(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 6 月 25 日(25.06.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/093447 A1

(51) 国際特許分類:
C30B 29/38 (2006.01) *H01L 21/208* (2006.01)
C30B 19/02 (2006.01) *H01L 33/32* (2010.01)
C30B 25/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/083165

(22) 国際出願日: 2014 年 12 月 15 日(15.12.2014)

(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:
特願 2013-261037 2013 年 12 月 18 日(18.12.2013) JP

(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: 岩井　真(**IWAI Makoto**); 〒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). 今井　克宏(**IMAI Katsuhiro**); 〒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). 坂井　正宏(**SAKAI Masahiro**); 〒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: 細田　益稔, 外(**HOSODA Masutoshi** et al.); 〒1080074 東京都港区高輪一丁目５番４号常和高輪ビル７階 Tokyo (JP).

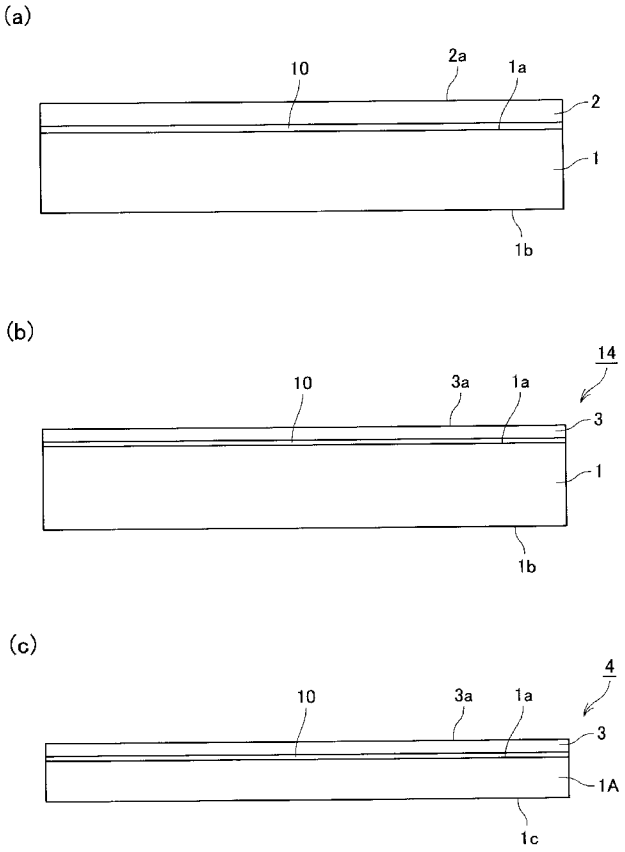
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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.

[続葉有]

WO 2015/093447 A1

(54) **Title**: COMPOSITE SUBSTRATE AND FUNCTIONAL DEVICE

(54) 発明の名称 : 複合基板および機能素子



(57) **Abstract**: In a composite substrate provided with both a sapphire substrate and a gallium nitride crystal layer which is formed on the sapphire substrate by crystal growth, the present invention reduces the scatter of the function of a functional layer which is formed on the substrate and which consists of a nitride of a group 13 element. A composite substrate (4) is provided with a sapphire substrate (1A) and a gallium nitride crystal layer (3) formed on the sapphire substrate (1A). The warpage of the composite substrate (4) is +40 to +80μm per 5.08cm.

(57) 要約: サファイア基板、およびサファイア基板上に結晶成長した窒化ガリウム結晶層を備える複合基板において、その上に１３族元素窒化物からなる機能層を形成するときに、機能のバラツキを抑制する。複合基板４は、サファイア基板１Ａ、およびサファイア基板１Ａ上に設けられた窒化ガリウム結晶層３を備える。複合基板４の反りが５．０８ｃｍ当たり、＋４０μｍ以上、＋８０μｍ以下である。

(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)）

明　細　書

発明の名称 ： 複合基板および機能素子

技術分野

[0001] 本発明は、複合基板および機能素子に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、窒化ガリウムなどの１３族元素窒化物を用いて、青色ＬＥＤや白色ＬＥＤ、青紫色半導体レーザなどの半導体デバイスを作製し、その半導体デバイスを各種電子機器へ応用することが活発に研究されている。従来の窒化ガリウム系半導体デバイスは、主に気相法により作製されている。具体的には、サファイア基板やシリコンカーバイド基板の上に窒化ガリウムの薄膜を有機金属気相成長法（ＭＯＶＰＥ）などによりヘテロエピタキシャル成長させて作製される。この場合、基板と窒化ガリウムの薄膜との熱膨張係数や格子定数が大きく異なるため、高密度の転位（結晶における格子欠陥の一種）が窒化ガリウムに生じる。このため、気相法では、転位密度の低い高品質な窒化ガリウムを得ることが難しかった。

[0003] フラックス法は、液相法の一つであり、窒化ガリウムの場合、フラックスとして金属ナトリウムを用いることで窒化ガリウムの結晶成長に必要な温度を８００℃程度、圧力を数ＭＰａに緩和することができる。具体的には、金属ナトリウムと金属ガリウムとの混合融液中に窒素ガスが溶解し、窒化ガリウムが過飽和状態になって結晶として成長する。こうした液相法では、気相法に比べて転位が発生しにくいため、転位密度の低い高品質な窒化ガリウムを得ることができる。

[0004] 本出願人は、Ｎａフラックス法を利用したＧａＮテンプレートの製法として、特許文献１（特開２０１０－１６８２３６）、特許文献２（ＷＯ　２０１３／０２２１２２）、特許文献３（ＷＯ　２０１３／０２１８０４）、特許文献４（ＷＯ　２０１３／０２２１２３）を出願した。

[0005] また、ＧａＮ自立基板の反りを矯正するため，ＧａＮ自立基板の表面と背

面とを順番に研磨することが、特許文献５（特開２００５－１３６１６７）に記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１０－１６８２３６

特許文献2：ＷＯ　２０１３／０２２１２２

特許文献3：ＷＯ　２０１３／０２１８０４

特許文献4：ＷＯ　２０１３／０２２１２３

特許文献5：特開２００５－１３６１６７

特許文献6：特許第４３０１２５１

特許文献7：特開２０１０－２１９３５３

特許文献8：特許第４３８０７９１

特許文献9：特表２００５－５０６２７１

特許文献10：特開２００９－１１１４２３

特許文献11：特開２００６－３３２７１４

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明者は、フラックス法により作製した低転位ＧａＮテンプレートを用い、ＭＯＣＶＤ法にて、ＬＥＤやパワーデバイスの機能を実現する構造を成膜することを研究していた。ＧａＮテンプレート基板とは、支持基板上に種結晶層および窒化ガリウム結晶層を設けてなる基板であり、この上に機能層をさらに形成するためのテンプレートとなるものである。

[0008] 具体的には、表面が平坦なサファイア基板の上にＭＯＣＶＤ法などにより窒化ガリウム結晶層を成膜して作製した種結晶基板を用いて、さらにその上にフラックス法により成長温度８００℃～９００℃で窒化ガリウム結晶層を成長させると、最表面が低転位密度の窒化ガリウム結晶層を持つＧａＮテンプレートを作製できる。また、ＧａＮテンプレート上に成膜される機能素子

を均一化するために、ＧａＮテンプレートのサファイア基板を研磨加工し、ＧａＮテンプレートの反りを低減した。

[0009] 本発明者は、このＧａＮテンプレートを用いて、ＭＯＣＶＤ法によりＬＥＤ構造を作製しようと試みた。しかし、この際、高温雰囲気(例えば１０００℃以上)にて発光素子構造を成膜すると、発光波長分布が生じ、所望の発光波長が得られる領域の面積比率が小さくなることが判明した。

