

结构分析-流变学同步  
测量附件



# 流变测量

## 与结构分析手段相结合



材料研究不断需求新的分析解决方案。凭借其自身的模块化设计，安东帕 MCR 流变仪可以轻松配置各种特定应用的附件，以满足特定的测试需求。

**安东帕 MCR 系列流变仪结构分析附件可以用于同时进行光学、电学和流变测试。**

利用流变学物理测量原理可以确定材料的宏观性能 - 样品的变化。不过，此类宏观性能是样品微观结构参数的综合体现。而样品微观结构的分析需要采用光学和介电测试的方法。流变学和光学结构分析手段相结合产生了流变光学测试系统，该系统既让您一览宏观结构“全貌”，也可让您同时观察到微妙的微观结构变化。

5

用于光学结构分析的通用温控平台

10-11

流动双折射和二向色性测量

6

光学显微镜模块

12-13

流动可视化、SAXS 和 SANS 测量模块

7

小角激光散射模块

14-15

粒子成像测速 (Particle Image Velocimetry, PIV)

8

控温最高达 300 °C 的光学显微镜

16-17

介电谱测量模块

9

最高温度可达 300 °C 的小角光散射

18

偏光成像模块

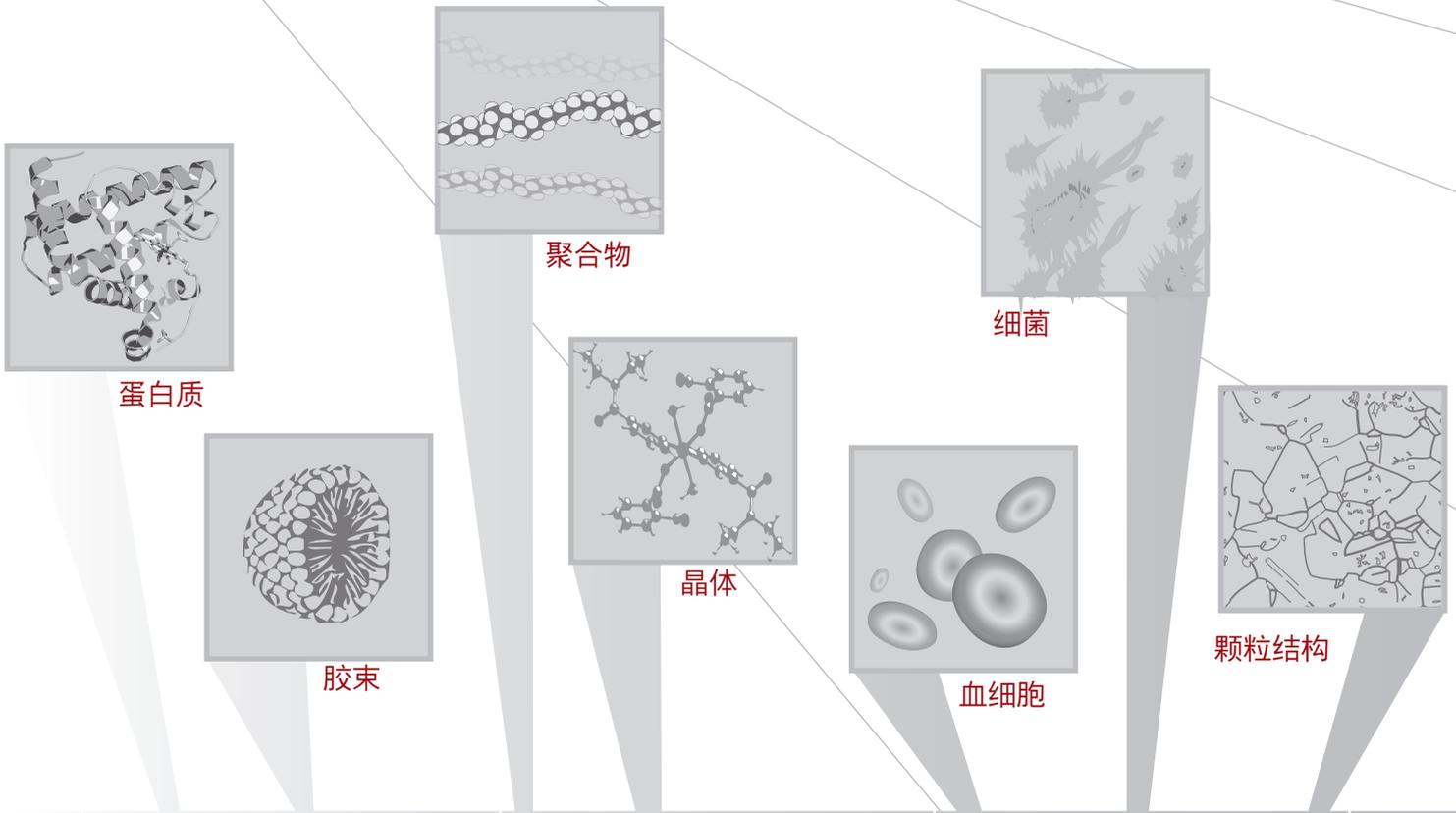
19

其他结构分析模块

# 结构尺寸 决定光学方法

使用光学方法时，波长决定可以观察到的结构尺寸范围。例如，光学显微镜和 SALS 方法采用波长 400 至 750 nm 的可见光。这意味着这些方法可以分辨尺寸与这些波长相当的结构。根据您所测试材料的结构尺寸可以选择对应的附件。

根据所采用的光学方法的不同分为透射光模式和反射光模式。使用透射光测量法时，例如 SALS、DORA 或光学显微镜，必须考虑样品的浓度、浊度及其周围介质与结构之间的对比度（折射率差）。非透射光测量法需要示踪粒子或不透明的样品结构，以便反向散射光。



$10^{-9}$

SANS / SAXS

$10^{-7}$

光学显微镜

SALS

双折射/二向色性 (DORA)

$10^{-5}$

PIV

$10^{-3}$  m

# 流变测量 用于结构分析的通用光学温控平台

## 帕尔贴通用光学温控平台 (P-PTD 200/GL)

安东帕公司提供的帕尔贴通用光学温控附件 (P-PTD 200/GL) 是一个模块化附件，为您提供前所未有的温控选项：  
P-PTD 200/GL 帕尔贴温控附件适用于显微可视模块、SALS 模块和您自行设计的光学模块。

P-PTD 200/GL 通过帕尔贴元件控制玻璃底板的温度，可以与（用于罩住样品的）获得专利的帕尔贴温控罩（美国专利 6,571,610）配套使用，消除样品内部的温度梯度。

P-PTD 200/GL 可以为光学模块提供灵活而精确的温度控制，一个帕尔贴温控平台即可解决各种各样的光学测试要求。



## 电加热通用光学温控平台 (P-ETD 300/GL)

安东帕还可以提供基于电加热的通用光学温控平台，用于在高温条件下进行的流变光学研究：电加热通用光学温控平台 (P-ETD 300/GL) 采用与 P-PTD 200/GL 相似的模块化设计，可以满足高温流变显微可视模块、高温 SALS 流变测量模块或任何其他自行开发的光学模块的温度控制要求，控制温度最高可达 300 °C。

P-ETD 300/GL 是基于电加热的温度控制附件，通常用于快速升温实验，额外的加热罩可以隔绝环境温度对样品的影响，消除样品内部的温度梯度，P-ETD 300/GL 的温度范围是室温至 300 °C。另外，可以提供快速冷却选项。



