(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2007-258302
(P2007-258302A)
(43)公開日　平成19年10月4日(2007.10.4)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 21/316	(2006.01)	H01L	21/94	A	4M108
H01L 21/265	(2006.01)	H01L	21/265	W	5F032
H01L 21/76	(2006.01)	H01L	21/76	M	

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 44 頁）

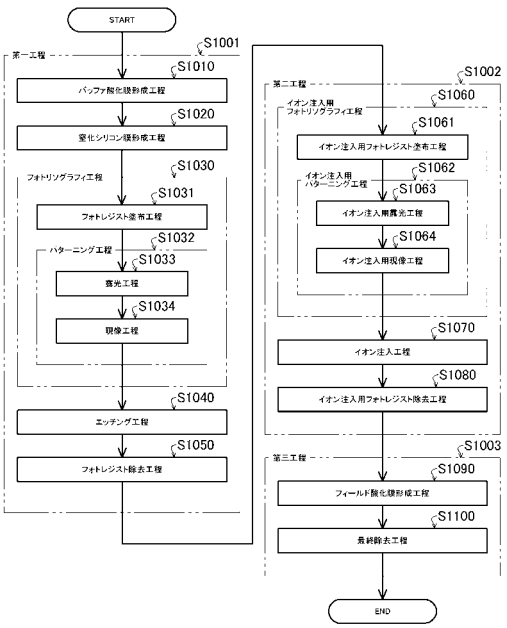
(21)出願番号　特願2006-78167(P2006-78167)
(22)出願日　平成18年3月22日(2006.3.22)

(71)出願人　000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町１番地
(74)代理人　100080621
弁理士　矢野　寿一郎
(72)発明者　富田　英幹
愛知県豊田市トヨタ町１番地　トヨタ自動車株式会社内

Ｆターム(参考)　4M108 AA02 AB04 AC25 AC34 AC40 AC42 AD11 AD13 AD14 AD15 AD16
5F032 AA13 CA15 CA17 CA18 CA19 CA20 CA24 CA25 DA24 DA25 DA43 DA53

(54)【発明の名称】半導体装置の製造方法および半導体装置

(57)【要約】
【課題】フィールド酸化膜を形成するための熱処理を一回だけ用いて、同一のシリコン基板の表面にバーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜を形成することが可能な半導体装置の製造方法、および半導体装置を提供する。
【解決手段】単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子領域の上に（厳密には、バッファ酸化膜２０を挟んで）窒化シリコン膜３０を形成する第一工程（Ｓ１００１）と、
単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域の所定の位置（本実施例の場合、高耐圧素子分離領域）に酸化促進イオンを注入する第二工程（Ｓ１００２）と、
単結晶シリコンウェーハ１０に熱酸化処理を施す第三工程（Ｓ１００３）と、
を経て半導体装置を製造する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
シリコン基板の表面の素子領域の上に酸化防止膜を形成する第一工程と、
前記シリコン基板の表面の素子分離領域の所定の位置に酸化促進イオンを注入する第二工程と、
前記シリコン基板に熱酸化処理を施し、前記シリコン基板の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜を形成する第三工程と、
を具備する半導体装置の製造方法。
【請求項２】
前記第二工程は、
前記素子分離領域のうち前記所定の位置を除く部分、および前記酸化防止膜を覆う形状のイオン注入用フォトレジストのパターンを形成するイオン注入用フォトリソグラフィ工程と、
前記素子分離領域の所定の位置に酸化促進イオンを注入するイオン注入工程と、
を具備する請求項１に半導体装置の製造方法。
【請求項３】
前記第二工程において、
前記シリコン基板の表面に対して傾斜した角度で前記酸化促進イオンを注入する請求項１または請求項２に記載の半導体装置の製造方法。
【請求項４】
前記酸化促進イオンに酸素イオンが含まれる請求項１から請求項３までのいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。
【請求項５】
前記酸化促進イオンにボロンイオンが含まれる請求項１から請求項４までのいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。
【請求項６】
前記第一工程は、
前記シリコン基板の表面にバッファ酸化膜を形成するバッファ酸化膜形成工程と、
前記バッファ酸化膜の上に前記酸化防止膜を形成する酸化防止膜形成工程と、
前記酸化防止膜の上に素子領域を覆う形状のフォトレジストのパターンを形成するフォトリソグラフィ工程と、
前記素子分離領域に対応する部分の酸化防止膜を除去するエッチング工程と、
前記シリコン基板から前記フォトレジストを除去するフォトレジスト除去工程と、
を具備する請求項１から請求項５までのいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。
【請求項７】
前記エッチング工程において、前記素子分離領域に対応する部分の酸化防止膜およびその下の所定の深さのシリコン基板を除去する請求項６に半導体装置の製造方法。
【請求項８】
前記第一工程は、
前記シリコン基板の表面にバッファ酸化膜を形成するバッファ酸化膜形成工程と、
前記バッファ酸化膜の上にポリバッファシリコン膜を形成するポリバッファシリコン膜形成工程と、
前記ポリバッファシリコン膜の上に前記酸化防止膜を形成する酸化防止膜形成工程と、
前記酸化防止膜の上に素子領域を覆う形状のフォトレジストのパターンを形成するフォトリソグラフィ工程と、
前記素子分離領域に対応する部分の酸化防止膜を除去するエッチング工程と、
前記シリコン基板から前記フォトレジストを除去するフォトレジスト除去工程と、
を具備する請求項１から請求項５までのいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。
【請求項９】
シリコン基板の表面の素子領域の上に酸化防止膜を形成する第一工程と、

前記シリコン基板の表面の素子分離領域の所定の位置に酸化促進イオンを注入する第二工程と、
前記シリコン基板に熱酸化処理を施し、前記シリコン基板の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜を形成する第三工程と、
を経て製造される半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、半導体装置の製造方法および半導体装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、半導体装置の製造方法のうち、単結晶シリコンウェーハ等のシリコン基板の表面に形成された素子間の電気的な分離（絶縁）を行う方法として、ＬＯＣＯＳ（Ｌｏｃａｌ Ｏｘｉｄａｔｉｏｎ ｏｆ Ｓｉｌｉｃｏｎ）法が知られている。

ＬＯＣＯＳ法は、単結晶シリコンウェーハの表面の所定の領域を選択的に酸化することにより、シリコン基板の表面のうち、素子領域（シリコン基板の表面のうち、素子が形成される領域）の間に、素子分離領域（素子領域間の電気的な分離（絶縁）を行う領域）を形成する方法である。

【０００３】

以下では、図４２および図４３を用いて従来のＬＯＣＯＳ法（以下「従来ＬＯＣＯＳ法」と表記する。）について説明する。

図４２に示す如く、従来ＬＯＣＯＳ法は、一般的には、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ１０１００）、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２００）、フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３００）、エッチング工程（Ｓ１０４００）、フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５００）、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０６００）、最終除去工程（Ｓ１０７００）、の順に行われる。

【０００４】

図４３に示す如く、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ１０１００）は、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面に厚さが数１０ｎｍ～１００ｎｍ程度のバッファ酸化膜１２０を形成する工程である。バッファ酸化膜１２０はSiO_2からなる膜であり、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面の応力の緩和および保護を目的とするものである。バッファ酸化膜１２０は、通常は加熱炉等を用いて単結晶シリコンウェーハ１１０を加熱することにより形成される。

【０００５】

窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２００）は、バッファ酸化膜１２０の上に厚さが１００ｎｍ～３００ｎｍ程度の窒化シリコン膜１３０を形成する工程である。窒化シリコン膜１３０は窒化シリコン（ＳｉＮ）からなる膜であり、後工程であるフィールド酸化膜形成工程（Ｓ１６００）において単結晶シリコンウェーハ１１０の表面の酸化を防止するものである。窒化シリコン膜１３０はＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）等により形成される。

【０００６】

フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３００）は、フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０３１０）、パターニング工程（Ｓ１０３２０）を具備する工程である。

【０００７】

フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０３１０）は、窒化シリコン膜１３０の上にフォトレジスト１４０を塗布する工程である。フォトレジスト１４０は通常、ある程度の流動性を持たせるために溶剤が添加された液状またはペースト状の感光性樹脂である。フォトレジスト１４０が塗布された単結晶シリコンウェーハ１１０を所定の温度で所定の時間保持する（プレベークする）ことにより、フォトレジスト１４０に含まれる溶剤が除去され、流動性が抑制される。

【０００８】
パターニング工程（Ｓ１０３２０）は、さらに、露光工程（Ｓ１０３２１）と、現像工程（Ｓ１０３２２）に分かれている。
【０００９】
露光工程（Ｓ１０３２１）は、フォトレジスト１４０の表面を所定の形状のマスク１５０で覆った状態で所定の波長の光を照射する工程である。
マスク１５０には孔、溝、切り欠き等の開口部１５０ａ・１５０ａ・・・が設けられており、単結晶シリコンウェーハ１１０に塗布されたフォトレジスト１４０のうち、マスク１５０に覆われずに所定の波長の光が照射された感光部１４１（開口部１５０ａ・１５０ａ・・・に対応する部分）のみ変質し、マスク１５０に覆われていて所定の波長の光が照射されなかったマスク部１４２は変質しない。
【００１０】
現像工程（Ｓ１０３２２）は、フォトレジスト１４０のうち、感光部１４１のみ除去することにより、窒化シリコンの膜１３０の上にマスク１５０の形状に対応するフォトレジスト１４０のパターンを形成する工程である。
現像工程（Ｓ１０３２２）において、現像液を用いて感光部１４１を除去する。現像液は所定の波長の光が照射されることにより変質した感光部１４１のみ溶解する性質を有するため、現像液をフォトレジスト１４０に噴射する、あるいはフォトレジスト１４０が塗布された単結晶シリコンウェーハ１１０を現像液に浸漬することにより、感光部１４１のみが除去され、感光部１４１に対応する部分の窒化シリコン膜１３０が露出する。
その後、単結晶シリコンウェーハ１１０を所定の温度で所定の時間保持する（ポストベークする）ことにより、残ったフォトレジスト１４０、すなわちマスク部１４２から水分や溶剤が除去され、マスク部１４２と窒化シリコン膜１３０との密着性が高められる。
【００１１】
エッチング工程（Ｓ１０４００）は、素子分離領域に対応する部分、すなわち感光部１４１に対応する部分の窒化シリコン膜１３０を選択的に除去する工程である。
エッチング工程（Ｓ１０４００）においては、ドライエッチング（気相中で行われるエッチング）、ウェットエッチング（液相中で行われるエッチング）、電界エッチング（液相中で通電して行われるエッチング）等の方法が用いられる。このとき、マスク部１４２に対応する部分の窒化シリコン膜１３０は、エッチング雰囲気（またはエッチング液）に接触しないため除去されない。一方、感光部１４１に対応する部分の窒化シリコン膜１３０は既に感光部１４１が除去されていて露出しているので、エッチング雰囲気（またはエッチング液）に接触し、分解除去される。
【００１２】
フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５００）は、エッチング工程（Ｓ１０４００）が終了した時点で単結晶シリコンウェーハ１１０の表面に残っているフォトレジスト１４０、すなわちマスク部１４２を除去する工程である。
フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５００）では、通常、酸素プラズマを用いてフォトレジスト１４０（マスク部１４２）を酸化することにより分解除去する（灰化；Ａｓｈｉｎｇ）。なお、リムーバ等の薬品を用いてフォトレジスト１４０（マスク部１４２）を分解除去する場合もある。
【００１３】
フィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０６００）は、エッチング工程（Ｓ１０４００）において窒化シリコン膜１３０が除去された部分に対応する単結晶シリコンウェーハ１１０の表面を酸化することにより、当該部分にフィールド酸化膜１６０を形成する工程である。
フィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０６００）では、通常、単結晶シリコンウェーハ１１０を加熱炉を用いて所定の温度で所定の時間加熱する。
その結果、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面のうち、窒化シリコン膜１３０が除去されている部分は加熱炉内の雰囲気に接触するため酸化され、当該部分には厚いSiO_2からなるフィールド酸化膜１６０が形成されるが、窒化シリコン膜１３０が残っている部

分は加熱炉内の雰囲気に接触しないため酸化されない。

【００１４】

最終除去工程（Ｓ１０７００）は、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面に形成された残りの窒化シリコン膜１３０およびバッファ酸化膜１２０を除去する工程である。

最終除去工程（Ｓ１０７００）では、エッチング工程（Ｓ１０４００）と同様にドライエッチング（気相中で行われるエッチング）、ウェットエッチング（液相中で行われるエッチング）、電界エッチング（液相中で通電して行われるエッチング）等の方法を用いて窒化シリコン膜１３０およびバッファ酸化膜１２０の除去が行われる。

【００１５】

以上の如く、従来ＬＯＣＯＳ法は、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面の所望の位置にフィールド酸化膜１６０からなる素子分離領域を形成し、当該素子分離領域を隔てた素子領域間の電気的な分離（絶縁）を可能としている。

【００１６】

図４３に示す如く、従来ＬＯＣＯＳ法におけるフィールド酸化膜１６０の側端部にはバーズビーク（Ｂｉｒｄ’ｓ　Ｂｅａｋ）部１６０ａ・１６０ａが形成される。

バーズビーク部１６０ａ・１６０ａは、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０６００）において、窒化シリコン膜１３０の端部から窒化シリコン膜１３０と単結晶シリコンウェーハ１１０との境界部分（厳密には、バッファ酸化膜１２０、および単結晶シリコンウェーハ１１０においてバッファ酸化膜１２０と対向する部分）に沿って酸素が侵入・拡散することにより形成されるものであり、バッファ酸化膜１２０の面方向に沿って延びているために断面形状がちょうど鳥の嘴の如き形状を成す。

【００１７】

バーズビーク部１６０ａ・１６０ａはフォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３００）において形成されたフォトレジスト１４０のパターンの端部（すなわちマスク部１４２の端部）よりもマスク部１４２側に突出する形で形成されるため、フィールド酸化膜１６０の幅（一方のバーズビーク部１６０ａの先端から他方のバーズビーク部１６０ａの先端までの長さ）がマスク１５０に形成された開口部１５０ａの幅よりも大きくなる。

そのため、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面に形成される素子領域間の実質的な距離が大きくなってしまい、半導体装置における素子の集積化を図る上での障害となるという問題がある。

【００１８】

従って、フィールド酸化膜のバーズビーク部の突出量、すなわちバーズビーク長さ（より厳密には、フォトレジストのパターンの端部からバーズビーク部の先端までの長さ）を小さくする方法が検討されてきた。

【００１９】

以下では、図４４および図４５を用いて従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法について説明する。

図４４に示す如く、従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法は、一般的には、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ２０１００）、ポリシリコン膜形成工程（Ｓ２０１５０）、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ２０２００）、フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０３００）、エッチング工程（Ｓ２０４００）、フォトレジスト除去工程（Ｓ２０５００）、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ２０６００）、最終除去工程（Ｓ２０７００）、の順に行われる。

【００２０】

従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法は、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ２０１００）と窒化シリコン膜形成工程（Ｓ２０２００）との間にポリシリコン膜形成工程（Ｓ２０１５０）を具備している点において図４２および図４３に示す従来ＬＯＣＯＳ法と異なる。

【００２１】

図４５に示す如く、ポリシリコン膜形成工程（Ｓ２０１５０）は、バッファ酸化膜１２０の上に厚さが１５０ｎｍ程度のポリシリコン膜１７０を形成する工程である。

ポリシリコン膜１７０は多結晶シリコンからなる膜であり、ＣＶＤ等により形成される

。
ポリシリコン膜１７０は単結晶シリコンウェーハ１１０に及ぼす熱歪みの影響（結晶欠陥の形成等）が窒化シリコン膜１３０に比べて小さく、かつ、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面の酸化の防止に寄与する。
【００２２】
窒化シリコン膜形成工程（Ｓ２０２００）は、ポリシリコン膜１７０の上に厚さが１００ｎｍ～３００ｎｍ程度の窒化シリコン膜１３０を形成する工程である。
【００２３】
以上の如く、従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法は、バッファ酸化膜１２０と窒化シリコン膜１３０との間にポリシリコン膜１７０を形成することにより、フィールド酸化膜１６１のバーズビーク部１６１ａ・１６１ａの面方向への成長を抑えることが可能であり、図４３に示す従来ＬＯＣＯＳ法に比べてバーズビーク部１６１ａ・１６１ａのバーズビーク長さＬｂを短くすることが可能である（Ｌｂ＜Ｌａ）。
【００２４】
以下では、図４６および図４７を用いて従来Ｒ－ＬＯＣＯＳ法について説明する。
従来Ｒ－ＬＯＣＯＳ法は、一般的には、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ３０１００）、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ３０２００）、フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０３００）、エッチング工程（Ｓ３０４００）、フォトレジスト除去工程（Ｓ３０５００）、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ３０６００）、最終除去工程（Ｓ３０７００）、の順に行われる。
【００２５】
従来Ｒ－ＬＯＣＯＳ法は、エッチング工程（Ｓ３０４００）において窒化シリコン膜１３０だけでなく、バッファ酸化膜１２０および単結晶シリコンウェーハ１１０の表面から所定の深さの領域までエッチングにより除去し、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面に凹み部１１０ａを形成する点において図４２および図４３に示す従来ＬＯＣＯＳ法と異なる。
【００２６】
以上の如く、従来Ｒ－ＬＯＣＯＳ法は、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ３０６００）において単結晶シリコンウェーハ１１０の表面に形成された凹み部１１０ａに対応する部分を酸化することにより、図４２および図４３に示す従来ＬＯＣＯＳ法に比べて単結晶シリコンウェーハ１１０の内部に深く埋め込まれた形状のフィールド酸化膜１６２を形成することが可能である。
その結果、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面への突出量を抑えて単結晶シリコンウェーハ１１０の表面の平坦度を改善するとともに、バーズビーク部１６２ａ・１６２ａの面方向への成長を抑えてバーズビーク部１６２ａ・１６２ａのバーズビーク長さＬｃを図４４および図４５に示す従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法よりもさらに短くすることが可能である（Ｌｃ＜Ｌｂ）。なお、単結晶シリコンウェーハ１１０の表面の平坦度を改善することは、その後の素子領域への素子形成を容易とするため、素子の微細化、ひいては素子の集積化を可能とする。
【００２７】
このように、素子分離領域を形成するフィールド酸化膜のバーズビーク長さが小さいほどフィールド酸化膜の面方向の幅が小さくなり、素子の集積化を容易とする。
【００２８】
一方、近年電気自動車の普及等により、大電圧を取り扱う半導体装置の需要が高まってきており、大きな耐圧（絶縁可能な最大の電圧）を得る場合には、素子分離領域を形成するフィールド酸化膜のバーズビーク長さが大きい方が有利である。
また、このような半導体装置の場合には、同一のシリコン基板の表面に（１）大電圧を取り扱う素子の領域、および（２）これらの素子を制御するための素子であって大電圧を必要とせず集積化が求められる素子の領域、の両方を形成することにより半導体装置の最適化（コンパクト化）が求められている。
【００２９】

