

一种新型双极化微带贴片天线

翟国华 胡明春 李建新

南京电子技术研究所

南京 1313 信箱 901 室 210013

摘要 本文提出了一种新型双极化微带贴片天线的设计方法。在孔径耦合馈电基础上,采用同轴线到微带线垂直过渡的方式,设计了一种新型的双极化天线单元,保持孔径耦合贴片天线固有优点的同时,交叉极化(<-30dB)、隔离度(<-25dB)得到很好改善,节约了阵中空间,非常适合作为星载 SAR 阵列天线单元。

关键词 垂直过渡 双极化 孔径耦合 微带贴片天线

A New type of dual-polarization Microstrip patch antenna

Zhaiguohua Humingchun Lijianxin

Nanjing Research institute of Electronic technology ,Nanjing 210013,China

Abstract in this paper ,a new method of dual-polarization microstrip antenna is presented. on the basis of aperture-coupling, throng adoping the vertical transition from coaxial line to microstrip line, this new type of dual-polarization antenna, retaning the inherent merit of the slot-coupled patch antenna is designed, which not only improve the cross-polarization(<-30dB) and isolation(<-25dB), but also save great space in the array , what is so very important for the antenna array that it is very situtable to be the antenna cell.

Key words vertical transition dual-polarization microstrip antenna

引言

微带天线以其质量轻,低剖面,易于共行、易集成等优点,在现代雷达,特别是在机载、星载雷达中有着更好的应用背景。所以在星载 SAR 中双极化微带天线成了优先考虑的选择,因此它的研究有着重要的意义。

目前为止,双极化微带天线在国内外都有很大发展。开始共面微带馈电[2],易于设计,但是寄生辐射大,带宽窄,极化经度差,一般只应用于要求不是很高而且必须共面馈电的条件下,不适合在星载中使用。现在大部分采用共面馈电与孔径耦合馈电相结合的方法[3]。孔径耦合馈电,带宽好,极化经度好,隔离度也很好[4],但这种方法实质是采用两副天线,馈电网络制作复杂,馈电损耗比较大,同时重量也大。两个极化端口分在 2 层都采用孔径耦合的天线阵[5],同样存在复杂馈电网络问题。两个端口在一层,同是口径耦合馈电的天线[6],馈电平面出来的 SMA 接头与电缆连接,要占用很大空间,这对空间要求比较严格的星载相控阵天线是不适用的。

本文采用孔径耦合馈电与同轴馈电相结合的馈电结构,设计了一种新型双极化微带贴片天线单元,波比带宽有 10%,交叉极化-32dB,隔离度-27.7dB,重量轻,保持了孔径耦合贴片天线的优势,同时馈电同轴线垂直贴片,电缆占用空间小,节省了阵列空间。整个馈电网络制作简单,损耗低。因此非常适合做为阵列天线单元。

2 天线设计及原理

2.1 端馈双极化天线

现在比较普遍使用的双极化贴片单元,即平馈双极化孔径耦合微带天线,其结构如图 1,其中 A_i 表示各层的介质基板。 A_1 为介电常数 2.2, 厚 1.524mm 的 Arlon 介质板, A_2 为介

电常数 6.15, 厚 0.508mm 的介质板, A3 是高 6mm 的空气。贴片和微带线已经如图所示。而 A1 与 A2 之间是缝隙地板, 最下面一层是 3mm 的铝板, 做反射板。

