

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5438973号  
(P5438973)

(45) 発行日 平成26年3月12日 (2014. 3. 12)

(24) 登録日 平成25年12月20日 (2013. 12. 20)

(51) Int. Cl. F I  
H O 1 L 21/76 (2006.01) H O 1 L 21/76 L

請求項の数 17 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-544483 (P2008-544483)	(73) 特許権者	505052191
(86) (22) 出願日	平成18年12月7日 (2006. 12. 7)		アドバンスト・アナログ・テクノロジー・インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2009-518867 (P2009-518867A)		ADVANCED ANALOGIC TECHNOLOGIES INCORPORATED
(43) 公表日	平成21年5月7日 (2009. 5. 7)		アメリカ合衆国、95054 カリフォルニア州、サンタ・クララ、スコット・ブルバード、3230
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/046579		
(87) 国際公開番号	W02007/070311		
(87) 国際公開日	平成19年6月21日 (2007. 6. 21)		
審査請求日	平成21年12月4日 (2009. 12. 4)		
(31) 優先権主張番号	11/298, 075	(74) 代理人	100064746
(32) 優先日	平成17年12月9日 (2005. 12. 9)		弁理士 深見 久郎
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体集積回路基板の絶縁構造およびその製作方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板に絶縁構造を形成する方法であって、

前記半導体基板の表面にフィールド酸化領域を形成するステップを含み、前記フィールド酸化領域は前記半導体基板の表面上および表面下との両方に延在し、前記フィールド酸化領域の上部を除去して前記フィールド酸化領域を平坦化するステップと、前記半導体基板においてトレンチを形成するステップと、前記トレンチに第1の誘電体材料を堆積させるステップと、前記トレンチ内の第1の誘電体材料の表面と前記フィールド酸化領域の表面が前記基板の表面のレベルよりも下のレベルに位置するように前記トレンチ内の第1の誘電体材料の一部と前記フィールド酸化領域の一部を取除くステップと、前記基板上に第2の誘電体材料を堆積させるステップとを含み、前記第2の誘電体材料は、前記トレンチ内の第1の誘電体材料と前記フィールド酸化領域の残部を覆い、前記トレンチ内と前記フィールド酸化領域の残部上の第2の誘電体材料の上面が前記基板の表面と実質的に同一平面上になるように前記第2の誘電体材料を平坦化し、前記第2の誘電体材料は、前記第1の誘電体材料と前記フィールド酸化領域のいずれかより通常の半導体エッチングプロセスによる除去に対し耐性がある、方法。

【請求項 2】

前記トレンチ内の第1の誘電体材料と前記フィールド酸化領域の一部を除去する工程は

10

20

、エッチングを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 2 の誘電体材料は、窒化ケイ素とポリイミドとから構成されるグループから選択した 1 つ以上の材料を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 の誘電体材料は、ドーパされたかまたはドーパされていない酸化ケイ素とケイ酸塩ガラスとから構成されるグループからの 1 つ以上の材料を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記トレンチの底部から前記トレンチ内の前記第 2 の誘電体材料の底部までの距離が前記トレンチ内の前記第 2 の誘電体材料の厚さより著しく大きい、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記フィールド酸化領域の形成前に前記基板の表面上にパッド酸化層を形成する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記フィールド酸化領域を形成する工程は、前記フィールド酸化領域が位置しない領域の前記パッド酸化層上に窒化物層を形成し、その後前記基板を加熱する工程を含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法で形成された半導体基板における絶縁構造。

20

【請求項 9】

前記トレンチを形成する工程は、前記基板上にマスク層を形成する工程と、前記マスク層に開口部を形成する工程とを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記トレンチを形成する工程は、前記マスク層の開口部を通じて前記基板をエッチングする工程を含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記トレンチ内に前記第 1 の誘電体材料を堆積する前に、前記トレンチの側壁上に酸化物層を形成する工程を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記第 1 の誘電体材料の一部を除去する工程は、前記トレンチの側壁上の前記酸化物層の一部を除去する工程を含む、請求項 11 に記載の方法。

30

【請求項 13】

前記基板の加熱後で前記トレンチの形成前に前記窒化物層を除去する工程を含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 14】

前記トレンチを形成する工程は、前記パッド酸化物層上にマスク層を堆積し、前記マスク層に開口部を形成する工程を含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 15】

前記トレンチを形成する工程は、前記マスク層の開口部を通じて前記パッド酸化物層に開口部をエッチングする工程を含む、請求項 14 に記載の方法。

40

【請求項 16】

前記トレンチを形成する工程は、前記パッド酸化物層の開口部を通じて前記基板をエッチングする工程を含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記フィールド酸化領域を平坦化する工程により、前記パッド酸化物層の平坦な上面と前記フィールド酸化領域の平坦な上面とを含む平坦な表面を形成する、請求項 6 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

## 【 0 0 0 1 】

発明の分野

この発明は半導体チップ製作に関し、特に、半導体チップ上に形成された能動素子または受動素子を電氣的に絶縁するための構造を製作する方法に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

発明の背景

半導体集積回路（ＩＣ）チップの製作では、チップの表面上に形成された素子を電氣的に絶縁することが頻繁に必要である。これを行なうさまざまなやり方がある。１つの方法は、窒化ケイ素などの比較的固い材料でチップの表面がマスキングされ、厚い酸化層がマスクの開口部に熱により成長する、周知のＬＯＣＯＳ（Local Oxidation of Silicon）プロセスを用いることによる。別の方法は、シリコンにトレンチをエッチングし、次に、トレンチを酸化ケイ素などの誘電体材料で充填することである。

10

## 【 0 0 0 3 】

これらの絶縁構造は、ドーパントの側方拡散に対する障壁または停止要素の役割をすることもでき、それによって、チップの表面上においてより密に実装された素子密度が可能になるので、このプロセスの初期において形成することが望ましい。要するに、誘電体で充填されたトレンチは、電氣的絶縁構造としても拡散停止要素としても機能することができる。

## 【 0 0 0 4 】

20

誘電体で充填されたトレンチをプロセスの初期に形成することに関する問題は、しばしばエッチングおよびクリーニングを含むその後のプロセス工程により、トレンチの誘電体材料がエッチングされたり侵食されたりし得ることである。これは、絶縁構造としてのトレンチの価値を減じる場合があり、チップの上面に凹みを形成しかねず、さらなる処理をより困難にする。

