

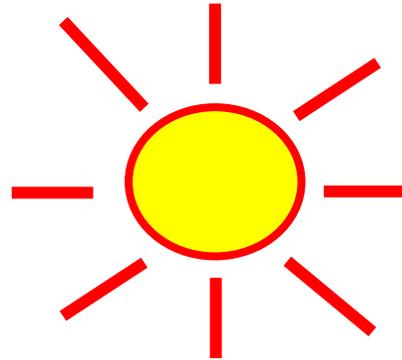
愛は隣人から♡

萩原良昭 AIPS

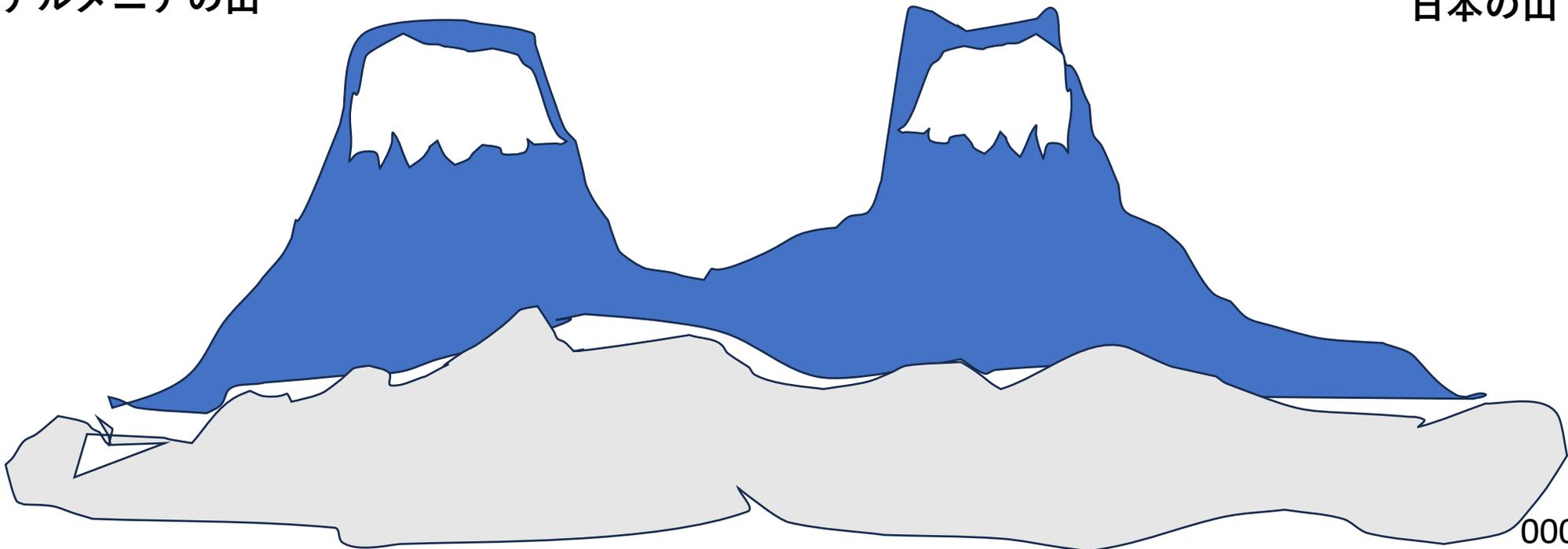
世界が誇る美しい山々の様に、巧みの技を極め、愛のすそ野を広げて、隣人と愛の輪を広げましょう♡



アルメニアの山



日本の山



イメージセンサの基本構造

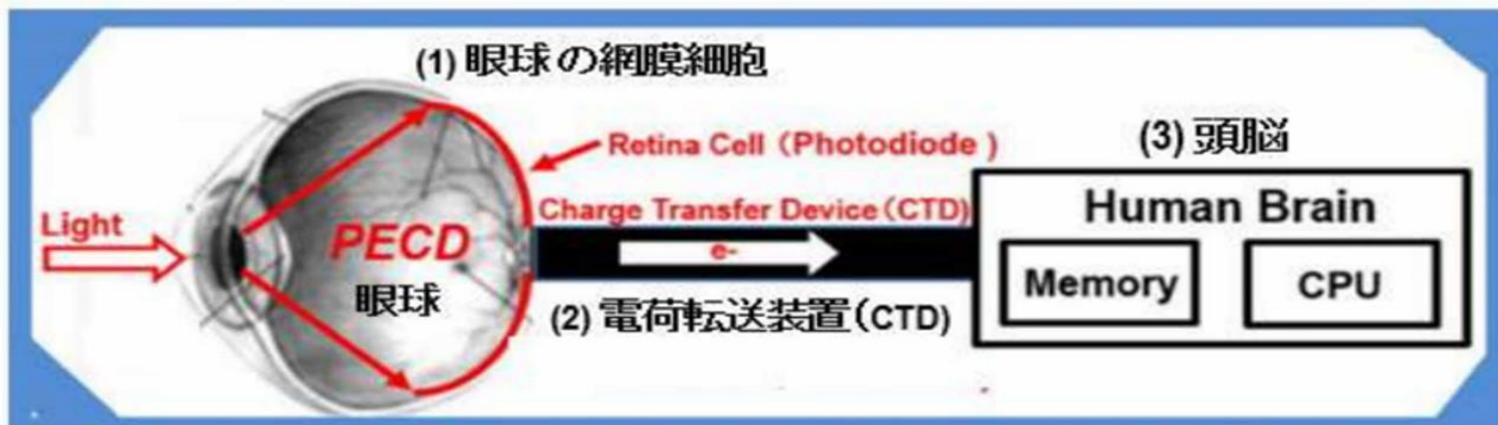
Image Sensorの基本構造は2つの重要な部分に分岐&進化。

(1)人間の目の網膜細胞に相当する、光を電気信号に変換する半導体受光素子。

- (A) N+P接合型 (光感度が悪く、青色感度不足し、残像がひどかった。)
- (B) P+NP型接合 (光感度良好、残像なし。しかし過剰照射光からの画像保護機能なし。)
- (C) P+NPNsub接合型 (別称HAD、光感度良好、残像なし、かつ過剰照射光保護機能あり。)

