

微纳尺度下液桥的形成*

魏征¹ 赵亚溥²

¹ 北京化工大学机电工程学院, 100029

² 中科院力学所非线性力学国家重点实验室 100080

摘要 大气环境下原子力显微镜测试中, 毛细力在所有粘着力中占主导地位, 毛细力与水膜厚度、相对湿度有关。在本报告中, 我们发现, 除了上述因素外, 毛细力还与两个表面的接触时间有关。通过实验数据的分析, 提出了一种液桥形成的模型。实验与模型对于理解大气环境下原子力显微镜的工作机理具有重要意义。

关键词: 毛细力、粘着力、原子力显微镜、液桥。

一、实验部分

实验用硅片经过亲水化处理。通过商用原子力显微镜 (Multimode SPM, Nano-Scope IV, Digital Instruments) 进行粘着力测量。我们测量了三种不同环境下的粘着力, 即相对湿度为65%, 30%和纯氮气环境, 在每一个确定的接触时间下, 连续进行20次测量, 然后取均值。实验结果见图1。

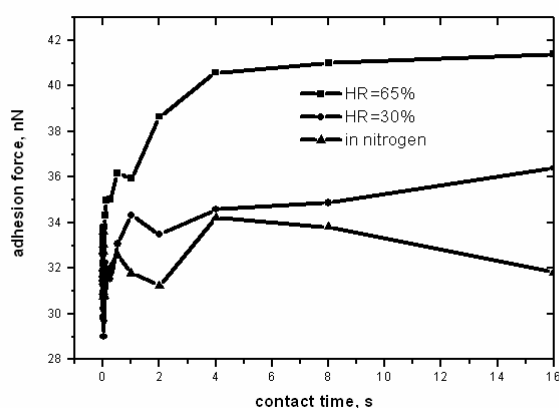


图1 三种不同的湿度环境下, 粘着力与接触时间之间的关系

* 国家杰出青年基金项目 (基金编号Grant No 10225209), 北京化工大学青年教师自然科学基金资助项目

二、 实验分析和模型

2.1 实验结果

从图1可以容易发现，在相对湿度为65%的情况下，接触时间小于4s，粘着力随接触时间的增加急剧增长，接触时间大于4s后，粘着力的变化变得平缓，最终达到平衡。相对湿度为30%时，其粘着力的变化趋势与前者相似，但达到平衡的时间要长。而在氮气环境下，粘着力随接触时间变化不明显。

2.2 液桥生成模型

我们认为，粘着力随接触时间变化，揭示了液桥的生成。主要包括两个过程，液膜流动形成液桥和毛细凝聚形成液桥。这两个过程的示意图见图2的a和b。

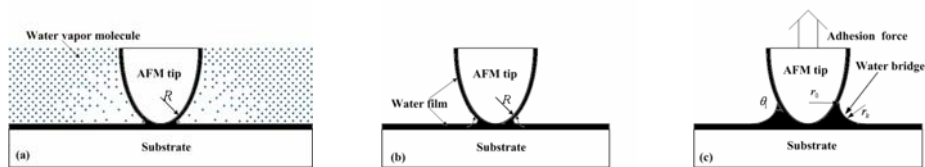


图2 两种液桥生成模型，a. 毛细凝聚，b. 液膜流动；c. 平衡状态时液桥形状

三、 结论

在实验分析的基础上，提出了原子力显微镜中液桥的形成机理，即毛细凝聚和液膜流动。模型数值计算表明，模型能较好解释实验。

参 考 文 献

- 1 Kohonen M M, Maeda N and Christenson H K 1999 *Phys. Rev. Lett.* 82 4667
- 2 Mate C M 1992 *J. Appl. Phys.* 72 3084