## 【 0 0 0 5 】

この問題は、図１Ａ - 図１Ｃに示される。図１Ａでは、トレンチ１０１が半導体基板１００にエッチングされている。図１Ｂでは、トレンチ１０１は誘電体材料１０２で充填されており、上面は絶縁構造を形成するために（例えば化学機械的研磨によって）平坦にされている。図１Ｃはさらなる処理後の絶縁構造を示し、誘電体材料１０２の一部が取除かれ、または侵食されて、構造上面に凹部またはギャップ１０３を形成する。通常の半導体プロセスにおける耐エッチング性の誘電体材料（例えば窒化ケイ素）は、固く、脆く、高応力材料である傾向がある。これらの材料がトレンチに堆積されると、割れる傾向がある。

30

## 【 0 0 0 6 】

第２の問題は、チップが概して２つの一般領域に分割されることから生じる。広い、または幅広い「フィールド」領域と、時には「活性な」領域と呼ばれる、より密に実装された素子領域とである。密な実装密度を維持するために活性な領域に比較的狭く深いトレンチを形成することと、素子をより長い距離に間隔を空けるためにフィールド領域に比較的幅広いトレンチを形成することが好ましい。これはトレンチを満たす際に問題を引起こす。狭いトレンチは満たされ得るが、幅広いトレンチを満たすのは困難である。代替的にフィールド領域の長い距離をカバーするために多数の狭いトレンチを用いることにより、チップの構造を複雑にしかねない。

40

## 【 0 0 0 7 】

したがって、その後の処理中に誘電性の充填材料の侵食を回避する誘電体で充填された絶縁構造を形成する、柔軟で適合可能な技術を開発することが望ましい。チップのフィールドにおいて比較的幅広い構造、かつ活性領域において比較的狭い構造の形成を準備することも望ましい。

## 【 発明の開示 】

## 【 課題を解決するための手段 】

50

## 【 0 0 0 8 】

発明の概要

この発明によれば、半導体基板におけるトレンチを「誘電性充填剤」で満たすことにより絶縁構造が形成される。誘電性充填剤は、第1の誘電体材料および第2の誘電体材料を含む。第1の誘電体材料はトレンチの下部に位置し、第2の誘電体材料はトレンチの上部に位置し、下部は典型的には縦寸法で上部よりも大きい。第2の誘電体材料の表面は基板の表面と実質的に同一平面上である。第2の誘電体材料が、第1の誘電体材料をエッチングする化学薬品によってはエッチングされないという意味で、第1および第2の誘電体材料は相違する。したがって、その後の処理では、第2の誘電体材料が第1の誘電体材料の上に保護キャップを形成する。典型的には、第1の誘電体材料は比較的軟質の低応力材料であり、第2の誘電体材料は比較的固い耐エッチング性材料である。割れの問題は、後のエッチングプロセス中に保護を与えるが応力問題は起こさない値に第2の誘電体層の厚さを制限することにより、回避され得る。

10

## 【 0 0 0 9 】

代替的には、離散的なキャップを形成する代りに、トレンチは、トレンチの口に向かって上向きに進むにつれて誘電性充填剤における第2の誘電体材料の割合が徐々に増加する、「段階的な」誘電体で充填されてもよい。

## 【 0 0 1 0 】

誘電性充填剤からのドーパントが半導体基板に移動するのを妨げるために、トレンチの側壁は酸化層によってライニングされてもよい。

20

## 【 0 0 1 1 】

1群の実施例では、第1の誘電体材料は、ドーブされているかまたはドーブされていない、酸化ケイ素およびケイ酸塩ガラスである。第2の誘電体は、窒化ケイ素、ポリイミド、または、酸化ケイ素を僅かに含むかもしくは全く含まない、いかなる誘電体材料でもあり得る。

## 【 0 0 1 2 】

基板はさらに、ケイ素の局所酸化（LOCOS）プロセスによって典型的には形成される、フィールド酸化領域の下部を含んでもよい。フィールド酸化領域の表面もまた、基板の表面と実質的に同一平面上にある。代替的には、保護キャップがフィールド酸化膜上に形成されてもよい。

30

## 【 0 0 1 3 】

実施例の別のグループでは、基板は2つの絶縁構造を含み、第1の絶縁構造は比較的浅くて幅広いトレンチに形成され、第2の絶縁構造は比較的狭くて深いトレンチに形成される。両方のトレンチは誘電性充填剤で満たされ、誘電性充填剤の表面は基板の表面と実質的に同一平面上にある。代替的には、上述の種類の保護キャップが各トレンチの口に形成されてもよい。

## 【 0 0 1 4 】

実施例のさらに別の組では、1つ以上のフィールド酸化領域が1つ以上のトレンチ絶縁構造と同じ基板に形成される。予め定められた導電型およびドーピング濃度のフィールドドーピング領域がフィールド酸化領域の下に形成されてもよい。任意に、トレンチおよびフィールド酸化領域が基板の表面の面に出会うところに保護誘電体キャップが形成されてもよい。構造全体の表面は実質的に同一平面上にある。表面は、化学的エッチバック、プラズマ強化または反応イオンエッチング（RIE）、化学機械研磨（CMP）またはその何らかの組合せを用いることにより平坦にされていてもよい。

40

## 【 0 0 1 5 】

この発明はさらに、絶縁構造を製作する方法を含む。そのような1つの方法は、半導体基板にトレンチを形成することと、トレンチに第1の誘電体材料を堆積させることと、第1の誘電体材料の表面が基板の上面の第2のレベルよりも下の第1のレベルに位置するように第1の誘電体材料の一部を取除いて、それによって凹部を形成することと、凹部に第2の誘電体材料を堆積させることと、第2の誘電体材料の表面が基板の表面と実質的に同

50

一平面上になるように第2の誘電体材料の一部を取除いて、それによってトレンチに保護キャップを形成することを含む。

【0016】

別の方法は、フィールド酸化領域を半導体基板の表面に熱により形成することと、基板にトレンチを形成することと、トレンチに第1の誘電体材料を堆積させることと、第1の誘電体材料の表面が基板の表面の第2のレベルよりも下の第1のレベルに位置するように第1の誘電体材料の一部を取除いて、それによって凹部を形成することと、凹部に第2の誘電体材料を堆積させることと、フィールド酸化領域の表面および第2の誘電体材料の表面が基板の表面と実質的に同一平面上になるようにフィールド酸化領域および第2の誘電体材料の一部を取除いて、それによってトレンチに保護キャップを形成することを含む。

