

## 追踪表面变化

# Q-Sense E4

生物界面快速表征



### ●● 质量测定

测试表面形成的分子层的质量，精度达到毫微克。例如，可检测到1%或更低浓度蛋白质单分子层的结构变化。

### ●● 结构变化

同步测试结构变化，因此可以区分两个相似的键合反应或观察到吸附层上发生的相转变。

### ●● 实时分析

可以进行实时记录和动力学评估。

### ●● 无须标记

无须对分子做标记，仪器测定的是分子本身。

### ●● 柔性的表面选择

适用于任何能形成薄膜的表面如金属、高分子、化学改性表面等。

### ●● 流量测试

特别设计的样品池可以在控温环境下进行流量测定。

### ●● 4-传感器样品池

高通量，更容易开展重复性实验。

### ●● 电化学样品池

可附加配置电化学样品池，同步进行电化学反应研究。

作为Q-Sense公司具有耗散因子检测功能的第二代石英晶体微量天平，E4可以对多种不同类型表面的分子相互作用和分子吸附进行研究，应用范围包括蛋白质、脂质、聚电解质、高分子和细胞/细菌等与表面或与已吸附分子层之间的相互作用。

E4可以测定非常薄层的吸附层的质量，并同步提供如粘弹性等结构信息。它基于QCM-D专利技术，非常灵敏和快速，可提供多个频率和耗散因子数据，用于充分了解在传感器表面吸附的分子的状态。

今天，QCM-D在生物材料、生物传感器、生物芯片以及基础研究等领域具有非常重要的地位。它主要研究表面或薄膜上发生的过程变化，通常被用作光学或成像技术如表面等离子共振（SPR）和原子力显微镜（AFM）等技术的补充。

Q-Sense E4是一套完整的启钥仪器，包含所有的元件，可以快速启用并得到高质量的数据。仪器有4个流动池，每一个都配备一个传感器，可以单独或平行使用以适应不同的实验需要。

系统同时包含的软件可以计算吸附层的厚度、粘度、弹性，并进行动力学模拟。

## ● ● ● ● E4 实验过程



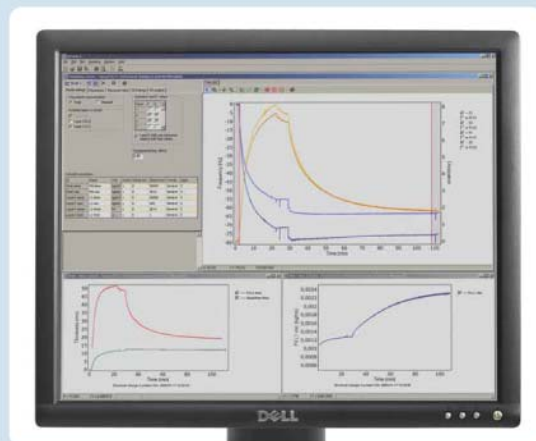
1. 将传感器放入控温样品池内，四个传感器被固定在具有进口和出口的可拆卸流动池中。石英晶体传感器预先采用金属、高分子或其他预吸附层等进行表面修饰。



