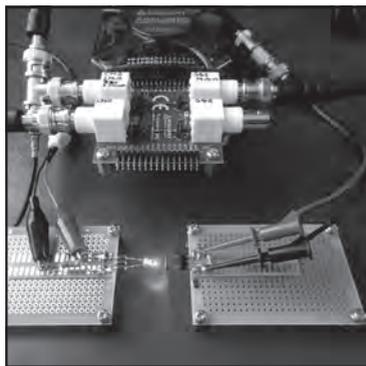


連載



エレクトロニクス自由研究

実験ではじめる 光と光センサの世界

第6回 光センサの出力電流を正しく測る

竹下 照雄 Teruo Takeshita

光センサとして広く使われているフォトダイオード (PD) や光電子増倍管は、すでに紹介しているように出力は電流形式です。本稿では光センサの性能を最大に引き出すためには、どうすればこの電流を正しく測ることができるかを考察します。

一般的な電流の測定方法

● 実験室での電流測定

実験室などにおける電流の測定といえば、デジタル・マルチメータ (Digital Multi Meter…DMM) の電流レンジや、アナログ式電流メータを思い浮かべるのではないのでしょうか。これらは、比較的に変化の遅い電流を測るものです。

一方、変化の速い電流の測定には、オシロスコープを用いることが多いです。電流の流れる経路に抵抗を配置し、その両端に現れる電圧を捉える方法 (抵抗方式) を用います。ホール素子をセンサとした広帯域電流プローブ (写真1) では、電流経路を挟み込んで観測する磁気回路なども使われています。ちなみにDMMは内部に備えた精密抵抗に電流を流して、精密抵抗の両端に生じる電位差を測定する抵抗方式です。

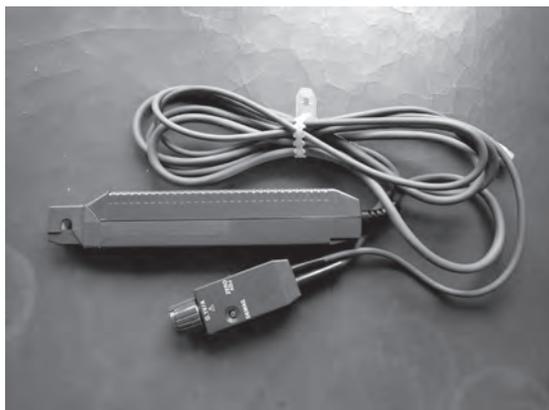


写真1 磁気式電流プローブの一例

● 微小な光センサ出力電流の測定

光計測では、微小電流をリアルタイムに測ることを求められることが多くあります。ここでは計測のための電流測定を、さらにはPDなどの電流出力型光センサの出力測定に絞って考えます。

このときに用いられる電流-電圧変換には、抵抗方式とトランスインピーダンス・アンプ (Transimpedance Amplifier) 方式 (以下 TIA 方式) の2つがあります。

方法(1)…抵抗方式で 光センサ出力電流を電圧に変換する

● 抵抗方式はオームの法則を利用

抵抗方式はオームの法則を利用します。光電流 I_o を抵抗 R_L に流すと、その両端に電流に比例して現れる信号電圧 $V_{RL} (=I_o \times R_L)$ を測ります。

PDをセンサとする連載1回の実験では、この方式でLEDの発光波形を観測しました。図1(a)は実験系です。このときのLED回路の駆動電圧 (Wavegene出力電圧, W_1) とPDの出力電流を抵抗 R_L で電圧変換した波形 V_{RL} (IN CH2で観測) が図1(b)です。 V_{RL} が150 mV、電流-電圧変換抵抗 R_L が1 k Ω であることから、PDからの光電流 I_o は約150 μ A ($=150 \text{ mV}/1 \text{ k}\Omega$) と計算します。

この実験より、抵抗方式を使えば簡単に光波形を観測できることがわかります。比較的に高い光強度での計測例です。

● 光信号が弱いときは抵抗値 R_L を高くして対処？

光信号強度が弱く、PD出力の光電流が少ない場合にはどうなるのでしょうか。たとえば、光電流 I_o を約1/100倍の1 μ Aと考えると、このとき現れる観測電圧 V_{RL} は1 mV ($=1 \mu\text{A} \times 1 \text{ k}\Omega$) と微小です。これでは波形観測ができません。

対策として抵抗値 R_L を100倍大きい100 k Ω にする方法が考えられます。こうすると信号電圧は100 mV ($=1 \mu\text{A} \times 100 \text{ k}\Omega$) となり、計算上は波形観測ができます。しかし問題は生じないのでしょうか。