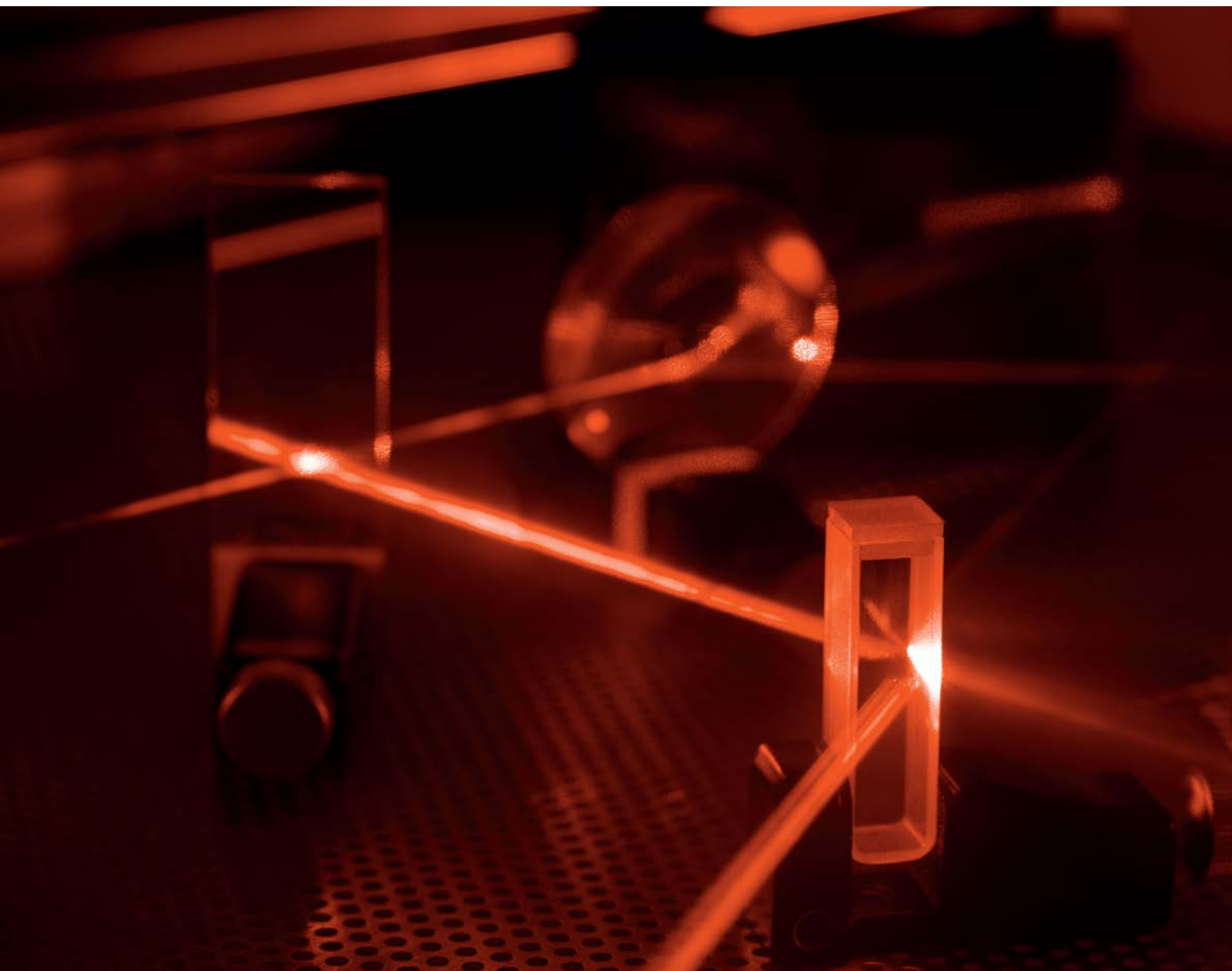
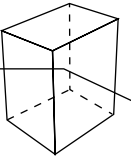


