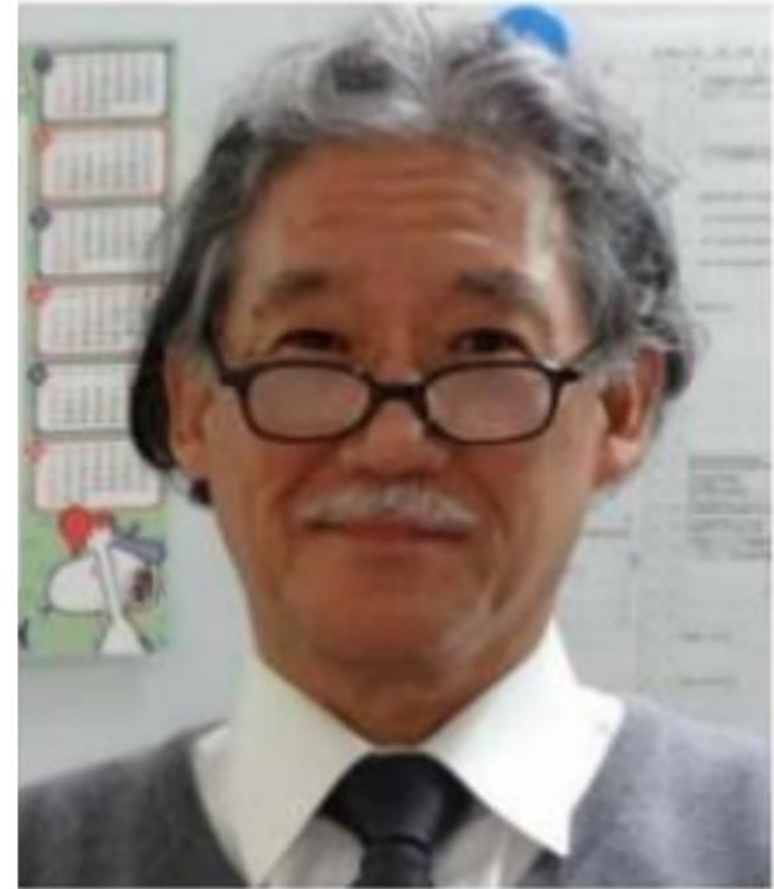


受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

非常に複雑な半導体電子デバイスの物理動作とその構造の説明に挑戦する事になる。できるだけ直観に訴える方法で説明し、数式は極力さけて、基本原理動作を直観的なイメージで理解できる様に工夫をこらして文系の一般社会人の皆様にも親しみを感じる半導体の基礎知識の紹介となればと希望する。

- (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) double接合型の新型太陽電池の構造とその動作原理



崇城大学 理事長付き 特任教授
IEEE Life Fellow, Ph.D., 工学博士

受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

(1) 金属と絶縁体の違い

詳細は青山社出版の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」に記載。

<https://www.seizansha.co.jp/ISBN/ISBN978-4-88359-339-2.html>

<https://www.seizansha.co.jp/>



崇城大学 理事長付き 特任教授
IEEE Life Fellow, Ph.D., 工学博士

仕様:B5判上製

475ページ

ISBN978-4-88359-339-2

発行日:2016/03/01



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

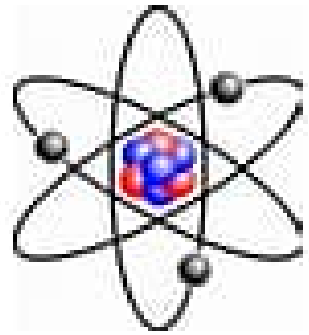
ISBN978-4-88359-339-2 B5判 上製 475頁

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。

(1) 金属と絶縁体の違い

原子とは？



原子核



電子



陽子



中性子

物質を構成する基本的な粒子で化学元素としての特性を失わない最小の微粒子。一つの原子核とそれをとりまく何個かの電子とから構成される。大きさは半径 10^{-10} m 程度。原子の化学的性質は主としてそのもつ電子の個数で定まる。

物質には質量がある。重力（万有引力）の法則に従う。
電子と陽子には質量の他にさらに電荷があり、クーロンの法則に従う。

原子

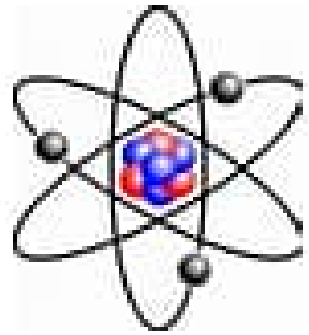
物質を作っている最小の粒子



(1) 金属と絶縁体の違い

電子とは？

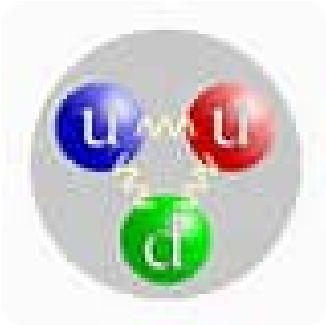
素粒子の一。記号 e^- 負の電気素量をもち、スピン $1/2$ 、質量 9.1×10^{-31} kg で安定。レプトンに属する。原子核のまわりに分布して原子を構成。物質内の電子の状態は物質の性質を決める重要な要素であり、またすべての電磁気的現象の根源である。



原子核



電子



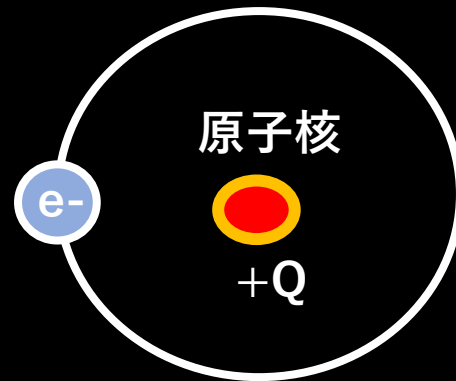
陽子



中性子

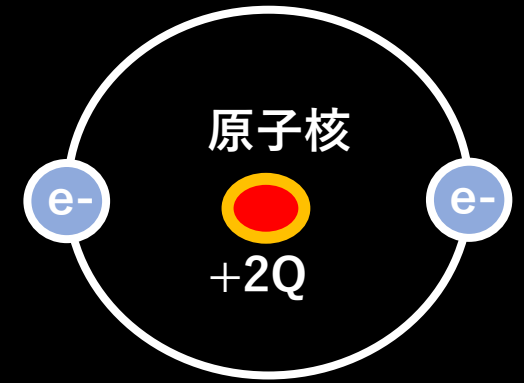
物質には質量がある。重力（万有引力）の法則に従う。
電子と陽子には質量の他にさらに電荷があり、クーロンの法則に従う。

