

# 講義中の注意



- 講義中は、参加者のマイク・カメラの機能はミュート状態になります。
- 進行はスタッフ及び講師が行いますので、指示に従ってください。
- 質疑応答の時間は、参加者のマイクをオンにして質問を受け付けることもあります。希望される方は「チャット欄」で申し出てください。

# 電験三種 オンライン講座

## 第3回 半導体

(降伏現象、ペルチェ効果、ゼーベック効果効果)

# 半導体デバイスとして応用される現象



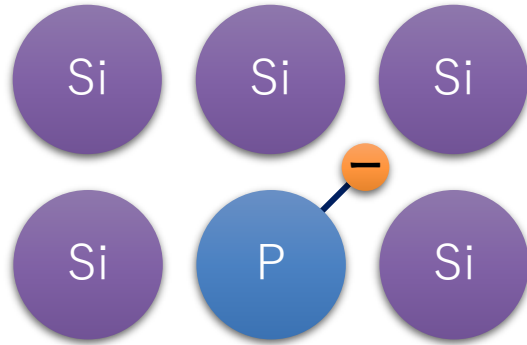
- 整流作用 → ダイオード
- 光起電力効果 → 太陽電池
- 降伏現象
- ペルチェ効果 / ゼーベック効果
- ホール効果
- 半導体レーザ (LD、LED)

前回の講義

今回の講義

# 半導体と不純物

半導体に **V族** の原子を混ぜる

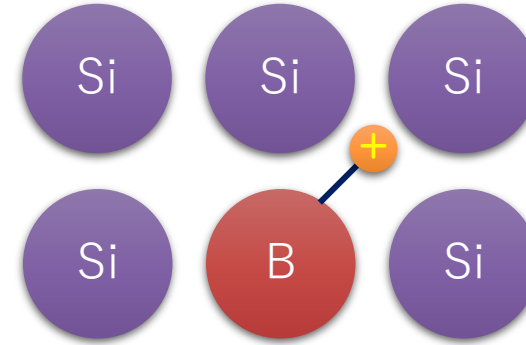


電子が余る → **自由電子** となる  
(-の電荷)

V族の原子 (**ドナー**)  
P (リン), As (ヒ素),  
Sb (アンチモン) など

**n型半導体**

半導体に **III族** の原子を混ぜる

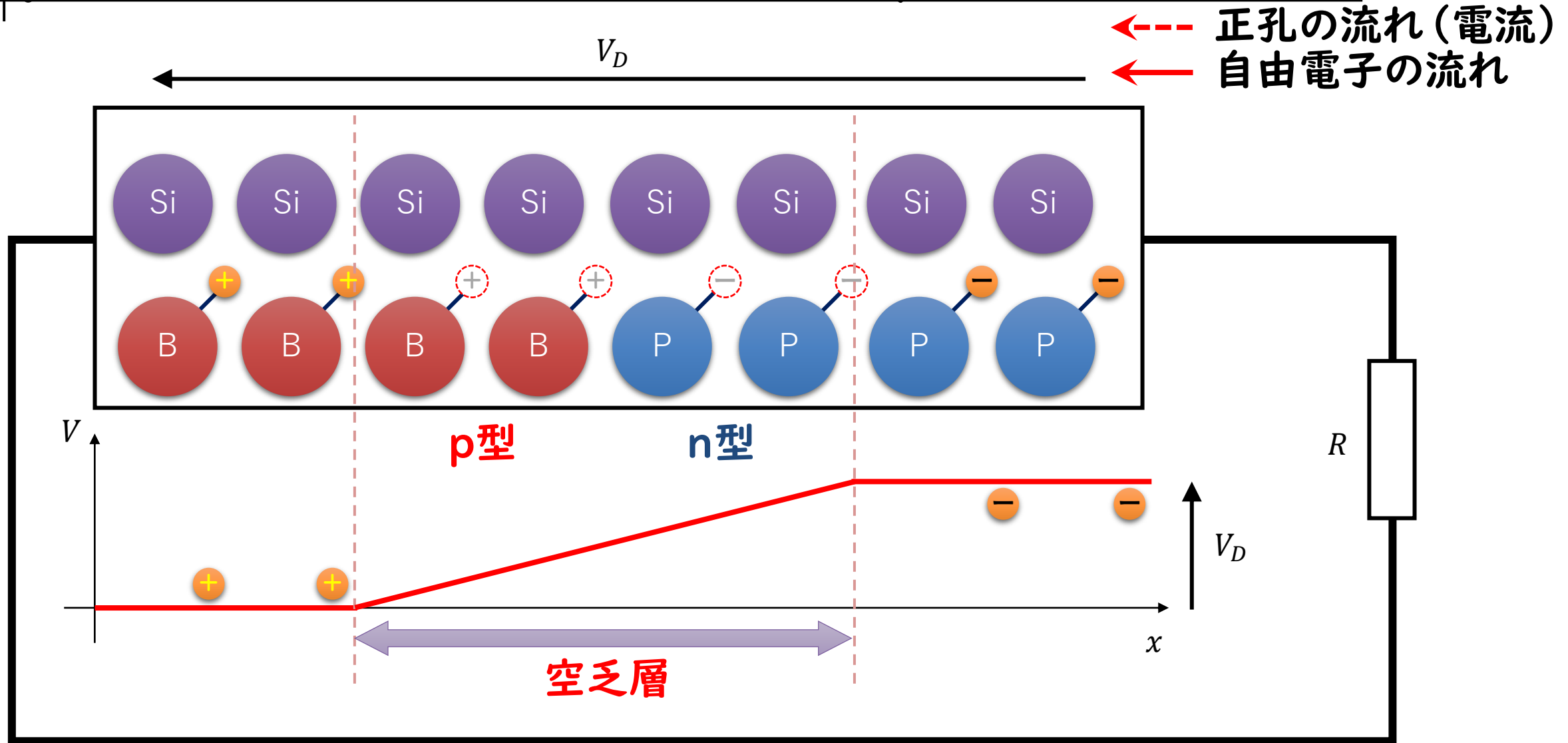


電子が足りない (電子の穴) → **正孔** となる  
(+の電荷)

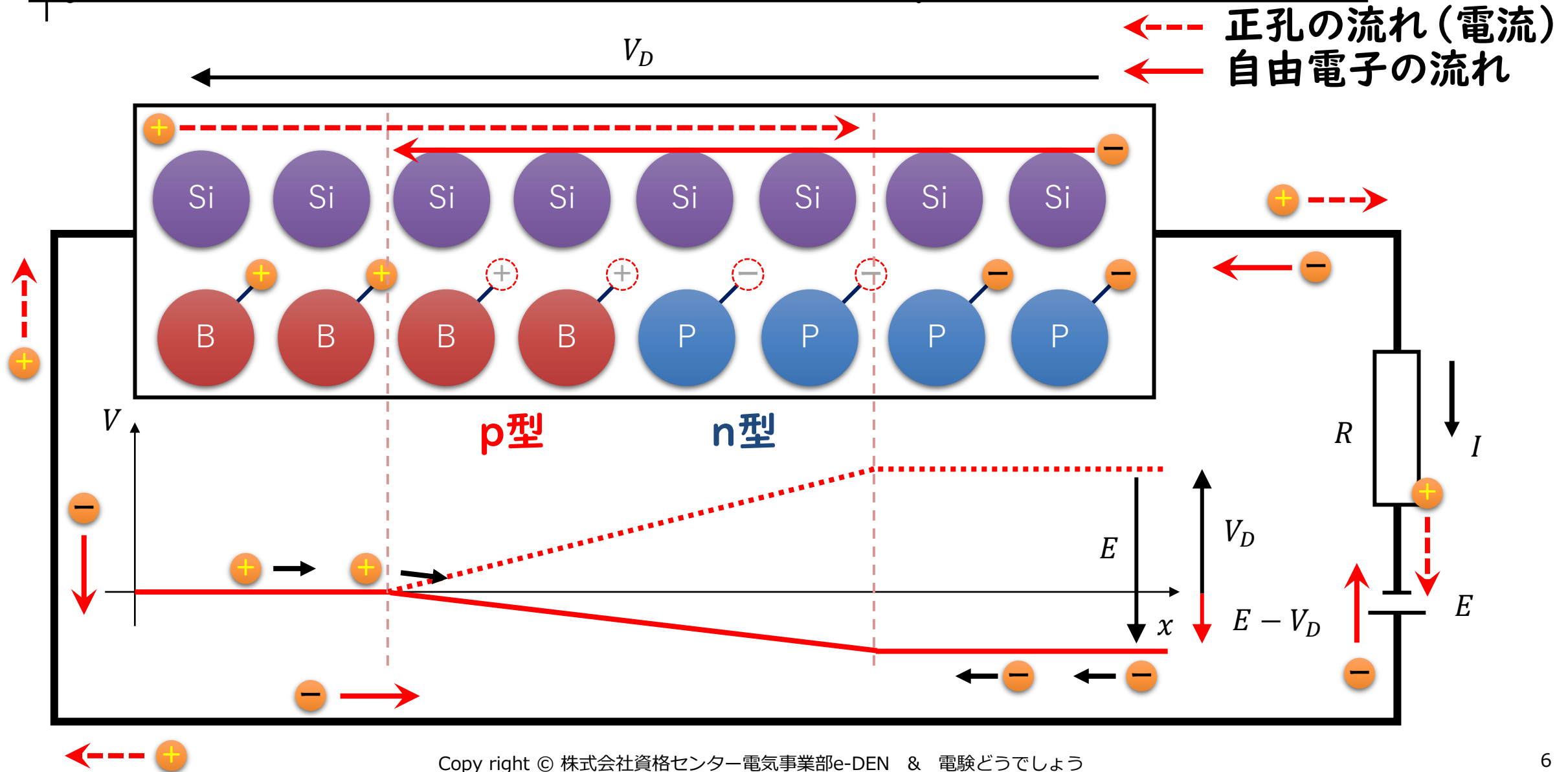
III族の原子 (**アクセプタ**)  
B (ホウ素), Al (アルミニウム),  
Ga (ガリウム) など

