

What is Pinned Photodiode ?

What is the difference between Buried Photodiode and Pinned Photodiode ?

	Buried Photodiode Patent	Pinned Photodiode Patent	Buried Photodiode Development	Pinned Photodiode Development
Phillips	June, 1975	————	————	————
Sony	Oct, 1975	Oct, 1975	Sept 1978	Sept 1978
NEC	Oct, 1980	————	Dec, 1982	————
KODAK	————	————	————	Dec 1984

The first Buried Photodiode Patent was filed on June 1975 by Phillips.

The first Pinned Buried Photodiode Patent was filed on Oct 1975 by Sony.

The first Pinned Buried Photodiode Patent was developed on Sept 1978 by Sony

Sony's Representative Inventions Supporting Stacked Multi-Functional CMOS Image Sensors

Sony Corporation

Sony Semiconductor Solutions Corporation

Pinned Photodiode Adopted for Back-Illuminated CMOS Image Sensors

The history of Sony's inventions of image sensors goes back to the CCD era. Above all, Pinned Photodiode is a technology that contributes to improving the performance of back-illuminated CMOS image sensors, and the history of inventions and product development are as below.

In 1975, Sony invented a CCD image sensor that adopted a back-illuminated N+NP+N junction type and an N+NP+NP junction type Pinned Photodiode (PPD) (Japanese patent application number 1975-127646, 1975-127647 Yoshiaki Hagiwara). In the same year, inspired by such structure, Sony invented a PNP junction type PPD with VOD (vertical overflow drain) function (Japanese Patent No. 1215101 Yoshiaki Hagiwara). After that, Sony succeeded in making a principle prototype of a frame transfer CCD image sensor that adopted the PNP junction type PPD technology, having a high-impurity-concentration P+ channel stop region formed near a light receiving section by ion implantation technology for the first time in the world, and its technical paper was presented at the academic conference, SSDM 1978 (Y. Hagiwara, M. Abe, and C. Okada, "A 380H x 488V CCD imager with narrow channel transfer gates", Proc. The 10th Conference on Solid State Devices, Tokyo, (1978)). In 1980, Sony succeeded in making a camera integrated VTR which incorporated a one-chip frame transfer CCD image sensor that adopted the PNP junction type PPD. President Iwama in Tokyo, Chairperson Morita in New York, at the time held a press conference respectively on the same day, which surprised the world. In 1987, Sony succeeded in developing a 8 mm video camcorder that adopted, for the first time in the world, the interline transfer CCD image sensor, which incorporated "PPD having a high-impurity-concentration P+ channel stop region formed near the light receiving section by ion implantation technology" with VOD function, and became the pioneer of the video camera market. The PPD technology that has been nurtured through such a long history is still used in back-illuminated CMOS image sensors.

JPA1975-134985 特許は すでに 1975年3月5日に
 発明考案された記録が存在する。公式に特許として
 出願登録されたのは1975年10月23日である。

昭和 50年 3月 5日

審査請求出願保留
発明・考案出願申込書 副

業務部行 ← 中研部 情文課 昭和 50年 3月 5日
 内線電話番号 (215)

発明者氏名 藤原 正昭
 〒100 東京都千代田区千代田 1-1-1
 〒100 東京都千代田区千代田 1-1-1

発明の内容
 1. 名称 光に関する発明 (別) 動態構造の PNP 拡散型トランジスタの改良。AGC回路の改良。
 2. 従来技術 従来から知られていたものあるいは方法をあげて下さい。
 Photo-diode での MOS 構造による受光素子
 3. 要 旨 あなたの発明のあらましをお書き下さい。
 4. 具体例 あなたの発明を実施するための具体例を述べて下さい。
 5. 効果 従来から知られていたものあるいは方法とくらべどのような利点、効果が期待されますか。
 ① 現在迄にある受光素子では感光感度 (特に Blue) が悪いので、それを向上させる。
 ② Photo-transistor による方法では、増幅受光による感度の調整が出来る。
 6. 請求範囲 あなたが特許にしたいと考えているポイントはどこですか。
 ① 受光素子として、Photo-transistor 構造を使うこと。
 ② 増幅面での動態電荷 Qos による受光部分の形成。

参考事項 以下の事項についてお書き下さい。
 1. 発明の動機 例えは何からヒントを得たかをお書き下さい。
 2. 参考文献 あなたの発明を説明する上で参考になるものをあげて下さい。
 "The Impact of Large CCD Image Sensing Area Arrays" by Wilfrid H. Amelin
 3. 実験 あなたの発明の目的、効果をだしかめる実験をされましたか。 CCD の比較器 Sept 1974 pp. 10-11
 4. 実施の予定 いつから、どの製品にあなたの発明が使用されますか。

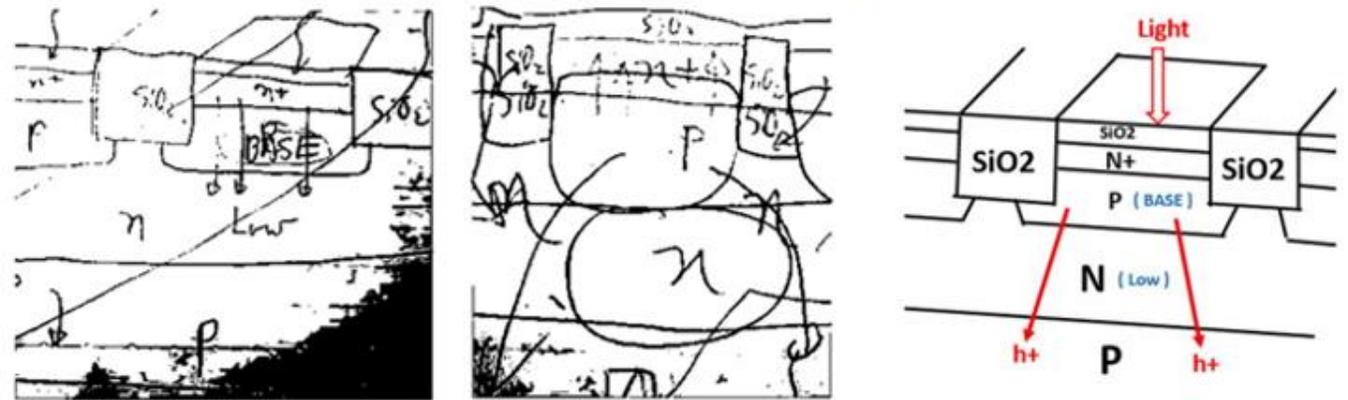
(1/頁、図表 枚)
 150529

5. 効果 従来から知られていたものあるいは方法とくらべどのような利点、効果が期待されますか。
 ① 現在迄にある受光素子では感光感度 (特に Blue) が悪いので、それを向上させる。
 ② Photo-transistor による方法では、増幅受光による感度の調整が出来る。

6. 請求範囲 あなたが特許にしたいと考えているポイントはどこですか。
 ① 受光素子として、Photo-transistor 構造を使うこと。

受光素子として Phototransistor を使うこと

The N+PNP junction type Dynamic Photo Transistor Structure
 Pinned Photodiode and Sony Hole Accumulation Diode (HAD)
 with the vertical overflow drain (VOD) function
 invented by Hagiwara at Sony in 1975



Hagiwara's Lab Note at Sony in February 1975

What is Pinned Photodiode ?

Pinned Photodiode であるために以下の9個の必要条件、どれ1つも欠けてはならない。1つでも欠けると、受光表面も埋め込み層も浮遊状態になり残像が生じる。日立の特許と東芝の受光素子の特許はどれも1975年以後でありまたPinned Photodiodeでもない。

世界初の発明と世界初の開発と世界初の商品化の成功の3つをしっかりと区別して解説しないと混乱を招きます。

	Buried Photodiode Patent	Pinned Photodiode Patent	Buried Photodiode Development	Pinned Photodiode Development
Phillips	June, 1975	————	————	————
Sony	Oct, 1975	Oct, 1975	Sept 1978	Sept 1978
NEC	Oct, 1980	————	Dec, 1982	————
KODAK	————	————	————	Dec 1984

●Buried Photodiodeの発明は世界で最初にPhillipsが1975年6月に出願した。

●Pinned Buried Photodiodeの発明は世界で最初にSONYが1975年10月に出願した。

長い水面下の特許戦争で、KODAKはSONYとの和解の道を選んだが、しかしNECとPhilipsは最後まで敵対し、水面下での特許戦争に負けて、会社としてNECとPhilipsはイメージセンサーから撤退した。萩原の基本特許でSONYにとって有利な形でKODAKとは技術提携を継続している。

What is Pinned Photodiode ?

Pinned Photodiode であるために以下の9個の必要条件、どれ1つも欠けてはならない。1つでも欠けると、受光表面も埋め込み層も浮遊状態になり残像が生じる。日立の特許と東芝の受光素子の特許はどれも1975年以後でありまたPinned Photodiodeでもない。

- (1) 受光表面の電位が固定（ピン留め）された受光素子である。
- (2) すなわち、外部端子とは抵抗ゼロで電位が固定されている受光素子である。
- (3) 動作周波数に対してオーミック接続されても、RC遅延があってはならない。
- (4) 受光部が完全に埋め込まれている受光素子である。
- (5) 受光部が部分的にもシリコン表面に露出してはならない。
- (6) 埋め込み層は、埋め込みチャンネルCCDと同様に、完全電荷転送をする受光素子である。
- (7) 埋め込み層は、埋め込みチャンネルCCDと同様に、完全空乏化をする受光素子である。
- (8) 完全空乏化された時、埋め込み層の電位は、固定（ピン留め）された受光素子である。
- (9) 受光表面の電位だけでなく、埋め込み層も、固定（ピン留め）された受光素子である。

Pinned Photodiode は、必ず、Buried Photodiodeであるが、Buried Photodiodeには、受光面が浮遊状態の受光素子も含む。受光面が浮遊状態のBuried PhotodiodeはPinned Photodiode ではない。

What is Pinned Photodiode ?

