電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第10回　半導体（2）

2021.05.01 Sat

半導体デバイスとして応用される現象

- 整流作用 →ダイオード
- 光起電力効果 →太陽電池

前回の講義

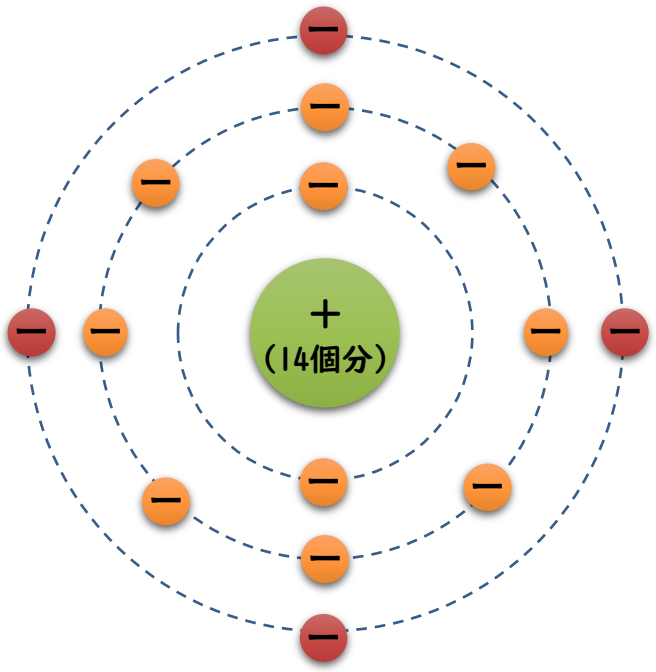
- 降伏現象
- ペルチェ効果/ゼーベック効果
- ホール効果

今回の講義

- 半導体レーザ（LD、LED）

Copy right © 電験どうでしょう

半導体とは



- ＋ 原子核
  （電子と同じ数の陽子（＋の電荷）を持つ）
- − 電子（−の電荷を持つ）
- − 最外殻電子
  （原子の電気的特性を決める）

・最外殻に電子が4つある原子（Ⅳ族の原子）
・代表的な原子はSi（ケイ素、シリコン）
・外部からのエネルギーにより最外殻の電子が外れたりくっついたりする

最も普及

研究レベル
複合回路用
の土台

半導体　Si（ケイ素）、Ge（ゲルマニウム）
SiC（炭化ケイ素）、GaAs（ガリウムヒ素）

電力用
少し実用化

高周波用
太陽電池

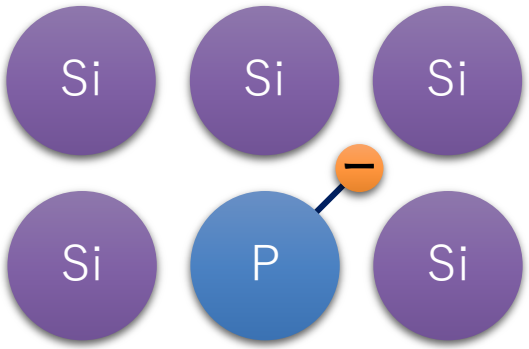
