

ダブル接合Pinned Photodiode 型太陽電池

JPA2020-131313 (JP6828108) filed on Aug 1, 2020
by Yoshiaki Daimon Hagiwara, AIPS.

Japanese Patent Application JPA2020-131313

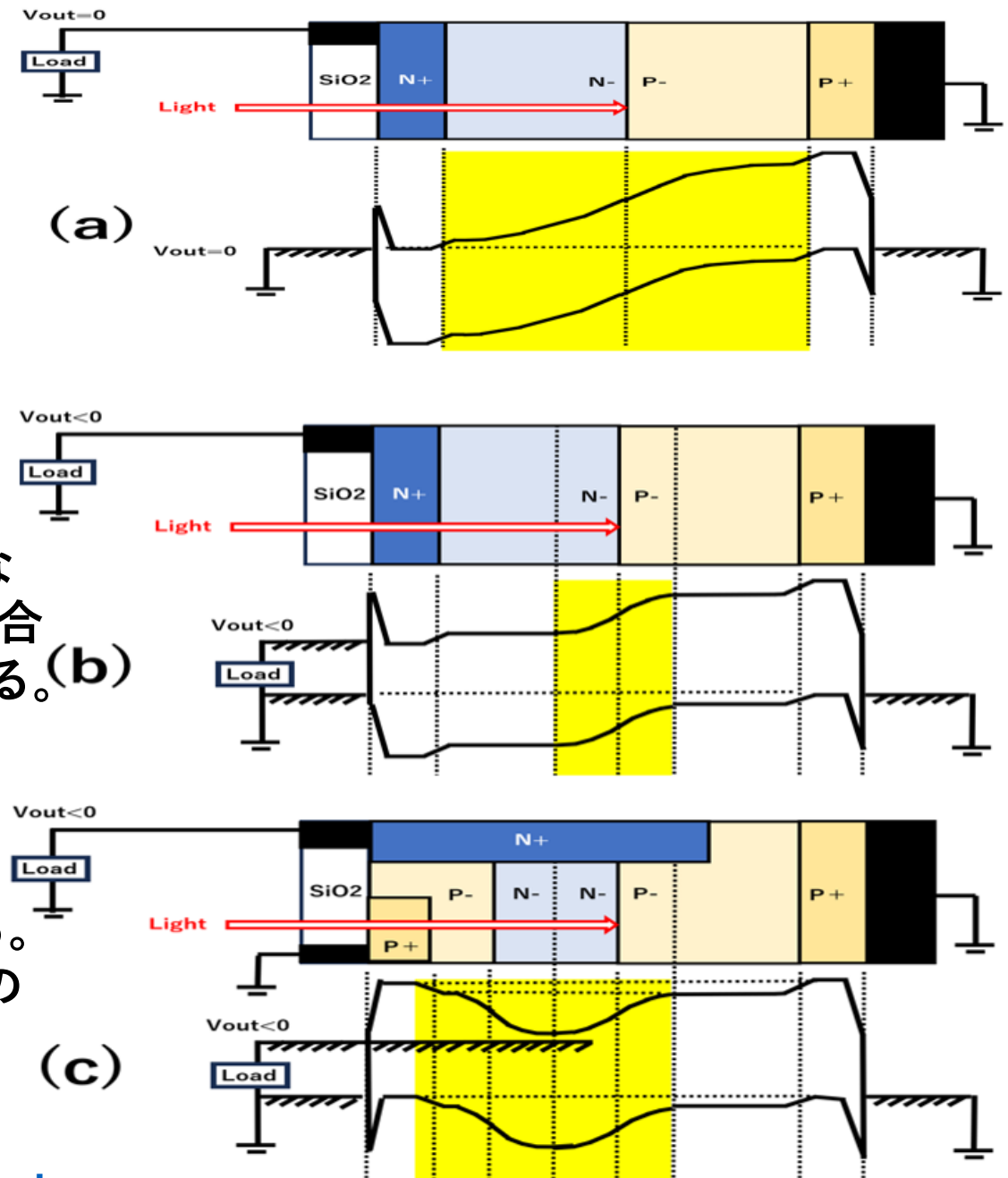
(a) N+N-P-P+シングル接合型太陽電池の場合、
出力電圧 $V_{out} = 0$ の場合、有効な
光電変換（空乏層）領域は最大となるが、
出力パワー $Power = (I_{out})(V_{out})$ はゼロである。

(b) N+N-P-P+シングル接合型太陽電池の場合、
最大パワー出力時の電圧が $V_{out} \sim -EG/2$ の場合有効な
光電変換（空乏層）領域が減少し、順方向電流がN+P接合
表面積と出力電圧に比例し急増し光電変換効率が劣化する。(b)

(c) P+P-N-N-P-P+ダブル接合型太陽電池の場合、
最大出力電圧 $V_{out} \sim -EG/2$ の場合でも有効な
光電変換（空乏層）領域は2倍以上である。さらに
受光表面のP+P濃度勾配によるバリア電界も貢献する。
 $V_B = kT \ln(P+/P-)$ も有効光電変換に寄与、出力端子の
N+P接合面積に比例する順方向電流も非常に小さい。

