

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7021063号
(P7021063)

(45)発行日 令和4年2月16日(2022.2.16)

(24)登録日 令和4年2月7日(2022.2.7)

(51)国際特許分類

H 01 L	21/337 (2006.01)	H 01 L	29/80	V
H 01 L	21/338 (2006.01)	H 01 L	29/80	H
H 01 L	29/808 (2006.01)	H 01 L	27/088	A
H 01 L	29/812 (2006.01)	H 01 L	29/78	3 0 1 B
H 01 L	29/778 (2006.01)	H 01 L	29/78	3 0 1 H

請求項の数 18 (全23頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-230703(P2018-230703)
 (22)出願日 平成30年12月10日(2018.12.10)
 (65)公開番号 特開2020-96003(P2020-96003A)
 (43)公開日 令和2年6月18日(2020.6.18)
 審査請求日 令和2年9月4日(2020.9.4)

(73)特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74)代理人 100108062
 弁理士 日向寺 雅彦
 (74)代理人 100168332
 弁理士 小崎 純一
 (74)代理人 100146592
 弁理士 市川 浩
 (74)代理人 100157901
 弁理士 白井 達哲
 (74)代理人 100172188
 弁理士 内田 敬人
 (74)代理人 100197538
 弁理士 竹内 功

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体装置

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

第1電極と、

第2電極であって、前記第1電極から前記第2電極への方向は、第1方向に沿う、前記第2電極と、

第3電極であって、前記第3電極の前記第1方向における位置は、前記第1電極の前記第1方向における位置と、前記第2電極の前記第1方向における位置と、の間にある、前記第3電極と、

炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む半導体部材であって、前記半導体部材は、第1領域、第1部分領域及び第2部分領域を含み、前記第1領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第2電極との間にあり、前記第1領域から前記第3電極への第2方向は、前記第1方向と交差し、前記第1部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第1領域との間にあり、前記第1部分領域から前記第2部分領域への方向は、前記第2方向に沿い、前記第2部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第3電極との間にあり、前記半導体部材と、

前記第2方向において、前記第1領域と前記第3電極との間に設けられた第1結晶部材と、を備え、

前記第3電極に印加される電圧により、前記第1電極と前記第2電極との間に流れる電流が制御でき、

前記第1結晶部材は、ウルツ鉱構造を有し、
前記第1結晶部材の<0 0 0 1>方向または<0 0 0 - 1>方向は、前記第2方向に沿う、半導体装置。

【請求項2】

前記第1結晶部材は、Al_{1-x}Ga_{1-x}N(0 < x < 1)を含む、請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】

第1電極と、

第2電極であって、前記第1電極から前記第2電極への方向は、第1方向に沿う、前記第2電極と、

第3電極であって、前記第3電極の前記第1方向における位置は、前記第1電極の前記第1方向における位置と、前記第2電極の前記第1方向における位置と、の間にある、前記第3電極と、

炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む半導体部材であって、前記半導体部材は、第1領域、第1部分領域及び第2部分領域を含み、前記第1領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第2電極との間にあり、前記第1領域から前記第3電極への第2方向は、前記第1方向と交差し、前記第1部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第1領域との間にあり、前記第1部分領域から前記第2部分領域への方向は、前記第2方向に沿い、前記第2部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第3電極との間にある、前記半導体部材と、

前記第2方向において、前記第1領域と前記第3電極との間に設けられた第1結晶部材と、

を備え、

前記第3電極に印加される電圧により、前記第1電極と前記第2電極との間に流れる電流が制御でき、

前記第1結晶部材の分極の負から正への向き、または、前記分極の正から負への向きは、前記第2方向に沿う、半導体装置。

【請求項4】

前記半導体部材は、前記第1電極と前記第1部分領域との間、及び、前記第1電極と前記第2部分領域との間に設けられた基板をさらに含む、請求項1記載の半導体装置。

【請求項5】

第1電極と、

第2電極であって、前記第1電極から前記第2電極への方向は、第1方向に沿う、前記第2電極と、

第3電極であって、前記第3電極の前記第1方向における位置は、前記第1電極の前記第1方向における位置と、前記第2電極の前記第1方向における位置と、の間にある、前記第3電極と、

炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む半導体部材であって、前記半導体部材は、第1領域、第1部分領域及び第2部分領域を含み、前記第1領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第2電極との間にあり、前記第1領域から前記第3電極への第2方向は、前記第1方向と交差し、前記第1部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第1領域との間にあり、前記第1部分領域から前記第2部分領域への方向は、前記第2方向に沿い、前記第2部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第3電極との間にある、前記半導体部材と、

前記第2方向において、前記第1領域と前記第3電極との間に設けられた第1結晶部材と、

を備え、

前記第3電極に印加される電圧により、前記第1電極と前記第2電極との間に流れる電

10

20

30

40

50

流が制御でき、

前記第1結晶部材は、ウルツ鉱構造を有し、

前記第1結晶部材の<0001>方向は、前記第1領域から前記第3電極への向きの成分を有し、

前記第1領域はp形である、半導体装置。

【請求項6】

第1電極と、

第2電極であって、前記第1電極から前記第2電極への方向は、第1方向に沿う、前記第2電極と、

第3電極であって、前記第3電極の前記第1方向における位置は、前記第1電極の前記第1方向における位置と、前記第2電極の前記第1方向における位置と、の間にある、前記第3電極と、

炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む半導体部材であって、前記半導体部材は、第1領域、第1部分領域及び第2部分領域を含み、前記第1領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第2電極との間にあり、前記第1領域から前記第3電極への第2方向は、前記第1方向と交差し、前記第1部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第1領域との間にあり、前記第1部分領域から前記第2部分領域への方向は、前記第2方向に沿い、前記第2部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第3電極との間にあり、前記半導体部材と、

前記第2方向において、前記第1領域と前記第3電極との間に設けられた第1結晶部材と、

を備え、

前記第3電極に印加される電圧により、前記第1電極と前記第2電極との間に流れる電流が制御でき、

前記第1結晶部材は、ウルツ鉱構造を有し、

前記第1結晶部材の<000-1>方向は、前記第1領域から前記第3電極への向きの成分を有し、

前記第1領域はn形である、半導体装置。

【請求項7】

前記第2部分領域と前記第3電極との間に設けられた第1絶縁部材をさらに備えた請求項1～6のいずれか1つに記載の半導体装置。

【請求項8】

前記第1結晶部材は、前記第1方向において前記第2部分領域と前記第3電極との間の領域を含む、請求項1～6のいずれか1つに記載の半導体装置。

【請求項9】

前記第1方向において、前記第3電極と、前記第2電極の一部と、の間に設けられた第2絶縁部材をさらに備えた、請求項1～8のいずれか1つに記載の半導体装置。

【請求項10】

ドレイン電極と、

ソース電極であって、前記ドレイン電極から前記ソース電極への方向は、第1方向に沿う、前記ソース電極と、

ゲート電極であって、前記ゲート電極の前記第1方向における位置は、前記ドレイン電極の前記第1方向における位置と、前記ソース電極の前記第1方向における位置と、の間にある、前記ゲート電極と、

別のソース電極であって、前記ドレイン電極から前記別のソース電極への方向は、前記第1方向に沿い、前記ソース電極から前記別のソース電極への方向は、前記第1方向と交差する第2方向に沿う、前記別のソース電極と、

別のゲート電極であって、前記別のゲート電極の前記第1方向における位置は、前記ドレイン電極の前記第1方向における前記位置と、前記別のソース電極の前記第1方向におけ

10

20

30

40

50

る位置と、の間にあり、前記ゲート電極から前記別のゲート電極への方向は、前記第2方向に沿う、前記別のゲート電極と、

炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む半導体部材であって、前記半導体部材は、第1領域及び第2領域を含み、前記第1領域は、前記第1方向において前記ドレイン電極と前記ソース電極との間にあり、前記第2領域は、前記第1方向において前記ドレイン電極と前記別のソース電極との間にあり、前記半導体部材と、

