

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 7 月 10 日(10.07.2014)



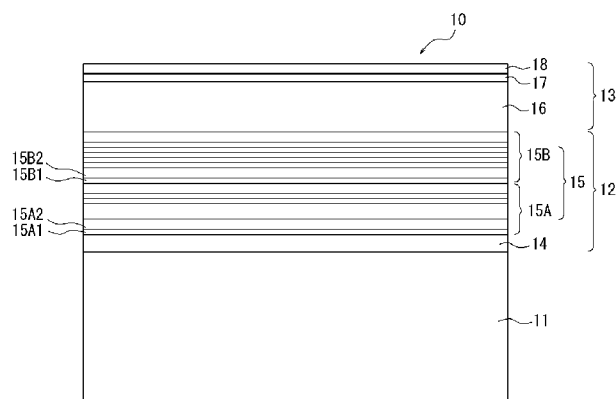
(10) 国際公開番号
WO 2014/106875 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/205 (2006.01) H01L 29/205 (2006.01)
C23C 16/34 (2006.01) H01L 29/778 (2006.01)
H01L 21/20 (2006.01) H01L 29/812 (2006.01)
H01L 21/338 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/007012
- (22) 国際出願日: 2013 年 11 月 28 日(28.11.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-000148 2013 年 1 月 4 日(04.01.2013) JP
- (71) 出願人: DOWA エレクトロニクス株式会社
(DOWA ELECTRONICS MATERIALS CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田 4 丁目
1 4 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 生田 哲也(IKUTA, Tetsuya); 〒1010021 東
京都千代田区外神田 4-1 4-1 DOWA エ
レクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP). 柴田 智
彦(SHIBATA, Tomohiko); 〒1010021 東京都千代田
区外神田 4-1 4-1 DOWA エレクトロニ
クス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 杉村 憲司(SUGIMURA, Kenji); 〒1000013
東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 1 号 霞が関
コモンゲート西館 3 6 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, 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))

(54) Title: GROUP-III NITRIDE EPITAXIAL SUBSTRATE AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: III 族窒化物エピタキシャル基板およびその製造方法

FIG. 1



(57) Abstract: Provided are: a group-iii nitride epitaxial substrate that has reduced warping after forming a primary laminate and that has increased pressure resistance in the longitudinal direction; and a method for producing same. The group-iii nitride epitaxial substrate (10) is characterized by having: an Si substrate (11); an initial layer (14) that contacts the Si substrate (11); and a superlattice laminate (15) that is formed on the initial layer (14), and results from alternately laminating a first layer (15A1(15B1)) comprising $\text{Al}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0.5 < \alpha \leq 1$) and a second layer (15A2(15B2)) comprising $\text{Al}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 < \beta \leq 0.5$). The group-iii nitride epitaxial substrate (10) is further characterized by the compositional ratio (β) of the Al in the second layer gradually increasing with distance from the Si substrate.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/106875 A1



主積層体を形成した後の反りを低減し、かつ、縦方向耐圧を向上したⅢ族窒化物エピタキシャル基板およびその製造方法を提供する。本発明のⅢ族窒化物エピタキシャル基板１０は、Ｓｉ基板１１と、該Ｓｉ基板１１と接する初期層１４と、該初期層１４上に形成され、 $\text{Al}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0.5 < \alpha \leq 1$) からなる第１層１５Ａ１（１５Ｂ１）および $\text{Al}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 < \beta \leq 0.5$) からなる第２層１５Ａ２（１５Ｂ２）を交互に積層してなる超格子積層体１５と、を有し、前記第２層のＡｌ組成比 β が、前記Ｓｉ基板から離れるほど漸増することを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：III族窒化物エピタキシャル基板およびその製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、III族窒化物エピタキシャル基板およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、一般に、Al, Ga, InなどとNとの化合物からなるIII族窒化物半導体は、発光素子や電子デバイス用素子等に広く用いられている。このようなデバイスの特性は、III族窒化物半導体の結晶性に大きく影響されるため、結晶性の高いIII族窒化物半導体を成長させるための技術が求められている。

[0003] III族窒化物半導体は、従来、サファイア基板上にエピタキシャル成長させることによって形成されていた。しかしながら、サファイア基板は熱伝導率が小さいために放熱性が悪く、高出力デバイスの作成には適さないという問題があった。

[0004] そのため、近年、III族窒化物半導体の結晶成長基板として、シリコン基板（Si基板）を用いる技術が提案されている。Si基板は、上記サファイア基板よりも放熱性が高いため高出力デバイスの作成に適しており、また、大型基板が安価であることから、製造コストを抑えることができるという利点を有している。しかしながら、サファイア基板と同様に、Si基板はIII族窒化物半導体とは格子定数が異なり、このSi基板上に直接III族窒化物半導体を成長させても、結晶性の高いIII族窒化物半導体を得ることは期待できなかった。

[0005] また、Si基板上に直接III族窒化物半導体を成長させた場合、このIII族窒化物半導体の熱膨張係数はSiと比較して大きいいため、高温の結晶成長工程から室温にまで冷却する過程において、III族窒化物半導体に大きな引っ張り歪が生じ、これに起因して、Si基板が反ってしまうと同時に、III族窒化物半導体に高密度のクラックが発生してしまうという問題があった。

[0006] そのため、特許文献1には、Si基板とIII族窒化物半導体との間に、 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0.5 \leq x \leq 1$) からなる第1層と $Al_yGa_{1-y}N$ ($0.01 \leq y \leq 0.2$) からなる第2層とを交互に各々複数層積層したAlN系超格子バッファ層を設けることにより、Si基板上に、結晶性が高く、かつ、クラックの発生を防止したIII族窒化物半導体を製造する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2007-67077号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 特許文献1では、窒化物半導体超格子構造を形成することにより、その上のIII族窒化物半導体層（主積層体）でのクラックの発生を防止することについては言及している。しかしながら、本発明者らの検討によると、Si基板に対して、特許文献1のような従来の超格子積層体を形成して、その上にIII族窒化物半導体層からなる主積層体を形成した場合、得られるIII族窒化物エピタキシャル基板が、Si基板側を凹として、主積層体側を凸として大きく反ってしまうことがあることが確認された。なお、III族窒化物エピタキシャル基板の反りに関して、以下、Si基板側を凹として、主積層体側を凸として反る場合を「上側に凸に反る」といい、その反対に、Si基板側を凸として、主積層体側を凹として反る場合を「下側に凸に反る」という。このような大きな上側に凸の反りが発生した場合、主積層体に対するデバイス形成工程での正確な加工に支障をきたし、デバイス不良が発生する可能性があるため、問題となる。

