

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6642931号
(P6642931)

(45) 発行日 令和2年2月12日 (2020.2.12)

(24) 登録日 令和2年1月8日 (2020.1.8)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 29/78 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 5 2 M

H O 1 L 29/12 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 5 2 T

H O 1 L 21/336 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 5 8 F

H O 1 L 21/28 (2006.01)

H O 1 L 21/28 3 0 1 B

H O 1 L 29/417 (2006.01)

H O 1 L 21/28 3 0 1 S

請求項の数 14 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-214306 (P2013-214306)
 (22) 出願日 平成25年10月15日 (2013.10.15)
 (65) 公開番号 特開2014-120758 (P2014-120758A)
 (43) 公開日 平成26年6月30日 (2014.6.30)
 審査請求日 平成28年10月13日 (2016.10.13)
 審判番号 不服2018-7922 (P2018-7922/J1)
 審判請求日 平成30年6月8日 (2018.6.8)
 (31) 優先権主張番号 13/718,031
 (32) 優先日 平成24年12月18日 (2012.12.18)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
 45、スケネクタデイ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100133503
 弁理士 関口 一哉
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100113974
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化ケイ素装置におけるオーミック接触のためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

炭化ケイ素装置であって、
 炭化ケイ素基材の一部の上に配設されたゲート電極と、
 ゲート電極の上に配設された誘電フィルムと、
 ゲート電極の近傍に配設された当該炭化ケイ素装置の接触領域であって、(i) 接触領域が炭化ケイ素基材のウェルのベースであって、第1の導電型でドーピングされたウェルのベースと、(ii) ウェルのベースの両側の2つの領域であって、第1の導電型とは逆の第2の導電型でドーピングされた2つの領域とを含む接触領域と、
 ウェルのベースの上に配設されたチタン／アルミニウム層と、
 誘電フィルム、チタン／アルミニウム層及び接触領域の上に配設され、ウェルのベース及びウェルベースの両側の2つの領域の各々の少なくとも一部に延在する層と、
 を備え、
 前記少なくとも一部に延在する層が、誘電フィルム及びチタン／アルミニウム層上に配設された部分にニッケルを含み、
 チタン／アルミニウム層に配設された領域以外の接触領域におけるウェルのベースの上面全体の上にウェルのベースの上面と直接して配設された部分にケイ化ニッケルを含み、
 ケイ化ニッケル層が当該炭化ケイ素装置の接触領域にオーミック接触をもたらすように構成され、
 前記ケイ化ニッケル層と前記ゲート電極との反応生成物を有する領域がない、炭化ケイ

10

20

素装置。

【請求項 2】

前記ケイ化ニッケル層がゲート電極の近傍に配設されており、誘電スペーサによってゲート電極から離隔されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記誘電スペーサが、ケイ化ニッケル層を当該炭化ケイ素装置の接触領域及びゲート電極に自己整列させるように構成されている、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記ケイ化ニッケル層が、 $\text{Ni}_{31}\text{Si}_{12}$ 、 Ni_2Si 、 NiSi 又はこれらの組合せを含む、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の装置。

10

【請求項 5】

前記オーミック接触が 10^{-3} cm^2 未満の接触抵抗を有する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の装置。

【請求項 6】

前記オーミック接触が 10^{-6} cm^2 未満の接触抵抗を有する、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

当該炭化ケイ素装置が炭化ケイ素電力装置である、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の装置。

【請求項 8】

20

当該炭化ケイ素装置が炭化ケイ素 MOSFET 又は JFET 装置である、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の装置。

【請求項 9】

炭化ケイ素装置であって、
炭化ケイ素基材の一部の上に配設されたゲート電極と、
ゲート電極の上に配設された誘電フィルムと、
誘電フィルムの上に配設されたニッケル層と、
ゲート電極の近傍に配設された当該炭化ケイ素装置の接触領域であって、(i) 接触領域が炭化ケイ素基材のウェルのベースであって、第 1 の導電型でドーピングされたウェルのベースと、(ii) ウェルのベースの両側の 2 つの領域であって、第 1 の導電型とは逆の第 2 の導電型でドーピングされた 2 つの領域とを含む接触領域と、
ウェルのベースの上に配設されたチタン/アルミニウム層と、
当該炭化ケイ素装置の接触領域の上に配設された 1 以上の層と、
を備え、

30

前記 1 以上の層が、当該炭化ケイ素装置の接触領域にオーミック接触をもたらすように構成され、

前記 1 以上の層が、ケイ化ニッケル層を含み、
ケイ化ニッケル層が、チタン/アルミニウム層が配設された領域以外のウェルのベースの上面全体の上にウェルのベースの上面と直接接して延在しているとともに、ウェルベースの両側の 2 つの領域の各々の少なくとも一部の上に延在し、

40

前記ケイ化ニッケル層と前記ゲート電極との反応生成物を有する領域がない、炭化ケイ素装置。

【請求項 10】

接触領域がゲート電極から一定の距離に隔設されるように構成されている、請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

ゲート電極と接触領域との間に配設されていて、ゲート電極に対して接触領域を自己整列させるように構成されている誘電スペーサを含む、請求項 10 に記載の装置。

【請求項 12】

誘電スペーサが、当該炭化ケイ素装置の接触領域に対して接点バイアスを自己整列させる

50

ように構成されている、請求項 11 に記載の装置。

【請求項 13】

ケイ化ニッケル層のニッケル対ケイ素比が $2.6 \sim 1.0$ である、請求項 9 乃至請求項 12 のいずれかに記載の装置。

【請求項 14】

当該炭化ケイ素装置が炭化ケイ素金属酸化物半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) 又は接合型ゲート電界効果トランジスタ (JFET) 電力装置である、請求項 9 乃至請求項 13 のいずれかに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本書に開示される主題は、炭化ケイ素半導体装置 (デバイス) に関し、さらに具体的には、電力応用向けの炭化ケイ素半導体装置に関する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0002】

電界効果トランジスタ (FET) のような半導体装置の製造時に、1 以上の接点を形成する場合がある (例えば FET 装置の接触領域に)。一般的には、例えば炭化ケイ素 FET 装置に接点バイアを構築するとき、接触が低抵抗 (例えばオーミック接触) を有することが望ましい場合がある。加えて、これらの低抵抗接触の構築時に、幾つかの半導体装置製造技術 (例えばリフトオフ技術) では得られる装置構造に欠陥 (例えばエッジの凹凸化、条痕、接触の断裂、望ましくない過剰な金属、接着性の低下及び / 又は装置への他の形態の損傷) を招く場合がある。さらに、ケイ素装置を構築するのに適した方法を含め、他の装製造技術 (例えば自己整列技術) は、炭化ケイ素装置を構築するためには実効的でないことがしばしば判明している。

