

† 北京大学信息学院, 北京 100087

利用光镊和数字相关方法测量了存储的红细胞的力学性质。该方法以聚苯乙烯小球为手柄, 利用光镊对单个红细胞进行拉伸, 利用数字散斑相关方法计算小球的位移和细胞端部的位移, 测量精度可达 0.01pixel, 得到细胞的受力和整体伸长, 进而得到红细胞的受力与伸长率关系图, 细胞最大受力达 315pN。研究表明, 红细胞在小变形情况下受力与伸长率呈线性关系, 细胞的直径对其力学行为并没有显著影响, 这是由于细胞本身的差异性造成的。根据理论计算了红细胞在不同存储时间下的面内剪切模量, 结果表明该模量随存储时间增长而增大, 即红细胞的变形性能随存储时间而减小, 这与细胞活性随存储时间增长而削弱有关。该方法测量精度较高, 受力测量精度可达 1pN, 位移测量精度为 1nm, 可望应用于其他细胞的力学行为研究。国家重点基础研究发展计划 (2004CB619304); 国家自然科学基金资助项目 (10625209, 10732080)。

关键词: 光镊, 红细胞, 数字相关, 力学性质

MS23

CCTAM2009-003373

利用微梁传感研究分子在金表面的吸附过程

李凯*, 张青川†

* 上海大学力学系, 上海 200436

† 中国科学技术大学, 中科院材料力学行为和设计重点实验室, 合肥 230027, zhangqc@ustc.edu.cn

利用微梁传感技术, 研究了溶液中小分子量的硫醇分子 (11-MUA, 230 道尔顿) 和大分子量的聚 N- 异丙基丙烯酰胺分子 (PNIPAM, 1.5 万道尔顿) 在金表面的吸附动力学过程。实验结果表明: 11MUA 在金表面的吸附过程可分为两个阶段, 第 1 阶段为随机的物理吸附过程, 第 2 阶段则为伴随着有序单分子层结构形成的化学吸附过程; 而 PNIPAM 在金表面的吸附过程则表现为 3 个阶段, 首先是 HS-PNIPAM 分子链在金表面吸附, 形成类似于烤薄饼状的构象, 接着是吸附的分子链进一步发生构象调整, 形成类似于蘑菇状的构象, 最后, 吸附的分子链直立伸展, 形成类似于分子刷状的构象。国家自然科学基金 (10872191) 资助项目。

关键词: 微梁传感, 11-MUA, PNIPAM, 吸附动力学, 构象

MS23

CCTAM2009-003374

微机械阵列传感器设计与实现

薛长国*, 黄渊*, 张青川*, 刘红†, 伍小平*

* 中国科学技术大学, 中科院材料力学行为和设计重点实验室, 合肥 230027, zhangqc@ustc.edu.cn

† 中国科学技术大学化学物理系, 合肥 230026

提出了一种全新的微梁阵列传感器系统光路实现阵列化微梁传感器的研究。首先利用单片机对半导体激光器进行时序开关控制, 并利用高精度光学二维位移调节平台对多组激光、位置传感器及微梁阵列进行调整, 将激光间离调整到 100 μ m 的量级, 对阵列微悬臂梁端部的

相同点进行照射, 经过光杆原理将微梁端部的纳米量级的位移进行放大, 再利用位置传感器对激光的偏转进行检测, 实现系统的传感功能。利用该系统对微悬臂梁进行温度激励的研究的实验数据表面表明, 可以得到比较好的系统检测灵敏度; 同时在对不同 pH 值溶液及不同盐浓度的溶液切换的实验中, 可以很好的消除折射率变化引起误差。国家自然科学基金 (10627201, 10732080, 10472112, 20674078) 资助的课题

