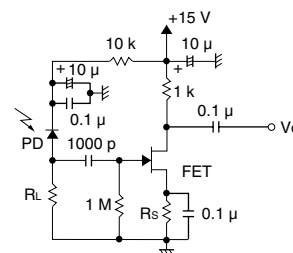


# Siフォトダイオード応用回路例

## 1. 低雑音光センサプリアンプ

空間光通信や光リモコンなどの受光部に使用します。フォトダイオードには逆電圧をかけて応答周波数を改善します。図ではFETのドレインから増幅信号を取っていますが、入力抵抗が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を取り出します。

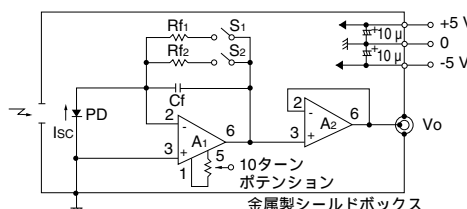


PD : 高速PINフォトダイオード (S5052, S2506-02, S8314, S5971, S5972, S5973など)  
R<sub>L</sub> : 感度とPDのC<sub>t</sub>との時定数で決定  
R<sub>S</sub> : FETの動作点で決定  
FET : 2SK152, 2SK192A, 2SK362など

KPDC0014JC

## 2. 極微弱光センサヘッド

回路全体を金属製のシールドボックスに収納し、周囲からの電磁雑音を遮断します。フォトダイオードの開口窓は必要最小限の大きさとし、光ファイバで信号光をシールドボックス内に導くのも効果的です。シールドボックス内に収納した乾電池を演算増幅器の電源として使用すると、交流電源が原因となる雑音も除去でき、一層S/Nの向上を図ることができます。

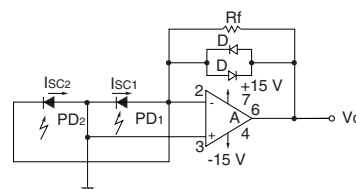


大線の部分はガードパターン内またはテフロン端子上に配線  
A<sub>1</sub> : AD549, OPA111, OPA128など R<sub>f</sub> : 10 GΩ MAX.  
A<sub>2</sub> : OP07など S : リーク電流の小さいリードレール  
C<sub>f</sub> : 10 ~ 100 pF スチコン PD : S1226/S1336/S2386 シリ - ズなど

KPDC0016JB

## 3. 光量バランス検知回路

2つのフォトダイオードPD1、PD2に入る光量が等しいときに出力電圧V<sub>o</sub>がゼロになります。光検知感度は帰還抵抗の大きさで決めます。2つのダイオードDが逆並列に接続されていることで、受光光量がアンバランスの状態ではV<sub>o</sub>=±0.5 V程度 (最大)に制限され、バランス状態の近傍だけを高感度で検知できます。4素子の田の字型フォトダイオードを用いれば、2次元の光軸合わせなどに利用できます。



PD : S1226/S1336/S2386 シリーズなど

A : LF356 など

D : ISS270A など

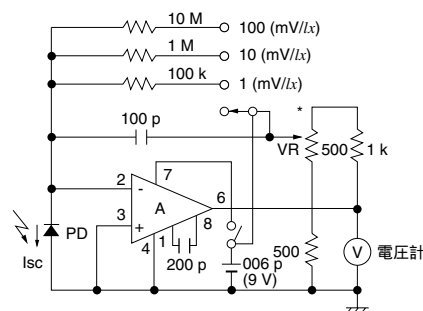
$V_o = R_f \times (I_{sc2} - I_{sc1})$  (V) ( $V_o < \pm 0.5$  V)

フォトダイオードへ入る光量が等しいときV<sub>o</sub>は零、アンバランスの状態ではV<sub>o</sub> = ±0.3 ~ 0.5 V。フィルタを用いて、特定波長間の光量バランス検知に利用可能。

