

# 微型光纤光谱仪在分子化学与物理领域的应用

张志伟 侯统熙

(北京晨辉日升光电技术有限公司 010-84574045)

E-mail: [sales@bjlaser.com](mailto:sales@bjlaser.com)

**1. 引言** 高分子化学与物理是以高分子为基本研究对象的交叉学科，是高分子科学的基础。高分子材料分为具有高强度和能够耐受诸如高温和强辐射等恶劣环境条件的特种高分子材料，具有特殊光、电、磁性能以及高效率能量传递和转化性能的高功能性材料，具有生物或医学功能而对生命过程发挥积极作用的生物功能和医用高分子材料等。目前，进行高聚物荧光和光电性能研究最简单的方法就是使用荷兰 Avantes 公司的微小型、高分辨率光纤光谱仪。

## 2. 实验部分

### 2.1 仪器原理

荷兰 Avantes 公司的 AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪，采用对称式光路设计，焦距 75mm，包括光纤接头（标准 SMA 接口，也可以选择其它类型的接口）、准直镜、衍射光栅、聚焦镜和 Sony ILX554 型 2048 像素线阵 CCD 探测器，波长范围 200-1100nm，最高分辨率 0.04nm，接口方面提供 USB1.1 或 USB2.0 接口、RS-232 接口和 I/O 数字/模拟接口。

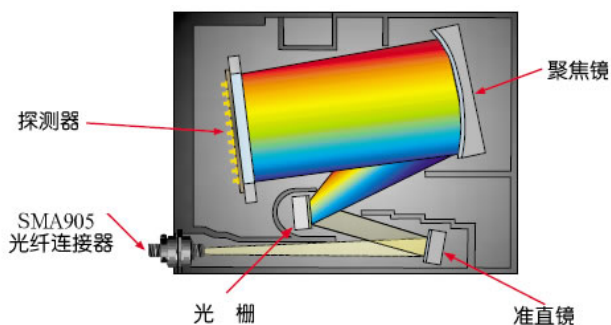


图 1 光学平台



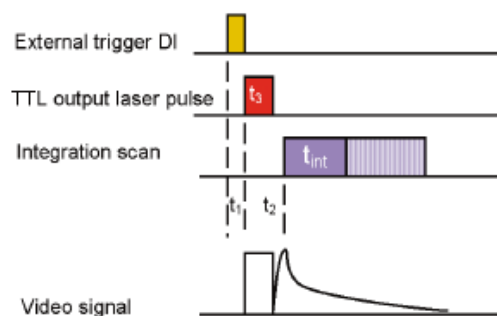
图 2 AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪

### 2.2 功能及特点

#### 2.2.1 外触发功能

AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪能够在接受外触发信号之后延迟 1.3 微秒开始采样；此外，该光谱仪还可以发出一个 TTL 电平信号来触发激发光源，如脉冲激光器或脉冲氙灯，而且在 AvaSoft-Full 软件中可以设置 -42ns 到 2.7ms 的延迟采样时间，步长为 42ns；-42ns 的负延迟采样时间的特性对测量脉冲激光器非常有用。

AvaSpec-2048FT 的这些特点使其适用于需要快速响应和需要与外触发信号精确同步的应用领域（它的时间抖动只有  $\pm 21\text{ns}$ ），例如传送带上的产品检测等。而输出 TTL 信号的特性则可使其用于荧光测量或 LIBS（激光诱导击穿光谱）测量，这两种应用都是在激光器脉冲结束一段时间后才开始测量。



参数	2048FT
$t_1$ 激光脉冲延迟	fixed 1.3 $\mu$ s
$t_1$ 的步长	n.a.
$t_2$ 积分时间延迟	-42ns-2.7ms
$t_2$ 的步长	42ns
$t_3$ 脉冲宽度	fixed 15 $\mu$ s
$t_3$ 的步长	n.a.
$t_{int}$ 积分时间	2ms-60sec
$t_{int}$ 的步长	1 ms