20

【課題を解決するための手段】

【0003】

一実施形態では、炭化ケイ素装置が、炭化ケイ素基材の一部の上に配設されたゲート電極と、ゲート電極の上に配設された誘電フィルムとを含んでいる。この装置は、ゲート電極の近傍に配設された接触領域を有し、誘電フィルム及び接触領域の上に配設された層を有する。層は、誘電フィルム上に配設された部分にニッケルを含み、接触領域上に配設された部分にケイ化ニッケルを含んでいる。ケイ化ニッケル層は、炭化ケイ素装置の接触領域にオーミック接触をもたらすように構成されている。

30

【0004】

別の実施形態では、炭化ケイ素装置が、炭化ケイ素基材の一部の上に配設されたゲート電極と、ゲート電極の上に配設された誘電フィルムとを含んでいる。この装置はまた、誘電フィルムの上に配設されたニッケル層を含んでいる。この装置は、ゲート電極の近傍に配設された接触領域を有し、またこの装置は、炭化ケイ素装置の接触領域の上に配設された 1 以上の層を含んでいる。1 以上の層は、炭化ケイ素装置の接触領域にオーミック接触をもたらすように構成され、また 1 以上の層はケイ化ニッケル層を含んでいる。

40

【0005】

別の実施形態では、方法が、炭化ケイ素装置の表面にニッケル層を堆積させるステップを含んでおり、炭化ケイ素装置の表面は、炭化ケイ素装置の接触領域と誘電体層とを含んでいる。この方法はさらに、ニッケル層の一部を、1 種以上のケイ化ニッケル種を含むケイ化ニッケル層へ転化するために、炭化ケイ素装置をアニールするステップを含んでいる。さらに、ケイ化ニッケル層は、炭化ケイ素装置の接触領域に低抵抗接触をもたらすように構成されている。

【図面の簡単な説明】

【0006】

本発明の上記その他の特徴、態様及び利点については、図面と併せて以下の詳細な説明

50

を参照することによって理解を深めることができるであろう。図面を通して、同様の部材には同様の符号を付した。

【図 1】本アプローチの一実施形態による炭化ケイ素装置に非自己整列型オーミック接触を形成する方法を示す流れ図である。

【図 2】図 1 又は図 8 の方法の実行に先立つ炭化ケイ素装置構造の一例としての金属酸化物半導体電界効果トランジスタ (M O S F E T) の一実施形態の図である。

【図 3】図 1 の方法において記載されるように、誘電体層を堆積させた後の図 2 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

【図 4】炭化ケイ素装置の接触領域を露出させるために、図 1 の方法において記載されるように、堆積した誘電体層をパターニング及びエッチングした後の図 3 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

10

【図 5】図 1 の方法において記載されるように、ニッケル層を堆積させた後の図 4 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

【図 6】ケイ化ニッケル層を形成するために、図 1 の方法において記載されるように、炭化ケイ素装置をアニールした後の図 5 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

【図 7】図 1 の方法において記載されるように、ニッケル層の未反応部分を除去した後の図 6 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

【図 8】本アプローチの別の実施形態による炭化ケイ素装置に自己整列型オーミック接触を形成する方法を示す流れ図である。

【図 9】一致型エッジを設けるために、図 8 の方法において記載されるように、誘電体層をゲート電極層と共に堆積させ、パターニングして、エッチングした後の図 8 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

20

【図 10】図 8 の方法において記載されるように、別の誘電体層を堆積させた後の図 9 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

【図 11】ゲートと露出した接触領域との間に誘電スペーサを設けるために、図 8 の方法において記載されるように、炭化ケイ素装置をブランケットエッチングした後の図 10 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

【図 12】図 8 の方法において記載されるように、ニッケル層を堆積させた後の図 11 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

【図 13】ケイ化ニッケル層を形成するために、図 8 の方法において記載されるように、炭化ケイ素装置をアニールした後の図 12 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

30

【図 14】図 8 の方法において記載されるように、ニッケル層の未反応部分を除去した後の図 13 の炭化ケイ素装置実施形態の図である。

【図 15】炭化ケイ素装置の接触領域においてケイ化ニッケル層に加えてチタン / アルミニウム層が配設された非自己整列型 M O S F E T 炭化ケイ素装置の代替的な実施形態の図である。

【図 16】炭化ケイ素装置の接触領域においてケイ化ニッケル層に加えてチタン / アルミニウム層が配設された自己整列型 M O S F E T 炭化ケイ素装置の代替的な実施形態の図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0007】

以下、本発明の 1 以上の特定の実施形態について説明する。これらの実施形態を簡潔に説明するため、現実の実施に際してのあらゆる特徴について本明細書に記載しないこともある。実施化に向けての開発に際して、あらゆるエンジニアリング又は設計プロジェクトの場合と同様に、実施毎に異なる開発者の特定の目標 (システム及び業務に関連した制約に従うことなど) を達成すべく、実施に特有の多くの決定を行う必要があることは明らかであろう。さらに、かかる開発努力は複雑で時間を要することもあるが、本明細書の開示内容に接した当業者にとっては日常的な設計、組立及び製造にすぎないことも明らかである。

【0008】

50

本発明の様々な実施形態の構成要素について紹介する際、単数形で記載したものは、その構成要素が１以上存在することを意味する。「含む」、「備える」及び「有する」という用語は内包的なものであり、記載した構成要素以外の追加の要素が存在していてもよいことを意味する。

【０００９】

上述の通り、炭化ケイ素ＦＥＴのような半導体装置の製造時に、ＦＥＴ装置の接触領域にオーミック接触を形成すると望ましい場合がある。しかしながら、上述のように、幾つかの半導体製造技術（例えばケイ素装置に用いられるリフトオフ技術及び自己整列技術等）は、炭化ケイ素装置を構築するときには望ましい接触に対して望ましい整列を提供する実効的な方法を提供するとはいえない。

