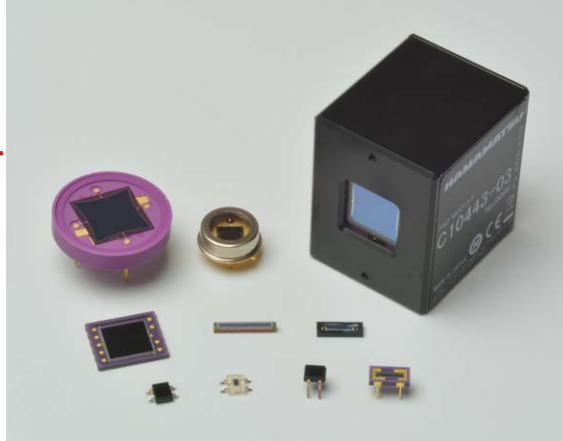


PSD

(位置検出素子)



目次

1. 構造、動作原理

- p02 [1-1 1次元PSD](#)
[1-2 2次元PSD](#)

2. 特性

- p03 [2-1 位置検出誤差](#)
[2-2 位置分解能](#)
[2-3 応答速度](#)
[2-4 飽和光電流](#)

3. 使い方

- p08 [3-1 動作回路例](#)
[3-2 PSD信号処理回路](#)

4. 応用例

- p09 [4-1 三角測距](#)
[4-2 ダイレクト位置検出](#)

光の入射位置を検出する方法として、多数の小型検出器を並べたり、多分割された検出器（イメージセンサなど）を用いて行う方法があります。これに対し、1個の検出器で光の入射位置を検出するものとしてPSD（Position Sensitive Detector）があります。

PSDは、フォトダイオードの表面抵抗を利用した非分割型の受光素子のため、連続した電気信号が得られ、位置分解能・応答性・信頼性に優れています。

位置・角度・歪み・振動の測定、レンズの反射・屈折の測定、レーザ変位計などの精密測定、光学的なリモートコントロール装置の他、測距装置・光電スイッチなど幅広い分野にPSDは用いられています。

- 優れた位置分解能
- 広い感度波長範囲
- 高速応答
- スポット光の光強度と光量重心位置を同時に検出
- 高信頼性

◆ 浜松ホトニクス社のPSD

タイプ	特徴
1次元PSD	● 可視光カットタイプ: 近赤外光の検出に適している ● 赤外高感度 ● レーザダイオードなどの微小スポット光の検出に適している ● 長尺型: 受光面長が20 mmを超える
2次元PSD	● 高速応答 ● 低暗電流 ● 優れた位置検出特性

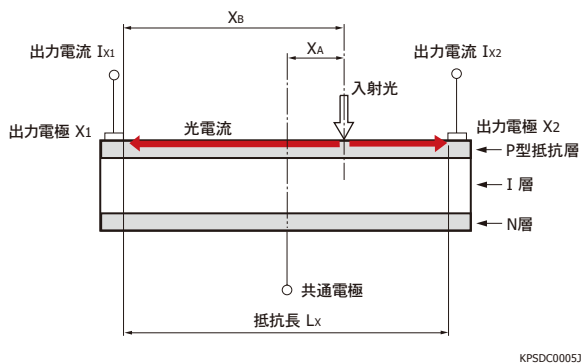
1. 構造、動作原理

PSDは、高抵抗半導体基板の片面または両面に均一な抵抗層を形成し、抵抗層の両端に信号取り出し用の1対の電極を設けた構造をもっています。受光面は抵抗層であると同時にPN接合をも形成しており、光起電力効果により光電流を生成します。

図1-1は、PSDの動作原理を示す断面構造図です。N型高抵抗Si基板の上に、受光面と抵抗層を兼ねたP型抵抗層を形成しており、その両端に1対の出力電極が形成されています。裏面はN層であり、共通電極が形成されています。基本的な構造は、表面のP型抵抗層を除けばPINフォトダイオードと同様の構造をしています。

PSDにスポット光が入射すると、入射位置には光量に比例した電荷が発生します。この電荷は光電流として抵抗層に到達し、それぞれの電極までの距離に逆比例して分割され、出力電極 X1、X2から取り出されます。

【図1-1】 PSDの断面構造図



KPSDC0005JB

図1-1におけるスポット光の入射位置と電極 X1、X2の出力電流の関係は、以下のようになります。

✳ PSD中心を原点とした場合

$$I_{X1} = \frac{L_x - X_A}{L_x} \times I_0 \dots (1-1) \quad I_{X2} = \frac{L_x + X_A}{L_x} \times I_0 \dots (1-2)$$

$$\frac{I_{X2} - I_{X1}}{I_{X1} + I_{X2}} = \frac{2X_A}{L_x} \dots (1-3) \quad \frac{I_{X1}}{I_{X2}} = \frac{L_x - 2X_A}{L_x + 2X_A} \dots (1-4)$$

✳ PSD端を原点とした場合

$$I_{X1} = \frac{L_x - X_B}{L_x} \times I_0 \dots (1-5) \quad I_{X2} = \frac{X_B}{L_x} \times I_0 \dots (1-6)$$

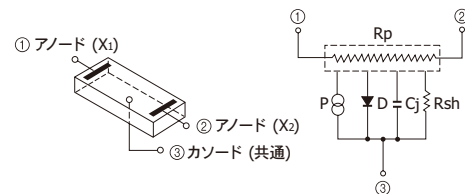
$$\frac{I_{X2} - I_{X1}}{I_{X1} + I_{X2}} = \frac{2X_B - L_x}{L_x} \dots (1-7) \quad \frac{I_{X1}}{I_{X2}} = \frac{L_x - X_B}{X_B} \dots (1-8)$$

