

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2010/106591 A1

(43) 国際公開日

2010 年 9 月 23 日(23.09.2010)

PCT

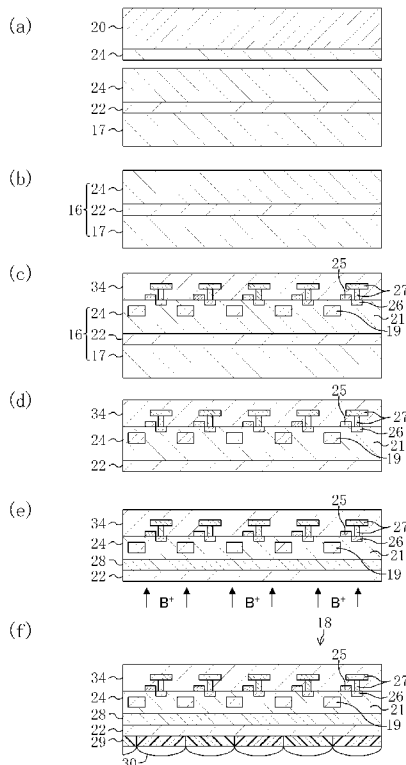
- (51) 国際特許分類:
H01L 27/146 (2006.01) H01L 27/12 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01) H04N 5/335 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/005509
- (22) 国際出願日: 2009 年 10 月 21 日(21.10.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-066877 2009 年 3 月 18 日(18.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 塚本朗 (TSUKAMOTO, Akira).
- (74) 代理人: 前田弘, 外(MAEDA, Hiroshi et al.); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町 2 丁目 5 番 7 号 大阪丸紅ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,

[続葉有]

(54) Title: SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 固体撮像装置及びその製造方法

[図3]



(57) Abstract: A silicon single crystal layer (24) is formed on a main surface of a first wafer (20) by an epitaxial growth method, and a silicon oxide layer (22) is formed on the silicon single crystal layer (24). A defect layer (23) is formed inside the silicon single crystal layer (24) by an ion implantation method, and then a second wafer (17) is bonded to the silicon oxide layer (22) of the first wafer (20). After that, the first wafer (20) containing the silicon single crystal layer (24) is separated at the defect layer (23) from the second wafer (17) containing the single crystal layer (24), thereby forming an SOI wafer (16) which comprises the silicon oxide layer (22) formed on the second wafer (17) and the silicon single crystal layer (24) formed on the silicon oxide layer (22). Then, a photodiode is formed on the silicon single crystal layer (24), and a wiring line (27) or the like is formed on a surface of the silicon single crystal layer (24), said surface being on the reverse side of the surface on which the silicon oxide layer (22) is formed.

(57) 要約: エピタキシャル法により第1のウェハ(20)の主面上にシリコン単結晶層(24)を形成し、シリコン単結晶層(24)の上に酸化シリコン層(22)を形成する。続いて、イオン注入法によりシリコン単結晶層(24)の内部に欠陥層(23)を形成し、その後、第1のウェハ(20)の酸化シリコン層(22)に第2のウェハ(17)を貼り合わせる。続いて、シリコン単結晶層(24)を含む第2のウェハ(17)からシリコン単結晶層(24)を含む第1のウェハ(20)を欠陥層(23)で剥離することにより、第2のウェハ(17)上に形成された酸化シリコン層(22)と酸化シリコン層(22)上に形成されたシリコン単結晶層(24)とを有するSOIウェハ(16)を形成する。その後、シリコン単結晶層(24)にフォトダイオードを形成し、シリコン単結晶層(24)の酸化シリコン層(22)と反対側の面に配線(27)等を形成する。

WO 2010/106591 A1



NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, 添付公開書類:

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
TD, TG).

明 細 書

発明の名称： 固体撮像装置及びその製造方法

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、S O I (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 : C C D) 又はC M O S イメージセンサ等の固体撮像装置を用い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、M O S 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、M O S 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、半導体基板の一の面 (表面) に転送ゲート、M O S トランジスタ及び配線層を形成すると共に、他の面 (裏面) に光電変換素子を配置して、該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。

[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S O I 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に記載されている。

- [0007] 特許文献 1 に記載された製造方法は、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 S O I ウェハを用いて、シリコン単結晶層にその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] また、S O I ウェハの代表的な製造方法は、大きく分けて S I M O X (Separation by Implanted Oxygen) 法と貼り合わせ法とが知られている。
- [0009] S I M O X 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、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 S O I 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。
- [0010] そこで提案されたのがウェハ貼り合わせ法であり、U n i b o n d 法 (S m a r t C u t (登録商標)) が実用的には現在の主流である。
- [0011] U n i b o n d 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 S O I 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 に記載されている。
- [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。その後に、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。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特表2008-514011号公報

特許文献2：特許第2959704号公報

特許文献3：特許第3385972号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] 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。

[0015] 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。

- [0016] 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。
- [0017] 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。
- [0018] 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。
- [0019] 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。
- [0020] 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。
- [0021] 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。
- [0022] 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。
- [0023] 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1000℃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。

[0024] 以上の工程により、図11(a)に示すように、ベースウェハ2、酸化シリコン層7及びシリコン単結晶層9からなるSOIウェハ1が完成する。

[0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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に蓄積して、暗信号となるのを防ぐ。

[0028] 次に、図11(e)に示すように、SOIウェハ1の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。

[0029] しかしながら、前記従来の S O I 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。このため、撮像した画像に図 1 2 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生じるという問題がある。

[0030] 本発明は上記の問題に鑑み、S O I 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

[0031] 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 S O I ウェハを用いる構成とする。

[0032] 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 S O I ウェハを形成する工程と、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。

[0033] 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。

[0034] 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、酸化シリコン層と対向して形成され、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。

[0035] 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SOI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。

[0036] 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。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。

[0037] 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、酸化シリコン層と対向して形成され、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。

[0038] 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SOI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、受光部が酸化シリコン層と対向するよう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、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。

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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。

[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。

[0046] 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。

発明の効果

- [0047] 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。

図面の簡単な説明

- [0048] [図1]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図である。
- [図2]図2(a)～図2(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]図3(a)～図3(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]図4(a)～図4(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順に示す断面図である。
- [図5]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す断面図である。
- [図6]図6(a)～図6(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]図7(a)～図7(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]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。
- [図9]図9は従来の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]図10(a)～図10(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11] 図 1 1 (a) ~ 図 1 1 (e) は従来の S O I 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] 図 1 2 は従来の S O I 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。

