

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5714250号
(P5714250)

(45) 発行日 平成27年5月7日(2015.5.7)

(24) 登録日 平成27年3月20日(2015.3.20)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/338	(2006.01)	H01L	29/80	F
H01L 29/812	(2006.01)	H01L	29/80	H
H01L 29/778	(2006.01)	H01L	21/28	301B
H01L 21/28	(2006.01)	H01L	21/28	301R
H01L 29/417	(2006.01)	H01L	29/50	J

請求項の数 8 (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願2010-160119 (P2010-160119)

(22) 出願日

平成22年7月14日 (2010.7.14)

(65) 公開番号

特開2012-23213 (P2012-23213A)

(43) 公開日

平成24年2月2日 (2012.2.2)

審査請求日

平成25年7月11日 (2013.7.11)

(73) 特許権者 000154325

住友電工デバイス・イノベーション株式会
社

神奈川県横浜市栄区金井町1番地

(74) 代理人 100087480

弁理士 片山 修平

(72) 発明者 小山 政俊

神奈川県横浜市栄区金井町1番地 住友電
工デバイス・イノベーション株式会社内

審査官 須原 宏光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

A1組成比が0.2以上のAlGaN層をエッティングして、RMS粗さが0.2nm以下の底面を有する凹部を形成する工程と、

前記凹部の底面に接して、4nmから8nmの厚さの第1Ta層を形成する工程と、

前記第1Ta層上に、Al層を形成する工程と、

前記第1Ta層と前記Al層に熱処理を施して、前記AlGaN層にオーム接觸させる工程と、を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記第1Ta層を形成する工程は、5nmから7nmの厚さの前記第1Ta層を形成することを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。 10

【請求項 3】

前記凹部を形成する工程は、塩化ホウ素ガスと塩素ガスとの混合ガス、塩化ホウ素ガスと塩化珪素ガスと塩素ガスとの混合ガス、塩化珪素ガスと塩素ガスとの混合ガスのうちのいずれかの混合ガスをエッティングガスに用いたプラズマエッティングにより実施することを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記Al層上に、前記熱処理前に第2Ta層またはTi層を形成する工程を有することを特徴とする請求項1から3のいずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記凹部を形成する工程は、ICP法を用い0.2Paから4Paの圧力の下、20Wから300Wの高周波電力を印加して前記プラズマエッティングを実施することを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】

前記オーミック接触させる工程は、ソース電極およびドレイン電極をオーミック接触させる工程であることを特徴とする請求項1から5のいずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】

前記凹部を形成する工程は、前記AlGaN層と前記AlGaN層上に設けられたGaN層とをエッティングすることを特徴とする請求項1から6のいずれか一項記載の半導体装置の製造方法。10

【請求項8】

前記AlGaN層の前記Al組成比は0.24以上であることを特徴とする請求項1から7のいずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置の製造方法に関し、特に、オーミック電極を凹部に設ける半導体装置の製造方法に関する。20

【背景技術】

【0002】

窒化物半導体は、高周波かつ高出力で動作するパワー素子などに用いられている。また、電気的接触が円滑に行われるために、窒化物半導体層上に形成される電極をオーミック電極としている（例えば、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2006-173386号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

窒化物半導体のような高出力デバイスでは、電力効率を高めるために、オーミック電極のコンタクト抵抗を小さくすることが求められている。コンタクト抵抗を小さくする方法として、オーミック電極を窒化物半導体層に形成した凹部に設ける方法がある。しかしながら、凹部をエッティングによって形成する場合、凹部の底面が荒れてしまう場合がある。凹部の底面が荒れてしまうと、オーミック電極のコンタクト抵抗率が高くなってしまうという課題が生じる。

