

電子シャッターの発明に至る重要な歴史的な背景

●1948年に PNP Double 接合型の Transistor が発明された。

●1950年には PNP Double 接合型の Static Phototransistor が発明された。

この受光素子には電荷蓄積機能メモリ機能がない。

●1966年には NEC より N+P Single 接合型の ITIC の DRAM Cell が発明された。

CCD が発明されるまではこの構造が受光素子としても採用されていた。

●1975年には SONY(萩原)は PNPN 接合型の受光素子を発明した。

この受光素子は Dynamic Photo Thyristor の発明であった。

Dynamic とはメモリ機能を持つことを意味する。

●さらにこの Thyristor 構造は、Punch-thru 動作をもつことは周知である。

萩原はその Punch-thru 動作を縦型 Overflow Drain (VOD) として利用し、

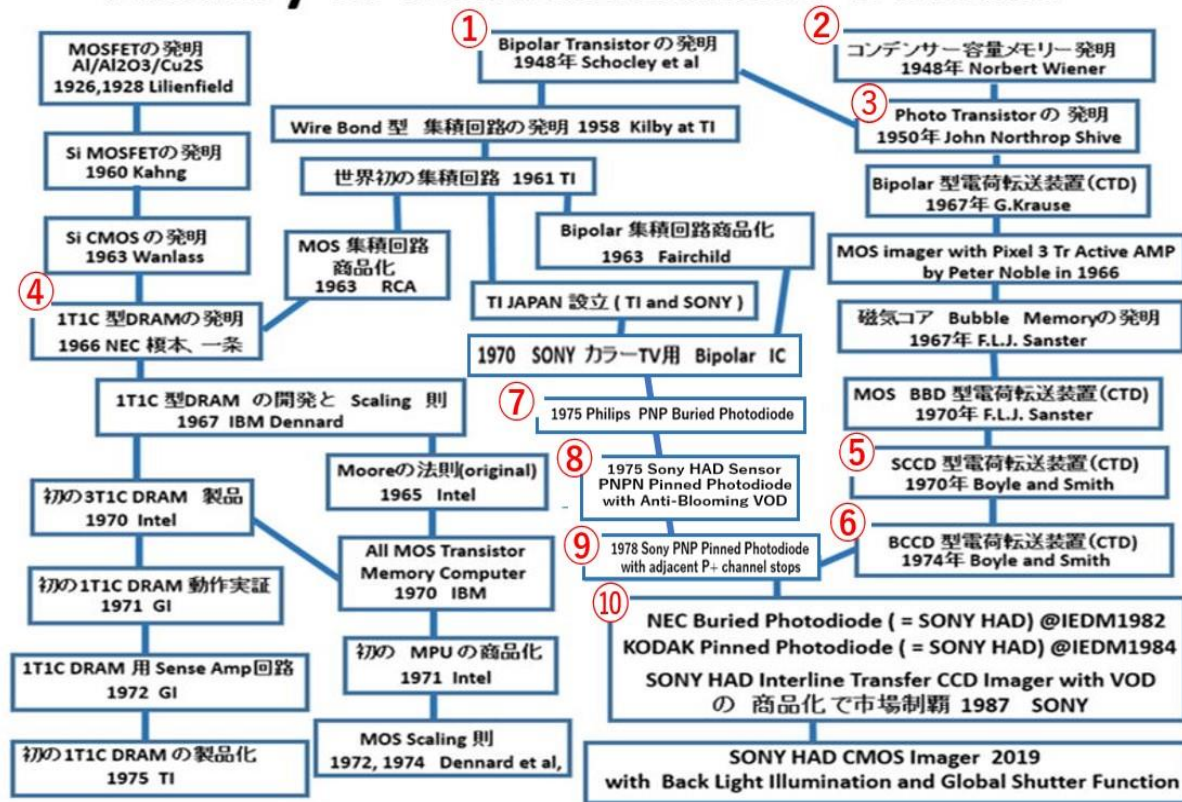
Anti-blooming 機能を実現した。その結果自動的に、(1) 残像のない Pinned Photodi

