

# 原子力显微镜原位检测样品紫外老化功能的开发

蔡明军<sup>1,2</sup>

(1.中国科学院长春应用化学研究所 电分析化学国家重点实验室, 长春 130022; 2.中国科学院技术大学 应用化学与工程学院, 合肥 230026)

**摘要:** 材料紫外老化的研究一般采用不同辐射强度的紫外线对其进行人工加速紫外老化。本研究开发了一种原位检测样品紫外老化性能的装置,通过引入激光功率可调的外部紫外光源增加紫外光能量,老化加倍速率高,且功率可调节有利于抗老化剂的筛选,抗老化材料的工艺优化等,功率可调实验条件灵活多样,具有灵活性强,应用范围广的优点,可以解决原位检测分析紫外光照射条件下样品老化性能的技术难题,并且原位检测方法简便易行,具有可以快速直接分析检测的优点,避免因取样、转移、运输等过程样品形态的变化,可以保持样品的原状,能够更加准确的反映出样品性质性能的变化。

**关键词:** 原子力显微镜; 双模原子力显微镜; 纳米力学测量; 紫外老化; 杨氏模量

## Development of in situ Detection of Ultraviolet Aging of Samples by Atomic Force Microscopy

Mingjun Cai<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Electroanalytical, Chemistry Changchun Institute of Applied Chemistry, Changchun 130022 China; 2. School of Applied Chemistry and Engineering, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

**Abstract:** Ultraviolet aging of materials is generally accelerated artificially by Ultraviolet with different radiation intensities. This study developed a device for in-situ detection of Ultraviolet aging properties of samples. By introducing an external UV light source with adjustable laser power to increase Ultraviolet energy, the aging doubling rate is high, and the adjustable power is conducive to the screening of anti-aging agents, process optimization of anti-aging materials, etc. The experimental conditions with adjustable power are flexible and diverse and have flexibility. The advantages of a wide range of applications can solve the technical problems of in-situ detection and analysis of sample aging properties under ultraviolet irradiation conditions. The in-situ detection method is simple and easy, with the advantages of rapid and direct analysis and detection, avoiding the change of sample shape due to sampling, transfer, transportation, and other processes, keeping the sample in its original state, and more accurately reflect the change of sample properties.

**Keywords:** Atomic Force Microscopy; bimodal Atomic Force Microscopy; Nanomechanical measurement; Ultraviolet Aging; Young's modulus

## 引言

原子力显微镜 (Atomic Force Microscopy, AFM) 是扫描探针显微镜大家族中重要的成员,它通过检测连接在弹性微悬臂一端的微小探针与被测样品之间微弱的相互作用力来获得样品表面的超微结构的信息。AFM 不仅能够给出从几纳米到几十微米尺度表面的结构高分辨图像,可用于表面微观粗糙度的高精度和高灵敏度定量分析,可以观测到表面物质的组分分布(相位像),高聚物的单个大分子,晶粒和层状结构以及微相分离等材料微观结构信息。AFM 成像技术作为一种材料微观结构的表征技术,被广泛应用于高聚物材料微观结构的研究。双模 AFM (bimodal AFM) 是近年来发展起来的在纳米尺度上定量测量材料力学性质的新技术,双模 AFM 通过激发和检测 AFM 微悬臂探针的第 1 本征模的振幅或频率变化从而获得材料表面微观形貌图像,而第 2 或高阶本征模的振幅、频移和/或相移可用于获得材料表面力学、磁学或电学性质信息。进一步,基于双模 AFM 的纳米力学测量 (Nanomechanical measurement) 技术能够同时获得材料微观形貌结构和对应的定量力学信息,通过测得单点或多点力—距离曲线,并选择合适的力学模型,能够获得样品表面每个扫描点的力学性能,如弹性模量、刚度和黏附力等力学参数。纳米力学测量技术在高聚物材料、弹性体复合材料、纸浆模塑、橡胶等材料微观结构研究和力学性能表征中已经得到了广泛的应用 [1-8]。

高分子材料在生产加工、贮存运输和使用过程中因为受到光、氧、热、化学与生物侵蚀等内外因素的综合作用下产生降解,逐步发生物理化学性质变化,物理机械性能变坏表现为性能逐渐下降,尤其是力学性能严重下降,从而丧失其使用价值,这种现象称为材料的“老化”。高分子材料的老化已成为一个非常重要的问题,老化造成的不仅是经济资源的浪费,更为严重的是因老化引起的材料系统整体性能下降会减少产品的使用寿命。老化降解过程中产生的副产物也会造成对环境的污染 [9]。光是引起高分子材料老化的主要因素之一,高分子材料受到太阳光照射地面的紫外光辐照,会引起分子链的断裂,破坏聚合物材料的性能,导致其张力、强度降低,空气中氧气的存在,使得老化现象更为严重。研究高分子材料的老化行为和老化机理是解决高分子材料老化的基本方案 [10-11]。人工加速老化方法即在实验室利用老化箱模拟自然环境中日光、温度及湿度等因素加速材料的老化进程,可以大幅度缩减试验周期,使得材料的老化测试具有可控性,在材料的性能评价中得到广泛应用 [12]