

# ダイオード

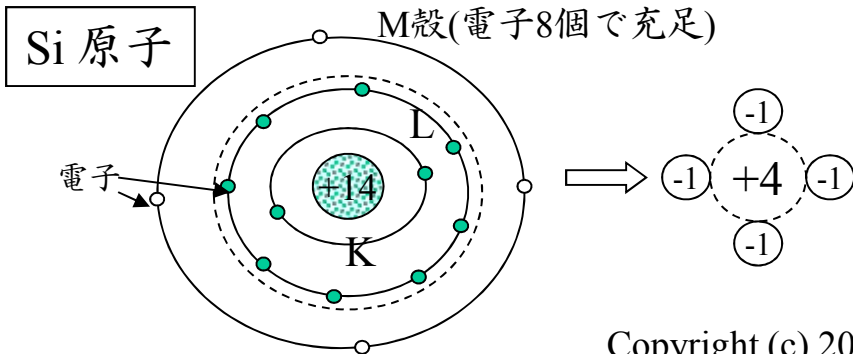
(原理、作用、いろいろなダイオード)

# n型半導体とp型半導体

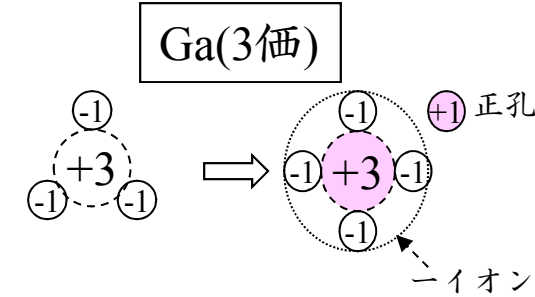
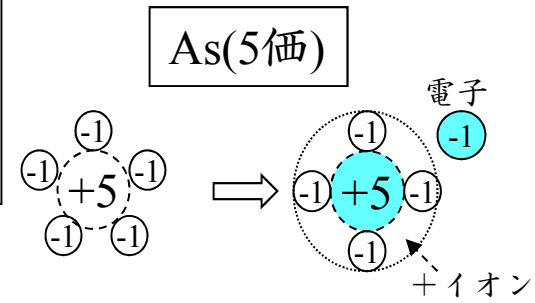
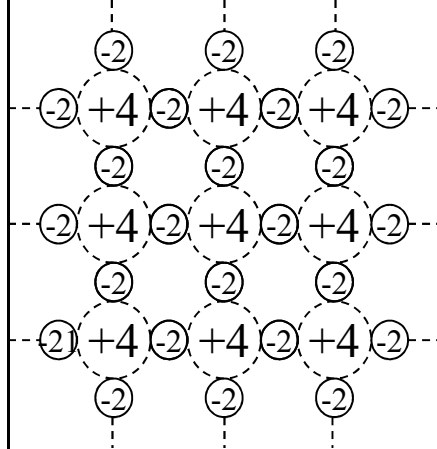
1. 電子が過剰な半導体 (n型半導体)と、電子が不足する言い換えれば、電子の抜けた正孔(ホール)が過剰な半導体(p型半導体)とを接合させると、ダイオードができる。

2. n型半導体は、4価の原子であるGe(ゲルマニウム)や,Si(珪素)に5価のAs(砒素)、Sb(アンチモン)などを不純物として加えて作る。原子核の束縛の弱い最外殻Mの電子が余剰で比較的自由に動ける状態になっている(自由電子という)。

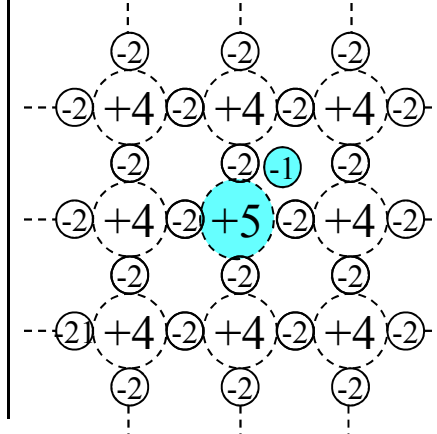
3. p型半導体は、4価の原子に3価のGa(ガリウム)、In(インジウム)、Al(アルミ)など不純物を加えて作る。最外殻Mの電子が不足するので正孔(ホール)が余剰になっている。