KPDC0017JB

## 4. 照度計

視感度補正されたフォトダイオード S7160と演算増幅器を用いた照度計です。5 Vレンジの指示計を接続すると、最大5000 lxの照度を測定できます。演算増幅器はバイアス電流が小さく、単一電源で動作するものが必要です。照度計の校正は標準光源を使用します。標準光源がない場合は、100 Wの白色電球を利用して大まかな校正を行うことも可能です。まず、右図で1 mV/lxレンジを選択し、500 Ω可変抵抗器VRのしゅう動端子と演算増幅器出力端子を短絡します。次にこの状態で電圧計が0.38 Vを指示するように、白色電球との距離を調整します。この時フォトダイオード S7160の表面はおよそ100 lxになっています。続いて短絡を開放し、電圧計が1.0 Vを示すようにVRを調整し、校正を終了します。



A : ICL7611 など

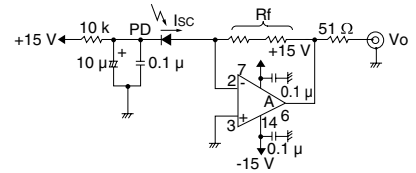
PD : S7160 (3.8 μA/100 lx)

\*メータ校正用ボリューム

KPDC0018JB

## 5. 高速演算増幅器を使用した光センサ (1)

バイアスを加えて低容量化したフォトダイオードと、電流-電圧変換型の高速演算増幅器を使用します。この回路の応答速度は、帰還抵抗  $R_f$  とその浮遊並列容量の時定数に大きく影響されます。このため帰還抵抗には複数の抵抗を直列に接続し、抵抗の浮遊並列容量を分散化して時定数の影響を小さくします。帰還抵抗はチップ部品を使用すると並列容量を小さくできます。



PD : 高速PINフォトダイオード  
(S5052, S8314, S5971, S5972, S5973など)  
Rf : 並列容量を避けるため複数個直列  
A : OPA620, AD743, AD849, HA5160など

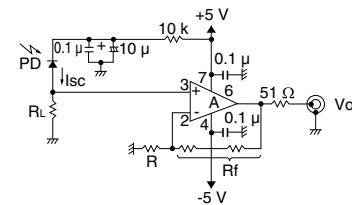
KPD0020JC

## 6. 高速演算増幅器を使用した光センサ (2)

高速の電流帰還型オペアンプを使用した回路です。この図の構成では同軸ケーブルを直接駆動することが可能です。負荷抵抗  $R_L$  で光電流を電圧に変換した後増幅を行うため、オペアンプの位相ズレに基づく悪影響はほとんどありません。

5.と同様に帰還抵抗は複数の抵抗を使用し、抵抗の浮遊並列容量を分散します。ICの電源ピンに接続してあるコンデンサ  $0.1 \mu\text{F}$  はセラミックコンデンサで、直近の接地電位に最短距離で接続します。

100 MHzを超える帯域での回路構成は、各部品のリードインダクタンスの影響を抑えるため、抵抗やコンデンサはチップ部品を使用し、回路全体を小型化することが必要です。また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性能向上に効果的です。

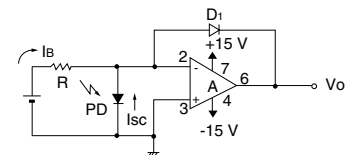


PD : 高速PINフォトダイオード  
(S5052, S8314, S5971, S5972, S5973など)  
R<sub>L</sub>, R, R<sub>f</sub> : オペアンプの推奨条件に合わせて調整  
A : OPA648, OPA658, AD8001など  
 $V_o = I_{sc} \times R_L \times (1 + \frac{R_f}{R}) [V]$

KPD0015JB

## 7. 光量 - 対数電圧変換回路

出力電圧は検知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  $D_1$  は小信号トランジスタ B-E や、接合型 FET の G-S ダイオードを利用します。  $I_B$  はログダイオードにバイアス電流を供給する電流源です。  $I_B$  を注入しないと入射光の  $I_{sc}$  がゼロになったとき回路がラッチアップします。



D<sub>1</sub> : 低暗電流で低直列抵抗のダイオード  
 $I_B$  : 回路動作点設定用電流源,  $I_B \ll I_{sc}$   
R :  $1 \text{ G} \sim 10 \text{ G}\Omega$   
 $I_o$  : D<sub>1</sub> の飽和電流,  $10^{-15} \sim 10^{-12} \text{ A}$   
A : FET入力型オペアンプ  
 $V_o \approx -0.06 \log \left( \frac{I_{sc} + I_B}{I_o} + 1 \right) [V]$