由于微带线与 SMA 接头平行连接, 同轴接头通过电缆横向连接馈源, 占用了很大空间, 这样对本来空间就很有限的星载相控阵天线很不适用, 因此不适合组阵。

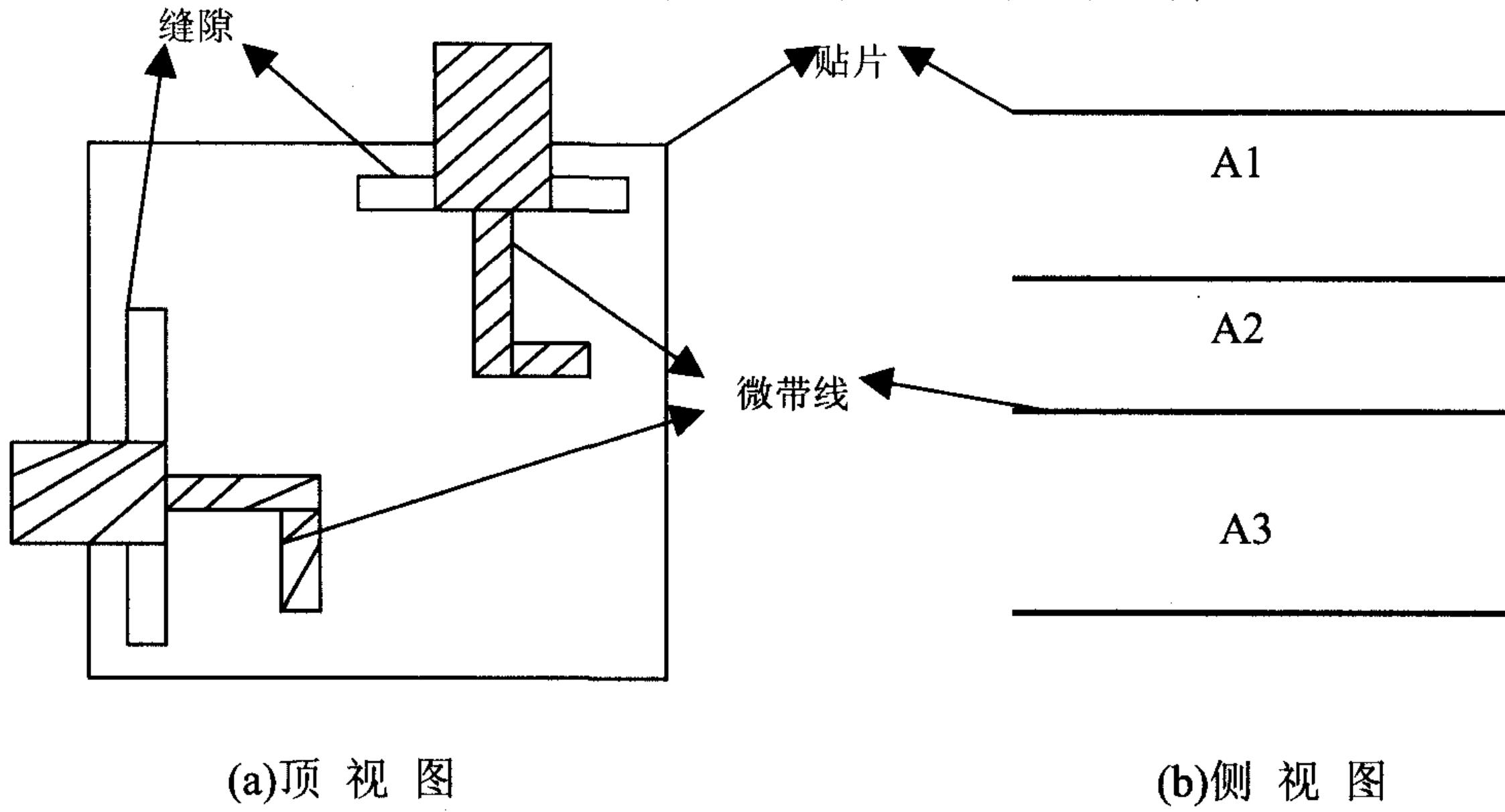


图 1 平馈天线单元示意图

2.2 垂直过渡

本文采用垂直过渡的办法解决上述问题, 首先, 同轴线内导体穿过单元反射板先馈微带线, 而后由微带线馈孔径, 这样馈电端口垂直于微带线, 解决了占用大空间的问题。但是这种情况引起了系统阻抗失配及方向图变形。一是由于反射板离微带线约 0.25λ , 内导体与外导体严重脱离, 阻抗失配。, 二是穿孔后, 破坏了原来的介质基板, 导致系统发生变化。而方向图的变形主要是由于内导体在空气中悬至太长, 成了一个小的辐射体, 整个辐射系统很复杂, 高次模被辐射, 失去了贴片天线的意义, 导致波束很窄。

因此, 为增大波束宽度、匹配贴片单元系统, 本文在上述同轴线 SMA 接头的基础上改造设计了一种新传输线。天线结构如图 2 所示, 同轴线内导体周围对称放置 3 根金属钉, 设 L 为其与内导体的距离, H 为其高度, 直径与同轴线的内径一样大, 均为 0.8mm。

