

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-116110

(P2007-116110A)

(43) 公開日 平成19年5月10日(2007.5.10)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/00 (2006.01)	HO 1 L 33/00 C	5 F 0 0 4
HO 1 S 5/323 (2006.01)	HO 1 S 5/323 6 1 0	5 F 0 4 1
HO 1 L 21/302 (2006.01)	HO 1 L 21/302 2 0 1 B	5 F 1 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-249883 (P2006-249883)	(71) 出願人	000001889 三洋電機株式会社
(22) 出願日	平成18年9月14日 (2006.9.14)		大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(31) 優先権主張番号	特願2005-276854 (P2005-276854)	(74) 代理人	100133514 弁理士 寺山 啓進
(32) 優先日	平成17年9月22日 (2005.9.22)	(74) 代理人	100122910 弁理士 三好 広之
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	久納 康光 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		(72) 発明者	竹内 邦生 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		Fターム(参考)	5F004 BB03 CA08 DB19 5F041 CA04 CA40 CA65 CA74 CA76 最終頁に続く

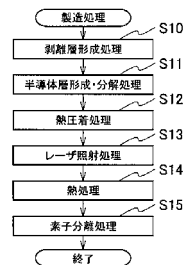
(54) 【発明の名称】窒化物系半導体素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】剥離層に対するレーザーの照射によって成長基板と窒化物半導体層とを分離する場合であっても、窒化物半導体素子の特性劣化の抑制を可能とする窒化物半導体素子の製造方法を提供する。

【解決手段】窒化物系半導体素子の製造方法は、Inを含む剥離層を基板上に形成する工程と、剥離層上に窒化物系半導体層を形成する工程と、剥離層の温度上昇によって剥離層の分解を生じる工程と、レーザー光を剥離層に照射する工程と、基板から窒化物系半導体層を分離する工程とを含む。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Inを含む剥離層を基板上に形成する工程と、
前記剥離層上に窒化物系半導体層を形成する工程と、
前記剥離層の温度上昇によって前記剥離層の分解を生じる工程と、
レーザ光を前記剥離層に照射する工程と、
前記基板から前記窒化物半導体を分離する工程とを含むことを特徴とする窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 2】

前記剥離層は、組成比で18%以上のInを有するInGaNからなることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

10

【請求項 3】

前記レーザ光のフォトンエネルギーは、前記基板のバンドギャップエネルギーよりも低いことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 4】

前記レーザ光のフォトンエネルギーは、前記窒化物系半導体層を形成する各層のバンドギャップエネルギーより低いことを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 5】

前記レーザ光のフォトンエネルギーは、分解が生じた前記剥離層のバンドギャップエネルギーよりも大きいことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物系半導体素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、GaN、InN、AlN等の窒化物系半導体素子は、青色及び緑色の発光ダイオード、青紫色半導体レーザ等の発光素子、高温動作可能な高速トランジスタ等の電子デバイス材料として盛んに用いられている。

30

【0003】

また、光取り出し効率、放熱性及び静電耐圧性の向上を目的として、成長基板上に半導体素子層を形成した後に、高い放熱性を有する金属基板などに成長基板を貼りかえる方法が提案されている。

【0004】

例えば、この方法の一つとして、サファイア基板上に形成された窒化物半導体層に、サファイア基板の裏面側から紫外線領域のレーザ光を照射して、サファイア基板と窒化物半導体層との界面近傍を分解させて、サファイア基板と窒化物半導体層とを分離する方法が挙げられる(例えば、特許文献1)。

40

【0005】

また、この方法の一つとして、GaNによって構成される成長基板上に、成長基板よりも低いバンドギャップエネルギーを有する剥離層を形成し、剥離層上に窒化物半導体層を形成した後に、剥離層よりもバンドギャップエネルギーが高く、かつ、成長基板よりもバンドギャップエネルギーが小さいレーザ光を剥離層に照射して、成長基板と窒化物半導体層とを分離する方法が挙げられる(例えば、特許文献2)。

【特許文献1】特開2000-101139号公報

【特許文献2】特開2005-93988号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0006】

ここで、成長基板上に剥離層を形成する方法では、剥離層上に窒化物半導体層が形成されるため、剥離層の材料は、窒化物半導体層の材料と同じである必要がある。この場合、窒化物半導体層への歪みによるクラックや貫通転移等の欠陥の発生を低減するために、剥離層の組成を窒化物半導体層に近い混晶組成とし、かつ、剥離層を非常に薄膜化する必要がある。すなわち、剥離層の組成が窒化物半導体層に近い場合、剥離層のバンドギャップエネルギーが窒化物半導体層や成長基板のバンドギャップエネルギーに近くなる。また、剥離層を薄膜化するため、剥離層の光吸収力が弱くなる。従って、成長基板と窒化物半導体層とを分離するために剥離層に照射されるレーザー光のフォトンエネルギーは、成長基板や窒化物半導体層のバンドギャップエネルギーに近くなるとともに、レーザー光は剥離層を透過しやすくなる。

10

【0007】

このように、レーザー光のフォトンエネルギーが窒化物半導体層のバンドギャップエネルギーと同程度となり、レーザー光が剥離層を透過する量が増大すると、窒化物半導体層の組成や結晶欠陥量に応じて、レーザー光が窒化物半導体層（例えば、発光素子に形成される活性層）で吸収される場合がある。すなわち、レーザー光の吸収によって、窒化物半導体層にダメージを与えられて、窒化物半導体素子の特性（光学的特性や電気的特性）の劣化が生じる可能性がある。

【0008】

また、一般的に、窒化物半導体素子に設けられるp側オーミック電極の材料として用いられる金属（パラジウム、ニッケル、白金など）は、可視光に近い波長域に含まれる短波長側の光の吸収が大きい傾向を有する。従って、剥離層に照射されるレーザー光のフォトンエネルギーが成長基板や窒化物半導体層のバンドギャップエネルギーと同程度であり、剥離層に照射されるレーザー光の波長が比較的短い場合に、p側オーミック電極などの電極でレーザー光が吸収されやすい。すなわち、レーザー光の吸収によって電極が熱を生じやすく、窒化物半導体素子の電気的特性の劣化が生じる可能性がある。