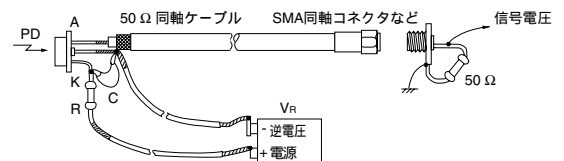
KPD0021JA

## 8. PINフォトダイオード高速光検出器

この回路は能動部品を使用しません。利得がないので検知光量が多い場合に使用します。整合負荷抵抗の値は  $50 \Omega$  で、計測器やオシロスコープの  $50 \Omega$  入力に直接接続できます。

この回路は数GHz帯域のフォトダイオードまで使用できます。バイパスコンデンサ  $C$  はチップ部品を使用し、フォトダイオードのリード、同軸ケーブルの心線など、高周波電流が流れる部分はミリメートル単位で短く配線します。図の  $C$  からは、光信号で生じる電流が瞬時的に負荷側へ流れるため、これに相当する電荷を供給できる容量値が必要です。

なお、右図でケーブルが終端されていない場合、心線が電源電圧値まで充電されます。高い逆電圧を使用するときには計測器入力部の最大定格電圧を超えて破損しないような注意が必要です。



PD: 高速PINフォトダイオード (S5052, S8314, S5971, S5972, S5973など)  
R :  $10 \text{ k}\Omega$ , ただし、光電流による電圧降下は  $V_R$  より充分小さいこと  
C :  $0.1 \mu\text{F}$  セラミック

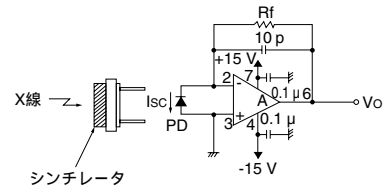
PD, C, 同軸ケーブルの心線などは極力短く配線 (チップ部品推奨)

KPD0022JC

## 9. CTスキャナ、X線モニタ・センサ

放射線を吸収すると紫外線や可視光線を放射する物質をシンチレータと言います。これらを使用して $\gamma$ 線やX線を可視光に変換し、フォトダイオードで検知することができます。シンチレータの外側は放射線が透過できる反射材などで覆い、背景光がシンチレータを通してフォトダイオードに入らないよう遮光します。同時に発生した光をフォトダイオード以外に漏らさない様にしています。

同じような方法で $\beta$ 線を検知することもできますが、 $\beta$ 線が容易に通過できる遮光方法を採用する必要があります。

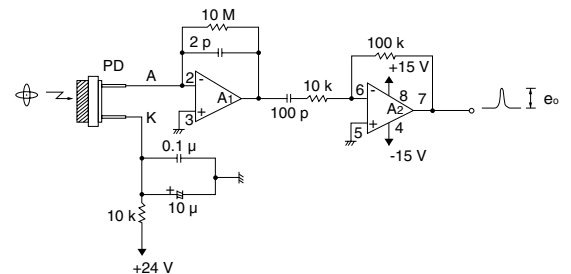


シンチレータ付PD: S8559, S8193など  
 $R_f$  : 10 M ~ 100 M $\Omega$   
 A : OPA111などFET演算増幅器  
 シンチレータ : CsI (TI), セラミックシンチレータなど

KPDC0023JB

## 10. $\gamma$ 線、X線検知器

フォトダイオード内部で放射線が吸収や散乱を受けると、その部分に電荷が発生します。この電荷は光を検知したときと同様に外部に取り出すことができます。右図のA1はチャージアンプで、上記の過程で発生する電荷を電圧パルスに変換します。A1はスルーレートが大きく、バイアス電流の小さい演算増幅器を使用します。フォトダイオードの面積を小さくすると検出効率は低下しますが、接合容量が小さくなるので各パルスの波高値は大きくなります。9.と同様に背景光を避けるため、反射材などを用いて遮光します。

