

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01N 3/08 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820038881.6

[45] 授权公告日 2009年5月13日

[11] 授权公告号 CN 201237567Y

[22] 申请日 2008.8.1

[21] 申请号 200820038881.6

[73] 专利权人 中国科学技术大学

地址 230029 安徽省合肥市 6022 信箱中国科学技术大学国家同步辐射实验室

[72] 发明人 汪 啸 邵春光 赵佰金 洪义麟
姚传荣 李良彬

[74] 专利代理机构 合肥金安专利事务所
代理人 金惠贞

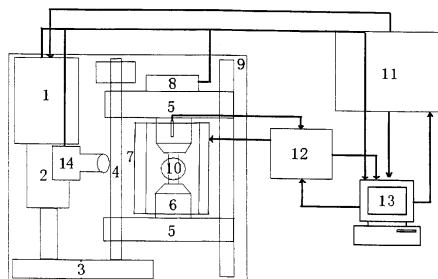
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

[54] 实用新型名称

用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置

[57] 摘要

本实用新型涉及用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置。该装置底板上设有带减速器的伺服电机、双向螺杆和滑动导轨，伺服电机输出端与双向螺杆对应端设有一对齿轮副，双向螺杆上两侧分别通过螺母连接着固定支架，固定支架另一端分别通过滑块与滑动导轨配合；两固定支架上分别对应设有夹头，一侧固定支架上设有力传感器；一对夹头之间的底板上设有通光孔，还设有高频摄像机和计算机。本实用新型体积小、位移精度高、恒定速度可调节，可以在不同的实验温度下，配套多种光源，高速实时检测材料在拉伸(压缩)过程中力学性能与不同尺度的微观结构对应关系。



1、用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置，其特征在于：
包括底板，所述底板上一侧设有带减速器的伺服电机，

带减速器的伺服电机输出轴通过联轴器连接着主动齿轮的齿轮轴，与主动齿轮轴平行底板上设有双向螺杆，双向螺杆的一端设有从动齿轮，从动齿轮与主动齿轮配合，双向螺杆上两侧分别通过螺母连接着固定支架，固定支架另一端分别连接着滑块，与滑块对应配合的滑动导轨设于底板上；

两固定支架相对应的一侧面分别设有夹头，一侧固定支架上设有力传感器；

一对夹头之间的底板上设有通光孔，通光孔处对应设有光源，与光源对应设有高频率摄像机；

带减速器的伺服电机、高频率摄像机分别通过导线与计算机连接；带减速器的伺服电机通过导线连接着控制箱，控制箱通过导线连接着计算机。

2、根据权利要求1所述的用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置，其特征在于：所述一对夹头外侧设有可拆卸加热套。

3、根据权利要求2所述的用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置，其特征在于：所述一侧夹头上设有热电偶。

4、根据权利要求1所述的用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置，其特征在于：所述减速器为1:100高精度行星齿轮变速器。

5、根据权利要求1所述的用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置，其特征在于：该装置整体长、宽、高尺寸为 $24.4 \times 18.2 \times 7\text{cm}^3$ 。

6、根据权利要求1所述的用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置，其特征在于：所述光源为钨靶，或X射线，或红外光源。

7、根据权利要求1所述的用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置，其特征在于：所述伺服电机的匀速转动范围为1—3000转/分钟、单步转动精度为65536步/转。

8、根据权利要求1所述的用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩

装置，其特征在于：所述主动齿轮和从动齿轮的传动比为 1: 1。

9、根据权利要求 1 所述的用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置，其特征在于：所述双向螺杆的转速为 1.5mm/转。

用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置

技术领域

本实用新型涉及在多种光源下材料拉伸与受压性能的测量技术领域，具体涉及到在高精度位移、不同速率范围以及相应温度条件下测量材料的结构与力学性能的装置。

背景技术

材料的结构与力学性能的关系是材料科学与工程的研究和应用领域的中心课题。通常，研究人员在常规的拉伸试验机如万能拉力机上检测材料的力学性能。另一方面，通过一些光谱，散射和成像的微观结构表征手段获得结构信息。在分别获得结构和力学性能后，再努力寻找它们之间的关系。由于结构和力学性能检测不是同时原位进行，因此很难获得一个非常明确的对应关系。材料拉伸或压缩等检测是一个动态过程，不同拉伸长度下结构不断发生变化。解决这一问题的办法是将拉伸或压缩等力学测试装置直接安装在微观结构检测的仪器上，在拉伸和压缩等力学性能的测试过程中对原位检测材料不同尺度的微观结构和力学性能进行同时原位检测，直接给出它们的对应关系。与原位不同尺度微观结构检测的仪器连用的力学测试装置必须满足一些基本条件。第一，在拉伸或压缩过程保证微观结构的检测点不变。通常的拉伸或压缩等力学性能测试仪都是单个方向拉伸即固定测试样品的一端，拉伸另一端。这一测试过程中，样品上没有一个固定点供结构测试。两个方向同时等速拉伸过程中样品中心位置不变，是理想的结构检测点。第二，拉伸或压缩装置整体不能太大。商品化微观结构检测仪器的样品台空间都较小，如果力学性能测试装置过大就无法安装在这些仪器上。第三，被拉伸或压缩的样品最好能在可控环境中进行检测，温度控制是其中一个基本的条件。第四，适用于不同的微观结构检测仪器。由于材料的力学性能是由其不同尺度的微观结构决定的，这些结构检测需

