

ANSYS®



ANSYS  
**ONVERGENCE**  
CONFERENCES

**2016** | ANSYS中国技术大会  
中国·上海

# HFSS在PCB共模滤波设计中的应用与研究

- 占存辉/EMC工程师
  - HUAWEI

# 目录

- 背景介绍
- 摘要
- 原理
- 仿真分析
- 仿真实测分析
- 小结
- 参考文献

## 摘要

- **本文针对PCB高速走线引入的共模噪声抑制问题进行了深入研究，给出了DGS（缺陷地滤波器）理论分析，并利用仿真软件HFSS设计优化DGS结构参量，优化共模滤波带宽、抑制深度，且与实际测试的结果进行了对比分析。**

# 背景

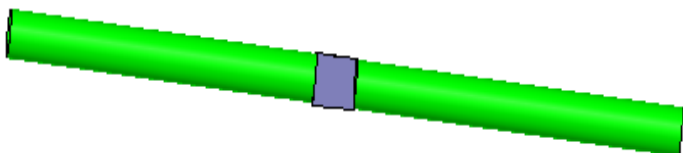
- 光模块发展趋势是容量越来越大、速率越来越高，而尺寸越来越小

封装	简介	图片
1X9	1X9封装的光模块产品最早产生于1999年，SC接口，作为固定光模块使用	
GBIC	千兆以太网接口转换器，交换、路由产品曾广泛的采用GBIC模块。其可支持热插拔的特性，方便更新维护，故障定位。	
SFF	SFF光模块是光模块产品演进的又一分支，目前广泛应用于EPON系统中的ONU侧。	
SFP	小封装可插拔收发器，SFP光模块产品是最晚出现光模块，也是目前应用最广泛的光模块产品。继承了GBIC的热插拔特性，也借鉴了SFF小型化的优势。	

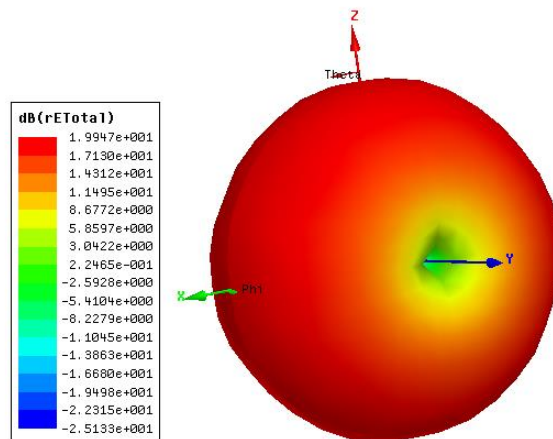
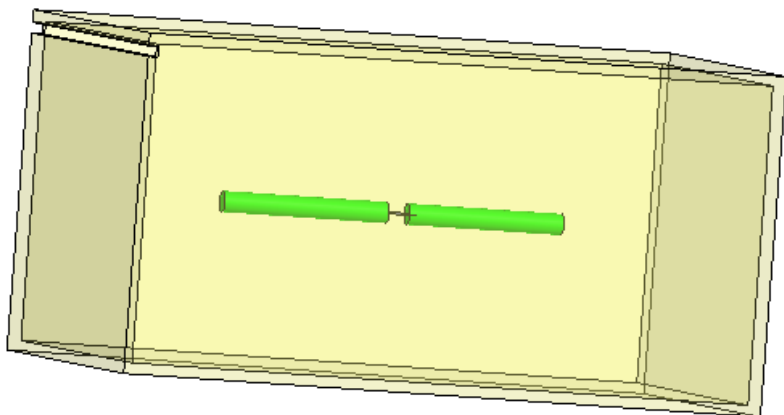
封装	简介	图片
300pin	最先被应用于SDH和10G以太网光纤传输网络的模块，应用较少	
XENPAK	光模块产品演进中的重要一步。支持所有IEEE 802.3ae定义的光接口。技术成熟度较高，应用比较广泛。体积大，功耗大。	
X2	是Xenpak光模块的直接改进版，体积缩小了40%左右，成本高，只是作为一种过渡性的产品出现。	
XFP	2002年提出的XFP多元协议，XFP光模块的出现和技术的飞速发展，以及其体积小、价格廉的优势，得到广泛应用。	
SFP+	具有比X2和XFP封装更紧凑的外形尺寸，与SFP尺寸一样，成本比XFP产品低。	

