

電子回路 I

第1回

シラバス

[授業の背景]

電子回路は、携帯電話、デジタルテレビ、パソコン、自動車など、あらゆる機器の構成要素であり、電子機器・システムの働きを理解するためには、電子回路の知識が必要となる。

[授業の目的]

電子回路Ⅰでは、トランジスタ、電界効果トランジスタ(FET)など能動素子を用いた基本的な回路の動作を学習し、電子回路の基礎的素養を身につける。

[授業の位置付け]

電子回路Ⅱや電子回路Ⅲなどの講義科目および種々の実験科目へのイントロダクションとして位置付けられる。

関連する学習教育目標:C

教科書と参考書

[教科書]

「電子回路入門」、末松安晴、藤井信生(監修)、実教出版 (549.3/S-126)

[参考書]

「アナログ電子回路」、小牧省三(編著)、オーム社 (549.3/K-90)

「アナログ電子回路 -集積回路化時代の-」、藤井信生(著)、昭晃堂 (549.3/F-915)

「アナログLSI設計の基礎」、渡辺嘉二郎、中村哲夫(著)、オーム社

「基礎電子回路工学 -アナログ回路を中心に-」、松澤昭(著)、オーム社

「システムLSIのためのアナログ集積回路設計技術(上)」、

P.R.Gray, S.H.Lewis, P.J.Hurst, R.G.Meyer(著)、浅田邦博、永田穰(監訳)、培風館

「システムLSIのためのアナログ集積回路設計技術(下)」、

P.R.Gray, S.H.Lewis, P.J.Hurst, R.G.Meyer(著)、浅田邦博、永田穰(監訳)、培風館

「アナログCMOS集積回路の設計 基礎編」、B.Razavi(著)、黒田忠広(監訳)、丸善

「アナログCMOS集積回路の設計 応用編」、B.Razavi(著)、黒田忠広(監訳)、丸善

授業に関して

授業の進め方

講義予定にしたがい、講義に演習(クイズ)を織り交ぜた形式で授業を行う。また、適宜、演習問題を課す。
なお、講義予定を明記しているので、教科書のその範囲を必ず予習してくること。

