第五旁瓣	0.003	0.005
第六旁瓣	0.002	0.005

附表 3

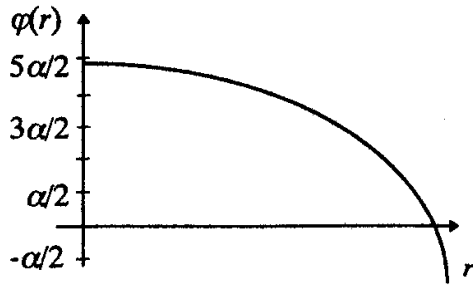


图 1

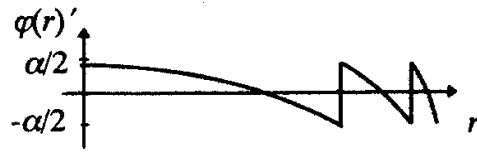


图 2

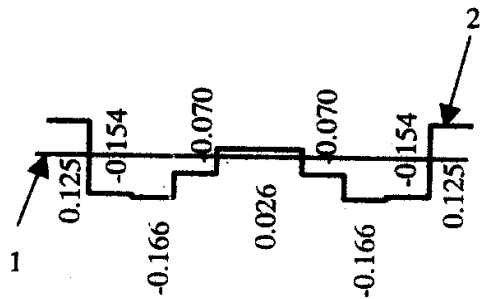


图 3

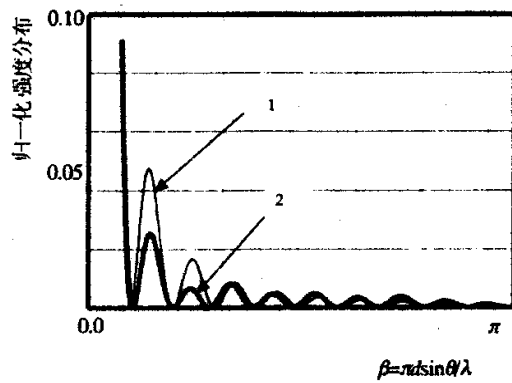


图 4

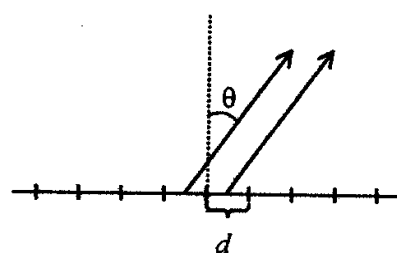
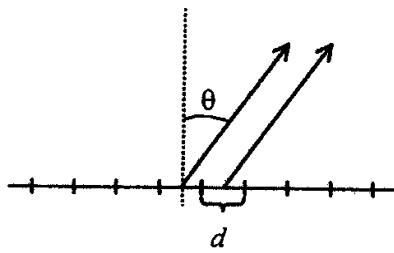


图 5