

(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
2015年5月14日(14.05.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/068458 A1

- (51) 国際特許分類:
C30B 29/38 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)
H01L 21/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/073488
- (22) 国際出願日: 2014年9月5日(05.09.2014)
- (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:
61/901206 2013年11月7日(07.11.2013) US
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 市村 幹也(ICHIMURA Mikiya); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 倉岡 義孝(KURAOKA Yoshitaka); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 滑川 政彦(NAMERIKAWA Masahiko); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目4

番70号住友生命OBPプラザビル10階
Osaka (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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, 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).

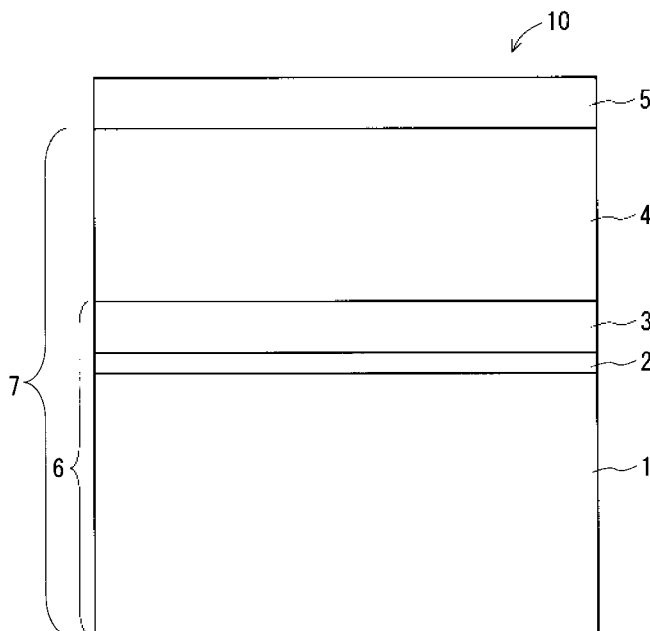
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

[続葉有]

(54) Title: GaN TEMPLATE SUBSTRATE AND DEVICE SUBSTRATE

(54) 発明の名称: GaNテンプレート基板およびデバイス基板



2のGaN層の上にエピタキシャル形成された、13族窒化物からなるデバイス層と、を備えるようにする。

(57) Abstract: A device substrate which does not undergo the occurrence of abnormal steaky morphology is provided. A GaN template substrate comprises an underlying substrate and a first GaN layer epitaxially formed on the underlying substrate, wherein both of the requirements mentioned below are satisfied: the compressive stress existing in the in-plane direction of the first GaN layer is 260 MPa or more; and the E2 phonon peak half-width of GaN at a wave number of around 568 nm^{-1} in Raman spectra is 1.8 cm^{-1} or less. A device substrate comprises a first GaN layer, a second GaN layer epitaxially formed on the first GaN layer, and a device layer epitaxially formed on the second GaN layer and comprising a Group-13 nitride.

(57) 要約: 筋状のモフォロジー異常が生じないデバイス基板を実現する。GaNテンプレート基板が、下地基板と、下地基板の上にエピタキシャル形成された第1のGaN層と、を備え、第1のGaN層の面内方向に内在する圧縮応力が260MPa以上であるか、あるいは、ラマンスペクトルにおける、波数 568 nm^{-1} 近傍でのGaNのE2フォノンのピークの半値幅が 1.8 cm^{-1} 以下である、それらがともに満たされるようにし、デバイス基板が、第1のGaN層の上にエピタキシャル形成された第2のGaN層と、第



— 補正された請求の範囲（条約第 19 条(1)）

明 細 書

発明の名称： GaNテンプレート基板およびデバイス基板

技術分野

[0001] 本発明は、下地基板の上にGaN層を形成してなるGaNテンプレート基板に関する。

背景技術

[0002] 従来、Flux-GaNテンプレート上に13族窒化物製デバイス構造を積層することによってデバイス基板を作製すると、基板の表面に筋状のモフォロジー異常が発生するという問題があった。図3は、係るモフォロジー異常が発生しているデバイス基板表面の、ノマルスキー型微分干渉顕微鏡像である。図3においては、矢印にて示した箇所に、筋状のモフォロジー異常（line crack）が確認される。係るデバイス基板を個片化することで得られるデバイスチップ（LEDチップ、HEMTチップなど）のうち、モフォロジー異常発生部に形成されていたデバイスチップは、求められる特性を発揮することができない特性不良品となってしまいうことから、モフォロジー異常の発生は、デバイスチップの生産性を低下させる要因となっている。

[0003] ただし、このような筋状のモフォロジー異常が発生する要因は、これまでに必ずしも明らかとはなっていない。

[0004] 一方で、例えばサファイア基板上にGaN膜を厚く積層するとクラックが発生することが一般的に知られており、係るクラックの発生を抑制するためには、低温中間層を積層構造内に導入することが有効であることが、既に見出されている（例えば、非特許文献1参照）。

