

# 创建您自己的 带通滤光片

为显微镜和光学平台提供了一种动态定制的解决方案

Craig Hodgson, 博士

Cicely Rathmell, 理学硕士

随着荧光技术的发展，光学滤光片是检测的关键。几乎所有新的荧光团需要自己的带通滤光片来产生好的亮度或对比度。可以改变带通以使提高信噪比。如果与其他荧光团一起使用，还需要平衡荧光团之间的强度，以减少操作员阅读分析结果时眼睛的疲劳。

即使 Semrock 拥有多于 350 个不同的单带带通滤光片在售可供用户选择，我们发现一些客户在不做试验前，不能确定他们所需要的带宽，还有一些客户在寻找目录产品中没有的带通，这些客户目前不需要大批量购买，不购买用户定制镀膜。VersaChrome Edge™ 可调边缘滤光片填补了这个空白，研究人员和仪器开发人员可以动态地创建和优化自己的带通滤光片，仅仅需要三种简单、通用的滤光片。

## 1.带通滤光片的结构

传统的带通滤光片是由它的两个边缘定义的，边缘提供了通带外的阻挡。每个边缘都是从深阻挡到高透射的过渡，长波通（LWP）边缘和短波通（SWP）边缘。这两个边缘转变的波长从深阻挡到高透过，高透射定义了通带，然后与感兴趣的荧光团的峰相匹配。

带外阻挡对于实现高的信噪比很重要，通常需要扩展到宽的波长范围。确定阻挡量和阻挡波长，需要知道激发光源的光谱、探测器或相机的响应曲线以及系统中光学部件的透射和反射。

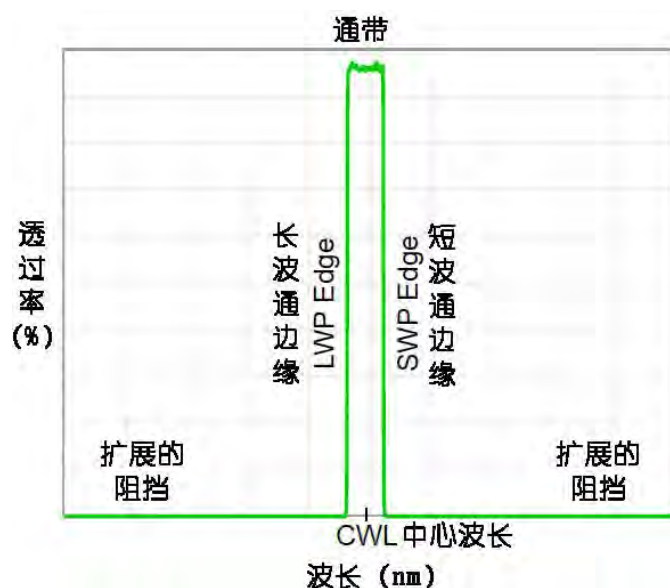


图 1: 显示了单带带通滤光片（中心波长 CWL）的透射率和波长。这个通带由两个边缘定义，每个边缘附近都有阻挡，边缘和扩展阻挡覆盖范围大

设计新的光学系统的典型方法是开发新的测试（新的荧光团、化学试剂等），尝试各种我们的目录带通滤光片，纵览正确的波长范围，进行测试和选择，确定在实践中表现好的一种。虽然我们在线工具 SearchLight (<http://searchlight.idex-hs.com>) 可以轻松快捷的完成预期通带的分析和选择，但有时候在售目录产品中并没有完美的匹配。

现在，我们的 VersaChrome Edge 可调滤光片可让您为自己设计和优化匹配—不是在纸上，而是在实验室中。原理很简单：将长波通滤光片和短波通滤光片结合过滤以创建带通形状，

并串联放置带有全光谱阻挡的滤光片以提供扩展的带外阻挡。三个滤光片一起使用，就像传统的带通滤光片一样。该解决方案真正的优雅在于边缘滤光片本身。通过使用我们的 VersaChrome Edge 可调滤光片，每个滤光片的边缘可以调整到你需要的精确的切角或波长。