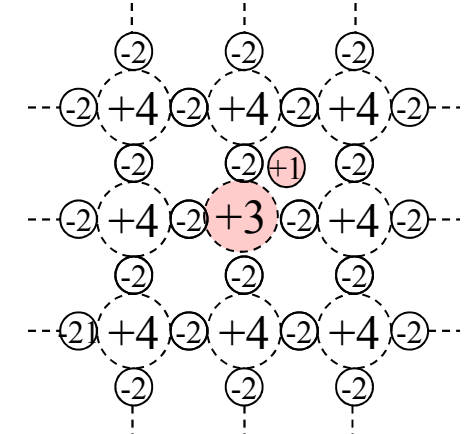
純粋Si分子(共有結合)  
最外殻(M殻)は電子2個ずつを共有し計8個として安定強固な結合を作る



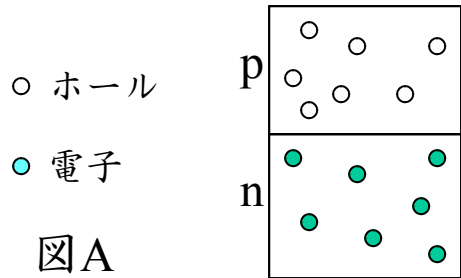
n型半導体(Si+As)  
M殻電子が $9 > 8$ で余剰  
→ 自由電子



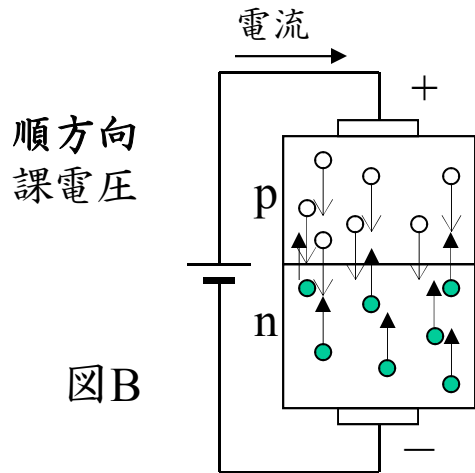
p型半導体(Si+Ga)  
M殻電子が $7 < 8$ で不足  
→ 正孔が余剰



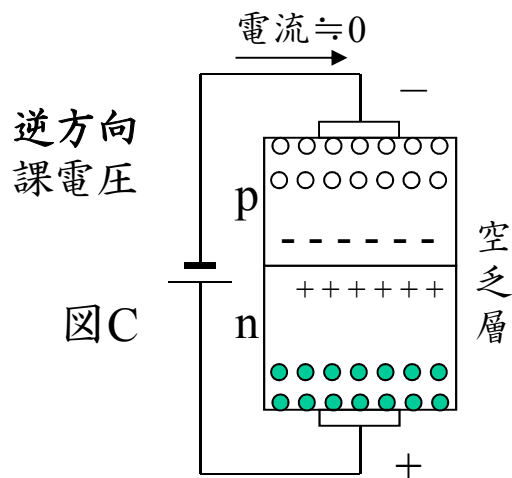
# pn接合と整流作用



図A



図B



図C

電圧がない状態では電子やホール(正孔)が広く分布している。

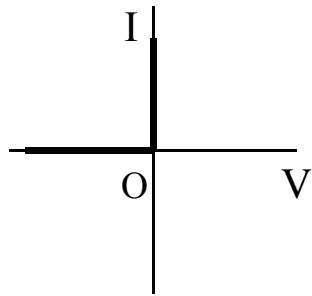
p側を正、n側を負として、接合部を超えるのに必要なある一定値以上の電圧を掛けると、ホールは負極側に、電子は正極側に接合部を超えて移動する。ホールと電子はさらに電源から補充され電流が流れ続ける。