# 背景

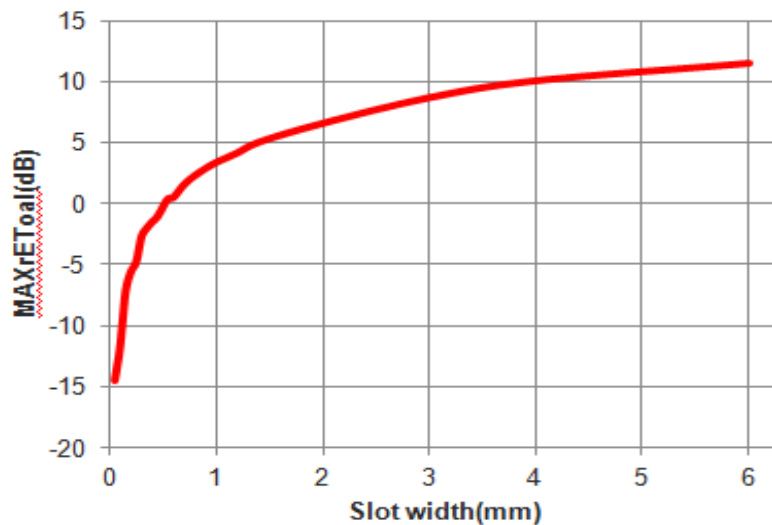
- 结构件缝隙屏蔽效随频率升高而下降



偶极子天线



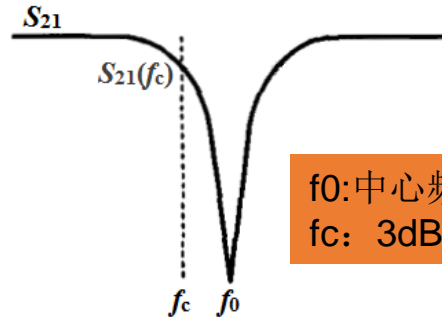
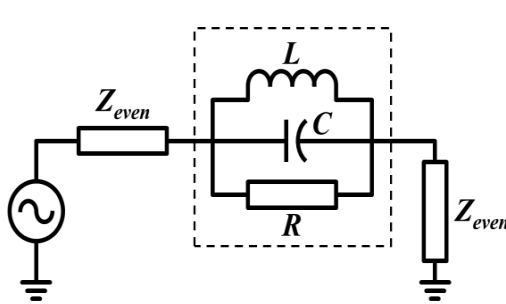
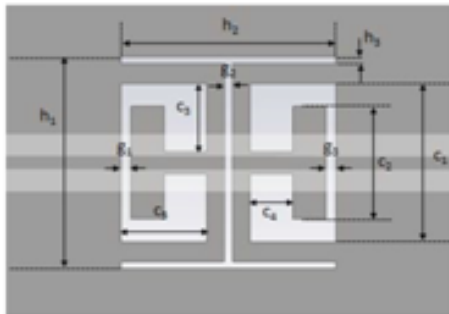
Shielding effectiveness Vs. Slot width



## 背景

- 常规的迷宫、导电胶条、导电泡棉、吸波材料、簧片等处理措施受限于空间布局，需要储备PCB板级EMI抑制措施。
- DGS : defected-ground structur , 缺陷地结构 , 应用在信号参考地层 , 在高速信号参考地层按设计结构腐蚀挖槽 , 形成等效带阻滤波器 , 达到抑制共模噪声的目的。

# 原理



$f_0$ : 中心频率,  
 $f_c$ : 3dB截止频率

$$\left\{ \begin{array}{l} R = 2Z_{\text{even}} \left( \frac{1}{|S_{cc21}(2\pi f_0)|} - 1 \right), \\ L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C}, \\ C = \frac{f_c \sqrt{R^2 + 4RZ_{\text{even}} - 4Z_{\text{even}}^2}}{4\pi R Z_{\text{even}} (f_0^2 - f_c^2)} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R = 2Z_{\text{even}} \left( \frac{1}{|S_{cc21}(2\pi f_0)|} - 1 \right), \\ C = \frac{\omega_c \sqrt{R^2 + 4RZ_{\text{even}} - 4Z_{\text{even}}^2}}{2Z_{\text{even}} R (\omega_0^2 - \omega_c^2)}, \\ L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C}. \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow FBW = \frac{1}{Q_L} = \frac{1}{Q_e} + \frac{1}{Q} = \left( \frac{1}{2Z_{\text{even}}} + \frac{1}{R} \right) \omega_0 L = \left( \frac{1}{2Z_{\text{even}}} + \frac{1}{R} \right) \sqrt{\frac{L}{C}}$$