20

【0009】

そこで、本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、剥離層に対するレーザーの照射によって成長基板と窒化物半導体層とを分離する場合であっても、窒化物半導体素子の特性劣化の抑制を可能とする窒化物半導体素子の製造方法を提供することを

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一の特徴は、Inを含む剥離層を基板上に形成する工程と、前記剥離層上に窒化物系半導体層を形成する工程と、前記剥離層の温度上昇によって前記剥離層の分解を生じる工程と、レーザー光を前記剥離層に照射する工程と、前記基板から前記窒化物系半導体層を分離する工程とを窒化物系半導体素子の製造方法が含むことを要旨とする。

【0011】

かかる特徴によれば、Inを含む剥離層の温度上昇によって、相分離と考えられる剥離層の分解を生じるため、分解が生じる前と分解が生じた後とで、剥離層の吸収スペクトルが変化する。また、剥離層の吸収スペクトルは、金属Ga、金属InやInNの偏析や欠陥の発生（すなわち、分解）によって変化すると思われる。

40

【0012】

これによって、分解が生じた剥離層の吸収係数が、窒化物半導体層や基板の吸収係数よりも大きくなり、分解が生じた剥離層の吸収端が、窒化物半導体層や基板の吸収端よりも長波長化する。すなわち、剥離層の組成と窒化物半導体層や基板の組成とが近く、剥離層を薄膜化した場合であっても、剥離層の吸収係数の増大や吸収端の長波長化を図ることができる。

【0013】

従って、剥離層に照射されるレーザー光のフォトンエネルギーを窒化物半導体や基板のバ

50

ンドギャップエネルギーよりも十分に小さくしても、レーザ光が剥離層で吸収されるため、レーザ光によって窒化物半導体素子の特性劣化が生じることを抑制しながら、窒化物半導体と基板とを容易に分離することができる。

【0014】

また、レーザ光が基板を介して剥離層に照射されたとしても、基板中の欠陥や不純物を起点とする基板の分解やクラックの発生を抑制できる。さらに、レーザ光が電極に到達しても、レーザ光が電極に及ぼす影響を抑制できる。

【0015】

本発明の一の特徴において、前記剥離層は、組成比で18%以上のInを有するInGa_Nによって構成されることが好ましい。

10

【0016】

かかる特徴によれば、剥離層が組成比で18%以上のInを含むため、剥離層の分解を容易に生じることができる。

【0017】

本発明の一の特徴において、前記レーザ光のフォトンエネルギーは、前記基板のバンドギャップエネルギーよりも低いことが好ましい。

【0018】

かかる特徴によれば、基板を介して剥離層にレーザ光を照射しても、基板がレーザ光を吸収しにくいいため、レーザ光が基板に与える影響を抑制することができる。

【0019】

本発明の一の特徴において、前記レーザ光のフォトンエネルギーは、前記窒化物系半導体層のバンドギャップエネルギーよりも低いことが好ましい。

20

【0020】

かかる特徴によれば、剥離層に照射されるレーザ光が剥離層を透過して窒化物半導体層に到達したとしても、窒化物半導体層がレーザ光を吸収しにくいいため、レーザ光が窒化物半導体層に与える影響を抑制することができる。

【0021】

本発明の一の特徴において、前記レーザ光のフォトンエネルギーは、分解が生じた前記剥離層のバンドギャップエネルギーよりも大きいことが好ましい。

【発明の効果】

30

【0022】

本発明によれば、剥離層に対するレーザの照射によって成長基板と窒化物半導体層とを分離する場合であっても、窒化物半導体素子の特性劣化の抑制を可能とする窒化物半導体素子の製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

次に、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の図面の記載において、同一または類似の部分には、同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、各寸法の比率などは現実のものとは異なることを留意すべきである。

40

【0024】

したがって、具体的な寸法等は以下の説明を参酌して判断すべきものである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【0025】

(第1実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法)

以下において、本発明の第1実施形態に係る発光ダイオードの製造方法について、図1~7を参照しながら説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係る発光ダイオードの製造方法のフロー図である。

【0026】

50

図2～図7は、第1実施形態に係る発光ダイオードの製造過程中における断面図である。

【0027】

図1に示すように、ステップS10において、剥離層形成処理を行う。ここでは、図2に示すようにGa_{0.7}In_{0.3}N基板からなる成長基板50上に、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法を用いて、Inを含む窒化物系半導体からなる剥離層10を形成する。

【0028】

具体的には、成長基板50を約700～1000 (例えば、770) の成長温度に保持した状態で、NH₃、TMGa (トリメチルガリウム) 及びTMIn (トリメチルインジウム) からなる原料ガスを用いて、成長基板50上に約20nmの厚みを有するアンドープの単結晶のGa_{0.7}In_{0.3}Nからなる剥離層10を形成する。

【0029】

ここで、剥離層10は、組成比で18%以上のInを有するInGa_{0.9}Nからなることが好ましい。また、剥離層10は、組成比で30%以下のInを有するInGa_{0.9}Nからなることがより好ましい。

【0030】

ステップS11において、窒化物系半導体層形成及び分解処理を行う。ここでは、図3に示すように剥離層10上にMOCVD法を用いて、窒化物系半導体層100を形成し、剥離層10の分解処理を行う。

【0031】

ここで、窒化物系半導体層100は、剥離層10側から、下地層11、n型コンタクト層12、n型クラッド層13、活性層14、p型キャップ層15、p型クラッド層16、p型コンタクト層17で形成される。

【0032】

図3(a)、図3(b)を参照しながら、窒化物系半導体形成処理及び分解処理について更に説明する。なお、図3(a)では、分解処理は、成長基板50の剥離層10上に下地層11が形成される際に行われる。一方で、図3(b)では、分解処理は、窒化物系半導体層100が形成された後に行われる。

【0033】

まず、図3(a)に示すように、窒化物系半導体形成処理は、成長基板50を約1000～約1200 (例えば、1150) の成長温度に保持した状態でNH₃及びTMGaからなる原料ガスを用いて、剥離層10上に約1.0μmの厚みを有するアンドープの単結晶のGa_{0.7}In_{0.3}Nからなる下地層11を形成する。図3(a)では、成長基板50の剥離層10上に下地層11が形成される際に、相分離と考えられる剥離層10の分解が生じて、剥離層10が黒色化する。なお、剥離層10の分解は、金属Ga、金属InやInNの偏析や欠陥 (又は、欠陥に起因する準位) の発生を含む概念であり、吸収係数の増大や吸収端の長波長化の要因と考えられる。

