

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-16790

(P2013-16790A)

(43) 公開日 平成25年1月24日(2013.1.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/8238 (2006.01)	HO 1 L 27/08 3 2 1 E	4 M 1 0 4
HO 1 L 27/092 (2006.01)	HO 1 L 29/80 E	5 F 0 4 8
HO 1 L 27/095 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 3 A	5 F 1 0 2
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B	5 F 1 1 0
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 D	

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-130653 (P2012-130653)
 (22) 出願日 平成24年6月8日(2012.6.8)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-130728 (P2011-130728)
 (32) 優先日 平成23年6月10日(2011.6.10)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(出願人による申告)平成22年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発 ―シリコンプラットフォーム上I I I - V族半導体チャネルトランジスタ技術の研究開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000002093
 住友化学株式会社
 東京都中央区新川二丁目27番1号
 (71) 出願人 504137912
 国立大学法人 東京大学
 東京都文京区本郷七丁目3番1号
 (71) 出願人 301021533
 独立行政法人産業技術総合研究所
 東京都千代田区霞が関1-3-1
 (74) 代理人 110000877
 龍華国際特許業務法人
 (72) 発明者 秦 雅彦
 茨城県つくば市北原6番 住友化学株式会社内

最終頁に続く

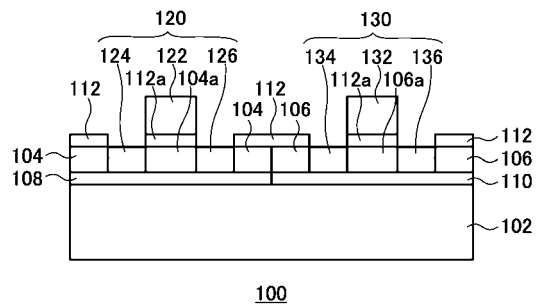
(54) 【発明の名称】 半導体デバイス、半導体基板、半導体基板の製造方法および半導体デバイスの製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】単一基板上にソース・ドレインを同一工程で同時形成したI I I - V族半導体のn M I S F E TおよびI V族半導体のp M I S F E Tのソース・ドレイン領域抵抗または接触抵抗を小さくする。

【解決手段】第1半導体結晶層104に形成された第1チャンネル型の第1 M I S F E T 120の第1ソース124および第1ドレイン126が、第1半導体結晶層104を構成する原子と、ニッケル原子との化合物、または、コバルト原子との化合物、またはニッケル原子とコバルト原子との化合物からなり、第2半導体結晶層106に形成された第2チャンネル型の第2 M I S F E T 130の第2ソース134および第2ドレイン136が、第2半導体結晶層106を構成する原子と、ニッケル原子との化合物、または、コバルト原子との化合物、または、ニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ベース基板と、
前記ベース基板表面の一部の上方に位置する第 1 半導体結晶層と、
前記ベース基板表面の前記一部とは異なる他部の上方に位置する第 2 半導体結晶層と、
前記第 1 半導体結晶層の一部をチャンネルとし、第 1 ソースおよび第 1 ドレインを有する
第 1 M I S F E T と、

前記第 2 半導体結晶層の一部をチャンネルとし、第 2 ソースおよび第 2 ドレインを有する
第 2 M I S F E T と、を有し、

前記第 1 M I S F E T が、第 1 チャンネル型の M I S F E T であり、前記第 2 M I S F E T が、前記第 1 チャンネル型とは相違する第 2 チャンネル型の M I S F E T であり、

前記第 1 ソースおよび前記第 1 ドレインが、前記第 1 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子との化合物、前記第 1 半導体結晶層を構成する原子とコバルト原子との化合物、または、前記第 1 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなり、

前記第 2 ソースおよび前記第 2 ドレインが、前記第 2 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子との化合物、前記第 2 半導体結晶層を構成する原子とコバルト原子との化合物、または、前記第 2 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる

半導体デバイス。

【請求項 2】

前記ベース基板と前記第 1 半導体結晶層との間に位置し、前記ベース基板と前記第 1 半導体結晶層とを電気的に分離する第 1 分離層と、

前記ベース基板と前記第 2 半導体結晶層との間に位置し、前記ベース基板と前記第 2 半導体結晶層とを電気的に分離する第 2 分離層と、

をさらに有する請求項 1 に記載の半導体デバイス。

【請求項 3】

前記ベース基板と前記第 1 半導体結晶層とが接合面で接し、

前記接合面の近傍における前記ベース基板の領域に、p 型または n 型の伝導型を示す不純物原子を含有し、

前記接合面の近傍における前記第 1 半導体結晶層の領域に、前記ベース基板に含有された不純物原子が示す伝導型とは異なる伝導型を示す不純物原子を含有し、

前記ベース基板と前記第 2 半導体結晶層との間に位置し、前記ベース基板と前記第 2 半導体結晶層とを電気的に分離する第 1 分離層をさらに有する

請求項 1 に記載の半導体デバイス。

【請求項 4】

前記ベース基板と前記第 1 分離層とが接し、

前記ベース基板の前記第 1 分離層と接する領域が導電性であり、

前記ベース基板の前記第 1 分離層と接する領域に印加した電圧が、前記第 1 M I S F E T へのバックゲート電圧として作用する

請求項 2 に記載の半導体デバイス。

【請求項 5】

前記ベース基板と前記第 2 分離層とが接し、

前記ベース基板の前記第 2 分離層と接する領域が導電性であり、

前記ベース基板の前記第 2 分離層と接する領域に印加した電圧が、前記第 2 M I S F E T へのバックゲート電圧として作用する

請求項 2 に記載の半導体デバイス。

【請求項 6】

前記第 1 半導体結晶層が I V 族半導体結晶からなり、前記第 1 M I S F E T が P チャンネル型 M I S F E T であり、

前記第 2 半導体結晶層が III - V 族化合物半導体結晶からなり、前記第 2 MISFET が N チャネル型 MISFET である

請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の半導体デバイス。

【請求項 7】

前記第 1 半導体結晶層が III - V 族化合物半導体結晶からなり、前記第 1 MISFET が N チャネル型 MISFET であり、

前記第 2 半導体結晶層が IV 族半導体結晶からなり、前記第 2 MISFET が P チャネル型 MISFET である

請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の半導体デバイス。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 の何れか一項に記載の半導体デバイスに用いる半導体基板であって、

前記ベース基板と、

前記ベース基板表面の一部の上方に位置する第 1 半導体結晶層と、

前記ベース基板表面の前記一部とは異なる他部の上方に位置する第 2 半導体結晶層と、を有する半導体基板。

【請求項 9】

前記ベース基板と前記第 1 半導体結晶層または前記第 2 半導体結晶層との間に位置し、前記ベース基板と前記第 1 半導体結晶層または前記第 2 半導体結晶層とを電気的に分離する分離層

をさらに有する請求項 8 に記載の半導体基板。

【請求項 10】

前記分離層が、非晶質絶縁体からなる

請求項 9 に記載の半導体基板。

【請求項 11】

前記分離層が、当該分離層の上に位置する半導体結晶層を構成する半導体結晶の禁制帯幅より大きな禁制帯幅を有する半導体結晶からなる

請求項 9 に記載の半導体基板。

【請求項 12】

前記第 1 半導体結晶層および前記第 2 半導体結晶層から選択された 1 つの半導体結晶層と前記ベース基板とが接合面で接し、

前記接合面の近傍における前記ベース基板の領域に、p 型または n 型の伝導型を示す不純物原子を含有し、

前記接合面の近傍における前記半導体結晶層の領域に、前記ベース基板に含有された不純物原子が示す伝導型とは異なる伝導型を示す不純物原子を含有する

請求項 8 から請求項 11 の何れか一項に記載の半導体基板。

【請求項 13】

前記第 1 半導体結晶層を複数有し、

前記第 2 半導体結晶層を複数有し、

複数の前記第 1 半導体結晶層のそれぞれが、前記ベース基板の上面と平行な面内で規則的に配列され、

複数の前記第 2 半導体結晶層のそれぞれが、前記ベース基板の上面と平行な面内で規則的に配列されている

請求項 8 から請求項 12 の何れか一項に記載の半導体基板。

【請求項 14】

請求項 8 から請求項 13 の何れか一項に記載の半導体基板を製造する方法であって、

前記ベース基板表面の一部の上方に前記第 1 半導体結晶層を形成する第 1 半導体結晶層形成ステップと、

前記ベース基板表面の前記一部とは異なる他部の上方に前記第 2 半導体結晶層を形成する第 2 半導体結晶層形成ステップと、を有し、

10

20

30

40

50

前記第 2 半導体結晶層形成ステップが、

半導体結晶層形成基板上に前記第 2 半導体結晶層をエピタキシャル結晶成長法により形成するエピタキシャル成長ステップと、

前記ベース基板の上、前記第 2 半導体結晶層の上、または、前記ベース基板および前記第 2 半導体結晶層の両方の上に、前記ベース基板と前記第 2 半導体結晶層とを電氣的に分離する第 2 分離層を形成するステップと、

前記ベース基板の上の前記第 2 分離層と前記第 2 半導体結晶層とが接合するように、前記第 2 半導体結晶層上の前記第 2 分離層と前記ベース基板とが接合するように、または、前記ベース基板の上の前記第 2 分離層と前記第 2 半導体結晶層上の前記第 2 分離層とが接合するように、前記ベース基板と、前記半導体結晶層形成基板とを貼り合わせる貼り合わせステップと、

10

を有する半導体基板の製造方法。

【請求項 15】

前記第 1 半導体結晶層形成ステップが、

半導体結晶層形成基板上に前記第 1 半導体結晶層をエピタキシャル結晶成長法により形成するエピタキシャル成長ステップと、

前記ベース基板の上、前記第 1 半導体結晶層の上、または、前記ベース基板および前記第 1 半導体結晶層の両方の上に、前記ベース基板と前記第 1 半導体結晶層とを電氣的に分離する第 1 分離層を形成するステップと、