水素原子



原子番号 1

ヘリウム原子

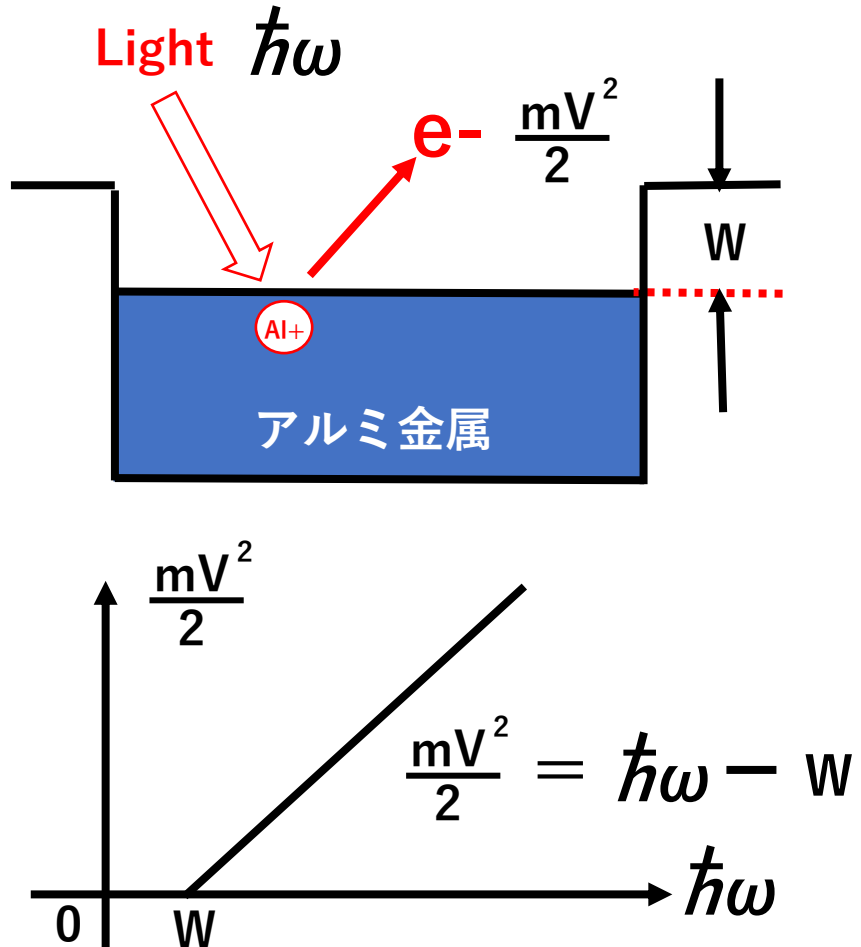


原子番号 2

受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

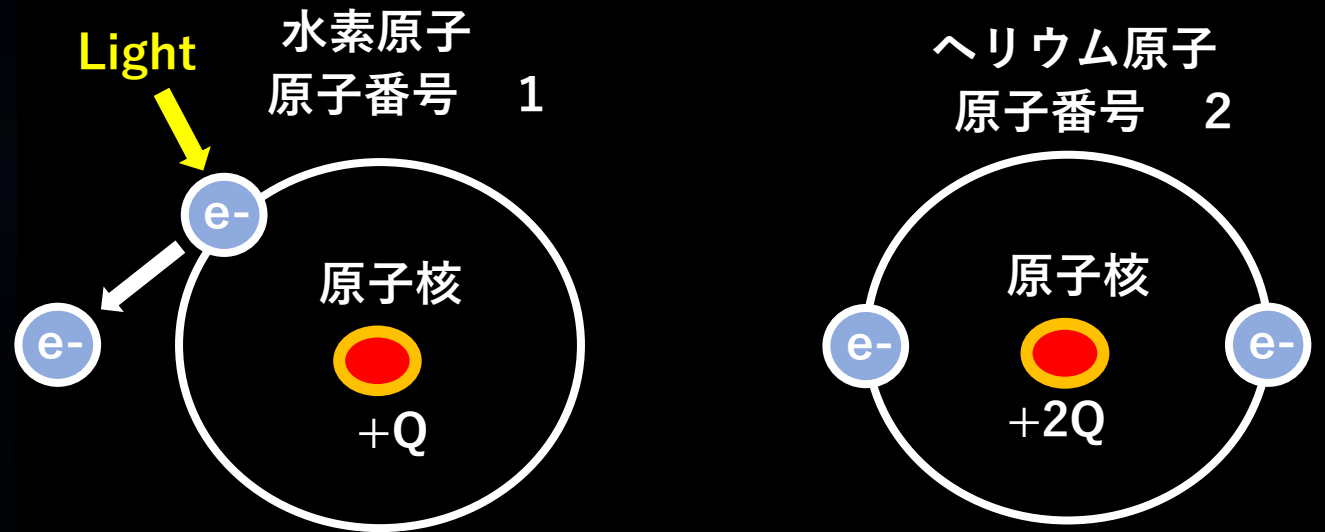
(1) 金属と絶縁体の違い

金属とは？



単体のうち、金属光沢をもち、熱や電気をよく伝え、展性や延性に富む物質の総称。比重が四ないし五以下のものを軽金属、それより大きなものを重金属という。金・銀・白金族元素、あるいはこれらにイオン化傾向が水素より小さい銅・水銀なども加えて貴金属といい、イオン化傾向が大きい金属を卑金属という。さまざまな異種金属間の固溶体や金属間化合物を合金といい、広義にはこれも金属に含める。

物質には質量がある。重力（万有引力）の法則に従う。
電子と陽子には質量の他にさらに電荷があり、クーロンの法則に従う。

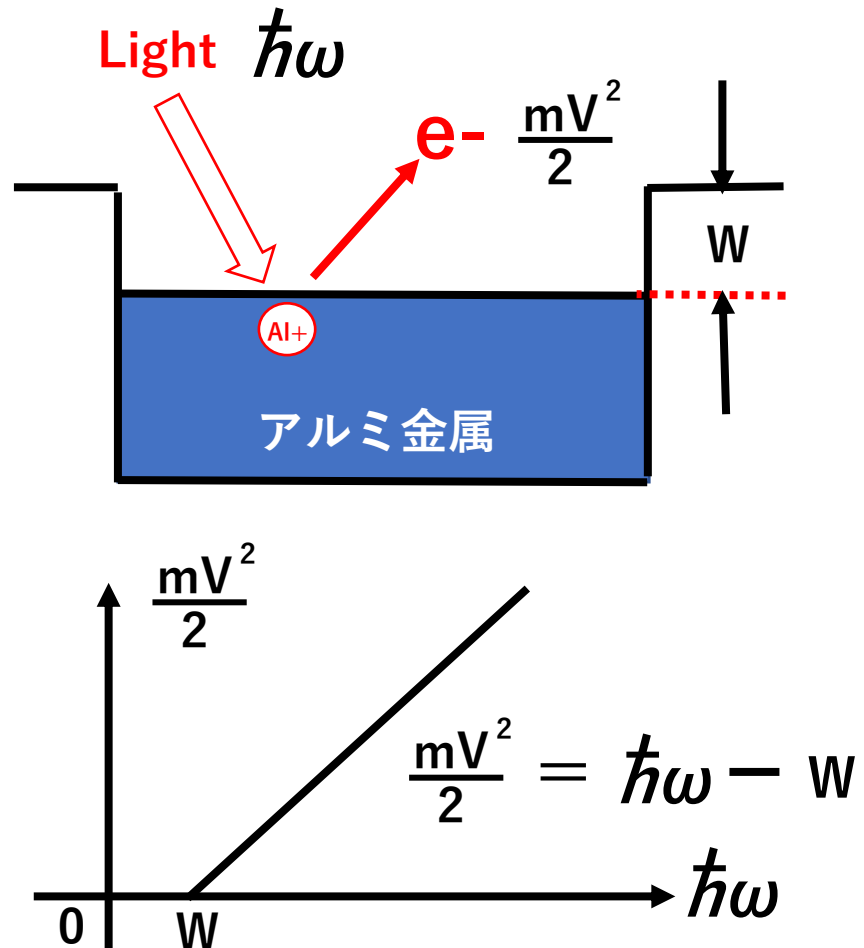


$W =$ 引力脱出エネルギー

受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

(1) 金属と絶縁体の違い

金属とは？



単体のうち、金属光沢をもち、熱や電気をよく伝え、展性や延性に富む物質の総称。比重が四ないし五以下のものを軽金属、それより大きなものを重金属という。金・銀・白金族元素、あるいはこれらにイオン化傾向が水素より小さい銅・水銀なども加えて貴金属といい、イオン化傾向が大きい金属を卑金属という。さまざまな異種金属間の固溶体や金属間化合物を合金といい、広義にはこれも金属に含める。