成績評価基準

100点満点中60点以上を合格とし、配点割合は、

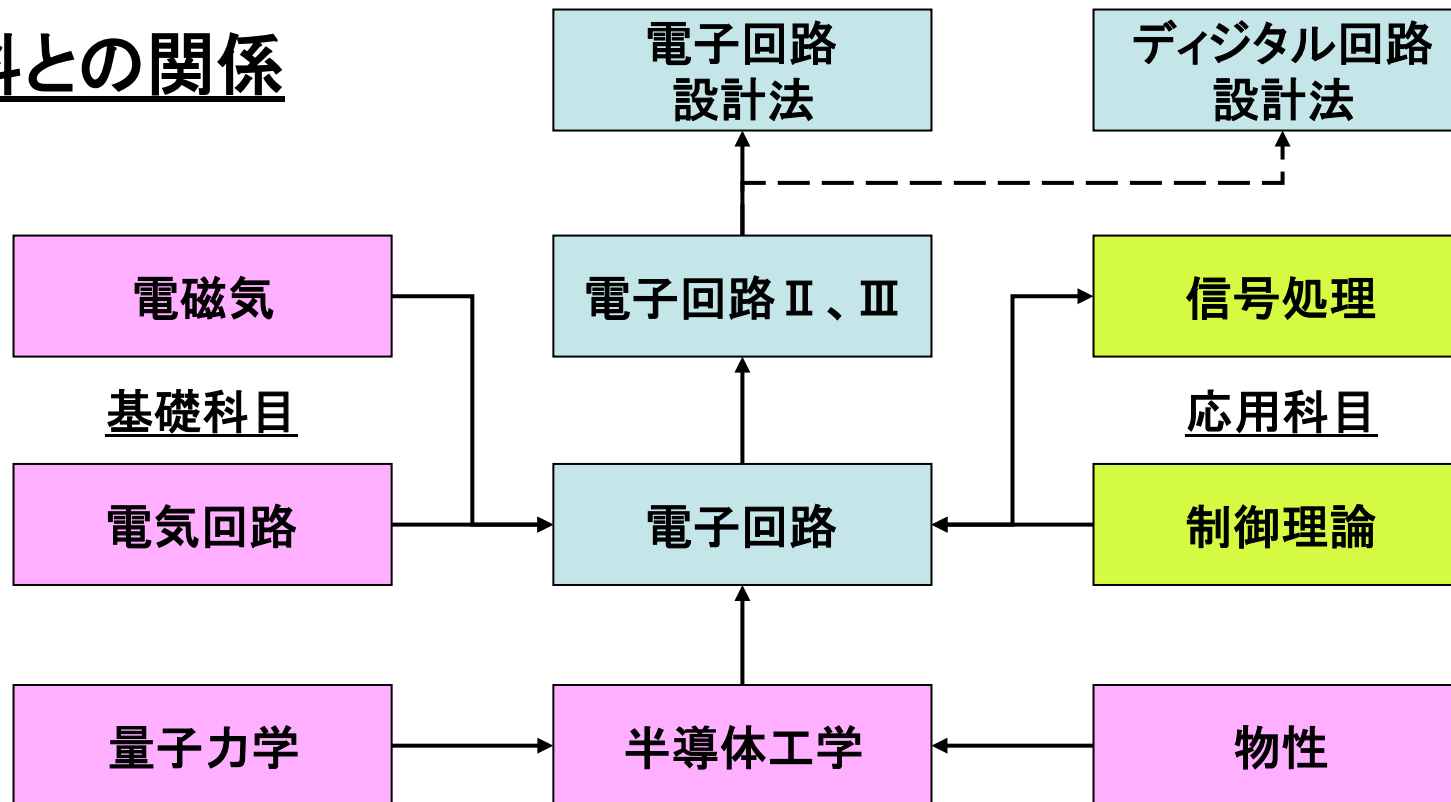
- 期末試験: 70%
- 演習やレポート: 30%

とする。

講義内容

1. 半導体素子(ダイオードとトランジスタ)
2. 基本回路
3. 増幅回路

他教科との関係



参考情報

[講義用ホームページ]

<http://laplace.ele.kyutech.ac.jp/>

トップページ → 授業 → 電子回路1

ID: kyutech

PASS: cholab

講義内容

1. 半導体素子(ダイオードとトランジスタ)
2. 基本回路
3. 増幅回路

半導体素子(半導体工学)

- 半導体素子の構造
- 半導体とは
- 半導体の性質と電気的特性

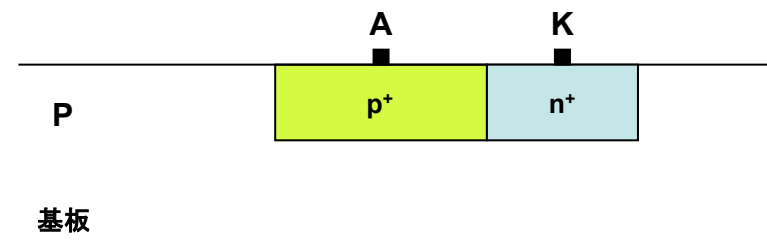
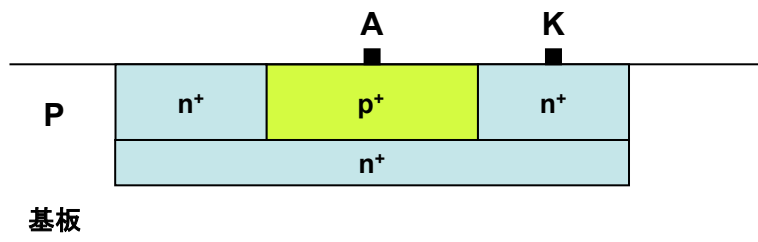
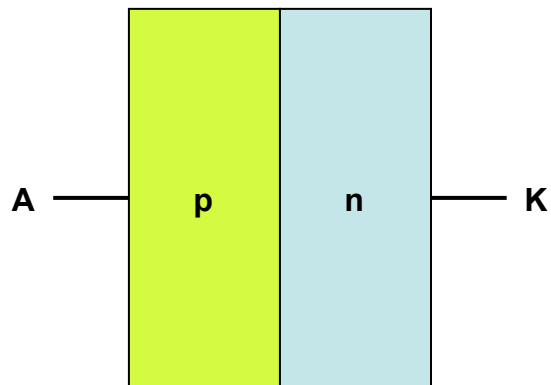
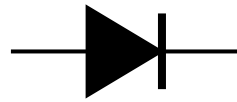
半導体素子(ダイオードとトランジスタ)

ダイオード(2端子素子)

トランジスタ(3端子素子)