下の場合と合せ、整流作用は、p、nどちらかの半導体に金属を接触させるだけでも起こり得る(点接触整流子、ショットキーバリア接合ともいう)。

p側が負、n側が正となるように逆方向電圧を掛けると、ホールはpの電極側に、電子はnの電極側に移動し接合面側には正負イオンが残る。このイオンが対峙する部分は電気抵抗が極めて高く正負が向かい合う電気二重層を形成する。直流電流は殆ど流れない。

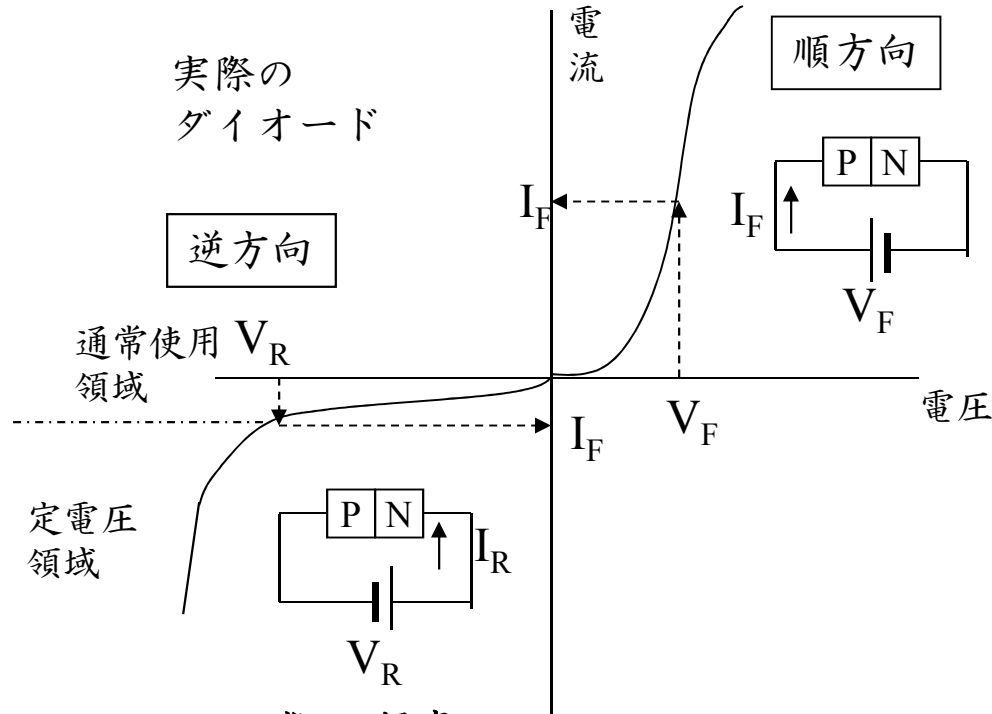
このとき、接合面付近の電気二重層は等価的にコンデンサを形成する(接合容量という)。このため高周波が通過できるので高周波では通電可能となる。

ダイオード  
の整流特性



理想的な  
ダイオード

図D



実際の  
ダイオード

逆方向

通常使用  $V_R$   
領域

定電圧  
領域

順方向

図E

$V_F$ は、シリコンで約**0.7V**  
ゲルマニウムで約**0.2V**

温度が上がると $V_F$ は低下する。

$I_F$ は、シリコンで数**nA**程度  
ゲルマニウムで数 **$\mu$ A**程度。

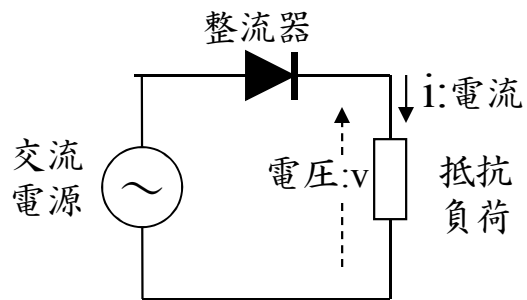
温度が上がると $I_F$ は増加する。

逆方向電圧をさらに高くすると、  
急に逆方向電流が増加するブレ  
ークダウン(降伏)領域がある。

(定電圧ダイオードで利用)