规格	P-PTD 200/GL	P-ETD 300/GL
温度范围	-20 °C 至 200°C	室温* 至 300 °C
加热速度	30 °C/min	20 °C/min
冷却速率	20 °C/min	15 °C/min
测量板最大直径	50 mm	50 mm

\* 室温

# 流变测量 与光学显微镜相结合

## 流变-显微可视模块

流变-显微可视模块与 MCR 流变仪配套使用，可以在进行流变测试的同时观察样品的内部结构。

光学显微可视模块与流变学方法相结合，可以观察剪切力和变形力对样品微观结构的影响，结构参数和流变参数可以同时进行研究。例如，您可以通过显微镜观察和记录剪切场中不同位置的受剪切乳液结构。



## 设备结构

流变-显微可视模块由 CCD 摄像机、长焦物镜（可选择厚玻璃光学修正或未修正的镜头）和可更换的成像管模块组成。根据应用的需要，可以选择具有偏光组件或没有偏光组件、或具有荧光显微镜滤片的显微镜系统，集成在显像管上的光源从样品下方照射到样品上。该系统采用模块化设计，光源、CCD 摄像头和物镜（放大倍数：5X、10X、20X、50X）都可以进行更换。显微镜可以沿 y 方向和 z 方向移动，用于聚焦和选择合适的观测区域。把此系统从流变仪上卸下并固定在支架中（不包括在系统中），即可用作独立的显微镜。

使用帕尔贴通用光学温控附件 (P-PTD 200/GL) 进行流变测试。同时使用具有专利技术的帕尔贴温控罩，可以精确控制的温度最高可达 200 °C。对于平行板测量系统，玻璃材质的测量转子可以减少反射光的影响，也可以选配薄玻璃下面组件，可以在使用未进行光学修正镜头的情况下得到更好质量的图像。

### 规格

#### 显微镜

长焦物镜，标准放大倍数 20X（可按需提供 5X、10X 和 50X 的物镜）

工作距离 (20X) 20 mm

数字光圈 (20X) 0.42

分辨率 0.7 μm

景深 1.6 μm

#### 光源（可更换）

光学显微镜光源 150W，无影冷光

荧光显微镜光源 LED白光，4000流明

2/3" CCD 摄像头视野 (20X) 0.44 mm x 330 mm

可选用偏振、非偏振和荧光显微镜  
(模块1：450 nm - 490 nm, >515 nm,  
模块2：515 nm - 560 nm, >590 nm)

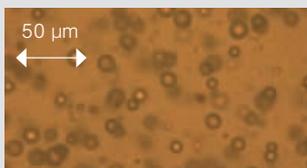
#### P-PTD 200/GL 帕尔贴通用光学温控系统

温度范围 -20 °C 至 200 °C

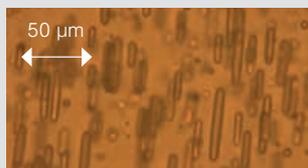
#### 测量系统

玻璃平行板 43 mm

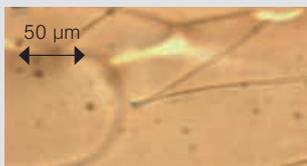
平行板/锥板  
抛光不锈钢转子 最大 50 mm



静置状态下的聚合物共混物...



...应变阶跃后的松弛



液晶畴区在低剪切速率时的状态 ...



... 在高剪切速率时的状态

# 流变测量 与小角激光散射相结合

## 流变-小角激光散射测量模块

将小角激光散射 (SALS) 测量模块连接到 MCR 流变仪主机，组成流变-小角激光散射测量模块 (Rheo-SALS)；该模块可以用于研究流变测量过程中由剪切引起的微观结构变化或结晶。同时，MCR 流变仪自身所具有的所有测试功能仍然可用。

与流变测试相结合的 SALS 是应用最广泛的进行样品结构分析的方法之一。样品对聚焦在它上面的入射光产生散射。散射图样含有样品微观结构的信息并使结构的变化可视化。根据散射角度和光强对散射图样加以合理的计算和分析，即可估计粒度分布。

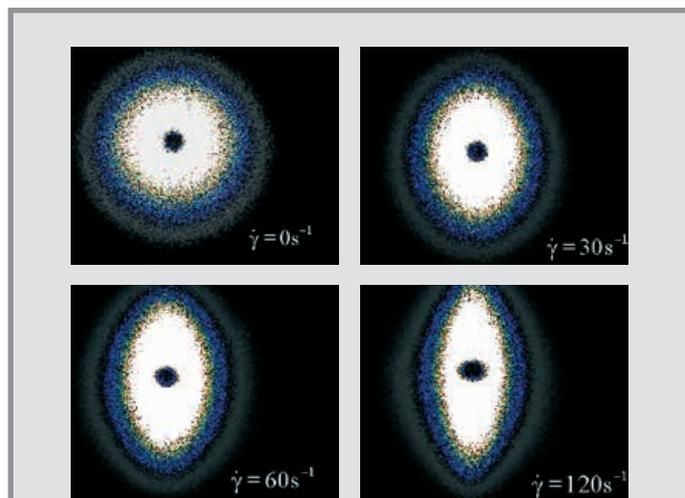


## 设备结构

模块化流变-SALS模块可以配备帕尔贴温控系统；该系统可与 P-PTD 200/GL 以及帕尔贴温控罩配套使用。小型可移动激光二极管射出的光经小棱镜折射后到达样品上。根据样品的粘度，可以选择使用平行板或双狭缝系统，样品前后的偏光片允许测试时选择偏振光和去偏振光，透镜系统收集散射光，然后直接将其传递到摄像头的 CCD 芯片上。此光学系统还包括光束遮挡器，并可以保持稳定的散射角和光强度，这样散射图样无需进一步校正即可用来分析。除了激光二极管可移动外，光学部件也可以移动，这样可以将光灵活地聚焦在样品的不同部位。

安东帕流变-SALS 测试模块的主要优势包括：宽范围散射角，可以同时测试细微结构和大结构；散射光直接聚焦在 CCD 芯片上，具有高光强分辨率；激光二极管和光学器件可以灵活移动，因而还可以观察样品中的局部反应。

尽管这些器件可以灵活移动，但并不需要用户对系统进行任何大的校准 - 测量系统可以在平行板和双狭缝之间快速调整。另外，安东帕还可提供专门的散射图样分析软件包。



聚合物共混物在不同剪切速率下的散射图

## 规格

### 激光级别 1

集成式线性轴承，可以在 x 方向上移离中心 15 mm 至 20 mm

直接将散射光照射到 CCD 芯片上

激光波长	658 nm
最小散射角	~ 1°
最大散射角	~ 25°
最小散射矢量	~ 0.17 1/μm
最大散射矢量	~ 4.17 1/μm
激光功率	390 μW

