

機械知能工学科  
メカトロニクス総合

第07回

MC-07/Rev 16-1.0

# 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](mailto: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

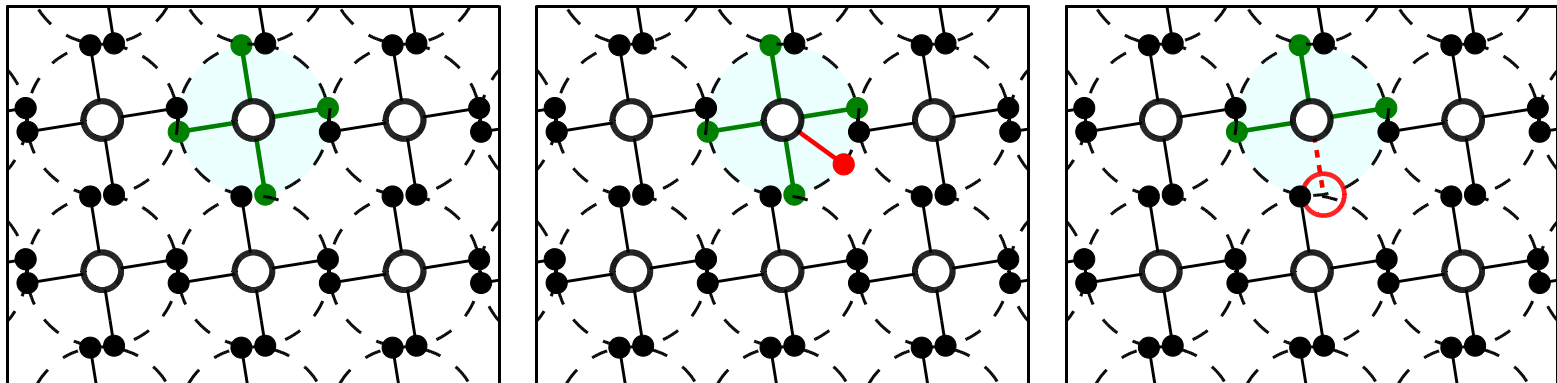
- ◎ シリコン(Si, 珪素)                      ↓化学:ヒ化ガリウム
- ・ゲルマニウム(Ge) ガリウムヒ素(GaAs)

# 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

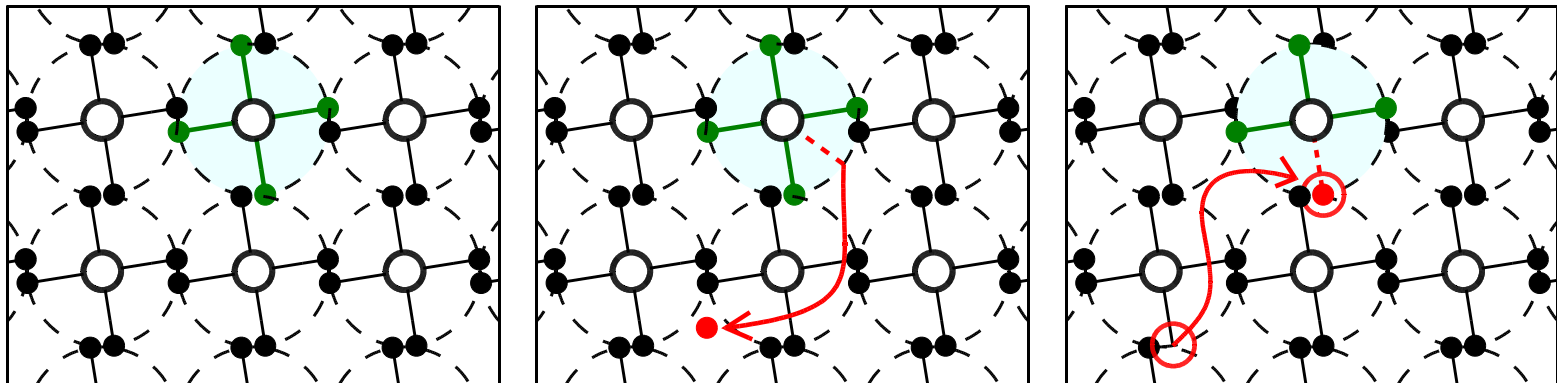


# 半導体

## ○電子の移動と電流

◇電子が動く $\Leftrightarrow$ 電流、 動ける電子 $\Leftrightarrow$ 流れやすさ

- ・ 金属等の中の自由電子  $\rightarrow$  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

