

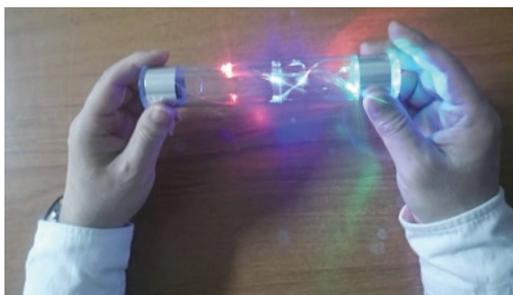


窮理の部屋 169

エナジースティック

1. エナジースティック

科学館の友の会には、サークルと言って月に一度くらいの頻度で集まって自主的に勉強会を開くグループがあります。科学実験サークルの11月のお題はエナジースティックでした。このスティック、陸上リレーのバトンを小さくしたような円筒型の棒で中に電池が入っています。真ん中が透けていて、LEDが見えています。両端には金属のキャップがついて、この両端を持つと中に仕込まれたLEDが光り、電子ブザーがピピーと鳴ります。



両端を導線をつないでLEDが光るのなら不思議でもなんでもありません。でも触っただけでも光るとなると、ちょっと不思議です。どうやらこのスティックの中には増幅器が入っているようです。

エナジースティック。写真は一人で持っていますが、10人で手をつないで、端と端の人がスティックを持って輪になっても光ります。

2. トランジスタ

トランジスタは足(端子)が3本ある電気素子で、増幅をはじめさまざまな働きをさせることができます。トランジスタにはいくつもの種類がありますが、スティックに使われているのは、NPNダイポラ型トランジスタと呼ばれるものだと思います。

半導体には、ポジティブ(プラス)な性質を持ったP型半導体とネガティブ(マイナス)な性質を持ったN型半導体があり、NPN型ダイオードは薄いP型半導体(ベース)を、2つのN型半導体でサンドイッチしたものです。それぞれから足が出ていて、エミッタ(E)、ベース(B)、コレクタ(C)と呼ばれます。

電流はP→N方向には流れますが、逆には流れません。したがって右図のように電池をつないでもLEDは光りません(図には描かれてませんが、ブザーも鳴りません)。少しややこしくなりますが電流の向きと電子の移動する向きは逆になるので、電子はE→Bを移動できてもB→Cは半導体の特性で移動できないからです。

さて端子PQをつなぐとどうなるでしょう？B→Eは、P→Nなのだから、電流 i_b が流れます。このとき電子の動きを見てやると、大量の電子がEからBに流れ込みます。ところがBは大変薄く作られているので電子のほとんどがBを通過してCに流れ込みま

す。エミッタEは電子を放出するもの、コレクタCは電子をキャッチするイメージです。結果的に電流 i_c が流れ、LEDが光り、ブザーが鳴ります。

i_b という電流が流すことをきっかけに i_c という電流が流れたのです。EからBに移動する電子が多ければ多いほどCに移動する電子も多くなるはずですから、当然 i_c の大きさは i_b の大きさに比例していて、実は数十倍に拡大されています。つまりトランジスタは電流 i_b を入力にして電流 i_c を増幅させる働きをしているのです。

3. なぜスティックのLEDが光るの？

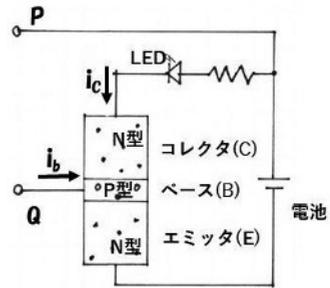
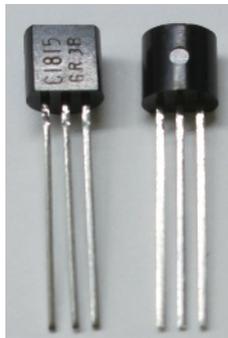
ヒトが電池を触っても電気はほとんど流れません。全く流れないのではなく、金属ほど電気を流しやすくはないということです。そのため、ヒトに流れる電流くらいでは、LEDを光らせることは不可能です。しかし、そのわずかな電流をきっかけにトランジスタを使えば、LEDを光らせたり、電子ブザーを鳴らすことができるのです。

トランジスタには様々な使い方があり、トランジスタ2つとキャパシタ(電気を溜めることができる部品)を使うと発信回路を作ることが可能です。スティックをのぞき込んでもトランジスタは見えませんが、キャパシタが1個入っているのが見えました。おそらく発信回路を使って電子ブザーを断続的に鳴らしているのだと思われます。

トランジスタは70年ほど前に発明されましたが、キャパシタはその200年前に発明されています。今では何十、何百、何千というトランジスタとキャパシタがCとかLSIとか呼ばれるひとつの電子素子に組み込まれています。でもこのスティックのようなものなら、たかだか数個のトランジスタとキャパシタで作ることが可能です。

スティックの電極と電極の間に、プラスチックのよう

に電気を流さない(流しにくい)ものではだめでしたが、ヒトならLEDが光り、ブザーがなりました。ヒトは導体(電気を流すもの)なのですね。10人や20人くらいのヒト、水道水(消毒のための塩素やミネラルがある)などでもOKでした。でも、コンタクト洗浄用の水ではダメらしいので、こんど試してみたいと思います。実験サークルでは、割箸(セルロース、共有結合だから自由に動ける電子はないはず)ではダメでしたが、バナナではできたのが(カリウムイオンのせい?)、僕はちょっとおもしろかったです。



トランジスタ(左)とトランジスタを使った増幅回路(右)

大倉 宏(科学館学芸員)