



## レーザ・ダイオードやLEDの 光パワーを正確に測定する

### 光パワー測定のテクニック(後編)

工藤 真  
Makoto Kudou

前編(2004年10月号)に引き続き、光パワーの測定について解説します。光パワーを正確に測定するためには、センサとなるフォト・ダイオードの選定と回路設計が重要です。

#### 光パワー測定回路と設計のポイント

##### ● 測定波長に合うフォト・ダイオードを選ぶ

まず、使用するフォト・ダイオードを選びます。測定する光の波長が決まっていれば、SiかInGaAsかGeかはおおむね決まります。

どの種類でも測れそうな波長であれば、Siを使うのが一般的です。コスト・パフォーマンスは最高で、大きさやパッケージなどの種類も豊富です。

InGaAsとGeは感度波長範囲が重なっていますが、暗電流、受光サイズ、入手の容易さ、価格などを検討して選択します。Geのフォト・ダイオードは日本国内ではもう製造されていないようなので、入手に難があるかもしれません。

InGaAsの暗電流はGeよりもはるかに小さいのですが、受光サイズが $\phi 5\text{ mm}$ を越えるようなものは

ほとんど見かけません。Geはこれよりも大きなサイズのものがあるようです。

##### ● 使用目的に合ったパッケージ形状を選ぶ

フォト・ダイオードのチップそのものから始まり、メタル・キャン・タイプ、基板実装用、レンズ付きなど、用途に応じたさまざまな形状のものが商品化されています。フォト・ダイオードをいくつか集積した**エリア・センサ**と呼ばれるものもあります。写真1にその一部を紹介します。

また、多くのメーカーでは特殊な形状のフォト・ダイオード製作にも対応していますし、カタログに掲載していないものもあるようです。標準品では仕様を満足しない場合は、たとえ少量であっても、メーカーに相談してみる価値はあります。

##### ● 電流電圧変換回路で光センサの出力電流を電圧信号に変換する

入射光パワーに対するフォト・ダイオードの出力は電流信号ですから、**電流-電圧( $I-V$ )変換回路を利用して電圧信号に変換**することが一般的です。

測定する光パワーの範囲が1桁から2桁程度の範囲であれば(例えば0.1 mWから1 mWあるいは10 mWまで)、レンジ切り替えなしで大丈夫だと思います。より広い範囲を測定する場合は、帰還抵抗を切り替えたほうが精度よく測定できます。

図1(a)は、+5 V単電源の回路構成です。フォト・ダイオードの受光電流 $I_{PD}$ はダイオードにとっては逆電流になります。OPアンプに対する要求事項としては、

- (1) OPアンプのバイアス電流が受光電流より十分に小さいこと
- (2) 最大受光パワーのときの受光電流を出力できること

となります。また、0 V近辺は、OPアンプの飽和電圧で制限されるので、ゼロ近くまでなるべく正確に出力したいときは、いわゆるレール・ツー・レールOP

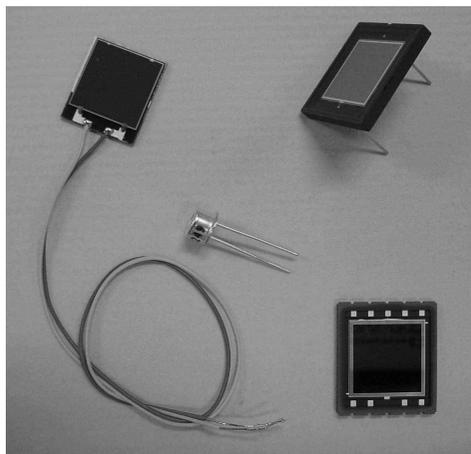
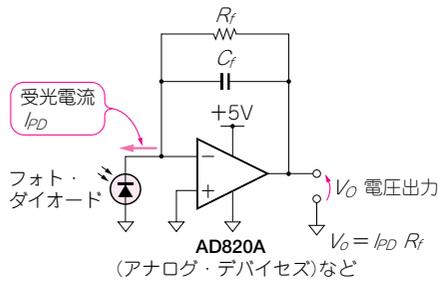
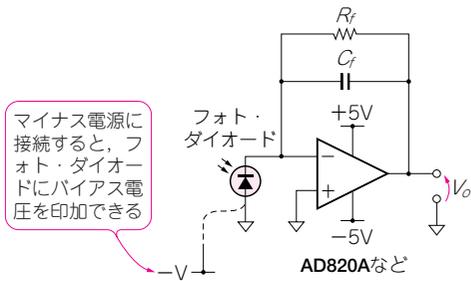