Heraeus



面向近红外应用的熔融石英



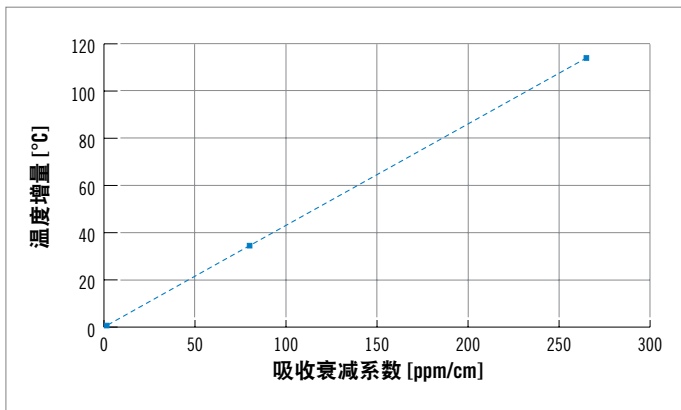
## 如何选择合适的熔融石英产品

温度升高对系统性能的影响取决于各个系统本身以及受影响的组件和功能。因此，具体哪种应用究竟可以容许多大的光吸收值，并无特定规律可循。不过，我们可以参考相关指标。

为了找到合适的解决方案，用户需要考虑石英玻璃的吸收值、光斑大小和系统功率。以下模拟图显示了温度升高与石英玻璃的一定吸收值之间的关系。激光功率和光斑半径为变量。如图所示，吸收值为 80ppm/cm 时：

在光斑半径为 0.4mm、功率为 20kW 的激光束照射下，石英玻璃温度升高 170°C；光斑半径为 0.4mm、激光功率为 4kW 时，温度升高 35°C；光斑半径为 6.4mm、激光功率为 4kW 时，石英玻璃温度只升高 9°C。

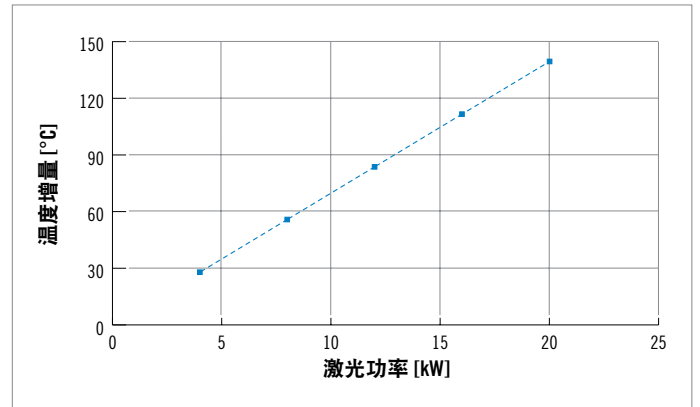
借助不同的模拟结果，我们可以利用这一简单的模型绘制出固定光斑大小和激光功率下的温升曲线：温度变化与石英玻璃的吸收值呈线性关系。



在功率为 4kW、光斑半径为 0.4mm 的光束照射下，模拟熔融石英的温度增量与实际吸收值之间的关系

假设功率为 4kW 的系统（光斑半径为 0.4mm）可以承受 40°C 的温度增量，根据上述图表线性外推，厚度为 20mm 的石英玻璃组件的吸收值必须低于 100ppm/cm。

当吸收值和光斑半径固定时，还可以进行另一种线性外推：从图表中可以看出，当光斑半径为 0.8mm 的激光束照射一块 50×50×20mm 的石英玻璃时，若要将温度增量控制在 50°C 以下，则激光束功率不得超过 7kW。



