

電気工作 光通信に挑戦！

信号を光の強弱に置きかえて送信・受信するのが「光通信」です。すばやく、たくさんの情報を送ることができるので、電線や電波に代わるすぐれた通信手段として、すでに実用化が始まっています。将来は電話もテレビも光ファイバーケーブルで送受信する時代が来るでしょう。

簡単な電気工作で光送信機「メロディーガン」と光受信器「光スピーカー」を作り、光通信の世界を体験してみましょう。

1. 部品を確かめよう

まず、袋をあけて、以下の部品がそろっているか確かめます。細かい部品が多いので、確認したら必ず袋にもどして、なくさないように注意しましょう。

A. 共通部品

電子メロディー

銅はくテープ(10cm)

B. 光スピーカー用部品

006P乾電池(9V)

紙コップ

バッテリースナップ

フォトトランジスタ TPS601A

抵抗 10k (茶黒橙金)

C. メロディーガン用部品

抵抗 1.2k (茶赤赤金)

発光ダイオード TLRH180P

フレネルレンズ

ビニルコード(赤黒、緑、赤各 15cm)

発泡スチロール

紙筒(ペーパーロールの芯)

単三乾電池 2本

電池ホルダー

D. 光ファイバー用部品

光ファイバー

ゴム管(黒、白)とストロー



2. 光スピーカーを作ろう

光スピーカーは光通信の受信器です。信号をのせた光を受け取って、音に変えて聞こえるようにするのが光スピーカーのはたらきです。

電子メロディーの動作を確認する

単三電池を1本だけ使い、電子メロディーの赤いコードを電池のプラス極に、黒いコードを電池のマイナス極につないで、メロディーが鳴ることを確かめます。

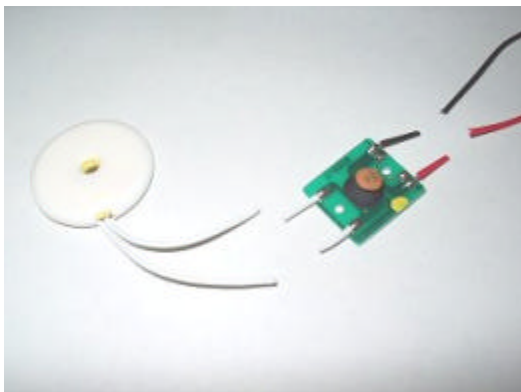
【解説】四角い緑色の基板の中央の黒い丸の部分にメロディーを作るIC（集積回路）が埋め込まれています。ここで作った信号は圧電スピーカー（金色と銀色の円板）に送られます。圧電スピーカーは電圧の変化を受けるとふるえて音を出します。

配線を切断する

写真のように緑色の基板から出ている4本のコードを、それぞれ1cmだけ残してニッパで切ります。

IC基板と赤黒のコードは、あとでメロディーガンの工作に使うので、袋に戻して保管します。

圧電スピーカーのコードの端を3mmずつむいておきます。



圧電スピーカーをはりつける

圧電スピーカーの白いプラスチック容器の側に両面テープをはり、紙コップの底にはりつけます。

006P電池をはりつける

006P電池の表側に両面テープをはり、写真のように電極が紙コップの底の方を向くようにはりつけます。

【解説】006Pは「積層電池」といい、普通の乾電池に相当する小型電池が6個積み重ねてあります。ですから電圧は $1.5V \times 6 = 9V$ となっています。

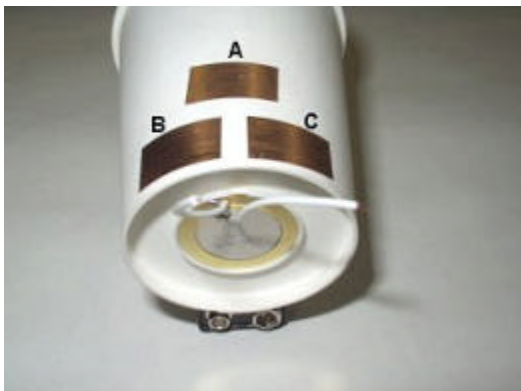


銅はくテープをはりつける

銅はくテープをはさみで1cmずつ切り、1cm×2cmの長方形を3枚作ります。裏の紙をはがして、紙コップの側面に写真のようにはりつけます。テープとテープの間は1cmずつあけます。

