

アルメニアのエレバンの町

<https://media.eurasia.co.jp/europe/ararat>

トルコ東部、イランやアルメニア国境近くに位置するアララト山(海拔5,137m)。南東に小アララト山(3,925m)を従え、切り立った独立峰として古くから聖なる山として信仰されてきました。特に歴史的に同地域で生活して来たアルメニア人にとっては、日本人にとっての富士山と類似した信仰の対象になっています。

旧約聖書、ノアの方舟伝説のアララト山(トルコ、アルメニア) - VOYAGE 世界見聞録 -

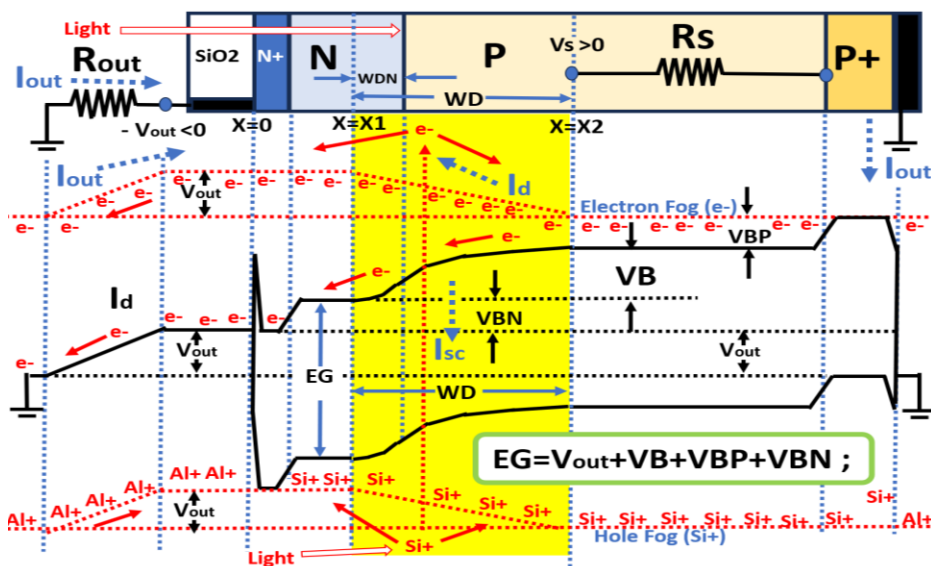
私は、学生時代(1967-1975)に母校CALTECHの恩師と先輩たちがINTEL社を立ち上げて、米国カリフォルニアにシリコンバレー半導体拠点をINTEL社が築いたのを見て学んだ。SONY入社し後輩社員の技術指導教育に専念して九州にシリコンアイランドを産んだ。

アルメニアのエレバンの町にシリコンマウンテン半導体生産拠点の実現に挑戦したい。

アルメニア・エレバンにシリコン・マウンテン半導体生産拠点実現に貢献したい 萩原良昭

半導体受光素子の物理学

Conventional N+NPP+ Single Junction Solar Cell



$V_{out} = 0 \text{ V} ; DP = 100 ;$

$\log_{10}(DN/DP)$	WD	WDN
1	3.549050	1.774525
2	2.788880	0.253535
3	2.814624	0.027868
4	2.936866	0.002934
5	3.064376	0.000306
6	3.187861	0.000032

[C2025_07_25.txt](#)

DP=250.000000 DN=28000000.000000 VBP=0.301120 VBN=0.000000

***** **N+PP+ 接合型太陽電池**

Vout=0.000000	VB=0.808880	QD=511.932403	WDN=0.000018	WDP=2.047730	WD=2.047748
Vout=0.100000	VB=0.708880	QD=479.244275	WDN=0.000017	WDP=1.916977	WD=1.916994
Vout=0.200000	VB=0.608880	QD=444.156914	WDN=0.000016	WDP=1.776628	WD=1.776644
Vout=0.300000	VB=0.508880	QD=406.048832	WDN=0.000015	WDP=1.624195	WD=1.624210
Vout=0.400000	VB=0.408880	QD=363.972448	WDN=0.000013	WDP=1.455890	WD=1.455903
Vout=0.500000	VB=0.308880	QD=316.348277	WDN=0.000011	WDP=1.265393	WD=1.265404

DP=250.000000 DN=500.000000 VBP=0.301120 VBN=0.257516

***** **N+NPP+ 接合型太陽電池**

Vout=0.000000	VB=0.551364	QD=345.100850	WDN=0.690202	WDP=1.380403	WD=2.070605
Vout=0.100000	VB=0.451364	QD=312.241248	WDN=0.624482	WDP=1.248965	WD=1.873447
Vout=0.200000	VB=0.351364	QD=275.489740	WDN=0.550979	WDP=1.101959	WD=1.652938
Vout=0.300000	VB=0.251364	QD=233.012010	WDN=0.466024	WDP=0.932048	WD=1.398072
Vout=0.400000	VB=0.151364	QD=180.816472	WDN=0.361633	WDP=0.723266	WD=1.084899
Vout=0.500000	VB=0.051364	QD=105.330891	WDN=0.210662	WDP=0.421324	WD=0.631985

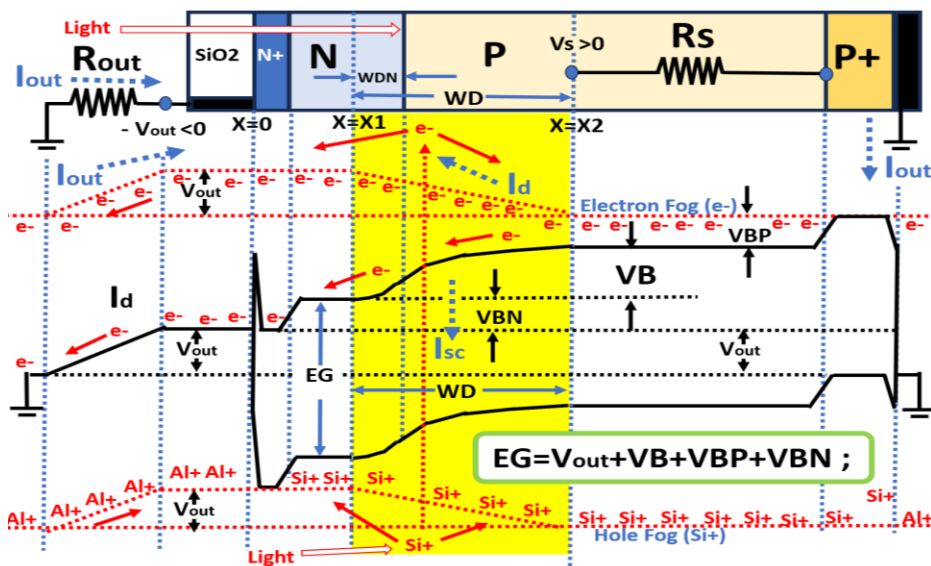
DP=250, DN=500 の値でP+NP+接合型太陽電池では $2 \text{ WD} = 4.14 \mu\text{m}$ 以上が可能である！

シングルN+NPP+ 接合の物理学

簡単な熱拡散のみでの製法では表面N層の濃度(DN)が濃い方が空乏層幅(WD)は広がる。N層の深さ(WDN)も浅くできる。しかしイオン打ち込みを使う事ができると、表面N層の不純物濃度(DN)を基板の濃度(DP)と等しくすると、空乏層幅を最大値にできる。イオン打ち込み装置を利用して、太陽電池の変換効率を向上する事が可能である。

半導体受光素子の物理学

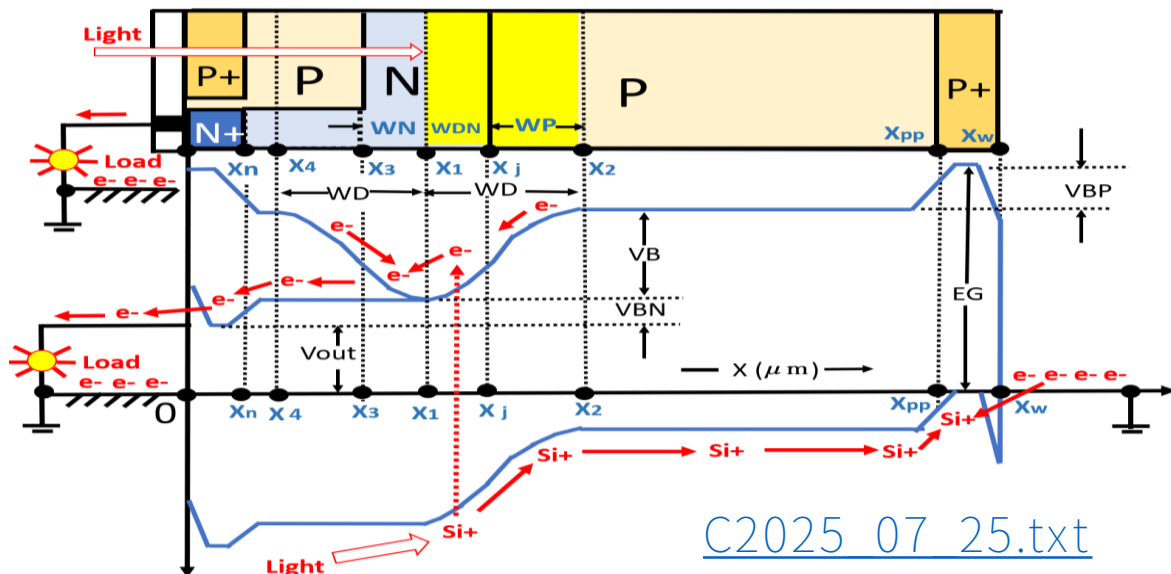
Conventional N+NPP+ Single Junction Solar Cell



$$V_{out} = 0 \text{ V} ; DP = 100 ;$$

$\log_{10}(DN/DP)$	WD	WDN
1	3.549050	1.774525
2	2.788880	0.253535
3	2.814624	0.027868
4	2.936866	0.002934
5	3.064376	0.000306
6	3.187861	0.000032

JPA2020-131313 P+PNPP+ Double Junction Solar Cell



シングルN+NPP+ 接合の物理学

簡単な熱拡散のみでの製法では表面N層の濃度 (DN)が濃い方が空乏層幅(WD)は広がる。N層の深さ(WDN)も浅くできる。しかしイオン打ち込みを使う事ができると、表面N層の不純物濃度(DN)を基板の濃度(DP)と等しくすると、空乏層幅を最大値にできる。イオン打ち込み装置を利用して、太陽電池の変換効率を向上する事が可能である。

ダブルP+PNPP+ 接合の物理学

単純に受光表面のP+P層のX3の値は小さくする。埋め込み層の幅は $XJ \sim (2)(WDN) = 3.549 \mu\text{m}$ を目標とする。高エネルギーイオン打ち込みで濃度ピーク値の深さは $3 \mu\text{m}$ が必要目標となる。空乏層幅 $WD \sim (3)(WDN) = 5.323575 \mu\text{m}$ を得る。

DP=250, DN=500 の値でP+PNPP+接合型太陽電池では $2 WD = 4.14 \mu\text{m}$ 以上が可能である！

C2025 07 25.txt



一般社団法人

半導体産業人協会

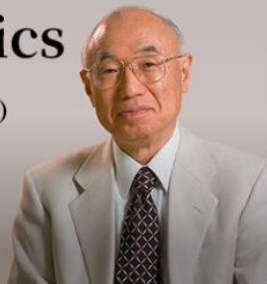
Society of Semiconductor Industry Specialists

2025_07_17

<https://www.ssis.or.jp/>

Electronics Weekly (英)

に掲載。



**Electronics Weekly (英) に
牧本ウェブの延長版 (2037年まで)
が掲載されました。**

趣旨はチップレットの到来によってカスタム化が容易となり新しい波が立ち上がるというもの

です。
2025年7月1日 特別顧問 牧本次生

牧本ウェブに関する詳細はこちら。

第4展示室 | 牧本資料室



**SSIS会員/元教育委員長 萩原良昭氏が
2025年5月、アルメニア国
Global High Tech Awardを受賞
されました。**

関連記事：

Pinned-surface and double-junction photodiode
type super high-performance image sensor with
built-in solar cell structure

萩原氏の寄稿文がEncore 129号に掲載される予定

【要旨】 バイポーラトランジスタ構造をヒントにして、イオン打ち込み装置を駆使して電荷転送電極（CTD）と自己整合型で受光面のP+P層を形成した、ダブルとトリプル接合型の受光素子。

【特徴】 従来型と比較してイメージラグがなく、かつ光感度も非常に高い超高性能イメージセンサーを実現。イメージセンサーのみならず太陽電池にも応用可能。



2025年度 第12回 SSIS-NEDIA 関西シンポジウム開催案内

**「世界経済に不透明感が漂う中で、
今後の半導体の先行きを探る！」**

一般社団法人 半導体産業人協会（SSIS）
一般社団法人 日本電子デバイス産業協会（NEDIA）

2025年8月28日（木）開催

参加申し込み受付中
締め切り:8月19日（火）



2025年6月16日（月）午前10時～11時 @厚木市山口市長室



2025年6月16日（月）午前10時～11時 @厚木市山口市長室



2025年6月16日（月）午前10時～11時 @厚木市山口市長室



岩崎正昭

宮坂力

萩原良昭

土谷知男

2025年7月9日（水）午後3時～5時 @桐蔭横浜大学 宮坂力教授室

萩原 aips 研究所が創る人工知能（A I）搭載のロボットは、人間にやさしい、自然にやさしい、人間を助けるパートナーとして、いろいろな目的での活躍が期待されるシステム・ロボットです。太陽光をエネルギー源とし、その超光感度の電子の目はそのままでも光電変換効率の高い太陽電池として機能します。自然にやさしい地球にやさしい、SDGs に貢献する、賢い超光感度の電子の目を持つ自己発電型・人工知能（A I）搭載ロボットです。

鉄腕アトムは半導体部品で構成され創られています。
鉄腕アトムの賢い電子の目は太陽の光を吸収して
光エネルギーを電気エネルギーに変換します。
鉄腕アトムの賢い電子の目は太陽電池でもあります。
賢い電子の目は半導体で造られます。

半導体とは？

SDGs



えッ
本当？
カメラの
電子
シャッター
を

カシャ
カシャ
カシャ

発明したの

は、

わたしの

かっぴ
夫人です

本当です。

ヘー
スバラシイ



ビデオカメラ用の受光素子(Pinned Photodiode) も太陽電池も、両者ともに理想的には1個の光子 (photon) から1個の光電子 (photo electron)を効率よく取り出す事を目標とする半導体部品です。

["Chronology of Silicon-based Image Sensor development"- Y. D. Hagiwara.pdf](#)

https://eds.ieee.org/images/files/newsletters/Newsletter_Jan23.pdf

Single Photon

1 個の光子



Quantum Efficiency (QE) とは？

1 個の光子から1個の電子を取り出す、
変換効率を量子効率 (QE)と言います。

超光感度のパラボラ・アンテナ

Single Photo Electron

1 個の光電子

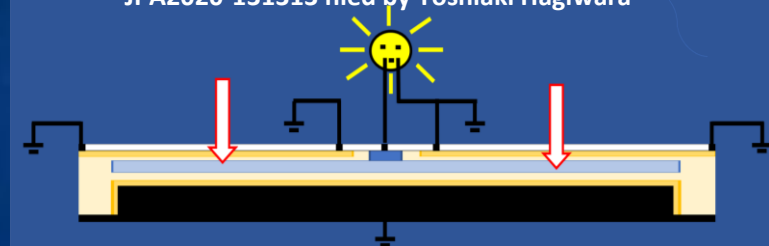
半導体部品

超光感度のパラボラ・アンテナ機能を持つ
P+P-N-P-P+接合型Pinned Photodiode型受光素子は、

- 1) ビデオカメラ用の半導体受光素子としても、
- 2) 量子効率の優れた新型太陽電池としても使えます。

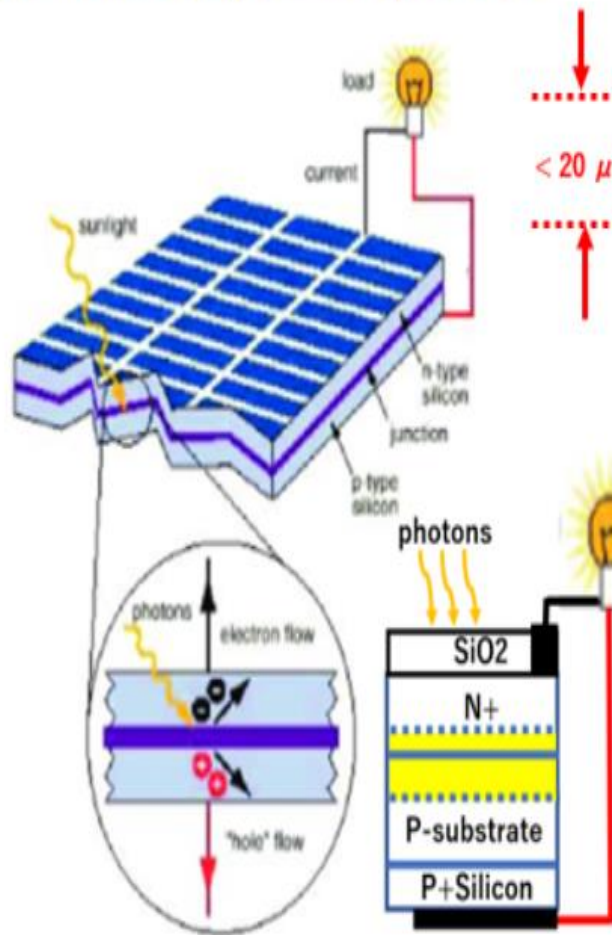
P+P-N-P-P+ junction Pinned Photodiode Solar Cell

JPA2020-131313 filed by Yoshiaki Hagiwara

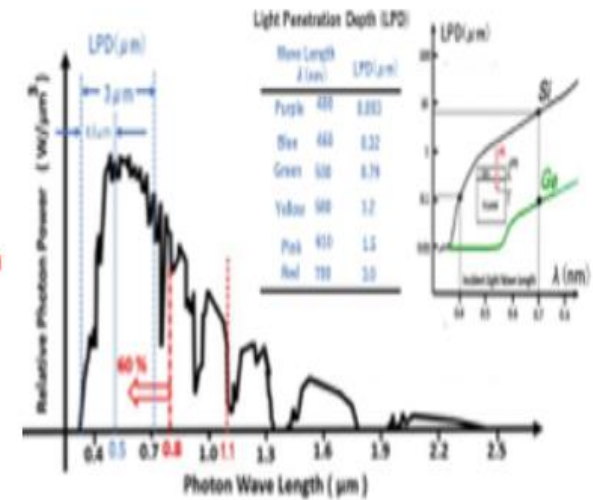
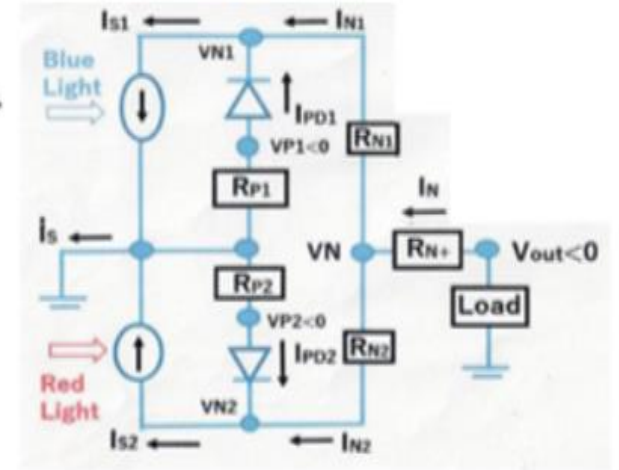
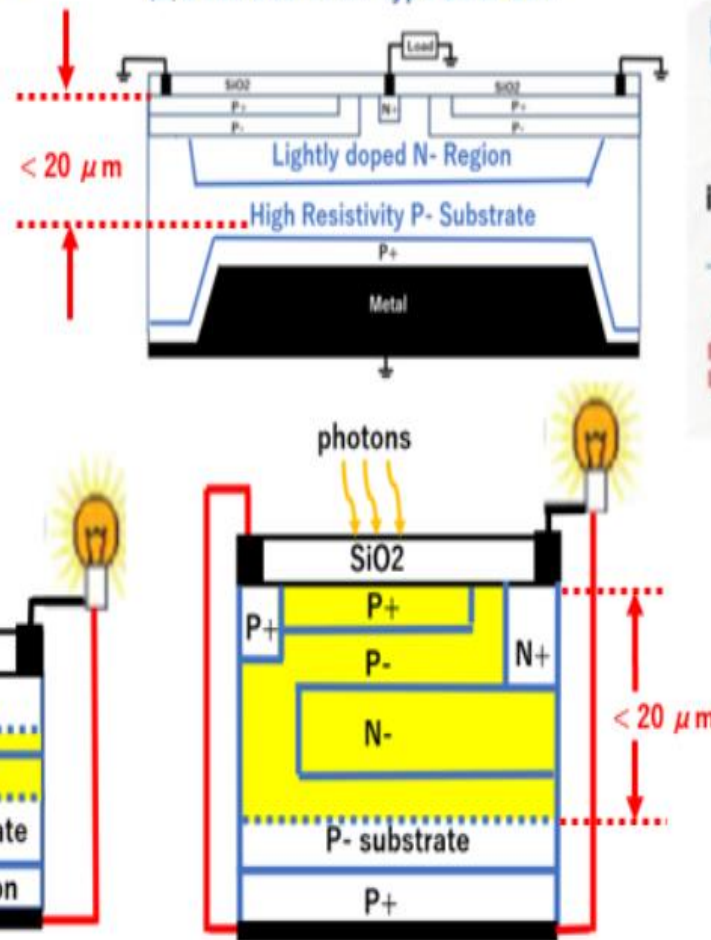


P+P-N-P-P+ Double 接合Pinned Photodiode 型太陽電池も、同様に高い変換効率を持ち、光エネルギーを電気エネルギーに変換します。

(A) Conventional Single Junction type Solar Cell



(B) Double Junction type Solar Cell

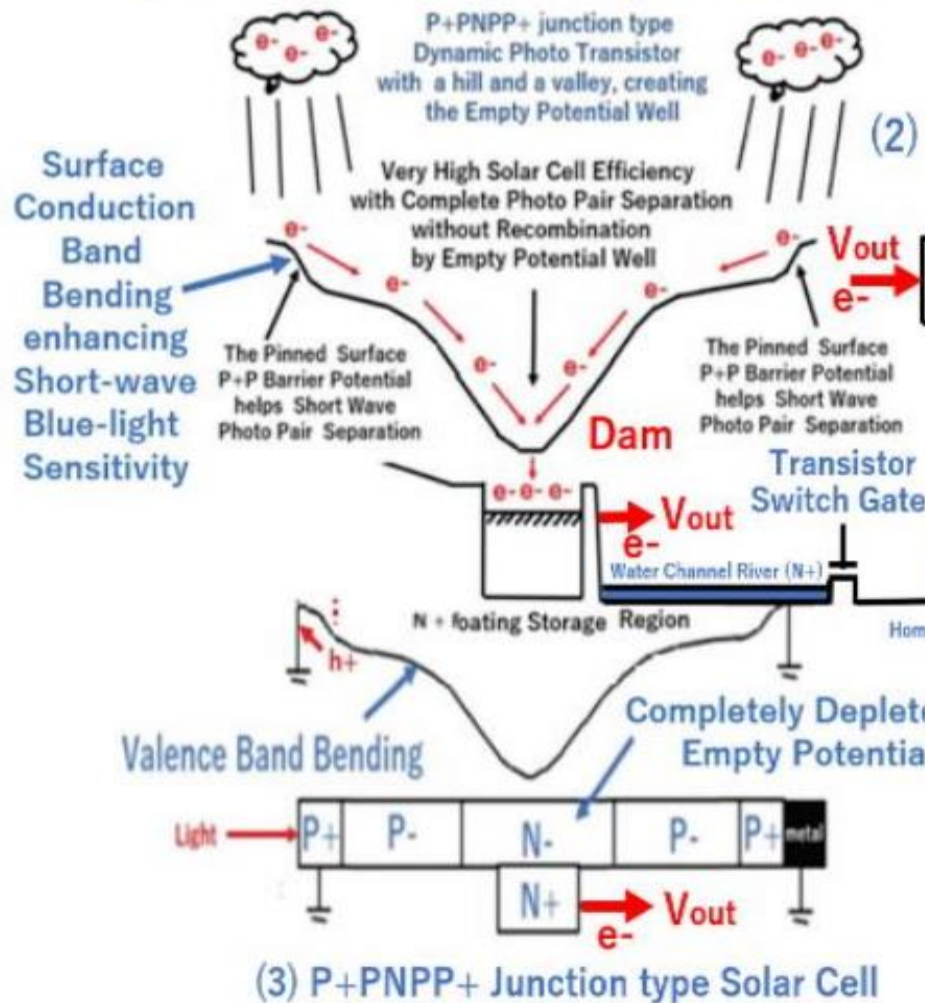


わたしの古里
宮ヶ瀬

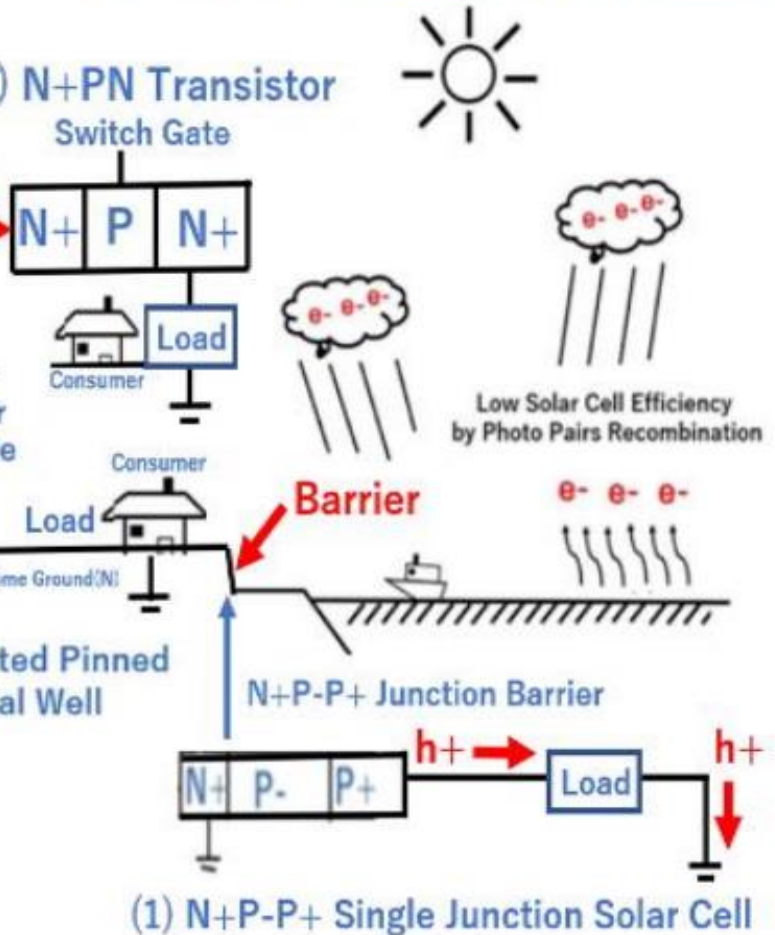


Water Barrier, Water Gate and Water Dam Analogy of Semiconductor.

(3) P+PNPP+ Junction type Solar Cell



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



"Chronology of Silicon-based Image Sensor development"- Y. D. Hagiwara.pdf

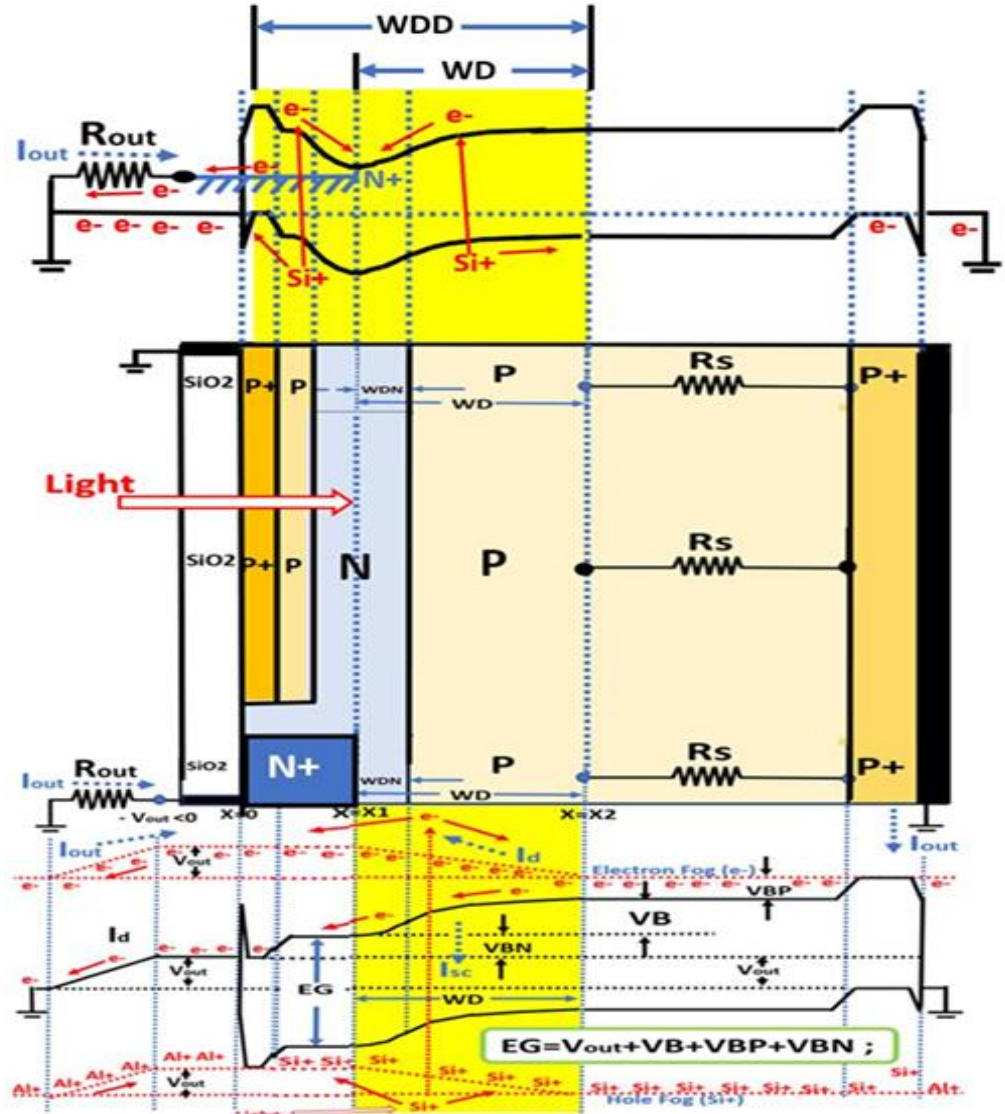
Yoshiaki Daimon Hagiwara, AIPS

Mask 01 N+ Thermal Diffusion
Mask 02 P+ Channel Stop
Mask 03 Contact Window
Mask 04 Metal Wire

Mask 01 Ion-Implanted N region
Mask 02 N+ Thermal Diffusion
Mask 03 P+ Channel Stop
Mask 04 Contact Window
Mask 05 Metal Wire

Mask 01 Ion-Implanted N region
Mask 02 N+ Thermal Diffusion
Mask 03 P+ Channel Stop
Mask 04 Contact Window
Mask 05 Metal Wire

- Mask 01 Ion-Implanted P+P region
- Mask 02 Ion-Implanted N region
- Mask 03 N+ Thermal Diffusion
- Mask 04 P+ Channel Stop
- Mask 05 Contact Window
- Mask 06 Metal Wire



Mask 01 N+ Thermal Diffusion
Mask 02 P+ Channel Stop
Mask 03 Contact Window
Mask 04 Metal Wire

Mask 01 Ion-Implanted N region
Mask 02 N+ Thermal Diffusion
Mask 03 P+ Channel Stop
Mask 04 Contact Window
Mask 05 Metal Wire

Mask 01 Ion-Implanted N region
Mask 02 N+ Thermal Diffusion
Mask 03 P+ Channel Stop
Mask 04 Contact Window
Mask 05 Metal Wire

[illegible]

Mask 01 Ion-Implanted P+P region
Mask 02 Ion-Implanted N region
Mask 03 N+ Thermal Diffusion
Mask 04 P+ Channel Stop
Mask 05 Contact Window
Mask 06 Metal Wire

<https://pdf.elspublishing.com/paper/journal/open/ESP/2025/esp20250003.pdf>

The evidence is given below by the patent application sheet Hagiwara at Sony invented Pinned Photodiode on March 5, 1975.

