

2021 年 3 月 25 日

肖特光学滤光玻璃

# 滤光片技术：哪种类型适合您的应用？

## 前言

肖特光学学会 (SCHOTT Academy of Optics) 是免费的在线研讨会系列，旨在帮助您将行业知识和专业知识提升至新的水平。

整个系列中，您将向领先的玻璃和材料专家学习光学行业各相关主题的专业知识。

如果您想了解更多有关信息或想要注册参加即将举行的研讨会，请访问我们的网站：

[schott.com/trainings/academy-of-optics](https://www.schott.com/trainings/academy-of-optics)

|                     |   |
|---------------------|---|
| 1. 透射率特性 .....      | 3 |
| 2. 透射光谱的 图像展示 ..... | 4 |
| 3. 选择合适的滤光片 .....   | 5 |
| 4. 组合滤光片类型 .....    | 5 |

您为应用选择滤光片时，请务必了解干涉滤光片和玻璃滤光片有何不同。这两种类型的滤光片不仅工作原理不同，其透射率特性以及对温度等环境因素的响应也各不相同。对于某些应用，组合两种滤光片类型可产生所需的合适光学特性。

光学滤光片，也称为有色玻璃或体积滤光片，可吸收一些光能，以便仅所需的辐射才能穿过玻璃。由于吸收是玻璃厚度的一种功能，因此这种类型的滤光片，其厚度通常在 0.1 毫米至数毫米之间。干涉滤光片也称为光学镀膜或薄膜，其利用干涉效应反射不必要的光并透射所需要的波长。交替使用具有不同反射指数的超薄层可产生干扰。由于反射发生在该组件的表面，因此这些滤光片可能非常薄。