I_{X1}: 電極 X1の出力電流
I_{X2}: 電極 X2の出力電流
I₀: 全光電流 (I_{X1} + I_{X2})
L_x: 抵抗長 (受光面の長さ)
X_A: PSDの電気的中心位置から入射位置までの距離
X_B: 電極 X1から入射位置までの距離

式 (1-1) (1-2) (1-5) (1-6)からI_{X1}、I_{X2}の値を求めて式 (1-3) (1-4) (1-7) (1-8)に入れると、光量およびその変化とは無関係に、光の入射位置を求めることができます。なお、ここで求められる光の入射位置は、光量の重心位置に当たります。

1 - 1 1次元PSD

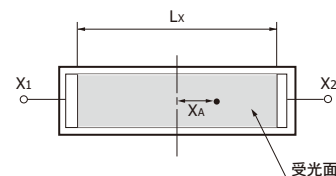
【図1-2】 構造図、等価回路 (1次元PSD)



P : 電流源
D : 理想的ダイオード
Cj : 接合容量
Rsh: 並列抵抗
Rp : ポジショニング抵抗

KPSDC0006JA

【図1-3】 受光面図 (1次元PSD)



KPSDC0010JB

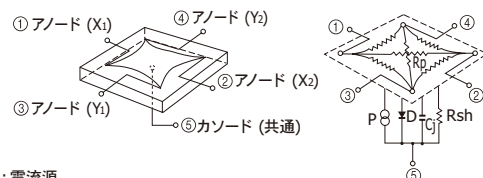
✳ 入射位置換算式 [図1-3参照]

$$\frac{I_{X2} - I_{X1}}{I_{X1} + I_{X2}} = \frac{2X_A}{L_x} \dots (1-9)$$

1 - 2 2次元PSD

2次元PSDは、電極相互の干渉を抑えるため、受光面・電極の形状を工夫しています。低暗電流、高速応答、逆電圧の印加が容易といった特長に加え、周辺部での歪みが大幅に抑えられています。入射位置換算式は、式 (1-10) (1-11)のようになります。

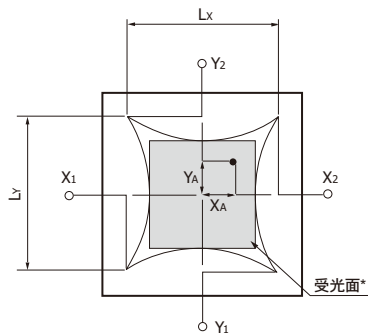
【図1-4】 構造図、等価回路 (2次元PSD)



P : 電流源
D : 理想的ダイオード
Cj : 接合容量
Rsh: 並列抵抗
Rp : ポジショニング抵抗

KPSDC0009JC

[図1-5] 受光面図 (2次元PSD)



* 受光面は内接する四角形で規定しています。

KPSDC0012JC

入射位置換算式 [図1-5参照]

$$\frac{(I_{X2} + I_{Y1}) - (I_{X1} + I_{Y2})}{I_{X1} + I_{X2} + I_{Y1} + I_{Y2}} = \frac{2X_A}{L_X} \dots\dots\dots (1-10)$$

$$\frac{(I_{X2} + I_{Y2}) - (I_{X1} + I_{Y1})}{I_{X1} + I_{X2} + I_{Y1} + I_{Y2}} = \frac{2Y_A}{L_Y} \dots\dots\dots (1-11)$$

2. 特性

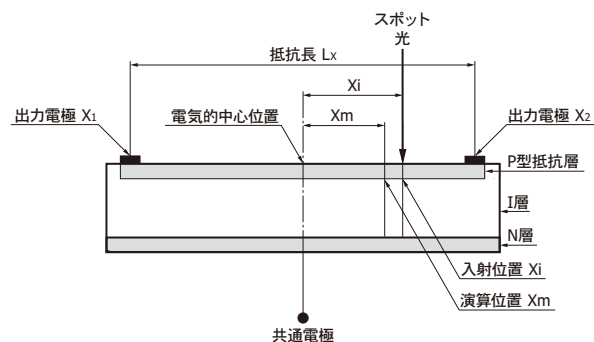
2-1 位置検出誤差

PSDは、各出力電極より取り出される光電流からスポット光の入射位置を演算することができます。ここで求められる入射位置は光量の重心位置であり、スポット光の大きさ・形状・光量の影響を受けません。

しかし、実際の入射位置と演算によって求められる位置 (演算位置) の誤差は、PSDによってバラツキがあります。その誤差、すなわち位置検出誤差は、PSDの最も重要な特性の1つです。

PSDにスポット光を入射し、各出力電極から取り出される光電流値が等しくなるPSD上のスポット光の入射位置を電気的中心位置と呼びます。この電気的中心位置を原点として、スポット光の入射位置と光電流値より演算された入射位置との差を位置検出誤差と定義しています。

[図2-1] PSDの断面図



KPSDC0071JB

位置検出誤差の計算方法は次の通りです。図2-1において電気的中心位置を基準 (原点) として、スポット光の実際の入射位置をXi、各出力電極からの光電流をIX1およびIX2、演算された位置をXmとします。ここでXiとXmの差を位置検出誤差 (E) と定めます。

$$E = X_i - X_m [\mu\text{m}] \dots\dots\dots (2-1)$$

Xi : 実際の入射位置 [μm]
Xm: 演算位置 [μm]

