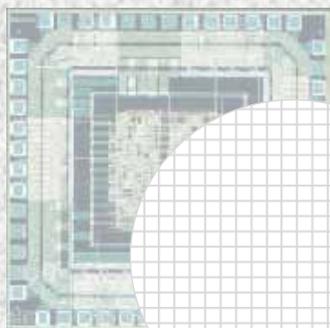


第1章 半導体物性 とデバイス特性



第1章 半導体物性とデバイス特性

1. 半導体の物性

1-1 半導体とは

1.1 体積抵抗率

地球上に存在する固体物質で電気をよく通す導体（金属）と電気を通さない絶縁体に分けた時に、金属と絶縁体の中間に位置する物質がある。この物質を半導体と呼ぶ。

物質が電気を通さない度合いを表すのに抵抗率を用いる。対象物質を 1cm^3 の直方体にして、対向する2つの面に電圧をかけて、 1 [A] の電流を対向する面の間で均一に流れるようにする。その時に、両端に印加される電圧を [V] とすると、その物質の体積抵抗率は $\text{ [} \cdot \text{cm]}$ となる。図1.1はその体積抵抗率の定義を示す。実際の測定では、四探針法、四端子法、二端子法などが用いられる。

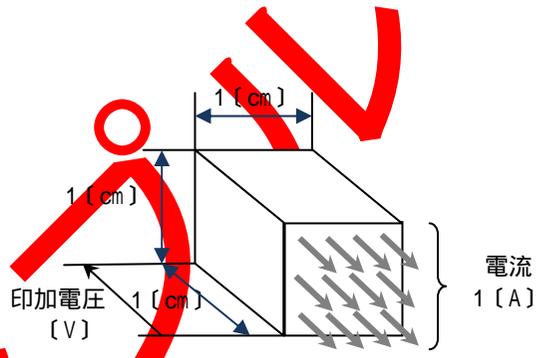


図 1.1 体積抵抗率の定義

その体積抵抗率で区別すると、金属では $\sim 10^{-3}$ $\text{ [} \cdot \text{cm]}$ 以下である。絶縁体では、 $10^8 \sim 10^{18}$ となる。半導体は、その中間に位置して $10^{-3} \sim 10^8$ である。物質の体積抵抗率を図1.2に示す。Si や Ge のように1種類の元素で半導体になるものを元素半導体または真性半導体という。

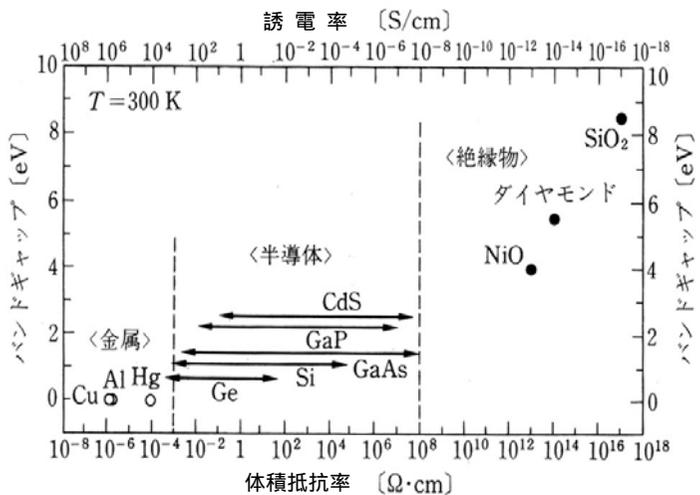


図 1.2 体積抵抗率

(出典：応用電子物性工学)

元素半導体に不純物を加えていくと体積抵抗率は下り、化合物半導体も同じ範囲になる。

1.2 半導体の構成

地球上で半導体となる物質の大半はシリコン（今後 Si と表す）である。Si 原子が規則正しく、立体格子状に並んだ物質（単結晶）を用いる。

図 1.3 は半導体で使用される物質を抜粋した周期表である。Si は周期表の IV 族に属し、原子核の周りには 14 個の電子を持っている。最外殻に 4 個の電子（価電子）が存在し、これが Si の性質を決めている。同じ族に属する炭素（C）やゲルマニウム（Ge）も原子の最外殻に 4 個の電子を持っており、Si に似た化学的性質を示す。

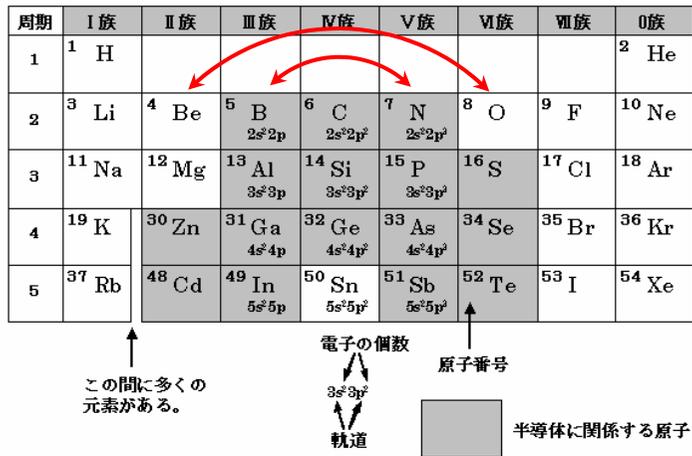
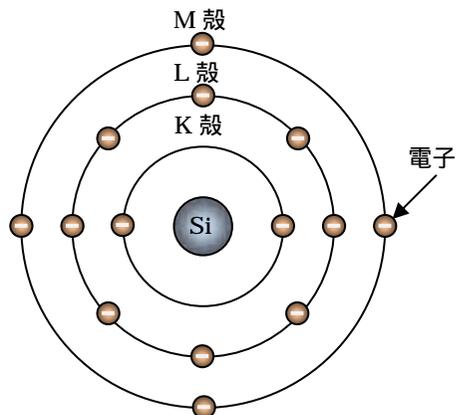