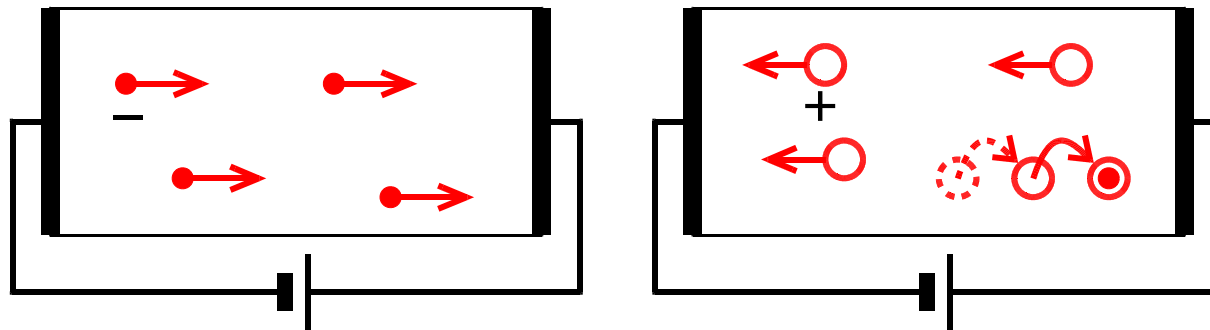
※(2)電子、正孔の拡散

### ◇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

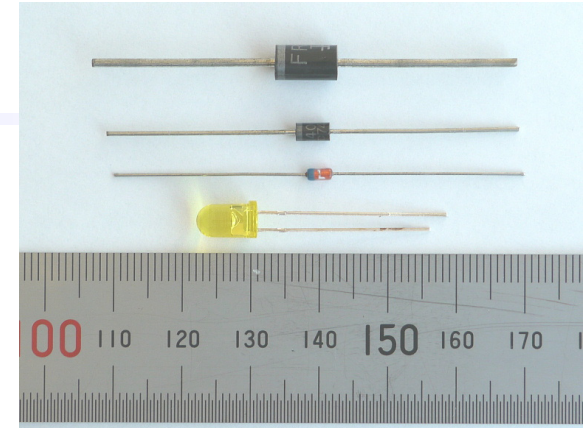
## ○基本的事項

### ◇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)
- フォトダイオード
- 発光ダイオード(LED)
- ツェナーD 等



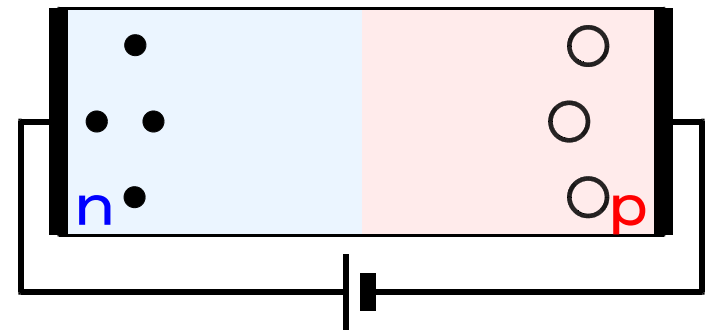
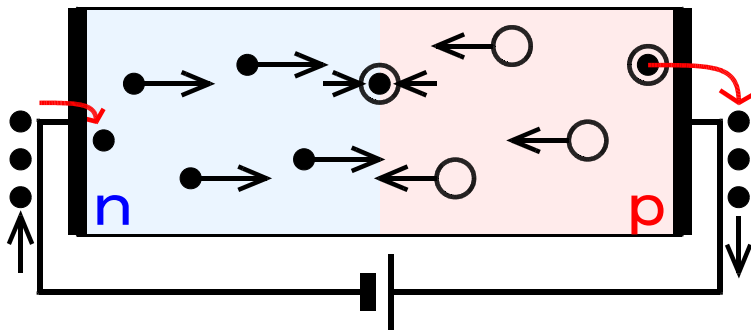
# ダイオード

