

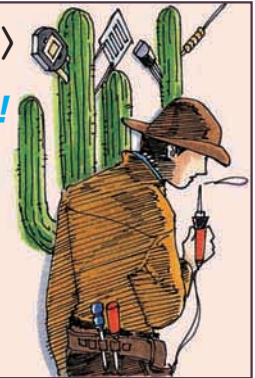
作りながら学ぶ初めてのセンサ回路〈第8回〉

フォト・リフレクタと暗箱で空気中の粒子量を測る!

ほこり測定器の製作



島田 義人
Yoshihito Shimada



フォト・リフレクタ(反射型フォト・インタラプタ)と暗箱を使って、ほこり測定器を作ってみましょう。

写真8-1に製作したほこり測定器の外観を示します。黒いプラスチック・ケースの中にフォト・リフレクタが入っており、ここで「ほこり」を検出します。

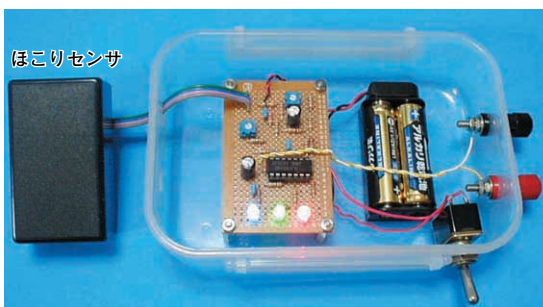
製作する回路は、フォト・リフレクタから出力された信号を増幅し、ほこりや煙の濃度に応じた電圧を出力します。また、三つの発光ダイオードを、ほこりの量に応じて3段階に光らせます。

ほこりセンサとにおいセンサの違い

ほこりセンサは、ハウス・ダストやタバコの煙など、空気中の粒子を光学的に検出するセンサです。汚れ検出機能付き空気清浄機の多くは、センサにフォト・インタラプタを使っています。

空気清浄機には、においを検知するセンサも付いています。しかし、においセンサではハウス・ダストを検知することはできません。

ほこりセンサと、においセンサの違いを表1に示します。ほこりセンサと、においセンサでは、検知する対象が異なります。空気清浄機は両方のセンサをもち合わせて、ほこりやにおいを検知し、センサから出力された信号を基にファンの回転数を制御したり、運転や停止の制御をします。



〈写真8-1〉ほこり測定器の外観

ほこりセンサの動作原理

今回は使いませんが、動作原理を理解するために市販のほこりセンサ・ユニット PPD20V(写真8-2)の動作を解説します。このほこりセンサ・ユニットは、空気清浄機、エアコン、換気扇、環境モニタなどに搭載され、タバコの煙や布団ほこり、掃除ほこり、ダニ・ペットの毛など、ハウス・ダストと呼ばれるほこりの量を、光を使って検出し電圧で出力します。

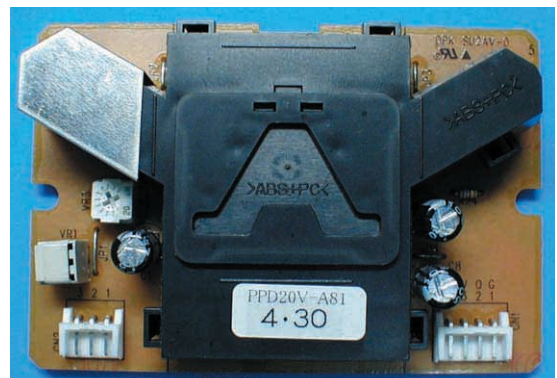
6~8畳の部屋で喫煙した場合、タバコ約0.5本でオーバー・レンジとなるくらい高感度です。布団1組の上げ下ろしで生じるほこりも検出できます。

● 動作原理

ほこりセンサ・ユニットの動作原理(図8-1)を見

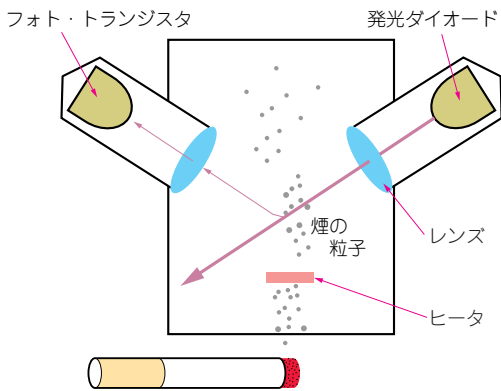
〈表8-1〉ほこりセンサとにおいセンサの検知能力の比較

項目	ほこりセンサ	においセンサ
検知するもの (反応するもの)	煙(タバコ、線香など) 加湿器の蒸気、ほこり、 花粉、ハウス・ダスト などの粉じん	煙、タバコのおい 化粧品、アルコール、 スプレー類
検知しないもの (反応しないもの)	におい	ほこり、花粉、ハウ ス・ダストなど