抵抗の大きさ：導体の10000倍以上

外部エネルギー
で変化

Copy right © 電験どうでしょう

半導体と不純物

半導体にV族の原子を混ぜる

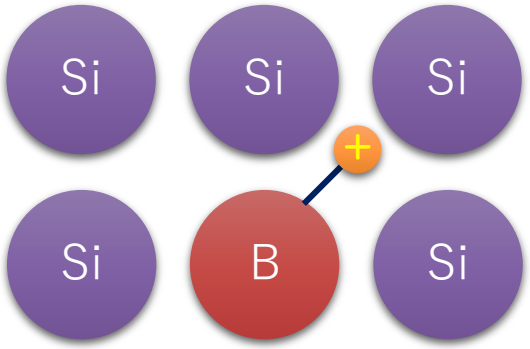


電子が余る→自由電子となる
（ーの電荷）

V族の原子（ドナー）
P, As, Sb　など

n型半導体

半導体にⅢ族の原子を混ぜる



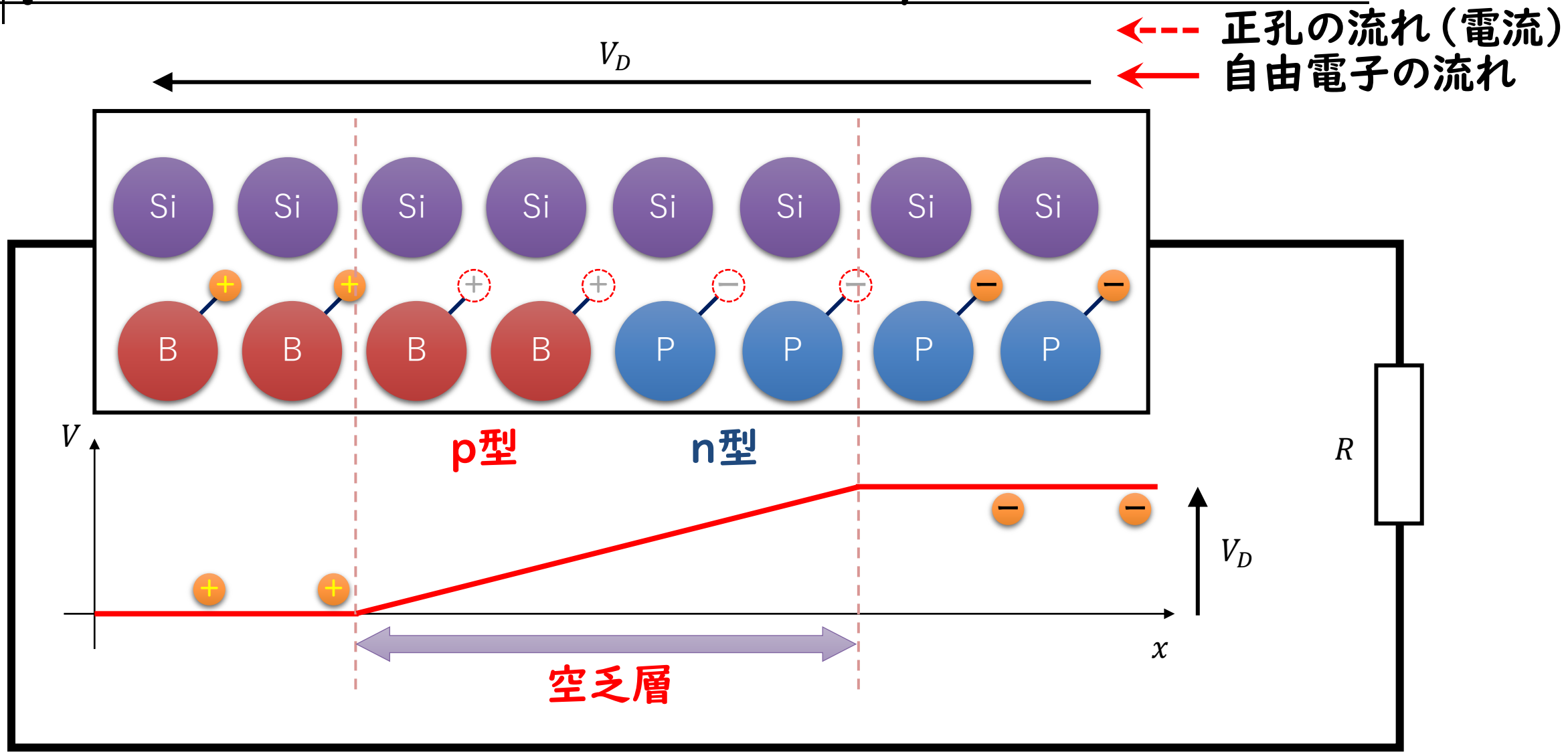
電子が足りない（電子の穴）→正孔となる
（＋の電荷）

Ⅲ族の原子（アクセプタ）
B, Al, Gaなど

p型半導体

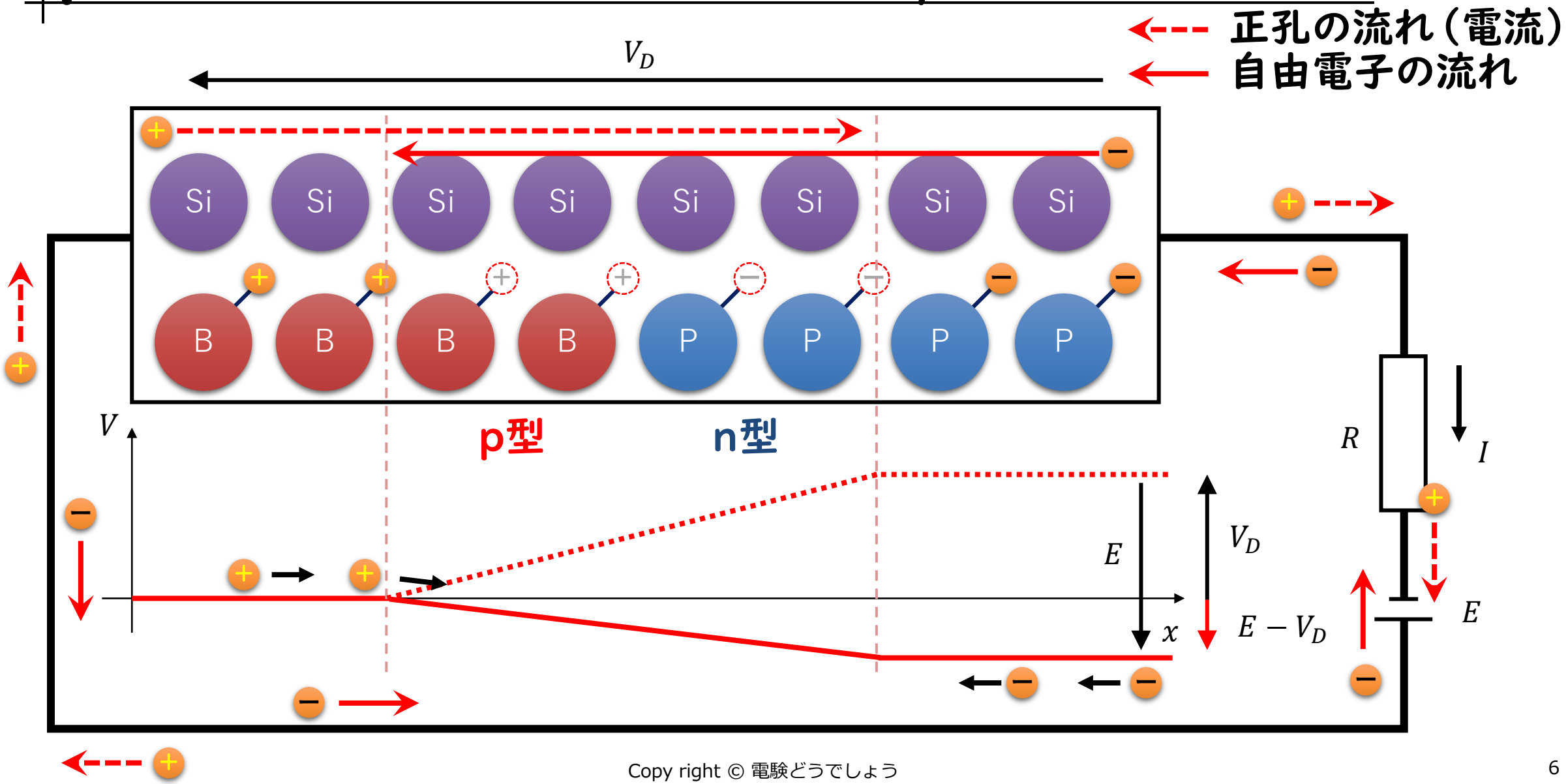
Copy right © 電験どうでしょう

pn接合の応用（ダイオード/整流作用）



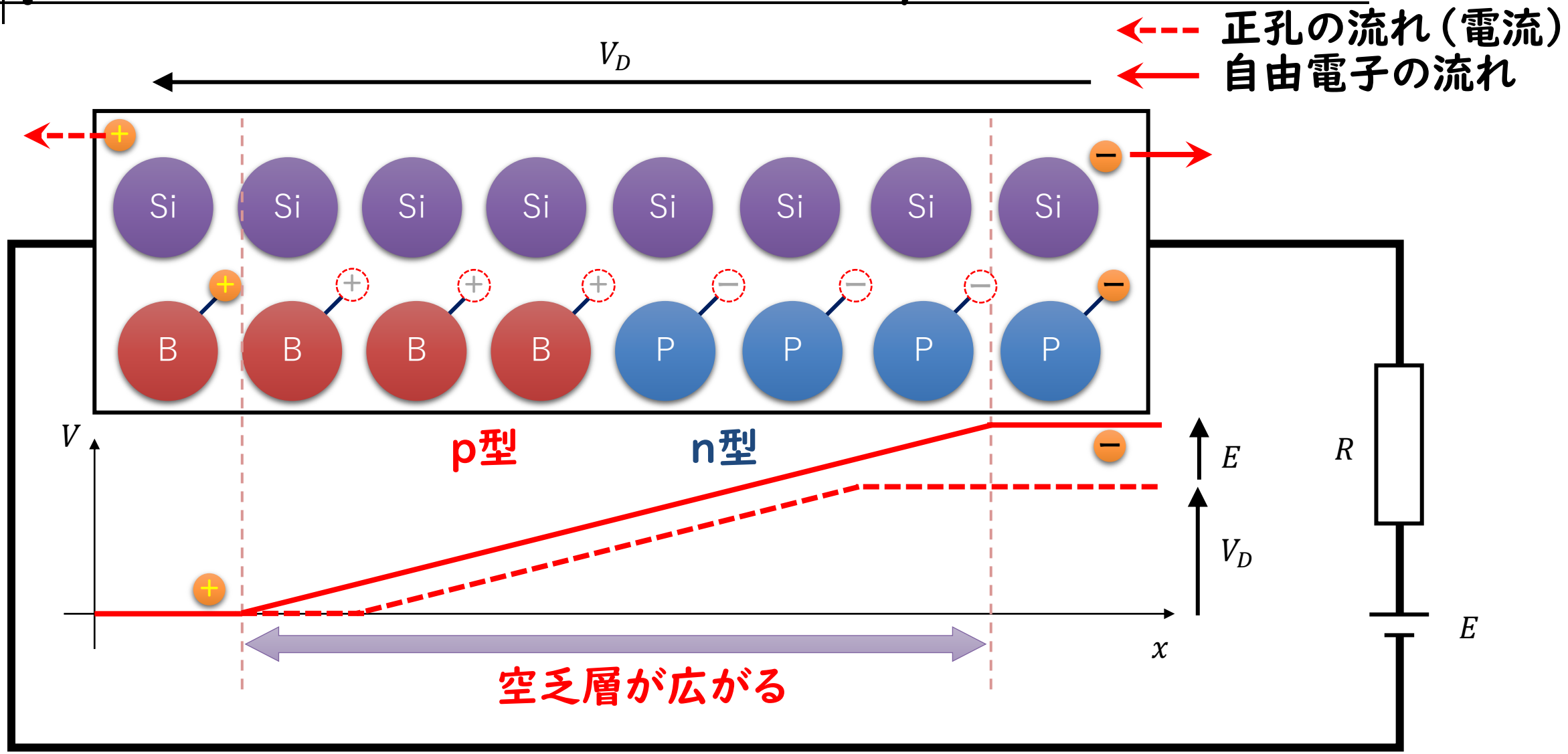
Copy right © 電験どうでしょう

pn接合の応用（ダイオード/整流作用）



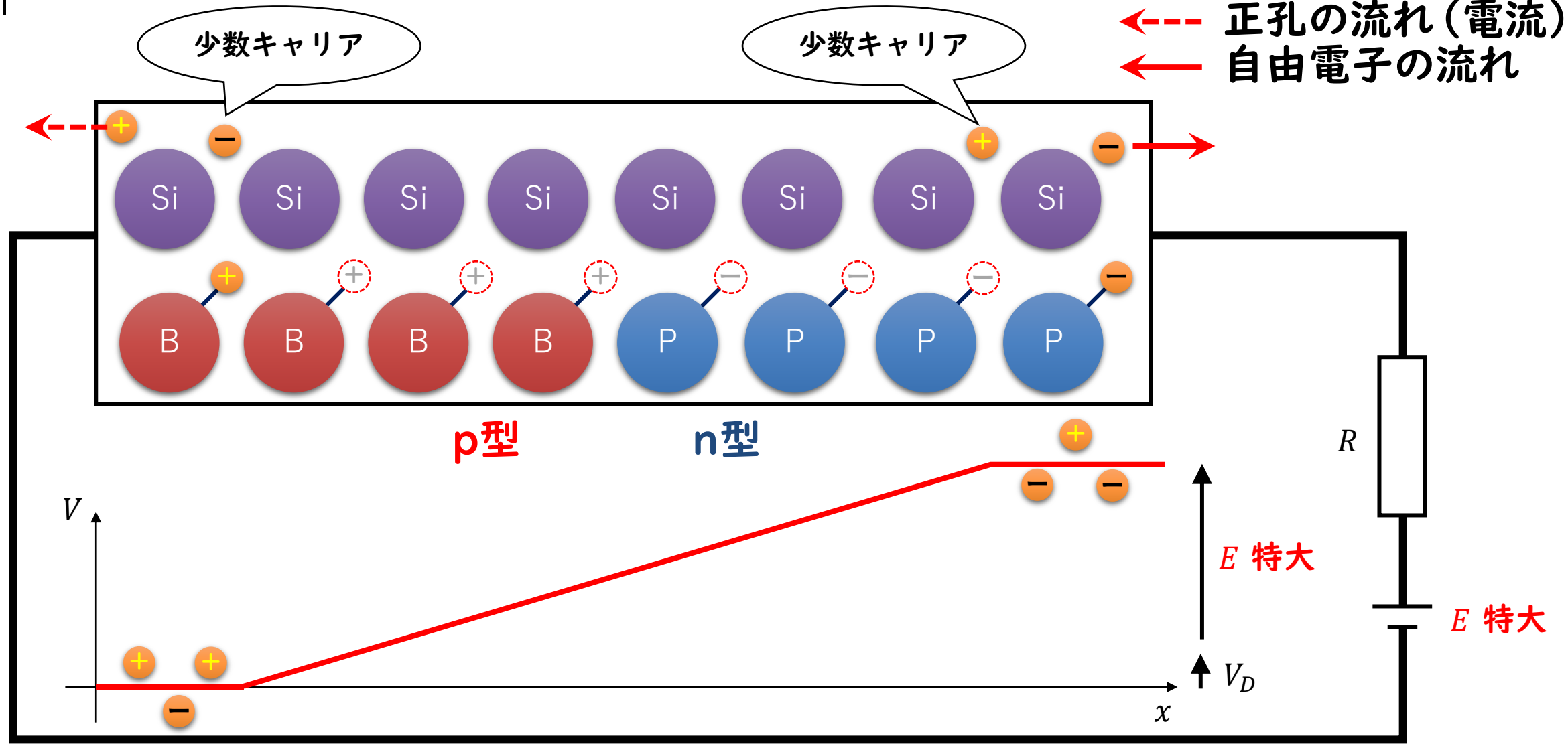
Copy right © 電験どうでしょう

pn接合の応用（ダイオード/整流作用）