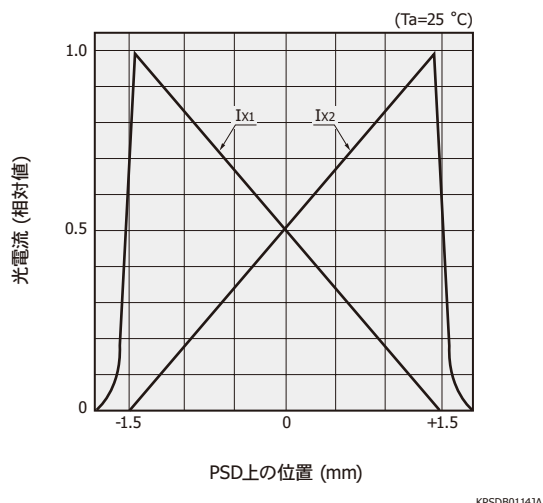
$$X_m = \frac{I_{X2} - I_{X1}}{I_{X1} + I_{X2}} \times \frac{L_X}{2} \dots\dots\dots (2-2)$$

位置検出誤差の測定条件を以下に示します。

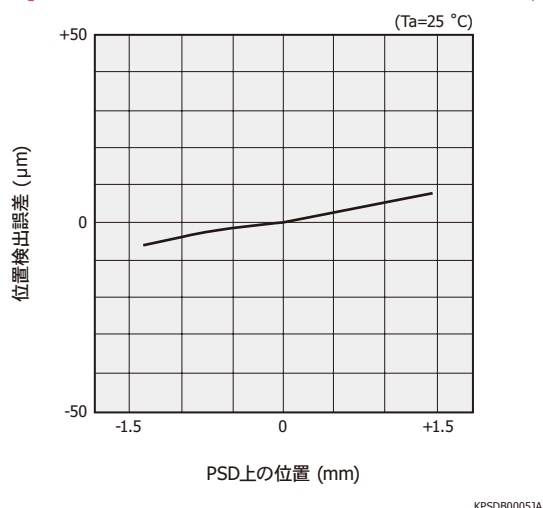
- ・ 光源 : $\lambda=830 \text{ nm}$
- ・ スポット光サイズ: $\phi 200 \mu\text{m}$
- ・ 全光電流値 : $10 \mu\text{A}$
- ・ 逆電圧 : データシート記載の所定の電圧

図2-2・図2-3に、抵抗長 3 mmの1次元PSD (S4583-04など)を使って測定した際の光電流測定例と、そのデータをもとに位置検出誤差を求めた結果を示します。

[図2-2] 1次元PSDの光電流測定例 (S4583-04など)



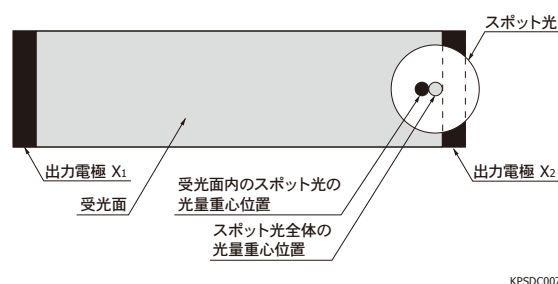
[図2-3] 1次元PSDの位置検出誤差の例 (S4583-04など)



》位置検出誤差の規定範囲

PSDは受光面全域での位置検出が可能です。図2-4のようにスポット光の一部が受光面からはみ出した場合、スポット光の光量重心位置と受光面上の光量重心位置にズレが生じて、正確な位置検出ができなくなります。したがって、スポット光のサイズに合わせてPSDを選択する必要があります。

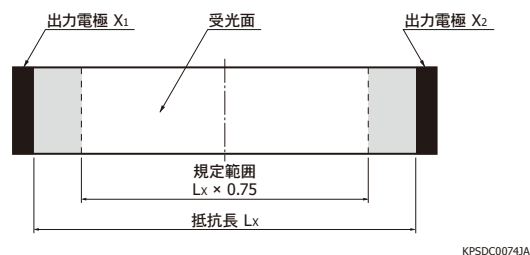
[図2-4] スポット光の光量重心位置



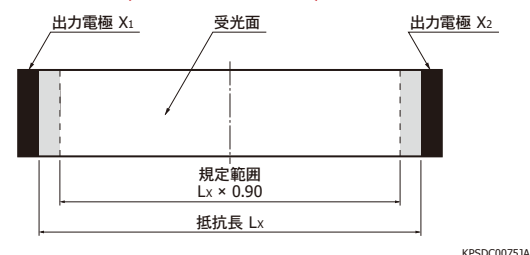
位置検出誤差の規定範囲については、図2-5のように設定しています。

[図2-5] 位置検出誤差の規定範囲

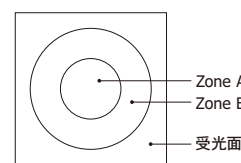
(a) 1次元PSD (抵抗長 ≤ 12 mm)



(b) 1次元PSD (抵抗長 > 12 mm)



(c) 2次元PSD



Zone A: 受光面の1片の長さに対し40%の直径の円内
Zone B: 受光面の1片の長さに対し80%の直径の円内

KPSDC00633A

2次元PSDの周辺部は、中心部に比べ位置検出誤差が大きいため、Zone AとZone Bに区別して規定しています。

2 - 2 位置分解能

PSDの受光面上で検出できるスポット光の最小変位を位置分解能として定義し、受光面上の距離で表します。位置分解能は、PSDの抵抗長とS/Nによって決まります。位置演算式 (1-6)を例にとると、式 (2-3)が成り立ちます。

$$Ix2 + \Delta I = \frac{XB + \Delta X}{Lx} \times Io \dots\dots\dots (2-3)$$

ΔI : 出力電流の変化
 ΔX : スポット光の微小変位

したがって、 ΔX は式 (2-4)で表されます。

$$\Delta X = Lx \times \frac{\Delta I}{Io} \dots\dots\dots (2-4)$$

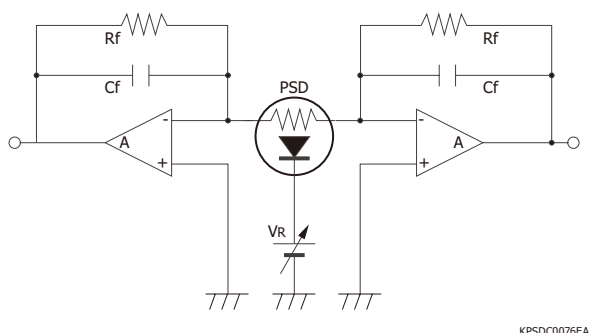
位置変化が無限小になった場合は、出力電流 $Ix2$ に含まれるノイズ成分が分解能を決定します。一般にPSDの