〈写真8-2〉市販のほこりセンサ・ユニット PPD20V[神栄機]の外観

〈図8-1〉⁽¹⁾ほこりセンサ・ユニット PPD20V[神栄株]の動作原理



てみましょう。動作をイメージとしてとらえるなら、カーテンの隙間から差し込む朝日の中にキラキラ光るほこりの数を数えるような方式です。

センサ・ユニットの内部には、光を放射する発光ダイオード(LED, Light Emitting Diode)と、ほこりに反射した光を受けるフォト・トランジスタ(Photo Transistor)があります。フォト・トランジスタは、フォト・ダイオードよりも感度が数倍高く、現在最も広く使われている受光素子です。

そのほかに光を効率よく集めるためのレンズ、そしてユニット内部に微弱な上昇気流を発生させるヒータが使われています。ユニットの下部には吸気口があり、そこからほこりや煙を吸い込みます。また上部には排気口が付いており、そこからほこりや煙を排出します。

● フォト・インタラプタをほこりセンサとして使う

フォト・インタラプタは、LEDとフォト・トランジスタを組み合わせて一つのパッケージに収めた部品で、赤外光を使って物体の有無を検出します。

フォト・インタラプタには、図8-2(a)に示す透過型と、図8-2(b)に示す反射型の2種類があります。透過型フォト・インタラプタは、発光素子と受光素子の間を物体が通過する際に、光がさえぎられることで物体の有無を検出します。

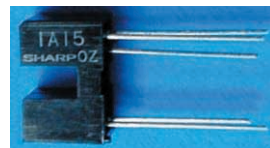
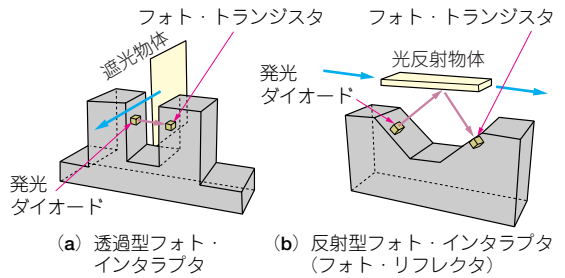
一方、反射型フォト・インタラプタは、物体に当たって反射してきた光を捕らえることで物体の有無を検出します。反射型フォト・インタラプタは、フォト・リフレクタとも呼ばれています。

写真8-3に透過型フォト・インタラプタの外観を、写真8-4にフォト・リフレクタの外観を示します。

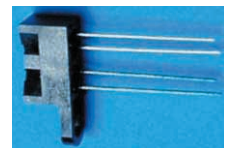
回路の設計

フォト・リフレクタ TLP909[東芝株]を使ったほこりセンサの回路を図8-3に示します。

〈図8-2〉フォト・インタラプタの種類



〈写真8-3〉透過型フォト・インタラプタ GP1A15[シャープ株]の外観



〈写真8-4〉フォト・リフレクタ TLP909[株東芝]の外観

● センサ出力増幅部

図8-3(a)は、センサ出力増幅部の回路図です。TLP909の内蔵LEDから放射された光は、ほこりの粒子に当たって反射し、その光をフォト・トランジスタで受光します。この反射光は極めて微弱なため、LEDに流す順電流 I_F をなるべく多くして放射光量を強くします。

▶ LEDの放射光量を決める R_1 の計算

I_F は最大定格 $50\text{ mA}@T_a = 25^\circ\text{C}$ を越えないように余裕を見て、 40 mA となるよう電流制限抵抗 R_1 の値を決めます。図8-4に示すLEDの $I_F - V_F$ 特性から、 I_F が 40 mA のとき、順電圧 V_F は約 $1.28\text{ V}@T_a = 25^\circ\text{C}$ であることがわかります。

電流電圧を $V_{batt} = 3\text{ V}$ とすると、電流制限抵抗の値は $R_1 = (V_{batt} - V_F)/I_F = 43\ \Omega$ となりますが、実際に手に入る抵抗は $47[\Omega]$ です。

▶ 上昇気流発生用の抵抗 R_H の値

消費電力 $P = 1/4\text{ W}$ として設計します。電源電圧を $V_{batt} = 3\text{ V}$ とすると、 $R_H = V_{batt}^2/P = 36\ \Omega$ と求まります。

▶ フォト・トランジスタの出力を10倍に増幅する

数 $\text{M}\Omega$ の抵抗をエミッタ側に接続します。出力をOPアンプ IC_{1b}で $(1 + R_4/R_3) = 10$ 倍に増幅します。半固定抵抗 R_{VR2} はゲイン調整用です。 $0.1\ \mu\text{F}$ のコンデンサ C_1 は、暗箱内のほこりや煙が上昇気流で揺らぐことによる出力電圧の変動を抑制します。

▶ 暗電流による出力への影響をゼロ調整で取り除く

フォト・トランジスタは、入射光がない状態でも数 nA 程度の出力電流が流れます。これはフォト・トランジスタ自体の漏れ電流で、暗電流 I_D と呼ばれています。