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、コンタクト抵抗率を低く抑えることが可能な半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、Al組成比が0.2以上のAlGaN層をエッティングして、RMS粗さが0.2nm以下の底面を有する凹部を形成する工程と、前記凹部の底面に接して、4nmから8nmの厚さの第1Ta層を形成する工程と、前記第1Ta層上に、Al層を形成する工程と、前記第1Ta層と前記Al層に熱処理を施して、前記AlGaN層にオーミック接触させる工程と、を有することを特徴とする半導体装置の製造方法である。本発明によれば、コンタクト抵抗率を低く抑えることができる。

【0007】

上記構成において、前記第1Ta層を形成する工程は、5nmから7nmの厚さの前記40

50

第1Ta層を形成する構成とすることができます。

【0008】

上記構成において、前記凹部を形成する工程は、塩化ホウ素ガスと塩素ガスとの混合ガス、塩化ホウ素ガスと塩化珪素ガスと塩素ガスとの混合ガス、塩化珪素ガスと塩素ガスとの混合ガスのうちのいずれかの混合ガスをエッティングガスに用いたプラズマエッティングにより実施する構成とすることができます。

【0009】

上記構成において、前記凹部を形成する工程は、前記A1GaN層と前記A1GaN層上に設けられたGaN層とをエッティングする構成とすることができます。また、上記構成において、前記A1GaN層の前記A1組成比は0.24以上である構成とすることができます。

10

【0010】

上記構成において、前記A1層上に、前記熱処理前に第2Ta層またはTi層を形成する工程を有する構成とすることができます。

【0011】

上記構成において、前記凹部を形成する工程は、ICP法を用い0.2Paから4Paの圧力の下、20Wから300Wの高周波電力を印加して前記プラズマエッティングを実施する構成とすることができます。

【0012】

上記構成において、前記オーミック接触させる工程は、ソース電極およびドレイン電極をオーミック接触させる工程である構成とすることができます。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、コンタクト抵抗率を低く抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、凹部を有するA1GaN層の断面模式図の例である。

【図2】図2(a)から図2(d)は、実施例1に係る半導体装置の製造方法を示す断面模式図の例である。

【図3】図3は、第1Ta層の厚さとコンタクト抵抗率との相関を示す図である。

30

【図4】図4は、異なる製造条件で製造した半導体装置についてのコンタクト抵抗率の測定結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

まず初めに、本発明が解決しようとする課題について、図を用いて説明する。図1は、凹部を有するA1GaN層の断面模式図の例である。図1のように、チャネル層50上に設けられたA1GaN層52のオーミック電極を形成すべき領域に、プラズマエッティングによって所望の深さの凹部54を形成する。言い換えると、凹部54の底面とチャネル層50との間隔が所望の長さになるように、プラズマエッティングによって凹部54を形成する。この場合、エッティング条件やエッティング対象の材料などによって、凹部54の底面に面荒れが生じる場合がある。

40

【0016】

凹部54の底面が荒れると、凹部54の底面とチャネル層50との間隔が面内で大きく異なるようになってしまう。つまり、凹部54の底面とチャネル層50との間隔が所望の長さよりも長い部分が存在することになる。このような場合、凹部54の底面とチャネル層50との間隔が長い部分D1では、トンネル障壁が厚くなりコンタクト抵抗が高くなると考えられる。このため、面内平均のコンタクト抵抗が狙いの値よりも高くなることが生じてしまう。そこで、このような課題を解決すべく、コンタクト抵抗率を低く抑えることが可能な実施例について以下に説明する。

【実施例1】

50

【0017】

図2(a)から図2(d)は、実施例1に係る半導体装置(例えばHEMT)の製造方法を示す断面模式図の例である。図1(a)のように、例えばサファイア(Al_2O_3)基板である基板10上に、例えばMOCVD法(有機金属気相成長法)を用いて、AlN(窒化アルミニウム)からなるシード層12、GaN(窒化ガリウム)電子走行層14、AlGaN電子供給層16、およびGaNキャップ層18をエピタキシャル成長により順次積層する。GaN電子走行層14とAlGaN電子供給層16との界面には2DEG(2次元電子ガス)が生じてチャネル層36が形成される。なお、基板10は、サファイア基板の他に、SiC(炭化シリコン)基板やSi(シリコン)基板を用いることもできる。シード層12の厚さは例えば300nmであり、GaN電子走行層14の厚さは例えば1000nmであり、AlGaN電子供給層16の厚さは例えば20nmであり、GaNキャップ層18の厚さは例えば4nmである。また、AlGaN電子供給層16のAl組成比は、例えば0.24である。