ノイズ電流を I_n とすると、位置分解能 (ΔR)は式 (2-5)で表されます。

$$\Delta R = L_x \times \frac{I_n}{I_o} \quad \text{..... (2-5)}$$

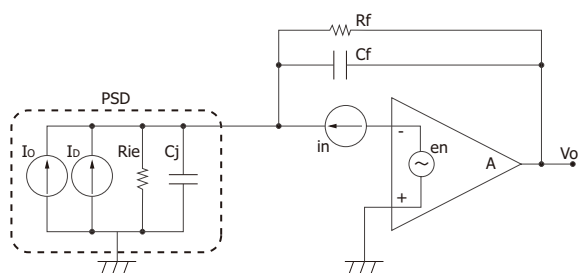
1次元PSDを電流-電圧変換型オペアンプと接続して使用する場合の接続例を図2-6に示します。また、図2-7にそのノイズモデルを示します。

【図2-6】 1次元PSDと電流-電圧変換型オペアンプとの接続例



KPSDC0076EA

【図2-7】 ノイズモデル



I_o : 光電流
 I_d : 暗電流
 R_{ie} : 電極間抵抗
 C_f : 接合容量
 R_f : フィードバック抵抗
 C_f : フィードバック容量
 i_n : オペアンプの入力換算雑音電流
 e_n : オペアンプの入力換算雑音電圧
 V_o : 出力電圧

KPSDC00773A

ノイズ電流

位置分解能を決定するノイズ電流について説明します。

(1) $R_f \gg R_{ie}$ の場合

電流-電圧変換回路のフィードバック抵抗 (R_f)が、PSDの電極間抵抗 (R_{ie})と比較して十分大きな値である場合、式 (2-8)でノイズ電流を計算します。このとき、 $1/R_f$ は $1/R_{ie}$ と比べて十分小さい値とみなせるため無視できます。

光電流および暗電流に起因するショットノイズ電流 I_s

$$I_s = \sqrt{2q \times (I_o + I_d) \times B} \quad \text{..... (2-6)}$$

q : 1電子当たりの電荷量 [C]
 I_o : 光電流 [A]
 I_d : 暗電流 [A]
 B : 帯域幅 [Hz]

電極間抵抗で発生する熱雑音電流 (ジョンソンノイズ電流) I_j

$$I_j = \sqrt{\frac{4kTB}{R_{ie}}} \quad \text{..... (2-7)}$$

k : ボルツマン定数 [J/K]
 T : 絶対温度 [K]
 R_{ie} : 電極間抵抗 [Ω]

注) 通常 $R_{sh} \gg R_{ie}$ のため、 R_{sh} については無視できます。

オペアンプの入力換算雑音電圧によるノイズ電流 I_{en}

$$I_{en} = \frac{e_n}{R_{ie}} \sqrt{B} \quad \text{..... (2-8)}$$

e_n : オペアンプの入力換算雑音電圧 [V/Hz^{1/2}]

PSDのノイズ電流 (I_n)は、式 (2-6) (2-7) (2-8)の和より実効値 (rms)として式 (2-9)で表されます。

$$I_n = \sqrt{I_s^2 + I_j^2 + I_{en}^2} \quad \text{..... (2-9)}$$

(2) R_f の影響が R_{ie} に対して無視できない場合

($\frac{R_{ie}}{R_f} > 0.1$ 程度のとき)

ノイズ電流は、出力雑音電圧に換算して求めます。この場合、式 (2-6) (2-7) (2-8)は、出力電圧換算をするとそれぞれ次のようになります。

$$V_s = R_f \times \sqrt{2q \times (I_o + I_d) \times B} \quad \text{..... (2-10)}$$

$$V_j = R_f \times \sqrt{\frac{4kTB}{R_{ie}}} \quad \text{..... (2-11)}$$

$$V_{en} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{ie}}\right) \times e_n \times \sqrt{B} \quad \text{..... (2-12)}$$

さらにフィードバック抵抗の熱雑音とオペアンプの入力換算雑音電流が加わり、以下ようになります。

フィードバック抵抗で発生する熱雑音電圧 V_{Rf}

$$V_{Rf} = R_f \times \sqrt{\frac{4kTB}{R_f}} \quad \text{..... (2-13)}$$

オペアンプの入力換算雑音電流の雑音電圧 V_{in}

$$V_{in} = R_f \times i_n \times \sqrt{B} \quad \text{..... (2-14)}$$

i_n : オペアンプの入力換算雑音電流 [A/Hz^{1/2}]