### P-PTD 200/GL 帕尔贴通用光学温控系统

温度范围 -20 °C 至 200 °C

### 测量夹具

平行板	43 mm
双间隙圆筒	32 mm

# 流变测量 与最高300°C的光学显微镜相结合

## 高温流变-显微镜

高温流变-显微镜与 MCR 流变仪配套使用，可以在进行温度高达 300°C 的流变测量的同时观察样品的微观结构。

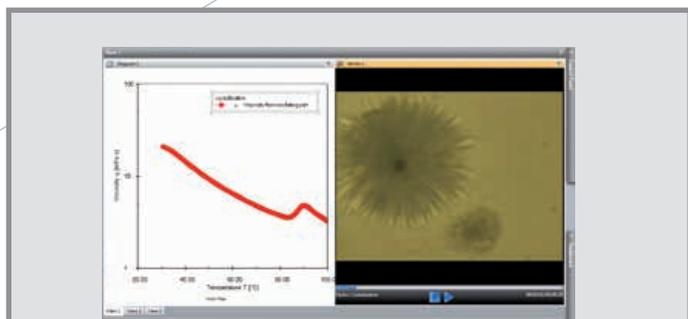
光学显微镜与流变学方法相结合，可以观察剪切力和变形力对样品微观结构的影响。结构参数和流变参数可以同时进行研究。例如，可以观察和记录剪切诱导的结构变化或聚合物共混物的结晶过程。



## 设备结构

该显微镜结构和与 P-PTD 200/GL 配套使用的显微镜结构一样，因而可以用于同一系统。该系统包括 CCD 摄像头、显微镜显像管和长焦物镜。集成在显像管中的光源可以更换为紫外线、荧光或偏光显微镜所对应的光源。物镜标准放大倍数为 20X；可以提供放大倍数更高和更低的物镜（5X、10X、50X）。手动调节聚焦和观测区域。

使用 P-ETD 300/GL 进行流变测量，可以使用电加热玻璃板实现高达 300 °C 的温度控制。光学部件通常对温度变化比较敏感，集成在加热设备中的主动冷却装置可以避免光学器件过热。电加热底板和电加热罩会尽量降低样品内部的温度梯度，而且样品周围的氮气氛围可以避免样品被氧化，氮气流还可用于快速冷却。另外，安东帕还可提供避免反射的玻璃材质的平行板测量系统，当测量浑浊样品时，使用抛光不锈钢转子可以反射更多的光到样品上。流变仪软件中集成有图像/视频捕捉功能，图像：晶体成长。



流变仪软件中集成有图像/视频捕捉功能，图像：晶体成长

## 规格

### 显微镜

超长焦物镜，标准放大倍数 20X  
(可按需提供 5X、10X 和 50X 的物镜)

工作距离 (20X) 30.5 mm

数字光圈 (20X) 0.28

分辨力 1 μm

景深 3.5 μm

### 光源 (可更换) :

光学显微镜光源 150W, 无影冷光

荧光显微镜光源 LED白光, 4000流明

视界为 2/3" 的 CCD 摄像头 (20X) 0.44 mm x 330 mm

可选用偏振、非偏振和荧光显微镜  
(模块 1 : 激发滤片 450nm 至 490 nm, 辐射滤片 >515 nm  
模块 2 : 激发滤片 515nm 至 560 nm, 辐射滤片 >590 nm)

### P-ETD 300/GL 电加热通用光学温控系统

温度范围 : 室温\* 至 300 °C

### 测量系统

玻璃平行板 43 mm

平行板/锥板  
抛光不锈钢转子 最大 50 mm

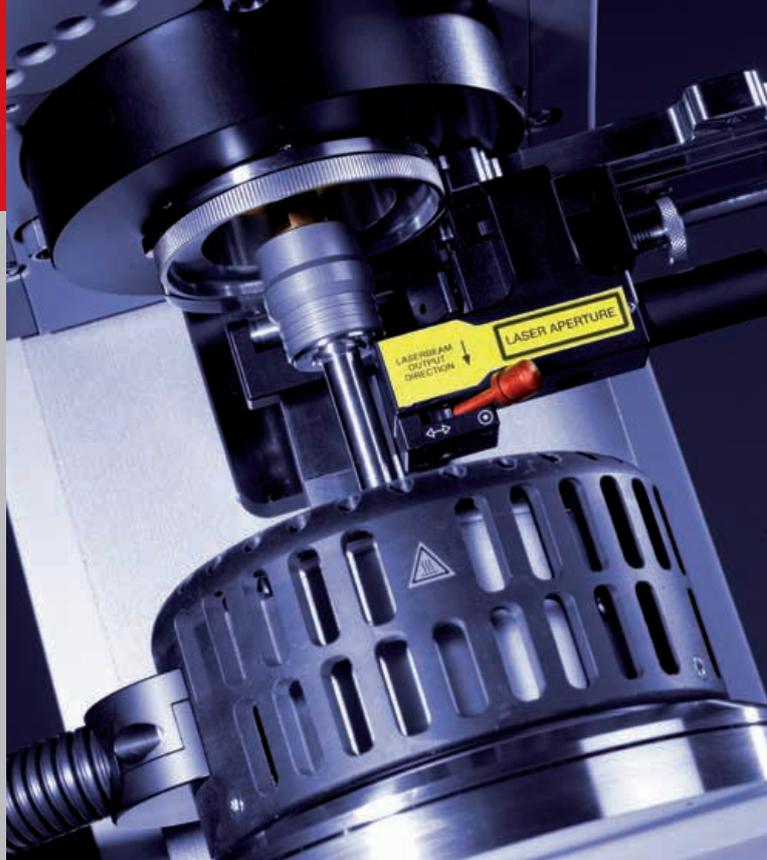
\* 室温

# 流变测量 与最高达300°C的小角激光散射相结合

## 高温流变-SALS 测试模块

MCR 流变仪与高温小角激光散射 (HT-SALS) 系统配套使用, 可以研究最高达300 °C的流变测量过程中剪切依赖性的微观结构变化或结晶过程。在与 SALS 配套用于结构分析的同时, MCR 流变仪自身所具有的所有测试功能仍然可用。

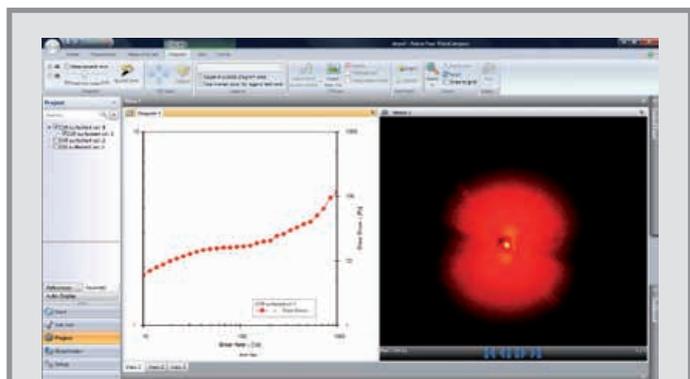
与流变测试相结合的 SALS 是应用最广泛的进行样品结构分析的方法之一。标准 SALS 系统可以与流变测试同时使用, 最高温度可达200 °C。而使用电加热通用光学温控设备 (P-ETD 300/GL) 可以在更高温度下测试聚合物熔体等样品的特性。



## 设备结构

高温流变-SALS 测试系统的光学部件和与帕尔贴温控系统一起使用的相同, 因而可以互换。它包括一个可移动透镜系统, 可以将散射光直接转移到摄像头的 CCD 芯片上。此设计确保低散射的样品同样具有卓越的散射角和散射矢量检测以及最高光分辨率。此外, 光学器件温度恒定, 从而确保整个测试温度范围内具有始终如一的光学条件。小型激光二极管射出的光经棱镜折射后到达样品。激光二极管上以及样品后面安装的偏光片允许选择偏振光和去偏振光进行测试。由于光学器件和激光二极管均可移动, 因而可以在样品的不同部位进行散射实验。