要采用不同的仪器。总结以上四点，我们可以得出材料研究人员需要的是—台体积小、可双向同步拉伸或压缩，温度可控，同步记录样品的几何结构变化，能用于不同微观结构检测仪器上的装置。

目前国内没有类似商品化仪器，部分实验有过相应探索，但都有很多缺陷。国际上 Gatan, Deben 和 Linkam 等公司有商品化产品。但 Gatan, Deben 的加热采用夹具加热，Linkam 的加热是采用单个加热片，这些加热方式使样品温度不均匀，不适合在较大范围的拉伸。特别对高分子其它软物质而言，均匀加热是必须的。通常拉力机配的是加热炉的方式，通过空气加热，使样品受热均匀。

发明内容

为了克服上述现有技术存在的不足，本实用新型提供一种可以在多种光源和相应温度条件下测量材料的拉伸与受压情况，并进行同步结构检测的装置，即用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置。

实现上述目的的具体结构如下：

用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置包括底板，所述底板上一侧设有带减速器的伺服电机，带减速器的伺服电机输出轴通过联轴器连接着主动齿轮的齿轮轴，与主动齿轮轴平行底板上设有双向螺杆，双向螺杆的一端设有从动齿轮，从动齿轮与主动齿轮配合，双向螺杆上两侧分别通过螺母连接着固定支架，固定支架另一端分别连接着滑块，与滑块对应配合的滑动导轨设于底板上，两固定支架相对的一侧面分别设有夹头，一侧固定支架的另一侧面设有力传感器；一对夹头之间的底板上设有通光孔，通光孔处对应设有光源，与光源对应设有高频率摄像机，高频率摄像机通过导线与计算机连接。

所述一对夹头外侧设有可拆卸加热套。

所述一侧夹头上设有热电偶。

所述减速器为 1: 100 高精度行星齿轮变速器。

该装置整体长、宽、高尺寸为 $24.4 \times 18.2 \times 7\text{cm}^3$ 。

所述光源为钨靶，或 X 射线，或红外光源。

本装置采用高精度伺服电机做为位移扫描平台的控制器，前极装有 1:100 的高精度行星齿轮变速器，这样可以很好的控制扫描平台得到操作要求的位移量，而在材料受力与对应温度采集方面，本装置可以利用 Labview 软件的编写将高精度伺服电机控制系统、力传感器和温度传感器的控制与采集进行集成化，使本装置在位移及速度控制、温度控制、数据采集（包括拉力或压力采集、温度采集）上达到采样速率快以及数据采集同步实时并可以在线分析的目的（其中力采集可以使用 10k/s 的高速采集系统）。

高精度的特点体现在伺服电机本身的参数为匀速转动范围为 1—3000 转/分钟、单步转动精度为 65536 步/转，而采用传动的两个精细齿轮传动比为 1:1，精细传动螺杆转速为 1.5mm/转，在加上伺服电机前极装有 1:100 的高精度行星齿轮变速器，当选择伺服电机在 1 转/分钟的匀速转动时，扫描平台做出 500 纳米/秒的匀速拉伸或挤压运动。选择伺服电机的单步运转时可以通过调整伺服电机的单步位移大小和单步间隔时间使本装置达到更慢的速度，在电机往复位移运动的过程中，通过设定高精度伺服电机的自身的转动精度，可以使扫描平台达到更为精确的位移与定位。

高频率摄像机在线实时记录样品几何形状变化，通过计算机在控制拉伸装置的同时实验人员可以观察被检测样品的形貌，屈服、细颈、断裂等力学行为，拉伸过程中高频率摄像机 CCD 按设置的频率和暴光时间记录样品的变化情况，以高分辨率的图片格式储存，通过分析软件，得到样品的真应力应变曲线。

实现同步高速采样，并可在线分析。本装置可以通过 USB 接口把高速采集系统与计算机连接，把每一个传感器信号进行运算放大，经过单片机处理后通过指定的端口直接传送给计算机，再由计算机进行数据分析，这样就可以实现多通道数据的同步采集，而不同通道的采样时间由 Labview 编写的程序进行控制并且可以实时在线的调整采样点，使得采集到的数据更有利于分析与计算。