**p型半導体**

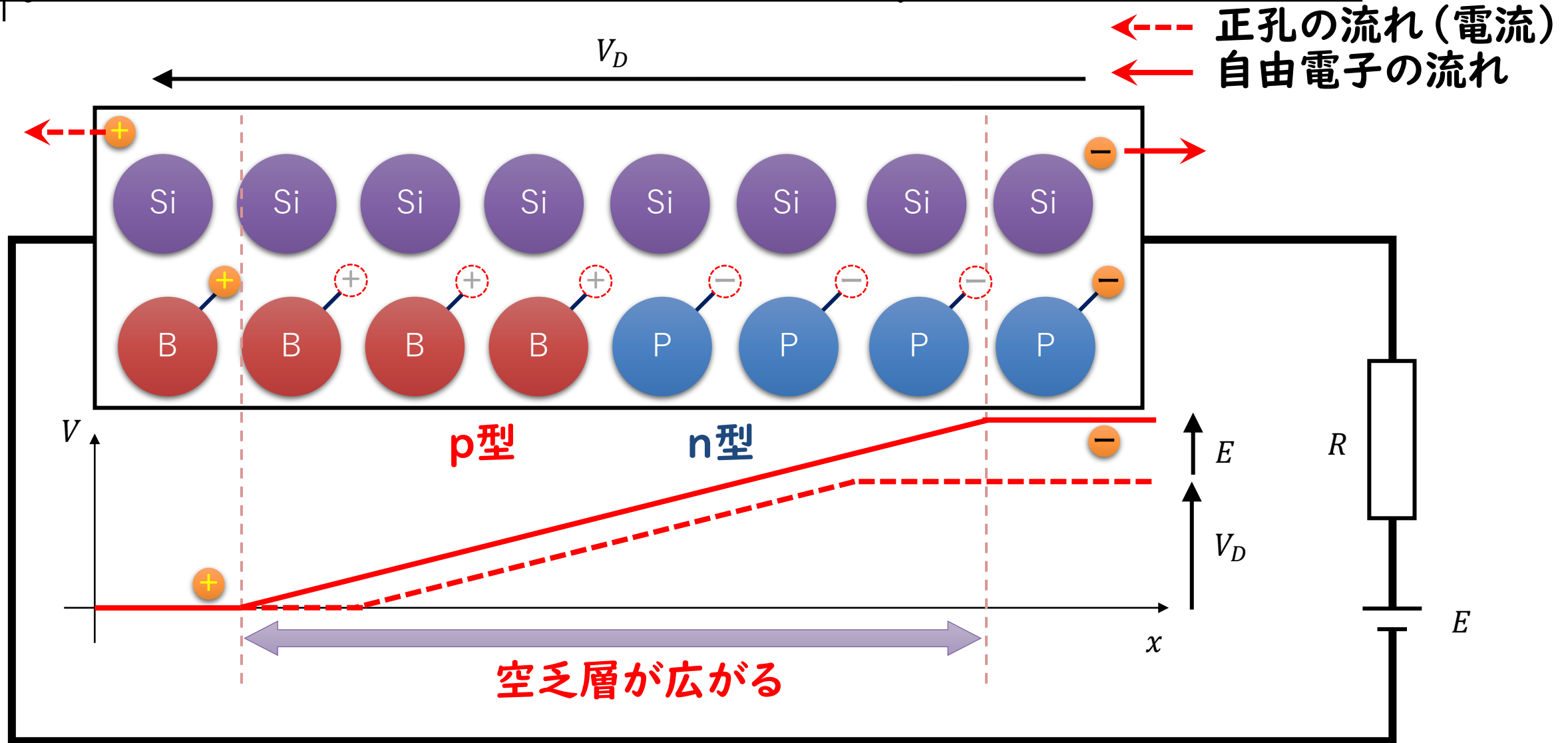
# pn接合の応用 (ダイオード/整流作用) ×



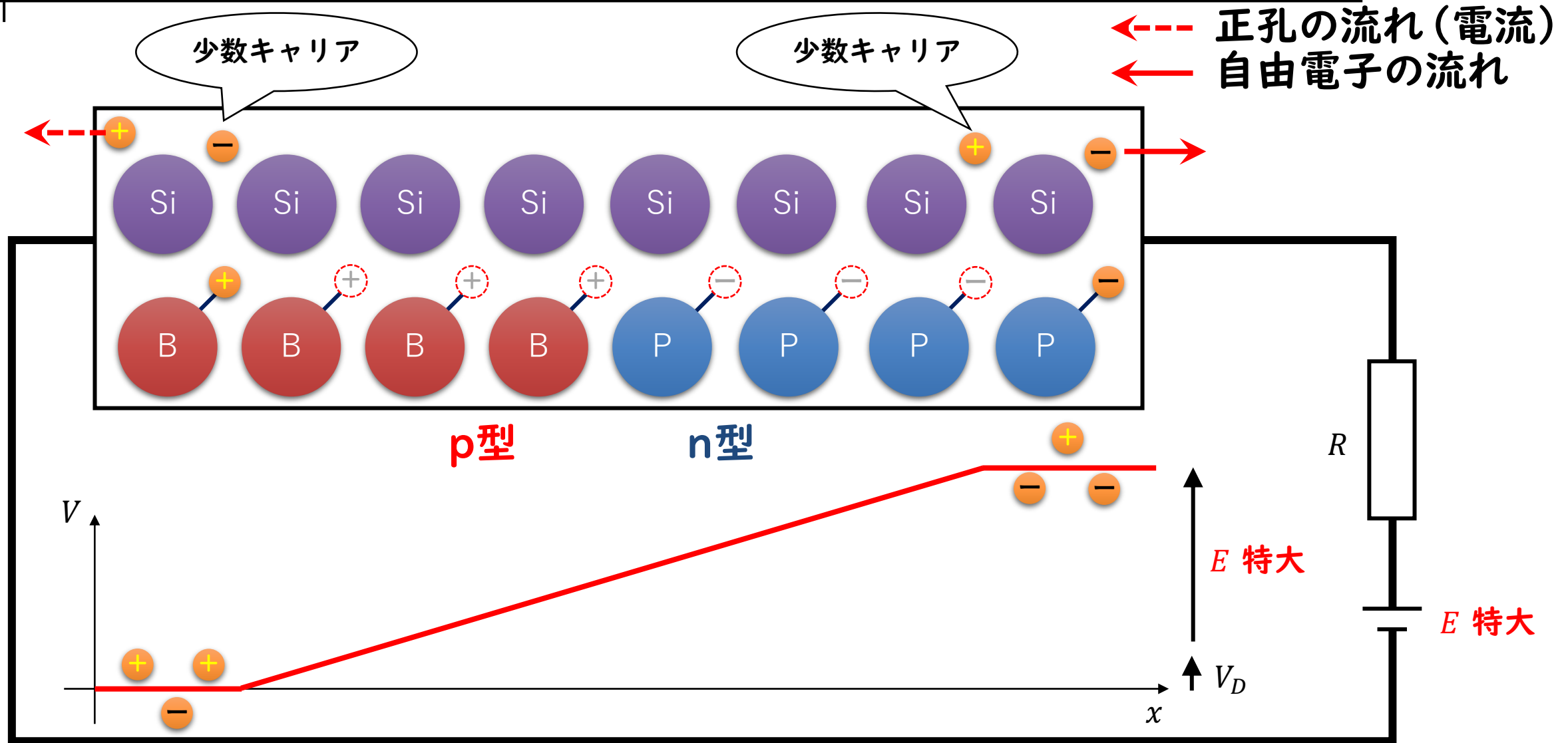
# pn接合の応用 (ダイオード/整流作用) ×



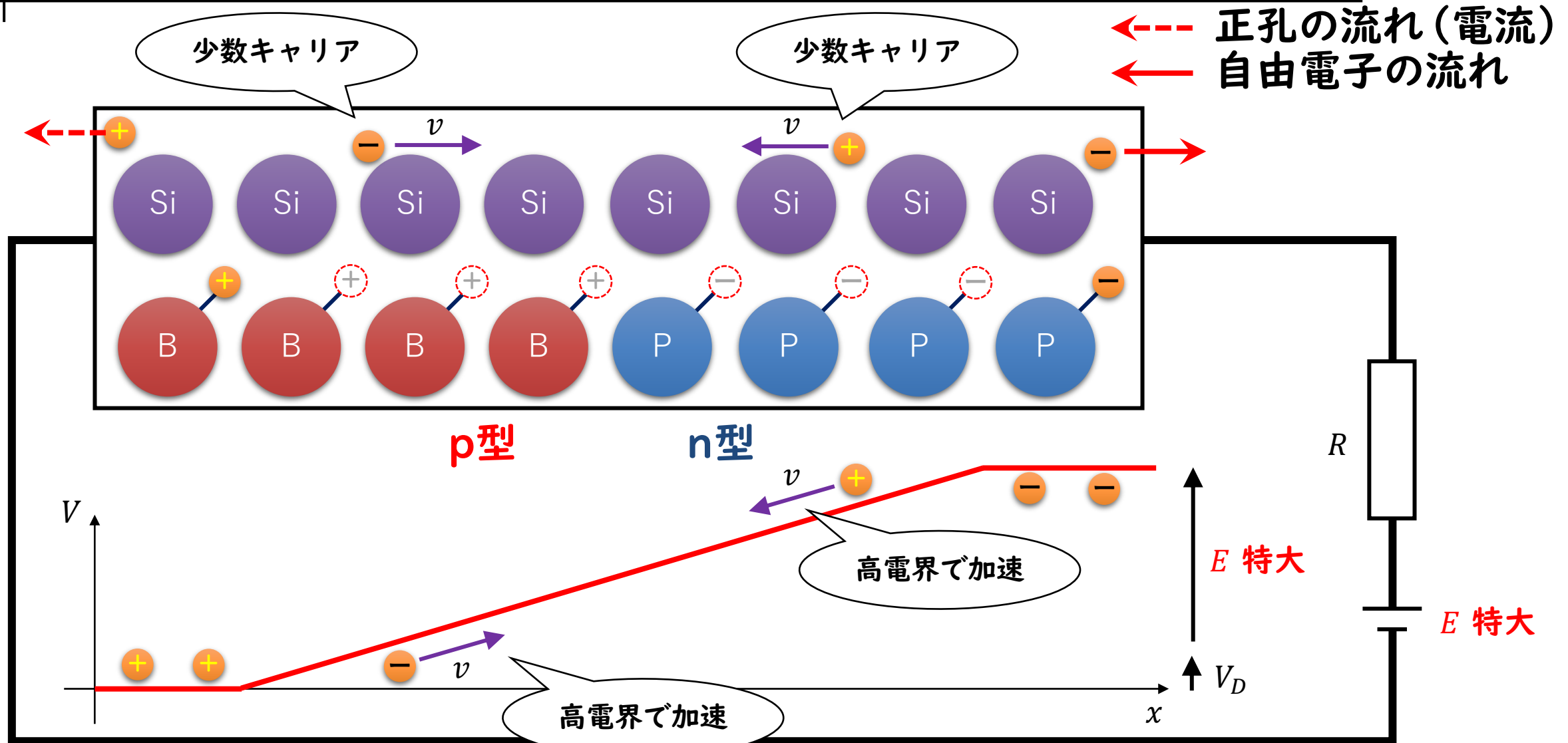
# pn接合の応用 (ダイオード/整流作用) ×



# 降伏現象

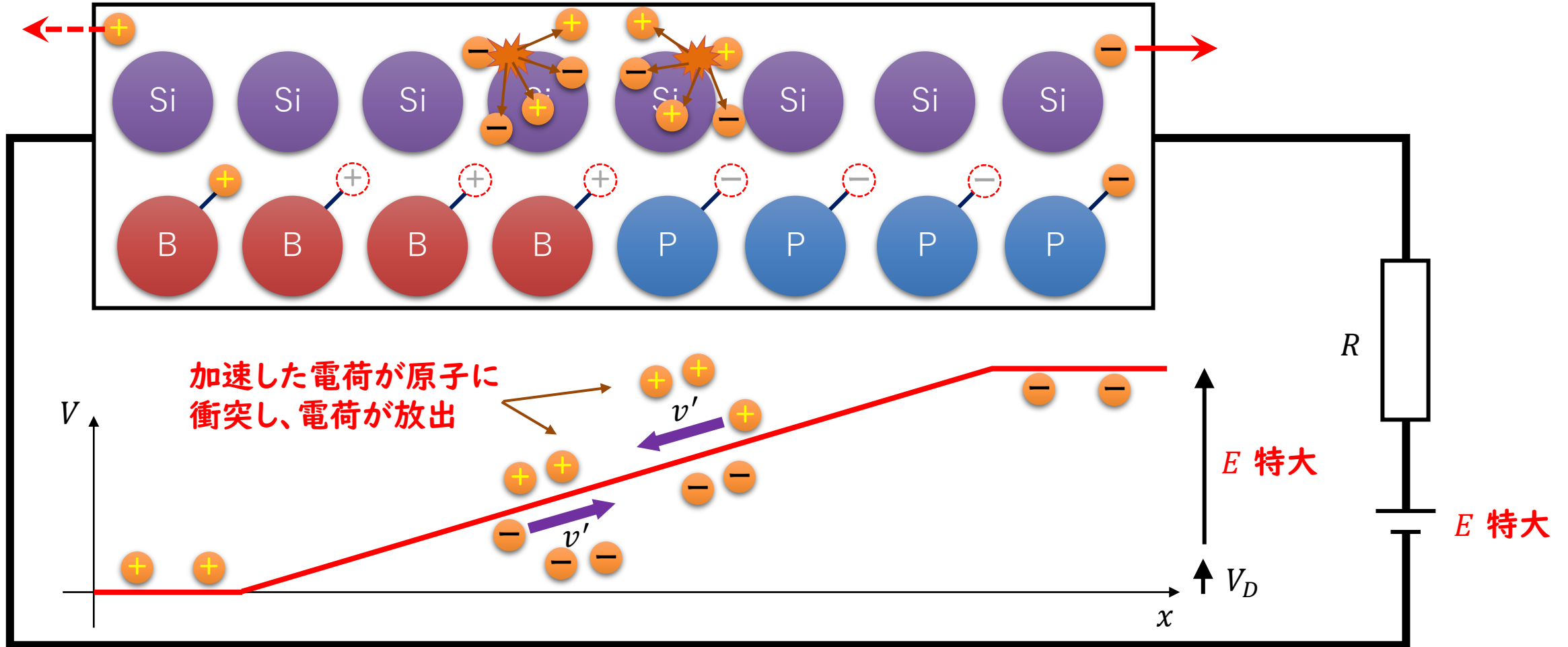


# 降伏現象



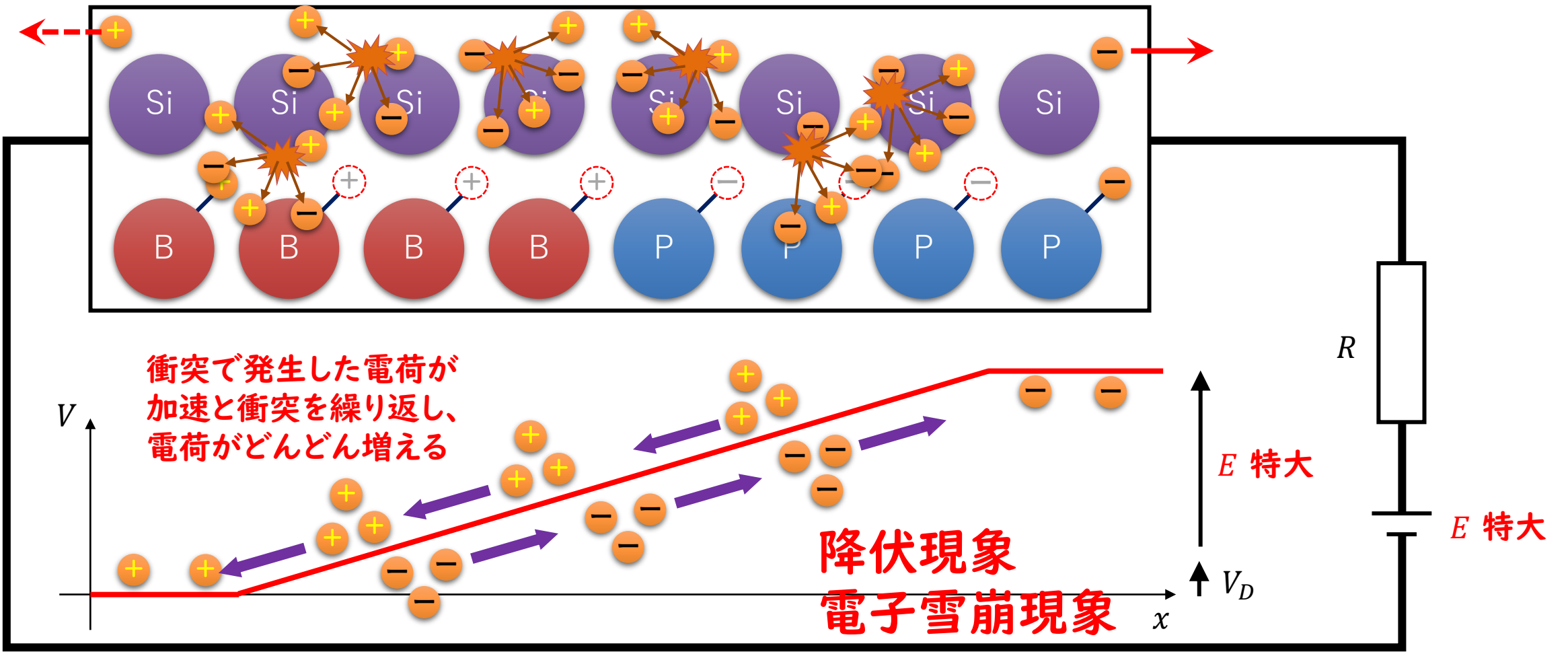
