

隐形连接器开启未来 5G 时代

Signal Microwave 公司使用仿真技术设计高速射频装置的专用连接器。

作者 SARAH FIELDS

随着移动通信用户数量的迅速增加，市场对高速通信的需求也日益增长。相关企业和行业团体正在夜以继日地奋战，全力应对这一挑战。5G 网络的速度预期将比 4G LTE 快 100 倍，宽带连接速度可提高 10 倍。“我们需要解决很多问题，才能将 5G 技术从概念转化到实际应用中。” Signal Microwave 公司的联合创始人 Bill Rosas 表示，“我们的首要任务是要能整体实现 5G 技术，同时必须解决从网络测试到更新系统互联的各项技术。”

对于连接器而言，即便是微小的技术细节，也值得研发人员投入大量的精力进行研究。这些不可替代的机电组件的作用是连接电气终端，保证终端能正常地将电磁能量通过一条传输线传到另一个组件，实现数据的传输或解析。所有电子设备和系统都离不开连接器，其精度对于传输信息的电路而言至关重要，尤其是在数据传输速率不断提升的今天，连接器的重要性更是不言而喻。

Eric Gebhard 和 Bill Rosas 共同创立了 Signal Microwave 公司，其核心业务是为信号完整性分析领域提供定制的连接器和。Signal Microwave 有能力持续提升电路的数据传输速率，满足优化射频、微波和毫米波连接器的需求，为未来 5G 的发展奠定坚实的基础。

» 频率增加带来的复杂性

从事射频（radiofrequency，简称 RF）连接器设计的专业人员面临着一系列的难题。他们一方面要考虑几何形状、尺寸和传输的限制要求，另一方面还要保证连接器与传输线的阻抗相互匹配。Rosas 表示：“5G 应用的组件制造商在供货速度方面无可挑剔，开发和提供高性能组件的能力是在市场竞争中取胜的关键。”

当频率增高时，几何结构或材料选择造成的微小失真会

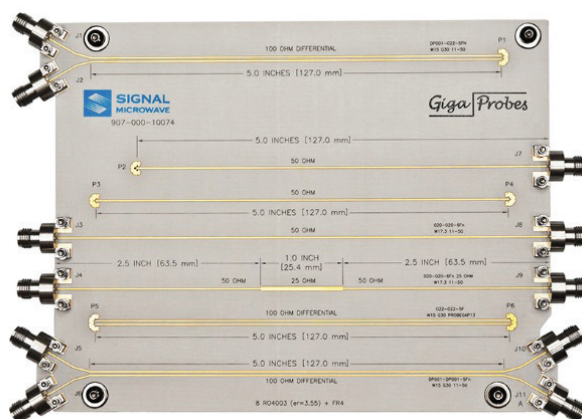
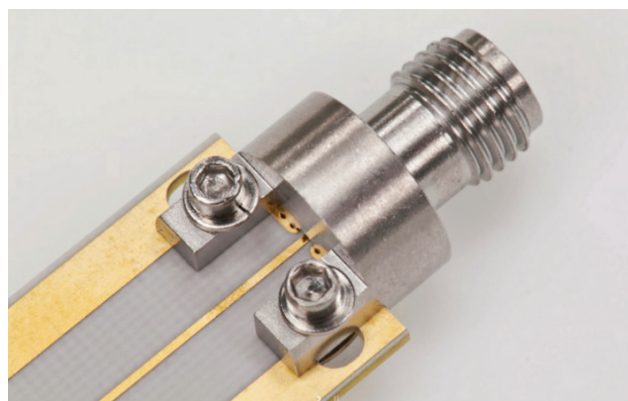


图 1. 发射转换器的特写图(上)；由 5G 系统工程师制作的测试电路板(下)。

被放大，致使保证阻抗匹配的难度增大。图 1 的照片显示了专为开发中的 5G 通信应用而设计的射频连接器。

仿真可以帮助设计人员进行深度优化，Gebhard 和 Rosas 对具体的实现方式表现出了浓厚的兴趣。Signal

Microwave 拥有广泛的客户群，其中一部分工程师客户专为通信领域、商业和军事应用开发频率为 40~110 GHz 的高频装置。

» 设计射频连接器

多物理场仿真让 Eric 和他的团队能够快速地对每一位新客户提出的设

“开发和提供高性能组件的能力是在市场竞争中取胜的关键。”

