
DMA的Lissajous图形和实时观察系统

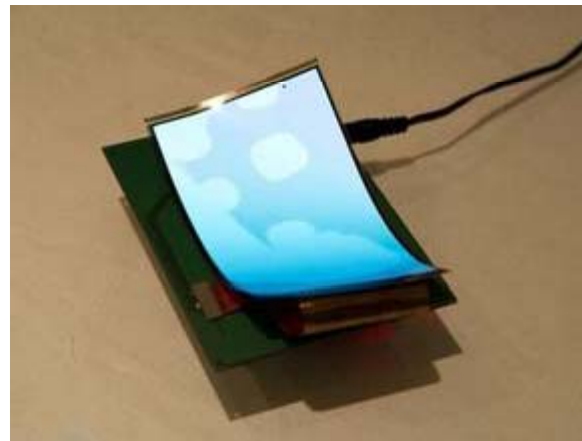
2015/10/31

日立仪器（上海）有限公司
营业部 应用技术课

盛 沈俊

你想拥有一款这样的手机吗？

HITACHI
Inspire the Next



Contents

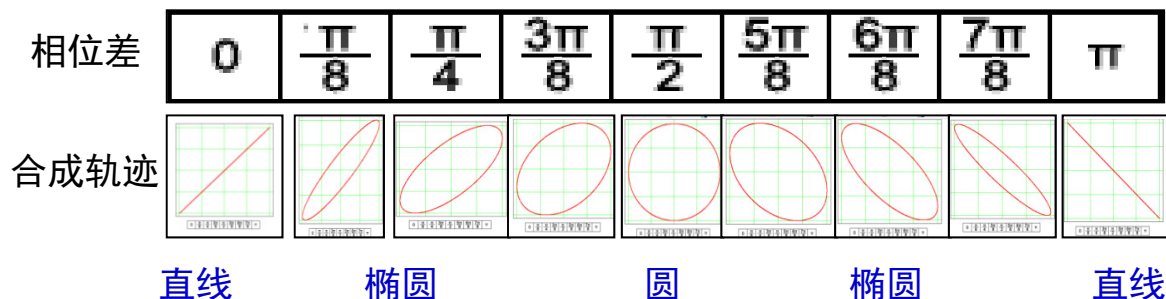
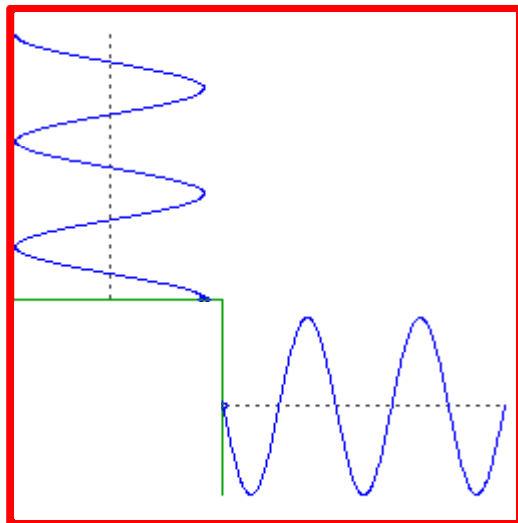
1. Lissajous图形
2. Lissajous图形/滞后圈的应用
3. 实时观察（Real View）系统
4. 日立热分析系列仪器一览

1. Lissajous图形

1 - 1 什么是Lissajous图形？

- Lissajous图形(利萨茹图形): 是两个沿着互相垂直方向的正弦振动的合成的轨迹。

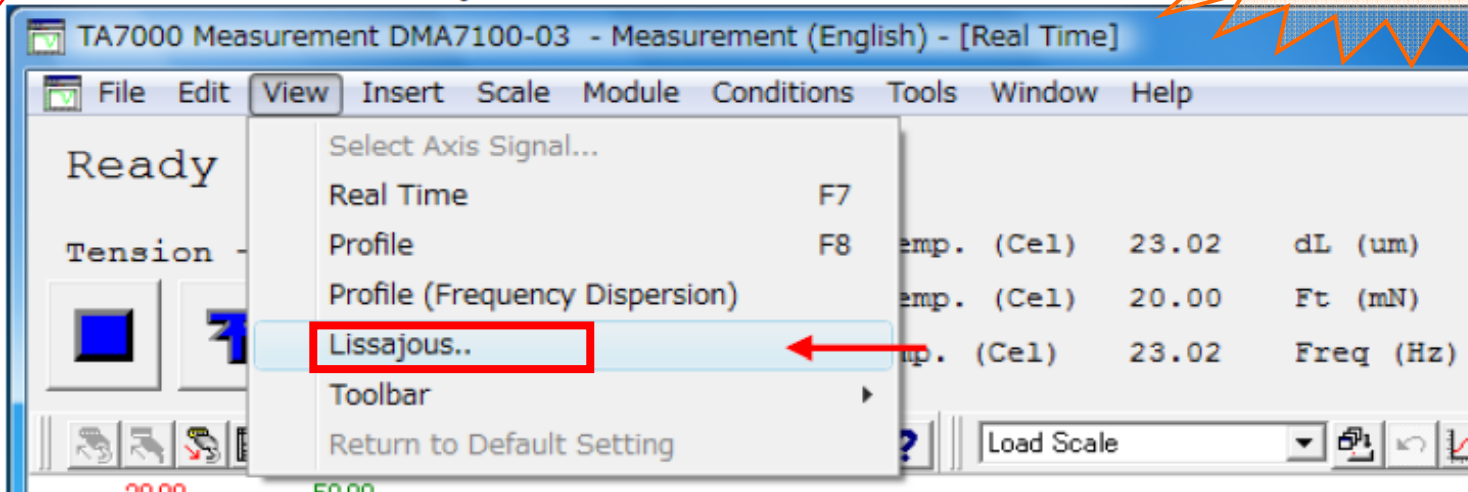
例如：相位差为 $\pi/2$



不同相位差下的合成轨迹

1 - 2 DMA7100中的Lissajous功能

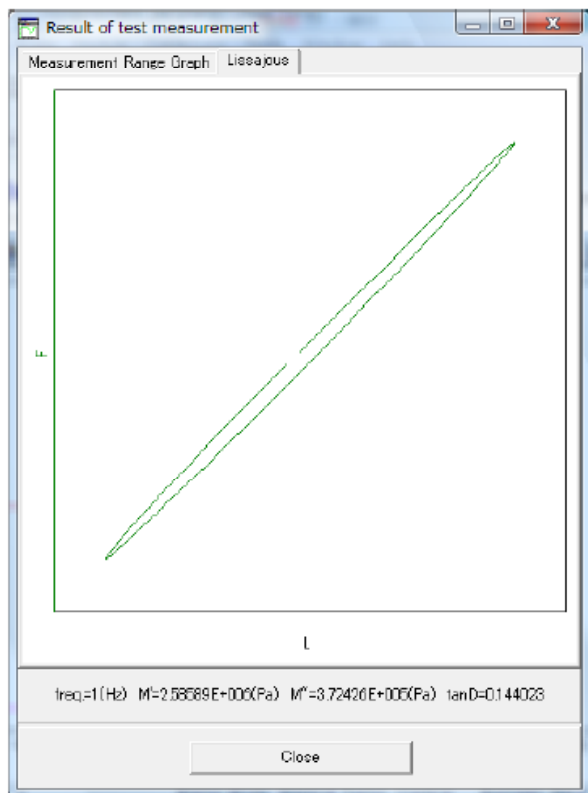
Unique !!