# 降伏現象

←-- 正孔の流れ (電流)  
← 自由電子の流れ



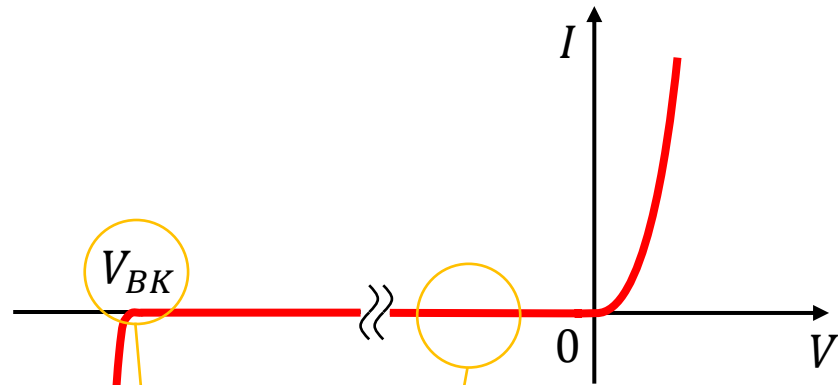
# 降伏現象

←-- 正孔の流れ (電流)  
← 自由電子の流れ



# 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)

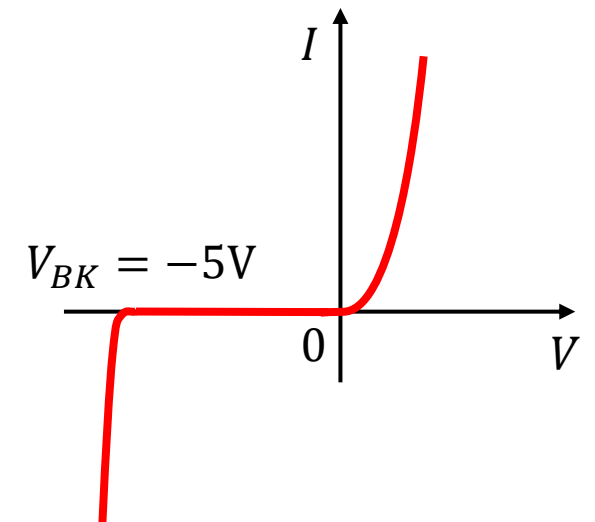
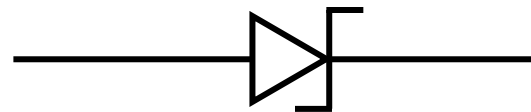
降伏電圧 → 通常 500Vくらい