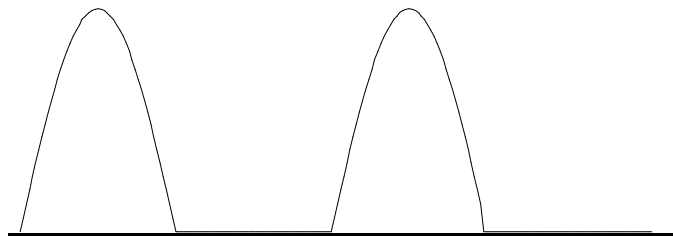
# 整流回路

## 单相半波整流回路

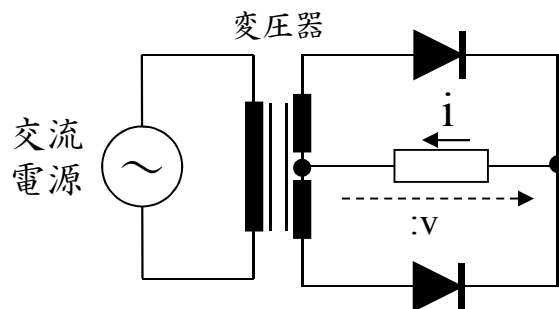


電流・電圧波形(理想ダイオード)

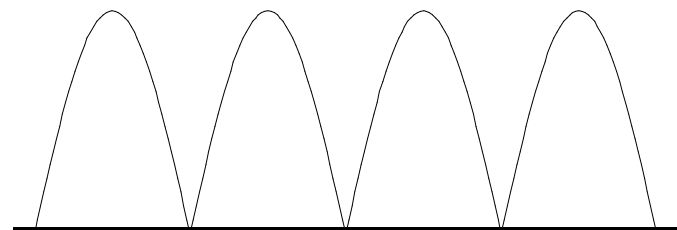
図F



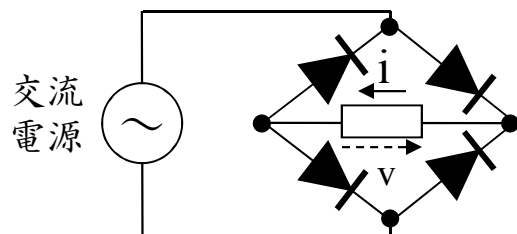
## 单相全波整流回路 1



図G-1



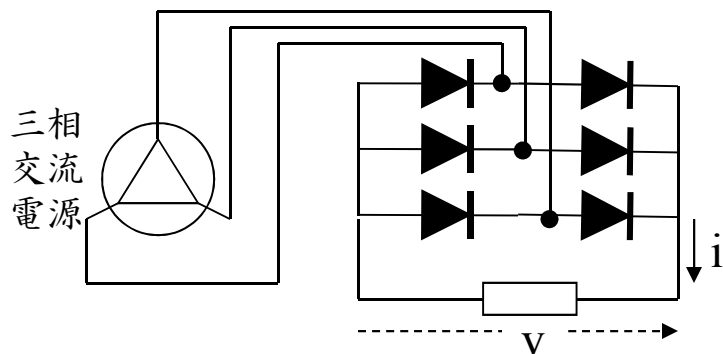
## 单相全波整流回路 2



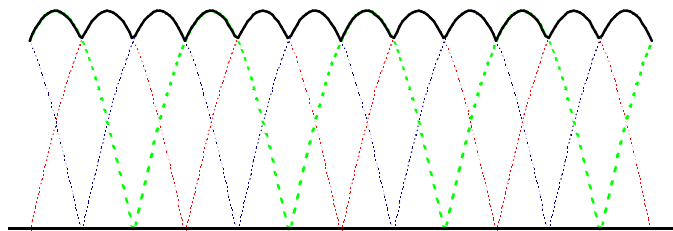
図G-2



## 三相全波整流回路

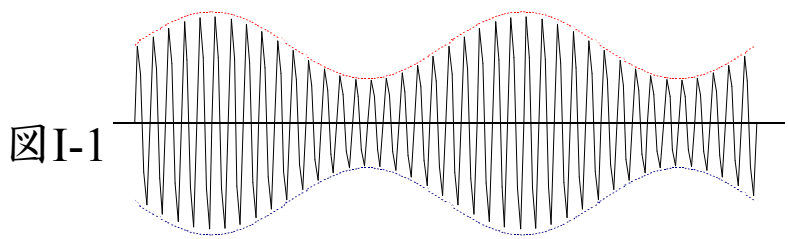


図H



# ダイオードによる検波

振幅変調(AM)波

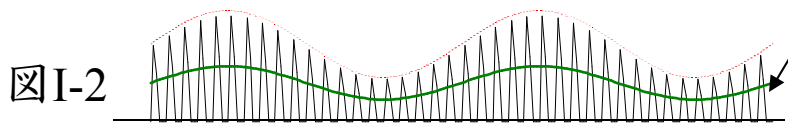


図I-1

$$q_1 = (a + b \sin pt) \sin \omega t$$

↑ 低周波信号波      ↑ 搬送波

