



MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、基板と、前記基板上的炭素含有の窒化物系半導体からなるバッファ層と、前記バッファ層上の炭素含有の窒化物系半導体からなる高抵抗層と、前記高抵抗層上の窒化物系半導体からなるチャンネル層とを有する半導体基板であって、前記高抵抗層は、前記バッファ層よりも炭素濃度が低い第 1 の領域と、前記第 1 の領域と前記チャンネル層との間に設けられ、前記第 1 の領域よりも炭素濃度が高い第 2 の領域とを有することを特徴とする半導体基板である。これにより、高抵抗層の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることでリーク電流を低減させるとともに、その上に形成されるチャンネル層の結晶性も高くすることでチャンネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できる半導体基板が提供される。

明 細 書

発明の名称：半導体基板及び半導体素子

技術分野

[0001] 本発明は、半導体基板及びこの半導体基板を用いて作製された半導体素子に関する。

背景技術

[0002] 窒化物半導体を用いた半導体基板は、高周波かつ高出力で動作するパワー素子等に用いられている。特に、マイクロ波、準ミリ波、ミリ波等の高周波帯域において増幅を行うのに適したものとして、例えば高電子移動度トランジスタ（High Electron Mobility Transistor：HEMT）等が知られている。

[0003] 窒化物半導体を用いた半導体基板として、Si基板上に、バッファ層、GaN層、AlGaNからなるバリア層が順次積層された半導体基板が知られている。

GaN層のうち下部の層（高抵抗層）は、縦方向及び横方向の電気抵抗を高めることで、トランジスタのオフ特性向上、縦方向リークの抑制により高耐圧化が可能となる。そのためGaN層に炭素をドーピングし、GaN結晶中に深い準位を形成し、n型の伝導を抑制させる。

一方、GaN層のうち上部の層は、チャネル層として機能し、キャリアをトラップさせる準位が形成されると電流コラプス（出力電流特性の再現性が劣化する現象）の要因となりうるため、炭素等の濃度を十分低下させる必要がある（特許文献1－3参照）。

[0004] また、特許文献4には、GaN層にFeを添加することで高抵抗化を図ることが開示され、Feのエネルギー準位を安定化させるために炭素をさらに添加することも開示されている。

また、特許文献5には、寄生容量を低減させるとともに高耐圧化させるために、GaN層にFeを添加することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5064824号公報

特許文献2：特開2006-332367号公報

特許文献3：特開2013-070053号公報

特許文献4：特開2012-033646号公報

特許文献5：特開2010-123725号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述のように、高抵抗層は炭素濃度を高くすることで、デバイスの縦方向（厚み方向）リーク電流を抑制し、トランジスタのオフ特性を向上させるために用いているが、炭素濃度の高い高抵抗層の結晶性について本発明者らは調べた。

[0007] 図9に高抵抗層の結晶性の成長温度依存性を示し、図10に高抵抗層の炭素濃度の成長温度依存性を示す。

図9-10からわかるように、成長温度を下げると高抵抗層の炭素濃度を増加させることができるが、逆に高抵抗層の結晶性が低くなっている。

[0008] 高抵抗層の結晶性が低くなると、リーク電流が増加するとともに、その上に形成されるチャネル層の結晶性も低くなることによって、チャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスを引き起こすという問題がある。

[0009] 本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、高抵抗層の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることでリーク電流を低減させるとともに、その上に形成されるチャネル層の結晶性も高くすることでチャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できる半導体基板及び半導体素子を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的を達成するために、本発明は、基板と、前記基板上の炭素含有の

窒化物系半導体からなるバッファ層と、前記バッファ層上の炭素含有の窒化物系半導体からなる高抵抗層と、前記高抵抗層上の窒化物系半導体からなるチャネル層とを有する半導体基板であって、前記高抵抗層は、前記バッファ層よりも炭素濃度が低い第1の領域と、前記第1の領域と前記チャネル層との間に設けられ、前記第1の領域よりも炭素濃度が高い第2の領域とを有することを特徴とする半導体基板を提供する。

[0011] このように、高抵抗層が、バッファ層よりも炭素濃度が低い第1の領域と、第1の領域とチャネル層との間にあって、第1の領域よりも炭素濃度が高い第2の領域とを有することで、高抵抗層の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることができ、それによってリーク電流を低減させるとともに、その上に形成されるチャネル層の結晶性も高くすることでチャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できる。

[0012] このとき、前記第1の領域が遷移金属を含み、前記第1の領域の遷移金属濃度が前記第2の領域の遷移金属濃度より高いことが好ましい。

第1の領域が第2の領域の遷移金属濃度より高い濃度で遷移金属を含むことで、炭素濃度の低い第1の領域において縦方向リーク電流の増加を抑制することができるとともに、第1の領域の結晶性をさらに高くすることができ、これにより第1の領域より上に形成される窒化物系半導体の結晶性をさらに改善することができる。

[0013] このとき、前記第1の領域の遷移金属濃度が、 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、特に $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。

第1の領域の遷移金属濃度がこのような濃度範囲であれば、第1の領域における縦方向リーク電流の増加を確実に抑制することができ、第1の領域より上に形成される窒化物系半導体の結晶性を確実に改善することができる。

[0014] このとき、前記第1の領域が遷移金属を含み、前記第1の領域の厚さが3 nm以上、3000 nm以下であることが好ましい。

第1の領域が遷移金属を含む場合に、第1の領域の厚さがこのような範囲

であれば、第1の領域の高抵抗を維持しながら、第1の領域より上に形成される窒化物系半導体の結晶性を改善することができる。

[0015] このとき、前記第1の領域が遷移金属を含まず、前記第1の領域の厚さが3 nm以上、500 nm以下であることが好ましい。

第1の領域が遷移金属を含まない場合に、第1の領域の厚さがこのような範囲であれば、縦方向リーク電流の抑制を維持しながら、第1の領域より上に形成される窒化物系半導体の結晶性を改善することができる。

[0016] このとき、前記第1の領域は、前記バッファ層と接していることが好ましい。

このように結晶性の高い第1の領域をよりバッファ層側に（すなわち、より基板側に）設けることにより、第1の領域より上に形成される窒化物系半導体の結晶性をより効果的に改善することができる。

[0017] このとき、前記第1の領域の炭素濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満であり、前記第2の領域の炭素濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。

第1の領域及び第2の領域の炭素濃度として、このような濃度範囲を好適に用いることができる。

[0018] また、本発明は、上記の半導体基板を用いて作製された半導体素子であって、前記チャネル層上に電極が設けられているものであることを特徴とする半導体素子を提供する。

[0019] このような本発明の半導体基板を用いて作製された半導体素子であれば、高抵抗層の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることができ、それによってリーク電流を低減させるとともに、その上に形成されるチャネル層の結晶性も高くすることでチャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できる。

発明の効果

[0020] 以上のように、本発明によれば、高抵抗層の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることができ、それによってリーク電流を低減させるとともに、そ

の上に形成されるチャネル層の結晶性も高くすることでチャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の実施態様の一例を示す半導体基板の深さ方向の濃度分布を示す図である。

