

半導体？

半導体はたいへんやくに立つもの。
いろいろな箱ものの重要な部品です。

物質には電気を通す金属と、電気をまったく通さない絶縁体があります。

またその中間の半導体という物資があります。

電気とは？電流とは？

電流とは電子の流れの事です。

水の流れを水流といいますね。

水の分子（ H_2O ）の流れのことですね。

小さな粒のことを粒子といいます。

電子も、水の分子（ H_2O ）も小さな粒、粒子です。

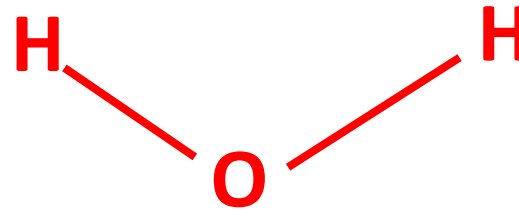
しかし、水の粒子（分子）と電子の粒子（素粒子）の間には大きな違いがあります。それは何でしょうか？

電子の粒子（素粒子）

e-

素粒子は体積がない？
空間の1点に存在する？
電子の中に構造がない。
電子の中に部品がない。
体積がある箱ではない。
でも重さ（質量）がある？
マイナスの電荷がある？

水の粒子（分子）



水素原子（H）が2個と
酸素原子（O）が1個の
結合したのが水の分子。
重さ（質量）がある？
全体が中性である。
電荷の総数がゼロである。

原子とは？

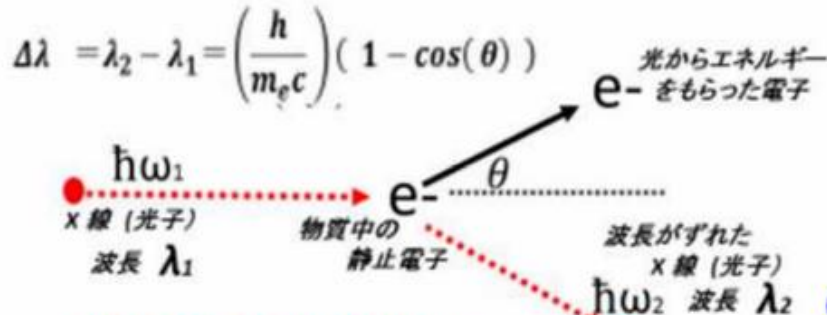
しかし、水の粒子（分子）と電子の粒子（素粒子）の間には大きな違いがあります。それは何でしょうか？

イメージセンサの動作原理

金属とは？

●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！

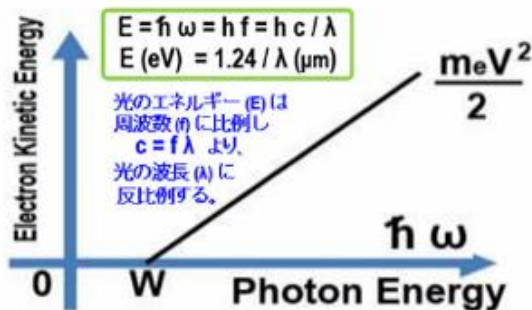


光が電子とぶつからない時は
 $\theta = 0$ で光は直進し波長の変化はない。

光の速度 $C = 2.99792458 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$

Plank 定数 $h = 6.62606957 \times 10^{-34} \text{ Joule} \cdot \text{sec}$

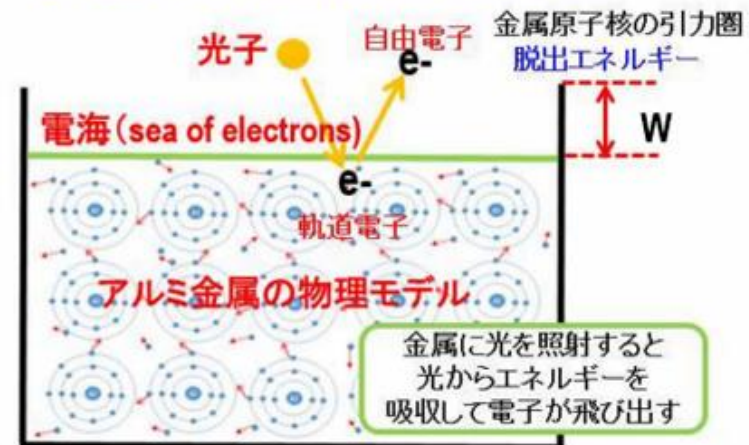
電子の質量 $m_e = 9.10938291 \times 10^{-31} \text{ kg}$



(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)

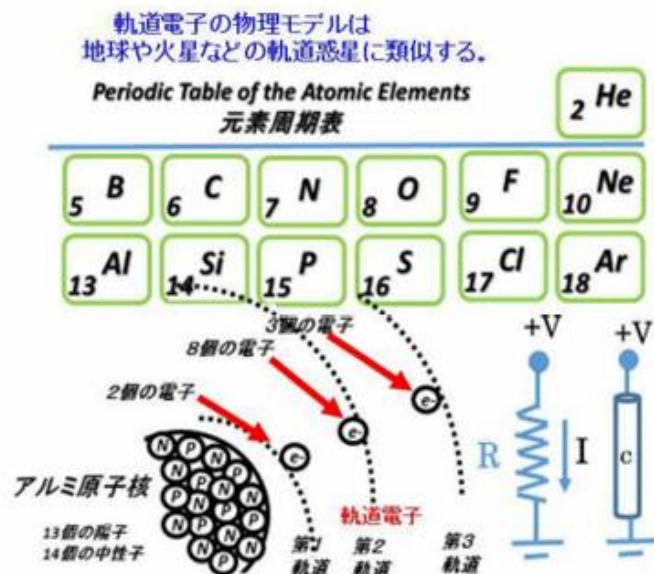


金属は、水が入った器に対応します！

半導体とは？

半導体にはN型とP型の2種類がある！

●原子構造(原子核と電子)と太陽系(太陽と惑星)の類似



●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。

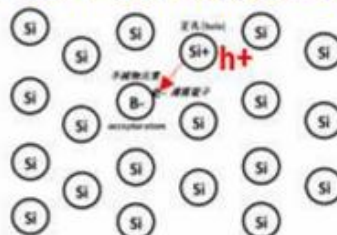
アルミ原子(中性)₁₃ = アルミイオン (Al⁺)₁₂ + 自由電子 (e⁻)

シリコン原子(中性)₁₄ = シリコンイオン (Si⁺)₁₃ + 自由電子 (e⁻)

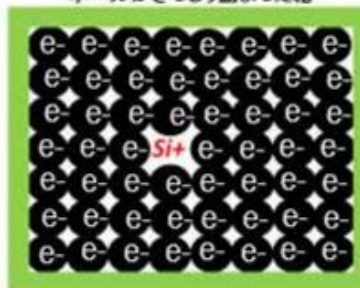
りん原子(中性)₁₅ = りんイオン (P⁺)₁₄ + 自由電子 (e⁻)

ボロンの原子(中性)₅ + 自由電子 (e⁻) = ボロンイオン (B⁻)₅

P型半導体の物理モデル



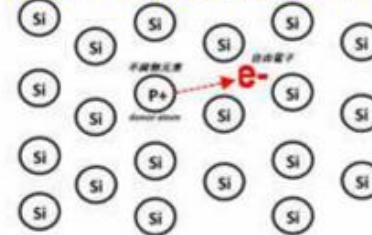
ホールがぎっしり詰まった箱



Holeが主役

プラス電荷の粒 (HOLE)が主役

N型半導体の物理モデル



空っぽの箱

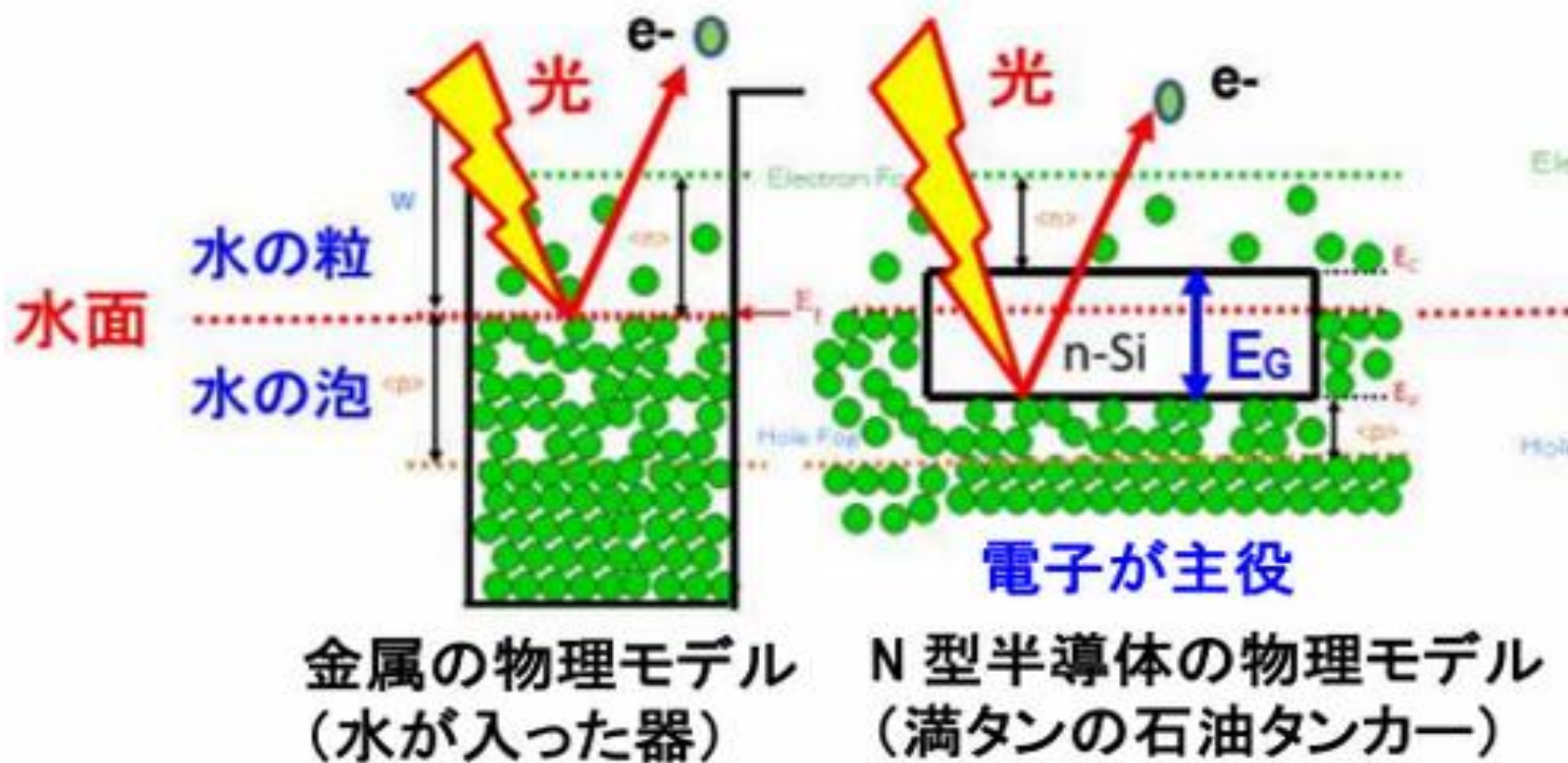


電子が主役

マイナス電荷 (電子) の粒が主役

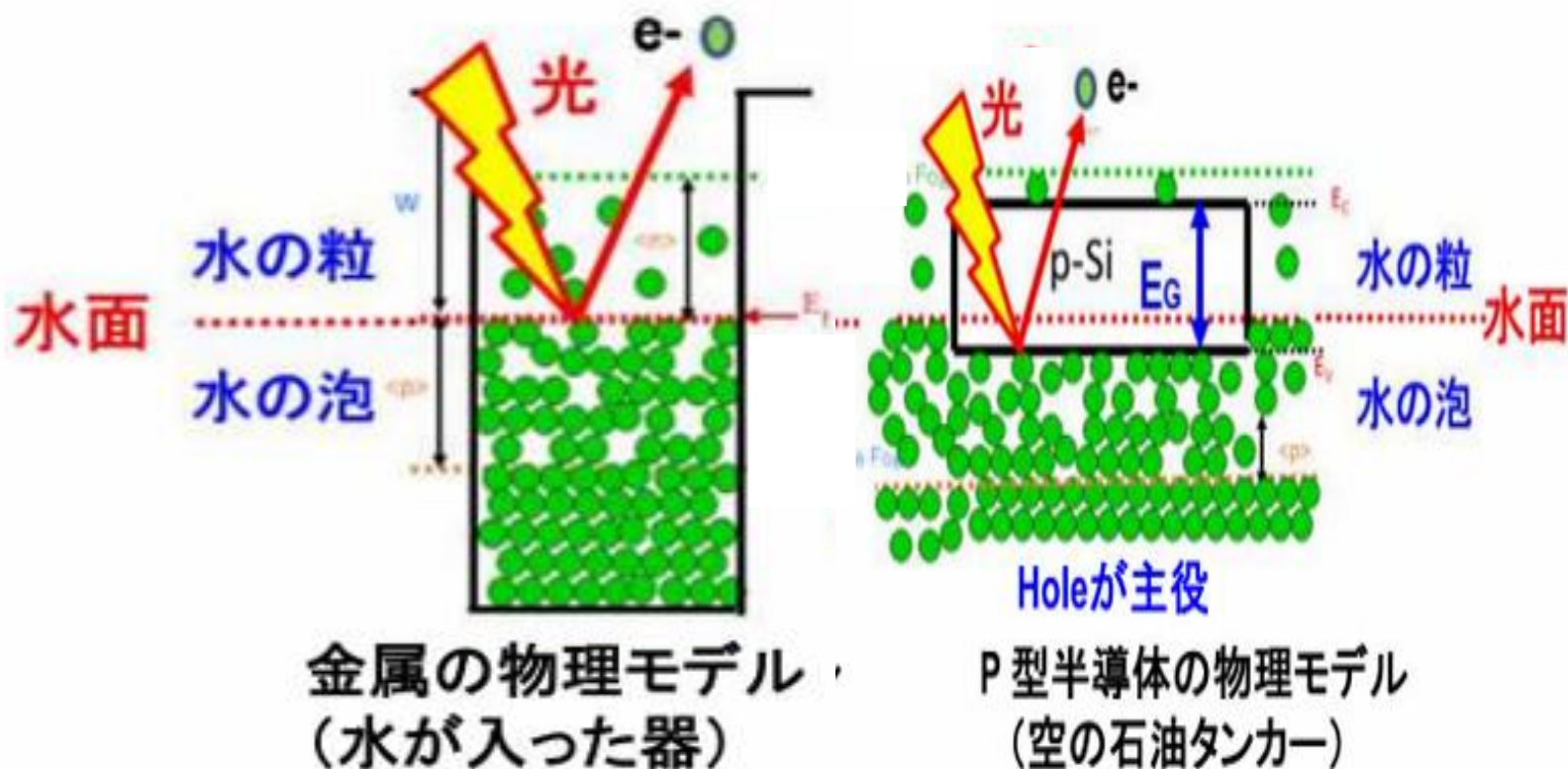
4. イメージセンサの動作原理

- 金属の物理モデルは、器に入った水にたとえる事が可能。
- N型半導体の物理モデルは満タンの石油タンカー船に、
- P型半導体の物理モデルは空の石油タンカー船に似ている。