### 2.2.2 历史通道功能

AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪可以同时监测最多 8 个输出参数随时间的变化，如用户定义的函数、积分、峰值（波长，相对强度）等。函数可以用 Visual-Basic 代码编写。时序测量的结果可以被存储、载入或者打印。缩放和全景显示功能可以把时序测量结果中感兴趣的部分快速放大至全图显示。

### 2.2.3 独立测量功能

AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪可以配置成进行独立测量工作，而不必使用计算机。

USB2 平台的 AvaSpec-2048 光谱仪添加了蓝牙（-BT）通信以及在板卡上存储光谱的 SDRAM 卡选项，能够实现远距离测量和传输（大于 300 米）以及长时间光谱数据存储。

### 2.2.4 热电致冷式（-TEC）CCD 探测器

AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪中的 CCD 探测器可以被置于一个一阶珀耳帖式热电致冷器上，可以使 CCD 的温度降低 30°C 左右，因此可以使动态范围至少提高 10 倍，并且可以使暗噪声降低 2-3 倍，可以应用在弱信号场合，如荧光和拉曼测量。

### 2.2.5 温度稳定性好，热漂移小

AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪的光学元件和底板间采用无应力装配，出厂前经过特殊工序处理，因此环境

温度对光谱仪影响极小，环境温度每变化 1°C 仅漂移 0.1 个象元。优秀的温度稳定性确保了其长时间测量的精确性和可重复性。

## 2.3 典型应用测量

### 2.3.1 荧光测量

荧光测量在进行高聚物荧光、光电性能研究和许多生物学（叶绿素和类胡萝卜素）、生物医学（荧光病变诊断）和环境科学研究中是非常必要的一种手段。荧光测量通常需要高灵敏度的光谱仪(推荐-TEC 致冷式光谱仪，积分时间 > 5 seconds)。对于大多数荧光应用来说，产生的荧光能量只占激发光能量的 3%左右。荧光能量比激发光能量要小（所以波长要长），而且一般都是散射光（在各个方向上辐射能量）。

对于荧光测量装置，最重要一点是防止激发光进入光谱仪，这可以通过不同方法实现，各种方法不互相排斥：

1. 使用AvaLight-LED作为激发光源（窄带宽），激发光波长不在荧光光谱范围内；
2. 使用（干涉）带通或低通滤光片与AvaLight-HAL光源一起得到高强度窄带宽的激发光；
3. 确保激发光与荧光是90度正交的，这样激发光不会进入接收光纤（使用CUV-UV/VIS-FL）；
4. 利用荧光的延迟时间把激发光和荧光积分时间起始脉冲分离开。此时需要一个脉冲光源(脉冲激光器或XE-2000 闪光氙灯)和AvaSpec-2048FT快触发光谱仪（可编程控制延迟时间）；