前記第2方向において、前記第1領域と前記ゲート電極との間に設けられた第1結晶部材と、

前記第2方向において、前記第2領域と前記別のゲート電極との間に設けられた第2結晶部材と、

を備えた半導体装置。

【請求項11】

前記半導体部材は、前記ドレイン電極と前記第1領域との間、及び、前記ドレイン電極と前記第2領域との間に設けられた基板をさらに含む、請求項1_0記載の半導体装置。

【請求項12】

前記半導体部材は、第1部分領域、第2部分領域、第3部分領域及び第4部分領域をさらに含み、

前記第1部分領域は、前記第1方向において、前記ドレイン電極と前記第1領域との間にあり、

前記第1部分領域から前記第2部分領域への方向は、前記第2方向に沿い、

前記第2部分領域は、前記第1方向において前記ドレイン電極と前記ゲート電極との間にあり、

前記第3部分領域は、前記第1方向において、前記ドレイン電極と前記第2領域との間にあり、

前記第3部分領域から前記第4部分領域への方向は、前記第2方向に沿い、

前記第4部分領域は、前記第1方向において前記ドレイン電極と前記別のゲート電極との間にある、請求項1_0または1_1に記載の半導体装置。

【請求項13】

前記半導体部材は、第3領域をさらに含み、

前記第3領域は、前記第2方向において、前記ゲート電極と前記第2領域との間にあり、

前記第3領域における不純物濃度は、前記第2領域における不純物濃度よりも高い、

請求項1_0～1_2のいずれか1つに記載の半導体装置。

【請求項14】

前記第1結晶部材及び前記第2結晶部材は、ウルツ鉱構造を有し、

前記第1結晶部材の<0001>方向または<000-1>方向は、前記第2方向に沿い、前記第2結晶部材の<0001>方向または<000-1>方向は、前記第2方向に沿う、請求項1_0～1_3のいずれか1つに記載の半導体装置。

【請求項15】

前記第1結晶部材及び前記第2結晶部材は、ウルツ鉱構造を有し、

前記第1結晶部材の<0001>方向は、前記第1領域から前記ゲート電極への向きの成分を有し、

前記第2結晶部材の<0001>方向は、前記第2領域から前記別のゲート電極への向きの成分を有し、

前記第1領域及び第2領域はp形である、請求項1_0～1_3のいずれか1つに記載の半導体装置。

【請求項16】

前記第1結晶部材及び前記第2結晶部材は、ウルツ鉱構造を有し、

前記第1結晶部材の<000-1>方向は、前記第1領域から前記ゲート電極への向きの成分を有し、

10

20

30

40

50

前記第2結晶部材の<000-1>方向は、前記第2領域から前記別のゲート電極への向きの成分を有し、

前記第1領域及び第2領域はn形である、請求項1_0~1_3のいずれか1つに記載の半導体装置。

【請求項17】

第1電極と、

第2電極と、

第3電極と、

第4電極であって、前記第3電極から前記第4電極への第1方向は、前記第1電極から前記第2電極への第2方向と交差し、前記第3電極の前記第2方向における位置は、前記第1電極の前記第2方向における位置と、前記第2電極の前記第2方向における位置と、の間にある、前記第4電極と、

炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む半導体部材であって、前記半導体部材は、第1領域及び第2領域を含み、前記第1領域は、前記第2方向において前記第1電極と前記第3電極との間にあり、前記第2領域は、前記第2方向において前記第3電極と前記第2電極との間にあり、前記第1領域及び前記第2領域は、前記第4電極と電気的に接続された、前記半導体部材と、

前記第2方向において、前記第1領域と前記第3電極との間に設けられた第1結晶部材と、前記第2方向において、前記第2領域と前記第3電極との間に設けられた第2結晶部材と、を備え、

前記第3電極に印加される電圧により、前記第1電極と前記第2電極との間に流れる電流が制御でき、

前記第1領域及び前記第2領域は、前記第4電極と電気的に接続された半導体装置。

【請求項18】

前記第1結晶部材及び前記第2結晶部材は、ウルツ鉱構造を有し、

前記第1結晶部材の<0001>方向は、前記第1領域から前記第3電極への向きの成分を有し、

前記第2結晶部材の<0001>方向は、前記第3電極から前記第2領域への向きの成分を有する、請求項1_7記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置において、特性の向上が望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第5207874号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態は、特性の向上が可能な半導体装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態によれば、半導体装置は、第1電極、第2電極、第3電極、半導体部材及び第1結晶部材を含む。前記第1電極から前記第2電極への方向は、第1方向に沿う。前記第3電極の前記第1方向における位置は、前記第1電極の前記第1方向における位置と、前記第2電極の前記第1方向における位置と、の間にある。前記半導体部材は、炭化

10

20

30

40

50

シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。前記半導体部材は、第1領域、第1部分領域及び第2部分領域を含む。前記第1領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第2電極との間にある。前記第1領域から前記第3電極への第2方向は、前記第1方向と交差する。前記第1部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第1領域との間にある。前記第1部分領域から前記第2部分領域への方向は、前記第2方向に沿う。前記第2部分領域は、前記第1方向において前記第1電極と前記第3電極との間にある。前記第1結晶部材は、前記第2方向において、前記第1領域と前記第3電極との間に設けられる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

10

【図1】図1は、第1実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図2】図2は、第1実施形態に係る半導体装置の特性を例示する模式図である。

【図3】図3は、第1実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図4】図4は、第1実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図5】図5は、第1実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図6】図6は、第2実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図7】図7は、第2実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図8】図8は、第2実施形態に係る半導体装置の特性を例示するグラフ図である。

【図9】図9は、第2実施形態に係る半導体装置の特性を例示するグラフ図である。

【図10】図10は、第2実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

20

【図11】図11は、第2実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図12】図12は、第3実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【図13】図13は、第3実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下に、本発明の各実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚さと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同一とは限らない。同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

本願明細書と各図において、既出の図に関する前記したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

30

【0008】

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

図1に示すように、第1実施形態に係る半導体装置110は、第1電極51、第2電極52、第3電極53、半導体部材10及び第1結晶部材21を含む。

【0009】

第1電極51から第2電極52への方向は、第1方向に沿う。第1方向をZ軸方向とする。Z軸方向に対して垂直な1つの方向をX軸方向とする。Z軸方向及びX軸方向に対して垂直な方向をY軸方向とする。

40

【0010】

第3電極53の第1方向(Z軸方向)における位置は、第1電極51の第1方向における位置と、第2電極52の第1方向における位置と、の間にある。例えば、Z軸方向において、第3電極53の少なくとも一部が、第1電極51の少なくとも一部と、第2電極52の少なくとも一部と、の間にあっても良い。

【0011】

半導体部材10は、例えば、炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。

【0012】

半導体部材は、第1領域11、第1部分領域11a及び第2部分領域11bを含む。

50

【 0 0 1 3 】

第1領域11は、第1方向（Z軸方向）において、第1電極51と第2電極52との間にある。第1領域11から第3電極53への第2方向は、第1方向（Z軸方向）と交差する。第2方向は、例えば、X軸方向である。

【 0 0 1 4 】

第1部分領域11aは、第1方向（Z軸方向）において、第1電極51と第1領域11との間にある。第1部分領域11aから第2部分領域11bへの方向は、第2方向（X軸方向）に沿う。第2部分領域11bは、第1方向（Z軸方向）において、第1電極51と第3電極53との間にある。

【 0 0 1 5 】

第1結晶部材21は、第2方向（例えば、X軸方向）において、第1領域11と第3電極53との間に設けられる。

【 0 0 1 6 】

この例では、半導体部材10は、基板10sをさらに含む。基板10sは、第1電極51と第1部分領域11aとの間、及び、第1電極51と第2部分領域11bとの間に設けられる。基板10sは、例えば、SiC基板である。基板10sは、例えば、4H-SiC、または、6H-SiCを含む。