- ・ バイポーラトランジスタ
- ・ MOSTランジスタ

ダイオードの構造



トランジスタの分類

動作原理による分類

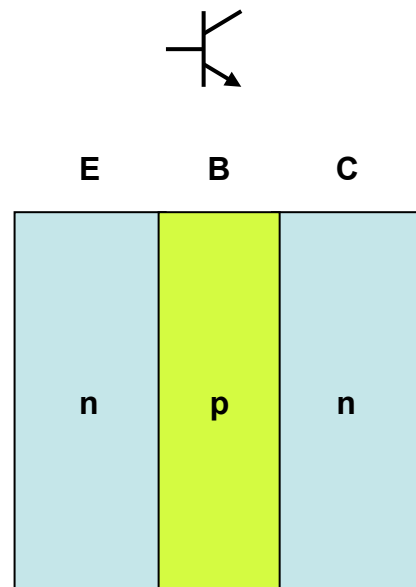
1. バイポーラトランジスタ
2. 電界効果トランジスタ; FET (Field Effect Transistor)
接合型; JFET (Junction FET)
MOS 型; MOS (Metal-Oxide-Semiconductor)
3. ヘテロ接合
HEMT
HBT

材料による分類

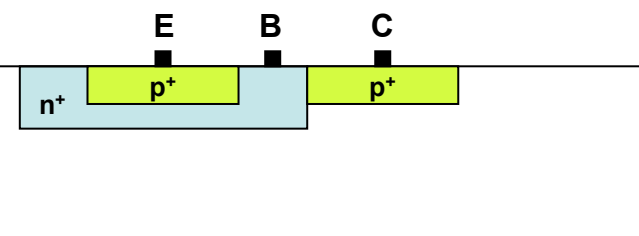
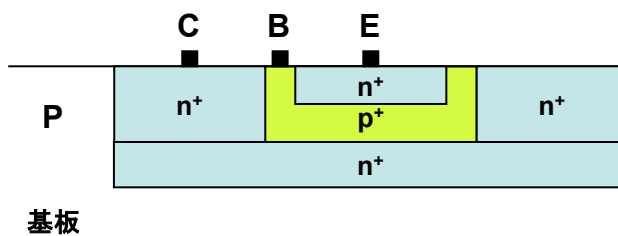
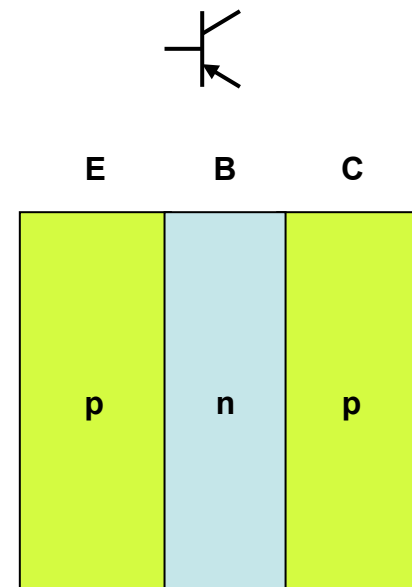
1. Si系
Si
SiGe
2. 化合物系(Ⅲ - V)
GaAs
InP