10

【００１０】

従って、現状で開示される各実施形態は、炭化ケイ素装置（例えば炭化ケイ素ＦＥＴ）の構築時にオーミック接触の形成を可能にする（例えば接点バイアのために）。本技術は、炭化ケイ素装置の接触領域にオーミック接触を提供し得るケイ化ニッケル層を得るために、炭化ケイ素装置の露出した炭化ケイ素表面に堆積したニッケル層の部分のみがアニール条件の下で転化され得るようにする。加えて、炭化ケイ素装置の誘電体表面に堆積したニッケル層の部分はアニール条件の下では反応しないので、ニッケル層のこれらの未反応部分を選択的に除去して（例えば湿式エッチングを介して）、炭化ケイ素装置の接触領域にケイ化ニッケル層を残すことができる。後述するように、このアプローチは、ケイ化ニッケルのオーミック接触を含む非自己整列型炭化ケイ素装置を構築する方法（例えば図１の方法１０によるもの）にも自己整列型炭化ケイ素装置を構築する方法（例えば図８の方法７０によるもの）にも適用され得る。さらに、後述するように、本技術はまた、オーミック接触をもたらすために、炭化ケイ素装置の接触領域にケイ化ニッケルを配設することに加えて、他の金属層（例えばチタン／アルミニウム層）を含む炭化ケイ素装置を構築する方法にも適用され得る。

20

【００１１】

ニッケルは一般的には、幾つかの炭化ケイ素装置（例えば高濃度不純物を含むＰ＋炭化ケイ素層）に他の金属（例えばチタン、アルミニウム又はこれらの合金）よりも高い接触抵抗を提供し得ることを認められたい。しかしながら、現状で開示されるオーミック接触層は１種以上のケイ化ニッケル種を含んでいることを特記しておく。このようなものとして、後述するように、開示されるケイ化ニッケル層によって得られる諸特性（例えば電気的特性、物理的特性及び化学反応性等）は、炭化ケイ素の上の典型的なニッケル層に対して著しく改善され得る。このようなものとして、堆積したニッケル層の部分におけるケイ化ニッケルの制御された形成を通じて、本アプローチは、炭化ケイ素装置の製造時にニッケルの有用性を実質的に高めることができる。

30

【００１２】

以上のことを念頭に置いて、図１は、本アプローチの一実施形態によるオーミック接触を炭化ケイ素装置の上に形成し得る方法１０を示す。方法１０をさらに十分に説明するために、図２～図７は、方法１０の実行時の様々な段階での電力応用向け金属酸化物半導体電界効果トランジスタ（ＭＯＳＦＥＴ）である一例の炭化ケイ素装置１２を示す。本書の議論は炭化ケイ素ＭＯＳＦＥＴ１２に関するものであるが、本技術は、任意のＭＯＳＦＥＴ、又はオーミック接触が望まれ若しくは用いられる他の適当な炭化ケイ素装置（例えば接合ゲート電界効果トランジスタ（ＪＦＥＴ））に適用可能であることを認められたい。なお、図２～図７及び図９～図１６に示すＭＯＳＦＥＴ１２の各特徴は縮尺通りに描かれている訳ではない。

40

【００１３】

図２は、方法１０に先立つ一例の炭化ケイ素装置１２を示す。図２に示すＭＯＳＦＥＴ炭化ケイ素装置１２の基本構造は、 N^+SiC バッファ層１８及び $N-SiC$ ドリフト層２０のような一定数の他の層を上配設させた基材層（例えば N^+SiC 基材１６）を有する基材本体１４を含んでいる。 $N-SiC$ ドリフト層２０の最上層にはＰウェル２２が

50

形成されており、Pウェル22は、高濃度不純物を含むP+ベース26の両側に二つの高濃度不純物を含むN+領域24を配設して含んでいる。炭化ケイ素装置12は単に一例の装置構造を提供しているに過ぎず、他の炭化ケイ素装置構造（例えば反対符号の不純物を含む装置、付加的な層又はさらに少ない層を有する装置、異なる相対寸法の構造を有する装置等）もまた現状で思量されることを認められたい。加えて、図2に示すように、基材本体14の部分の最上層に、相対的に薄いゲート誘電体層30によって基材本体14から離隔されてゲート（例えば金属ゲート28）が堆積している。

【0014】

図1に示す方法は、図2に示す炭化ケイ素装置12の表面に共形の誘電体層を堆積させるステップ（ブロック40）で開始する。得られる構造は図3の炭化ケイ素装置12によって示されており、この構造は、炭化ケイ素装置12の表面を覆って堆積した共形の誘電体層52を含んでいる。幾つかの実施形態では、誘電体層52は、二酸化ケイ素、リンケイ酸ガラス（PSG）、ホウリンケイ酸ガラス（BPSG）、窒化ケイ素その他の任意の適当な誘電性材料を含み得る。さらに、幾つかの実施形態では、誘電体層52は、化学的気相堆積（CVD）技術、スピンコーティング技術その他の適当な堆積（成膜）法を用いて堆積させることができる。

【0015】

図1に示す方法は、炭化ケイ素装置12の接触領域を露出させるために誘電体層52の部分及びゲート誘電体層30の部分をパターニング及びエッチングするステップ（ブロック42）に続く。例えば、標準的なフォトリソグラフィ技術を用いて、図3に示す炭化ケイ素装置12の誘電体層52及びゲート誘電体層30の一部を除去して、基材本体14の表面の一部を露出させることができる。図4へ移ると、基材本体14の表面において接触領域54を露出させるために誘電体層52及びゲート誘電体層30の一部を除去した後の図3の炭化ケイ素装置が示されている。図4に示す接触領域54は、エッチング工程時に形成された誘電体層52及びゲート誘電体層30のエッジ56から延在している。誘電体層52及びゲート誘電体層30は、ゲート28を接触領域54から電氣的に絶縁するために、ゲート28から距離58にわたり延在していることを認められたい。さらに、幾つかの実施形態では、距離58は、図8に関して後に議論されるように、自己整列型技術を用いて達成され得る距離よりも大きくされ得ることを認められたい。例えば、非自己整列型方法10によって提供される距離58がさらに大きいと一般的には、作用する装置12を依然提供しつつブロック42のパターニング及びエッチング時に遭遇され得る微小な変動に備えることができる。

