

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5356872号
(P5356872)

(45) 発行日 平成25年12月4日 (2013. 12. 4)

(24) 登録日 平成25年9月6日 (2013. 9. 6)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 27/146 (2006. 01)	HO 1 L 27/14 A
HO 4 N 5/369 (2011. 01)	HO 4 N 5/335 6 9 O
HO 1 L 21/02 (2006. 01)	HO 1 L 27/12 B
HO 1 L 27/12 (2006. 01)	

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2009-66877 (P2009-66877)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成21年3月18日 (2009. 3. 18)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2010-219439 (P2010-219439A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成22年9月30日 (2010. 9. 30)	(74) 代理人	110001427
審査請求日	平成24年3月6日 (2012. 3. 6)		特許業務法人前田特許事務所
		(74) 代理人	100077931
			弁理士 前田 弘
		(74) 代理人	100110939
			弁理士 竹内 宏
		(74) 代理人	100110940
			弁理士 嶋田 高久
		(74) 代理人	100113262
			弁理士 竹内 祐二
		(74) 代理人	100115059
			弁理士 今江 克実
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 個体撮像装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エピタキシャル法により、第1のウェハの主面上に第1のシリコン単結晶層を形成する工程と、

前記第1のシリコン単結晶層の上に酸化シリコン層を形成する工程と、
イオン注入法により、前記第1のシリコン単結晶層の内部に欠陥層を形成する工程と、
前記第1のウェハにおける前記酸化シリコン層に第2のウェハを貼り合わせる工程と、
前記第1のシリコン単結晶層を含む前記第2のウェハから前記第1のシリコン単結晶層を含む前記第1のウェハを前記欠陥層において剥離することにより、前記第2のウェハの上に形成された前記酸化シリコン層と該酸化シリコン層の上に形成された前記第1のシリ
コン単結晶層とを有するS O I ウェハを形成する工程と、

エピタキシャル法により、前記第1のシリコン単結晶層の上に第2のシリコン単結晶層を形成する工程と、

前記第1のシリコン単結晶層又は第2のシリコン単結晶層にフォトダイオードを形成する工程と、

前記第2のシリコン単結晶層における前記第1のシリコン単結晶層と反対側の面にフォトダイオード電荷読み出し構造を含む配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項 2】

前記フォトダイオードを形成する工程において、前記フォトダイオードの受光部は、前

記酸化シリコン層側に向けて形成され、

前記配線層を形成した後に、前記第2のウェハの一部又は全部を前記酸化シリコン層に対して選択的にエッチングする工程をさらに備えていることを特徴とする請求項1に記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項3】

エピタキシャル法により、第1のウェハの主面上に不純物濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上である第1のシリコン単結晶層を形成する工程と、

前記第1のシリコン単結晶層の上に酸化シリコン層を形成する工程と、

イオン注入法により、前記第1のシリコン単結晶層の内部に欠陥層を形成する工程と、

前記第1のウェハにおける前記酸化シリコン層に第2のウェハを貼り合わせる工程と、

前記第1のシリコン単結晶層を含む前記第2のウェハから前記第1のシリコン単結晶層を含む前記第1のウェハを前記欠陥層において剥離することにより、前記第2のウェハの上に形成された前記酸化シリコン層と該酸化シリコン層の上に形成された前記第1のシリコン単結晶層とを有するSOIウェハを形成する工程と、

エピタキシャル法により、前記第1のシリコン単結晶層の上に第1のシリコン単結晶層よりも不純物濃度が低い第2のシリコン単結晶層を形成する工程と、

前記第2のシリコン単結晶層に、前記酸化シリコン層側に受光部を向けて、フォトダイオードを形成する工程と、

前記第2のシリコン単結晶層における前記第1のシリコン単結晶層と反対側の面にフォトダイオード電荷読み出し構造を含む配線層を形成する工程と、

前記第2のウェハの一部又は全部を前記酸化シリコン層に対して選択的にエッチングする工程とを備えていることを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項4】

前記第1のシリコン単結晶層は、第1の電導型であり、

前記第2のシリコン単結晶層は、第2の電導型であり、

前記フォトダイオードは、第2の電導型であることを特徴とする請求項3に記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項5】

前記第1のシリコン単結晶層は、第1の電導型であり、

前記第2のシリコン単結晶層は、第2の電導型であり、

前記フォトダイオードを形成する工程は、前記第2のシリコン単結晶層に第1の電導型のウェルを形成する工程を含み、

前記フォトダイオードは、第2の電導型であり且つ前記ウェル内に形成されることを特徴とする請求項3に記載の固体撮像装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像装置及びその製造方法に関し、特に、SOI (Silicon On Insulator) 基板を用いる固体撮像装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラ及びビデオカメラ等には、電荷結合素子 (Charge Coupled Device: CCD) 又はCMOSイメージセンサ等の固体撮像装置を使用するのが一般的である。近年では固体撮像装置の改良が進み、高画素の固体撮像装置により高精細な画像を撮影することが可能である。

【0003】

このような従来の固体撮像装置において、半導体基板の上に転送ゲート、光電変換素子、MOSトランジスタ及び各種配線等を設けたものが一般的である。しかし、光電変換素子の受光領域は転送ゲート、MOSトランジスタ及び配線等を避けるように設けられることが必要であるため、半導体基板の面積の縮小及び画素数の増加による画素の微細化に伴

10

20

30

40

50

って受光領域の開口率が小さくなるという問題がある。

【0004】

そこで、近年においては、半導体基板の片面に転送ゲート、MOSトランジスタ及び配線層を形成すると共に、その裏面に光電変換素子を配置して、裏面を受光領域とした裏面照射型の固定撮像装置が注目されている。

【0005】

裏面照射型の固体撮像装置は、基板の膜厚を $3\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 程度に薄膜化する必要がある。その手段としては、従来のシリコン基板を裏面から研磨又はエッチングする方法も考えられるが、通常 $500\mu\text{m}$ 以上である初期基板の膜厚を $10\mu\text{m}$ 以下にまで均一に薄膜化する点で制御性に乏しい。

10

【0006】

そこで、酸化シリコン層の上にシリコン単結晶層を形成したSOIウェハを用いた裏面照射型の固体撮像装置の製造方法が、例えば特許文献1に提示されている。

【0007】

その製造方法は、ベースウェハの上に酸化シリコン層を形成し、さらにその上にシリコン単結晶層が形成されたSOIウェハを用いて、シリコン単結晶層に酸化シリコン層側に受光部を向けて光電変換素子を形成する工程と、シリコン単結晶層の酸化シリコン層と反対側の面に配線層を形成する工程と、酸化シリコン層の下のベースウェハを選択的に除去する工程とを含む。

【0008】

20

また、SOIウェハの代表的な製造方法は、大きく分けてSIMOX (Separation by Implanted Oxygen) 法と貼り合わせ法とが知られている。

【0009】

SIMOX法は、高濃度の酸素をシリコン基板に高加速エネルギーでイオン注入して、熱処理することによって、シリコン基板の内部に酸化シリコン層を形成すると共にシリコン基板の表面近傍に再結晶化したシリコン層ができることを利用したSOIウェハの製造方法である。この方法は、イオン注入の深さの制御は精度良くできるため、シリコン基板の表面近傍にできる再結晶シリコン層の膜厚の均一性は良いが、熱処理時に非単結晶の酸化シリコン層が生じて、その上に再結晶シリコン層が形成されるため、この再結晶シリコン層内には多数の結晶欠陥が発生する。この結晶欠陥の低減に多くの努力がなされてきたが、本質的ともいえる欠陥の発生の機構であるために、未だ克服できていない。今後もこの欠陥の低減は難しいと考えられる。

30

【0010】

そこで提案されたのがウェハ貼り合わせ法であり、Unibond法 (Smart Cut (登録商標)) が実用的には現在の主流である。

【0011】

Unibond法は、シリコン基板の表面に酸化シリコン膜を形成し、形成した酸化シリコン膜を介して水素イオンの注入を行い、その後、これをベースウェハ (支持基板) と貼り合わせる。その後、熱処理を行い、水素イオンの注入位置において剥離することによりSOIウェハを形成する方法 (水素イオン剥離法) であり、例えば特許文献2又は特許文献3に提示されている。