## ○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

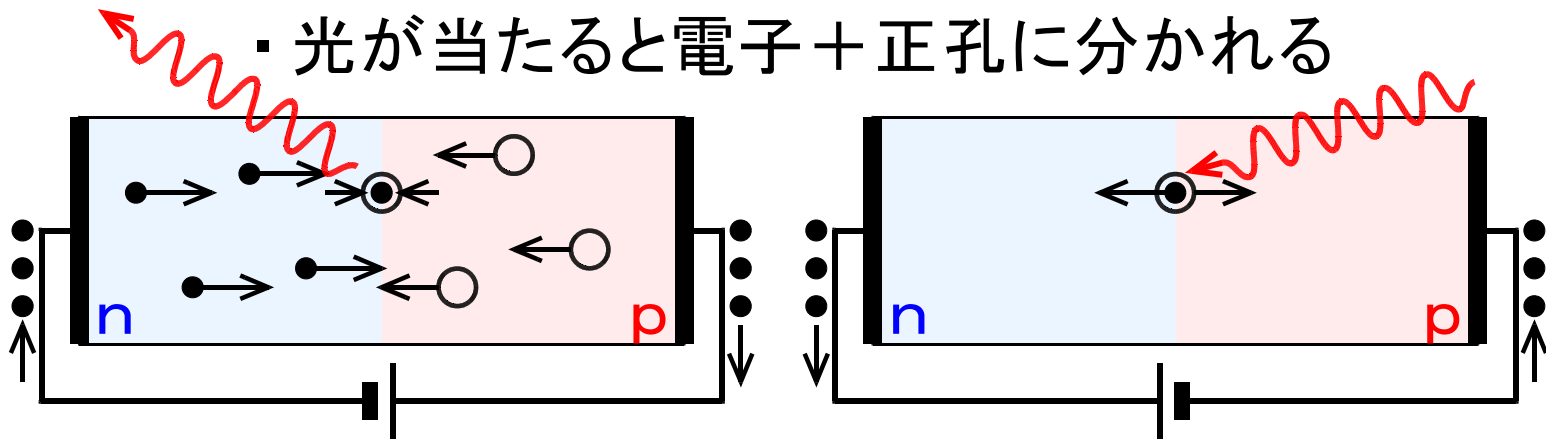
### ◇発光ダイオード LED

- ・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

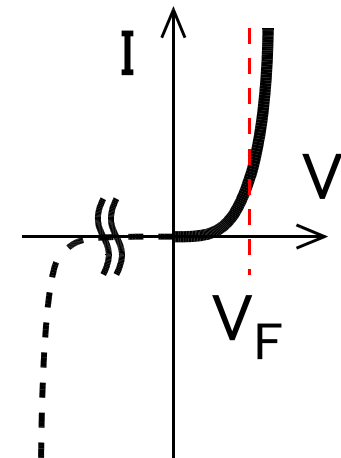
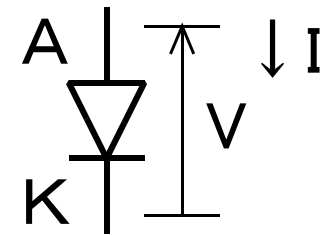
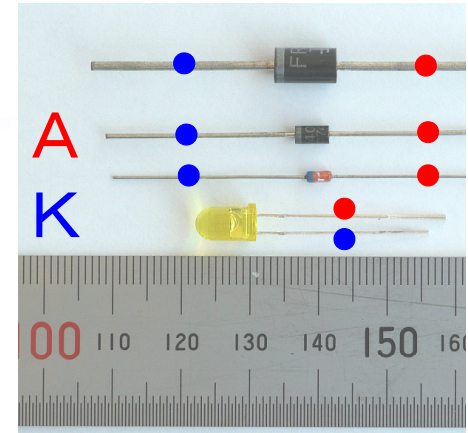
## ○電子回路内でのダイオード

