

(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2005-26689

(P2005-26689A)

(43) 公開日 平成17年1月27日(2005.1.27)

(51) Int. Cl.⁷ F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 21/331 HO 1 L 29/72 S 5 F O O 3
 HO 1 L 29/732

審査請求 有 請求項の数 30 O L (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-192192 (P2004-192192) (22) 出願日 平成16年6月29日 (2004. 6. 29) (31) 優先権主張番号 10/604212 (32) 優先日 平成15年7月1日 (2003. 7. 1) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 390009531 インターナショナル・ビジネス・マシー ズ・コーポレーション INTERNATIONAL BUSIN ESS MASCHINES CORPO RATION アメリカ合衆国10504 ニューヨーク 州 アーモンク ニュー オーチャード ロード (74) 代理人 100086243 弁理士 坂口 博 (74) 代理人 100091568 弁理士 市位 嘉宏 (74) 代理人 100108501 弁理士 上野 剛史</p>
--	---

最終頁に続く

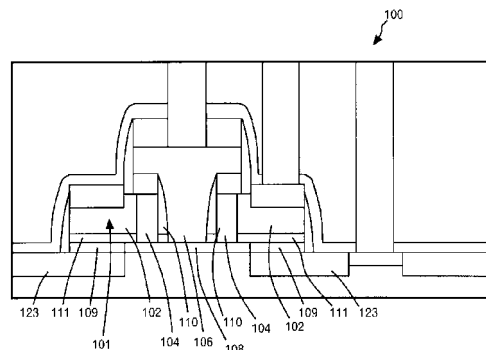
(54) 【発明の名称】 突出外因性ベース延長部による自己整合型バイポーラ・トランジスタおよびその形成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】異なるドーブ濃度の外部領域および内部領域を備える突出外因性ベースを有する自己整合型バイポーラ・トランジスタ構造及びその製作する方法を提供すること。

【解決手段】第1ドーブ濃度の第1材料を設けて、外因性ベース外部領域を形成する。次いで、リソグラフィによって第1材料層内に第1開口を形成し、その中にダミー・エミッタ・ペDESTALを形成し、それによって、第1開口の側壁とダミー・ペDESTALの間にトレンチが形成される。その後、このトレンチ内に第2ドーブ濃度の第2材料を設けて、突出外因性ベース縁部がダミー・ペDESTAL縁部に自己整合する別個の外因性ベース内部延長領域を形成する。エミッタは、ダミー・ペDESTALが存在したところに形成されるので、この外因性ベースはエミッタにも自己整合する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

自己整合型バイポーラ・トランジスタ構造であって、
外部領域と、前記外部領域からエミッタに向かって横方向内側に延び、前記外部領域に
水平に重なり合わない内部延長領域とを含む突出外因性ベースと、
前記突出外因性ベースの下に配置された内因性ベースとを備える、トランジスタ構造。

【請求項 2】

前記外部領域が、誘電体層によって内因性ベースの外部領域から分離される、請求項 1
に記載のトランジスタ。

【請求項 3】

前記内部延長領域により開口が画定され、前記開口内で前記エミッタが前記突出外因性
ベースに自己整合する、請求項 1 に記載のトランジスタ。

【請求項 4】

前記内部延長領域と前記エミッタの間にスペーサをさらに備える、請求項 1 に記載のト
ランジスタ。

【請求項 5】

前記エミッタの幅が 0.1 ミクロン未満である、請求項 1 に記載のトランジスタ。

【請求項 6】

さらに前記内因性ベース直下のコレクタ領域を備える、請求項 1 に記載のトランジスタ

。

【請求項 7】

前記外部領域および前記内部延長領域がそれぞれ、前記内因性ベースに接触する、請求
項 1 に記載のトランジスタ。

【請求項 8】

前記内部延長領域が前記内因性ベースに接触する第 2 位置から離れた第 1 位置で、前記
外部領域が前記内因性ベースに接触する、請求項 7 に記載のトランジスタ。

【請求項 9】

前記外部領域が、浅いトレンチ分離の上に配置された内因性ベースの外部領域にも接触
する、請求項 7 に記載のトランジスタ。

【請求項 10】

前記内部延長領域だけが前記内因性ベースに接触する、請求項 1 に記載のトランジスタ

。

【請求項 11】

前記外部領域が第 1 ドープ濃度を有し、前記内部延長領域が第 2 ドープ濃度を有し、前
記第 2 ドープ濃度が前記第 1 ドープ濃度とは異なる、請求項 1 に記載のトランジスタ。

【請求項 12】

第 1 位置で内因性ベースに接触する外部領域と、

前記外部領域とは別個のものであり、前記第 1 位置から横方向内側に離れた第 2 位置で
前記内因性ベースに接触する内部延長領域とを含む突出外因性ベースを備えるトランジスタ

【請求項 13】

前記外部領域が第 1 ドープ濃度を有し、前記内部延長領域が第 2 ドープ濃度を有し、前
記第 2 ドープ濃度が前記第 1 ドープ濃度よりも高い、請求項 12 に記載のトランジスタ。

【請求項 14】

前記外部領域がポリシリコンを含み、前記内部延長領域がシリコンおよびポリシリコン
の 1 つを含む、請求項 12 に記載のトランジスタ。

【請求項 15】

自己整合型バイポーラ・トランジスタを製作する方法であって、

基板上の誘電体層を準備するステップと、

前記誘電体層に第 1 開口を形成して第 1 外因性ベース領域を露出させるステップと、

10

20

30

40

50

前記第 1 開口内に、周囲トレンチを有するダミー・ペDESTALを生成するステップと、
前記トレンチ内に、前記第 1 外因性ベース領域を内因性ベースに接続する外因性ベース
延長領域を形成するステップと、
前記ダミー・ペDESTALを除去してエミッタ開口を形成するステップと、
前記エミッタ開口内にエミッタを形成するステップとを含む、方法。

【請求項 16】

前記ダミー・ペDESTALを生成するステップが、
前記第 1 開口内に犠牲層を被着させて、前記第 1 開口よりも小さく、前記ダミー・ペ
DESTALのサイズを画定する第 2 開口を形成するステップと、
前記第 2 開口内にフィラー材料を被着させるステップと、
前記犠牲層および前記フィラー材料を除去して、前記ダミー・ペDESTALおよび前記ト
レンチを生成するステップとを含む、請求項 15 に記載の方法。

10

【請求項 17】

前記外因性ベース延長領域を形成する前記ステップが、シリコンおよびポリシリコンの
1 つを設けるステップを含み、前記第 1 外因性ベース領域が、前記外因性ベース延長領域
とは異なるドーブ濃度を有するシリコンおよびポリシリコンの 1 つを含む、請求項 15 に
記載の方法。

【請求項 18】

前記外因性ベース延長領域が、前記第 1 ポリシリコンよりも高いドーブ濃度を有する、
請求項 17 に記載の方法。

20

【請求項 19】

前記エミッタを形成するステップが、
前記エミッタ開口の側壁上にスペーサを形成するステップと、
前記エミッタ開口内に第 3 ポリシリコンを被着させて前記エミッタを形成するステップ
とを含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 20】

前記誘電体層を準備するステップが、
第 1 誘電体層を被着させるステップと、
前記第 1 誘電体層の上に第 1 ポリシリコンを被着させるステップと、
前記第 1 ポリシリコンの上に第 2 誘電体層を被着させるステップとを含み、
前記第 1 開口が前記第 1 誘電体層に形成される、請求項 15 に記載の方法。

