

# 应用 Agilent Cary UV-Vis-NIR 表征 亚纳米级窄带滤光片

## 作者

Travis Burt  
安捷伦科技有限公司

## 摘要

与利用单色器中的光栅分光相比，利用带通滤光片来分离窄波长区域是一种更加经济方便的方式。很多商品化的带通滤光片具有 10 nm 左右的半高宽 (FWHM)，本应用简报介绍了利用 Cary UV-Vis-NIR 分光光度计技术表征 3 块亚纳米级 FWHM 带通滤光片，结果显示其中 1 块滤光片的 FWHM 带宽为 3.1 Å，另外 2 块滤光片的 FWHM 带宽为 1.2 Å。

## 讨论

要确保亚纳米级 FWHM 带通滤光片得到成功表征，需要优化好仪器的参数，选择合适的样品固定方式。这种类型样品的测试对于光谱工作者来说是一个颇具挑战性的项目，用 Cary UV-Vis-NIR 分光光度计能够得到很好的测试结果，从而也证明了它的优异性能。在测试中，建议先将分光光度计预热 1 小时，然后关机，随即重新启动系统，让系统完成初始化（重置），在开始测试样品前，还需要利用验证软件应用程序进行波长验证测试，检查仪器波长是否处于正常状态。

带通滤光片的功能是基于干涉原理来实现的，所以它们对入射光的角度比较敏感。随着入射光角度的增加，波峰略微向短波长漂移，相反，随着温度的增加，波峰略微向长波长漂移。为了消除温度对测试结果的影响，窄带滤光片通常在特定的温度下测试，一般来说是 23 °C。

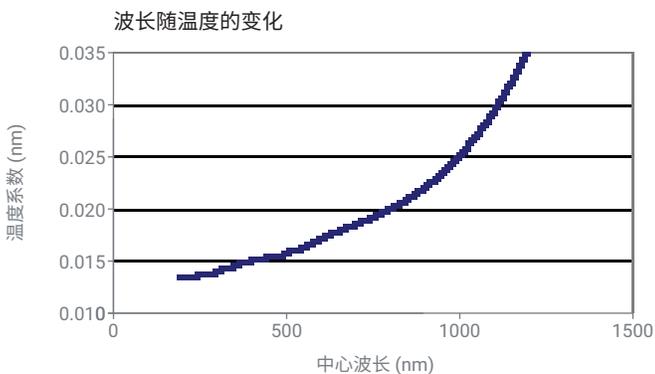


图 1. 温度对滤光片的影响

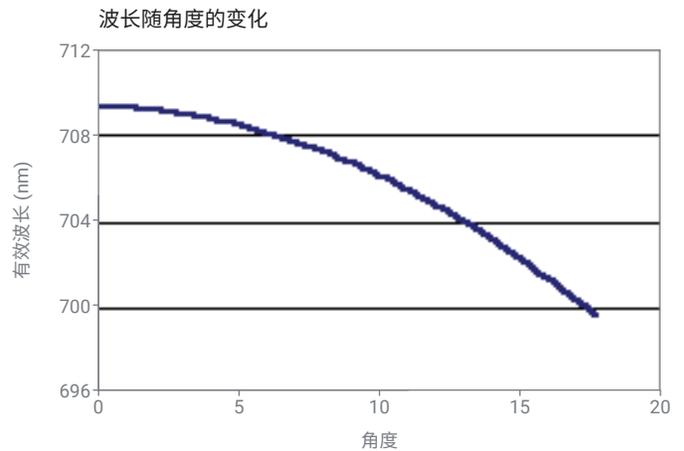


图 2. 角度对滤光片的影响

从图 1 和图 2 中可以清楚地看出，在测试时，需要特别注意实验室温度不要大幅度地波动，如果仪器的固体样品支架正确安装，并且滤光片和固体样品支架之间没有夹杂其他异物的情况下，入射角度一般不会超过 1°。

方程 1 可以用来计算在平行光照射下，入射角高达 15° 下滤光片中心波长的漂移情况。

$$\text{方程 1. } l_{\theta} = l_0 [1 - (N_e/N^*)^2 \sin^2 \theta]^{1/2}$$

方程中：

$l_{\theta}$  = 入射角度下滤光片中心波长

$l_0$  = 垂直入射时滤光片中心波长

$N_e$  = 外部环境的折射率

$N^*$  = 滤光片的折射率（参考制造商规格）

$\theta$  = 入射角

对于会聚光和发散型的光，波长漂移稍微会低些，此时，锥角应该作为因变量。一个比较好的估计波长漂移的方法是在方程 1 中将锥角作为  $\theta$  角，将计算得到的  $l_{\theta}$  除以 2。

图 1 和图 2 显示了中心波长随着温度和入射角度变化的大致趋势。一般来说，温度变化 5 °C 或者角度变化 1°，中心波长的漂移将可能达到 0.05 nm。

## 仪器因素

分光光度计的狭缝高度要设置在降低的位置，选择双光束测试模式，独立控制的标签要激活，以便于将光谱带宽 (SBW) 值设置为 0.040 nm 以下。SBW 和数据间隔的设置要确保在滤光片的带宽范围内采集得到足够的数据点。从图 3 中可以看出 FWHM 和波峰位置与 SBW 之间的密切关系。随着 SBW 的增加，波峰位置和最大透射率百分比降低。