吸收值为 80ppm/cm、尺寸为 50×50×20mm 的熔融石英的温度增量与激光功率（光斑半径为 0.8mm）之间的关系

### 结论：

上述模拟显示了如何选择合适的熔融石英产品的通用方法，并详细说明了在激光照射下，温度增量与体吸收之间的关系。

任何熔融石英组件的实际性能不仅取决于熔融石英玻璃的吸收值，还取决于组件的几何形状和涂层特性。较薄的元件吸收路径较短，冷却表面与温升体积之比较高（由体吸收决定），导致温度增量较小。

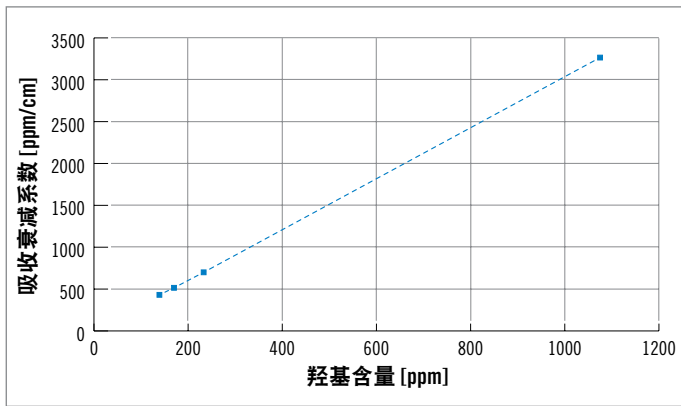
### 典型的近红外应用包括：

- 激光材料加工
- 高精度干涉仪
- 光谱仪
- 医学应用
- 高能激光器

### 典型的近红外熔融石英元件包括：

- 透镜
- 分束器
- 窗口片
- 保护窗口片
- 棱镜
- 光波导

在 946nm 波段测得的吸收值与实际羟基含量呈直线关系。



在 946nm 波段，吸收值与被测样品的实际羟基含量之间的关系

当羟基含量非常低时，金属杂质对光吸收的影响开始显现，因此图表中羟基含量低至 100ppm 左右。

在 1064nm 波段应用中，相较金属杂质含量，羟基含量对光吸收的影响很微弱。所有合成熔融石英产品均表现出低吸收性能，包括羟基含量较高的产品。

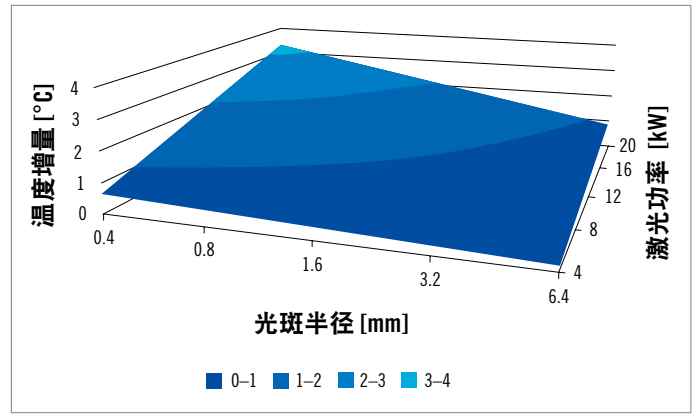
## 模拟不同吸收值对温度的影响

通过简单的模拟可以发现，由于石英玻璃吸收了激光，玻璃温度随之升高。温度增量可以通过测得的衰减值进行计算。模拟条件如下：

- 一块边长为 50mm、厚度为 20mm 的方形熔融石英样品
- 给定波长的连续 (CW) 激光器，其中功率和光斑大小为变量
- 含体热源和表面热源的稳态扩散方程
- 对流冷却，其中传热系数为  $10W/(m^2 \cdot K)$ 、环境温度为  $25^\circ C$
- 清洁的表面且对吸收无影响
- 温度对吸收值无影响

