

OEM Optical System Development

Whitepaper by Michael W. Allen, Ph.D.

对于原装设备生产商（OEM）而言，产品决定了公司的一切。海洋光学完全了解选择光学部件、子系统或完整解决方案对您的重要性。海洋光学愿意成为您的项目伙伴。我们不断努力，以更好地了解您的应用、您的客户和您的商业模式。作为您真诚的商业伙伴，我们力争：

- 提供有核心竞争力的技术方案
- 通过定制开发和工艺保障您的投资
- 不断提升我们的生产效率帮助您节省成本

此系列白皮书的目的在于为光学探测器和系统领域产品研发过程的具体环节提供指导。我们希望这些专题论文，能够抛砖引玉，帮助您规避从最初制造原型机到最终生产产品过程中所遇到的风险。此白皮书着重讲解如何为光学和光谱学应用挑选光谱仪。

尽管与实验室实验选择光谱仪相似，您在为新产品选择光谱仪时，仍需要根据您的应用要求，业务规模和您客户的特殊需求，作出细致的考量。

全面了解应用和您客户的需求

我们的合作过程从了解您商业模式规划，目标客户群开始，通过进一步探讨具体产品需求，提供完整的解决方案而不断深入。一般客户们会着重权衡产品的性价比，但是 OEM 客户更需要注意的是，将应用与合适光谱仪紧密关联至关重要。虽然最终应用对光谱仪的要求会参数化、指标化，但是所有的参数指标都是源于目标和测量应用评估。

光学和光谱学技术的发展使得每个人都能够接触到曾经非常复杂的实验室仪器。特别是，微型光谱仪使得目标样本从实验室解放出来。现在，光谱学可以走近目标样品：在制造过程中，在病人的床旁或喷发的火山口内部进行测量。光学传感将测量工具从实验室中解放出来，从而迈入了新的、阶段——开放众多应用并创造新的拓展市场。

定做微型光谱仪的能力可让系统能够解决特殊应用问题。不论是测量吸光度，反射率或是拉曼光谱，这些工具都会提供信息，进行有针对性的回答。为了实现合适特定部件或系统，我们必须非常了解光学系统传输的信息以及您的产品所致力于解决的问题。对整个过程中测量应用的全面理解才能最终成就具有高性能的最终产品规格。

最后，您生产的产品必须满足或超出客户希望。这不单纯是解决技术水平的问题；同时也包含所有的客户体验以及将产品与客户工作流程匹配。从 OEM 角度来看，这意味着对产品形式、匹配度和功能的全面理解。通过对产品关键性能需求的全面了解和在研发过程中时刻将这些要求记在心中，可以更好地让我们的产品融入市场。

解决方案的开发与配置

光谱仪的选择包括在不同光学参数的权衡。为了了解这些权衡参数，我们必须先了解光具座组件和它们分别在测量光谱中的作用。典型的交叉式 Czerny-Turner 单色仪如图 1 所示。光具座包含一个入口狭缝 (A)，反射镜 (B)，光栅 (C) 和检测器 (D)。入口狭缝，光栅和检测器共同决定了光谱仪波长范围和分辨率。

更明确地说，波长范围和分辨率受(1) 入口狭缝尺寸(2) 光栅刻线密度和(3) 阵列检测器的有效像素数影响。光学分辨率与狭缝宽度直接相关。例如，100 微米的狭缝可以造成光学分辨率为 14.0 像素的半峰宽。减少狭缝宽度到 50 微米，可以提升光学分辨率到 7.4 像素的半峰宽，但是光通量会减少近 50%。当狭缝宽度降低，接近光衍射极限，其对分辨率增强的影响开始下降。从 50 微米狭缝到 5 微米狭缝值分辨率增加了 3.7 倍，而不是估计的 10 倍。