(2)信号電荷を脳まで伝達する神経細胞の束に相当する、電荷転送装置 (CTD)

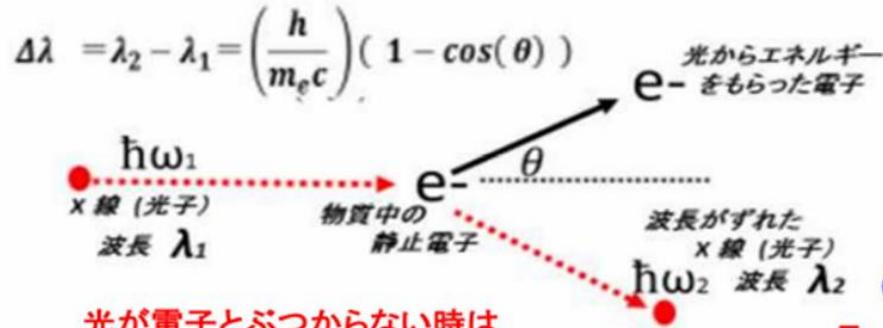
- (A) MOS型電荷転送装置 (配線容量雑音とClock雑音が大きかった。)
- (B) CCD型電荷転送装置 (配線容量雑音もClock雑音なし、しかし消費電力が大きい。)
- (C) CMOS型電荷転送装置 (配線容量雑音もClock雑音なし、消費電力も小さい。)



イメージセンサの動作原理

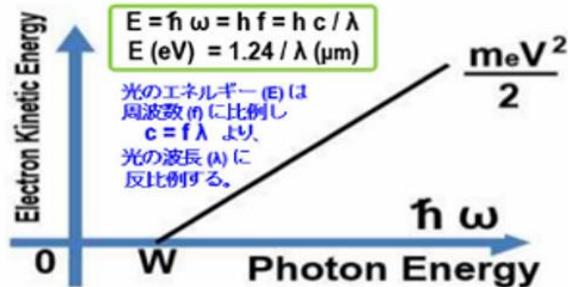
● 光は波でもあり、また粒子(光子)でもある (Albert Einstein 1900)

- 玉突きと同じ古典物理モデルで記述できる。
- 反射光の角度と波長の関係から電子の質量が求まる！



光が電子とぶつからない時は
 $\theta=0$ で光は直進し波長の変化はない。

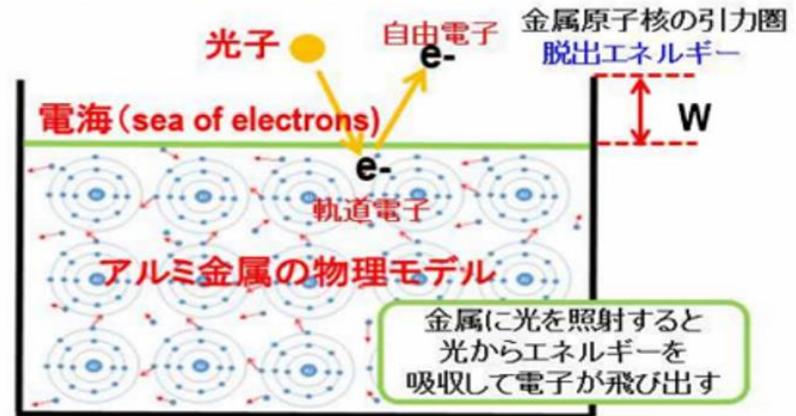
光の速度 $C = 2.99792458 \times 10^{10}$ cm/sec
 Planck 定数 $h = 6.62606957 \times 10^{-34}$ Joule·sec
 電子の質量 $m_e = 9.10938291 \times 10^{-31}$ kg



Work Function (W)の値から金属の種類が判明する。

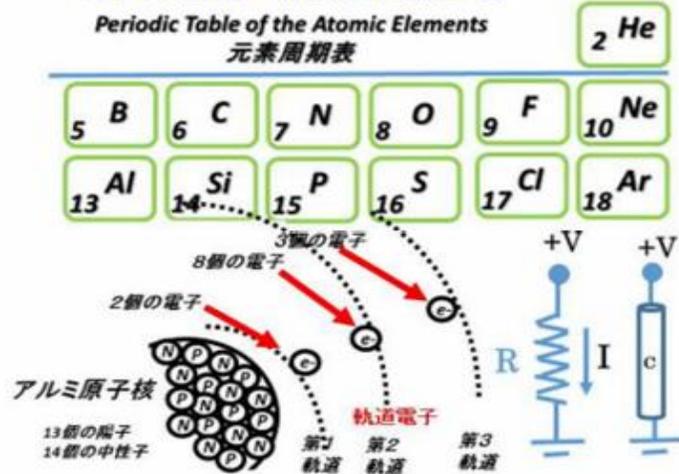
(脱出エネルギー) = 半導体の Energy Gap
 For Silicon, $E_g = 1.10$ eV and $\lambda = 1.12 \mu\text{m}$

● 金属の物理モデル(器の中に入った水モデル)



イメージセンサの動作原理

軌道電子の物理モデルは地球や火星などの軌道惑星に類似する。



●自由電子は当然空間を自由に浮遊し移動する。しかし、結晶体の中でも、結晶体の原子核の引力圏の外では自由に電子は浮遊することができる。

●シリコン結晶体では、電子を1つ失ったシリコンイオン(Si+) は隣接する中性のシリコン原子から電子を1つ盗み、中性にもどる。その電子を盗まれた、シリコンイオン(Si+) は、また別の中性のシリコン原子から電子を盗む。ホールはこうして移動する。