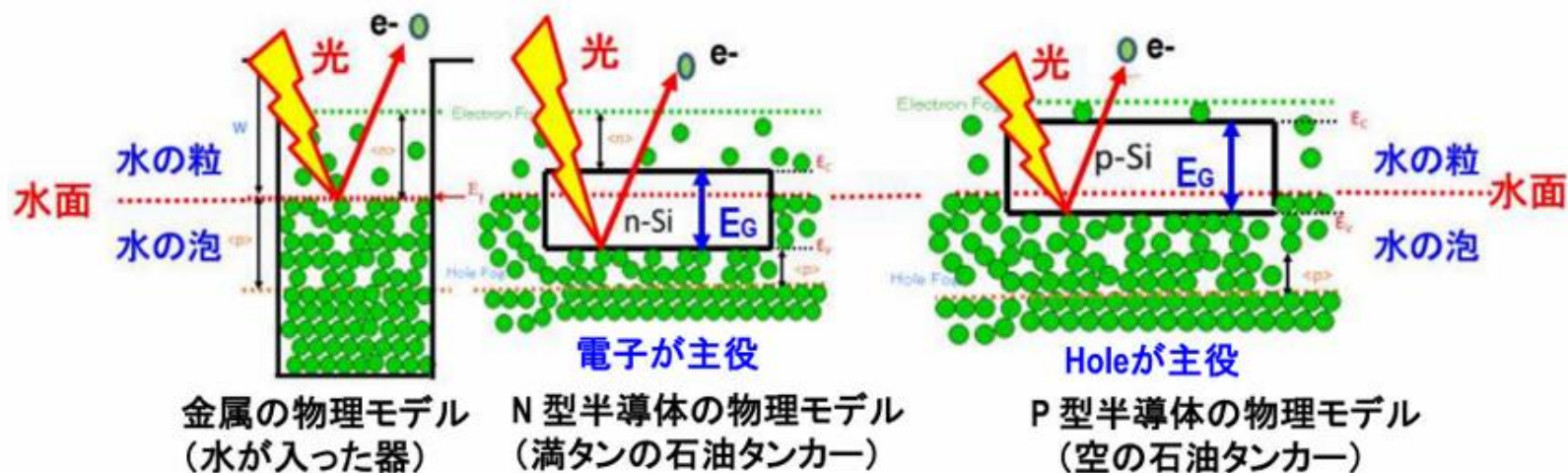
4. イメージセンサの動作原理

- 金属の物理モデルは、器に入った水にたとえる事が可能。
- N型半導体の物理モデルは満タンの石油タンカー一船に、
- P型半導体の物理モデルは空の石油タンカー一船に似ている。



4. イメージセンサの動作原理

- 金属の物理モデルは、器に入った水にたとえる事が可能。
- N型半導体の物理モデルは満タンの石油タンカー船に、
- P型半導体の物理モデルは空の石油タンカー船に似ている。



$$E = \hbar \omega = h f = h c / \lambda$$
$$E \text{ (eV)} = 1.24 / \lambda \text{ (}\mu\text{m)}$$

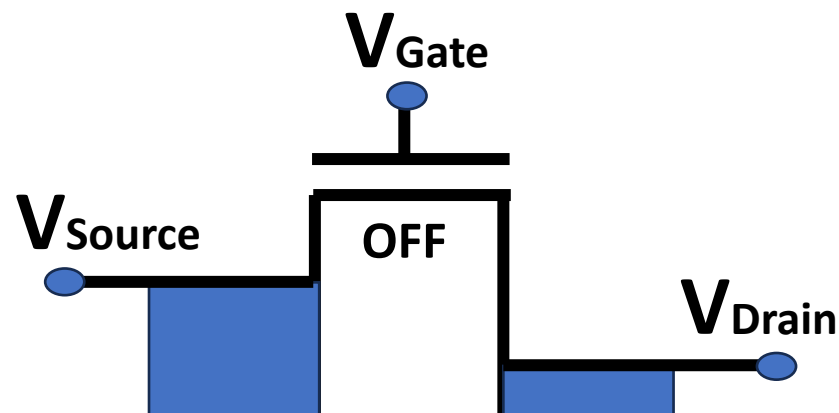
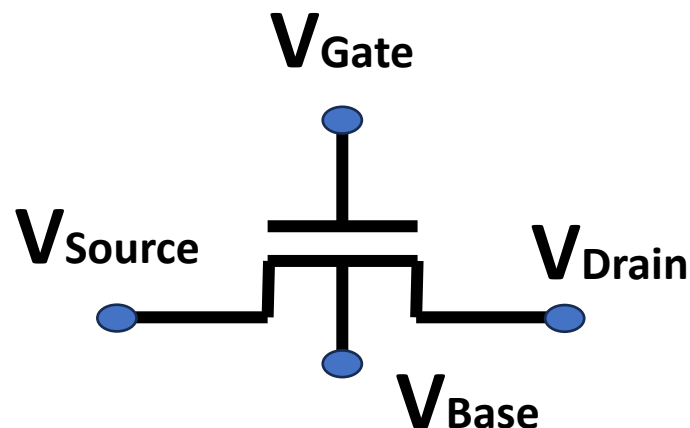
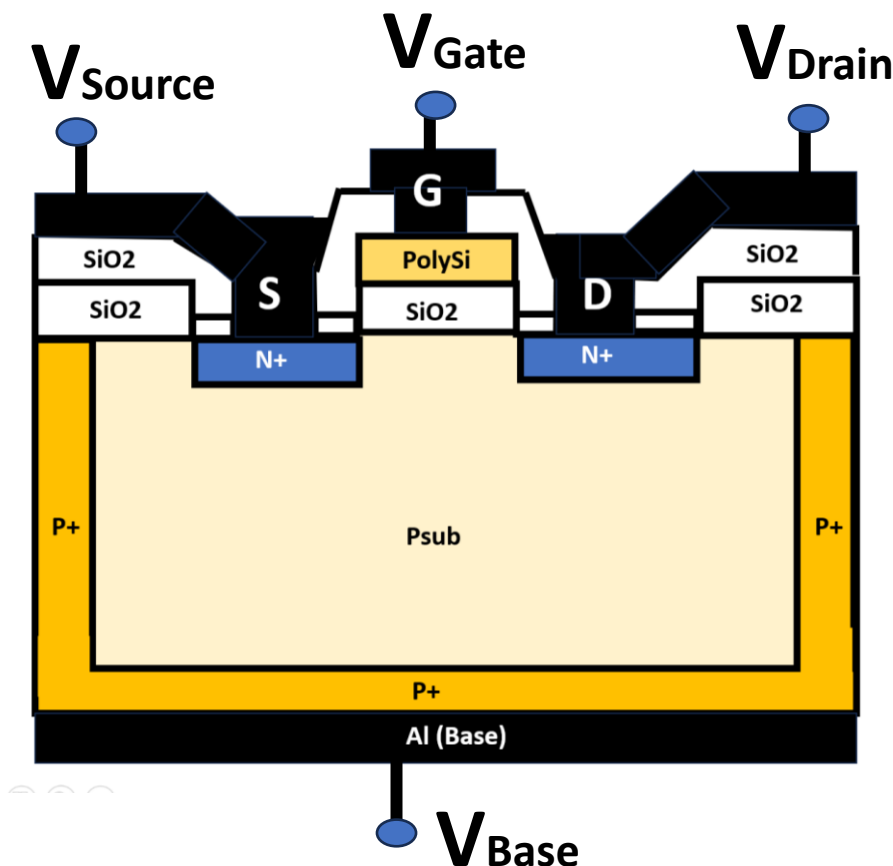
For Silicon, $E_G = 1.10 \text{ eV}$ and $\lambda = 1.12 \mu\text{m}$

光のエネルギー (E) は周波数 (f) に比例し
 $c = f \lambda$ より、光の波長 (λ) に反比例する。

自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

MOSトランジスタとは??

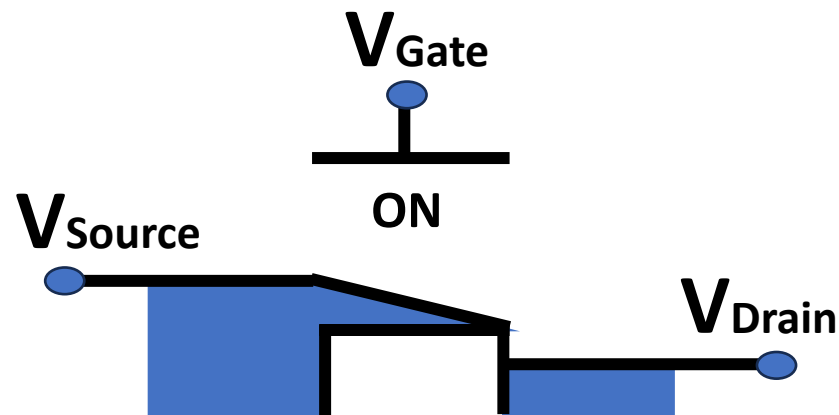
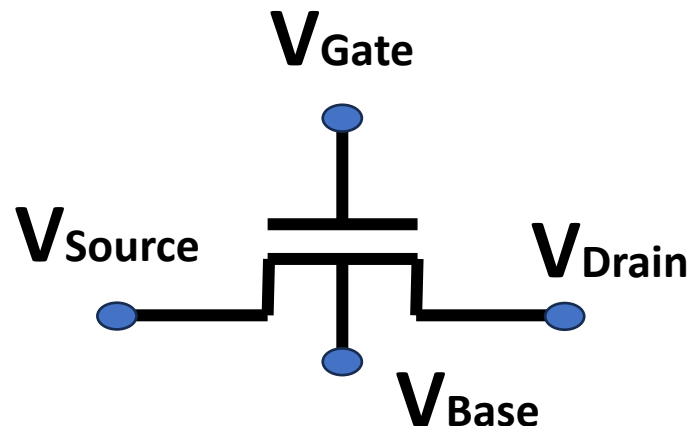
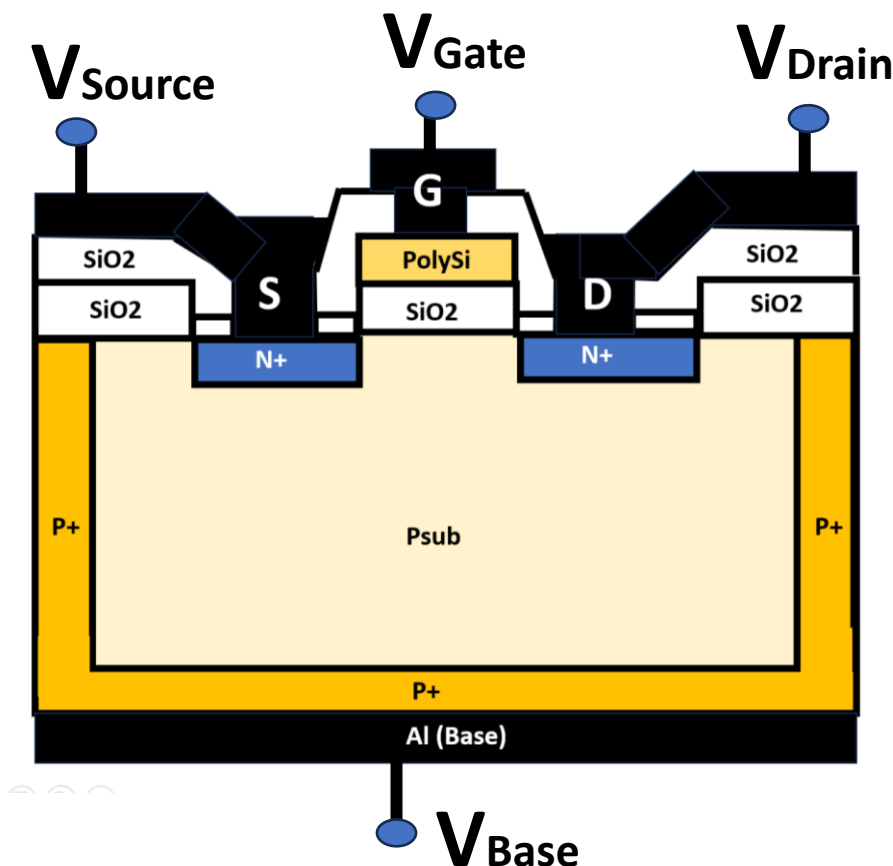
金属と絶縁体とP型とN型の
半導体の組み合わせ構造！



自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

MOSトランジスタとは??

金属と絶縁体とP型とN型の
半導体の組み合わせ構造！

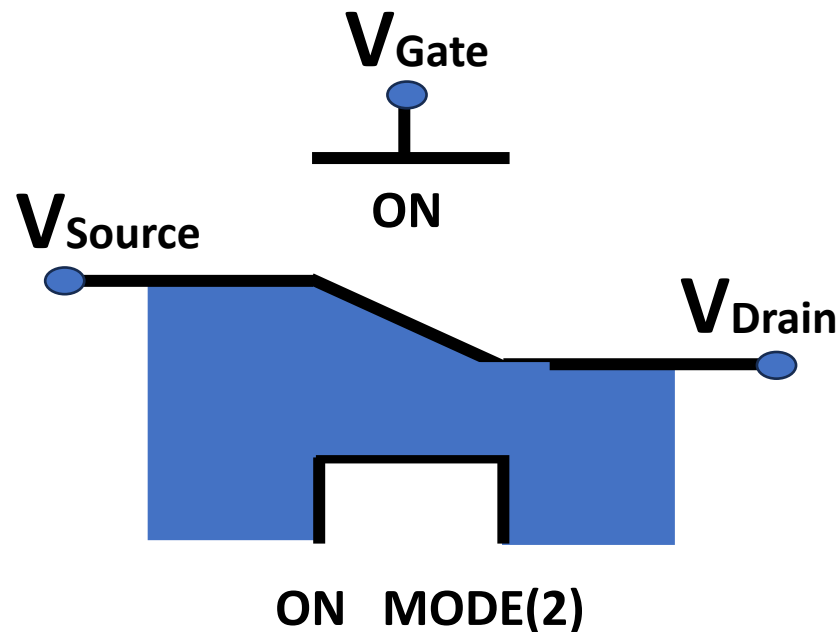
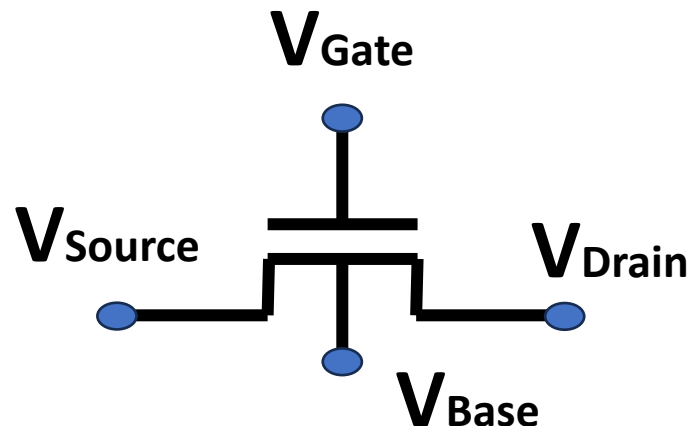
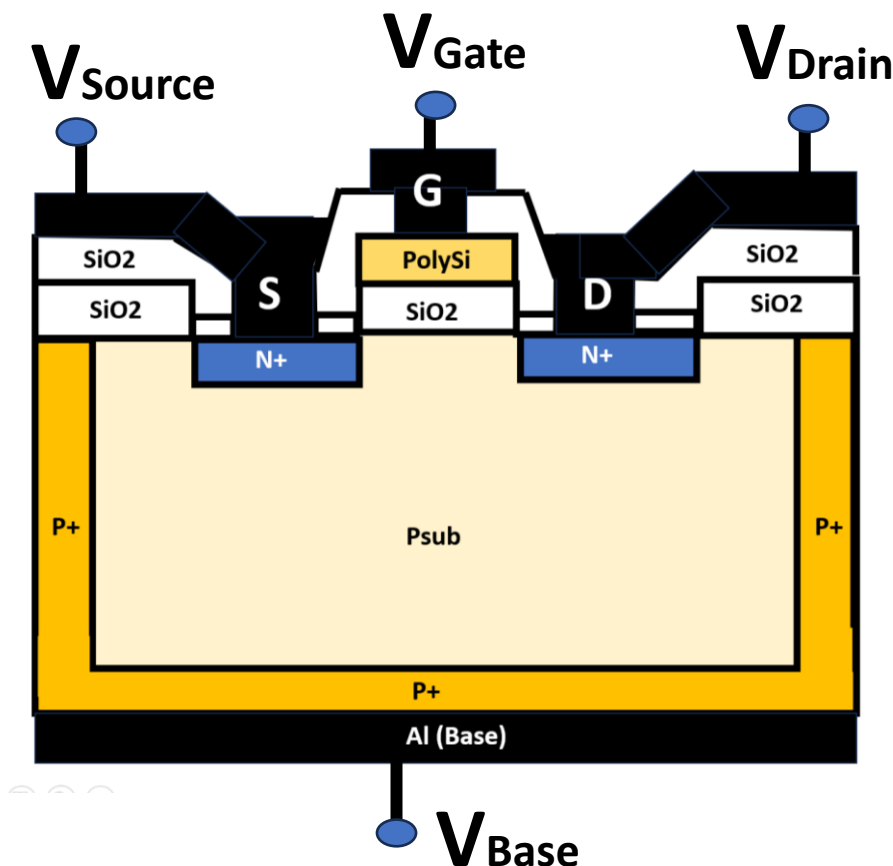


ON MODE(1)

自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

MOSトランジスタとは??

