

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4874461号
(P4874461)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/338 (2006.01)

H01L 29/80

H

H01L 29/778 (2006.01)

H01L 29/80

F

H01L 29/812 (2006.01)

H01L 29/80

Q

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-572921 (P2000-572921)
 (86) (22) 出願日 平成11年9月15日 (1999.9.15)
 (65) 公表番号 特表2002-526922 (P2002-526922A)
 (43) 公表日 平成14年8月20日 (2002.8.20)
 (86) 國際出願番号 PCT/US1999/021135
 (87) 國際公開番号 WO2000/019512
 (87) 國際公開日 平成12年4月6日 (2000.4.6)
 審査請求日 平成18年6月6日 (2006.6.6)
 (31) 優先権主張番号 09/163,124
 (32) 優先日 平成10年9月29日 (1998.9.29)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 503455363
 レイセオン カンパニー
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
 2451 ウォルサム ウィンター スト
 リート 870
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100071124
 弁理士 今井 庄亮
 (74) 代理人 100076691
 弁理士 増井 忠式
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100096013
 弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シュードモルフィック高電子移動度トランジスター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電界効果トランジスターのゲートを形成する方法であって、

(a) 下記を備えた構造体を用意するステップ：

I I I - V 族基板；

基板上のチャネル層；

チャネル層上のドープ障壁層；

障壁層上に配置した保護層；

保護層上に配置したエッチング停止層；ならびに

エッチング停止層上に配置したソースおよびドレインコンタクト層；

(b) 構造体の表面にマスクを付与するステップであって、そのマスクはコンタクト層の表面の一部を露出させる開口をもつ、ステップ；

(c) コンタクト層の露出表面部分に1回目のエッチングを施し、コンタクト層を貫通してエッチングして、下層のエッチング停止層の表面の一部を露出させるステップであって、この1回目のエッチングによりコンタクト層は、エッチング停止層に対するこのエッチングのエッチング速度より実質的に大きなエッチング速度でエッチングされる、ステップ；

(d) マスクの開口を拡張するステップ；

(e) 拡張した開口により露出したエッチング停止層の表面部分に2回目のエッチングを施し、エッチング停止層を貫通してエッチングして、下層の保護層の表面の一部を露出さ

10

20

せるステップであって、この2回目のエッチングによりエッチング停止層は、保護層に対するこの2回目のエッチングのエッチング速度より実質的に大きなエッチング速度でエッチングされる、ステップ；そして

(f) マスク上に、エッチング停止層のエッチングされた部分を通して保護層の露出部分上にまで、金属を蒸着するステップ、

を備える方法。

【請求項2】

電界効果トランジスターのゲートを形成する方法であって、

(a) 下記を備えた構造体を用意するステップ：

ガリウムヒ素基板；

10

基板上のインジウムガリウムヒ素チャネル層；

チャネル層上のドープアルミニウムガリウムヒ素障壁層；

障壁層上に配置したガリウムヒ素保護層；

保護層上に配置したインジウムガリウムリン-エッチング停止層；ならびに

エッチング停止層上に配置したガリウムヒ素-ソースおよびドレインコンタクト層；

(b) 構造体の表面にマスクを付与するステップであって、そのマスクはコンタクト層の表面の一部を露出させる開口をもつ、ステップ；

(c) コンタクト層の露出表面部分に1回目のエッチングを施し、コンタクト層を貫通してエッチングして、下層のエッチング停止層の表面の一部を露出させるステップであって、この1回目のエッチングによりコンタクト層は、エッチング停止層に対するこのエッチングのエッチング速度より実質的に大きなエッチング速度でエッチングされる、ステップ；

20

(d) マスクの開口を拡張するステップ；

(e) 拡張した開口により露出したエッチング停止層の表面部分に2回目のエッチングを施し、エッチング停止層を貫通してエッチングして、下層の保護層の表面の一部を露出させるステップであって、この2回目のエッチングによりエッチング停止層は、保護層に対するこの2回目のエッチングのエッチング速度より実質的に大きなエッチング速度でエッチングされる、ステップ；そして