そして、同一のシリコン基板の表面にバーズビーク長さが異なるフィールド酸化膜を形成して耐圧が異なる素子分離領域を形成する方法が提案されている。例えば特許文献１および特許文献２に記載の如くである。

【００３０】

特許文献１および特許文献２に記載の方法は、いずれも異なるバーズビーク長さのフィールド酸化膜を形成するために、二回の熱処理（加熱炉等による加熱）を用いるものである。これは、熱処理の条件である熱処理温度、熱処理時間、熱処理雰囲気が定まると、バーズビーク長さは通常はほぼ一義的に定まることによる。

特許文献１に記載の方法は、まず従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法に基づいてシリコン基板の表面に従来ＬＯＣＯＳ法よりはバーズビーク長さが小さいフィールド酸化膜を形成し、次に従来ＬＯＣＯＳ法に基づいてバーズビーク長さが長いフィールド酸化膜を形成することにより、同一のシリコン基板の表面にバーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜を形成するものである。

特許文献２に記載の方法は、まず従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法に基づいてシリコン基板の表面に従来ＬＯＣＯＳ法に基づいてフィールド酸化膜を形成し、次に、シリコン基板の表面およびフィールド酸化膜の表面に窒化シリコン膜を形成し、フィールド酸化膜の端部に対応する部分の窒化シリコン膜をエッチングで除去したものを加熱することにより、先に形成されたフィールド酸化膜の端部（バーズビーク部）の厚みを成長させるものである。

【特許文献１】特許第２６８９００４号公報

【特許文献２】特許第３２３０１８４号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００３１】

しかし、特許文献１および特許文献２に記載の半導体装置の製造方法は、フィールド酸化膜の形成のために二回の熱処理（加熱炉による加熱）を用いることから、以下の問題点を有する。

（１）半導体装置の製造に係るエネルギーコストが大きい。

（２）加熱と降温を繰り返すため、生産に要する時間が長くなり生産性が良くない。

（３）加熱炉等を用いる熱処理は一般に炉内の温度分布を均一に制御するのが困難であるため、同一の加熱炉で同時に処理するシリコン基板の枚数が多くなった場合に歩留まりが低下しやすい。

【００３２】

また、特許文献２に記載の半導体装置の製造方法の場合、シリコン基板の表面に突出（膨出）し、平坦でないフィールド酸化膜の上に形成された酸化防止膜（窒化シリコン膜）の一部をエッチングで除去する必要がある。そして、これを達成するためには、焦点深度のマージンが小さい、あるいは露光作業において高度な重ね合わせ精度が要求されるといった条件下で、酸化防止膜の平坦でない部分にフォトレジストのパターンを精度良く形成しなければならず、作業が困難である。

【００３３】

本発明は以上の如き状況に鑑み、フィールド酸化膜を形成するための熱処理を一回だけ用いて、同一のシリコン基板の表面にバーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜を形成することが可能な半導体装置の製造方法、および半導体装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【００３４】

本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段を説明する。

【００３５】

即ち、請求項１においては、

シリコン基板の表面の素子領域の上に酸化防止膜を形成する第一工程と、

前記シリコン基板の表面の素子分離領域の所定の位置に酸化促進イオンを注入する第二工程と、
前記シリコン基板に熱酸化処理を施し、前記シリコン基板の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜を形成する第三工程と、
を具備するものである。
【００３６】
請求項２においては、
前記第二工程は、
前記素子分離領域のうち前記所定の位置を除く部分、および前記酸化防止膜を覆う形状のイオン注入用フォトレジストのパターンを形成するイオン注入用フォトリソグラフィ工程と、
前記素子分離領域の所定の位置に酸化促進イオンを注入するイオン注入工程と、
を具備するものである。
【００３７】
請求項３においては、
前記第二工程において、前記シリコン基板の表面に対して傾斜した角度で前記酸化促進イオンを注入するものである。
【００３８】
請求項４においては、
前記酸化促進イオンに酸素イオンが含まれるものである。
【００３９】
請求項５においては、
前記酸化促進イオンにボロンイオンが含まれるものである。
【００４０】
請求項６においては、
前記第一工程は、
前記シリコン基板の表面にバッファ酸化膜を形成するバッファ酸化膜形成工程と、
前記バッファ酸化膜の上に前記酸化防止膜を形成する酸化防止膜形成工程と、
前記酸化防止膜の上に素子領域を覆う形状のフォトレジストのパターンを形成するフォトリソグラフィ工程と、
前記素子分離領域に対応する部分の酸化防止膜を除去するエッチング工程と、
前記シリコン基板から前記フォトレジストを除去するフォトレジスト除去工程と、
を具備するものである。
【００４１】
請求項７においては、
前記エッチング工程において、前記素子分離領域に対応する部分の酸化防止膜およびその下の所定の深さのシリコン基板を除去するものである。
【００４２】
請求項８においては、
前記第一工程は、
前記シリコン基板の表面にバッファ酸化膜を形成するバッファ酸化膜形成工程と、
前記バッファ酸化膜の上にポリバッファシリコン膜を形成するポリバッファシリコン膜形成工程と、
前記ポリバッファシリコン膜の上に前記酸化防止膜を形成する酸化防止膜形成工程と，
前記酸化防止膜の上に素子領域を覆う形状のフォトレジストのパターンを形成するフォトリソグラフィ工程と、
前記素子分離領域に対応する部分の酸化防止膜を除去するエッチング工程と、
前記シリコン基板から前記フォトレジストを除去するフォトレジスト除去工程と、
を具備するものである。
【００４３】

請求項９においては、
シリコン基板の表面の素子領域の上に酸化防止膜を形成する第一工程と、
前記シリコン基板の表面の素子分離領域の所定の位置に酸化促進イオンを注入する第二工程と、
前記シリコン基板に熱酸化処理を施し、前記シリコン基板の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜を形成する第三工程と、
を経て製造されるものである。
【発明の効果】
【００４４】
本発明の効果として、以下に示すような効果を奏する。
【００４５】
請求項１においては、一回の熱酸化処理で同一のシリコン基板の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜を形成することが可能である。
【００４６】
請求項２においては、素子分離領域の所定の位置にのみ確実に酸化促進イオンを注入することが可能であり、シリコン基板の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜を容易かつ確実に形成することが可能である。
【００４７】
請求項３においては、素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜のバーズビーク部のシリコン基板の面方向への成長を促進することが可能である。
【００４８】
請求項４においては、素子分離領域の所定の位置に形成されるフィールド酸化膜のバーズビーク部のシリコン基板の面方向への成長を促進することが可能である。
【００４９】
請求項５においては、素子分離領域の所定の位置に形成されるフィールド酸化膜のバーズビーク部のシリコン基板の面方向への成長を促進することが可能である。
【００５０】
請求項６においては、バーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜を容易に形成することが可能である。
【００５１】
請求項７においては、バーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜を容易に形成することが可能である。
【００５２】
請求項８においては、バーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜を容易に形成することが可能である。
【００５３】
請求項９においては、一回の熱酸化処理で同一のシリコン基板の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜を形成することが可能である。
【発明を実施するための最良の形態】
【００５４】
以下では図１乃至図１６を用いて、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例について説明する。
本発明に係る「半導体装置」は、（ａ）半導体素子それ自体、または（ｂ）単数または複数の半導体素子を具備する装置、を含む。
「単数または複数の半導体素子を具備する装置」の具体例としては、横型パワーＭＯＳ（例えば、ＬＤＭＯＳ）、ＩＧＢＴ（Ｉｎｓｕｌａｔｅｄ（またはＩｎｅｒｔｅｄ） Ｇａｔｅ Ｂｉｐｏｌａｒ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）、ＢＴ（Ｂｉｐｏｌａｒ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）モジュールやＧＴＯサイリスタ（Ｇａｔｅ Ｔｕｒｎ Ｏｆｆ Ｔｈｙｒｉｓｔｏｒ）等、ＩＧＢＴやダイオード、ＣＭＯＳ等の半導体素子がフェノール樹脂等からなる絶縁基板に実装され、所定の回路を形成しているものが挙げられる。

【００５５】
図１に示す如く、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例は、第一工程（Ｓ１００１）、第二工程（Ｓ１００２）、第三工程（Ｓ１００３）を具備する。
【００５６】
以下では、図１乃至図８を用いて第一工程（Ｓ１００１）について説明する。
図１に示す如く、第一工程（Ｓ１００１）は、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ１０１０）、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２０）、フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）、エッチング工程（Ｓ１０４０）、フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５０）を具備する。
【００５７】
図２に示す如く、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ１０１０）はシリコン単結晶ウェーハ１０の表面にバッファ酸化膜２０を形成する工程である。
【００５８】
シリコン単結晶ウェーハ１０は本発明に係る「シリコン基板」の実施の一形態であり、例えばチョクラルスキー法（ＣＺ法）等の引き上げ法やＦＺ法（フローティングゾーン法）により作製された単結晶シリコンのインゴットをスライスして略円盤形状に切り出したものである。
【００５９】
本発明に係るシリコン基板は、本実施例の如きシリコン単結晶ウェーハ１０に限定されず、多結晶のシリコンを板状に切り出したもの等でも良い。
また、本発明に係るシリコン基板はＰ型、Ｎ型のいずれでも良い。
【００６０】
本発明に係る「素子領域」は、シリコン基板の表面（通常は広い板面）のうち半導体素子が形成される領域を指し、「素子分離領域」は、シリコン基板の表面のうちフィールド酸化膜が形成される領域を指す。従って、シリコン基板の表面のうち素子分離領域を除いた部分を素子領域と定義することができる。
また、素子分離領域のうち、大電圧を取り扱う半導体素子が形成される素子領域に隣接するために高い耐圧が重視される領域を高耐圧素子分離領域とし、耐圧はそれほど重視されないが隣接する素子領域の集積度が重視される領域を高密度素子分離領域とする。
なお、本実施例では、図２中の二つの素子分離領域のうち、左側の素子分離領域を高耐圧素子分離領域、右側の素子分離領域を高密度素子分離領域とする。
【００６１】
バッファ酸化膜２０は本発明に係る「バッファ酸化膜」の実施の一形態であり、二酸化シリコン（SiO_2）からなる膜である。
【００６２】
バッファ酸化膜形成工程（Ｓ１０１０）において、シリコン単結晶ウェーハ１０は加熱炉に収容され、所定の温度で所定の時間加熱される。その結果、加熱炉内の雰囲気中の酸素とシリコン単結晶ウェーハ１０の表面のシリコンとが結合し、シリコン単結晶ウェーハ１０の表面に５０ｎｍ～１００ｎｍ程度のバッファ酸化膜２０が形成される。
なお、バッファ酸化膜はシリコン基板および酸化防止膜に生じる歪みを緩和するためのものであり、当該歪みの大きさはシリコン基板の大きさ（直径）や後述するフィールド酸化膜形成工程における熱処理条件（熱処理温度、熱処理時間、加熱炉内の雰囲気）等により変化する。従って、バッファ酸化膜の厚さはこれらの条件に応じて適宜選択すれば良く、本実施例に限定されるものではない。
【００６３】
バッファ酸化膜形成工程（Ｓ１０１０）が終了したら、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２０）に移行する。
【００６４】
図３に示す如く、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２０）はバッファ酸化膜２０の上に窒化シリコン膜３０を形成する工程である。
【００６５】

窒化シリコン膜３０は本発明に係る「酸化防止膜」の実施の一形態であり、窒化シリコン（ＳｉＮ）からなる膜である。窒化シリコン膜３０は、後述するフィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０９０）においてシリコン単結晶ウェーハ１０の表面の酸化（の進行）を防止するために形成される膜である。

窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２０）において、ＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｖａｐｏｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）により、バッファ酸化膜２０の上に２００ｎｍ程度の窒化シリコン膜３０が形成される。

【００６６】

本発明に係る「酸化防止膜」は、本実施例の如き窒化シリコン膜３０に限定されず、シリコン基板の表面の酸化（の進行）を防止可能であれば他の材料からなる膜としても良い。

また、本発明に係る酸化防止膜の厚さは、酸化防止膜を構成する材料、後述するフィールド酸化膜形成工程における熱処理条件（熱処理温度、熱処理時間、加熱炉内の雰囲気）等に応じて適宜選択されるものであるため、本実施例に限定されるものではない。

本発明に係る酸化防止膜の形成方法は、本実施例の如くＣＶＤに限定されず、他の方法を用いて形成しても良い。

【００６７】

窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２０）が終了したら、フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）に移行する。

【００６８】

図１に示す如く、フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）はフォトレジスト塗布工程（Ｓ１０３１）、パターニング工程（Ｓ１０３２）を具備する。

【００６９】

図４に示す如く、フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０３１）は窒化シリコン膜３０の上にフォトレジスト４０を塗布する工程である。

【００７０】

フォトレジスト４０は通常、ある程度の流動性を持たせるために溶剤が添加された液状またはペースト状の感光性樹脂である。フォトレジスト４０は所定の波長の光が照射されると変質する。変質していないフォトレジスト４０は現像液により溶解不能であるが、変質したフォトレジスト４０は現像液により溶解可能である。

【００７１】

フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０３１）において、窒化シリコン膜３０の上にフォトレジスト４０が塗布される。次に、窒化シリコン膜３０の上にフォトレジスト４０が塗布されたシリコン単結晶ウェーハ１０が加熱炉等に収容され、所定の温度で所定の時間保持される（プレベーク）。プレベークによりフォトレジスト４０に含まれる溶剤が除去され、フォトレジスト４０の流動性が抑制される。

【００７２】

酸化防止膜の上にフォトレジストを塗布する方法は、（１）フォトレジストを酸化防止膜の上に所定量滴下してシリコン基板を回転させることにより、遠心力でフォトレジストを酸化防止膜上に均一に引き延ばす方法、（２）ローラやスキージ等の道具を用いてフォトレジストを酸化防止膜上に均一に引き延ばす方法、等が挙げられ、フォトレジストの材料やシリコン基板の大きさ、形状等に応じて適宜選択される。

【００７３】

フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０３１）が終了したら、パターニング工程（Ｓ１０３２）に移行する。

【００７４】

図１に示す如く、パターニング工程（Ｓ１０３２）は、露光工程（Ｓ１０３３）、現像工程（Ｓ１０３４）を具備する。

図５に示す如く、露光工程（Ｓ１０３３）はフォトレジスト４０の表面を所定の形状のマスク５０で覆った状態で所定の波長の光を照射する工程である。

マスク５０は所定の波長の光を遮断することが可能な材料からなり、マスク５０に照射された所定の波長の光は遮られてマスク５０の反対側には到達しない。しかし、マスク５０には孔、溝、切り欠き等の開口部５０ａ・５０ａ・・・が設けられており、開口部５０ａ・５０ａ・・・からは所定の波長の光がマスク５０の反対側に到達する。

マスク５０の開口部５０ａ・５０ａ・・・の形状は、マスク５０をフォトレジスト４０の上に配置したときに、所定の波長の光の照射方法から見て、素子分離領域の形状と略同じである。

マスク５０をフォトレジスト４０の上に配置した状態（マスク５０でフォトレジスト４０を覆った状態）で所定の波長の光を照射すると、フォトレジスト４０のうち、素子分離領域に対応する部分にのみ所定の波長の光が照射され、素子領域に対応する部分には所定の波長の光が照射されない。

その結果、単結晶シリコンウェーハ１０に塗布されたフォトレジスト４０のうち、素子分離領域に対応する部分は変質して感光部４１を形成し、素子領域に対応する部分は変質せずにマスク部４２を形成する。

【００７５】

露光工程（Ｓ１０３３）が終了したら、現像工程（Ｓ１０３４）に移行する。

【００７６】

図６に示す如く、現像工程（Ｓ１０３４）は、フォトレジスト４０のうち、感光部４１のみ除去することにより、マスク５０の形状、すなわち素子領域の形状に対応するフォトレジスト４０のパターンを形成する工程である。

【００７７】

現像工程（Ｓ１０３４）において、フォトレジスト４０に現像液が吹き付けられる。その結果、フォトレジスト４０のうち感光部４１のみが溶解し、マスク部４２が残ることにより、マスク５０の形状に対応するフォトレジスト４０のパターンが形成される。

なお、本実施例ではフォトレジスト４０に現像液を吹き付ける構成としたが、感光部４１のみを除去可能であれば他の方法でも良い。他の方法の例としては、現像液にフォトレジスト４０が塗布された単結晶シリコンウェーハ１０を浸漬する方法が挙げられる。

【００７８】

現像工程（Ｓ１０３４）が終了したら、パターニング工程（Ｓ１０３２）は終了する。パターニング工程（Ｓ１０３２）が終了したら、フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）は終了する。フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）が終了したら、エッチング工程（Ｓ１０４０）に移行する。

【００７９】

以上の如く、フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）は、窒化シリコン膜３０の上に素子領域を覆う形状のフォトレジスト４０のパターン（マスク部４２）を形成する工程である。

【００８０】

図７に示す如く、エッチング工程（Ｓ１０４０）は素子分離領域に対応する部分の窒化シリコン膜３０を除去する工程である。

【００８１】

エッチング工程（Ｓ１０４０）において、マスク５０の形状に対応するフォトレジスト４０のパターンが形成された単結晶シリコンウェーハ１０にＲＩＥ（Ｒｅａｃｔｉｖｅ Ｉｏｎ Ｅｔｃｈｉｎｇ）が施されると、窒化シリコンの膜３０のうちマスク部４２に対応する部分（素子領域に対応する部分）の窒化シリコン膜３０はエッチャントに接触しないため除去されず、残りの部分すなわち感光部４１が除去されて露出している部分（素子分離領域に対応する部分）の窒化シリコン膜３０はエッチャントに接触し、分解除去される。なお、ＲＩＥに用いられるエッチャントとしては、CHF_3 と CF_4 の混合ガス等が挙げられる。

【００８２】

エッチング工程（Ｓ１０４０）が終了したら、フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５０）

に移行する。

【００８３】

図８に示す如く、フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５０）は単結晶シリコンウェーハ１０からフォトレジスト４０（マスク部４２）を除去する工程である。

フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５０）において、単結晶シリコンウェーハ１０の上に残っているフォトレジスト４０（マスク部４２）が酸素プラズマにより酸化され、分解除去される。

なお、本実施例では酸素プラズマを用いて単結晶シリコンウェーハ１０から残りのフォトレジスト４０（マスク部４２）を除去する構成としたが、本発明に係るフォトレジスト除去工程はこれに限定されず、所定の薬品（リムーバ等）を用いる等、他の方法でシリコン基板からフォトレジストを除去する構成としても良い。