金属と絶縁体とP型とN型の
半導体の組み合わせ構造！



A1) あたたかい白米ごはんは Intrinsic Silicon 結晶体

A2) お赤飯（赤豆を混ぜたほっかほっかごはん）は、P型 Silicon 結晶体

A3) 豆ごはん（青豆を混ぜたほっかほっかごはん）は、N型 Silicon 結晶体

B1) 日本にはトクホン、貼り薬、シップがありますが、これは熱拡散法。

じゅわじゅわと、薬を皮膚にしみ込ませる伝統ある医学の知恵です。

昔は熱拡散で、Diode や Transistor や Thyristor を製造していました。

B2) 1970年になり INTEL 社は、「じゅうたん爆撃法」を採用し、

爆弾にして、高エネルギー分子（赤豆や青豆）を地上（シリコン基板）に

野蛮にも打ち込み、自己整合型 MOS 型 Transistor の製造方法を開発し

世界ではじめて商品化に成功し、大きく成長しました。

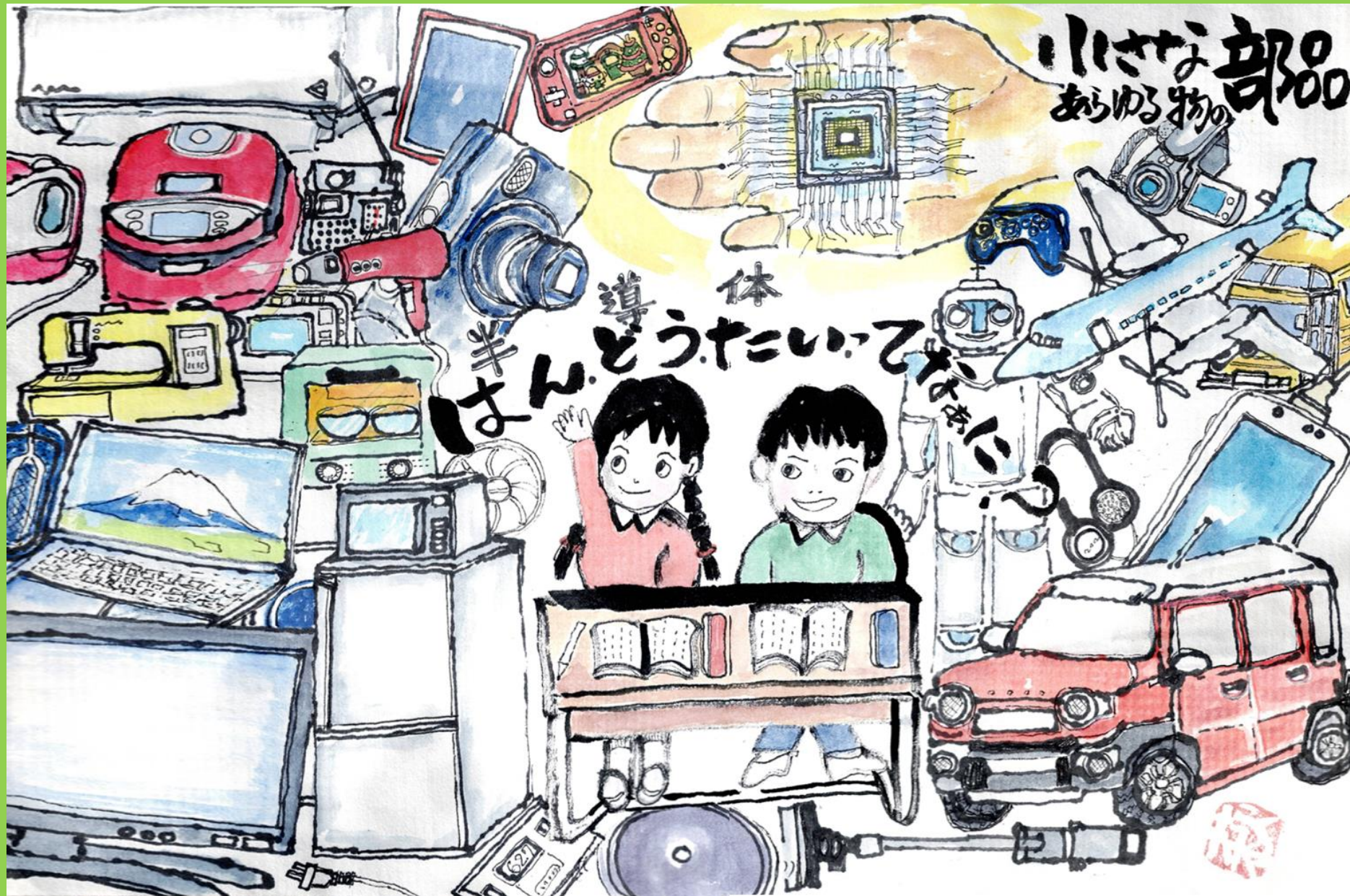
B3) 破壊された結晶構造を熱拡散でもとに戻していました。

- C1) 一方の SONY (萩原) は、1975 年、従来の DIODE 構造ではなく、Transistor や Thyristor 構造を光感知センサーとして使う事を提案しました。その製法に、高エネルギー分子 (赤豆や青豆) を地上 (シリコン基板) に野蛮にも打ち込み方法を採用し、自己整合型の受光素子構造の製法を考案し、1977 年と 1978 年にその原理試作開発に成功し学会で発表しました。
- C2) その時、破壊された結晶構造を熱拡散法ではなく赤外線瞬間アニール法を SONY (西山和夫) は考案し、それが SONY の HAD SENSOR の製造方法に採用され、SONY (石川) は超光感度の受光素子を開発製造に 1987 年に成功し SONY の超光感度のビデオカメラは世界の市場を制覇しました。

- D1) 現在萩原は、この超光感度半導体受光素子をビデオカメラ用だけでなく超光感度の、高い変換効率を持つことが既に知られている、ダブル接合、および、多重接合型太陽電池に応用することに挑戦しています。
- D2) 半導体産業の発展は、この高エネルギーイオン打ち込み装置に高性能化と低エネルギー赤外線アニール法や高エネルギーのレーザーアニール法の高性能化と実用化製造技術が要になります。

はんだうたい (半導体) ってなあに？

あらゆる物の小さな部品です。



いさよ部品
あらゆる物の

半導体
はんどうたい

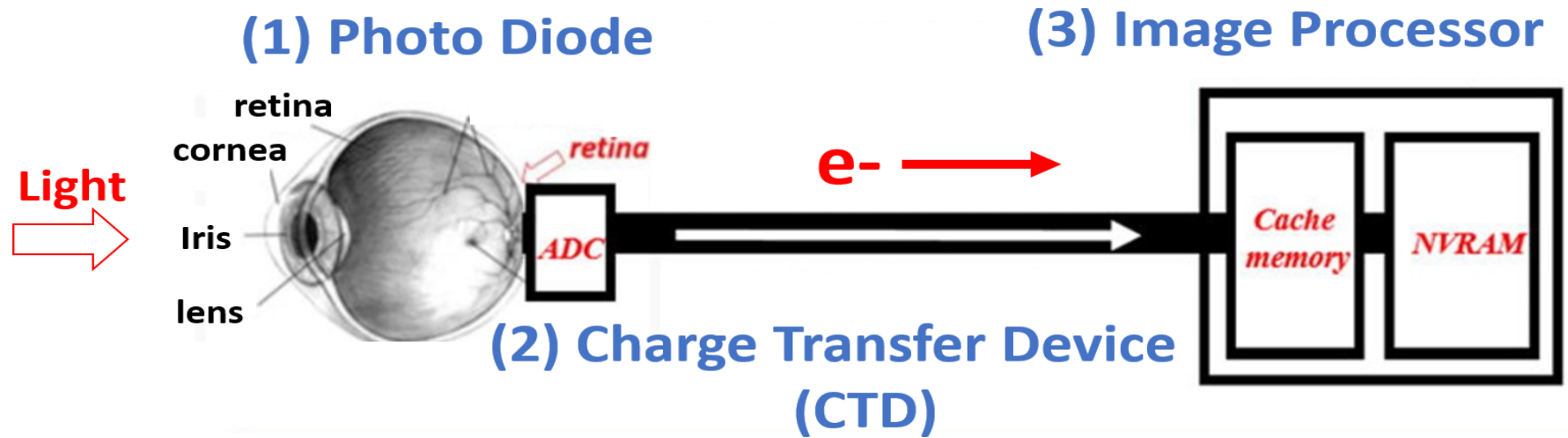
萩原 aips 研究所が創る人工知能（A I）搭載のロボットは、人間にやさしい、自然にやさしい、人間を助けるパートナーとして、いろいろな目的での活躍が期待されるシステム・ロボットです。太陽光をエネルギー源とし、その超光感度の電子の目はそのままでも光電変換効率の高い太陽電池として機能します。自然にやさしい地球にやさしい、SDGs に貢献する、賢い超光感度の電子の目を持つ自己発電型・人工知能（A I）搭載ロボットです。

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。

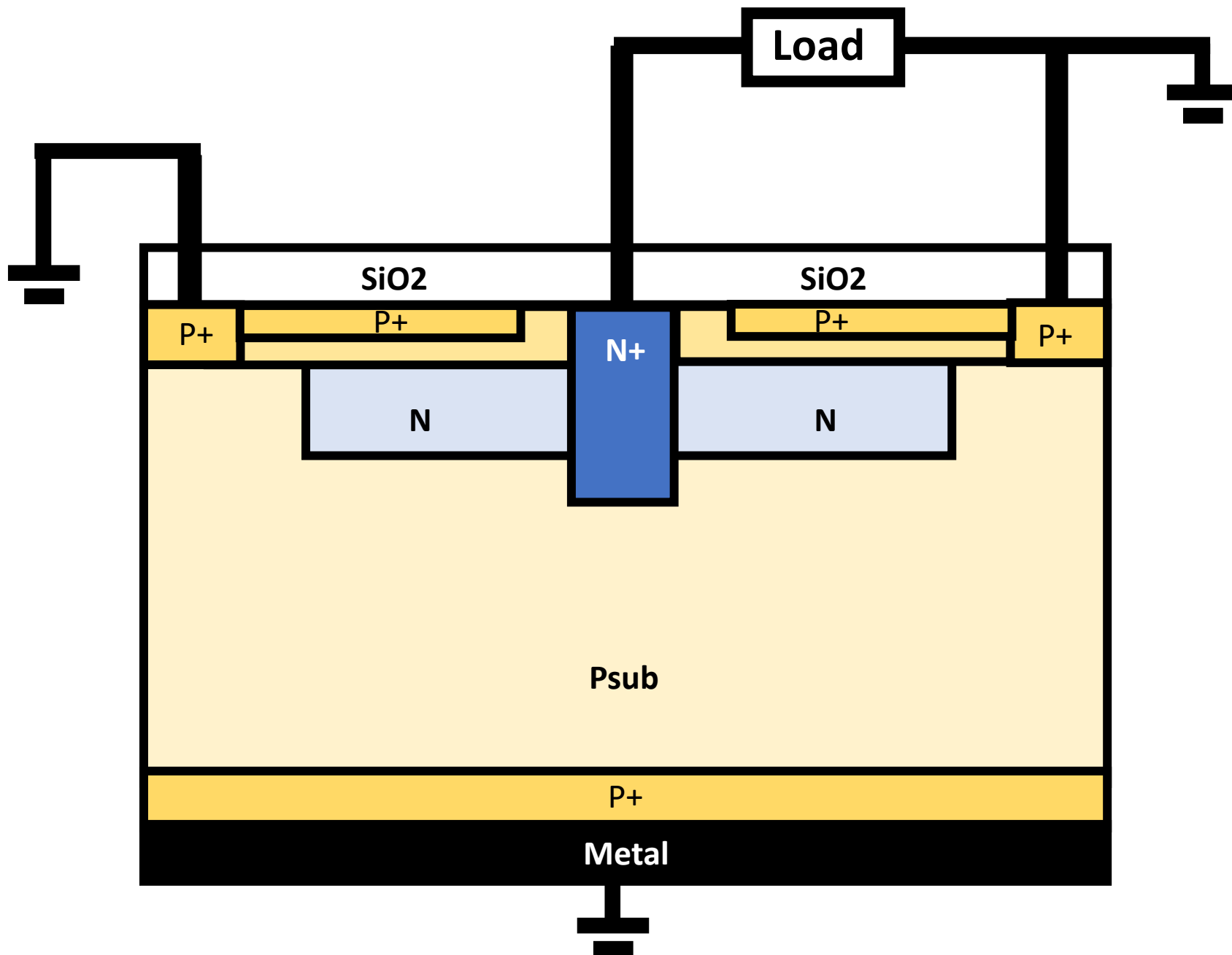
半導体とは？



(A)スマホやビデオカメラの映像機器 も(B) 太陽電池の蓄電機器も 3つの基本部品 (1),(2),(3)で構成される。



Application	External Power	(1) Photo Diode	(2) Charge Transfer Device (CTD)
Solar Cell	Not Needed	Floating-Surface N+P single junction Photodiode	Resistive Elements
Image sensor	Needed	Pinned -Surface P+PN+PP double junction Photodiode	In-pixel Current Amplifier