不純物をうまく添加すると → 数Vくらい



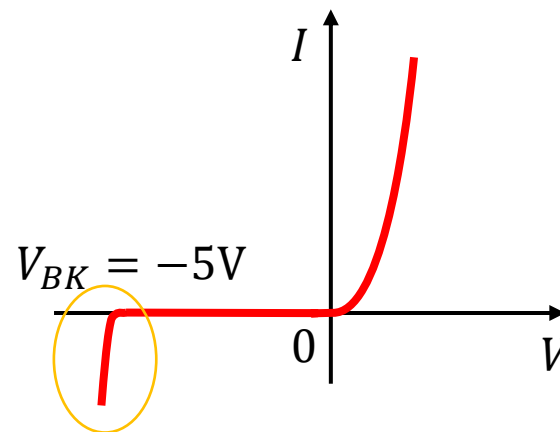
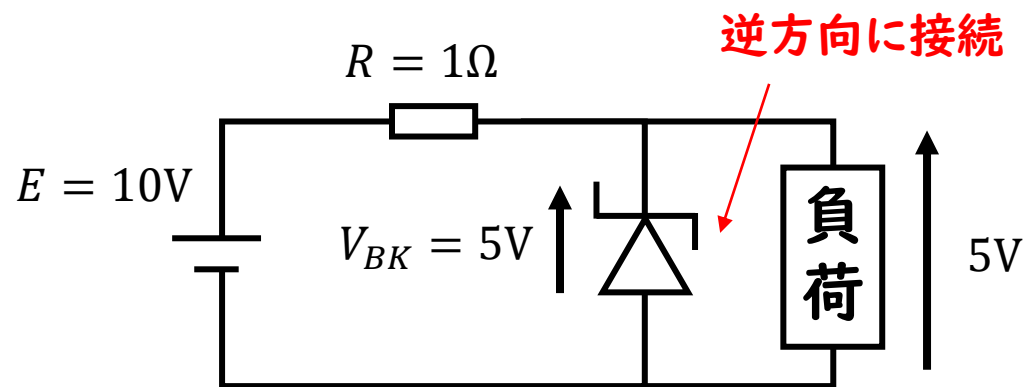
積極的に降伏現象を使う素子 “ツェナーダイオード”



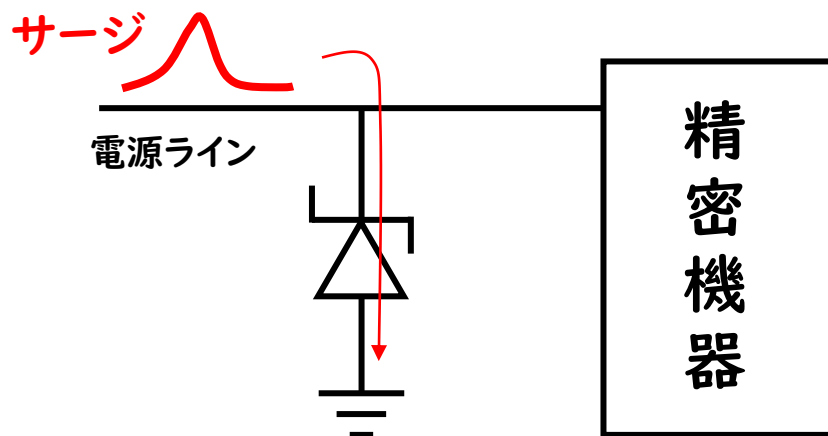
# ツェナーダイオードの使い方 【イーデン】 DEN ×



## ① 定電圧回路



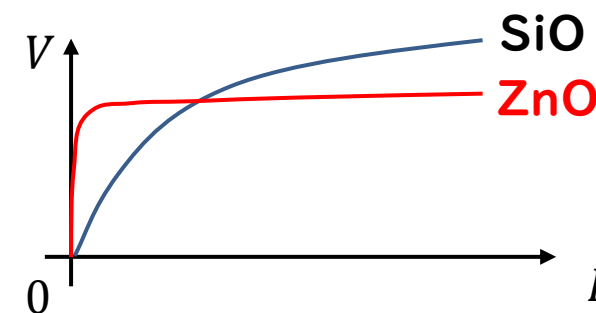
## ② サージ保護



酸化亜鉛 (ZnO) 避雷器

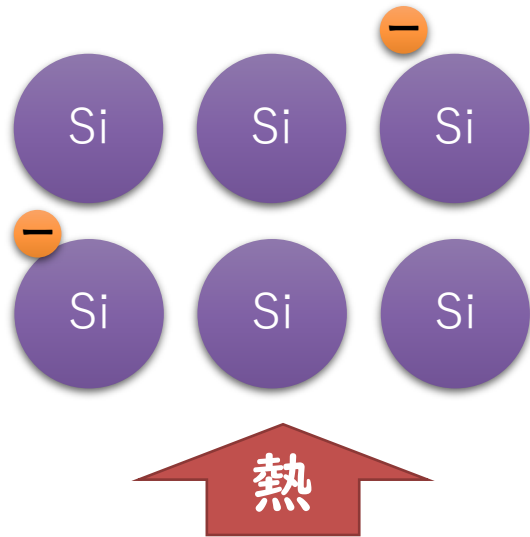


変電所の  
保護装置

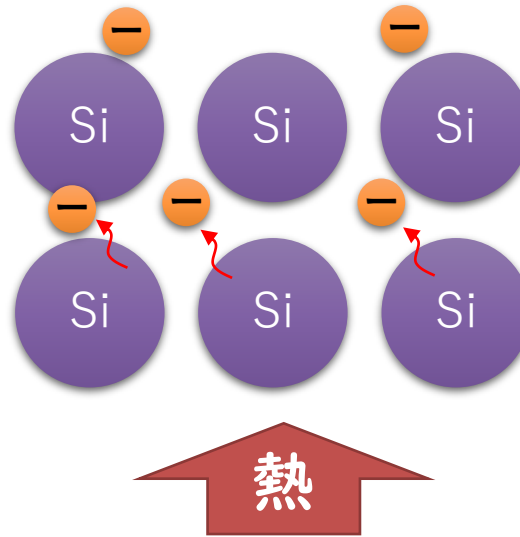


# 半導体と熱

半導体に熱を加える

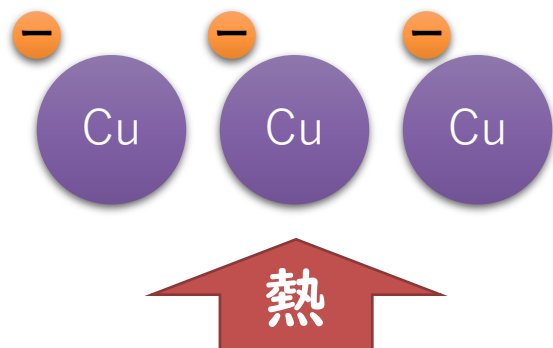


自由電子の数が増える

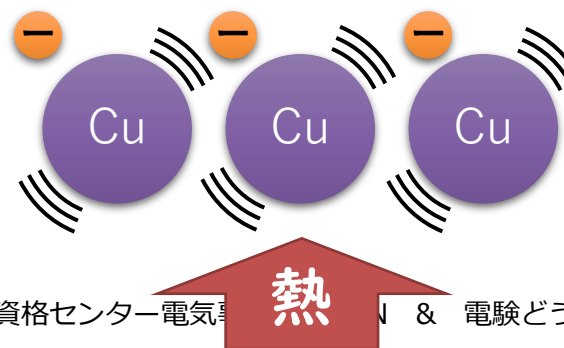


抵抗率が下がる  
(導電率が上がる)

金属に熱を加える

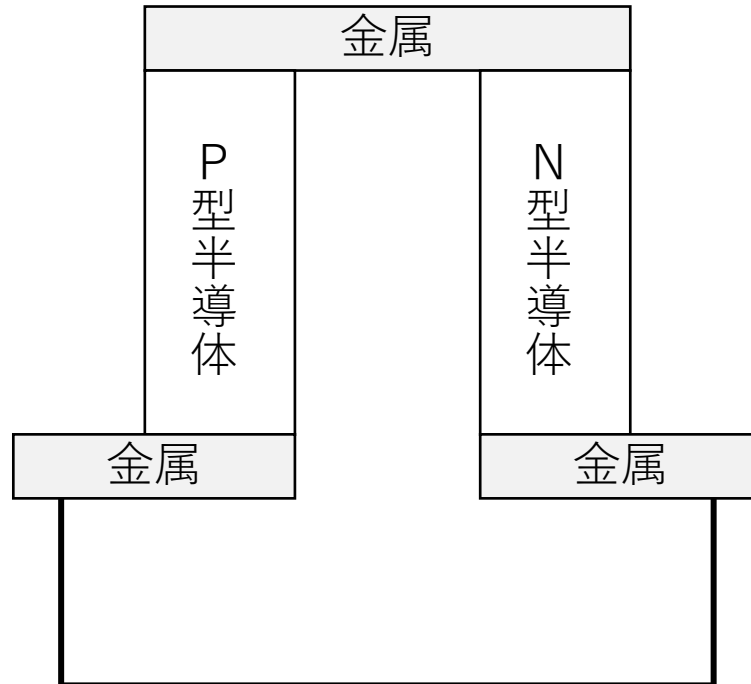


原子が振動する



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)