30

【請求項 21】

前記エミッタを形成するステップが、前記第 1 開口内の前記第 1 誘電体層を除去するス
テップをさらに含む、請求項 20 に記載の方法。

【請求項 22】

前記第 2 誘電体層内の前記外因性ベース延長領域用のキャップを形成するステップをさ
らに含む、請求項 20 に記載の方法。

【請求項 23】

前記第 1 誘電体層を被着させる前に、熱酸化物層を熱成長させるステップをさらに含み
、前記ダミー・ペDESTALを生成するステップが、
前記第 1 開口内に犠牲層を被着させて、前記第 1 開口よりも小さく、前記ダミー・ペ
DESTALのサイズを画定する第 2 開口を形成するステップと、
前記第 2 開口内にフィラー材料を被着させるステップと、
前記犠牲層および前記フィラー材料を除去して、前記ダミー・ペDESTALおよび前記周
囲トレンチを生成するステップであって、前記トレンチが前記熱酸化物層に形成されるス
テップと、
前記第 1 誘電体層をエッチングして、前記第 1 外因性ベース領域の下にレジを形成す
るステップと、
前記熱酸化物層をエッチングして、前記レジを拡大し、前記周囲トレンチを前記内因
性ベースまで延ばすステップとを含む、請求項 20 に記載の方法。

40

50

【請求項 24】

前記ダミー・ペDESTALを生成するステップが、
 前記第1開口内に犠牲層を被着させるステップと、
 前記第1開口内で前記ダミー・ペDESTALになる領域をマスクするステップと、
 前記領域の外側および前記第1開口内の前記犠牲層を除去して、前記ダミー・ペDESTALおよび前記周囲トレンチを形成するステップとを含む、請求項15に記載の方法。

【請求項 25】

前記マスクおよび前記第1開口の位置合わせがずれる、請求項24に記載の方法。

【請求項 26】

自己整合型バイポーラ・トランジスタを製作する方法であって、
 リソグラフィを用いて基板上の誘電体層に第1開口を形成して、外因性ベース外部領域を露出させるステップと、
 前記第1開口内に犠牲層を被着させるステップと、
 リソグラフィを用いて、前記第1開口内の前記犠牲層内に周囲トレンチを備えたダミー・ペDESTALを形成するステップと、
 前記トレンチ内にシリコンおよびポリシリコンの1つを形成して、前記外因性ベース外部領域を内因性ベースに接続する外因性ベース延長内部領域を形成するステップと、
 前記ダミー・ペDESTALを除去してエミッタ開口を形成するステップと、
 前記エミッタ開口内にエミッタを形成するステップとを含む、方法。

【請求項 27】

前記ダミー・ペDESTALおよび前記トレンチを形成するのに用いる前記リソグラフィで、前記第1開口との位置合わせがずれる、請求項26に記載の方法。

【請求項 28】

自己整合型バイポーラ・トランジスタを製作する方法であって、
 外因性ベース外部領域内に開口を形成するステップと、
 前記外因性ベース外部領域を内因性ベースに接続する外因性ベース内部延長領域を生成するステップであって、前記外因性ベース外部領域と前記外因性ベース内部領域が突出外因性ベースを形成するステップと、
 前記外因性ベース内部延長領域内で前記突出外因性ベースに自己整合するエミッタを形成するステップとを含む、方法。

【請求項 29】

前記外因性ベース外部領域が、前記外因性ベース内部延長領域とは異なるドーピング濃度を有する、請求項28に記載の方法。

【請求項 30】

前記自己整合型エミッタが、リソグラフィにより可能な寸法よりも小さい、請求項28に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、自己整合型バイポーラ・トランジスタに関し、より詳細には、突出外因性ベースを有する自己整合型バイポーラ・トランジスタおよびその形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

シリコン-ゲルマニウム(SiGe)内因性ベースおよびドーピングしたポリシリコンの突出外因性ベースを備えた自己整合型バイポーラ・トランジスタは、高性能混合信号用途向けに製作される集積回路が対象とするものである。外因性ベースを備えた自己整合型バイポーラ・トランジスタの性能は、エミッタの寸法が小さくなると、ドーパントの横方向拡散によって生じる内因性ベースの境界が明確でなくなるために劣化する。電気的な性能を高く維持するために、今後の新しいトランジスタは、エピタキシャル成長させた内因性S

10

20

30

40

50

i Ge ベースの上部上に、エミッタに自己整合したポリシリコンの外因性ベース層、すなわち突出外因性ベースを備えなければならない。現在まで、この手法を用いて製作されたトランジスタは、最も高い遮断周波数 (F_t) および最大振動周波数 (F_{max}) を示している。

【0003】

図1に、横方向のドーブ・プロファイルが均一な突出外因性ベース12を備えた従来技術のトランジスタ10を示す。トランジスタ10の主要な性能上の特徴は、ベース・ドーパントの内因性部分を含む、エピタキシャル成長させた内因性SiGeベース20である。エミッタからコレクタへの走行時間およびそれに対応する F_t における主要なファクタは、内因性ベースのGe/Si比、ドーブ・レベルおよび被膜の厚さである。トランジスタ10の別の主要な性能上の特徴は、自己整合性、すなわち(非自己整合的な)リソグラフィではなく側壁スペーサ16によって決まる外因性ベース12のポリシリコンとエミッタ14のポリシリコンの間隔にある。スペーサ16の下のベースの抵抗成分を小さくして高 F_{max} を維持するために、この間隔を狭めることが必要である。

10

【0004】

ポリシリコンの突出外因性ベースを備えた自己整合型バイポーラ・トランジスタを形成するいくつかの異なる方法が実施されている。1つの方法では、米国特許第5,128,271号および6,346,453号に記載されているように、化学機械研磨(CMP)を用いて、あらかじめ画定した犠牲エミッタ・ペDESTALの上の外因性ベース・ポリシリコンを平坦化する。この手法では、面積A、深さDの外因性ベースのアスペクト比が小さいと($D/A \ll 1$)、CMPにより生じるディッシングのために、小型デバイスと大型デバイスの間だけでなく、分離されたデバイスと入れ子になったデバイスの間で、外因性ベース層の厚さに大きな差が生じる。別の手法では、米国特許第5,494,836号、5,506,427号および5,962,880号に記載されているように、エミッタ開口内で選択エピタキシャルを用いて内因性ベースを成長させ、外因性ベース・ポリシリコンの下にアンダーカットを形成する。この手法では、外因性ベースの自己整合は、このアンダーカット内のエピタキシャル成長によって実現される。この場合、内因性ベースと外因性ベースの間で良好な連結接点を確保するために特別な技術が必要である。これらの手法はどれも、プロセスおよび製造がかなり複雑である。

20

【特許文献1】米国特許第5,128,271号

30

【特許文献2】米国特許第6,346,453号

【特許文献3】米国特許第5,494,836号

【特許文献4】米国特許第5,506,427号

【特許文献5】米国特許第5,962,880号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は当技術分野では、突出外因性ベースを備えた改良型自己整合トランジスタおよびこのようなトランジスタを製作する上記関連技術の問題がない改善された方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、異なるドーブ濃度の外部領域および内部領域を備える突出外因性ベースを有する自己整合型バイポーラ・トランジスタ構造ならびにこのようなトランジスタを製作する方法を含む。より具体的には、外因性ベースとエミッタの自己整合は、2つの領域内に外因性ベースを形成することによって実現される。第1に、第1ドーブ濃度のシリコンまたはポリシリコンを含む第1材料を設けて、外因性ベース外部領域を形成する。次いで、リソグラフィによってこの第1材料層内に第1開口を形成し、その中にダミー・エミッタ・ペDESTAL (pedestal) を形成し、それによって、第1開口の側壁とダミー・ペDESTALの間にトレンチが形成される。その後、このトレンチ内に第2ドーブ濃度を有するシリ

