文章编号:1671-5497(2006)Suppl.2-0119-03

双层圆环缝隙单元准直误差对频率选择特性的影响

丛玉良[1], 姜桂艳[2], 王勋龙[1]

(1. 吉林大学 通信工程学院,长春 130022; 2. 吉林大学 交通学院,长春 130022)

摘 要:根据双层圆环单元FSS周期结构的实验测量经验,应用有限元和周期矩量数值分析方法,建立了单元对准偏差数值分析理论模型。数值分析结果表明,双层圆环单元FSS周期结构的单元对准偏差对其辐射传输和相位特性具有很大影响。对准偏差产生插入相位失真明显,在 $E_0/D_x=50\%$ 时,引起插入相位变化约1.33°。

关键词:通信技术;双层频率选择表面;单元准直误差;FSS;相位失真

中图分类号:TN919 **文献标识码**:A

Effect on the frequency selective performance of double layer ring aperture with unit cell aligning error

Cong Yu-liang[1], Jiang Gui-yan[2], Wang Xun-long[1]

(1. *College of Communication Engineering, Jilin University, Changchun* 130022, *China*; 2. *College of Transportation, Jilin University, Changchun* 130022, *China*)

Abstract: Since inter layer separation and unit cell aligning errors in double layer frequency selective surface has direct effect on the electromagnetic wave transmission, the unit cell aligning error models were established by using finite element and periodic moment method and according to experimental experience in order to analyze frequency transmission performance for double layer ring unit cell FSS. The data analysis shows that unit cell aligning error causes increase of insert attenuation in the electromagnetic wave transmission and the phase delay. And this error also makes 1.33°insert phase change when $E_0/D_x=50\%$.

Key words: communication; double layer frequency selective surface; unit cell aligning error; FSS; phase distortion

双层频率选择表面(Frequency Selective Surface,FSS)具有宽带、中心频率稳定和边缘陡峭的频率滤波特性,已广泛应用于卫星天线反射器、雷达天线和微波通信等领域[1-3]。文献[4,5]给出了用无限周期模型近似分析设计有限周期结构的限定条件。文献[6,7]给出了双层频率选择表面层间分离距离的数值分析结果。但对层间介质间距误差以及层间单元对准偏差的研究至今没有较详细的报道。本文根据在双层带通周期结构实际设计装配中出现的偏差情况,建立了层间单元对准偏差理论分析模型,应用有限元和周期矩量法,对双层圆环缝隙介质加载结构的带通

收稿日期:2005-11-18.

基金项目:吉林省科技发展计划项目(20040538).

作者简介:丛玉良(1966-),女,副教授,博士.研究方向:信号处理.E-mail:ylcong66@yahoo.com.cn

频率特性进行了分析研究,为双层 FSS 周期结构设计提供工艺制作偏差评价依据。

1　双层 FSS 结构偏差模型

1.1　基本约定条件

为了重点研究双层频率选择周期结构中单元与介质结构几何尺寸偏差对频率特性的影响,本研究约定:第一层的 FSS 分布排列是其他层频率选择表面的基准,第二层 FSS 的尺寸偏差是相对于第一层 FSS 的尺寸误差。

1.2　对准偏差模型

根据实验装配过程中可能存在的准直误差情况,建立了如图 1 所示的圆环缝隙单元设计准直偏差分析模型。图 1(a)表示以第一层任意圆环周期单元作为基准;图 1(b)表示第二层圆环单元可能出现的 X,Y 两轴向合成的斜向偏移。如果第一层单元中心点 O 为基准点坐标(0,0),第二层对应单元中心点 O' 坐标为(X,Y),距离 $E_0=\sqrt{X_2+Y_2}$,那么定义 E_0 为偏移误差。

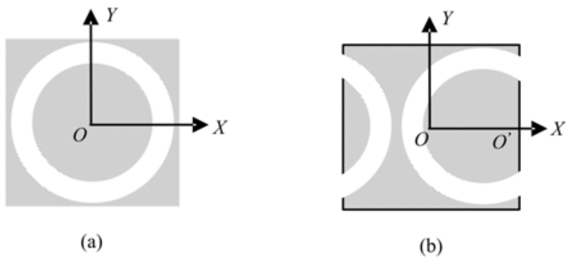

图 1　FSS 单元对准模型的各种对准误差几何分布

Fig. 1　FSS unit cells aligning mode various aligning error geometry distribution on second layer