安东帕流变-SALS 测试系统的主要优势包括: 宽范围散射角, 可以同时测试细微结构和大结构; 散射光直接聚焦在 CCD 芯片上, 具有高光强分辨率; 激光二极管和光学器件可以灵活移动, 因而还可以观察样品中的局部反应。尽管这些器件可以灵活移动, 但并不需要用户对系统进行任何大的校准。另外, 安东帕还可提供专门的散射图样分析软件包。



流变仪软件中集成有图像/视频捕捉功能。图像: 表面活性剂 (CTAB + NaSAL) 在水中的状态

## 规格

### 激光级别 1

集成式线性轴承, 可以在 x 方向上移离中心 15 mm 至 20 mm

### 直接将散射光照射到 CCD 芯片上

激光波长	658 nm
最小散射角	~ 1°
最大散射角	~ 25°
最小散射矢量	~ 0.17 1/μm
最大散射矢量	~ 4.17 1/μm
激光功率	390 μW

### P-ETD 300/GL 电加热通用光学温控系统

温度范围	室温*至 300 °C**
测量夹具	
平行板	43 mm
双间隙圆筒	32 mm

\* 室温 | \*\* 360 °C (可根据要求提供)

## 与流变测量结合使用的设备：

### 动态光学流变分析 (Dynamic Optical Rheo-Analyzer, DORA)

使用动态光流变分析仪 (DORA) 可以在进行流变测试的同时测量流动双折射和流动二向色性。

#### 双折射

例如，当激光光束穿透方解石晶体时即可观察到双折射现象。由于其具有各向异性结构，因而在材料内部因为光传播方向的不同而具有不同的折射率，进一步会不同程度地降低光的传播速度。结果是，光束在晶体的另一端分成两束光。

某些材料本身即具有双折射效应，而另一些材料可能是在剪切或变形力的作用下才产生双折射效应。这两种材料都适用于测量流动双折射效应，具体光学各向异性的程度与施加的应力有关。

聚合物（例如聚苯乙烯）在静置状态下显示各向同性，但当施加以剪切力时，则由于其主链在流动方向的排列，表现出内在双折射效应。主链和侧链排列同时发生，致使出现两个不同的折射率，导致内在双折射效应。

此外，动态光流变分析仪还可用于测量形状双折射。形状双折射效应主要发生在大结构材料中，例如，凝聚体或团聚体在剪切力作用下被取向或拉伸。

#### 二向色性

某些材料在一个入射面吸收的光多于另一面，因此，穿透此材料的光束随着传播距离变远偏振程度越来越大。

这种吸收特性上的各向异性即称为二向色性，如果各向异性是由剪切所致，则称为流动二向色性。液晶本身即具有二向色性。当它们受到剪切作用，其二向色性会因结构排列而有所削弱。

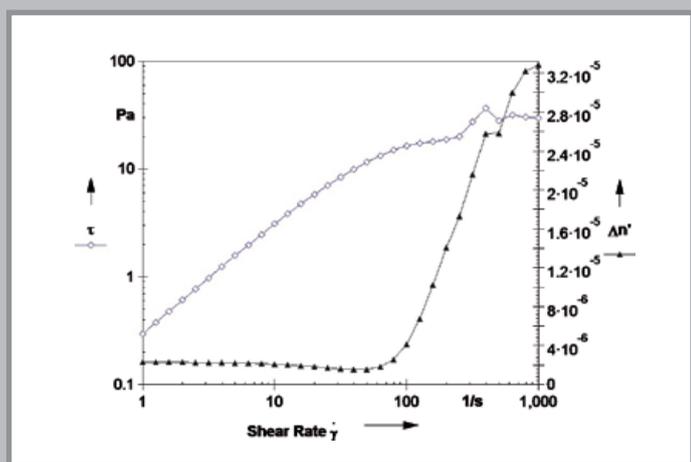


# 流动双折射和流动二向色性测量

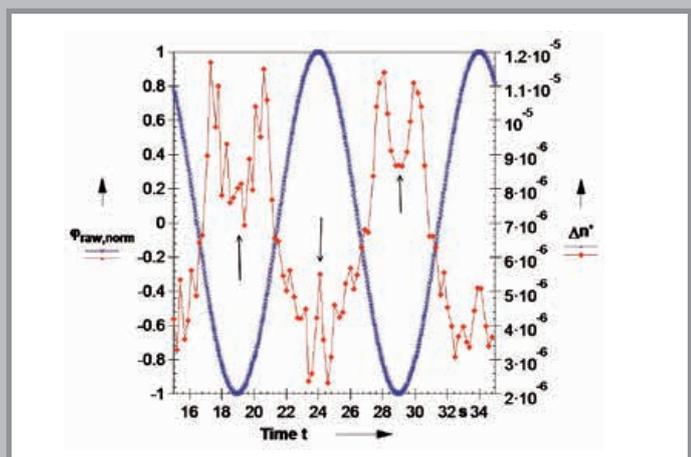
## 设备结构

DORA 分别在光学系统的  $0^\circ$ 、 $45^\circ$  和  $90^\circ$  方向安装有三个偏振激光器。依次打开和关闭这三个偏振激光器，会产生频率为 2200 Hz、不同偏振的光。进行流变测试时，此偏振光会穿透样品。通过样品后，偏振光分成两个光束。第一束光直接照射到二向色性探测器上，第二束光则通过偏光片和  $1/4$  板，照射到双折射探测器上。

这意味着，双折射效应和二向色性可以同时测量。动态光流变分析仪通过液体温控设备控制温度（温度范围： $10^\circ\text{C}$  至  $70^\circ\text{C}$ ），分析仪上没有任何旋转部件，从而确保对测量信号保持高灵敏度。而且可以将其整合到安东帕高端流变仪 (MCR 502) 中，且无需进一步校准。至于是选择平行板系统还是选择同轴圆筒系统，则取决于样品的粘度。



双折射效应不断增强以及应力平台现象说明蠕虫状胶束剪切带的形成。



聚合物共混物（聚二甲基硅氧烷与聚异丁烯混合物）大振幅剪切，最大偏转角时由于剪切应力最小而出现双折射快速松弛现象。

## 规格

二向色性  
(20 mm 路径长度)  $1 \times 10^{-9}$

双折射  
(20 mm 路径长度)  $2 \times 10^{-9}$

激光波长 638 nm

调制频率 2200 Hz

最短取点时间  $0.457\mu\text{s}$

衰减  $3.6 \times 10^{-5}$

延迟  $5.6 \times 10^{-5}$

## 液体温度控制

温度范围  $10^\circ\text{C}$  至  $70^\circ\text{C}$

## 测量夹具

### 平行板

玻璃板直径 43 mm

### 同轴圆筒

样品杯直径 36 mm

转子直径 33 mm, 阳极氧化致黑

# 流变测量

## 透明对流温控系统 (CTD 200/GL)

CTD 200/GL 是基于对流温度控制原理的光学透明温控系统，是 MCR 流变仪的一种新型附件，它为各种流变光学测量奠定了基础，控制温度范围从  $-50^{\circ}\text{C}$  至  $200^{\circ}\text{C}$  (选配可达  $300^{\circ}\text{C}$ )