【 0 0 1 7 】

例えば、基板10sを含む半導体部材10にトレンチが形成され、トレンチの中に、第1結晶部材21及び第3電極53が設けられる。例えば、トレンチの側面に第1結晶部材21が形成される。残余の空間の少なくとも一部に、第3電極53が形成される。

【 0 0 1 8 】

第1結晶部材21は、分極を有する。1つの例において、第1結晶部材21は、ウルツ鉱構造を有する。別の例において、第1結晶部材21は、分極を有する他の結晶構造を有する。

【 0 0 1 9 】

例えば、第1結晶部材21における分極に基づいて、半導体部材10にキャリア領域（図1の例では、2次元電子ガス10e）が生じる。

【 0 0 2 0 】

第1電極51は、例えば、ドレイン電極として機能する。第2電極52は、例えば、ソース電極として機能する。第3電極53は、例えば、ゲート電極として機能する。半導体装置110は、例えば、トランジスタ（例えばHEMT：high electron mobility transistor）である。

【 0 0 2 1 】

例えば、第3電極53に印加される電圧により、第1電極51と第2電極52との間に流れる電流が制御できる。第1領域11は、電流経路の一部となる。

【 0 0 2 2 】

実施形態においては、半導体部材10は、X軸方向で第3電極53と対向する第1領域11に加えて、Z軸方向で第3電極53と第1電極51との間の領域（第2部分領域11b）を含む。そして、第1領域11と第2部分領域11bとを接続するように、第1部分領域11aが設けられている。このため、第1部分領域11a及び第2部分領域11bは、電流経路として機能する。第2部分領域11bにおいては、電流はX軸方向に広がりながら流れる。例えば、電流経路の断面積が拡大する。これにより、オン抵抗が低くできる。実施形態によれば、特性の向上が可能な半導体装置が提供できる。半導体装置110の特性の例については後述する。

【 0 0 2 3 】

図1の例では、第1結晶部材21は、ウルツ鉱構造を有する。第1結晶部材は、例えば、Al_xGa_{1-x}N（0 < x < 1）を含む。第1結晶部材は、例えば、AlNまたはAlGaNなどである。

【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

50

図1の例では、第1結晶部材21の<0001>方向は、第2方向(例えば、X軸方向)に沿う。<0001>方向とZ軸方向との間の角度の絶対値は、例えば、45度を超える。後述するように、第1結晶部材21の<000-1>方向が、第2方向(例えば、X軸方向)に沿っても良い。

【0025】

本願明細書における結晶方位の記載において、「-」は、バーを示す。例えば、「-1」は、バーを有する「1」に対応する。

【0026】

例えば、第1結晶部材21の<0001>方向は、第1領域11から第3電極53への向きの成分を有する。このとき、半導体部材10のうちの第3電極53の近傍領域に、キャリア領域として、2次元電子ガス10eが生じる。10

【0027】

第1結晶部材21は、ウルツ鉱構造でない結晶構造を有しても良い。第1結晶部材21は、例えば、BaTiO₃、PbTiO₃、Pb(Zrx,Ti1-x)O₃、KNbO₃、LiNbO₃、LiTaO₃、Na_xWO₃、ZnO、Ba₂NaNb₅O₅、Pb₂KNb₅O₁₅及びLi₂B₄O₇からなる群から選択された少なくとも1つを含む。第1結晶部材21の分極の負から正への向き、または、分極の正から負への向きは、例えば、第2方向(X軸方向)に沿う。以下では、第1結晶部材21がウルツ鉱構造を有する場合の例について説明する。

【0028】

図1に示すように、半導体装置110において、半導体部材10は、第1部分p1及び第2部分p2を含んでも良い。第1部分p1は、第1方向(Z軸方向)において、第1領域11と第2電極52との間に設けられる。第2部分p2は、第1方向(Z軸方向)において、第1部分p1と第2電極52との間に設けられる。第2部分p2における不純物濃度は、第1部分p1における不純物濃度よりも高い。20

【0029】

例えば、第2部分p2は、第2電極52とのコンタクト領域として機能する。この例では、第2部分p2の導電形は、n形である。

【0030】

第1結晶部材21の<0001>方向が、第1領域11から第3電極53への向きの成分を有する場合(図1参照)、第1領域11はp形であることが好ましい。これにより、例えば、しきい値電圧を上昇させることができる。例えば、ノーマリオフ動作が得られる。30

【0031】

第1領域11と第2部分p2との間の第1部分p1における不純物濃度は、第1領域11よりも低く、第2部分p2よりも低いことが好ましい。これにより、例えば、オフ電流(例えば、リーク電流)を抑制できる。

【0032】

一方、基板10sの導電形は、第1領域11の導電形と逆である。この例では、第1領域11は、p形であり、第2部分p2は、n⁺形であり、基板10sは、n⁺形である。

【0033】

第1部分領域11a及び第2部分領域11bは、例えば、ドリフト領域11dとして機能する。第1部分領域11a及び第2部分領域11bにおける不純物濃度は、第1領域11における不純物濃度よりも低い。40

【0034】

第1部分領域11a及び第2部分領域11bは、例えば、4H-SiC、または、6H-SiCを含む。半導体部材10は、例えば、4H-SiC、または、6H-SiCを含む。

【0035】

半導体装置110においては、第1絶縁部材41が設けられている。第1絶縁部材41は、第2部分領域11bと第3電極53との間に設けられる。第1絶縁部材41は、第3電極53と半導体部材10(第2部分領域11bなど)とを電気的に絶縁する。後述するよ50

うに、第1絶縁部材41は省略されても良い。

【0036】

図1の例では、半導体装置110は、第2絶縁部材42をさらに含む。第2絶縁部材42は、第1方向(Z 軸方向)において、第3電極53と、第2電極52の一部と、の間に設けられている。第2絶縁部材42は、第2電極52と第3電極53とを電気的に絶縁する。

【0037】

図1に示すように、第1領域11は、面11Fを含む。面11Fは、第1結晶部材21と対向する。第1結晶部材21は、第1面21Fを含む。第1面21Fは、第1領域11と対向する。例えば、第1面21Fは、面11Fと接する。第1面21Fは、第1方向(Z 軸方向)に沿う。

10

【0038】

第1結晶部材21がウルツ鉱構造を有する場合、例えば、第1面21Fは、c面に沿う。第1面21Fは、c面に対して実質的に平行でも良い。第1面21Fとc面との間の角度は、例えば、45度未満である。第1面21Fとc面との間の角度は、例えば、10度以下である。基板10sの表面(例えば、第1電極51側の面でも良い)は、例えば、a面またはm面に沿っても良い。

【0039】

図2は、第1実施形態に係る半導体装置の特性を例示する模式図である。

図2は、半導体装置110のオン時における電子密度のシミュレーション結果を例示している。図2において、画像の明暗は、電子密度の高低に対応する。画像が暗い部分における電子密度は、画像が明るい部分における電子密度よりも高い。図2に示すように、電子密度は、第1部分領域11aと第3電極53との間の領域において高い。電子密度の高い領域は、第2部分領域11bで広がり、第3電極53の下側に広がっている。実施形態においては、第2部分領域11bにより、電子密度が高い領域が得られる。実施形態においては、第2部分領域11bが設けられない場合に比べて、オン抵抗を低くできる。

20

【0040】

図3は、第1実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

以下、実施形態に係る半導体装置111について、半導体装置110とは異なる部分について説明する。半導体装置111においても、例えば、第1結晶部材21は、ウルツ鉱構造を有する。半導体装置111においては、第1結晶部材21の<000-1>方向は、第1領域11から第3電極53への向きの成分を有する。このとき、半導体部材10のうちの第3電極53の近傍領域に、キャリア領域として、2次元ホールガス10hが生じる。半導体装置111においても、第2部分領域11bが設けられることにより、オン抵抗を低くできる。特性の向上が可能な半導体装置を提供できる。

30

【0041】

半導体装置111においては、第1領域11は、n形であることが好ましい。これにより、例えば、しきい値電圧を上昇させることができる。例えば、ノーマリオフ動作が得られる。

