



PIM 及 PCB 天线

低PIM天线电路材料指南



Advanced Connectivity Solutions

无源互调

从1970年开始，PIM就成为无线传输系统的一个关注点。PIM会对多载波发射和接收信号的单天线系统产生影响。系统输入输出的轻微非线性将产生额外的低功率的带内信号，导致系统的噪声基底的增加，降低系统性能。在不断演进的无线通信技术中，PIM的影响越来越受到关注。为了满足对“长期在线”的无线通信日益增长的消费需求，4G LTE（第四代长期演进）等现代蜂窝通信技术出现且采用先进的调制技术来实现声音、视频和高速数据的可靠传输。这些通信系统依赖弱干扰和低PIM以实现功能的优化。PIM的减小通常与包括蜂窝基站在内的各类无线基站的天线相关。而天线PIM的降低从PCB（印刷电路板）层压板开始，通过仔细选用材料、加工方式和先进测试来获得低PIM性能。良好的设计以及对PCB层压板特性的正确理解、控制和监测能实现系统良好的PIM特性。

在理想线性多载波频率系统中，尽管功率值会发生“线性失真”（衰减），但不会生成新的频率成分。然而，当系统表现出非线性时，例如功率放大器接近饱和功率值时，就将产生输入载波频率线性组合的新的频率成分。如考虑同一频带内两个靠近的频率信号 f_1 和 f_2 （图1）。它的“二阶”IM信号频率分别为 $2f_1$ 、 $2f_2$ 和 $f_2 - f_1$ 。包括二阶IM信号在内的所有偶阶IM产物都距离工作频带很远，容易被滤除。而三阶产物包括 $3f_1$ 、 $3f_2$ 、 $2f_1+f_2$ 、 $2f_1-f_2$ 、 $2f_2+f_1$ 和 $2f_2-f_1$ 。部分三阶产物距离工作频带也很远，但部分($2f_1-f_2$ 和 $2f_2-f_1$)则落在工作频带内影响系统通信性能，如图1所示。部分高奇数阶IM产物（如5阶，7阶，9阶等）也都落在工作频带内，但其功率值远低于3阶产物而通常不予考虑。

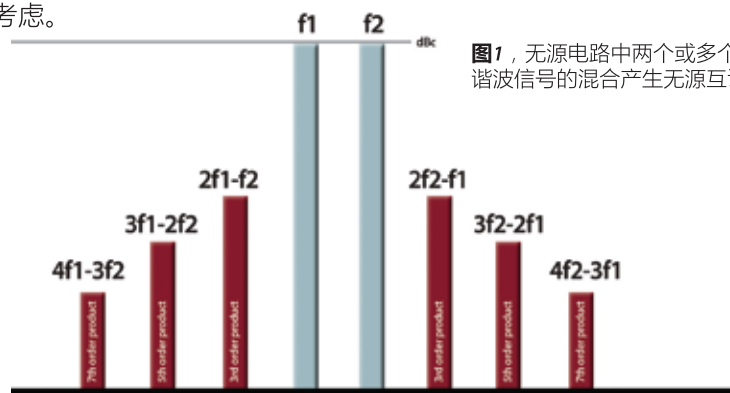


图1，无源电路中两个或多个载频信号与谐波信号的混合产生无源互调

PIM是指无源系统中发生的互调，其功率值通常远低于形成它们的发射信号。 -153 dBc的PIM值意味着PIM信号功率值和发射信号功率值比值为 5×10^{-16} 。然而，由于接收信号的功率值也很低，PIM增加的噪底仍会导致系统通信质量下降。

测试

多种因素会影响基站发射端的PIM。在天线附近的电磁场中，黑色类金属（铁钴镍）或磁性材料的存在会显著增加PIM值。连接器导体面上的导体颗粒或碎片等连接问题也是导致PIM增加的常见原因。

在设计和使用PCB天线时，首要的是理解PIM并非层压板的一个基本属性。正如插入损耗、增益、方向性等重要电气参数，PIM是高度依赖于系统设计的系统特性。然而，通过罗杰斯公司的大量研究，我们已确定那些有助于降低PIM的层压板参数。

天线设计者都知道降低电流密度是实现系统低PIM的关键。从层压板角度，罗杰斯公司认为高导体纯度、低导体表面粗糙度以及对介质配方、物理属性和导体-介质面结合处的合适控制等可以有效抑制PIM的产生。



图2, 带有PIM分析仪的高性能测试装置为不同电路层压板提供PIM值测试

从2002年开始, 罗杰斯公司就对PIM进行实验室定期测试, 并形成了层压板行业内无与伦比的技术和数据知识库。安装于罗杰斯R&D实验室内的Summitek 1900b是罗杰斯公司的第一个PIM测试设备, 该设备用于研发和材料的定期验证。2015年初, 罗杰斯公司在天线级材料生产基地增加了两台Kaelus iQA-1921c设备 (图2)。常规定期监测PIM值已经成为罗杰斯公司标准产品过程的一部分。

罗杰斯公司常规定期PIM测试样品为1.5 mm (0.060")厚介质基材上的305mm(12")长的50 ohm传输线, 馈入两个43dBm (20W)、频带为1900MHz的单音信号进行测试。反射PIM (又称为反向PIM) 测试方法是在样品一个端口连接PIM分析仪, 在样品另一端与低PIM负载相连进行测试。测试样品是在12"x18"层压板上刻蚀得到的且以1.5mm FR-4背板支撑4个传输线电路, 通过0.141"镀锡低PIM同轴电缆和轻质低PIM同轴-微带连接器实现与电路板的连接。测试中小心移动测试样品, 并通过减小焊锡连接点应力等方法, 直到得到和记录最低且稳定的PIM值。最终记录的层压板PIM值是所测试的4个测试样品稳定状态下的PIM的平均值。