●原子構造(原子核と電子)と太陽系(太陽と惑星)の類似

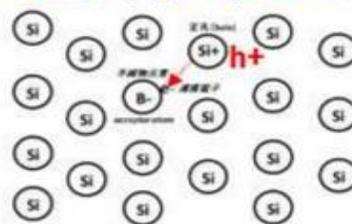
$$\text{アルミ原子(中性)}_{13} = \text{アルミイオン}(Al+)_{12} + \text{自由電子}(e^-)$$

$$\text{シリコン原子(中性)}_{14} = \text{シリコンイオン}(Si+)_{13} + \text{自由電子}(e^-)$$

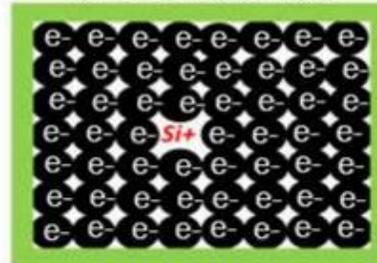
$$\text{りん原子(中性)}_{15} = \text{りんイオン}(P+)_{14} + \text{自由電子}(e^-)$$

$$\text{ボロンの原子(中性)}_5 + \text{自由電子}(e^-) = \text{ボロンイオン}(B-)_6$$

P型半導体の物理モデル



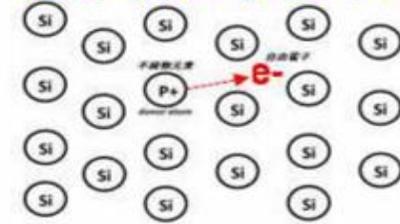
ホールがぎっしり詰まった箱



Holeが主役

プラスの電荷を持つ粒子

N型半導体の物理モデル



空っぽの箱



電子が主役

マイナスの電荷を持つ粒子

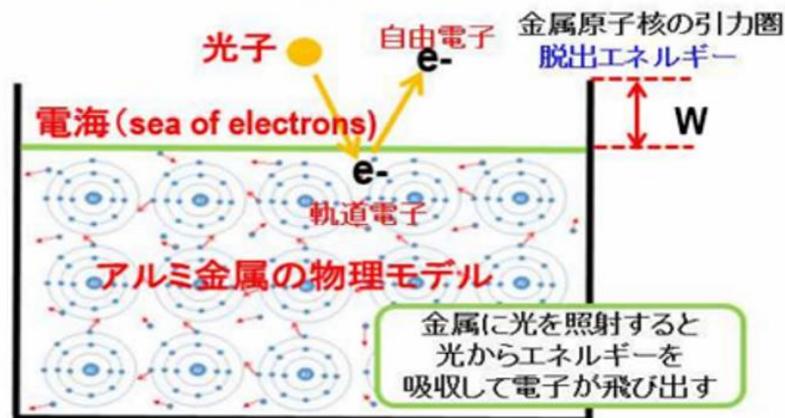
金属と絶縁体と半導体の違いは単純に原子核からの脱出エネルギーの違いである！



(脱出エネルギー) = 半導体のEnergy Gap

For Silicon, $E_g = 1.10 \text{ eV}$ and $\lambda = 1.12 \mu\text{m}$

●金属の物理モデル(器の中に入った水モデル)



(金属の脱出エネルギー) $< 0.3 \text{ eV}$

(絶縁体の脱出エネルギー) $> 10 \text{ eV}$

(Si 原子の脱出エネルギー) $\sim 1.1 \text{ eV}$

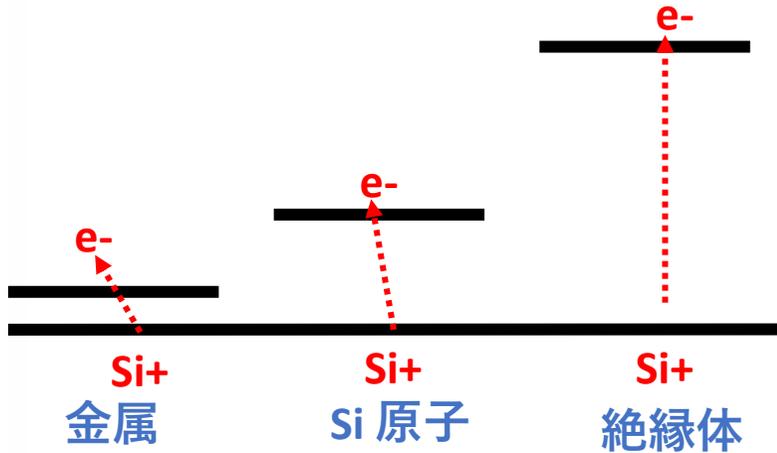
(GaNの脱出エネルギー) $\sim 3.1 \text{ eV}$

(Ga₂O₃の脱出エネルギー) $\sim 4.3 \text{ eV}$

(GaN Diode) が青色発光ダイオードとして社会の大いに貢献したことがノーベル賞の受賞につながった。

萩原は世界で最初にGa₂O₃のDIODEを大学4年生の時に母校CALTECHの恩師の Prof.C.A. Meadの指導のもと、SAMPLE試作し特性を求めたが、おしくも、Prof.C.A. Meadとともに、ノーベル賞を逃がした。しかし、その後の教育活動の功績で京都賞をMeadは2022年に受賞した。萩原も今回努力が認められ、Global High Tech賞を受賞した。