発明を実施するための形態

[0049] (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。

[0050] 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 2 4 と、その表面を熱処理により形成された酸化シリコン層 2 2 とを有している。ここでは、シリコン単結晶層 2 4 は、p ウェル 2 1 となるように、不純物の導入により p 型としている。

[0051] シリコン単結晶層 2 4 には、フォトダイオード 1 9 及びドレイン 2 6 が形成され、シリコン単結晶層 2 4 の上には読み出しゲート 2 5 及び配線 2 7 が形成されている。シリコン単結晶層 2 4 の上には、読み出しゲート 2 5 及び配線 2 7 を覆うように層間絶縁膜 3 4 が形成されている。ここで、フォトダイオード 1 9 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 1 9 の受光部は、酸化シリコン層 2 2 と対向するように形成されている。

[0052] 酸化シリコン層 2 2 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 2 4 の下部に p⁺ 型の空乏化防止層 2 8 が形成されている。空乏化防止層 2 8 の不純物濃度はフォトダイオード 1 9 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 1 9 の空乏層が酸化シリコン層 2 2 との界面にまで広がらないため、界面準位で発生するノイズ電子がフォトダイオード 1 9 に蓄積して発生する暗

信号の抑制に有効である。

[0053] 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。

[0054] 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ルスキ（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。

[0055] 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。

[0056] 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エハ 20 を用意する。本実施形態において、ボンドウエハ 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、ボンドウエハ 20 は主面が下側になるように示している。また、ボンドウエハ 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。

[0057] 次に、図 2（b）に示すように、エピタキシャル法により、ボンドウエハ 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。

[0058] 次に、図 2（c）に示すように、ボンドウエハ 20 を熱酸化することにより酸化シリコン層 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。

[0059] 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。ボンドウェハ 20 とベースウェハ 17 とを貼り合わせ後にボンドウェハ 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、本実施形態においては、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。

[0060] 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ェハ 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 がボンドウェハ 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。ボンドウェハ

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。

[0061] この後、図3(a)に示すように、ベースウェハ17とボンドウェハ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ェハ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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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 Device: CCD)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。本実施形態においては、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。

[0065] なお、本実施形態においては、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、形成された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。

[0066] 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 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、本実施形態においては、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。

[0067] 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ン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 に蓄積して、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。

[0068] 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。

[0069] 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。

[0070] なお、本実施形態において、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。

[0071] また、ここでは、M O S 型固体撮像装置を例にその製造方法を示したが、C C D 型固体撮像装置でも S O I ウェハを使った同様の製造方法が適用可能である。

[0072] また、本実施形態においては、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。

[0073] さらに、本実施形態においては、水素イオン剥離法を用いる場合について説明したが、U n i B o n d 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。

[0074] (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。

[0075] 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。

[0076] 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を本実施形態においては第1のシリコン単結晶層32としている。

[0077] 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。前述したように、裏面照射型の固体撮像装置においては、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。

[0078] 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。本実施形態においては、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。

[0079] なお、本実施形態においては、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、形成された第 2 のシリコン単結晶層 31 に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。

[0080] 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 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 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、本実施形態においては、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。

[0081] 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ン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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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°C 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。

[0085] 好ましくは、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 との境界面がフォトダイオード 19 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 19 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 32 の膜厚 d_1 を、空乏化防止層 28 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 32 と第 2 のシリコン単結晶層 31 との境界面を空乏化防止層 28 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 32 と第 2 のシリコン単結晶層 31 との境界面がフォトダイオード 19 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。

[0086] なお、本実施形態においては、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。

[0087] (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。

[0088] 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。

[0089] 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 32 は、本実施形態においては第 1 の空乏化防止シリコン

単結晶層 33 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 28 とほぼ等しくした、すなわち p^+ 型で $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下の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 23 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 28 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 33 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 28 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が異なる。

[0090] 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 17 の除去工程の後に、図 7 (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 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 18 が完成する。

[0091] 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には、一般に活性化アニールと呼ばれる熱処理によって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 800°C 以上の熱処理によって行う必要がある。しかし、すでに読み出しゲート 25 及び配線 27 等が形成されている場合、特に配線 27 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 27 の融点を考慮せねばならず、 500°C 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。

[0092] これを解決する 1 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、ウェハの一方の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 2 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、固体撮像装置と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光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の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、SOI ウェハ 16 の裏面からレーザ光を照射した場合であっても、該ウェハ 16 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 16 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。このため、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おそれがあり、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。

[0093] 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。

[0094] 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。このため、白きずが生じなくなり、良好な画質を得ることができる。

[0095] なお、本実施形態においては、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。

[0096] また、本実施形態においては、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、形成された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

[0097] 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。

符号の説明

- [0098] 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
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
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

3 3 第 1 の空乏化防止シリコン単結晶層

3 4 層間絶縁膜

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シリコン単結晶層を形成する工程と、
前記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、
前記シリコン単結晶層を含む前記第2のウェハから前記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、
前記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、
前記シリコン単結晶層における前記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固体撮像装置の製造方法。
- [請求項2] 請求項1において、
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と対向して形成され、
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固体撮像装置の製造方法。

[請求項 4]

請求項 3 において、

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と対向して形成され、

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固体撮像装置の製造方法。

[請求項 5]

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 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 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、受光部が前記酸化シリコン層と対向するよう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、

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固体撮像装置の製造方法。

[請求項6]

請求項 5 において、

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 の電導型である固体撮像装置の製造方法。

[請求項7]