[図2]本発明の実施態様の一例を示す半導体基板の断面図である。

[図3]本発明の実施態様の一例を示す半導体素子の断面図である。

[図4]実施例2の半導体基板の深さ方向の不純物濃度分布を示す図である。

[図5]実施例5の半導体基板の深さ方向の不純物濃度分布を示す図である。

[図6]実施例5の半導体基板の断面図である。

[図7]実施例5の半導体素子の断面図である。

[図8]低炭素層上のGa_{0.5}N_{0.5}層の結晶性の低炭素層の膜厚依存性を示す図である。

[図9]高抵抗層の結晶性の成長温度依存性を示す図である。

[図10]高抵抗層の炭素濃度の成長温度依存性を示す図である

発明を実施するための形態

[0022] 前述のように、高抵抗層は炭素濃度を高くすることで、デバイスの縦方向リーク電流を抑制し、トランジスタのオフ特性を向上させるために用いているが、炭素濃度を高くすると高抵抗層の結晶性が低くなる。高抵抗層の結晶性が低くなると、リーク電流が増加するとともに、その上に形成されるチャネル層の結晶性も低くなることによって、チャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスを引き起こすという問題があった。

[0023] そこで、本発明者らは、高抵抗層の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることでリーク電流を低減させるとともに、その上に形成されるチャネル層の結晶性も高くすることでチャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できる半導体基板について鋭意検討を重ねた。その結果、高抵抗層中に、バッファ層よりも炭素濃度が低い第1の領域と、第1の領域とチャネル層との間に設けられ第1の領域よりも炭素濃度が高い第2の領域

とを設けることで、高抵抗層の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることができ、それによってリーク電流を低減させるとともに、その上に形成されるチャネル層の結晶性も高くすることでチャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できることを見出し、本発明をなすに至った。

[0024] 以下、本発明について、実施態様の一例として、図を参照しながら詳細に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0025] まず、本発明の実施態様の一例を示す半導体基板について、図1-2を参照しながら説明する。

図1は本発明の実施態様の一例を示す半導体基板の深さ方向の濃度分布を示した図であり、図2は本発明の半導体基板の断面図である。

[0026] 図2に示す本発明の実施態様の一例を示す半導体基板10は、基板12と、基板12上に設けられたバッファ層14と、バッファ層14上に設けられた窒化物系半導体（例えば、Ga₂N）からなり、遷移金属及び炭素を不純物として含む高抵抗層15と、高抵抗層15上に設けられた能動層22を有している。

ここで、基板12は、例えば、Si又はSiCからなる基板である。また、バッファ層14は、例えば、窒化物系半導体からなる第一の層と、第一の層と組成の異なる窒化物系半導体からなる第二の層とが繰り返し積層された積層体で構成されるバッファ層である。

第一の層は例えば、Al_yGa_{1-y}Nからなり、第二の層は例えば、Al_xGa_{1-x}N（ $0 \leq x < y \leq 1$ ）からなる。

具体的には、第一の層はAlNとすることができ、第二の層はGa₂Nとすることができる。

[0027] 能動層22は、窒化物系半導体からなるチャネル層18と、チャネル層18上に設けられた窒化物系半導体からなるバリア層20とを有している。チャネル層18は例えば、Ga₂Nからなり、バリア層20は例えば、AlGa₂Nからなる。

[0028] 高抵抗層 15 は、炭素濃度がバッファ層 14 より低く遷移金属の濃度が一定である低炭素層（第 1 の領域）16 と、低炭素層 16 とチャンネル層 18 との間に設けられ炭素濃度が低炭素層 16 より高く遷移金属が低炭素層 16 側からチャンネル層 18 側に向かって減少している高炭素層（第 2 の領域）17 とを含んでいる。

なお、図 1 において、高抵抗層 15 が遷移金属を含んでいる場合を示しているが、高抵抗層 15 は遷移金属を含んでいなくてもよい。

高抵抗層 15 が、バッファ層 14 よりも炭素濃度が低い低炭素層 16 と、低炭素層 16 とチャンネル層 18 との間に設けられ低炭素層 16 よりも炭素濃度が高い高炭素層 17 とを有することで、高抵抗層 15 の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることができ、それによってリーク電流を低減させるとともに、その上に形成されるチャンネル層 18 の結晶性も高くすることでチャンネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できる。

[0029] 半導体基板 10 において、遷移金属を Fe とすることができる。

このように、遷移金属として Fe を好適に用いることができる。なお、遷移金属として Sc、Ti、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn 等を用いることもできる。

[0030] 炭素の添加は、窒化物系半導体層を MOVPE（有機金属気相成長）法によって成長させるときに、原料ガス（TMG（トリメチルガリウム）等）に含まれる炭素が膜中に取り込まれることによって行われるものであるが、プロパン等のドーピングガスによって行うこともできる。

[0031] 半導体基板 10 において、低炭素層 16 が遷移金属を含む場合、低炭素層 16 の遷移金属濃度が高炭素層 17 の遷移金属濃度より高いことが好ましい。

低炭素層 16 が高炭素層 17 より高い濃度で遷移金属を含むことで、炭素濃度の低い低炭素層 16 において縦方向リーク電流の増加を抑制することができるとともに、低炭素層 16 の結晶性をさらに高くすることができ、これにより第 1 の領域より上に形成される窒化物系半導体の結晶性をさらに改善

することができる。

- [0032] 低炭素層 16 の遷移金属濃度が、 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、特に $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。

低炭素層 16 の遷移金属濃度がこのような濃度範囲であれば、低炭素層 16 における縦方向リーク電流の増加を確実に抑制することができ、低炭素層 16 より上に形成される窒化物系半導体の結晶性を確実に改善することができる。

- [0033] 半導体基板 10 において、低炭素層 16 が遷移金属を含む場合、低炭素層 16 の厚さが 3 nm 以上、3000 nm 以下であることが好ましく、5 nm 以上、2000 nm 以下であることが特に好ましい。

低炭素層 16 が遷移金属を含む場合に、低炭素層 16 の厚さがこのような範囲であれば、低炭素層 16 の高抵抗を維持しながら、低炭素層 16 より上に形成される窒化物系半導体の結晶性を改善することができる。

- [0034] 半導体基板 10 において、低炭素層 16 が遷移金属を含まない場合、低炭素層 16 の厚さが 3 nm 以上、500 nm 以下であることが好ましく、5 nm 以上、200 nm 以下であることが特に好ましい。

低炭素層 16 が遷移金属を含まない場合に、低炭素層 16 の厚さがこのような薄い範囲であれば、縦方向リーク電流の抑制を維持しながら、低炭素層 16 より上に形成される窒化物系半導体の結晶性を改善することができる。

- [0035] 半導体基板 10 において、低炭素層 16 は、バッファ層 14 と接していることが好ましい。

このように結晶性の高い低炭素層 16 をよりバッファ層 14 側（すなわち、より基板 12 側に）設けることにより、低炭素層 16 より上に形成される窒化物系半導体の結晶性をより効果的に改善することができる。

