

# 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

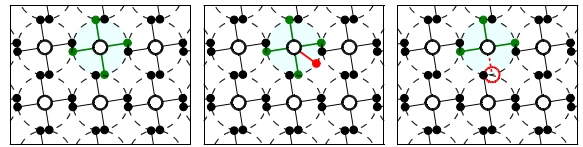
- ◎ シリコン(Si, 珪素)      ↓ 化学: ヒ化ガリウム
- ・ ゲルマニウム(Ge) ガリウムヒ素(GaAs)

## 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

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

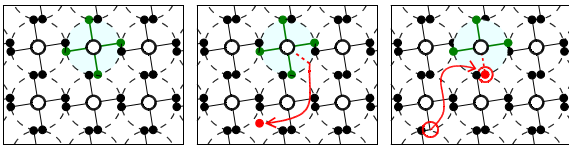


## 半導体

### ○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

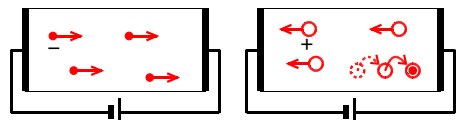
※(1)両端での電子の出入  
※(2)電子、正孔の拡散

#### ◇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

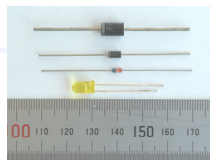
### ○基本的事項

#### ◇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



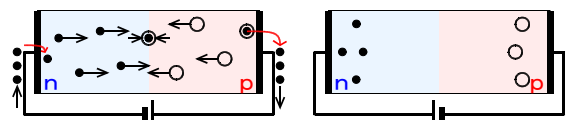
## ダイオード

### ○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

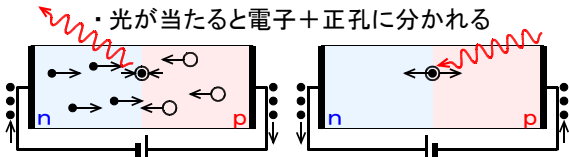
### ○バリエーション

#### ◇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

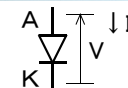
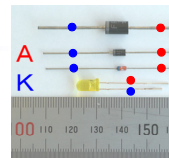


## ダイオード

### ○電子回路内でのダイオード

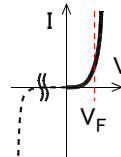
#### ◇記号と端子

- ・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

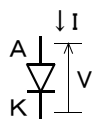


## ダイオード

### ○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:  $0.6 \sim 0.7 \sim 1.0[V]$



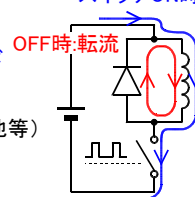
## ダイオード

### ○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)

→基礎BS13  
スイッチON時



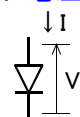
#### ◇留意点

- ・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

## 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

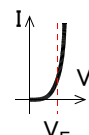
- ・回路の動作から、有無を判定、場合分け
- ・電流を主に考える例: フリーホイールD
- 流れているときに  $V_F$  が生じるとみる
- ・電圧を主に考える例: クリップ回路
- 両端の電圧が  $V_F$  を超えそうかどうか

## ダイオードを含む回路の計算

### ○LEDの回路

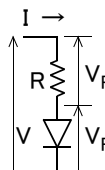
#### ◇LEDの電流制限抵抗

- ・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

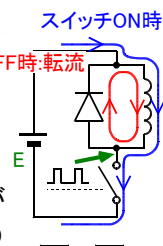
- ・LEDの  $V_F$  を固定値とみる(例: 2V)
- 抵抗で降下させる電圧 ( $V_R = V - V_F$ )
- 抵抗値が決まる ( $V_R \div I$ )



## ダイオードを含む回路の計算

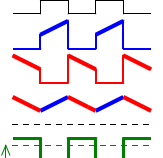
### ○フリーホイールダイオード

- ◇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
- ・スイッチオンの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

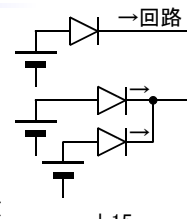
- ・Dの両端には電圧  $V_F$
- ・消費電力  $V_F \cdot I \rightarrow D$  で消費
- ・コイルのエネ減少、電流減  $E \uparrow$



## 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

