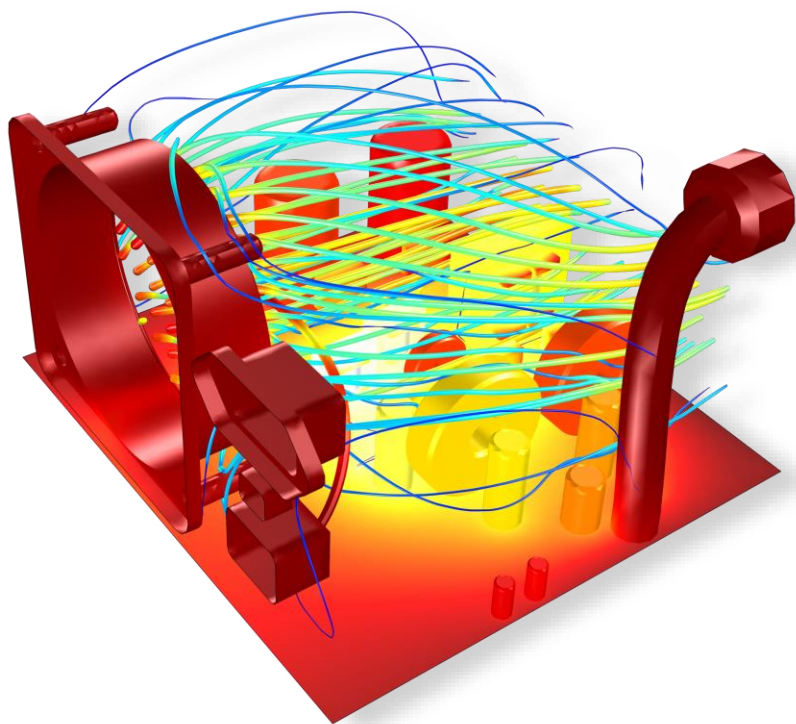


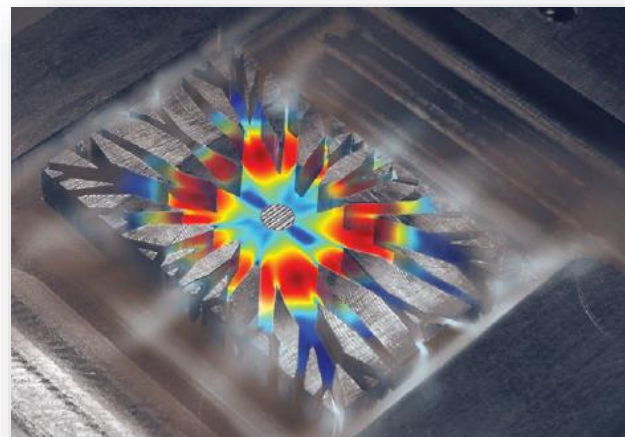
# 多物理场仿真 在电源管理以及功率器件设备中的应用



COMSOL 中国  
王刚 博士

# 日程

- COMSOL 简介
- 电源管理及功率器件设备涉及的多物理场
- 多物理场仿真的应用
- App 仿真设计工具

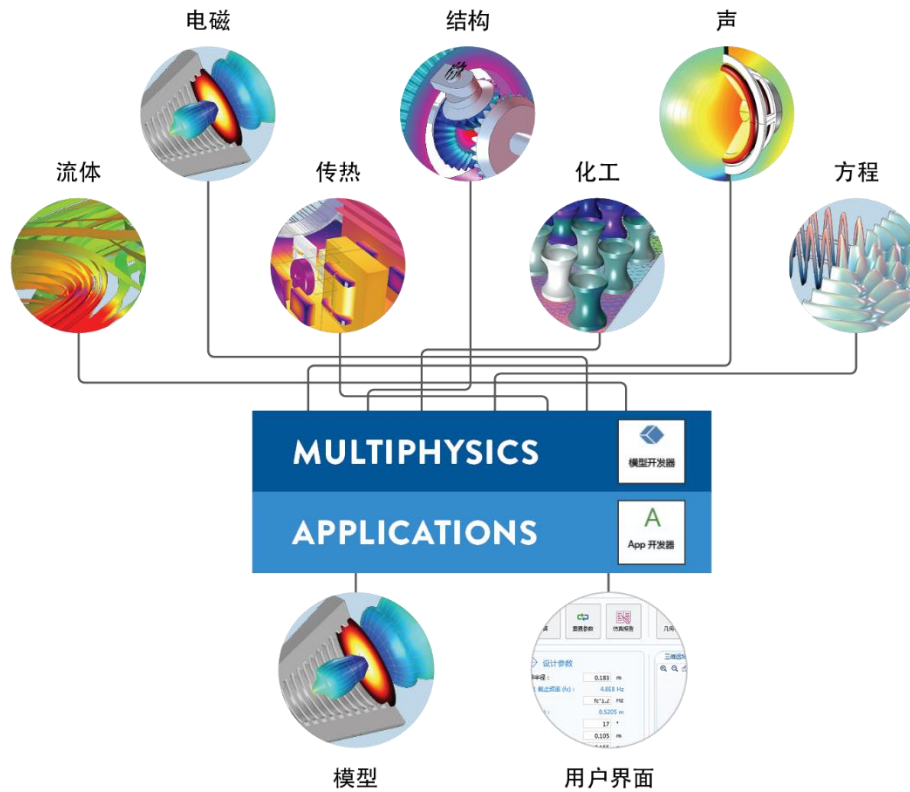


# COMSOL 公司

- 致力于为广大高科技企业和研发机构提供最优秀的多物理场仿真分析软件

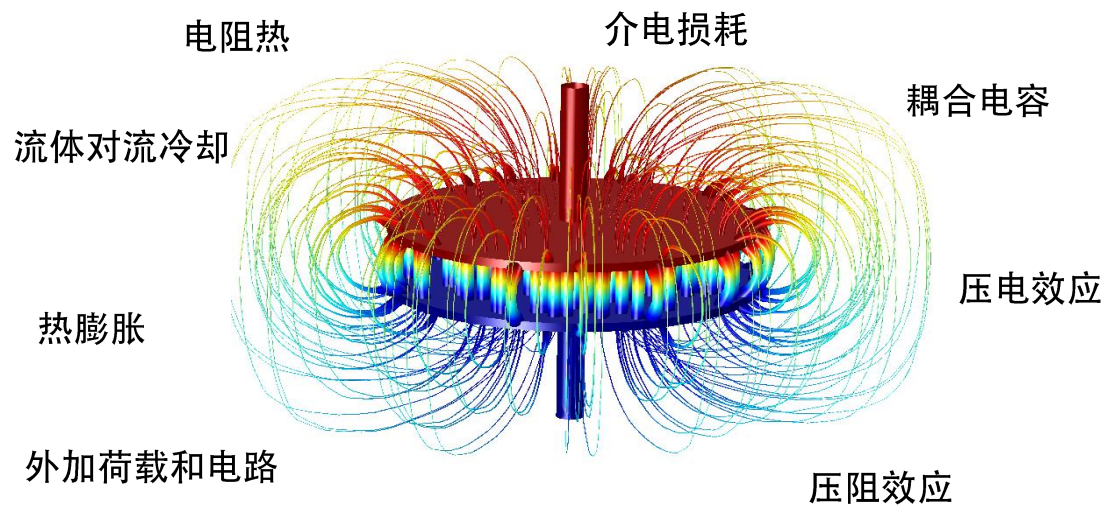


# COMSOL Multiphysics®



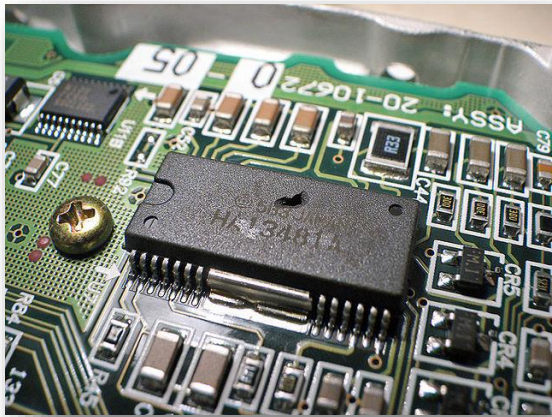
# 电源管理及功率器件设备涉及的多物理场

- 电子设备：电流场、磁场、半导体、电化学等
- 热管理：强制对流散热—流场
- 热量/温度分布：温度场
- 热引起的应力和变形
- ...



# 电源管理及功率器件多物理场分析的必要性

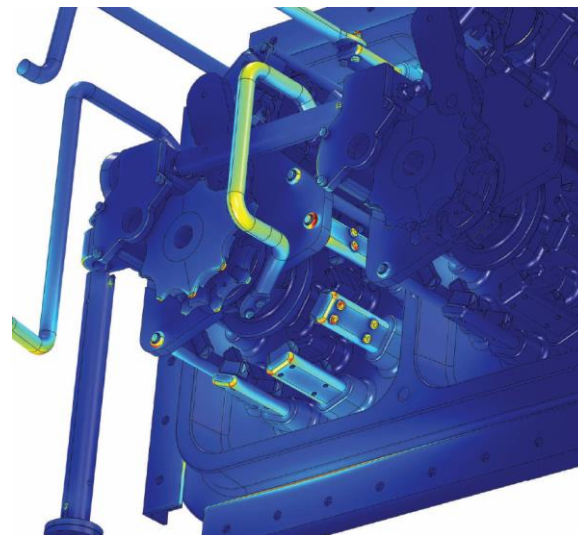
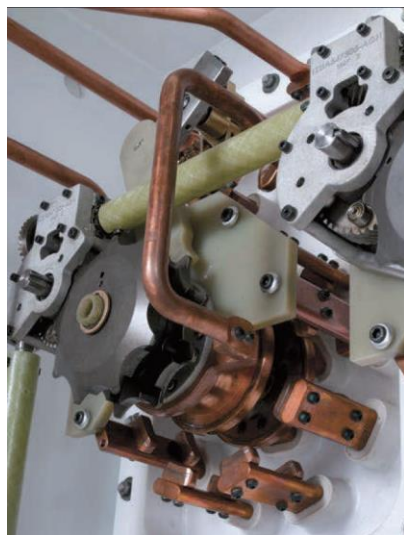