金属と絶縁体と半導体の違いは単純に原子核からの脱出エネルギーの違いである！



(金属の脱出エネルギー) < 0.3 eV

(絶縁体の脱出エネルギー) > 10 eV

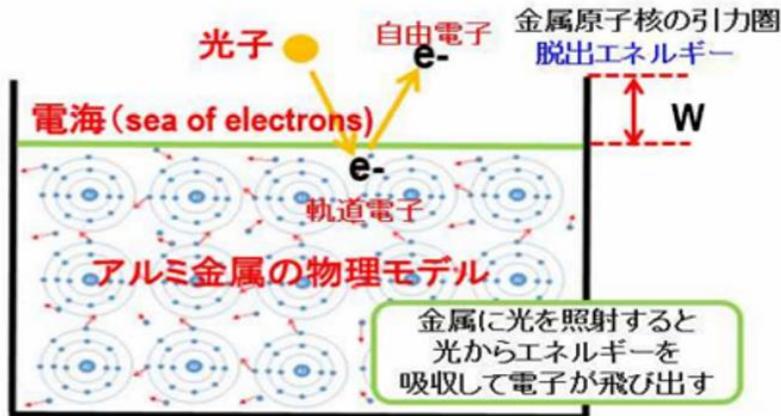
(Si 原子の脱出エネルギー) ~1.1 eV

(GaNの脱出エネルギー) ~ 3.1 eV

(Ga2O3の脱出エネルギー) ~ 4.3 eV

For Silicon, $E_g = 1.10 \text{ eV}$ and $\lambda = 1.12 \mu\text{m}$

●金属の物理モデル(器の中に入った水モデル)

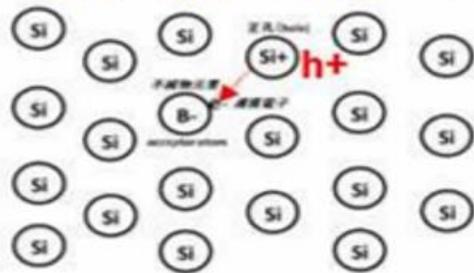


(GaN Diode) が青色発光ダイオードとして社会の大いに貢献したことがノーベル賞の受賞につながった。

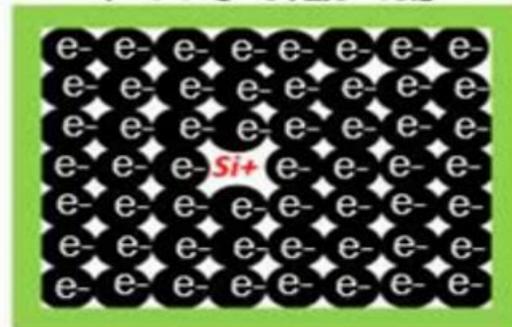
萩原は世界で最初にGa2O3のDIODEを大学4年生の時に母校CALTECHの恩師の Prof.C.A. Meadの指導のもと、SAMPLE試作し特性を求めたが、おしくも、Prof.C.A. Meadとともに、ノーベル賞を逃がした。しかし、その後の教育活動の功績で京都賞をMeadは2022年に受賞した。萩原も今回努力が認められ、Global High Tech賞を受賞した。

