

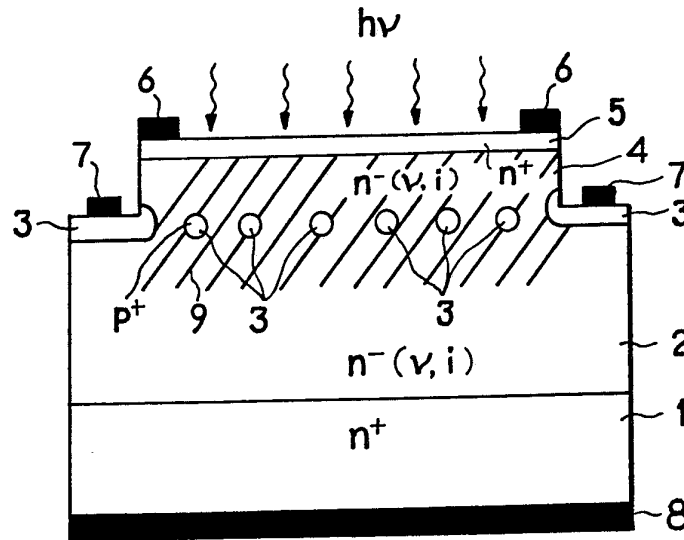


特許協力条約に基づいて公開された国際出願

|  |           |  |
|--|-----------|--|
| <p>(51) 国際特許分類<sup>3</sup><br/>H01L 31/10, 29/74, 29/80</p>  | <p>A1</p> | <p>(11) 国際公開番号<br/>WO 83/ 02038</p> <p>(43) 国際公開日<br/>1983年6月9日 (09. 06. 83)</p> |
| <p>(21) 国際出願番号 PCT/ JP82/ 00458</p> <p>(22) 国際出願日 1982年11月30日 (30. 11. 82)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願昭56-194286</p> <p>(32) 優先日 1981年12月1日 (01. 12. 81)</p> <p>(33) 優先権主張国 JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)<br/>財団法人 半導体研究振興会<br/>(SEMICONDUCTOR RESEARCH FOUNDATION) [JP/ JP]<br/>〒980 宮城県仙台市川内 Miyagi, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および<br/>(75) 発明者/ 出願人 (米国についてのみ)<br/>西澤潤一 (NISHIZAWA, Jun- ichi) [JP/ JP]<br/>〒980 宮城県仙台市米ヶ袋1丁目6番16号 Miyagi, (JP)</p> <p>(74) 代理人<br/>弁理士 玉蟲久五郎 (TAMAMUSHI, Kyugoro)<br/>〒171 東京都豊島区南長崎2丁目5番2号 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国<br/>DE (欧州特許), FR (欧州特許), GB (欧州特許),<br/>NL (欧州特許), US.</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p> |           |  |

(54) Title: SEMICONDUCTOR PHOTOELECTRIC CONVERTER

(54) 発明の名称 半導体光電変換装置



(57) Abstract

A semiconductor photoelectric converter which is capable of operating at a high sensitivity and high speed over a range of frequencies ranging from infrared to far infrared. For that purpose, the photoelectric converter is composed of a static induction type of transistor and a static induction thyristor. Atoms which form an impurity layer which is excited by light having a wavelength longer than the wavelength of the light corresponding to the energy of the forbidden band width of the channel region receiving the light are added to the channel region.

(57) 要約

本発明は、赤外から遠赤外の領域において高感度で且つ高速に動作し得る半導体光電変換装置を提供することを目的とする。そのために、静電誘導型トランジスタ、静電誘導サイリスタで光電変換装置を構成し、光を受けるチャンネル領域に該チャンネル領域の禁制帯幅のエネルギーに相当する光の波長よりも長い波長の光によって励起される不純物準位を形成する原子を添加したものである。

### 情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパフレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

|    |           |    |             |
|----|-----------|----|-------------|
| AT | オーストリア    | KP | 朝鮮民主主義人民共和国 |
| AU | オーストラリア   | LI | リヒテンシュタイン   |
| BE | ベルギー      | LK | スリランカ       |
| BR | ブラジル      | LU | ルクセンブルグ     |
| CF | 中央アフリカ共和国 | MC | モナコ         |
| CG | コンゴ       | MG | マダガスカル      |
| CH | スイス       | MW | マラウイ        |
| CM | カメルーン     | NL | オランダ        |
| DE | 西ドイツ      | NO | ノルウェー       |
| DK | デンマーク     | RO | ルーマニア       |
| FI | フィンランド    | SE | スウェーデン      |
| FR | フランス      | SN | セネガル        |
| GA | ガボン       | SU | ソビエト連邦      |
| GB | イギリス      | TD | チャード        |
| HU | ハンガリー     | TO | トーゴ         |
| JP | 日本        | US | 米国          |

(1)

## 明 細 書

## 半 導 体 光 電 変 換 装 置

## 技 術 分 野

本発明は、特に赤外より遠赤外の領域でその特徴を発揮する、高感度で高速な半導体光電変換装置に関する。

## 背 景 技 術

従来、熱電対、光導電セルを用いた赤外線、遠赤外線  
の検出器はあるが、これらは全て感度が悪く、動作速度が  
遅い等の欠点を有している。

## 発 明 の 開 示

本発明の目的は、このような従来の欠点を改善したものであり、その目的は、赤外から遠赤外の領域において高感度であり且つ高速に動作し得る半導体光電変換装置を提供することにある。

本発明の半導体光電変換装置は、一方の導電型の低不純物密度ないしは真性半導体のチャンネル領域と、チャンネルに接して設けられる主電流を流すための2つの主電極と、前記チャンネル領域に主電流通路を塞がないように設けられるゲート領域とを含み、前記チャンネル領域の半導体に前記チャンネル領域の禁制帯幅のエネルギーに相当する光の波長よりも長い光によつて励起される不純物準位を形成する原子を添加し、前記チャンネル領域の一部を光を受けられるようにし、前記チャンネル領域

(2)

内のゲート近傍の空乏層が、前記チャンネルに入射する光の光量及び前記2つの主電極及びゲートの少くとも1つに印加する電圧によつて制御されるようにしたものである。

本発明の半導体光電変換装置は、従来のバイポーラトランジスタ、フォトトランジスタにはない、次のような優れた点を有している。即ち、

- (1) 高感度である。
- (2) ゲート領域が高不純物密度な $p^+$ (あるいは $n^+$ )層であるために、ゲート抵抗が小さく高速である。更にゲートに接続される外部のゲート抵抗 $R_G$ により、任意に速度の調整ができる。
- (3) 低雑音であり、常温動作だけでなく、低温動作でも良い。

等の利点を有していることにより、従来、高速、高感度な三端子装置のなかつた赤外・遠赤外光の半導体光電変換装置であり、工業的価値の高いものである。

#### 図面の簡単な説明

第1図(A),(B)は本発明の光検出素子の断面図、第2図(A)乃至(C)は本発明の半導体光電変換装置の動作説明図及び赤外ないしは遠赤外光が照射されたときの電流、電圧特性図、第3図(A),(B)乃至第5図は本発明の別の実施例の断面図、第6図(A)乃至(D)は本発明の光検出素子のうち静電

## (3)

誘導サイリスタの断面図，第7図(A)乃至(D)は第6図の実施例の半導体光電変換装置の動作説明図，及び赤外ないしは遠赤外光が照射されたときの電流，電圧特性図，第8図(A),(B)は本発明の半導体光電変換素子の外囲器に赤外光ないしは遠赤外光を照射させた実施例，第9図(A)乃至(D)はゲートにコンデンサを接続した本発明の実施例の断面図，第10図(A)乃至(D)はドレインあるいはソースにコンデンサを接続した本発明の実施例の断面図，第11図(A)乃至(D)はゲートに抵抗とコンデンサを接続した実施例の断面図，第12図(A)及び(B)はゲートをフローティングにした実施例の断面図，第13図はゲートをショットキーバリアとした実施例の断面図，第14図(A),(B)及び第15図(A),(B)は第9図及び第10図に示される本発明の半導体光電変換装置の構成を示す実施例である。

## 発明を実施するための最良の形態

第1図(A),(B)は本発明の半導体光電変換装置に用いる半導体装置の一例の断面図である。

1はSiの $n^+$ 基板，2は $n$ 型の高抵抗層（ $\nu$ 層あるいは真性半導体の $i$ 層でも良い），3はゲートとなるべき $p$ 型の高不純物密度な $p^+$ 層で， $n$ 型の高抵抗層2で形成される主電流通路（以下チャンネルと称す）を塞がない形状になつている。 $p^+$ 層3は網目状，線状など任意の形状で良い。4は同じく $n$ 型の高抵抗層で不純物密度は高



## (4)

抵抗層 2 と同じでも良い。5 は  $n$  型の高不純物密度の  $n^+$  層，6 はソース電極，7 はゲート電極，8 はドレイン電極である。

ソース電極 6 は赤外光あるいは遠赤外光  $h\nu$  をチャンネルに照射するように，ソース全面を塞がないように設ける。

領域 2，4 のチャンネルとなるべき領域には，赤外光や遠赤外光に励起される不純物原子をドーピングしておく。図中の斜線領域 9 はその領域を示す。この赤外光や遠赤外光に励起される不純物原子のドーピング領域は，検出しようとする波長領域によつて選び，ドーピングする領域は赤外光や遠赤外光の侵入深さ程度で良い。場合によつてはチャンネルの全領域にドーピングしても良い。このような不純物原子として， $Ge$  では  $Au$ ， $Hg$ ， $Zn$  等が， $Si$  では  $Au$  等が良い。

本発明は、特にチャンネル中に赤外光や遠赤外光によつて励起される不純物原子をドーピングすることを特徴としている。

第 1 図 (A) の半導体装置は，例えば高抵抗層 2，4 はエピタキシャル成長法によつて又ゲートの  $p^+$  領域は選択拡散，選択イオン注入法によつて形成される。領域 9 は  $n^+$  領域 5 を拡散によつて形成後，適当な原子を真空蒸着あるいは直流スパッタのような方法でつけた後に熱処理をして

(5)

所望の深さまで拡散させることによつて形成する。各電極 6, 7, 8 は Al を真空蒸着した後に、選択エッチングをして形成する。第 1 図(A)の半導体装置を保護するために、赤外光、遠赤外光の照射の為に支障にならない薄さで保護膜をつけることは差しつかえない。又ソースの電極は Al のような金属電極でなく、透明電極でも良い。

高抵抗層 2, 4 の不純物密度は  $10^{16} \text{ cm}^{-3}$  以下、 $p^+$  のゲート領域 3 の不純物密度は  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以上、 $n^+$  領域 1, 5 の不純物密度は  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以上が好ましい。これは静電誘導型トランジスタとなる条件である。チャネルの不純物密度を高くすると通常の電界効果トランジスタとなる。

本発明は、静電誘導型トランジスタが良いが通常の電界効果トランジスタにも有効である。

第 1 図(B)は本発明の別の実施例で、第 1 図(A)と同様に埋込み型のゲート構造を有する半導体光電変換装置を示す。

図中 2 は高抵抗の  $n^-$  層 ( $\nu$  層あるいは真性半導体の  $i$  層でもよい)、3 はチャネルを塞がない形状にされた高不純物密度な  $p^+$  層でストライプ状あるいは網目状の構造の領域、4 は  $n^-$  層 2 と同じ高抵抗の  $n^-$  層である。 $n^-$  層 2, 4 で形成されるチャネルは遠赤外光、赤外光  $h\nu$  に励起される不純物原子が添加されている。図中の斜線部 9 がその領域で、 $n^-$  層 2, 4 の全領域である必要はない。1, 5 は