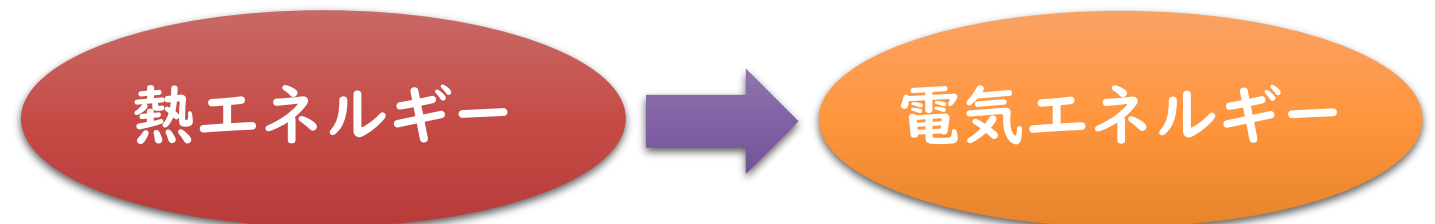
# ゼーベック効果



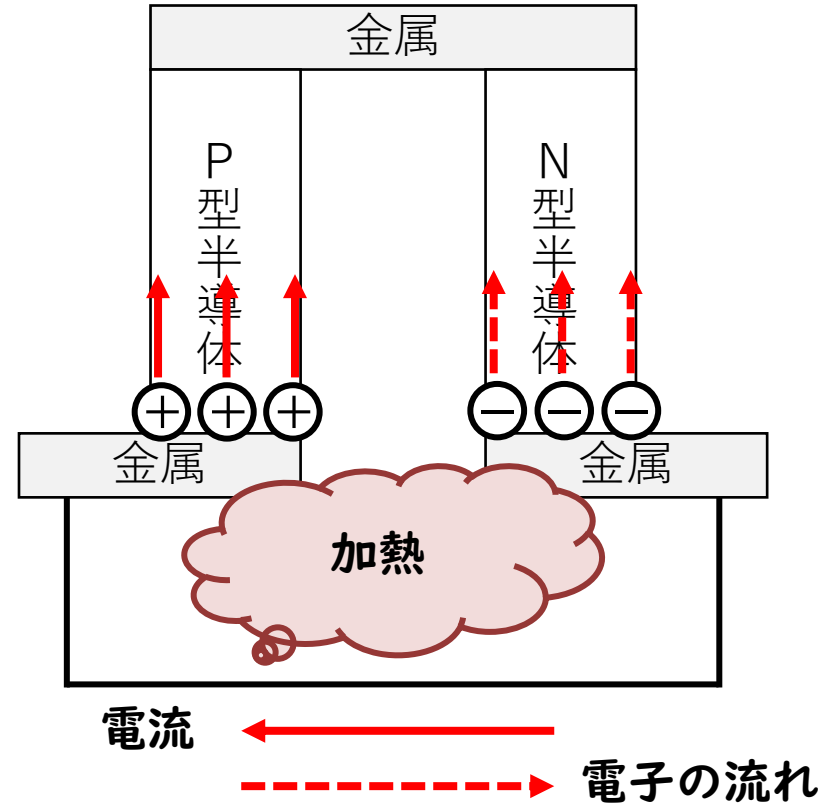
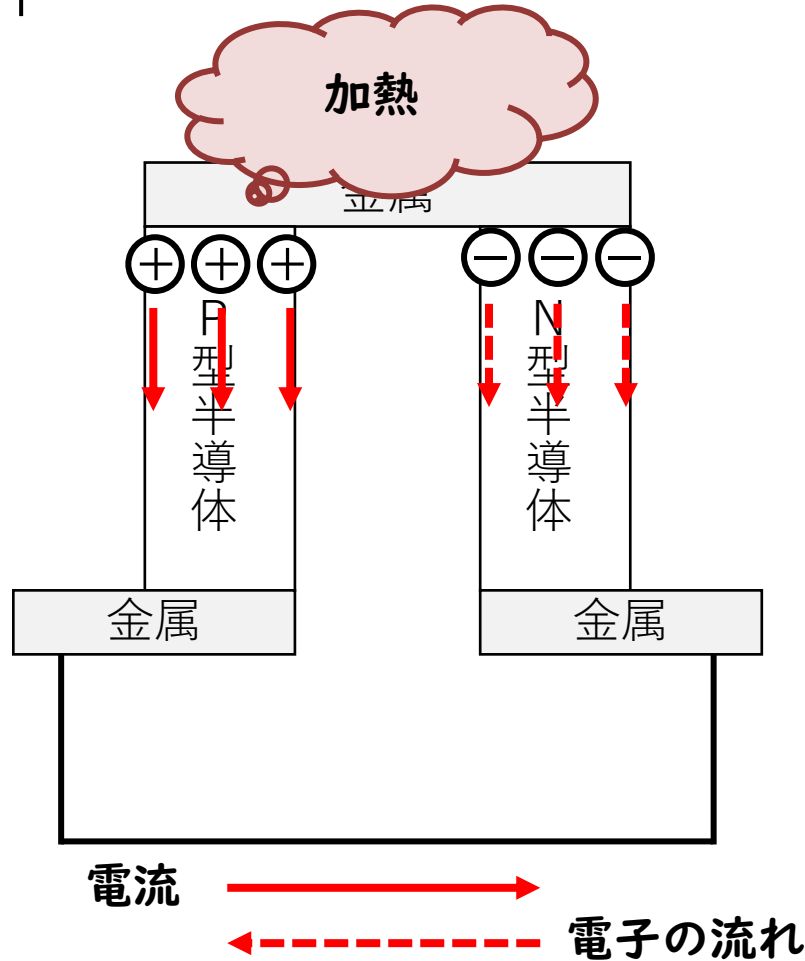
## ゼーベック効果

物体の温度差が電圧に直接変換される現象

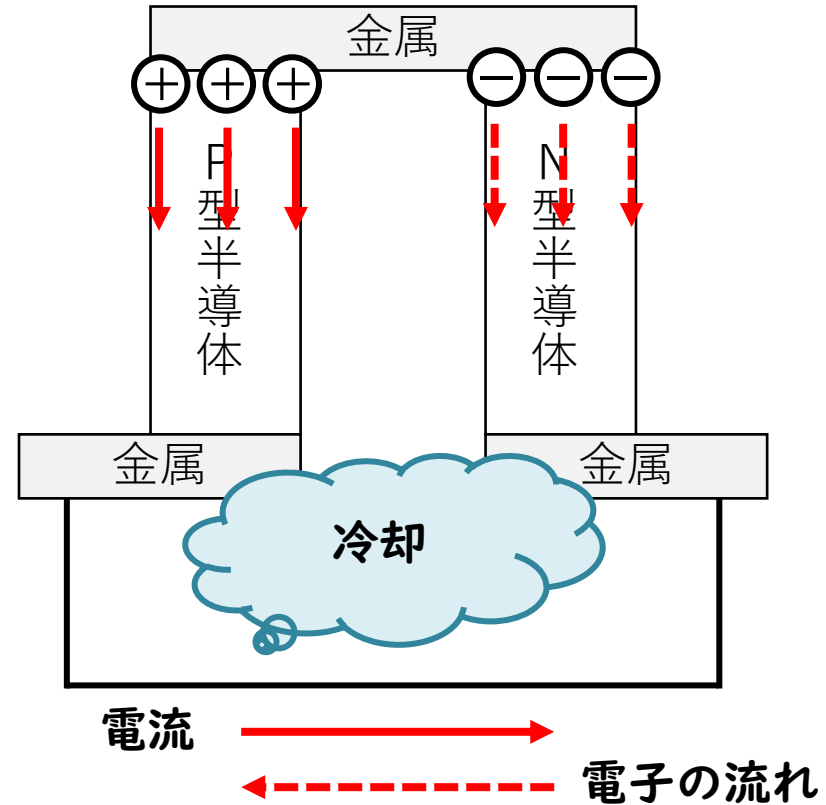
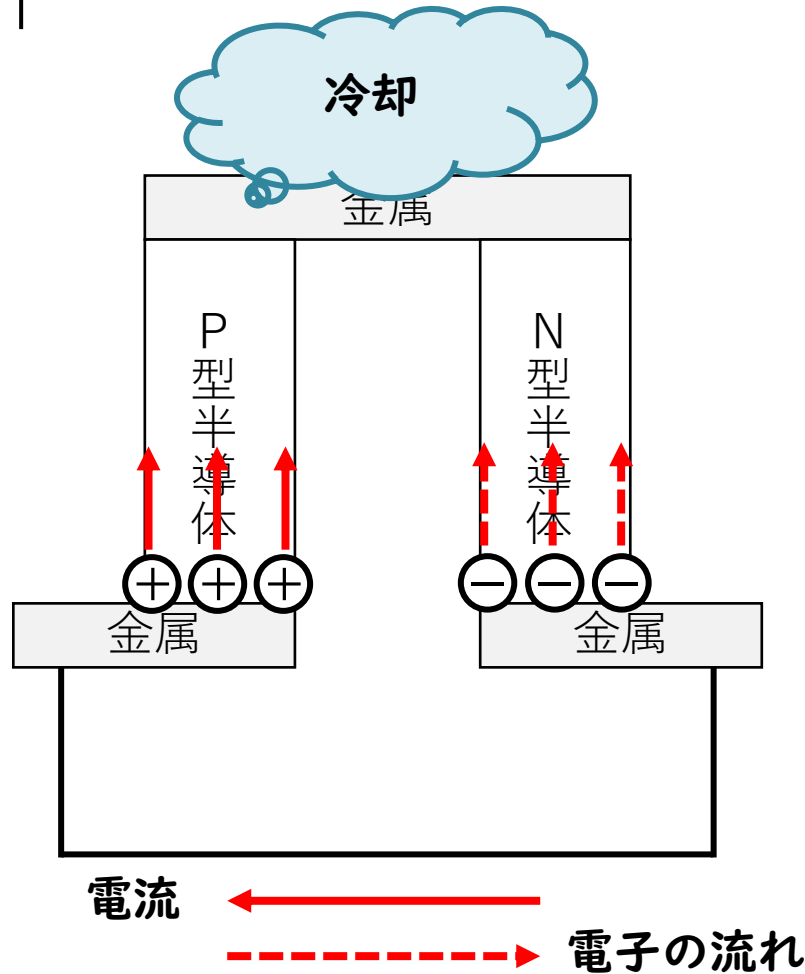
半導体の場合、過熱するとその部分のキャリアが増加することから、高温部から低温部にキャリアが移動する。