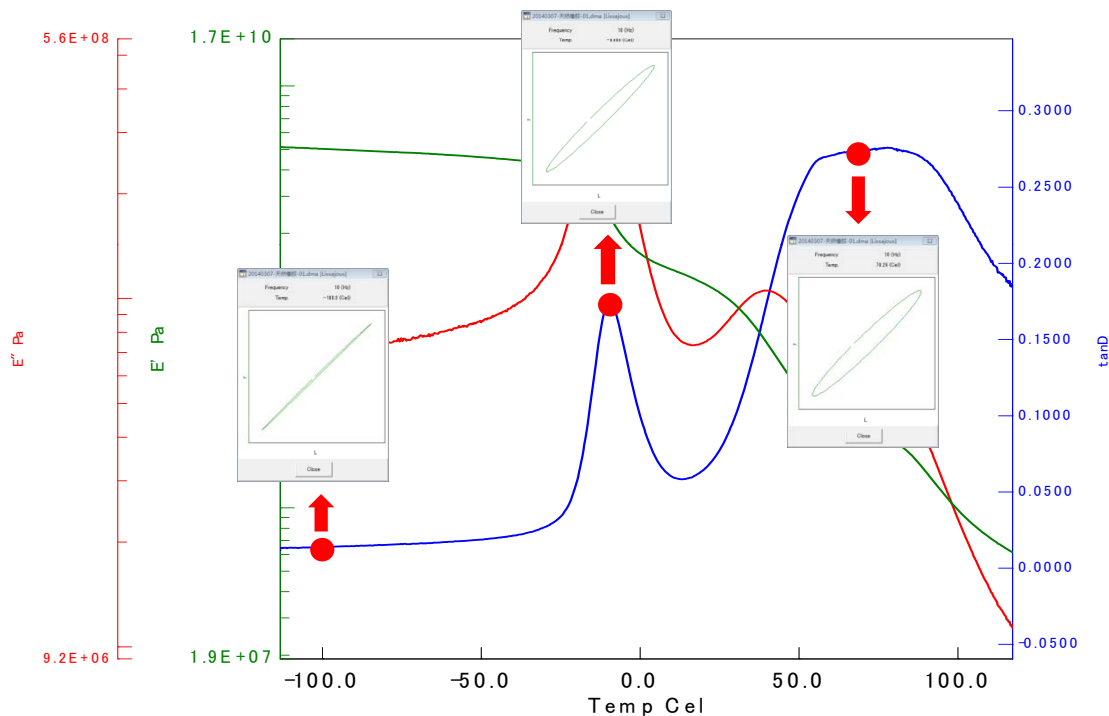
DMA7100

1 - 2 DMA7100中的Lissajous功能

- ◆ 测试前，可在test模式下查看Lissajous图形



- ◆ 点击曲线上的任意一点，即可查看Lissajous图形



查看样品在不同测量点的实时变形状态，判断得到的DMA曲线是否可信；若曲线可信，Lissajous图形呈椭圆状。

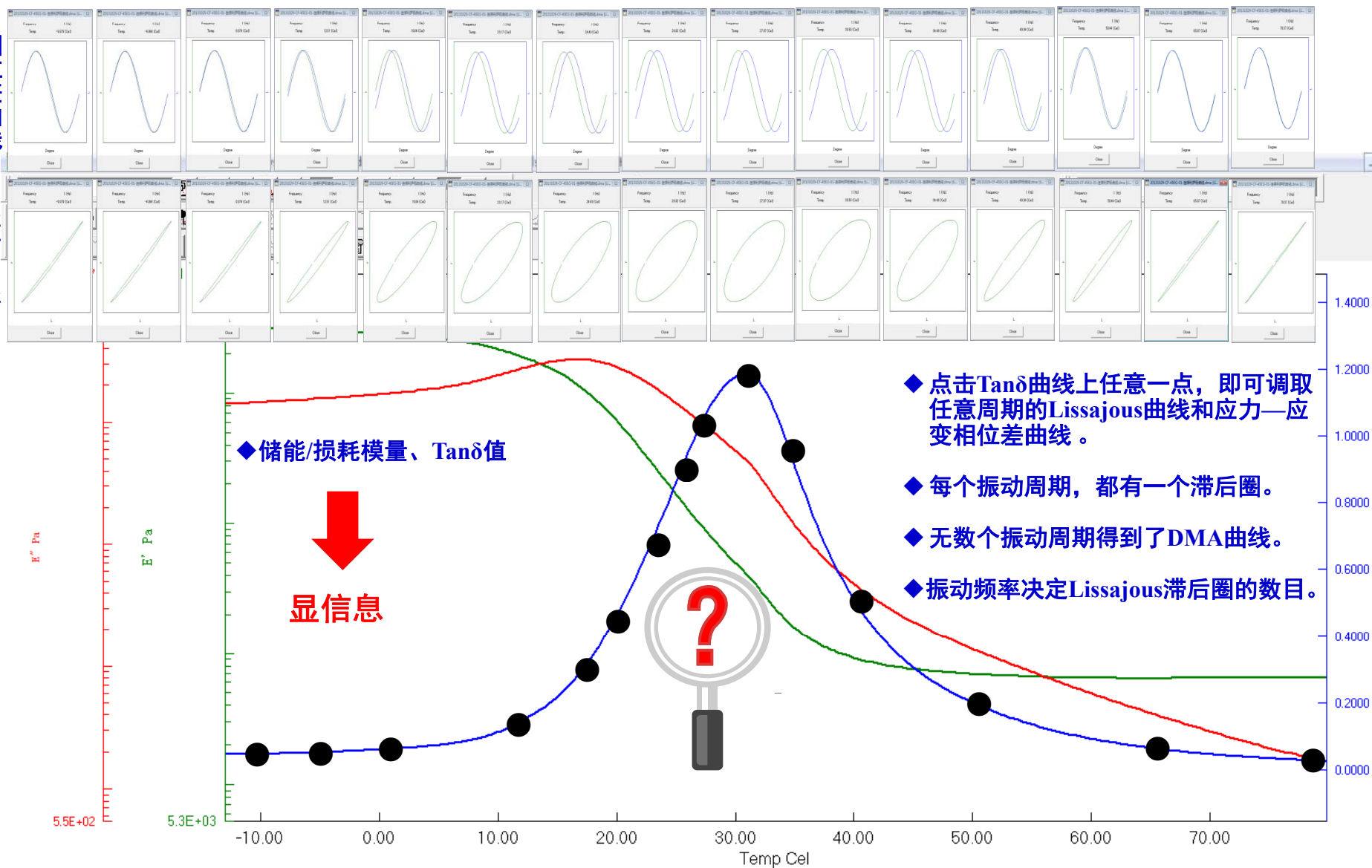
➡ ① **DMA曲线直接调取：** 点击曲线上任意一点，即可调取相应的Lissajous图形

➡ ② **交变应力/应变作用下测得：** 每一个振动周期内的应力—应变曲线，都有相应的Lissajous图形

1 - 3.1 DMA曲线直接调取

相位差曲线

利萨茹曲线



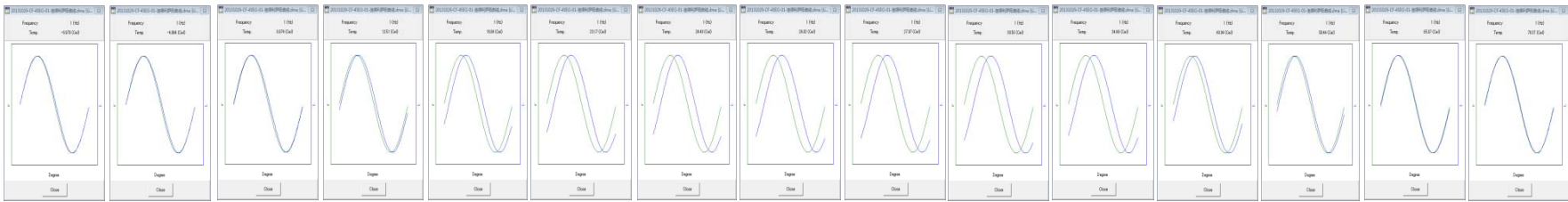
1 - 3.1 DMA曲线直接调取

潜信息

温度T/°C

-9.979 -4.864 0.874 12.51 19.84 23.17 24.4 26.02 27.97 30.53 34.49 40.94 50.44 65.07 78.37