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

ソニーは、この特許をめぐって、米国でコダックと訴訟を繰り返して、最終的にソニーが勝訴した。この特許は、CCDの画素に垂直方向のオーバーフロー排水溝を設けることで、画素間の電荷漏れを防ぎ、高感度・高画質を実現する。ソニーは、この特許をめぐって、米国でコダックと訴訟を繰り返して、最終的にソニーが勝訴した。この特許は、CCDの画素に垂直方向のオーバーフロー排水溝を設けることで、画素間の電荷漏れを防ぎ、高感度・高画質を実現する。

From Japanese News Paper, July 16, 1996.

1996年7月 日刊工業新聞記事から
 (2000年1月米国最高裁で最終決着ソニー勝訴)
 In January 2000, the US supreme court made the final judgement favoring Sony claims. And the long SONY-Fairchild Patent War on the PDD with the built-in vertical overflow drain (VOD) ended.

ソニー、逆転勝訴
 NY 東部地裁
 日刊 7/16

フジサンケイビジネスアイ、2007.1.4 朝刊 3 面

ソニーと米コダック和解
 特許を相互利用
 ソニーは4日、米フィルム大手のイーストマン・コダックと特許のクロスライセンス契約を結んだと発表した。両社はデジタルカメラの画像処理や制御技術などの特許をめぐって争っていたが、今回のクロスライセンス契約の締結に伴って和解する。

東京新聞、2007.1.4 朝刊 3 面

ソニーとコダック契約
 訴訟合戦も和解
 「ニューヨーク」共同「米写真用品大手イーストマン・コダックは三日前、ソニーと画像処理をめぐっての特許の相互利用に関するクロスライセンス契約を結んだ」と発表した。特許の相互利用により新製品開発の効率化やコスト減などの効果が期待される。両社は米国のデジタルカメラの出荷台数でトップ争いを展開、画像処理技術をめぐり、特許権を主張して訴訟合戦を繰り返していたが、和解することでも合意した。

KODAK Sony Patent Agreement on Image Sensor and Digital Camera 2007.1.4

- Buried Photodiodeの発明は世界で最初にPhillipsが1975年6月に出願した。
 - Pinned Buried Photodiodeの発明は世界で最初にSONYが1975年10月に出願した。
- 長い水面下の特許戦争で、KODAKはSONYとの和解の道を選んだが、しかしNECとPhilipsは最後まで敵対し、水面下での特許戦争に負けて、会社としてNECとPhilipsはイメージセンサーから撤退した。萩原の基本特許でSONYにとって有利な形でKODAKとは技術提携を継続している。

**発明公開の公式HPには「NECの寺西氏がPinned Photodiodeである」と記載されているがこれは事実誤認である。
「東芝の山田氏がVODの発明者である」とあるが記載されているがこれは事実誤認である。**

概要

撮像デバイスの研究開発は、19世紀後期のテレビジョン研究がスタートである。機械式、撮像管、固体撮像素子（以下「イメージセンサー」と呼ぶ）と発展し、社会に大きなインパクトを与えつつ、大きく発展してきた。

真空管の一種である撮像管は、サイズが大きい、割れ物である、消費電力が大きい、画像にゆがみがある、高価である、などの欠点があり、固体化が望まれていた。1960年代半ばにイメージセンサーの開発がスタートした。そのときは、MOS（Metal Oxide Semiconductor）型が中心であった。

1970年にBoyleとSmith（当時Bell研究所）がCCD（Charge-Coupled Device、電荷結合素子）を発表した¹。構造が単純であり、イメージセンサーのような大規模なアレイ構造を製造するのに適していること、矢継ぎ早にCCDに改善が加えられたことから、イメージセンサー開発の中心はCCDになった。1970年後半からは開発の中心は日本に移った。1978年、山田哲生（当時 東芝）は、強い光が入射したときに縦線の偽信号を発生させるブルーミングを抑制する縦型オーバーフローレイ構造を発明した²。1979年には寺西信一（当時 NEC）が、白傷や暗電流を大幅に低減し、残像や転送ノイズを解消する埋込フォトダイオード（Pinned Photodiode）を発明した³。これらの結果、CCDはまずムービーを、引き続きコンパクトデジタルステルカメラを主な市場として量産されていった。

1990年代になると、CMOSの微細化が進み、4個ほどのトランジスターを画素内に配置することが可能になり、さらには、埋込フォトダイオードをCMOSイメージセンサーに適用することでCCDと同等以上の低ノイズが達成でき、世界の多くの機関で熱心に関係が進められた。2000年に米田智也ら（当時 キヤノン）が、強い光が入射したときに発生するシェーディングを抑制する構造を発明した⁴。2001年に鈴木亮司ら（当時 ソニー）が、裏面照射型に関する発明をした⁵。これらの技術開発によりCMOSイメージセンサーが主役になり、低消費電力という特性のお陰もあり、携帯電話に搭載され、生産量を爆発的に増加させていった。2010年に梅林拓ら（当時 ソニー）が、イメージセンサーに画像処理回路を積層する構造を発明し⁶、高速化と多機能化を飛躍的に押し進めた。

2014年には携帯電話用を中心に約38億個もの生産が行われた。パソコンカメラ、デジタルステルカメラ、ゲームなどのコンシューマー用途、監視用、車載用、放送用カメラなどの社会インフラとして、さらには医療、科学用などあらゆるところでイメージセンサーが使われるようになった。

CCD撮像素子（ICX008）

ICX008はもとSONYの萩原良昭が設計開発し商品化に従事したchipである。



（画像提供：ソニー）

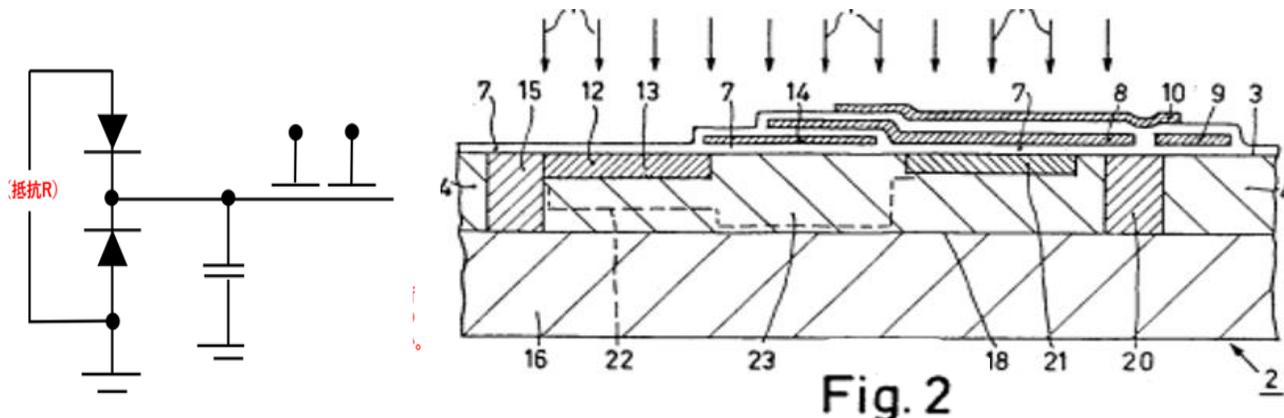
**もとSONYの萩原良昭が真のOFD機能付きのPinned Buried Photodiodeの発明者である。
See JPA1975-127646, JPA1975-127647
and JPA1975-134985**

JPA1976-65705 (Priority Patent 7506795 Netherland, filed on June 9, 1975)

p形表面領域15およびp形基板16とのオーム接続に代え、p形領域12の電気接続には整流接続を備えることもできる。

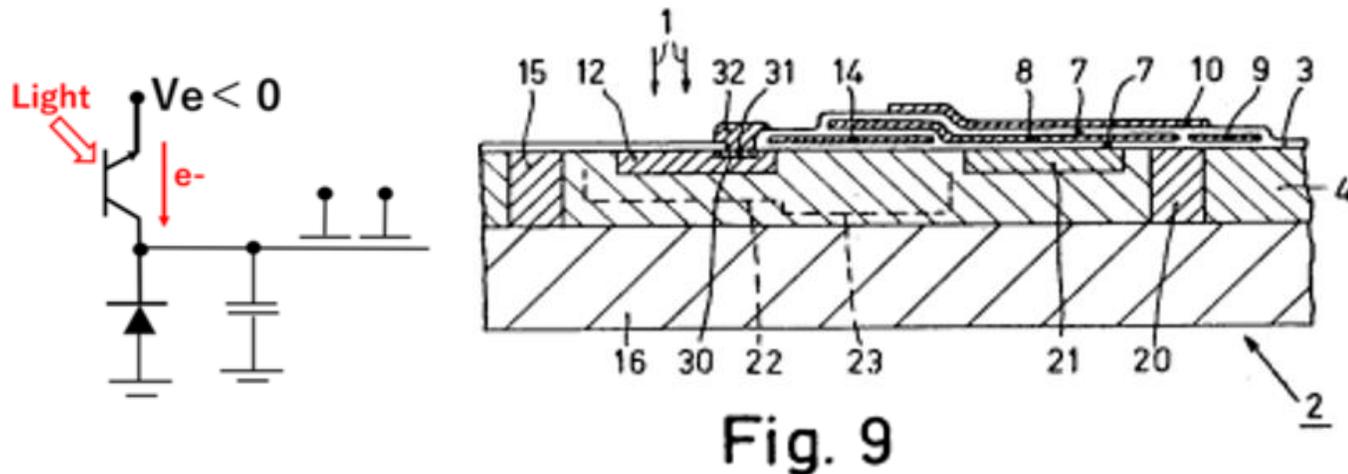
第9図はかかる装置の実施例即ち第3実施例の断面図である。本例装置はその大部分が第1実施例で説明した装置に対応するので、便宜上同じ数字を用いて示してある。第1実施例による装置との重大な相違点は、p形表面領域12をp形領域15には最早や接続せず、p形領域15から横方向に分離し、これは図示しないp形指状部19も同じである。各p形領域12にn形表面領域31を配設し、このn形表面領域31は適切な電圧を供給するための接点32を備える。p形領域12と共に整流p-n接続することができる。前記注入した電子は先に説明した態様でゲート電極14の下に集めることができる。かかる構造の利点は、放射線の吸収によつて発生した電子がトランジスタの利得率だけ増強されるので、装置の感度がかなり増大することである。

