

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6188205号  
(P6188205)

(45) 発行日 平成29年8月30日(2017.8.30)

(24) 登録日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.

H01L 29/732 (2006.01)  
H01L 21/331 (2006.01)

F 1

H01L 29/72

P

請求項の数 20 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2013-143177 (P2013-143177)  
 (22) 出願日 平成25年7月9日 (2013.7.9)  
 (65) 公開番号 特開2014-17487 (P2014-17487A)  
 (43) 公開日 平成26年1月30日 (2014.1.30)  
 審査請求日 平成28年7月6日 (2016.7.6)  
 (31) 優先権主張番号 13/545,746  
 (32) 優先日 平成24年7月10日 (2012.7.10)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 504199127  
 エヌエックスピー ユーエスエイ インコ  
 ーポレイテッド  
 N X P U S A, I n c.  
 アメリカ合衆国 テキサス州 78735  
 オースティン ウィリアム キャノン  
 ドライブ ウエスト 6501  
 (74) 代理人 100142907  
 弁理士 本田 淳  
 (72) 発明者 シン リン  
 アメリカ合衆国 85045 アリゾナ州  
 フェニックス ウエスト グレンヘイブ  
 ン ドライブ 2816

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】高降伏電圧を有するバイポーラトランジスタ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

バイポーラトランジスタにおいて、

上面を有した、第1の導電型の第1の半導体(S C)領域であって、該第1の半導体(S C)領域の内部に前記第1の導電型のベース領域、前記第1の導電型とは反対の第2の導電型のエミッタ領域、前記エミッタ領域から側方に分離される前記第1の導電型のベースコンタクト領域、および前記ベースコンタクト領域から側方に分離される前記第2の導電型のコレクタコンタクト領域を有する、第1の半導体(S C)領域と、

前記コレクタコンタクト領域に結合される前記第2の導電型のコレクタ領域であって、前記コレクタ領域は前記第1の半導体(S C)領域に包囲され、及び、前記ベースコンタクト領域及び前記コレクタコンタクト領域の下方では前記コレクタ領域の底面が深くまで延びている、コレクタ領域と、

前記コレクタ領域から側方に離間されるとともに少なくとも部分的に前記エミッタ領域の下に位置する前記第2の導電型のフローティングコレクタ領域とを備える、バイポーラトランジスタ。

## 【請求項 2】

前記フローティングコレクタ領域の中央部分は、前記エミッタ領域の下に位置するとともに、前記エミッタ領域から前記ベース領域の第1の部分によって垂直方向に分離される、

請求項1に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 3】**

前記フローティングコレクタ領域の前記中央部分は、前記エミッタ領域の直下のロケーションから前記コレクタ領域に向かって0よりも大きい第1の距離だけ側方に伸張する、請求項2に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 4】**

前記第1の距離は、少なくとも約0.1マイクロメートルである、請求項3に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 5】**

前記コレクタ領域および前記フローティングコレクタ領域は、前記ベース領域に連通する前記第1の半導体領域のさらなる部分によって側方に離間分離され、10

前記第1の半導体領域(25)の前記さらなる部分は、第1の横幅を有する、請求項1に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 6】**

前記第1の横幅は、少なくとも約0.1マイクロメートルである、請求項5に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 7】**

前記コレクタ領域の中央部分は、前記ベースコンタクト領域から前記ベース領域の第2の部分によって垂直方向に分離される、20

請求項1に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 8】**

前記ベース領域の前記第2の部分は、前記ベースコンタクト領域から前記コレクタ領域の上側部分に向かって少なくとも約0.25マイクロメートルの第2の距離だけ伸張する、25

請求項7に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 9】**

前記フローティングコレクタ領域は、前記第1の半導体領域の第1の下位部分によって実質的に包囲される、30

請求項1に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 10】**

前記コレクタ領域は、前記第1の半導体領域の第2の下位部分によって実質的に側方で包囲される、35

請求項9に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 11】**

前記バイポーラトランジスタは、前記第1の半導体領域の下に位置する絶縁層をさらに備える、40

請求項1に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 12】**

前記バイポーラトランジスタはさらに、前記上面に隣接するとともに前記エミッタ領域、前記ベースコンタクト領域、および前記コレクタコンタクト領域を側方で分離する側方絶縁構造を備える、45

請求項1に記載のバイポーラトランジスタ。

**【請求項 13】**

バイポーラトランジスタを形成するための方法において、

第1の導電型の第1の半導体領域を有する基板を設ける工程と、

前記第1の半導体領域内に、前記第1の導電型とは反対の第2の導電型の互いに離間したコレクタ領域およびフローティングコレクタ領域であって、前記コレクタ領域は前記第1の半導体(SC)領域に包囲され、及び、前記ベースコンタクト領域及び前記コレクタコンタクト領域の下方では前記コレクタ領域の底面が深くまで延びている、コレクタ領域およびフローティングコレクタ領域を形成する工程と、

前記第1の半導体領域内に、前記フローティングコレクタ領域から垂直方向に分離され50

るとともに少なくとも部分的に前記フローティングコレクタ領域の上に重なる、前記第2の導電型のエミッタ領域を形成するとともに、前記コレクタ領域に結合されるとともに前記エミッタ領域から側方に分離される前記第2の導電型のコレクタコンタクト領域を形成する工程と、

前記第1の半導体領域内に、前記コレクタ領域から垂直方向に分離されるとともに前記エミッタ領域から側方に分離される前記第1の導電型のベースコンタクト領域を形成する工程と

を備える、方法。

**【請求項14】**

前記側方に分離されるエミッタ領域およびベースコンタクト領域を形成することは、第10  
1の側方絶縁構造を使用して実行され、

前記側方に分離されるベースコンタクト領域およびコレクタコンタクト領域を形成することは、第2の側方絶縁構造を使用して実行される、

請求項13に記載の方法。

**【請求項15】**

前記側方に分離されるエミッタ領域、ベースコンタクト領域、およびコレクタ領域を形成する工程は、前記第1の側方絶縁構造および前記第2の側方絶縁構造を、(i)両方をシャロー・トレーナー・アイソレーション(STI)領域として、または(ii)両方をSC金属合金遮断(SC-MAB)領域として、または(iii)前記第1の側方絶縁構造がSTI領域である場合は前記第2の側方絶縁構造がSC-MAB領域であり、もしくは、前記第1の側方絶縁構造がSC-MAB領域である場合には前記第2の側方絶縁構造がSTI領域(291)である、それらの組み合わせとして、形成することを含んでなる、  
20

請求項14に記載の方法。

**【請求項16】**

前記エミッタ領域と前記フローティングコレクタ領域との間にある前記第1の半導体領域の第1の部分と、前記コレクタ領域の一部にわたって側方に伸張する第2の部分と、前記コレクタ領域と前記フローティングコレクタ領域との間の別の部分とを有する前記第1の導電型のベース領域を形成する工程をさらに備える、

請求項13に記載の方法。

**【請求項17】**

前記ベース領域を形成する工程は、いずれかの順序で、前記第1の半導体領域のより狭い部分に前記第1の導電型の不純物をドープすることと、前記第1の半導体領域の部分に前記第2の導電型の不純物をドープすることによって前記コレクタ領域およびフローティングコレクタ領域を形成することとを含んでなる、  
30

請求項16に記載の方法。

**【請求項18】**

バイポーラトランジスタにおいて、

上面を有した第1の導電型の第1の半導体(SC)領域であって、該第1の半導体(SC)領域の内部にエミッタ領域、ベースコンタクト領域およびコレクタコンタクト領域を有する第1の半導体(SC)領域と、  
40

前記エミッタ領域の下に位置するが、前記第1の半導体領域の第1の部分によって前記エミッタ領域から垂直方向に分離される、前記第1の半導体領域内の前記第1の導電型とは反対の第2の導電型の第2の半導体領域であって、前記第2の半導体領域は、前記ベースコンタクト領域に向かって側方に伸張するが前記ベースコンタクト領域には届かない中央部分を有する、第2の半導体領域と、

前記第1の半導体領域内の前記第2の導電型の第3の半導体領域であって、前記第3の半導体領域は前記第1の半導体(SC)領域に包囲され、及び、前記ベースコンタクト領域及び前記コレクタコンタクト領域の下方では前記第3の半導体領域の底面が深くまで延びている、第3の半導体領域と

を備え、  
50

前記第2の半導体領域は、前記コレクタコンタクト領域の下に位置するとともに前記コレクタコンタクト領域にオーミック結合される第1の部分、および前記第3の半導体領域の前記第1の部分にオーミック結合されるとともに、少なくとも前記ベースコンタクト領域にオーミック結合される前記第1の半導体領域の第2の部分によって部分的に前記上面から分離される第2の部分を有し、

前記第3の半導体領域は、前記第1の半導体領域の第3の部分によって前記第2の半導体領域から側方に分離される、バイポーラトランジスタ。

【請求項19】

前記第3の半導体領域は、前記第1の半導体領域の第1の下位部分によって実質的に包围される、

10

請求項18に記載のバイポーラトランジスタ。

【請求項20】

前記第2の半導体領域は、前記第1の半導体領域の第2の下位部分によって実質的に側方で包囲される、

請求項18に記載のバイポーラトランジスタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して半導体デバイスおよび回路ならびに半導体デバイスおよび回路を作製する方法に関し、より詳細には、バイポーラトランジスタを具現化する半導体デバイスおよび回路に関する。

20

【背景技術】

【0002】

バイポーラトランジスタは、個々のデバイスおよびさまざまな集積回路（I C）の一部として、現代電子工学において多く使用されている。バイポーラトランジスタが特に要求される用途は、とりわけ、接地およびハイサイド（非接地）用途の両方にとって相対的に高い降伏電圧が所望される自動車および航空機の分野において生じる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

30

【特許文献1】米国特許第6,724,066号

【特許文献2】米国特許第7,375,410号

【特許文献3】米国特許第7,495,312号

【特許文献4】米国特許出願公開第2012/0098096号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