[0005] しかしながら、この方策では低品質な中間層を用いることから、得られる積層構造内に結晶欠陥が内在することとなり、結果として、係る結晶欠陥が高品位なデバイス（LED、HEMT）作製の妨げとなるという問題がある。

先行技術文献

非特許文献

- [0006] 非特許文献1：“シリーズ結晶成長のダイナミクス4巻 エピタキシャル成長のフロンティア”，中嶋一雄責任編集，共立出版株式会社発行，P. 14～P. 19。

発明の概要

- [0007] 本発明の目的は、筋状のモフォロジー異常が生じないデバイス基板を実現することにある。
- [0008] 本発明の発明者は種々の検討を繰り返し、MOCVD-GaNテンプレート（種基板）において、GaN膜が高い内在圧縮応力を有しているとき、あるいは、GaN膜が高い結晶性を有しているとき、前述した筋状のモフォロジー異常の抑制が可能であることを見出した。ここで、圧縮応力と結晶性とはいずれも、ラマン分光法にて定量化可能な値である。
- [0009] 上記課題を解決するため、本発明の第1の態様では、GaNテンプレート基板が、下地基板と、前記下地基板の上にエピタキシャル形成された第1のGaN層と、を備え、前記第1のGaN層の面内方向に内在する圧縮応力が、260MPa以上であるようにした。
- [0010] 本発明の第2の態様では、GaNテンプレート基板が、下地基板と、前記下地基板の上にエピタキシャル形成された第1のGaN層と、を備え、前記第1のGaN層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルにおける、波数568 cm^{-1} 近傍でのGaNのE₂フォノンのピークの半値幅が、1.8 cm^{-1} 以下であるようにした。
- [0011] 本発明の第3の態様では、GaNテンプレート基板が、下地基板と、前記下地基板の上にエピタキシャル形成された第1のGaN層と、を備え、前記第1のGaN層の面内方向に内在する圧縮応力が、260MPa以上であり、かつ、前記第1のGaN層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルにおける、波数568 cm^{-1} 近傍でのGaNのE₂フォノンのピークの半値幅が、1.8 cm^{-1} 以下であるようにした。
- [0012] 本発明の第4の態様では、第1または第3の態様に係るGaNテンプレ

ト基板において、前記圧縮応力の値は、前記第1のGaN層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルから求められるものとした。

[0013] 本発明の第5の態様では、第1ないし第4のいずれかの態様に係るGaNテンプレート基板が、前記第1のGaN層の上にエピタキシャル形成された第2のGaN層、をさらに備えるようにした。

[0014] 本発明の第6の態様では、第5の態様に係るGaNテンプレート基板において、前記第1のGaN層は、MOCVD法によって形成されたものであり、前記第2のGaN層は、Flux法によって形成されたGaN単結晶層の表面を研磨することによって形成されたものであるようにした。

[0015] 本発明の第7の態様では、デバイス基板が、第1ないし第4の態様のいずれかのGaNテンプレート基板と、前記第1のGaN層の上にエピタキシャル形成された第2のGaN層と、前記第2のGaN層の上にエピタキシャル形成された、13族窒化物からなるデバイス層と、を備えるようにした。

[0016] 本発明の第1ないし第7の態様によれば、本発明に係るGaNテンプレート基板を用いて作製したデバイス基板の表面における筋状のモフォロジー異常の発生が抑制されるので、デバイスチップ（LEDチップ、HEMTチップ）の製造歩留まりが向上する。

[0017] また、本発明の第7の態様によれば、デバイス基板の表面における筋状のモフォロジー異常の発生が抑制されるので、デバイスチップ（LEDチップ、HEMTチップ）の製造歩留まりが向上する。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]デバイス基板10の断面構造を、模式的に示す図である。

[図2]デバイス層5をLED構造を有するものとして形成する場合の、デバイス層5の構成を例示する図である。

[図3]モフォロジー異常が発生しているデバイス基板表面の、ノマルスキー型微分干渉顕微鏡像である。

発明を実施するための形態

[0019] 本明細書中に示す周期表の族番号は、1989年国際純正応用化学連合会

(International Union of Pure Applied Chemistry: IUPAC) による無機化学命名法改訂版による 1~18 の族番号表示によるものであり、13 族とはアルミニウム (Al) ・ガリウム (Ga) ・インジウム (In) 等を指し、15 族とは窒素 (N) ・リン (P) ・ヒ素 (As) ・アンチモン (Sb) 等を指す。