由于可以采用同步高速采样和在线分析系统，本装置可以实时调整拉伸或挤压速度使得压力或拉力在相应的小范围内变化，从而达到恒力拉伸

或挤压的效果。

本实用新型的有益技术效果是，可实现两个方向同时等速拉伸过程中样品中心位置不变，取得理想的结构检测点；一对夹头外侧设有可拆卸加热套，可实现对被拉伸或压缩样品的温度的调节控制；本装置体积小、位移精度高、恒定速度可调节、可以采用多通道实时数据采集，在不同的光源条件下可以调整实验温度，改变力探测器来实现不同拉伸(压缩)速度和不同的拉伸(压缩)比的情况下在线测量材料的结构变化，从而得到在特定微小位移和不同温度下拉伸(或受压)对材料结构的影响，并纪录材料的力学性能。由于拉伸速率的可控性与稳定性，可以得到在不同温度下以某一恒定的拉伸(压缩)速率进行拉伸时材料的几何形状变化和结构的变化，并纪录其力学特征；也可以调整为对应温度曲线控制下通过拉力反馈而形成的以恒定拉力或压力运动的恒力运动装置，从而测量相应材料的结构和对应力学性能。

附图说明

图1是本实用新型结构示意图。

图2是本实用新型装置示意图。

图3是本实用新型测量弹簧拉伸过程受力变化示意图。

图4是本实用新型拉伸速率分别为A: 2.93um/s; B: 5.87um/s时，非晶硫样品所受拉力随采集点(时间)变化趋势示意图。

图5是本实用新型中文名称(WAXD)在线观测，拉伸速率为2.93um/s时非晶硫的衍射图变化情况。

图6是本实用新型中文名称(SPP)样品在拉伸速率为1.16um/s时的工程应力应变曲线示意图。

图7是通过光强分析，得到中文名称(SPP)样品的宽度变化示意图。

图8是中文名称(SPP)样品在拉伸过程中的真应力应变曲线示意图。

具体实施方式

下面结合实施例对本实用新型作进一步地说明。

实施例 1

用于多光源原位结构检测的材料拉伸和压缩装置包括底板 9，底板 9 上一侧固定安装有带减速器的伺服电机 1，减速器为 1: 100 高精度行星齿轮变速器；带减速器的伺服电机 1 输出轴通过联轴器 2 连接着主动齿轮的齿轮轴，与主动齿轮轴平行底板 9 上设有双向螺杆 4，双向螺杆 4 的一端安装有从动齿轮，从动齿轮与主动齿轮啮合传动，双向螺杆 4 上两侧分别通过螺母连接着固定支架 5，固定支架 5 另一端分别连接着滑块，与滑块对应配合的滑动导轨安装于底板上，两固定支架 5 相对的一侧面分别安装有夹头 6，一侧固定支架 5 上安装有力传感器 8；一对夹头 6 之间的底板上设有通光孔，通光孔处对应安装有光源，与光源对应处安装有高频率摄像机 14；带减速器的伺服电机 1、高频率摄像机 14 分别通过导线与计算机 13 连接；带减速器的伺服电机 1 通过导线连接着控制箱 11，控制箱 11 通过导线连接着计算机 13。

一对夹头 6 外侧安装有可拆卸加热套 7，一侧夹头 6 上安装有热电偶；可拆卸加热套 7 和热电偶通过导线连接着温度控制器 12，温度控制器 12 通过导线连接着计算机 13。

该装置整体长、宽、高尺寸为 $24.4 \times 18.2 \times 7\text{cm}^3$ 。

工作过程中，将材料样品 10 固定在夹头 6 之间，由计算机 13 下达指令给控制箱 11，控制箱 11 把工作信号传输给伺服电机 1，通过行星减速器以 100:1 的比率减小转速，通过一对传输齿轮 3 传递给双向螺杆 4；带动固定支架 5 同时向相反方向平动，提供给材料样品 10 外力(拉伸力或压缩力)，材料样品 10 在拉伸或压缩过程中产生形变，对加头 6 产生反作用力，通过拉力传感器 8 的放大传输给控制箱 11，再经过控制箱处理信号，最后传反馈给计算机 13。可拆卸加热套 7 用于材料样品 10 的环境加热，材料样品热信号由热电阻(或热电偶)反馈给温度控制器 12，温度控制器 12 把温度信号传输给计算机 13，通过电脑程序控制材料样品 10 的环境温度。高频率摄像机 14 通过计算机 13 控制曝光时间，图象分辨率，曝光频率等，可以

连续采集。测得的数据给出材料样品 10 形变过程中的几何形状变化，通过光强分析，获得样品在形变过程中的横截面积变化，通过计算得出真应力应变曲线 (true stress-true strain)。这样，样品温度、所受到力、样品的形变量等参数可在电脑上同时给出。

参见图 2，将弹簧作为测试样品对力传感器性能进行测试，结果表明力传感器工作状态良好，拉力变化与相应位移量基本为线性关系。

工程应力-应变 (engineering stress-strain) 和真应力-应变 (true stress-strain) 两种不同的检测方法将分别在下面的实施例 2 和 3 给出。将拉伸装置与其他表征设备 (如二维宽角 x 散射仪、小角激光光散射、红外光谱仪、紫外圆二色光谱仪等) 配套检测时，检测光通过固定底板 9 上的通光孔 (材料样品 10 处) 直接透过样品，实现实时检测的目的。