そのようなバイポーラトランジスタは、I Cの一部として金属酸化膜半導体（M O S）デバイスおよび／または相補型バイポーラM O S（B i - C M O S）デバイスのような電界効果トランジスタ（F E T）と同時に、かつ多くの場合同じ基板上に製造される場合にさらに複雑になる可能性がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

特に、他のタイプのデバイスを利用する場合があるI Cとの関連において、改善された高電圧バイポーラトランジスタおよびその製造方法が継続して必要とされている。大きなハイサイド能力を有する高降伏電圧バイポーラトランジスタが、他のデバイスの修正とともにフローティングコレクタ領域を含むことによって提供されることが分かった。

【図面の簡単な説明】

【0006】

50

以下、添付の図面とともに本発明を説明する。同様の参照符号は同様の要素を示す。

【図1】本発明の一実施形態による改善されたバイポーラトランジスタの中心線を中心とした簡略化された断面図。

【図2】本発明のまたさらなる実施形態による一製造段階中の図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図3】本発明のまたさらなる実施形態による一製造段階中の図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図4】本発明のまたさらなる実施形態による一製造段階中の図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図5】本発明のまたさらなる実施形態による一製造段階中の図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。 10

【図6】本発明のまたさらなる実施形態による一製造段階中の図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図7】本発明のまたさらなる実施形態による一製造段階中の図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図8】本発明のまたさらなる実施形態による一製造段階中の図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図9】本発明のまたさらなる実施形態による一製造段階中の図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図10】本発明のまたなおさらなる実施形態による図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。 20

【図11】本発明のまたなおさらなる実施形態による図1のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図12】本発明の別の実施形態による改善されたバイポーラトランジスタの中心線を中心とした簡略化された断面図。

【図13】本発明のまた他の実施形態による一製造段階中の図12のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

【図14】本発明のまた他の実施形態による一製造段階中の図12のバイポーラトランジスタを示す簡略化された断面図。

#### 【発明を実施するための形態】

30

#### 【0007】

下記の詳細な記載は本質的に例示に過ぎず、本発明または本発明の適用および使用を限定することは意図されていない。さらに、上記技術分野、背景技術、または以下の詳細な説明で提示される、いかなる表示または暗示された理論によっても束縛されることはない。

#### 【0008】

簡潔かつ明瞭な説明のために、図面は一般的な構築様式を示し、既知の特徴および技法の説明および詳細は、本発明を必要に曖昧にすることを回避するために省略される場合がある。加えて、図面内の要素は必ずしも原寸に比例して描かれてはいない。たとえば、本発明の実施形態の理解の向上を助けるために、図面内の要素または領域のうちのいくつかの寸法は他の要素または領域に対して誇張されている場合がある。 40

#### 【0009】

本記載および特許請求の範囲における「第1」、「第2」、「第3」、「第4」などの用語がある場合、これらは、同様の要素またはステップ間で区別するために使用されることができ、必ずしも特定の連続する、または経時的な順序を説明するためのものではない。このように使用される用語は、本明細書に記載されている本発明の実施形態がたとえば、本明細書において例示または他の様態で記載されている以外の順序で動作または配列することが可能であるように、適切な状況下で置き換え可能であることが理解されるべきである。さらに、「備える（comprise）」、「含む（include）」、「有する（have）」といった用語およびそれらの任意の変化形は非排他的な包含をカバーす 50

るよう意図され、それによって、要素またはステップのリストを含むプロセス、方法、製品、または装置が必ずしもそれらの要素またはステップに限定されず、明示的に列挙されていない、またはこのようなプロセス、方法、製品、または装置に内在する他の要素またはステップを含むことができる。本明細書において使用される場合、「結合される（coupled）」という用語は、電気的または非電気的な様式で直接的または間接的に接続されるものとして定義される。本明細書において使用される場合、「実質的な（substantial）」および「実質的に（substantially）」という用語は、記述されている目的を実際的な様式で達成するのに十分であること、および、軽度の不備がある場合、それらは記述されている目的にとって重大ではないことを意味する。

## 【0010】

10

本明細書において使用される場合、「半導体（semiconductor）」という用語および略称「SC」は、単結晶、多結晶または非結晶質のいずれであるかにかかわらず任意の半導体を含むとともに、IV族半導体、非IV族半導体、化合物半導体ならびに有機および無機半導体を含むように意図される。さらに、「基板（substrate）」、「半導体基板（semiconductor substrate）」、および「SC基板（SC substrate）」という用語は、単結晶構造、多結晶構造、非結晶構造、薄膜構造、重層構造、限定であるようには意図されず例として、セミコンダクタ・オン・インシュレータ（SOI）構造またはインシュレータ・オン・セミコンダクタ（IOS）構造、およびそれらの組み合わせを含むように意図されている。「ハイサイド」能力は、トランジスタまたは他のデバイスの基準端子が接地または他の共通回路基準電位になく、より高い電圧にある構成においてトランジスタまたは他のデバイスを利用するとする状況を指す。そのような状況は自動車および航空機電子機器の用途において一般的である。

## 【0011】

20

説明を簡潔にするために、かつ限定であるようには意図されず、半導体デバイスおよび作製方法は、本明細書においてシリコン半導体について記載されているが、他の半導体材料も使用してもよいことを当業者は理解しよう。付加的に、さまざまなデバイスの型および／またはドープされたSC領域がN型またはP型であるとして特定されている場合があるが、これは説明を簡潔にするためのものに過ぎず、かつ限定であるようには意図されず、このような特定は「第1の導電型」または「第2の反対の導電型」であるものとしてより一般的な記載に置き換えることができ、ここで、第1の型はNまたはP型のいずれかであり得、その場合、第2の型はPまたはN型のいずれかであり得る。本発明のさまざま実施形態を、NPNバイポーラトランジスタについて示すが、ここでも、これは説明を簡便にするためのものに過ぎず、限定であるようには意図されない。PNPトランジスタならびにNPNおよびPNPの組み合わせのいずれかもしくは両方を具現化する他の半導体デバイスおよび回路が、さまざま領域において導電型を適切に交換することによって提供され得ることを、当業者は理解しよう。

## 【0012】

30

特に、他のタイプのデバイスを利用する場合があるICとの関連において、改善された高電圧バイポーラトランジスタおよびその製造方法が継続して必要とされている。大きなハイサイド能力を有する高降伏電圧バイポーラトランジスタが、他のデバイスの修正とともにフローティングコレクタ領域を含むことによって提供されることが分かった。図1は、本発明の一実施形態による改善されたバイポーラトランジスタ20の簡略化された断面図を中心線19から側方に示す。トランジスタ20は、上面221を有する例えばシリコン半導体の基板22を備える。基板22は、好適にはトランジスタ20にとっての支持または「ハンドル」ウェハとしての役割を果たす。半導体（たとえば、シリコン）ウェハは基板22にとって好適であるが、トランジスタ20の製造工程に耐えるように適合される任意のタイプの材料（たとえば、絶縁体、半導体、導体またはそれらの組み合わせ）が使用されてもよい。厚さ241を有する絶縁誘電体層24が、好適には基板22の表面221の上に重なるが、他の実施形態では省かれてもよい。誘電体層24の上に

40

50

は、その中または上にトランジスタ 20 が形成される半導体 (SC) 領域または層 25 が重なる。SC 領域 25 は上面 251 を有する。括弧 26 によって指示されるように、SC 領域 25 と下に位置する誘電体または絶縁層 24 との組み合わせは、セミコンダクタ・オシ・インシュレータ (SOI) 構造 26 とも称される。基板 22 は、SOI 構造 26 にとっても「ハンドル」としての役割を果たす。そのような構造は、ハイサイド能力が所望される自動車、航空機および他の用途に関連して多く使用されるが、本発明の実施形態は、非ハイサイド用途に使用されてもよく、かつ / または絶縁層 24 を有しなくてもよい。

#### 【0013】

NPNトランジスタについて、トランジスタ 20 が形成される SC 領域 25 は、P型であり得る。図1の実施形態において、ほぼ同様の厚さ 294 を有する互いに離間されたシャロー・トレーナ・アイソレーション (STI) 領域 291、292、293（まとめて 29）、およびディープ・トレーナ・アイソレーション (DTI) 領域 31 は、上面 251 に隣接するかまたはそこまで伸張して SC 領域 25 内に位置する。STI 領域 29 は、より一般的には側方誘電体構造 29（lateral dielectric structure 29）とも称される。DTI 領域 31 は、望ましくは、ドープされた多中心コア (doped poly central core) 311 を有するが、他の実施形態では省かれてもよい。そのような分離領域は従来のものである。同じ導電型（たとえば、N型）の互いに離間されたドープ領域 27、28 は、SC 領域 25 内に位置する。SC 領域 25 の部分は、ドープ領域 27 および 28 の両方を側面に沿って（lateral 1y）包囲し、その下に位置する。参照符号 261 は、SC 領域 25 の、ドープ領域 27 および 28 の下に位置する部分を識別し、参照符号 254 は、SC 領域 25 の、側方で領域 27 のドープ部分 273 と領域 28 のドープ部分 283 との間にある部分を識別し、参照符号 260 は、SC 領域 25 の、側方でドープ領域 28 の右にある部分を識別し、参照符号 64 は、SC 領域 25 の、表面 251 の下および / またはシャロー・トレーナ・アイソレーション (STI) 領域 291、292 の下でドープ領域 27 および 28 の上に重なる部分を識別する。部分 64 は、本明細書においては「ベース 64」とも称され、左側部分 252 および右側部分 253 を有する。（たとえば、中心線 19を中心とする）平面図においてドープ領域 28 が閉じた形状を有する場合、部分 260 はドープ領域 28 を側面に沿って包囲する。