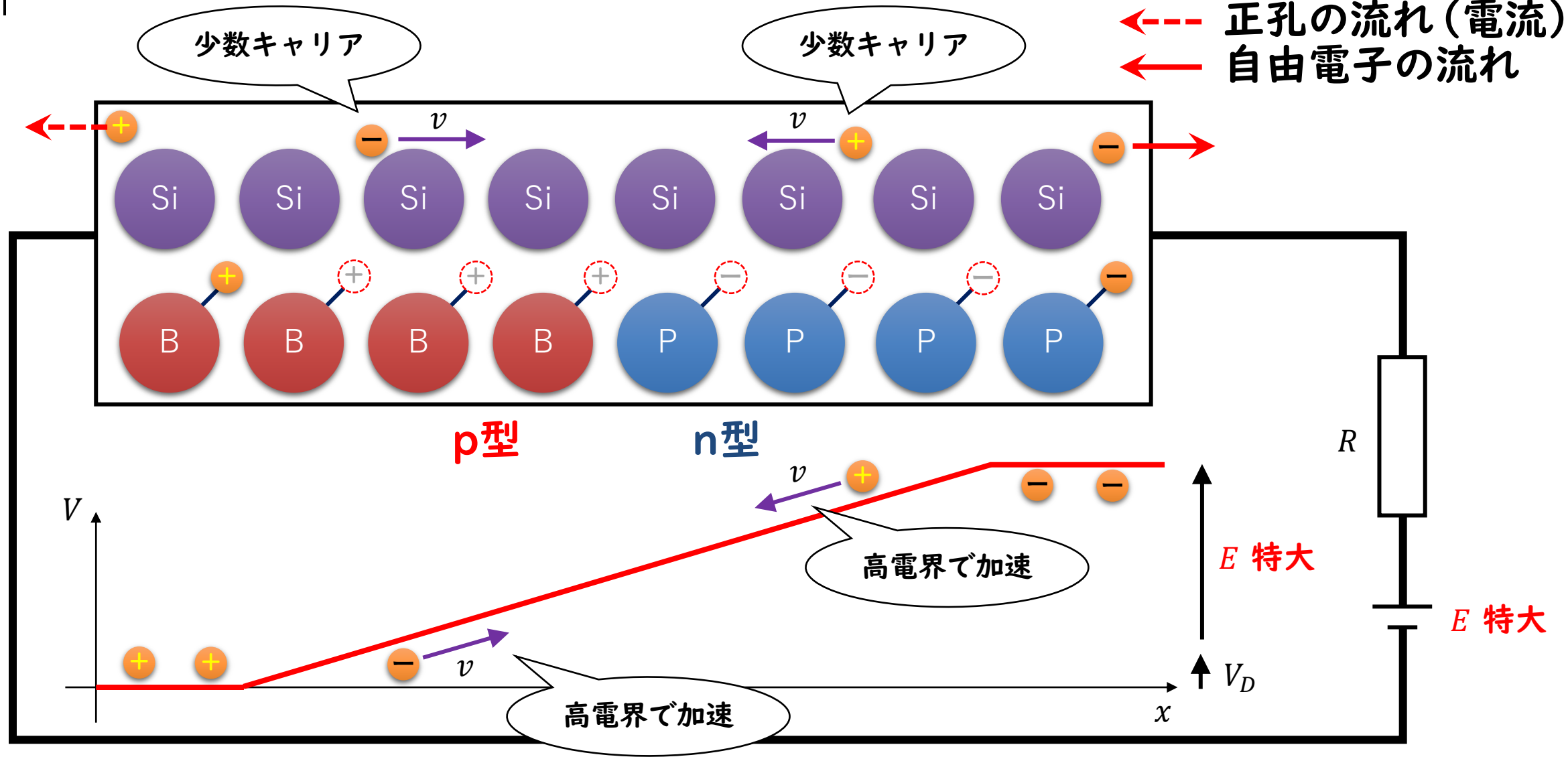
Copy right © 電験どうでしょう

降伏現象



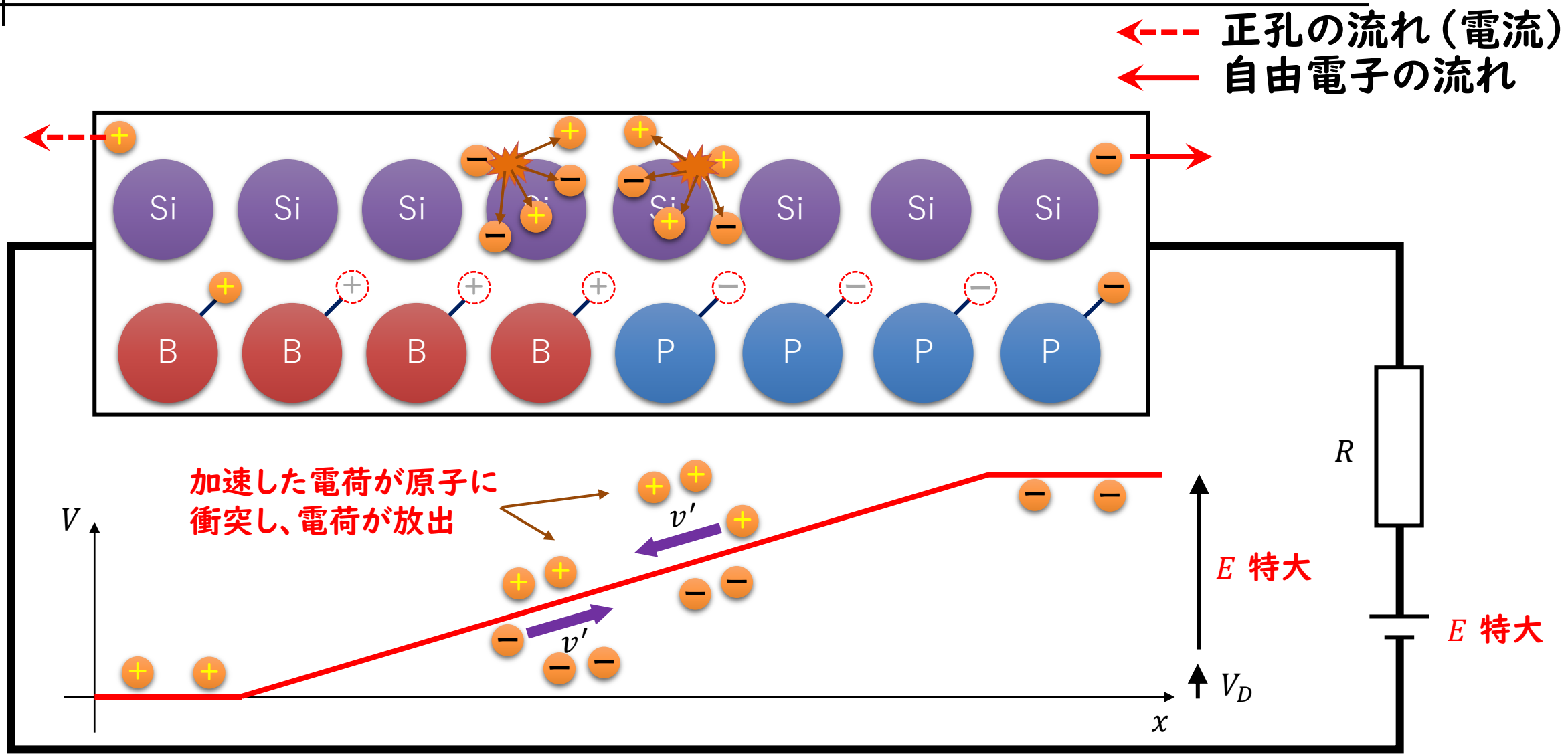
Copy right © 電験どうでしょう

降伏現象



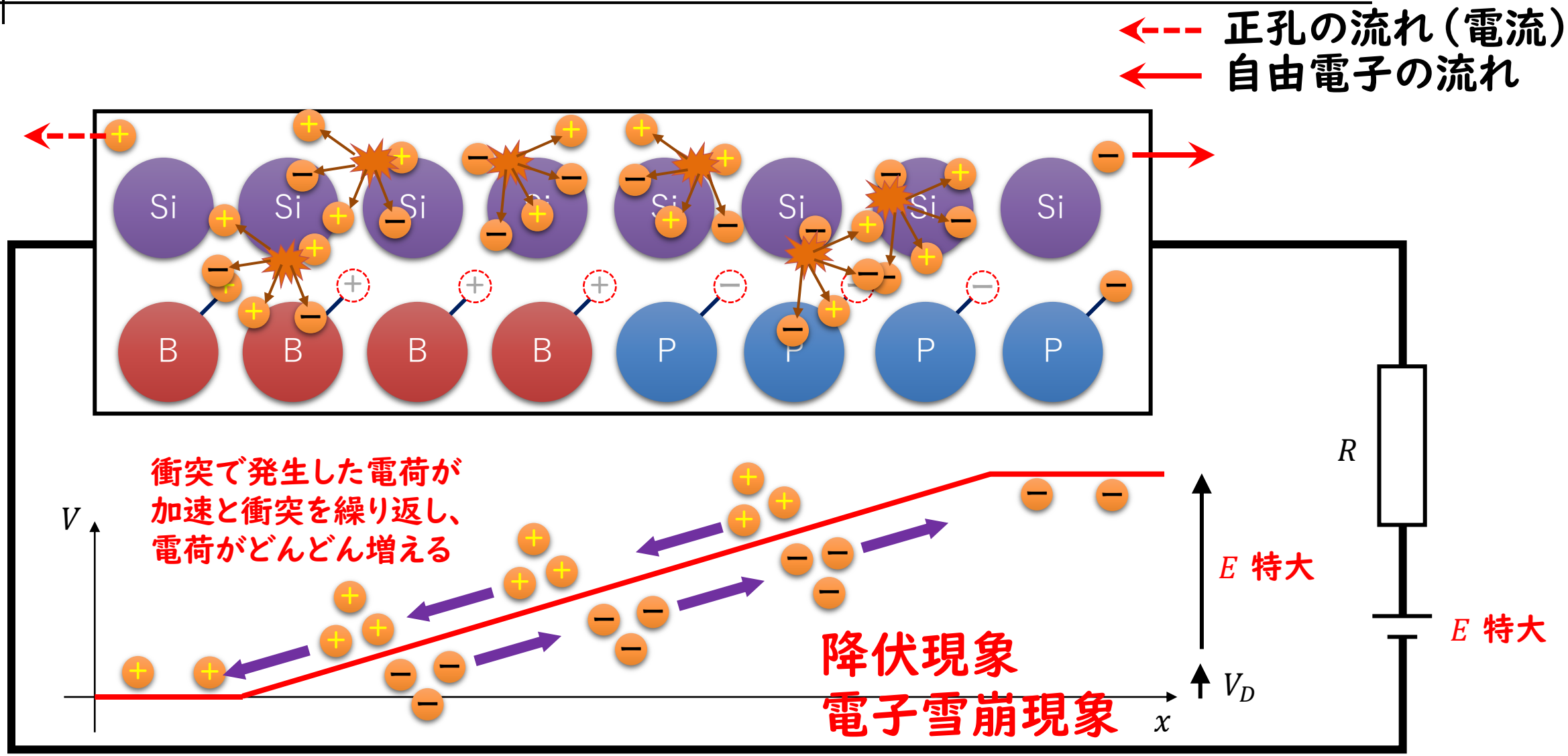
Copy right © 電験どうでしょう

降伏現象



Copy right © 電験どうでしょう

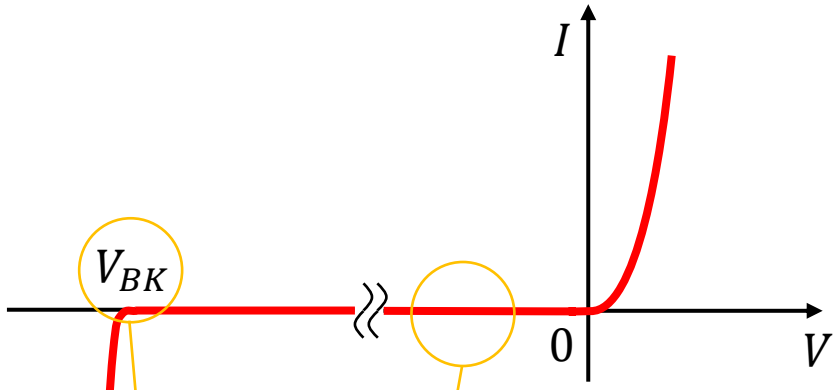
降伏現象



Copy right © 電験どうでしょう

降伏現象とその応用

逆方向のI-V特性



拡大すると

マイナス方向に少し電流が
流れている →“暗電流”

ある電圧で一気に電流が流れる！
このときの電圧→降伏電圧

ツェナー現象、アバランシェ現象（電子雪崩現象）

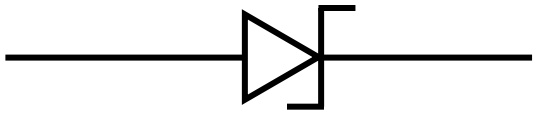
降伏電圧 → 通常 500Vくらい

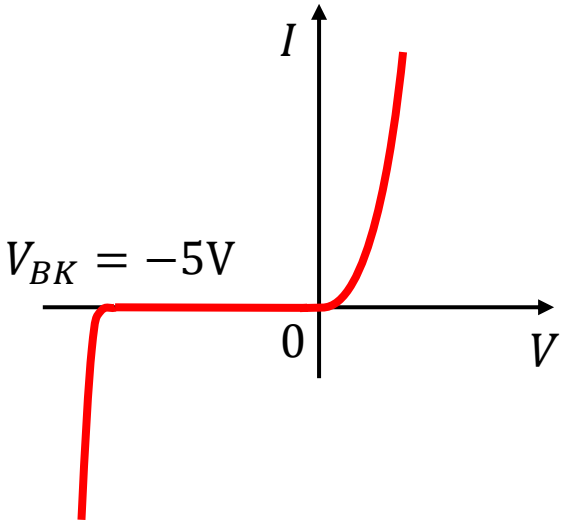
↓

不純物をうまく添加すると→ 数Vくらい

↓

積極的に降伏現象を使う素子“ツェナーダイオード”