## 流变-SAXS (小角X射线散射)

小角 X-射线散射 (SAXS) 测试方法是基于样品内部纳米尺寸的非均匀相产生的弹性X-射线散射来分析材料结构的。此方法可以提供大分子的形状和尺寸、部分有序材料的特性距离、孔径及其他数据等相关信息。SAXS 测量方法结合流变学，可以研究复杂样品内部由剪切诱导的纳米结构变化 - 从流动和温度诱导的晶化到剪切带，以及其他诸多结构变化。

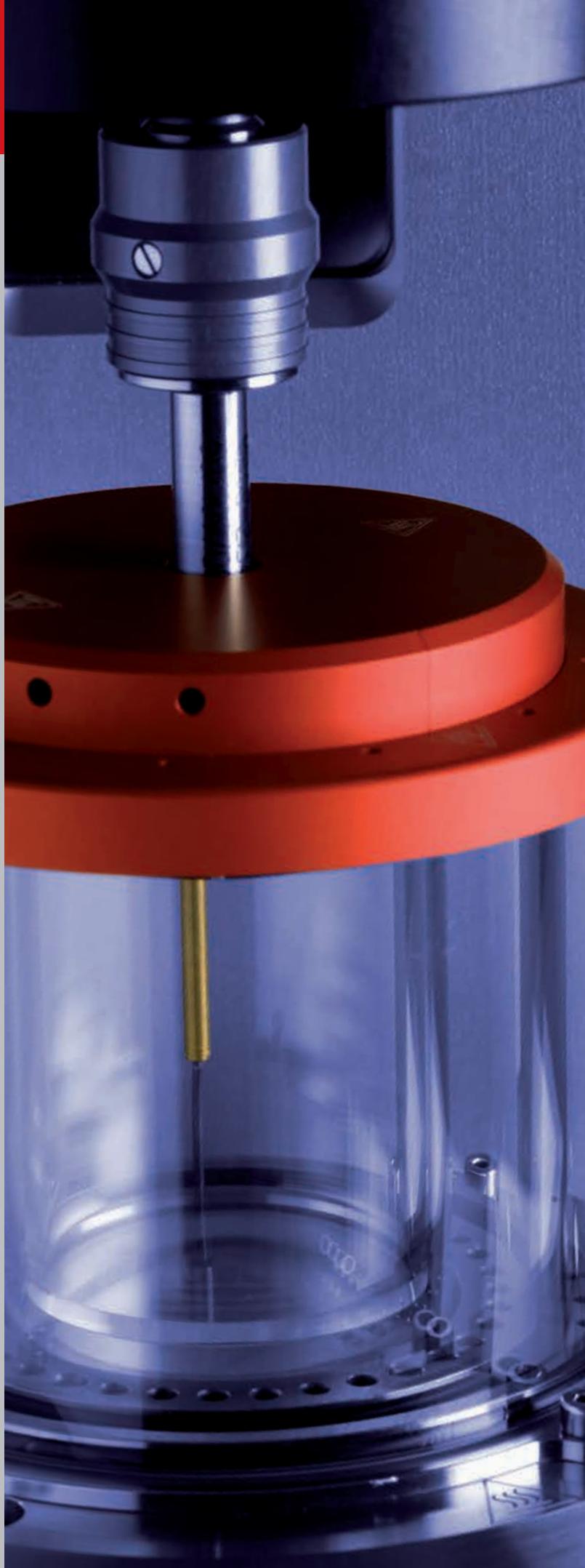
CTD 200/GL 非常适合与同步辐射 X-射线源配套使用，因为这种高强度的光束使快速时间分辨散射实验成为可能 - 这是对跟踪由流动引起的快速结构转变的一项潜在需求。

## 流变-SANS (小角中子散射)

将 CTD 200/GL 连接至 MCR 流变仪，可以同时进行小角中子散射 (SANS) 实验和流变测试。中子通过原子核或磁性样品中未成对电子自旋的磁距进行散射。

X-射线光子不同，X-射线光子与电子云相互作用，而中子则是与其原子核相互作用。中子是电中性粒子，可以深入探测材料内部。中子是电中性粒子，可以深入探测基体材料。

CTD 200/GL 中可以整合掠入式小角度中子散射(GISANS) 或中子散射特殊测量系统。



# 与流场可视化、SAXS 和 SANS 测量相结合

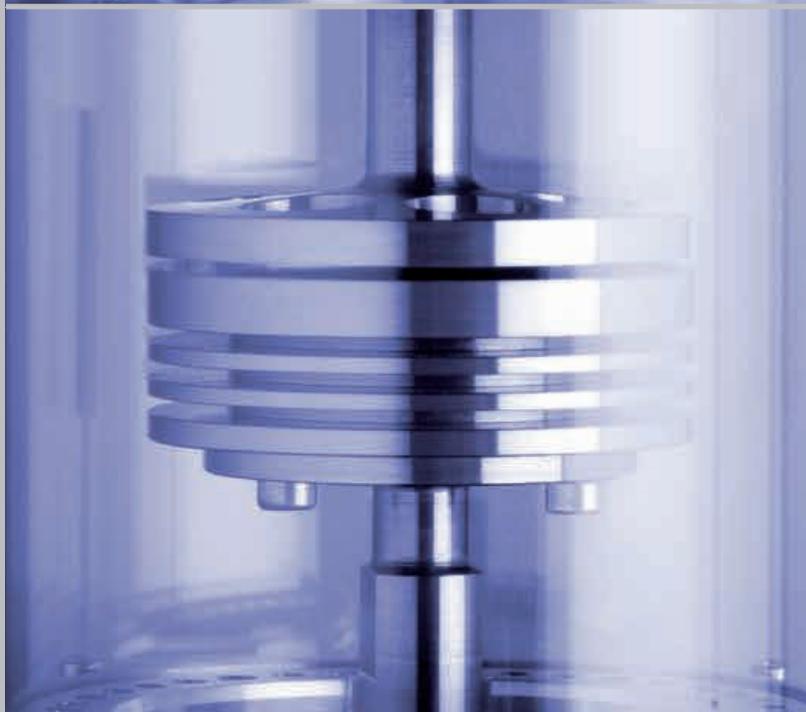
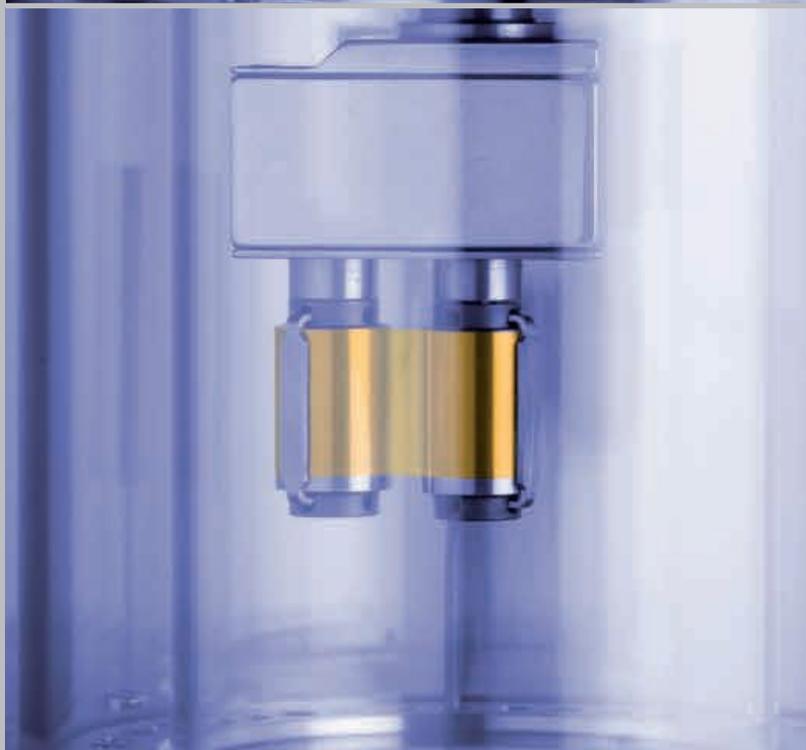
## 设备结构

