

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5644256号
(P5644256)

(45) 発行日 平成26年12月24日 (2014. 12. 24)

(24) 登録日 平成26年11月14日 (2014. 11. 14)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 L 21/205	(2006. 01)	HO 1 L 21/205	
HO 1 L 21/683	(2006. 01)	HO 1 L 21/68	N
HO 1 L 33/32	(2010. 01)	HO 1 L 33/00	1 8 6
HO 1 S 5/343	(2006. 01)	HO 1 S 5/343	6 1 0

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-184775 (P2010-184775)	(73) 特許権者	000241463 豊田合成株式会社 愛知県清須市春日長畑1番地
(22) 出願日	平成22年8月20日 (2010. 8. 20)	(74) 代理人	100104880 弁理士 古部 次郎
(65) 公開番号	特開2012-44030 (P2012-44030A)	(72) 発明者	安原 秀樹 神奈川県川崎市川崎区大川町5-1 昭和 電工株式会社内
(43) 公開日	平成24年3月1日 (2012. 3. 1)	(72) 発明者	坂東 章 埼玉県秩父市下影森1505 昭和電工株 式会社内
審査請求日	平成25年4月25日 (2013. 4. 25)	審査官	山本 雄一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 化合物半導体の製造装置及び化合物半導体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

有機金属気相成長法を用いて化合物半導体の層を形成する化合物半導体製造装置であって、

反応容器と、

前記反応容器内に配置され、被形成体の被形成面が上方を向くように当該被形成体が載置される保持体と、

前記反応容器内に外部から原料ガスを供給する原料供給口と、を備え、

前記保持体は、当該保持体の上面の中心から前記被形成体の外周部よりも内側で当該被形成体の下面と接し、当該保持体の上面と当該被形成体の下面とが所定の間隔を保つように当該被形成体を支持する支持部を有し、

前記支持部は、前記保持体の前記上面の中心から、前記被形成体の有効半径 R_0 の 0.70 倍 ~ 0.73 倍の半径 (R_1) の同心円間の位置に設けられることを特徴とする化合物半導体の製造装置。

【請求項2】

前記支持部は、前記保持体の前記上面の少なくとも3箇所に設けられた突起を有することを特徴とする請求項1に記載の化合物半導体の製造装置。

【請求項3】

前記保持体の前記上面に設けられた前記突起の周囲に、当該突起に沿って当該上面から所定の段差を有するように溝部が形成されていることを特徴とする請求項2に記載の化合

物半導体の製造装置。

【請求項 4】

前記支持部と前記被形成体の接触面積は、当該被形成体の面積の 1% 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の化合物半導体の製造装置。

【請求項 5】

前記支持部は、前記保持体の前記上面に形成されたリング形状を有することを特徴とする請求項 1 に記載の化合物半導体の製造装置。

【請求項 6】

前記保持体の前記上面に設けられた前記リング形状の前記支持部の内周側と外周側とに、それぞれ、当該上面から所定の段差を有するように溝部が形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の化合物半導体の製造装置。

10

【請求項 7】

前記支持部は、成長温度における熱伝導率が $10 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 以下の材料からなることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の化合物半導体の製造装置。

【請求項 8】

前記保持体は、炭化珪素 (SiC) でコートされた黒鉛 (C) で構成され、
前記支持部は、サファイアからなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の化合物半導体の製造装置。

【請求項 9】

前記化合物半導体が、III 族窒化物半導体であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の化合物半導体の製造装置。

20

【請求項 10】

有機金属気相成長法を用いて反応容器内で化合物半導体の層を被形成体上の被形成面にエピタキシャル成長により形成する化合物半導体の製造方法であって、

保持体に、当該保持体の上面の中心から前記被形成体の外周部よりも内側で当該被形成体の下面に接し当該保持体の上面と当該被形成体の下面とが所定の間隔を保つように当該被形成体を支持する支持部を設け、当該支持部上に当該被形成体の前記被形成面が上側を向き、且つ、当該被形成体の裏面が当該保持体の上面と接触しないように当該被形成体を載置する工程と、

前記被形成体を載置した前記保持体を前記反応容器内に回転可能に設置する工程と、

30

前記保持体を設置した前記反応容器内に前記化合物半導体の原料ガスを供給する工程と、

を有し、

前記被形成体を載置する工程において、前記被形成体は、前記保持体の前記上面の中心から当該被形成体の有効半径 R_0 の 0.70 倍 ~ 0.73 倍の半径 (R_1) の同心円間の円周上の少なくとも 3 箇所に設けられた突起状の前記支持部上に載置されることを特徴とする化合物半導体の製造方法。

【請求項 11】

前記被形成体を 700 以上 1200 以下に加熱することを特徴とする請求項 10 に記載の化合物半導体の製造方法。

40

【請求項 12】

前記化合物半導体が、III 族窒化物半導体であることを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の化合物半導体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、化合物半導体の製造装置、化合物半導体の製造方法及び化合物半導体に関する。

【背景技術】

【0002】

50

従来、化合物半導体結晶を成長させる方法の一つとして、有機金属気相成長法 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition: 以下、MOCVD法と呼ぶ。) が知られている。MOCVD法を用いた化合物半導体製造装置としては、例えば、特許文献1に、原料ガスが供給される反応管の内部に、化合物半導体結晶の成長対象となる複数の基板を、SiCで形成されたホルダにそれぞれ結晶の成長面が上方となるように搭載し、ホルダを回転させることで基板を回転させながら結晶成長を行わせる装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-103708号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

MOCVD法を用いた化合物半導体製造装置では、サテライトディスクやウエーハキャリア (以下、併せて「サテライトディスク」と称する。) と呼ばれるホルダ上にサファイア基板等が載置される。そして、装置内に導入された原料ガスが反応することにより生成した化合物半導体の結晶を、サテライトディスクを介して加熱されたサファイア基板上にエピタキシャル成長させる。

この場合、サテライトディスクとサファイア基板とが直接接触しないように、サファイア基板を所定の支持部材上に載置する方法が採用されている。

しかし、サファイア基板を支持する支持部材の位置や形状により、サファイア基板表面に温度差が生じ、化合物半導体の結晶成長の均一性が低下する場合がある。また、サファイア基板および化合物半導体層の成長過程で生じるウエーハの反りによっても、同様な問題が発生する。

本発明の目的は、MOCVD法を用いた化合物半導体の製造において、化合物半導体の結晶を成長させる基板表面の温度分布及び反りの変化によるウエーハ面内平均の狙い値からのズレを抑制することにある。これによって、半導体薄膜の品質のバラツキが低減し、例えば、発光素子の場合、発光波長、発光出力の特性の均一性が向上し、収率の改善が期待できる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明によれば、以下(1)~(12)に係る化合物半導体の製造装置及び化合物半導体の製造方法が提供される。

(1) 有機金属気相成長法を用いて化合物半導体の層を形成する化合物半導体製造装置であって、反応容器と、前記反応容器内に配置され、被形成体の被形成面が上方を向くように当該被形成体が載置される保持体と、前記反応容器内に外部から原料ガスを供給する原料供給口と、を備え、前記保持体は、当該保持体の上面の中心から前記被形成体の外周部よりも内側で当該被形成体の下面と接し、当該保持体の上面と当該被形成体の下面とが所定の間隔を保つように当該被形成体を支持する支持部を有し、前記支持部は、前記保持体の前記上面の中心から、前記被形成体の有効半径 R_0 の0.70倍~0.73倍の半径(R_1)の同心円間の位置に設けられることを特徴とする化合物半導体の製造装置。

(2) 前記支持部は、前記保持体の前記上面の少なくとも3箇所に設けられた突起を有することを特徴とする前項(1)に記載の化合物半導体の製造装置。

(3) 前記保持体の前記上面に設けられた前記突起の周囲に、当該突起に沿って当該上面から所定の段差を有するように溝部が形成されていることを特徴とする前項(2)に記載の化合物半導体の製造装置。

(4) 前記支持部と前記被形成体の接触面積は、当該被形成体の面積の1%以下であることを特徴とする前項(1)乃至(3)のいずれか1項に記載の化合物半導体の製造装置。

10

20

30

40

50

(5) 前記支持部は、前記保持体の前記上面に形成されたリング形状を有することを特徴とする前項(1)に記載の化合物半導体の製造装置。

(6) 前記保持体の前記上面に設けられた前記リング形状の前記支持部の内周側と外周側とに、それぞれ、当該上面から所定の段差を有するように溝部が形成されていることを特徴とする前項(5)に記載の化合物半導体の製造装置。