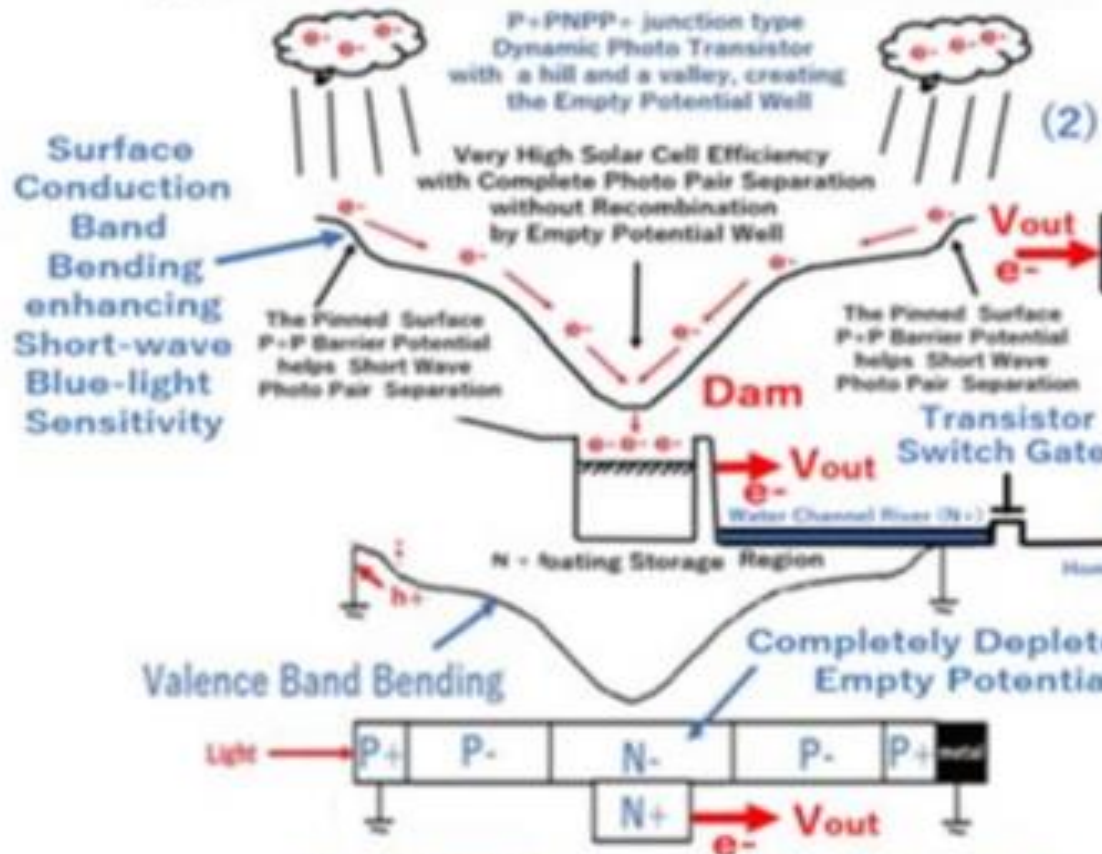
<http://www.aiplab.com/>

[Chronology of Silicon based Image Sensor Development](#)



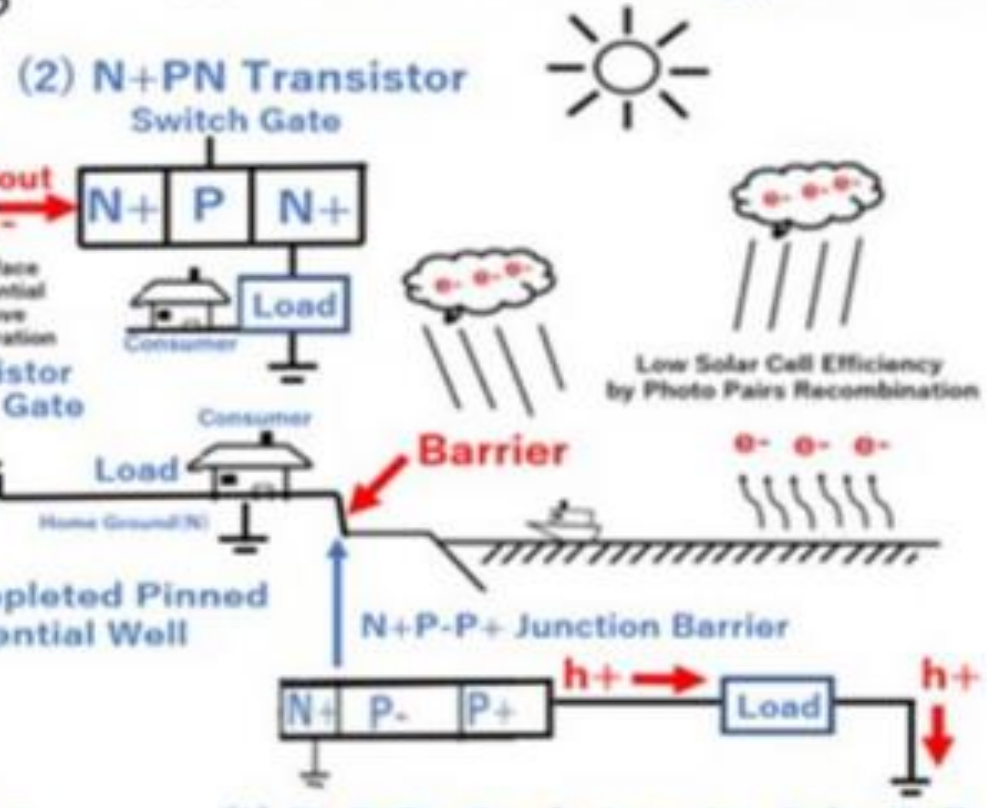
Water Barrier, Water Gate and Water Dam Analogy

(3) P+PNPP+ Junction type Solar Cell



(3) P+PNPP+ Junction type Solar Cell

(1) N+P-P+ Junction type Solar Cell



(1) N+P-P+ Single Junction Solar Cell

偉大な我々の祖先は堤防と水門とダムを発明し水を利用した。
 ベル研の科学者は1947年12月23日に電子の水門を発明した。
 SONYの萩原は1975年3月5日に電子のダムを発明した。

