

新型宽带双枝倒 F 平面集成天线

樊明延 冯正和 张雪霞

清华大学电子工程系微波与数字通信国家重点实验室

摘要: 本论文首次提出了用双枝结构展宽高介电常数基板上的倒 F 平面集成天线的技术, 介绍了新型宽带双枝倒 F 天线。这种天线的带宽 (8%, $S_{11} < -10\text{dB}$) 是普通的高介电常数 ($\epsilon_r = 16$) 基板的倒 F 平面集成天线的 2.7 倍, 而两者的辐射特性基本一致。该天线的尺寸只有 $23\text{mm} \times 4\text{mm} \times 1\text{mm}$, 是 ISM 频段的天线的理想选择之一。

1. 引言

目前, 随着无线通信市场和技术的发展, 对高性能低成本, 小型化的天线的需求日益增加。特别是近年来随着蓝牙协议的提出、发展、和应用, 天线技术已成为关键的技术瓶颈之一。以蓝牙应用集成到蜂窝电话为例, 一方面, 这样的结合可以使手机和其他手机、电脑、以及其他电子终端设备进行无线通信; 另一方面, 蜂窝电话天线基本只有两个频段, 这就需要为工作在 ISM 频段的蓝牙芯片增加额外的天线, 如果采用普通的外置鞭状天线, 则无疑增加了体积, 给集成设计带来了困难。尽管蓝牙协议提出的平面倒 F 天线原型, 已经可以做到内部集成并有产品推出, 但对尺寸更小, 成本更低, 更容易集成的 ISM 频段天线依然非常迫切。在[1][2]中, 一种可直接印刷在电路板上的倒平面集成天线被推广、应用到 ISM 频段上。这种天线有下列的好处:

1. 这是一种紧凑的二维结构的平面天线, 有极低的剖面
2. 用于采用了平面电路印刷工艺, 这种天线容易和电路进行一体化设计
3. 这种天线成本极低, 也无须特殊的加工工艺, 有很好的一致性
4. 和传统设计的天线相比, 该结构的天线有着足够高的增益和足够宽的带宽

从另一方面而言, 对于射频集成电路, 为了避免电路本身辐射带来的干扰同时也为了减小电路尺寸, 需要选用高介电常数的介质材料作为电路基板。但是, 随着介电常数的提高, 印刷在这种基板上天线的 Q 值也会变大, 这样, 对于倒 F 型的谐振式天线, 保持足够宽的带宽就变得非常困难。当然, 如[2]所说, 可以采用加调谐单元的方法来改善匹配以展宽一定的带宽。但是, 对于较高介电常数基板的情况下 ($\epsilon_r > 12$), 这种改善的效果不令人满意。本论文提出了用双枝结构展宽倒 F 平面集成天线的带宽, 可以在高介电常数 ($\epsilon_r = 16$) 的基板上设计出宽带的平面倒 F 天线。这种天线不仅有很小的尺寸, 优异的集成性并且和普通蓝牙天线相比, 有着基本相同的辐射特性和足够的带宽。

2. 双枝倒 F 平面集成天线的结构

图 1. 倒 F 平面集成天线结构示意图

双枝倒 F 天线如图 1(a)所示, 图 1(b)为普通的平面集成倒 F 天线, 作为和新型天线的参照。这种平面集成的天线单元 (1#天线) 是直接用 PCB 工艺印刷在基板上 (介电常数为 16)。介质基板背面对应天线单元的部分的金属地面需要去掉, 相当于为天线在基板背面开了个“窗户”。1#天线的具体尺寸如下: $d_1=1, d_2=9, d_3=1.5, d_4=4; L_1=12.5, w_1=3, w_2=2.2; g_1=5, g_2=1$ 。(单位: mm) 还需要指出的是, 基板上面的地和基板下面的地是通过通孔相连的。图 1 (b) 中所示的 2#天线的尺寸除没有分枝外, 其他部分和图 1 (a) 中 1#天线的尺寸完全一样。

3. 测量结果和基本原理

图 2 为如图 1(b)所示的普通倒 F 平面集成天线的 S11 曲线。可以看出高介电常数下该天线的带宽 ($S_{11} < -10\text{dB}$) 变窄, 小于 3%。这说明高介电常数基板下, 这中结构的天线的带宽很难满足蓝牙等应用的要求。

为展宽天线带宽, 我们采用了分枝技术。该技术在近来天线展宽频带中已经得到了初步应用[3][4]。该技术的原理是是基于等效辐射电流的长度 (可以是等效的磁流) 和谐振频率的对应关系, 利用双枝结构形成两个谐振频率不同的两个等效谐振回路, 以展宽天线带宽。图 3 的 S11 曲线为如图 1 (a) 所示采用了双枝结构的倒 F 平面集成天线。可以看出该天线有 8% 的带宽, 是普通结构的带宽的 2.7 倍。并且从 S11 曲线上可以明显看到有两个不同的谐振频率。