实施例 2

二维宽角 (WAXD-Mar345) 在线测量无定形单质硫拉伸过程中的结构变化:

(1) 根据不同的实验需要，选择不同的测力器，本装置采用可换式力传感器，希望能满足不同的实验需要。本实验使用的是小量程力传感器 (量程为 10N)，其精度在 0.2N 左右；另外还配有量程为 200N (精度 2N 左右) 的力传感器，主要是针对强度较高的材料使用。由于设计时考虑到更换力传感器的问题，更换时非常方便。

(2) 接通计算机与控制箱的串口：A、将带减速器的伺服电机 1 控制输出线接入计算机串口 4；B、力传感器 8 信号输出线联接计算机串口 1。接通控制箱与拉伸装置的串口：A、接通控制箱与伺服电机的串口；B、接通压电器与控制箱中力传感器的串口。计算机开机后，打开控制箱电源 (即可同时启动伺服电机 1 和力传感器 8)。按照实验需要的大小调整夹头的位置。两夹头间最小距离为 10mm (加热套本身的限制)。

注意：由于力传感器本身为压电装置，在实验过程中要保证拉伸装置的绝缘性，否则会影响力信号的采集。

(3) 材料样品10(amorphous sulfur)加工成大小为 $1\text{mm}\times 2\text{mm}\times 15\text{mm}$ 工形条状,固定夹装于一对夹头6上。材料样品位于夹具的中心位置,条状样品的长轴平行与拉伸方向。旋紧夹头螺丝,确保在拉伸过程中样品不会脱落。

(4) 装样完毕后,将拉伸装置固定在升降底座上,整体放置于二维宽角检测台上。通过升降底座调整高度,使二维宽角衍射仪中出射X射线通过通光孔穿过样品中心。样品是否对中,可以通过测得的WAXD图像确定。

(5) 开启WAXD检测仪(光源为钨靶,波长 0.7107埃 ;样品距感光屏的间距 302.009mm ;使用连续采集模式,曝光时间 200s)。同时启动拉伸装置,设定不同的拉伸速率($0.58\mu\text{m/s}$ — 0.35mm/s)进行实验,本事例采用2种不同的拉伸速率,得到拉力随时间的变化趋势如图(3)所示,横坐标为采集点的个数(1秒对应5个点),纵坐标为拉力大小。位移随时间的变化为线性变化,即:数据处理后可以得到拉力随材料拉伸长度的变化趋势,对应应力—应变关系。图(4)为WAXD检测仪采集的样品拉伸过程中的X射线散射图谱随时间的变化情况,明显观察到非晶硫的结晶和取向行为。通过简单的数据处理,可以将应力、应变、非晶硫的结构和某一时间段对应起来,实现在线观测样品的结构变化。实验结果表明:本装置能精确控制样品的拉伸长度,并给出相应的力值变化,与其他检测设备配套能实现在线观测被检测样品的结构变化,具有很好的实用性。

实施例 3

二维宽角在线测量间规聚丙烯结构变化(本实验在室温下进行):

(1) 本实施例使用的是大量程力传感器(量程为 200N),其精度在 2N 左右,主要是针对强度较高的材料使用。由于设计时考虑到更换力传感器的问题,更换时非常方便。

(2) 开启计算机,开启拉伸装置控制箱,实验操作如实施例2中步骤2。打开高频率摄像机,设定连续采集频率为 8张/秒 ,设定分辨率为 1024×1024 ,采集时间无限。

(3) 材料样品10(SPP)加工成大小为 $1\text{mm}\times 4\text{mm}\times 27\text{mm}$ 哑铃形条状,固定

于加头处。

(4) 如实施例 2 中步骤 (4) 方法校准光心。

(5) 开启 WAXD 检测仪(光源为钼靶, 波长 0.7107 埃; 样品距感光屏的间距 241.00mm 使用连续采集模式, 曝光时间 200s/张。同时启动拉伸装置, 设定拉伸速率为 1.16 $\mu\text{m/s}$, 启动高频率摄像机, 曝光时间为 8s/张, 连续记录材料样品的几何形状变化。

本实施例采用固定的的拉伸速率, 拉伸速度为 1.16 $\mu\text{m/s}$, 得到的工程应力随时间变化曲线如图 (5)。通过光强分析, 得到样品的宽度变化如图 (6) 所示, 假设拉伸过程中样品体积没有改变, 利用仿射形变原理得到样品的厚度变化。计算出样品的横截面积的连续变化情况, 连续样品通过简单的数据处理, $\sigma = \frac{f}{A} = \frac{f}{bd}$ σ 为某一形变量下样品单位面积上受到的拉力; f 为样品此时受到的总拉力; A 为 SPP 哑铃行样品的横截面积; b, d 分别为样品此时的宽度和厚度。如此可以得到样品在拉伸过程中的真应力应变曲线(图 7)。图 8 为 SPP 样品在拉伸过程中的二维衍射图和一维衍射曲线变化图。实验结果表明: 本装置能精确控制材料样品的拉伸长度, 通过高频率摄像机 CCD 在线测量样品的几何形状变化, 可以给出真应力应变曲线, 与其他检测设备配套能实现在线观测被检测样品的结构变化, 具有很好的实用性。