(2) Anti-blooming 機能の 2 つの条件を満たし、電子シャッター機能を実現することがで

受光素子構造には 3 つの種類がある。まず、(1) N+P Single 接合型の受光素子がある。現在太陽電池の受光素子として広く利用されている。次に、(2) 1975 年 6 月に Philips が発明した PNP Double 接合型 Buried Photodiode がある。受光表面の P 層は基板との間に抵抗結合領域で導通している。その為に RC 遅延があり、受光面が浮遊状態になる。残像が生じ、高速電子シャッターには不向きであった。しかしさらに、(3) SONY は 1975 年 10 月に PNPN の Triple 接合型 Pinned Photodiode を発明した。この受光構造には残像がない。また、この PNPN の Triple 接合 Thyristor 構造には、Punch Thru 動作があることが知られている。Sony (萩原) はその Punch Thru 動作を、anti-blooming (VOD) の機能の実現のために利用した。Sony (萩原) は電子シャッターの発明者である。1987 年になり Sony はこの自動シャッター機能を世界で初めて実現し、民生用ビデオカメラの市場を制覇した。電子シャッターはもと SONY の萩原の 1975 年の発明である。JPA1975-127646、JPA1975-12764 と JPA1975-134985 がその証拠である。

電子シャッターの発明に至る重要な歴史的な背景

History of Semiconductor Devices



受光素子構造には3つの種類がある。まず、(1) N+P Single 接合型の受光素子がある。現在太陽電池の受光素子として広く利用されている。次に、(2) 1975年6月に Philips が発明した PNP Double 接合型 Buried Photodiode がある。受光表面の P 層は基板との間に抵抗結合領域で導通している。その為に RC 遅延があり、受光面が浮遊状態になる。残像が生じ、高速電子シャッターには不向きであった。しかしさらに、(3) SONY は 1975 年 10 月に PNPN の Triple 接合型 Pinned Photodiode を発明した。この受光構造には残像がない。また、この PNPN の Triple 接合 Thyristor 構造には、Punch Thru 動作があることが知られている。Sony (萩原) はその Punch Thru 動作を、anti-blooming (VOD) の機能の実現のために利用した。Sony (萩原) は電子シャッターの発明者である。1987 年になり Sony はこの自動シャッター機能を世界で初めて実現し、民生用ビデオカメラの市場を制覇した。電子シャッターはもと SONY の萩原の 1975 年の発明である。JPA1975-127646、JPA1975-12764 と JPA1975-134985 がその証拠である。

Who invented Electric-Shutter?

Hagiwara at Sony invented Electric-shutter in 1975.

Hagiwara invented Electric-shutter Clocking-Scheme which can be applied both Pinned Photodiode and also the conventional CCD/MOS photo capacitor type sensor.

The Pinned-surface PNPN triple junction type Pinned Photodiode (Sony HAD sensor) has the built-in vertical overflow drain (VOD) function which is capable of Electric-shutter function automatically.

The evidence is given by the three Japanese Applications applied by Hagiwara at Sony in 1975. They are JPA1975-127647, JPA1975-127647 and JPA1975-134985.

The clocking scheme using Punch-thru device action mode were also invented by Hagiwara in 1977 to achieve Electric-Shutter Function applicable both to the conventional Pinned-Surface CCD/MOS capacitor sensor and also Pinned Photodiode.

The details were defined in JPA1977-126885 also invented by Hagiwara at Sony in 1975. Electric Shutter is silent and does not make any noise, being free from any mechanical parts and also free from any high-speed flash bulbs.

[Harold Edgerton: The man who froze time - BBC Future](#)



Sign in

Home

News

Sport

Reel

Worklife

Travel

Future

Culture

...

Search BBC

FUTURE

What is BBC Future?

Future Planet

Follow the Food

Family Tree

Immune Response

Change Agents

More

TECHNOLOGY | PHYSICS

Harold Edgerton: The man who froze time

Bright light

Edgerton's flash could fire a burst of light that lasted only 10 microseconds – 1/100,000th of a second – and replaced the mercury gas with xenon, which allowed the flash tubes to be smaller. It meant Edgerton had a device that could freeze the fastest bullet or rapidly beating hummingbird wing. The basic design still lives on in the electronic flashes we use today.

