

Design of a Wide-Band Wide-Angle Scanning Antenna

Zhigang Yang, Xiaomeng Chen, Jianxun Qian

No. 38 Research Institute of CETC, Hefei Anhui
Email: angdyang@163.com

Received: Feb. 26th, 2020; accepted: Mar. 12th, 2020; published: Mar. 19th, 2020

Abstract

In this paper, a wide-band wide-angle scanning antenna based on improved microstrip dipole type is presented. The wide-band wide-angle scanning antenna has some advantages as wideband, small volume, simple structure and so on. An soft HFSS is used to model, simulate and optimize the antenna. The simulation results show that the VSWR is less than 2.5 from 2.7 - 3.5 GHz, and the VSWR is less than 3.5 from 2 - 4 GHz excepted for a few frequency points with the absolute working bandwidth of 2 GHz. The antenna may be widely used in the field of large-scale phased array radar.

Keywords

Microstrip Dipole, Wide-Band, Wide-Angle Scanning, VSWR

一种宽带宽角扫描天线设计

杨志刚, 陈晓萌, 钱剑勋

中国电子科技集团公司第三十八研究所, 安徽 合肥
Email: angdyang@163.com

收稿日期: 2020年2月26日; 录用日期: 2020年3月12日; 发布日期: 2020年3月19日

摘要

本文提出了一种基于改进型的微带振子型宽带宽角扫描天线。该宽带宽角扫描天线具有频带宽、体积小、结构简单等特点。使用Ansoft HFSS软件建模、仿真和优化, 该天线在2.7~3.5 GHz范围内电压驻波比小于2.5, 在2~4GHz范围内天线电压驻波比除少数频点的个别扫描角外, 驻波比小于3.5, 绝对工作带宽达到2 GHz。该天线可广泛适用于大规模相控阵雷达领域。

关键词

微带振子, 宽带, 宽角扫描, 电压驻波比

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着软件化雷达天线阵面技术的快速发展, 越来越要求雷达的开发具有通用的开放式体系结构, 采用面向应用的开发模式, 系统功能通过软件定义、扩展和重构, 把传统“以硬件为核心实现专用功能”的雷达系统构建方法, 转到“以面向应用为核心实现任务和功能的灵活配置”的设计思想。宽带宽角扫描天线技术是软件化雷达天线阵面技术需要解决的关键技术之一。为了提高相控阵雷达的抗干扰能力, 相控阵天线必须具有尽可能大的带宽; 为了提高雷达的分辨、识别能力和解决多目标雷达的成像问题, 相控阵雷达必须采用具有大瞬时信号带宽的信号; 为了一部天线同时实现通信、目标探测与跟踪、导航等多种功能, 采用宽带天线阵列可以实现天线复用, 大大减少天线数量、重量及其所占空间, 合理安排天线布局, 有效降低不同频段天线间的互扰有非常重要的意义[1] [2]。本文基于此研究背景, 将致力于研发一种适用软件化雷达抗干扰能力强、目标成像识别高、绝对工作带宽需达 800 MHz 的扫描天线, 借助于微带天线设计理论和 Ansoft HFSS 计算软件设计了一种基于改进型的微带振子型宽带宽角扫描天线, 绝对工作带宽达到 2 GHz, 端口驻波比小于 3.5, 具有良好的阻抗带宽, 满足设计要求。

2. 天线设计

宽带宽角扫描天线的结构模型示意图如图 1 所示。整个天线单元分为三层结构形式, 上面是微带贴片辐射振子, 中间为泡沫夹层板, 最下面为反射板。此天线阵采用了介电常数为 3.5 的高介电常数的板材, 这样做的目的是使天线的尺寸变小, 其介质板的板厚为 2 mm, 利用四周的 4 个金属螺钉固定天线阵。通过反射板背馈的方式给整个微带振子天线进行馈电, 馈电探针从介质板背面的金属反射板穿过后直接连接辐射单元。

