

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。

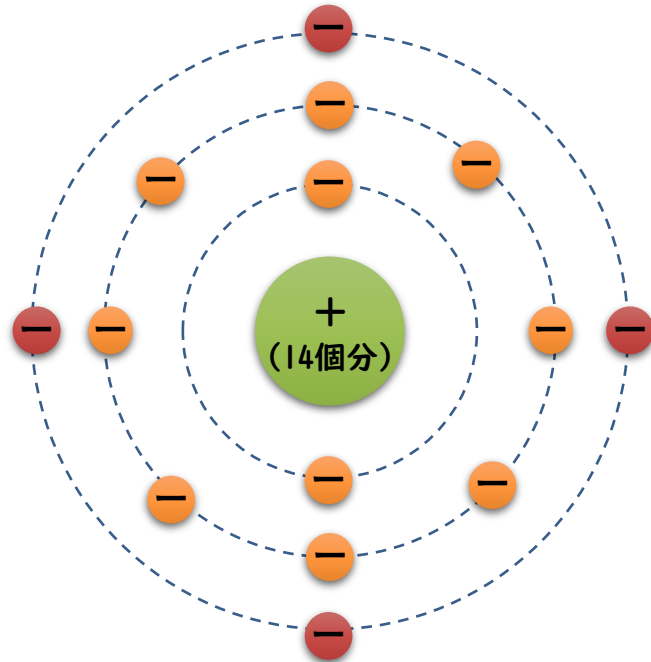
電験三種 オンライン講座

第2回 半導体

(PN接合、整流作用、光起電力効果)

半導体とは

- 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



- + 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

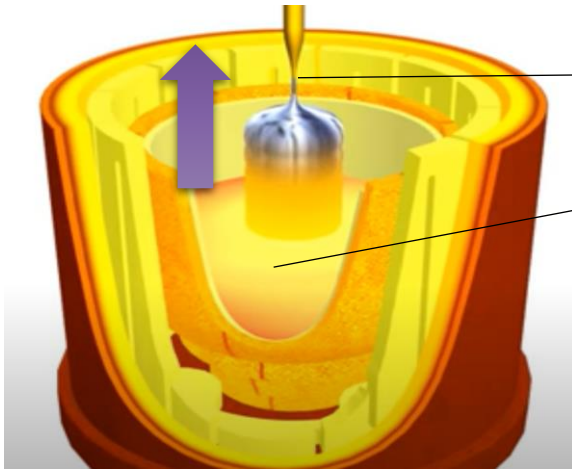
高周波用
太陽電池

抵抗の大きさ: 導体の10000倍以上

外部エネルギー
で変化

Si (ケイ素、シリコン) について

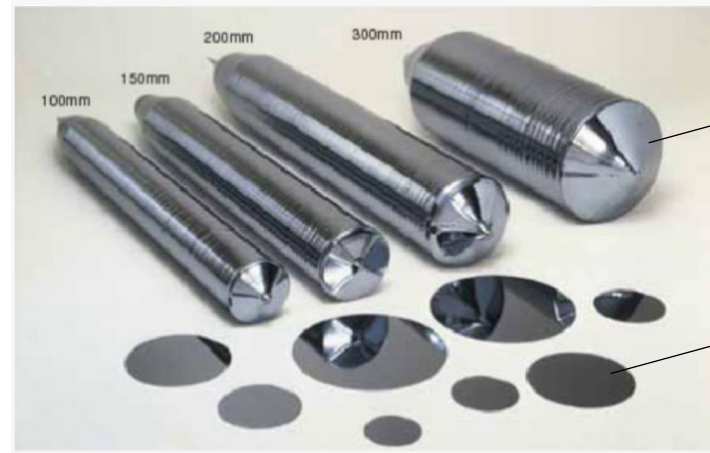
Siの生成方法 (チョクラルスキー方式)