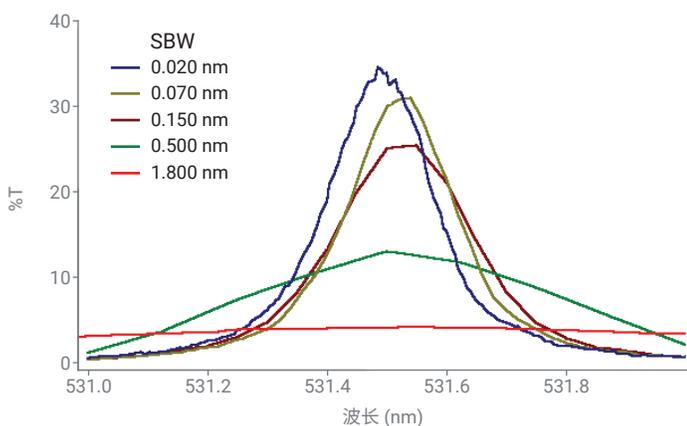


图 3. SBW 对滤光片的影响

对于 Cary UV-Vis-NIR，设置狭缝为降低的高度，在样品前后 50 mm 各放置一个 1 mm 的光阑时，锥角会从最大 5.0° 降低到 0.6°。0.6° 的锥角可以将窄带滤光片的中心波长漂移降低到 0.05 nm 以下。在样品安装的过程中，需要注意使 1 mm 光阑处于光斑的中心位置，并且两个光阑中心点的连线与光路平行。可以通过调节两个光阑，在软件上同步监控光通量的大小，来获得最佳的位置。

首先，在样品光路中放入一个 1 mm 孔径的光阑，将仪器波长设置到常用的光谱带宽 SBW（例如 1.5 nm）时，扫描得到的中心波长的位置。调节光阑的高度，直到软件上显示 %T 值达到最大，用螺钉锁定光阑的位置。在参考光路前后各放入一个 5 mm 的光阑，并将信号最小化。选择 5 mm 光阑的原因在于相对 1 mm 光阑来说其位置比较好调节。为了保证分光光度计的完整动态范围，此时后光路中需要加衰减器，1.1 Abs 的后光路衰减器 (RBA) 足以使采集过程的基线扫描低于 100%。最后，在后光路中再放入两个 5 mm 孔径的光阑和 RBA，在样品光路的后面再放入一个 1 mm 孔径的光阑，并调节其位置得到最佳的光通量，然后锁定其位置。

位置调节好后，重新检查前后光阑的位置，以确保仪器具有最大的光通量。测试样品前，要先进行 100%T 和 0%T 背景扫描，应选择合适的信号平均时间以实现可接受的信噪比。对于亚纳米级的 FWHM 带通滤波片，该值可能至少高于 5 秒，此时，如果采样间隔为 3 nm，扫描一个样品的可见光谱可能需要 20 分钟。或者，也可以使用软件的信噪比 (S/N) 控制功能来大幅缩短扫描时间。通过选择所需的 S/N 值，扫描速率将在光谱噪声较少的区域自动增加。图 4 和图 5 显示了三种不同窄带滤光片的光谱。

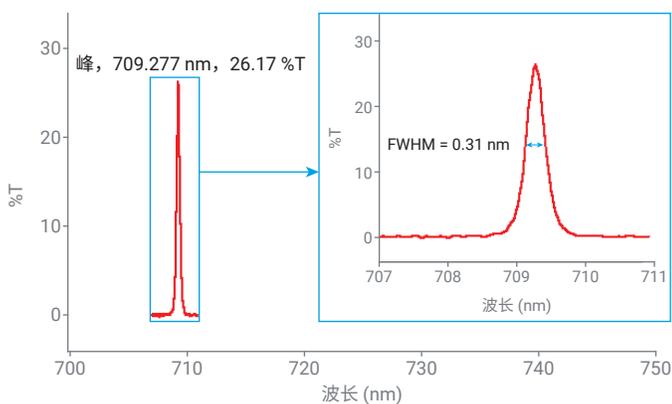


图 4. 窄带滤光片的光谱图

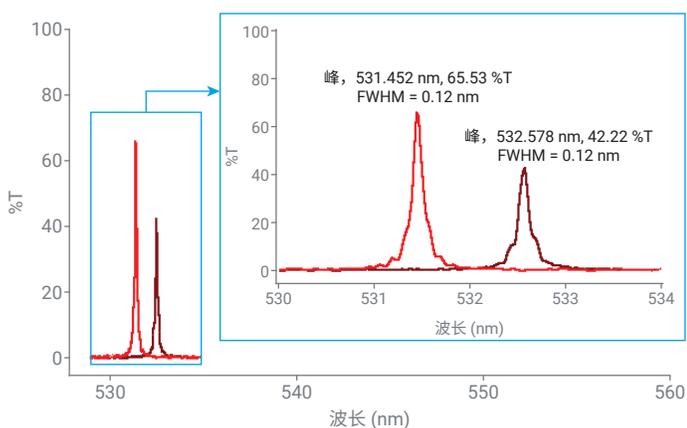


图 5. 窄带滤光片的光谱图

## 结论

Cary 5000/6000i 或 Cary 7000 UMS、UV-Vis-NIR 分光光度计可以成功测试亚纳米级带通滤光片。在前光路中使用两个 1 mm 的光阑（样品前后各 50 mm），在后光路中使用两个 5 mm 的光阑（配有 1.1 Abs 的后光路衰减器）。测试前，正确对准光阑对于分光光度计实现最佳光通量至关重要。本研究测量了三块窄带滤光片的 FWHM、波峰和峰透射率，结果分别为：

0.31 nm、709.277 nm、26.17 %T

0.12 nm、531.452 nm、65.53 %T

0.12 nm、532.578 nm、42.22 %T

查找当地的安捷伦客户中心：

[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://www.agilent.com/chem/contactus-cn)

免费专线：

800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

[LSCA-China\\_800@agilent.com](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)

在线询价：

[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)

[www.agilent.com/chem/cary5000](http://www.agilent.com/chem/cary5000)

DE17918794

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2000，2011，2023  
2023 年 1 月 12 日，中国出版  
5994-5623ZHCN