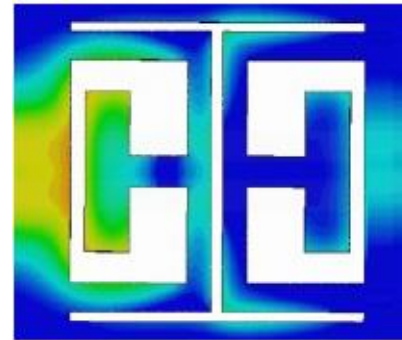
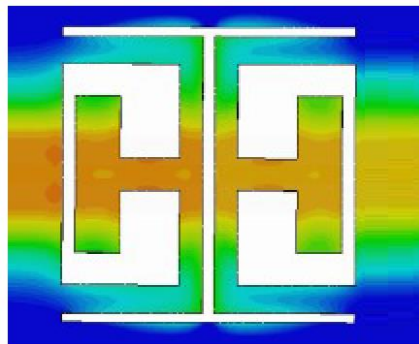
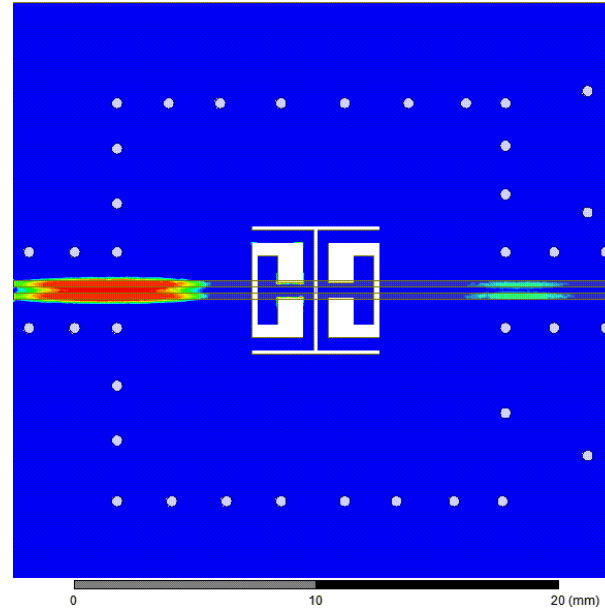
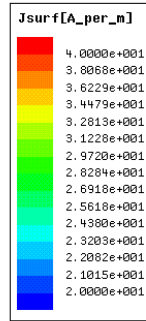
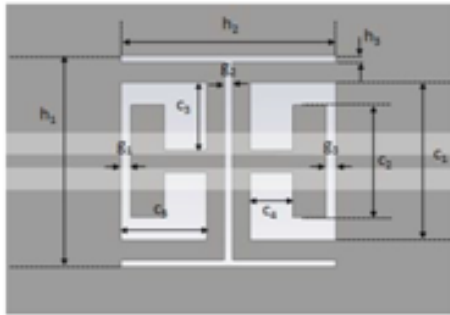
$$BW = FBW \times f_0 = \frac{1}{2Z_{\text{even}}} \sqrt{\frac{L}{C}} \times \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{1}{4\pi Z_{\text{even}} C}$$

# 仿真分析

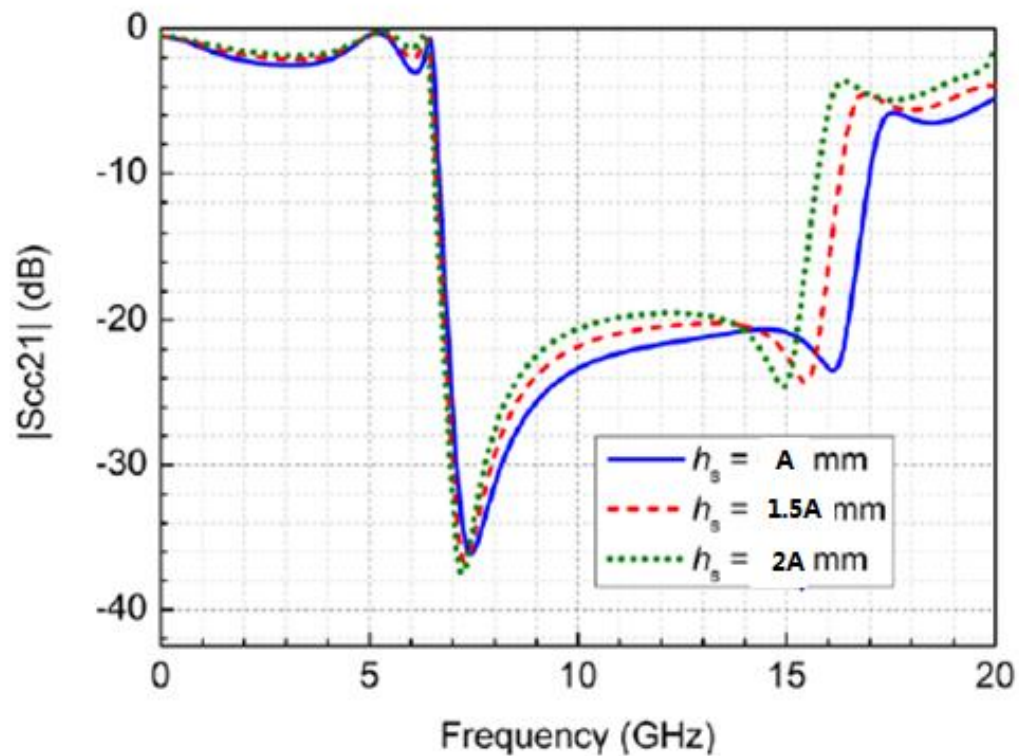
- HFSS建CHC型DGS，仿真分析共模滤波原理；
- 仿真建模，分析参考介质层厚度改变对DGS滤波效果影响；
- 仿真建模，分析DGS放置层铜厚改变对DGS滤波效果影响；
- 仿真建模，分析PCB腐蚀挖槽加工精度对DGS滤波效果影响；
- 仿真建模，分析PCB走线弯曲倒弧对DGS滤波效果影响；
- 仿真建模，分析多层PCB放置DGS滤波效果。



