

## Application Note

## 周辺光センサ アプリケーション ガイド - OPT3XXX/OPT4XXX



## 概要

光センサを採用した電子機器はかなり普及してきました。屋外照明からディスプレイのバックライトに至る多様なデバイスには、光センサを使用した周囲の照明条件に基づく光制御が実装されています。OPT シリーズ (OPT3XXX/OPT4XXX) 周辺光センサ (ALS) は、人間の目と同様のスペクトル応答を実現するように設計されています。このアプリケーション レポートでは、OPT 光センサを採用し、ユーザーの快適性を高める光学系について解説しています。この資料では、ウィンドウの適切なサイズを計算する方法と、半透明材料の追加効果を補正する方法について説明します。

## 目次

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1 はじめに.....             | 3  |
| 2 ウィンドウ材質.....          | 4  |
| 2.1 減衰補償.....           | 5  |
| 2.2 屈折率と分散.....         | 7  |
| 3 視野角とウィンドウ サイズ.....    | 8  |
| 3.1 製品ケースまたは薄膜.....     | 11 |
| 3.2 ウィンドウ サイズの計算例.....  | 12 |
| 4 屋外での使用.....           | 18 |
| 4.1 赤外線補償.....          | 18 |
| 5 紫外線補償.....            | 19 |
| A ルクスおよびその他の放射量の定義..... | 20 |
| B 用語集.....              | 21 |
| C 改訂履歴.....             | 22 |

## 図の一覧

|  |    |
|--|----|
| 図 2-1. OPT3XXX USON パッケージのセンサ位置.....                                     | 4  |
| 図 2-2. 選択したダーク ウィンドウの正規化された透過スペクトル応答.....                                | 5  |
| 図 2-3. 蛍光灯、ハロゲン灯、白熱灯光源で照らされたダーク ウィンドウ下での OPT3001 の補償出力.....              | 6  |
| 図 2-4. 1 つの光源を使用し、ルクス メーターまたは設計 (ウィンドウおよび ALS) を同じ X、Y、Z 位置に配置できる治具..... | 7  |
| 図 3-1. 視野角.....  | 8  |
| 図 3-2. 3D 視野角.....   | 8  |
| 図 3-3. OPT3001 の正規化角度応答.....   | 9  |
| 図 3-4. スネルの法則.....   | 10 |
| 図 3-5. 製品ケースのウィンドウ (最上部) と薄板でコーティングされたガラス (最下部) との関係.....                | 11 |
| 図 3-6. $\pm 45^\circ$ FOV による製品ケース設計例.....                               | 12 |
| 図 3-7. $\pm 45^\circ$ FOV による薄膜設計例.....                                  | 14 |
| 図 3-8. 円形ウィンドウ.....  | 15 |
| 図 3-9. カットアウトのある FPCB に PicoStar™ デバイスを半田付けした断面図 (斜めからの光を含む).....        | 16 |
| 図 3-10. フレックス PCB カットアウトに関する推奨事項.....                                    | 16 |
| 図 3-11. プラス形状カットアウトを使用するレイアウト例.....                                      | 17 |
| 図 3-12. 長方形形状カットアウトを使用するレイアウト例.....                                      | 17 |
| 図 3-13. デバイスを実装した FPCB の画像。プラス形状のカット アウトを通して光を受ける.....                   | 17 |
| 図 3-14. デバイスを実装した FPCB の画像。長方形形状のカット アウトを通して光を受ける.....                   | 17 |
| 図 A-1. 明所視感度発光効率.....  | 20 |

## 表の一覧

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 表 2-1. センシング領域の寸法と位置.....         | 4  |
| 表 3-1. PicoStar™ FPCB カットアウト..... | 17 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 表 A-1. 放射と測光の用語..... | 20 |
|----------------------|----|

## 商標

ACRYLITE® is a registered trademark of Evonik Röhm GmbH.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 はじめに

ALS は、センサに入射する可視光量に比例した信号を出力するデバイスです。ALS の問題は、最終製品のセンサをユーザーから見えなくすることです。これにより、小さいウィンドウ (センサの露出を最小限に抑えるため) や色付きのガラスを使用するなど、ALS 周辺システムの設計方法に多くの制約が生じます。光学機械のシステム設計にとって重要な問題点は、適切な動作のための十分な光伝送を確保することです。以降のセクションでは、ウィンドウの適切なサイズ設定と、ガラスウィンドウの追加効果の補償について説明します。

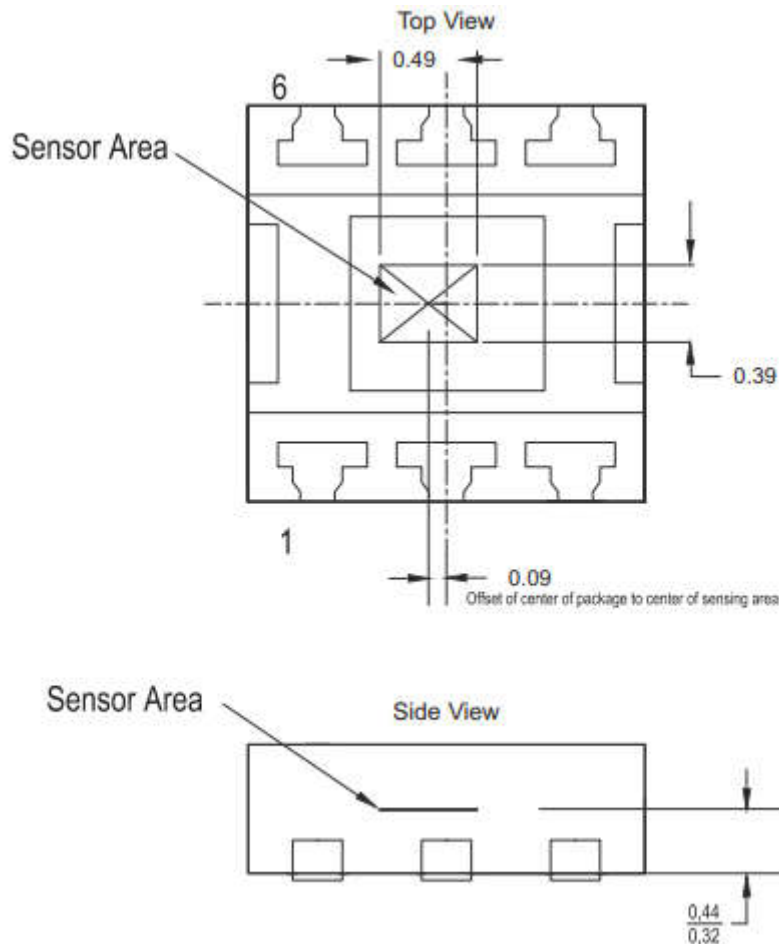
## 2 ウィンドウ材質

ガラスまたはプラスチック ウィンドウの後ろに ALS を配置する場合、システム全体の最終的な性能において使用するウィンドウ材料の種類が大きな役割を果たします。材質の全体的な光透過レベル (可視光と赤外線 の両方) と屈折率は重要な特性です。OPT シリーズのアクティブ センシング領域は長方形ですが、表 2-1 に示すようにそのサイズと位置はデバイスによって異なります。

**表 2-1. センシング領域の寸法と位置**

| パッケージタイプ  | アクティブ領域 (mm × mm) | アクティブ領域の位置     | デバイス  |
|-----------|-------------------|----------------|---|
| USON      | 0.39 × 0.49       | 幾何学的中心からのオフセット | OPT3001, OPT3001-Q1, OPT3002, OPT3004       |
| USON      | 0.31 × 0.40       | 中心             | OPT4001-Q1, OPT4003-Q1                      |
| SOT-5X3   | 0.30 × 0.38       | 中心             | OPT3004, OPT3005, OPT4001, OPT4048, OPT4060 |
| PicoStar™ | 0.30 × 0.38       | 中心             | OPT3006, OPT3007, OPT4001, OPT4001-Q1       |