相位差曲线



相位差δ/°

2.65 2.99 3.52 8.81 24.15 34.99 38.84 43.52 47.59 49.82 43.98 24.65 10.89 3.94 1.56

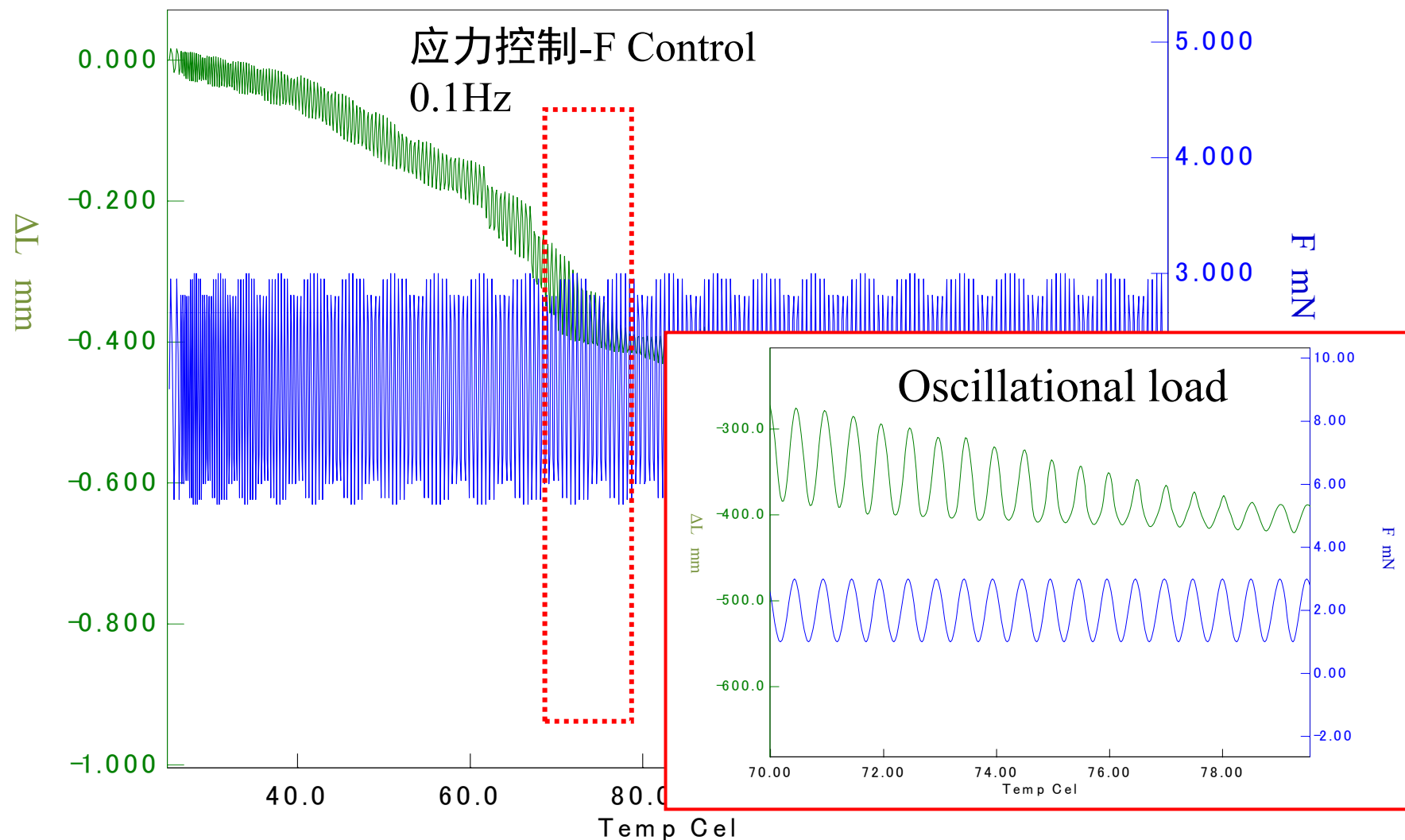
$\delta = 0^\circ$ 纯弹性，无能量损耗
 $\delta = 90^\circ$ 纯黏性，全部耗散成热

利萨茹曲线

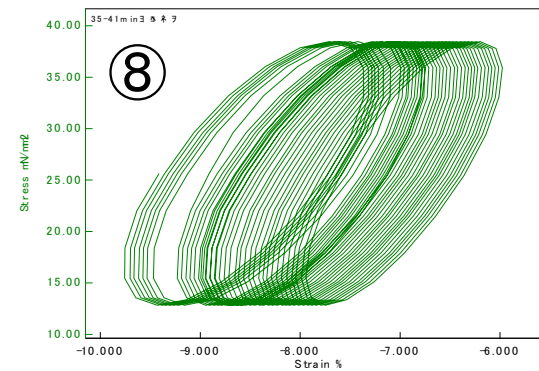
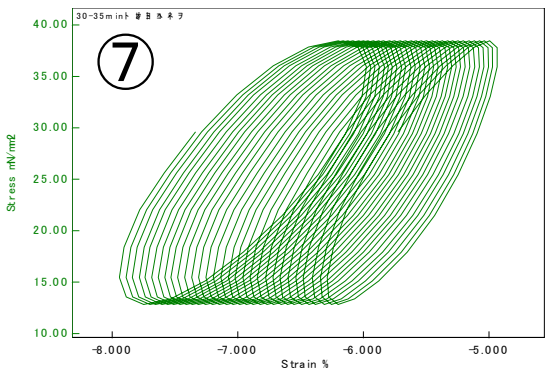
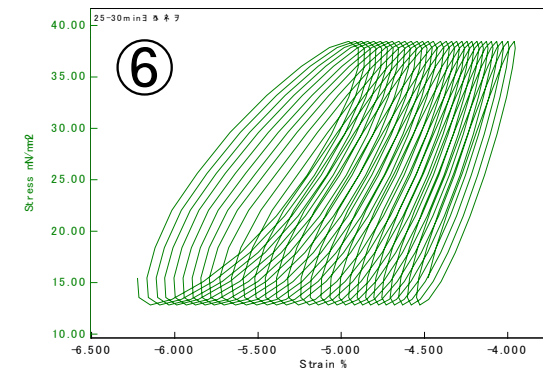
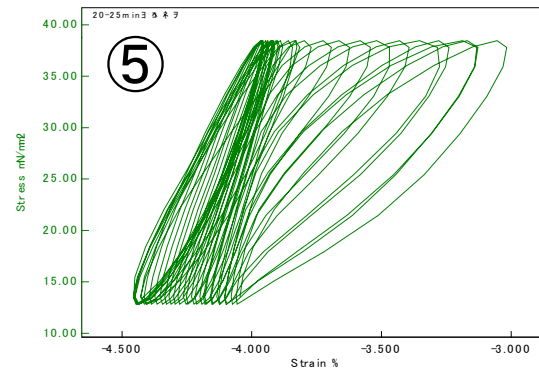
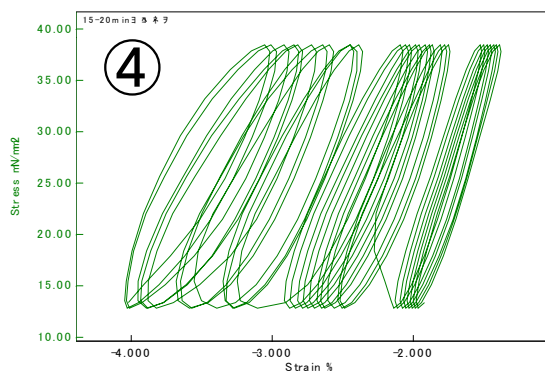
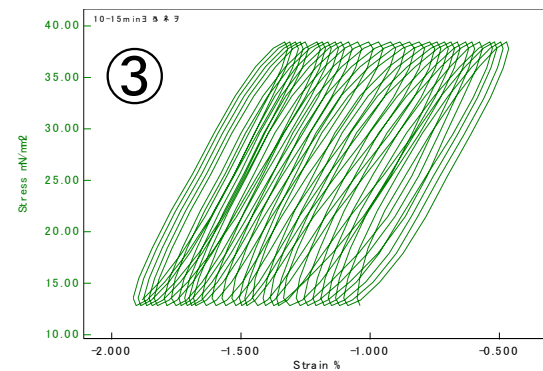
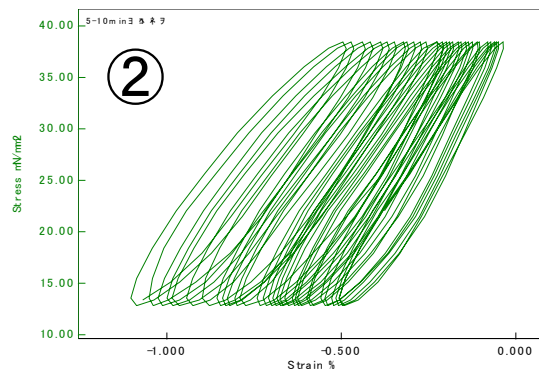
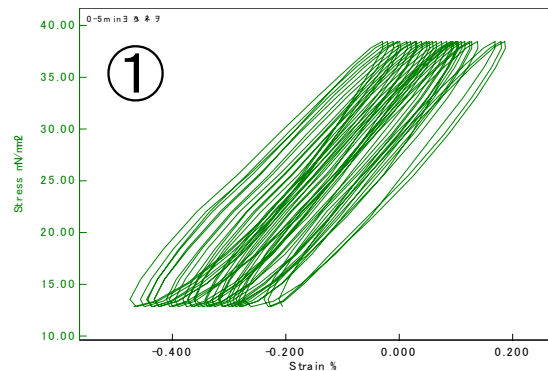