【0018】

図2(b)のように、ソース電極およびドレイン電極を形成すべき領域が開口したフォトレジスト20を、GaNキャップ層18上に形成する。フォトレジスト20をマスクとして、例えばプラズマエッチング法により、GaNキャップ層18とAlGaN電子供給層16の一部とをエッチングして、凹部22を形成する。即ち、凹部22の底面は、AlGaN電子供給層16が露出している。プラズマエッチングは、ICP法(Inductive Coupled plasma)によりBCl₃ガス(塩化ホウ素ガス)とCl₂ガス(塩素ガス)との混合ガスをエッチングガスに用い、ガス流量をBCl₃が3sccm、Cl₂が30sccmとし、0.5Paの圧力下で、RFパワーを70W、バイアスを15Wにして行う。表1にエッチング条件を示す。なお、ICP法以外にも、RIE法(Reactive Ion Etching)を用いることもできる。

【表1】

エッチングガス	BCl ₃ /Cl ₂
流量[sccm]	3/30
圧力[Pa]	0.5
RFパワー[W]	70
バイアス[W]	15

【0019】

図2(c)のように、例えば蒸着法およびリフトオフ法を用いて、凹部22の底面に接して、凹部22の底面側から第1Ta(タンタル)層24、Al(アルミニウム)層26、第2Ta層28の3層構造を有するソース電極30およびドレイン電極32を形成する。第1Ta層24の厚さは例えば80nmであり、Al層26の厚さは例えば350nmであり、第2Ta層28の厚さは例えば10nmである。その後、例えば550°の温度でアニールを行い、AlGaN電子供給層16にオーミック接触するオーミック電極としてのソース電極30およびドレイン電極32を形成する。なお、アニールの温度は550°に限られず、500°から600°の範囲内の温度を用いることができる。

【0020】

図2(d)のように、例えば蒸着法およびリフトオフ法を用いて、ソース電極30とドレイン電極32との間であって、AlGaN電子供給層16の上面に接して、AlGaN電子供給層16側からNi(ニッケル)、Au(金)が順次積層された2層構造のゲート電極34を形成する。以上により、実施例1に係る半導体装置が完成する。

【0021】

ここで、図2(b)の工程を実行した後の凹部22の底面状態について説明する。また

10

20

30

40

50

、比較のために、実施例1とは異なるエッティング条件で凹部22を形成した比較例1および比較例2に係る半導体装置における凹部22の底面状態についても説明する。凹部22の底面状態の評価方法は、表面粗さを評価する一般的な指標となる平均二乗粗さ（Root Mean Square 粗さ：RMS粗さ）を用いた。また、RMS粗さ測定は、凹部22の底面の中の一部である0.5 μm × 1.0 μmの範囲で行った。

【0022】

まず、比較例1および比較例2に係る半導体装置の製造方法について説明する。初めに、基板10上に、シード層12、GaN電子走行層14、AlGaN電子供給層16、GaNキャップ層18を順次積層する。各層の厚さは、比較例1および比較例2共に、実施例1と同じである。AlGaN電子供給層16のAl組成比は、比較例1は実施例1と同じで0.24であるが、比較例2は実施例1と異なり0.2である。10

【0023】

次に、プラズマエッティング法（ICP法）を用いて、GaNキャップ層18とAlGaN電子供給層16の一部とをエッティングして凹部22を形成する。プラズマエッティングのエッティング条件は実施例1と異なり、比較例1および比較例2共に、エッティングガスにC_{1.2}ガスを用い、C_{1.2}ガスのガス流量を30 sccmとし、圧力を0.5 Pa、RFパワーを70 W、バイアスを15 Wとする。