(6)

それぞれドレイン，ソースとなるべき高不純物密度の $n^+$ 層である。8,6,7はそれぞれドレイン電極，ソース電極，ゲート領域である。赤外光あるいは遠赤外光は図に示すようにドレインより照射される。

第2図(A),(B),(C)は，本発明の半導体光電変換装置の動作説明図である。

第2図(A)は，ゲート，ソース間にバイアス電源がないフローティングゲートとした場合である。

$Q_1$ は本発明の半導体光電変換装置， $V_{DS}$ はドレイン，ソース電圧源， $R_1$ は負荷抵抗である。半導体光電変換装置 $Q_1$ には $h\nu$ という赤外光あるいは遠赤外光が照射されている。I-V特性は図示したように光量が0のときに電流が流れず，光量が $g_1, g_2, g_3, g_4$ と増すとドレイン電流が流れ，負荷抵抗に $V_{out}$ という光に対応した出力電圧が生じる。この動作は赤外，遠赤外光に励起され，電子・正孔対が生じ，正孔はゲートの $p^+$ 領域に集まり正に帯電し，ゲート・ソース間に順方向電圧が生じ，ソース・ドレイン間電流が流れることによつてゐる。

第2図(B),(C)はそれぞれ，ゲート・ソース間に順方向電圧源，逆方向電圧源をゲート抵抗 $R_G$ を介して接続したときの本発明の半導体光電変換装置の動作説明図である。

$V_{GS}$ はゲート・ソース間の電圧源， $R_G$ はゲート抵抗で0から任意の抵抗値を選定するために設けられている。

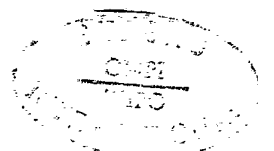


(7)

第2図(B)のゲート・ソース電圧が順方向の場合には、ゲート近傍のチャンネルに照射された赤外・遠赤外光 $h\nu$ によつて励起された電子・正孔対がゲート・ソース間に流れることによつて、チャンネル中の最も電子に対して電位障壁の高い真性ゲート点の電位が低下して、ソース領域よりドレイン領域へ電子が急激に流れる。光量が0から $g_1 \sim g_4$ へと増大することによつてドレイン電流は増して、赤外光あるいは遠赤外光に対する増幅が行なわれる。このときにゲート抵抗 $R_g$ を変化させることによつて感度の調節をすることができる。

第2図(C)は、ゲート・カソードを逆方向バイアスにした本発明の赤外、遠赤外光の半導体光電変換装置である。

ゲートバイアスを深く、ドレイン電流が流れないようにしておいて、赤外光あるいは遠赤外光 $h\nu$ が照射されることによつてチャンネルに励起された電子・正孔対のうち、正孔は直ちにゲート電極へ引き寄せられてゲート電流が流れ、そのゲート電流によつてゲート抵抗 $R_g$ に生ずる電圧降下はゲート・ソース間の電圧を正方向に振り込むことによつて急激にドレイン電流は増大して、赤外光ないしは遠赤外光に対する増幅をする。I-V特性は光量が0より $g_1 \sim g_6$ まで増大するときの様子を示している。ドレイン電圧を $V_{D1}$ ,  $V_{D2}$ ,  $V_{D3}$ と変化させることによつて、光感度特性を変化させることも可能である。



(8)

静電誘導トランジスタでは、ゲートからチャンネルへ空乏層ができ、その空乏層の生じさせ方によつて、ノーマリオフ、ノーマリオン型の I-V 特性を得ることができ、これはゲートの間隔、ゲートの厚さ、チャンネルの不純物密度を制御することによつて所望の I-V 特性を実現できる。第 2 図(A)乃至(C)の動作特性は本発明の赤外あるいは遠赤外光の半導体光電変換装置の使用目的に応じて、選定できる。

第 2 図(A)乃至(C)の動作は半導体光電変換装置  $Q_1$  乃至  $Q_3$  が  $n$  チャンネルとして説明してきたが、 $p$  チャンネルでも同様の半導体光電変換装置が実現できるのは勿論である。

第 3 図(A),(B)は更に本発明の別の実施例である。

ゲート・ソース間の浮遊容量を減少させるためにゲートをソースと同一平面上に設置した平面ゲート構造の赤外・遠赤外光の光電変換半導体装置である。20 はドレインとなる  $n^+$  の基板、21 は高抵抗な  $n^-$  層 ( $\nu$  層あるいは真性半導体  $i$  層でも良い)、23 はソースとなるべき高不純物密度の  $n^+$  層、22 は  $n^-$  層 21 のチャンネルを塞がない形状であつて線状あるいは網目状の構造を有している高不純物密度の  $p^+$  層ゲート領域、24, 25, 26 はそれぞれゲート、ソース、ドレイン電極である。27 は本発明の赤外光あるいは遠赤外光  $h\nu$  によつて励起される不純物原子を添

(9)

加した領域であつて、赤外光ないしは遠赤外光 $\mu$ の照射される領域に形成されている。

第3図(B)は第3図(A)の上面図で、ゲート、ソース電極がくしの歯状のストライプ構造を有している。30はゲート電極24のボンディング領域(パッド)、31はソース電極25のボンディング領域(パッド)である。

第4図は本発明の別の実施例である。

赤外光・遠赤外光に照射されるチャンネルの受光面積を増加させる為に、ゲート電極25、ゲートの $p^+$ 領域22をソースより下部に掘下げた形状にした、掘込ゲート構造を有している。掘込ゲート構造は、化学エッチング、プラズマエッチング等の方法により容易に形成できる。

第1図、第3図の実施例よりもゲート・ソース間の浮遊容量は減少する。

第5図は、本発明の更に別の実施例で、第4図の半導体装置よりもゲート・ドレイン間の浮遊容量を減少させたもので、ドレイン領域まで切り込みをし、絶縁物33を設け、その上面にゲート電極25を設けたものである。

この実施例のものは、ゲート・ソース間及びゲート・ドレイン間の浮遊容量が小さく、チャンネルへの赤外光ないしは遠赤外光の受光面積が増すので、より高速、高感度な、赤外光ないしは遠赤外光の半導体光電変換装置となる。

(10)

静電誘導サイリスタは、従来の  $p-n-p-n$  構造のサイリスタではできなかつた、ゲート電圧による高速なオン・オフができるので、本発明の半導体光電変換装置に用いることができる。

第6図(A)乃至(D)は静電誘導サイリスタ(以下SIサイリスタと称す)を半導体光電変換装置の半導体装置とした実施例である。

第6図(A)は埋込みゲート構造のSIサイリスタで、第1図(A)の静電誘導トランジスタのドレイン領域をアノード領域の  $p^+$  領域としたものである。

40 はアノード領域となるべき  $p$  型の高不純物密度領域、45 はカソードの  $n$  型の高不純物密度領域、41 はチャンネルとなる高抵抗な  $n^-$  層ないしは真性半導体領域、43 はゲートの  $p$  型不純物密度領域、42 はチャンネル中に設けた遠赤外、赤外光  $h\nu$  に励起される不純物原子の添加された領域、48 はアノード電極、46 はゲート電極、47 はカソード電極である。ゲートの  $p^+$  領域の不純物密度、ゲートの幅と厚さ、ゲート間隔を変化させることによつてノーマリオン、ノーマリオフ両方のアノード電流・電圧特性をもつ静電誘導サイリスタを製作できる。順方向の阻止電圧は、ゲートの形状とチャンネル層の厚さと不純物密度で決まる。導通時には  $p^+-n^-(i)-n^+$  ダイオードとして動作するので、アノード領域とカソード領域の不純物密

(11)

度は、注入効率を高めるために高いことが望ましい。ゲート抵抗を小さくすれば主電流の遮断能力は増し、スイッチング速度が早くなるしまたブレイクオーバーしにくくなるので、ゲート領域の不純物密度は高いほど良い。ゲート、アノード、カソード各領域の不純物密度はおおよそ  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以上、チャンネルの不純物密度は約  $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  以下とする。順方向の阻止電圧は  $\text{Si}$  の高抵抗  $n^-$  基板で厚さがおおよそ  $300 \mu\text{m}$  のものをチャンネルとすれば、約  $600\text{V}$  となる。

アノード領域 40 として  $p^+$  基板を用いその上に気相成長で  $n^-$  層を形成しても良いし、 $n^-$  の高抵抗基板に  $p$  型不純物のボロンによる拡散で、ゲート、アノード各領域を形成しても良い。

第 6 図 (B) は平面ゲート構造、第 6 図 (C), (D) は切込ゲート構造の静電誘導サイリスタである。第 6 図 (B) ~ (D) は第 6 図 (A) よりもゲート・カソード間及びゲート・アノード間の浮遊容量が減少し、スイッチング速度が早くなるという利点を有する。第 6 図 (D) において 49 は絶縁物で例えば  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜で CVD 法により形成される。

第 7 図 (A) 乃至 (D) は第 6 図に示された静電誘導サイリスタの動作説明図である。

第 7 図 (A) はノーマリオフ型の静電誘導サイリスタ  $Q_{10}$  を用いてゲートはフローティングにし、アノード・カソ



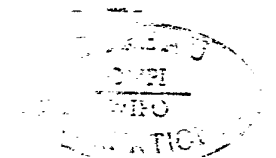
(12)

アノード・カソード間電圧  $V_{AK}$  と負効抵抗  $R_L$  を接続している。  $h\nu$  というエネルギーをもつた赤外ないしは遠赤外光が  $Q_{10}$  に照射し、アノード・カソード間に電流が流れ、出力  $V_{out}$  が生じる。これで光電変換が行なわれる。

第7図(B)は第7図(A)の動作のときのI-V特性を示す。 $V_{AK} = 0V$  で  $V_{AK1}$  まで順方向阻止されている状態のときに光量を  $g_1 \sim g_4$  まで増加させると、アノード電流は増加する。赤外光ないしは遠赤外光が照射されなくなると、又元の阻止状態へ移行する。

第7図(C)はノーマリオン型の静電誘導サイリスタ  $Q_{11}$  でゲート・カソード電圧を逆バイアスにして  $V_{AK1}$  までアノード電圧を阻止しておき、赤外ないしは遠赤外光量を0から  $g_1 \sim g_6$  まで増したときのI-V特性である。電圧を負にして順方向阻止電圧を高くしておく。 $h\nu$  というエネルギーをもつた赤外ないしは遠赤外光がチャンネルへ照射されたときに、ゲート・カソード間に電流が流れ、抵抗  $R_G$  に電圧降下が生じ、ゲート・カソード間電圧が小さくなることにより、静電誘導サイリスタ  $Q_{11}$  のアノード・カソード間電流が流れて出力電圧  $V_{out}$  が生じ、光電変換が行なわれる。赤外光ないしは遠赤外光が照射されなくなると、抵抗  $R_G$  の電圧降下はだんだん少なくなつていつて元の逆方向電圧  $V_{GK}$  に戻り主電流は遮断される。

第8図(A)は本発明の別の実施例である。



(13)

窓部 52 を有するキャップ 51 とステム 50 よりなる外囲器に、本発明の半導体光電変換装置 53 を組み込んでいる。55 はゲートのピン、56 はソースないしはカソードのピンで、ステム 50 がドレインないしはアノードとなる。55, 56 はそれぞれステム 50 とは絶縁されていて、半導体光電変換装置のゲート電極とソース電極は金線あるいはアルミニウム線 54 でゲートのピン 55, ソースのピン 56 と接続されている。窓部はガラス、石英ガラス、透明な樹脂、サファイア等を用い、入射光によつて選択されるものである。窓部は第 8 図(B)のように、レンズ構造としても良い。57 はレンズ状の窓材で、図示するよう入射する赤外ないしは遠赤外光を本発明の半導体光電変換装置の動作層に集光させる働きをしている。