写真1 フォト・ダイオードのパッケージ形状のいろいろ



(a) 単電源のフォト・ダイオード用 I-V 変換回路

図1 フォト・ダイオード用 I-V 変換回路



(b) 2電源のフォト・ダイオード用 I-V 変換回路

アンプを使います。もっと厳密にゼロを追求するなら、図1(b)のように、2電源にしたほうがよいと思います。なお、2電源の場合は、フォト・ダイオードの向きを逆にするると負極性の出力が得られます。

また、図1(b)に示したように、アノードにマイナス電源を接続すると、**フォト・ダイオードにバイアス電圧を加える**ことができます。前回で説明したように、バイアス電圧を加えると、

- (1) 飽和レベルが上昇し、直線性が改善できる
  - (2) 端子間容量が減少し、応答性が改善できる
- という利点がありますが、
- (3) 暗電流が増える
- という欠点が生じます。

● I-V変換回路は発振しやすいので補償コンデンサを入れる

フォト・ダイオードの受光電流をOPアンプによるI-V変換回路で電圧信号に変換する場合、フォト・ダイオードの端子間容量によって発振現象を起こしやすいので、図1のCfのように、帰還抵抗と並列に**補償用のコンデンサ**を接続します。フォト・ダイオード

の端子間容量は、受光面積が大きくなるほど増加します。例えば、10 mm × 10 mm のSiフォト・ダイオードで0.01 μF以上になります。

また、フォト・ダイオードとI-V変換回路とが離れていてシールド線などで接続する場合も、配線容量によって発振する可能性がありますから、同様の対策が必要です。

Cfの大きさの目安は、フォト・ダイオードの端子間容量と配線容量、およびOPアンプ入力容量の総和をCinとすると、

$$C_f > C_{in}$$

です。高速の応答性が不要であれば、大き目の容量を接続しておけばよいと思います。使用温度条件やばらつきも含めて、必ず実際の回路で確認してください。

● 対数変換ICを利用する方法もある

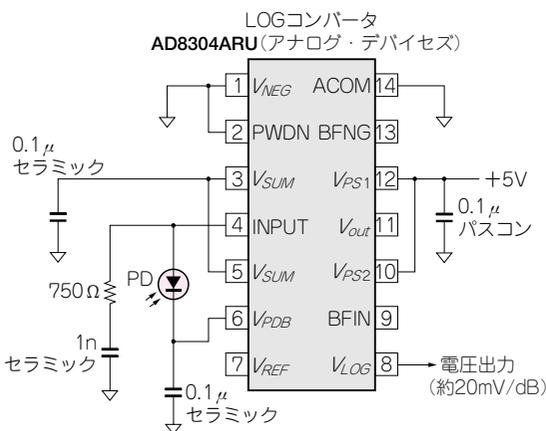
それほど高精度な測定が要求されない場合は、dBm単位の光パワーを表示することに限定し、図2のように**対数変換IC**を使用する方法があります。この回路の直線性は、-50~0 dBm程度までの5桁に渡り±5%以内でした。

OPアンプによるI-V変換回路と比較すると部品のコストは上がりますが、レンジ切り替えが不要になり、部品点数は減らせます。

● 分光感度特性を補正する

光パワー・メータの校正には、出射光パワーが安定なレーザ光源と校正データ付きの標準とみなせる光パワー・メータとを用意し、これらを使用して比較校正する方法が手軽です。この場合、校正に使用したレーザ光源の波長と異なる測定波長では、フォト・ダイオードの**分光感度特性**にしたがって感度が変わってしまい、正しい測定値が得られません。

この問題を解決するには、校正波長の受光感度を基準とした各波長の受光感度の比率を計算し、その逆数を光パワー・メータの出力に乗算することが必要です。これには、CPUを搭載してソフトウェアで処理する



PD: フォト・ダイオード G8370-01(浜松ホトニクス)

図2 対数変換ICを利用した光パワー測定回路