

半導体とダイオード

工学部 機械知能工学科

熊谷 正朗

kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学工学部
ロボット開発工学研究室 RDE

今回の到達目標

○半導体の概略とダイオードを用いた回路

- ◇半導体のn型とp型を説明できる。
 - ・半導体、電子、正孔
- ◇ダイオードを説明できる。
 - ・ダイオードの性質: 電流の一方通行
 - ・順方向降下電圧
- ◇発光ダイオードの電流制限抵抗を計算できる。
 - ・ダイオードを含む回路の解析

半導体

○基本的事項(電子回路的な面)

◇特徴

- ・後述のような使い方ができる物質
- ・今時の電子回路類を作るのに不可欠
- ※ずっと前は真空管 and/or リレー
- ・増幅などの能動部品は半導体でつくる

◇主な半導体

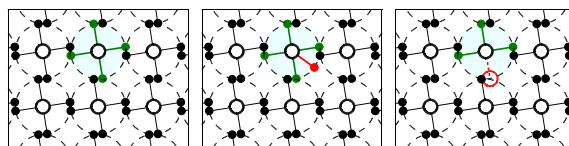
- ◎ シリコン(Si, 珪素) ↓化学:ヒ化ガリウム
- ・ゲルマニウム(Ge) ガリウムヒ素(GaAs)

半導体

○結晶構造とn型、p型

◇電子の数による、よくある説明

- ・もとの半導体: 自由な電子が少ない
- ・n型: リンなどを入れる: 電子が余る
- ・p型: ホウ素などを入れる: 電子が足りない

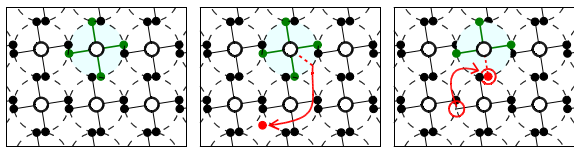


半導体

○電子の移動と電流

◇電子が動く⇔電流、動ける電子⇔流れやすさ

- ・金属等の中の自由電子 → 良導体
- ・n型: 余った電子が外れて動きやすい
- ・p型: 電子の足りないところに、隣から移動



半導体

○電子の移動と電流

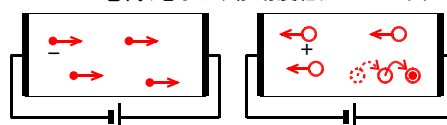
※(1)両端での電子の出入
※(2)電子、正孔の拡散

◇n型半導体

- ・電子(一の電荷)が移動 → プラス側に

◇p型半導体

- ・電子の抜けた穴 = 正孔(ホール)が移動
- ・正の電荷(電子より移動度低) → マイナス側に



ダイオード

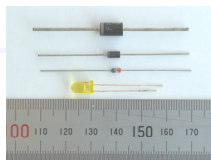
○基本的事項

◇特徴

- ・一方向にのみ電流が流れる。
 - ※逆方向にもごく僅かに流れる・意図的に流す種類も
- ・流れるときにほぼ一定の両端電圧
順方向降下電圧(V_F)

◇種類/関連品

- ・一般用(信号、整流)
- ・発光ダイオード(LED)
- ・フォトダイオード
- ・ツェナーD 等



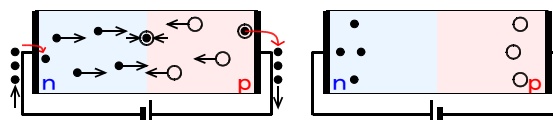
ダイオード

○おおまかな構造と動作イメージ

※かなり簡略化

◇構造

- ・n型とp型を接合 (したような構造に作る)
- ・p: + n: - の電圧で流れる : 順方向
→ PN接合面付近で対になって消える
- ・p: - n: + の電圧で流れず : 逆方向



ダイオード

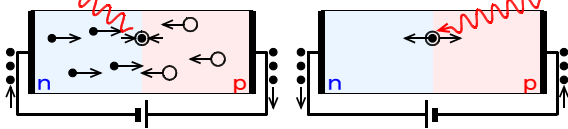
○バリエーション

◇発光ダイオード LED

- ・結合するときに光としてエネルギーを放出
- ※電圧→結合エネ→波長の長さ

◇フォトダイオード (太陽電池)

