

Application Note

环境光传感器应用指南 - OPT3XXX/OPT4XXX



摘要

使用光传感器的电子器件越来越普及。从户外照明到显示屏背光等设备都使用光传感器，根据环境光照条件实现光控制。OPT 系列 (OPT3XXX/OPT4XXX) 环境光传感器 (ALS) 设计为具有与人眼相似的光谱响应。本应用报告介绍了如何将任何 OPT 光传感器集成到光学系统中，从而更好地提升人类体验。本文档介绍如何计算窗口的适当大小以及如何针对半透明材料的附加效果进行补偿。

内容

1 简介.....	3
2 窗口材料.....	4
2.1 衰减补偿.....	5
2.2 折射率和色散.....	7
3 视场和窗口大小.....	8
3.1 产品外壳或薄膜.....	10
3.2 窗口大小计算示例.....	11
4 户外使用.....	17
4.1 红外补偿.....	17
5 紫外线补偿.....	18
A 照度和其他辐射度量的定义.....	19
B 术语表.....	20
C 修订历史记录.....	21

插图清单

图 2-1. OPT3XXX USON 封装传感器位置.....	4
图 2-2. 所选暗窗的归一化透射光谱响应.....	5
图 2-3. OPT3001 在由荧光灯、卤素灯和白炽灯光源照亮时在暗窗下的补偿输出.....	6
图 2-4. 具有一个光源的固定装置，可在完全相同的 X、Y、Z 位置适应照度计或设计 (窗口和 ALS).....	7
图 3-1. 视场.....	8
图 3-2. 3D 视场.....	8
图 3-3. OPT3001 归一化角度响应.....	9
图 3-4. 斯涅尔定律.....	9
图 3-5. 产品外壳中的窗口 (顶部) 与薄膜玻璃 (底部) 的比较.....	10
图 3-6. 采用 $\pm 45^\circ$ FOV 的产品外壳设计示例.....	11
图 3-7. 采用 $\pm 45^\circ$ FOV 的薄膜设计示例.....	13
图 3-8. 圆形窗口.....	14
图 3-9. PicoStar™ 器件 (焊接到带切口的 FPCB 上, 光从某个角度进入) 横截面图.....	15
图 3-10. 柔性 PCB 切口建议.....	15
图 3-11. 具有十字形切口的布局示例.....	16
图 3-12. 具有矩形切口的布局示例.....	16
图 3-13. 装有器件并通过十字形切口接收光的 FPCB 图像.....	16
图 3-14. 装有器件并通过矩形切口接收光的 FPCB 图像.....	16
图 A-1. 明视发光效率.....	19

表格清单

表 2-1. 感应区域尺寸和位置.....	4
表 3-1. PicoStar™ FPCB 切口.....	16
表 A-1. 辐射测量和光度测量术语.....	19

商标

ACRYLITE® is a registered trademark of Evonik Röhm GmbH.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

ALS 是一种输出信号与入射到传感器的可见光总量成正比的器件。ALS 存在的一个问题是最终产品用户不希望看到该传感器。这在 ALS 周围系统的设计上造成了许多限制，包括使用小窗口（尽可能减少传感器暴露）和有色玻璃。与光机系统设计相关的一个关键问题是确保足够的光透射，以实现正常运行。以下各节介绍了窗口的正确大小以及针对玻璃窗口的附加效果进行的补偿。

2 窗口材料

当 ALS 布置在玻璃或塑料窗口后方时，所用的窗口材料类型对整个系统的最终性能起着重要作用。整体光透射水平（可见光和红外光）和材料的折射率都是重要特性。OPT 系列的有效感应区域为矩形，但其大小和位置因器件而异，如表 2-1 所示。

表 2-1. 感应区域尺寸和位置

封装类型	有效区域 (mm×mm)	有效区域的位置	器件
USON	0.39 × 0.49	偏离几何中心	OPT3001、OPT3001-Q1、 OPT3002、OPT3004
USON	0.31 × 0.40	对中	OPT4001-Q1、OPT4003-Q1
SOT-5X3	0.30 × 0.38	对中	OPT3004、OPT3005、 OPT4001、OPT4048、OPT4060
PicoStar™	0.30 × 0.38	对中	OPT3006、OPT3007、 OPT4001、OPT4001-Q1

对于有源感应区域偏离几何中心的器件（OPT3001、OPT3001-Q1、OPT3002 和 OPT3004），窗口孔隙必须在传感器的有效区域而不是以外封装轮廓对中。有关有源感应区域相对于封装轮廓的确切位置，请参阅图 2-1。