【0034】

次に、図3(b)に示すように、窒化物系半導体層100が形成された後に剥離層10の分解処理が行われる場合について説明する。

【0035】

まず、成長基板50の下地層11が形成された後に、成長基板50を約1000～約1200 (例えば、1150) の成長温度に保持した状態で、NH₃、TMGa (トリメチルガリウム) 及びTMAl (トリメチルアルミニウム) からなる原料ガスと、SiH₄ からなるドーパントガスとを用いて、n型コンタクト層12上に、約0.15μmの厚みを有するSiがドーパされた単結晶のAl_{0.1}Ga_{0.9}Nからなるn型クラッド層13を形成する。

【0036】

次に、成長基板50を約700～約1000 (例えば、850) の成長温度に保持した状態で、NH₃、TMG及びTMInからなる原料ガスを用いてn型クラッド層1

10

20

30

40

50

3上に、約5nmの厚みを有するアンドープの単結晶の $Ga_{0.9}In_{0.1}N$ からなる井戸層と、約10nmの厚みを有するアンドープの単結晶の GaN からなる障壁層とを交互に形成する。これにより、3つの井戸層を含むMQW(Multiple-Quantum Well)構造の活性層14を形成することができる。

【0037】

次に、 NH_3 、 $TMGa$ 及び $TMAI$ からなる原料ガスと、 CP_2Mg からなるドーパントガスを加えて、活性層14上に、約10nmの厚みを有し、 Mg がドーパされた単結晶の $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ からなるp型キャップ層を形成する。

【0038】

次に、成長基板50を約1000～約1200(例えば、1150)の成長温度に保持した状態で、 NH_3 、 $TMGa$ 及び $TMAI$ からなる原料ガスと、 CP_2Mg からなるドーパントガスとを用いてp型キャップ層上に、約0.1 μm の厚みを有し、 Mg がドーパされた単結晶の $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ からなるp型クラッド層16を形成する。

10

【0039】

次に、成長基板50を約700～約1000(例えば、850)の成長温度に保持した状態で、 NH_3 、 $TMGa$ 及び TMI からなる原料ガスと、 CP_2Mg からなるドーパントガスとを用いてp型クラッド層16上に、約5nmの厚みを有し、 Mg がドーパされた単結晶の $Ga_{0.95}In_{0.05}N$ からなるp型コンタクト層17を形成する。

【0040】

最後に、熱処理や、電子線処理を行うことにより、p型キャップ層、p型クラッド層16、p型コンタクト層17をp型化する。

20

【0041】

このようにして、窒化物系半導体層100は、下地層11、n型コンタクト層12、n型クラッド層13、活性層14、p型キャップ層15、p型クラッド層16、p型コンタクト層17によって形成される。

【0042】

次に、成長基板50を高温で保持することによって、相分離と考えられる剥離層10の分解が生じて、剥離層10が黒色化する。なお、剥離層10の分解は、上述したように、金属 Ga 、金属 In や InN の偏析や欠陥(又は、欠陥に起因する準位)の発生を含む概念であり、吸収係数の増大や吸収端の長波長化の要因と考えられる。

30

【0043】

具体的には、分解が生じた剥離層10では、インジウムナイトライド(InN)や、金属 In や、金属 Ga の偏析が起きていると考えられる。例えば、インジウムナイトライド(InN)のバンドギャップエネルギーは、約0.7eVであり、金属 In や、金属 Ga のバンドギャップエネルギーも低いため、剥離層10のバンドギャップエネルギーを低くすることができる。つまり、剥離層10に含まれる In などの組成比を調整することなく、剥離層10のバンドギャップエネルギーを低くすることができる。また、分解が生じた剥離層10では、欠陥に起因した準位がバンドギャップ内に形成されると考えられ、同準位を介したフォトンの吸収が可能となるため、吸収係数を増大するとともに、吸収端を長波長化することができる。剥離層10の分解処理は、下地層11が剥離層10の少なくとも表面に形成された後であれば、窒化物系半導体層100の形成に影響を及ぼさないためいつでもよい。しかし、剥離層10の分解が生じる温度で、窒化物系半導体層100の特性が変化してしまう可能性がある場合は、図3(a)に示すように、剥離層10上に下地層11を形成する際に、剥離層10の分解処理が行われることが好ましい。剥離層10中の In の含有量、剥離層10の膜厚、積層構造等を変更することにより、剥離層10中の InN の偏析が起きる温度を制御することができる。

40

【0044】

例えば、図3(a)では、成長基板50の剥離層10上に下地層11が形成される際に剥離層10中のインジウムナイトライド(InN)や、金属 In や、金属 Ga の偏析、欠陥の発生によって分解処理が行われる。

50

【0045】

また、図3(b)に示すように、剥離層10の分解処理は、窒化物系半導体層100を形成した後に行ってもよい。また、分解処理は、剥離層10上に窒化物系半導体層100を形成している間に行ってもよい。

【0046】

ステップS12において、熱圧着処理を行う。ここでは、図4に示すようにp型コンタクト層17上に反射性のp型電極18を形成し、融着層52を有する支持基板51を熱圧着する。

【0047】

ここで、反射性のp型電極18は、p型コンタクト層17側から約200nmの厚みを有するAg層、約200nmの厚みを有するPt層、約500nmの厚みを有するAu層の3層で構成され、p型コンタクト層17上にそれぞれ真空蒸着法により形成される。

10

【0048】

このように、窒化物系半導体層100上に、反射性のp型電極18を形成することにより、窒化物系半導体素子200を形成する。

【0049】

他方、支持基板51は、Siからなり、約200 μ mの厚みを有する。支持基板51上に形成される融着層52は、支持基板51側から約10nmの厚みを有するTi層、約50nmの厚みを有するPd層、約500nmの厚みを有するAu層の3層で構成され、それぞれ真空蒸着法により形成される。