S11 (dB)

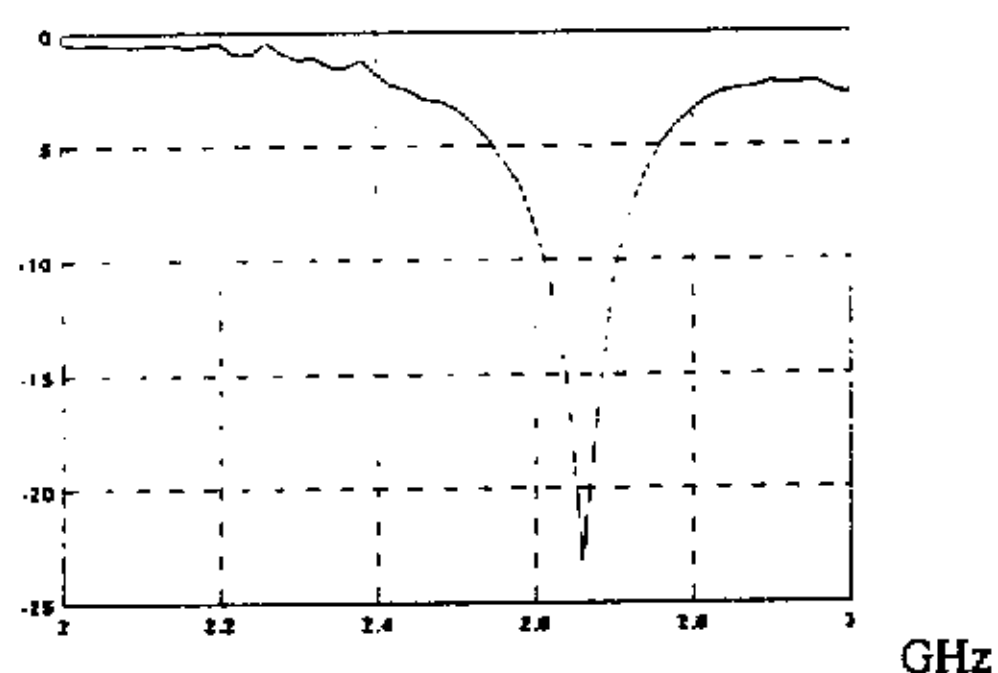


图 2 普通倒 F 平面集成 2#天线 S11 曲线

S11 (dB)

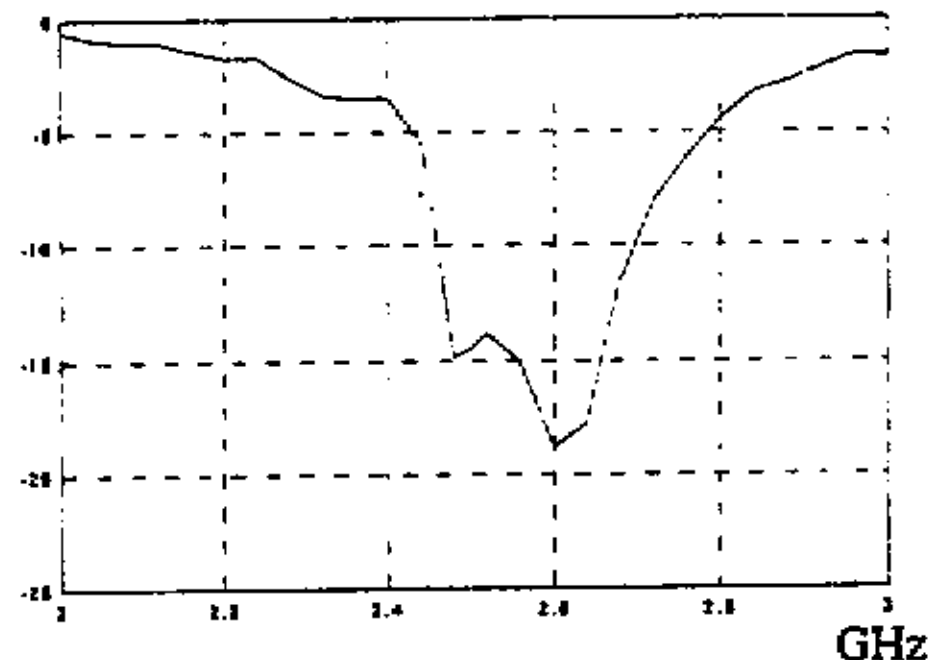


图 3 双枝倒 F 平面集成 1#天线 S11 曲线

从实验分析可知, 双枝倒 F 的天线频带和匹配不仅和双枝尺寸有关, 并且对背面地板“开窗”尺寸变化也很敏感。仔细调节天线和背面“窗口”的尺寸, 就可以设计出匹配更好, 工作在 ISM 频段 (2.4GHz) 的宽带双枝倒 F 天线。3#天线尺寸如下: $d_1=1, d_2=9, d_3=1.5, d_4=4; L_1=13, w_1=3, w_2=3; g_1=4, g_2=1$ 。(单位: mm)。S11 曲线如图 4。