# 电流分布

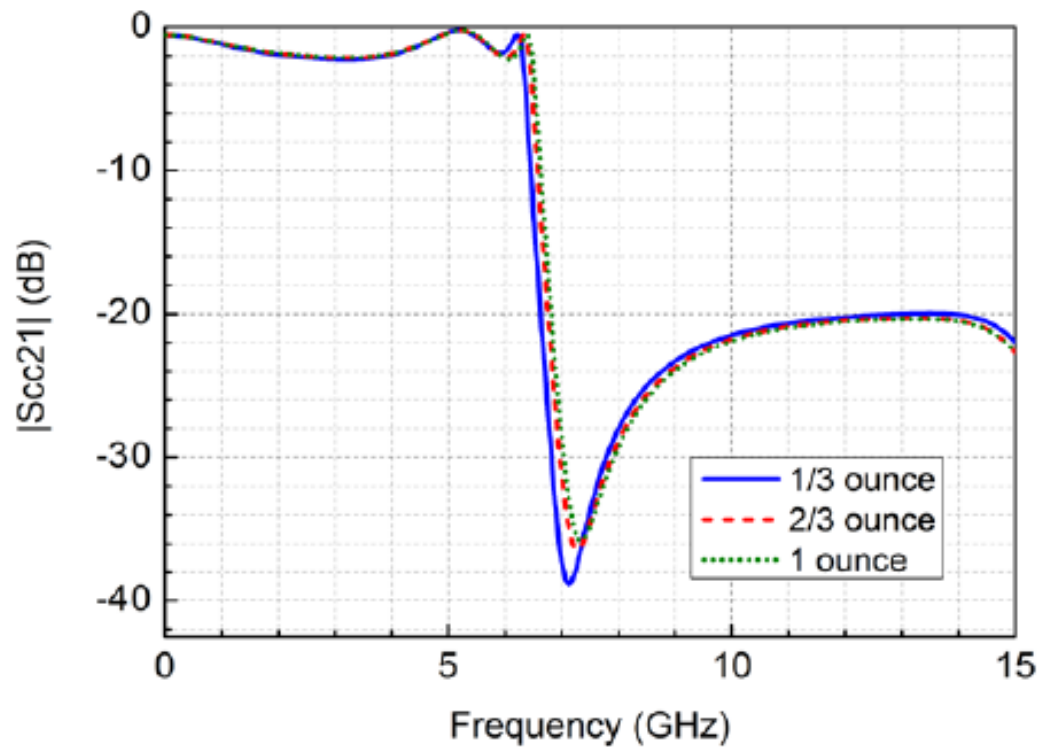


## 参考介质厚度影响



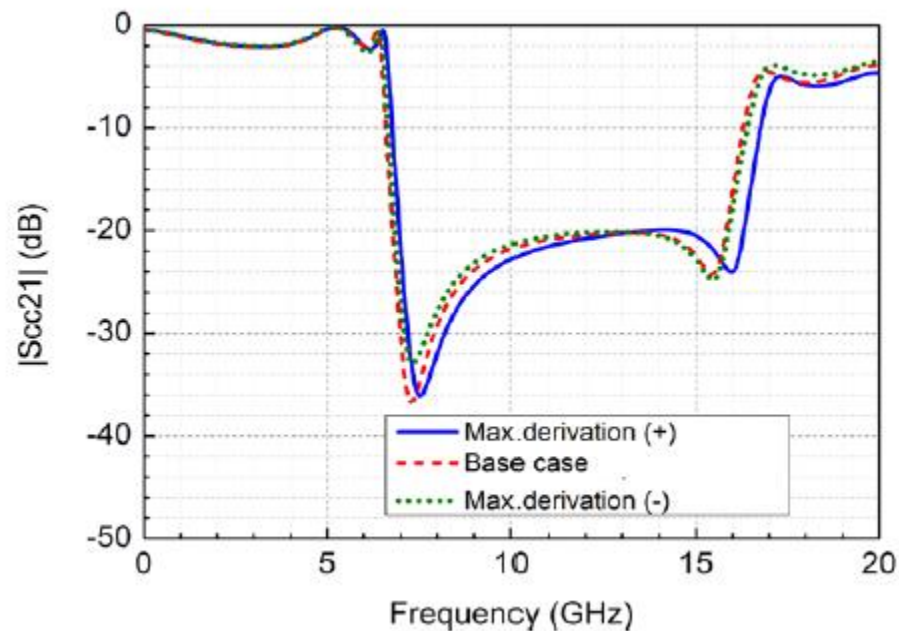
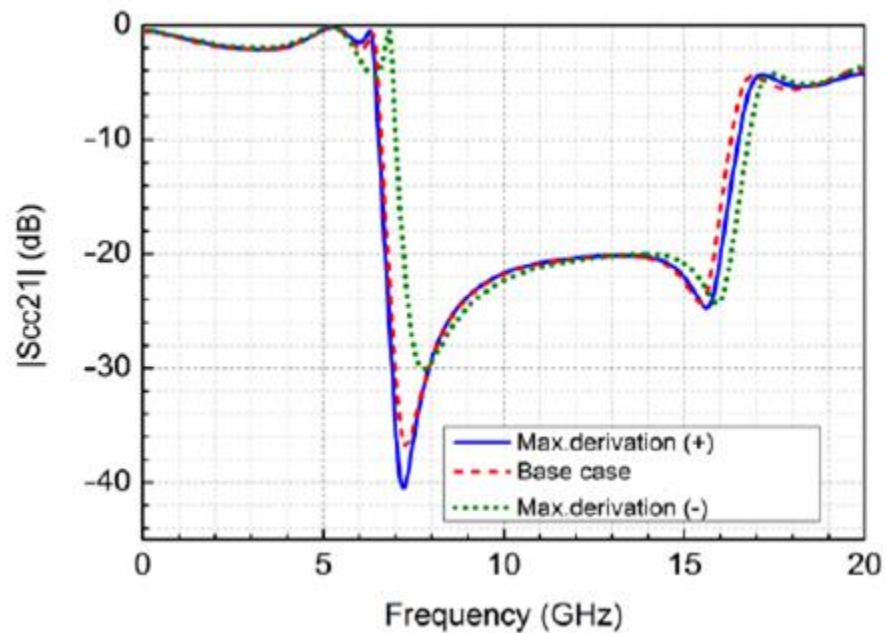
改变高速参考介质厚度，调整差分线宽线距，共模抑制变化小。