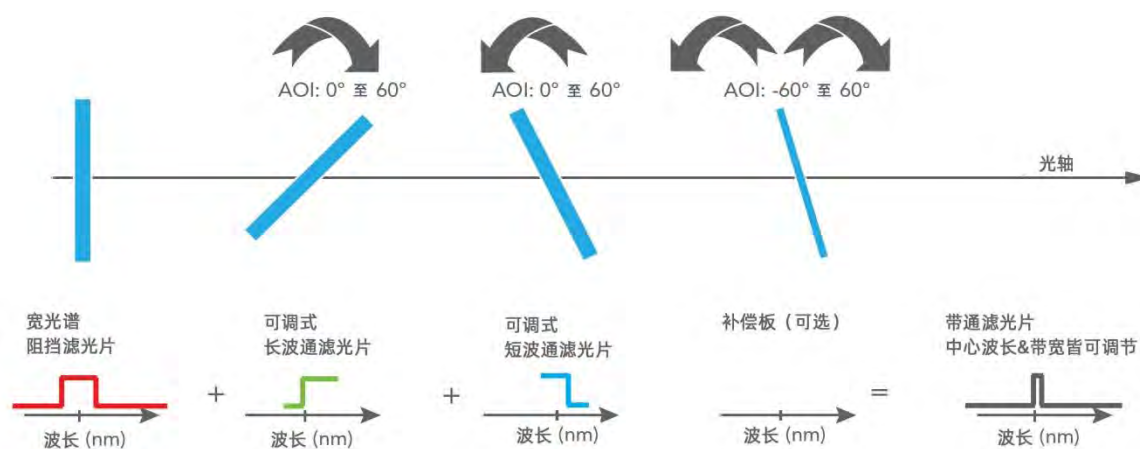


图 2: 结合使用 VersaChrome Edge 可调滤光片，在可见光或近红外光范围内创建带通滤光片。

## 2. 利用角度调整的力量

所有干涉滤光片随着入射角 (AOI) 从 0° 度增加开始倾斜，光谱会向蓝色方向移动。“微调”角度可调整边缘或滤光片的带通，但更大的入射角通常会导致偏振分离 (对于无偏振的光，如荧光，s 偏振和 p 偏振的干涉条件偏移量不同，这会转化为“偏振”边缘，降低带通形状)。

通过使用专有设计技术，Semrock 创建了新的滤光片，这些产品对偏振不敏感，AOI 可以从 0° 到 60° 进行宽范围的角度调节，而不会降低边缘陡度或透过率。VersaChrome® 可调带通滤光片可移动中心波长 (CWL) (通过角度调整) 达 12%，CWL 可覆盖 378 至 900 nm。

