

# 使用光学滤光片增强图像对比度

选择正确的滤光片可以提高图像的对比度，减少提取和处理图像数据所需要的时间。

作者：Nicholas Sischka, Edmund Optics公司光学工程师

在机器视觉系统设计中，最重要的是获得较高的图像对比度。正确地选择照明方式、孔径大小和镜头性能，都可以增加图像对比度及提高系统性能。虽然设计师可能会为了增加系统性能而考虑升级照明及镜头，但这种做法会导致系统的成本显著增加。但是如果设计师评估被成像物体的光谱特性便会发现，只需要使用不同的滤光片，就能以很低的价格大大提高成像品质，同时最大限度地降低对其他设计元素的影响。

根据系统结构和光谱透过率曲线，有一系列的滤光片可供设计师选择。长波通滤光片设计用于截止短波光线，透射长波光线。短波通滤光片则设计用于透射短波光线，截止长波光线。（图 1a）带通滤光片透射中心波长光线，截止长波和短波光线。陷波滤光片则与其相反，截止某特定中心波长的光线，并透射长波和短波光线。（图 1b）每种滤光片的应用范围都取决于它们的制作技术，例如，彩色滤光片不能应用在陷波滤光片所应用的场所。

彩色玻璃滤光片为设计师提供了廉价的、适用于许多应用的对比度改善解决方案，但这仅是在很宽的光谱

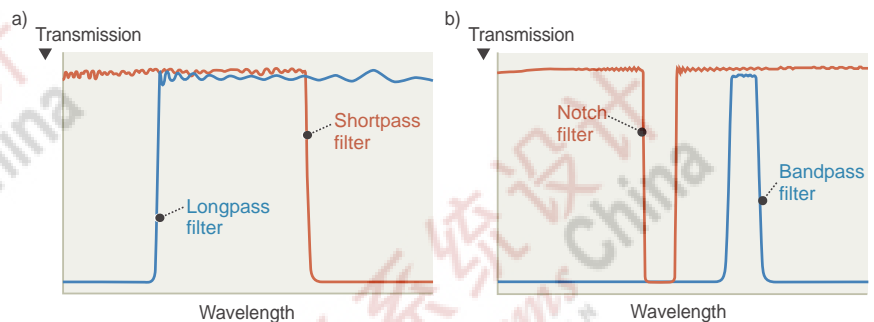


图1：设计师可使用不同类型的滤光片，如(a)典型短波通和长波通透射滤光片，或(b)典型带通和陷波透射滤光片。

范围中区分物体特征，如区分橙色与紫色物体。

干涉滤光片也透射特定波长范围的光线，但较彩色玻璃滤光片更为精确。干涉滤光片可提供纳米级别的精

准控制以透射及截止不同波长范围的光线。中性密度滤光片和偏振滤光片也可为特定成像场景提高性能。为了正确地使用滤光片，设计师必须理解各类滤光片的优势与限制。

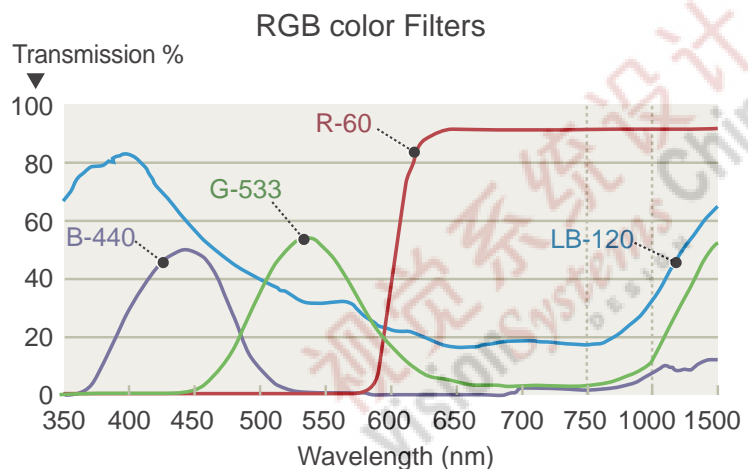


图2：彩色玻璃滤光片一般的透射率曲线较镀膜干涉滤光片浅，截止与透射波长之间的过渡十分缓慢。

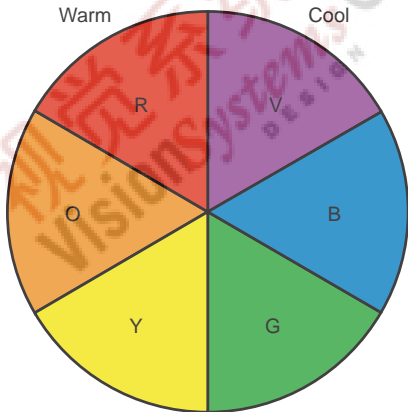


图3: 彩色玻璃滤光片是截止不被纳入彩色转盘之内颜色的理想之选。

### 彩色玻璃滤光片

彩色玻璃滤光片所能透射的光谱范围与其制作过程中所添加的掺杂物相关，不同的掺杂物以及所掺杂的程度，都将决定能透射的光谱范围以及该滤光片的衰减密度。加入掺杂物后，其余的制作过程都与标准光学玻璃的制造流程一致。