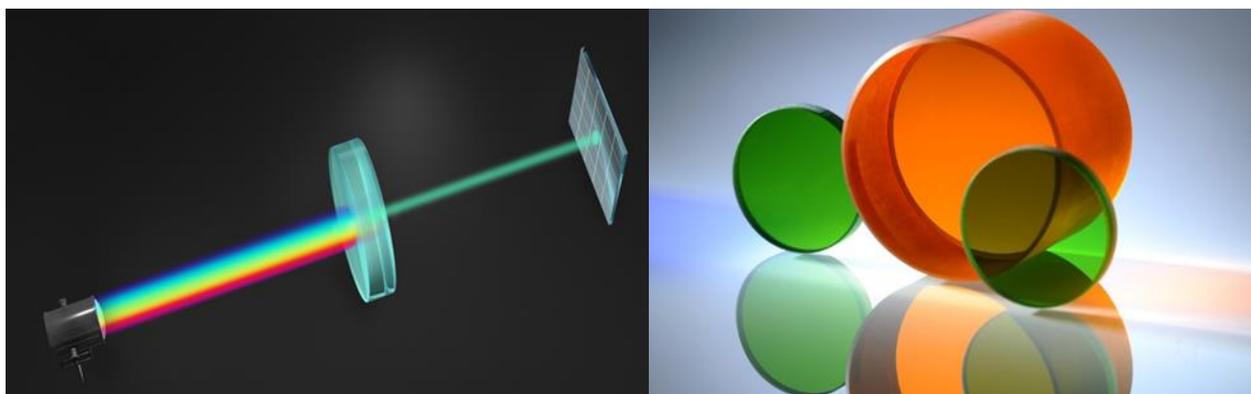


图1：吸收滤光片吸收其体积内不必要的光线。其也称为有色玻璃、体积滤光片或主体吸收滤光片。

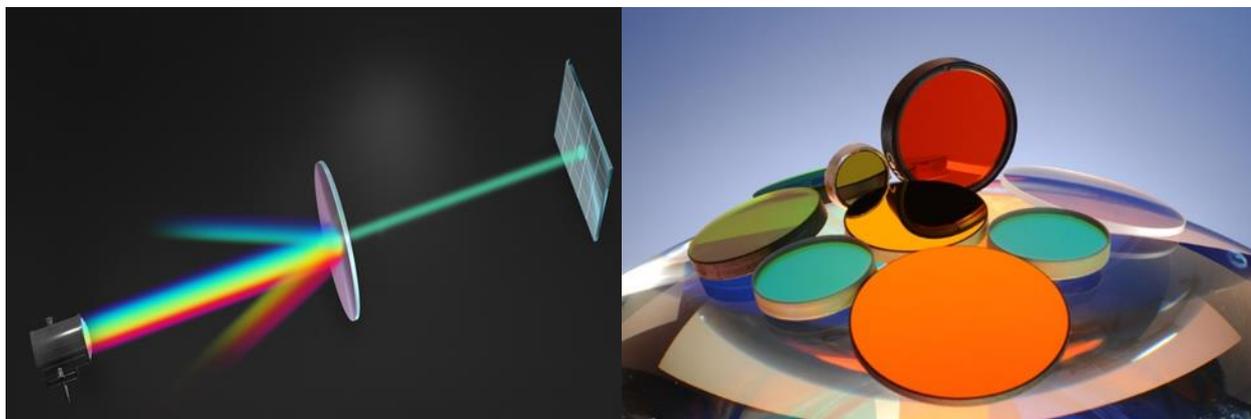


图2：干涉滤光片由反射多余光线的交替薄膜组成。其也称为光学薄膜滤光片。

## 1. 透射率特性

滤光片的透射率特性是最重要的考虑因素之一。光学玻璃滤光片的透射率由其构成的化学元素所决定，这意味着可用选项的数量有限。滤光片的透射率，在短波长一侧趋于表现出高陡峭截止，在长波长一侧表现出浅截止。尽管这些光学元件的透射率不取决于光的入射角，但其确实表现出对温度的可逆依赖性。对于胶态着色长通滤光片，高通波长随温度线性偏移。温度升高时，高通波长会变长。