

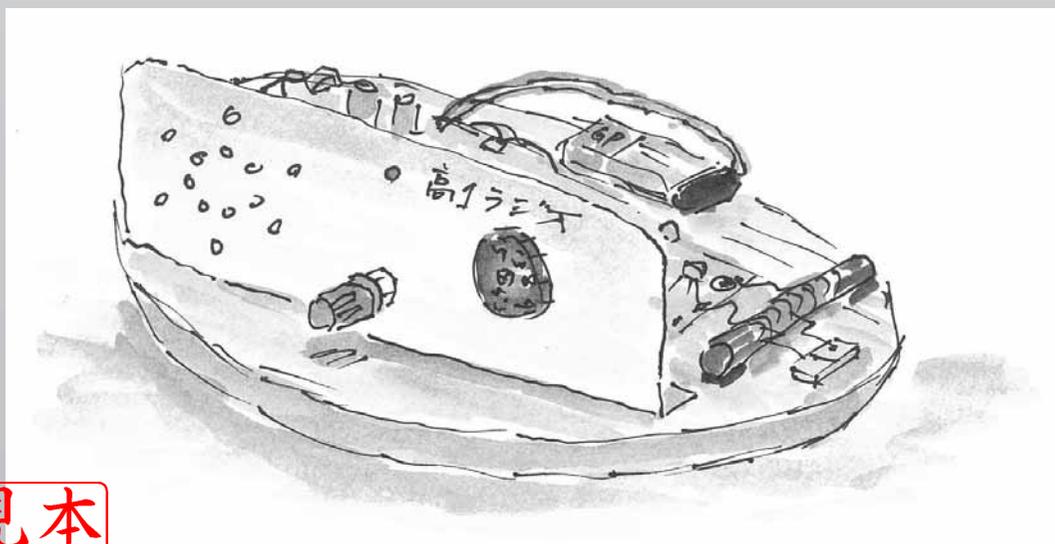
第1章 電子部品の知識と使い方

～基本となる電子パーツ～

ラジオや電子機器を構成する要素は、一つひとつの電子パーツです。その電子パーツには多くの種類があり、よく使われるもの、あまり使われないもの、汎用のもの、特殊なものなどに分類することができます。

また、別な分類としては、半導体と非半導体、増幅作用を持つもの、持たないものなどの分類も可能です。

ここでは、前半で非半導体の電子パーツ、後半では半導体素子について、その基本原理と使い方について考えてみます。



見本

もっとも基本的な電子パーツの一つである抵抗ですが、どなたでも一度や二度は見たことがあると思います。いったい、この抵抗とはどんな働きをしているのでしょうか？

抵抗の働きの一つは、電流の流れを制限するこ

とがあげられます。しかし、考えてみると、電気はいつもスムーズに流れたほうがよさそうなものです。

ではなぜ、電流を制限する必要があるのでしょうか？

図1を見てみましょう。図1(a)は山に降った雨や湧き水が集まり、川になっていくようすです。どこにでも見られる自然豊かな日本の川の姿でしょうか？ここで山に大雨が降って、その水がいききに川に流れ込んだらどうなるのでしょうか？川の水位があがり、氾濫して災害になるかもしれません。そこで、図1(b)ではダムを作って大雨が降っても大量の雨が川に流れ出さないように、水の流れを制限しています。

これと同じように、電気の流れを制限する堰のような役目をしているのが抵抗です。ICやトランジスタに流れる電流を調節して、適正な動作をさせる役目があるのです。

この電流を制限するというのは、抵抗のもっと

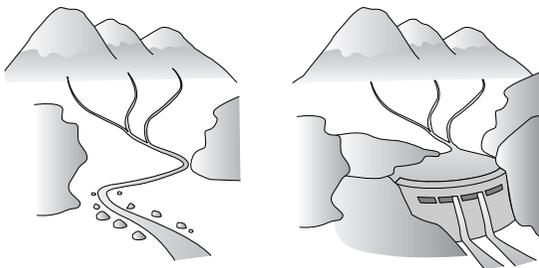
も基本的な働きですが、ほかにも分圧して元の電圧よりも低い電圧を得る、負荷として目的の信号を取り出すなどの働きもあります。これらはおいおい、本書の中にも出てくるので、その折にまた解説したいと思います。

抵抗の単位と色表示(カラー・コード)

抵抗が電流をどれくらい流れにくくするかを表す単位として、オーム(Ω)が使われています。この数字が大きくなるほど電流が流れにくくなります。1 Ω よりも100 Ω のほうが流れにくい、すなわち抵抗値が大きいということです。なお、重さgや長さmにkg(キロ・グラム)やmm(ミリ・メートル)などの補助単位があるように、抵抗値にもk Ω (キロ・オーム、kは1000の略)やM Ω (メガ・オーム、Mは100万の略)のような補助単位があります。

抵抗に実際、記入されている抵抗値は、数字ではなく、色で表示される場合がほとんどです。それがカラー・コード表示です。表示の規則は表1のように決められています。すべてを覚える必要はありませんが、ポイントだけ覚えておくと、そのたびにテスターで抵抗値を測らなくて済みます。

カラー・コードは、最初の2桁で抵抗の有効数字を表しています。筆者は語呂合わせで色と数字の関係を覚えましたが、参考にしてください。

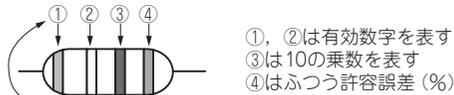


(a) 何も抵抗のない自然状態
大雨が降ると川があふれて災
害が発生することもある

(b) ダム(抵抗)を作り、
水量を調節して下流に流れ
る水を制限して災害を防ぐ

図1 抵抗を川の流れの中で考えると…

表1 抵抗値を色で表すカラー・コードを覚えよう



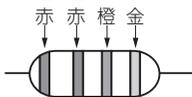
①の数字は抵抗の端に寄っているほう
読み方
①, ②の2桁を読んで③の乗数をかける

| 色 | 数字 | 語呂合わせによる覚え方 | 10の乗数③ |
|------|------|-------------------------------|-----------|
| 黒 | 0 | 黒い礼服 | 10^0 |
| 茶 | 1 | お茶を一ぱい | 10^1 |
| 赤 | 2 | 赤いニンジン | 10^2 |
| だいたい | 3 | 第3の男 | 10^3 |
| 黄 | 4 | 岸恵子 | 10^4 |
| 緑 | 5 | みどり子(赤ちゃんのこと) | 10^5 |
| 青 | 6 | 青二才のロクデナシ (人に向かって言うてはいけない) | 10^6 |
| 紫 | 7 | 紫式部がなまって「むらさき7ふ」 | 10^7 |
| 灰 | 8 | ハイヤー | 10^8 |
| 白 | 9 | ホワイト・クリスマス | 10^9 |
| 金 | 5[%] | 金五郎さん | 10^{-1} |