[0020] 図 1 は、本発明の実施の形態に係るデバイス基板 10 の断面構造を、模式的に示す図である。デバイス基板 10 は、下地基板 1 と、バッファ層 2 と、第 1 の GaN 層 3 と、第 2 の GaN 層 4 と、デバイス層 5 とを備える。ここで、下地基板 1 とバッファ層 2 と第 1 の GaN 層 3 との積層構造体が MOCVD-GaN テンプレート 6 に該当し、MOCVD-GaN テンプレート 6 と第 2 の GaN 層 4 との積層体が、Flux-GaN テンプレート 7 に該当する。

[0021] 下地基板 1 としては、単結晶 c 面サファイア基板を用いるのが好適である。そのサイズには特段の制限はないが、取り扱いの容易さという点からは、直径が数インチ程度で、厚みが数百 μm ~ 数 mm 程度のものが好適である。

[0022] バッファ層 2 は、その上に結晶品質の優れた 13 族窒化物結晶層を形成可能とするべく、それら 13 族窒化物結晶層の形成温度よりも低い形成温度で形成されてなる層である。バッファ層 2 は、例えば、GaN にて形成することが可能である。バッファ層 2 は、MOCVD 法により、下地基板 1 の上に 20 nm ~ 100 nm の厚みに形成されるのが好適である。

[0023] 第 1 の GaN 層 3 は、MOCVD 法によってバッファ層 2 の上にエピタキシャル形成される GaN 単結晶薄膜である。第 1 の GaN 層 3 は、1 μm ~ 5 μm の厚みに形成されるのが好適である。

[0024] ただし、第 1 の GaN 層 3 は、その面内方向に内在する圧縮応力が、260 MPa 以上となるように形成される。あるいは、ラマン分光測定によって得られるラマンスペクトルの波数 568 nm^{-1} 近傍における、GaN の E2 フォノンのピーク（ラマン線）の半値幅が、1.8 cm^{-1} 以下となるように形成される。ここで、当該ピークの半値幅は、第 1 の GaN 層 3 の結晶性の

良否を表す指標とされる値であり、その値が小さいほど、第1のGaN層3の結晶性がよいといえることができる。また、第1のGaN層3の面内方向に内在する圧縮応力についても、上述のラマンスペクトルに基づいて算出することができる。具体的には、上述のピークのシフト量 $\Delta\nu$ (cm^{-1})と内在応力 σ (MPa)との関係を表す

$$\sigma = 130 \times \Delta\nu \quad \dots \text{(式1)}$$

なる式から算出が行える。

- [0025] なお、ラマンスペクトルのピークは、測定対象が圧縮応力を内在している場合には高波数側（プラス側）にシフトし、引張応力を内在している場合には低波数側（マイナス側）にシフトする。ここで、応力ゼロの状態を表す基準波数の値（当該状態におけるGaNのE2フォノンのピーク位置）は、無歪みのGaN単結晶（フラックス法にて作製する自発生成核を成長起点とするGaN単結晶）を対象として上記と同一の条件でラマン分光測定を行うことで求まる。
- [0026] 本実施の形態に係るデバイス基板10においては、上述した内在応力と半値幅に関する要件の少なくとも一方が満たされることで、その表面における筋状のモフォロジー異常の発生が好適に抑制される。なお、これらの要件は、第1のGaN層3の形成条件、より具体的には、成膜温度（基板温度）と、水素ガス分圧と NH_3 ガス分圧の比とを、適宜に調整することにより、実現が可能である。
- [0027] 第2のGaN層4は、フラックス（Flux）法によって第1のGaN層3の上にエピタキシャル形成されるGaN単結晶薄膜である。第2のGaN層4は、 $5\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$ の厚みに形成されるのが好適である。より詳細には、第2のGaN層4は、例えばアルカリ金属Naの融液を用いるNaフラックス（Na-Flux）法により成長させたGaN層をその表面側から研磨することによって、その表面を平坦化させてなるとともに、厚みを適宜に調整してなる。研磨処理としては、例えばダイヤモンド砥粒による研磨などが例示される。

[0028] なお、第2のGa_{0.9}N層4となるGa_{0.9}N単結晶層の形成に採用する結晶成長手法は、必ずしもフラックス法でなくてもよい。例えば、HVPE法であってもよく、MOCVD法であってもよい。

[0029] デバイス層5は、第2のGa_{0.9}N層4の上にエピタキシャル形成される、13族窒化物からなる一または複数の層である。デバイス層5の具体的な構成は、作製しようとするデバイスの構造（LED構造、HEMT構造など）に応じて、適宜に定められてよい。また、デバイス層5は、MOCVD法によって形成されるのが好適ではあるが、他の結晶成長手法によって形成される態様であってもよい。

[0030] 図2は、デバイス層5を例えばLED構造を有するものとして形成する場合の、デバイス層5の構成を例示する図である。図2に示すデバイス層5は、n型半導体層51と、活性層52と、p型半導体層53とをこの順に積層することによって形成されてなる。

