

2-1 n形半導体、p形半導体

ダイオードやトランジスタで使用する半導体には、シリコンが使われます。シリコンは、地球上に多く存在し、安価に手に入る物質です。このシリコンの結晶では、シリコン原子が共有結合で結合しています。共有結合では、図2-1のように隣り合った原子に付随する電子を1つずつ借りて安定な状態を作り出しています。この状態では、電気を流す電子が動けない状態になります。この状態の半導体を真性半導体といい、電流が流れないので、ダイオードやトランジスタの材料としては使いません。

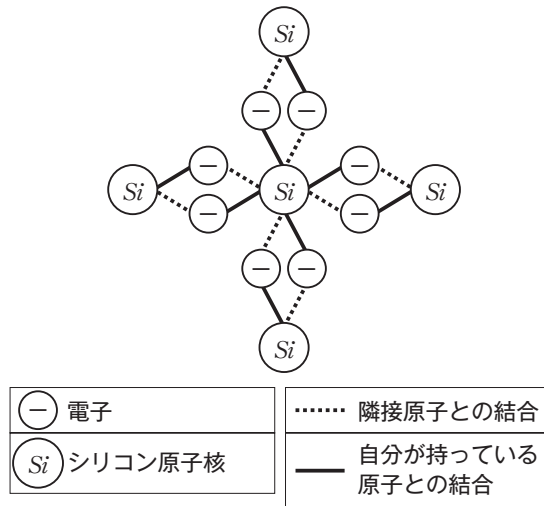


図2-1 真性半導体の結晶構造

そこで、電気を流すために、シリコンより電子が1つ多いリンを混ぜます。ただ、真性半導体の純度が99.9999999%（9が11個なのでイレブンナインといいます）に対して、リンをごくわずかな量混ぜます。そうすると、図2-2のように電子が1つ余ります。この電子が自由に動けるようになり（自由電子）、電気が流れます。このような半導体をn形半導体といいます。ちなみに、n形はnegative（ネガティブ）の「n」です。また、リンのことをドナーといいます。

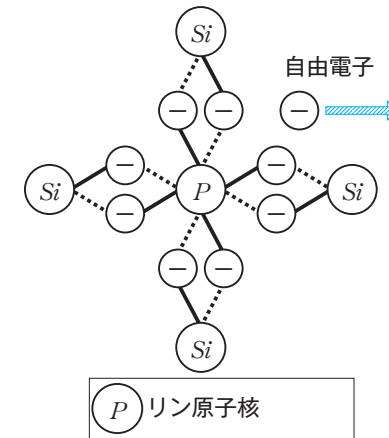


図2-2 シリコン+リンの結晶構造 (n形半導体)

n形半導体とは逆の考えとして、電子が入り込める穴（正孔：ホールと呼ばれます）を用意して、そこに電子を受け入れるようにして電気を流すこともできます。その場合、シリコンより電子が1つ少ないホウ素を混ぜます。ホウ素も、リンと同様に、ごくわずかな量を混ぜます。そうすると、図2-3のように電子が入れるホールができます。このホールを伝って電子が移動して、電流が流れます。ただ、逆に考えると、電子とは逆方向にホールが移動しているように見えるので、ホールをプラス電荷と考え、そのプラス電荷（ポジティブな電荷）が移動していると考えます。このような半導体をp形半導体といいます。ちなみに、ホウ素をアクセプタといいます。

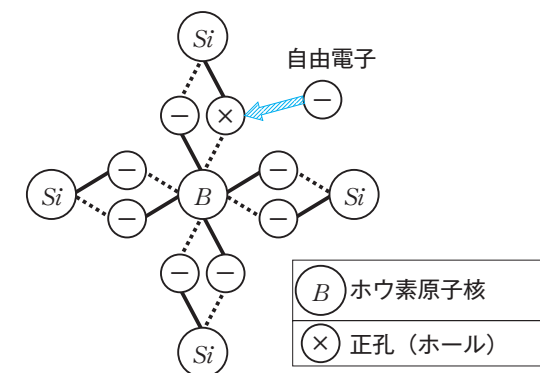
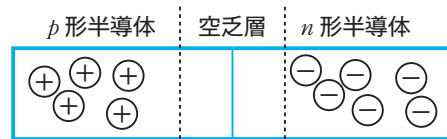