#### 【0014】

ドープ領域 28 は、トランジスタ 20 のコレクタとしての役割を果たし、以下コレクタ領域 28 と称する。コレクタ領域 28 は、厚さ 301 を有する（たとえば、N+）コレクタコンタクト領域 30 を有し、コレクタコンタクト領域は、望ましくは表面 251 に隣接して位置するが、他の実施形態では他の場所に位置してもよい。SC 表面 251 の第1の部分 46 内に位置するコレクタコンタクト領域 30 は、ドープ領域 28 にオーミック結合される。コレクタコンタクト領域 30 は、コレクタ電極 32 およびコレクタ端子 33 にもオーミック結合される。ドープ領域 27 は、コレクタ領域 28 から離間されるとともにコレクタ領域 28 に関して電気的に浮動である。すなわちドープ領域 27 は、領域 27 および 28 が共通の SC 領域 25 内に位置しているにもかかわらず、コレクタ領域 28 とのオーミック接続を有しない。図2～図11および図13～図14に関連してより詳細に説明されるように、（たとえば、N型）ドープ領域 27 および 28 は、好適には同時に形成され、同様のドーピングプロファイルを有するが、他の実施形態では別個に形成され、かつ / または異なるドーピングプロファイルを有してもよい。領域 27 および 28 が同じドーピング型を有し、同時に形成され得ることを好適に想起させるものとして、ドープ領域 27 は、本明細書においては、コレクタ領域 28 との直接接続を有しないにもかかわらず、「フローティングコレクタ領域」27 と称される。言い換えれば、「フローティングコレクタ」および「フローティングコレクタ領域」27 と言う用語は、コレクタ領域 28 と同じドーピング型であるが、物理的にはそれから分離されており、コレクタ領域 28 に対するオーミック接続を有しない SC 領域を指す。

#### 【0015】

10

20

30

40

50

コレクタコンタクト領域 30 およびコレクタ電極 32 から側方に離間して、垂直厚さ 341 を有する（たとえば、N+）エミッタ領域 34 は、SC 表面 251 の第 3 の部分 44 内に位置している。エミッタコンタクト 36 およびエミッタ端子 37 は、その上に重なっている。エミッタ領域 34 は、望ましくは基板 25 の表面 251 に隣接して位置しているが、他の実施形態では他の場所に位置してもよい。同時に形成されるとき、エミッタ領域厚さ 341 およびコレクタコンタクト領域厚さ 301 は、実質的に同じであるが、他の実施形態では、厚さ 341、301 は異なってもよい。エミッタ領域 34 は、フローティングコレクタ領域 27 の上に重なっているが、それとはオーミック接触していない。エミッタ領域（たとえば、N+）34 および（たとえば、N 型）フローティングコレクタ領域 27 は、SC 領域 25 のベース領域 64 の（たとえば、P 型）左側部分 252 によって分離されている。SC 領域 25 の部分 252 は、トランジスタ 20 のベースの一部を形成する。エミッタ領域 34 は、SC 領域 25 の（たとえば、P 型）ベース領域 64 の左側部分 252 との（たとえば、NP）接合を形成する。フローティングコレクタ領域 27 は、SC 領域 25 の表面 251 から距離または深さ 276 だけ離れて位置する。  
10

#### 【0016】

側方でコレクタコンタクト領域 30 とエミッタ領域 34 との間で、SC 表面 251 の第 2 の部分 45 内に垂直厚さ 39 を有するベースコンタクト領域 38 が位置しており、第 2 の部分 45 は、ベース電極 40 およびベース端子 41 を有する。ベースコンタクト領域 38（たとえば、P+）は、SC 領域 25 のベース領域 64 の（たとえば、P 型）左側部分 252 および右側部分 253 とオーミック接触しており、トランジスタ 20 のベースの一部を形成する。図 2～図 11 および図 13～図 14 に関連してより十分に説明されるように、ベース部分 252 および 253 は、好適には同時に（たとえば、ベース領域 64 の一部として）形成され、それゆえ、好適には同様のドーピングを有し得るが、他の実施形態ではそれらは異なるドーピングレベルを有し、異なる製造段階において形成されてもよい。図 1において、エミッタ領域 34 は、第 1 の STI 領域 291 によってベースコンタクト領域 38 から側方に分離され、好適には SC 領域 25 の上面 251 に隣接して位置する。同様に、ベースコンタクト領域 38 は、第 2 の STI 領域 292 によってコレクタコンタクト領域 30 から側方に分離され、同じく好適には表面 251 に隣接して位置する。第 3 の STI 領域 293 は、コレクタコンタクト領域 30 の右に伸張し、DTI 領域 31 に隣接する。トランジスタ 20 が（たとえば、中心線 19 を中心とした）平面図において閉じた形状を有する場合、右半分の断面は、中心線 19 の右の図 1 に示されている構成を有し得、左半分の断面（図示せず）は、中心線 19 を中心とした図 1 の鏡像であり得るが、他の実施形態では他の閉じたおよび閉じていない平面図の形状が使用されてもよい。  
20  
30

#### 【0017】

図 1 の実施形態に示されているトランジスタ 20 の他の特徴は、以下のとおりである。コレクタ領域 28 は、実質的にコレクタコンタクト領域 30 の下に位置するより深い部分 281、および実質的にベースコンタクト領域 38 の下に位置するより深い部分 282 を有する。より深いコレクタ部分 281、282 は、垂直方向により狭くほぼ水平に向いた中央コレクタ部分 283 によって結合され、中央コレクタ部分 283 は、この実施形態では、コレクタコンタクト領域 30、ベースコンタクト領域 38 および STI 領域 291、292 の一部の下に位置する。中央コレクタ部分 283 は、ベース部分 253 の下に位置し、この実施形態では、距離 258 だけベースコンタクト領域 38 の左に、およびまたより深い部分 282 の左にいくらか伸張している。ベース部分 253 は、コレクタ部分 283 と（この実施形態では）STI 領域 291、292 およびベースコンタクト領域 38 との間にあり、距離 259 だけベースコンタクト領域 38 の右に伸張し、そこで、より深い部分 281 の上に重なっているコレクタ領域 28 のより広い上側部分 284 の左端 285 に接続する。その形成方法の結果として、コレクタ領域 28 の上側部分 284 は、好適にはより深い部分 281 よりもいくぶん側方に広いが、他の実施形態で他の寸法を有してもよい。中央コレクタ部分 283 の上面は、表面 251 から下に深さ 286 である。深さ 286 は、上側コレクタ部分 284 の厚さをも特定する。中央コレクタ部分 283 の下面は  
40  
50

、表面 251 から下に深さ 287 である。したがって、中央コレクタ部分 283 の垂直厚さは、深さ 286 と 287との間の寸法の差である。より深いコレクタ部分 281 の底面は、表面 251 から下に深さ 288 であり、これもコレクタ領域 28 の全体の深さを特定する。より深いコレクタ部分 271、281、282 は、他の実施形態では省かれてもよい。

#### 【0018】

フローティングコレクタ領域 27 は、実質的にエミッタ領域 34 の下に位置するより深い部分 271 と、上側部分 273 を有する。上側部分 273 は、より深い部分 271 の上に重なっており、ベース領域 64 の左側部分 252 によって第 1 の STI 領域 291 から分離されている。上側フローティングコレクタ部分 273 は、表面 251 から下に深さ 276 である。左側ベース部分 252 は、フローティングコレクタ 27 とエミッタ領域 34 および第 1 の STI 領域 291 との間にある。同時に形成されるとき、ベース部分 252、253 は、同様の厚さを有するが、他の実施形態では、ベース部分 252、253 の厚さは異なってもよい。コレクタ部分 283 およびフローティングコレクタ部分 273 は互いに向かって伸張しているが、SC 領域 25 の部分 254 によって分離されている。部分 254 は、横幅 255 を有する。部分 254 は、トランジスタ 20 のベース 64 に連通する。フローティングコレクタ領域 27 の中央部分 273 は、コレクタ領域 28 の中央部分 283 と類似であり、フローティングコレクタ領域 27 のより深い部分 271 はコレクタ領域 28 のより深い部分 281、282 と類似である。フローティングコレクタ 27 において、中央部分 273 の上面は表面 251 から下に深さ 276 であり、中央部分 273 の下面是表面 251 から下に深さ 277 であり、したがって、中央コレクタ部分 273 の垂直厚さは深さ 277 と深さ 276 の間の差である。より深い部分 271 の底面は、表面 251 から下に深さ 278 であり、フローティングコレクタ領域 27 の全体の深さを特定する。図 1 に示されている実施形態において、誘電体領域 421、422、423（まとめて 42）は、好適にはそれぞれ STI 領域 291、292、293 の上に重なっており、エミッタ、ベースおよびコレクタコンタクト 36、40、32 を分離するが、そのような誘電体領域は他の実施形態では省かれてもよい。

#### 【0019】

上述の構造の結果として、降伏電圧 (BV) が改善される。このようになるのは、一部には、（たとえば、N型）コレクタ領域 28 が、S 領域 25 のさまざまな接続されたまたは連続した部分によって実質的に包囲されているためである。SC 領域 25 は、たとえば実質的にコレクタ領域 28 の上、横および下に位置する（たとえば、P型）ベース部分または領域 253、254、260、261 から成る。右側ベース部分 253 は、ベースコンタクト 38 から上側コレクタ部分 284 に向かって、少なくとも距離 259 だけ伸張する。これは、コレクタ領域 28 が、ベース領域 64 に連通する S によって実質的に包囲されることに寄与する。コレクタ領域 28 は、SC 領域 25 の部分 254、260 によって側面に沿って実質的に境界または包囲され、これらの領域は、SC 領域 25 の他の部分においてベース部分 64 に、たとえば、同じドーピング型を有する部分 64、252、253 および 261 に結合される。

#### 【0020】

フローティングコレクタ領域 27 は、コレクタ電圧が低いときは拡張ベース (extended base) として機能する。しかしながら、コレクタ電圧が、コレクタ領域 28 とフローティングコレクタ領域 27 との間の（たとえば、P型）領域 254 を空乏させるのに十分に高いとき、フローティングコレクタ領域 27 は、電気的にコレクタ領域 28 の一部として機能する。しかしながら、この状況では、フローティングコレクタ領域 27 上の電圧は、コレクタ領域 28 上の電圧よりも著しく低い。エミッタバイアスが上昇し、BV<sub>ebo</sub> に近づくと、ベース領域 64 の、エミッタ領域 34 の下の左側部分 252 が完全に空乏することに起因してフローティングコレクタ領域 27 の電位が上昇する。この状況は、エミッタ領域 34 とベース領域 64 との間の等電位線に広がり、結果として BV<sub>ebo</sub> の値が高くなる。コレクタ領域 28 のコレクタ部分 283 の上で部分 284 に向かっ