- [0036] ここで、低炭素層 16 の炭素濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満であり、前記第 2 の領域の炭素濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。

第１の領域及び第２の領域の炭素濃度として、このような濃度範囲を好適に用いることができる。

[0037] 次に、本発明の実施態様の一例を示す半導体素子について、図３を参照しながら説明する。

図３は本発明の実施態様の一例を示す半導体素子の断面図である。

半導体素子１１は、本発明の半導体基板１０を用いて作製されたものであり、能動層２２上に設けられた第一電極２６、第二電極２８、制御電極３０を有している。

半導体素子１１において、第一電極２６及び第二電極２８は、第一電極２６から、チャネル層１８内に形成された二次元電子ガス層２４を介して、第二電極２８に電流が流れるように配置されている。

第一電極２６と第二電極２８との間に流れる電流は、制御電極３０に印可される電位によってコントロールすることができる。

[0038] 半導体素子１１は、本発明の実施態様の一例を示す半導体基板１０を用いて作製されたものであり、高抵抗層の高抵抗を維持しながら結晶性を高くすることができ、それによってリーク電流を低減させるとともに、その上に形成されるチャネル層の結晶性も高くすることでチャネル層における電子移動度の低下や電流コラプスの発生を抑制できる。

実施例

[0039] 以下、実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0040] (実施例１)

図１に示す深さ方向の濃度分布を有する図２に示すような半導体基板を作製した。ただし、遷移金属としてFeを用い、低炭素層１６における炭素濃度は、 $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ とし、高炭素層１７における炭素濃度は $2 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ とし、低炭素層１６におけるFeの濃度は、 $3 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ とした。また、低炭素層１６の厚さは500nmとし、高炭素層１７の厚さは1600nmとした。

作製された半導体基板を用いて図3に示すような半導体素子を作製した。

[0041] (実施例2)

図4に示す深さ方向の濃度分布を有する図2に示すような半導体基板を作製した。ただし、高抵抗層15には遷移金属を添加せず、低炭素層16における炭素濃度は、 $3 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ とし、高炭素層17における炭素濃度は $2 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ とした。また、低炭素層16の厚さは100nmとし、高炭素層17の厚さは1600nmとした。

作製された半導体基板を用いて図3に示すような半導体素子を作製した。

[0042] (実施例3)

実施例2と同様にして半導体基板を作製した。ただし、低炭素層16の厚さは200nmとし、高炭素層17の厚さは1500nmとした。

作製した半導体基板において、低炭素層16上の0002方向のGaN層（高炭素層17を含む）の結晶性をX線回折を用いて測定した。その結果を図8に示す。

作製された半導体基板を用いて図3に示すような半導体素子を作製した。

[0043] (実施例4)

実施例2と同様にして半導体基板を作製した。ただし、低炭素層16の厚さは400nmとし、高炭素層17の厚さは1300nmとした。

作製した半導体基板において、低炭素層16上の0002方向のGaN層（高炭素層17を含む）の結晶性をX線回折を用いて測定した。その結果を図8に示す。

作製された半導体基板を用いて図3に示すような半導体素子を作製した。

[0044] (比較例)

実施例2と同様にして半導体基板を作製した。ただし、低炭素層16は形成せずに、高炭素層17の厚さは1700nmとした。

作製した半導体基板において、高炭素層17を含む0002方向のGaN層の結晶性をX線回折を用いて測定した。その結果を図8に示す。

作製された半導体基板を用いて図3に示すような半導体素子（ただし、低

炭素層 16 は形成されていない) を作製した。

[0045] (実施例 5)

図 5 (a) に示す深さ方向の濃度分布を有する図 6 に示すような半導体基板を作製した。

図 5 - 6 に示す半導体基板 10' は、高抵抗層 15 がさらに、炭素濃度が低炭素層 16 より高い高炭素層 (第 3 の領域) 19 をバッファ層 14 と低炭素層 16 との間に含んでいることを除いて、図 4、図 2 に示す半導体基板 10 と同様の構成となっている。ただし、高抵抗層 15 には遷移金属を添加せず、低炭素層 16 における炭素濃度は、 $3 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ とし、高炭素層 17 における炭素濃度は $2 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ とし、高炭素層 19 における炭素濃度は $2 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ とした。また、低炭素層 16 の厚さは 100 nm とし、高炭素層 17 の厚さは 800 nm とし、高炭素層 19 の厚さは 800 nm とした。

なお、図 5 (b) に示すように、低炭素層 16 と高炭素層 17 との間に炭素濃度が徐々に増加する遷移領域 21 を設けてもよい。

作製された半導体基板を用いて図 7 に示すような半導体素子を作製した。

図 7 に示す半導体素子 11' は、高抵抗層 15 がさらに、炭素濃度が低炭素層 16 より高い高炭素層 (第 3 の領域) 19 をバッファ層 14 と低炭素層 16 との間に含んでいることを除いて、図 3 の半導体素子 11 と同様の構成となっている。

[0046] 図 8 からわかるように、低炭素層 16 の膜厚が増加するとともに、低炭素層 16 上の GaN 層の結晶性が高くなっている。すなわち、低炭素層 16 を形成しない比較例と比較して、低炭素層 16 を形成した実施例 3 - 4 の半導体基板の低炭素層 16 上の GaN 層 (高炭素層 17 を含む) の結晶性は高くなっており、低炭素層 16 の膜厚の厚い実施例 4 では低炭素層 16 の膜厚の薄い実施例 3 と比較して結晶性がより高くなっている。

さらに、実施例 1 - 5 の半導体素子において、比較例の半導体素子と比較して縦方向リーク電流が減少し、チャネル層において電子移動度の低下や電

流コラプスの発生が抑制されていることが確認できた。

[0047] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

例えば、各実施形態において、低炭素層 16、高炭素層 17、19 の各層のいずれか 1 つが半導体基板 10、10' 側からチャンネル 18 側に向かって炭素濃度が徐々に増加していてもよい。