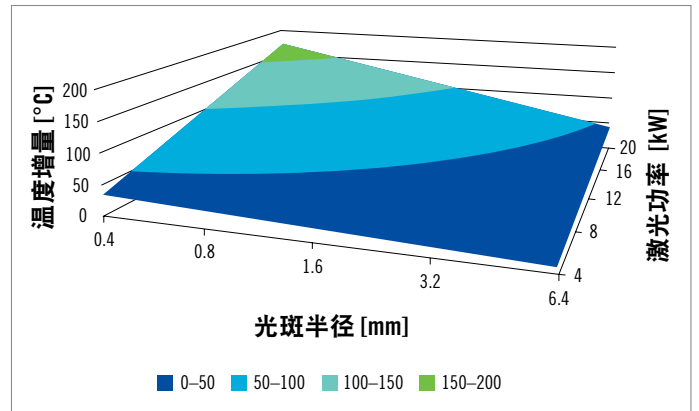
尽管熔融石英可以承受相当高的温度，但如前所述，局部温升的石英玻璃具有不同的折射率，并且温度不均匀会在玻璃中引发应力。这两种影响都会导致波前畸变和焦点偏移。

另外，光学组件通常带有膜层，而膜层材料或膜层对玻璃的附着力对温度升高更加敏感。为了确保更好的性能和更长的使用寿命，必须尽量降低组件的温度增量。



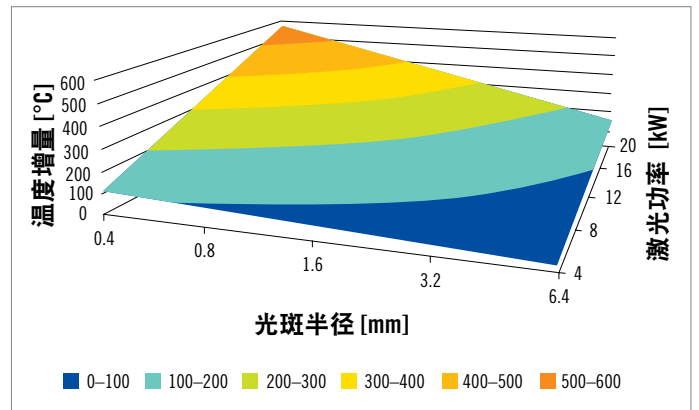
吸收值为 1.5PPM/CM 时：

即使在最高功率密度下，光吸收引起的温度变化也很小（参照材料：Suprasil 300X, 946nm 波段）



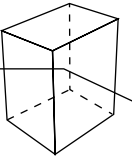
吸收值为 80PPM/CM 时：

适用于中低功率密度，不适用于高功率应用（参考材料：Infrasil, 946nm 波段）



吸收值为 265PPM/CM 时：

仅适用于低功率密度或厚度小于 20mm（即模拟用玻璃元件厚度）的玻璃元件（参考材料：Infrasil, 1064nm 波段；Suprasil 31X 在 946nm 处的羟基分布）



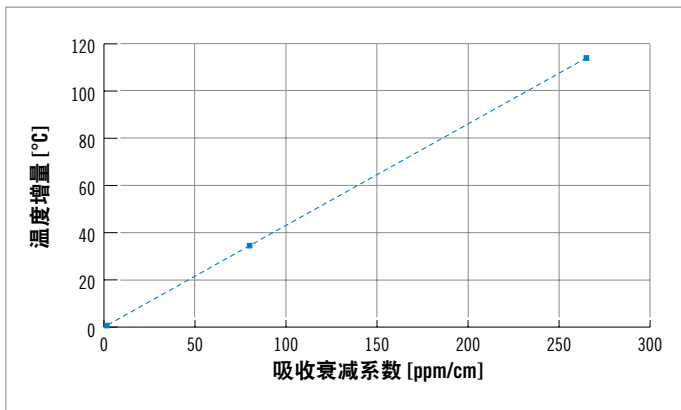
## 如何选择合适的熔融石英产品

温度升高对系统性能的影响取决于各个系统本身以及受影响的组件和功能。因此，具体哪种应用究竟可以容许多大的光吸收值，并无特定规律可循。不过，我们可以参考相关指标。

为了找到合适的解决方案，用户需要考虑石英玻璃的吸收值、光斑大小和系统功率。以下模拟图显示了温度升高与石英玻璃的一定吸收值之间的关系。激光功率和光斑半径为变量。如图所示，吸收值为 80ppm/cm 时：