20

【0050】

次に、反射性のp型電極18のAu層と、融着層52のAu層とをAu-Snや、Pd-Sn、In-Snなどからなる半田、或いはAgからなる導電性ペーストを用いて熱圧着する。例えば、Au-Sn(組成比Au80%-Sn20%)からなる半田を介して接合する場合、成長基板50及び支持基板51を300程度に加熱し、約0.3Paの圧力下で数10分間保持することで熱圧着する。

【0051】

ステップS13において、レーザー照射処理を行う。ここで、図5に示すように、分解によって黒色化された剥離層10にレーザー光を照射することにより、剥離層10をIn、Ga及びN₂に分離して分離層10bとする。

30

【0052】

具体的には、まず、成長基板50側からフォトンエネルギーが、2.3eVであるNd:YAG(Neodymium:Yttrium-Aluminium-Garnet)レーザー光の第2高調波もしくは、Nd:YVO₄レーザー光などの第2高調波を約200mJ/cm²から約1000mJ/cm²のエネルギー密度で照射して、剥離層10に吸収させる。これにより、下地層11の一部及び剥離層10は、In、Ga及びN₂に分解され、分離層10bとなる。

【0053】

レーザー光のフォトンエネルギーは、窒化物系半導体層100のバンドギャップエネルギーよりも低いことが好ましい。具体的には、レーザー光のフォトンエネルギーは2.7eV以下であることが、より好ましい。

40

【0054】

ステップS14において、熱処理を行う。ここで、図6に示すように窒化物系半導体素子200を加熱することにより、窒化物系半導体素子200から成長基板50を分離する。具体的には、窒化物系半導体素子200を200程度に加熱して分離層10bのInやGaを熔融状態とすることで、窒化物系半導体素子200から成長基板50を分離する。

【0055】

次に、成長基板50が、分離され露出した窒化物系半導体層100に対して、研磨やエッチングを用いることにより、分離層10bと、下地層11とを除去し、n型コンタクト

50

層 1 2 を露出させる。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 1 5 において、素子分離処理を行う。ここで、図 7 に示すように窒化物系半導体層 1 0 0 の n 型コンタクト層 1 2 上に n 型電極 1 9 を形成し、窒化物系半導体素子 2 0 0 を分離する。具体的には、真空蒸着法を用いて、n 型コンタクト層 1 2 上に約 1 n m の厚みを有する T i 層と、約 5 n m の厚みを有する A l 層とからなる透光性の n 型電極 1 9 が形成される。

【 0 0 5 7 】

次に、ダイシングやレーザスクライブ、或いは支持基板 5 1 の選択エッチングによって、窒化物系半導体層 1 0 0 を成長させる支持基板 5 1 の面に対して垂直方向である分離線 5 3 に沿って、窒化物系半導体素子 2 0 0 を切断し、素子分離する。これにより、本発明に係る第 1 実施形態の発光ダイオードを得ることができる。

10

【 0 0 5 8 】

(第 1 実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法の作用・効果)

以上説明した本発明に係る第 1 実施形態の発光ダイオードの製造方法によれば、剥離層 1 0 を成長基板 5 0 上に形成し、温度を上昇させることで剥離層 1 0 の分解が生じるため、剥離層 1 0 の組成比を調整することなくバンドギャップエネルギーを低くすることができる。

【 0 0 5 9 】

したがって、剥離層 1 0 のバンドギャップエネルギーと、成長基板 5 0 のバンドギャップエネルギーとの差が大きくなるため、剥離層 1 0 に照射されるレーザ光のフォトンエネルギーを剥離層 1 0 のバンドギャップエネルギーより大きくしても、成長基板 5 0 のバンドギャップエネルギーよりも十分に小さくすることができる。

20

【 0 0 6 0 】

これにより、レーザ光のフォトンエネルギーが成長基板 5 0 に及ぼす影響が小さくなり、成長基板 5 0 中の欠陥や不純物等を起点とした成長基板 5 0 の分解やクラックの発生及び窒化物系半導体素子 2 0 0 の特性の劣化を低減しつつ、成長基板 5 0 から窒化物系半導体層 1 0 0 を容易に分離することができる。

【 0 0 6 1 】

また、成長基板 5 0 の分解やクラックの発生を低減することができるため、成長基板 5 0 の再利用を可能とする。

30

【 0 0 6 2 】

また、レーザ光が、剥離層 1 0 を透過して窒化物系半導体層 1 0 0 に至った場合、レーザ光のフォトンエネルギーが低いため、窒化物系半導体素子 2 0 0 の特性の劣化を低減することができる。

【 0 0 6 3 】

また、成長基板 5 0 のバンドギャップエネルギーと、剥離層 1 0 のバンドギャップエネルギーとの差が大きくなるため、使用できるレーザ光のフォトンエネルギーの範囲が広がる。

【 0 0 6 4 】

また、剥離層 1 0 は、組成比で 1 8 % 以上の I n を有する I n G a N からなることにより、剥離層 1 0 の分解を容易に生じることができる。これにより、分解された剥離層 1 0 は、レーザ光を吸収しやすくなり、剥離層のバンドギャップエネルギーを低くすることができる。

40

【 0 0 6 5 】

また、剥離層 1 0 は、組成比で 3 0 % 以下の I n を有する I n G a N からなることにより、剥離層 1 0 上に容易に窒化物系半導体層 1 0 0 を形成することができる。

【 0 0 6 6 】

また、成長基板 5 0 を介して剥離層 1 0 に照射されたレーザ光が、剥離層 1 0 を透過して窒化物系半導体層 1 0 0 に照射された際に、レーザ光のフォトンエネルギーは、窒化物

50

系半導体層 100 を形成する各層のバンドギャップエネルギーよりも低いことにより、窒化物系半導体層 100 を形成する各層は、レーザ光を吸収しにくくなるため、レーザ光が窒化物系半導体層 100 へ及ぼすダメージを更に低減することができる。

【0067】

また、レーザ光のフォトンエネルギーは、 2.7 eV 以下であることにより、成長基板 50 へダメージを低減することができる。これにより、成長基板 50 の再利用を可能にする。

【0068】

(第2実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法)