40

【0012】

水素イオン剥離法は、2枚のシリコンウェハのうち少なくとも一方に酸化シリコン膜を形成すると共に、一方のシリコンウェハの上から水素イオン又は希ガスイオンを注入して、前記シリコンウェハの内部に欠陥層 (封入層) を形成させる。その後、酸化シリコン膜を介して他方のシリコンウェハと密着させて、熱処理 (剥離熱処理) を行うことにより欠陥層を劈開面 (剥離面) として一方のウェハを薄膜状に剥離して、さらに熱処理 (結合熱処理) を行うことにより結合を強固にしてSOIウェハとする技術である。

【特許文献1】特表2008-514011号公報

【特許文献2】特許第2959704号公報

50

【特許文献3】特許第3385972号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

SOIウェハの製造に供されるシリコンウェハは、通常チョクラルスキ（Czochralski：CZ）法により製造される。CZ法は、塊状のシリコン多結晶を石英からなる坩堝に入れて、アルゴン雰囲気における抵抗加熱により溶融して、塊状のシリコン多結晶に接触させて徐々に回転させながら引き上げて製造する。シリコンの抵抗率はドーパントの濃度により制御するが、軸方向及び面内方向の抵抗率を一樣にすることが困難である。CZ法により製造されたシリコンウェハの引き上げによって発生する同心円状の抵抗率及び酸素濃度等の斑をスワールという。図9に抵抗率の大小を濃度で表したスワールの模式図を示す。このような問題はあるが、引き上げ機の大きさ次第では300mm以上の大口径の単結晶を作ることが可能であるため、近年の半導体製造で使われる大口径ウェハはすべてCZ法により作られている。

10

【0014】

CZ法により製造されたシリコンウェハを用いて、水素イオン剥離法により製造されたSOIウェハはすでに主としてロジックLSIの製造において実用化されているが、通常製造されるSOIウェハは、CZ法に起因する抵抗率のばらつきはあまり問題とならない。

【0015】

20

以下、CZ法により製造されたシリコンウェハを材料として、水素イオン剥離法によるSOIウェハを用いた裏面照射型の固体撮像装置の製造方法を説明する。

【0016】

図10及び図11は、従来のSOIウェハを用いた裏面照射型の固体撮像装置の製造方法を示す断面図である。

【0017】

図10(a)に示すように、シリコン単結晶であるボンドウェハ5を用意する。ボンドウェハ5はCZ法により製造されたシリコン単結晶である。ここで、ボンドウェハ5は図11(e)に示す完成した固体撮像装置3のpウェル6になるように、p型に不純物が導入されている。また、ボンドウェハ5は主面が下側になるように示している。

30

【0018】

次に、図10(b)に示すように、ボンドウェハ5を熱酸化することにより、酸化シリコン層7を形成する。ここで、主面側の酸化シリコン層7のみを示しているが、実際には裏面及び側面にもシリコン酸化膜が形成される。

【0019】

次に、図10(c)に示すように、ボンドウェハ5の主面から水素イオンを注入する。ここで、水素イオンの注入の加速エネルギーを制御して、水素イオンの注入による欠陥層8のボンドウェハ5の主面からの深さを調整することにより、後に図11(a)に示すSOIウェハ1が完成した際の上層のシリコン単結晶層9の厚さを決めることができる。

【0020】

40

次に、図10(d)に示すように、SOIウェハ1における強度を維持するためのベースウェハ2及びボンドウェハ5の表面を洗浄して表面同士を貼り合わせる。ここで、ベースウェハ2はCZ法により製造されたシリコン単結晶である。

【0021】

この後、図10(e)に示すように、ベースウェハ2とボンドウェハ5とを裏面から引き離すことによって、欠陥層8において、ベースウェハ2からボンドウェハ5の一部が剥離する。ここでベースウェハ2から剥離されたボンドウェハ5の一部は、再び図10(b)の酸化工程にもどされ、別のSOIウェハの製造に再利用されることもある。

【0022】

その後、熱処理を行うことにより貼り合わせた面同士の接着を強固にする。通常では1

50

000 前後の熱処理によって接着面の結合が強固になるといわれているが、プラズマによる前処理等により熱処理を低温化する方法も検討されている。

【0023】

ここまでの工程により、図11(a)に示すように、SOIウェハ1が完成する。

【0024】

図11(b)は、SOIウェハ1の上層のシリコン単結晶層9にフォトダイオード4及びドレイン11を形成し、シリコン単結晶層9の上に読み出しゲート10及び配線12を形成して、MOS型固体撮像装置を形成する工程を示している。CCD固体撮像装置の場合には、フォトダイオード、電荷転送部、ゲート電極及び配線がこれに代わる。フォトダイオード4はp型基板中にヒ素(As)又はリン(P)等の不純物をイオン注入して形成する。

10

【0025】

次に、図11(c)に示すように、SOIウェハ1からベースウェハ2を除去する。ベースウェハ2がシリコン単結晶であれば、アルカリ溶液によるエッチングにより容易に除去することができる。また、中間の酸化シリコン層7はアルカリ溶液によりエッチングされないため、SOIウェハ1を製造した膜厚精度での加工が可能であり、この点がSOIウェハ1を用いる最大の利点である。このとき、SOIウェハ1の全面からベースウェハ2を除去する場合にはウェハの強度が不足するため、配線12等を形成した表面側に、別途補強のための支持ウェハを貼り付ける必要があるがここでは省略している。

【0026】

20

その後、図11(d)に示すように、酸化シリコン層7が形成されている面からボロン(B)イオンの注入を行い、シリコン単結晶層9におけるシリコン単結晶層9と酸化シリコン層7との界面近傍にp⁺型の空乏化防止層13を形成する。空乏化防止層13がフォトダイオード4の空乏層が酸化シリコン膜との界面まで広がることを防ぐことにより、界面準位で発生するノイズ電子がフォトダイオード4に蓄積し、暗信号となるのを防ぐ。

【0027】

最後に、図11(e)に示すように、ウェハ裏面の酸化シリコン層7の上に、カラーフィルタ14及びオンチップマイクロレンズ15を形成して、裏面照射型の固体撮像装置3が完成する。

【0028】

30

しかしながら、前記従来のSOIウェハを用いた裏面照射型の固体撮像装置の製造方法は、シリコンウェハを均一に制御性良く薄膜化するという点では優れているものの、基板の抵抗率のわずかなばらつきがフォトダイオードの個々の特性に影響し、感度及び飽和信号量のばらつきとなるため、撮像した画像に図12に示すようなスワールに起因する固定パターンノイズが見えるという問題がある。

【0029】

本発明は上記の問題に鑑み、SOI基板を用いる固体撮像装置において、基板の抵抗率のばらつきを抑え、撮像した画像の画質劣化を防止できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0030】

40

前記の目的を達成するために、本発明は、固体撮像装置の製造方法を、エピタキシャル法により形成したシリコン単結晶を有するSOIウェハを用いる構成とする。

【0031】

具体的に、本発明に係る第1の固体撮像装置の製造方法は、エピタキシャル法により、第1のウェハの主面上にシリコン単結晶層を形成する工程と、シリコン単結晶層の上に酸化シリコン層を形成する工程と、イオン注入法により、シリコン単結晶層の内部に欠陥層を形成する工程と、第1のウェハにおける酸化シリコン層に第2のウェハを貼り合わせる工程と、シリコン単結晶層を含む第2のウェハからシリコン単結晶層を含む第1のウェハを欠陥層において剥離することにより、第2のウェハの上に形成された酸化シリコン層と該酸化シリコン層の上に形成されたシリコン単結晶層とを有するSOIウェハを形成する

50

工程と、シリコン単結晶層にフォトダイオードを形成する工程と、シリコン単結晶層における酸化シリコン層と反対側の面にフォトダイオード電荷読み出し構造を含む配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