## 参考地层铜厚影响



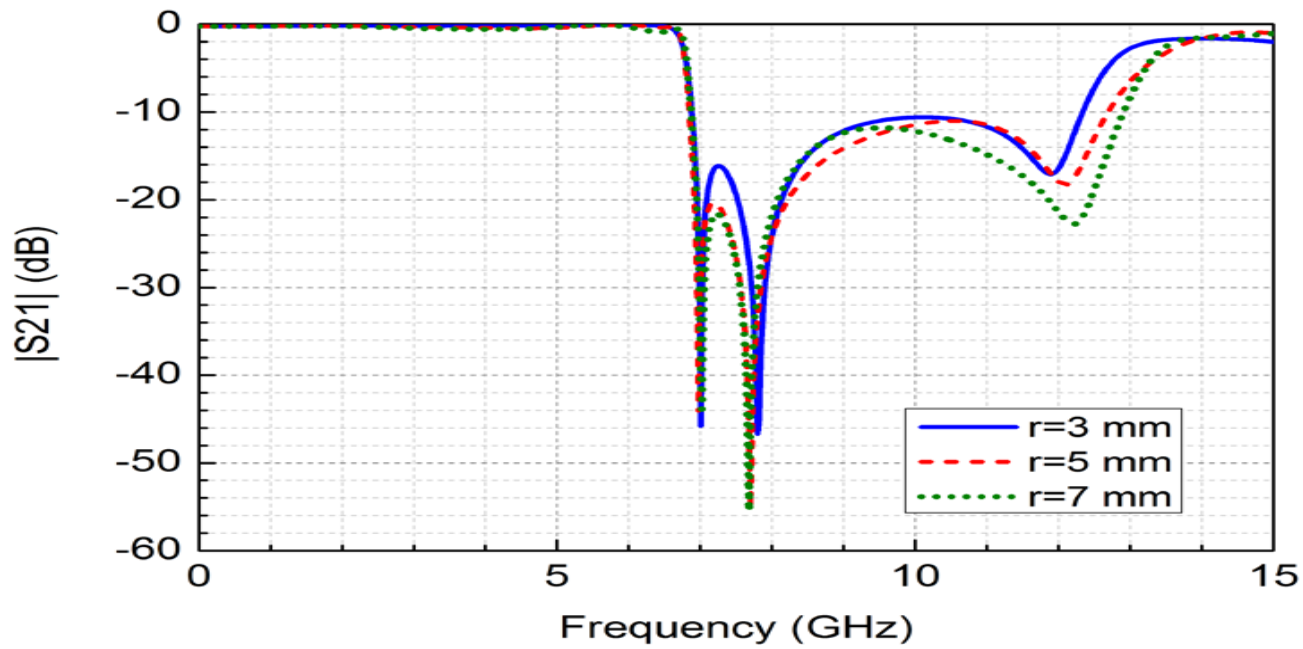
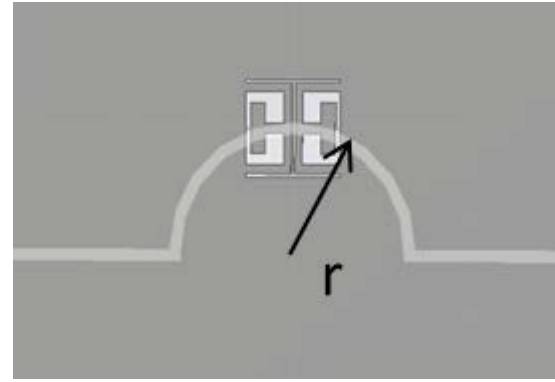
改变高速参考地层铜皮厚度，共模抑制变化小。