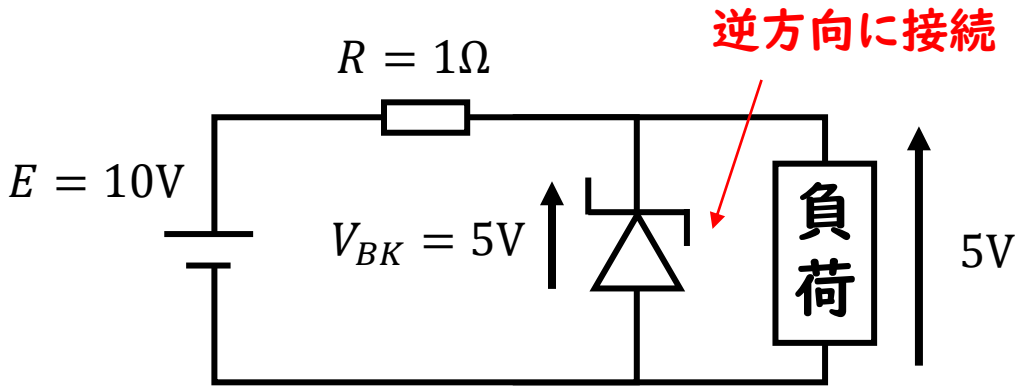


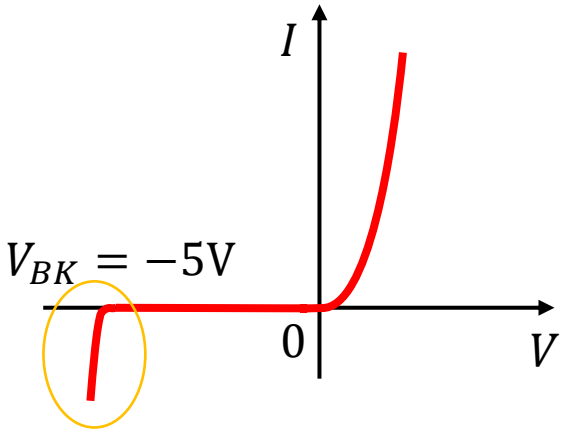


Copy right © 電験どうでしょう

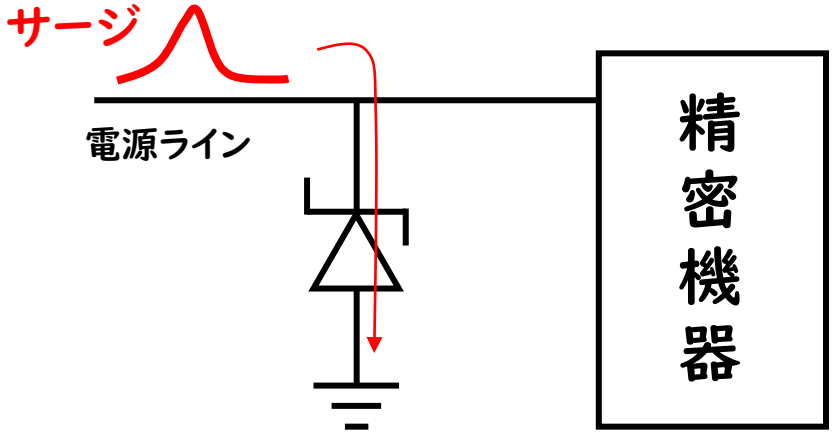
ツェナーダイオードの使い方

①定電圧回路



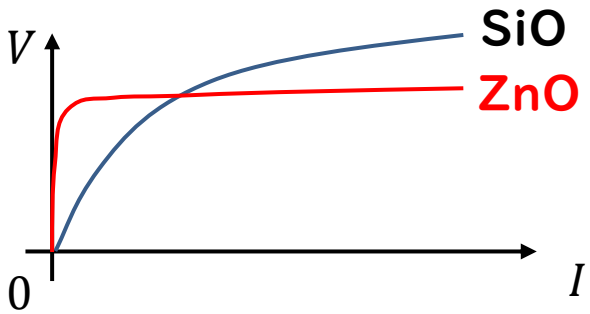


②サージ保護



変電所の
保護装置

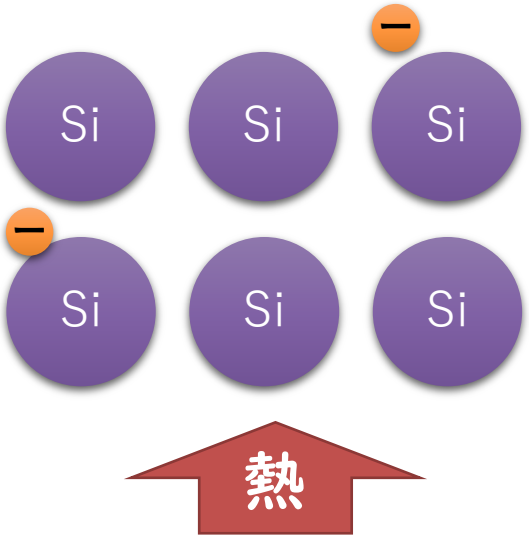
酸化亜鉛（ZnO）避雷器



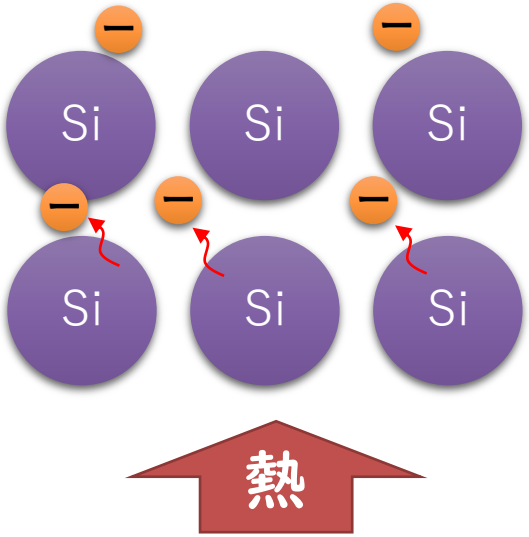
Copy right © 電験どうでしょう

半導体と熱

半導体に熱を加える

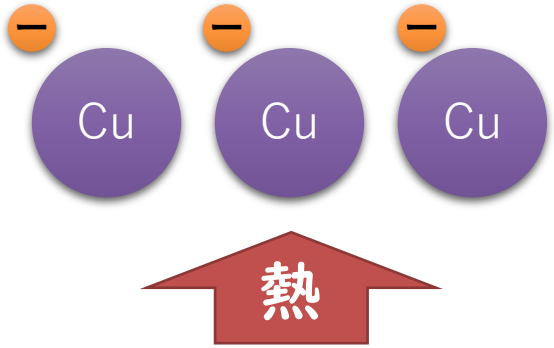


自由電子の数が増える

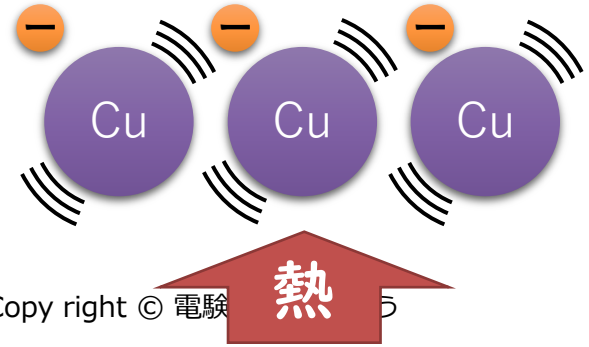


抵抗率が下がる
（導電率が上がる）

金属に熱を加える



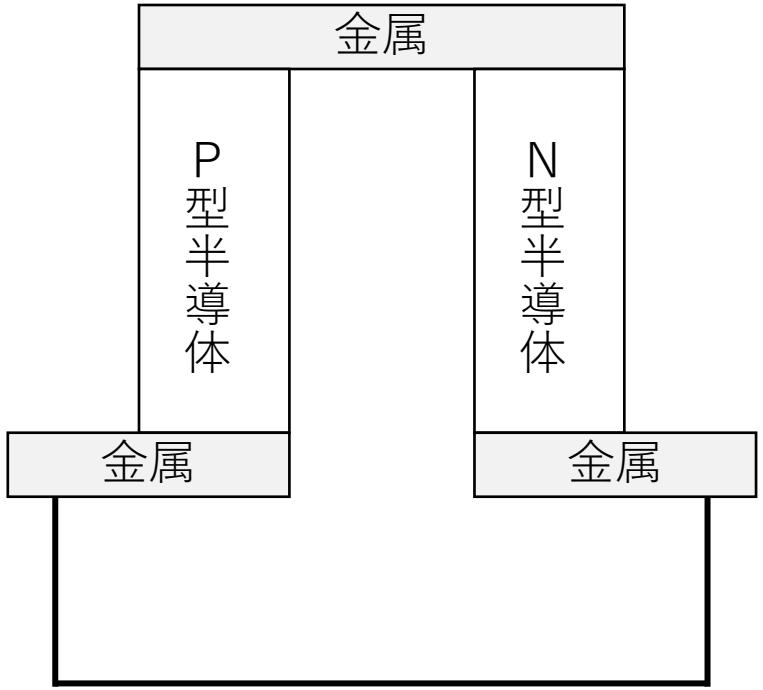
原子が振動する



電子の動きを阻害するため
抵抗率が上がる
（導電率が下がる）

Copy right © 電験

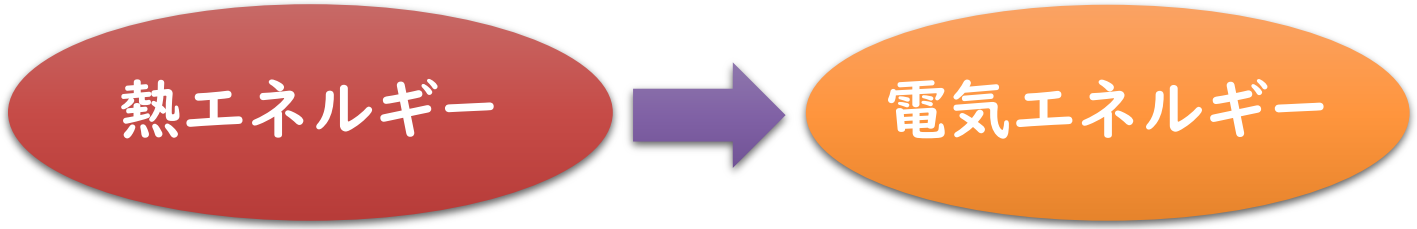
ゼーベック効果



ゼーベック効果

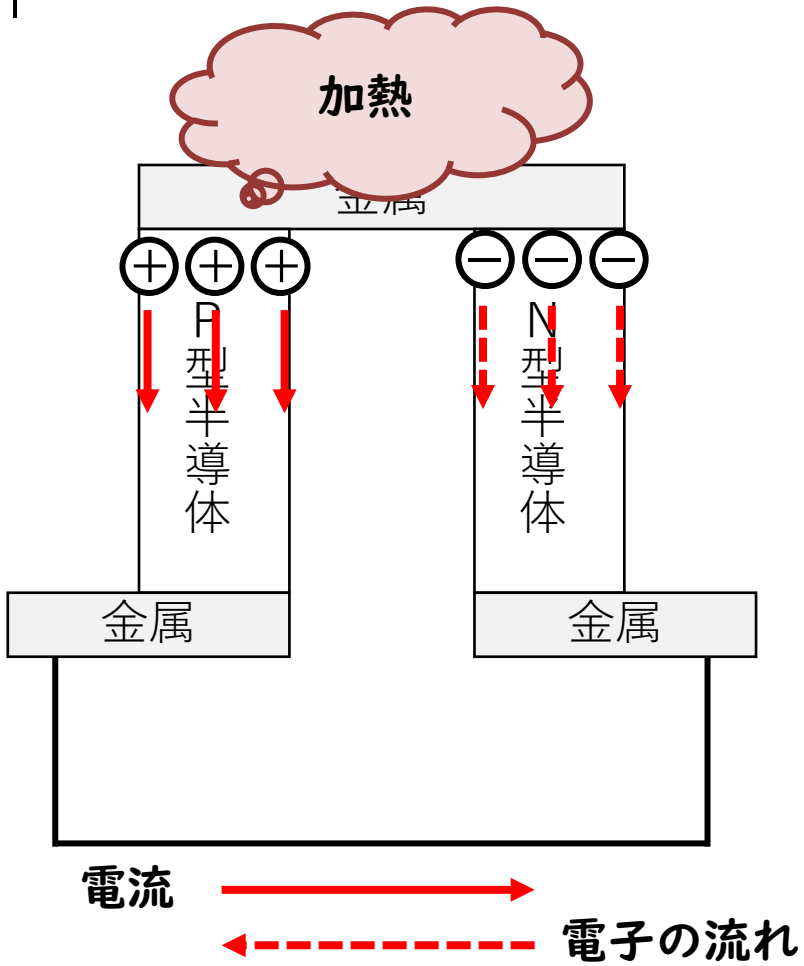
物体の温度差が電圧に直接変換される現象

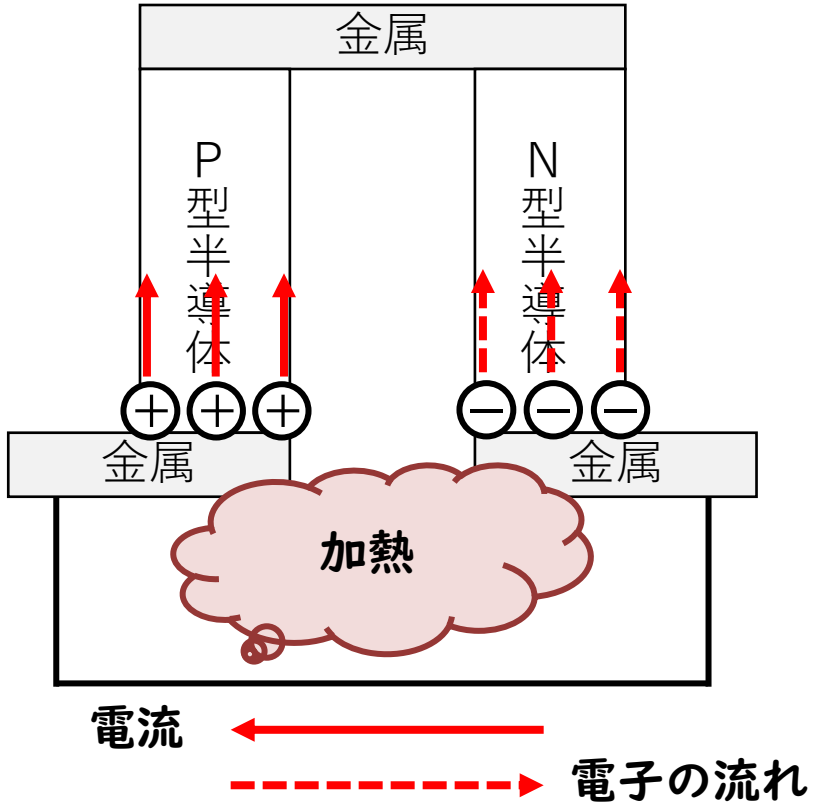
半導体の場合、過熱するとその部分のキャリアが増加することから、高温部から低温部にキャリアが移動する。