本発明の第 1 の固体撮像装置の製造方法によると、不純物濃度の同心円状の斑を避けられない C Z 法により形成されたシリコン単結晶を含まないため、従来の製造方法により製造された固体撮像装置に発生する固定パターンノイズが発生しない。これにより撮像した画像の画質劣化を防止できる固体撮像装置を製造することができる。

【 0 0 3 3 】

また、本発明の第 1 の固体撮像装置の製造方法において、フォトダイオードを形成する工程において、フォトダイオードの受光部は、酸化シリコン層側に向けて形成され、配線層を形成した後に、第 2 のウェハの一部又は全部を酸化シリコン層に対して選択的にエッチングする工程をさらに備えていてもよい。

【 0 0 3 4 】

本発明に係る第 2 の固体撮像装置の製造方法は、エピタキシャル法により、第 1 のウェハの主面上に第 1 のシリコン単結晶層を形成する工程と、第 1 のシリコン単結晶層の上に酸化シリコン層を形成する工程と、イオン注入法により、第 1 のシリコン単結晶層の内部に欠陥層を形成する工程と、第 1 のウェハにおける酸化シリコン層に第 2 のウェハを貼り合わせる工程と、第 1 のシリコン単結晶層を含む第 2 のウェハから第 1 のシリコン単結晶層を含む第 1 のウェハを欠陥層において剥離することにより、第 2 のウェハの上に形成された酸化シリコン層と該酸化シリコン層の上に形成された第 1 のシリコン単結晶層とを有する S O I ウェハを形成する工程と、エピタキシャル法により、第 1 のシリコン単結晶層の上に第 2 のシリコン単結晶層を形成する工程と、第 1 のシリコン単結晶層又は第 2 のシリコン単結晶層にフォトダイオードを形成する工程と、第 2 のシリコン単結晶層における第 1 のシリコン単結晶層と反対側の面にフォトダイオード電荷読み出し構造を含む配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする。

【 0 0 3 5 】

本発明の第 2 の固体撮像装置の製造方法によると、不純物濃度の斑を避けられない C Z 法により形成されたシリコン単結晶を含まないため、従来の製造方法により製造された固体撮像装置に発生する固定パターンノイズが発生しない。これにより撮像した画像の画質劣化を防止できる固体撮像装置を製造することができる。さらに固体撮像装置の読み出しゲート、ドレイン及び配線等は無欠陥の第 2 のシリコン単結晶層の表面に形成できるため固体撮像装置の画質をより改善することができる。

【 0 0 3 6 】

また、本発明の第 2 の固体撮像装置の製造方法において、フォトダイオードを形成する工程において、フォトダイオードの受光部は、酸化シリコン層側に向けて形成され、配線層を形成した後に、第 2 のウェハの一部又は全部を酸化シリコン層に対して選択的にエッチングする工程をさらに備えていてもよい。

【 0 0 3 7 】

本発明に係る第 3 の固体撮像装置の製造方法は、エピタキシャル法により、第 1 のウェハの主面上に不純物濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上である第 1 のシリコン単結晶層を形成する工程と、第 1 のシリコン単結晶層の上に酸化シリコン層を形成する工程と、イオン注入法により、第 1 のシリコン単結晶層の内部に欠陥層を形成する工程と、第 1 のウェハにおける酸化シリコン層に第 2 のウェハを貼り合わせる工程と、第 1 のシリコン単結晶層を含む第 2 のウェハから第 1 のシリコン単結晶層を含む第 1 のウェハを欠陥層において剥離することにより、第 2 のウェハの上に形成された酸化シリコン層と該酸化シリコン層の上に形成された第 1 のシリコン単結晶層とを有する S O I ウェハを形成する工程と、エピタキシャル法により、第 1 のシリコン単結晶層の上に第 1 のシリコン単結晶層よりも不純物濃度が低い第 2 のシリコン単結晶層を形成する工程と、第 2 のシリコン単結晶層に、酸化シリコン層側に受光部を向けて、フォトダイオードを形成する工程と、第 2 のシリコン

単結晶層における第１のシリコン単結晶層と反対側の面にフォトダイオード電荷読み出し構造を含む配線層を形成する工程と、第２のウェハの一部又は全部を酸化シリコン層に対して選択的にエッチングする工程とを備えていることを特徴とする。

【００３８】

本発明の第３の固体撮像装置の製造方法によると、不純物濃度の斑を避けられないＣＺ法により形成されたシリコン単結晶を含まないため、従来の製造方法により製造された固体撮像装置に発生する固定パターンノイズが発生しない。これにより撮像した画像の画質劣化を防止できる固体撮像装置を製造することができる。また、固体撮像装置の読み出しゲート、ドレイン及び配線等は無欠陥の第２のシリコン単結晶層の表面に形成できるため撮像装置の画質をより改善することができる。さらに、読み出しゲート及び配線等を形成した後にイオン注入によって空乏化防止層を形成して活性化アニールをする必要がなく、熱処理による配線等に対する悪影響を回避することができる。

10

【００３９】

本発明の第３の固体撮像装置の製造方法において、第１のシリコン単結晶層は、第１の電導型であり、第２のシリコン単結晶層は、第２の電導型であり、フォトダイオードは、第２の電導型であることが好ましい。

【００４０】

また、本発明の第３の固体撮像装置の製造方法において、第１のシリコン単結晶層は、第１の電導型であり、第２のシリコン単結晶層は、第２の電導型であり、フォトダイオードを形成する工程は、第２のシリコン単結晶層に第１の電導型のウェルを形成する工程を含み、フォトダイオードは、第２の電導型であり且つウェル内に形成されてもよい。

20

【００４１】

本発明の固体撮像装置は、エピタキシャル法により形成され、第１の面と該第１の面と対向する第２の面とを有する板状のシリコン単結晶層と、シリコン単結晶層の第１の面上に設けられ、フォトダイオード電荷読み出し構造を含む配線層と、シリコン単結晶層の内部に、第２の面に受光部を向けて形成された複数のフォトダイオードとを備えていることを特徴とする。

【００４２】

本発明の固体撮像装置によると、不純物濃度の斑を避けられないＣＺ法により形成されたシリコン単結晶を含まないため、従来の固体撮像装置において発生する固定パターンノイズの発生を防ぐことができるようになる。

30

【００４３】

本発明の固体撮像装置は、シリコン単結晶層の第２の面上に設けられた絶縁膜と、絶縁膜の上にフォトダイオードと対応して設けられたカラーフィルタとをさらに備えていてもよい。

【００４４】

また、本発明の固体撮像装置は、シリコン単結晶層の第２の面上に前記フォトダイオードと対応して設けられたオンチップマイクロレンズをさらに備えていてもよい。

【００４５】

また、本発明の固体撮像装置は、シリコン単結晶層の第２の面上に設けられた絶縁膜と、絶縁膜の上に設けられたカラーフィルタと、カラーフィルタの上にフォトダイオードと対応して設けられたオンチップマイクロレンズとをさらに備えていてもよい。

40

【発明の効果】

【００４６】

本発明に係る固体撮像装置及びその製造方法によると、不純物濃度の斑を避けられないＣＺ法により形成されたシリコン単結晶を含まない固体撮像装置が製造できるため、従来の製造方法により製造された固体撮像装置において発生する固定パターンノイズが発生しない固体撮像装置を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４７】

50

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置について、図1を参照しながら説明する。
図1は本発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置の断面構造を示している。

【0048】

図1に示すように、第1の実施形態に係る固体撮像装置は、エピタキシャル法により形成されたシリコン単結晶層24と、その表面を熱処理により形成された酸化シリコン層22とを有している。ここでは、シリコン単結晶層24は、pウェル21となるように、不純物の導入により例えばp型としている。

【0049】

シリコン単結晶層24には、フォトダイオード19及びドレイン26が形成され、シリコン単結晶層24の上には読み出しゲート25及び配線27が形成されている。シリコン単結晶層24の上には、読み出しゲート25及び配線27を覆うように層間絶縁膜34が形成されている。ここで、フォトダイオード19の形成は、ヒ素、リン又はアンチモン等のイオン注入によってn型領域を形成することにより行われる。また、フォトダイオード19の受光部は、酸化シリコン層22側に向くように形成されている。