CTD 200/GL 是一款光学透明对流温控系统。此标准系统与传统玻璃测试系统结合，可以在进行流变测试的同时进行光散射、双折射/二向色性测量、颗粒图像测速或简单地观察流动状况。

将玻璃测试系统换成聚碳酸酯测试系统，还可以利用此系统将 MCR 流变仪转变成流变-SAXS 测试系统，并可选配石英玻璃或钛材质的环和杯。另外，CTD 200/GL 还可以支持流变-SANS 测量技术的应用。

该设备可以选配各种测量系统：平行板、环板和同轴圆筒系统进行标准流变测试；固体扭杆夹具和薄膜夹具可以执行 DMA/DMTA 测试；拉伸夹具可以研究拉伸流变行为。

选配同轴圆筒系统时，可以利用简单、快速且准确的定位流程进行样品杯校准。完全透明的温控系统允许相对于剪切流不同的光束位置，提供各个平面的散射信息。



## 规格

### 对流辐射温度控制

温度范围 -50 °C 至 200 °C  
(选配可达300°C)

最大加热速率 15 °C/min

最大冷却速率 (使用液氮) 5 °C/min

### 测量夹具

#### 同轴圆筒

Mooney Ewart 类型 ME20、ME48、ME49 石英玻璃、钛或聚碳酸酯材质

#### 平行板

板直径 最大 50 mm, 不锈钢材质

#### DMTA 和拉伸夹具 (SRF、UXF、SER2)

# 流变测量

## 透明同轴圆筒 (C-LTD 70/PIV)

C-LTD 70/PIV 是一款光学透明的同轴圆筒系统，光可从侧面或底部照射到样品上。该系统与流变学技术相结合，是颗粒图像测速 (PIV) 应用的理想之选。这两种方法相结合，可以在流变测试过程中使流场可视化，例如剪切带、流动不稳定性或启始流特性。

## 粒子成像测速 (Particle Image Velocimetry, PIV)

典型 PIV 系统包括 CCD 摄像头、脉冲激光器和光学装置，光学装置可以将激光转变为光幕。此外，流体中悬浮有带反射涂料的示踪粒子。

激光器充当数字摄像头的摄像闪光灯，流体中的粒子散射光。摄像头检测出被散射的光。为了测量流体的速度，至少必须拍摄两次独立曝光图像。然后根据这两张图像对示踪粒子的运动进行分析，得出流场矢量（如图 2 所示）。

## 设备结构

C-LTD 70/PIV 有不同规格可供选择。所有规格都包括一个玻璃套和一个玻璃底座，都可安装在支架上。该系统通过流体循环器控制温度，温度控制范围从 10 °C 至 70 °C。测量系统是阳极氧化致黑铝材质转子，使用激光光幕时该转子可以防止反射。玻璃杯可以完全拆卸下来，因而很容易清洁。系统不包括 PIV 光学装置。



# 与粒子成像测速相结合

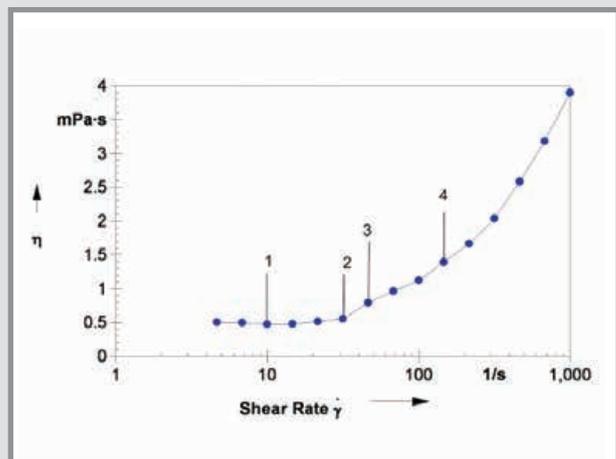


图 1：丙酮/金悬浮液流动曲线和泰勒涡流相关图片

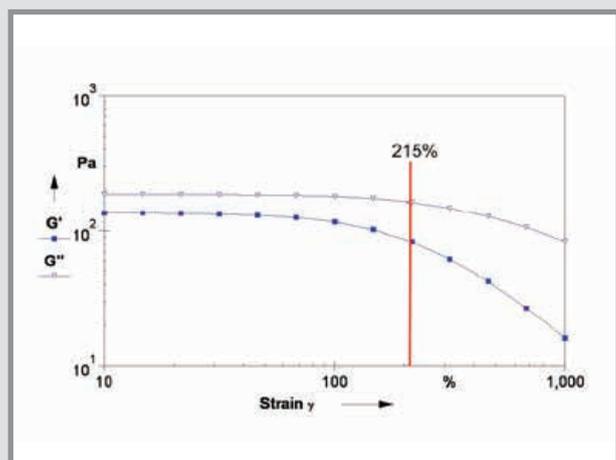
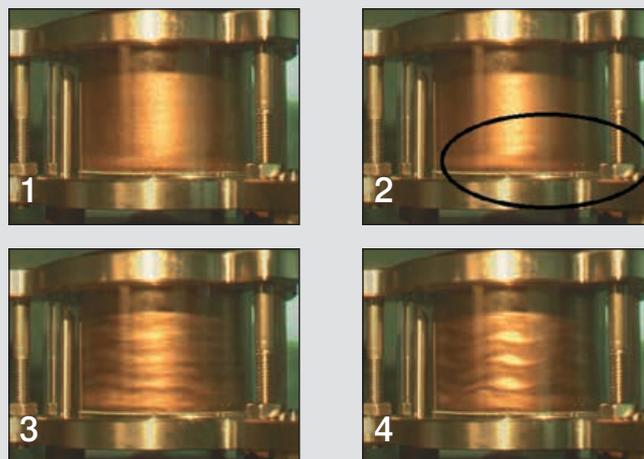
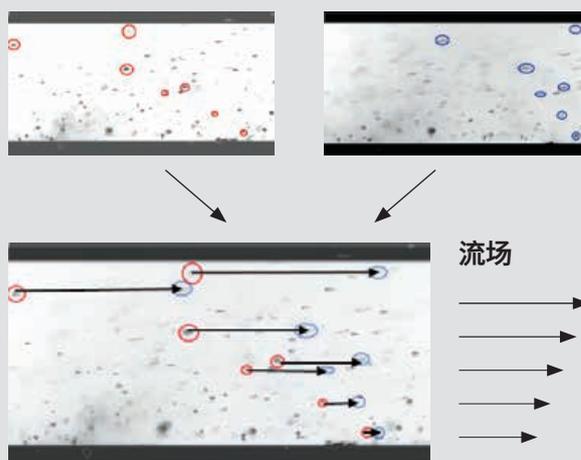


图 2：聚合物溶液应变扫描 (PP50) 测试中的颗粒图像测速 (PIV)。应变为 215% 时测定流场。



规格	C-LTD 70/PIV
液体温度控制	
温度范围	10 °C 至 70 °C
测量夹具	
同轴圆筒	
样品杯直径	35 mm, 透明
转子直径	32 mm, 阳极氧化致黑