(f) マスク上に、エッチング停止層のエッチングされた部分を通して、保護層の露出部分上にまで、それとショットキー接觸したゲート金属を蒸着するステップであって、このゲート金属がゲート電極となる、ステップ、

を備える方法。

30

【請求項3】

前記金属を蒸着するステップは、金属をコンタクト層の側壁へ蒸着するステップ及び蒸着された金属をコンタクト層の側壁から分離するステップを含む、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

1回目のエッチングのステップが、コンタクト層の露出表面部分に1回目のエッチングを施し、コンタクト層を貫通してエッチングして、下層のエッチング停止層の表面の一部を露出させるステップを含み、この1回目のエッチングによりコンタクト層は、エッチング停止層に対するこのエッチングのエッチング速度より少なくとも2桁大きなエッチング速度でエッチングされる、請求項1～3のいずれか1項に記載の方法。

40

【請求項5】

2回目のエッチングのステップが、エッチング停止層を保護層に対するこの2回目のエッティングのエッティング速度より少なくとも2桁大きなエッティング速度でエッティングするステップを含む、請求項1～4のいずれか1項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は一般に、シュードモルフィック高電子移動度トランジスター(pseudomorphic high electron mobility transistor, PHEMT)、より詳細にはIII-V族基板上に

50

形成されたそのようなタイプのトランジスターに関する。

【0002】

当技術分野で知られているように、無線周波信号を増幅するためにマイクロ波およびミリメートル周波数で用いられる数種類の能動デバイスがある。一般にこれらの周波数で用いられる、より一般的な半導体デバイスの1つは、電界効果トランジスター、特に金属電極半導体電界効果トランジスター(MESFET)、高電子移動度トランジスター(HEMT)、およびシュードモルフィック高電子移動度トランジスター(PHEMT)である。これらのトランジスターはそれぞれIII-V族材料、たとえばガリウムヒ素(GaAs)またはインジウムリン(InP)から作成される。HEMTとMESFETを区別するものは、HEMTにはある材料のドープ障壁(またはドナー)層および異なる材料のドープされていないチャネル層があることである。ドープされたドナー層とドープされていないチャネル層の間にヘテロ接合が形成される。このヘテロ接合は、ドープされたドナー層からドープされていないチャネル層へ注入される電子を空間的に分離する。したがってバンドギャップの大きなドナー層からの電子がバンドギャップの狭いチャネル層へ伝達され、ここで電子はヘテロ接合に平行な平面内においてのみ移動するよう制限される。その結果、二次元電子、いわゆる“ガス”が形成される。伝動はドープされていないチャネルにおいて起きるので、このドープされていない層では、MESFETに用いられるドープされたチャネル構造と比較して不純物散乱が減少し、これにより電子移動度が高められる。したがってHEMTの方がMESFETよりも高い周波数操作を与える。