10

20

30

40

50

て距離 259だけ側方に伸張するベース領域 64の相対的に薄い右側部分 253の使用。また、包囲している（たとえば、P型）領域 254、260および 261は、RESURF（表面電界緩和）層として機能する。そのような RESURF 層は、電位を BV<sub>cbo</sub> および BV<sub>ceo</sub>においてより均一に降下させるのに役立ち、それによって、高い降伏電圧がもたらされる。この結果は非常に望ましいものである。

#### 【0021】

図2～図9は、構造 902～909をもたらすさまざまな製造段階 802～809中の図1のバイポーラトランジスタ 20の簡略化された断面図を示す。別途明確に記載しない限り、本明細書に記載のさまざまなマスクはフォトレジストから形成され得るが、他の材料が使用されてもよい。ここで図2の製造段階 802を参照すると、上面 221を有する基板 22が設けられ、その上に厚さ 241を有する絶縁誘電体層 24が形成されている。層 24の上には、厚さ 250を有し上面 251を有する実質的に同質の SC 領域 25が重なる。前述のように、基板 22はトランジスタ 20を形成するのに使用される製造工程に耐えるように適合される任意の材料から成ってよく、たとえば、限定であるようには意図されないが、集積回路（IC）の一部として任意の関連する回路要素が同時に形成される。「ハンドル」基板 22のための適切な材料の非限定的な例は、シリコンである。基板 22の主要な機能は、トランジスタ 20および任意の関連回路または他のデバイスがその上に形成され得る、ロバストかつ好適なプラットホームを提供することである。誘電体層 24のための適切な材料の非限定的な例は、シリコン酸化物およびサファイアであるが、他の絶縁材料も使用されてもよい。誘電体層 24がシリコン酸化物から成る場合、厚さ 241は、有用には少なくとも約 0.05 マイクロメートルの範囲内にあるが、他の厚さも使用されてもよい。厚さ 250を有する SC 領域 25は、好ましくはエピタキシャル成長によって形成されるが、他の実施形態では他の形成技法も使用されてもよい。エピタキシャル成長が好ましいのは、SC 領域 25のための実質的に単結晶の材料が得られる可能性があるためであるが、他の実施形態では他のタイプの材料が使用されてもよい。厚さ 250は、求められている特定のトランジスタ特性に応じて決まる事になり、これは当業者の裁量の内にある。約 0.5～1.5 マイクロメートルの範囲内の厚さ 250が好適であるが、他の厚さも使用されてもよい。SC 領域 25は、望ましくは、約 1E14～1E18/cm<sup>3</sup> の範囲内のドーピングを有するが、より高いまたは低いドーピングも使用されてもよい。NPNトランジスタについて、SC 領域 25は、好ましくは約 5E14～1E16/cm<sup>3</sup> のP型ドーピングを有するが、他の実施形態においてはより高いまたは低いドーピング、および他のタイプのトランジスタには他の導電型が使用されることができる。誘電体層 24と SC 領域 25との組み合わせは、セミコンダクタ・オン・インシュレータ（SOI）構造 26とも称される。製造段階 802から結果として構造 902が生じる。SOI 構造 26が望ましいが、他の実施形態では他の構成が使用されてもよく、SC 領域 25は基板 22の一部であってもよく、またはその上に直接形成されてもよい。

#### 【0022】

ここで図3の製造段階 803を参照すると、マスク 50は、図2の構造 902の表面 251に適用される。マスク 50は、ロケーションおよびサイズにおいて側方誘電体構造、たとえば、それぞれ STI 領域 291、292、293（まとめて 29）の所望のサイズおよびロケーションに実質的に対応する開領域 51、52、53を有する。マスク 50は、介在する閉領域 54、55、56（intervening closed regions 54, 55, 56）を有する。マスク 50は、望ましくは、SC 領域 25のエッチング、および、SC 領域 25の閉部分 54、55、56の下に位置する部分を保護しながら開口 51、52、53の下に STI 領域 29を作成するのに使用され得る任意の他の処理に耐える材料から成る。STI 厚さ 294は、好適には約 0.2～0.8 マイクロメートルの範囲内にあるが、より厚いまたはより薄い層も使用されてもよい。STI 領域 291、292、293を同時に形成することが好適であるが、他の実施形態では、それらは別個にまたは他の組み合わせにおいて形成されてもよい。そのような STI 領域を形成するための技法は当該技術分野において既知である。開口 51、52、53は、好適には

基板 25 内にリセス部をエッティングするのに使用され、当該リセス部はその後、たとえば、シリコン酸化物を堆積することによって充填され、STI 領域 29 が作成される。STI 領域 29 が SC 領域 25 の表面 251 と実質的に同一平面上にある上面を有するように平坦化工程が使用され得るが、他の実施形態においては省かれてもよい。STI 領域を形成するのに任意の好適な手順が使用されてよい。図 1 を参照すると、STI 領域 292 と 293 との間の側方ギャップ (lateral gap) が、好適には表面 251 の第 1 の部分 46 内にコレクタコンタクト領域 30 の後続のロケーションおよびサイズを画定することになり、STI 領域 291 と 292 との間の側方ギャップが、好適には表面 251 の第 2 の部分 45 内にベースコンタクト領域 38 の後続のロケーションおよびサイズを画定することになり、STI 領域 291 の左の側方ギャップが、好適には表面 251 の第 3 の部分 44 内に後のエミッタ領域 34 の後続のロケーションおよびサイズを画定することになる。構造 903 が結果として生じる。説明を簡便にするために、図 3 においてマスク 50 は依然として適当な位置にある。統いて説明されるように、STI 領域 29 は有用であるが、それぞれ表面 251 の第 1 の部分 46、第 2 の部分 45 および第 3 の部分 44 内にコレクタコンタクト領域 30、ベースコンタクト領域 38 およびエミッタ領域 34 を位置特定（図 1 参照）するために他の側方誘電体構造（たとえば、「シリサイド」遮断層（silicide blocking layer））が使用されてもよい。10

#### 【0023】

ここで図 4 の製造段階 804 を参照すると、既に外されているのでなければ、マスク 50 が除去され、サイズおよびロケーションにおいて実質的に DTI 領域 31 の所望のサイズおよびロケーションに対応する閉部分 58 および開部分 59 を有するマスク 57 が適用される。DTI 領域 31 は、当該技術分野において既知の手段を使用して、一般的に、開口 59 の下で STI 293 および SC 領域 25 をエッティングすること、および通常は誘電体ライナ（たとえば、シリコン酸化物）と多結晶半導体材料（たとえば、高濃度ドープポリシリコン）から成る中心コア 311 との組み合わせを用いてそれを充填することによって形成されるが、他の手段および構成も使用されてもよい。STI 領域 29 に関連して上記で説明されたのと実質的に同じ理由で、平坦化工程が含まれ得る。構造 904 が結果として生じる。説明を簡便にするために、図 4 においてマスク 57 は依然として適当な位置にある。製造段階 803 および 804 はいずれの順序において実行されてもよく、好ましくは後述するドーピング工程の前に実行されるが、他の実施形態では他の製造順序が使用されてもよい。トランジスタ 20 が平面図において（たとえば、側方で中心線 19 を中心として対称な）閉じた形状を有する場合、DTI 領域 31 は、望ましくはトランジスタ 20 を側面に沿って包囲する。20

#### 【0024】

ここで図 5 の製造段階 805 を参照すると、既に外されているのでなければ、マスク 57 が望ましくは除去され、マスク 60 が適用される。マスク 60 は、好適には閉部分 61 および開口 62 を有する。閉部分 61 は、実質的に、図 1 のコレクタコンタクト領域 30 の所望のロケーションを指示する表面 251 の第 1 の部分 46 の上に重なっており、望ましくは STI 領域 292 にわたって伸張する左方向端部 63 を有する。閉部分 61 の左方向端部 63 は、コレクタ領域 28 の上側部分 284 の左端 285（図 1 参照）の所望のロケーションに（側方拡散許容範囲内で）対応する。参考符号 285' は、図 5 において図 1 および図 6 の左端 285 のおおよその将来のロケーションを示すために使用されている。30

#### 【0025】

後の図 1 および図 6 ~ 図 9 のコレクタ領域 28 の上側部分 284 の左端 285 に所望されるロケーション 285' まで右方向に伸張する、表面 251 から下の深さ 276' および STI 領域 291 から下の深さ 67' を有する（たとえば、P ウェル）ドープ領域 64' が形成されるように、インプラント 66 が適用される。参考符号 64'、276'、67' などにあるプライム('') は、それらが、図 1 および図 6 ~ 図 9 における参考符号 64、276、67 などによって指示されるロケーションまたは大きさに先行するもの（p40

recursors)であることを示している。インプラント66によってもたらされるピーク不純物濃度は通常約1E16~1E18/cm<sup>3</sup>の範囲内にあり、好ましくは約5E16/cm<sup>3</sup>以上である。言い換えれば、インプラント66によってもたらされるドーピングプロファイルは、そのピークを望ましくは垂直方向で図6の深さ276内またはその近くに位置するようにしてあり、相対的に急速にさらにドープ領域25まで落ちるが、他の実施形態ではより、高いまたは低いドーピング、異なる位置および異なるテール構成(tail configurations)も使用されてもよい。限定ではなく例として、領域64'のドーピングは、有用には図1および図6~図9の深さ276の2~3倍の深さにおけるSC領域25のバックグラウンドドーピング(back ground doping)まで減少していくことができるが、他のテール構成も使用されることがある。製造段階805から結果として構造905がもたらされる。図5のインプラント66によって形成されるドーピングプロファイルは、図6のインプラント75によって形成されるドーピングプロファイルと相互作用し、図1および図6~図12の(たとえば、P型)ベース領域64に対する所望の最終結果を得るために、両方のドーピングプロファイルが考慮されるべきである。これは、図6の製造段階806に関連してより詳細に説明される。