Herbet Kroemer は BASE に P+P 領域をもうけて高周波数 Bipolar Transistor を発明してノーベル賞を授賞。

https://en.wikipedia.org/wiki/Herbert_Kroemer

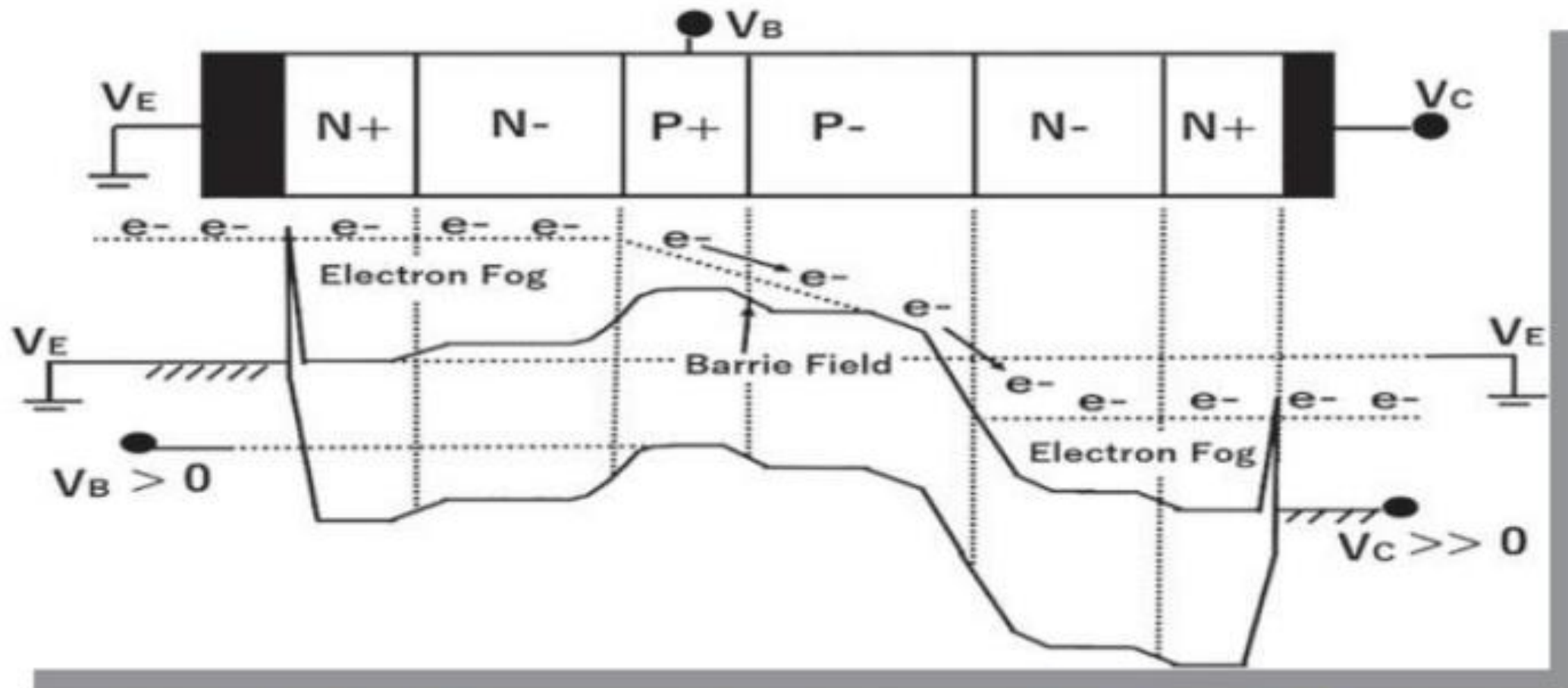


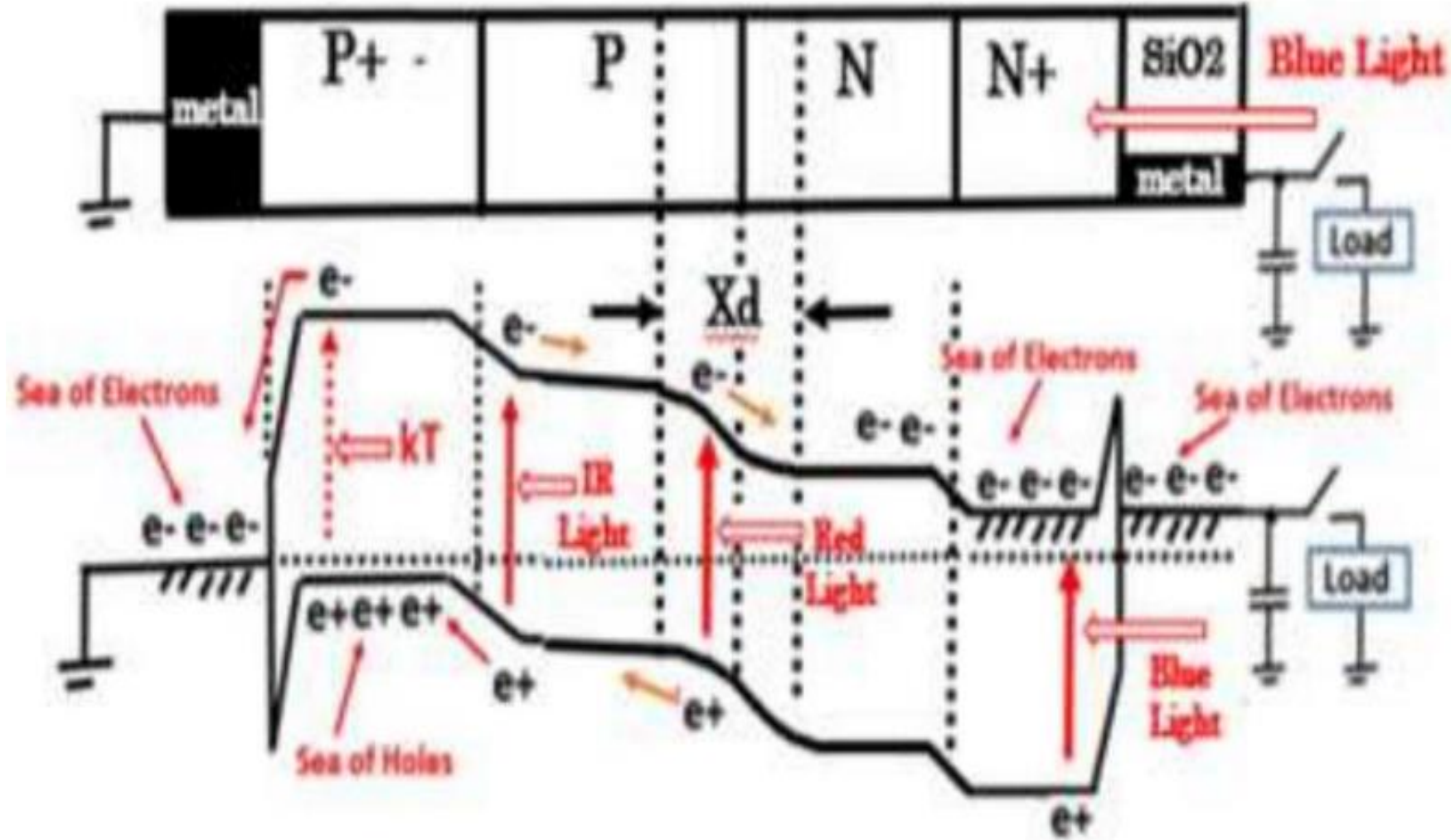
Figure 1: The drift-field transistor for high frequency operations, invented by Herbert

[Chronology of Silicon based Image Sensor Development](#)

Sony は1960年代に入り表面をKOH液エッチングして基板抵抗値を下げ、EmitterをN+Nとして、N+NP+P-N-N+接合型 Bip Tr 技術を完成させた。
もとSonyの江崎玲於奈はP+N+ 接合ダイオードのトンネル現象の理論解析でノーベル賞を授賞した。