【００８４】

フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５０）が終了したら、第一工程（Ｓ１００１）は終了する。第一工程（Ｓ１００１）が終了したら、第二工程（Ｓ１００２）に移行する。

【００８５】

以上の如く、第一工程（Ｓ１００１）は、シリコン単結晶ウェーハ１０の表面の素子領域の上に窒化シリコン膜３０を形成する工程である。

【００８６】

以下では、図１、および図９乃至図１３を用いて第二工程（Ｓ１００２）について説明する。

図１に示す如く、第二工程（Ｓ１００２）は、イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０６０）、イオン注入工程（Ｓ１０７０）、イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ１０８０）を具備する。

また、イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０６０）は、イオン注入用フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０６１）、イオン注入用パターニング工程（Ｓ１０６２）を具備する。

【００８７】

図９に示す如く、イオン注入用フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０６１）は、素子領域に対応する部分の上に窒化シリコン膜３０が形成されたシリコン単結晶ウェーハ１０にイオン注入用フォトレジスト４５を塗布する工程である。

イオン注入用フォトレジスト４５はフォトレジスト４０と同様の感光性樹脂である。

【００８８】

イオン注入用フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０６１）において、窒化シリコン膜３０の上およびエッチング工程（Ｓ１０４０）において窒化シリコン膜３０が除去された部分（素子分離領域に対応する部分）にイオン注入用フォトレジスト４５が塗布される。次に、シリコン単結晶ウェーハ１０が加熱炉等に収容され、所定の温度で所定の時間保持される（プレベーク）。プレベークによりイオン注入用フォトレジスト４５に含まれる溶剤が除去され、イオン注入用フォトレジスト４５の流動性が抑制される。

【００８９】

イオン注入用フォトレジスト塗布工程（Ｓ１０６１）が終了したら、イオン注入用パターニング工程（Ｓ１０６２）に移行する。

【００９０】

図１に示す如く、イオン注入用パターニング工程（Ｓ１０６２）は、イオン注入用露光工程（Ｓ１０６３）、イオン注入用現像工程（Ｓ１０６４）を具備する。

図１０に示す如く、イオン注入用露光工程（Ｓ１０６３）はイオン注入用フォトレジスト４５の表面を所定の形状のマスク５１で覆った状態で所定の波長の光を照射する工程である。

マスク５１は所定の波長の光を遮断することが可能な材料からなり、マスク５１に照射された所定の波長の光は遮られてマスク５１の反対側には到達しない。しかし、マスク５１には孔、溝、切り欠き等の開口部５１ａ・５１ａ・・・が設けられており、開口部５１

ａ・５１ａ・・・からは所定の波長の光がマスク５１の反対側に到達する。
マスク５１の開口部５１ａ・５１ａ・・・の形状は、マスク５１をイオン注入用フォトレジスト４５の上に配置したときに、所定の波長の光の照射方法から見て、素子分離領域のうち、高耐圧素子分離領域の形状と略同じである。
マスク５１をイオン注入用フォトレジスト４５の上に配置した状態（マスク５１でイオン注入用フォトレジスト４５を覆った状態）で所定の波長の光を照射すると、イオン注入用フォトレジスト４５のうち、高耐圧素子分離領域に対応する部分にのみ所定の波長の光が照射され、素子領域および高密度素子分離領域に対応する部分には所定の波長の光が照射されない。
その結果、単結晶シリコンウェーハ１０に塗布されたイオン注入用フォトレジスト４５のうち、高耐圧素子分離領域に対応する部分は変質して感光部４６を形成し、素子領域および高密度素子分離領域に対応する部分は変質せずにマスク部４７を形成する。
【００９１】
イオン注入用露光工程（Ｓ１０６３）が終了したら、イオン注入用現像工程（Ｓ１０６４）に移行する。
【００９２】
図１１に示す如く、イオン注入用現像工程（Ｓ１０６４）は、イオン注入用フォトレジスト４５のうち、感光部４６のみ除去することにより、マスク５１の形状、すなわち素子領域および高密度素子分離領域を合わせた形状に対応するイオン注入用フォトレジスト４５のパターンを形成する工程である。
【００９３】
イオン注入用現像工程（Ｓ１０６４）において、イオン注入用フォトレジスト４５に現像液が吹き付けられる。その結果、イオン注入用フォトレジスト４５のうち感光部４６のみが溶解し、マスク部４７が残ることにより、マスク５１の形状に対応するイオン注入用フォトレジスト４５のパターンが形成される。
なお、本実施例ではイオン注入用フォトレジスト４５に現像液を吹き付ける構成としたが、感光部４６のみを除去可能であれば他の方法でも良い。他の方法の例としては、現像液にイオン注入用フォトレジスト４５が塗布された単結晶シリコンウェーハ１０を浸漬する方法が挙げられる。
【００９４】
イオン注入用現像工程（Ｓ１０６４）が終了したら、イオン注入用パターニング工程（Ｓ１０６２）は終了する。イオン注入用パターニング工程（Ｓ１０６２）が終了したらイオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）は終了する。イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０６０）が終了したらイオン注入工程（Ｓ１０７０）に移行する。
【００９５】
以上の如く、イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０６０）は、素子分離領域のうち高耐圧素子領域を除く部分（すなわち高密度素子分離領域）、および、窒化シリコン膜３０、を覆う形状のイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）を形成する工程である。
【００９６】
図１２に示す如く、イオン注入工程（Ｓ１０７０）は、高耐圧素子分離領域（本実施例における「素子分離領域の所定の位置」）に酸化促進イオンを注入する工程である。
【００９７】
本発明に係る「酸化促進イオン」は、後で詳述するフィールド酸化膜形成工程において形成されるフィールド酸化膜の形成を促進し得るイオンを指し、具体的には、酸素イオン、ボロンイオン等が挙げられる。
【００９８】
酸化促進イオンのうち、酸素イオンは、それ自身がフィールド酸化膜を構成する元素（原料）として用いられることによりフィールド酸化膜の形成の促進に寄与するものである。

酸化促進イオンのうち、ボロンイオンは、それ自身はフィールド酸化膜を構成する元素ではないが、シリコン基板に注入されることによりシリコン基板の酸化が促進されることが経験的に知られているものである。

なお、本発明に係る酸化促進イオンは本実施例の如く酸素イオン、ボロンイオンに限定されず、シリコン基板に注入されることによりフィールド酸化膜の形成を促進し得るイオンであれば他のイオンでも良い。

また、一種類の酸化促進イオンを注入する構成としても良く、複数種類の酸化促進イオンを混合した状態で注入する構成としても良く、複数種類の酸化促進イオンを一種類ずつ順に注入する構成としても良い。

【００９９】

イオン注入工程（Ｓ１０７０）において、イオン注入装置に収容された単結晶シリコンウェーハ１０には酸化促進イオンが注入される。なお、本実施例のイオン注入装置は専用品であるが、市販のイオン注入装置を用いることも可能である。イオン注入の具体的な方法としては、イオンシャワーやプラズマドーピング等の既存の方法を用いることが可能である。

【０１００】

このとき、単結晶シリコンウェーハ１０の高耐圧素子分離領域については窒化シリコン膜３０が除去され、かつイオン注入用フォトレジスト４５の感光部４６も除去されているため、バッファシリコン膜２０が外部に露出した状態となっており、酸化促進イオンはバッファシリコン膜２０を貫通して単結晶シリコン１０の内部に到達する。

【０１０１】

イオン注入用フォトレジスト４５のパターンにおいて感光部４６が除去されている部分は通常、所定の幅を有するため、酸化促進イオンは単結晶シリコンウェーハ１０の表面（高耐圧素子分離領域）に対して傾斜した角度で注入される。その結果、酸化促進イオンは高耐圧素子分離領域だけでなく、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）にも到達する。

一方、単結晶シリコンウェーハ１０の素子領域および高密度素子分離領域については、窒化シリコン膜３０が上に形成され、さらにその上にイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）も形成されている。そのため、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）を除けば、酸化促進イオンは窒化シリコン膜３０およびイオン注入用フォトレジスト４５に遮断されて単結晶シリコン１０の内部に到達することができない。

【０１０２】

なお、酸化促進イオンの注入角度θ１すなわち単結晶シリコンウェーハ１０の表面の法線と酸化促進イオンの注入方向との成す角度を大きくし、単結晶シリコンウェーハ１０の表面に対してより傾斜した角度で酸化促進イオンを注入することにより、酸化促進イオンを素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）に効率良く到達させることが可能である。

酸化促進イオンの注入角度を大きくする方法としては、イオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）の厚さを酸化促進イオンを遮断可能な範囲内で極力小さくすることが挙げられる。

また、酸化促進イオンの注入角度を大きくする別の方法としては、図１６に示す如くイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）のうち、感光部４６との境界面を、イオン注入用フォトレジスト４５の表面に近づくほど感光部４６が除去されている部分の幅が拡がるように斜めに形成する方法（θ２＞θ１）が挙げられる。

【０１０３】

イオン注入工程（Ｓ１０７０）が終了したらイオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ１０８０）に移行する。

【０１０４】

図１３に示す如く、イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ１０８０）は単結晶シリ

コンウェーハ１０から残りのイオン注入用フォトレジスト４５（マスク部４７）を除去する工程である。

イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ１０８０）において、単結晶シリコンウェーハ１０の上に残っているフォトレジスト４５（マスク部４７）が酸素プラズマにより酸化され、分解除去される。

なお、本実施例では酸素プラズマを用いて単結晶シリコンウェーハ１０から残りのイオン注入用フォトレジスト４５（マスク部４７）を除去する構成としたが、本発明に係るフォトレジスト除去工程はこれに限定されず、所定の薬品（リムーバ等）を用いる等、他の方法でシリコン基板からイオン注入用フォトレジストを除去する構成としても良い。

【０１０５】

イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ１０８０）が終了したら、第二工程（Ｓ１００２）が終了する。第二工程（Ｓ１００２）が終了したら、第三工程（Ｓ１００３）に移行する。

【０１０６】

以上の如く、第二工程（Ｓ１００２）は、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高耐圧素子分離領域（本実施例における「素子分離領域の所定の位置」）に酸化促進イオンを注入する工程である。

【０１０７】

以下では、図１、図１４および図１５を用いて第三工程（Ｓ１００３）について説明する。

図１に示す如く、第三工程（Ｓ１００３）は、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０９０）、最終除去工程（Ｓ１１００）を具備する。

【０１０８】

図１４に示す如く、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０９０）は単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜６１・６２を形成する工程である。

【０１０９】

フィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０９０）において、単結晶シリコンウェーハ１０は加熱炉（不図示）に収容され、１１００℃～１２００℃程度の温度で所定時間保持される。

なお、加熱炉の保持温度（熱処理温度）は雰囲気の組成その他の条件に応じて適宜選択されるものであるため、本実施例の如く１１００℃～１２００℃程度に限定されるものではない。

また、加熱炉内の雰囲気の組成は通常の大気と同じでも良いが、酸素濃度を大気よりも大きくしたもの、酸素と水（水蒸気）を混合したもの、あるいは水素と酸素とを混合したものでも良い。

【０１１０】

単結晶シリコンウェーハ１０が加熱炉内で１１００℃～１２００℃程度の温度に保持されると、単結晶シリコンウェーハ１０の表面のうち窒化シリコン膜３０で覆われている部分、すなわち素子領域は窒化シリコン膜３０に遮られて加熱炉内の雰囲気と接触しないため酸化されることはないが、単結晶シリコンウェーハ１０の表面のうち窒化シリコン膜３０で覆われていない部分、すなわち素子分離領域は加熱炉内の雰囲気と接触するため酸化され、フィールド酸化膜６１・６２が形成される。

【０１１１】

加熱炉の雰囲気中から素子分離領域に対応する単結晶シリコンウェーハ１０の内部に侵入した酸素は、単結晶シリコンウェーハ１０の面方向にも拡散する。そのため、窒化シリコン膜３０の下方に潜り込む形でフィールド酸化膜６１・６２の端部が単結晶シリコンウェーハ１０の面方向に成長し、バーズビーク部６１ａ・６１ａ、およびバーズビーク部６２ａ・６２ａがそれぞれ形成される。

【０１１２】

このとき、高耐圧素子分離領域（図１４中の左側の素子分離領域）、および素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分には、第二工程（Ｓ１００２）において酸化促

進イオンが注入されている（図１３参照）ため、高耐圧素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６１のバーズビーク部６１ａ・６１ａは、高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６２のバーズビーク部６２ａ・６２ａよりも面方向への成長がより促進され、長くなる（Ｌ１＞Ｌ２）。

結果として、高い耐圧が要求される高耐圧素子分離領域にはバーズビーク長さが相対的に長いフィールド酸化膜６１が形成され、高い耐圧は要求されないが隣接する素子領域の集積化が要求される高密度素子分離領域にはバーズビーク長さが相対的に短く、隣接する素子領域への突出量が小さいフィールド酸化膜６２が形成される。

このように、熱酸化処理を一回だけ施した単結晶シリコンウェーハ１０の表面に、素子分離領域のうち所定の位置（高耐圧素子分離領域）に選択的に酸化促進イオンを注入することにより、同一条件（熱処理温度、熱処理時間、雰囲気）の熱処理が施されているにもかかわらず、バーズビーク長さの異なる（ひいては耐圧、および隣接する素子領域の集積化への影響が異なる）フィールド酸化膜６１・６２を形成することが可能である。

【０１１３】

また、本実施例の場合、イオン注入工程（Ｓ１０７０）において高耐圧素子領域および素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分に注入される酸化促進イオンの注入量は、イオン注入装置による注入時間やイオン化電圧等を調節することにより容易に調整することが可能である。従って、当該酸化促進イオンの注入量を調整することによりフィールド酸化膜６１のバーズビーク長さＬ１を精度良く調整することが可能である。

【０１１４】

フィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０９０）が終了したら、最終除去工程（Ｓ１１００）に移行する。

【０１１５】

図１５に示す如く、最終除去工程（Ｓ１１００）は単結晶シリコンウェーハ１０の表面の窒化シリコン膜３０およびバッファ酸化膜２０を除去する工程である。

最終除去工程（Ｓ１１００）において、まず熱リン酸を用いたウェットエッチングにより単結晶シリコンウェーハ１０の表面の窒化シリコン膜３０が除去され、次にバッファードフッ酸等を用いてバッファ酸化膜２０が除去される。

なお、本実施例では熱リン酸およびバッファードフッ酸を用いて窒化シリコン膜３０およびバッファ酸化膜２０を除去する構成としたが、これに限定されず、酸化防止膜およびバッファ酸化膜を他の方法で除去しても良い。

【０１１６】

最終除去工程（Ｓ１１００）が終了したら、第三工程（Ｓ１００３）は終了する。

【０１１７】

以上の如く、第三工程（Ｓ１００３）は単結晶シリコンウェーハ１０に所定の熱酸化処理を施し、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜６１・６２・・・を形成する工程である。

ここで、本発明に係る「熱酸化処理」は、基板シリコンを酸素雰囲気中で所定の温度に保持することにより、基板シリコンの表面（の所望の位置）を酸化する処理を指す。なお、酸素雰囲気中に存在する酸素は、基板シリコンを酸化可能であればその状態（イオン、原子、分子、化合物）を問わない。

【０１１８】

第三工程（Ｓ１００３）の終了後、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高耐圧素子分離領域に隣接する素子領域には、例えばＬＤＭＯＳの如きパワー半導体素子（高電圧を取り扱う半導体素子）が形成され、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高密度素子分離領域に隣接する素子領域には、例えばＣＭＯＳ等の集積化が要求される半導体素子が形成され、これらの半導体素子間の配線等が施されて半導体装置が完成する。

【０１１９】

以上の如く、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例は、

単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子領域の上に（厳密には、バッファ酸化膜２０

を挟んで）窒化シリコン膜３０を形成する第一工程（Ｓ１００１）と、
単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域の所定の位置（本実施例の場合、高耐圧素子分離領域）に酸化促進イオンを注入する第二工程（Ｓ１００２）と、
単結晶シリコンウェーハ１０に熱酸化処理を施す第三工程（Ｓ１００３）と、
を具備するものである。
このように構成することにより、一回の熱酸化処理で同一の単結晶シリコンウェーハ１０の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜６１・６２を形成することが可能であり、半導体装置の生産性の向上および半導体装置の生産に要するエネルギーの削減に寄与する。

【０１２０】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例の第二工程（Ｓ１００２）は、
単結晶シリコンウェーハ１０の素子分離領域のうち所定の位置を除く部分（本実施例の場合、高密度素子分離領域）、および窒化シリコン膜３０を覆う形状のイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）を形成するイオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０６０）と、
単結晶シリコンウェーハ１０の素子分離領域の所定の位置（本実施例の場合、高耐圧素子分離領域）に酸化促進イオンを注入するイオン注入工程（Ｓ１０７０）と、
を具備するものである。
このように構成することにより、素子分離領域の所定の位置にのみ確実に酸化促進イオンを注入することが可能であり、単結晶シリコンウェーハ１０の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜６１・６２を容易かつ確実に形成することが可能である。

【０１２１】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例は、
イオン注入工程（Ｓ１０７０）において単結晶シリコンウェーハ１０の表面に対して傾斜した角度で（単結晶シリコンウェーハ１０の表面に直交しない角度で）前記酸化促進イオンを注入するものである。
このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ１０７０）において酸化促進イオンは所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域だけでなく、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）にも到達する。その結果、第三工程（Ｓ１００３）、より厳密にはフィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０９０）において素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６１のバーズビーク部６１ａ・６１ａの単結晶シリコンウェーハ１０の面方向への成長をさらに促進することが可能である。

【０１２２】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例は、
酸化促進イオンに酸素イオンが含まれるものである。
このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ１０７０）において所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域に注入された酸素イオンは、それ自身がフィールド酸化膜６１を構成する元素（原料）として用いられ、フィールド酸化膜６１の形成の促進に寄与する。
結果として、フィールド酸化膜６１のバーズビーク長さＬ１は、酸素イオンが注入されなかった高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６２のバーズビーク長さＬ２よりも長くなる。

【０１２３】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例は、
酸化促進イオンにボロンイオンが含まれるものである。
このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ１０７０）において所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域に注入されたボロンイオンはフィールド酸化膜６１の形成の促進に寄与する。
結果として、フィールド酸化膜６１のバーズビーク長さＬ１は、酸素イオンが注入されなかった高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６２のバーズビーク長さＬ２

よりも長くなる。

【０１２４】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例の第一工程（Ｓ１００１）は、

シリコン単結晶ウェーハ１０の表面にバッファ酸化膜２０を形成するバッファ酸化膜形成工程（Ｓ１０１０）と、

バッファ酸化膜２０の上に窒化シリコン膜３０を形成する窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２０）と、

