

# 生理传感器

## ——用AFM测非常小的力

侯淑莲 李石玉

(华北煤炭医学院物理教研室 河北唐山 063000)

原子力显微镜 (AFM) 不仅被用来成像, 而且可以用来测量非常小的力。如接触模式的 AFM, 它的悬臂是由小的薄细丝状的金刚砂氮化物构成长 100—300 $\mu\text{m}$ , 宽 20—40 $\mu\text{m}$ , 厚 0.4—0.8 $\mu\text{m}$ 。共振频率 5—100kHz, 力常数为 0.001—0.5N/m。机械振动、涡流、温度改变都可以导致悬臂偏转。它的偏转通过激光束反射到相应位置的光电二极管上来测量, 可达超微米的高分辨率。当悬臂由两层不同材料组成时, 比如接触式 AFM 的悬臂用金刚砂氮化物和金 (用以改进反射) 做成。由于两种材料热胀系数不同, 当温度改变时, 悬臂就会偏转。从悬臂偏转方式上又分为两种: 静态偏转模式 (DC 模式) 和悬臂共振频率的改变模式 (AC 模式), 两种模式均可用于定性、定量分析。对于 DC 模式, 常用于温度传感器、水银传感器和量热学研究。AC 模式认为是悬臂质量改变的结果。悬臂这种行为的最新应用是制做传感器, 用以检测活细胞在力学行为方面的改变。如许多种类的细胞游动和运动是对于一种信号如激素作出的反应。人类锥管力学性质的控制, 通过一定途径包括氮氧化物产生等。某些种类细胞由于病毒的感染引起细胞骨架活性的改变等。所以活细胞力学行为的检测能提供一个测量效应物的生物活性的一个方法。这不仅提供了大范围商业应用的潜在可能, 而且提供了研究活细胞力学行为和响应的能力。

### 一、传感器设计

制作传感器的基本根据是细胞对机械刺激的反应, 这个反应通过悬臂作为转换器而检测到。细胞

500 纳米厚的氮化硅保护膜。这种火箭的最佳喷发时间为 1 毫秒, 正在争取做到 1 微秒。快速喷发的火箭以便对微型卫星和纳米卫星进行准确定位。由此可见, 未来微型火箭又必将给微型卫星和纳米卫星的发射带来革命性的变化。

目前, 在纳米卫星的研制过程中还有许多需解决的实际问题, 如微机电系统的工作环境问题、多卫

13卷1期(总73期)

的主要反应是运动中粘弹性改变。若把细胞直接生长在 AFM 悬臂上, 细胞的力学响应通过检测悬臂的倾斜来测量, 悬臂的倾斜用一个常规的光杠杆检测系统。传感器结构设计的关键是如何在悬臂上按求生长细胞。使用的是 MDCK (Madine Darby Canine Kidney) 细胞, 一个取自于狗肾的细胞系, 这种细胞既非常强壮又很容易保持, 能约束接触形式很好的单层。MDCK 细胞用常规培养方法保持。为了产生单一细胞悬浮液, 形成成熟的单层 MDCK 细胞需用胰蛋白酶处理, 然后把这些悬浮液 ( $1.6 \times 10^6$  cells/ml) 用吸移管放入无菌悬臂的盘中; 细胞集中生长 2—4 天。很容易在悬臂的两边生长, 而细胞与悬臂一体化的重要目的是达到一边生长, 即细胞的生长仅在悬臂的一边。可以有几种方法, 一个方法是用蛤贝粘合蛋白质到悬臂上, 以便粘上细胞。多酚蛋白质对于多种类型细胞表现出生物适应性, 而且能在细胞和基质间形成强有力的吸附作用。也容易置于溶液中。无论以后表面是否需要干燥。沉积蛤贝吸附蛋白质仅在悬臂的一边, 滴培养液也在这一边。由于溶液有比较大的表面张力, 能束缚液滴在悬臂的一边。限制细胞的生长使偏向一方。也可以通过用化合物处理悬臂表面来限制细胞生长。一种化合物是  $[(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}]$ 。通过浸入 1:20 硅烷与三氯甲烷溶液, 包被整个悬臂, 然后用蛤贝吸附蛋白质去包被另一边, 细胞优先被吸附且表现出惊人的倾向。

### 二、AFM 的初步结果

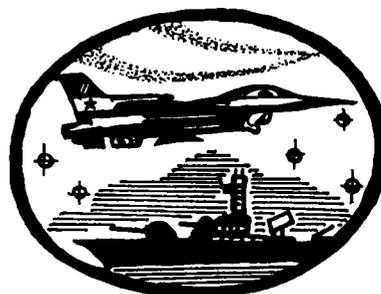
星之间的连接、数据传输、功能协调技术, 众多卫星组成网络的管理费用等问题, 更好地在半导体基片上制造卫星推进系统等方面, 还需要纳米技术的发展。但是近几年来纳米卫星的研制进展很快。