アクティブなセンシング領域に幾何学的中心からのオフセットがあるデバイス (OPT3001, OPT3001-Q1, OPT3002, OPT3004) では、ウィンドウ開口部は、外部パッケージ形状ではなくセンサのアクティブ領域を中心にする必要があります。パッケージ形状に対するアクティブなセンシング領域の正確な位置については、図 2-1 を参照してください。



**図 2-1. OPT3XXX USON パッケージのセンサ位置**

他のすべてのデバイスでは、センシング領域がパッケージ形状を基準として中心に配置されているため、ウィンドウ開口部の中心に合わせる必要はありません。パッケージの完全な寸法については、デバイス固有のデータシートを参照してください。

## 2.1 減衰補償

多くのアプリケーションでは、ALS が見えることは望ましくありません。ダーク ウィンドウを使用すると ALS が見えなくなりますが、可視光の一部がセンサに到達するのが疎外されて信号が減衰します。

### 2.1.1 ダーク ウィンドウの選択

ダーク ウィンドウの選定や補正には、いくつかの方法があります。

デバイスの見た目とセンサ性能のバランスが最適になるよう、十分に暗いウィンドウを選んでください。

#### 注

見た目の評価は設計者の主観によるものであるため、ウィンドウの透過率の仕様を紙面で参照するよりも、実際の製品にウィンドウを取り付けて観察することが重要です。

選択したウィンドウが本当に必要な範囲以上に暗くしないでください。ウィンドウが暗すぎるとセンサに届く光が減り、センサの精度が低下してしまいます。

非常に濃いカバーガラスが必要な設計では (例: 550nm で 5% 未満の透過率)、センサの選択に関してさらに検討する必要があります。アプリケーションが比較的高い透過ウィンドウに対応できる場合、ウィンドウを通過する追加の光により信号がデバイスのノイズフロアより高く維持されて、指定精度が維持されるため、OPT3XXX シリーズのデバイスを完全に許容できます。一方、より暗いウィンドウが設計上必要な場合は、分解能 312.5  $\mu\text{Lux}$  を実現できる OPT4XXX シリーズでは、より微細な分解能が適しています。

次のアプリケーション例では、ダーク ウィンドウの透過率は 550nm で 7% 未満です。

図 2-2 に、ダーク ウィンドウの正規化スペクトル応答を示します。

#### 注

透過スペクトルの測定に使用した機器では、ダーク ウィンドウ サンプルの絶対的な正確さ (非正規化値) は測定できず、相対的な正規化スペクトルのみが測定可能です。400nm から 650nm である可視波長より長い、700nm 以上の赤外線波長では、ウィンドウの透過率が高くなります。

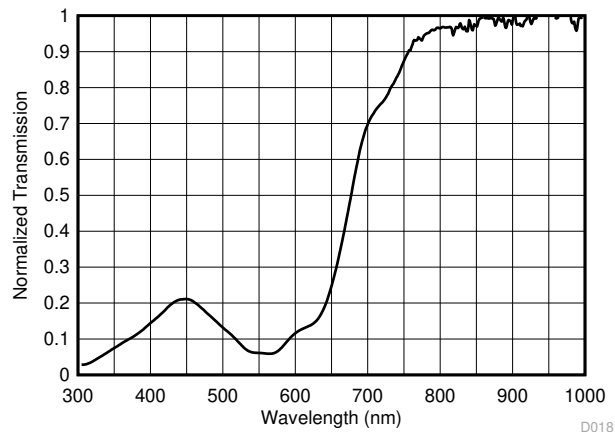


図 2-2. 選択したダーク ウィンドウの正規化された透過スペクトル応答

赤外線と可視光の不均衡により、センサの可視光と赤外線の比率が減少します。ウィンドウの可視光透過率と赤外線透過率の比率ができるだけ近い (この比率の低下が最小限になる) ことが望ましいですが、OPT シリーズの周辺光センサは優れた IR 遮断により良好な性能を発揮します。図 2-3 は、蛍光灯、ハロゲン、白熱灯光源で照らされたダーク ウィンドウ下での OPT3001 の予想出力性能を示しています。ここに示すように、デバイスは高 IR ソースで照らされる場合も、ダーク ガラス使用時に高レベルの精度を維持します。

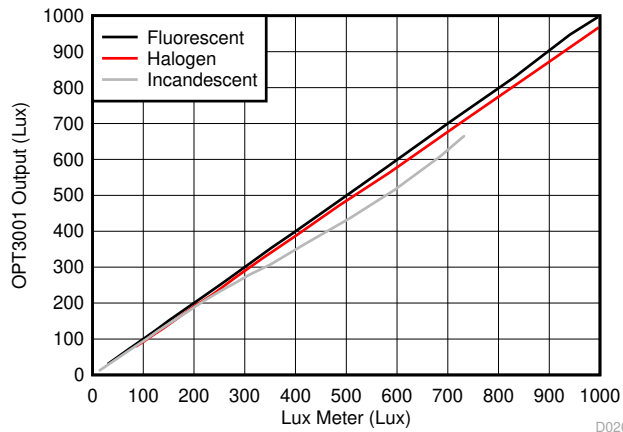


図 2-3. 蛍光灯、ハロゲン灯、白熱灯光源で照らされたダーク ウィンドウ下での OPT3001 の補償出力

次のステップは、カバーガラスの減衰係数の測定です。以下のセクションでは、この係数を計算する 2 つの方法の概要を示します。

最初の方法では、追加機器の要件はありません。この方法は ALS のみに基づくアプローチと呼ばれます。

2 番目の方法では、ルクス メーターと蛍光光源が必要です。2 番目の方法は前の方法よりも正確です。

### 2.1.2 ALS のみに基づくアプローチ

1. ALS を均一に照らす光源を配置して、ウィンドウやガラスを使用せずに光透過を減衰します。
2. ALS 出力を読み取り、結果を  $ALS_{AIR}$  として記録します。
3. ALS に同じ光源を使用して、センサの前にガラス ウィンドウを置き、光源に対して同じセンサ位置を維持します。
4. ALS 出力を読み取り、結果を  $ALS_{GLASS}$  として記録します。

可視光の減衰係数を、式 1 に示すように計算します

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

ALS を光学ウィンドウの背後に配置して通常のシステム動作を実行中に、式 2 により、この可視光の減衰係数を使用してシーンの較正済みルクスを決定します

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

### 2.1.3 ルクス メーターに基づくアプローチ

ダーク ウィンドウの減衰効果による補償係数を計算するには、まずルクス メーターで蛍光灯の光源を測定してから、ダーク ウィンドウの下で同じ光を測定します。正確に測定するには、ルクス メーターまたは ALS とダーク ウィンドウを搭載した設計に対応できる治具を使用します。図 2-4 に示すように、各センシング領域の中心はまったく同じ X、Y、Z の位置にあります。この設計における Z 方向の位置 (光源からの距離) は、ALS 本体ではなく、ウィンドウの上面となります。