10

【0017】

この発明の方法は高度に柔軟で、半導体基板における異なる領域および素子の異なる要求に応えるのに必要な絶縁領域を形成するために用いることができる。基板の構造は極めて平らに、または少なくともその後の処理中に細い線幅およびサブミクロンの機構またはそれらの相互接続の形成を妨げず、複雑にしないよう十分に平らに維持される。その後の処理中に侵食から誘電体材料を保護するために保護キャップを用いることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

発明の説明

20

図2A - 図2Fは、図1Cに示されるようなトレンチの頂部のギャップまたは凹部の形成を回避するトレンチ絶縁構造を製作するプロセスを示す。図2Aに示されるように、酸化物層または「ハードマスク」層121が半導体基板120の上面に形成され、ハードマスク層121の上にフォトレジスト層122が堆積される。用語「ハードマスク」は、本願明細書において、半導体基板120のトレンチのエッチング中にマスクとして用いられる、熱により成長したか、または堆積された誘電体層を指すよう用いられる。たとえば、「ハードマスク」は、より機械的に軟質であるためにトレンチのエッチングプロセス中に侵食を受ける有機フォトレジスト層122とは区別される。通常、フォトリソグラフィプロセスによってフォトレジスト層122に開口部が形成され、フォトレジスト層122の開口部を通してハードマスク層121に開口部123がエッチングされる。

30

【0019】

図2Bに示されるように、基板120は開口部123を通してエッチングされてトレンチ124を形成する。フォトレジスト層132は、トレンチエッチングプロセスを妨げ、トレンチエッチングプロセス中に形状を変え、かつトレンチに望ましくない有機汚染物質を導入しかねないので、トレンチのエッチングより前にフォトレジスト層132を取除くことが概して好ましい。異方性エッチングを達成するために反応性イオンエッチ(RIE)を用いることができ、垂直の壁を有するトレンチ124を生成する。比較的薄い酸化層125がトレンチ124の壁および床に熱により成長する。所望であれば、RIEプロセスによって引起された結晶欠陥を取除くために犠牲酸化層を形成することができる。犠牲酸化層は取除くことができ、次に第2の酸化層が成長することができる。酸化層125の厚さは100 から1000、典型的には約300 - 400であり得る。トレンチ124が後にドーパした誘電体材料で充填されれば、酸化層125は、トレンチ124を囲む半導体材料にドーパントが入るのを防ぐ。

40

【0020】

図2Cに示されるように、BPSG(borophosphosilicate)ガラスなどの比較的厚いガラスの層126が基板120の表面上にスピン形成され、完全にトレンチ124を充填する。BPSGは粘性を減じるためにドーパされてもよく、ドーパされていなくてもよい。代替的には、BPSGは化学蒸着法(CVD)によって堆積することができる。上述のように、BPSG層126がドーパされている場合、酸化層125は、ドーパントが基板120に入り、ドーパするのを妨げる障壁として作用する。BGSGLayer126は十分に厚

50

い(たとえば $0.5\mu\text{m}$ から $1.0\mu\text{m}$ の厚さ)ので、その上面は比較的平坦であって、トレンチ124の位置の上に小さなへこみを備えるのみである。所望であれば、BPSG層126の表面をさらに平坦にするために高温リフローを用いることもできる。

#### 【0021】

図2Dに示されるように、BPSG層126および側壁酸化層125は、その上面が基板120の表面より下になるまでエッチバックされて凹部130を形成する。エッチバックの後、BPSG層126の表面は基板120の表面の $0.1\mu\text{m}$ から $0.5\mu\text{m}$ (典型的には約 $0.2\mu\text{m}$ から $0.3\mu\text{m}$ )だけ下であってもよい。次いで、図2Eに示されるように、別の誘電体の層131が堆積されて、凹部130を充填して基板120の表面から溢れる。次いで、層131はCMPまたはエッチバックによって平坦にされて保護キャップ132を形成し、それが酸化層125およびBPSG層126を完全に覆って保護する。キャップ132の上面は基板120の表面と好ましくは同一平面上にあるが、ウェーハにわたって $0.1\mu\text{m}$ ずつ高さの変動し得る。図2Fはキャップ132が形成された後の構造を示す。

#### 【0022】

層131およびキャップ132は、プロセスの後期に起るクリーニング工程およびエッチング工程によって著しくエッチングされない材料から形成されるべきである。この実施例では、たとえば、層131は窒化ケイ素から作られてもよい。一般に、層131が作られる材料は、その後の処理工程において、全くエッチングしないか、またはBPSG層126または酸化層125よりも実質的に遅いエッチングを行なう。この発明による保護キャップは、図1Cに示される種類のその後の侵食からトレンチ充填材料を保護するために、プロセス中にいつでも形成することができる。

#### 【0023】

なお、一般に、さらなるエッチングに対する保護シールドを与えることができる窒化ケイ素などの材料は、典型的にはあまり均一には堆積せず、したがってそれらでトレンチを充填するのは困難である。さらに、窒化ケイ素は、厚く堆積されると割れる傾向がある。これらの問題は、BPSGなどのより軟質かつより脆くない材料でトレンチを充填し、次に、窒化ケイ素などのより固く、より脆い材料の比較的薄い保護キャップでその材料を覆うことにより克服される。

#### 【0024】

表1は、いくつかのエッチング液または除去方法について、トレンチを充填するために用いることができる材料の相対的な除去速度を示す。

#### 【0025】

【表1】

誘電性充填材料	エッチャント 対して 除去方法				
	100:1 HF	10:1 HF	選択性 プラズマ酸化エッチ	選択性 窒化 プラズマエッチ	CMP
熱 SiO <sub>2</sub>	30Å/分	175Å/分	Ox: 500Å/分 Nit: <20Å/分	Nit: 1200Å/分 Ox: 420Å/分	
スピノガラス (SOG)					
BPSG	1240Å/分	7362Å/分	8200 Å/分		1800 Å/分
ポリイミド	5Å/分	8Å/分			

