

MEMS压阻式压力传感器及其加热结构

刘振宇^{1,2}, 杜利东², 赵湛^{1,2}

1.传感器技术国家重点实验室, 中国科学院电子学研究所, 北京

2.中国科学院大学, 北京

简介: MEMS压阻式压力传感器的输出特性易受温度的影响, 而通常温度补偿技术具有复杂的校准过程, 为了使其具有成本效益, 提出一种温度补偿技术: 通过集成MEMS加热电阻器来控制MEMS压力芯片的温度, 使MEMS芯片在恒定温度下工作。本案例模拟了MEMS加热电阻器的电热产生、传热、机械应力和变形, 以及环境温度对系统热损耗的影响。

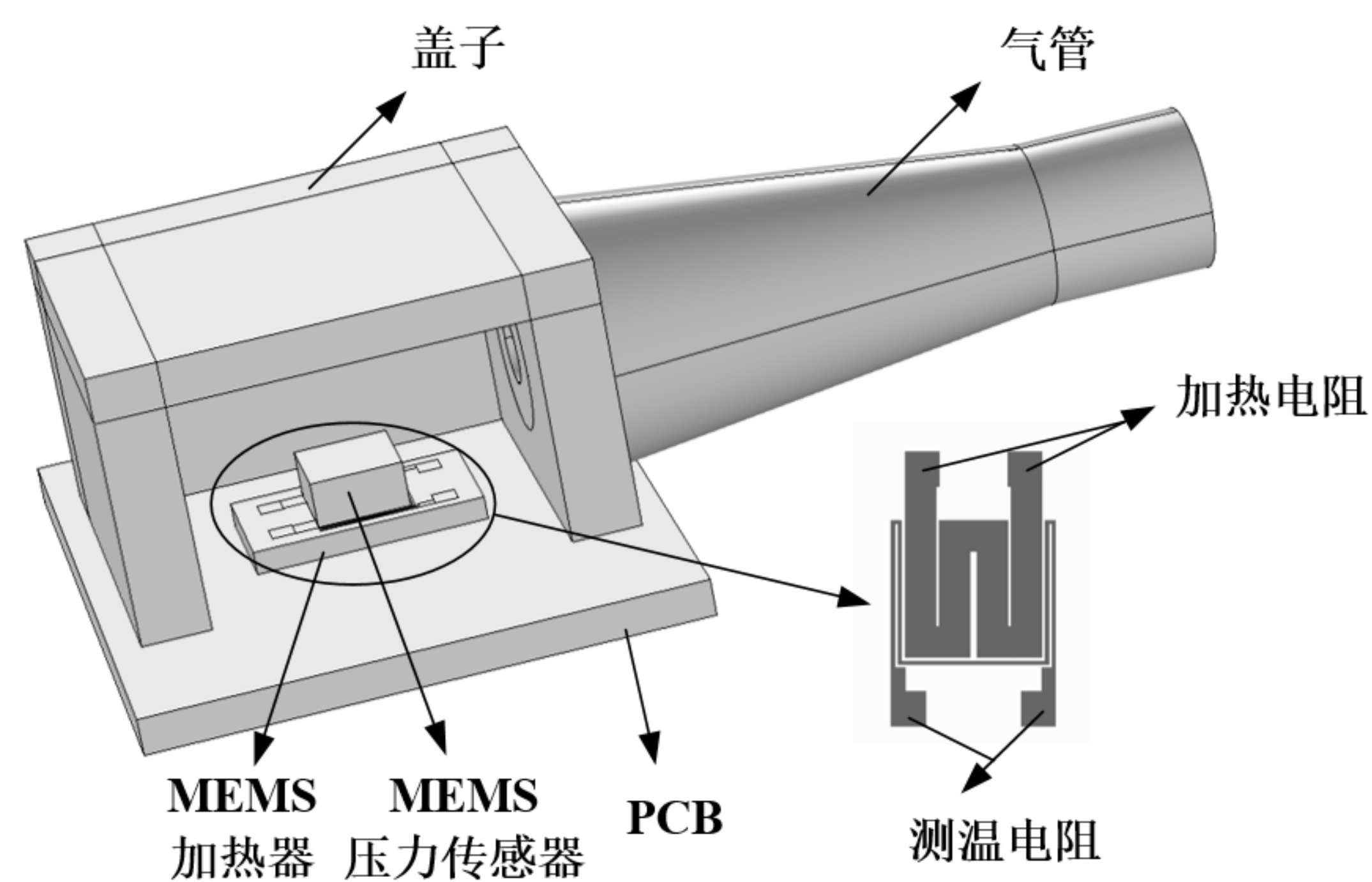


图 1. 压力传感器系统及MEMS加热器的结构设计

计算方法: 使用“AC/DC 模块”中的“电流, 壳”接口模拟加热电阻器产生的热量; 使用“固体传热”接口中的“薄层”特征模拟结构中的传热。加热电阻器内产生的单位面积热耗率 (单位为W/m²) 由下式给出

$$q_{prod} = dQ_{DC}$$

$$Q_{DC} = J \cdot E = \sigma |\nabla_t V|^2$$

在稳态下, 加热电阻器以两种方式耗散其产生的热量: 在其上方包围的空气, 以及与其热接触压力传感器、PCB及盖子。压力传感器、盖子及PCB通过其内外侧的空气冷却。使用不同的传热系数h来模拟耗散到周围的热通量。盖子内部空气传热时, h=5W/(m²·K), 代表自然对流。盖子外部空气传热时, h=25W/(m²·K), 代表与空气进行对流传热。热通量由下式给出

$$q_0 = h \cdot (T_{ext} - T)$$

模型使用静态结构力学分析模拟热膨胀。将“固体力学”接口用于加热器和传感器, 将“膜”接口用于加热器电路层。在温度为293K时, 应力设为零。通过固定加热器的一个角的位移及旋转来确定“固体力学”接口的边界条件。

结果:

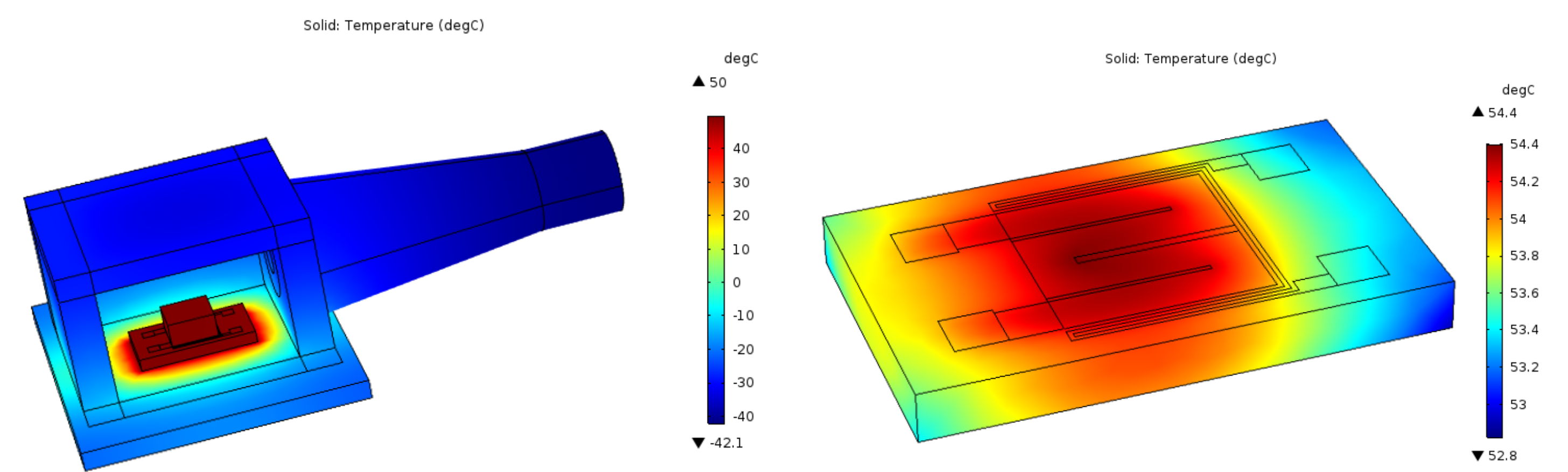


图 2. 压力传感器系统的稳态温度分布 图 3. MEMS加热器的稳态温度分布

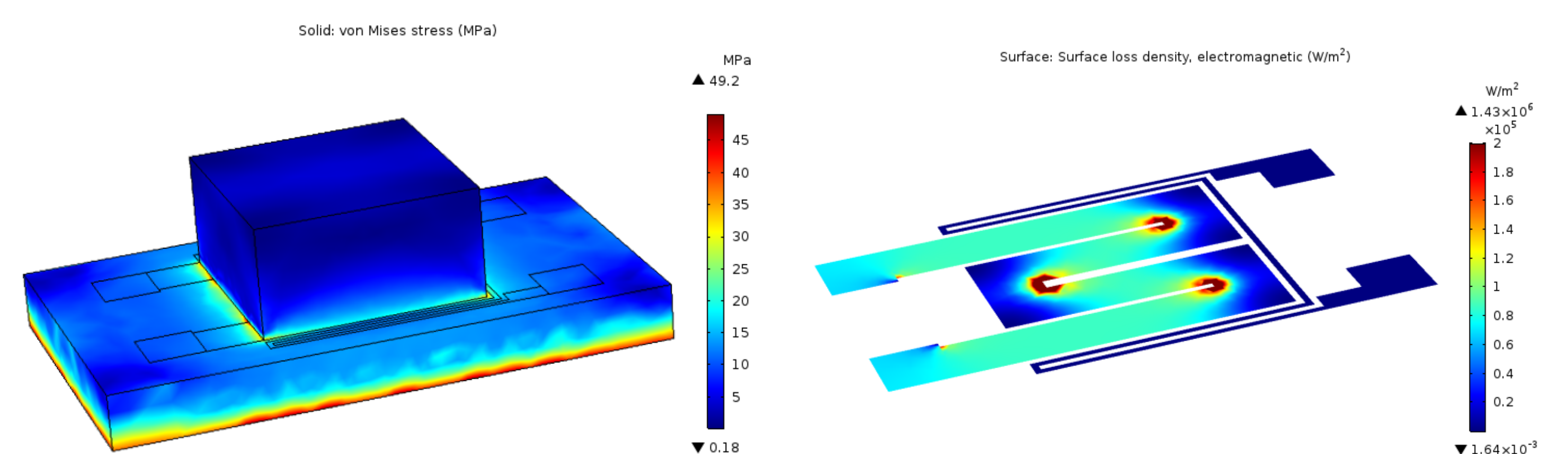


图 4. 热导致的有效应力

图 5. MEMS加热器的稳态热量产生

环境温度 (K)	热损耗 (mW)
273.15	218.46
283.15	164.23
293.15	96.53
303.15	44.64
313.15	0

表 1. 加热温度为313.15K时, 环境温度-热损耗表

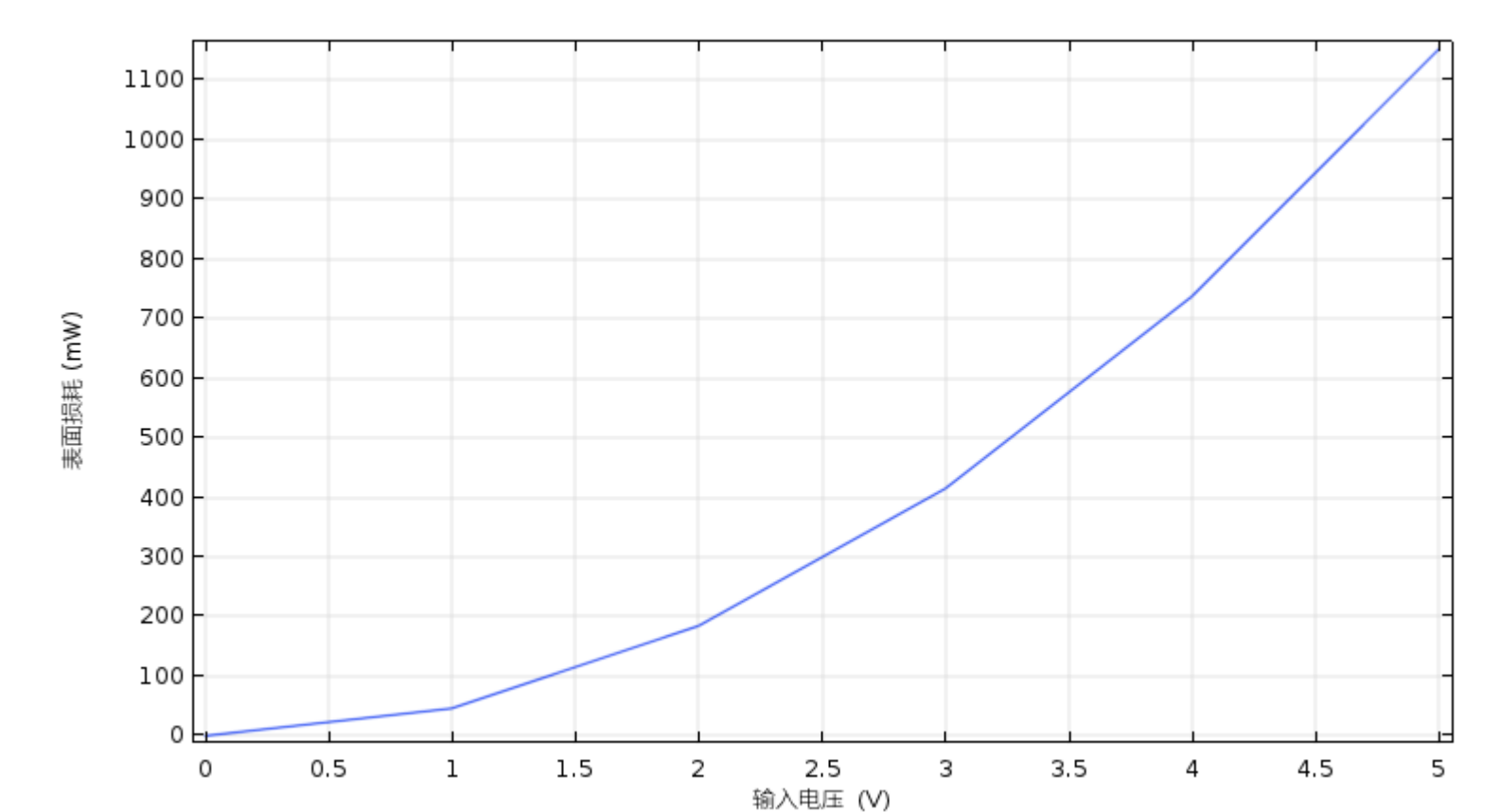


图 5. 输入电压-加热温度曲线

结论: 本案例验证了MEMS加热电阻器作为一种温度补偿方案的可行性, 仿真结果可帮助设计者对MEMS压力传感器的结构、材料及封装上进行优化, 从而获得最优的温度分布和功耗。此外, 本案例中的MEMS加热电阻器同样可应用于对温度敏感的MEMS器件中, 如MEMS压力传感器、薄膜体声波谐振器、晶体振荡器等。

参考文献:

- Du L, Zhao Z, Fang Z, et al. Thermodynamic control of MEMS meteorology pressure sensing element in low-temperature application down to -45° C[J]. Iet Science Measurement & Technology, 2017, 11(7):907-913.
- Zhang M, Du L, Zhao Z, et al. Low-stress packaging for a MEMS atmosphere pressure sensor[C]// IEEE International Conference on Nano/micro Engineered and Molecular Systems. IEEE, 2013:665-668.