【0003】

同様に当技術分野で知られているように、あるタイプのPHEMTは、その上に下記の層が順に形成されたガリウムヒ素基板を含む：ドープされていないInGaAsチャネル層；ドープ障壁(ドナー)AlGaAs層；ならびにn-GaAsおよびn+GaAsオームコンタクト層：図1Aに示す。次いでこの構造体上にフォトレジストを析出させ、構造体の一部に開口をもつようにパターン化して、ゲート電極を形成すべき領域を露出させる。このパターン化されたフォトレジストをエッチングマスクとして用い、この開口により露出した部分とエッチング剤を接触させて、n+GaAs層およびn-GaAs層の部分を貫通し、そして部分的にAlGaAs層内へ、順にエッチングする：ウェットエッチングについては図1A、ドライエッチングについては図1Bに示す。いずれの場合も、比較的幅広い溝がn+GaAs層およびn-GaAs層内に形成され、これによりFETのブレークダウン電圧が改善される。ドライエッチングはウェットエッチングより選択性が良好であり、かつアンダーカットが少ない；しかしドライエッチングはエッチングされる表面層に常にある程度の損傷を与え、これがより不都合な表面状態を誘発する可能性がある。ウェットエッチングまたはドライエッチングのいずれにおいても、広溝を形成した後、フォトレジストをストリッピングし、他のフォトレジストを構造体に析出させ、パターン化して、狭ゲート溝を定め、AlGaAsチャネルとショットキー接觸したゲート金属化(すなわちゲート電極)を行う：図1C(ウェットエッチングを用いて広溝を形成した場合)または図1D(ドライエッチングを用いて広溝を形成した場合)に示す。いずれの場合も、図1Cまたは図1Dに示すAlGaAs PHEMTについて、この狭溝はウェットケミカルを用いて時間付きエッチングすることにより形成され、ソースS電極とドレインD電極の間の開放チャネル電流の測定により検査される。次いでゲート金属をフォトレジスト上に、かつそれに形成された電子ビームパターン化開口を貫通してアルミニウムガリウムヒ素の露出部分上に、蒸着する。フォトレジスト層およびその上にある余分な金属を取り去った後、ゲート電極Gが形成される。；得られたFETを、ウェットエッチング法については図1Eに、ドライエッチング法については図1Fに示す。他方、AlGaAs層の代わりにInGgPを用いる場合、InGgP表面への第2フォトレジスト層の使用とウェットエッチングの使用は適合しない。より詳細には、InGgPのエッチングに用いるウェットエッチング剤は強酸を含有する溶液である。これらの強酸はフォトレジストに著しいアンダーカッティングを生じ、InGgP表面層が完全に失われる。さらに、図1Eおよび1Fから示されるように、これらの方法のいずれによって

10

20

30

40

50

も生じるゲートされない有意の溝が領域Uにある。

【0004】

発明の概要

本発明によれば、電界効果トランジスターのゲートを形成する方法が提供される。本方法は、III-V族基板；基板上のチャネル層；チャネル層上のドープ障壁層；ドナー層上に配置した保護層；保護層上に配置したエッチング停止層；ならびにエッティング停止層上に配置したソースおよびドレインコンタクト層を備えた構造体を用意することを含む。この構造体の表面にマスクを付与して、コンタクト層の表面の一部を露出させる。コンタクト層の露出表面部分に1回目のエッティングを施し、コンタクト層を貫通してエッティングして、下層のエッティング停止層の表面の一部を露出させる。この1回目のエッティングによりコンタクト層は、エッティング停止層に対するこのエッティングのエッティング速度より実質的に大きなエッティング速度でエッティングされる。エッティング停止層の露出表面部分に2回目のエッティングを施し、エッティング停止層を貫通してエッティングして、下層の保護層の表面の一部を露出させる。この2回目のエッティングによりエッティング停止層は、保護層に対するこの2回目のエッティングのエッティング速度より実質的に大きなエッティング速度でエッティングされる。マスク上に、エッティング停止層のエッティングされた部分を通して保護層の露出部分上にまで、金属を蒸着する。10

【0005】

この方法では、ゲート溝を選択的ウェットエッティングにより形成する。したがってドライエッティングを用いないので、ドライエッティングにより生じる損傷がない。さらに、エッティングが選択的であるため、エッティング終末点を判定するためにチャネル電流を測定する必要がなく、より良好な均質性、より良好な再現性、およびより労働集約性の低い方法が得られる。20

