

第1部 ディスクリート・デバイスの基礎

第1章 PN接合がわかれば定電圧/ 可変容量/発光ダイオードもわかる！

ダイオードを理解しよう

渡辺 明禎
Akiyoshi Watanabe

初めて本誌を読み始める方も「ダイオード」という言葉を聞いたことがあるでしょう。電子回路には不可欠の部品であり、さまざまなダイオードが使われています。

「ダイオードは、アノードからカソードへは電流が流れますが、その逆には流れにくい…」こんな説明を読んだこともあるでしょう。図1-1のような絵を使い、電子がN型半導体からP型半導体に向かって移動するから電流がその逆方向に流れる…といった説明です。でも、ダイオードの中を移動する電子のようすを見た人はいません。半導体も自然の摂理や物理法則にしたがっているはずです。どうして一方にしか流れな

いのでしょうか？

回路の話はさておき、まずは半導体ダイオードのなかで何が起きているかを知ることにとしましょう。

特集は、半導体の結晶成長を研究していらした渡辺明禎氏にご執筆いただきました。
〈編集部〉

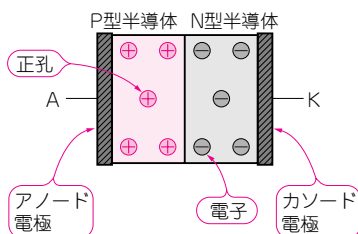
シリコン原子とシリコン結晶

■ シリコン原子

半導体材料としてもっとも多く使われているのはシリコン(記号Si)です。シリコンは原子番号が14の元素で、電子配置を図1-2に示します。K殻には2個、L殻には8個の電子があり、各軌道を満たしています。これらは「内殻価電子」と呼ばれ、安定なイオン芯を構成しています。

M殻には四つの「外殻価電子」があり、外部に露出しているので、隣接原子と容易に分子軌道を形成し、半導体の性質に本質的な役割を果たしています。

ある軌道(エネルギー状態)を占めることができる電子

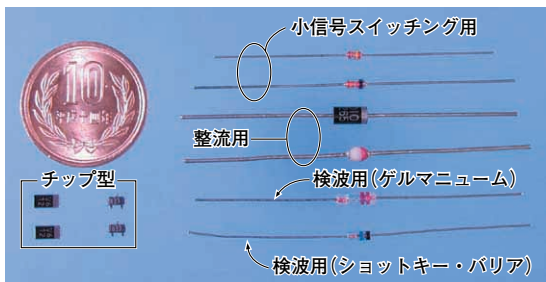


〈図1-1〉PN接合ダイオードの模式的な構造

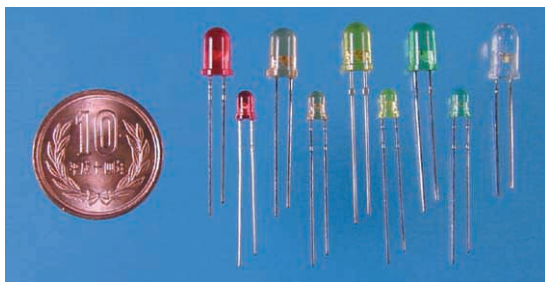
Keywords

内殻価電子、外殻価電子、価電子帯、伝導帯、禁止帯、バンド理論、結合バンド、反結合バンド、自由電子、真性半導体、熱励起、光励起、フェルミ・レベル、フェルミ準位、エネルギー・ギャップ、ドナー、アクセプタ、正孔、ホール、少数キャリア、多数キャリア、PN接合、空乏層、順バイアス、逆バイアス、降伏現象、ツェナー降伏、なだれ降伏、少数キャリア蓄積効果、キャリア・キラーク、ショットキー接触。

カラー・プリビュー



〈写真A〉各種ダイオード



〈写真B〉発光ダイオード

の数は、スピンを考慮すると二つになります。一つの軌道にはスピンの右向きと左向きの電子が1個ずつ合計2個入ることができるからです。図1-3(a)に示すようにSi原子が一つの場合、M殻には四つの電子しかないで、四つの空いた軌道が存在します。したがって、Si原子というのは非常に不安定な状態といえます。