【0016】

図1へ戻り、方法10は、炭化ケイ素装置12の表面にニッケル層を堆積させるステップ（ブロック44）に続く。すなわち、ニッケル層を、図4に示す炭化ケイ素装置12の誘電体層52の表面及び露出した接触領域54に堆積させることができる。例えば、図5へ移ると、誘電体層52の表面及び接触領域54の両方を覆ってニッケル層60を堆積させた後の図4の炭化ケイ素装置が示されている。さらに、幾つかの実施形態では、ニッケル層52は、化学的気相堆積（CVD）技術、スパッタリングその他の適当な堆積法を用いて堆積させることができる。従って、ブロック44の完了後に、図5に示すニッケル層60は一般的には、2種以上のタイプの表面すなわち誘電体表面（例えば誘電体層52の上に配設されたニッケル層60の部分）及び炭化ケイ素表面（例えば高濃度不純物を含む炭化ケイ素接触領域54の上に配設されたニッケル層60の部分）に配設され得る。方法10は、金属堆積（例えばニッケル層60）用の表面を準備するために、積極型前処理である反応性イオンエッチング（RIE）又はバックスパッタエッチングを考慮していることを認められたい。さらに、かかる積極型のエッチング技術は、露出したフォトレジスト表面の敏感性のためリフトオフ方法と一般的に両立する訳ではないことを認められたい。

【0017】

再び図1へ戻り、方法10は、炭化ケイ素装置12の接触領域54に1種以上のケイ化ニッケル種を形成するために、炭化ケイ素装置12をアニールするステップ（ブロック4

10

20

30

40

50

6)に続く。すなわち、図6へ移ると、炭化ケイ素装置12は、ニッケル層60の部分(例えばブロック44において堆積したもの)が炭化ケイ素接触領域54の一部と反応して1以上のケイ化ニッケル種を含むケイ化ニッケル層62を形成し得るように加熱すればよい。例えば、幾つかの実施形態では、炭化ケイ素装置12は、特定の雰囲気(例えばアルゴン、窒素その他の適当な雰囲気)の下で約300~約1100、約500~約900、又は約600~約800に加熱する。例えば、幾つかの実施形態では、ブロック46のアニールは、同様に配置されたニッケル層の接触抵抗の約4分の1~10分の1の接触抵抗を有するケイ化ニッケル層62を提供し得る。特定の例によれば、ケイ化ニッケル層62によって提供される接触抵抗は、約 10^{-3} cm^2 ~約 10^{-6} cm^2 程度である。

【 0 0 1 8 】

上述のように、アニール時に炭化ケイ素装置 12 を熱すると（例えば図 1 のブロック 46 に記載）、ニッケル層 60 からケイ化ニッケル層 62 における 1 以上のケイ化ニッケル種の形成を生じ得る。理論に制約されるものではないが、1 以上のアニールを行うステップの後には、ケイ化ニッケル層 62 の内部にケイ化ニッケル種の連続体が存在し得る。例えば、ケイ化ニッケル層 62 が相対的に低いアニール温度（例えば約 300 ~ 約 500

)で形成されるときには、得られるケイ化ニッケル層62はかなりの量の $\text{Ni}_{31}\text{Si}_{12}$ を含み得る。従って、かかるケイ化ニッケル層62について、ニッケル対ケイ素比は約2.6~約1.0とすることができる。さらに他の例によれば、ケイ化ニッケル層62が相対的に高いアニール温度(例えば約600~約900)で形成されるときには、得られるケイ化ニッケル層はかなりの量の Ni_2Si を含み得る。従って、かかるケイ化ニッケル層62については、ニッケル対ケイ素比は約2.6~約2.0とすることができる。さらに他の例によれば、ケイ化ニッケル層62が一層高いアニール温度(例えば約900~約1100)で形成されるときには、得られるケイ化ニッケル層はかなりの量の NiSi を含み得る。従って、かかるケイ化ニッケル層62については、ニッケル対ケイ素比は約2.0~約1.0とすることができる。さらに、誘電体層52の上に配設されたニッケル層60の残部はブロック46のアニール時には実質的に変化しないままであってよく、接触領域54の上に配設されたニッケル層60の部分のみがケイ化ニッケル層62を形成し得ることを特記しておく。

【 0 0 1 9 】

図 1 に示す方法を続けると、ブロック 4 6 に記載するように炭化ケイ素装置 1 2 をアニールした後に、未反応ニッケル層 6 0（例えば誘電体層 5 2 の上に配設されたもの）を炭化ケイ素装置の誘電体表面からエッチングする（ブロック 4 8）ことができる。しかしながら、未反応ニッケル層 6 0 とは異なる反応性を有するケイ化ニッケル層 6 2 は、実質的に変化しないままであってもよい。例えば、図 7 へ移ると、ケイ化ニッケル層 6 2 のみが残るように未反応ニッケル層 6 0 をエッチングした後の炭化ケイ素装置 1 2 が示されている。例えば、幾つかの実施形態では、未反応ニッケル層 6 0 は湿式エッチング技術を用いて除去され得る。しかしながら、他の実施形態では、最終的な装置構造がケイ化ニッケル層 6 2 に加えて未反応ニッケル層 6 0 を含むように、ブロック 4 8 に記載する未反応ニッケル層 6 0 のエッチングを行わなくてもよい。かかる実施形態では、ニッケル層 6 0 が、ゲート接点パッド（不図示）のような他の幾つかの装置特徴と接触することを回避するために十分な注意を払うとよいことを認められたい。

【 0 0 2 0 】

加えて、図 1 に示すように、幾つかの実施形態では、炭化ケイ素装置 12 は、ケイ化ニッケル層 62 での接触抵抗をさらに改善するために最初のアニールよりも高温で 2 度目のアニールを施されてもよい（ブロック 50）。例えば、幾つかの実施形態では、炭化ケイ素装置 12 は、特定の雰囲気（例えばアルゴン、窒素その他の適当な雰囲気）の下で約 800 ～ 約 1100 に加熱する。上で最初のアニールの議論に記載されたように、炭化ケイ素装置 12 を相対的に高い温度まで熱する（例えばブロック 50 に記載する 2 度目のアニール時に）と、ケイ化ニッケル層 62（例えばブロック 46 に記載する最初のアニール時に）の接触抵抗をさらに改善する。

ル時に形成されたもの)を炭化ケイ素接触領域54とさらに反応させることができる。2度目のアニールの後には、ケイ化ニッケル層62は幾つかのケイ化ニッケル種(例えば Ni_2Si 及び $NiSi$ 等)について豊富になり得る。例えば、幾つかの実施形態では、ブロック50に記載する2度目のアニールの後には、ケイ化ニッケル層62でのニッケル対ケイ素の比は約1に接近し得る。さらに、ブロック50の2度目のアニールによって形成されるケイ化ニッケル層62は、炭化ケイ素装置12の接触領域54での接触抵抗をさらに低下させ得ることを認められたい。

