

论文名称：压痕/划痕测试若干理论与基于自制仪器的试验研究

论文作者：吉林大学/黄虎

指导教师：赵宏伟《研究领域：材料微观性能原位测试技术与应用、仿生精密驱动、材料变形损伤机制与可加工性等。》

材料及其制品的失效源于微小变形损伤和缺陷，近年来针对材料微纳米力学行为的研究受到国内外学者的广泛关注。论文以微纳米压痕/划痕测试技术为着眼点，针对国内外研究的现存不足，开展了其测试理论、仪器设计、制造、装配、检测控制、调试、校准等研究，研制了具有自主知识产权的离位和原位压痕/划痕测试仪器，并借助自制仪器开展了典型应用与功能扩展。主要研究成果如下：

针对压痕卸载曲线不完整或出现明显拐点的情况，提出了卸载曲线局部拟合确定残余压入深度的方法。通过对比试验，研究了不同试件表面处理方法对非晶合金压痕行为的影响。提出了两种定量评价压头与试件间倾斜的方法，残余压痕形貌测量法和三点测量法，并通过试验验证了其有效性。

研究了离位压痕/划痕测试仪器涉及的结构设计分析、布局优化、动态模型建立、控制系统搭建、校准与性能测试等理论与技术问题，成功研制了离位压痕/划痕测试仪器。提出了机架柔度测试新方法和仪器校准方法—参考映射法，实现自制仪器的精确校准。试验结果表明，压痕测试仪器具有很好的重复性和良好的测试精度，其载荷分辨率优于10μN，噪声小于30μN，位移分辨率为1nm，噪声约2nm。设计了可同步测量划痕测试中横向力和轴向力的传感器，提出了两轴力耦合/解耦算法，并开展了标定试验和解耦分析。

利用自制的离位压痕/划痕测试仪器，研究了单晶硅压痕卸载突退现象的统计性规律以及预拉应力下单晶硅压痕响应，研究了非晶合金粘附、锯齿流变、剪切带分布等现象的压头几何尺寸效应以及非晶合金的划痕力学行为等。

采用步进电机与压电叠堆混合驱动方式，研制了原位压痕测试仪器。在此基础上，利用提出的寄生运动压电驱动新原理，设计了结构紧凑的大行程划痕运动组件，并集成研制了可与扫描电镜兼容的原位压痕/划痕测试仪器。利用该仪器开展了压头与试件表面间的摩擦和切屑堆积条件下材料的去除机理等研究。

论文研制的压痕测试仪器已在北京大学得到定制采用，相关专利在长春机械科学研究院有限公司得到转化和产业化实施。

◆广告 查询编号：2012