【0042】

半導体装置111の1つの例において、第2部分p2は、p+形である。基板10sは、例えば、p+形である。

40

【0043】

半導体装置111において、第1結晶部材21は、ウルツ鉱構造以外の、分極を有する結晶構造を有しても良い。この場合、第1結晶部材21の分極の負から正への向き、または、第1結晶部材21の分極の正から負への向きが、第2方向(X 軸方向)に沿っても良い。

【0044】

図4は、第1実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

以下、実施形態に係る半導体装置112について、半導体装置110とは異なる部分について説明する。半導体装置112においては、第1絶縁部材41が設けられていない。半導体装置112においては、第1結晶部材21は、複数の領域(領域21p及び領域21

50

q) を含む。領域 2 1 p は、第 2 方向 (X 軸方向) において、第 1 領域 1 1 と第 3 電極 5 3 との間にある。領域 2 1 q は、第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 2 部分領域 1 1 b と第 3 電極 5 3 との間にある。領域 2 1 q は、第 2 部分領域 1 1 b と第 3 電極 5 3 とを電気的に絶縁する。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、第 1 実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

以下、実施形態に係る半導体装置 1 1 3 について、半導体装置 1 1 1 とは異なる部分について説明する。半導体装置 1 1 3 においても、第 1 絶縁部材 4 1 が設けられていない。半導体装置 1 1 3 においても、第 1 結晶部材 2 1 は、領域 2 1 p 及び領域 2 1 q を含む。領域 2 1 p は、第 2 方向において、第 1 領域 1 1 と第 3 電極 5 3 との間にある。領域 2 1 q は、第 1 方向において、第 2 部分領域 1 1 b と第 3 電極 5 3 との間にある。領域 2 1 q は、第 2 部分領域 1 1 b と第 3 電極 5 3 とを電気的に絶縁する。

10

【 0 0 4 6 】

半導体装置 1 1 2 及び 1 1 3 においても、オン抵抗を低くできる。特性の向上が可能な半導体装置を提供できる。

【 0 0 4 7 】

(第 2 実施形態)

図 6 は、第 2 実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

図 6 に示すように、第 2 実施形態に係る半導体装置 1 2 0 は、第 1 電極 5 1 、第 2 電極 5 2 、第 3 電極 5 3 、第 4 電極 5 4 、第 5 電極 5 5 、半導体部材 1 0 、第 1 結晶部材 2 1 及び第 2 結晶部材 2 2 を含む。

20

【 0 0 4 8 】

第 1 電極 5 1 から第 2 電極 5 2 への方向は、第 1 方向に沿う。第 1 方向は、例えば、Z 軸方向である。

【 0 0 4 9 】

第 3 電極 5 3 の第 1 方向 (Z 軸方向) における位置は、第 1 電極 5 1 の第 1 方向における位置と、第 2 電極 5 2 の第 1 方向における位置と、の間にある。

【 0 0 5 0 】

第 1 電極 5 1 から第 4 電極 5 4 への方向は、第 1 方向 (Z 軸方向) に沿う。第 2 電極 5 2 から第 4 電極 5 4 への方向は、第 2 方向に沿う。第 2 方向は、第 1 方向と交差する。第 2 方向は、例えば、X 軸方向である。

30

【 0 0 5 1 】

第 5 電極 5 5 の第 1 方向 (Z 軸方向) における位置は、第 1 電極 5 1 の第 1 方向における位置と、第 4 電極 5 4 の第 1 方向における位置と、の間にある。第 3 電極 5 3 から第 5 電極 5 5 への方向は、第 2 方向 (例えば X 軸方向) に沿う。

【 0 0 5 2 】

半導体部材 1 0 は、炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも 1 つを含む。半導体部材 1 0 は、第 1 領域 1 1 及び第 2 領域 1 2 を含む。第 1 領域 1 1 は、第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 1 電極 5 1 と第 2 電極 5 2 との間にある。第 2 領域 1 2 は、第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 1 電極 5 1 と第 4 電極 5 4 との間にある。例えば、第 1 領域 1 1 から第 2 領域 1 2 への方向は、X 軸方向に沿う。

40

【 0 0 5 3 】

第 1 結晶部材 2 1 は、第 2 方向 (例えば X 軸方向) において、第 1 領域 1 1 と第 3 電極 5 3 との間に設けられる。第 2 結晶部材 2 2 は、第 2 方向において、第 2 領域 1 2 と第 5 電極 5 5 との間に設けられる。

【 0 0 5 4 】

第 1 電極 5 1 は、例えば、ドレイン電極として機能する。第 2 電極 5 2 は、例えば、1 つのソース電極として機能する。第 3 電極 5 3 は、例えば、1 つのゲート電極として機能する。第 4 電極 5 4 は、例えば、別のソース電極として機能する。第 5 電極 5 5 は、例えば、別のゲート電極として機能する。半導体装置 1 2 0 は、例えば、トランジスタ (例えば

50

HEMT)である。

【0055】

半導体装置120において、例えば、第1結晶部材21及び第2結晶部材22は、ウルツ鉱構造を有する。例えば、第1結晶部材の<0001>方向または<000-1>方向は、第2方向(X軸方向)に沿う。第2結晶部材の<0001>方向または<000-1>方向は、第2方向(X軸方向)に沿う。

【0056】

図6に示す例では、第1結晶部材21の<0001>方向は、第1領域11から第3電極53への向きの成分を有する。第2結晶部材22の<0001>方向は、第2領域12から第5電極55への向きの成分を有する。

10

【0057】

この場合、第1領域11の第3電極53と対向する領域、及び、第2領域12の第5電極55と対向する領域に、2次元電子ガス10eが生じる。2次元電子ガス10eは、電流経路として機能する。

【0058】

実施形態においては、1つの半導体部材10に複数の電流経路が形成される。これにより、大電流のスイッチングが可能になる。例えば、オン抵抗を低くできる。本実施形態によれば、特性の向上が可能な半導体装置を提供できる。

【0059】

第1領域11は、例えば、第1結晶部材21と接する。第2領域12は、第2結晶部材22と接する。

20

【0060】

半導体装置120において、第1結晶部材21及び第2結晶部材22は、ウルツ鉱構造以外の、分極を有する結晶構造を有しても良い。この場合、第1結晶部材21及び第2結晶部材22の分極の負から正への向き、または、第1結晶部材21及び第2結晶部材22の分極の正から負への向きが、第2方向(X軸方向)に沿っても良い。

【0061】

半導体装置120において、半導体部材10は、第1部分領域11a、第2部分領域11b、第3部分領域12c及び第4部分領域12dをさらに含んでも良い。これらの部分領域は、例えば、ドリフト領域として機能する。

30

【0062】

第1部分領域11aは、第1方向(Z軸方向)において、第1電極51と第1領域11との間にある。第1部分領域11aから第2部分領域11bへの方向は、第2方向(例えばX軸方向)に沿う。第2部分領域11bは、第1方向において、第1電極51と第3電極53との間にある。

【0063】

第3部分領域12cは、第1方向(Z軸方向)において、第1電極51と第2領域12との間にある。第3部分領域12cから第4部分領域12dへの方向は、第2方向(例えばX軸方向)に沿う。第4部分領域12dは、第1方向において、第1電極51と第5電極55との間にある。

40

【0064】

第2部分領域11b及び第4部分領域12dが設けられることで、例えば、電流経路が広がる。これにより、オン抵抗をより低くできる。

【0065】

半導体装置120の1つの例において、半導体部材10は、第3領域13をさらに含んでも良い。第3領域13は、第2方向(X軸方向)において、第3電極53と第2領域12との間にある。第3領域13における不純物濃度は、第2領域12における不純物濃度よりも高い。第3領域13における不純物濃度は、第1領域11における不純物濃度よりも高い。

【0066】

50

例えば、第1領域11及び第2領域12は、p形領域である。第3領域13は、p⁺領域である。第3領域13は、例えば、第3電極53と接しても良い。第3領域13は、第3電極53のコンタクト領域として機能しても良い。