実施例図2 オーム（抵抗R）接合でありRC遅延が生じる。



領域15はオーム接続とされます。抵抗があり、RC遅延が懸念されます。実施図2も図9も、実際には領域13は浮遊状態になります。

実施例図9 従来の1950年発明の Static Photo Transistor 構造



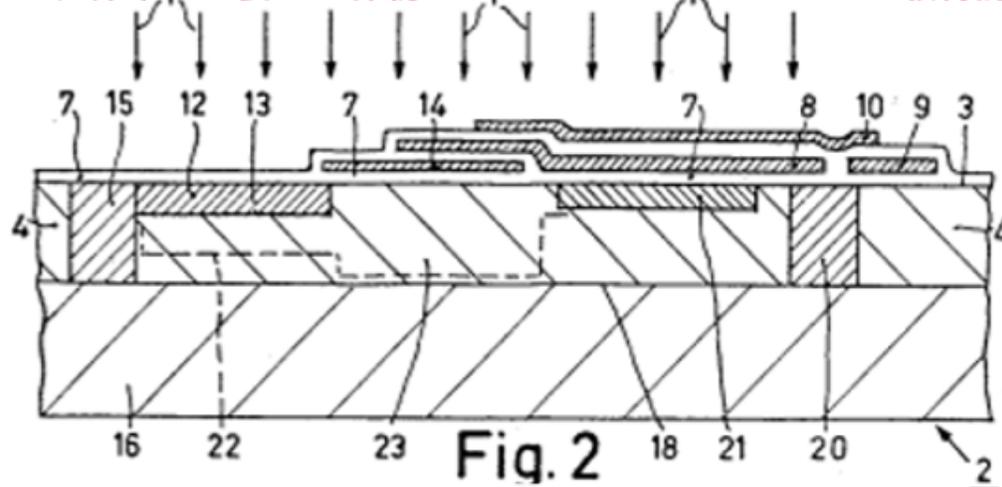
実施例図2 オーム（抵抗R）接合でありRC遅延が生じる？

p形表面領域15およびp形基板16とのオーム接続に代え、p形領域12の電気接続には整流接続を備えることもできる。

第9図はかかる装置の実施例即ち第3実施例の断面図である。本例装置はその大部分が第1実施例で説明した装置に対応するので、便宜上同じ数字を用いて示してある。第1実施例による装置との重大な相違点は、p形表面領域12をp形領域15には最早や接続せず、p形領域15から横方向に分離し、これは図示しないp形指状部19も同じである。各p形領域12にn形表面領域31を配設しこのn形表面領域31は適切な電圧を供給するための接点32を備える。p形領域12と共に整流p-n接合することができる。前記注入した電子は先に説明した態様でゲート電極14の下に集めることができる。かかる構造の利点は、放射線の吸収によつて発生した電子がトランジスタの利得率だけ増強されるので、装置の感度がかなり増大することである。

世界で初めて埋め込みPhotodiodeが完全空乏化している図を明示しています。しかし、表面にはピン留めするための金属コンタクトが存在せず。また隣接する基板との導通領域はオーム接続としてRC遅延が想定されます。従ってこの受光表面は周辺の寄生酸化膜容量により浮遊状態となり固定、ピン留めされない構造となります。これはPinned Photodiodeとは定義できません。それが理由でイメージセンサーの学会でも引用される事がなかったと思われます。

しかし、非常に重要な世界初の埋め込みPhotodiodeの出願特許です。



この特許の詳細説明文の中で同じ内容（破線22）を、NECのIEDM1982の論文以前に詳細に埋め込みN層の完全空乏化が重要であることは説明しています。しかしそれを実現するには表面P層が基板電圧の固定（ピン留め）される必要に関しては言及していません。残像がなくなる必要に関してもBBDでもOKという説明から、認識不足であると解釈できます。

p形表面領域15およびp形基板16とのオーム接続に代え、p形領域12の電気接続には整流接続を備えることもできる。

第9図はかかる装置の実施例即ち第3実施例の断面図である。本例装置はその大部分が第1実施例で説明した装置に対応するので、便宜上同じ数字を用いて示してある。第1実施例による装置との重大な相違点は、p形表面領域12をp形領域15には最早や接続せず、p形領域15から横方向に分離し、これは図示しないp形指状部19も同じである。各p形領域12にn形表面領域31を配設し、このn形表面領域31は適切な電圧を供給するための接点32を備える。p形領域12と共に整流p-n接続することができる。前記注入した電子は先に説明した態様でゲート電極14の下に集めることができる。かかる構造の利点は、放射線の吸収によつて発生した電子がトランジスタの利得率だけ増強されるので、装置の感度がかなり増大することである。

実施例図9 従来の1950年発明の Static Photo Transistor 構造

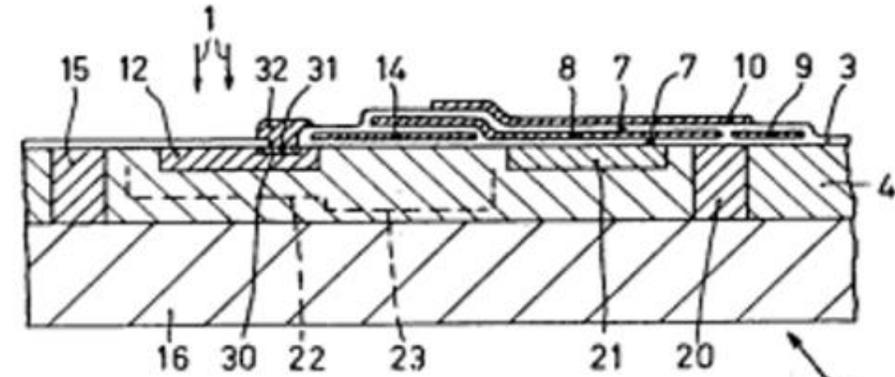
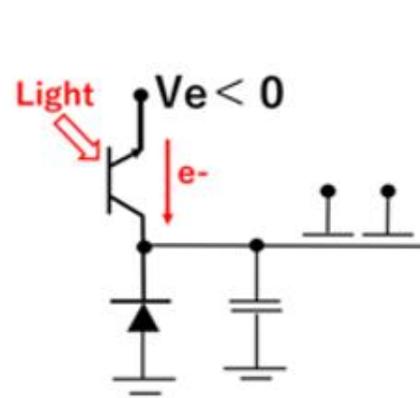
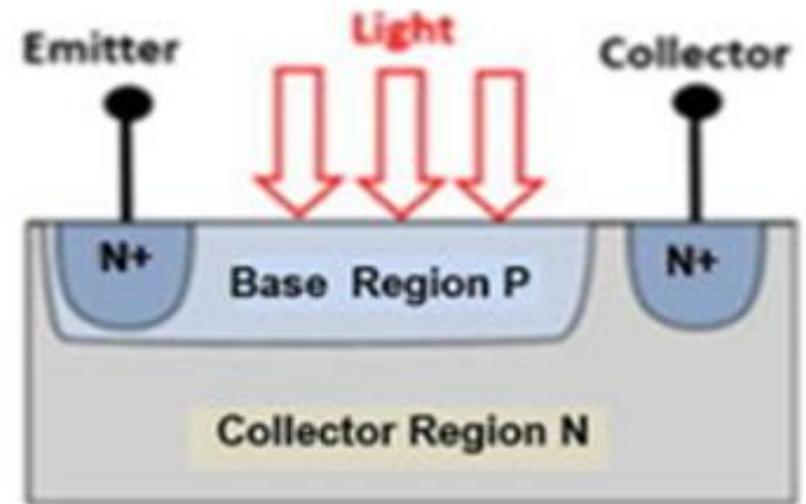


Fig. 9

両者とも 1950年の発明の Static Photo Transistor であるが、埋め込み層は完全埋め込み層ではない。N層は一部シリコン表面に露出している。そのために浮遊状態となり必ず残像が生じる。

Buried Photodiodeではない。Pinned Photodiodeでもない。

John Northrup Shive, 1950



Japanese Patent JPA 1977-837

埋め込み層は完全埋め込み層ではない。N層は一部シリコン表面に露出している。そのために露出している。そのために生じる。Buried Photodiodeではない。Pinned Photodiodeでもない。萩原が開発してSSDM1987で報告した受光構造と同一構造ではない。

This SiO₂ surface exposed photodiode has the serious Image lag problem.