[0010] 本発明者は、こうした発光波長分布の生じた原因について調査した。この結果、意外なことに、サファイア基板の背面を研磨加工することで室温でのＧａＮテンプレートの反りを小さくすると、かえって発光波長分布が大きくなることがわかった。これは、発光層を成膜するときに発光層内で組成分布が生ずるためである。

[0011] 本発明の課題は、サファイア基板、およびサファイア基板上に結晶成長した窒化ガリウム結晶層を備える複合基板において、その上に１３族元素窒化物からなる機能層を形成するときに、機能層のバラツキを抑制することである。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明は、サファイア基板、および前記サファイア基板上に設けられた窒化ガリウム結晶層を備える複合基板であって、

複合基板の反りが５．０８ｃｍ当たり、＋４０μｍ以上、＋８０μｍ以下であることを特徴とする。

[0013] また、本発明は、前記複合基板、および窒化ガリウム結晶層上に気相法によって形成された１３族元素窒化物からなる機能層を備えていることを特徴とする、機能素子に係るものである。

発明の効果

[0014] フラックス法では成長温度８００℃～９００℃にて窒化ガリウム結晶層を成長させるが、ＭＯＣＶＤ法等の気相法によって複合基板の上に機能層を形成するときには、１０００℃以上にまで温度を上げるため、複合基板の反りが生じ、機能層の組成分布を生じ、結果として機能のバラツキをもたらした

ものと考えられた。

[0015] 本発明者は、この知見をもとに、複合基板の室温における反りを解消するのではなく、適当な大きさの反りを意図的に残すことを想到した。これによって、次の機能層の成膜時にその組成分布を抑制でき、機能のバラツキを抑制できることを見いだし、本発明に到達した。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]（ａ）は、サファイア基板１上に窒化ガリウム結晶層２を形成した状態を示し、（ｂ）は、（ａ）の窒化ガリウム結晶層２の表面２ａを研磨して得られた窒化ガリウム結晶層３を示し、（ｃ）は、複合基板４を示す。

[図2]（ａ）は、複合基板４上に機能層６を設けて形成した機能素子５を示し、（ｂ）は、複合基板４上に機能層６Ａを設けて形成した機能素子５Ａを示す。

[図3]（ａ）は、複合基板の反りの測定法を説明するための模式図であり、反りがプラスの場合を示す。（ｂ）は、複合基板の反りの測定法を説明するための模式図であり、反りがマイナスの場合を示す。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、適宜図面を参照しつつ、本発明を詳細に説明する。

最初に、本発明者が検討した複合基板とその問題点について述べる。

[0018] まず、図１（ａ）に示すように、サファイア基板１の主面１ａに種結晶層１０を形成する。次いで、種結晶層１０上に、窒化ガリウム結晶層２をフラックス法で形成する。次いで、図１（ｂ）に示すように、窒化ガリウム結晶層２の表面２ａを研磨し、研磨済の窒化ガリウム結晶層３を得る。３ａは研磨面である。

[0019] このようにして得られた複合基板１４には、フラックス法による成膜と冷却に起因する反りが生じている。その反りは、一般に、図３（ａ）に模式的に示すように、サファイア基板を下にしたときに、上側に凸形状となっている。こうした反りは、複合基板上に更に気相法で成膜するのに際して悪影響を及ぼすものと想定された。

[0020] そこで、本発明者は、サファイア基板１の底面１ｂを十分に研磨することによって、図１（ｃ）に示すように、研磨済の支持基板１Ａを形成した。１ｃは、研磨された底面である。これによって、支持基板の組織に加工歪みを導入し、図３（ａ）に示すような形態の凸状の反りをほぼ無くすることに成功した。

[0021] 本発明者は、このようにして得られた反りのほとんどない複合基板を成膜プロセスに供し、発光素子を形成することを試みた。これは、従来技術の示唆によれば、良質の発光素子が得られるものと想定されたからである。

[0022] ところが、現実に発光素子を形成してみると、発光強度が所定値に達しない領域が広がり、全体としての発光効率が低下し、発光強度のバラツキが大きくなることを見いだした。

[0023] 本発明者は、この原因を検討した結果、成膜時に加わる熱変化によって、図３（ｂ）に示すような形態の凹状の反りが生じ、これが成膜組成のバラツキを引き起し、結果として発光強度の分布を拡大するという想定に至った。

[0024] 本発明者は、こうした想定に基づき、機能素子を成膜する前に複合基板の反りを前記の特定範囲に制御することによって、機能素子の成膜バラツキを抑制できることを見いだした。これは、複合基板の反りを利用することでバラツキを抑制するという考え方であり、反りをできるだけ低減するという従来技術とは一線を画するものである。

[0025] 本発明では、反りの大きさを前述のように限定した複合基板４を作製し、その表面３ａ上に機能層を形成し、機能素子を得る。

[0026] すなわち、図２（ａ）に示すように、複合基板４上に機能層６を形成し、機能素子５を得る。ここで、機能層６は複数層形成することができる。例えば、図２（ｂ）の例では、機能層６Ａは複数層６ａ、６ｂ、６ｃ、６ｄ、６ｅからなり、発光素子構造を形成している。これによって、転位密度の少ない発光素子構造が得られることから、発光素子５Ａの内部量子効率が向上する。

[0027] 本願でいう単結晶は、結晶の全体にわたって規則正しく原子が配列した教

科書的な単結晶を含むが、それのみに限定する意味ではなく、一般工業的に流通している意味である。すなわち、結晶がある程度の欠陥を含んでいたり、歪みを内在していたり、不純物がとりこまれていたりしていてもよく、多結晶（セラミックス）と区別して、これらを単結晶と呼んで用いているのと同義である。

[0028]（サファイア基板）

サファイアのウルツ鉱構造は、ｃ面、ａ面、およびｍ面を有する。これらの各結晶面は結晶学的に定義されるものである。下地層、種結晶層、およびフラックス法によって育成される窒化ガリウム結晶層の育成方向は、ｃ面の法線方向であってよく、またa面、ｍ面それぞれの法線方向であってもよい。

[0029] 本発明の観点からは、窒化ガリウム結晶層の剥離を抑制するため、サファイア基板の厚さを窒化ガリウム結晶層の厚さよりも厚くすることが好ましい。そのため、サファイア基板の厚さは、３００～１６００μｍとすることが好ましく、４００～１３００μｍとすることが更に好ましい。

[0030]（種結晶層）

サファイア基板上に種結晶層を形成することができる。

[0031] 種結晶層の厚さは特に限定されないが、０．０１μｍ以上が好ましく、０．１μｍ以上がさらに好ましい。また厚過ぎると成膜に時間がかり、効率が悪いので、３．０μｍ以下が望ましく、１．５μｍ以下がさらに好ましい。また、種結晶層の材質は、後述するような１３族元素窒化物が好ましい。

[0032] 種結晶層は、一層であってよく、あるいは複数層であって良い。また、種結晶層の形成方法は気相成長法を好ましい一例として挙げることができ、有機金属化学気相成長（ＭＯＣＶＤ： Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法、ハイドライド気相成長（ＨＶＰＥ）法、パルス励起堆積（ＰＸＤ）法、ＭＢＥ法、昇華法を例示できる。有機金属化学気相成長法が特に好ましい。