【0067】

半導体装置120において、半導体部材10は、第4領域14をさらに含んでも良い。例えば、第2方向(X軸方向)において、第2領域12と第4領域14との間に、第5電極55が位置する。第4領域14は、p⁺領域である。第4領域14は、例えば、第5電極55と接しても良い。第4領域14は、第5電極55のコンタクト領域として機能しても良い。

【0068】

半導体装置120において、半導体部材10は、基板10sをさらに含んでも良い。基板10sは、第1電極51と第1領域11との間、及び、第1電極51と第2領域12との間に設けられる。基板10sは、第1電極51と第3領域13との間、及び、第1電極51と第4領域14との間に設けられる。基板10sは、例えば、SiC基板である。基板10sは、例えば、4H-SiC、または、6H-SiCを含む。半導体部材10は、例えば、4H-SiC、または、6H-SiCを含む。

10

【0069】

例えば、基板10sを含む半導体部材10に複数のトレンチが形成され、複数のトレンチの中に、結晶部材及び電極が設けられる。例えば、1つのトレンチの側面に第1結晶部材21が形成される。そのトレンチの残余の空間の少なくとも一部に、第3電極53が形成される。例えば、別のトレンチの側面に第2結晶部材22が形成される。そのトレンチの残余の空間の少なくとも一部に、第5電極55が形成される。

20

【0070】

例えば、第3領域13の一部は、基板10sと第3電極53との間に設けられても良い。例えば、第4領域14の一部は、基板10sと第5電極55との間に設けられても良い。

【0071】

半導体部材10は、第1～第4部分p1～p4をさらに含んでも良い。第1部分p1は、第1方向(Z軸方向)において、第1領域11と第2電極52との間に設けられる。第2部分p2は、第1方向において、第1部分p1と第2電極52との間に設けられる。第3部分p3は、第1方向(Z軸方向)において、第2領域12と第4電極54との間に設けられる。第4部分p4は、第1方向において、第3部分p3と第4電極54との間に設けられる。

30

【0072】

第2部分p2における不純物濃度は、第1部分p1における不純物濃度よりも高い。第4部分p4における不純物濃度は、第3部分p3における不純物濃度よりも高い。第1部分p1における不純物濃度は、例えば、第1領域11における不純物濃度よりも低い。第3部分p3における不純物濃度は、例えば、第2領域12における不純物濃度よりも低い。

【0073】

1つの例において、第1領域11及び第2領域12は、p形である。第2部分p2及び第4部分p4は、例えば、n⁺形である。第3領域13及び第4領域14は、例えば、p⁺形である。基板10sは、例えば、n⁺形である。

40

【0074】

半導体装置120において、第1～第4絶縁部材41～44が設けられても良い。第1絶縁部材41は、第2部分領域11bと第3電極53との間に設けられる。この例では、第1絶縁部材41は、第1方向(Z軸方向)において、第3領域13の一部と第3電極53との間に設けられる。

【0075】

第2絶縁部材42は、第1方向(Z軸方向)において、第3電極53と、第2電極52の一部と、の間に設けられている。第2絶縁部材42は、第2電極52と第3電極53とを電気的に絶縁する。第2絶縁部材42は、第2電極52と第3領域13とを電気的に絶縁

50

する。

【 0 0 7 6 】

第3絶縁部材43は、第4部分領域12dと第5電極55との間に設けられる。この例では、第3絶縁部材43は、第1方向(Z 軸方向)において、第4領域14の一部と第5電極55との間に設けられる。

【 0 0 7 7 】

第4絶縁部材44は、第1方向(Z 軸方向)において、第5電極55と、第4電極54の一部と、の間に設けられている。第4絶縁部材44は、第4電極54と第5電極55とを電気的に絶縁する。第4絶縁部材44は、第4電極54と第4領域14とを電気的に絶縁する。

10

【 0 0 7 8 】

図7は、第2実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

以下、実施形態に係る半導体装置121について、半導体装置120とは異なる部分について説明する。半導体装置121においても、第1結晶部材21は、ウルツ鉱構造を有する。半導体装置121においては、第1結晶部材21の<000-1>方向は、第1領域11から第3電極53への向きの成分を有する。第2結晶部材22の<000-1>方向は、第2領域12から第5電極55への向きの成分を有する。このとき、半導体部材10のうちの第3電極53の近傍領域、及び、第5電極55の近傍領域に、キャリア領域として、2次元ホールガス10hが生じる。半導体装置121においても、オン抵抗を低くできる。半導体装置121において、第2部分領域11b及び第4部分領域12dが設けられることにより、オン抵抗をさらに低くできる。特性の向上が可能な半導体装置を提供できる。

20

【 0 0 7 9 】

半導体装置121の1つの例において、第1領域11及び第2領域12は、n形である。

第2部分p2及び第4部分p4は、例えば、p+形である。第3領域13及び第4領域14は、例えば、n+形である。基板10sは、例えば、p+形である。

【 0 0 8 0 】

半導体装置121において、第1結晶部材21及び第2結晶部材22は、ウルツ鉱構造以外の、分極を有する結晶構造を有しても良い。この場合、第1結晶部材21及び第2結晶部材22の分極の負から正への向き、または、第1結晶部材21及び第2結晶部材22の分極の正から負への向きが、第2方向(X 軸方向)に沿っても良い。

30

【 0 0 8 1 】

以下、半導体装置120の特性の例について説明する。図6に示すように、第1領域11と第1結晶部材21との間の境界と、第2部分領域11bと第3領域13との境界と、の間のX軸方向に沿う距離を距離dxとする。以下、図6に例示した半導体装置120において、距離dxを変えたときの特性のシミュレーション結果の例について説明する。

【 0 0 8 2 】

図8は、第2実施形態に係る半導体装置の特性を例示するグラフ図である。

図8の横軸は、ゲート電圧Vg(V)である。ゲート電圧Vgは、第2電極52(ソース電極)を規準にしたときの第3電極53(ゲート電極)の電位に対応する。図8の縦軸は、ドレイン電流Id(x10-6A)である。図8には、距離dxが0nm、150nm、300nmまたは400nmのときの結果が例示されている。この例では、第3電極53のX軸方向の長さは、800nmである。図8から分かるように、距離dxが長くなると、同じゲート電圧Vgにおけるドレイン電流Idが大きくなる。

40

【 0 0 8 3 】

以下、図6に例示した半導体装置120において、第1領域11(例えばp形領域)における不純物濃度を変えたときの特性のシミュレーション結果の例について説明する。

【 0 0 8 4 】

図9は、第2実施形態に係る半導体装置の特性を例示するグラフ図である。

図9の横軸は、ゲート電圧Vg(V)である。図9の縦軸は、ドレイン電流Id(x10

50

- 5 A) である。図 9 には、第 1 領域 1 1 における p 形の不純物濃度 C_p が、 5×10^{-1} cm⁻³、 7×10^{-1} cm⁻³、 8×10^{-1} cm⁻³、または、 9×10^{-1} cm⁻³ のときの特性が例示されている。図 9 から分かるように、不純物濃度が低いと、ゲート電圧 V_g が 0 V のときのドレイン電流 I_d 大きい。第 1 領域 1 1 における不純物濃度を制御することで、しきい値電圧を制御できる。半導体装置 1 2 0 の 1 つの例において、第 1 領域 1 1 における p 形の不純物濃度 C_p は、 7×10^{-1} cm⁻³ 以上であることが好ましい。これにより、例えば、オフ電流を小さくできる。安定したノーマリオフ特性が得られる。

【 0 0 8 5 】

図 1 0 は、第 2 実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

以下、実施形態に係る半導体装置 1 2 2 について、半導体装置 1 2 0 とは異なる部分について説明する。半導体装置 1 2 2 においては、第 1 絶縁部材 4 1 及び第 3 絶縁部材 4 3 が設けられていない。