【0050】

酸化シリコン層22が形成されている面から、例えばボロン(B)イオンを注入することにより、シリコン単結晶層24の下部にp⁺型の空乏化防止層28が形成されている。空乏化防止層28の不純物濃度はフォトダイオード19の不純物濃度によって異なるが、通常は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。このようにすると、フォトダイオード19の空乏層が酸化シリコン層22との界面にまで広がらないので、界面準位で発生するノイズ電子がフォトダイオード19に蓄積して発生する暗信号の抑制に有効である。

【0051】

また、酸化シリコン層22のシリコン単結晶層24と反対側の面上にはカラーフィルタ29が形成され、カラーフィルタ29の上にはオンチップマイクロレンズ30が形成されている。

【0052】

本実施形態に係る固体撮像装置によると、不純物濃度の同心円状の斑を避けられないチョクラスキ(CZ)法により形成されたシリコン単結晶を含まないため、固定パターンノイズの発生を防ぎ、画質を改善することができる。

【0053】

以下に、上記の構造を有する固体撮像装置の製造方法について図2及び図3を参照しながら説明する。図2(a)~図2(e)及び図3(a)~図3(f)は本発明に係る第1の実施形態の固体撮像装置の製造方法を工程順に示している。

【0054】

まず、図2(a)に示すように、シリコン単結晶であるボンドウェハ20を用意する。本実施形態において、ボンドウェハ20の電導型及び不純物濃度は、図3(f)に示す完成した固体撮像装置18のpウェル21とは直接に関係しない。また、図2及び図3において、ボンドウェハ20は主面が下側になるように示している。また、ボンドウェハ20は、CZ法により製造されたシリコン単結晶を用いて構わない。

【0055】

次に、図2(b)に示すように、エピタキシャル法により、ボンドウェハ20の主面上に、p型の不純物が導入されたシリコン単結晶層24を堆積させる。本実施形態において、シリコン単結晶層24は、最後に固体撮像素子を形成する基板の膜厚以上でなければならない。可視光に感度を持つ固体撮像装置の場合、数 μm ~10 μm の基板の膜厚が必要であるため、エピタキシャル法によるシリコン単結晶層24の堆積膜厚も数 μm ~10 μm が必要である。

【0056】

次に、図2(c)に示すように、ボンドウェハ20を熱酸化することにより酸化シリコ

10

20

30

40

50

ン層 22 を形成する。形成された酸化シリコン層 22 は、表面（下面）側のみを図示しているが、実際にはボンドウエハ 20 の裏面及び側面にも酸化シリコン層 22 が形成される。

【 0057 】

次に、図 2（d）に示すように、酸化シリコン層 22 側からシリコン単結晶層 24 に、水素イオンを注入することにより、シリコン単結晶層 24 の内部に欠陥層 23 を形成する。ボンドウエハ 20 とベースウェハ 17 とを貼り合わせ後にボンドウエハ 20 を欠陥層 23 において剥離する。このため、水素イオンの注入時の加速エネルギーを制御してイオン注入の深さを調整することにより、SOI（Silicon On Insulator）ウェハにおけるシリコン単結晶層 24 の厚さを決めることができる。従って、本実施形態ではこの欠陥層 23 の深さが最後に固体撮像装置 18 を形成するシリコン単結晶の膜厚となる。裏面照射型の固体撮像装置 18 を形成する場合には、前述したように、その膜厚は数 μm ~ 10 μm 程度である。図 2（b）で示したエピタキシャル法によるシリコン単結晶層 24 の堆積膜厚は固体撮像装置 18 を形成するシリコン単結晶の膜厚よりも厚くしているため、水素イオン注入による欠陥層 23 はエピタキシャル法によるシリコン単結晶層 24 中に形成される。

10

【 0058 】

次に、図 2（e）に示すように、図 3（b）において完成する SOI ウェハ 16 の強度を維持するためのベースウェハ 17 を用意し、用意したベースウェハ 17 とシリコン単結晶層 24 との表面を洗浄し、その後、ベースウェハ 17 とシリコン単結晶層 24 との表面同士を貼り合わせる。このとき、ベースウェハ 17 とシリコン単結晶層 24 を堆積したボンドウエハ 20 とを軽く押さえるだけで、それぞれの平坦性が十分に高いため、表面の原子間力により接着が進む。洗浄工程は、汚染物質及びパーティクル等を除去するだけでなく、それぞれの表面を親水性にして接着効果を高める目的もある。ここで、ベースウェハ 17 は、CZ 法により製造されたシリコン単結晶を用いても構わない。また、ベースウェハ 17 がボンドウエハ 20 よりも薄いように示したが、これは便宜的なものであり、ベースウェハ 17 は SOI ウェハ 16 としての強度を維持できる膜厚でなければならない。従って、直径 200 mm 以上の場合は、通常 500 μm 以上の膜厚が必要である。ボンドウエハ 20 もまた、ベースウェハ 17 との貼り合わせまでの工程を経るためにベースウェハ 17 と同程度の膜厚が必要である。

20

30

【 0059 】

この後、図 3（a）に示すように、ベースウェハ 17 とボンドウエハ 20 とを裏面から引き離すと、欠陥層 23 においてシリコン単結晶層 24 の剥離が起こる。ここでベースウェハ 17 から剥離されたボンドウエハ 20 及びシリコン単結晶層 24 の一部は、再び図 2（b）のエピタキシャル成長工程にもどされ、別の SOI ウェハの製造に再利用されることもある。

【 0060 】

その後、熱処理を行うことにより、貼り合わせた面同士の接着を強固にする。この熱処理の温度は接着強度を考慮して、400 以上であり、好ましくは 1000 前後であることが望ましい。

40

【 0061 】

上記の工程により図 3（b）に示すように、ベースウェハ 17、酸化シリコン層 22 及びシリコン単結晶層 24 からなる SOI ウェハ 16 が完成する。本実施形態により形成された SOI ウェハ 16 は、シリコン単結晶層 24 がすべてエピタキシャル法により形成されているため、CZ 法により形成された従来のシリコン単結晶層と比べて不純物の濃度斑がきわめて少ないのが特徴である。

【 0062 】

次に、図 3（c）に示すように、シリコン単結晶層 24 にフォトダイオード 19 及びドレイン 26 を形成し、シリコン単結晶層 24 の上に、読み出しゲート 25 及び配線 27 を形成することにより、MOS 型固体撮像装置を形成する。電荷結合素子（Charge Coupled

50

Device : C C D) 型固体撮像装置の場合は、フォトダイオード、電荷転送部、ゲート電極及び配線がこれに代わる。本実施形態ではフォトダイオード 19 を p 型のシリコン単結晶層 24 中に形成するため、フォトダイオード 19 の形成にヒ素、リン又はアンチモン等の不純物をイオン注入して n 型領域を形成する。また、シリコン単結晶層 24 の上に、読み出しゲート 25 及び配線 27 を覆うように層間絶縁膜 34 を形成する。

【 0 0 6 3 】

なお、本実施形態では図 2 (b) において、エピタキシャル法により p 型のシリコン単結晶層 24 を形成しているが、これを n 型とし、図 3 (c) に示す工程においてイオン注入等によって p ウェル 21 を形成し、p ウェル 21 中にフォトダイオード 19 等を形成しても構わない。