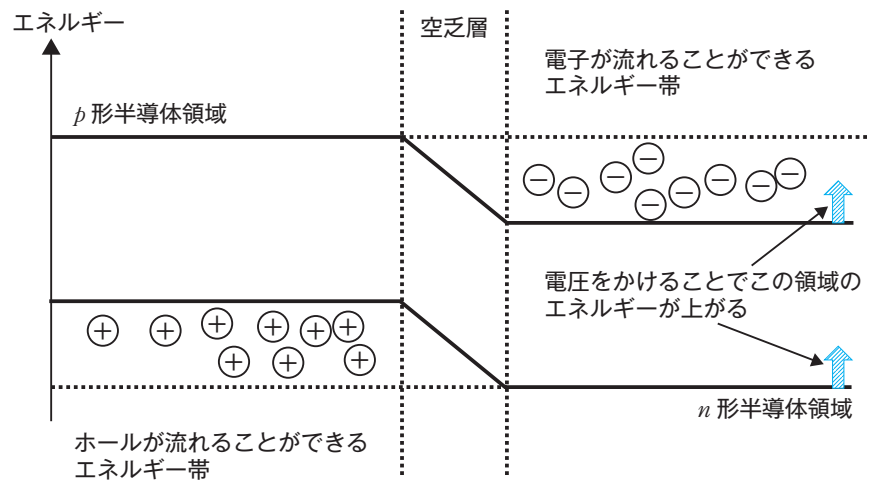
図2-3 シリコン+ホウ素の結晶構造 (p形半導体)

2-2 pn 接合

ダイオードやトランジスタを作るとき、この *p* 形半導体と *n* 形半導体を接合します (*pn* 接合といいます)。そうすると、図2-4 (a) のように接合面付近に電子もホール (プラス電荷) もない領域ができます。それを **空乏層** といいます。*pn* 接合時、両半導体の物質内のエネルギー状態を表すと図2-4 (b) になります。図2-4 (b) で、*n* 形半導体の電子のエネルギーは、*p* 形半導体に入って電気を流すだけのエネルギーがありません。一方、*p* 形半導体のホールも *n* 形半導体に入って電気を流すだけのエネルギーがありません。この図2-4 (a) の素子を **ダイオード** といいます。