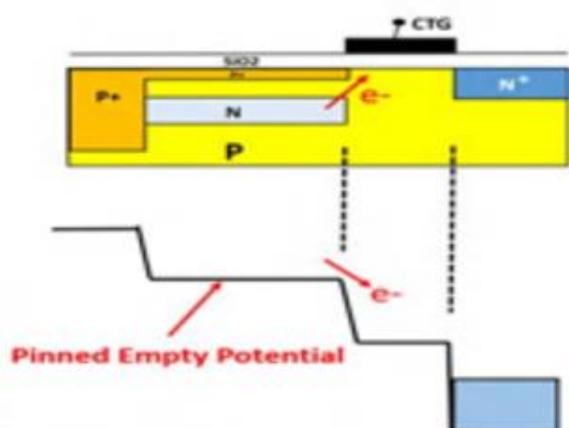
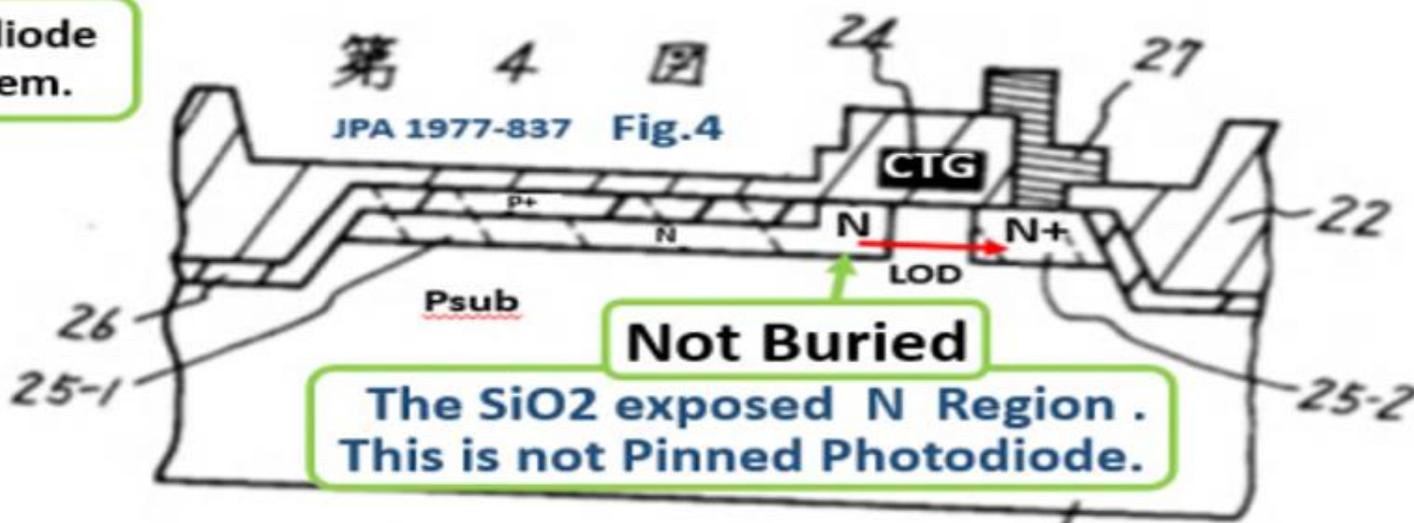
④固体撮像装置

④特 願 昭52-837

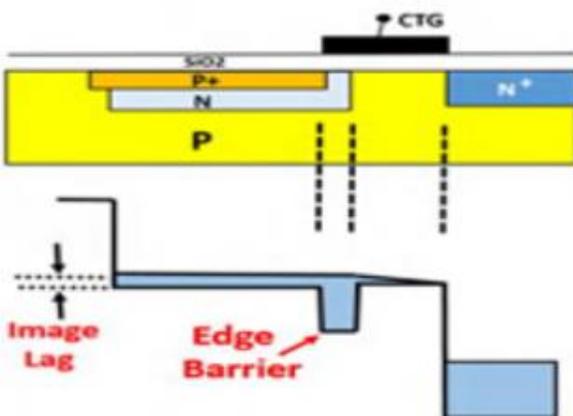
④出 願 昭52(1977)1月10日

④発 明 者 小池紀雄

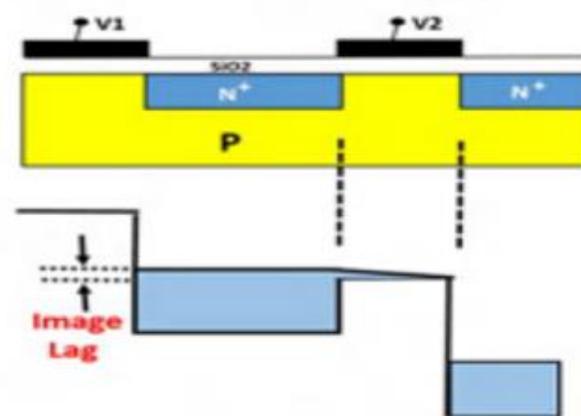
④特許出願公開 昭53-86516



(1) Pinned Photodiode with No Image Lag



(2) Buried Photodiode with BBD Barrier

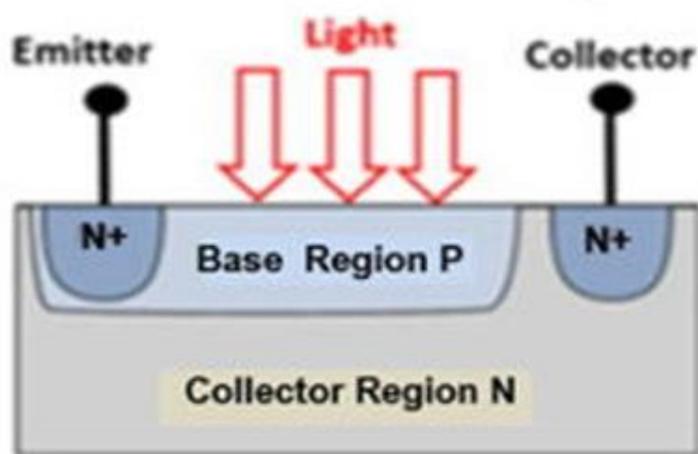
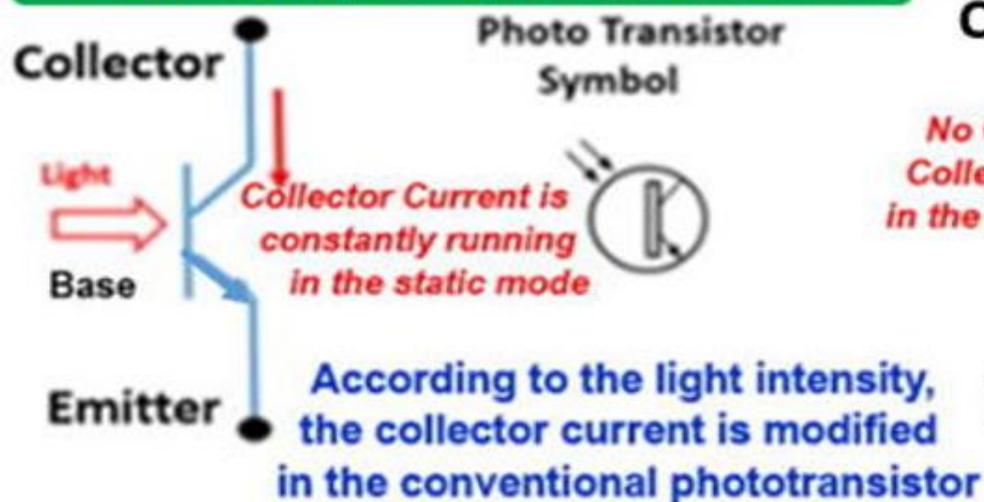


(3) Bucket Brigade Device (BBD)

SONY HAD Sensor 1975 was hinted by SONY PNP Bipolar Transistor Process Technology
Conventional Static Phototransistor

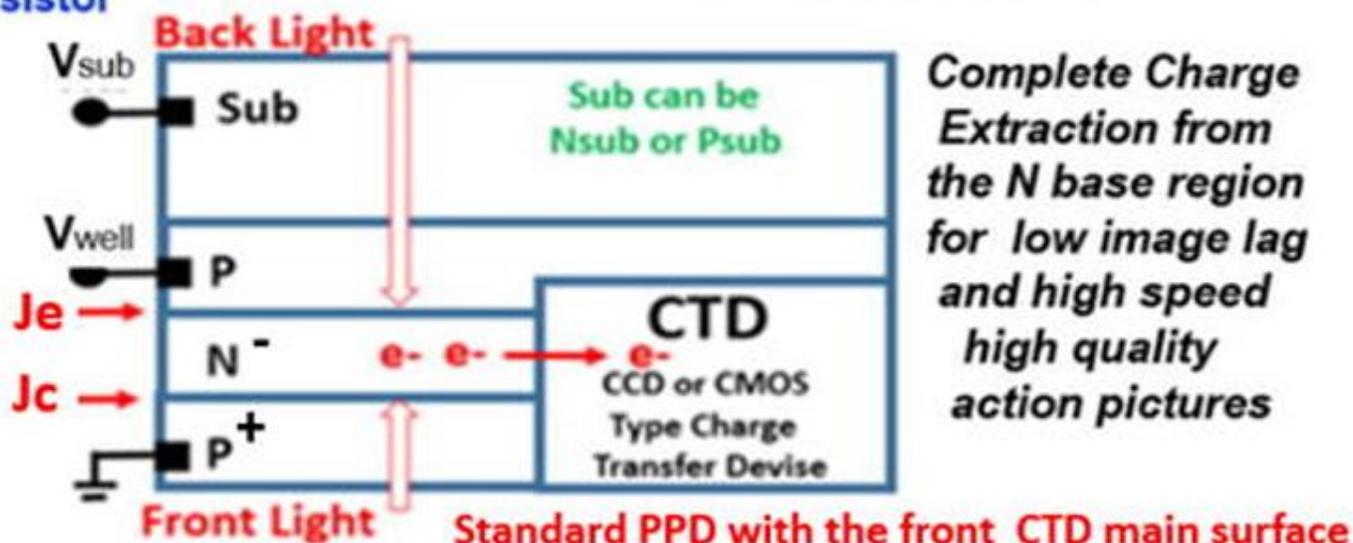
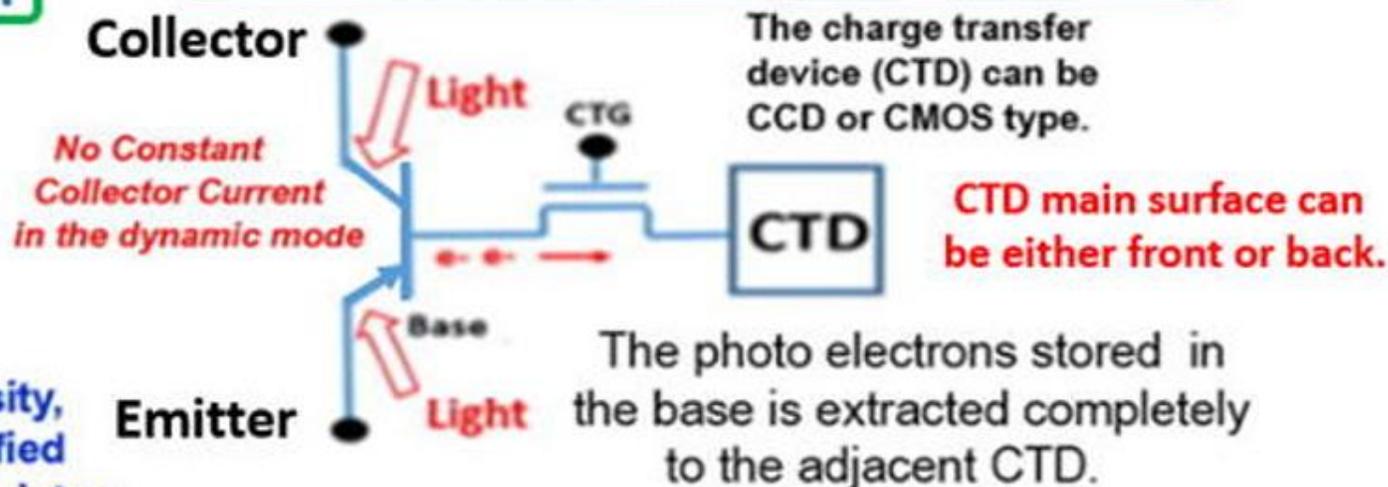
(by John Northrup Shive, 1950)

No memory function is involved.