参考：CQ ham radio誌1998年1月号 JA1AMH 高田OMの「やさしい工作教室」より

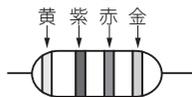
カラー・コードの読み方の例

例 2 2 4 5%



$22 \times 10^4 = 22 \text{ [k}\Omega\text{]}$

4 7 2 5%



$47 \times 10^2 = 4.7 \text{ [k}\Omega\text{]}$

第3数字は、2桁の有効数字に乘じる値を、10を定数にもつ乗数として表しています。ちなみに、10の0乗(黒)は1、10の1乗(茶)は10です。

第4数字は許容誤差を表しますが、私たちが電子工作で使う抵抗は誤差±5%のものがほとんどなので、金色と覚えておけばよいと思います。

もし手許に壊れたラジオなどがあったら、中を開けて抵抗を取り出して実際に抵抗値を測ってみて、実際の色分けから読んだ抵抗値と同じかどうかを確かめて、読み方の練習をしてみましょう。

簡単な実験とオームの法則

電気を扱う世界でもっとも基礎になる法則は、有名な「オームの法則」です。中学校の理科の時間に習ったことですから、皆さんご存じだと思います。

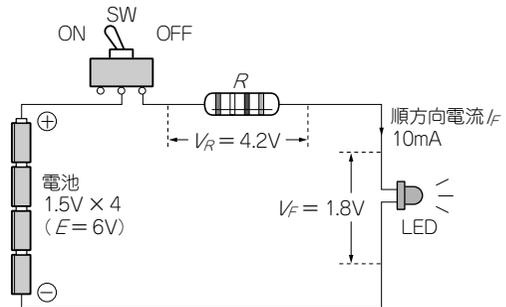
図2のように、電圧(E)と電流(I)と抵抗(R)間の関係を表す法則です。この法則は、抵抗だけで

$E = I \times R$ E : 電圧 [V]

$I = \frac{E}{R}$ I : 電流 [A]

$R = \frac{E}{I}$ R : 抵抗 [Ω]

図2 オームの法則



回路図で表わすと

抵抗 R にかかる電圧 V_R は、 $6V - 1.8V = 4.2 \text{ [V]}$

抵抗 R の大きさを求める

$4.2V \div 0.01A = 420 \text{ [}\Omega\text{]}$

12Vのときは、

- 抵抗にかかる電圧 $V_R \dots 12V - 1.8V = 10.2 \text{ [V]}$

- 抵抗の大きさは $R \dots 10.2V \div 0.01 = 1,020 \approx 1 \text{ [k}\Omega\text{]}$

図3 LEDを点灯させるときの電流制限抵抗の値

なく電子回路を扱ううえでとても大切な法則ですから、この機会にもう一度思い出して、よく理解しておきたいものです。

図3は、発光ダイオードを点灯させているところです。発光ダイオードは電球などと異なって、応答特性や寿命、低消費電力などの多くの面で有利で、現在さまざまな用途で使われています。

発光ダイオードは適正な電流を流すと光らせることができ、順方向電圧 V_F は1.6~2.0V(ここでは1.8Vとする)、順方向電流 I_F は10mA前後の電流で点灯します。つまり、LEDを乾電池1本の1.5Vで光らせることができないのは、この V_F 1.8Vに0.3Vだけ足りないからです。

さて、通常のLEDでは電流が20mAを越えると壊れてしまいます。4本直列の乾電池6Vに直接LEDをつなぐと、電流が20mAを越えてしまい壊れます。そこで登場するのが電流を流れにくくする

図2のように、電圧(E)と電流(I)と抵抗(R)間の関係を表す法則です。この法則は、抵抗だけで

抵抗です。どのくらいの大きさの抵抗を入れればよいか、オームの法則を使って計算してみましょう。

図3のように、電源 E は6V、LEDの順方向電圧 V_F が1.8V必要になります。次に、抵抗 R には4.2Vの電圧 V_R がかかることになります。10mAの電流を流すとすると、抵抗は420Ωということになります。420Ωという値は一般的には入手しづらいので、近い値である390Ωを使うこととなります。では、電源を12Vにしたときはどうでしょう？ 同じようにオームの法則を使って計算すると840Ωとなり、これに近い値の1kΩ(=1000Ω)を使えばよいということになります。

図3の回路中、抵抗がギザギザの波線で表されていますが、これはぜひ覚えておきましょう。

抵抗の種類と規格

抵抗器にはいろいろな種類があります(表2)。私たちが電子工作で使う抵抗器としては、小型で安価な炭素皮膜抵抗器が一般的です。抵抗にはE系列という規格があり、入手できる抵抗の値はほぼ決まっています。

通常は、図4にあるE12系列の抵抗で事足りませんが、もっと細かい区切りの値をもつ抵抗が欲しいときにはE24系列の抵抗を使います。電子回路を設計しても、必要な抵抗値がすべてそろうことは実はまれです。そのときはE系列の中から、目的の値に近い抵抗を選ぶということになります。

われわれの電子工作でよく使う抵抗値は、だいたい決まっています。たとえば、100, 330, 470, 1k, 3.3k, 4.7k, 10k, 33k, 47kΩ, 100kΩなどです。秋葉原の電子部品店や通信販売を利用すると、100本で100円という低価格で入手できるので、これから電子工作を始めようと考えている方は、よく使う抵抗はまとめて購入するとよいでしょう。

定格電力も大事

見本 抵抗値と並んで大切なのが、定格電力です。抵

表2 固定抵抗器の種類と特徴, 用途

| 名称 | 誤差 | 特徴 |
|------------------------|-------------|--------------------------------------|
| 炭素皮膜抵抗器 (カーボン抵抗器) | ±5% | 安価で、一般に固定抵抗器といえはこの抵抗が使われる |
| 金属皮膜抵抗器 | ±1% ±2% | 誤差が少なく高精度。 抵抗器で発生するノイズが少なく温度特性が良好 |
| 炭素系混合体抵抗器 (ソリッド抵抗器) | ±5% ±10% | 高周波特性が良い。 最近は入手難 |
| セメント抵抗器 (巻線型) | ±5% | 電力用、周波数特性は悪い |

・E24系列(丸数字はE12系列)

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 3.0 |
| 3.3 | 3.6 | 3.9 | 4.3 | 4.7 | 5.1 | 5.6 | 6.2 | 6.8 | 7.5 | 8.2 | 9.1 |

一般的に市販されている抵抗の値。たとえば2.2については、2.2Ω・22Ω・220Ω・2.2kΩ・22kΩ・220kΩ・2.2MΩがある販売店ですべての数値のE24系列抵抗値がそろうとは限らない

