

# 一种基于 L 波段混频组件电磁屏蔽腔的设计

石越, 胡杨, 董姝, 吕翼, 唐盘良, 黄莹

(中国电子科技集团公司第二十六研究所, 重庆 400060)

**摘要:**采用屏蔽腔的方法解决 L 波段混频组件的电磁兼容问题, 通过 HFSS 软件计算分析优化屏蔽腔的连接结构, 对连接结构的分析找到一种适用于 L 波段的电磁屏蔽腔外壳设计。最终根据此设计加工出用于 L 波段混频组件的带电磁屏蔽腔的组件外壳, 经过电路的装配与封装测试达到了解决组件电磁兼容问题的目的。

**关键词:**电磁兼容; 屏蔽腔; L 波段; 混频组件; 电磁场理论

**中图分类号:** TN384

**文献标识码:** A

## Design of An Electromagnetic Compatibility Shielding Cavity Using in L Band Mixer Circuit Module

SHI Yue, HU Yang, DONG Su, LV Yi, TANG Panliang, HUANG Ying

(26th Institute of China Electronic Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

**Abstract:** The shielding cavity is used to solve the contradiction of electromagnetic compatibility of L band mixer circuit module. The HFSS electromagnetic software is used to optimize the structure. Based on the result of the calculation and analysis, the shell with electromagnetic compatibility shielding cavity for L band mixer module has been designed and fabricated. The circuit installation and package measurement show that the contradiction of electromagnetic compatibility was solved.

**Key words:** electromagnetic compatibility; shielding cavity; L band; mixer circuit sub unit; electromagnetic theory

### 0 引言

当在电子系统中电路和电子元件有电流流过时, 会在周围空间产生磁场。当电流发生变化时, 在周围空间又产生变化的磁场。变化的磁场又会产生变化的感应电场, 就这样当设备或电路中电流较大时, 就必须考虑有源电路对周围空间和附近电路的影响。当有源电路间太近, 元器件和导线之间互相产生的感应电流和感应电压就会对电路中元器件本身的性能产生影响。这种影响通常称之为电磁场的寄生耦合干扰。为避免这种干扰, 通常设计时从优化电路的布局 and 改变电路结构外形上入手, 采用这种设计方法通常称之为电磁兼容性设计。随着功能组件的电路板尺寸越来越小, 在单一电路板上表贴器件越来越多, 功能越来越复杂, 功能组件电路的电磁兼容性就越来越重要。

### 1 组件的电磁兼容实现

在高频电路中, 对频率较高的电路进行屏蔽是常规且有效的电磁抑制方法。屏蔽是用导电或导磁材料制作成某种外形的金属结构, 此结构将电磁干

扰源限制在某一特定区域内, 在这一特定区域外电磁干扰源的耦合和辐射都发生极大的衰减和抑制。其目的是抑制电磁干扰源对其周围空间存在的接收器干扰, 或避免其他干扰源对其内部电路的干扰。

### 2 电磁兼容分析

要对组件的结构进行电磁兼容分析, 首先必须将屏蔽腔中的电磁环境进行抽象化的理论分析, 目前能用于建立该物理模型进行分析的理论主要有以下 3 种:

1) 感应涡流效应。该理论主要根据感应磁场建立物理模型, 用于解释电磁屏蔽现象比较形象直观, 但是没法定量分析感应电场和感应磁场。用于定性说明感应磁场的分布情况较合适。

2) 电磁场理论。电磁场理论是分析电磁屏蔽原理, 计算电磁屏蔽效果的经典学说。如果将实际物理环境等效转化为抽象的数学模型, 运用该理论就能定量的分析出该物理环境的电场与磁场。