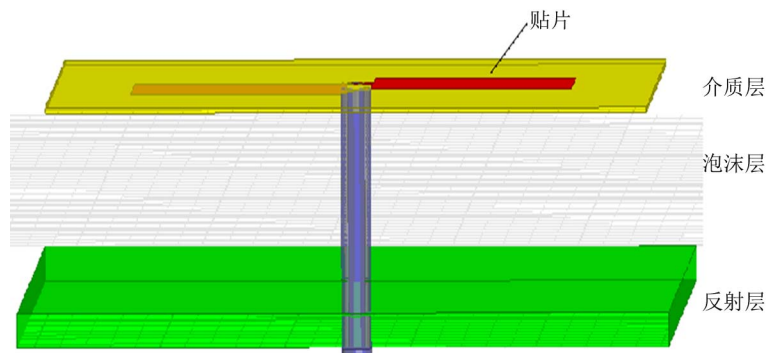


Figure 1. The 3D structure model of antenna

图 1. 天线三维结构模型

根据微带天线理论计算出微带振子的长度、宽度, 这样就可以计算出整个天线单元的宽度和高度

[3] [4]。如图 2 所示是宽带宽角扫描天线三维计算模型，微带天线可以看作是一个终端开路的传输线，场沿贴片的宽度方向没有变化，沿纵向为驻波分布，开路端为电场的波腹点，则在馈电端也是电场的波腹点，但两处的电场方向相反，导体贴片与接地板之间由馈源激励起的高频电磁场，通过贴片四周与接地板之间的缝隙向外辐射，沿着传播方向前后两缝上的电场可以分解为相对于接地板的垂直分量和水平分量，垂直分量反相，在远区产生的辐射场相互抵消，水平分量方向相同，远区场同相叠加[5] [6] [7]。

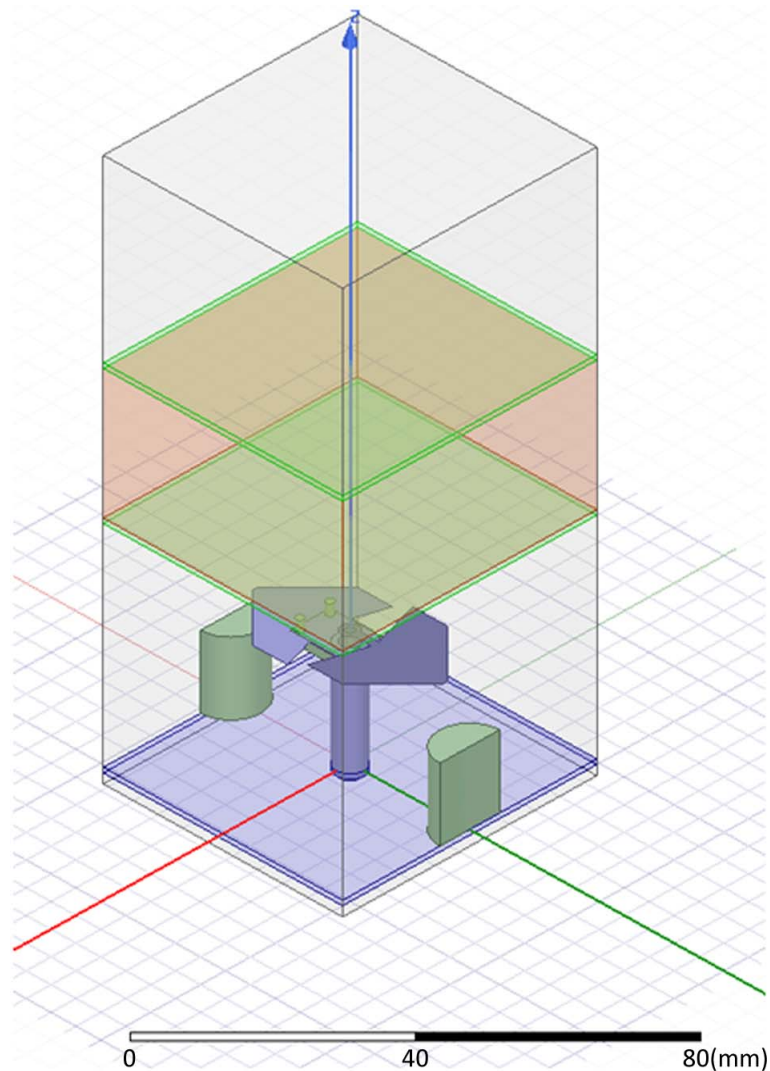


Figure 2. The 3D calculation model of antenna
图 2. 天线三维计算模型

微带天线理论中矩形微带振子天线的计算公式为：

$$w = \frac{c}{2f} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式(1)中， w 为微带天线宽度， f 为工作频率， ϵ_r 为介电常数。

辐射贴片的长度一般取 0.5 倍的介质波导波长，但考虑到边缘缩短效应，实际的辐射单元长度 L 为：

$$L = \frac{1}{2}\lambda - 2\Delta L = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L \tag{2}$$

式(2)中, λ 为介质的波导波长, ϵ_e 为有效介电常数, ΔL 为等效辐射缝隙长度。 ϵ_e 、 ΔL 的计算公式如下:

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{w} \right)^{-\frac{1}{2}} \tag{3}$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_e + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_e - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \tag{4}$$

利用上述公式进行计算, 并利用 Ansoft HFSS 软件仿真优化计算得出的基本参数, 其中通过改变振子的长度和宽度来调节微带振子天线阵的频率变化, 通过改变馈电点的位置可以调节微带振子天线阵的阻抗匹配。最后确定优化后的天线单元体积小、结构简单, 其宽度为 21 mm, 高度为 22 mm。

3. 仿真结果

根据上述的确定的设计结果, 利用 Ansoft HFSS 软件对宽带宽角扫描天线进行三维仿真计算, 可以得到天线单元端口有源驻波曲线。

从图 3 可以看出, 在任意扫描角内, 微带振子天线在 2.7~3.5 GHz 频带范围内有源驻波比基本小于 1.8, 全部小于 2.5, 具有良好的阻抗带宽。

从图 4 可以看出, 在任意扫描角内, 微带振子天线在 2~4 GHz 频带范围内有源驻波比除少数频点的个别扫描角外, 驻波比小于 3.5, 绝对带宽达到 2 GHz。

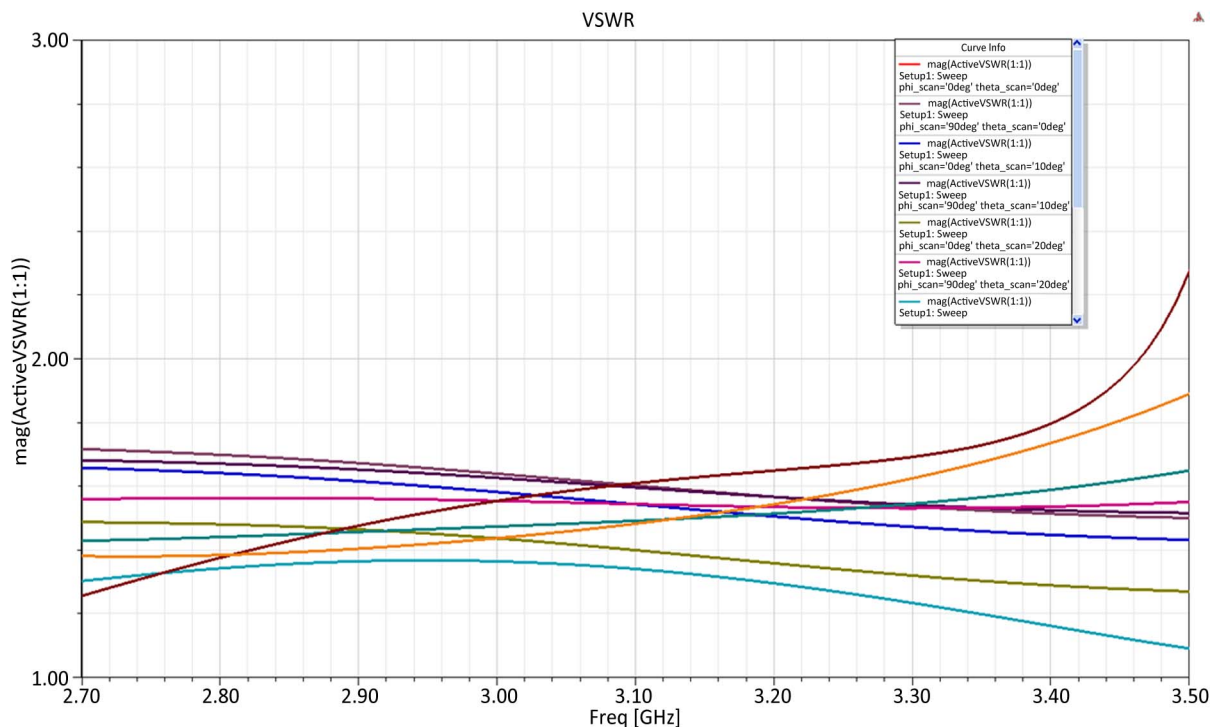


Figure 3. The S11 of antenna (2.7 - 3.5 GHz)

图 3. 天线端口驻波仿真结果(2.7~3.5 GHz)