請求項 5 において、

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

形成される固体撮像装置の製造方法。

[請求項8] 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、

前記シリコン単結晶層の前記第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、

前記シリコン単結晶層の内部に、前記第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固体撮像装置。

[請求項9] 請求項8において、

前記シリコン単結晶層の前記第2の面上に設けられた絶縁膜と、

前記絶縁膜の上に前記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る固体撮像装置。

[請求項10] 請求項8において、

前記シリコン単結晶層の前記第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る固体撮像装置。

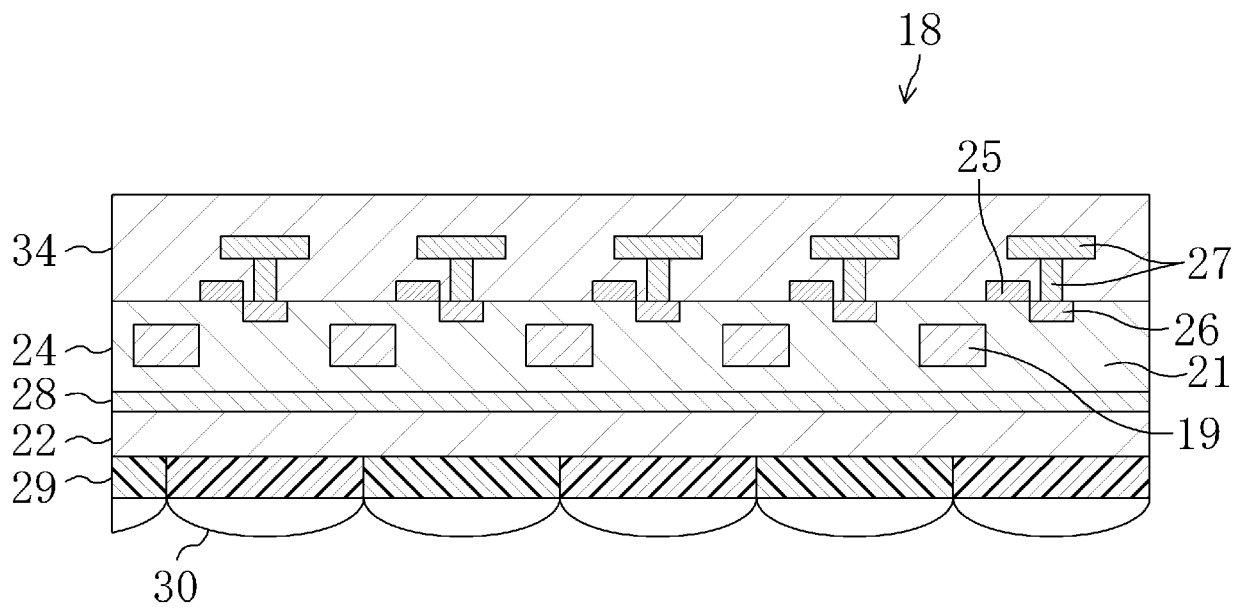
[請求項11] 請求項8において、

前記シリコン単結晶層の前記第2の面上に設けられた絶縁膜と、

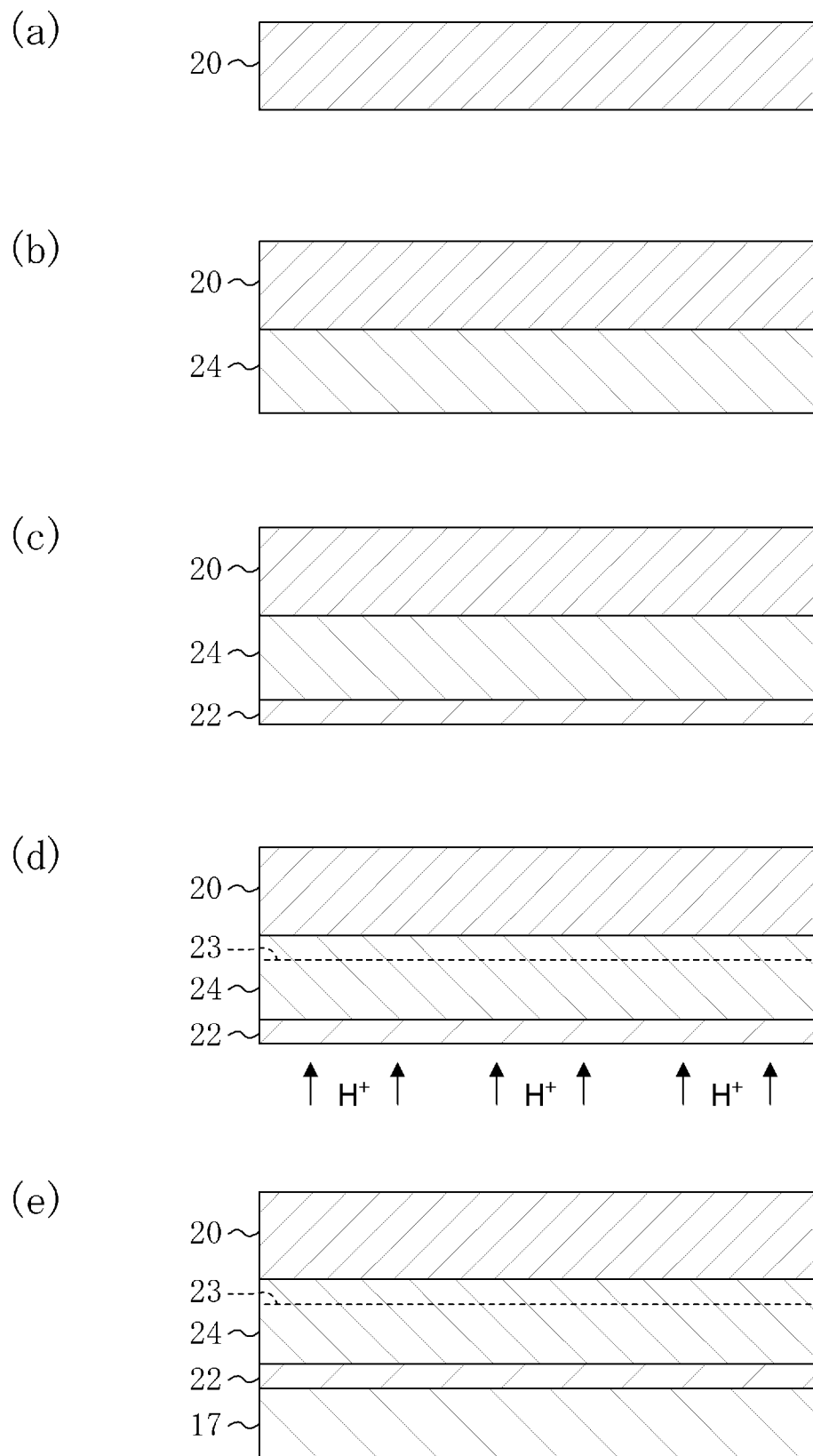
前記絶縁膜の上に設けられたカラーフィルタと、

前記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る固体撮像装置。

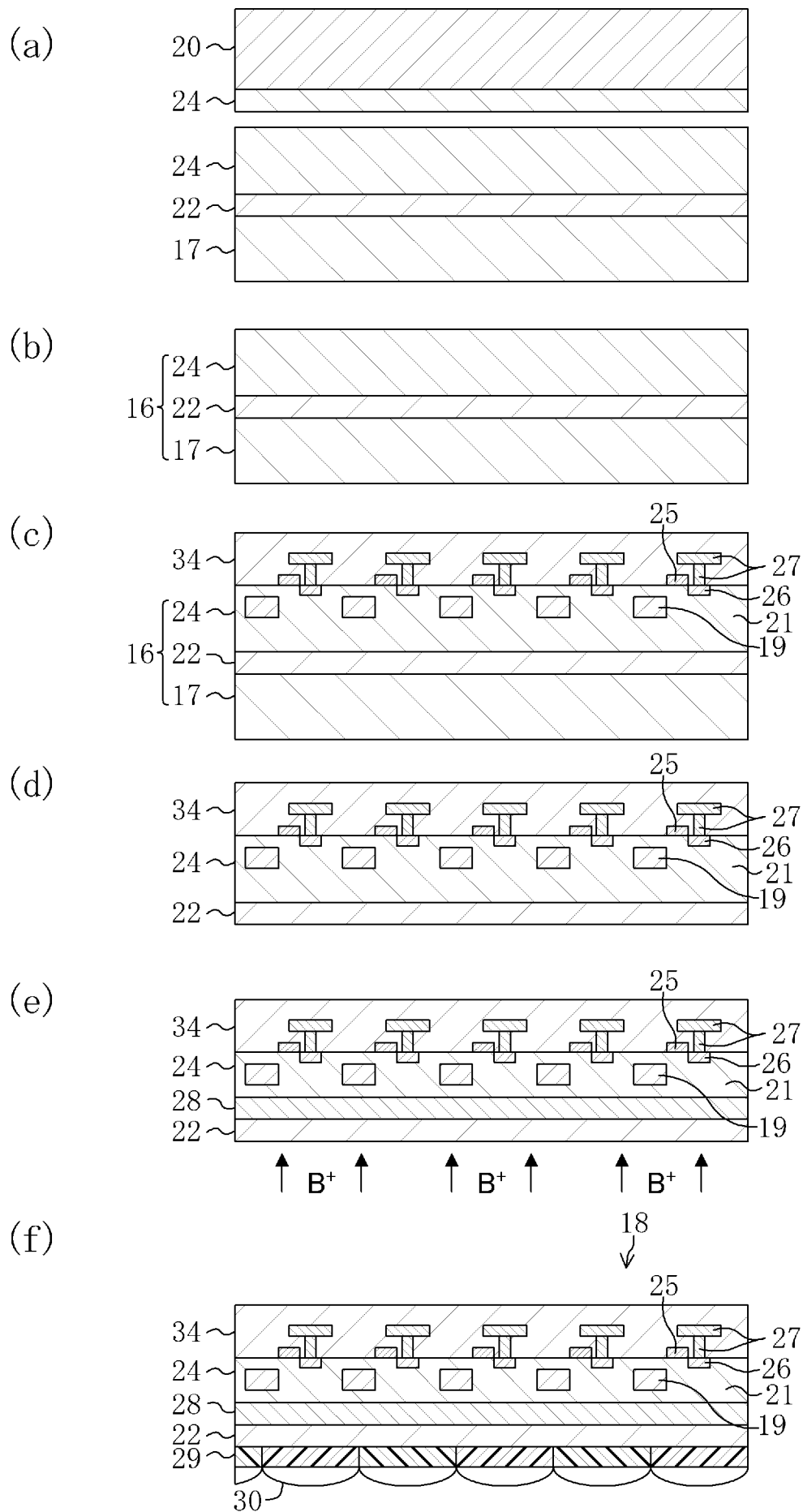
[図1]



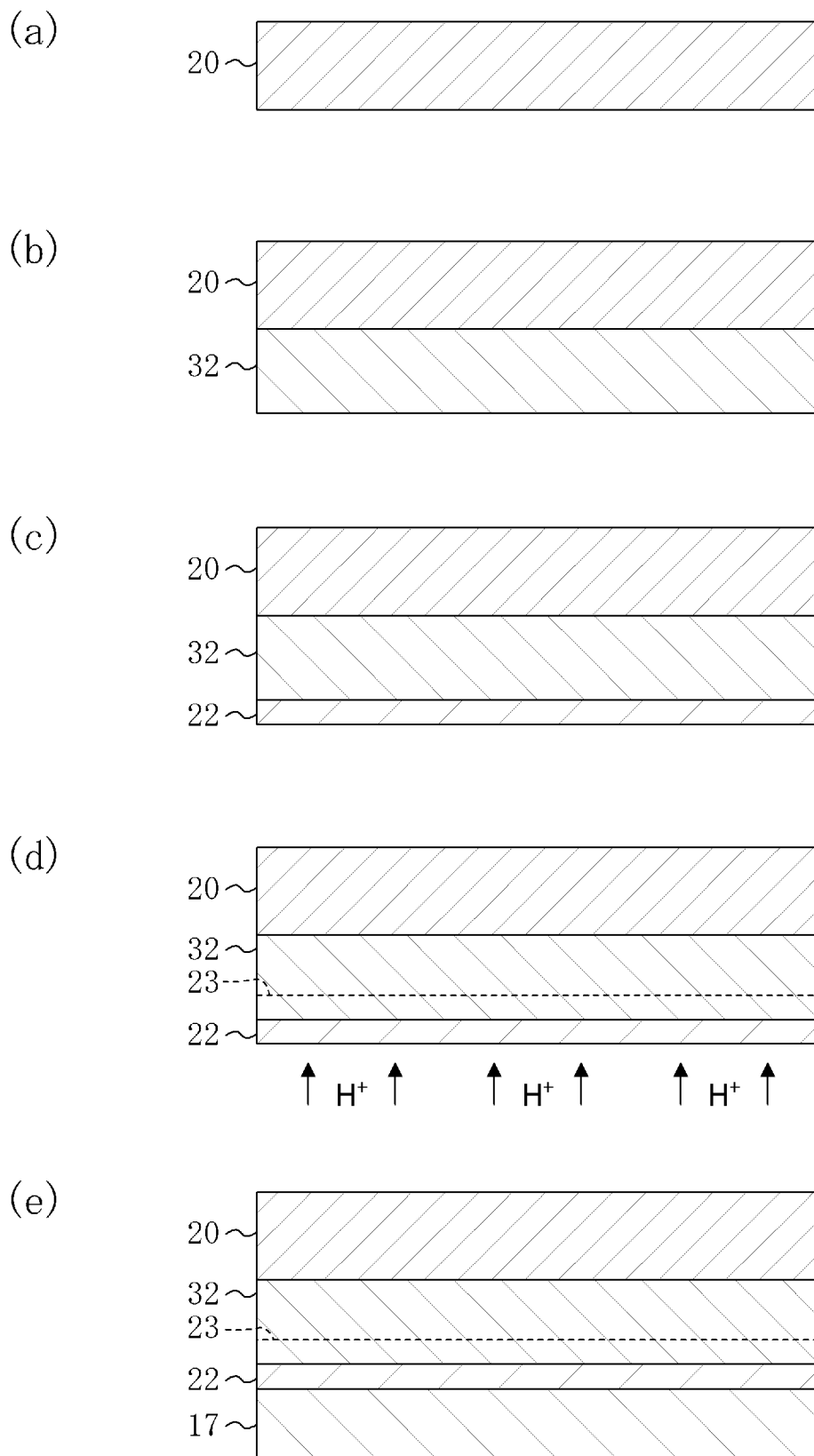
[図2]