- ・光が当たると電子+正孔に分かれる



ダイオード

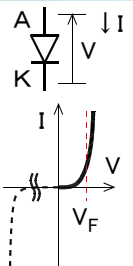
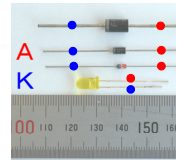
○電子回路内でのダイオード

◇記号と端子

- ・A: アノード K: カソード
- ・▽の方向が順方向

◇特性

- ・順方向に電圧をかけると、ある電圧から電流が大きく増加
- ・流れているときは、ほぼ一定の端子間電圧 = 順方向降下電圧

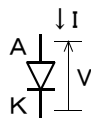


ダイオード

○電子回路内でのダイオード

◇用途

- ◎ 一方向にのみ電流を流したい
- ・意図的に少し電圧を下げたい



◇解釈/設計上の方針

- ・一方向のみに流れる
 - ・流れるときに V_F だけ電圧が下がる
- V_F : 順方向降下電圧
一般的なシリコンD: 0.6~0.7~1.0[V]



ダイオード

○電子回路内でのダイオード

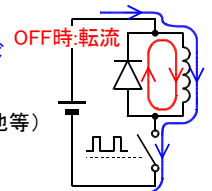
◇メカトロ・電力回路的用途

- ・フリーホイールダイオード
- ※コイルの逆起電力対策
- ・逆流防止(電源ライン、電池等)
- ・整流(交流→一方向)

◇留意点

- ・消費電力: V_F (≈ 1) が大きく影響→発熱
- ・“リカバリ(逆回復)時間” “逆方向電圧”
- ※On→Offになる時間 ※逆向きにかけられる電圧

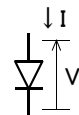
→基礎BS13
スイッチON時



ダイオードを含む回路の計算

○流れる/流れない & 順方向降下電圧

- ◇常に流れる回路: 場合分け不要
- ・LEDの電流制限、逆流防止(平常)



◇状況で流れの有無が変わる回路

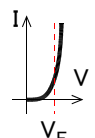
- ・回路の動作から、有無を判定、場合分け
- ・電流を主に考える例: フリーホイールD
→ 流れているときに V_F が生じるとみる
- ・電圧を主に考える例: クリップ回路
→ 両端の電圧が V_F を超えそうかどうか

ダイオードを含む回路の計算

○LEDの回路

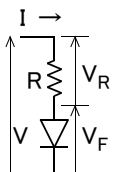
◇LEDの電流制限抵抗

- ・LED光量は電流による & 流しすぎで壊れる
- ・適切な電流が流れるように抵抗を直列に
- ※「電圧を調整する」では難



◇計算方法

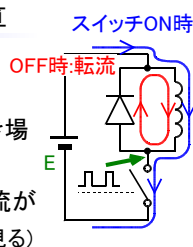
- ・LEDの V_F を固定値とみる(例: 2V)
- 抵抗で降下させる電圧 ($V_R = V - V_F$)
- 抵抗値が決まる ($V_R \div I$)



ダイオードを含む回路の計算

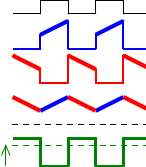
○フリーホイールダイオード

- ◇スイッチオフでの電流の行き場
- ・流れによる結果を考える
- ・スイッチオン最後の電流が引き継がれる(or平均だけ見る)



◇オフ→Dに切り替わる

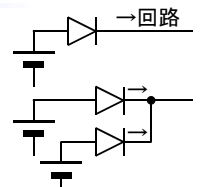
- ・Dの両端には電圧 V_F
- ・消費電力 $V_F \cdot I \rightarrow D$ で消費
- ・コイルのエネ減少、電流減



ダイオードを含む回路

○その他の事例

- ◇逆流防止回路(逆接続防止)
- ・電源側への逆流防止
- ・2電源の並列利用
- ・定常的な電力消費に注意



◇クリップ回路

- ・回路の入力などが過大になることを防ぐ
- ・電源等に逃がす: V_F 分は超過