由于此偏移的线性特性，您可以使用数据表中列出的温度系数来计算随温度变化的光谱。所有其他滤光玻璃都具有非线性温度依赖性。

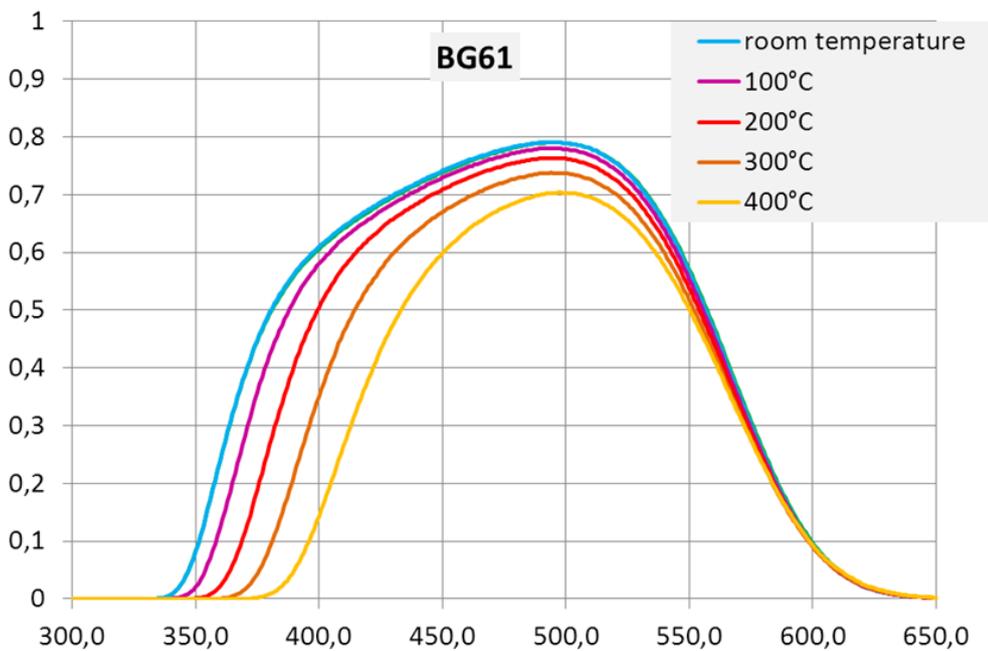


图3：带通滤光片的光谱随温度的非线性变化函数。

由于其制造方式，干涉滤光片的设计几乎可满足任何光谱要求。通常情况下，其透射率在短波长和长波长两侧均表现出高陡度截止。使用这些滤光片时，请务必谨记，由于热膨胀，其光谱会随环境温度的升高而略有变化。然而，这种效应是可逆的，并且取决于所使用的涂层技术。与光学滤光玻璃不同，干涉滤光片的总体透射光谱将随入射角的增加而向短波长方向偏移。随着入射角的倾斜度增加，这种效应会增强，从而形成离散的入射角范围，范围内的这些滤光片会保持其光学功能。

