

高性能功率器件模组与多物理场仿真

→ 电力电子中热管理的再思考

电力电子行业为数十亿的用户提供从新潮汽车、智能手机、平板电脑，到其他各种无线设备等产品。热管理会极大地影响这些设备的性能，比如，如果温度高于指定工作条件，就可能出现过热，或造成电阻上升、切换频率降低以及阈值漂移等问题。所有这些效应都会导致设备效率及可控性的降低，最终造成设备故障。在当今电子产品更趋向于小型化、轻型化的潮流下，热管理问题也变得更具挑战性。

因此，对于可以控制传热和电流的功率器件模组需求在不断上升，从而使电子设备能够在较高的频率和温度下稳定运行。Wolfspeed, A Cree 公司的工程师们已经开始开发一种新的功率器件模组，希望它的稳定性和灵活性能优于当前市场上的其他产品。他们面临的最大挑战是要最小化热阻和会造成电压尖峰的寄生电感。为改进热管理及延长产品寿命而开发的这种新型功率器件模组包括裸芯片（器件）、触点、互联、环绕外壳，以及基底组件。

→ 通过仿真节省时间和资金

对 Wolfspeed 公司的资深工程师 Brice McPherson 而言，COMSOL Multiphysics® 仿真是一个非常有用的工具，它可以极大地帮助节省设计阶段的时间和费用。他的新设计基于两种宽禁带半导体：氮化镓（GaN）和碳化硅（SiC），它们可以在较高的频率和温度下稳定工作。在他们尝试找出几种材料和属性的最佳组合，有效优化重量、切换频率及密度的过程中，仿真是

必不可少的组成部分。“Wolfspeed 专注于大功率密度产品，需要在设计完善前进行许多精密测试。因此能在正式投入资金和时间制造原型机和产品之前对设计进行模拟，将非常有价值。”他评论道。

McPherson 能使用 COMSOL® 软件模拟焦耳热，分析导体产生的热量，以及研究对类似基底和底座厚度等几何方面的更改将带来的影响。他还建立了参数化扫描，研究热阻随基底导热系数和器件尺寸的变化。“通过参数化模拟，你可以精确找出对系统影响最大的参数，并在性能、复杂度和成本之间找到一个最好的折中方案。”他补充道。



新型 Wolfspeed 功率器件模组。整个器件略大于 25 美分硬币。

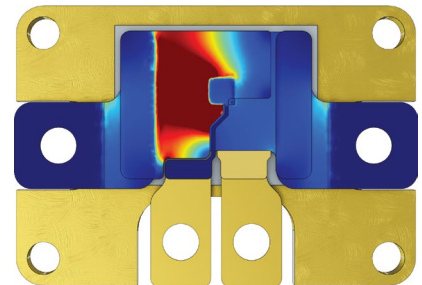
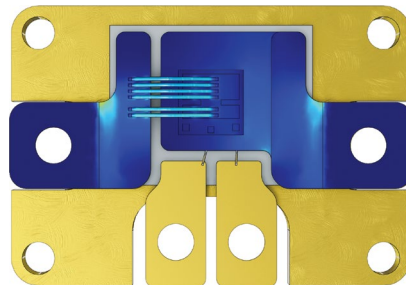
→ 仿真结果促成了半导体解决方案

McPherson 成功优化了功率器件模组的热和电性能。他的 COMSOL 模拟结果显示，两款新设计的电感和热阻均低于常见的 TO-254 型商用晶体管。他应用了不同的温度和电压边界条件，分析由此产生的电感、热阻和电流密度，然后据此调整设计以优化载电流容量和面积。利用多物理场仿真最终设计的 Wolfspeed 功率器件模组，不仅极大改进了热管理，还支持在更为严苛的环境下工作，例如超过 225 °C 的高温环境。

→ 与整个团队分享仿真

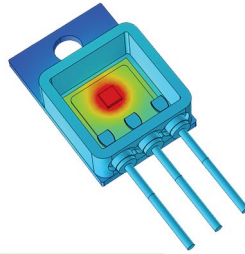
COMSOL 还是一个 App 应用程序设计环境。McPherson 利用 COMSOL 的 App 开发器将他的仿真模型转换为应用程序

“能在正式投入资金和时间制造原型机和产品之前对其进行模拟，这非常有价值。”



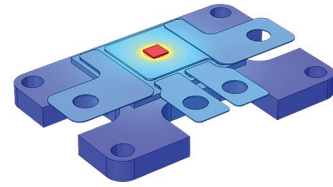
仿真结果显示了 SiC（左）和 GaN（右）功率模块中的电流密度。SiC 电源中的电流密度较低（适用于大电流），且电流主要集中在焊线中。GaN 电源的平均电流密度较高，但可以提供更大的导电区域（较小电感的理想选择）。