バイポーラトランジスタの構造


npn型



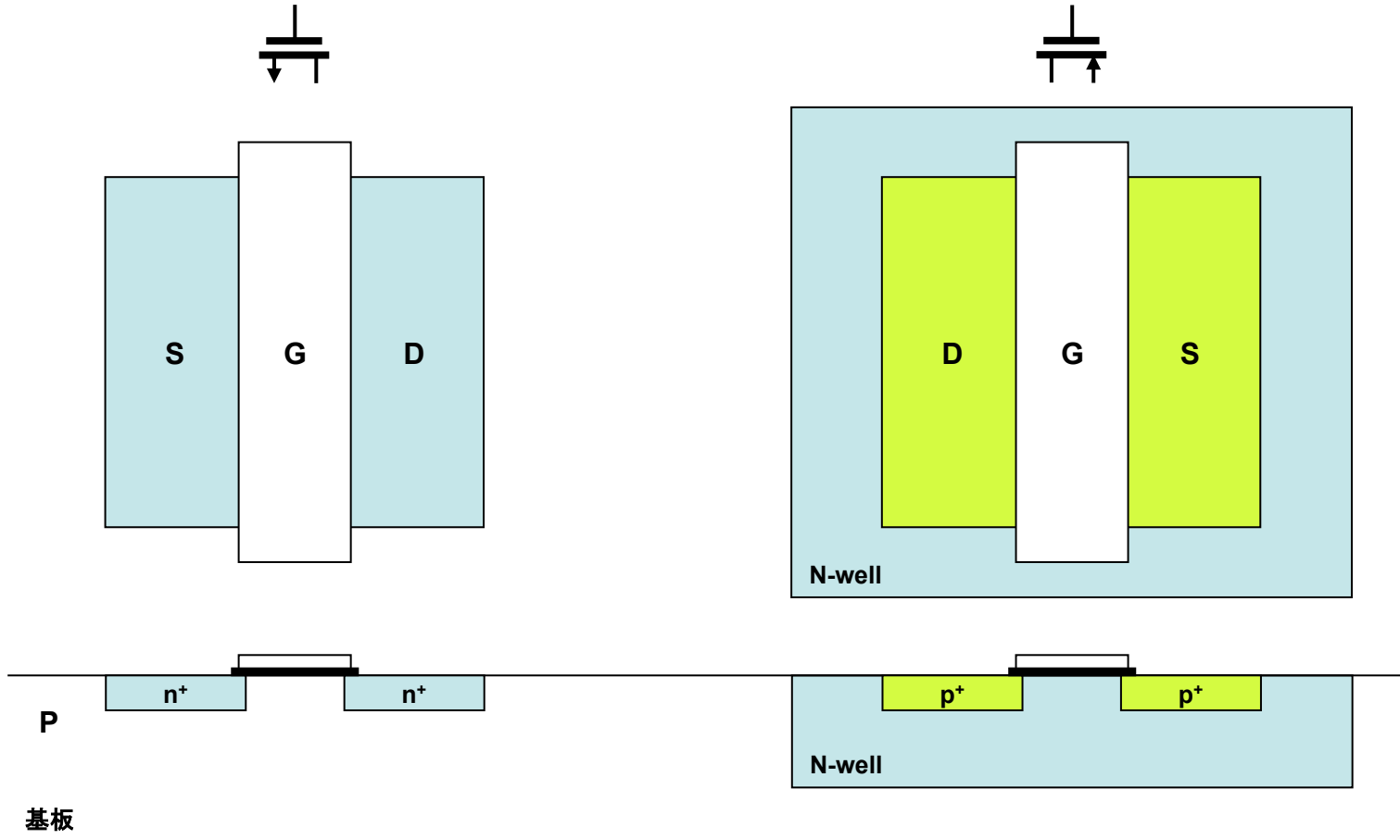
pnp型



MOSTランジスタの構造

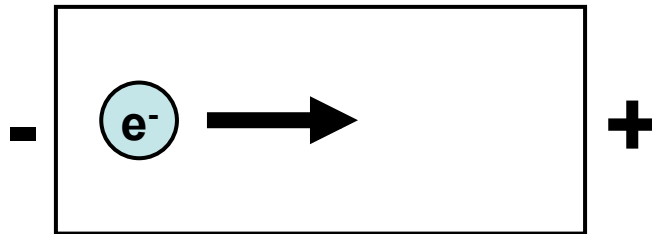

NMOS


PMOS



導体、絶縁体と半導体

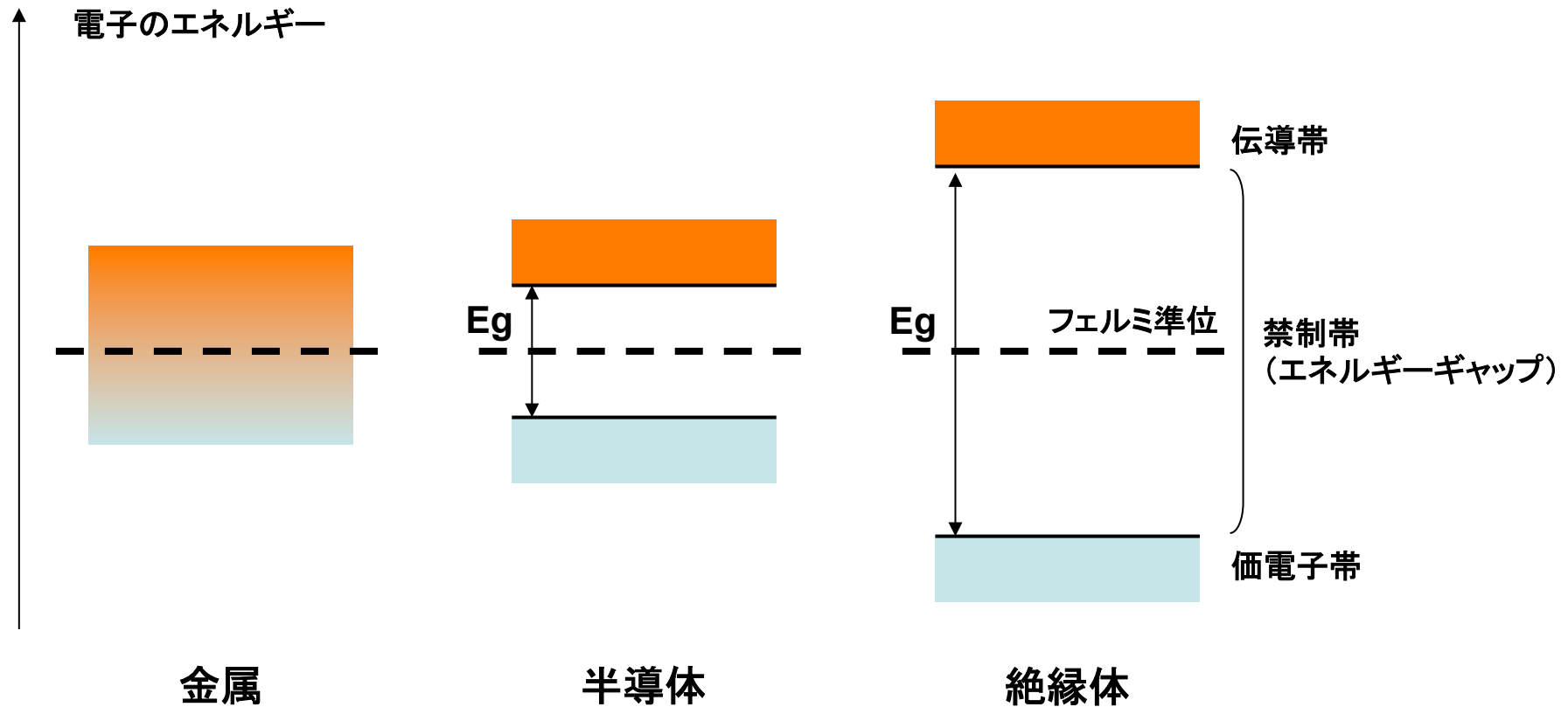
電流 ← “電子”の流れ
固体(結晶)中の 電子の動きは？



価電子と伝導電子(自由電子)

金属、半導体と絶縁体の違い

価電子帯と伝導帯



⇒ バンド理論

周期表

1 1 H	2												13 5 B	14 6 C	15 7 N	16 8 O	17 9 F	18 2 He
3 Li	4 Be												13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	*1	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra	*2	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo	

*1 ランタノイド:

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

*2 アクチノイド:

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

<http://ja.wikipedia.org/wiki/周期表>

半導体の種類

IV族半導体

Si、Ge

III-V族半導体

GaAs、GaN、InP など

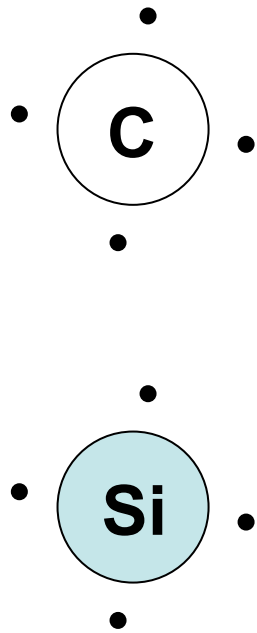
II-VI族半導体

ZnO、ZnSe、CdS など

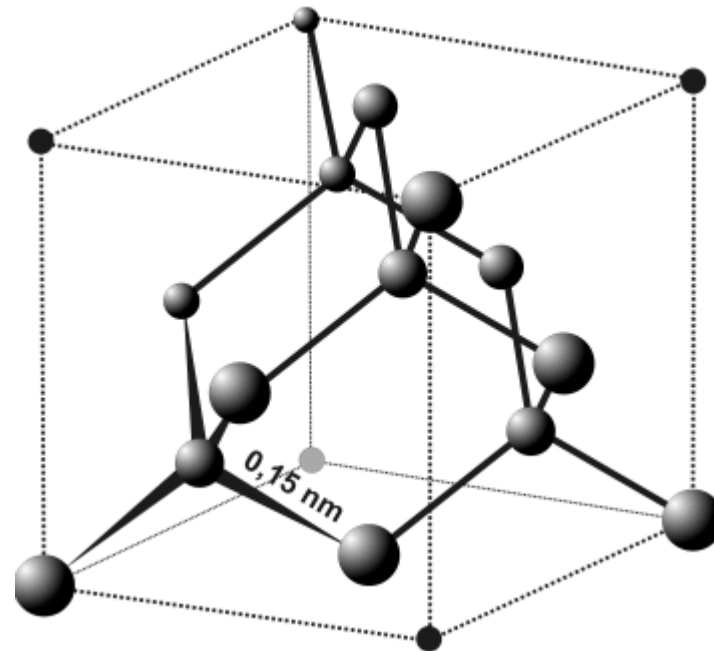
Siが現在主流の半導体材料
構造：ダイヤモンド構造
エネルギーギャップ：1.1eV

