

電子回路工学I-②

非線形素子 (ダイオード・トランジスタ) の使い方

非線形素子を使うには適当な電圧 (バイアス電圧) を印加する必要がある。

(動作点と負荷線 p. 63 参照)

pn 接合ダイオードの電流電圧特性 (整流特性)

半導体の pn 接合を使った, pn 接合ダイオードは典型的な2端子の非線形素子である. 図に pn 接合ダイオードの構造図と回路記号を示す. (p 形半導体, n 形半導体, pn 接合等については「電子デバイス工学」で詳しく学ぶことになる.)

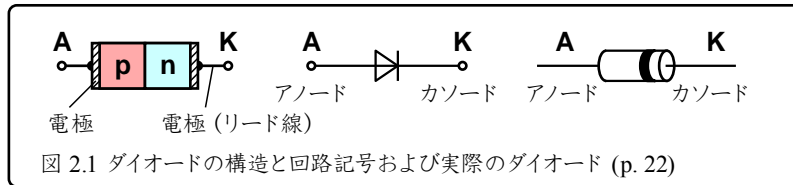


図 2.1 ダイオードの構造と回路記号および実際のダイオード (p. 22)

ダイオードに電圧を印加すると, 電流がよく流れる方向と, 流れにくい (ほとんど流れない) 方向がある. 電流がよく流れる方向を**順方向**と呼び, 流れない方向を**逆方向**と呼ぶ. 下の図は, ダイオードの電流・電圧特性を示したもので, オームの法則に従う抵抗の特性とは全く異なったものであることがわかる.

pn 接合ダイオードは, このように一方方向のみ電流を流しやすい性質があり, このような特性を**整流特性**あるは**整流作用**と呼ぶ. この性質を利用すると, 交流から直流を得ることができる. このような回路を**整流回路**と呼ぶ.

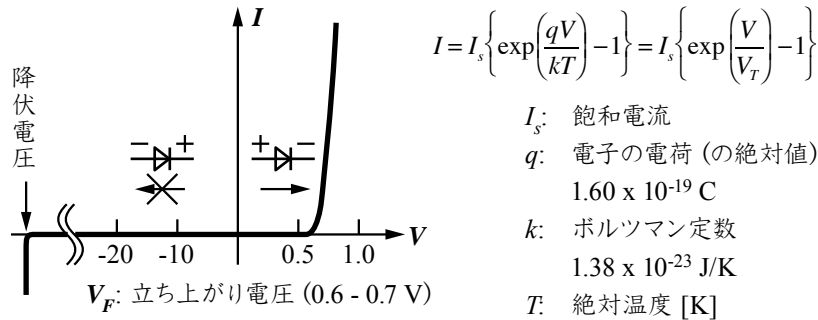


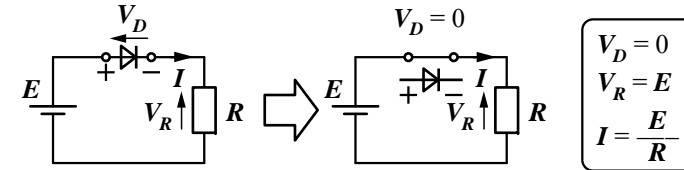
図 2.2 シリコンダイオードの電流・電圧特性

練習. 室温を 300K (27°C) として $V_T = kT/q$ (熱電圧) を計算しなさい。

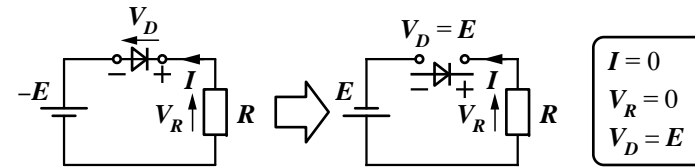
問 1. $I_s = 4 \times 10^{-14}$ A のダイオードの特性を描きなさい. ただし, 横軸 (電圧) は 2 V, 縦軸 (電流) は 10 mA までが入るよう軸をとること. また, そこに 200 Ω の抵抗の特性も描きなさい. (グラフ用紙を使用して描きなさい.)

(1) 理想ダイオード近似: 最も簡単な近似 (ダイオード回路の動作を考えるには十分)

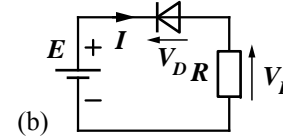
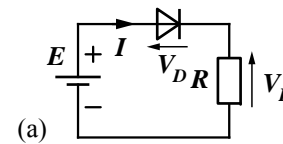
順方向: 電流がよく流れる → 抵抗が () → $R_D = () =$ 短絡



逆方向: 電流が流れない → 抵抗が () → $R_D = () =$ 開放



例題 2-1. 次のダイオード回路 (a), (b) に流れる電流を理想ダイオード近似で求めなさい.



$E = 10$ V, $R = 2.0$ kΩ

(1) 回路方程式を書きなさい.

(2) ダイオードにかかる電圧は, 順方向か逆方向か.

(3) V_D と V_R はそれぞれいくらか.