【0021】

図8は、本アプローチの別の実施形態による炭化ケイ素装置12の上に自己整列型オーミック接触を形成し得る(例えば接点バイアのために)第二の方法70を示す。方法70をさらに十分に説明するために、図2及び図9~図14は、上で議論されたものと同じ例のMOSFET炭化ケイ素装置12を、図8に示す方法70の実行時の様々な段階において示している。図1の方法10と同様に、第二の方法70の議論は炭化ケイ素MOSFET12に関するものであってもよいが、本技術は、任意のMOSFET装置又は他の適当な炭化ケイ素装置にも適用し得る。さらに、上述の図2は、図8に示す方法70の実行に先立つ一例の炭化ケイ素装置12を示している。

【0022】

図8に示す方法70は、図2に示す炭化ケイ素装置12の表面に誘電体層を堆積させるステップ(ブロック72)で開始し、続いて一致型エッジを形成するために、堆積した誘電体層及びゲート電極のパターニング及びエッチングを行う。得られる構造は図9に示す炭化ケイ素装置12によって示されており、この構造は、ゲート28の上に配設された誘電体層90(例えば二酸化ケイ素、リンケイ酸ガラス、ホウリンケイ酸ガラス、窒化ケイ素その他の任意の適当な誘電性材料を含む)を含んでいる。加えて、誘電体層90は、CVD、スピンコーティングその他の適当な堆積技術を用いて堆積させることができる。さらに、図9に示す誘電体層90は、炭化ケイ素装置12の接触領域54を露出させて一致型エッジ92を設けるために、パターニングされてエッチングされている(例えばフォトリソグラフィ技術を用いる)。

【0023】

図8に示す方法70は、炭化ケイ素装置12の表面に別の誘電体層の共形堆積を行うステップ(ブロック74)に続く。例えば、図10へ移ると、誘電体層94の共形堆積の後の炭化ケイ素装置12が示されている。誘電体層90と同様に、誘電体層94は、二酸化ケイ素、リンケイ酸ガラス(PSG)、ホウリンケイ酸ガラス(BPSG)、窒化ケイ素その他の任意の適当な誘電性材料を含み得る。加えて、誘電体層94は、CVD、スピンコーティングその他の適当な堆積技術を用いて堆積させることができる。

【0024】

図8へ戻り、方法70は、ゲート30と接触領域54との間に誘電スペーサを作製するために、ブロック74において堆積した共形の誘電体層のブランケットエッチングを行うステップ(ブロック76)に続く。例えば、図11へ移ると、ブロック74において堆積した誘電体層94のブランケットエッチング(例えばブロック76に記載するようなもの)の後の炭化ケイ素装置12が示されている。図11に示すように、ブランケットエッチングは、誘電体層94の殆どを除去して、接触領域54を露出させるが、ゲート28と炭化ケイ素装置12の接触領域54との間に配設されたスペーサ96を残す。ブロック74において堆積した誘電体層94の厚み及びブロック76のブランケットエッチング条件を制御することにより、誘電スペーサ96の幅98を制御し得ることを認められたい。

【0025】

誘電スペーサ96の形成の後に、図8の方法70は、炭化ケイ素装置の表面を覆うニッケル層の堆積を行うステップ(ブロック78)に続く。例えば、図12へ移ると、残った誘電体層90の表面、露出した接触領域54及び誘電スペーサ96を含めて炭化ケイ素装置の表面の上に配設されたニッケル層60を有する炭化ケイ素装置12が示されている。さらに、幾つかの実施形態では、ニッケル層52は、化学的気相堆積(CVD)、スパッ

10

20

30

40

50

タリングその他の適当な堆積法を用いて堆積させることができる。

【 0 0 2 6 】

図 8 へ戻り、一旦、ニッケル層 6 0 がブロック 7 8 において堆積したら、1 種以上のケイ化ニッケル種が炭化ケイ素装置の接触領域 5 4 に形成されるように、炭化ケイ素装置 1 2 をアニールすることができる（ブロック 8 0）。例えば、図 1 3 へ移ると、接触領域 5 4 を覆って堆積したニッケル層 6 0 の部分からケイ化ニッケル層 6 2 が形成されるようにアニールされた後の炭化ケイ素装置 1 2 が示されている。例えば、幾つかの実施形態では、炭化ケイ素装置 1 2 を、特定の雰囲気（例えばアルゴン、窒素その他の適当な雰囲気）の下で約 3 0 0 ~ 約 1 1 0 0、約 5 0 0 ~ 約 9 0 0、又は約 6 0 0 ~ 約 8 0 0

に熱することができる。例えば、幾つかの実施形態では、ブロック 8 0 のアニールは、同様に配置されたニッケル層の接触抵抗の約 4 分の 1 乃至 1 0 分の 1 の接触抵抗を有するケイ化ニッケル層 6 2 を提供することができる。特定の例によれば、ケイ化ニッケル層 6 2 によって提供される接触抵抗は、約 10^{-3} cm^2 ~ 約 10^{-6} cm^2 程度であってよい。

【 0 0 2 7 】

上述のように、アニール時に炭化ケイ素装置 1 2 を熱すると（例えば図 8 のブロック 8 0 に記載する）、ニッケル層 6 0 からケイ化ニッケル層 6 2 に 1 以上のケイ化ニッケル種の形成を生じ得る。例えば、ケイ化ニッケル層 6 2 が相対的に低いアニール温度（例えば約 3 0 0 ~ 約 5 0 0）で形成されるときには、得られるケイ化ニッケル層 6 2 はかなりの量の $\text{Ni}_{31}\text{Si}_{12}$ を含み得る。従って、かかるケイ化ニッケル層 6 2 について、ニッケル対ケイ素の比は約 2.6 ~ 約 1.0 とすることができる。さらに他の例によれば、ケイ化ニッケル層 6 2 が相対的に高いアニール温度（例えば約 6 0 0 ~ 約 9 0 0）で形成されるときには、得られるケイ化ニッケル層はかなりの量の Ni_2Si を含み得る。従って、かかるケイ化ニッケル層 6 2 については、ニッケル対ケイ素の比は約 2.6 ~ 約 2.0 とすることができる。さらに他の例によれば、ケイ化ニッケル層 6 2 が一層高いアニール温度（例えば約 9 0 0 ~ 約 1 1 0 0）で形成されるときには、得られるケイ化ニッケル層はかなりの量の NiSi を含み得る。従って、かかるケイ化ニッケル層 6 2 については、ニッケル対ケイ素の比は約 2.0 ~ 約 1.0 とすることができる。さらに、誘電体層 9 0 及び / 又は誘電スペーサ 9 6 の上に配設されたニッケル層 6 0 の残部はブロック 4 6 のアニール時には実質的に変化しないままであってよく、接触領域 5 4 の上に配設されたニッケル層 6 0 の部分のみがケイ化ニッケル層 6 2 を形成し得ることを特記しておく。

