

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3768829号
(P3768829)

(45) 発行日 平成18年4月19日(2006. 4. 19)

(24) 登録日 平成18年2月10日(2006. 2. 10)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 27/14 (2006. 01)	HO 1 L 27/14 Z
HO 1 L 21/8222 (2006. 01)	HO 1 L 27/06 1 O 1 Z
HO 1 L 27/06 (2006. 01)	HO 1 L 29/72 P
HO 1 L 21/331 (2006. 01)	HO 1 L 21/76 R
HO 1 L 29/732 (2006. 01)	HO 1 L 27/08 1 O 2 A
請求項の数 15 (全 19 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2001-125746 (P2001-125746)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成13年4月24日(2001. 4. 24)		松下電器産業株式会社
(65) 公開番号	特開2002-324898 (P2002-324898A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成14年11月8日(2002. 11. 8)	(74) 代理人	100076174
審査請求日	平成16年6月15日(2004. 6. 15)		弁理士 宮井 暎夫
		(72) 発明者	嶋崎 豊幸
			大阪府門真市大字門真1006番地
			松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	志水 雄三
			大阪府門真市大字門真1006番地
			松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	大澤 勝市
			大阪府門真市大字門真1006番地
			松下電器産業株式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 光電変換半導体装置およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1導電型の半導体基板と、前記半導体基板上に形成されて不純物濃度が前記半導体基板より低濃度に調整された真性半導体層と、前記真性半導体層上に形成されて一部の領域が前記半導体基板および前記真性半導体層との積層構造によってフォトダイオードを構成する第2導電型の半導体層と、前記第2導電型の半導体層における残りの領域に形成されたトランジスタと、前記トランジスタの形成領域の下層であって、前記半導体基板と前記真性半導体層の両方あるいは前記真性半導体層のみに形成された絶縁体層とを備えた光電変換半導体装置。

【請求項 2】

前記半導体基板および前記真性半導体層の材質がシリコンからなる請求項1記載の光電変換半導体装置。

【請求項 3】

前記絶縁体層が酸化シリコンで形成されている請求項2記載の光電変換半導体装置。

【請求項 4】

前記真性半導体層の不純物濃度が $1 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^3$ から $1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ である請求項1記載の光電変換半導体装置。

【請求項 5】

前記トランジスタはバイポーラ型トランジスタであることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の光電変換半導体装置。

10

20

【請求項 6】

前記トランジスタは M I S 型トランジスタであることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の光電変換半導体装置。

【請求項 7】

フォトダイオードとトランジスタとを含む光電変換半導体装置の製造方法であって、
第 1 導電型の半導体基板上に不純物濃度が前記半導体基板より低濃度に調整された真性半導体層を積層する工程と、

前記真性半導体層上からフォトダイオード形成領域を避けて前記半導体基板と前記真性半導体層の両方、あるいは前記真性半導体層のみに層状に所定のイオンを注入する工程と、

10

前記半導体基板を高温熱処理して前記所定のイオンが注入された領域を絶縁体層に変化させる工程と、

前記真性半導体層上に第 2 導電型の半導体層を積層して前記半導体基板、前記真性半導体層および前記半導体層の積層構造で前記フォトダイオードを形成する工程と、

前記半導体層における前記フォトダイオード形成領域以外の領域に前記トランジスタを形成する工程とを含む光電変換半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記所定のイオンは高温熱処理によって前記真性半導体層または前記半導体基板の材料と反応することにより前記真性半導体層または前記半導体基板を絶縁体に変化させる種類が選択されている請求項 7 記載の光電変換半導体装置の製造方法。

20

【請求項 9】

前記半導体基板の高温熱処理は不活性ガス雰囲気中で行う請求項 7 記載の光電変換半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

不活性ガスはアルゴンまたは窒素からなる請求項 9 記載の光電変換半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

前記半導体基板および前記真性半導体層の材質がシリコンからなる請求項 7 記載の光電変換半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

前記絶縁体層が酸化シリコンで形成されている請求項 11 記載の光電変換半導体装置の製造方法。

30

【請求項 13】

前記真性半導体層の不純物濃度が $1 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^3$ から $1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ である請求項 7 記載の光電変換半導体装置の製造方法。

【請求項 14】

前記トランジスタはバイポーラ型トランジスタであることを特徴とする請求項 7 ないし 13 のいずれかに記載の光電変換半導体装置の製造方法。

【請求項 15】

前記トランジスタは M I S 型トランジスタであることを特徴とする請求項 7 ないし 13 のいずれかに記載の光電変換半導体装置の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光電変換半導体装置およびその製造方法に関するもので、これらの半導体装置の性能の向上を実現するためのものである。

【0002】

【従来の技術】

光電変換半導体装置の第 1 の従来例を図 17 に示す。図 17 において、101 は光電変換部である。102 は第 1 導電型（例えば、P 型）の半導体基板、例えばシリコン中に P 型

50

不純物のボロンにより不純物濃度が 1×10^{20} atms/cm³ 程度に調整された半導体基板である。103は半導体基板102上に形成された第1導電型の真性半導体層（IntrinsicのIをとってI層）であり、例えばP型不純物としてボロンの不純物濃度が 1×10^{12} atms/cm³ から 1×10^{13} atms/cm³ 程度に調整された例えばシリコンを用いた真性半導体層である。104は真性半導体層103上に形成された第2導電型（例えば、N型）の半導体層であり、例えばシリコン中にN型不純物のリンにより調整され形成された第2導電型の半導体層である。105はアノード用に表面を低抵抗化する目的で例えばヒ素を用いて導入された第2導電型拡散層である。

【0003】

上記の半導体基板102、真性半導体層103および半導体層104より、P型層 - I層 - N型層の連続積層構造を形成し、光電変換用PINダイオードを形成している。106はPINダイオードのアノード電極である。107はカソードへ接続するための第1導電型拡散層である。108はPINダイオードからの信号を取り出すカソード電極である。

【0004】

109はカソード電極108から取り出された、光電変換された信号を制御する制御部であり、110はNPNバイポーラ型トランジスタ、111はPNPバイポーラ型トランジスタである。

【0005】

ここで、112は半導体層104内に形成されたNPNバイポーラ型トランジスタ110のコレクタであり、113は例えば不純物としてボロンを用いて形成されたNPNバイポーラ型トランジスタ110のベースであり、114は例えば不純物としてヒ素を用いて形成されたNPNバイポーラ型トランジスタ110のエミッタである。

【0006】

また、115は例えば不純物としてボロンを用いて形成されたPNPバイポーラ型トランジスタ111のコレクタであり、116は例えば不純物としてリンを用いて形成されたPNPバイポーラ型トランジスタ111のベースであり、117は例えば不純物としてボロンを用いて形成されたPNPバイポーラ型トランジスタ111のエミッタである。

【0007】

118は、光電変換部101、NPNバイポーラ型トランジスタ110およびPNPバイポーラ型トランジスタ111の各素子を分離する拡散分離領域である。

【0008】

131は層間絶縁膜である。132はNPNバイポーラ型トランジスタ110およびPNPバイポーラ型トランジスタ111の、コレクタ、ベースおよびエミッタにつながる電極である。