P型半導体では Hole (Si^+) が主役。
N型半導体では電子(e^-) が主役。

P型半導体の物理モデル



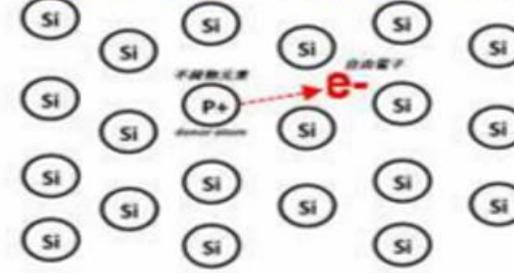
ホールがぎっしり詰まった箱



Holeが主役

プラスの電荷を持つ粒子

N型半導体の物理モデル



空っぽの箱



電子が主役

マイナスの電荷を持つ粒子

広い宇宙空想のあこがれ、ロマン♡

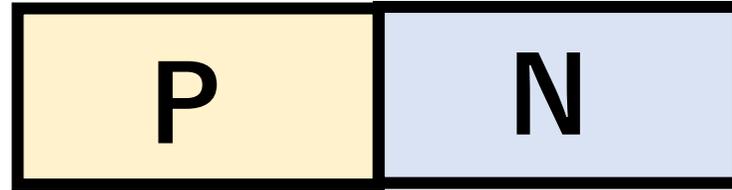
広い宇宙の果てには何があるだろうか？

私たちの住む
プラスの質量の
世界

完全なる
真空の
世界

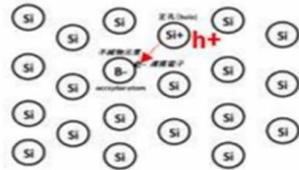
遠い宇宙のかなたに
あるマイナスの質量
の反物質の世界

PN接合（ダイオード）とは？

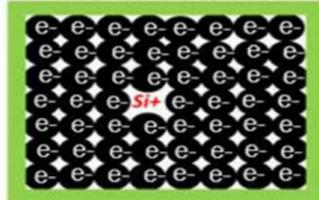


P型半導体では Hole (Si+) が主役。
 N型半導体では電子(e-)が主役。

P型半導体の物理モデル



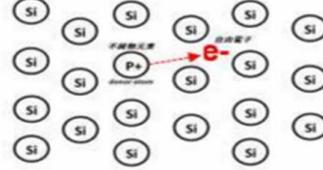
ホールがぎっしり詰まった箱



Holeが主役

プラスの電荷を持つ粒子

N型半導体の物理モデル



空っぽの箱



電子が主役

マイナスの電荷を持つ粒子

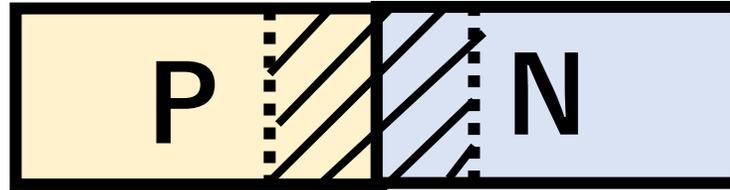
広い宇宙空想のあこがれ、ロマン♡

広い宇宙の果てには何があるだろうか？



PN接合（ダイオード）は大宇宙の縮小である！

PN接合にも空乏層と呼ばれる真空の空間がその接合境界に存在する。

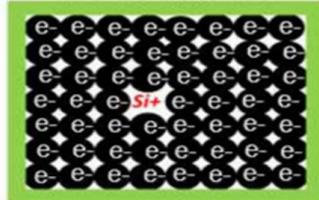


P型半導体では Hole (Si+) が主役。
 N型半導体では電子(e-)が主役。

P型半導体の物理モデル



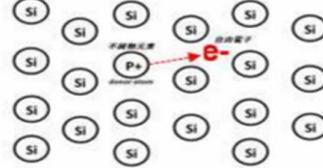
ホールがぎっしり詰まった箱



Holeが主役

プラスの電荷を持つ粒子

N型半導体の物理モデル



空っぽの箱



電子が主役

マイナスの電荷を持つ粒子