【 0 0 2 8 】

図 8 に示す方法 7 0 を続けて述べると、ブロック 8 0 に記載するアニールの後に、ケイ化ニッケル層 6 2 に実質的に影響を与えないままニッケル層 6 0 の未反応部分を誘電体表面（例えば誘電体層 9 0 及び誘電スペーサ 9 6）からエッチングする（ブロック 8 2）ことができる。例えば、図 1 4 へ移ると、未反応ニッケル層 6 0 が除去されて（例えば湿式エッチング技術を用いる）、ケイ化ニッケル層 6 2 のみを残した後の炭化ケイ素装置 1 2 が示されている。図 1 4 に示す炭化ケイ素装置 1 2 の構造では、ケイ化ニッケル層 6 2 はスペーサ 9 6 によってゲート 2 8 及び / 又は接触領域 5 4 に対して自己整列している。誘電スペーサ 9 6 の幅 9 8 は一般的には、他の整列方法を用いて達成され得るゲートとケイ化ニッケル層との間の間隔よりも小さくてよい（例えば図 1 に示す非自己整列型方法について図 4 に示す幅 5 8 よりも小さくてよい）ことを認められたい。他の実施形態では、最終的な装置構造がケイ化ニッケル層 6 2 に加えて未反応ニッケル層 6 0 を含むように、ブロック 8 2 に記載する未反応ニッケル層 6 0 のエッチングを行わなくてもよいことを認められたい。かかる実施形態では、ニッケル層 6 0 が、ゲート接点パッド（不図示）のような他の幾つかの装置特徴と接触することを回避するために十分な注意を払うとよいことを認められたい。

【 0 0 2 9 】

再び図 8 へ戻り、幾つかの実施形態では、方法 7 0 は、炭化ケイ素装置 1 2 に 2 度目の

アニールを施すステップ（ブロック 84）に続く。すなわち、ブロック 82 に記載するように未反応ニッケル層 60 が除去された後に、ブロック 80 に記載する最初のアニールよりも高い温度で図 14 に示す炭化ケイ素装置 12 に 2 度目のアニールを施すことができる。例えば、幾つかの実施形態では、炭化ケイ素装置 12 は、特定の雰囲気（例えばアルゴン、窒素その他の適当な雰囲気）の下で約 800 ～ 約 1100 に加熱する。この場合にも、理論に制約されるものではないが、炭化ケイ素装置 12 を相対的に高い温度に加熱する（例えばブロック 84 に記載する 2 度目のアニール時に）と、最初のアニール（例えばブロック 80 に記載する）時に形成されたケイ化ニッケル層 62 を炭化ケイ素接触領域 54 とさらに反応させて他のケイ化ニッケル種（例えば Ni_2Si 及び NiSi 等）を形成することができ、この場合にはケイ化ニッケル層 62 でのニッケル対ケイ素の比は約 1.0 に接近し得る。さらに、ブロック 80 の 2 度目のアニールによって形成されるケイ化ニッケル層 62 は、炭化ケイ素装置 12 の接触領域 54 での接触抵抗をさらに低下させ得ることを認められたい。

【0030】

図 15 は、接触領域 54 の一部の上に配設されたチタン / アルミニウム層 100 を含んでいる非自己整列型炭化ケイ素装置 12 の代替的な実施形態を示す。さらに明確に述べると、チタン / アルミニウム層 100 が炭化ケイ素装置 12 の P + ベース 32 の上に配設されており、ケイ化ニッケル 102 が接触領域 54 の残部の上に配設されている。さらに、ニッケル層 104 の部分はチタン / アルミニウム層 100 の上に配設されたままに留まっている。図 15 に示す炭化ケイ素装置 12 は、非自己整列型方法（例えば図 1 に示す方法と同様のもの）を用いて製造され得るが、ニッケル層の堆積に先立って（例えば図 1 に示す方法のブロック 42 とブロック 44 との間で）接触領域 54 の中間にチタン / アルミニウム層 100 を選択的に堆積させるステップを含んでいる。

【0031】

図 16 は、接触領域 54 の一部の上に配設されたチタン / アルミニウム層 100 をやはり含んでいる自己整列型炭化ケイ素装置 12 の代替的な実施形態を示す。図 15 に示す装置と同様に、図 16 に示す炭化ケイ素装置 12 は、炭化ケイ素装置 12 の P + ベース 32 の上に配設されたチタン / アルミニウム層 100 を含んでおり、ケイ化ニッケル 102 は接触領域 54 の残部の上に配設されている。さらに、図 15 の装置と同様に、ニッケル層 104 の一部はチタン / アルミニウム層 100 の上に配設されたままに留まっている。図 16 に示す炭化ケイ素装置 12 は、自己整列型方法（例えば図 8 に示す方法 70 と同様のもの）を用いて製造され得るが、ニッケル層の堆積に先立って（例えば図 8 に示す方法 70 のブロック 76 とブロック 78 との間で）接触領域 54 の中間にチタン / アルミニウム層 100 を選択的に堆積させるステップを含んでいる。