[0009] また、III族窒化物エピタキシャル基板には縦方向耐圧の向上も求められている。

[0010] そこで本発明は、上記課題に鑑み、主積層体を形成した後の反りを低減し

、かつ、縦方向耐圧を向上したIII族窒化物エピタキシャル基板およびその製造方法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

[0011] この目的を達成することが可能な本発明のIII族窒化物エピタキシャル基板は、S i 基板と、該S i 基板と接する初期層と、該初期層上に形成され、 $Al_{\alpha}Ga_{1-\alpha}N$ ($0.5 < \alpha \leq 1$) からなる第1層および $Al_{\beta}Ga_{1-\beta}N$ ($0 < \beta \leq 0.5$) からなる第2層を交互に積層してなる超格子積層体と、を有し、前記第2層のAl組成比 β が、前記S i 基板から離れるほど漸増することを特徴とする。

[0012] 本発明では、前記超格子積層体が、前記第1層およびAl組成比 β が一定の前記第2層を交互に積層してなる超格子層を複数有し、前記第2層のAl組成比 β が、前記S i 基板から離れる位置の超格子層のものほど大きいことが好ましい。

[0013] また、前記S i 基板に最も近い前記第2層のAl組成比 x と、前記S i 基板から最も遠い前記第2層のAl組成比 y との差 $y - x$ が0.02以上であることが好ましい。

[0014] また、前記第1層がAlNであることが好ましい。

[0015] また、前記初期層が、AlN層と該AlN層上の $Al_zGa_{1-z}N$ 層 ($0 < z < 1$) とを含み、該 $Al_zGa_{1-z}N$ 層のAl組成比 z が、前記S i 基板から最も遠い前記第2層のAl組成比 y よりも大きいことが好ましい。

[0016] 前記超格子積層体上に、少なくともAlGaIn層およびGaIn層の2層を含むIII族窒化物層をエピタキシャル成長することにより形成された主積層体をさらに有することが好ましい。

[0017] 前記主積層体形成後の反り量は、以下の式(1)の値以下であることが好ましい。

$$(x/6)^2 \times 50 \mu m \quad \cdots (1)$$

ただし、 x は前記S i 基板のインチサイズとする。すなわち、前記S i 基板が6インチの場合、前記主積層体形成後の反り量が $50 \mu m$ 以下であること

が好ましい。

[0018] 本発明のIII族窒化物エピタキシャル基板の製造方法は、S i 基板上に、該S i 基板と接する初期層を形成する第1工程と、該初期層上に、 $A l_{\alpha}Ga_{1-\alpha}N$ ($0.5 < \alpha \leq 1$) からなる第1層および $A l_{\beta}Ga_{1-\beta}N$ ($0 < \beta \leq 0.5$) からなる第2層を交互に積層してなる超格子積層体を形成する第2工程と、を有し、前記第2工程では、前記第2層のA l 組成比 β を、前記S i 基板から離れるほど漸増させることを特徴とする。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、第2層のA l 組成比 β が、前記S i 基板から離れるほど漸増することにより、主積層体を形成した後の反りを低減し、かつ、縦方向耐圧を向上したIII族窒化物エピタキシャル基板を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明に従うIII族窒化物エピタキシャル基板10の模式断面図である。

[図2]本発明に従う他のIII族窒化物エピタキシャル基板20の模式断面図である。

[図3]反り量(S O R I)の定義を説明する基板の模式断面図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照しつつ本発明をより詳細に説明する。なお、本明細書において、本発明の実施形態である2つのIII族窒化物エピタキシャル基板に共通する構成要素には、原則として下1桁が同一の参照番号を付し、説明は省略する。また、基板の模式断面図は、説明の便宜上、各層の厚みをS i 基板に対して誇張して描いたものである。また、本明細書において単に「A l G a N」と表記する場合は、III族元素(A l, G a の合計)とNとの化学組成比が1 : 1であり、III族元素A l とG a との比率は不定の任意の化合物を意味するものとする。また、この化合物におけるIII族元素中のA l の割合を「A l 組成比」と称する。

[0022] (実施形態1 : III族窒化物エピタキシャル基板10)

本発明の一実施形態であるIII族窒化物エピタキシャル基板10は、図1に示すように、Si基板11と、このSi基板11上に形成されたバッファ層12とを有する。そして、このバッファ層12上にIII族窒化物層をエピタキシャル成長することにより形成された主積層体13を具えることができる。バッファ層12は、Si基板11と接する初期層14と、この初期層14上に形成され、 $Al_{\alpha}Ga_{1-\alpha}N$ ($0.5 < \alpha \leq 1$) からなる第1層および $Al_{\beta}Ga_{1-\beta}N$ ($0 < \beta \leq 0.5$) からなる第2層を交互に積層してなる超格子積層体15と、を有する。本実施形態では、超格子積層体15が、例えばAlNからなる第1層15A1 ($\alpha = 1$) およびAl組成比 β が一定値0.10をとる $Al_{0.10}Ga_{0.90}N$ からなる第2層15A2を交互に積層してなる第1超格子層15Aと、例えばAlNからなる第1層15B1 ($\alpha = 1$) およびAl組成比 β が一定値0.15をとる $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ からなる第2層15B2を交互に積層してなる第2超格子層15Bと、の2層の超格子層を有する。

[0023] Si基板11はSi単結晶基板であり、面方位は特に指定されず、(111), (100), (110)面等を使用することができるが、III族窒化物の(0001)面を成長させるためには(110), (111)面が望ましく、さらに、表面平坦性よく成長させるためには、(111)面を使用することが望ましい。また、p型、n型いずれの伝導型としてもよく、 $0.001 \sim 100000 \Omega \cdot cm$ までの各種抵抗率に適用可能である。また、Si基板内に導電性を制御する以外の目的の不純物(C, O, N, Geなど)を含んでもよい。基板の厚みは、各層のエピタキシャル成長後の反り量等を勘案して適宜設定されるが、例えば500~2000 μm の範囲内である。

[0024] 初期層14を構成する典型的な材料としては、AlGa_{0.9}NまたはAlNが挙げられ、特に、初期層14の基板接触部分をAlN層とすることにより、Si基板11との反応を抑制し、縦方向耐圧を向上させることができる。また、初期層14は、膜厚方向に必ずしも均一組成である必要はなく、基板接触部分をAlN層とすれば、そのAlN層上にAlGa_{0.9}N層を形成するなど