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？





Fellow

This is to certify that

Yoshiaki Daimon Hagiwara

was elected a Fellow of
Asia-Pacific Artificial Intelligence Association

Schahram Dustdar

President



Qu Jiang Lei

Secretary General

3 May 2023



CERTIFICATE

OF KEYNOTE SPEAKER

THIS CERTIFICATE IS PRESENTED TO

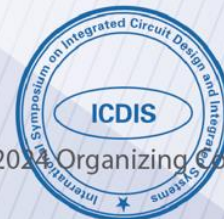
Yoshiaki Daimon Hagiwara

Sojo University, Japan

Dynamic Photo Transistors for Image Sensors and
Solar Cells

DATE

November 22, 2024



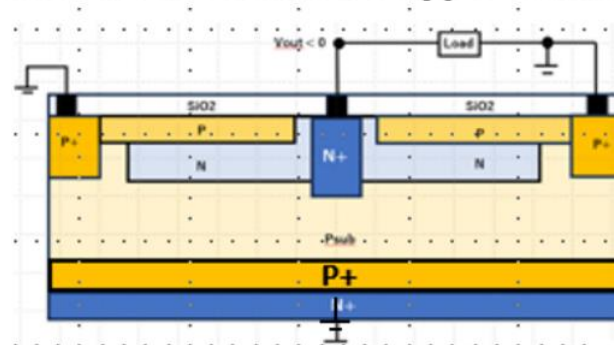
ICDIS2024 Organizing Committee

今では人類の財産となっている超光感度半導体受光素子を太陽電池に使う事に挑戦します。

募金活動のご案内：責任者 萩原良昭 080-2062-5657



Pinned Photodiode type Solar Cell (JPA2020-131313)



[Japanese Patent Application JPA2020-131313](#)

Gate Oxide thickness $0.13 \mu\text{m}$

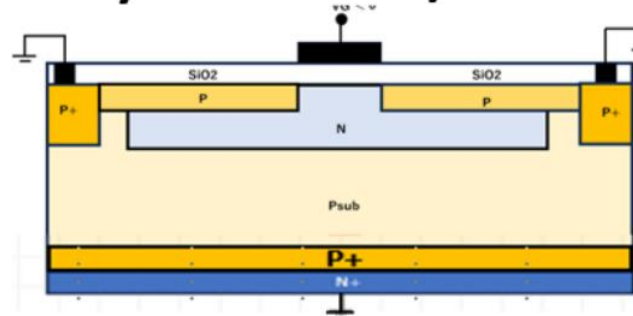
Surface P region $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$

Buried N region $4.26 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$

P substrate region $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

Backside N+ region $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$

Sony SSDM1977/1978 Photo Sensor Device



Gate Oxide thickness $0.13 \mu\text{m}$

Surface P region $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$

Buried N region $1.7 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$

P substrate region $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$

Backside N+ region $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$

[Hagiwara SSDM1978 Paper on Pinned Buried Photodiode.pdf](#)

Help!! この新型ダブル接合型太陽電池の原理試作のために開発資金が必要です。
応援募金 の額はいくらからでも結構です。下記口座に入金をお願い申し上げます♡

三菱UFJ銀行 厚木支店 店番707 口座番号 0456308 名義者 萩原良昭 (ハギワラヨシアキ)

2024 International Symposium on Integrated Circuit Design and Integrated Systems

November 22-24, 2024 Xiamen, China

REGISTRATION

ICDIS2024

“Dynamic Photo Transistors for Image Sensors and Solar Cells”

[ICDIS2024_Yoshiaki_Daimon_Hagiwara.pdf](#)

[ICDIS2024_Yoshiaki_Daimon_Hagiwara.mp4](#)

[ICCASCAS2024_ABSTRACT_and_Bio_Yoshiaki_Daimon_Hagiwara.pdf](#)



2024 IEEE the 13th
International Conference on
Communications, Circuits, and Systems

13th

ICCASCAS 2024

May 10-12, 2024

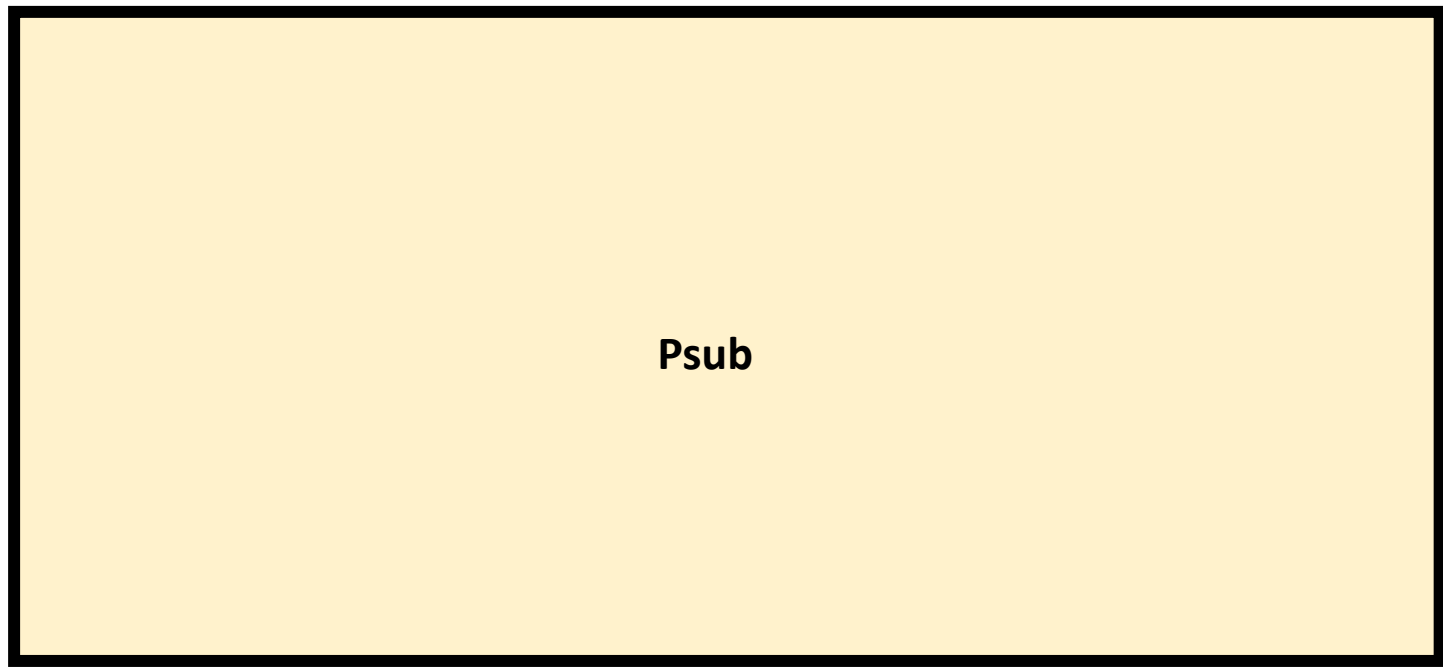
[ICCASCAS2024_ABSTRACT_and_Bio_Yoshiaki_Daimon_Hagiwara_Slides.pdf](#)

[2024_05_10_CCCAS2024_Yoshiaki_Daimon_Hagiwara_Slides.mp4](#)

[Publication_List_by_Yoshiaki_Hagiwara.html](#)

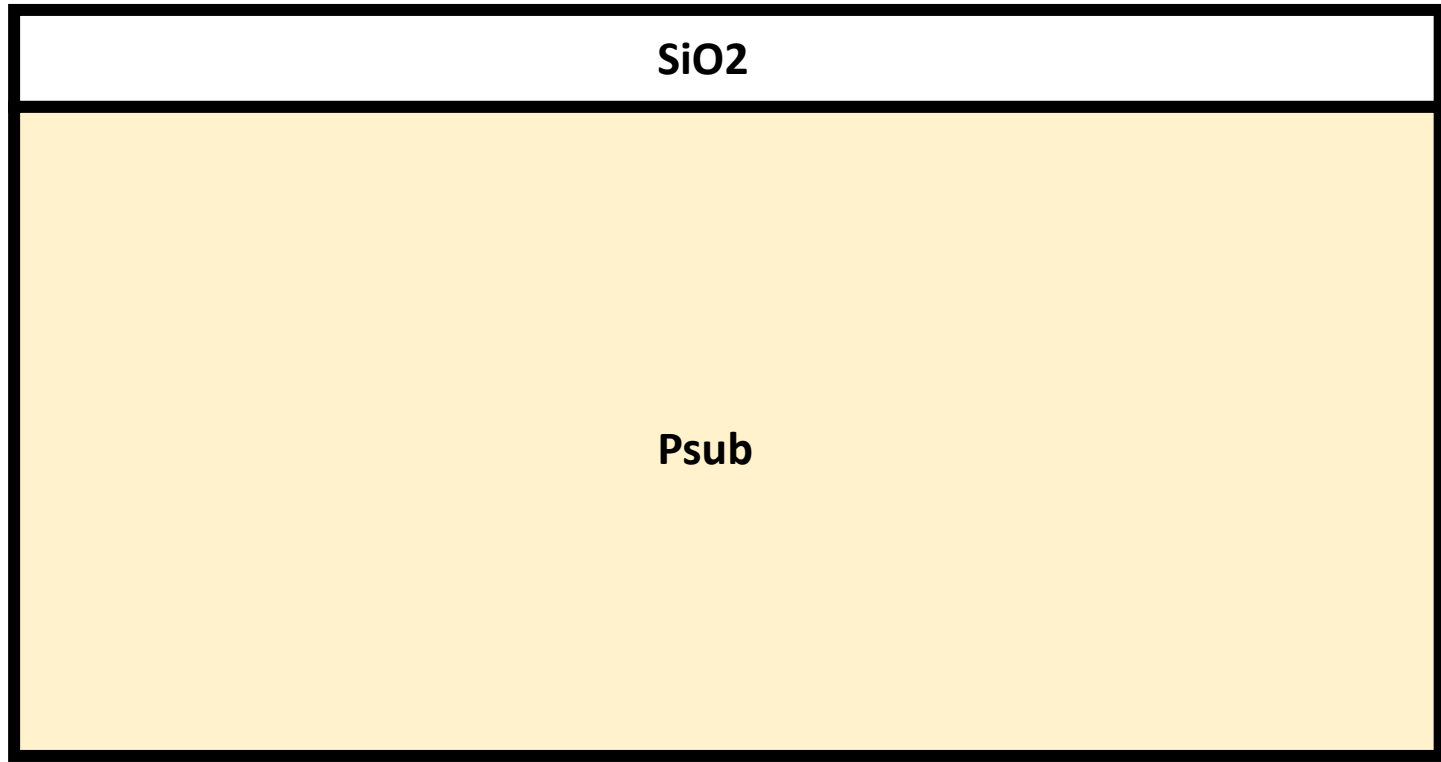
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスターの製法

(1) P型シリコン基板から始める



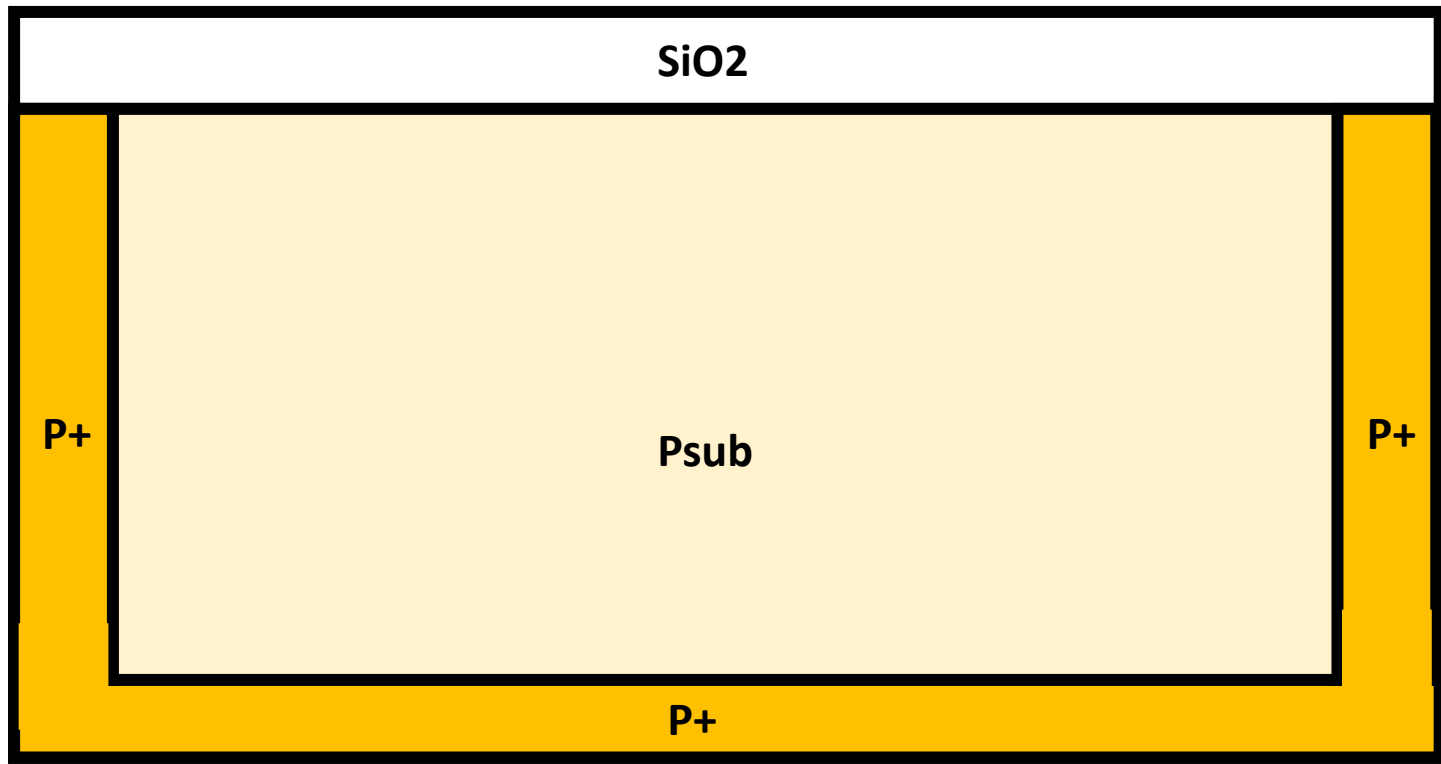
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスターの製法

(2) 表面に酸化膜(SiO_2)を形成する



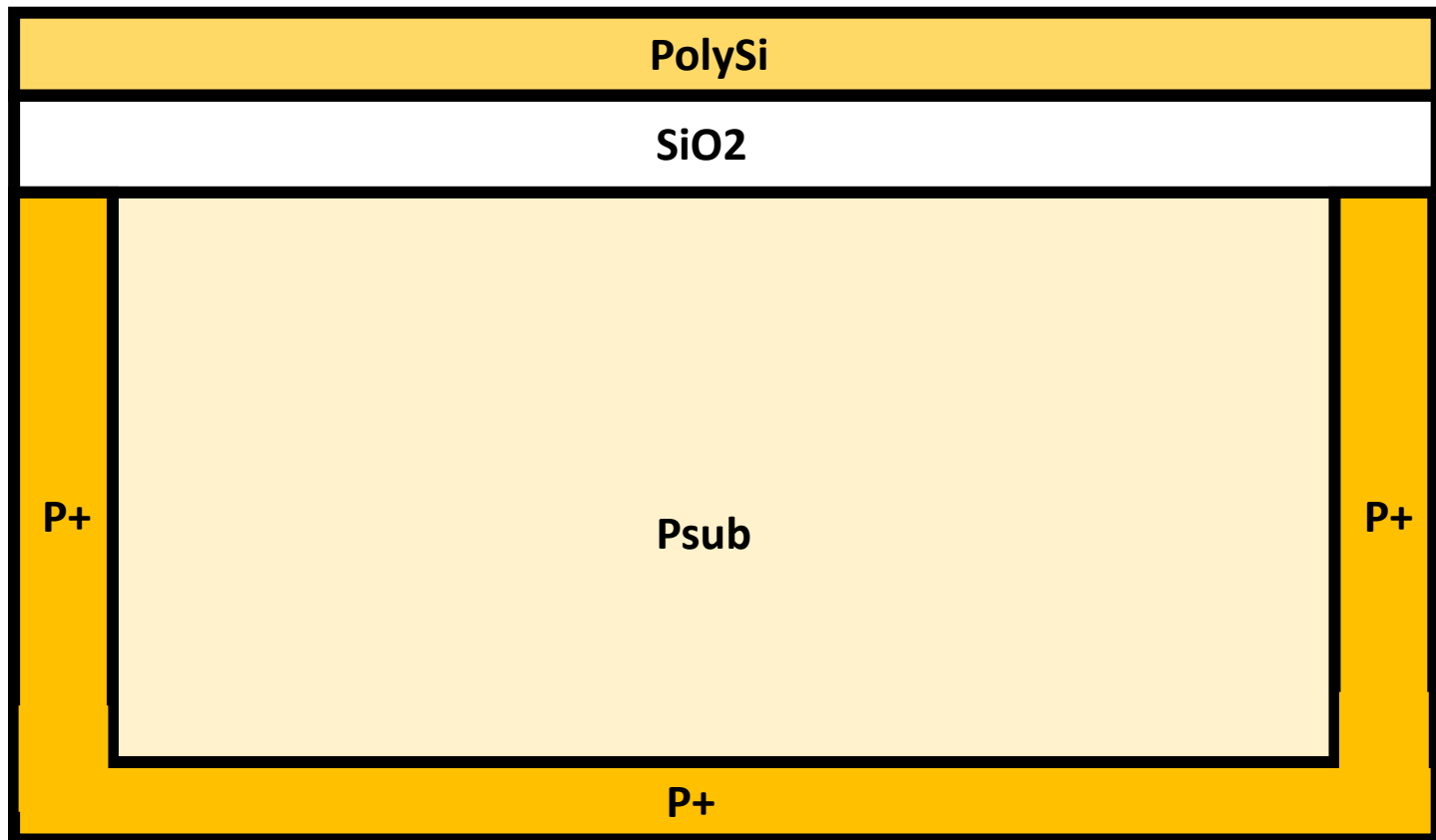
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