積層型多機能CMOSイメージセンサーを支える代表的なソニー発明について

ソニー株式会社
ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社

裏面照射型CMOSイメージセンサーに採用されたPinned Photodiode

ソニーのイメージセンサーの発明の歴史は、古くはCCDの時代までさかのぼる。中でもPinned Photodiodeは、裏面照射型CMOSセンサーの性能向上にも貢献する技術であり、その発明と製品開発の歴史を紐解く。

(1)

ソニーは1975年、裏面照射型のN+NP+N接合型とN+NP+NP接合型のPinned Photodiode (PPD) を採用したCCDイメージセンサーを発明した（出願特許1975-127646, 1975-127647 萩原 良昭）。同年、その構造をヒントに、VOD（縦型オーバーフロードレイン）機能を持つ、PNP接合型PPDを発明した（特許第（2）1215101号 萩原 良昭）。ソニーはその後、イオン打ち込み技術により濃いP+のチャンネルストップ領域をその受光部近傍に形成したPNP接合型のPPD技術を採用したフレームトランスファー型CCDイメージセンサーの原理試作に世界で初めて成功し、1978年のSSDM1978の学会で論文を発表した（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)）。1980年にはソニーはこのPNP接合型PPDを採用したワンチップのフレームトランスファーCCDイメージセンサーを使ったカメラ一体型VTRの試作に成功し、東京では当時社長の岩間が、ニューヨークでは会長の盛田が同日記者会見をして世界を驚かせた。1987年にはソニーは、VOD（縦型オーバーフロードレイン）機能を持つ「イオン打ち込み技術により濃いP+のチャンネルストップ領域をその受光部近傍に形成したPPD」をインターライン転送型CCDイメージセンサーに世界で初めて採用した8ミリビデオのカムコーダーの開発に成功しビデオカメラの市場を開拓した。

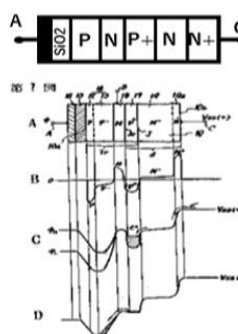
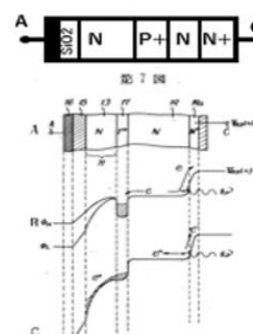
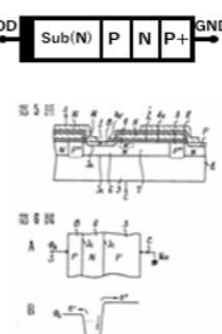
このような長い歴史を経て育まれてきたPPDの技術が今も裏面照射型CMOSイメージセンサーに採用されている。

- (1) 1975年10月23日にSonyは裏面照射型のPinned PhotodiodeをSONYは発明した。
- (2) 1975年11月10日にSonyはVOD機能を持つ、PNP接合型のPinned Photodiodeを発明した。
- (3) 1978年9月 Sonyは世界発のOriginalのPNP接合型のPinned Photodiodeの開発原理試作に成功し、SSDM1978の学会で発表した。Pinned Photodiodeの発明も開発もSONYである。

この特許1975-134985（特許1215101号）は、Triple 接合サイリスターのP+NPNsub 接合型のPinned Photodiodeの発明である。かつ、この発明特許は、Punch-thru効果を利用した世界発の垂直 Overflow Drain (VOD) 構造の発明特許でもある。特許が日本語で記載されているだけで英訳され海外特許出願される事がなかった為に、英語圏の国際学会、学識見識者や一般人にはその存在が広く知れる事はなかった。

- 1975年3月5日に Double 接合型受光素子を発明し SONY（株）社内の知財へ萩原は公式に出願した。
- 1975年10月23日には萩原は2件の特許、JPA1975-127646とJPA1975-127647を出願する。
- 1975年11月10日には受光表面がピン留めされた、in-pixel VOD機能付きのPNP 接合型の受光素子を萩原は特許出願（JPA1975-134985）した。