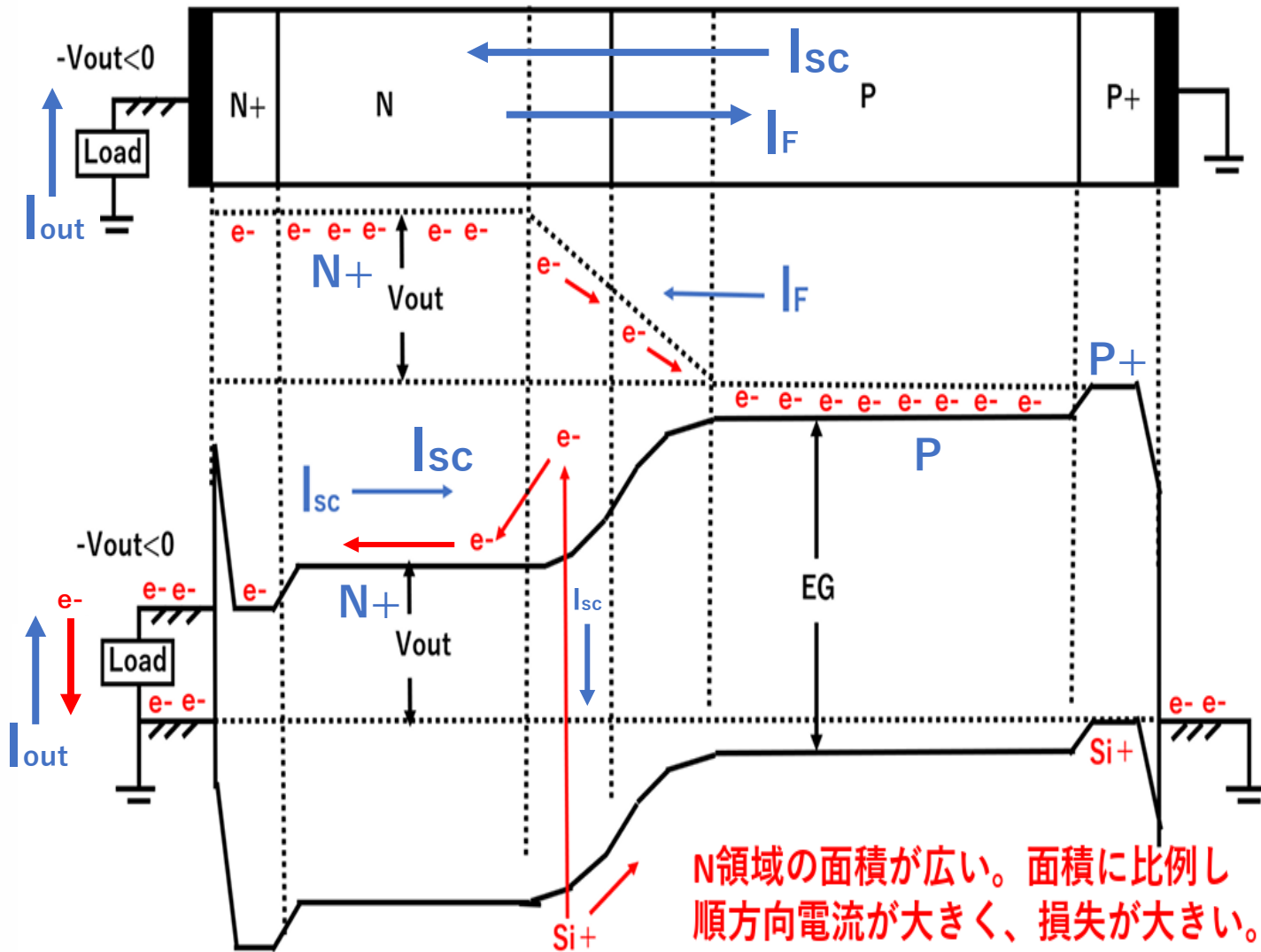
従来のN+NPP+接合型太陽電池では、受光表のN+層の電位がFLATでFloating状態にあり電界が存在しない。