- 电子设备系统过热，会造成电子元件的过快损耗、性能下降、停止工作甚至引起安全问题
- 电子设备之间以电磁传导、感应和辐射彼此关联并相互影响，对设备和人员造成干扰、影响和危害
- 电子设备运行中的机械形变，疲劳等，会直接影响其使用寿命



集成电路过热 “[No blue smoke](#)” by [Danamania](#) — Own work.  
Licensed under [CC BY-SA 2.5](#) via [Wikimedia Commons](#).

# 借助仿真优化 ABB 智能电网分接开关的设计

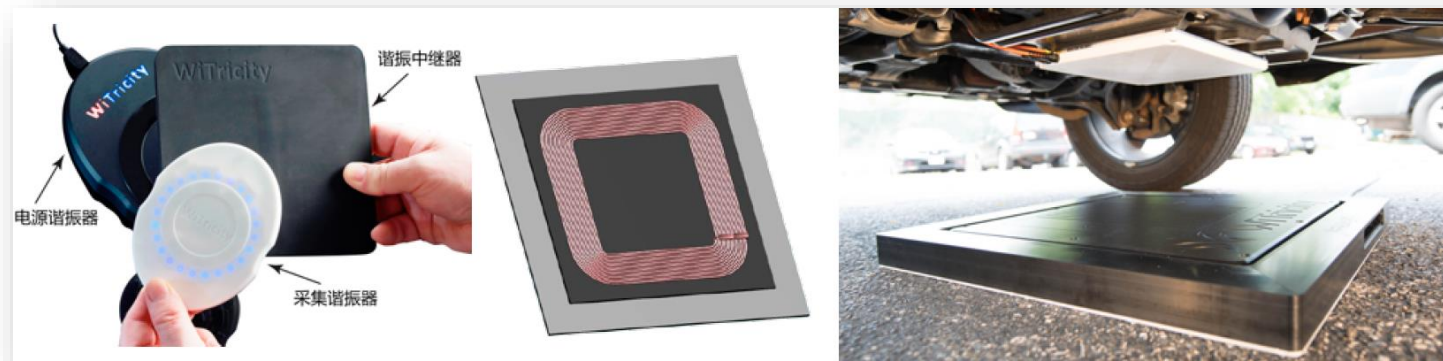
- 在高压变压器中，模拟绝缘材料表面和内部的介电应力
- 与实际雷电冲击对比，实现对产品寿命的预测
- 强大的仿真技术和严格的测试有利于更高效的为市场提供安全可靠的开关



左：选择器装配件；右：施加高压后，选择器的介电应力仿真

# 借助磁共振实现灵活的无线充电

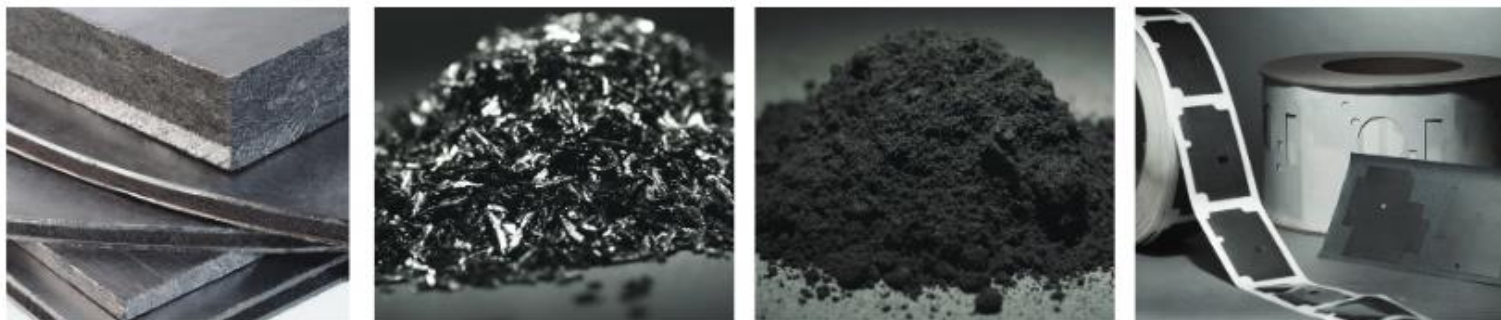
- 使用多物理场仿真进行无线能量传输技术的创新研发，提高充电效率，增大传输距离
- “我们可以在 COMSOL 中快速低成本地验证设计，这使我们能够在开发真实设备之前先行对概念进行虚拟测试。”