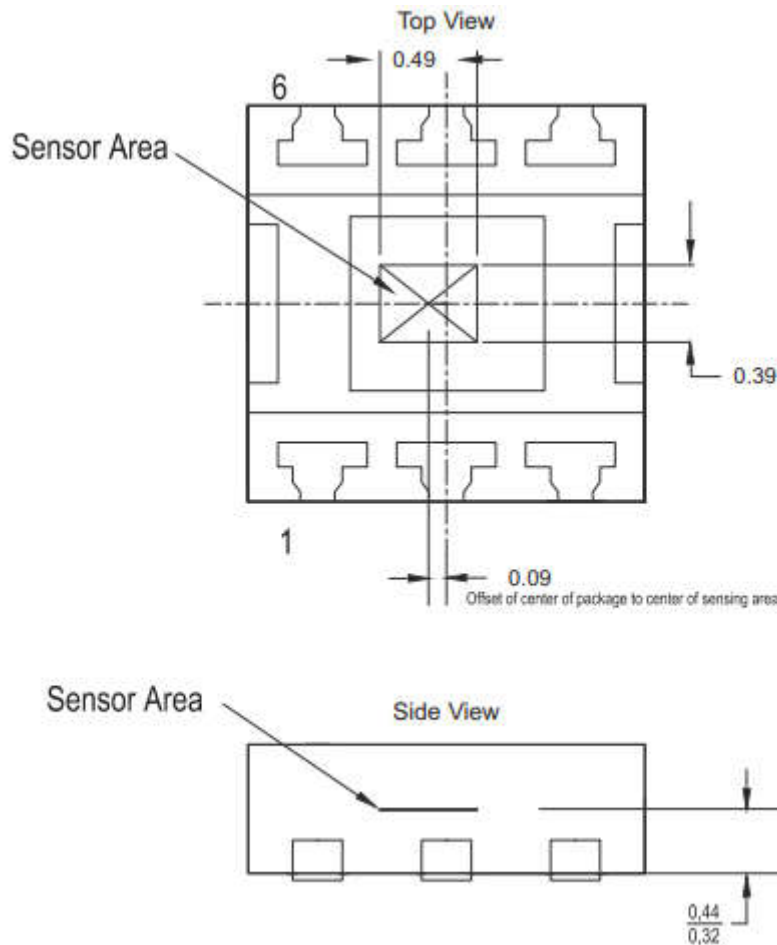


图 2-1. OPT3XXX USON 封装传感器位置

对于所有其他器件，感应区域相对于封装轮廓对中，因此不需要窗口孔隙额外对中。有关完整的封装尺寸，请参阅器件特定数据表。

2.1 衰减补偿

在许多应用中，用户不需要看到 ALS。使用暗窗可防止用户看到 ALS，但也会阻止部分可见光到达传感器并导致信号衰减。

2.1.1 选择暗窗

可以通过多种方法来选择和补偿暗窗。

选择一个足够暗的窗口，以优化器件美观性与传感器性能之间的平衡。

备注

请注意，美观性评估是设计人员的主观看法；因此看到物理设计上的窗口比参考书面窗口透射率规格更加重要。

所选窗口的亮度不得低于绝对必要的亮度，因为较暗的窗口会使较少的光线照射到传感器上，从而影响传感器的准确性。

对于需要使用超暗盖玻片璃（例如 550nm 的透射率小于 5%）的设计，传感器选型成为一项额外的设计考虑因素。如果应用能够适应相对较高透射率的窗口，OPT3XXX 系列器件是完全可以接受的，因为通过窗口的额外光会使信号远高于器件的本底噪声，从而保持其指定精度。相反，当设计需要更暗的窗口时，OPT4XXX 系列更精细的分辨率（分辨率可低至 312.5 μLux ）会是更好的选择。

在以下应用示例中，暗窗在 550nm 的透射率低于 7%。

图 2-2 展示了暗窗的归一化光谱响应。

备注

用于测量透射频谱的设备无法测量暗窗样本的绝对精度（非归一化），而只能测量相对归一化光谱。与 400nm 至 650nm 之间的可见光波长相比，该窗口对波长超过 700nm 的红外光的透射率要高得多。

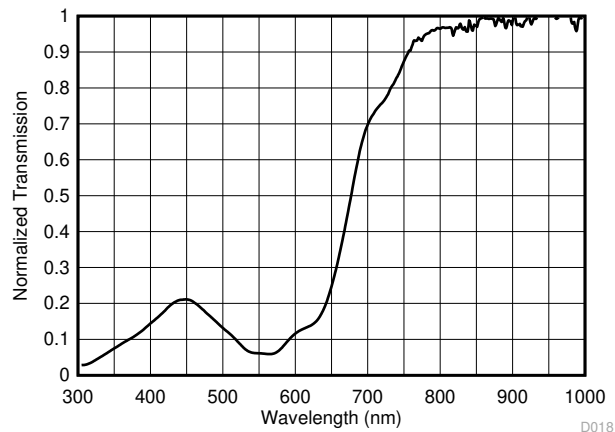


图 2-2. 所选暗窗的归一化透射光谱响应

红外光和可见光之间的不平衡会降低传感器上的可见光与红外光的比率。尽管理想情况下应使窗口尽可能降低该比率（通过使窗口的可见光透射率与红外透射率接近），但由于具有出色的 IR 抑制功能，OPT 系列环境光传感器仍然表现出色好。图 2-3 展示了 OPT3001 在由荧光灯、卤素灯和白炽光源照亮时在的暗窗下的预期输出性能。可以看出，即使由高 IR 光源照亮，该器件也能在深色玻璃下保持高精度。

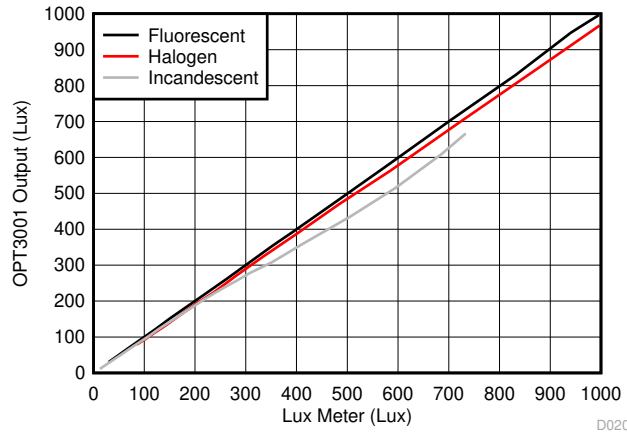


图 2-3. OPT3001 在由荧光灯、卤素灯和白炽灯光源照亮时在暗窗下的补偿输出

下一步是测量覆盖玻片的衰减系数。以下各节概述了计算该系数的两种方法。

在第一种方法中，不需要使用任何额外设备。这种方法称为仅 ALS 方法。

在第二种方法中，需要使用照度计和荧光灯光源。第二种方法比前一种方法更准确。

2.1.2 仅 ALS 方法

1. 布置一个均匀照亮 ALS 的光源，不使用窗口或玻璃以衰减光透射率。
2. 读取 ALS 输出并将结果记录为 ALS_{AIR} 。
3. 对 ALS 使用相同的光源，在传感器前面放置一个玻璃窗口，并使传感器相对于光源保持相同的位置。
4. 读取 ALS 输出并将结果记录为 ALS_{GLASS} 。

计算可见光衰减系数，如方程式 1 所示

$$Visible\ Attenuation\ Factor = ALS_{AIR} / ALS_{GLASS} \quad (1)$$

在系统正常运行期间，当 ALS 放置在光学窗口后方时，使用该可见光衰减系数和方程式 2 计算确定场景的校准后照度

$$Calibrated_{Output} = Measured_{Output} \times Visible\ Attenuation\ Factor \quad (2)$$

2.1.3 基于照度计的方法

要计算暗窗衰减效应引起的补偿系，首先使用照度计测量荧光灯光源，然后在暗窗下使用 ALS 量相同的光。为了准确测量，请使用适合照度计或包含 ALS 暗窗的设计的固定装置，每个感应区域的中心位于完全相同的 X、Y、Z 位置，如图 2-4 所示。设计的 Z 位置（与光源的距离）是窗口顶部，而不是 ALS 本身。

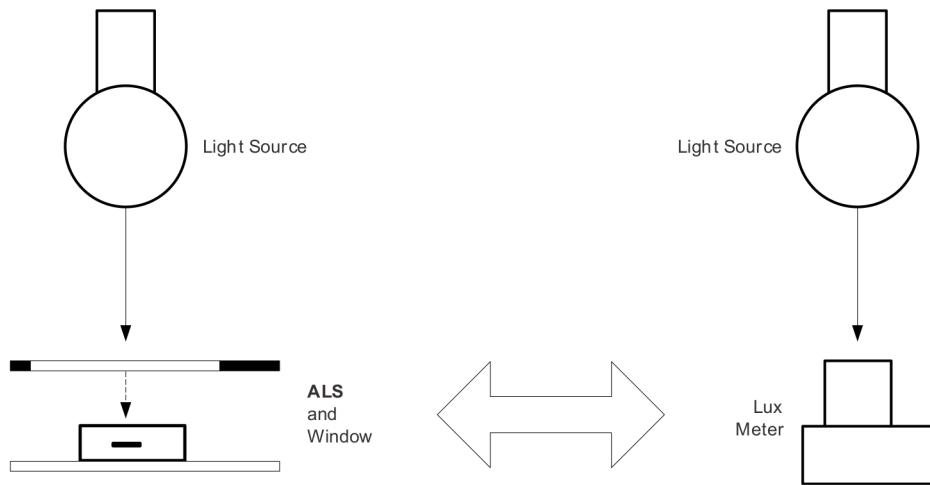


图 2-4. 具有一个光源的固定装置，可在完全相同的 X、Y、Z 位置适应照度计或设计（窗口和 ALS）

该位置处的荧光灯使用照度计的测量结果为 1000lux，在应用内的暗窗下使用 ALS 的测量结果为 73lux。因此，该窗口对于荧光的有效透射率为 7.3%。7.3% 是整个光谱范围内的加权平均衰减，由照度计的光谱响应（或明视响应）进行加权。