Copy right © 電験どうでしょう

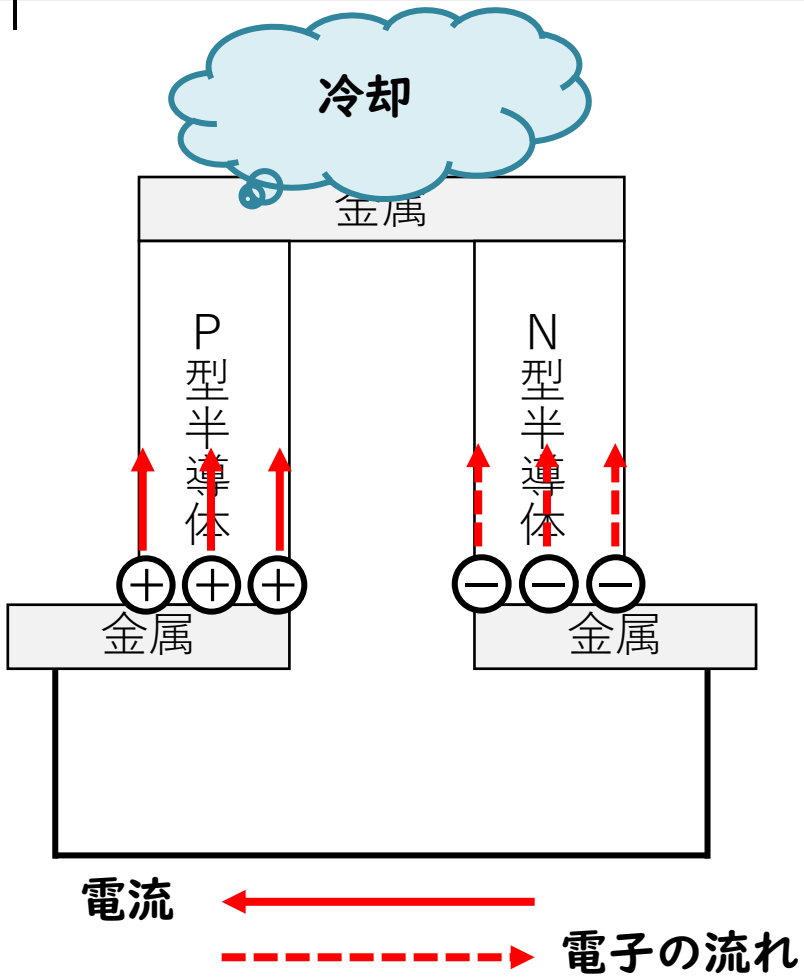
ゼーベック効果

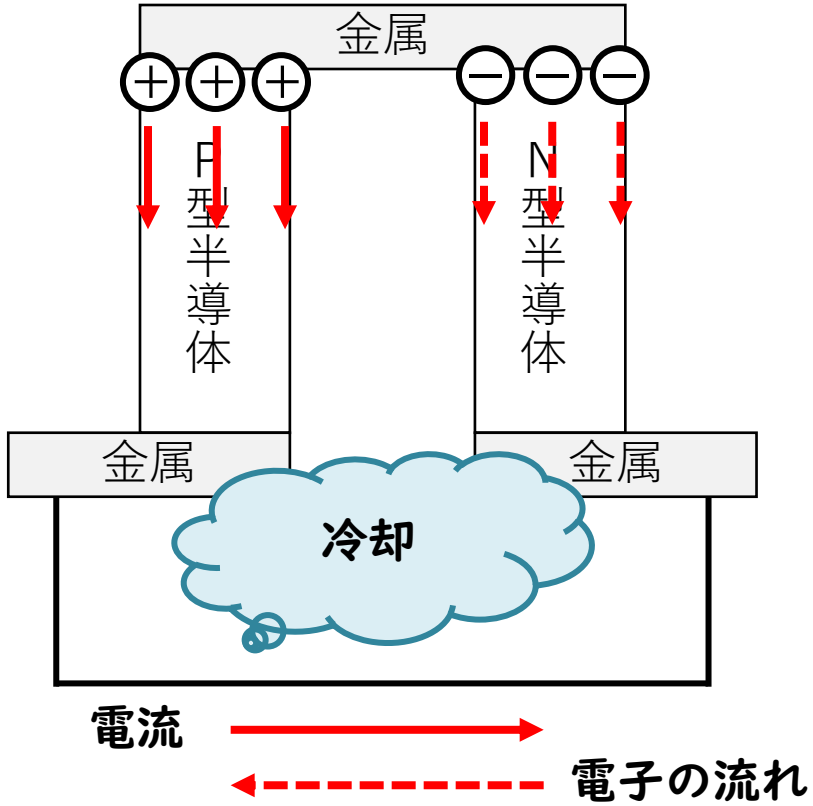




Copy right © 電験どうでしょう

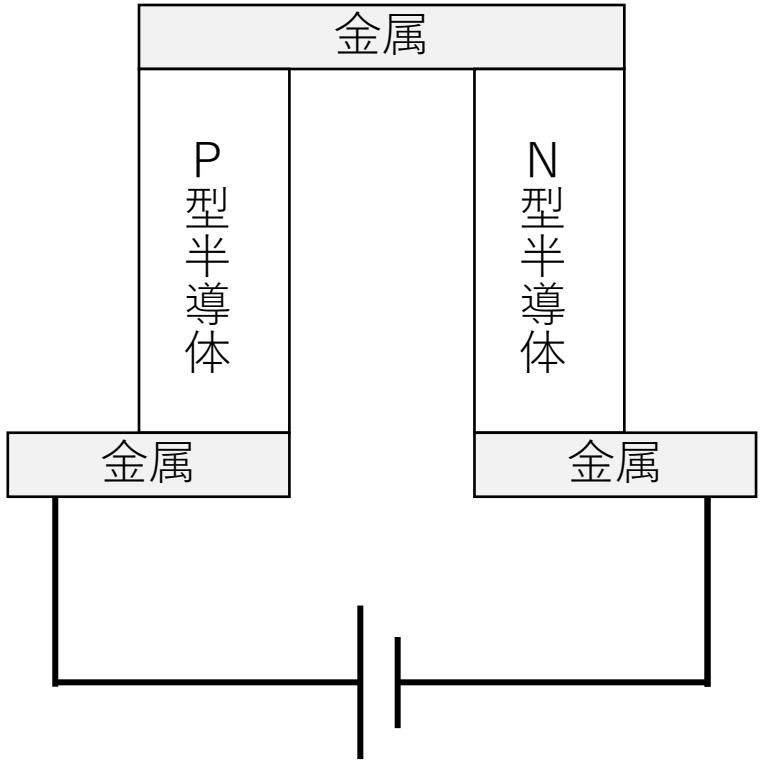
ゼーベック効果





Copy right © 電験どうでしょう

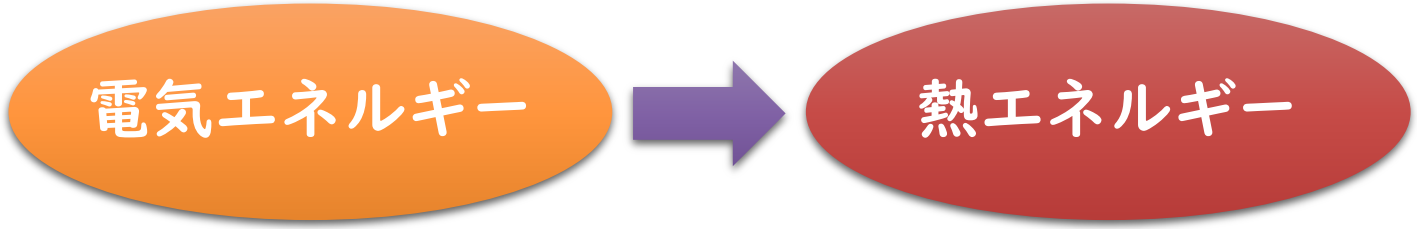
ペルチェ効果



ペルチェ効果

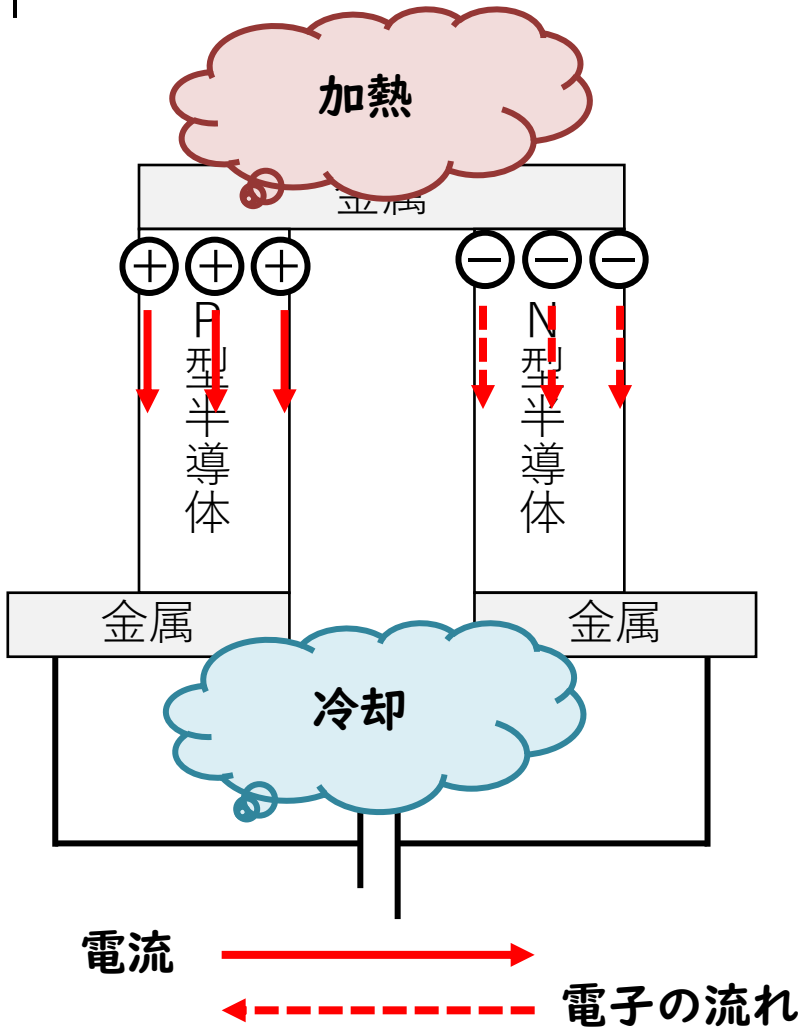
異なる金属（半導体）を接合し電圧をかけ、電流を流すと、接合点で熱の吸収・放出が起こる効果

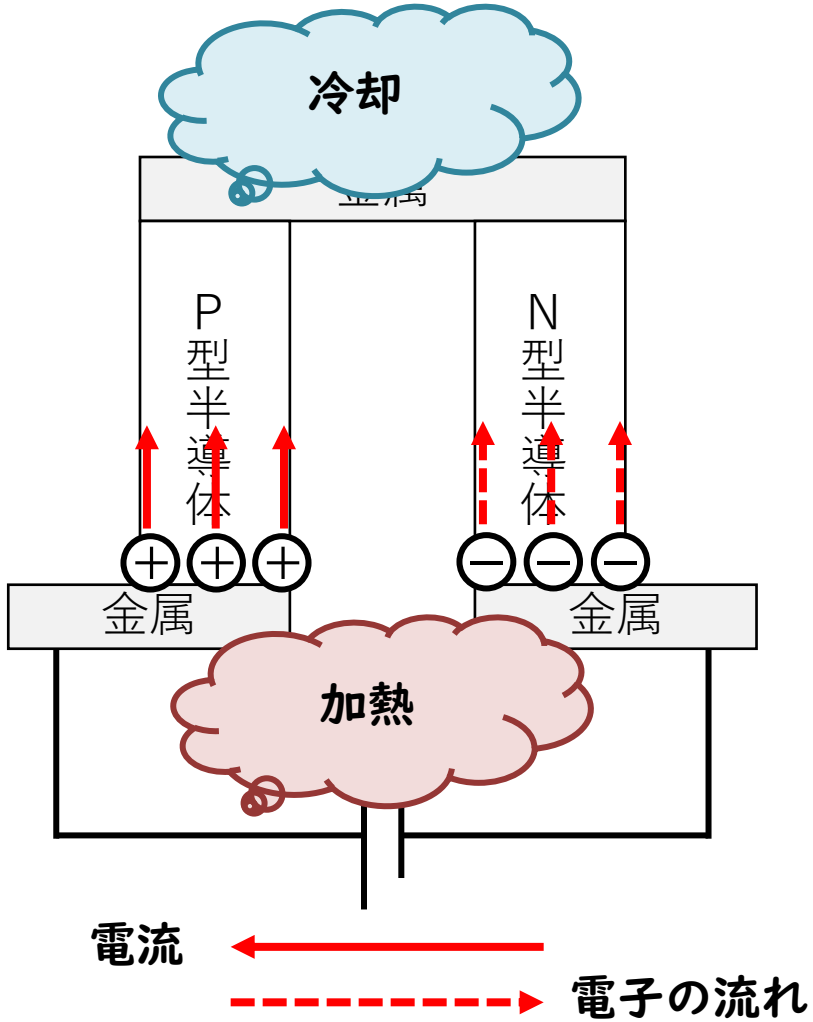
半導体の場合、電流が流れるとキャリア密度が変わり温度勾配が発生し、この温度変化には外部からの熱を利用される。