【 0 0 6 4 】

次に、図 3 (d) に示すように、ベースウェハ 17 を除去する。研磨及びドライエッチング等によりその大部分を除去した後に、アルカリ溶液によるエッチングを行うのが効率的である。但し、アルカリ溶液によるエッチングのみでも構わない。ベースウェハ 17 がシリコン単結晶であるため、アルカリ溶液によるエッチングにより容易に除去が可能であり、また、中間の酸化シリコン層 22 はアルカリ溶液によってエッチングされないため、エッチングのストッパーとなり、S O I ウェハ 16 の膜厚が主に水素イオン注入の深さにより決まる高精度での薄膜化の加工が可能である。500 μ m 以上の膜厚を持つ単層のシリコン単結晶ウェハを研磨及びエッチングを組み合わせると 10 μ m 前後の膜厚に加工する場合と比べて、膜厚精度が飛躍的に高いことが S O I ウェハ 16 を用いる最大の利点である。また、ベースウェハ 17 の除去は、マスク工程を利用して固体撮像装置 18 の受光領域に限定して行っても構わない。S O I ウェハ 16 の全面からベースウェハ 17 を除去する場合にはウェハ全体の強度が不足するため、配線 27 等を形成した表面側に石英ウェハ等を支持ウェハとしてあらかじめ貼り付けることにより補強することが望ましい。但し、ここでは省略している。また、本実施形態ではベースウェハ 17 のみを除去する場合を示しているが、アルカリ溶液等によるベースウェハ 17 の除去後に、酸によるエッチングによって酸化シリコン層 22 を選択的に除去しても膜厚の加工精度は変わらず、S O I ウェハ 16 を用いる効果が得られる。

【 0 0 6 5 】

その後、図 3 (e) に示すように、酸化シリコン層 22 が形成されている面からボロニイオンの注入を行い、シリコン単結晶層 24 におけるシリコン単結晶層 24 と酸化シリコン 22 層との界面近傍に p⁺ 型の空乏化防止層 28 を形成する。空乏化防止層 28 の濃度はフォトダイオード 19 の不純物濃度によっても異なるが、通常は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。これにより、フォトダイオード 19 の空乏層が酸化シリコン層 22 との界面にまで広がって界面準位で発生するノイズ電子がフォトダイオード 19 に蓄積し、暗信号となるのを防ぐことが可能である。但し、この工程を省略しても画質は低下するが撮像装置としての基本的な機能を得ることができる。

【 0 0 6 6 】

次に、図 3 (f) に示すように、酸化シリコン層 22 の上に、必要に応じてカラーフィルタ 29 及びオンチップマイクロレンズ 30 を形成して、エピタキシャル法によるシリコン単結晶層 24 のみにより形成された裏面照射型の固体撮像装置 18 が完成する。

【 0 0 6 7 】

本実施形態に係る固体撮像装置の製造方法は、不純物濃度の同心円状の斑を避けられない C Z 法により形成されたシリコン単結晶を含まない固体撮像装置 18 が形成できるために、図 12 に示したような固定パターンノイズの発生しない固体撮像装置を製造することが可能である。

【 0 0 6 8 】

なお、本実施形態では裏面照射型の固体撮像装置について説明したが、従来の表面型の固体撮像装置も S O I ウェハを使って同様に製造できる。表面型の固体撮像装置で受光領

10

20

30

40

50

域を薄膜化することは、例えば特定の短波長にのみ感度を持たせる場合や、固体撮像装置の透過光を何らかの目的に利用する場合等に有効である。この場合は図3(e)で示した空乏化防止層28はシリコン単結晶層24の上記とは反対側の面にボロンイオンを注入して形成する必要がある、図3(d)に示した工程中において行う。

【0069】

また、ここでは、MOS型固体撮像装置を例にその製造方法を示したが、CCD型固体撮像装置でもSOIウェハを使った同様の製造方法が適用可能である。

【0070】

また、本実施形態ではpウェル21中にフォトダイオード19を形成する場合を説明したが、他の電導型であっても本発明の固体撮像装置の製造方法が適用できる。

10

【0071】

さらに、本実施形態では水素イオン剥離法を用いる場合について説明したが、Unionbond法において用いられる他の剥離方法、例えば水素イオン以外のアルゴンイオン等を用いるイオン剥離法等を用いても同様の効果が得られる。

【0072】

(第2の実施形態)

以下、本発明の第2の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法について、図4及び図5を参照しながら説明する。

【0073】

図4(a)～図4(e)及び図5(a)～図5(g)は、本発明の第2の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を工程順に示している。

20

【0074】

図4(a)～図5(b)の工程は第1の実施形態で示した図2(a)～図3(b)の工程と同様であるため説明を省略する。但し、第1の実施形態におけるシリコン単結晶層24を本実施形態では第1のシリコン単結晶層32としている。

【0075】

図5(c)に示すように、エピタキシャル法により、第1のシリコン単結晶層32の上に、第2のシリコン単結晶層31を堆積させる。ここで第2のシリコン単結晶層31にはp型の不純物が導入されている。これにより、剥離された第1のシリコン単結晶層32と第2のシリコン単結晶層31との膜厚の合計が図5(g)に示す固体撮像装置18の基板膜厚となる。裏面照射型の固体撮像装置において、基板の膜厚は数 μm ～10 μm 程度とする必要がある。従って、欠陥層23の第1のシリコン単結晶層32中の深さを d_1 とし、図5(c)において堆積する第2のシリコン単結晶層31の膜厚を d_2 とすると、 $d_1 + d_2$ と目標とする固体撮像装置18の基板の膜厚とが等しくなるようにする必要がある。

30

【0076】

次に、図5(d)に示すように、第2のシリコン単結晶層31にフォトダイオード19及びドレイン26を形成し、第2のシリコン単結晶層31の上に読み出しゲート25及び配線27を形成することにより、MOS型固体撮像装置を形成する。CCD固体撮像装置の場合は、フォトダイオード、電荷転送部、ゲート電極及び配線がこれに代わる。本実施形態ではフォトダイオード19が第2のシリコン単結晶層31中に形成されるため、フォトダイオード19の形成にヒ素、リン又はアンチモン等の不純物をイオン注入してn型領域を形成する。さらに、シリコン単結晶層24の上に、読み出しゲート25及び配線27を覆うように層間絶縁膜34を形成する。

40

【0077】

なお、本実施形態では、エピタキシャル法によりn型の第2のシリコン単結晶層31を形成して、形成した第2のシリコン単結晶層31においてイオン注入等によってpウェル21を形成し、pウェル21中にフォトダイオード19等を形成しても構わない。

【0078】

次に、図5(e)に示すように、ベースウェハ17を除去する。研磨及びドライエッチ

50

ング等によりその大部分を除去した後に、アルカリ溶液によるエッチングを行うのが効率的である。但し、アルカリ溶液によるエッチングのみでも構わない。ベースウェハ 17 がシリコン単結晶であるため、アルカリ溶液によるエッチングにより容易に除去が可能であり、また、中間の酸化シリコン層 22 はアルカリ溶液によってエッチングされないためエッチングのストッパーとなり、SOI ウェハ 16 の膜厚が主に水素イオン注入の深さにより決まる高精度での薄膜化の加工が可能である。500 μm 以上の膜厚を持つ単層のシリコン単結晶ウェハを研磨及びエッチングを組み合わせることで 10 μm 前後の膜厚に加工する場合と比べて、膜厚精度が飛躍的に高いことが SOI ウェハ 16 を用いる最大の利点である。また、ベースウェハ 17 の除去は、マスク工程を利用して固体撮像装置 18 の受光領域に限定して行っても構わない。SOI ウェハ 16 の全面からベースウェハ 17 を除去する場合にはウェハ全体の強度が不足するため、配線 27 等を形成した表面側に石英ウェハ等を支持ウェハとしてあらかじめ貼り付けることにより補強することが望ましい。但し、ここでは省略している。また、本実施形態ではベースウェハ 17 のみを除去する場合を示しているが、アルカリ溶液等によるベースウェハ 17 の除去後に、酸によるエッチングによって酸化シリコン層 22 を選択的に除去しても膜厚の加工精度は変わらず、SOI ウェハ 16 を用いる効果が得られる。

【0079】

次に、図 5 (f) に示すように、酸化シリコン層 22 が形成されている面からボロニイオンの注入を行い、第 1 のシリコン単結晶層 32 における第 1 のシリコン単結晶層 32 と酸化シリコン層 22 との界面近傍に p^+ 型の空乏化防止層 28 を形成する。空乏化防止層 28 の濃度はフォトダイオード 19 の不純物濃度によっても異なるが、通常は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。これにより、フォトダイオード 19 の空乏層が酸化シリコン層 22 との界面にまで広がって界面準位で発生するノイズ電子がフォトダイオード 19 に蓄積することによる暗信号の抑制が可能である。但し、この工程を省略しても画質は低下するが撮像装置としての基本的な機能を得ることができる。