以下、本発明の第2実施形態に係る窒化物系半導体レーザの製造方法の各ステップについて図1及び図8～図13を参照しながら更に説明する。

10

【0069】

なお、以下においては、上述した第1実施形態との相違点を主として説明する。

【0070】

具体的には、第1実施形態では、窒化物系半導体層 100 は、下地層 11、n型コンタクト層 12、n型クラッド層 13、活性層 14、p型キャップ層 15、p型クラッド層 16、p型コンタクト層 17 によって構成される。

【0071】

それに対して、第2実施形態では、窒化物系半導体層 101 は、下地層 21、n型コンタクト層 22、n型クラッド層 23、n型光ガイド層 30、活性層 24、p型キャップ層 25、p型光ガイド層 31、p型クラッド層 26、p型コンタクト層 27 によって構成される。更にその後、リッジ部 64、電流ブロック層 32、p側オーミック電極 33、p側パッド電極 34 が形成される。つまり、第2実施形態では、窒化物系半導体層 101 を構成する層にn型光ガイド層 30 及びp型光ガイド層 31 を含む点と、リッジ部 64、電流ブロック層 32、p側オーミック電極 33、p側パッド電極 34 が形成される点で異なる。

20

【0072】

図8～図13は、第2実施形態に係る半導体レーザの製造過程中における断面図である。

【0073】

ステップ S10 において、剥離層形成処理を行う。ここで、図8に示すように第1実施形態と同様に GaN 基板からなる成長基板 60 上に MOCVD 法を用いて、In を含む窒化物系半導体からなる剥離層 20 を形成する。

30

【0074】

ステップ S11 において、半導体層形成及び分解処理を行う。ここで、図9に示すように第1実施形態と同様に剥離層 20 上に MOCVD 法を用いて、窒化物系半導体層 101 を形成し、剥離層 20 の分解処理を行う。窒化物系半導体層 101 は、剥離層 20 側から、下地層 21、n型コンタクト層 22、n型クラッド層 23、n型光ガイド層 30、活性層 24、p型キャップ層 25、p型光ガイド層 31、p型クラッド層 26、p型コンタクト層 27 で形成される。

40

【0075】

分解処理は、第1実施形態と同様に図9(a)に示すように剥離層 20 上に下地層 21 が形成された後に行われる。

【0076】

また、分解処理は、図9(b)に示すように剥離層 20 上に窒化物系半導体層 101 が形成された後、もしくは形成されている間に行われてもよい。

【0077】

窒化物系半導体層 101 の形成方法について具体的に説明する。成長基板 60 の下地層 21 が形成された後に、成長基板 60 を約 $1000 \sim 1200$ (例えば、 1150) の成長温度に保持した状態で、 NH_3 、TMGa 及び TMAI からなる原料ガスと、

50

SiH_4 からなるドーパントガスとを用いて、 n 型コンタクト層 22 上に、約 $1\ \mu\text{m}$ の厚みを有する Si がドーブされた単結晶の $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる n 型クラッド層 23 を形成する。

【0078】

次に、成長基板 60 を約 $1000 \sim 1200$ (例えば、 1150) の成長温度に保持した状態で、 NH_3 、 TMG からなる原料ガスと、 SiH_4 からなるドーパントガスとを用いて、 n 型クラッド層 23 上に、約 $0.1\ \mu\text{m}$ の厚みを有する Si がドーブされた単結晶の GaN からなる n 型光ガイド層 30 を成長させる。

【0079】

次に、成長基板 60 を約 $700 \sim 1000$ (例えば、 850) の成長温度に保持した状態で、 NH_3 、 TMG 及び TMI n からなる原料ガスを用いて、 n 型光ガイド層 30 上に、約 $3.5\ \text{nm}$ の厚みを有し、アンドープの単結晶の $\text{Ga}_{0.85}\text{In}_{0.15}\text{N}$ からなる井戸層、および約 $20\ \text{nm}$ の厚みを有し、アンドープの単結晶の $\text{Ga}_{0.95}\text{In}_{0.05}\text{N}$ からなる障壁層とを交互に形成する。これにより、3つの井戸層を含む MQW 構造の活性層 24 を形成する。

【0080】

次に、 NH_3 、 TMGa 及び TMI n からなる原料ガスを用いて、活性層 24 上に、約 $20\ \text{nm}$ の厚みを有し、 Mg がドーブされた単結晶の $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ からなる p 型キャップ層 25 を形成する。

【0081】

次に、成長基板 60 を約 $1000 \sim 1200$ (例えば、 1150) の成長温度に保持した状態で、 NH_3 、 TMGa からなる原料ガスと、 CP_2Mg からなるドーパントガスとを用いて、 p 型キャップ層 25 上に、約 $0.1\ \mu\text{m}$ の厚みを有し、 Mg がドーブされた単結晶の GaN からなる p 型光ガイド層 31 を形成する。

【0082】

次に、成長基板 60 を約 $1000 \sim 1200$ (例えば、 1150) の成長温度に保持した状態で、 NH_3 、 TMGa 及び TMAI からなる原料ガスと、 CP_2Mg からなるドーパントガスとを用いて、 p 型キャップ層 25 上に、約 $0.5\ \mu\text{m}$ の厚みを有し、 Mg がドーブされた単結晶の $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる p 型クラッド層 26 を形成する。

【0083】

次に、成長基板 60 を約 $700 \sim 1000$ (例えば、 850) の成長温度に保持した状態で、 NH_3 、 TMGa 及び TMI n からなる原料ガスと、 CP_2Mg からなるドーパントガスとを用いて、 p 型クラッド層 26 上に、約 $3\ \text{nm}$ の厚みを有し、 Mg がドーブされた単結晶の $\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{N}$ からなる p 型コンタクト層 27 を形成する。

【0084】

次に、第 1 実施形態と同様にして熱処理や電子線処理により、 p 型キャップ層 25、 p 型光ガイド層 31、 p 型光ガイド層 31、 p 型クラッド層 26、 p 型コンタクト層 27 を p 型化する。

【0085】

このようにして、窒化物系半導体層 101 は、下地層 21、 n 型コンタクト層 22、 n 型クラッド層 23、 n 型光ガイド層 30、活性層 24、 p 型キャップ層 25、 p 型光ガイド層 31、 p 型クラッド層 26、 p 型コンタクト層 27 によって形成される。