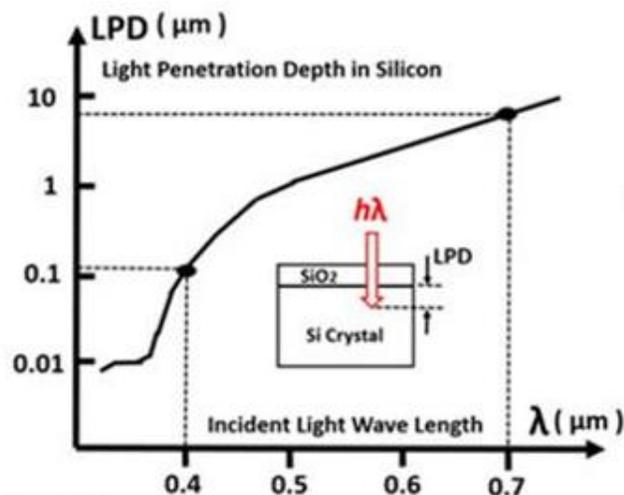


Dynamic Phototransistor Operation
 by Yoshiaki Hagiwara at Sony in 1975

Dynamic Memory function is involved.



JPA1975-127646



Drift Field Transistor

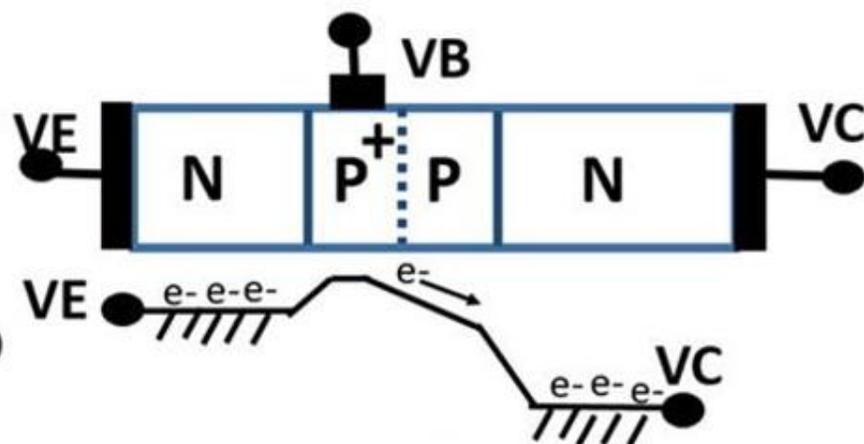
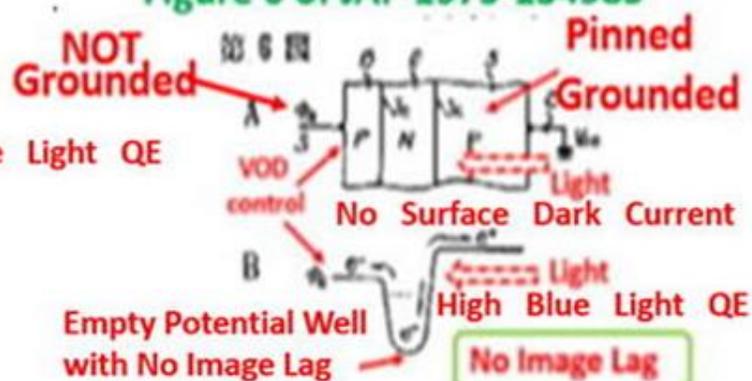
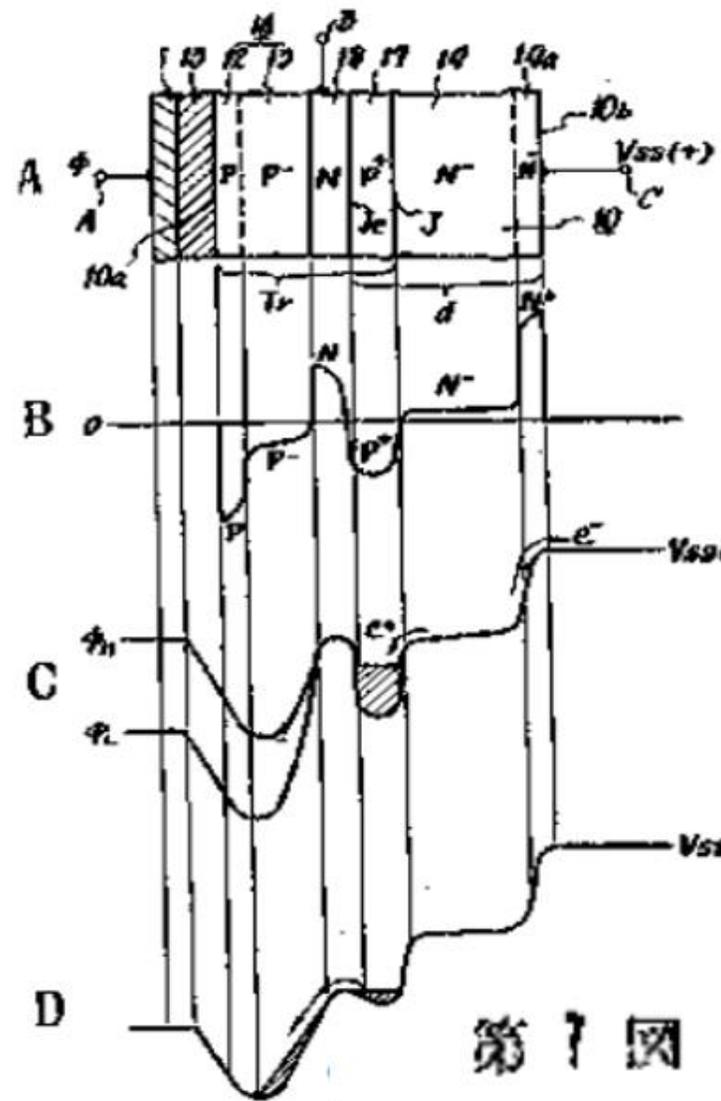


Figure 7 of JAP 1975-127647

Figure 6 of JAP 1975-134985



Hagiwara invented PNP junction type PPD in 1975 with (1) blue light 100% QE, (2) No Surface Dark Current and (3) No Image Lag, Complete Charge Transfer features.



JPA1975-134985 特許は すでに 1975年3月5日に
 発明考案された記録が存在する。公式に特許として
 出願登録されたのは1975年10月23日である。

昭和 50年 3月 5日

審査請求出願保留
発明・考案出願申込書
 業務部行 ← 中研部 情文課 昭和 50年 3月 5日
 内線電話番号 (215)

発明者氏名 藤原 正昭
 住所 〒100 東京都千代田区千代田 1-1-1
 発明の名称 受光素子 (Photo-transistor) による方法 及び 積層構造の MOS による受光感度の改良

5. 効果 従来から知られていたものあるいは方法とくらべどのような利点、効果が期待されますか。
 ① 現在迄にある受光素子では感光感度 (特に Blue) が悪いので、それを向上させる。
 ② Photo-transistor による方法では、積層構造による感度の調整が出来る。

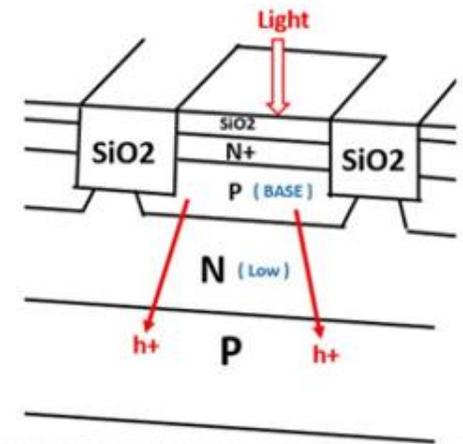
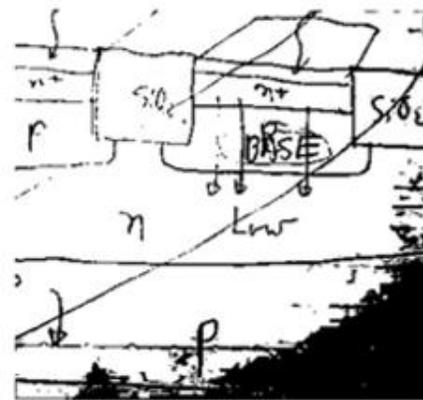
6. 請求範囲 あなたが特許にしたいと考えているポイントはどこですか。
 ① 受光素子として、Photo-transistor 構造を使うこと。
 ② 積層構造の MOS による受光部分の形成。

5. 効果 従来から知られていたものあるいは方法とくらべどのような利点、効果が期待されますか。
 ① 現在迄にある受光素子では感光感度 (特に Blue) が悪いので、それを向上させる。
 ② Photo-transistor による方法では、積層構造による感度の調整が出来る。