在光斑半径为 0.4mm、功率为 20kW 的激光束照射下，石英玻璃温度升高 170°C；光斑半径为 0.4mm、激光功率为 4kW 时，温度升高 35°C；光斑半径为 6.4mm、激光功率为 4kW 时，石英玻璃温度只升高 9°C。

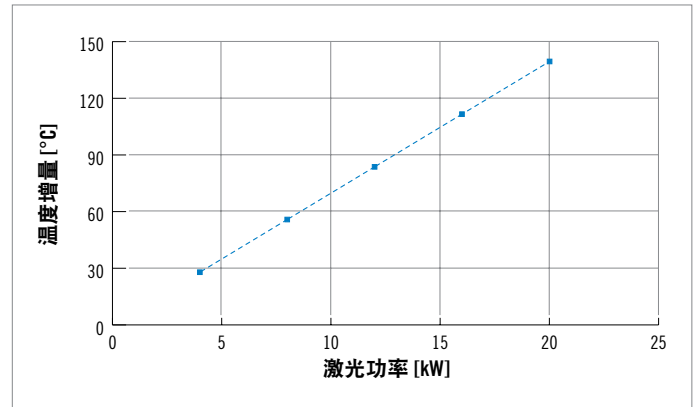
借助不同的模拟结果，我们可以利用这一简单的模型绘制出固定光斑大小和激光功率下的温升曲线：温度变化与石英玻璃的吸收值呈线性关系。



在功率为 4kW、光斑半径为 0.4mm 的光束照射下，模拟熔融石英的温度增量与实际吸收值之间的关系

假设功率为 4kW 的系统（光斑半径为 0.4mm）可以承受 40°C 的温度增量，根据上述图表线性外推，厚度为 20mm 的石英玻璃组件的吸收值必须低于 100ppm/cm。

当吸收值和光斑半径固定时，还可以进行另一种线性外推：从图表中可以看出，当光斑半径为 0.8mm 的激光束照射一块 50×50×20mm 的石英玻璃时，若要将温度增量控制在 50°C 以下，则激光束功率不得超过 7kW。



吸收值为 80ppm/cm、尺寸为 50×50×20mm 的熔融石英的温度增量与激光功率（光斑半径为 0.8mm）之间的关系

### 结论：

上述模拟显示了如何选择合适的熔融石英产品的通用方法，并详细说明了在激光照射下，温度增量与体吸收之间的关系。

任何熔融石英组件的实际性能不仅取决于熔融石英玻璃的吸收值，还取决于组件的几何形状和涂层特性。较薄的元件吸收路径较短，冷却表面与温升体积之比较高（由体吸收决定），导致温度增量较小。

### 典型的近红外应用包括：

- 激光材料加工
- 高精度干涉仪
- 光谱仪
- 医学应用
- 高能激光器

### 典型的近红外熔融石英元件包括：

- 透镜
- 分束器
- 窗口片
- 保护窗口片
- 棱镜
- 光波导

## 面向近红外应用的贺利氏产品

### SUPRASIL® 3001、3002 和 300

这三款高纯度合成熔融石英材料采用火焰水解工艺制成，拥有出色的物理特性，在近红外波段具有优异的光学性能。在生产过程中，Suprasil 300 系列的羟基含量通过中间脱水步骤降至 1ppm 以下。该材料的固有氯含量为 1000 至 3000ppm，因此其紫外吸收波段略微向长波方向移动。