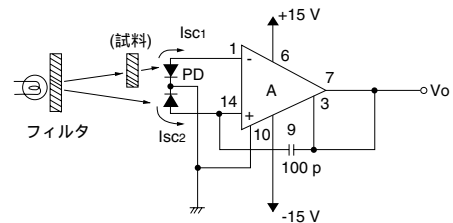


PD : S8559, S8193など  
 A1, A2: LF442  
 $e_o$  : コバルト60の場合  
 数mV ~ 数十mV

KPDC0024JB

## 11. 吸光度計

2つの電流入力対数の対数比が得られる演算モジュールAを使用した吸光度計です。試料を通過した光の強度を2つのフォトダイオードで比較測定すれば、試料の吸光度に応じた電圧出力が得られます。まず2つのフォトダイオードの受光量(光電流)が同じになるように絞りを調整します。次に図のように試料を片側の光路に挿入します。このとき試料の吸光度Aは電圧計の指示値として、 $A = -V_o$  (V)と表されます。たとえば吸光度1(透過率10%)の試料であれば-1Vが出力されます。必要に応じて図のようにフィルタを併用し、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。

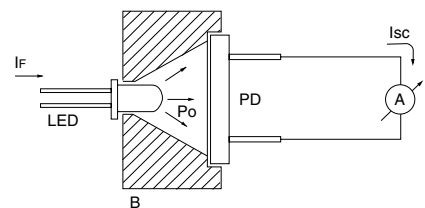


A : 上図はLOG100 (パーブラウン), 755N/P (アナログデバイス)も使用可  
 PD: S5870など  
 $V_o$ :  $V_o = \log(I_{sc1}/I_{sc2})$  [V]  
 試料のないとき $I_{sc1} = I_{sc2}$ とすれば、試料の吸光度Aは、  
 $A = -V_o$  (V)で表される

KPDC0025JB

## 12. LED全放射光量測定

LEDから放射される光量の測定に使用します。LEDの発光波長幅は数十nm程度と狭いので、LEDのピーク波長における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。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、全放射光量がフォトダイオードPDで検知されます。

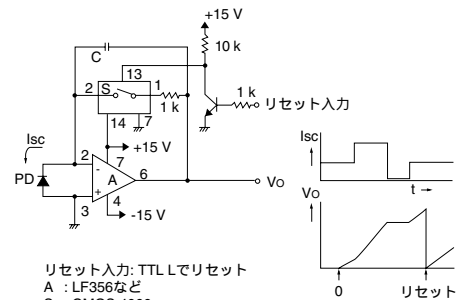


A : 電流計、1 ~ 10 mA  
 PD : S2387-1010R  
 B : アルミニウムブロック、内側金メッキ  
 $P_o$  : 全放射光量 $P_o = I_{sc}/S$  [W]  
 PDの受光感度は分光感度特性表参照  
 例: 930 nmでは $S=0.58$  (A/W)

KPDC0026JA

### 13. 光量積分回路

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。図のAは積分器で、検知光パルスごとに発生する光電流を積分コンデンサCに蓄えます。リセット直前の出力電圧  $V_o$  と積分時間  $t$  および既知のCの値から、右の式のように平均  $I_{sc}$  が求まります。Cはリセット時の誤差をなくすため、誘電吸収が小さなコンデンサを使用します。SはC-MOS型アナログスイッチです。



リセット入力: TTL Lでリセット  
 A : LF356など  
 S : CMOS 4066  
 PD: S1226/S1336/S2386など  
 C : ポリカーボネートコンデンサなど  
 $V_o = I_{sc} \times t \times \frac{1}{C} [V]$

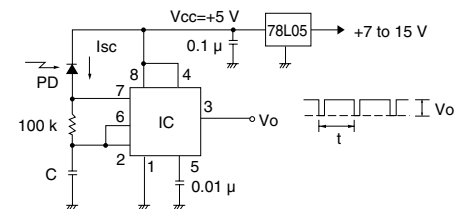
KPDC0027JA

### 14. 光量 - 周波数変換回路

C-MOS型のタイマICを利用して、受光量に比例した周波数のパルスが発生する回路です。フォトダイオードの  $I_{sc}$  はコンデンサCを定電流で充電します。Cの電位が上昇し電源電圧の2/3に達すると、タイマICはCの放電を始めます。次にCの電位が電源電圧の1/3まで低下すると放電を中止します。図中の計算式ではパルス出力のLowの持続時間は短いので無視していますが、実際は  $C \times 100 \text{ k}\Omega$  です。