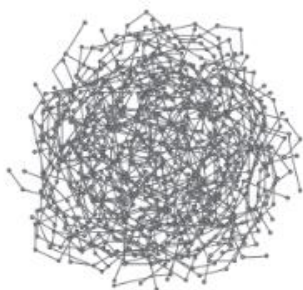
左：采集谐振器、谐振中继器和电源谐振器。  
中：用于消费电子应用的电源共振器。  
右：停在充电板上正在进行无线充电的电动车。



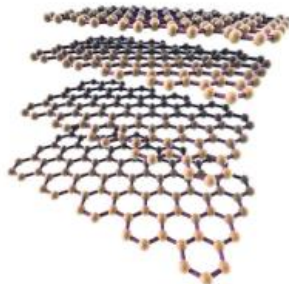
# 石墨烯有效提高消费电子产品的性能



GrafTech 公司设计制造的刚性复合板、膨胀石墨片、粉末和柔性石墨箔



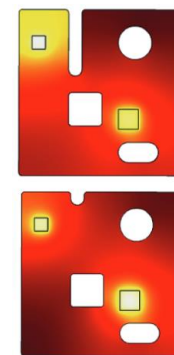
无定型碳结构



石墨结构



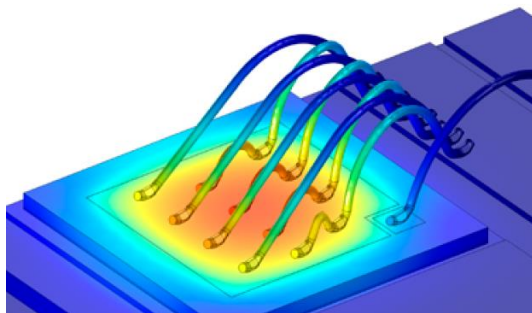
用于智能手机的 SPREADERSHIELD™ 散热片



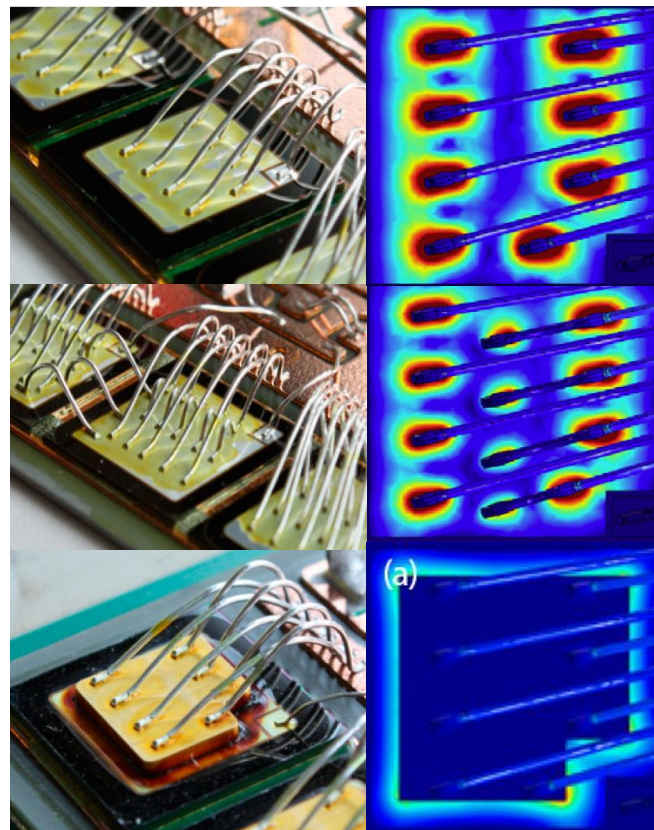
# 新布线方案有效地降低器件发热及机械疲劳



ABB HiPak 电源模块, 额定阻断电压 6500 V, 额定电流 750 A。



针脚接合布线的温度分布图

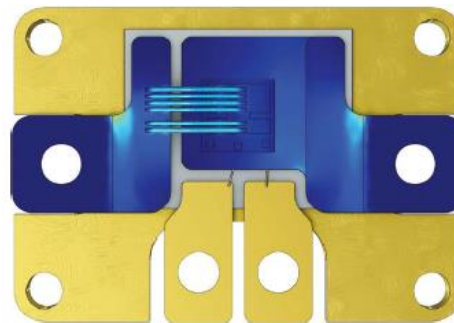


元件焊线布线图 (左) 及仿真电流密度 (右), 上: 原始布线; 中: 针脚接合布线; 下: 触点加固模型

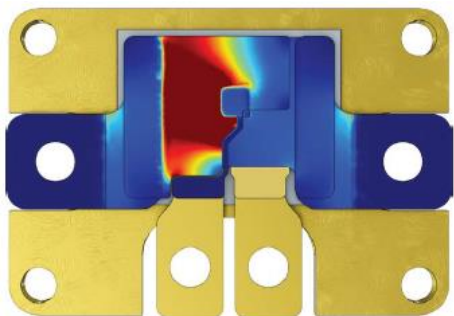
# 高性能功率器件模組的優化設計



APEI 的新型功率器件模組

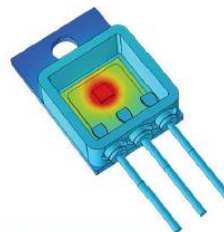


SiC 功率模組中的電流密度仿真結果



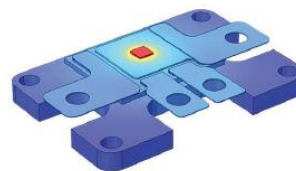
GaN 功率模組中的電流密度仿真結果

TO-254



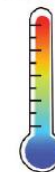
1.41 °C/Watt

