

応用回路例

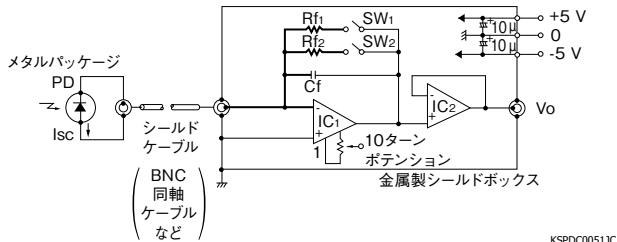
■ 極微弱光検出回路

極微弱光を検出する回路では、周囲からの電磁ノイズ、電源からの交流ノイズ、オペアンプのもつノイズなどを低減するための対策が必要です。

周囲からの電磁ノイズに対しては、図4のような対策を行います。

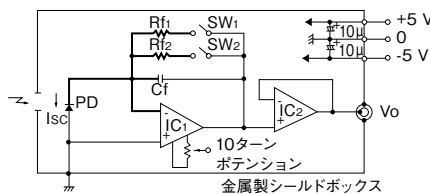
図4 極微弱光センサヘッド

(a) シールドケーブルをフォトダイオードに接続した例



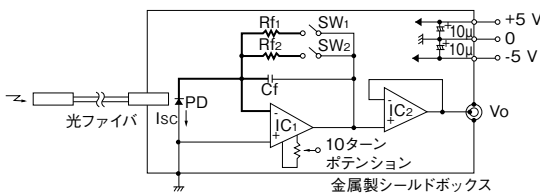
KSPDC0051JC

(b) 回路全体を金属製シールドボックスに収納した例



KSPDC0052JB

(c) 光ファイバを使用した例



KSPDC0053JB

太線の部分は、ガードパターン内またはテフロン端子上に配線
 IC1: FET入力オペアンプなど
 IC2: OP07など
 Cf: 10 pF~100 pF スチコン
 Rf: 10 GΩ max.
 SW: リーク電流の小さいリードリレースイッチ
 PD: S1226/S1336/S2386シリーズ, S2281など

$$V_o = I_{sc} \times R_f [V]$$

フォトダイオードからの信号をカソード端子から取り出すことも有効な対策です。電源からの交流ノイズに対しては、電源ラインにRCフィルタやLCフィルタを入れることで対策を行います。なお、電源として乾電池を使用することも有効な対策となります。オペアンプのもつノイズに対しては、1/fノイズが小さく入力換算雑音電流の低いオペアンプを選択することによって対策を行います。さらに、信号の周波数帯域に合わせて回路の周波数帯域を帰還容量 (Cf) を用いて制限することによって、高周波ノイズを低減します。

次に、出力誤差 (オペアンプの入力バイアス電流や入力オフセット電圧、回路配線の引き回し、回路基板表面のリーク電流などによる) の低減が必要です。入力バイアス電流が数百fA以下で、FET入力型オペアンプか低1/fノイズでCMOS入力型オペアンプを選択します。さらに、入力オフセット電圧が数mV以下で、オフセット調整端子があるオペアンプが有効です。回路基板は、高絶縁抵抗の材質のものを使用します。フォトダイ

オードからオペアンプの入力端子までの配線、および帰還抵抗と帰還容量の入力側配線は、ガードパターンを使用するか、テフロン端子を使用した空中配線を行い、基板表面のリーク電流対策を行います。

なお当社は、極微弱光検出用フォトダイオード用アンプとしてフォトセンサアンプ C6386-01、C9051、C9329を用意しています。

図5 フォトセンサアンプ

(a) C6386-01



(b) C9051



(c) C9329

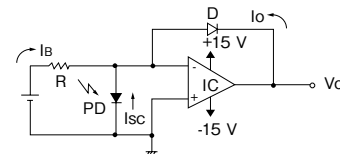


フォトダイオード、BNC-BNCプラグ付同軸ケーブルは別売

■ 光量-対数電圧変換回路

光量-対数電圧変換回路 [図6] の出力電圧は、検出光量の対数的変化に比例します。対数変換用のログダイオード Dは、低暗電流で低直列抵抗のタイプを使用します。小信号トランジスタのB-E間や接合型FETのG-S間をログダイオードとして利用することもできます。Ibは、Dにバイアス電流を供給して回路動作点を設定するための電流源です。Ibを供給しないと、フォトダイオードの短絡電流 I_{sc} がゼロになったとき回路がラッチアップします。