<http://ja.wikipedia.org/wiki/周期表>

ダイヤモンド構造

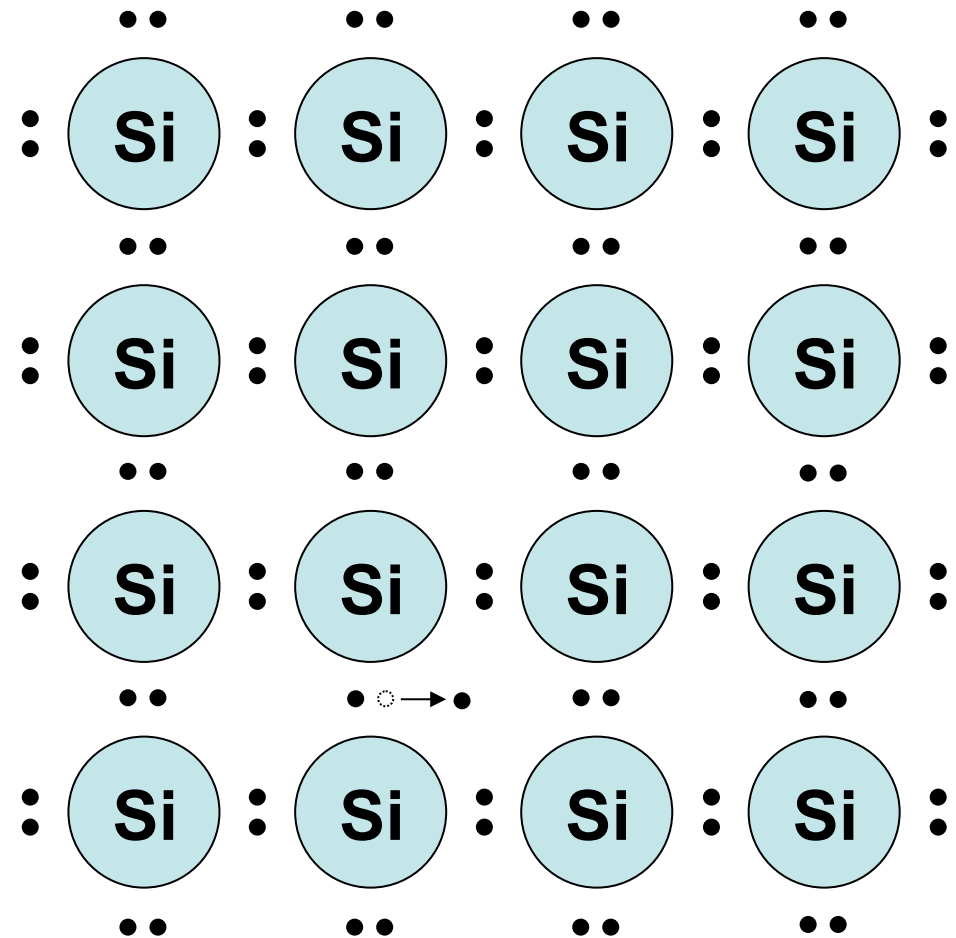
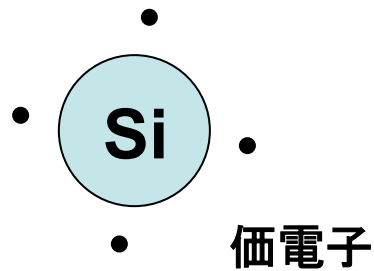


共有結合



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Diamonds_glitter.png

電子と正孔



価電子がエネルギーを得て移動すると
“正電荷”の正孔(ホール)が残る

電気的中性条件

半導体中において電荷移動の担い手は、
電子と正孔であり、それらはキャリア(carrier、担体)と呼ばれる

真性半導体と不純物半導体

真性半導体

不純物を含まない半導体

非常に抵抗が高い(キャリアが少ない、 $\sim 10^{10}/\text{cm}^3$)