2.3 理论分析

同轴线到微带线的垂直过渡在射频测试系统、电路系统中应用很广泛。一般情况同轴线的内导体焊接在微带线上面, 而外导体固定在微带线的接地板[7], 微带线与同轴线的轴线是平行的, 所以同轴线中的 TEM 模电磁波直接转换成微带线的准 TEM 模电磁波。这种情况在前面已经论证, 对于星载 SAR 天线是不合适的。为此, 直角弯曲的过渡方式很重要, 即垂直过渡 (vertical transition)。垂直过渡的不连续性, 会产生回波损耗和插入损耗。在 LTCC 多层介质射频电路中的应用中由于电尺寸很小, 这种损耗是可以忽略不计的, 而本文采用的垂直过渡贴片天线由于其电尺寸比较大, 约为 0.25λ , 不但损耗大, 而且传输线中产生高次模, 所以天线单元的方向图波束很窄。本文是在同轴线内导体的周围对称放置了 3 根金属柱, 解决的思路是金属钉约束同轴线内的场, 使 TEM 模的电磁波尽量不向介质 A2、A3 中传播, 调整参数 H、L 以及与各段微带线的宽度, 可以使同轴线中的 TEM 模与微带线的准 TEM 模的转换不至于失配过大而产生高次模, 进而使方向图变形。同时, 金属柱等效为电容, 补偿外导体与内导体脱离太大而感应的电感。所以采用这种传输线, 不仅使得双极化贴片单元能够作为阵列单元使用, 而且如果参数调整合适, 天线性能会更好, 比如增益、交叉极化、驻波比带宽、隔离度等。

