

# 機能性材料を作って、その性質を調べよう

～ 魚津高校県外実習: 「圧電材料の応用」 ～

## 3. 圧電素子の性質を知ろう 編

平成 15 年 8 月 5 日 奈良先端科学技術大学院大学

物質創成科学研究科 演算・記憶素子科学講座

### 3.1 圧電素子の例

実際の圧電素子には図.3.1 のようなものがありますが、ここでは主に図 2.1(c)の圧電ブザー(圧電サウンダ)を使って実験します。見てのとおり非常に単純な構造の部品で軽量・安価・省電力な特徴があります。(図.3.2)



(a) 水晶振動子

(b) ランジバン型振動子

(c) 圧電ブザー



(d) クリスタルイヤホン

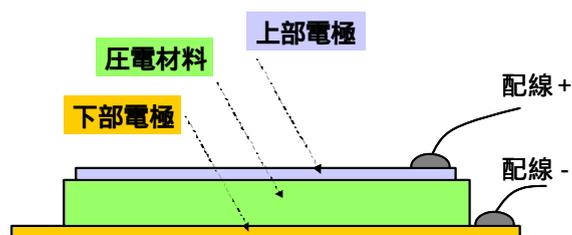


(e) 薄膜圧電素子

図.3.1 いろいろな圧電素子



(a) 外見



(b) 断面図

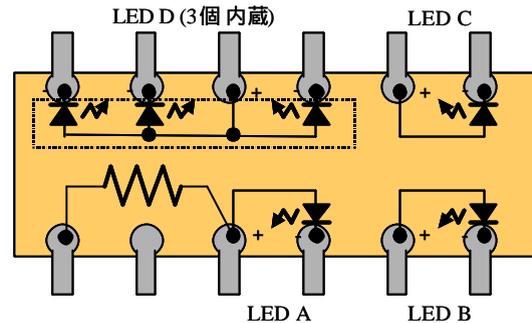
図.3.2 圧電ブザーの構造

### 3.2 圧電素子を使って発光ダイオードを光らせよう ~ 圧電素子による発電 ~

圧電素子に力を加えると電気が発生します。(圧電効果) これを発電に使えないでしょうか? 発生するエネルギーはわずかですので、消費電力の低い LED(発光ダイオード)で確かめましょう。用意した LED を取り付けした基板(図.3.3)をご覧ください。



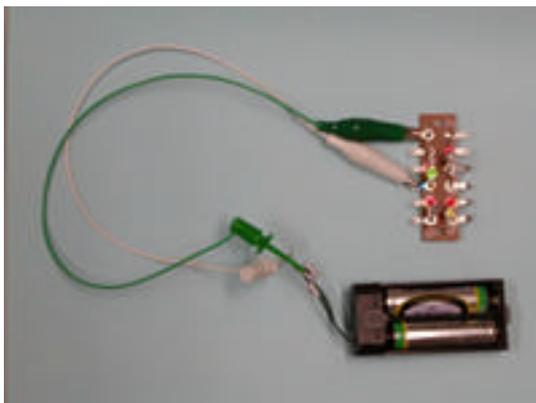
(a) 写真



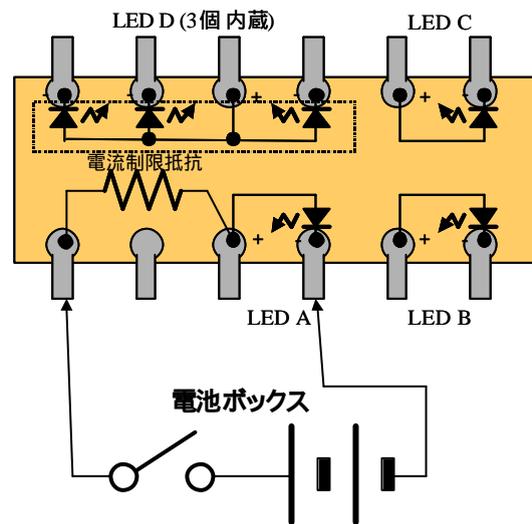
(b) 接続図

図.3.3 発光ダイオード基板

最初に、念のため電池を接続して発光ダイオードが光るのを確かめてください。試験は電流制限抵抗のついている発光ダイオード A にて「慎重に」行ってください。(その他に接続すると故障するかも)。電池ボックスに電池を入れ、スイッチを入れてください。接続にはプラス/マイナスがあります。光らない場合は接続をチェックしてください。