- 1979年 UK Scotlandで開催の CCD'79 国際会議にて萩原が既に1975年に発明し、1978年に開発した、PNP接合型のPinned Photodiodeの残像のない超光感度特性を説明する。
- 1989年2月のISSCC1989にてデジカメ用の世界最高速の25 nsecの4 Mbit Cache SRAMを開発し学会発表する。
- 2001年9月に開催のESSCIRC2001にて、SONYのAIBOのRobotを構成する主要半導体部品とその構成を説明する。
- 2008年9月に開催のESSCIRC2008にて、SONYのPlay Station III（Cell Processor）の主要半導体部品を説明する。

Oct 23, 1975
JPA1975-127646Pinned Surface
N+NP+NP
Triple 接合型
受光素子Oct 23, 1975
JPA1975-127647Pinned Surface
N+NP+N
Double 接合型
受光素子Nov 10, 1975
JPA1975-134985Pinned Surface
PNP
Double 接合型
受光素子

JPA1976-65707 (Patent No. 7596795, filed on June 9, 1975, Netherland)
on Buried Photodiode with Floating Empty Potential Well.

Y. Hagiwara, Motoaki Abe and Chikara Okada, "A 380H X 488V CCD Imager with Narrow Channel Transfer Gates", Proceeding of the 10th Conference on Solid State Devices, Tokyo 1978.

<https://electronics.stackexchange.com/questions/83018/difference-between-buried-photodiode-and-pinned-photodiode>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/6742594>

http://www.aiplab.com/JPA_1975_127646_on_NPNP_type_PPD.html

http://www.aiplab.com/JPA_1975_127647_on_NPN_type_PPD.html

http://www.aiplab.com/JPA_1977_126885_on_Electric_Shutter.html

Who invented Electric-Shutter?

Hagiwara at Sony invented Electric-shutter in 1975.

Hagiwara invented Electric-shutter Clocking-Scheme which can be applied both Pinned Photodiode and also the conventional CCD/MOS photo capacitor type sensor.

The Pinned-surface PNPN triple junction type Pinned Photodiode (Sony HAD sensor) has the built-in vertical overflow drain (VOD) function which is capable of Electric-shutter function automatically.

The evidence is given by the three Japanese Applications applied by Hagiwara at Sony in 1975. They are JPA1975-127647, JPA1975-127647 and JPA1975-134985.

The clocking scheme using Punch-thru device action mode were also invented by Hagiwara in 1977 to achieve Electric-Shutter Function applicable both to the conventional Pinned-Surface CCD/MOS capacitor sensor and also Pinned Photodiode.

The details were defined in JPA1977-126885 also invented by Hagiwara at Sony in 1975. Electric Shutter is silent and does not make any noise, being free from any mechanical parts and also free from any high-speed flash bulbs.

電子シャッター機能付きの 2-chip CCD カラービデオカメラ、世界初 1980 年に開発に成功し商品化した。

1977年発明 (JPA1977-126885) の電子shutter Clocking Scheme を世界で初めてSonyが応用したものである。かつ世界で初めて商品化が実現したもので、電子shutter機能を装備したFull-size Two-Chip ビデオカメラである。受光部はまだ受光表面がピン留めされたPinned Photodiodeではなかった。しかし、従来型の CCD/MOS 容量型の受光素子が採用されているが、このCCD/MOS 容量型の受光素子も、受光面はピン留めされた受光素子である。