— BILL ROSAS, SIGNAL MICROWAVE 公司联合创始人之一

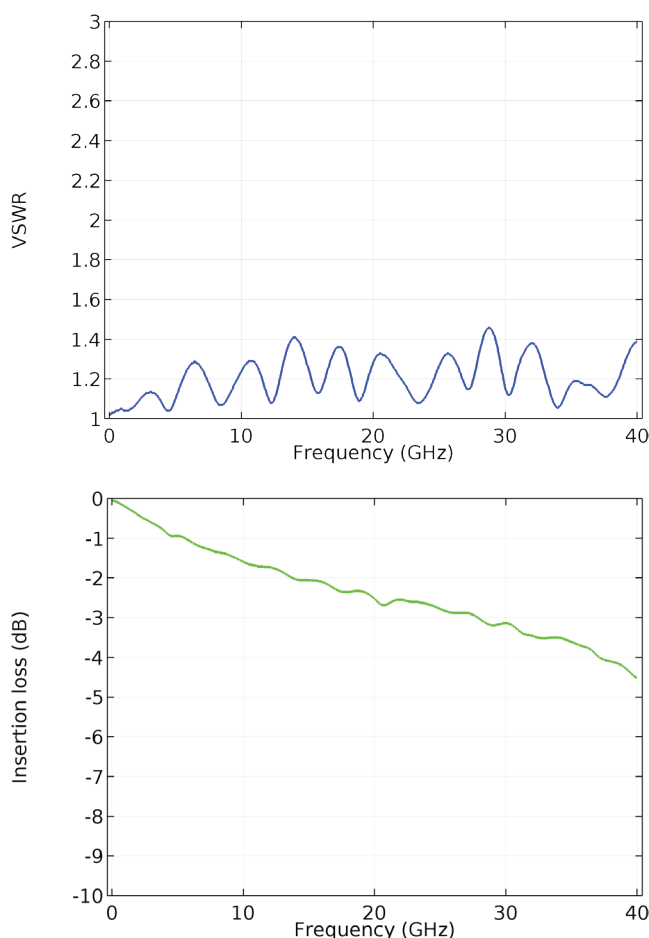


图2. Signal Microwave 部件中测试电路板的电压驻波比 (VSWR) 测量值(上)和插入损耗(以 dB 为单位的 S21 参数的值,参考下图)。

计挑战。Gebhard 表示：“COMSOL 软件可与多种设计工具进行交互使用，这一功能可以让我们的团队高效地开发并优化连接器，满足不同行业客户的个性化要求。”这种方式缩短了产品的上市时间、减少了总体开发成本，并降低了对投资的需求。另外，由于组件设计人员无需考虑连接组件安全性方面的问题，这让他们可以放心地将全部精力投入到

其他关键环节。

简单来说，设计人员需要将电连接器的机械部件转换为传输线。在设计射频连接器时，首要设计目标是制造出可实现“电隐形”的组件，即通过使连接器与传输线的其余部份保持基本相近的性能，尽可能地减少电阻和能量损耗。Gebhard 说：

“阻抗不匹配会引起回波损耗，导致信号失真或衰减，我们希望最大限度地减少这

一问题。”借助仿真分析，设计人员在进行制造和测试前，就可以完成对产品的优化。

» 通过仿真寻找完美的连接器

通常情况下，Signal Microwave 的客户会要求提交单件连接器的具体几何参数，并预先确定阻抗值，然后他们会据此进行剩余的设计工作。Gebhard 和 Rosas 采用了一种整体分析方法来设计连接器，并在设计之前预先加入电路板和设备的总体要求。该团队通常会先在 Solid Edge® 软件中构建几何体，再将几何导入 COMSOL Multiphysics®，然后使用软件中的 RF 建模功能来分析和优化设计。

Gebhard 对测得的电压驻波比 (voltage standing wave ratio)、回波损耗和插入损耗，以及由阻抗不匹配或意外的不连续性导致的功率损耗进行了仿真分析，这些参数都应降至最小。举例来说，Signal Microwave 组件

中测试电路板的电压驻波比测量值小于 1.5:1，与仿真结果一致，说明了反射功率和回波损耗足够低 (图 2 上)。根据仿真结果，该团队判断插入损耗较为平缓，损耗随着频率的增高而逐渐增加 (图 2 下)。借助多物理场仿真，Signal Microwave 的团队建立了反射功率最小的无焊接边缘连接器组合，这一组合可以拓展到毫米波的范围。

» 边缘启动连接器

Gebhard 同时还模拟了两个边缘启动连接器，连接器利用 50 欧姆的同轴集总端口进行激励和终止。在这个案例中，接地共面波导 (grounded coplanar waveguide) 电路板在 8 密耳 (mil，容量单位) 的基材上完成制作，基材的介电常数为 3.55。金属过孔将共面波导的一对接地平面连接到底部的接地平面 (图 3)。

Gebhard 解释说：“为了成功实现连接器的‘电隐身’，我们采取的方法是通

“我们的首要任务是要能整体实现 5G 技术，同时必须解决从网络测试到更新系统互联的各项技术。”