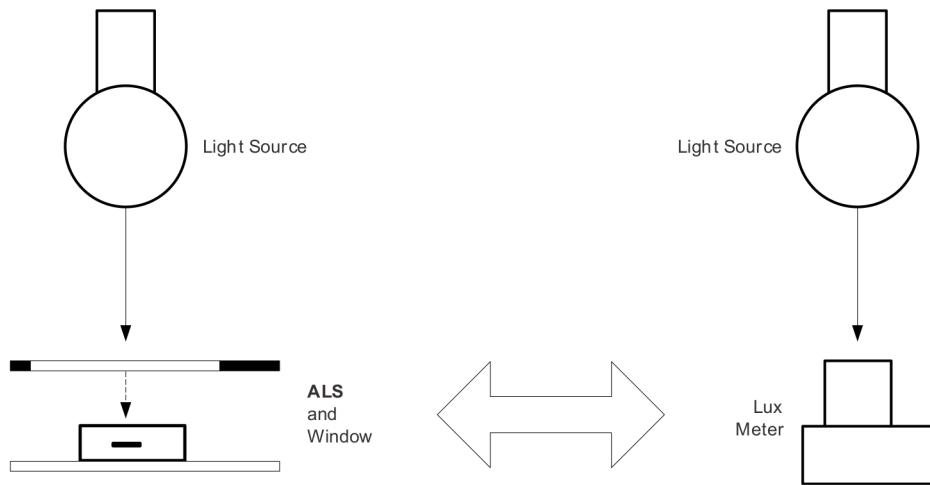


図 2-4. 1つの光源を使用し、ルクスメーターまたは設計（ウィンドウおよびALS）を同じX、Y、Z位置に配置できる治具

この場所で蛍光灯の光をルクスメーターで測定すると 1000 ルクスですが、アプリケーション内のダークウィンドウ越しにALSで測定すると 73 ルクスとなります。このように、蛍光灯光に対するウィンドウの有効透過率は 7.3% です。この 7.3% は、luxメータ（またはフォトピック応答）の分光応答で重み付けされた、全スペクトルにわたる加重平均の減衰率です。

このダークウィンドウ越しのすべてのALS測定値には、以下の式を適用します。

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

## 2.2 屈折率と分散

設計に影響を与えるウィンドウ材料の1つの特性は材料の屈折率です。この特性は材料の「光学密度」です。ほとんどすべてのガラスと光学プラスチックの屈折率は 1.5 ~ 2 です。ガラスの屈折率は、光が材料を通過するときにどれだけ屈折するかを判断するために使用します。

ウィンドウ材料のもう1つのプロパティは色の分散です。この分散が発生するのは、物質の屈折率が波長ごとにわずかに異なるためです。時々、青色光と赤色光の屈折率がかなり異なる場合があります。このような場合、光学経路の長さが光の波長の作用となり、分散が発生します。物質のアッペ数は、その物質を透過する光がどれだけ分散しているかを示す尺度です。アッペ数が大きいほど、材料内の分散量が小さくなります。一部の複雑な画像処理システムでは分散は望ましくありませんが、ほとんどのALSシステムは送信された光の総エネルギーのみに関係しています（通常は分散の影響なし）。

この資料は光学機械設計者向けのガイドとして作成されていますが、すべての材料とその特性を十分に理解してからシステムでご使用ください。

### 3 視野角とウィンドウ サイズ

光学デバイスの視野角 (FOV) は、 $FOV = \pm\theta$  である半視野角 (HFOV)、または  $FOV = \theta$  である全視野角 (FFOV) のいずれかとして定義できます。この資料では、 $FOV = \pm\theta$  の HFOV 定義を使用します。図 3-1 に、FFOV と HFOV との関係を示します。図 3-2 に、ウィンドウの下にあるプリント基板 (PCB) 上のセンサの 3D 図を示します。

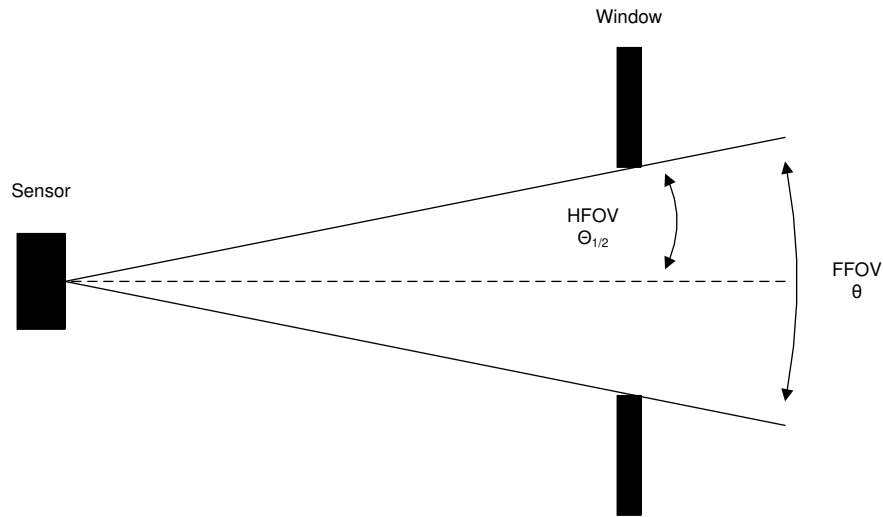


図 3-1. 視野角

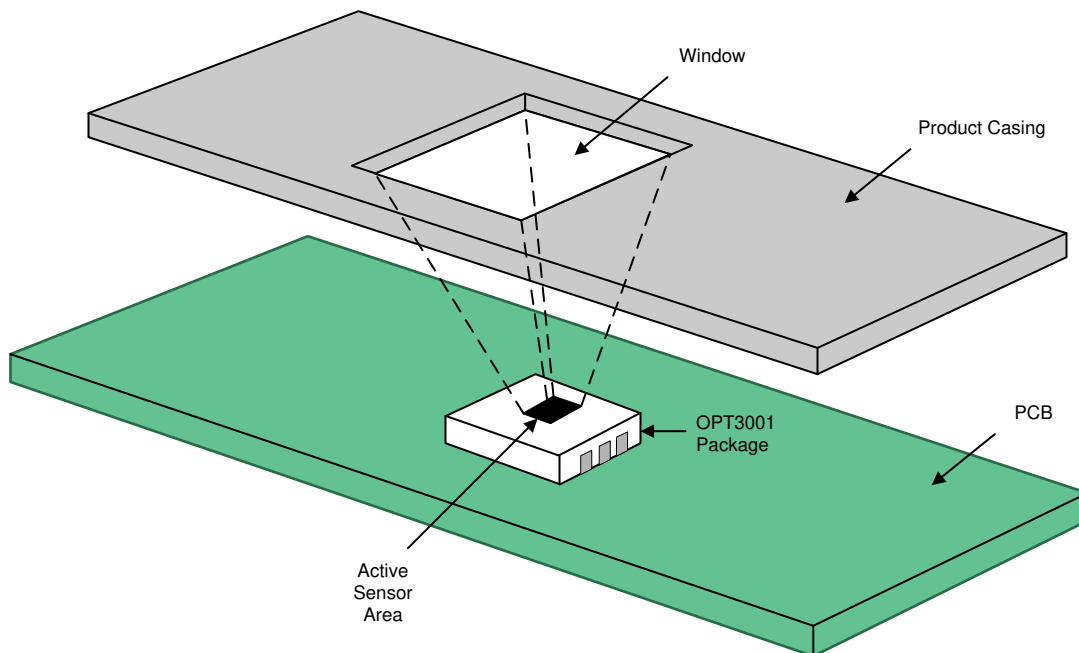


図 3-2. 3D 視野角

システムの FOV を定義することは、照明に関する多くの状況で重要です。センサが照明を正確に検出できるように、領域が適切に見えている必要があります。FOV の境界条件は、入射光の 50% 以上が検出される視野角として定義されません。たとえば、図 3-3 に示すように、OPT3001 には約  $\pm 45^\circ$  の視野角があります。

