

新型纳米材料天线^{*}

肖庆欣 李 英

(上海大学通信工程学院, 上海 200072)

摘要: 利用新型纳米材料作为天线的激励源, 应用时域有限差分法 (FDTD) 对采用纳米材料作为天线激励源的渐宽式微带缝隙天线进行了分析计算. 理论分析与实测结果一致, 证明了分析方法的有效性.

关键词: 纳米材料; 渐宽式微带缝隙天线; 时域有限差分

EEACC: 5270

中图分类号: TN823

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2003)S0-0119-04

1 引言

渐宽式微带缝隙天线 (tapered slot antennas, TSA) 的最早形式由 Gibxon^[1] 于 1979 年提出, 称为维瓦尔迪天线. 它作为一种端射式行波天线, 结构简单、重量轻、易于制造, 更重要的是它具有很宽的频带、较高的增益以及近于等化的 E 面和 H 面波瓣, 使得它的应用范围很广. 在过去的几年中, 国际上对渐宽式微带缝隙天线进行了全面系统的研究, 像直线渐变式微带缝隙天线^[2]、指数渐变式微带缝隙天线^[3]、V 型天线^[4]等.

纳米材料又称超微颗粒材料, 由纳米粒子组成. 纳米粒子一般是指尺寸在 1~100nm 之间的粒子, 处在原子簇和宏观物体交界的过渡区域. 纳米粒子尺寸已接近原子大小, 这时量子效应开始影响物质的性能和结构. 宏观物体被细分到纳米量级后, 将表现出许多的奇异特性. 人们利用纳米材料这些奇异特性, 制成了许多的纳米电子器件, 像量子点开关、单电子三极管等.

但是过去在渐宽式微带缝隙天线的研究中, 激励方式一直局限于传统的微带线、带状线、口径耦合等方式. 根据纳米材料的奇异双稳态特性, 把纳米材料应用到天线结构中, 还是一个很新的研究课题, 目前在国内外还没有看到类似的文献.

本文简要介绍了纳米材料的奇异特性——双稳态特性, 重点分析了应用纳米材料作为激励源的渐宽式微带缝隙天线的一些重要性能参数. 纳米材料应用在天线结构中, 为天线的激励方式提出了有意义的参考.

2 纳米材料的奇异电特性

这是一种新型的有机双稳态薄膜材料^[5]. 它的伏安曲线如图 1 所示. 从图 1 可以看出, 当薄膜两端的偏置电压达到一定的门限值 V_1 时, 材料由原来的绝缘媒质变成了导电媒质, 阻抗发生了突变: 由原来的 $10^{10}\Omega \cdot \text{cm}$ 减小到 $10^3 \sim 10^4\Omega \cdot \text{cm}$, 减小了 6~7 个量级. 如图 2 所示, 纳米材料在门限电压附近的导

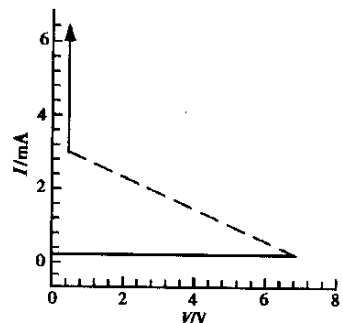


图 1 $I-V$ 曲线

Fig. 1 $I-V$ curve

^{*} 纳米技术专项基金资助项目

肖庆欣 女, 1978 年出生, 主要从事射频电路分析设计、电磁场数值计算方面的研究.

通时间一般为几个纳秒。

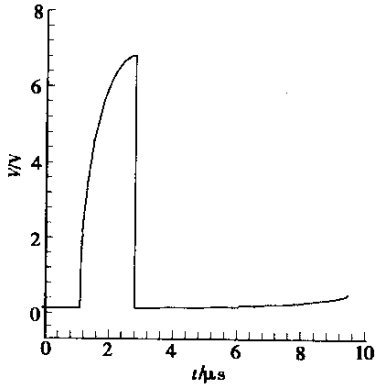


图 2 $V-t$ 曲线

Fig. 2 $V-t$ curve

3 渐宽式微带缝隙天线

现在,在 THz 频段测量媒质的介电特性越来越重要,尤其现在的微波电路越来越多的采用聚合材料作为介质层.因此,毫米波测量技术变得越来越重要.应用在毫米波测量上的天线一般满足下面三个条件^[6]:(1)带宽比较宽;(2)频率特性比较平稳;(3)拥有较强的方向性.

具有频带宽、较高增益的微带缝隙天线,近年来在微波测量领域得到了广泛的研究.但是,在研究工作中,天线的激励源只限于采用超快光电脉冲^[6]激励.一般采用的天线结构如图 3 所示,其中 $I(t)$ 表示在天线基片上激发的超快光电脉冲.

