



科学の眼

まなこ

発行: 姫路科学館 (〒671-2222 姫路市青山 1470-15 電話: 079-267-3961)
<http://www.city.himeji.lg.jp/atom/>

物理・化学シリーズ

新材料の宝庫

導体と絶縁体の中のグレーな世界

Intermediate Material between Conductor and Insulator

姫路科学館 吉岡克己

小学校3年生の学習で、物質には鉄やアルミニウムなど電気を通す物と、ガラスや陶磁器のように電気を通さない物があることを学びます。前者を導体、後者を絶縁体と呼びます。しかし、全ての物質が導体と絶縁体に分けられるわけではなく、その中間的な性質を持つ物質もあります。これが半導体です。

20世紀半ばまでは、より電気を通す導体と、しっかり遮断する絶縁体が重宝されました。これは電力を漏らさず有効活用するためです。しかし、現代では電子材料の主役はすっかり半導体にとって代わられたと言っても過言ではありません。

■ 半導体とは？

一般的には電気の通しやすさの性質は、電流の流れにくさを表す電気抵抗で示します。これを物質の形状に依らない物理量にした値が抵抗率です。表に代表的な導体、半導体、絶縁体のおよその抵抗率(20℃)を示します。これから導体とそれ以外

表 いろいろな物質の抵抗率(20℃)

物質名	抵抗率 (Ω cm)	種類
銅	1.7×10^{-6}	導体
アルミニウム	2.8×10^{-6}	
鉄	10×10^{-6}	
ゲルマニウム	69	半導体
ケイ素	4.0×10^5	
ガラス	$10^{12} \sim 10^{16}$	絶縁体
磁器	3×10^{16}	

※抵抗率は wikipedia を参考に記載

では数百万倍以上も抵抗率が異なることがわかります。このように劇的に性質が変わるのが抵抗率の特徴です。

けれども、これだけでは十分に半導体を定義したことにはなりません。半導体の大切な性質は温度が高くなると抵抗率が急激に下がるということです。これは、実は導体である金属とは真逆の性質です。この違いを理解するには、物質中を電流が流れる仕組みに立ち入らなくてはなりません。

■ エネルギーバンド

電流とは物質中の電子の流れです。物質は原子で構成されているので、どんな物質にもプラスの電気を帯びた原子核とマイナスの電気を帯びた電子が含まれます。原子の中では、電子は原子核の周りの決まったエネルギーを持つ軌道に拘束されています。しかし、原子が多数集まると、電子が位置する軌道のエネルギーに幅が生まれ、そのエネルギーの幅の中で運動に融通が利くようになります。このエネルギーの幅をエネルギーバンドと呼びます。しかし、1つのエネルギーバンドに入ることのできる電子の数には制限があるので、あるエネルギーバンドが電子で満たされると、その中の電子は運動することができなくなります。エネルギーバンドを電車、電子を乗客に例えるとイメージしやすいかもしれません。ちょうど、乗客が少ない空いた電車では乗客は自由に席を移動することができますが、満員の通勤電車では立っている場所すら移動できなくなるような状況に相当します。

このエネルギーバンドの状態を模式的に表すと、導体は図(a)のように、半導体は図(b)のようになります。導体はエネルギーバンド内に余裕があるので、このバンド内の電子は自由に動くことができます。これが自由電子で導体の電流に寄与します。しかし、半導体では、エネルギーバンドが電子で満たされているので、このままでは電子は動きません。

けれども、さらにエネルギーの高い空のバンド（伝導帯）に電子が移動できれば、そこで電子は自由に移動することができます。この伝導帯までのエネルギー差をバンドギャップと呼びます。実は、半導体と絶縁体とはエネルギーバンド内の電子の状態は同じです。けれども半導体では、バンドギャップが小さいため、温度上昇により伝導帯に電子が存在しやすくなり、電流が流れるようになるのです。

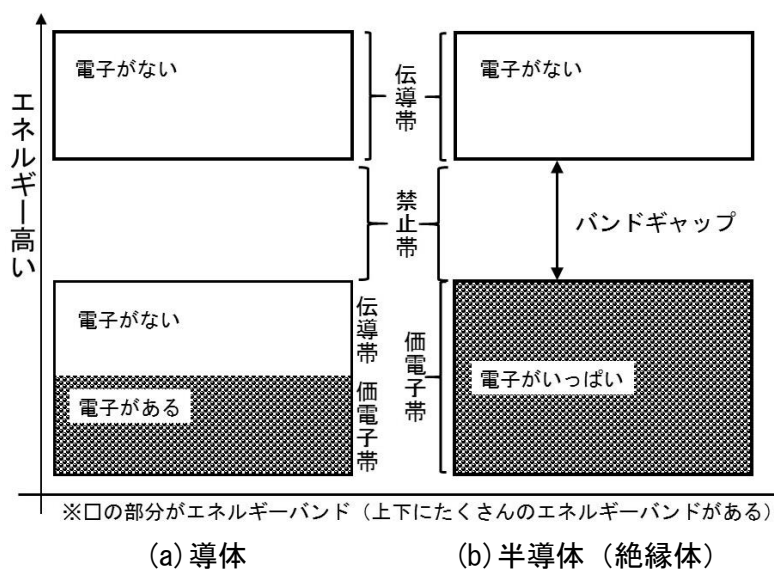


図 物質のエネルギーバンド構造（模式図）

■ 新たな電子材料の開発

現代社会において半導体が注目される理由は、まさにバンドギャップが小さいことにあります。同じ半導体でもわずかに不純物を加えることで、加えた原子の種類や量によって電子のエネルギーバンドが影響され劇的に電気的性質を変えることができます。これを上手く制御すると多様な電子材料を新たに作り出すことができるのです。

科学の世界はとかく白か黒かのはっきりした世界と思われがちですが、研究開発の醍醐味は、白と黒のはざまのグレーな世界にあります。これからもまだまだ、導体と絶縁体のはざまに新たな性質の半導体が見つけれられることでしょう。