、異なる組成の複数層の積層としたり、組成傾斜させたりしてもよい。また、 AlN と Si 単結晶基板の界面部分に、 Si の窒化膜・酸化膜・炭化膜等の薄膜を挿入したり、こうした膜と AlN が反応した薄膜を挿入してもよい。さらに、初期層14は、結晶品質を損ねない範囲の厚みで、例えば低温バッファ層のようなアモルファス層、多結晶層を形成してもよい。初期層14の厚みは、例えば10～500nmの範囲内である。10nm未満の場合、上層の原料の一部であるGaと Si 基板とが反応することにより欠陥が発生してしまう可能性があり、500nm超えの場合、初期層を形成した時点でクラックが発生する可能性があるからである。

[0025] 本実施形態では、第1超格子層15Aの第2層15A2は Al 組成比 β が0.10で、第2超格子層15Bの第2層15B2は Al 組成比 β が0.15となっており、第2層の Al 組成比 β が、 Si 基板11から離れるほど増加する点が特徴的構成である。このように高 Al 組成比 α の AlGaIn 層（ AlN 含む）と低 Al 組成比 β の AlGaIn 層との超格子積層体において、低 Al 組成比 β の AlGaIn 層の Al 組成比 β を Si 基板から離れるほど増加させることによって、主積層体13を形成した後のIII族窒化物エピタキシャル基板10の反りを低減できることを、本発明者らは見出した。その結果、主積層体に対するデバイス形成工程でのデバイス不良の可能性を低減することができる。

[0026] 本発明は、以下のような作用により上記の効果が得られるものと本発明者らは予想している。すなわち、 Al 組成比が低い層の上に Al 組成比が高い層を形成すると、ウェハ面内の格子定数として考えた場合、面内格子定数の大きい層（例えば $\text{GaIn} = 3.19$ ）の上に面内格子定数の小さい層（例えば $\text{AlN} = 3.11$ ）を形成することになり、 Al 組成比が高い層に引張応力が誘起される。さらに、その引張応力が誘起された Al 組成比が高い層の上に Al 組成比が低い層を形成すると、逆に Al 組成比が低い層に圧縮応力が誘起される。そのため、単なる繰り返しでは全体としてこれらの応力はキャンセルされて小さくなる。しかし、高 Al 組成比の AlGaIn 層（ AlN

含む)と低AⅠ組成比のAⅠGa_{1-x}N層との超格子積層体において、低AⅠ組成比のAⅠGa_{1-x}N層のAⅠ組成比をSⅰ基板から離れるほど増加させていくと、格子定数差が小さくなった結果として、引張応力を発生することができる。結果、そのほかの層で発生している圧縮応力とキャンセルすることにより、応力の総和を低減することが可能となる。そのため、本発明の超格子積層体15は、主積層体13との間で応力を相殺させ、主積層体13を形成した後のIII族窒化物エピタキシャル基板10の反りを低減できる。

[0027] また、第2層のAⅠ組成比 β が、Sⅰ基板11から離れるほど増加する本実施形態においては、反対に第2層のAⅠ組成比が、Sⅰ基板から離れるほど減少する場合に比べて、縦方向耐圧が向上するという効果も奏する。III族窒化物半導体は、AⅠ組成比が高くなるほどバンドギャップが大きくなり、材料自体の持つ固有の抵抗が高くなる。本実施形態では、AⅠ組成比の高い層を超格子層に使う割合が増えることにより、バッファ層の抵抗を高くすることができ、リーク電流の減少・耐圧向上の効果を有すると考えられる。ただし、超格子積層体全体として生じる圧縮応力が大きくなりすぎた場合、クラックの発生につながるため、組成差は適宜設定する必要がある。

[0028] 主積層体13は、バッファ層12上に、少なくともAⅠGa_{1-x}N層およびGa_{1-x}N層の2層を含むIII族窒化物層をエピタキシャル成長することにより形成される。本実施形態では、主積層体13は、第2超格子層15B上に形成されるAⅠGa_{1-x}N層16と、AⅠGa_{1-x}N層16上に形成されるGa_{1-x}Nからなるチャンネル層17と、チャンネル層17上に形成され、チャンネル層よりもバンドギャップの大きいAⅠGa_{1-x}Nからなる電子供給層18とからなる。2次元電子ガスが発生する部分での合金散乱を避けるため、主積層体13におけるGa_{1-x}N層は、本実施形態のように最も電子供給層18側に位置することが好ましい。超格子積層体15の直上の層は、該層に圧縮応力が加わるように、超格子積層体15中の最も上側の第2層よりも低いAⅠ組成比を有するAⅠGa_{1-x}NまたはGa_{1-x}Nとすることが好ましい。本発明において、主積層体13の厚みは、0.1～5 μ mの範囲内であることが好ましい。0.1 μ m未満の

場合、ピットなどの欠陥が発生する可能性があり、 $5\mu\text{m}$ 超えの場合、主積層体13にクラックが発生する可能性があるからである。チャンネル層16および電子供給層17の厚みは、デバイス設計上適宜設定すればよい。

[0029] 本実施形態のIII族窒化物エピタキシャル基板10は任意の電子デバイス（LED、LD、トランジスタ、ダイオード等）に用いることができ、特にHEMT（High Electron Mobility Transistor）に用いるのが好ましい。

[0030] 本発明のIII族窒化物エピタキシャル基板10をデバイス化する工程としては、基板10に電極を形成する工程、窒化物半導体層の個片化のために、エッチングで溝を形成する工程、表面パッシベーション膜を形成する工程、素子を分離する工程などが挙げられ、各工程間に素子の搬送が行われる。

[0031] （実施形態2：III族窒化物エピタキシャル基板20）

本発明の他の実施形態であるIII族窒化物エピタキシャル基板20は、図2に示すように、Si基板21と、このSi基板21上に形成されたバッファ層22とを有する。そして、このバッファ層22上にIII族窒化物層をエピタキシャル成長することにより形成された主積層体23を具えることができる。バッファ層22は、Si基板11と接する初期層24と、この初期層24上に形成され、 $\text{Al}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0.5 < \alpha \leq 1$) からなる第1層および $\text{Al}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 < \beta \leq 0.5$) からなる第2層を交互に積層してなる超格子積層体25と、を有する。本実施形態では、超格子積層体25が、例えばAlNからなる第1層25A1 ($\alpha = 1$) およびAl組成比 β が一定値0.10をとる $\text{Al}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ からなる第2層25A2を交互に積層してなる第1超格子層25Aと、例えばAlNからなる第1層25B1 ($\alpha = 1$) およびAl組成比 β が一定値0.12をとる $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる第2層25B2を交互に積層してなる第2超格子層25Bと、例えばAlNからなる第1層25C1 ($\alpha = 1$) およびAl組成比 β が一定値0.14をとる $\text{Al}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{N}$ からなる第2層25C2を交互に積層してなる第3超格子層25Cと、例えばAlNからなる第1層25D1 ($\alpha = 1$) およびAl組成比 β が一定値0.16をとる $\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{N}$ からなる第2層25