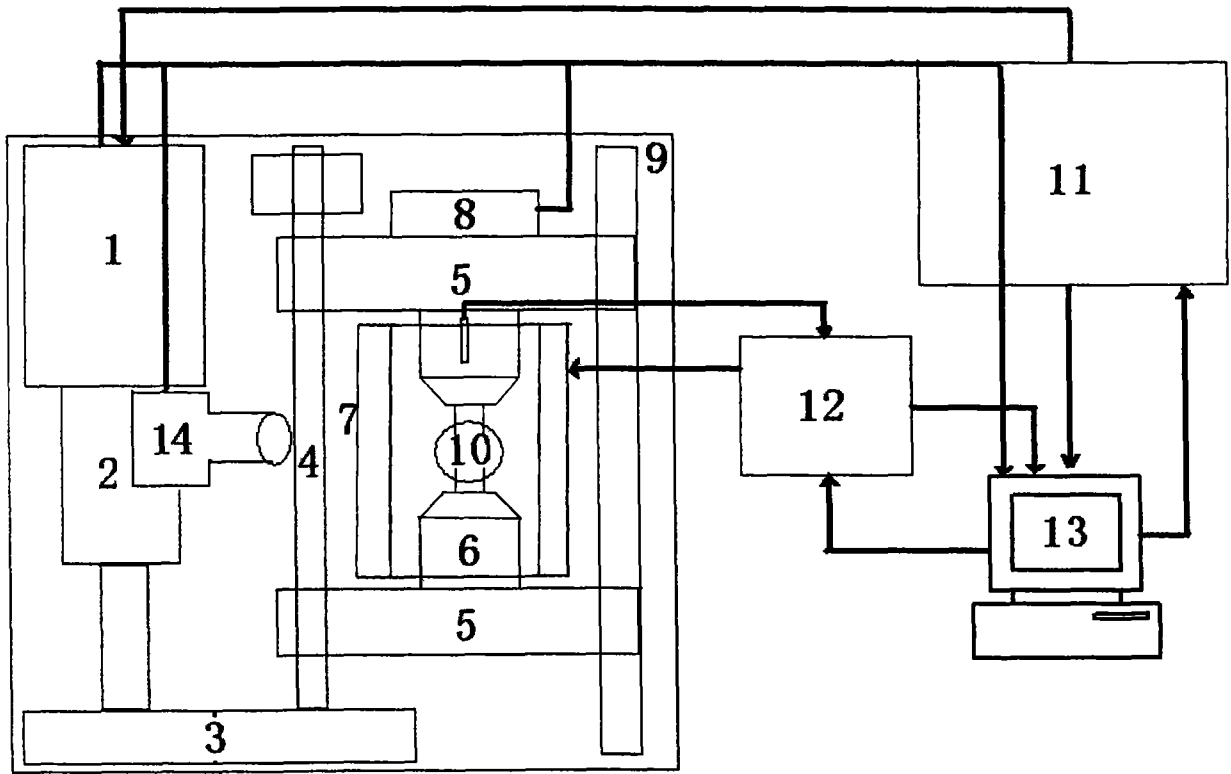


图1

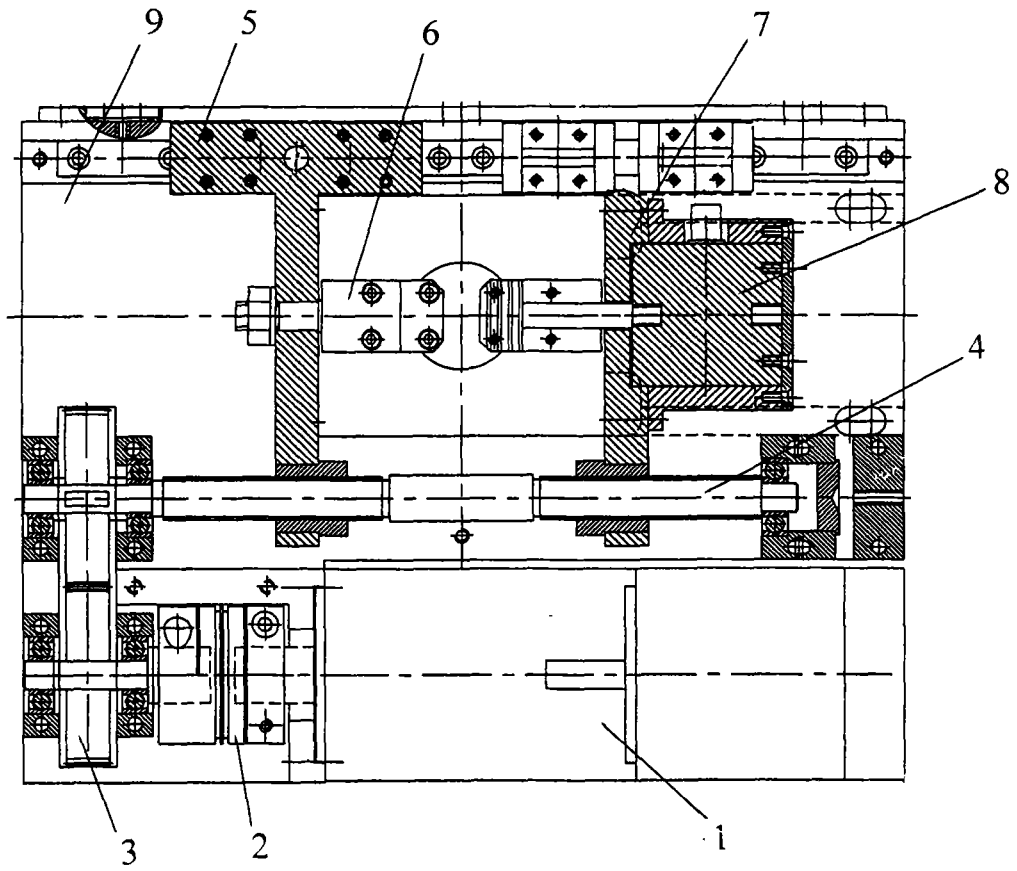


图 2