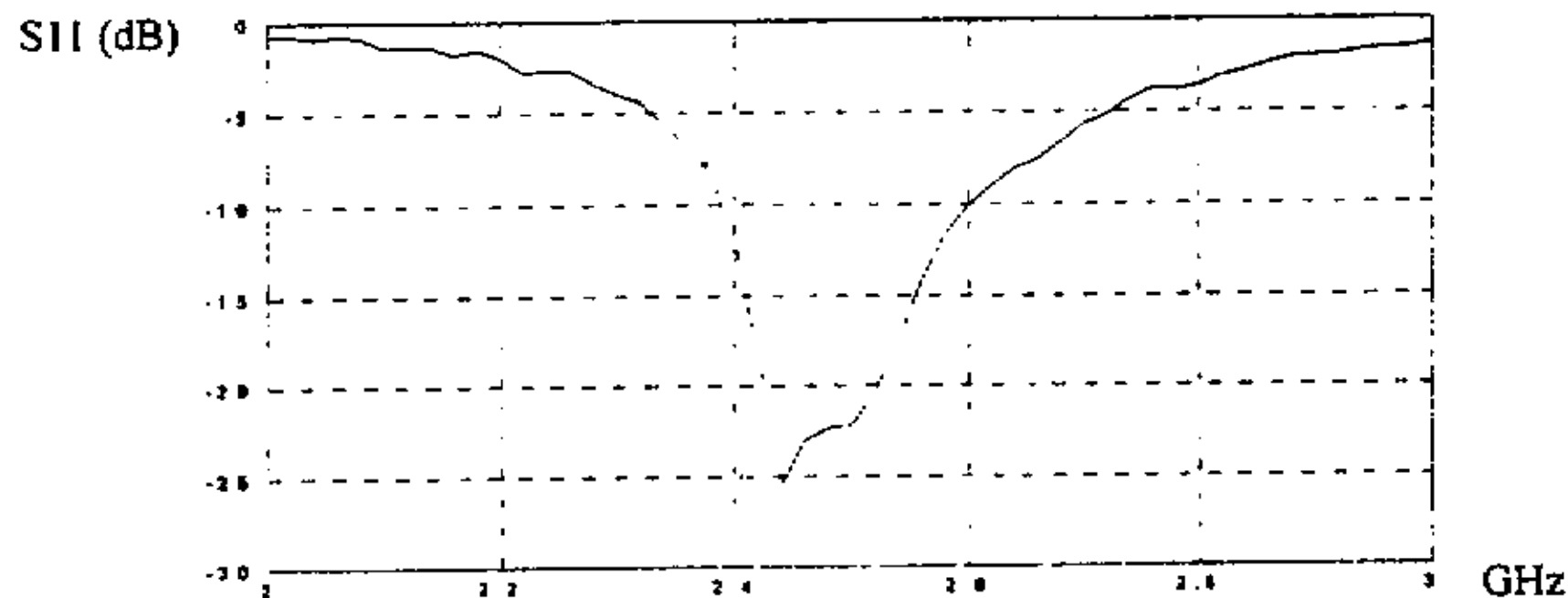


图 4. 双枝倒 F 3#天线的 S11 曲线

新型双枝和普通倒 F 平面集成天线的辐射方向图如图 5 所示, 可以看出两种天线有着基本相似的辐射特性。

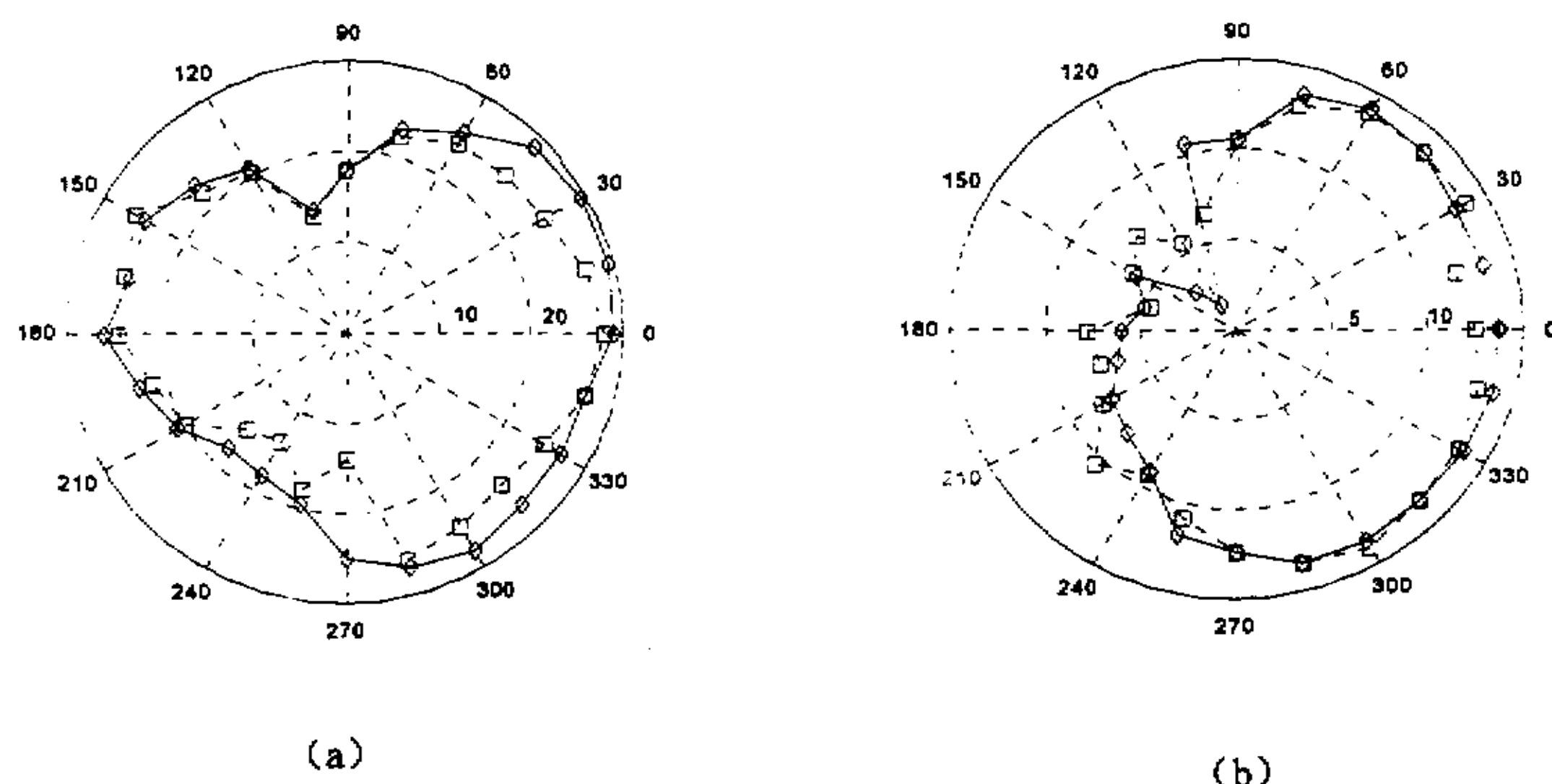


图 6. 天线辐射方向图的比较。(a) 为 E-面方向图; (b) 为 H 面方向图。
(图中实线为双枝倒 F 天线, 虚线为普通倒 F 平面集成天线)

4. 结论

本论文首次提出了用双枝结构展宽高介电常数基板上的倒 F 平面集成天线的技术, 介绍了新型宽带双枝倒 F 天线。这种天线的带宽 (8%, $S_{11} < -10\text{dB}$) 是普通的高介电常数 ($\epsilon_r = 16$) 基板的倒 F 平面集成天线的 2.7 倍, 而两者的辐射特性基本一致。该天线的尺寸只有 $23\text{mm} \times 4\text{mm} \times 1\text{mm}$, 是 ISM 频段的天线的理想选择之一。

5. 参考文献

- [1] Ali, M.; Hayes, G.J., "Analysis of integrated inverted-F antennas for bluetooth applications," Antennas and Propagation for Wireless Communications, 2000 IEEE-APS Conference on, 2000, pp. 21-24.
- [2] K. Fujimoto, A. Henderson, K. Hirasawa, J. R. James, *Small antennas*. Research studies press, 1988.
- [3] Faton Tefiku; Craig A Grimes, "Design of Broad-Band and Dual-Band Antennas Comprised of Series-Fed Printed Dipole Pairs," IEEE Tran. On antennas and propagation, Vol.48, No. 6, pp.895-900. June 2000.
- [4] Henddeik Rogier; Frank Olyslager, "Design of an On-Package Slot Antenna for Bluetooth Application" Antennas and Propagation for Wireless Communications, 2000 IEEE-APS Conference on, 2000, pp. 292-295.

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,一直致力和专注于微波、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>