図6 光量-対数電圧変換回路



D: 低暗電流で低直列抵抗のダイオード
 Ib: 回路動作点設定用電流源, $I_b \ll I_{sc}$
 R: 1 GΩ~10 GΩ
 Io: Dの飽和電流, $10^{-15} \sim 10^{-12}$ A
 IC: FET入力型オペアンプなど

$$V_o \approx -0.06 \log \left(\frac{I_{sc} + I_b}{I_o} + 1 \right) [V]$$

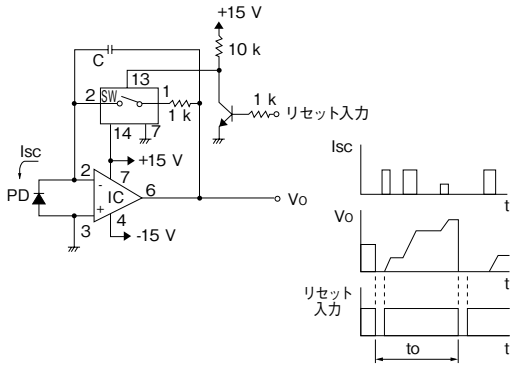
KPDC00213A

■ 光量積分回路

フォトダイオードとオペアンプの積分回路を用いた光量積分回路です。波高値・周期・パルス幅などが不規則な光パルス列の積算光量や平均光量の測定などに使用します。

図7のICは積分器で、パルス光によって発生する短絡電流 I_{sc} を積分コンデンサ Cに蓄えます。リセット直前の出力電圧 V_o と積分時間 toおよび既知のCの値から、短絡電流の平均値が求められます。リセット時の誤差をなくすため、Cは誘電吸収が小さいコンデンサを使用します。なお、SWはCMOS型アナログスイッチです。

図7 光量積分回路



リセット入力: TTL lowレベルでリセット
 IC : LF356など
 SW : CMOS 4066
 PD : S1226/S1336/S2386シリーズなど
 C : ポリカーボネートコンデンサなど

$$V_o = I_{sc} \times t_o \times \frac{1}{C} [V]$$

KPDC00273B

■ 簡易照度計 (1)

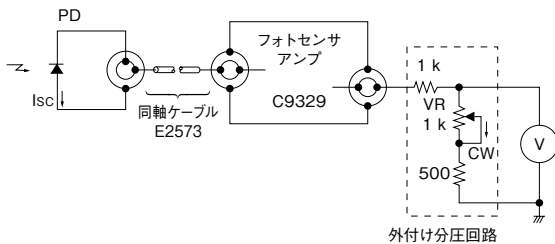
視感度補正された当社製Siフォトダイオード S9219とフォトセンサアンプ C9329を用いた簡易照度計回路です。図8のように、C9329の出力に抵抗を用いた分圧回路を外付けして1 Vレンジの電圧計に接続することによって、最大1000 lxの照度を測定できます。

この回路の校正には標準光源を使用しますが、標準光源がない場合は100 Wの白色光源を利用して簡易的な校正を行うことも可能です。

校正方法を以下に示します。初めにC9329のLレンジを選択し、可変抵抗器 VRを時計方向へ止まるまで回します。この状態でS9219を遮光して、電圧計が0 mVになるようにC9329のゼロ調整ボリュームを回して調整します。次に白色光源を点灯させ、電圧計の表示が0.225 Vとなるように白色光源とS9219との距離を調整します (このときS9219の表面の照度は約100 lxになります)。続いて電圧計の表示が0.1 VとなるようにVRを反時計方向に回して調整し、校正を終了します。

校正後は、C9329のLレンジで1 mV/lx、Mレンジで100 mV/lxの出力となります。

図8 簡易照度計 (1)



PD: S9219 (4.5 μA/100 lx)

KSPDC00543B

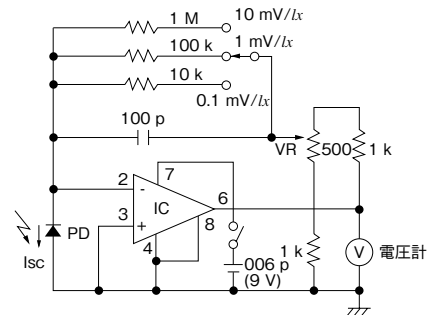
■ 簡易照度計 (2)

視感度補正されたSiフォトダイオード S7686とオペアンプの電流-電圧変換回路を用いた簡易照度計回路です。1 Vレンジの電圧計に接続することによって、最大10000 lxの照度を測定できます。