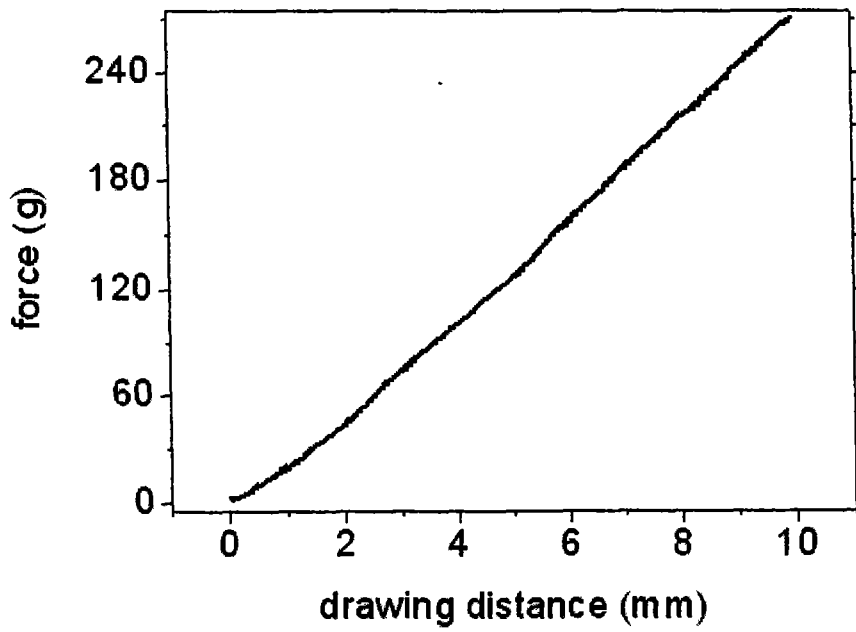


图 3

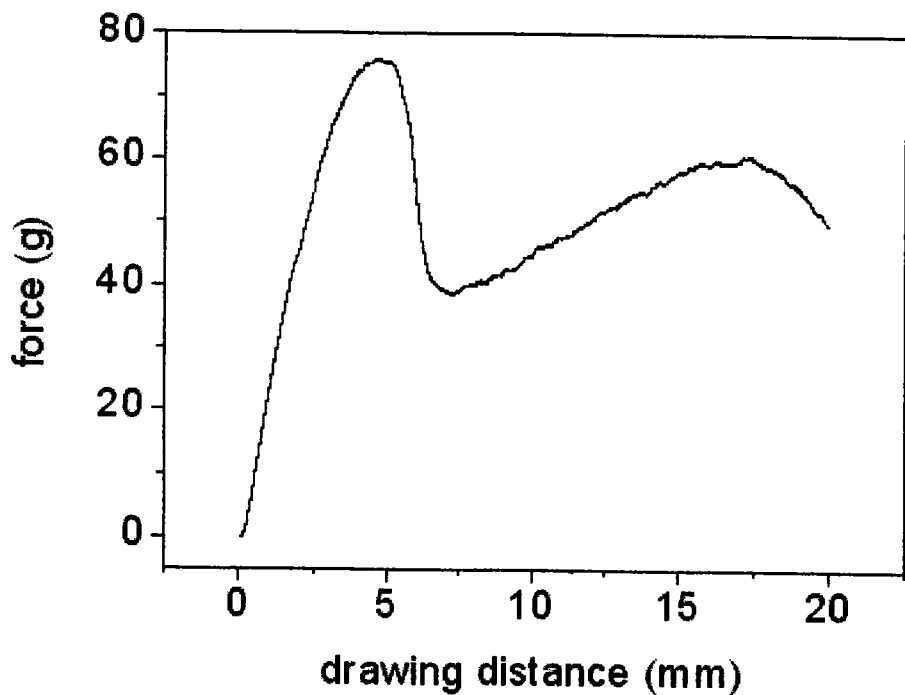


图 4

