

三维集成电路中硅通孔的等效热模型

唐旻, 戈长丽, 孙寒玮, 李杰
上海交通大学电子工程系, 东川路800号, 上海市, 200240

引言: 三维集成技术是下一代集成电路最有潜力的发展方向。然而, 由于三维集成电路的高度复杂性以及多尺度问题(如图1所示), 若对所有细节进行建模, 将会消耗巨大的计算资源, 导致分析效率非常低下。

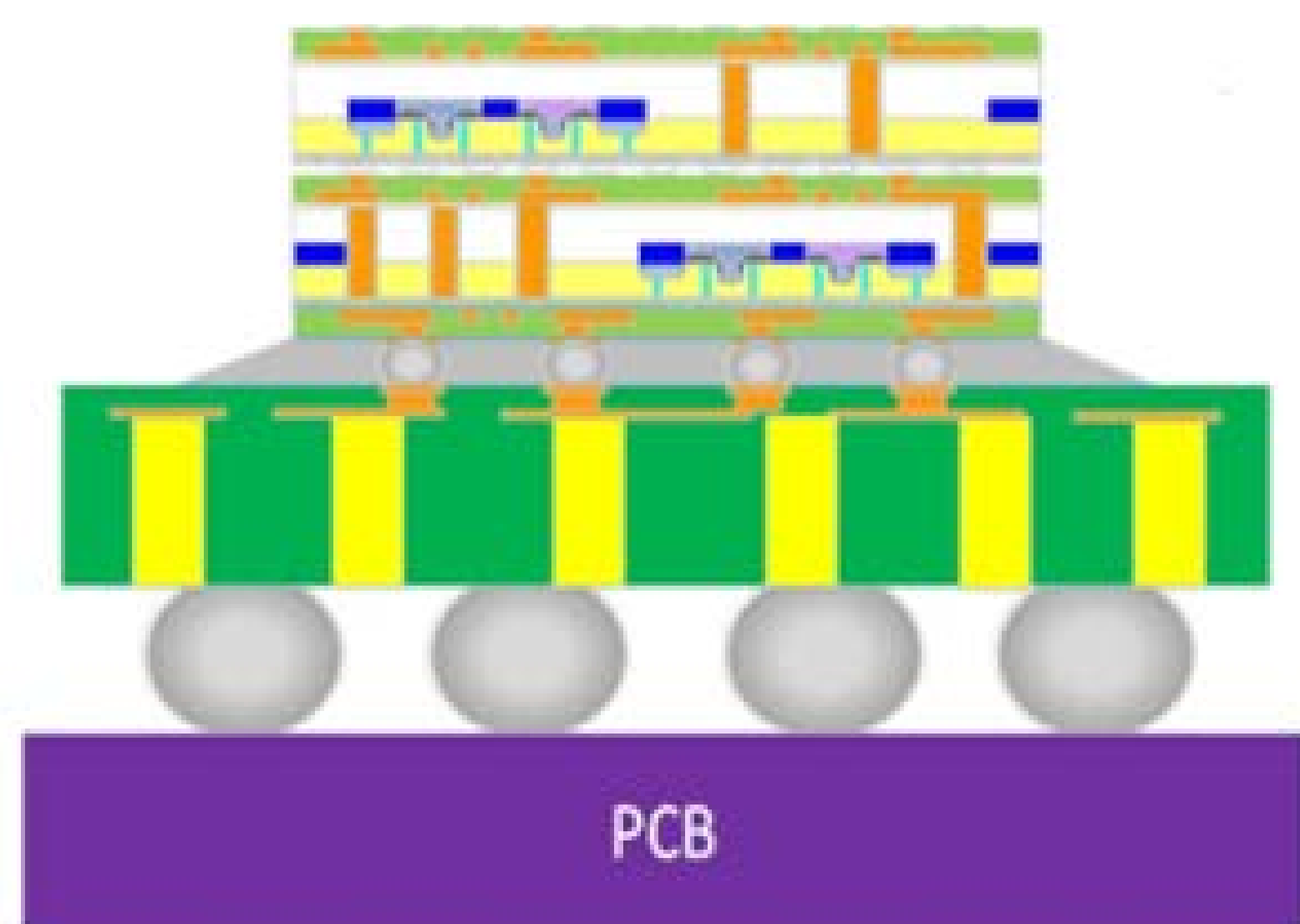


图 1. 三维集成结构示意图