GaN HEMT



1.16 °C/Watt

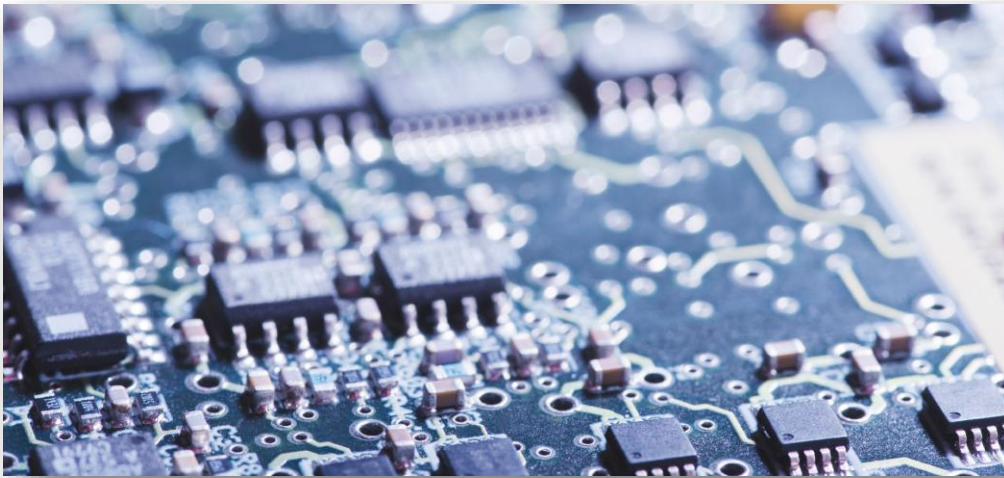
>60°C



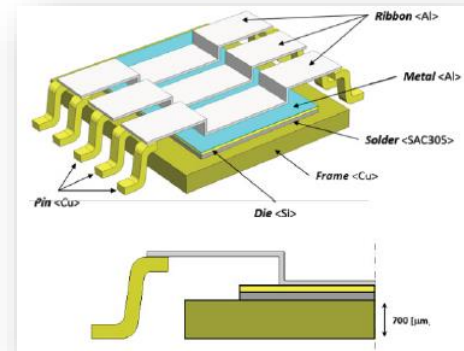
35°C

TO-254 與採用 GaN 功率模組的功率器件的溫度分布結果

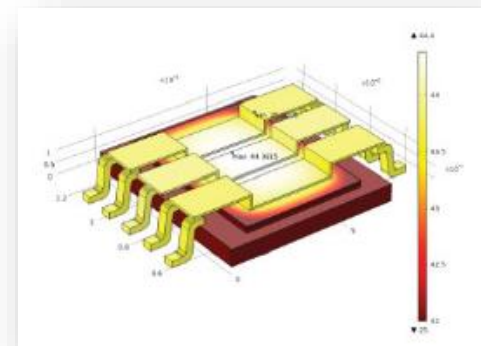
# SMD 设计中的热行为仿真



集成电路上的表面贴装器件 (SMD)



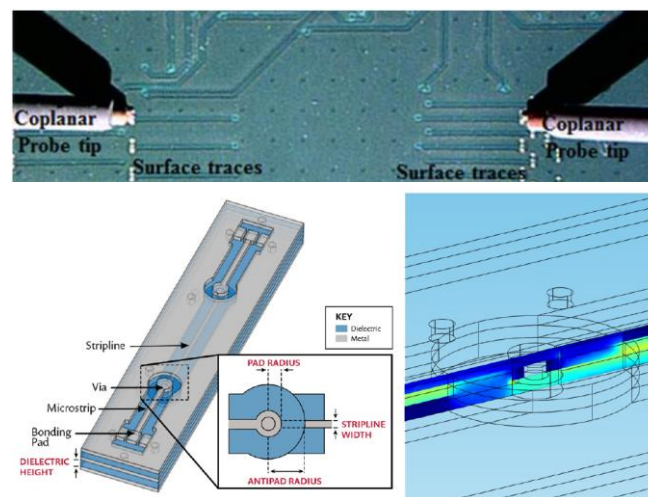
SMD 的几何细节以及其中使用的材料



单个 SMD 的温度仿真结果

# 打破常理实现更快的信号模拟速度

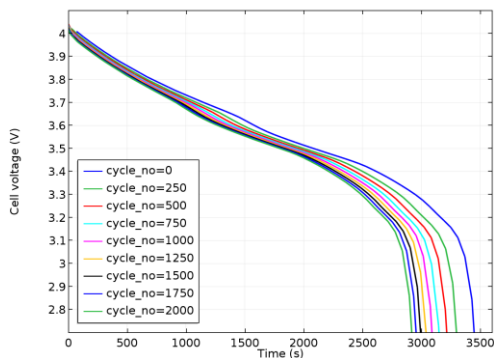
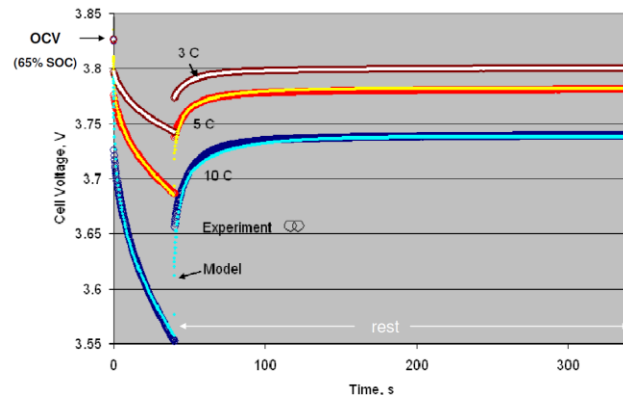
- 在PCB中，为了满足这些不断增长的技术需求，互连必须设计得更小，更紧密地封装，并且能够在更高的频率下操作
- 工程师开发了一种高效的计算设计优化方法
- 简化最新高速互连技术的设计周期和上市时间



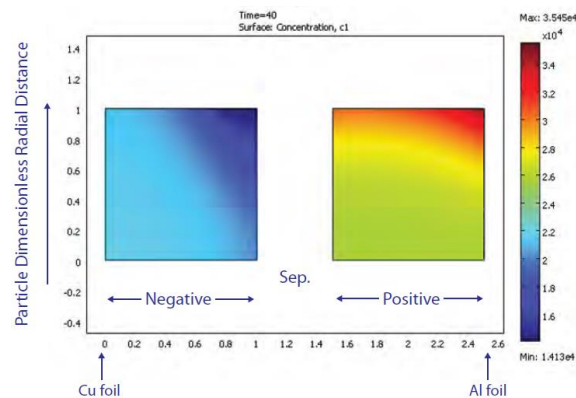
上图：Intel PCB研究原型，具有封装互连；  
下图：左：在 COMSOL 中设置的单端互连模型几何，  
红色表示参数化；右：电场分布仿真结果

# 电池仿真推动电动汽车发展

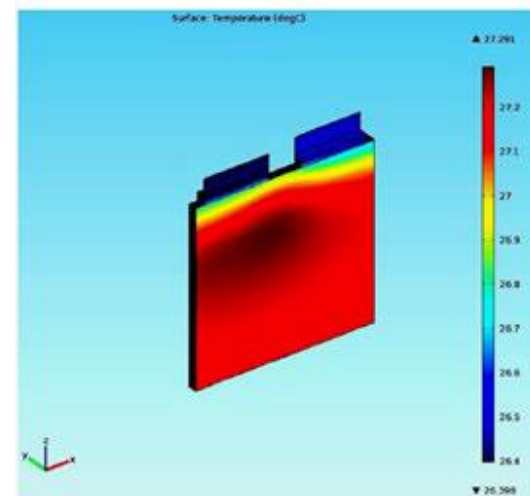
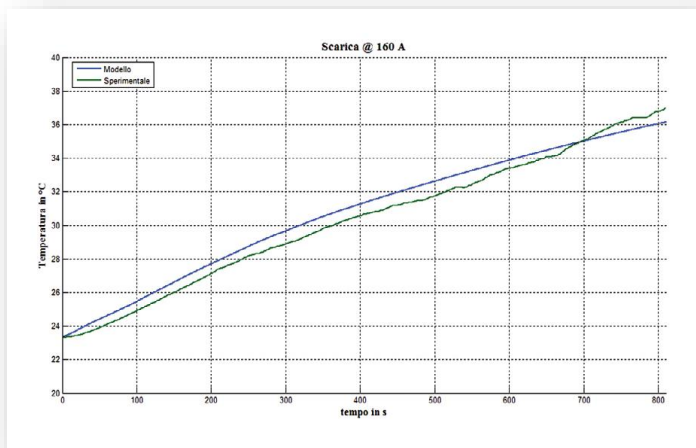
- 仿真与实验对比
- 放电40秒后松弛300秒，比较不同加速度下的电压变化
  - 3C、5C与10C分别对应弱、中、强加速度
- 通过最小化锂离子浓度差分布来提高电池维持电压时间