关键词: 微机械, 微悬臂梁阵列, 生化传感器

MS23

CCTAM2009-003375

纳米薄膜尺寸和表面相关的热膨胀系数

郭建刚, 亢一澜

天津大学力学系, 天津 300072, guojg@tju.edu.cn

以纳米薄膜为例, 研究了其热膨胀系数产生尺寸效应的物理本质。首先, 利用 Boltzmann 统计方法和原子间作用势函数, 导出理想晶体的热膨胀系数。再采用 Morse 势能函数, 并在模型中引入表面效应 (主要包括表面能和表面弛豫) 的影响, 进一步导出纳米薄膜的尺寸和表面相关的热膨胀系数的解析表达式。表明随着纳米薄膜厚度的减小, 其热膨胀系数会产生尺寸效应, 即热膨胀系数会随着薄膜厚度的减小而增大或减小。证明了纳米薄膜热膨胀系数的尺寸效应依赖于薄膜的表面效应。国家自然科学基金 (10802057) 和国家自然科学基金重点项目 (10732080) 资助。

关键词: 纳米薄膜, 热膨胀系数, 尺寸效应, 表面效应

MS23

CCTAM2009-003376

纳米压痕仪的载荷精度研究

郇勇*, 刘东旭†, 杨荣*, 张泰华*

* 中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190, huany@lnm.imech.ac.cn

† 加州大学—尔湾分校, 加利福尼亚 92697, 美国

以 MTS Nano Indenter©XP 为例, 研究发现了影响电磁式纳米压痕仪载荷精度的两个重要因素。其一, 磁场的均匀性。在实验位移范围内磁场必须是均匀的, 这是电磁计量载荷的理论基础。校准实验结果显示, Nano Indenter©XP 在 0.45mm 位移行程内的非均匀性为 0.24%。即, 在 0.45mm 位移行程内磁场均匀性给载荷计量带来约 0.24% 的误差。该部分误差严重依赖于实际测试时的位移行程和线圈在磁场中的位置, 其大小随着测试载荷的增大而增大。典型的压痕测试载荷一般都大于 10⁰mN, 因此这部分误差将不小于 10⁰ μ N。其二, 悬浮弹簧的刚度。校准结果显示, 在 ± 0.85 mm 的位移行程内悬浮弹簧刚度为 91.96N/m $\pm 7\%$ 。该部分误差实际大小依赖于测试时的位移行程以及这段位移内悬浮弹簧的线性度。以典型的熔融石英纳米压痕测试结果为例, 在 1200nm 的压痕深度内, 悬浮弹簧非线性引起的载荷误差在 10⁰ μ N 量级。综合以上两方面因素, 可以推断 MTS Nano Indenter©XP 实际测试时的载荷精度应在 10⁰ μ N 量级。需要特别指出的是, 以上两方面误差的大

小严重依赖于测试时的位移行程和线圈所处的位置,而这两方面因素在不同实验中变化很大。例如压痕测试位移行程一般在 $10^0\mu\text{m}$ 以内,最大载荷约 10^2mN ,而 MEMS 微悬臂梁弯曲测试位移可以达到 $10^1\mu\text{m}$,最大载荷却在 10^0mN 以内,因此无法对纳米压痕仪实际使用时的载荷精度进行确切的检定。这也正是这类仪器的说明手册上从不给出载荷精度的一个难言之隐。国家自然科学基金项目(10602058)和非线性力学国家重点实验室青年基金资助。

关键词: 纳米压痕仪, 载荷, 精度, 测量, 误差

MS23 CCTAM2009-003377

牛骨薄梁试样逆压电性弯曲变形测试及分析

卢晨霞, 侯振德

天津大学机械学院力学系, 天津 300072

骨的压电性的重要性在于骨内应力产生的电信号有可能影响骨细胞的生长。由于骨自身结构的复杂性,仅仅测量骨的正压电效应还不足以全面了解骨的压电效应的具体性质。近年来多种测量方法被应用于骨的力-电性质研究。本研究测量了牛骨薄梁试样的逆压电性弯曲变形的挠度。在牛胫骨骨干的部位取薄梁试样(长 20~40mm, 宽 5~7mm, 厚 0.5mm),在试样的两侧(厚度方向)用银导电胶制上电极,然后在两电极间加上电压(电场强度 500~1000kv/m),发现梁会发生弯曲变形,即所谓逆压电效应,利用高放大倍数数字光学显微镜结合图像相关技术测量了梁自由端的挠度。确定这种弯曲变形的是由逆压电效应引起的。