はりつけた銅はくテープを上からつまんでよくしごいて、密着させます。しっかりはりつけておかないと、あとではんだづけしたときはがれてしまいます。

はりつけた3つのテープを図のようにA、B、Cとよぶことにします。



圧電スピーカーのはんだづけ

圧電スピーカーのコードをAとBにそれぞれはんだづけします。2本の区別は特にありません。

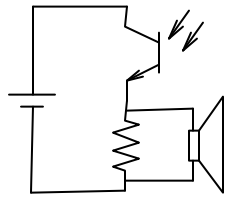
抵抗のはんだづけ

10k（茶黒橙金）の抵抗のリード線をそれぞれ1cmずつ残して切り、AとBに橋渡しするようにはんだづけします。

フォトトランジスタのとりつけ

フォトトランジスタをBとCにはんだづけします。フォトトランジスタには向きがあります。横に小さなツメが出ている方の足をBにつけます。

【解説】フォトトランジスタは光が当たると電流が流れ、光の強弱によって電流の強さが変わる性質があります。ガラスのレンズを光の来る方向に向けて使います。光スピーカーは右のような回路図で表されず。



バッテリースナップのとりつけ

バッテリースナップの赤いコードをCに、黒いコードをAにはんだづけします。

動作確認

バッテリースナップを006P電池につなぎ、紙コップを耳に当てて、フォトトランジスタを蛍光灯の方に向けてみましょう。「ブーン」という雑音が聞こえたら正しく動作しています。蛍光灯は1秒間に百回点滅しているのです。

写真のように、テレビなどの赤外線リモコンを、フォトトランジスタに向けてボタンを押してみましょう。光スピーカーは赤外線も受信できるので、リモコンの発する目に見えない信号を音として聞くことができます。

他にも、身の回りで光信号を発しているものがあるかもしれません。光スピーカーを使ってさがしてみましょう。

使わないときはバッテリースナップをはずしておきます。



3. メロディーガンを作ろう

メロディーガンは光通信の送信機です。メロディーICが作る電気信号を発光ダイオード（LED）の光にのせて発射します。

紙筒を8cmに切る

紙筒（ペーパーロールの芯）を長さ8cmに切ります。

発泡スチロールの円柱を作る

発泡スチロールのブロックをカッターナイフで削りこんで、紙筒にちょうどはまるサイズの円柱（長さ5cm）を作ります。

下の写真のように、発泡スチロールの正方形の面に紙筒をのせて、そのりんかくを鉛筆などでなぞり、円を描きます。裏側にも同じように円を描き、写真のように線に沿ってカッターナイフで削っていきます。

紙筒にさしこんだとき、ややきつくはまるぐらいがちょうどよく、ゆるゆるで動いてしまうのは削りすぎです。削りすぎたら、セロテープなどを巻いて調節します。

紙筒に銅はくテープをはる

銅はくテープをはさみで1cmずつ切り、1cm×2cmの長方形を4枚作ります。裏の紙をはがして、紙筒の側面に写真のようにはりつけます。テープとテープの間は1cmずつあけます。