外囲器は、上述のような金属製のものでなくても、窓部を有していれば、樹脂封じ等、通常の写真ダイオード、フォトトランジスタ等に用いられているものでも良い。

本発明の別の実施例を第 9 図に示す。第 9 図(A)は本発明の半導体装置を赤外ないしは遠赤外光蓄積セルとする場合の原理図で、静電誘導トランジスタのゲートにコンデンサを接続したものである。この半導体装置は第 1 図乃至第 8 図に説明してきた半導体装置が使える。赤外ないしは遠赤外光が照射されてチャンネル中に生成した



(14)

キャリアがゲート近傍に集まり、静電容量を充電することによつて、赤外ないしは遠赤外光信号の蓄積がされる。第14図(B)は実施例である。たとえばSiの $n^+$ 基板60上に高抵抗な $n^-$ (真性半導体でも良い)層61を気相成長法により形成し、 $SiO_2$ 膜により選択拡散を行なつて、高不純物密度の $p^+$ 領域のゲート63、及び高不純物密度のソースとなるべき領域62を形成する。チャンネルの $n^-$ 層の一部ないし全域は、赤外ないしは遠赤外によつて励起される不純物原子を添加した領域69とする。65はゲート上のコンデンサを形成する物質で $SiO_2$ 、 $Si_3N_4$ 等の誘電体であり、66はAl等の金属電極である。67,68はそれぞれソース、及びドレインの金属電極である。67,68は第9図(A)のようにドレイン、ソースとしても良い。64は表面保護膜としての $SiO_2$ 膜である。

第9図(C)はコンデンサを接続したゲート63とコンデンサを接続しないゲート(以下フローティングゲートと呼ぶ)70を有する実施例である。63,70は同一の拡散工程で形成することができる。フローティングゲートは、金属配線をして適当なバイアスを加えてもよいし、ソースと同電位にしてもよい。以上はソース、又はドレインを $n^+$ 基板とした場合であるが、次に $p$ 基板を用いての実施例を第9図(D),(E)に示す。第9図(D)において、71はボロンドープの $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度の $p$ 基板に、As拡散でドレイン



(15)

領域 72 を形成する。その上に高抵抗な  $n^-$  (真性半導体層でもよい) 層 61 を気相成長法により形成する。埋込みドレイン領域 72 を表面に配線するために、 $n^+$  層 73 を選択拡散法によつて形成する。以下第 9 図 (B) と同一工程によつてゲート、ソースは形成できる。

ドレイン電極 68, ゲート電極 66, ソース電極 67, 基板電極 74 は Al によつて形成する。

第 9 図 (E) は第 9 図 (D) の実施例の 1 つのセルを分離するための一実施例で、拡散分離を行なつたものである。85 の  $p$  層ないし  $p^+$  層は分離領域である。上記の実施例においてチャンネルの  $n^-$  層の一部を赤外ないしは遠赤外光によつて励起される不純物原子を添加した領域 62 を設けているために、赤外ないしは遠赤外光信号をゲート領域のコンデンサに蓄積することができる。ソースとドレインは実施例に述べたものと逆にしても良いことは勿論である。

第 10 図 (A) 乃至 (D) は本発明の別の実施例で、第 10 図 (A) はソースに赤外ないしは遠赤外光信号を蓄積するコンデンサ、第 10 図 (B) はドレインに赤外ないしは遠赤外光信号を蓄積するコンデンサを接続したものである。

実施例の符号は第 9 図と対応している。第 10 図 (C) は  $n^+$  のソース領域 62 にコンデンサを接続したもので、75 はシリコン多結晶、76 は酸化膜、67 は Al の電極であり、

(16)

75,76,67によりコンデンサが形成されている。ゲートの $p^+$ 層62には金属電極66を形成している。

第10図(D)は $p$ 基板上に第10図(B)に示すドレインに接続されるコンデンサを設けた一実施例である。77はシリコン多結晶、76は酸化膜、68はドレイン電極であり、77,76,68によりコンデンサが形成されている。

第10図(C),(D)において、ソースとドレインは逆になつても良い。コンデンサを形成する物質はシリコンの酸化膜に限らず $Si_3N_4$ 膜、 $Al_2O_3$ 膜等でも良い。

本発明の別の実施例を第11図(A)乃至(D)に示す。第11図(A)は静電誘導トランジスタのゲートにコンデンサと抵抗を並列に接続したもので、第11図(B)は同じくゲートにコンデンサと抵抗を直列に接続したもので、それぞれ赤外ないしは遠赤外光信号を、コンデンサと抵抗の時定数で決まる時間だけ蓄積しようとするものである。なお、抵抗値が大きければコンデンサを省略しても良い。また、ソース或はドレインに抵抗を直列若しくは並列に接続したコンデンサを接続しても良い。

第11図(C)はゲートにコンデンサと抵抗を並列にした実施例である。

77は例えばボロンをドーブしたシリコン多結晶による抵抗、78は $SiO_2$ 等の誘電体薄膜で、66は金属電極である。77,78,66によりコンデンサと抵抗がゲート領域

(17)

62 に接続される。

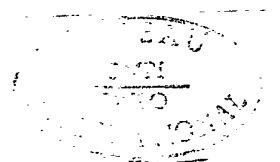
第 11 図 (D) は第 11 図 (B) に対応する本発明の別の実施例で、80 はボロンドープされたシリコン多結晶で抵抗として働き、81 は  $SiO_2$  等の誘電体薄膜、66 は金属電極である。80, 81, 66 によりゲート領域 62 に直列に接続される抵抗とコンデンサが形成される。

抵抗とコンデンサは上記のものに限らず、リンドープの多結晶、 $p-n$  接合、 $Si_3N_4$  膜、 $Al_2O_3$  膜等によつても形成できる。

第 12 図は本発明の別の実施例で、ゲートをフローティングしたものである。第 12 図 (A) は第 9 図 (B) の実施例において、ゲートに金属配線等をしていないものである。第 12 図 (B) は第 9 図 (D) の実施例においてゲートに金属配線等をしていないものである。

第 9 図乃至第 12 図の半導体光電変換装置は静電誘導トランジスタだけでなく、静電誘導サイリスタも用いることができる。

第 13 図は本発明の別の実施例で、ゲートを  $p^+$  層ではなくショットキーバリアとしたものである。90 は  $Si$  の  $n^+$  基板、91 は高抵抗な  $n^+$  層 (真性半導体でも良い)、93 はソースとなるべき高不純物密度の  $n^+$  層、94 は表面保護膜、95 は  $Pt, Mo$  のような  $Si$  に対してショットキーバリアを形成する金属、96, 97 はソース、ドレインの金属



(18)

電極である。ショットキーバリアゲートは平面ゲートの構造だけでなく、第1図乃至第12図で説明した実施例の $p^+$ ゲートのかわりに使うことができる。

第14図は本発明の別の実施例である。第14図(A)は第9図の実施例の本発明の光電変換装置の接続方法を示す実施例である。 $Q_{20}$ はゲートにコンデンサが接続された本発明の半導体光電変換装置である。二次元に配列された半導体光電変換装置のゲートを $b_1, b_2, \dots$ , ソースを $a_1, a_2, \dots$ , ドレインを $c_1, c_2, \dots$ と接続している実施例である。例えば第9図(B)の静電誘導トランジスタの場合には $n^+$ 基板をドレインあるいはソースとしているから、ドレインあるいはソースは共通線としてよい。基板側がドレインとすればソースとゲートの配線を基板の表面側で行えばよい。第14図(B)は、第14図(A)においてのソースとドレインを逆にしたものの実施例である。

第15図(A)はソースにコンデンサ、第15図(B)はドレインにコンデンサを接続した本発明の半導体光電変換装置の別の実施例である。 $Q_{21}$ は第10図に示した実施例の半導体装置である。

第14図、第15図共に半導体装置は第2図乃至第6図に示された素子を使用することができる。

二次元の配線には、絶縁物を介した二層配線、片方の電極はポリシリコン、他方はAlによる金属配線など、従



(19)

来のランダムアクセスメモリセルなどで知られている技術によつて行なうことができる。

第14図及び第15図にはゲート、ソース、あるいはドレインにコンデンサを接続した本発明の半導体光電変換装置を示したが、第11図に示した半導体光電変換装置、あるいは第9図乃至第11図に示されたものを組み合わせてひとつのセルとしても良い。

第14図及び第15図の実施例においては、 $h\nu$ というエネルギーを有する赤外ないしは遠赤外光が照射されると、二次元に配置されたセルによつて、赤外ないしは遠赤外光電変換が行なわれることになる。この半導体光電変換装置はセルが1個の静電誘導トランジスタで構成されていることと、光増幅率が大きいので、ダイオードとCCD、あるいはダイオードとMOSトランジスタによる光センサに比較して赤外、遠赤外光への感度が良く、構造が簡単であるという非常に優れた特徴を有する。

以上に述べた実施例のうち、ゲートをフローティングにすると光照射によつてチャンネル中に生じた少数キャリアは逆導電型のゲート領域に蓄積されている。ゲート領域を浮遊構造にしておくと、蓄積した電荷はリーク抵抗を介して消去するだけなので、応答速度が遅くなる。

蓄積した電荷を積極的に逃がすには、ゲート領域とソース領域との間に導電路を接続すればよい。抵抗を接続

(20)

した場合は、ゲート領域の容量と抵抗との値によつて応答速度が決まる。この抵抗は同一半導体チップ内に拡散等によつて形成することができる。

導電路としてスイッチ手段を接続すると、スイッチングの断続周波数で応答速度が決まる。この場合、スイッチ手段がオフの期間は電荷が蓄積し続けるので、応答速度が遅くても感度を上げたい場合は、スイッチ手段のオフの期間を長くすればよい。スイッチ手段をトランジスタ等で形成し、同一半導体チップに集積化してもよいし、メカニカルチョツパ等で形成し外付けしてもよい。

実施例では、チャンネルは高抵抗な $n^-$ 領域として、 $n$ チャンネルのものを説明してきたが、 $p$ チャンネルにしても良いことは勿論である。

受光部の構造は、上記実施例の構造に限らない。たとえば受光面を形成する場所は、ドレイン側でもソース側でも、それ以外の場所でも構わない。動作状態において活性領域に十分光を導入できればよい。

上記実施例のように、受光面側に電極が配置される時の電極構造も、図示の如きものに限らない。電極をストライプあるいはメッシュ形状にしてもよいし、受光面全面に透明電極を設けてもよい。

半導体材料は $Si$ に限らず、 $Ge$ 、 $Pb_{1-x}Sn_xTe$ 、 $Pb_{1-x}Sn_xS$ 、 $Pb_{1-x}Sn_xSe$ 、 $Hg_{1-x}Cd_xTe$ 、 $InSb$ 、 $GaAs$ 等のIII-V化合物半導



(21)

体，ないしその混晶である  $Ga_xAl_{1-x}As$  等を用いることができる。

素子の製造方法としては，拡散のかわりにイオン注入法，絶縁膜を作るための CVD 法，プラズマエッチング法，陽極酸化法，スパッタ法による膜形成等，周知の半導体製造方法を使うことができる。



(22)

