

高性能TC-SAW谐振器

彭霄

中国电子科技集团公司重庆声光电公司, 重庆

简介:采用表面覆盖SiO₂的TC-SAW谐振器的温补效果和Q值是其研究设计的重点, 本文基于COMSOL压电耦合多物理场对TC-SAW谐振器进行结构上的优化设计, 可有效提高SAW谐振器的Q值和温补能力。

结果: SiO₂的厚度除了会影响谐振器工作频率, 还会影响主振模式谐振峰Q值 (图3); piston mode的结构有助于减少横向模式引入的杂波, 增大了谐振峰处的Q值 (图4); 由于模型材料参数包含了温度系数, 可同时仿真SiO₂的温补效果 (图5)。

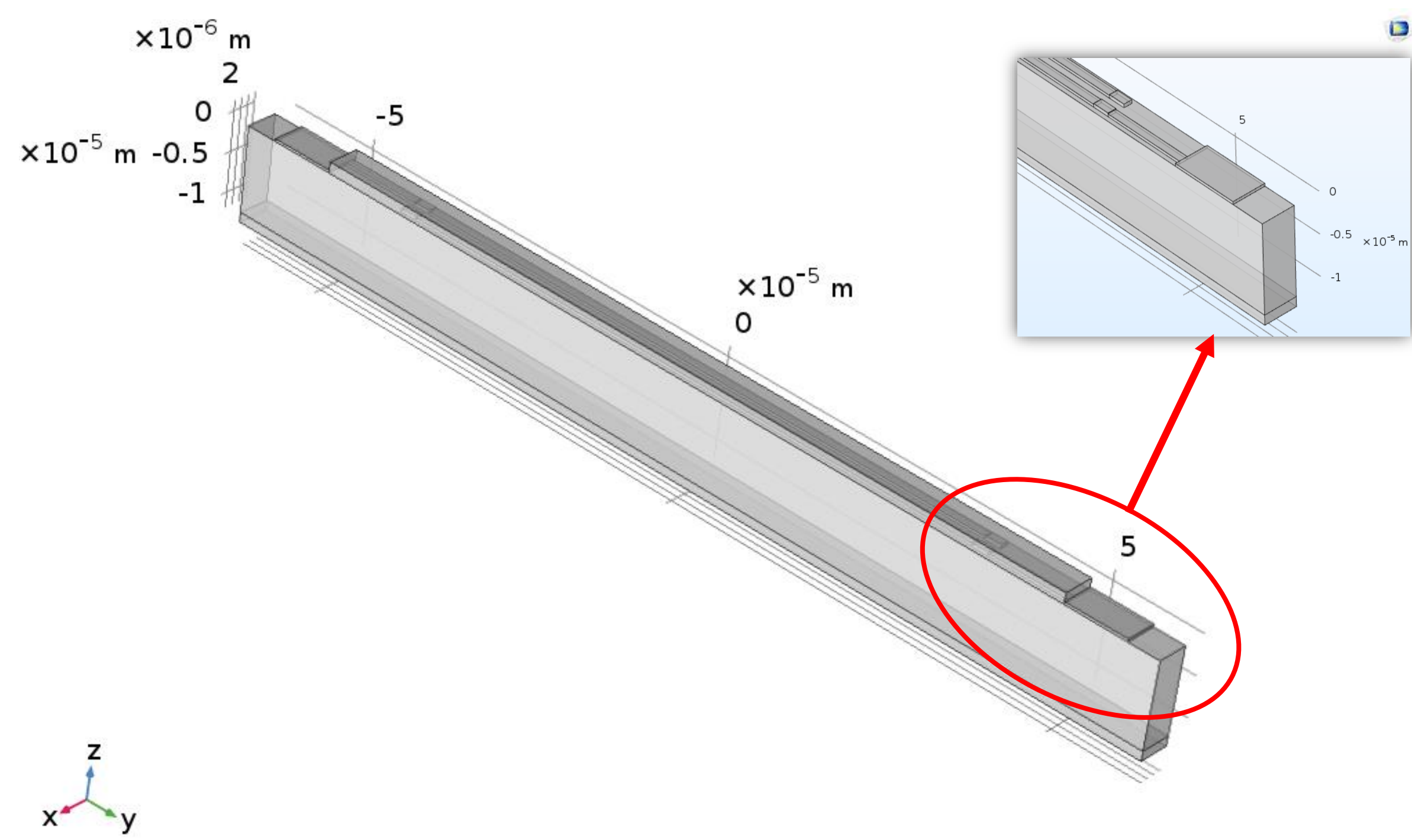


图 1. 三维模型示意图

计算方法:

这其中涉及固体力学、静电学和热力学的多物理场耦合。

$$0 = \nabla \cdot S + Fv$$

$$\nabla \cdot D = \rho v$$

$$S = S_0 + c_E : \varepsilon_{el} - e^T E$$

$$S_{ad} = S_0 + S_{ext} + S_q$$

$$\varepsilon_{inel} = \varepsilon_0 + \varepsilon_{th}$$

$$E = -\nabla V$$

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon_r E + P_{pze}$$

温度偏场下的压电本构方程:

$$T_{ij} - T_{ij}^0 = c_{ijkl}^E(T)(S_{kl} - S_{kl}^0) - e_{kij}(T)E_k$$

$$D_i = e_{ikl}(T)(S_{kl} - S_{kl}^0) + \varepsilon_{ik}^S(T)E_k$$

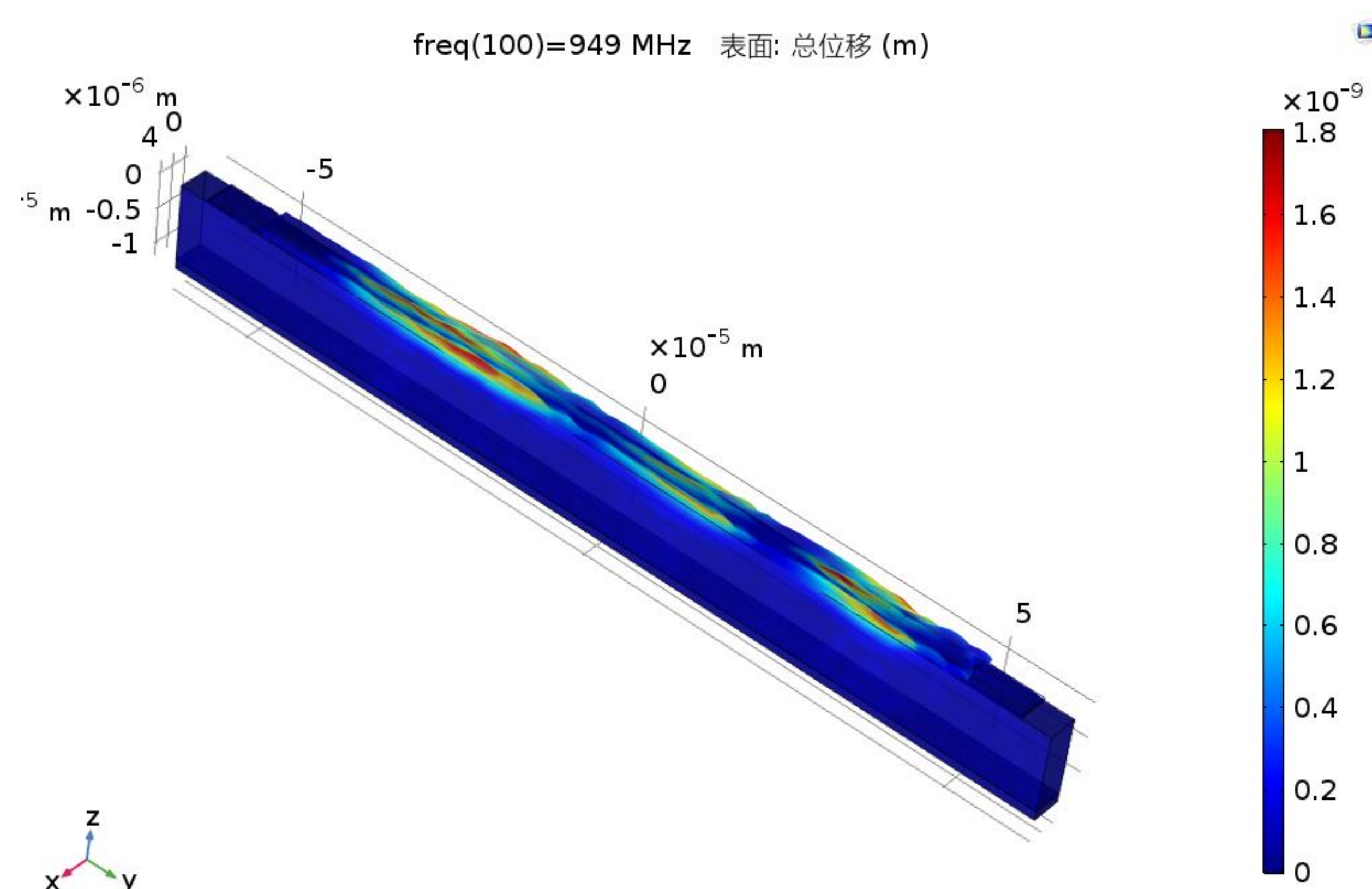


图 2. f=949MHz的表面振动位移