[0031] n型半導体層51は、Siがドーパされた13族窒化物層である。n型半導体層51は、Ga_{0.9}Nにて100nm～3000nmの厚みに形成されるのが好適である。n型半導体層51におけるSi濃度は、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 程度であるのが好適である。

[0032] 活性層52は、LED素子において発光領域となる層である。活性層52は、互いに異なる組成を有する第1単位層（井戸層）52aと第2単位層（障壁層）52bとを繰り返し交互に積層してなる多重量子井戸層である。具体的には、第1単位層52aは $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （ $0.05 \leq x \leq 0.25$ ）にて1nm～5nmの厚みに形成され、第2単位層52bはGa_{0.9}Nにて2nm～10nmの厚みに形成される。 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ におけるInモル比 x は、LED素子において発光させようとする光の波長に応じて定められる。また、第1単位層52aと第2単位層52bとの繰り返し数は2～20が好適である。

[0033] p型半導体層53は、Mgがドーパされた13族窒化物層である。p型半導体層53は、Ga_{0.9}Nにて50nm～200nmの厚みに形成されるのが好

適である。p型半導体層53におけるMg濃度は、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 程度であるのが好適である。

[0034] なお、MOCVD法による層形成は、Ga、Al、Inなどの13族元素についての有機金属（MO）原料ガス（TMG（トリメチルガリウム）、TMA（トリメチルアルミニウム）、TMI（トリメチルインジウム）など）と、NH₃ガスと、水素ガスと、窒素ガスとをリアクタ内に供給可能に構成されてなる公知のMOCVD炉を用い、リアクタ内に載置した形成対象基板を所定温度に加熱しつつ、有機金属原料ガスとNH₃ガスとの気相反応によって生成した13族窒化物結晶を形成対象基板上に堆積させることによって行われる。

[0035] 一方、Naフラックス法によるGaN層の形成は、概略、耐圧容器内に水平回転自在に配置した育成容器（アルミナるつぼ）内で金属Ga、金属Na、および炭素を含む融液に形成対象基板を浸漬し、育成容器を水平回転させた状態で、窒素ガスを導入しながら育成容器内を所定温度および所定圧力を保つことによって実現される。

実施例

[0036] 第1のGaN層3の形成条件を種々に違えた9種類のデバイス基板10（試料A～試料I）を作成し、その評価を行った。なお、デバイス層5としては、図2に例示したLED構造を形成した。

[0037] 具体的には、まず、下地基板1として直径4インチ630μm厚の単結晶c面サファイア基板を用意した。係る下地基板1を、MOCVD炉内に入れ、水素雰囲気中で1150℃にて10分間加熱することにより、表面のクリーニングを行った。

[0038] 次に、基板温度を500℃まで下げ、TMGとNH₃とを原料とし、水素をキャリアガスとして、MOCVD法によりバッファ層2としてのGaN層を30nmの厚さに成長させた。

[0039] バッファ層2の形成後、引き続き、TMGとNH₃とを原料ガスとし、水素をキャリアガスとして、MOCVD法により第1のGaN層3を3μmの厚

さに成長させた。その際、リアクタ内圧力は100kPaとし、15族／13族ガス比は2000とした。ここで、15族／13族ガス比とは、13族原料の供給量に対する15族原料の供給量の比（モル比）である。

[0040] 一方で、第1のGaN層3を形成する際の基板温度と、MOCVD炉内における水素ガス分圧とNH₃ガス分圧との比（以下、ガス分圧比）とは、試料によって違った。具体的には、基板温度は、1050℃、1100℃、1150℃の3水準に違った。一方、ガス分圧比は、水素ガス分圧がNH₃ガス分圧の何倍であるかによって表すものとし、これを3倍、4倍、5倍の3水準に違った。これにより、試料A～試料Iは、第1のGaN層3を形成する際の基板温度とガス分圧比との組合せが全て異なるものとなっている。

[0041] 第1のGaN層3を形成したことにより、MOCVD-GaNテンプレート6が得られた。得られたMOCVD-GaNテンプレート6をMOCVD炉から取り出した後、それぞれの試料について、ラマン分光測定を行うことにより第1のGaN層3における内在応力と第1のGaN層3の結晶性とを評価した。係る評価の際の装置条件は以下の通りである。

[0042] 光源：Ar⁺レーザー（波長：496.5nm）；
測定モード：顕微ラマン（ビーム径：約0.7μm）；
回折格子：double 2400gr/mm。

[0043] 具体的には、それぞれの試料について、場所を変えつつ全5回のラマンスペクトルの測定を行った。そして、これにより得られた5つのラマンスペクトルのそれぞれについて、波数568cm⁻¹付近のGaNのE₂フォノンによるラマン線に対しローレンツ関数を用いたフィティングを行い、ピークの半値幅を求めた。また、当該ピークを対象として、式1から内在応力の値を算出した。半値幅、内在応力ともに、5回分の値の平均値を求め、該平均値を評価値とした。なお、これらの測定で得られたラマンスペクトルの、波数516cm⁻¹付近のアルゴンレーザープラズマ線の半値幅は0.43cm⁻¹であった。