その場合、近い数値で代用する。

・定格電力について、 $P = I \times E = I^2 \times R$

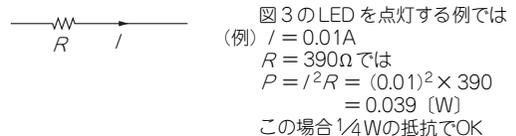


図4 E系列と定格電力

抵抗は電流の流れを妨げますが、その抵抗に電流が流れた分だけ($P = I^2 \times R$)、電気エネルギーが熱として消費されることとなります。そのため抵抗器には、消費電力に応じた電力容量が必要になります。1/8, 1/4, 1/2, 1, 2W~などの定格電力の抵抗があります。必要な電力容量 P は、

$$P = E \times I \quad P = I^2 \times R$$

の公式から計算することができます。私たちの電子工作では電圧は12V以下、電流も数十mAという場合がほとんどですから、1/4Wといった小さな抵抗器を用意しておけば十分です。電源回路など、大きな電流を扱うときにだけ電力容量に気をつけます。

以上のように、抵抗値が決まっている固定抵抗器のほかに、抵抗値が連続して変えられる可変抵抗器(ボリューム)や半固定抵抗器があります。これはラジオやCDなどの音量調節や製作後の調整に使われています。

1-2

直流は通さず，交流を通す コンデンサ

コンデンサのもっとも基本的な働きは，電気を蓄えるということです。たとえば水力発電所などのダムを考えるとコンデンサの働きがよくわ

かります。ダムには水量調節とともに，水の有効利用のために水を蓄えるというもう一つの大切な役目もあります。

貯水を行うダムの働きの中で電気で考えると，電流(水量)の調節をするのが抵抗で，電気(水)を蓄える働きをするのがコンデンサと考えることができます(図1)。

コンデンサの電気記号は，図2(a)のように2枚の電極を向かい合わせたように表します。図2(b)は，中に斜線が引いてあり容量の大きい電解コンデンサを表しています。電解コンデンサには⊕⊖の極性があり，回路上にそのことがわかるように記入します。ただ例外もあり，無極性の電解コンデンサ[図2(c)]もあります。

ダムを電気回路で表すと図3のようになるのではないのでしょうか？ 電子回路ではコンデンサで電気をためて，電流を抵抗で調節するというダムと同じ働きの回路がたくさん使われていて，回路

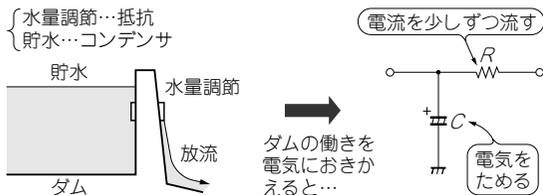


図1 コンデンサの役割をダムと水の関係で表すと…

を適正に，安定にするというとても大切な役目をしています。

実験で確かめるコンデンサの働き

さて，図4はコンデンサが挿入された，LEDを点灯させる回路です。スイッチ(SW)を入れると，まずコンデンサに電気が蓄えられます。コンデンサ両端の電圧はごく短い時間の間に電源電圧Eに近づきます。LEDの順方向電圧 V_F を超える電圧になると，今度は電流が流れてLEDが点灯します。

次に，SWを切ってみます。LEDはSWを切ってもすぐには消えません。しばらくしてからスー

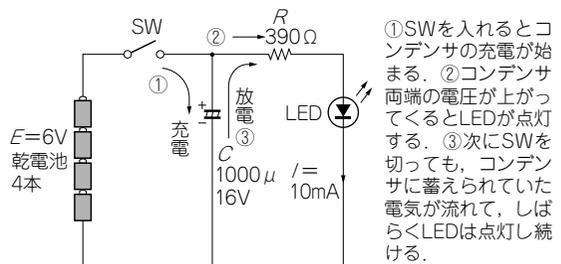


図4 LEDの点灯回路に電解コンデンサを追加する

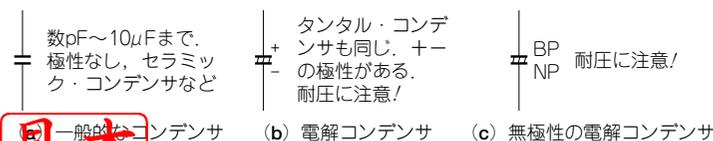


図2 コンデンサを表す電気記号

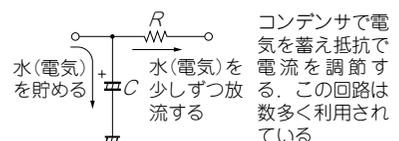


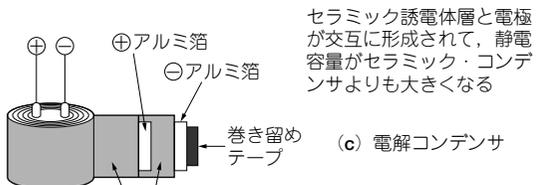
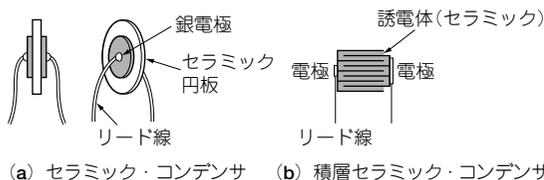
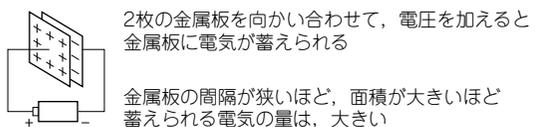
図3 電気を蓄えて，少しずつ送り出す

と消えるのです。SWを切るとコンデンサに貯まっていた電気が流れ出して、それがあがる程度なくなるまでLEDが点灯し続けるのです。このような現象はコンデンサの電気を蓄える性質によるものです。

コンデンサの構造

2枚の金属板を狭い間隔で向かい合わせておいて、2枚の金属間に電圧を加えると金属板に向かって電流が流れます。そして、2枚の金属間の電圧が加えた電圧と等しくなると電流が止まり電気が蓄えられます。電気が蓄えられる量は2枚の金属板の間隔が狭いほど、また金属板の面積が広いほど大きくなります。

金属板の間に挟まれている絶縁物を誘電体といいます。図5(a)は絶縁体にセラミックを使ったコンデンサの構造を示しています。電極の間に誘電体である円盤型のセラミックが挟まれています。誘電体がセラミックなので、セラミック・コンデンサと呼ばれます。静電容量は小さいのですが、後述する高周波特性に優れています。