表1

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 6 】

図 2 A - 図 2 F に示されるプロセスの多数の変形がある。そのような 1 つの変形は図 3 A - 図 3 D に示される。図 3 A は図 2 D に類似し、B P S G 層 1 2 6 および酸化層 1 2 5 が、上面が基板 1 2 0 の表面の下になるまでエッチバックされた後の構造を示す。図 3 B に示されるように、次いで薄い酸化層 1 4 0 が基板 1 2 0 の表面上に熱により成長し、次いで、図 3 C に示されるように、窒化層 1 3 1 が堆積される。この実施例において、酸化層 1 4 0 は、半導体基板 1 2 0 から窒化物層 1 3 1 を分離する。代替的には、酸窒化層は化学蒸着法 (C V D) を用いて堆積されてもよい。窒化物層 1 3 1 が、図 3 D に示されるように、平坦にされたりエッチバックされたりするとき、トレンチに残存する窒化物キャップはトレンチの側壁に接していない。このキャップは図 2 F に示す実施例ほど有効なシールを与えない一方、トレンチの壁の酸化 (または酸窒化) 層 1 4 0 の存在は、窒化物およびケイ素のそれぞれの熱膨張係数が異なることに起因する応力を減じる傾向がある。酸化 (または酸窒化) 層 1 4 0 はこのように応力除去を与える。

10

## 【 0 0 2 7 】

さらに、図 4 に示されるように、酸化層 1 4 0 が小さなギャップ 1 5 0 を残すまで過度にエッチングされても、ギャップ 1 5 0 は図 1 C に示される凹部 1 0 3 よりもはるかに小さく、その後のたとえば B P S G の層で充填するのははるかに簡単である。しかしながら、酸化層 1 4 0 をすべてを取除かないのが好ましい。

## 【 0 0 2 8 】

図 5 は上述のプロセスを要約するフロー図であり、各工程は「カード」(省略されたカードは任意の工程を表示する)によって表されている。第 1 のシーケンスでは、トレンチは、ハードマスク層 (例えば酸化層または窒化層) を堆積させ、フォトレジスト層を堆積させ、トレンチマスクを形成するためにフォトレジスト層をパターンニングし、トレンチマスクの開口部を通してハードマスク層をエッチングし、任意でフォトレジスト層を取除き、ハードマスク層の開口部を通してトレンチをエッチングすることにより形成される。

20

## 【 0 0 2 9 】

次のシーケンスでは、任意で犠牲酸化層がトレンチの壁に形成され、取除かれることができ、ライニング酸化層が成長し、トレンチは誘電体 (たとえば B P S G) で充填され、任意で誘電体がエッチングまたは C M P により平坦にされ得る。

## 【 0 0 3 0 】

最後に、誘電性充填剤はトレンチにエッチバックされ、任意で酸窒化層または酸化層が成長するかトレンチの壁に堆積され、窒化物層が堆積されて基板の上面と実質的に同一平面上になるまでエッチバックされる。

30

## 【 0 0 3 1 】

上記の例は、基板の表面が本質的に平坦な構造について記載する。非平面構造 2 0 0 は図 6 A に示される。基板 2 0 5 は上面 2 0 2 を有する。トレンチ 2 0 1 は基板 2 0 5 にエッチングされており、フィールド酸化領域 2 0 3 は、フィールド酸化領域が基板内に下向きに延在するとともに表面 2 0 2 を越えて上向きにも延在するように、熱により基板に成長している。ポリシリコン層 2 0 4 がフィールド酸化領域 2 0 3 の上に堆積されている。明らかなように、トレンチ 2 0 1 の底部とポリシリコン層 2 0 4 の頂部とでは相当な高さの差がある。トレンチ 2 0 1 が誘電体で充填される場合、誘電体の表面を表面 2 0 2 に対して平坦にするためにエッチバックを用いることができる。そうではなくて誘電体を平坦にするために C M P が用いられる場合、フィールド酸化領域 2 0 3 の一部と同様にポリシリコン層 2 0 4 も取除かれることは明らかである。

40

## 【 0 0 3 2 】

この問題の 1 つの解決策は、ポリシリコン 2 0 4 を省略し (またはプロセスフローの後期までポリシリコン 2 0 4 の形成を延期し)、表面 2 0 2 より下の部分が必要な電気特性を与えるのに十分になるほどフィールド酸化領域 2 0 3 を十分厚く成長させることである。図 6 B は、酸化層 2 0 6 にライニングされ、B P S G 2 0 7 で充填され、その両方がトレンチにエッチバックされた、トレンチ 2 0 1 を示す。構造全体が窒化物層 2 0 8 で覆わ

50

れ、窒化物層 208 はトレンチの上部をも満たしている。図 6 C では、上面は、フィールド酸化領域 203 の底部部分 209 および BPSG 207 と酸化層 206 との上の窒化物保護キャップ 210 を残して、CMP によって平坦にされている。上面は完全に平らである。非平坦な上面を有することがさらなる処理を非常に複雑にするので、図 6 C に示される平らな構造は、図 6 A に示される構造よりも好ましい。さらに、フィールド酸化領域 203 が熱的手段によって成長するので、残りの領域 209 は非常に幅広くなり得るが、トレンチは非常に狭くなり得る。要約すると、図 6 C に示される構造は、キャップ 210 によって耐エッチング性となる「キャップ付きの」トレンチ、および「キャップのない」フィールド酸化領域 209 を含む。

#### 【0033】

10

代替として、図 7 A - 図 7 H は、幅広い絶縁トレンチおよび狭い絶縁トレンチを最小限の工程数を用いて形成することができるプロセスを示す。

#### 【0034】

図 7 A では、基板 251 にハードマスク層 252 が堆積されており、ハードマスク層 252 の上にフォトレジスト層 253 が堆積されている。フォトレジスト層 253 はエッチングされて幅広い開口部を形成し、ハードマスク層 252 はフォトレジスト層 253 の幅広い開口部を通してエッチングされて基板 251 の表面を露出する幅広い開口部 254 を形成する。

#### 【0035】

図 7 B に示されるように、基板 251 は RIE によってエッチングされて幅広いトレンチ 260 を形成する。フォトレジスト層 253 は取除かれて、新しいフォトレジスト層 257 が堆積する。トレンチ 260 が深すぎない場合、フォトレジスト層 257 はトレンチ 260 の底部と基板 251 の上面との間の段差を覆う。フォトレジスト層 257 に比較的狭い開口部がエッチングされ、そのフォトレジスト層 257 の開口部を通してハードマスク層 252 がエッチングされて、基板 251 の表面を露出する狭い開口部 256 を形成する。代替的には、層 257 は、フォトレジスト層（示されない）によってパターニングされてエッチングされた、堆積されたハードマスク誘電体層を表してもよい。

20

#### 【0036】

図 7 C に示されるように、基板 251 が RIE によってエッチングされて狭いトレンチ 261 を形成する。次いで、フォトレジスト（またはハードマスク）層 257 およびハードマスク層 252 が取除かれるか、またはパターニングされエッチングされる。