# 槽加工精度影响



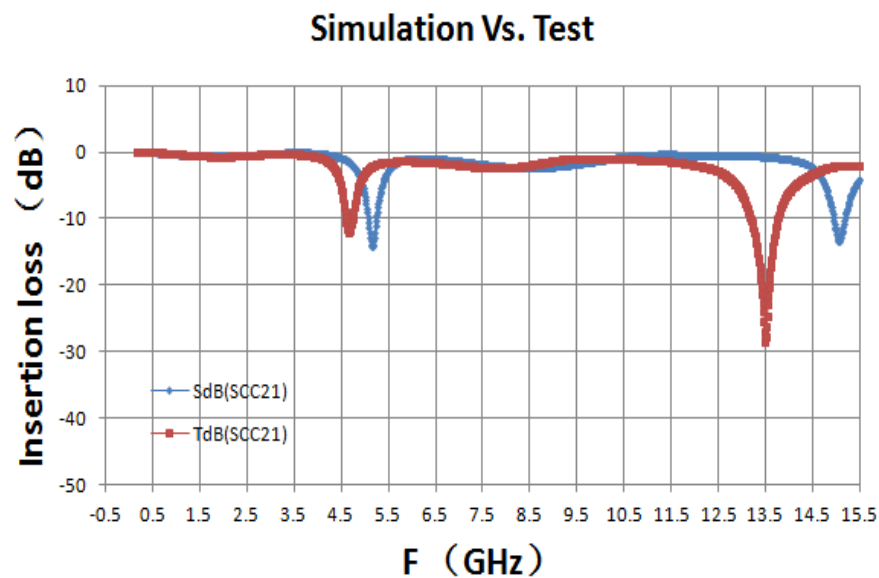
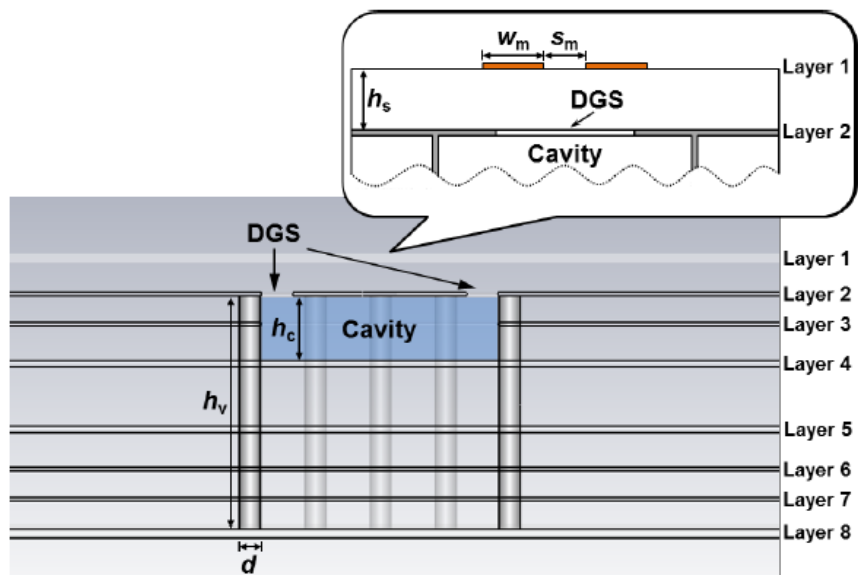
考虑加工腐蚀公差，对最小尺寸做容差分析，发现影响不大。