50

コンまたはポリシリコンの第2材料層を設けて、突出外因性ベース縁部がダミー・ペDESTAL縁部に自己整合する別個の外因性ベース内部延長領域を形成する。エミッタは、ダミー・ペDESTALが存在したところに形成されるので、この外因性ベースはエミッタにも自己整合する。外因性ベース内部延長領域を形成するポリシリコンまたはシリコンは、選択エピタキシャルまたは非選択エピタキシャルによってトレンチ内で成長させることもできる。

【0007】

一実施形態では、このダミー・ペDESTALは、第1開口内に、第1開口よりも小さい第2開口を形成する共形の犠牲層を被着させることによって形成することができる。この犠牲層の厚さおよび第1開口の寸法により、外因性ベース延長領域の寸法（すなわち、トレンチ）およびダミー・ペDESTAL（すなわち、第2開口）の寸法がともに画定される。この第2開口にフィラー材料を充填し、犠牲層をエッチングして、第1開口内にエミッタ・ペDESTALおよびそれに隣接したトレンチを形成する。この場合、犠牲層の厚さを調節することによって、リソグラフィにより可能な寸法よりも小さいエミッタ・サイズを実現することができる。すなわち、このエミッタ寸法は、犠牲層の厚さによって画定され、リソグラフィよりも寸法分解能が高い。あるいは、別の実施形態では、このダミー・ペDESTALは、第1開口に犠牲材料を被着させ充填し、この犠牲材料の上に従来方式のリソグラフィ技術によってエミッタ・ペDESTALを画定することによって形成することができる。この場合、エミッタ寸法は、フォトレジスト・マスクを用いて、第1開口内の犠牲材料からダミー・ペDESTALおよび外因性ベース内部延長領域を画定するリソグラフィ技術によって画定される。この場合、リソグラフィによって生じる第1開口とダミー・ペDESTALの位置合わせ不良は、本明細書で説明する独特の自己整合技術によって帳消しになり、それによって自己整合型トランジスタ構造が得られる。いずれの場合でも、後でダミー・ペDESTALを除去して、エミッタ開口を形成し、その中にエミッタを形成する。

10

20

【0008】

本発明の第1態様は、外部領域と、この外部領域からエミッタに向かって横方向内側に延び、この外部領域に水平に重なり合わない内部延長領域とを含む突出外因性ベースと、突出外因性ベースの下に配置された内因性ベースとを備える自己整合型バイポーラ・トランジスタ構造を対象とする。

【0009】

本発明の第2態様は、第1位置で内因性ベースに接触する外部領域と、この外部領域とは別個の、横方向内側に第1位置から離れた第2位置で内因性ベースに接触する内部延長領域とを含む突出外因性ベースを備えるトランジスタを対象とする。

30

【0010】

本発明の第3態様は、自己整合型バイポーラ・トランジスタを製作する方法を対象とする。この方法は、第1開口を形成して第1外因性ベース領域を露出させるステップと、第1開口内に、周囲トレンチを有するダミー・ペDESTALを生成するステップと、このトレンチ内に、第1外因性ベース領域を内因性ベースに接続する外因性ベース延長領域を形成するステップと、ダミー・ペDESTALを除去してエミッタ開口を形成するステップと、このエミッタ開口内にエミッタを形成するステップとを含む。

40

【0011】

本発明の第4態様は、自己整合型バイポーラ・トランジスタを製作する方法を対象とする。この方法は、リソグラフィを用いて第1開口を形成して外因性ベース外部領域を露出させるステップと、第1開口内に犠牲層を被着させるステップと、リソグラフィを用いて、第1開口内の犠牲層内に周囲トレンチを備えたダミー・ペDESTALを形成するステップと、このトレンチ内にシリコンおよびポリシリコンのうちの1つを形成して、外因性ベース外部領域を内因性ベースに接続する外因性ベース内部延長領域を形成するステップと、ダミー・ペDESTALを除去してエミッタ開口を形成するステップと、このエミッタ開口内にエミッタを形成するステップとを含む。

【0012】

50

本発明の第5態様は、自己整合型バイポーラ・トランジスタを製作する方法を対象とする。この方法は、外因性ベース外部領域内に開口を形成するステップと、この外因性ベース外部領域を内因性ベースに接続する外因性ベース内部延長領域を生成するステップであって、この外因性ベース外部領域と外因性ベース内部領域が突出外因性ベースを形成するステップと、外因性ベース内部延長領域内で突出外因性ベースに自己整合したエミッタを形成するステップとを含む。

【0013】

本発明の上記その他の特徴は、本発明の実施形態の以下のより詳細な説明から明らかであろう。

【0014】

次に、添付の図を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。図では、同じ指示番号は同じ要素を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

図2を参照すると、本発明による突出外因性ベース101を備えた自己整合型バイポーラ・トランジスタ100（以下、「トランジスタ100」）が示されている。トランジスタ100は、外因性ベース外部領域102（以下、「外部領域」）と、外部領域102からエミッタ106に向かって横方向内側に延びる内部外因性ベース延長領域104（以下、「内部延長領域」）とを有する突出外因性ベース101を含む。内部延長領域104と外部領域102は、それらが異なる時点で形成されるか、あるいは単一層では作製されないという点で別個のものである。また、内部延長領域104は、外部領域102に水平に重なり合わない。内因性ベース108は、突出外因性ベース101の下で、かつエミッタ106の下に配置される。外部領域102は第1ドーパント濃度を有し、内部延長領域104は第2ドーパント濃度を有する。一実施形態では、内部延長領域104のポリシリコン（またはシリコン）の第2ドーパント濃度は、外部領域102のポリシリコン（またはシリコン）の第1ドーパント濃度とは異なり、好ましくは、外部領域102よりもドーパントを多く含む。あるいは、これらのドーパント濃度は同じにすることができるが、ドーパント濃度が異なると、デバイス性能を向上させることができる。内部延長領域104は、スペーサ110によってエミッタ106から分離される。外部領域102は、誘電体層111によって、浅いトレンチ分離123の上に配置された内因性ベース108の外部領域109から分離される。トランジスタ100の他の特徴は、以下の説明から明らかであろう。

【0016】

次に、図3～図14を参照して、トランジスタ100を形成するプロセスの第1実施形態を説明する。図3を参照すると、結晶質シリコン基板120があらかじめ提供される。基板120は、コレクタ領域122と、コレクタ領域122への接触を行うコレクタ・リーチスルー領域121とを有する。コレクタ領域122の上部上には、コレクタ領域122に電氣的に接触する、シリコンまたはシリコン-ゲルマニウム（SiGe）の内因性ベース層108がある。内因性ベース層108は、例えば、エピタキシャル・プロセスによって同時に形成することもできるし、あるいは、注入によって後で形成することもできる。図3に示す他の構造は、必要なトレンチ分離である浅いトレンチ分離123、サブ・コレクタおよびコレクタ・インプラントを含む。これらは、従来方式で生成される。これらの構造は、本発明のプロセスに関連しないので、必要な場合を除いてはこれらをさらに論じない。

【0017】

図4に、このプロセスの最初のステップを示す。このステップは、第1誘電体層124を被着させることを含む。図2に関連して論じたように、後続の処理により、第1誘電体層124から誘電体層111が形成される。次に、第1ポリシリコン126を被着させる。第1ポリシリコン126は、最終的に外部領域102を形成する。あるいは、外部領域102は、シリコン層として形成することもできる。いずれの場合でも、この材料（すなわち、第1ポリシリコン126またはシリコン）は、ドーパント材料として形成する（例