(4) ダイオードに流れる電流 I を求めなさい.

代表的な応用例 (半波整流回路: p. 24) とダイオード回路の解析

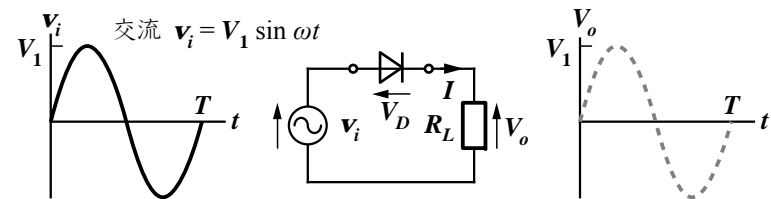


図 2.3 ダイオードによる半波整流回路と入出力電圧の時間波形

(2) 定電圧近似 ($V_D \geq V_F$ で電流が流れる)

理想ダイオード近似では、ダイオードに順方向電圧 (アノードに正、カソードに負の電圧) が印加された場合には、電流がいくらでも流れるという近似になっている。実際のダイオードでは、順方向に電流が流れている場合、ダイオードにはある程度の電圧降下 V_F が生じている。この電圧が流れる電流によってそれほど大きく変化しないため、これを一定値で近似したものが、定電圧近似である。したがって、その特性は図 2.4 の特性を電圧軸の正の方向に V_F だけ移動させたものに等しい。特性図は、順方向電流が流れるためには、ダイオードにかかる電圧 V_D が $V_D \geq V_F$ でなければならないことを示している。また、 $V_D < V_F$ では電流は流れない。

この電圧 V_F は立ち上がり電圧とも呼ばれ、シリコン (pn 接合) ダイオードでは 0.6 - 0.7 V, ゲルマニウムダイオードやシリコンショットキーダイオードでは 0.2 - 0.3 V, 赤色発光ダイオードでは約 2 V 程度である。

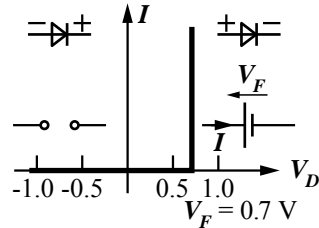
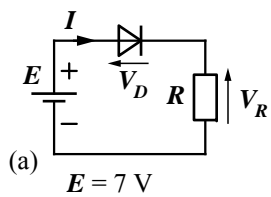


図 2.5 定電圧近似の電流電圧特性

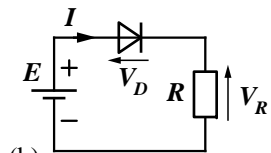
例題 2-2.

次のシリコンダイオード回路に流れる電流 I と抵抗 R にかかる電圧 V_R を定電圧近似で以下の手順に従って求めなさい。ただし、ダイオードの立ち上がり電圧 V_F は 0.7 V であるとする。



(a) $E = 7 \text{ V}$

$R = 2.0 \text{ k}\Omega$



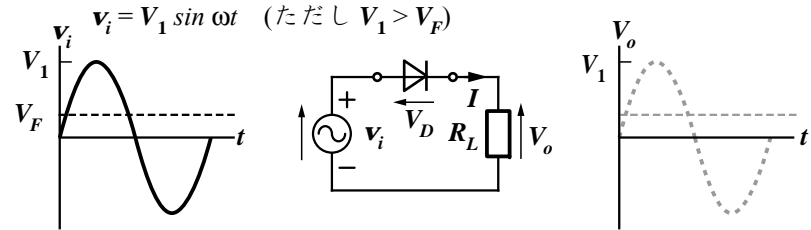
(b) $E = 0.3 \text{ V}$

$R = 2.0 \text{ k}\Omega$

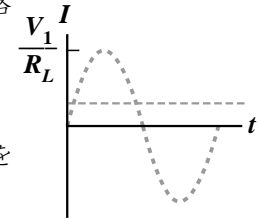
- (1) 回路方程式を書きなさい。
- (2) ダイオードにかかる電圧は、 $V_D \geq V_F$ か $V_D < V_F$ か。(V_R が低いときを想定してみる。)
- (3) V_D と V_R はそれぞれいくらか。
- (4) ダイオードに流れる電流 I を求めなさい。

問 2.

半波整流回路の動作を定電圧近似 ($V_F = 0.7 \text{ V}$) で考え、問いに答えなさい。



- (1) 電源電圧を v_i 抵抗の両端の電圧を V_o として、回路方程式を書きなさい。
- (2) ダイオードに電流が流れる v_i の条件を表す不等式を書きなさい。



- (3) (2) の条件が満たされる場合、 V_D と V_o はそれぞれいくらか。
- (4) ダイオードに流れる電流 I を求めなさい。
- (5) (2) の条件が満たされない場合、 V_D と V_o さらに電流 I を求めなさい。
- (6) 以上の結果から、 V_o および I の時間波形を描きなさい。

キーワード

ダイオード, アノード, カソード, 整流特性, 順方向, 逆方向, 理想ダイオード近似, 定電圧近似