[illegible]

半導体受光素子の物理学

重要な関係式

$$E_G = 1.11 \text{ eV};$$

$$kT = 0.0259 \text{ eV};$$

$$E_{si} = 648 \text{ e}/(\text{V} \cdot \mu\text{m});$$

$$N_C = 10400000 \text{ e}/(\mu\text{m})^{**3};$$

$$N_V = 28000000 \text{ e}/(\mu\text{m})^{**3};$$

*****:

$$(1) \quad \{ DP = N_v \exp(-V_{BP}/kT) - N_c \exp((V_{BP}-E_G)/kT); \}$$

$$(2) \quad \{ DN = N_c \exp(-V_{BN}/kT) - N_v \exp((V_{BN}-E_G)/kT); \}$$

$$(3) \quad \{ E_G = V_{out} + V_{BP} + V_{BN} + V_B; \}$$

$$(4) \quad \{ DPN = (DP \cdot DN) / (DP + DN); \}$$

$$(5) \quad \{ WD = \sqrt{2 \cdot E_{si} \cdot V_B / DPN}; \}$$

$$(6) \quad \text{if } \{ DP=0; \}, \{ V_{BPP} = (E_G + kT \cdot \ln(N_V/N_C)) / 2 = 0.567826; \}$$

$$(7) \quad \text{if } \{ DN=0; \}, \{ V_{BNN} = (E_G + kT \cdot \ln(N_C/N_V)) / 2 = 0.542174; \}$$

Vout = 0 v ; DP =100 ;

$\log_{10}(DN/DP)$	WD	WDN
1	3.549050	1.774525
2	2.788880	0.253535
3	2.814624	0.027868
4	2.936866	0.002934
5	3.064376	0.000306
6	3.187861	0.000032

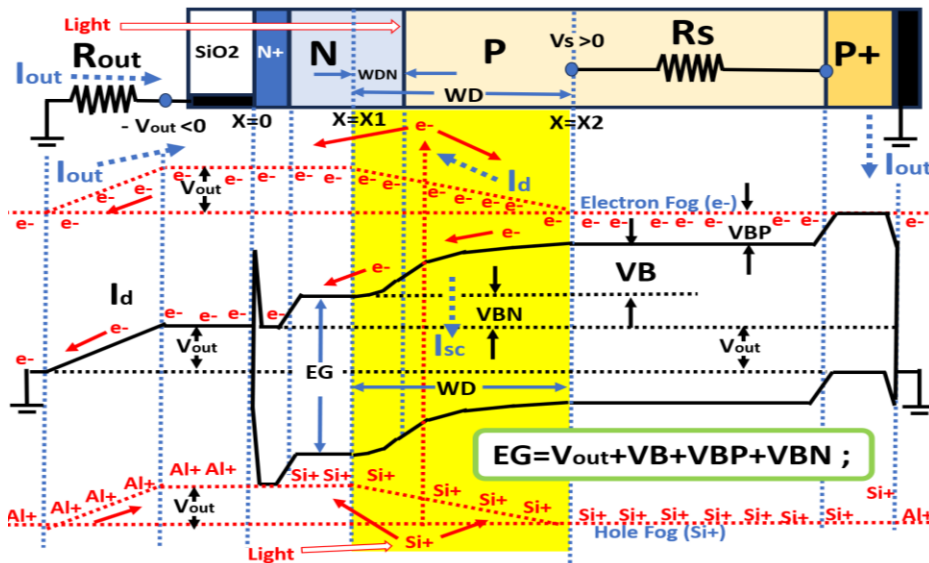
[C2025_07_25.txt](#)

シングルN+NPP+接合の物理学

簡単な熱拡散のみでの製法では表面N層の濃度(DN)が濃い方が空乏層幅(WD)は広がる。N層の深さ(WDN)も浅くできる。しかしイオン打ち込みを使う事ができると、表面N層の不純物濃度(DN)を基板の濃度(DP)と等しくすると、空乏層幅を最大値にできる。イオン打ち込み装置を利用して、太陽電池の変換効率を向上する事が可能である。

半導体受光素子の物理学

Conventional N+NPP+ Single Junction Solar Cell



Vout = 0 v ; DP =100 ;		
log ₁₀ (DN/DP)	WD	WDN
1	3.549050	1.774525
2	2.788880	0.253535
3	2.814624	0.027868
4	2.936866	0.002934
5	3.064376	0.000306
6	3.187861	0.000032

C2025 07 25.txt

- ```

(1) { DP = Nv exp(- VBP/kT) - Nc exp((VBP-EG)/kT) ; }
(2) { DN = Nc exp(- VBN/kT) - Nv exp((VBN-EG)/kT) ; }
(3) { EG = Vout + VBP + VBN + VB ; }
(4) { DPN = (DP*DN)/(DP + DN) ; }
(5) { WD = sqrt(2*Esi*VB/DPN) ; }
(6) if { DP=0 ; }, { VBPP=(EG+kT*ln(NV/NC))/2=0.567826 ; }
(7) if { DN=0 ; }, { VBNN=(EG+kT*ln(NC/NV))/2=0.542174 ; }

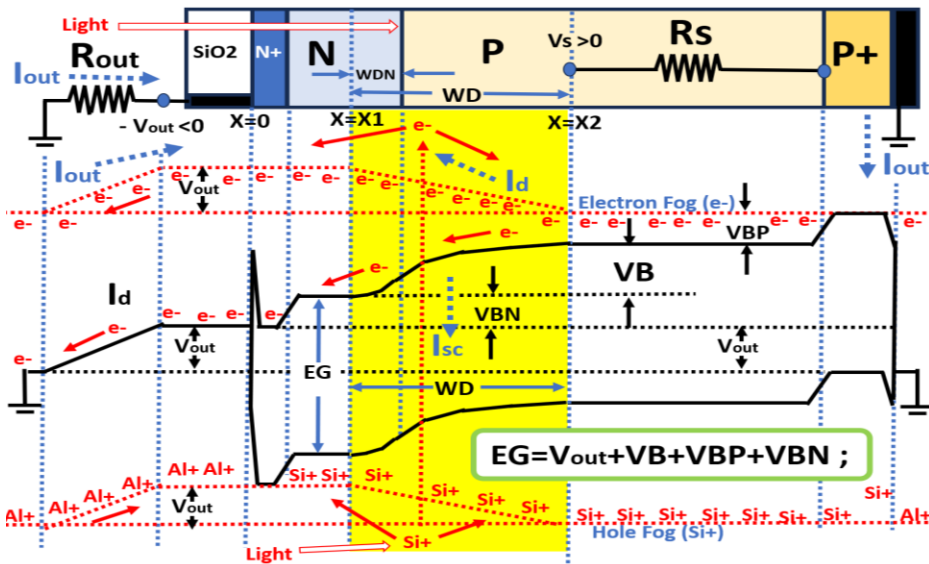
```

### シングルN+NPP+ 接合の物理学

簡単な熱拡散のみでの製法では表面N層の濃度(DN)が濃い方が空乏層幅(WD)は広がる。N層の深さ(WDN)も浅くできる。しかしイオン打ち込みを使う事ができると、表面N層の不純物濃度(DN)を基板の濃度(DP)と等しくすると、空乏層幅を最大値にできる。イオン打ち込み装置を利用して、太陽電池の変換効率を向上する事が可能である。

# 半導体受光素子の物理学

## Conventional N+NPP+ Single Junction Solar Cell



\*\*\*\*\*

DP=250.000000 DN=28000000.000000 VBP=0.301120 VBN=0.000000

## N+PP + 接合型太陽電池

|                |              |                |               |               |              |
|----------------|--------------|----------------|---------------|---------------|--------------|
| Vout=0. 000000 | VB=0. 808880 | QD=511. 932403 | WDN=0. 000018 | WDP=2. 047730 | WD=2. 047748 |
| Vout=0. 100000 | VB=0. 708880 | QD=479. 244275 | WDN=0. 000017 | WDP=1. 916977 | WD=1. 916994 |
| Vout=0. 200000 | VB=0. 608880 | QD=444. 156914 | WDN=0. 000016 | WDP=1. 776628 | WD=1. 776644 |
| Vout=0. 300000 | VB=0. 508880 | QD=406. 048832 | WDN=0. 000015 | WDP=1. 624195 | WD=1. 624210 |
| Vout=0. 400000 | VB=0. 408880 | QD=363. 972448 | WDN=0. 000013 | WDP=1. 455890 | WD=1. 455903 |
| Vout=0. 500000 | VB=0. 308880 | QD=316. 348277 | WDN=0. 000011 | WDP=1. 265393 | WD=1. 265404 |

\*\*\*\*\*

DP=250.000000 DN=500.000000 VBP=0.301120 VBN=0.257516

## N+NPP+接合型太陽電池

|                |              |                |               |               |              |
|----------------|--------------|----------------|---------------|---------------|--------------|
| Vout=0. 000000 | VB=0. 551364 | QD=345. 100850 | WDN=0. 690202 | WDP=1. 380403 | WD=2. 070605 |
| Vout=0. 100000 | VB=0. 451364 | QD=312. 241248 | WDN=0. 624482 | WDP=1. 248965 | WD=1. 873447 |
| Vout=0. 200000 | VB=0. 351364 | QD=275. 489740 | WDN=0. 550979 | WDP=1. 101959 | WD=1. 652938 |
| Vout=0. 300000 | VB=0. 251364 | QD=233. 012010 | WDN=0. 466024 | WDP=0. 932048 | WD=1. 398072 |
| Vout=0. 400000 | VB=0. 151364 | QD=180. 816472 | WDN=0. 361633 | WDP=0. 723266 | WD=1. 084899 |
| Vout=0. 500000 | VB=0. 051364 | QD=105. 330891 | WDN=0. 210662 | WDP=0. 421324 | WD=0. 631985 |

\*\*\*\*\*

**Vout = 0 v ; DP =100 ;**

| $\log_{10}(\text{DN}/\text{DP})$ | WD       | WDN      |
|----------------------------------|----------|----------|
| 1                                | 3.549050 | 1.774525 |
| 2                                | 2.788880 | 0.253535 |
| 3                                | 2.814624 | 0.027868 |
| 4                                | 2.936866 | 0.002934 |
| 5                                | 3.064376 | 0.000306 |
| 6                                | 3.187861 | 0.000032 |

C2025\_07\_25.txt

## シングルN+NPP + 接合の物理学

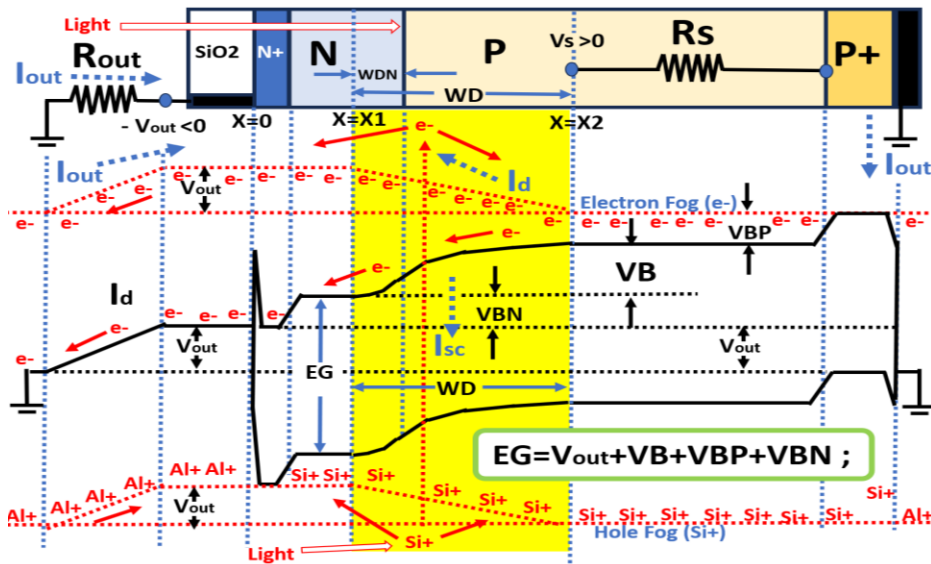
簡単な熱拡散のみでの製法では表面N層の濃度(DN)が濃い方が空乏層幅(WD)は広くなる。N層の深さ(WDN)も浅くできる。しかしイオン打ち込みを使う事ができると、表面N層の不純物濃度(DN)を基板の濃度(DP)と等しくすると、空乏層幅を最大値にできる。イオン打ち込み装置を利用して、太陽電池の変換効率を向上する事が可能である。

DP=250, DN=500 の値でP+PNPP+接合型太陽電池では  $2WD = 4.14 \mu\text{m}$  以上が可能である！



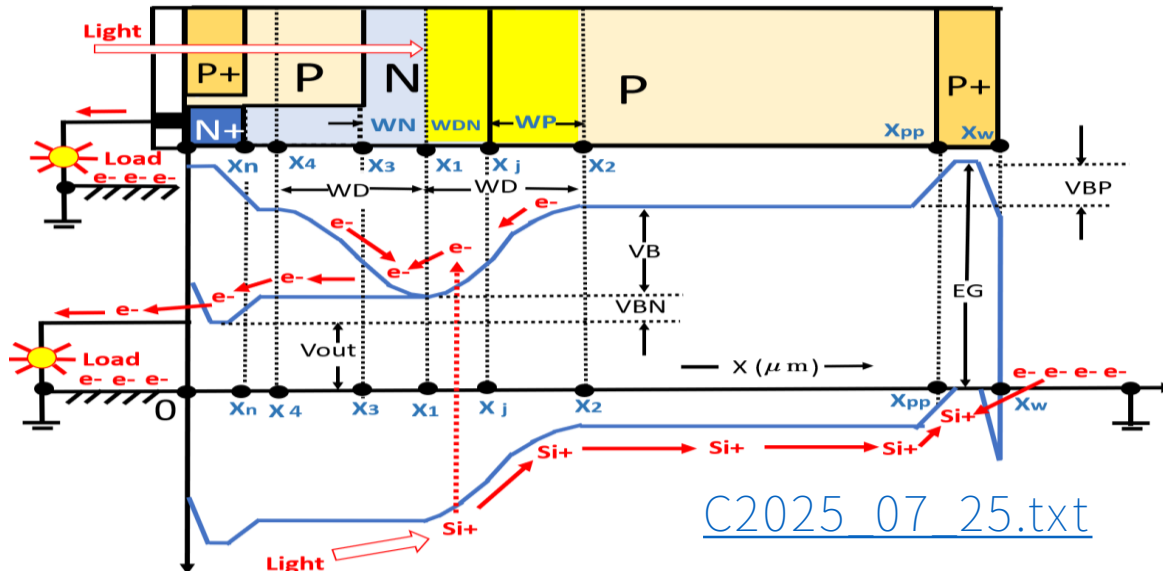
# 半導体受光素子の物理学

## Conventional N+NPP+ Single Junction Solar Cell



| $\log_{10}(DN/DP)$ | WD       | WDN      |
|--------------------|----------|----------|
| 1                  | 3.549050 | 1.774525 |
| 2                  | 2.788880 | 0.253535 |
| 3                  | 2.814624 | 0.027868 |
| 4                  | 2.936866 | 0.002934 |
| 5                  | 3.064376 | 0.000306 |
| 6                  | 3.187861 | 0.000032 |

## JPA2020-131313 P+PNPP+ Double Junction Solar Cell



### シングルN+NPP+ 接合の物理学

簡単な熱拡散のみでの製法では表面N層の濃度 (DN)が濃い方が空乏層幅(WD)は広くなる。N層の深さ(WDN)も浅くできる。しかしイオン打ち込みを使う事ができると、表面N層の不純物濃度(DN)を基板の濃度(DP)と等しくすると、空乏層幅を最大値にできる。イオン打ち込み装置を利用して、太陽電池の変換効率を向上する事が可能である。

### ダブルP+PNPP+ 接合の物理学

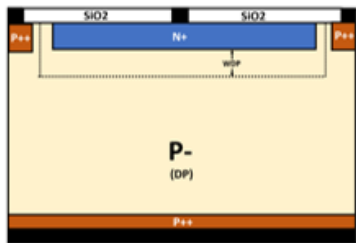
単純に受光表面のP+P層のX3の値は小さくする。埋め込み層の幅は  $XJ \sim (2)(WDN) = 3.549 \mu m$  を目標とする。高エネルギーイオン打ち込みで濃度ピーク値の深さは  $3 \mu m$  が必要目標となる。空乏層幅  $WD \sim (3)(WDN) = 5.323575 \mu m$  を得る。

DP=250, DN=500 の値でP+PNPP+接合型太陽電池では  $2 WD = 4.14 \mu m$  以上が可能である！

C2025 07 25.txt

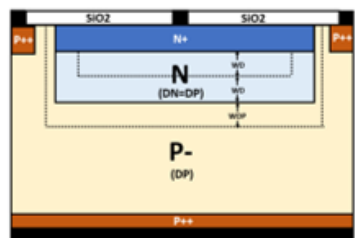
Yoshiaki Daimon Hagiwara, AIPS

(a) Conventional N+P-P+ Single Junction by Thermal Diffusion Only



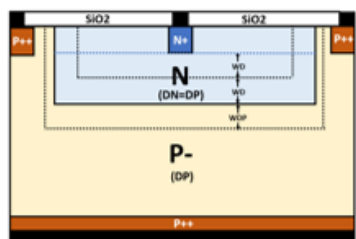
- Mask 01 N+ Thermal Diffusion
- Mask 02 P+ Channel Stop
- Mask 03 Contact Window
- Mask 04 Metal Wire

(b) N+NP-P+ Single Junction with High Energy N Ion Implantation



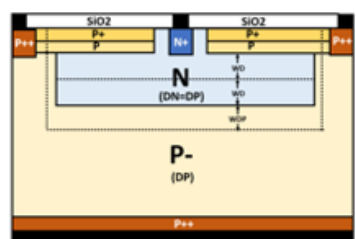
- Mask 01 Ion-Implanted N region
- Mask 02 N+ Thermal Diffusion
- Mask 03 P+ Channel Stop
- Mask 04 Contact Window
- Mask 05 Metal Wire

(c) N+NP-P+ Single Junction with High Energy N Ion Implantation



- Mask 01 Ion-Implanted N region
- Mask 02 N+ Thermal Diffusion
- Mask 03 P+ Channel Stop
- Mask 04 Contact Window
- Mask 05 Metal Wire

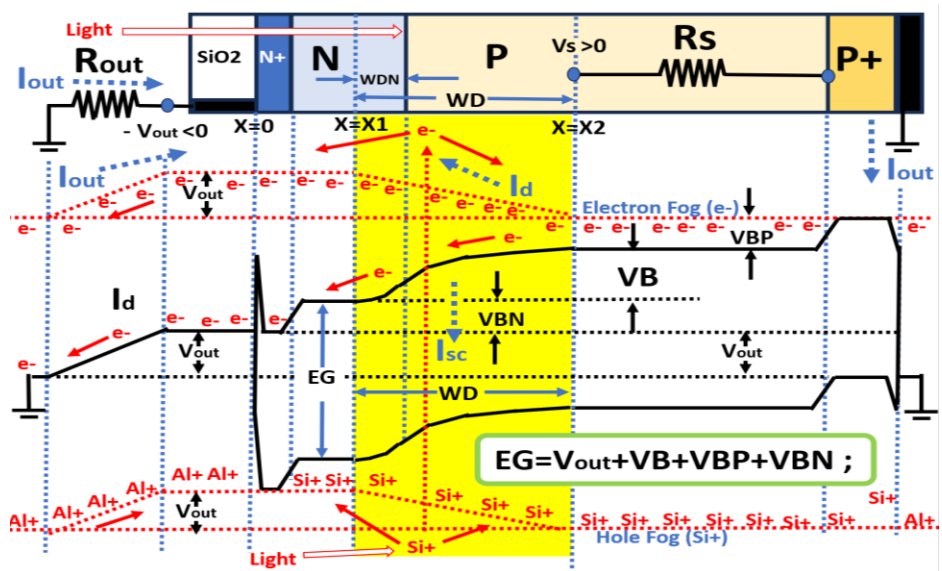
(d) P+PNP-P+ Double Junction with High Energy N Ion Implantation



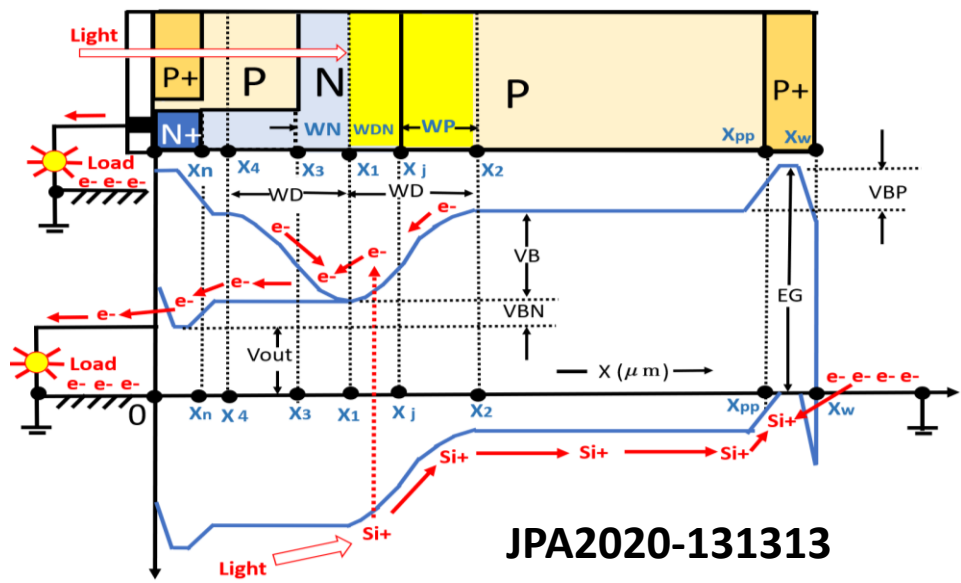
- Mask 01 Ion-Implanted P+P region
- Mask 02 Ion-Implanted N region
- Mask 03 N+ Thermal Diffusion
- Mask 04 P+ Channel Stop
- Mask 05 Contact Window
- Mask 06 Metal Wire

JPA2020-131313, filed on Aug 1, 2020.

Conventional N+NPP+ Single Junction Solar Cell



P+PNPP+ Double Junction Solar Cell



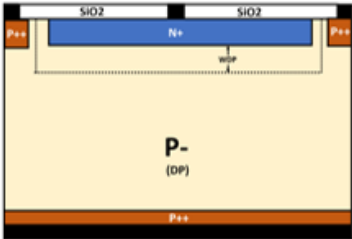
JPA2020-131313

C2025 07 25.txt



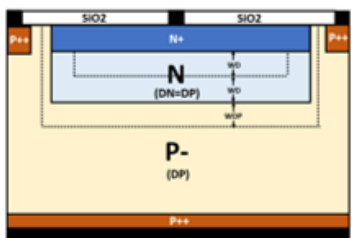
Yoshiaki Daimon Hagiwara, AIPS

(a) Conventional N+P-P+ Single Junction by Thermal Diffusion Only



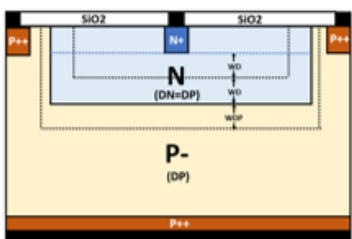
- Mask 01 N+ Thermal Diffusion
- Mask 02 P+ Channel Stop
- Mask 03 Contact Window
- Mask 04 Metal Wire

(b) N+NP-P+ Single Junction with High Energy N Ion Implantation



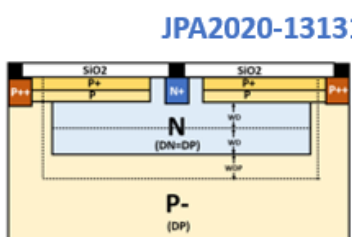
- Mask 01 Ion-Implanted N region
- Mask 02 N+ Thermal Diffusion
- Mask 03 P+ Channel Stop
- Mask 04 Contact Window
- Mask 05 Metal Wire

(c) N+NP-P+ Single Junction with High Energy N Ion Implantation



- Mask 01 Ion-Implanted N region
- Mask 02 N+ Thermal Diffusion
- Mask 03 P+ Channel Stop
- Mask 04 Contact Window
- Mask 05 Metal Wire

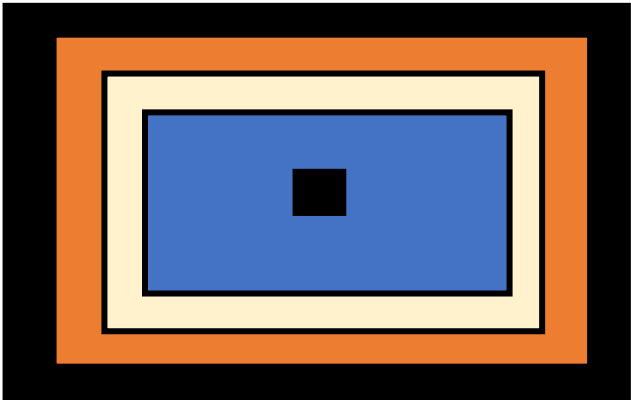
(d) P+PNP-P+ Double Junction with High Energy N Ion Implantation



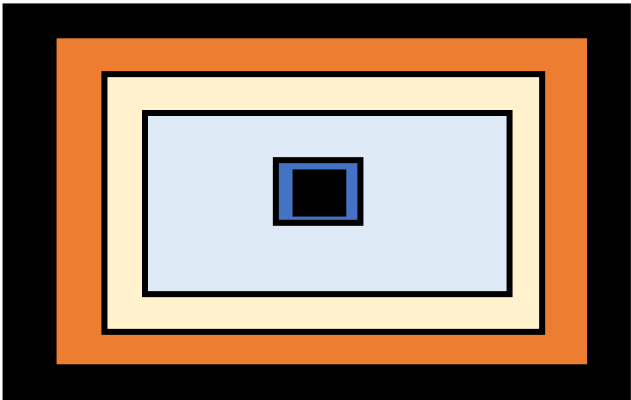
- Mask 01 Ion-Implanted P+P region
- Mask 02 Ion-Implanted N region
- Mask 03 N+ Thermal Diffusion
- Mask 04 P+ Channel Stop
- Mask 05 Contact Window
- Mask 06 Metal Wire

JPA2020-131313, filed on Aug 1, 2020.

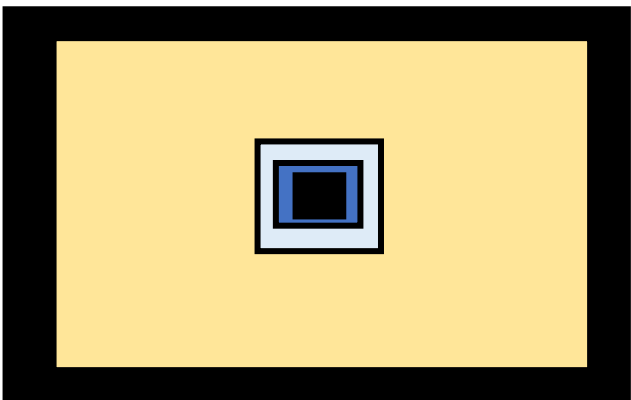
(a) and (b) TOP View



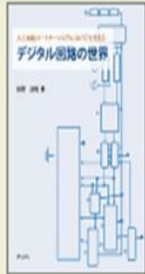
(c) TOP View



(d) TOP View



私がはじめてBipolar Transistorの構造と動作原理を学んだのは  
母校Caltechで大学2年生の時、Feynmanの物理の授業でした。



人工知能パートナーシステム(AIPS)を支える  
デジタル回路の世界

IEEE Life Fellow, Ph.D.

萩原 良昭 著

ISBN978-4-88359-339-2 B5判 上製 475頁

定価(本体9,000円+税)

未来の人間社会には人工知能パートナーシステム(AIPS)とも言える人間にやさしい支援システム  
が出現すると期待している。AIPS搭載の自動走行車や老人介護システム、人間型歩行ロボットや  
ロボット・ハウスなどである。そこで本書では、そのAIPSを支える「デジタル回路の世界」と題し、  
ハードとソフトの両面で、人とコンピュータをつなぐデジタル技術について紹介している。図や絵をた  
くさん用意して、基礎からやさしく解説している。

## 真空管とBipolar Transistorの 構造と動作原理の違いの比較

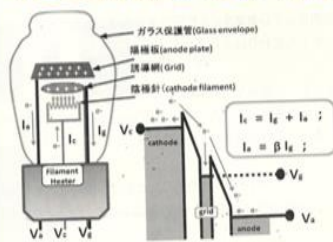


図 3-7-4 三極真空管の電流増幅動作

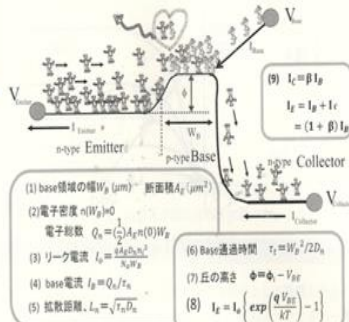
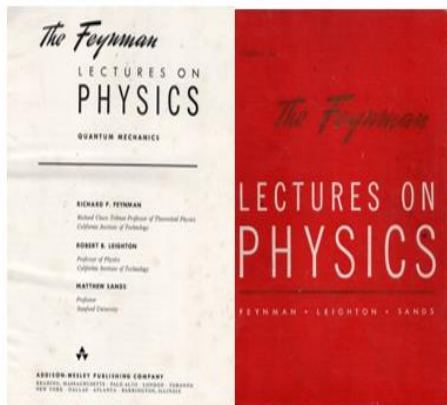
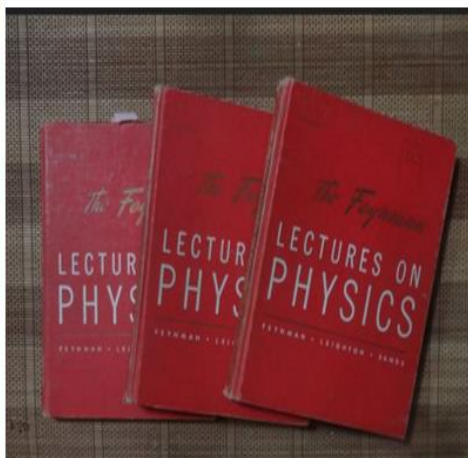


図 4-3-3 NPN bipolar transistorの関係をいろいろな物理定数

As an undergraduate student at Caltech  
from Sept 1967 till June 1969, at age 19 to 20,  
I learned Feynman Physics from Prof. Feynman  
and Prof. Leighton at Pasadena, California USA.

