

微观测试技术及其发展应用*

吴一辉 贾宏光 王立鼎

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 概述了微观测试技术的内涵及其发展趋势,分析了它的特点、作用、地位以及二十一世纪初十年代的要求,展望了该技术未来的发展趋势。

关键词 微观测试 内涵 发展

1 引言

测试技术包含量测和试验两方面。凡需要考察事物的状态、变化和特征,并欲对之进行定量的描述时,都离不开测试工作。

微观测试技术是为了获取毫米级、微米级甚至纳米级的研究对象的状态、运动和特征等方面的信息。从广义的角度来讲,它涉及试验设计、模型理论、传感器、信号加工与处理、误差理论、控制工程、系统辨识和参数估计等学科内容。从狭义来讲,则是指在选定激励方式下,信号的检测、变换、处理乃至显示、记录或以电量输出数据的工作。

微观测试技术是随着微米/纳米技术的发展而迅速发展起来的的技术。微米/纳米技术的发展离不开测试技术,同时微米/纳米技术的发展又不断提出新的要求,刺激着微观测试技术的发展。各种学科领域的新成就也常常首先反映在测试方法和仪器设备的改进中,测试技术总是从其他关联的学科吸取营养而得以发展。

当前,微米/纳米技术在国际上已初露头角,它使人类在改造自然方面进入了一个新的层次,它作为本世纪出现的高技术,发展十分迅猛,并由此开创了材料、设计、制造、测量、控制和应用等新的高技术群,使单位体积物质存储、处理信息和运动控制的能力实现又一次飞跃。

2 技术发展特点

微型系统的设计并非简单的机械微小型化,而需要从物理及物质相互作用等方面进行重

* 本研究得到国防科工委微米/纳米技术预研及 863 的资助

新研究,形成一整套的设计理论与方法,需要解决微型系统设计中的尺寸效应、表面效应、误差效应及材料性能等的影响。

微观测试技术是构成微机械技术群中的一个不可缺少的重要技术,由于被测量十分微小,从而形成了微测试技术的难点和特点,也就是说,对其几何量与机械量的测量提出了极其严格的要求,例如就其加工而言,欲得到 1nm 的加工精度,最小的加工单位和测量单位势必要求为亚纳米量级。因此在测量技术领域里,改进原有传统的测量技术,并开拓新的测量原理和方法,设计新的测量装置和仪器,无疑是微观测试技术发展的一大特点。

微观测量技术与微细加工技术、控制技术等是密切联系的,它不仅能为产品的质量 and 性能提供客观的评价,为加工技术的合理改进提供基础数据,而且是进行一切探索性的,开发性、创造性的和原始的科学发展或技术发明的手段。

3 二十一世纪初十年时代时的要求

目前,微米/纳米技术的发展已经从制造微型构件、微型传感器,逐渐发展到制造微执行器,如微电机、微直线执行机构、微型阀、微型泵、微型喷嘴等,进一步将发展到单一功能的微系统以致于多功能的微型科学仪器等。微型器件的实现有赖于采用各种微细加工手段得到的微结构的设计与制作。

微电子机械系统(MEMS)是指可以批量制作的、集微型机构、微型传感器、微型致动器以及信号处理和控制电路、甚至外围接口、通讯电路和电源等于一体的微型系统。也就是说, MEMS 的目的不仅在于缩小尺寸和体积,还在于通过微型化、集成化来探索新原理、新功能的元件和系统,发挥 MEMS 产品所具有的尺寸小、精度高、响应快和成本低的优势。然而,目前在设计微执行器及微型传感器等微器件时,一般很少考虑微构件材料的机械性能,这是现有微型机械工艺成功率低、寿命短、性能不能充分发挥的一个重要原因。这就给二十一世纪初十年代微观测试技术提出了新的挑战。即要求:

- (1) 能够对新型材料及材料的微观性能进行较准确的测试;
- (2) 要对微结构的力学性能进行测试;
- (3) 对微机构、微单元体的运动特性、力学特性进行测试;
- (4) 对微系统、微型科学仪器等的性能指标进行精确测试等等。

4 微观测试技术的发展趋势

目前,具有微米及亚微米测量精度的几何量与表面形貌测量技术亦已成熟,如果具有 $0.01\mu\text{m}$ 分辨率的 HP5582 双频激光干涉测量系统,具有 $0.001\mu\text{m}$ 分辨率的光学与触针式轮廓扫描系统等。目前及未来一段时间内微观测试技术的一个重要研究对象是材料的微观机械性能、微结构的力学性能,如谐振频率、弹性模量、残余应力的测试及微结构的表面形貌及内部结构如微体缺陷、微裂缝、微沉积物的测试,由此出现了软 X 射线显微镜,扫描声光显微镜等技术;为对微系统或微单元体、微系统如微电机的运动和力学性能参数测试而出现了微小电机运动参数测试仪、微致动器扭矩测试仪等新的充分利用现代相关科技的测试仪器和方法。

未来,随着微米/纳米技术进一步发展的要求和刺激,将逐渐出现能够对微观物质或系统所要求的更多方面性能进行精密测试的多样化的测试设备,如薄膜材料的杨式模量、泊松比、拉伸强度、残余内应力、破坏韧性、疲劳强度;微电机、微泵、微涡轮、微探针等的速度、加速度、力、力矩、排量等性能;微系统及微型科学仪器性能参数等等。

5 技术发展对策与建议

微观测试技术是光机电技术的高度综合,由于被测物的尺寸十分微小,对测试系统提出了非常苛刻的要求,无论是用直接测量还是间接测量,如何用最简单、可靠的方法把测得的信号中的与研究任务相联系的、最有用的、表征特性的有关信息提取出来,是解决问题的关键所在。为避免测试设备对被测物的影响,有许多需采用非接触、直接测量的原则。目前还没有成熟的测试仪器,为了使测试方法更合理、更符合被测对象的要求,建议研究者在设计某种微零件、微机构或微系统的同时就应该考虑其设计指标的测试方法。因此,最好能把设计测试设备的设计制造作为课题的一部分来完成。

它与微/纳技术一样需要我们开动脑筋,打破常规的条条框框去大胆地思考和实践。此外,微观测试技术的高度综合性和前沿性决定了它将使用许多最先进的技术,如新型传感器、控制器等。新技术的介入无疑将极大地推动微观技术的发展。

参 考 文 献

- 1 王立鼎,吴一辉. MEMS 的研究现状及发展战略. 内部
- 2 贾宏光,吴一辉,王立鼎,唐九华. 一种新型、非接触扭矩测试方法. 待发表
- 3 D. Mathieson, et al. Micro Torque Measurements for a Prototype Turbine. *J Micromech Microeng*, 1994, 4: 129 ~ 139

Micro Measurement: Development and Application

WU Yi-Hui, JIA Hong-Guang, WANG Li-Ding
(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,*
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

The intention of micro measurement technology is described. Besides, the characteristic, function, position and the requirement for 21 century are analyzed. Then the development trend of this technology is look forward.

Key words: Micro measurement, Intention, Development

吴一辉 女,1965年生,1996年在长春光机所获得博士学位。主要从事微定位、微测试技术的研究,现为长春光机所物理站在站博士后人员。