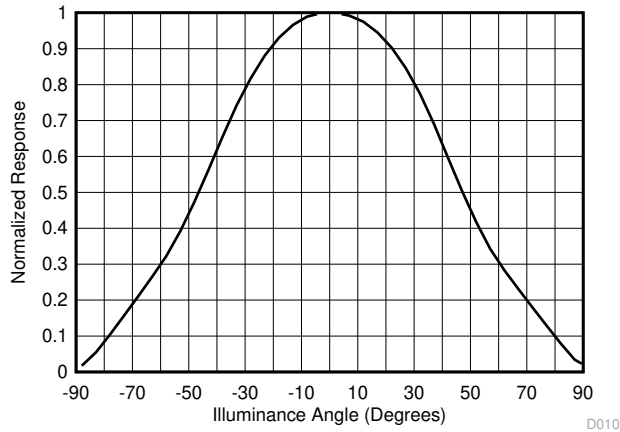


図 3-3. OPT3001 の正規化角度応答

FOV と性能との間のトレードオフに注意してください。一部のターゲット アプリケーションには小さい FOV を使用できますが、ほとんどの状況で、小さい FOV では領域を十分に調査できず、正確に測定できません。ALS の角度応答曲線は FOV の関数として予測される信号量を示しています。ほとんどの物理的な設計では、ウィンドウをセンサの前に配置して、厳密なカットオフにより FOV を定義します。ALS のウィンドウ開口部を設計する際は、ベア センサの FOV を使用して開口部の寸法を決定します。たとえば、OPT3001 の場合、ウィンドウの設計に  $\pm 45^\circ$  の FOV を使用する必要があります。センサの有効 FOV を超えて FOV が増加する大きなウィンドウはより多くのスペースが必要になりますが、信号の増加はわずかです。センサ FOV はセンサの端から始まります。FOV とウィンドウ サイズを計算する際は、センサの合計幅と、PCB より上の高さを考慮してください。これらの概念を次の例で説明します。

注

TI では、最適な性能を得るために、 $\pm 35^\circ$  以上の FOV を設計することを推奨しています。

視野角の計算を行うときは、光がウィンドウを通過するときの光の屈折 (または曲げ) を考慮してください。これは、式 4、図 3-4 に示すように、スネルの法則によって説明されます：

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

ここで、

- $n_1$  と  $n_2$  は各素材の屈折率です。
- $\theta_1$  と  $\theta_2$  は、各素材の面法線から反時計回りの伝播角度です。

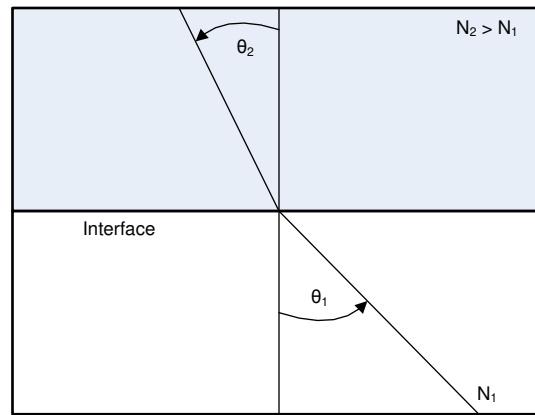


図 3-4. スネルの法則

セクション 3.2 に示すように、ウィンドウの厚さ ( $t$ ) と入射角 ( $\theta_1$ ) を使用してウィンドウの合計幅を計算します。

### 3.1 製品ケースまたは薄膜

周辺光センサを使用する場合、一般的にウィンドウ設計で 2 つの方法が用いられます。簡単な方法は、製品ケース内に透明または半透明のガラスまたはプラスチックのウィンドウを実装することです。この方法では、ガラスまたはプラスチック製のウィンドウを不透明な金属またはプラスチック製のケースに挿入して、PCB と回路の残りの部分をカバーすることを想定しています。ただし、スマートフォンやタブレットでは、一般的にデバイスの表面全体が薄膜を使用する単一の透明なガラスパネルとなっています。このフィルムはガラスの底部に印刷され、見えなくする必要のあるものを完全にブロックします。両方のタイプのウィンドウ設計例については次のセクションで説明しており、[図 3-5](#) に図示されています。

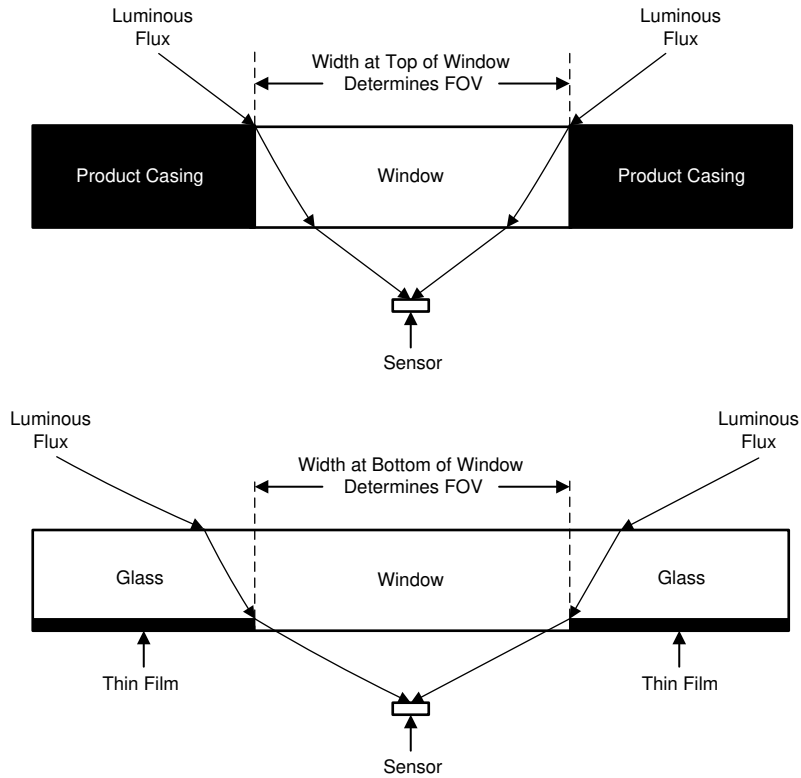


図 3-5. 製品ケースのウィンドウ (最上部) と薄板でコーティングされたガラス (最下部) との関係

## 3.2 ウィンドウ サイズの計算例

### 注

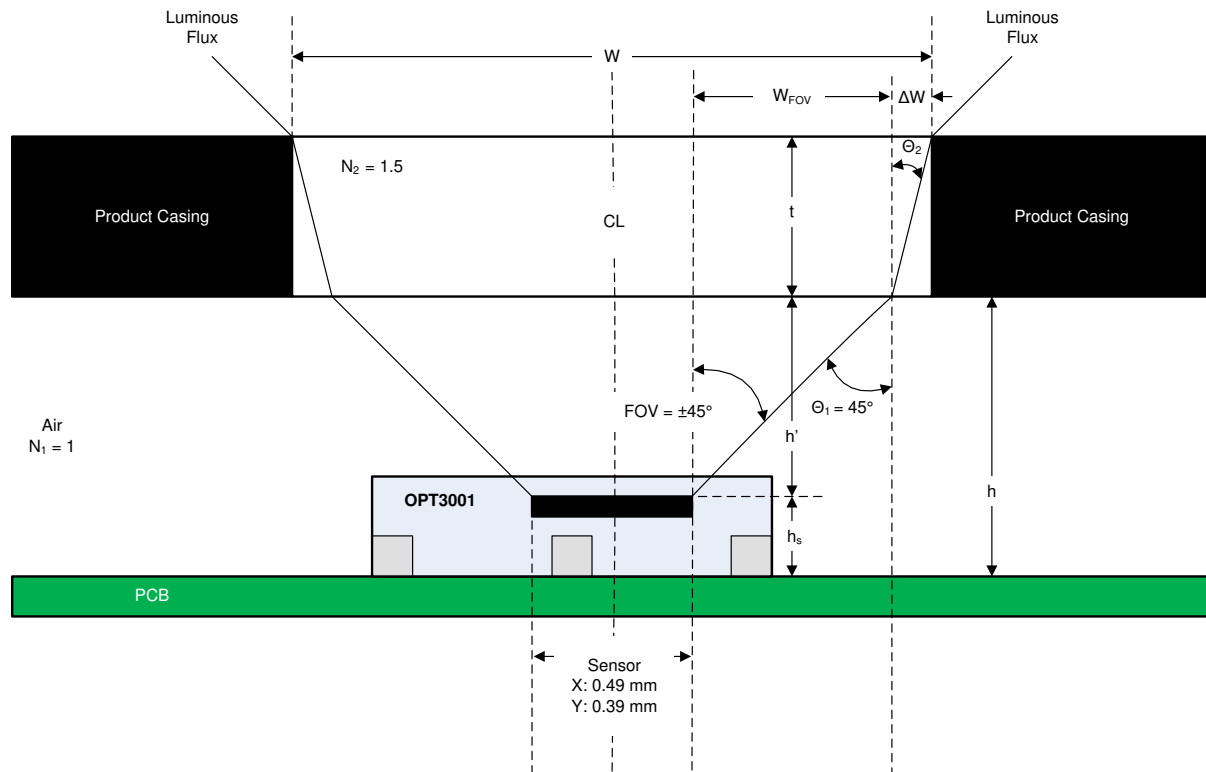
セクション 3.2.1 ~ 3.2.3 に示されている方程式と段階的な手順は、一般的な幾何学的導出です。これらの計算は、センシング領域のサイズの違いを考慮して、あらゆるパッケージタイプ (USON、SOT-5X3、PicoStar™) で使用できます。