Yoshiaki Daimon Hagiwara



constant so long as  $\Delta V$  is not too large. When they approach the barrier, these  
carriers will still find a downhill potential and will all fall down to the  $p$ -side.  
(If  $\Delta V$  is larger than the natural potential difference  $V_i$ , the situation would change,  
but we will not consider what happens at such high voltages.) The net current  $I$  of  
positive carriers which flows across the junction is then the difference between the  
currents from the two sides:

$$I = I_0(e^{q\Delta V/kT} - 1). \quad (14.14)$$

The net current  $I$  of holes flows into the  $n$ -type region. There the holes diffuse  
into the body of the  $n$ -region, where they are eventually annihilated by the majority  
 $n$ -type carriers—the electrons. The electrons which are lost in this annihilation  
will be made up by a current of electrons from the external terminal of the  $n$ -side  
material.

When  $\Delta V$  is zero, the net current in Eq. (14.14) is zero. For positive  $\Delta V$  the  
current increases rapidly with the applied voltage. For negative  $\Delta V$  the current  
reverses in sign, but the exponential term soon becomes negligible and the negative  
current never exceeds  $I_0$ —which under our assumptions is rather small. This  
back current  $I_0$  is limited by the small density of the minority carriers on the  $n$ -side  
of the junction.

If you go through exactly the same analysis for the current of negative carriers  
which flows across the junction, first with no potential difference and then with a  
small externally applied potential difference  $\Delta V$ , you get again an equation just  
like (14.14) for the net electron current. Since the total current is the sum of the  
currents contributed by the two carriers, Eq. (14.14) still applies for the total  
current provided we identify  $I_0$  as the maximum current which can flow for a  
reversed voltage.

The voltage-current characteristic of Eq. (14.14) is shown in Fig. 14-10. It  
shows the typical behavior of solid-state diodes—such as those used in modern  
computers. We should remark that Eq. (14.14) is true only for small voltages.  
For voltages comparable to or larger than the natural internal voltage difference  
 $V_i$ , other effects come into play and the current no longer obeys the simple equation.

You may remember, incidentally, that we got exactly the same equation we  
have found here in Eq. (14.14) when we discussed the “mechanical rectifier”—the  
ratchet and pawl—in Chapter 46 of Volume I. We get the same equations in the  
two situations because the basic physical processes are quite similar.

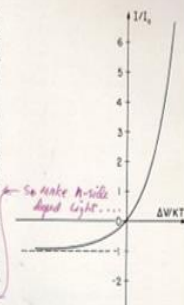


Fig. 14-10. The current through a junction as a function of the voltage across it.

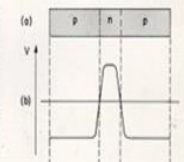


Fig. 14-11. The potential distribution in a transistor with no applied voltages.

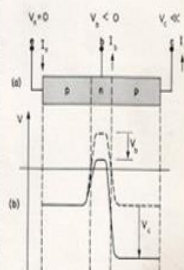


Fig. 14-12. The potential distribution in an operating transistor.

## 14-6 The transistor

Perhaps the most important application of semiconductors is in the transistor.  
The transistor consists of two semiconductor junctions very close together. Its  
operation is based in part on the same principles that we just described for the  
semiconductor diode—the rectifying junction. Suppose we make a little bar of  
germanium with three distinct regions, a  $p$ -type region, an  $n$ -type region, and  
another  $p$ -type region, as shown in Fig. 14-11(a). This combination is called a  
 $p$ - $n$ - $p$  transistor. Each of the two junctions in the transistor will behave much  
in the way we have described in the last section. In particular, there will be a potential  
gradient at each junction having a certain potential drop from the  $n$ -type region to  
each  $p$ -type region. If the two  $p$ -type regions have the same internal properties,  
the variation in potential as we go across the crystal will be as shown in the graph  
of Fig. 14-11(b).

Now let's imagine that we connect each of the three regions to external voltage  
sources as shown in part (a) of Fig. 14-12. We will refer all voltages to the terminal  
connected to the left-hand  $p$ -region so it will be, by definition, at zero potential.  
We will call this terminal the *emitter*. The  $n$ -type region is called the *base* and it is  
connected to a slightly negative potential. The right-hand  $p$ -type region is called  
the *collector*, and is connected to a somewhat larger negative potential. Under  
these circumstances the variation of potential across the crystal will be as shown in  
the graph of Fig. 14-12(b).

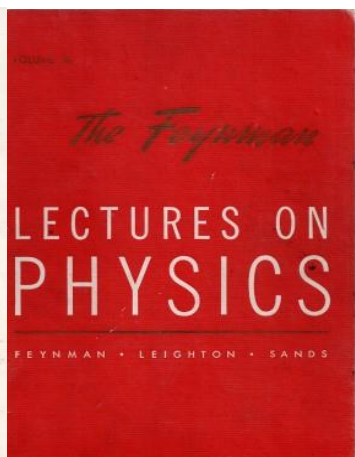
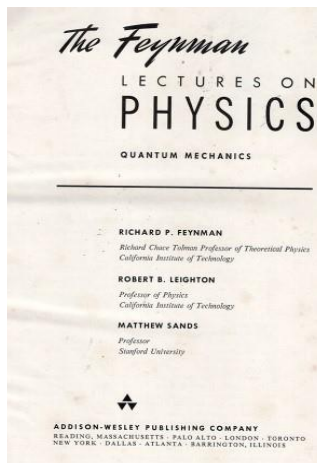
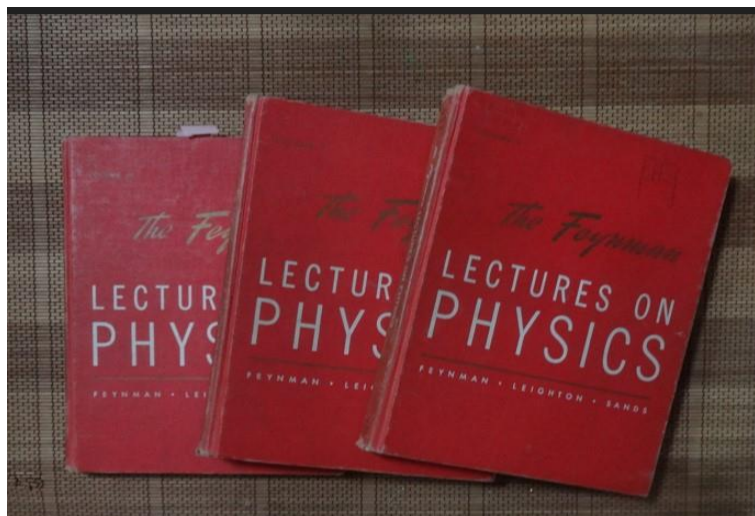
Let's first see what happens to the positive carriers, since it is primarily their  
behavior which controls the operation of the  $p$ - $n$ - $p$  transistor. Since the emitter is



# 人工知能パートナーシステム (AIPS) を支えるデジタル回路の世界 | 青山社

私がはじめてBipolar Transistorの構造と動作原理を学んだのは母校Caltechで大学2年生の時、1967-1969年のFeynman の物理の授業でした。

As an undergraduate student at Caltech  
from Sept 1967 till June 1969, at age 19 to 20,  
I learned Feynman Physics from Prof. Feynman  
and Prof. Leighton at Pasadena, California USA.  
Yoshiaki Daimon Hagiwara



constant so long as  $\Delta V$  is not too large. When they approach the barrier, these carriers will still find a downhill potential and will all fall down to the  $p$ -side. (If  $\Delta V$  is larger than the natural potential difference  $V$ , the situation would change, but we will not consider what happens at such high voltages.) The net current  $I$  of positive carriers which flows across the junction is then the difference between the currents from the two sides:

$$I = I_0(e^{+q\Delta V/kT} - 1). \quad (14.14)$$

The net current  $I$  of holes flows into the  $n$ -type region. There the holes diffuse into the body of the  $n$ -region, where they are eventually annihilated by the majority  $n$ -type carriers—the electrons. The electrons which are lost in this annihilation will be made up by a current of electrons from the external terminal of the  $n$ -type material.

When  $\Delta V$  is zero, the net current in Eq. (14.14) is zero. For positive  $\Delta V$  the current increases rapidly with the applied voltage. For negative  $\Delta V$  the current reverses in sign, but the exponential term soon becomes negligible and the negative current never exceeds  $I_0$ —which under our assumptions is rather small. This back current  $I_0$  is limited by the small density of the minority carriers on the  $n$ -side of the junction.

If you go through exactly the same analysis for the current of negative carriers which flows across the junction, first with no potential difference and then with a small externally applied potential difference  $\Delta V$ , you get again an equation just like (14.14) for the net electron current. Since the total current is the sum of the currents contributed by the two carriers, Eq. (14.14) still applies for the total current provided we identify  $I_0$  as the maximum current which can flow for a reversed voltage.

The voltage-current characteristic of Eq. (14.14) is shown in Fig. 14-10. It shows the typical behavior of solid-state diodes—such as those used in modern computers. We should remark that Eq. (14.14) is true only for small voltages. For voltages comparable to or larger than the natural internal voltage difference  $V$ , other effects come into play and the current no longer obeys the simple equation.

You may remember, incidentally, that we got exactly the same equation we have found here in Eq. (14.14) when we discussed the "mechanical rectifier"—the ratchet and pawl—in Chapter 46 of Volume I. We get the same equations in the two situations because the basic physical processes are quite similar.

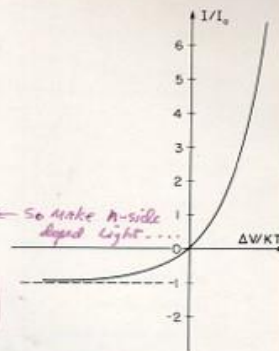


Fig. 14-10. The current through a junction as a function of the voltage across it.

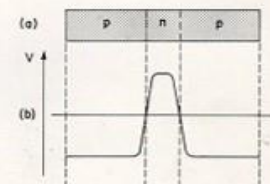


Fig. 14-11. The potential distribution in a transistor with no applied voltages.

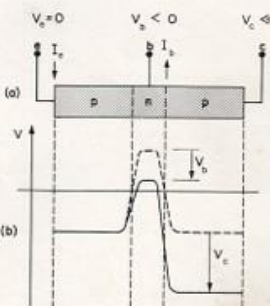


Fig. 14-12. The potential distribution in an operating transistor.

## 14-6 The transistor

Perhaps the most important application of semiconductors is in the transistor. The transistor consists of two semiconductor junctions very close together. Its operation is based in part on the same principles that we just described for the semiconductor diode—the rectifying junction. Suppose we make a little bar of germanium with three distinct regions, a  $p$ -type region, an  $n$ -type region, and another  $p$ -type region, as shown in Fig. 14-11(a). This combination is called a  $p$ - $n$ - $p$  transistor. Each of the two junctions in the transistor will behave much in the way we have described in the last section. In particular, there will be a potential gradient at each junction having a certain potential drop from the  $n$ -type region to each  $p$ -type region. If the two  $p$ -type regions have the same internal properties, the variation in potential as we go across the crystal will be as shown in the graph of Fig. 14-11(b).

Now let's imagine that we connect each of the three regions to external voltage sources as shown in part (a) of Fig. 14-12. We will refer all voltages to the terminal connected to the left-hand  $p$ -region so it will be, by definition, at zero potential. We will call this terminal the *emitter*. The  $n$ -type region is called the *base* and it is connected to a slightly negative potential. The right-hand  $p$ -type region is called the *collector*, and is connected to a somewhat larger negative potential. Under these circumstances the variation of potential across the crystal will be as shown in the graph of Fig. 14-12(b).

Let's first see what happens to the positive carriers, since it is primarily their behavior which controls the operation of the  $p$ - $n$ - $p$  transistor. Since the emitter is

私がはじめてBipolar Transistorの構造と動作原理を学んだのは母校Caltechで大学2年生の時、1967-1969年のFeynmanの物理の授業でした。

図 3-7-4 三極真空管の電流増幅動作

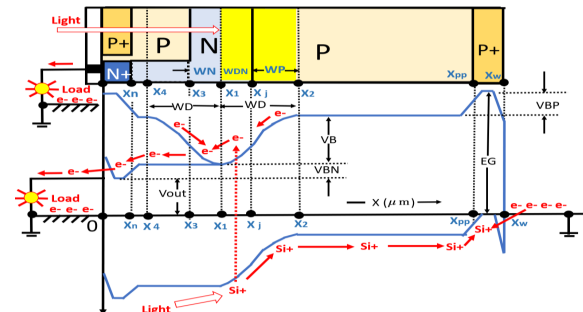
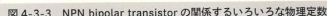
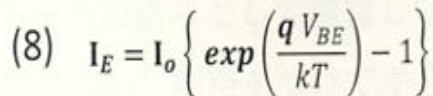


Fig. 14-12. The potential distribution in an operating transistor.





ガラス保護管(Glass envelope)

陽極板(anode plate)

誘導網(Grid)

陰極針(cathode filament)

Filament Heater

$I_a$

$I_c$

$I_g$

$V_c$

cathode

grid

anode

$V_g$

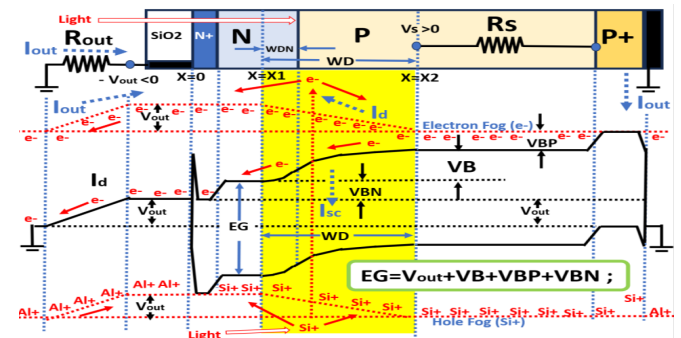
$V_a$

$I_c = I_g + I_a$  ;

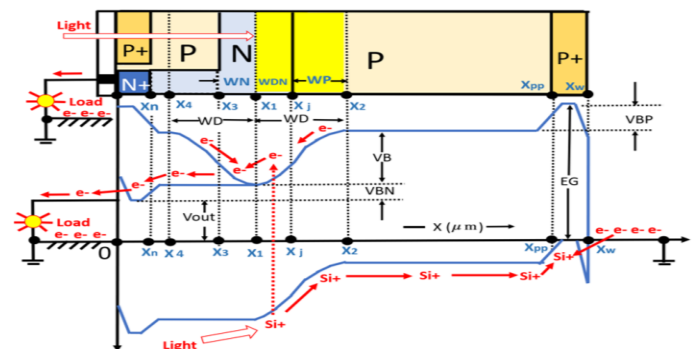
$I_a = \beta I_g$  ;

図 3-7-4 三極真空管の電流増幅動作

図 3-7-4 三極真空管の電流増幅動作



**JPA2020-131313 P+PNPP+ Double Junction Solar Cell**



真空管とBipolar Transistorの構造と動作原理の違いの比較

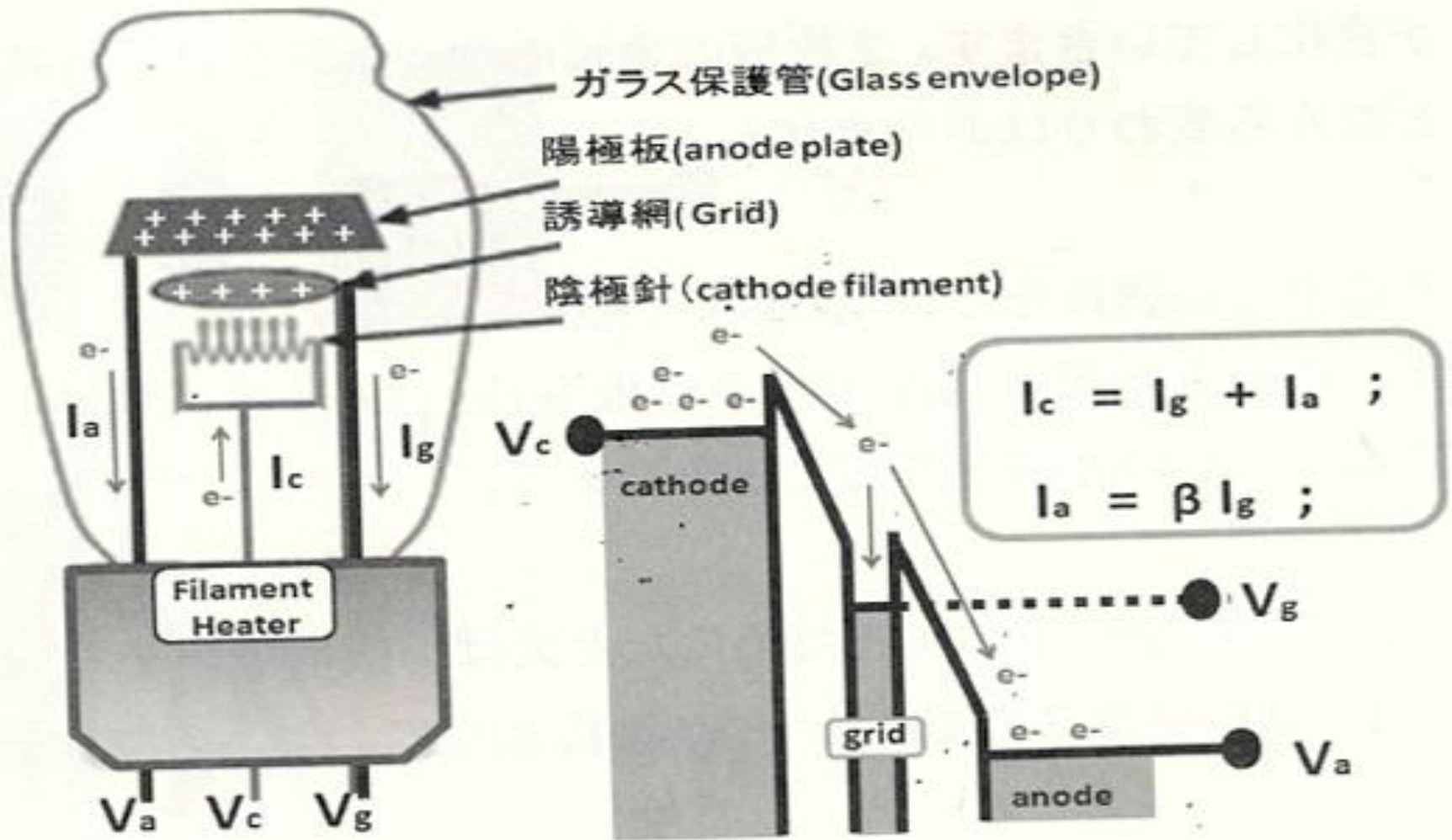


図 3-7-4 三極真空管の電流増幅動作



## 真空管と Bipolar Transistor の構造と動作原理の違いの比較

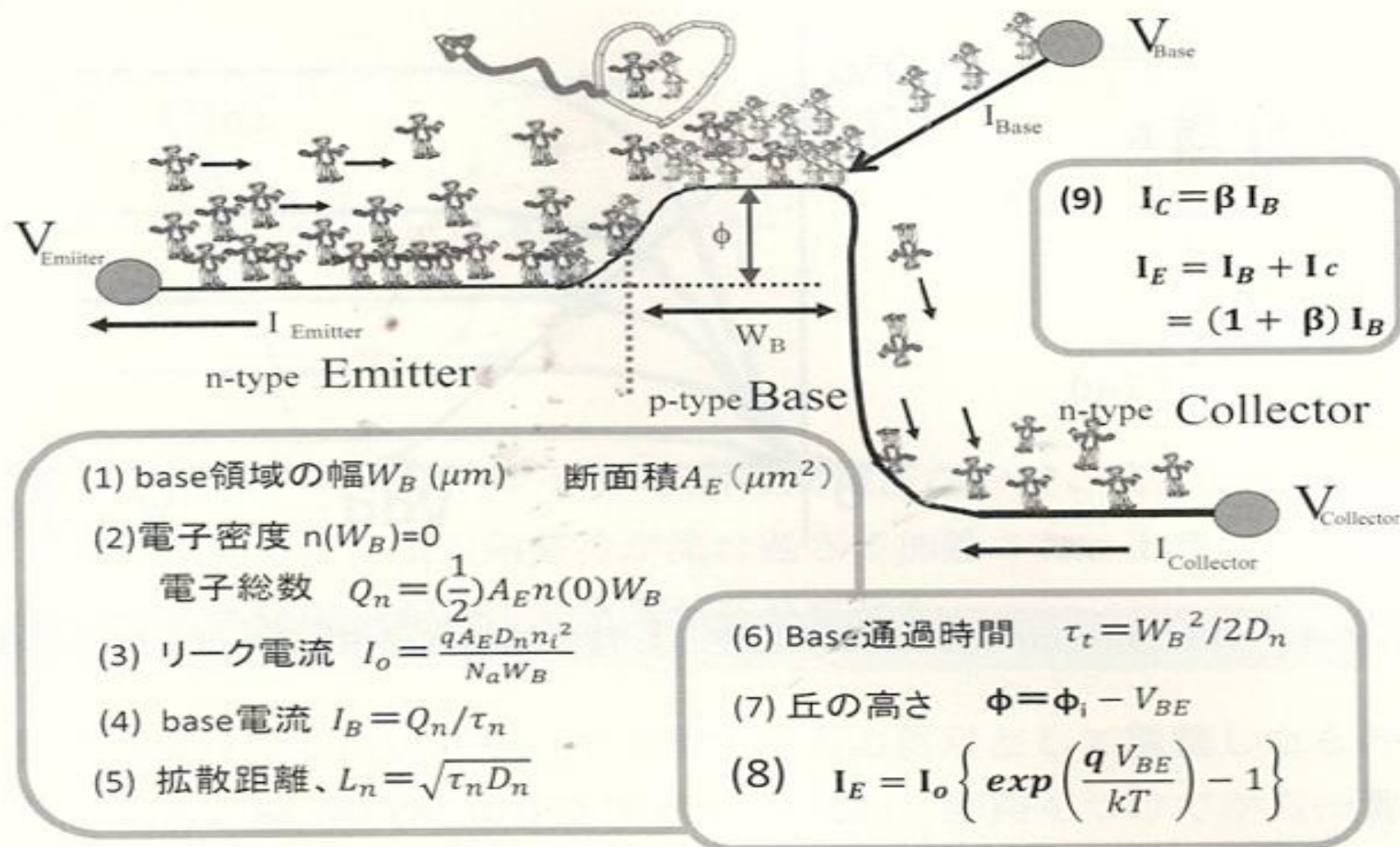
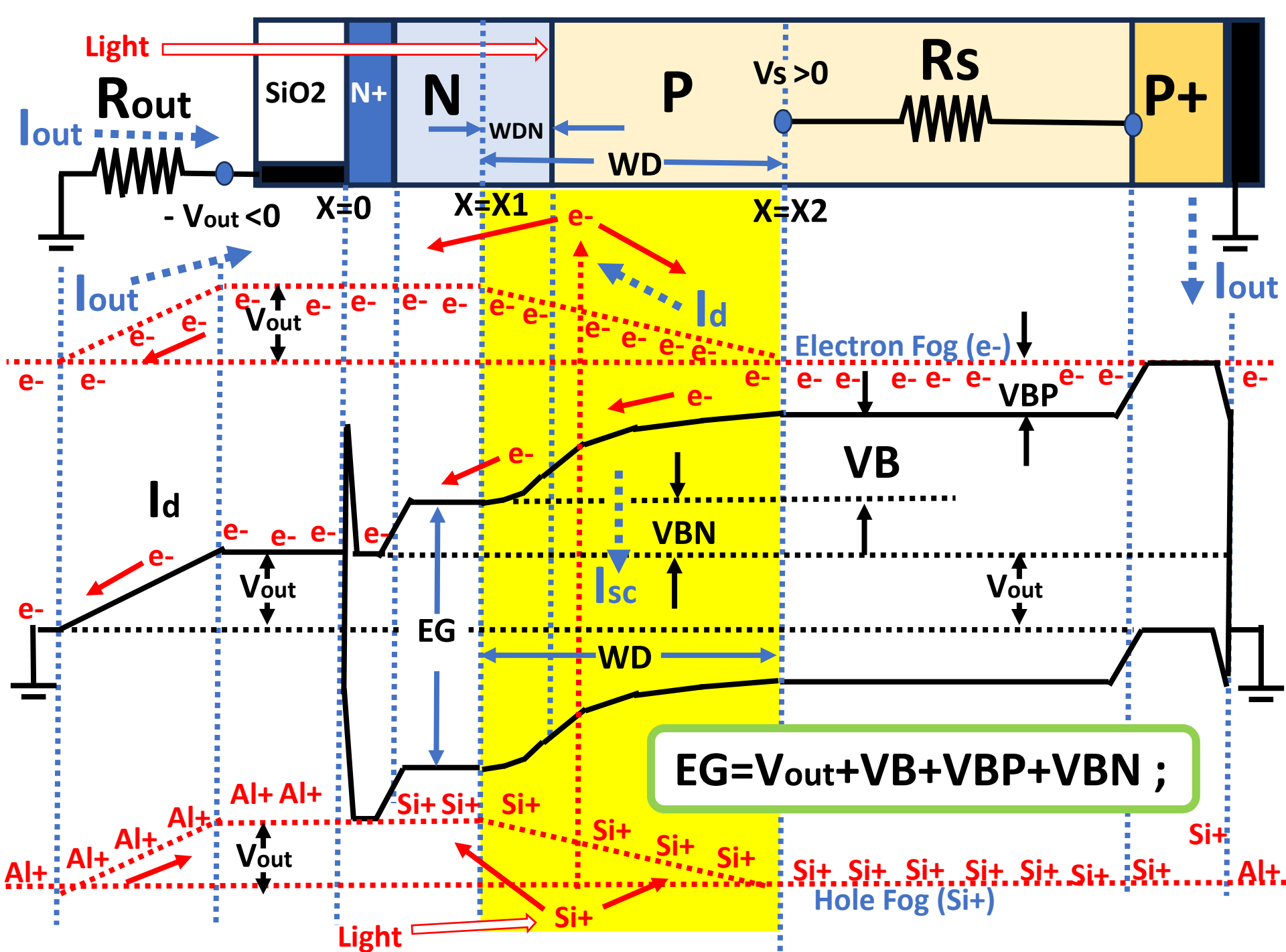
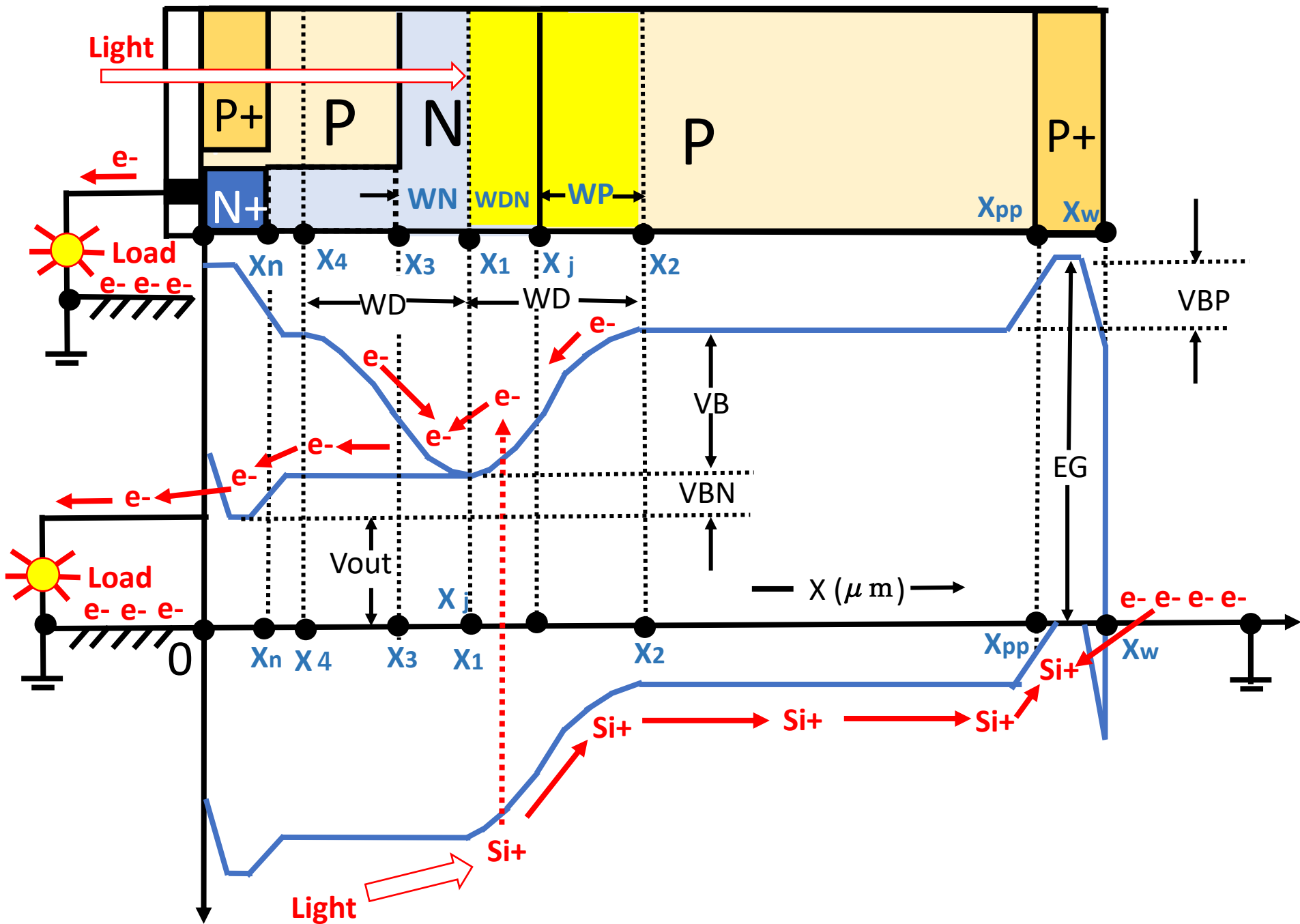
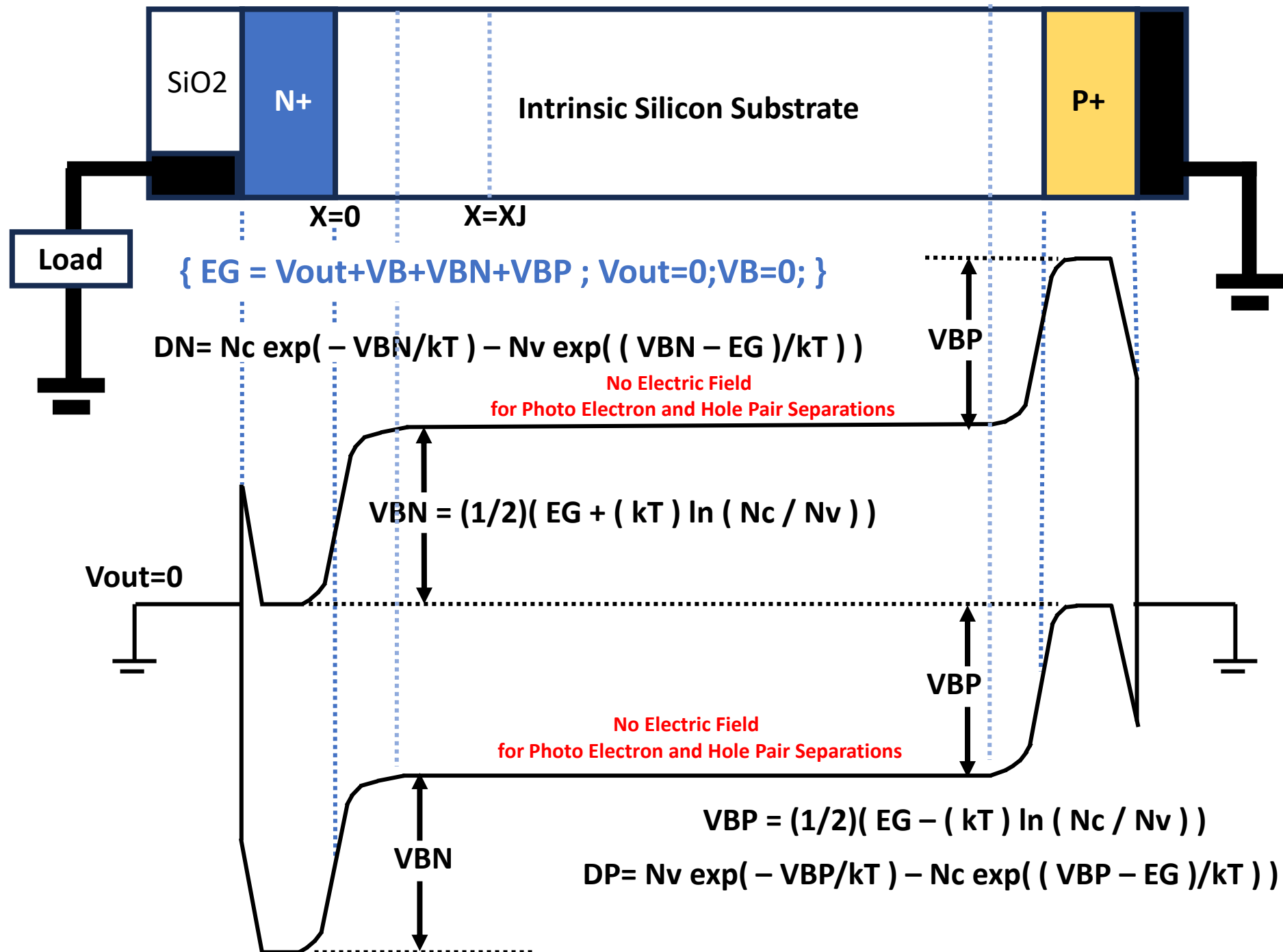