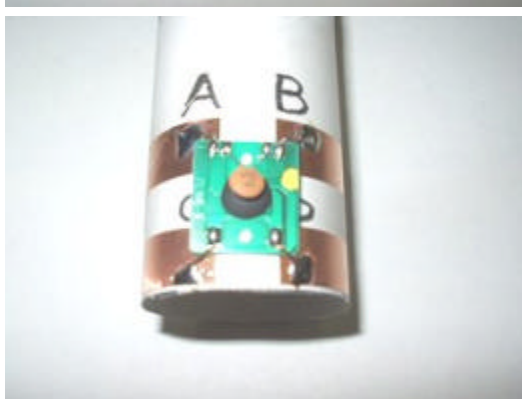
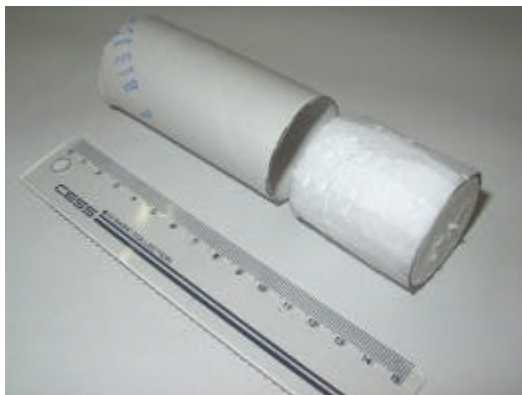
はりつけた銅はくテープを上からつめでよくしごいて、密着させます。しっかりはりつけておかないと、あとではんだづけしたときはがれてしまいます。

はりつけた4つのテープを図のようにA、B、C、Dとよぶことにします。

メロディーICのはんだづけ

メロディーICの緑の基板から出ている四本のビニル線（1cmずつ残してある）のビニルを抜き取り、導線を裸にして、写真のようにそれぞれA B C Dにはんだづけします。

丸い茶色のコンデンサのある側がA Bです。向きをまちがえないように注意します。



抵抗のはんだづけ

1.2k (茶赤赤金)の抵抗のリード線をそれぞれ 1cm ずつ残して切り、C D に橋渡しするようにはんだづけします。

さらに、最初にメロディー IC から切り取ったコードで B C を結ぶようにはんだづけします。

LEDの動作確認

発光ダイオード (LED) には極性 (プラスとマイナスの区別) があり、逆向きにつなぐと光りません。単三乾電池 2 本を電池ホルダーに入れ、LED の足を触れて (はんだづけせず、さわるだけ!) 光るつなぎ方を確認します。少し長い足の方がプラスです。確かめたらすぐはずします。

006P 電池は使わないこと。 3 V 以上の電圧を加えると LED がこわれます。

【解説】ダイオードは一方通行の性質があります。電流が流れるつなぎ方を順方向、流れないつなぎ方を逆方向といいます。

LED は順方向に電流を流すと光るダイオードです。赤く光っている小さな四角い部分が半導体のチップです。

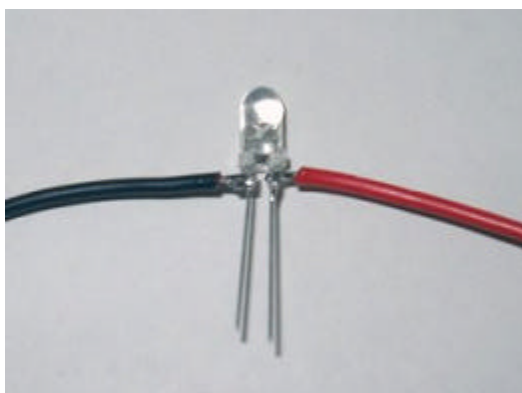
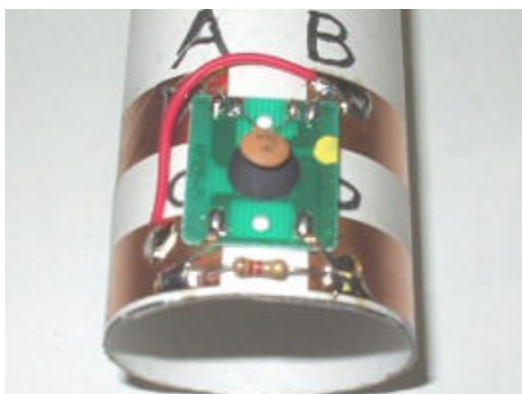
LEDにビニルコードをつける

LED の足のつけねのところに 15cm のビニルコード (赤と緑) をはんだづけします。足のやや長い方 (プラス) に赤、短い方 (マイナス) に緑をつけます。両方がつながってショートしないように気をつけます。