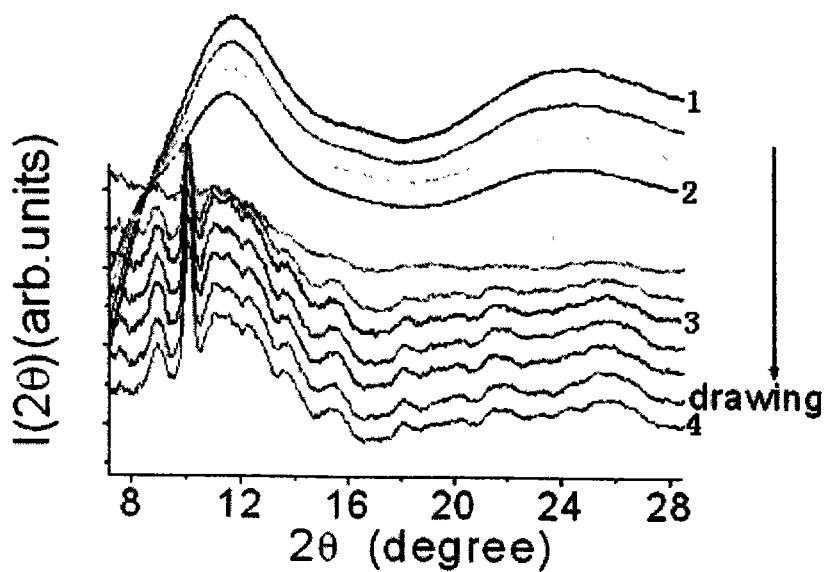


图 5

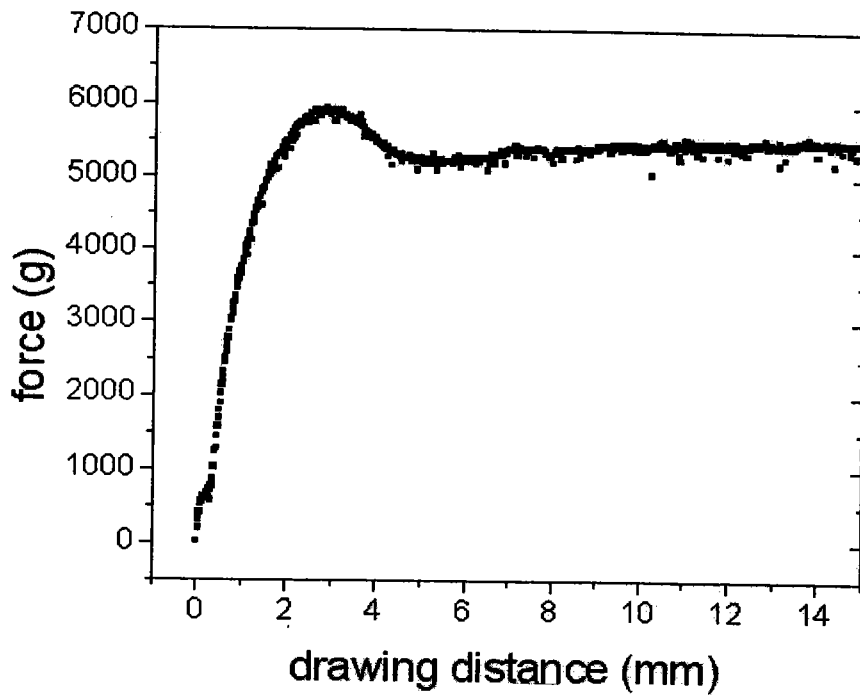


图 6