【0080】

次に、図 5 (g) に示すように、酸化シリコン層 22 の上に、必要に応じてカラーフィルタ 29 及びオンチップマイクロレンズ 30 を形成して、エピタキシャル法による第 1 のシリコン単結晶層 32 及び第 2 のシリコン単結晶層 31 のみにより形成された裏面照射型の固体撮像装置 18 が完成する。

【0081】

本実施形態に係る固体撮像装置の製造方法は、不純物濃度の同心円状の斑を避けられない CZ 法により形成されたシリコン単結晶を含まない固体撮像装置 18 が形成できるために、図 12 に示したような固定パターンノイズの発生しない固体撮像装置を製造することが可能である。

【0082】

本実施形態において、水素イオン剥離法により SOI ウェハ 16 を形成しているが、水素イオン注入による剥離面はイオン注入による欠陥層 23 が多数残存している。そのため、水素イオン注入による剥離面に、読み出しゲート 25、ドレイン 26 及び配線 27 等を形成する場合、読み出しゲート 25 においては界面準位増加による閾値電圧のばらつき、ドレイン 26 においては暗出力増加、配線 27 のコンタクト抵抗の高抵抗化及び抵抗ばらつき等を引き起こし、固体撮像装置としてはノイズの増加等による画質劣化の原因となるおそれがある。本実施形態においては、欠陥層 23 が表面に多数残存する第 1 のシリコン単結晶 32 の上に第 2 のシリコン単結晶層 31 を形成するため、固体撮像装置 18 の読み出しゲート 25、ドレイン 26 及び配線 27 等は無欠陥である第 2 のシリコン単結晶層 31 の表面上に形成できる。従って、撮像装置の画質を改善することができる。また、通常、単結晶シリコンのエピタキシャル成長はシラン系の原料ガスを用いて 1000 以上の高温で行うため、酸化シリコン層 22 側から第 1 のシリコン単結晶層 32 にイオン注入された水素原子が脱離し、イオン注入による欠陥を回復させる作用がある。

【 0 0 8 3 】

好ましくは、第 1 のシリコン単結晶層 3 2 と第 2 のシリコン単結晶層 3 1 との境界面がフォトダイオード 1 9 の空乏層には存在しないことが望ましい。フォトダイオード 1 9 の内部に残留した結晶欠陥は暗電流の発生源となり、白きずと呼ばれる固定パターンノイズの原因となるからである。本実施形態において、剥離後の第 1 のシリコン単結晶層 3 2 の膜厚 d_1 を、空乏化防止層 2 8 の厚さ以下に設定することにより、第 1 のシリコン単結晶層 3 2 と第 2 のシリコン単結晶層 3 1 との境界面を空乏化防止層 2 8 の内部に位置させることができ、第 1 のシリコン単結晶層 3 2 と第 2 のシリコン単結晶層 3 1 との境界面がフォトダイオード 1 9 の空乏層には存在しない構造とすることができる。このような構成にすることにより、さらに固体撮像装置の画質を改善することができる。

10

【 0 0 8 4 】

なお、本実施形態では水素イオン剥離法を用いる場合について説明したが、UniBond 法で用いられる他の剥離方法、例えば、水素イオン以外のアルゴンイオンなどを用いるイオン剥離法等を用いても同様の効果が得られる。

【 0 0 8 5 】

(第 3 の実施形態)

以下、本発明の第 3 の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法について、図 6 及び図 7 を参照しながら説明する。

【 0 0 8 6 】

図 6 (a) ~ 図 6 (e) 及び図 7 (a) ~ 図 7 (f) は、本発明の第 3 の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を工程順に示している。また、図 8 はレーザアニールの活性化斑による固定パターンノイズを示す模式図である。

20

【 0 0 8 7 】

図 6 (a) ~ 図 7 (e) の工程は第 2 の実施形態で示した図 4 (a) ~ 図 5 (e) と同様であるため説明を省略する。但し、第 2 の実施形態におけるシリコン単結晶層 3 2 は、本実施形態では第 1 の空乏化防止シリコン単結晶層 3 3 であり、電導型及び不純物濃度を図 5 (f) における空乏化防止層 2 8 とほぼ等しくしたシリコン単結晶である。また、図 6 (d) に示す水素イオンの注入工程において、水素イオンの注入により形成する欠陥層 2 3 の深さを第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態における空乏化防止層 2 8 の厚さとほぼ等しくすることにより、第 1 の空乏化防止シリコン単結晶層 3 3 を第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態における空乏化防止層 2 8 として機能させるため、B イオンの注入工程を不要とする点異なる。

30

【 0 0 8 8 】

すなわち、本実施形態において、図 7 (e) に示すエッチングによるベースウェハ 1 7 の除去工程の後に、図 7 (f) に示すように、酸化シリコン層 2 2 の上に、必要に応じてカラーフィルタ 2 9 及びオンチップマイクロレンズ 3 0 等を形成して、エピタキシャル成長によるシリコン単結晶のみによって形成された裏面照射型の固体撮像装置 1 8 が完成する。

【 0 0 8 9 】

ボロン等の不純物イオンの注入によりシリコン単結晶が所望の電導型の電気特性を示すためには、一般に活性化アニールと呼ばれる熱処理により不純物原子をシリコン単結晶中で安定な位置に配置させる必要がある。この活性化アニールは通常 8 0 0 以上の熱処理を行う必要がある。しかし、すでに読み出しゲート 2 5 及び配線 2 7 等が形成されている場合、特に配線 2 7 は、アルミニウム又は銅等の金属により形成されている場合もあるため、ウェハ全体に加える温度は配線 2 7 の融点を考慮せねばならず、5 0 0 以上に加熱することは難しい。その結果、イオン注入した不純物の一部しか活性化させることができない。

40

【 0 0 9 0 】

これを解決する一つの方法として、レーザアニールという加熱方法を用いることができる。これは、ウェハを強力なレーザ光により走査し、ウェハ全面を加熱する方法であり、

50

ウェハの片面を局所的に加熱させることが可能である。しかしながらこの方法にも二つの問題点がある。第1の問題点は、レーザ光の走査に起因する加熱斑である。レーザ光の直径は最大数百 μm ～数 mm であり、固体撮像装置に比べて小さく且つその画素サイズに比べると大きい。一方、レーザ光の走査に起因する加熱斑は不純物の活性化の斑になり、電導特性の斑を引き起こす。その結果、固体撮像装置の個々の画素の特性に斑が生じ、図8に示すようなレーザの走査斑に起因する固定パターンノイズが撮像画像に生じることにより画質劣化を招くこととなる。第2の問題点は、フォトダイオード19を形成する領域の厚さが数 μm ～10 μm であるため、ウェハの裏面からレーザ光を照射した場合であっても、ウェハの表面(上面)側も高温になることである。特に、裏面照射型の固体撮像装置の利点として、表面側の配線27のレイアウトが画素配列に制約されないことが挙げられる。ところが、裏面からのレーザ光の一部がウェハを透過して配線27により反射すれば、反射光に照射された部分の温度は他の部分よりも上昇するため、配線27のレイアウトを反映する不純物の活性化斑が起こる可能性があり、走査斑とは別の固定パターンノイズの発生が懸念される。上記の問題は、短波長のレーザアニール技術が開発されれば改善される可能性もあるが、裏面加工時の熱処理は裏面照射型の固体撮像装置の本質的な問題である。

10

【0091】

本実施形態に係る固体撮像装置の製造方法によると、読み出しゲート25及び配線27を形成した後にイオン注入によって空乏化防止層28を形成して活性化アニールを行う必要がなく、活性化アニールに起因する固定パターンノイズの発生を回避することができる。

20

【0092】

また、第1の空乏化防止シリコン単結晶層33の不純物濃度が十分であれば、第1の空乏化防止シリコン単結晶層33と第2のシリコン単結晶層31との境界面において空乏化が起こらず、且つ、該境界面がフォトダイオード19の内部に含まれないため、白きずが生じないため良好な画質を得ることができる。