单位体积的材料在每一个循环中所耗的功 (ΔW/J)

1 - 3.2 交变应力（应变）作用下测得



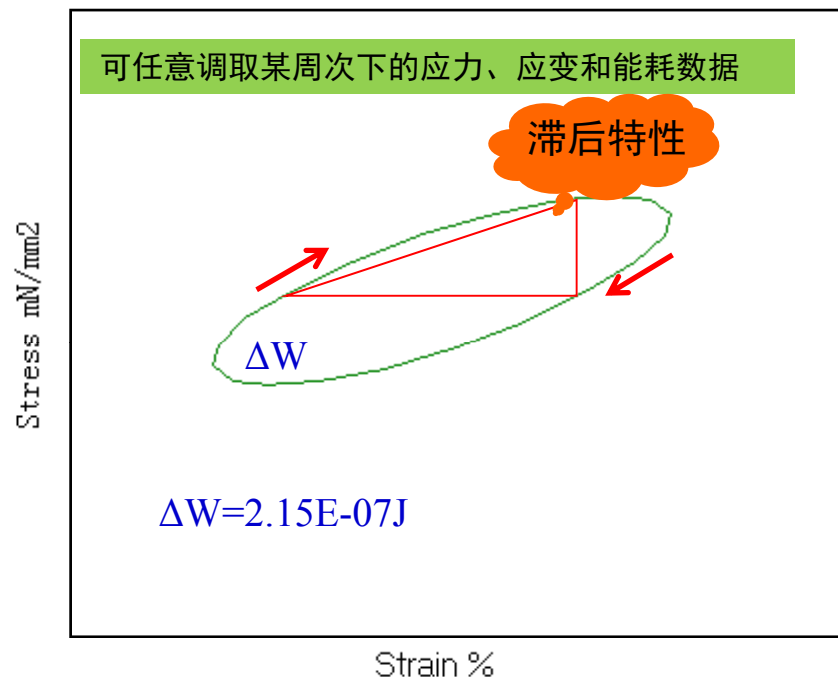
1 - 3.2 交变应力（应变）作用下测得



➤ 经历250次周期后，
Lissajous曲线呈现较
为饱满的椭圆形，且
在加载后期形成了较
为稳态的运行状态。

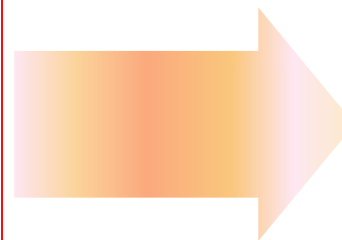
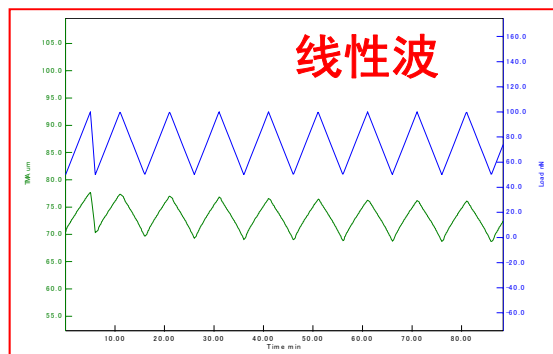
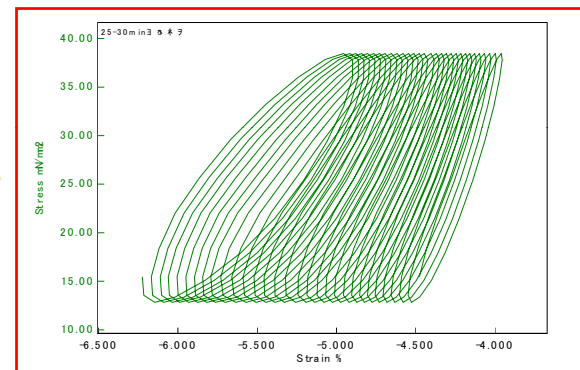
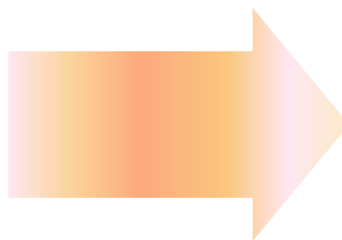
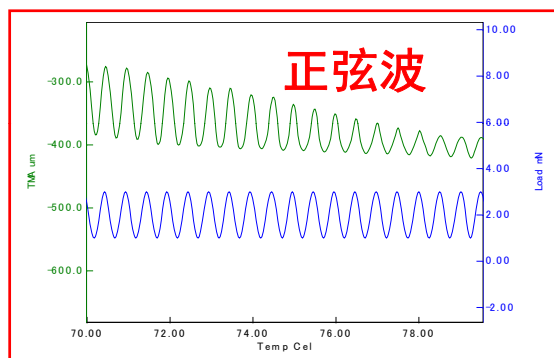
◆ 曲线特性：