図 1.3 周期表の一部抜粋
(半導体の基礎理論から引用)

元素半導体とは別に化合物半導体は、IV 属を挟んで両側にある元素を組み合わせることにより半導体の性質をもつ物質が出来上がる。例として、III 族と V 族の化合物である GaAs、GaN、InP、InSb や II 族と VI 族の化合物である CdS、CdTe、ZnS、ZnSe などが化合物半導体となる。また、IV 族同士の化合物である SiC、SiGe なども化合物半導体となる。

図 1.4 は Si の原子モデル構造を示す。最外殻（M 殻）の 4 個の電子は原子同士の結合の手となる。これを共有結合という。共有結合は族に特徴的なもので、C や Ge や Si はこれらの 4 本の手によりお互いに結合し、立体的な格子を作る。これをダイヤモンド構造の結晶という。



K 殻: 第 1 軌道 L 殻: 第 2 軌道 M 殻: 第 3 軌道

図 1.4 Si の原子モデル構造

図 1.5 は共有結合の概念と、**図 1.6** はダイヤモンド構造を示す。

族に属する原子がダイヤモンド構造をとった時、半導体になる可能性が生じる。C につ

第1章 半導体物性とデバイス特性

いては禁制帯の幅が広いために、抵抗率が高く、この結晶構造では絶縁体の電気特性を示す。

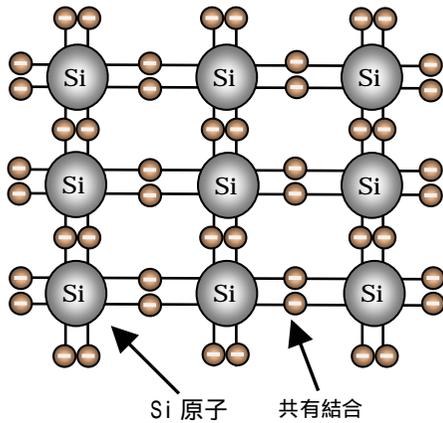


図1.5 共有結合の概念図

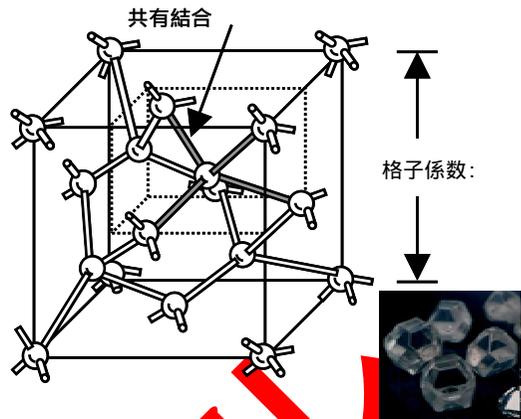


図1.6 ダイヤモンド構造

2つ以上の元素から出来ている半導体を化合物半導体または不純物半導体と呼ぶ。GaAs（ガリウム砒素）やInSb（インジウムアンチモン）などがそうである。族と族の2種類の原子が1対1の割合で化合したものは、ダイヤモンド構造によく似た構造をとる。これを閃亜鉛鉱（ZnS）構造という。族の原子から電子を1個取ると族の原子に構造が似ているが、プラスの電荷を持つ。

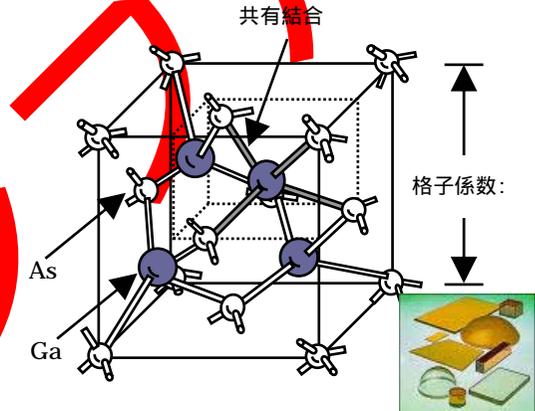


図1.7 ZnS 構造

族の原子に電子を1個与えると、族の構造に似るが、マイナスの電荷を持つ。

族と族の原子を合わせると、電荷は±0となり、族の原子がいっぱい並んでいるように見える。これらを族半導体という。図1.7にZnS構造である。表1.1に元素と化合物の各半導体を示す。

他にも、族と族の原子が1対1の割合で結晶を構成した場合も同様なことが起こる。これらは族半導体という。また、族同士の原子が化合したSiCやSiGeも半導体である。SiCはバンド幅が広いので高温で使われ、SiGeは高

表1.1 元素半導体と化合物半導体の例

元素半導体	-族化合物半導体	-族化合物半導体	-族化合物半導体
Ge	SiC	AlAs	CdS
Si	SiGe	AlSb	CdSe
		BN	CdTe
		GaAs	ZnS
		GaP	ZnSe
		GaSb	ZnTe
		InAs	
		InP	
		InSb	