对于此暗窗下的所有后续 ALS 测量，应用以下公式。

$$\text{Compensated Measurement} = \frac{\text{Uncompensated Measurement}}{(7.3\%)} \quad (3)$$

2.2 折射率和色散

窗口材料的折射率是影响产品设计的一项关键材料特性。该特性是材料的光密度。几乎所有玻璃和光学塑料的折射率都在 1.5 和 2 之间。玻璃的折射率用于确定光在穿过材料时有多少光出现偏折。

色散是窗口材料的另一特性。产生色散是因为材料折射率对于每种波长略有不同。偶尔，蓝光和红光的折射率可能差异很大。在这种情况下，光路长度会成为光波长的函数并导致色散。材料的阿贝数衡量在透射过该材料时有多少光出现色散。阿贝数越高，材料中的色散量就越低。尽管在某些复杂的成像系统中色散是不可取的，但大多数 ALS 系统只关注透射光的总能量（通常不受色散影响）。

虽然本文档旨在用作光机设计人员的指南，但在任何系统中使用之前，应透彻了解所有材料及其特性。

3 视场和窗口大小

任何光学器件的视场 (FOV) 都可以定义为半视场 (HFOV) (其中 $FOV = \pm \theta$) 或全视场 (FFOV) (其中 $FOV = \theta$)。本文档使用了 $FOV = \pm \theta$ 的 HFOV 定义。图 3-1 展示了 FFOV 和 HFOV 之间的关系。图 3-2 展示了印刷电路板 (PCB) 上窗口下方的传感器的 3D 图示。

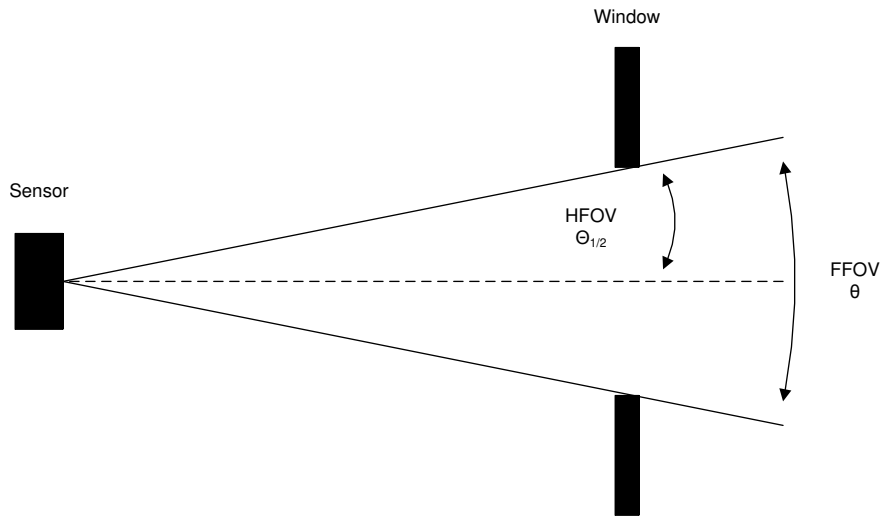


图 3-1. 视场

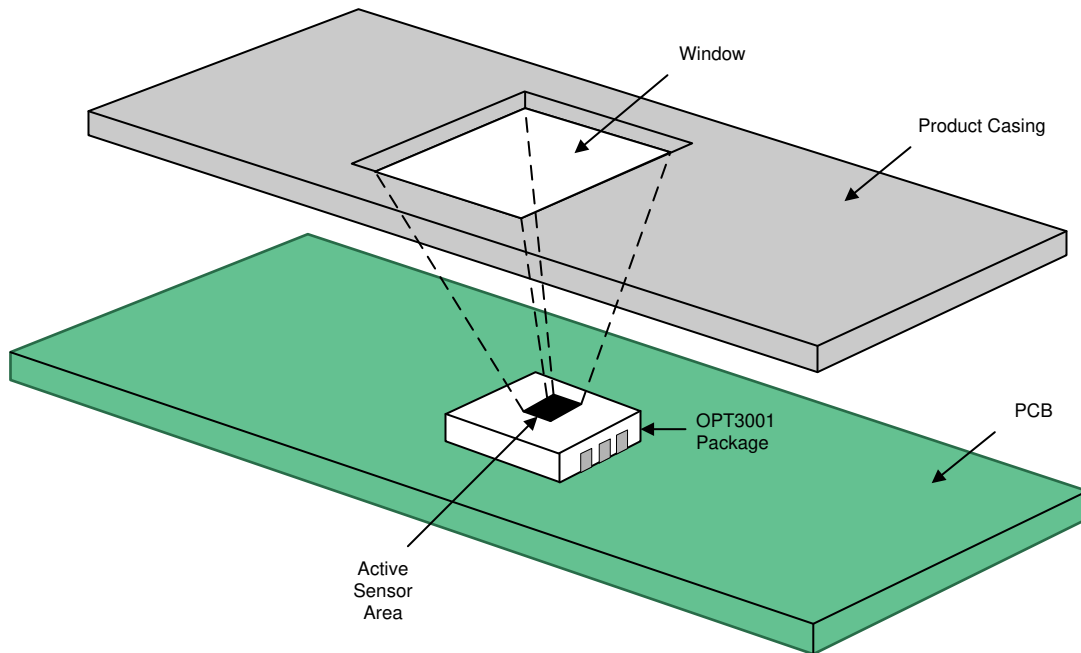


图 3-2. 3D 视场

定义系统的 FOV 对于许多光照情况都很重要。场景必须适当可见，以便传感器能够准确检测光照。FOV 的边界条件定义为检测到 50% 或更多入射光的可视角度。例如，OPT3001 的视场大约为 $\pm 45^\circ$ ，如图 3-3 所示。

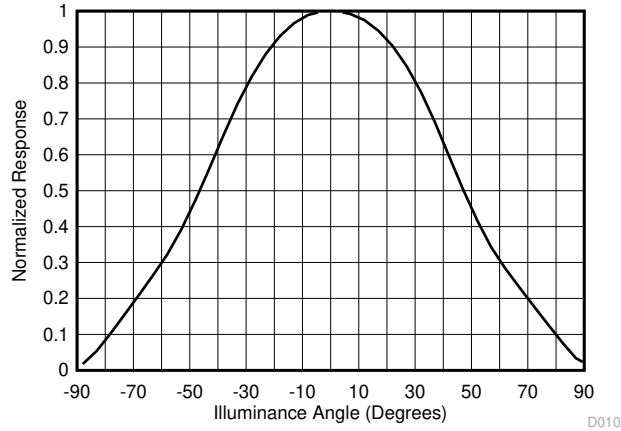


图 3-3. OPT3001 归一化角度响应

注意 FOV 和性能之间的权衡。较小的 FOV 可以用于某些目标应用；但是，大多数情况下，较小的 FOV 无法检测足够的场景以进行精确测量。ALS 的角度响应曲线指示有多少信号应当作为 FOV 的函数。在大多数物理设计中，窗口布置在传感器前方，定义具有严格截止特性的 FOV。在设计 ALS 的窗口开口时，使用裸传感器的 FOV 来确定开口尺寸。例如，对于 OPT3001，设计窗口时应使用 $\pm 45^\circ$ 的 FOV。增加 FOV 使其超过传感器有效 FOV 的更大窗口会占用更多空间，但只会略微增加信号。传感器 FOV 从传感器边缘开始。计算 FOV 和窗口尺寸时，考虑传感器的总宽度和高出 PCB 的高度。以下示例将对这些概念进行介绍。