不純物半導体

不純物(ドーパント)を添加(ドーピング)した半導体

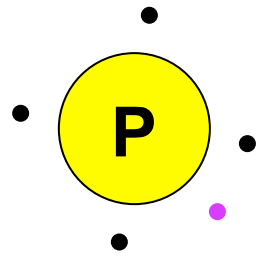
抵抗が小さい(キャリアがドーパント量に比例、 $\sim 10^{18}/\text{cm}^3$)

Si に対するドーパントとして

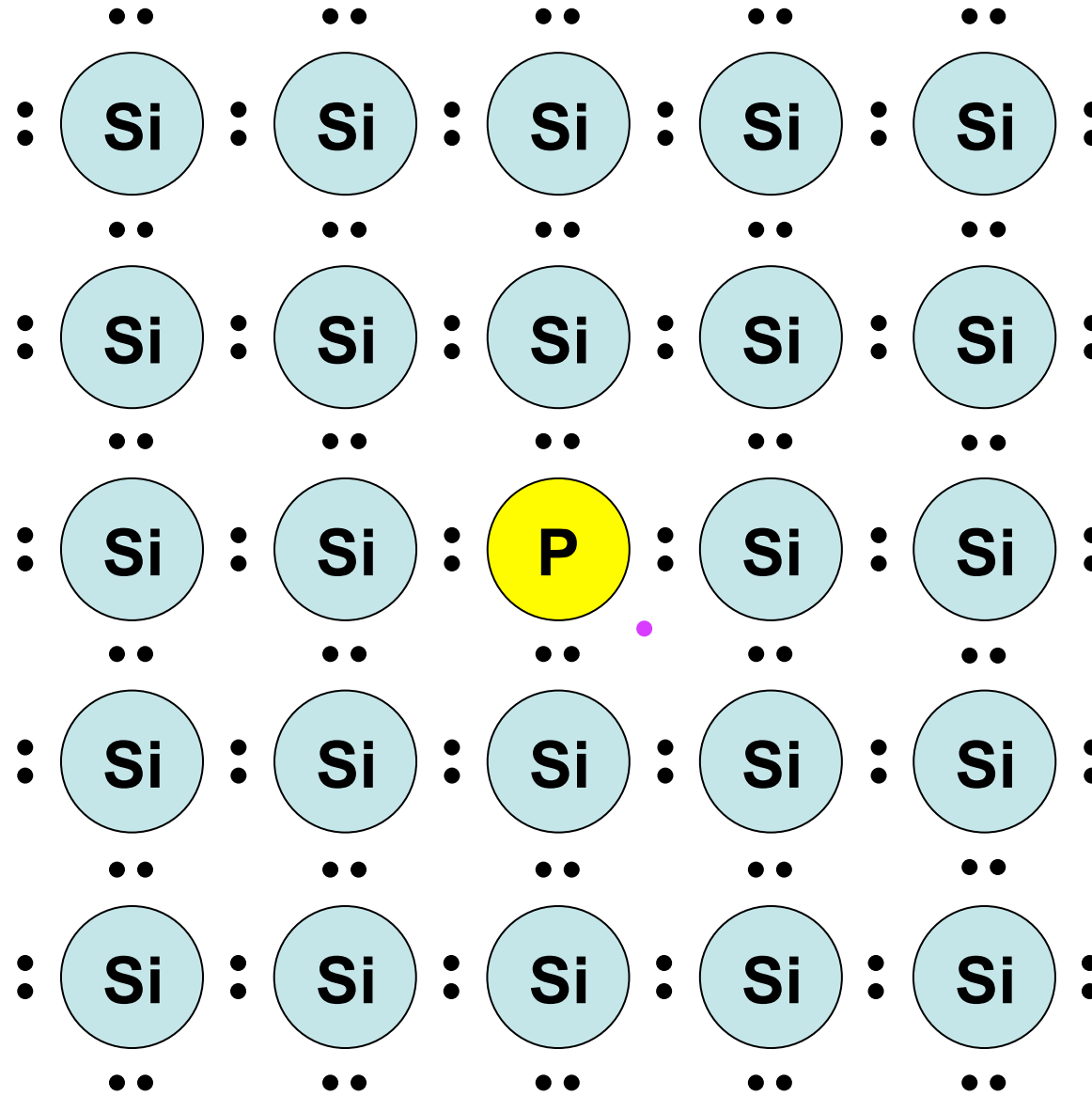
V 族元素 (P、As、Sb など) → n型半導体