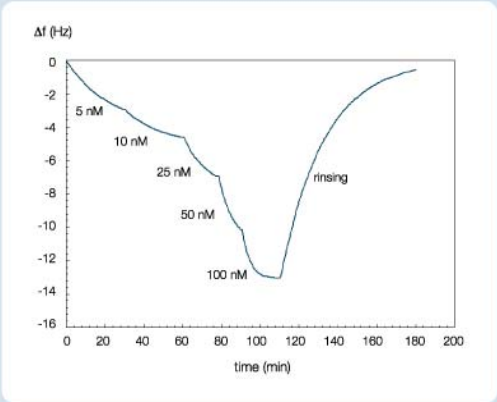
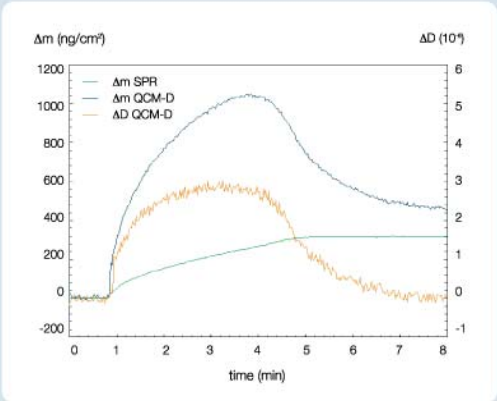
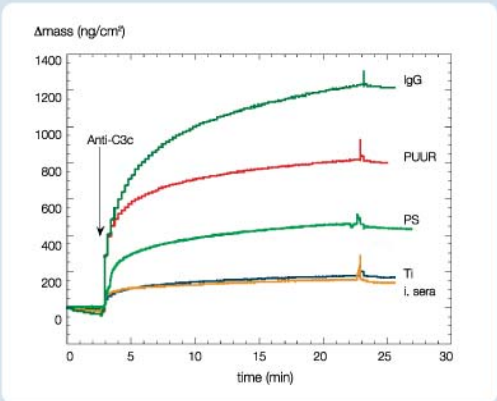
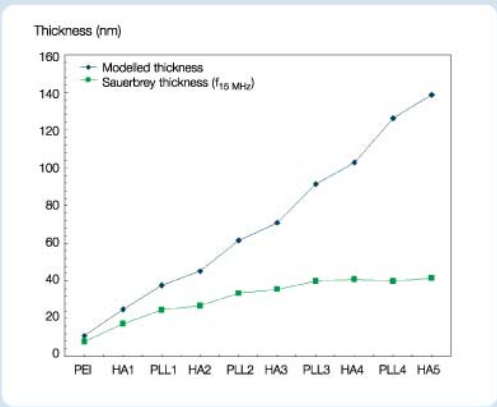
2. 加入样品进行原位检测，运行设置的实验进程，如样品A-缓冲溶液-样品B-缓冲溶液。



3. 屏幕上显示实时数据，频率变化反应了传感器表面发生的质量变化，耗散因子的变化反应了吸附层粘弹性的改变。



4. 采用QTools软件对数据进行分析，得到质量、厚度、粘弹性、动力学参数、吸附热等。



### 松散高分子多层结构的厚度

带正电和负电的高分子在固定基底上发生沉积可以形成聚电解质。本文中，一个多糖-透明质酸与一个多氨基酸L-赖氨酸在水溶液中形成了松散的、富含水的多层结构。吸附层的外层部分与传感器表面的振动不一致，因此由Sauerbrey关系计算得到的多层薄膜结构的质量偏低。采用多个频率和耗散因子数据，用Q-Sense软件计算薄膜的粘弹性，可以准确得到多层结构的质量和厚度。

### 蛋白质分子层在不同表面上吸附的质量

QCM在本文中被用于生物材料表面的筛选。多种不同的表面在人体血清中进行孵化后携带了补体C3因子，图中通过后续的键合反应引入的anti-C3c的量被用于测量表面诱发的补体活化。本文中，因为耗散因子很低，所以可以使用Sauerbrey关系。在预吸附IgG表面(阳性控制)，以及聚苯乙烯和PUUR上发生补体活化，钛表面只有少量的anti-C3c吸附，与阴性控制类似(非热活化血清)。

### 脂质分子层的结构和水含量

脂质体在硅片表面的水溶液中发生吸附和分散可以形成脂质膜。这一过程的QCM-D信号在信号回复零点之前出现了一个耗散峰。这个响应表明吸附层存在一个相转变。脂质囊起始时相互独立，当小球在表面上达到临界值时破裂并形成脂质膜。由QCM-D和表面脂质共振(SPR)测得的质量变化是由于在脂质囊和在吸附小球中水的含量发生了变化，同时采用QCM-D和表面脂质共振可以详细了解完整的自组装过程。