オペアンプは、入力バイアス電流が小さい単電源の低消費電力タイプを使用します。この校正は100 Wの白色電球を利用した簡易的な方法で行うことが可能です。

初めに10 mV/lxレンジを選択し、メータ校正用ボリュームのしゅう動端子とオペアンプの出力端子を短絡します。次に白色光源を点灯させ、電圧計の表示が0.45 Vとなるように白色光源とS7686との距離を調整します (このときS7686の表面の照度は約100 lxになります)。続いて電圧計の指示が1.0 Vとなるようにメータ校正用ボリュームを調整し、校正を終了します。

図9 簡易照度計 (2)



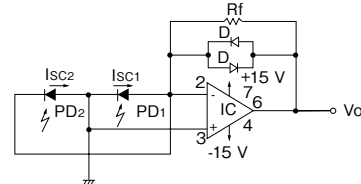
VR : メータ校正用可変抵抗
 IC : TLC271など
 PD : S7686 (0.45 μA/100 lx)

KPDC00183D

■ 光量バランス検知回路

図10は、逆並列接続した2つのSiフォトダイオード PD1・PD2とオペアンプの電流-電圧変換回路を用いた光量バランス検知回路です。受光感度は帰還抵抗 Rfの値で決まります。PD1・PD2に入射する光量が等しいとき、出力電圧 Voはゼロになります。2つのダイオード Dが逆接続されているため、PD1・PD2の受光量がアンバランスの状態ではVo=±0.5 V程度の範囲に制限され、バランス状態の近傍だけを高感度に検知できます。またフィルタを用いて、特定波長領域の光量バランス検知に利用することができます。

図10 光量バランス検知回路



PD: S1226/S1336/S2386シリーズなど
 IC : LF356など
 D : ISS226など

$$V_o = R_f \times (I_{sc2} - I_{sc1}) [V]$$

(ただしVo < ±0.5 V)

KPDC00173B

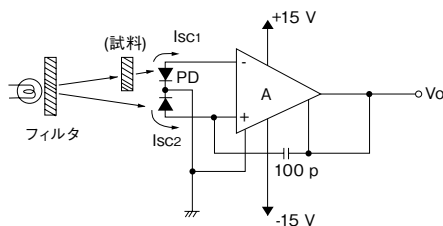
■ 吸光度計

専用ICと2つのSiフォトダイオードを使用した、2つの電流入力の対数比が得られる吸光度計です [図11]。光源の光の強度と試料を通過した後の光の強度を2つのSiフォトダイオードで測定して比較することで、試料の吸光度を測ることができます。

初めに2つのSiフォトダイオードの短絡電流が同じ値になるように絞りなどの光学系を調整して、出力電圧 V_o が 0 V となるようにします。次に、試料を片側の光路に挿入します。このときの出力電圧の値が、試料の吸光度となります。吸光度 A と出力電圧 V_o の関係は、 $A = -V_o$ [V] で表されます。

必要に応じて、図11のように光源の前にフィルタを設置することで、特定波長領域や単色光での分光吸光度を測定することができます。

図11 吸光度計



A : Logアンプ
PD: S5870など

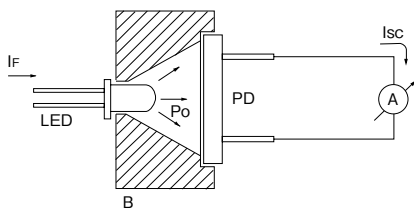
$$V_o = \log(I_{sc1} / I_{sc2}) [V]$$

KPDC00253C

■ LED全放射光量測定

LEDの発光波長幅は数十nm程度と狭いため、LEDのピーク発光波長におけるSiフォトダイオードの受光感度からLEDの放射光量を知ることができます。図12においてLED側面からの光放射成分は、表面を鏡面加工した反射ブロック Bで正面側に反射され、全放射光量がSiフォトダイオードで検知されます。

図12 LEDの全放射光量の測定



A : 電流計, 1 mA~10 mA
PD: S2387-1010R
B : アルミニウムブロック, 内側金メッキ
S : Siフォトダイオードの受光感度
カタログの特性表参照
S2387-1010R: 930 nmでは $S=0.58 \text{ A/W}$
 P_o : 全放射光量

$$P_o \approx \frac{I_{sc}}{S} [W]$$

KPDC00263A

■ 高速／光検出回路 (1)

逆電圧を印加して低容量化したSi PINフォトダイオードと、高速オペアンプの電流-電圧変換回路を使用した高速／光検出回路です [図13]。この回路の周波数帯域は、オペアンプの特性で制約され、100 MHz程度以下になります。