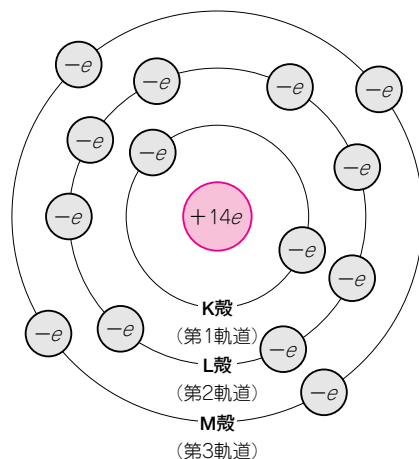
そこで、図1-3(b)のようにほかのSi原子を近づけると、安定しようとして、容易にSi₂という分子になります。するとM殻は八つの電子が存在することになり、Si₂分子は安定した状態となります。

■ シリコン結晶

では結晶のように、多くのSi原子が集まった固体では、どうなるのでしょうか。

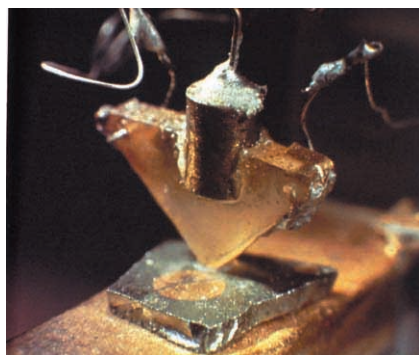
固体の場合は、最外郭(M殻)の電子がそれぞれ影響を与え合うようになります。しかし、「**パウリの排他律**」により、電子はある準位しかとれません。かといって原子の世界にもルールがあるので、とんでもないエネルギー状態を取ることでもできません。そこで、ちょっとエネルギーが異なる準位をとることになります。そのような電子が固体内にはいっぱいあります。そして、その各電子のエネルギー差は非常に小さいので、電子のもつエネルギーは連続状になり、図1-3(c)に示すようにバンド状になります。

〈図1-2〉
シリコン原子
のモデル

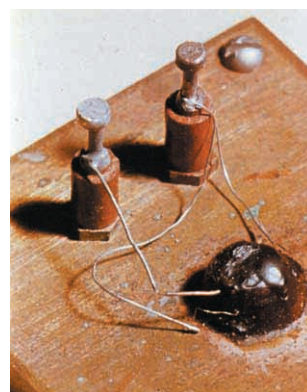


半導体の場合は図1-3(d)のように、それぞれのバンドに名前を付けています。電子が満たされているバンドを「**価電子帯**」、その上の電子が空の反結合バンドを「**伝導帯**」、その間の電子が存在できない領域を「**禁止帯**」とそれぞれ呼びます。また、このような考え方を「**バンド理論**」といいます。

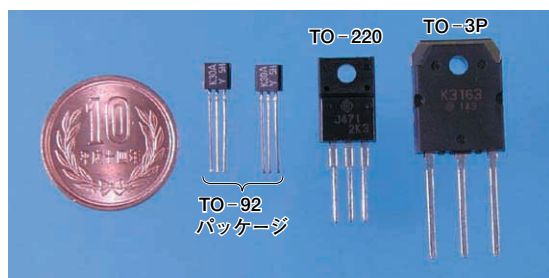
このように価電子帯は電子が満たされているので、電子は動くことができません。一方、伝導帯にいる電子は自由に動き回れるので、「**自由電子**」と呼ばれ、これが半導体の伝導に寄与します。Siだけで結晶を作



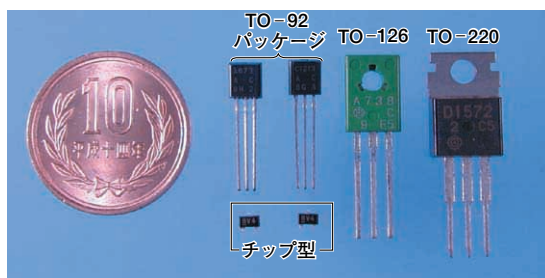
◀〈写真E〉⁽³⁾
最初の点接触型トランジスタ



◀〈写真F〉⁽³⁾▶
最初の接合型トランジスタ



〈写真C〉各種FET



〈写真D〉各種トランジスタ