図 4-3-3 NPN bipolar transistor の関係するいろいろな物理定数











## Publication List by Yoshiaki Hagiwara.html

++++++  
日本の産業のコメとして戦略的に重要な半導体電子部品の基本知識  
++++++

### (0)はじめに

### (1)金属と絶縁体の違い

### (2)半導体の基本特性

### (3)single接合型のダイオードの整流特性

### (4)double 接合型バイポーラトランジスタの電流増幅特性

### (5)triple 接合型サイリスター型の理想的な高速Switch動作特性

### (6)MOS型のトランジスタの電流増幅特性

### (7)CMOS型インバータ回路の省エネ特性

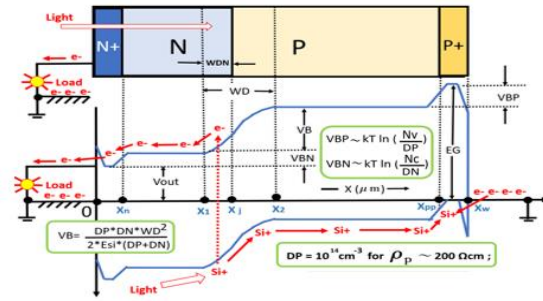
### (8)超光感度のCMOS型イメージセンサーの特性

### (9)P+PNPP+接合の double接合型の新型太陽電池の構造とその動作原理

### イメージセンサーと太陽電池の動作原理 萩原良昭.html

++++++

++++++  
<https://www.sojo-u.ac.jp> hagiwara@ofc.sojo-u.ac.jp  
<https://www.ssis.or.jp> hagiwara@ssis.or.jp  
<http://www.aiplab.com> hagiwara@aiplab.com  
<https://locomtec.jp/> 萩原aips研究所  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/萩原良昭>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Yoshiaki\\_Hagiwara](https://en.wikipedia.org/wiki/Yoshiaki_Hagiwara)  
++++++

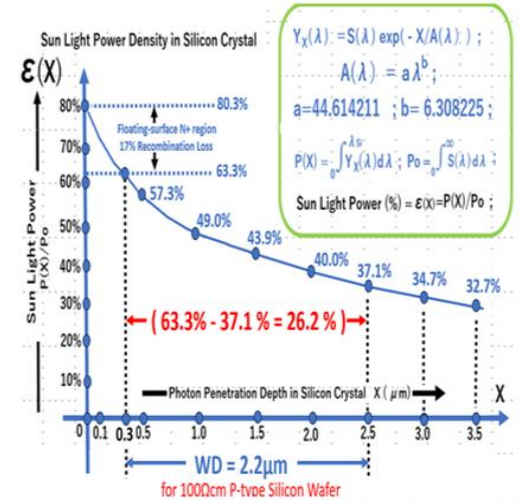
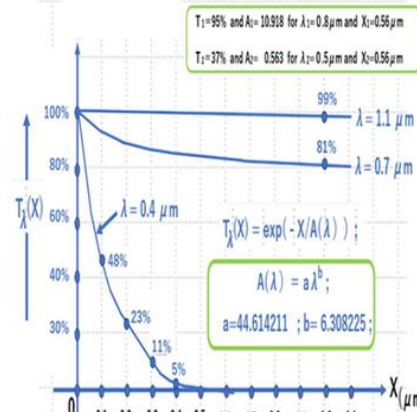
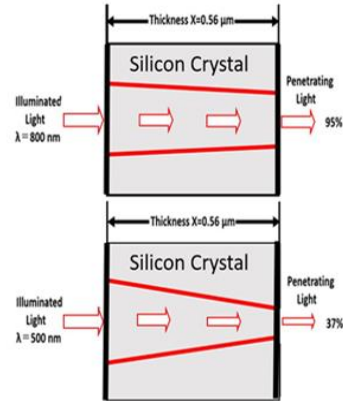


$$EG = Vout + VB + VBN + VBP$$

$$DP = Nv \exp\left(-\frac{VBP}{kT}\right) - Nc \exp\left(-\frac{VBP - EG}{kT}\right)$$

$$DN = Nc \exp\left(-\frac{VBN}{kT}\right) - Nv \exp\left(-\frac{VBN - EG}{kT}\right)$$

Percentage (%) of photons penetrating in the depth X(μm) in silicon crystal.



|                 |                          |                          |                          |                          |                          |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| *****           | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    |
| <b>Vout = 0</b> | DP = 100                 | DP = 200                 | DP = 300                 | DP = 400                 | DP = 500                 |
| *****           | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    |
| DN/DP=1         | WD=3.549050 WDN=1.774525 | WD=2.600617 WDN=1.300308 | WD=2.165704 WDN=1.082852 | WD=1.901123 WDN=0.950562 | WD=1.717945 WDN=0.858973 |
| DN/DP=10        | WD=2.788880 WDN=0.253535 | WD=2.035892 WDN=0.185081 | WD=1.692053 WDN=0.153823 | WD=1.483373 WDN=0.134852 | WD=1.339131 WDN=0.121739 |
| DN/DP=100       | WD=2.814624 WDN=0.027868 | WD=2.048425 WDN=0.020281 | WD=1.699707 WDN=0.016829 | WD=1.488462 WDN=0.014737 | WD=1.342637 WDN=0.013293 |
| DN/DP=1000      | WD=2.936866 WDN=0.002934 | WD=2.132015 WDN=0.002130 | WD=1.766677 WDN=0.001765 | WD=1.545701 WDN=0.001544 | WD=1.393321 WDN=0.001392 |
| DN/DP=10000     | WD=3.064376 WDN=0.000306 | WD=2.219884 WDN=0.000222 | WD=1.837390 WDN=0.000184 | WD=1.606327 WDN=0.000161 | WD=1.447133 WDN=0.000145 |
| *****           | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    |
| <b>Vout = 0</b> | DP = 600                 | DP = 700                 | DP = 800                 | DP = 900                 | DP = 1000                |
| *****           | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    |
| DN/DP=1         | WD=1.581217 WDN=0.790608 | WD=1.473986 WDN=0.736993 | WD=1.386891 WDN=0.693446 | WD=1.314275 WDN=0.657138 | WD=1.252491 WDN=0.626246 |
| DN/DP=10        | WD=1.231598 WDN=0.111963 | WD=1.147347 WDN=0.104304 | WD=1.078972 WDN=0.098088 | WD=1.022003 WDN=0.092909 | WD=0.973562 WDN=0.088506 |
| DN/DP=100       | WD=1.234031 WDN=0.012218 | WD=1.149007 WDN=0.011376 | WD=1.080049 WDN=0.010694 | WD=1.022628 WDN=0.010125 | WD=0.973825 WDN=0.009642 |
| DN/DP=1000      | WD=1.279925 WDN=0.001279 | WD=1.191208 WDN=0.001190 | WD=1.119295 WDN=0.001118 | WD=1.059440 WDN=0.001058 | WD=1.008589 WDN=0.001008 |
| DN/DP=10000     | WD=1.328745 WDN=0.000133 | WD=1.236173 WDN=0.000124 | WD=1.161170 WDN=0.000116 | WD=1.098767 WDN=0.000110 | WD=1.045770 WDN=0.000105 |
| *****           | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    | *****                    |



## Super High Resistivity P-type Silicon Substrate Wafer

P

For P-type silicon chip with thickness  $200\ \mu\text{m}$  and Area  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ,

$$R_s \sim (200\ \mu\text{m})(200\ \Omega\text{cm}) / (10^8\ \mu\text{m}^2) = 4\ \Omega ;$$

For Area ( $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ) and Thickness ( $200\ \mu\text{m}$ ),  
P-type silicon wafer has the substrate resistance  $R_s \sim 4\ \Omega$ .

$$R_s = (\rho) (\text{Thickness}) / (\text{Area}) ; \quad (1) \quad \text{DP} = 10^{14}\text{ cm}^{-3} \text{ for } \rho_p \sim 200\ \Omega\text{cm} ;$$

| Impurity Atom Density    | Resistivity N-type                 | Resistivity P-type                 |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| $10^{16}\text{ cm}^{-3}$ | $\rho_n \sim 0.5\ \Omega\text{cm}$ | $\rho_p \sim 1\ \Omega\text{cm}$   |
| $10^{15}\text{ cm}^{-3}$ | $\rho_n \sim 5\ \Omega\text{cm}$   | $\rho_p \sim 10\ \Omega\text{cm}$  |
| $10^{14}\text{ cm}^{-3}$ | $\rho_n \sim 50\ \Omega\text{cm}$  | $\rho_p \sim 200\ \Omega\text{cm}$ |



For P-type silicon chip with thickness  $200\ \mu\text{m}$  and Area  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ,

$$R_s \sim (200\ \mu\text{m})(200\ \Omega\text{cm}) / (10^8\ \mu\text{m}^2) = 4\ \Omega ;$$

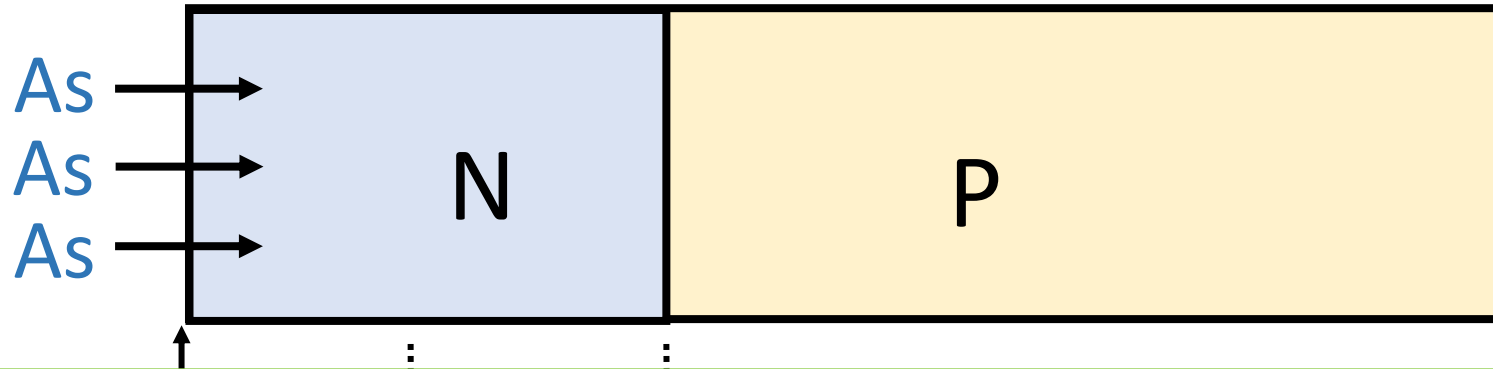
For Area ( $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ) and Thickness ( $200\ \mu\text{m}$ ),  
P-type silicon wafer has the substrate resistance  $R_s \sim 4\ \Omega$ .

$$R_s = (\rho) (\text{Thickness}) / (\text{Area}) ; \quad (1)$$

$$DP = 10^{14}\text{ cm}^{-3} \text{ for } \rho_p \sim 200\ \Omega\text{cm} ;$$

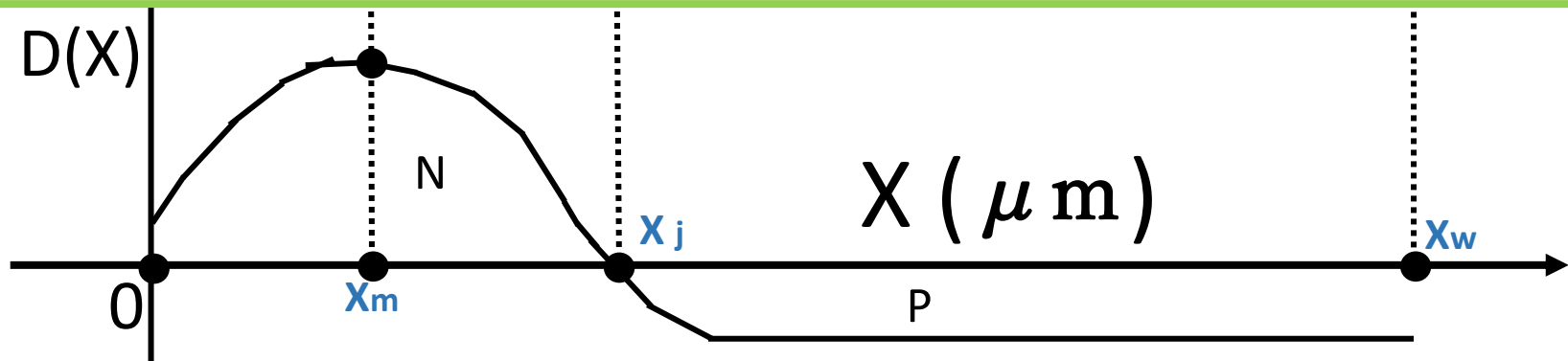
**Use High Energy Ion Implantation Method  
to form an NP single junction photodiode  
with the NP junction depth  $X_j = 3\ \mu\text{m}$ .**



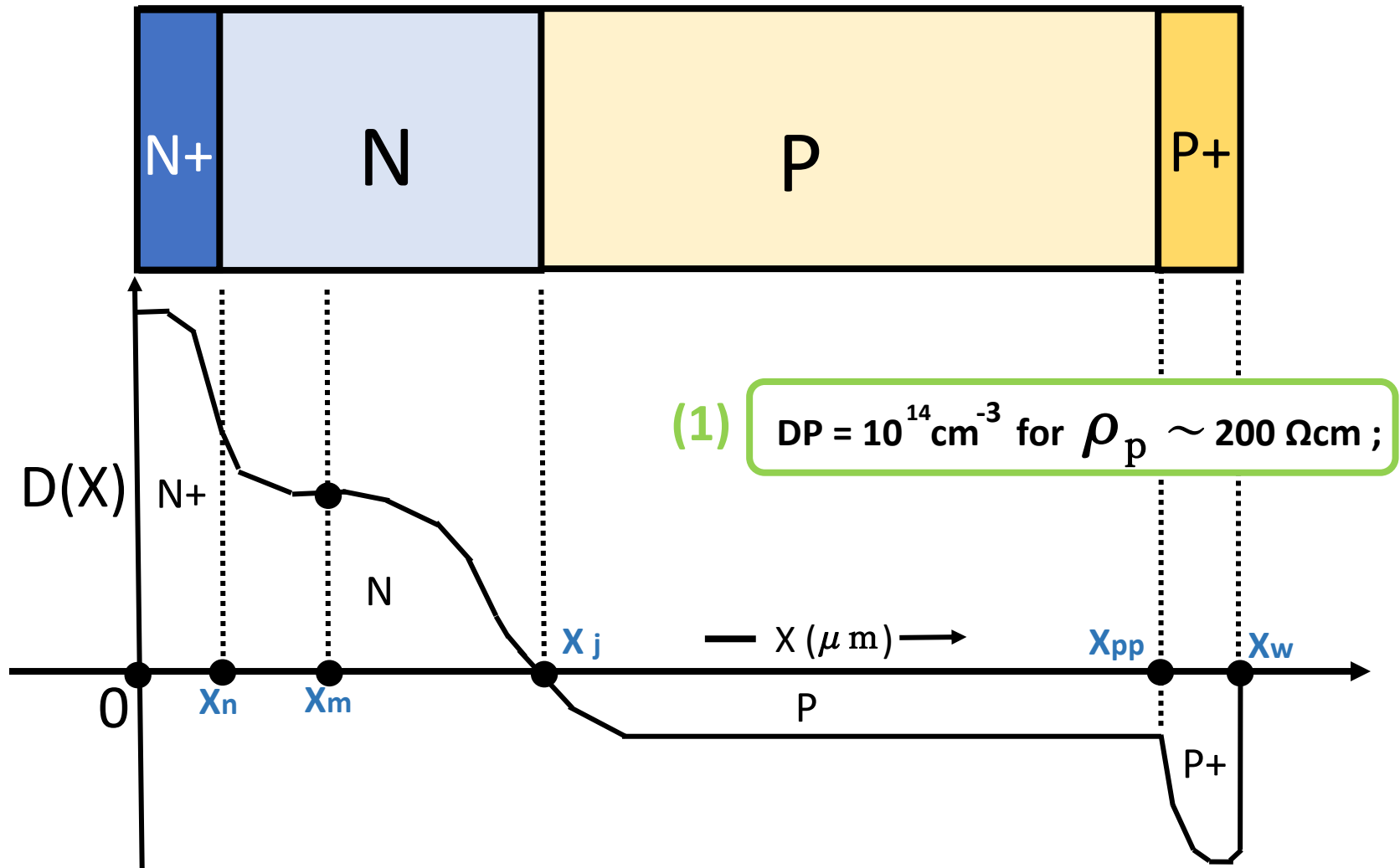


$$R_s = (\rho) (\text{Thickness}) / (\text{Area}) ; (1)$$

$$DP = 10^{14} \text{ cm}^{-3} \text{ for } \rho_p \sim 200 \Omega \text{ cm} ;$$

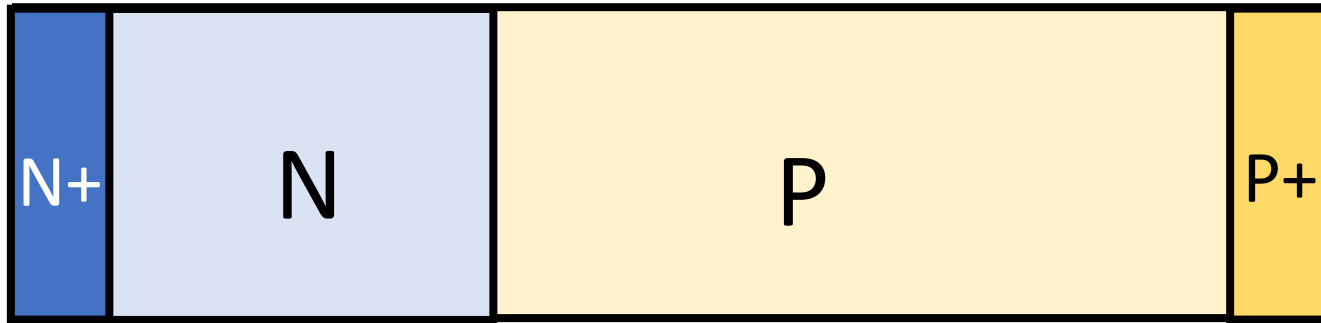


**Use High Energy Ion Implantation Method to form an NP single junction photodiode with the NP junction depth  $X_j = 3 \mu\text{m}$ .**



**Use High Temperature Diffusion Method to form N+ and P+ regions for external ohmic contacts**



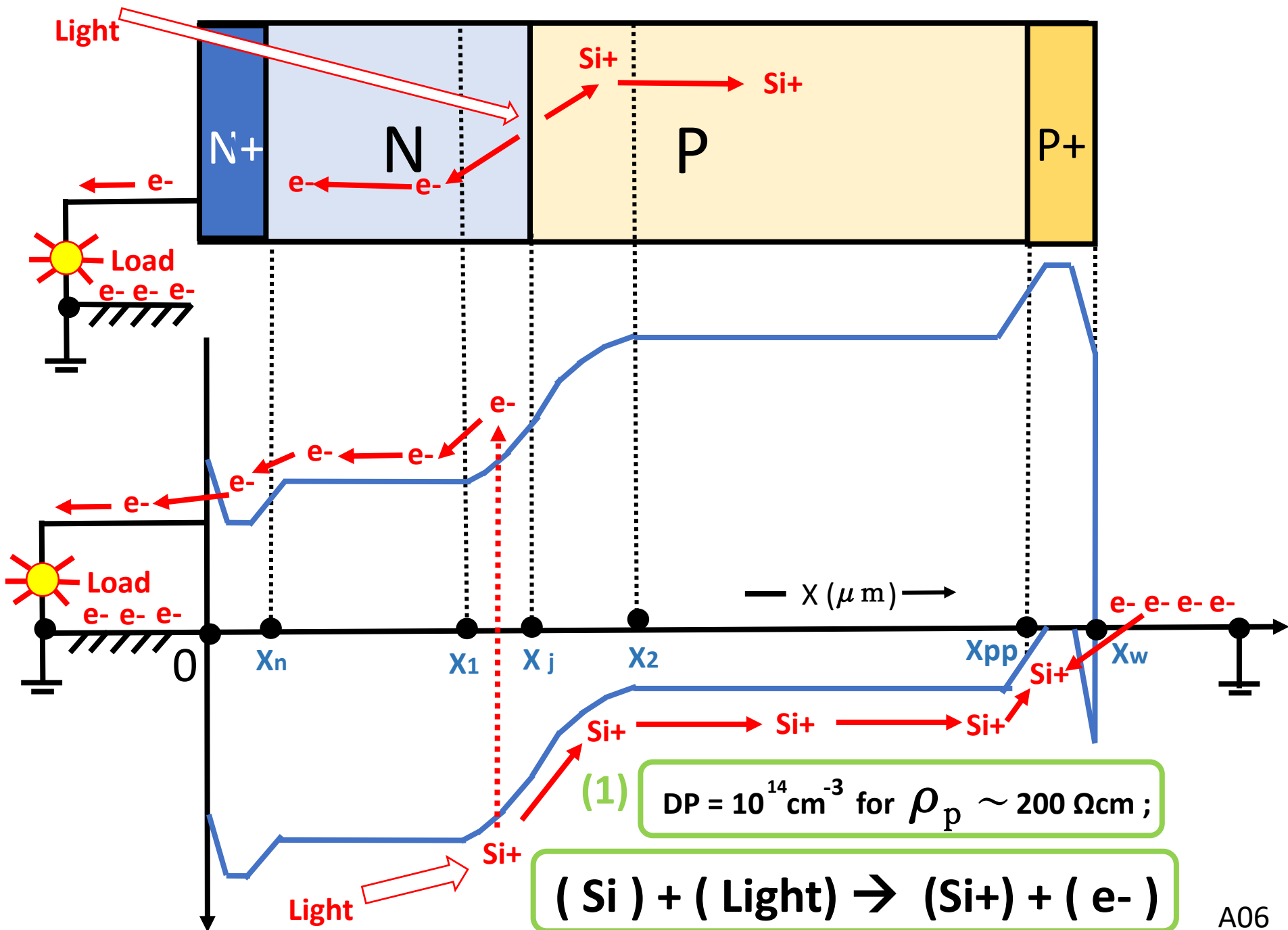


For P-type silicon chip with thickness  $200\ \mu\text{m}$  and Area  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ,  
 $R_s \sim (200\ \Omega\text{cm}) (200\ \mu\text{m}) / (10^8\ \mu\text{m}^2) = 4\ \Omega$  ;

For Area ( $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ) and Thickness ( $200\ \mu\text{m}$ ),  
P-type silicon wafer has the substrate resistance  $R_s \sim 4\ \Omega$ .

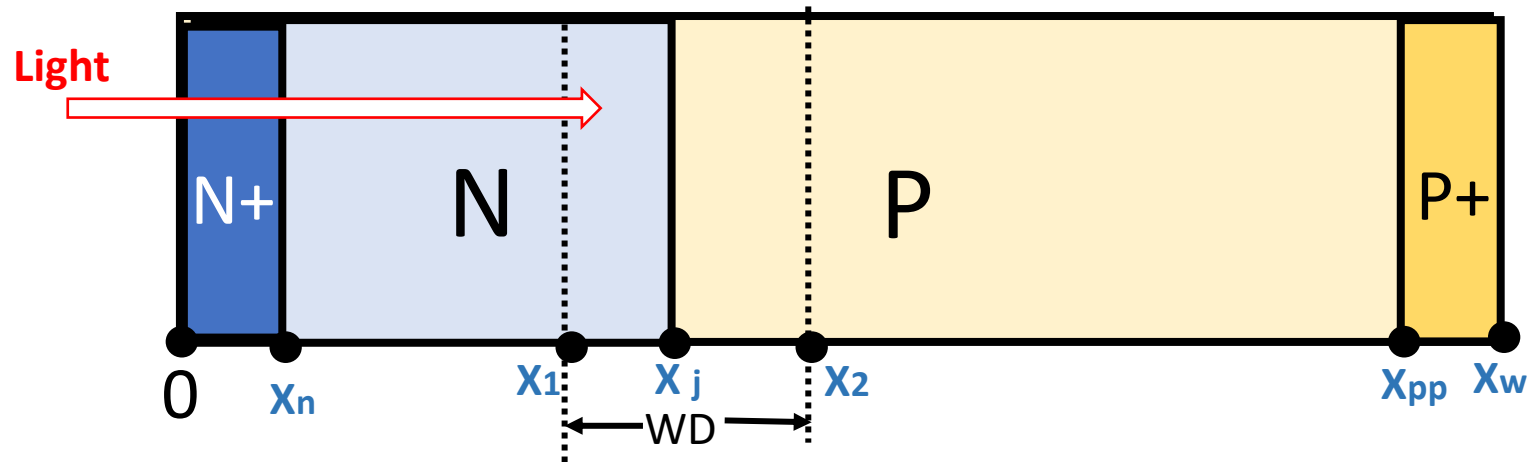
$R_s = (\rho) (\text{Thickness}) / (\text{Area})$  ; (1)  $\text{DP} = 10^{14}\text{ cm}^{-3}$  for  $\rho_p \sim 200\ \Omega\text{cm}$  ;

| Impurity Atom Density    | Resistivity N-type                 | Resistivity P-type                 |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| $10^{16}\text{ cm}^{-3}$ | $\rho_n \sim 0.5\ \Omega\text{cm}$ | $\rho_p \sim 1\ \Omega\text{cm}$   |
| $10^{15}\text{ cm}^{-3}$ | $\rho_n \sim 5\ \Omega\text{cm}$   | $\rho_p \sim 10\ \Omega\text{cm}$  |
| $10^{14}\text{ cm}^{-3}$ | $\rho_n \sim 50\ \Omega\text{cm}$  | $\rho_p \sim 200\ \Omega\text{cm}$ |









(1)  $DP = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  for  $\rho_p \sim 200 \Omega\text{cm}$  ;

(2)  $EG = V_{out} + V_B + V_{BN} + V_{BP}$  ;

(3) 
$$V_{BP} = kT \ln \left( \frac{D_{PP}}{DP} \right)$$
  

$$V_{BN} = kT \ln \left( \frac{D_{NN}}{DN} \right)$$

(4) 
$$V_B = \frac{DP \cdot DN \cdot WD^2}{2 \cdot E_{si} \cdot (DP + DN)}$$

**Find the maximum Value WD ;**

**$kT = 0.0259 \text{ eV}$  ;**

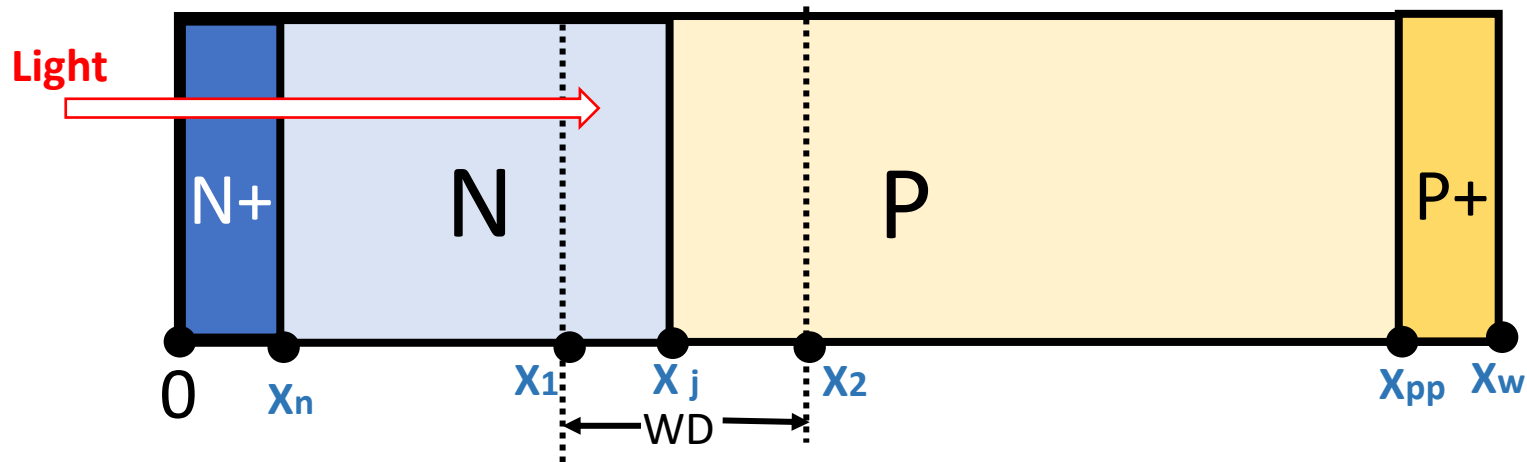
**$E_{si} = 648 \text{ eV} / (\mu\text{m} \cdot \text{eV})$  ;**