検波=(单相交流)半波整流

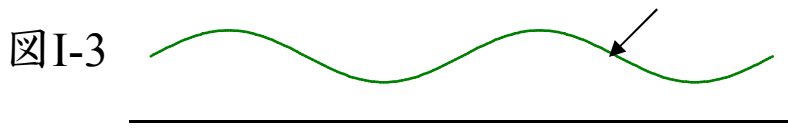


図I-2

↑ 平均値

$$q_2 = (a + b \sin pt) \sin \omega t \quad \text{の+側}$$

LPF通過後



図I-3

$$q_3 = a' + b' \sin pt \quad q_1 \text{の振幅部分}$$

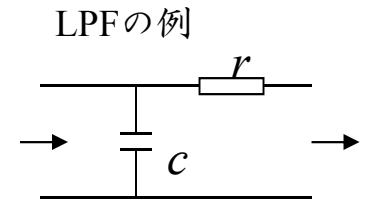
LPF: Low Pass Filter, 低周波濾波器  
高周波成分を取り除く。

直流分除去後=信号波



図I-4

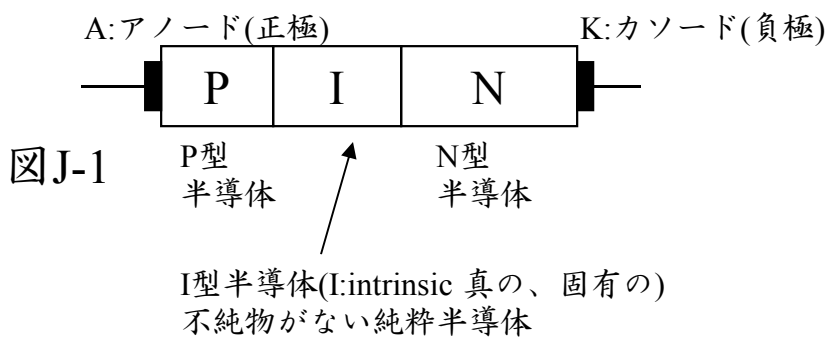
$$q_4 = b' \sin pt \quad \text{直流分を除去}$$



# いろいろなダイオード

## 1. PINダイオード

ダイオードは、順方向、逆方向の抵抗の差を利用してスイッチング素子としても利用されるが、高周波では、逆電圧時に接合容量により絶縁性がなくなる(P.2、図C)ので、この高周波対策としてPINダイオードが作られた。