見本 電解液がしみ込んだセパレータ(絶縁体)
図5 セラミック/電解コンデンサの構造

図5(b)は積層セラミック・コンデンサです。誘電体のセラミックが何層も重ね合わせてあり、静電容量を図5(a)よりも大きくすることができます。

図5(c)の電解コンデンサは、⊕と⊖のアルミ箔の間に電解液をしみ込ませた紙をはさんで絶縁し、全体をアルミ・ケースに入れた構造になっています。静電容量が大きいのが特徴ですが、熱に弱く、電解液を使うため寿命があり、月日とともに劣化する場合があります。

誘電体として使われる物質としては、フィルム系のポリエステル、マイラー、スチロール、ポリカーボネート、ポリプロピレン、また空気(エア)などがあり、さまざまなコンデンサがあります(写真1)。また、静電容量を変化させることのできる



写真1 コンデンサには構造や材質の違いによって多くの種類がある
外形が大きくなると容量、あるいは耐圧が上がる。しかし、形が一定なら、容量と耐圧は反比例の関係にある

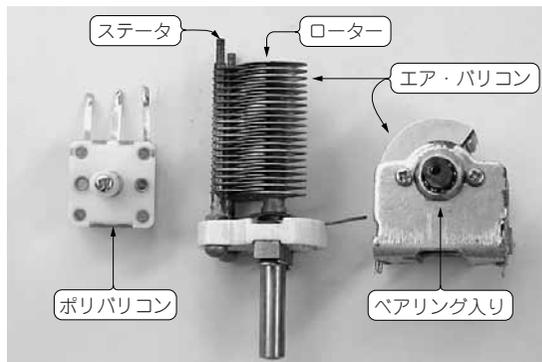


写真2 静電容量を連続して変えることができるバリコン
数pFから、大きくても数百pFのものほとんど

バリャブル・コンデンサ(通称バリコン, 写真2)や半固定トリマといった種類もあります。

多くの種類がある中で、私たちが電子工作で使うコンデンサとしては、セラミック、積層セラミック、電解コンデンサが主になります。

コンデンサの単位と表示

コンデンサに蓄えられる電気の量を静電容量といいます。静電容量が大きいほど多くの電気を蓄えられるということになります。単位はファラド(F)を使います。このファラドという単位は非常に大きく、実際に使われるのは図6のように μF マイクロ・ファラド、 pF ピコ・ファラドという単位です。その間には nF ナノ・ファラド(10^{-9}F)があります。容量が大きいほど多くの電気を蓄えることができます。コンデンサには、それぞれの容量が表示されていますが、図7のような表し方があります。

ところでコンデンサには、何ボルトの電圧まで使えるかという耐圧が表示されている場合があります。耐圧以上の電圧をかけると壊れることもあります。特に電解コンデンサでは、耐圧を超えて電圧をかけると、発熱したり、煙が発生したり、電解液が漏れ出したりすることがあります。こ

なると多くの場合、規定の容量が得られなくなり、ひどいときには破裂します。また電解液は銅箔などを腐食させるので、注意が必要です。

電解コンデンサには一部を除いて \oplus , \ominus の極性があります。これを逆に接続しても過電圧のときと同様の現象が起こるので、耐圧と \oplus , \ominus の極性には十分に気をつけたいものです。

電子工作ではほとんどの場合、12V以下の電圧を扱いますから、コンデンサの耐圧は16V以上のものを、できればもう少し余裕を見て25V耐圧のものを使いたいところです。

並列と直列接続

コンデンサは、図8のように並列に接続すると単純に合計した容量になります。欲しい容量のコンデンサがないときは、何個かを並列につないで必要な容量を得ることができます。

一方、直列に接続すると容量は小さくなります。その代わり、耐圧を上げることができます。耐圧が電源電圧より低い場合は、直列に接続すると全体の耐圧を上げることができるのです。しかし、容量のアンバランスなどから、個々のコンデンサにかかる電圧が異なることが多いので、実際に使う場合には注意が必要です。

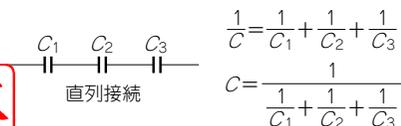
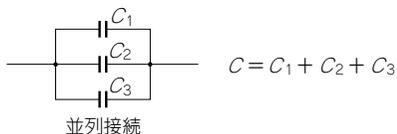
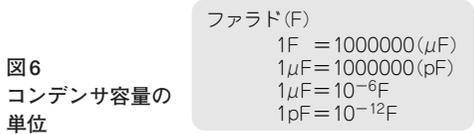


図8 並列接続 直列接続

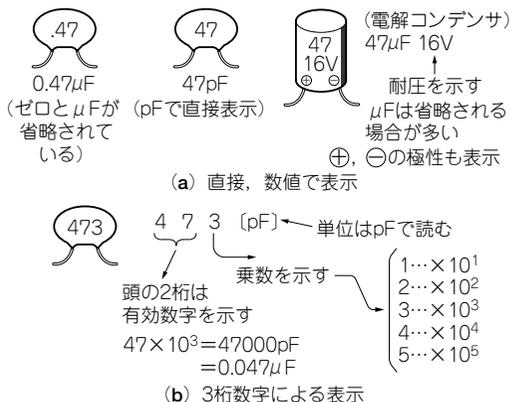


図7 コンデンサ容量の表し方と読み方

もう一つの働き

コンデンサが電気を蓄えるという働きは、電池や安定化電源などの直流に対しての働きです。この直流に対して、交流があります。交流は⊕と⊖が瞬時に入れ替わり、1秒間に何回振動するかという振動数(周波数)を持つものです。

もっとも身近なところでは、家庭に送られてくる50/60Hzの100Vの商用電源が交流ですね。そのほかには、私たちの声(音声信号)、そしてラジオ、テレビや携帯電話に使われているような電波もその仲間です。電子工作で扱うのは、音声信号である低周波や、ラジオなどの高周波信号です。

図9を見てください。コンデンサは直流に対して電気を蓄えるだけで電流は流れませんが、交流に対しては電流を流す性質があります。静電容量が一定の場合、周波数が高いほどよく流れるという性質があります。また、容量の大小により、損失が少なく通過できる周波数が異なります。

たとえば、 $0.01\mu\text{F}$ のコンデンサは、高周波信号は自由に通過させることができますが、低周波信号はなかなか通過することができないのです。 $10\mu\text{F}$ の電解コンデンサでは、低周波信号を損失なく通過させることができます。同じ容量のコン

- ・直流に対しては、電気を蓄えるが、電流は流れない。
- ・交流では、コンデンサを通過して電流が流れる。*

※ { 低周波(音声など)… $1\mu\text{F}$ 以上を使って通過させる
(電解コンデンサ、積層セラミック・コンデンサ)。
高周波(中波、短波)… $0.1\mu\text{F}$ 以下を使って通過させる
(高周波は特性のよいセラミック・コンデンサ)