(7) 前記支持部は、成長温度における熱伝導率が $10\text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ 以下の材料からなることを特徴とする前項(1)乃至(6)のいずれか1項に記載の化合物半導体の製造装置。

(8) 前記保持体は、炭化珪素(SiC)でコートされた黒鉛(C)で構成され、前記支持部は、サファイアからなることを特徴とする前項(1)乃至(7)のいずれか1項に記載の化合物半導体の製造装置。

(9) 前記化合物半導体が、III族窒化物半導体であることを特徴とする前項(1)乃至(8)のいずれか1項に記載の化合物半導体の製造装置。

【0006】

(10) 有機金属気相成長法を用いて反応容器内で化合物半導体の層を被形成体上の被形成面にエピタキシャル成長により形成する化合物半導体の製造方法であって、保持体に、当該保持体の上面の中心から前記被形成体の外周部よりも内側で当該被形成体の下面に接し当該保持体の上面と当該被形成体の下面とが所定の間隔を保つように当該被形成体を支持する支持部を設け、当該支持部上に当該被形成体の前記被形成面が上側を向き、且つ、当該被形成体の裏面が当該保持体の上面と接触しないように当該被形成体を載置する工程と、前記被形成体を載置した前記保持体を前記反応容器内に回転可能に設置する工程と、前記保持体を設置した前記反応容器内に前記化合物半導体の原料ガスを供給する工程と、を有し、前記被形成体を載置する工程において、前記被形成体は、前記保持体の前記上面の中心から当該被形成体の有効半径 R_0 の 0.70 倍 ~ 0.73 倍の半径(R_1)の同心円間の円周上の少なくとも3箇所に設けられた突起状の前記支持部上に載置されることを特徴とする化合物半導体の製造方法。

(11) 前記被形成体を 700 以上 1200 以下に加熱することを特徴とする前項(10)に記載の化合物半導体の製造方法。

(12) 前記化合物半導体が、III族窒化物半導体であることを特徴とする前項(10)又は(11)に記載の化合物半導体の製造方法。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、MOCVD法による化合物半導体の製造装置又は製造方法において、化合物半導体の結晶を成長させる基板を保持体(サテライトディスク)上に直接載置する場合に比べ、基板表面の温度分布が抑制される。このため、化合物半導体の結晶成長の均一性が向上し、発光層が形成されたウェーハ面内(積層半導体ウェーハ面内)の発光波長の標準偏差()が低減する。

また、基板をサテライトディスク上に直接載置する場合に比べ、基板に反りが生じていても、基板表面の温度分布が抑制される。さらに、基板とサテライトディスクの接触面積が小さく、接触面積のパラッキによる温度不均一が生じにくい。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)装置の断面構成を示す概略図の一例である。

【図2】図1に示すMOCVD装置のII-II断面から見た平面図である。

【図3】(a)は、3個の突起状の支持部を有する基板保持体の上面図であり、(b)は、化合物半導体基板を載置した場合の(a)のIII-B-III-B断面図であり、(c)は、(b)の支持部の拡大断面図である。

【図4】(a)は、リング形状の支持部を有する基板保持体の上面図であり、(b)は、化合物半導体基板を載置した場合の(a)のIV-B-IV-B断面図である。

10

20

30

40

50

【図5】MOCVD装置を用いて製造される積層半導体ウェーハの断面図の一例である。

【図6】積層半導体ウェーハにさらに加工を施すことによって得られる発光素子チップの断面図の一例である。

【図7】実施例1の結果を示すグラフである。

【図8】比較例1の結果を示すグラフである。

【図9】基板の反りの変化による基板面内の平均発光波長のズレをシミュレーションした結果を説明するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。尚、本発明は、以下の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で種々変形して実施することが出来る。また、使用する図面は、本実施の形態を説明するための一例であり、実際の大きさを表すものではない。

10

【0011】

<MOCVD装置>

図1は、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)装置1の断面構成を示す図である。図2は、図1に示すMOCVD装置1のI-I断面図である。

MOCVD装置1は、例えば、III族窒化物半導体の結晶をエピタキシャル成長させるための基板110(後述する図5参照)や、さらにその上に、予め任意の組成の化合物半導体層を少なくとも1層形成してなる化合物半導体基板(一例として、後述する化合物半導体基板40も挙げられ、本明細書ではこれらを被形成体ともいう)を任意に選ぶことができる。例えば、化合物半導体基板40を用いる場合には、その結晶成長面が上方を向くように配置し、且つ、エピタキシャル成長を行わせる結晶の原料となる原料ガスを、化合物半導体基板40の上方から供給する、所謂、縦型の構成を有している。

20

【0012】

MOCVD装置1は、内部に反応室が形成される反応容器10と、反応容器10の反応室内に配置される支持体20とを備えている。反応容器10は、円筒状の形状を有し上方に向かう開口が形成されるとともに、その内部に支持体20を収容する収容部11と、円板状の形状を有しこの収容部11の上部に取り付けられる蓋部12とを備える。

30

【0013】

収容部11および蓋部12は、ステンレス等の金属にて構成されている。また、蓋部12は、収容部11に対して開閉自在に取り付けられており、収容部11に対して閉じられた場合には、収容部11とともに反応室を形成する。なお収容部11と蓋部12とが対向する部位には、図示しないリング等のシール材が取り付けられている。

【0014】

蓋部12の中央部には、外部に設けられたガス供給機構(図示せず)から反応室内部に原料ガスを供給するための貫通孔が形成されている。貫通孔には供給管13が接続されている。蓋部12の中央部から偏倚した位置には、外部から反応室内部を観察するための貫通孔も形成されている。

40

収容部11の底面には、反応室内に供給された原料ガスを反応室の外部に排出するための複数の排気管が貫通形成されている。収容部11の底面中央部には、後述する軸21を通すための貫通孔が形成されている。

【0015】

支持体20は円板状の形状を有し、一方の面(表面)が上方を向き、且つ、他方の面(裏面)が下方を向くように、収容部11内に配置されている。支持体20は、カーボン(C)で形成された基材の外側に、炭化珪素(SiC)によるコーティングを施したもので構成されている。支持体20の表面側には、それぞれ円形状を有する6個の凹部が、円周方向に等間隔に形成されている。支持体20の裏面側には、その中央部から下方に向かう金属製の軸21が取り付けられている。軸21は、収容部11の底面中央部に設けられた

50

貫通孔を介して反応容器 10 の外部に突出している。支持体 20 は、反応容器 10 の外部から軸 21 に駆動力を与えることにより、図 2 に示す矢印 A 方向に回転するようになっている。支持体 20 の内部には、支持体 20 に設けられた 6 個の凹部の底面に向けて窒素 N_2 を供給するためのガス供給口（図示せず）が形成されている。

【0016】

支持体 20 の表面に設けられた 6 個の凹部には、それぞれ円形状を有する保持体の一例としての基板保持体 30 が取り付けられている。基板保持体 30 は、それぞれ、上方を向く面に円形状の凹部が形成されており、各凹部には化合物半導体基板 40 が取り付けられている。支持体 20 に設けられた凹部と基板保持体 30 との間には隙間が形成されており、これら 6 個の基板保持体 30 は、支持体 20 に対して着脱自在となっている。

10

【0017】

被形成体の一例としての化合物半導体基板 40 は、その結晶成長面（結晶の被形成面）が外側に露出するように基板保持体 30 の凹部に保持されている。化合物半導体基板 40 は、基板保持体 30 に対して着脱自在となっている。各基板保持体 30 は、それぞれが化合物半導体基板 40 を保持した状態で、図示しない貫通孔を介して供給される窒素 N_2 の流れにより、図 2 に示す矢印 B 方向に回転するようになっている。

【0018】

MOCVD 装置 1 の支持体 20 の裏面側と収容部 11 の底面との間には加熱部 50 が設けられている。加熱部 50 は、支持体 20 および基板保持体 30 を介して化合物半導体基板 40 を加熱する。加熱部 50 は、軸 21 を貫通させる穴が形成されたリング状の形状を備えており、その内部にはコイルが収容されている。加熱部 50 は、コイルに電流が供給されることにより、支持体 20 を構成するカーボンを電磁誘導加熱する。

20

【0019】

MOCVD 装置 1 の蓋部 12 の下方且つ支持体 20 の上方には保護部材 60 が設けられている。保護部材 60 は、反応室内に供給される原料ガスの反応によって生成される生成物が、蓋部 12 の内壁に付着、堆積するのを防止することにより蓋部 12 を保護する。保護部材 60 は円形状を有しており、蓋部 12 と同様、中央部に外部から反応室の内部に原料ガスを供給するための貫通孔が形成されている。保護部材 60 には、蓋部 12 と同様、外部から反応室内部を観察するための貫通孔も形成されている。