10

20

30

40

50

えば、被着または成長させる)ことが好ましいが、あるいは、この材料を形成した後で、任意の周知の方法でドーブすることができる。最後に、第2誘電体層128を被着させて、外因性ベース101(図2)とエミッタ106(図2)を分離する。各層は、少なくとも内因性ベース108の上に被着させる。以下で説明するように、第1誘電体層124は、内因性ベース108を保護するエッチ・ストップ層として働く。誘電体層124、128はそれぞれ、酸化シリコン、窒化シリコンなど現時点で周知の、または今後開発される任意の誘電体材料で作製することができる。図4に、リソグラフィを用いて、内因性ベース108の上で、外部領域102、すなわち第1ポリシリコン126を露出させる第1開口130を形成するステップも示す。具体的には、基板120上にフォトレジストを被覆し、露光し現像し、次いで、第2誘電体層128および第1ポリシリコン層126を貫通し、第1誘電体層124上で止まるようにエッチングすることができる。注入される内因性ベース108のドーブが必要な場合には、この時点でそれを行うことができる。

10

【0018】

図5~図7に、第1開口130内のダミー・ペDESTAL140(図7)およびダミー・ペDESTAL140の周りの周囲トレンチ142(図7)を生成する第1実施形態を示す。図5に、第1開口130内に犠牲層134を共形に被着させ、それによって、第1開口130よりも小さい第2開口136を形成するところを示す。犠牲層134は、窒化シリコンなど犠牲層として使用する現時点で周知の、あるいは今後開発される任意の共形の誘電体被膜とすることができる。以下にさらに説明するように、犠牲層134は、第2開口136のサイズを画定し、第2開口136は、ダミー・ペDESTAL140(図7)のサイズを画定する。最終的に、ダミー・ペDESTAL140が存在するところにエミッタ106(図2)が設けられることになるので、このペDESTALは、エミッタのサイズも画定する。さらに、犠牲層134は、トレンチ142(図7)のサイズを画定し、したがって内部延長領域104(図2)のサイズを画定する。犠牲層134の厚さは、リソグラフィで可能な寸法未満に制御することができるので、エミッタ106(図2)のサイズは、リソグラフィにより生成することができるサイズよりも小さく(< 0.1 ミクロン)設定することができる。図6に示すように、第2開口136内にフォトレジストなどのフィラー材料138を被着させ、エッチバックする。あるいは、共形の誘電体被膜の形態の他のフィラー材料、例えば、二酸化シリコン、窒化シリコン、ポリシリコンまたはそれらの組合せを被着させ、エッチバックまたはCMPにより平坦化して、第2開口136内にハード・マスクが得られる。

20

30

【0019】

図7に、犠牲層134およびフィラー材料138を、例えばエッチング・マスクとしてフィラー材料138を用いる異方性エッチングにより除去することによって形成された(第2開口136が存在したところの下の)ダミー・ペDESTAL140と、ダミー・ペDESTAL140の周りのトレンチ142とを示す。これらが完成した後で、フィラー材料138が除去される。図7に示すように、エッチングは第1誘電体層124上で止まる。

【0020】

図8に、内部延長領域104を形成する第1実施形態を示す。この形成ステップは、湿式またはRIEによってトレンチ142の底部の第1誘電体層124の露出部分を除去して内因性ベース108を露出させた後で、トレンチ142内に第2ポリシリコン150を被着させることを含む。次いで、図9に示すように、第2ポリシリコン150を陥凹させて、外部領域102および内因性ベース108と電気的に接続する内部延長領域104を形成する。第2ポリシリコン150は、ドーブしたポリシリコンとして被着させることが好ましいが、あるいは、ポリシリコンを被着させ、陥凹させ、次いで、任意の周知の方法でドーブすることもできる。第2ポリシリコン150は、トレンチ142を充填し、かつエッチバックによって、またはCMPおよびエッチバックによってこのポリシリコンを平坦化することを可能にするのに十分な厚さで被着させる。第2ポリシリコン150を平坦化するのにCMPを用いると、トレンチ142のアスペクト比が大きい(すなわち、 $D/A \gg 1$)ので、小型デバイスと大型デバイス、または分離されたデバイスと入れ子にな

40

50

ったデバイスで、外因性ベースのポリシリコンの厚さに大きな差が生じないはずであることに留意されたい。内部延長領域104を形成して、内因性ベース108に外部領域102を電氣的に接続し、エミッタ106(図2)の縁部に外因性ベース101(図2)の縁部を自己整合させる。内部延長領域104を形成する第2ポリシリコン150のドーブ濃度は、第1ポリシリコン126(外部領域102)と同じにしてもよいし、デバイス性能を最適化するために異なるものとしてもよい。上記で述べたように、一実施形態では、内部延長領域104のドーパント濃度は、外部領域102よりも高い。図9には、好ましくは、ダミー・ペDESTAL140の上部表面162の下に内部延長領域104の上部を設ける方法も示す。すなわち、トレンチ142の一部が、ダミー・ペDESTAL140に隣接して存続し、それによって各内部延長領域104が覆われる。

10

【0021】

図10に、内部延長領域104を形成する代替方法を示す。この場合、内部延長領域104は、選択エピタキシャル成長によってシリコンとして形成される。具体的には、トレンチ142内にシリコンを選択的に成長させて内部延長領域104を形成し、それによって、内因性ベース108に外部領域102を電氣的に接続し、全体として外因性ベースをダミー・ペDESTAL140に自己整合させる。この場合、内部延長領域104を形成するためにCMPまたはエッチバックは必要ない。内部延長領域104は、その成長中にin-situでドーブするか、あるいは成長させた後で注入を行うことができ、それによって、外部領域102とは異なるドーブ濃度が得られる。簡単にするために、図10以外の図面には、シリコンの内部延長領域104は示していない。

20

【0022】

図11に、内部延長領域104とエミッタ106(図2)を電氣的に分離するための内部延長領域104用のキャップ158、すなわち誘電体層延長部の形成を示す。一実施形態では、キャップ158は、(図示しない)第3誘電体層を被着させ、次いで、それをダミー・ペDESTAL140の上部表面162および第2誘電体層128の上部表面まで平坦化またはエッチバックすることによって形成し、それによって内部延長領域104用のキャップ158が形成される。キャップ158は、トレンチ142を通して選択的に内部延長領域104を酸化することによって設けることもできる。図に示すように、この第3誘電体層は、第2誘電体層128と単一の誘電体層を形成することができる。あるいは、第2誘電体層128は、湿式またはRIEエッチングで除去することができ、内部延長領域104および外部領域102の上部表面を酸化することによって、内部延長領域104および外部領域102の上に単一の誘電体分離層を形成することができる。この場合、図11に示すように、この酸化物は、外因性ベース領域102および104の上部表面上にだけ形成されることになり、ダミー・ペDESTAL140の上部表面162上には形成されない。

30

【0023】

次に、図12に示すように、ダミー・ペDESTAL140を、例えば、選択RIEまたは湿式エッチングで第1誘電体層124の部分に対して選択的に除去して、第3エミッタ開口166を形成する。内部延長領域104を設けると、外因性ベース(領域102および104)と第3エミッタ開口166内に形成されるエミッタ106(図2)の自己整合を精密に制御することができる。

40

【0024】

図13に、第3エミッタ開口166の側壁上にスペーサ110を形成するところ示す。スペーサ110は、窒化シリコンなど現時点で周知の、または今後開発される任意のスペーサ材料を含み得る。スペーサ110により、エミッタと外因性ベースが電氣的に分離される。さらに、スペーサ110の幅により、最終的なエミッタのサイズおよびエミッタ縁部と外因性ベース縁部の最終的な間隔が決まる。この幅を調節してデバイス性能を向上させることができる。より具体的には、スペーサ110の幅を薄くして、スペーサの下のベース抵抗成分を最小限に抑え、それによってトランジスタのFmaxをさらに高くすることができる。