### 3.2.1 製品ケース ウィンドウの計算

この例では、[図 3-6](#) に示すように、製品ケースに挿入された透明または半透明のガラスまたはプラスチック製のウィンドウを使用した設計について説明します。システム レベルの要件:

- 目的の FOV は  $\pm 45^\circ$
- ウィンドウの厚さ ( $t$ ) は 1mm
- PCB からウィンドウの下部までの高さ ( $h$ ) は 5mm
- ウィンドウ材料の屈折率 ( $N_2$ ) は 1.5

指定された値は、ウィンドウ全体の寸法を決定する計算のデモンストレーションに使用するために提供されています。現実のアプリケーションの実際の要件は、最終製品の要件によって異なる場合があります。OPT3001 センサ領域の幅は、X 寸法または Y 寸法のどちらかを使用するかに応じて、0.49mm または 0.39mm と指定されます。この値はデバイスのパラメータで、最終製品の要件には依存しません。



$H_s$  は PCB より上のセンサの高さで、通常 0.38mm (OPT3001 のデータシートを参照)、 $h$  は PCB を超える製品ケースの高さ、 $h' = h - h_s$  です。 $W$  はウィンドウの幅、 $W_{FOV}$  は FOV 角度とセンサからの距離で定義されるウィンドウ寸法、 $\Delta W$  はウィンドウの屈折率と厚さの関数として光線の曲がり度で定義されるウィンドウ寸法、 $N_1$  はセンサとウィンドウ底部間の材料 (空気と仮定) の屈折率、 $N_2$  はウィンドウ材料の屈折率、 $t$  はガラス厚、Sensor X はセンサの X 方向の mm 単位の測定 (OPT3001 データシートを参照)、Sensor Y はセンサの Y 方向の mm 単位の測定 (OPT3001 データシートを参照)、 $\Theta_1$  は面法線から入射光線への角度、 $\Theta_2$  は材料の屈折率における面法線から入射光線への角度、 $N_2$  CL はセンサの中心を通過する光学中心線 (パッケージの中心オフセット寸法に対するセンサの中心については OPT3001 データシートを参照)

図 3-6.  $\pm 45^\circ$  FOV による製品ケース設計例

この最初の例では、提供されたシステムおよびデバイス情報に基づいてウィンドウの合計幅 ( $W$ ) を決定します。  
OPT3001 には長方形のアクティブ センサ領域 ( $0.39\text{mm} \times 0.49\text{mm}$ ) があります。この長方形のセンサ領域のため、 $X$  と  $Y$  の両方の寸法でセンサ FOV を  $\pm 45^\circ$  に維持するために、結果として得られるウィンドウの形状も長方形にする必要があります。式 5 に、ウィンドウ幅とシステムおよびデバイスの要件およびパラメータとの関係を示します：

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

ここで、

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

数値の例を示す目的で、以下のシステム レベル要件と OPT3001 デバイス情報を使用します：

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

式 6、式 7 に結果を示します：

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

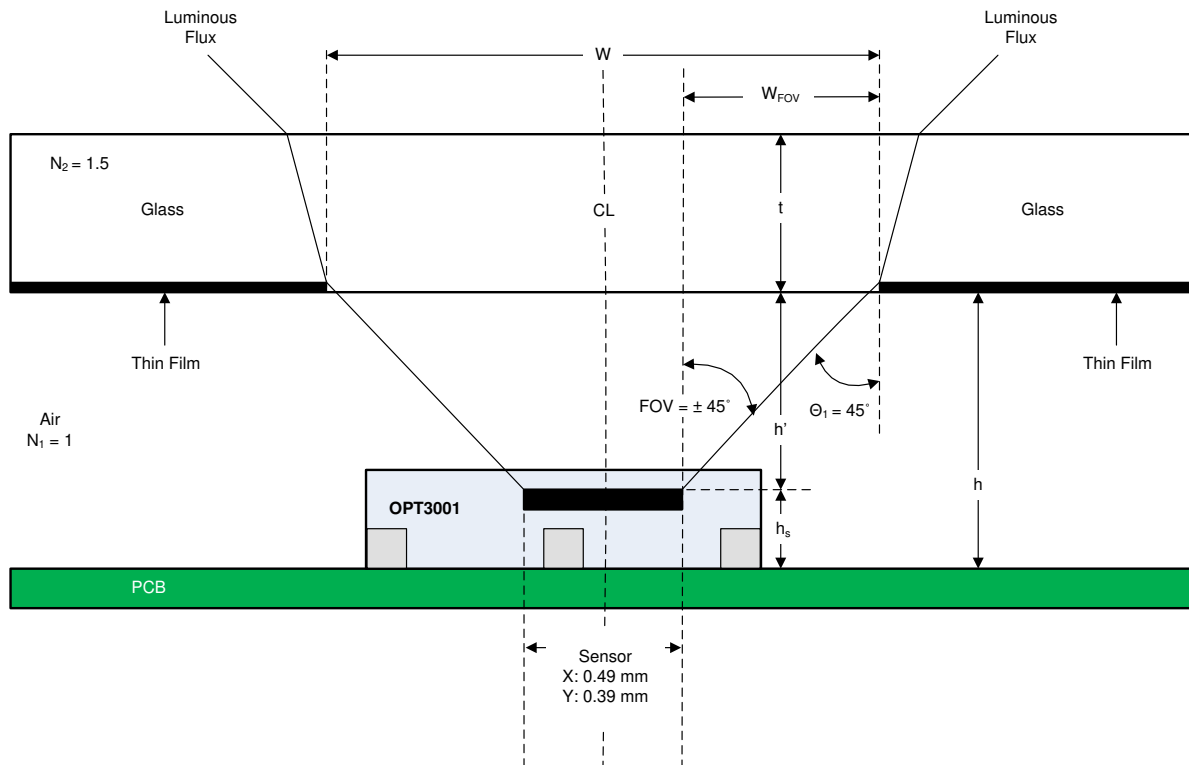
$$W_Y = 0.39 \text{ mm} + 2 \cdot (4.62 \text{ mm} + 0.532 \text{ mm}) = 10.694 \text{ mm} \approx 10.7 \text{ mm} \quad (7)$$