# 流变测量

## 介电流变模块 (DRD)

介电流变模块与 MCR 流变仪配套使用，可以研究机械变形对样品电导率、电容量和介电常数的影响。此设备可以用于分析流动和变形力对样品介电谱的影响，以及分析机械分析法无法涉及的材料特性。

介电谱是基于研究材料对所施加的电场响应的一种研究方法。流经样品的电流是样品对交变电场的响应，测量电场频率对该电流的影响可以得到介电谱。通过分析所获得的介电谱，可以了解所分析材料的结构和特性。

## 设备结构

DRD 模块包括一个 LCR 测定计，测定计连接到帕尔贴或对流温控平行板绝缘测量系统。两个板形成一个电容器，温度范围可控制在  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  至  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  (帕尔贴) 和  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$  至  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  (对流) 内。DRD 系统的软件确保能够灵活进行旋转和振荡模式下的测试，并通过触发脉冲实现 LCR 测定计和流变仪同步。

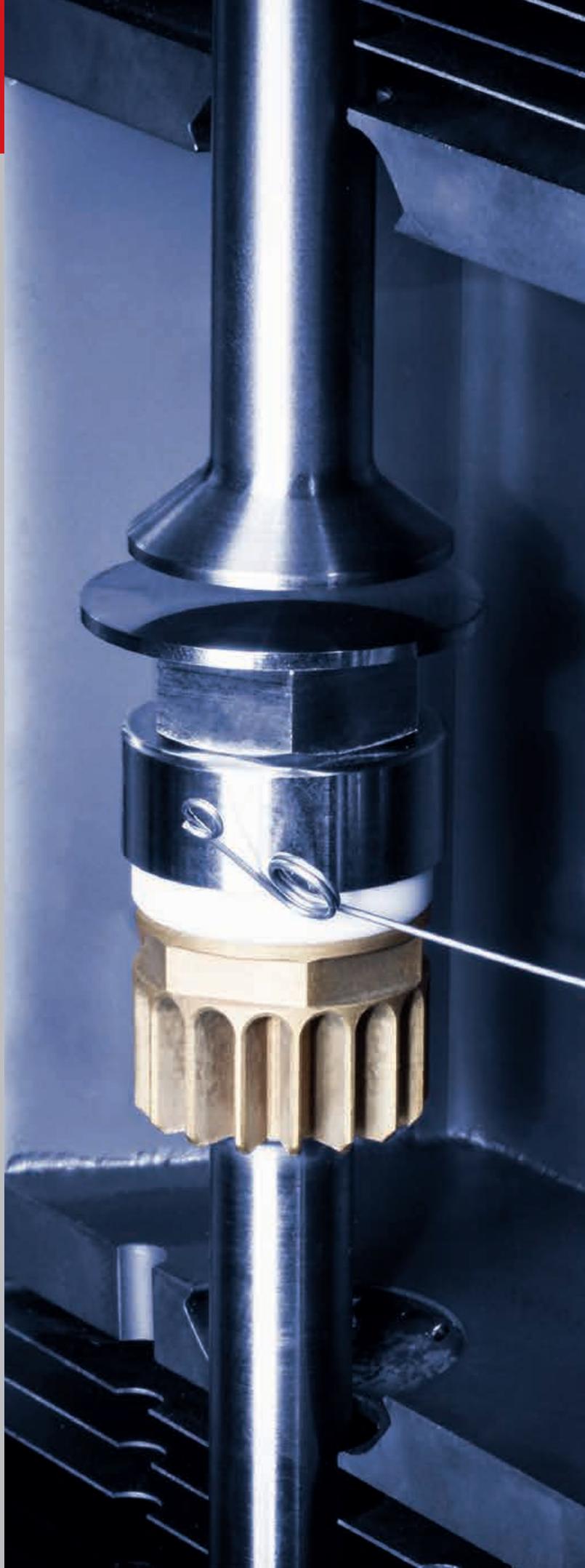
## 示例

使用 DRD 模块测试填充碳纳米管的环氧树脂。在施加恒定电压 (1 V) 和频率 (1 kHz) 的交变电场条件下，进行应变扫描和流动曲线测试。

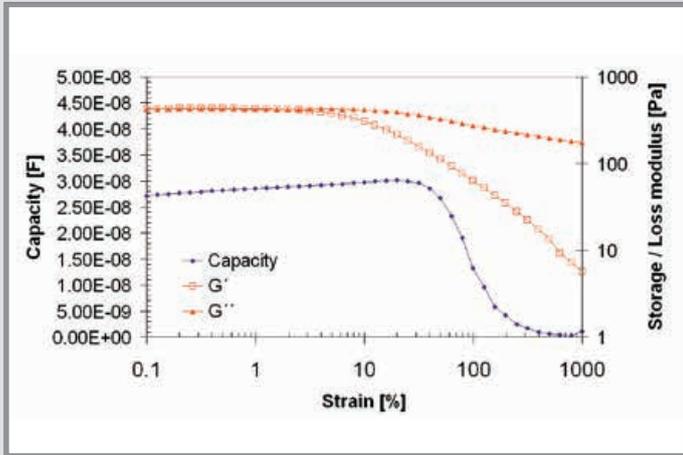
结果：当超出线性粘弹区范围或剪切速率提高时电容显著降低。



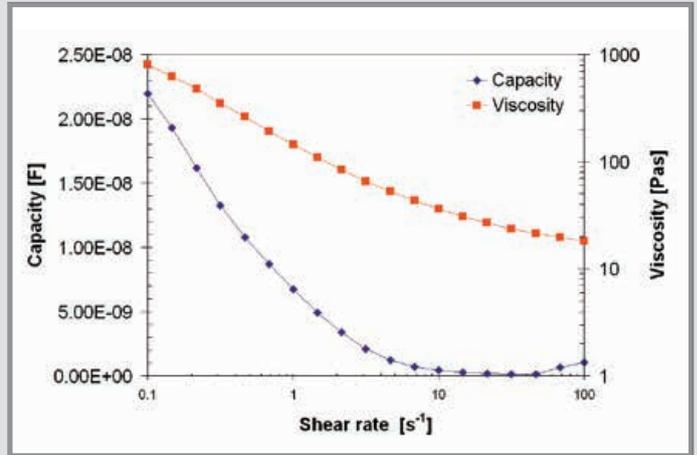
带平行板测量系统的帕尔贴温控介电流变设备



# 与介电谱测量相结合



填充碳纳米管的环氧树脂的应变扫描和同步电容测量



填充纳米碳管的环氧树脂的流动曲线和同步电容测量

技术参数	DRD 选配 CTD180/450/620	DRD 选配 P-PTD 200/DI
温度范围	弹簧和金属丝与测量杆接触：-150 °C 至 450 °C (SMT、CMT、反向旋转) 电解质溶液导电：-50°C 至 100°C	-40 °C 至 200 °C (CMT) 电解质溶液导电：-40 °C 至 100 °C
导电方式选择	弹簧接触导电 电解质溶液导电 金属丝接触导电	弹簧接触导电 电解质溶液导电 金属丝接触导电
最小电容	取决于使用的导电方式和测量温度	取决于使用的导电方式和测量温度
推荐使用的电解质溶液	KCl	KCl
频率范围	取决于 LCR 表	取决于 LCR 表
电压范围	取决于 LCR 表	取决于 LCR 表
流变仪	适用于所有 MCRxx2 和 MCRxx1 型号的流变仪	适用于所有 MCRxx2 和 MCRxx1 型号的流变仪
测试模式	可用于单驱和 T 模式	仅用于单驱模式
测量夹具	PPxx, 一次性 PP	PPxx, 一次性 PP
LCR 表触发控制	是	是
脱机介电谱测量	是	是
Toolmaster™	是	是