Copy right © 電験どうでしょう

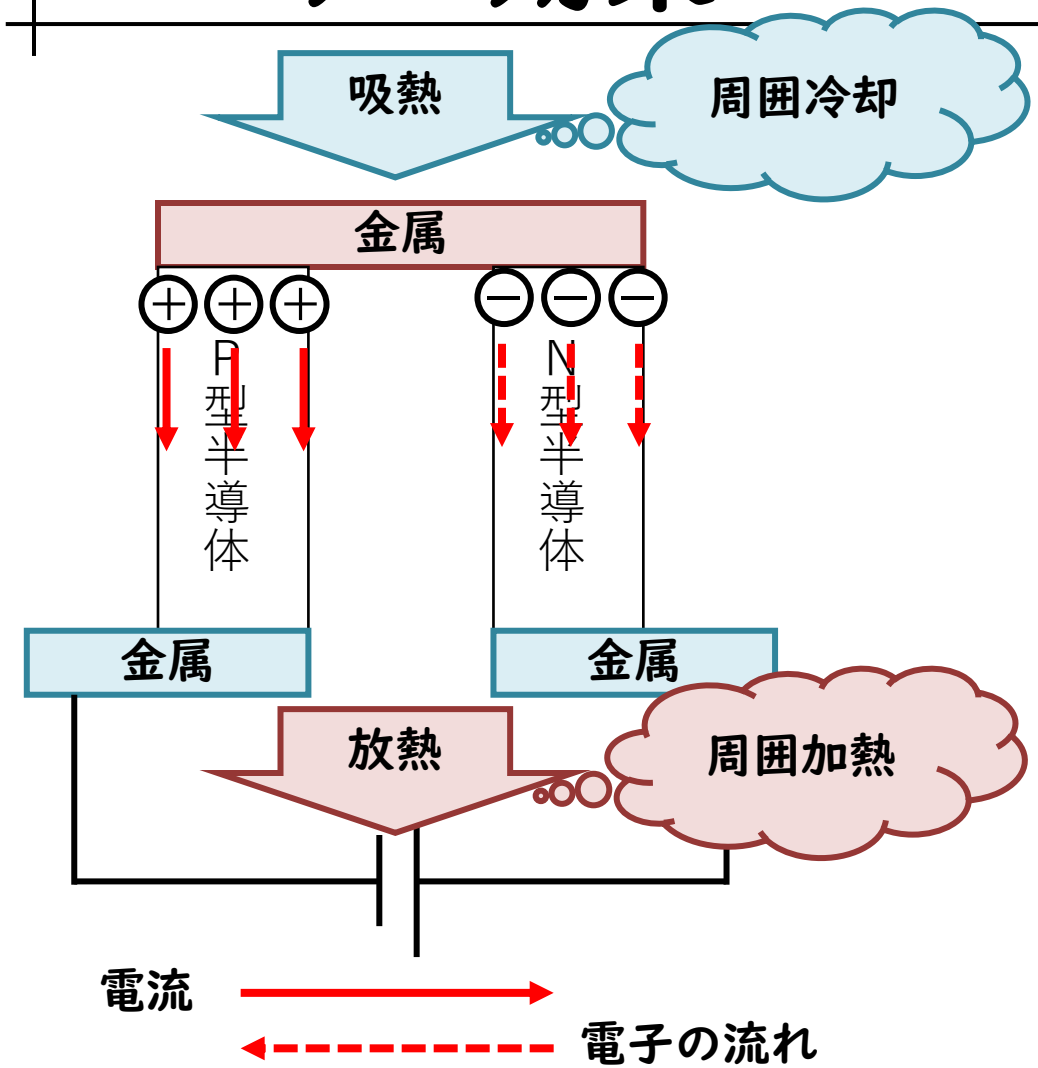
ペルチェ効果

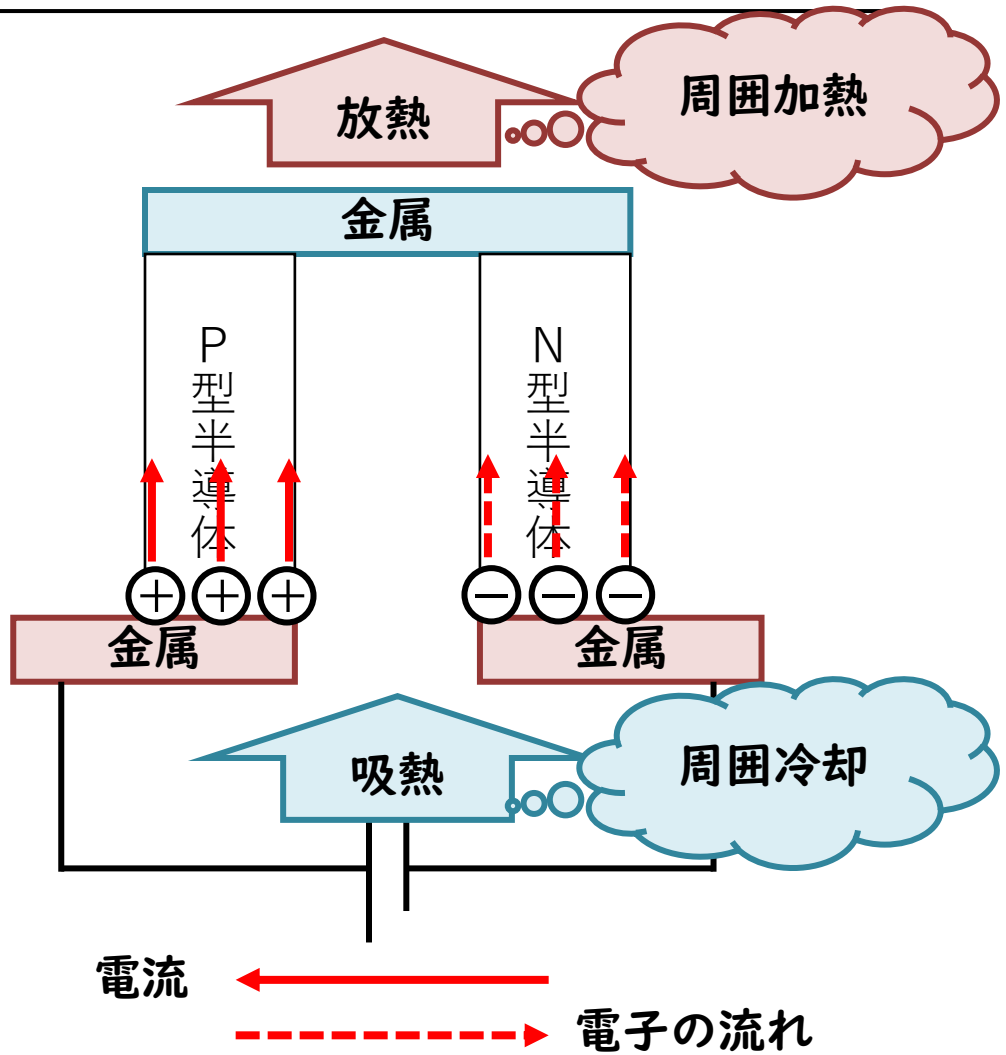




Copy right © 電験どうでしょう

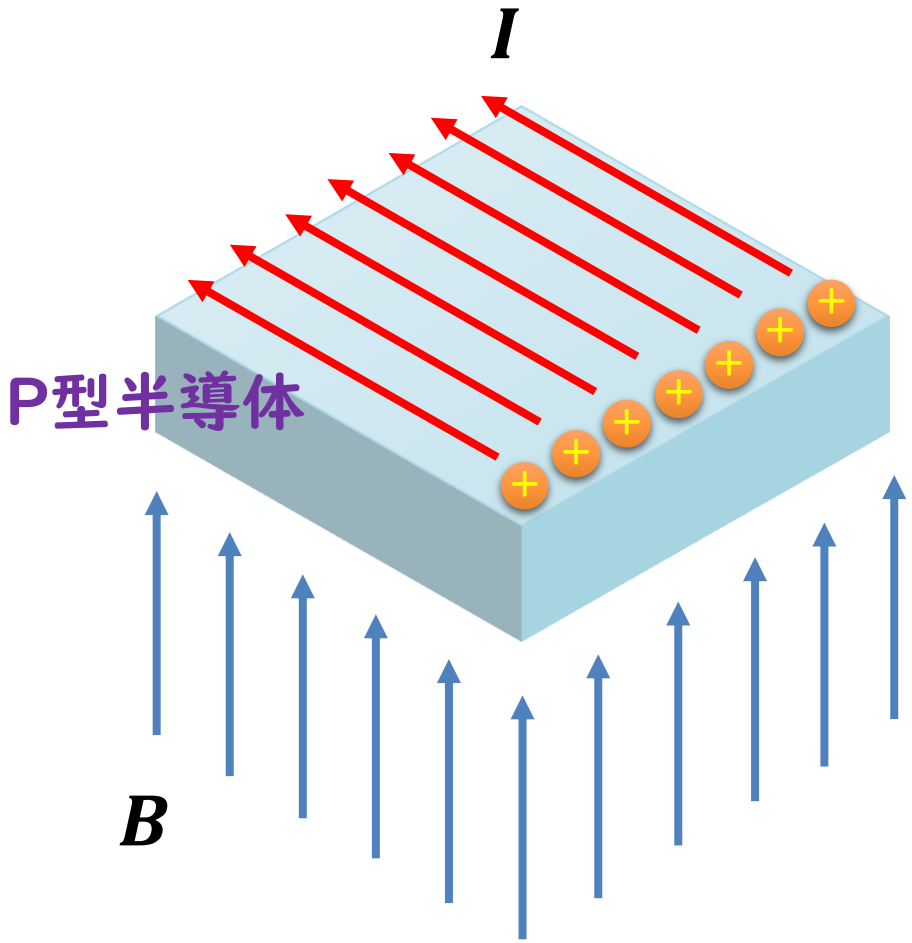
ペルチェ効果





Copy right © 電験どうでしょう

ホール効果

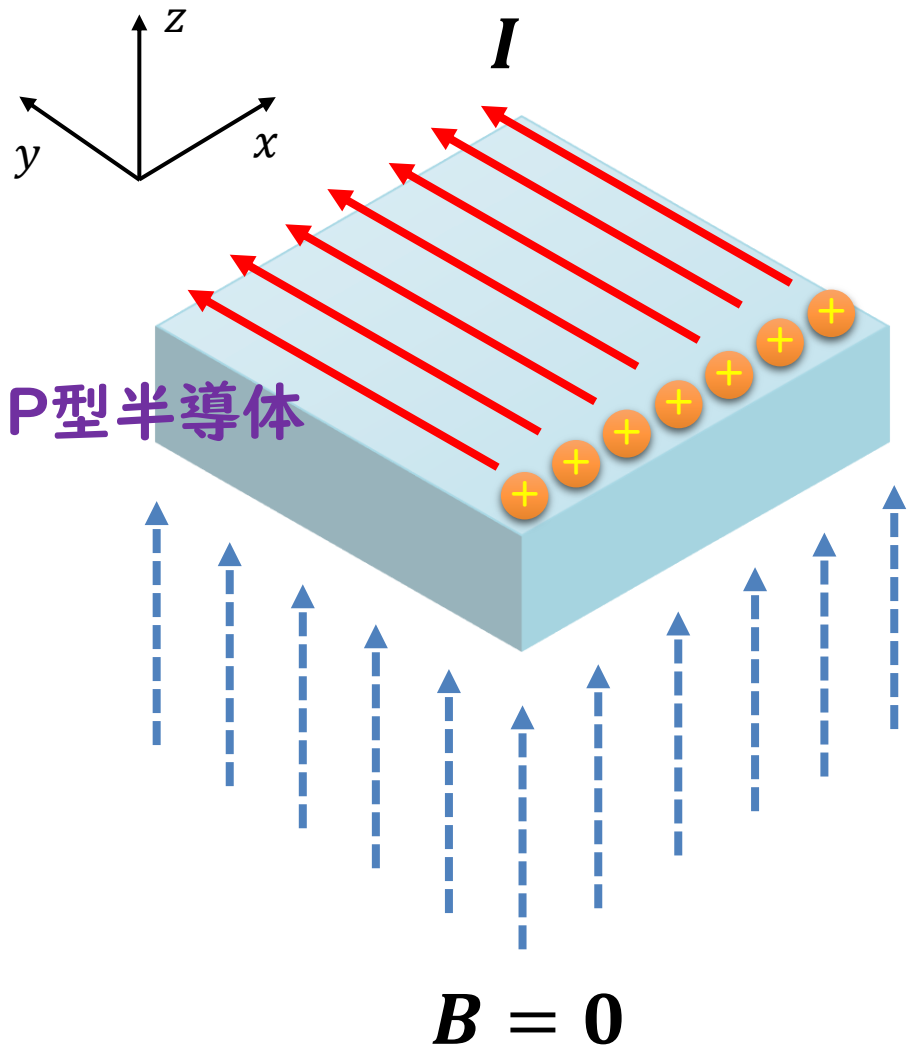