【0009】

ここで、各層の不純物濃度について説明する。第2導電型の半導体層104の不純物濃度は 10^{16} atms/cm³ 台であり、第2導電型拡散層105の不純物濃度は 10^{19} atms/cm³ 台であり、第1導電型拡散層107の不純物濃度は 10^{18} atms/cm³ 台であり、拡散分離領域118の不純物濃度は 10^{18} atms/cm³ 台である。NPN型バイポーラトランジスタ110のコレクタ112、ベース113、エミッタ114の各々の不純物濃度は、それぞれ 10^{17} atms/cm³ 台、 10^{18} atms/cm³ 台、 10^{19} atms/cm³ 台である。PNP型バイポーラトランジスタ111のコレクタ115、ベース116、エミッタ117の不純物濃度は、それぞれ 10^{16} atms/cm³ 台、 10^{18} atms/cm³ 台、 10^{19} atms/cm³ 台である。

【0010】

ここで、光電変換部101に光が入射した場合に、発生した電流がカソード電極108から取り出され、NPNバイポーラ型トランジスタ110およびPNPバイポーラ型トランジスタ111等を組み合わせた回路により信号化処理が施される。

【0011】

光電変換半導体装置の第2の従来例を図18に示す。図18において、光電変換部101は第1の従来例である図17の光電変換半導体装置と同一の構成である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

1 0 9 はカソード電極 1 0 8 から取り出された、光電変換された信号を制御する制御部であり、1 2 0 は N チャネル M I S 型トランジスタ、1 2 1 は P チャネル M I S 型トランジスタである。

【 0 0 1 3 】

ここで、N チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 0 は以下のような構造となっている。1 2 2 は P 型不純物として例えばボロンを用いた P 型不純物領域である。1 2 3 は N 型不純物、例えばヒ素を用いて P 型不純物領域 1 2 2 内に形成されたソース・ドレインである。1 2 4 は例えばシリコン酸化膜で形成されたゲート絶縁膜である。1 2 5 は N 型不純物として、例えばリンを含有させた多結晶シリコンを用いてゲート絶縁膜 1 2 4 上に形成されたゲート電極である。

10

【 0 0 1 4 】

また、P チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 1 は以下のような構造となっている。1 2 6 は P 型不純物、例えばボロンを用いて形成されたソース・ドレインである。1 2 4 は例えばシリコン酸化膜で形成されたゲート絶縁膜である。1 2 5 は N 型不純物として、例えばリンを含有させた多結晶シリコンを用いて、ゲート絶縁膜 1 2 4 上に形成されたゲート電極である。

【 0 0 1 5 】

1 1 8 は光電変換部 1 0 1 と制御部 1 0 9 とを P N 接合を利用して分離する拡散分離領域である。1 2 7 は N チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 0 および P チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 1 の各素子を、例えばシリコン酸化膜を用いて分離する分離領域である。

20

【 0 0 1 6 】

1 3 1 は層間絶縁膜である。1 3 2 は N チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 0 および P チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 1 の、ドレインおよびソースにつながる電極である。

【 0 0 1 7 】

ここで、各層の不純物濃度について説明する。N チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 0 の P 型不純物領域 1 2 2 の不純物濃度は $1 0^{17}$ atms/cm³ 台、ドレイン・ソース 1 2 3 の不純物濃度は $1 0^{19}$ atms/cm³ 台である。P チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 1 のドレイン・ソース 1 2 6 の不純物濃度は $1 0^{19}$ atms/cm³ 台である。

【 0 0 1 8 】

ここで、光電変換部 1 0 1 に光が入射した場合に、発生した電流がカソード電極 1 0 8 から取り出され、N チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 0 および P チャネル M I S 型トランジスタ 1 2 1 等を組み合わせた回路により信号化処理が施される。

30

【 0 0 1 9 】

【 発明が解決しようとする課題 】

コンパクトディスク等の光ディスクのデータ読み出し装置においては、光ディスクの高速読み出しに対する市場の要求が近年強くなってきている。この市場の要求を満たすために、この光ディスクのデータ読み出し装置の読み取り部に使用され、光信号を電気信号に変換する光電変換装置においては、周波数特性の高周波化の実現が必須となってきた。

【 0 0 2 0 】

図 1 7 および図 1 8 に示した、従来例による光電変換装置によれば、半導体基板 1 0 2 に含有された P 型不純物が真性半導体層 1 0 3 側に、後の製造工程を経ることにより拡散し、半導体基板 1 0 2 と真性半導体層 1 0 3 の接触部分に不純物プロファイルのなだらかな部分が形成されてしまい、光等が入射した際に空乏層中で発生するキャリアによる電流の他に、この部分で発生したキャリアが遅れて空乏層へ拡散する電流成分が形成されてしまい、時間分解能が低下するという課題があった。

40

【 0 0 2 1 】

したがって、光電変換装置の特性の高周波化を実現するために、半導体基板 1 0 2 における P 型不純物の濃度を調整したり、真性半導体層 1 0 3 の厚みの調整、半導体層 1 0 4 の厚みの調整等により、P I N ダイオードの応答性能を向上させたり、配線抵抗成分の低抵

50

抗化をするという手段が用いられていた。

【0022】

しかし、これらの改善はP I Nダイオードの高周波特性の改善には効果があるものの、制御部109に形成されたバイポーラ型トランジスタ110、111の特性やM I S型トランジスタ120、121の特性に対しては、バイポーラ型トランジスタ110、111のコレクタと半導体基板102との間のP N接合、またはM I S型トランジスタ120、121のソース・ドレインと半導体基板102との間のP N接合での漏れ電流や耐圧と言った素子分離特性に悪影響を及ぼし、さらに寄生容量の増加、寄生トランジスタの形成等の悪影響を及ぼす。これらの影響により、光電変換部101で変換された電気信号レベルの低下等を招き、制御部（信号化処理部）109での信号処理精度や処理速度と言った性能の劣化や歩留まり低下の原因ともなっていた。

10

【0023】

したがって、本発明の目的は、トランジスタ性能の向上とP I Nダイオードの特性向上との両立を図ることができる半導体装置およびその製造方法を提供することである。

【0024】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明では、バイポーラ型トランジスタもしくはM I S型トランジスタの下層に絶縁体層を形成し、バイポーラ型トランジスタもしくはM I S型トランジスタを電氣的に半導体基板から分離することにより、これらのトランジスタ性能の向上とP I Nダイオードの特性向上の両立を図り、これにより、例えば光電変換装置の高性能化を目指したものである。