従来の太陽電池が量子効率（光電変換効率）が悪いのは再結合領域の存在が大きな部分を占める事が原因である。



従来のN+NPP+接合型太陽電池は、受光表面積に比例した順方向大電流 I_F が流れて変換効率の損失を招く。

N+NPP+シングル接合型Solar Cellの順方向電流 I_F



従来のN+NPP+シングル接合型太陽電池

$$I_{sc} = I_{out} + I_F$$

$$I_{out} = V_{out} / R_{Load}$$

$$I_F = A_{N+} \exp(V_{out}/kT)$$

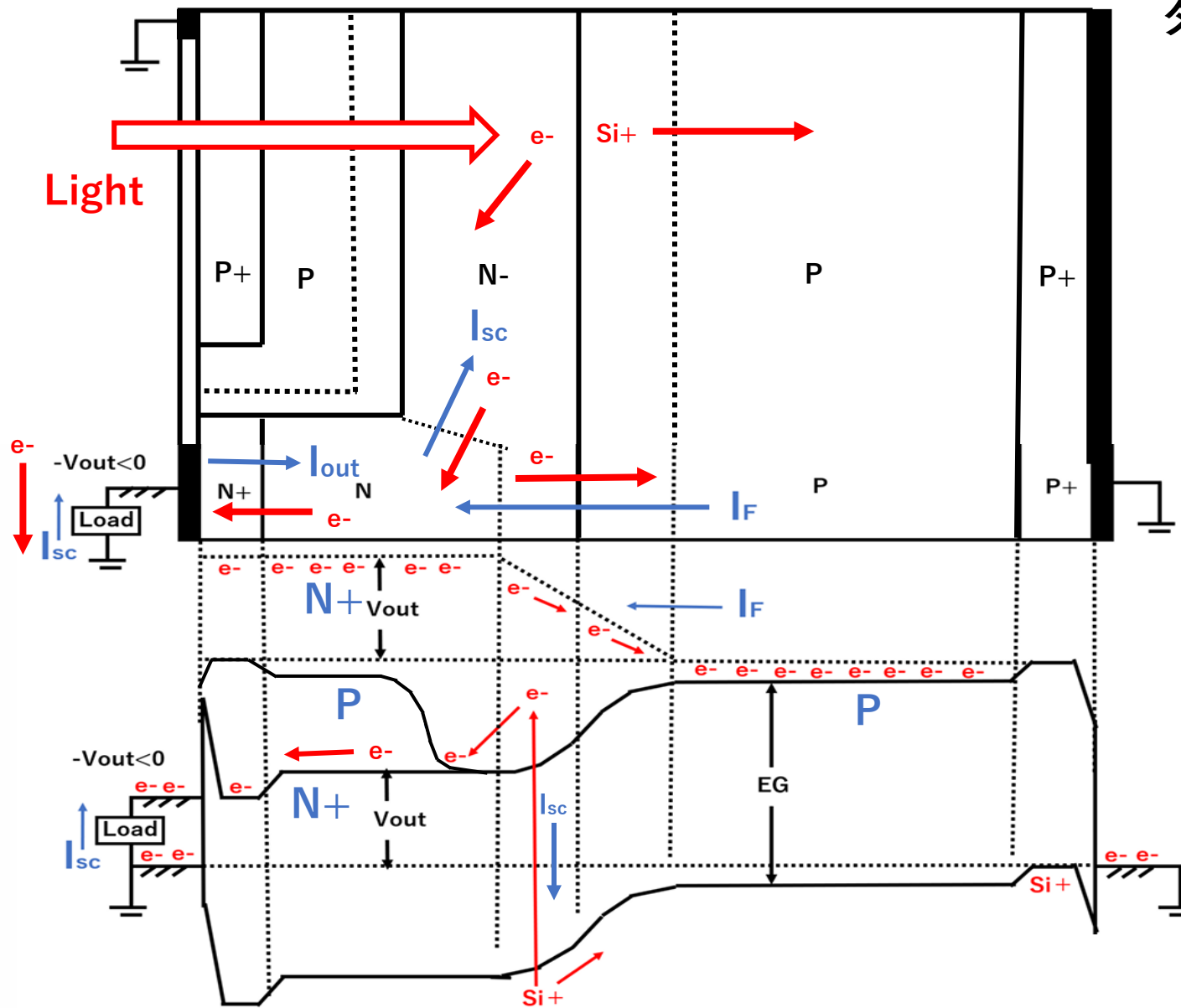
$$I_{sc} = A_{sc} J_{sc}$$

$$A_{sc} \sim A_{N+}$$

従来のN+NPP+シングル接合型太陽電池も、広い受光表面積 A_{sc} に比例して光電流出力 I_{sc} を得るが再結合も大きい。

従来のN+NPP+接合型太陽電池は、広いN+N領域 A_{N+} に比例した順方向大電流 I_F が流れて変換効率の損失を招く。

ダブル接合Pinned Photodiode 型太陽電池



$$I_{sc} = I_{out} + I_F$$

$$I_{out} = V_{out} / R_{Load}$$

$$I_F = A_{N+} \exp(V_{out}/kT)$$

$$I_{sc} = A_{sc} J_{sc}$$

$$A_{sc} \gg A_{N+}$$

See JPA2020-131313 (JP6828108)

P+PN-PP+ダブル接合Pinned Photodiode型太陽電池も、広い受光表面積 A_{sc} に比例して光大電流出力 I_{sc} を得る。一方、出力電流 I_{out} が流れ出る N+N-PP+領域の表面積 A_{N+} は小さく、それに比例する順方向大電流 I_F も小さい。

Numerical Analysis of Double Junction Pinned Photodiode type Solar Cell

[C2024_03_18_a.c](#)

[C2024_03_18_Z1.txt](#)

[C2024_03_18_G1.html](#)

[C2024_03_18_A1.txt](#)

[C2024_03_18_Z2.txt](#)

[C2024_03_18_G2.html](#)

[C2024_03_18_A2.txt](#)