- I. 水平线：在相同应力
(25.44mN/mm^2)水平下，产生的应变量逐渐增大($7.26\% \rightarrow 8.65\%$)；
- II. 垂直线：在相同应变(8.65%)水平下，所需的应力逐渐减小($38.45\text{mN/mm}^2 \rightarrow 25.44\text{mN/mm}^2$)；
- III. 封闭环的面积：材料在一个振动周期内损耗的能量 ΔW ，也就是通常所说的阻尼或力学损耗，可以真实地反映材料在动态应用中的内生热。



一个循环周期的应力-应变曲线

- Lissajous图形：是两个沿着互相垂直方向的**正弦**振动的合成的轨迹。
- 滞后：应变速度总是落后于应力变化速度；应力、应变所经过的路线形成一个封闭回路，称为迟滞回线，也叫滞后圈（环）。

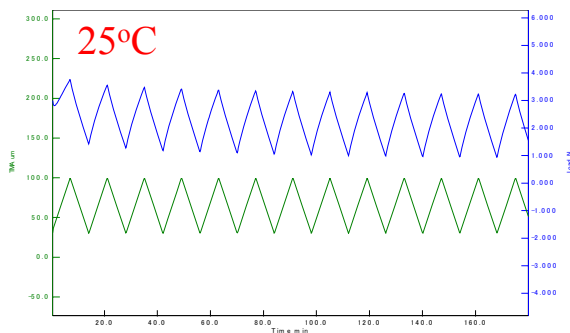


- Lissajous图形也是滞后圈；
- 滞后圈不一定是Lissajous图形。

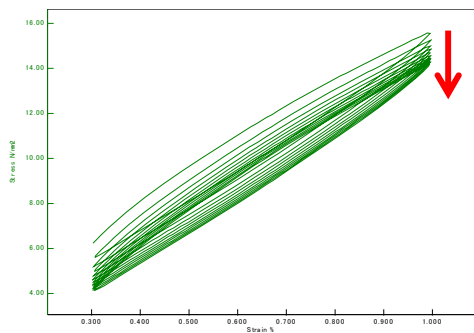
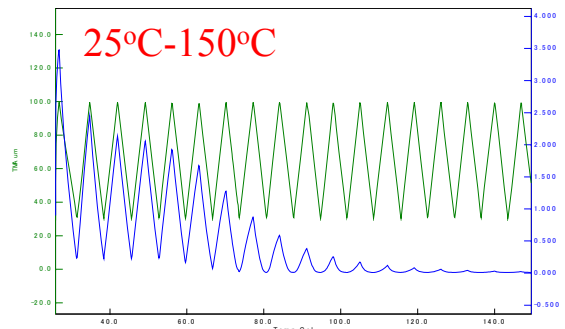


1 - 4.2 滞后圈曲线

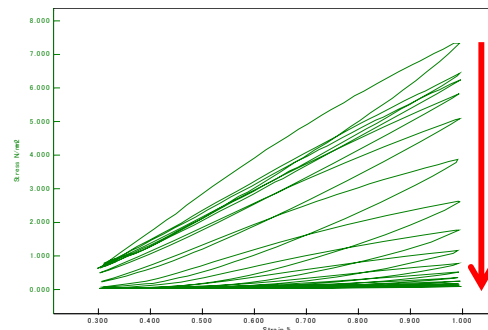
线性应变模式：30 μm —100 μm —30 μm 循环



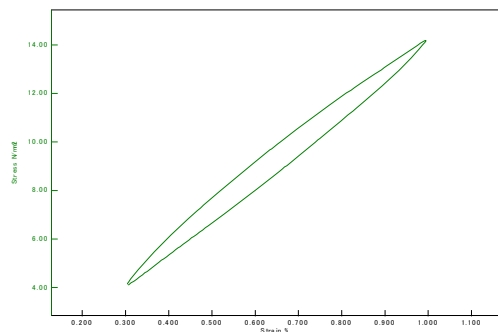
应力-应变曲线



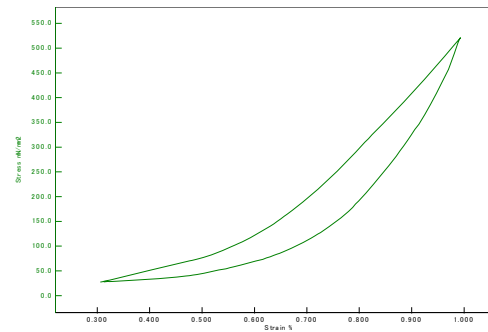
几十个滞后圈



材料的储能模量随着温度的升高而降低

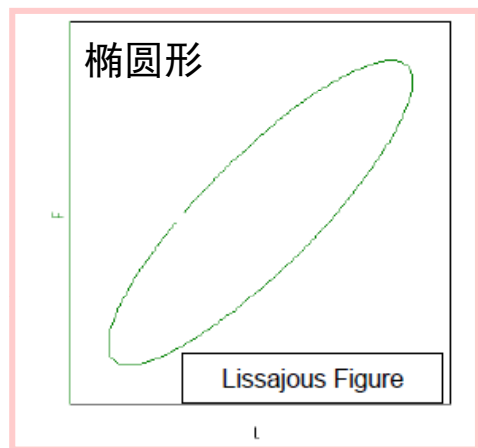


其中一个滞后圈



温度升高后，材料从线性变为非线性

当正弦波加载方式下，滞后圈的特征：

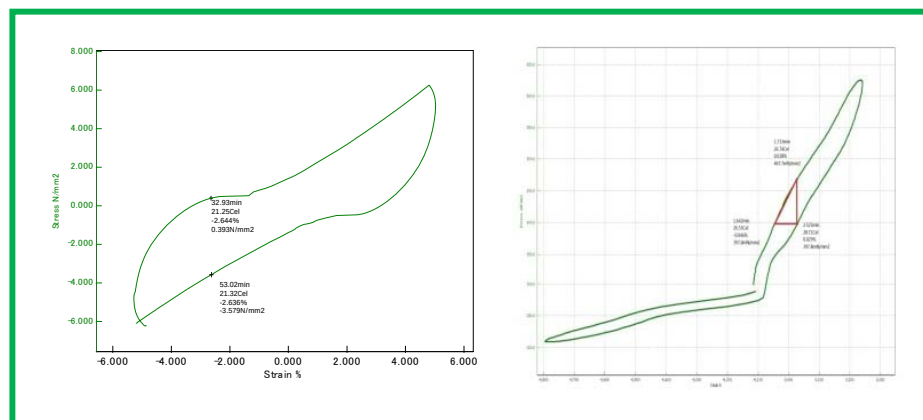


线性粘弹性滞后圈

线性粘弹性材料
(处于线性粘弹性区域的)

非线性粘弹性滞后圈

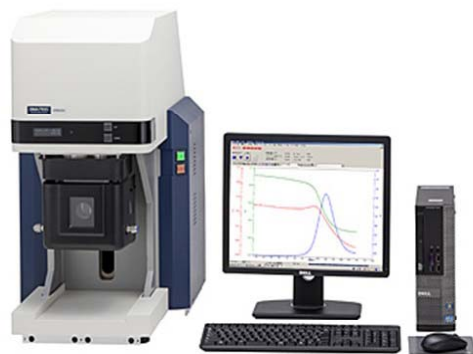
非线性粘弹性材料
(处于非线性粘弹性区域的)