Sonyは残像のないビデオカメラにこだわった。
高速離着陸映像の撮影を可能にした。世界最初。



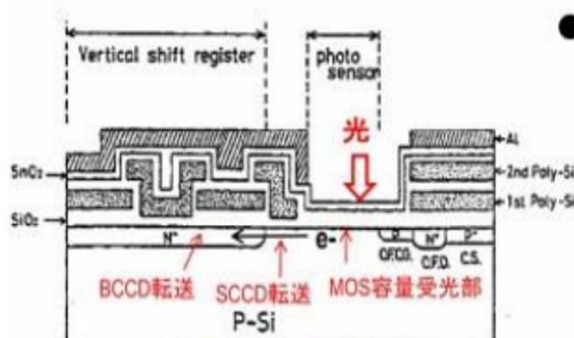
all solid state = robustness

ジャンボ機の
コックピットに搭載



このCCD/MOS 容量型の受光素子も、受光面がピン留めされた受光素子である。当然CCDは完全電荷転送が可能であり、残像がない。

電子シャッター機能の実現するには過剰電荷を吐き出す Overflow Drain (OFD)が必要でかつ完全に残像のない、完全電荷転送が可能な受光素子である事の2つの条件が必要となる。



●CCD/MOS容量型 Dynamic Photo Capacitorを採用して完全電荷転送を実現して残像のない。高速撮影が可能な映像を実現した



Pinned PhotodiodeとMOS/CCD型の受光素子以外は、電子シャッター機能は実現できない。

MOS 容量で受光して CCD 転送で 残像のない映像を実現した。 発明協会の公式WEBにも掲載

Who invented Electric-Shutter?

Hagiwara at Sony invented Electric-shutter in 1975.

Hagiwara invented Electric-shutter Clocking-Scheme which can be applied both Pinned Photodiode and also the conventional CCD/MOS photo capacitor type sensor.

The Pinned-surface PNPN triple junction type Pinned Photodiode (Sony HAD sensor) has the built-in vertical overflow drain (VOD) function which is capable of Electric-shutter function automatically.

The evidence is given by the three Japanese Applications applied by Hagiwara at Sony in 1975. They are JPA1975-127647, JPA1975-127647 and JPA1975-134985.

The clocking scheme using Punch-thru device action mode were also invented by Hagiwara in 1977 to achieve Electric-Shutter Function applicable both to the conventional Pinned-Surface CCD/MOS capacitor sensor and also Pinned Photodiode.

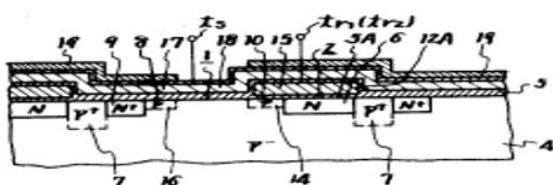
The details were defined in JPA1977-126885 also invented by Hagiwara at Sony in 1975. Electric Shutter is silent and does not make any noise, being free from any mechanical parts and also free from any high-speed flash bulbs.

JPA1975-126885 on the Electrical Shutter Clocking Scheme invented by Hagiwara in 1975

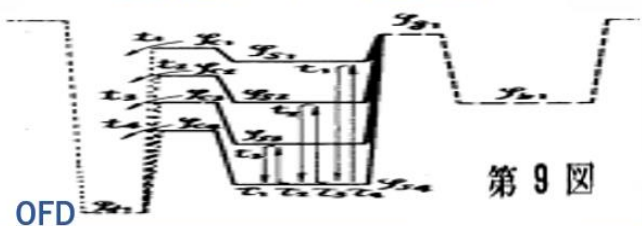
⑫公開特許公報 (A) 昭54—51318

- ①特 願 昭52—126885
②出 願 昭52(1977) 9 月29日
②発 明 者 越智成之
町田市木曾町880—1 境川住
宅37—202
同 橋本武夫
町田市玉川学園 5—3—38
②発 明 者 萩原良昭
横浜市保土ヶ谷区狩場町303の1
59 狩場台アパート402
①出 願 人 ソニー株式会社
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番
35号

実施例図 (3) 第 3 図



実施例図 9 ガンマ補正Mode



実施例図12 電子 Shutter Mode



OFD端子の電圧を極端に深くして、Punch-thru動作モードを利用している。完全に信号電荷を掃き出し、残像のない状態を実現して、効果的にメカフリーの電子Shutter機能を実現した。

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

電子機器の基幹部品である受光素子（CCD）の特許侵害訴訟を審理していた米ニューヨーク東部地裁は、ソニー（社）とローラル・フェアチャイルド社との判決を下し、ソニー勝訴の判決を下した。同訴訟はソニーが特許を侵害しているとの賠償請求が二月に出ていたが、ソニーが逆転勝訴した。フェアチャイルドは日立製作所、東芝など日韓の大手電機メーカー二十社以上を同様の訴訟で訴えており、ソニーの勝訴は他社の審理にも影響を与えそうだ。

ソニーは十五日明らかにしたように、2000年1月に米国最高裁で最終決着ソニー勝訴した。

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.

