

実験・実習

実験 D 「光を聴く、音を光に乗せる」

門 信一郎 京都大学エネルギー理工学研究所 日本物理学会
 中村 仁 電気通信大学情報理工学域 日本物理学会
 斉藤 準 帯広畜産大学農学情報基盤センター 日本物理学会
 喜多 誠 慶應義塾名誉教諭 日本物理教育学会 (教材発案・監修)

2022年8月8日(月)【実験・実習】9:00~10:30, 11:00~12:30

情報は空間を伝わる

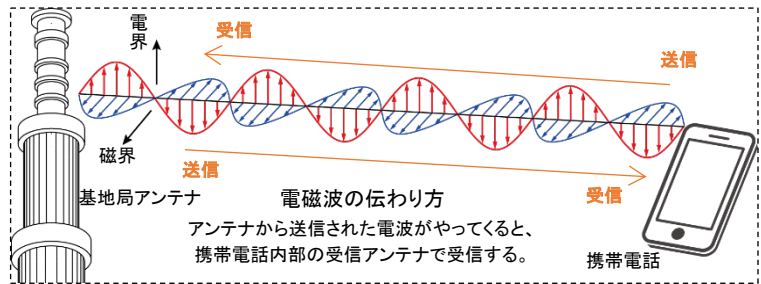
現代社会を情報という視点で見ると、テレビ・ラジオ・スマートフォンなどは、電磁波を通じて情報を送受信している。本演習では、身近にあるリモコンが発する目に見えない信号を音として聞きます。さらに、音の情報を可視光に乗せて送信し、離れたところで受信することを簡単な回路を作成して実験し、理解を深めます。

LEDの光に乗った情報を太陽電池で受信する

	<p>装置の全体構成</p> <p>右：発信機 メロディ IC の出す電気信号を LED の光の強弱に変換して送信</p> <p>左：受信機 LED からの光を太陽電池で受け電気信号に変え、増幅器をへて、スピーカから音に変換</p>
<p>身近な電化製品</p> <p>ラジオ：電磁波を受信し、音に変換する → 受信機</p> <p>テレビ：電磁波を受信し、映像と音に変換する → 受信機</p>	<p>スマートフォン：電磁波を通じて映像・音を送受信する → 受信機兼発信機。</p> <p>リモコン：電磁波に情報を乗せて発信する → 発信機。</p>

電磁波とは

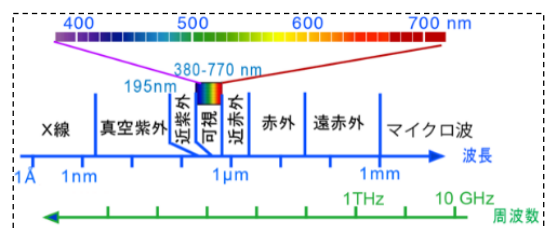
電磁波とは電界 (=電場) と磁界 (=磁場) の変化を伝える波 (波動) です。可視光線も電磁波 (人が視覚で認識できる波長域の電磁波) です。周波数 (あるいは波長) の特徴を活かした利用がなされています。(表参照)



(電磁波の伝わる速さ) = (周波数) × (波長) ⇔ $c = f \times \lambda$ 光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

	周波数(f)	波長(λ)
赤外線		770 nm 以上
可視光線		380~770 nm
紫外線		380 nm 以下
携帯で使用する電磁波	700 MHz~28 GHz	

空欄は各自計算してみましょう。



半導体とは

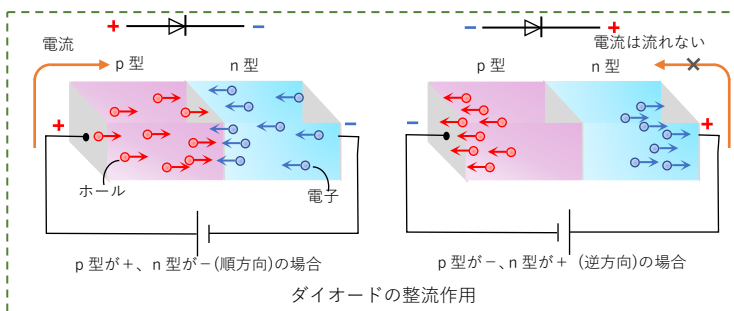
物質を電気抵抗という観点でみてみましょう。同じ形状にして1 cm あたりの抵抗値を測ると、金属などは約 $10^{-6} \Omega$ と非常に小さい「**導体**」、ゴムなどは約 $10^{12} \Omega$ と値が非常に大きい「**不導体 (=絶縁体)**」です。**半導体**は、導体と不導体の中間の性質をもち、抵抗値も1cmあたり約 $10^3 \Omega$ 程度です。14 族のシリコン(Si)やゲルマニウム(Ge)などがそれにあたります。本演習の太陽電池モジュールも Si 製です。

13	14	15
Al	Si	P
Ga	Ge	As
In	Sn	Sb

周期表の一部

14 族の半導体に、13 族や 15 族の元素を不純物として添加して製造することにより、電気抵抗を下げ、電流を少し流しやすくすることができます (**不純物半導体**)。15 族のリン(P)やアンチモン(Sb)などが添加されたものは電子が結晶の共有結合から余るので **n 型(negative)半導体**、13 族のアルミニウム(Al)やインジウム(In)などが添加されたものは共有結合に電子の空席ができるので **p 型(positive) 半導体**といます。この空席を**ホール (正孔)**といます。ホールは p 型半導体の内部においてのみ電流の担い手になります。n 型と p 型が接合されていると、外部から印加する電界によって電子とホールを近づける

(**順方向**)か離す(**逆方向**)かで、電流を流すか流さないかを制御することができます。これを**整流作用**といます(右図)。



順方向に電流が流れるとき pn 接合面から光を発する素子が **LED(Light Emitting Diode : 発光ダイオード)**です。電圧をかけない、または逆方向にかけ、電流が流れていない状態において、そこに光が当たり、pn 接合面で生じた電子ホール対が両端子に移動し続けるならば、光による電流が流れ続けます。これが**太陽電池の原理**です。

IC とは

集積回路(Integrated Circuit)とは、ナノスケールの微細加工技術を用いて、一つのシリコン半導体の表面に様々な回路素子の機能を形成したものです。以前は個々の素子(抵抗、コンデンサ、ダイオード、トランジスタなど)で回路を組んでいましたが、ICの出現によって非常に小さい素子で同じ回路が実現可能になりました。現代において、ほとんどの電化製品や車など、身の回りの至る所でICが使用されています。そのため半導体(IC)は「**産業のコメ**」といわれており、不足すれば産業・経済が止まってしまうと言っても言い過ぎではありません。

最後に、本演習で扱う代表的な回路部品の記号と写真を以下の表に示します。

	抵抗	コンデンサ	LED	トランジスタ	IC
回路記号					いろいろ
実物写真					

講師 所属研究室等紹介:

門 信一郎 <http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/complex/>

中村 仁 <http://www.ray.pc.ucc.ac.jp/profile.html>

斉藤 準 <https://www.obihiro.ac.jp/faculty-r/jun-saito>

喜多 誠 <https://www.apej.org/02houkoku/19/APEJ2019-8kaki.html>



日本物理学会