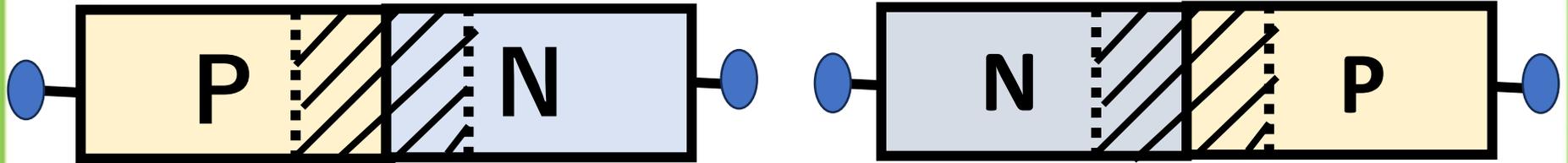
広い宇宙空想のあこがれ、ロマン♡

広い宇宙の果てには何があるだろうか？

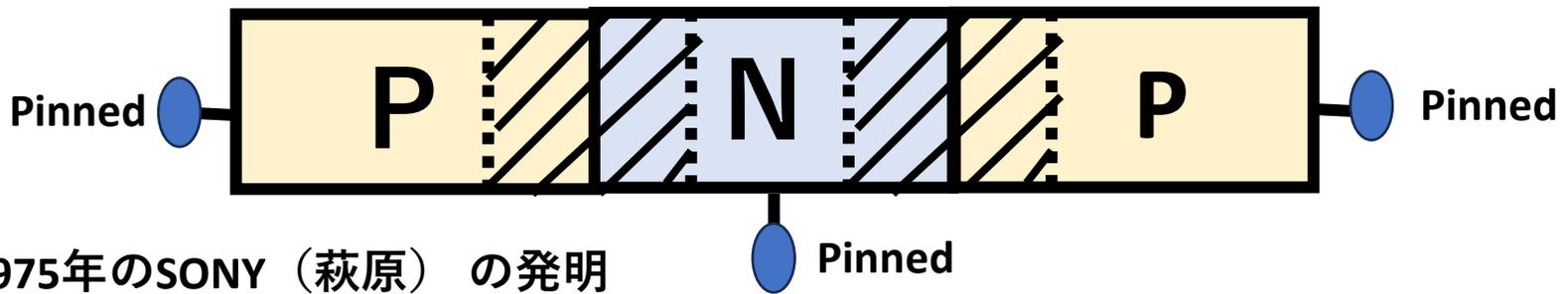


4 PNP接合（トランジスター）にも空乏層がある！

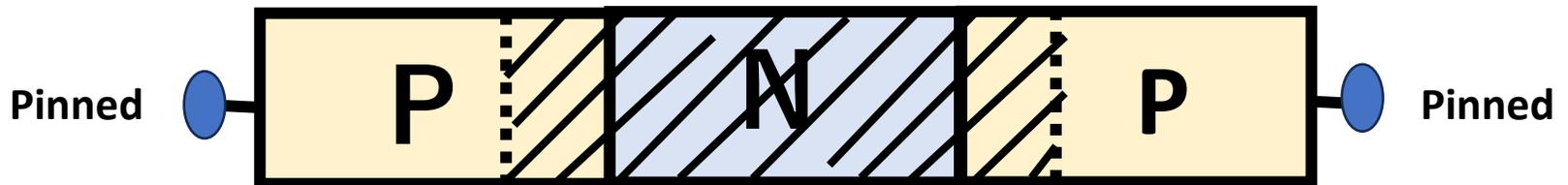
PN接合にも空乏層と呼ばれる真空の空間がその接合境界に存在する。



1948 Bell研の科学者のトランジスターの発明

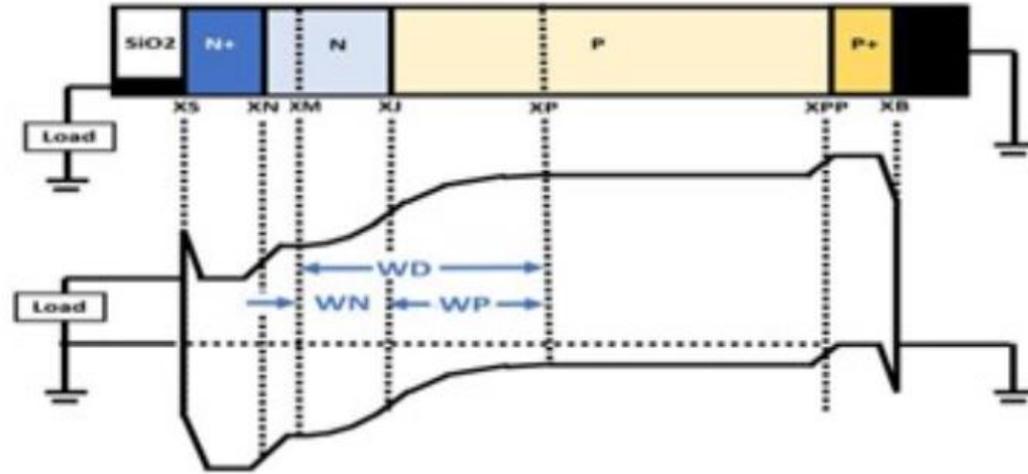


1975年のSONY（萩原）の発明

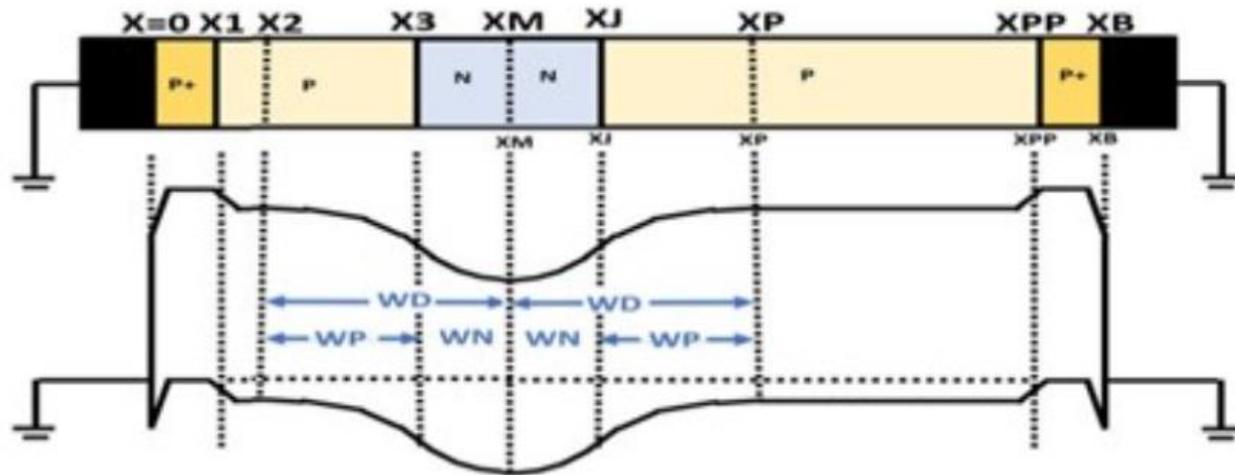


ブランコのロープの様に両端が固定されていると真ん中も固定できることに注目した。

(A) Conventional N⁺NP⁺ Single Junction Solar Cell

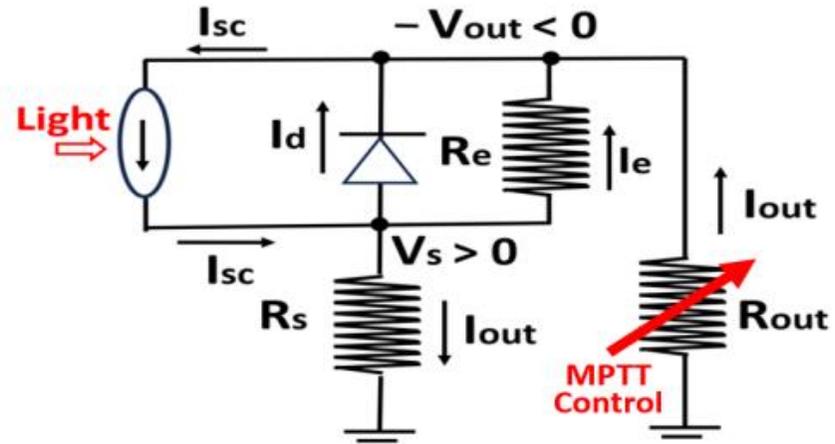
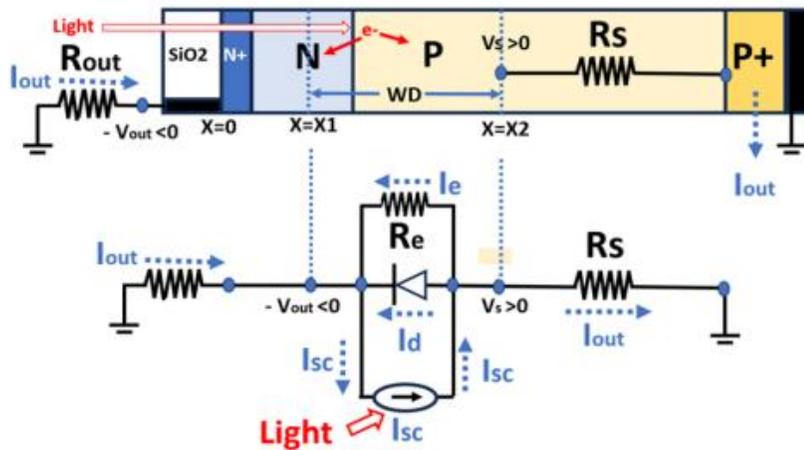


(B) Bipolar Transistor P⁺NP⁺ Double Junction Solar Cell



Five Equations with Five Unknowns (I_{out} , I_d , I_e , V_{out} , V_s) ;

- (1) $I_{sc} = I_{out} + I_d + I_e$;
- (2) $V_{out} = I_{out} R_{out}$;
- (3) $V_s = I_{out} R_s$;
- (4) $V_{out} + V_s = I_e R_e$;
- (5) $I_d = (I_0) \{ \exp((V_{out} + V_s)/kT) - 1 \}$;



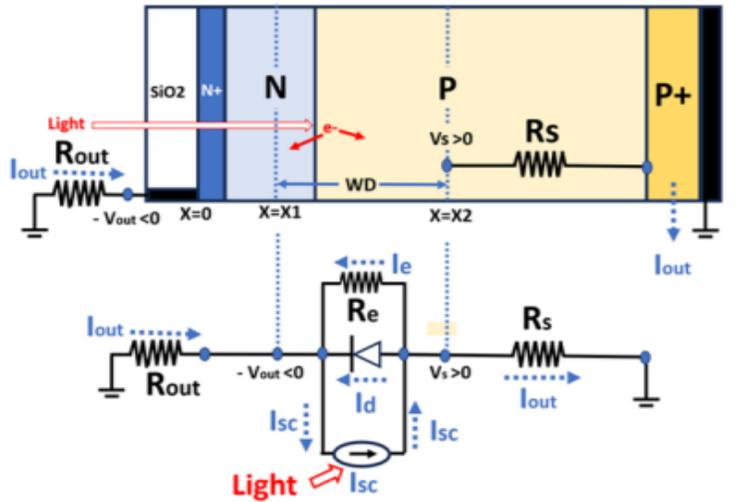
One More Condition { $d(\text{Power})/d(R_{out}) = 0$; } gives the maximum output power.