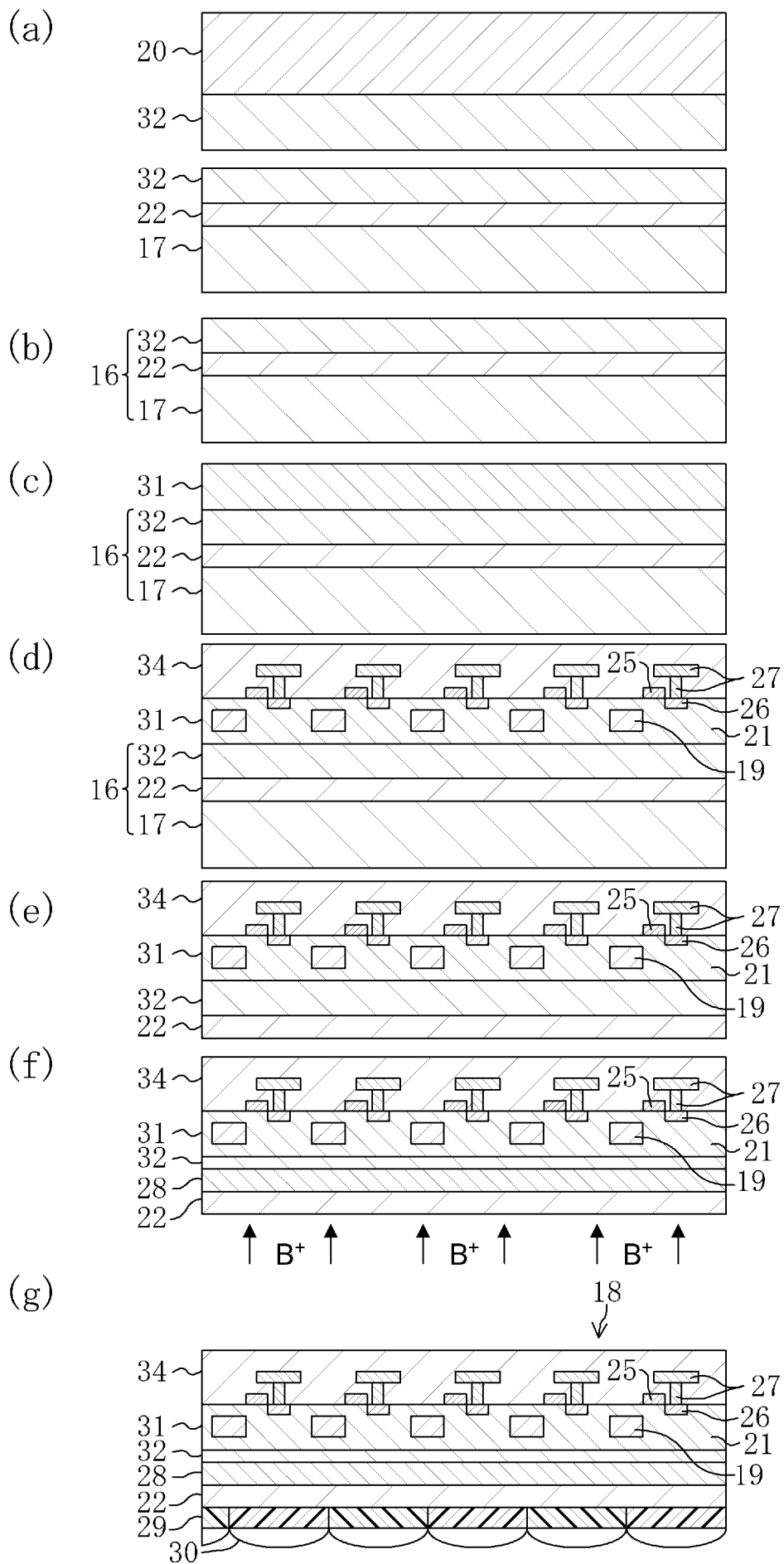
[図3]



[図4]

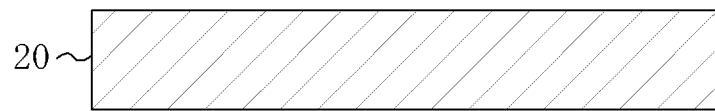


[図5]

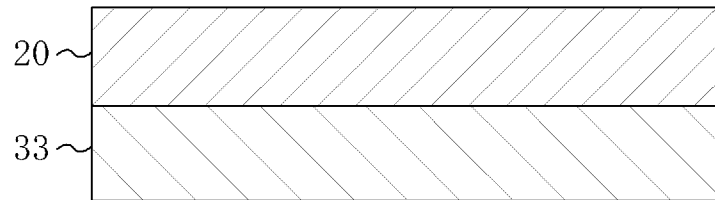


[図6]

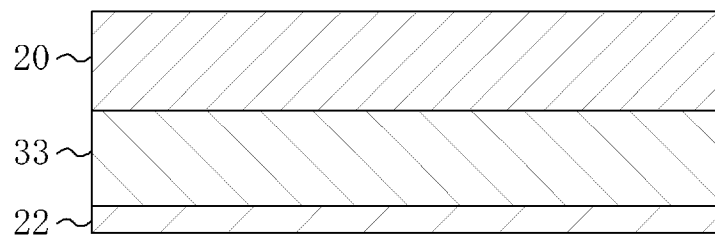
(a)