D 2を交互に積層してなる第4超格子層25Dと、例えばAlNからなる第1層25E1 ($\alpha = 1$) およびAl組成比 β が一定値0.18をとるAl_{0.18}Ga_{0.82}Nからなる第2層25E2を交互に積層してなる第5超格子層25Eと、の5層の超格子層を有する。

[0032] 本実施形態でも、5つの超格子層25A～25E中の第2層25A2～25E2のAl組成比 β が、0.10<0.12<0.14<0.16<0.18と、Si基板21から離れるほど増加しており、実施形態1と同様、主積層体23を形成した後のIII族窒化物エピタキシャル基板20の反りを低減でき、かつ、縦方向耐圧を向上できる。

[0033] Si基板21、初期層24、AlGaIn層26、チャネル層27、電子供給層28については実施形態1と同様である。

[0034] (他の実施形態)

上述したところはいずれも代表的な実施形態の例を示したものであって、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではなく、例えば以下のような実施形態をも包含するものである。

[0035] 実施形態1, 2の超格子積層体15, 25では、複数の超格子層を設け、各超格子層にわたり第1層はAlNとし、各超格子層におけるAl _{β} Ga_{1- β} Nからなる第2層の一定のAl組成比 β を基板から離れるほど増加させる例を示した。しかし、超格子積層体中のAl組成比の変化の態様としては、例えば以下のようなものでもよい。

[0036] 例えば、AlNからなる第1層と、Al _{β} Ga_{1- β} Nからなる第2層を交互に複数組形成する超格子積層体において、この第2層のAl組成比 β を基板から離れるほど漸増させても良い。ここで、漸増とは、連続または階段状に増加することを言い、上記の複数の超格子層により第2層のAl組成比 β が階段状に増加するもの以外に、第2層のAl組成比 β がSi基板から離れるほど連続して増加し続ける場合を含む。このような場合であっても、実施形態1において説明した作用効果を奏することは明らかである。

[0037] また、本発明における第2層は、Al組成比 β が0< β ≤0.5であり、

第1層は、AⅠ組成比 α が $0.5 < \alpha \leq 1$ であるため、いずれの第2層も、素子から近いかに遠いかに関わらず、必ず第1層よりも低いAⅠ組成比を有している。よって、本発明において、第1層は素子からの距離に関わらず同一の組成（実施形態1，2ではAⅠN）に限定する必要はなく、複数の第1層の間で $0.5 < \alpha \leq 1$ の範囲内でAⅠ組成比を変化させてもよい。

[0038] しかし、本発明では実施形態1，2に示したように、すべての第1層がAⅠNであることが好ましい。これにより、隣接する第2層とのAⅠ組成比の差が最大となり、歪緩衝効果が最大となるからである。

[0039] 本発明における第2層は、AⅠ組成比 β が $0 < \beta \leq 0.5$ であれば特に限定されないが、Si基板から最も遠い第2層のAⅠ組成比 y が $0.05 \sim 0.5$ の範囲内であることが好ましい。 y が 0.05 を下回ると、縦方向耐圧が十分に確保できない可能性があり、 0.5 を超えると、歪緩衝効果が不十分になり、超格子積層体にクラックが発生する可能性があるからである。

[0040] また、本発明では、Si基板に最も近い第2層のAⅠ組成比 x も0となることはない。すなわち、第2層がGaⅠNとなることはない。なぜならば、第2層がGaⅠNとなる場合、素子の縦方向耐圧を十分に確保できなくなるからである。さらに、縦方向耐圧が特に重要な場合、このように素子の縦方向耐圧を確保する観点からは、 x が 0.05 より大きいことが好ましく、 0.1 以上であることがより好ましい。

[0041] また、本発明では、Si基板に最も近い第2層のAⅠ組成比 x と、Si基板から最も離れた第2層のAⅠ組成比 y との関係において、AⅠ組成比 β の値の範囲内で $x < y$ であり、その差 $(y - x)$ が 0.02 以上であることが好ましい。 0.02 未満では、反りの低減効果が不十分となる可能性があるためである。さらに、その差 $(y - x)$ が 0.45 以下であることが好ましく、 0.2 以下であることがより好ましい。

[0042] また、初期層14が、AⅠN層とこのAⅠN層上のAⅠ_zGa_{1-z}N層（ $0 < z < 1$ ）とを含む場合には、AⅠ組成比 z が、Si基板から最も遠い第2層、すなわち第2層中最大のAⅠ組成比を有する第2層のAⅠ組成比 y より

も大きいことが好ましい。 $z > y$ とすることにより、超格子積層体にクラックが発生するのを抑制できるからである。

[0043] 本明細書において、バッファ層を構成する「A l G a N」は、他のIII族元素であるBおよび／またはI nを合計1%以下含んでいてもよい。また、例えばS i, H, O, C, M g, A s, Pなどの微量の不純物を含んでいてもよい。なお、主積層体を構成するG a N, A l G a Nなども同様に他のIII族元素を合計1%以下含んでいてもよい。

[0044] 本発明における超格子積層体の一組の積層体（実施形態1, 2では第1層および第2層）の厚みは、組成の組み合わせで適宜設定され、例えば1～100nm程度とすればよい。また、第1層の厚みは、0.5～200nm、第2層の厚みは、0.5～100nmとすることができる。

[0045] 本発明における超格子積層体の積層体（第1層および第2層）の組数は、必要とする耐圧により適宜設定され、例えば40～300組とすることができる。また、超格子積層体の全体の厚みは1μm以上とすることが好ましい。1μm以上の場合、膜内に発生する応力の総和が十分に大きくなるため、本発明による効果が十分に発揮されるからである。

[0046] 本発明において、主積層体形成後の反り量は、以下の式（1）の値以下であることが好ましい。

$$(x/6)^2 \times 50 \mu m \quad \cdots (1)$$

ただし、xは前記S i基板のインチサイズとする。すなわち、S i基板が6インチの場合、主積層体形成後の反り量が50μm以下であることが好ましい。これにより、主積層体に対するデバイス形成工程でのデバイス不良をより効果的に低減することができる。