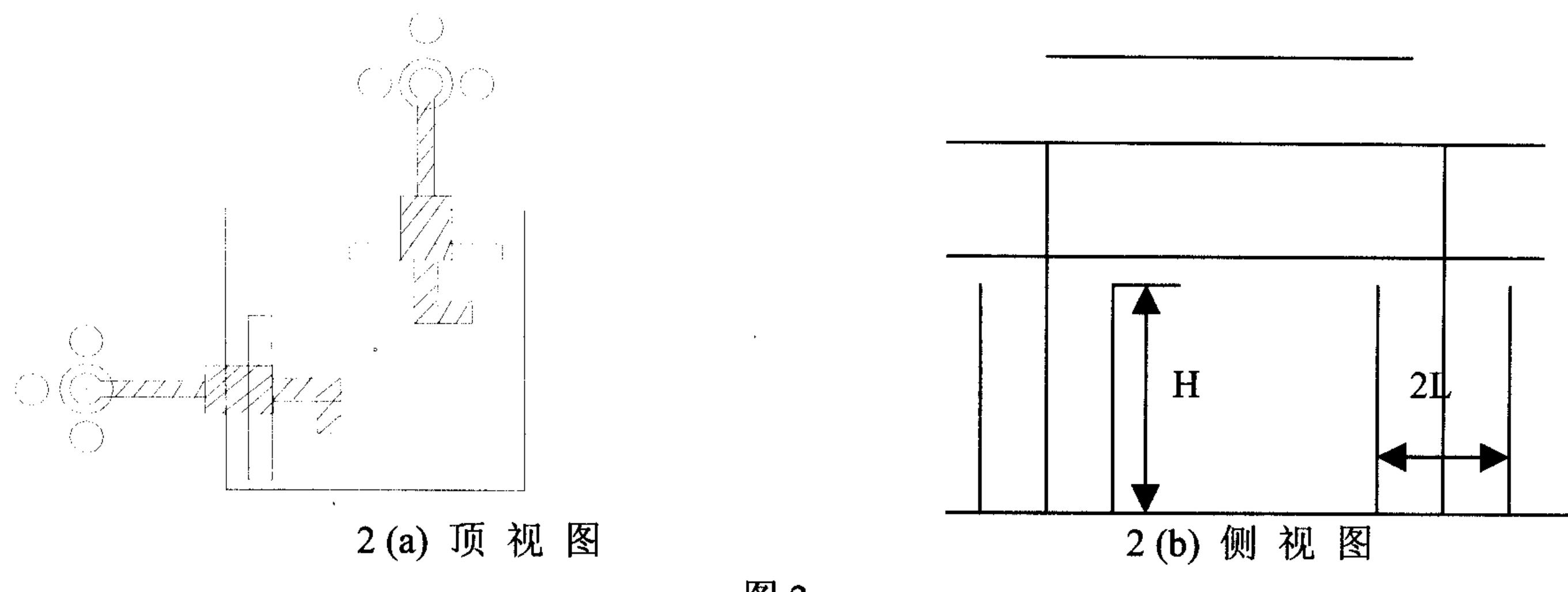


图 2

2 仿真结果

本文的仿真均是利用 Ansoft 公司的 HFSS 软件。HFSS 是以有限元方法为基础,能够仿真 3 维电磁场模型。

本文设计的两种不同天线的方向图和驻波比均在图 5 中。其中'normal'表示平馈孔径耦合双极化天线, '改进'表示新型的双极化单元。

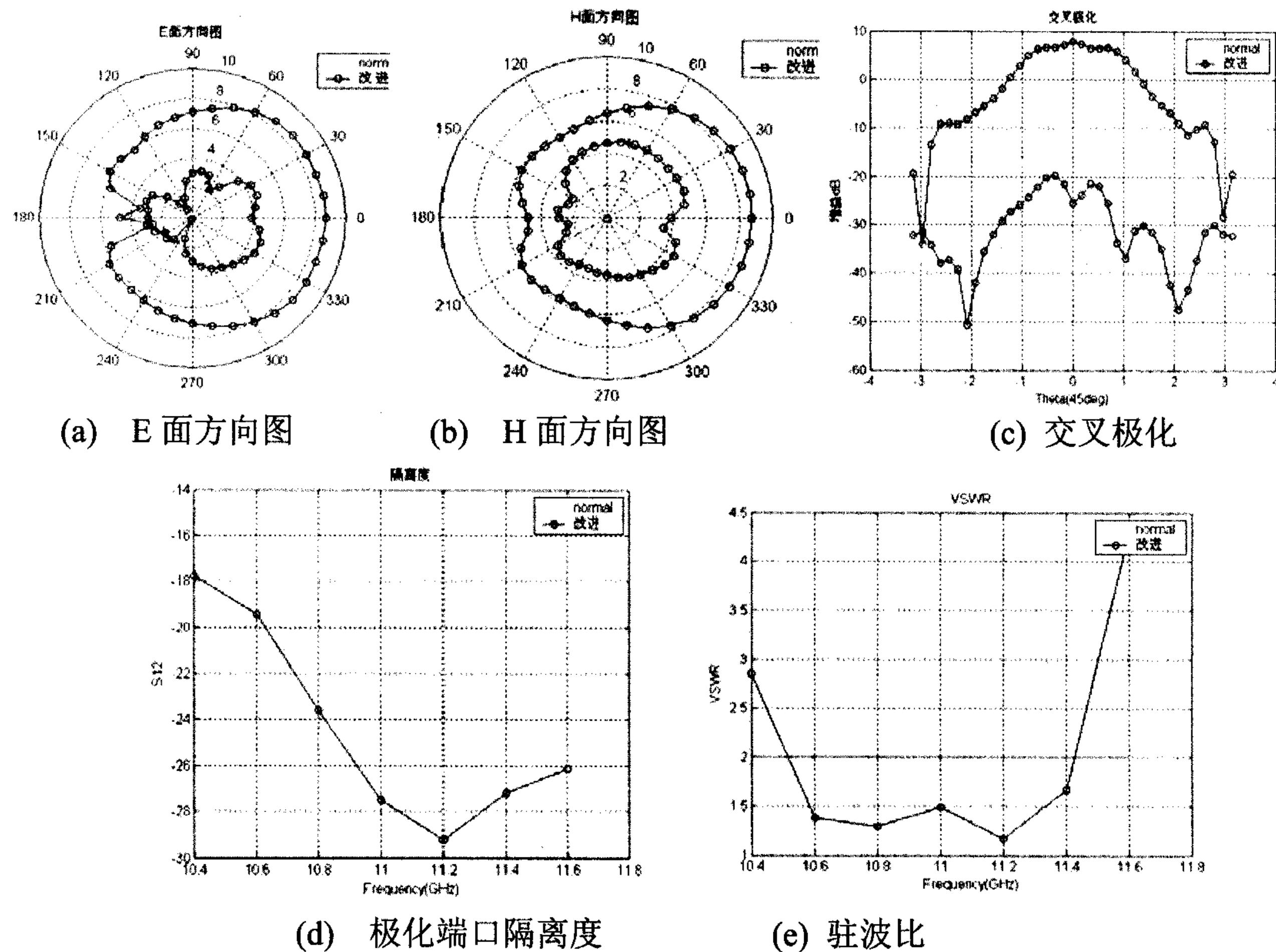


图 5 两种结构仿真结果比较

由图 5 得出, 法向增益比平馈双极化单元提高 0.8dB, 交叉极化改善了 10dB, 极化隔离度降低了 5dB, 带宽 (VSWR<2) 为 0.95GHz, 增加了 1.5%。E 面的波束宽度为 115 度, H 面波束宽度为 90 度。由于交叉极化及隔离度很低, 非常适合于星载 SAR 天线。