前記ベース基板の上の前記第 1 分離層と前記第 1 半導体結晶層とが接合するように、前記第 1 半導体結晶層上の前記第 1 分離層と前記ベース基板とが接合するように、または、前記ベース基板の上の前記第 1 分離層と前記第 1 半導体結晶層上の前記第 1 分離層とが接合するように、前記ベース基板と、前記半導体結晶層形成基板とを貼り合わせる貼り合わせステップと、

20

を有する請求項 14 に記載の半導体基板の製造方法。

【請求項 16】

前記第 1 半導体結晶層が SiGe からなり、前記第 2 半導体結晶層が III - V 族化合物半導体結晶からなり、

前記第 1 半導体結晶層形成ステップの前に、絶縁体からなる第 1 分離層を前記ベース基板の上に形成するステップを有し、

30

前記第 1 半導体結晶層形成ステップが、

前記第 1 分離層の上に、前記第 1 半導体結晶層の出発材料となる SiGe 層を形成するステップと、

前記 SiGe 層を酸化雰囲気中で加熱し、表面を酸化することで前記 SiGe 層中の Ge 原子の濃度を高めるステップと、

前記ベース基板表面の前記他部の上方の前記 SiGe 層をエッチングするステップと、

を有する請求項 14 に記載の半導体基板の製造方法。

【請求項 17】

前記第 1 半導体結晶層が IV 族半導体結晶からなり、前記第 2 半導体結晶層が III - V 族化合物半導体結晶からなり、

40

IV 族半導体結晶からなる半導体層材料基板の表面に、絶縁体からなる第 1 分離層を形成するステップと、

前記第 1 分離層を通して、陽イオンを前記半導体層材料基板の分離予定深さに注入するステップと、

前記第 1 分離層の表面と前記ベース基板の表面とが接合されるように、前記半導体層材料基板と前記ベース基板とを貼り合わせるステップと、

前記半導体層材料基板および前記ベース基板を加熱し、前記分離予定深さに注入した前記陽イオンと前記半導体層材料基板を構成する IV 族原子とを反応させることで、前記分離予定深さに位置する前記 IV 族半導体結晶を変性するステップと、

前記半導体層材料基板と前記ベース基板とを分離することで、前記変性するステップで

50

変性させた前記ⅠⅤ族半導体結晶の変性部位より前記ベース基板側に位置する前記ⅠⅤ族半導体結晶を、前記半導体層材料基板から剥離するステップと、

前記ベース基板に残留した前記ⅠⅤ族半導体結晶からなる半導体結晶層のうち、前記ベース基板表面の前記他部の上方に位置する領域をエッチングするステップと、

を有する請求項 14 に記載の半導体基板の製造方法。

【請求項 18】

前記第 1 半導体結晶層を構成する半導体結晶の禁制帯幅より大きな禁制帯幅を有する半導体結晶からなる第 1 分離層を、選択エピタキシャル成長法により、前記ベース基板表面の前記一部の上方にのみ選択的に形成するステップをさらに有し、

前記第 1 半導体結晶層形成ステップが、選択エピタキシャル成長法により、前記第 1 分離層の上にのみ前記第 1 半導体結晶層を選択的に形成するステップである

請求項 14 に記載の半導体基板の製造方法。

10

【請求項 19】

前記第 1 半導体結晶層を構成する半導体結晶の禁制帯幅より大きな禁制帯幅を有する半導体結晶からなる第 1 分離層を、前記ベース基板表面の上方にエピタキシャル成長法により形成するステップをさらに有し、

前記第 1 半導体結晶層形成ステップが、

前記第 1 分離層の上に前記第 1 半導体結晶層をエピタキシャル成長法により形成するステップと、

前記ベース基板表面の前記他部の上方の、前記第 1 半導体結晶層および前記第 1 分離層をエッチングするステップと、を含む、

請求項 14 に記載の半導体基板の製造方法。

20

【請求項 20】

前記第 1 半導体結晶層形成ステップが、選択エピタキシャル成長法により、前記ベース基板表面の前記一部の上方にのみ前記第 1 半導体結晶層を選択的に形成するステップである

請求項 14 に記載の半導体基板の製造方法。

【請求項 21】

前記第 1 半導体結晶層形成ステップが、

前記ベース基板表面の上方に前記第 1 半導体結晶層をエピタキシャル成長法により形成するステップと、

前記ベース基板表面の前記他部の上方の前記第 1 半導体結晶層をエッチングするステップと、を含む、

請求項 14 に記載の半導体基板の製造方法。

30

【請求項 22】

前記ベース基板の表面近傍に、p 型または n 型の伝導型を示す不純物原子を含有し、

前記第 1 半導体結晶層をエピタキシャル成長法により形成するステップにおいて、前記ベース基板に含有された不純物原子が示す伝導型とは異なる伝導型を示す不純物原子で第 1 半導体結晶層をドーブする

請求項 20 または請求項 21 に記載の半導体基板の製造方法。

40

【請求項 23】

前記半導体結晶層形成基板の上に半導体結晶層を形成する前に、前記半導体結晶層形成基板の表面に、結晶性犠牲層をエピタキシャル結晶成長法により形成するステップと、

前記ベース基板と前記半導体結晶層形成基板とを貼り合わせた後に、前記結晶性犠牲層を除去することにより、前記半導体結晶層形成基板上にエピタキシャル結晶成長法により形成された半導体結晶層と前記半導体結晶層形成基板とを分離するステップと、

をさらに有する請求項 14 から請求項 22 の何れか一項に記載の半導体基板の製造方法

。

【請求項 24】

前記第 1 半導体結晶層をエピタキシャル成長させた後に前記第 1 半導体結晶層を規則的

50

な配列にパターンニングするステップ、または前記第 1 半導体結晶層を予め規則的な配列に選択的にエピタキシャル成長させるステップ、のいずれかのステップと、

前記第 2 半導体結晶層をエピタキシャル成長させた後に前記第 2 半導体結晶層を規則的な配列にパターンニングするステップ、または前記第 2 半導体結晶層を予め規則的な配列に選択的にエピタキシャル成長させるステップ、のいずれかのステップと、を有する

請求項 1 4 から請求項 2 3 の何れか一項に記載の半導体基板の製造方法。

【請求項 2 5】

請求項 1 4 から請求項 2 4 の何れか一項に記載の半導体基板の製造方法を用いて、前記第 1 半導体結晶層および前記第 2 半導体結晶層を有する半導体基板を製造するステップと、

前記第 1 半導体結晶層および前記第 2 半導体結晶層のそれぞれの上にゲート絶縁層を介してゲート電極を形成するステップと、

前記第 1 半導体結晶層のソース電極形成領域上、前記第 1 半導体結晶層のドレイン電極形成領域上、前記第 2 半導体結晶層のソース電極形成領域上、および前記第 2 半導体結晶層のドレイン電極形成領域上に、ニッケル膜、コバルト膜およびニッケル - コバルト合金膜からなる群から選ばれた金属膜を形成するステップと、

前記金属膜を加熱して、前記第 1 半導体結晶層に、前記第 1 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子との化合物、前記第 1 半導体結晶層を構成する原子とコバルト原子との化合物、または、前記第 1 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる第 1 ソースおよび第 1 ドレインを形成し、前記第 2 半導体結晶層に、前記第 2 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子との化合物、前記第 2 半導体結晶層を構成する原子とコバルト原子との化合物、または、前記第 2 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる第 2 ソースおよび第 2 ドレインを形成するステップと、

未反応の前記金属膜を除去するステップと、

を有する半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイス、半導体基板、半導体基板の製造方法および半導体デバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

GaAs、InGaAs 等の III - V 族化合物半導体は、高い電子移動度を有し、Ge、SiGe 等の IV 族半導体は、高い正孔移動度を有する。よって、III - V 族化合物半導体で N チャネル型の MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) を構成し、IV 族半導体で P チャネル型の MOSFET を構成すれば、高い性能を備えた CMOSFET (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) が実現できる。非特許文献 1 には、III - V 族化合物半導体をチャネルとする N チャネル型 MOSFET と Ge をチャネルとする P チャネル型 MOSFET が、単一基板に形成された CMOSFET 構造が開示されている。

非特許文献 1 S. Takagi, et al., SSE, vol. 51, pp. 526-536, 2007.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

III - V 族化合物半導体をチャネルとする N チャネル型 MISFET (Metal-Insulator-Semiconductor Field-Effect Transistor) (以下単に「nMISFET」という。) と、IV 族半導体をチャネルとする P チャネル型 MISFET (以下単に「pMISFET」という。) とを、一つの基板上に形成するには、nMISFET 用の III - V 族化合物半導体と、pMISFET 用の IV 族半導体を同一基板上に形成する技術が必要に

10

20

30

40

50

なる。L S I (Large Scale Integration) として製造することを考慮すれば、既存製造装置および既存工程の活用が可能なシリコン基板上に n M I S F E T 用の I I I - V 族化合物半導体結晶層および p M I S F E T 用の I V 族半導体結晶層を形成することが好ましい。

【 0 0 0 4 】

また、n M I S F E T と p M I S F E T とで構成される C M I S F E T (Complementary Metal-Insulator-Semiconductor Field-Effect Transistor) を、L S I として安価に効率よく製造するには、n M I S F E T および p M I S F E T が同時に形成される製造プロセスを採用することが好ましい。特に、n M I S F E T のソース・ドレインと p M I S F E T のソース・ドレインが同時に形成できれば、工程を簡略化することができ、コスト削減とともに素子の微細化にも容易に対応できるようになる。