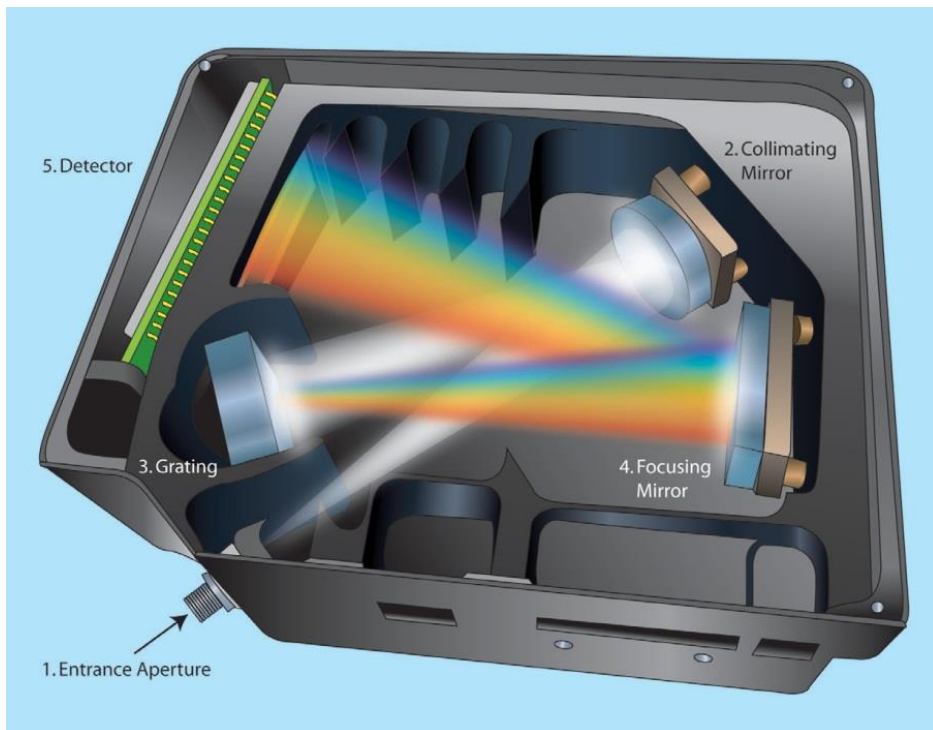


图 1：典型交叉 Czerny-Turner 单色仪

另外，光栅和波长范围的选择还需要考虑光栅的工作原理。光栅将光衍射为若干角

度，见图 2。角度是整数倍或级数，随入射波长不同而改变。例如，200 nm 入射光以角度 #1 和 #2 衍射， #2 刚好是 #1 角度的两倍。角度 #2 还是 400nm 的一级衍射光的角度。如果应用要求 400nm 的测量，而 200nm 光进入光谱仪，则 200nm 的二阶衍射和 400nm 的一级衍射光会在同一像素停留。所以在该像素测量的强度包含了两部分波长的贡献。

二阶光使用滤光片过滤。阵列光谱仪本质上适用于线性可变滤光片，与色散光谱设计相符，在阵列中每个像素提供合适的滤波。因为这些线性可变滤光器是为特定光具座、光栅和波长范围设计和制造，客户无法调整光谱范围。作为替换，可以使用高通滤光片在高阶衍射光进入光谱仪前将其滤除，保证了光具座的灵活性。

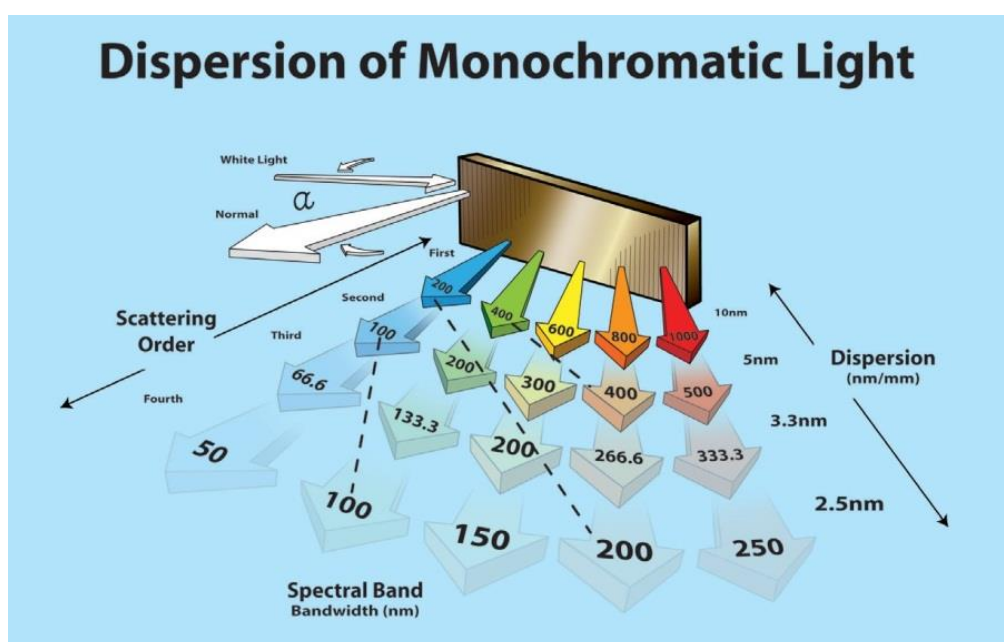


图 2：演示单光经过光栅产生的高阶衍射色散

光栅可优化特定波长范围。这由刻槽的倾斜角实现，也叫做闪耀角。一阶衍射效率在一个波长范围中增强，相对的在另一范围减少。例如，600 line/mm 光栅最佳效率在 300nm 附近，高于 575nm 分光效率 < 30%。同样的刻槽角度聚焦在近红外范围实现 530-1100nm 分光效率 > 30%，但是在紫外分光效率较低。刻线密度也影响闪耀角的使用。特殊复合光栅，如海洋光学的 HC-1 光栅，具有多个闪耀角。这种光栅相对传统光栅在更宽的波长范围 (200-1050 nm) 具有更高的分光效率。