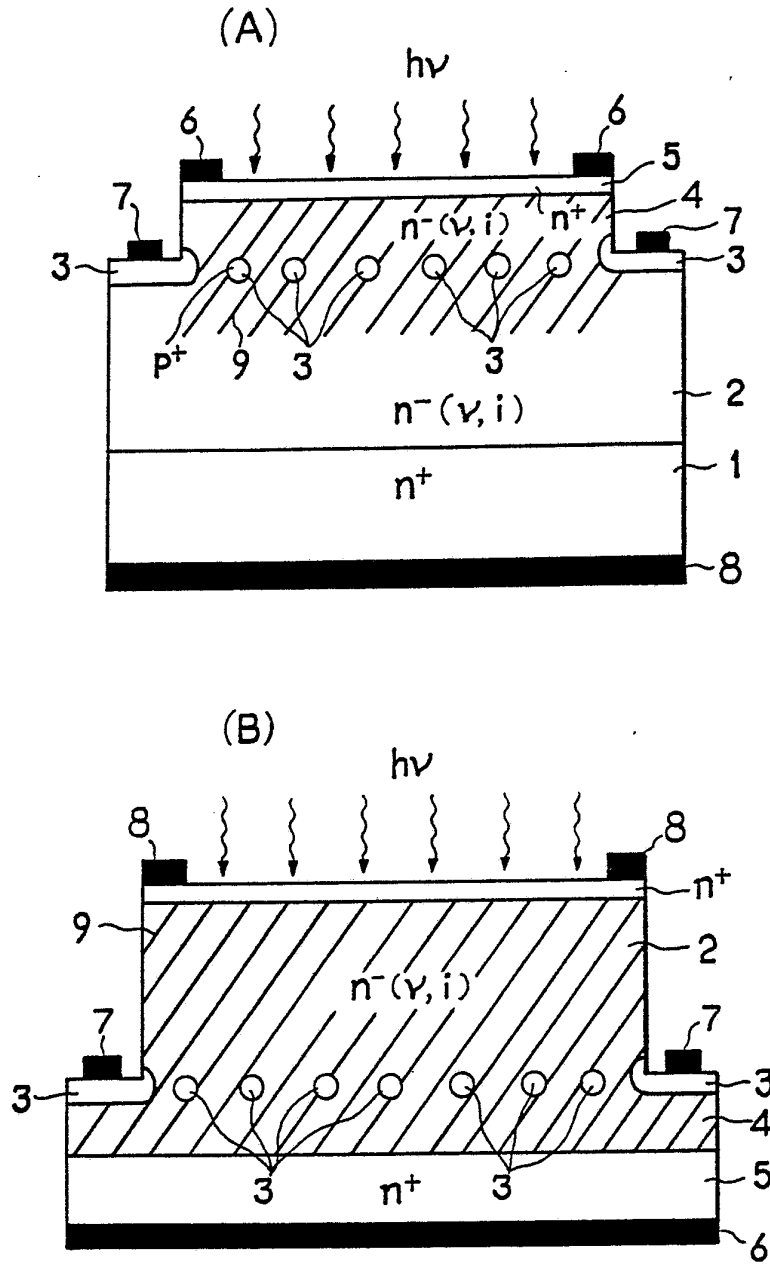
## 請 求 の 範 囲

- (1) 一方の導電型の低不純物密度ないしは真性半導体のチャンネル領域と、チャンネルに接して設けられる主電流を流すための2つの主電極と、前記チャンネル領域に主電流通路を塞がないように設けられるゲート領域とを含み、前記チャンネル領域の半導体に前記チャンネル領域の禁制帯幅のエネルギーに相当する光の波長よりも長い波長の光によつて励起される不純物準位を形成する原子を添加し、前記チャンネル領域の一部を光を受けられるようにし、前記チャンネル領域内のゲート近傍の空乏層が、前記チャンネルに入射する光の光量及び前記2つの主電極及びゲートの少くとも1つに印加する電圧によつて制御されることを特徴とする半導体光電変換装置。
- (2) ゲートもしくは2つの主電極領域の少くとも一つにコンデンサが接続されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体光電変換装置。
- (3) ゲートもしくは2つの主電極領域の少くとも一つに抵抗を直列もしくは並列に接続したコンデンサが接続されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体光電変換装置。
- (4) ゲートに抵抗が接続されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体光電変換装置。



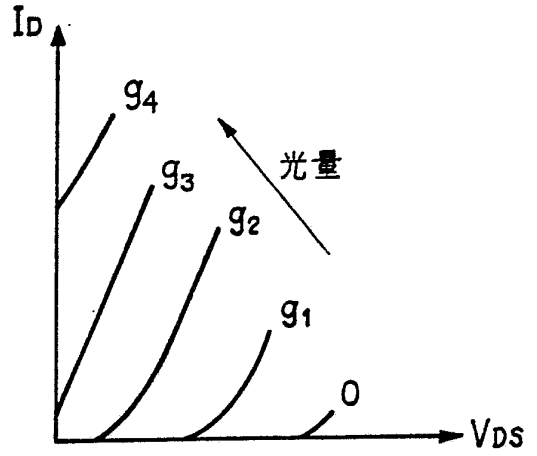
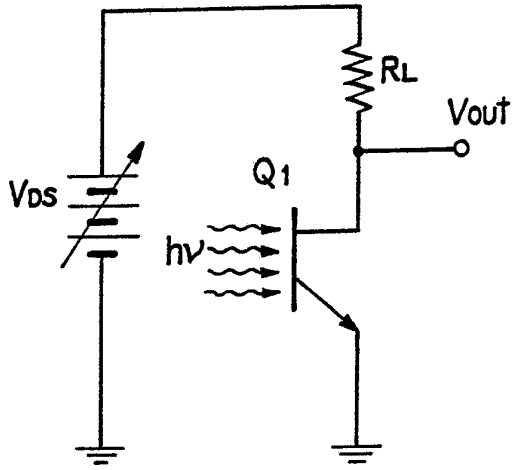


第 1 図

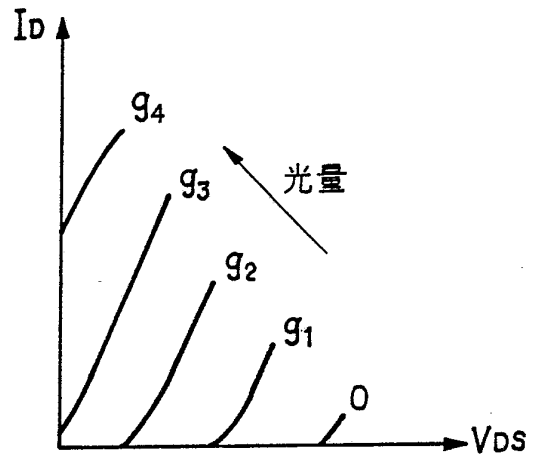
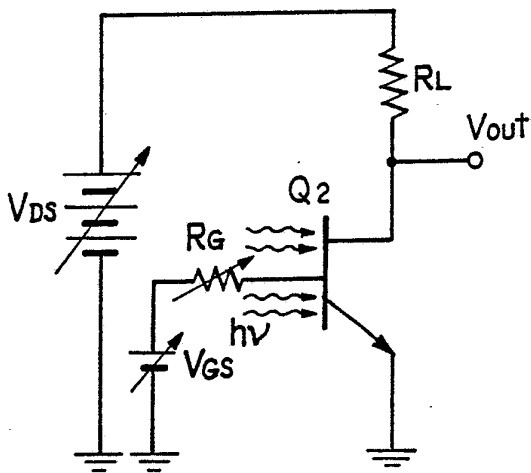


第 2 圖

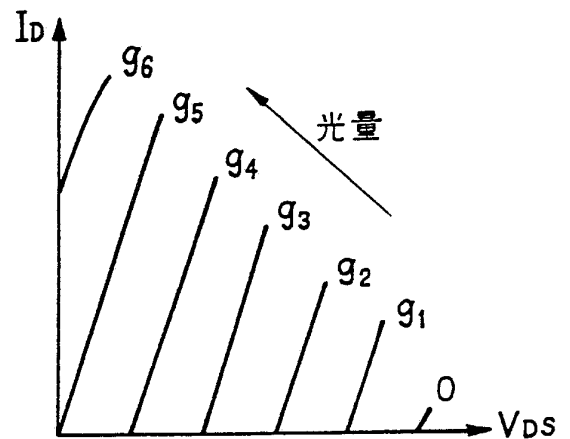
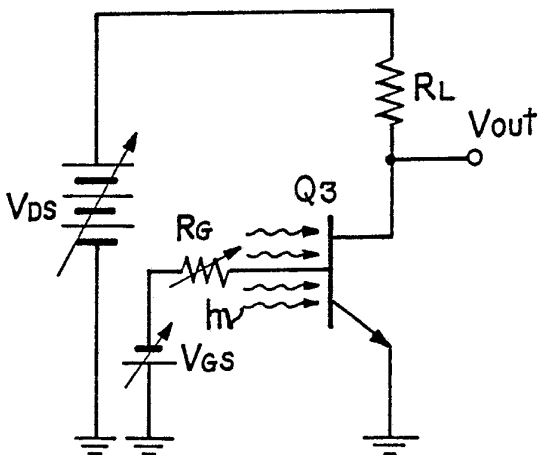
(A)



(B)



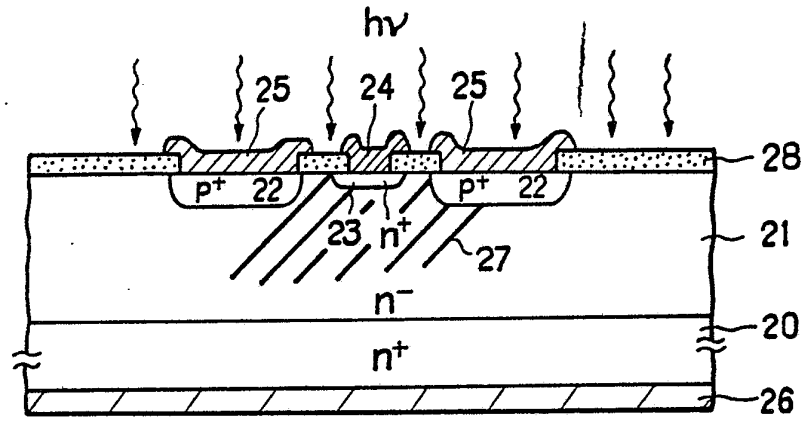
(C)



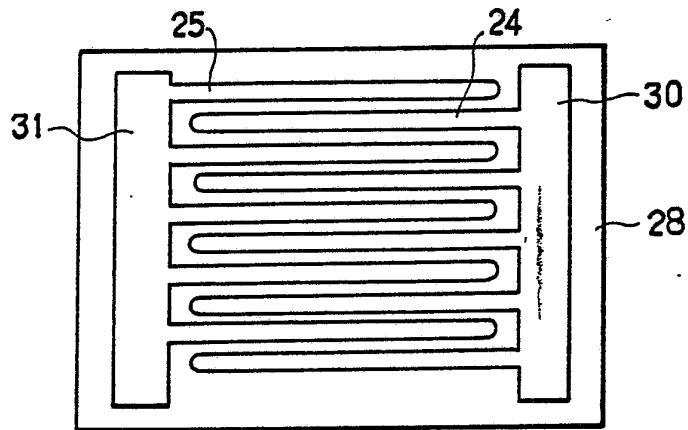
3

第 3 图

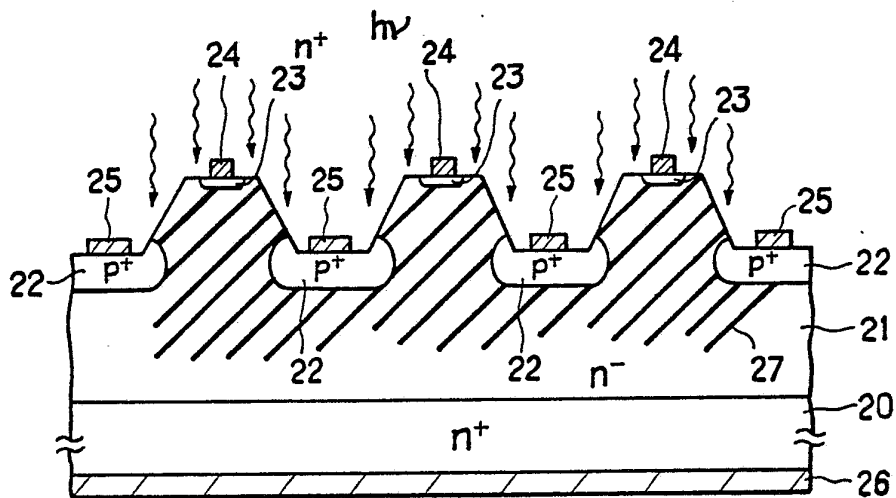
(A)