窒化シリコン膜３０の上に素子領域を覆う形状のフォトレジスト４０のパターン（マスク部４２）を形成するフォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）と、

素子分離領域に対応する部分の窒化シリコン膜３０を除去するエッチング工程（Ｓ１０４０）と、

単結晶シリコンウェーハ１０からフォトレジスト４０（マスク部４２）を除去するフォトレジスト除去工程（Ｓ１０５０）と、

を具備するものである。

このように構成することにより、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例は、作業工程の流れとしては図４２および図４３に示す従来ＬＯＣＯＳ法の途中（フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５００）とフィールド酸化膜形成工程（Ｓ１０６００）との間）に第二工程（Ｓ１００２）を挟んだものとなる。

従って、既存の半導体製造設備を利用して容易にバーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜６１・６２を形成することが可能である。換言すれば、製造現場への導入コストの削減に寄与する。

【０１２５】

以下では、図２、図１７乃至図３１を用いて本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例について説明する。

【０１２６】

図１７に示す如く、本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例は、第一工程（Ｓ２００１）、第二工程（Ｓ２００２）、第三工程（Ｓ２００３）を具備する。

【０１２７】

以下では、図２、図１７乃至図２４を用いて第一工程（Ｓ２００１）について説明する。

図１７に示す如く、第一工程（Ｓ２００１）は、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ２０１０）、ポリバッファシリコン膜形成工程（Ｓ２０１５）、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ２０２０）、フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０３０）、エッチング工程（Ｓ２０４０）、フォトレジスト除去工程（Ｓ２０５０）を具備する。

【０１２８】

図２に示す如く、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ２０１０）はシリコン単結晶ウェーハ１０の表面にバッファ酸化膜２０を形成する工程である。

【０１２９】

バッファ酸化膜形成工程（Ｓ２０１０）が終了したら、ポリバッファシリコン膜形成工程（Ｓ２０１５）に移行する。

【０１３０】

図１８に示す如く、ポリバッファシリコン膜形成工程（Ｓ２０１５）はバッファ酸化膜２０の上にポリバッファシリコン膜７０を形成する工程である。

【０１３１】

ポリバッファシリコン膜形成工程（Ｓ２０１５）が終了したら、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ２０２０）に移行する。

【０１３２】

図１９に示す如く、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２０）はポリバッファシリコン膜７０の上に窒化シリコン膜３０を形成する工程である。

【０１３３】

窒化シリコン膜形成工程（Ｓ２０２０）が終了したら、フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０３０）に移行する。

【０１３４】

図１７、および図２０乃至図２２に示す如く、フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０３０）はフォトレジスト塗布工程（Ｓ２０３１）、パターニング工程（Ｓ２０３２）を具備する。

フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０３０）は、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例におけるフォトリソグラフィ工程（Ｓ２０３０）と略同じであるため（図１、および図４乃至図６参照）、説明を省略する。

【０１３５】

フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０３０）が終了したら、エッチング工程（Ｓ２０４０）に移行する。

【０１３６】

図２３に示す如く、エッチング工程（Ｓ２０４０）は素子分離領域に対応する部分の窒化シリコン膜３０を除去する工程である。

【０１３７】

エッチング工程（Ｓ２０４０）において、マスク５０の形状に対応するフォトレジスト４０のパターンが形成された単結晶シリコンウェーハ１０にＲＩＥ（Ｒｅａｃｔｉｖｅ Ｉｏｎ Ｅｔｃｈｉｎｇ）が施されると、窒化シリコンの膜３０のうちマスク部４２に対応する部分（素子領域に対応する部分）の窒化シリコン膜３０はエッチャントに接触しないため除去されず、残りの部分すなわち感光部４１が除去されて露出している部分（素子分離領域に対応する部分）の窒化シリコン膜３０およびその下のポリバッファシリコン膜７０の上半部はエッチャントに接触し、分解除去される。

なお、本実施例ではエッチング工程（Ｓ２０４０）において素子分離領域に対応する窒化シリコン膜３０および素子分離領域に対応するポリバッファシリコン膜７０の上半部を除去する構成としたが、素子分離領域に対応する窒化シリコン膜３０および素子分離領域に対応するポリバッファシリコン膜７０の全部を分解除去する構成としても良い。

【０１３８】

エッチング工程（Ｓ２０４０）が終了したら、フォトレジスト除去工程（Ｓ１０５０）に移行する。

【０１３９】

図２４に示す如く、フォトレジスト除去工程（Ｓ２０５０）は単結晶シリコンウェーハ１０からフォトレジスト４０（マスク部４２）を除去する工程である。

【０１４０】

フォトレジスト除去工程（Ｓ２０５０）が終了したら、第一工程（Ｓ２００１）は終了する。第一工程（Ｓ２００１）が終了したら、第二工程（Ｓ２００２）に移行する。

【０１４１】

以上の如く、第一工程（Ｓ２００１）は、シリコン単結晶ウェーハ１０の表面の素子領域の上に窒化シリコン膜３０を形成する工程である。

【０１４２】

以下では、図１７、図２５乃至図２９を用いて第二工程（Ｓ２００２）について説明する。

図１７に示す如く、第二工程（Ｓ２００２）は、イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０６０）、イオン注入工程（Ｓ２０７０）、イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ２０８０）を具備する。

また、図１７および図２５乃至図２７に示す如く、イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０６０）は、イオン注入用フォトレジスト塗布工程（Ｓ２０６１）、イオン注入用パターニング工程（Ｓ２０６２）を具備する。

イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０６０）は、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例におけるイオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０６０）と略同

じであるため（図１、および図９乃至図１１参照）、説明を省略する。

【０１４３】

イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０６０）が終了したらイオン注入工程（Ｓ２０７０）に移行する。

【０１４４】

イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０６０）は、素子分離領域のうち高耐圧素子領域を除く部分（すなわち高密度素子分離領域）、および、窒化シリコン膜３０、を覆う形状のイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）を形成する工程である。

【０１４５】

図２８に示す如く、イオン注入工程（Ｓ２０７０）は、高耐圧素子分離領域（本実施例における「素子分離領域の所定の位置」）に酸化促進イオンを注入する工程である。

【０１４６】

イオン注入工程（Ｓ２０７０）において、イオン注入装置に収容された単結晶シリコンウェーハ１０には酸化促進イオンが注入される。なお、本実施例のイオン注入装置は専用品であるが、市販のイオン注入装置を用いることも可能である。イオン注入の具体的な方法としては、イオンシャワーやプラズマドーピング等の既存の方法を用いることが可能である。

【０１４７】

このとき、単結晶シリコンウェーハ１０の高耐圧素子分離領域については窒化シリコン膜３０およびポリバッファシリコン膜７０の上半部が除去され、かつイオン注入用フォトレジスト４５の感光部４６も除去されているため、酸化促進イオンはポリバッファシリコン膜７０の下半部およびバッファシリコン膜２０を貫通して単結晶シリコン１０の内部に到達する。

【０１４８】

イオン注入用フォトレジスト４５のパターンにおいて感光部４６が除去されている部分は通常、所定の幅を有するため、酸化促進イオンは単結晶シリコンウェーハ１０の表面（高耐圧素子分離領域）に対して傾斜した角度で注入される。その結果、酸化促進イオンは高耐圧素子分離領域だけでなく、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）にも到達する。

一方、単結晶シリコンウェーハ１０の素子領域および高密度素子分離領域については、ポリバッファシリコン膜７０および窒化シリコン膜３０が上に形成され、さらにその上にイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）も形成されている。そのため、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）を除けば、酸化促進イオンはポリバッファシリコン膜７０、窒化シリコン膜３０およびイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）に遮断されて単結晶シリコン１０の内部に到達することができない。

【０１４９】

なお、酸化促進イオンの注入角度θ１すなわち単結晶シリコンウェーハ１０の表面の法線と酸化促進イオンの注入方向との成す角度を大きくし、単結晶シリコンウェーハ１０の表面に対してより傾斜した角度で酸化促進イオンを注入することにより、酸化促進イオンを素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）に効率良く到達させることが可能である。

【０１５０】

イオン注入工程（Ｓ２０７０）が終了したらイオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ２０８０）に移行する。

【０１５１】

図２９に示す如く、イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ２０８０）は単結晶シリコンウェーハ１０から残りのイオン注入用フォトレジスト４５（マスク部４７）を除去する工程である。

【０１５２】
イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ２０８０）が終了したら、第二工程（Ｓ２００２）が終了する。第二工程（Ｓ２００２）が終了したら、第三工程（Ｓ２００３）に移行する。
【０１５３】
以上の如く、第二工程（Ｓ２００２）は、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高耐圧素子分離領域（本実施例における「素子分離領域の所定の位置」）に酸化促進イオンを注入する工程である。
【０１５４】
以下では、図１７、図３０および図３１を用いて第三工程（Ｓ２００３）について説明する。
図１７に示す如く、第三工程（Ｓ２００３）は、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ２０９０）、最終除去工程（Ｓ２１００）を具備する。
【０１５５】
図３０に示す如く、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ２０９０）は単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜６３・６４を形成する工程である。
【０１５６】
フィールド酸化膜形成工程（Ｓ２０９０）において、単結晶シリコンウェーハ１０は加熱炉（不図示）に収容され、１１００℃～１２００℃程度の温度で所定時間保持される。
なお、加熱炉の保持温度（熱処理温度）は雰囲気の組成その他の条件に応じて適宜選択されるものであるため、本実施例の如く１１００℃～１２００℃程度に限定されるものではない。
また、加熱炉内の雰囲気の組成は通常の大気と同じでも良いが、酸素濃度を大気よりも大きくしたもの、酸素と水（水蒸気）を混合したもの、あるいは水素と酸素とを混合したものでも良い。
【０１５７】
単結晶シリコンウェーハ１０が加熱炉内で１１００℃～１２００℃程度の温度に保持されると、単結晶シリコンウェーハ１０の表面のうち窒化シリコン膜３０およびポリバッファシリコン膜７０で覆われている部分、すなわち素子領域は窒化シリコン膜３０およびポリバッファシリコン膜７０に遮られて加熱炉内の雰囲気と接触しないため酸化されることはないが、単結晶シリコンウェーハ１０の表面のうち窒化シリコン膜３０およびポリバッファシリコン膜７０で覆われていない部分、すなわち素子分離領域は加熱炉内の雰囲気と接触するため酸化され、フィールド酸化膜６３・６４が形成される。
【０１５８】
加熱炉の雰囲気中から素子分離領域に対応する単結晶シリコンウェーハ１０の内部に侵入した酸素は、単結晶シリコンウェーハ１０の面方向にも拡散する。そのため、窒化シリコン膜３０およびポリバッファシリコン膜７０の下方に潜り込む形でフィールド酸化膜６３・６４の端部が単結晶シリコンウェーハ１０の面方向に成長し、バーズビーク部６３ａ・６３ａ、およびバーズビーク部６４ａ・６４ａがそれぞれ形成される。
【０１５９】
このとき、高耐圧素子分離領域（図２９中の左側の素子分離領域）、および素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分には、第二工程（Ｓ２００２）において酸化促進イオンが注入されている（図２８参照）ため、高耐圧素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６３のバーズビーク部６３ａ・６３ａは、高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６４のバーズビーク部６４ａ・６４ａよりも面方向への成長がより促進され、長くなる（Ｌ３＞Ｌ４）。
結果として、高い耐圧が要求される高耐圧素子分離領域にはバーズビーク長さが相対的に長いフィールド酸化膜６３が形成され、高い耐圧は要求されないが隣接する素子領域の集積化が要求される高密度素子分離領域にはバーズビーク長さが相対的に短く、隣接する素子領域への突出量が小さいフィールド酸化膜６４が形成される。

このように、熱酸化処理を一回だけ施した単結晶シリコンウェーハ１０の表面に、素子分離領域のうち所定の位置（高耐圧素子分離領域）に選択的に酸化促進イオンを注入することにより、同一条件（熱処理温度、熱処理時間、雰囲気）の熱処理が施されているにもかかわらず、バーズビーク長さの異なる（ひいては耐圧、および隣接する素子領域の集積化への影響が異なる）フィールド酸化膜６３・６４を形成することが可能である。

【０１６０】

また、本実施例の場合、イオン注入工程（Ｓ２０７０）において高耐圧素子領域および素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分に注入される酸化促進イオンの注入量は、イオン注入装置による注入時間やイオン化電圧等を調節することにより容易に調整することが可能である。従って、当該酸化促進イオンの注入量を調整することによりフィールド酸化膜６３のバーズビーク長さＬ３を精度良く調整することが可能である。

【０１６１】

フィールド酸化膜形成工程（Ｓ２０９０）が終了したら、最終除去工程（Ｓ２１００）に移行する。

【０１６２】

図３１に示す如く、最終除去工程（Ｓ２１００）は単結晶シリコンウェーハ１０の表面の窒化シリコン膜３０、ポリバッファシリコン膜７０およびバッファ酸化膜２０を除去する工程である。

最終除去工程（Ｓ１１００）において、まず熱リン酸を用いたウェットエッチングにより単結晶シリコンウェーハ１０の表面の窒化シリコン膜３０が除去され、次にバッファードフッ酸等を用いてポリバッファシリコン膜７０およびバッファ酸化膜２０が除去される。

なお、本実施例では熱リン酸およびバッファードフッ酸を用いて窒化シリコン膜３０、ポリバッファシリコン膜７０およびバッファ酸化膜２０を除去する構成としたが、これに限定されず、酸化防止膜、ポリバッファシリコン膜およびバッファ酸化膜を他の方法で除去しても良い。

【０１６３】

最終除去工程（Ｓ２１００）が終了したら、第三工程（Ｓ２００３）は終了する。

【０１６４】

以上の如く、第三工程（Ｓ２００３）は単結晶シリコンウェーハ１０に所定の熱酸化処理を施し、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜６３・６４を形成する工程である。

【０１６５】

第三工程（Ｓ２００３）の終了後、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高耐圧素子分離領域に隣接する素子領域には、例えばＬＤＭＯＳの如きパワー半導体素子（高電圧を取り扱う半導体素子）が形成され、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高密度素子分離領域に隣接する素子領域には、例えばＣＭＯＳ等の集積化が要求される半導体素子が形成され、これらの半導体素子間の配線等が施されて半導体装置が完成する。

【０１６６】

以上の如く、本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例は、

単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子領域の上に（厳密には、バッファ酸化膜２０およびポリバッファシリコン膜７０を挟んで）窒化シリコン膜３０を形成する第一工程（Ｓ２００１）と、

単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域の所定の位置（本実施例の場合、高耐圧素子分離領域）に酸化促進イオンを注入する第二工程（Ｓ２００２）と、

単結晶シリコンウェーハ１０に熱酸化処理を施す第三工程（Ｓ２００３）と、

を具備するものである。

このように構成することにより、一回の熱酸化処理で同一の単結晶シリコンウェーハ１０の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜６３・６４を形成することが可能であり、半導体装置の生産性の向上および半導体装置の生産に要するエネルギーの削減に寄

与する。

【０１６７】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例の第二工程（Ｓ２００２）は、

単結晶シリコンウェーハ１０の素子分離領域のうち所定の位置を除く部分（本実施例の場合、高密度素子分離領域）、および窒化シリコン膜３０を覆う形状のイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）を形成するイオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ２０６０）と、

単結晶シリコンウェーハ１０の素子分離領域の所定の位置（本実施例の場合、高耐圧素子分離領域）に酸化促進イオンを注入するイオン注入工程（Ｓ２０７０）と、

を具備するものである。

このように構成することにより、素子分離領域の所定の位置にのみ確実に酸化促進イオンを注入することが可能であり、単結晶シリコンウェーハ１０の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜６３・６４を容易かつ確実に形成することが可能である。

【０１６８】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例は、

イオン注入工程（Ｓ２０７０）において単結晶シリコンウェーハ１０の表面に対して傾斜した角度で（単結晶シリコンウェーハ１０の表面に直交しない角度で）前記酸化促進イオンを注入するものである。

このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ２０７０）において酸化促進イオンは所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域だけでなく、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）にも到達する。その結果、第三工程（Ｓ２００３）、より厳密にはフィールド酸化膜形成工程（Ｓ２０９０）において素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６３のバーズビーク部６３ａ・６３ａの単結晶シリコンウェーハ１０の面方向への成長をさらに促進することが可能である。

【０１６９】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例は、

酸化促進イオンに酸素イオンが含まれるものである。

このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ２０７０）において所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域に注入された酸素イオンは、それ自身がフィールド酸化膜６３を構成する元素（原料）として用いられ、フィールド酸化膜６３の形成の促進に寄与する。

結果として、フィールド酸化膜６３のバーズビーク長さＬ３は、酸素イオンが注入されなかった高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６４のバーズビーク長さＬ４よりも長くなる。

【０１７０】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例は、

酸化促進イオンにボロンイオンが含まれるものである。

このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ２０７０）において所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域に注入されたボロンイオンはフィールド酸化膜６３の形成の促進に寄与する。

結果として、フィールド酸化膜６３のバーズビーク長さＬ３は、酸素イオンが注入されなかった高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６４のバーズビーク長さＬ４よりも長くなる。