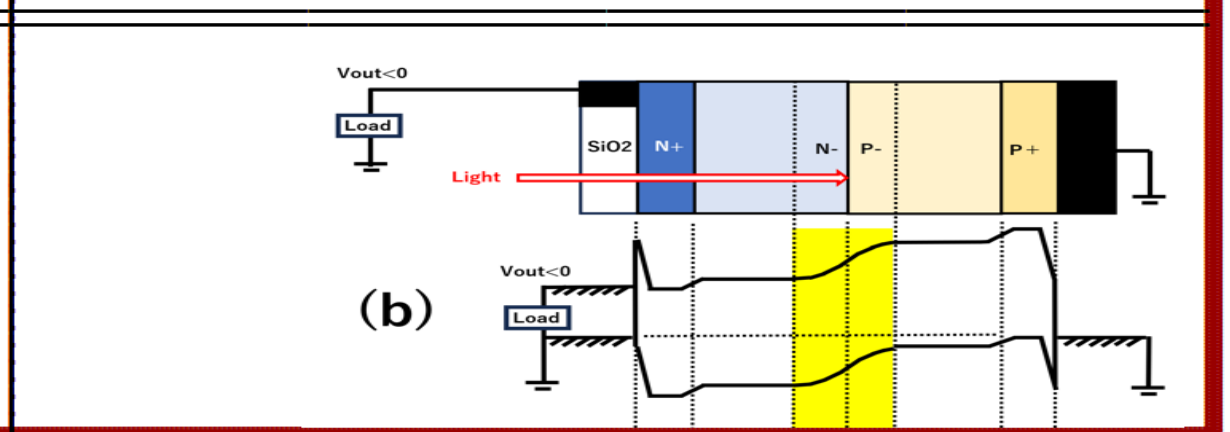
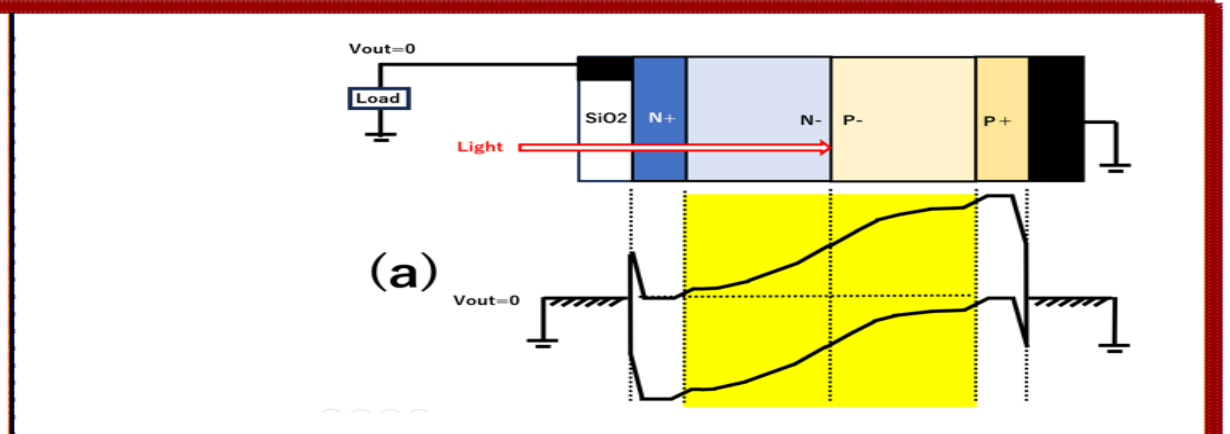
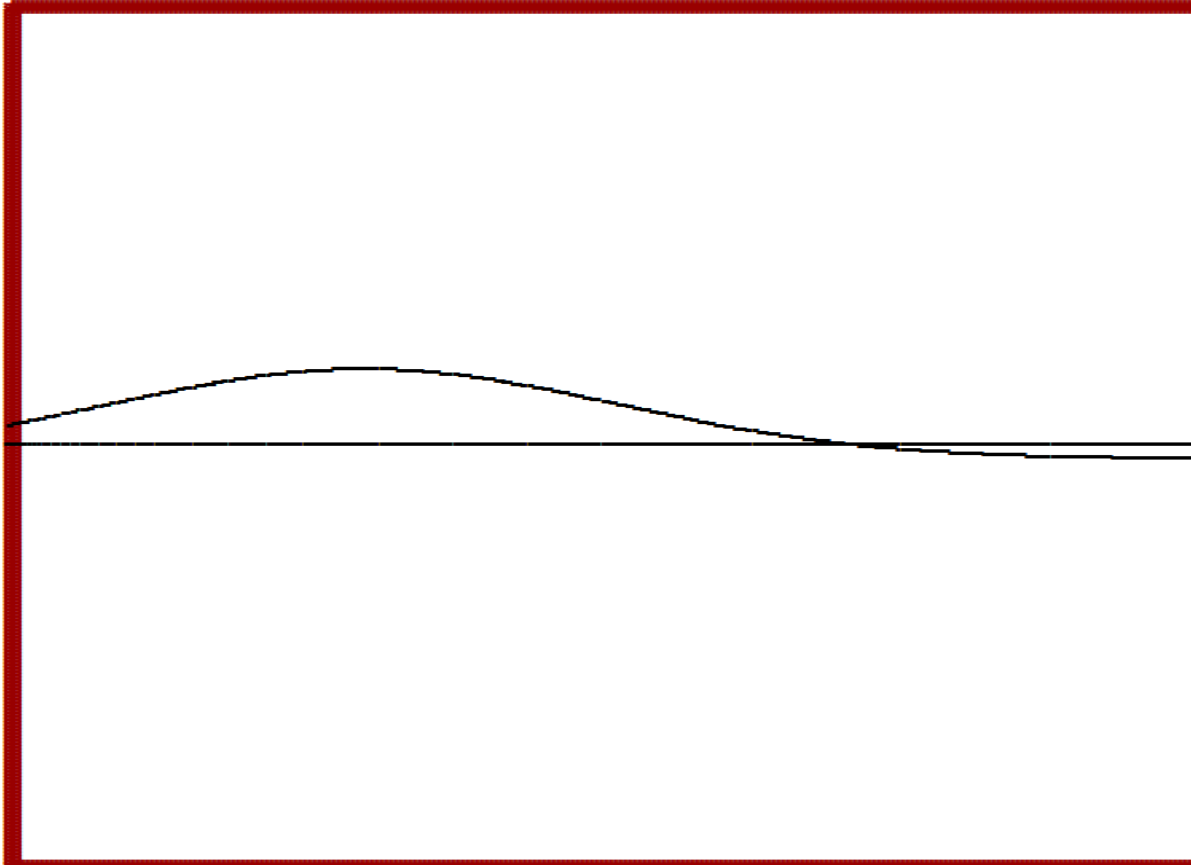
[C2024_03_18_Z3.txt](#)

[C2024_03_18_G3.html](#)

[C2024_03_18_A3.txt](#)

```
***** G1.html, March 17, 2024 by Yoshiaki Hagiwara, AIPS *****  
XYPLOT Normalized Dope(X) { xmin=0,xmax=2,Dmin=-1,Dmax=1;} for Single Junction Solar Cell  
*****  
double Dsub=1000,NV=100000000;  
  
double DNNS=6000, XNN=0.3,RNN=0.3;
```

NP Single Junction Solar Cell



Numerical Analysis of Double Junction Pinned Photodiode type Solar Cell

[C2024 03 18 a.c](#)

[C2024 03 18 Z1.txt](#)

[C2024 03 18 G1.html](#)

[C2024 03 18 A1.txt](#)

[C2024 03 18 Z2.txt](#)

[C2024 03 18 G2.html](#)

[C2024 03 18 A2.txt](#)

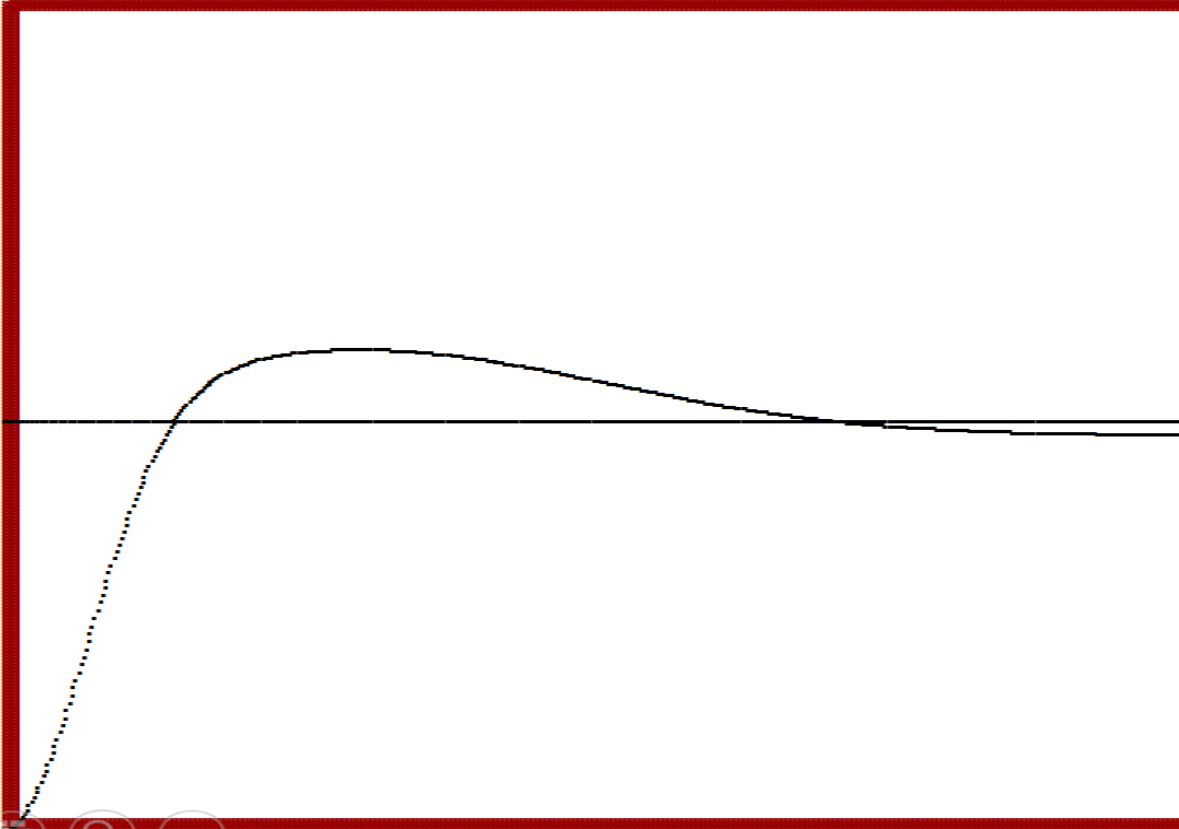
[C2024 03 18 Z3.txt](#)