### 3.2.2 薄膜ウィンドウの計算

2 番目の例では、[図 3-7](#) に示すように、設計においてシステム表面を覆う透明なガラスシートを使用します。ウィンドウにするガラスの下側にインクの薄膜を塗布します。この例のシステム レベル要件:

- 目的の FOV は  $\pm 45^\circ$
- ウィンドウの厚さ ( $t$ ) は 1mm
- PCB からウィンドウの下部までの高さ ( $h$ ) は 5mm
- ウィンドウ材料の屈折率 ( $N_2$ ) は 1.5

指定された値は、ウィンドウ全体の寸法を決定する計算のデモンストレーションに使用するために提供されています。現実のアプリケーションの実際の要件は、最終製品の要件によって異なる場合があります。OPT3001 センサ領域の幅は、X 寸法または Y 寸法のどちらかを使用するかに応じて、0.39mm または 0.49mm と指定されます。この値はデバイスのパラメータで、最終製品の要件には依存しません。



$h_s$  は PCB より上のセンサ高さ、通常 0.38 mm ([OPT3001 データシート](#)を参照)、 $h$  は PCB より上の薄膜高さ、 $h' = h - h_s$ 、 $W$  はウィンドウ幅、 $W_{FOV}$  は FOV 角度とセンサからの距離で定義されるウィンドウ寸法、 $N_1$  はセンサとウィンドウ底部間の材料 (空気と仮定) の屈折率、 $N_2$  はウィンドウ材料の屈折率、 $t$  はガラス厚、Sensor X はセンサの X 方向の長さ ([OPT3001 データシート](#)を参照)、Sensor Y はセンサの Y 方向の長さ ([OPT3001 データシート](#)を参照)、 $\Theta_1$  は面法線から入射光線への角度、CL はセンサの中心を通過する光学中心線 (パッケージの中心オフセット寸法に対するセンサの中心については [OPT3001 データシート](#)を参照)。

図 3-7.  $\pm 45^\circ$  FOV による薄膜設計例

この 2 番目の例では、提供されたシステムおよびデバイス情報に基づいてウィンドウの合計幅 ( $W$ ) を決定します。OPT3001 には長方形のアクティブ センサ領域 ( $0.39\text{mm} \times 0.49\text{mm}$ ) があります。この長方形のセンサ領域のため、 $X$  と  $Y$  の両方の寸法でセンサ FOV を  $\pm 45^\circ$  に維持するために、結果として得られるウィンドウの形状も長方形にする必要があります。式 8 に、ウィンドウ幅とシステムおよびデバイスの要件およびパラメータとの関係を示します：

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

ここで、

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

数値の例を示す目的で、以下のシステム レベル要件と OPT3001 デバイス情報を使用します：

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

式 9、式 10 に結果を示します：

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

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

### 3.2.3 円形ウィンドウの計算

前のサブセクションでは長方形ウィンドウの計算について説明しました。ただし、美的要素のためまたは単純な理由で円形ウィンドウにする場合があります。円形ウィンドウを使用する場合は、センサ全体が円の内側に収まるように、ウィンドウの半径を十分大きくする必要があります。この計算を行うときは、 $0.39\text{mm}$  または  $0.49\text{mm}$  のセンサ幅 ( $W_X$  または  $W_Y$ ) を  $0.626\text{mm}$  に置き換えます。デバイス関連の定数値は、図 3-8 に示すように OPT3001 センサ領域を含む円の半径と同じです。円形ウィンドウが不透明な製品ケースに挿入された透明または半透明のガラスまたはプラスチックで定義されている (最初の例)、または円形ウィンドウが透明なガラスのシートの下側に塗布された薄膜またはインク層で定義されているか (2 番目の例) に応じて、前の 2 つの例のいずれかの手順に従います。

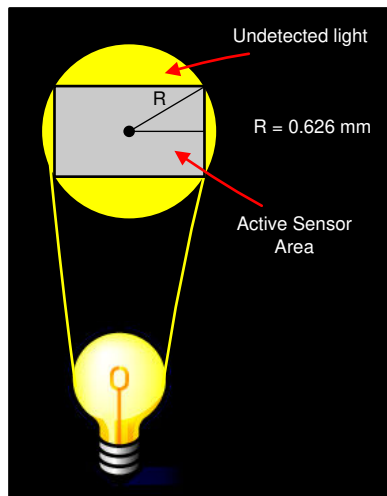


図 3-8. 円形ウィンドウ

### 3.2.4 PicoStar™ パッケージに関する FOV の検討事項

PicoStar™ パッケージにおいて、感光領域はダイの底面、半田パッドと同じ面に配置されます。その結果、光は FPCB の開口部を通してセンシング領域にのみ到達できます。このカットオフ形状 (形、寸法、配置) は、センサの実効 FOV を制限する追加開口部として機能します。下図に示すように、FPCB 開口部に入る光は FPCB の端に遮られる可能性があり、これによりシャドウイングが発生して有効視野が減少します。

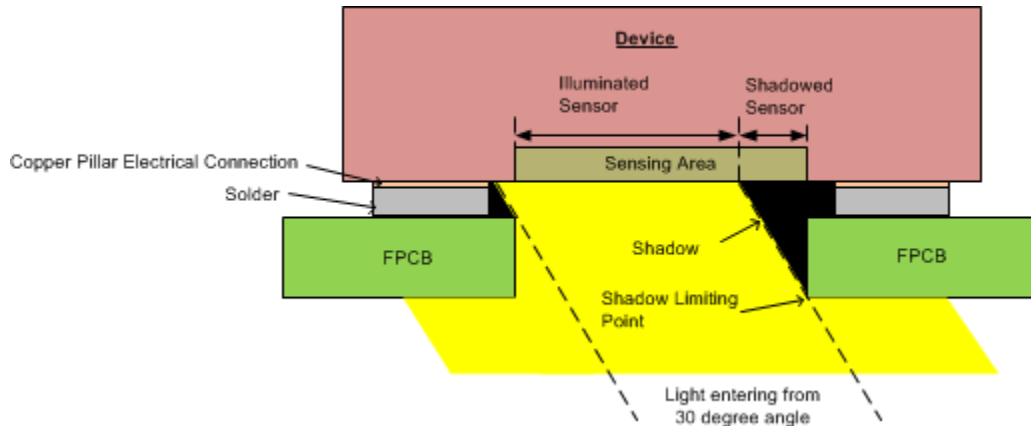


図 3-9. カットアウトのある FPCB に PicoStar™ デバイスを半田付けした断面図 (斜めからの光を含む)

光学性能を最大化するには、PCB レアウトの制約内で、FPCB のカットアウト サイズをできるだけ大きくする必要があります。カットアウトサイズの上限は、通常、FPCB 製造および組み立てベンダーの製造能力、およびカットアウト エッジと半田パッドの間に必要なクリアランスによって決定されます。このクリアランスは非常に小さい場合があり、実現可能な最小値を判断するために FPCB ベンダーに相談することをお勧めします。

OPT3006 を除くすべての PicoStar™ デバイスは 4 ピン設計です。これらのデバイスでは、パッド間の対角線距離が 800 $\mu\text{m}$  を超えており、単純な円形カットアウトを使用して視野角が非常に広い (>50°) カットアウトを実現できます。プラス形状のカットオフを使用すると、パッドによって開口サイズが制限されない方向に視野をさらに最大化でき、最高の光学性能を実現できます。次の図は、円形開口部とプラス形状開口部の寸法例を示します。