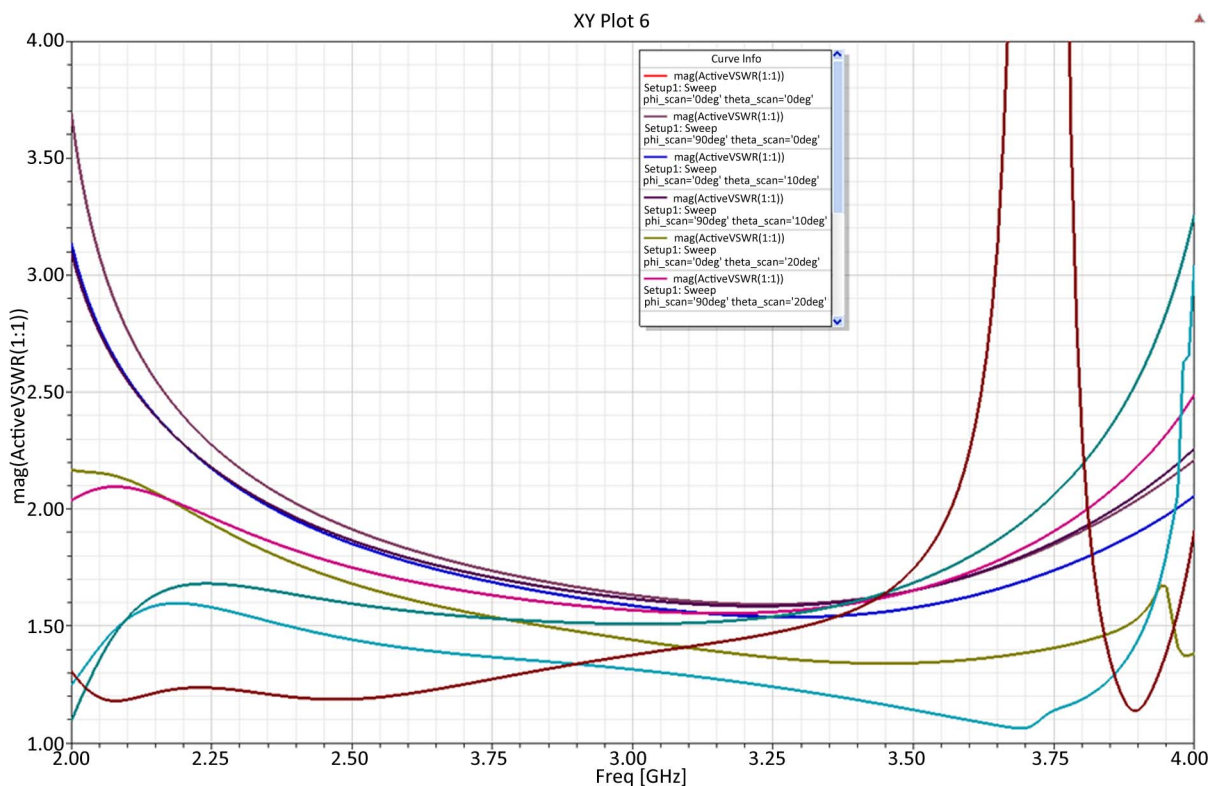


Figure 4. The S11 of antenna (2 - 4 GHz)

图 4. 天线端口驻波仿真结果(2~4 GHz)

4. 结论

本文通过对微带振子型天线进行改进设计, 通过理论分析和仿真软件的优化计算, 设计出了一种工作在 2~4 GHz 频带范围内的带宽角扫描天线, 该天线频带宽、体积小、结构简单等特点。除少数频点的个别扫描角外, 驻波比都小于 3.5, 绝对带宽达到 2 GHz, 在 2.7~3.5 GHz 频带范围内的端口驻波比都小于 2.5, 相对带宽达 40%, 具有良好的阻抗带宽, 满足 800 MHz 带宽的设计要求。该天线可广泛适用于大规模相控阵雷达领域。

参考文献

- [1] 张荣涛. 软件化雷达系统技术综述[J]. 现代雷达, 2016, 38(10): 1-3.
- [2] 朱玉军. 软件化雷达的发展, 内涵理解与实践思路[J]. 科技与信息, 2017-10-15, 141-143.
- [3] 鲍尔. 微带天线[M]. 梁联倬, 冠廷辉, 译. 北京: 电子工业出版社, 1985.
- [4] 付云起, 张光甫, 莫锦军, 等. 天线理论与工程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [5] 商锋, 牛凡. 北斗 S 频段圆极化微带振子天线阵的设计[J]. 电子设计工程, 2018, 21(26): 119-123.
- [6] 郝一杭, 何芒, 房丽丽. S 波段宽频带圆极化微带天线阵列设计[J]. 微波学报, 2016, 32(S1): 92-95.
- [7] 张文杰, 李航, 刘洋. 超宽带小型圆极化天线的设计[J]. 天线学报, 2019, 8(1): 1-7.