其中两个极化同时工作时的方向图 (E 面) 如图 6 所示, 垂直极化、水平极化可以同时工作, 并且增益提高了 0.8dB。因此该星载天线效率比较高。

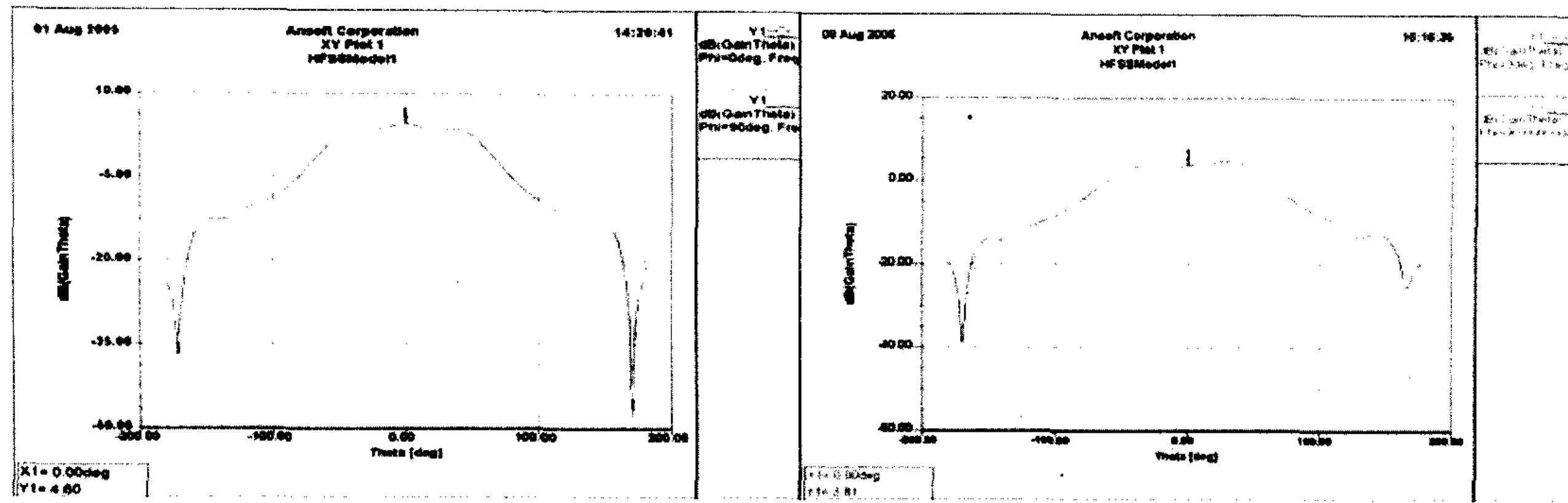


图 6 (a) 垂直过渡双极化工作方向图

图 6 (b) 平馈单元双极化工作方向图

图 6 双极化同时工作时方向图比较

4. 结论

本文采用垂直过度的方式,设计了一种应用于星载、机载雷达 SAR 中的新型双极化孔径耦合微带贴片天线,通过仿真结果证明了这种设计方法的正确性。阻抗带宽达到 10%,交叉极化<-32dB,极化端口隔离度<-27dB,因此这种贴片单元非常适合于多极化 SAR。同时馈电端口使用垂直过度同轴线,所以馈电网络制作简单,占用空间少,组阵方便,馈线损耗低,效率高。很好的解决了双极化孔径耦合微带天线在阵中使用的问题。所以这种天线的双极化、低交叉极化特性、馈线网络简单化、馈电端口垂直化的特性结构在星载雷达中有着重要的工程实用价值。

参考文献

- [1] K.R.Caver Antenna technology requirements for next generation spaceborne SAR system IEEE Antenna Propagat.Sym.,Houston,TX,June 1983,pp.365-368
- [2] Rajesh Kumar Vishwakarma, Babau R.Vishwakarma dual-band dual-polarization microstrip antenna IEEE 2002 pp.64-67
- [3] L.Bekraoui, E.Schwenzenfeier Daul polarized proximity and aperture coupled microstrip antenna AP2000 Millennium Conference on Antenna &Propagation, Davos,Switzerland,April9-14,session 2A9,2000
- [4] Vivek Rathi, Girish Kumar, K.P.Ray Impoved Coupling for Aperture Coupled Microstrip Antenna IEEE Transaction on antenna and propogation,vol.44.No.8Aug.
- [5] S.B.Chakrabarty,F.Klefenz,A.Dreher Dual polarized wide-band stacked microstrip antenna with aperture coupling for SAR application IEEE 0-7803-6369-8/00 2000 2216-2219
- [6] Shi-chang Gao,Le-wei Li Mook-seng Leong,Tat-soon Yeo Dual-Polarized Slot-coupled Planar Antenna With Wide Bandwidth IEEE Transaction on antenna and propogation,vol.51.No.3March 2003 441-448
- [7] E.H.England A coaxial to microstrip transiton IEEE Trans. Microwave Theory Tech vol.MTT-24, pp.47-48,Jan.1976

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>