[0047] （III族窒化物エピタキシャル基板の製造方法）

次に、本発明のIII族窒化物エピタキシャル基板の製造方法の実施形態について説明する。本発明のIII族窒化物エピタキシャル基板の製造方法は、例えば図1に示すように、S i基板11上に、このS i基板11と接する初期層14を形成する第1工程と、この初期層14上に、 $A l_{\alpha} G a_{1-\alpha} N$ （0.5

$<\alpha \leq 1$) からなる第1層15A1 (15B1) および $\text{Al}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 < \beta \leq 0.5$) からなる第2層15A2 (15B2) を交互に積層してなる超格子積層体15を形成する第2工程と、を有し、この第2工程では、第2層のAl組成比 β を、第1超格子層15Aよりも第2超格子層15Bで、すなわち、Si基板11から離れるほど漸増させることを特徴とする。その後、バッファ層12上にIII族窒化物層をエピタキシャル成長することにより主積層体13を形成することができる。この方法により、主積層体13を形成した後のIII族窒化物エピタキシャル基板10の反りを低減でき、かつ、縦方向耐圧を向上できる。

[0048] 本発明における各層のエピタキシャル成長方法としては、MOCVD法、MBE法など公知の手法を用いることができる。AlGa_xNを形成する場合の原料ガスとしては、TMA (トリメチルアルミニウム)、TMG (トリメチルガリウム)、アンモニアを挙げることができ、膜中のAl組成比の制御は、TMAとTMGとの混合比を制御することにより行うことができる。また、エピタキシャル成長後のAl組成比や膜厚の評価は、TEM-EDSなど公知の手法を用いることができる。

[0049] 以下、実施例を用いて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に何ら限定されるものではない。

実施例

[0050] (実施例1)

(111)面6インチp型Si単結晶基板(Bドープ、比抵抗 $0.02\Omega \cdot \text{cm}$ 、厚さ: $625\mu\text{m}$)上に、バッファ層として、AlN(厚さ: 120nm)と $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{N}$ (厚さ: 50nm)を順に積層した初期層を形成した。その後、初期層上に、AlN(厚さ: 3.5nm)および $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ (厚さ: 25nm)を交互に50組積層した第1超格子層と、AlN(厚さ: 3.5nm)および $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ (厚さ: 25nm)を交互に50組積層した第2超格子層とを順次エピタキシャル成長させ、超格子積層体とした。その後、超格子積層体上に、 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ (厚さ:

1 μm)、Ga_{0.25}Nチャネル層（厚さ：20 nm）およびAl_{0.25}Ga_{0.75}N電子供給層（厚さ：30 nm）を主積層体としてエピタキシャル成長させて、HEMT構造を持つ実施形態1のようなIII族窒化物エピタキシャル基板を作製した。なお、成長方法としては、原料として、TMA（トリメチルアルミニウム）、TMG（トリメチルガリウム）、アンモニアを用いたMOCVD法を用いた。キャリアガスとしては、窒素・水素を用いた。各層の成長条件（圧力・温度）は、いずれも20 kPa、1000℃、V/III比を2000とした。また、各AlGa_{0.25}N層におけるAl組成比の制御は、TMAとTMGとの混合比を適宜制御することにより行った。以下の各実施例および各比較例においても同様である。

[0051] （実施例2）

超格子積層体を、AlN（厚さ：3.5 nm）およびAl_{0.10}Ga_{0.90}N（厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第1超格子層と、AlN（厚さ：3.5 nm）およびAl_{0.12}Ga_{0.88}N（厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第2超格子層と、AlN（厚さ：3.5 nm）およびAl_{0.14}Ga_{0.86}N（厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第3超格子層と、AlN（厚さ：3.5 nm）およびAl_{0.16}Ga_{0.84}N（厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第4超格子層と、AlN（厚さ：3.5 nm）およびAl_{0.18}Ga_{0.82}N（厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第5超格子層と、を順次エピタキシャル成長させたものとした以外は、実施例1と同様にして、HEMT構造を持つ実施形態2のようなIII族窒化物エピタキシャル基板を作製した。成長温度および成長圧力は実施例1と同様とした。

[0052] （実施例3）

超格子積層体を、AlN（厚さ：3.5 nm）およびAl_{0.10}Ga_{0.90}N（厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第1超格子層と、AlN（厚さ：3.5 nm）およびAl_{0.11}Ga_{0.89}N（厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第2超格子層と、AlN（厚さ：3.5 nm）およびAl_{0.12}Ga_{0.88}N（厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第3超格子層と、Al

N（厚さ：3.5 nm）および $\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ （厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第4超格子層と、 AlN （厚さ：3.5 nm）および $\text{Al}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{N}$ （厚さ：25 nm）を交互に20組積層した第5超格子層と、を順次エピタキシャル成長させたものとした以外は、実施例1と同様にして、HEMT構造を持つIII族窒化物エピタキシャル基板を作製した。

[0053] （比較例1）

超格子積層体を、 AlN （厚さ：3.5 nm）および $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ （厚さ：25 nm）を交互に100組積層した超格子層をエピタキシャル成長させたものとした以外は、実施例1と同様にして、HEMT構造を持つ比較例1にかかるIII族窒化物エピタキシャル基板を作製した。

[0054] （比較例2）

超格子積層体を、 AlN （厚さ：3.5 nm）および $\text{Al}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ （厚さ：25 nm）を交互に100組積層した超格子層をエピタキシャル成長させたものとした以外は、実施例1と同様にして、HEMT構造を持つ比較例2にかかるIII族窒化物エピタキシャル基板を作製した。

[0055] （比較例3）

超格子積層体を、 AlN （厚さ：3.5 nm）および $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ （厚さ：25 nm）を交互に100組積層した超格子層をエピタキシャル成長させたものとした以外は、実施例1と同様にして、HEMT構造を持つ比較例3にかかるIII族窒化物エピタキシャル基板を作製した。

[0056] （比較例4）

超格子積層体を、 AlN （厚さ：3.5 nm）および GaN （厚さ：25 nm）を交互に100組積層した超格子層をエピタキシャル成長させたものとした以外は、実施例1と同様にして、HEMT構造を持つ比較例4にかかるIII族窒化物エピタキシャル基板を作製した。

[0057] （比較例5）

超格子積層体を、 AlN （厚さ：3.5 nm）および $\text{Al}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ （厚さ：25 nm）を交互に50組積層した第1超格子層と、 AlN （厚さ

: 3.5 nm) および $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ (厚さ: 25 nm) を交互に 50 組積層した第 2 超格子層と、を順次エピタキシャル成長させたものとした以外は、実施例 1 と同様にして、HEMT 構造を持つ比較例 5 にかかる III 族窒化物エピタキシャル基板を作製した。

[0058] (比較例 6)