Siの種
溶けたSi

<https://www.youtube.com/watch?v=mtAK1p-e3Ro>

精製されたSi

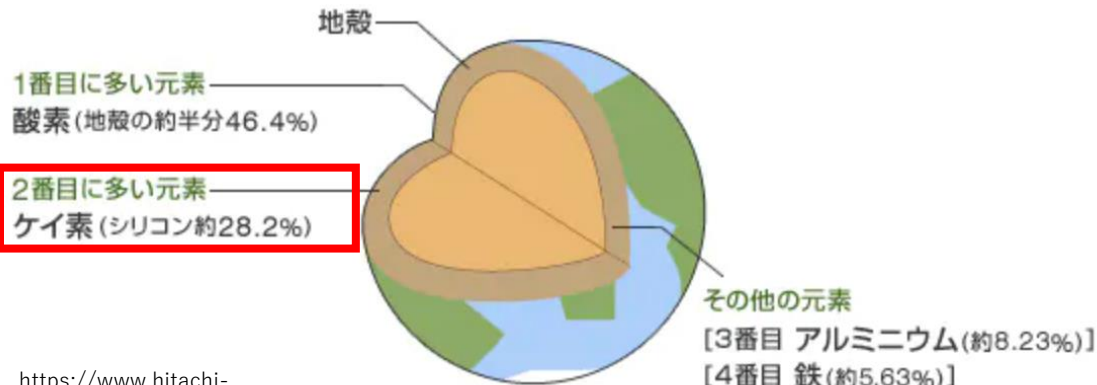


インゴット

ウェーハー

https://www.tel.co.jp/museum/magazine/material/150430_report04_03/02.html

地殻内のシリコン存在量



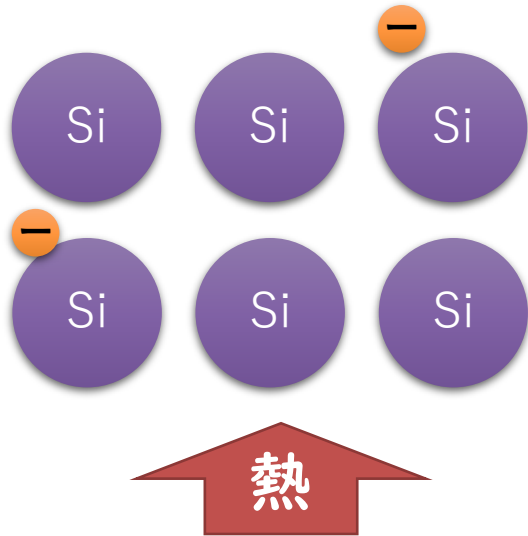
<https://www.hitachi-hightech.com/jp/products/device/semiconductor/silicon.html>

精製されたSiの純度

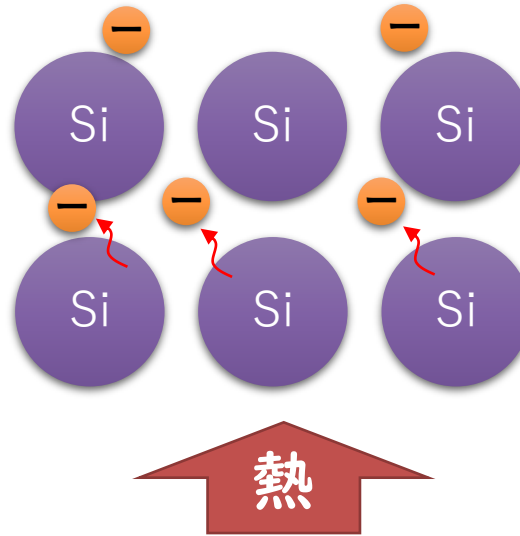
99.9999999999% (イレブンナイン)

半導体と熱

半導体に熱を加える

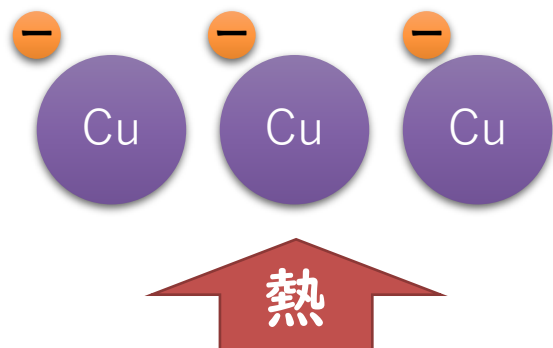


自由電子の数が増える

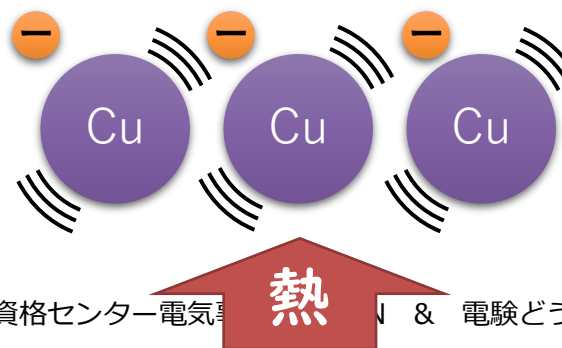


抵抗率が下がる
(導電率が上がる)

金属に熱を加える



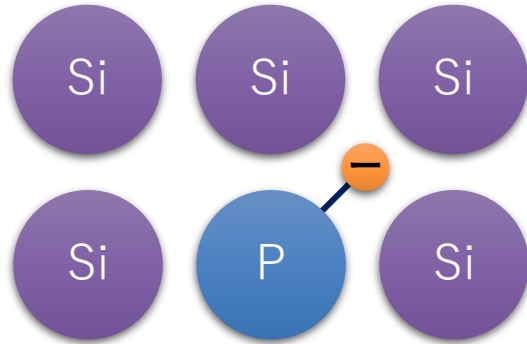
原子が振動する



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)

半導体と不純物

半導体に **V族**の原子を混ぜる

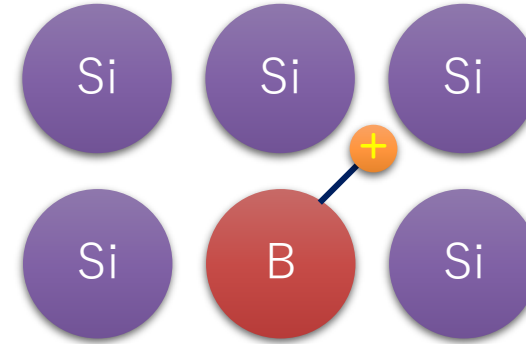


電子が余る → **自由電子**となる
(-の電荷)