备注

TI 建议设计至少 $\pm 35^\circ$ 的 FOV，以确保实现出色的性能。

在计算视场时，应考虑光通过窗口时的折射（或偏折）。这在斯涅尔定律中进行了描述，如方程式 4 和图 3-4 所示：

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2) \tag{4}$$

其中

- n_1 和 n_2 是每种材料的折射率。
- θ_1 和 θ_2 是每种材料中表面法线逆时针方向的传播角。

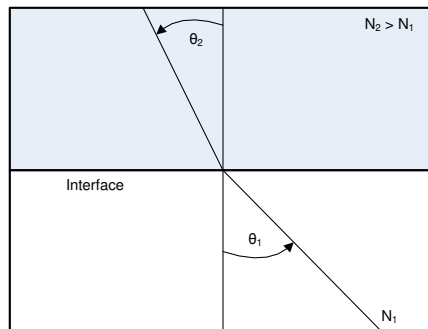


图 3-4. 斯涅尔定律

使用窗口厚度 (t) 和入射角 (θ_1) 计算窗口的总宽度，如节 3.2 所示。

3.1 产品外壳或薄膜

使用环境光传感器时，有两种常见的窗口设计。一种简单的方法是在产品外壳内使用透明或半透明玻璃或塑料窗口。此方法假设将玻璃或塑料窗口插入不透明的金属或塑料外壳，从而盖住 PCB 和电路的其余部分。然而，在智能手机和平板电脑中，器件的整个正面通常是一片带薄膜的透明玻璃面板。这层薄膜印刷在玻璃板底部，完全挡住任何必须看不见的部分。下一节介绍了这两种类型的窗口设计的示例，并在图 3-5 进行了展示。

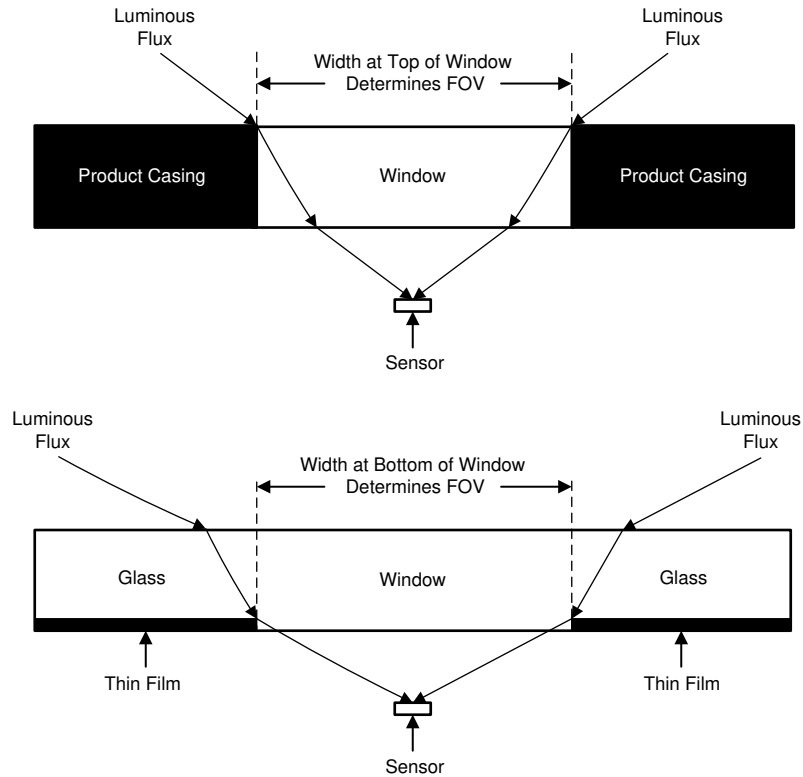


图 3-5. 产品外壳中的窗口（顶部）与薄膜玻璃（底部）的比较

3.2 窗口大小计算示例

备注

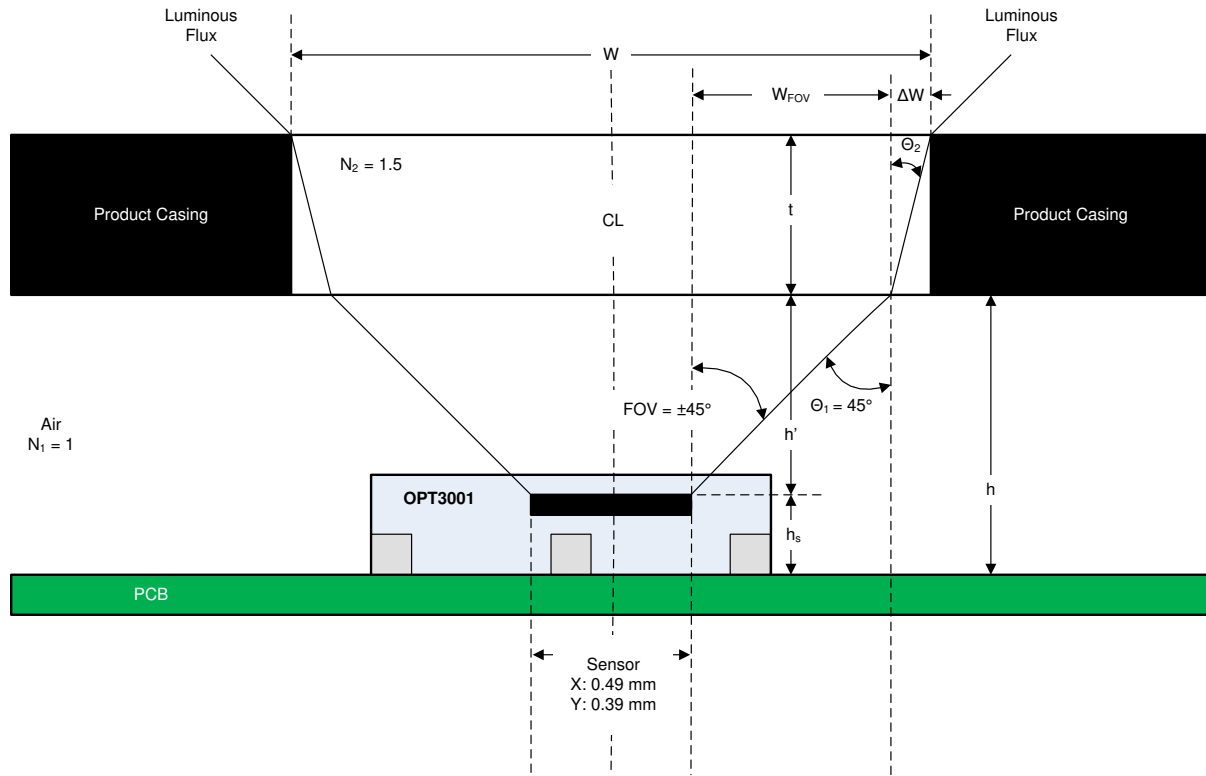
第 3.2.1 - 3.2.3 节中显示的方程和分步过程是通用几何推导。通过考虑感应区域大小的差异，这些计算可用于任何封装类型 (USON、SOT-5X3、PicoStar™)。