【0032】

現状で開示される技術の技術的效果は、炭化ケイ素装置のためのオーミック接触の容易な形成を含んでいる。すなわち、本技術は、オーミック接触をもたらすために（例えば炭化ケイ素電界効果トランジスタ（FET）装置の接触領域において）、炭化ケイ素表面に堆積したニッケル層の部分のみをアニール条件の下でケイ化ニッケルに転化することを可能にする。さらに、アニールの条件は誘電体表面に堆積したニッケル層の部分が反応したりケイ化ニッケルを形成したりすることを誘発しないので、堆積したニッケル層のこれらの未反応部分を容易に且つ選択的に除去して、ケイ化ニッケルのみが炭化ケイ素装置の接触領域に留まるようにすることができる（例えば湿式エッチングを介して）。本技術は、ケイ化ニッケルのオーミック接触を含む非自己整列型炭化ケイ素装置を構築する方法（例えば図 1 の方法 10 によるもの）にも自己整列型炭化ケイ素装置を構築する方法（例えば図 8 の方法 70 によるもの）にも適用され得る。さらに、自己整列技術（例えば図 8 の方法 70 に記載されたようなもの）による開示されたアプローチを用いることにより、装置密度を高め（例えばセルピッチを小さくする）、また装置歩留まりを高め得ることを認められたい。さらに、本技術は、オーミック接触をもたらすために炭化ケイ素装置の接触領域に配設されたケイ化ニッケルを有することに加えて他の金属層（例えば図 15 及び図 1

6 に示すチタン / アルミニウム層 1 0 0) を含む炭化ケイ素装置を構築する方法にも適用され得る。

【 0 0 3 3 】

本明細書では、本発明を最良の形態を含めて開示するとともに、装置又はシステムの製造・使用及び方法の実施を始め、本発明を当業者が実施できるようにするため、例を用いて説明してきた。本発明の特許性を有する範囲は、特許請求の範囲によって規定され、当業者に自明な他の例も包含する。かかる他の例は、特許請求の範囲の文言上の差のない構成要素を有しているか、或いは特許請求の範囲の文言と実質的な差のない均等な構成要素を有していれば、特許請求の範囲に記載された技術的範囲に属する。

【 符号の説明 】

10

【 0 0 3 4 】

- 1 0 : 炭化ケイ素装置に非自己整列型オーミック接触を形成する方法
- 1 2 : 炭化ケイ素装置
- 1 4 : 基材本体
- 1 6 : N + S i C 基材
- 1 8 : N + S i C バッファ層
- 2 0 : N - S i C ドリフト層
- 2 2 : P ウェル
- 2 4 : N + 領域
- 2 6 : P + ベース
- 2 8 : 金属ゲート
- 3 0 : ゲート誘電体層
- 5 2 : 共形誘電体層
- 5 4 : 接触領域
- 5 6 : エッジ
- 5 8 : 距離
- 6 0 : ニッケル層
- 6 2 : ケイ化ニッケル層
- 7 0 : 炭化ケイ素装置に自己整列型オーミック接触を形成する方法
- 9 0 : 誘電体層
- 9 2 : 一致型エッジ
- 9 4 : 誘電体層
- 9 6 : スペース
- 9 8 : スペース幅
- 1 0 0 : チタン / アルミニウム層
- 1 0 2 : ケイ化ニッケル
- 1 0 4 : ニッケル層