発泡スチロールにLEDをさす

で作った発泡スチロールの円柱のまんなかには LED の二本の足をさします。二本の足が互いに触れ合わないようにながら根本まで深くさしこみます。

二本のビニルコードは写真のように、LED の足から 1cm ぐらい離れたところを裏側までつらぬきます。つまようじにビニルコードをセロテープで巻いてつけ、針でぬうようにして通します。



発泡スチロールを紙筒にさす

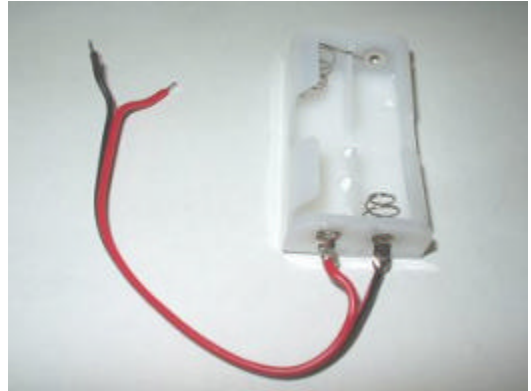
LEDのとりつけが終わった発泡スチロールは写真のようになります。これを、LEDの方を先頭にして、半分ぐらいまで紙筒にさしこみます。



電池ホルダーの配線準備

電池ホルダーのタップに赤黒のビニルコード（平行線）をはんだづけします。内側にばねがついている方がマイナスで黒、ばねのない方がプラスで赤です。

長い時間はんだごてをあてると、電池ホルダーのプラスチックがとけてしまいます。それぞれにあらかじめんだをのせておき、短時間でつけるのがコツです。

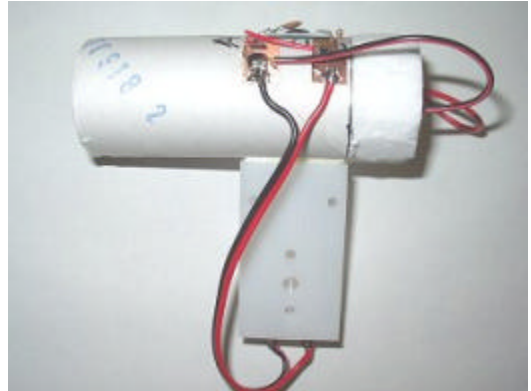


電池ホルダーのとりつけ

電池ホルダーを両面テープで紙筒にとりつけピストルのグリップとします。メロディを発射する光線銃というわけです。

電池ホルダーのマイナス端子から出ている黒いコードをAに、プラス端子から出ている赤いコードをCにはんだづけします。

なお、単三乾電池はの配線作業が完了するまで入れません。



LEDの配線

でLEDの足にはんだづけした、赤いコードをDに、緑のコードをAにはんだづけします。

完了したら、単三電池2本を電池ホルダーに入れてテストしてみます。LEDが明るくともれば成功。光スピーカーのフォトトランジスタにこの光を当てるとメロディーが聞こえます。

光らない場合は配線ミスです。ただちに電池をぬいて点検しましょう。使わないときも電池をぬいておきます。



フレネルレンズのはりつけ

フレネルレンズを紙筒に合わせて切り抜き、メロディーガンの銃口にセロテープではりつけます。これで光が広がらずに遠くまで届くようになります。以上でメロディーガンは完成です。

4 . 光ファイバーケーブルを作ろう

光ファイバーは、いわば「光の電線」です。一端に入ってきた光を途中で逃がすことなく他端に伝えます。中では光がファイバーの壁で何度も反射しながら進んでいきます。空気中に光を通ずやりかただと、光が広がってしまったり、途中で吸収・散乱されてしまったり、障害物でさえぎられてしまったりしますが、光ファイバーならそういう心配がありません。