【0020】

MOCVD 装置 1 の支持体 20 と保護部材 60 との間には排気部材 80 が取り付けられている。排気部材 80 は、反応室内に供給され、結晶のエピタキシャル成長に使用された原料ガス等を収容部 11 の底面に設けられた排出管側へと導く。排気部材 80 は、リング状の形状を有している。排気部材 80 の内壁は、支持体 20 に設けられた 6 つの凹部よりも外側に位置している。排気部材 80 の内壁には、使用後の原料ガス等を外部に排出するための複数の貫通孔（図示せず）が形成されている。排気部材 80 は、支持体 20 の外周部の縁端側との対向部において、支持体 20 の回転を妨げないように構成されている。図 2 においては、排気部材 80 の記載を省略している。

30

【0021】

MOCVD 装置 1 の蓋部 12 に設けられた貫通孔の上部には、監視装置 90 が取り付けられている。監視装置 90 は、蓋部 12 および保護部材 60 にそれぞれ設けられた貫通孔を介し、反応室の内部の状態、具体的には、基板保持体 30 を介して支持体 20 に保持された化合物半導体基板 40 上にエピタキシャル成長する結晶の状態、化合物半導体基板 40 の反りの状態等を監視する。尚、貫通孔を介して監視装置 90 に原料ガス等が流入するのを防止するため、監視装置 90 から反応室に向けて、例えば、窒素 N_2 等のパージガスが供給されている。

40

【0022】

< 基板保持体 >

図 3 は、上述した MOCVD 装置 1 で使用される基板保持体 30 の構成を説明する図である。図 3 (a) は、3 個の突起状の支持部 32 を有する基板保持体 30 の上面図であり

50

、図3(b)は、化合物半導体基板40を載置した場合の図3(a)のIII B - III B断面図であり、図3(c)は、図3(b)の支持部32の拡大断面図である。

【0023】

図3(a)及び図3(b)に示すように、保持体の一例としての基板保持体30は、円形状の形状を有する本体部31と、本体部31の周縁部31aに嵌め込まれたリング30aとを備えている。本体部31の上面には平坦な中央部31bが形成されている。中央部31bの直径は、後述する被成形体としての化合物半導体基板40の直径よりもわずかに大きく設定されている。また、被成形体としての化合物半導体基板40のオリエンテーションフラット(以下、「オリフラ」と称する。)に対応するように、円弧状の周縁部31aの一部が直線状に形成されている(オリフラ対応部31c)。本実施の形態において、

10

【0024】

本体部31の中央部31bには突起状の3個の支持部32が形成されている。3個の支持部32は、本体部31の上面の中心から半径 R_1 の円Cの円周上に、円周に沿って互いに略等間隔を保つように配置されている。支持部32が配置されている円Cの半径 R_1 は、後述する化合物半導体基板40の有効半径 R_0 より短い長さである($R_1 < R_0$)。ここで、有効半径 R_0 とは、化合物半導体基板40のオリフラ以外の円形部分の半径である。

20

【0025】

本実施の形態で使用する化合物半導体基板40の有効半径 R_0 は特に限定されない。通常、有効半径 R_0 は、25mm~150mmの範囲である。このとき、3個の支持部32が配置される円Cの半径 R_1 は、通常、12mm~135mmの範囲である。本実施の形態では、化合物半導体基板40の有効半径(R_0)が100mm以上の大口径となるほど効果が顕著となるため望ましい。一方、化合物半導体基板40を構成する材料としては、例えば、サファイアが好ましい。サファイアは、シリコン、ガリウム砒素等と比較して熱伝導率が小さく、温度分布が大きいので効果が顕著となり好適である。

【0026】

さらに、本実施の形態では、支持部32が配置されている円Cの半径 R_1 と、化合物半導体基板40の有効半径 R_0 との関係は、($R_1 = 0.5 \times R_0 \sim 0.9 \times R_0$)が望ましく、さらに望ましくは、($R_1 = 0.6 \times R_0 \sim 0.8 \times R_0$)であり、最も好ましくは、($R_1 = 0.65 \times R_0 \sim 0.75 \times R_0$)である。円Cの半径 R_1 が、有効半径 R_0 の90%より大きいと、反りの影響による本体部31と化合物半導体基板40との距離の偏差が大きくなり、温度分布が出やすくなる傾向がある。一方、円Cの半径 R_1 が、有効半径 R_0 の50%未満の場合は、化合物半導体基板40を安定的に支持できない場合が生じる。また、化合物半導体基板40の回転やガスの流れにより、化合物半導体基板40が傾くと、温度分布が大きくなる可能性が高くなる。

30

【0027】

化合物半導体基板40を、本体部31の上面の中心から半径 $R_1 = 0.7 \times R_0$ 付近の円Cの円周上に配置された3個の支持部32上に載置すると、化合物半導体基板40の反りが変化しても、結晶のエピタキシャル成長面であるウェー八面内の平均温度が一定に保たれる。その結果、発光層が形成されたウェー八面内(積層半導体ウェー八面内)の発光波長の平均値が一定に保たれる。これは、基板保持体30とウェー八裏面との隙間の平均値が、ウェー八の反りに依らず、一定に保たれることによる。

40

【0028】

図3(b)に示すように、基板保持体30に載置される化合物半導体基板40は、本体部31の中央部31bの上面と化合物半導体基板40の下面とが接触しないように3個の支持部32によって支持される。また、化合物半導体基板40の外周側面は、低熱伝導材で構成されたリング30aと接触することにより、本体部31からの熱伝達が低減して

50

いる。

【0029】

図3(c)に示すように、突起状の支持部32は、中央部31bの上面から所定の高さHを有する突起部321を有し、さらに突起部321の周囲には、中央部31bの上面から所定の深さLを有するように溝部322が形成されている。

本実施の形態では、突起部321の高さHは、特に限定されないが、通常、0.05mm~1mmの範囲であり、好ましくは、0.1mm~0.5mmの範囲である。突起部321の高さHが過度に高いと、化合物半導体基板40の表面温度を所定の温度に保つために、基板保持体30の温度をより高温にする必要があり、電力負荷の増大や耐熱性の点で課題が発生する。

10

また、例えば、結晶のエピタキシャル成長が700未満の低温成長の場合、突起部321の高さHを高くすることが可能となる。突起部321の高さHが過度に低い場合、反りにより化合物半導体基板40が基板保持体30に接触し、温度が不均一となる可能性があるため望ましくない。

【0030】

溝部322の深さLは、特に限定されないが、0.05mm~2.5mmの範囲であり、好ましくは、0.2mm~1.5mmの範囲である。

尚、突起部321の径Dは、化合物半導体基板40の下面との接触面積が小さくなるように突起部321を構成するのが、望ましい。突起部321の材質および劣化と加工精度を考慮し、通常0.3mm~3mmの範囲であり、好ましくは、0.5mm~2mmの範囲である。また、溝部322の幅Wは、通常、0.5mm~5mmの範囲であり、好ましくは、0.7mm~3mmの範囲である。

20

また、突起部321の断面形状は特に限定されず、例えば、円形、三角形、四角形、楕円形等が挙げられる。同様に、溝部322の断面形状も限定されず、例えば、長方形、半(楕)円形、台形、三角形等も利用可能である。さらに、突起部321の化合物半導体基板40との接触面の形状は特に限定されず、例えば、平面、曲面等が挙げられる。

【0031】

本実施の形態では、支持部32は、基板保持体30の本体部31と別体で成形されてもよい。例えば、本体部31に突起状の支持部32を嵌め込んだものでもよい。この場合、支持部32と本体部31が分割されることにより熱伝導性が低下し、化合物半導体基板40と基板保持体30との間の熱伝導が更に抑制される。

30

また、支持部32を本体部31と異なる材料を用いて構成してもよい。この場合、支持部32を構成する材料としては、化合物半導体基板40にエピタキシャル成長させる温度における熱伝導率が10W/(m·K)以下のものであることが好ましい。具体的な材料としては、例えば、アルミナ(Al₂O₃)、窒化ケイ素(Si₃N₄)、石英ガラス(SiO₂)、ジルコニア(ZrO₂)等が挙げられる。これらの中でも、石英ガラス(SiO₂)又はジルコニア(ZrO₂)は熱伝導性が特に小さく、化合物半導体基板40と本体部31の間の熱伝導を抑制することが可能となる。