### 分子相互作用动力学

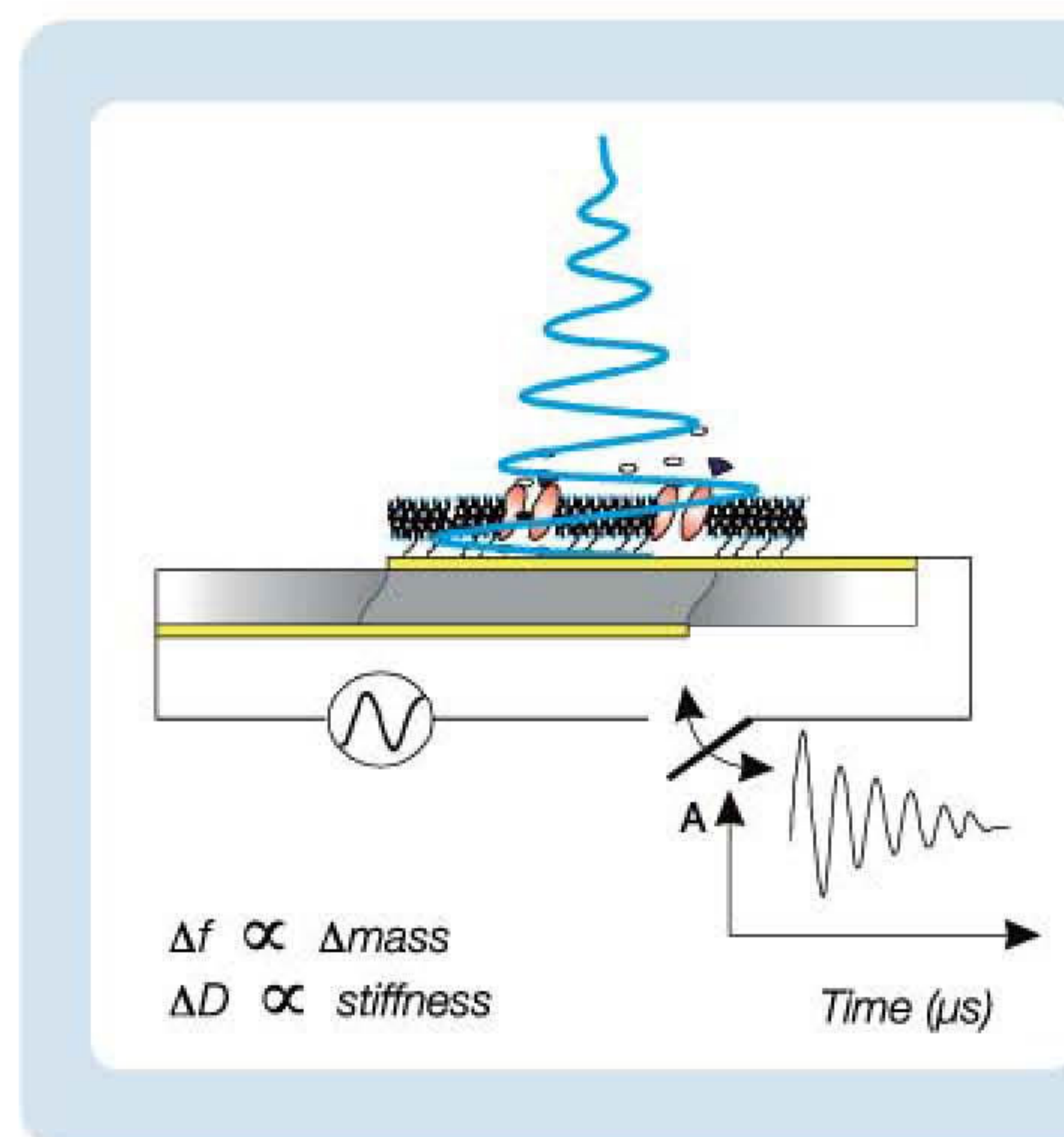
通过测定持续增加本体浓度以及在零样品浓度时的吸附可以计算动力学常数。本文中，测试了可逆的胆固醇-DNA与脂质双层之间的相互作用，得到动力学常数 $K_d = 16.7 \pm 4 \text{ nM}$  和  $K_{off} = 5.8 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  ( $K_{off}/K_{on} = K_d$ )，假定每分子的结合水的数量不随表面覆盖程度而改变。