【0024】

次に、凹部22にオーミック電極としてのソース電極30およびドレイン電極32を形成する。ソース電極30およびドレイン電極32の層構造および厚さは、比較例1および比較例2共に、実施例1と同じである。また、AlGaN電子供給層16とオーミック接觸させるためのアニールの温度も、比較例1および比較例2共に、実施例1と同じである。20

【0025】

最後に、AlGaN電子供給層16上にゲート電極34を形成する。ゲート電極34の層構造は、比較例1および比較例2共に、実施例1と同じである。

【0026】

表2に、実施例1、比較例1および比較例2それぞれの凹部22の底面について測定したRMS粗さの結果を示す。また、凹部22の底面に接して形成したソース電極30およびドレイン電極32のコンタクト抵抗率の測定結果についても示す。なお、表2におけるAl組成比とは、上述したAlGaN電子供給層16のAl組成比を示している。凹部深さとは、GaNキャップ層18の上面からの凹部22の深さを示している。表2のように、比較例1および比較例2における凹部22の底面のRMS粗さは0.3 nmおよび0.32 nmであるのに対し、実施例1における凹部22の底面のRMS粗さは0.2 nmと小さい結果となった。また、比較例1および比較例2におけるソース電極30およびドレイン電極32のコンタクト抵抗率は32 μ·cm²および16 μ·cm²であるのに対し、実施例1におけるソース電極30およびドレイン電極32のコンタクト抵抗率は1.8 μ·cm²と低い結果となった。30

【表2】

	実施例1	比較例1	比較例2
Al組成比	0.24	0.24	0.2
凹部深さ[nm]	10	7	7.4
RMS粗さ[nm]	0.2	0.3	0.32
コンタクト抵抗率[μΩ·cm ²]	1.8	32	16

【0027】

実施例1における凹部22の底面のRMS粗さが、比較例1および比較例2に比べて小50

さくなつたのは、以下のように考えられる。A1組成比が例えば0.2以上のAlGaN電子供給層16では、表面が酸化され易く、アルミ酸化物が形成され易くなる。比較例1および比較例2では、AlGaN電子供給層16に凹部22を形成するプラズマエッティングにおいて、AlGaNなどをエッティングする際に一般的に用いられているCl₂ガスをエッティングガスに用いて実行した。エッティングガスにCl₂ガスを用いた場合は、化学反応を利用した化学エッティングが主体となるため、AlGaN電子供給層16の表面に形成されたアルミ酸化物はエッティングされ難く、AlGaN電子供給層16の表面に残渣が残ると考えられる。この結果、比較例1および比較例2では、凹部22の底面のRMS粗さが大きくなつたものと考えられる。一方、実施例1では、凹部22を形成するプラズマエッティングのエッティングガスにBCl₃ガスとCl₂ガスとの混合ガスを用いた。BCl₃ガスを混合したガスをエッティングガスとして、物理的なエッティングの作用が強まり、AlGaN電子供給層16の表面に形成されたアルミ酸化物もエッティングされ、その結果、凹部22の底面のRMS粗さが小さくなつたものと考えられる。10

【0028】

比較例1および比較例2のように凹部22底面のRMS粗さが0.3および0.32のような大きな値になると、凹部22の底面とチャネル層36との間隔が面内で大きく異なるようになる。凹部22の底面とチャネル層36との間隔が長い部分では、トンネル障壁が厚くなりコンタクト抵抗が高くなるため、比較例1および比較例2ではコンタクト抵抗率が高くなつたと考えられる。一方、実施例1のようにRMS粗さが0.2のような小さい値であると、凹部22の底面とチャネル層36との間隔は面内でより均一となり、トンネル障壁が厚くなつてコンタクト抵抗が高くなる部分が少なくなるため、コンタクト抵抗率は低くなつたものと考えられる。この結果から、凹部22底面のRMS粗さが0.3以上となるとコンタクト抵抗率が高くなるため、凹部22底面のRMS粗さは0.3未満とすることがよいことが言える。20