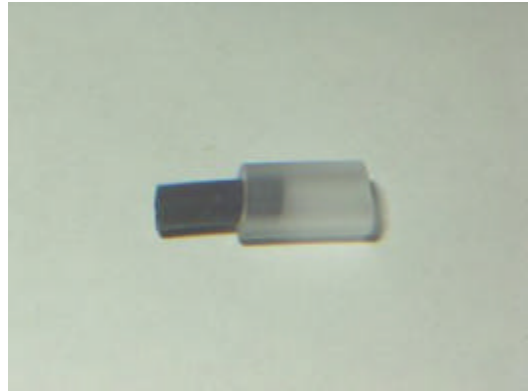
実験で使うものはプラスチックの太いものですが、実物の光ファイバーは特殊なガラスでできていて、もっとずっと細いものです。下水管などを使って配線され、電話やテレビの信号を伝えるのにも使われています。

光ファイバーの両端に、LEDやフォトトランジスタ用のコネクターをつけて、光ファイバーケーブルを作りましょう。

白と黒のゴム管を重ねる

白いゴム管と黒いゴム管をそれぞれ 1 cm の長さに切ります。白いゴム管の中に、黒いゴム管をさしこみ、完全に重ね、端をそろえます。

同じものを 2 個作ります。



ストローにゴム管をさしこむ

白黒二つ重ねたゴム管を、透明ストローにさしこみます。きついですが、工夫して無理矢理押しこみます。写真のように 3 mm ぐらい入れれば十分です。

ゴム管の先端から 5 mm のところでストローを切ります。これでコネクターが完成です。

同じものを 2 個作ります。



光ファイバーをさしこむ

光ファイバーの切り口がギザギザになっていたら、カッターナイフで少し削ってなるべく平らに仕上げます。その方が光が入りやすいからです。

切り口の仕上げがすんだら、写真のように両端にコネクターをとりつけます。黒いゴムの穴にそってさし入れ、切り口がゴムの先端とそろえるようにします。



5 . 光通信で遊ぼう

光の的当て

光スピーカーを的に見立てて、メロディーガンでの的当てをしてみましょう。当たるとメロディーが鳴ります。光スピーカーのフォトトランジスタの真正面から光が入らないと鳴りません。フォトトランジスタの向きが水平になるように調節しましょう。

どこまでとどくか

光スピーカーの距離をしだいに遠ざけていって、どこまで信号をとどけられるか競争してみましょう。メロディーガンの発泡スチロールを少しずつぬきさしして、そのつどピント合わせをし、光が一番小さく集まるようにすると、遠くまでとどきます。まわりがうす暗いところの方がやりやすいでしょう。

混ぜたらどうなる？

友達と協力して、二つ以上のメロディーガンで一つの光スピーカーに光を当ててみましょう。どんな音が聞こえますか？

鏡を使おう

鏡を使った的当てをしてみましょう。メロディーガンの光を鏡で反射して、曲がった道筋で伝えることができます。

二つ以上の鏡を使うやり方にもチャレンジしてみましょう。うまく命中するときは、メロディーガンの後ろからのぞくと、鏡の向こうに的の光スピーカーがちゃんと見えていますね。



光ファイバーを使ってみよう

メロディーガンの発泡スチロールをぬいて、LEDを光ファイバーケーブルのコネクターにさしこむようにとりつけます。反対側のコネクターには、光スピーカーのフォトトランジスタをさしこみます。

光は空気中ではまっすぐしか進みませんが、光ファイバーケーブルを使うと曲がりくねった道でも平気です。

20mの長い光ファイバーにも挑戦してみましょう。

(「光ファイバー・エスカ」CK60E 三菱レイヨン製・東急ハンズで1.5 20m ¥1550)



6. お礼のことば

メロディーガンと光スピーカーは、川崎市青少年科学館の「21世紀子どもサイエンス事業」の一環である「光プロジェクト」の教材として、横浜物理サークルのメンバーと共に開発したものです。使用した回路は中部大学工学部の岡島茂樹先生に教えていただきました。関係各位に御礼申し上げます。

神奈川県立湘南台高等学校 山本明利 (tenjin@fin.ne.jp)