CCD特許侵害訴訟 日刊 7/16

ソニー、逆転勝訴

NY東部地裁

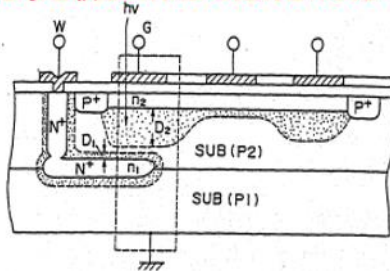
東部地裁は「ソニー製のCCDはローラル・フェアチャイルド社の三件の特許に抵触しない」との判決を下し、賠償金の請求を破棄した。フェアチャイルドは逆訴するなどの態度をまじえていたが、判決で逆転した。ソニーは「当社のCCDはフェアチャイルドの特許とは異なる製造プロセスと構造を採用している」と主張してきたが、その正当性が認められた」としている。またフェアチャイルドが控訴すれば、裁判が再び長期化する可能性も残っている。

CCDはカメラ一体型VTRやファクスなどの電子機器に使われる光学部品で「電子の目」と呼ばれる重要な部品。フェアチャイルドは自社が保有するCCDの製造プロセスと構造に関する二件の特許を侵害しているとして、九月、ソニーのほか日立、東芝、沖電気工業、松下など日韓の大手各社を訴えていた。ソニーは「当社のCCDはフェアチャイルドの特許とは異なる製造プロセスと構造を採用している」と主張してきたが、その正当性が認められた」としている。またフェアチャイルドが控訴すれば、裁判が再び長期化する可能性も残っている。

電子シャッター機能付きの 2-chip CCD カラービデオカメラ、世界初1980年に開発に成功し商品化した。しかし、その後、1990年から2000年まで、米国最高裁の最終判決でSONYが勝訴するまで、米国ローラル・フェアチャイルド社との間で萩原の1975年発明の垂直OFD付きのPinned Photodiode (SONYのHADセンサー)の構造特許と米国ローラル・フェアチャイルド社のJames EarlyのUSPとの間で熾烈な特許戦争が続いた。SONYが商品化したのは最終的にはCCD/MOS容量型の受光素子でなく、PNPN型のTriple接合のサイリスター構造の受光素子であり、サイリスターのPunch-thru動作は当時はすでに周知情報だった。ラッキーだった。

James Early, USP3896485, Dec 1973

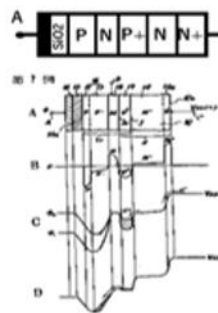
MOS容量型で、過剰電荷が受光表面に吸い上げられる事も萩原のHADの発明とは大きく異なる。



The VOD structure applied on CCD/MOS photo capacitor invented by James Early, 1973

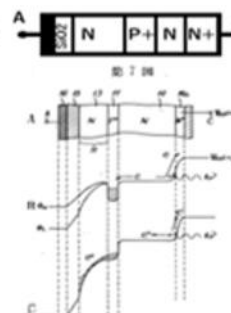
Oct 23, 1975
JPA1975-127646

Pinned Surface
N+NP+NP
Triple 接合型
受光素子



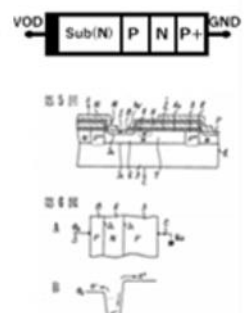
Oct 23, 1975
JPA1975-127647

Pinned Surface
N+NP+N
Double 接合型
受光素子



Nov 10, 1975
JPA1975-134985

Pinned Surface
PNP
Double 接合型
受光素子



Who invented Electric-Shutter?