【0032】

本実施の形態では、上述したように、化合物半導体基板40の内周側の3箇所が突起状の支持部32に支持されることにより、中央部31bの上面と接触しない状態で基板保持体30に載置されている。これにより、化合物半導体基板40と基板保持体30との接触面積が小さくなり、化合物半導体基板40と基板保持体30との間の熱伝導が抑制される。また、化合物半導体基板40の反りにより生じる不均一な接触状態に起因する温度変化が抑制される。化合物半導体基板40と基板保持体30の接触面積は、化合物半導体基板40の面積の1%以下であることが好ましい。この場合、化合物半導体基板40と基板保持体30と接触による影響が減少し、温度がより均一となる。

40

また、突起状の支持部32を低熱伝導材料により構成し、支持部32の周囲に溝部322を設けることにより、化合物半導体基板40と基板保持体30の間の支持部32付近の熱伝導が抑制され、支持部32の影響が緩和される。

50

【 0 0 3 3 】

(基板保持体 3 0 の第 2 の実施の形態)

図 4 は、上述した MOCVD 装置 1 で使用される基板保持体 3 0 の第 2 の実施の形態を説明する図である。図 4 (a) は、リング形状の支持部を有する基板保持体の上面図であり、図 4 (b) は、化合物半導体基板 4 0 を載置した場合の図 4 (a) の I V B - I V B 断面図である。図 3 と同じ構成については同じ符号を使用しその説明を省略する。

【 0 0 3 4 】

図 4 (a) に示すように、本体部 3 1 の中央部 3 1 b にはリング形状の支持部 3 2 L が形成されている。リング形状の支持部 3 2 L は、本体部 3 1 の上面の中心から半径 R_2 の円の円周上に配置されている。また、リング形状の支持部 3 2 L の外周側及び内周側には、それぞれ、中央部 3 1 b の上面から所定の段差を有するように溝部 3 2 2 L o , 3 2 2 L i が形成されている。

支持部 3 2 L が配置されている円の半径 R_2 は、化合物半導体基板 4 0 の有効半径 R_0 より短い長さである ($R_2 < R_0$)。図 3 に示した実施の形態と同様に、支持部 3 2 L が配置されている円の半径 R_2 と、化合物半導体基板 4 0 の有効半径 R_0 との関係は、 R_1 と同様であることが好ましい。化合物半導体基板 4 0 を、本体部 3 1 の上面の中心から半径 R_2 の円上に配置された支持部 3 2 L 上に載置すると、化合物半導体基板 4 0 の反りが変化しても、結晶のエピタキシャル成長面の平均温度変化が抑制され、発光層が形成されたウェーハ面内の発光波長の平均値の目標値からのズレが抑制される。

【 0 0 3 5 】

図 4 (b) に示すように、化合物半導体基板 4 0 は、本体部 3 1 の上面の中心から化合物半導体基板 4 0 の有効半径 R_0 より短い長さの位置に設けたリング形状の支持部 3 2 L に支持されることにより、中央部 3 1 b の上面と接触しない状態で基板保持体 3 0 に載置されている。これにより、図 3 で示した突起状の支持部 3 2 の場合と同様に、化合物半導体基板 4 0 と基板保持体 3 0 との接触面積が小さくなり、化合物半導体基板 4 0 と基板保持体 3 0 の間の熱伝導が抑制される。また、化合物半導体基板 4 0 の裏面と基板保持体 3 0 の接触状態のバラツキによる接触部付近での温度のバラツキが抑制される。

また、リング形状の支持部 3 2 L を低熱伝導材料により構成し、支持部 3 2 L の外周側及び内周側に溝部 3 2 2 L o , 3 2 2 L i を設けることにより、化合物半導体基板 4 0 の支持部 3 2 L 付近の基板保持体 3 0 との間の熱伝導が抑制される。

【 0 0 3 6 】

さらに、本実施の形態では、支持部 3 2 L は、基板保持体 3 0 の本体部 3 1 と別体で成形されてもよい。例えば、本体部 3 1 にリング形状の支持部 3 2 L を嵌め込んだものでもよい。この場合、支持部 3 2 L と本体部 3 1 が分割されることにより熱伝導性が低下し、化合物半導体基板 4 0 と基板保持体 3 0 との間の熱伝導が更に抑制される。この場合、支持部 3 2 L を構成する材料としては、前述した突起状の支持部 3 2 の場合と同様なものが挙げられる。

次に、MOCVD 装置 1 で使用する原料ガスについて説明する。

【 0 0 3 7 】

< 原料ガス >

本実施の形態では、MOCVD 装置 1 を用いてサファイア製の基板 1 1 0 (図 5 参照) 上 (サファイア基板 (c 面)) に予め任意の組成の化合物半導体層を形成した化合物半導体基板 4 0 上に、さらに III 族窒化物半導体層を形成する。原料としては、III 族の元素を含む有機金属と窒素を含むアンモニア NH_3 とを使用する。有機金属は主として液体原料であるため、液体状の有機金属に窒素 N_2 および水素 H_2 にてバブリングを行い、得られた窒素 N_2 、水素 H_2 および有機金属を混合させてなる有機金属ガス MO を原料ガスとして供給する。本実施の形態では、供給管 1 3 より有機金属ガス MO およびアンモニア NH_3 の供給を行う。

【 0 0 3 8 】

有機金属としては、例えば、トリメチルガリウム (TMG)、トリエチルガリウム (T

10

20

30

40

50

E G)等の有機ガリウム化合物；トリメチルアルミニウム(TMA)、トリエチルアルミニウム(TEA)等の有機アルミニウム化合物；トリメチルインジウム(TMI)、トリエチルインジウム(TEI)等の有機インジウム化合物が挙げられる。

n型のドーパントの原料としては、例えば、モノシラン(SiH_4)、ジシラン(Si_2H_6)等のシラン化合物；ゲルマンガス(GeH_4)、テトラメチルゲルマニウム($(\text{CH}_3)_4\text{Ge}$)、テトラエチルゲルマニウム($(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Ge}$)等のゲルマニウム化合物が挙げられる。

p型のドーパントの原料としては、例えば、ビスシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp_2Mg)、ビスエチルシクロペンタジエニルマグネシウム(EtCp_2Mg)等の有機マグネシウム化合物が挙げられる。

10

次に、MOCVD装置1を用いて製造される積層半導体ウェーハを説明する。

【0039】

<積層半導体ウェーハ>

図5は、MOCVD装置1を用いて製造される積層半導体ウェーハSWの断面図の一例を示している。積層半導体ウェーハSWを構成する化合物半導体としては、特に限定されるものではなく、例えば、III-V族化合物半導体、II-VI族化合物半導体、IV-IV族化合物半導体等が挙げられる。本実施の形態では、III-V族化合物半導体が好ましく、III族窒化物半導体がより好ましい。以下、III族窒化物半導体を有する積層半導体ウェーハSWを例に挙げて説明する。特に、成長温度が、特性に与える影響が大きい発光素子について示す。

20

【0040】

この積層半導体ウェーハSWは、基板110と、基板110上に形成された中間層120と、中間層120の上に順次積層される下地層130とn型半導体層140と発光層150とp型半導体層160とを備えている。本実施の形態では、基板110、中間層120及び下地層130が順次積層されたものを化合物半導体基板40と称している。

【0041】

n型半導体層140は、下地層130側に設けられるn型コンタクト層140aと発光層150側に設けられるn型クラッド層140bとを有する。発光層150は、障壁層150aと井戸層150bとが交互に積層され、2つの障壁層150aによって1つの井戸層150bを挟み込んだ構造を有する。p型半導体層160は、発光層150側に設けられるp型クラッド層160aと最上層に設けられるp型コンタクト層160bとを有する。以下の説明においては、n型半導体層140、発光層150およびp型半導体層160を、まとめて化合物半導体層100と称する。

30

以下に、積層半導体ウェーハSWの構成を説明する。

【0042】

(基板110)

基板110は、III族窒化物半導体とは異なる材料から構成され、基板110上にIII族窒化物半導体結晶がエピタキシャル成長される。基板110を構成する材料としては、例えば、サファイア、炭化珪素(シリコンカーバイド： SiC)、シリコン、酸化亜鉛、酸化マグネシウム、酸化マンガン、酸化ジルコニウム、酸化マンガン亜鉛鉄、酸化マグネシウムアルミニウム、ホウ化ジルコニウム、酸化ガリウム、酸化インジウム、酸化リチウムガリウム、酸化リチウムアルミニウム、酸化ネオジムガリウム、酸化ランタンストロンチウムアルミニウムタンタル、酸化ストロンチウムチタン、酸化チタン、ハフニウム、タングステン、モリブデン等が挙げられる。これらの中でも、サファイア、炭化珪素が好ましい。本実施の形態では、基板110としてサファイアを用いている。基板110の表面は、例えば、鏡面加工や凹凸加工を施したものが望ましい。