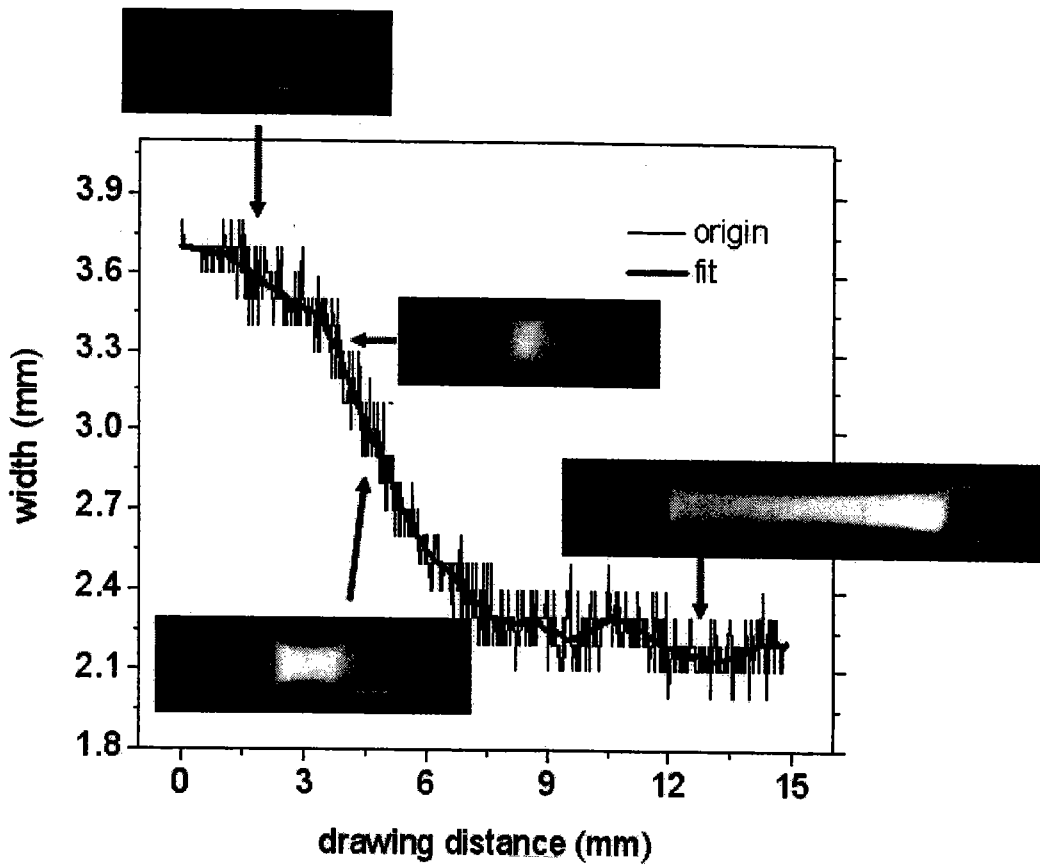


图 7

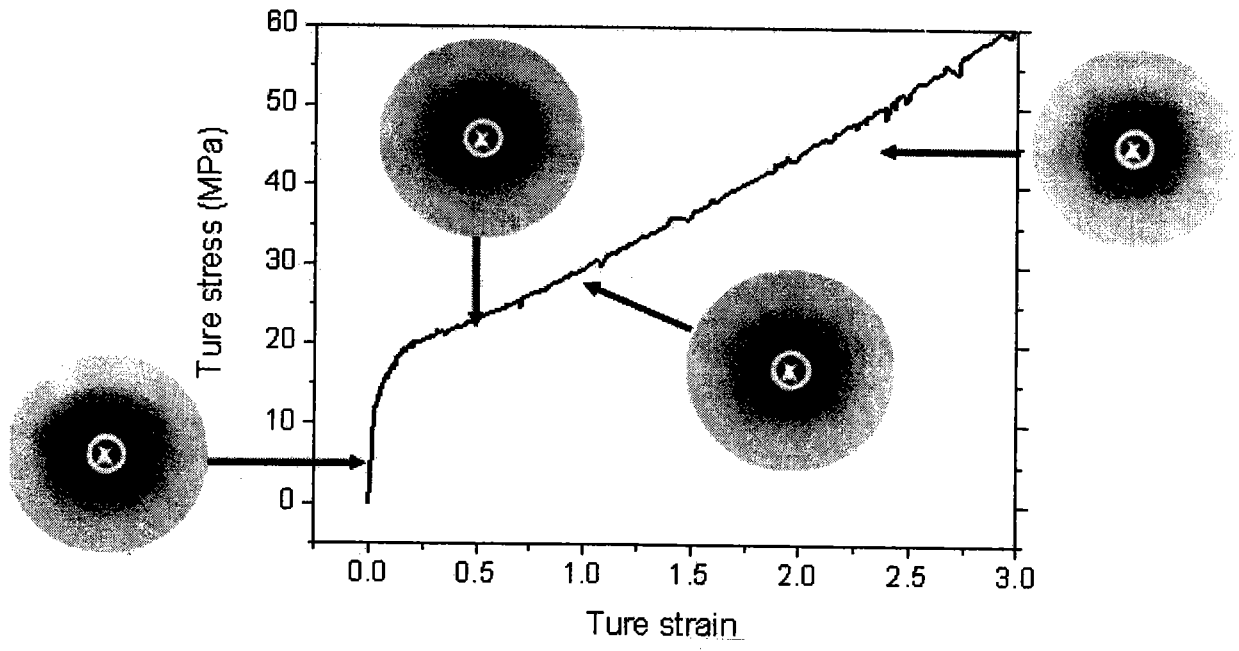


图 8