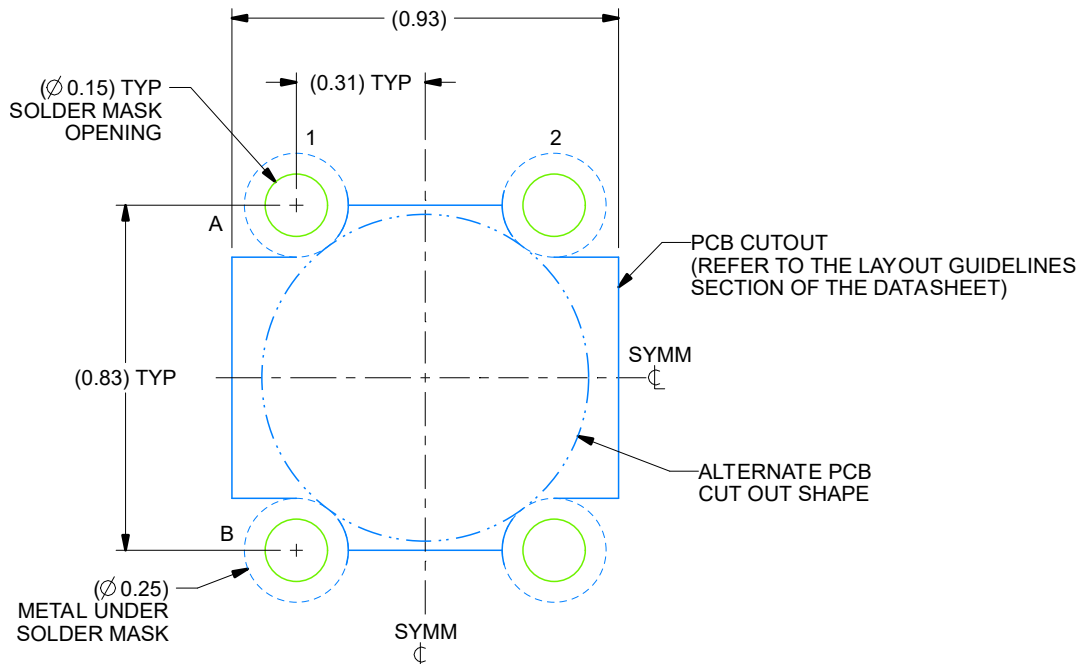


図 3-10. フレックス PCB カットアウトに関する推奨事項

OPT3006 などの 6 ピン PicoStar™ デバイスでは、2 つのセンター パッドによって課される制限により、カットオフ オプションが制限されます。この場合、制限されていない軸の開口部を拡大することをお勧めします。長方形カットアウトでは、プラス形状カットアウトと同様に 1 つの方向の最大視野を有効にできますが、反対方向の視野は制限される場合があります。以下の図は、プラスおよび長方形の場合の FPCB レイアウトとカットオフ形状の例を示しています。

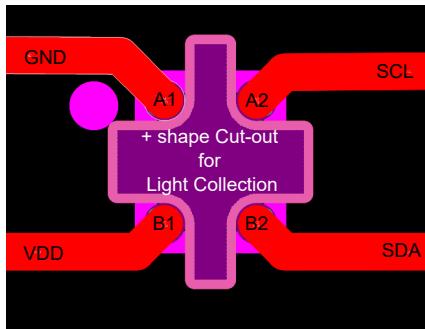


図 3-11. プラス形状カットアウトを使用するレイアウト例

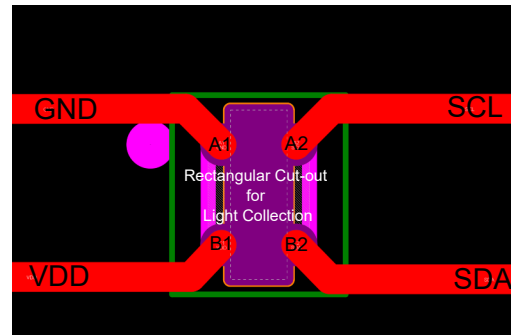


図 3-12. 長方形形状カットアウトを使用するレイアウト例

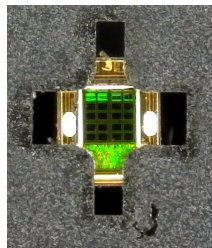


図 3-13. デバイスを実装した FPCB の画像。プラス形状のカットアウトを通して光を受ける



図 3-14. デバイスを実装した FPCB の画像。長方形形状のカットアウトを通して光を受ける

表 3-1 は、各 PicoStar™ デバイスの推奨 FPCB カットアウト形状を概説しています。

表 3-1. PicoStar™ FPCB カットアウト

| カットアウト形状 | サポート対象のデバイス                  | 設計上の考慮事項                                    |
|----------|------------------------------|---|
| 円形       | OPT4001, OPT4001-Q1, OPT3007 | 複雑度が低く、FOV が大きい                             |
| プラス形状    | OPT4001, OPT4001-Q1, OPT3007 | 複雑度は高いが、すべての軸で FOV を最大化                     |
| 長方形      | OPT3006                      | 複雑度は低いですが、センターパッドの制限により 1 つの軸に大きな FOV のみを実現 |

## 4 屋外での使用

屋外での周囲光センサの使用は増えており、直射日光にさらされることにより、一連の設計上の制約が生じています。このセクションは、OPT シリーズ センサを使用して、直射日光が継続的にさらされることに起因する問題を解決するのに役立ちます。

### 4.1 赤外線補償

多くの環境光センサは半透明のガラスの後ろに配置されているため、綿密に調べないとデバイスが見えません。半透明のガラスにより、可視スペクトル内の光の大部分はセンサに到達しなくなります。ただし、赤外線 (IR) 波長がセンサに伝わるのを防ぐ効果はあまりありません。ALS が IR 波長に敏感な場合、可視光の場合と比べて不釣り合いに高いエネルギーがセンサに到達するため、この配置により ALS の使用に関する問題が生じる可能性があります。OPT シリーズの周囲光センサの IR 除去機能は優れており、IR 送信を可能にするウィンドウに悪影響が及びません。そのため、OPT デバイスを使用するときは、ウィンドウの設計に赤外線ブロッキング フィルタを追加しないでください。

## 5 紫外線補償

可視光スペクトルの反対側の紫外線 (UV) 波長はさまざまな方法でデバイスの性能に有害な影響を及ぼす可能性があります。ほとんどの半導体は UV 光に応答しませんが、高エネルギー UV 波は時間の経過とともにデバイス パッケージを損傷させる可能性があります。この問題は屋外に何か月または何年も放置される部品に固有のもので、少量の曝露では影響を無視できます。製品のパッケージングやダイに使用される材料の、この自然な劣化との闘いは極めて重要です。この問題を軽減する 1 つの方法は、アクリル ウィンドウの背後に ALS を配置することです。標準的なアクリル ポリメチルメタクリル酸 (PMMA) が伝送しないのは、人間の目の自然なカットオフに近い範囲の、300nm から 350nm 以下の波長の光です。したがって、PMMA があっても可視光はセンサに到達します。PMMA などのアクリルを使用してこの問題を解決する際は、PMMA が元のパッケージと同じ劣化を受けるかどうかという疑問が生じます。PMMA は、UV 光への暴露による劣化 (時間の経過とともに黄色や不透明になるなど) を防ぎながら、UV の大部分を吸収するように製造されています。PMMA をアウトドア用途に使用するアプリケーションは数多くあり、PMMA の耐久性は時間の経過とともに証明されてきました。これらの老化性はアクリルの PMMA バリエーションに限定されており、スチレン、PETG (ポリエチレン テレフタレートグリコール)、ポリカーボネートなどの他の一般的なバリエーションの多くには当てはまりません。屋外での使用に推奨されるこれらの材料例は、UV フィルタリング アクリル シートである ACRYLITE® OP2 です。