請求の範囲

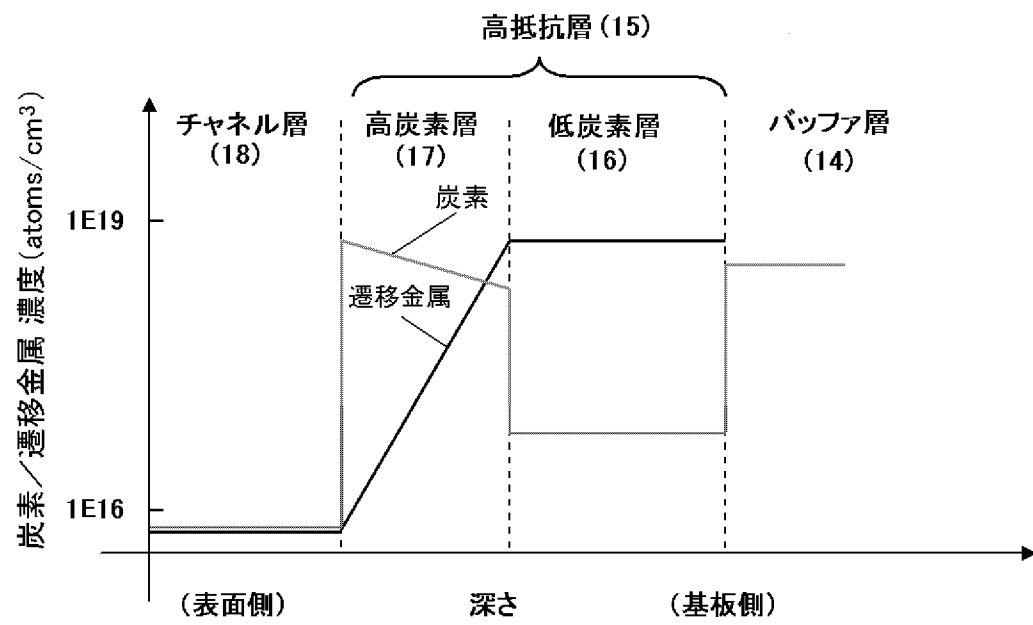
- [請求項1] 基板と、
前記基板上の炭素含有の窒化物系半導体からなるバッファ層と、
前記バッファ層上の炭素含有の窒化物系半導体からなる高抵抗層と、
、
前記高抵抗層上の窒化物系半導体からなるチャンネル層と
を有する半導体基板であって、
前記高抵抗層は、
前記バッファ層よりも炭素濃度が低い第1の領域と、
前記第1の領域と前記チャンネル層との間に設けられ、前記第1の
領域よりも炭素濃度が高い第2の領域と
を有することを特徴とする半導体基板。
- [請求項2] 前記第1の領域が遷移金属を含み、前記第1の領域の遷移金属濃度
が前記第2の領域の遷移金属濃度より高いことを特徴とする請求項1
に記載の半導体基板。
- [請求項3] 前記第1の領域の遷移金属濃度が、 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$
以上、 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする請
求項2に記載の半導体基板。
- [請求項4] 前記第1の領域の遷移金属濃度が、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$
以上、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする請
求項3に記載の半導体基板。
- [請求項5] 前記第1の領域が遷移金属を含み、前記第1の領域の厚さが3 nm
以上、3000 nm以下であることを特徴とする請求項1から請求項
4のいずれか一項に記載の半導体基板。
- [請求項6] 前記第1の領域が遷移金属を含まず、前記第1の領域の厚さが3 n
m以上、500 nm以下であることを特徴とする請求項1に記載の半
導体基板。
- [請求項7] 前記第1の領域は、前記バッファ層と接していることを特徴とする

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の半導体基板。

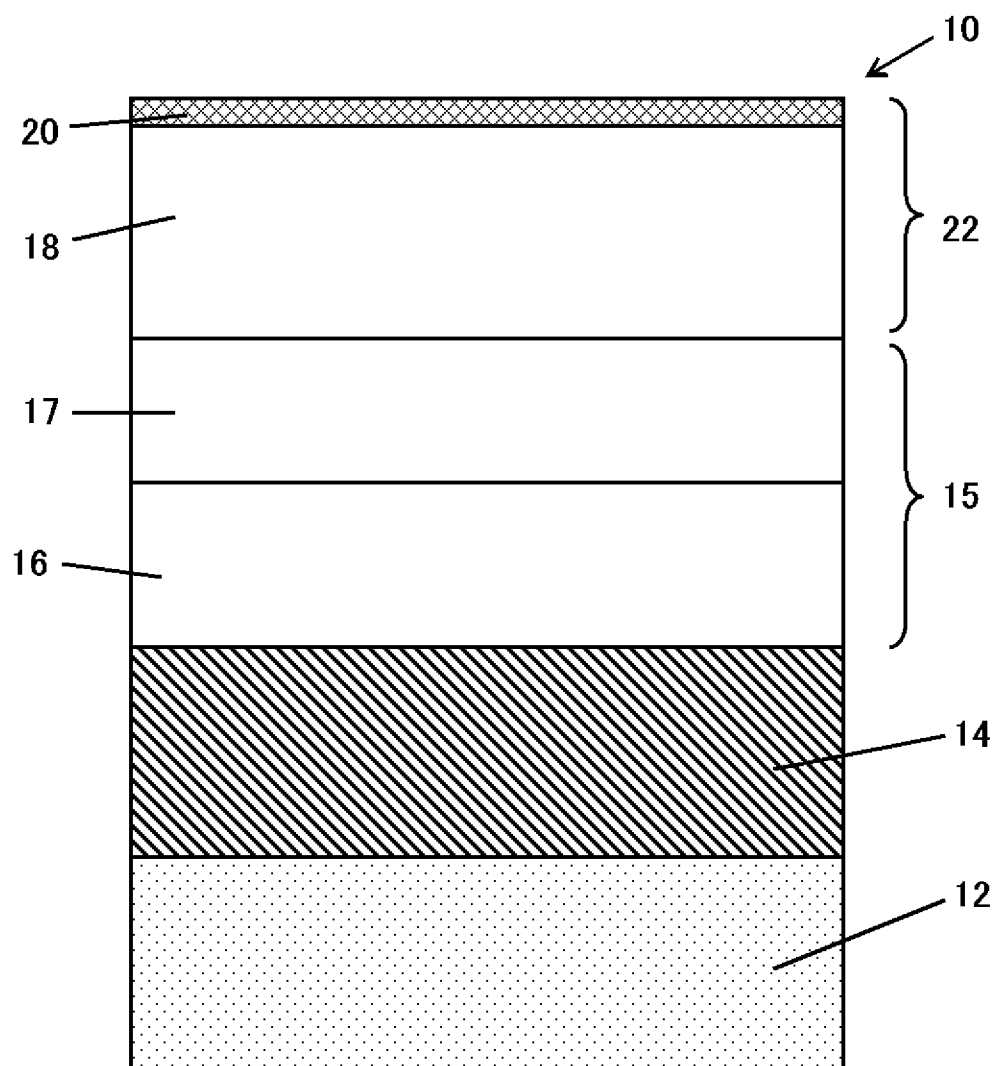
[請求項8] 前記第 1 の領域の炭素濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満であり、前記第 2 の領域の炭素濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の半導体基板。

[請求項9] 請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の半導体基板を用いて作製された半導体素子であって、前記チャネル層上に電極が設けられているものであることを特徴とする半導体素子。