【 0 0 8 6 】

半導体装置 1 2 2 においては、第 1 結晶部材 2 1 は、領域 2 1 p 及び領域 2 1 q を含む。領域 2 1 p は、第 2 方向 (X 軸方向) において、第 1 領域 1 1 と第 3 電極 5 3 との間にある。領域 2 1 q は、第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 2 部分領域 1 1 b と第 3 電極 5 3 との間にある。領域 2 1 q は、第 2 部分領域 1 1 b と第 3 電極 5 3 とを電気的に絶縁する。

【 0 0 8 7 】

半導体装置 1 2 2 においては、第 2 結晶部材 2 2 は、領域 2 2 p 及び領域 2 2 q を含む。領域 2 2 p は、第 2 方向 (X 軸方向) において、第 2 領域 1 2 と第 5 電極 5 5 との間にある。領域 2 2 q は、第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 4 部分領域 1 2 d と第 5 電極 5 5 との間にある。領域 2 2 q は、第 4 部分領域 1 2 d と第 5 電極 5 5 とを電気的に絶縁する。

【 0 0 8 8 】

図 1 1 は、第 2 実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

以下、実施形態に係る半導体装置 1 2 3 について、半導体装置 1 2 1 とは異なる部分について説明する。半導体装置 1 2 3 においても、第 1 絶縁部材 4 1 及び第 3 絶縁部材 4 3 が設けられていない。半導体装置 1 2 2 においては、第 1 結晶部材 2 1 は、領域 2 1 p 及び領域 2 1 q を含む。第 2 結晶部材 2 2 は、領域 2 2 p 及び領域 2 2 q を含む。

【 0 0 8 9 】

半導体装置 1 2 2 及び 1 2 3 においても、オン抵抗を低くできる。特性の向上が可能な半導体装置を提供できる。

【 0 0 9 0 】

(第 3 実施形態)

図 1 2 は、第 3 実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

図 1 2 に示すように、第 3 実施形態に係る半導体装置 1 3 0 は、第 1 電極 5 1 、第 2 電極 5 2 、第 3 電極 5 3 、第 4 電極 5 4 、半導体部材 1 0 、第 1 結晶部材 2 1 及び第 2 結晶部材 2 2 を含む。

【 0 0 9 1 】

第 3 電極 5 3 から第 4 電極 5 4 への第 1 方向は、第 1 電極 5 1 から第 2 電極 5 2 への第 2 方向と交差する。

【 0 0 9 2 】

第 1 方向を Z 軸方向とする。第 2 方向は、例えば、X 軸方向である。

【 0 0 9 3 】

第 3 電極 5 3 の第 2 方向 (X 軸方向) における位置は、第 1 電極 5 1 の第 2 方向における位置と、第 2 電極 5 2 の第 2 方向における位置と、の間にある。例えば、X 軸方向において、第 3 電極 5 3 は、第 1 電極 5 1 と第 2 電極 5 2 との間にある。

【 0 0 9 4 】

第 4 電極 5 4 の第 2 方向 (X 軸方向) における位置は、第 1 電極 5 1 の第 2 方向における位置と、第 2 電極 5 2 の第 2 方向における位置と、の間にある。例えば、第 4 電極 5 4 は

10

20

30

40

50

、第3電極53の上方に設けられる。

【0095】

半導体部材10は、炭化シリコン、シリコン、カーボン及びゲルマニウムよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。

【0096】

この例では、基板10sが設けられる。基板10sの上に、半導体部材10、及び、第1～第4電極51～54が設けられる。基板10sは、例えば、SiC基板である。基板10sは、例えば、4H-SiC、または、6H-SiCを含む。半導体部材10は、例えば、4H-SiC、または、6H-SiCを含む。

【0097】

半導体部材10は、第1領域11及び第2領域12を含む。第1領域11は、第2方向(X軸方向)において、第1電極51と第3電極53との間にある。第2領域12は、第2方向において、第3電極53と第2電極52との間にある。第1領域11及び第2領域12は、第4電極54と電気的に接続される。

【0098】

第1結晶部材21は、第2方向(X軸方向)において、第1領域11と第3電極53との間に設けられる。第2結晶部材22は、第2方向において、第2領域12と第3電極53との間に設けられる。

【0099】

例えば、第1結晶部材21及び第2結晶部材22は、ウルツ鉱構造を有する。第1結晶部材21の<0001>方向は、第1領域11から第3電極53への向きの成分を有する。第2結晶部材22の<0001>方向は、第3電極53から第2領域12への向きの成分を有する。

【0100】

例えば、第1領域11のうちの第1結晶部材21の近傍領域に、2次元電子ガス10eが形成される。例えば、第2領域12のうちの第2結晶部材22の近傍領域に、2次元ホールガス10hが形成される。

【0101】

例えば、第1電極51の電位が低電位に設定される。第2電極52の電位が高電位に設定される。この高電位は、上記の低電位よりも高い。第3電極53に入力信号が入力される。入力信号に応じて、第1電極51と第4電極54との間の抵抗状態、及び、第2電極52と第4電極54との間の抵抗状態が制御される。これにより、入力信号に応じた信号が第4電極54から出力される。半導体装置130は、例えば、CMOS(Complementary metal-oxide-semiconductor)素子として機能する。半導体装置130において、例えば、高速のスイッチング特性が得られる。例えば、消費電力を低くできる。特性の向上が可能な半導体装置を提供できる。

【0102】

この例では、半導体部材10は、第1～第4部分p1～p4をさらに含む。第1部分p1は、第1方向(Z軸方向)において、第1領域11と第4電極54との間に設けられる。第2部分p2は、第1方向において、第1部分p1と第4電極54との間に設けられる。第3部分p3は、第1方向(Z軸方向)において、第2領域12と第4電極54との間に設けられる。第4部分p4は、第1方向において、第3部分p3と第4電極54との間に設けられる。

【0103】

第2部分p2における不純物濃度は、第1部分p1における不純物濃度よりも高い。第4部分p4における不純物濃度は、第3部分p3における不純物濃度よりも高い。第1部分p1における不純物濃度は、例えば、第1領域11における不純物濃度よりも低い。第3部分p3における不純物濃度は、例えば、第2領域12における不純物濃度よりも低い。

【0104】

第2部分p2及び第4部分p4は、第4電極54に対するコンタクト領域として機能する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 5 】

半導体部材 1 0 は、第 3 領域 1 3 及び第 4 領域 1 4 をさらに含む。この例では、基板 1 0 s の一部に不純物濃度が高い領域が設けられる。この不純物濃度が高い領域が、第 3 領域 1 3 及び第 4 領域 1 4 に対応する。例えば、第 3 領域 1 3 の一部から第 1 電極 5 1 への方向は、第 1 方向 (Z 軸方向) に沿う。例えば、第 4 領域 1 4 の一部から第 2 電極 5 2 への方向は、第 1 方向 (Z 軸方向) に沿う。第 3 領域 1 3 は、第 1 電極 5 1 と第 1 領域 1 1 との間の電流経路となる。第 4 領域 1 4 は、第 2 電極 5 2 と第 2 領域 1 2 との間の電流経路となる。

【 0 1 0 6 】

この例では、半導体部材 1 0 は、第 5 部分 p 5 及び第 6 部分 p 6 をさらに含む。第 5 部分 p 5 は、第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 3 領域 1 3 の別の一部と、第 1 領域 1 1 との間にある。第 6 部分 p 6 は、第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 4 領域 1 4 の別の一部と、第 2 領域 1 2 との間にある。

10

【 0 1 0 7 】

第 3 領域 1 3 は、例えば、n⁺ 領域である。第 4 領域 1 4 は、例えば、p⁺ 領域である。第 1 領域 1 1 は、例えば、p 形領域である。第 2 領域 1 2 は、例えば、n 形領域である。第 2 部分 p 2 は、例えば、n⁺ 形領域である。第 4 部分 p 4 は、p⁺ 形領域である。