不规则图形



2. Lissajous图形/滞后圈的应用



DMA7100

标配了Lissajous监控功能



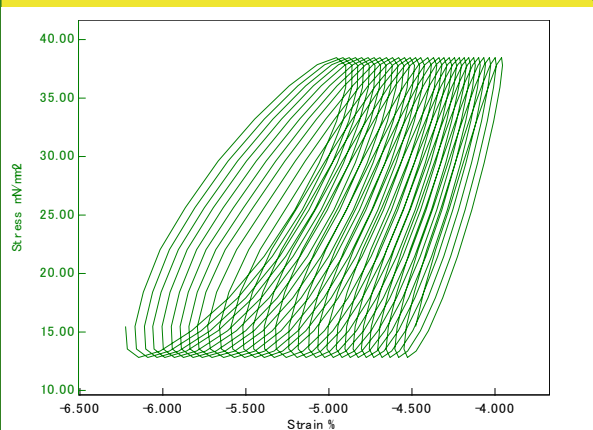
- 粘弹性阻尼材料究竟能用多久（疲劳寿命）？

- 疲劳试验的终点如何界定？

- 测量粘弹性阻尼材料的动态疲劳特性，模拟材料在实际振动疲劳下的性能变化；
研究应力应变振幅、温度、频率和周次等因素对振动疲劳的影响。

粘弹性阻尼材料

滞后圈的衰减过程：即为粘弹性阻尼材料的阻尼下降过程。



如图，粘弹性阻尼材料材料经历一定次数的荷载循环后，对应的滞后圈面积减小，耗能减小，即该材料的阻尼性能下降了。

◆ 在合适的频率下，动态力学试验可在一定时间内完成数百万周次的疲劳试验。如频率为20 Hz，那么1小时就可完成7.2万次疲劳周期。

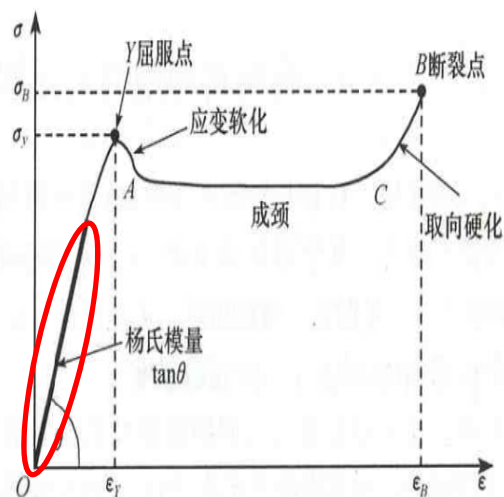
◆ 测定疲劳破坏的周数：

实时监测疲劳试验过程中的疲劳历程曲线，判定材料的疲劳寿命或疲劳极限。当材料内部出现疲劳裂纹时，滞后圈发生突变或无法对试样继续加载试验应力，疲劳试验就此终止，此时即为疲劳破坏的周数。



2 - 3 确定DMA实验线性粘弹性的区域

线性粘弹性区域



高聚物的拉伸应力-应变曲线

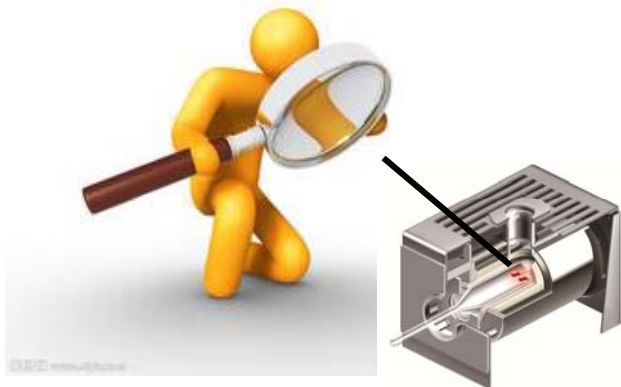
线性粘弹性材料（处于线性粘弹性区域）：
滞后圈呈椭圆状

非线性粘弹性材料（处于非线性粘弹性区域）：
滞后圈呈不规则形状



判断施加在试样上的动态应力/应变是否落在应力-应变曲线的线性范围内

3. 实时观察（Real View）系统



在常规的热分析系统中，我们无法实时查看样品形貌对应于热曲线的变化

- 是否可以有多个图像与曲线相互印证。。。
- 获取曲线所没有的信息。。。



Real View TA样品实时观察系统

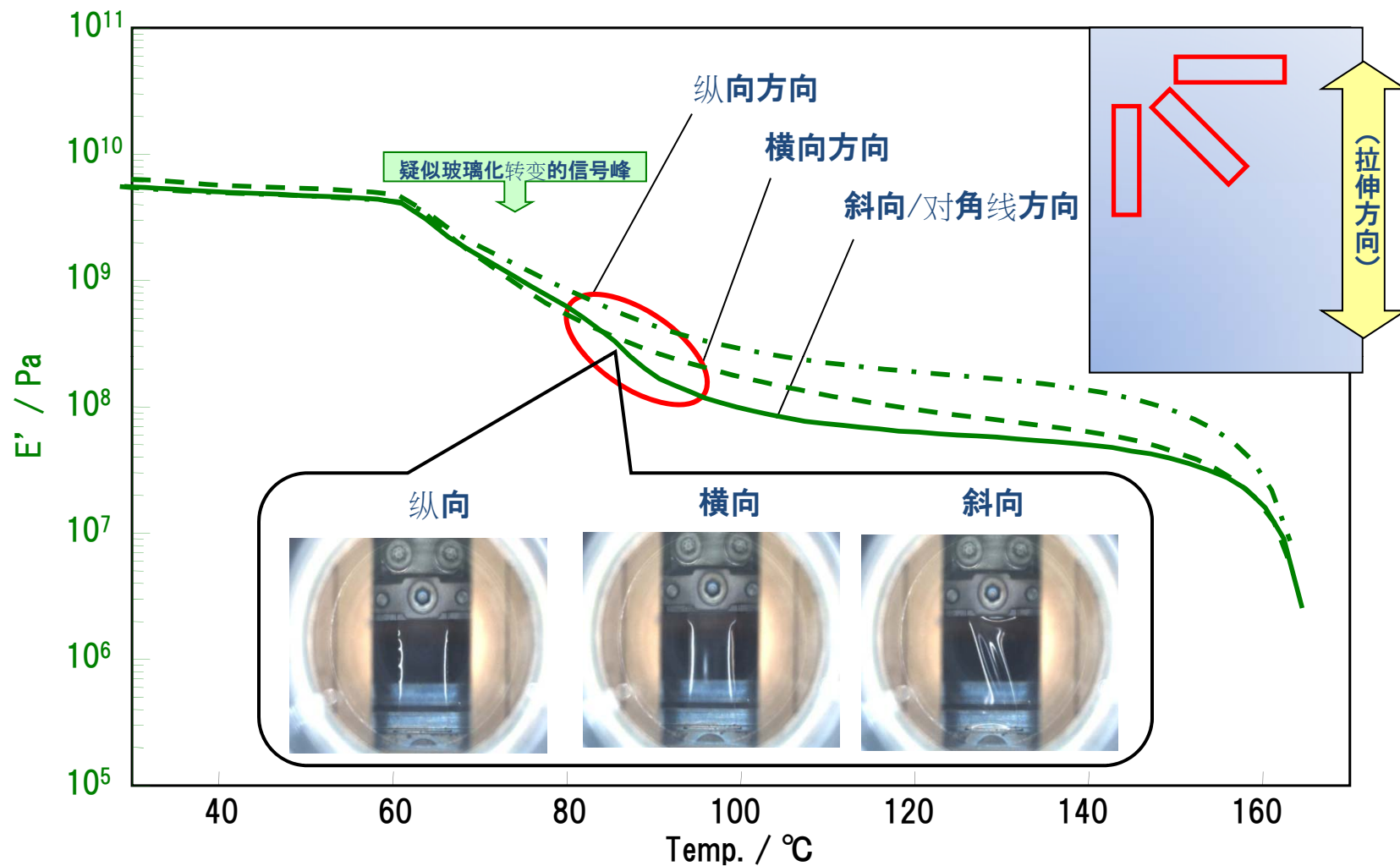
- ①加深对热分析曲线的理解
- ②为曲线解析提供必要的佐证信息
- ③对某些异常的曲线进行解释