【0006】

他の本発明によれば、電界効果トランジスターのゲートを形成する方法が提供される。本方法は、III-V族基板；基板上のチャネル層；チャネル層上のドープ障壁層；ドナー層上に配置した保護層；保護層上に配置したエッティング停止層；ならびにエッティング停止層上に配置したソースおよびドレインコンタクト層を備えた構造体を用意することを含む。この構造体の表面にマスクを付与する。このマスクは、コンタクト層の表面の一部を露出させる開口をもつ。コンタクト層の露出表面部分に1回目のエッティングを施し、コンタクト層を貫通してエッティングして、下層のエッティング停止層の表面の一部を露出させる。この1回目のエッティングによりコンタクト層は、エッティング停止層に対するこのエッティングのエッティング速度より実質的に大きなエッティング速度でエッティングされる。マスクの開口を拡張する。拡張した開口により露出したエッティング停止層の表面部分に2回目のエッティングを施し、エッティング停止層を貫通してエッティングして、下層の保護層の表面の一部を露出させる。この2回目のエッティングによりエッティング停止層は、保護層に対するこの2回目のエッティングのエッティング速度より実質的に大きなエッティング速度でエッティングされる。マスク上に、エッティング停止層のエッティングされた部分を通して保護層の露出部分上にまで、金属を蒸着する。30

【0007】

この方法では、ゲートされていない溝のないトランジスターを製造できる。

本発明の他の態様によれば、基板はガリウムヒ素であり、チャネル層はインジウムガリウムヒ素であり、保護層はエッティング停止層とは異なる材料である。

【0008】

本発明の他の態様によれば、保護層はソースおよびドレインコンタクト層と同一材料である。

本発明の他の態様によれば、保護層は10～20程度の厚さをもつ。

【0009】

本発明のさらに他の態様によれば、保護層はIII-V族材料である。

本発明の他の態様によれば、保護層はガリウムヒ素である。50

本発明の他の態様によれば、エッチング停止層はインジウムガリウムリンである。

【0010】

本発明の他の態様によれば、電界効果トランジスターが提供される。このトランジスターは下記のものを含む：I II - V族基板；基板上のチャネル層；チャネル層上のドープ障壁層；保護層上に配置された付加層であって、開口をもつ付加層；横方向に間隔をおいた付加層領域上に配置されたソースおよびドレインコンタクト層；ならびに側面部分が開口内に配置されたゲート電極：開口の壁はゲート電極のこの側面部分と接触している。

【0011】

この様式では、ゲートされない溝領域がないので、ゲートされない溝に伴う大部分の問題（すなわち、無制御な逆ブレークダウン電圧、ゲートおよびドレインラグなどの過渡的影響、ならびに外因性トランスコンダクタンスの低下）が除かれる。10

【0012】

本発明のさらに他の態様によれば、電界効果トランジスターが提供される。この電界効果トランジスターはガリウムヒ素基板を含む。基板上にインジウムガリウムヒ素チャネル層が配置されている。チャネル層上にドープアルミニウムガリウムヒ素障壁層が配置されている。障壁層上に保護層が配置されている。保護層上にインジウムガリウムリン層が配置されている。このインジウムガリウムリン層は開口をもつ。横方向に間隔をおいたインジウムガリウムリン層領域上にソースおよびドレインコンタクト層が配置されている。開口は横方向に間隔をおいたインジウムガリウムリン層領域の間に配置されている。側面部分がインジウムガリウムリン層の開口内に配置されたゲート電極が付与されている。インジウムガリウムリン層の開口の壁はゲート電極のこの側面部分と接触し、ゲートの底部分は保護層とショットキー接觸している。20

【0013】

これらおよび他の本発明の態様は、添付の図面を参照すると以下の詳細な説明からより容易に理解されるであろう。

図2には、下記を含む電界効果トランジスター10（この場合、PHEMT）を示す：ガリウムヒ素（GaAs）基板12、基板12上のインジウムガリウムヒ素（InGaAs）チャネル層14、チャネル層14上のドープしたアルミニウムガリウムヒ素（AlGaAs）障壁（ドナー）層16、障壁層16上に配置された保護層18、保護層上に配置されたインジウムガリウムリン（InGaN）層20、横方向に間隔をおいたインジウムガリウムリン層領域20上に配置されたガリウムヒ素（GaAs）ソースおよびドレインコンタクト層22、24。インジウムガリウムリン層20は開口26をもつ。側面部分がインジウムガリウムリン層20の開口26内に配置されたゲートG電極30を付与する。インジウムガリウムリン層領域20の開口26の側面32は、ゲート電極30のこの側面部分と接觸し、ゲート電極30の底部分はガリウムヒ素層18とショットキー接觸している。ソースS電極およびドレインD電極それぞれ36、38は、図示するようにガリウムヒ素層24とオーム接觸している。保護層18は、この場合10～20程度の厚さおよび $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満のドープ濃度をもつ。30