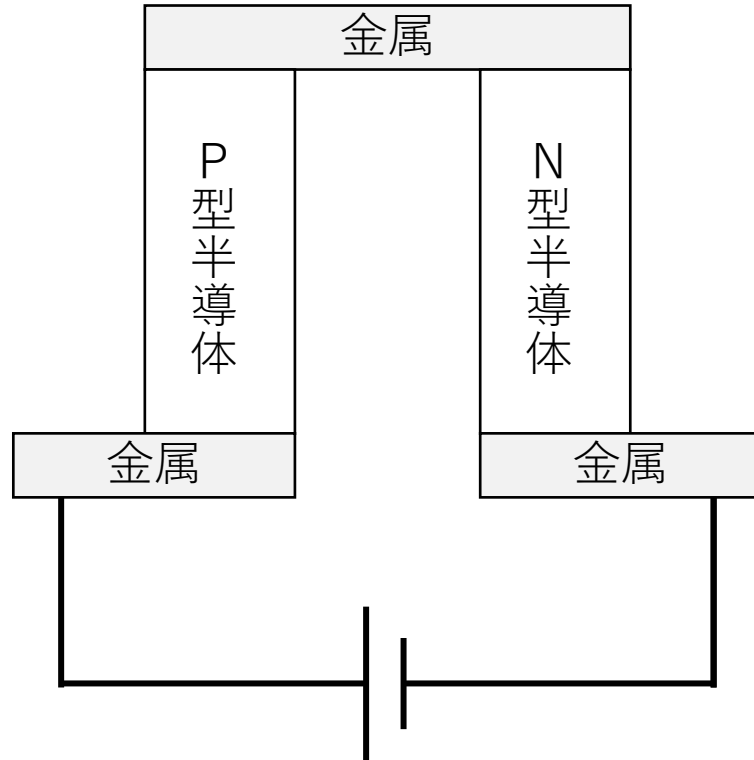
# ゼーベック効果



# ゼーベック効果



# ペルチェ効果

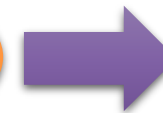


## ペルチェ効果

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

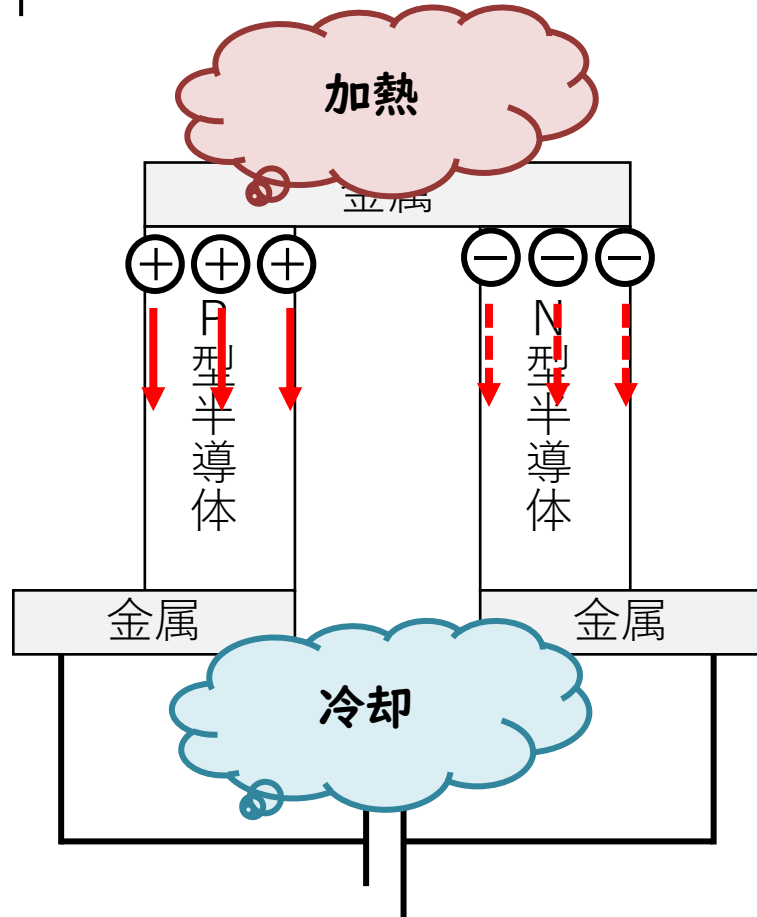
半導体の場合、電流が流れるとキャリア密度が変わり温度勾配が発生し、この温度変化には外部からの熱を利用される。

電気エネルギー

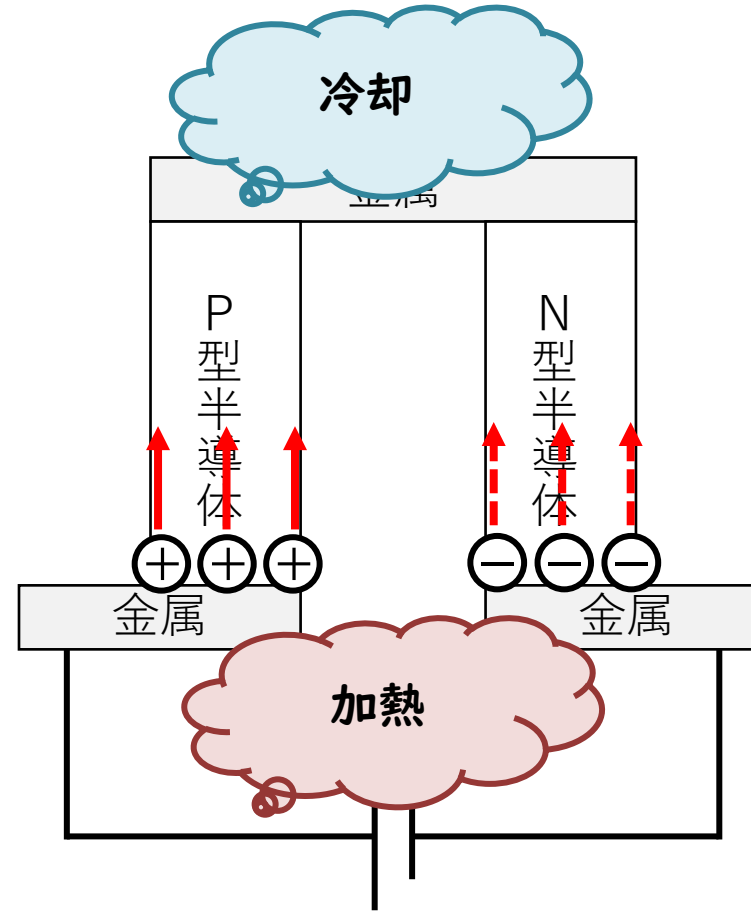


熱エネルギー

# ペルチェ効果

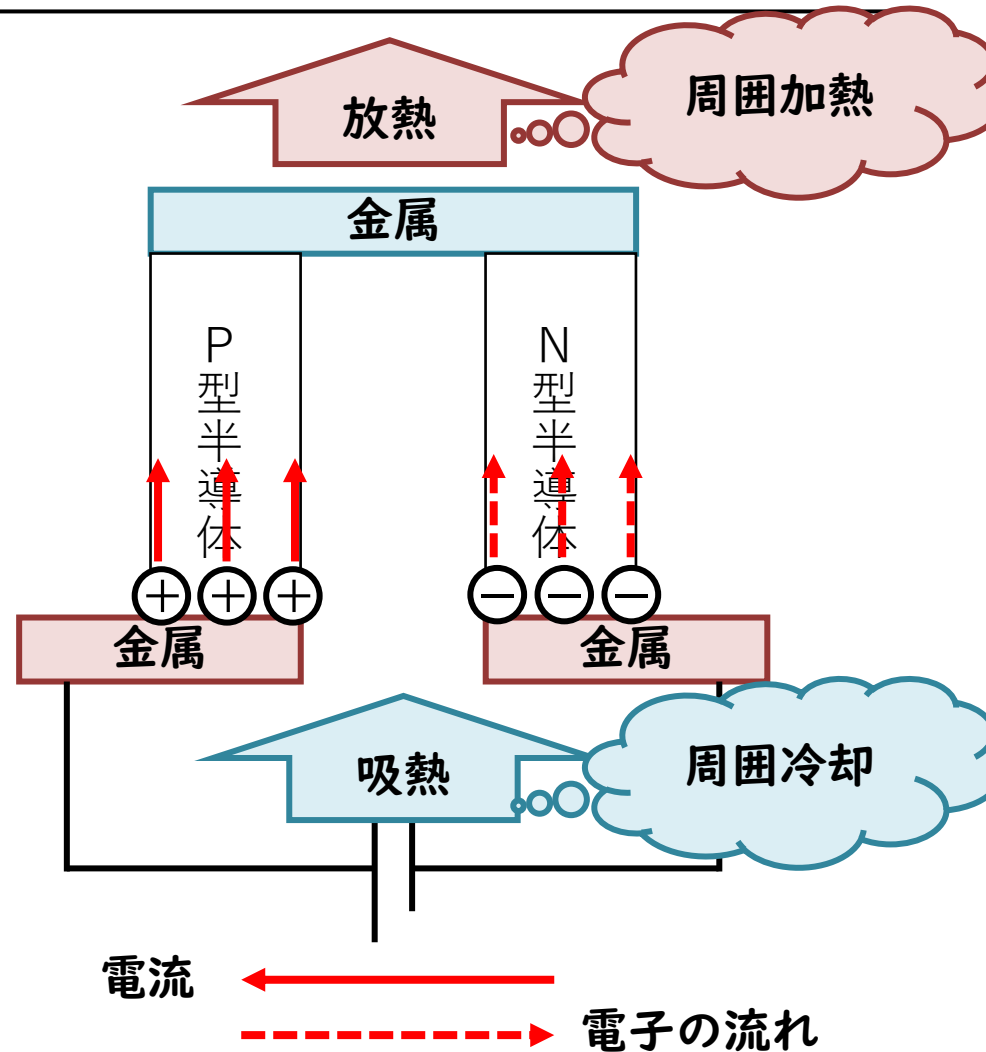
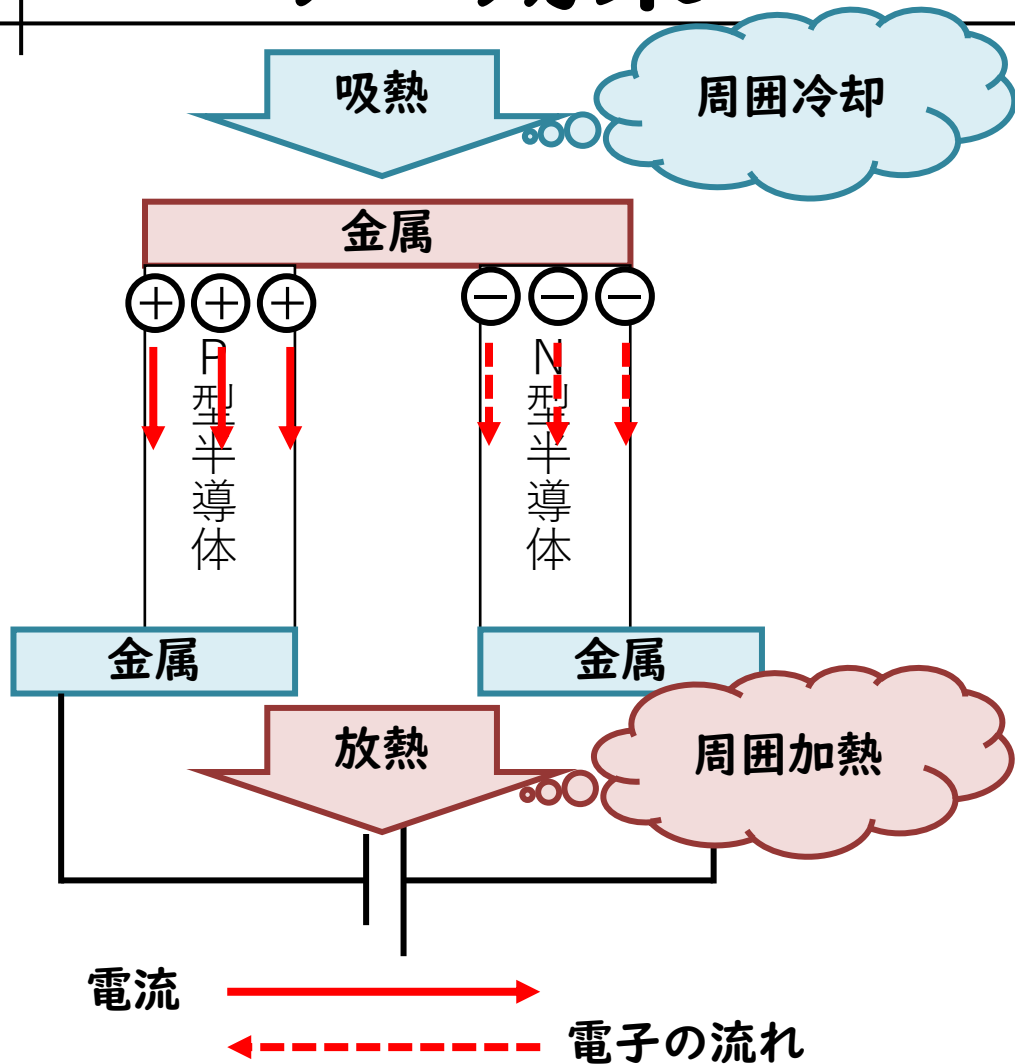