物質には質量がある。重力（万有引力）の法則に従う。
電子と陽子には質量の他にさらに電荷があり、クーロンの法則に従う。

地球の引力圏から無重力宇宙空間へ脱出するロケット

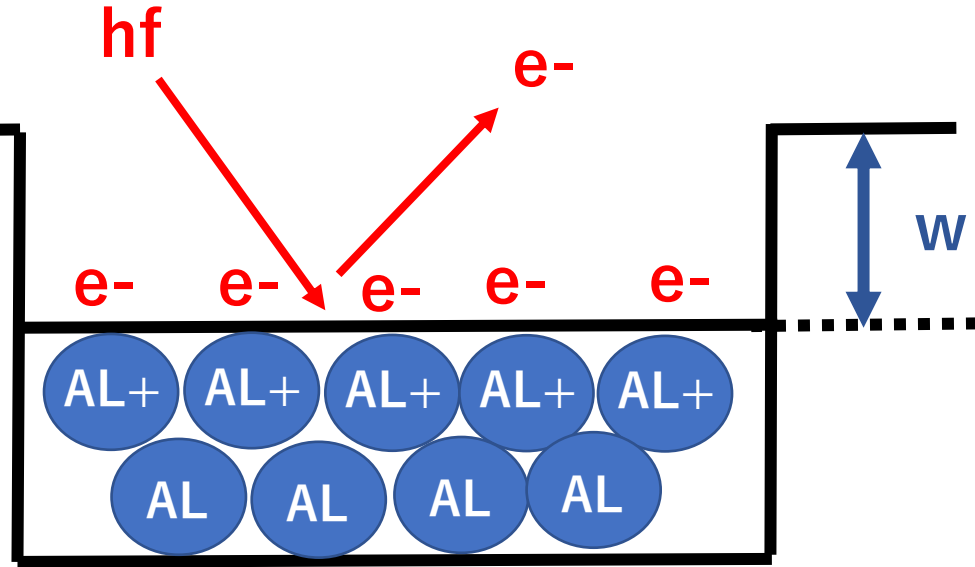
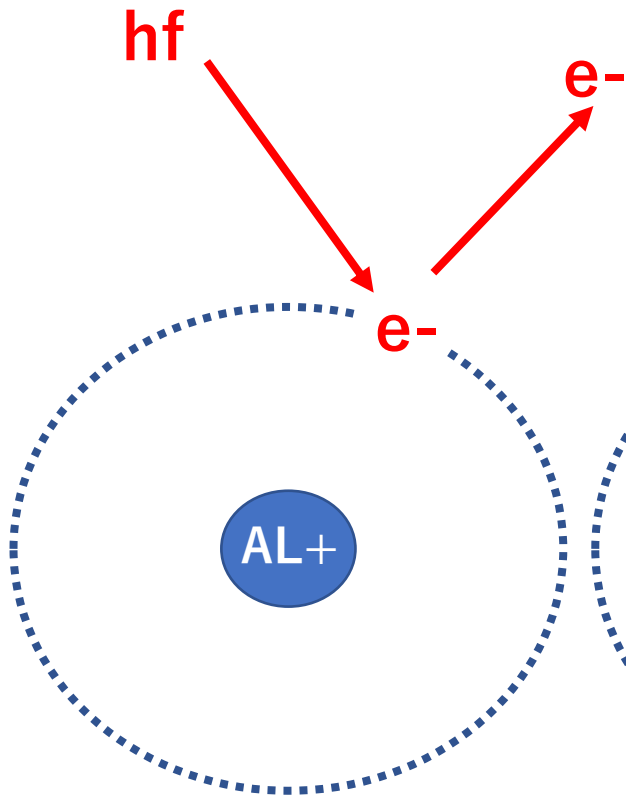


W = 引力脱出エネルギー

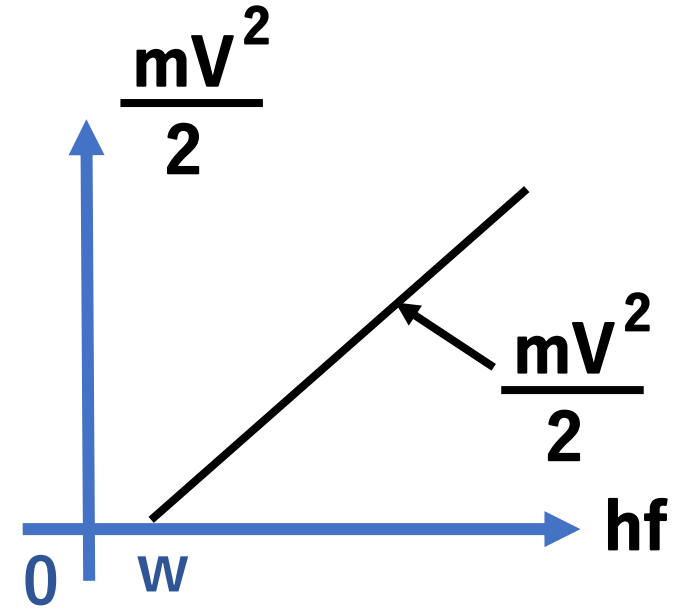
金属の物理モデル

アルミ原子の物理モデル

アルミ原子の一番外側にある軌道電子は、原子核による引力からの脱出エネルギーが一番小さいので光エネルギーにより簡単に無重力自由空間に脱出が容易である。

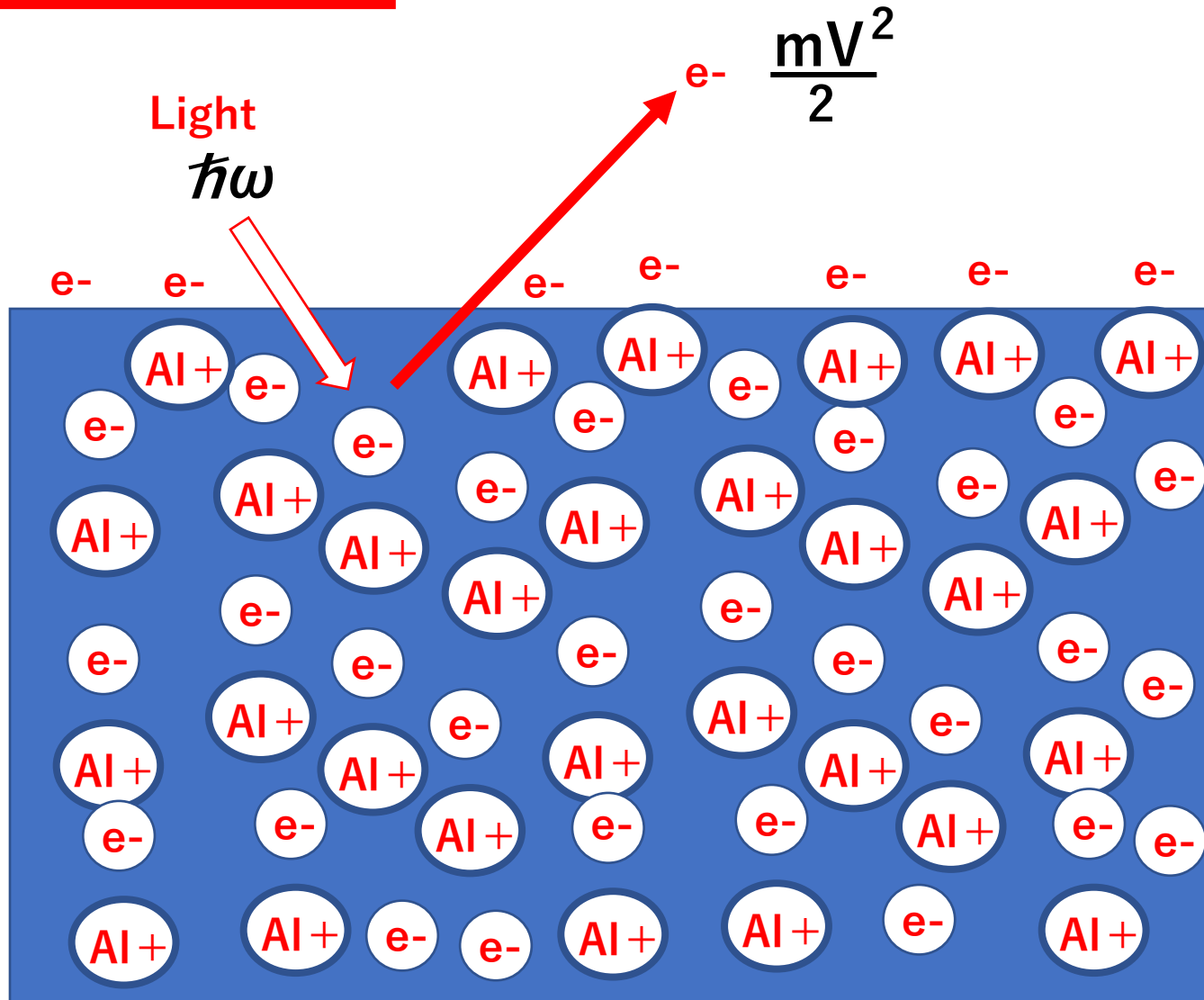


アルミ金属の中の電子の物理モデルは器に入った水の粒子の動きに似ている。

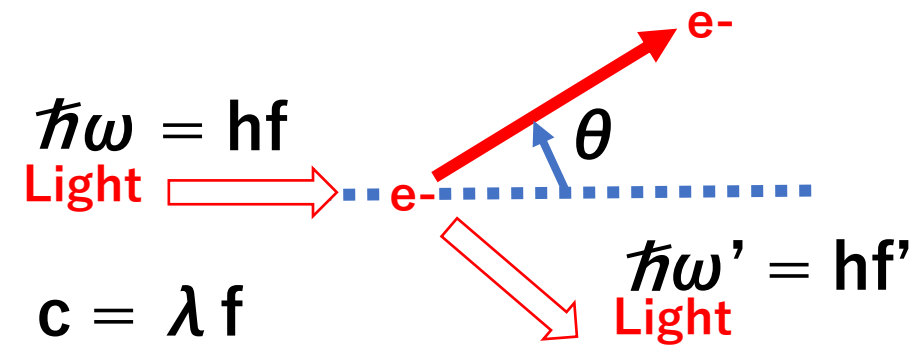
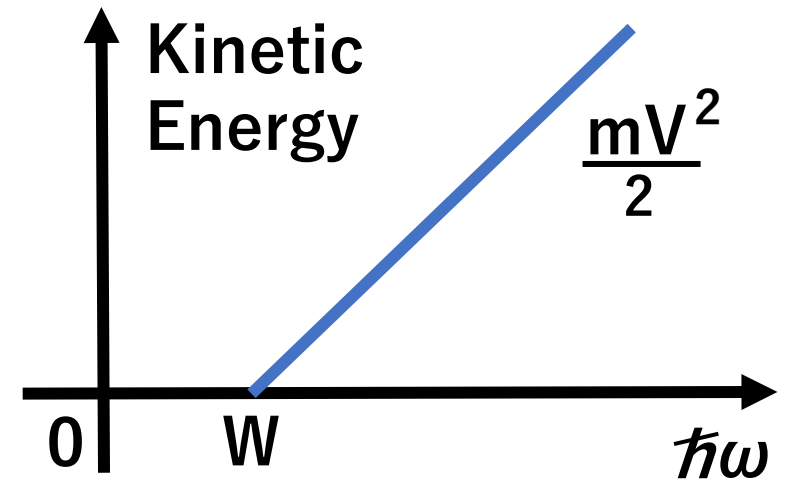