(B)

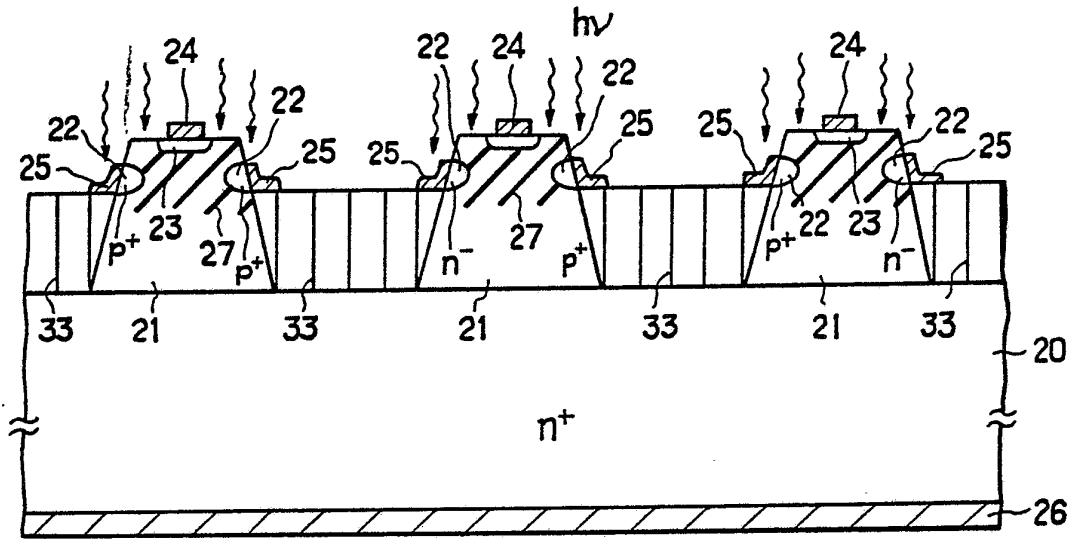


第 4 图

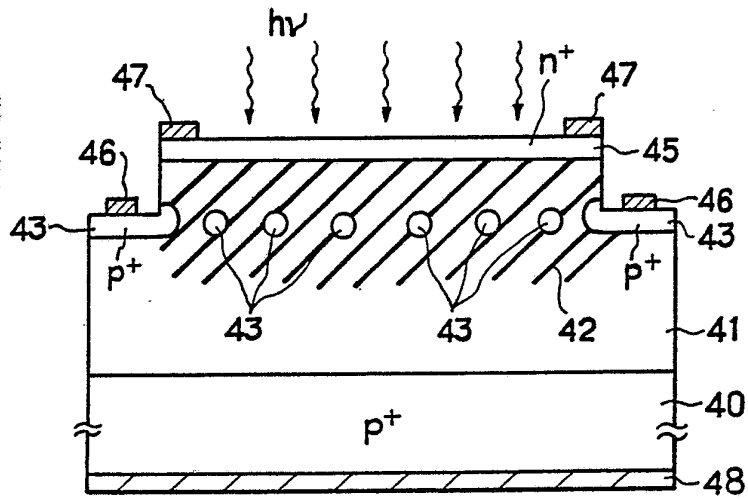


4

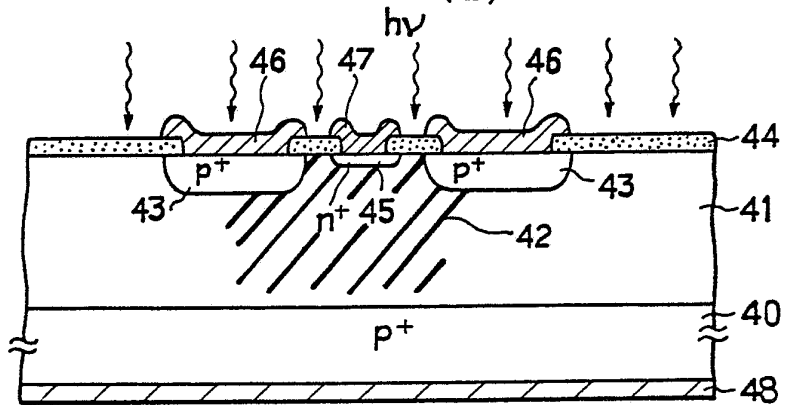
第 5 図



第 6 図 (A)

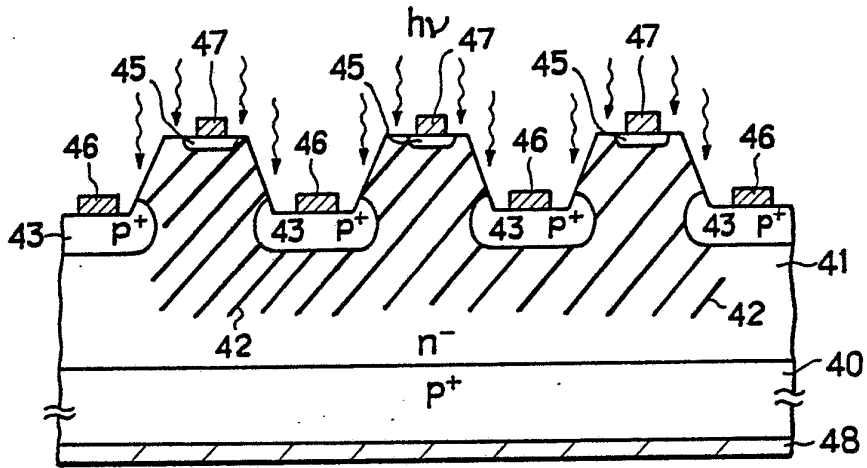


(B)

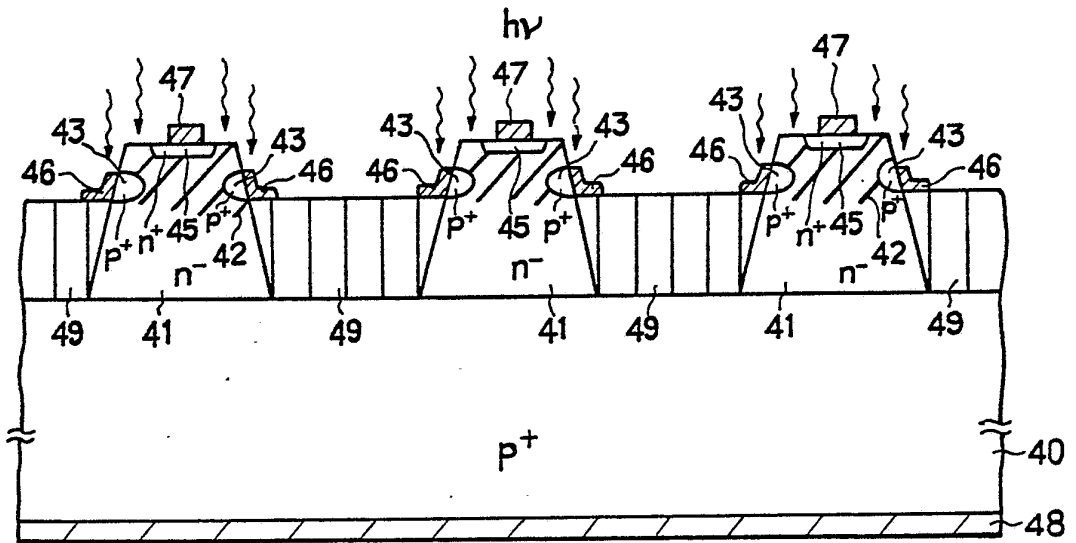


第 6 図

(C)



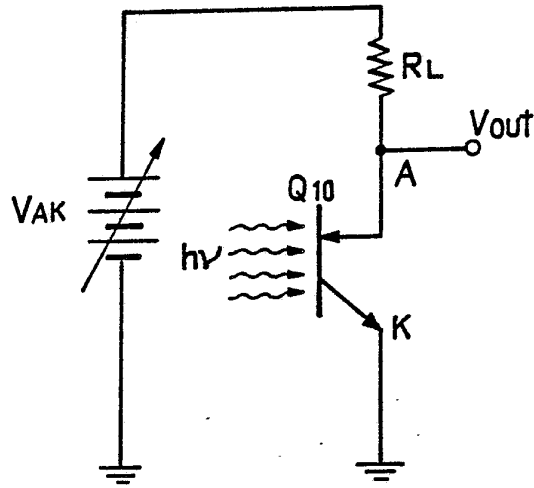
(D)



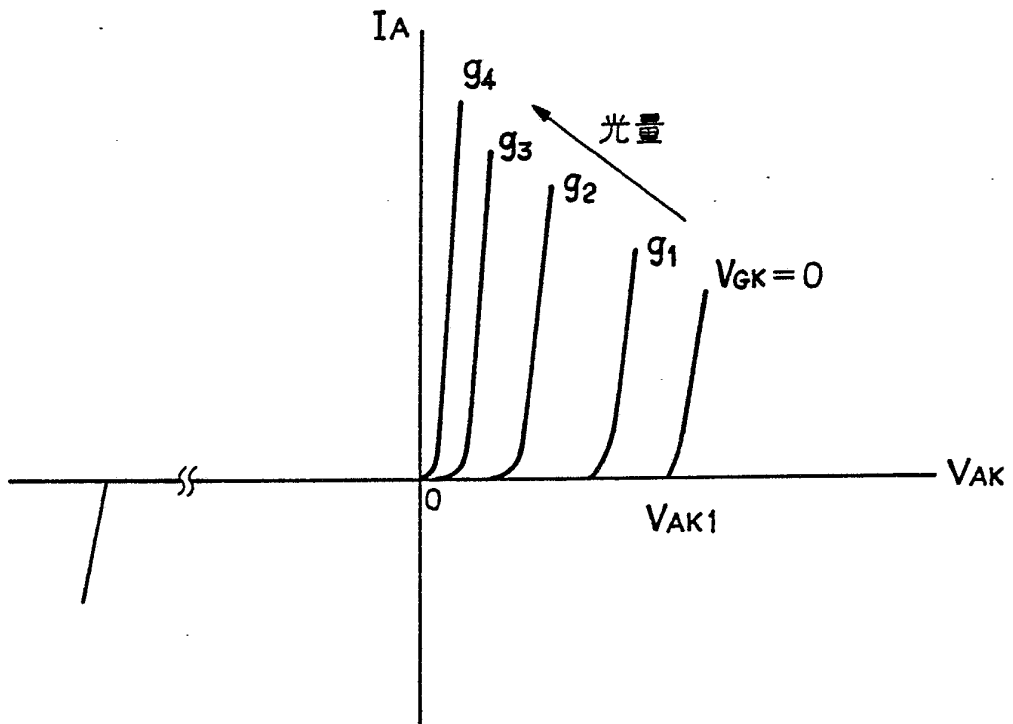
6

第 7 图

(A)