模拟电池老化时的放电电流曲线

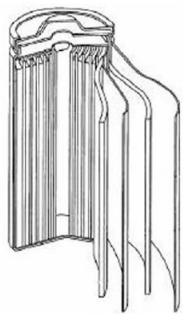


# 热管理的改进大幅提高电池的使用寿命

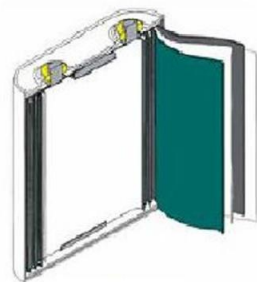


模拟结果与实验结果比较，二者之间的最大温差不超过1°C。

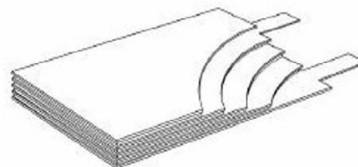
锂离子电池组中一个聚合物电池的表面温度 - 温度分布的均匀性是一个重要参数



圆柱形



棱柱形

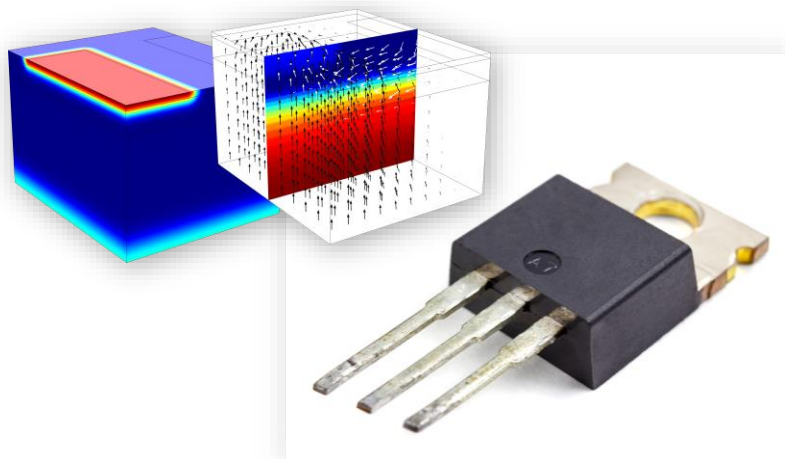


软包组

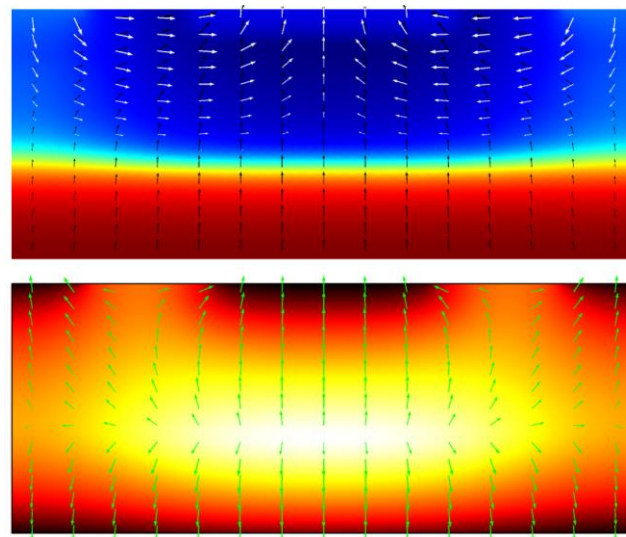
三类锂离子电池。菲亚特使用 100 组左右的聚合物电池来为他们的汽车提供动力

# 高温对半导体器件性能的影响

- 双极晶体管模型
  - 半导体接口中计算的加热在传热接口中作为热源使用
  - 然后来自传热接口的温度分布作为半导体晶格温度使用



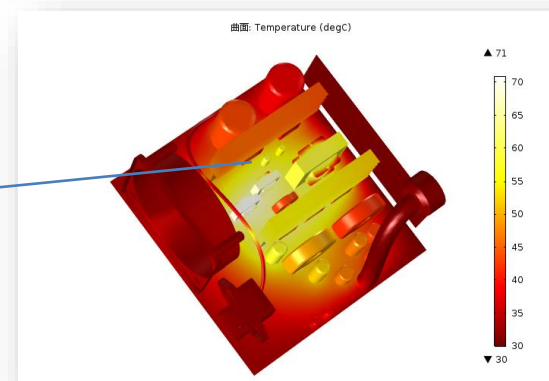
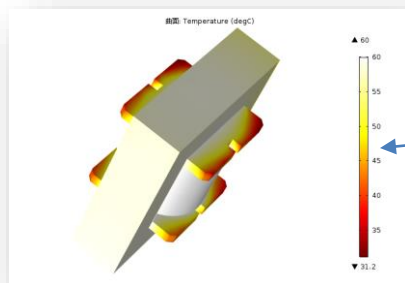
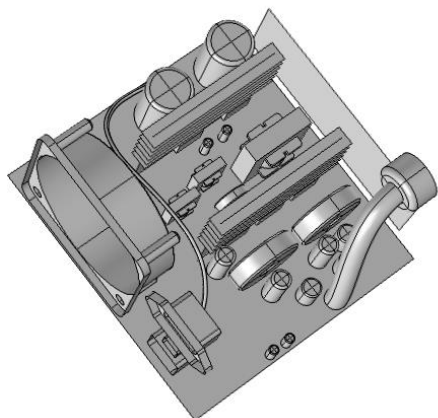
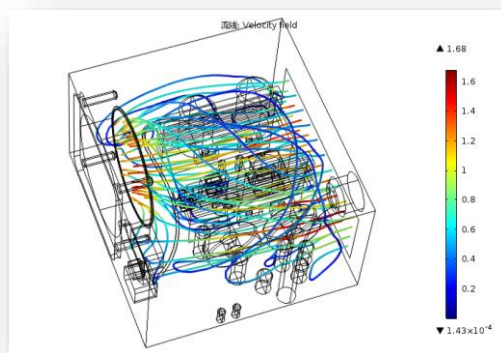
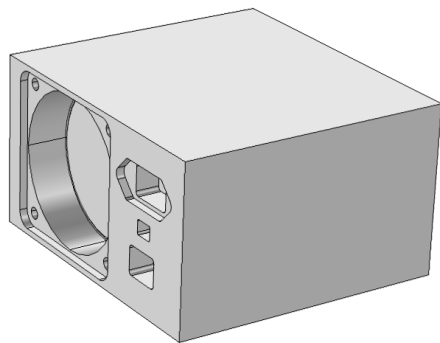
双极晶体管的三维分析