受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

(1) 金属と絶縁体の違い



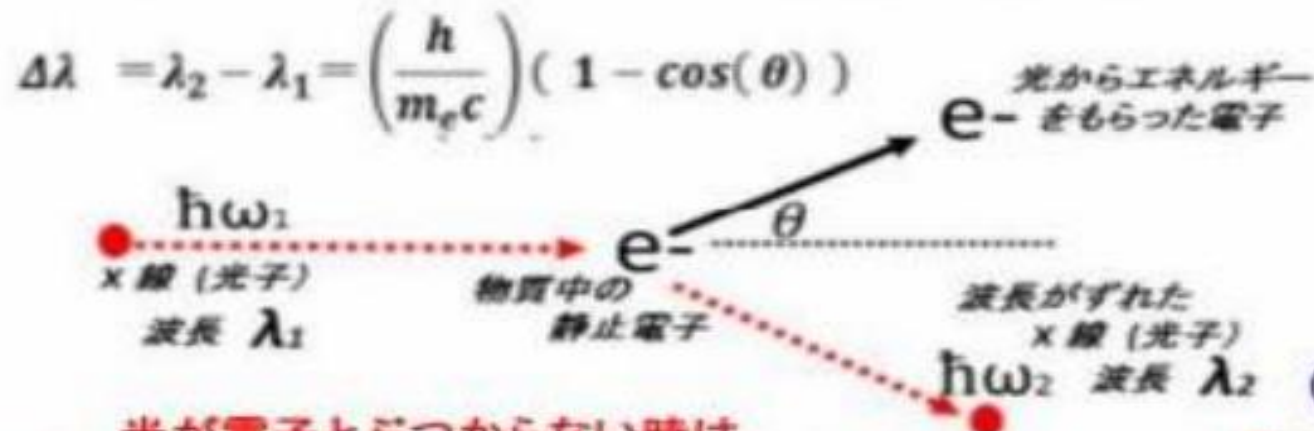
アルミ金属の物理モデル



$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \left(\frac{h}{m_e c} \right) (1 - \cos(\theta))$$

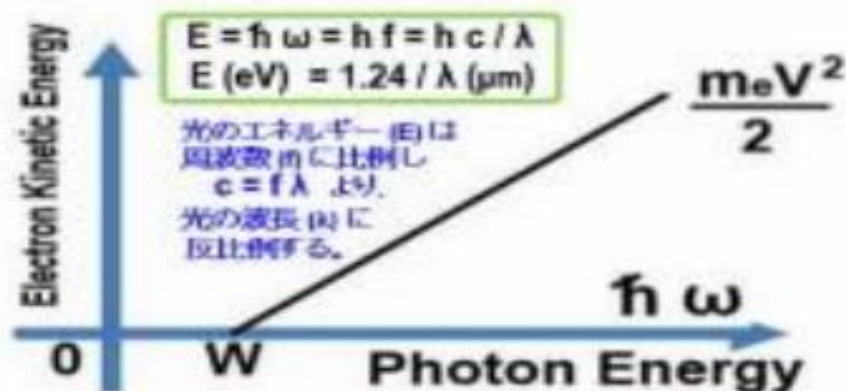
●光は波でもあり、また粒子(光子)でもある (Albert Einstein 1900)

- 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
 Plank 定数 $h = 6.62606957 \times 10^{-34}$ Joule \cdot sec
 電子の質量 $m_e = 9.10938291 \times 10^{-31}$ kg

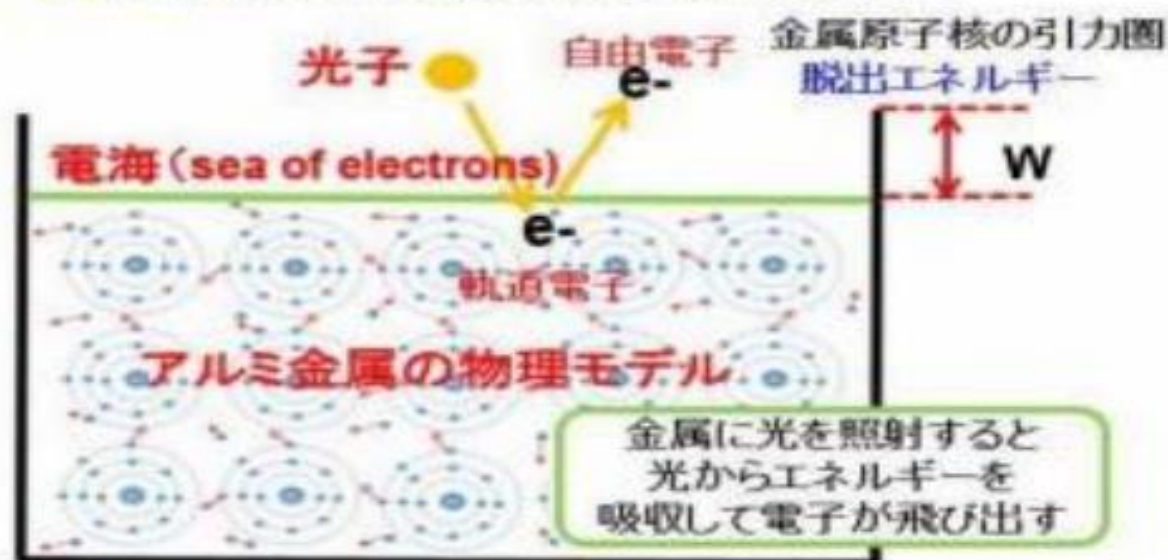


Work Function (W)の値から金属の種類が判明する。



(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)



受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

(1) 金属と絶縁体の違い

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。
 Periodic Table of the Atomic Elements
 元素周期表