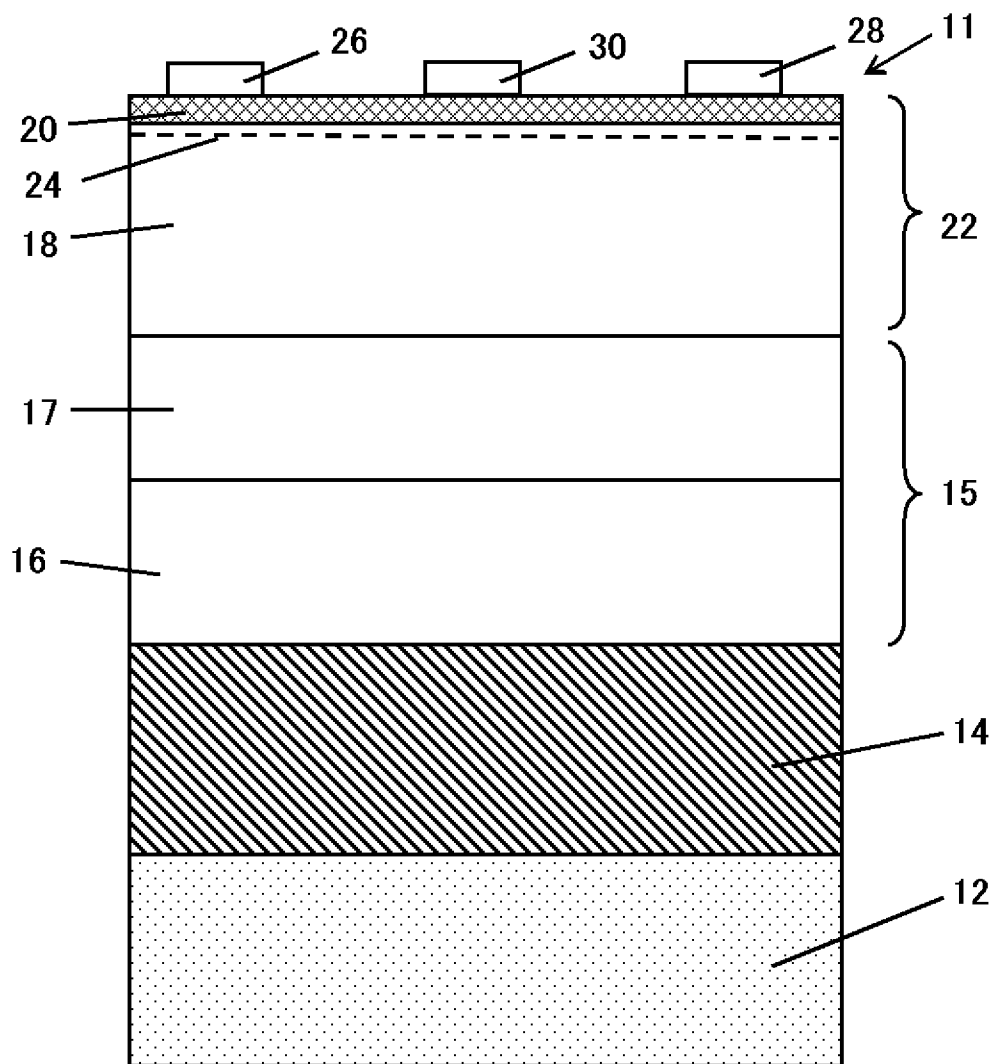
[図1]



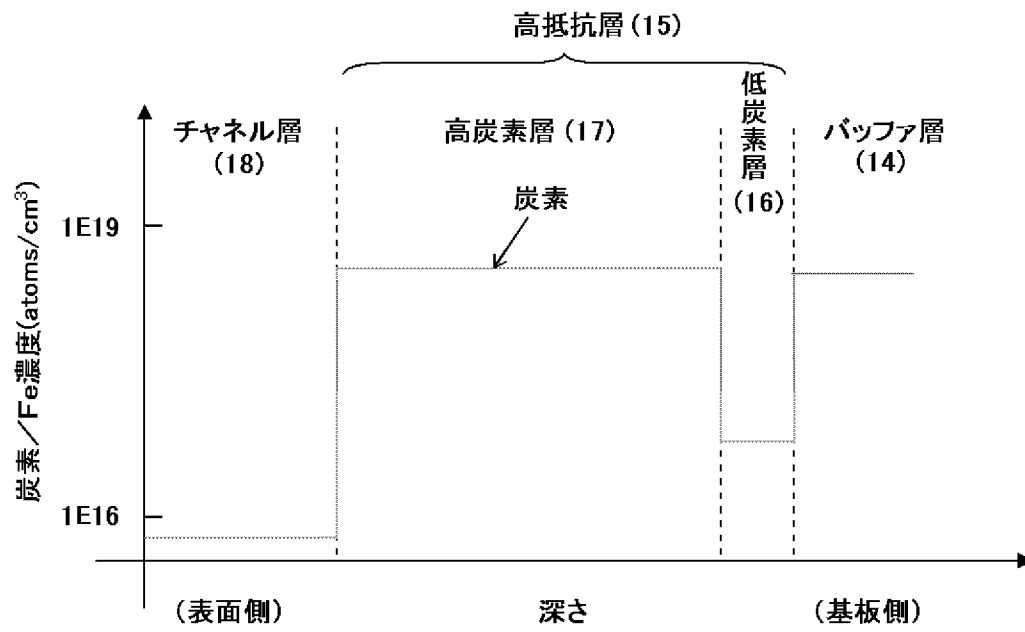
[図2]



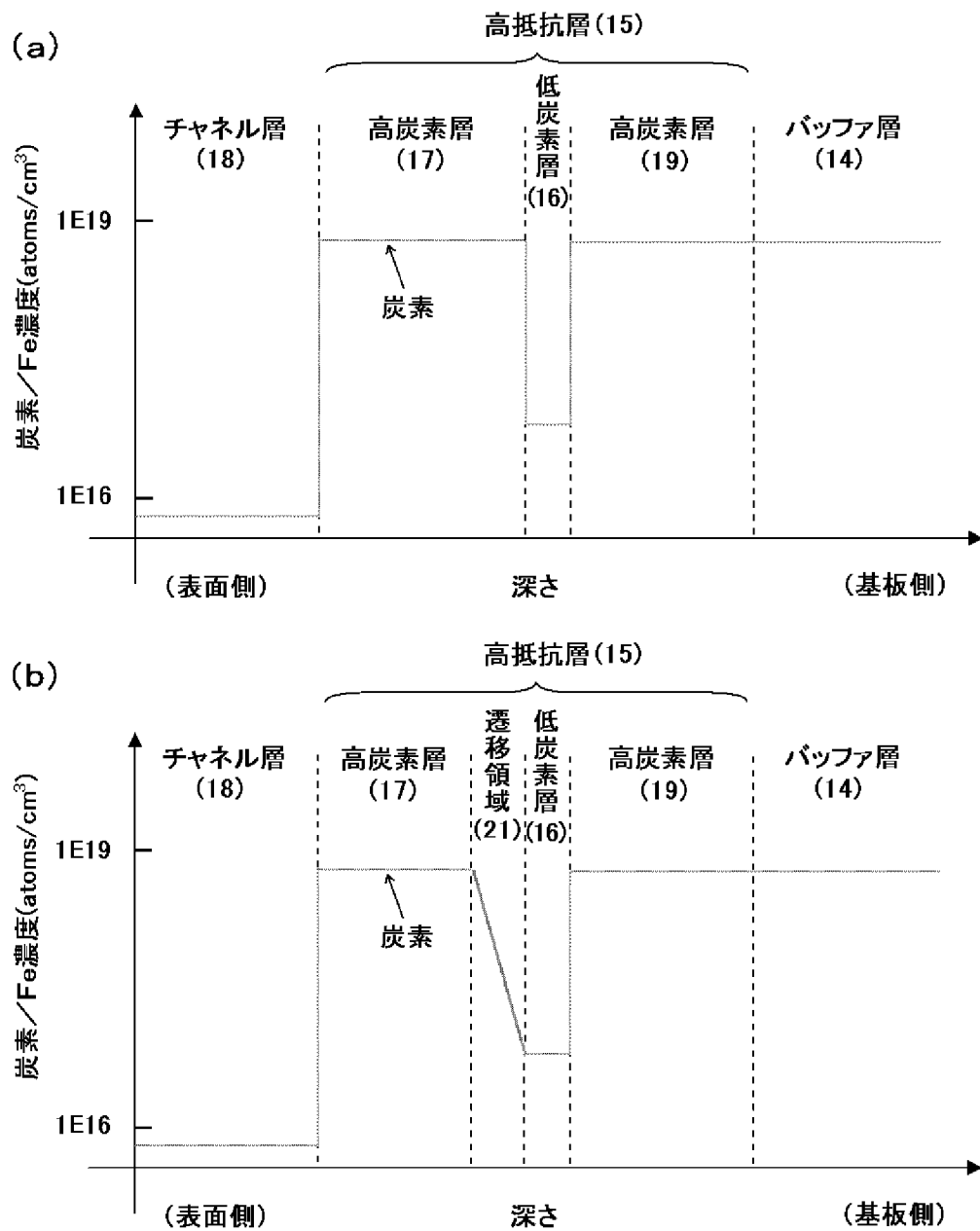
[図3]