[0044] さらに、得られたそれぞれのMOCVD-GaNテンプレート6を種基板

として、Naフラックス法を用いて第1のGaN層3の上に第2のGaN層4を形成した。

[0045] 具体的には、まず、アルミナるつぼ内にMOCVD-GaNテンプレート6を載置したし、続いて、該アルミナるつぼ内に、金属Gaを30g、金属Naを44g、炭素を30mg、それぞれ充填した。係るアルミナるつぼを加熱炉に入れ、炉内温度を850℃とし、炉内圧力を4.5MPaとして、約20時間加熱し、その後、室温まで冷却した。冷却終了後、アルミナるつぼを炉内から取り出すと、MOCVD-GaNテンプレート6の表面には、透明なGaNの単結晶層が約50μmの厚さで堆積していた。

[0046] このようにして得られたGaN単結晶層を、ダイヤモンド砥粒を用いて研磨し、その表面を平坦化させるとともに、下地基板1の上に形成された窒化物層の総厚が15μmとなるようにした。これにより、MOCVD-GaNテンプレート6の上に第2のGaN層4が形成されたFlux-GaNテンプレート7が得られた。なお、係るFlux-GaNテンプレート7を肉眼視したところ、クラックは確認されなかった。

[0047] 最後に、得られたFlux-GaNテンプレート7の上に、図2に示したLED構造を有するデバイス層5をMOCVD法によって形成した。デバイス層5を構成する各層の具体的な形成条件は、以下の通りとした。

[0048] n型半導体層51：

形成温度→1100℃；

リアクタ内圧力→100kPa；

15族／13族ガス比→2000；

13族原料に対するSi原料モル比→ 1×10^{-4} ；

厚み→1000nm。

[0049] 第1単位層52a：

形成温度→800℃；

リアクタ内圧力→100kPa；

15族／13族ガス比→10000；

全 1 3 族原料に対する T M I モル比→0. 6 ;

厚み→2 n m。

[0050] 第 2 単位層 5 2 b :

形成温度→8 0 0 °C ;

リアクタ内圧力→1 0 0 k P a ;

1 5 族 / 1 3 族ガス比→2 0 0 0 0 ;

厚み→5 n m。

[0051] 第 1 単位層と第 2 単位層の繰り返し数 : 1 0。

[0052] p 型半導体層 5 3 :

形成温度→1 0 0 0 °C ;

リアクタ内圧力→1 0 0 k P a ;

1 5 族 / 1 3 族ガス比→1 0 0 0 0 ;

1 3 族原料に対する M g 原料モル比→ 1×10^{-3} ;

厚み→1 0 0 n m。

[0053] 以上のような条件にてデバイス層 5 を形成することにより、9 種類のデバイス基板 1 0 が得られた。

[0054] 最後に、得られたそれぞれのデバイス基板 1 0 の表面をノマルスキー型微分干渉顕微鏡にて観察し、筋状のモフォロジー異常の発生の有無を確認した。

[0055] 表 1 に、試料 A ~ 試料 I の 9 種類のデバイス基板 1 0 についての、M O C V D - G a N テンプレート 6 の形成条件（第 1 の G a N 層 3 の形成条件）と、ラマン分光法に基づく評価結果と、筋状のモフォロジー異常の発生の有無とを、一覧にして示す。また、表 1 には、各試料が本発明の実施例に該当するか比較例に該当するかについても、併せて示している。

[0056] 具体的には、表 1 においては、M O C V D - G a N テンプレート 6 の形成条件として、成膜温度（基板温度）と、ガス分圧比とを示している。また、ラマン分光法に基づく評価結果として、ラマンスペクトルから求められる第 1 の G a N 層 3 における内在応力の大きさと、第 1 の G a N 層 3 の結晶性の

指標となる、波数 568 cm^{-1} 近傍の GaN の E2 フォノンのピークの半値幅とを示している。

[0057] [表1]

試料名	テンプレート形成条件		評価結果			
	成膜温度 (°C)	ガス 分圧比	内在圧力 (MPa)	半値幅 (cm^{-1})	筋状フォノン 異常	実施例 ／比較例
A	1150	5倍	330	1.6	未発生	実施例
B	1150	4倍	300	1.7	未発生	実施例
C	1150	3倍	260	1.9	未発生	実施例
D	1100	5倍	270	1.7	未発生	実施例
E	1100	4倍	250	1.9	発生	比較例
F	1100	3倍	250	2.0	発生	比較例
G	1050	5倍	250	1.8	未発生	実施例
H	1050	4倍	240	2.0	発生	比較例
I	1050	3倍	230	2.1	発生	比較例