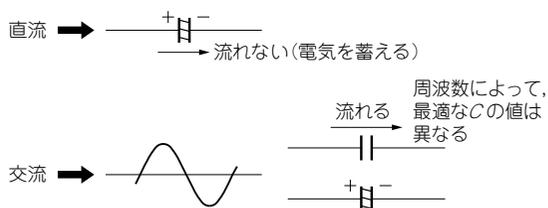


図9 コンデンサの働き

デンサでも、周波数によってスムーズに通過させたり、逆に通過を阻止したりする働きがあります。

少し極端な分け方ですが、 0.1μ より小さいコンデンサは高周波で使い、それよりも大きいコンデンサは低周波で使うということが出来ます。高周波特性のよいセラミック・コンデンサを高周波で使い、容量の大きい電解コンデンサは低周波領域で使うということです。

実は、その両方のいいところを持った性質を持つのが積層セラミック・コンデンサです。このコンデンサは高周波特性がよくて、なおかつ容量も $10\mu\text{F}$ 程度までと低周波でも使えるものです。

見本

抵抗やコンデンサと並んで、基本的な電子パーツの一つがコイルです。電線がぐるぐると巻かれただけの簡単な構造ですが、電気と密接に関

係する磁界を作り出したり、交流を阻止したり、共振回路を構成したりと多くの重要な働きがあります。

図1のように、鉄ボルトにエナメル線をぐるぐると巻いて電流を流すと、磁石になる——この電磁石は皆さんご存じのことと思います。著者は初心に返り、遠い昔に習ったことを思い浮かべながら、電磁石を作ってみました。鉄ボルトに巻いた電線に電流を流すとボルトにクリップがピタッとくっつくのを見て、とても新鮮な感動を覚えました。ぜひ、皆さんも実験してみてください。

電磁石の原理

なぜ鉄製のボルトに電線を巻いて電気を流す

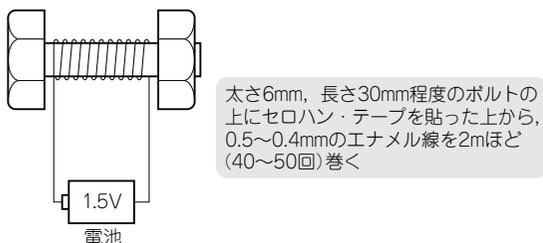


図1 電磁石を作ってみる

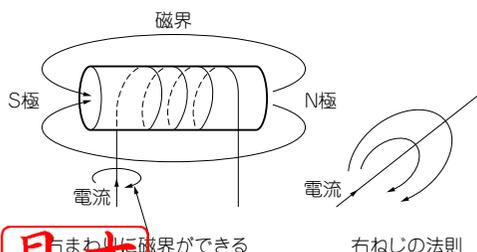


図2 磁界と右ねじの法則

と、磁石になるのでしょうか？

1本の電線に電流を流すと、時計回りに磁界が発生するという事は、中学校の理科の時間やハムになるための無線工学でも習ったように、これは右ネジの法則と呼ばれます(図2)。

単線1本では強くない磁界でも、コイル状にエナメル線を巻くと、何本も束ねられた状態になるので磁力が強くなります。さらにその内側に鉄の棒を差し込むと、鉄の棒が磁化されて磁力が強くなります。これが電磁石です。

また、反対に、磁石を向かい合わせた磁界の中を電線が横切るように動かすと、電線に電流が流れることも理科の時間に習いました(図3)。

磁界と電流と導体を動かす方向には一定の法則がありましたね、そうです。これがフレミングの右手の法則(図4)です。

以上をまとめると、電線に電流を流すと磁界が発生します。また、反対に磁界の中に電線を通過

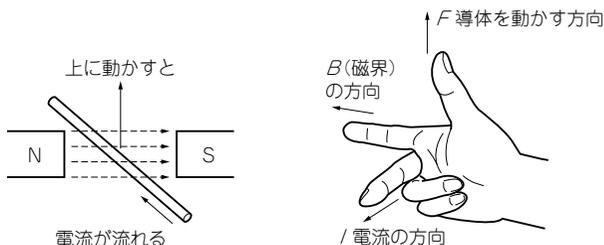


図3 磁界の中で電線(導体)を動かすと電流が流れる

図4 フレミングの右手の法則

させると、電流が流れます。ただし、電線が静止している状態、すなわち磁界の変化のないところでは電圧は発生しません。つまり、電流が流れるためには、磁界の強さの変化が必要ということです。

以上の原理でモータを回したり、反対に発電したりと、現代ではあらゆるところでこの原理が応用されています。たまには、こういったことを思い出して電気が使えることに感謝したいですね。

逆起電力について

電磁石に電池をつないだ回路、図5を見て下さい。スイッチを入れるとコイルに電流が流れて、電磁石になります。スイッチを入れる瞬間と切れる瞬間に、それまで流れていた方向とは逆方向の起電力が発生します。

電磁石のスイッチを入れるとコイルに電流が流れてボルトは磁化されますが、電流のように瞬時に流れるのではなく、徐々に磁力が強くなっていきます。この徐々に強くなる磁力というのは、磁界の変化のことなので、コイルに電圧が生じてきます。この向きは電流を流そうとする方向と反対になります。しかし、磁化されていく過程では反対の力が働いたとしても打ち消されてしまいます。

これとは反対に、電源スイッチを切ると電流はストップしますが、磁化されたボルトの磁力はすぐにゼロにならずに徐々に小さくなります。つまりこれも磁力の変化であり、同様にコイルに電圧

が発生します。

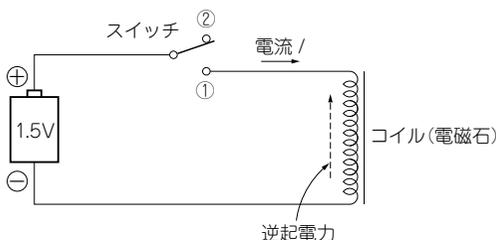
このスイッチを切ったときに発生する電圧は、コイルへ流れる電流とは逆向きなので、逆起電力と呼ばれます。逆起電力は、スイッチを入れるときと切ったときに発生します。しかし、スイッチを入れるときは打ち消されてしまいはっきりとわかりませんが、電源スイッチを切ったときは電流が流れていませんから、はっきりと観察することができます。

このような逆起電力を起こす現象を自己誘導作用といいます。この自己誘導用の大きさを示す定数がインダクタンスです。電磁石はコイルの巻き数が多くなるほど磁力が強くなります。このとき、逆起電力も大きくなりますから、インダクタンスも大きいということになります。

毎秒1Aの電流変化を与えたときに発生する逆起電力が1Vのときのインダクタンスが1H、と決められています。インダクタンスの単位はヘンリー(H)で表されます。1Hの $\frac{1}{1000}$ が1mH、 $\frac{1}{1000000}$ が1 μ Hとなります。