[0033] 種結晶層の転位密度は、種結晶層上に設ける窒化ガリウム結晶層の転位密度を低減するという観点から、低いことが望ましい。この観点からは、種結

晶層の転位密度は、７×１０^{8}ｃｍ$^{-2}$ｃｍ以下が好ましく、５×１０^{8}ｃｍ$^{-2}$ｃｍ以下が更に好ましい。また、種結晶層の転位密度は品質の点からは低いほど良いので、下限は特にないが、一般的には、５×１０^{7}ｃｍ$^{-2}$以上であることが多い。

[0034] 種結晶層を構成する材質は、好ましくは蛍光顕微鏡観察により黄色発光効果が認められる窒化ガリウムである。

黄色発光する窒化ガリウムについて述べる。

本窒化ガリウム結晶は、バンドからバンドへの励起子遷移（ＵＶ）に加えて、２．２～２．５ｅＶの範囲にブロードなピークが現れる。これは、黄色発光（ＹＬ）または黄色帯（ＹＢ）と呼ばれている。

蛍光顕微鏡を用いることで、この範囲の黄色発光のみを励起し、黄色発光の有無を検出することができる。

[0035] こうした黄色発光は、窒素欠損のように結晶にもともとある自然欠陥に関与した輻射プロセスに起因する。こうした欠陥は発光中心となる。おそらくは、反応環境に由来するＮｉ，Ｃｏ，Ｃｒ，Ｔｉなどの遷移元素等の不純物が窒化ガリウム内に取り込まれることで、黄色発光中心を形成しているものと考えられる。

こうした黄色発光する窒化ガリウム結晶は、例えば、特表２００５－５０６２７１に例示されている。

[0036]（窒化ガリウム結晶層）

窒化ガリウム結晶層とサファイア基板との自然剥離が生ずると、複合基板として利用できない。このため、窒化ガリウム結晶層の剥離を抑制するという観点からは、窒化ガリウム結晶層の厚さ（成膜直後の厚さ）を１００μｍ以下とすることが好ましく、５０μｍ以下とすることが更に好ましく、２０μｍ以下がいっそう好ましい。

[0037] また、窒化ガリウム結晶層の厚さ（成膜直後の厚さ）は、種結晶層の転位をフラックス法による窒化ガリウム育成時に消滅させ、その最表面の結晶性を良好なものとする、という観点からは、３μｍ以上が好ましく、１０μｍ

以上が更に好ましい。

[0038] 窒化ガリウム結晶層の製法は特に限定されないが、有機金属化学気相成長（ＭＯＣＶＤ：Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法、ハイドライド気相成長（ＨＶＰＥ）法、パルス励起堆積（ＰＸＤ）法、ＭＢＥ法、昇華法などの気相法、フラックス法などの液相法を例示できる。

[0039] 窒化ガリウム結晶層をフラックス法によって育成する場合には、フラックスの種類は、窒化ガリウム結晶を生成可能である限り、特に限定されない。好適な実施形態においては、アルカリ金属とアルカリ土類金属の少なくとも一方を含むフラックスを使用し、ナトリウム金属を含むフラックスが特に好ましい。

[0040] フラックスには、ガリウム原料物質を混合し、使用する。ガリウム原料物質としては、ガリウム単体金属、ガリウム合金、ガリウム化合物を適用できるが、ガリウム単体金属が取扱いの上からも好適である。

[0041] フラックス法における窒化ガリウム結晶の育成温度や育成時の保持時間は特に限定されず、フラックスの組成に応じて適宜変更する。一例では、ナトリウムまたはリチウム含有フラックスを用いて窒化ガリウム結晶を育成する場合には、育成温度を８００～９５０℃とすることが好ましく、８５０～９００℃とすることが更に好ましい。

[0042] フラックス法では、窒素原子を含む気体を含む雰囲気下で単結晶を育成する。このガスは窒素ガスが好ましいが、アンモニアでもよい。雰囲気の圧力は特に限定されないが、フラックスの蒸発を防止する観点からは、１０気圧以上が好ましく、３０気圧以上が更に好ましい。ただし、圧力が高いと装置が大がかりとなるので、雰囲気の全圧は、２０００気圧以下が好ましく、５００気圧以下が更に好ましい。雰囲気中の窒素原子を含む気体以外のガスは限定されないが、不活性ガスが好ましく、アルゴン、ヘリウム、ネオンが特に好ましい。

[0043] （複合基板の加工および形態）

好適な実施形態においては、複合基板が円板状であるが、角板などの他の

形態でも良い。また、好適な実施形態においては、複合基板の寸法が、直径φ５０ｍｍ以上である。これによって、機能素子の量産に適した、取り扱い易い複合基板を提供できる。

[0044] 本発明においては、複合基板の反りが、５．０８ｃｍ当たり、＋４０μｍ以下、＋８０μｍ以下である。この反りは、特開２００９－１１１４２３に記載されている方法で測定される値である。

[0045] 具体的には、図３を参照しつつ述べる。

ここで、図３（ａ）に示す例では、試料（複合基板）４のサファイア基板１Ａの底面１ｃが凹状となり、窒化ガリウム結晶層が凸状となるように、複合基板が反っている。この反りを正（＋の記号で示す）とする。また、図３（ｂ）に示す例では、試料（複合基板）４のサファイア基板１Ａの底面１ｃが凸状となり、窒化ガリウム結晶層が凹状となるように、複合基板が反っている。この反りを負（－の記号で示す）とする。複合基板４の底面１ｃが形成する曲面を「反り曲面」とする。

[0046] また、反り曲面と平面Ｐとの距離の平均値が最も小さくなるような平面を想定し、この平面を最適平面Ｐとする。そして、この反り曲面と最適平面Ｐとの距離を測定する。すなわち、底面の長さ２インチ（５．０８ｃｍ）の領域内において、底面１ｃのうち最適平面Ｐ上にある点をｚｐとする。また、底面１ｃのうち最適平面Ｐと最も離れた点をｚｖとする。点ｚｖと最適平面Ｐとの距離を反りＷ（Ｒ）とする。１１は、試料と平面Ｐとの隙間である。

言い換えると、反りＷ（Ｒ）は、底面１ｃにおいて、最適平面Ｐに最も近い点ｚｐと最も遠い点ｚｖとの高低差である。

[0047] この反りＷ（Ｒ）を＋４０μｍ以上、＋８０μｍ以下とすることによって、本発明の前記効果を奏することができる。この観点からは、反りＷ（Ｒ）を＋５０μｍ以上とすることが更に好ましく、また、＋７０μｍ以下とすることが更に好ましい。

[0048] 複合基板の反りは、レーザ変位計によって測定できる。レーザ変位計とは、レーザ光を複合基板の底面に照射することにより、背面の変位を測定する

装置をいう。レーザの波長を６３３ｎｍとし、測定方式には表面粗度に応じてレーザフォーカス方式、光干渉方式を用いることができる。

[0049] 複合基板の反りを抑制するために、支持基板の底面を処理することができる。こうした処理としては、以下のものがある。

まず、研削（グライディング）とは、砥粒をボンドで固定した固定砥粒を高速回転させながら対象物に接触させて、対象物の面を削り取ることをいう。かかる研削によって、粗い面が形成される。複合基板の底面を研削する場合、硬度の高いＳｉＣ、Al_2O_3、ダイヤモンドおよびＣＢＮ（キュービックボロンナイトライド、以下同じ）などで形成され、粒径が１０μｍ以上、１００μｍ以下程度の砥粒を含む固定砥粒が好ましく用いられる。