30

#### 【0037】

任意に、RIE プロセスに起因するいかなる結晶損傷をも修理するために、犠牲酸化層（示されない）がトレンチ 260 および 261 において成長し、取除かれることができる。図 7 D に示されるように、基板 251 へのドーパントの拡散に対する障壁として薄い酸化層 262 が成長し、BPSG の層 263 が構造の表面全体にわたって堆積される。代替的には、層 263 は、ドーパされたかもしくはドーパされていない、CVD 堆積されたかスピンオンされた酸化ケイ素、ケイ酸塩ガラス、または、誘電性「充填」剤材料がその後の処理工程中、アセンブリ中、および素子の動作中に生じる温度変化における割れを回避するのに十分に低い応力を出すことを条件に、いかなる他の誘電体「充填」材料をも含むことができる。

40

#### 【0038】

当然、プロセスシーケンスは、狭い方のトレンチが幅広い方のトレンチの前に形成されるように改訂されてもよい。

#### 【0039】

次に、図 7 E に示されるように、構造の上面全体は CMP または CMP が後続する短い化学エッチバックによって平坦にされる。

#### 【0040】

任意で、図 7 F に示されるように、酸化層 262 および BPSG 層 263 はトレンチ 260 および 261 に（たとえば酸またはドライエッチングによって）エッチバックされ、

50



凹み 270 および 271 を形成する。図 7 G に示されるように、二酸化ケイ素、ケイ酸塩ガラスまたは BPSG (たとえば窒化物またはポリイミド) に類似しない誘電体が構造の上面に堆積され、図 7 H に示されるように、上面は再び平坦にされてトレンチ 260 および 261 の口に保護キャップ 280 を形成する。誘電性充填剤材料 263 と異なり、キャップ 280 を形成するのに用いられる材料は、その材料が IC 製造におけるその後のウェーハ処理中に行なわれる通常のエッチングによって侵食されないこと、かつキャップ 280 が割れを回避するのに十分に薄く作られることを条件に、脆い、または高応力の材料を含んでもよい。

#### 【0041】

図 8 A - 図 8 J は、キャップ付きの絶縁トレンチおよびキャップ付きのフィールド酸化領域を形成するプロセスを示す。図 8 A に示されるように、パッド酸化層 302 がシリコン基板 301 上に成長し、典型的なケイ素局所酸化 (LOCOS) シーケンスにおけるように、窒化物層 303 がパッド酸化層 302 に堆積する。パッド酸化層はたとえば 300

から 1000 の厚さであり得る。窒化物層 303 は、マスク層 (示されない) を通してエッチングされ、パッド酸化層 302 を露出する幅広い開口部 304 を形成する。図 8 B に示されるように、構造は (たとえば 900 から 1100 で 1 時間から 4 時間) 加熱されて、開口部 304 に厚いフィールド酸化領域 305 を形成する。LOCOS プロセスにおいて通常であるように、窒化物層 303 は、開口部 304 の縁部において拡大する酸化物によって持ち上げられ、よく知られた「鳥の嘴」形状を形成する。次に、窒化物層 303 の残りの部分がエッチングされ (図 8 C)、上面は CMP プロセスによって平坦に

#### 【0042】

次に、図 8 E に示されるように、フォトリジスト層 308 が堆積され、パターニングされて狭い開口部 309 を形成する。酸化層 307 は開口部 309 を通してエッチングされ、図 8 F に示されるように、基板 301 は RIE プロセスによってエッチングされ、酸化層 307 がハードマスクの役割をして、狭いトレンチ 310 を形成する。酸化層 307 の残りは短いクリーニング工程で取除かれてもよい。

#### 【0043】

図 8 G に示されるように、薄い酸化層 311 がトレンチ 310 の壁に成長し、BPSG または任意の他の誘電性充填材の層 312 も堆積する。基板 301 の上面はエッチングまたは CMP により平坦にされる。

#### 【0044】

図 8 H に示されるように、トレンチ 310 の酸化層 311 および BPSG 層 312、およびフィールド酸化領域 305 の残りの部分 306 は、これらの要素の上面が基板 301 の上面より下になるまでエッチバックされる。窒化物などの類似しない誘電体の層 315 が構造にわたって堆積し (図 8 I)、構造は再び CMP プロセスを受けて上面が平坦になり、トレンチ 310 およびフィールド酸化 306 上に保護キャップ 316 を形成する (図 8 J)。

#### 【0045】

図 9 A - 図 9 E は、フィールド酸化絶縁領域の下にはフィールドドーピング領域を有するがトレンチ絶縁構造の下には有しない構造を生成するプロセスを示す。

#### 【0046】

図 9 A では、パッド酸化層 351 がシリコン基板 350 上に成長し、窒化物層 352 およびフォトリジスト層 353 がパッド酸化層 351 の上にその順で堆積されている。フォトリジスト層 353 はパターニングされて 2 つの開口部 354 A および 354 B を形成し、窒化物層 352 は開口部 354 A および 354 B を通してエッチングされてパッド酸化層 351 を露出する。リン (P+) が開口部 354 A および 354 B を通して注入されて N 型領域 356 A を形成する。リンの注入量は、典型的には  $5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$  から  $3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  の範囲にあり、注入エネルギーは、典型的には約 80 keV から 120 keV で

ある。代替的には、ポリイミドの層が窒化物層 352 の代わりに用いられてもよく、トレンチ 374 のエッチングのためのハードマスクを形成するために用いられてもよい。

【0047】

図 9B に示されるように、フォトレジスト層 353 が取除かれて新しいフォトレジスト層 355 が堆積し、パターンニングされて、フォトレジスト層 353 の以前の開口部 354B の場所を含む開口部を形成する。フォトレジスト層 355 の開口部を通してホウ素 (B+) が注入されて、P 型領域 356B を形成する。ホウ素の注入量が、典型的にはリン注入量より一桁多い (たとえば  $8 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  から  $2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ ) ので、開口部 354B の下のリン領域をホウ素がカウンタードープして P 型領域 356B を形成する。ホウ素注入のエネルギーは、典型的には 60 keV から 120 keV である。