## 2. 透射光谱的图形表示

滤光片透射光谱的线性缩放具有局限性，因为无法显示阻隔性能。因此，我们建议对光谱非绝热透射率使用坐标变换。这种对横坐标的缩放会扩大高透射率区域，同时还会扩大阻隔机制。因此，可在同一图表中描绘阻隔和透射率特性。

光谱非绝热透射率通过以下公式计算：

$$\theta(\lambda) = 1 - \log\left(\log\frac{1}{\tau_i(\lambda)}\right)$$

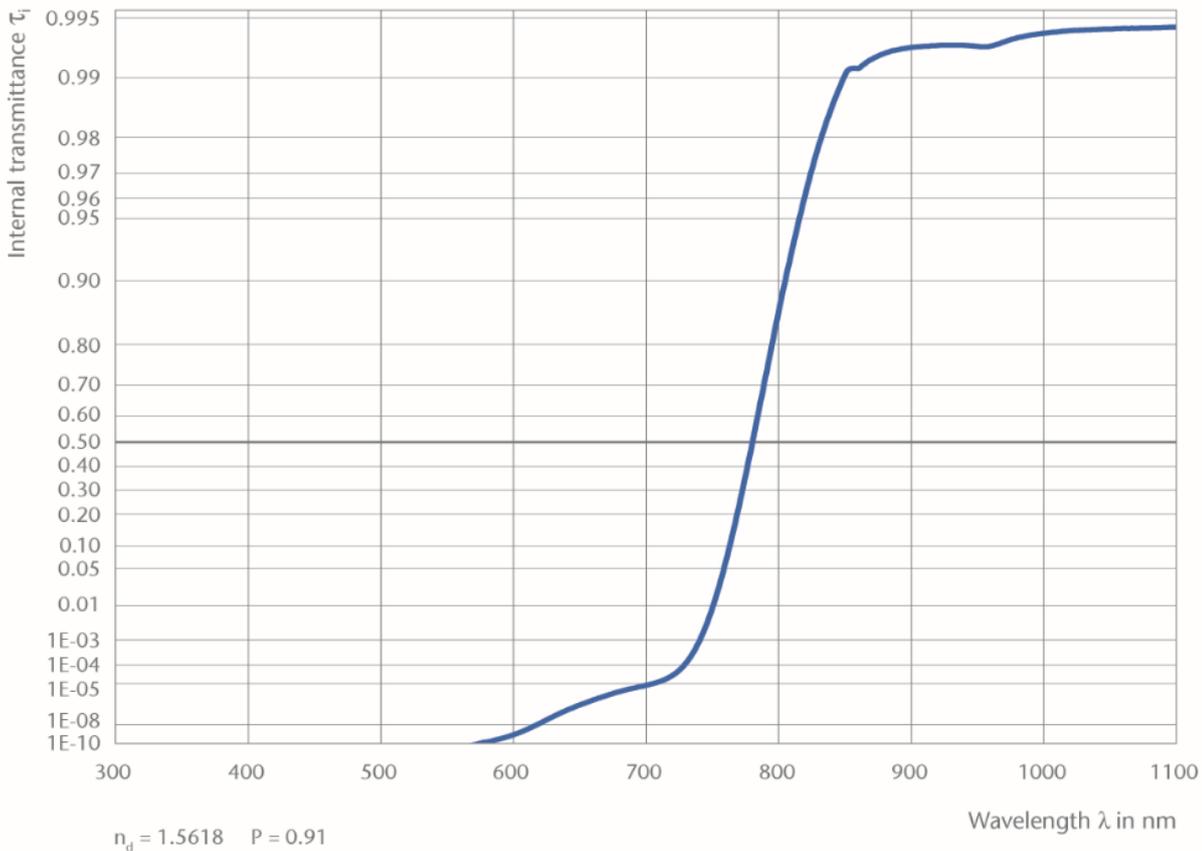


图4：长通滤光玻璃的内部透射率光谱，使用横坐标的非绝热标度。很容易检测阻隔区域和高透过率区域。

### 3. 选择合适的滤光片

光学玻璃滤光片是数码彩色相机等应用的理想选择，在这些应用中，近红外截止滤光片用于阻隔近红外辐射。吸收式滤光片更利于颜色识别，因为截止波长不会随入射角而发生偏移。使用吸收式滤光片还可以减少相机透镜系统中的重影和杂散光问题，因为所有不需要的辐射都会被吸收。干涉滤光片可将辐射反射回透镜系统，从而产生杂散光和重影。

玻璃滤光片不受偏振的影响，适用于无需改变光源偏振的应用。根据所使用的玻璃，此类滤光片的成本可能会有很大差异。由标准玻璃材料制成的滤光片通常较便宜，但由于制造工艺的原因，使用新型玻璃的滤光片可能更为昂贵。在我们的目录和数据表中，您可以查看标准玻璃滤光片的保证公差和光谱值。您还可以使用我们的滤光玻璃[计算工具](#)，以计算多达五种不同玻璃的组合，计算任何滤光片和光源组合的颜色，或者获取数字滤光片数据。

如果您的应用要求窄带滤光片具备高陡度截止，则干涉滤光片是唯一选择。尽管玻璃滤光片在彩色成像中通常是首选，但某些应用需要超薄的设计。例如，由于吸收式滤光片过大，因此智能手机相机模块会使用干涉滤光片。

干涉滤光片是高度可定制的，由于其采用批量工艺制成，因此成本会随数量的增加而降低。使用干涉滤光片时，重要的是要知道干涉确实会造成一些偏振变化，具体取决于入射角。这种特性可加以利用，即使用倾斜入射角以校正偏振。尽管使用这些滤光片时，公差可达到设计波长的 0.5% 以下，但更为严格的规格会增加成本，因为制造过程更加复杂。因此，确保指定的光谱范围和公差值反映实际应用要求。

### 4. 组合滤光片类型

玻璃和干涉滤光片可以组合使用，以获得所需的性能。这适用于需要在大范围内进行带外阻隔的天文学应用。由于阻隔可见光需要相当复杂的干涉滤光片设计，因此将 RG 类型的长通滤光片玻璃用作干涉带通滤光片设计的基板要容易得多。