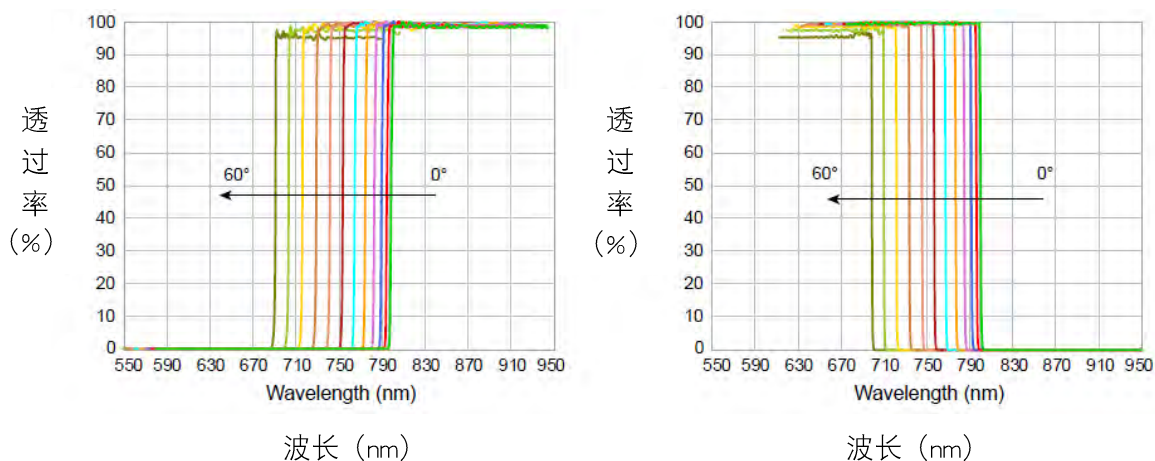


图 3: AOI 0° 至 60°，典型的边缘滤光片显示出随着 AOI 增加，偏振分离。VersaChrome 长波通可调边缘滤光片可保持其陡峭边缘，并将其边缘位置向短波长的方向移动大于 12%。

### 3. 无需减少阻挡

在设计带通滤光片时，带外阻挡与高透射一样重要，因为它在定义可以实现的信号噪声比方面起着重要作用。虽然调整传统边缘滤光片的角度会降低与边缘相邻的阻挡深度和广度，但 VersaChrome 边缘可调滤光片旨在将在固定波长的阻挡保持在  $OD_{avg} \geq 6$ ，而与 AOI 无关，重叠使用的全谱阻断滤光片，可以互补达到深层阻挡。以边缘在 704 nm 处的可调短波通滤光片 (TSP 系列) 举例，在  $0^\circ$  至  $60^\circ$  的 AOI，相邻的阻隔扩展到 808 nm。等效的可调长波通滤光片 (TLP 系列)，在  $0^\circ$  至  $60^\circ$  的 AOI， $OD_{avg} \geq 6$  的阻光扩展至 547 nm。