3.2.1 产品外壳窗口计算

此示例说明了使用透明或半透明玻璃或塑料窗口插入产品外壳的设计，如图 3-6 所示。系统级要求如下：

- 所需 FOV 为 $\pm 45^\circ$
- 窗口厚度 (t) 为 1mm
- PCB 到窗口底部的高度 (h) 为 5mm
- 窗口材料的折射率 (N_2) 为 1.5

提供上述给定值是为了演示确定总体窗口尺寸的计算过程。实际应用中的实际要求可能因最终产品要求而异。提供的 OPT3001 传感器区域的宽度为 0.49mm 或 0.39mm，具体取决于使用的是 X 尺寸还是 Y 尺寸。该值为器件参数，与最终产品要求无关。



h_s = 传感器高出 PCB 的高度，通常为 0.38mm (请参阅 [OPT3001 数据表](#)) h = 产品外壳高出 PCB 的高度 $h' = h - h_s$ 。 W = 窗口宽度 W_{FOV} = 由 FOV 角度以及与传感器之间的距离定义的窗口尺寸 ΔW = 由作为窗口折射率和厚度的函数的光偏折定义的窗口尺寸 N_1 = 传感器和窗口底部之间的材料的折射率 (假定为空气) N_2 = 窗口材料的折射率 t = 玻璃厚度 传感器 X = X 方向的传感器测量值 (以 mm 为单位) (请参阅 [OPT3001 数据表](#)) 传感器 Y = Y 方向的传感器测量值 (以 mm 为单位) (请参阅 [OPT3001 数据表](#)) θ_1 = 和垂直于入射光线的表面之间的角度 θ_2 = 在折射率为 N_2 的材料中，和垂直于入射光线的表面之间的角度 CL = 通过传感器中心的光学中心线 (有关传感器中心到封装中心偏移尺寸，请参阅 [OPT3001 数据表](#))

图 3-6. 采用 $\pm 45^\circ$ FOV 的产品外壳设计示例

第一二个示例根据提供的系统和器件信息计算窗口总宽度 (W)。OPT3001 具有矩形传感器有效区域 ($0.39\text{mm} \times 0.49\text{mm}$)。由于这种矩形传感器区域，产生的窗口形状也必须是矩形，以在 X 和 Y 尺寸下保持 $\pm 45^\circ$ 的传感器 FOV。方程式 5 描述了窗口宽度与系统和器件要求及参数之间的关系：

$$W = \text{sensorwidth}_{X \text{ or } Y} + 2 \cdot (W_{\text{FOV}} + \Delta W) \quad (5)$$

其中

- $W_{\text{FOV}} = h' \tan(\theta_1)$
- $h' = h - h_S$
- $\theta_1 = \pm \text{FOV}^\circ$
- $\Delta W = t \tan(\theta_2)$
- $\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{N_1 \sin(\theta_1)}{N_2}\right)$

为了演示数值示例，请使用以下系统级要求和 OPT3001 器件信息：

- $\theta_1 = 45^\circ$
- $h' = 5 \text{ mm} - 0.38 \text{ mm} = 4.62 \text{ mm}$
- $W_{\text{FOV}} = 4.62 \text{ mm} \cdot \tan(45^\circ) = 4.62 \text{ mm}$
- $\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1 \cdot \sin(45^\circ)}{1.5}\right) = 28^\circ$
- $\Delta W = 1 \text{ mm} \cdot \tan(28^\circ) = 0.532 \text{ mm}$

方程式 6 和方程式 7 中显示了相应结果：

$$W_X = 0.49 \text{ mm} + 2 \cdot (4.62 \text{ mm} + 0.532 \text{ mm}) = 10.794 \text{ mm} \approx 10.8 \text{ mm} \quad (6)$$

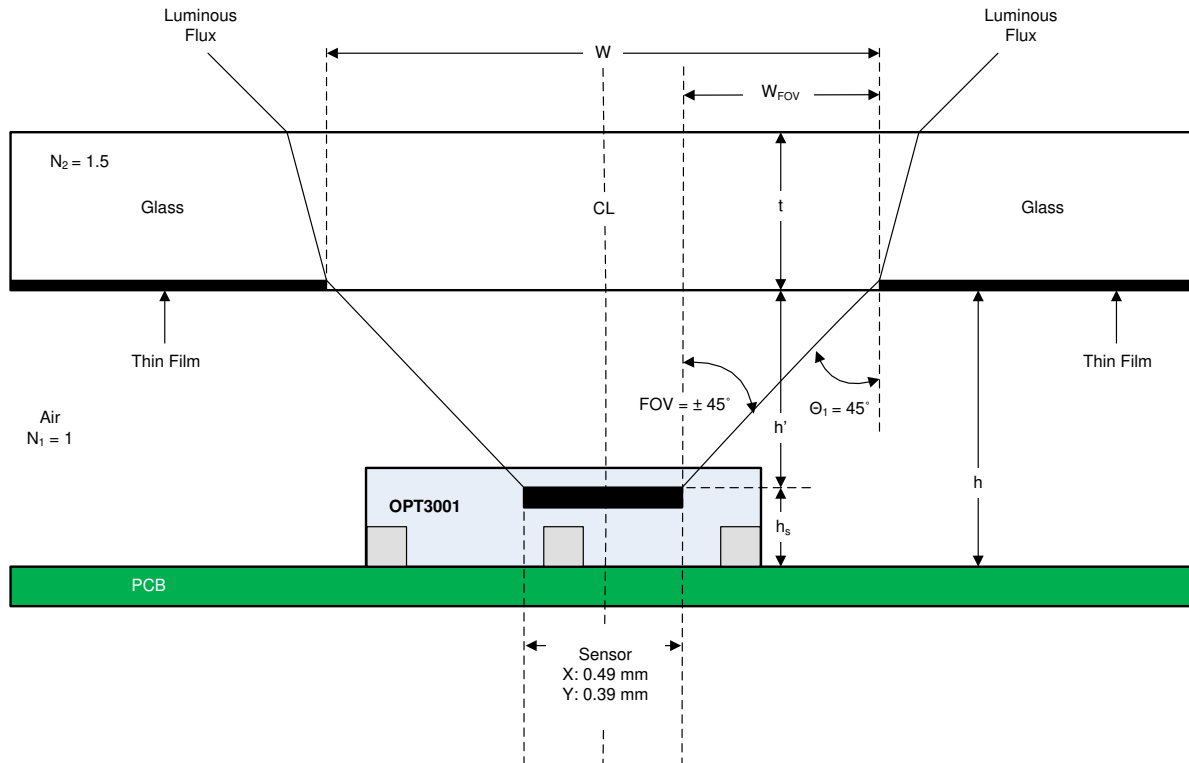
$$W_Y = 0.39 \text{ mm} + 2 \cdot (4.62 \text{ mm} + 0.532 \text{ mm}) = 10.694 \text{ mm} \approx 10.7 \text{ mm} \quad (7)$$