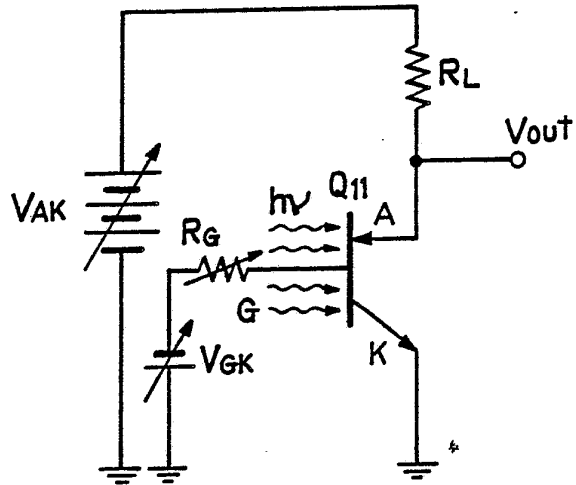
(B)



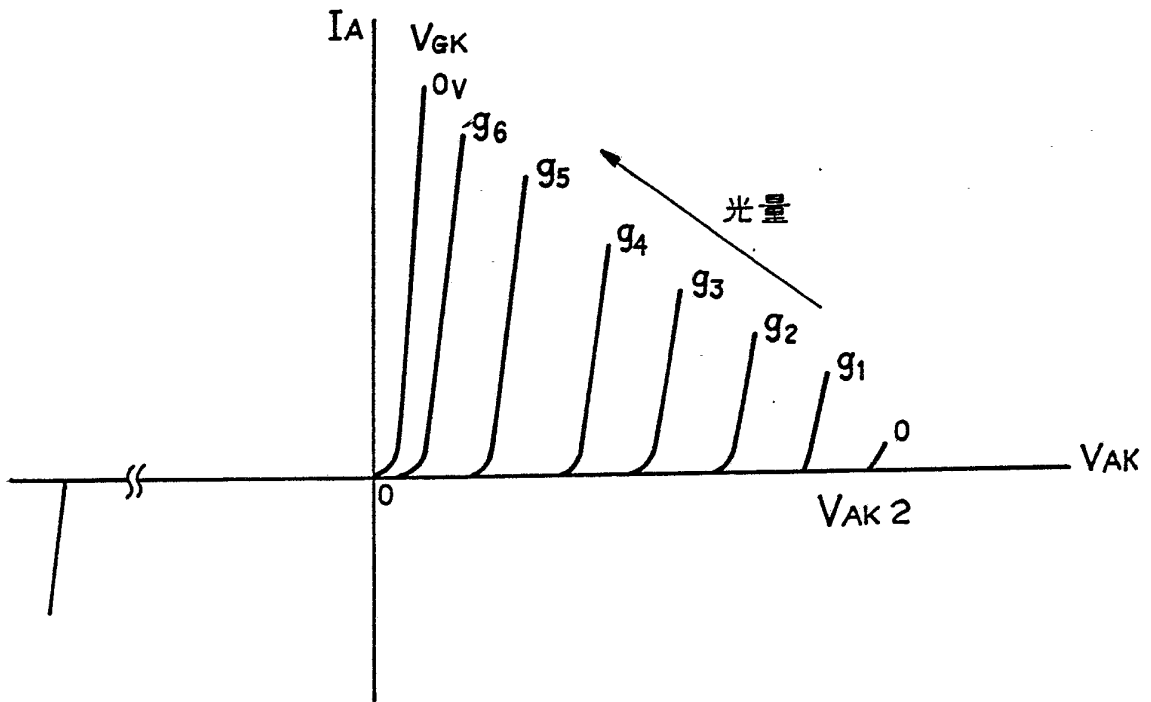
7

第 7 图

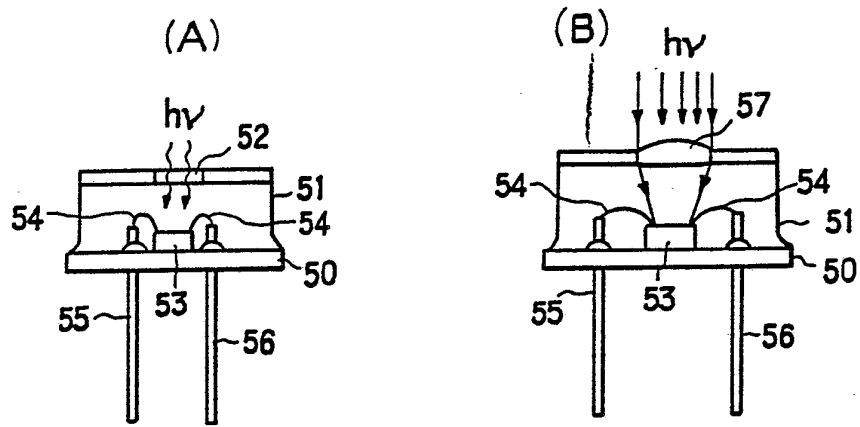
(C)



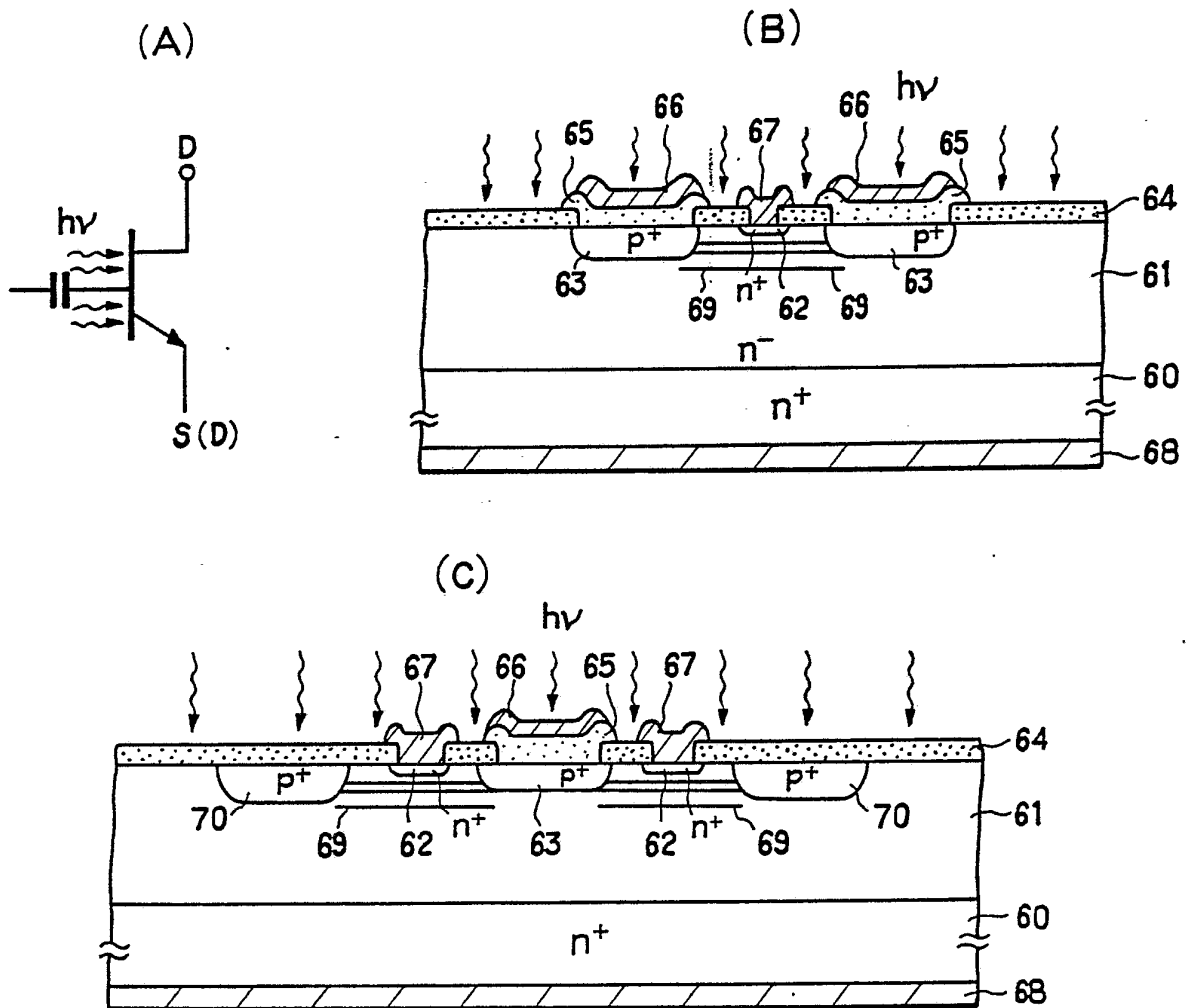
(D)