系统的核心是石英晶体传感器，它由石英晶体夹在两片电极中间形成三明治结构。在电极两端加入一个交流电压，在传感器的共振频率处引发一个小的剪切振动，当交流电压关闭后，振动呈指数衰减，这个衰减被记录下来，得到共振频率(f)和耗散因子(D)两个参数。

传感器的共振频率依赖于总的振动质量。对于薄层硬质薄膜，可以使用 Sauerbrey 关系， $\Delta m = -k\Delta f$ ，根据传感器振动计算吸附层的质量。

当沉积的薄膜松散和粘性时，能量通过薄膜上的摩擦被消耗，传感器的振动发生衰减，耗散因子提供了传感器上吸附的薄膜的结构信息。表面上吸附的致密蛋白质小球产生的耗散因子很小（硬膜），而富含水的拉伸蛋白质的耗散因子高得多（软膜）。

通过使用多个频率和耗散因子数据，使用粘弹性模型而非 Sauerbrey 关系，我们可以计算得到质量、厚度、粘度和弹性。计算中采用的 Q-tools 软件已包含在 E4 系统中。



●●●● 技术指标

<b>传感器和样品处理系统</b>				
传感器数量	4个，也可使用1、2或3个			
传感器上方体积	~40 $\mu$ l，采用5MHz晶体，Q-Sense流动模块			
最小样品体积	~200 $\mu$ l			
工作温度	15-65°C，由软件控制，稳定性为 $\pm 0.02^\circ\text{C}$			
流动速率	0-1 ml/min			
清洁	所有与液体接触元件均可拆卸，并可在超声波浴中清洗			
传感器晶体	5MHz，直径14 mm，抛光，金电极			
<b>频率和耗散因子特性</b>				
频率范围	1-70MHz，（对于5MHz晶片，从7个频率到13个泛频，最高至65MHz）			
最大时间分辨率，1个传感器、1个频率	~每秒200个数据点			
水中最大质量精度**	~0.5 $\text{ng}/\text{cm}^2$ ( 5 $\text{pg}/\text{mm}^2$ )			
水种常规质量精度***	~1.8 $\text{ng}/\text{cm}^2$ ( 18 $\text{pg}/\text{mm}^2$ )			
水中最大耗散因子精度**	~ $0.04 \times 10^{-6}$			
水种常规耗散因子精度***	~ $0.1 \times 10^{-6}$			
<b>软件</b>				
PC要求	USB 2.0, Windows XP, Vista, 7 (32位)			
数据输入，分析软件	多个频率和耗散因子数据			
数据输出，分析软件	粘度、弹性、厚度和动力学的拟合值			
输入/输出	Excel, BMP, JPG, WMF等			
<b>尺寸</b>	高度	宽度	深度	重量
电子系统	18	36	21	9
样品池	12	23	34	8

\*可以提供多种不同的传感器材料，如SiO<sub>2</sub>、钛、不锈钢、聚苯乙烯等。  
 \*\*来自单个频率单个传感器的数据，在Sauerbrey关系成立时，每5秒钟采集1个数据点。  
 \*\*\*在多频率模式时（三个泛频），来自所有4个传感器的数据，在Sauerbrey关系成立时，每1秒钟采集1个数据点。



与中国代表处以及全球其他经销商的详细联络信息请查询 Q-Sense 的网站。

[www.thermoforce.net](http://www.thermoforce.net)

热力（香港）科技有限公司  
 地址：上海九新公路90弄3号九新商务大厦1109  
 电话：021-60480748 传真：021-57791879