# 流变测量 与偏光成像模块相结合

## 偏光成像模块

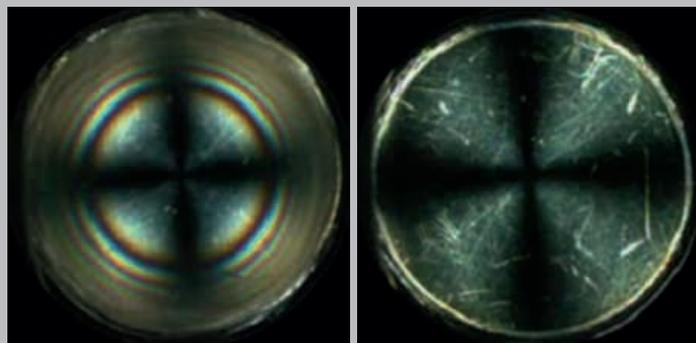
日常生活中，常会见到结晶过程和各种类型的晶体。在许多产品中，都会见到液晶（如在显示屏和其他光学设备中）和各种不同性能的聚合物。因此，对于材料研究、工艺研究、产品开发，结晶过程和结晶取向的知识就是必不可少，因为他们会极大的影响产品的最终性能。

利用偏振光，偏振成像模块允许观察剪切诱导结晶或由剪切导致的结晶重排。

## 设备结构

使用通用 Peltier 或电加热光学控温平台 (P-PTD200/GL 或 P-ETD300/GL) 进行样品温度控制，并结合控温上罩 (H-PTD200 或 H-ETD400) 使用，可以实现  $-20^{\circ}\text{C}$  至  $200^{\circ}\text{C}$  或室温至  $300^{\circ}\text{C}$  的温度控制。光学附件由彩色 CCD 摄像机、成像管（将图像聚焦到 CCD 芯片上）和光路组成。光源发出的光线由光纤导入到成像系统中。白色的单色光通过起偏镜到达分光器，偏振光经过分光器后照射到样品上，通过旋转内置起偏器可以产生不同的偏振状态。被照明样品的图像被传送到 CCD 芯片上，可以观察到在平行板中由剪切取向造成的各种现象，或由样品造成的剪切带 (Shear Bands)。

聚合物的剪切诱导结晶也是此偏光成像附件的主要潜在应用之一，因为导致产生不同形态的机理还不是十分明确，影响因素（如分子量等）也不是非常清楚。



用偏光成像附件记录的高密度聚乙烯 (HDPE) 剪切诱导结晶。



# 流变测量 与其他结构分析模块相结合

## 特殊型号的MCR流变仪

自行开发的光学或机械测试系统通常也用于流变学领域的标准旋转测试中。在 MCR 流变仪器中配置这些系统有时很困难，因为流变仪内部或周围的工作空间不够。

不过，安东帕对此提供有相应的解决方案，即根据客户需要定制 MCR 流变仪，型号为 WESP 和 WSP。WESP 和 WSP 底部有更大的工作空间，可以配置共聚焦显微镜或任何其他光学或机械测量系统。



## MCR WSP(无支撑板)

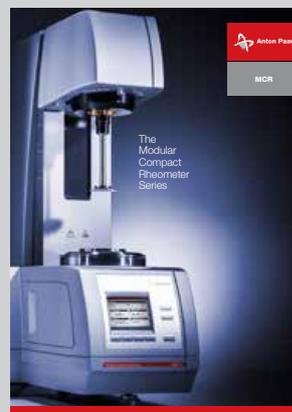
在 MCR WSP 型号流变仪中，前面板改装在流变仪右侧，这样，电机驱动装置下方有最大的工作空间。该流变仪的技术参数与标准 MCR 相同，另配备有功能完善的升降电机。所有传统测试模式都可以执行。

## MCR WESP (带支撑板)

WESP 型号流变仪是一款功能全面的 MCR 流变仪，底部有更大的工作空间。前面板改装在流变仪右侧，并安装有支撑板，从而确保测量系统和支承板上所安装的装置之间保持最佳平行度。WESP 型号流变仪可以选配 MCR 系列流变仪的所有附件。

## DSR 测量头

某些应用仅需要准确的流变仪驱动装置，或者需要将流变测试整合到自动工艺中。使用动态剪切流变仪（Dynamic Shear Rheometer, DSR）测量头，可以灵活地将测量单元安装在远离电子器件的位置，因为测量头与驱动装置是分开的。此测量头对流变仪周围有限空间内的流变测量尤为实用，而且可以与自行开发的流变装置搭配使用。除了升降电机的功能之外，它具有所有标准 MCR 流变仪的测量功能。



## 规格

有关详细信息和技术参数，请参阅“MCR 系列流变仪”手册。



## Anton Paar

**Anton Paar®** GmbH  
Anton-Paar-Str. 20  
A-8054 Graz  
Austria - Europe  
Tel: +43 (0)316 257-0  
Fax: +43 (0)316 257-257  
E-mail: info.cn@anton-paar.com  
网页: www.anton-paar.com.cn  
Web: www.anton-paar.com

### 奥地利安东帕有限公司

上海  
中国上海市合川路2570号  
科技绿洲三期1-2号楼11层  
邮编: 201103  
电话: +86 21 6485 5000  
传真: +86 21 6485 5668

北京  
北京市朝阳区八里庄陈家林甲2号  
尚8里文创园 A座202室  
邮编: 100025  
电话: +86 10 6544 7125  
传真: +86 10 6544 7126

广州  
广州市先烈中路81号  
洪都大厦A栋1606室  
邮编: 510095  
电话: +86 20 3836 1699  
传真: +86 20 3836 1690

成都  
中国成都市金牛区蜀西路9号  
丰德羊西中心1207室  
邮编: 610036  
电话: +86 28 8628 2862  
传真: +86 28 8628 2861

西安  
西安市南二环东段396  
秦电大厦926室  
邮编: 710061  
电话: +86 29 8888 8507  
传真: +86 29 8888 8507

### 本公司产品总览

实验室与过程应用中的  
密度、浓度和温度测量  
— 液体密度及浓度测量仪器  
— 饮料分析系统  
— 酒精检测仪器  
— 啤酒分析仪器  
— 二氧化碳测量仪器  
— 精密温度测量仪器

流变测量技术  
— 高级流变仪  
— TwinμD™ 流变仪

粘度测量  
— 落球式粘度计  
— SVM 3001™ Stabinger Viscometer™  
— 旋转流变仪/粘度计

化学与分析技术  
— 微波消解/萃取  
— 微波合成

高精密光学仪器  
— 折光仪  
— 旋光仪

石油石化测试仪器  
- 闪点、常压蒸馏、氧化安定性  
- 针/锥入度、软化点  
- 燃油油、润滑油等常规测试

表面力学性能测试仪器  
- 纳米力学测试系统  
- 划痕测试仪  
- 摩擦磨损测试仪

材料特性检定  
— 小角X射线散射仪  
— 固体表面Zeta电位分析仪