電流  $\longrightarrow$   
電子の流れ  $\longleftarrow$

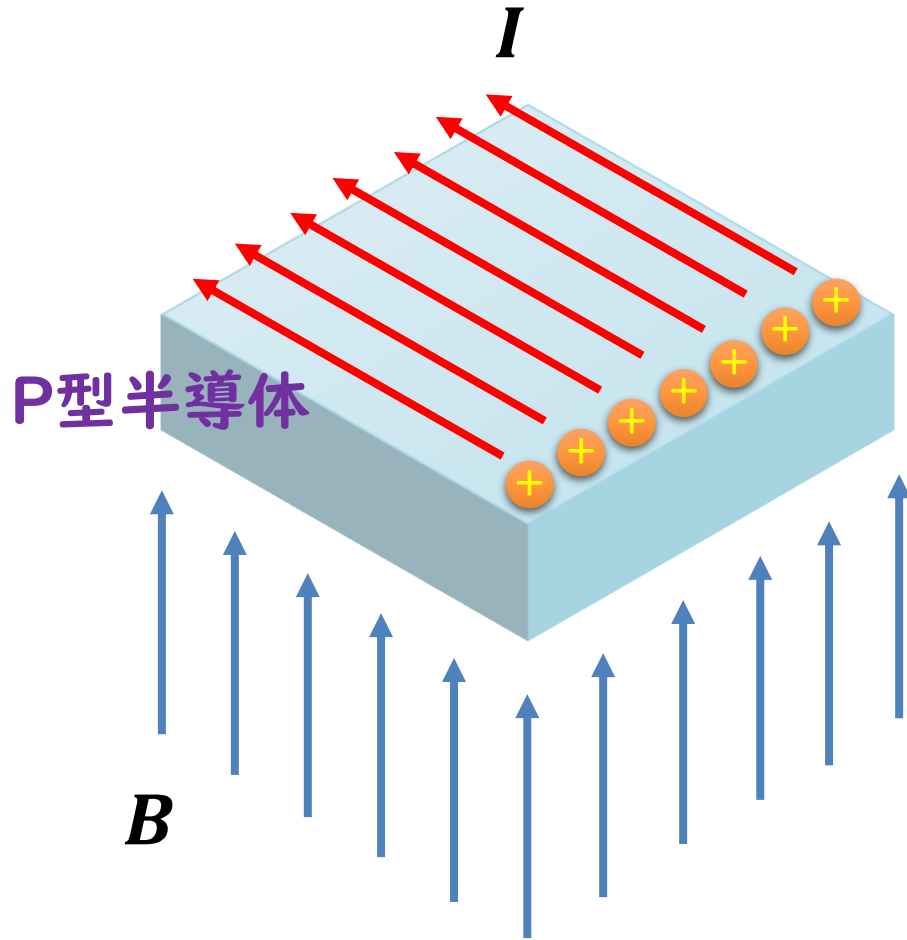


電流  $\longleftarrow$   
電子の流れ  $\longrightarrow$

# ペルチェ効果



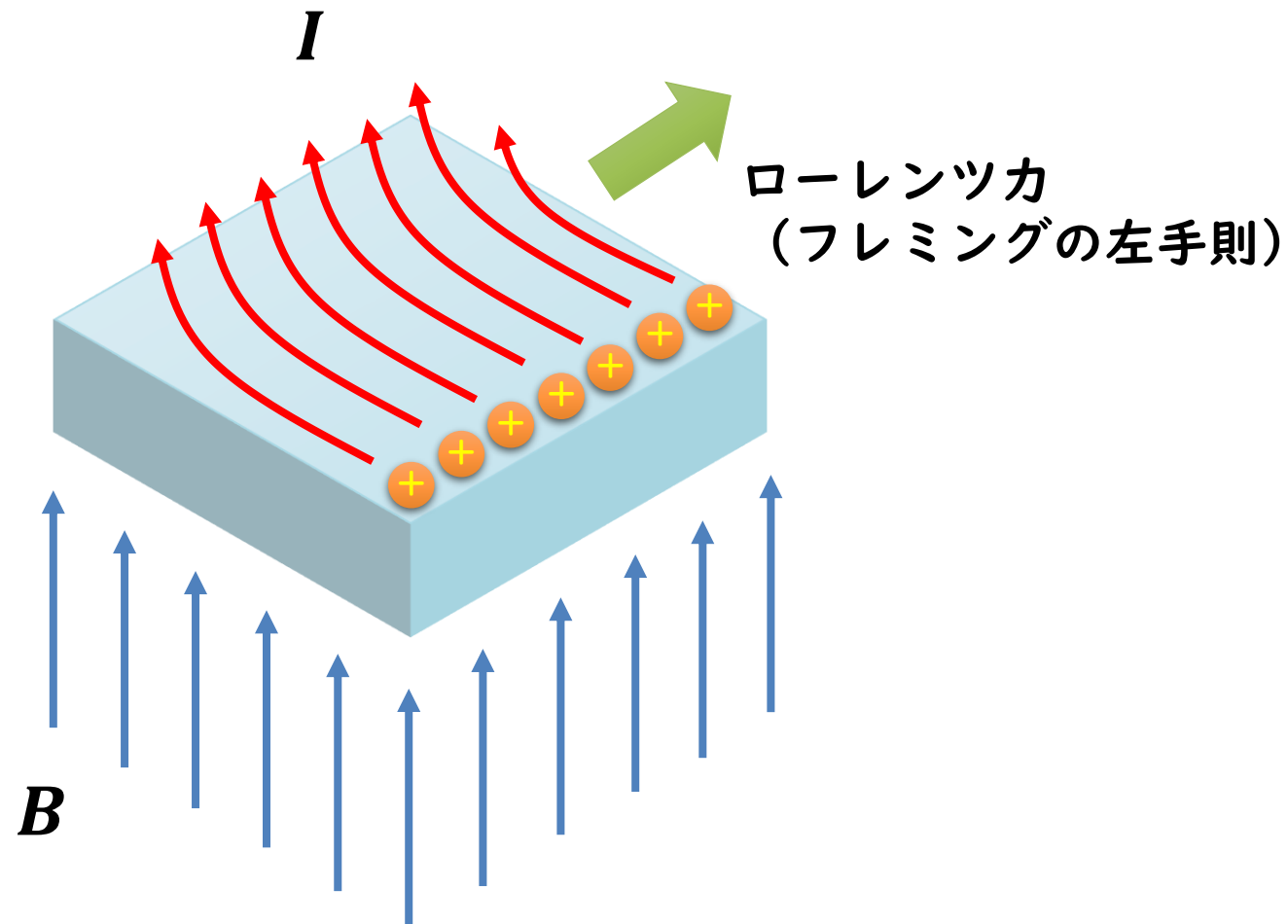
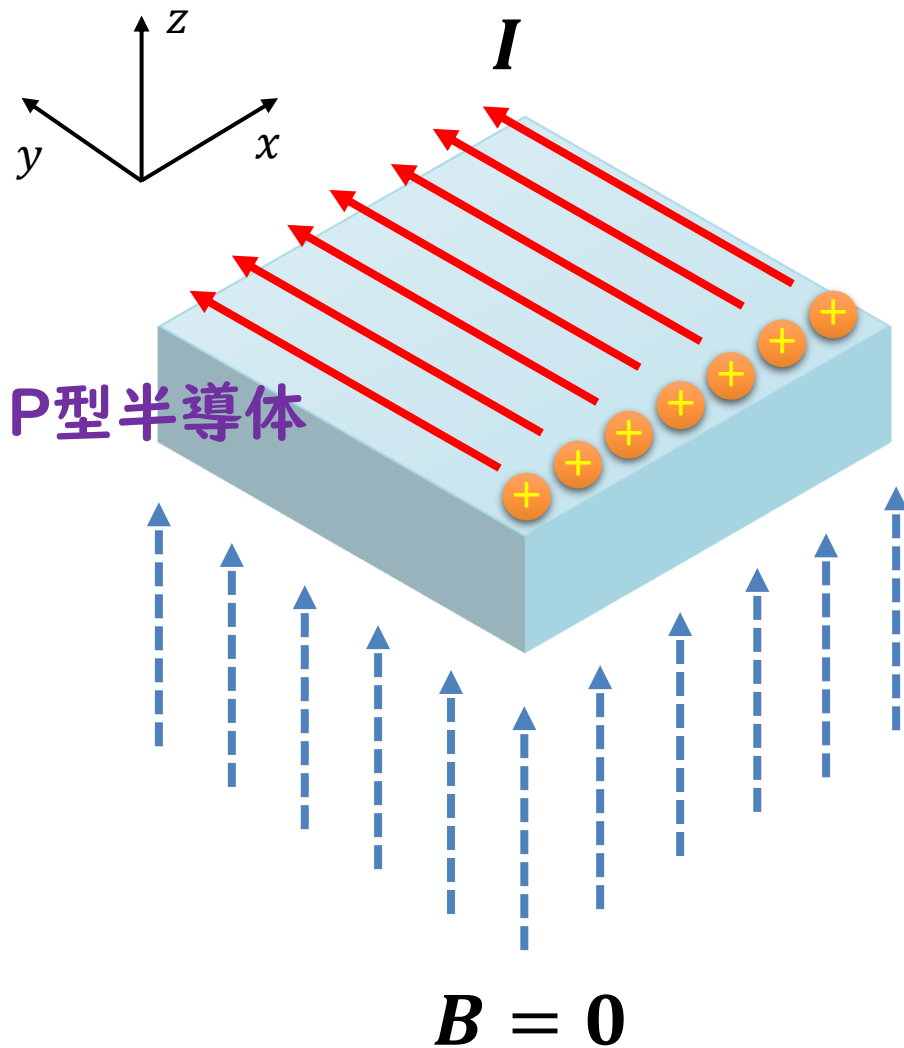
# ホール効果