【０１７１】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例の第一工程（Ｓ２００１）は、

シリコン単結晶ウェーハ１０の表面にバッファ酸化膜２０を形成するバッファ酸化膜形成工程（Ｓ２０１０）と、

バッファ酸化膜２０の上にポリバッファシリコン膜７０を形成するポリバッファシリコン膜形成工程（Ｓ２０１５）と、

ポリバッファシリコン膜７０の上に窒化シリコン膜３０を形成する窒化シリコン膜形成

工程（Ｓ２０２０）と、
窒化シリコン膜３０の上に素子領域を覆う形状のフォトレジスト４０のパターン（マスク部４２）を形成するフォトリソグラフィ工程（Ｓ２０３０）と、
素子分離領域に対応する部分の窒化シリコン膜３０を除去するエッチング工程（Ｓ２０４０）と、
単結晶シリコンウェーハ１０からフォトレジスト４０（マスク部４２）を除去するフォトレジスト除去工程（Ｓ２０５０）と、
を具備するものである。
このように構成することにより、本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例は、作業工程の流れとしては図４４および図４５に示す従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法の途中（フォトレジスト除去工程（Ｓ２０５００）とフィールド酸化膜形成工程（Ｓ２０６００）との間）に第二工程（Ｓ２００２）を挟んだものとなる。
従って、既存の半導体製造設備を利用して容易にバーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜６３・６４を形成することが可能である。換言すれば、製造現場への導入コストの削減に寄与する。
【０１７２】
以下では図２乃至図６、および図３２乃至図４１を用いて、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例について説明する。
【０１７３】
図３２に示す如く、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例は、第一工程（Ｓ３００１）、第二工程（Ｓ３００２）、第三工程（Ｓ３００３）を具備する。
【０１７４】
以下では、図２乃至図６、および図３２乃至図３４を用いて第一工程（Ｓ３００１）について説明する。
図３２に示す如く、第一工程（Ｓ３００１）は、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ３０１０）、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ３０２０）、フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０３０）、エッチング工程（Ｓ３０４０）、フォトレジスト除去工程（Ｓ３０５０）を具備する。
【０１７５】
図２乃至図６に示す如く、バッファ酸化膜形成工程（Ｓ３０１０）、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ３０２０）およびフォトリソグラフィ工程（Ｓ３０３０）は、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例におけるバッファ酸化膜形成工程（Ｓ１０１０）、窒化シリコン膜形成工程（Ｓ１０２０）およびフォトリソグラフィ工程（Ｓ１０３０）と略同じであるため、説明を省略する。
【０１７６】
フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０３０）が終了したら、エッチング工程（Ｓ３０４０）に移行する。
【０１７７】
図３４に示す如く、エッチング工程（Ｓ３０４０）は素子分離領域に対応する部分の窒化シリコン膜３０を除去する工程である。
エッチング工程（Ｓ３０４０）において、マスク５０の形状に対応するフォトレジスト４０のパターンが形成された単結晶シリコンウェーハ１０にＲＩＥ（Ｒｅａｃｔｉｖｅ Ｉｏｎ Ｅｔｃｈｉｎｇ）が施されると、窒化シリコンの膜３０のうちマスク部４２に対応する部分（素子領域に対応する部分）の窒化シリコン膜３０はエッチャントに接触しないため除去されず、残りの部分すなわち感光部４１が除去されて露出している部分（素子分離領域に対応する部分）の窒化シリコン膜３０、バッファ酸化膜２０およびその下の所定の深さ（本実施例の場合、５０ｎｍ程度）の単結晶シリコンウェーハ１０がエッチャントに接触し、分解除去される。
その結果、単結晶シリコンウェーハ１０の素子分離領域には凹み部１０ａが形成される。
【０１７８】

エッチング工程（Ｓ３０４０）が終了したら、フォトレジスト除去工程（Ｓ３０５０）に移行する。

【０１７９】

図３４に示す如く、フォトレジスト除去工程（Ｓ３０５０）は単結晶シリコンウェーハ１０からフォトレジスト４０（マスク部４２）を除去する工程である。

【０１８０】

フォトレジスト除去工程（Ｓ３０５０）が終了したら、第一工程（Ｓ３００１）は終了する。第一工程（Ｓ３００１）が終了したら、第二工程（Ｓ３００２）に移行する。

【０１８１】

以下では、図３２、および図３５乃至図３９を用いて第二工程（Ｓ３００２）について説明する。

図３２に示す如く、第二工程（Ｓ３００２）は、イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０６０）、イオン注入工程（Ｓ３０７０）、イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ３０８０）を具備する。

また、イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０６０）は、イオン注入用フォトレジスト塗布工程（Ｓ３０６１）、イオン注入用パターニング工程（Ｓ３０６２）を具備する。

図３５乃至図３７に示す如く、イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０６０）は本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例におけるイオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ１０６０）と略同じであるため、説明を省略する。

【０１８２】

イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０６０）が終了したらイオン注入工程（Ｓ３０７０）に移行する。

【０１８３】

イオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０６０）は、素子分離領域のうち高耐圧素子領域を除く部分（すなわち高密度素子分離領域）、および、窒化シリコン膜３０、を覆う形状のイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）を形成する工程である。

【０１８４】

図３８に示す如く、イオン注入工程（Ｓ３０７０）は、高耐圧素子分離領域（本実施例における「素子分離領域の所定の位置」）に酸化促進イオンを注入する工程である。

【０１８５】

イオン注入工程（Ｓ３０７０）において、イオン注入装置に収容された単結晶シリコンウェーハ１０には酸化促進イオンが注入される。なお、本実施例のイオン注入装置は専用品であるが、市販のイオン注入装置を用いることも可能である。イオン注入の具体的な方法としては、イオンシャワーやプラズマドーピング等の既存の方法を用いることが可能である。

【０１８６】

このとき、単結晶シリコンウェーハ１０の高耐圧素子分離領域については窒化シリコン膜３０、バッファ酸化膜２０および所定の深さの単結晶シリコンウェーハ１０が除去され、かつイオン注入用フォトレジスト４５の感光部４６も除去されているため、凹み部１０ａが外部に露出した状態となっており、酸化促進イオンは凹み部１０ａから単結晶シリコン１０の内部に到達する。

【０１８７】

イオン注入用フォトレジスト４５のパターンにおいて感光部４６が除去されている部分は通常、所定の幅を有するため、酸化促進イオンは単結晶シリコンウェーハ１０の表面（高耐圧素子分離領域）に対して傾斜した角度で注入される。その結果、酸化促進イオンは高耐圧素子分離領域だけでなく、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）にも到達する。

一方、単結晶シリコンウェーハ１０の素子領域および高密度素子分離領域については、

窒化シリコン膜３０が上に形成され、さらにその上にイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）も形成されている。そのため、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）を除けば、酸化促進イオンは窒化シリコン膜３０およびイオン注入用フォトレジスト４５に遮断されて単結晶シリコン１０の内部に到達することができない。

【０１８８】

なお、酸化促進イオンの注入角度θ１すなわち単結晶シリコンウェーハ１０の表面の法線と酸化促進イオンの注入方向との成す角度を大きくし、単結晶シリコンウェーハ１０の表面に対してより傾斜した角度で酸化促進イオンを注入することにより、酸化促進イオンを素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）に効率良く到達させることが可能である。

【０１８９】

イオン注入工程（Ｓ３０７０）が終了したらイオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ３０８０）に移行する。

【０１９０】

図３９に示す如く、イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ３０８０）は単結晶シリコンウェーハ１０から残りのイオン注入用フォトレジスト４５（マスク部４７）を除去する工程である。

【０１９１】

イオン注入用フォトレジスト除去工程（Ｓ３０８０）が終了したら、第二工程（Ｓ３００２）が終了する。第二工程（Ｓ３００２）が終了したら、第三工程（Ｓ３００３）に移行する。

【０１９２】

以上の如く、第二工程（Ｓ３００２）は、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高耐圧素子分離領域（本実施例における「素子分離領域の所定の位置」）に酸化促進イオンを注入する工程である。

【０１９３】

以下では、図３２、図４０および図４１を用いて第三工程（Ｓ３００３）について説明する。

図３２に示す如く、第三工程（Ｓ３００３）は、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ３０９０）、最終除去工程（Ｓ３１００）を具備する。

【０１９４】

図４０に示す如く、フィールド酸化膜形成工程（Ｓ３０９０）は単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜６５・６６を形成する工程である。

【０１９５】

フィールド酸化膜形成工程（Ｓ３０９０）において、単結晶シリコンウェーハ１０は加熱炉（不図示）に収容され、１１００℃～１２００℃程度の温度で所定時間保持される。

なお、加熱炉の保持温度（熱処理温度）は雰囲気の組成その他の条件に応じて適宜選択されるものであるため、本実施例の如く１１００℃～１２００℃程度に限定されるものではない。

また、加熱炉内の雰囲気の組成は通常の大気と同じでも良いが、酸素濃度を大気よりも大きくしたもの、酸素と水（水蒸気）を混合したもの、あるいは水素と酸素とを混合したものでも良い。

【０１９６】

単結晶シリコンウェーハ１０が加熱炉内で１１００℃～１２００℃程度の温度に保持されると、単結晶シリコンウェーハ１０の表面のうち窒化シリコン膜３０で覆われている部分、すなわち素子領域は窒化シリコン膜３０に遮られて加熱炉内の雰囲気と接触しないため酸化されることはないが、単結晶シリコンウェーハ１０の表面のうち窒化シリコン膜３０で覆われていない部分、すなわち素子分離領域（凹み部１０ａ）は加熱炉内の雰囲気と接触するため酸化され、フィールド酸化膜６５・６６が形成される。

【０１９７】
加熱炉の雰囲気中から素子分離領域に対応する単結晶シリコンウェーハ１０の内部に侵入した酸素は、単結晶シリコンウェーハ１０の面方向にも拡散する。そのため、窒化シリコン膜３０の下方に潜り込む形でフィールド酸化膜６５・６６の端部が単結晶シリコンウェーハ１０の面方向に成長し、バーズビーク部６５ａ・６５ａ、およびバーズビーク部６６ａ・６６ａがそれぞれ形成される。
【０１９８】
このとき、高耐圧素子分離領域（図３９中の左側の素子分離領域）、および素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分には、第二工程（Ｓ３００２）において酸化促進イオンが注入されている（図３８参照）ため、高耐圧素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６５のバーズビーク部６５ａ・６５ａは、高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６６のバーズビーク部６６ａ・６６ａよりも面方向への成長がより促進され、長くなる（Ｌ５＞Ｌ６）。
結果として、高い耐圧が要求される高耐圧素子分離領域にはバーズビーク長さが相対的に長いフィールド酸化膜６５が形成され、高い耐圧は要求されないが隣接する素子領域の集積化が要求される高密度素子分離領域にはバーズビーク長さが相対的に短く、隣接する素子領域への突出量が小さいフィールド酸化膜６６が形成される。
このように、熱酸化処理を一回だけ施した単結晶シリコンウェーハ１０の表面に、素子分離領域のうち所定の位置（高耐圧素子分離領域）に選択的に酸化促進イオンを注入することにより、同一条件（熱処理温度、熱処理時間、雰囲気）の熱処理が施されているにもかかわらず、バーズビーク長さの異なる（ひいては耐圧、および隣接する素子領域の集積化への影響が異なる）フィールド酸化膜６５・６６を形成することが可能である。
【０１９９】
また、本実施例の場合、イオン注入工程（Ｓ３０７０）において高耐圧素子領域および素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分に注入される酸化促進イオンの注入量は、イオン注入装置による注入時間やイオン化電圧等を調節することにより容易に調整することが可能である。従って、当該酸化促進イオンの注入量を調整することによりフィールド酸化膜６５のバーズビーク長さＬ５を精度良く調整することが可能である。
【０２００】
フィールド酸化膜形成工程（Ｓ３０９０）が終了したら、最終除去工程（Ｓ３１００）に移行する。
【０２０１】
図４１に示す如く、最終除去工程（Ｓ３１００）は単結晶シリコンウェーハ１０の表面の窒化シリコン膜３０およびバッファ酸化膜２０を除去する工程である。
最終除去工程（Ｓ１１００）において、まず熱リン酸を用いたウェットエッチングにより単結晶シリコンウェーハ１０の表面の窒化シリコン膜３０が除去され、次にバッファードフッ酸等を用いてバッファ酸化膜２０が除去される。
なお、本実施例では熱リン酸およびバッファードフッ酸を用いて窒化シリコン膜３０およびバッファ酸化膜２０を除去する構成としたが、これに限定されず、酸化防止膜、ポリバッファシリコン膜およびバッファ酸化膜を他の方法で除去しても良い。
【０２０２】
最終除去工程（Ｓ３１００）が終了したら、第三工程（Ｓ３００３）は終了する。
【０２０３】
以上の如く、第三工程（Ｓ３００３）は単結晶シリコンウェーハ１０に所定の熱酸化処理を施し、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜６５・６６を形成する工程である。
【０２０４】
第三工程（Ｓ３００３）の終了後、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高耐圧素子分離領域に隣接する素子領域には、例えばＬＤＭＯＳの如きパワー半導体素子（高電圧を取り扱う半導体素子）が形成され、単結晶シリコンウェーハ１０の表面の高密度素子分離領

域に隣接する素子領域には、例えばＣＭＯＳ等の集積化が要求される半導体素子が形成され、これらの半導体素子間の配線等が施されて半導体装置が完成する。

【０２０５】

以上の如く、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例は、

単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子領域の上に（厳密には、バッファ酸化膜２０を挟んで）窒化シリコン膜３０を形成する第一工程（Ｓ３００１）と、

単結晶シリコンウェーハ１０の表面の素子分離領域の所定の位置（本実施例の場合、高耐圧素子分離領域）に酸化促進イオンを注入する第二工程（Ｓ３００２）と、

単結晶シリコンウェーハ１０に熱酸化処理を施す第三工程（Ｓ３００３）と、

を具備するものである。

このように構成することにより、一回の熱酸化処理で同一の単結晶シリコンウェーハ１０の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜６５・６６を形成することが可能であり、半導体装置の生産性の向上および半導体装置の生産に要するエネルギーの削減に寄与する。

【０２０６】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例の第二工程（Ｓ３００２）は、

単結晶シリコンウェーハ１０の素子分離領域のうち所定の位置を除く部分（本実施例の場合、高密度素子分離領域）、および窒化シリコン膜３０を覆う形状のイオン注入用フォトレジスト４５のパターン（マスク部４７）を形成するイオン注入用フォトリソグラフィ工程（Ｓ３０６０）と、

単結晶シリコンウェーハ１０の素子分離領域の所定の位置（本実施例の場合、高耐圧素子分離領域）に酸化促進イオンを注入するイオン注入工程（Ｓ３０７０）と、

を具備するものである。

このように構成することにより、素子分離領域の所定の位置にのみ確実に酸化促進イオンを注入することが可能であり、単結晶シリコンウェーハ１０の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜６５・６６を容易かつ確実に形成することが可能である。

【０２０７】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例は、

イオン注入工程（Ｓ３０７０）において単結晶シリコンウェーハ１０の表面に対して傾斜した角度で（単結晶シリコンウェーハ１０の表面に直交しない角度で）前記酸化促進イオンを注入するものである。

このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ３０７０）において酸化促進イオンは所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域だけでなく、素子領域において高耐圧素子分離領域に隣接する部分（窒化シリコン膜３０の端部の下方）にも到達する。その結果、第三工程（Ｓ３００３）、より厳密にはフィールド酸化膜形成工程（Ｓ３０９０）において素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６５のバーズビーク部６５ａ・６５ａの単結晶シリコンウェーハ１０の面方向への成長をさらに促進することが可能である。

【０２０８】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例は、

酸化促進イオンに酸素イオンが含まれるものである。

このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ３０７０）において所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域に注入された酸素イオンは、それ自身がフィールド酸化膜６５を構成する元素（原料）として用いられ、フィールド酸化膜６５の形成の促進に寄与する。

結果として、フィールド酸化膜６５のバーズビーク長さＬ５は、酸素イオンが注入されなかった高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６６のバーズビーク長さＬ６よりも長くなる。

【０２０９】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例は、

酸化促進イオンにボロンイオンが含まれるものである。

このように構成することにより、イオン注入工程（Ｓ３０７０）において所定の位置、すなわち高耐圧素子分離領域に注入されたボロンイオンはフィールド酸化膜６５の形成の促進に寄与する。

結果として、フィールド酸化膜６５のバーズビーク長さＬ５は、酸素イオンが注入されなかった高密度素子分離領域に形成されるフィールド酸化膜６６のバーズビーク長さＬ６よりも長くなる。

【０２１０】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例の第一工程（Ｓ３００１）は、

シリコン単結晶ウェーハ１０の表面にバッファ酸化膜２０を形成するバッファ酸化膜形成工程（Ｓ３０１０）と、

バッファ酸化膜２０の上に窒化シリコン膜３０を形成する窒化シリコン膜形成工程（Ｓ３０２０）と、

窒化シリコン膜３０の上に素子領域を覆う形状のフォトレジスト４０のパターン（マスク部４２）を形成するフォトリソグラフィ工程（Ｓ３０３０）と、

素子分離領域に対応する部分の窒化シリコン膜３０を除去するエッチング工程（Ｓ３０４０）と、

単結晶シリコンウェーハ１０からフォトレジスト４０（マスク部４２）を除去するフォトレジスト除去工程（Ｓ３０５０）と、

を具備するものである。

このように構成することにより、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例は、作業工程の流れとしては図４６および図４７に示す従来Ｒ－ＬＯＣＯＳ法の途中（フォトレジスト除去工程（Ｓ３０５００）とフィールド酸化膜形成工程（Ｓ３０６００）との間）に第二工程（Ｓ３００２）を挟んだものとなる。

従って、既存の半導体製造設備を利用して容易にバーズビーク長さの異なるフィールド酸化膜６５・６６を形成することが可能である。換言すれば、製造現場への導入コストの削減に寄与する。

【０２１１】

さらに、本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例は、

エッチング工程（Ｓ３０４０）において、素子分離領域に対応する部分の窒化シリコン膜３０およびその下の所定の深さのシリコン単結晶ウェーハ１０を除去するものである。

このように構成することにより、単結晶シリコンウェーハ１０の内部に深く埋め込まれた形状のフィールド酸化膜６５についてもバーズビーク部６５ａ・６５ａのシリコン単結晶ウェーハ１０の面方向の成長を促進させることが可能である。

【０２１２】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例、第二実施例および第三実施例により製造される半導体装置は、いずれも、

シリコン単結晶ウェーハ１０の表面の素子領域の上に窒化シリコン膜３０を形成する第一工程（Ｓ１００１、Ｓ２００１、Ｓ３００１）と、

シリコン単結晶ウェーハ１０の表面の素子分離領域の所定の位置に酸化促進イオンを注入する第二工程（Ｓ１００２、Ｓ２００２、Ｓ３００２）と、

シリコン単結晶ウェーハ１０に熱酸化処理を施し、シリコン単結晶ウェーハ１０の表面の素子分離領域にフィールド酸化膜６１・６２、フィールド酸化膜６３・６４、フィールド酸化膜６５・６６をそれぞれ形成する第三工程（Ｓ１００３、Ｓ２００３、Ｓ３００３）と、

を経て製造されるものである。

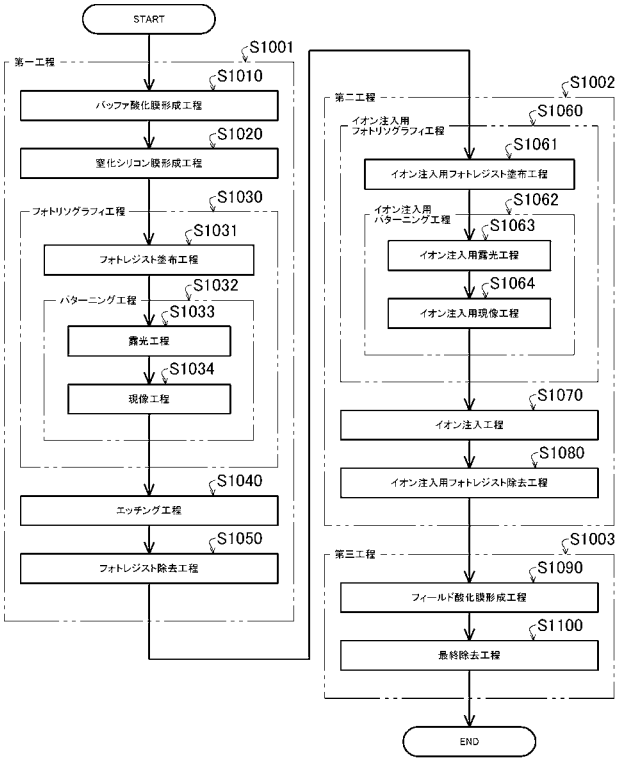
このように構成することにより、一回の熱酸化処理で同一の単結晶シリコンウェーハ１０の表面にバーズビーク長の異なるフィールド酸化膜６１・６２、フィールド酸化膜６３・６４、フィールド酸化膜６５・６６を形成することが可能であり、生産性に優れるとともに生産に要するエネルギーの削減が可能である。