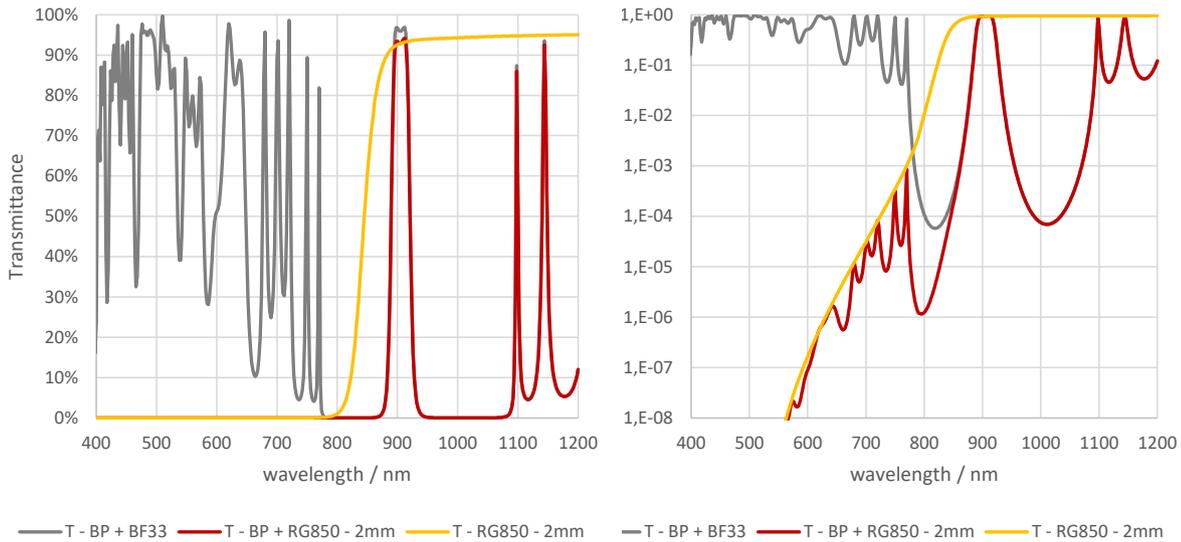


图5：图表显示不同滤光片元件的透射率，这些元件可组合使用。左侧为线性缩放，右侧为坐标的对数缩放。灰色图表示干涉滤光片设计，而橙色曲线是滤光片玻璃RG850。红色图显示结果：400 nm 至 900 nm 的透射率极低，900 nm 至 920 nm 的透射率面积大，以及 920 nm 至 1050 nm 的阻隔良好。

对于近红外阻隔，将 BG55 玻璃与短通干涉滤光片设计相结合，可以扩大阻隔范围，为应用波长提供高于 8 的光学密度 (OD)。这适用于汽车行业应用中的数字彩色相机。虽然 1 毫米厚的近红外截止滤光片 BG55 玻璃可生成清晰的彩色图像，但新加入汽车的 LIDAR 系统在 905 nm 处可提供强大的激光照明。这种激光辐射人眼不可见，但会影响成像，因为其可由摄像头传感器检测到。对 BG55 应用额外的干涉滤光片阻隔将有助于阻隔激光光线。

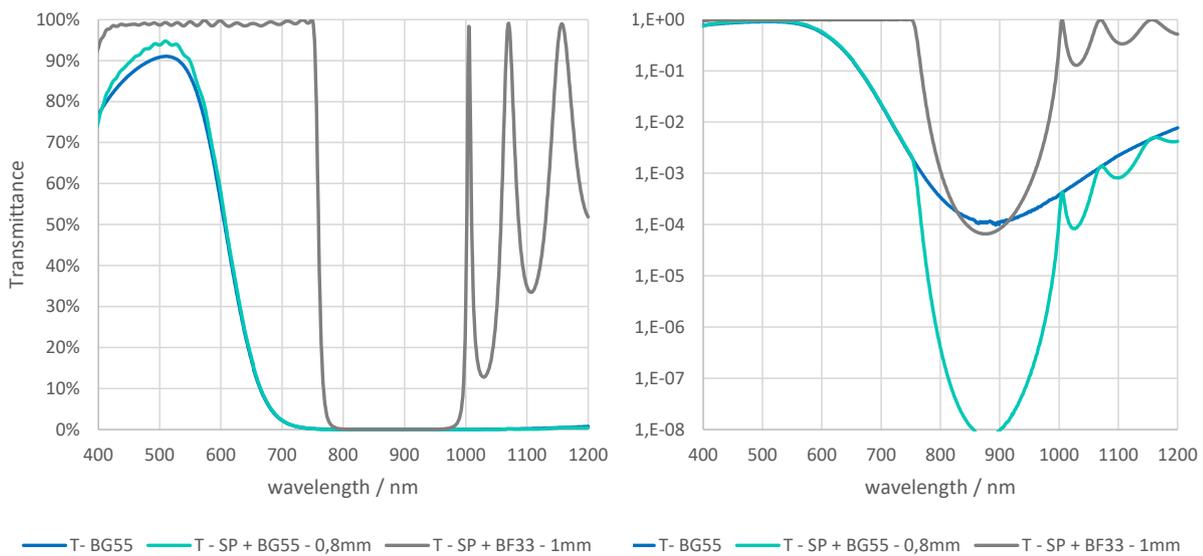


图6：蓝色图显示滤光玻璃，灰色图显示干涉滤光片设计。蓝绿色曲线则显示两者的组合。如右图所示，在 900 nm 处，透射率降低四个数量级。

在制造有利于多种应用的玻璃滤光片和光学涂层方面，肖特拥有 30 多年的经验。这种经验让我们得以生产各种极具挑战性的复杂滤光片。无论您对何种滤光片感兴趣，您都可以确信，所有肖特的滤光片、材料和生产过程均符合所有相关法规，包括有害物质限量指令以及欧盟的化学品注册、评估、授权和限制 (REACH) 法规。