【0086】

次に、 p 型クラッド層 26、 p 型コンタクト層 27 の所定領域を除去することでリッジ部 64 を形成する。具体的には、フォトリソグラフィ技術により、 p 型コンタクト層 27 に約 $1.5\ \mu\text{m}$ の幅を有し、 $[1-100]$ 方向に延びるストライプ状の微細パターンを形成し、塩素系ガスによる反応性イオンエッチングを用いることで、 p 型クラッド層 26、 p 型コンタクト層 27 の所定領域を除去する。これにより、約 $1.5\ \mu\text{m}$ の幅を有するリッジ部 64 を形成する。この際、 p 型クラッド層 26 のリッジ部 64 を除いた平坦部の厚みが、約 $0.05\ \mu\text{m}$ になるように反応性イオンエッチングの深さを制御する。

【0087】

次に、p型クラッド層26上に電流ブロック層32が形成される。具体的には、プラズマCVD法を用いて、窒化物系半導体層101のリッジ部64を備え、p型クラッド層26と、p型コンタクト層27とが露出する面を覆うように、約0.2 μ mの厚みを有するSiO₂膜が形成される。リッジ部64の形成と同様に、フォトリソグラフィ技術と、CF₄ガスによる反応性イオンエッチングとにより、リッジ部64の凸部のp型コンタクト層27上面よりも上部のSiO₂膜が除去されることにより、電流ブロック層32を形成する。

【0088】

次に、電流ブロック層32上及びp型コンタクト層27上に、p側オーミック電極33を形成する。具体的には、電流ブロック層32の形成と同様に、真空蒸着法により、p型コンタクト層27上でp型コンタクト層27上側から約1nmの厚みを有するPt層と、約100nmの厚みを有するPd層と、約240nmの厚みを有するAu層と、約240nmの厚みを有するNi層とからなるp側オーミック電極33をストライプ状に形成する。

【0089】

次に、電流ブロック層32上及びp側オーミック電極33を覆うようにp側パッド電極34を形成する。具体的には、真空蒸着法により、電流ブロック層32側から約100nmの厚みを有するTi層と、約150nmの厚みを有するPt層と、約3 μ mの厚みを有するAu層とからなるp側パッド電極34を形成する。窒化物系半導体層101と、電流ブロック層32と、p側オーミック電極33と、p側パッド電極34とを形成することにより、窒化物系半導体素子201を得る。

【0090】

ステップS12において、熱圧着処理を行う。ここで、図10に示すように第1実施形態と同様に融着層62を有する支持基板61を窒化物系半導体素子201に熱圧着する。

【0091】

ステップS13において、レーザ照射処理を行う。ここで、図11に示すように第1実施形態と同様に分解によって黒色化された剥離層20にレーザ光を照射することにより、剥離層20をIn、Ga及びN₂に分解し分離層20bとする。

【0092】

ステップS14において、熱処理を行う。ここで、図12に示すように第1実施形態と同様に、窒化物系半導体素子201を加熱することにより、窒化物系半導体素子201から成長基板60を分離する。

【0093】

次に、成長基板60が、分離され露出した窒化物系半導体層101に対して、研磨やエッチングを用いることにより、分離層20bと、下地層21とを除去し、n型コンタクト層22を露出させる。

【0094】

ステップS15において、素子分離処理を行う。ここで、図13に示すように窒化物系半導体層101のn型コンタクト層22上の所定領域にn側オーミック電極35を形成する。具体的には、真空蒸着法を用いて、n型コンタクト層22上に約6nmの厚みを有するAl層と、約10nmの厚みを有するNi層と、約100nmの厚みを有するAu層とからなるn側オーミック電極35を形成する。

【0095】

次に、n側オーミック電極35上に約10nmの厚みを有するNi層と、約700nmの厚みを有するAu層とからなるn側パッド電極36とを形成する。

【0096】

次に、リッジ部64のストライプに垂直な分離線と、リッジ部64のストライプ平行な分離線63とに沿ってスクライブする。これにより、リッジ部64のストライプに直行した、[1-100]面と、[-1100]面とにより構成されるレーザ共振面を形成するととも

に、素子分離を行う。これにより、本発明に係る第2実施形態の窒化物系半導体レーザを得ることができる。

【0097】

(実施例)

以下において、分解前の剥離層と分解後の剥離層とについて、剥離層に照射されるレーザ光の波長と吸収率との関係を比較した。図14は、分解前の剥離層と分解後の剥離層における波長と吸収率との関係を示す図である。なお、図14において、横軸は光の波長であり、縦軸は光の吸収率である。

【0098】

図14に示すように、分解前の剥離層では、剥離層がレーザ光を十分に吸収することが可能な波長帯は、短波長側のみである。例えば、0.4以上の吸収率を確保しようとすると、分解前の剥離層では、約400nmよりも短波長のレーザ光しか用いることができない。

【0099】

これに対して、分解後の剥離層では、剥離層がレーザ光を十分に吸収することが可能な波長帯は、分解前の剥離層よりも長波長側に広がっている。例えば、分解後の剥離層では、約1100nm以下の波長帯において0.4以上の吸収率を確保することができる。

【0100】

このように、剥離層の分解が生じることによって、吸収端の長波長化が図られることが確認された。

【0101】

(その他の実施形態)

本発明は上記の実施形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施形態、実施形態及び運用技術が明らかとなろう。

【0102】

例えば、第1及び第2実施形態では、主として、窒化物系半導体層の活性層から放出される光を利用する発光ダイオードや半導体レーザの製造方法について例示したが、本発明はこれに限らず、これら発光素子からの放出光を励起光とする蛍光体とを組み合わせた発光素子の製造方法にも利用可能である。又、窒化物系半導体層を有するHEMT(High Electron Mobility Transistor)などの電子デバイス、SAW(Surface Acoustic Wave)デバイス、受光素子への応用が可能である。又、本発明による成長基板の張り替え技術を応用することにより、多波長の半導体レーザへの応用が可能であり、これにより多波長レーザにおけるウェハ面内での発光点間隔の歩留りを向上させることができる。