【0014】

この場合、インジウムガリウムヒ素（InGaAs）チャネル層14は、100～200の厚さおよび $1 \times 10^{12} \sim 3 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ の電子シート濃度（electronic sheet concentration）をもつ。この場合、ドープしたアルミニウムガリウムヒ素（AlGaAs）障壁層16は、100～300の厚さおよび $2 \times 10^{12} \sim 5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ の電子シート濃度をもつ。この場合、インジウムガリウムリン（InGaN）層20は、100～300の厚さおよび $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満のドープ濃度をもつ。この場合、ガリウムヒ素（GaAs）ソースおよびドレインコンタクト層22は、400未満の厚さおよび $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満のドープ濃度をもつ。この場合、コンタクト層24は、400～600の厚さおよび $2 \times 10^{18} \sim 6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のドープ濃度をもつ。40

【0015】

図3A～3Eを参照して、このような電界効果トランジスター10（図2）を製造する方50

法を記載する。たとえば図3A～3Eには、下記を含む構造体40を示す：ガリウムヒ素基板12；基板12上のインジウムガリウムヒ素チャネル層14；チャネル層14上のドープしたアルミニウムガリウムヒ素障壁（ドナー）層16；ドナー層16上に配置されたガリウムヒ素保護層18；保護層18上に配置されたインジウムガリウムリン層20（この場合、エッティング停止層）；エッティング停止層20上に配置されたガリウムヒ素ソースおよびドレインコンタクト層22、24；ならびに図示するようにソースSおよびドレンDコンタクトそれぞれ36、38。

【0016】

次いで、構造体40の表面に、マスク、この場合図示したような形状の開口42をもつ、電子ビーム（図示されていない）によりパターン化したフォトレジストの層40を形成する。開口42は、コンタクト層24、22の表面の一部を露出させる。マスキング層40の開口42は、この場合0.15～0.25μmの幅Wをもつ。
10

【0017】

次いでウェットケミカル溶液をパターン化したフォトレジスト層40と接触させると、そのウェットケミカルは開口40を通して層24の露出表面部分にまで達する。ウェットケミカルは、ガリウムヒ素ソースおよびドレインコンタクト層22、24の露出部分を選択的にエッティングするために用いられる。ガリウムヒ素に対するこのケミカルのエッティング速度は、インジウムガリウムリンに対するこのケミカルのエッティング速度より少なくとも2桁大きい。したがってインジウムガリウムリン層20は、このウェットケミカルに対するエッティング停止層として作用する。この場合、たとえばウェットケミカルはクエン酸、過酸化水素および水の混合物、または硫酸、過酸化水素および水の混合物、または水酸化アンモニウム、過酸化水素および水の混合物である。たとえば水酸化アンモニウム、過酸化水素および水の混合物については、比率は1 NH₂O H - 1 H₂O₂ - 250 H₂Oである。
20