例如, 三维集成结构中的硅通孔由圆柱型的金属导体以及外部包裹的一层非常薄的氧化层(微米级)所构成, 使得整体结构的网格剖分非常稠密, 严重影响求解效率。

计算方法: 本文研究包含多个硅通孔的复杂结构热仿真问题。为了提高仿真效率, 将含有薄氧化层的圆柱形硅通孔结构等效为不含氧化层的简化方柱结构, 如图2所示。

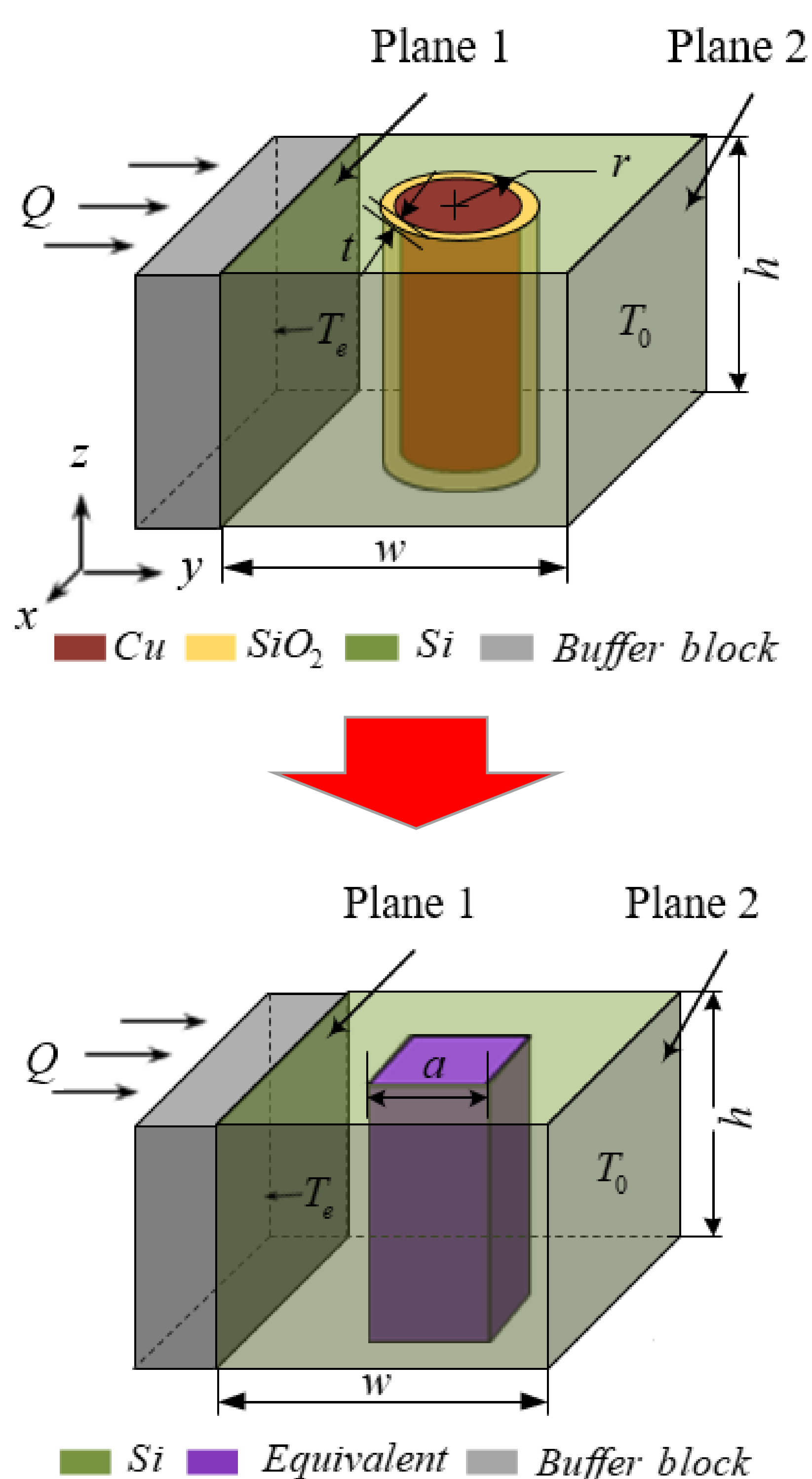


图 2. 硅通孔模型的等效处理

通过COMSOL软件的传热模块对简化方柱结构的等效热导率进行准确提取, 包括水平方向和垂直方向的热导率参数。