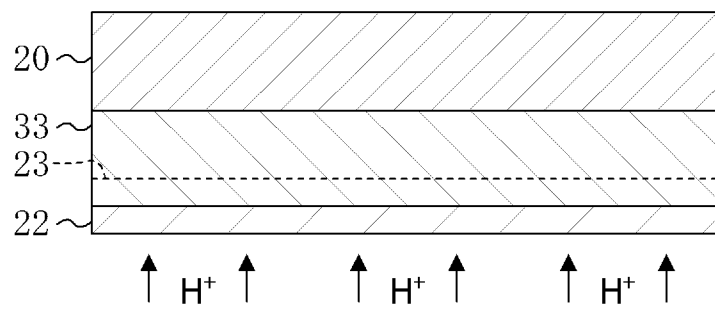
(b)



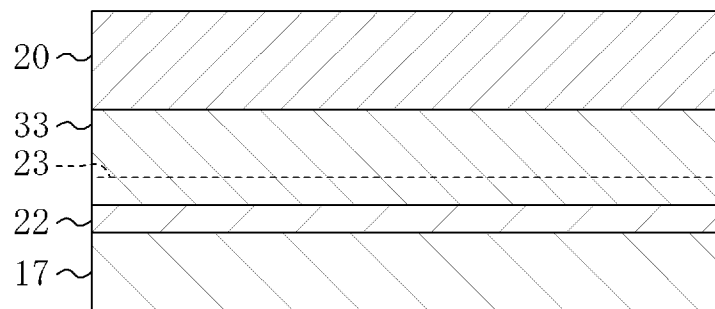
(c)



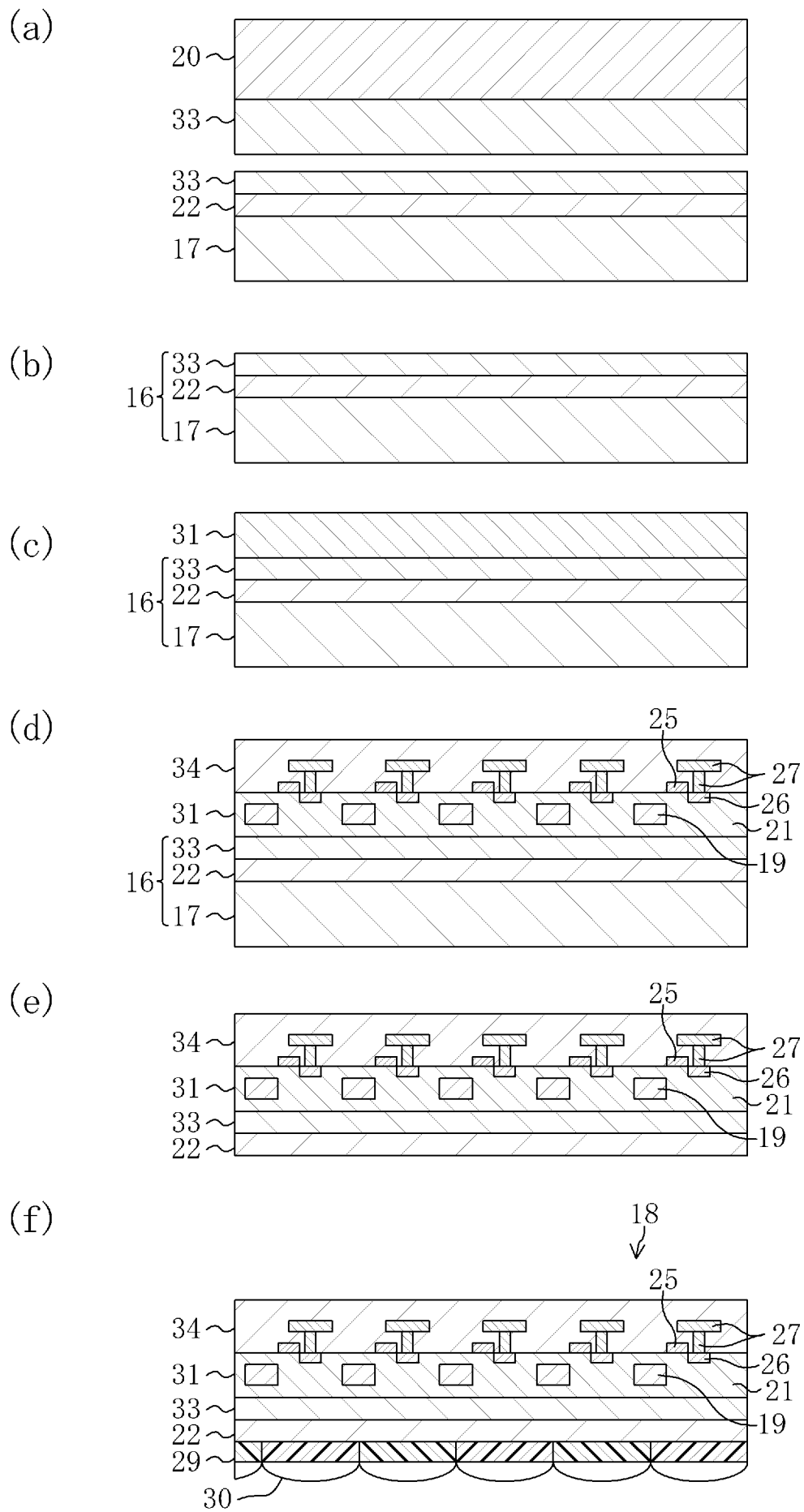
(d)



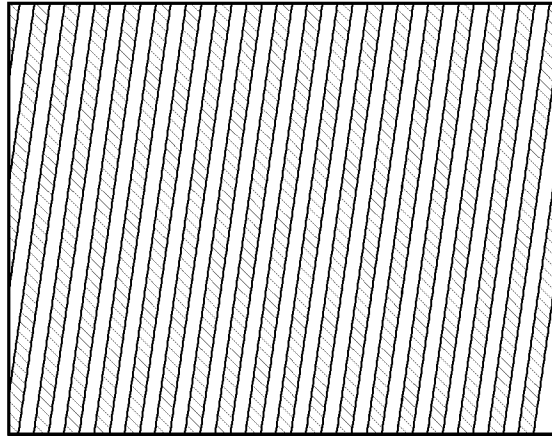
(e)