TO-254

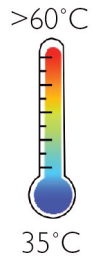


1.41 °C/Watt

GaN HEMT



1.16 °C/Watt



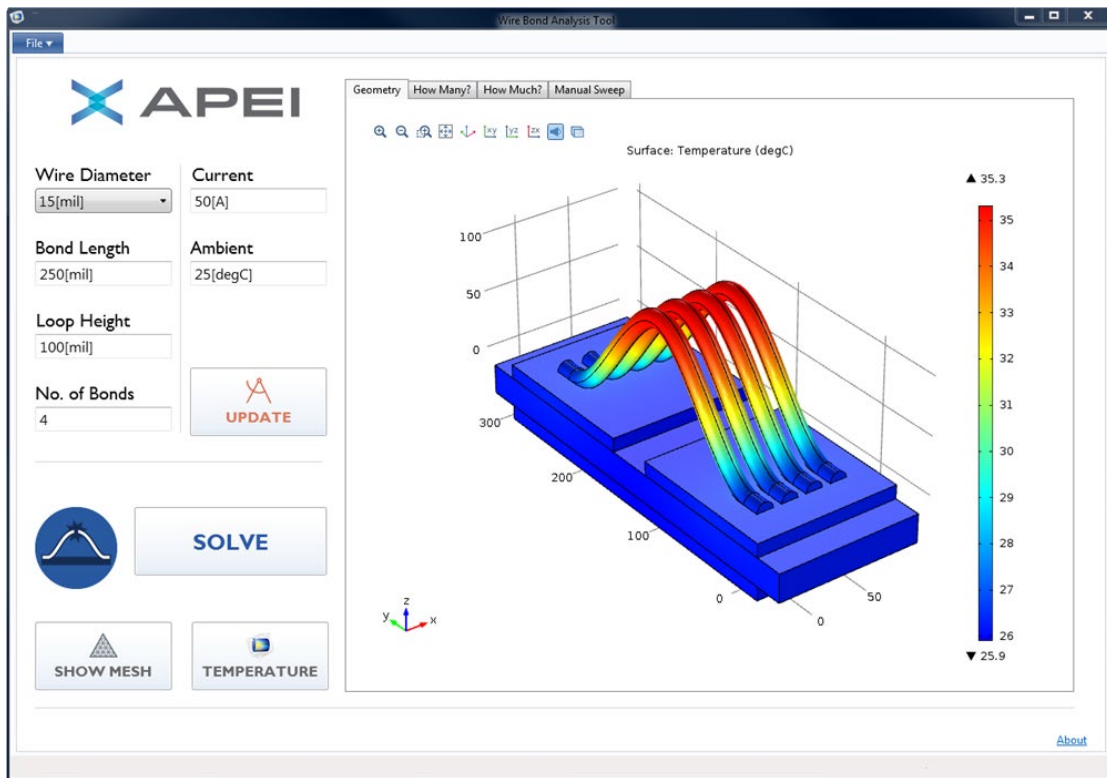
App, 因此能更轻松地与同事分享仿真与结果, 包括那些没有工程背景的同事。他的最新 App 研究了焊线的载流流量和熔断电流, 焊线是用于连接半导体器件与类似新型 SiC 和 GaN 模块的小电线。“我们要时刻牢记希望通过这些焊线传输多大的电流……这在很大程度上取决于焊线和回路的几何结构。” McPherson 解释道, “现在, 我们可以使用一个简洁的 App 来获取数据, 无加速其他一些设计过程。“我们写了许多计划书, 通常需要

TO-254 与 McPherson 电源组的热阻结果对比。SiC (左), GaN (右)。

一位工程师花费一整天的时间进行首回合分析…… App 开发器在这方面也非常重要。”

使用 COMSOL Server™ 许可证, 可通过任意主流的网络浏览器运行 McPherson 的 App。用户可以轻松地使用 McPherson 的 App 确定最大允许电流, 查看焊线数

量对峰值温度的影响, 以及确定在指定电流输入、温度和几何设定下所需的给定直径的焊线数量。借助多物理场仿真及由模型转换成的 App, McPherson 轻松地对 Wolfspeed 电力电子电源中热管理的重新设计。❖



App 显示了焊线中的温度变化。终端用户可以更改焊线长度、回路高度, 电流电平以及焊线数量。