[0050] また、研磨（ラッピング）とは、遊離砥粒（固定されていない砥粒をいう、以下同じ）を介して定盤と対象物とを互いに回転させながら接触させて、または固定砥粒と対象物とを互いに回転させながら接触させて、対象物の面を磨くことをいう。かかる研磨によって、研削の場合よりも面粗さが小さい面であって微研磨（ポリシング）の場合より粗い面が形成される。硬度の高いＳｉＣ、Al_2O_3、ダイヤモンドおよびＣＢＮなどで形成され、粒径が０．５μｍ以上１５μｍ以下程度の砥粒が好ましく用いられる。

[0051] また、複合基板の底面をエッチングする場合、エッチング剤によるウェットエッチングが好ましく行なわれる。エッチング剤としては、NH_3およびH_2O_2の混合溶液、ＫＯＨ溶液、ＮａＯＨ溶液、ＨＣｌ溶液、H_2SO_4溶液、H_3PO_4溶液、H_3PO_4およびH_2SO_4の混合溶液などが好ましく用いられる。ここで、上記の溶液および混合溶液の溶媒としては水が好ましく用いられる。また、上記エッチング剤は、水などの溶媒により、適宜希釈して用いることもできる。

[0052] 微研磨（ポリシング）とは、遊離砥粒を介して研磨パッドと対象物とを互いに回転させながら接触させて、または固定砥粒と対象物とを互いに回転させながら接触させて、対象物の面を微細に磨いて平滑化することをいう。かかる微研磨によって、研磨の場合よりも面粗さが小さい結晶成長面が形成さ

れる。

[0053] このような微研磨の方法には、機械的ポリシングまたは化学機械的ポリシング（以下、ＣＭＰという）が好ましく用いられる。機械的ポリシングまたはＣＭＰとは、それぞれ、砥粒を含むスラリーを介して研磨パッドと対象物とを互いに回転させながら接触させることにより、対象物の面を機械的または化学的かつ機械的に微研磨する方法をいう。砥粒としては、面粗さＲａおよびＲｙを小さくするため、平均粒径が０．１μｍ以上３μｍ以下の微粒子であって、硬度が高いＳｉＣ、Si_3N_4、Al_2O_3、ダイヤモンド、ＣＢＮなどや、硬度の低いSiO_2、ＣｕＯ、TiO_2、ＺｎＯ、ＮｉＯ、Cr_2O_3、Fe_2O_3、ＣｏＯ、ＭｎＯなどが、単独または併用で用いられる。また、化学的なポリシング効果を高めるため、スラリーは、ｐＨ≦５の酸性、または、ｐＨ≧９の塩基性とされていること、または過酸化水素（H_2O_2）、ジクロロイソシアヌル酸、硝酸、過マンガン酸カリウム、塩化銅などの酸化剤が添加されて、ＯＲＰ（酸化還元電位）が高められていること（たとえば、ＯＲＰ≧４００ｍＶ）が好ましい。

[0054] 最終的な複合基板における窒化ガリウム結晶層（研磨後）の厚さは、本発明の観点からは、１００μｍ以下が好ましく、５０μｍ以下が更に好ましく、２０μｍ以下がいっそう好ましい。また、窒化ガリウム結晶層（研磨後）の厚さは、機能素子の性能を向上させるためのある一定レベルの結晶品質を保つという観点からは、５μｍ以上が好ましい。

[0055] また、好適な実施形態においては、窒化ガリウム結晶層の表面が鏡面である。鏡面とは、高い平滑度で研磨された光沢を持つ表面であり、表面の凹凸による光の散乱が実質的に無く、透明材料においては高い光透過性を持つ面である。ここでいう、鏡面の平均粗さ（Ra）は、Ra=0.1nm～10nmの範囲を指す。

[0056] また、好適な実施形態においては、支持基板の底面が半鏡面である。半鏡面とは、平滑度が適度に調整された研磨表面であり、表面の凹凸による光の散乱があり、透明材料においては光の透過性が鏡面に比べて若干劣り、目視

あるいは簡便な計測で鏡面との区別が可能な面である。

ここでいう、半鏡面とは、平均粗さRaが10nmより大きく、500nm以下の状態のものを指す。平均粗さRaが500nmを超えるものは、粗面と定義する。

本発明の半鏡面のRaは、好ましくは、１００ｎｍ以上、５００ｎｍ以下であり、さらに好ましくは、２５０ｎｍ以上、５００ｎｍ以下である。

[0057] また、複合基板の底面（支持基板の底面）上に、耐熱性材料からなる膜を形成することによって、複合基板の反りを減少させ、本発明の範囲内とすることができる。こうした耐熱性材料は、複合基板上にＬＥＤなどの機能素子構造を形成する際の温度に対する耐熱性を有する材料である。こうした膜を構成する材料としては、SiO_2、Ta_2O_5が好ましい。また、こうした膜の形成方法としては、密着強度の高い膜が形成できる、プラズマＣＶＤが好ましい。

[0058] この膜の膜厚を大きくするほど、一般に複合基板の反りの絶対値が小さくなる傾向がある。このため、膜厚は、最終的な複合基板の反りの大きさに応じて適宜変化させる。ただし、複合基板の底面上の膜の安定性の観点からは、膜厚は３μｍ以上が好ましく、５μｍ以上が更に好ましい。同様の理由から、膜厚は、１５μｍ以下が好ましく、１０μｍ以下が更に好ましい。

[0059] （機能層および機能素子）

こうして得られた複合基板上に機能層を気相法で形成する。

こうした機能層は、単一層であってよく、複数層であってよい。また、機能としては、高輝度・高演色性の白色ＬＥＤや高速高密度光メモリ用青紫レーザディスク、ハイブリッド自動車用のインバータ用のパワーデバイスなどに用いることができる。

[0060] 複合基板上に気相法、好ましくは有機金属気相成長（ＭＯＣＶＤ）法により半導体発光ダイオード（ＬＥＤ）を作製すると、ＬＥＤ内部の転位密度が複合基板と同等となる。

[0061] 機能層の成膜温度は、成膜速度の観点から、９５０℃以上が好ましく、１０００℃以上が更に好ましい。また、欠陥を抑制するという観点からは、機

能層の成膜温度は、１２００℃以下が好ましく、１１５０℃以下が更に好ましい。

[0062] 機能層の材質は、１３族元素窒化物が好ましい。１３族元素とは、IUPACが策定した周期律表による第１３族元素のことである。１３族元素は、具体的にはガリウム、アルミニウム、インジウム、タリウム等である。また、添加剤としては、炭素や、低融点金属（錫、ビスマス、銀、金）、高融点金属（鉄、マンガン、チタン、クロムなどの遷移金属）が挙げられる。低融点金属は、ナトリウムの酸化防止を目的として添加する場合があり、高融点金属は、坩堝を入れる容器や育成炉のヒーターなどから混入する場合がある。

[0063] 発光素子構造は、例えば、ｎ型半導体層、このｎ型半導体層上に設けられた発光領域およびこの発光領域上に設けられたｐ型半導体層を備えている。図２（ｂ）の発光素子５Ａでは、窒化ガリウム結晶層３上に、ｎ型コンタクト層６ａ、ｎ型クラッド層６ｂ、活性層６ｃ、ｐ型クラッド層６ｄ、ｐ型コンタクト層６ｅが形成されており、発光素子構造６Ａを構成する。

[0064] また、前記発光構造には、更に、図示しないｎ型半導体層用の電極、ｐ型半導体層用の電極、導電性接着層、バッファ層、導電性支持体などを設けることができる。

[0065] 本発光構造では、半導体層から注入される正孔と電子の再結合によって発光領域で光が発生すると、その光をｐ型半導体層上の透光性電極又は１３族元素窒化物単結晶膜側から取り出す。なお、透光性電極とは、ｐ型半導体層のほぼ全面に形成された金属薄膜又は透明導電膜からなる光透過性の電極のことである。