超格子積層体を、 AlN (厚さ: 3.5 nm) および $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ (厚さ: 25 nm) を交互に 50 組積層した第 1 超格子層と、 AlN (厚さ: 3.5 nm) および $\text{Al}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ (厚さ: 25 nm) を交互に 50 組積層した第 2 超格子層と、を順次エピタキシャル成長させたものとした以外は、実施例 1 と同様にして、HEMT 構造を持つ比較例 6 にかかる III 族窒化物エピタキシャル基板を作製した。

[0059] (評価 1: III 族窒化物エピタキシャル基板の反り量の測定)

光学干渉方式による反り測定装置 (Nidek 社製、FT-900) を用いて、主積層体を形成した後の III 族窒化物エピタキシャル基板の反り量を測定し、結果を表 1 に示す。本発明における「反り量」は、SEMI M1-0302 に準じて測定したものを意味するものとする。すなわち、非強制状態で測定を行い、反り量は非吸着での全測定点データの最大値と最小値との差の値である。図 3 に示すように、基準面を最小二乗法により求められた仮想平面とすると、反り量 (SORI) は最大値 A と最小値 B の絶対値の和で示される。なお、表 1 では、基準面に対して下側に凸となる反りを「- (マイナス)」で、上側に凸となる反りを「+ (プラス)」で表示する。

[0060] (評価 2: 縦方向耐圧の測定)

電子供給層上に、 $80\text{ }\mu\text{m}\phi$ からなる Ti/Au 積層構造のオーミック電極を形成し、オーミック電極外側を 50 nm の厚みでエッチングした後、Si 基板裏面を金属板に接地し、両電極間に流れる電流値を電圧に対して測定した。この際、空気中の放電を抑制するため、絶縁油で両電極間を絶縁している。また、基板裏面へのリークの影響をなくするため、基板下には絶縁板を配置している。本実験例において、縦方向耐圧は縦方向の電流値を上記オー

ミック電極の面積で単位面積当たりの値に換算した値が $10^{-4} \text{ A} / \text{cm}^2$ に達する電圧値とし、以下の評価基準で結果を表 1 に示す。

(評価基準)

○ : 400 V 以上

△ : 200 V 以上 400 V 未満

× : 200 V 未満

[0061] [表1]

	反り量 (μm)	縦方向耐圧
実施例1	-20	○
実施例2	-20	○
実施例3	-10	○
比較例1	150	○
比較例2	150	○
比較例3	120	△
比較例4	100	×
比較例5	80	△
比較例6	60	○

[0062] 表 1 に示すとおり、実施例では比較例よりも、主積層体を形成した後の III 族窒化物エピタキシャル基板の反り量を小さくすることができ、反り量をいずれも $50 \mu\text{m}$ 以下とすることができた。また、初期層から主積層体に近づくにつれて超格子積層体の第 2 層の A Ⅰ 組成比を高くしているため、初期層から主積層体に近づくにつれて超格子積層体の第 2 層の A Ⅰ 組成比を低くした比較例 5, 6 に比べて、縦方向耐圧が悪くなることはなかった。

[0063] また、実施例 1 と実施例 2 とから、A Ⅰ 組成比の変更を多数回としても同様の効果が得られることがわかる。また、実施例 2 と実施例 3 とを比較すると、第 2 層の A Ⅰ 組成比の変化を大きくしたほうが、より下方向に凸にする

効果が高いことがわかる。

産業上の利用可能性

[0064] 本発明によれば、主積層体を形成した後の反りを低減し、かつ、縦方向耐圧を向上したIII族窒化物エピタキシャル基板を得ることができる。

符号の説明

- [0065] 10 III族窒化物エピタキシャル基板
- 11 Si 基板
- 12 バッファ層
- 13 主積層体
- 14 初期層
- 15 超格子積層体
- 15A 第1超格子層
- 15A1 第1層 (AlN)
- 15A2 第2層 ($\text{Al}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$)
- 15B 第2超格子層
- 15B1 第1層 (AlN)
- 15B2 第2層 ($\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$)
- 16 AlGaN層
- 17 チャネル層 (GaN)
- 18 電子供給層 (AlGaN)

請求の範囲

- [請求項1] S_i 基板と、該 S_i 基板と接する初期層と、該初期層上に形成され、 $Al_\alpha Ga_{1-\alpha}N$ ($0.5 < \alpha \leq 1$) からなる第1層および $Al_\beta Ga_{1-\beta}N$ ($0 < \beta \leq 0.5$) からなる第2層を交互に積層してなる超格子積層体と、を有し、
- 前記第2層の Al 組成比 β が、前記 S_i 基板から離れるほど漸増することを特徴とするIII族窒化物エピタキシャル基板。
- [請求項2] 前記超格子積層体が、前記第1層および Al 組成比 β が一定の前記第2層を交互に積層してなる超格子層を複数有し、
- 前記第2層の Al 組成比 β が、前記 S_i 基板から離れる位置の超格子層のものほど大きい請求項1に記載のIII族窒化物エピタキシャル基板。
- [請求項3] 前記 S_i 基板に最も近い前記第2層の Al 組成比 x と、前記 S_i 基板から最も遠い前記第2層の Al 組成比 y との差 $y - x$ が 0.02 以上である請求項1または2に記載のIII族窒化物エピタキシャル基板。
- [請求項4] 前記第1層が AlN である請求項1～3のいずれか1項に記載のII族窒化物エピタキシャル基板。
- [請求項5] 前記初期層が、 AlN 層と該 AlN 層上の $Al_z Ga_{1-z}N$ 層 ($0 < z < 1$) とを含み、該 $Al_z Ga_{1-z}N$ 層の Al 組成比 z が、前記 S_i 基板から最も遠い前記第2層の Al 組成比 y よりも大きい請求項1～4のいずれか1項に記載のIII族窒化物エピタキシャル基板。
- [請求項6] 前記超格子積層体上に、少なくとも $AlGaIn$ 層および GaN 層の2層を含むIII族窒化物層をエピタキシャル成長することにより形成された主積層体をさらに有する請求項1～5のいずれか1項に記載のIII族窒化物エピタキシャル基板。
- [請求項7] 前記主積層体形成後の反り量が、以下の式(1)の値以下である請求項6に記載のIII族窒化物エピタキシャル基板。