整个器件中的电压和载流子电流（上图）  
相应的温度和热通量（下图）



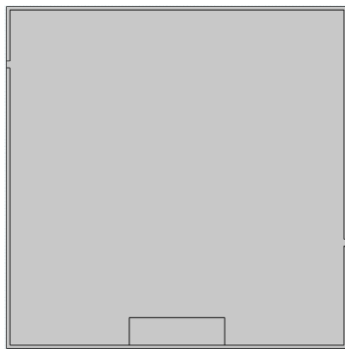
# 电源的强制对流散热



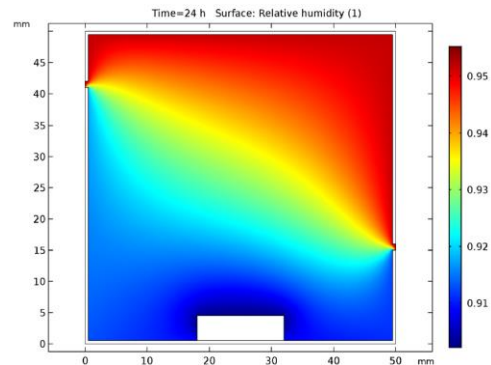
PSU 的几何结构

多物理场：流-热

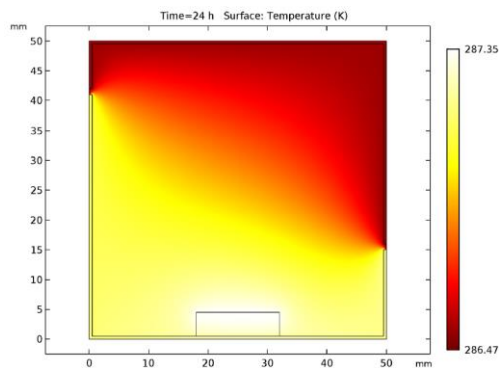
# 半封闭电子设备中的温/湿度分析



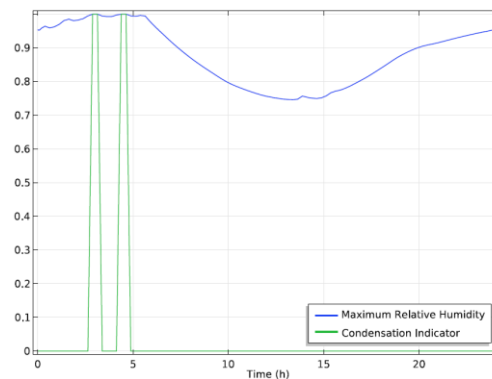
电子设备几何模型



湿度分布