20

【0025】

具体的に説明すると、第1の発明の光電変換半導体装置は、第1導電型の半導体基板と、半導体基板上に形成されて不純物濃度が半導体基板より低濃度に調整された真性半導体層と、真性半導体層上に形成されて一部の領域が半導体基板および真性半導体層との積層構造によってフォトダイオードを構成する第2導電型の半導体層と、第2導電型の半導体層における残りの領域に形成されたトランジスタと、トランジスタの形成領域の下層であって、半導体基板と真性半導体層の両方あるいは真性半導体層のみに形成された絶縁体層とを備えている。

【0026】

この構成によれば、トランジスタの下層に絶縁体層を設けたことによって、トランジスタを電氣的に半導体基板から分離することができる。その結果、トランジスタの特性に影響を与えることなく、P I Nダイオードの特性向上を図ることができる。逆にP I Nダイオードの特性に影響を与えることなく、トランジスタの特性向上を図ることができる。したがって、トランジスタ性能の向上とP I Nダイオードの特性向上の両立を図ることができる。

30

【0027】

前記トランジスタはバイポーラ型トランジスタであることが好ましい。

【0028】

前記トランジスタはM I S型トランジスタであってもよい。

40

【0029】

第2の発明の光電変換半導体装置の製造方法は、フォトダイオードとトランジスタとを含む光電変換半導体装置を製造する光電変換半導体装置の製造方法であり、第1導電型の半導体基板上に不純物濃度が半導体基板より低濃度に調整された真性半導体層を積層する工程と、真性半導体層上からフォトダイオード形成領域を避けて半導体基板と真性半導体層の両方、あるいは真性半導体層のみに層状に所定のイオンを注入する工程と、半導体基板を高温熱処理して所定のイオンが注入された領域を絶縁体層に変化させる工程と、真性半導体層上に第2導電型の半導体層を積層して半導体基板、真性半導体層および半導体層の積層構造でフォトダイオードを形成する工程と、半導体層におけるフォトダイオード形成領域以外の領域にトランジスタを形成する工程とを含む。

50

【0030】

この方法によれば、トランジスタの下層に絶縁体層を設けることによって、トランジスタを電氣的に半導体基板から分離することができる。その結果、トランジスタの特性に影響を与えることなく、P I Nダイオードの特性向上を図ることができる。逆にP I Nダイオードの特性に影響を与えることなく、トランジスタの特性向上を図ることができる。したがって、トランジスタ性能の向上とP I Nダイオードの特性向上の両立を図ることができる。

【0031】

また、絶縁体層をイオン注入と高温熱処理とにより形成するので、例えばフォトリソグラフィ技術とを組み合わせることにより、イオンを絶縁体層形成したい領域に選択的に注入することができる。また、真性半導体層形成後にイオンの加速エネルギーの調整により意図する深さに注入することができ、高温熱処理による反応で位置精度良く絶縁体層を形成できる。

【0032】

前記トランジスタはバイポーラ型トランジスタであることが好ましい。

【0033】

前記トランジスタはM I S型トランジスタであってもよい。

【0035】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0036】

最初に、本発明による光電変換半導体装置の実施の形態について説明する。

【0037】

図1は、第1の発明による光電変換半導体装置の実施の形態を示した断面図である。図1において、1は光電変換部である。2は第1導電型（例えば、P型）の半導体基板であり、例えばシリコン中にP型不純物のボロンにより不純物濃度が 1×10^{20} atms/cm³程度に調整された半導体基板であり、P I Nダイオードのカソードとしている。3は半導体基板2上に形成された真性半導体層（IntrinsicのIをとってI層）であり、例えば第1導電型で不純物濃度が 1×10^{12} atms/cm³から 1×10^{13} atms/cm³程度に調整された、例えばシリコンを用いた真性半導体層である。4は真性半導体層3上に形成された第2導電型（例えば、N型）の半導体層であり、例えばシリコン中にN型不純物のリンにより調整され形成された第2導電型の半導体層である。5はアノード用に表面を低抵抗化する目的で半導体層4に同じ導電型で例えばヒ素を用いて導入された第2導電型拡散層である。

【0038】

上記の半導体基板2、真性半導体層3および半導体層4より、P型層 - I層 - N型層の連続積層構造を形成し、光電変換用P I Nダイオードを形成している。6はP I Nダイオードのアノード電極である。7はカソードからの電位を伝えるための例えばボロンを用いて形成された第1導電型拡散層である。8はP I Nダイオードのからの信号を取り出すカソード電極である。

【0039】

9はカソード電極8から取り出された、光電変換された信号を制御する制御部であり、10はN P Nバイポーラ型トランジスタ、11はP N Pバイポーラ型トランジスタである。

【0040】

ここで、12は半導体層4内に例えば不純物としてリンを用いて形成されたN P Nバイポーラ型トランジスタ10のコレクタであり、13は例えば不純物としてボロンを用いて形成されたN P Nバイポーラ型トランジスタ10のベースであり、14は例えば不純物としてヒ素を用いて形成されたN P Nバイポーラ型トランジスタ10のエミッタである。

【0041】

また、15は例えば不純物としてボロンを用いて形成されたP N Pバイポーラ型トランジスタ11のコレクタであり、16は例えば不純物としてリンを用いて形成されたP N Pト

10

20

30

40

50

ランジスタ 11 のベースであり、17 は例えば不純物としてボロンを用いて形成された PNP バイポーラ型ランジスタ 11 のエミッタである。

【0042】

18 は、光電変換部 1、NPB バイポーラ型ランジスタ 10、PNP バイポーラ型ランジスタ 11 の各素子を、例えば P 型不純物としてボロンを用いて PN 接合を形成して分離する拡散分離領域である。

【0043】

19 は NPN バイポーラ型ランジスタ 10 および PNP バイポーラ型ランジスタ 11 の下層に形成された、例えばシリコン酸化膜からなる絶縁体層である。

【0044】

ここで形成される絶縁体層 19 は、半導体基板 2 と真性半導体層 3 の両方に形成、あるいは真性半導体層 3 のみに形成されるように調整している。

【0045】

31 は例えばシリコン酸化膜を用いた層間絶縁膜である。32 は例えばアルミニウムを用いて形成した各電極であり、NPB バイポーラ型ランジスタ 10 および PNP バイポーラ型ランジスタ 11 のコレクタ、ベース、エミッタにつながる。

【0046】

ここで、各層の不純物濃度について説明する。第 2 導電型の半導体層 4 の不純物濃度は 10^{16} atms/cm³ 台であり、第 2 導電型拡散層 5 の不純物濃度は 10^{19} atms/cm³ 台であり、第 1 導電型拡散層 7 の不純物濃度は 10^{18} atms/cm³ 台であり、拡散分離領域 8 の不純物濃度は 10^{18} atms/cm³ 台である。NPB 型バイポーラランジスタ 10 のコレクタ 12、ベース 13、エミッタ 14 の各々の不純物濃度は、それぞれ 10^{17} atms/cm³ 台、 10^{18} atms/cm³ 台、 10^{19} atms/cm³ 台である。PNP 型バイポーラランジスタ 11 のコレクタ 15、ベース 16、エミッタ 17 の不純物濃度は、それぞれ 10^{16} atms/cm³ 台、 10^{18} atms/cm³ 台、 10^{19} atms/cm³ 台である。