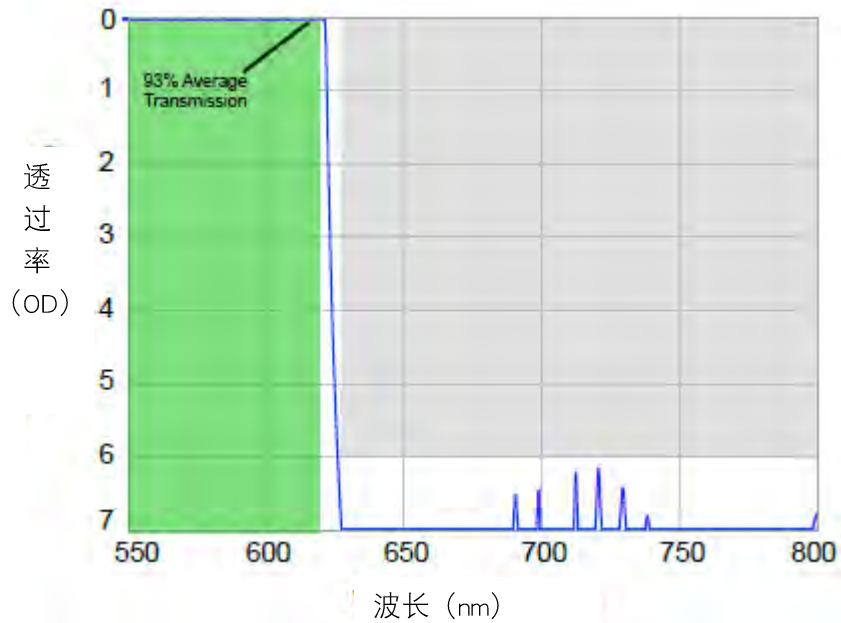


图 4: 在 AOI =  $60^\circ$  时, VersaChrome 短波可调边缘滤光片仍可保持较高的透射率和深阻挡。

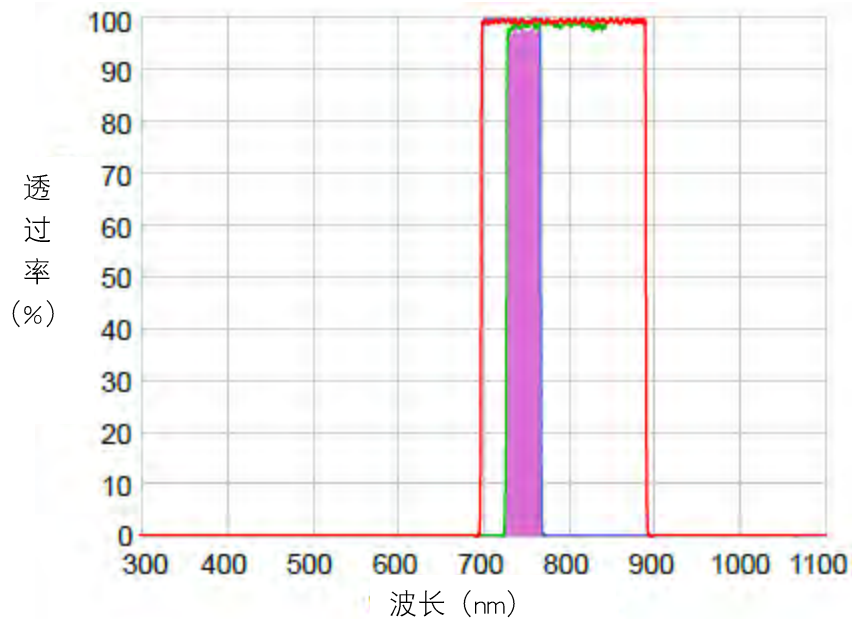


图 5: 使用 VersaChrome TLP 和 TSP 滤光片创建的可调带通滤光片，并与适当的全频谱阻挡滤光片匹配。创建的有效复合带通滤光片以实心紫色显示。

通过添加全光谱阻挡滤光片，可以扩展至低至 UV 波长 (250 nm) 和近红外 (NIR) 的阻挡。根据调节波长范围和光学系统内使用的预期检测器，NIR 阻挡选项可扩展至 1200 nm 或 1700 nm。全谱阻挡滤光片的通带范围从 95 到 263 nm，随 CWL 的增加而增加，以匹配组合的 TLP / TSP 滤光片对的全部可用带通范围。

## 4.无缝过渡

每个 VersaChrome TLP 和 TSP 滤光片系列的创建都考虑到，当一个边缘滤光片的调节范围终止时，该系列中的相邻滤光片具有覆盖范围的重叠，使您可以将每个边缘调节到所需的任何波长。类似地，由全频谱阻挡滤光片覆盖的高透射通带和深阻挡范围与可调边缘滤光片提供的通带和阻挡相协调。

结果是，通过将角度调节的 TLP 和 TSP 滤光片与全光谱阻挡滤光片结合使用，可以创建一个在可见光和近红外波长范围内的，具有任何 CWL 的通带滤光片以及一个通带。宽度 (FWHM)，范围从 $\leq 5\text{nm}$ 到 CWL 的至少 12% (628 nm 时  $\sim 75\text{ nm}$ ，或 1000 nm 时 120 nm)。开始时，提供用于创建 560-790 nm 的带通滤光片的选项，此后可扩展到覆盖整个 400-1100 nm 的范围。如图 2 所示，需要通过以互补的倾斜度添加一个补偿板，就可以校正由于在 TLP 和 TSP 滤光片中使用不同角度而产生的光束偏离，如图 2 所示。我们的应用工程师可以为您提供有关滤光片的建议选择 and 夹具，以用于显微镜和桌面设置。

## 5.成本内的可调性增加

到目前为止，无法找到满足要求的目录带通滤光片的客户不得不选择使用次优滤光片，或是以大量成本购买定制滤光片规格的原型。借助 VersaChrome Edge 可调滤光片，Semrock 提供了一种新的滤光片原型方法。我们的三个新系列滤光片旨在共同工作，以创建与可见光或近红外光中的单个通带滤光片等效的产品。这使研究人员和仪器设计人员都不仅可以创建所需的带通，还可以在测量设置内微调边缘位置和通带宽度，以实时大的亮度和信号噪声比。

动态设计带通滤光片并在测量点优化其光谱特性的能力不仅具有提高系统性能和适应新荧光团的潜力，而且还可以显著减少识别带通滤光片形状所需的时间，尤其是针对给定的应用时，并减少 OEM 设备应用的新滤光片的开发成本。