第 8 图

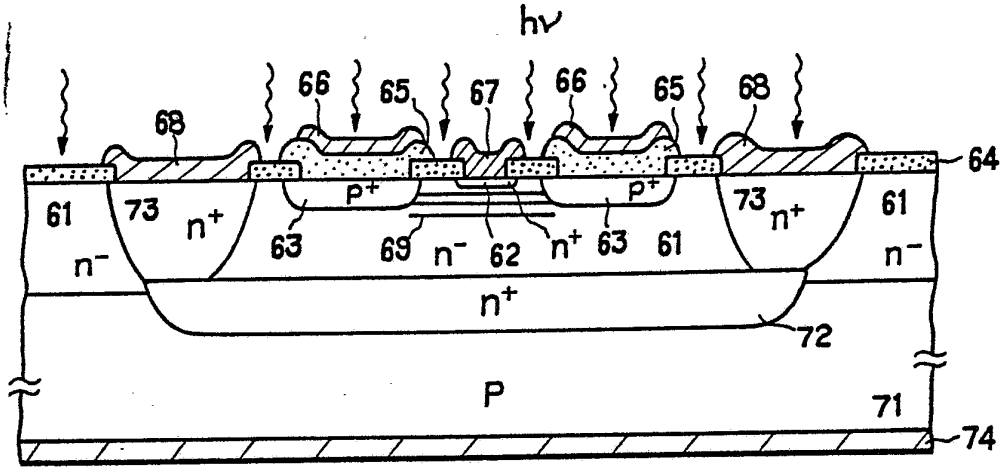


第 9 图

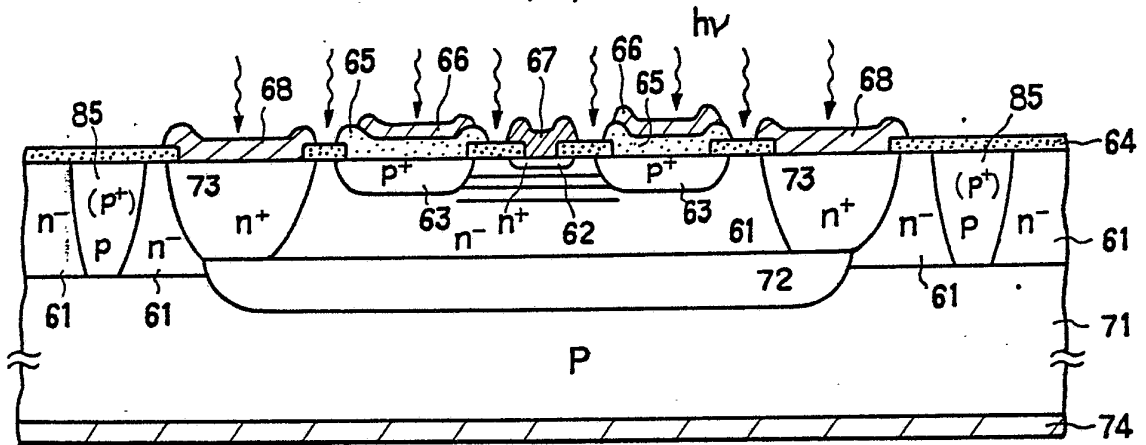




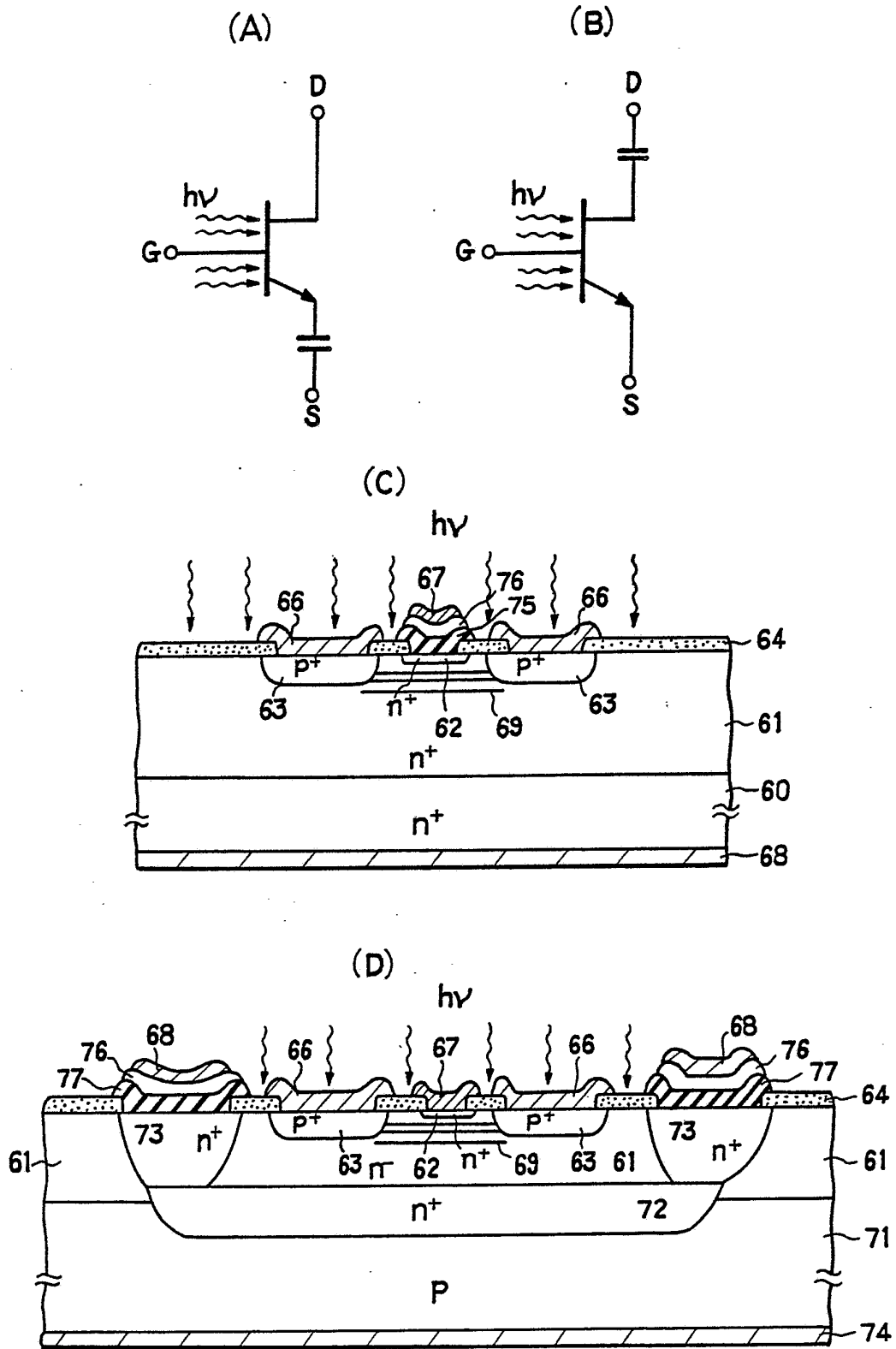
第 9 图 (D)



(E)

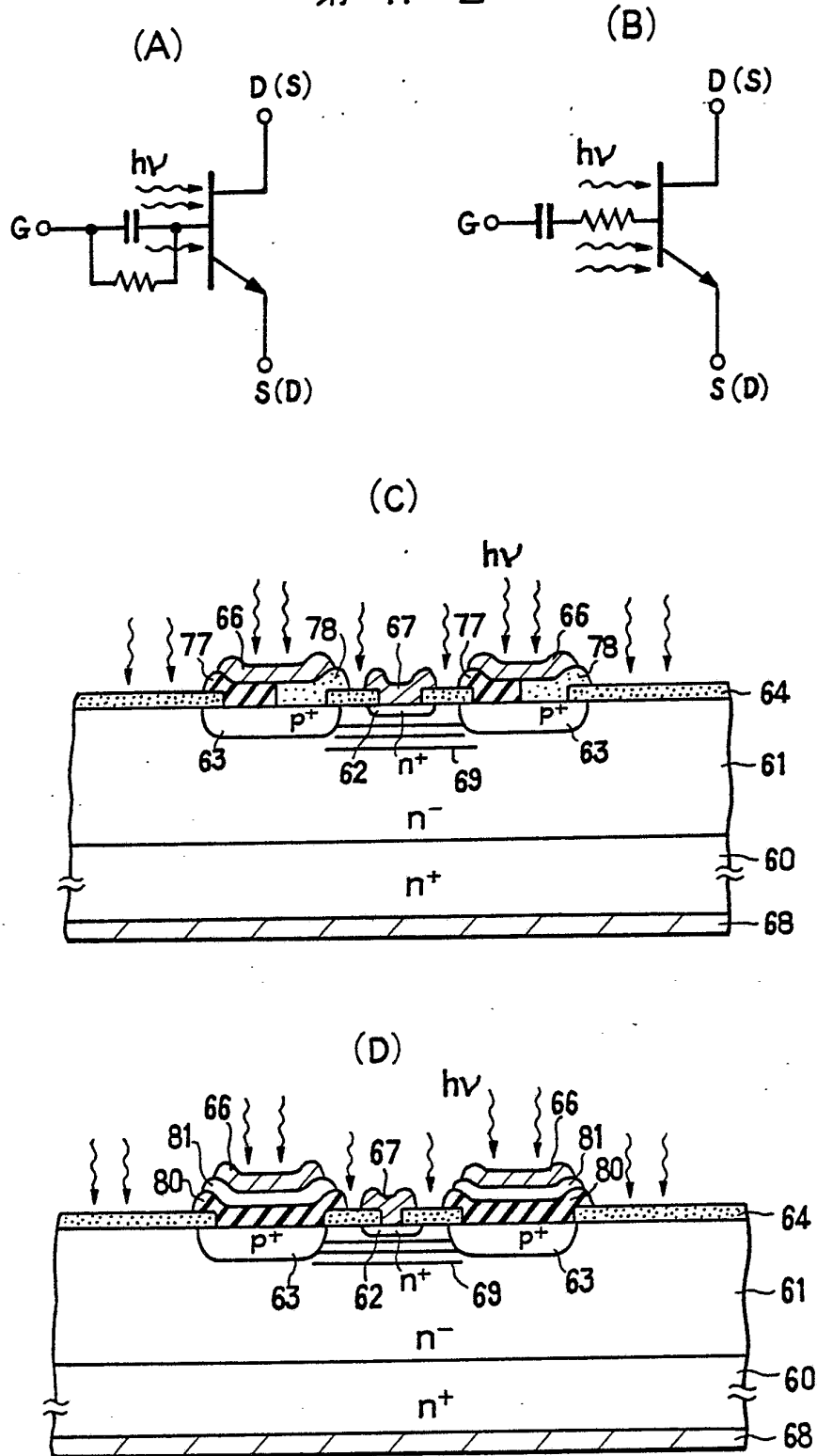


第 10 圖



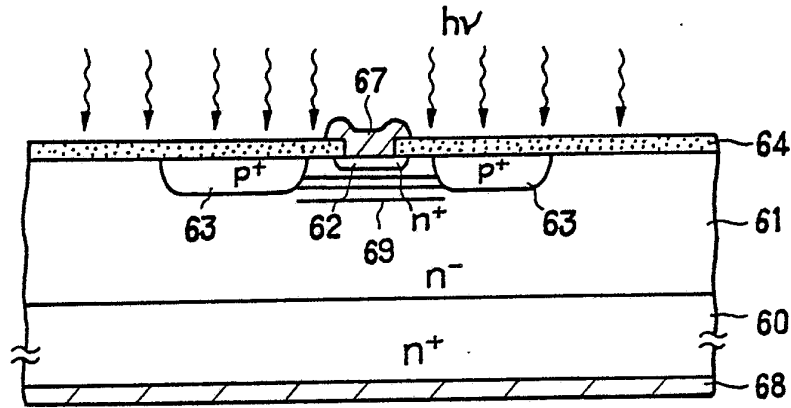
11

第 11 図

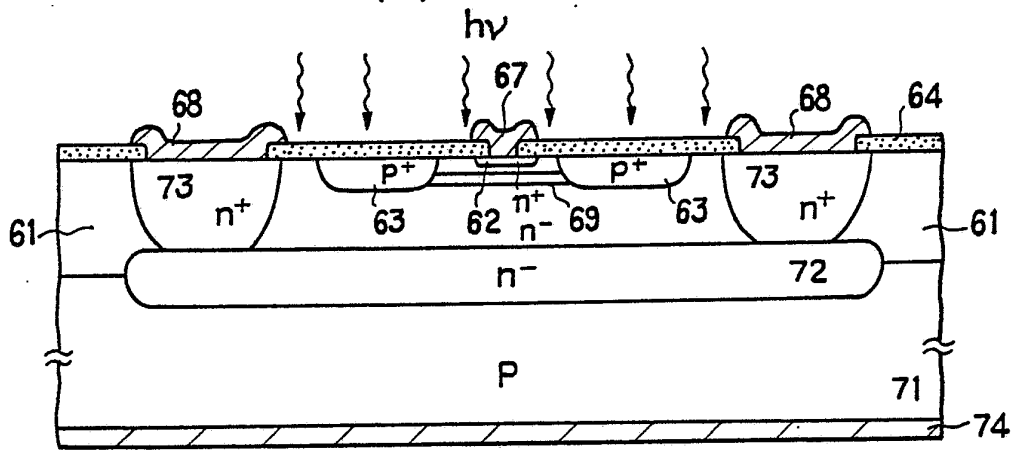


12

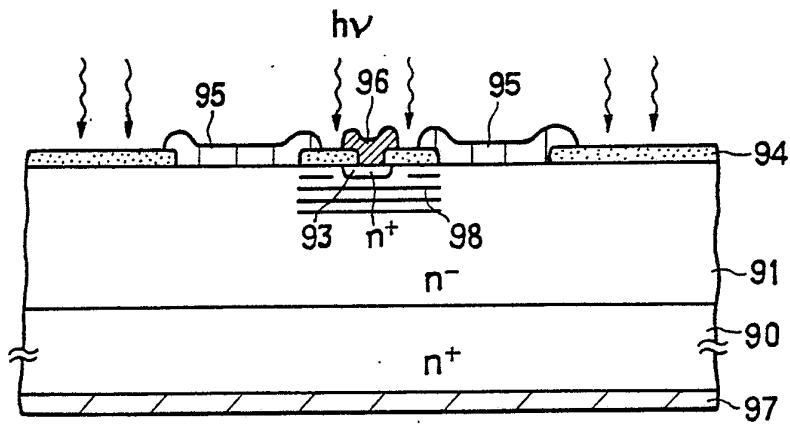
第 12 図 (A)