【0093】

なお、本実施形態では水素イオン剥離法を用いる場合について説明したが、UniBond法において用いられる他の剥離方法、例えば水素イオン以外のアルゴンイオン等を用いるイオン剥離法等を用いても同様の効果が得られることは、第1の実施形態と同様である。

30

【0094】

また、本実施形態では第2のシリコン単結晶層31はp型であり、フォトダイオード19はn型であるが、第2のシリコン単結晶層31をn型としても構わない。この場合、第2のシリコン単結晶層31にイオン注入等によりpウェルを形成し、pウェル中にn型のフォトダイオード19を形成しても構わない。

【産業上の利用可能性】

【0095】

本発明に係る固体撮像装置及びその製造方法は、不純物濃度の同心円状の斑を避けられないCZ法により形成されたシリコン単結晶を含まない固体撮像装置が形成できるため、固定パターンノイズを防ぐことができ、特に、SOI基板を用いる固体撮像装置及びその製造方法等に有用である。

40

【図面の簡単な説明】

【0096】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置の断面図である。

【図2】(a)～(e)は本発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図3】(a)～(f)は本発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図4】(a)～(e)は本発明の第2の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を工程

50

順に示す断面図である。

【図５】（ａ）～（ｇ）は本発明の第２の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図６】（ａ）～（ｅ）は本発明の第３の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図７】（ａ）～（ｆ）は本発明の第１の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図８】レーザアニールの活性化斑による固定パターンノイズを示す模式図である。

【図９】ＣＺ法により製造された半導体ウェハの不純物濃度斑を示す模式図である。

【図１０】（ａ）～（ｅ）は従来のＳＯＩウェハを用いた裏面照射型の固体撮像装置の製造方法を工程順に示す断面図である。 10

【図１１】（ａ）～（ｅ）は従来のＳＯＩウェハを用いた裏面照射型の固体撮像装置の製造方法を工程順に示す断面図である。

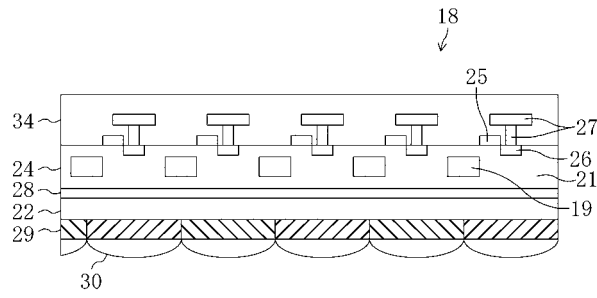
【図１２】従来のＳＯＩウェハを用いた裏面照射型の固体撮像装置の固定パターンノイズを示す模式図である。

【符号の説明】

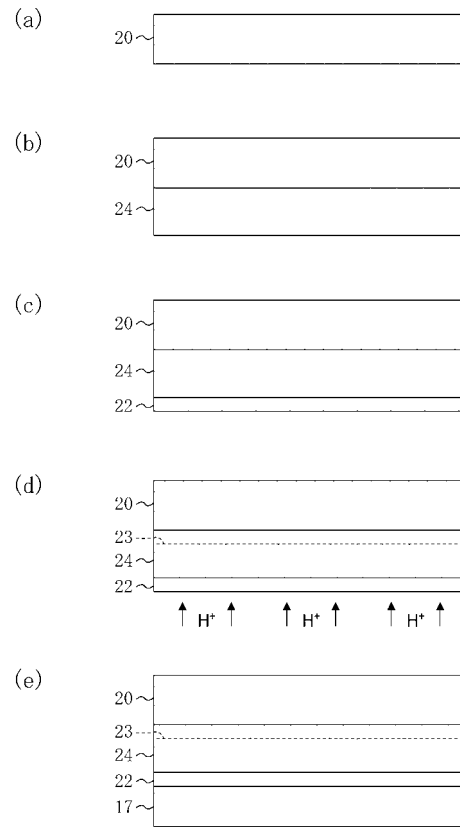
【００９７】

１６	ＳＯＩウェハ	
１７	ベースウェハ（第２のウェハ）	
１８	固体撮像装置	20
１９	フォトダイオード	
２０	ボンドウェハ（第１のウェハ）	
２１	pウェル	
２２	酸化シリコン層	
２３	欠陥層	
２４	シリコン単結晶層	
２５	読み出しゲート	
２６	ドレイン	
２７	配線	
２８	空乏化防止層	30
２９	カラーフィルタ	
３０	オンチップマイクロレンズ	
３１	第２のシリコン単結晶層	
３２	第１のシリコン単結晶層	
３３	第１の空乏化防止シリコン単結晶層	
３４	層間絶縁膜	