2　双层 FSS 的传输特性

2.1　设计结构模型

单层圆环单元 FSS 周期结构模型中,圆环缝隙宽度 $w=0.762$ mm,分布周期 $D_x=D_y=10.668$ mm,圆环内半径 $R_i=4.318$ mm,外半径 $R_o=5.08$ mm,介质层厚度 $s_0=5.38$ mm,介电常数 $\varepsilon=1.2$,损耗角正切 $\tan\delta=0.005$。单层和双层圆环 FSS 数值分析结果如图 2 所示。图中 *V-V* 和 *H-H* 分别表示垂直和水平极化平面的垂直入射波。数值分析结果表明,圆环单元对极化方向不敏感,双层 FSS 结构比单层 FSS 结构具有更好的边缘频率特性。

2.2　能量传输插入损耗

由于圆环单元具有中心对称几何特性,对于

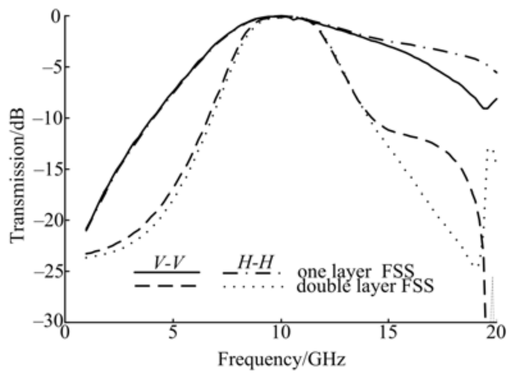

图 2　圆环 FSS 传输特性

Fig. 2　The ring FSS transmission performance

无限大平面周期结构,X,Y 轴向偏差传输特性变化一致,可仅分析 Y 轴方向偏差。表 1 给出了在 Y 轴极化方向的单元对准偏差分析结果,根据对准偏差模型,此时 $X=0,E_0=Y$。结果表明,如果单元对准偏差值与缝隙宽度相当,则将产生插入衰减和谐振频率漂移。重叠 FSS 周期单元产生结构周期单元变形,引起传输特性发生变化。相反偏差在半单元排列周期时,传输特性变化不明显。

表 1　单元对准偏差引起的传输特性变化

Table 1　Transmission performance change with cell aligning error

$\frac{E_0}{D_x}\left(\frac{E_0}{D_y}\right)$ /%	带宽 −0.5dB /GHz	带宽 −3dB /GHz	f'_0 /GHz	期望中心频率插入衰减/dB ($f_0=10.5$)
0	2.0	4.0	10.5	−0.10
10	2.2	4.0	10.8	−0.21
25	2.0	4.0	10.6	−0.11
50	2.4	3.8	10.8	−0.12

2.3　传输信号相位失真变化

数值分析结果表明,在谐振中心频率带宽范围内,随着双层周期单元对准偏差的增大,相位变化增大。在实际应用中,相当于天线电磁辐射方向发生偏移,因此可改变微波通讯传输特性。从表 2,3 可以看出,在 $f_0=(10.5\pm0.5)$ GHz 范围内,当垂直极化时,相位变化率接近一致,信号延迟相位随着对准误差的增大而增加,并且具有周期谐振规律。当水平极化时,尽管相位变化率增大,但是变化率数值仍然相近。说明圆环单元对准误差在谐振频率小区域内引起的相位变化率基本稳定,而延迟增加。由图 3,4 所示曲线可以发现,不同单元对准误差的信号相位特性曲线近似于平行直线。

表 2 单元对准误差引起的相位变化（垂直极化）

Table 2 Phase change with cell aligning error (vertical polarization)

$\frac{E_0}{D_x}\left(\frac{E_0}{D_y}\right)$ /%	f_0 ±0.5 GHz 带宽相位变化率 /[(°)GHz^{-1}]	f_0 =10.5 GHz 谐振频率相位值 /(°)	谐振频率相位变化量/(°)
0	2.40	-4.63	
10	3.43	-5.08	0.45
25	3.42	-5.55	0.92
50	3.48	-5.33	0.70

表 3 单元对准误差引起的相位变化（水平极化）

Table 3 Phase change with cell aligning error (horizontal polarization)