III 族元素 (B、Al) → p型半導体

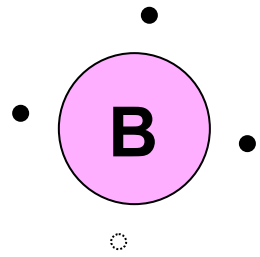
n型半導体



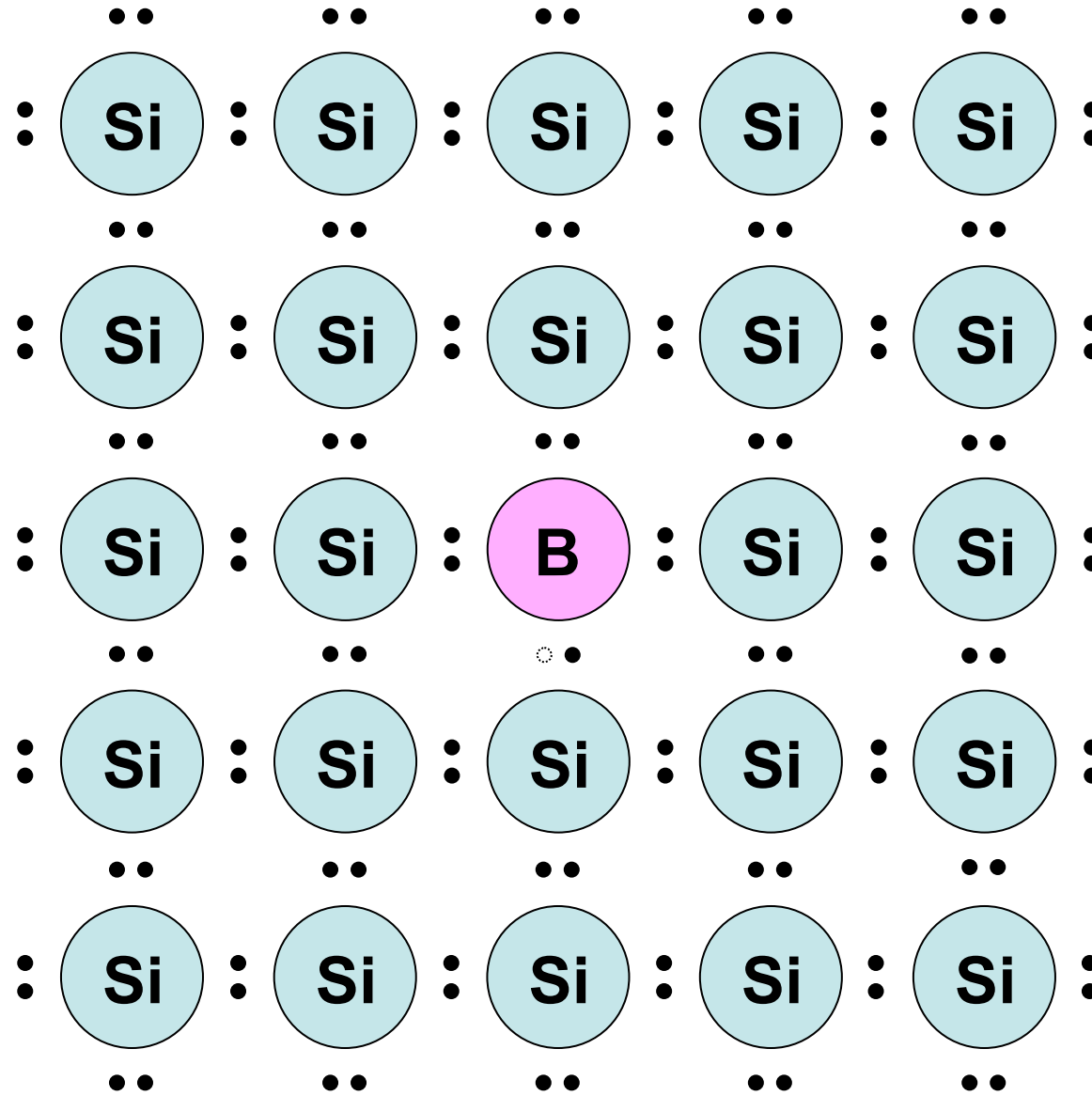
ドナー(donor)



p型半導体



アクセプタ(acceptor)



キャリアのふるまい

- ・ ドリフト
- ・ 拡散
- ・ キャリアの発生と再結合