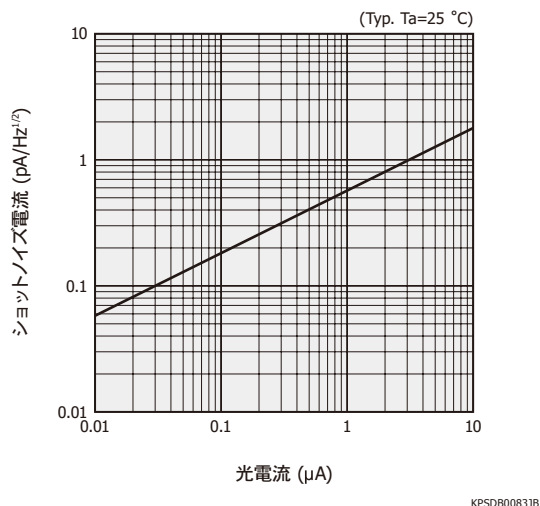
そのため、オペアンプの出力雑音電圧 (V_n)は実効値 (rms)として、式 (2-15)で表されます。

$$V_n = \sqrt{V_s^2 + V_j^2 + V_{en}^2 + V_{Rf}^2 + V_{in}^2} \quad \text{..... (2-15)}$$

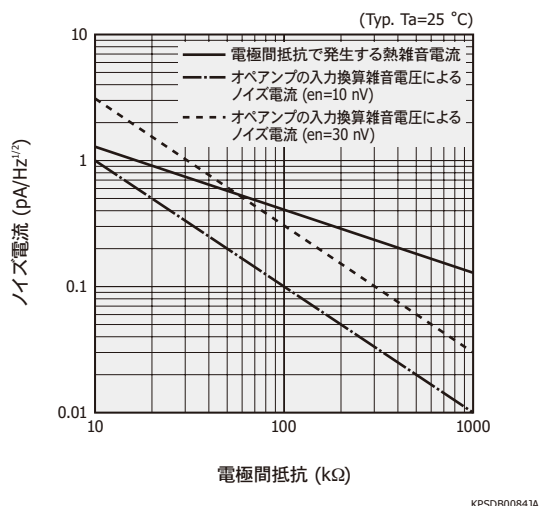
図2-8は、 $R_f \gg R_{ie}$ のときのショットノイズ電流、光電流をパラメータにして表したものです。また、熱雑音、およびオペアンプの入力換算雑音電圧によるノイズ電流、電極間抵抗をパラメータにして表したものが図2-9です。電

極間抵抗が10 kΩ程度のPSDでは、使用するオペアンプの特性がノイズ電流を決める要因となるため、低ノイズ電流のオペアンプを使用する必要があります。また、電極間抵抗が100 kΩを超えるPSDでは、PSD自体の電極間抵抗による熱雑音が支配的になります。

[図2-8] ショットノイズ電流-光電流



[図2-9] ノイズ電流-電極間抵抗



このようにPSDは、電極間抵抗と光電流により位置分解能が決まります。この点が他の分割型検出器と最も異なる点です。なお、電極間抵抗が高いPSD、抵抗長が短いPSDは、位置分解能が優れています。

PSDの使用に際し位置分解能を向上させるには、以下の手法が有効です。

- ・ 入射光量を増やす。
- ・ 適切なノイズ特性のオペアンプを使用する。

当社は、光電流 1 μA、回路系入力ノイズ 1 μV (31.6 nV/Hz^{1/2})、周波数帯域 1 kHzを規定条件として位置分解能を計算しています。

2-3 応答速度

フォトダイオードと同様にPSDの応答速度は、生成したキャリアをどれだけ速く外部回路へ電流として取り出せるかを示す値です。通常、応答速度は上昇時間で表します。PSDの受光面上のスポット光の位置が高速で移動する場合や、信号光源をパルス点灯させて背景光を除去して使用する場合などにPSDの応答速度が問題となります。上昇時間は、出力信号が10%から90%に達する時間で規定され、主に以下の2つの要素で決まります。

(1) 電極間抵抗、負荷抵抗、端子間容量の時定数 t_1

PSDの電極間抵抗 (R_{ie})は基本的には負荷抵抗 (R_L)として働くため、電極間抵抗と端子間容量 (C_t)によって表される時定数 t_1 は式 (2-16)のようになります。

$$t_1 = 2.2 \times C_t \times (R_{ie} + R_L) \dots\dots\dots (2-16)$$

PSDの電極間抵抗は電極間に分布していますが、当社は受光面中心での応答速度を定義しているため、式 (2-16)はおおよそ式 (2-17)のようになります。

$$t_1 = 0.5 \times C_t \times (R_{ie} + R_L) \dots\dots\dots (2-17)$$

(2) 空乏層外生成キャリアの拡散時間 t_2

空乏層外生成キャリアは、PSDの受光面から外れたチップ周辺部に光が入射した場合や、空乏層よりさらに深い基板内で光が吸収された場合に発生します。このキャリアは、基板内を拡散し出力されますが、拡散に要する時間 t_2 は数μs以上になることがあります。

PSDの上昇時間 (t_r)は式 (2-18)で近似され、応答波形は図2-10のようになります。

$$t_r \doteq \sqrt{t_1^2 + t_2^2} \dots\dots\dots (2-18)$$

[図2-10] PSDの応答波形例

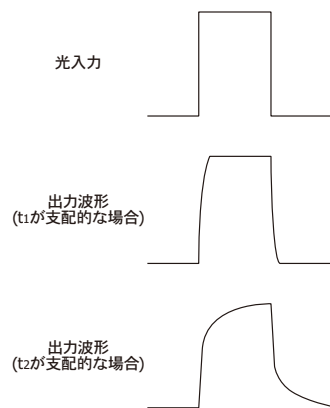
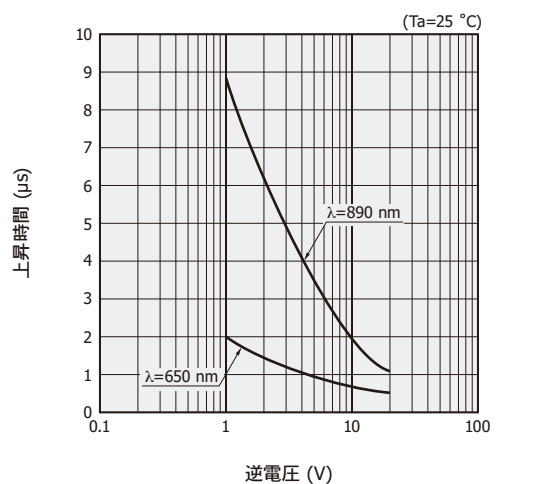