#### 【0026】

ここで図6の製造段階806を参照すると、図5の構造905のマスク60が除去されて、閉部分71、72および開口73、74を有するマスク70に置き換えられる。開口73は、実質的にコレクタ領域28の所望のロケーションに対応する。開口74は、実質的にフローティングコレクタ領域27の所望のロケーションに対応する。閉マスク部分71の左方向端部は、実質的にコレクタ領域28の右方向端部を画定し、閉部分72の右方向端部は、実質的にコレクタ領域28の左方向端部を画定し、これらは側方拡散長の影響下にある。同様に、閉部分72の左方向端部は、実質的にフローティングコレクタ領域27の右方向範囲を画定する。ドープ領域27と28との間の分離距離または間隔255は、実質的に閉部分72の横幅によって決定される。好ましい実施形態では、Nウェルインプラント75は、望ましくはマスク開口73、74を通じて提供され、コレクタ領域28およびフローティングコレクタ領域27は、同時に形成される。同じドーピング工程中にコレクタ領域28およびフローティングコレクタ領域27が形成されることが望ましいが、他の実施形態では、コレクタ領域28およびフローティングコレクタ領域27は別個のドーピング工程において形成されてもよい。

#### 【0027】

説明を簡便にするためにコレクタ領域28、27が同時に形成されると仮定して、図6のインプラント75のエネルギーおよびドーズは、インプラント75の表面付近のドーズが図5の製造段階805において形成される領域64'を完全にカウンタードーピングするには不十分であるように、図5のインプラント66のエネルギーおよびドーズに関連して選択される。それによって、STI領域291の下に、SC領域25(たとえば、この例ではP型)と同じ型であり、それゆえ依然としてSC領域25内に形成されるトランジスタ20のベース領域の一部である、厚さ67を有するベース部分64(たとえば、図1参照)が設けられる。インプラント75によってもたらされる領域64においては、領域64'内のインプラント66によってもたらされるドーパント濃度よりも約半分程度と低いドーパント濃度を有することが有用である。しかしながら、領域64内の正味のドーピングがSC領域25と同じ型のままであることを条件として、より大きいまたは小さいドーピング比が使用されることができる。インプラント66のドーピングプロファイルよりも著しく深いインプラント75のドーピングプロファイルを提供するためには、より高いインプラントエネルギーおよび/またはチェーンインプラント(chain implant)が有用である。インプラント75がマスク70によって遮断されない場合には、コレクタ領域28およびフローティングコレクタ領域27は、SC領域25の、開口73および74の下に位置する部分に形成される。限定ではなく例として、STI領域29の深さ294が約0.2~0.8マイクロメートルであり、厚さ67が約0.1~2.0マイクロメートルである。

10

20

30

40

50

ートルである場合、より深い部分 281、282 およびより深い部分 271 の底部までの深さ 288、278 は、有用には約 1.0 ~ 8.0 マイクロメートルであり、中央部分 283、273 の底部までの深さ 287、277 は、有用には約 0.5 ~ 6.0 マイクロメートルであるが、他の深さも使用されてもよい。それゆえ、より深い部分 281、282 およびより深い部分 271 の垂直方向範囲はそれぞれ、深さ 288 と深さ 287 との間の差、および深さ 278 と深さ 277 との間の差である。深さの対 286、276；287、277；および 288、278 を有することが好適であるが、他の実施形態では、それらは異なる大きさを有してもよい。図 6 の製造段階 806において形成されるベース領域 64 は、左側部分 252 および右側部分 253 を有する。図 1 に示されているように、左側部分 252 は、エミッタ領域 34（および、この実施形態では STI 領域 291 の一部）とフローティングコレクタ領域 27 との間にある。この実施形態では、右側部分 253 は、ベースコンタクト領域 38（STI 領域 291、および 292 の一部を含む）と、コレクタ領域 28 との間にある。たとえば、図 6 および図 10 ~ 図 11 に示されているさまざまな実施形態において、中央部分 283 の左方向端部は、STI 領域 291 の下にあってもよく、ベースコンタクト領域 38 の下にあってもよく、または STI 領域 292 の下にあってもよい。

#### 【0028】

コレクタ領域 28 は開口 73 の下に形成され、フローティングコレクタ領域 27 は開口 74 の下に形成される。コレクタ領域 28 のより深い部分 281、282 は、実質的に STI 領域 291 ~ 293 間のギャップのロケーションに対応する。フローティングコレクタ領域 27 のより深い部分 271 は、実質的に STI 領域 291 の左にあるギャップのロケーションに対応する。より深い部分 281 は、実質的に表面 251 の第 1 の部分 46 の下に位置し、より深い部分 282 は、実質的に表面 251 の第 2 の部分 45 の下に位置し、より深い部分 271 は、実質的に表面 251 の第 3 の部分 44 の下に位置する。注入されたイオンが直接 SC 領域 25 内に入り STI 領域 29 によって妨げられない場所において、それらは、SC 領域 25 内により深く貫入し、それによってコレクタ領域 28 のより深い部分 281、282 およびフローティングコレクタ領域 27 のより深い部分 271 が生じるが、そのようなより深い部分は他の実施形態では省かれてもよい。結果として図 5 のドープ領域 64' をもたらすインプラント 66 の右方向外側端部 285'（図 5 参照）は、実質的にコレクタ領域 28 のより広い（上側）部分 284 の左方向範囲 285 を画定する。この実施形態では、コレクタ領域 28 の中央部分 283 は、側方でより深い部分 281、282 の間にあるとともにそれらをわずかに越えて伸張し、中央部分 283 の側方範囲は実質的に図 6 のマスク開口 73 の幅によって決まる。ベース領域 64 の右側部分 253 がベースコンタクトのロケーション 45 とコレクタ領域 28 の上側部分 284 の左方向端部 285 との間で伸張する横幅 259 は、有用には少なくとも約 0.25 マイクロメートルであり、より好適には約 1 マイクロメートル以上の範囲内にあるが、より大きいおよび小さい幅が使用されてもよい。同様に、フローティングコレクタ領域 27 の中央部分 273 は、側方でより深い部分 271 の上でそれを越えて伸張し、その側方範囲はマスク開口 74 によって決まる。STI 領域 291 の左端とマスク部分 72 の左端との間の距離 272 は、フローティングコレクタ領域 27 の中央部分 273 がエミッタ領域 34（たとえば、図 1 および図 7 参照）の最終的な側方ロケーションからコレクタ 28 の中央部分 283 に向かって側方に伸張する量 272 を実質的に決定する。距離 272（図 6 参照）は、0 よりも大きく、より有用には少なくとも約 0.1 マイクロメートルであり、より好適には少なくとも約 0.25 マイクロメートルであることが望ましいが、より大きいまたは小さい値も使用されてもよい。（たとえば、N 型）領域 27、28 の間の SC 領域 25 の（たとえば、P 型）部分 254 の幅 255 は、小さ過ぎないことが望ましい。幅 255 は、有用には約 0.1 ~ 5.0 マイクロメートルの範囲内、好ましくは約 0.5 ~ 3.0 マイクロメートルの範囲内にあるが、より大きいまたは小さい分離幅 255 も使用されてもよい。さまざまな深さに関して、限定ではなく例として、STI 領域 29 の厚さ 294 が約 0.4 マイクロメートルであり、（たとえば、P 型）領域 64 の厚さ 67 が約 0.5 マ

10

20

30

40

50

イクロメートルである場合、表面 251 から（たとえば、N型）中央部分 273、283 の上部までの深さ 286 は、約 0.9 マイクロメートルであり、表面 251 から中央（たとえば、N型）部分 273、283 の底部までの深さ 277、287 は、約 2.5 マイクロメートルであり、したがって、（たとえば、N型の）より深い部分 271、281、282 の底部までの深さ 278、288 は、約 3.5 マイクロメートルであるが、他の実施形態では他の深さおよび異なる深さも使用されてもよい。製造段階 806 から結果として構造 906 が生じる。深さ 286、276 および深さ 287、277 および深さ 288、278 の各対が、実質的に同じであるようにすることが好適であるが、他の実施形態では、それらは異なってもよく、また他の実施形態では、より深い部分 271、281、282 は省かれててもよい。

10

#### 【0029】

ここで図 7 の製造段階 807 を参照すると、マスク 70 が剥離されて、閉部分 81、82 および開口 83、84 を有するマスク 80 が適用される。開口 83、84 はそれぞれ、表面 251 の第 1 の部分 46 および第 3 の部分 44 を含む。インプラント 85（たとえば、N+）が、開口 83 を通じて提供される。表面 251 の第 1 の部分 46 において深さ 301 を有するコレクタ（たとえば、N+）コンタクト領域 30 が、マスク開口 83 を通じて提供され、表面 251 の第 3 の部分 44 において深さ 341 を有する（たとえば、N+）エミッタ領域 34 が、開口 84 を通じて提供される。深さ 301、341 は、有用には約 0.02 ~ 0.4 マイクロメートルの範囲内にあるが、他の深さも使用されてもよい。コレクタコンタクト領域 30 およびエミッタ領域 34 を同時に形成することが好適であるが、他の実施形態では別個のドーピング工程が使用されてもよい。マスク部分 82 は、インプラント 85 が、図 1 および図 8 のベースコンタクト領域 38 が後に位置することになる表面 251 の第 2 の部分 45 内のロケーションに達することを、阻害する。製造段階 807 から結果として構造 907 が生じる。

20

#### 【0030】

ここで図 8 の製造段階 808 を参照すると、マスク 80 が剥離され、閉部分 91、92 および開口 93 を有するマスク 90 が適用される。インプラント 94（たとえば、P+）は、開口 93 を通じて提供される。表面 251 の第 2 の部分 45 において深さ 39 を有するベースコンタクト（たとえば、P+）領域 38 は、マスク開口 93 を通じて形成される。ベースコンタクト領域 38 の深さ 39 およびドーピングは、トランジスタ 20 のベース領域 64 の一部を形成するベース領域 64 の部分 253 への相対的に低い抵抗のオーミック接触を提供するのに十分であるべきである。限定ではなく例として、深さ 39 は、有用には約 0.02 ~ 0.4 マイクロメートルの範囲内にあるが、他の深さが使用されてもよい。マスク 90 の閉部分 91 および 92 は、インプラント 94 がトランジスタ 20 の他の部分に影響を与えるのを、防止する。製造段階 808 から結果として構造 908 が生じる。