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

H25 問11

次の文章は、不純物半導体に関する記述である。

極めて高い純度に精製されたケイ素 (Si) の真性半導体に、微量のリン (P)、ヒ素 (As) などの 価の元素を不純物として加えたものを 形半導体といい、このとき加えた不純物を という。

ただし、Si、P、As の原子番号は、それぞれ 14、15、33 である。

上記の記述中の空白箇所ア、イ及びウに当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ
(1)	5	p	アクセプタ
(2)	3	n	ドナー
(3)	3	p	アクセプタ
(4)	5	n	アクセプタ
(5)	5	n	ドナー

H18 問11

極めて高い純度に精製されたけい素 (Si) の真性半導体に、微量のほう素 (B) 又はインジウム (In) などの 価の元素を不純物として加えたものを 形半導体といい、このとき加えた不純物を という。

上記の記述中の空白箇所ア、イ及びウに当てはまる語句又は数値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	ア	イ	ウ
(1)	5	n	ドナー
(2)	3	p	アクセプタ
(3)	3	n	ドナー
(4)	5	n	アクセプタ
(5)	3	p	ドナー

H28 問11

半導体に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

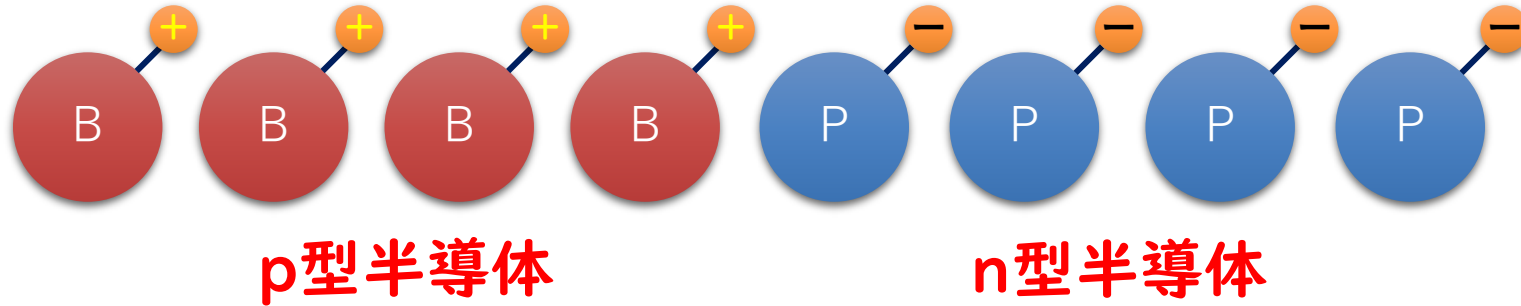
- (1) 極めて高い純度に精製されたシリコン (Si) の真性半導体に、価電子の数が3個の原子、例えばホウ素 (B) を加えると p 形半導体になる。
- (2) 真性半導体に外部から熱を与えると、その抵抗率は温度の上昇とともに増加する。
- (3) n 形半導体のキャリアは正孔より自由電子の方が多い。
- (4) 不純物半導体の導電率は金属よりも小さいが、真性半導体よりも大きい。
- (5) 真性半導体に外部から熱や光などのエネルギーを加えると電流が流れ、その向きは正孔の移動する向きと同じである。