【 0 1 0 8 】

この例では、第 1 ~ 第 4 絶縁部材 4 1 ~ 4 4 が設けられている。第 1 絶縁部材 4 1 は、基板 1 0 s (第 3 領域 1 3 及び第 4 領域 1 4 を含む) と、第 3 電極 5 3 と、の間に設けられる。第 2 絶縁部材 4 2 は、第 3 電極 5 3 と第 4 電極 5 4 との間、第 1 結晶部材 2 1 と第 4 電極 5 4 との間、及び、第 2 結晶部材 2 2 と第 4 電極 5 4 との間に設けられる。

20

【 0 1 0 9 】

第 3 絶縁部材 4 3 は、第 2 方向 (X 軸方向) において、第 1 電極 5 1 と第 1 領域 1 1 との間、第 1 電極 5 1 と第 1 部分 p 1 との間、第 1 電極 5 1 と第 2 部分 p 2 との間、第 1 電極 5 1 と第 5 部分 p 5 との間に設けられる。

【 0 1 1 0 】

第 4 絶縁部材 4 4 は、第 2 方向 (X 軸方向) において、第 2 電極 5 2 と第 2 領域 1 2 との間、第 2 電極 5 2 と第 3 部分 p 3 との間、第 2 電極 5 2 と第 4 部分 p 4 との間、第 2 電極 5 2 と第 6 部分 p 6 との間に設けられる。

30

【 0 1 1 1 】

半導体装置 1 3 0 において、第 1 結晶部材 2 1 及び第 2 結晶部材 2 2 は、ウルツ鉱構造以外の、分極を有する結晶構造を有しても良い。この場合、第 1 結晶部材 2 1 及び第 2 結晶部材 2 2 の分極の負から正への向き、または、第 1 結晶部材 2 1 及び第 2 結晶部材 2 2 の分極の正から負への向きが、第 2 方向 (X 軸方向) に沿っても良い。

【 0 1 1 2 】

図 1 3 は、第 3 実施形態に係る半導体装置を例示する模式的断面図である。

以下、実施形態に係る半導体装置 1 3 1 について、半導体装置 1 3 0 とは異なる部分について説明する。半導体装置 1 3 1 においては、第 1 絶縁部材 4 1 が設けられない。半導体装置 1 3 1 は、第 1 結晶部材 2 1 及び第 2 結晶部材 2 2 に、加えて、第 3 結晶部材 2 3 をさらに含む。

40

【 0 1 1 3 】

第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 3 結晶部材 2 3 と第 4 電極 5 4 との間に第 3 電極 5 3 が設けられる。第 2 絶縁部材 4 2 が設けられる場合、第 1 方向 (Z 軸方向) において、第 3 結晶部材 2 3 と第 2 絶縁部材 4 2 との間に第 3 電極 5 3 が設けられる。

【 0 1 1 4 】

第 3 結晶部材 2 3 は、第 1 結晶部材 2 1 と同じ材料を含んでも良い。第 3 結晶部材 2 3 は、第 2 結晶部材 2 2 と同じ材料を含んでも良い。第 3 結晶部材 2 3 は、第 1 結晶部材 2 1 及び第 2 結晶部材 2 2 と連続しても良い。第 3 結晶部材 2 3 は、例えば、第 3 電極 5 3 と、基板 1 0 s (第 3 領域 1 3 及び第 4 領域 1 4 を含む) と、を電気的に絶縁する。例えば

50

、第1～第3結晶部材21～23は、絶縁性である。

【0115】

半導体装置131も、例えば、CMOS素子として機能する。半導体装置131において、例えば、高速のスイッチング特性が得られる。例えば、消費電力を低くできる。特性の向上が可能な半導体装置を提供できる。

【0116】

上記の実施形態において、電極（例えば、第1～第5電極51～55の少なくともいずれか）は、例えば、Al、Ti、Ni及びAuよりなる群から選択された少なくとも1つを含む。

【0117】

上記の実施形態において、半導体部材10は、例えば、SiCを含む。この場合、半導体部材10がシリコンを含む場合に比べて、高い放熱性が得られる。

10

【0118】

結晶部材（第1結晶部材21及び第2結晶部材22）は、AlNを含むことが好ましい。これにより、高い耐圧が得られる。

【0119】

半導体部材10がSiCを含み、結晶部材がAlNを含む場合ことが好ましい。これらの材料における格子定数差が小さい。例えば、AlN（結晶部材）において、良好な結晶性が得られる。

【0120】

半導体部材10がSiCを含み、結晶部材がAlNを含む場合、これらの材料の間ににおけるポテンシャル差が大きい。これにより、キャリアが閉じこめられやすく、局在化し易い。例えば、キャリアの積分濃度を高くできる。

20

【0121】

上記の実施形態において、結晶部材は、例えば、MOCVD(有機金属気相)法、分子線エピタキシ(MBE)法、ハライド気相成長(HVPE)法、スパッタ法、及び、パルスレーザー堆積法よりなる群から選択された少なくとも1つにより形成される。

【0122】

実施形態によれば、特性の向上が可能な半導体装置を提供することができる。

【0123】

本願明細書において、「電気的に接続される状態」は、複数の導電体が物理的に接してこれら複数の導電体の間に電流が流れる状態を含む。「電気的に接続される状態」は、複数の導電体の間に、別の導電体が挿入されて、これらの複数の導電体の間に電流が流れる状態を含む。

30

【0124】

本願明細書において、「垂直」及び「平行」は、厳密な垂直及び厳密な平行だけではなく、例えば製造工程におけるばらつきなどを含むものであり、実質的に垂直及び実質的に平行であれば良い。

【0125】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、半導体装置に含まれる、電極、半導体部材、結晶部材及び絶縁部材などの各要素の具体的な構成に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

40

【0126】

また、各具体例のいずれか2つ以上の要素を技術的に可能な範囲で組み合わせたものも、本発明の要旨を包含する限り本発明の範囲に含まれる。

【0127】

その他、本発明の実施の形態として上述した半導体装置を基にして、当業者が適宜設計変更して実施し得る全ての半導体装置も、本発明の要旨を包含する限り、本発明の範囲に属

50

する。

【0128】

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと解される。

【0129】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

10

【符号の説明】

【0130】

10 ...半導体部材、 10 e ... 2次元電子ガス、 10 h ... 2次元ホールガス、 10 s ...
基板、 11 ~ 14 ...第1 ~ 第4領域、 11 F ...面、 11 a、 11 b ...第1、 第2部分
領域、 11 d ...ドリフト領域、 12 c、 12 d ...第3、 第4部分領域、 21 ~ 23 ...
第1、 第3結晶部材、 21 F ...第1面、 21 p、 21 q、 22 p、 22 q ...領域、 4
1 ~ 44 ...第1 ~ 第4絶縁部材、 51 ~ 55 ...第1 ~ 第5電極、 110 ~ 113、 12
0 ~ 123、 130、 131 ...半導体装置、 C p ...不純物濃度、 I d ...ドレイン電流、
V g ...ゲート電圧、 d x ...距離、 p 1 ~ p 6 ...第1 ~ 第6部分