【0047】

この実施の形態では、例えば、光電変換部 1 に光が入射した場合に、発生した電流がカソード電極 8 から取り出され、NPB バイポーラ型ランジスタ 10 および PNP バイポーラ型ランジスタ 11 等を組み合わせた回路により信号化処理が施される。

【0048】

この実施の形態の光電変換半導体装置によれば、NPB バイポーラ型ランジスタ 10 および PNP バイポーラ型ランジスタ 11 の下層に絶縁体層 19 を設けたことによって、NPB バイポーラ型ランジスタ 10 および PNP バイポーラ型ランジスタ 11 を電気的に半導体基板 2 から分離することができる。その結果、NPB バイポーラ型ランジスタ 10 および PNP バイポーラ型ランジスタ 11 の特性に影響を与えることなく、PIN ダイオードの特性向上を図ることができる。逆に PIN ダイオードの特性に影響を与えることなく、NPB バイポーラ型ランジスタ 10 および PNP バイポーラ型ランジスタ 11 の特性向上を図ることができる。したがって、ランジスタ性能の向上と PIN ダイオードの特性向上の両立を図ることができる。

【0049】

図 2 は、第 2 の発明による光電変換半導体装置の実施の形態を示した断面図である。図 2 において、光電変換部 1 は第 1 の発明の実施の形態である図 1 と同一の構成である。

【0050】

2 は第 1 導電型（例えば、P 型）の半導体基板であり、例えばシリコン中に P 型不純物のボロンにより不純物濃度が 1×10^{20} atms/cm³ 程度に調整された半導体基板であり、PIN ダイオードのカソードとしている。3 は半導体基板 2 上に形成された真性半導体層（Intrinsic の I をとって I 層）であり、例えば第 1 導電型で不純物濃度が 1×10^{12} atms/cm³ から 1×10^{13} atms/cm³ 程度に調整された、例えばシリコンを用いた真性半導体層である。4 は真性半導体層 3 上に形成された第 2 導電型（例えば、N 型）の半導体層であり、例えばシリコン中に N 型不純物のリンにより調整され形成された半導体層である。

10

20

30

40

50

5 はアノード用に表面を低抵抗化する目的で半導体層 4 に同じ導電型で例えばヒ素を用いて導入された第 2 導電型拡散層である。

【 0 0 5 1 】

上記の半導体基板 2、真性半導体層 3 および半導体層 4 より、P 型層 - I 層 - N 型層の連続積層構造を形成し、光電変換用 P I N ダイオードを形成している。6 は P I N ダイオードのアノード電極である。7 はカソードからの電位を伝えるための例えばボロンを用いて形成された第 1 導電型拡散層である。8 は P I N ダイオードのからの信号を取り出すカソード電極である。

【 0 0 5 2 】

9 はカソード電極 8 から取り出された、光電変換された信号を制御する制御部であり、20 は N チャネル M I S 型トランジスタ、21 は P チャネル M I S 型トランジスタである。

【 0 0 5 3 】

ここで、N チャネル M I S 型トランジスタ 20 は以下のような構造となっている。22 は P 型不純物として例えばボロンを用いた P 型不純物領域である。23 は N 型不純物、例えばヒ素を用いて P 型不純物領域 22 内に形成されたソース・ドレインである。24 は例えばシリコン酸化膜で形成されたゲート絶縁膜である。25 は N 型不純物として、例えばリンを含有させた多結晶シリコンを用いてゲート絶縁膜 24 上に形成されたゲート電極である。

【 0 0 5 4 】

また、P チャネル M I S 型トランジスタ 21 は以下のような構造となっている。26 は P 型不純物、例えばボロンを用いて形成されたソース・ドレインである。24 は例えばシリコン酸化膜で形成されたゲート絶縁膜である。25 は N 型不純物として、例えばリンを含有させた多結晶シリコンを用いて、ゲート絶縁膜 24 上に形成されたゲート電極である。

【 0 0 5 5 】

18 は光電変換部 1 と制御部 9 とを P N 接合を利用して分離する拡散分離領域である。27 は N チャネル M I S 型トランジスタ 20 および P チャネル M I S 型トランジスタ 21 の各素子を、例えばシリコン酸化膜を用いて分離する分離領域である。

【 0 0 5 6 】

19 は N チャネル M I S 型トランジスタ 20 および P チャネル M I S 型トランジスタ 21 の下層に形成された、例えばシリコン酸化膜からなる絶縁体層である。

【 0 0 5 7 】

ここで形成される絶縁体層 19 は半導体基板 2 と真性半導体層 3 の両方に形成、あるいは真性半導体層 3 のみに形成されるように調整している。

【 0 0 5 8 】

31 は、例えばシリコン酸化膜を用いた層間絶縁膜であり、32 は、例えばアルミニウムを用いて形成した各電極であり、N チャネル M I S 型トランジスタ 20 および P チャネル M I S 型トランジスタ 21 のドレインおよびソースにつながる。

【 0 0 5 9 】

ここで、各層の不純物濃度について説明する。N チャネル M I S 型トランジスタ 20 の P 型不純物領域 22 の不純物濃度は 10^{17} atms/cm³ 台、ドレイン・ソース 23 の不純物濃度は 10^{19} atms/cm³ 台である。P チャネル M I S 型トランジスタ 21 のドレイン・ソース 26 の不純物濃度は 10^{19} atms/cm³ 台である。

【 0 0 6 0 】

この実施の形態では、例えば、光電変換部 1 に光が入射した場合に、発生した電流がカソード電極 8 から取り出され、N チャネル M I S 型トランジスタ 20 および P チャネル M I S 型トランジスタ 21 等を組み合わせた回路により信号化処理が施される。

【 0 0 6 1 】

この実施の形態の光電変換半導体装置によれば、N チャネル M I S 型トランジスタ 20 および P チャネル M I S 型トランジスタ 21 の下層に絶縁体層 19 を設けたことによって、N チャネル M I S 型トランジスタ 20 および P チャネル M I S 型トランジスタ 21 を電気

10

20

30

40

50

的に半導体基板 2 から分離することができる。その結果、NチャネルMIS型トランジスタ 20 およびPチャネルMIS型トランジスタ 21 の特性に影響を与えることなく、PINダイオードの特性向上を図ることができる。逆にPINダイオードの特性に影響を与えることなく、NチャネルMIS型トランジスタ 20 およびPチャネルMIS型トランジスタ 21 の特性向上を図ることができる。したがって、トランジスタ性能の向上とPINダイオードの特性向上の両立を図ることができる。

【0062】

次に、本発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態について、工程順断面図を用いて説明する。

【0063】

図3から図9までの各図は、第3の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図であり、第1の発明の光電変換半導体装置を製造する方法を示す。