当尝试区分“好”PIM值 (-153 dBc范围内) 与“优”PIM值 (低于-160 dBc) 时会发现, 实验测试结果自身也存在很大差异, 因为该值与噪底非常接近。因此, 为了理解相对准确的PIM, 重复多次测试是十分重要的。

简单的例子可说明在PIM测试中电路设计和电流密度的重要性。基于0.030"罗杰斯RO4534™层压板的50ohm传输线的典型PIM值为-153 dBc。而某客户在该层压板上设计的滤波器PIM值低于-160dBc, 该差异主要原因就是由于电流密度不同。

区别

罗杰斯公司一直持续在不同生产工厂中进行对PIM的测试和研究。大量PIM数据较好的反映了不同类型的层压板材料的开发适应了不同种类低PIM天线应用需求, 如包括RO4500™热固系列层压板 (见表1) 和AD系列玻璃布增强的PTFE (聚四氟乙烯)/陶瓷天线电路材料 (见表2)

表1. 罗杰斯公司热固天线层压板

层压板	介电常数 (10 GHz, z向)	损耗因子 (10 GHz)	热导率 (W/m/K)	PIM (dBc)
RO4533™	3.30	0.0025	> 0.60	<-157
RO4534™	3.40	0.0027	> 0.60	<-157
RO4535™	3.50	0.0037	> 0.60	<-157
RO4725JXR™	2.55	0.0026	> 0.40	<-160
RO4730JXR™	3.00	0.0027	> 0.40	<-160

所有材料的测试均使用0.06英寸 (1.5mm) 厚的层压板和12英寸长的微带传输线电路

表2. 罗杰斯公司WG PTFE/陶瓷 天线材料

层压板	介电常数 (10 GHz, z向)	损耗因子 (10 GHz)	热导率 (W/m/K)	PIM (dBc)
AD250C™	2.50	0.0014	> 0.30	<-157
AD255C™	2.55	0.0014	> 0.30	<-157
AD300C™	2.97	0.0020	> 0.50	<-157

RO4500系列天线级材料包括RO4533, RO4534, RO4535等三种电路板材料。它们都是陶瓷填充, 玻璃布增强的热固

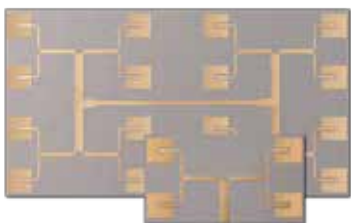
RO4500系列天线级层压板是陶瓷填充、玻璃布增强的热固性树脂材料, 具有极低的PIM特性。



性树脂材料, 具有极好的尺寸稳定性和均一的机械特性以提高PIM的性能。

RO4500™系列材料在10GHz时z向的介电常数(Dk)范围为3.3到3.5, 损耗角正切或损耗因子(Df)范围为0.0025到0.0037。所有这三种材料都具备良好的热导率, 能实现高功率条件下的有效散热。使用罗杰斯内部测试方法和连接器对微带传输线样品电路进行测试时, 在两个43 dBm单音信号下测试得到的PIM值均优于-157 dBc。

AD系列天线级材料包括AD250C™, AD255C™和AD300C™等层压板。该电路材料是基于低损PTFE树脂和经过精良挑选的填充颗粒和玻璃纤维增强的组成结构, 以实现低损和



AD系列天线级层压板是PTFE树脂与特殊填料相结合的、玻璃纤维增强的材料, 以实现的卓越PIM性能。

较严格介电常数偏差, 且机械性能稳定。实际上, 10GHz条件下测试的三种材料的z向Dk值范围为2.5到

2.97, 其偏差不超过±0.05。和RO4500系列材料一样, AD系列层压板具有良好的热导率和低z向热膨胀系数(CTE), 在制作电镀通孔(PTHs)过程中表现出良好的稳定性。同样, AD系列层压板具有低的PIM值, 使用罗杰斯内部测试方法和连接器对相应测试电路表明PIM值优于-157dBc。

上述两个系列电路材料对天线PIM值的影响均很小。但通过大量的测试和研究发现, 罗杰斯公司具备能力生产更低PIM值的天线级材料, 即RO4725JXR和RO4730JXR天线级电路材料。这两个材料也是热固性材料, Dk值分别为2.55和3.0, 损耗角正切分别为0.0026和0.0027。对于天线设计(或相关PIM性能的无源器件设计), 使用基于0.060”(1.5mm)厚的标准测试电路和测试设备得到的两种层压板的PIM值均低于-160dBc。

这两种材料几乎呈现出不可测的低PIM值, 同RO4500和AD系列材料一样, 为天线及其他需要抑制PIM的无源器件的设计提供了优秀的材料选择。电路或系统中许多因素会影响PIM, 甚至层压板的厚度和介电常数也会间接影响PIM, 因为它们会影响传输线的物理尺寸, 从而使电路的电流密度增加。然而, 以这些电路层压板选型为起点, 天线设计者便更有信心实现最低PIM值的天线设计。



Helping
power, protect, connect
our world™

美国-亚利桑那, 电话. +1 480-961-1382

欧洲-比利时, 电话. +32 9 235 3611

中国 +86.21.62175599

www.rogerscorp.com

RO4534, AD 系列, RO4500, AD250C, AD255C, AD300C, RO4533, RO4535, RO4725JXR, RO4730JXR, Helping power, protect, connect our world, 均为罗杰斯公司或其子公司的注册商标。

注册成为**技术支持中心**会员可以获得计算器、文献、视频和技术文章等资料。
www.rogerscorp.com/techub