3.2.2 薄膜窗口计算

在下面的该第二个示例中，采用了一种使用透明玻璃板覆盖系统表面的设计，如图 3-7 所示。在玻璃底部涂抹一层薄薄的油墨来界定窗口。此示例的系统级要求如下：

- 所需 FOV 为 $\pm 45^\circ$
- 窗口厚度 (t) 为 1mm
- PCB 到窗口底部的高度 (h) 为 5mm
- 窗口材料的折射率 (N_2) 为 1.5

提供上述给定值是为了演示确定总体窗口尺寸的计算过程。实际应用中的实际要求可能因最终产品要求而异。提供的 OPT3001 传感器区域的宽度为 0.39mm 或 0.49mm，具体取决于使用的是 X 尺寸还是 Y 尺寸。该值为器件参数，与最终产品要求无关。



H_s = 传感器高出 PCB 的高度，通常为 0.38mm (请参阅 OPT3001 数据表) h = 薄膜高出 PCB 的高度 $h' = h - h_s$ W = 窗口宽度 W_{FOV} = 由 FOV 角度以及与传感器之间的距离定义的窗口尺寸 N_1 = 传感器和窗口底部之间的材料的折射率 (假定为空气) N_2 = 窗口材料的折射率 t = 玻璃厚度 传感器 X = X 方向的传感器长度 (请参阅 OPT3001 数据表) 传感器 Y = Y 方向的传感器长度 (请参阅 OPT3001 数据表) θ_1 = 和垂直于入射光线的表面之间的角度 CL = 通过传感器中心的光学中心线 (有关传感器中心到封装中心偏移尺寸，请参阅 OPT3001 数据表)。

图 3-7. 采用 $\pm 45^\circ$ FOV 的薄膜设计示例

第二个示例根据提供的系统和器件信息计算窗口总宽度 (W)。OPT3001 具有矩形传感器有效区域 ($0.39\text{mm} \times 0.49\text{mm}$)。由于这种矩形传感器区域，产生的窗口形状也必须是矩形，以在 X 和 Y 尺寸下保持 $\pm 45^\circ$ 的传感器 FOV。方程式 8 描述了窗口宽度与系统和器件要求及参数之间的关系：

$$W = \text{sensorwidth}_{X \text{ or } Y} + 2 \cdot W_{\text{FOV}} \quad (8)$$

其中

- $W_{\text{FOV}} = h' \tan(\theta_1)$
- $h' = h - h_s$
- $\theta_1 = \pm \text{FOV}^\circ$

为了演示数值示例，请使用以下系统级要求和 OPT3001 器件信息：

- $\theta_1 = 45^\circ$
- $h' = 5 \text{ mm} - 0.38 \text{ mm} = 4.62 \text{ mm}$
- $W_{\text{FOV}} = 4.62 \text{ mm} \cdot \tan(45^\circ) = 4.62 \text{ mm}$

方程式 9 和方程式 10 中显示了相应结果：

$$W_X = 0.49 \text{ mm} + 2 \cdot 4.62 \text{ mm} = 9.73 \text{ mm} \quad (9)$$

$$W_Y = 0.39 \text{ mm} + 2 \cdot 4.62 \text{ mm} = 9.63 \text{ mm} \quad (10)$$

3.2.3 圆形窗口计算

前面几小节介绍了矩形窗口的计算。然而，有时出于美观或简洁方面的原因，需要使用圆形窗口。对于圆形窗口，窗口半径必须足够大，以便整个传感器装入圆内。执行此计算时，请将 0.39 mm 或 0.49 mm 的传感器宽度 (W_X 或 W_Y) 替换为 0.626 mm ，即器件相关的常量值，等于容纳 OPT3001 传感器区域的圆形的半径，如图 3-8 所示。按照上述两个示例中的任一示例所述的步骤操作，具体取决于圆形窗口是由插入不透明产品外壳的一块透明或半透明玻璃或塑料定义（第一个示例），还是圆形窗口由涂敷在一块张透明玻璃底部的一层薄膜或油墨定义（第二个示例）。

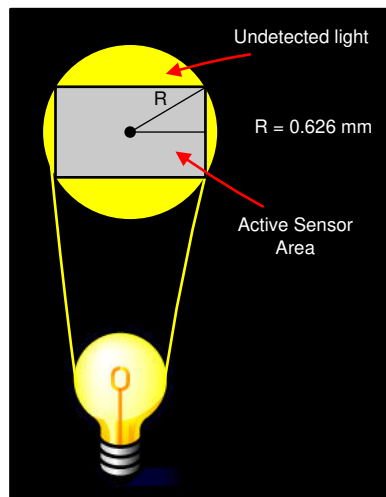


图 3-8. 圆形窗口

3.2.4 PicoStar™ 封装的 FOV 注意事项

在 PicoStar™ 封装中，光敏区域位于芯片底部，与焊盘位于同一表面。因此，光只能通过 FPCB 上的开口到达感应区域。该切口的几何形状（其形状，尺寸和位置）充当额外的孔隙，来限制传感器的有效 FOV。如下图所示，进入 FPCB 开口的光会被 FPCB 的边缘阻挡，从而形成阴影并降低有效视场。

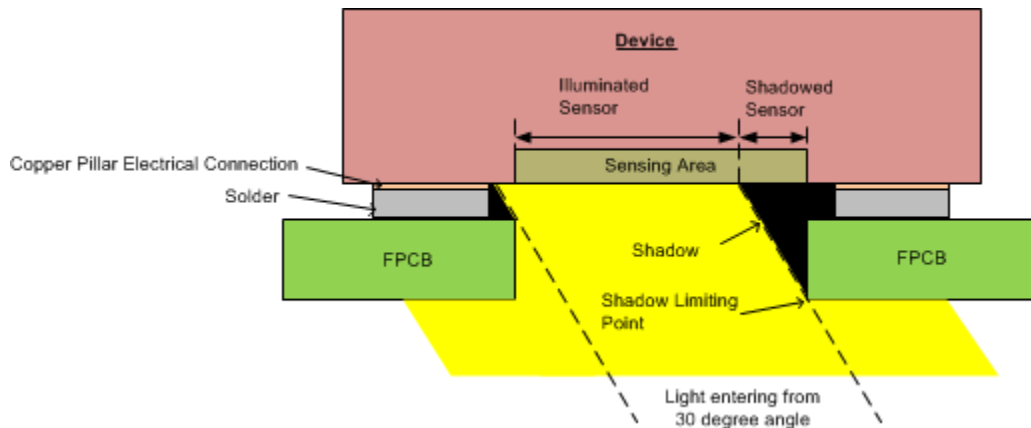


图 3-9. PicoStar™ 器件（焊接到带切口的 FPCB 上，光从某个角度进入）横截面图

为了更大限度地提高光学性能，FPCB 切口尺寸应在 PCB 布局的限制范围内尽可能大。切口尺寸的上限通常取决于 FPCB 制造和组装厂商的制造能力以及切口边缘和焊盘之间所需的间隙。此间隙可能非常小，建议咨询 FPCB 厂商以确定可实现的最小值。

