

基于 HFSS 的埋入式电容特性分析

梁颖¹ 李天明²

(1. 成都航空职业技术学院电子工程系 四川成都 610021;

2. 桂林航天工业高等专科学校汽车与动力工程系 广西桂林 541004)

摘要:建立了基于HFSS仿真软件的埋入式电容物理模型,分析了埋入式电容结构参数变化对电容特性产生的影响。结果表明埋入式电容Q值随着频率的升高而呈现出下降趋势,埋入式电容的Q值随着电容极板面积的增加而减小;电容的谐振频率随着电容极板面积的增加而呈现出下降趋势。

关键词:埋入式电容 结构参数 HFSS仿真 电特性

中图分类号:TP336

文献标识码:A

文章编号:1007-9416(2011)04-0155-02

1、引言

通过将元件嵌入印制板中,可使印制板的面积比SMT设计缩小多达40%,埋入无源元件印制板的优势得以体现,埋入无源元件印制板又称为平面无源元件板,这是由于印制板为平板结构,埋入无源元件要以平面(如厚膜、薄膜的平面)类型而埋入,因此,大量文献中又称为平面电阻技术或平面电容技术等,分别表示埋入平面电阻器和平面电容器^[1]。把无源元件埋入到PCB中,可以有许多优点,如可提高PCB组装密度、提高PCB组装可靠性、改善PCB组装件电气性能以及降低成本等等。

通过埋入平面电容器,可以减少或消除磁耦合效应,提高传输信号完整和稳定性,

可以保证有源元件负载电流稳定。在信号传输或有源元件端接上并联电容器到电源处(层),可协助其快速到达传输信号能量稳定状态^[2]。但是埋入式电容器的电特性问题一直是制约和影响埋置电容技术发展的重要因素之一。如何在PCB中埋入功能值更大的电容值及通过仿真分析确定埋入式电容设计时位置、大小及材料等工艺参数的设置使得埋入式电容器的电性能更加优越,对推动埋入式元件技术的进一步发展具有重要意义。本文以埋入式电容的电特性作为研究内容,通过Ansoft HFSS软件建立埋入式电容的物理模型,分析电容结构参数变化对埋入式电容特性的影响,为埋入式电容的设计提供指导。

PCB铜箔层厚度为25um,埋入电容的介电常数为4,且其介质层厚度取0.05mm,上电极铜箔厚度0.03mm,下电极铜箔厚度为0.017mm。

为便于分析,在此简化了埋置电容结构,且该结构的等效电路图如图1所示^[3]。由电容的等效电路图可知,电容C表示电容值,它的值取决于圆板的尺寸、介质层厚度及介电层材料的介电常数等,电容C1和C2表示端口的寄生电容,由电容的上电极和下电极与上下基板之间的距离所决定,距离越大,端口的寄生电容越小,串联电阻R表示电容的损耗,对Q值(即电抗成分与损失成分的比值)产生影响,该值越高表示特性越好,L为端口电感^[3]。

Ansoft HFSS仿真软件是采用有限元理论方法解决电磁场问题,进而求出S参数。而对于电容值来说,最关心的是求出电容的Q值和电容的有效值,它们均可由S参数推出来得出,其表达式分别为^[3]:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1 + \Gamma_{in}}{1 - \Gamma_{in}} \quad (1)$$

$$Q = I_m(Z_{in}) / \text{Re}(Z_{in}) \quad (2)$$

$$C_{eff} = -1 / \omega I_m(Z_{in}) \quad (3)$$

式中: Z_{in} 为电容的输入阻抗, Z_0 为输

2、埋入式电容结构及等效电路参数

在埋入式电容制作技术中,一般都采用平板电容形式,这种电容在基板中埋置制作起来简单方便,可靠性高,损耗较小。本文建立的埋入式电容HFSS仿真物理模型即为圆板平行电容,电容所埋入的印制电路板(PCB)为环氧层压玻璃纤维材料FR-4,尺寸取为67mm50mm(长宽),其介电常数为4.4。