I層の存在で欠乏層(電子もホールも無い層)が大きくなり、結合容量は大幅に減少する。

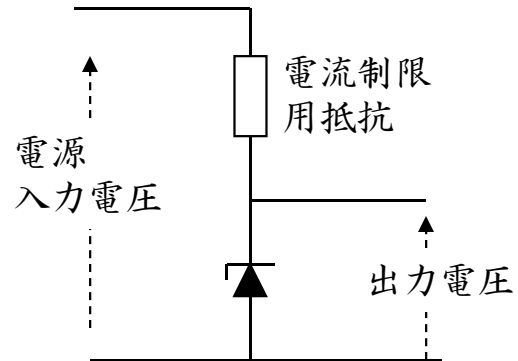
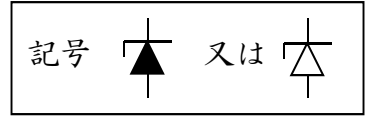
PIN:ピン、またはピーアイエヌと読む



## 2. 定電圧ダイオード

ダイオードの逆方向電圧を高めると急に逆方向電流が増大する領域に達する。(p.3、図E参照)この領域は通常のダイオードの動作領域を超えて「ブレークダウン(降伏)領域」と呼ばれる。このとき、電圧はほぼ一定に保たれるので定電圧回路に利用される。

降伏現象には「ツェナー降伏」と、「アバランシュ(なだれ)降伏」があるが、定電圧ダイオードを「ツェナーダイオード」とも呼んでいる。



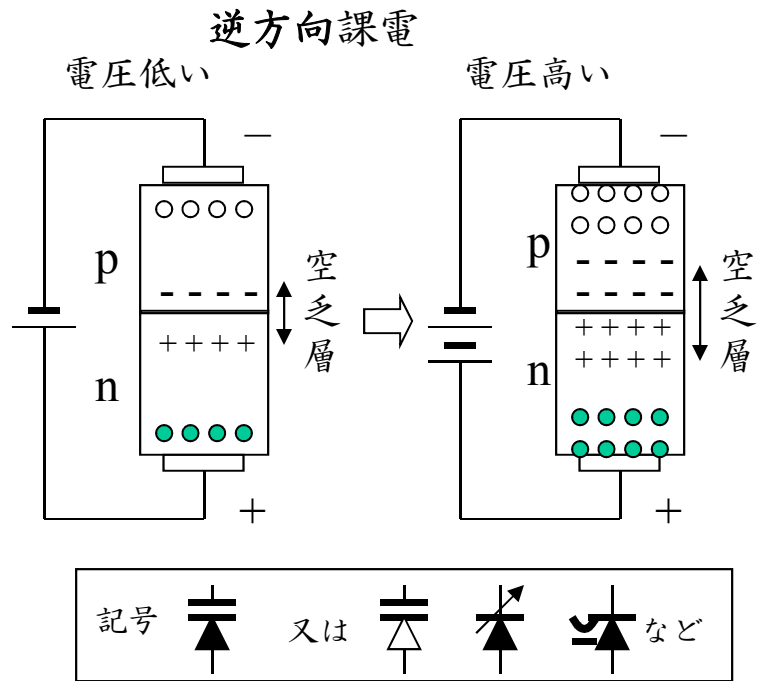
図J-2 ツェナーダイオード利用定電圧回路

### 3. 可変容量ダイオード(別名

Varactor, バラクタ←variable reactor、  
Varicap, バリキャップ←variable capacitor)

逆電圧を加えたときの電気二重層によるコンデンサは、電圧を高めると、絶縁物に近い空乏層部分が拡大し平均距離が増加するので容量が減少する。

用途：高周波同調用など



図J-3 可変容量ダイオード

### 4. 発光ダイオード(LED:Light Emitting Diode)

N型半導体内の自由電子は、温度で決まるエネルギー状態にある。そこに順方向電流を流してエネルギーを与えると自由電子はPN接合部を超えてP型半導体内に入りホールと再結合する。このとき熱又は光を放出する。通常の、シリコンやゲルマニウムのPN接合では熱しか出ないが、適当な材料を用いるといろいろな色の光が放出される。熱を伴わないので発光効率高く寿命が長い。順方向電圧は1.8~2Vと高い。