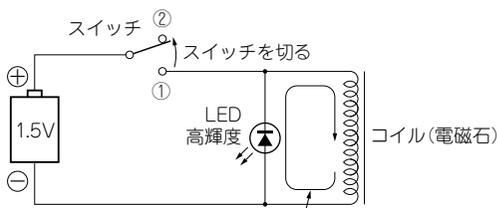
逆起電力を見る

さて、逆起電力は見えないのでしょうか？ 実験してみましょう。図6のように電磁石の回路を組み、コイルと並列に逆方向に高輝度LEDを接続します。スイッチを入れるとコイルの周囲に磁界が発生します。そして、スイッチを切ると一瞬、LEDがかすかに光ります。これが逆起電力による



スイッチを入れて①、次に切った②瞬間に、逆起電力が発生する

図5 逆起電力の発生とは



スイッチを切ると、LEDの V_F を超える逆起電力が発生して、瞬間的に逆向きのLEDが点灯する

図6 高輝度LEDで逆起電力を観察してみる

点灯です。

通常、高輝度LEDは順方向電圧 V_F が2Vかそれ以上にならないと点灯しませんが、ここでは逆起電力で2V以上の電圧が発生したことになります。ただし、光り方は非常に弱いので、普通のLEDでは観測できません。高輝度LEDがかすかに光ったというくらいです。

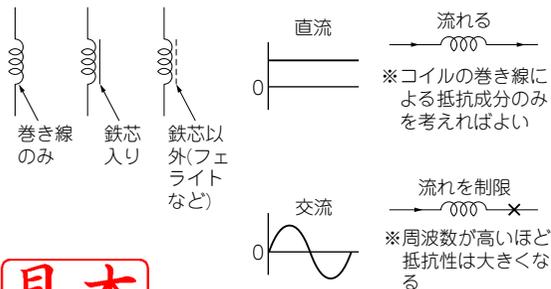
交流では抵抗として働くコイル

ここまでは直流とコイルの関係でした。では、コイルに交流を流した場合(図7)、どうなるでしょうか？ 交流は時間とともに電圧が変化します。この交流をコイルに流したとき、流れる電流は常に変化して、それに伴って磁界も変化するということになり、逆起電力(誘導起電力)が常に発生します。

逆起電力は、電流が流れようとする方向とは逆ですから、電流の流れを妨げてしまいます。電流を制限するということであり、交流にとっては抵抗と同じように考えることができます。

しかし、抵抗器と違って、同じインダクタンスのコイルでも、扱う交流の周波数によって、抵抗として表れる度合いが変化するとところが面白いところでもあり、ややこしいところでもあります。

コイルを通過しようとする交流信号の周波数が高くなるほど、抵抗性が高くなります。すなわち、高い周波数の信号ほど、コイルを通りにくくなるということです。



見本
図9 コイルの記号と直流/交流の流れ方

ここで、コンデンサのことを思い出してください。コンデンサは同じ容量であれば、周波数が高くなるほど通過しやすいという性質がありました。

コイルはコンデンサとまったく逆の性質で、同じインダクタンスなら、周波数が高くなるほど通りにくいという性質があります。

コイルの構造と表示の読み方

コイルが持つ特性をインダクタンスと呼びますが、その単位はヘンリー(H)を使います(図8)。扱う信号の周波数によりいろいろな種類のコイルがあり、チョーク・コイルやRFC(写真1)、インダクタなどとも呼ばれています。また巻き線だけの

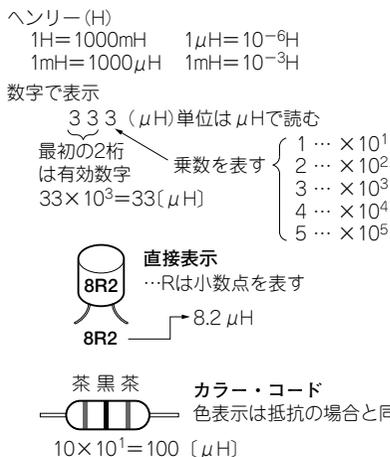


図8 インダクタンスの単位と表示の読み方

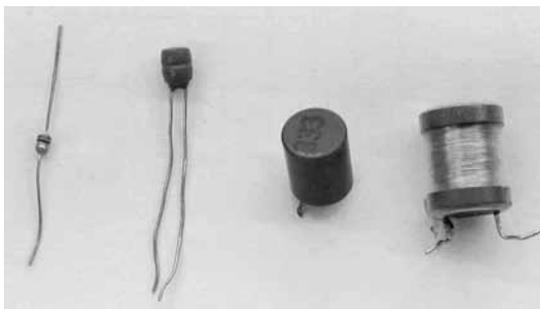


写真1 RFCや単にインダクタと呼ばれるコイル
RFCはRF(高周波)Choke(チョーク)の意味。主に信号用で、高周波を阻止したり、逆に高周波を取り出す際の負荷として使われることもある。右端のコイルは電力用としても使用される

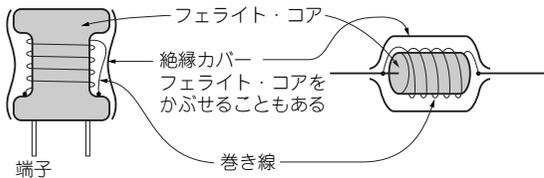


図9 コイルの構造例

ものや、コアとして磁性体を持つものなど構造や特性もさまざまです。

図9はコイルの構造例です。フェライト・コアに細い電線を巻いて、必要なインダクタンスを得ています。細い電線を小さなコアに巻いているから、電線そのものの純抵抗成分(図10)があります。この抵抗というのは、交流に対するコイルの抵抗性というのではなく、コイルを巻くための電線の純粋な抵抗成分ということです。これを直流抵抗と呼んで区別する場合もあります。

コイルを等価回路で表すと、抵抗(直流抵抗) + インダクタンスということになります。特にインダクタンスが大きいコイルでは、巻き数も多くなり、抵抗分が無視できなくなることもあります。

インダクタンスを示す表示は通常3桁の数字で表され、図8のように値を読みます。パーツとして一般に入手できるインダクタは、500 mH以下が大半でしょう。私たちの電子工作の分野で使われるコイルを大ざっぱに分けると、1 mH以下が