[0058] 表1に示す結果からは、第1のGaN層3に260MPa以上の圧縮応力が内在している場合であれば、第1のGaN層3の形成条件によらず、筋状

のモフォロジー異常が発生しないことが確認される。また、第1のGa₂N層3のE₂フォノンの半値幅が 1.8 cm^{-1} 以下である場合にも、第1のGa₂N層3の形成条件によらず、筋状のモフォロジー異常が発生しないことが確認される。

[0059] なお、第1のGa₂N層3に内在する圧縮応力には原理的な上限は無いが、MOCVD-GaNテンプレート6あるいはFlux-GaNテンプレート7の反り量が増え、デバイス作製プロセスにおける歩留まりが低下することを抑制するという観点からは、第1のGa₂N層3に内在する圧縮応力は 1500 MPa 以下であることが好ましく、 1000 MPa 以下であることがさらに好ましい。また、第1のGa₂N層3のE₂フォノンの半値幅には原理的な下限は無いが、ラマン分光測定 of 分解能の限界から、実質的な下限値は 1.0 cm^{-1} となる。

請求の範囲

- [請求項1] G a Nテンプレート基板であって、
下地基板と、
前記下地基板の上にエピタキシャル形成された第1のG a N層と、
を備え、前記第1のG a N層の面内方向に内在する圧縮応力が、260 MP a以上である、
ことを特徴とするG a Nテンプレート基板。
- [請求項2] G a Nテンプレート基板であって、
下地基板と、
前記下地基板の上にエピタキシャル形成された第1のG a N層と、
を備え、前記第1のG a N層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルにおける、波数568 nm⁻¹近傍でのG a NのE2フォノンのピークの半値幅が、1.8 cm⁻¹以下である、
ことを特徴とするG a Nテンプレート基板。
- [請求項3] G a Nテンプレート基板であって、
下地基板と、
前記下地基板の上にエピタキシャル形成された第1のG a N層と、
を備え、前記第1のG a N層の面内方向に内在する圧縮応力が、260 MP a以上であり、かつ、
前記第1のG a N層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルにおける、波数568 nm⁻¹近傍でのG a NのE2フォノンのピークの半値幅が、1.8 cm⁻¹以下である、
ことを特徴とするG a Nテンプレート基板。
- [請求項4] 請求項1または請求項3に記載のG a Nテンプレート基板であって、
、
前記圧縮応力の値は、前記第1のG a N層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルから求められる、
ことを特徴とするG a Nテンプレート基板。

[請求項5] 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のGaNテンプレート基板であって、

前記第1のGaN層の上にエピタキシャル形成された第2のGaN層、

をさらに備えることを特徴とするGaNテンプレート基板。

[請求項6] 請求項5に記載のGaNテンプレート基板であって、

前記第1のGaN層は、MOCVD法によって形成されたものであり、

前記第2のGaN層は、フラックス法によって形成されたGaN単結晶層の表面を研磨することによって形成されたものである、

ことを特徴とするGaNテンプレート基板。

[請求項7] デバイス基板であって、

請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のGaNテンプレート基板と、

前記第1のGaN層の上にエピタキシャル形成された第2のGaN層と、

前記第2のGaN層の上にエピタキシャル形成された、13族窒化物からなるデバイス層と、

を備えることを特徴とするデバイス基板。

補正された請求の範囲
[2015年2月24日(24.02.2015)国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) GaNテンプレート基板であって、
 サファイアからなる下地基板と、
 前記下地基板の上に形成されたGa Nからなるバッファ層と、
 前記バッファ層の上にエピタキシャル形成された第1のGa N層と
、
を備え、前記第1のGa N層の面内方向に内在する圧縮応力が、260 MPa以上である、
ことを特徴とするGa Nテンプレート基板。
- [請求項 2] (補正後) GaNテンプレート基板であって、
 サファイアからなる下地基板と、
 前記下地基板の上にエピタキシャル形成された第1のGa N層と、
を備え、前記第1のGa N層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルにおける、波数 568 nm^{-1} 近傍でのGa NのE2フォノンのピークの半値幅が、 1.8 cm^{-1} 以下である、
ことを特徴とするGa Nテンプレート基板。
- [請求項 3] (補正後) GaNテンプレート基板であって、
 サファイアからなる下地基板と、
 前記下地基板の上に形成されたGa Nからなるバッファ層と、
 前記バッファ層の上にエピタキシャル形成された第1のGa N層と
、
を備え、前記第1のGa N層の面内方向に内在する圧縮応力が、260 MPa以上であり、かつ、
 前記第1のGa N層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルにおける、波数 568 nm^{-1} 近傍でのGa NのE2フォノンのピークの半値幅が、 1.8 cm^{-1} 以下である、
ことを特徴とするGa Nテンプレート基板。
- [請求項 4] 請求項 1 または請求項 3 に記載のGa Nテンプレート基板であって