**$D_{PP} \sim N_v = 2.80 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  ;**

**$D_{NN} \sim N_c = 1.04 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  ;**

**$DP = 100 \mu\text{m}^{-3}$  ;**

**$DN > DP$  ;**



(1)  $DP = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  for  $\rho_p \sim 200 \Omega\text{cm}$  ;

**$WD \sim 2.2 \mu\text{m}$**

(2)  $EG = V_{out} + V_B + V_{BN} + V_{BP}$  ;

(3) 
$$V_{BP} = kT \ln \left( \frac{DPP}{DP} \right)$$
  

$$V_{BN} = kT \ln \left( \frac{DNN}{DN} \right)$$

(4) 
$$V_B = \frac{DP \cdot DN \cdot WD^2}{2 \cdot E_{si} \cdot (DP + DN)}$$

**Find the maximum Value WD ;**

**$kT = 0.0259 \text{ eV}$  ;**

**$E_{si} = 648 \text{ eV} / (\mu\text{m} \cdot \text{eV})$  ;**

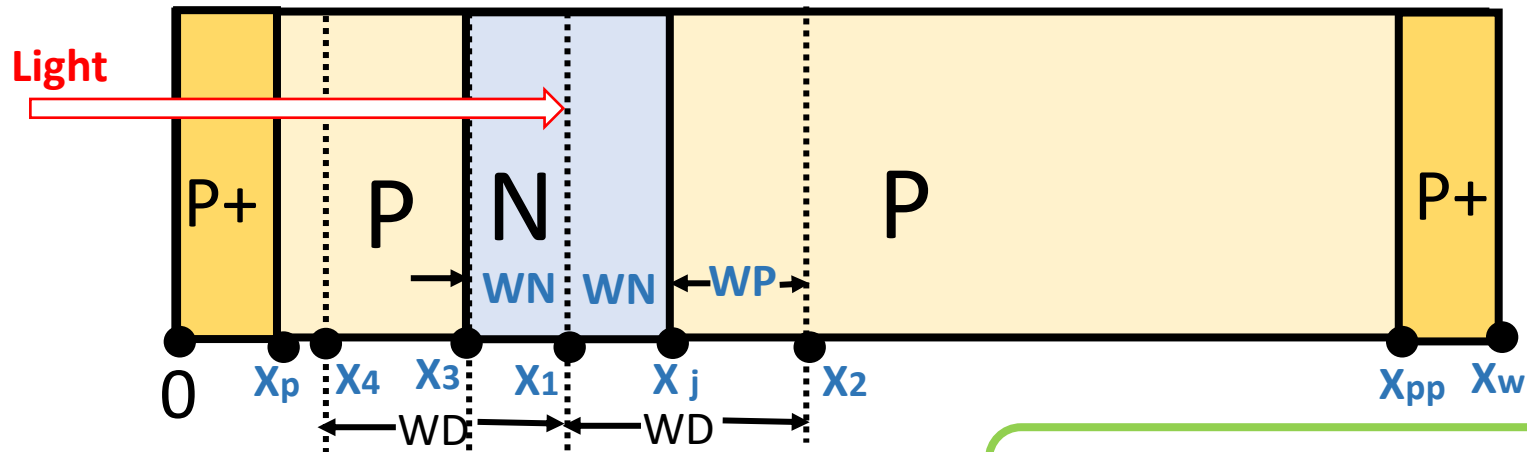
**$DPP \sim N_v = 2.80 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  ;**

**$DNN \sim N_c = 1.04 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  ;**

**$DP = 100 \mu\text{m}^{-3}$  ;**

**$DN > DP$  ;**





(1)  $DP = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  for  $\rho_p \sim 200 \Omega\text{cm}$  ;

**$WD \sim 2.2 \mu\text{m}$**

$WN = WP + WN$  ;

(2)  $EG = V_{out} + V_B + V_{BN} + V_{BP}$  ;

(3)  $V_{BP} = kT \ln \left( \frac{D_{PP}}{DP} \right)$   
 $V_{BN} = kT \ln \left( \frac{D_{NN}}{DN} \right)$

(4)  $V_B = \frac{DP \cdot DN \cdot WD^2}{2 \cdot E_{si} \cdot (DP + DN)}$

**Find the maximum Value WD ;**

**$kT = 0.0259 \text{ eV}$  ;**

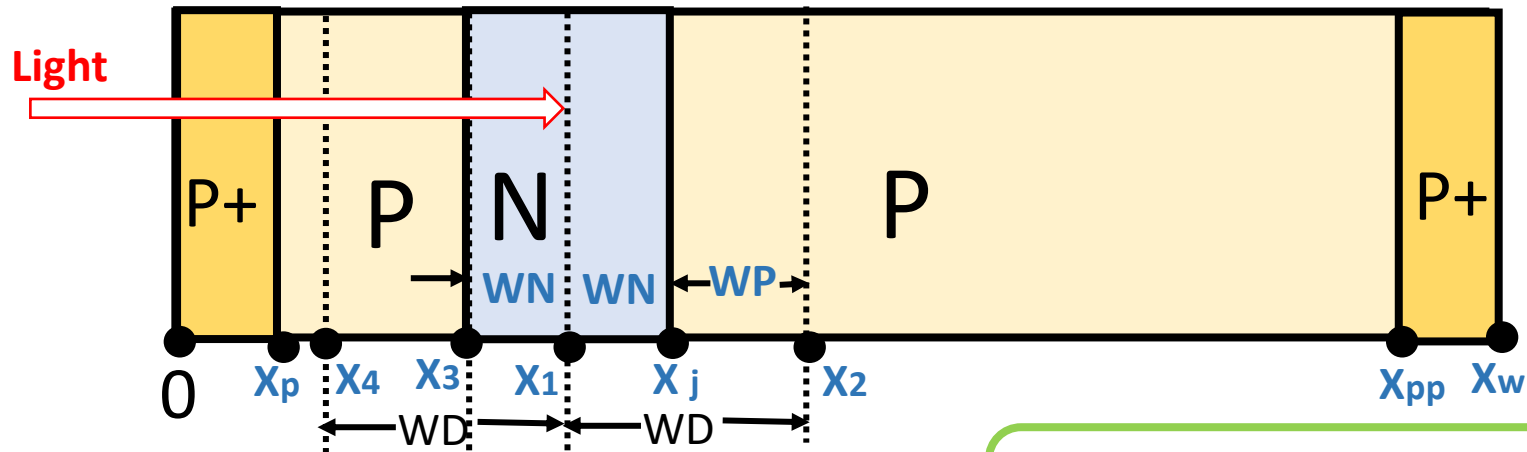
**$E_{si} = 648 \text{ eV} / (\mu\text{m} \cdot \text{eV})$  ;**

**$D_{PP} \sim N_v = 2.80 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  ;**

**$D_{NN} \sim N_c = 1.04 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  ;**

**$DP = 100 \mu\text{m}^{-3}$  ;**

**$DN > DP$  ;**



$$WD \sim 2.2 \mu\text{m} ;$$

$$WN = WP + WN ;$$

$$WP \sim WD \sim 2.2 \mu\text{m} ;$$

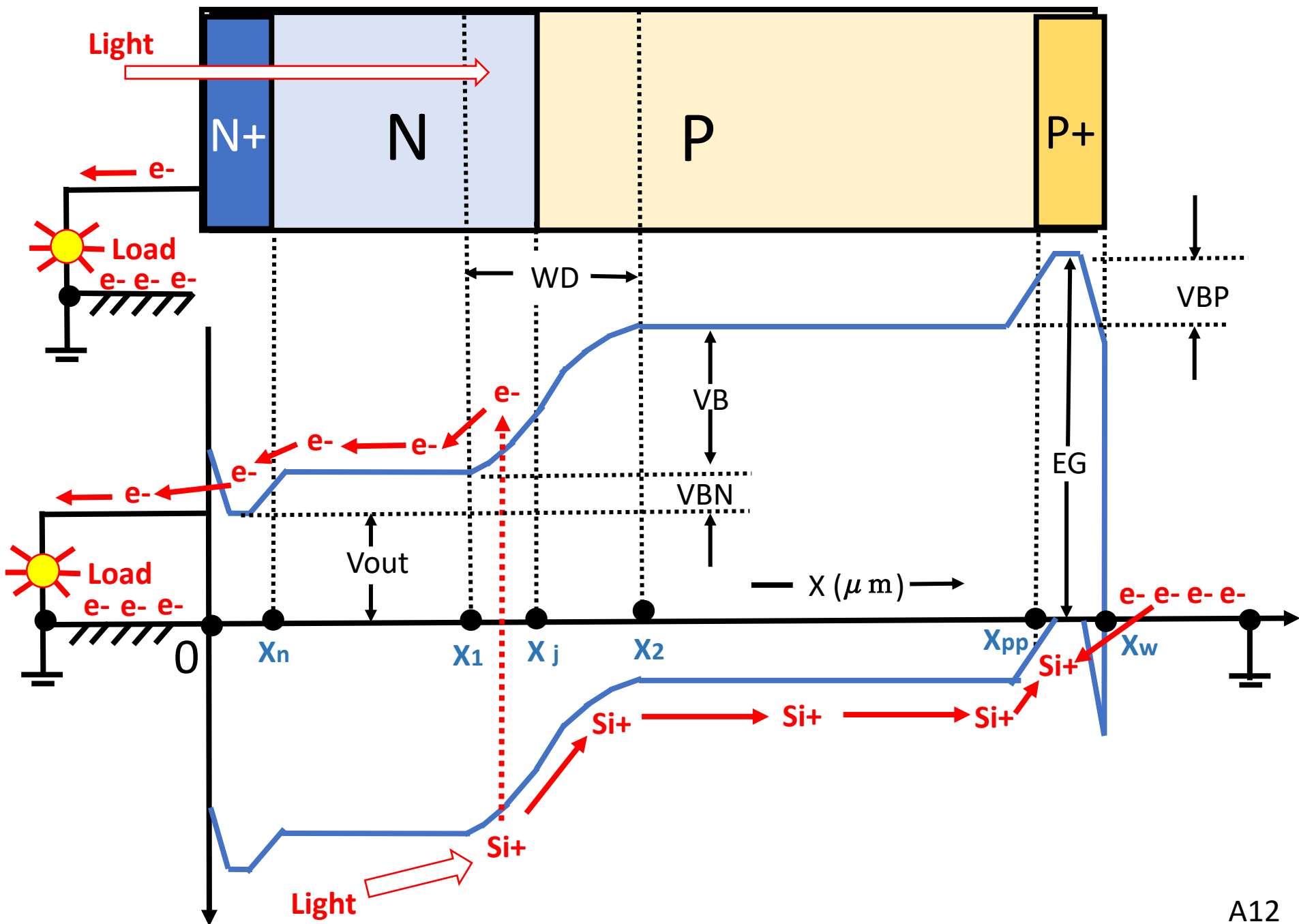
$$WN \sim 0.0 \mu\text{m} ;$$

$$X1 \sim Xj \sim 3 \mu\text{m} ;$$

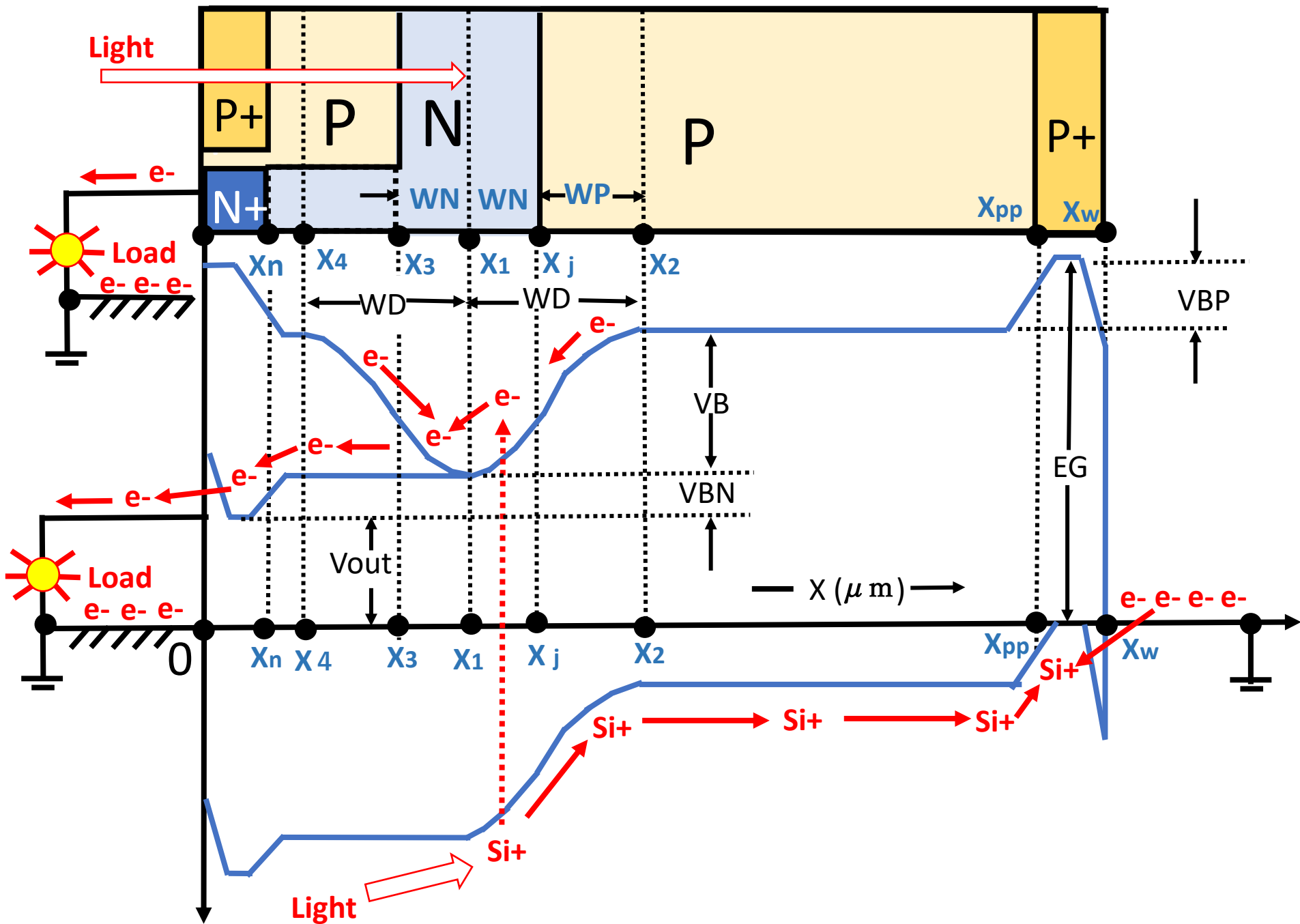
$$X2 \sim Xj + WD \sim 5.2 \mu\text{m} ;$$

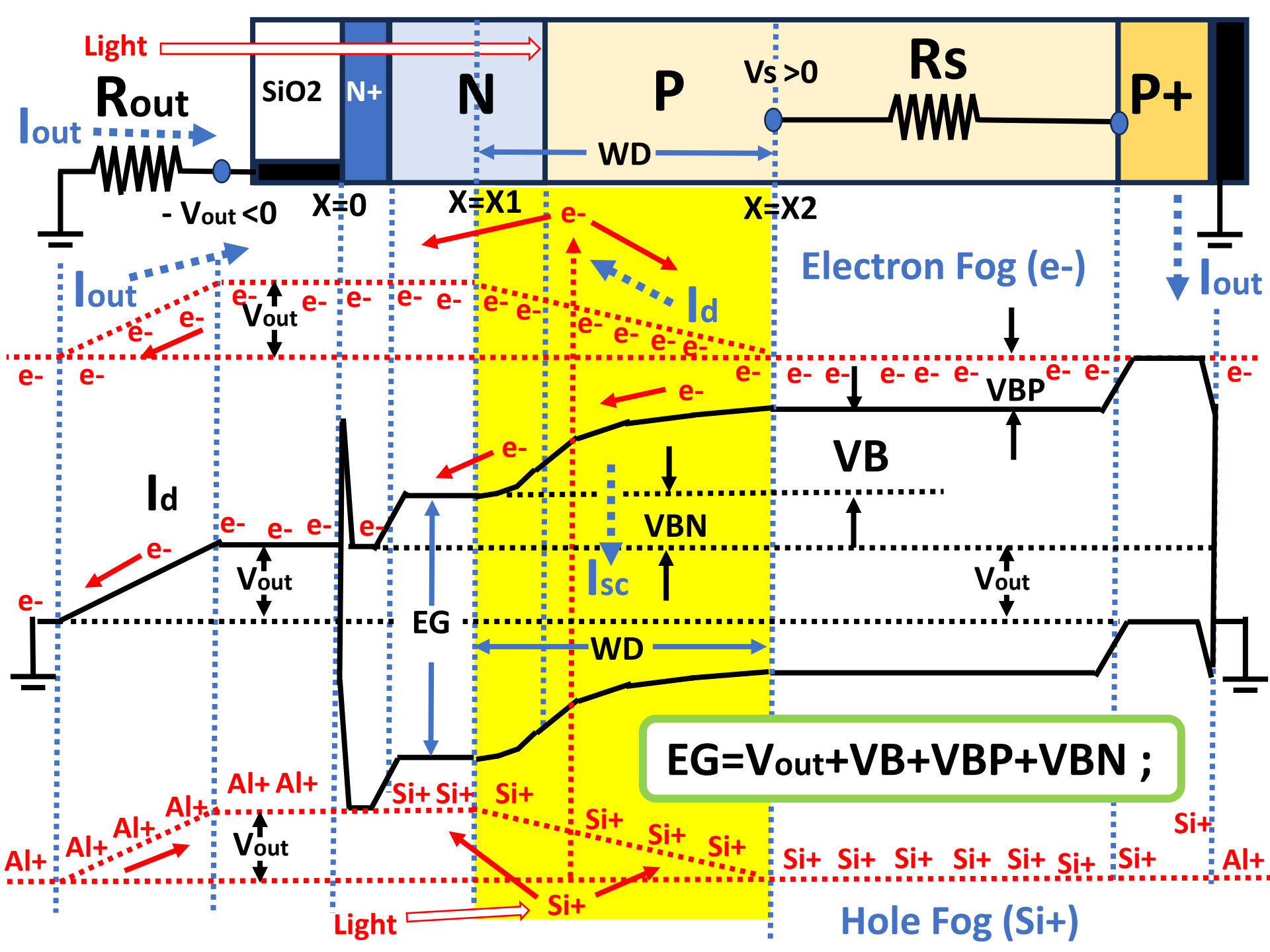
$$X3 \sim Xj \sim 3 \mu\text{m} ;$$

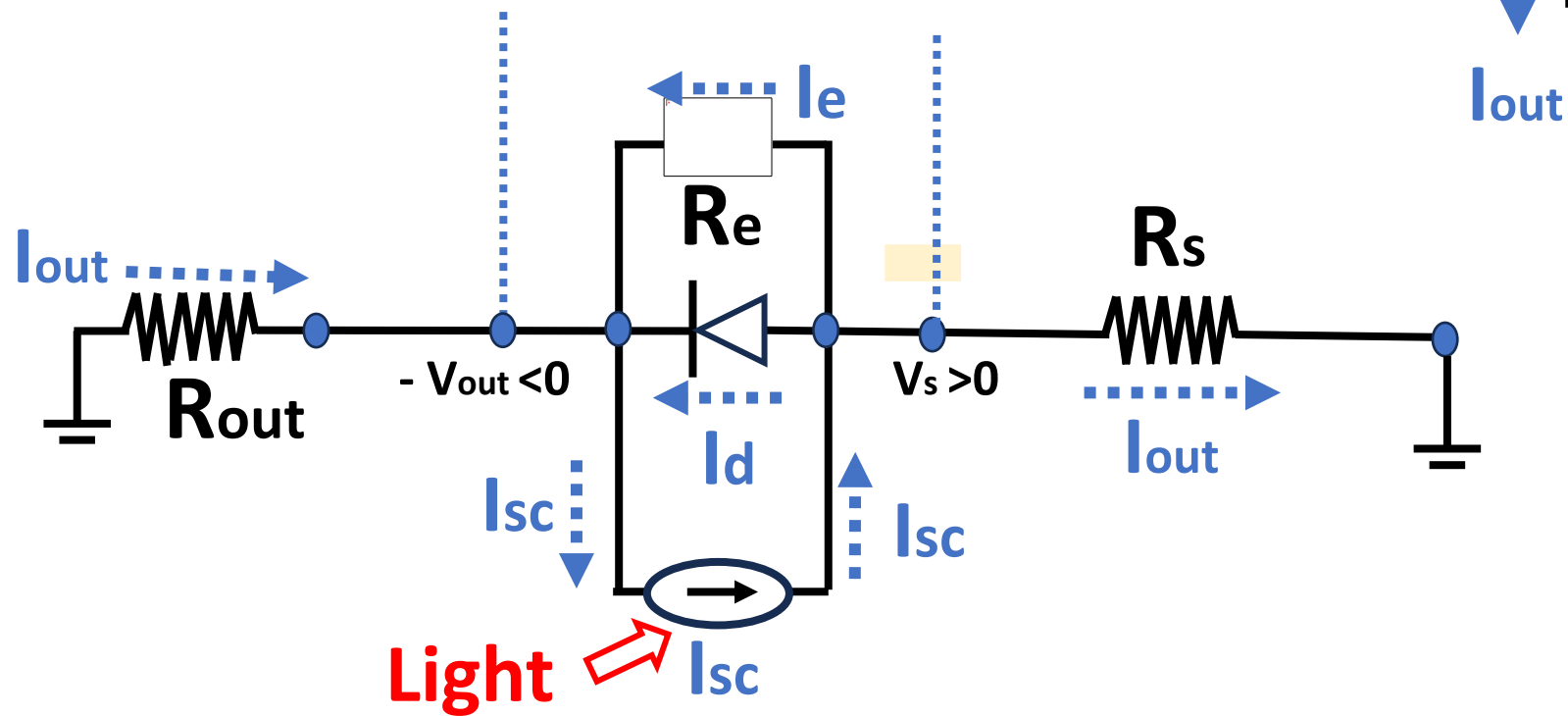
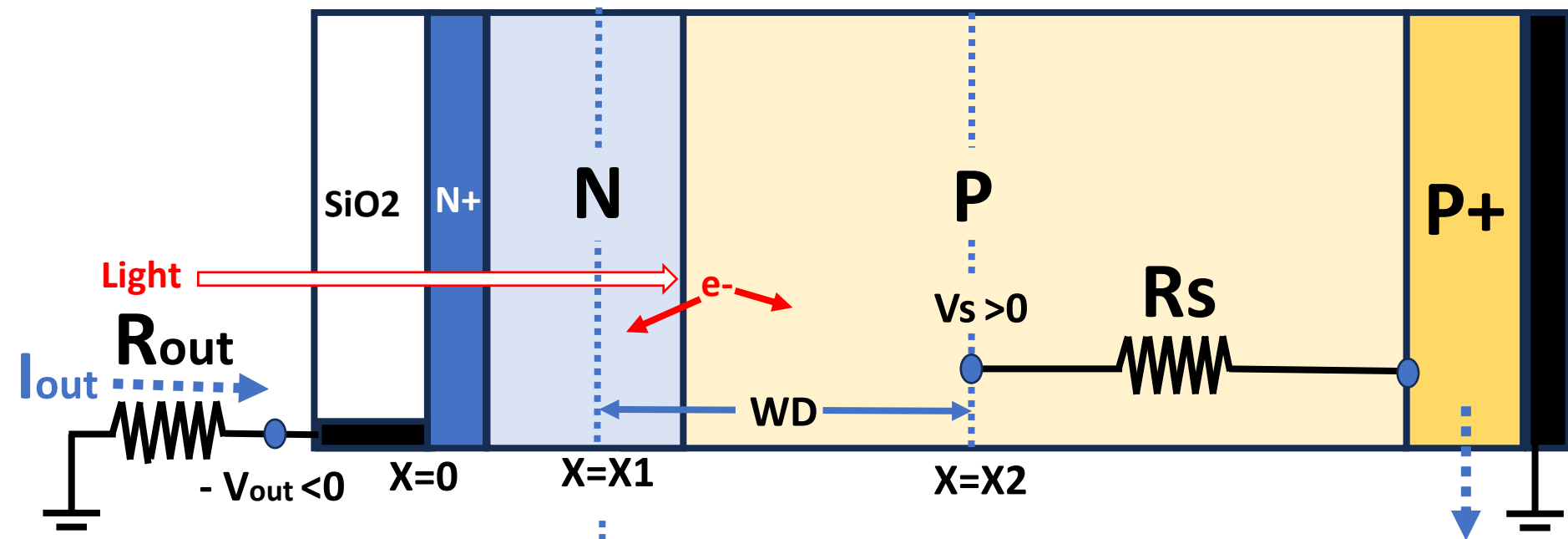
$$X4 \sim Xj - WD \sim 0.8 \mu\text{m} ;$$