20

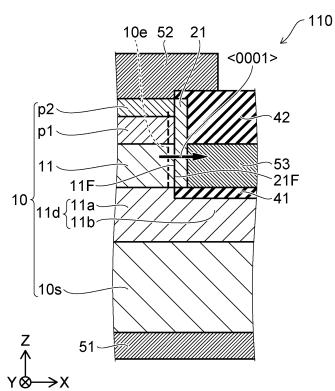
30

40

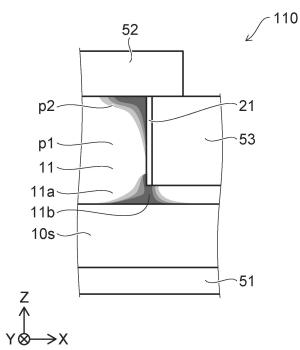
50

【図面】

【図 1】

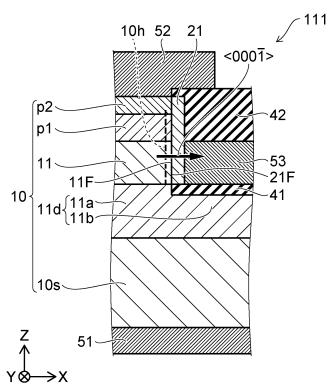


【図 2】

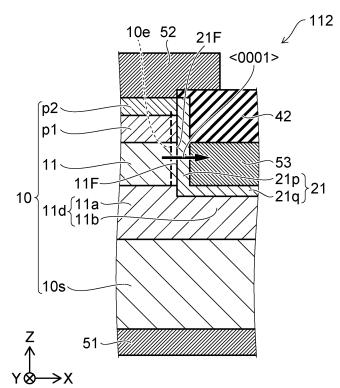


10

【図 3】



【図 4】



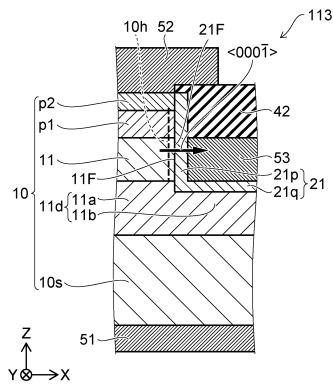
20

30

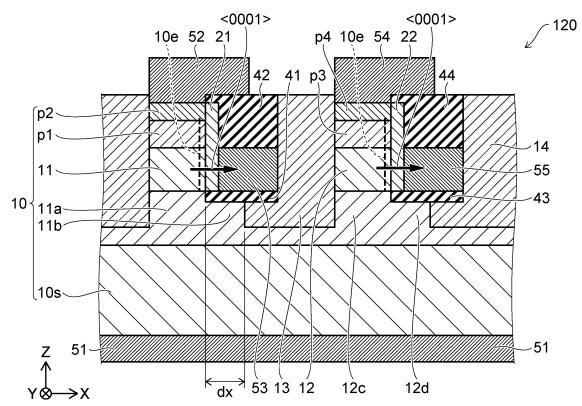
40

50

【図5】

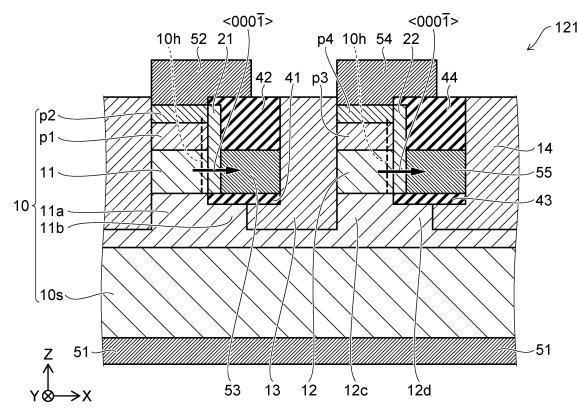


【図6】

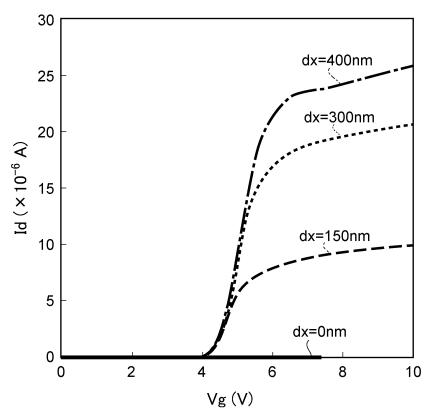


10

【図7】



【図8】



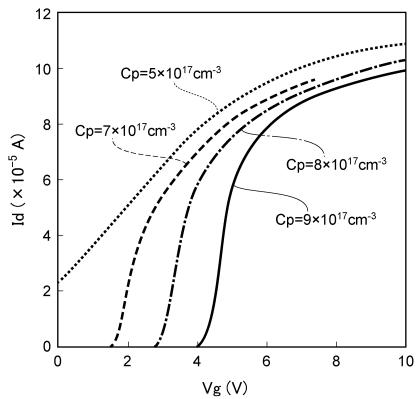
20

30

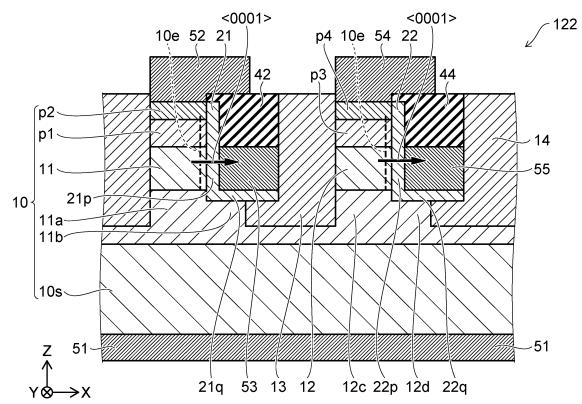
40

50

【図9】

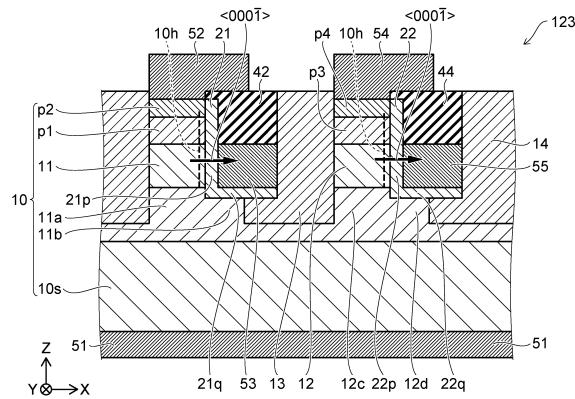


【図10】

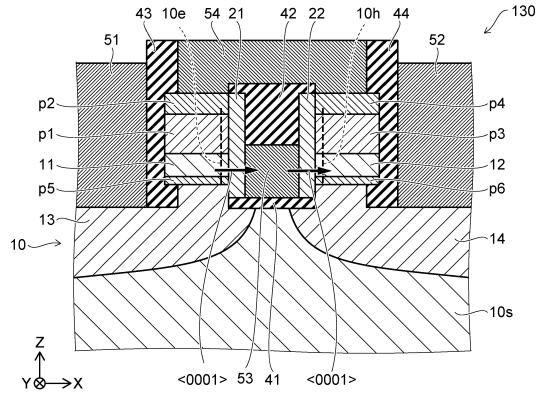


10

【図11】



【図12】



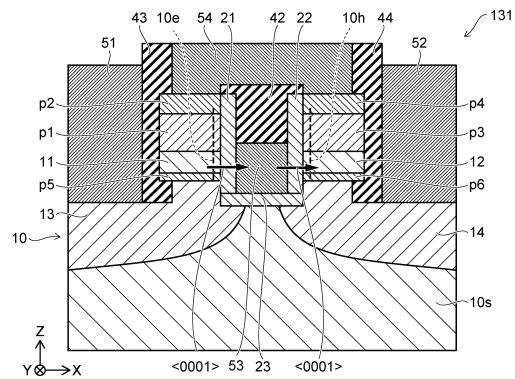
20

30

40

50

【図 1 3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I

H 01 L 21/8234(2006.01)
H 01 L 27/088 (2006.01)
H 01 L 21/336 (2006.01)
H 01 L 29/78 (2006.01)

(72)発明者 木村 重哉
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(72)発明者 吉田 学史
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(72)発明者 清水 達雄
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(72)発明者 飯島 良介
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 杉山 芳弘

(56)参考文献 特開2006-344759 (JP, A)
特開2009-194065 (JP, A)
特開2018-010995 (JP, A)
特開2006-086548 (JP, A)
特開2017-220667 (JP, A)
米国特許出願公開第2015/0014700 (US, A1)
特開2015-008331 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H 01 L 29 / 778
H 01 L 29 / 812
H 01 L 21 / 338
H 01 L 29 / 78
H 01 L 21 / 336