【0018】

次いで酸素プラズマを用いてフォトレジスト層から薄層を除去する。これの目的は、フォトレジスト層40の開口42を幅Wから幅W'に広げることである。その結果、レジスト層40'（図3B）は、ウェットケミカルエッティングによるフォトレジスト層40（図3A）のアンダーカッティングのためガリウムヒ素層22、24に形成された溝より広いかまたはそれと等しい開口42'をもつ。フォトレジスト層40からのこの薄層除去により、これから述べるゲート金属を蒸着する際に、ゲートしていない溝領域が生じないであろう。ゲートG電極の底領域は、フォトレジスト層40'の開口42'によってではなく、ガリウムヒ素層22、24の開口によって定められるからである。次いでフォトレジスト層40'とエッティングされたガリウムヒ素層22、24とにより形成されたマスクを、濃塩酸溶液と接触させる。この溶液は、インジウムガリウムリンに対してよりガリウムヒ素に対して実質的に低い（すなわち少なくとも2桁低い）エッティング速度をもつ。したがって、インジウムガリウムリン層20に開口26（図2および3B）が形成される。これは、予めフォトレジスト層40'およびその下側のガリウムヒ素層22、24のエッティングされた部分に形成された開口42'と整列する。したがってガリウムヒ素保護層18が塩酸に対するエッティング停止層として作用する。言い換えると、塩酸エッティングは選択的である；すなわちこれはインジウムガリウムリンのみを除去し、ガリウムヒ素層18を無傷のまま残す。したがって、図1A～1Fに関して述べたようにエッティング終末点を調べるためにソースおよびドレンコンタクト36、38間の電流を監視する必要がない。インジウムガリウムリン層20のエッティングに際しては、前記マスキング材料は今度はインジウムガリウムリン層20上にエピタキシャル生長したガリウムヒ素層22、24であって、フォトレジスト40'ではない。したがって、100%オーバーエッティング時間を使っても、すなわちエッティング時間を100%超過しても、インジウムガリウムリン層20のアンダーカッティングはまったくない。
30
40

【0019】

次いで図3Cについては、図示するように、ゲート金属46（この場合、チタン／白金／
50

金)を、フォトレジスト層40'上に、かつフォトレジスト層40'、ガリウムヒ素層22、24に形成された開口42'、およびインジウムガリウムリン層20に形成された開口26(図3B)を貫通して蒸着する。層40の幅W(図3A)は幅W'(図3B)にまで広げられているのでゲート金属46が層20の開口26を満たすことに注目されたい。次いでフォトレジスト層40'を取り去り、その上に蒸着したゲート金属の余分な部分を除去すると、これにより図3Dに示すようにゲートG電極30が形成される。この時点ではゲート金属46は高ドープガリウムヒ素-ソースおよびドレインコンタクト層22、24に接触し、トランジスター10を短絡することに注目されたい。次いで図3Eについて述べる。ここではフォトレジスト層50を図3Dに示した構造体の表面に析出させる。より詳細には、図示したフォトレジスト層40、40'に形成された開口42、42'(図3Aおよび3B)より広い開口52を、ソースおよびドレイン電極36、38間のフォトレジスト層50にパターン化する。ゲート電極30を形成するゲート金属46がこのより広い開口52内にあることに注目されたい。次いでウェットエッチング剤(この場合、硫酸、過酸化水素および水の混合物、または水酸化アンモニウム、過酸化水素および水の混合物)を、フォトレジスト層50、露出したゲート金属30、およびガリウムヒ素-ソースおよびドレインコンタクト層22、24の露出表面部分と接触させて、このガリウムヒ素コンタクト層22、24の露出部分を選択的に除去し、一方、インジウムガリウムリン-エッチング停止層20は実質的にエッチングせずに残す。次いでフォトレジスト層50を除去すると、図2に示す電界効果トランジスターが得られる。

【0020】

10

図3A～3Eに関して以上に述べた方法では選択的ウェットエッチングによりゲート溝を形成しうることに注目されたい。したがって、この方法では、ドライエッチングによる構造体の損傷は生じない。さらに、ウェットエッチングの選択性はほとんど無限大であるため、前記のようにエッチング終末点を判定するためにソースとドレインの間のチャネル電流を測定する必要がない。したがって本発明方法は、より大きな均質性、より良好な再現性を与え、より労働集約性が低い。さらに、ゲートされない溝領域がないので、ゲートされない溝に伴う大部分の重大な問題、すなわち無制御な逆ブレークダウン電圧、ゲートおよびドレインラグなどの過渡的影響、外因性トランスコンダクタンスの低下が除かれる。