10

【0048】

次に、図 9C に示されるように、構造は加熱されて開口部 354A および 354B の位置に厚いフィールド酸化領域 370A および 370B を形成する。フィールド酸化領域 370A および 370B は 2000 から 2  $\mu\text{m}$  の厚さ (典型的には約 0.8  $\mu\text{m}$ ) であってもよい。この熱プロセスはさらにリンおよびホウ素ドーパントを活性化し、フィールド酸化領域 370A の下に N 型フィールドドーピング領域 358A、フィールド酸化領域 370B の下に P 型フィールドドーピング領域 358B を形成する。

【0049】

窒化物層 352 の残りが取除かれ (図 9D)、任意に犠牲酸化物が予備成形されてもよい。次に、図 9E に示されるように、トレンチ 374 がエッチングされ酸化されて酸化層 371 を形成し、その後以前に記載された態様で BPSG 372 などの材料での誘電性充填が続く。構造の上面は CMP またはエッチバックによって平坦にされ、酸化層 371、BPSG 372、ならびにフィールド酸化領域 370A および 370B の残りが、上述の態様でエッチバックされる。窒化物 (または、トレンチ 374 を充填するために用いられる材料に類似しない別の誘電体) の層が上面で堆積し、次に表面が平坦にされて保護キャップ 373 を形成する。

20

【0050】

このプロセスは、たとえば低電圧素子を絶縁するために用いられ得るフィールドドーピングを持たない比較的狭いトレンチ、および、たとえば高圧 CMOS 素子を絶縁するために用いられ得るフィールドドーピングを備えた幅広いフィールド酸化領域を生じる。このプロセスは、いかなる他の処理も単純にする平らな上面を備えた、同じ半導体基板における異なる幅および異なるフィールドドーピングの絶縁領域を形成する能力を設計者に与える。さらに、所望であれば、保護キャップを備えた絶縁領域を作ることができる。

30

【0051】

いくつかの実施例では、トレンチにおける材料は、離散的なトレンチキャップの代わりに段階的な誘電体充填剤によって保護される。そのような実施例では、トレンチは、比較的軟質の低応力誘電体と比較的固い耐エッチング性の誘電体との混合物で少なくとも部分的に充填される。混合物のうち比較的固い耐エッチング性の誘電体の割合は、トレンチの口に接近すると上昇する。たとえば、二酸化ケイ素と窒化ケイ素との混合物がトレンチに堆積されることができ、混合物のうち窒化ケイ素の百分率がトレンチの口の近くで増加する。

40

【0052】

この発明の具体的な実施例が記載されているが、これらの実施例が例示でしかなく、限定的でないことが理解される。この発明の大原則に従う多くの付加的または代替的な実施例が当業者には明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図 1A】絶縁構造として機能するトレンチにおける誘電体が後の処理中に侵食されるときに生じる問題を示す図である。

【図 1B】絶縁構造として機能するトレンチにおける誘電体が後の処理中に侵食されると

50

きに生じる問題を示す図である。

【図 1 C】絶縁構造として機能するトレンチにおける誘電体が後の処理中に侵食されるときに生じる問題を示す図である。

【図 2 A】誘電体で充填されたトレンチの口に保護キャップを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 2 B】誘電体で充填されたトレンチの口に保護キャップを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 2 C】誘電体で充填されたトレンチの口に保護キャップを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 2 D】誘電体で充填されたトレンチの口に保護キャップを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。 10

【図 2 E】誘電体で充填されたトレンチの口に保護キャップを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 2 F】誘電体で充填されたトレンチの口に保護キャップを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 3 A】保護キャップに隣接するトレンチの壁に酸化層が形成される、図 2 F の絶縁構造の修正バージョンを形成するプロセスを示す図である。

【図 3 B】保護キャップに隣接するトレンチの壁に酸化層が形成される、図 2 F の絶縁構造の修正バージョンを形成するプロセスを示す図である。

【図 3 C】保護キャップに隣接するトレンチの壁に酸化層が形成される、図 2 F の絶縁構造の修正バージョンを形成するプロセスを示す図である。 20

【図 3 D】保護キャップに隣接するトレンチの壁に酸化層が形成される、図 2 F の絶縁構造の修正バージョンを形成するプロセスを示す図である。

【図 4】図 3 D に示される酸化層がその後の処理においていかに侵食され得るかを示す図である。

【図 5】図 2 A - 図 2 F および図 3 A - 図 3 D に示されるプロセスの「カード」形式のフロー図である。

【図 6 A】広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 6 B】広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。 30

【図 6 C】広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 7 A】幅広く浅いトレンチおよび狭く深いトレンチを含む絶縁構造を形成するための処理を示す図である。

【図 7 B】幅広く浅いトレンチおよび狭く深いトレンチを含む絶縁構造を形成するための処理を示す図である。

【図 7 C】幅広く浅いトレンチおよび狭く深いトレンチを含む絶縁構造を形成するための処理を示す図である。

【図 7 D】幅広く浅いトレンチおよび狭く深いトレンチを含む絶縁構造を形成するための処理を示す図である。 40

【図 7 E】幅広く浅いトレンチおよび狭く深いトレンチを含む絶縁構造を形成するための処理を示す図である。

【図 7 F】幅広く浅いトレンチおよび狭く深いトレンチを含む絶縁構造を形成するための処理を示す図である。

【図 7 G】幅広く浅いトレンチおよび狭く深いトレンチを含む絶縁構造を形成するための処理を示す図である。

【図 7 H】幅広く浅いトレンチおよび狭く深いトレンチを含む絶縁構造を形成するための処理を示す図である。

【図 8 A】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸 50

化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

【図 8 B】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

【図 8 C】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

【図 8 D】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

10

【図 8 E】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

【図 8 F】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

【図 8 G】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

20

【図 8 H】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

【図 8 I】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

【図 8 J】各構造の頂部に保護キャップが形成された、広い、または幅広いフィールド酸化領域および比較的狭い誘電体で充填されたトレンチを含む絶縁構造を形成する別のプロセスを示す図である。

【図 9 A】フィールド酸化領域の下にフィールドドーピング領域を備える、フィールド酸化領域および誘電体で充填されたトレンチの対を含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

30

【図 9 B】フィールド酸化領域の下にフィールドドーピング領域を備える、フィールド酸化領域および誘電体で充填されたトレンチの対を含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 9 C】フィールド酸化領域の下にフィールドドーピング領域を備える、フィールド酸化領域および誘電体で充填されたトレンチの対を含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 9 D】フィールド酸化領域の下にフィールドドーピング領域を備える、フィールド酸化領域および誘電体で充填されたトレンチの対を含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