40

【0043】

(中間層120)

基板110はIII族窒化物半導体とは異なる材料から構成されるため、バッファ機能を発揮する中間層120を基板110上に設けておくことが好ましい。単結晶構造を有す

50

る中間層120を基板110上に成膜した場合、中間層120のバッファ機能が有効に作用し、中間層120上に成膜される下地層130と化合物半導体層100とは、良好な結晶性を持つ結晶膜となる。中間層120は、Alを含有することが好ましく、III族窒化物半導体であるAlNを含むことが特に好ましい。

【0044】

(下地層130)

下地層130に用いる材料としては、Gaを含むIII族窒化物半導体(GaN系化合物半導体)が用いられる。特に、AlGaN、GaNが好ましい。なお、本明細書中、各元素の組成比を省略して、AlGaNやGaN等といった表記を用いることがある。下地層130の膜厚は0.1 μ m以上、好ましくは0.5 μ m以上、さらに好ましくは1

10

【0045】

(n型半導体層140)

n型半導体層140は、n型コンタクト層140aおよびn型クラッド層140bから構成される。n型コンタクト層140aとしては、下地層130と同様にGaN系化合物半導体が用いられる。下地層130およびn型コンタクト層140aを構成する窒化ガリウム系化合物半導体は同一組成であることが好ましく、これらの合計の膜厚を0.1 μ m~20 μ m、好ましくは0.5 μ m~15 μ m、さらに好ましくは1 μ m~12 μ mの範囲に設定することが好ましい。

【0046】

20

n型クラッド層140bは、AlGaN、GaN、GaN等により形成される。これらの構造をヘテロ接合したものや複数回積層した超格子構造を採用してもよい。n型クラッド層140bとしてGaNを採用した場合には、そのバンドギャップを、発光層150のGaNのバンドギャップよりも大きくすることが望ましい。n型クラッド層140bの膜厚は、好ましくは5nm~500nm、より好ましくは5nm~100nmの範囲である。

【0047】

(発光層150)

発光層150は、窒化ガリウム系化合物半導体からなる障壁層150aと、インジウムを含有する窒化ガリウム系化合物半導体からなる井戸層150bとが交互に繰り返して積層され、且つ、n型半導体層140側及びp型半導体層160側にそれぞれ障壁層150aが配される順で積層して形成される。本実施の形態において、発光層150は、6層の障壁層150aと5層の井戸層150bとが交互に繰り返して積層される構成となっている。

30

【0048】

井戸層150bには、インジウムを含有する窒化ガリウム系化合物半導体として、例えば、Ga_{1-s}In_sN(0<s<0.4)等の窒化ガリウムインジウムを用いることができる。

また、障壁層150aとしては、例えば、インジウムを含有した窒化ガリウム系化合物半導体からなる井戸層150bよりもバンドギャップエネルギーが大きいAl_cGa_{1-c}N(0<c<0.3)等の窒化ガリウム系化合物半導体を好適に用いることができる。

40

【0049】

(p型半導体層160)

p型半導体層160は、p型クラッド層160aおよびp型コンタクト層160bから構成される。p型クラッド層160aとしては、好ましくは、Al_dGa_{1-d}N(0<d<0.4)のものが挙げられる。p型クラッド層160aの膜厚は、好ましくは1nm~400nmであり、より好ましくは5nm~100nmである。

p型コンタクト層160bとしては、Al_eGa_{1-e}N(0<e<0.5)を含んでなる窒化ガリウム系化合物半導体層が挙げられる。p型コンタクト層160bの膜厚は、特に限定されないが、10nm~500nmが好ましく、より好ましくは50nm~20

50

0 nmである。

【0050】

ここで、化合物半導体基板40は、以下のように製造される。まず、所定の直径と厚さとを有するサファイア製の基板110を、図示しないスパッタリング装置にセットする。そして、スパッタリング装置にて、基板110上に、V族元素を含むガスと金属材料とをプラズマで活性化して反応させることにより、III族窒化物半導体からなる中間層120を形成する。続いて、中間層120が形成された基板110を、図1に示すMOCVD装置1にセットする。具体的には、中間層120が外側に向かうように、各基板110を各基板保持体30にセットし、各基板110がセットされた各基板保持体30を、支持体20に設けられた各凹部に、中間層120が上方を向くように配置する。そして、MOCVD装置1を用いて中間層120の上に下地層130の形成を行い、化合物半導体基板40を得る。

10

次に、積層半導体ウェーハSWから得られる発光素子チップLCを説明する。

【0051】

図6は、積層半導体ウェーハSWにさらに加工を施すことによって得られる発光素子チップLCの断面図を示している。

発光素子チップLCにおいては、p型半導体層160のp型コンタクト層160b上に透明正極170が積層され、さらにその上に正極ボンディングパッド180が形成されるとともに、n型半導体層140のn型コンタクト層140aに形成された露出領域140cに負極ボンディングパッド190が積層されている。

20

以下に、発光素子チップLCの構成を説明する。

【0052】

(透明正極170)

透明正極170を構成する材料としては、例えば、ITO($In_2O_3 - SnO_2$)、AZO($ZnO - Al_2O_3$)、IZO($In_2O_3 - ZnO$)、GZO($ZnO - Ga_2O_3$)等の従来公知の材料が挙げられる。透明正極170の構造は特に限定されず、従来公知の構造を採用することができる。透明正極170は、p型半導体層160上のほぼ全面を覆うように形成しても良く、格子状や樹形状に形成しても良い。

【0053】

(正極ボンディングパッド180)

透明正極170上に形成される電極としての正極ボンディングパッド180は、例えば、従来公知のAu、Al、Ti、V、Cr、Mn、Co、Zn、Ge、Zr、Nb、Mo、Ru、Ta、Ni、Cu等の材料から構成される。正極ボンディングパッド180の構造は特に限定されず、従来公知の構造を採用することができる。正極ボンディングパッド180の厚さは、例えば100nm~2000nmの範囲内であり、好ましくは300nm~1000nmの範囲内である。

30

【0054】

(負極ボンディングパッド190)

負極ボンディングパッド190は、基板110上に成膜された中間層120および下地層130の上にさらに成膜された化合物半導体層100(n型半導体層140、発光層150およびp型半導体層160)において、n型半導体層140のn型コンタクト層140aに接するように形成される。負極ボンディングパッド190を形成する際は、p型半導体層160、発光層150およびn型半導体層140の一部を除去し、n型コンタクト層140aの露出領域140cを形成し、この上に負極ボンディングパッド190を形成する。負極ボンディングパッド190の材料としては、正極ボンディングパッド180と同じ組成・構造でもよく、各種組成および構造の負極が周知であり、これら周知の負極を何ら制限無く用いることができ、この技術分野でよく知られた慣用の手段で設けることができる。

40

次に、積層半導体ウェーハSWの製造方法を説明する。

【0055】

50

(積層半導体ウェーハSWの製造方法)

本実施の形態では、前述した基板110上に、スパッタ法を用いて、プラズマで活性化して反応した原料を基板110上に成膜して中間層120を形成する。ここで、V族元素を窒素とし、中間層120を成膜する際のガス中における窒素のガス分率を50体積%~99体積%以下の範囲とするとともに、中間層120を単結晶として形成する。次いで、中間層120上に、MOCVD法又はスパッタ法によって下地層130を成膜し、化合物半導体基板40を形成する。

続いて、このように形成した化合物半導体基板40を使用し、MOCVD装置1を用いて以下の手順に従い製造される。

【0056】

初めに、6枚の基板保持体30の中央部31bに、それぞれ1枚ずつ化合物半導体基板40を載置し、下地層130を外部に露出させる。続いて、6枚の基板保持体30をMOCVD装置1の支持体20に設けられた6個の凹部に設置する。その後、保護部材60が取り付けられた蓋部12を閉じて収容部11と蓋部12とを密着させる。

次に、ガス供給口を介して支持体20の各凹部の底部に向けて窒素 N_2 の供給を開始させ、軸21の回転を開始させる。これに伴い、支持体20は矢印A方向に回転し、支持体20に取り付けられた6個の基板保持体30は矢印B方向に回転する。

また、加熱部50のコイルに対する給電が開始され、加熱部50に流れる電流により、支持体20が電磁誘導加熱され、支持体20に保持される6個の基板保持体30および各基板保持体30に保持される化合物半導体基板40が所定の温度に加熱される。