2 He					
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

アルミ原子核
 13個の陽子
 14個の中子

2個の電子
 8個の電子
 3個の電子

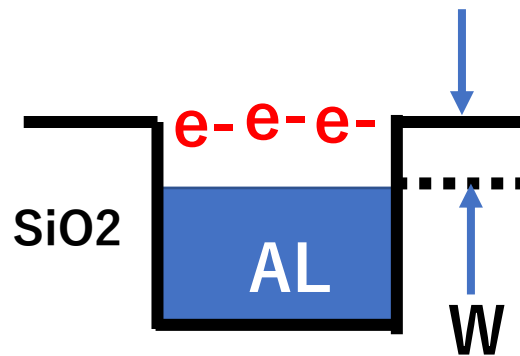
軌道電子
 第1軌道
 第2軌道
 第3軌道

2個、8個、8個の軌道電子

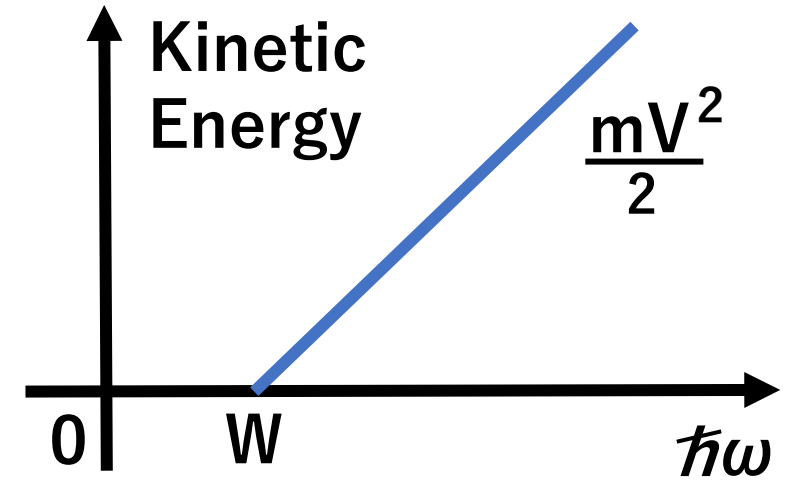
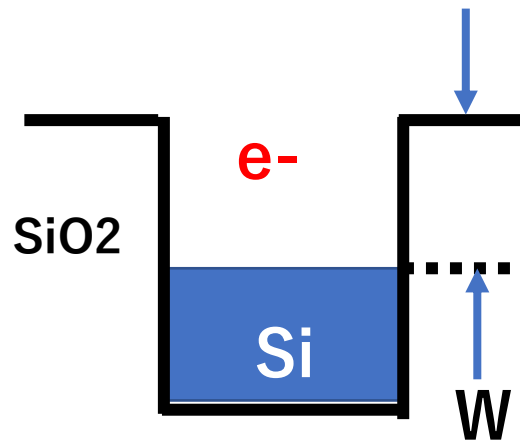
●自由電子は当然空間を自由に浮遊し移動する。しかし、結晶体の中でも、結晶体の原子核の引力圏の外では自由に電子は浮遊することができる。

●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。

アルミ金属内では自由電子が多くて抵抗値Rが小さい。



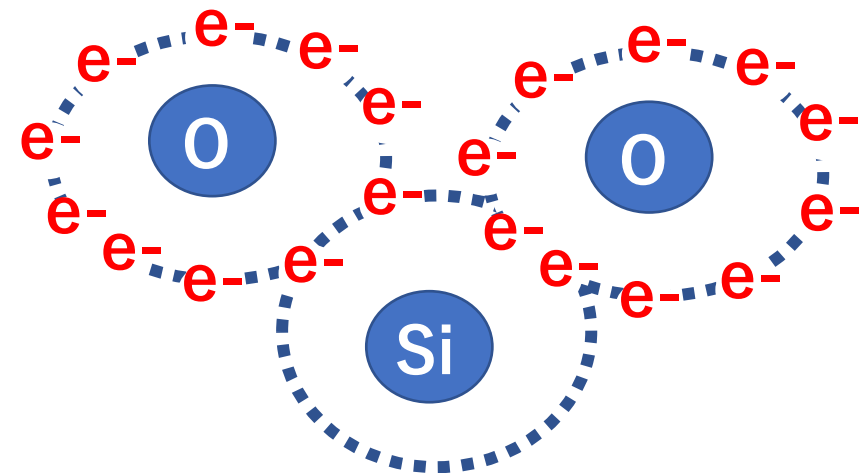
シリコン結晶体の中では自由電子が大変少ない。抵抗値Rが大きい。



絶縁体(SiO2)となると自由電子はゼロとなる。抵抗値Rは無限大となる。Silicon原子の4つの軌道電子は2つの酸素原子に共有結合される。

8個の軌道電子(O)

8個の軌道電子(O)

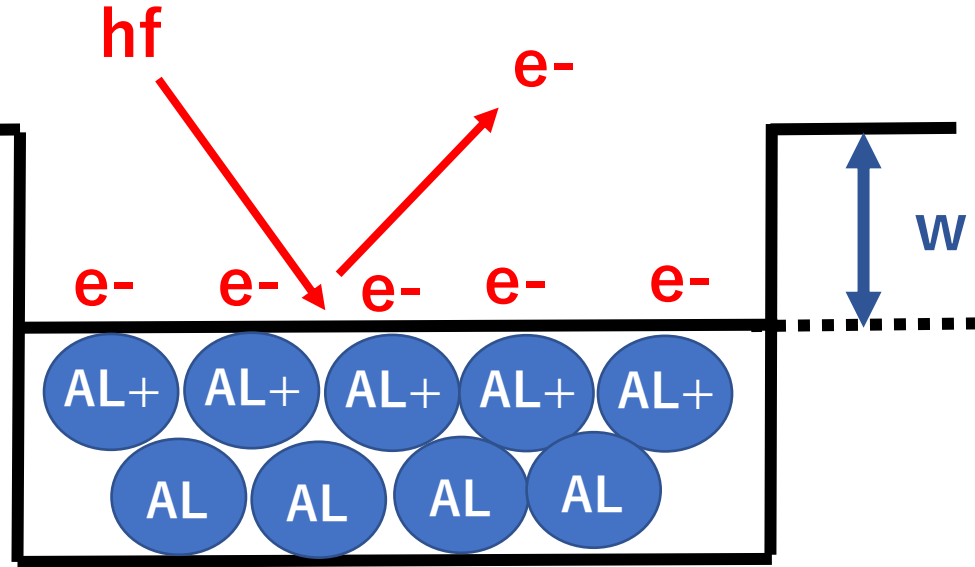
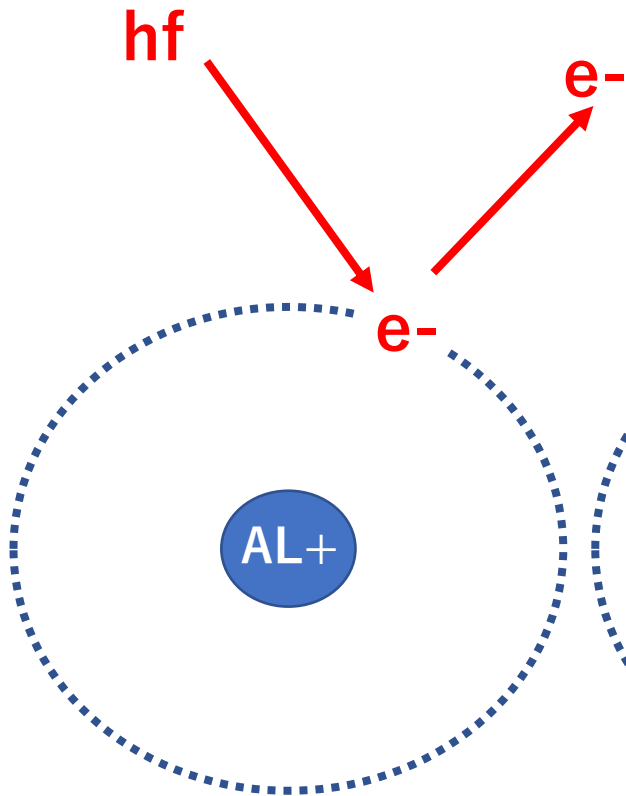


4個の軌道電子(Si)