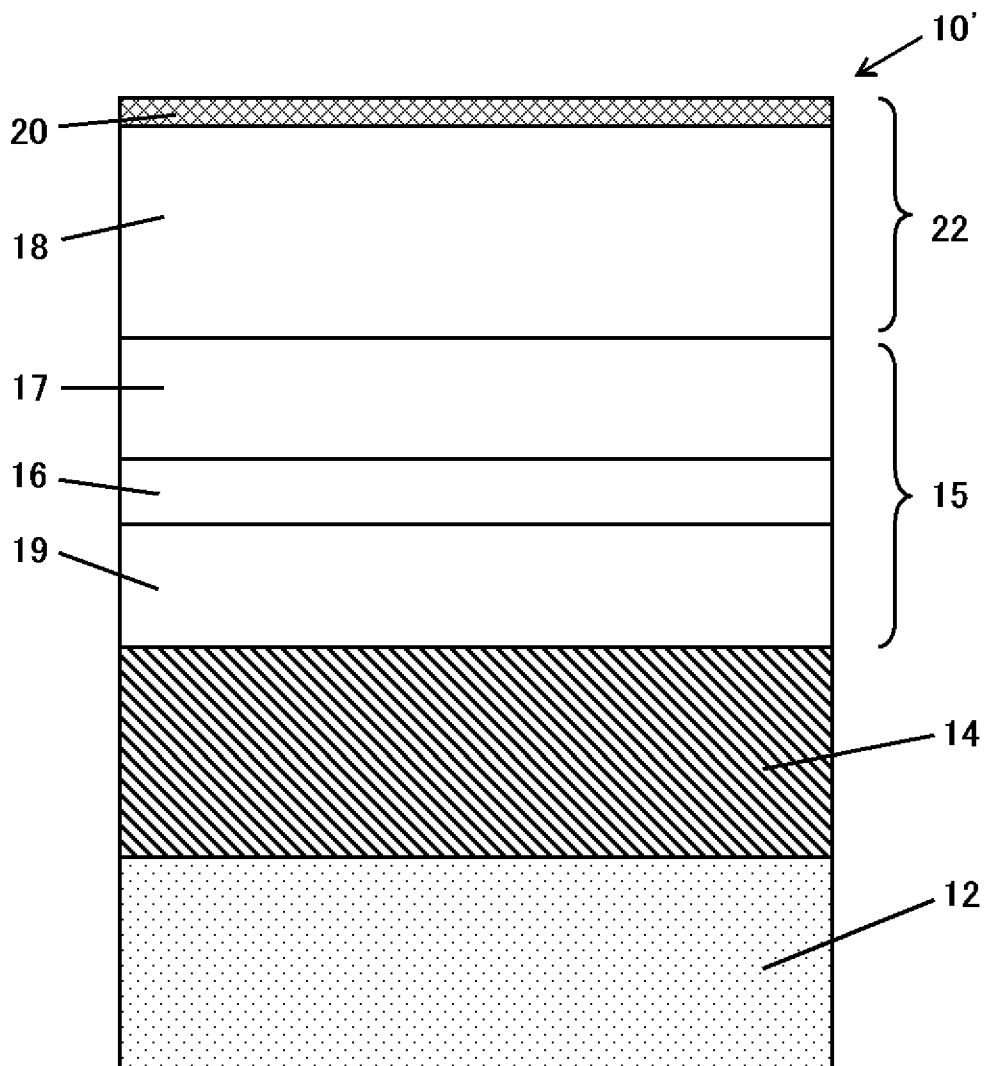
[図4]



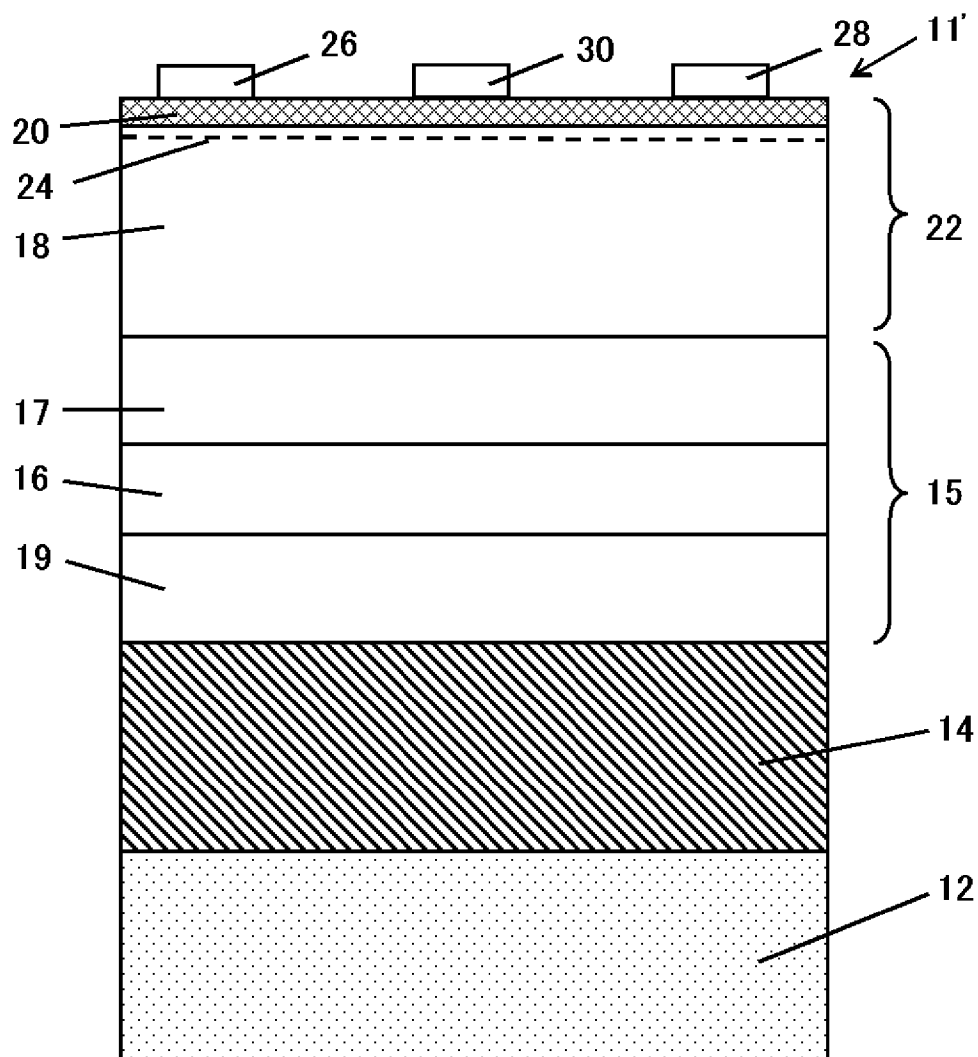
[図5]