【図面の簡単な説明】

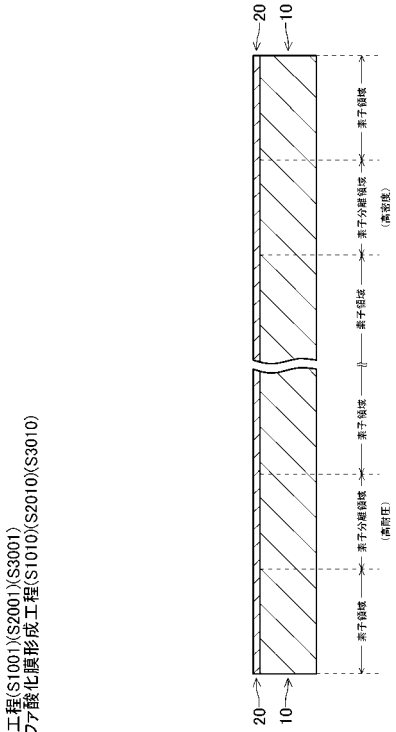
【０２１３】
【図１】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のフローを示す図。
【図２】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例、第二実施例および第三実施例のバッファ酸化膜形成工程を示す断面模式図。
【図３】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例および第三実施例の窒化シリコン膜形成工程を示す断面模式図。
【図４】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例および第三実施例のフォトレジスト塗布工程を示す断面模式図。
【図５】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例および第三実施例の露光工程を示す断面模式図。
【図６】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例および第三実施例の現像工程を示す断面模式図。
【図７】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例および第三実施例のエッチング工程を示す断面模式図。
【図８】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のフォトレジスト除去工程を示す断面模式図。
【図９】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のイオン注入用フォトレジスト塗布工程を示す断面模式図。
【図１０】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のイオン注入用露光工程を示す断面模式図。
【図１１】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のイオン注入用現像工程を示す断面模式図。
【図１２】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のイオン注入工程を示す断面模式図。
【図１３】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のイオン注入用フォトレジスト除去工程を示す断面模式図。
【図１４】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のフィールド酸化膜形成工程を示す断面模式図。
【図１５】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例の最終除去工程を示す断面模式図。
【図１６】本発明に係る半導体装置の製造方法の第一実施例のイオン注入工程の別実施形態を示す断面模式図。
【図１７】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のフローを示す図。
【図１８】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のポリバッファシリコン膜形成工程を示す断面模式図。
【図１９】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例の窒化シリコン膜形成工程を示す断面模式図。
【図２０】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のフォトレジスト塗布工程を示す断面模式図。
【図２１】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例の露光工程を示す断面模式図。
【図２２】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例の現像工程を示す断面模式図。
【図２３】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のエッチング工程を示す断面模式図。
【図２４】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のフォトレジスト除去工程を示す断面模式図。
【図２５】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のイオン注入用フォトレジスト塗布工程を示す断面模式図。
【図２６】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のイオン注入用露光工程を示

す断面模式図。
【図２７】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のイオン注入用現像工程を示す断面模式図。
【図２８】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のイオン注入工程を示す断面模式図。
【図２９】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のイオン注入用フォトレジスト除去工程を示す断面模式図。
【図３０】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例のフィールド酸化膜形成工程を示す断面模式図。
【図３１】本発明に係る半導体装置の製造方法の第二実施例の最終除去工程を示す断面模式図。
【図３２】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のフローを示す図。
【図３３】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のエッチング工程を示す断面模式図。
【図３４】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のフォトレジスト除去工程を示す断面模式図。
【図３５】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のイオン注入用フォトレジスト塗布工程を示す断面模式図。
【図３６】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のイオン注入用露光工程を示す断面模式図。
【図３７】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のイオン注入用現像工程を示す断面模式図。
【図３８】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のイオン注入工程を示す断面模式図。
【図３９】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のイオン注入用フォトレジスト除去工程を示す断面模式図。
【図４０】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例のフィールド酸化膜形成工程を示す断面模式図。
【図４１】本発明に係る半導体装置の製造方法の第三実施例の最終除去工程を示す断面模式図。
【図４２】従来の半導体装置の製造方法（従来ＬＯＣＯＳ法）のフローを示す図。
【図４３】従来の半導体装置の製造方法（従来ＬＯＣＯＳ法）を示す模式図。
【図４４】従来の半導体装置の製造方法（従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法）のフローを示す図。
【図４５】従来の半導体装置の製造方法（従来ポリバッファＬＯＣＯＳ法）を示す模式図。
【図４６】従来の半導体装置の製造方法（従来Ｒ－ＬＯＣＯＳ法）のフローを示す図。
【図４７】従来の半導体装置の製造方法（従来Ｒ－ＬＯＣＯＳ法）を示す模式図。
【符号の説明】
【０２１４】
１０　単結晶シリコンウェーハ（シリコン基板）
２０　バッファ酸化膜
３０　窒化シリコン膜（酸化防止膜）
６１　フィールド酸化膜
６２　フィールド酸化膜

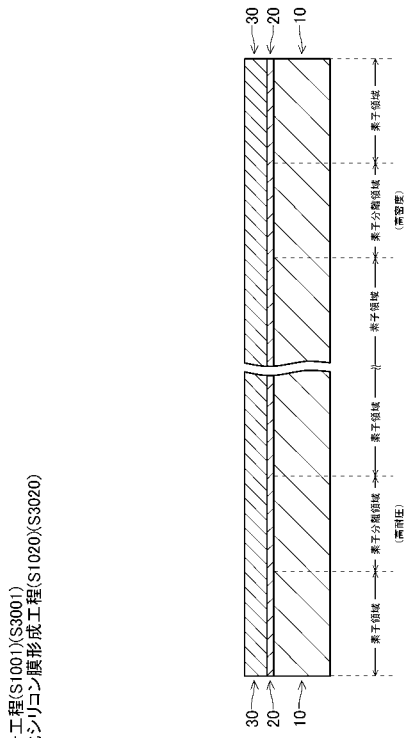
【図１】


START
第一工程
S1001
S1010
バッファ酸化膜形成工程
S1020
窒化シリコン膜形成工程
フォトリソグラフィ工程
S1030
S1031
フォトレジスト塗布工程
パターニング工程
S1032
S1033
露光工程
S1034
現像工程
S1040
エッチング工程
S1050
フォトレジスト除去工程
第二工程
S1002
イオン注入用
フォトリソグラフィ工程
S1060
S1061
イオン注入用フォトレジスト塗布工程
イオン注入用
パターニング工程
S1062
S1063
イオン注入用露光工程
S1064
イオン注入用現像工程
S1070
イオン注入工程
S1080
イオン注入用フォトレジスト除去工程
第三工程
S1003
S1090
フィールド酸化膜形成工程
S1100
最終除去工程
END

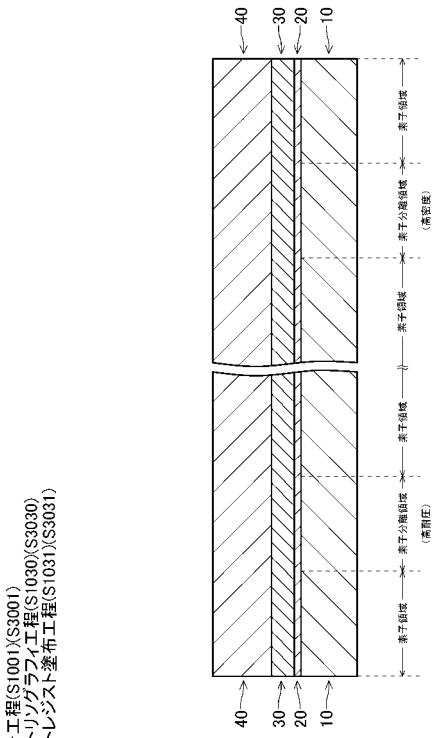
【図２】


第一工程(S1001)(S2001)(S3001)
バッファ酸化膜形成工程(S1010)(S2010)(S3010)
20
10
素子領域
素子分離領域
(高密度)
素子領域
素子領域
素子分離領域
(高耐圧)
素子領域
20
10

【図３】

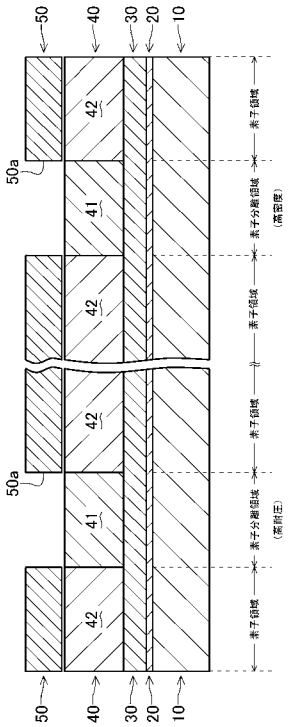

第一工程(S1001)(S3001)
窒化シリコン膜形成工程(S1020)(S3020)
30
20
10
素子領域
素子分離領域
(高密度)
素子領域
素子領域
素子分離領域
(高耐圧)
素子領域
30
20
10

【図４】


第一工程(S1001)(S3001)
フォトリソグラフィ工程(S1030)(S3030)
フォトレジスト塗布工程(S1031)(S3031)
40
30
20
10
素子領域
素子分離領域
(高密度)
素子領域
素子領域
素子分離領域
(高耐圧)
素子領域
40
30
20
10

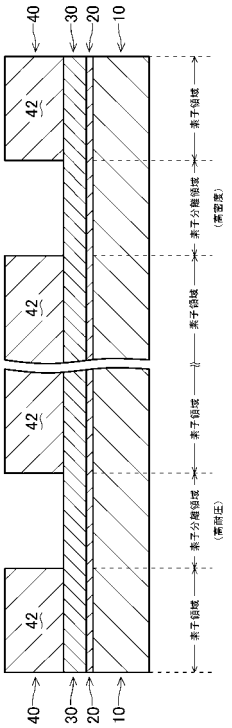
【図５】

第一工程(S1001)(S3001)
フォトリソグラフィ工程(S1030)(S3030)
パターニング工程(S1032)(S3032)
露光工程(S1033)(S3033)



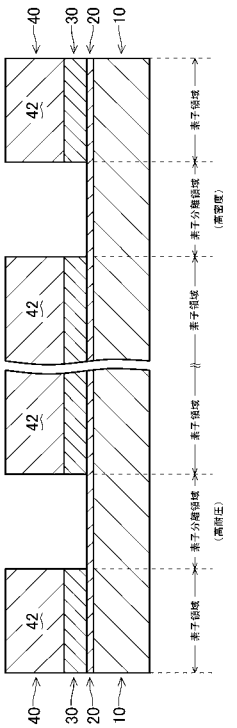
【図６】

第一工程(S1001)(S3001)
フォトリソグラフィ工程(S1030)(S3030)
パターニング工程(S1032)(S3032)
現像工程(S1034)(S3034)



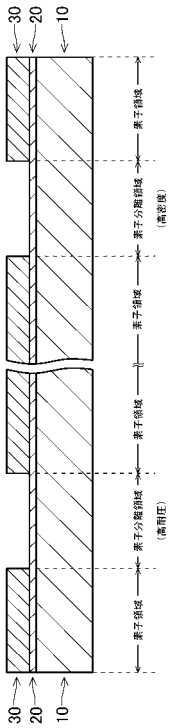
【図７】

第一工程(S1001)
エッチング工程(S1040)



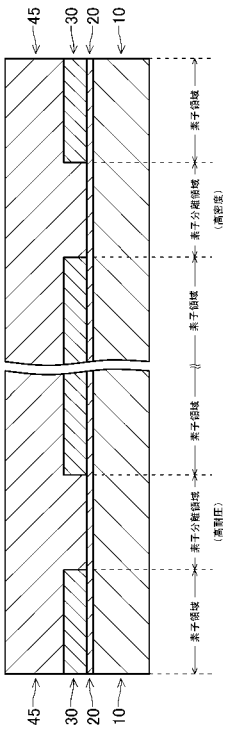
【図８】

第一工程(S1001)
フォトレジスト除去工程(S1050)



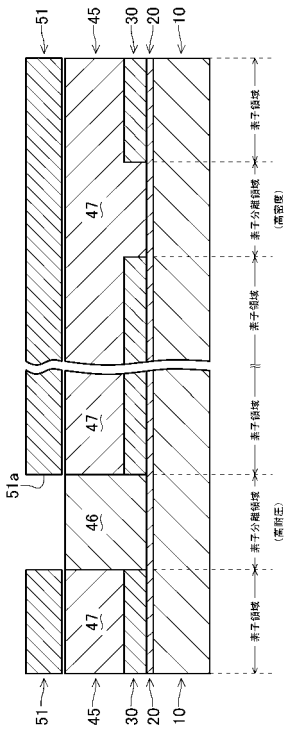
【図９】

第二工程(S1002)
イオン注入用フォトリソグラフィ工程(S1060)
イオン注入用フォトレジスト塗布工程(S1061)



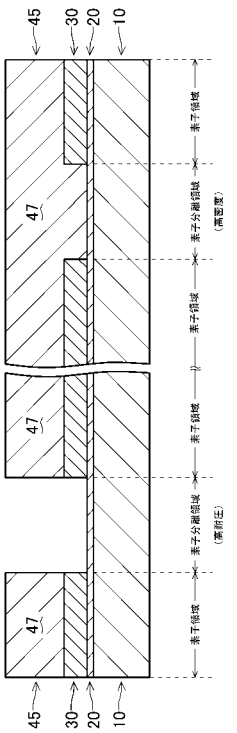
【図１０】

第二工程(S1002)
イオン注入用フォトリソグラフィ工程(S1060)
イオン注入用パターニング工程(S1062)
イオン注入用露光工程(S1063)



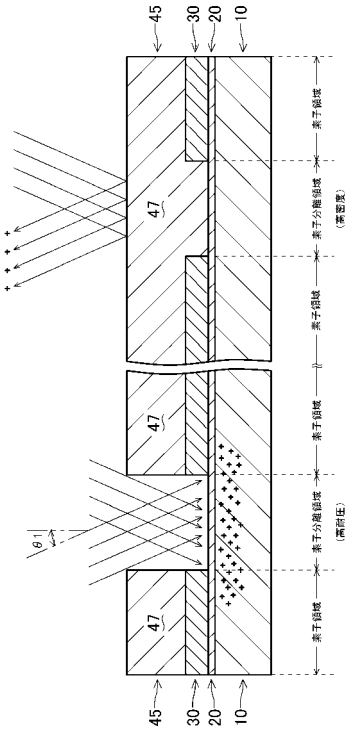
【図１１】

第二工程(S1002)
イオン注入用フォトリソグラフィ工程(S1060)
イオン注入用パターニング工程(S1062)
イオン注入用現像工程(S1064)

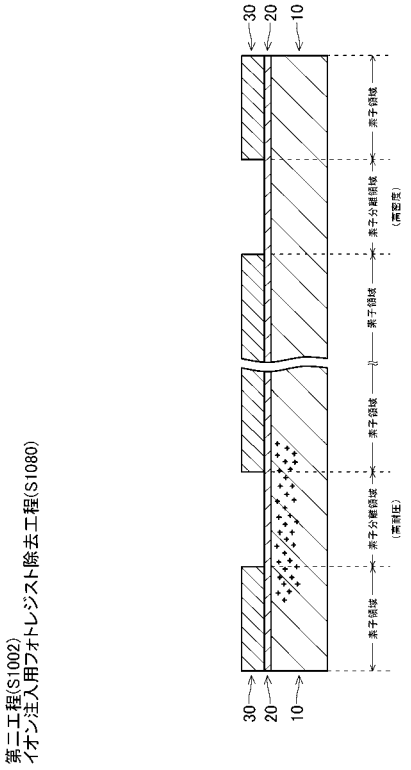


【図１２】

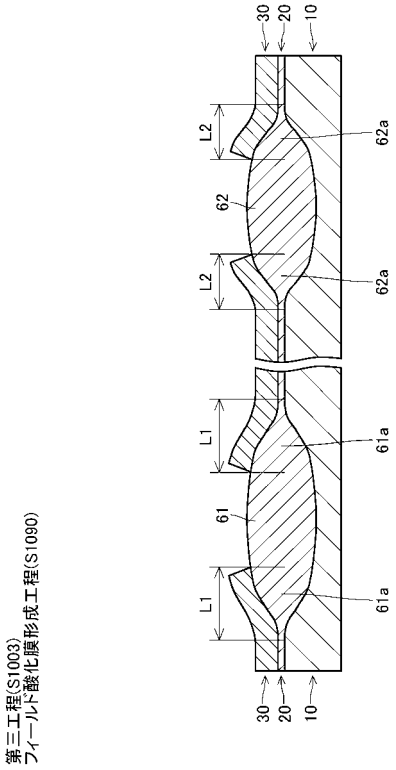
第二工程(S1002)
イオン注入工程(S1070)