40

【図 9 E】フィールド酸化領域の下にフィールドドーピング領域を備える、フィールド酸化領域および誘電体で充填されたトレンチの対を含む絶縁構造を形成するプロセスを示す図である。

【図 1 A】

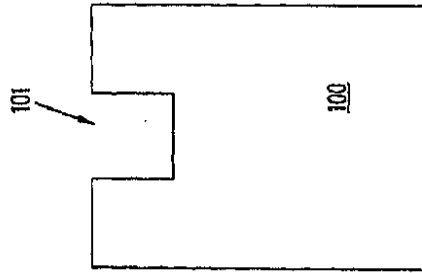


FIG. 1A

【図 1 C】

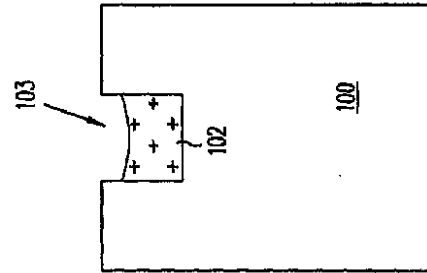


FIG. 1C

【図 1 B】

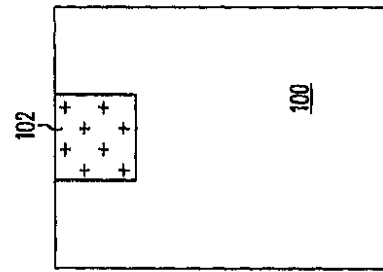


FIG. 1B

【図 2 A】

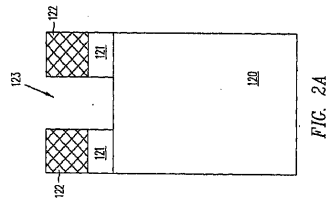


FIG. 2A

【図 2 B】

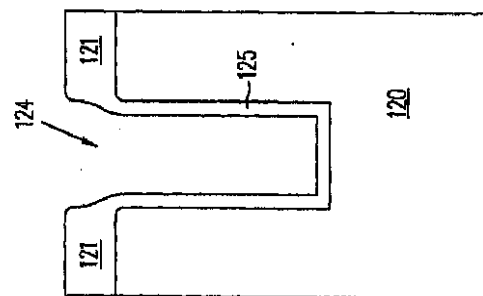


FIG. 2B

【図 2 E】

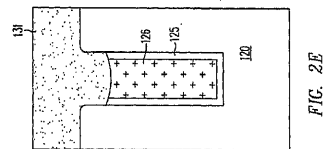


FIG. 2E

【図 2 C】

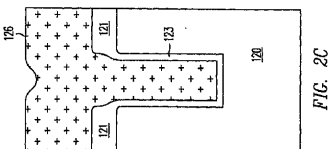


FIG. 2C

【図 2 F】

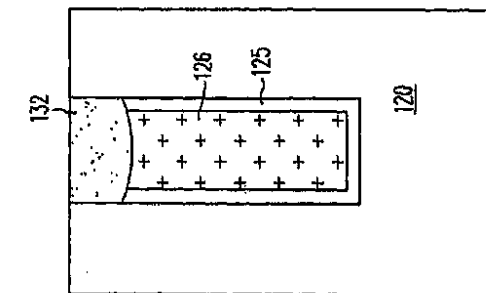


FIG. 2F

【図 2 D】

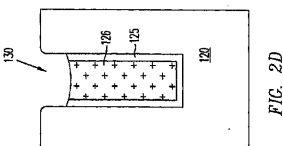


FIG. 2D

【図 3 A】

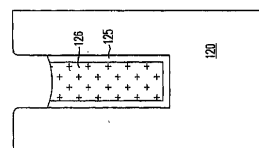


FIG. 3A





【図 8 B】

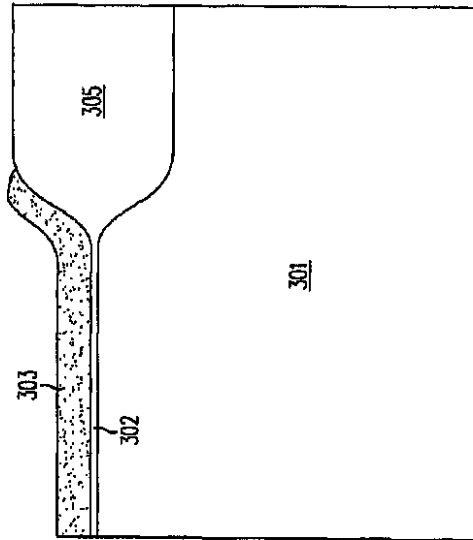


FIG. 8B

【図 8 C】

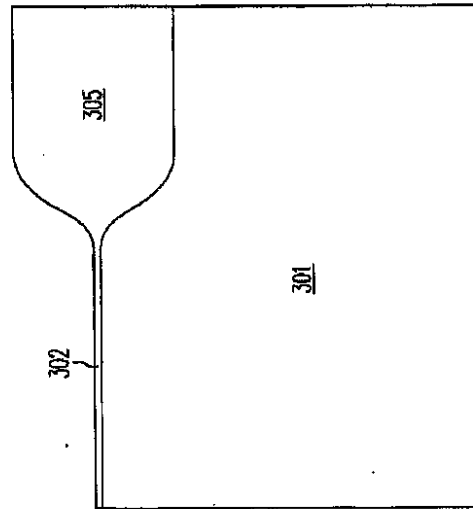


FIG. 8C

【図 8 D】

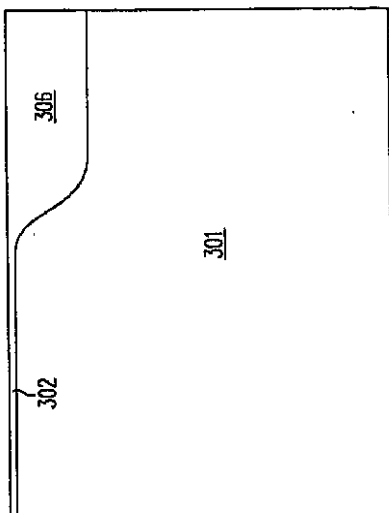


FIG. 8D

【図 8 F】

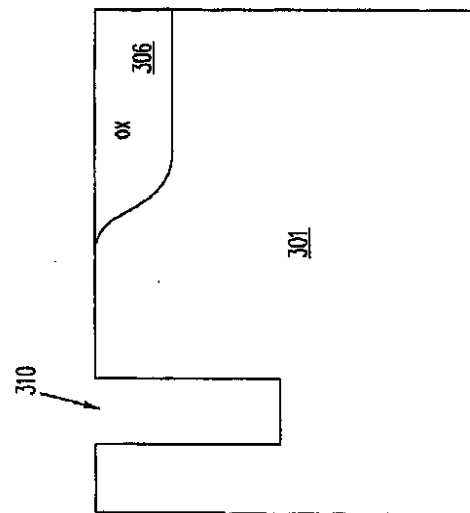


FIG. 8F

【図 8 E】

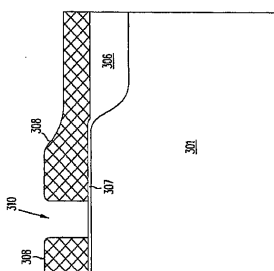


FIG. 8E

【図 8 G】

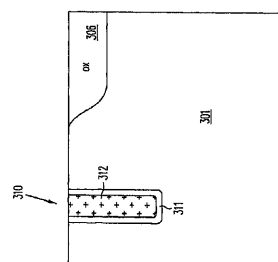


FIG. 8G



【図 8 H】

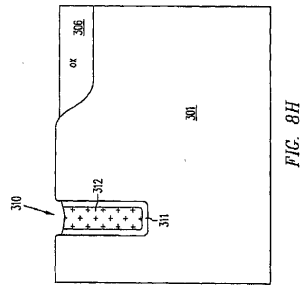