6. 請求範囲 あなたが特許にしたいと考えているポイントはどこですか。
 ① 受光素子として、Photo-transistor 構造を使うこと。

受光素子として Phototransistor を使うこと

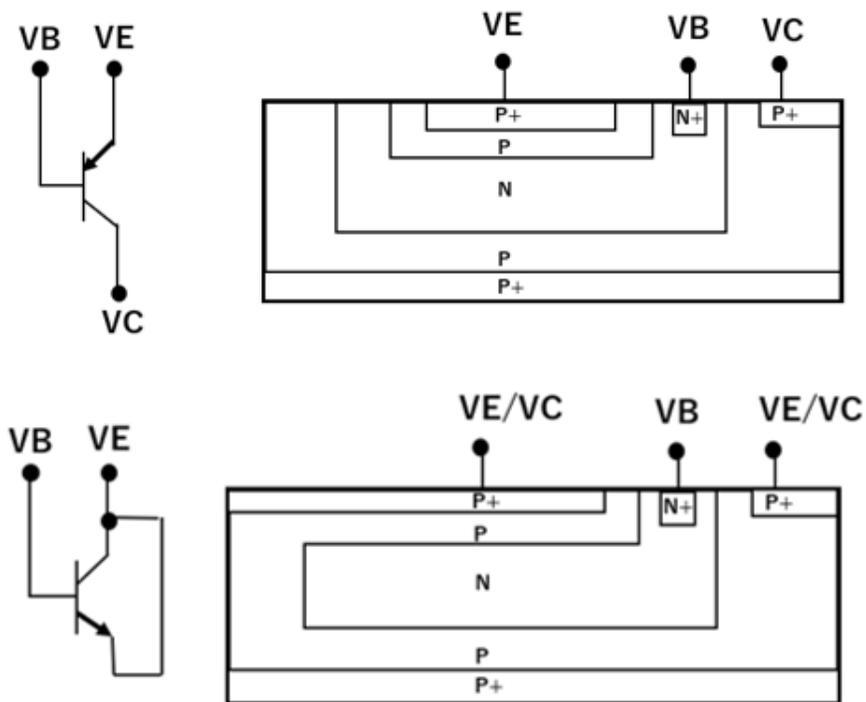
The N+PNP junction type Dynamic Photo Transistor Structure
 Pinned Photodiode and Sony Hole Accumulation Diode (HAD)
 with the vertical overflow drain (VOD) function
 invented by Hagiwara at Sony in 1975



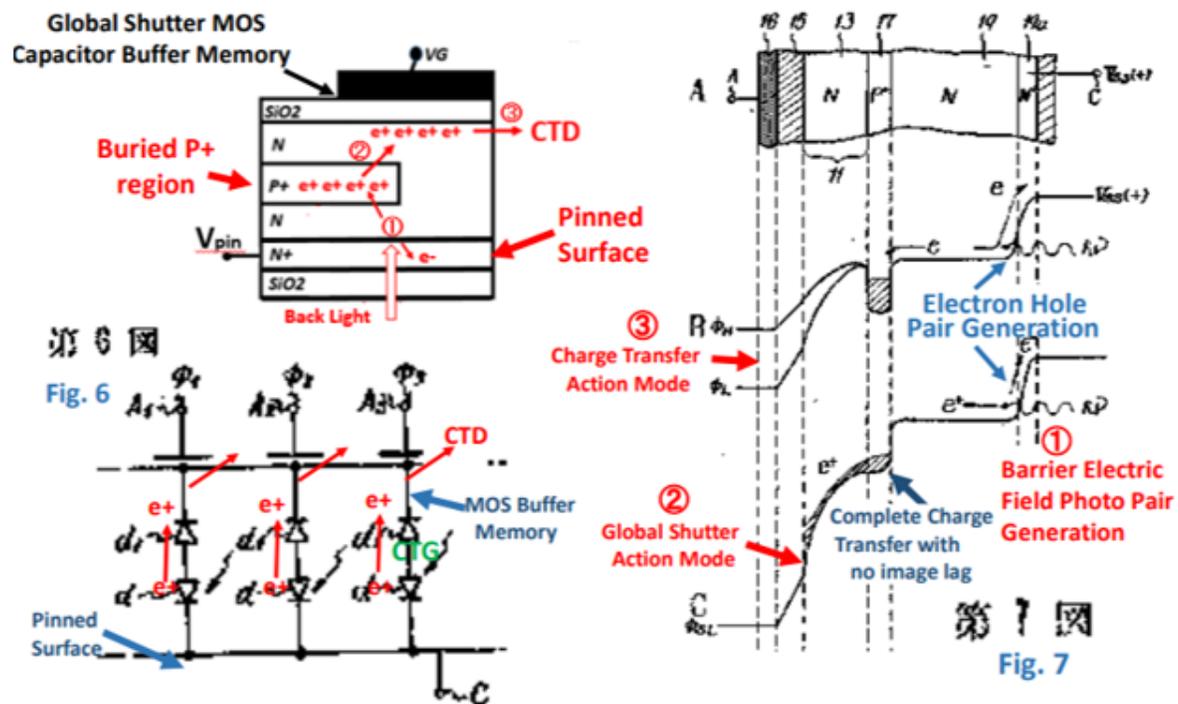
Hagiwara's Lab Note at Sony in February 1975

Difference_of_Classical_Static_Pinned_Phodiode_and_New_Dynamic_Pinned_Phodiode_used_in_Image_Sensors

Classic Static PNP接合Pinned Photodiode widely known and used in 1950s.c



Modern Dynamic Pinned Photodiode invented by Hagiwara in 1975 now used widely in Modern CMOS Image Sensors



表面のP+層がピン留めされ、基板側(Psub)と導通したDIODE構造はすでに1950年代から周知情報である。PN接合を容量Cとして利用する場合、実効C容量値の増加のために、実際にはPNP接合のプロセスで同時に形成した。

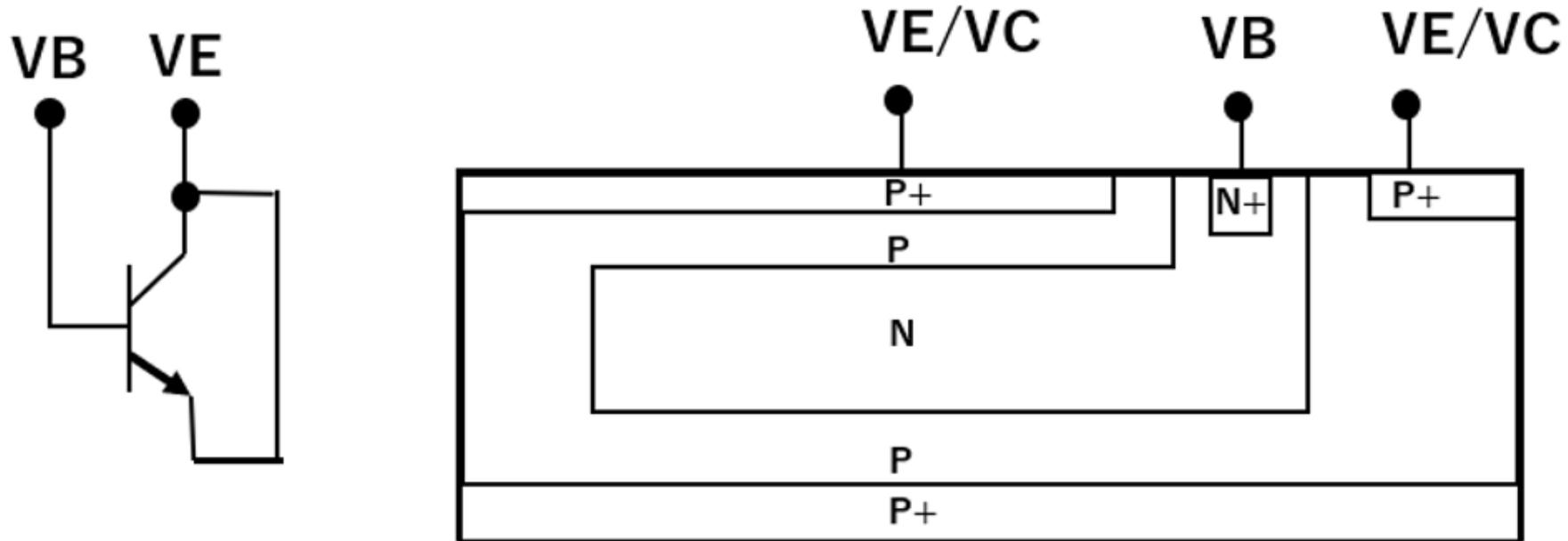
Classic Static PNP接合 Pinned Photodiode widely known and used in 1950s.