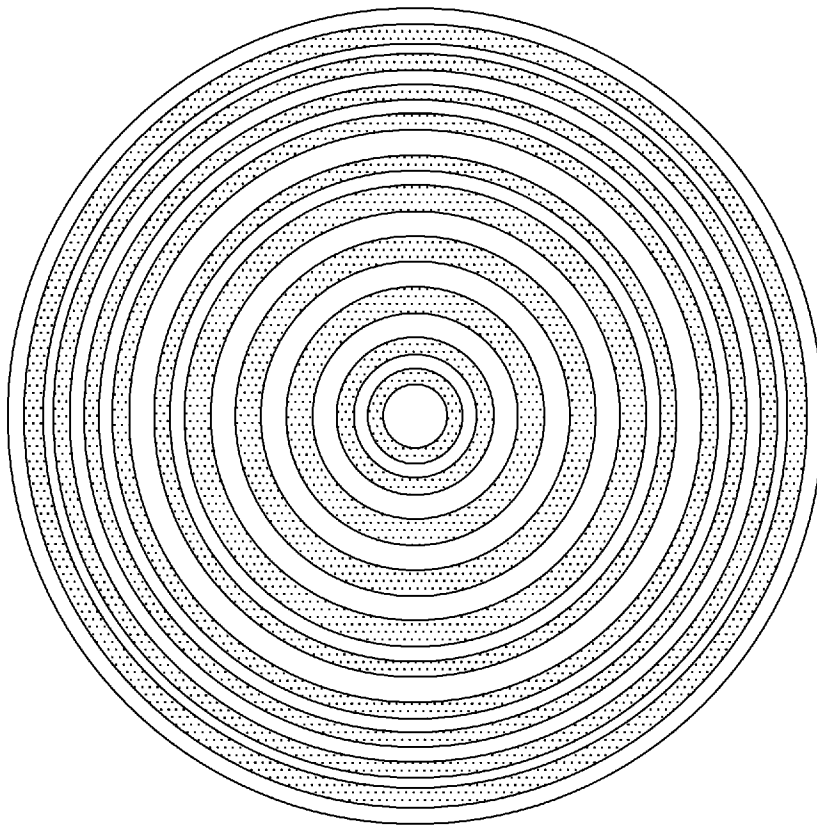
[図7]



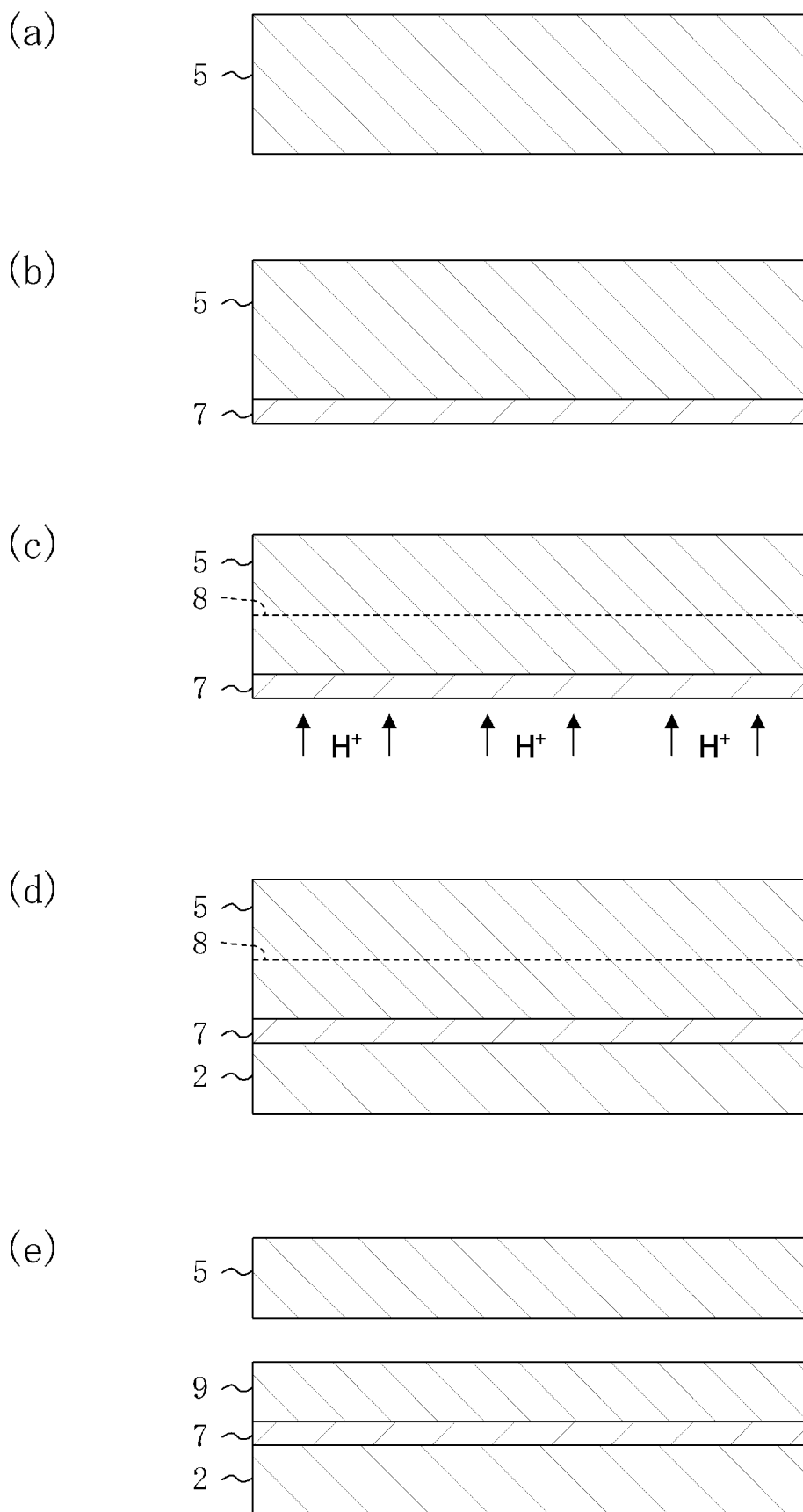
[図8]