10

【 0 0 0 5 】

たとえば n M I S F E T のソース・ドレイン形成領域と p M I S F E T のソース・ドレイン形成領域とに、ソースおよびドレインとなる材料を薄膜として形成し、さらにフォトリソグラフィ等によりパターニングして形成することで、n M I S F E T のソース・ドレインと p M I S F E T のソース・ドレインとを同時に形成できる。しかし、n M I S F E T が形成される I I I - V 族化合物半導体結晶層と、p M I S F E T が形成される I V 族半導体結晶層とでは、構成される材料が異なる。このため、n M I S F E T または p M I S F E T の一方または両方のソース・ドレイン領域の抵抗が大きくなり、あるいは、n M I S F E T または p M I S F E T の一方または両方のソース・ドレイン領域とソース・ドレイン電極との接触抵抗が大きくなる。従って、n M I S F E T および p M I S F E T の両方のソース・ドレイン領域の抵抗あるいはソース・ドレイン電極との接触抵抗を小さくすることが難しい。

20

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、チャンネルが I I I - V 族化合物半導体である n M I S F E T と、チャンネルが I V 族半導体である p M I S F E T と、で構成される C M I S F E T を、一つの基板上に形成する場合において、n M I S F E T および p M I S F E T の各ソースおよび各ドレインを同時に形成し、かつ、ソース・ドレイン領域の抵抗またはソース・ドレイン電極との接触抵抗が小さくなるような半導体デバイスおよびその製造方法を提供することにある。また、そのような技術に適した半導体基板を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の態様においては、ベース基板と、ベース基板表面の一部の上方に位置する第 1 半導体結晶層と、ベース基板表面の一部とは異なる他部の上方に位置する第 2 半導体結晶層と、第 1 半導体結晶層の一部をチャンネルとし、第 1 ソースおよび第 1 ドレインを有する第 1 M I S F E T と、第 2 半導体結晶層の一部をチャンネルとし、第 2 ソースおよび第 2 ドレインを有する第 2 M I S F E T と、を有し、第 1 M I S F E T が、第 1 チャンネル型の M I S F E T であり、第 2 M I S F E T が、第 1 チャンネル型とは相違する第 2 チャンネル型の M I S F E T であり、第 1 ソースおよび第 1 ドレインが、第 1 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子との化合物、第 1 半導体結晶層を構成する原子とコバルト原子との化合物、または、第 1 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなり、第 2 ソースおよび第 2 ドレインが、第 2 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子との化合物、第 2 半導体結晶層を構成する原子とコバルト原子との化合物、または、第 2 半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる半導体デバイスを提供する。

40

【 0 0 0 8 】

ベース基板と第 1 半導体結晶層との間に位置し、ベース基板と第 1 半導体結晶層とを電氣的に分離する第 1 分離層と、ベース基板と第 2 半導体結晶層との間に位置し、ベース基板と第 2 半導体結晶層とを電氣的に分離する第 2 分離層と、をさらに有してもよい。

【 0 0 0 9 】

50

ベース基板と第1半導体結晶層とが接合面で接し、接合面の近傍におけるベース基板の領域に、p型またはn型の伝導型を示す不純物原子を含有し、接合面の近傍における第1半導体結晶層の領域に、ベース基板に含有された不純物原子が示す伝導型とは異なる伝導型を示す不純物原子を含有してもよく、この場合、ベース基板と第2半導体結晶層との間に位置し、ベース基板と第2半導体結晶層とを電氣的に分離する第1分離層をさらに有してもよい。

【0010】

ベース基板と第1分離層とが接してもよく、この場合、ベース基板の第1分離層と接する領域が導電性であり、ベース基板の第1分離層と接する領域に印加した電圧が、第1MISFETへのバックゲート電圧として作用してもよい。ベース基板と第2分離層とが接してもよく、この場合、ベース基板の第2分離層と接する領域が導電性であり、ベース基板の第2分離層と接する領域に印加した電圧が、第2MISFETへのバックゲート電圧として作用してもよい。

10

【0011】

第1半導体結晶層がIV族半導体結晶からなる場合、第1MISFETがPチャネル型MISFETであることが好ましく、第2半導体結晶層がIII-V族化合物半導体結晶からなる場合、第2MISFETがNチャネル型MISFETであることが好ましい。第1半導体結晶層がIII-V族化合物半導体結晶からなる場合、第1MISFETがNチャネル型MISFETであることが好ましく、第2半導体結晶層がIV族半導体結晶からなる場合、第2MISFETがPチャネル型MISFETであることが好ましい。

20

【0012】

本発明の第2の態様においては、第1の態様の半導体デバイスに用いる半導体基板であって、ベース基板と、ベース基板表面の一部の上方に位置する第1半導体結晶層と、ベース基板表面の一部とは異なる他部の上方に位置する第2半導体結晶層と、を有する半導体基板を提供する。

【0013】

ベース基板と第1半導体結晶層または第2半導体結晶層との間に位置し、ベース基板と第1半導体結晶層または第2半導体結晶層とを電氣的に分離する分離層をさらに有してもよい。この場合、分離層として、非晶質絶縁体からなるものが挙げられる。あるいは、分離層として、当該分離層の上に位置する半導体結晶層を構成する半導体結晶の禁制帯幅より大きな禁制帯幅を有する半導体結晶からなるものが挙げられる。

30

【0014】

第1半導体結晶層および第2半導体結晶層から選択された1つの半導体結晶層とベース基板とが接合面で接してもよく、この場合、接合面の近傍におけるベース基板の領域に、p型またはn型の伝導型を示す不純物原子を含有し、接合面の近傍における半導体結晶層の領域に、ベース基板に含有された不純物原子が示す伝導型とは異なる伝導型を示す不純物原子を含有してもよい。

【0015】

第1半導体結晶層を複数有し、第2半導体結晶層を複数有してもよく、この場合、複数の第1半導体結晶層のそれぞれが、ベース基板の上面と平行な面内で規則的に配列され、複数の第2半導体結晶層のそれぞれが、ベース基板の上面と平行な面内で規則的に配列されてもよい。

40

【0016】

本発明の第3の態様においては、第2の態様の半導体基板を製造する方法であって、ベース基板表面の一部の上方に第1半導体結晶層を形成する第1半導体結晶層形成ステップと、ベース基板表面の一部とは異なる他部の上方に第2半導体結晶層を形成する第2半導体結晶層形成ステップと、を有し、第2半導体結晶層形成ステップが、半導体結晶層形成基板上に第2半導体結晶層をエピタキシャル結晶成長法により形成するエピタキシャル成長ステップと、ベース基板の上、第2半導体結晶層の上、または、ベース基板および第2半導体結晶層の両方の上に、ベース基板と第2半導体結晶層とを電氣的に分離する第2分

50

離層を形成するステップと、ベース基板上の第2分離層と第2半導体結晶層とが接合するように、第2半導体結晶層上の第2分離層とベース基板とが接合するように、または、ベース基板上の第2分離層と第2半導体結晶層上の第2分離層とが接合するように、ベース基板と、半導体結晶層形成基板とを貼り合わせる貼り合わせステップと、を有する半導体基板の製造方法を提供する。

【0017】

第1半導体結晶層形成ステップが、半導体結晶層形成基板の上に第1半導体結晶層をエピタキシャル結晶成長法により形成するエピタキシャル成長ステップと、ベース基板の上、第1半導体結晶層の上、または、ベース基板および第1半導体結晶層の両方の上に、ベース基板と第1半導体結晶層とを電气的に分離する第1分離層を形成するステップと、ベース基板上の第1分離層と第1半導体結晶層とが接合するように、第1半導体結晶層上の第1分離層とベース基板とが接合するように、または、ベース基板上の第1分離層と第1半導体結晶層上の第1分離層とが接合するように、ベース基板と、半導体結晶層形成基板とを貼り合わせる貼り合わせステップと、を有してもよい。

10

【0018】

第1半導体結晶層がSiGeからなり、第2半導体結晶層がIII-V族化合物半導体結晶からなる場合、第1半導体結晶層形成ステップの前に、絶縁体からなる第1分離層をベース基板の上に形成するステップを有してよく、この場合、第1半導体結晶層形成ステップが、第1分離層の上に、第1半導体結晶層の出発材料となるSiGe層を形成するステップと、SiGe層を酸化雰囲気中で加熱し、表面を酸化することでSiGe層中のGe原子の濃度を高めるステップと、ベース基板表面の他部の上方のSiGe層をエッチングするステップと、を有してもよい。

20

【0019】

第1半導体結晶層がIV族半導体結晶からなり、第2半導体結晶層がIII-V族化合物半導体結晶からなる場合、IV族半導体結晶からなる半導体層材料基板の表面に、絶縁体からなる第1分離層を形成するステップと、第1分離層を通して、陽イオンを半導体層材料基板の分離予定深さに注入するステップと、第1分離層の表面とベース基板の表面とが接合されるように、半導体層材料基板とベース基板とを貼り合わせるステップと、半導体層材料基板およびベース基板を加熱し、分離予定深さに注入した陽イオンと半導体層材料基板を構成するIV族原子とを反応させることで、分離予定深さに位置するIV族半導体結晶を変性するステップと、半導体層材料基板とベース基板とを分離することで、変性するステップで変性させたIV族半導体結晶の変性部位よりベース基板側に位置するIV族半導体結晶を、半導体層材料基板から剥離するステップと、ベース基板に残留したIV族半導体結晶からなる半導体結晶層のうち、ベース基板表面の他部の上方に位置する領域をエッチングするステップと、を有してもよい。

30

【0020】

第1半導体結晶層を構成する半導体結晶の禁制帯幅より大きな禁制帯幅を有する半導体結晶からなる第1分離層を、選択エピタキシャル成長法により、ベース基板表面の一部の上方にのみ選択的に形成するステップをさらに有してもよく、この場合、第1半導体結晶層形成ステップとして、選択エピタキシャル成長法により、第1分離層の上のみ第1半導体結晶層を選択的に形成するステップが挙げられる。

40

【0021】

第1半導体結晶層を構成する半導体結晶の禁制帯幅より大きな禁制帯幅を有する半導体結晶からなる第1分離層を、ベース基板表面の上方にエピタキシャル成長法により形成するステップをさらに有してもよく、この場合、第1半導体結晶層形成ステップが、第1分離層の上に第1半導体結晶層をエピタキシャル成長法により形成するステップと、ベース基板表面の他部の上方の、第1半導体結晶層および第1分離層をエッチングするステップと、を含んでもよい。