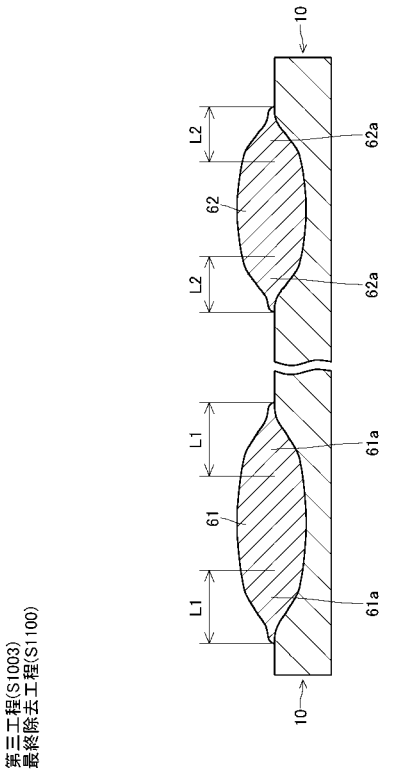
【図１３】



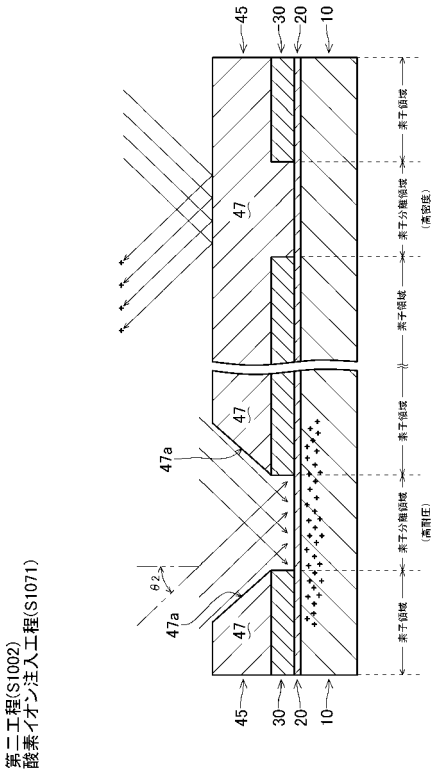
【図１４】



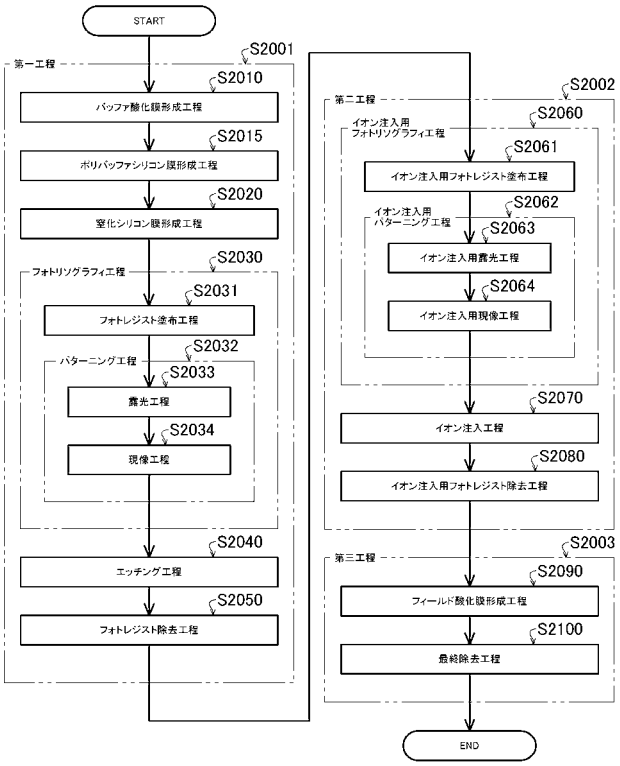
【図１５】



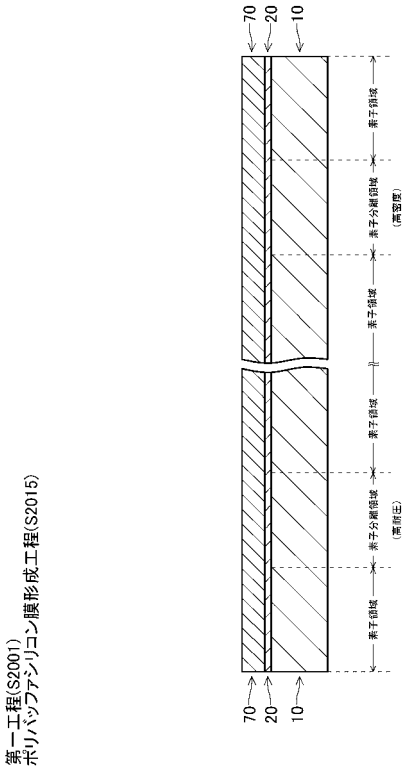
【図１６】



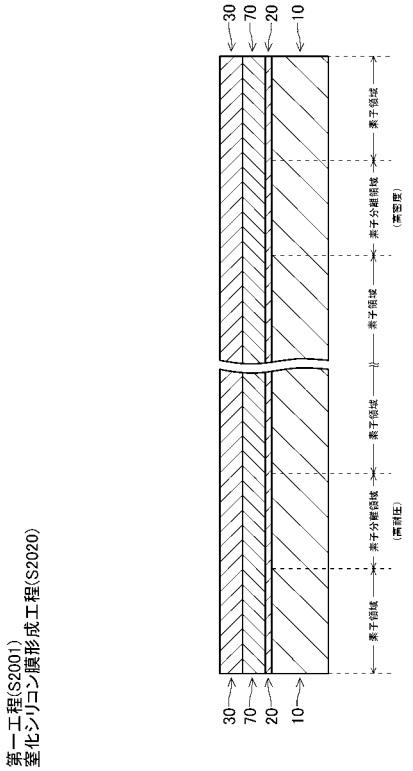
【図１７】



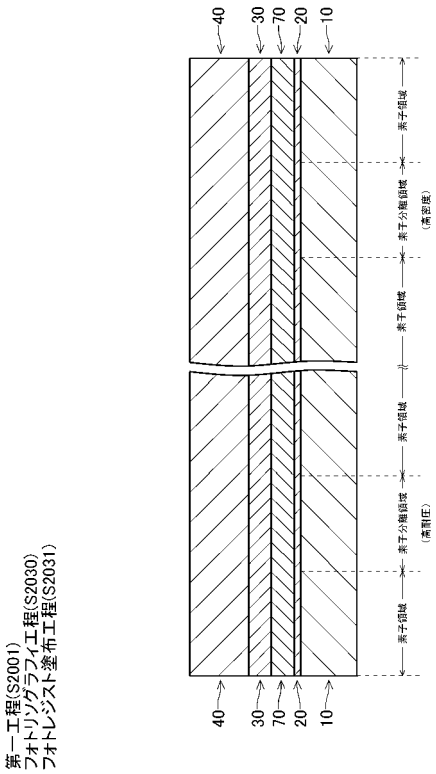
【図１８】



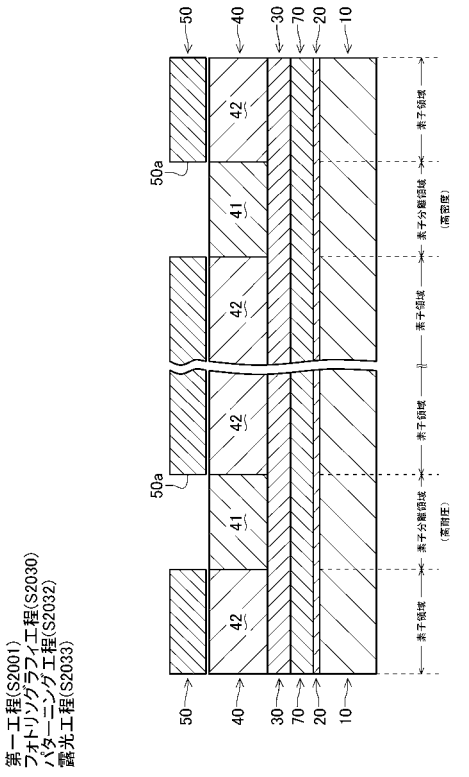
【図１９】



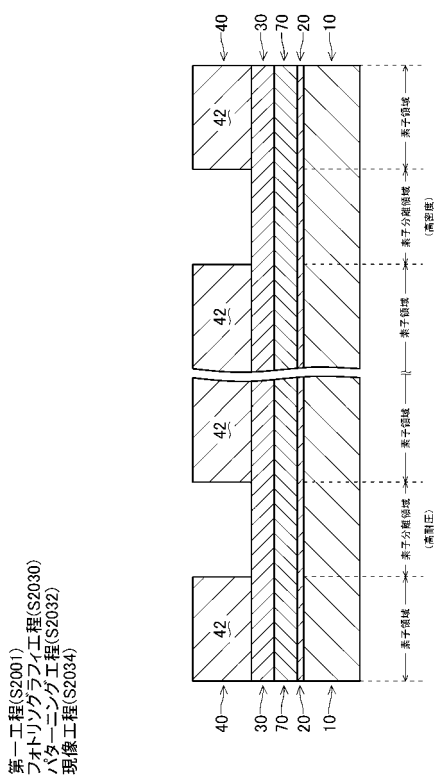
【図２０】



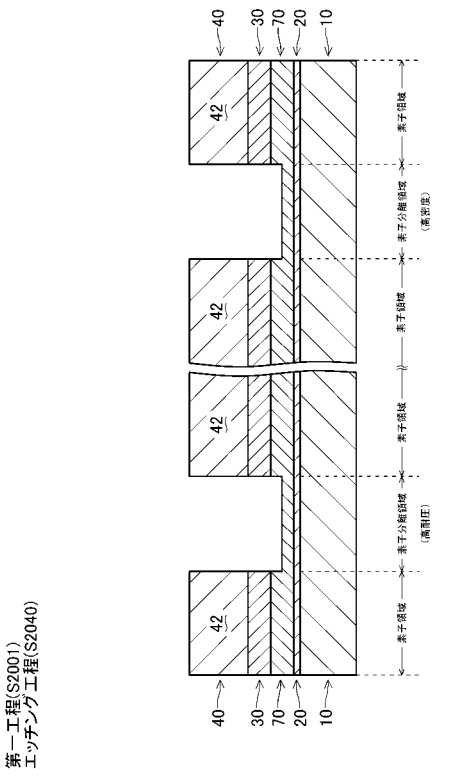
【図２１】



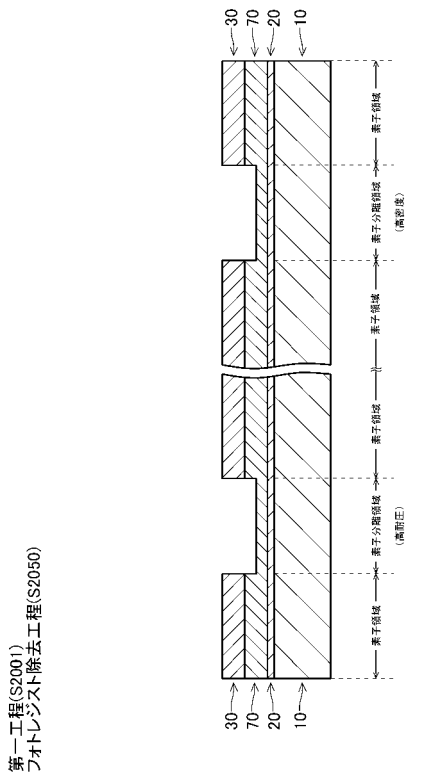
【図２２】



【図２３】

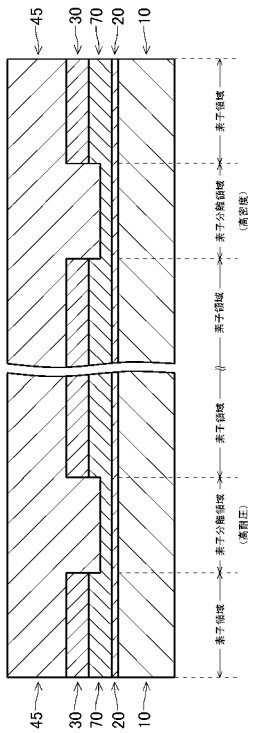


【図２４】



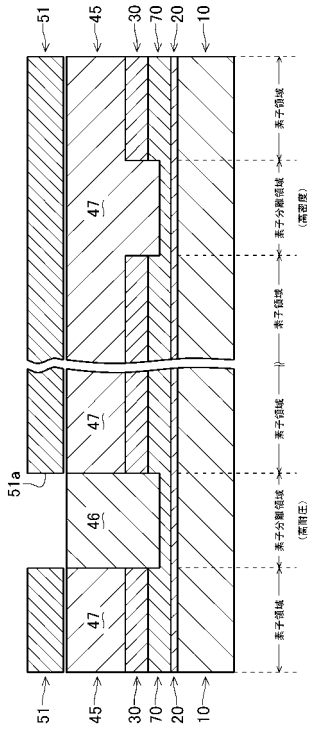
【図２５】

第二工程(S2002)
イオン注入用フォトリソグラフィ工程(S2060)
イオン注入用フォトレジスト塗布工程(S2061)



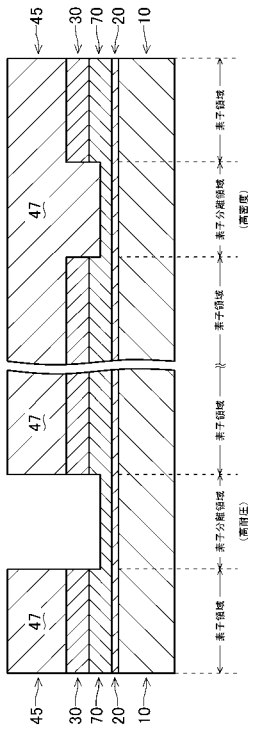
【図２６】

第二工程(S2002)
イオン注入用フォトリソグラフィ工程(S2060)
イオン注入用パターニング工程(S2062)
イオン注入用露光工程(S2063)



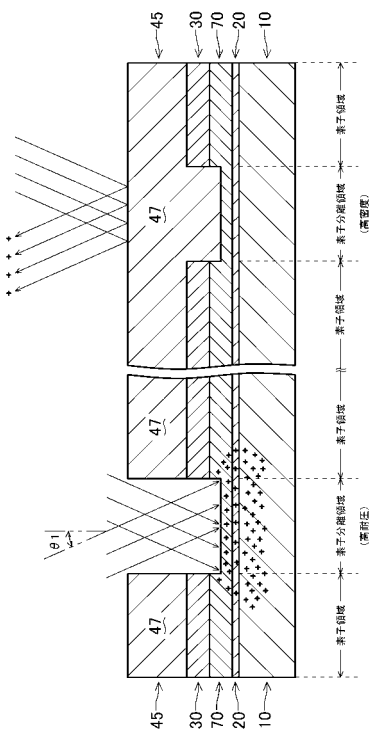
【図２７】

第二工程(S2002)
イオン注入用フォトリソグラフィ工程(S2060)
イオン注入用パターニング工程(S2062)
イオン注入用現像工程(S2064)

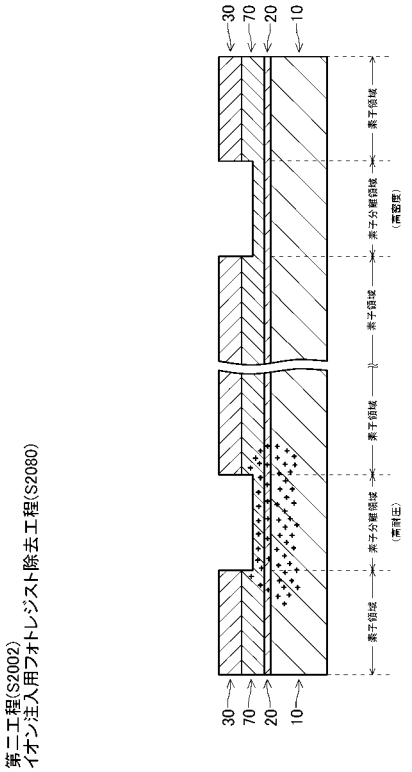


【図２８】

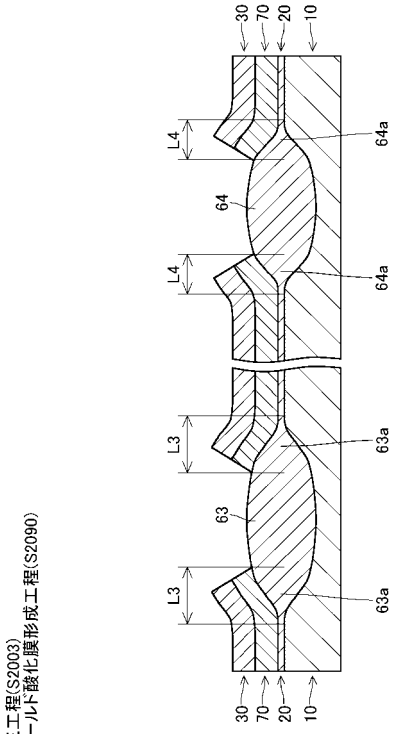
第二工程(S2002)
イオン注入工程(S2070)