- (6) $\text{Power} = (I_{out})(V_{out})$;
- (7) $d(\text{Power})/d(R_{out}) = 0$;

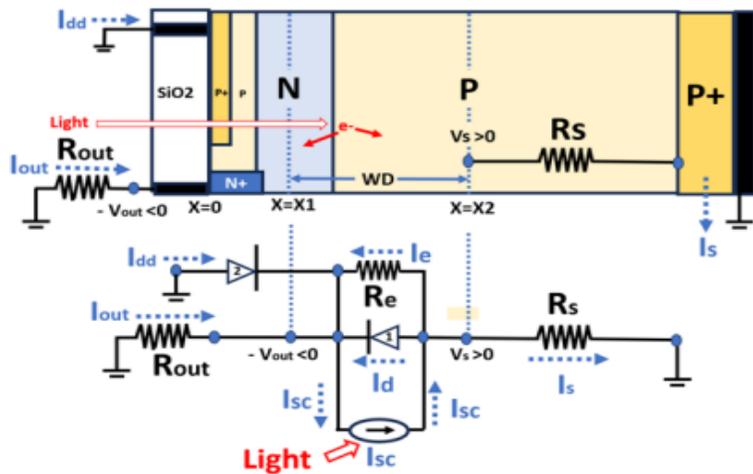
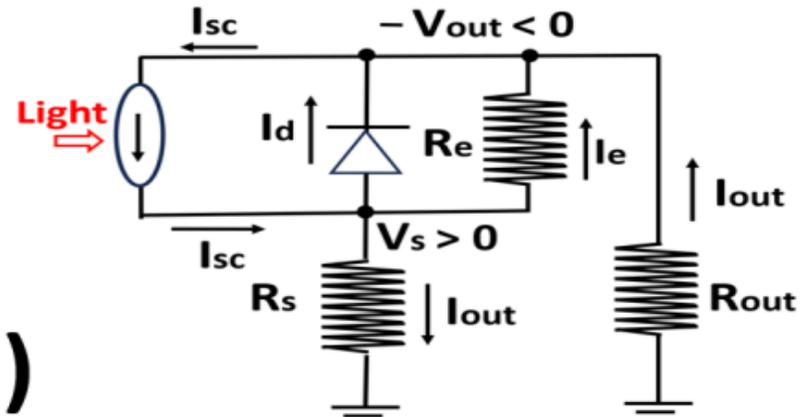
Find the optimum value of R_{out} to obtain the maximum power.

MPPT = Maximum Power Tracking Technology

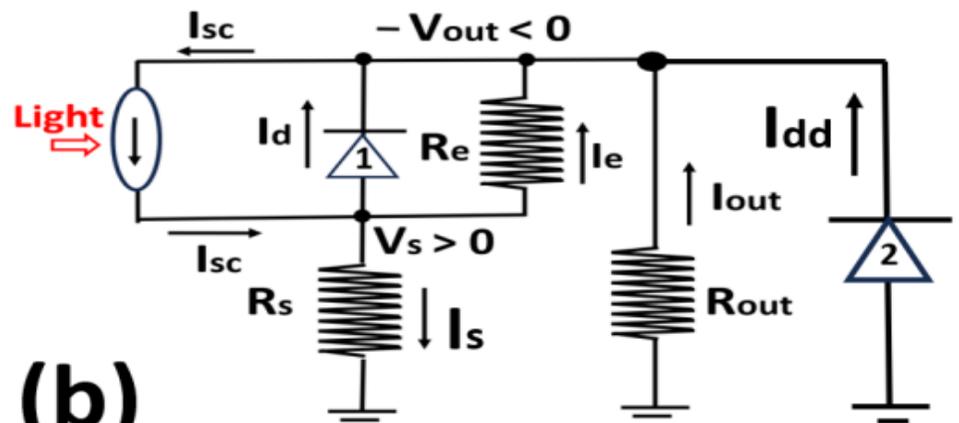
A circuit model of (a) the floating-surface N+NPP+ single-junction-type solar cell and (b) the proposed pinned-surface P+PNPP+ double-Junction solar cell in comparison.