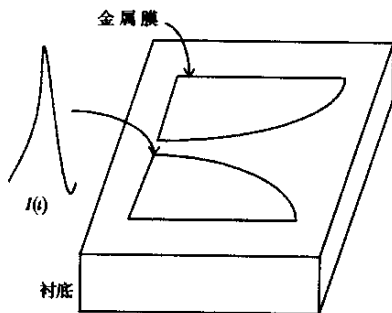


图 3 普通 TSA 天线整体结构模型

Fig. 3 Total structure of normal antennas

天线的基片一般采用离子注入的蓝宝石硅片 (radiated-damaged-silicon-on-sapphire, RDSOPS).在基片介质层的一面镀有一层很薄的 Al 金属膜.

一般加在金属膜两端的偏置电压很高(一般达到 10kV),使得注入硅基的离子能够形成光电脉冲,从而达到激励天线的目的.但是,很高的偏置电压对操作的安全性产生了很大的威胁.因此我们提出了下面的新型纳米材料天线结构.

4 新型纳米材料天线

如图 4 所示,新型纳米材料天线的结构和一般的天线结构很相似,只是激励源的方式不一样.与以往采用超快光电脉冲作为激励源不同,采用新型的纳米材料作为激励源,纳米材料涂在渐宽式微带缝隙天线的缝隙始端,连接两端的金属膜.此外,整个天线的衬底也不一样,采用一般的硅基片.与一般的超快脉冲天线一样,新型纳米材料也需要在金属薄膜两端加偏置电压 V_0 ,但是幅度大大缩减.一般采用光电脉冲作为激励源的天线,需要在金属薄膜两端加高达 10kV 的偏置电压,从而在有离子注入的特殊衬底上产生光电脉冲.这样,一方面对安全构成了危险;另一方面,对于功率也是很大的浪费.而纳米材料因为其独特的电特性,在很低的偏置电压(一般为几伏,本文中所用到的纳米材料为 6.8V)就可以激励起脉冲,从而达到安全高效的目的.

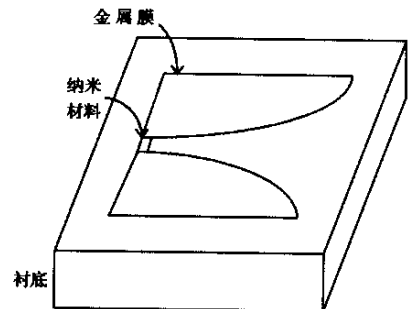


图 4 新型纳米材料天线结构模型

Fig. 4 Total structure of new nanomaterial antennas

5 理论分析及计算结果

5.1 理论分析

为了验证所编 FDTD 程序的准确性,首先我们计算了文献[7]中的天线形式,如图 5 所示.其中天线的长度为 $3\lambda_0$,缝隙的终端宽度为 $0.9\lambda_0$,工作频率

为 9GHz. 介质基片的厚度为 0.021mm, 介质常数 $\epsilon_r = 2.33$. 由图 5 可以看出本文的计算结果和测量结果符合得很好, 从而验证了本文方法的准确性.

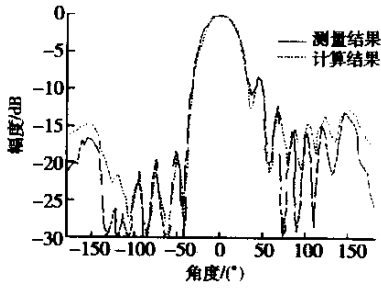


图 5 计算值与测量值的比较

Fig. 5 Comparison of radiation pattern between the calculated and the measured results

新型纳米材料天线的整体结构如图 6 所示. 其中天线的长度为 50mm, 缝隙的起始宽度为 0.35mm, 介质基底的厚度为 0.79mm, 相对介电常数为 2.2. 在 FDTD 计算中, $\Delta x = 0.8\text{mm}$, $\Delta y = 0.35\text{mm}$, $\Delta z = 0.263\text{mm}$, 其中 $\Delta x = 1/25\lambda_0$, $\Delta y = 1/57\lambda_0$, $\Delta z = 1/76\lambda_0$, λ_0 为最高频率点 15GHz 的自由空间波长. FDTD 的计算空间为 $127\Delta x \times 125\Delta y \times 43\Delta z$. 吸收边界条件采用 5 层的理想匹配层 (PML-ABC). 根据纳米材料导电特性随着偏置电压的变化而变化的特点, 用一个等效的脉冲激励源来代替纳米材料. 激励源采用周期脉冲, 如(1)式所示:

$$E_y^n(i, j, k) = \frac{-v(n\Delta t)}{\Delta y} \quad n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

天线缝隙的渐变形式为

$$y = 0.175e^{0.0784x} \quad (2)$$

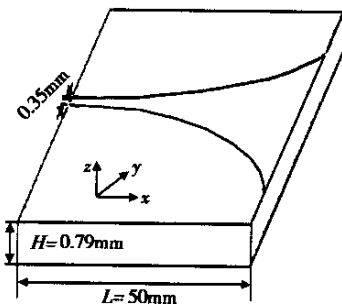


图 6 纳米材料天线的整体结构示意图

Fig. 6 Total structure of the nanomaterial antennas

5.2 纳米材料天线的性能参数

纳米材料的性能参数见图 7~9.