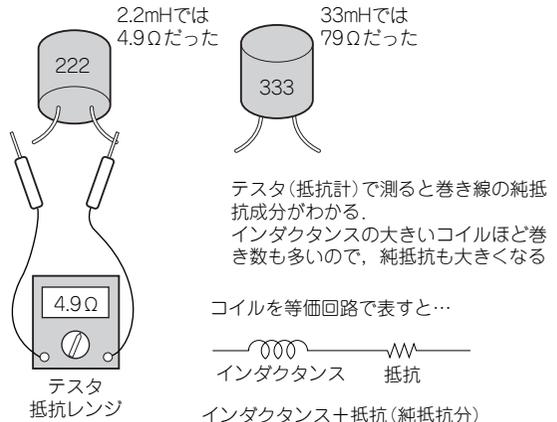


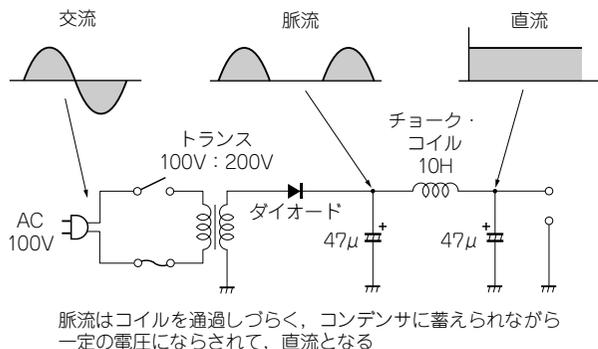
図10 コイルの巻き線による抵抗成分

高周波で使われ、1 mH以上は低周波やスイッチングなどの用途で使われるといったところです。

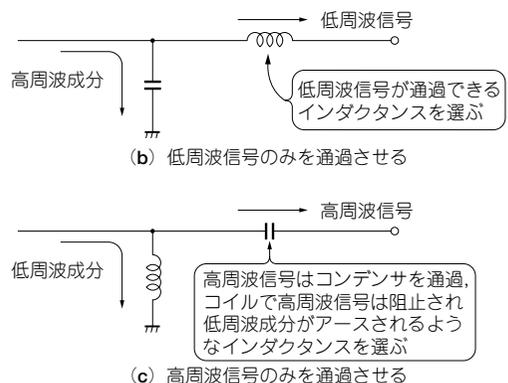
チョーク・コイルの使い方

コイルとコンデンサの性質をうまく組み合わせることで、いろいろな働きをさせることができます。

図11にその主な使い方をまとめてみました。図11(a)は、100 Vの商用電源を使い、トランスにより200 Vに電圧を上げて、ダイオードと平滑回路(コンデンサ+チョーク・コイル)で直流に変換する回路です。ダイオードは、交流のうちのプラスの部分だけを直流にするので、直後の電圧は一定した直流ではなく電圧の変動があります。そこ



見本 (a) チョーク・コイルとしての働き
図11 コイルの使い方



で、コイルが持つ交流成分を通さないという性質を利用します。また、コイル手前と直後の電解コンデンサに一時、電荷を溜め込んでおいて、電圧を安定化させて、出力を作り出しています。

このような目的で使われるコイルを、チョーク・コイルといいます。電源回路ですから、大きな電流を通過させることを考えると、このコイルには太い電線を使い、交流成分を通過しにくくするためには、インダクタンスも大きなものが必要になります。そのため、コイルとして物理的に大きな構造となっています。

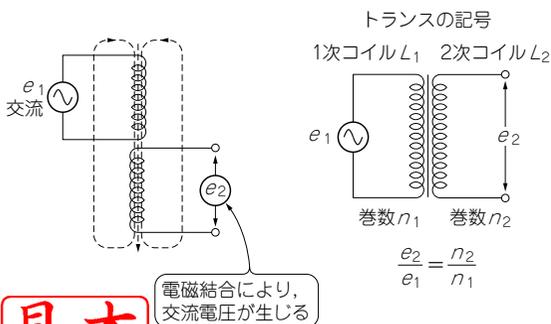
図11 (b) は、図11 (a) の回路と似ていますが、一緒に通過している高周波成分と低周波信号のうちから、高周波成分だけをコンデンサによりアースして、低周波成分を取り出しています。

図11 (c) は、図11 (b) と反対に、高周波成分のみを通過させて、低周波成分はコイルによってアースしています。

このように直流と交流を分離したり、ある周波数以上を通過させたり、またはある周波数以下のみを取り出すといった動作をさせることができます。

トランスについて

図12を見てみましょう。二つのコイルを近づけた状態で、片方のコイル(1次側)に電流を流すと磁界が発生します。直流を流すと電磁石になるのですが、交流を流すと電圧の変化によって、



見本
図12 トランスの働き

生じる磁界の強さも常に変化します。その磁界の強さの変化によって、もう一方のコイル(2次側)に電圧が発生します。このような現象を電磁誘導といいます。

交流電圧を加える側を1次コイル(L_1)といい、電圧が発生する側を2次コイル(L_2)といいます。 L_1 と L_2 の巻き数の比を変えることによって、2次コイルに表れる電圧を変えることができます。

このように、図12のようなものをトランスといい、用途によってさまざま種類があります(写真2)。100Vの商用電源(交流)を12Vに変換してから直流を取り出すACアダプタで使われたり、高周波の用途ではアンテナのマッチングを取るときなどに使われています。100Vの商用電源(50/60Hz)という低い周波数の交流から、低周波用トランス、高周波用トランスまで、幅広く応用されています。