50

【 0 0 2 5 】

図 1 4 に、第 3 エミッタ開口 1 6 6 (図 1 3) 内にエミッタ 1 0 6 を形成するステップ後のトランジスタ構造を示す。図 1 3 のスペーサ 1 1 0 の形成後、湿式または R I E エッチングによって第 1 誘電体層 1 2 4 の露出部分を選択的に除去し、それによって内因性ベース 1 0 8 を露出させて、エミッタ 1 0 6 と内因性ベース 1 0 8 の間で電氣的な接触が行われるようにする。図 1 4 に、ドーブした第 3 のポリシリコン 1 7 2 を被着させパターン化して、第 3 エミッタ開口 1 6 6 内にエミッタ 1 0 6 を形成した結果を示す。エミッタ 1 0 6 の幅は、現在のリソグラフィの能力よりも狭い最小の幅、例えば 0 . 1 ミクロン未満になる。図 1 4 には、外部領域 1 0 2 および内部延長領域 1 0 4 を含む突出外因性ベース領域 1 0 1 (図 2) を画定する別のステップの結果も示す。図 1 4 に示す処理は単なる例であり、他の処理を施してエミッタ 1 0 6 を形成し、突出外因性ベース領域 1 0 1 (図 2) を画定するか、あるいは他の方法でトランジスタ 1 0 0 (図 2) を完成させることができることを理解されたい。トランジスタを完成させるための他のステップには、ドーパントを送り込む高温アニール、ならびにシリサイド、誘電体層、金属接点などの形成が含まれ、それによって図 2 に示すトランジスタ 1 0 0 が得られる。

10

【 0 0 2 6 】

図 3 ~ 図 1 4 に示す構造の具体的な形状および位置を調節し、依然として本発明の教示を実施することができることを理解されたい。例えば、図 1 5 ~ 図 2 0 を参照すると、上記プロセスのステップの一部の代替実施形態が示されている。この代替実施形態では、図 1 5 ~ 図 1 6 に示すように、全体を覆う第 1 誘電体層 1 2 4 を設けるのではなく、この層を、従来方式の (図 1 5 のフォトレジスト P R による) リソグラフィによってパターン化し、エッチングして、内因性ベース 1 0 8 の上にエッチ・ストップ・パッド 1 8 0 (図 1 6) を形成することができる。エッチ・ストップ・パッド 1 8 0 により、内因性ベース 1 0 8 の露出領域 1 8 2 が残る。図 1 7 に示すように、外因性ベース外部領域 1 8 4 が、エッチ・ストップ・パッド 1 8 0 と浅いトレンチ分離 1 2 3 の間の領域内で内因性ベース 1 0 8 に直接接触するように、第 1 ポリシリコン 1 2 6 および第 2 誘電体層 1 2 8 の被着を行うことができる。次いで、図 4 ~ 図 1 4 に示す実施形態の場合と同様な処理を行うことができる。この場合、第 1 開口 1 3 0 は、エッチ・ストップ・パッド 1 8 0 に位置合わせされ、それよりも小さくなるように、エッチ・ストップ・パッド 1 8 0 の上に形成される。次いで、図 5 ~ 図 7 に関して上記で説明し、図 1 8 に示すように、ダミー・ペDESTAL 1 4 0 およびトレンチ 1 4 2 を形成する。図 1 9 に示すように、トレンチ 1 4 2 内のエッチ・ストップ・パッド 1 8 0 を除去した後に、エッチ・ストップ・パッド 1 8 0 の一部 1 8 6 が残る。図 1 9 に、外因性ベース内部延長領域 1 8 8 を形成する第 2 ポリシリコン 1 5 0 も示す。外因性ベース内部延長領域 1 8 8 により、外因性ベース外部領域 1 8 4 が内因性ベース 1 0 8 に電氣的に接続され、突出外因性ベースがエミッタに自己整合する。

20

30

【 0 0 2 7 】

図 2 0 に示すように、部分 1 8 6 は、外因性ベース外部領域 1 8 4 と外因性ベース延長領域 1 8 8 の間に配置され、それによって、延長領域 1 8 8 が内因性ベースに接触する位置から離れた位置で、外部領域 1 8 4 が内因性ベース 1 0 8 に接触する。したがって、外因性ベース外部領域 1 8 4 は、図 2 に示す外部領域 1 0 2 に比べると、部分 1 8 6 の外側縁部と浅いトレンチ分離 1 2 3 の間の領域内で内因性ベース 1 0 8 に直接接触する。すなわち、外部領域 1 8 4 および延長領域 1 8 8 はそれぞれ、内因性ベース 1 0 8 に接触する。突出外因性ベース 1 8 4、1 8 8 および内因性ベース 1 0 8 の間の接触面積が大きくなると、全体としてベース抵抗値が小さくなる。浅いトレンチ分離 1 2 3 の縁部の近くで外因性ベース外部領域 1 8 4 と内因性ベース 1 0 8 の接触面積が大きくなると、ベース - コレクタ寄生容量 (C c b) が大きくなり得る。これは、浅いトレンチ分離 1 2 3 の縁部の近くで、外因性ベース外部領域 1 8 4 からベース / コレクタ接合部へのドーパントの拡散により生じる。ただし、外因性ベース外部領域 1 8 4 のドーブ濃度を低くすることによって、外因性ベース 1 8 4、1 8 8 と内因性ベース 1 0 8 の接触面積を大きく保ちながら、この寄生容量を低く保つことができる。これは、本明細書で説明する独特なトランジスタ

40

50

200 製作方法によって可能である。

【0028】

図21～図27を参照すると、上記のプロセスのステップの一部の別の代替実施形態が示されている。図21に示すように、この代替実施形態は、第1誘電体層124を被着させる前に熱酸化物層190を熱成長させることを含む。図21に示すように、この後の処理では、リソグラフィを利用して内因性ベース108の上の少なくとも第1ポリシリコン126を貫通する第1開口130の形成を行う。具体的には、基板120の上に（図示しない）フォトレジストを被着させ、それを露光し現像する。この代替実施形態の場合、図21～図22に示すように、第1開口130は、第2誘電体層128、第1ポリシリコン126および第1誘電体層124をエッチングし、熱酸化物層190上で選択的にエッチングを止めることによって形成する。次いで、第1開口130内に（図示しない）犠牲層を被着させて、第1開口130よりも小さい第2開口（図5の136）を形成する。この犠牲層を用いて、所望のエミッタ106（図2）のサイズを設定する。次に、第2開口（図6の136）内にフィラー材料（図6の138）を被着させる。図23に、（第2開口が存在したところの下に）得られたダミー・ペDESTAL140およびダミー・ペDESTAL140の周りのトレンチ142を示す。ダミー・ペDESTAL140は、異方性RIEエッチングによって犠牲層を除去し、湿式またはRIEエッチングによってフィラー材料を除去することによって形成される。トレンチ142は、第1誘電体層124までではなく、熱酸化物層190まで延びる。図24に、湿式エッチングによって、等方的かつ熱酸化物層190に対して選択的に、第1誘電体層124を陥凹させて、第1ポリシリコン126の下にレジ（またはキャビティ）194を形成するところを示す。この場合のエッチング化学物質は、例えば二酸化シリコンの第1誘電体層124が、熱酸化物層190よりも速くエッチングされるようなものである。図23および図24のエッチングは、所望のところに隣接して止めることができる。

10

20

【0029】

図25に、レジ194の下で、等方的かつ第1誘電体層124の縁部に対して選択的に熱酸化物層190を除去し、内因性ベース108までトレンチ142を延長するところを示す。この処理の結果、L形断面を有するトレンチ142が得られる。この場合のエッチング化学物質（例えば、気相フッ化水素酸）は、熱酸化物層190が第1誘電体層124よりも速くエッチングされるようなものである。熱酸化物層190は、ダミー・ペDESTAL140の下に残る。図26に、トレンチ142内に第2ポリシリコン150を被着させて、図27に示す外因性ベース内部延長領域204を形成するところを示す。この場合、延長領域204は、L形断面を有し、外部領域102の下を延び、それによって外部領域102との追加の接触領域が得られる。この構成により、突出外因性ベース102、204の全体的な抵抗値が小さくなり、デバイス性能が向上する。後続の処理は、図9～図14に示したものとほぼ同様に行われ、それによって、図27に示すように、トランジスタ300が生成される。