# 高速线倒弧影响



考虑表层走线倒弧、弯曲，仿真发现影响不大。

# 多层PCB应用问题分析

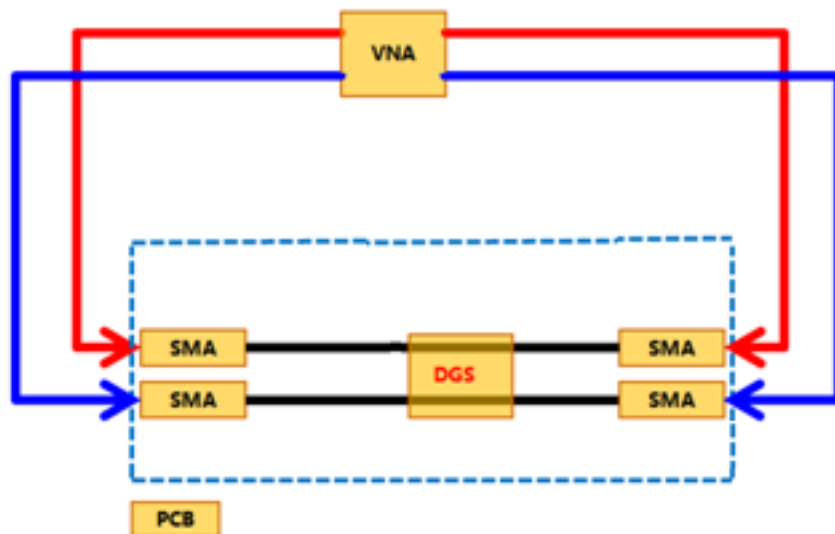


实际多层PCB，DGS放置不能影响布局布线；  
DGS下方地不挖穿情况下，共模滤波带宽变窄。

# 仿真实测分析

- 测试平台介绍；
- 仿真实测分析\_差分信号；
- 仿真实测分析\_单端信号。

# 测试平台

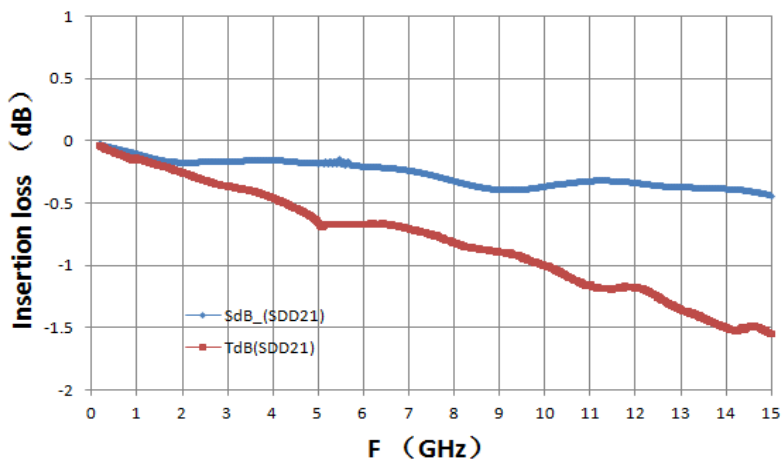


利用TRL校准方法，校除SMA连接头和非理想差分线走线影响；  
利用四端口网分测试S参数，提取差模信号和共模信号S参数；  
仿真实测对比分析DGS对差模和共模影响。