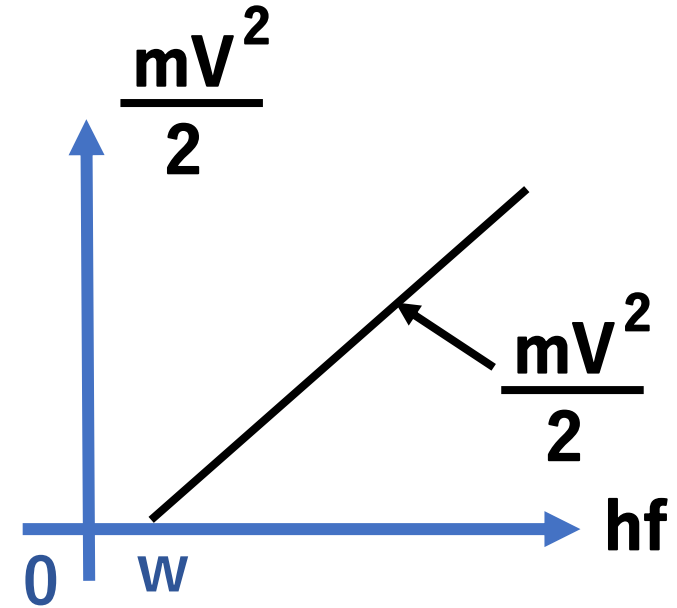
金属の物理モデル

アルミ原子の物理モデル

アルミ原子の一番外側にある軌道電子は、原子核による引力からの脱出エネルギーが一番小さいので光エネルギーにより簡単に無重力自由空間に脱出が容易である。



アルミ金属の中の電子の物理モデルは器に入った水の粒子の動きに似ている。



光子

光子(エネルギーの粒)が 電子(e-)にぶつかる様子

光子

銀の原子の中の電子(e-)と衝突して光子が跳ね返る。。。

金属(銀)には自由電子(e-)が多数存在する。

鏡はどうして光を反射するのか？

金属は光を反射する。光を通さない！

鏡の断面構造

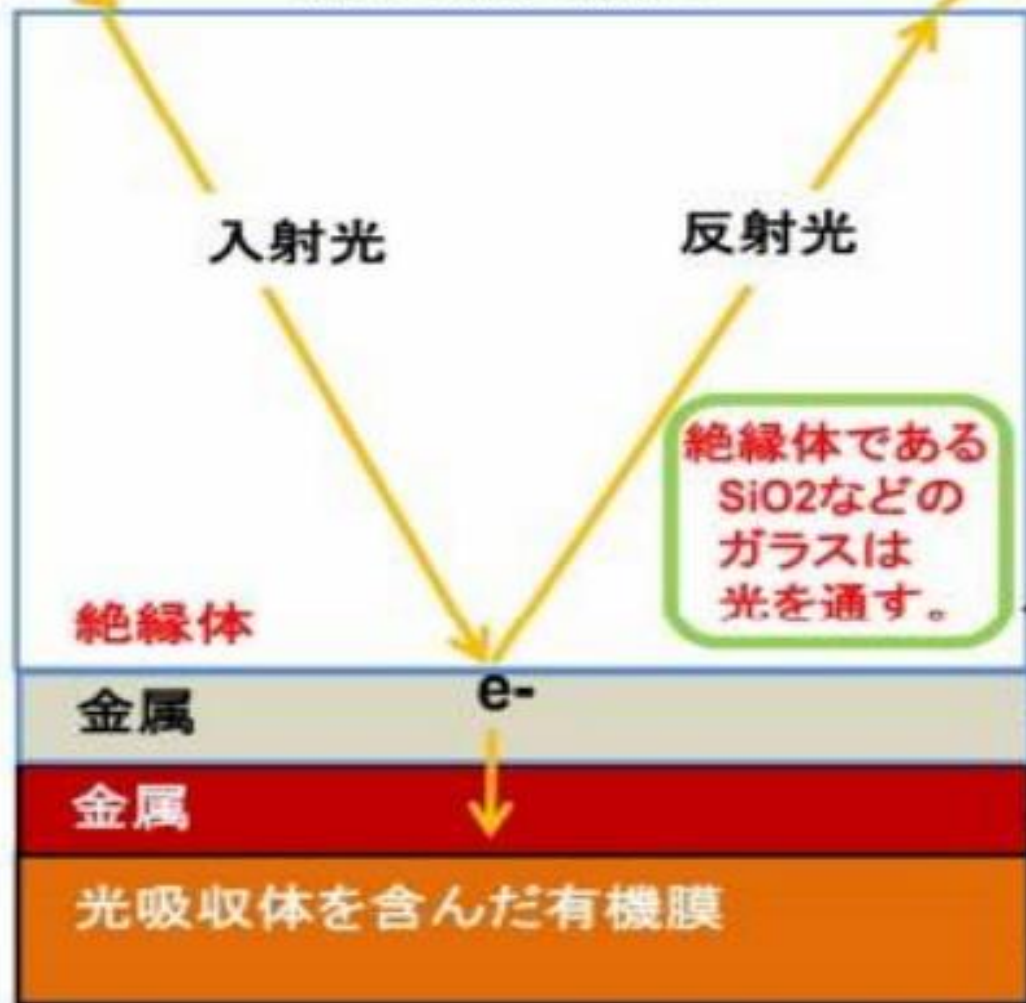
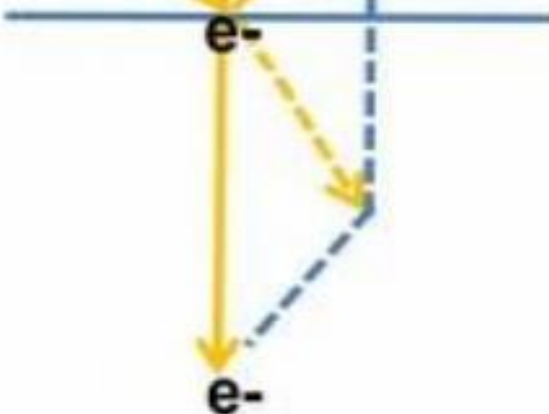
光子

光子

入射光

反射光

絶縁体であるSiO₂などのガラスは光を通す。

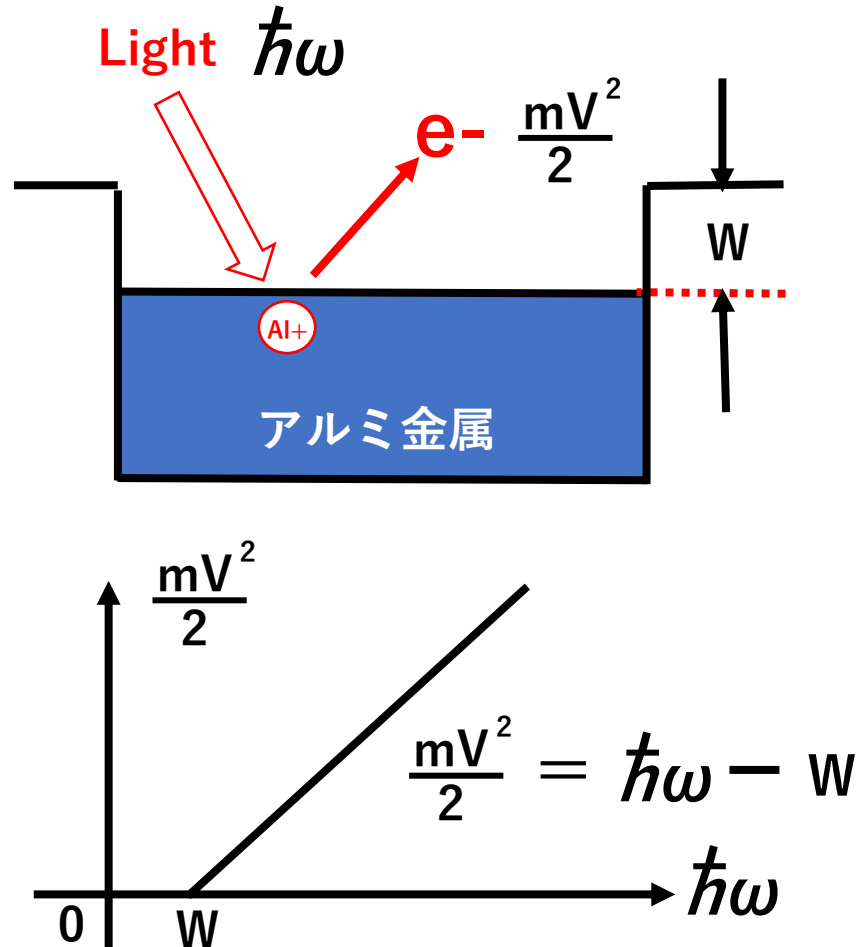


- ← ガラス (5 mm)
- ← 銀メッキ膜 (80nm)
- ← 銅メッキ膜 (40nm)
- ← 塗装膜 (50μm)