除 OPT3006 之外，所有 PicoStar™ 器件都采用 4 引脚设计。对于这些器件，焊盘之间的对角线距离大于 800μm，可通过简单的圆形切口实现非常大的视场 (>50°)。使用十字形切口可以在焊盘不限制开口大小的方向进一步更大限度地扩大视场，从而实现出色的光学性能。下图提供了圆形和十字形开口的示例尺寸。

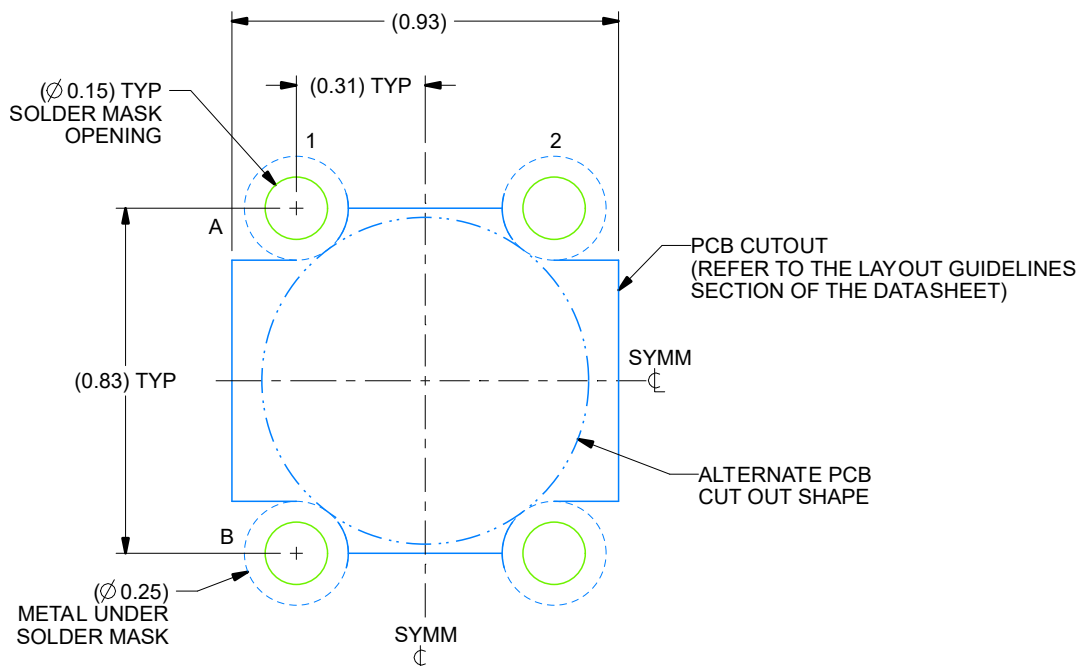


图 3-10. 柔性 PCB 切口建议

对于 OPT3006 等 6 引脚 PicoStar™ 器件，由于两个中心焊盘带来的限制，切口选项受到限制。在这种情况下，建议在未受限的轴上扩展开口。矩形切口可以在一个方向上实现与十字形切口相似的最大视场，但可能会在相反方向上限制视场。以下各图展示了十字形和矩形情况的 FPCB 布局和切口形状示例。

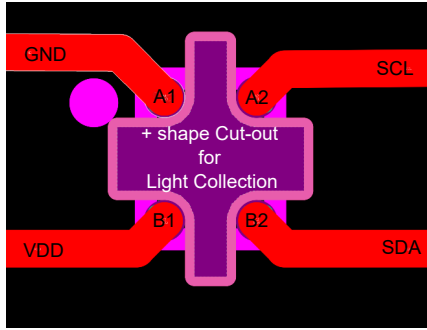


图 3-11. 具有十字形切口的布局示例

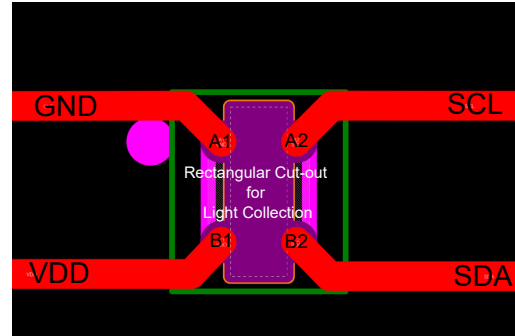


图 3-12. 具有矩形切口的布局示例

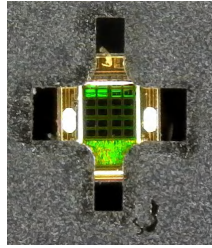


图 3-13. 装有器件并通过十字形切口接收光的 FPCB 图像

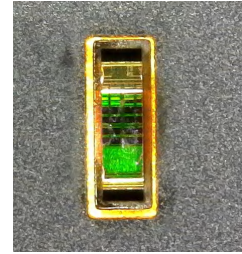


图 3-14. 装有器件并通过矩形切口接收光的 FPCB 图像

表 3-1 总结了每个 PicoStar™ 器件的建议 FPCB 切口形状。

表 3-1. PicoStar™ FPCB 切口

切口形状	支持的器件	设计注意事项
圆形	OPT4001、OPT4001-Q1、OPT3007	复杂度低和大 FOV
十字形	OPT4001、OPT4001-Q1、OPT3007	复杂度高，但更大幅度地增大所有轴上的 FOV
Rectangular	OPT3006	复杂度低，但由于中心焊盘限制，只能在一个轴上提供较大的 FOV

4 户外使用

环境光传感器在户外应用中的使用日益增多，而暴露在阳光直射下会带来一系列新的设计限制。本节可帮助使用任何 OPT 系列传感器的设计人员解决因持续暴露在阳光直射下而导致的问题。

4.1 红外补偿

许多环境光传感器都布置在半透明玻璃板后方，因此如果不仔细检查，就无法看到该器件。半透明玻璃可以阻止可见光谱内的大部分光到达传感器，但通常在阻止红外 (IR) 波长传输到传感器方面作用甚小。如果传感器对 IR 波长敏感，这种布置方式可能会在使用 ALS 时带来问题，因为相对于可见光它们到达传感器时具有不成比例的高能量。由于 OPT 系列环境光传感器具有出色的 IR 抑制功能，允许 IR 透射的窗口不会产生任何不利影响。因此，使用 OPT 器件时，请勿向窗口设计中添加任何红外阻隔滤光片。