30

【0030】

図28～図32を参照すると、従来方式のリソグラフィ技術を利用して、ダミー・ペDESTALおよびそれに関連するトレンチを生成するための代替ステップが示されている。これらのステップには本発明の利点も示す。図28に、例えば窒化物の犠牲層334を中に被着させた後の第1開口330を示す。このステップは、第1開口330が完全に充填され、第2開口が形成されないように、犠牲層334を十分な厚さに被着させる点を除き、図5に示すものと類似のものである。図29に、第1開口330の外側で第2誘電体層128まで犠牲層334をエッチバックさせた後で、従来方式のリソグラフィ技術を利用してフォトレジスト・マスク308を形成するところを示す。図に示すように、フォトレジスト・マスク308は、第1開口330との位置合わせがずれている。フォトレジスト308と第1開口330の間の位置合わせ不良は、第1開口330およびフォトレジスト308のパターン形成を行うのに使用する2つの異なるマスク間の限界位置合わせ公差によるものである。図29に示すように、位置合わせがずれたフォトレジスト・マスク308

40

50

は、後でダミー・ペDESTAL 340 (図30)になる領域370をマスクするように形成される。この場合、図30に示すように、領域370 (図29)の外側および第1開口330 (図29)内で犠牲層334 (図29)を除去すると、ダミー・ペDESTAL 340および周囲トレンチ342が形成される。ダミー・ペDESTAL 340と第1開口330の間の位置合わせ不良により、非対称なトレンチ342が得られる。すなわち、ダミー・ペDESTAL 340およびトレンチ342が同心でなくなる。しかし、外因性ベース内部延長領域304 (図32)を生成する本発明の教示を実施すると、この位置合わせ不良が解消される。すなわち、図30に示すように、リソグラフィ技術により、第1開口330に対して相対的にダミー・ペDESTAL (およびエミッタ)の位置合わせ不良が生じても、第2ポリシリコン350 (図31)の被着により、非対称トレンチ342が完全に充填され、それによって、全体的な突出外因性ベースとエミッタの構造は、依然として自己整合している。具体的には、図32に示すように、外因性ベース内部延長領域304とエミッタ306の間隔は、スペーサ310によって決まり、リソグラフィによって生じる位置合わせ不良の影響を受けない。ただし、この場合、エミッタ306は、リソグラフィにより可能なサイズよりも小さくはならず、リソグラフィの能力によって制限される。外因性ベース内部延長領域304の幅は不均一になる。

10

【0031】

上記で概略を示した特定の実施形態に即して本発明を説明してきたが、当業者には多くの代替形態、改変形態および変形形態が明らかであることは明白である。したがって、上記で述べた本発明の実施形態は例示するためのものであり、限定するためのものではない。添付の特許請求の範囲に定義する本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、様々な変更を加えることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】従来方式で形成された均一な横方向ドーピング濃度を有する突出外因性ベースを含む従来技術のトランジスタを示す図である。

【図2】本発明に従って形成された突出外因性ベースを含むトランジスタを示す図である。

【図3】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図4】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

30

【図5】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図6】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図7】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図8】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図9】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図10】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図11】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図12】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図13】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

【図14】図2のトランジスタを形成するプロセスを示す図である。

40

【図15】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図16】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図17】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図18】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図19】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図20】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図21】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図22】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図23】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

【図24】図3～図14に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。

50

- 【図 25】図 3 ~ 図 14 に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。
 【図 26】図 3 ~ 図 14 に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。
 【図 27】図 3 ~ 図 14 に示すプロセスの代替実施形態のステップを示す図である。
 【図 28】本発明の利点を示す代替プロセスのステップを示す図である。
 【図 29】本発明の利点を示す代替プロセスのステップを示す図である。
 【図 30】本発明の利点を示す代替プロセスのステップを示す図である。
 【図 31】本発明の利点を示す代替プロセスのステップを示す図である。
 【図 32】本発明の利点を示す代替プロセスのステップを示す図である。

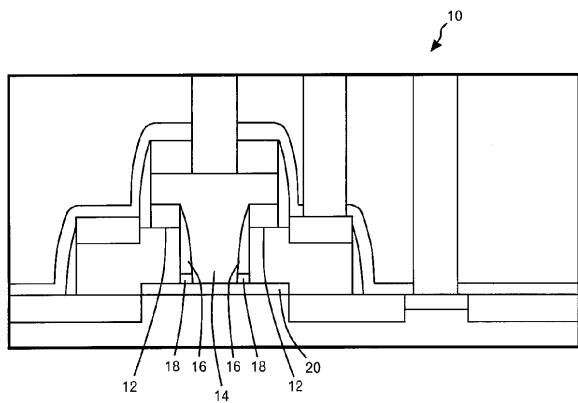
【符号の説明】

【0033】

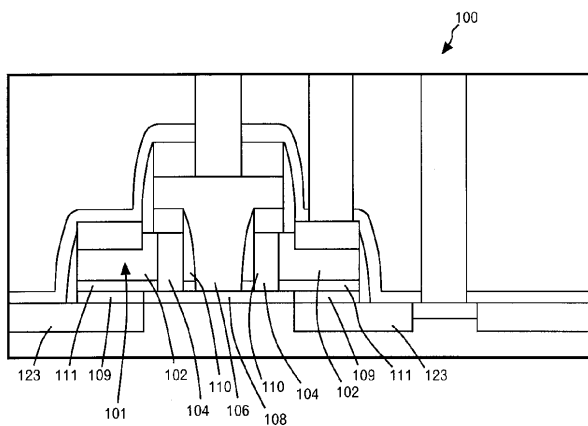
- | | | |
|-----|-------------------|----|
| 10 | トランジスタ | 10 |
| 12 | 突出外因性ベース | |
| 14 | エミッタ | |
| 16 | 側壁スペーサ | |
| 20 | 内因性 SiGe ベース | |
| 100 | 自己整合型バイポーラ・トランジスタ | |
| 101 | 突出外因性ベース | |
| 102 | 外因性ベース外部領域 | |
| 104 | 外因性ベース内部延長領域 | |
| 106 | エミッタ | 20 |
| 108 | 内因性ベース | |
| 109 | 内因性ベース外部領域 | |
| 110 | スペーサ | |
| 111 | 誘電体層 | |
| 120 | 結晶質シリコン基板 | |
| 121 | コレクタ・リーチスルー領域 | |
| 122 | コレクタ領域 | |
| 123 | 浅いトレンチ分離 | |
| 124 | 第 1 誘電体層 | |
| 126 | 第 1 ポリシリコン | 30 |
| 128 | 第 2 誘電体層 | |
| 130 | 第 1 開口 | |
| 134 | 犠牲層 | |
| 136 | 第 2 開口 | |
| 138 | フィラー材料 | |
| 140 | ダミー・ペDESTAL | |
| 142 | 周囲トレンチ | |
| 150 | 第 2 ポリシリコン | |
| 158 | キャップ | |
| 162 | 上部表面 | 40 |
| 166 | 第 3 エミッタ開口 | |
| 172 | ドーブした第 3 のポリシリコン | |
| 180 | エッチ・ストップ・パッド | |
| 182 | 露出領域 | |
| 184 | 外因性ベース外部領域 | |
| 186 | エッチ・ストップ・パッドの一部 | |
| 188 | 外因性ベース内部延長領域 | |
| 190 | 熱酸化物層 | |
| 194 | レッジ (またはキャビティ) | |
| 200 | トランジスタ | 50 |