共振回路について

交流において、コンデンサは電気をよく通す性質があり、コイルは逆に通過させにくい抵抗と同じような働きがあることがわかりました。

コンデンサの容量が一定であれば、周波数が高

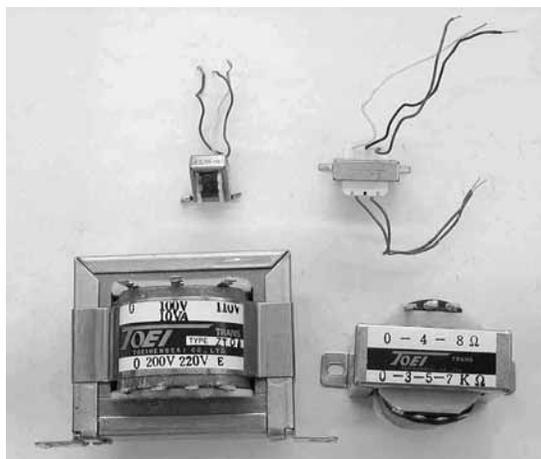


写真2 各種のトランス
電源用(電圧変換)や低周波のインピーダンス変換用など種類が多い。1次側、2次側ともにタップを持つタイプもある

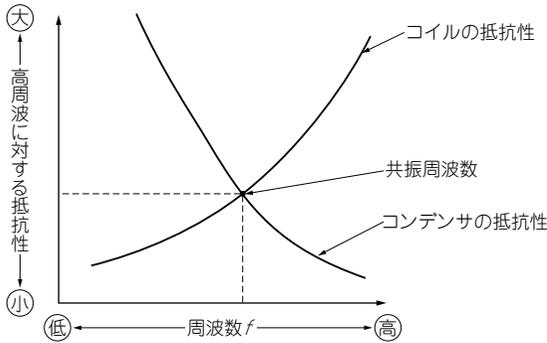


図13 コイルとコンデンサによる共振回路の特性

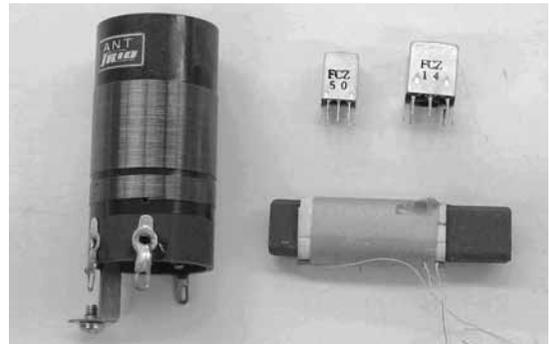
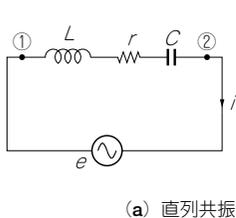
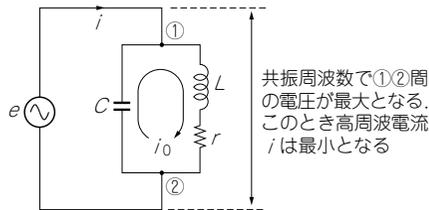


写真3 高周波で使われる同調用コイル

1次コイルだけのもの、トランス構造になっているもの、同調周波数が固定のものや調整可能なもの、シールドの有無など、用途によってさまざまな種類がある



(a) 直列共振



(b) 並列共振



コイルのインダクタンスは一定として、バリコンで容量を連続的に変化させて、多くの周波数に共振させて同調をとる

図14 直列共振と並列共振

くなるほど通過しやすくなります。また、コイルは逆に周波数が高くなるほど通過しにくくなる、すなわち抵抗性が大きくなります。これをグラフに表したのが図13です。

ここでコンデンサの抵抗性曲線と、コイルの抵抗性曲線が交差している点に注目してみます。コイル、コンデンサともに同じ抵抗性のバランスが取れた周波数にあたります。このときの周波数を共振周波数といいます。コイルとコンデンサを流れる電流が最大になる周波数です。

図14(a)のように、コイルとコンデンサを直列にして交流電圧を加えると、グラフ上で交差した周波数において、コイルにもコンデンサにも同じように電流が流れます。その電流はほかの周波数のときよりも大きくなります。そして共振した周波数で最大の電流を取り出すことができます。この共振回路のことを、コイルとコンデンサが直列

に接続されているので、直列共振回路といいます。

また、コイルとコンデンサを図14(b)のように並列に接続すると、高周波電源eの周波数fを変えていってそれがLCの共振周波数になったとき、①点と②点間のインピーダンスZが最大になります。つまり、このとき①点と②点間の電圧も最大になり、高周波電流iは最小になります。これは、共振させた周波数では、並列共振回路の両端から最大の電圧を取り出せるということです。これを、直列共振回路に対して並列共振回路といいます。

これらのことを利用したのが同調回路で、ラジオの選局などに使われている仕組みです(写真3)。コイルは固定されたインダクタンスとして、コンデンサには容量を可変することができるバリコン・コンデンサ(バリコン)を使い、幅広い周波数の中からある周波数に共振させて、多くの放送局から目的局だけを選局することができるのです。

もっともシンプルな構造をしているダイオードは、半導体の仲間でありながら増幅作用がなく、地味な存在に思われちです。ところが、実際の

回路中では多種多様な使い方がされており、その種類も多く、電子回路になくってはならない存在です。

金属などの電気をよく通す物質を導体といい、プラスチックや空気などの電気を通さない物質を絶縁体または不導体といいます。

図1は、物質の電気の通りやすさという性質に注目したものです。図中、右に行くほど電気を通しやすく、左に行くほど電気抵抗が大きくなります。

中央付近の黄鉄鉱、ゲルマニウム、シリコン、セレン、亜酸化銅などは、導体と不導体の中間に属する物質で、半導体と言われています。これらの物質は、純粋な結晶では、電気がやや流れにくいという性質しかありませんが、ある物質をごくわずかに混ぜると電気の流れが格段によくなります。純粋な半導体にほんのちょっとの不純物を混ぜた物で、不純物半導体とも言われます。

混ぜる不純物により、N型半導体、P型半導体という二つのタイプがあります。不純物としてはN型では砒素、アンチモン、リンなどがあり、またP型ではイリジウム、ガリウム、ボロンなどが使われています。

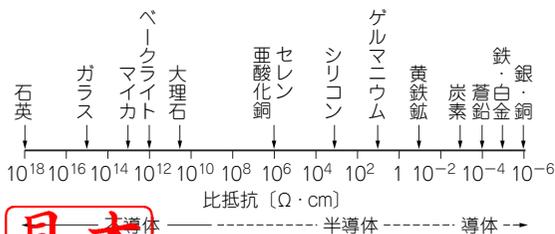


図1 いろいろな物質の電気の通りやすさ

注1) 厳密には、ダイオードに逆方向の電圧をかけると、わずかながら電流が流れる。漏れ電流とか逆方向電流などと呼ばれる。

N型半導体とP型半導体の違いは、電気の運び手の違いです。N型では電気の運び手となるのが電子(-, Negative)で、P型は電気の運び手が正孔(ホール)と呼ばれ、電子が飛び出した抜け殻のことで、別の電子を引き寄せて埋めようとして、見かけ上プラス(+, Positive)の性質を示します。

N型、P型半導体を接合して電極を付けたのがダイオードで、もっとも素朴な半導体です。N型とP型の接合方法により、接合型ダイオードと点接触ダイオードに分かれます。端子の呼び方はP型側がカソード(K)、N型側がアノード(A)になります。

接合型ダイオード

図2のようにP型半導体とN型半導体を接合したものを、接合型(ジャンクション)ダイオードと呼びます。P型からN型半導体に向かって電流が流れますが、N型からP型には電流は流れません。電流が流れる方向を順方向(Forward)といい、電流が流れない向きを逆方向(Reverse)といいます^{注1)}。

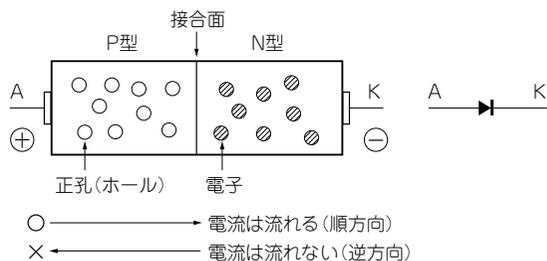


図2 接合型ダイオードの構造