【0022】

第1半導体結晶層形成ステップが、選択エピタキシャル成長法により、ベース基板表面

50

の一部の上方にのみ第1半導体結晶層を選択的に形成するステップであってもよい。第1半導体結晶層形成ステップが、ベース基板表面の上方に第1半導体結晶層をエピタキシャル成長法により形成するステップと、ベース基板表面の他部の上方の第1半導体結晶層をエッチングするステップと、を含んでもよい。この場合、ベース基板の表面近傍に、p型またはn型の伝導型を示す不純物原子を含有してもよく、第1半導体結晶層をエピタキシャル成長法により形成するステップにおいて、ベース基板に含有された不純物原子が示す伝導型とは異なる伝導型を示す不純物原子で第1半導体結晶層をドーピングしてもよい。

【0023】

半導体結晶層形成基板の上に半導体結晶層を形成する前に、半導体結晶層形成基板の表面に、結晶性犠牲層をエピタキシャル結晶成長法により形成するステップと、結晶性犠牲層を除去することにより、半導体結晶層形成基板上にエピタキシャル結晶成長法により形成された半導体結晶層と半導体結晶層形成基板とを分離するステップと、をさらに有してもよい。

10

【0024】

第1半導体結晶層をエピタキシャル成長させた後に第1半導体結晶層を規則的な配列にパターンニングするステップ、または第1半導体結晶層を予め規則的な配列に選択的にエピタキシャル成長させるステップ、のいずれかのステップと、第2半導体結晶層をエピタキシャル成長させた後に第2半導体結晶層を規則的な配列にパターンニングするステップ、または第2半導体結晶層を予め規則的な配列に選択的にエピタキシャル成長させるステップ、のいずれかのステップと、を有してもよい。

20

【0025】

本発明の第4の態様においては、第3の態様の半導体基板の製造方法を用いて、第1半導体結晶層および第2半導体結晶層を有する半導体基板を製造するステップと、第1半導体結晶層および第2半導体結晶層のそれぞれの上にゲート絶縁層を介してゲート電極を形成するステップと、第1半導体結晶層のソース電極形成領域上、第1半導体結晶層のドレイン電極形成領域上、第2半導体結晶層のソース電極形成領域上、および第2半導体結晶層のドレイン電極形成領域上に、ニッケル膜、コバルト膜およびニッケル-コバルト合金膜からなる群から選ばれた金属膜を形成するステップと、金属膜を加熱して、第1半導体結晶層に、第1半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子との化合物、第1半導体結晶層を構成する原子とコバルト原子との化合物、または、第1半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる第1ソースおよび第1ドレインを形成し、第2半導体結晶層に、第2半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子との化合物、第2半導体結晶層を構成する原子とコバルト原子との化合物、または、第2半導体結晶層を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる第2ソースおよび第2ドレインを形成するステップと、未反応の金属膜を除去するステップと、を有する半導体デバイスの製造方法を提供する。

30

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】半導体デバイス100の断面を示す。

【図2】半導体デバイス100の製造過程における断面を示す。

40

【図3】半導体デバイス100の製造過程における断面を示す。

【図4】半導体デバイス100の製造過程における断面を示す。

【図5】半導体デバイス100の製造過程における断面を示す。

【図6】半導体デバイス100の製造過程における断面を示す。

【図7】半導体デバイス100の製造過程における断面を示す。

【図8】半導体デバイス100の製造過程における断面を示す。

【図9】他の半導体デバイスの製造過程における断面を示す。

【図10】他の半導体デバイスの製造過程における断面を示す。

【図11】他の半導体デバイスの製造過程における断面を示す。

【図12】他の半導体デバイスの製造過程における断面を示す。

50

【図13】半導体デバイス200の断面を示す。

【図14】半導体デバイス200の製造過程における断面を示す。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図1は、半導体デバイス100の断面を示す。半導体デバイス100は、ベース基板102と、第1半導体結晶層104と、第2半導体結晶層106とを有する。本例の半導体デバイス100は、ベース基板102と第1半導体結晶層104との間に第1分離層108を有し、ベース基板102と第2半導体結晶層106との間に第2分離層110を有する。また、本例の半導体デバイス100は、第1半導体結晶層104および第2半導体結晶層106の上に絶縁層112を有する。なお、図1に示した実施例からは、ベース基板102と、第1半導体結晶層104と、第2半導体結晶層106とを構成要件とする半導体基板の発明と、ベース基板102、第1分離層108、第1半導体結晶層104、第2分離層110および第2半導体結晶層106を構成要件とする半導体基板の発明との少なくとも2つの発明が把握できる。第1半導体結晶層104には第1MISFET120が形成され、第2半導体結晶層106には第2MISFET130が形成されている。

10

【0028】

ベース基板102として、表面がシリコン結晶である基板が挙げられる。表面がシリコン結晶である基板として、シリコン基板、または、SOI(Silicon on Insulator)基板が挙げられ、シリコン基板が好ましい。ベース基板102に、表面がシリコン結晶である基板を用いることで、既存の製造装置および既存の製造プロセスが利用でき、研究開発および製造の効率を高めることができる。ベース基板102は、表面がシリコン結晶である基板に限られず、ガラス、セラミックス、プラスチック等の絶縁体基板、金属等の導電体基板、または、炭化シリコン等の半導体基板であってもよい。

20

【0029】

第1半導体結晶層104は、ベース基板102表面の一部の上方に位置する。すなわち、第1半導体結晶層104は、ベース基板102における一部の領域の上方に位置する。第1半導体結晶層104は、IV族半導体結晶またはIII-V族化合物半導体結晶からなる。第1半導体結晶層104の厚さは、20nm以下であることが好ましい。第1半導体結晶層104の厚さを20nm以下とすることで、極薄膜ボディの第1MISFET120を構成できる。第1MISFET120のボディを極薄膜にすることで、短チャネル効果を抑制し、第1MISFET120のリーク電流を減少することができる。

30

【0030】

第2半導体結晶層106は、ベース基板102表面の当該一部とは異なる他部の上方に位置する。すなわち、第2半導体結晶層106は、ベース基板102の領域のうち、第1半導体結晶層104が上方に位置しない領域の上方に位置する。第2半導体結晶層106は、III-V族化合物半導体結晶またはIV族半導体結晶からなる。第2半導体結晶層106の厚さは、20nm以下であることが好ましい。第2半導体結晶層106の厚さを20nm以下とすることで、極薄膜ボディの第2MISFET130を構成できる。第2MISFET130のボディを極薄膜にすることで、短チャネル効果を抑制し、第2MISFET130のリーク電流を減少することができる。

40

【0031】

III-V族化合物半導体結晶では電子移動度が高く、IV族半導体結晶特にGeでは正孔移動度が高いので、III-V族化合物半導体結晶層にはNチャネル型MISFETを形成することが好ましく、IV族半導体結晶層にはPチャネル型MISFETを形成することが好ましい。つまり、第1半導体結晶層104がIV族半導体結晶からなり、第2半導体結晶層106がIII-V族化合物半導体結晶からなる場合、第1MISFET120がPチャネル型MISFETであり、第2MISFET130がNチャネル型MISFETであることが好ましい。

【0032】

逆に、第1半導体結晶層104がIII-V族化合物半導体結晶からなり、第2半導体

50

結晶層 106 が IV 族半導体結晶からなる場合、第 1 MISFET 120 が N チャネル型 MISFET であり、第 2 MISFET 130 が P チャネル型 MISFET であることが好ましい。これにより、第 1 MISFET 120 および第 2 MISFET 130 の各々の性能を高め、第 1 MISFET 120 および第 2 MISFET 130 からなる CMISFET の性能を最大化することができる。

【0033】

IV 族半導体結晶として、Ge 結晶、または、 $Si_x Ge_{1-x}$ ($0 < x < 1$) 結晶、が挙げられる。IV 族半導体結晶が $Si_x Ge_{1-x}$ 結晶である場合、 x は 0.10 以下であることが好ましい。III-V 族化合物半導体結晶として、 $In_x Ga_{1-x} As$ ($0 < x < 1$) 結晶、 $InAs$ 結晶、 $GaAs$ 結晶、 InP 結晶が挙げられる。また、III-V 族化合物半導体結晶として、 $GaAs$ または InP に格子整合または擬格子整合する III-V 族化合物半導体の混晶が挙げられる。また、III-V 族化合物半導体結晶として、当該混晶と、 $In_x Ga_{1-x} As$ ($0 < x < 1$) 結晶、 $InAs$ 結晶、 $GaAs$ 結晶または InP 結晶との積層体が挙げられる。なお、III-V 族化合物半導体結晶としては、 $In_x Ga_{1-x} As$ ($0 < x < 1$) 結晶および $InAs$ 結晶が好適であり、 $InAs$ 結晶がより好適である。

10

【0034】

第 1 分離層 108 は、ベース基板 102 と第 1 半導体結晶層 104 との間に位置する。第 1 分離層 108 は、ベース基板 102 と第 1 半導体結晶層 104 とを電氣的に分離する。

20

【0035】

第 1 分離層 108 は、非晶質絶縁体からなるものであってもよい。第 1 半導体結晶層 104 および第 1 分離層 108 が、貼り合わせ法、酸化濃縮法またはスマートカット法により形成された場合、第 1 分離層 108 は非晶質絶縁体からなる。非晶質絶縁体からなる第 1 分離層 108 として、 Al_2O_3 、 AlN 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 La_2O_3 、 SiO_x (例えば SiO_2)、 SiN_x (例えば Si_3N_4) および $SiO_x N_y$ のうちの少なくとも 1 からなる層、またはこれらの中から選ばれた少なくとも 2 層の積層が挙げられる。