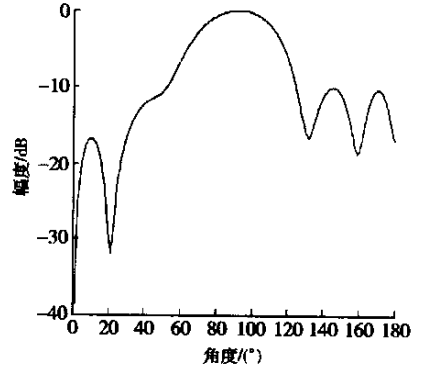


图 7 $f=12\text{GHz}$ 时天线 H 面方向图

Fig. 7 H radiation pattern of the nanomaterial antennas

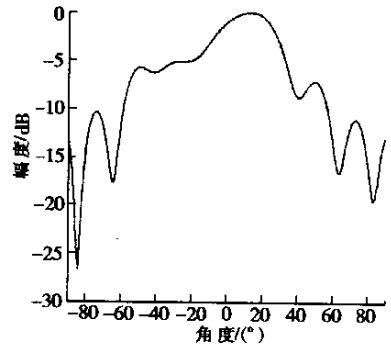


图 8 $f=12\text{GHz}$ 时天线 E 面方向图

Fig. 8 E radiation pattern of the nanomaterial antennas

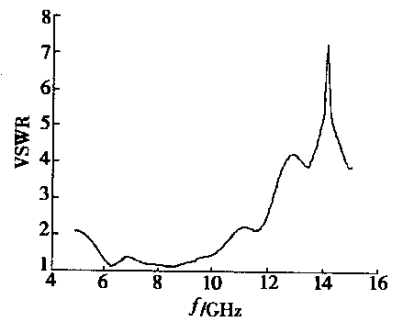


图 9 驻波比

Fig. 9 VSWR

6 结论

本文介绍了一种新型纳米材料天线结构及新型纳米材料的奇异电特性和渐宽式微带缝隙天线. 与传统的微波测量渐宽式微带缝隙天线的激励源(超快光电脉冲)相比,采用新型纳米材料作为天线的激励源,具有下列优点:(1)操作安全,金属两端的偏置电压由原来的十几千伏下降到十几伏,甚至几伏;(2)功率消耗大大降低;(3)制作成本降低,普通 TSA 天线的衬底采用特殊的离子注入介质基底,而采用新型纳米材料作激励源,天线的介质基底采用普通的硅基片,大大降低了天线基片的制作成本. 纳米材料因其奇特的性能参数越来越引起人们的广泛兴趣.

参考文献

[1] Gibson P J. The vivaldi aerial. 9th Europe Microwave Confer-

ence. Brighton,1979:101

- [2] Johansson J F. A moment method analysis of linearly tapered slot antennas. In: 1989 IEEE AP-S International Symposium, Jose,1989:383
- [3] Gazit E. Improved design of the vivaldi antenna. IEE Proc, Part H,1988,135(2):89
- [4] Simons R N, Dib N I, Lee R Q, et al. Integrated uniplanar transitions for linearly tapered slot antennas. IEEE Trans Antennas Propagat,1995,43(9):998
- [5] Hua Z Y, Chen G R, Xu W, et al. New organic bistable films for ultrafast electric memories. Appl Surf Sci,2001,169/170:447
- [6] Defonzo A P, Jarwala M, Lutz C. Transient response of planar integrated optoelectronic antennas. Appl Phys Lett,1987,50(17):1155
- [7] Janaswamy R. An accurate moment method for the tapered slot antenna. IEEE Trans Antennas Propagat,1989,37(12):1523

New Nanomaterial Antennas *

Xiao Qingxin and Li Ying

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: A new nanomaterial has the novel electrical bistable effects. This organic thin film is applied to excite the tapered slot antennas, and the nanomaterial makes the operation of the antennas more security and save the energy, which is applied in the micrometer and millimeter measurements. It is the first time to utilize the nanomaterial in the antennas structure. The finite difference time domain (FDTD) was used in this paper to analyze the important performances of the tapered slot antennas (TSA), which applied the novel nanomaterial as the feeding material. The measured results are in good agreement with the calculation ones, which verifies the validity of the calculating program.

Key words: NANO; tapered slot antennas; FDTD

EEACC: 5270

Article ID: 0253-4177(2003)S0-0119-04

* Project supported by Professional Nanotechnology Foundation

Xiao Qingxin female, was born in 1978. She is engaged in the research on RF circuit design and electromagnetism field calculation.

Received 14 November 2002