【0021】

20

他の態様は特許請求の範囲の精神および範囲に含まれるものである。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1A～Fは、先行技術によりFETを製造する際の各段階におけるFETの模式図である。

【図2】 本発明による電界効果トランジスターの断面模式図である。

【図3】 図3A～3Eは、本発明により図2の電界効果トランジスターを製造する際の各段階におけるその断面模式図である。

【図 1 A】

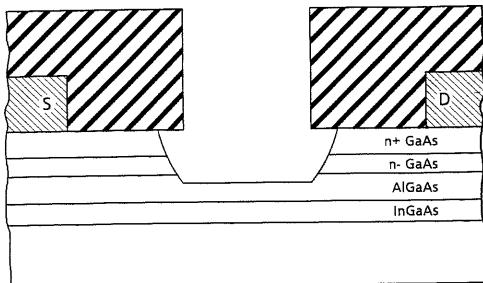


FIG.1A

【図 1 B】

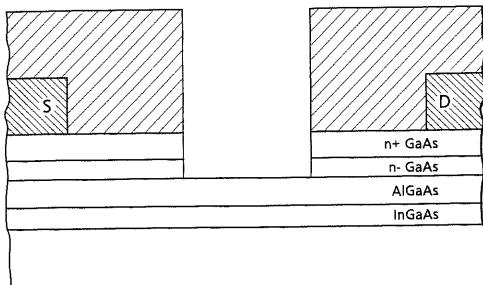


FIG.1B

【図 1 C】

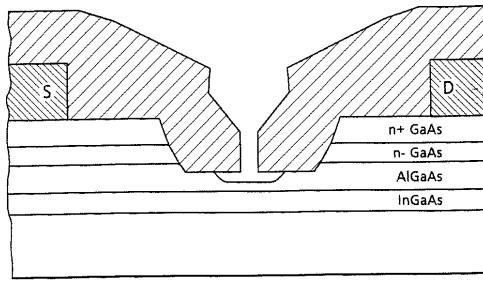


FIG.1C

【図 1 D】

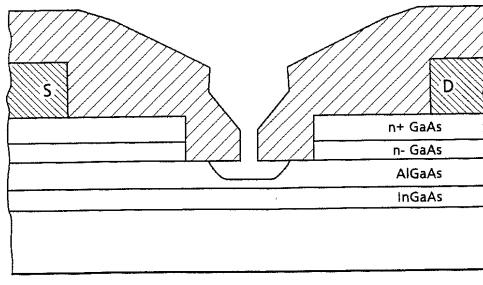


FIG.1D

【図 1 E】

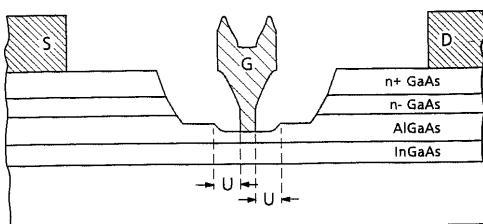


FIG.1E

【図 1 F】

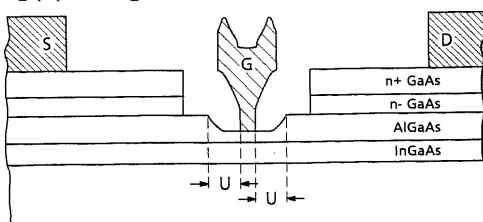


FIG.1F

【図 2】

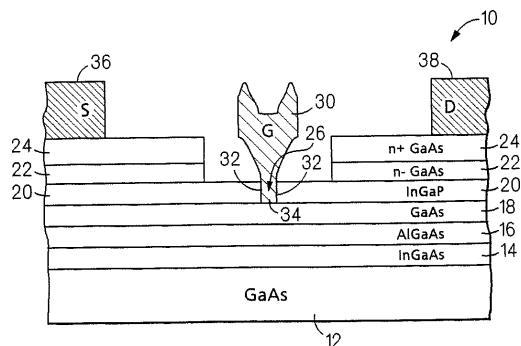


FIG.2

【図 3 A】