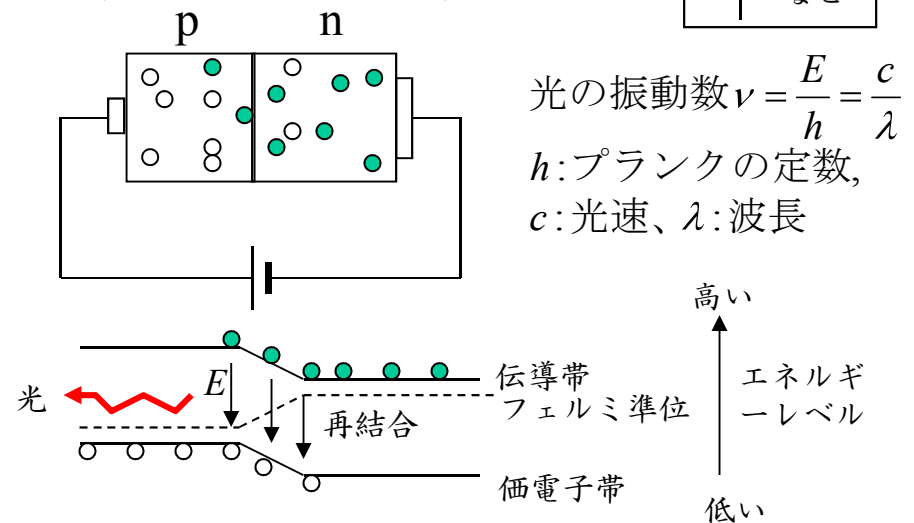
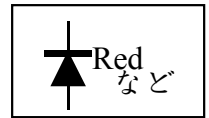
次の金属間化合物半導体のPN接合を使用。

GaAs(ガリウム砒素)： 赤外線

GaAsP(ガリウム砒素燐)： 赤から緑まで

GaN(ガリウム窒素)： 青

白色は青に蛍光体または青と黄色



図J-4 発光ダイオード 8



## 5. フォトダイオード(受光素子)

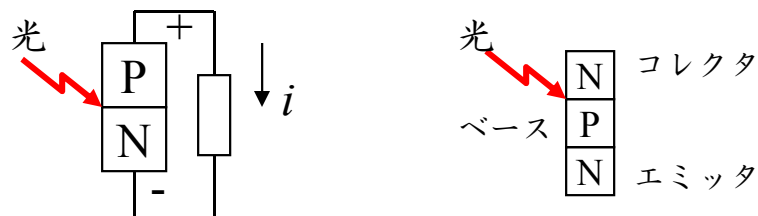
光を受けて起電力を発生するダイオードである。

PN接合部付近ではN側で豊富な電子はP側へ、P側で豊富な正孔はN側へ拡散することにより、N側が+、P側が-に帯電している。半導体に光が当り光のエネルギーで、電子と正孔が発生すると、上記帯電により、電子はN側に、正孔はP側に移動させられP側を正とする起電力が発生する。

太陽光電池も同類であるが、エネルギーではなく、信号を扱うことを目的とするものをフォトダイオードと呼んでいる。

### 関連 (1) フォトトランジスタ

コレクターベース接合部が受光素子になっており光を受けるとベース電流が流れ、それがトランジスタの作用で増幅され大きな出力が得られる。



図J-5 フォトダイオードとフォトトランジスタ

## (2) 光導電セル

CdS, PbS, PbSeなどの、光を受けると抵抗値が下がる現象を利用し、光センサとして用いるものがある。

## (3) フォトカプラー

光の中継器で受光素子と発光ダイオードを結合させて作る。

## 6. 定電流ダイオード

FET(電界効果トランジスタ)と類似の構造で(ゲートはない)、アノード(ドレイン) カソード(ソース)間の電流が定電流になる。

ダイオードに関し参考とした資料

電気学会「電気工学ハンドブック」

時田元昭「トランジスタと半導体」、電波新聞社

奥沢清吉「ビギナー トランジスター読本」誠文堂

新光社

ニュートン別冊「完全図解周期律表」ニュートン社

そのほかインターネット上の諸資料など