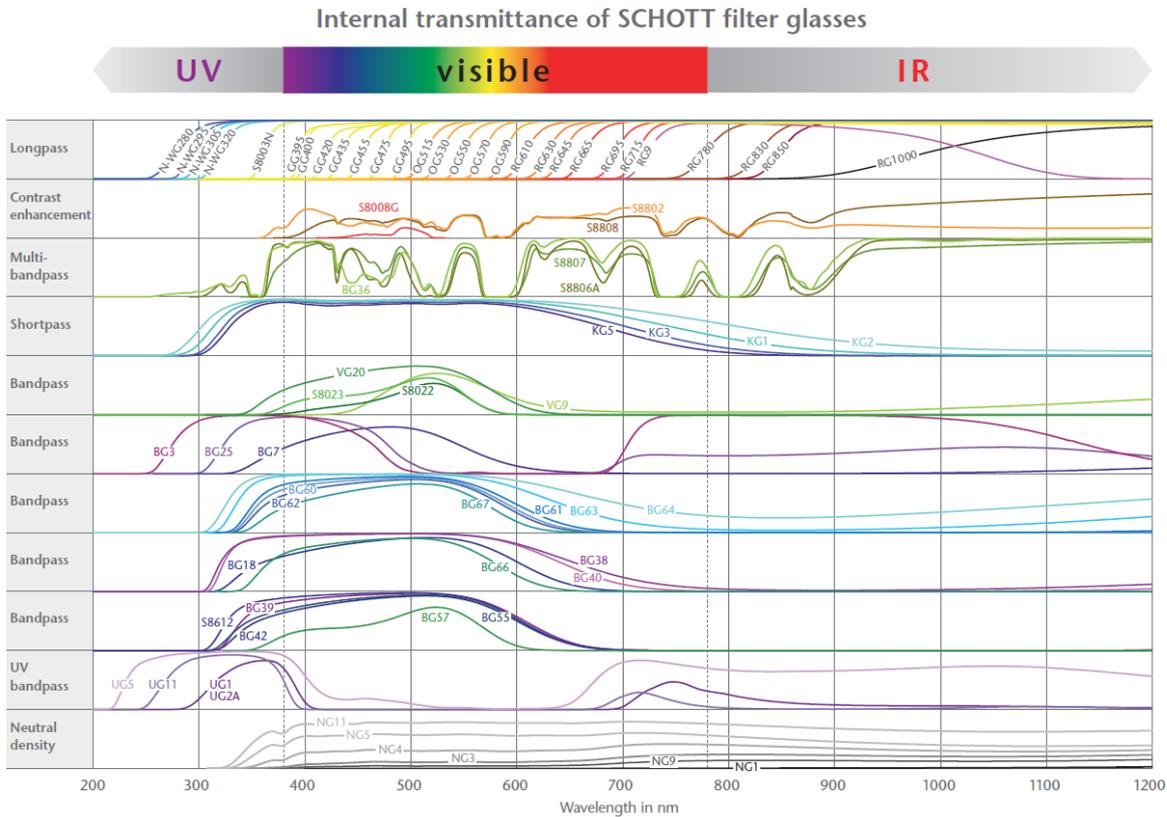


图7：我们产品组合中滤光玻璃光谱的概述。该图展示我们标准滤光玻璃在波长上的内部透射率。

想要了解更多有关光学滤光玻璃的信息？

请查看以下相关资源：

- H. A. Macleod：薄膜光学滤光片，第 5 版，CRC Press，2017 年
- E. Hecht：光学（全球版），第 5 版，Pearson Education Limited，2016 年
- R. R. Willey：光学薄膜现场指南，SPIE Press，2006 年
- H.G. Pfaender：肖特玻璃指南，Chapman & Hall，伦敦，1996 年

如需了解更多有关光学滤光玻璃的信息和资源，您还可以访问我们的网站：

[schott.com/products/optical-filter-glass](http://schott.com/products/optical-filter-glass)