【0036】

第 1 分離層 108 は、第 1 半導体結晶層 104 を構成する半導体結晶の禁制帯幅より大きな禁制帯幅を有する半導体結晶からなるものであってもよい。このような半導体結晶は、エピタキシャル結晶成長法により形成できる。第 1 半導体結晶層 104 が $InGaAs$ 結晶層または $GaAs$ 結晶層である場合、第 1 分離層 108 を構成する半導体結晶として、 $AlGaAs$ 結晶、 $AlInGaP$ 結晶、 $AlGaInAs$ 結晶、または、 InP 結晶が挙げられる。第 1 半導体結晶層 104 が Ge 結晶層である場合、第 1 分離層 108 を構成する半導体結晶として、 $SiGe$ 結晶、 Si 結晶、 SiC 結晶、または、 C 結晶が挙げられる。

30

【0037】

第 2 分離層 110 は、ベース基板 102 と第 2 半導体結晶層 106 との間に位置する。第 2 分離層 110 は、ベース基板 102 と第 2 半導体結晶層 106 とを電氣的に分離する。

40

【0038】

第 2 分離層 110 は、非晶質絶縁体からなるものであってもよい。第 2 半導体結晶層 106 および第 2 分離層 110 が貼り合わせ法により形成された場合、第 2 分離層 110 は、非晶質絶縁体になる。非晶質絶縁体からなる第 2 分離層 110 として、 Al_2O_3 、 AlN 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 SiO_x (例えば SiO_2)、 SiN_x (例えば Si_3N_4) および $SiO_x N_y$ のうちの少なくとも 1 からなる層、またはこれらの中から選ばれた少なくとも 2 層の積層が挙げられる。

【0039】

第 2 分離層 110 は、第 2 半導体結晶層 106 を構成する半導体結晶の禁制帯幅より大

50

きな禁制帯幅を有する半導体結晶からなるものであってもよい。このような半導体結晶は、エピタキシャル結晶成長法により形成できる。第2半導体結晶層106がInGaAs結晶層またはGaAs結晶層である場合、第2分離層110を構成する半導体結晶として、AlGaAs結晶、AlInGaP結晶、AlGaInAs結晶、または、InP結晶が挙げられる。第2半導体結晶層106がGe結晶層である場合、第2分離層110を構成する半導体結晶として、SiGe結晶、Si結晶、SiC結晶、または、C結晶が挙げられる。

【0040】

絶縁層112は、第1MISFET120および第2MISFET130のゲート絶縁層として機能する。絶縁層112として、 Al_2O_3 、AlN、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 SiO_x （例えば SiO_2 ）、 SiN_x （例えば Si_3N_4 ）および SiO_xN_y のうちの少なくとも1からなる層、またはこれらの中から選ばれた少なくとも2層の積層が挙げられる。

10

【0041】

第1MISFET120は、第1ゲート122、第1ソース124および第1ドレイン126を有する。第1ソース124および第1ドレイン126は、第1半導体結晶層104に形成される。第1MISFET120は、第1ソース124および第1ドレイン126に挟まれる第1半導体結晶層104の一部104aをチャンネルとする。第1ゲート122は、当該一部104aの上方に形成される。チャンネル領域である第1半導体結晶層104の一部104aと第1ゲート122に挟まれた領域には、絶縁層112の一部112aが形成される。当該一部112aは、第1MISFET120のゲート絶縁層として機能してもよい。

20

【0042】

第1ソース124および第1ドレイン126は、第1半導体結晶層104を構成する原子とニッケル原子との化合物からなる。あるいは第1ソース124および第1ドレイン126は、第1半導体結晶層104を構成する原子とコバルト原子との化合物からなる。あるいは第1ソース124および第1ドレイン126は、第1半導体結晶層104を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる。第1半導体結晶層104を構成するニッケル化合物、コバルト化合物あるいはニッケル-コバルト化合物は、電気抵抗が低い低抵抗化合物である。

30

【0043】

第2MISFET130は、第2ゲート132、第2ソース134および第2ドレイン136を有する。第2ソース134および第2ドレイン136は、第2半導体結晶層106に形成される。第2MISFET130は、第2ソース134および第2ドレイン136に挟まれる第2半導体結晶層106の一部106aをチャンネルとする。第2ゲート132は、当該一部106aの上方に形成される。チャンネル領域である第2半導体結晶層106の一部106aと第2ゲート132に挟まれた領域には、絶縁層112の一部112aが形成される。当該一部112aは、第2MISFET130のゲート絶縁層として機能してもよい。

40

【0044】

第2ソース134および第2ドレイン136は、第2半導体結晶層106を構成する原子とニッケル原子との化合物からなる。あるいは第2ソース134および第2ドレイン136は、第2半導体結晶層106を構成する原子とコバルト原子との化合物からなる。あるいは第2ソース134および第2ドレイン136は、第2半導体結晶層106を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との化合物からなる。第2半導体結晶層106を構成するニッケル化合物、コバルト化合物あるいはニッケル-コバルト化合物は、電気抵抗が低い低抵抗化合物である。

【0045】

以上の通り、第1MISFET120のソース・ドレイン（第1ソース124および第1ドレイン126）と、第2MISFET130のソース・ドレイン（第2ソース134

50

および第2ドレイン136)が、共通の原子(ニッケル原子、コバルト原子またはその両方の原子)の化合物からなる。これは共通の原子を有する材料膜を用いた当該部位の製造を可能にする構成であり、製造工程の簡略化を可能にする。また、共通の原子としてニッケルまたはコバルトまたはその両方を用いることで、III-V族化合物半導体結晶層に形成したソース・ドレイン、IV族半導体結晶層に形成したソース・ドレインの何れであっても、ソース領域およびドレイン領域の電気抵抗を低くできる。この結果、製造工程を簡略化すると共にFETの性能を高くすることができる。

【0046】

なお、第1MISFET120がPチャネル型MISFETであり、第2MISFET130がNチャネル型MISFETである場合、第1ソース124および第1ドレイン126にアクセプタ不純物原子をさらに含んでよく、第2ソース134および第2ドレイン136にドナー不純物原子をさらに含んでよい。第1MISFET120がNチャネル型MISFETであり、第2MISFET130がPチャネル型MISFETである場合、第1ソース124および第1ドレイン126にドナー不純物原子をさらに含んでよく、第2ソース134および第2ドレイン136にアクセプタ不純物原子をさらに含んでよい。Nチャネル型MISFETのソースおよびドレインに含まれるドナー不純物原子として、Si、S、Se、Geが挙げられる。Pチャネル型MISFETのソースおよびドレインに含まれるアクセプタ不純物原子として、B, Al, Ga, Inが挙げられる。

10

【0047】

図2から図8は、半導体デバイス100の製造過程における断面を示す。まず、ベース基板102と半導体結晶層形成基板140を用意し、半導体結晶層形成基板140上に第1半導体結晶層104をエピタキシャル結晶成長法により形成する。その後、第1半導体結晶層104上に第1分離層108を形成する。第1分離層108は、たとえばALD(Atomic Layer Deposition)法、熱酸化法、蒸着法、CVD(Chemical Vapor Deposition)法、スパッタ法等の薄膜形成法により形成する。

20

【0048】

第1半導体結晶層104がIII-V族化合物半導体結晶からなる場合、半導体結晶層形成基板140としてInP基板、または、GaAs基板が選択できる。第1半導体結晶層104がIV族半導体結晶からなる場合、半導体結晶層形成基板140としてGe基板、Si基板、SiC基板、または、GaAs基板が選択できる。

30

【0049】

第1半導体結晶層104のエピタキシャル結晶成長には、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法を利用することができる。III-V族化合物半導体結晶層をMOCVD法で形成する場合、InソースにはTMIn(トリメチルインジウム)を、GaソースにはTMGa(トリメチルガリウム)を、AsソースにはAsH₃(アルシン)、PソースにはPH₃(ホスフィン)を用いることができる。キャリアガスには水素を用いることができる。反応温度は、300 から900 の範囲で、好ましくは450 ~ 750 の範囲で適宜選択できる。IV族半導体結晶層をCVD法で形成する場合、Geソースには、GeH₄(ゲルマン)を、SiソースにはSiH₄(シラン)、またはSi₂H₆(ジシラン)を用いることができ、またそれらの複数の水素原子の一部を塩素原子または炭化水素基で置換した化合物を用いることもできる。キャリアガスには水素を用いることができる。反応温度は、300 から900 の範囲で、好ましくは450 ~ 750 の範囲で適宜選択できる。ソースガス供給量や反応時間を適宜選択することでエピタキシャル成長層の厚さを制御することができる。

40

【0050】

図2に示すように、第1分離層108の表面とベース基板102の表面をアルゴンビーム150で活性化する。その後、図3に示すように、アルゴンビーム150で活性化した第1分離層108の表面をベース基板102の表面の一部に貼り合わせて接合する。貼り合わせは室温で行うことができる。なお、活性化はアルゴンビーム150である必要はなく、他の希ガス等のビームであっても良い。その後、半導体結晶層形成基板140をエッ

50

チングし、除去する。これにより、ベース基板 102 表面の一部の上に、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 が形成される。なお、第 1 半導体結晶層 104 の形成と第 1 分離層 108 の形成との間に、第 1 半導体結晶層 104 の表面を硫黄原子で終端する硫黄終端処理を行っても良い。

【0051】

図 2 および図 3 に示す例では、第 1 分離層 108 を第 1 半導体結晶層 104 の上のみ形成し、第 1 分離層 108 の表面とベース基板 102 の表面とを貼り合わせる例を説明したが、ベース基板 102 の上にも第 1 分離層 108 を形成し、第 1 半導体結晶層 104 上の第 1 分離層 108 の表面とベース基板 102 上の第 1 分離層 108 の表面とを貼り合わせてもよい。この場合、第 1 分離層 108 の貼り合わせる面を親水化処理することが好ましい。親水化処理した場合は、第 1 分離層 108 どうしを加熱して貼り合わせることが好ましい。あるいは、ベース基板 102 の上のみ第 1 分離層 108 を形成し、第 1 半導体結晶層 104 の表面とベース基板 102 上の第 1 分離層 108 の表面とを貼り合わせてもよい。