3) 传输线理论。该理论是用于分析电磁波在

收稿日期: 2015-03-12

作者简介: 石越(1982-)男, 重庆人, 硕士, 主要从事微声电路方面的研究。

金属导体中的传播规律和电磁波在波导中传播过程的。同样,通过对实际的物理条件进行等效,抽象为数学模型后运用该理论也可得到定量结果。

经过数十年甚至数百年的发展<sup>[1]</sup>,以上理论已经越来越完备,各种各样的物理环境也由前人精确的等效抽象为各种数学模型。目前我们已能通过用于计算各种各样数学模型的专业化的商业软件来等效建立数学模型,通过求解这些等效的数学模型来定量和定性的分析我们的结构设计<sup>[2]</sup>。本设计采用分腔隔离法对各个功能电路进行屏蔽。由于每个腔都有功能电路,所以腔与腔的连接部分也是各个电路互相干扰的通路,所以腔与腔之间的结构连接是分析的关键<sup>[8]</sup>。设计这种连接结构有两种方案:方案一,采用腔与腔连接处开槽,连接电路导线通过开口对两块电路进行连接;方案二,采用在腔与腔连接处开小孔,连接电路导线通过小孔对两块电路板进行连接。

设计的屏蔽腔与屏蔽腔连接结构如图1所示。

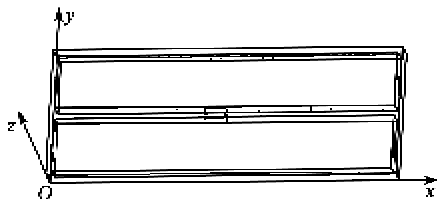


图1 方形开槽结构

采用 HFSS10 来对等效后的屏蔽腔体进行仿真分析,由图1可见,前后两个屏蔽腔采用开方槽的结构连接,当腔体盖板合上后前、后两个电路模块的连接线通过方形槽走线。这时两个屏蔽腔有这个方形槽连接为一个整体,通过设置 HFSS10 的本征求解模式可以大致计算出此等效模型的谐振频率为 2.034 GHz。HFSS10 仿真结果如图2所示。

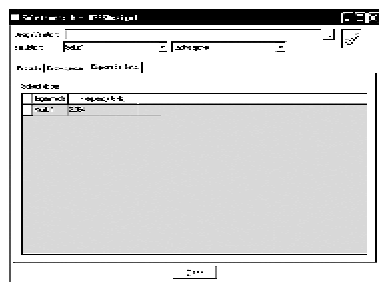


图2 方形开槽计算结果

由于该屏蔽腔设计为工作在 1~2 GHz 频率的模块电路,所以此种设计可能会对内在电路模块产生影响。因此,对前、后两个屏蔽腔的连接结构进行

改进,在前人经验的积累下,改变连接前、后两个屏蔽腔的结构,改开方形槽为小圆孔,综合电缆走线和开孔位置适当选取开孔大小。改良后的连接结构方式如图3所示。



图3 圆形通孔结构

在改良前、后两个屏蔽腔的连接结构后,得到 HFSS10 的仿真计算结果,改良后的谐振频率为 2.986 7 GHz,如图4所示。

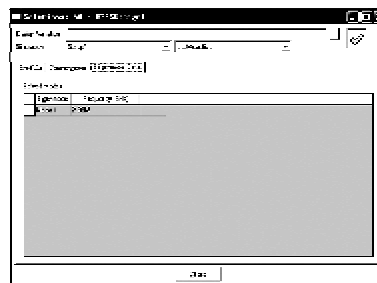


图4 圆形通孔计算结果

通过以上仿真分析可看出,在不改变前、后两个屏蔽腔的情况下,改变腔与腔的连接结构既可以解决谐振频率带来的干扰,又不影响原电路模块的外形结构。

### 3 屏蔽腔体外壳应用测试

基于前面的仿真分析,根据电路模块的外形结构,采用 AUTOCAD 机械绘图软件得到组件屏蔽腔的外壳如图5所示,采用 2A12-T4 铝板加工,表面采用喷洒电镀镍进行表面处理。