玉突きと同じ物理モデルで記述

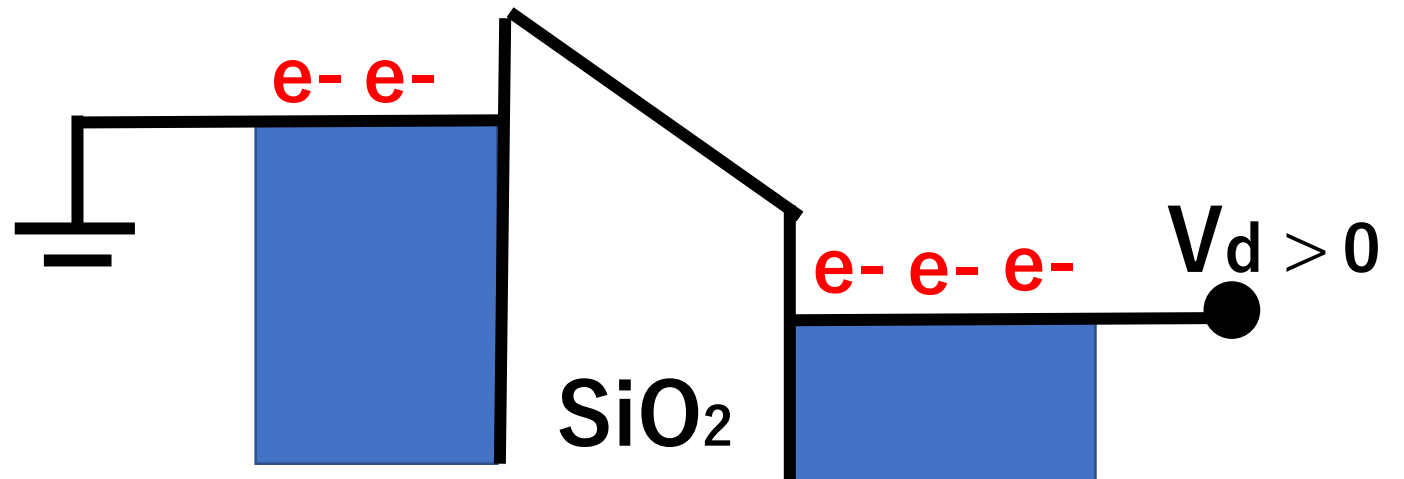
(1) 金属と絶縁体の違い

絶縁体とは？



電気伝導率が小さく、電気のきわめて流れにくい物体。
ガラス・雲母・ペークライト・ゴム・パラフィンなど。

熱伝導率が小さく、熱をきわめて伝えにくい物体でもある。
コルク・粘土・煉瓦・ファイバー・発泡スチロールなど。

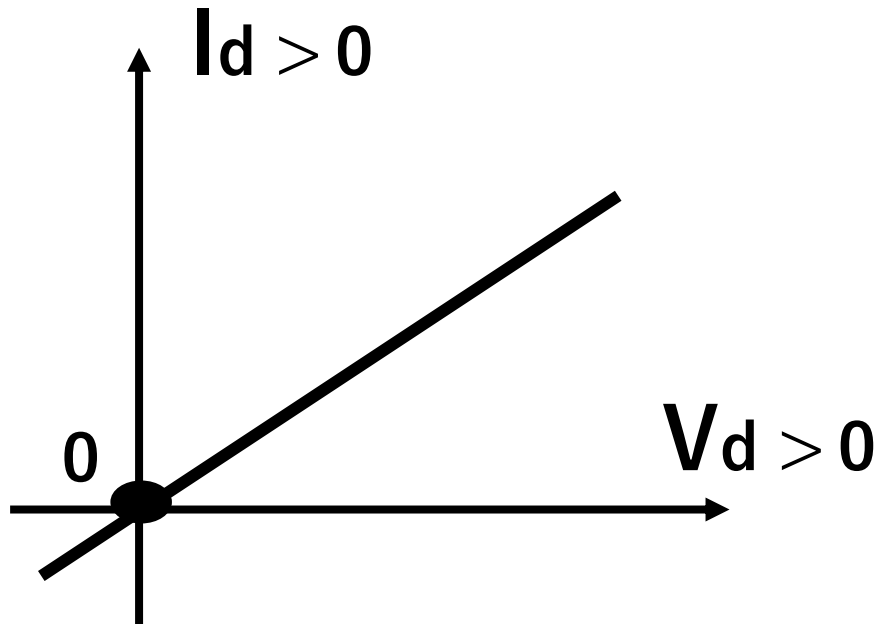


受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

(1) 金属と絶縁体の違い

抵抗体とは？

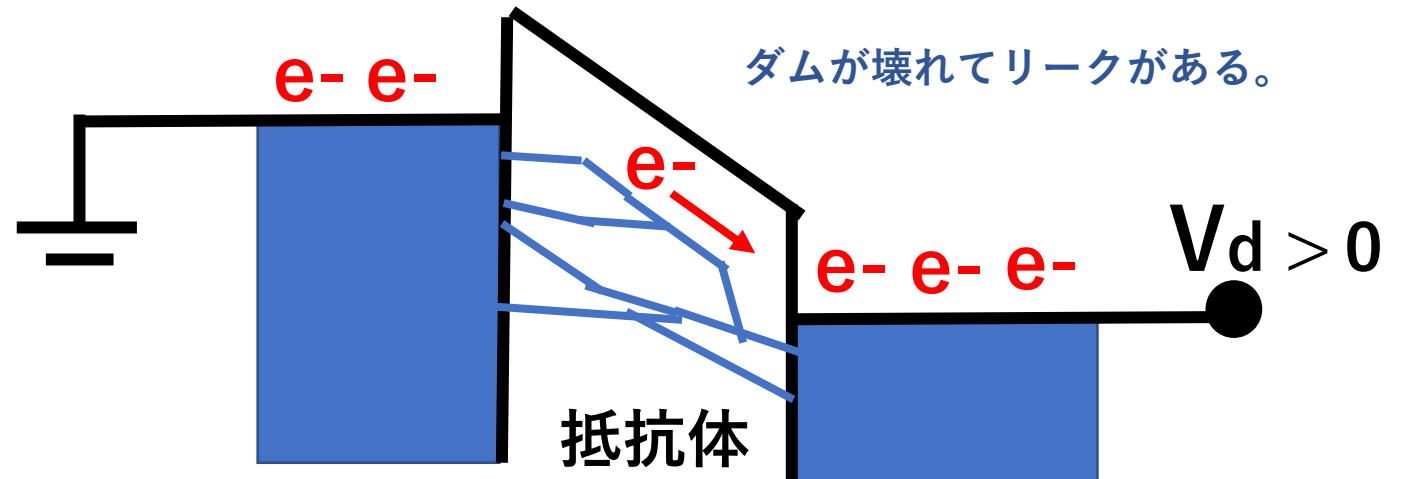
$$I_d = \frac{V_d}{R} \quad (\text{Ohmの法則})$$



導体・半導体・絶縁体

金属などの電気を通すものを導体、ビニールなどの電気を通さないものを絶縁体と呼び、その中間の性質を持つものを半導体と呼びます。導体の中で抵抗率の高いものが抵抗体の材料となります。

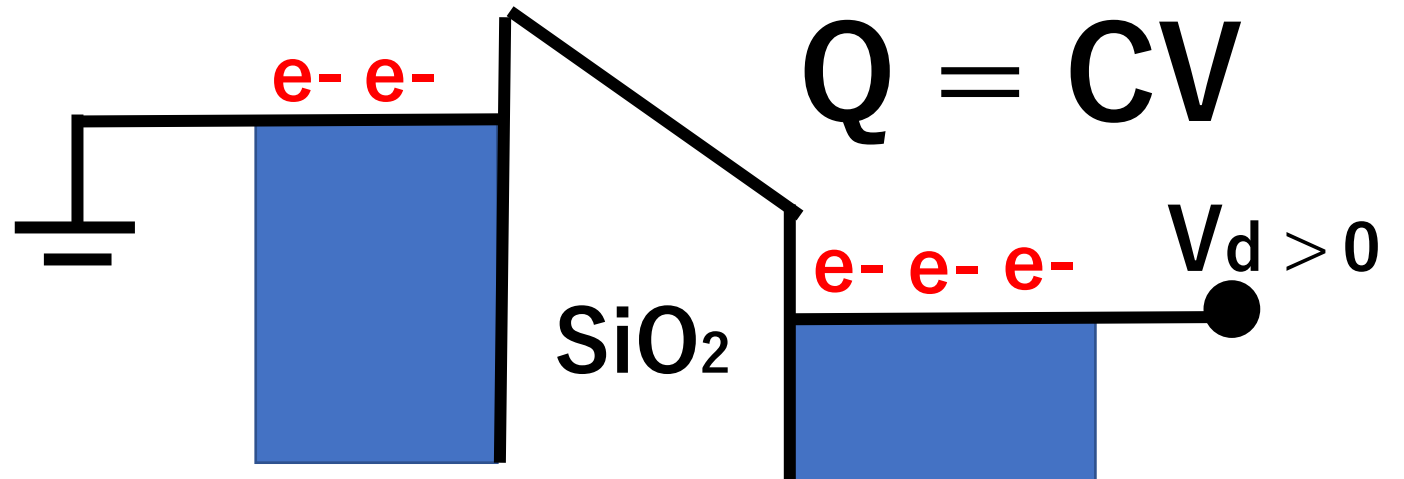
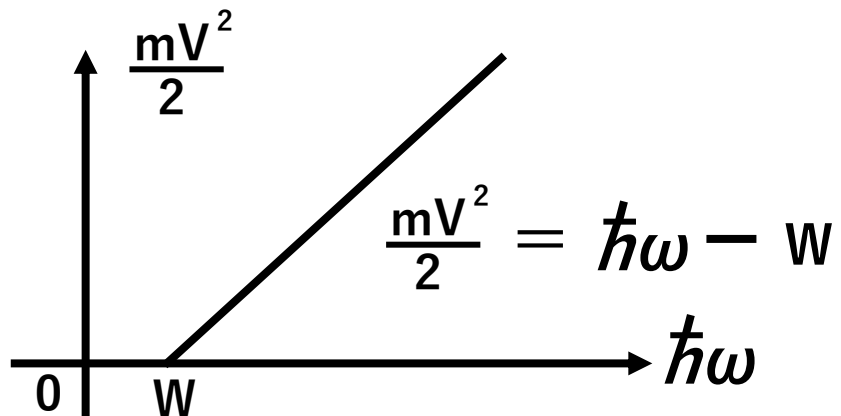
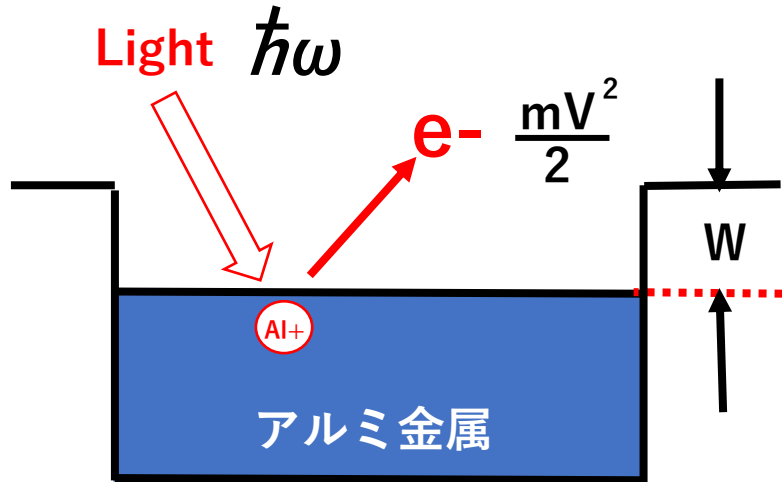
低い 電気を通しやすい		抵抗率		高い 電気を通さない	
導体		半導体		絶縁体	
銀 銅 金 アルミ	タンクステン	ニッケル クロム 合金	ゲルマニウム シリコン	ガラス	ゴム プラスチック