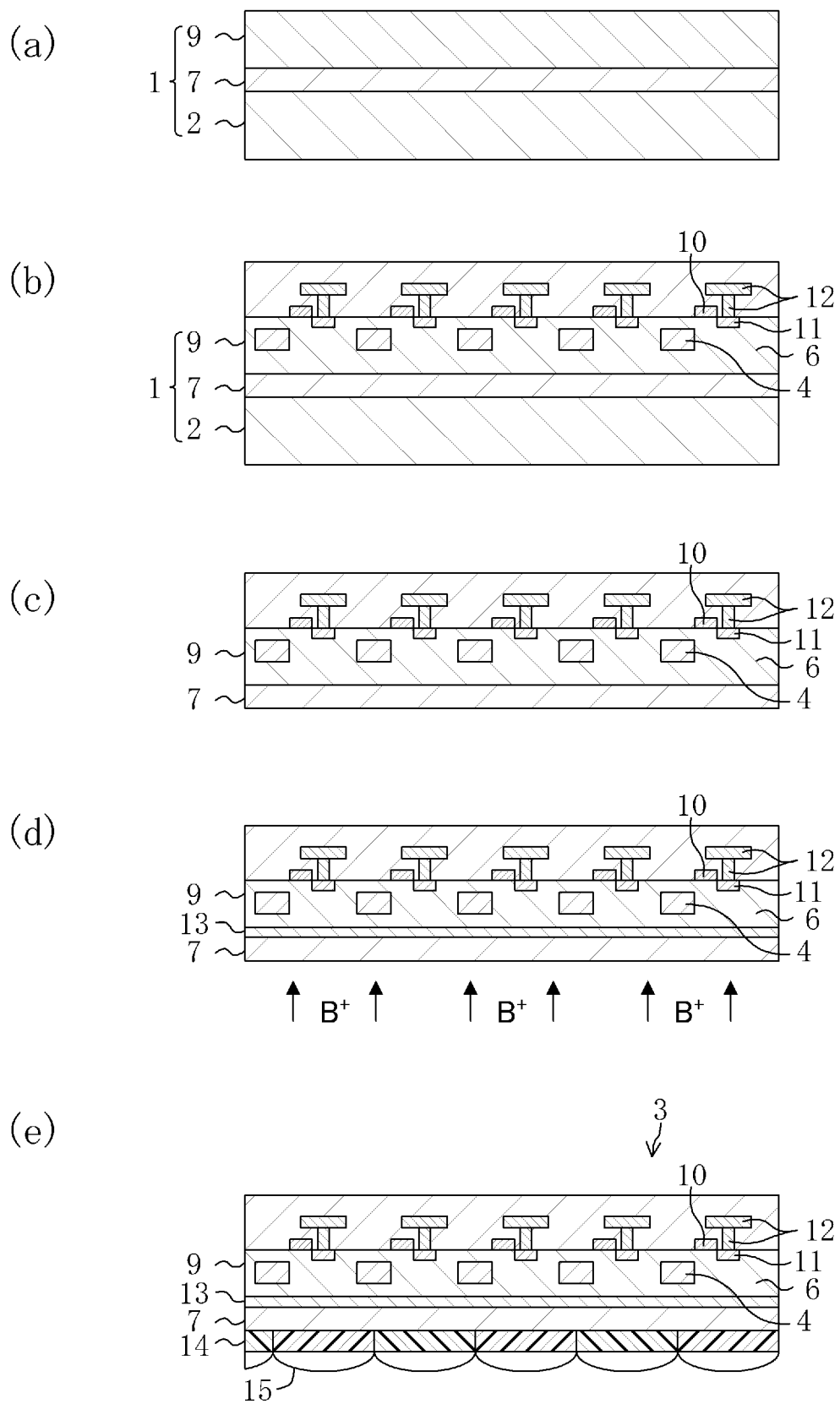
[図9]



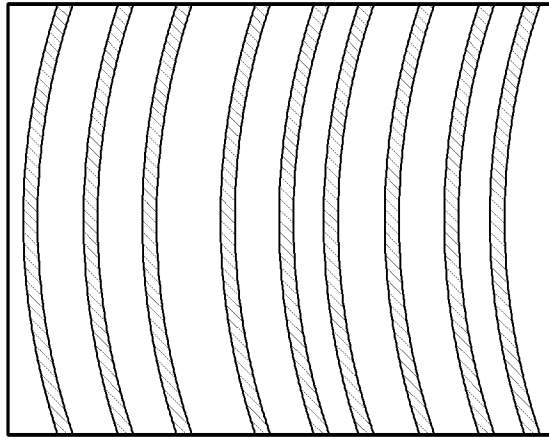
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/005509

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L27/146(2006.01) i, H01L21/02(2006.01) i, H01L27/12(2006.01) i, H04N5/335(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L27/146, H01L21/02, H01L27/12, H04N5/335

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2008-103668 A (Fuji Film Kabushiki Kaisha), 01 May 2008 (01.05.2008), paragraphs [0080] to [0101]; fig. 1, 9, 10 & US 2008/0283726 A1 & KR 10-2008-0026526 A & CN 101150137 A	1, 2, 8-11 3-7
A	JP 10-308355 A (Denso Corp.), 17 November 1998 (17.11.1998), paragraphs [0015] to [0036]; fig. 1 to 3 & US 6251754 B1	3-7
A	JP 10-321548 A (Denso Corp.), 04 December 1998 (04.12.1998), paragraphs [0037] to [0047]; fig. 4 & US 6251754 B1	3-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“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

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 December, 2009 (07.12.09)

Date of mailing of the international search report
15 December, 2009 (15.12.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/005509

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Since the invention of claim 1 does not have a special technical feature in view of the disclosure of JP 2008-103668 A (Fujifilm Corp.), 1 May 2008 (01.05.2008), paragraphs 0080-0101, fig. 1, 9 and 10, the invention of claim 1 and the inventions of the other claims do not satisfy the requirement of unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L27/146(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L27/12(2006.01)i, H04N5/335(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L27/146, H01L21/02, H01L27/12, H04N5/335			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 9 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 9 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 9 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の 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	関連する 請求項の番号	
X A	JP 2008-103668 A（富士フイルム株式会社）2008.05.01, 段落0080-0101、図1、9、10 & US 2008/0283726 A1 & KR 10-2008-0026526 A & CN 101150137 A	1, 2, 8-11 3-7	
A	JP 10-308355 A（株式会社デンソー）1998.11.17, 段落0015-0036、図1-3 & US 6251754 B1	3-7	
A	JP 10-321548 A（株式会社デンソー）1998.12.04, 段落0037-0047、図4 & US 6251754 B1	3-7	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「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 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「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） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「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 「T」国際出願日又は優先日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 「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 「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 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 0 7 . 1 2 . 2 0 0 9		国際調査報告の発送日 1 5 . 1 2 . 2 0 0 9	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 棚田 一也 電話番号 03-3581-1101 内線 3498	4 L 4 0 4 0

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、JP 2008-103668 A（富士フイルム株式会社）2008.05.01、段落0080-0101、図1、9、10の開示内容に照らして、発明の特別な技術的特徴を有しないため、請求項1に係る発明と他の請求項に係る発明との間に単一性は認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。