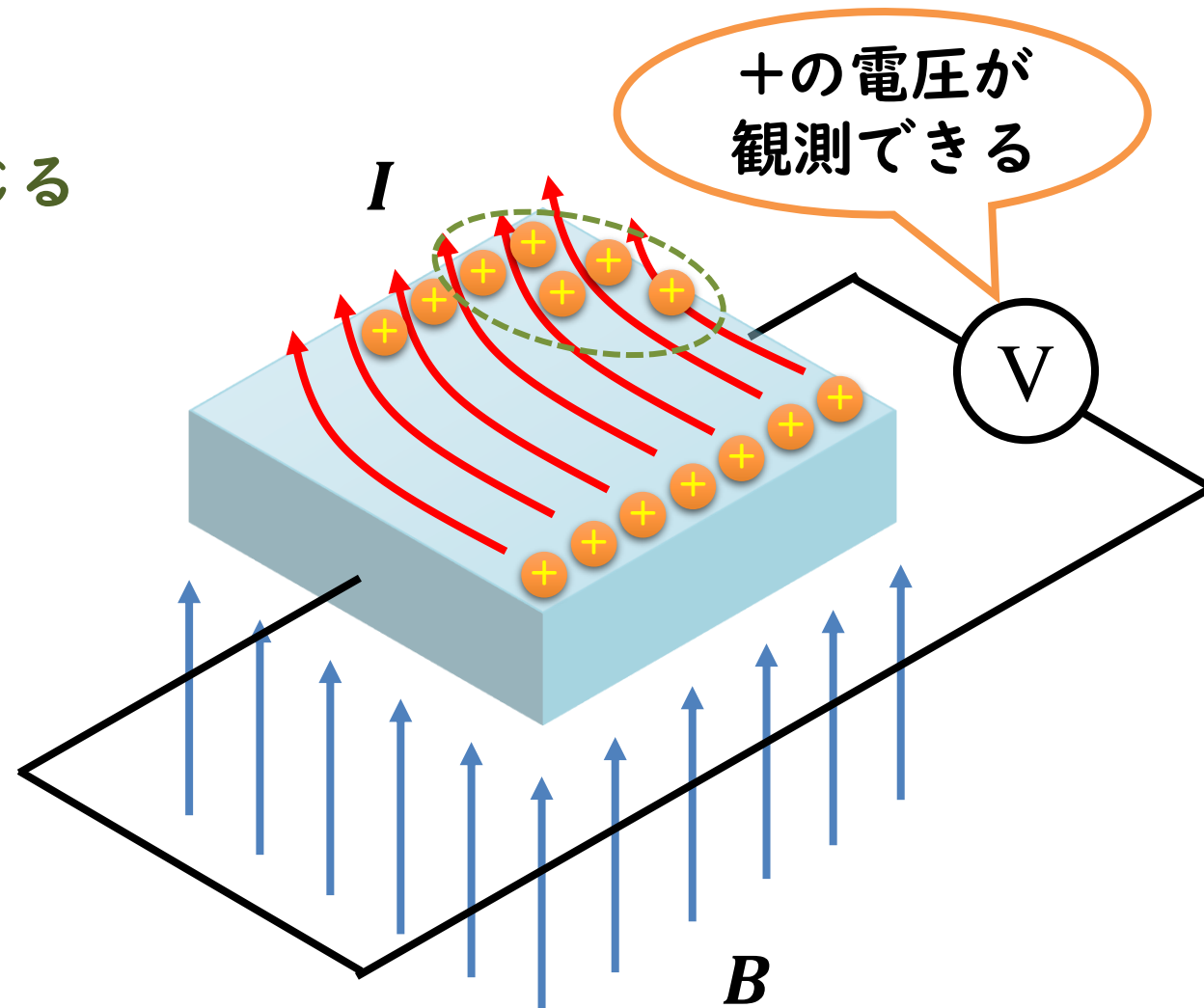
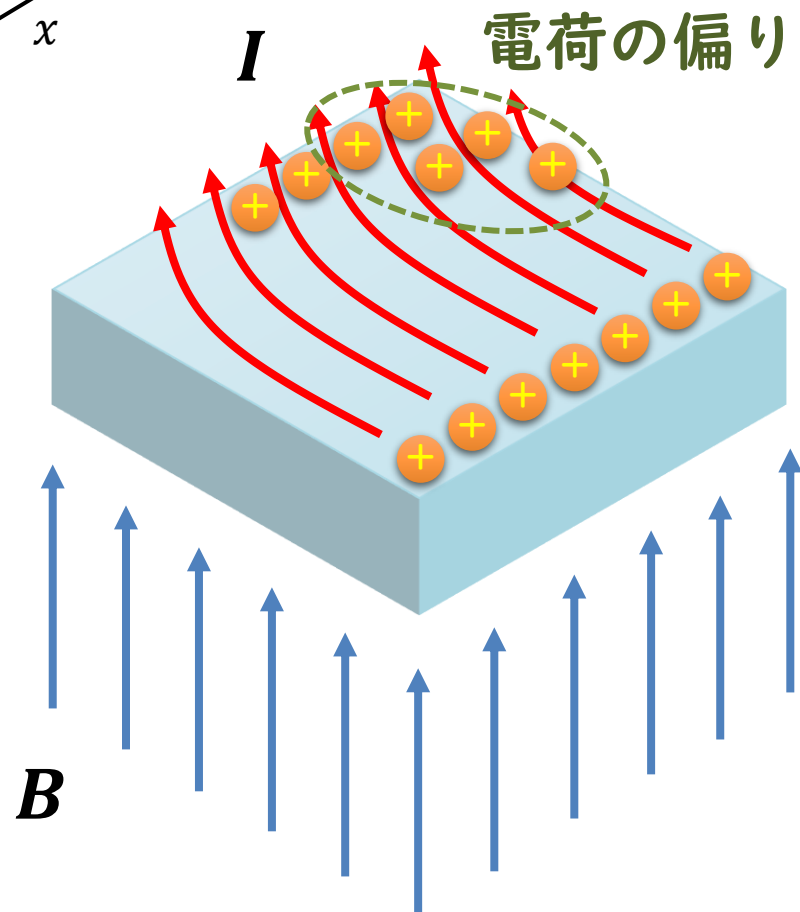
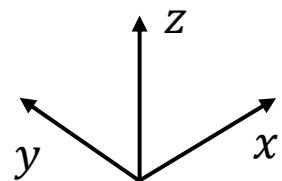
## ホール効果

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。

# ホール効果



# ホール効果



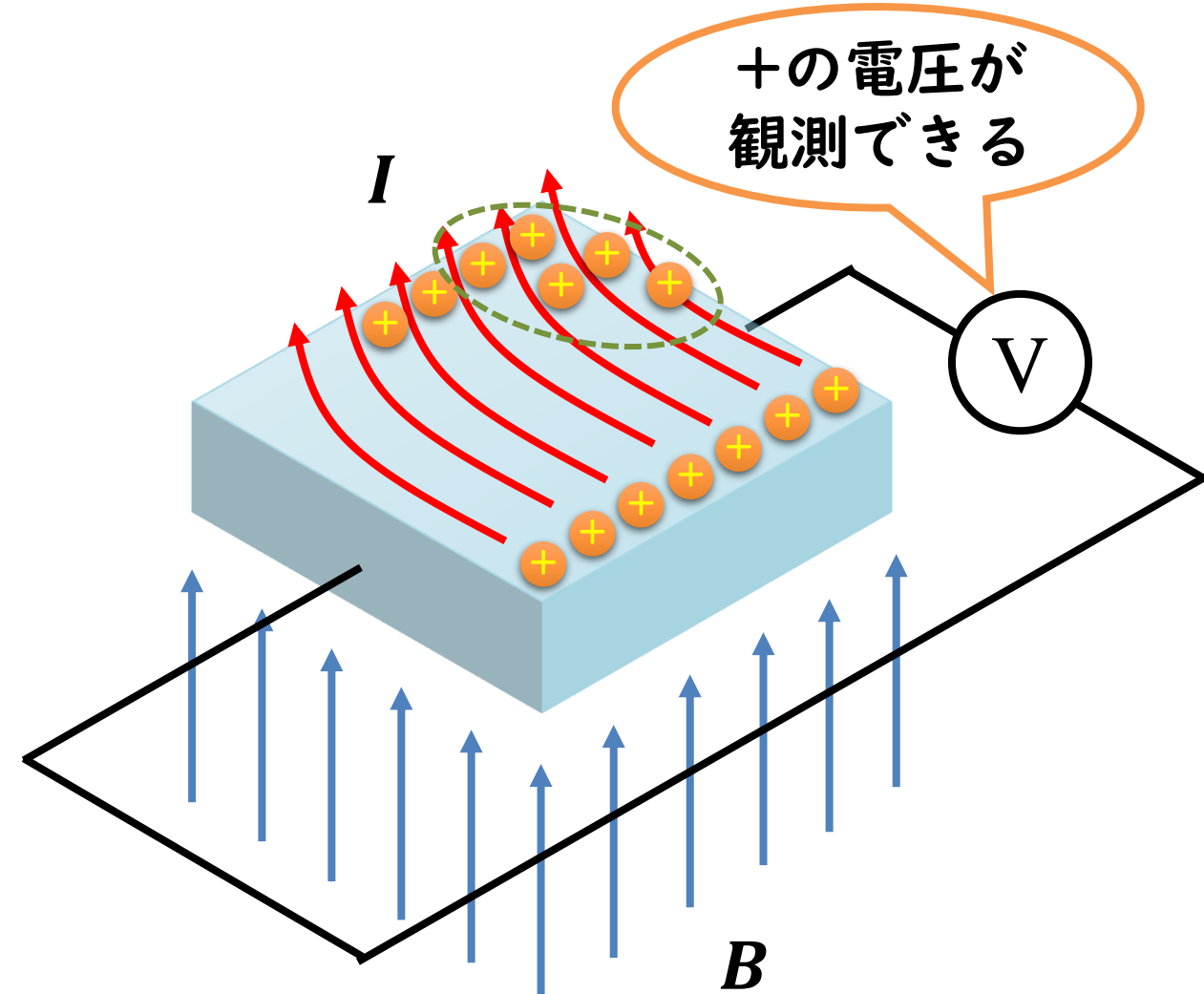
# ホール効果の応用

## 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





ご聴講ありがとうございました!!