发生了什么？

形状、颜色
变化？

有意义信号？

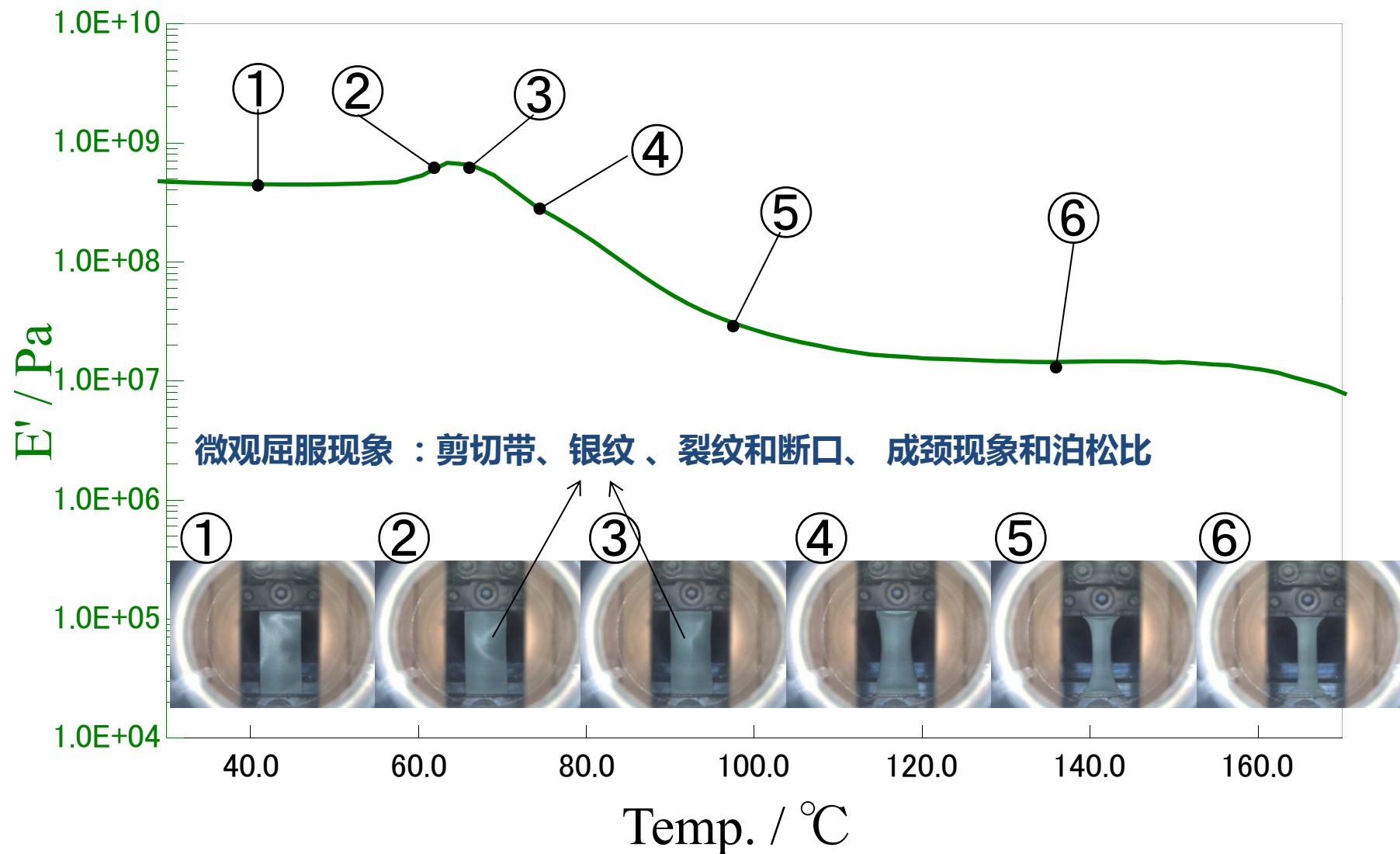
3 - 1 RV-DMA 聚乳酸的各向异性



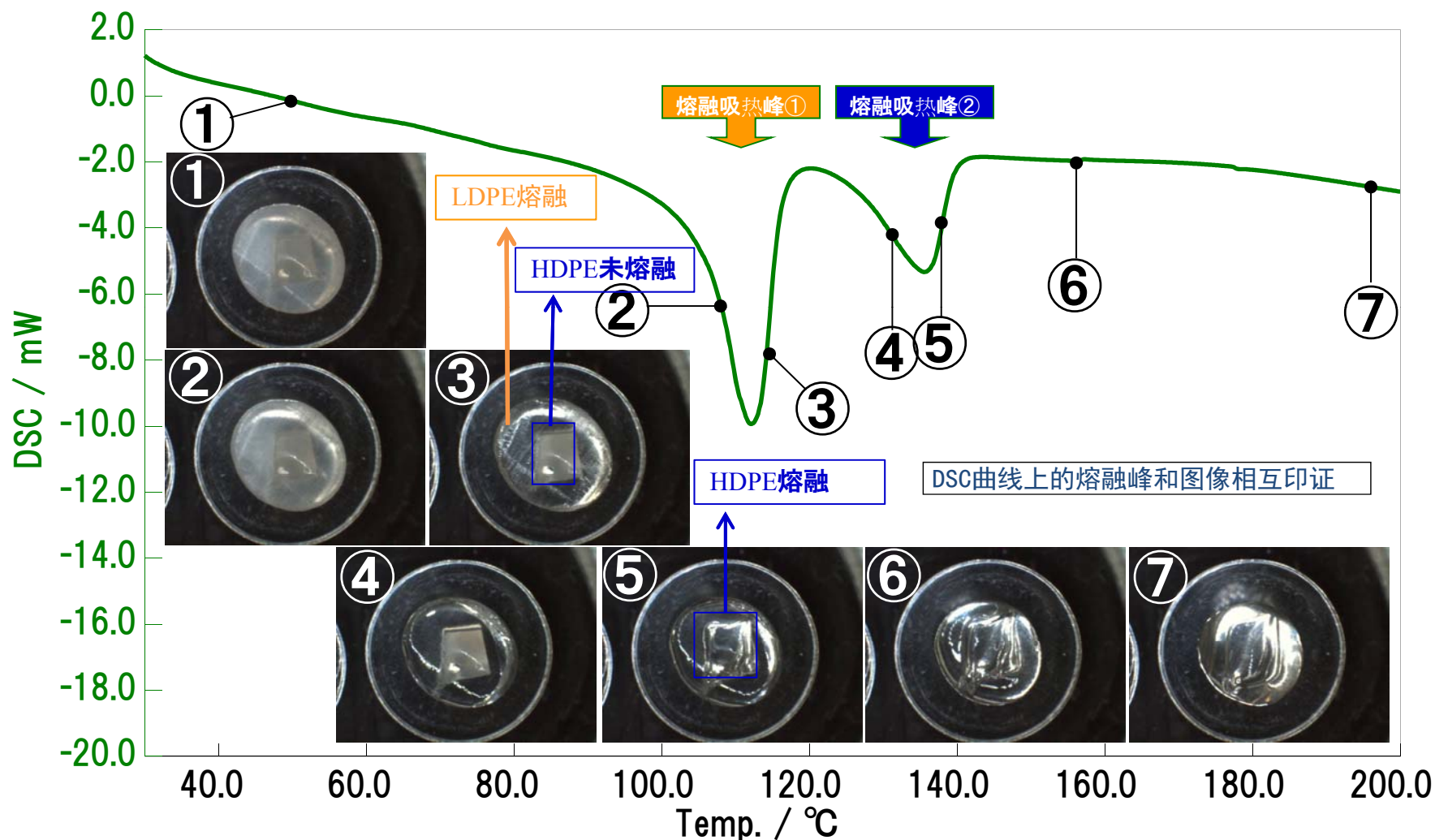
斜向方向样品的E' 曲线上出现了2个疑似玻璃化转变的信号峰。

从RV图像可知，第二个峰是斜张力下的热收缩造成的

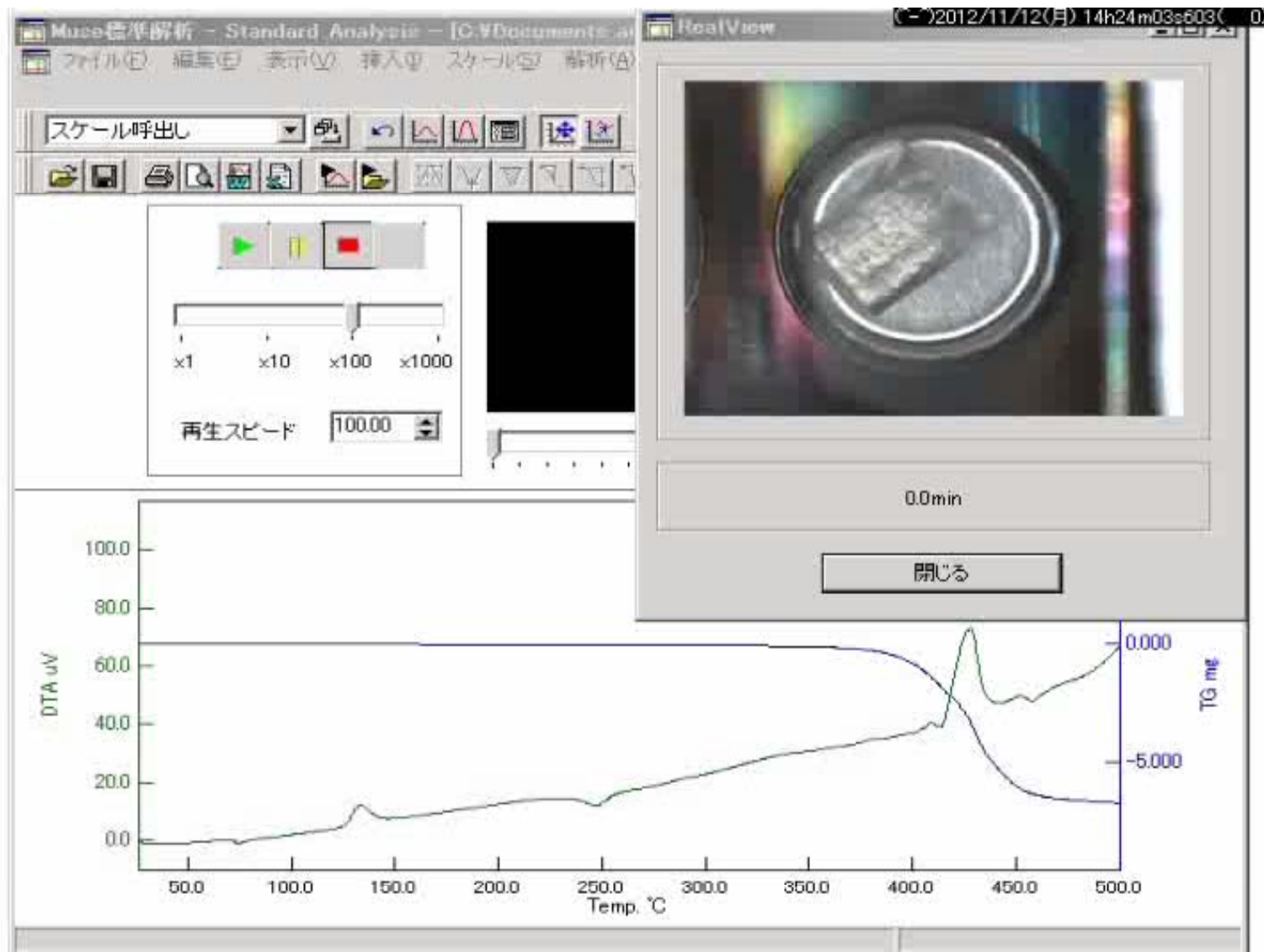
3 - 2 RV-DMA 基材复合材料的粘弹性测试



3 - 3 RV-DSC 不同聚乙烯的熔融



3 - 4 RV-StA PET类感光材料



4. 日立热分析系列仪器一览



DSC7020



STA7000



TMA7000



DMA7100



DSC7000X



TA7000 Thermal Analysis System



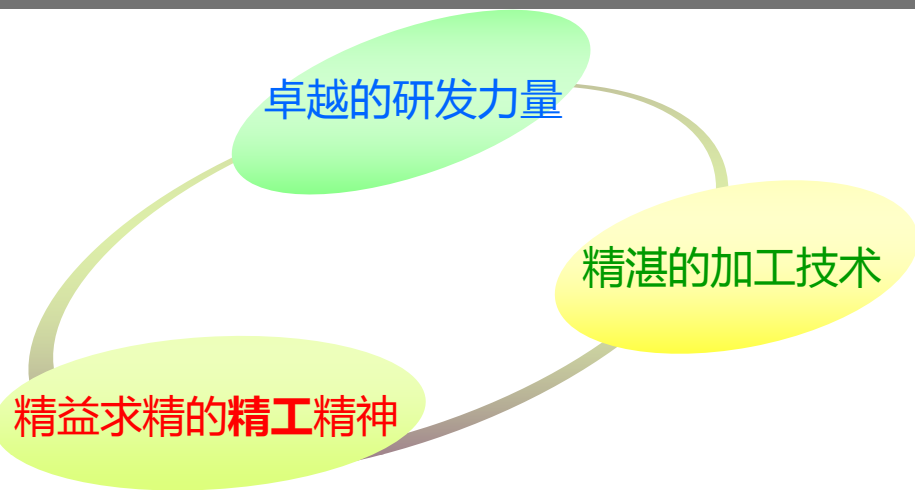
RV-STA



RV-DSC



RV-DMA



精工 SII



日立仪器（上海）有限公司
Hitachi Instruments (Shanghai) Co., Ltd.



公司网址: <http://www.hitachi-hightech.com/hig/>

联系我们

联系我们

中国

日立仪器（上海）有限公司

上海市张江高科技园区碧波路690号2号楼102室（201-203）
Rm.102, No.2 690 Bibo Rd., Zhangjiang Hi-Tech Park, Shanghai 201-203,
P.R. China
Tel: +86-21-5027-3533
Fax: +86-21-5027-3733

综合咨询 

东莞分公司

广东省东莞市长安镇长青南路306号金业大厦四楼
4F Jinye Bldg, No.306 S.Changqing Rd.,
ChangAn Town, Dongguan,
Guangdong 523-835, P.R. China
Tel: +86-769-8584-5872
Fax: +86-769-8584-5870

END



DMA的Lissajous图形和实时观察系统

2015/10/31

日立仪器（上海）有限公司
营业部 应用技术课

盛 沈俊

Creative Minds. Innovative Solutions.