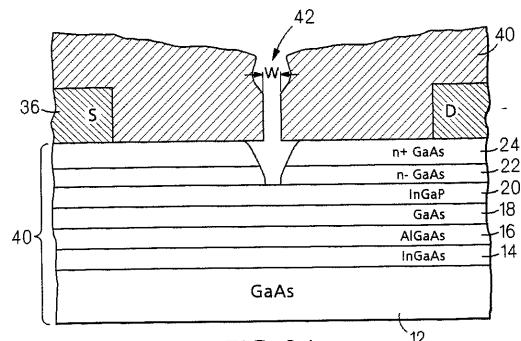


FIG.3A

【図3B】

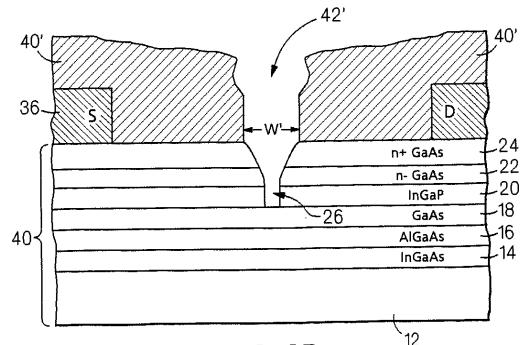


FIG. 3B

【図3D】

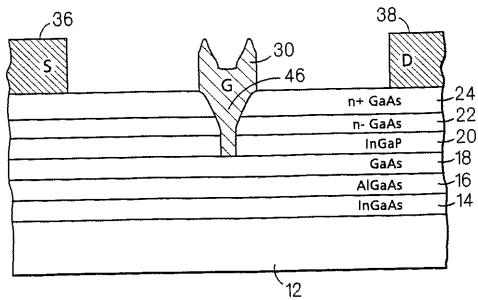


FIG. 3D

【図3C】

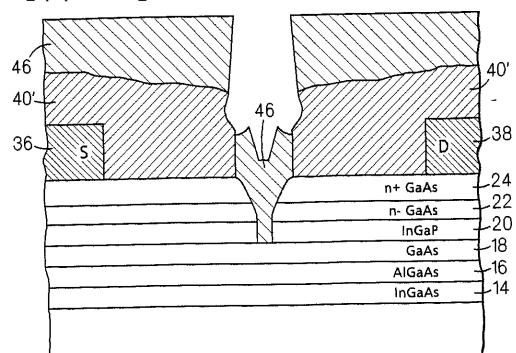


FIG. 3C

【図3E】

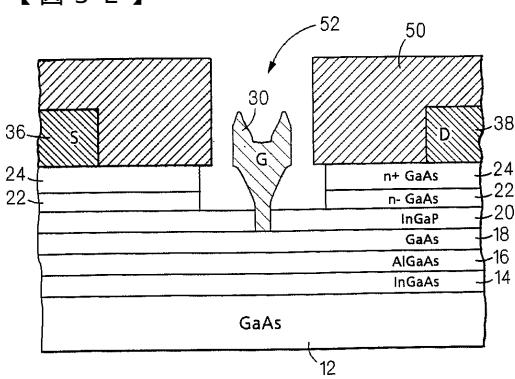


FIG. 3E

フロントページの続き

(74)代理人 100102727

弁理士 細川 伸哉

(72)発明者 トング, エルサ・ケイ

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 01778, ウェイランド, オックスボウ・ロード 144

審査官 原 和秀

(56)参考文献 特開平03-050839 (JP, A)

特開平05-251472 (JP, A)

特開平05-267276 (JP, A)

特開平08-031844 (JP, A)

特開平09-246532 (JP, A)

特開平10-050729 (JP, A)

特開平10-209434 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/338

H01L 29/778

H01L 29/812