図2-11は、異なる波長の入射光における上昇時間と逆電圧の関係を示した例です。入射光の波長を短くして逆電圧を大きくすることが、上昇時間を速くするため

に有効であることが分かります。また、電極間抵抗の小さいPSDを選択することも有効です。

[図2-11] 上昇時間-逆電圧 (代表例)



2-4 飽和光電流

PSDを屋外など背景光の多い場所を使用する場合や、信号光量が極めて大きい場合、光電流によるPSDの飽和を考慮する必要があります。図2-12は、PSDが飽和していない場合の出力例です。この場合、受光面全域で直線性があり、PSDは正常に機能しています。

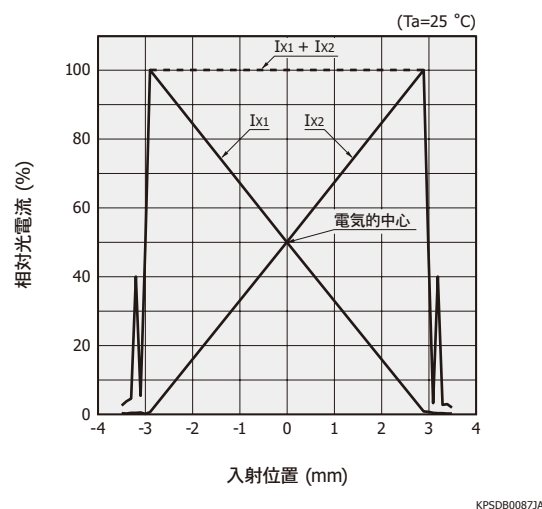
図2-13は、PSDが飽和した場合の出力例です。この場合、出力の直線性が失われ、PSDは正常に機能しなくなります。

PSDの飽和現象は、電極間抵抗と逆電圧に依存しています [図2-14]。飽和光電流は、受光面全域に光を入射させたときの全光電流値で規定しています。微小スポット光の入射時は、部分的に電流が集中するため、この値よりも低い値になります。なお、受光面積が小さいPSD、電極間抵抗が低いPSDは、飽和現象が発生しにくくなります。

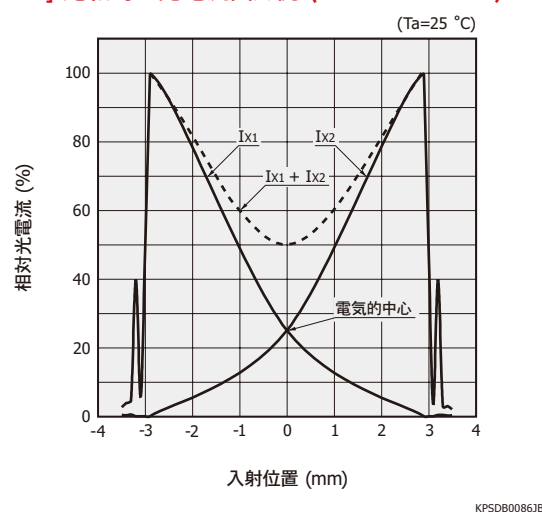
PSDの使用に際し飽和現象を避けるためには、以下の方法が有効です。

- ・ 光学フィルタで背景光をカットする。
- ・ 逆電圧を上げる。
- ・ スポット光サイズを大きくする。

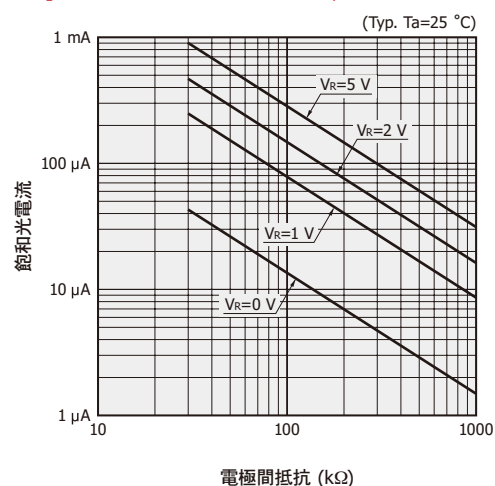
[図2-12] 正常動作時の光電流出力例 (S15430-02CT)



[図2-13] 飽和時の光電流出力例 (S15430-02CT)



[図2-14] 飽和光電流-電極間抵抗 (受光面全域照射時)



3. 使い方

3-1 動作回路例

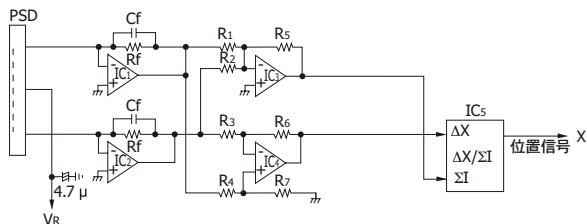
PSDの出力は電流であるため、オペアンプを用いて電圧信号に変換し専用ICで演算処理を行う方法が一般的です。代表的な回路例を図3-1・図3-2に示します。PSDの受光面内にスポット光が入射している場合、PSDと光源の距離や光源の輝度の変化で入射光量が変動しても、位置演算出力は変化しません。