例如，在我们的“S”实验架，600 line/mm 光栅会将 650nm 波长范围的光投射到检测器的有效区域内。通过旋转光栅，照亮检测器的光谱范围可以改变。因此可实现 200-850 nm, 或 300-950 nm 和其他波段的光谱测量。而使用 1200 line/mm 光栅引起光在二倍角处发生衍射射，因此检测器会拦截一半的波长范围。因为相同光通量在两倍角衍射下传输，信号强度下降两倍。如果其他参数不变，光学分辨率可增强两倍。

物理上增加光学平台的尺寸，以牺牲波长范围为代价实现高分辨率。“S”光具座是 42 mm 焦距设计。HR 光学平台是 102nm 焦距设计。在 HR 光学平台上，相同的 600 line/mm

光栅分光范围约 430nm，分辨率是 S 平台的 66%。当然，因为高分辨率信号会更低并且由于采用更长的焦距，体积略大

最后，光学性能参数还要受检测器像素数的影响。当所有其他参数相同，检测器像素就可数决定了光谱仪分辨能力。如果 1024 像素被 2048 像素取代，光谱仪分辨率会增加 2 倍。总而言之，我们的检测器像素间距从 8 μm 到 14 μm 。这些检测器小到可以使用我们最小的狭缝达到目标分辨率。

检测器材料和优化

检测器通过以下几个设计特点进行选择。半导体检测器用于捕获光子转化为电子。硅吸收峰带隙特点决定了其在紫外(UV),可见和短波近红外范围(约 160 nm 到近 1100 nm)均具有高灵敏度。铟镓砷(InGaAs)检测器通常在 900nm 到 1700nm 工作性能良好。特殊掺杂可以使铟镓砷检测器的工作范围扩展到 2100-2500nm。例如 HgCdTe 可扩展测量范围到中红外。

还有，有效光谱范围和检测器分辨率取决于结构。最简单设计叫做光电二极管阵列(PDA)。在 PDA 检测器中，每个阵列中二极管可以与读出电路相连。二极管提供偏压，使被 Si 吸收的光子产生的电流。采样电路有取样持有策略的特点，通过检测器阵列频闪从每个像素中获取有电压信号。模拟信号通过外部低噪电路放大并转换成数字光谱数据。

影响制作的需求如影印机、传真机和数码相机的出现导致了电荷耦合检测器或称 CCD 的出现。这里的光电二极管由透明电容器覆盖，在一段时间内积累信号(积分时间)。这种结构的优势在于没有读出电路的死点，可以捕捉图像。线性 CCD 阵列具有相同架构但是包含一个单线路 CCD 而不是仅有二极管。

CCD 相比二极管具有更大优势，因为具有低输出噪声。他们主要的不足在于多晶硅电容吸收紫外光，所以 CCD 通常不响应低于 350nm 的光。对于此问题有两个解决办法。CCD 线阵可涂覆磷光体薄膜，吸收紫外光，发出可见光。这对许多应用来说提供了足够的紫外信号。更昂贵的解决方法是使装置变薄然后从背后照光。这将二极管暴露于紫外光下，灵敏度改善比磷光覆盖法更为显著。

一些应用要求检测器具有特殊特点。例如，动力学时间分辨光谱仪要求检测器有闸控。光源在时间零点激发样品。检测器必须在微秒延迟后被触发开始采集冷等离子体光。同时进行输入触发和输出数据的外部通信，对于检测器和光谱仪来说至关重要。

光谱仪通信

光谱仪与外部的连接非常重要。有效的输入输出通信能力和对于选择设备合适的集成

方式至关重要。这种通信包含以正确的格式接收输入触发和提供正确数据。海洋光学光谱仪的固件和软件设计全面支持您的通信要求。

输入信号可来自于不同信号源。两个最普遍的是触点闭合和 TTL 脉冲。两者都可以在光谱仪上用于触发 GPIO。典型地是，有触发器的通信接口是串行接口；这可正确配置到您的光谱仪上。更重要的是，光谱仪数据如何传输到您的电脑系统上。我们提供数据采集的高灵活性，通过我们的 OmniDriver, SeaBreeze 和 SPAM 工具运行。我们的 OceanView 产品从视觉直观和图解视图角度使您可以图像化配置个人数据流进行光谱转换。我们的多平台 SPAM 库文件展现了验证光谱数学函数和 CIE 表格的综合采集，使您可以更快根据所选语言开发自定义 GUI。谨记兼容性，这些软件工具使您从光谱仪中提举数据流，从波形转化成为答案，转化数据成为您算法的格式。

最后，光谱仪固件也可以自定义以便进行板载运算。这使得光谱仪的输出更加符合您的数据要求。当监管和数据安全要求改变，可定制化输出就显得前所未有的重要。还有，更多公司开始向全方位 LIMS 系统转移，通过多种不同设备，执行计算，数据简化分析并获得解密结果。

技术支持，生产能力和纵向联合

海洋光学有专业的技术团队通过为您的产品开发解决方案为您的应用提供帮助。我们知道上市时间经常是驱动您的生意最重要的因素之一，所以我们随时准备着提供帮助加速您研发进程。不论您有机械、电子、软件还是硬件方面的需求，我们都足够的资源提供，将您的产品设想转化为现实。