【0064】

まず、図3に示すように、半導体基板2は、第1導電型、例えばシリコンを用いP型不純物として例えばボロンを用いて不純物濃度が 1×10^{20} atms/cm³程度に調整されている。そして、半導体基板2上に真性半導体層3を積層形成した。真性半導体層3は、例えば第1導電型で不純物濃度が 1×10^{12} atms/cm³から 1×10^{13} atms/cm³程度に調整された例えばシリコンからなる。

【0065】

ここで、符号1で示した領域は後に光電変換部となる部分であり、符号10で示した領域は後にNPNバイポーラ型トランジスタとなる部分であり、符号11で示した領域は後にPNPバイポーラ型トランジスタとなる部分である。

【0066】

つぎに、図4に示すように、上記真性半導体層3上にフォトレジスト等を用いて光電変換部1となる領域以外（バイポーラ型トランジスタ10、11が形成される領域）の全部あるいは一部の領域にイオン注入されるように開口されたマスクパターン28を形成し、このマスクパターン28を用いて矢印29で示すように、選択的にイオン注入を行うことにより例えば酸素イオン30をイオン注入した。

【0067】

なお、全部あるいは一部の領域というのは、複数個あるトランジスタのすべてについて下層に絶縁体層を形成するか、あるいは一部のトランジスタの下層にのみ絶縁体層を形成するという意味である。トランジスタの高性能化を目指し、浅く絶縁層を形成した場合、バイポーラ型トランジスタのコレクタ拡散層やMIS型トランジスタのドレイン・ソース拡散層が浅くなり、抵抗が上昇し、電流が減少することが考えられる。したがって、電流量優先で設計された回路素子に対しては、絶縁体層を下層に形成しない場合がある。

【0068】

このとき、イオン注入される酸素イオン30は、半導体基板2と真性半導体層3の両方、あるいは真性半導体層3のみにイオン注入されるようにイオン注入時の加速エネルギーを調整している。

【0069】

つぎに、図5に示すように、図4でイオン注入のマスクに用いたマスクパターン28を酸素プラズマ処理等により選択的に除去し、その後例えば、アルゴンガスまたは窒素ガス等の不活性ガスを用いた1000程度の高温熱処理により、酸素イオン30を半導体基板2として用いた例えばシリコンとを反応させ、また真性半導体層3として用いた例えばシリコンとを反応させ、それらをシリコン酸化膜化させ、絶縁体層19とした。

【0070】

ここで、不活性ガスを用いて高温熱処理を行うのは、図4でイオン注入を行った時に上記真性半導体層3の表面に形成されたダメージ層をアニーリングするためであり、真性半導体層3上に次工程で例えば単結晶シリコンを低欠陥密度で形成しようとする構成のためには不可欠である。

10

20

30

40

50

【0071】

つぎに、図6に示すように、上記真性半導体層3上に例えばシランガスを用いたエピタキシャル法により、第2導電型のN型として例えばリンを不純物として単結晶シリコンからなる第2導電型の半導体層4を形成した。

【0072】

つぎに、図7に示すように、上記第2導電型の半導体層4内に、PN接合型素子分離層として第2導電型とは異なる導電型で例えばボロンを用いたP型不純物で拡散分離領域18を形成した。この拡散分離領域18は、光電変換部1とNPNバイポーラ型トランジスタ10とPNPバイポーラ型トランジスタ11とを分離するように形成される。

【0073】

また、PNPバイポーラ型トランジスタ11のコレクタ15とするために、P型不純物領域(15)を例えばボロンを不純物として用い形成し、光電変換部1のカソードとするために第1導電型不純物を用い第1導電型拡散層7を形成した。NPNバイポーラ型トランジスタ10のコレクタ12としては、半導体層4がそのまま使用される。

【0074】

つぎに、図8に示すように、NPNバイポーラ型トランジスタ10のベース13とエミッタ14、PNPバイポーラ型トランジスタ11のベース16とエミッタ17、光電変換部1のアノードとするための第2導電形拡散層5、カソードとすべく第1導電形拡散層7の各層を形成した。

【0075】

つぎに、図9に示すように、NPNバイポーラ型トランジスタ10、PNPバイポーラ型トランジスタ11および光電変換部1上に、例えばCVD法によるシリコン酸化膜を用いて層間絶縁膜31を形成し、上記層間絶縁膜31にフォトリソグラフィ技術等により接続孔33を形成し、例えばアルミニウムによる電極32、アノード電極6およびカソード電極8を作成した。

【0076】

この実施の形態の光電変換半導体装置の製造方法によれば、NPNバイポーラ型トランジスタ10およびPNPバイポーラ型トランジスタ11の下層に絶縁体層19を設けたことによって、NPNバイポーラ型トランジスタ10およびPNPバイポーラ型トランジスタ11を電気的に半導体基板2から分離することができる。その結果、NPNバイポーラ型トランジスタ10およびPNPバイポーラ型トランジスタ11の特性に影響を与えることなく、PINダイオードの特性向上を図ることができる。逆にPINダイオードの特性に影響を与えることなく、NPNバイポーラ型トランジスタ10およびPNPバイポーラ型トランジスタ11の特性向上を図ることができる。したがって、トランジスタ性能の向上とPINダイオードの特性向上の両立を図ることができる。

【0077】

また、絶縁体層をイオン注入と高温熱処理とにより形成するので、例えばフォトリソグラフィ技術とを組み合わせることにより、イオンを絶縁体層形成したい領域に選択的に注入することができる。また、真性半導体層形成後にイオンの加速エネルギーの調整により意図する深さに注入することができ、高温熱処理による反応で位置精度良く絶縁体層を形成できる。

【0078】

図10から図16までの各図は、第4の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図であり、第2の発明の光電変換半導体装置を製造する方法を示す。

【0079】

まず、図10に示すように、半導体基板2は、第1導電型、例えばシリコンを用いP型不純物として例えばボロンを用いて不純物濃度が 1×10^{20} atms/cm³程度に調整されている。そして、半導体基板2上に真性半導体層3を積層形成した。真性半導体層3は、例えば第1導電型で不純物濃度が 1×10^{12} atms/cm³から 1×10^{13} atms/cm³程度に調整

10

20

30

40

50

された例えばシリコンからなる。

【0080】

ここで、符号1で示した領域は後に光電変換部となる部分であり、符号20で示した領域はNチャネルMOS型トランジスタとなる部分であり、符号21で示した領域はPチャネルMOS型トランジスタとなる部分である。

【0081】

つぎに、図11に示すように、上記真性半導体層3上にフォトレジスト等を用いて光電変換部1となる領域以外(MIS型トランジスタ20, 21が形成される領域)の全部あるいは一部の領域にイオン注入されるように開口されたマスクパターン28を形成し、このマスクパターン28を用いて矢印29で示すように、選択的にイオン注入を行うことにより例えば酸素イオン30をイオン注入した。

10

【0082】

このとき、イオン注入される酸素イオン30は、半導体基板2と真性半導体層3の両方、あるいは真性半導体層3のみにイオン注入されるようにイオン注入時の加速エネルギーを調整している。