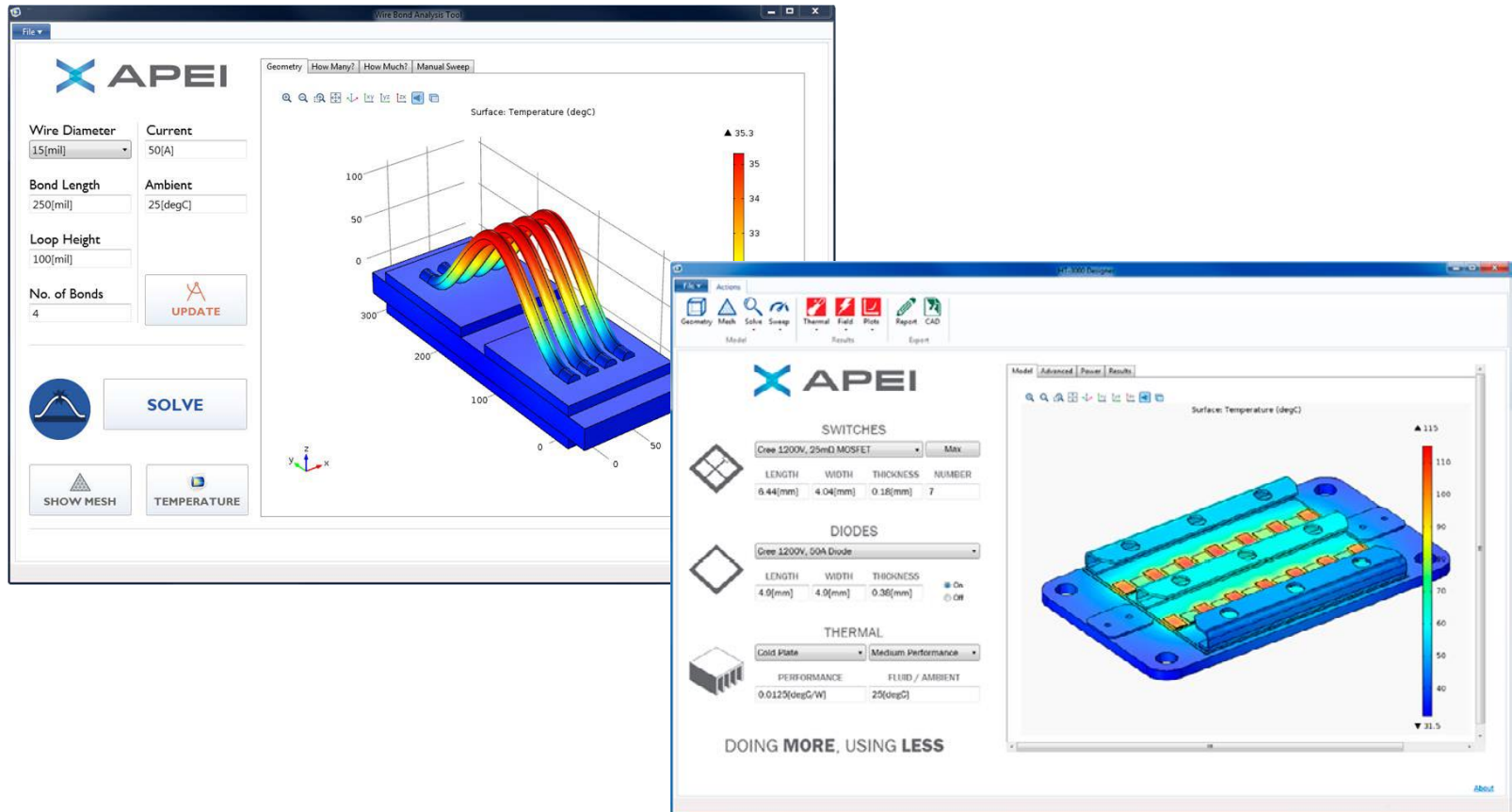


温度分布

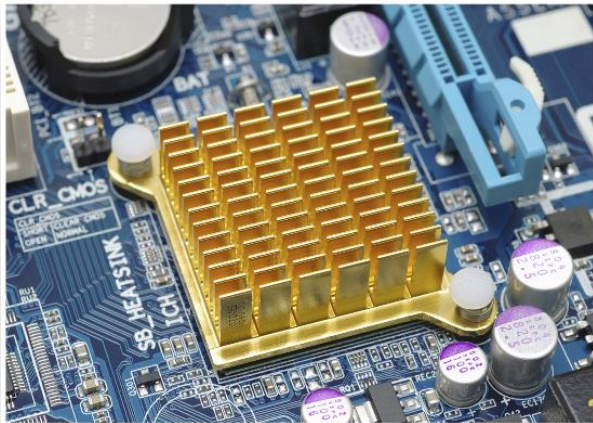


最大湿度曲线和湿度指示器曲线

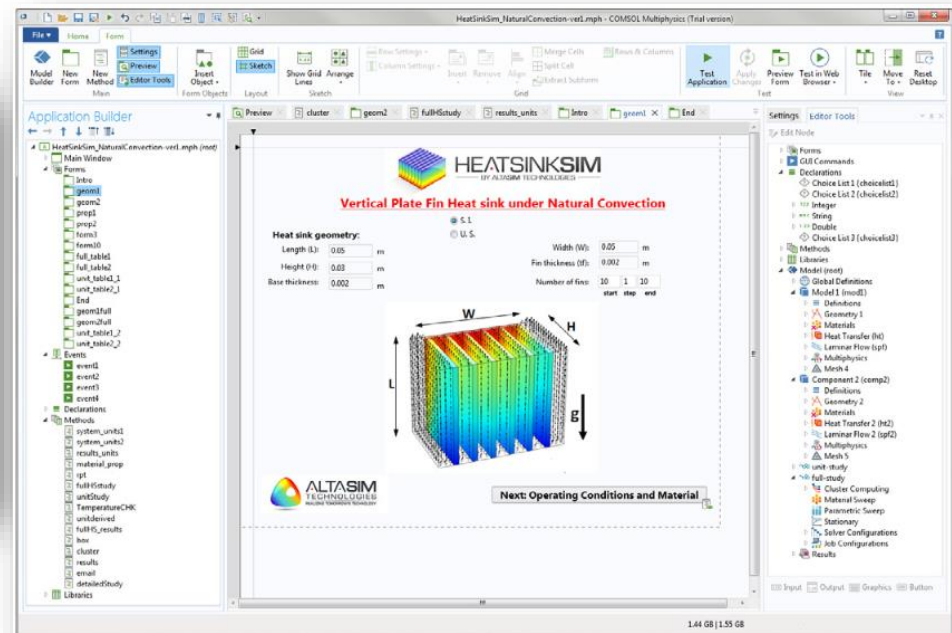
# 仿真 App 简化电子器件的设计



# PCB 上的垂直翅片散热器设计App

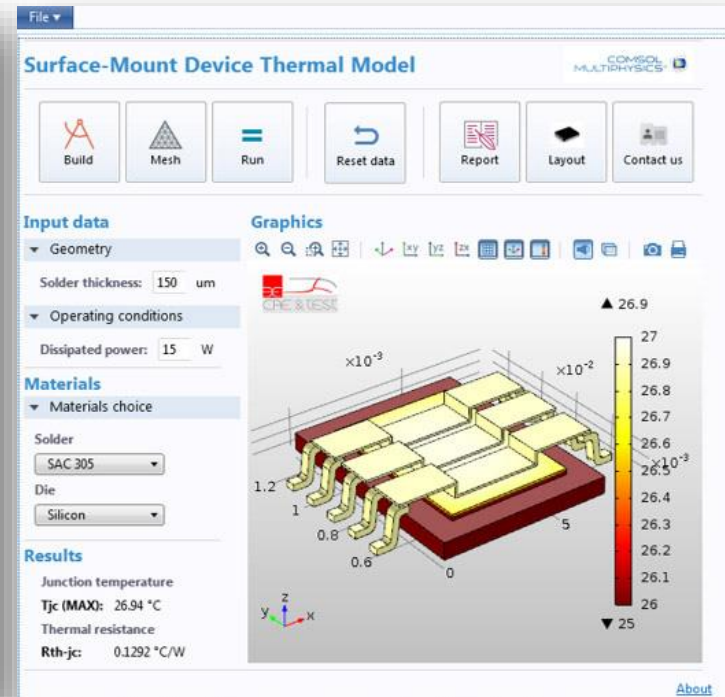
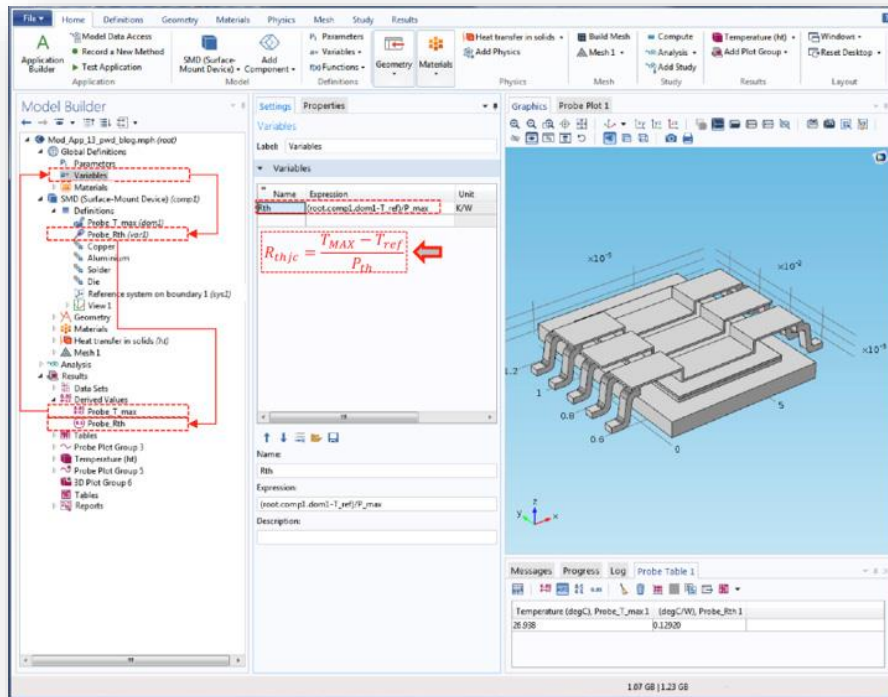