H21 問11

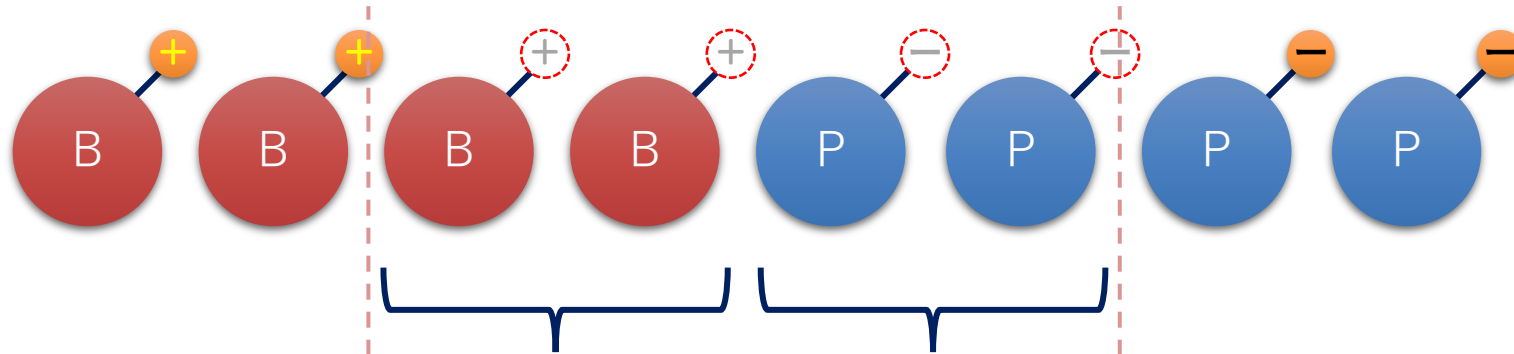
半導体に関する記述として、誤っているのは次のうちどれか。

- (1) シリコン (Si) やゲルマニウム (Ge) の真性半導体においては、キャリアの電子と正孔の数は同じである。
- (2) 真性半導体に微量のⅢ族又はⅤ族の元素を不純物として加えた半導体を不純物半導体といい、電気伝導度が真性半導体に比べて大きくなる。
- (3) シリコン (Si) やゲルマニウム (Ge) の真性半導体にⅤ族の元素を不純物として微量だけ加えたものを p 形半導体という。
- (4) n 形半導体の少数キャリアは正孔である。
- (5) 半導体の電気伝導度は温度が下がると小さくなる。