、
前記圧縮応力の値は、前記第1のGaN層のラマン分光測定を行って得られるラマンスペクトルから求められる、
ことを特徴とするGaNテンプレート基板。

[請求項5] 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のGaNテンプレート基板であって、

前記第1のGaN層の上にエピタキシャル形成された第2のGaN層、
をさらに備えることを特徴とするGaNテンプレート基板。

[請求項6] 請求項5に記載のGaNテンプレート基板であって、

前記第1のGaN層は、MOCVD法によって形成されたものであり、

前記第2のGaN層は、フラックス法によって形成されたGaN単結晶層の表面を研磨することによって形成されたものである、
ことを特徴とするGaNテンプレート基板。

[請求項7] (削除)

[請求項8] (追加) 請求項1ないし請求項6のいずれかに記載のGaNテンプレート基板であって、

前記第1のGaN層が $1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ の厚みに形成されてなる、
ことを特徴とするGaNテンプレート基板。

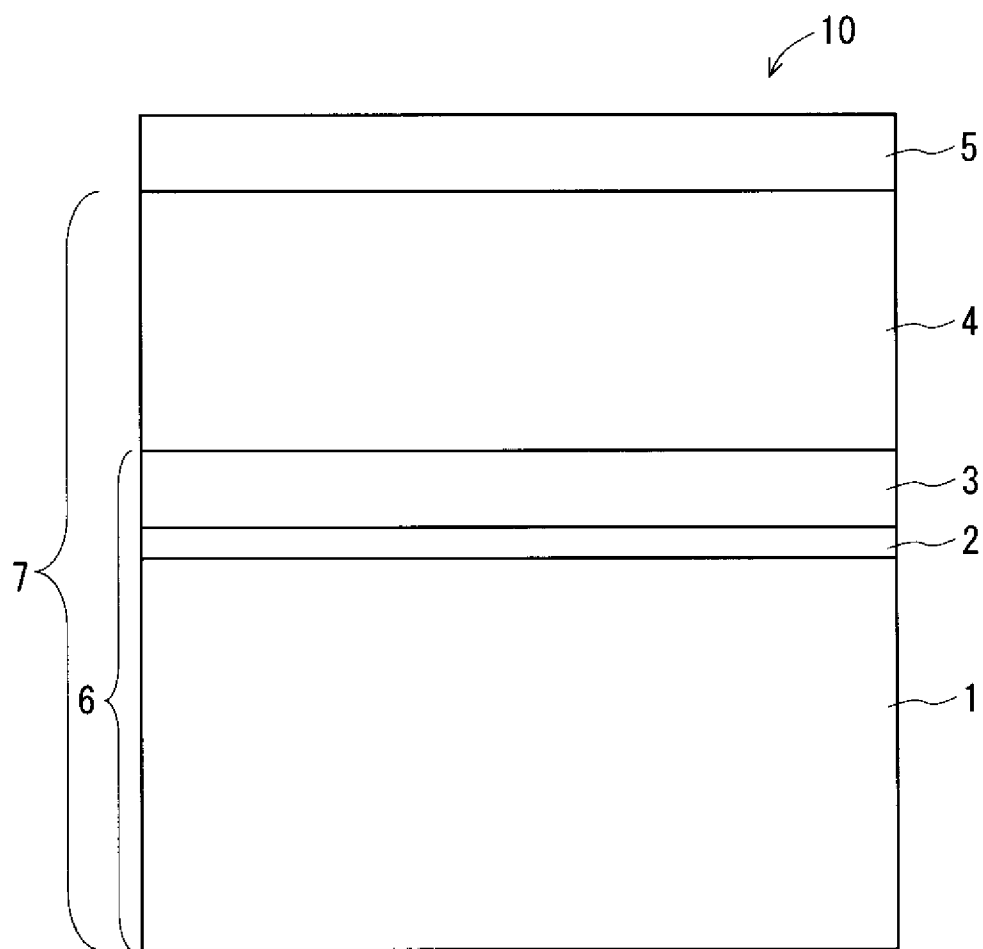
[請求項9] (追加) デバイス基板であって、

請求項1ないし請求項8のいずれかに記載のGaNテンプレート基板と、

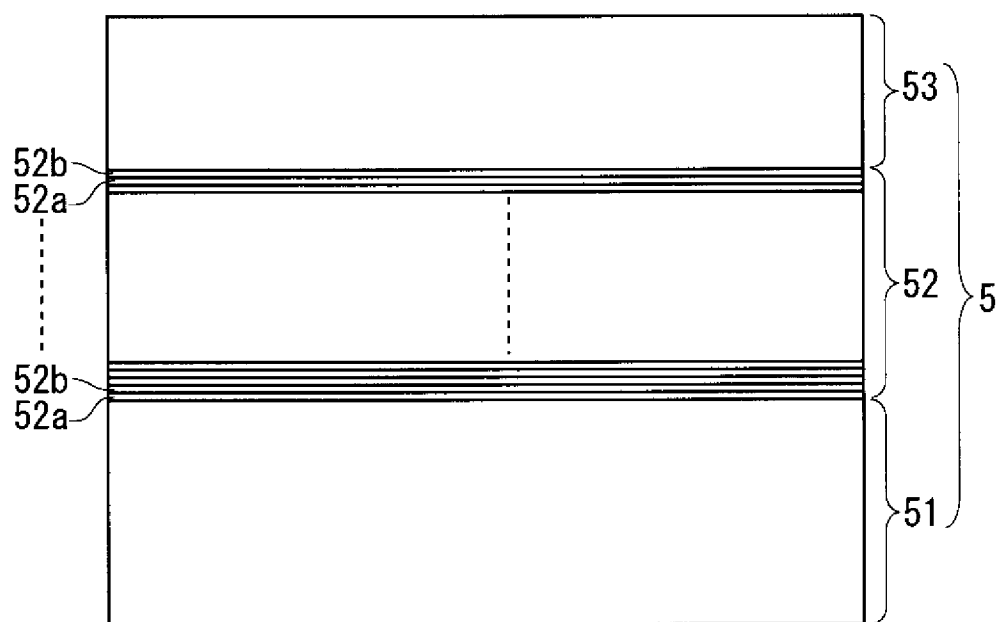
前記第1のGaN層の上にエピタキシャル形成された第2のGaN層と、

前記第2のGaN層の上にエピタキシャル形成された、13族窒化物からなるデバイス層と、
を備えることを特徴とするデバイス基板。

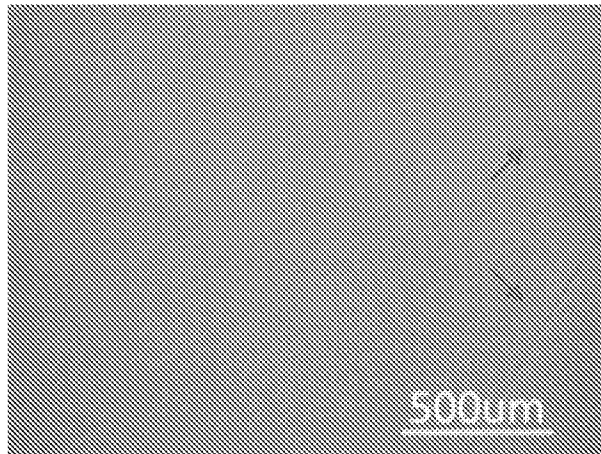
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/073488

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C30B29/38(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/205(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)

C30B29/38, H01L21/20, H01L21/205

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	JP 2004-506323 A (The Regents of the University of California), 26 February 2004 (26.02.2004), paragraphs [0011] to [0028] & US 2002/0020341 A1 & EP 1307903 A & WO 2002/013245 A1	1, 7 3-6
X Y	JP 2007-169132 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 05 July 2007 (05.07.2007), paragraphs [0005] to [0052] & US 2007/0145376 A1	2 3-6