【0029】

次に、発明者は、ソース電極30およびドレイン電極32を構成する3層構造のうち、凹部22の底面に接して形成される第1Ta層24の厚さが、コンタクト抵抗率に影響を与えることを見出した。図3は、第1Ta層24の厚さとコンタクト抵抗率との相関を示す図である。図3の測定に用いた半導体装置は、第1Ta層24の厚さを変化させている点以外は、図2(a)から図2(d)で説明した製造方法で製造した実施例1に係る半導体装置と同じである。30

【0030】

図3のように、第1Ta層24の厚さが8nmよりも大きくなると、急激にコンタクト抵抗率が増加することが分かる。これは、第1Ta層24が厚くなると、Al層26がコンタクトをとることに対して阻害する方向に働くためと考えられる。したがって、第1Ta層24の厚さは8nm以下の場合が好ましい。また、第1Ta層24の厚さが薄くなりすぎると、エピ表面へのN空孔の形成効果が低くなり、Gaリッチな表面が形成されにくくなるためコンタクト抵抗率が上昇すると考えられる。よって、第1Ta層24の厚さは4nm以上の場合が好ましい。40

【0031】

次に、凹部22の底面のRMS粗さを0.3未満とし且つ第1Ta層24の厚さを4nmから8nmとすることで、コンタクト抵抗率が低くなる効果が得られることを証明するために行った実験について説明する。実験は、異なる2つの製造条件により半導体装置を製造し、それぞれのコンタクト抵抗率を測定することで行った。

【0032】

具体的には、1つ目の製造条件は、凹部22の底面のRMS粗さを0.3未満とするために、実施例1と同様に、凹部22を形成するICP法を用いたプラズマエッティングを、BCl₃ガスとCl₂ガスの混合ガスをエッティングガスに用いた場合である。BCl₃ガスのガス流量を3sccm、Cl₂ガスのガス流量を30sccm、圧力を0.5Pa、RFパワーを70W、バイアスを15Wとしてエッティングを行つた。また、AlGaN電50

子供給層16のA1組成比は0.2とし、第1Ta層24の厚さは8nmとした。その他については、実施例1に係る半導体装置と同じである。

【0033】

2つ目の製造条件は、比較例1および比較例2と同様に、凹部22を形成するICP法を用いたプラズマエッティングを、Cl₂ガスをエッティングガスに用い、Cl₂ガスのガス流量を30sccm、圧力を0.5Pa、RFパワーを70W、バイアスを15Wとしてエッティングした場合である。また、AlGaN電子供給層16のA1組成比は0.2とし、第1Ta層24の厚さは10nmとした。その他については、比較例2に係る半導体装置と同じである。Cl₂ガスをエッティングガスに用いたため、凹部22の底面のRMS粗さは0.3以上であった。

10

【0034】

図4に、上記の2つの製造条件で製造した半導体装置についてのコンタクト抵抗率の測定結果を示す。コンタクト抵抗率の測定は、上記の2つの製造条件それぞれについて、複数の基板それぞれに対して複数の半導体装置を形成し、1つの基板につき5つの半導体装置についてコンタクト抵抗率を測定することで行った。

【0035】

図4のように、凹部22の底面のRMS粗さが0.3未満で且つ第1Ta層24の厚さが8nmである場合(図4中の領域A)は、凹部22の底面のRMS粗さが0.3以上で且つ第1Ta層24の厚さが10nmである場合(図4中の領域B)に比べて、コンタクト抵抗率が安定的に低く抑えられた結果が得られた。このことから、表2および図3で説明したように、凹部22の底面のRMS粗さを0.3未満とし且つ第1Ta層24の厚さを4nmから8nmとすることで、コンタクト抵抗率を低く抑えることができることが証明された。