(3) 高温熱拡散で周辺に高濃度のP+層を形成する。



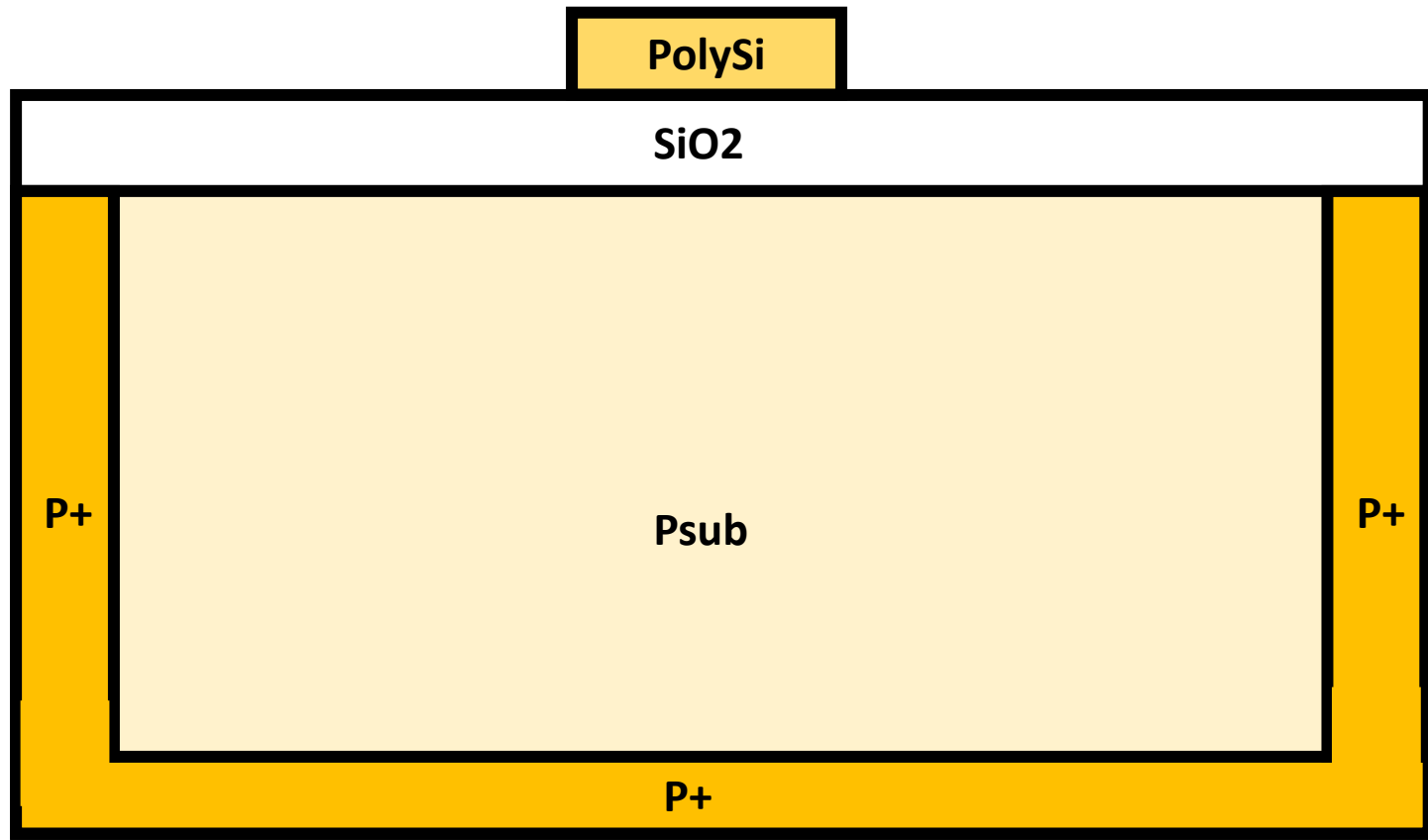
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

(4) 表面に高濃度のポリシリコン膜を形成する。



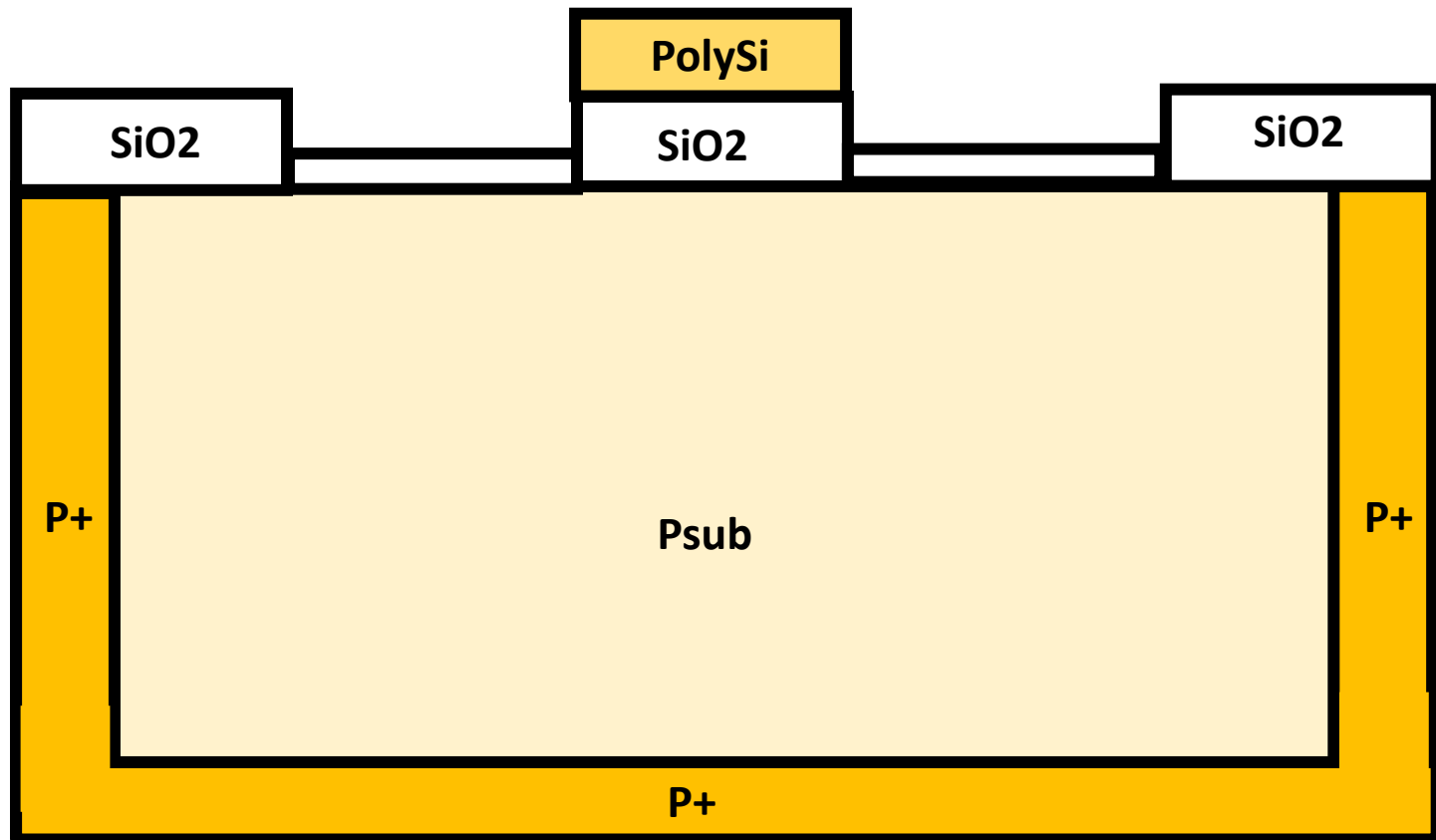
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

(5) 表面のポリシリコン膜を加工する



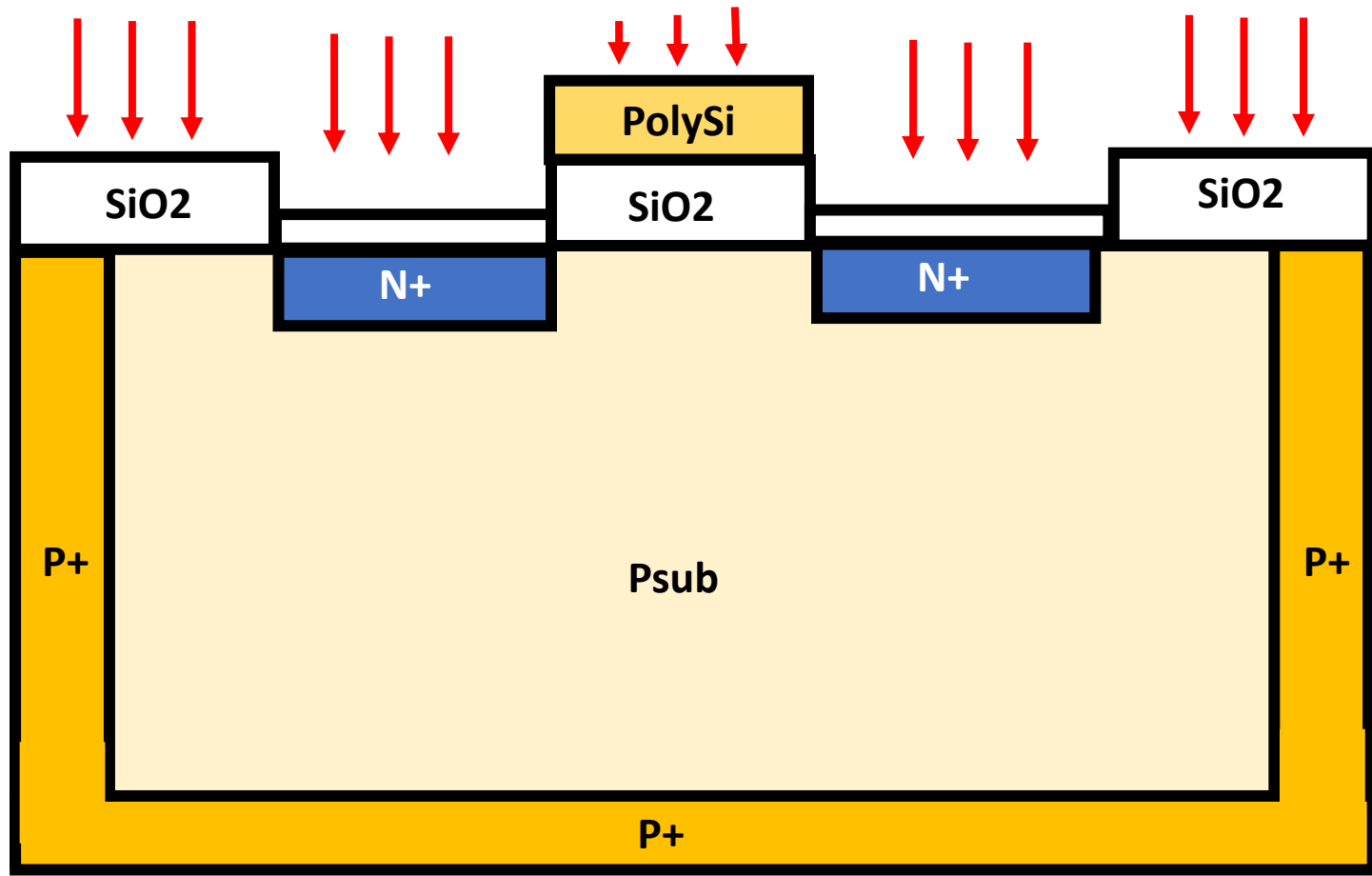
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

(6) 表面の酸化膜(SiO_2)を加工する。



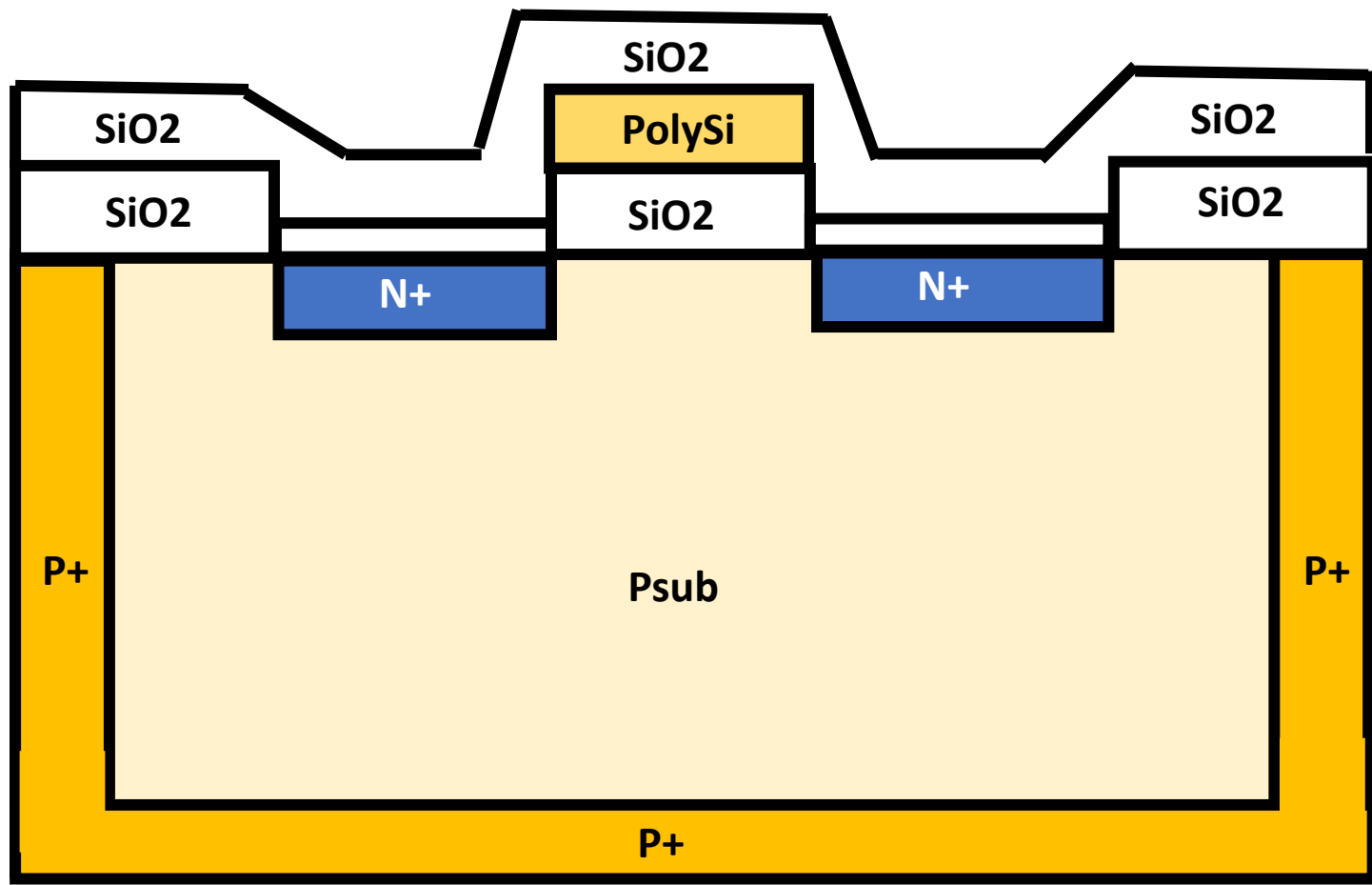
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