(B)

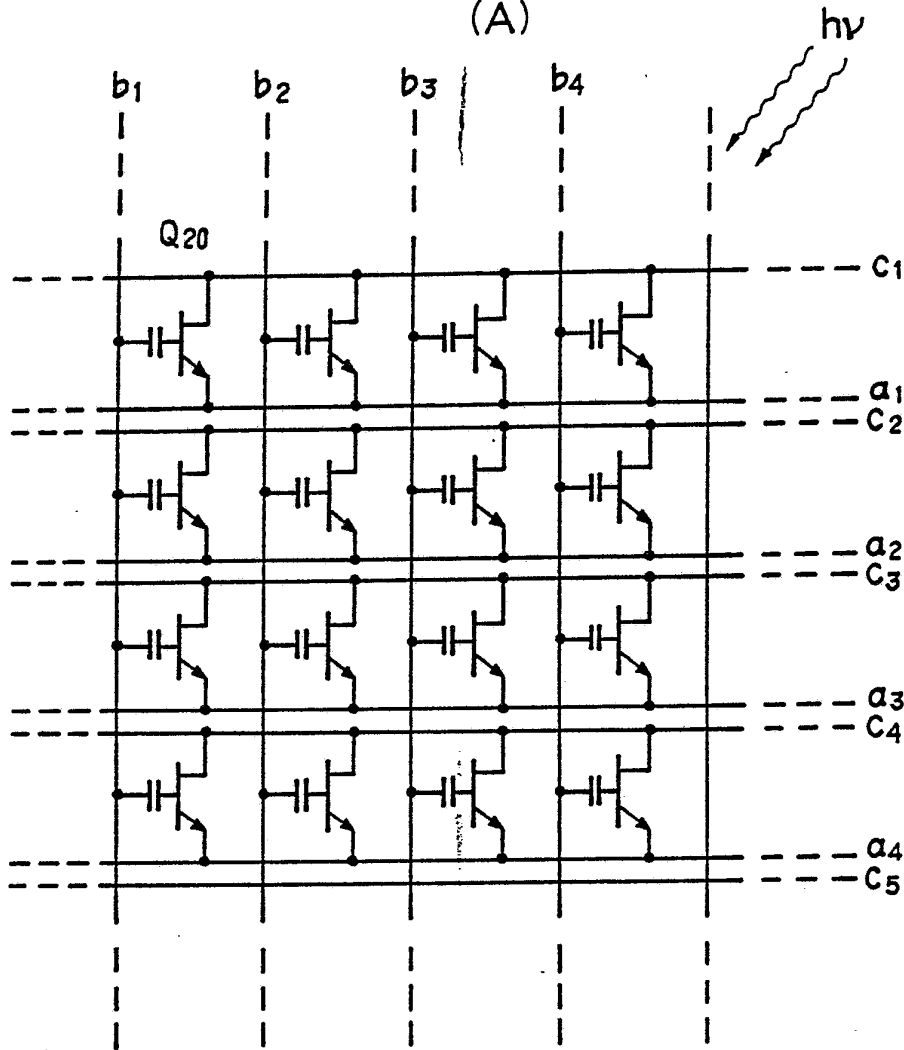


第 13 図

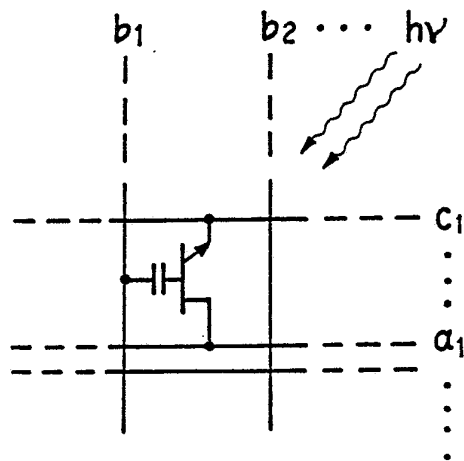


第 14 图

(A)

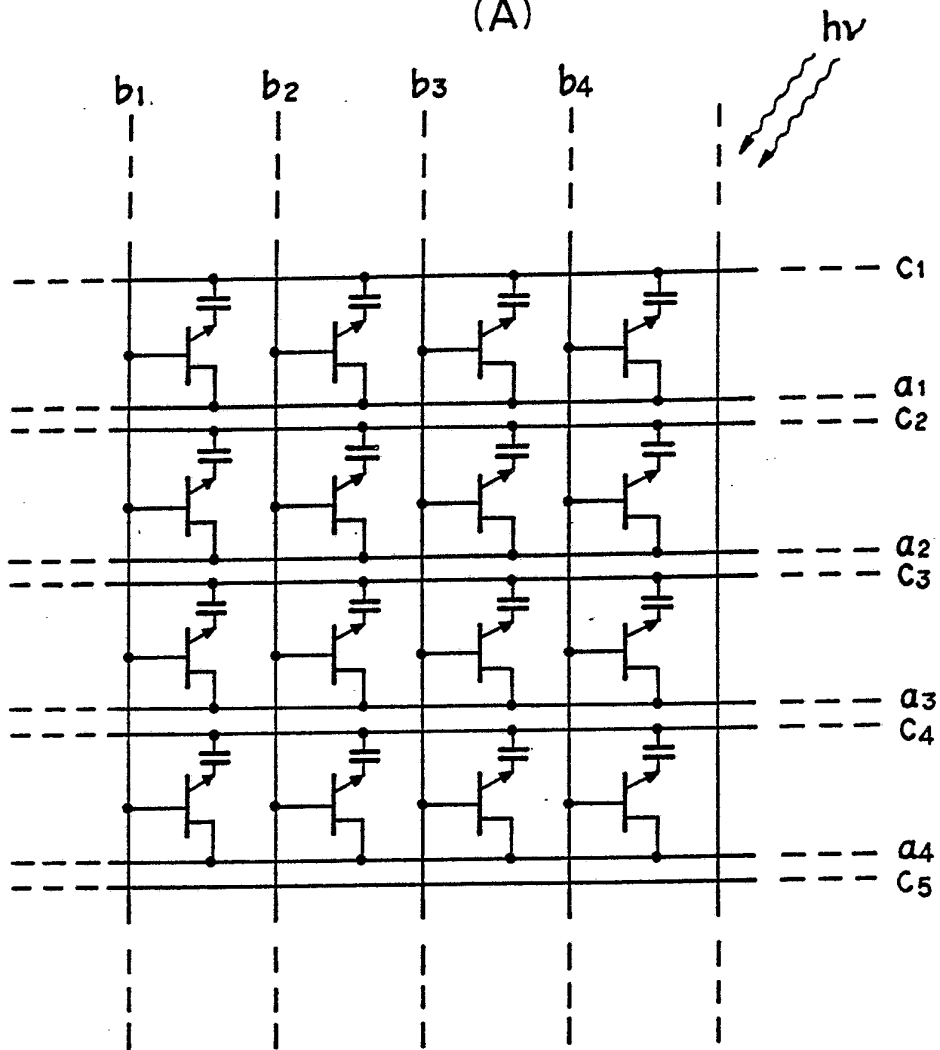


(B)

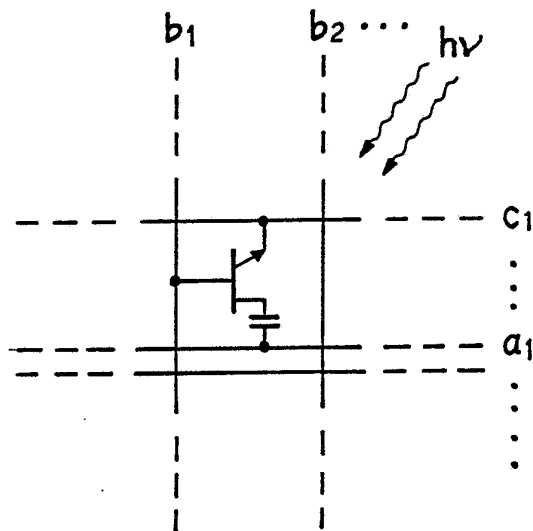


第 15 图

(A)




(B)



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/JP82/00458

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (if several classification symbols apply, indicate all) <sup>3</sup>   |  |  |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC   |  |  |
| Int. Cl. <sup>3</sup> H01L 31/10, H01L 29/74, H01L 29/80  |  |  |
| <b>II. FIELDS SEARCHED</b>  |  |  |
| Minimum Documentation Searched <sup>4</sup>   |  |  |
| Classification System   | Classification Symbols   |  |
| I P C   | H01L 31/10, H01L 29/74, H01L 29/80   |  |
| Documentation Searched other than Minimum Documentation<br>to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>5</sup>   |  |  |
|   | Jitsuyo Shinan Koho  | 1926 - 1982  |
|   | Kokai Jitsuyo Shinan Koho  | 1971 - 1982  |
| <b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <sup>14</sup>   |  |  |
| Category <sup>6</sup>   | Citation of Document, <sup>16</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>17</sup> | Relevant to Claim No. <sup>18</sup>                              |
| X   | JP, B2, 55-30308 (Mitsubishi Electric Corp.)<br>9. August. 1980 (09.08.80)                                     | 1 - 4  |
| <p><sup>15</sup> Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"Z" document member of the same patent family</p> |  |  |
| <b>IV. CERTIFICATION</b>  |  |  |
| Date of the Actual Completion of the International Search <sup>2</sup>  |  | Date of Mailing of this International Search Report <sup>2</sup> |
| February 17, 1983 (17.02.83)  |  | February 21, 1983 (21.02.83)                                     |
| International Searching Authority <sup>1</sup>  |  | Signature of Authorized Officer <sup>20</sup>                    |
| Japanese Patent Office  |  |  |

|   |   |   |
|---|---|---|
| I. 発明の属する分野の分類  |   |   |
| 国際特許分類 (IPC) IntCl <sup>3</sup><br>H01L31/10, H01L29/74, H01L29/80  |   |   |
| II. 国際調査を行った分野  |   |   |
| 調査を行った最小限資料   |   |   |
| 分類体系  | 分類記号  |   |
| IPC   | H01L31/10, H01L29/74, H01L29/80                         |   |
| 最小限資料以外の資料で調査を行ったもの   |   |   |
| 日本国実用新案公報 1926-1982年  |   |   |
| 日本国公開実用新案公報 1971-1982年  |   |   |
| III. 関連する技術に関する文献   |   |   |
| 引用文献の<br>カテゴリー*   | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                       | 請求の範囲の番号  |
| X   | JP, B2, 55-30308 (三菱電機株式会社) 9. 8月.<br>1980 (09. 08. 80) | 1-4   |
| <p>*引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br/>                 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの<br/>                 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)<br/>                 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br/>                 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献</p> <p>「T」 国際出願日又は優先日の後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br/>                 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br/>                 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br/>                 「&amp;」 同一パテントファミリーの文献</p> |   |   |
| IV. 認 証   |   |   |
| 国際調査を完了した日<br>17.02.83  | 国際調査報告の発送日<br>21.02.83                                  |   |
| 国際調査機関<br>日本国特許庁 (ISA/JP)   | 権限のある職員<br>特許庁審査官 沢田 雅 男                                | 5 F 7021<br> |