印刷电路板 (PCB) 上的垂直翅片散热器



用于垂直翅片散热器设计的 App

# 热管理仿真 App



# App 设计工具

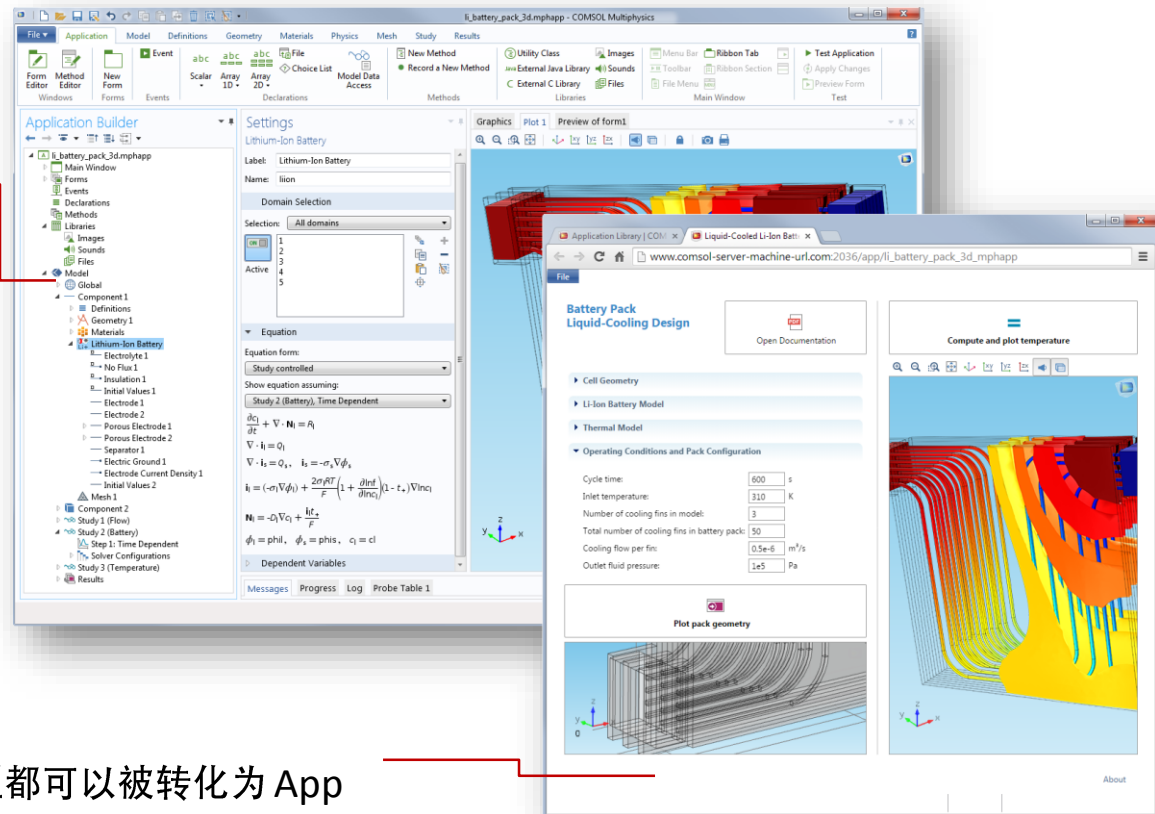
## 应用开发器

提供所有需要的工具  
来创建或运行 App

- 表单编辑器
- 方法编辑器

## 应用模拟

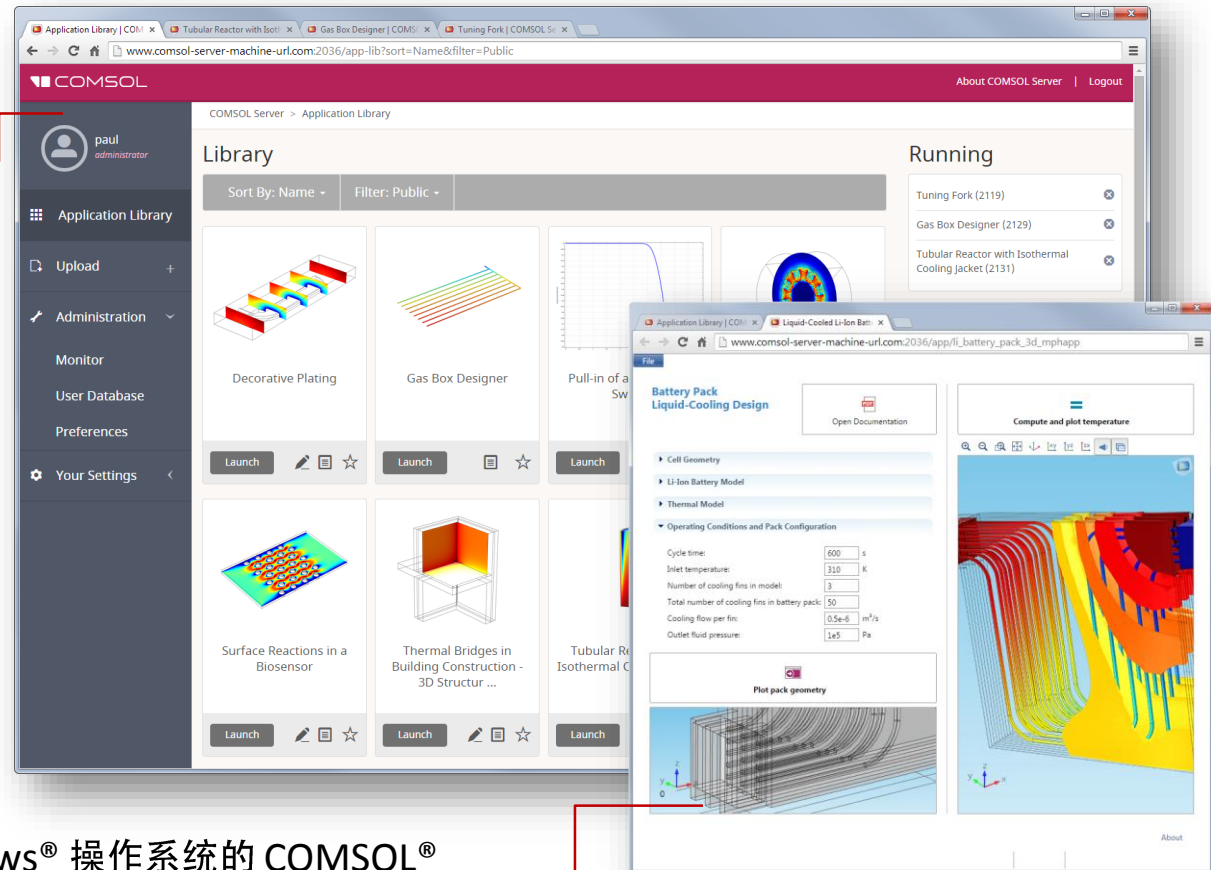
任何 COMSOL 模型都可以被转化为 App



# 运行 App

## COMSOL Server™

运行 COMSOL App 的引擎，并且可以控制 App 的部署，分配和使用



## 模拟 App

可以在具有 Windows® 操作系统的 COMSOL® 客户端或者在主流的网页浏览器上运行

# COMSOL CONFERENCE 2017



波士顿

10月4—6日



鹿特丹

10月16—20日



北京

11月2—3日



新加坡

11月2日



首尔

11月17日



台北

日期待定



东京

12月8日

## 拓展人脉 学习探索 开拓创新

让源于仿真的设计  
激发产业创新潜能

即刻注册

[cn.comsol.com/  
conference](http://cn.comsol.com/conference)



# 联系我们

- Email: [info.cn@comsol.com](mailto:info.cn@comsol.com)
- 电话: 86-21-5077-6566 (上海办公室)  
86-10-5153-0282 (北京办公室)
- 免费现场 Workshop: [cn.comsol.com/events/](http://cn.comsol.com/events/)



COMSOL 微信公众号



# 更多技术资源

- App 开发器介绍 [cn.comsol.com/showcase/application-builder](http://cn.comsol.com/showcase/application-builder)
- COMSOL 官网 [cn.comsol.com](http://cn.comsol.com)
  - 视频中心
  - 案例下载
  - 科技论文与演示
  - 用户故事
  - 博客
  - 杂志
  - 用户论坛
- 有问题? 联系我们  
[cn.comsol.com/contact](http://cn.comsol.com/contact)