背景光がある場合は、背景光による光電流を除去するために光源をパルス点灯し、図3-2の回路例のようにPSDとI/V変換器を交流結合して交流成分だけを取り込みます。

図3-3は、PCへのデータ取り込みが可能なデジタル出力を備えた回路のブロック図です。PSDの出力電流をI/V変換・A/D変換した後、マイコンで演算処理しています。

【図3-1】 DC動作回路例

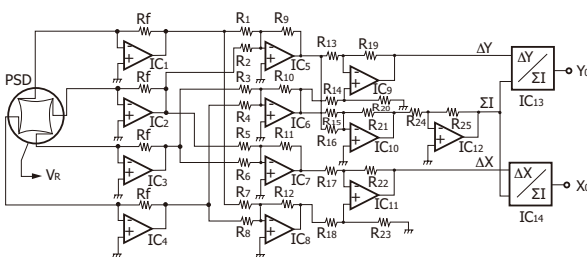
(a) 1次元PSD用



R1-R7 : 同抵抗
Rf : 入力レベルに応じて決定
IC1-IC4: 低ドリフト型オペアンプ (TL071など)
IC5 : アナログ割算器

KPSDC00853C

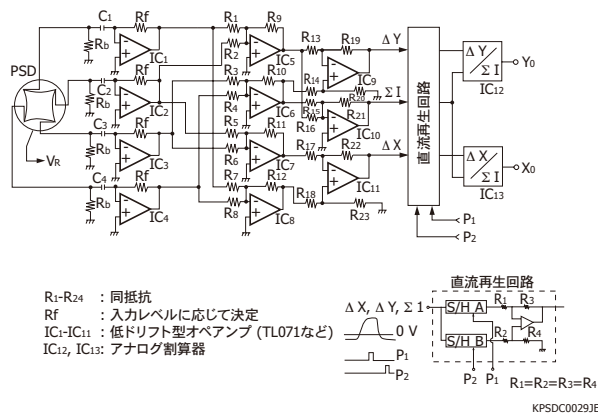
(b) 2次元PSD用



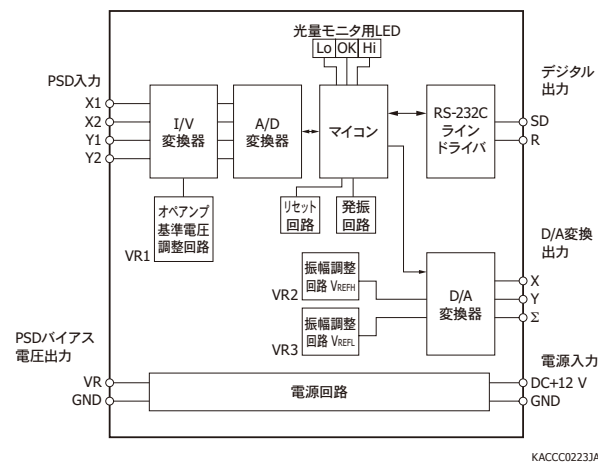
R1-R25 : 同抵抗
Rf : 入力レベルに応じて決定
IC1-IC12 : 低ドリフト型オペアンプ (TL071など)
IC13, IC14: アナログ割算器

KPSDC00263E

【図3-2】 AC動作回路例 (2次元PSD用)



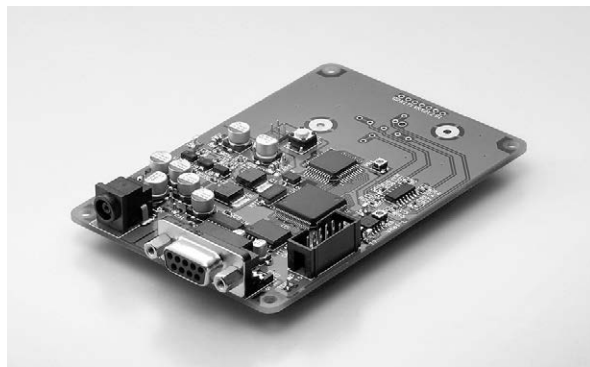
【図3-3】 デジタル出力DC動作回路のブロック図 (C9069)



KACCC02233A

3-2 PSD信号処理回路

【図3-4】 2次元PSD信号処理回路 C9069



当社は、1次元／2次元PSDの評価を容易に行うため各種のPSD信号処理回路を用意しています。DC信号処理回路は、前述のDC動作回路例に類似したI/V変換器・加減算回路・アナログ割算回路をコンパクトなボードにまとめたものです。AC信号処理回路は、前述のAC動作回路例に加えて同期回路・LED駆動回路を内蔵しているため、電源 (±15 V) とLEDを配線するだけで測定を開始できます。

デジタル出力信号処理回路は、加減算・割算などの位

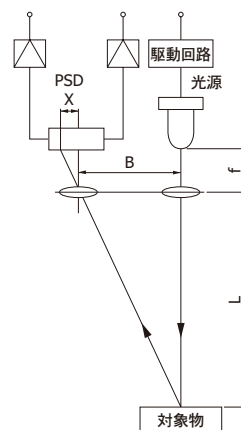
置演算をすべてマイコン処理しているため、入射光量が大きく輝度変化が小さい測定において安定した位置出力が得られます。また、電源としてACアダプタを使用するため、取り扱いが容易です。