Hagiwara at Sony invented Electric-shutter in 1975.

Hagiwara invented Electric-shutter Clocking-Scheme which can be applied both Pinned Photodiode and also the conventional CCD/MOS photo capacitor type sensor.

The Pinned-surface PNPN triple junction type Pinned Photodiode (Sony HAD sensor) has the built-in vertical overflow drain (VOD) function which is capable of Electric-shutter function automatically.

●1973 年には、CCD/MOS 容量型の受光素子に縦型 OFD (VOD) 構造を組み込む事が提案されました。

米国の Fairchild 社の著名な JAMES EARLY 氏から USP が出願されました。

●一方 1975 年に 3 件の出願特許の中で OFD 機能をつけて Pinned Photodiode を 発明しました。こちら

は CCD/MOS 容量型の受光素子ではなく、表面がピン留め された受光素子における VOD 構造でした。

●1977 年になり、Punch-thru 動作を利用して電子シャッター機能が実現する事を萩原は 提案し、発明特

許 1977-126885 を出願しました。この電子シャッターの CLOCK 駆動方式の発明は、従来に CCD/MOS

容量型の受光素子だけでなく、Pinned Photodiode にも利用できる発明でした。 残像のない受光素子と垂

直 OFD (VOD)構造の 2 つの条件があつてこそ電子シャッター機能が実現します。

●残像のない受光素子は、Pinned Photodiode だけでなく、CCD/MOS 容量型受光素子も残像がありませ

ん。両者とも電子シャッターが実現できました。CCD/MOS 容量型受光素子では SONY は 1980 年に実用

化商品化しています。

●SONY は 1980 年に ANA JAMBO に 2-CHIP I L T 方式の CCD カメラの受光部構造

では横型 OFD 構造を採用しました。萩原の JPA1977-126885 の発明で電子シャッター機能を CCD/MOS

容量型の受光素子ではじめて実現しました。

Who invented Electric-Shutter?

Hagiwara at Sony invented Electric-shutter in 1975.

Hagiwara invented Electric-shutter Clocking-Scheme which can be applied both Pinned Photodiode and also the conventional CCD/MOS photo capacitor type sensor.

The Pinned-surface PNPN triple junction type Pinned Photodiode (Sony HAD sensor) has the built-in vertical overflow drain (VOD) function which is capable of Electric-shutter function automatically.

●SONY が Pinned Photodiode に 縦型 OFD をつけて、電子シャッター機能をつけた受光素子を開発商品化したのは、1987年でした。 Pinned Photodiode では、SONYは1987年にやっと実用化商品化した。ビデオカメラの市場を制覇できたのは、そのすぐれた超光感度の性能だけでなく、残像のない電子シャッター機能を持つことが重要だった。その生産技術の確立にいろいろな工夫が必要でした。

●SONYは結晶欠陥や暗電流は白点が多発する従来のLOCOS素子間分離を使用しない事としました。代わりに高エネルギーイオン打ち込み技術を駆使して、P+層のそばに高濃度のP+のChannel Stops領域を設けることをSONY(萩原)は考案した。その生産性に優れたプロセスで受光部を形成し、SSDM1978の学会で発表した。世界で初めてLOCOS素子間分離のない、生産性の優れた受光素子を考案し、民生用のビデオカメラの生産から商品化への道を開いた。

●萩原が考案したLOCOS素子間分離のないプロセスだけでなく、同じ年齢で職場仲間の西山和夫氏により発明され開発されたランプアニール手法により結晶欠陥が少なくて歩留まり向上に大きく貢献するプロセスの開発実用化が実現した事が、実は、他社の追従を抑えた大きな要因であった。

●SONYは商品化する迄、最高秘密戦略商品であり、**開発段階での学会発表は消極的だった。**これがすべての災いとなった。**海外特許出願や国際学会で積極的に発表していない事がすべての災いとなった。**