[0066] ｎ型半導体層、ｐ型半導体層を構成する半導体の材質は、III －V 族系化合物半導体からなり、以下を例示できる。

$Al_yIn_xGa_{1-x-y}N$（０≦ｘ≦１、０≦ｙ≦１）

ｎ型導電性を付与するためのドープ材としては、珪素、ゲルマニウム、酸素を例示できる。また、ｐ型導電性を付与するためのドープ材としては、マグネシウム、亜鉛を例示できる。

[0067] 発光構造の設けられた１３族元素窒化物膜の表面は、平坦面であってもよい。しかし、特開２００６－３３２７１４と同様に、１３族元素窒化物膜表面に凹凸を設け、半導体層での光の導波方向を変えて、外部量子効率を上げることができる。

[0068] 電極の好ましい材料としては、Ｎｉ、Ｐｄ、Ｃｏ、Ｆｅ、Ｔｉ、Ｃｕ、Ｒｈ、Ａｕ、Ｒｕ、Ｗ、Ｚｒ、Ｍｏ、Ｔａ、Ｐｔ、Ａｇ及びこれらの酸化物、窒化物からなる群から選択される少なくとも一種を含む合金または多層膜があげられる。これらは、４００℃以上の温度でアニールすることにより、ｐ型半導体層と良好なオーミック接触を得ることができる。特に、Ｎｉの上にＡｕの多層膜が好ましい。電極の総膜厚としては５０Å～１００００Åが好ましい。特に、透光性の電極として用いる場合は、５０Å～４００Åが好ましい。また、非透光性電極とする場合は、１０００Å～５０００Åが好ましい。

[0069] ｎ型半導体層と１３族元素窒化物膜との間には剥離層を形成することができる。こうした剥離層の材質は、低温ＧａＮバッファ層、Zn0、TiNを例示できる。

[0070] 発光構造を構成する各半導体層の成長方法は、種々の気相成長方法を挙げることができる。例えば、有機金属化合物気相成長法（ＭＯＣＶＤ（ＭＯＶＰＥ）法）、分子線エピタキシー法（ＭＢＥ法）、ハイドライト気相成長法（ＨＶＰＥ法）等を用いることができる。その中でもＭＯＣＶＤ法によると、迅速に結晶性の良好なものを得ることができる。ＭＯＣＶＤ法では、ＧａソースとしてＴＭＧ（トリメチルガリウム）、ＴＥＧ（トリエチルガリウム）などのアルキル金属化合物が多く使用され、窒素源としては、アンモニア、ヒドラジンなどのガスが使用される。

[0071] 発光領域は、量子井戸活性層を含む。量子井戸活性層の材料は、ｎ型半導体層およびｐ型半導体層の材料よりもバンドギャップが小さくなるように設計される。量子井戸活性層は単一量子井戸（ＳＱＷ）構造であっても多重量子井戸（ＭＱＷ）構造であってもよい。量子井戸活性層の材質は以下を例示

できる。

量子井戸活性層の好適例として、ＡｌxＧａ1-xＮ／ＡｌyＧａ1-yＮ系量子井戸活性層（ｘ＝０．１５、ｙ＝０．２０）であって、膜厚がそれぞれ３ｎｍ／８ｎｍであるものを３～５周期形成させたＭＱＷ構造が挙げられる。

[0072] 導電性接着剤としては、例えばＡｕ／Ｇｅ系半田を厚さ０．５～１００μｍ程度で使用することができる。また、前記発光構造を導電性接着剤を介して別体の導電性支持体に対して接合することができる。導電性支持体は、発光構造を支持する約割を担うと共に、ｐ型半導体層への電流注入機能をも有する。導電性支持体の材料としては、ＧａＡｓ、ＳｉＣ、Ｓｉ、Ｇｅ、Ｃ、Ｃｕ、Ａｌ、Ｍｏ、Ｔｉ、Ｎｉ、Ｗ、Ｔａ、ＣｕＷ、Ａｕ／Ｎｉ等が挙げられる。

[0073] （用途）

本発明は、高品質であることが要求される技術分野、例えばポスト蛍光灯といわれている高演色性の青色ＬＥＤや高速高密度光メモリ用青紫レーザ、ハイブリッド自動車用のインバータに用いるパワーデバイスなどに用いることができる。

実施例

[0074] （実施例１）

（種結晶基板の作製）

ＭＯＣＶＤ法を用いて、直径２インチ、厚さ５００μｍのｃ面サファイア基板の上に、５３０℃にて、低温ＧａＮバッファ層を４０ｎｍ堆積させたのちに、１０５０℃にて、厚さ３μｍのＧａＮ膜を積層させた。室温まで自然冷却したのちに、基板の反りを測定したところ、ＧａＮが成膜された面を上にした場合に凸形状となっており、平坦面においたときの最大高さ－最小高さで定義される、２インチウェハーの反りは、＋２０μｍであった。ＴＥＭ観察による欠陥密度は、１×１０^{9}／ｃｍ^{2}であった。有機溶剤、超純水でそれぞれ１０分間超音波洗浄した後に乾燥させて、これを種結晶基板とした。

[0075] （液相法ＧａＮ結晶成長）

次いで、種結晶基板の上面上にフラックス法によって窒化ガリウムを成長した。

アルミナ坩堝を用い、金属Ｇａと金属Ｎａをモル比で２０：８０で秤量し、種結晶基板とともに、坩堝の底に配置した。

[0076] 本実施例では、育成時間を２０時間とすることで、１８０μｍ厚さの窒化ガリウム結晶を成長させた。基板の反りはサファイアが下になるように配置したとき、凸形状であり、平坦面においたときの最大高さ－最小高さで定義される、２インチウェハー反りは、＋２５０μｍであった。

[0077] この窒化ガリウム結晶は、蛍光顕微鏡測定の際に黄色発光しないものであった。また、この窒化ガリウム結晶は、蛍光顕微鏡測定において、青白い発光をする場合があった。この発光の起源についてはよくわかっていないが、本製法特有のものである。発光波長は４３０から５００ｎｍまでのブロードなスペクトルであることがＰＬスペクトル測定によりわかっている。

[0078]（複合基板の作成）

成長した窒化ガリウム結晶を以下の工程で、研磨加工した。

固定砥粒の砥石による研削（グラインディング）によって面だしした後、ダイヤモンドスラリーなどの遊離砥粒を用いて研磨（ラッピング）し、その後、酸性やアルカリ性のＣＭＰスラリーを用いて精密研磨（ポリッシュ）した。

[0079] 窒化ガリウム結晶の研磨後の厚さは、本発明の観点からは、１５μｍとした。研磨後のウェハーの反りは、サファイアが下になるように配置したとき、凸形状であり、平坦面においたときの最大高さ－最小高さで定義される、２インチウェハーの反りは、室温にて、＋１２０μｍであった。

[0080] 次に、この研磨された窒化ガリウムを保護膜によって保護し、研磨定盤に窒化ガリウムを下向きにして貼り付け、サファイア基板を、以下の工程で、研磨加工し、加工歪みを導入した。

固定砥粒の砥石による研削（グラインディング）によって面だしした後、平均粒径１～１０μｍのダイヤモンドスラリーなどの遊離砥粒を用いて研磨

（ラッピング）し、その後、コロイダルシリカ砥粒を含有した酸性やアルカリ性のＣＭＰスラリーを用いて半鏡面とした（ポリッシュ）。

これを、スクラブ洗浄（ブラシを用いたこすり洗い）し、超純水にて超音波洗浄した後に乾燥させて、ＬＥＤ構造成膜用の基板とした。

[0081] こうして得られた複合基板の研磨後の厚さは、本発明の観点からは、４５０μｍとした。サファイア研磨後のウェハーの反りは、前記同様に室温にて、＋８０μｍであり、サファイア研磨前と比べて、４０μｍ小さくなっていた。