4. 応用例

4-1 三角測距

三角測距の原理を図4-1に示します。光源（LEDやLDなど）から照射された光を投光レンズで集光し測定対象物に当てて、その反射光を受光レンズを介してPSD受光面上に入射させます。光源とPSDの間隔（基線長）を B 、レンズの焦点距離を f 、スポット光のPSD上の中心からの移動距離を X とすると、測定対象物までの距離 L は $(1/X) \times f \times B$ で表されます。この方式では、測定対象物の反射率の違いや光源のパワーの強弱に関係なく測距できるという特長があります。レーザ変位計には、この原理が応用されています。

【図4-1】 三角測距の原理



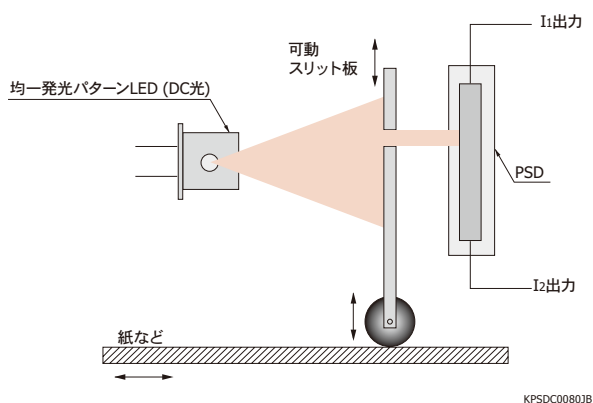
KPSDC00861A

4-2 ダイレクト位置検出

ダイレクト位置検出の原理を図4-2に示します。光源（LEDやLDなど）から照射された光が、スリットを通過しPSD受光面上に入射します。スリットの移動に対応して、PSD受光面上の入射光位置も変位します。その位置情報を演算することで、スリットの変位量が分かります。

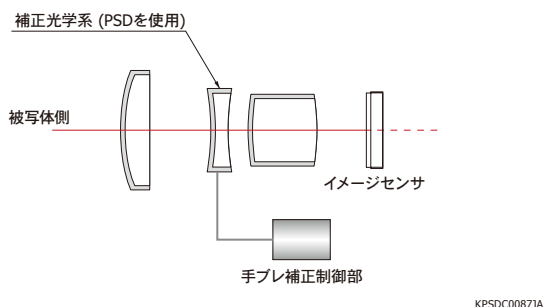
図4-3は、カメラの光学式手ブレ補正の応用例です。手ブレによってカメラのレンズがブレたときに、補正光学系（PSDを使用）をブレの方向に平行移動させ、像の中心をイメージセンサの受光部の中央に戻すことで画像のブレを補正します。PSDは、補正光学系と一体となっているスリットの移動（位置情報）を検出し位置制御に使用されます。

【図4-2】ダイレクト位置検出の例

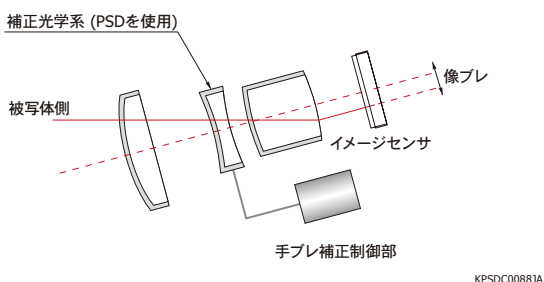


【図4-3】カメラの光学式手ブレ補正

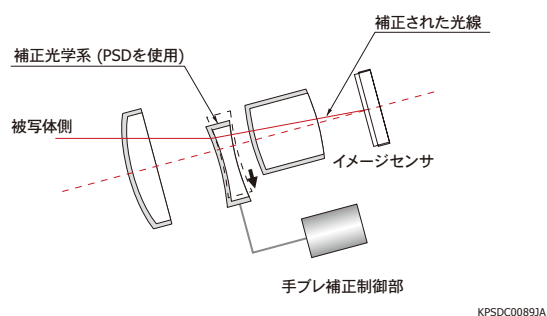
(a) 手ブレのない状態



(b) 手ブレが発生した状態



(c) 手ブレ補正をした状態 (補正光学系を移動)



本資料の記載内容は、令和3年6月現在のものです。

製品の仕様は、改良などのため予告なく変更することがあります。本資料は正確を期するため慎重に作成されたものですが、まれに誤記などによる誤りがある場合があります。本製品を使用する際には、必ず納入仕様書をご用命の上、最新の仕様をご確認ください。

本製品の保証は、納入後1年以内に瑕疵が発見され、かつ弊社に通知された場合、本製品の修理または代品の納入を限度とします。ただし、保証期間内であっても、天災および不適切な使用に起因する損害については、弊社はその責を負いません。

本資料の記載内容について、弊社の許諾なしに転載または複製することを禁じます。

浜松ホトニクス株式会社

www.hamamatsu.com

仙台営業所 〒980-0021 仙台市青葉区中央3-2-1 (青葉通プラザ11階)
 筑波営業所 〒305-0817 つくば市研究学園5-12-10 (研究学園スクウェアビル7階)
 東京営業所 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-8-21 (虎ノ門33森ビル5階)
 中部営業所 〒430-8587 浜松市中区砂山町325-6 (日本生命浜松駅前ビル)
 大阪営業所 〒541-0052 大阪市中央区安土町2-3-13 (大阪国際ビル10階)
 西日本営業所 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東1-13-6 (いちご博多イーストビル5階)

TEL (022) 267-0121 FAX (022) 267-0135
 TEL (029) 848-5080 FAX (029) 855-1135
 TEL (03) 3436-0491 FAX (03) 3433-6997
 TEL (053) 459-1112 FAX (053) 459-1114
 TEL (06) 6271-0441 FAX (06) 6271-0450
 TEL (092) 482-0390 FAX (092) 482-0550

固体営業推進部 〒435-8558 浜松市東区市野町1126-1 TEL (053) 434-3311 FAX (053) 434-5184