20

【0036】

以上説明してきたように、実施例1によれば、図2(b)および表2に示すように、A1組成比が0.2以上のAlGaN電子供給層16をプラズマエッティングして、RMS粗さが0.3nm未満の底面を有する凹部22を形成する。図2(c)および図3に示すように、凹部22の底面に接して、4nmから8nmの厚さの第1Ta層24を形成し、第1Ta層24に熱処理を施して、AlGaN電子供給層16にオーミック接触をさせる。これにより、図4に示したように、コンタクト抵抗率を低く抑えることが可能となる。

30

【0037】

凹部22の底面のRMS粗さが小さいほど、凹部22の底面とチャネル層36との間隔は面内でより均一になることから、コンタクト抵抗率はより低くなる。したがって、凹部22の底面のRMS粗さは、0.25nm未満である場合がより好ましく、0.2nm未満である場合がさらに好ましい。

【0038】

第1Ta層24の厚さとしては、図3で説明したように、4nmから8nmであることが好ましく、5nmから7nmである場合がより好ましい。これにより、コンタクト抵抗率をより低く抑えることができる。

【0039】

40

表2で説明したように、凹部22を形成するプラズマエッティングにおいて、BCl₃ガスとCl₂ガスとの混合ガスをエッティングガスに用いることで、凹部22の底面のRMS粗さを小さくすることができる。つまり、BCl₃ガスとCl₂ガスとの混合ガスをエッティングガスに用いることで、凹部22の底面のRMS粗さを小さくして、コンタクト抵抗率を低く抑えることが可能となる。

【0040】

実施例1では、ソース電極30およびドレイン電極32は、第1Ta層24上に、A1層26と第2Ta層28が順次形成された3層構造である場合を例に示した。この場合に限らず、第2Ta層28の代わりにTi層を用いる場合でもよい。

【0041】

50

実施例 1 では、 BCl_3 ガスのガス流量を 3 sccm、 Cl_2 ガスのガス流量を 30 sccm としてプラズマエッチングを行う場合を例に示したが、この場合に限られない。 BCl_3 ガスのガス流量は、2 sccm から 200 sccm の範囲内であればよく、2 sccm から 100 sccm の場合がより好ましく、2 sccm から 50 sccm の場合がさらに好ましい。 Cl_2 ガスのガス流量は、5 sccm から 200 sccm の範囲内であればよく、5 sccm から 100 sccm の場合がより好ましく、5 sccm から 50 sccm の場合がさらに好ましい。

【0042】

また、圧力は 0.2 Pa から 4 Pa の範囲内であればよく、0.2 Pa から 2 Pa の場合がより好ましく、0.2 Pa から 1 Pa の場合がさらに好ましい。さらに、RF パワーは 20 W から 300 W の範囲内であればよく、20 W から 200 W の場合がより好ましく、20 W から 100 W の場合がさらに好ましい。さらに、バイアスは 3 W から 100 W の範囲内であればよく、3 W から 50 W の場合がより好ましく、3 W から 20 W の場合がさらに好ましい。なお、以下の実施例 2 および実施例 3 においても、圧力、RF パワー、バイアスの好ましい範囲は同じである。

【実施例 2】

【0043】

実施例 2 は、凹部 22 を形成する ICP 法を用いたプラズマエッチングにおいて、エッチングガスに BCl_3 ガスと SiCl_4 ガス（塩化珪素ガス）と Cl_2 ガスとの混合ガスを用いる場合の例である。

【0044】

実施例 2 に係る半導体装置は、凹部 22 を形成するプラズマエッチングにおいて、 BCl_3 ガスと SiCl_4 ガスと Cl_2 ガスとの混合ガスをエッチングガスに用い、 BCl_3 ガスのガス流量を 2 sccm から 200 sccm、 SiCl_4 ガスのガス流量を 2 sccm から 100 sccm、 Cl_2 ガスのガス流量を 5 sccm から 200 sccm とし、圧力を 0.2 Pa から 4 Pa、RF パワーを 20 W から 300 W、バイアスを 3 W から 100 W とする。この点以外は、実施例 1 に係る半導体装置の製造方法と同じであり、図 2 (a) から図 2 (d) に示しているため、ここでは詳しい説明を省略する。