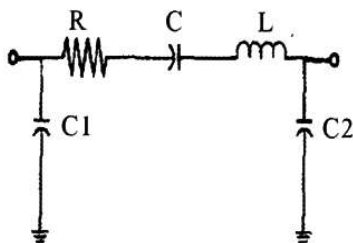


图1 埋置圆板电容等效电路图

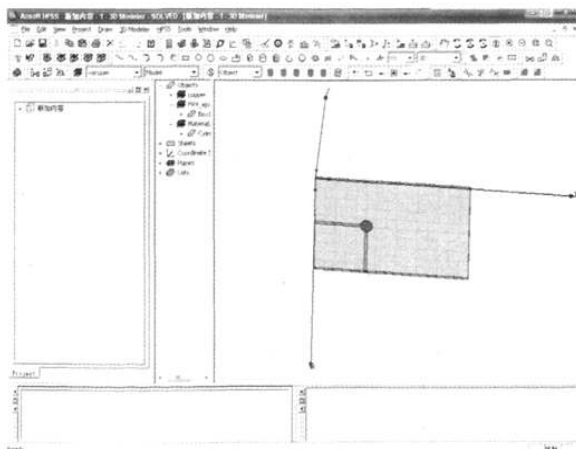


图2 埋入式电容HFSS仿真模型

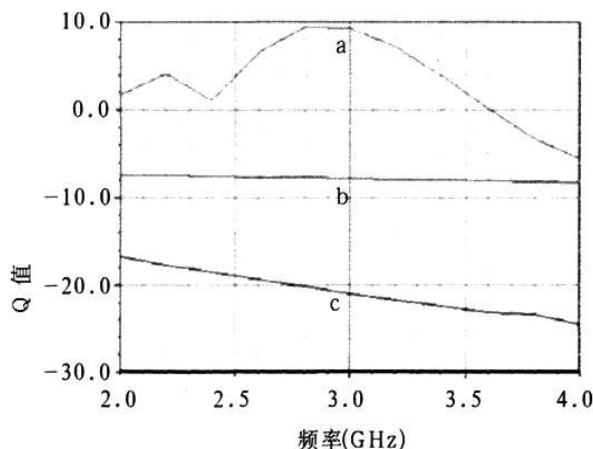


图3 Q值与电容极板面积的对对应关系

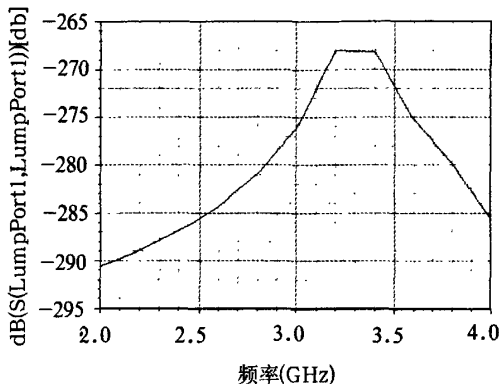


图4 电极半径为0.8mm时S₁₁曲线

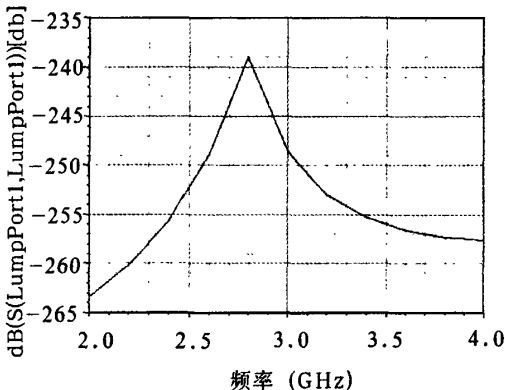


图5 电极半径为1.0mm时S₁₁曲线

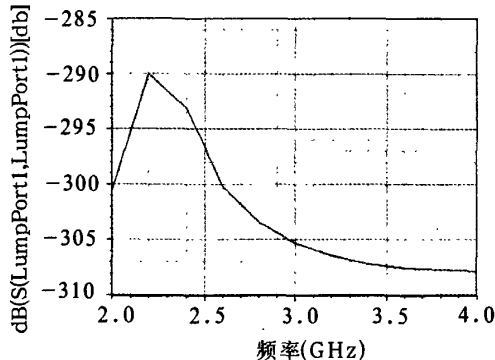


图6 电极半径为1.2mm时S₁₁曲线

入端接特性阻抗, Γ_{in} 为电容端短路时输入端反射系数, $I_m(Z_{in})$ 为输入电抗, C_{eff} 为有效电容值^[4]。

3、基于HFSS仿真模型的埋入电容特性分析

埋入式电容3D结构HFSS仿真模型如图2所示。对仿真模型图加载端口激励,并设置求解选项进行求解,其仿真结果如下:

2.1 Q值变化情况

由上述公式2可以得出Q值即是输入网络的电抗值与回波损耗值之比,而对于埋置电容所组成的二端口网络,在建模时其一端

的输入阻抗值为50Ω,而电容另一端的负载阻抗值也为50Ω,这样即满足二端口网络中,一端的输入阻抗值等于另一端的负载阻抗值的条件。因此,有 $Z_{in} = Z_{11}$,此时Q的表达式即为:

$$Q = \frac{\text{Im}(Z_{11})}{\text{Re}(Z_{11})} \quad (4)$$

由HFSS可以直接输入变量Q的表达式4,得到Q值随电容电极面积的变化曲线如图3所示。图中曲线a、b和c分别代表板半径R=0.8mm、1.0mm和1.2mm时的Q值变化。

Q值的大小主要由R来决定,R又包括介

质损耗和导体损耗。从图中可以看出随着频率的升高,所得的Q值是逐渐下降的,因此,可以推出在频率逐渐升高的同时,总的损耗也在逐渐增大。而随着电容极板面积的增大,电容的Q值也呈现出下降趋势。

2.2 谐振频率的变化情况

实际的电容可以简单等效为L、R、C串联,电容有一个谐振点,在高频时(超过这个谐振点)会呈现感性,电容的容值和工艺不同则这个谐振点不同,在HFSS仿真分析时,所得到的S参数曲线发生跳变的频率点即为谐振频率点,一般分析选定频率范围内第一个发生跳变的频率点。通过仿真得到电容不同极板面积下的S₁₁参数变化曲线如图4、图5和图6所示。

谐振频率主要受到寄生电感和电容值的影响。图4中,S₁₁曲线第一个发生跳变的点对应的频率为3.2GHz,图5中S₁₁曲线第一个发生跳变的点对应的频率值为2.8GHz,图6中S₁₁曲线第一个发生跳变的点对应的频率值为2.2GHz,即谐振频率依次减小。由此,可以得出随着电容极板面积的增大,电容的谐振频率呈现出下降趋势。

4 结束语

本文采用三维电磁场仿真软件HFSS对埋入式电容进行建模仿真,分析了不同结构参数对埋置电容特性的影响,结果表明改变电容结构的各参量对电容的性能都会产生很大影响,埋置电容Q值随着频率的升高而呈现出下降趋势,改变电容极板面积埋入式电容的Q值随着电容极板面积的增加而减小,电容的谐振频率随着电容极板面积的增加而呈现出下降趋势。通过对埋置电容的仿真分析可以更好地进行埋置电容设计制造。

参考文献

- [1] 张怀武.现代印制电路原理与工艺[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [2] 常林.埋入式无源元件在SMT中的应用[J].电子测试,2007,(9):42-44.
- [3] 赵琳,延波.LTCC埋置电容的设计与仿真[J].中国科技信息,2005,23(2):119.
- [4] 曾耿华,唐高弟.LTCC埋置电容的参数提取及特性分析[J].信息与电子工程,2008,6(1):6-9.

基金项目:广西壮族自治区教育厅科研资助项目(200911MS270)。

作者简介:梁颖(1974-),女,江西南康人,讲师,硕士,主要从事计算机控制与电路仿真,SMT焊点可靠性方向的研究,已发表论文10余篇。

HFSS 视频培训课程推荐

HFSS 软件是当前最流行的微波无源器件和天线设计软件，易迪拓培训(www.edatop.com)是国内最专业的微波、射频和天线设计培训机构。

为帮助工程师能够更好、更快地学习掌握 HFSS 的设计应用，易迪拓培训特邀李明洋老师主讲了多套 HFSS 视频培训课程。李明洋老师具有丰富的工程设计经验，曾编著出版了《HFSS 电磁仿真设计应用详解》、《HFSS 天线设计》等多本 HFSS 专业图书。视频课程，专家讲解，直观易学，是您学习 HFSS 的最佳选择。



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

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，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

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



更多 HFSS 视频培训课程:

● 两周学会 HFSS —— 中文视频培训课程

课程从零讲起，通过两周的课程学习，可以帮助您快速入门、自学掌握 HFSS，是 HFSS 初学者的最好课程，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/1.html>

● HFSS 微波器件仿真设计实例 —— 中文视频教程

HFSS 进阶培训课程，通过十个 HFSS 仿真设计实例，带您更深入学习 HFSS 的实际应用，掌握 HFSS 高级设置和应用技巧，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/3.html>

● HFSS 天线设计入门 —— 中文视频教程

HFSS 是天线设计的王者，该教程全面解析了天线的基础知识、HFSS 天线设计流程和详细操作设置，让 HFSS 天线设计不再难，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/4.html>

● 更多 HFSS 培训课程，敬请浏览: <http://www.edatop.com/peixun/hfss>

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相关培训课程和 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讲授，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>