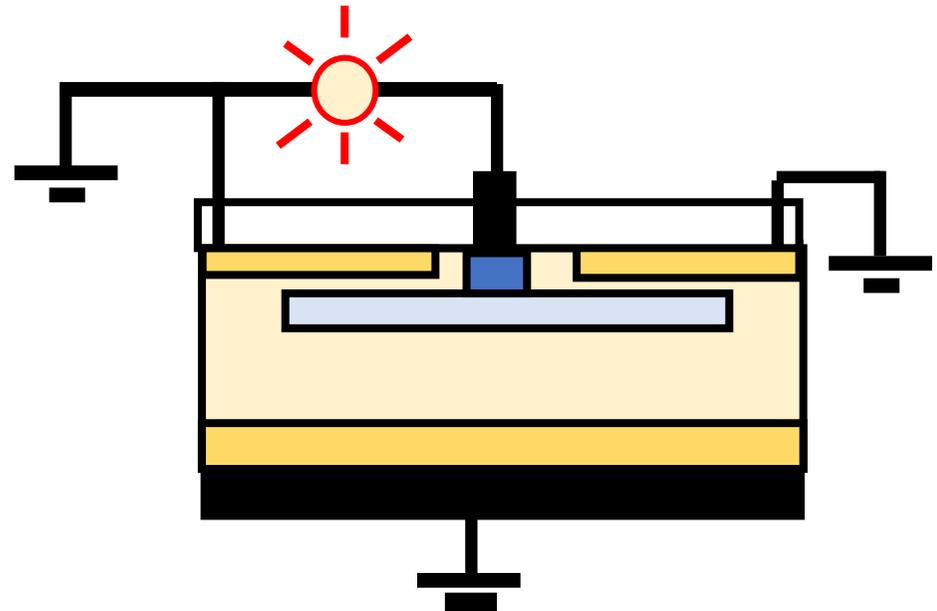
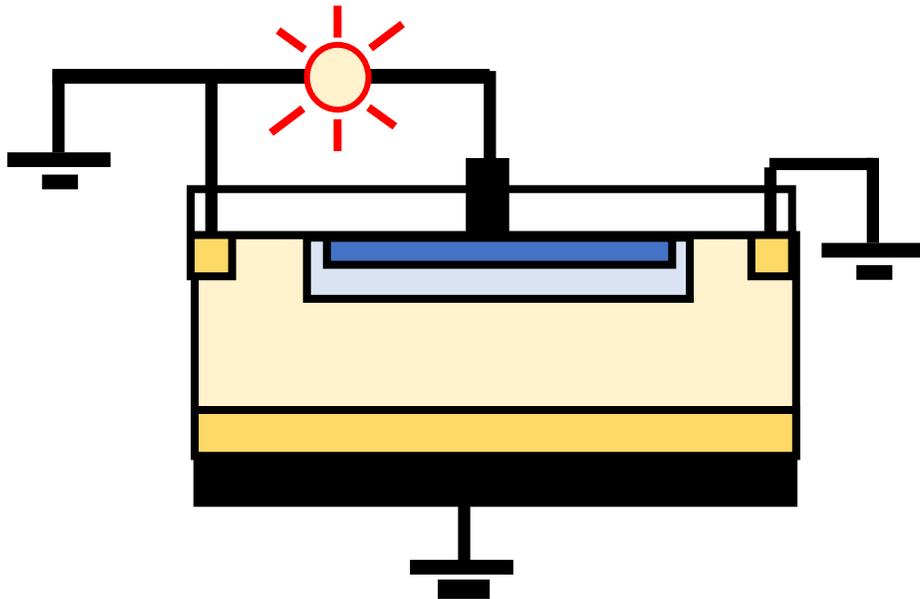
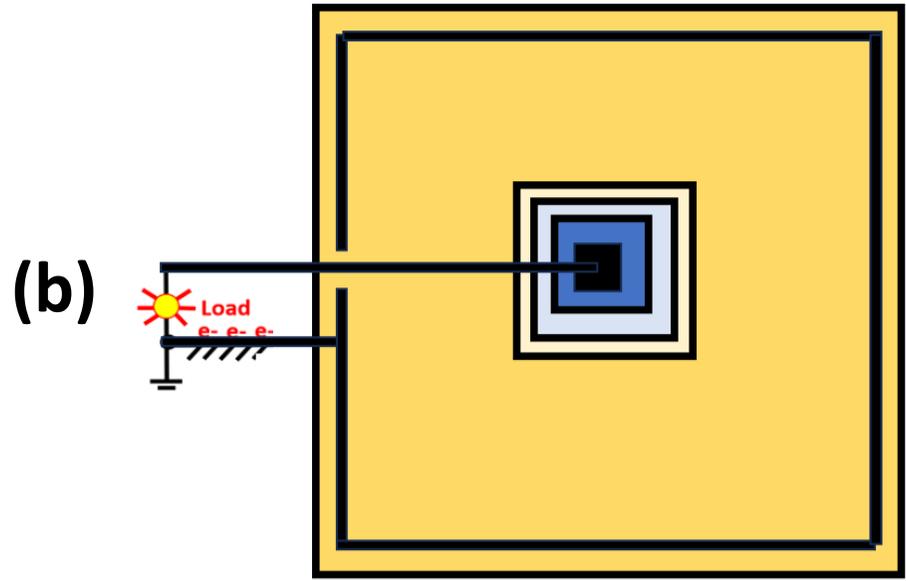
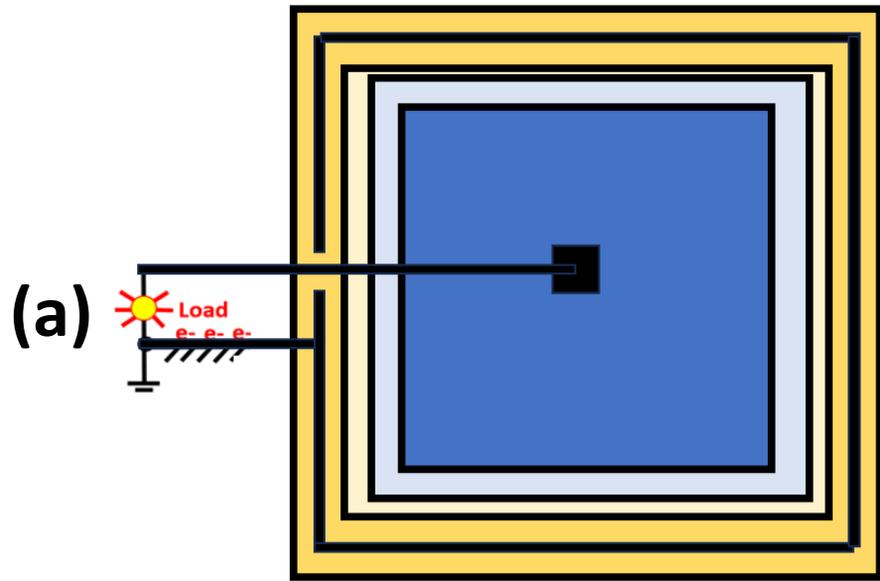


(a)



(b)





SDGs

“Water and Solar Energy for all people on the earth.”

Yoshiaki Daimon Hagiwara, AIPS