$\frac{E_0}{D_x}\left(\frac{E_0}{D_y}\right)$ /%	f_0 ±0.5 GHz 带宽相位变化率 /[(°)GHz^{-1}]	f_0 =10.5 GHz 谐振频率相位值 /(°)	谐振频率相位变化量/(°)
0	2.40	-4.63	
10	3.71	-5.23	0.60
25	3.59	-5.90	1.27
50	4.21	-5.96	1.33

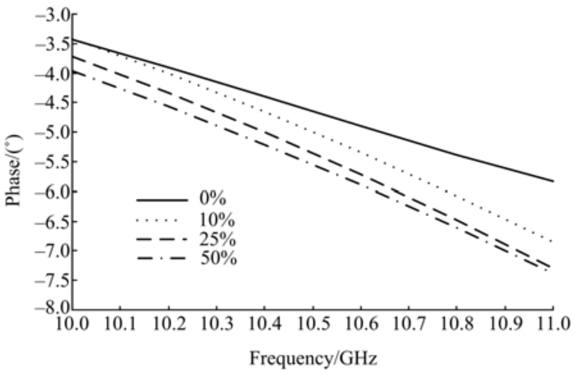

图 3 f_0 ±0.5 GHz 相位与频率变化曲线(垂直极化)

Fig. 3 Phase change of f_0 ±0.5 GHz with frequency (vertical polarization)

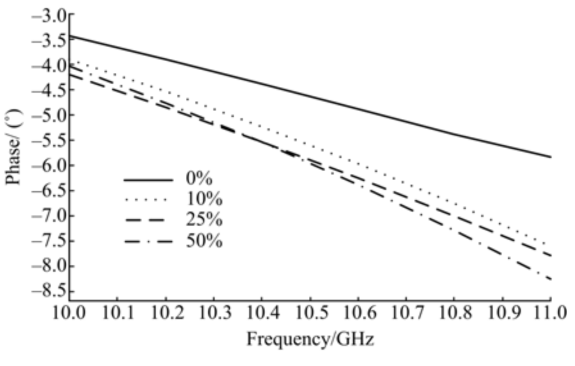

图 4 f_0 ±0.5 GHz 相位与频率变化曲线(水平极化)

Fig. 4 Phase change of f_0 ±0.5 GHz with frequecy (horizontal polarization)

3 结束语

根据双层圆环单元 FSS 周期结构的实验测量经验,应用有限元和周期矩量法数值分析方法,建立了单元对准偏差数值分析理论模型。数值分析结果表明,双层圆环单元 FSS 周期结构的单元对准偏差对其辐射传输和相位特性具有很大影响。对准偏差产生插入相位失真明显,在 E_0/D_x = 50% 时,引起插入相位变化大约 1.33°。因此在多层 FSS 周期结构设计时,更应该关注单元对准误差对频率选择表面传输信号相位变化的影响。

参考文献:

[1] Ohira M, Deguchi H, Tsuji M, et al. Multiband single-layer frequency selective surface designed by combination of genetic algorithm and geometry-refinement technique[J]. IEEE Trans on Antenna and Propagation, 2004, 52: 2925-2931.

[2] Bozzi M, Perregrini L. Analysis of multilayered printed frequency selective surfaces by the MoM/BI-RME method[J]. IEEE Trans on Antenna and Propagation, 2003, 51: 2830-2836.

[3] Chakravarty S, Mittra R, Williams N R. Application of a microgenetic algorithm (MGA) to the design of broadband microwave absorbers using multiple frequency selective surface screens buried in dielectrics[J]. IEEE Trans on Antenna and Propagation, 2002, 50: 284-296.

[4] Mittra R, Chan C H, Cwik T. Techniques for analyzing frequency selective surface[J]. Proc IEEE, 1988, 76(12): 1593-1615.

[5] Caroglanian A, Webb Kevin J. Study of curved and planar frequency selective surface with nonplanar illumination[J]. IEEE Trans on Antenna and Propagation, 1991, 39(2): 211-217.

[6] Ruebbers R J. Analysis of various periodic slot array geometries using model matching[C] // AD/A-023257, The Ohio State Univ, 1976.

[7] Erturk Vakur B, Rojas Roberto G. Analysis of finite arrays of axially directed printed dipole on electrically large circular cylinders[J]. IEEE Trans on Antenna and Propagation, 2004, 52(10): 2586-2595.