— BILL ROSAS, SIGNAL MICROWAVE 公司联合创始人

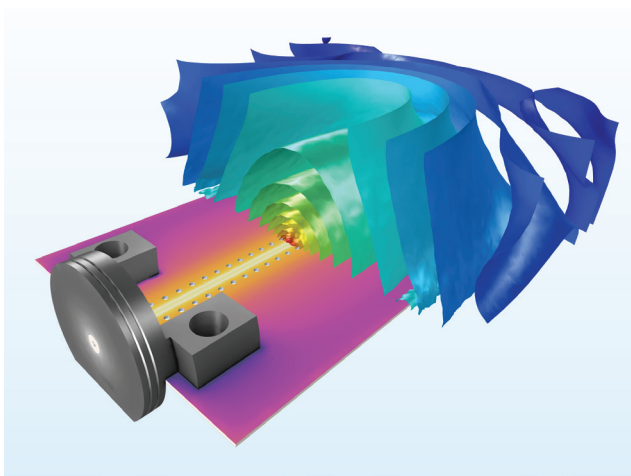
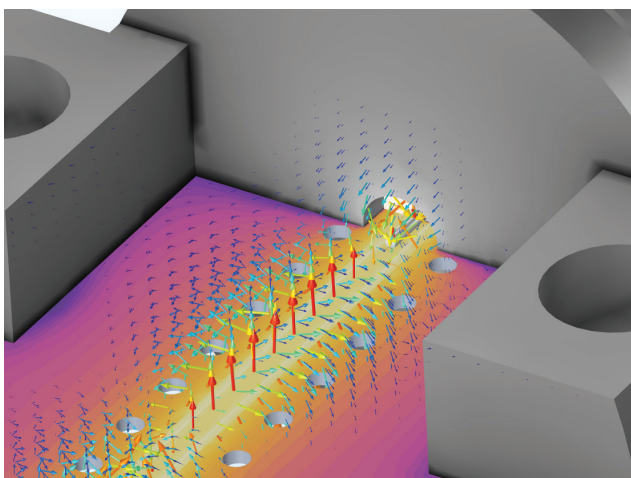
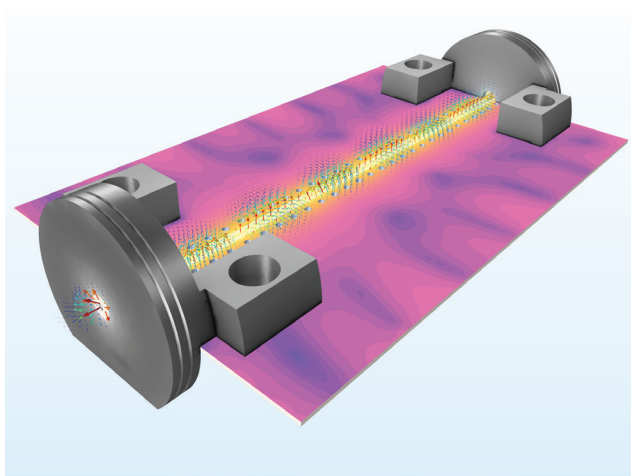


图 3. 结合了 5G 和卫星通信技术的高速互连应用的测试电路板仿真图像。在 20 GHz 下，电场中以 dB 为单位的模量的云图和箭头图(上)。第一张绘图放大版(中)。在 1 GHz 下，电路板顶部电场中以 dB 为单位的电场模的等值面图(下)。

过仔细检查几何的不连续性来尽量减少反射，在此过程中我们利用了 S 参数来描述回波损耗。”

除了通过修改几何结构来最大程度地降低回波损耗，Gebhard 还可以通过优化介电材料来获得所需的阻抗。在某些情况下，Gebhard 也会使用 COMSOL® 软件来计算结构设计的相关问题，例如拆下连接器主体上的针脚所需要的最小力。

» 从高度匹配到成为现实

Gebhard 同时还开发了频率为 70 GHz 的盲插式连接器，可以适用于自动测试设备。在软件中完成对射频模型的创建后，他制作了物理样机。令人吃惊的是，连接器样机并未按照预期实现正常工作。在对物理原型进行细致的分析后，Gebhard 这才意识到连接器存在一个微小的缺陷。经过工程技术鉴定，Gebhard 回

到原始模型，并将缺陷添加进来。最终，仿真结果与物理测试数据完美匹配。

“虚拟设计正确无误，然而物理样机却出现了我们没有预料到的缺陷。在对样机进行详细的测试后，我们发现了问题的所在，并将缺陷添加到了虚拟模型中。最终，生成的仿真结果与观察到的问题完全一致。对我们来说这真是一个灵光乍现的体验。”

“在这个案例中，我惊喜地看到仿真结果与现实如此高度地吻合。我们随后又在这个射频连接器设计中添加了一些特别的构思，十分期待亲眼看到这些连接器的性能表现。”

高精度的仿真工具让 Gebhard 可以不受约束地设计和制造针对专业射频应用的定制化连接器，不仅减少了对物理样机的需求，同时还有效地缩短了开发周期。◎



从左至右: Bill Rosas 和 Eric Gebhard, Signal Microwave 公司联合创始人。