MS23 CCTAM2009-003378

碳纳米管纤维力学性能实验与弹塑性变形机理研究

李秋, 亢一澜

天津大学力学系, 天津 100072

tju-ylkang@yahoo.com.cn

碳纳米管由于具有高比刚度、高比强度等突出的力学性能一直被期望用作理想的高性能工程材料,但由于它的微米级尺寸使其难以在工程上直接应用,因此人们利用各种方法制备出具有宏观尺度的碳纳米管体系(如薄膜和纤维)并对其力学性能进行研究。本文采用宏观载荷监测和微观拉曼监测相结合的实验方法对碳纳米管纤维的力学性能进行了研究。文中测量了碳纳米管纤维宏观拉伸力学性能曲线,同时给出了碳纳米管变形的微观信息,并基于实验结果建立了微观模型,分析了碳纳米管纤维材料的弹塑性变形机理。国家自然科学基金重点项目(10732080)资助。

关键词: 碳纳米管纤维, 力学性能实验, 弹塑性变形

MS23 CCTAM2009-003379

碳纤维环氧树脂复合材料高低温力学性能及微观结构研究

陈明*, 龙连春*, 陈众迎* 刘世炳**, 阳志光+

* 北京工业大学机械工程与应用电子技术学院

北京 100124, hedachenming@yahoo.com.cn

** 北京工业大学激光工程研究院, 北京 100124

+ 中国运载火箭技术研究院, 北京 100076

对 T300-AG80 复合材料进行了力学性能测试,得到了材料在室温下的横纵有效弹性模量及拉压破坏强度,并对碳纤维/环氧树脂复合材料破坏前后的断口形貌进行了分析,从微观角度解释了试件破坏的内部结构原因。由测试结果得到材料的横向有效弹性模量以及拉伸、压缩破坏强度为 75GPa, 783MPa 和 507MPa, 分别比纵向高 56.3%, 70.6% 和 20.7%。针对试件多层层合结构,不仅分析了试件宏观破坏形貌,而且使用数码显微镜 VHX-600K 对试件各层破坏表面进行了微观破坏形貌分析,从纤维角度研究了复合材料的力学性能。针对压缩试验,考虑到细长平板试件容易弯曲,为了克服这一缺点以达到最理想的实验效果,根据实验实际情况使用了自设计的夹具。

关键词: 复合材料, 环氧树脂, 力学性能, 微观结构

MS23 CCTAM2009-003380

膜基结构通电作用下的力学行为分析

王庆华, 谢惠民, 冯雪, 戴福隆

清华大学工程力学系, AML, 北京 100084

xiehm@mail.tsinghua.edu.cn

通过对沉积于有机膜基底上的康铜薄膜导线进行通电实验模拟膜基结构的工作状况,对膜基结构中薄膜导线的力学行为及失效行为进行了研究。实验发现通电作用后康铜导线会从有机膜基底上脱离产生屈曲分层,利用失稳模型推导了临界屈曲条件,并利用梁屈曲模型计算了薄膜导线的残余应力。实验中发现了薄膜导线屈曲和电迁移的耦合现象,发生电迁移的薄膜导线屈曲后易产生断裂,这与电迁移减弱了导线的力学性能有关。此外还发现交流电比直流电更易使薄膜导线发生屈曲,研究认为这可能与交流电致疲劳削弱了薄膜导线的力学性能及交流电干扰多等因素有关。国家重点基础研究发展计划(2004CB619304)与国家自然科学基金项目(10625209, 10732080)资助。

关键词: 薄膜, 通电, 屈曲, 残余应力, 电迁移

MS23 CCTAM2009-003381

微结构演化对纳米多晶 Cu 应变率敏感性的影响

王飞*, 黄平+, 卢天健*

* 西安交通大学强度与振动教育部重点实验室

西安 710049, wangfei@mail.xjtu.edu.cn

+ 西安交通大学金属强度国家重点实验室, 西安 710049

纳米多晶 Cu 是典型的高应变率敏感性材料。在常规的应变速率下已报道的最大应变率敏感系数 $m = 0.104$, 远大于粗晶 Cu 对应的 $m = 0.009$ 。一般认为晶粒尺寸纳米化导致的位错形核位置逐渐从晶内向晶界的转变是造成应变率敏感性增强的主要原因。但却鲜有研究关注加载过程中纳米多晶微观结构随应变率的演化及应变率敏感性对此类微结构演化响应。本文采用常规磁控溅