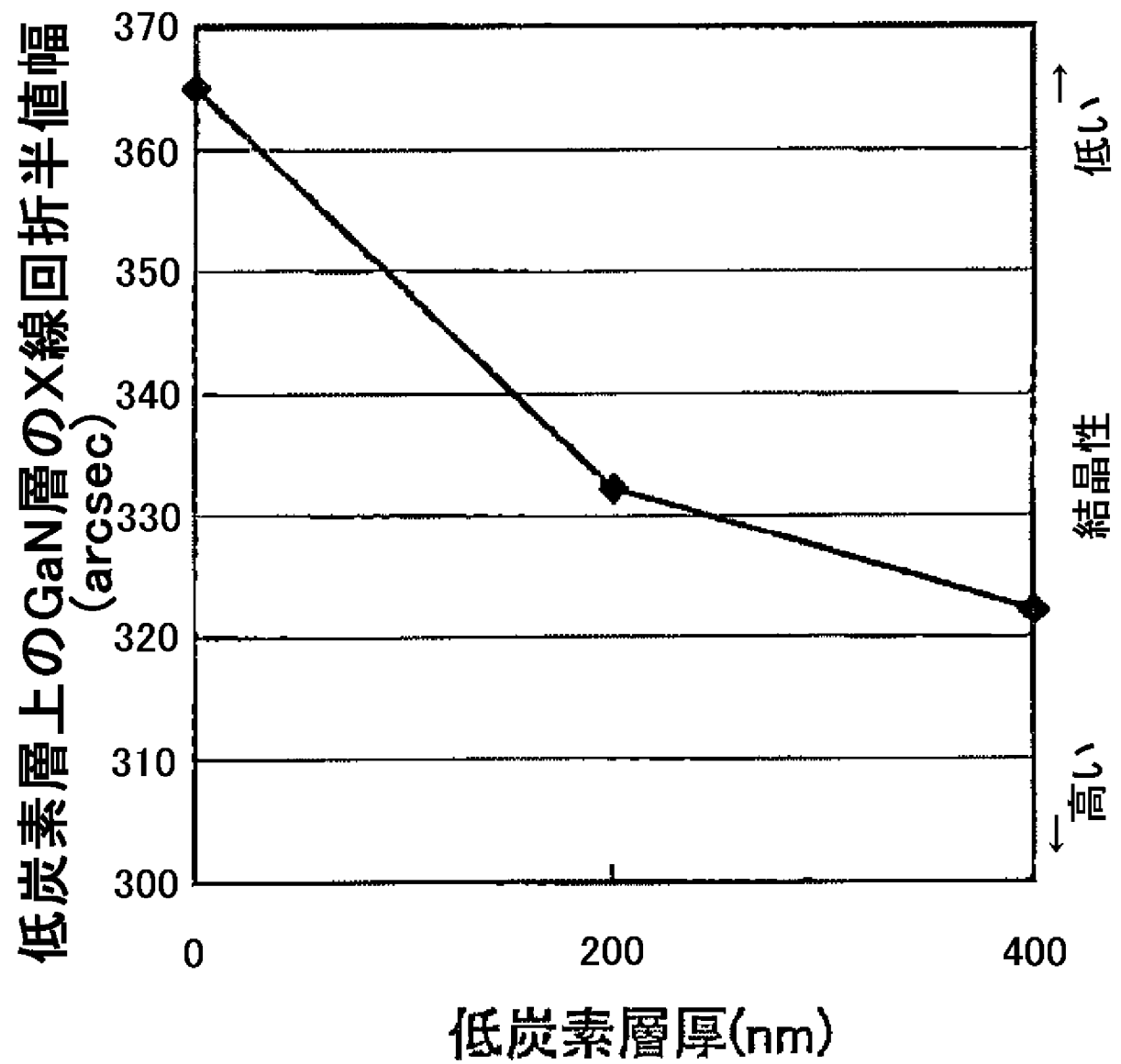
[図6]



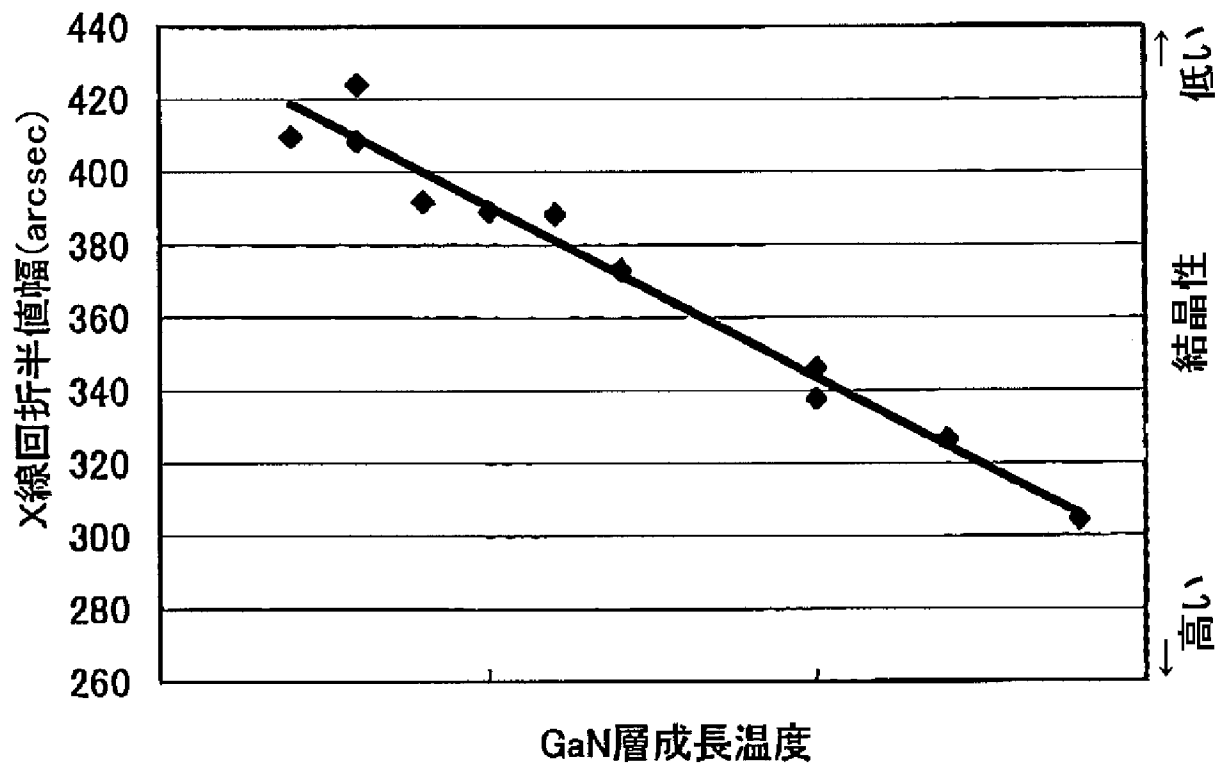
[図7]