30

#### 【0031】

ここで図 9 の製造段階 809 を参照すると、マスク 90 が剥離され、閉部分 421、422、423 および開口 424、425、426 を有する任意選択の誘電体層 42 が設けられる。誘電体層 42 に適切な材料の非限定的な例はシリコン酸化物であるが、他の絶縁材料も使用されてもよい。デバイス 20 の表面 251 の第 3 の部分 44 の上の開口 424 内でエミッタ領域 34 が露出され、表面 251 の第 2 の部分 45 の上の開口 425 内でベースコンタクト領域 38 が露出され、表面 251 の第 1 の部分 46 の上の開口 426 内でコレクタコンタクト領域 30 が露出される。構造 909 が結果として生じる。ここで図 1 を参照すると、当該技術分野において既知の手段を使用してエミッタ電極 36、ベース電極 40 およびコレクタ電極 32 が構造 909 に加えられ、図 1 に示されている構成が提供される。トランジスタ電極 36、40、32（図 1 参照）の、同じ IC の一部であり得る他の要素への接続を容易にするためにエミッタ端子 37、ベース端子 41 およびコレクタ端子 33 が、設けられ得る。そのような「バックエンド」工程は当該技術分野において既知である。図 1 のトランジスタ 20 が結果として生じる。

40

50

## 【0032】

図10～図11は、本発明のまたなおさらなる実施形態による図1のバイポーラトランジスタ20の簡略化された断面図を示す。図10～図11の製造段階810および811は図6の製造段階806に類似しており、(たとえば、Nウェル)インプラント75は、コレクタ領域28およびフローティングコレクタ領域27を形成するために提供されており、図6に関連付けられるその説明が参照によりここに組み込まれる。インプラント75に対するマスク70(図6および図10～図11参照)の閉部分72、72'、72''は、コレクタ領域283、283'、283''の左方向端部およびフローティングコレクタ273、273'、273''の右方向端部のロケーションならびにそれらの間の分離255、255'、255''を決定する。そのようなコレクタ端部の側方ロケーションおよび分離を独立して決定することが可能であることが、非常に望ましい。これはそれぞれ図6および図10～図11の製造段階806および810～811に示されている。  
10

## 【0033】

図6の製造段階806において、マスク72は、コレクタ領域283の左方向端部がSTI領域291の下に位置するように配置されている。コレクタ領域28とフローティングコレクタ領域27との間のベース領域254の横幅255は、実質的にマスク部分72の横幅によって決定される。説明を簡便にするとともに図面間の混乱を避けるために、図10および図11に関連して、(たとえば、P型)領域254'、254''の横幅255'、255''の大きさは図10～図11において図6の幅255および領域254のものと同じであると仮定するが、他の実施形態では横幅または距離255、255'、255''は異なってもよい。図6および図10～図11は、コレクタ部分283、283'、283''の左方向端部が、STI領域291と292との間で表面251の第2の部分45内にその後に形成されるベースコンタクト30の最終的なロケーションに対して異なる側方ロケーションにあるように、マスク72、72'、72''の側方位置が変更されている状況を示している。上記のように、図6では、マスク部分72は、ベースコンタクト領域38が後に形成されることになる表面251の第2の部分45の左のSTI領域291の下にコレクタ部分283の左方向端部があるように、位置付けられる。図10では、マスク部分72'は、実質的に、ベースコンタクト30が後に形成されることになるSTI領域291、292間の表面251の第2の部分45の下にコレクタ部分283'の左方向端部があるように位置付けられる。図11では、マスク部分72''は、実質的に、ベースコンタクト30が後に形成されることになる表面251の第2の部分45の右のSTI領域292の下にコレクタ部分283''の左方向端部があるように、位置付けられる。したがって、マスク部分72、72'、72''のロケーションを変更することによって、コレクタ部分283、283'、283''の左方向範囲が変化し得る。同様に、マスク部分72、72'、72''の幅を調整することによって、フローティングコレクタ部分273、273'、273''の右方向端部と、コレクタ部分273、273'、273''および283、283'、283''の間のSC領域25のたとえば、P型部分254、254'、254''の分離距離255、255'、255''とは、最終的なベースコンタクト30(たとえば、図1参照)のロケーションに対して独立して決定され得る。したがって、開示されている製造方法は大きな設計融通性を提供する。  
20  
30  
40

## 【0034】

図12は、本発明の別の実施形態による改善されたバイポーラトランジスタ20'、'の中心線19を中心とした簡略化された断面図を示す。(図1～図14において、デバイス20、20'、'の右半分のみが図示されていること、および、左半分(図示せず)は中心線19を中心として対称な鏡像であることが理解されよう。)一般的に、図1～図11のものと類似のさまざまなデバイス要素または領域を、同じ参照符号によって識別する慣習が採用されているが、詳細においては異なることを指示するためにトリプルプライム('')が付加されている。別途明確に記載しない限り、プライム('')またはダブルプライム('')を有するかまたは有しない、そのような同様の参照符号を付された要素に関する図1～図11に関連した説明が、参照によりここに組み込まれる。バイポーラト  
50

ランジスタ 20'，'は、S T I 領域 29がデバイス 20'，'には存在しないという点においてバイポーラトランジスタ 20と異なっている。代わりに、厚さ 104を有する絶縁遮断層 100が、S C 領域 25の表面 251上に設けられている。遮断層 100は、閉部分 101、102、103および開口またはギャップ 105、106、107を有する。閉部分 101、102、103は、遮断層 100の開口またはギャップ 105、106、107内で露出されるS C 領域 34'，'、38'，'、30'，'（図 1～図 11の領域 34、38、30に類似）の上を除いて、S C 領域 25の表面 251上にS C 金属合金コンタクトが形成されることを局地的に阻害する。シリコン酸化物、窒化ケイ素、およびそれらの組み合わせが、遮断層 100に適切な材料の非限定的な例である。実際には、表面 251の第 1 の部分 46内にコレクタコンタクト領域 30、30'，'に対するオーミック接続 32、32'，'を形成するために（たとえば、図 1および図 12参照）、表面 251の第 2 の部分 45内にベースコンタクト領域 38、38'，'に対するオーミック接続 40、40'，'を形成するために、および、表面 251の第 3 の部分 44内にエミッタ領域 34、34'，'に対するオーミック接続 36、36'，'を形成するために、デバイス 20、20'，'の表面 251の上に合金化金属（alloying metal a1）が堆積されるとき、遮断層 100の閉部分 101、102、103（図 12参照）が存在することによって、ギャップ 105、106、107内に露出される表面 251のそれらの部分 44、45、46以外に、そのような S C 金属合金が形成されることが防止される。図 1のエミッタ領域 34、ベースコンタクト領域 38、およびコレクタコンタクト領域 30に対するS C 金属接続部 36、40、32と機能的には実質的に等価である、図 12のエミッタ領域 34'，'、ベースコンタクト領域 38'，'、およびコレクタコンタクト領域 30'，'に対するS C 金属接続部 36'，'、40'，'、32'，'を残して、その他の場所に位置する任意の非合金化金属（unall oyed metal）は、簡易エッチング（brief etch）によって除去される。

#### 【0035】

S C 領域 25がシリコンから成る場合、開口 105、106、107の下に形成されるS C 金属合金はシリサイドを含むため、遮断層 100は、一般的に「シリサイド遮断層」と称される。「シリサイド」という用語は具体的には金属 - シリコン合金を指すが、本明細書において使用される場合、「シリサイド」という用語は、たとえば、露出コンタクト領域が純粋なシリコン以外の半導体を含むときに形成され得るような任意の S C 金属合金を指し、シリコン半導体上に形成されるもののみには限定されない。したがって、説明を簡便にするために、たとえ S C 領域 25に使用される S C によって非シリコン - 金属合金が含まれ得るとしても、遮断層 100は「シリサイド遮断」層 100とも称される場合がある。遮断層 100の閉部分 101、102、103は、側方絶縁構造 101、102、103、まとめて側方絶縁構造 100とも称される。

#### 【0036】

シリサイド遮断層 100は、図 1～図 11のS T I 領域 291とほぼ同じロケーションにある閉部分 101と、S T I 領域 292とほぼ同じロケーションにある閉部分 102と、S T I 領域 293とほぼ同じロケーションにある閉部分 103とを有する。閉部分 101の左の遮断層 100内の開口 105は、表面 251の第 3 の部分 44内のエミッタ領域 34'，'のロケーションに対応する。部分 101と 102との間の開口 106は、表面 251の第 2 の部分 45内のベースコンタクト領域 38'，'のロケーションに対応する。閉部分 102と 103との間の開口 107は、表面 251の第 1 の部分 45内のコレクタコンタクト領域 30'，'のロケーションに対応する。遮断層 100の厚さ 104は、望ましくはエミッタ領域 34'，'およびコレクタコンタクト領域 30が形成された図 7の製造段階 807の等価物において、および、ベースコンタクト領域 38が形成された図 8の製造段階 808においてマスクとして作用するのに十分に大きい。金属 S C 接続部の形成をエミッタ領域 34'，'、ベースコンタクト領域 38'，'およびコレクタコンタクト領域 30'，'に側方に局在化することに関連して、図 12の側方絶縁構造 100ならびに図 1および図 4～図 9の側方絶縁構造 29は、類似の機能を実行する。したがって、S

10

20

30

40

50

T I 領域 291、292、293 は「第 1 の」側方絶縁構造 29 と称され、遮断領域 101、102、103 は「第 2 の」側方絶縁構造 100 と称され、「側方絶縁構造」29、100 という用語はそれらをまとめて参照するように意図される。