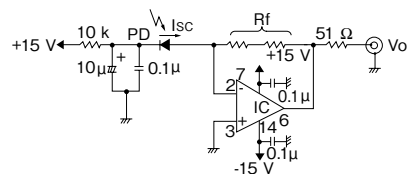
周波数帯域が1 MHzを超える回路では、各部品のリードインダクタンスや帰還抵抗 R_f の浮遊容量が応答速度に大きな影響を与えます。そのため、チップ部品を使用して部品のリードインダクタンスを低減したり、複数の抵抗を直列接続して抵抗の浮遊容量を低減して、その影響を抑えます。

また、オペアンプの入力部分の基板パターンで生じる浮遊容量やインダクタンス、フォトダイオードのリードインダクタンスの影響を低減するため、フォトダイオードのリード線は極力短くし、オペアンプとできる限り短く太いパターンで配線します。性能向上のためには、基板銅箔面全面を接地電位として使用するグランドプレーン構造が効果的です。

なお、オペアンプの電源ラインに接続するコンデンサ0.1 μF にはセラミックコンデンサを使用し、直近の接地電位に最短距離で接続します。

当社は、周波数帯域100 MHzのPINフォトダイオード用フォトセンサアンプ C8366を用意しています。

図13 高速／光検出回路 (1)



PD: 高速PINフォトダイオード (S5971, S5972, S5973など)
 R_f : 並列容量を避けるため複数個直列
IC : AD745, LT1360, HA2525など

$$V_o = -I_{sc} \times R_f [V]$$

KPDC00203D

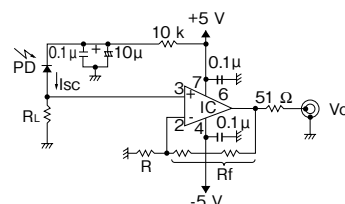
図14 フォトセンサアンプ C8366



■ 高速／光検出回路 (2)

逆電圧を印加して低容量化したSi PINフォトダイオードの短絡電流を負荷抵抗 R_L で電圧変換し、高速オペアンプで電圧増幅する高速／光検出回路です [図15]。この回路ではオペアンプの位相ズレに基づくゲインピーキングの恐れがありません。オペアンプの選択によって周波数帯域が100 MHz以上の回路が可能です。使用部品・パターン・構造についての注意点は前述の「高速／光検出回路 (1)」と同様です。

図15 高速／光検出回路 (2)



PD : 高速PINフォトダイオード
(S5971, S5972, S5973, S9055, S9055-01など)
 R_L, R, R_f : オペアンプの推奨条件に合わせて調整
IC : AD8001など

$$V_o = I_{sc} \times R_L \times \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) [V]$$

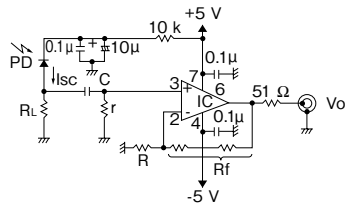
KPDC00153E

■ 交流光検出回路 (1)

逆電圧を印加して低容量化したSi PINフォトダイオードの光電流を負荷抵抗 R_L で電圧変換し、高速オペアンプで電圧増幅する交流光検出回路です [図16]。この回路では、オペアンプの位相ズレに基づくゲインピーキングの恐れがありません。オペアンプの選択によって、周波数帯域が100 MHz以上の回路が可能です。

使用部品・パターン・構造についての注意点は、前述の「高速／光検出回路 (1)」と同様です。

図16 交流光検出回路 (1)



PD : 高速PINフォトダイオード
(S5971, S5972, S5973, S9055, S9055-01など)
 R_L , R , R_f , r : オペアンプの推奨条件に合わせて調整
 IC : AD8001など

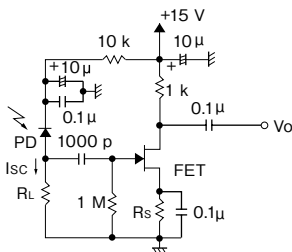
$$V_o = I_{sc} \times R_L \times \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) [V]$$

KPDC00343A

■ 交流光検出回路 (2)

逆電圧を印加して低容量化したPINフォトダイオードと、FETによる電圧増幅回路を用いた交流光検出回路です [図17]。低ノイズFETを使用することによって、安価で小型な低ノイズ回路が実現でき、空間光伝送や光リモコンなどの受光部に使用します。図17ではFETのドレインから信号出力を取っていますが、入力抵抗の小さい次段回路へのインターフェースにはソース側から信号出力を取り出すか、ボルテージ・フォロアを追加します。

図17 交流光検出回路 (2)



PD : 高速PINフォトダイオード (S2506-02, S5971, S5972, S5973など)
 R_L : 感度とPDのCtとの時定数で決定
 R_s : FETの動作点で決定
 FET: 2SK362など

KPDC00343A