我们相信, 纳米卫星真正展示其军事风采的日子不会太久。我们更相信, 纳米技术的进展会为 21 世纪的战场带来战斗力的新飞跃。

# 隐形技术及其军事应用

胡祥发

(昆明陆军学院 云南 650207)



所谓隐形,就是利用多种不同的技术手段来降低武器装备不被探测系统发现,让其“看不见”,“摸不着”。隐形技术是传统伪装技术的一种应用与延伸,它的出现,使伪装技术由防御性走向了进攻性,由消极被动变为积极主动,不仅使自己由于隐身而获取主动权,而且还可以示假而迷惑对方,从而增强部队的生存能力,提高对敌人的威胁力。

隐形技术就是改变己方武器装备等目标的各种可探测信息特征,从而降低目标被对方探测系统发现概率的各种技术的统称。隐形技术又可分为有源隐形和无源隐形。目前人们所说的隐形技术,主要是指无源隐形。无源隐形,从物理学角度来讲,就是根据波的反射和吸收规律,在目标上采用吸收或透波材料,以吸收或减弱对方侦察系统的回波能量,根据波的反射规律改变武器装备的外形与

在这个实验中,AFM 仅作为偏转检测器。对于几种化合物如蜂毒肽或呼吸抑制因子钠迭氮化物产生了有意义的悬臂偏转,以这种形式反映了细胞的力学响应。在蜂毒肽情况中,系统的灵敏度是超微摩尔的。然而反响的量值在时间和数量两方面有很大变化,而且有些悬臂不响应。认为是细胞在悬臂上生长的不同。细胞被 BSA 浓缩致  $20\mu\text{g}/\text{ml}$  不显示反应。悬臂的热学性质被人为控制,活细胞悬臂对于室温变化在  $1^\circ\text{C}$  以内不敏感。把毒液冲淡加到贮水池中,无容积或温度的自发改变,所以控制实验的就是悬臂上的细胞。AFM 的初步结果表明,该仪器非常适合研究活细胞和生物传感器。流体箱起初设计为三角形的,这种形状导致沿着内部边和表面形成许多泡泡,有时会产生干扰,后来改为圆柱形。起初容积为  $7\text{ml}$  后改为  $2.5\text{ml}$ ,流速与体积保持低比值,保证样品试验长时间平衡,试验中以不同温度流体流过箱体来进行水温控制,通过用盘状管通过不同温度的水浴器方法,如室温 ( $24^\circ\text{C}$ ) 和  $0^\circ\text{C}$ 。

结构,使目标的反射波偏离对方探测系统的作用范围,从而使对方的各种探测系统不能发现或发现概率降低。

目前,隐形技术的发展和研究主要有:

## 一、降低雷达波特征的隐形技术

雷达是探测空中目标方位和距离的重要手段。雷达发射的电磁波碰到各种物体时,会产生强弱不同的发射信号,通过接收这些反射信号,雷达可以发现目标。根据雷达探测距离的四次方与飞机的雷达反射面积成正比。因此,减少飞机的雷达反射截面是隐形技术的关键。目前主要采取以下几种方法。

1. 改善目标外形设计技术,以获得既保证气动要求又获最小雷达反射截面的效果。各种装备本身

用 AFM 活细胞悬臂作为检测和产生偏转的物质,两种有毒物质产生反响表明细胞在力学性质上有所改变。原理是,细胞的生理变化引起热变化。悬臂随着细胞在它上面生长,表现出对热改变的高度敏感,表明悬臂的力学行为被细胞控制。这也许不奇怪,因为细胞  $5-10\mu\text{m}$  厚而悬臂仅  $0.5\mu\text{m}$  厚,当反响再现时,一般情况下会有很大变化,认为应归因于悬臂两边细胞生长程度的不同。

发展细胞在悬臂上一边生长的可靠方法可提高设备的性能。用其他种类的细胞作为传感器元件,将有更广泛的使用前景。在相似的箱中,灵敏度将随材料不同而变化,即增加特殊材料的辨别力。通过测量细胞对于不同化学材料的不同反响,可以在药品生产及筛选、水质测试、一般毒性试验及食品加工控制工序等方面得到应用。

编译自《IEEE-ENG-MED-BIOL-MAG 1997 MAR-APR: 16(2): 26-7》