【0103】

また、第1及び第2実施形態では、MOCVD法を用いて、窒化物系半導体層を成長させる説明をしたが、本発明はこれに限らず、HVPE法やガスソースMBE法などを用いて、窒化物系半導体層を成長させてもよい。また、窒化物系半導体層の結晶構造として、ウルツ鉱型であっても閃亜鉛鉱型構造であってもよい。また、成長の面方位は、[0001]に限るものではなく、[11-20]や[1-100]でもよい。

【0104】

また、第1及び第2実施形態では、窒化物系半導体層の成長基板として、GaN基板を用いているが、本発明はこれに限らず、窒化物系半導体層の成長の可能な基板、例えば、SiC、ZnO、LAO、スピネル、サファイア、 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 < x < 1$)等が使用可能である。

【0105】

また、第1及び第2実施形態では、剥離層としてInGaNからなる層について例示したが、本発明はこれに限らず、InAlNや、InGaAlNも使用可能であり、これらAlを含む混晶では、剥離層の分解が容易になるばかりか、その組成比を適当に設定する

ことで成長基板や、窒化物系半導体層との格子定数差を緩和させることが出来る。また、剥離層は、多層構造であってもよく、例えば、組成比でInが比較的高い層と、Inを含まない、或いは、組成比でInが比較的低い層とを積層して超格子構造を形成させてもよい。これによれば、剥離層の挿入による窒化物系半導体層の結晶性の悪化や、窒化物系半導体層の歪の増大を低減させることが可能である。また、剥離層と窒化物系半導体層との間に、例えばAlGaNとGaNとからなる超格子層を挿入することは、窒化物系半導体層の歪の低減に更に有効である。

【0106】

また、第1及び第2実施形態では、分解の方法として、窒化物系半導体層の成長段階における加熱による熱的な分解による方法を例示したが、本発明はこれに限らず、窒化物系半導体層の成長後の加熱による方法や、光照射による方法、電子線の照射による方法が可能である。これは、レーザ光照射、電子線によっても窒化物系半導体層の温度を上昇させることが出来るためである。

10

【0107】

また、第1及び第2実施形態では、基板の分離に使用するレーザ光として、Nd:YAG（または、Nd:YVO₄など）レーザ光の第2高調波を例示したが、本発明は、これに限らず、レーザの基本波も使用可能であり、またTiサファイアレーザを用いた超短パルスであるフェムト秒パルスレーザを用いることで、レーザ照射時における発熱に伴う歪による窒化物系半導体層の劣化を低減することができる。さらに、剥離層にレーザ光を照射するレーザとして、ルビーレーザやCO₂レーザを用いてもよい。

20

【0108】

また、支持基板は、Siにとどまるものではないが、導電性であることが好ましく、例えば、導電性半導体（Si、SiC、GaAs、ZnO等）や、金属あるいは複合金属（Al、Fe-Ni、Cu-W、Cu-Mo等）や、金属・金属酸化物の複合材料（Cu-CuO）等などを用いることができる。一般に、半導体材料よりも金属系材料が機械特性に優れ、割れにくいために、支持基板材料として適している。更に、より好ましくは、Cu、Ag、Auなどの高導電性の金属と、W、Mo、Ni、CuOなどの高硬度の金属あるいは金属酸化物とを複合して、高い導電性と高い機械強度とを併せ持つ材料を用いることである。

【0109】

このように、本発明はここでは記載していない様々な実施形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

30

【図面の簡単な説明】

【0110】

【図1】本発明の第1実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法のフローを示すものである。

【図2】本発明の第1実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図3】本発明の第1実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図4】本発明の第1実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

40

【図5】本発明の第1実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図6】本発明の第1実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図7】本発明の第1実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図8】本発明の第2実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図9】本発明の第2実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図10】本発明の第2実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図11】本発明の第2実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図12】本発明の第2実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図13】本発明の第2実施形態に係る窒化物系半導体素子の製造方法を示す。

【図14】剥離層に照射されるレーザ光の波長と吸収率との関係を示す図である。

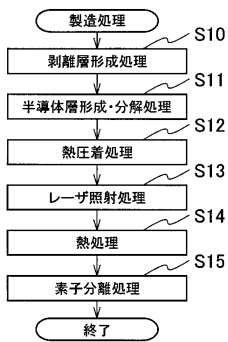
50

【符号の説明】

【0111】

10、20...剥離層、10b、20b...分離層、11、21...下地層、12、22...n型
 コントラクト層、
 13、23...n型クラッド層、14、24...活性層、15、25...p型キャップ層、
 16、26...p型クラッド層、17、27...p型コントラクト層、18...p型電極、19...
 n型電極、
 30...n型光ガイド層、31...p型光ガイド層、32...電流ブロック層、
 33...p側オーミック電極、34...p側パッド電極、35...n側オーミック電極、
 36...n側パッド電極、50、60...成長基板、51、61...支持基板、52、62...融 10
 着層
 53、63...分離線、64...リッジ部、100、101...窒化物系半導体層、
 200、201...窒化物系半導体素子

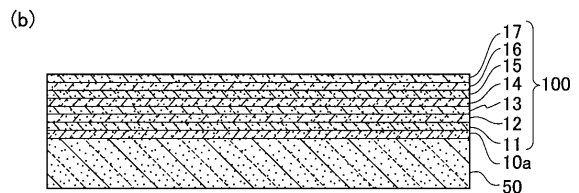
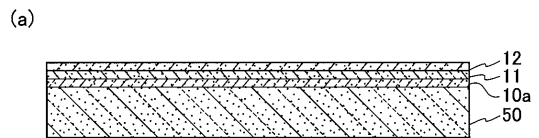
【図1】