(7) 表面の薄い酸化膜(SiO_2)の窓に高濃度のN型不純物原子をイオン打ち込み装置でシリコン表面に打ち込み形成する。



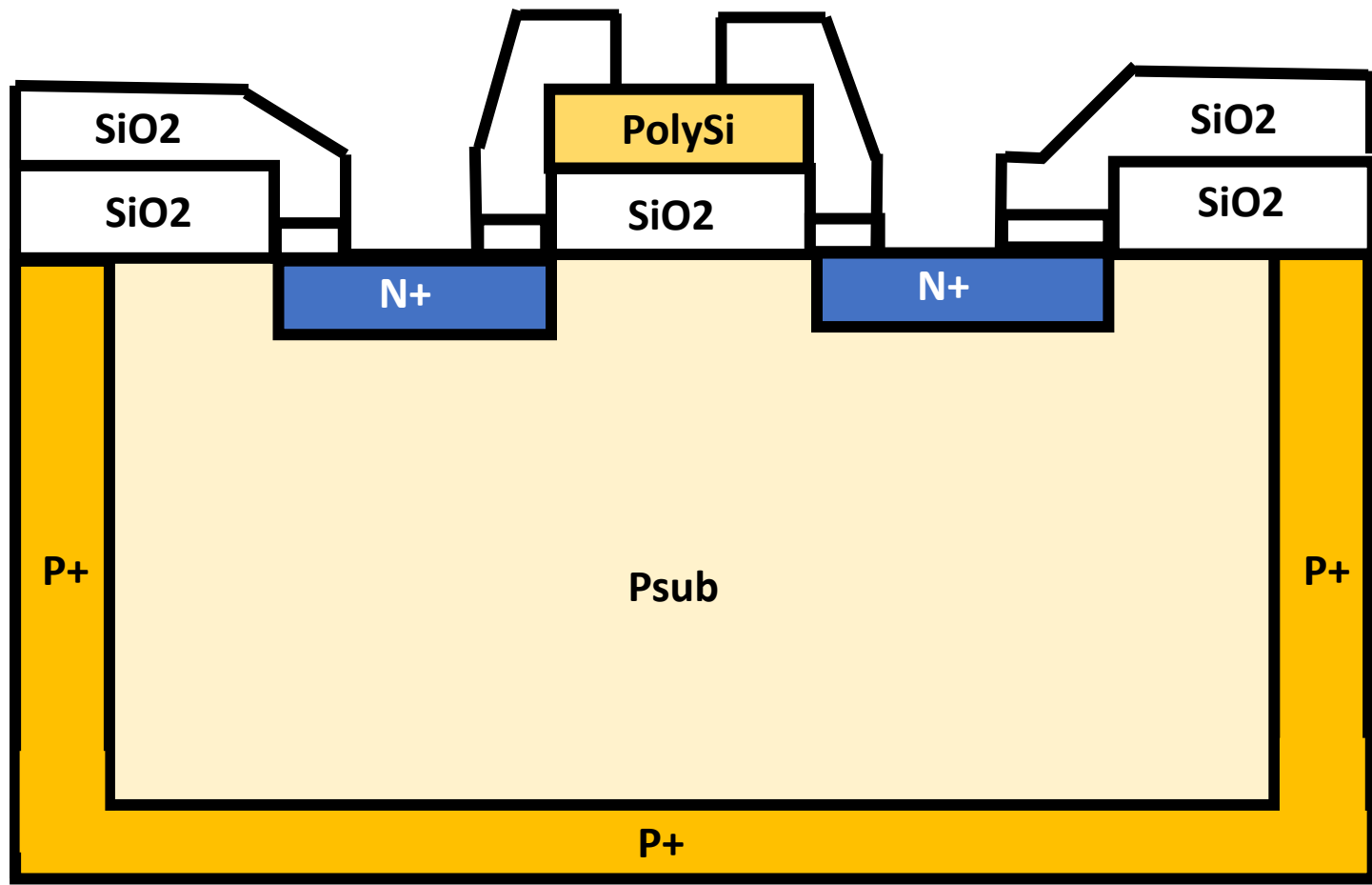
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

(8) 表面に保護用酸化膜(SiO_2)を形成する。



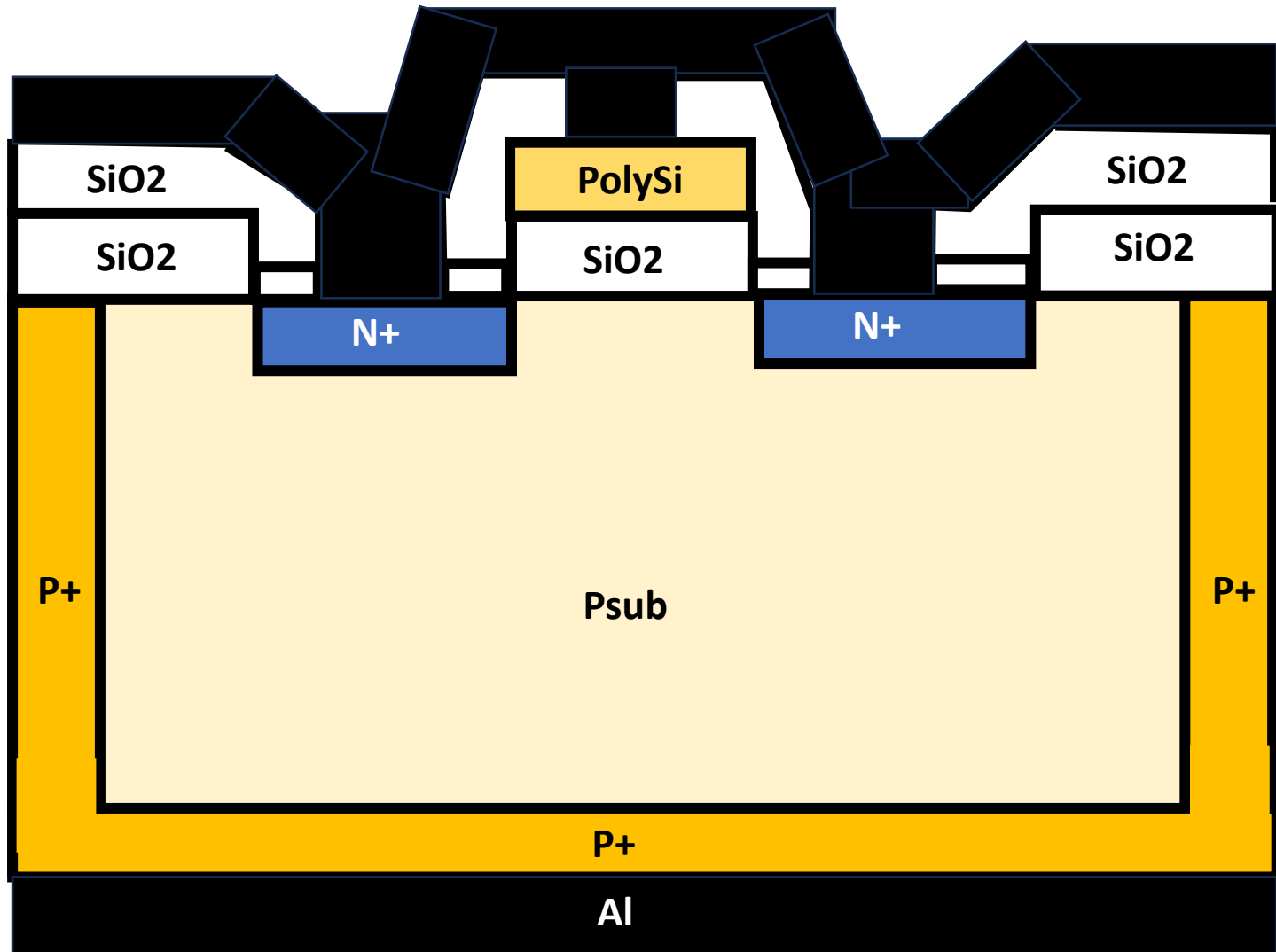
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

(9) 金属配線用に酸化膜(SiO_2)に窓開けをする。



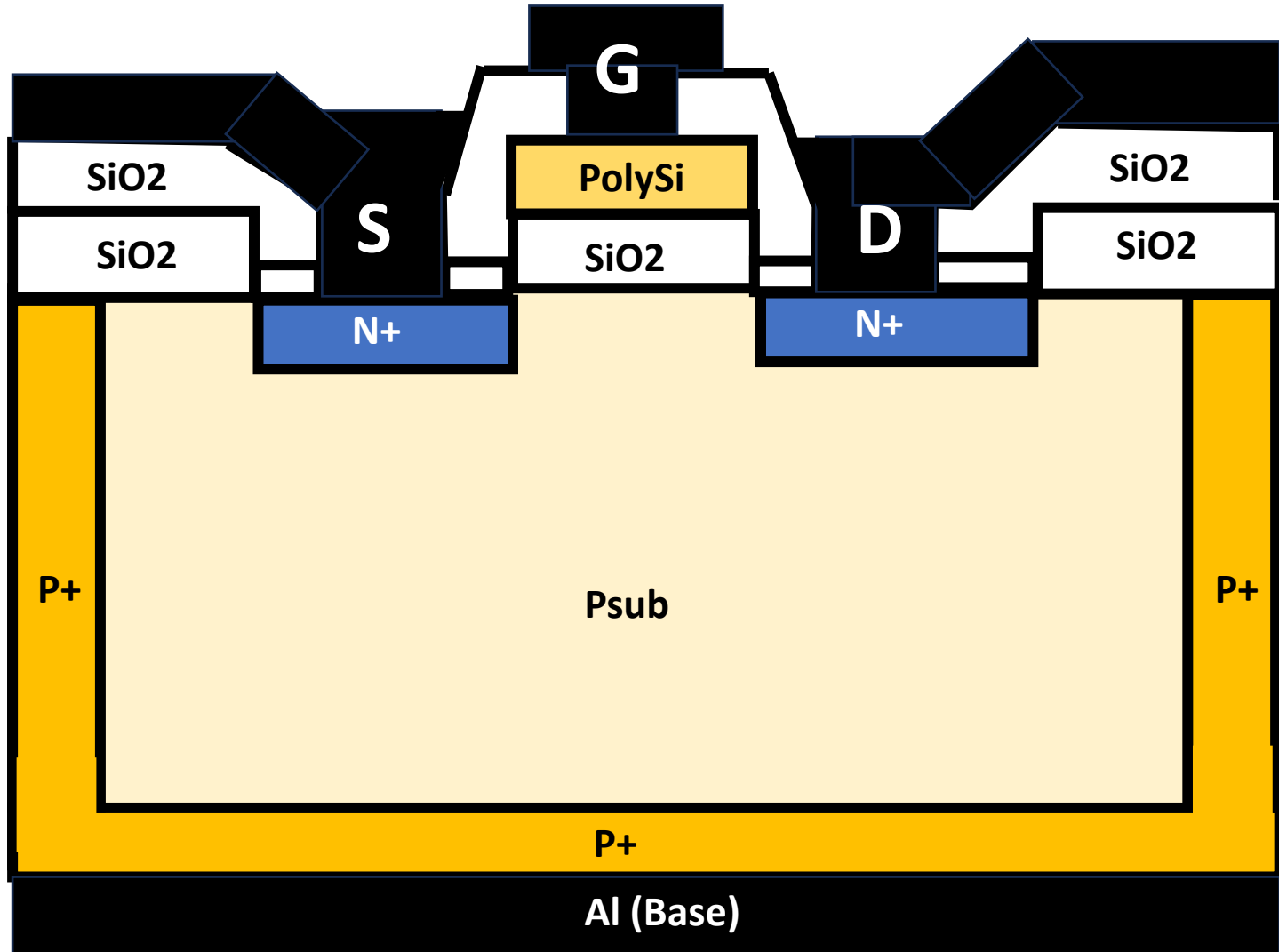
自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