カソードルミネッセンス装置により、この複合基板の表面の液相法窒化ガリウム膜のダークスポット密度を測定したところ、約１×１０^{7}／ｃｍ^{2}であった。

[0082] （ＬＥＤ構造の成膜）

ＭＯＣＶＤ法により、以下の工程で、ＬＥＤ構造を成膜した。室温から、１０５０℃まで約１５分で昇温し、窒素と水素とアンモニアの混合雰囲気にて、１５分保持してサーマルクリーニングを行った後、厚さ２μｍのｎ－ＧａＮ層を１０５０℃で堆積させ、ついで７５０℃に降温して、ＩｎＧａＮ／ＧａＮによる多重量子井戸（活性層）を１０ペア堆積した。さらに、ＡＩＧａＮによる電子ブロック層を０．０２μｍ成長させ、その後、１０００℃に昇温してから、ｐ－ＧａＮ（ｐクラッド層；厚さ８０ｎｍ）、ｐ＋ＧａＮ（ｐコンタクト層；厚さ２０ｎｍ）を堆積し、その後室温まで放冷した。

[0083] ＭＯＣＶＤ炉より取り出して、目視にて観察したところ、クラックは観察されなかった。また、微分干渉顕微鏡で観察したところ、表面は平坦であることが確認された。

このウェハーを用いて、通常のフォトリソグラフィ工程にて、０．３ｍｍ角のＬＥＤ素子を作成し、約３．５Ｖの電圧を電極に印加したところ、波長約４６０ｎｍの青色で発光することが確認できた。発光波長の面内分布を測定したところ、４６０±５ｎｍの範囲であった。また、ウェハーの約７割の面積は４６０±２．５ｎｍの範囲に入っていた。

[0084]（実施例２）

窒化ガリウム結晶の研磨後の厚さを１０μｍとした以外は、実施例１と同様に実験を行った。窒化ガリウム側と、サファイア側の両方を研磨して得られた４４５μｍの厚さの複合基板の反りは、前記同様に凸形状であり、室温にて、＋４０μｍであった。

[0085] 実施例１と同様にＬＥＤ構造を成膜し、発光波長の面内分布を測定したところ、４６０±５ｎｍの範囲であった。また、ウェハーの約７割の面積は４６０±２．５ｎｍの範囲に入っていた。

[0086]（実施例３）

窒化ガリウム結晶の研磨後の厚さを１３μｍとした以外は、実施例１と同様に実験を行った。窒化ガリウム側と、サファイア側の両方を研磨して得られた４４８μｍの厚さの複合基板の反りは、前記同様に凸形状であり、室温にて、＋７０μｍであった。

[0087] 実施例１と同様にＬＥＤ構造を成膜し、発光波長の面内分布を測定したところ、４６０±５ｎｍの範囲であった。また、ウェハーの約８割の面積は４６０±２．５ｎｍの範囲に入っていた。

[0088]（実施例４）

サファイア面をダイヤモンドスラリーによるラッピングした後の酸性やアルカリ性のＣＭＰスラリー（コロイダルシリカ）を用いてポリッシュする工程を省いた以外は、実施例１と同様に実験した。ダイヤモンドスラリーの平均粒径は、１０μｍを用いた後に２μｍを用いるという２段階にしたところ、実施例１と同様に、サファイア面は半鏡面であった。窒化ガリウム結晶の研磨後の厚さを１５μｍとした。

[0089] 窒化ガリウム側と、サファイア側の両方を研磨して得られた４５０μｍの厚さの複合基板の反りは、前記同様に凸形状であり、室温にて、＋５０μｍであった。実施例１と同様にＬＥＤ構造を成膜し、発光波長の面内分布を測定したところ、４６０±５ｎｍの範囲であった。また、ウェハーの約８割の面積は４６０±２．５ｎｍの範囲に入っていた。

[0090]（実施例５）

実施例１と同様に、複合基板を作製した。その後で、さらに、複合基板の底面１ｃにＳｉＯ$_2$膜をプラズマＣＶＤにて成膜した。ＳｉＯ$_2$膜の厚さは5ミクロンとした。すなわち、複合基板の厚さは４５５ミクロンとなった。複合基板の室温での反りは前記同様に凸形状であり、＋４０μｍであり、ＳｉＯ$_2$成膜前と比べて４０μｍ小さくなっていた。

[0091] 実施例１と同様に複合基板上にＬＥＤ構造を成膜し、発光波長の面内分布を測定したところ、４６０±５ｎｍの範囲であった。また、ウェハーの約９割の面積は４６０±２．５ｎｍの範囲に入っていた。すなわち、面内均一性が実施例１よりも少し改善された。

[0092]（実施例６）

窒化ガリウム結晶の研磨後の厚さを２５μｍとし、複合基板の底面１ｃ上のＳｉＯ$_2$膜厚を１０ミクロンとした以外は、実施例５と同様に実験を行った。すなわち、複合基板の厚さは、４７０ミクロンとなった。室温での反りは前記同様に凸形状であり、＋８０μｍであり、ＳｉＯ$_2$成膜前と比べて８０μｍ小さくなっていた。

[0093] カソードルミネッセンス装置により、この複合基板の表面の液相法窒化ガリウム膜のダークスポット密度を測定したところ、約８×１０^6／ｃｍ^{2}であり実施例１よりも転位密度が少なくなっていた。

実施例１と同様に複合基板上にＬＥＤ構造を成膜し、発光波長の面内分布を測定したところ、４６０±５ｎｍの範囲であった。また、ウェハーの約８割の面積は４６０±２．５ｎｍの範囲に入っていた。１ｍｍ角チップに切り出し、１Ａの電流で駆動したところ、８０％と高い内部量子効率が得られた。このときの電流密度は、１００Ａ／ｃｍ^{2}であった。すなわち、実施例１よりも大電流かつ大電流密度でLEDを駆動することができた。

[0094]（比較例１）

ダイヤモンドスラリーの平均粒径を実施例１とは変えた以外は、実施例１と同様に実験した。固定砥粒の砥石による研削（グラインディング）によっ

てサファイアを面だしした後、平均粒径１５μｍのダイヤモンドスラリーなどの遊離砥粒を用いて研磨（ラッピング）し、その後、酸性やアルカリ性のＣＭＰスラリー（コロイダルシリカ）を用いて半鏡面とした。窒化ガリウム結晶の研磨後の厚さは１０μｍとした。

[0095] 窒化ガリウム側と、サファイア側の両方を研磨して得られた４４５μｍの厚さの複合基板の反りは、前記同様に凸形状であり、室温にて、＋３０μｍであった。

[0096] 実施例１と同様にＬＥＤ構造を成膜し、発光波長の面内分布を測定したところ、４６０±１０ｎｍの範囲であり、発光波長分布が約２倍に大きくなった。また、４６０±２．５ｎｍの範囲に入っていた面積の割合は、約４割と狭かった。

[0097]（比較例２）

酸性やアルカリ性のＣＭＰスラリー（コロイダルシリカ）を用いてサファイア面を鏡面とした以外は、実施例１と同様に実験した。窒化ガリウム結晶の研磨後の厚さは１５μｍとした。窒化ガリウム側と、サファイア側の両方を研磨して得られた４５０μｍの厚さの複合基板の反りは、前記同様に凸形状であり、室温にて、＋１００μｍであった。