[C2024 03 18 G3.html](#)

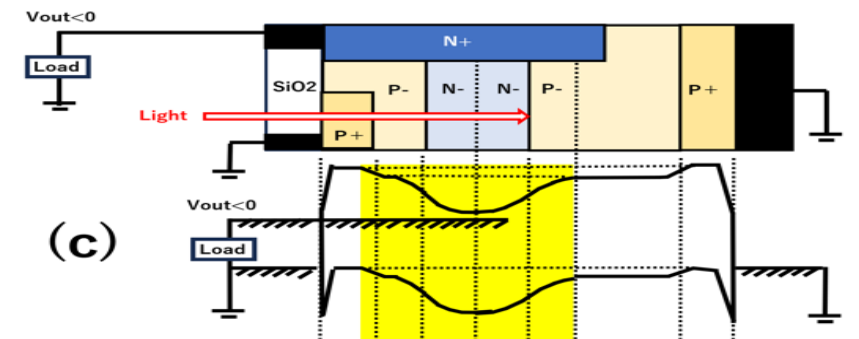
[C2024 03 18 A3.txt](#)

```
***** G2.html, March 17, 2024 by Yoshiaki Hagiwara, AIPS *****
XYPLOT Normalized Dope(X) { xmin=0,xmax=2,Dmin=-1,Dmax=1;} for Double Junction Solar Cell
*****
double Dsub=1000,NV=100000000;
double DPPS=30000,XPP=0.0,RPP=0.1;
double DNNS=6000, XNN=0.3,RNN=0.3;
```

PNP Double Junction Solar Cell



```
XM=X[218]=0.437723  DM=D[218]=3859.855281  VM=YY[218]=0.454669
I1=18  IM=218  I2=629  XN1=0.145573  XM=0.437723  XN2=1.261063
D1=-24226.918413  DM=3859.855281  D2=-999.784498
V1=0.897200  VM=0.454669  V2=0.815311
```



Numerical Analysis of Double Junction Pinned Photodiode type Solar Cell

[C2024_03_18_a.c](#)

[C2024_03_18_Z1.txt](#)

[C2024_03_18_G1.html](#)

[C2024_03_18_A1.txt](#)

[C2024_03_18_Z2.txt](#)

[C2024_03_18_G2.html](#)

[C2024_03_18_A2.txt](#)

[C2024_03_18_Z3.txt](#)

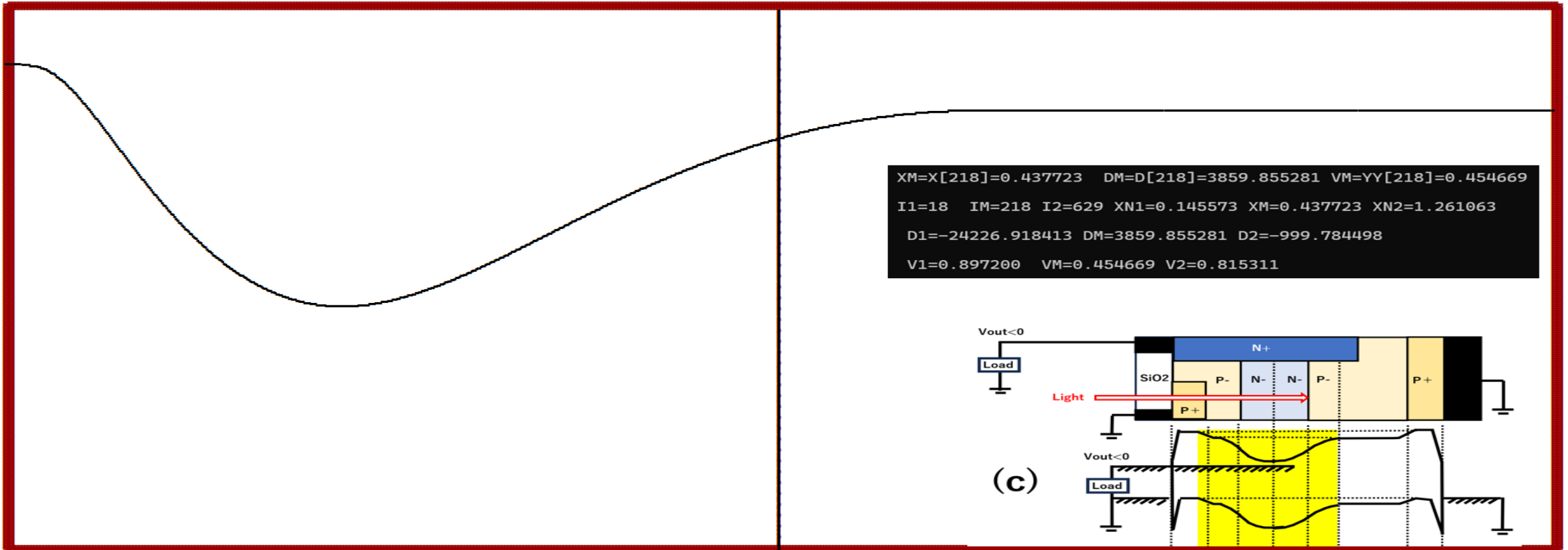
[C2024_03_18_G3.html](#)