☒ 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
27 November, 2014 (27.11.14)

Date of mailing of the international search report
09 December, 2014 (09.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/073488

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2004/013385 A1 (Osaka Industrial Promotion Organization), 12 February 2004 (12.02.2004), page 23, lines 2 to 15 & US 2006/0051942 A1 & EP 1548160 A1 & WO 2004/013385 A1 & KR 10-2005-0030644 A & CN 1671892 A	6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C30B29/38(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/205(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. C30B29/38, H01L21/20, H01L21/205

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	JP 2004-506323 A（ザ リージェンツ オブ ザ ユニバーシティ オブ カリフォルニア）2004.02.26, 【0011】～【0028】 & US	1, 7
Y	2002/0020341 A1 & EP 1307903 A & WO 2002/013245 A1	3-6
X	JP 2007-169132 A（住友電気工業株式会社）2007.07.05, 【0005】 ～【0052】 & US 2007/0145376 A1	2
Y		3-6

☒ 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 7 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 9 . 1 2 . 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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

今井 淳一

4 G

9 0 5 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6

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
Y	WO 2004/013385 A1 (財団法人大阪産業振興機構) 2004.02.12, 第 23 頁第 2 行～同頁第 15 行 & US 2006/0051942 A1 & EP 1548160 A1 & WO 2004/013385 A1 & KR 10-2005-0030644 A & CN 1671892 A	6