(10) アルミ金属膜を蒸着する。

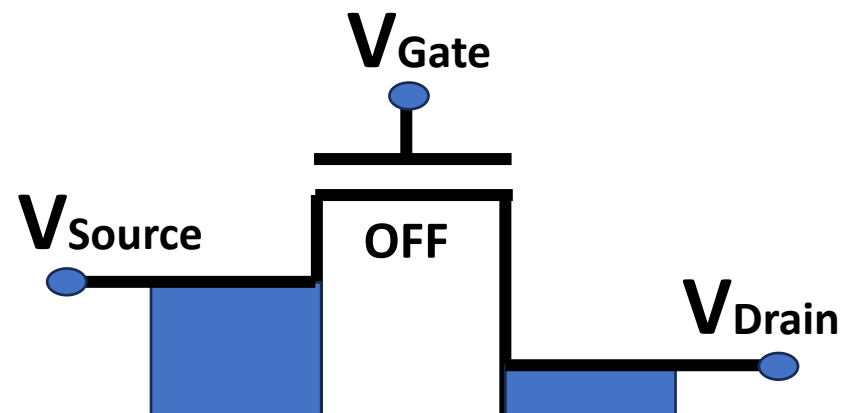
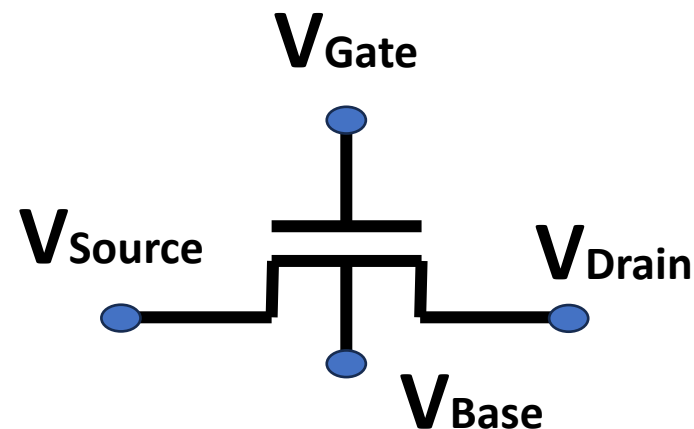
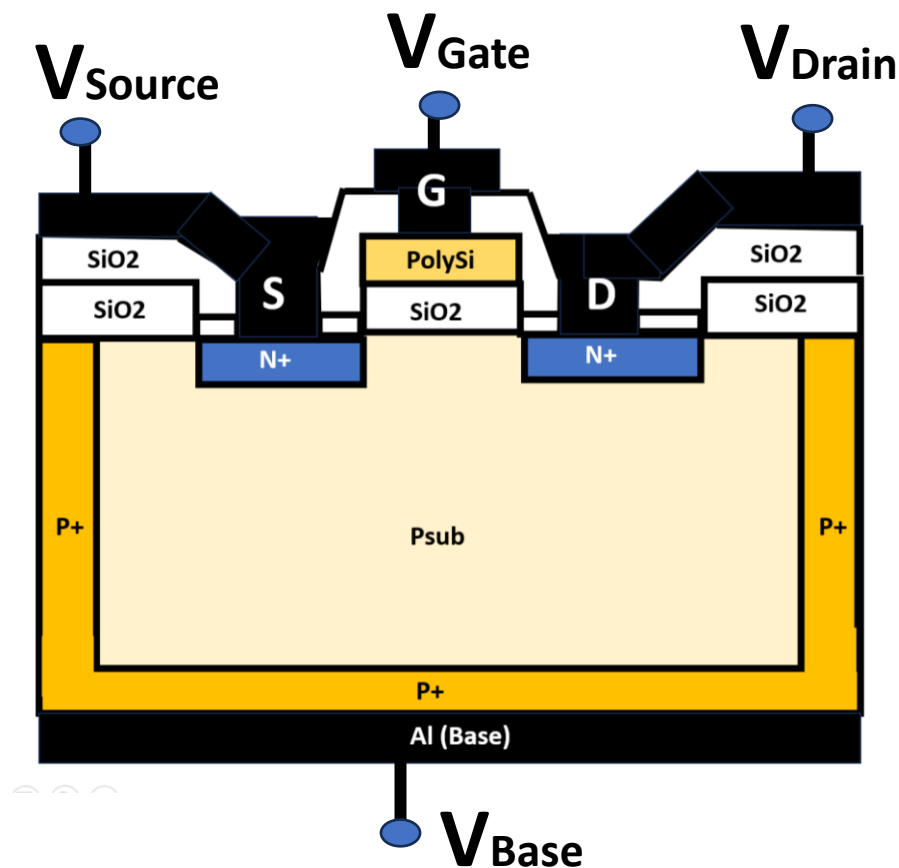


自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

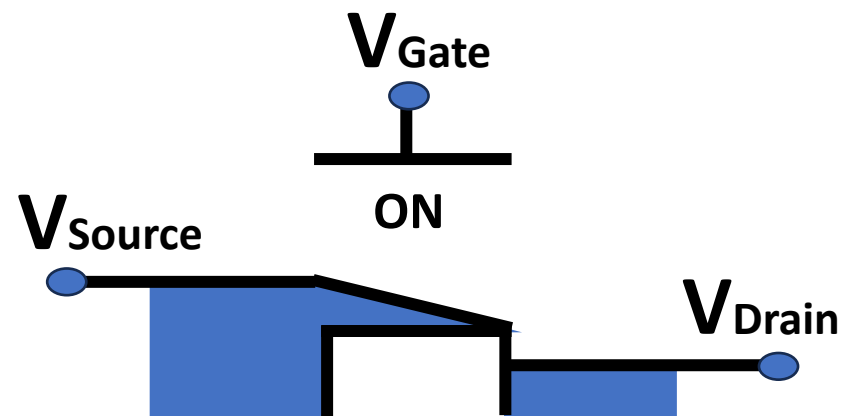
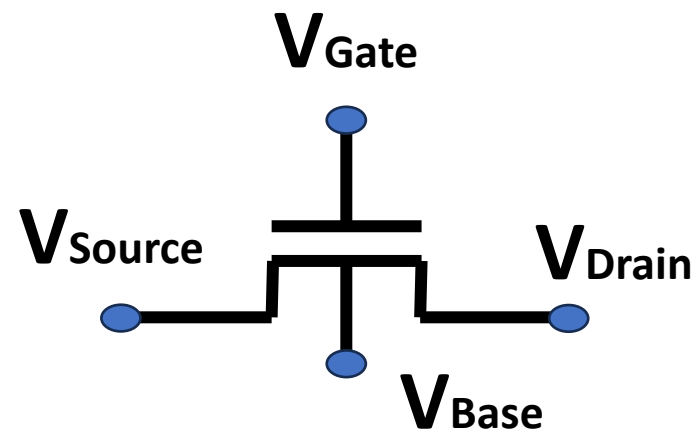
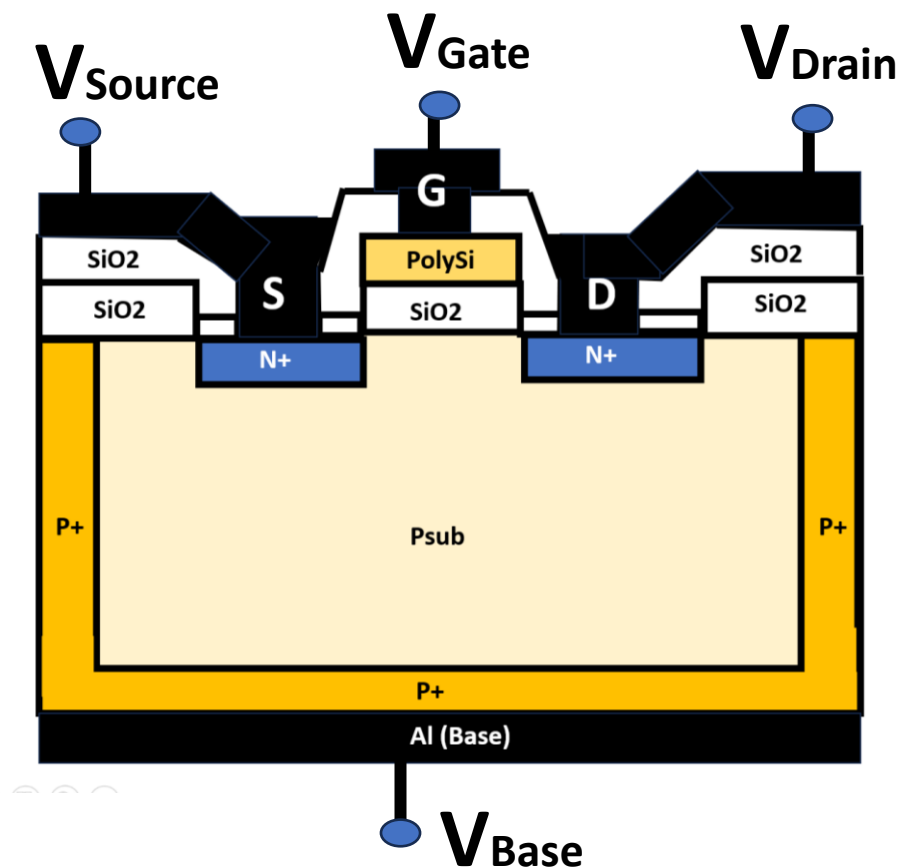
(11) アルミ金属膜を加工する。



自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法

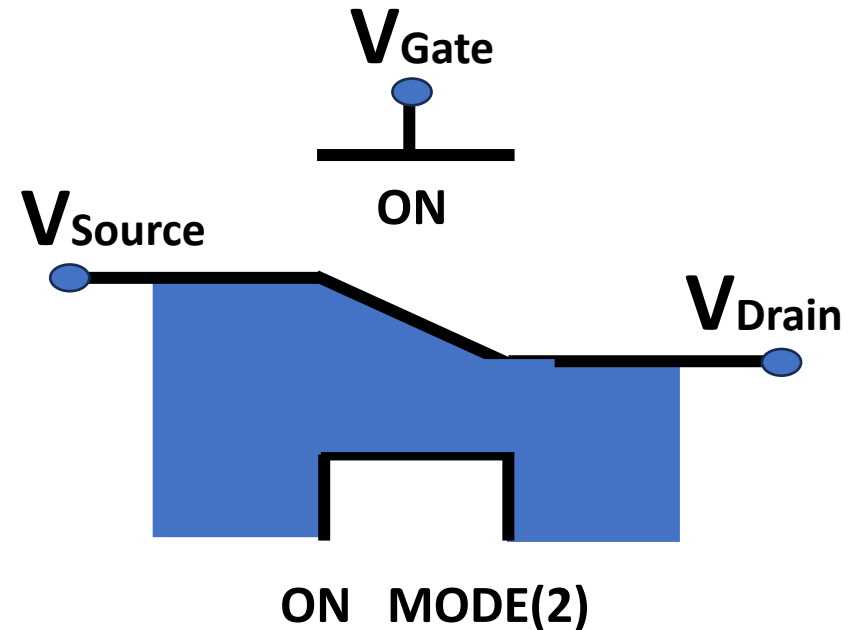
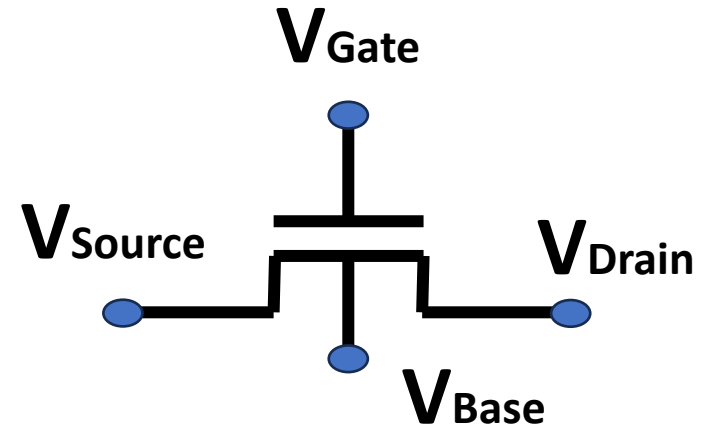
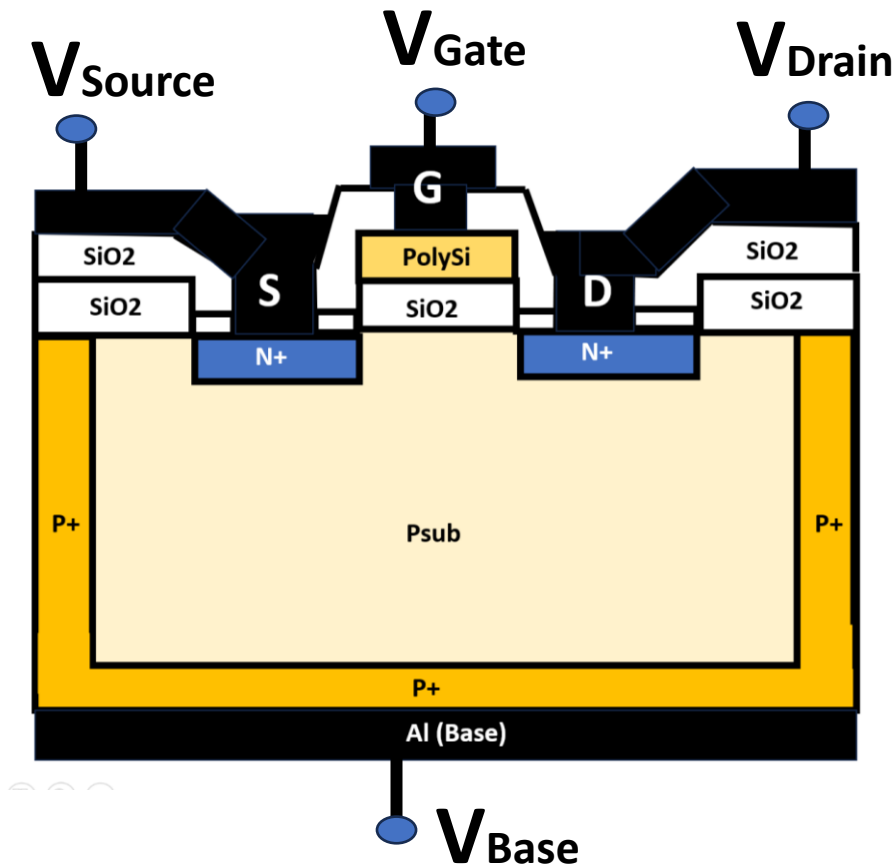


自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法



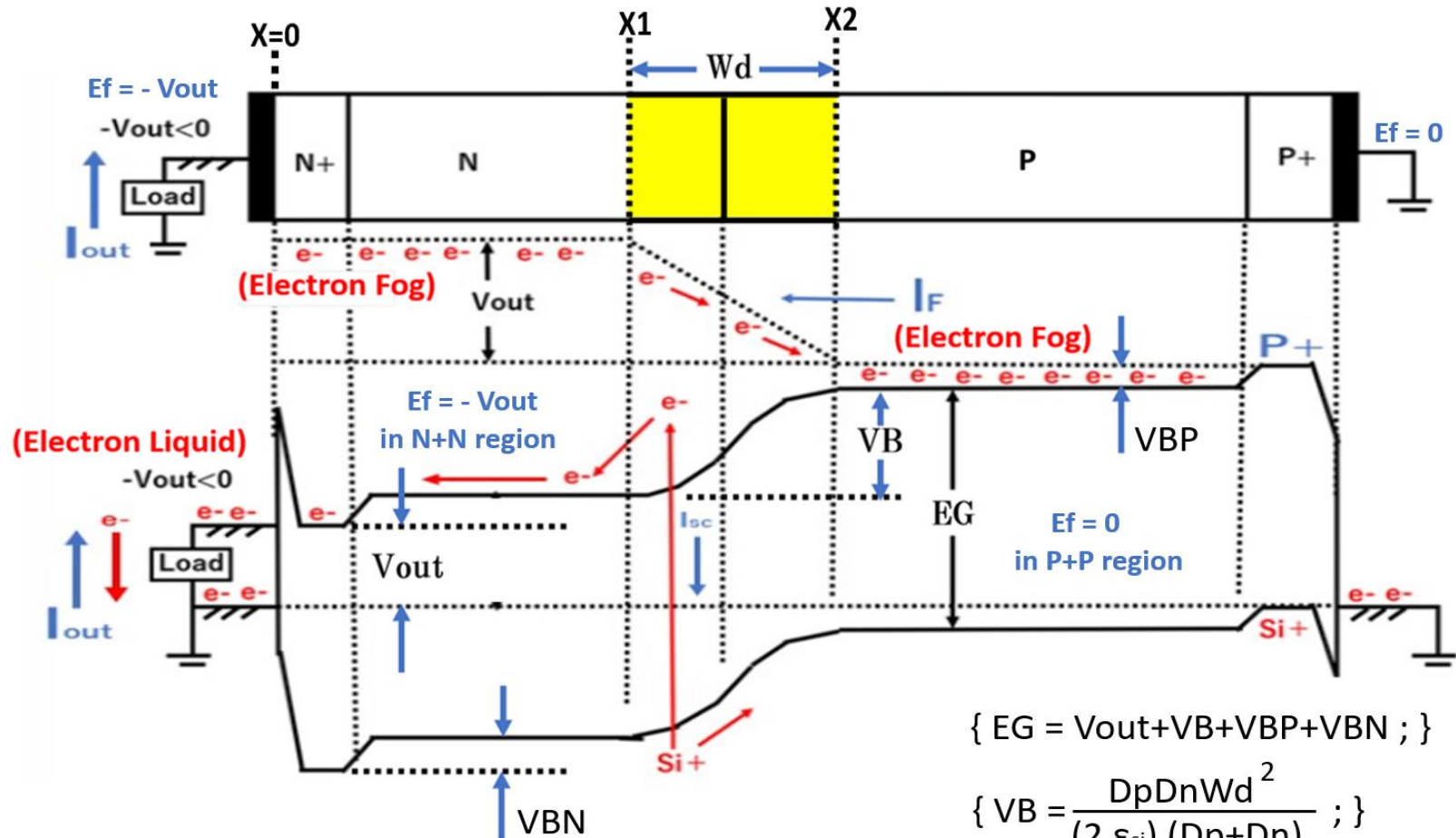
ON MODE(1)

自己整合型ポリシリコン電極型MOSトランジスタの製法



Why the P-I-N Solar Cell is not used widely.