(a) 実験図



(b) 接続図

図.3.4 LED の発光

では、圧電効果で発電してみましょう。図.3.5 のように接続してください。

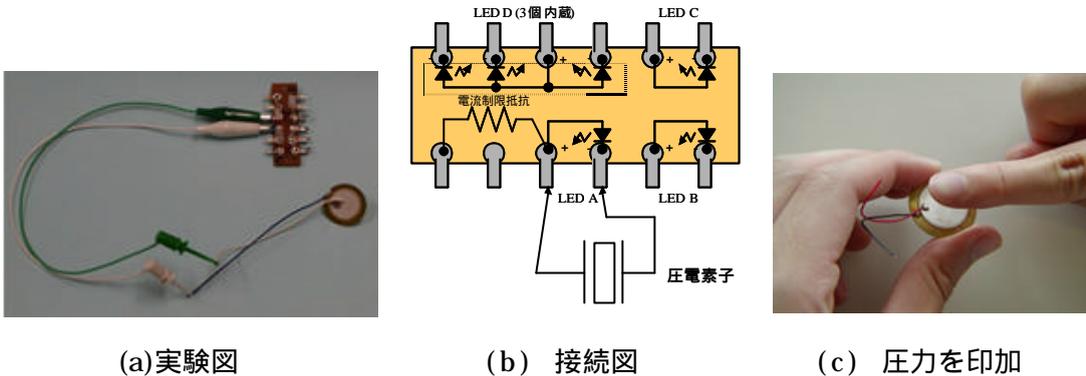


図.3.5 圧電効果で LED が光るか?

図(c) のようにして、圧電素子の中央部を指で軽くたたいてみてください。光りましたか? このとき、以下のことを確かめてください。

**考察**

- (1) 圧電素子と LED の+/- 接続を入れ替えた場合でも同じように光りますか?
- (2) 各 LED (A から D) で確かめてみてください。ただし、D は 3 つのダイオードが内蔵されているタイプです。各端子で調べてみてください。

LED A (      色)、LED B (      色)、LED C (      色)  
LED D -1 端子 (      色)、LED D -2 端子 (      色)、LED D -3 端子 (      色)、

3.3 圧電素子で火花を飛ばしてみよう ~ 圧電点火素子の実験 ~ (時間の都合で省略かも)

電子ライターの中には、図.3.6(a)のような圧電効果を応用した点火器(電気火花を発生させる)が入っています。そこで、図.3.6(b)のように点火器をゴム板の上において、電極間を 1cm 程度の距離にして、ボタンを押してみましよう。カチッという音とともに、火花が飛ぶと思います。ちなみに、空気の絶縁破壊電圧は 1cm あたり 3 万ボルトといわれていますので、かなりの電圧が発生していることがわかります。



(a) 圧電点火素子      (b) 火花はとびますか?      (c) 発光ダイオードでは?

図.3.6 圧電点火素子を使って実験しよう (感電しないように注意!!)

つぎに、少し怖いですが、この圧電点火素子を先の LED に接続して、同様の実験を

してみましょう。(図.3.6(c)) きちんと接続しないと感電しますよ。高電圧で LED は壊れてしまわないでしょうか?

**考察**

- (1) LED は壊れましたか? それとも光りましたか? 圧電ブザーとの比較。
- (2) なぜそうなったと思いますか?
- (3) これらのことから、圧電素子を使った発電にはどのような利点がありそうですか?