【0083】

つぎに、図12に示すように、図11でイオン注入のマスクに使用したマスクパターン28を酸素プラズマ処理等により選択的に除去し、その後例えばアルゴンガスまたは窒素ガス等の不活性ガスを用いた1000程度の高温熱処理により、酸素イオン30を半導体基板2として用いた例えばシリコンとを反応させ、また真性半導体層3として用いた例えばシリコンとを反応させ、それらをシリコン酸化膜化させ、絶縁体層19とした。

20

【0084】

ここで、不活性ガスを用いて高温熱処理を行うのは、図11でイオン注入を行った時に上記真性半導体層3の表面に形成されたダメージ層をアニーリングするためであり、真性半導体層3上に次工程で例えば単結晶シリコンを低欠陥密度で形成しようとする構成のためには不可欠である。

【0085】

つぎに、図13に示すように、上記真性半導体層3上に例えばシランガスを用いたエピタキシャル法により、第2導電型のN型として例えばリンを不純物として単結晶シリコンからなる第2導電型の半導体層4を形成した。

30

【0086】

つぎに、図14に示すように、上記第2導電型の半導体層4内にPN接合を利用した拡散分離領域18を、第2導電型とは異なる導電型で例えばボロンを用いたP型不純物で形成した。

【0087】

また、NチャネルMIS型トランジスタ20の形成領域としてP型層22を例えばボロンを不純物として用い形成した。PチャネルMIS型トランジスタ21の形成領域としては、半導体層4がそのまま使用される。27は上記NチャネルMIS型トランジスタ20およびPチャネルMIS型トランジスタ21の各素子を例えばシリコン酸化膜を用いて分離する分離領域である。

40

【0088】

つぎに、図15に示すように、PチャネルMIS型トランジスタ21については、P型不純物、例えばボロンを用いて半導体層4内にソース・ドレイン26を形成し、例えばシリコン酸化膜でゲート絶縁膜24を形成し、N型不純物として、例えばリンを含有させた多結晶シリコンを用いて、ゲート絶縁膜24上に形成されたゲート電極25を形成する。

【0089】

また、NチャネルMIS型トランジスタ20について、N型不純物、例えばヒ素を用いてP型層22内にソース・ドレイン23を形成し、例えばシリコン酸化膜でゲート絶縁膜24を形成し、N型不純物として、例えばリンを含有させた多結晶シリコンを用いて、ゲート絶縁膜24上に形成されたゲート電極25を形成する。

50

【 0 0 9 0 】

つぎに、図 1 6 に示すように、NチャネルM I S型トランジスタ 2 0、PチャネルM I S型トランジスタ 2 1および光電変換部 1 上に、例えばC V D法によるシリコン酸化膜を用いて層間絶縁膜 3 1を形成し、上記層間絶縁膜 3 1にフォトエッチング技術等により接続孔 3 3を形成、例えばアルミニウムによる電極 3 2、アノード電極 6 およびカソード電極 8 を作成した。

【 0 0 9 1 】

この実施の形態の光電変換半導体装置の製造方法によれば、NチャネルM I S型トランジスタ 2 0およびPチャネルM I S型トランジスタ 2 1の下層に絶縁体層 1 9を設けたことによって、NチャネルM I S型トランジスタ 2 0およびPチャネルM I S型トランジスタ 2 1を電氣的に半導体基板 2 から分離することができる。その結果、NチャネルM I S型トランジスタ 2 0およびPチャネルM I S型トランジスタ 2 1の特性に影響を与えることなく、P I Nダイオードの特性向上を図ることができる。逆にP I Nダイオードの特性に影響を与えることなく、NチャネルM I S型トランジスタ 2 0およびPチャネルM I S型トランジスタ 2 1の特性向上を図ることができる。したがって、トランジスタ性能の向上とP I Nダイオードの特性向上の両立を図ることができる。

10

【 0 0 9 2 】

また、絶縁体層をイオン注入と高温熱処理とにより形成するので、例えばフォトリソグラフィ技術とを組み合わせることにより、イオンを絶縁体層形成したい領域に選択的に注入することができる。また、真性半導体層形成後にイオンの加速エネルギーの調整により意図する深さに注入することができ、高温熱処理による反応で位置精度良く絶縁体層を形成できる。

20

【 0 0 9 3 】

なお、第 1 の発明による実施の形態では、バイポーラ型トランジスタを用いて説明し、第 2 の発明による実施の形態では、M I S型トランジスタを用いて説明したが、バイポーラ型トランジスタとM I S型トランジスタを組み合わせた構成の光電変換半導体装置についても本発明が有効であることは言うまでもない。

【 0 0 9 4 】

また、異なる導電型や異なる不純物濃度、異なる材質を組み合わせ積層構造とした基板においても、最上層部が本発明により説明された半導体基板と同様であれば、本発明の構成を用いることにより同様の効果を得ることが可能である。

30

【 0 0 9 5 】

真性半導体層は、上記の実施の形態では、第 1 導電型であると説明したが、第 2 導電型であっても、同様の作用効果が得られる。

【 0 0 9 6 】

【発明の効果】

本発明による光電変換半導体装置およびその製造方法によれば、半導体基板の不純物濃度や、真性半導体層の厚さ等の例えば光電変換用に形成されたP I Nダイオードの形成条件に影響を受けることなく、バイポーラ型トランジスタやM I S型トランジスタを形成することが可能となり、これらトランジスタの特性調整が容易となる。これにより、P I Nダイオードの高性能化が実現でき、例えば光電変換装置における周波数特性の高周波化が容易となり、光電変換装置自体の歩留まり改善も期待できる。

40

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の発明による光電変換半導体装置の実施の形態を示す断面図である。

【図 2】第 2 の発明による光電変換半導体装置の実施の形態を示す断面図である。

【図 3】第 3 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 4】第 3 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 5】第 3 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面

50

図である。

【図 6】第 3 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 7】第 3 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 8】第 3 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 9】第 3 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 10】第 4 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。 10

【図 11】第 4 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 12】第 4 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 13】第 4 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 14】第 4 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 15】第 4 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。 20

【図 16】第 4 の発明による光電変換半導体装置の製造方法の実施の形態を示す工程順断面図である。

【図 17】第 1 の従来例の光電変換半導体装置の断面図である。

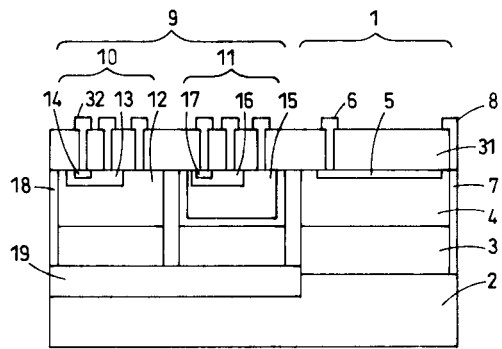
【図 18】第 2 の従来例の光電変換半導体装置の断面図である。

【符号の説明】

- | | | |
|----|--------------------|----|
| 1 | 光電変換部 | |
| 2 | 半導体基板 | |
| 3 | 真性半導体層 | |
| 4 | 半導体層 | 30 |
| 5 | 第 2 導電型拡散層 | |
| 6 | アノード電極 | |
| 7 | 第 1 導電型拡散層 | |
| 8 | カソード電極 | |
| 9 | 制御部 | |
| 10 | NPN バイポーラ型トランジスタ | |
| 11 | PNP バイポーラ型トランジスタ | |
| 12 | コレクタ | |
| 13 | ベース | |
| 14 | エミッタ | 40 |
| 15 | コレクタ | |
| 16 | ベース | |
| 17 | エミッタ | |
| 18 | 拡散分離領域 | |
| 19 | 絶縁体層 | |
| 20 | N チャネル MIS 型トランジスタ | |
| 21 | P チャネル MIS 型トランジスタ | |
| 22 | P 型不純物領域 | |
| 23 | ソース・ドレイン | |
| 24 | ゲート絶縁膜 | 50 |