[0098] 実施例１と同様にＬＥＤ構造を成膜し、発光波長の面内分布を測定したところ、４６０±８ｎｍの範囲であり、発光波長分布が約２倍に大きくなった。また、４６０±２．５ｎｍの範囲に入っていた面積の割合は、約５割と狭かった。

請求の範囲

[請求項1] サファイア基板、および前記サファイア基板上に設けられた窒化ガリウム結晶層を備える複合基板であって、

前記複合基板の反りが５．０８ｃｍ当たり、＋４０μｍ以上、＋８０μｍ以下であることを特徴とする、複合基板。

[請求項2] 前記窒化ガリウム結晶層の表面が鏡面であり、前記サファイア基板の底面が半鏡面であることを特徴とする、請求項１記載の複合基板。

[請求項3] 前記複合基板が円板状であり、前記複合基板の寸法が、直径φ５０ｍｍ以上であることを特徴とする、請求項１または２記載の複合基板。

[請求項4] 前記サファイア基板の底面に形成された耐熱性材料からなる膜を有することを特徴とする、請求項１～３のいずれか一つの請求項に記載の複合基板。

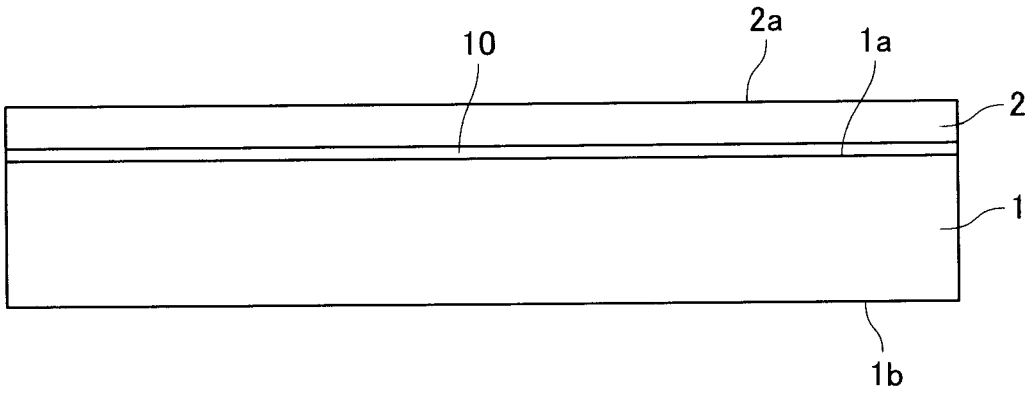
[請求項5] 前記窒化ガリウム結晶層がフラックス法によって窒素含有雰囲気下に融液から育成されたことを特徴とする、請求項１～４のいずれか一つの請求項に記載の複合基板。

[請求項6] 請求項１～５のいずれか一つの請求項に記載の複合基板、および前記窒化ガリウム結晶層上に気相法によって形成された１３族元素窒化物からなる機能層を備えていることを特徴とする、機能素子。

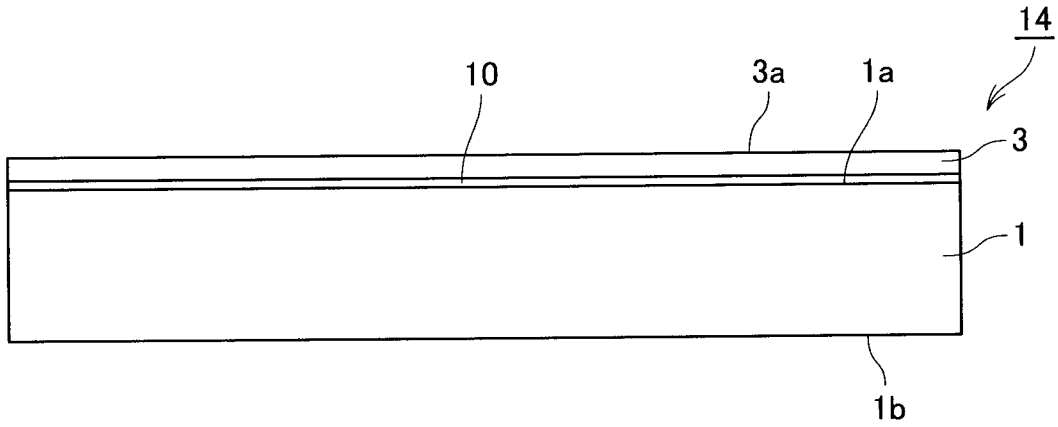
[請求項7] 前記機能層が発光機能を有することを特徴とする、請求項６記載の機能素子。

[図1]

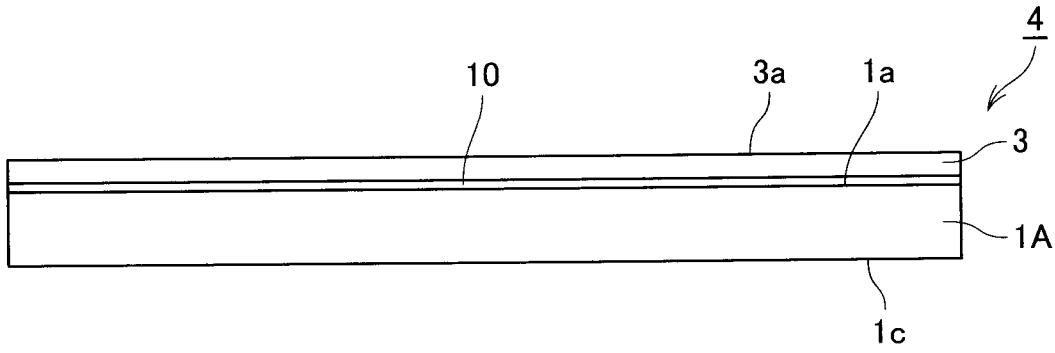
(a)



(b)

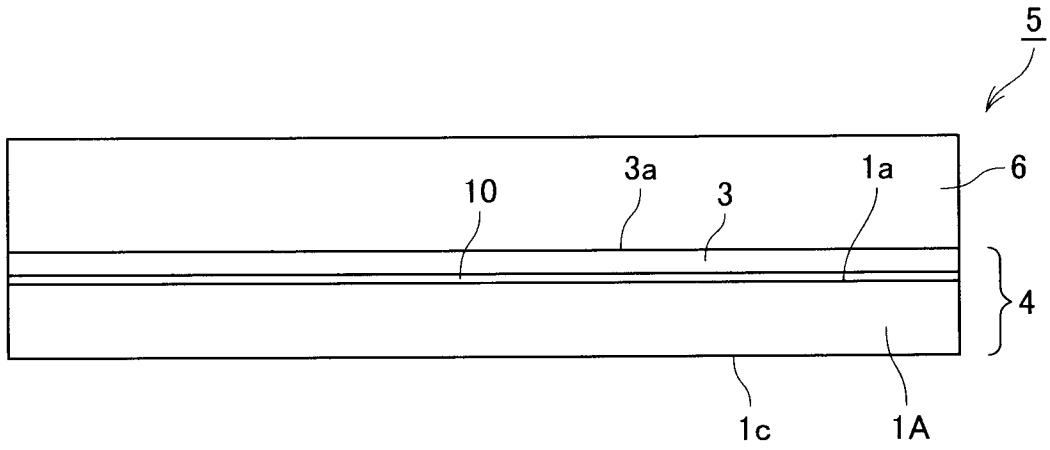


(c)