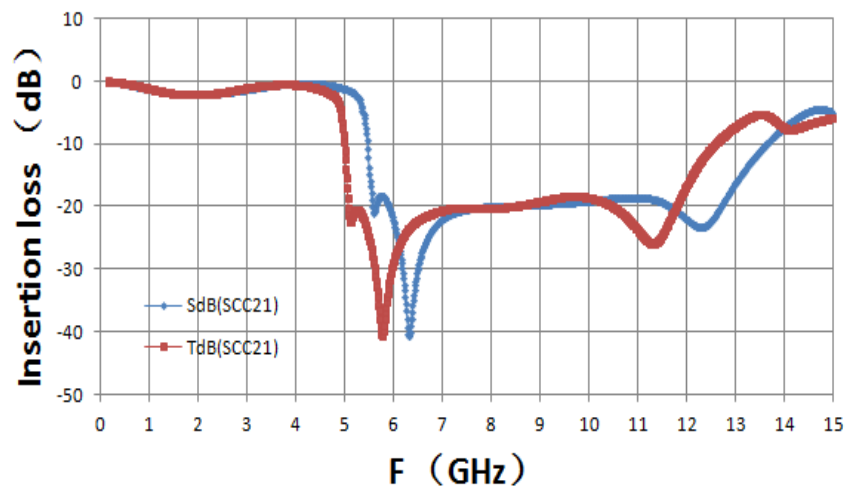


# 仿真实测分析\_差分走线

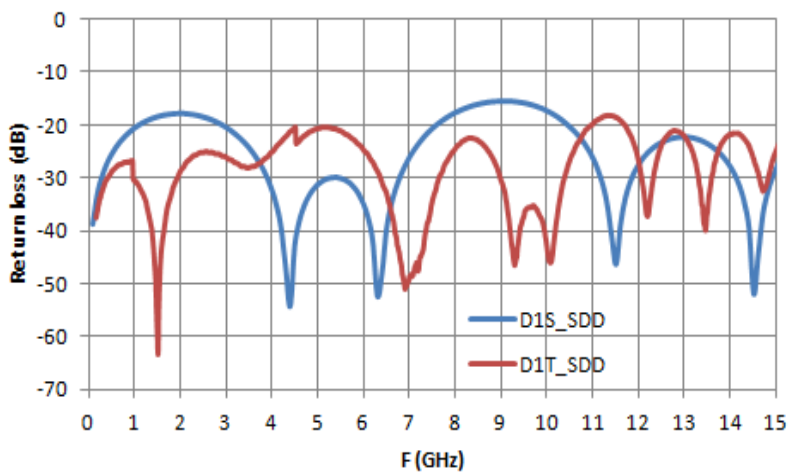
Simulation Vs. Test



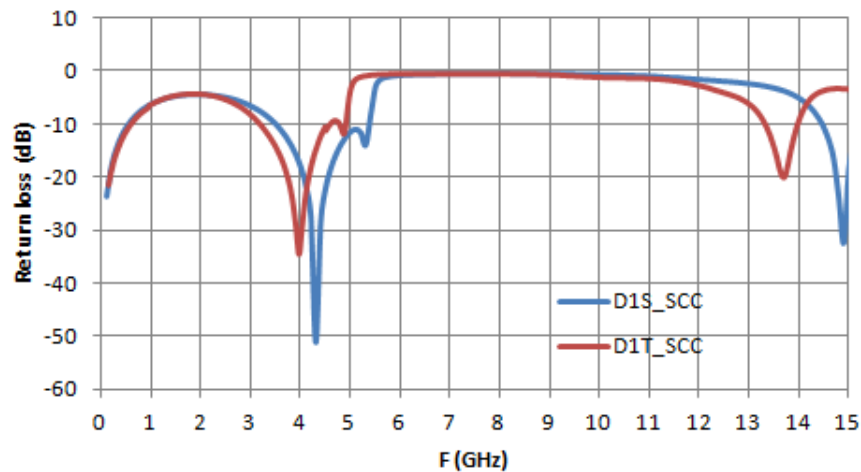
Simulation Vs. Test



Simulation Vs. Test

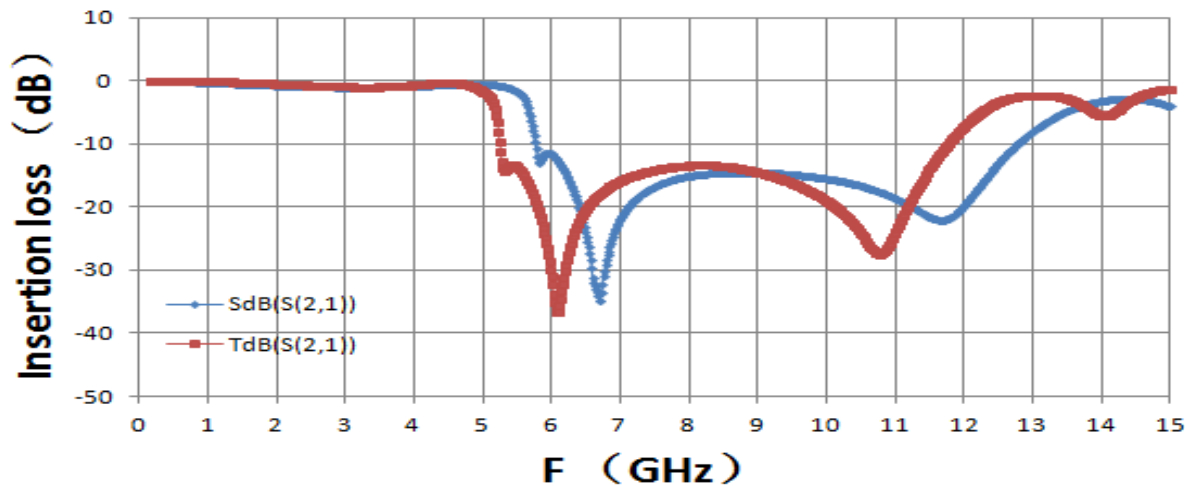


Simulation Vs. Test

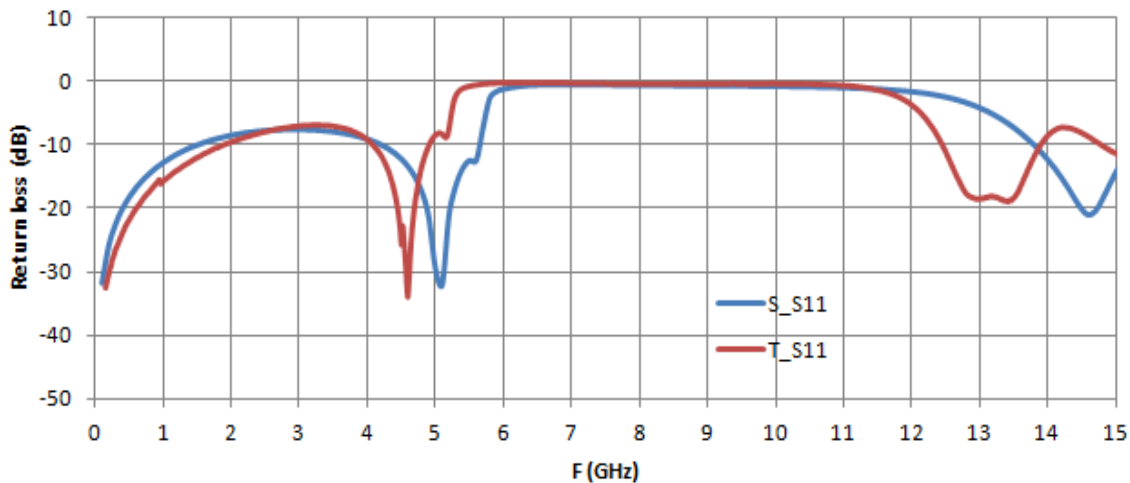


# 仿真实测分析\_单端走线

Simulation Vs. Test



Simulation Vs. Test



## 小结

- DGS技术对差模信号没影响，对共模信号抑制10dB+;
- 通过仿真分析介质厚度、DGS层铜厚、加工精度等因素的影响，评估实际PCB制造过程中DGS效果差异，节省时间和成本;
- HFSS操作界面简单，仿真效率高，仿真实测吻合良好，仿真可以指导实际PCB设计。

## 参考文献

- [1] S.-P. Gao, H. M. Lee, X.-K. Gao, P. Yu, C. Zhan, X. Feng, E.-X. Liu, and C. E. Png, “Common-mode filter using cavity-backed defected ground structure for multilayer pcb,” in *2016 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC 2016)*, 2016.
- [2] X.-K. Gao, H. M. Lee, S.-P. Gao, E.-X. Liu, and C. E. Png, “A compact common-mode noise suppression filter for high speed differential signals using defected ground structure,” in *2015 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC 2015)*, 2015, pp. 685–688.

ANSYS®



ANSYS  
**ONVERGENCE**  
CONFERENCES

2016

ANSYS中国技术大会  
中国·上海

感谢聆听