化合物半導体基板40は、700~1200の範囲に加熱される。また、化合物半導体基板40の温度は、それぞれの結晶成長に適した値に調整される。

【0057】

MOCVD装置1の反応室では、供給管13から供給されたn型コンタクト層140a用の有機金属ガスMOおよびアンモニア NH_3 が、加熱される化合物半導体基板40の近傍で分解し、n型コンタクト層140a用のIII族窒化物半導体が化合物半導体基板40上に成長する。このとき、n型コンタクト層140a用のIII族窒化物半導体の結晶は、所定の温度に加熱された化合物半導体基板40の下地層130上にエピタキシャルに成長する。

【0058】

n型コンタクト層140aの形成が完了すると、MOCVD装置1の反応室では、供給管13から供給されたn型クラッド層140b用の有機金属ガスMOおよびアンモニア NH_3 が、加熱される化合物半導体基板40の近傍で分解し、n型クラッド層140b用のIII族窒化物半導体がn型コンタクト層140a上に成長する。このとき、n型クラッド層140b用のIII族窒化物半導体の結晶は、所定の温度に加熱された化合物半導体基板40の上に形成されたn型コンタクト層140a上にエピタキシャルに成長する。

【0059】

以後、反応室に供給する有機金属ガスMOを順次変更することにより、化合物半導体基板40上に形成されたn型クラッド層140bには、複数の障壁層150aおよび複数の井戸層150bを有する発光層150、そして、p型クラッド層160aおよびp型コンタクト層160bを有するp型半導体層160が順次形成される。このような手順を経て、積層半導体ウェーハSWを得ることができる。

次に、発光素子チップLCの製造方法を説明する。

【0060】

<発光素子チップLCの製造方法>

上述したような製膜プロセスが終了すると、支持体20から基板保持体30が取り出され、さらに基板保持体30から積層半導体ウェーハSWが取り外される。そして、積層半導体ウェーハSWのp型半導体層160上に透明正極170を積層し、その上に正極ボンディングパッド180を形成する。また、エッチング等を用いてn型コンタクト層140aに露出領域140cを形成し、この露出領域140cに負極ボンディングパッド190

10

20

30

40

50

を設ける。その後、基板 110 の中間層 120 の形成面とは反対の面を、所定の厚さになるまで研削及び研磨する。そして、基板 110 の厚さが調整されたウェーハを、例えば 350 μm 角の正方形に切断することにより、発光素子チップ LC を得る。

【0061】

以上、詳述したように、本実施の形態では、化合物半導体基板 40 上に化合物半導体層 100 をエピタキシャル成長させる際に、化合物半導体基板 40 の周縁部の 3 箇所を支持する支持部 32 を用いることにより、基板保持体 30 の上面と接触しない状態で化合物半導体基板 40 を載置している。これにより、化合物半導体基板 40 と基板保持体 30 との接触面積が小さくなり、化合物半導体基板 40 の局所的な温度変化を低減（抑制）することができる。

10

【実施例】

【0062】

以下、実施例に基づき本発明を更に詳細に説明する。但し、本発明は、その要旨を超えない限り、以下の実施例に限定されるものではない。

実施例において、サファイア基板のエピタキシャル結晶成長面の温度測定と化合物半導体ウェーハから得られた発光波長の分布（波長分布）の評価方法は以下の通りである。

【0063】

（1）サファイア基板のエピタキシャル結晶成長面の温度測定

サファイア基板のエピタキシャル結晶成長面の温度は、8 μm ~ 14 μm の波長域の光を利用した放射温度計を用いて測定した。測定方法は、発光層成長中の測定ポートの下を、自転しながら公転するウェーハが横切る軌跡上の温度を測定し、測定値は、基板中心からの距離毎に平均した。

20

【0064】

（2）化合物半導体ウェーハから得られた発光波長の分布（標準偏差）

発光波長の波長分布は、PL マッパー（ACCENT 社製：RPM - ）を用いて測定した。

【0065】

（実施例 1）

< 積層半導体ウェーハ I の調製 >

有効半径（ R_0 ）50 mm、厚さ 0.91 mm のサファイア製の基板 110（表面：c 面）を使用し、図 1 に示す MOCVD 装置 1 を用いて、この基板 110 上に化合物半導体層 100 をエピタキシャル成長させ、積層半導体ウェーハ I を調製した。

30

MOCVD 装置 1 の基板保持体 30 として、図 3（a）に示すように 3 個の突起状の支持部 32 を有する構成とした。3 個の突起状の支持部 32 は、本体部 31 の上面の中心から半径 R_1 （35 mm）の円の円周上に沿って互いに略等間隔を保つように配置されている。

支持部 32 を構成する材料は、基板 110 と同様にサファイア（表面；c 面）である。支持部 32 の形状は、径 $D = 1 \text{ mm}$ 、高さ $H = 0.3 \text{ mm}$ である。ここで、基板 110 と支持部 32 の接触面積は、基板 110 の面積の約 0.03% である。溝部 322 の形状は、深さ L が 1 mm、幅 W が 2 mm である。本体部 31 の材質は、SiC コートされた黒鉛である。

40

【0066】

先ず、サファイア製の基板 110 上に、スパッタ法により AlN からなる厚さ 0.05 μm の中間層 120 を成膜し、その上に、有機金属化学気相成長法（MOCVD）によって、厚さ 8 μm のアンドープ GaN からなる下地層 130 及び厚さ 2 μm の Si ドープ GaN からなる n 型コンタクト層 140 a を成膜した化合物半導体基板 40 を作成した。次に、この化合物半導体基板 40 を、3 個の突起状の支持部 32 を有する基板保持体 30 上に載置し、MOCVD によって厚さ 250 nm の $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる n 型クラッド層 140 b を形成した後、厚さ 16 nm の Si ドープ GaN からなる障壁層 150 a および厚さ 2.5 nm の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなる井戸層 150 b を 5 回積層し

50

、最後に障壁層 150 a を設けた多重量子井戸構造の発光層 150 を形成した。

さらに、発光層 150 の上に、厚さ 10 nm の Mg ドープ $Al_{0.07}Ga_{0.93}N$ からなる p 型クラッド層 160 a、厚さ 150 nm の Mg ドープ GaN からなる p 型コンタクト層 160 b を順に形成し、積層半導体ウェーハ I を調製した。尚、窒化ガリウム系化合物半導体層の積層は、MOCVD 法により、当該技術分野においてよく知られた通常の条件で行なった。

その後、PL マッパー (ACCENT 社製: RPM -) により積層半導体ウェーハ I から得られた発光波長 (nm) を測定し波長分布を求めた。

表 1 に、MOCVD 装置 1 で使用した基板保持体 30 の本体部 31 の中心から半径 R (mm) の位置、半径 R (mm) の位置における基板 110 のエピタキシャル結晶成長面の温度 ()、半径 R (mm) の位置における発光波長 (nm) の結果を示す。これらの結果に基づき、エピタキシャル成長面の温度分布 (最高温度と最低温度との差 T :)、発光層 150 が形成されたウェーハ面内 (積層半導体ウェーハ面内) の発光波長分布 (標準偏差 : nm) を求めた。

【0067】

(比較例 1)

<積層半導体ウェーハ II の調製>

実施例 1 と同様な方法で積層半導体ウェーハ II を作製した。MOCVD 装置 1 の基板保持体 30 として、本体部 31 の中央部 31 b が平坦に形成されているものを使用し、この本体部 31 の中央部 31 b にサファイア製の基板 110 を直接載置し、それ以外は実施例 1 と同様な条件で基板 110 上に化合物半導体層 100 をエピタキシャル成長させ、積層半導体ウェーハ II を調製した。ここで、基板 110 と本体部 31 の中央部 31 b との接触面積は、基板 110 の反りの影響で正確に把握できないが、基板 110 の面積の 80% ~ 100% 程度である。

【0068】

その後、化合物半導体ウェーハ II について、PL マッパー (ACCENT 社製: RPM -) により積層半導体ウェーハ II から得られた発光波長 (nm) を測定し波長分布を求めた。

表 1 に、MOCVD 装置 1 で使用した基板保持体 30 の本体部 31 の中心から半径 R (mm) の位置、半径 R (mm) の位置における基板 110 のエピタキシャル結晶成長面の温度 ()、半径 R (mm) の位置における発光波長 (nm) の結果を示す。また、これらの結果に基づき、結晶のエピタキシャル成長面の温度分布 (T :)、発光層 150 が形成されたウェーハ面内 (積層半導体ウェーハ面内) の発光波長分布 (: nm) を求めた。