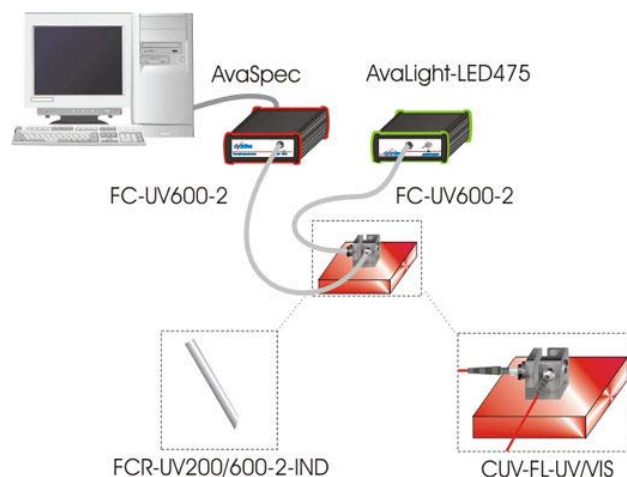


图 4 荧光测量装置

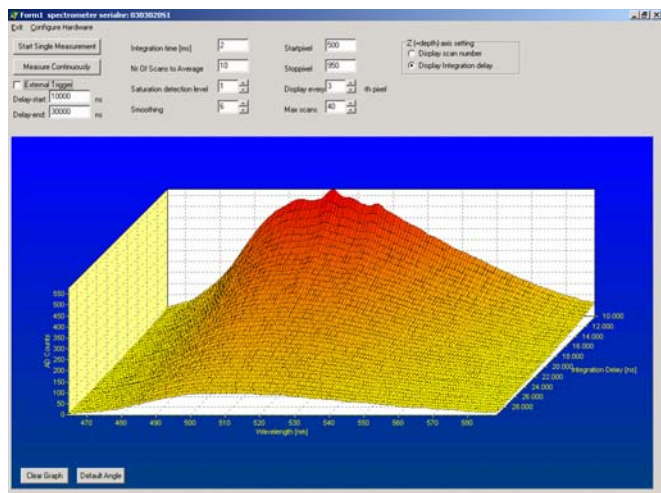


图 5 3D 荧光测量

### 2.3.1 拉曼测量

AvaRaman 拉曼光谱仪是一款集成式的低成本拉曼系统。AvaRaman 系统包括半导体激光器、AvaSpec-2048 线阵 CCD 光谱仪、AvaSoft-Raman 操作软件和多种光纤探头。AvaRaman 拉曼光谱仪系统适用于多种 Raman 波长，有 2 种基本型号：

1. 低成本、非致冷型：光学分辨率为  $25\text{cm}^{-1}$ ，标准配置包括半导体激光器；
2. 高性能、热电致冷型：包括高稳定激光器，光学分辨率可达  $8\text{cm}^{-1}$ ；

AvaRaman 拉曼光谱仪特别适用于分析领域的应用，诸如反应监控、产品识别、遥感，以及水溶液、胶体和其它介质中高散射性微粒特性的研究。



图 6 AvaRaman 拉曼测量装置

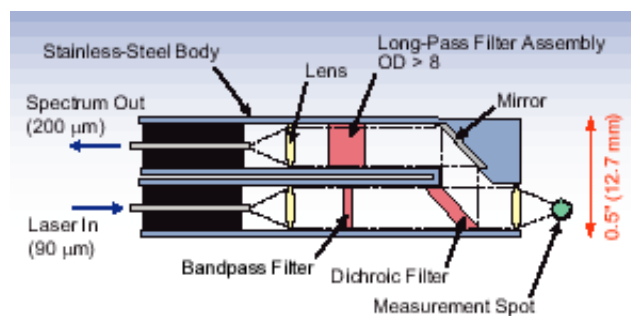


图 7 聚焦型拉曼探头

AvaRaman 拉曼光谱仪系统除了标准 785nm 半导体激光器，还可以选择其它不同类型的激光器，比如 514nm 氩离子激光器，50mW 或 100mW 固体激光器（532 nm），或 633nm He-Ne 激光器。

## 3. 典型应用及用户

在国内，AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪用于高分子化学与物理领域的单位和应用如下：

1. 中科院物理研究所 纳米物理与器件实验室，基于高聚物受激光诱发荧光特性的研究；
2. 北京化工研究院，基于高分子材料的荧光在线测量的研究；
3. 哈尔滨工业大学，基于功能薄膜制备与光电性能的研究；
4. 天津大学 化学系，基于纳米及复合材料光电性能的研究；
5. 暨南大学 化学系，基于纳米长余辉发光材料标记技术的研究；

## 4. 结论

使用 AvaSpec-2048FT 快触发型光谱仪进行高分子化学与物理测量，具有性价比高、灵敏度高、测量精度高、测量速度快、操作简单等特点，而且体积小巧，方便集成到系统中进行在线监测。