10

【0052】

図 2 および図 3 に示す例では、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 をベース基板 102 に貼り合わせた後に、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 を半導体結晶層形成基板 140 から分離する例を説明したが、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 を半導体結晶層形成基板 140 から分離した後に、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 をベース基板 102 に貼り合わせてもよい。この場合、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 を半導体結晶層形成基板 140 から分離した後、ベース基板 102 に貼り合わせるまでの間、適切な転写用基板に第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 を保持することが好ましい。

20

【0053】

次に、半導体結晶層形成基板 160 を用意し、半導体結晶層形成基板 160 上に第 2 半導体結晶層 106 をエピタキシャル結晶成長法により形成する。その後、第 2 半導体結晶層 106 の上に、第 2 分離層 110 を形成する。第 2 分離層 110 は、たとえば ALD 法、熱酸化法、蒸着法、CVD 法、スパッタ法等の薄膜形成法により形成する。なお、第 2 分離層 110 の形成前に、第 2 半導体結晶層 106 の表面を硫黄原子で終端する硫黄終端処理を行っても良い。

30

【0054】

第 2 半導体結晶層 106 が III-V 族化合物半導体結晶からなる場合、半導体結晶層形成基板 160 として InP 基板、または、GaAs 基板が選択できる。第 2 半導体結晶層 106 が IV 族半導体結晶からなる場合、半導体結晶層形成基板 160 として Ge 基板、Si 基板、SiC 基板、または、GaAs 基板が選択できる。

【0055】

第 2 半導体結晶層 106 のエピタキシャル結晶成長には、MOCVD 法を利用することができる。MOCVD 法で用いるガス、反応温度の条件等は、第 1 半導体結晶層 104 の場合と同様である。

【0056】

図 4 に示すように、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 が形成されていない領域のベース基板 102 の表面と第 2 分離層 110 の表面をアルゴンビーム 150 で活性化する。その後、図 5 に示すように、第 2 分離層 110 の表面を、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 が形成されていない領域のベース基板 102 の表面に貼り合わせて接合する。貼り合わせは室温で行うことができる。活性化はアルゴンビーム 150 である必要はなく、他の希ガス等のビームであっても良い。その後、半導体結晶層形成基板 160 を HCl 溶液等でエッチングし、除去する。これにより、第 1 分離層 108 および第 1 半導体結晶層 104 が形成されていない領域のベース基板 102 上に第 2 分離層 110 および第 2 半導体結晶層 106 が形成される。なお、第 2 分離層 110 を形成する前に、第 2 半導体結晶層 106 の表面を硫黄原子で終端する硫黄終端処理を行っても良い。

40

50

また、半導体結晶層形成基板 140 および半導体結晶層形成基板 160 は、同時に除去してもよい。つまり、半導体結晶層形成基板 140 および半導体結晶層形成基板 160 の両方における第 2 分離層 110 をベース基板 102 に貼り合わせた後に、半導体結晶層形成基板 140 および半導体結晶層形成基板 160 を除去してよい。

【0057】

図 4 に示す例では、第 2 分離層 110 を第 2 半導体結晶層 106 の上にのみ形成し、第 2 分離層 110 の表面とベース基板 102 の表面とを貼り合わせる例を説明したが、ベース基板 102 の上にも第 2 分離層 110 を形成し、第 2 半導体結晶層 106 上の第 2 分離層 110 の表面とベース基板 102 上の第 2 分離層 110 の表面とを貼り合わせてもよい。この場合、第 2 分離層 110 の貼り合わせる面を親水化処理することが好ましい。親水化処理した場合は、第 2 分離層 110 どうしを加熱して貼り合わせる方が好ましい。あるいは、ベース基板 102 の上にのみ第 2 分離層 110 を形成し、ベース基板 102 の表面と第 2 半導体結晶層 106 上の第 2 分離層 110 の表面とを貼り合わせてもよい。

10

【0058】

図 4 に示す例では、第 2 半導体結晶層 106 および第 2 分離層 110 をベース基板 102 に貼り合わせた後に、第 2 半導体結晶層 106 を半導体結晶層形成基板 160 から分離する例を説明したが、第 2 半導体結晶層 106 および第 2 分離層 110 を半導体結晶層形成基板 160 から分離した後に、第 2 半導体結晶層 106 をベース基板 102 に貼り合わせてもよい。この場合、第 2 半導体結晶層 106 および第 2 分離層 110 を半導体結晶層形成基板 160 から分離した後、ベース基板 102 に貼り合わせるまでの間、適切な転写用基板に第 2 半導体結晶層 106 および第 2 分離層 110 を保持することが好ましい。

20

【0059】

次に、図 6 に示すように、第 1 半導体結晶層 104 および第 2 半導体結晶層 106 の上に絶縁層 112 を形成する。絶縁層 112 は、たとえば ALD 法、熱酸化法、蒸着法、CVD 法、スパッタ法等の薄膜形成法により形成する。さらに、ゲートとなる金属たとえばタンタルの薄膜を蒸着法、CVD 法またはスパッタ法により形成し、当該薄膜をフォトリソグラフィを用いてパターンニングし、第 1 半導体結晶層 104 の上方に第 1 ゲート 122 を形成し、第 2 半導体結晶層 106 の上方に第 2 ゲート 132 を形成する。

【0060】

図 7 に示すように、第 1 ゲート 122 の両側の絶縁層 112 に、第 1 半導体結晶層 104 に達する開口を形成し、第 2 ゲート 132 の両側の絶縁層 112 に、第 2 半導体結晶層 106 に達する開口を形成する。各ゲートの両側とは、第 2 分離層 110 が形成された水平方向における、各ゲートの両側を指す。この第 1 ゲート 122 両側の開口および第 2 ゲート 132 両側の開口のそれぞれは、第 1 ソース 124、第 1 ドレイン 126、第 2 ソース 134 および第 2 ドレイン 136 のそれぞれが形成される領域に該当する。これら開口の底部に露出した第 1 半導体結晶層 104、および、第 2 半導体結晶層 106 のそれぞれに接するように、ニッケルからなる金属膜 170 を形成する。金属膜 170 は、コバルト膜、またはニッケル - コバルト合金膜であってもよい。

30

【0061】

図 8 に示すように、金属膜 170 を加熱する。加熱により、第 1 半導体結晶層 104 と金属膜 170 とが反応し、第 1 半導体結晶層 104 を構成する原子と、金属膜 170 を構成する原子との低抵抗化合物が形成され、第 1 ソース 124 および第 1 ドレイン 126 となる。同時に、第 2 半導体結晶層 106 と金属膜 170 とが反応し、第 2 半導体結晶層 106 を構成する原子と、金属膜 170 を構成する原子との低抵抗化合物が形成され、第 2 ソース 134 および第 2 ドレイン 136 となる。金属膜 170 がニッケル膜である場合、第 1 ソース 124 および第 1 ドレイン 126 として、第 1 半導体結晶層 104 を構成する原子とニッケル原子との低抵抗化合物が生成され、第 2 ソース 134 および第 2 ドレイン 136 として、第 2 半導体結晶層 106 を構成する原子とニッケル原子との低抵抗化合物が生成される。なお、金属膜 170 がコバルト膜である場合、第 1 ソース 124 および第 1 ドレイン 126 として、第 1 半導体結晶層 104 を構成する原子とコバルト原子との低

40

50

抵抗化合物が生成され、第2ソース134および第2ドレイン136として、第2半導体結晶層106を構成する原子とコバルト原子との低抵抗化合物が生成される。金属膜170がニッケル-コバルト合金膜である場合、第1ソース124および第1ドレイン126として、第1半導体結晶層104を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との低抵抗化合物が生成され、第2ソース134および第2ドレイン136として、第2半導体結晶層106を構成する原子とニッケル原子とコバルト原子との低抵抗化合物が生成される。最後に未反応の金属膜170を除去し、図1の半導体デバイス100が製造できる。

【0062】

金属膜170の加熱方法は、RTA (rapid thermal annealing) 法が好ましい。RTA法を用いる場合、加熱温度としては250 ~ 450 を用いることができる。上記のような方法により、第1ソース124、第1ドレイン126、第2ソース134および第2ドレイン136をセルフアラインで形成できる。

10

【0063】

以上説明した半導体デバイス100とその製造方法によれば、第1ソース124、第1ドレイン126、第2ソース134および第2ドレイン136が、同一プロセスで同時に形成されるので、製造工程を簡略化できる。その結果、製造コストが低減され、微細化も容易になる。また、第1ソース124、第1ドレイン126、第2ソース134および第2ドレイン136が、第1半導体結晶層104あるいは第2半導体結晶層106を構成する原子、すなわちIV族原子あるいはIII-V族原子とニッケル、コバルトあるいはニッケル・コバルト合金との低抵抗化合物である。また、これらの低抵抗化合物と、半導体デバイス100のチャンネルを構成する第1半導体結晶層104および第2半導体結晶層106との接触電位障壁は0.1 eV以下と、極めて小さい。また、第1ソース124、第1ドレイン126、第2ソース134および第2ドレイン136の各々と電極金属とのコンタクトがオーミックコンタクトとなり、第1MISFET120および第2MISFET130の各オン電流を大きくすることができる。また、第1ソース124、第1ドレイン126、第2ソース134および第2ドレイン136の各抵抗が小さくなるから、第1MISFET120および第2MISFET130のチャンネル抵抗を低くする必要がなく、ドーピング不純物原子の濃度を少なくできる。この結果、チャンネル層でのキャリアの移動度を大きくすることができる。

20

【0064】

上記した半導体デバイス100では、ベース基板102と第1分離層108とが接しており、ベース基板102の第1分離層108と接する領域が導電性であるならば、ベース基板102の第1分離層108と接する領域に電圧を印加し、当該電圧を、第1MISFET120へのバックゲート電圧として作用させることができる。また、上記した半導体デバイス100では、ベース基板102と第2分離層110とが接しており、ベース基板102の第2分離層110と接する領域が導電性であるならば、ベース基板102の第2分離層110と接する領域に電圧を印加し、当該電圧を、第2MISFET130へのバックゲート電圧として作用させることができる。これらバックゲート電圧の作用は、第1MISFET120および第2MISFET130のオン電流を大きくし、オフ電流を小さくすることができる。