结果: 基于提取得到的等效热导率, 采用COMSOL进行的热仿真验证。首先分析单个硅通孔结构, 结果如图3所示。可以看出, 等效前后, 硅通孔周围的温度场分布一致。

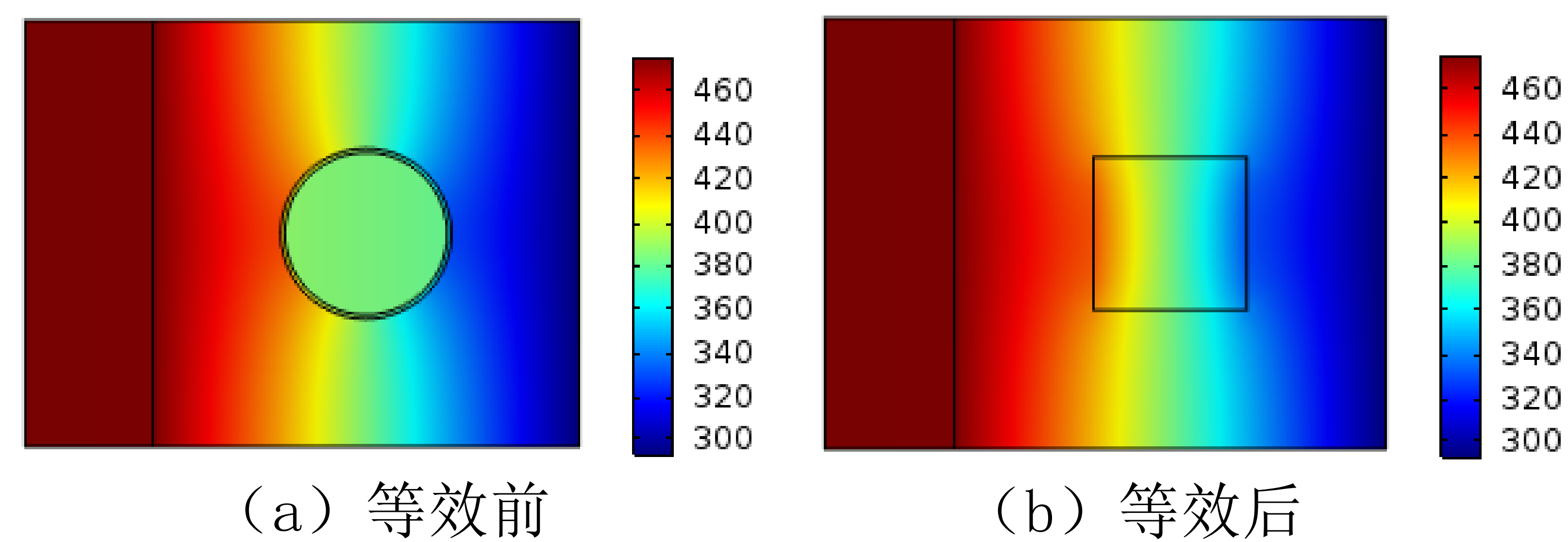


图 3. 单个硅通孔的温度场分布

接下来, 对含有多个硅通孔的三维集成电路结构进行分析(如图4)。其中, 芯片A功率为35W, 芯片B功率为0, 硅通孔用于热隔离。等效前的COMSOL仿真时间为45s, 而等效后仿真时间为4s, 温度结果基本一致。