(1) 金属と絶縁体の違い

電気容量とは？

電荷を蓄える能力を持つ電子部品で、電気容量（コンデンサー）と呼ぶ。ガラスなどの絶縁体の板の両面に、2枚の金属極板をはさみ、電圧をかける。両極金属板上には電圧に比例した電荷が蓄えられる。極板間の電圧差をV(ボルト)、両極板上の電荷をQ(クーロン)とすると、比例関係 $Q = CV$ を得る。比例定数C(ファアデイ)をそのコンデンサーの電気容量と呼ぶ。すなわち、1Vの電圧をかけた時に極板に帯電する電荷量が電気容量は(C = Q/V)となる。電気容量(C)が大きい程電荷を蓄える能力が大きい。

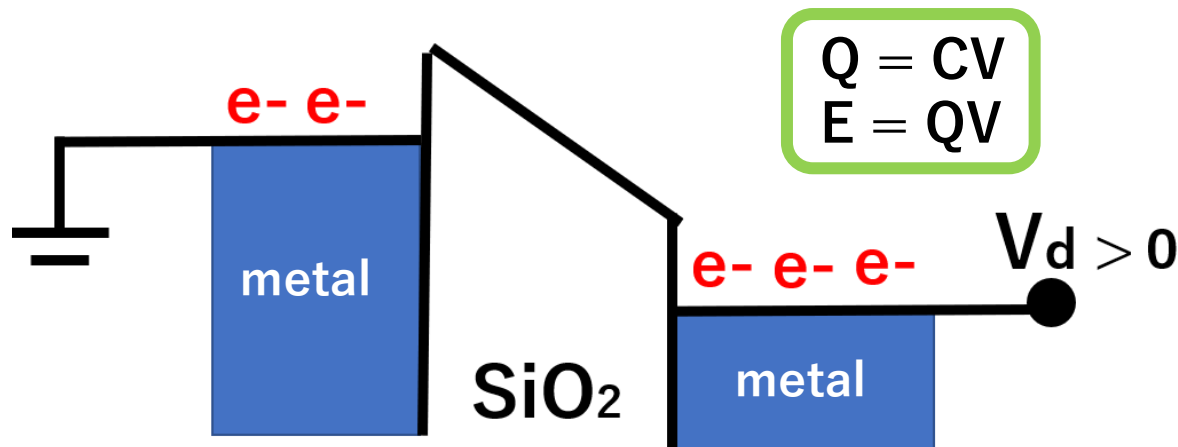


受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

非常に複雑な半導体電子デバイスの物理動作とその構造の説明に挑戦する事になる。できるだけ直観に訴える方法で説明し、数式は極力さけて、基本原理動作を直観的なイメージで理解できる様に工夫をこらして文系の一般社会人の皆様にも親しみを感じる半導体の基礎知識の紹介となればと希望する。

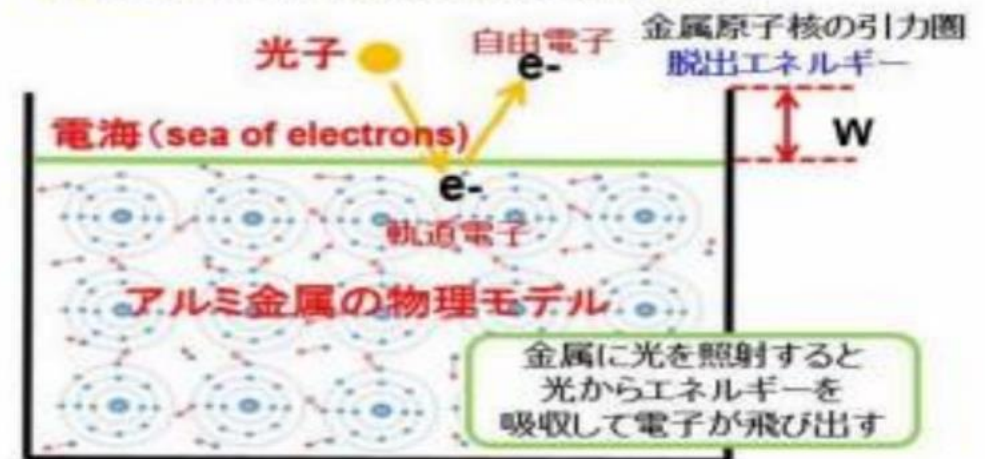
(1) 金属と絶縁体の違い

金属の物理モデルは「器に入った水」でその動作で近似できる。金属を「電子の海」として近似できる。すると「電子の海」に対して、海水がおよばない陸地の高台は「絶縁体」と対応する。絶縁体は電気（電子の流れ）を自由に通すことができない。電気容量（C）は、ダムに蓄積された水に対応する。電気容量に蓄積された電気エネルギー（E）は $E = QV = CV^2$ となる。



(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)



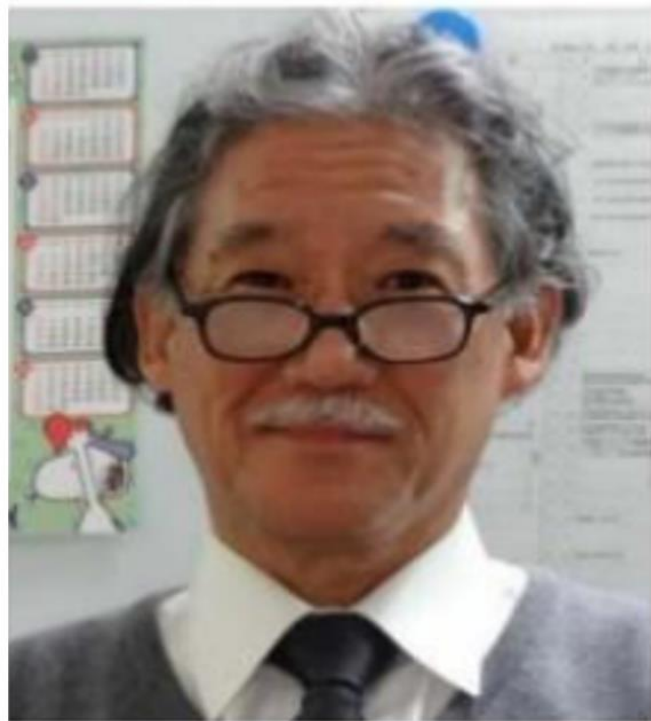
受光表面P+層と裏面のP+層の両面がピン留め接地された、P+PNPP+接合型新型太陽電池の提案

(1) 金属と絶縁体の違い

詳細は青山社出版の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」に記載。

<https://www.seizansha.co.jp/ISBN/ISBN978-4-88359-339-2.html>

<https://www.seizansha.co.jp/>



崇城大学 理事長付き 特任教授
IEEE Life Fellow, Ph.D., 工学博士

仕様:B5判上製

475ページ

ISBN978-4-88359-339-2

発行日:2016/03/01



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。

Thank You !