【0045】

実施例 1 で説明したように、 BCl_3 ガスと Cl_2 ガスとの混合ガスをエッチングガスに用いることで凹部 22 の底面の RMS 粗さが 0.3 未満と小さい値になるのは、 BCl_3 ガスにより、物理的なエッチングの作用が強まり、AlGaN 電子供給層 16 の表面に形成されたアルミ酸化物もエッチングされるためである。実施例 2 においても、 BCl_3 ガスと SiCl_4 ガスとを混合させることで、物理的なエッチングの作用が強まるため、AlGaN 電子供給層 16 の表面に形成されたアルミ酸化物もエッチングされ、凹部 22 の底面の RMS 粗さを小さい値にできる。よって、実施例 2 によっても、コンタクト抵抗率を低く抑えることが可能となる。

【0046】

実施例 2 において、 BCl_3 ガスのガス流量は、2 sccm から 100 sccm の場合がより好ましく、2 sccm から 50 sccm の場合がさらに好ましい。 SiCl_4 ガスのガス流量は、2 sccm から 50 sccm の場合がより好ましく、2 sccm から 25 sccm の場合がさらに好ましい。 Cl_2 ガスのガス流量は、5 sccm から 100 sccm の場合がより好ましく、5 sccm から 50 sccm の場合がさらに好ましい。

【実施例 3】

【0047】

実施例 3 は、ICP 法を用いた凹部 22 を形成するプラズマエッチングにおいて、エッチングガスに SiCl_4 ガスと Cl_2 ガスとの混合ガスを用いる場合の例である。

【0048】

実施例 3 に係る半導体装置は、凹部 22 を形成するプラズマエッチングにおいて、 SiCl_4 ガスと Cl_2 ガスとの混合ガスをエッチングガスに用い、 SiCl_4 ガスのガス流

10

20

30

40

50

量を 2 s c c m から 1 0 0 s c c m 、 Cl₂ ガスのガス流量を 5 s c c m から 2 0 0 s c c m とし、圧力を 0.2 Pa から 4 Pa 、 RF パワーを 20 W から 300 W 、バイアスを 3 W から 100 W とする。この点以外は、実施例 1 に係る半導体装置の製造方法と同じであり、図 2 (a) から図 2 (d) に示しているため、ここでは詳しい説明を省略する。

【 0 0 4 9 】

実施例 3 においても、 SiCl₄ ガスを混合させたガスをエッティングガスとすることで、物理的なエッティングの作用が強まり、 AlGaN 電子供給層 16 の表面に形成されたアルミ酸化物もエッティングされ、凹部 22 の底面の RMS 粗さを小さい値にできる。よって、実施例 3 によっても、コンタクト抵抗率を低く抑えることが可能となる。

【 0 0 5 0 】

実施例 3 において、 SiCl₄ ガスのガス流量は、 2 s c c m から 5 0 s c c m の場合がより好ましく、 2 s c c m から 2 5 s c c m の場合がさらに好ましい。 Cl₂ ガスのガス流量は、 5 s c c m から 1 0 0 s c c m の場合がより好ましく、 5 s c c m から 5 0 s c c m の場合がさらに好ましい。

【 0 0 5 1 】

以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 2 】

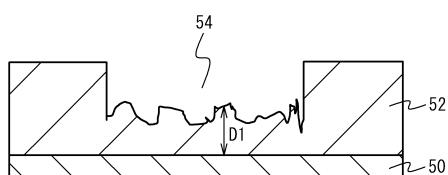
- 1 0 基板
- 1 2 シード層
- 1 4 GaN 電子走行層
- 1 6 AlGaN 電子供給層
- 1 8 GaN キャップ層
- 2 0 フォトレジスト
- 2 2 凹部
- 2 4 第 1 Ta 層
- 2 6 Al 層
- 2 8 第 2 Ta 層
- 3 0 ソース電極
- 3 2 ドレイン電極
- 3 4 ゲート電極
- 3 6 チャネル層