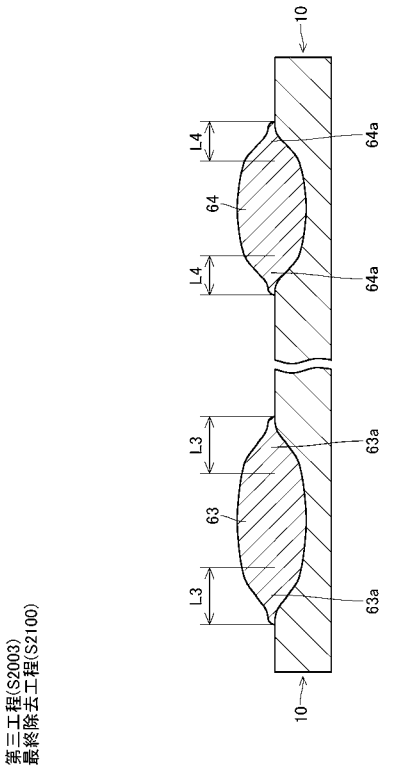
【図２９】



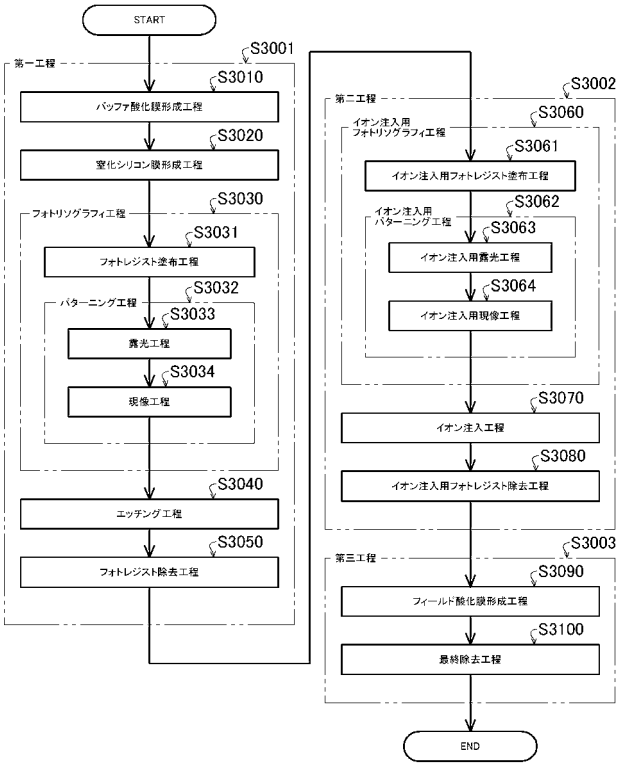
【図３０】



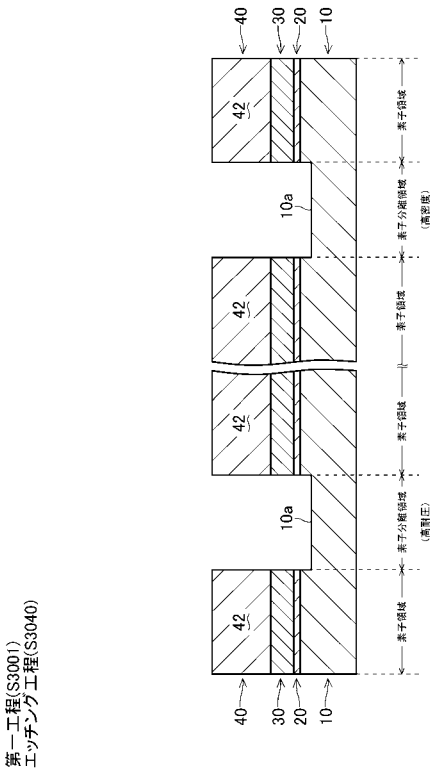
【図３１】



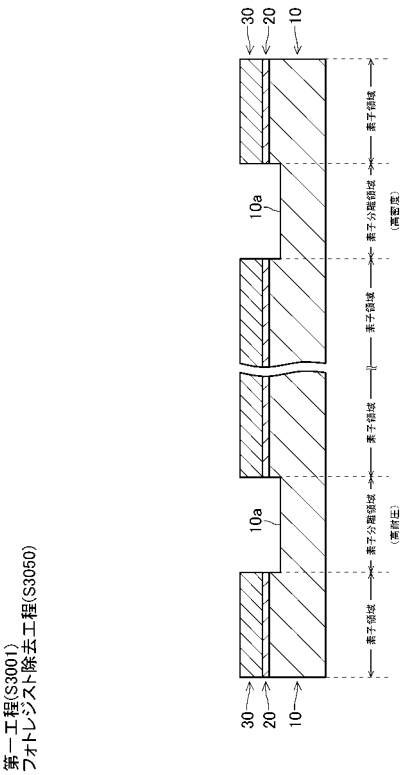
【図３２】



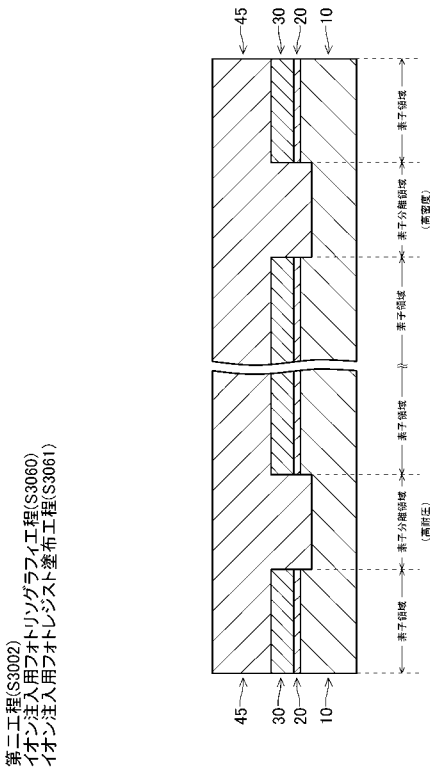
【図３３】



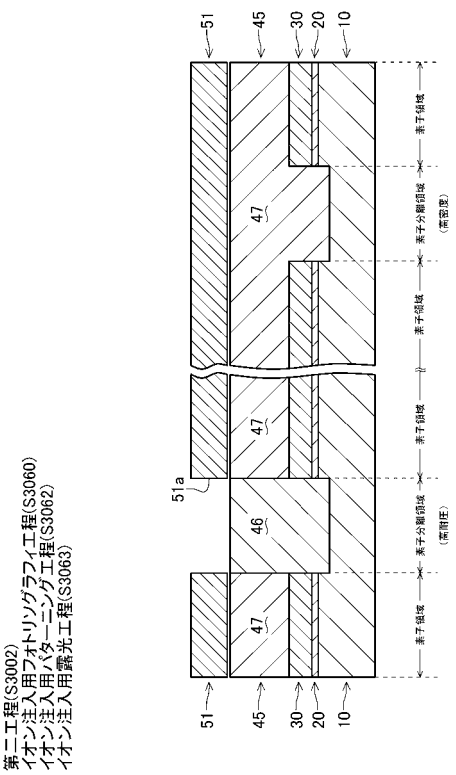
【図３４】



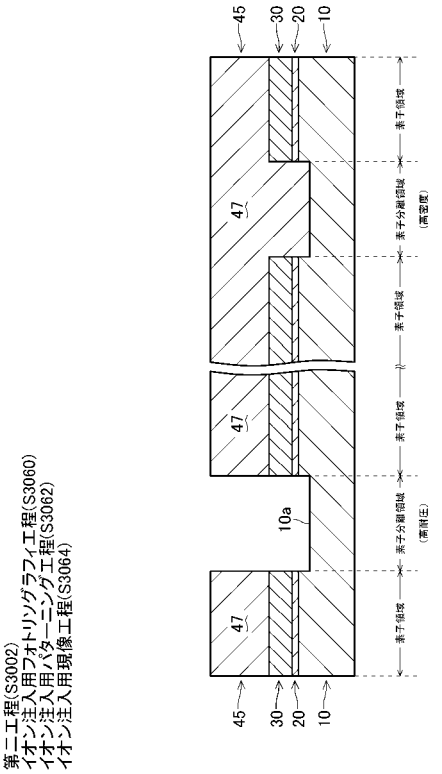
【図３５】



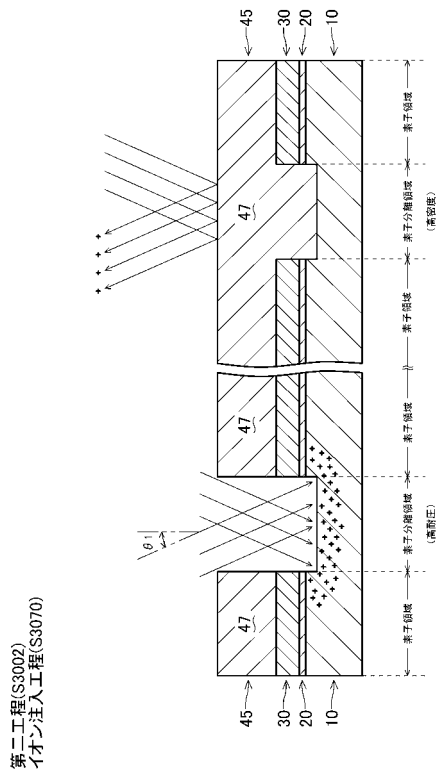
【図３６】



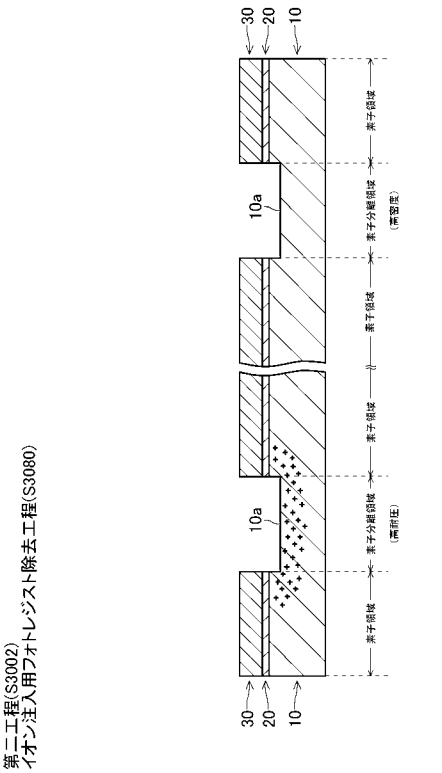
【図３７】



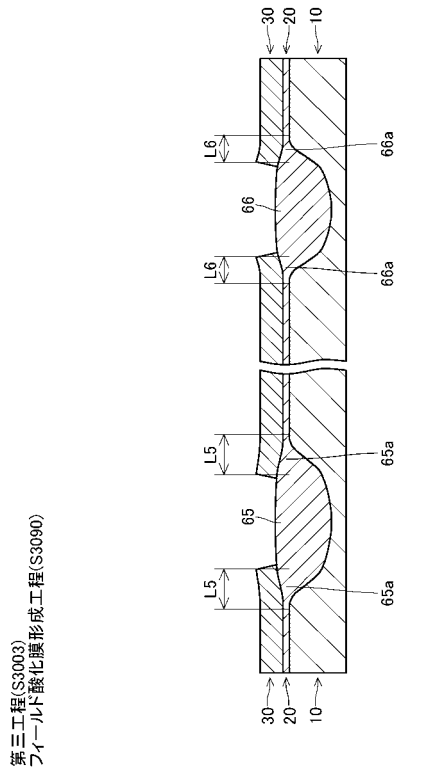
【図３８】



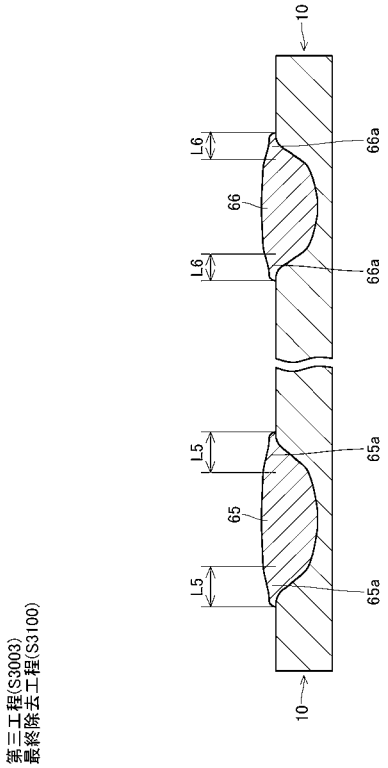
【図３９】



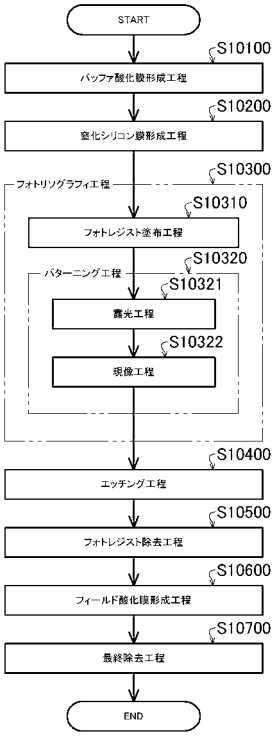
【図４０】



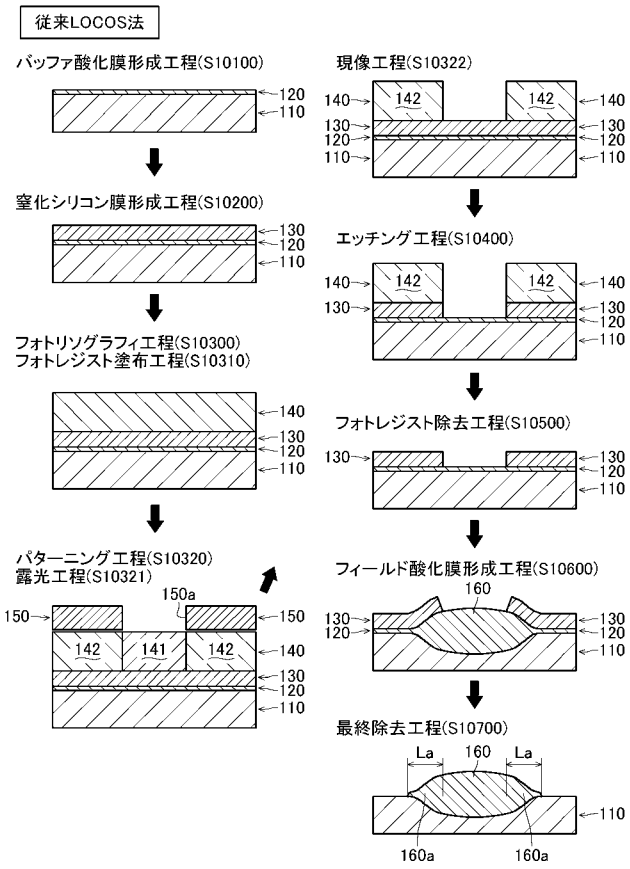
【図４１】



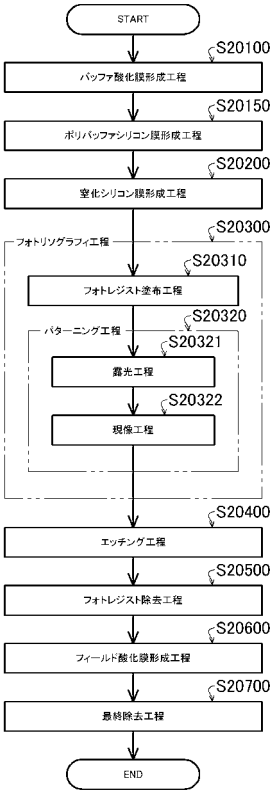
【図４２】



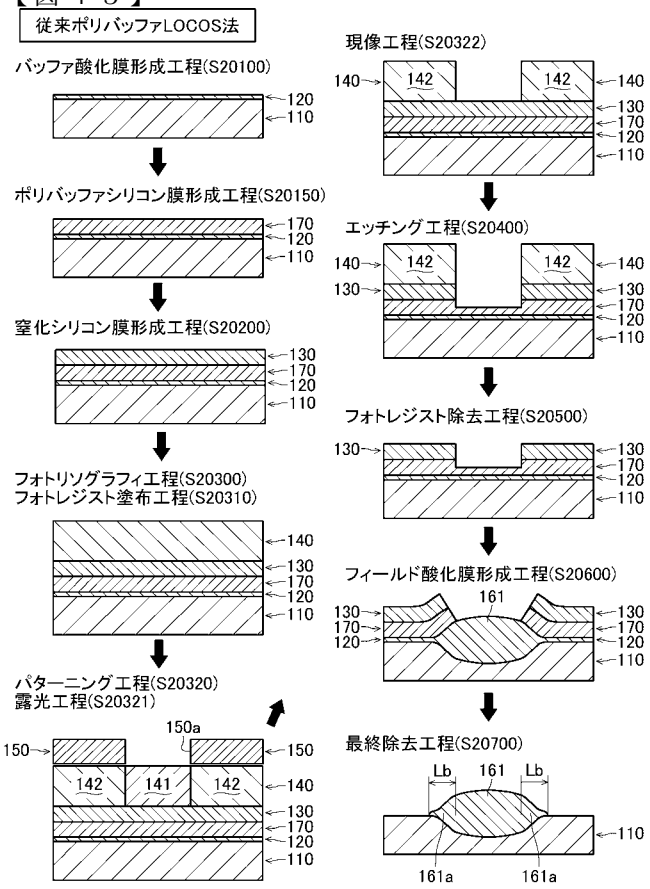
【図４３】



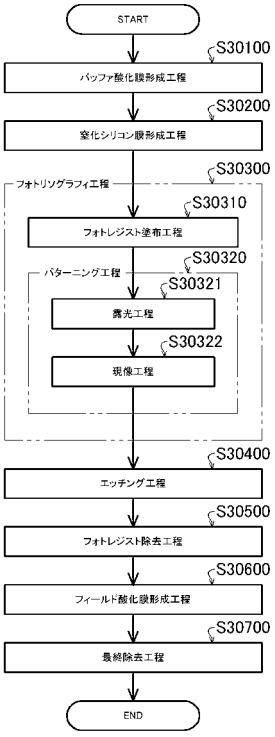
【図４４】



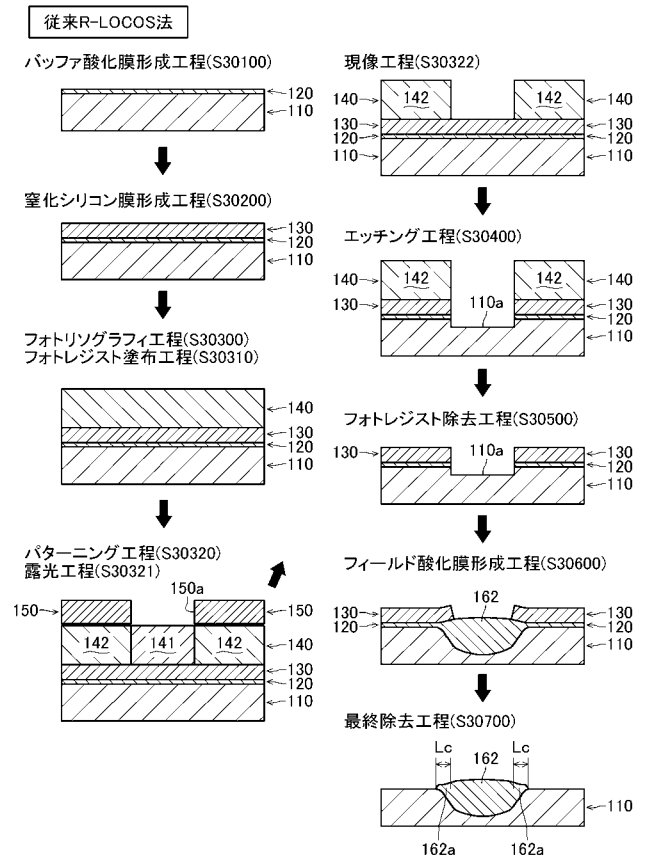
【図４５】


従来ポリバッファLOCOS法
バッファ酸化膜形成工程(S20100)
ポリバッファシリコン膜形成工程(S20150)
窒化シリコン膜形成工程(S20200)
フォトリソグラフィ工程(S20300)
フォトレジスト塗布工程(S20310)
パターニング工程(S20320)
露光工程(S20321)
現像工程(S20322)
エッチング工程(S20400)
フォトレジスト除去工程(S20500)
フィールド酸化膜形成工程(S20600)
最終除去工程(S20700)
120
110
170
130
140
142
141
150
150a
161
161a
Lb

【図４６】


START
S30100
バッファ酸化膜形成工程
S30200
窒化シリコン膜形成工程
S30300
フォトリソグラフィ工程
S30310
フォトレジスト塗布工程
S30320
パターニング工程
S30321
露光工程
S30322
現像工程
S30400
エッチング工程
S30500
フォトレジスト除去工程
S30600
フィールド酸化膜形成工程
S30700
最終除去工程
END

【図４７】


従来R-LOCOS法
バッファ酸化膜形成工程(S30100)
窒化シリコン膜形成工程(S30200)
フォトリソグラフィ工程(S30300)
フォトレジスト塗布工程(S30310)
パターニング工程(S30320)
露光工程(S30321)
現像工程(S30322)
エッチング工程(S30400)
フォトレジスト除去工程(S30500)
フィールド酸化膜形成工程(S30600)
最終除去工程(S30700)
120
110
130
140
142
141
150
150a
110a
162
162a
Lc