$$(x/6)^2 \times 50 \mu\text{m} \quad \dots (1)$$

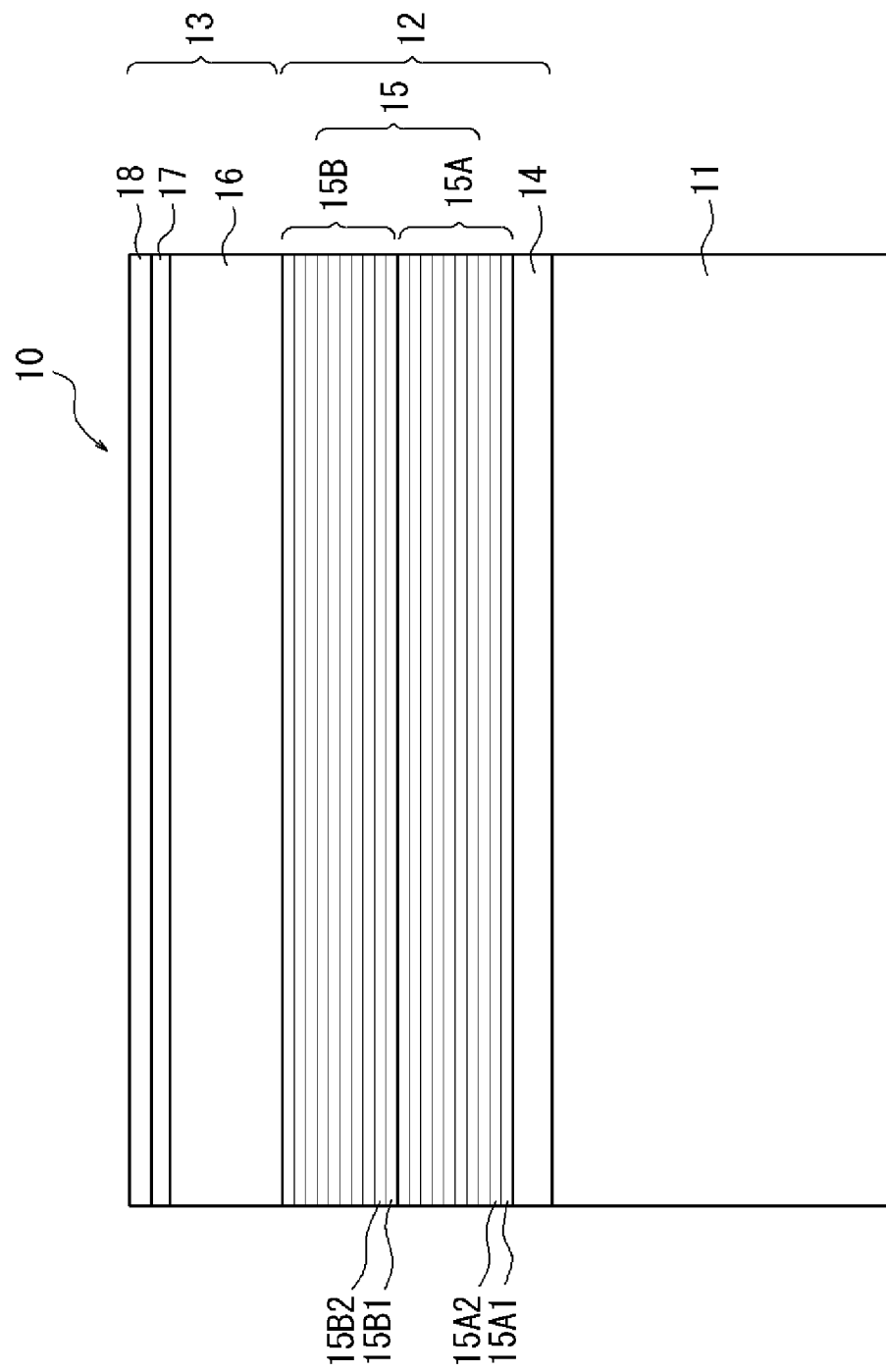
ただし、 x は前記Si基板のインチサイズとする。

[請求項8] 前記Si基板が6インチであり、前記主積層体形成後の反り量が $50 \mu\text{m}$ 以下である請求項6に記載のIII族窒化物エピタキシャル基板。

[請求項9] Si基板上に、該Si基板と接する初期層を形成する第1工程と、
該初期層上に、 $\text{Al}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0.5 < \alpha \leq 1$) からなる第1層および $\text{Al}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 < \beta \leq 0.5$) からなる第2層を交互に積層してなる超格子積層体を形成する第2工程と、を有し、
前記第2工程では、前記第2層のAl組成比 β を、前記Si基板から離れるほど漸増させることを特徴とするIII族窒化物エピタキシャル基板の製造方法。

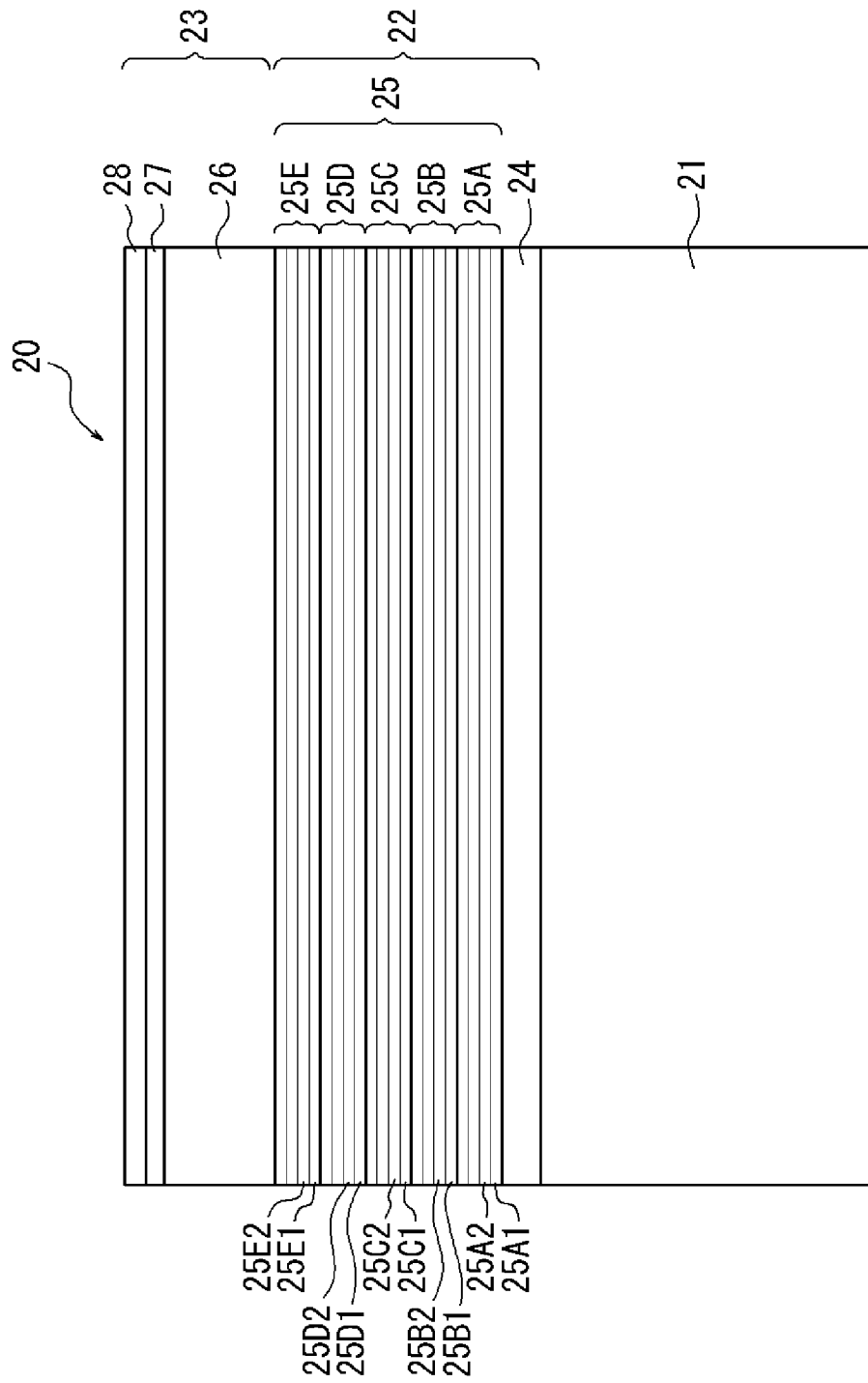
[図1]