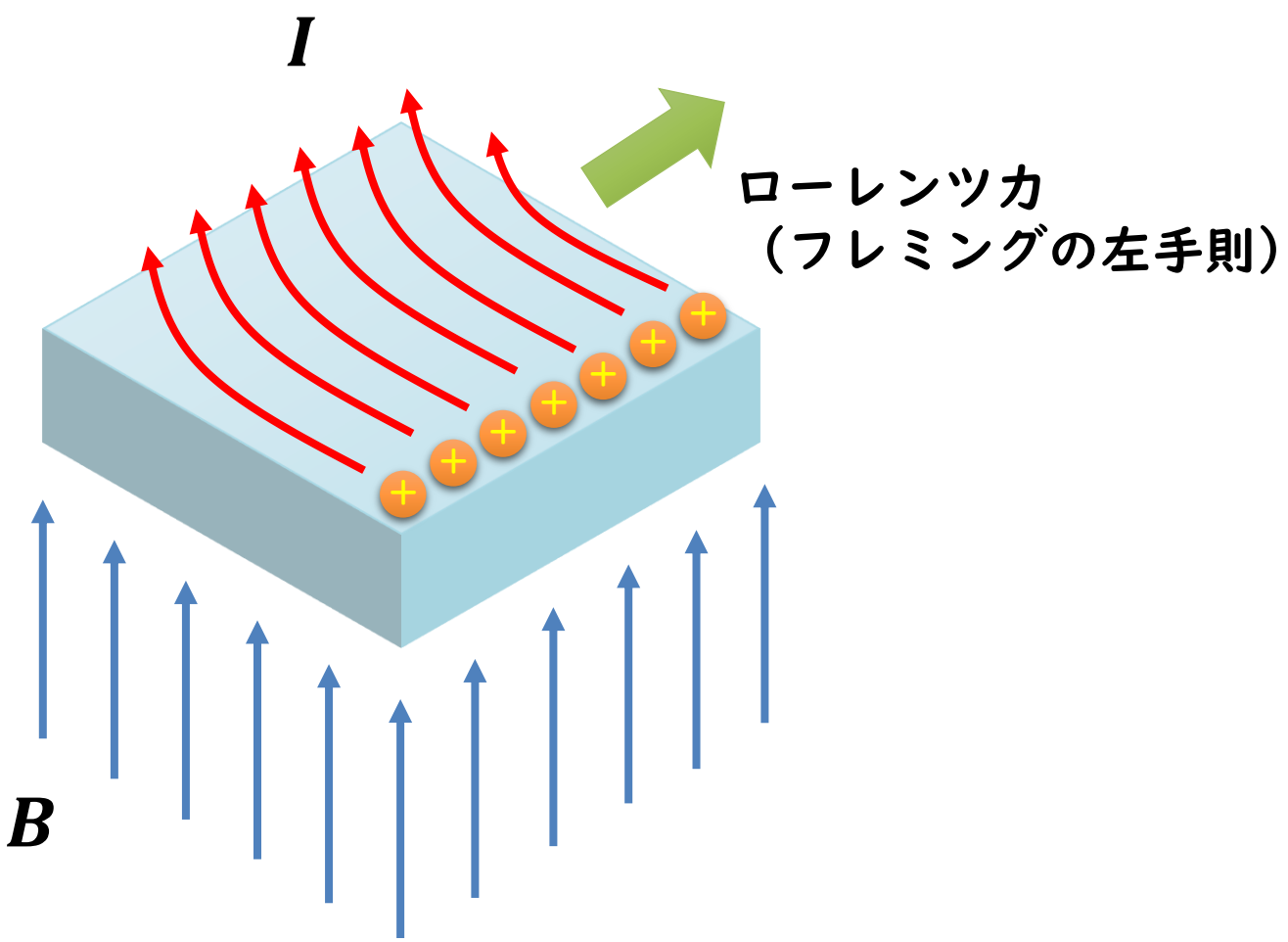
ホール効果

電流が流れている半導体に磁場を掛けると
ローレンツ力が発生し、電荷が物体の端に移動し、
電荷の偏りによって起電力が発生する現象。

Copy right © 電験どうでしょう

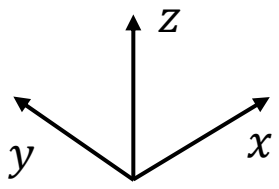
ホール効果

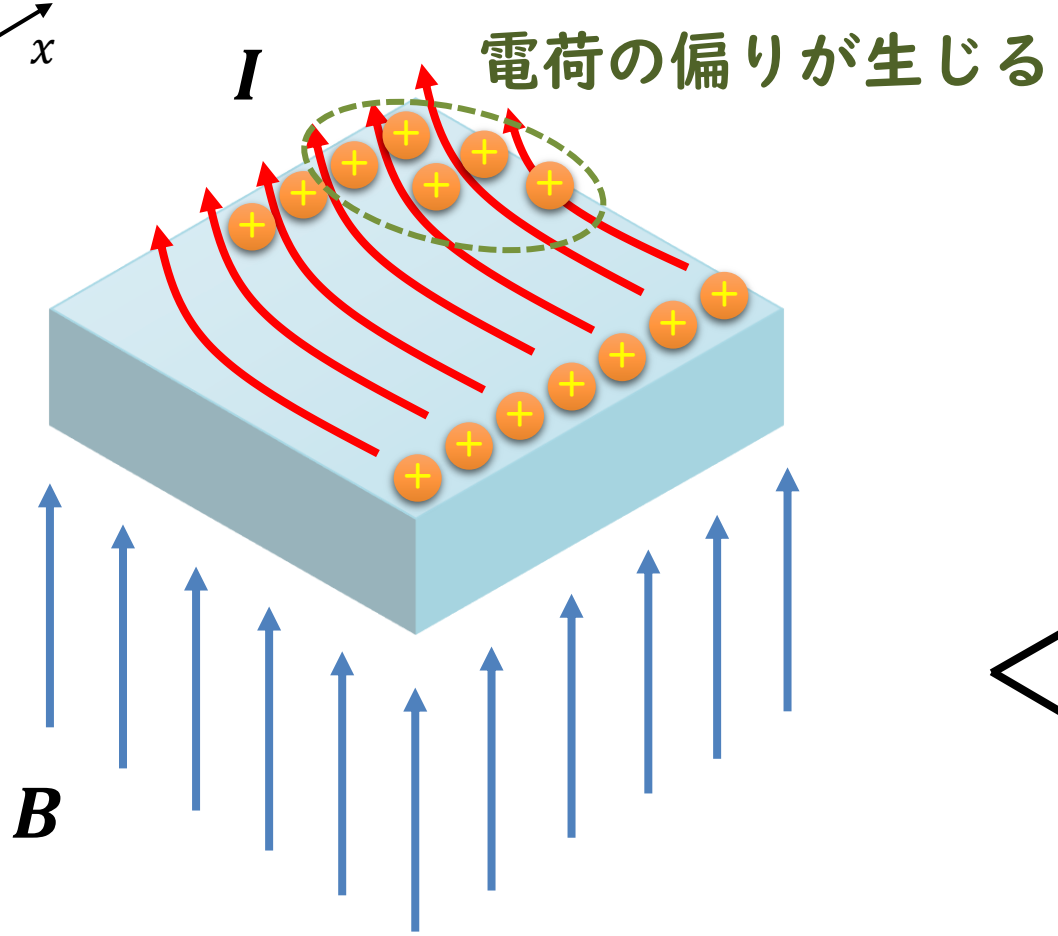