以上の繰り返しで、タイマICは受光量に比例した周波数の矩形波を発生します。なお基準電圧はIC内部で電源電圧を分圧して利用しているため、供給電圧が変動すると周波数も変化します。

バイポーラ型のタイマIC (555型)は、端子電流が  $I_{sc}$  より大きいことが多く、使用できません。



PD: S1087  
 IC :  $\mu\text{PD5555}$  (C-MOS型タイマIC)  
 $f = \frac{1}{t} = \frac{3}{V_{CC}} \times \frac{I_{sc}}{C} [\text{Hz}]$   
 Cが0.001  $\mu\text{F}$  のとき  $100 I_{sc}$  で  $f \approx 80 \text{ Hz}$

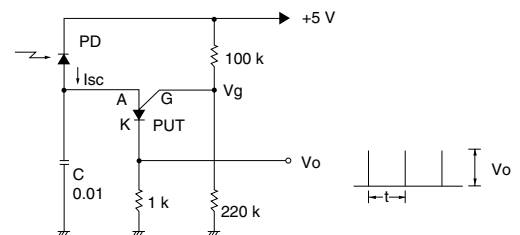
KPDC0028JA

### 15. PUT使用の光量 - 周波数変換回路 (参照 PAT.1975639号)

この回路は光量をこれに比例した周波数のパルス列に変換する回路です。14.と異なる特長は一定のしきい値以上の光量では発振が停止しますが、その範囲内では光量と周波数がほぼ比例することと消費電流が小さいことです。

回路の発振周波数は図中の式で近似できます。図の定数では約  $1 I_{sc}$  から約  $200 I_{sc}$  の範囲で動作し、周波数と照度の関係はおよそ  $1.4 \text{ Hz}/I_{sc}$  です。消費電流は約  $10 \mu\text{A}$  です。

照度しきい値の上限と下限は、ゲート合成抵抗に対するPUTの谷電流とピーク電流で決まり、フォトダイオード光電流がこの範囲になるようゲート抵抗を選択します。



PD : S2386-5K  
 PUT: N13T2 (NEC), TN41B (東芝)など  
 $t = V_g \times \frac{C}{I_{sc}} [s]$   
 $f = \frac{1}{t} = \frac{1}{V_g} \times \frac{I_{sc}}{C} [\text{Hz}]$

KPDC0029JB

これらの回路例に使用するオペアンプは使用温度範囲、バイアス電流、位相補償、オフセット調整方法などが品種によって異なります。メーカーのカタログを参照してください。

オペアンプ、バッファアンプ代表例

Analog Devices AD549, 755N/P, OP07, AD743, AD849, AD8001  
 Burr Brown OPA111, OPA128, OPA620, LOG100, OPA648, OPA658  
 National Semiconductor LF357, LF356, LF442  
 Harris HA2625, HA5160, CA3130, ICL7611

本カタログ掲載の回路例は、浜松ホトニクス製の光半導体素子の応用例を紹介するものであり、回路設計上の保証をするものではありません。また、工業所有権上の諸問題についても責任を負いかねます。

## 浜松ホトニクス株式会社

固体営業部 〒435-8558 浜松市市野町1126-1

東京支店 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-8-21 (虎ノ門33森ビル)

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)

仙台営業所 〒980-0011 仙台市青葉区上杉1-6-11 (日本生命仙台勾当台ビル)

本資料の記載内容は、平成14年9月現在のものです。製品の仕様は、改良のため予告なく変更することがあります。ご使用の際は、仕様書をご用命の上、最新の内容をご確認ください。

(053) 434-3311 FAX (053) 434-5184

(03) 3436-0491 FAX (03) 3433-6997

(06) 6271-0441 FAX (06) 6271-0450

(022) 267-0121 FAX (022) 267-0135

Cat. No. KSPD1043J01

Sep. 2002 DN

**HAMAMATSU**

<http://www.hamamatsu.com>