また表面のP+層がピン留めされ、基板側(Psub)と導通したDIODE構造はすでに1950年代から周知情報である。

Pinned Photodiodeである為の重要な必要条件

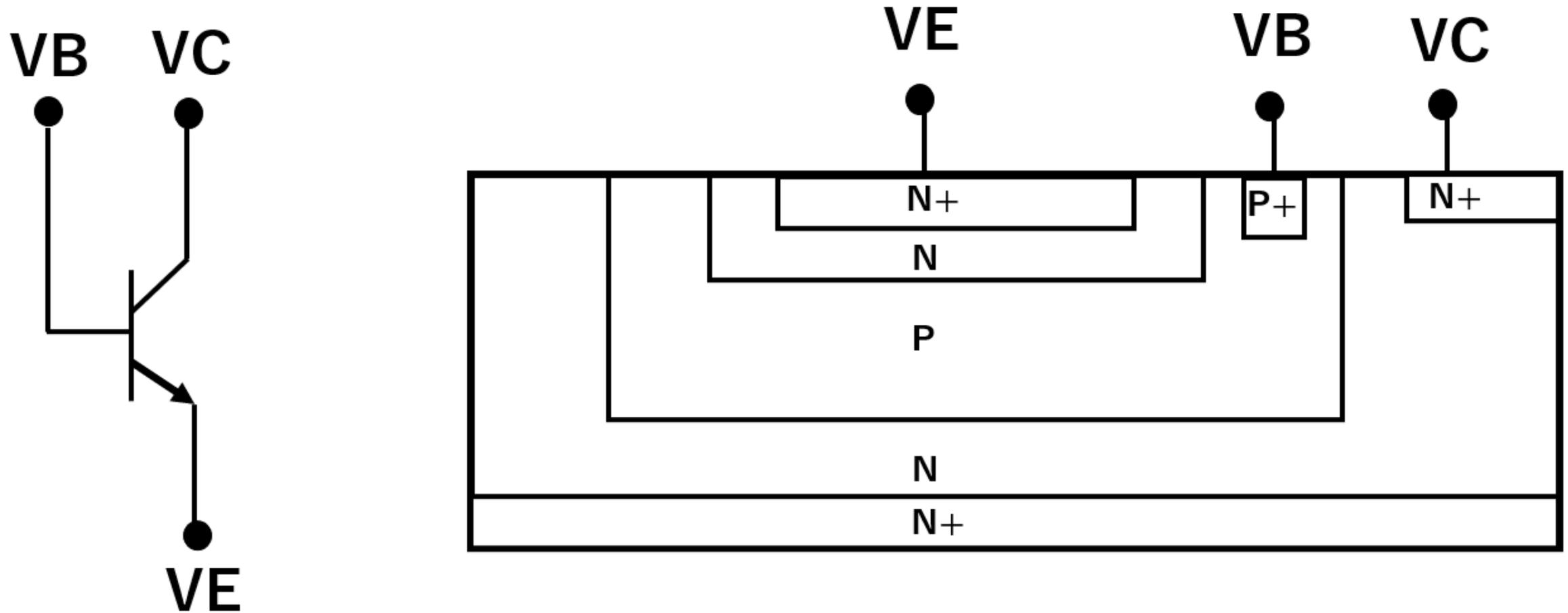
このBASE領域が完全空乏化して残像のない特性を実現するには、実際の動作では、受光表面のP+層が高速動作時実質的に、抵抗値 $R = 0$ で固定されピン留めされている事が必要条件である。

表面のP+層が基板とオーミック接合(有限のR値)では、RC遅延が生じて、表面のP+層は浮遊状態となり、埋め込みN層の完全空乏化が不可能となる。従って、完全電荷転送も不可能で残像が生じる。



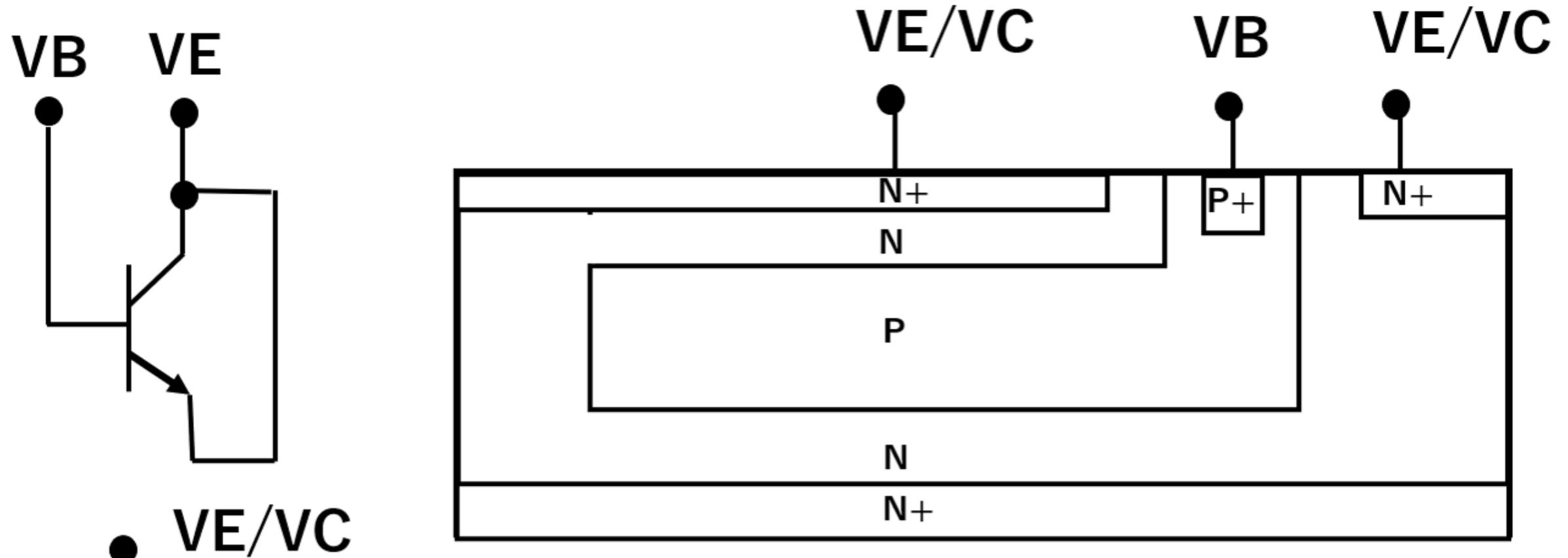
表面のP+層がピン留めされ、基板側(Psub)と導通したDIODE構造はすでに1950年代から周知情報である。PN接合を容量Cとして利用する場合、実効C容量値の増加のために、実際にはPNP接合のプロセスで同時に形成した。

Conventional NPN Double Junction Bipolar Transistor



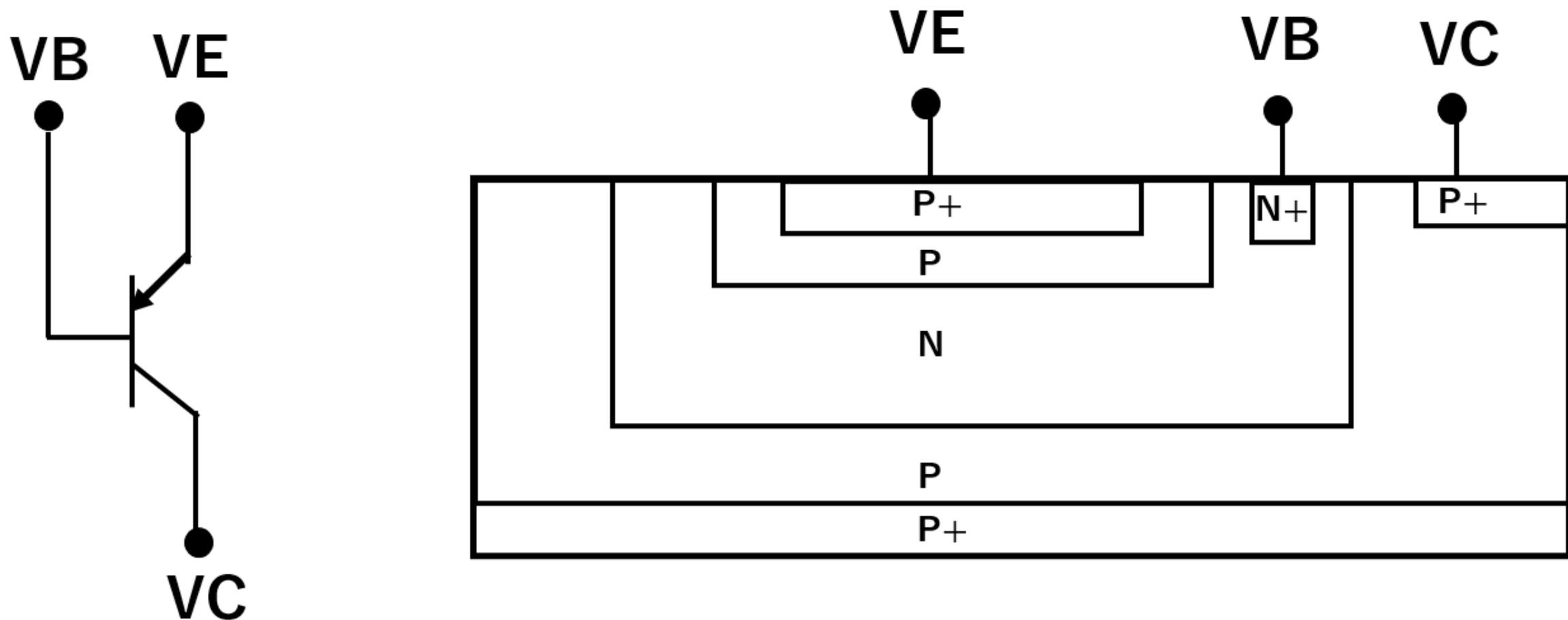
表面のP+層がピン留めされ、基板側(Psub)と導通したDIODE構造はすでに1950年代から周知情報である。
PN接合を容量Cとして利用する場合、実効C容量値の増加のために、実際にはPNP接合のプロセスで同時に形成した。

Classic Static NPN接合 Pinned Photodiode widely known and used in 1950s.



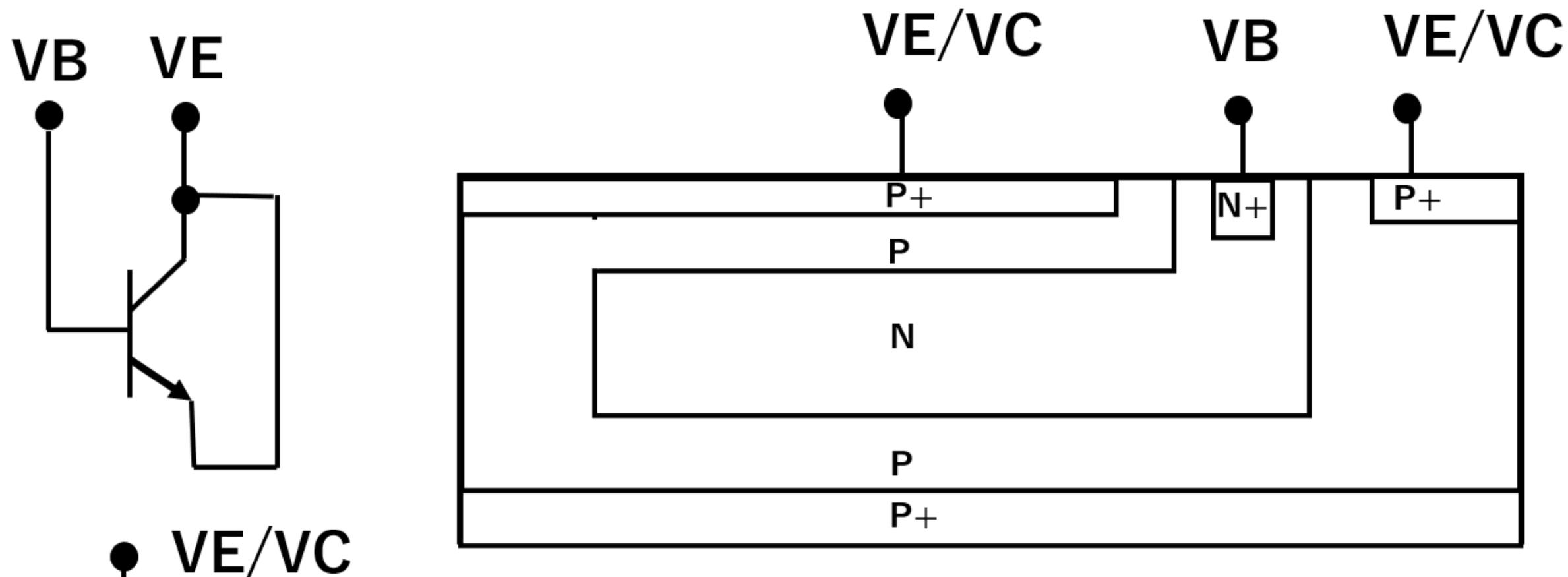
表面のN+層はEmitter/Collector共通である。
表面のN+層はEmitter端子と呼ぶ事も可能である。
表面のN+層はCollector端子と呼ぶ事も可能である。