## A ルクスおよびその他の放射量の定義

光学では、パワー転送の測定と操作を放射分析と呼びます。放射分析はパワー転送測定の一般的な方法です。放射分析は電磁スペクトル全体を包含し、測定の現実的な制限は考慮していません。一方、測光は可視スペクトル内の光量のみを示します。放射分析と測光の単位は関連しています。主な違いは、測光量はすべて人間の目のスペクトル応答にほぼ一致する範囲で、明所視感度曲線 (図 A-1 に表示) に従ってスケールされることです。したがって、可視スペクトル外の波長の光には光度パワーがなく、放射パワーがあります。

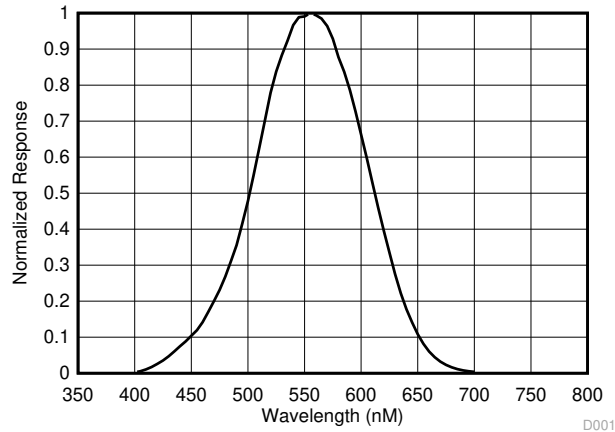


図 A-1. 明所視感度発光効率

表 A-1 に、標準の放射量と光度量に関連する単位を示します。ワットとルーメンがそれぞれの測定におけるパワーの基本単位であるため、類似点を容易に判別できます。これらの測定単位の多くは非常によく似ており、場合によっては同じ単位を使用しますが、それぞれ光学系のパワーの独自の側面を表しています。ルーメン (lm) は明所視感度曲線に対するワットのスケールバージョンです。測光では、最もよく使われる単位はルクス ( $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ ) で、これは単位面積あたりのパワー量を表します。この値は特定のシステム内のエネルギーの合計量を考慮する場合に役立ちます。放射に関する用語は「放射」量として記述され、対応する光度の用語は「測光」量として記述されます。

表 A-1. 放射と測光の用語

| 放射量       | 記号     | 定義                     | 単位                                 | 測光量       | 記号       | 定義                       | 単位                                    |
|-----------|--------|------------------------|------------------------------------|-----------|----------|--------------------------|---------------------------------------|
| 放射エネルギー   | Q      | $\int \Phi \, dt$      | J                                  | 光度エネルギー   | $Q_v$    | $\int \Phi_v \, dt$      | $\text{lm}\cdot\text{s}$              |
| 放射エネルギー密度 | U      | $dQ/dV$                | $\text{J/m}^3$                     | 光度エネルギー密度 | $U_v$    | $(dQ_v)/dV$              | $(\text{lm}\cdot\text{s})/\text{m}^3$ |
| 放射束       | $\Phi$ | $dQ/dt$                | W                                  | 光束        | $\Phi_v$ | $(dQ_v)/dt$              | lm                                    |
| 放射発散度     | M      | $d\Phi/dA$             | $\text{W/m}^2$                     | 光束発散度     | $M_v$    | $(d\Phi_v)/dA$           | $\text{lm}/\text{m}^2$                |
| 放射照度      | E      | $d\Phi/dA$             | $\text{W/m}^2$                     | 照度        | $E_v$    | $(d\Phi_v)/dA$           | $\text{lm}/\text{m}^2$                |
| 放射輝度      | L      | $(d^2 \Phi)/dAd\Omega$ | $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ sr})$ | 輝度        | $L_v$    | $(d^2 \Phi_v)/dAd\Omega$ | $\text{lm}/(\text{m}^2 \text{ sr})$   |
| 放射強度      | I      | $d\Phi/d\Omega$        | $\text{W}/\text{sr}$               | 光度        | $I_v$    | $(d\Phi_v)/d\Omega$      | $\text{lm}/\text{sr}$                 |

## B 用語集

- n**: 屈折率 真空中の光の速度と素材内の光の速度の比率です。すべての材料で  $n > 1$  となります。
- $\theta_1$** : 入射光線角度 光線が表面と最初に相互作用する角度です。面法線から反時計回りに測定されます。
- $\theta_2$** : 屈折光線角度 光線が表面と相互作用した後に移動する角度です。  
この角度は、 $n_1 < n_2$  である限り入射光線角よりも小さいか、面法線に近い値になります。 $n_1 > n_2$  である場合、屈折光線角度は入射光線角度より大きくなります。
- FOV**: 視野角 半 FOV ( $\pm\theta$ ) または全 FOV ( $\theta$ ) のいずれかとして定義されます。光学系の出力で検出可能な領域の最も外側のポイントです。
- $\omega$** : 立体角 球の表面上のサブテンド領域とその球の半径の 2 乗の比率です。球の表面上の領域は、定義された角度範囲内に含まれます。
- $\Omega$** : 投影立体角 観察者の平面に投影された立体角です。これは本質的に、半球の表面から半球の基平面の領域の投影です。
- $V(\lambda)$** : 明所視感度曲線 人間の目のスペクトル応答の標準近似値です。
- Q**: 放射エネルギー システムを通過するエネルギーの合計量です。
- $Q_v$** : 光度エネルギー 光束から導出され、光学系を通過するエネルギーの合計量です。
- U**: 放射エネルギー密度 3D 空間で定義された体積内の光学系に存在するエネルギーの合計量です。
- $U_v$** : 光度エネルギー密度 3D 空間で定義された体積内の光学系に存在する、光束から導出される、エネルギーの合計量です。
- $\Phi$** : 放射束 光学系内に存在するパワーの合計量です。
- $\Phi_v$** : 光束 光学系内に存在する、明所視感度曲線に合わせてスケールされた、パワーの合計量です。
- M**: 放射発散度 定義された表面から出る単位面積あたりのパワー合計量です。
- $M_v$** : 光束発散度 定義された表面から出る単位面積あたりの、明所視感度曲線に合わせてスケールされた、パワーの合計量です。
- E**: 放射照度 定義された表面に入射する単位面積あたりのパワー合計量です。
- $E_v$** : 照度 定義された表面に入射する単位面積あたりの、明所視感度曲線にスケールされた、パワーの合計量です。
- L**: 放射輝度 定義された表面から出る単位面積あたりおよび単位投影立体角あたりのパワー合計量です。放射輝度は光学系を通過する単一光線に沿って一定に保たれます。
- $L_v$** : 輝度 定義された表面から出る単位面積あたりおよび単位投影立体角あたりの、明所視感度曲線に合わせてスケールされた、パワー合計量です。輝度は光学系を通過するすべての光線に沿って一定に保たれます。
- I**: 放射強度 立体角あたりのパワー合計量です。
- $I_v$** : 光度 立体角あたりの、明所視感度曲線に合わせてスケールされた、パワー合計量です。

## 8 改訂履歴

| Changes from , to , (from Revision A (September 2017) to Revision B (June 2026)) | Page |
|--|------|
| • OPT3001 へのすべての参照を更新.....   | 3    |
| • <a href="#">表 2-1</a> を追加.....   | 4    |
| • 「ダーク ウィンドウの選択」セクションを更新しました。.....   | 5    |
| • 「ルクス メーターに基づくアプローチ」セクションを更新しました。.....  | 6    |
| • <a href="#">セクション 3.2.4</a> を追加.....   | 16   |

| Changes from Revision * (October 2014) to Revision A (September 2017) | Page |
|---|------|
| • 「ダーク ウィンドウの選択」セクションを更新しました。.....                                    | 5    |
| • 「ルクス メーターに基づくアプローチ」セクションを更新しました。.....                               | 6    |

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月