30

40

【0065】

上記した半導体デバイス100において、第1半導体結晶層104を複数有し、複数の第1半導体結晶層104のそれぞれが、ベース基板102の上面と平行な面内で規則的に配列されてもよい。規則的とは、例えば同一の配列パターンが繰り返されることを指す。また半導体デバイス100は、第2半導体結晶層106を複数有し、複数の第2半導体結晶層106のそれぞれが、ベース基板102の上面と平行な面内で規則的に配列されてもよい。また半導体デバイス100は、第1半導体結晶層104および第2半導体結晶層106の両方を規則的に複数有してもよい。このように、第1半導体結晶層104および第2半導体結晶層106を規則的に配列することで、半導体デバイス100に使用する半導体基板の生産性を高めることができる。第2半導体結晶層106または第1半導体結晶層

50

104の規則的な配列は、第2半導体結晶層106若しくは第1半導体結晶層104をエピタキシャル成長させた後に第2半導体結晶層106若しくは第1半導体結晶層104を規則的な配列にパターニングする方法、第2半導体結晶層106若しくは第1半導体結晶層104を予め規則的な配列に選択的にエピタキシャル成長させる方法、または第2半導体結晶層106若しくは第1半導体結晶層104のいずれかあるいは両方を、半導体結晶層形成基板160上にエピタキシャル成長させた後、半導体結晶層形成基板160から分離し、所定の形状に整形した後、規則的な配列でベース基板102上に貼り合わせる方法、のいずれかの方法により実施でき、また、いずれか複数の方法を組み合わせる方法により実施できる。

【0066】

上記した半導体デバイス100では、第1半導体結晶層104および第1分離層108を半導体結晶層形成基板140上に形成し、第1分離層108とベース基板102とを貼り合わせた後に半導体結晶層形成基板140を除去することで、第1半導体結晶層104および第1分離層108をベース基板102上に形成し、第2半導体結晶層106および第2分離層110を半導体結晶層形成基板160上に形成し、第2分離層110とベース基板102とを貼り合わせた後に半導体結晶層形成基板160を除去することで、第2半導体結晶層106および第2分離層110をベース基板102上に形成することを説明した。しかし、第1半導体結晶層104と第2半導体結晶層106の何れか一方がSiGeからなり、他方がIII-V族化合物半導体結晶からなる場合、SiGeからなる方の半導体結晶層および分離層を、酸化濃縮法により形成することもできる。以下では第1半導体結晶層104がSiGeからなる場合を説明する。すなわち、第1半導体結晶層104を形成する前に、絶縁体からなる第1分離層108をベース基板102の上に形成し、第1分離層108の上に、第1半導体結晶層104の出発材料となるSiGe層を形成する。SiGe層を酸化雰囲気中で加熱し、表面を酸化する。SiGe層を酸化することで、SiGe層中のGe原子の濃度を高め、Ge濃度が高い第1半導体結晶層104とすることができる。その後、第2半導体結晶層106を形成する領域のSiGe層をエッチングにより除去して第1半導体結晶層104とする。

【0067】

あるいは、第1半導体結晶層104と第2半導体結晶層106の何れか一方がIV族半導体結晶からなり、他方がIII-V族化合物半導体結晶からなる場合、IV族半導体結晶からなる方の半導体結晶層および分離層を、スマートカット法により形成できる。以下では第1半導体結晶層104がIV族半導体結晶からなる場合を説明する。すなわち、IV族半導体結晶からなる半導体層材料基板の表面に、絶縁体からなる第1分離層108を形成し、第1分離層108を通して、陽イオンを半導体層材料基板の分離予定深さに注入する。第1分離層108の表面とベース基板102の表面とが接合されるように、半導体層材料基板とベース基板102とを貼り合わせ、半導体層材料基板およびベース基板102を加熱する。この加熱により、分離予定深さに注入した陽イオンと半導体層材料基板を構成するIV族原子とが反応し、分離予定深さに位置するIV族半導体結晶が変性する。この状態で半導体層材料基板とベース基板102とを分離すれば、IV族半導体結晶の変性部位よりベース基板102側に位置するIV族半導体結晶が、半導体層材料基板から剥離する。ベース基板102側に付着した半導体層材料に適切な研磨を施し、第2半導体結晶層106を形成する領域の当該半導体結晶層をエッチングにより除去すれば、ベース基板102に残った半導体結晶層を第1半導体結晶層104とすることができる。

【0068】

上記した半導体デバイス100において、第1分離層108および第2分離層110の何れか一方を、その上に位置する半導体結晶層の禁制帯幅より大きな禁制帯幅を有する半導体結晶とする場合、分離層はエピタキシャル成長法を用いて半導体結晶層まで連続して形成できる。以下第1分離層108が半導体結晶からなる場合を説明する。ベース基板102の上に、第1分離層108をエピタキシャル成長法により形成し、第1分離層108の上に第1半導体結晶層104をエピタキシャル成長法により形成する。エピタキシャル

10

20

30

40

50

成長の後、図9に示すように、マスク185を用いて、第2半導体結晶層106が形成される領域の第1半導体結晶層104および第1分離層108をエッチングにより除去する。このようにして、図3と同様な半導体基板を得ることができる。本方法では、第1分離層108および第1半導体結晶層104を連続して、あるいは、第2分離層110および第2半導体結晶層106を連続してエピタキシャル成長法により形成できるので、製造工程が簡単になる。

【0069】

第1分離層108および第1半導体結晶層104、または第2分離層110および第2半導体結晶層106の何れかの組をエピタキシャル成長法により連続的に形成する場合、選択エピタキシャル成長法を用いて第1分離層108および第1半導体結晶層104、または第2分離層110および第2半導体結晶層106を形成できる。図10に示すように、ベース基板102の表面の、第2分離層110および第2半導体結晶層106が形成される領域をSiO₂等の成長阻害層187で覆い、エピタキシャル成長を実施する。成長阻害層187が存在しない領域のベース基板102上に、第1半導体結晶層104および第1分離層108が選択的にエピタキシャル成長する。その後、成長阻害層187を除去し、図3と同様な半導体基板を得ることができる。

10

【0070】

第1分離層108または第2分離層110がエピタキシャル成長結晶である場合、第1分離層108または第2分離層110を酸化して非晶質絶縁体層に転換してもよい。たとえば、第1分離層108または第2分離層110がAlAs、あるいはAlInPである場合、選択酸化技術により、第1分離層108または第2分離層110を絶縁性酸化物とすることができる。

20

【0071】

上記した半導体デバイス100の製造方法における貼り合わせ工程では、半導体結晶層形成基板をエッチングして除去する例を説明したが、図11に示すように、結晶性犠牲層190を用いて半導体結晶層形成基板を除去することもできる。すなわち、半導体結晶層形成基板140の上に第1半導体結晶層104を形成する前に、半導体結晶層形成基板140の表面に、結晶性犠牲層190をエピタキシャル結晶成長法により形成する。その後、結晶性犠牲層190の表面に第1半導体結晶層104および第1分離層108をエピタキシャル成長法により形成し、第1分離層108の表面とベース基板102の表面をアルゴンビーム150で活性化する。その後、第1分離層108の表面とベース基板102の表面を貼り合わせ、図12に示すように、結晶性犠牲層190を除去する。これにより、半導体結晶層形成基板140上の第1半導体結晶層104および第1分離層108と半導体結晶層形成基板140が分離される。当該方法によれば、半導体結晶層形成基板の再利用が可能になり、製造コストを低くすることができる。

30

【0072】

図13は、半導体デバイス200の断面を示す。半導体デバイス200は、半導体デバイス100における第1分離層108を有さず、第1半導体結晶層104がベース基板102に接して配置されている。なお、第1分離層108が無い他は半導体デバイス100と同じ構造を有するので、共通する部材等の説明は省略する。

40

【0073】

すなわち、半導体デバイス200は、ベース基板102と第1半導体結晶層104とが接合面103で接し、ベース基板102の接合面103の近傍に、p型またはn型の伝導型を示す不純物原子を含有し、第1半導体結晶層104の接合面103の近傍に、ベース基板102に含有された不純物原子が示す伝導型とは異なる伝導型を示す不純物原子を含有する。つまり、半導体デバイス200は、接合面103の近傍にpn接合を有する。第1分離層108が無い構造であっても、接合面103近傍に形成されるpn接合によって、ベース基板102と第1半導体結晶層104とを電氣的に分離することが可能であり、第1半導体結晶層104に形成される第1MISFET120をベース基板102から電氣的に分離することができる。

50

【0074】

半導体デバイス200は、以下のようにして製造できる。図14に示すように、ベース基板102表面の全面に第1半導体結晶層104をエピタキシャル成長法により形成する。そして、第2半導体結晶層106が形成される領域の第1半導体結晶層104をエッチングにより除去する。第1半導体結晶層104が除去された領域のベース基板102上に、図4および図5で説明した工程と同様な工程で、第2分離層110および第2半導体結晶層106を形成する。その後の工程は半導体デバイス100の場合と同様である。ただし、pn接合の形成は、ベース基板102の表面近傍に、p型またはn型の伝導型を示す不純物原子を含有させ、第1半導体結晶層104をエピタキシャル成長法により形成するステップにおいて、ベース基板102に含有された不純物原子が示す伝導型とは異なる伝導型を示す不純物原子で第1半導体結晶層104をドーピングすることで実施できる。

10

【0075】

第1半導体結晶層104をベース基板102の上に直接形成する構造において、素子分離の必要性が低い場合には分離構造としてのpn接合は必須ではない。つまり、半導体デバイス200は、ベース基板102の接合面103の近傍にp型またはn型の伝導型を示す不純物原子を含有せず、第1半導体結晶層104の接合面103の近傍にp型またはn型の伝導型を示す不純物原子を含有しない構造であってもよい。