彩色玻璃滤光片是宽光谱应用最具成本效益的解决方案，且性能独立于光线的入射角度，即使应用于广角镜头或与系统光轴呈倾斜角度，其光学传输都不会改变。不过，一般来说彩色玻璃滤光片的透射率曲线较镀膜干涉滤光片浅，带通范围的透射率也不如干涉滤光片，截止与透射波长之间的过渡十分缓慢（见图2）。

虽然彩色玻璃设计与概念都较为简单，但却能大力改善图像质量。它们能够有效地缩小视觉系统所能看见的波长范围，且价格也比类似的干涉滤光片便宜。彩色玻璃滤光片是截止不被纳入彩色转盘之内颜色的理想之选（见图3）。

彩色玻璃滤光片种类繁多，日光蓝滤光片可用于对多色光源和彩色传感器进行色彩平衡；而紫外线滤光片则可透射 254nm 及 365nm 汞线。

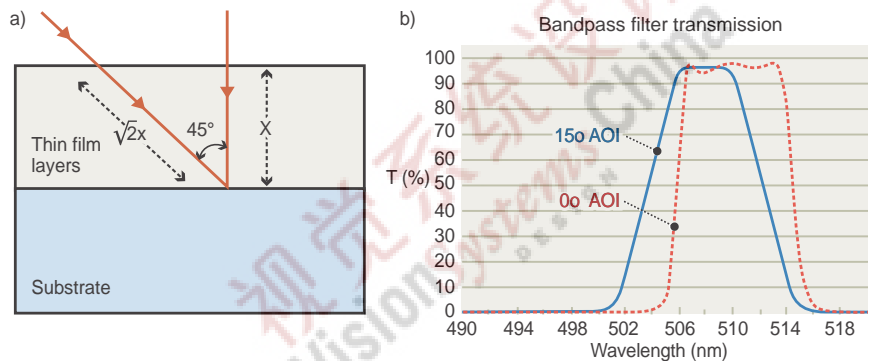


图4: 干涉滤光片将基于入射光线传输的距离而运作。(a)光线以正确角度入射滤光片，遭受相消干涉，从而截止于滤光片外。(b)光线以另一角度入射滤光片，例如以 15° 入射角入射带通滤光片的蓝色偏移，其中心波长较短，且斜度也较浅。图中的虚曲线即入射角为 0° 的曲线，是最为理想的曲线。

红外截止滤光片可用于机器视觉应用里的黑白及彩色相机，而硅图像传感器则在大多数机器视觉相机中可响应近红外波长，即高达约 1  $\mu\text{m}$  波长范围的光线。近红外波长通常由工作环境中的荧光灯及其他不必要的光源散发，可影响传感器的准确度。

红外光线在彩色相机中将对传感器造成假色彩，降低整体图像重现的质量。因此，许多彩色成像相机都具备红外截止滤光片，以提高传感器的准确度。红外光线也会降低黑白相机图像中的整体图像对比度。

### 干涉滤光片

如果您只是单纯希望辨别黄色与紫色平板，您只需使用玻璃滤光片即可。但如果您的应用要求识别十分细微的颜色差异，那么您将需要干涉滤光片，其截止与透射波长之间的过渡十分迅速。

波长特定的干涉滤光片，在特定基片

上具有高和低折射指数交替的介电层。基片表面质量和均匀性将决定滤光片的光学质量，同时根据基片的透射性质将决定该滤光片的波长限制。介电层将对不在透射带中的入射光线进行相消干涉，从而阻止这些波长透射滤光片。

干涉滤光片一般具有较高的光学密度 (OD)，可以有效截止特定范围的光线。虽然高光学密度可提高系统的功能，但许多机器视觉应用都不需要这般精确度。一般而言，光密度高

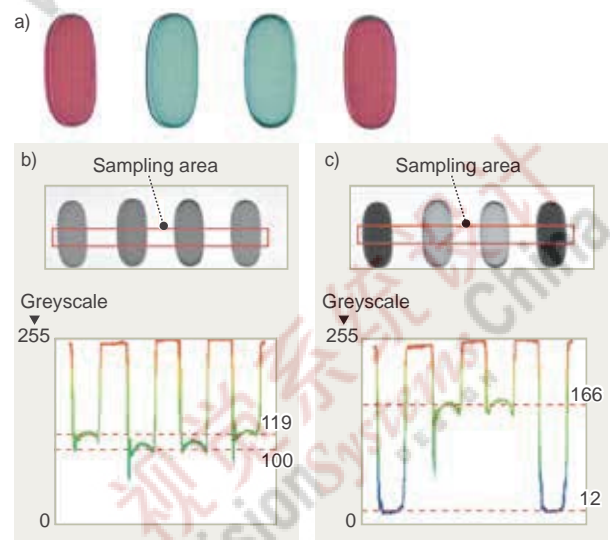


图5: 彩色滤光片可以大大提高用于检测应用的图像对比度。(a)采用白色背光检测红色及绿色凝胶胶囊。(b)未采用任何滤光片的红绿色胶囊之黑白成像，所呈现的对比度仅为 8.7%，远低于最低对比度 20%。(c)使用装配绿色玻璃滤光片的黑白相机所呈现的图像对比度高达 86.5%。