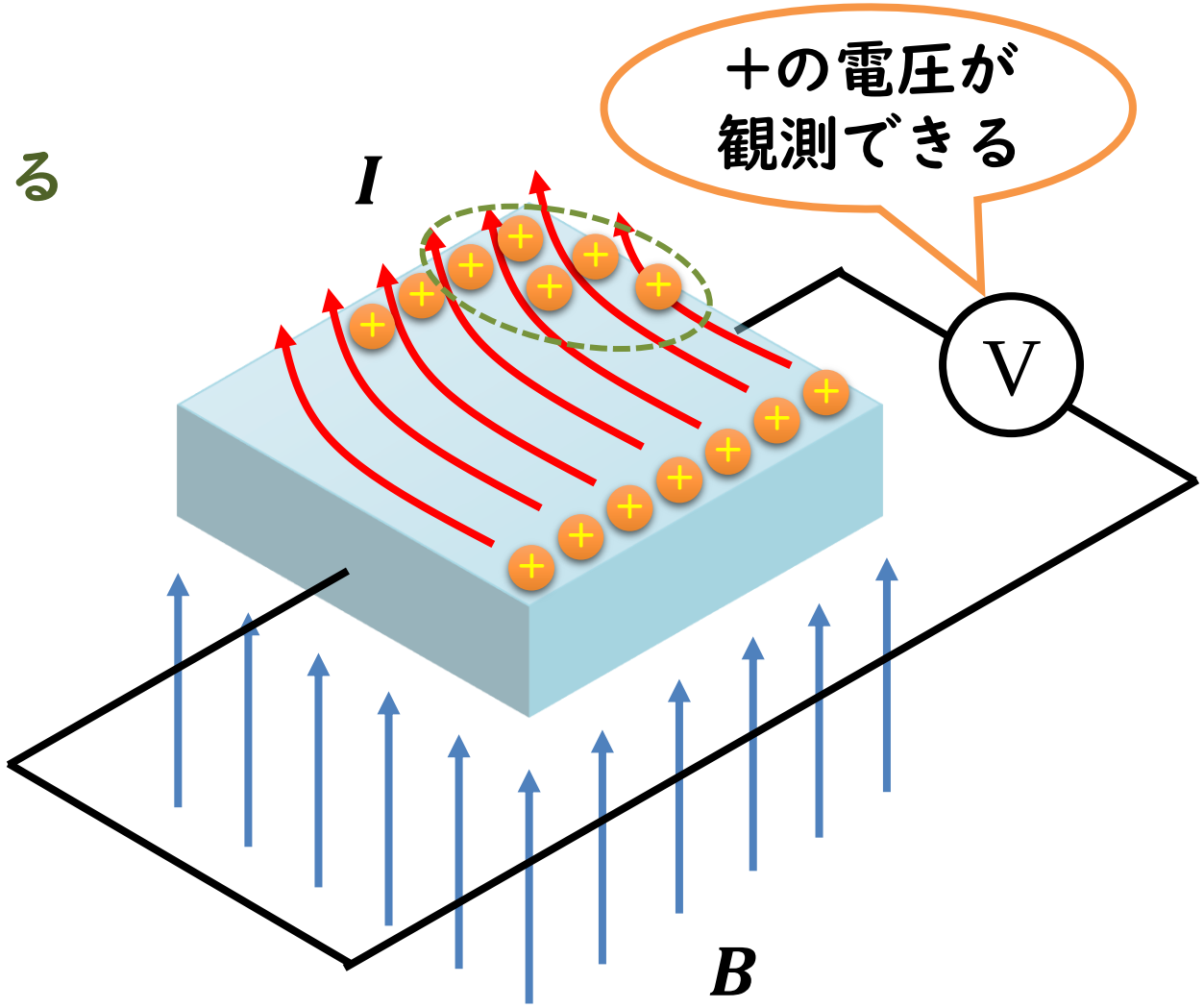


Copy right © 電験どうでしょう

ホール効果







Copy right © 電験どうでしょう

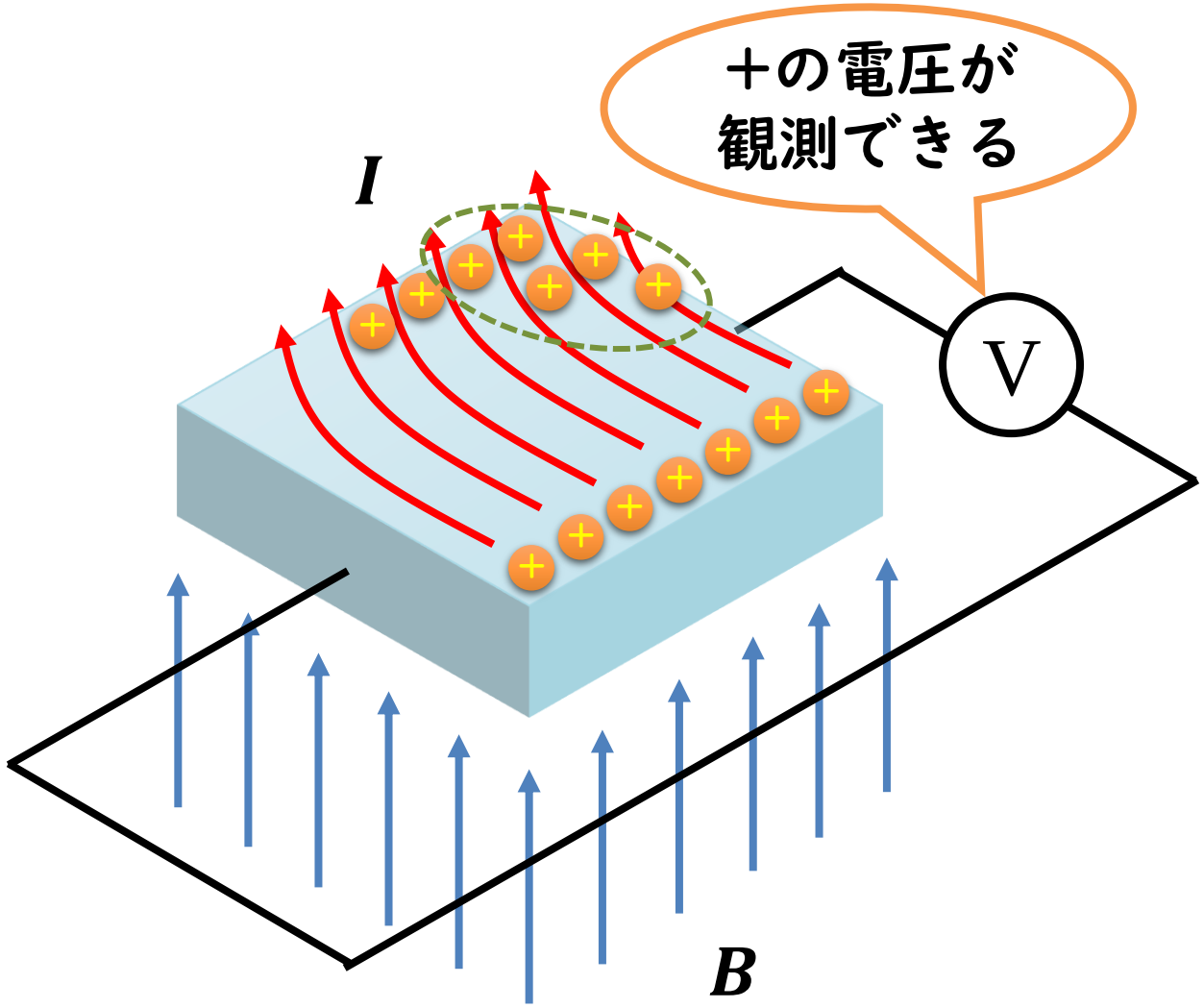
ホール効果の応用

デバイスへの応用

- 磁気センサ
- 電流センサ

半導体の特性評価

- キャリア濃度
- キャリアの種類



Copy right © 電験どうでしょう

ご聴講はありがとうございました！！

Copy right © 電験どうでしょう