pn接合

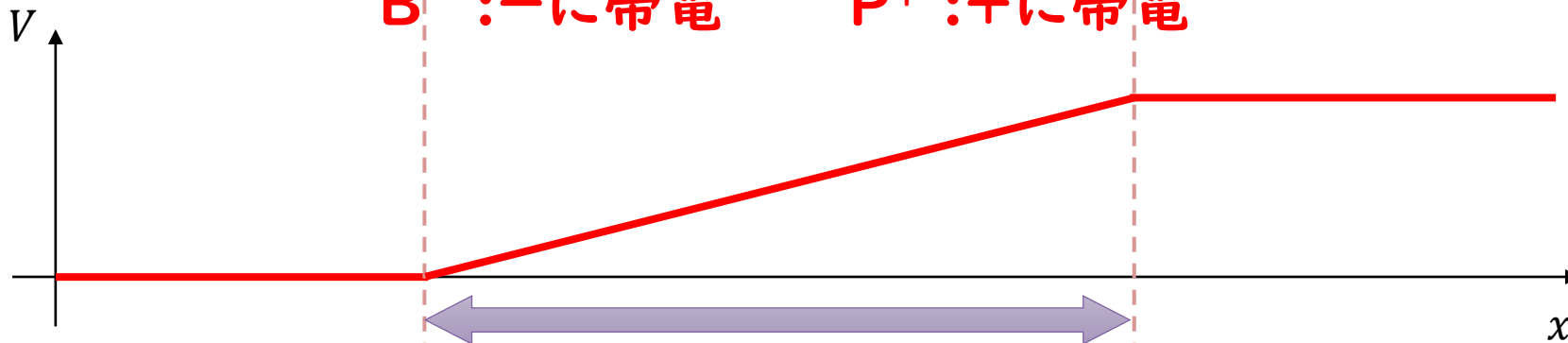


p半導体とn型半導体をくっつける



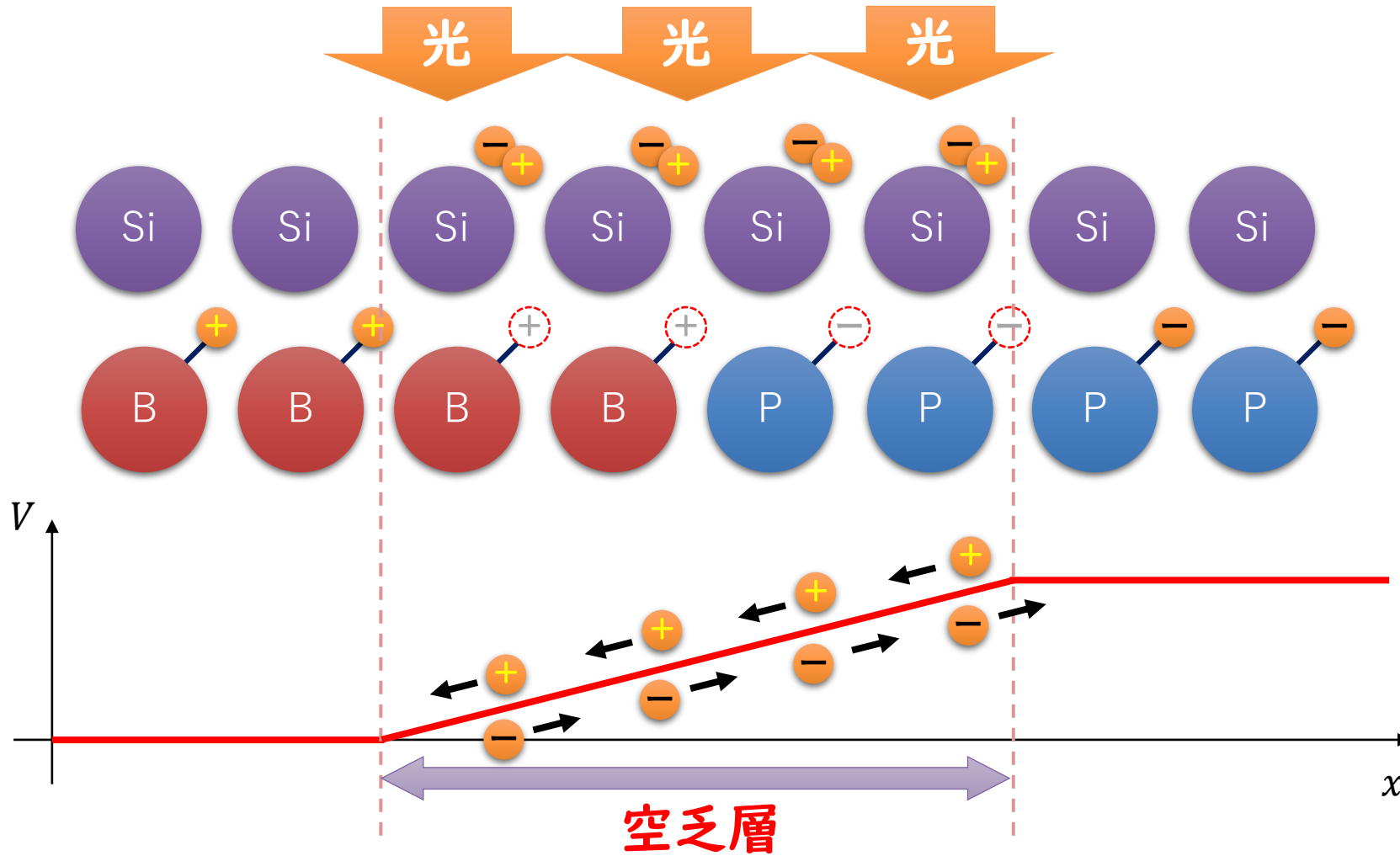
接合面の自由電子と正孔が結合してなくなる

B^- :-に帯電 P^+ :+に帯電



接合面に**電位差**ができる
この部分を**空乏層**という

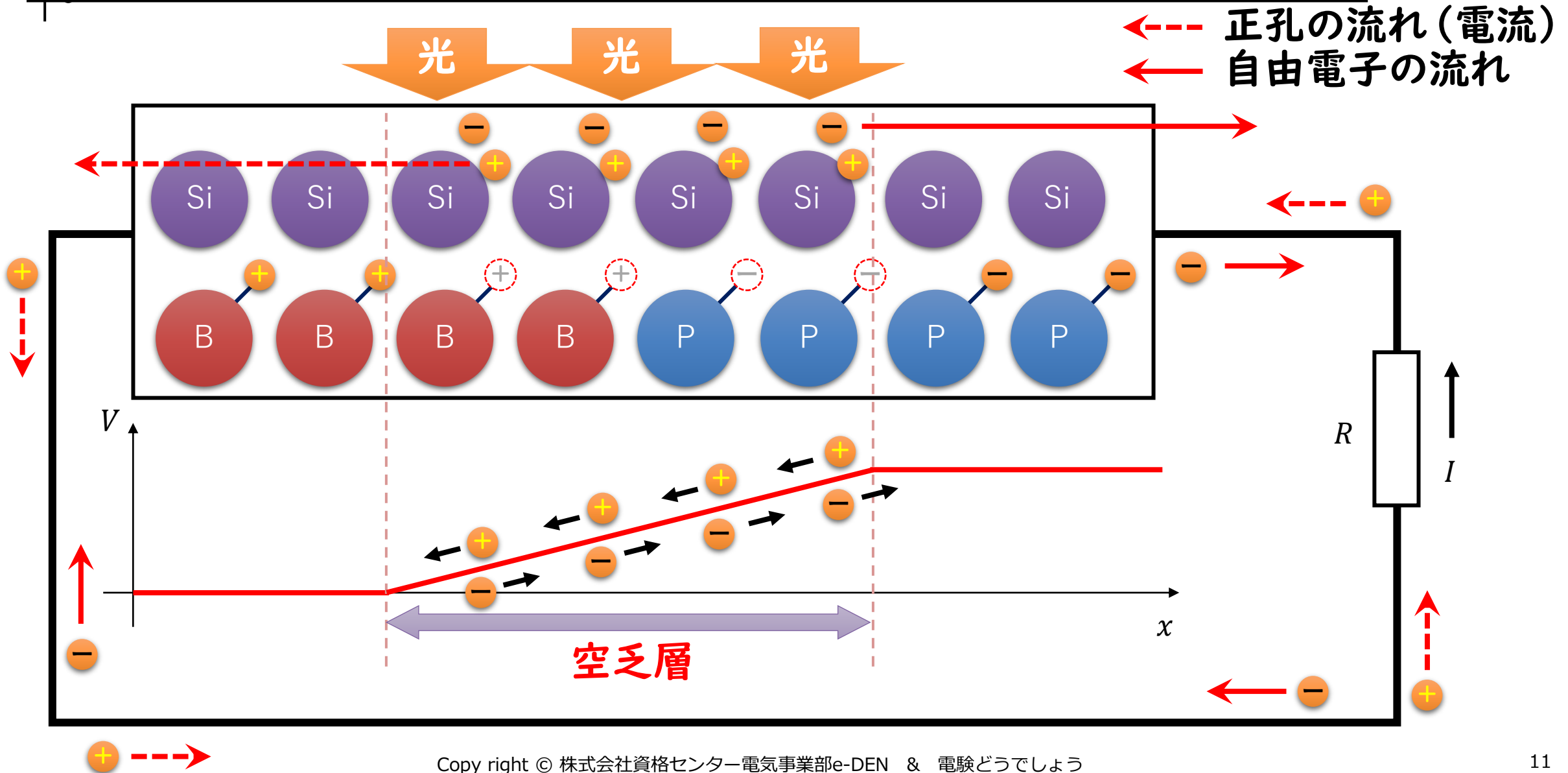
pn接合の応用（太陽電池）



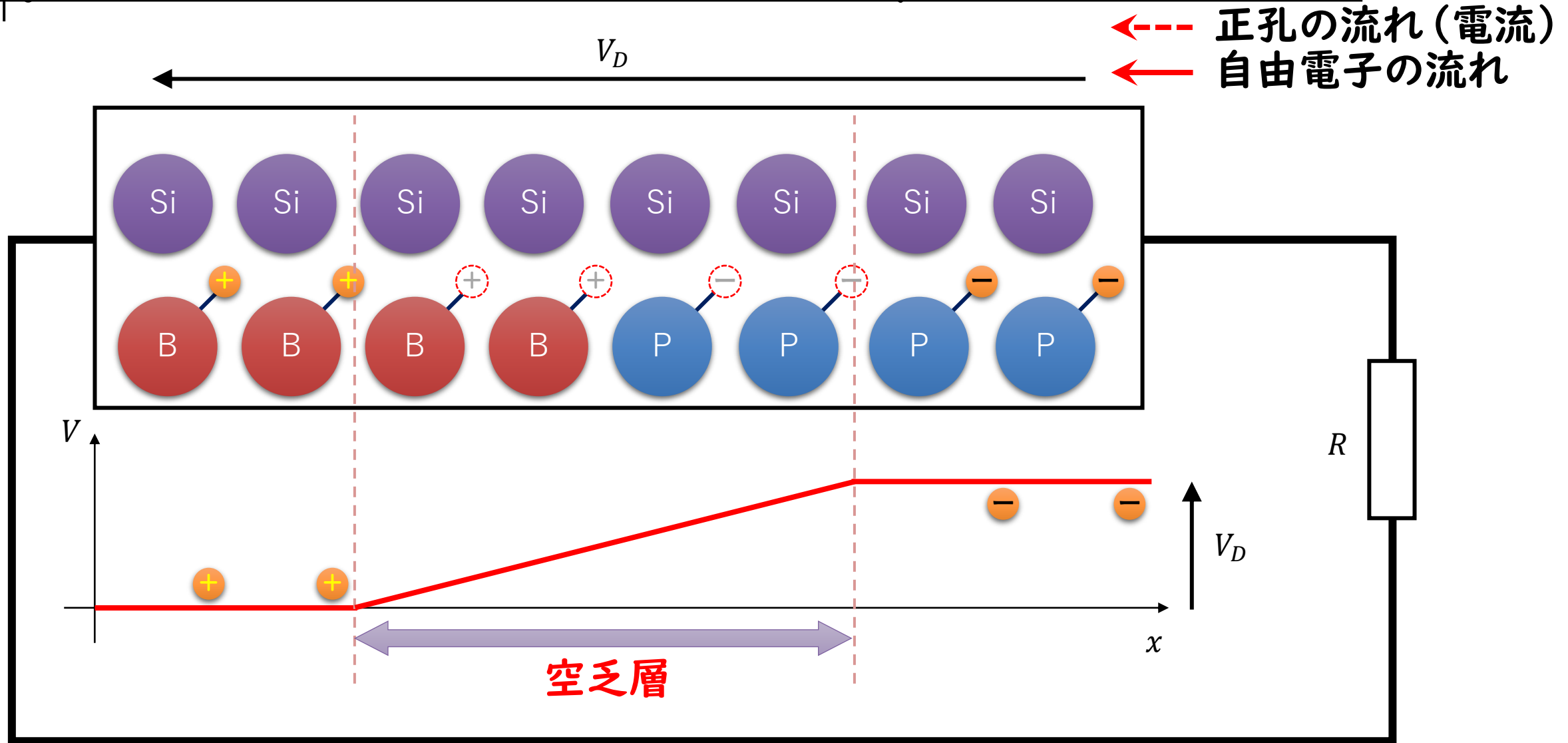
接合面に光をあけると、
Siから自由電子と正孔
が発生する

空乏層の電位差により
自由電子と正孔はそれぞれ
決まった方向に動こうとする

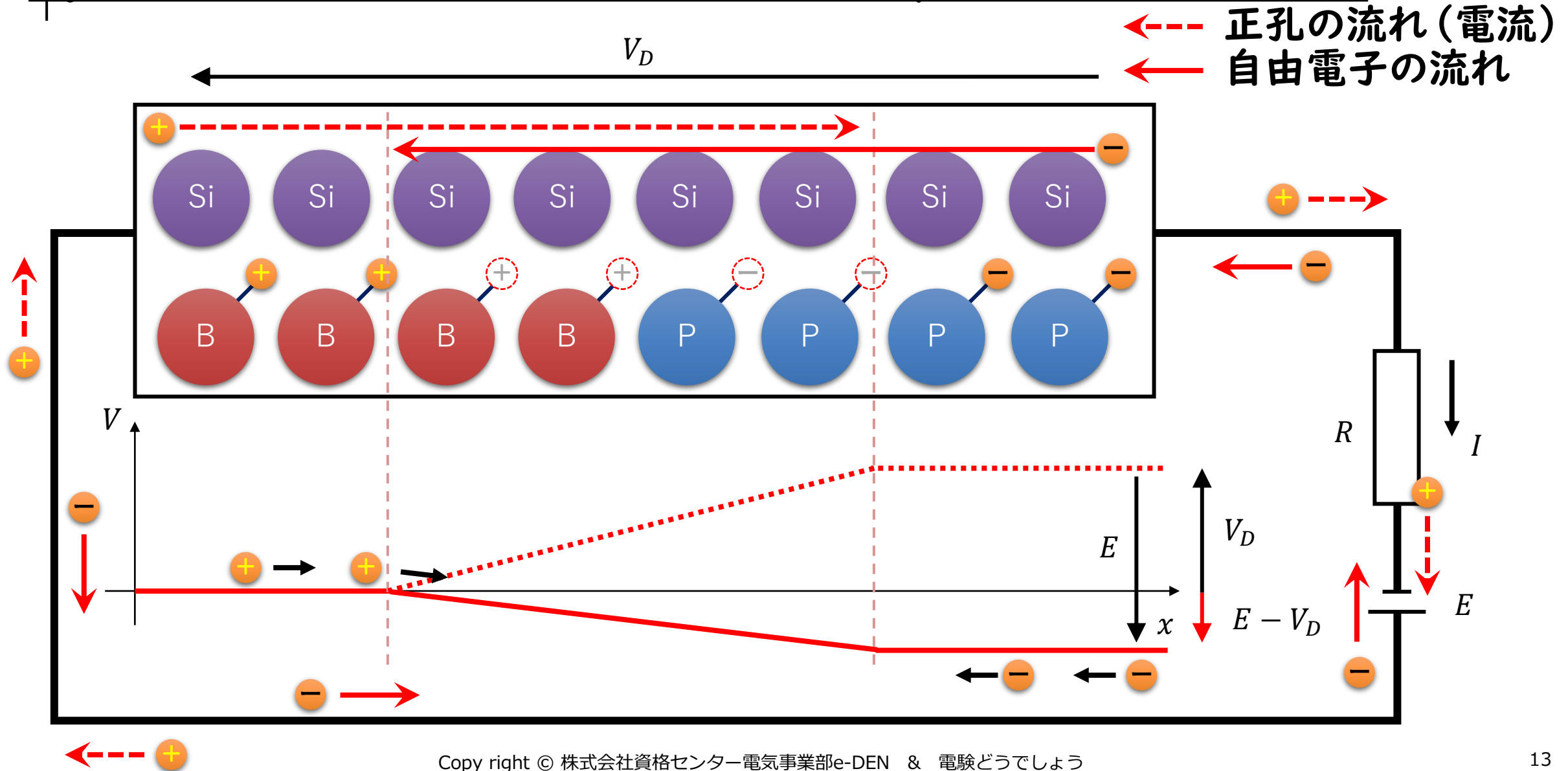