FIG. 8H

【図 8 I】

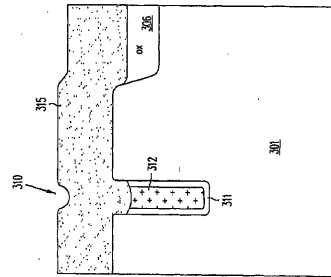


FIG. 8I

【図 9 B】

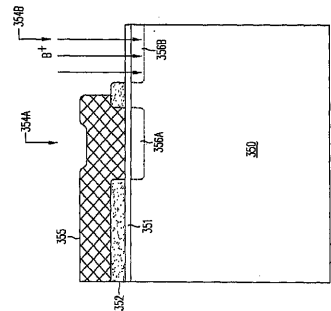


FIG. 9B

【図 8 J】

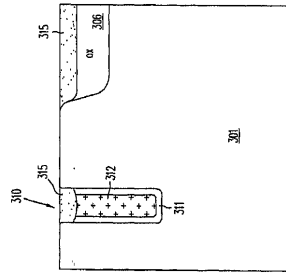


FIG. 8J

【図 9 A】

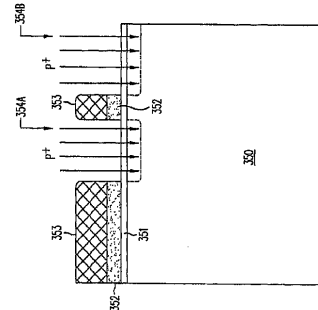


FIG. 9A

【図 9 C】

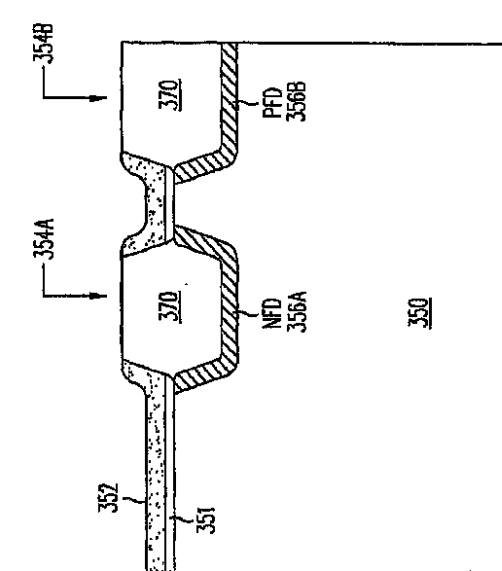


FIG. 9C

【図 9 D】

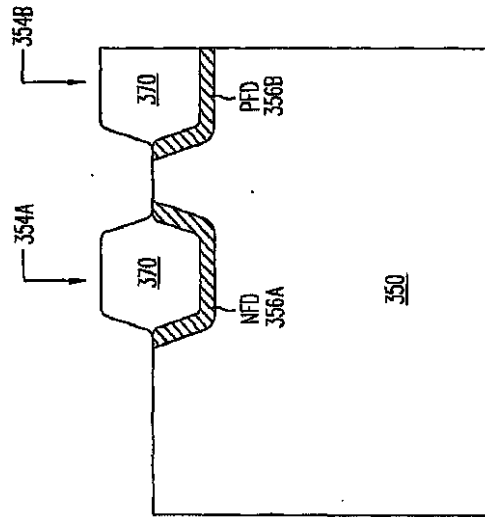


FIG. 9D

【図 9 E】

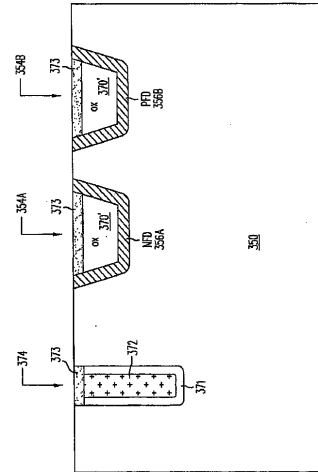


FIG. 9E

---

フロントページの続き

(74)代理人 100096781

弁理士 堀井 豊

(74)代理人 100098316

弁理士 野田 久登

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 将行

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(72)発明者 ウィリアムズ, リチャード・ケイ

アメリカ合衆国、9 5 0 1 5 カリフォルニア州、クパチーノ、ノーウィッチ・アベニュー、1 0 2  
9 2

審査官 右田 勝則

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

特開平 1 0 - 2 4 2 2 5 9 ( J P , A )

韓国公開特許第 2 0 0 2 - 0 0 0 4 7 2 9 ( K R , A )

特開平 0 8 - 1 5 3 7 7 9 ( J P , A )

特開 2 0 0 3 - 0 2 3 0 6 5 ( J P , A )

特開平 0 9 - 1 5 3 5 4 2 ( J P , A )

特開平 1 0 - 1 8 9 7 1 3 ( J P , A )

特開平 0 3 - 0 0 3 3 4 6 ( J P , A )

特開昭 6 0 - 1 8 9 2 3 7 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 7 6