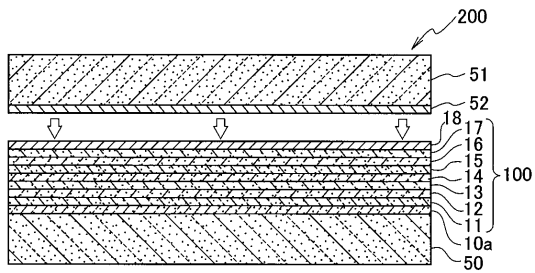
【図2】



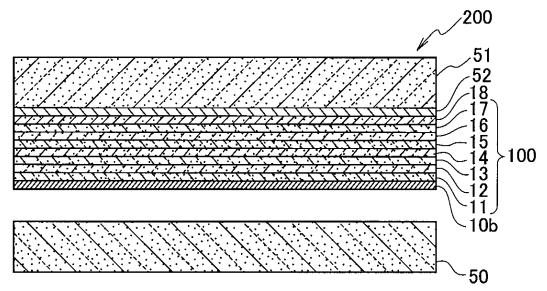
【図3】



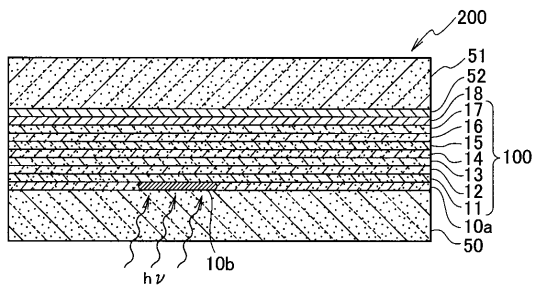
【 図 4 】



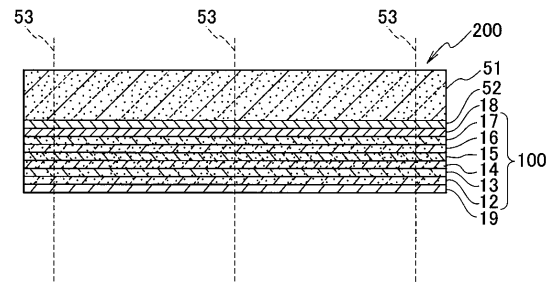
【 図 6 】



【 図 5 】



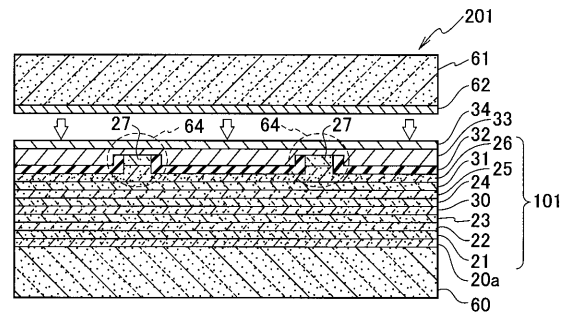
【 図 7 】



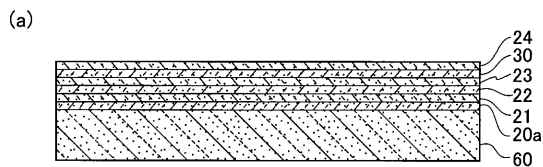
【 図 8 】



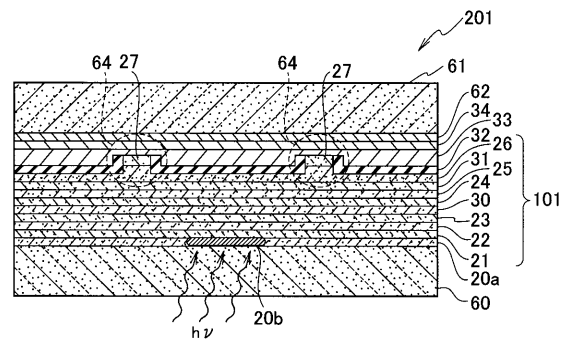
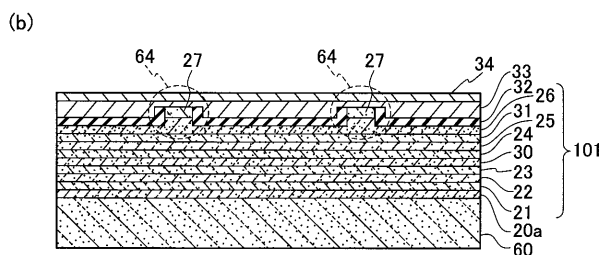
【 図 10 】



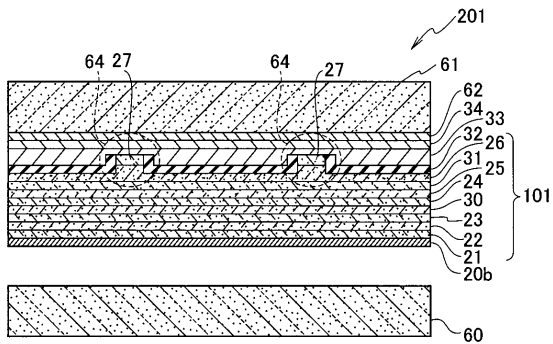
【 図 9 】



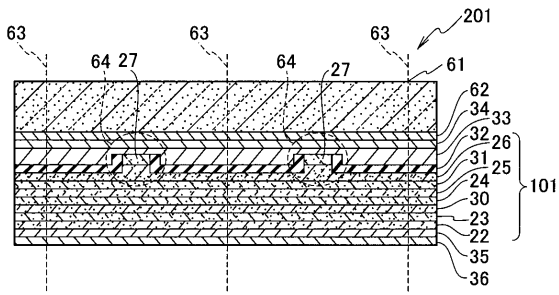
【 図 11 】



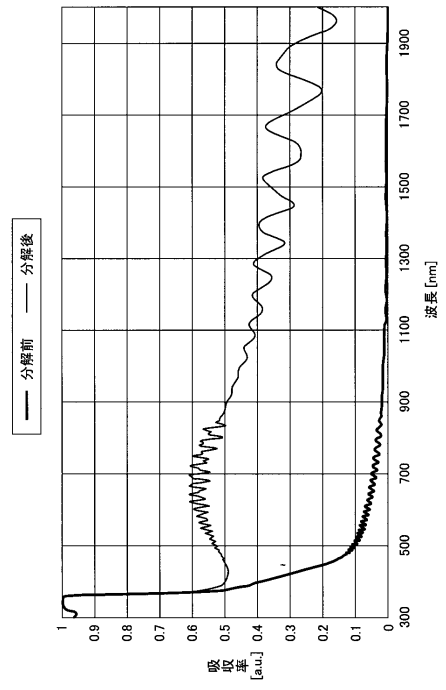
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F173 AA05 AH22 AP05 AP33 AP82 AP92 AQ02 AQ03 AQ05 AR72
AR92