[C2024_03_18_A3.txt](#)

***** G3.html, March 17, 2024 by Yoshiaki Hagiwara, AIPS *****
XYPLOT Normalized { xmin=0,xmax=2,Vmin=0,Vmax=1; } of Electron Potential Profile V(X) ;

```
double Dsub=1000,NV=100000000;  
double DPPS=30000,XPP=0.0,RPP=0.1;  
double DNNS=6000, XNN=0.3,RNN=0.3;
```

PNP Double Junction Solar Cell

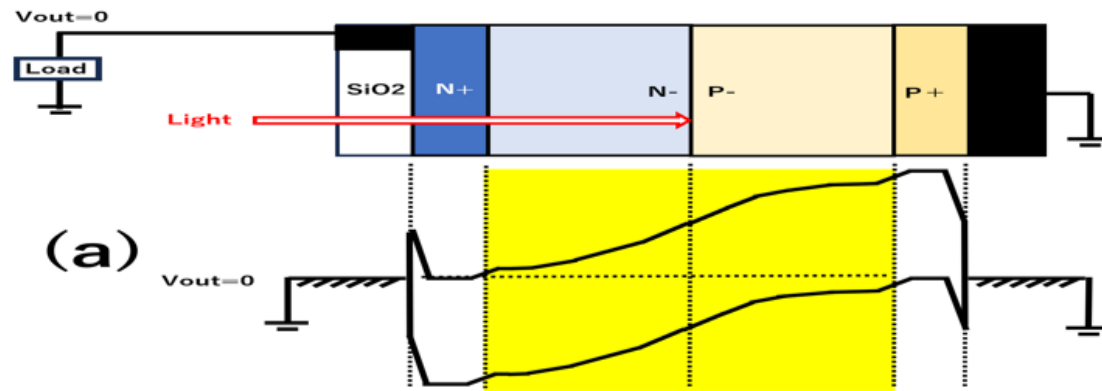


ダブル接合Pinned Photodiode 型太陽電池

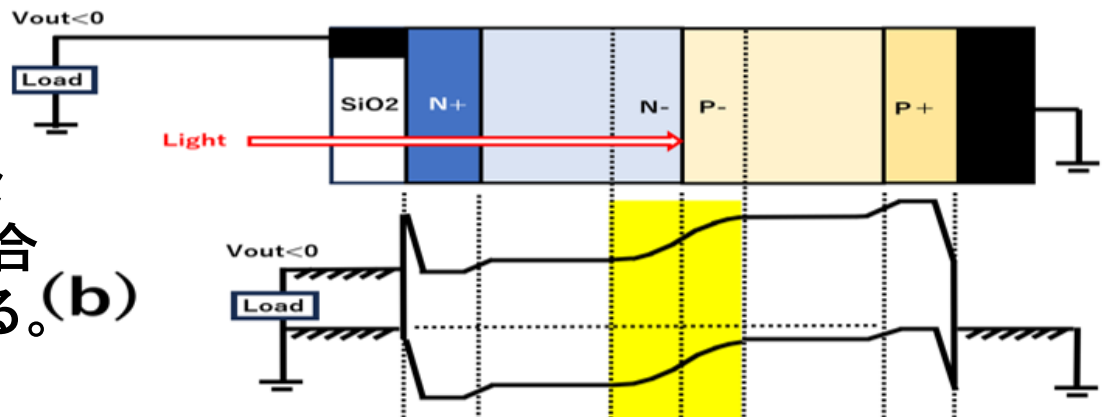
JPA2020-131313 (JP6828108) filed on Aug 1, 2020
by Yoshiaki Daimon Hagiwara, AIPS.

Japanese Patent Application JPA2020-131313

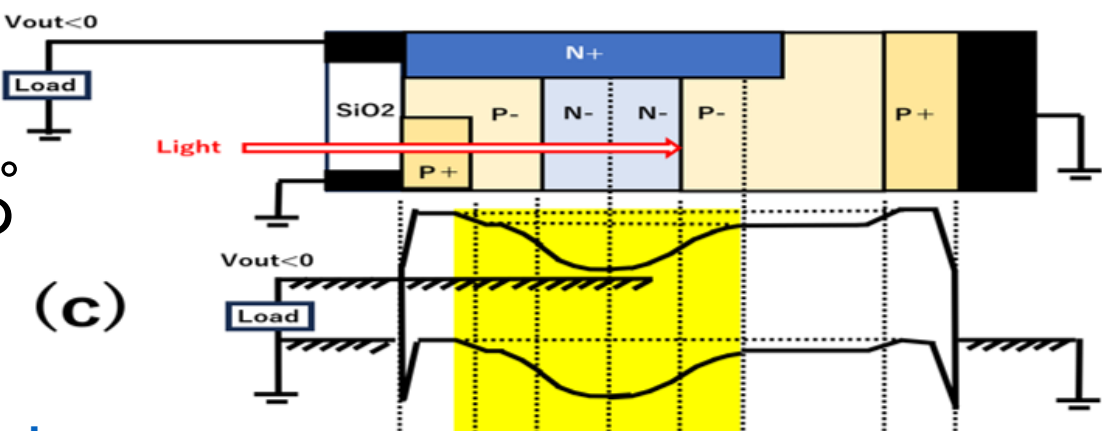
(a) N+N-P-P+シングル接合型太陽電池の場合、
出力電圧 $V_{out} = 0$ の場合、有効な
光電変換（空乏層）領域は最大となるが、
出力パワー $Power = (I_{out})(V_{out})$ はゼロである。



(b) N+N-P-P+シングル接合型太陽電池の場合、
最大パワー出力時の電圧が $V_{out} \sim -EG/2$ の場合有効な
光電変換（空乏層）領域が減少し、順方向電流がN+P接合
表面積と出力電圧に比例し急増し光電変換効率が劣化する。



(c) P+P-N-N-P-P+ダブル接合型太陽電池の場合、
最大出力電圧 $V_{out} \sim -EG/2$ の場合でも有効な
光電変換（空乏層）領域は2倍以上である。さらに
受光表面のP+P濃度勾配によるバリア電界も貢献する。
 $V_B = kT \ln(P+/P-)$ も有効光電変換に寄与、出力端子の
N+P接合面積に比例する順方向電流も非常に小さい。



<http://www.aiplab.com/>