FIG. 1



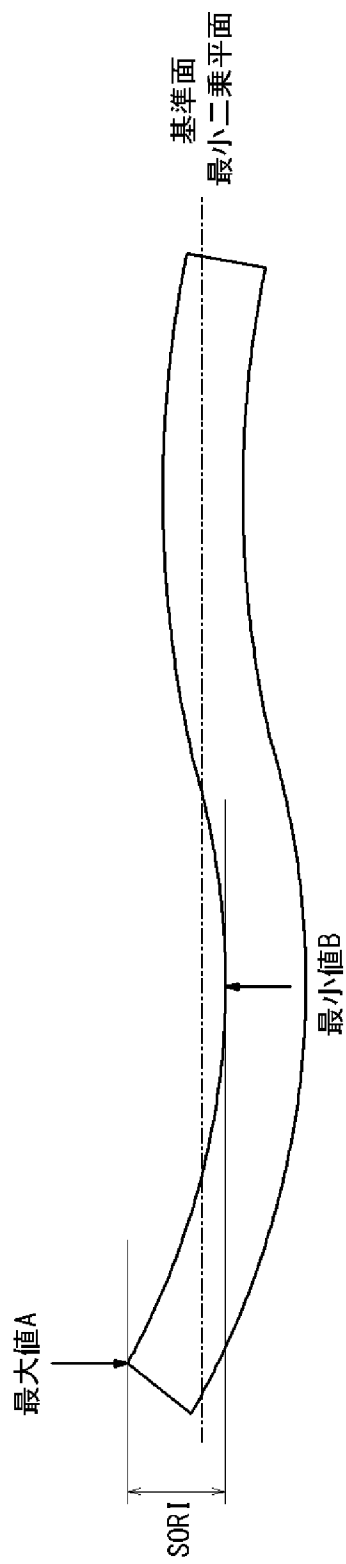
[図2]

FIG. 2



[図3]

FIG. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007012

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/205(2006.01)i, C23C16/34(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i,
H01L21/338(2006.01)i, H01L29/205(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)

H01L21/205, C23C16/34, H01L21/20, H01L21/338, H01L29/205, 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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
A	JP 2011-100772 A (DOWA Electronics Materials Co., Ltd.), 19 May 2011 (19.05.2011), fig. 1 to 4; paragraphs [0007] to [0039] (Family: none)	1-9
A	JP 2011-238685 A (Rohm Co., Ltd.), 24 November 2011 (24.11.2011), fig. 1 to 8; paragraphs [0008] to [0052] & US 2011/0272665 A1 & DE 102011100241 A & CN 102237403 A	1-9



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

26 December, 2013 (26.12.13)

Date of mailing of the international search report

14 January, 2014 (14.01.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007012

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-023664 A (DOWA Electronics Materials Co., Ltd.), 03 February 2011 (03.02.2011), fig. 1 to 4; paragraphs [0009] to [0047] & US 2012/0168719 A1 & EP 2455964 A1 & WO 2011/007555 A1 & TW 201108306 A & KR 10-2012-0038996 A & CN 102498547 A	1-9
A	JP 2010-232377 A (Sumitomo Electric Device Innovations, Inc.), 14 October 2010 (14.10.2010), fig. 1 to 6; paragraphs [0007] to [0046] & US 2010/0243989 A1	1-9
P, A	WO 2013/008461 A1 (DOWA Electronics Materials Co., Ltd.), 17 January 2013 (17.01.2013), fig. 1 to 2; paragraphs [0011] to [0064] & JP 2013-21124 A & TW 201318202 A	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/205(2006.01)i, C23C16/34(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/338(2006.01)i, H01L29/205(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. H01L21/205, C23C16/34, H01L21/20, H01L21/338, H01L29/205, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
A	JP 2011-100772 A（DOWAエレクトロニクス株式会社） 2011.05.19, 図1-4, 【0007】-【0039】（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2011-238685 A（ローム株式会社）2011.11.24, 図1-8, 【0008】-【0052】 & US 2011/0272665 A1 & DE 102011100241 A & CN 102237403 A	1-9

☒ 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

2 6 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 1 . 2 0 1 4

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）

越本 秀幸

4 R

4 0 3 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

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
A	JP 2011-023664 A (DOWAエレクトロニクス株式会社) 2011.02.03, 図1-4, 【0009】-【0047】 & US 2012/0168719 A1 & EP 2455964 A1 & WO 2011/007555 A1 & TW 201108306 A & KR 10-2012-0038996 A & CN 102498547 A	1-9
A	JP 2010-232377 A (住友電工デバイス・イノベーション株式会社) 2010.10.14, 図1-6, 【0007】-【0046】 & US 2010/0243989 A1	1-9
P, A	WO 2013/008461 A1 (DOWAエレクトロニクス株式会社) 2013.01.17, 図1-2, 【0011】-【0064】 & JP 2013-21124 A & TW 201318202 A	1-9