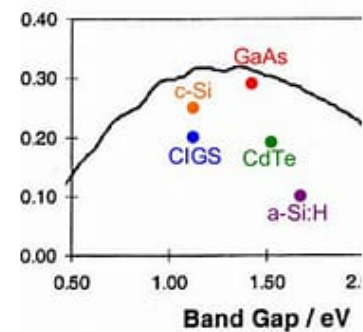
As $\{D_p \rightarrow 0 ; D_n \rightarrow 0\}$, we have $\{V_{BN} \rightarrow EG/2 ; V_{PN} \rightarrow EG/2 ; V_B \rightarrow 0 ; W_D \rightarrow 0 ; V_{out} \rightarrow 0\}$



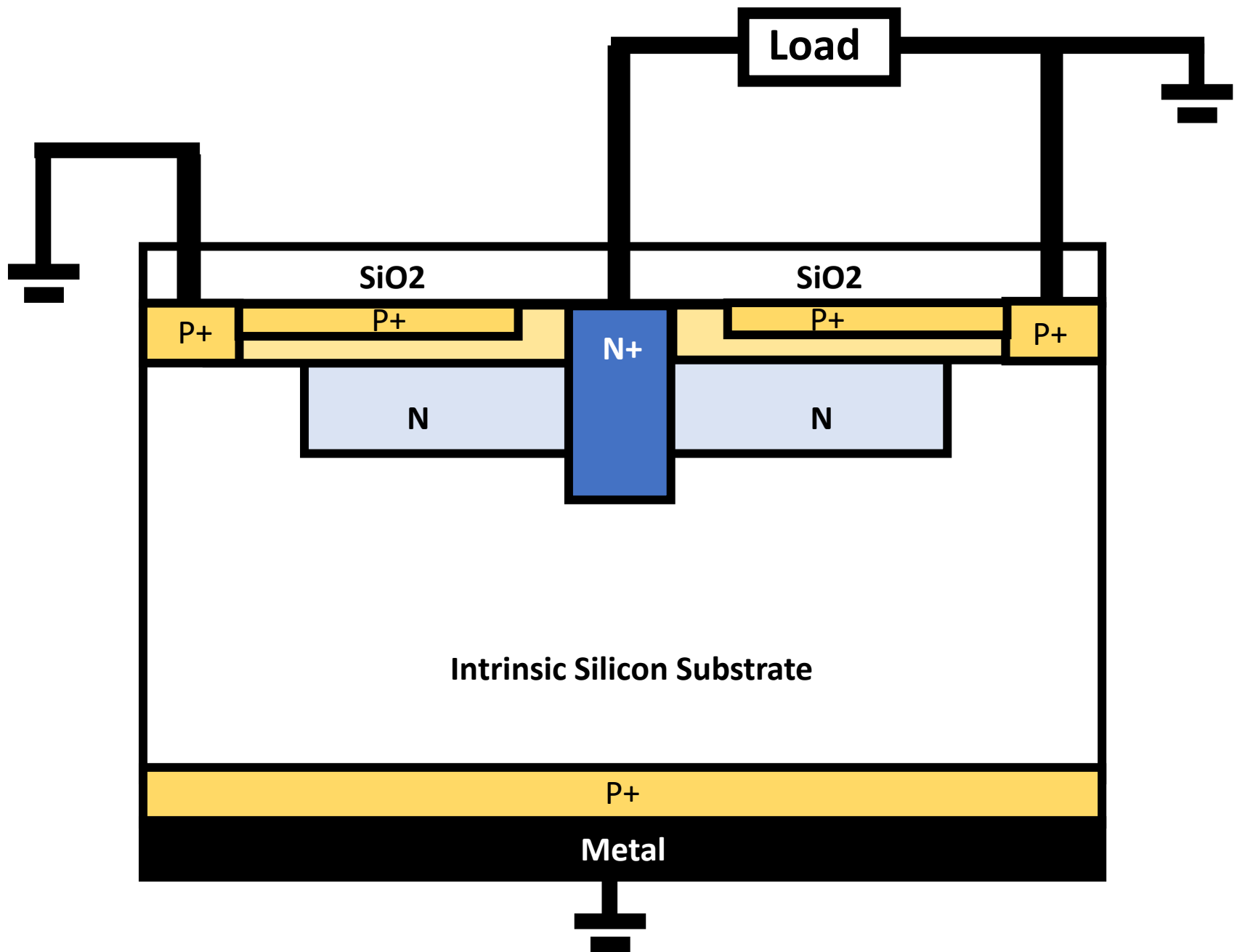
$$\{ D_p = N_v \exp \left(- \frac{V_{BP}}{kT} \right) - N_c \exp \left(\frac{V_{BP} - EG}{kT} \right) ; \} \rightarrow \{ V_{BP} = (kT) \ln(P^+/P) ; \} \text{ as } D_p \rightarrow P^+ \sim N_v ;$$

$$\{ D_n = N_c \exp \left(- \frac{V_{BN}}{kT} \right) - N_v \exp \left(\frac{V_{BN} - EG}{kT} \right) ; \} \rightarrow \{ V_{BN} = (kT) \ln(N^+/N) ; \} \text{ as } D_n \rightarrow N^+ \sim N_c ;$$

A型が5.3eV、β型が4.5～4.9eV



		Si	4H-SiC	GaN	α型Ga ₂ O ₃	β型Ga ₂ O ₃
物理特性	バンドギャップ (eV)	1.12	3.26	3.39	5.3	4.5～4.9
	絶縁破壊電界強度 (MV/cm)	0.3	2.8	3.3	10	8
	電子移動度 (cm ² /Vs)	1400	1000/1200	900	300	300
	比誘電率 (cm ² /Vs)	11.8	9.7	9.5	10	10
	熱伝導率 (W/cm・K)	1.5	4.9	2	0.1～0.3	0.1～0.3
バリガ性能指数 (パワーデバイス材料としての適性)		1	500	930	6726	3444



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
++++++



東京でビデオムービーを発表する岩間(左)と森尾(右)

萩原良昭の大切な思い出写真宝物

Image Sensor R/D Office in Sony Atsugi Tech Center in early 1980.

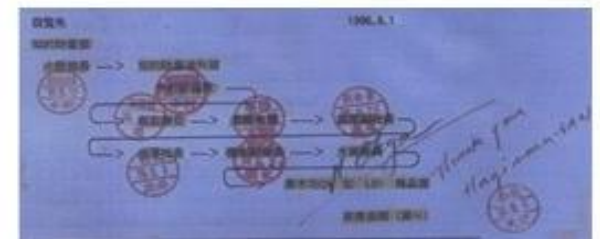


Semiconductor Company President Award 1999



Newspaper describing Sony Victory on Sony-Fairchild Patent War

SONY- Fairchild Patent War (1991-2000) on Pinned Photo Diode with Vertical OFD



Sony Kumamoto Technology Center





Sony Kumamoto Technology Center
November 19, 2018



Prof. Steve Frautschi

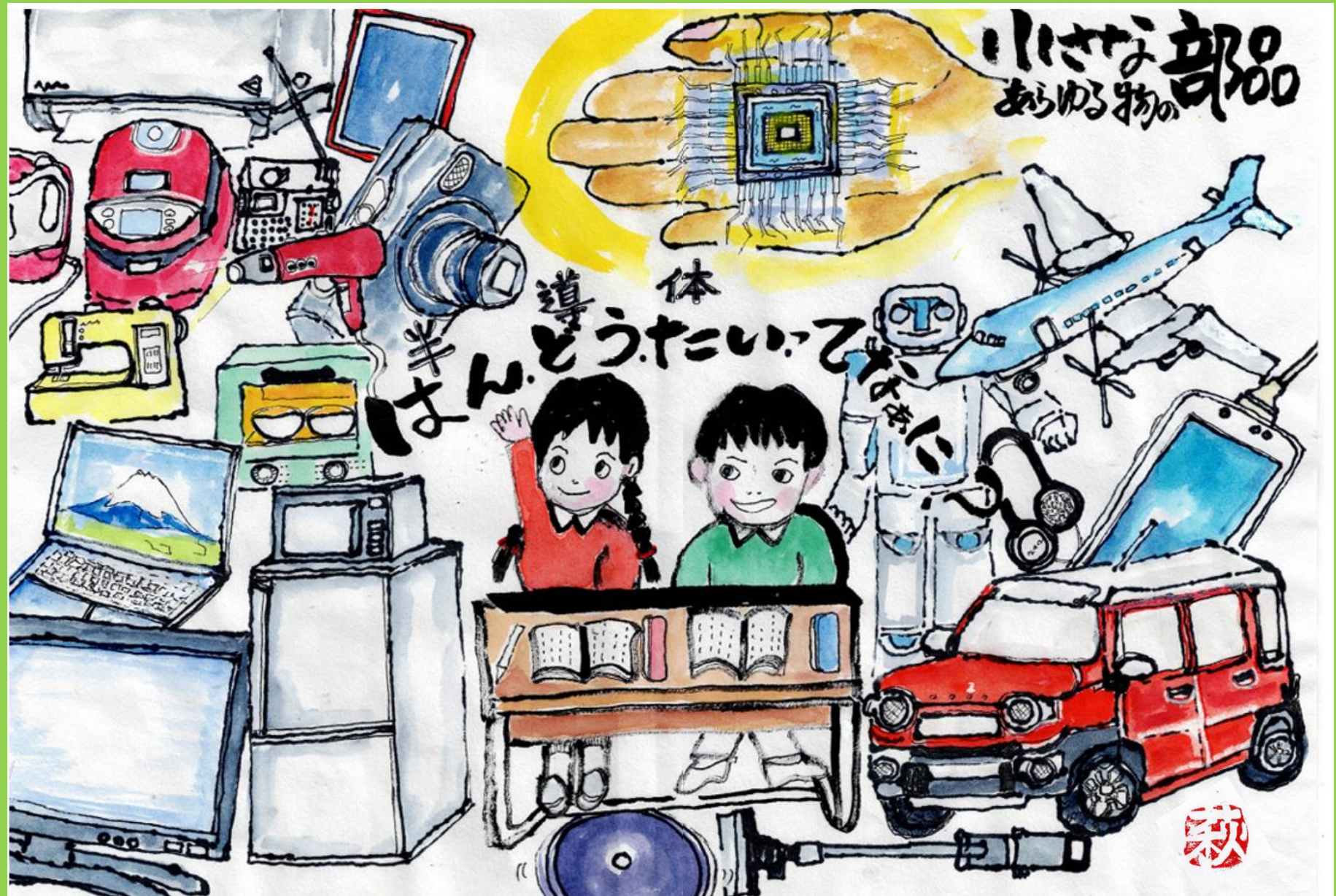
Prof. Thomas Rosenbaum

Yoshiaki Daimon Hagiwara

Caltech President

Oct 18, 2024 @Caltech President Office

はんだうたいて、なあーに？ あらゆる物の小さな部品です！



●合同会社 locomtec.jp/萩原aips研究所 所長

<https://locomtec.jp/%E8%90%A9%E5%8E%9Faips%E7%A0%94%E7%A9%B6%E6%89%80>

合同会社ロコムテック

萩原*AIPS*研究所目的

この研究所は、人工知能を備えた鉄腕アトム
のようなロボットを
つくることを目的としている

手段

目的を達成するために

萩原良昭研究所所長が所有する新素子、変換効率 80% の太陽光発電素子を製造する技術確立してその財源とする。

地上に降り注ぐ太陽の光の粒（光子）の中には、シリコン結晶の BAND GAP の 1.11 eV 以上のエネルギーを持つものが、全体の総エネルギーの 80% を占める。特に短波長の高エネルギー成分が多い。通常は、その 80% がシリコン結晶に吸収され熱となる。残りの 20% はシリコン結晶を透過する。シリコン結晶では全体の 20% の低エネルギーの光の粒（光子）は原理的にシリコンを透過するが、全体の 80% の高いエネルギーの光の粒（光子）からは、太陽光発電素子を使い、光電子を生成し、電気エネルギーとして利用が可能である。

● 19.6% の太陽光エネルギー成分は、長波長赤外線光（波長 $\lambda > 1.1\mu\text{m}$ ）による。長波長は、シリコン結晶はガラス板のように透明となる。したがって、光は透過してしまい、光電変換にまったく寄与しない。19.6% の太陽光のエネルギー成分は、無駄になる。熱にもならない。残りの 80.4% に期待をかける。しかし、水の分子にも低温の液体状態と高温の気体状態がある。

エネルギーが大きな「気体電子」と低エネルギーの「液体電子」が電子にもある。太陽電池が抽出する電子は「液体電子」である。

一方の、Diode の順方向電流や Transistor の switch-on で流れる電流は高エネルギーの「気体電子」である。

あつぎSDGsパートナー登録申請書

申請者概要等	
(ふりがな) 企業・団体名等	ごうどうがいしゃろこむてつく はぎわらえーあいぴーえすけんきゅうじょ 合同会社ロコムテック 萩原 AIPS 研究所
区分	企業(業種:研究・試作・製造)、団体、大学、NPO、その他()
企業・団体等の 事業概要	この研究所は、人工知能を備えた鉄腕アトムのようなロボットを作ることを目的としているが、目的を達成するために萩原良昭研究所長が特許を所有する新素子、変換効率80%の太陽光発電素子を製造する技術を確立してその財源にする。
代表者役職	代表社員
(ふりがな) 代表者氏名	いわさき まさあき 岩崎 正昭
所在地	神奈川県厚木市みはる野2-3-8
担当者氏名	岩崎 正昭
電話番号	090-7630-9582
メールアドレス	mk@locomtec.jp

SDGsの取り組み		
SDGs関連事業の概要	再生可能エネルギーの新素子(特許 6818208 号)の研究、試作、製造技術を確立して、安価で無尽蔵な太陽光エネルギーを永続して供給できる仕組みを構築する。 その財源を用いて、ロボットを大量、安価に供給して、教育や生活に潤いをもたらす。	
SDGs達成のための 目標①	目 標	炭素系エネルギー生成を削減する。
	概 要	2025 年度に新素子(特許 6818208 号)の製造試作機完成。 高エネルギーイオン打ち込み装置を入手 2026 年度に試作機の変換効率30%を目標に改良を行う。 2027 年度に変換効率 50%の量産試作機を考案。 2028 年度に量産機を完成し量産開始する。
	関連する ゴール	1 貧困をなくそう 2 質の高い教育をみんなに 3 すべての人に健康と福祉を 4 質の高い教育をみんなに 5 ジェンダー平等を実現しよう 6 安全な水とトイレを世界中に 7 持続可能なエネルギーを 8 働きがいも、経済成長も 9 産業と雇用を創出
		10 人や国の不平等をなくそう 11 住み続けられるまちづくりを 12 つぶや消費、かんたんリサイクル 13 気候変動に具体的な対策を 14 海の豊かさを守ろう 15 陸の豊かさも守ろう 16 平和と公正をすべての人に 17 パートナリーシップで目標を達成しよう

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？

