

自电泳机理驱动的微纳米马达仿真模拟研究

王威¹, 周超¹

¹哈尔滨工业大学深圳研究生院、深圳、广东、中国

Abstract

微纳米马达是一种能将周围环境的能量转化为自身自主运动的新型智能仿生材料，其在药物的运输与释放，低维材料的合成以及软物质研究中有着重要的应用[1]。基于自电泳的双金属棒马达是研究时间最长的一类马达，它有着与自然界中类似的自组装和群体行为的特性[2]。但是其运动机理复杂且涉及到多个物理场的紧密耦合，这就为其进一步的研究和应用带来了一定的困难。

COMSOL Multiphysics® 可以方便地进行多物理场的模拟。图(1)展示了双金属棒的自电泳机理，由于棒两端的化学反应造成了带电离子浓度的分布不均匀，进而产生自生电场驱动马达运动。其中传质过程、流体流动以及电场形成相互影响，环环相扣[3]。基于以上物理过程，我们对COMSOL中稀物质传递，静电和蠕动流模块进行了有效的耦合，从而实现了马达周围离子场，电场和流场的模拟(图2)，在此基础上我们研究了马达的运动速度(图3)，以及两个马达之间相互作用力(图4)。

模拟结果表明马达周围存在有效的流体流动且其周围电场分布类似于偶极子形态，两个马达之间存在"同极相斥，异极相吸"的作用规律。与实验结果对比说明了模型的合理性，这对我们理解马达运动的深层次机理及自组装规律有很大的帮助，与此同时也说明了COMSOL在解决多物理场问题中的强大能力。

Reference

[1] Vinita Yadav, et. al. Anatomy of Nanoscale Propulsion, Annual Review of Biophysics, 44, 77-100(2014).

[2] Wei Wang, et. al. Understanding the Efficiency of Autonomous Nano- and Microscale Motors, Journal of the American Chemical Society, 135, 10557-10565(2013).

[3] Wei Wang, et. al. Catalytically Driven Assembly of Trisegmented Metallic nanorods and Polystyrene Tracer Particles, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110, 17744-17749(2013).

Figures used in the abstract

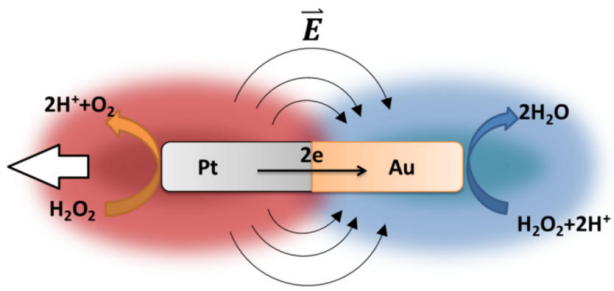


Figure 1: 双金属棒自电泳机理示意图[3]

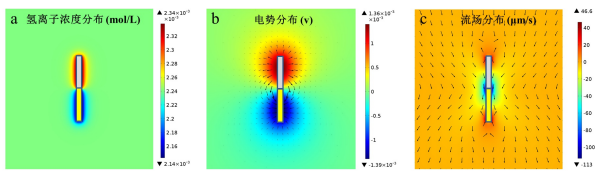


Figure 2: 双金属棒马达周围的离子场，电场和流场分布

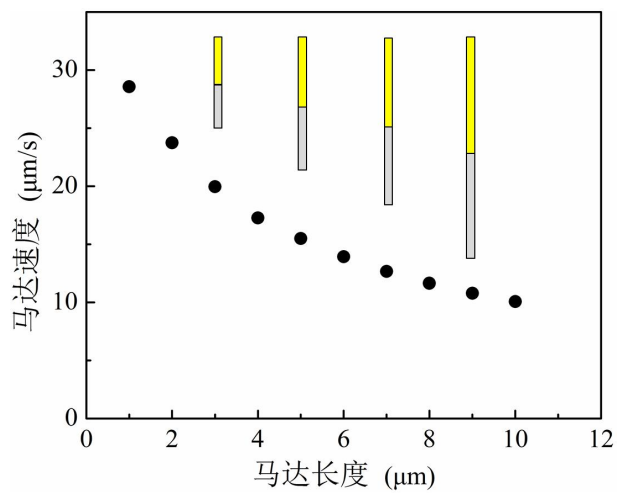


Figure 3: 马达运动速度与其自身长度之间的关系

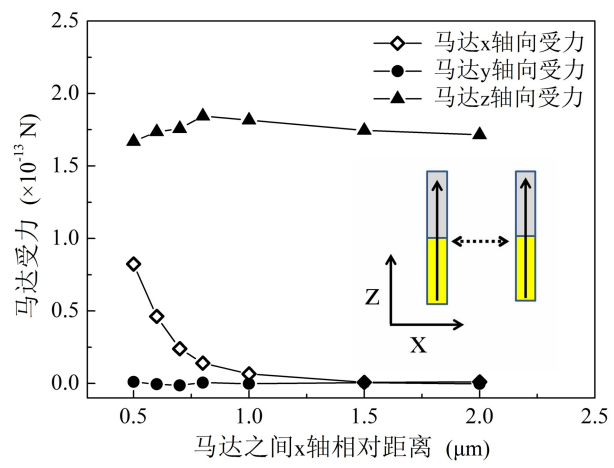


Figure 4: 平行排列的两个马达之间的作用力