pn接合の応用（太陽電池）



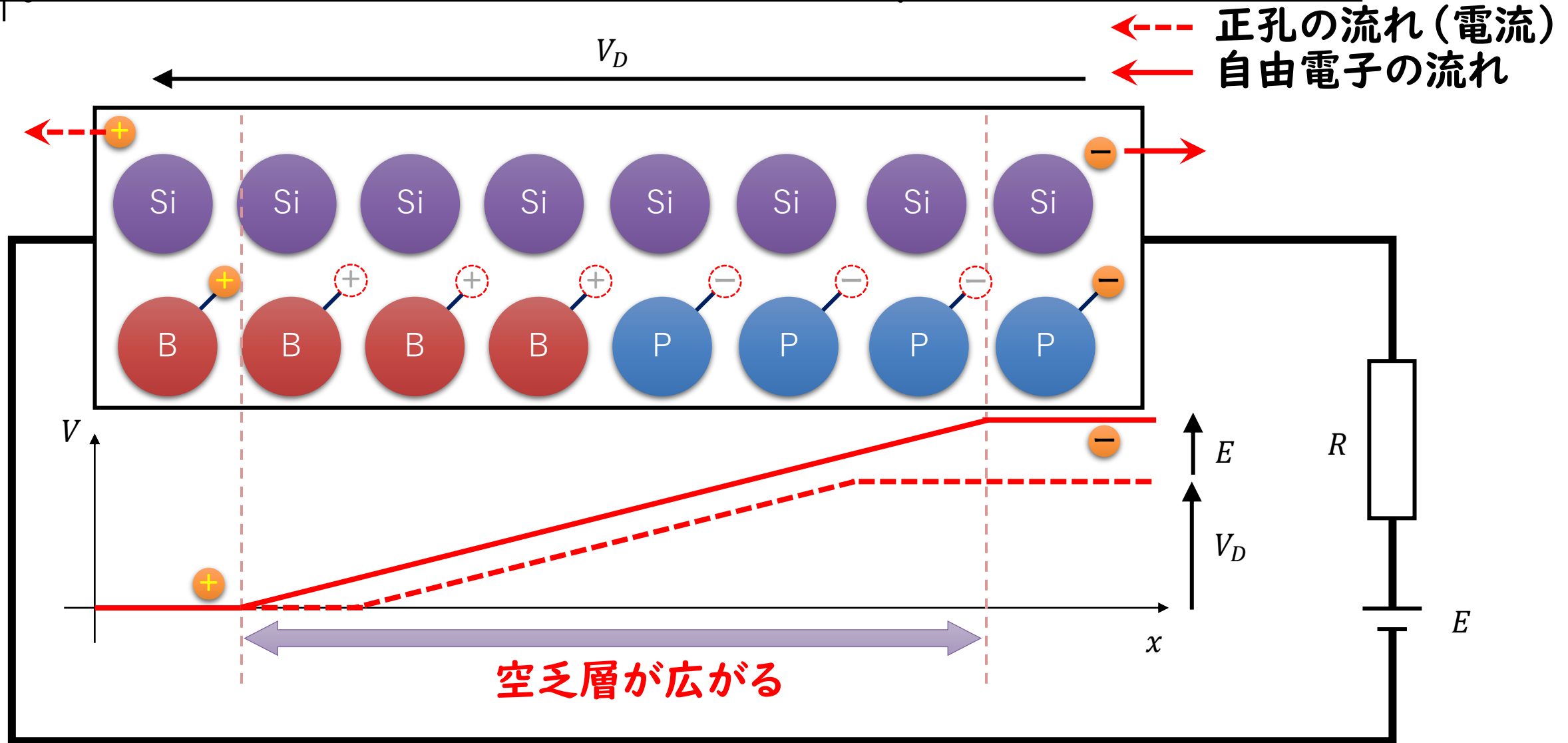
pn接合の応用 (ダイオード/整流作用) ×



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) ×



R01 問11

太陽光のエネルギーを電気エネルギーに直接変換するものとして、半導体を用いた太陽電池がある。p形半導体とn形半導体によるpn接合を用いているため、構造としては (ア) と同じである。太陽電池に太陽光を照射すると、半導体の中で負の電気をもつ電子と正の電気をもつ (イ) が対になって生成され、電子はn形半導体の側に、(イ) はp形半導体の側に、それぞれ引き寄せられる。その結果、p形半導体に付けられた電極がプラス極、n形半導体に付けられた電極がマイナス極となるように起電力が生じる。