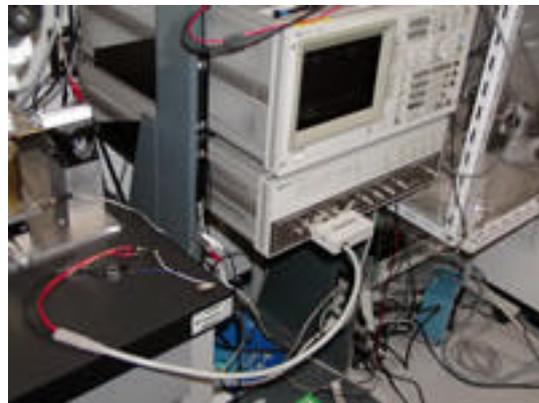
### 3.4 圧電素子のコンデンサ容量を測ろう ~ インピーダンスメータによる測定 ~

電気配線の導通を見たり、電気抵抗を測るのにテスターを使ったことはありますか? 研究室やエンジニアの人はもっと正確に測定したいので、テスターの「超高級版」のような装置を使っています。それが、インピーダンスアナライザ(図.3.7(a))です。(ちなみに、テスターは 2~3 千円くらい、インピーダンスアナライザは 200~300 万円くらいします。)

この装置を使うと「電気抵抗  $R(\Omega)$ 」だけではなくコンデンサの「(静電)容量  $C(F)$ 」、コイルの「インダクタンス  $L(H)$ 」も測定できます。これらはまとめてインピーダンス  $Z=R+jX(\Omega)$  と呼ばれています。測定は直流だけでなく交流を加えてもできます。周波数は自在に、高価なだけあっていろいろな測定ができます。(自慢はこれくらいにして 買うのに苦労したので) それで、多機能ですので**パネル操作**はここでは**スタッフ**にしてもらってください。



(a) インピーダンスアナライザ



(b) 容量(Cp-D)測定

図.3.7 インピーダンスアナライザによる圧電素子の測定

それで、下記の測定をしてください。

- (1) 先の圧電ブザー (1kHz ~ 10kHz, 0.1V, Cp-D および Z- $\theta$ )  
**5kHz にて Cp                      D:                      Z:** \_\_\_\_\_
- (2) クリスタルイヤホン (1kHz ~ 10kHz, 0.1V および 0.01V, Cp-D および Z- $\theta$ )  
**5kHz にて Cp                      D:                      Z:** \_\_\_\_\_
- (3) スピーカ(1kHz ~ 10kHz, 0.1V、Cp-D および Z- $\theta$ )

5kHzにて Cp D: Z:

**考察**

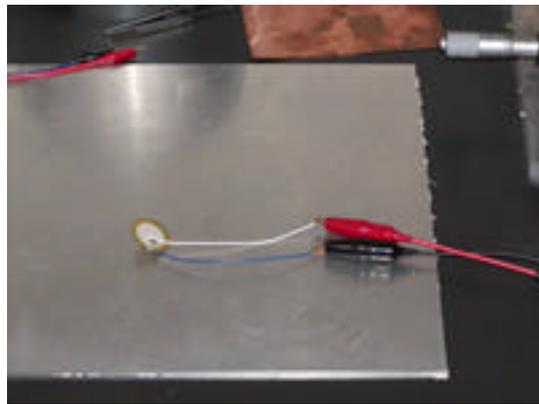
- (1) 測定結果(周波数特性)はフラット? それともピークがありましたか? ピークは何を意味すると思いますか?
- (2) 測定中、素子から音は聞こえましたか?
- (3) 素子の音の大小は?
- (4) 音量が違うのはなぜだと思いますか? また、それから各素子の利点を考えてみてください。

### 3.5 圧電ブザーを鳴らしてみよう ~ 発振器による圧電素子駆動 ~

次に、圧電ブザーに発振器をつないで音を鳴らして見てください。電圧、周波数を変えて変化を聴いてみてください。(図.3.8)



(a) 発振器



(b) 実験 (ケーブルの先に発振器を接続)

図.3.8 発振器を使って圧電ブザーを鳴らしてみよう

**考察**

- (1) 聴きやすい周波数とかありましたか?