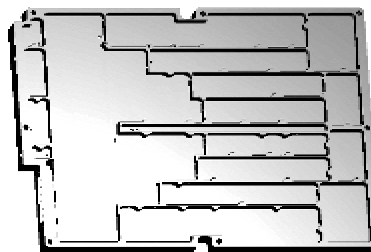


图5 外壳结构示意图

将各个电路功能模块装配进该外壳,经过电路调试,最终封盖测试得到的结果如图6所示。由图可见,除有用信号外,各个电路功能模块间并没有引入干扰。组件测试指标达到要求,屏蔽腔的屏蔽效果满足需求,设计符合仿真分析的结果。

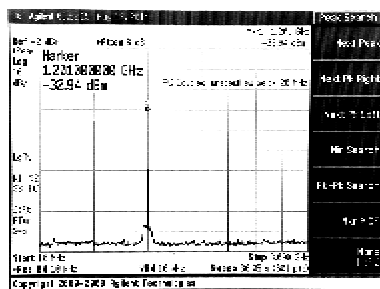


图6 组件测试结果

#### 4 结束语

以L波段混频组件屏蔽腔为对象,介绍了常见组件中解决电磁兼容问题的方法,以经典电磁场理论为基础引入电磁场领域的商业软件对L波段的

组件屏蔽腔进行分析设计。通过借助软件的理论计算分析,优化得到组件中屏蔽腔与屏蔽腔的连接结构。通过分析发现不同的连接结构会对电路模块产生不同的影响,最终加工得到带屏蔽腔的外壳在实际应用中达到预期目的。

#### 参考文献:

- [1] 张肇仪,周乐柱,吴德明. 微波工程[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [2] 戴晴,黄纪军,莫锦军. 现代微波与天线测量技术[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [3] RICHARD J, CAMERON C M, KUDSIA R M. 通信系统微波滤波器——基础、设计与应用[M]. 王松林,译. 北京:电子工业出版社,2012.
- [4] 余引,温志渝,赵兴强,等. MEMS 压电阵列振动能量收集器[J]. 传感技术学报,2014,27(8):1033-1037.  
SHE Yin, WEN Zhiyu, ZHAO Xingqiang, et al. The MEMS vibration energy harvester with piezoelectric array[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2014, 27(8):1033-1037.
- [5] LEE J, CHOI B. Development of a piezoelectric energy harvesting system for implementing wireless sensors on the tires[J]. Energy Conversion and Management, 2014, 78:32-38.
- [6] LELANDE S, WRIGHT P K. Resonance tuning of piezoelectric vibration energy scavenging generators using compressive axial preload [J]. Smart Mater Struct, 2006(15):1413-1420.
- [7] JO S E, KIM M S, KIM Y J. Passive-self-tunable vibrational energy harvester[C]//S. I.: Proceedings of 16th international Solid-state Sensors, Actuators and Microsystems Conference, 2011.
- [8] CHEN S N, WANG G J, CHIEN M C. Analytical modeling of piezoelectric vibration-induced micro power generator [J]. Mechatronics, 2006, 16(9): 379-387.
- [9] WANG G J, YU W C, LIN Y H, et al. Modeling and fabrication of a piezoelectric vibration-induced micro power generator [J]. Journal of the Chinese Institute of Engineers, 2006, 29(4):697-706.
- [10] 周璇. 宽频压电俘能器的分析设计及实验研究[D]. 芜湖:安徽工程大学,2014.
- [11] 龚立娇. 基于压电材料的能量采集研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2008.
- [12] GASNIER P, WILLEMIN J, CHAILLOUT J J, et al. Power conversion and integrated circuit architecture for high voltage piezoelectric energy harvesting [C]//France;NEWLAS, IEEE, 2012.

### 《压电与声光》免费索阅卡

姓名: \_\_\_\_\_ 职务: \_\_\_\_\_ 职称: \_\_\_\_\_ 单位: \_\_\_\_\_  
地址: \_\_\_\_\_ 邮编: \_\_\_\_\_ 电话: \_\_\_\_\_  
企业产品: \_\_\_\_\_

索阅期号: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 (每次仅限壹期)

复印有效