【0076】

第1半導体結晶層104をベース基板102の上に直接形成する場合、エピタキシャル成長の後、またはエピタキシャル成長の途中において、アニール処理を施してもよい。アニール処理により、第1半導体結晶層104中の転位が低減する。また、エピタキシャル成長法は、ベース基板102の表面全部に第1半導体結晶層104を一様に成長する方法、あるいは、SiO₂等の成長阻害層でベース基板102の表面を細かく分割し、選択的に成長する方法の何れのエピタキシャル成長法であってもよい。

20

【0077】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。また、第1層が第2層の「上方」にあるとは、第1層が第2層の上面に接して設けられる場合と、第1層の下面および第2層の上面の間に他の層が介在している場合とを含む。また、「上」、「下」等の方向を指す語句は、半導体基板および半導体デバイスにおける相対的な方向を示しており、地面等の外部の基準面に対する絶対的な方向を指すものではない。

30

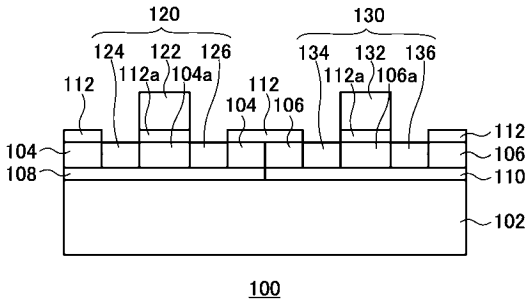
【符号の説明】

【0078】

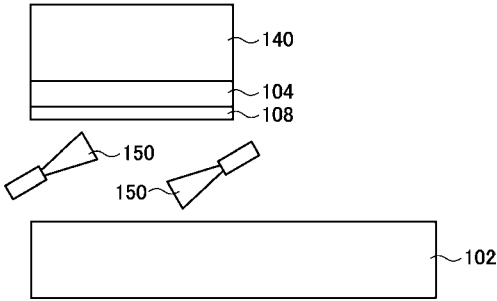
100 半導体デバイス、102 ベース基板、103 接合面、104 第1半導体結晶層、104a 第1半導体結晶層の一部、106 第2半導体結晶層、106a 第2半導体結晶層の一部、108 第1分離層、110 第2分離層、112 絶縁層、112a 絶縁層の一部、120 第1MISFET、122 第1ゲート、124 第1ソース、126 第1ドレイン、130 第2MISFET、132 第2ゲート、134 第2ソース、136 第2ドレイン、140 半導体結晶層形成基板、150 アルゴンビーム、160 半導体結晶層形成基板、170 金属膜、185 マスク、187 成長阻害層、190 結晶性犠牲層、200 半導体デバイス

40

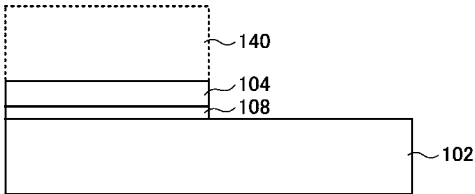
【 図 1 】



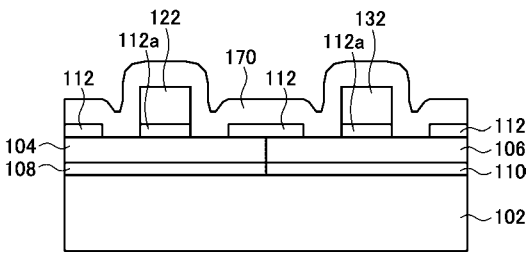
【 図 2 】



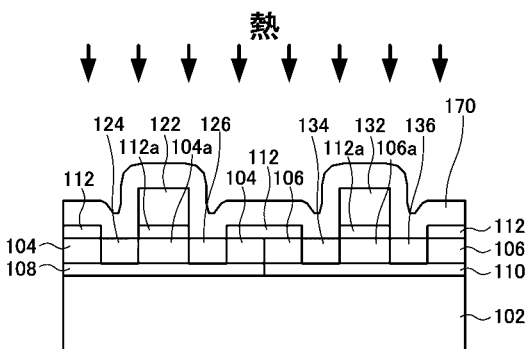
【 図 3 】



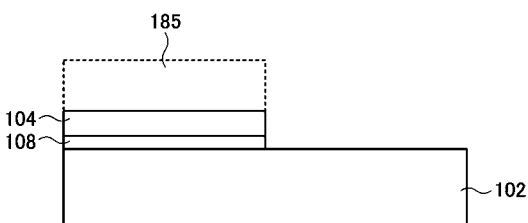
【 図 7 】



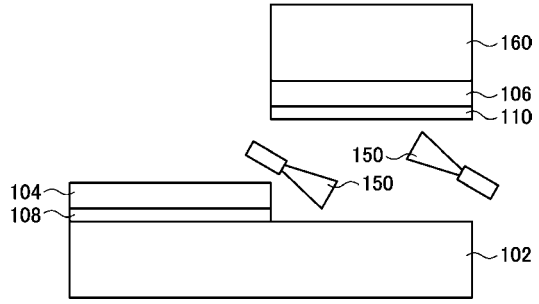
【 図 8 】



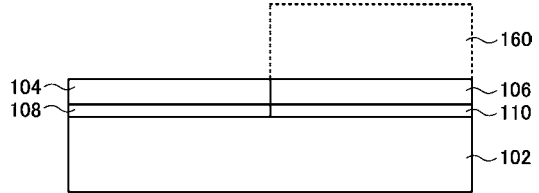
【 図 9 】



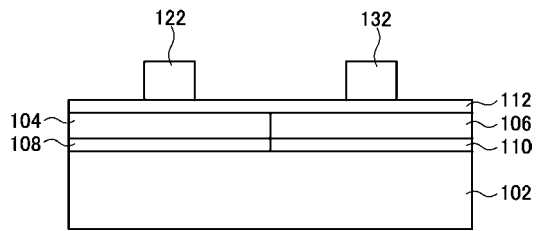
【 図 4 】



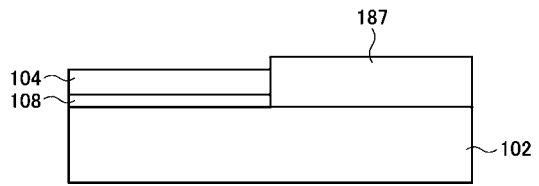
【 図 5 】



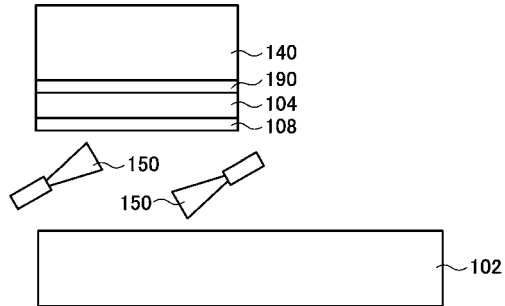
【 図 6 】



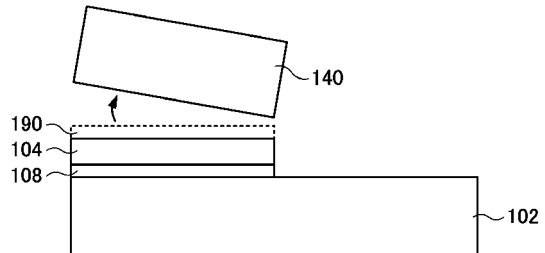
【 図 10 】



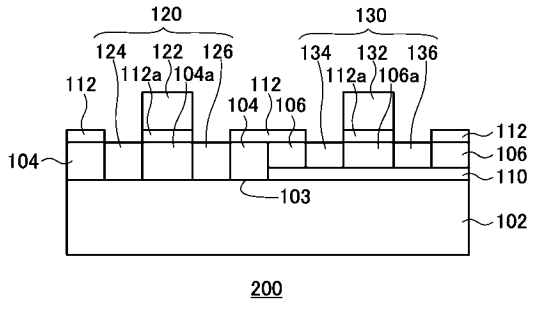
【 図 11 】



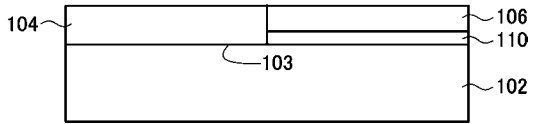
【 図 12 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
H 0 1 L	21/02	(2006.01)	H 0 1 L	27/12		B
H 0 1 L	27/12	(2006.01)	H 0 1 L	29/78	6 1 6 V	
H 0 1 L	27/08	(2006.01)	H 0 1 L	27/08	3 3 1 E	
H 0 1 L	21/28	(2006.01)	H 0 1 L	21/28		A
H 0 1 L	29/417	(2006.01)	H 0 1 L	29/50		J
			H 0 1 L	27/12		L
			H 0 1 L	21/28	3 0 1 S	
			H 0 1 L	27/08	3 2 1 F	

- (72)発明者 山田 永
茨城県つくば市北原6番 住友化学株式会社内
- (72)発明者 横山 正史
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 金 相賢
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 竹中 充
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 高木 信一
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 安田 哲二
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

Fターム(参考) 4M104 AA01 AA02 AA04 AA05 AA09 CC01 DD26 FF31 GG12 HH15
HH20
5F048 AC03 AC04 BA01 BA14 BA15 BA16 BA20 BB09 BC15 BC18
5F102 FA03 GA03 GB01 GC01 GD10 GJ02 GJ03 GJ04 GJ05 GJ06
GJ09 GJ10 GK02 GK04 GK06 GL02 GL04 GL05 GR07 GR09
GT03 HC01 HC21
5F110 AA03 AA04 AA16 BB04 CC02 DD01 DD02 DD05 DD12 DD13
DD14 DD15 DD17 EE04 EE30 EE43 EE44 EE45 FF01 FF02
FF03 FF04 FF09 FF23 FF27 FF28 FF29 GG01 GG03 GG04
GG12 GG25 HJ01 HK11 HK39 HK42 QQ11 QQ17