- 204 外因性ベース内部延長領域
- 300 トランジスタ
- 304 外因性ベース内部延長領域
- 306 エミッタ
- 308 フォトレジスト・マスク
- 310 スペース
- 330 第1開口
- 334 犠牲層
- 340 ダミー・ペDESTAL
- 342 周囲トレンチ
- 350 第1ポリシリコン
- 370 領域

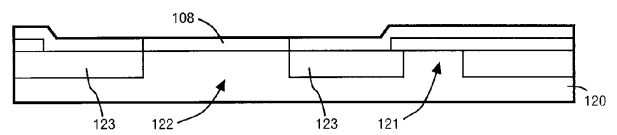
【図1】



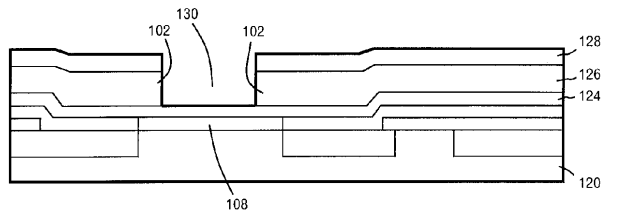
【図2】



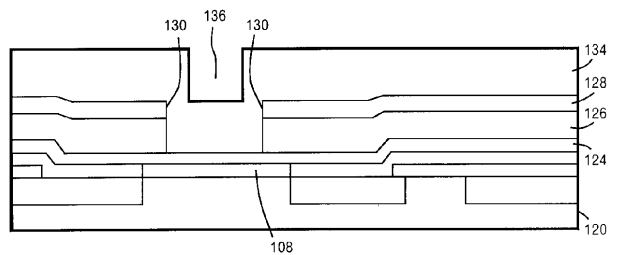
【図3】



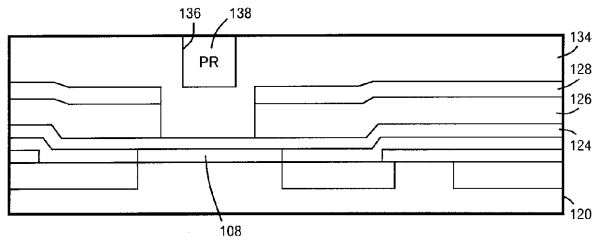
【図4】



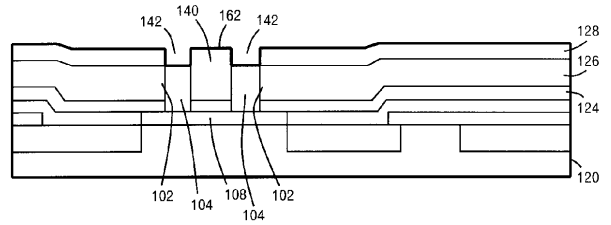
【図5】



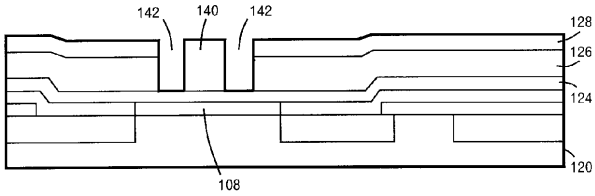
【 図 6 】



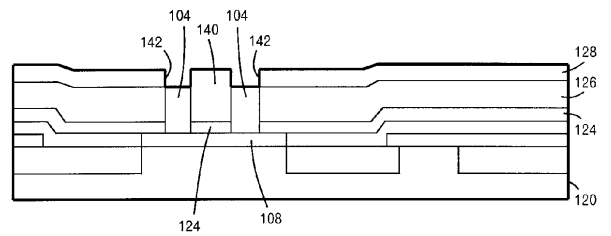
【 図 9 】



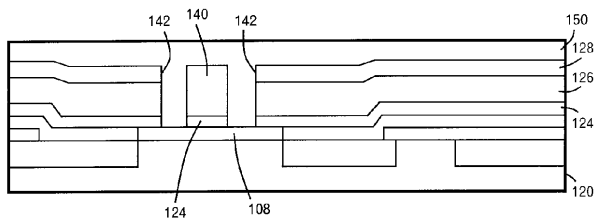
【 図 7 】



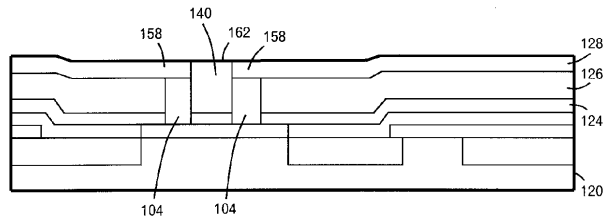
【 図 10 】



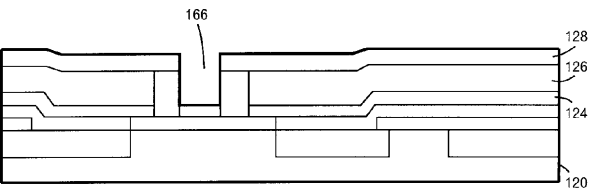
【 図 8 】



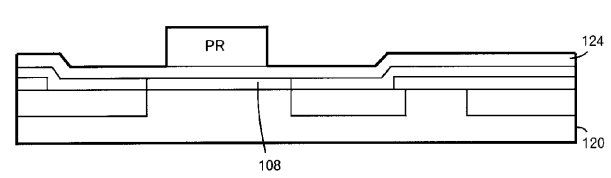
【 図 11 】



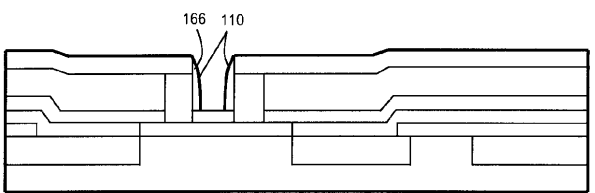
【 図 12 】



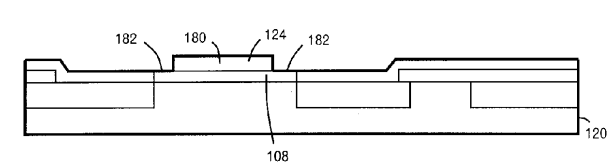
【 図 15 】



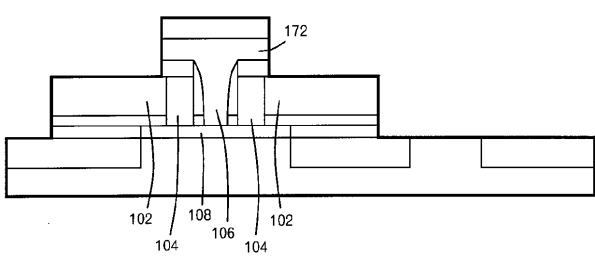
【 図 13 】



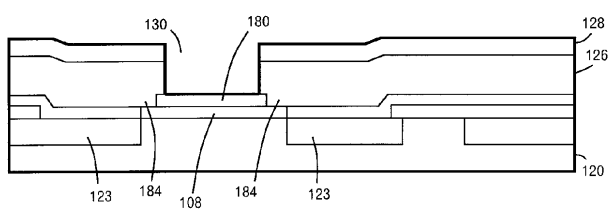
【 図 16 】



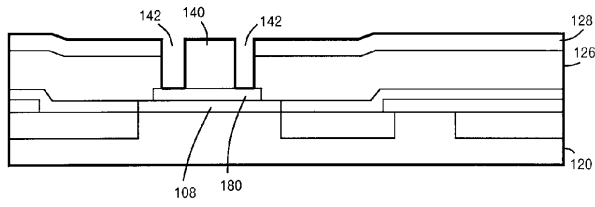
【 図 14 】



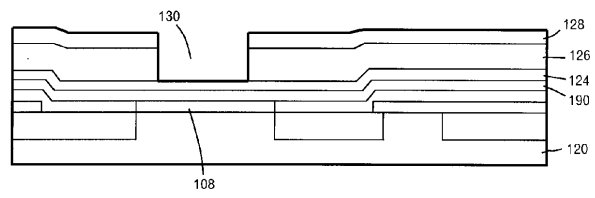
【 図 17 】



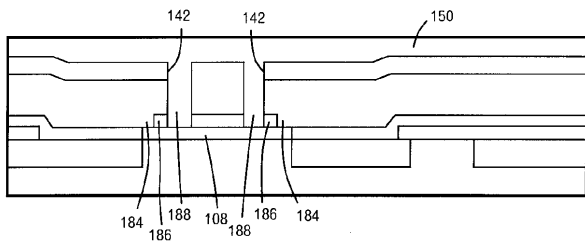