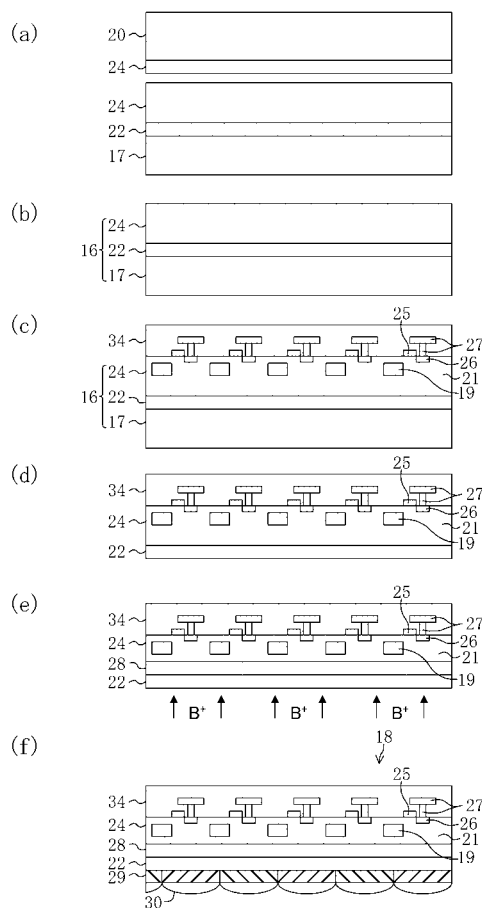
【図 1】



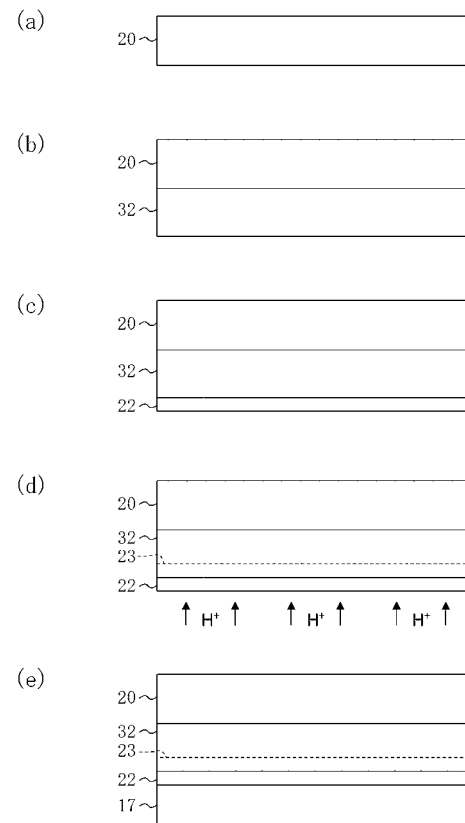
【図 2】



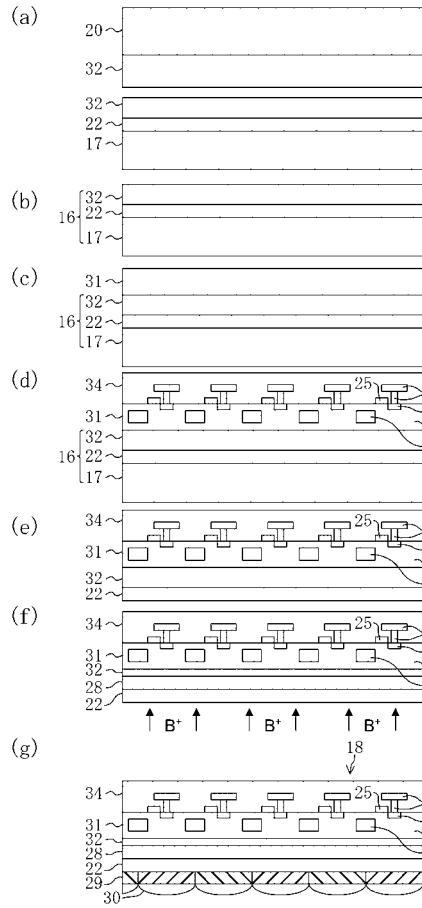
【図 3】



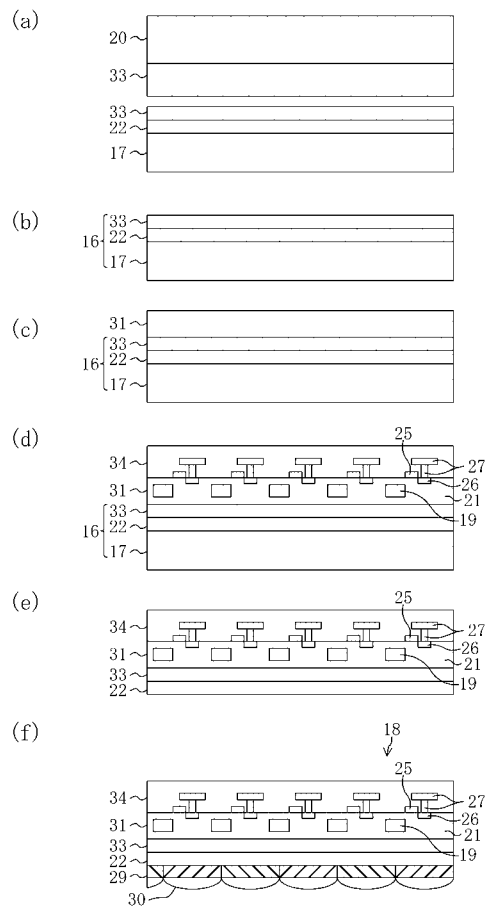
【図 4】



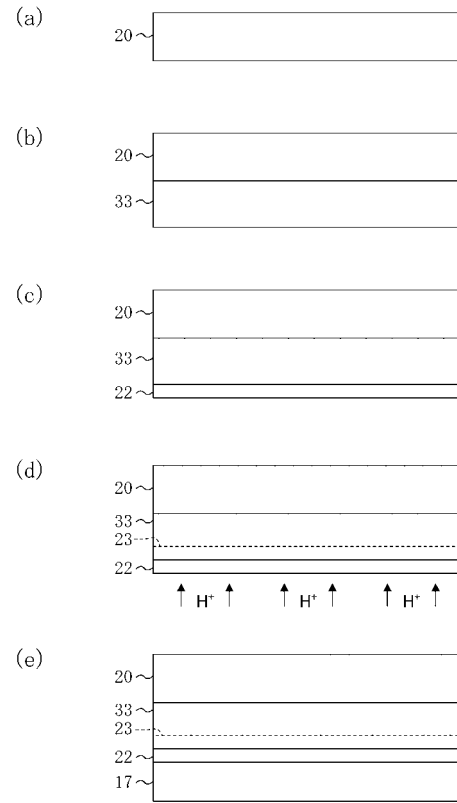
【図 5】



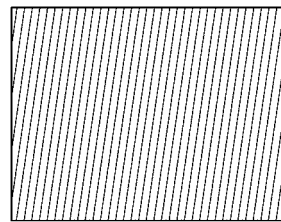
【図 7】



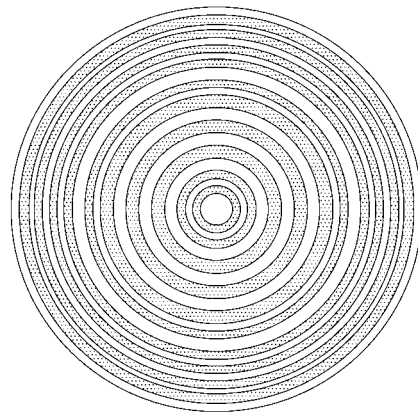
【図 6】



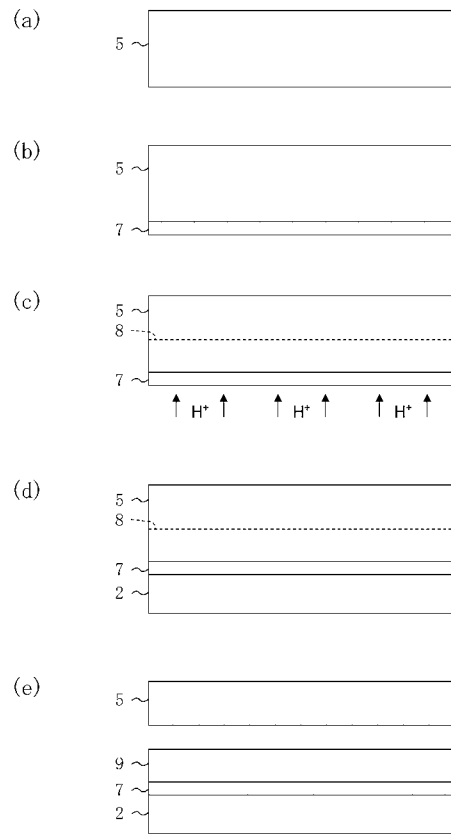
【図 8】



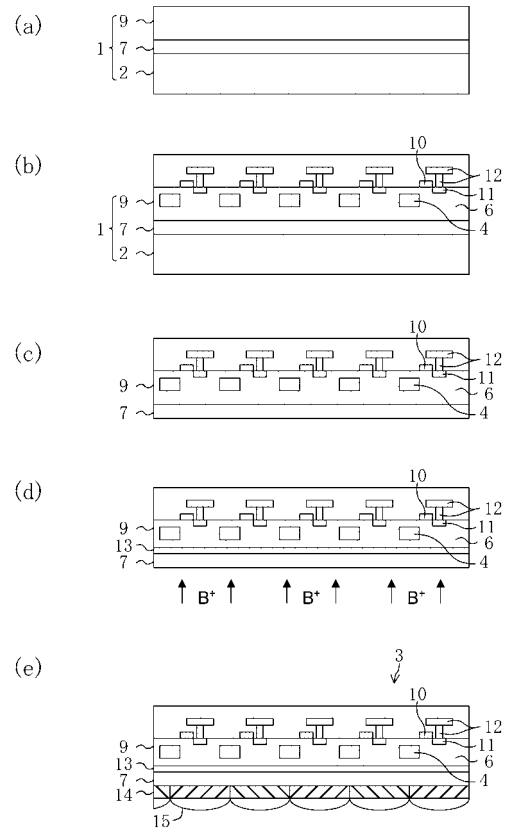
【図 9】



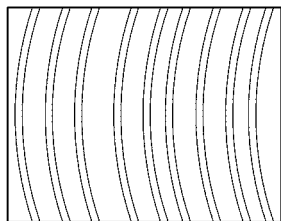
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (74)代理人 100115691
弁理士 藤田 篤史
- (74)代理人 100117581
弁理士 二宮 克也
- (74)代理人 100117710
弁理士 原田 智雄
- (74)代理人 100121728
弁理士 井関 勝守
- (74)代理人 100124671
弁理士 関 啓
- (74)代理人 100131060
弁理士 杉浦 靖也
- (72)発明者 塚本 朗
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内

審査官 今井 聖和

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 3 0 8 3 5 5 (J P , A)
特開平 1 0 - 3 2 1 5 4 8 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 0 3 6 6 8 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-------------|
| H 0 1 L | 2 7 / 1 4 6 |
| H 0 1 L | 2 1 / 0 2 |
| H 0 1 L | 2 7 / 1 2 |
| H 0 4 N | 5 / 3 6 9 |