20

30

【図 1】

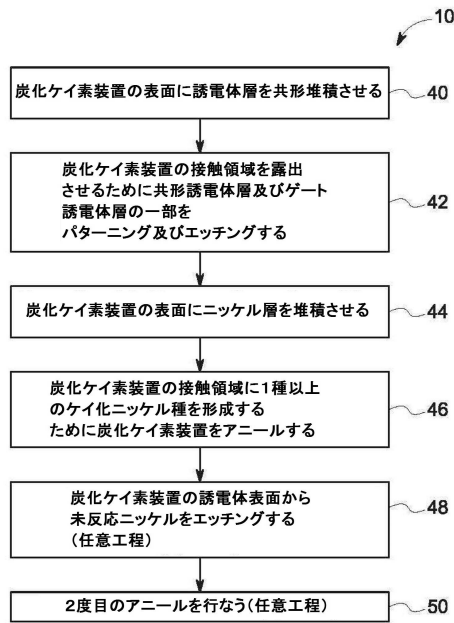


FIG. 1

【図 2】

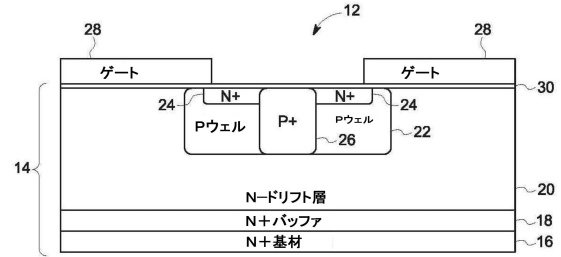


FIG. 2

【図 3】

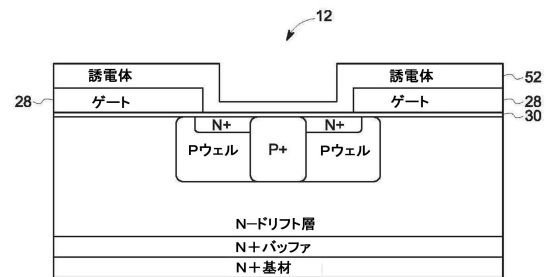


FIG. 3

【図 4】

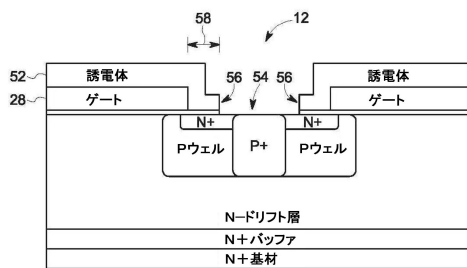


FIG. 4

【図 6】

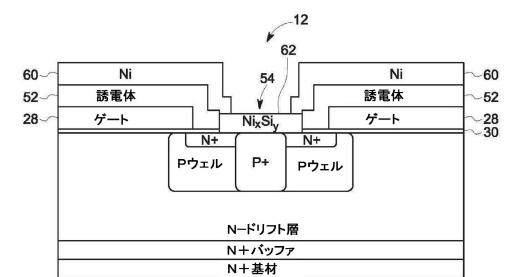


FIG. 6

【図 5】

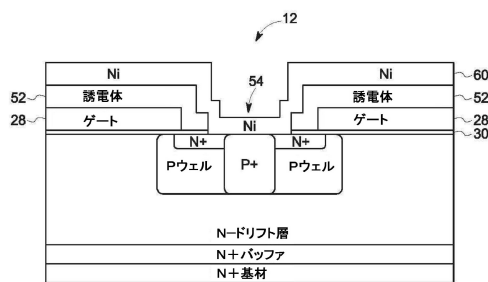


FIG. 5

【図 7】

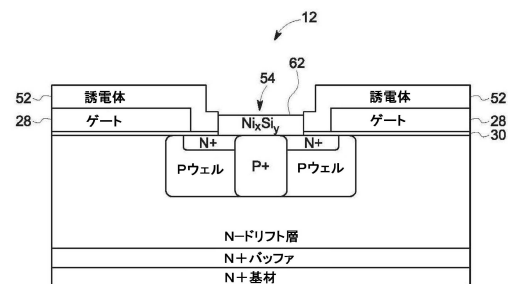


FIG. 7

【図 8】

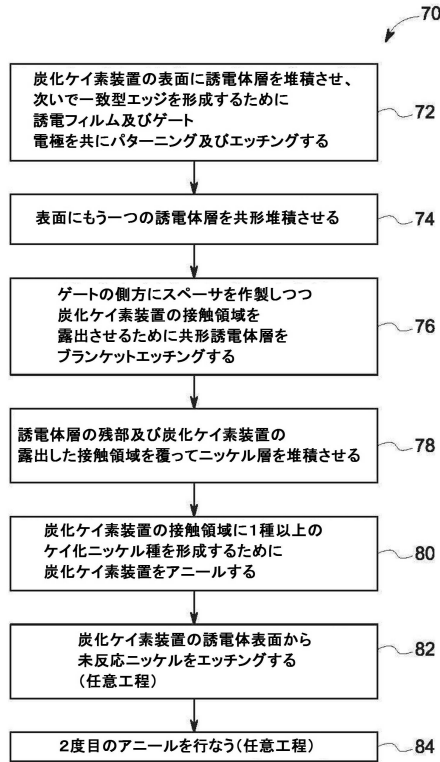


FIG. 8

【図 9】

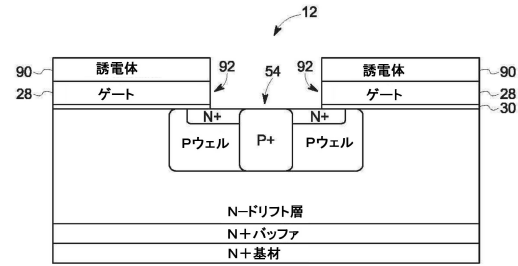


FIG. 9

【図 10】

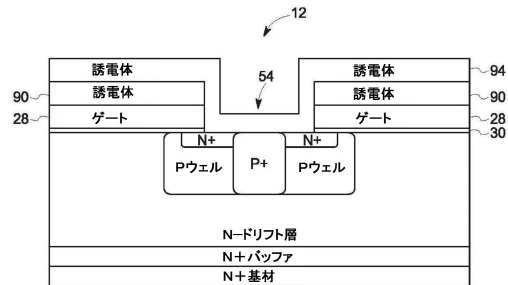


FIG. 10

【図 11】

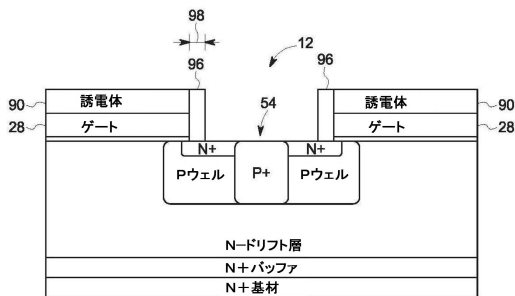


FIG. 11

【図 13】

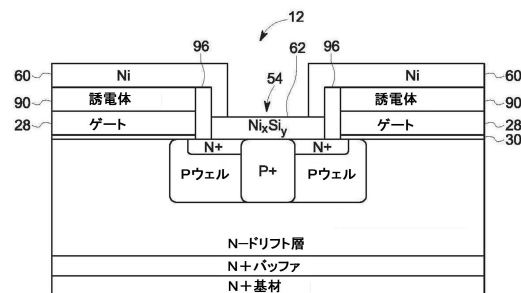


FIG. 13

【図 12】

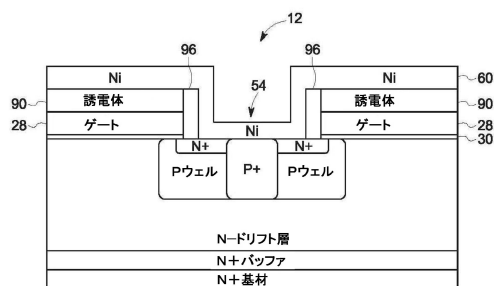


FIG. 12

【図 14】

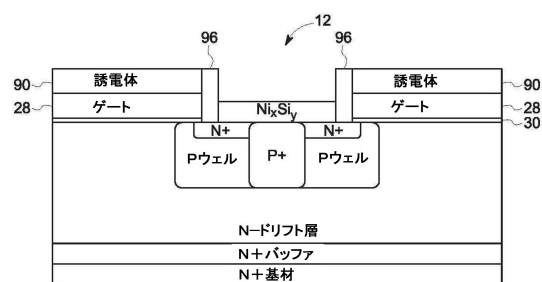


FIG. 14

【図 15】

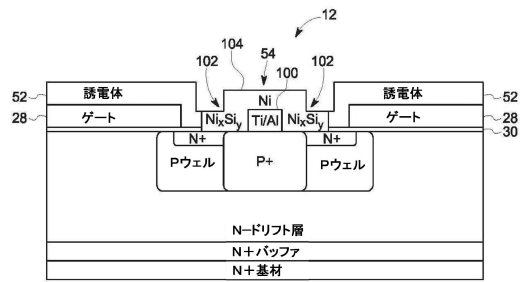


FIG. 15

【図 16】

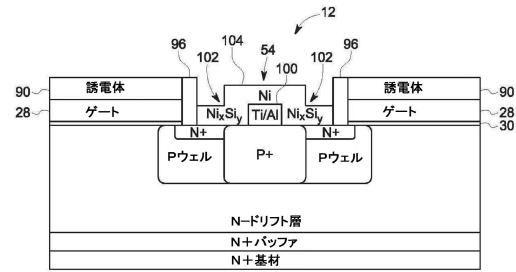


FIG. 16

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 29/50 M

(72)発明者 ザカリー・マシュー・スタム
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 レザ・ガンディー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

合議体

審判長 加藤 浩一

審判官 恩田 春香

審判官 小田 浩

(56)参考文献 米国特許第8035112(US, B1)
再公表特許第2009/019837(JP, A1)
特開2002-299620(JP, A)
再公表特許第WO2011/043116(JP, A1)
特開2005-276978(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L21/336

H01L29/12

H01L29/78