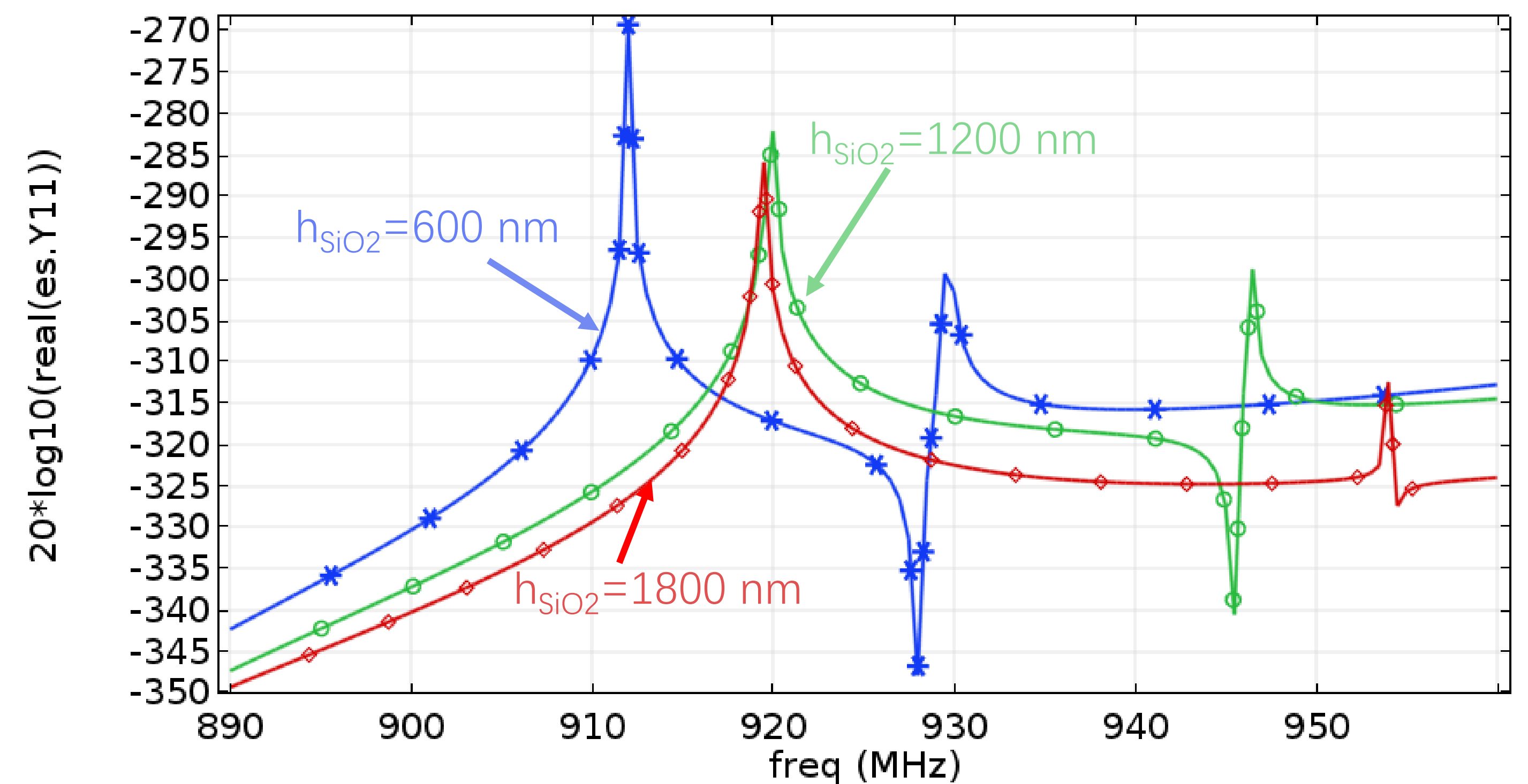


图 3. 不同SiO₂厚度对谐振器导纳的影响

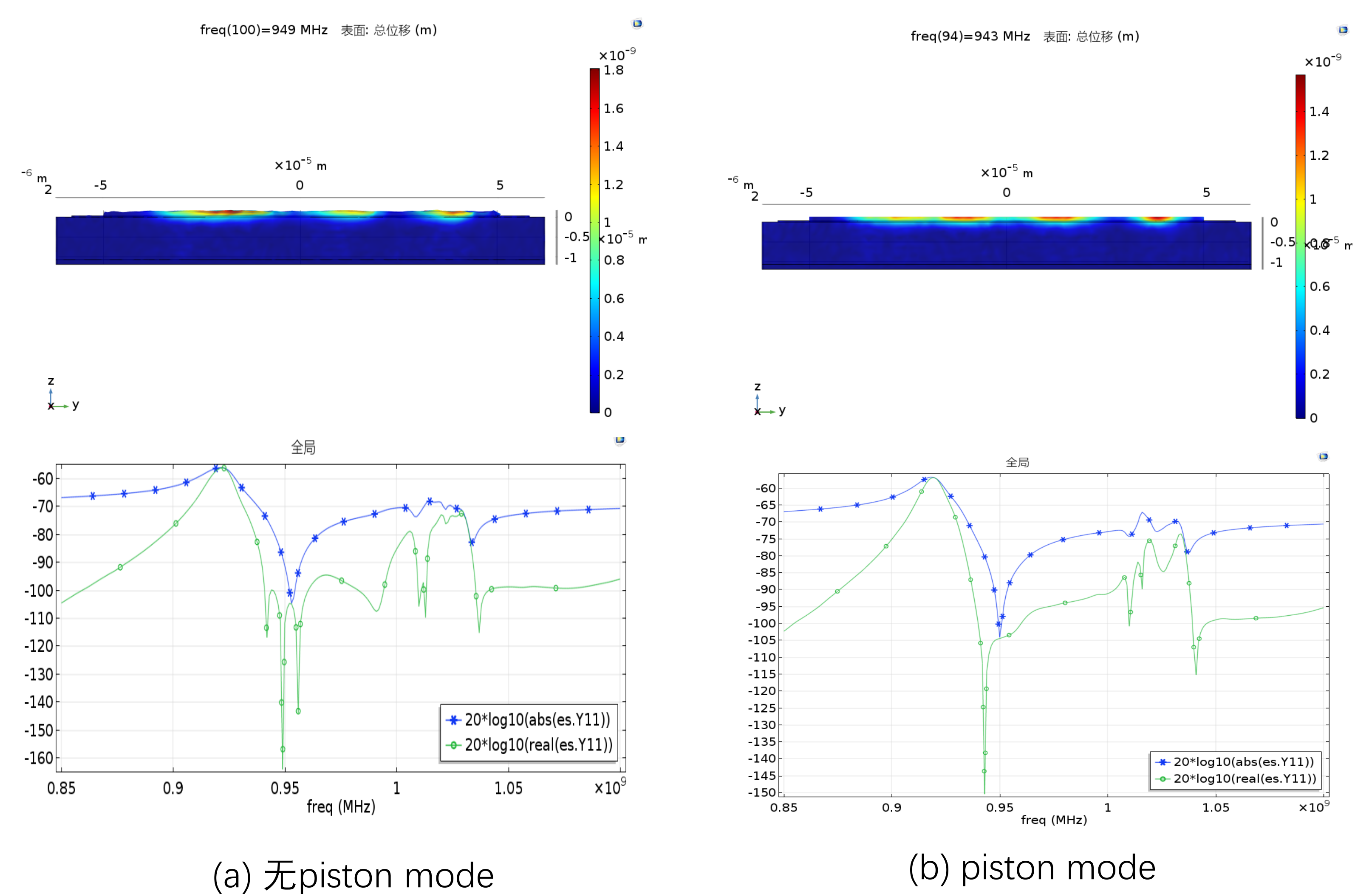


图 4. piston mode对谐振器导纳的影响

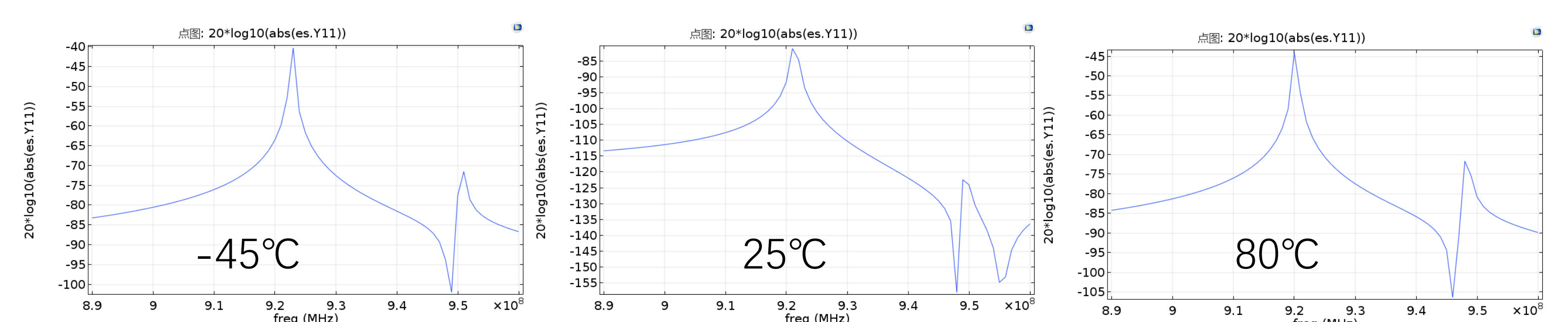


图 5. 不同温度下TC-SAW谐振器导纳曲线 (h_{SiO2}=1200nm, TCF=-20ppm/°C)

结论: 从图中可以看出采用COMSOL有限元3D仿真可以有效模拟包含了SiO₂膜和piston mode结构的TC-SAW谐振器, 可用于优化设计兼顾了温漂系数和Q值的高性能TC-SAW谐振器结构, 有效弥补了目前常用的普通SAW设计方法中无法设计SiO₂膜层厚度和piston mode结构的缺失。

参考文献:

1. Y. Kagawa and T. Yamabuchi, "Finite Element Simulation of a Composite Piezoelectric Ultrasonic Transducer," IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, vol. SU-26, no. 2, pp. 81-88 (1979).
2. 张巧珍, 王为标, 韩韬, et al. 基于COMSOL的声表面波温度特性建模仿真[C]// 全国敏感元件与传感器学术会议. 1, 48-51 (2014).