### 【0037】

図 12 のトランジスタ 20'・' と図 1 ~ 図 11 のトランジスタ 20 との間の別の相違は、トランジスタ 20'・' には深いコレクタ領域 281、282、271 が存在しないことである。これはトランジスタ 20'・' が形成される様態の結果である。図 13 ~ 図 14 は、本発明のまた他の実施形態による、構造 913、914 をもたらす製造段階 813 および 814 中の図 12 のバイポーラトランジスタ 20'・' の簡略化された断面図を示す。図 13 の製造段階 813 は、S T I 領域 29 が存在しないことを除いて、図 5 の製造段階 805 と機能的に等価である。マスク 60 の開口 62 を通じて既に説明されたものと実質的に同様に P ウエルインプラント 66 が提供され、それによって、開口 62 の下で、表面 251 の下に深さ 276'・' を有するドープ領域 64'・' が形成される。SC 表面 251 のロケーションまたは部分 44、45、46 は、既に説明された SC 表面 251 のロケーションまたは部分 44、45、46 と等価である。ドープ領域 64'・' の境界 285'・' は、前のように実質的にマスク 60 の左端 63 によって決まる。図 5 の構造 905 と機能的に等価であるが S T I 領域 29 がない構造 913 が結果として生じる。

### 【0038】

ここで図 14 の製造段階 814 を参照すると、マスク 60 が構造 913 から除去され、表面 251 の上にマスク 70 が設けられる。マスク 70 は、閉部分 71、72 および開部分 73、74 を有し、閉部分 71、72 および開部分 73、74 は、図 6 の製造段階 806 に示されている同様の参考符号を付された領域または要素と等価であり、類似の機能を実行する。製造段階 814において、N ウエルインプラント 75 は、図 6 の製造段階 806 のインプラント 75 について既に説明されたものと類似の様式で提供され、それによって、コレクタ領域 28'・' およびフローティングコレクタ領域 27'・' が形成される。図 13 ~ 図 14 の実施形態では、コレクタ領域 28、27 と実質的に同様のコレクタ領域 28'・'、27'・' が形成される。深さ 287'・' および 277'・' は図 1 の対応する深さ 287、277 よりもいくぶん深いものであり得、下方伸張部 (d o w n w o r d e x t e n s i o n s) 281、282、271 は形成されない。図 12 ~ 図 14 の例示的な実施形態では、ベース領域 253'・' は、コレクタ部分 283'・' の上でコレクタ部分 283'・' の左方向端部からコレクタ部分 284'・' の左方向端部 285'・' まで距離 290 (図 14 参照) にわたって伸張する。構造 914 が結果として生じる。本明細書における記載に基づいて、コレクタ領域 28'・'、27'・' のロケーションおよび分離を、図 9 ~ 図 10 のコレクタ領域 28、27 のロケーションおよび分離が変化するのと同様に変化させるために、図 14 のマスク部分 71、72 および開口 73、74 の位置およびサイズが、図 10 ~ 図 11 のマスク部分 71'、71''、72'、72'' および開口 73'、73''、74'、74'' に関して説明されたものと実質的に同様に調整され得ることを、当業者であれば理解しよう。これによって、有益な設計融通性が提供される。

### 【0039】

図 1 ~ 図 11 では、デバイス 20 は、表面 251 の第 1 の部分 46 内のコレクタコンタクト領域 30 と、表面 251 の第 2 の部分 45 内のベースコンタクト領域 38 と、表面 251 の第 3 の部分 44 内のエミッタ領域 34 との側方分離を画定するために、S T I 領域 29 を使用して形成された。図 12 では、デバイス 20'・' は、表面 251 の第 1 の部分 46 内のコレクタコンタクト領域 30'・' と、表面 251 の第 2 の部分 45 内のベースコンタクト領域 38'・' と、表面 251 の第 3 の部分 44 内のエミッタ領域 34'・' との側方分離を画定するために、シリサイド遮断領域 100 を使用して形成された。S T I 領域 29 およびシリサイド遮断領域 100 は、まとめて側方絶縁構造 29、100 と称される。描かれている実施形態では、単一のタイプの側方絶縁構造 (たとえば、29 または 100) が、すべてのこののような分離を確立するために使用されている。しかしながら

がら、他の実施形態では、そのような構成が混合して使用されてもよい。たとえば、限定であるようには意図されないが、エミッタ領域 34、34'、' とベースコンタクト領域 38、38'、'との間の分離は、或るタイプの側方絶縁構造（たとえば、29または100のいずれか）によって決定されてよく、ベースコンタクト領域 38、38'、' とコレクタコンタクト領域 30、30'、'との間の分離は、別のタイプの絶縁構造（たとえば、100または29のいずれか）によって決定されてもよい。したがって、単一のタイプの側方絶縁構造が一貫して使用される必要はなく、それらは設計者によって所望されるように混合および適合されてよい。したがって、本発明の方法および構造は、大きな融通性を保持する。

## 【0040】

10

それが含まれている以下の節および特許請求の範囲において、単純な整数としてプライムなしで（たとえば、（'）、（'）、および／または（'，'）なしで表記される任意の参照符号は、そのような変形形態を含むものとして解釈されるものとする。第1の実施形態によれば、バイポーラトランジスタ（20）であって、上面（251）を有し、その中に第1の導電型のベース領域（64）、第2の反対の導電型のエミッタ領域（34）、エミッタ領域（34）から側方に分離される第1の導電型のベースコンタクト領域（38）、およびベースコンタクト領域（38）から側方に分離される第2の導電型のコレクタコンタクト領域（30）を有する第1の導電型の第1の半導体（SC）領域（25）と、コレクタコンタクト領域（30）に結合される第2の導電型のコレクタ領域（28）と、コレクタ領域（28）から側方に離間されるとともに少なくとも部分的にエミッタ領域（34）の下に位置する第2の導電型のフローティングコレクタ領域（27）とを備える、バイポーラトランジスタが提供される。さらなる実施形態によれば、フローティングコレクタ領域（27）の中央部分（273）は、エミッタ（34）の下に位置するとともに当該エミッタからベース領域（64）の第1の部分（252）によって垂直方向に分離される。またさらなる実施形態によれば、フローティングコレクタ領域（27）の中央部分（273）は、エミッタ（34）の直下のロケーションからコレクタ領域（28）に向かって0よりも大きい第1の距離（272）だけ側方に伸張する。なおさらなる実施形態によれば、第1の距離（272）は、少なくとも約0.1マイクロメートルである。またなおさらなる実施形態によれば、コレクタ領域（28）およびフローティングコレクタ領域（27）は、ベース領域（64）に連通する第1のSC領域（25）のさらなる部分（254）によって側方に分離され、第1のSC領域（25）のさらなる部分（254）は、第1の横幅（255）を有する。なおまたさらなる実施形態によれば、第1の横幅（255）は、少なくとも約0.1マイクロメートルである。別の実施形態によれば、コレクタ領域（28）の中央部分（283）は、ベース領域（64）の第2の部分（253）によってベースコンタクト領域（38）から垂直方向に分離される。また別の実施形態によれば、ベース領域（64）の第2の部分（253）は、ベースコンタクト（38）からコレクタ領域（28）の上側部分（284）に向かって少なくとも約0.25マイクロメートルの第2の距離（259）だけ側方に伸張する。なお別の実施形態によれば、フローティングコレクタ領域（27）は、第1のSC領域（25）の第1の下位部分（252、254、261）によって実質的に包囲される。またなお別の実施形態によれば、コレクタ領域（28）は、第1のSC領域（25）の第2の下位部分（253、260、261、254）によって実質的に側方で包囲される。なおまた別の実施形態によれば、バイポーラトランジスタはさらに、第1のSC領域（25）の下に位置する絶縁層（24）を備える。さらに別の実施形態によれば、バイポーラトランジスタ（20）は付加的に、上面（251）に隣接するとともにエミッタ領域（34）と、ベースコンタクト領域（38）と、コレクタコンタクト領域（30）とを側方で分離する側方絶縁構造（29、100）を備える。

## 【0041】

第2の実施形態によれば、バイポーラトランジスタ（20）を形成するための方法であつて、第1の導電型の第1のSC領域（25）を有する基板（22）を提供することと、

20

30

40

50

第1のSC領域(25)内に、第2の反対の導電型のコレクタ領域(28)および第2の反対の導電型のフローティングコレクタ領域(27)を形成することであって、コレクタ領域(28)およびフローティングコレクタ領域(27)は、第1の側方距離(254)によって離間される、形成することと、第1のSC領域(25)内に、フローティングコレクタ領域(27)から垂直方向に分離されるとともに少なくとも部分的に当該フローティングコレクタ領域の上に重なり、第2の導電型のエミッタ領域(34)を形成するとともに、コレクタ領域(28)に結合されるとともにエミッタ領域(34)から側方に分離される第2の導電型のコレクタコンタクト領域(30)を形成することと、第1のSC領域(25)内に、コレクタ領域(28)から垂直方向に分離されるとともにエミッタ領域(34)から側方に分離される第1の導電型のベースコンタクト領域(38)を形成することとを含む、方法が提供される。さらなる実施形態によれば、側方に分離されるエミッタ領域(34)およびベースコンタクト領域(38)を形成することは、第1の側方絶縁構造(291、101)を使用して実行され、側方に分離されるベースコンタクト領域(38)およびコレクタコンタクト領域(30)を形成することは、第2の側方絶縁構造(292、102)を使用して実行される。またさらなる実施形態によれば、側方に分離されるエミッタ領域(34)、ベースコンタクト領域(38)およびコレクタ領域(30)を形成することは、第1の側方絶縁構造(291、101)および第2の側方絶縁構造(292、102)を、(i)両方をシャロー・トレチ・アイソレーション(STI)領域(291、292)として、または(ii)両方をSC金属合金遮断(SC-MAB)領域(101、102)として、または(iii)第1の側方絶縁構造(291、101)がSTI領域(291)である場合は第2の側方絶縁構造(292、102)がSC-MAB領域(102)であり、もしくは、第1の側方絶縁構造(291、101)がSC-MAB領域(102)である場合は第2の側方絶縁構造(292、102)がSTI領域(291)である、それらの組み合わせとして形成することを含む。なおさらなる実施形態によれば、方法はさらに、エミッタ領域(34)とフローティングコレクタ領域(27)との間にある第1のSC領域(25)の第1の部分(252)と、コレクタ領域(28)の一部にわたって側方に伸張する第2の部分(253)と、コレクタ領域(28)とフローティングコレクタ領域(27)との間の別の部分(254)を有する第1の導電型のベース領域(64)とを形成することを含む。またなおさらなる実施形態によれば、ベース領域(64)を形成することは、いずれかの順序で、第1のSC領域(25)のより狭い部分(64)に第1の導電型の不純物をドープすることと、第1のSC領域(25)の上記部分に第2の導電型の不純物をドープすることによって、コレクタ領域(28)およびフローティングコレクタ領域(27)を形成することとを含む。