【 図 18 】



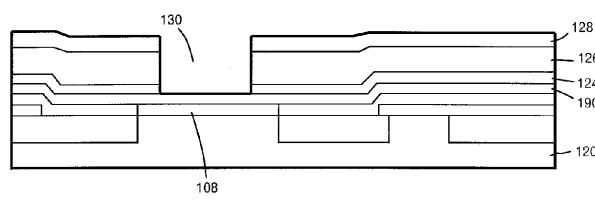
【 図 21 】



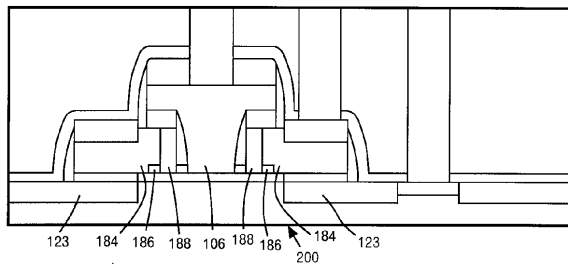
【 図 19 】



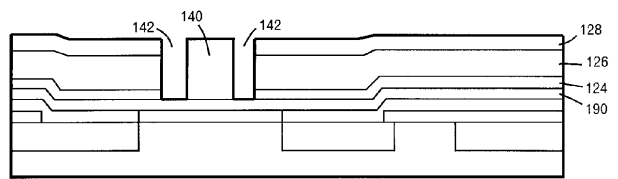
【 図 22 】



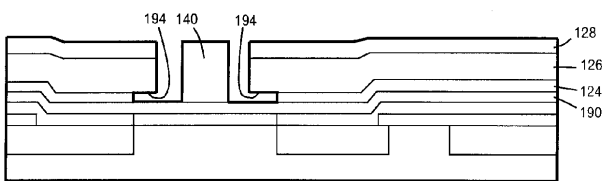
【 図 20 】



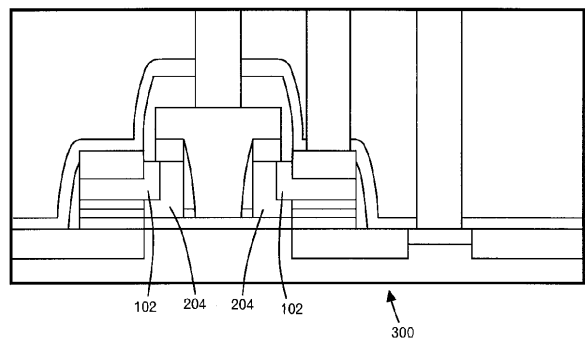
【 図 23 】



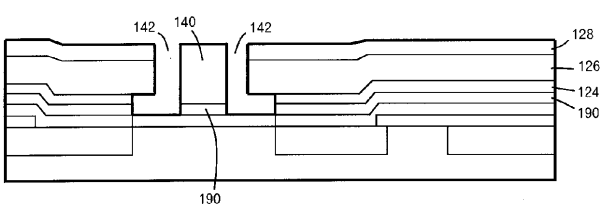
【 図 24 】



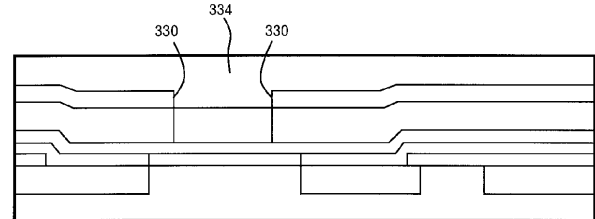
【 図 27 】



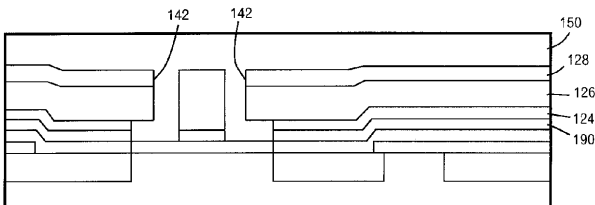
【 図 25 】



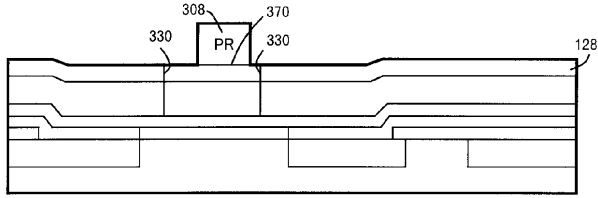
【 図 28 】



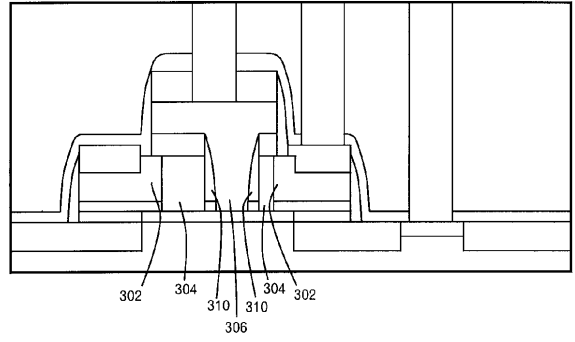
【 図 26 】



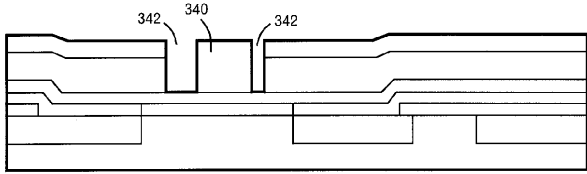
【 図 2 9 】



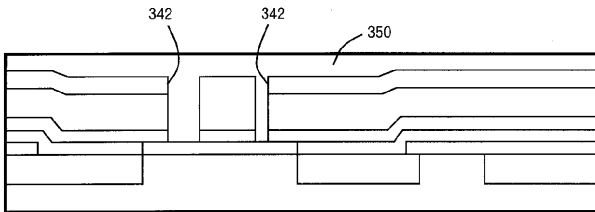
【 図 3 2 】



【 図 3 0 】



【 図 3 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 グレゴリー・ジー・フリーマン

アメリカ合衆国 1 2 5 3 3 ニューヨーク州ホープウェル・ジャンクション セバスチャン・コート 2 3

(72)発明者 マーワン・エイチ・ハター

アメリカ合衆国 1 2 6 0 1 ニューヨーク州ポーキープシー ハドソン・ハーバー・ドライブ 6 0 6

(72)発明者 フランソワ・パジエツテ

アメリカ合衆国 1 2 5 2 4 ニューヨーク州フィッシュキル マックス・ウェイ 1 5 0 8

Fターム(参考) 5F003 AP05 BA27 BB06 BB07 BB08 BB90 BC08 BE07 BE08 BE90

BF06 BG06 BH06 BM01 BM06 BP06 BP33 BP93 BP94 BS04

BS07 BS08