Conventional PNP Double Junction Bipolar Transistor



表面のP+層がピン留めされ、基板側(Psub)と導通したDIODE構造はすでに1950年代から周知情報である。
PN接合を容量Cとして利用する場合、実効C容量値の増加のために、実際にはPNP接合のプロセスで同時に形成した。

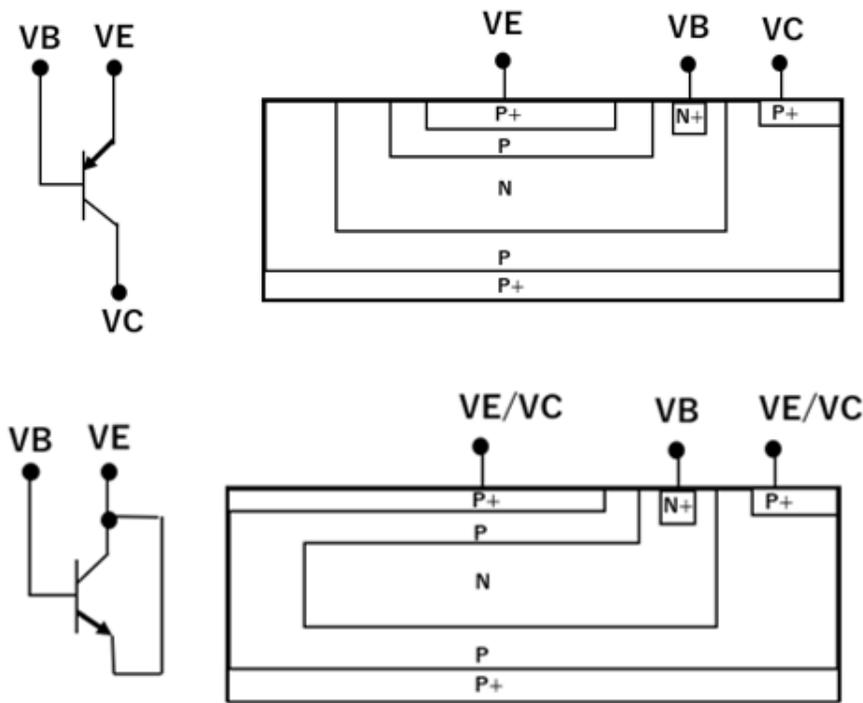
Classic Static PNP接合 Pinned Photodiode widely known and used in 1950s.



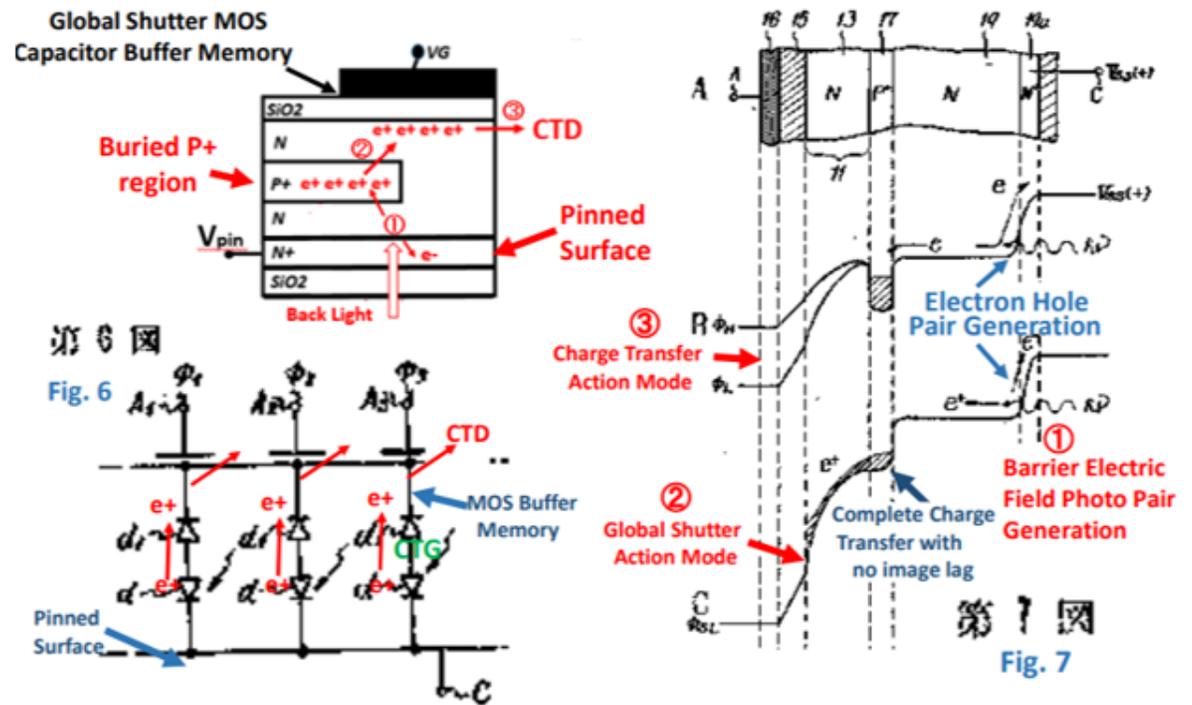
表面のP+層はEmitter/Collector共通である。
表面のP+層はEmitter端子と呼ぶ事も可能である。
表面のP+層はCollector端子と呼ぶ事も可能である。

Difference_of_Classical_Static_Pinned_Phodiode_and_New_Dynamic_Pinned_Phodiode_used_in_Image_Sensors

Classic Static PNP接合Pinned Photodiode widely known and used in 1950s.c



Modern Dynamic Pinned Photodiode invented by Hagiwara in 1975 now used widely in Modern CMOS Image Sensors



表面のP+層がピン留めされ、基板側(Psub)と導通したDIODE構造はすでに1950年代から周知情報である。PN接合を容量Cとして利用する場合、実効C容量値の増加のために、実際にはPNP接合のプロセスで同時に形成した。

Sony's Representative Inventions Supporting Stacked Multi-Functional CMOS Image Sensors

Sony Corporation

Sony Semiconductor Solutions Corporation

Pinned Photodiode Adopted for Back-Illuminated CMOS Image Sensors

The history of Sony's inventions of image sensors goes back to the CCD era. Above all, Pinned Photodiode is a technology that contributes to improving the performance of back-illuminated CMOS image sensors, and the history of inventions and product development are as below.

In 1975, Sony invented a CCD image sensor that adopted a back-illuminated N+NP+N junction type and an N+NP+NP junction type Pinned Photodiode (PPD) (Japanese patent application number 1975-127646, 1975-127647 Yoshiaki Hagiwara). In the same year, inspired by such structure, Sony invented a PNP junction type PPD with VOD (vertical overflow drain) function (Japanese Patent No. 1215101 Yoshiaki Hagiwara). After that, Sony succeeded in making a principle prototype of a frame transfer CCD image sensor that adopted the PNP junction type PPD technology, having a high-impurity-concentration P+ channel stop region formed near a light receiving section by ion implantation technology for the first time in the world, and its technical paper was presented at the academic conference, SSDM 1978 (Y. Hagiwara, M. Abe, and C. Okada, "A 380H x 488V CCD imager with narrow channel transfer gates", Proc. The 10th Conference on Solid State Devices, Tokyo, (1978)). In 1980, Sony succeeded in making a camera integrated VTR which incorporated a one-chip frame transfer CCD image sensor that adopted the PNP junction type PPD. President Iwama in Tokyo, Chairperson Morita in New York, at the time held a press conference respectively on the same day, which surprised the world. In 1987, Sony succeeded in developing a 8 mm video camcorder that adopted, for the first time in the world, the interline transfer CCD image sensor, which incorporated "PPD having a high-impurity-concentration P+ channel stop region formed near the light receiving section by ion implantation technology" with VOD function, and became the pioneer of the video camera market. The PPD technology that has been nurtured through such a long history is still used in back-illuminated CMOS image sensors.

What is Pinned Photodiode ?

What is the difference between Buried Photodiode and Pinned Photodiode ?

	Buried Photodiode Patent	Pinned Photodiode Patent	Buried Photodiode Development	Pinned Photodiode Development
Phillips	June, 1975	————	————	————
Sony	Oct, 1975	Oct, 1975	Sept 1978	Sept 1978
NEC	Oct, 1980	————	Dec, 1982	————
KODAK	————	————	————	Dec 1984

The first Buried Photodiode Patent was filed on June 1975 by Phillips.

The first Pinned Buried Photodiode Patent was filed on Oct 1975 by Sony.

The first Pinned Buried Photodiode Patent was developed on Sept 1978 by Sony