両電極間に負荷抵抗を接続すると太陽電池から取り出された電力が負荷抵抗で消費される。その結果、負荷抵抗を接続する前に比べて太陽電池の温度は (ウ) 。

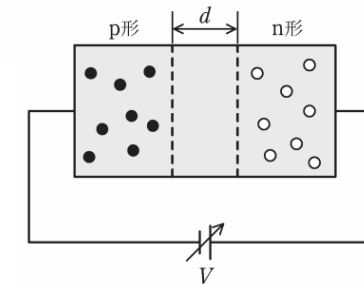
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	ダイオード	正孔	低くなる
(2)	ダイオード	正孔	高くなる
(3)	トランジスタ	陽イオン	低くなる
(4)	トランジスタ	正孔	高くなる
(5)	トランジスタ	陽イオン	高くなる

R02 問11

可変容量ダイオードとは、図に示す原理図のように (ア) 電圧 V [V] を加えると静電容量が変化するダイオードである。p形半導体とn形半導体を接合すると、p形半導体のキャリア(図中の●印)とn形半導体のキャリア(図中の○印)がpn接合面付近で拡散し、互いに結合すると消滅して (イ) と呼ばれるキャリアがほとんど存在しない領域が生じる。可変容量ダイオードに (ア) 電圧を印加し、その大きさを大きくすると、(イ) の領域の幅 d が (ウ) なり、静電容量の値は (エ) なる。この特性を利用して可変容量ダイオードは (オ) などに用いられている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	逆方向	空乏層	広く	小さく	無線通信の同調回路
(2)	順方向	空乏層	狭く	小さく	光通信の受光回路
(3)	逆方向	空乏層	広く	大きく	光通信の受光回路
(4)	順方向	反転層	狭く	大きく	無線通信の変調回路
(5)	逆方向	反転層	広く	小さく	無線通信の同調回路

ご聴講ありがとうございました!!