### 3.6 圧電ブザーをスピーカにしよう ~ 音を大きくしよう~

上記の実験ですが、お渡しした圧電ブザーではあまり大きな音は出なかったと思います。また、低い音が出にくいでしょう。そこで少し工夫をしましょう。紙コップの裏に両面テープ(弱粘着テープ)を貼って、圧電ブザーをそこに貼りつけてみましょう。それで、以下のことを試して見てください。(図.3.9(a))

- (1) 発振器で圧電ブザーを鳴らして、コップに貼り付ける前後の変化を見る。
- (2) 低周波数の信号ではどうですか?
- (3) このスピーカを CD プレイヤーにつないで見てください。(図.3.9(b)) 音楽が聴けますか?



(a) 圧電スピーカ(?)



(b) CD プレイヤーを聴く

図.3.9 圧電スピーカの製作

### 3.7 圧電薄膜も調べてみよう ~インピーダンスメータによる測定~

「圧電素子を作製する 編」にて作った圧電薄膜でも、先の 3.4 の実験のように測定をしてみてください。測定値はどうですか? 音は聞こえますか?

**5kHz にて Cp D: Z:**

---

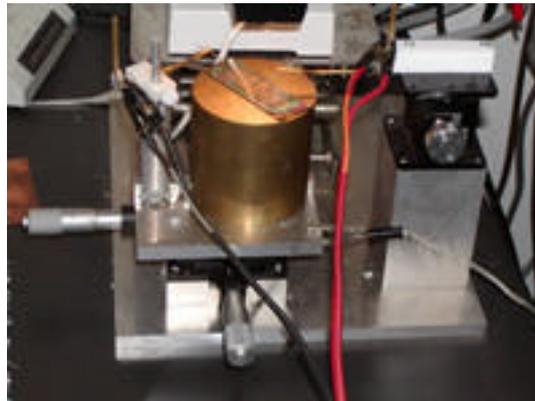


図.3.10 圧電薄膜の測定

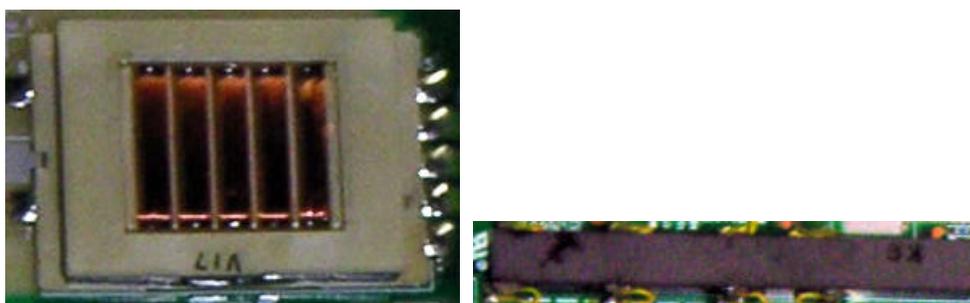
#### 考察

- (1) 圧電ブザーと比較して測定値はどうですか? Z が小さめ、D が大きめになりませんか?
- (2) その理由は?
- (3) 音は小さいと思いますが、大きくするにはどうすればよいと思いますか?

### 3.8 圧電素子で電池から高電圧を作ろう ~圧電トランスの実験~

先の実験では、圧電素子によって電気エネルギーを機械エネルギー(音波)に変換することができました。(圧電ブザー) また、逆に機械エネルギーを電気エネルギーに変換することもできました。これらを組み合わせると「電気 機械 電気」と 2 段階の変換をすること

もできるはずですが、これによって電池のような低電圧(数 V)を高電圧(数 100V)に変換することができます。これが圧電トランスです。同様なものに変圧器(電気 磁気 電気)がありますが、圧電を使うと単純構造・小型軽量にできるため、ノートパソコンや液晶 TV のバックライトの電源に使われています。図.3.11 をみると変圧器は電線をぐるぐる巻いてある複雑な構造ですが、圧電トランスは見た目も単純なセラミックの棒です。