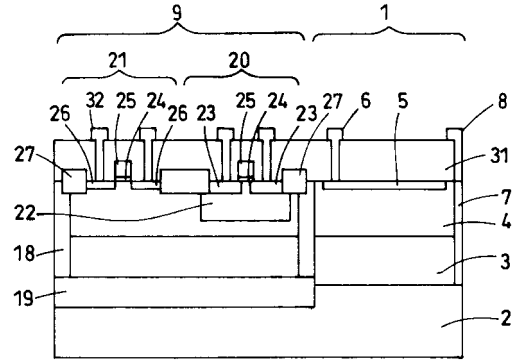
2 5	ゲート電極	
2 6	ソース・ドレイン	
2 7	分離領域	
2 8	マスクパターン	
3 0	酸素イオン	
3 1	層間絶縁膜	
3 2	電極	
3 3	接続孔	
1 0 1	光電変換部	
1 0 2	半導体基板	10
1 0 3	真性半導体層	
1 0 4	半導体層	
1 0 5	第2導電型拡散層	
1 0 6	アノード電極	
1 0 7	第1導電型拡散層	
1 0 8	カソード電極	
1 0 9	制御部	
1 1 0	NPNバイポーラ型トランジスタ	
1 1 1	PNPバイポーラ型トランジスタ	
1 1 2	コレクタ	20
1 1 3	ベース	
1 1 4	エミッタ	
1 1 5	コレクタ	
1 1 6	ベース	
1 1 7	エミッタ	
1 1 8	拡散分離領域	
1 2 0	NチャネルMIS型トランジスタ	
1 2 1	PチャネルMIS型トランジスタ	
1 2 2	P型不純物領域	
1 2 3	ソース・ドレイン	30
1 2 4	ゲート絶縁膜	
1 2 5	ゲート電極	
1 2 6	ソース・ドレイン	
1 2 7	分離領域	
1 3 1	層間絶縁膜	
1 3 2	電極	

【図 1】



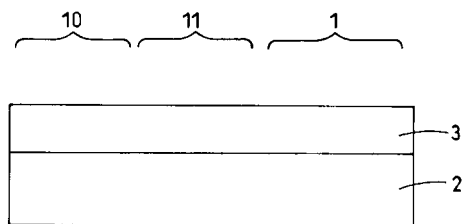
- | | | | |
|----|-----------------|----|--------|
| 1 | 光電変換部 | 12 | コレクタ |
| 2 | 半導体基板 | 13 | ベース |
| 3 | 真性半導体層 | 14 | エミッタ |
| 4 | 半導体層 | 15 | コレクタ |
| 5 | 第2導電型拡散層 | 16 | ベース |
| 6 | ゲノード電極 | 17 | エミッタ |
| 7 | 第1導電型拡散層 | 18 | 拡散分離領域 |
| 8 | カソード電極 | 19 | 絶縁体層 |
| 9 | 制御部 | 31 | 層間絶縁膜 |
| 10 | NPNバイポーラ型トランジスタ | 32 | 電極 |
| 11 | PNPバイポーラ型トランジスタ | | |

【図 2】



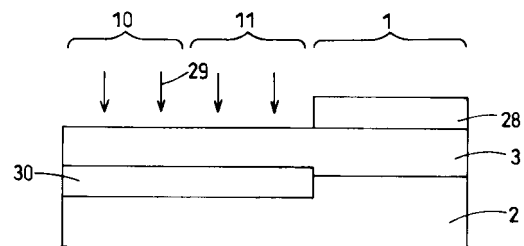
- | | | | |
|---|----------|----|-----------------|
| 1 | 光電変換部 | 20 | NチャネルMIS型トランジスタ |
| 2 | 半導体基板 | 21 | PチャネルMIS型トランジスタ |
| 3 | 真性半導体層 | 22 | P型不純物領域 |
| 4 | 半導体層 | 23 | ソース・ドレイン |
| 5 | 第2導電型拡散層 | 24 | ゲート絶縁膜 |
| 6 | ゲノード電極 | 25 | ゲート電極 |
| 7 | 第1導電型拡散層 | 26 | ソース・ドレイン |
| 8 | カソード電極 | 27 | 分離領域 |
| 9 | 制御部 | | |

【図 3】



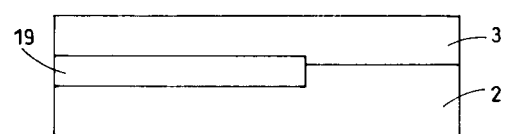
- | | |
|----|-----------------|
| 1 | 光電変換部 |
| 2 | 半導体基板 |
| 3 | 真性半導体層 |
| 10 | NPNバイポーラ型トランジスタ |
| 11 | PNPバイポーラ型トランジスタ |

【図 4】



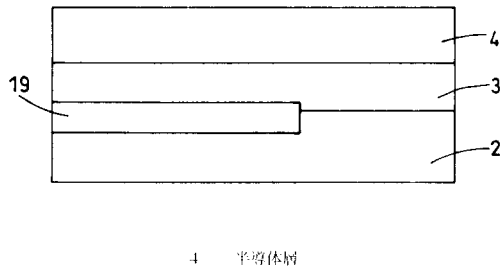
- | | |
|----|---------|
| 28 | マスクパターン |
| 30 | 酸素イオン |