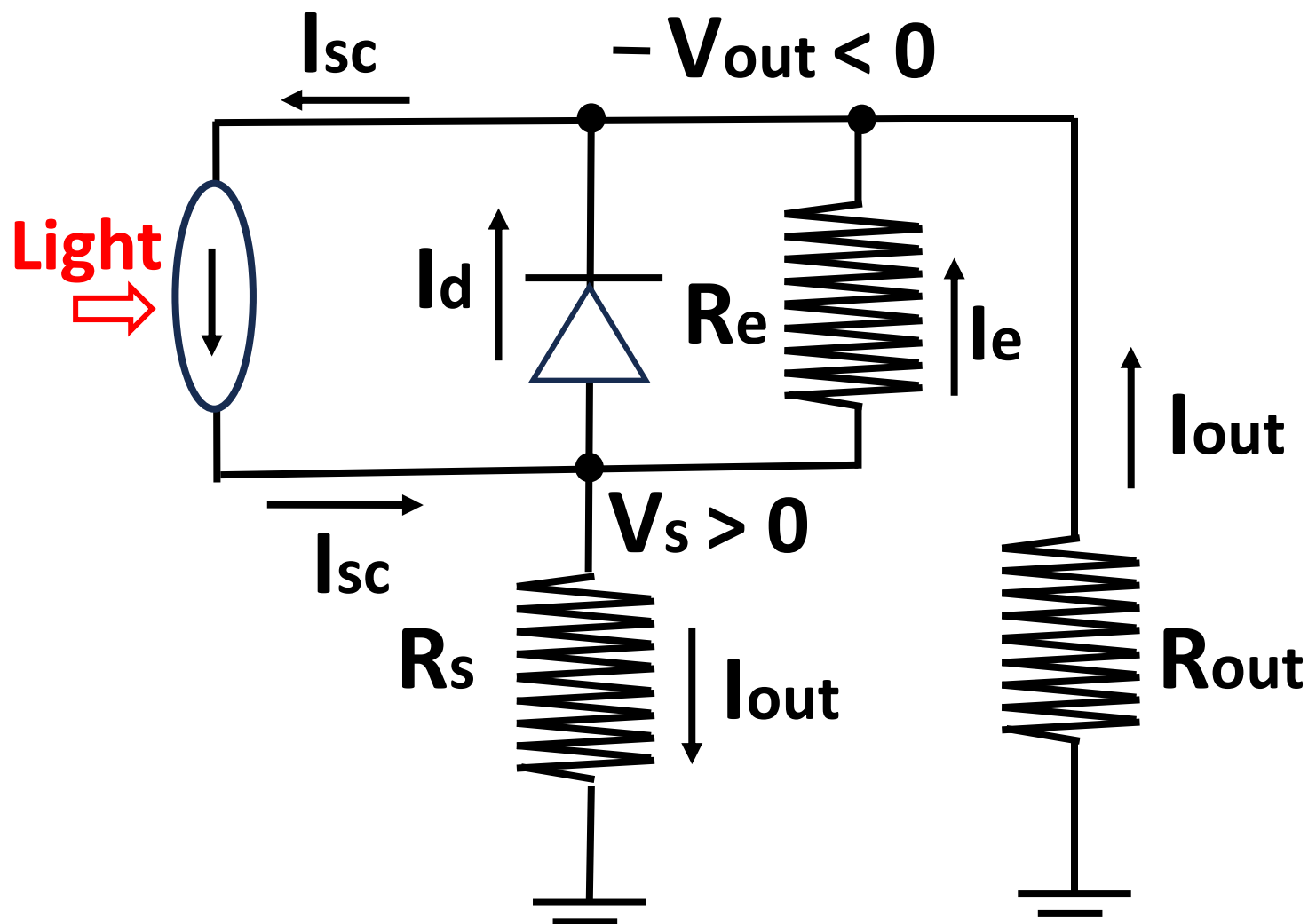


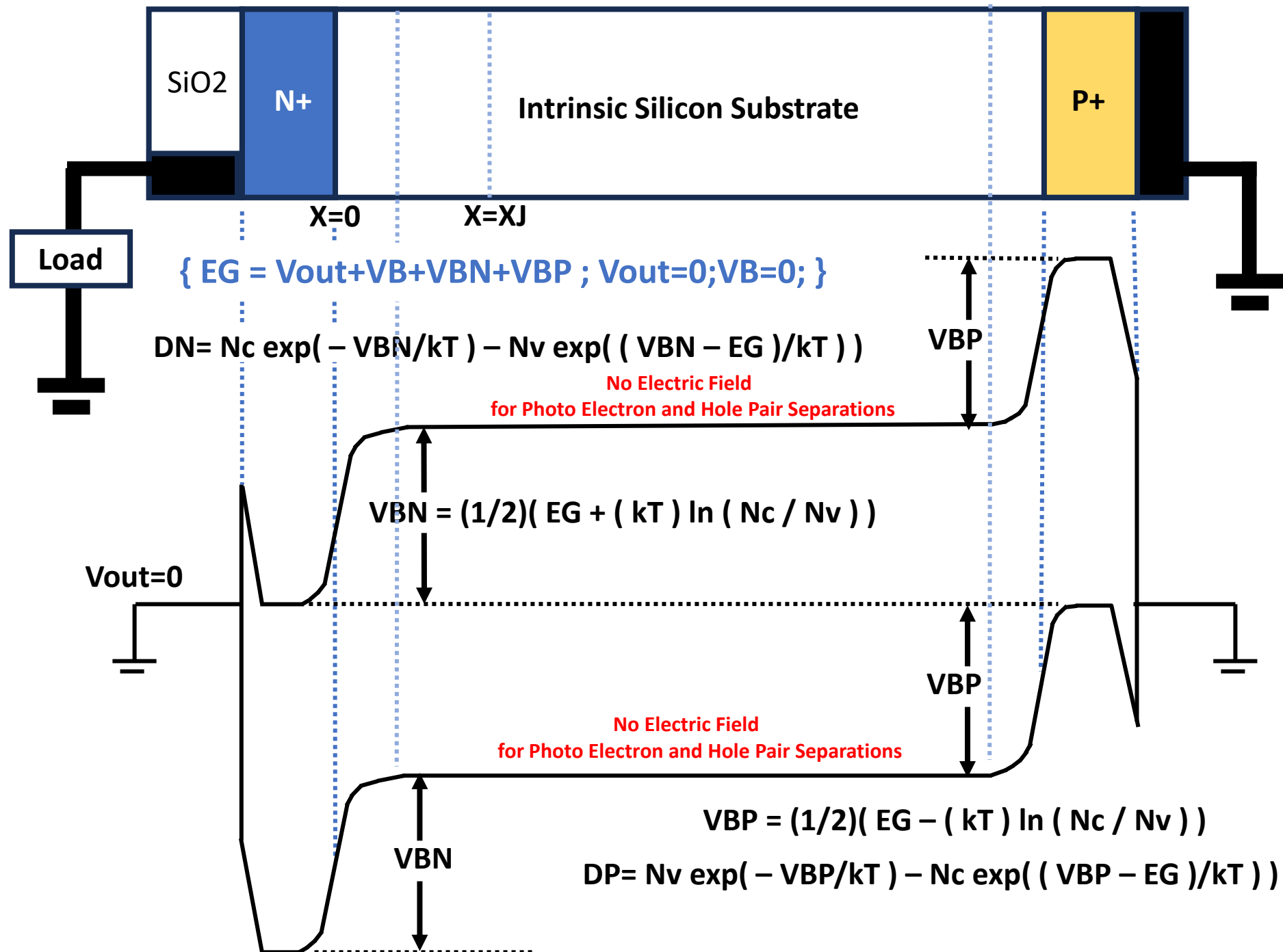




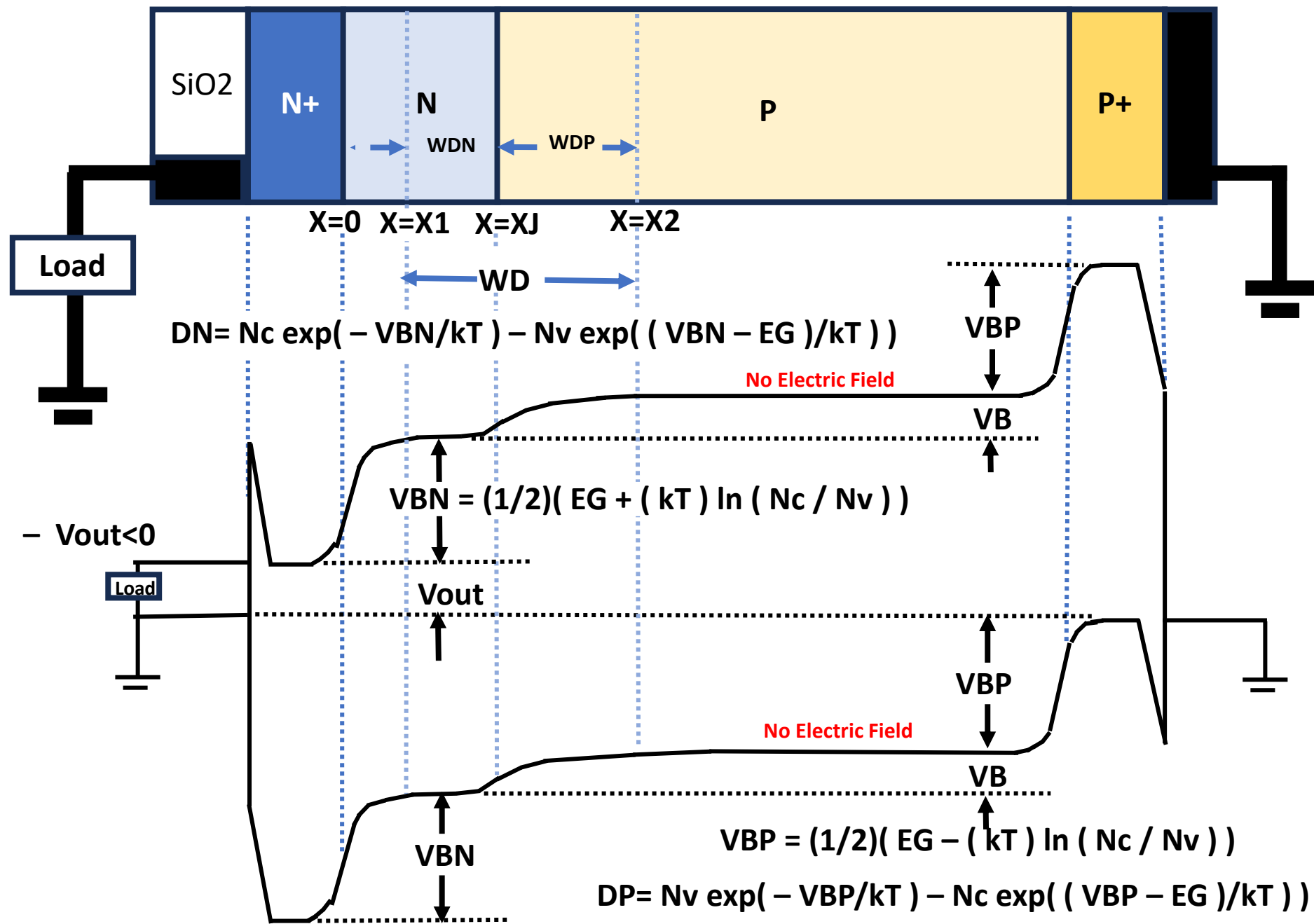


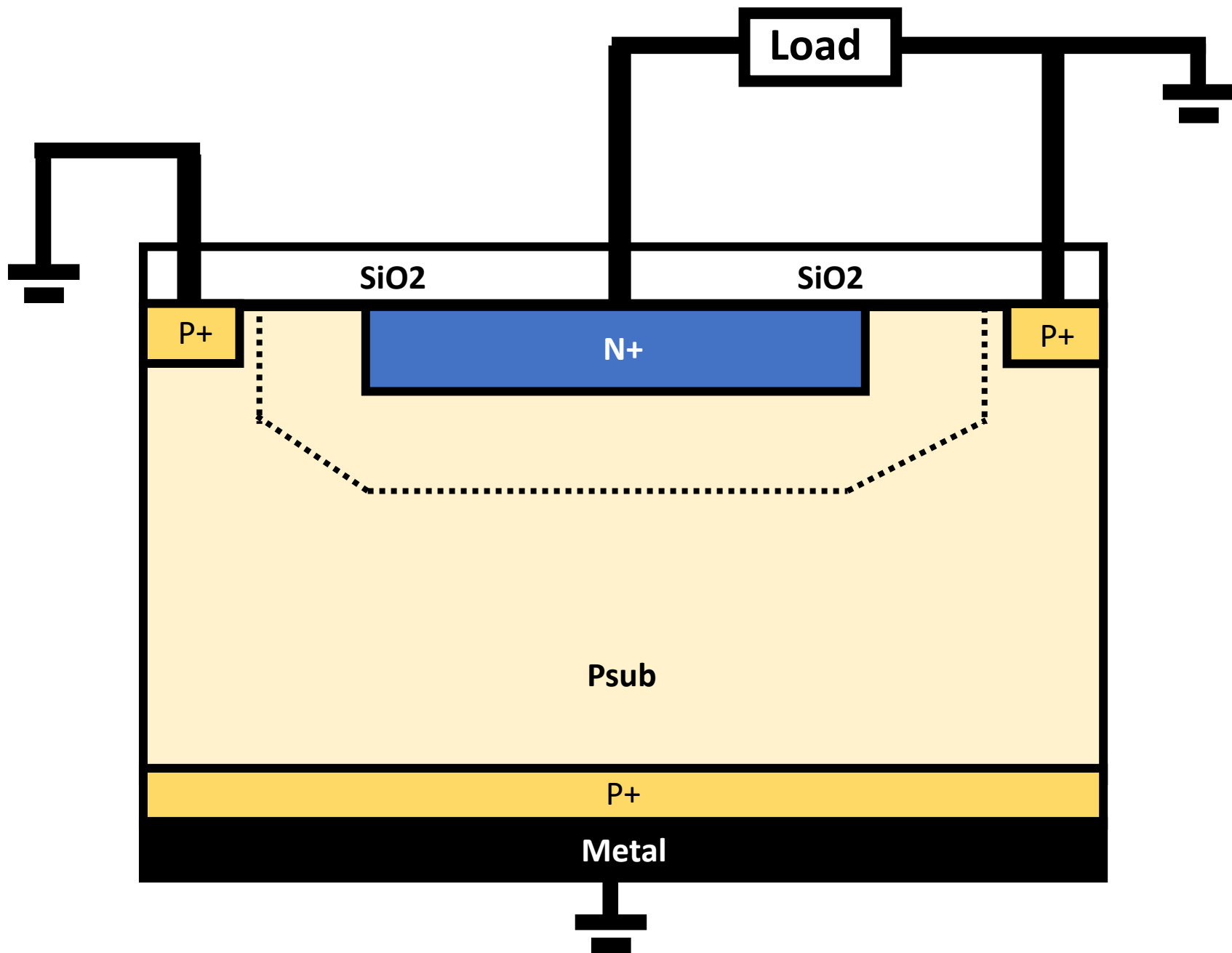


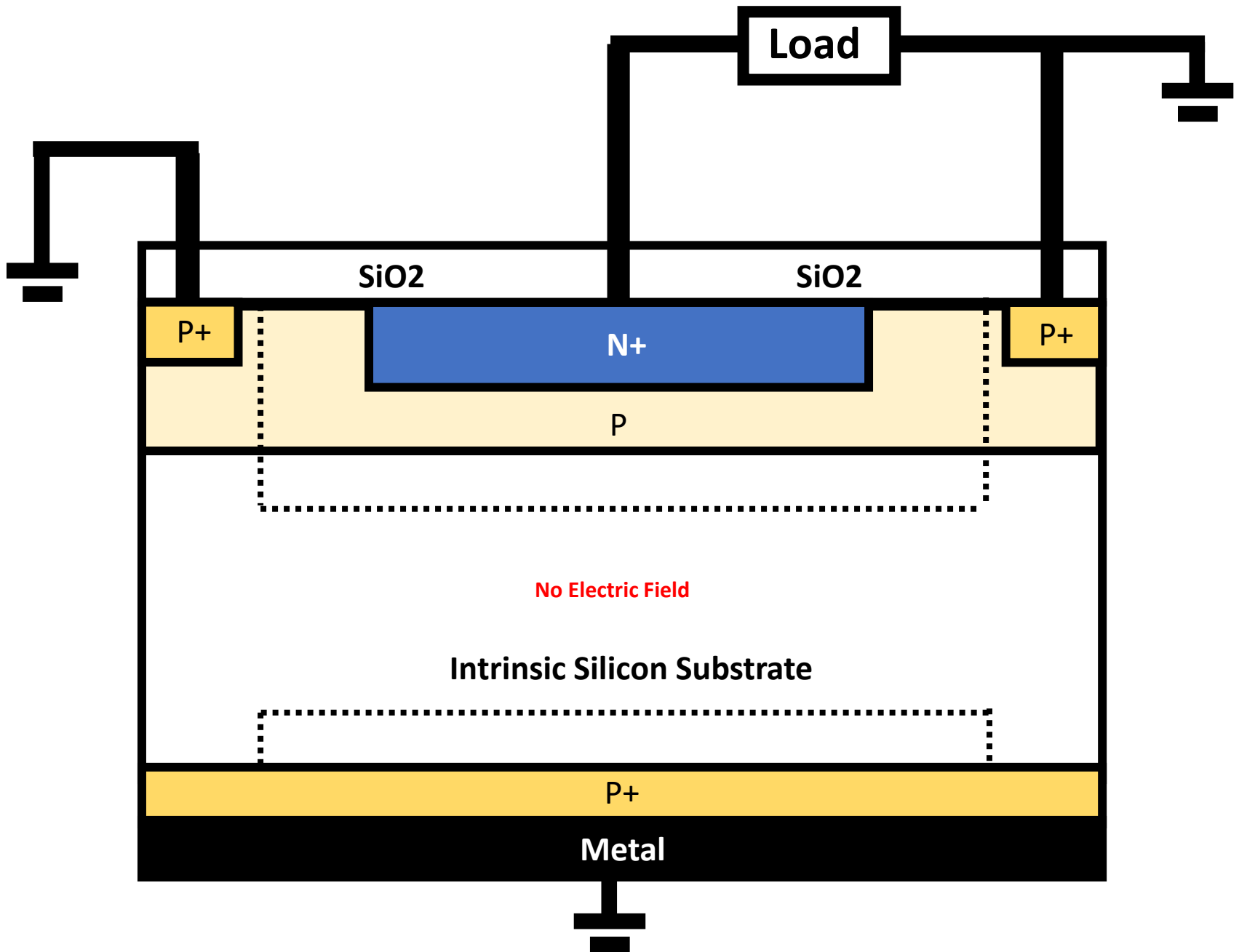




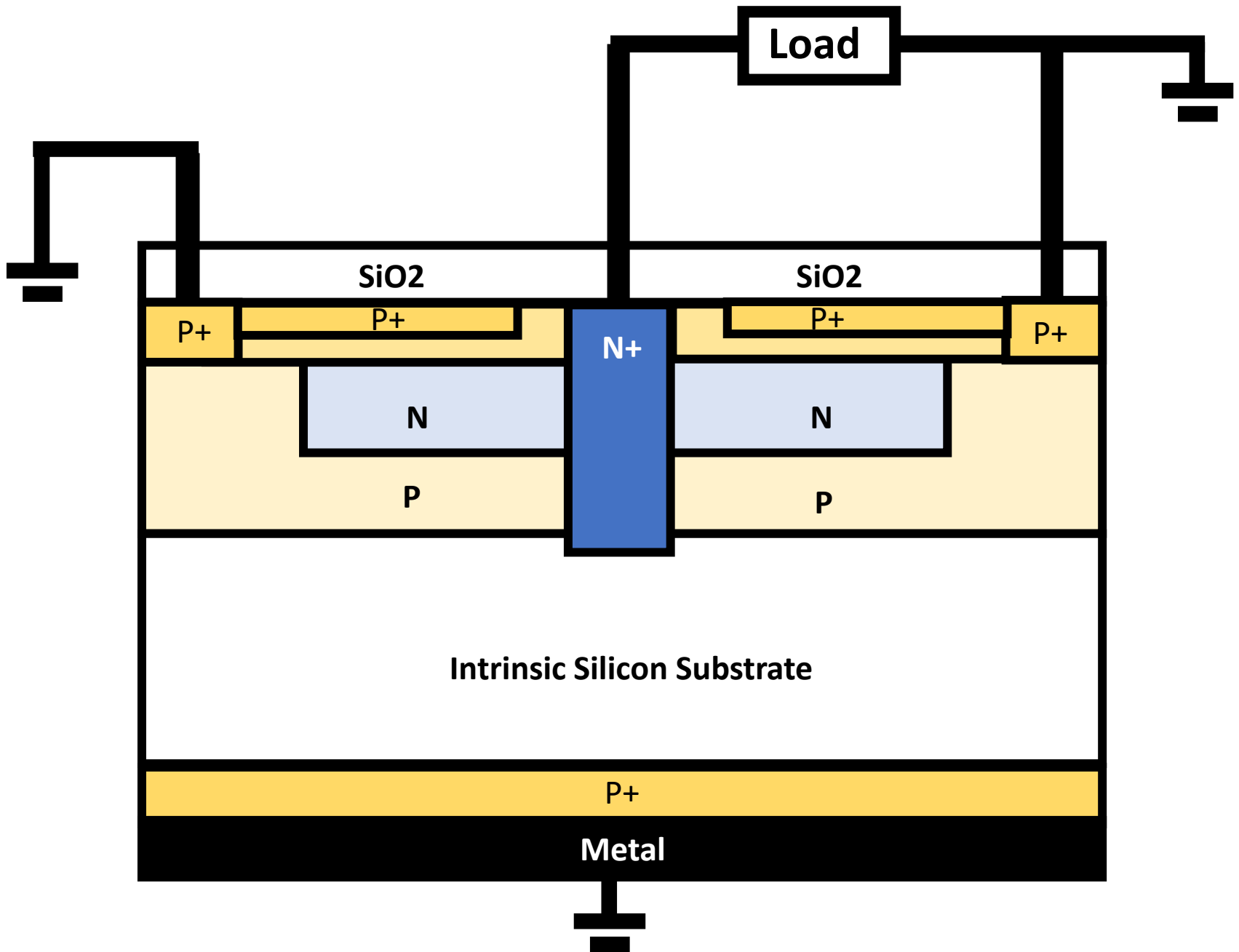


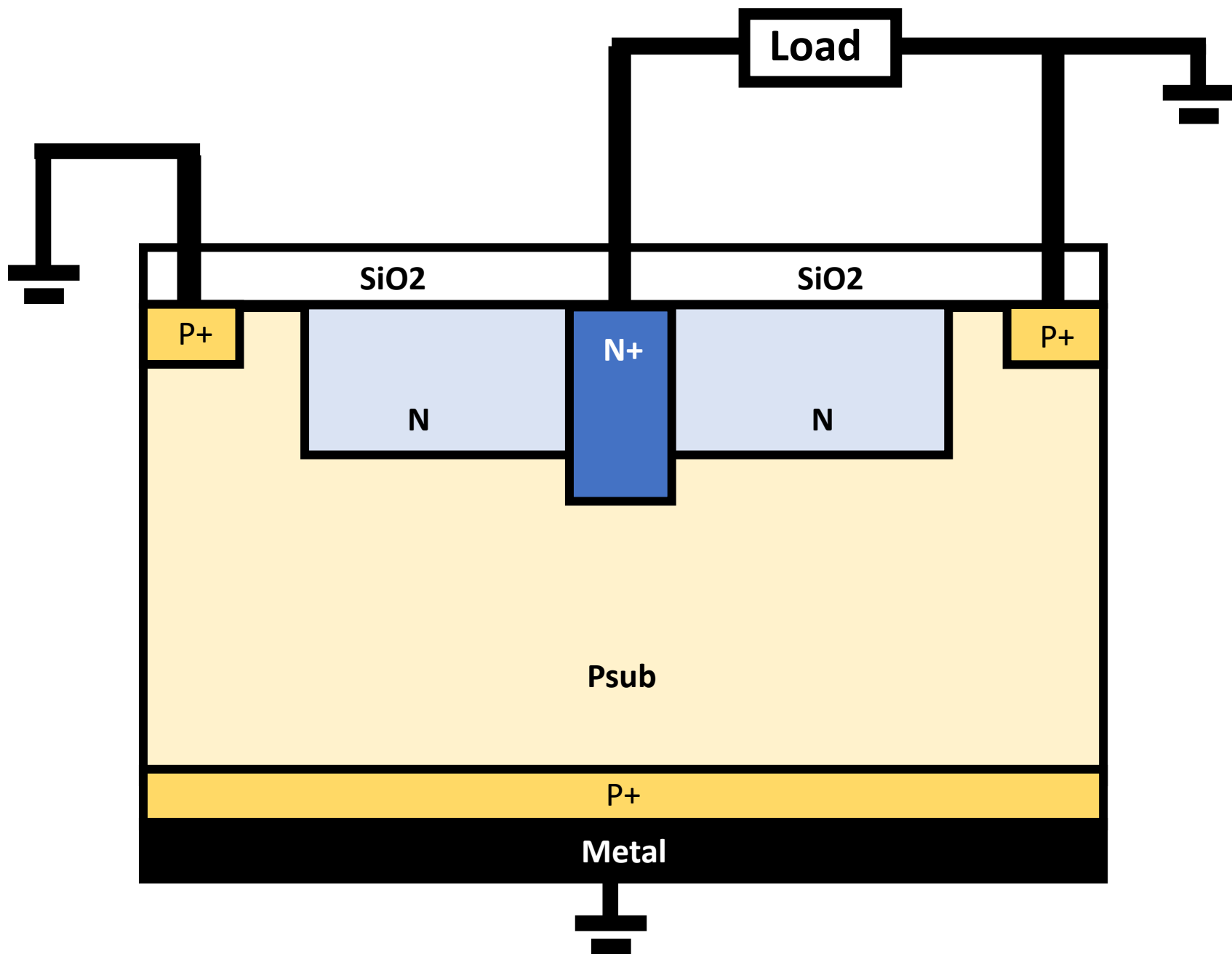






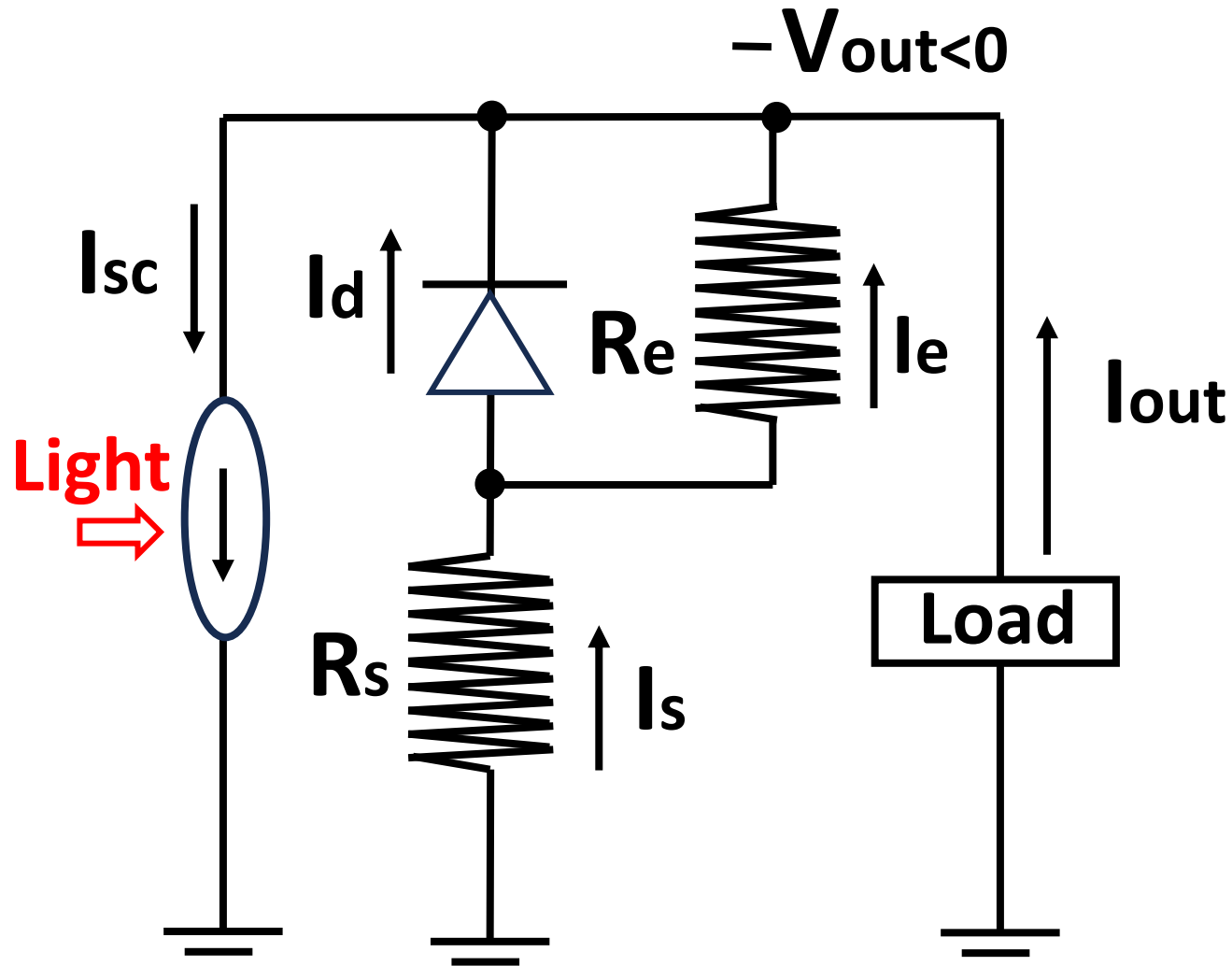


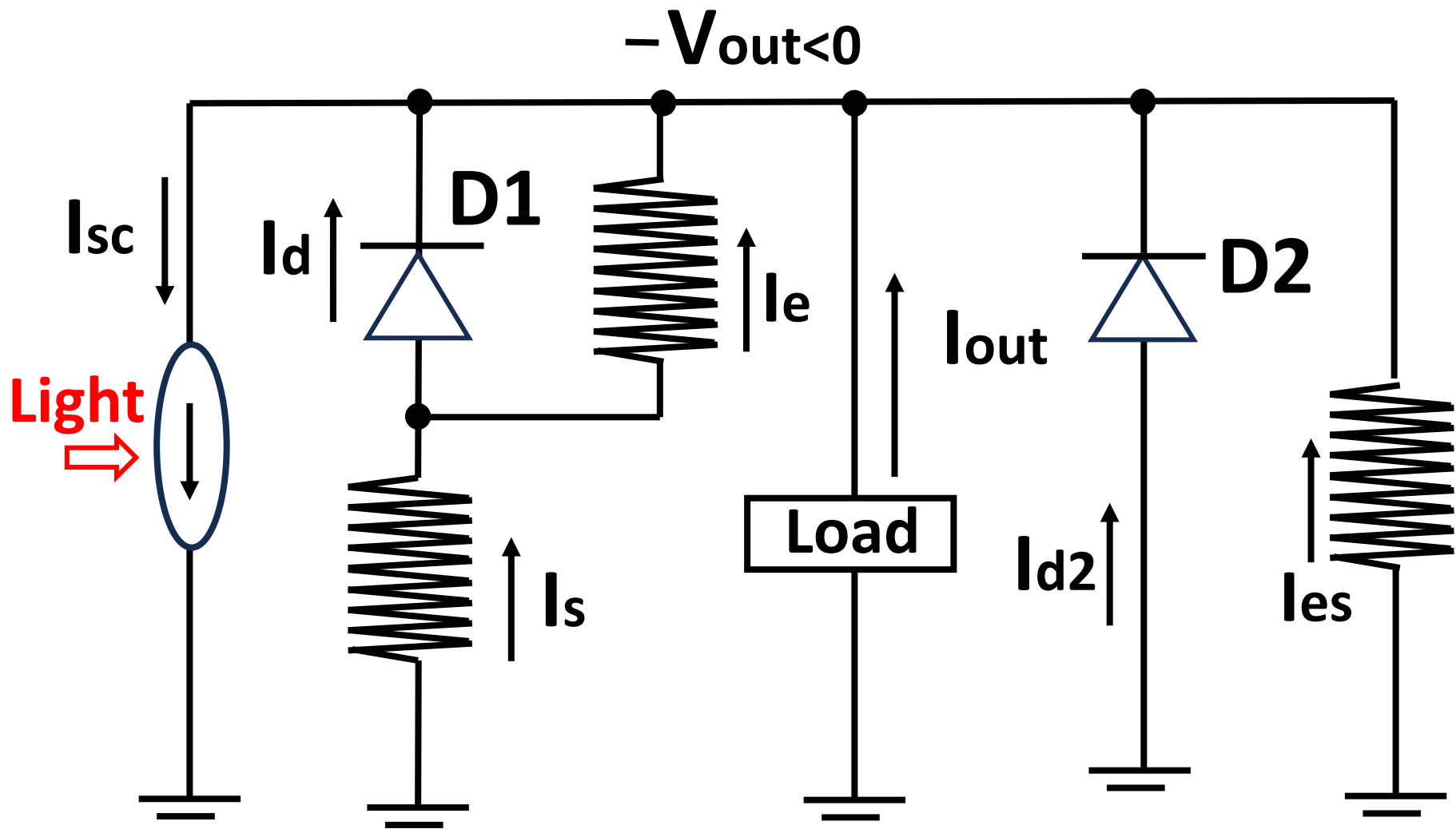




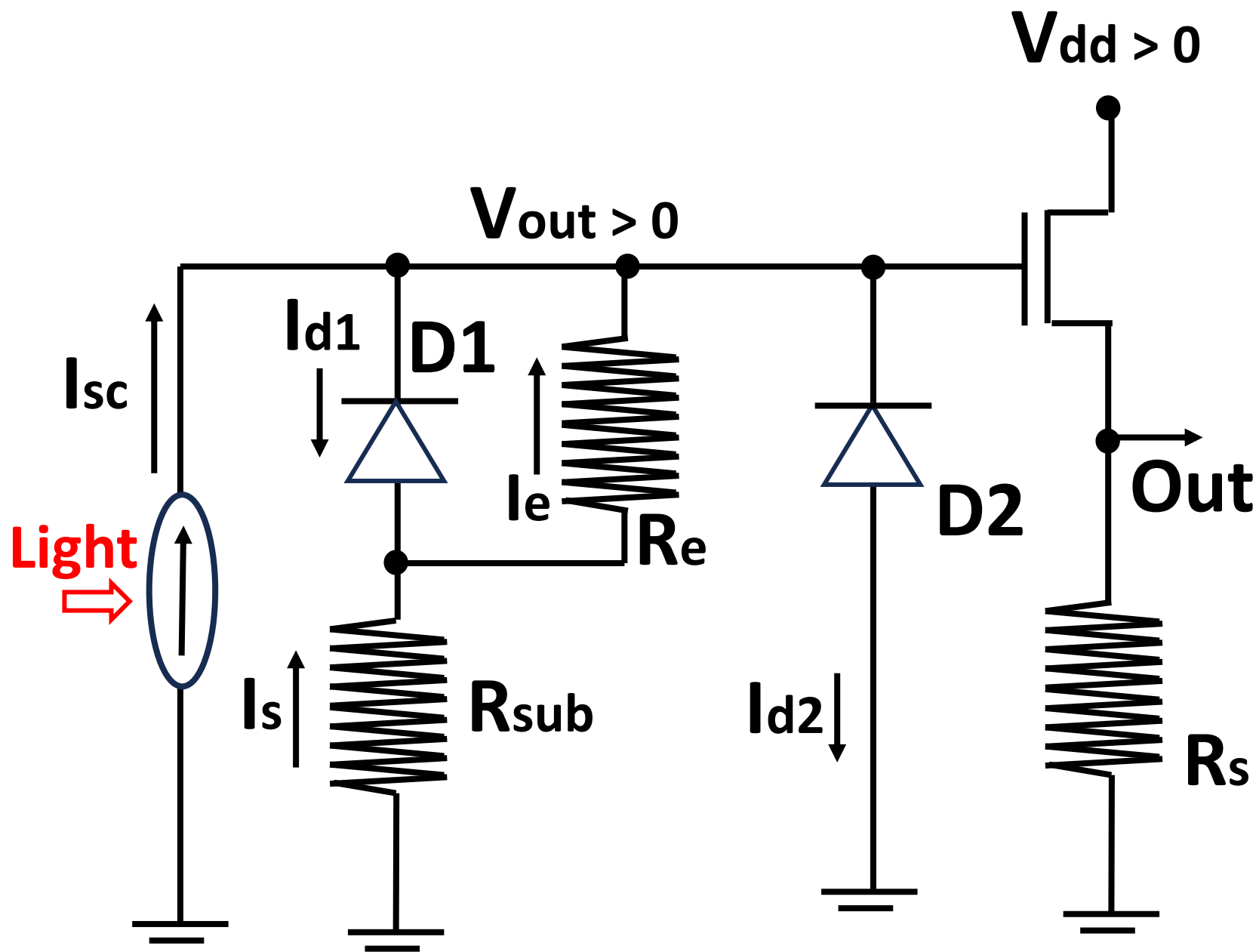
$$I_{sc} = I_{out} + I_d + I_e$$

$$I_s = I_d + I_e$$









もとSONY (1975～2008) の半導体部門に勤務し現在熊本にある崇城大学で教授(2009～現在)として勤務しております。皆さんのスマホのビデオカメラだけでなく、すべての半導体部品をSONY現役時代に研究開発設計を担当。26歳の時に発明した超光感度の半導体受光素子の実用化でSONYだけを豊かにしました。これからは、さらに、この賞光感度の半導体部品を太陽電池に応用し、日本を、世界をも豊かにしたいと希望します。この本に関心がある人は萩原良昭にご連絡ください。