### ◇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

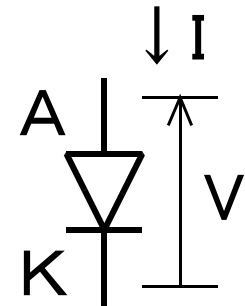


# ダイオード

## ○電子回路内でのダイオード

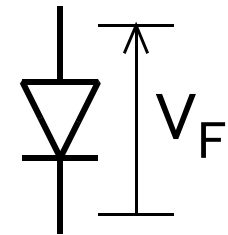
### ◇用途

- ◎ 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

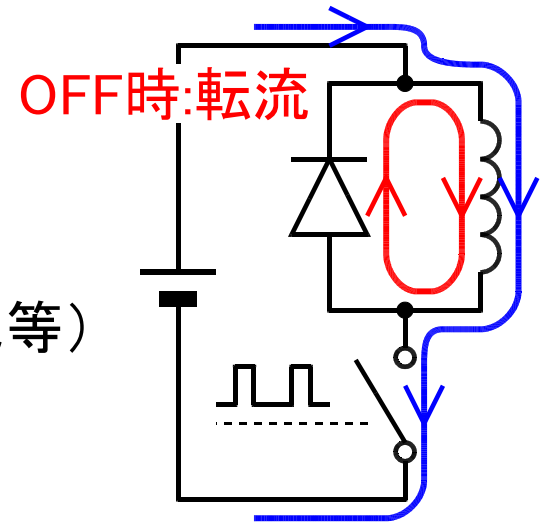
### ◇メカトロ・電力回路的用途

- ・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

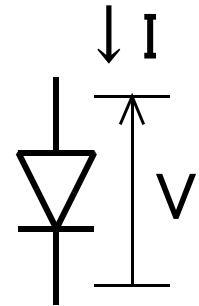


# ダイオードを含む回路の計算

## ○ 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

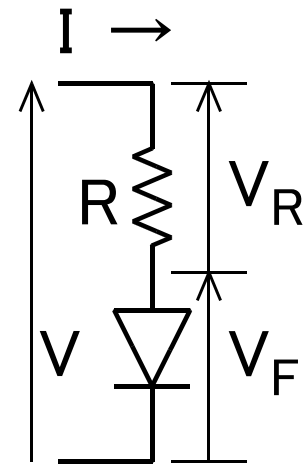
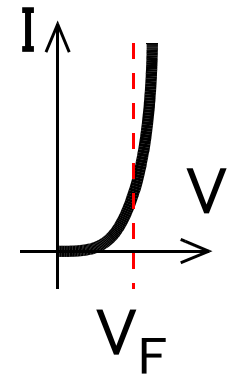
### ◇LEDの電流制限抵抗

- ・ 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

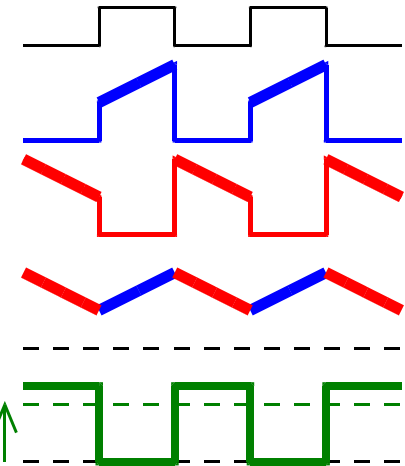
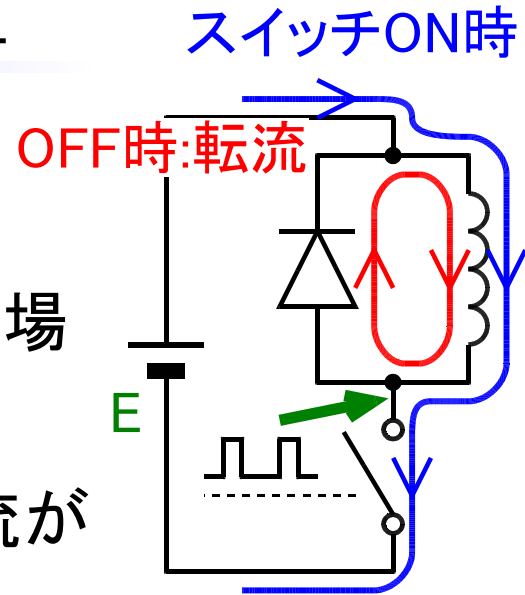
## ○フリーホイールダイオード

◇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



# 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