10

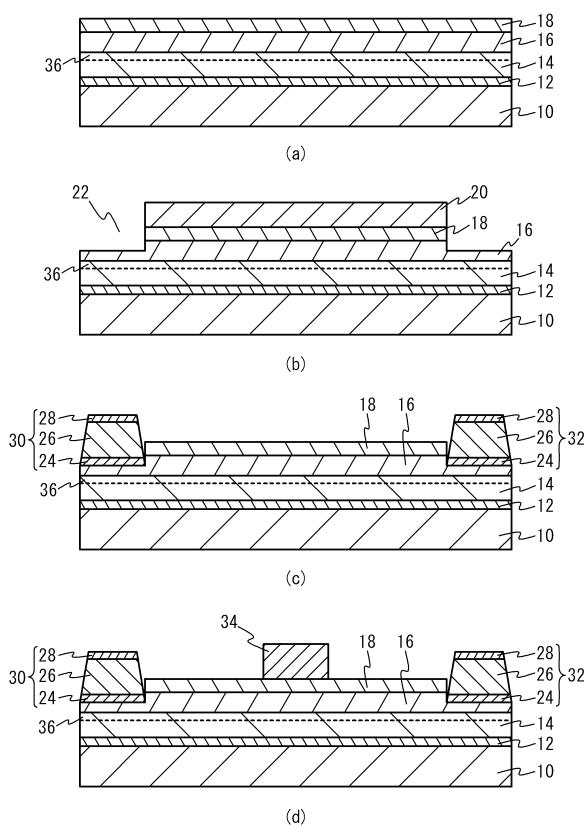
20

30

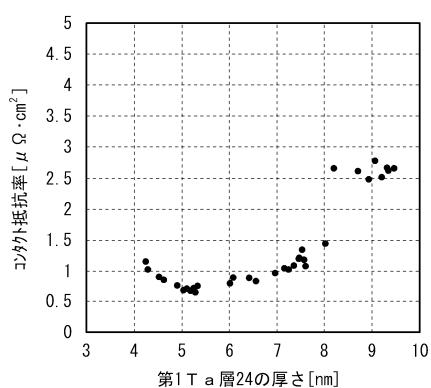
【図1】



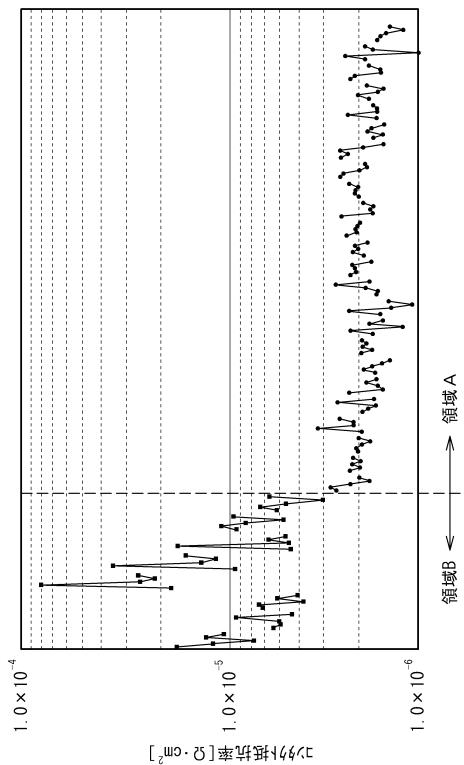
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-165207(JP,A)
特開2007-273844(JP,A)
特開2009-194081(JP,A)
特開2003-124188(JP,A)
再公表特許第2005/057641(JP,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 29/80