[hagiwara@aiplab.com](mailto:hagiwara@aiplab.com) 080-2062-5657 萩原良昭



崇城大学

理事長付 特任教授

工学博士、Ph.D.  
IEEE Life Fellow  
AAIA Fellow

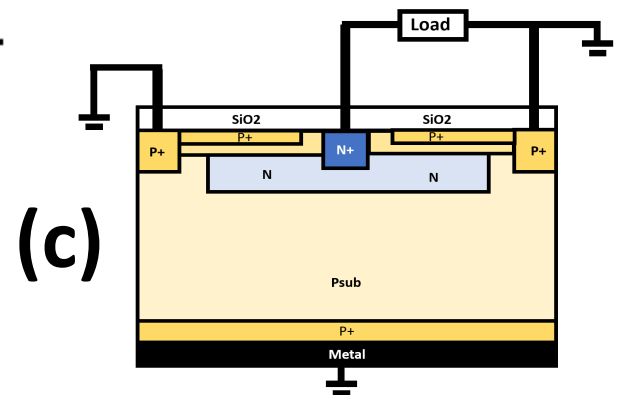
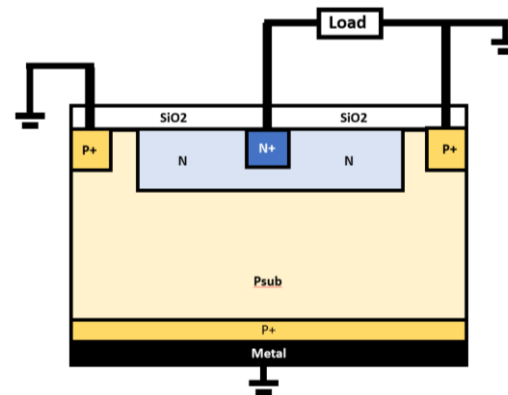
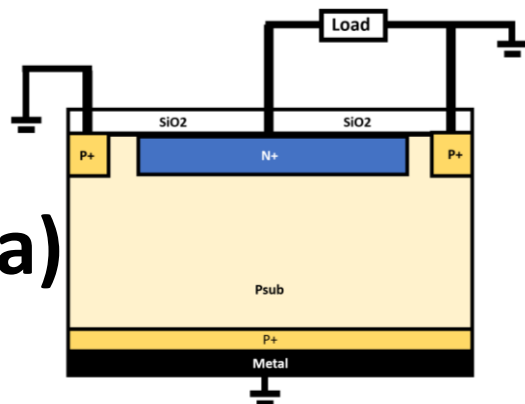
萩原良昭

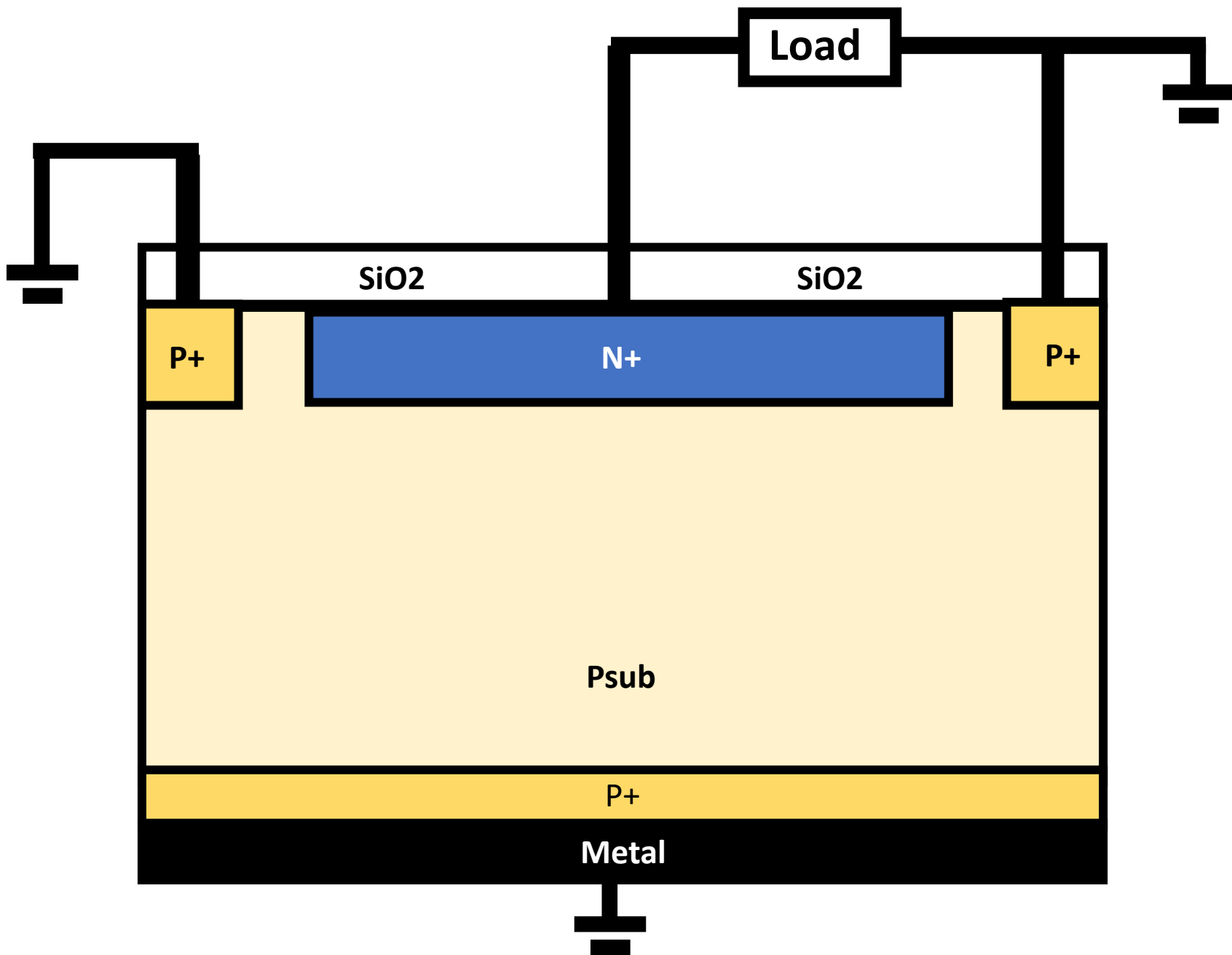
〒860-0082 熊本市西区池田 4-22-1  
Phone : 080-2062-5657 (直通)  
Fax : 096-326-3000  
<https://www.sojo-u.ac.jp/>  
E-mail : hagiwara@ofc.sojo-u.ac.jp

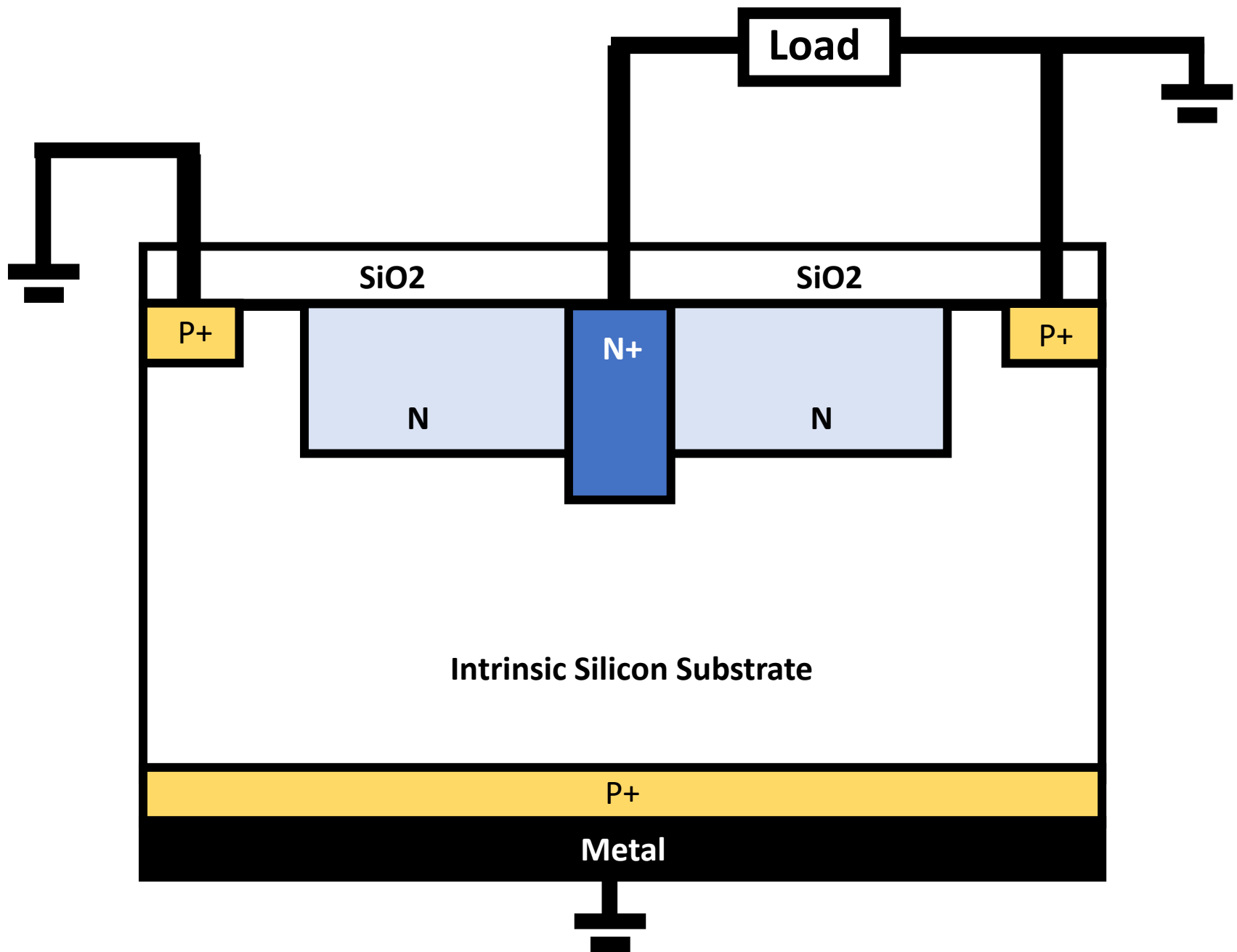
合同会社ロコムテック Locomtec  
萩原AIPS研究所 所長



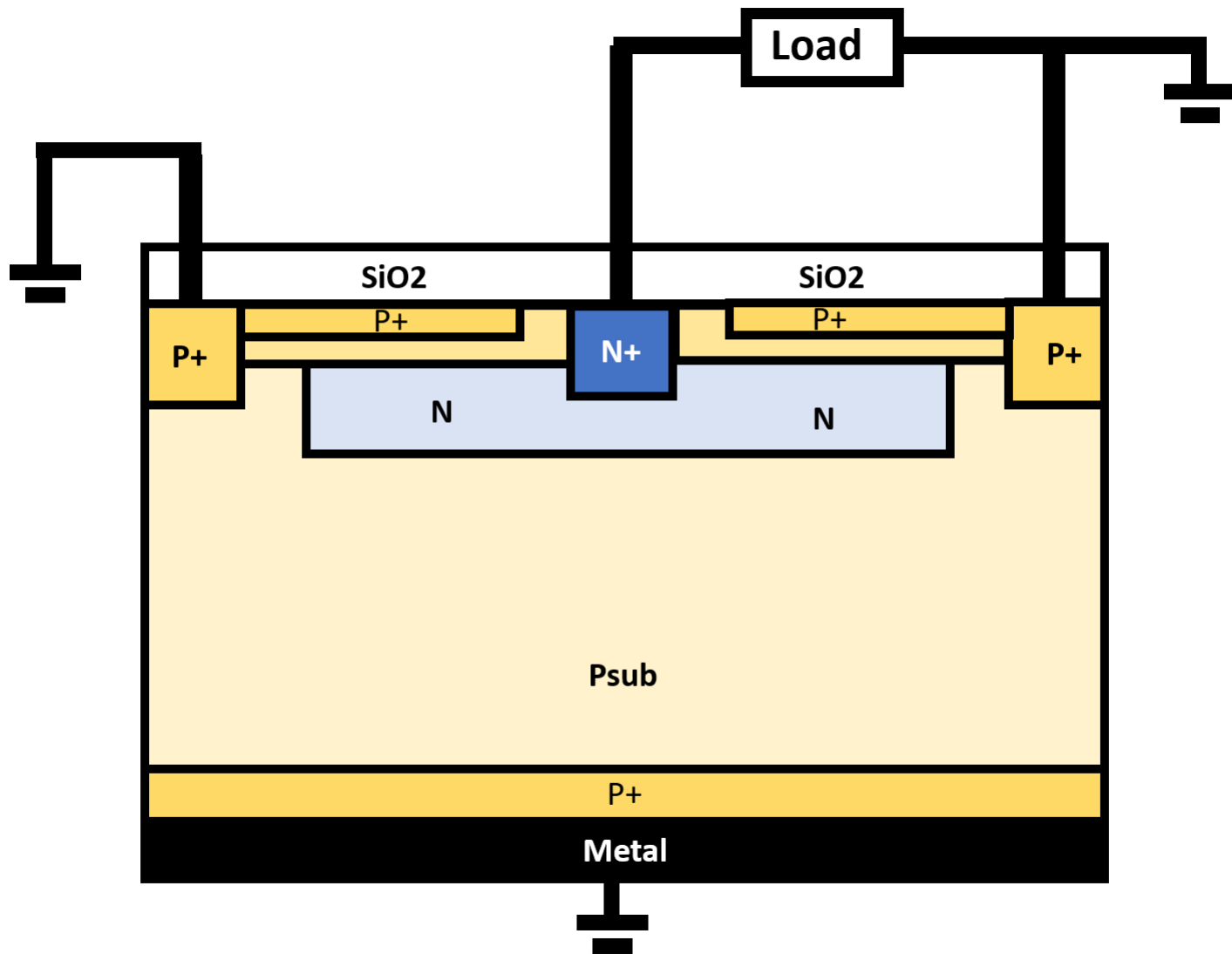
〒243-0201 厚木市上荻野4313-1  
Phone/Fax 046-241-3465  
<http://www.aiplab.com>  
<https://locomtec.jp/萩原aips研究所>  
hagiwara@aiplab.com