【図 5】

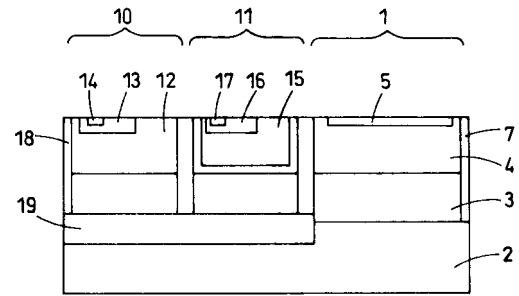


- | | |
|----|------|
| 19 | 絶縁体層 |
|----|------|

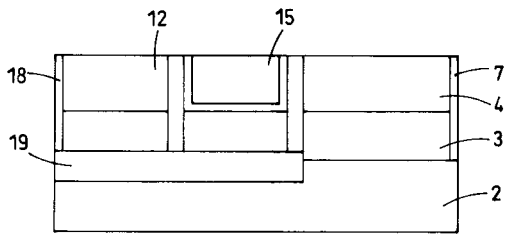
【図 6】



【図 8】



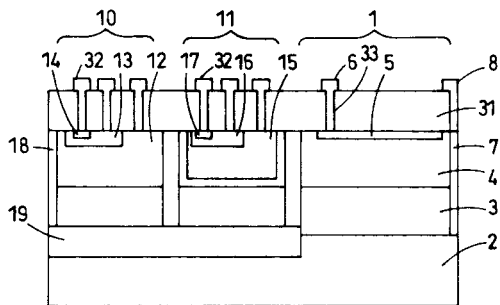
【図 7】



- 7 第1導電型拡散層
12 コレクタ
15 コレクタ
18 拡散分離領域

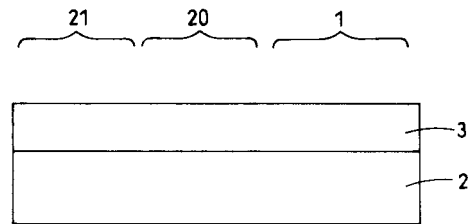
- 5 第2導電型拡散層
13 ベース
14 エミッタ
16 ベース
17 エミッタ

【図 9】



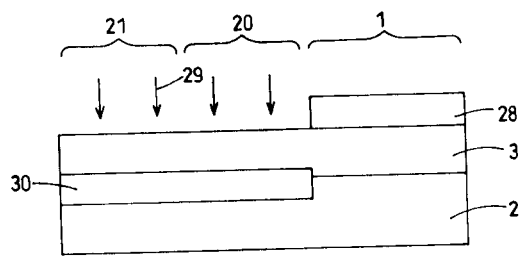
- 6 アノード電極
8 カソード電極
31 層間絶縁膜
32 電極
33 接続孔

【図 10】



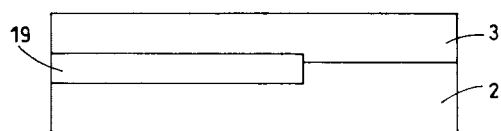
- 1 光電変換部
2 半導体基板
3 真性半導体層
20 NチャネルMIS型トランジスタ
21 PチャネルMIS型トランジスタ

【図 1 1】



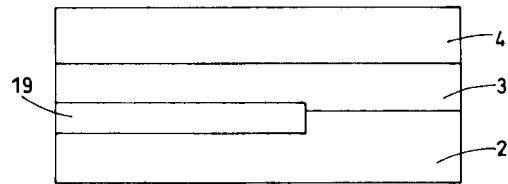
28 マスクハタール
30 酸素イオン

【図 1 2】



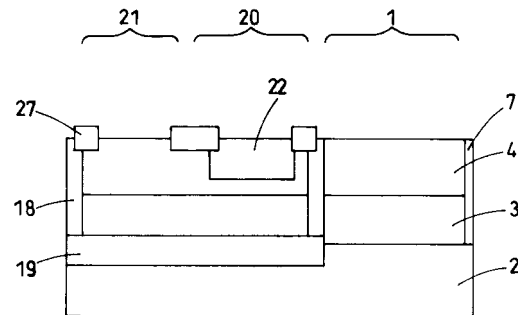
19 絶縁体層

【図 1 3】



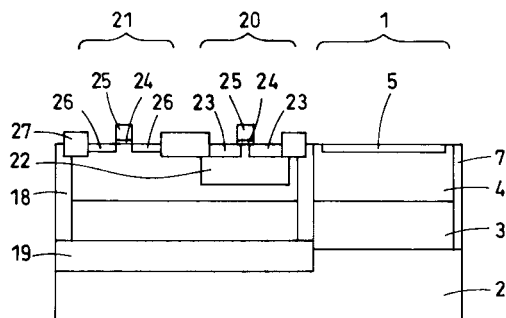
4 半導体層

【図 1 4】



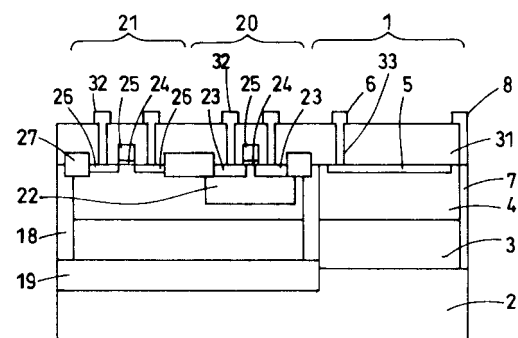
7 第1導電型拡散層
18 拡散分離領域
22 P型不純物領域
27 分離領域

【図 1 5】



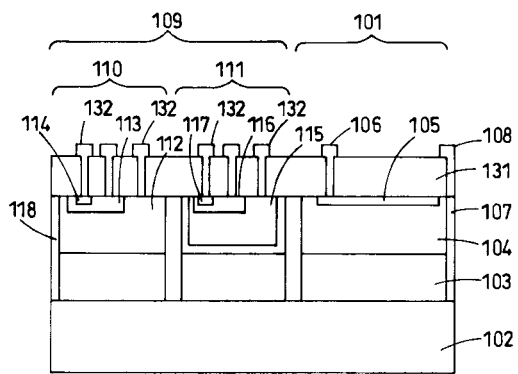
5 第2導電型拡散層
23 ソース・ドレイン
24 ゲート絶縁膜
25 ゲート電極
26 ソース・ドレイン

【図 1 6】

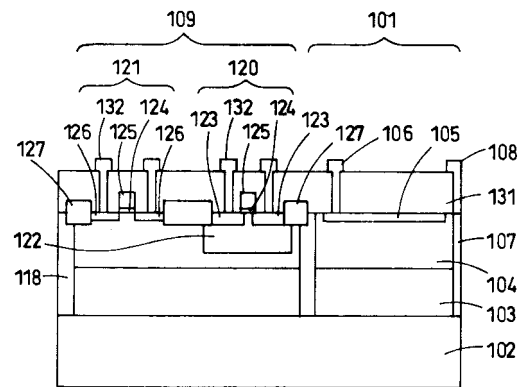


6 アノード電極
8 カソード電極
31 層間絶縁膜
32 電極
33 接続孔

【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I

H 0 1 L 21/76 (2006.01)

H 0 1 L 27/088 (2006.01)

H 0 1 L 21/8234 (2006.01)

(72)発明者 茶藤 哲夫

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

松下電器産業株式会社内

審査官 恩田 春香

(56)参考文献 特開平 1 0 - 0 9 3 1 2 9 (J P , A)

特開平 0 9 - 1 9 9 6 0 4 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 2 9 4 7 5 7 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 0 8 2 6 7 9 (J P , A)

特開平 5 - 2 1 8 0 0 (J P , A)

特開平 1 0 - 2 0 9 4 1 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H01L 27/14 - 27/148