(a) 従来の変圧器

(b) 圧電トランス

図.3.11 トランス

さて、ではこの圧電トランスを使った高圧発生器で蛍光ランプをつけてみましょう。蛍光ランプを点灯するには 100V 以上の電圧が必要で、電池だけでは光らせることはできません。図.3.12 のように回路に電池をつないで蛍光ランプが光るのを確認してください。

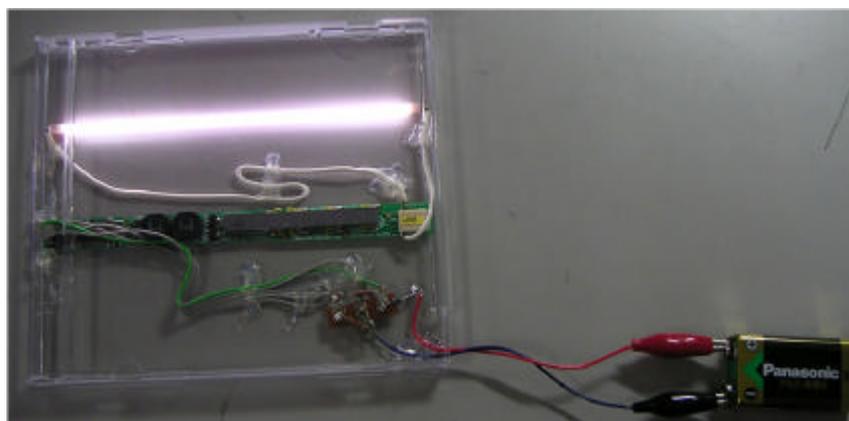


図.3.12 圧電トランスで蛍光ランプを光らせる

### 3.9 鉱石ラジオを聴いてみよう ~ クリスタルイヤホンの実験 ~ (間に合わないかも)

鉱石ラジオをご存知ですか? 詳しいことはラジオ専門家に任せることにして(インターネットで検索してください)、電源の要らないラジオです。構造はきわめて簡単、部品は少なく、(1)コイル、(2)コンデンサ、(3)整流器、(4)イヤホンだけです。元来は整流器に本物の鉱石を使っていましたが不安定なので代わりにゲルマニウムダイオードを使うことがほとんどです。(本当はその場合はゲルマラジオと呼ばれるのですが。)

コイルで受信した電波の微弱なエネルギーでイヤホンを鳴らしますので、イヤホンは高

感度で、低電力で動作しなければなりません。電流はほとんど取れませんので。

上記の実験で、圧電素子で高電圧を発生させることができました。また、測定した抵抗(インピーダンス)値が非常に大きかったと思います。これからわかるように圧電素子は高電圧、低電流の動作に向いています。そのため鉱石ラジオのイヤホンには圧電材料がぴったりで、クリスタルイヤホンが多く使われていました。

### 3.10 おわりに ~さらに興味がある人のために~

面白かったこと、興味を持てるようなことはありましたか? 入門編ということか今回のような実験はけっこうあちこちでやられているようです。ですので、インターネットで検索すると色々見つかると思います。

あと、電子セラミクス関係のメーカーのホームページを訪問されることを是非お勧めします。具体的には「村田製作所」、「京セラ」、「TDK」、「富士セラミクス」あたりでしょうか。一般向けの解説ページもたくさんあります。

実際に行かれるとわかると思いますが、電子セラミクスは我が国が非常に強い分野です。材料の取り扱いや焼き加減などノウハウが非常に多く、よそでは簡単には真似ができません。その反面、地道な研究を積み上げていかななくてはなりません。その一端でも、今回の実習を通してご理解いただければ幸いです。また、将来このような材料の分野に進まれることなどありましたら、非常にうれしく思います。

Ver 0.2: 2004/8/5 by Takashi Nishida

Ver 0.0: 2003/7/26 by Takashi Nishida

tnishida@ms.aist-nara.ac.jp