【0069】

10

20

30

【表 1】

測定位置 R (mm)	実施例 1		比較例 1	
	温度 (°C)	波長 (nm)	温度 (°C)	波長 (nm)
1	724.70	449.15	726.36	439.11
3	724.73	449.14	726.32	439.56
5	724.76	449.05	726.25	439.70
7	724.81	448.97	726.13	439.90
9	724.87	448.89	726.01	440.22
11	724.88	448.81	725.87	440.60
13	724.91	448.88	725.72	440.92
15	724.86	449.01	725.59	441.26
17	724.87	449.14	725.49	441.53
19	724.84	449.27	725.44	441.74
21	724.85	449.37	725.44	441.84
23	724.84	449.49	725.45	441.88
25	724.85	449.58	725.51	441.83
27	724.82	449.65	725.64	441.72
29	724.90	449.71	725.77	441.49
31	724.94	449.68	725.99	441.22
33	725.01	449.52	726.27	440.72
35	725.04	449.57	726.52	440.19
37	725.00	449.54	726.83	439.48
39	724.87	449.53	727.19	438.53
41	724.78	449.52	727.53	437.36
43	724.54	449.49	727.94	435.99
45	724.34	449.71	728.32	434.50
	$\Delta T = 0.70 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\sigma = 0.90 \text{ nm}$	$\Delta T = 2.88 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\sigma = 7.38 \text{ nm}$

【0070】

図7は、実施例1の結果を示すグラフである。図8は、比較例1の結果を示すグラフである。図7及び図8に示すグラフにおいて、横軸は、温度及び発光波長を測定した測定位置R（基板保持体30の本体部31の中心から半径R（mm）の位置）であり、左側の縦軸は、半径R（mm）の位置における発光波長（nm）であり、右側の縦軸は、基板110のエピタキシャル結晶成長面の温度（ ）である。

表1及び図7の結果から、サファイア製の基板110を、本体部31の上面の中心から基板110の有効半径 R_0 より短い長さの位置に配置された3個の支持部32に載置し、この状態で基板110上に化合物半導体層100をエピタキシャル成長させて調製した積層半導体ウェーハI（実施例1）は、結晶のエピタキシャル成長面の温度分布が抑制され

10

20

30

40

50

($T = 0.70$)、発光層 150 が形成されたウェーハ面内 (積層半導体ウェーハ面内) の発光波長の分布 ($\lambda = 0.90 \text{ nm}$) が低減することが分かる。

【 0071 】

一方、表 1 及び図 8 の結果から、サファイア製の基板 110 を、平坦に形成された基板保持体 30 に直接載置し、この状態で基板 110 上に化合物半導体層 100 をエピタキシャル成長させて調製した積層半導体ウェーハ I I (比較例 1) は、結晶のエピタキシャル成長面の温度分布が大きく ($T = 2.88$)、発光層 150 が形成されたウェーハ面内 (積層半導体ウェーハ面内) の発光波長の分布 ($\lambda = 7.38 \text{ nm}$) が増大することが分かる。

【 0072 】

(実施例 2)

< 積層半導体ウェーハ I I I の調製 >

有効半径 (R_0) 75 mm、厚さ 1 mm のサファイア製の基板 110 (表面 : c 面) を使用し、図 1 に示す MOCVD 装置 1 を用いて、この基板 110 上に化合物半導体層 100 をエピタキシャル成長させ、積層半導体ウェーハ I I I を調製した。

MOCVD 装置 1 の基板保持体 30 として、図 3 (a) に示すように 3 個の突起状の支持部 32 を有する構成とした。3 個の突起状の支持部 32 は、本体部 31 の上面の中心から半径 R_1 (55 mm) の円の円周上に沿って互いに略等間隔を保つように配置されている。

【 0073 】

支持部 32 を有する構成材料は、基板 110 と同様にサファイアである。突起状の支持部 32 の形状は、径 $D = 0.8 \text{ mm}$ 、高さ $H = 0.4 \text{ mm}$ である。ここで、基板 110 と支持部 32 の接触面積は、基板 110 の面積の約 0.01 % である。溝部 322 の形状は、段差 L が 0.9 mm で、幅 W が 1.8 mm である。本体部 31 の材質は、SiC コートされた黒鉛である。

実施例 1 と同様な手順により、MOCVD 装置 1 で使用した基板保持体 30 の本体部 31 の中心から半径 R (mm) の位置、半径 R (mm) の位置における基板 110 のエピタキシャル結晶成長面の温度 ()、半径 R (mm) の位置における発光波長 (nm) を測定した結果、結晶のエピタキシャル成長面の温度分布 (T) = 1.1 であり、発光層 150 が形成されたウェーハ面内 (積層半導体ウェーハ面内) の発光波長分布 () = 1.4 nm であり、良好な結果であった。

【 0074 】

本実施の形態では、サファイア製の基板 110 を、本体部 31 の上面の中心から半径 R_1 ($R_0 / 2$) の円 C の円周上に配置された支持部 32 上に載置すると、基板 110 に反りが変化しても、結晶のエピタキシャル成長面の平均温度変化が抑制され、発光層 150 が形成されたウェーハ面内 (積層半導体ウェーハ面内) の発光波長の狙い波長からのズレが抑制される。これを、シミュレーションした結果に基づき説明する。

【 0075 】

図 9 は、基板 110 の反りの変化による基板 110 面内の平均発光波長のズレをシミュレーションした結果を説明するグラフである。ここでは、反り (横軸 : 単位 μm) が生じている基板 110 を載置する支持部 32 の位置 (支持位置 : 単位 mm) を、本体部 31 の上面の中心から外周に向かって変化させたとき、得られるウェーハ面内 (積層半導体ウェーハ面内) の発光波長平均値の狙い波長からのズレを平均波長ズレ (縦軸 : 単位 nm) としてシミュレーションした結果を説明する。

図 9 に示すように、有効半径 50 mm ($= R_0$) の基板 110 を載置する支持部 32 の位置 (支持位置) が、本体部 31 の上面の中心から 35.355 mm ($= R_0 / 2$) の場合、得られるウェーハ面内 (積層半導体ウェーハ面内) の発光波長の平均波長ズレ (縦軸) は、反り (横軸) の増大の影響を受けることなく 0 を維持し、発光波長の狙い波長からのズレを抑制できる。

【 0076 】

10

20

30

40

50

一方、支持部 3 2 の位置（支持位置）が、本体部 3 1 の上面の中心から $3.5 \sim 3.55 \text{ m}$ ($= R_0 / 2$) より外周側の場合、発光波長の平均波長ズレ（縦軸）は、反り（横軸）の増大とともにプラスに大きく増大する。また、 $3.5 \sim 3.55 \text{ mm}$ ($= R_0 / 2$) より内周側の場合、発光波長の平均波長ズレ（縦軸）は、反り（横軸）の増大とともにマイナスに大きく増大する。支持部 3 2 の近傍では、発光波長は狙い波長となっていると考えられるので、平均波長ズレが増大することは発光波長分布が増大することを意味する。即ち、支持部 3 2 の位置が $R_0 / 2$ からずれていた場合、ウェーハの反りの増大とともにウェーハ面内の発光波長分布（標準偏差）は増大する。また、支持部 3 2 の位置の $R_0 / 2$ からのずれが大きくなるほど、ウェーハ面内の発光波長分布（標準偏差）の増大は顕著になる。

10

【符号の説明】

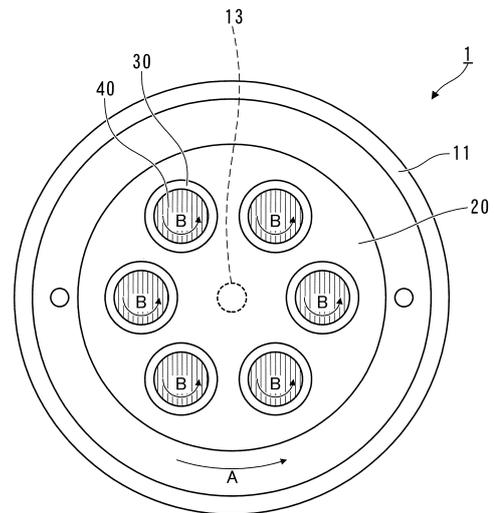
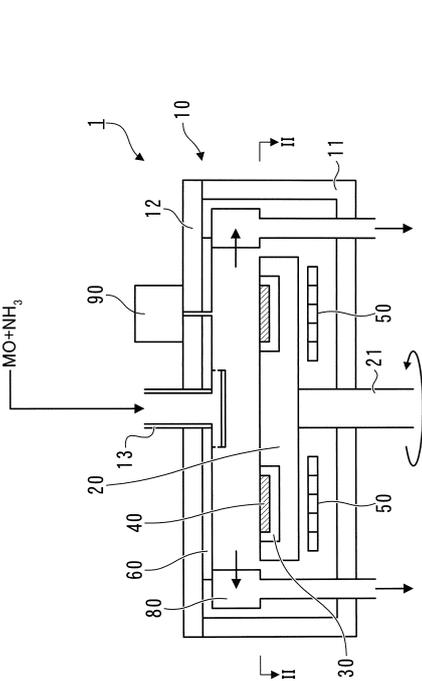
【0077】