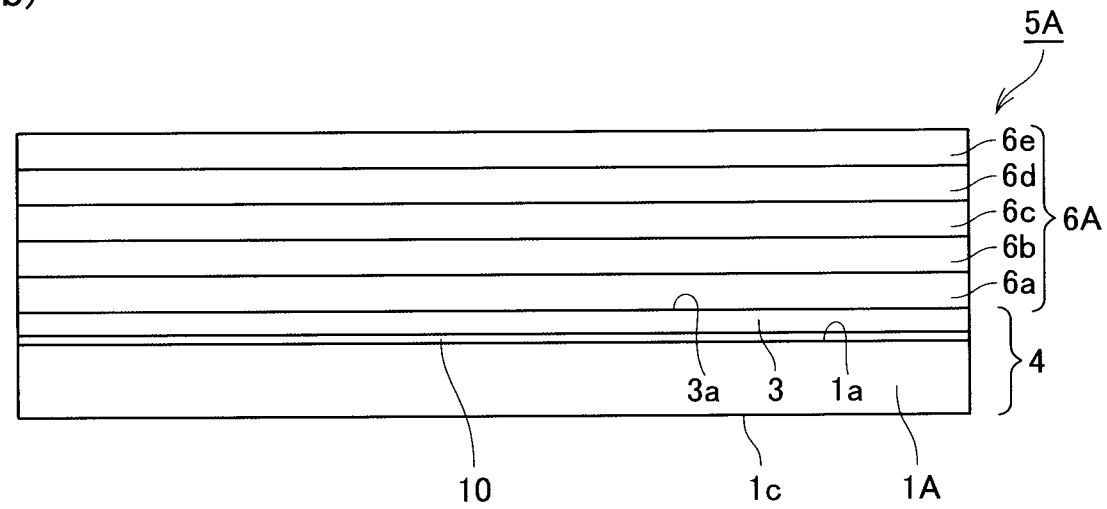


[図2]

(a)

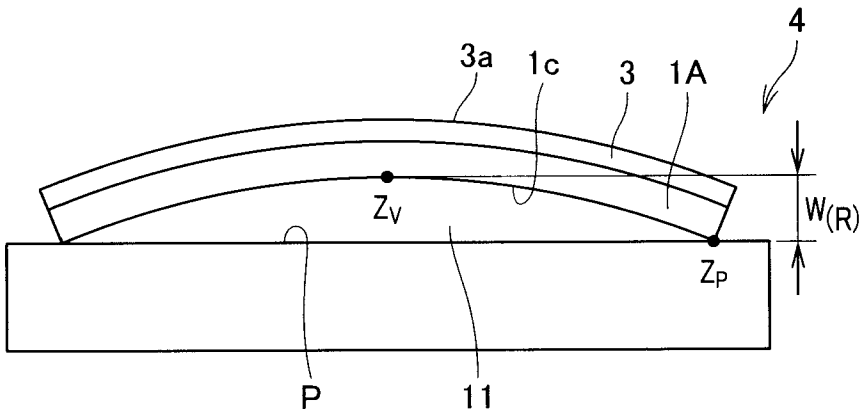


(b)

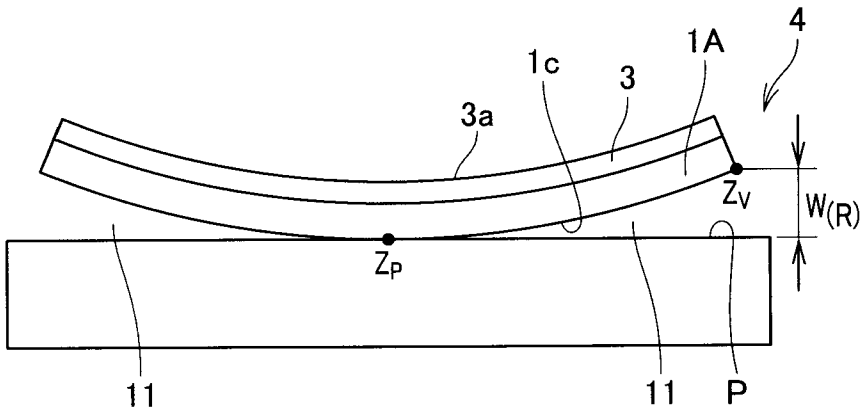


[図3]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/083165

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C30B29/38(2006.01)i, *C30B19/02*(2006.01)i, *C30B25/20*(2006.01)i, *H01L21/208*(2006.01)i, *H01L33/32*(2010.01)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, C30B19/02, C30B25/20, H01L21/208, H01L33/32

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)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/051163 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 11 April 2013 (11.04.2013), claims 1 to 13; examples & JP 2013-177285 A & EP 2765226 A1 & US 2013/0149847 A1 & CN 103180494 A & KR 10-2014-0074142 A	1-7
A	WO 2011/129246 A1 (Namiki Precision Jewel Co., Ltd.), 20 October 2011 (20.10.2011), claims 1 to 38; Mode for carrying out the invention; examples & EP 2559791 A1 & US 2013/0022773 A1	1-7

☒ 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	Date of mailing of the international search report
05 March 2015 (05.03.15)	17 March 2015 (17.03.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/083165

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 2006-54231 A (Sumitomo Chemical Co., Ltd.), 23 February 2006 (23.02.2006), claims 1 to 3; paragraphs [0018] to [0041] (Family: none)	1-7
A	JP 2005-136167 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 26 May 2005 (26.05.2005), claims 1 to 7; examples & US 2005/0093101 A1 & EP 1528591 A2 & CN 1612290 A & KR 10-2005-0041988 A	1-7
A	JP 2009-111423 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 21 May 2009 (21.05.2009), claims 1 to 11; Mode for carrying out the invention; drawings (Family: none)	1-7
A	JP 4301251 B2 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 22 July 2009 (22.07.2009), claims 1 to 4; examples & EP 1821339 A1 & US 2007/0261633 A1 & CN 101037807 A & TW 201335448 A	1-7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０８３１６５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C30B29/38(2006.01)i, C30B19/02(2006.01)i, C30B25/20(2006.01)i, H01L21/208(2006.01)i, H01L33/32(2010.01)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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C30B29/38, C30B19/02, C30B25/20, H01L21/208, H01L33/32

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）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamⅢ)

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	WO 2013/051163 A1 (住友電気工業株式会社) 2013.04.11, 請求項1-13、実施例 & JP 2013-177285 A & EP 2765226 A1 & US 2013/0149847 A1 & CN 103180494 A & KR 10-2014-0074142 A	1-7
A	WO 2011/129246 A1 (並木精密宝石株式会社) 2011.10.20, 請求項1-38、発明を実施するための形態の項及び実施例 & EP 2559791 A1 & US 2013/0022773 A1	1-7

☑　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	国際調査報告の発送日
０５．０３．２０１５	１７．０３．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　４Ｇ　９４４５
植前　充司
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４１６

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 2006-54231 A (住友化学株式会社) 2006.02.23, 請求項1-3、【0018】-【0041】（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2005-136167 A (住友電気工業株式会社) 2005.05.26, 請求項1-7、実施例 & US 2005/0093101 A1 & EP 1528591 A2 & CN 1612290 A & KR 10-2005-0041988 A	1-7
A	JP 2009-111423 A (住友電気工業株式会社) 2009.05.21, 請求項1-11、発明を実施するための形態の項及び図面 （ファミリーなし）	1-7
A	JP 4301251 B2 (住友電気工業株式会社) 2009.07.22, 請求項1-4、実施例 & EP 1821339 A1 & US 2007/0261633 A1 & CN 101037807 A & TW 201335448 A	1-7