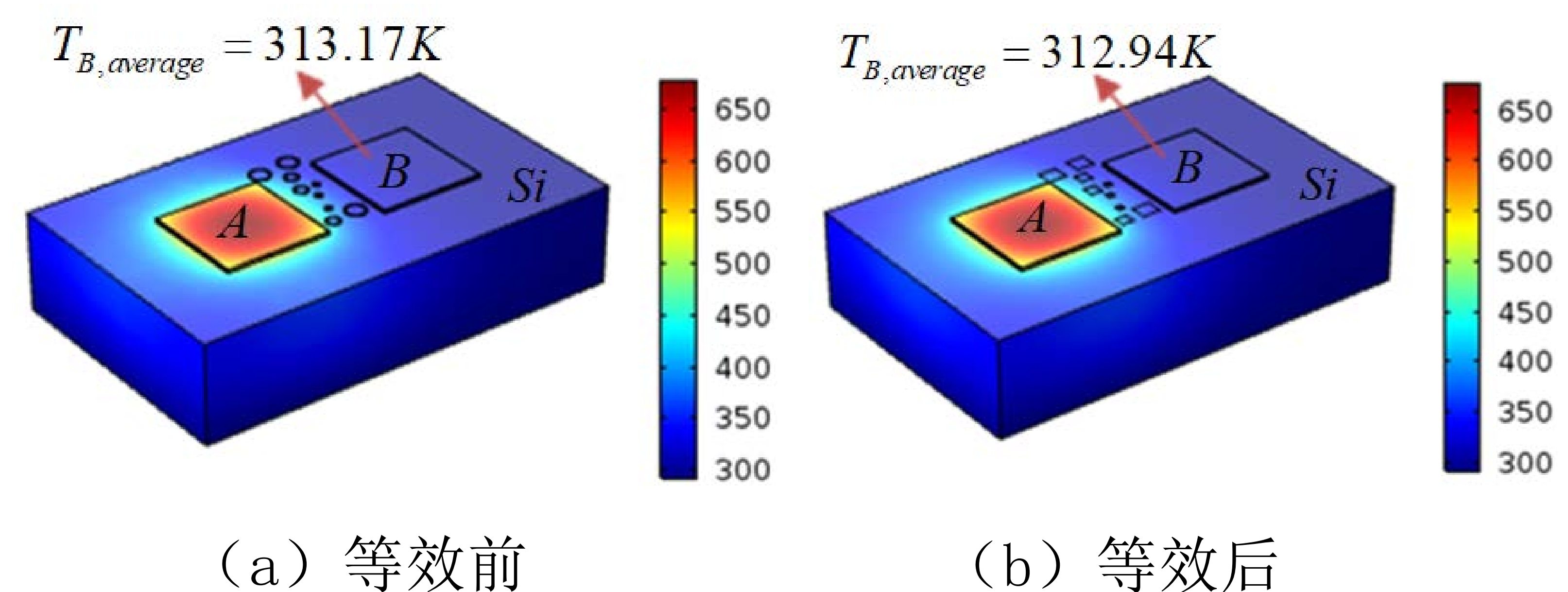


图 4. 含多个硅通孔的三维结构温度分布

结论: 通过COMSOL软件对硅通孔的简化模型进行等效热导率提取, 再进行三维复杂结构的整体仿真, 可以显著提高仿真效率, 并保持仿真精度。

参考文献:

1. J. H. Lau, et al, Microelectron. Rel., vol. 52, pp. 2660 - 2669, 2012.
2. C. Ge, et al, IEEE ICTA. pp. 1-4, 2018.