1 ... MOCVD装置、10 ... 反応容器、11 ... 収容部、12 ... 蓋部、20 ... 支持体、30 ... 基板保持体、30a ... リング、31 ... 本体部、31a ... 周縁部、31b ... 中央部、31c ... オリフラ対応部、32 ... 支持部、321 ... 突起部、322, 322Lo, 322Li ... 溝部、32L ... リング形状の支持部、40 ... 化合物半導体基板、50 ... 加熱部、60 ... 保護部材、90 ... 監視装置、100 ... 化合物半導体層、110 ... 基板、120 ... 中間層、130 ... 下地層、140 ... n型半導体層、140a ... n型コンタクト層、140b ... n型クラッド層、150 ... 発光層、150a ... 障壁層、150b ... 井戸層、160 ... p型半導体層、160a ... p型クラッド層、160b ... p型コンタクト層、170 ... 透明正極、180 ... 正極ボンディングパッド、190 ... 負極ボンディングパッド、SW ... 積層半導体ウェーハ、LC ... 発光素子チップ

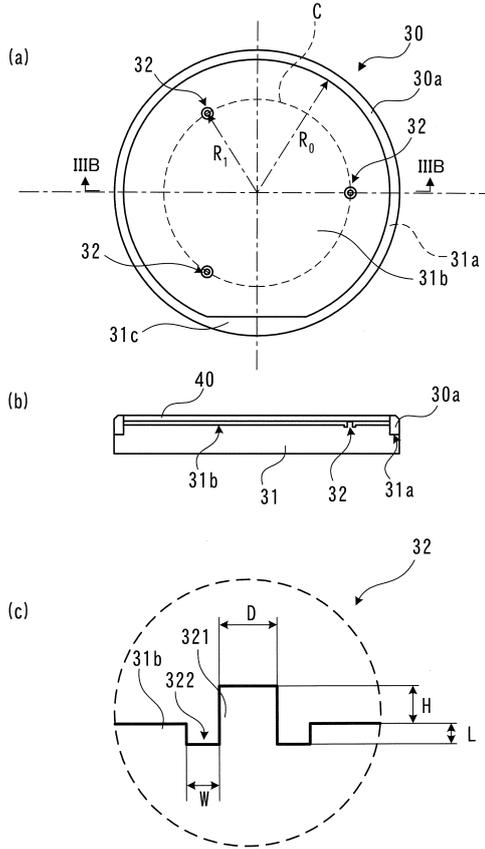
20

【図1】

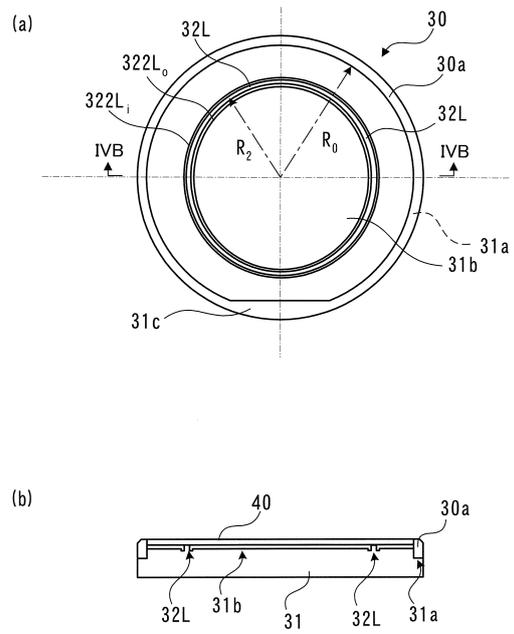
【図2】



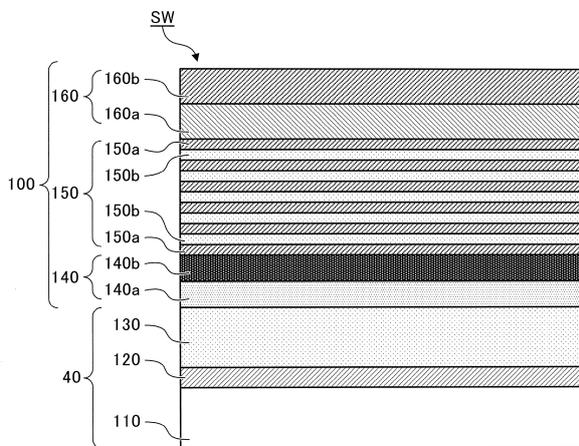
【 図 3 】



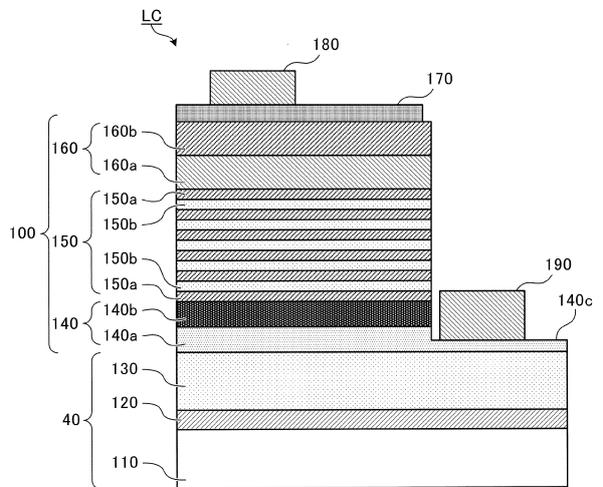
【 図 4 】



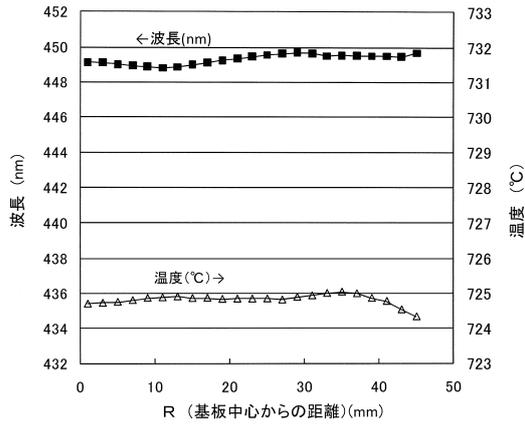
【 図 5 】



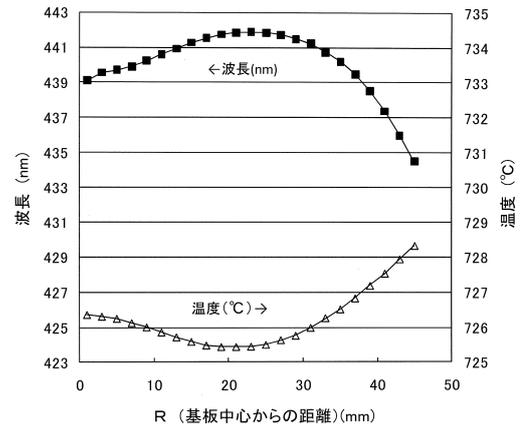
【 図 6 】



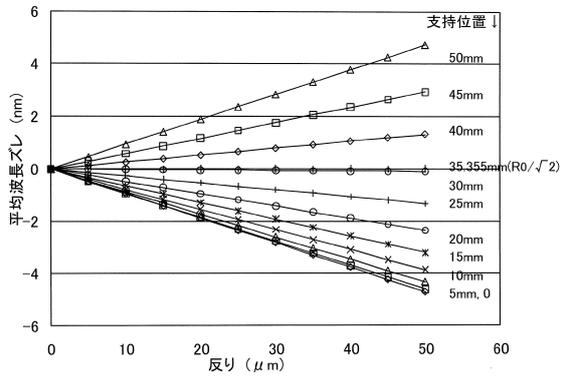
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2009/060912(WO, A1)

特開2010-080614(JP, A)

特開平07-058039(JP, A)

特開2006-156938(JP, A)

特開平07-058041(JP, A)

特表2005-509275(JP, A)

特開2009-071122(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205

H01L 21/31

H01L 21/683

C23C 16/00-16/56