(a) *pn* 接合の構成

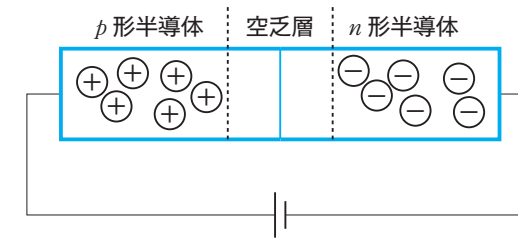


(b) *pn* 接合のエネルギー状態図

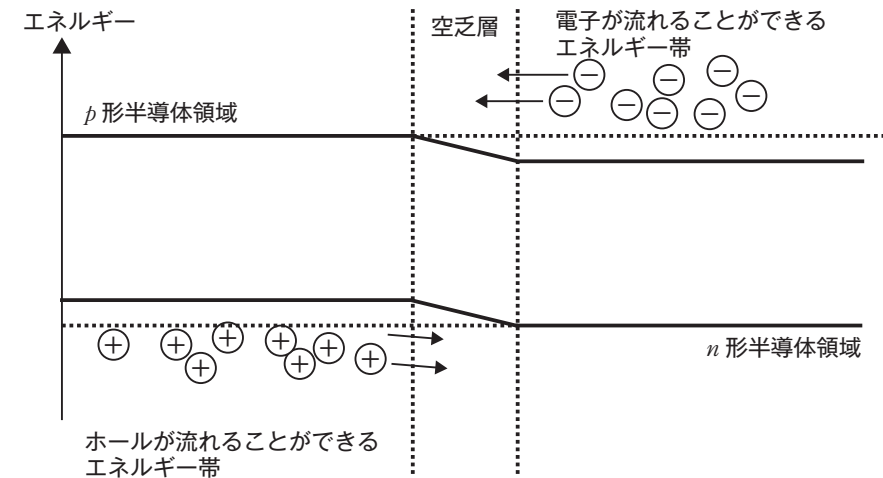
図2-4 *pn* 接合の構成と電子・ホール分布

ここで、図2-5 (a) のように、*n* 形半導体から *p* 形半導体にプラスの電圧

をかけると、*p* 形半導体と *n* 形半導体のエネルギーの差がなくなり、ある電圧 (大体0.7 [V] 付近) になると、電子やホールが流れ出します。



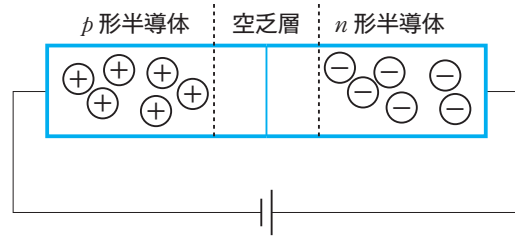
(a) 順方向電圧回路図



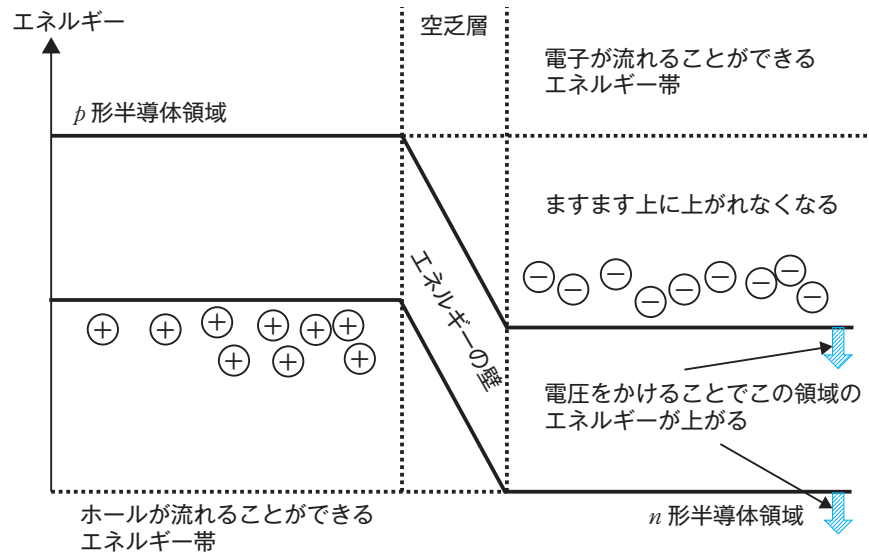
(b) 順方向電圧をかけたときのエネルギー状態図

図2-5 *pn* 接合に順方向電圧をかけたときのエネルギー状態

逆に、図2-6 (a) のように、*p* 形半導体から *n* 形半導体にプラスの電圧をかけると、空乏層が広がると同時に、図2-6 (b) のように *p* 形半導体と *n* 形半導体のエネルギーの差が広がり、電子やホールがますます流れにくくなります。しかし、さらに電圧を高くすると、エネルギーの壁が薄くなり、電子やホールが抜けることができます。このことをトンネル効果といいます。また、このトンネル効果により電流が流れることを **ツェナー降伏** といひ、安定化電源などに使われています。このほかにアバランシェ降伏によって電流が流れたりしますが、それは電子回路で扱う範囲の電圧ではないので、説明を省略します。



(a) 逆方向電圧回路図



(b) 逆方向電圧をかけたときのエネルギー状態図

図 2-6 pn 接合に電圧をかけたときのエネルギー状態

2-3 ダイオードの特性

前節で説明したように、pn 接合の素子がダイオードになります。回路図記号が図 2-7 です。回路図記号の 2 つの端子には名前がつけられており、p 形半導体に接続している端子をアノードいい、n 形半導体に接続している端子をカソードといいます。ダイオードの電流-電圧特性を図 2-8 に示します。

アノード。A K。カソード

図 2-7 ダイオードの回路図記号と端子名

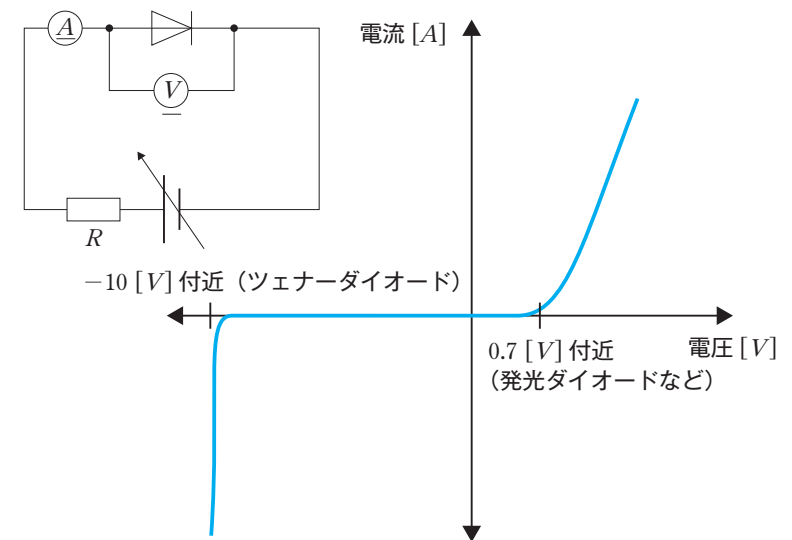


図 2-8 ダイオードの電流-電圧特性

カソード (マイナス電極) からアノード (プラス電極) へだいたい 0.7 [V] 以上の電圧をかけると電流が急激に流れ始めます。ここで「だいたい 0.7 [V] 以上」と書きましたが、この値はダイオードの性能に依存して、0.6 [V] になったりします。ダイオードを流れる電流に関して、あまり多く電流を流してしまうと、熱によりダイオードが壊れてしまうので、ダイオードの定格以下の電流に抑えておく必要があります。