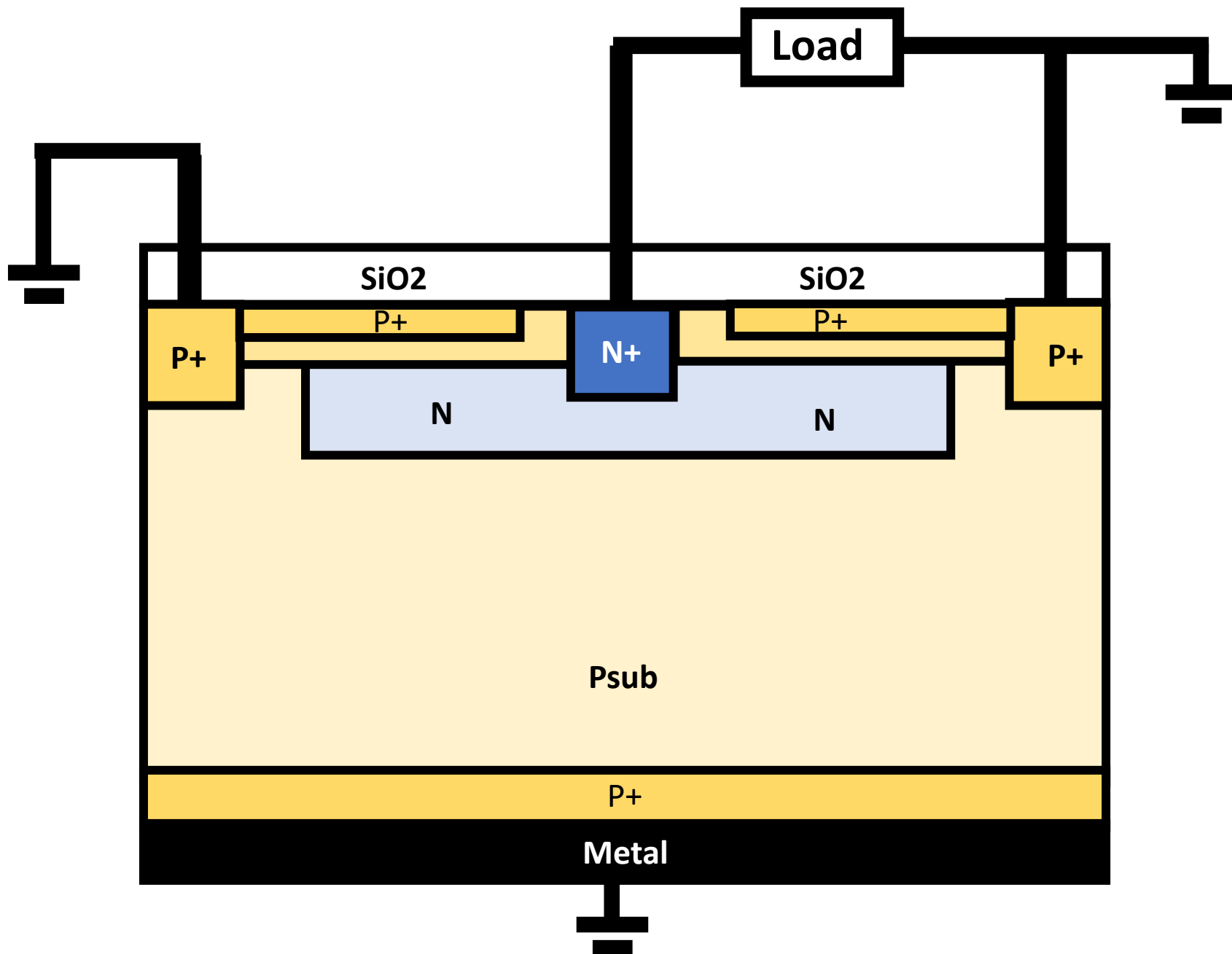


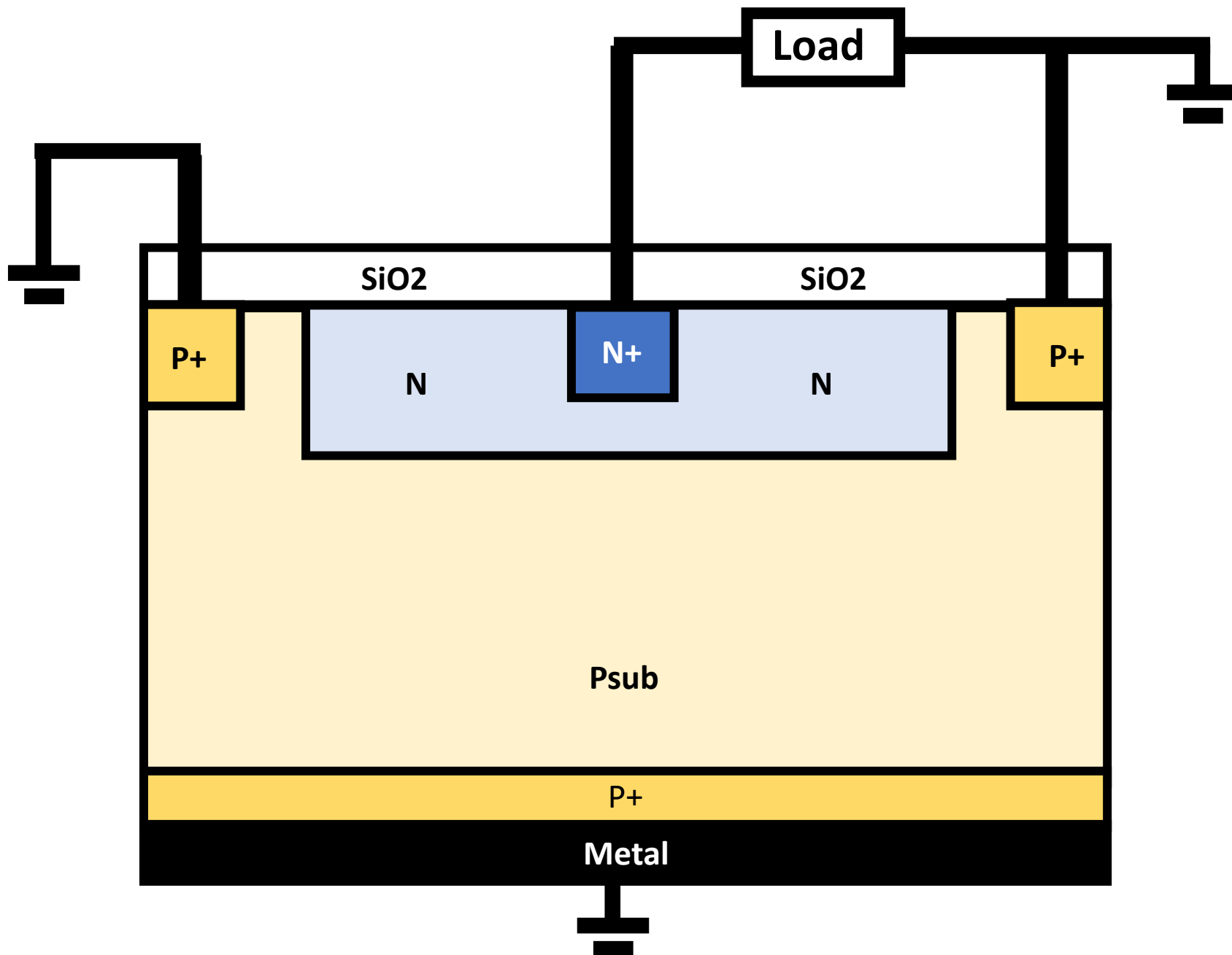


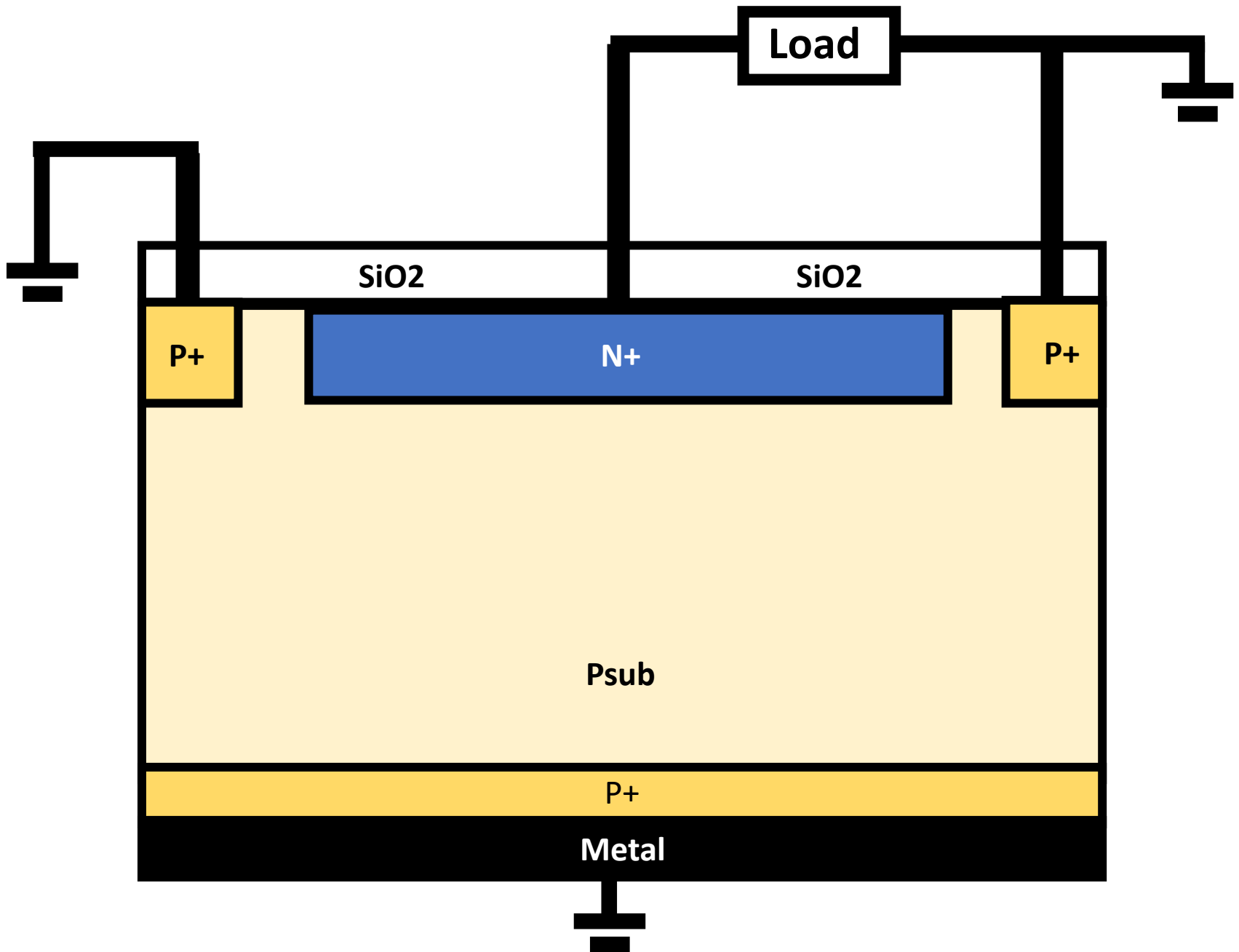




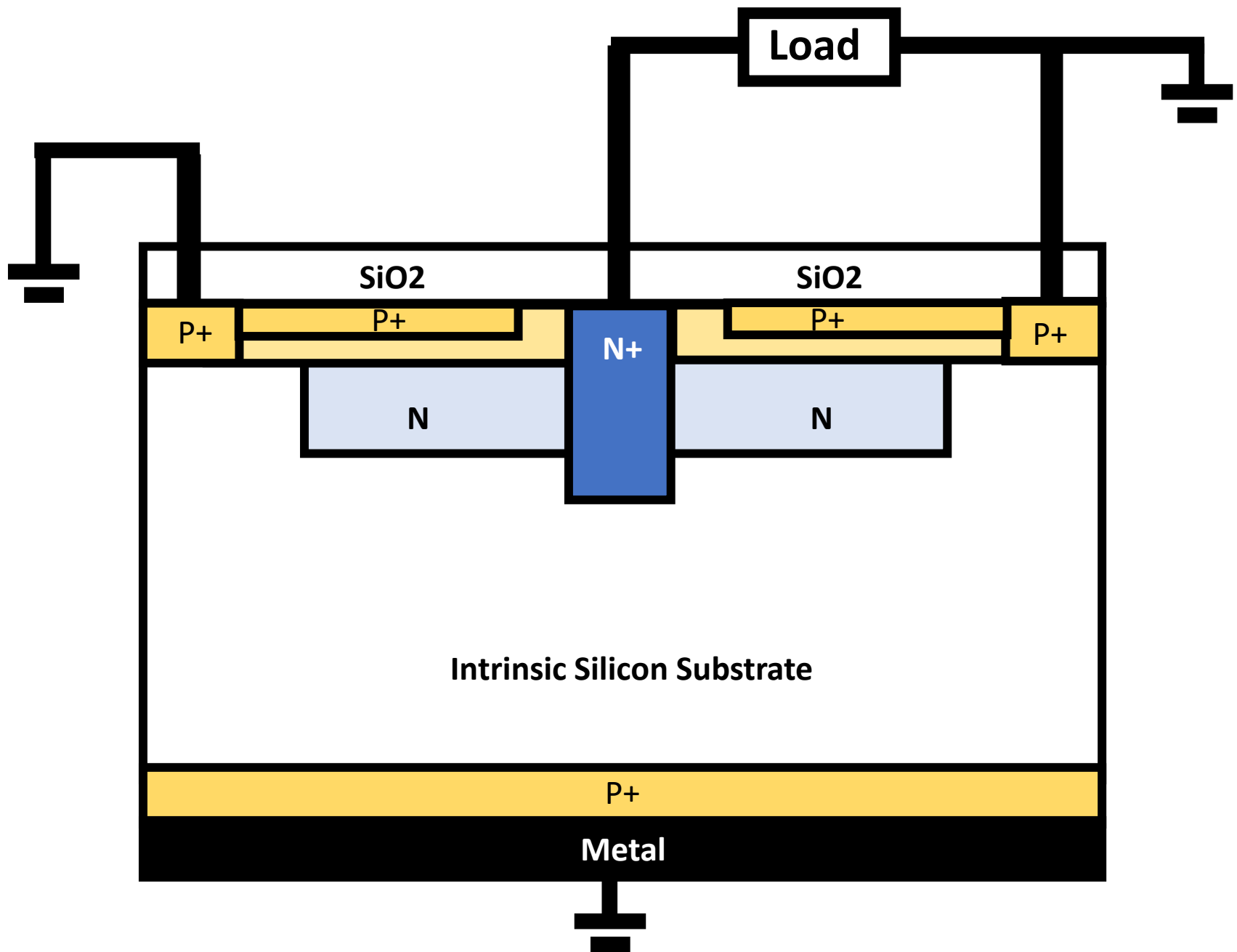


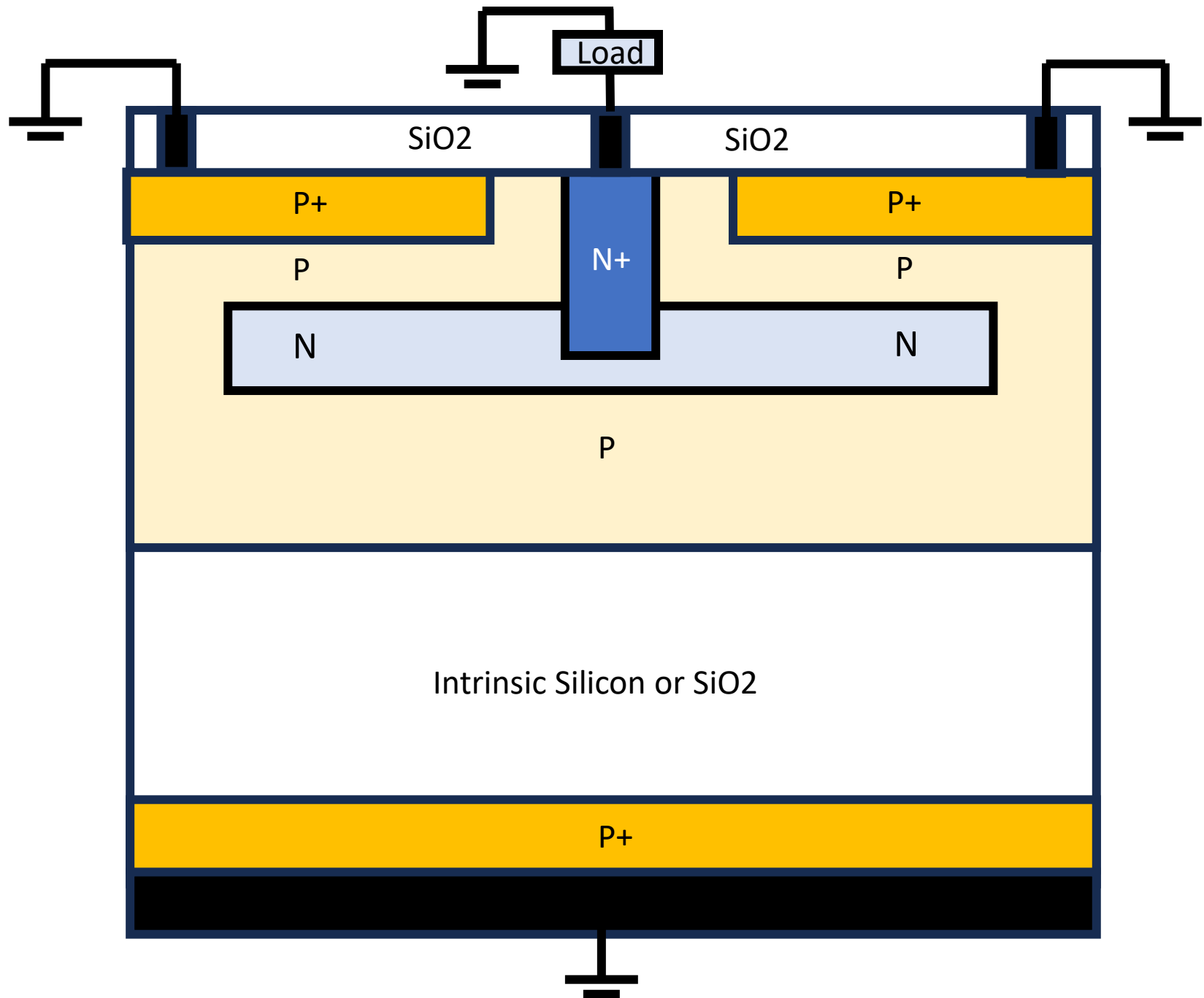


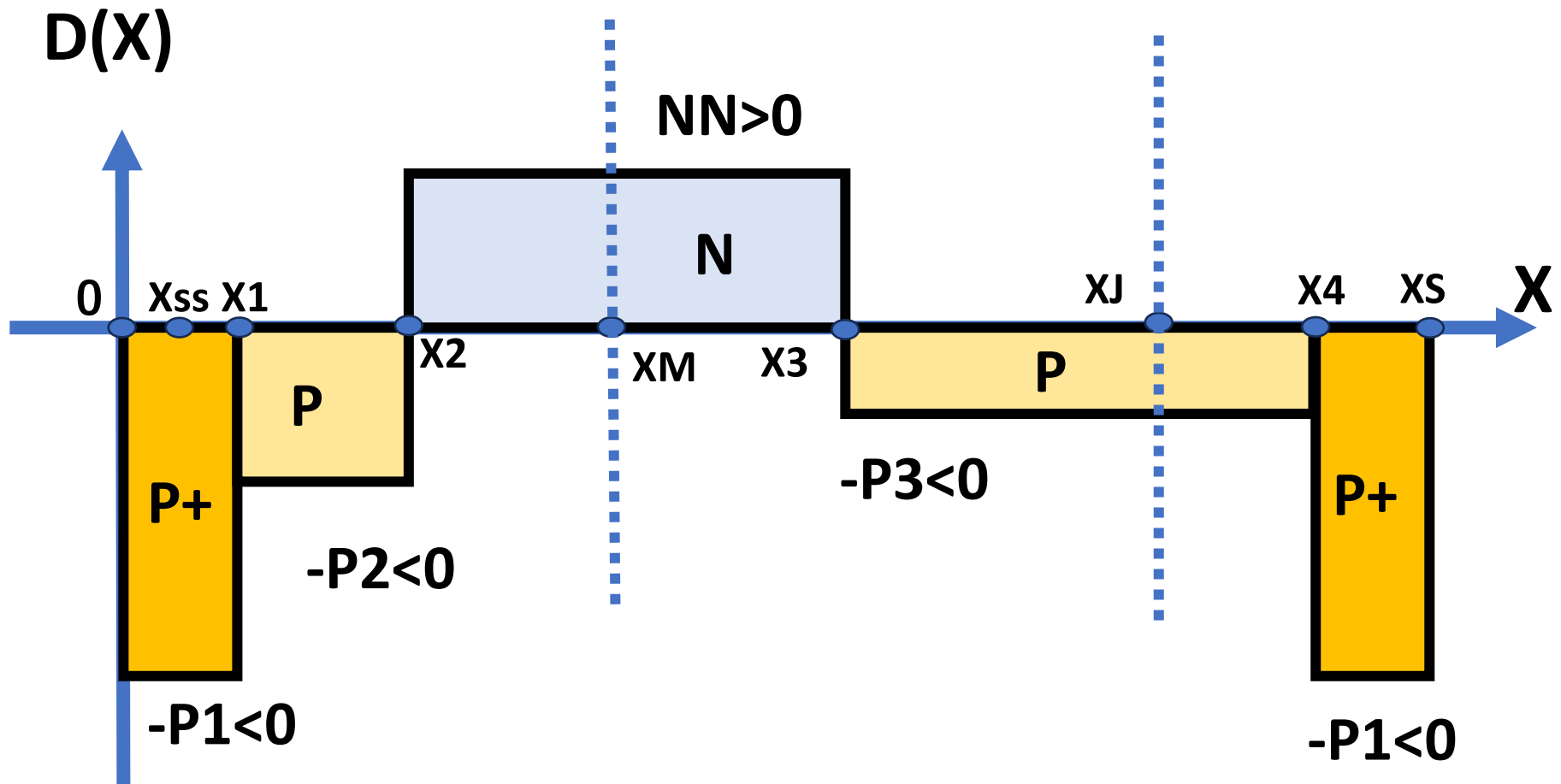




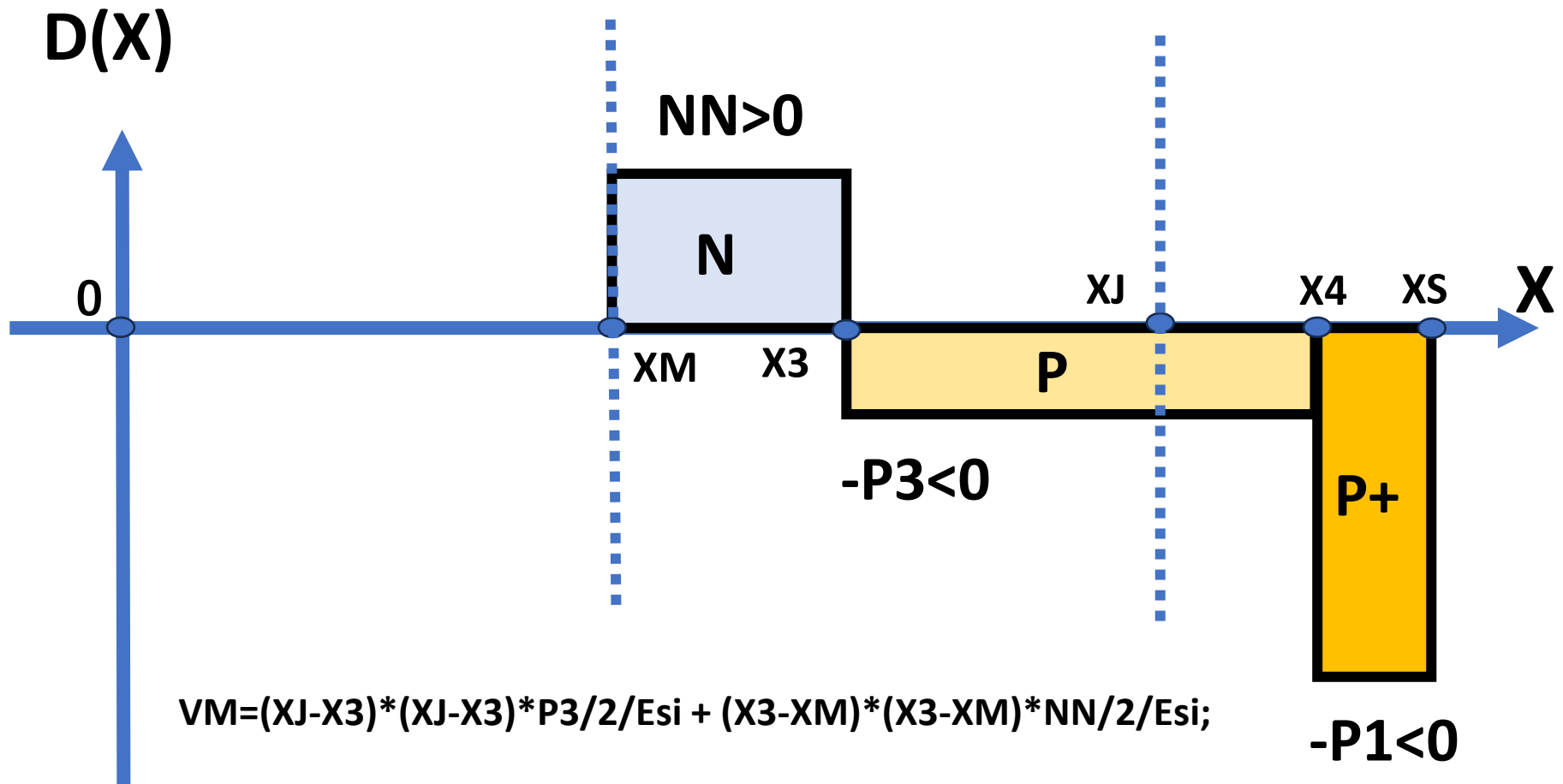








- (1)  $V_2 = V_M - NN * (X_M - X_2) * (X_M - X_2) / 2 / E_{si} = P_2 * X_2 * X_2 / 2 / E_{si} + A * X_2 + B;$
- (2)  $E_2 = NN * (X_M - X_2) / E_{si} = P_2 * X_2 / E_{si} + A$  or  $-(P_2 * X_2 / E_{si} + A) ??$
- (3)  $V_1 = P_2 * X_1 * X_1 / 2 / E_{si} + A * X_1 + B = P_1 * (X_1 - X_{ss}) * (X_1 - X_{ss}) / 2 / E_{si};$
- (4)  $E_1 = P_1 * (X_1 - X_{ss}) / E_{si} = P_2 * X_1 / E_{si} + A$  or  $-(P_2 * X_1 / E_{si} + A) ??$
- (5)  $(X_1 - X_{ss}) * P_1 + (X_2 - X_1) * P_2 = (X_M - X_2) * NN;$
- (6)  $(X_J - X_3) * P_3 = (X_3 - X_M) * NN;$



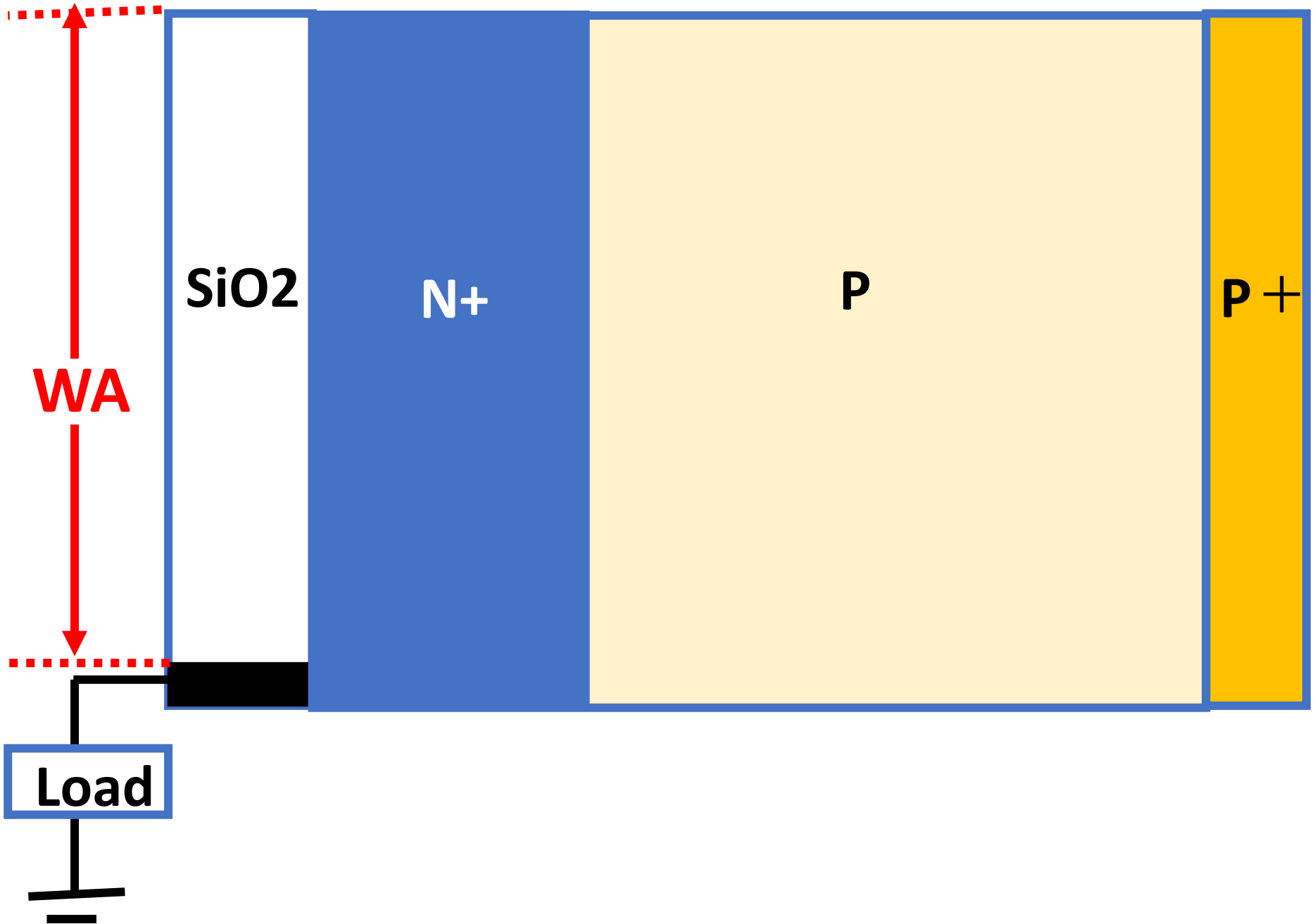
$$VM = (X_J - X_3) * (X_J - X_3) * P_3 / 2 / Esi + (X_3 - X_M) * (X_3 - X_M) * NN / 2 / Esi;$$

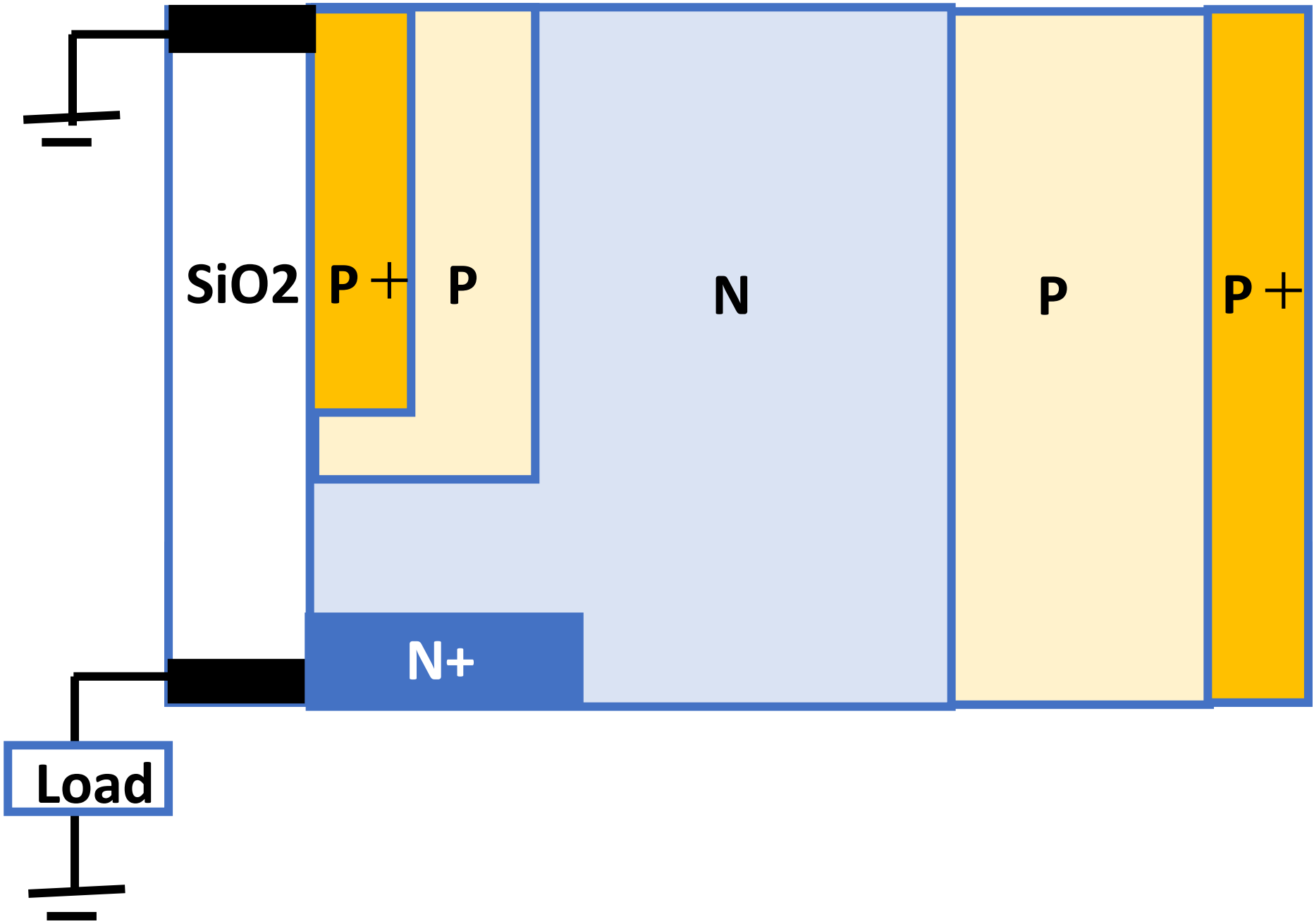
For {  $NN=1000$ ,  $P_3=100$ ,  $X_3=3$ ,  $VM=0.5$ ; },

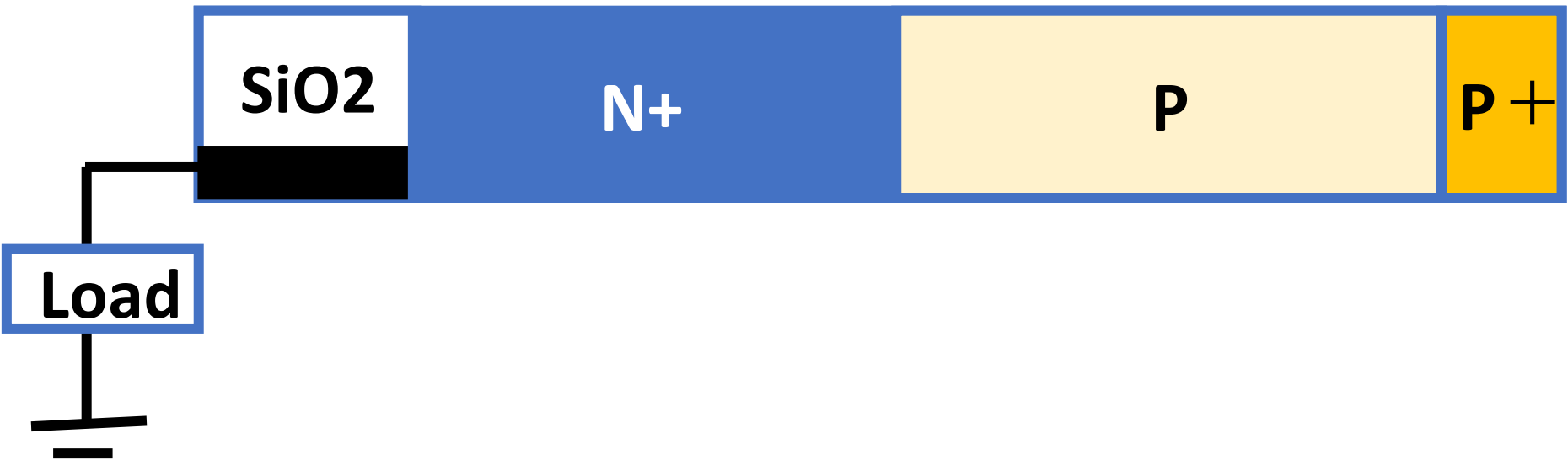
$$X_M = X_3 - \sqrt{2 * Esi * VM / NN / (1 + NN / P_3)} =$$

$$(X_J - X_3) * P_3 = (X_3 - X_M) * NN \rightarrow (X_J - X_3) = (X_3 - X_M) * NN / P_3 =$$









$$XJ = 1 \mu\text{m} ; \quad XS = 200 \mu\text{m};$$

$$DN+ = 10^{18} \text{cm}^{-3}$$

$$DP = 10^{15} \text{cm}^{-3}$$

$$DP+ = 10^{19} \text{cm}^{-3}$$

萩原 aips 研究所が創る人工知能（A I）搭載のロボットは、人間にやさしい、自然にやさしい、人間を助けるパートナーとして、いろいろな目的での活躍が期待されるシステム・ロボットです。太陽光をエネルギー源とし、その超光感度の電子の目はそのままでも光電変換効率の高い太陽電池として機能します。自然にやさしい地球にやさしい、SDGs に貢献する、賢い超光感度の電子の目を持つ自己発電型・人工知能（A I）搭載ロボットです。

鉄腕アトムは半導体部品で構成され創られています。  
鉄腕アトムの賢い電子の目は太陽の光を吸収して  
光エネルギーを電気エネルギーに変換します。  
鉄腕アトムの賢い電子の目は太陽電池でもあります。  
賢い電子の目は半導体で造られます。

## 半導体とは？

SDGs





えッ  
本当？  
カメラの  
電子  
シャッター  
を

カシャ  
カシャ  
カシャ

発明したの

は、

わたしの

かっぴ  
夫人です

本当です。

ヘー  
スバラシイ





ビデオカメラ用の受光素子(Pinned Photodiode) も太陽電池も、両者ともに理想的には1個の光子 (photon) から1個の光電子 (photo electron)を効率よく取り出す事を目標とする半導体部品です。

["Chronology of Silicon-based Image Sensor development"- Y. D. Hagiwara.pdf](#)

[https://eds.ieee.org/images/files/newsletters/Newsletter\\_Jan23.pdf](https://eds.ieee.org/images/files/newsletters/Newsletter_Jan23.pdf)

Single Photon

1 個の光子



Quantum Efficiency (QE) とは？

1 個の光子から1個の電子を取り出す、  
変換効率を量子効率 (QE)と言います。

超光感度のパラボラ・アンテナ

Single Photo Electron

1 個の光電子

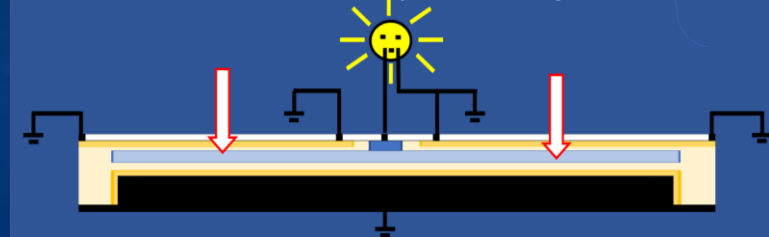
## 半導体部品

超光感度のパラボラ・アンテナ機能を持つ  
P+P-N-P-P+接合型Pinned Photodiode型受光素子は、

- 1) ビデオカメラ用の半導体受光素子としても、
- 2) 量子効率の優れた新型太陽電池としても使えます。

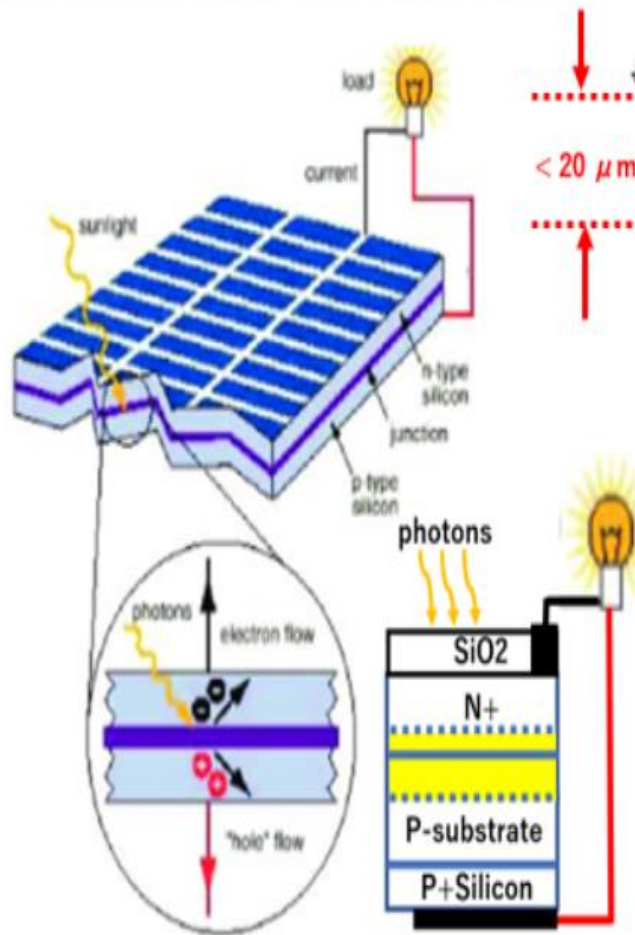
P+P-N-P-P+ junction Pinned Photodiode Solar Cell

JPA2020-131313 filed by Yoshiaki Hagiwara

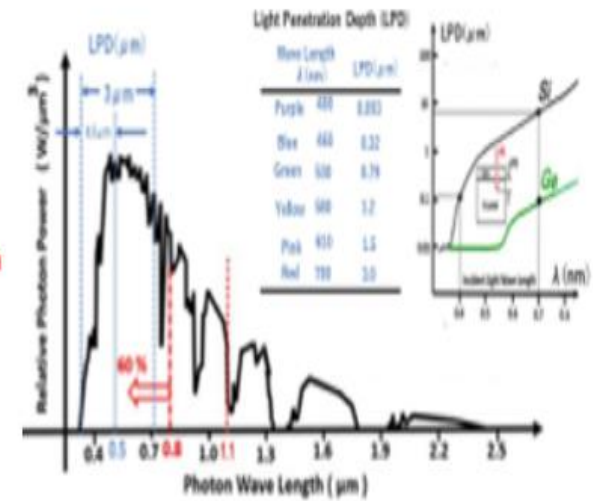
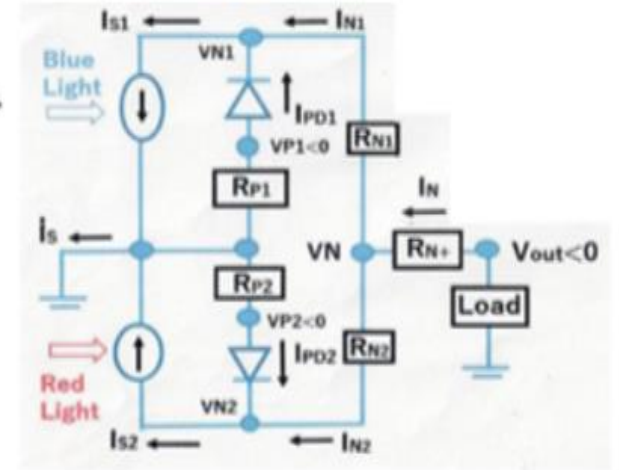
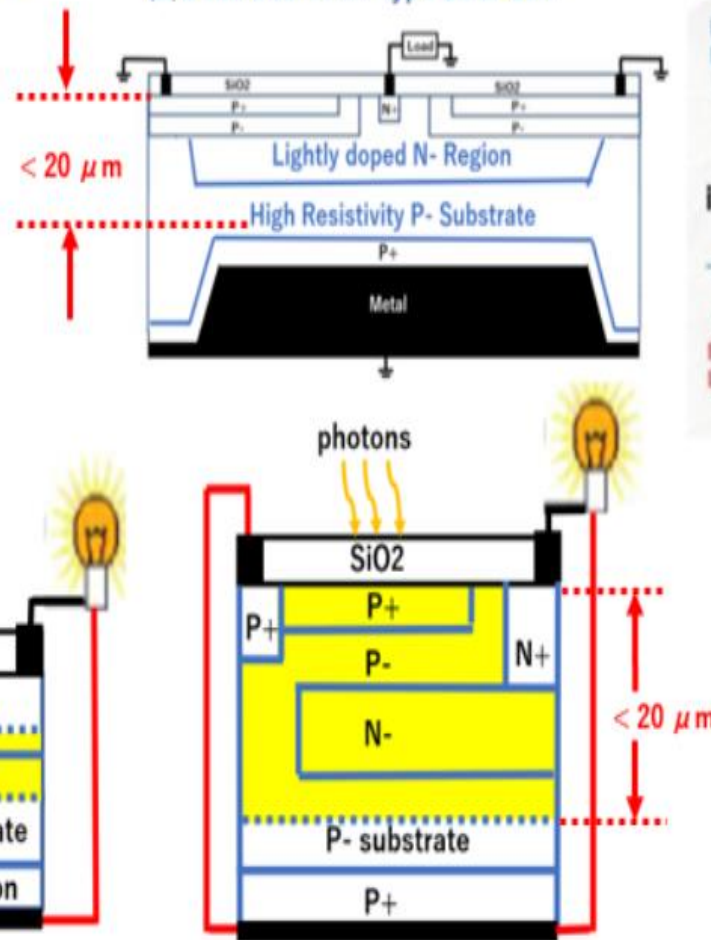


P+P-N-P-P+ Double 接合Pinned Photodiode 型太陽電池も、同様に高い変換効率を持ち、光エネルギーを電気エネルギーに変換します。

(A) Conventional Single Junction type Solar Cell



(B) Double Junction type Solar Cell



## Publication List by Yoshiaki Hagiwara.html

++++++  
日本の産業のコメとして戦略的に重要な半導体電子部品の基本知識  
++++++

### (0)はじめに

### (1)金属と絶縁体の違い

### (2)半導体の基本特性

### (3)single接合型のダイオードの整流特性

### (4)double 接合型バイポーラトランジスタの電流増幅特性

### (5)triple 接合型サイリスター型の理想的な高速Switch動作特性

### (6)MOS型のトランジスタの電流増幅特性

### (7)CMOS型インバータ回路の省エネ特性

### (8)超光感度のCMOS型イメージセンサーの特性

### (9)P+PNPP+接合の double接合型の新型太陽電池の構造とその動作原理

### イメージセンサーと太陽電池の動作原理 萩原良昭.html

++++++

++++++

<https://www.sojo-u.ac.jp> hagiwara@ofc.sojo-u.ac.jp

<https://www.ssis.or.jp> hagiwara@ssis.or.jp

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

<https://locomtec.jp/> 萩原aips研究所

<https://ja.wikipedia.org/wiki/萩原良昭>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Yoshiaki\\_Hagiwara](https://en.wikipedia.org/wiki/Yoshiaki_Hagiwara)

++++++



# アルメニアのエレバンの町

<https://media.eurasia.co.jp/europe/ararat>

トルコ東部、イランやアルメニア国境近くに位置するアララト山(海拔5,137m)。南東に小アララト山(3,925m)を従え、切り立った独立峰として古くから聖なる山として信仰されてきました。特に歴史的に同地域で生活して来たアルメニア人にとっては、日本人にとっての富士山と類似した信仰の対象になっています。

旧約聖書、ノアの方舟伝説のアララト山(トルコ、アルメニア) - VOYAGE - 世界見聞録 -

私は、学生時代(1967-1975)に母校CALTECHの恩師と先輩たちがINTEL社を立ち上げて、米国カリフォルニアにシリコンバレー半導体拠点をINTEL社が築いたのを見て学んだ。SONY入社し後輩社員の技術指導教育に専念して九州にシリコンアイランドを産んだ。

アルメニアのエレバンの町にシリコンマウンテン半導体生産拠点の実現に挑戦したい。

萩原AIPS研究所の活動紹介HomePage