#### 【0042】

第3の実施形態によれば、バイポーラトランジスタ(20)であって、上面(251)を有し、その中にエミッタ領域(34)、ベースコンタクト領域(38)およびコレクタコンタクト領域(30)を有する第1の導電型の第1の半導体(SC)領域(25)と、エミッタ領域(34)の下に位置するが、第1のSC領域(25)の第1の部分(252)によって当該エミッタ領域から垂直方向に分離される、第1のSC領域(25)内の第2の反対の導電型の第2のSC領域(27)であって、当該第2のSC領域(27)は、ベースコンタクト領域(38)に向かって側方に伸張するが当該ベースコンタクト領域には届かない中央部分(273)を有する、第2のSC領域と、第1のSC領域(25)内の第2の導電型の第3のSC領域(28)とを備え、当該第2のSC領域(28)は、コレクタコンタクト領域(30)の下に位置するとともに当該コレクタコンタクト領域にオーミック結合される第1の部分(284)と、当該第3のSC領域(28)の第1の部分(284)にオーミック結合されるとともに、少なくともベースコンタクト領域(38)にオーミック結合される第1のSC領域(25)の第2の部分(253)によって部分的に上面(251)から分離される第2の部分(283)を有し、当該第3のSC領域(28)は、第1のSC領域(25)の第3の部分(254)によって第2のSC領域(27)から側方に分離される、バイポーラトランジスタが提供される。さらなる実施形態によ

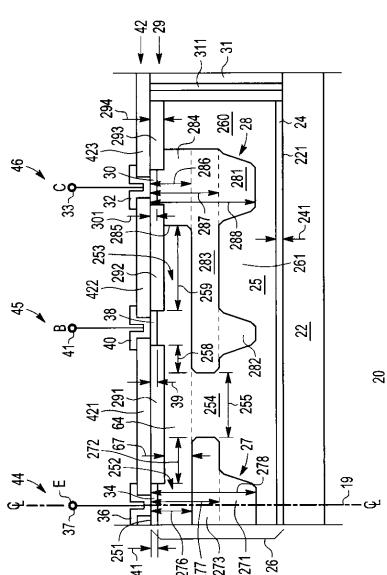
れば、第3のSC領域(28)は、第1のSC領域(25)の第1の下位部分(253、254、260、261)によって実質的に側方で包囲される。またさらなる実施形態によれば、第2のSC領域(27)は、第1のSC領域(25)の第2の下位部分(252、254、261)によって実質的に包囲される。

【 0 0 4 3 】

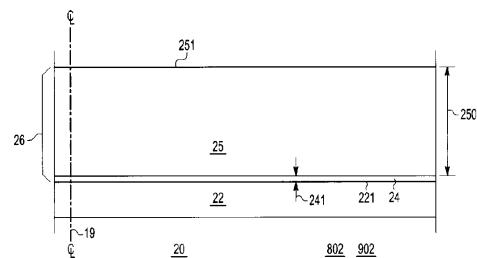
前述の本発明の詳細な説明の中で少なくとも1つの例示的な実施形態および作製方法を提示してきたが、膨大な数の変形形態が存在することを諒解されたい。1つまたは複数の例示的な実施形態は例に過ぎず、本発明の範囲、適用性または構成を限定することは決して意図されていないことも理解されるべきである。そうではなく、前述の詳細な説明は当業者に、本発明の例示的な実施形態を実施するための簡便な指針を提供することになり、添付の特許請求の範囲において明記されているような本発明の範囲およびその法的均等物から逸脱することなく、例示的な実施形態に記載されている要素の機能および構成にさまざまな変更を成すことができる事が理解される。

10

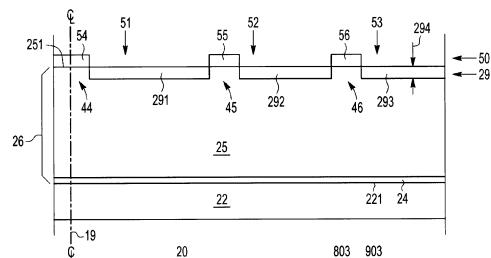
( 1 )



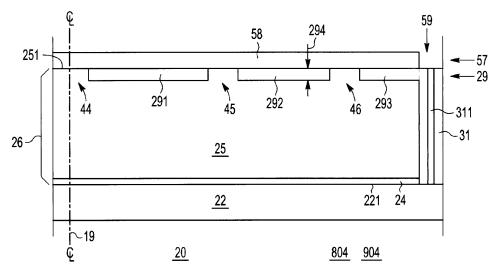
( 2 )



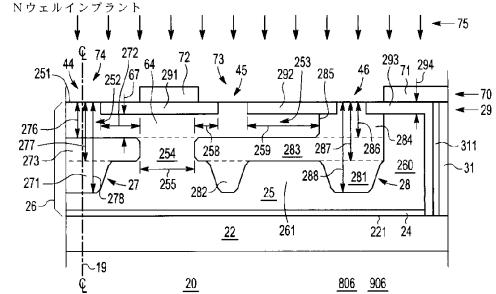
【圖3】



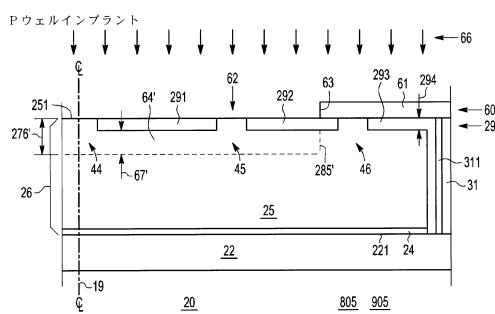
【図4】



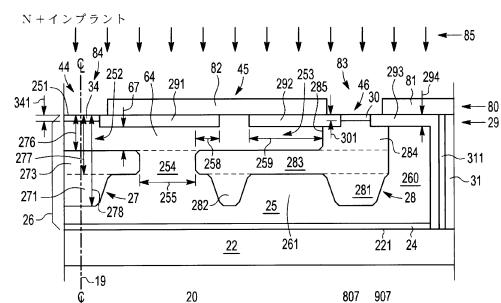
【図6】



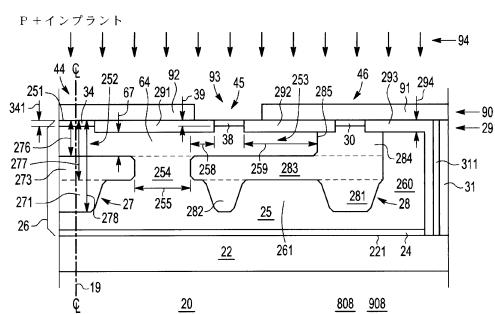
【図5】



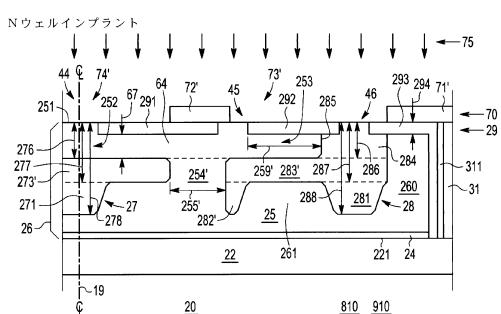
【図7】



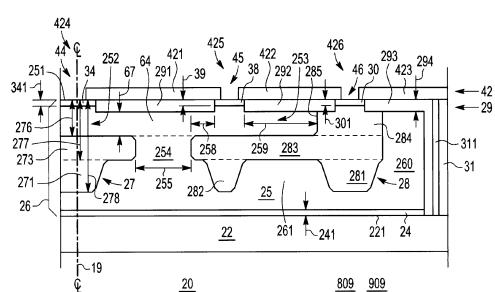
【図8】



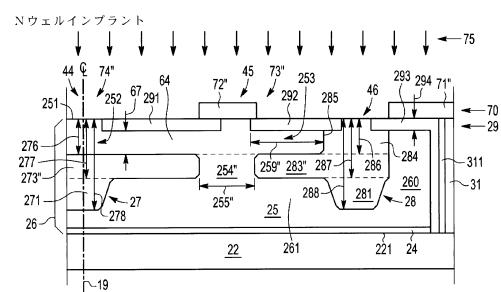
【図10】



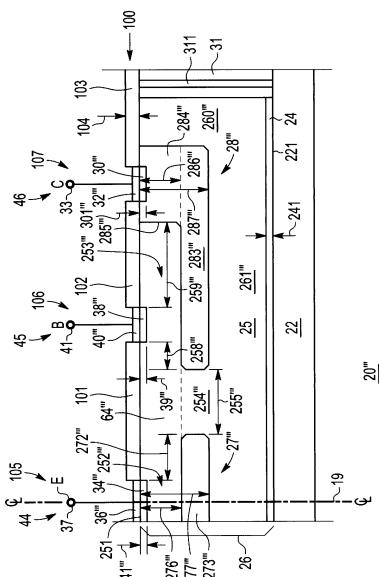
【図9】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ダニエル ジェイ . ブロンバーグ

アメリカ合衆国 85224 アリゾナ州 チャンドラー ウエスト モンロー ストリート 2  
126

(72)発明者 ジアン - カイ ツオ

アメリカ合衆国 85249 アリゾナ州 チャンドラー イースト アクエリアス プレイス  
4130

審査官 儀同 孝信

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0098096(US, A1)

特開平01-129457(JP, A)

特公昭47-019375(JP, B1)

特開平02-094527(JP, A)

特開昭63-048864(JP, A)

特表平10-508155(JP, A)

特許第3242127(JP, B2)

特開平11-251240(JP, A)

米国特許出願公開第2008/0157280(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/331

H01L 29/732