于4的滤光片就非常精确，更高只会带来额外的不必要的成本。

### 滤光片限制

硬镀膜干涉滤光片的干涉效应也是其主要限制的来源。干涉的特性取决于光线本身的特定波长，以及该光线在介质中传输时的光程，如果光线以不同于设计的入射角度入射任何干涉镀膜，则其传输的性质将改变，从而改变滤光片的透射波长范围（见图4a）。

所有的干涉滤光片都有其特定的人射角（AOI）才能有效运作，除特别说明，该入射角一般为 $0^\circ$ 。滤光片置于透镜前方时，其接收角将由透镜的视场角决定。焦距短（即视场角大）的透镜将往往使透射光线的带宽较短，且斜度也较浅。该效应被称为蓝色偏移（见图4b）。相较于窄角、焦距为50mm的透镜，广角、焦距为4.5mm的透镜具有更大的蓝色偏移效应。

同时处于不同视角的图像部位，也将具有不同程度的蓝色偏移效应，视角越远，蓝色偏移效应越大。整体

而言，干涉滤光片的滤光控制还是优于彩色玻璃滤光片，但请您在使用广角干涉滤光片时，务必注意以上潜在问题。

### 彩色滤光片

在图5a中，用户正采用白色背光检测红色及绿色凝胶胶囊，这是一种分类应用，用户希望按照颜色对胶囊进行分类。未采用任何滤光片的黑白成像（见图5b）所呈现的对比度仅为8.7%，远低于最低对比度20%。

在系统中没有任何光学噪音的理想世界中，8.7%的对比度是可行的。但是，只要周围光线出现任何变化、或透镜及传感器中出现任何温度差异，对比度都将低于8.7%，进而无法有效进行颜色分类。您可以使用昂贵的光线挡板系统或使用更加高级的照明系统；但是最简单、也最具成本效益的方法，是使用绿色玻璃滤光片提高对比度。如图5c中所示，对比度从8.7%跃至86.5%，提升系数将近10倍。

### 中性密度滤光片

中性密度滤光片让您得以在不更改 $f/\#$ 及曝光时间的情况下，改变图像亮度。吸收及反射类中性密度滤光片，都将一致降低透射至传感器的光线。应用于焊接等应用中时，光线可以不受限于曝光时间集中于一点，这时您就可以使用中性密度滤光片，在维持 $f/\#$ 的情况下降低光通量，从而避免影响系统的整体分辨率。变迹滤光片是一种特殊的滤光片，其光学密度将随光轴距离降低。您可以使用这些变迹滤光片来改善物体刺目反射造成的眩光。

成像与机器视觉应用将越来越复杂。光学元件设计师能从多种角度提升系统的可靠度与可重复度，而光学滤光片能很容易地改善图像对比度，协助您提高成像系统的准确性。无论采用最简单的彩色滤光片，还是偏振滤光片，每种滤光片都能为您解决不同的问题。因此，最重要的是选择适合您当前应用的特定滤光片。④

## Point Grey USB 3.0相机和Matrox Imaging Library (MIL)之间实现互操作性

Point Grey 宣布了其 Grasshopper3 和 Flea3 USB3 Vision 相机与 Matrox Imaging Library (MIL) 之间即插即用的互操作性。MIL 是一套适用于开发机器视觉、图像分析和医疗成像软件应用的全面的软件工具。

之前，Matrox Imaging 已经能支持 Point Grey 的 GigE Vision 和 FireWire 相机，随着最近 Matrox Imaging Library 版本 10 的推出，其支持范围又扩展到了 Point Grey 的 USB3 Vision 相机。

现在，Point Grey 的客户可以直接从 Point Grey 的网站下载为所有 Grasshopper3 和 Flea3 USB 相机支持固件的 USB3 Vision。USB3 Vision 1.0 版本可以到 AIA 网站 ([www.visiononline.org](http://www.visiononline.org)) 免费下载。

## 三宝兴业与法国NIT公司达成近红外相机合作

北京三宝兴业视觉技术有限公司与法国 NIT 公司达成近红外相机合作协议，双方就近红外相机的中国市场销售开展合作。

New Imaging Technologies (NIT) 公司是法国电信研究所的一家分支机构，经过 15 年的研发发展历程，发明了核心的 MAGIC™ 技术。其核心团队汇聚了成像及电子领域在内的多专业技术背景的 SCMOS 设计师。NIT 提供全系列的标准 / 定制 CMOS/InGaAs 成像探测器和器件，其应用领域包括机器视觉、智能化交通、生物、医药、安防等。

NIT 的供应链均通过国际专业认证，且在欧盟和亚太区的硅片 / 封装的合作伙伴确保其充足的货源供应和一定数量的样品测试，具备领先的行业质量控制能力。