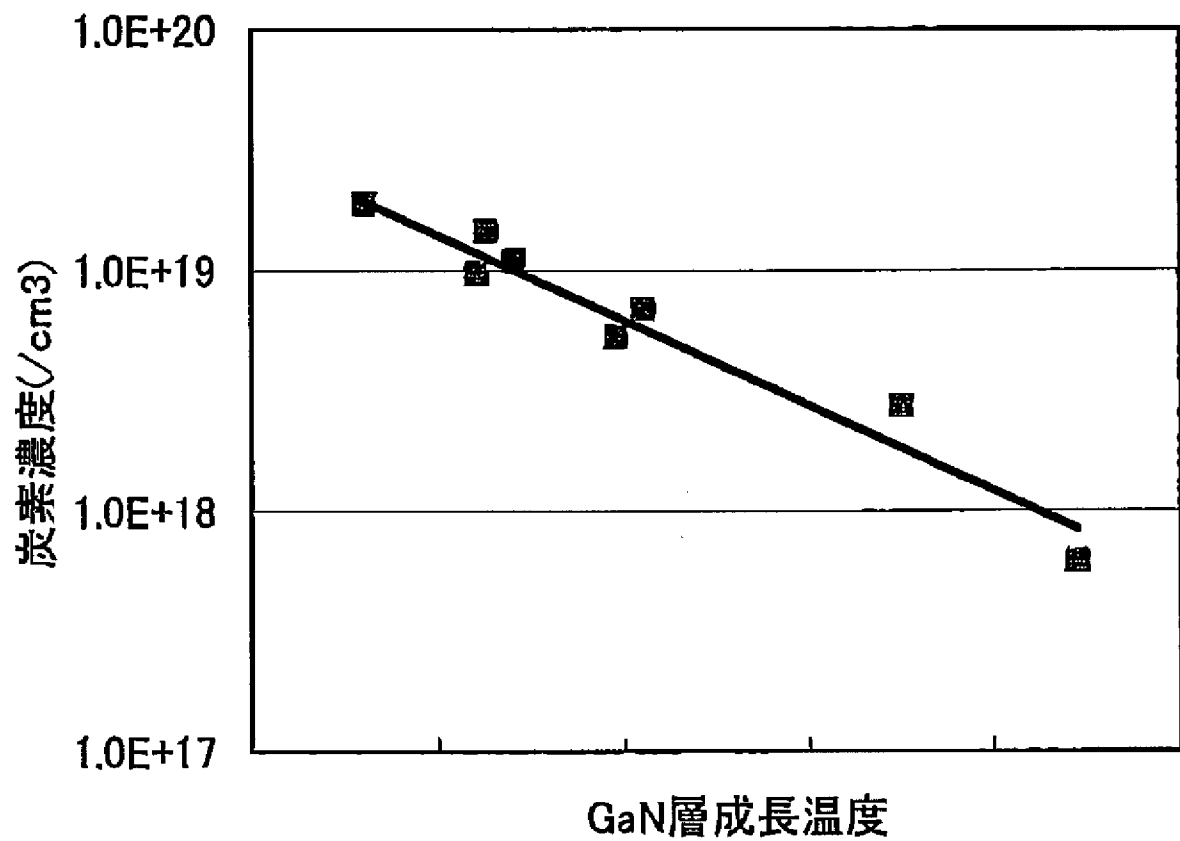
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/001371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/338(2006.01)i, H01L29/778(2006.01)i, H01L29/812(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/338, H01L29/778, H01L29/812

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2011-082494 A (Covalent Materials Corp.), 21 April 2011 (21.04.2011), paragraphs [0023], [0043] to [0068]; fig. 1, 2 & US 2011/0062556 A1 & DE 102010045196 A1	1, 6-9 5 2-4
X A	JP 2014-049674 A (Hitachi Metals, Ltd.), 17 March 2014 (17.03.2014), paragraphs [0021] to [0054]; fig. 1, 2 & US 2014/0061665 A1	1, 6, 7, 9 2-4
Y A	JP 2008-205146 A (Fujitsu Ltd.), 04 September 2008 (04.09.2008), paragraphs [0050] to [0081] & US 2008/0197359 A1 & US 2013/0210203 A1	5 2-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 April 2015 (21.04.15)

Date of mailing of the international search report
12 May 2015 (12.05.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/001371

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X A	JP 2015-053328 A (Fujitsu Ltd.), 19 March 2015 (19.03.2015), paragraphs [0023] to [0050]; fig. 3 to 14 (Family: none)	1, 5-9 2-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/338(2006.01)i, H01L29/778(2006.01)i, H01L29/812(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/338, H01L29/778, H01L29/812

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2011-082494 A（コバレントマテリアル株式会社）2011.04.21, 0023段落、0043段落ないし0068段落、図1及び図2 & US 2011/0062556 A1 & DE 102010045196 A1	1, 6-9 5 2-4
X A	JP 2014-049674 A（日立金属株式会社）2014.03.17, 0021段落 ないし0054段落、図1及び図2 & US 2014/0061665 A1	1, 6, 7, 9 2-4
Y A	JP 2008-205146 A（富士通株式会社）2008.09.04, 0050段落ないし 0081段落 & US 2008/0197359 A1 & US 2013/0210203 A1	5 2-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.04.2015

国際調査報告の発送日

12.05.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

棚田 一也

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

5 F

9361

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
P, X A	JP 2015-053328 A (富士通株式会社) 2015.03.19, 0023 段落ないし 0050 段落、図 3 ないし図 14 (ファミリーなし)	1, 5-9 2-4