5 紫外线补偿

在可见光谱的另一侧，紫外线 (UV) 波长可能以不同方式对器件性能造成不利影响。虽然大多数半导体对 UV 光没有响应，但经过一段时间，高能 UV 波可能会对器件封装造成损坏。虽然此问题仅针对在户外一次留置数月或数年的部件，但少量暴露的影响可以忽略不计。防止产品封装和裸片中所用材料的自然降解至关重要。缓解此问题的一种方法是将 ALS 布置在亚克力窗口后方。标准亚克力聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 不透射波长低于 300nm 至 350nm 的任何光，该范围接近人眼的自然截止特性。因此，PMMA 的存在不会阻止可见光到达传感器。当使用 PMMA 之类的亚克力解决该问题时，会产生一个问题，即 PMMA 是否与原有封装一样出现降解。制造 PMMA 的目的是防止因暴露于 UV 光而降解（例如，经过一段时间后变黄或不透明），同时仍能吸收很大一部分 UV。有许多应用在户外使用 PMMA，并且 PMMA 的耐用性已随着时间的推移得到证实。这些老化特性仅存在于亚克力的 PMMA 变体，但其他许多常见变体并不具备该特性，如苯乙烯、PETG（聚乙烯对苯二甲酸乙二醇酯）或聚碳酸酯。推荐用于户外应用的此类材料的一个示例是 ACRYLITE® OP2，一种 UV 过滤型亚克力板。

A 照度和其他辐射度量的定义

在光学元件中，功率传输的测量和操控称为辐射测量。辐射测量是一种测量功率传输的广泛方法。辐射测量涵盖整个电磁波谱，不考虑任何实际的测量限制值。另一方面，光度测量仅指示可见光谱内的光总量。辐射测量和光度测量之间的单位是相关的。主要区别在于光度测量的光度量都根据明视曲线调节（如图 A-1 所示），其范围紧密适配人眼的光谱响应。因此，任何波长超出可见光谱的光都没有光度功率，但确有辐射功率。

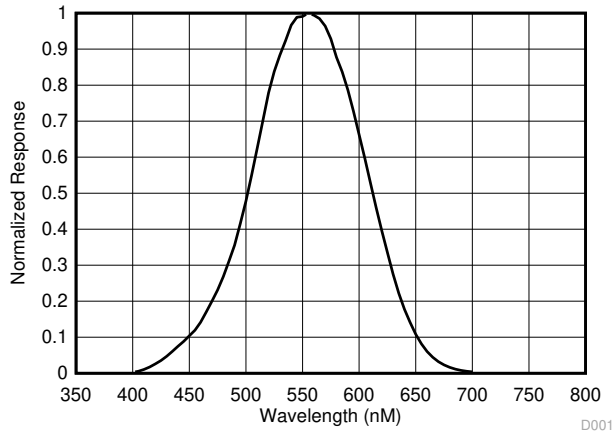


图 A-1. 明视发光效率

与标准辐射度量和光度量相关的单位如表 A-1 所示。相似之处很容易看出，瓦特和流明分别是每种测量的基本功率单位。虽然许多此类度量单位看起来非常相似，且在某些情况下具有相同的单位，但它们各自代表光学系统功率的独特方面。流明 (lm) 是瓦特相对于明视曲线缩放后的版本。在光度测量中，最常用的单位是勒克斯 ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$)，因为它描述了单位面积的功率量。在查看给定系统中的总能量时，此值很有用。辐射测量术语被描述为辐射度量，而相应的光度测量术语被描述为光度量。

表 A-1. 辐射测量和光度测量术语

辐射度量	符号	定义	单位	光度量	符号	定义	单位
辐射能	Q	$\int \Phi \, dt$	J	光能	Q_v	$\int \Phi_v \, dt$	$\text{lm}\cdot\text{s}$
辐射能密度	U	dQ/dV	J/m^3	光能密度	U_v	$(dQ_v)/dV$	$(\text{lm}\cdot\text{s})/\text{m}^3$
辐射通量	Φ	dQ/dt	W	光通量	Φ_v	$(dQ_v)/dt$	lm
辐射出射度	M	$d\Phi/dA$	W/m^2	光出射度	M_v	$(d\Phi_v)/dA$	lm/m^2
辐照度	E	$d\Phi/dA$	W/m^2	照度	E_v	$(d\Phi_v)/dA$	lm/m^2
辐亮度	L	$(d^2 \Phi)/dA \, d\Omega$	$\text{W}/(\text{m}^2 \, \text{sr})$	亮度	L_v	$(d^2 \Phi_v)/dA \, d\Omega$	$\text{lm}/(\text{m}^2 \, \text{sr})$
辐射强度	I	$d\Phi/d\Omega$	W/sr	发光强度	I_v	$(d\Phi_v)/d\Omega$	lm/sr

B 术语表

N : 折射率	真空中的光速与材料中的光速之比。对于所有材料， $n > 1$ 。
θ_1 : 入射光线角度	光线首先与表面相互作用的角度。它从表面法线逆时针测量。
θ_2 : 折射光线角度	光线与表面相互作用后的行进角度。 只要 $n_1 < n_2$ ，该角度就比入射光线角度更小或更接近表面法线。如果 $n_1 > n_2$ ，则折射光线角度大于入射光线角度。
FOV : 视场	定义为半 FOV($\pm \theta$) 或全 FOV(θ)。场景的最外面点，可在光学系统的输出端检测到。
ω : 立体角	球面上的对向面积与球面半径的平方之比。球体表面的该区域包含在定义的角度范围内。
Ω : 投影立体角	投影到观测者器平面上的立体角。本质上是半球表面上的区域向半球基准面的投影。
$V(\lambda)$: 明视曲线	人眼光谱响应的标准近似值。
Q : 辐射能	通过系统中的总能量。
Q_v : 光能	通过光学系统的光通量产生的总能量。
U : 辐射能密度	3D 空间中定义的体积内光学系统中存在的总能量。
U_v : 光能密度	3D 空间中定义的体积内光学系统中存在的、由光通量产生的总能量。
Φ : 辐射通量	光学系统中存在的功率总量。
Φ_v : 光通量	光学系统中存在的、按明视曲线换算的功率总量。
M : 辐射出射度	离开定义表面的单位面积的功率量。
m_v : 光出射度	从指定表面射出的、按明视曲线换算的单位面积功率量。
E : 辐照度	入射到定义表面的单位面积的功率量。
E_v : 照度	入射到指定表面的、按明视曲线换算的单位面积功率量。
L : 辐亮度	离开定义表面的单位面积和单位投影立体角的功率量。通过光学系统传输的任何单光线都会保持辐亮度。
L_v : 亮度	从指定表面射出的、按明视曲线换算的单位面积和单位投影立体角的功率量。通过光学系统传输的任何光线都会保持亮度。
I : 辐射强度	单位立体角的功率量。
I_v : 发光强度	按明视曲线换算的单位立体角的功率量。

8 修订历史记录

Changes from , to , (from Revision A (September 2017) to Revision B (June 2026))	Page
• 更新了对 OPT3001 的所有引用.....	3
• 添加了表 2-1	4
• 更新了 <i>选择暗窗</i> 一节。.....	5
• 更新了“基于照度计的方法”一节。.....	6
• 添加了节 3.2.4	15

Changes from Revision * (October 2014) to Revision A (September 2017)	Page
• 更新了 <i>选择暗窗</i> 一节。.....	5
• 更新了“基于照度计的方法”一节。.....	6

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月