Suprasil 300 系列具有超低金属杂质含量 (<1ppm) 和低羟基含量 (<1ppm) 等特点，从可见光至红外波段范围内无吸收。凭借这一特性，该系列材料堪称近红外波段任何低吸收应用的首要选择。

### 特点

#### 近红外高性能应用的理想材料

- 超低的羟基含量 (<1ppm)
- 超低金属杂质含量 (<1ppm)

### INFRASIL® 301 和 302

Infrasil 系列是以精炼的天然石英为原料在电加热炉中熔融而成，采用这种方式生产的熔融石英羟基含量非常低。该系列材料的近红外吸收性能主要取决于其金属杂质含量，低羟基含量对光吸收的影响很微弱。Infrasil 是低功率密度应用的理想之选。

### 特点

#### 低功率密度应用的理想材料和优异性价比解决方案

- 羟基含量低 ( $\leq 8$ ppm)

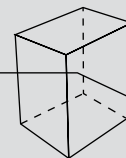
### SUPRASIL® 311、312 和 313

Suprasil 31X 的生产工艺与 Suprasil 300 系列相似，不过该材料不含氯，因此羟基含量没有 Suprasil 300 系列那么低。Suprasil 31X 的羟基含量通常低于 250ppm，因此不适合光谱范围接近羟基吸收带的应用。不过，该材料的金属杂质含量较低，同样适合光谱范围距离羟基吸收带稍远的应用。

### 特点

#### 适合光谱范围稍远羟基吸收带并对性价比有要求的应用，特别是例如保护窗口片类的玻璃平片

- 中等羟基含量
- 超低金属杂质含量 (<1ppm)



## 总结

- 光吸收会使熔融石英变热，进而造成折射率变化——这可导致透过波前像差畸变，或最终导致部件损坏
- 可通过简单的模型确定系统可承受的吸收值
- 熔融石英基体中的羟基是导致近红外波段吸收的主要原因。如果羟基含量降低，则金属杂质含量也会影响吸收性能
- 近红外应用优先选择低羟基材料
- Suprasil® 3001、3002 和 300 是对性能要求较高的近红外应用的理想选择。Infrasil® 301 和 302 可作为近红外高性能要求应用的性价比较高的材料方案之一

材料	波长	备注	应用	功率密度
Suprasil® 3001	200nm – 3500nm	吸收性能非常好	高质量的光学元件	非常高
Suprasil® 3002			高质量的 2D 光学元件	
Suprasil® 300			均匀性要求中等的透镜和窗口片	
Infrasil® 301	270nm – 3500nm	优异的性价比	3D 应用，如高要求的棱镜	中等
Infrasil® 302			2D 应用，如透镜和窗口片	
Suprasil® 311	190nm – 1100nm	在 1064nm 波段的吸收值非常低	3D 应用，如高要求的棱镜	在 1064nm 波段应用中性价比非常高
Suprasil® 312			2D 应用，如透镜和窗口片	
Suprasil® 313			均匀性要求中等的透镜和窗口片	

贺利氏标识、Heraeus、贺利氏、Conamic、Suprasil 和 Infrasil 图形标志是贺利氏控股有限公司或其附属公司的商标或注册商标。所有权利归贺利氏所有。

更多信息请参考：[www.herae.us/conamic-trademarks](http://www.herae.us/conamic-trademarks)。

### GERMANY

Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG  
Heraeus Conamic  
Phone +49 (6181) 35-62 85  
[conamic.optics.eu@heraeus.com](mailto:conamic.optics.eu@heraeus.com)

### USA

Heraeus Quartz North America LLC  
Heraeus Conamic  
Phone +1 (678) 714-4351  
[conamic.optics.us@heraeus.com](mailto:conamic.optics.us@heraeus.com)

### 中国

贺利氏(中国)投资有限公司  
贺利氏科纳米  
电话: +86 (21) 3357 5175  
[conamic.optics.cn@heraeus.com](mailto:conamic.optics.cn@heraeus.com)