

(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2005-340856  
(P2005-340856A)

(43) 公開日 平成17年12月8日(2005.12.8)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/00	HO 1 L 33/00 C	5 F O 4 1
HO 1 L 21/205	HO 1 L 21/205	5 F O 4 5
HO 1 S 5/323	HO 1 S 5/323 6 1 0	5 F 1 7 3

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2005-226357 (P2005-226357)	(71) 出願人	503359821 独立行政法人理化学研究所 埼玉県和光市広沢2番1号
(22) 出願日	平成17年8月4日(2005.8.4)	(74) 代理人	100087000 弁理士 上島 淳一
(62) 分割の表示	特願2000-45318 (P2000-45318) の分割	(72) 発明者	平山 秀樹 埼玉県和光市下新倉2019-12 ホワイトビル 2-202
原出願日	平成12年2月23日(2000.2.23)	(72) 発明者	青柳 克信 埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所内
		Fターム(参考)	5F041 AA03 CA40 CA46 CA65 5F045 AA04 AB17 AB18 AC08 AC12 AF02 AF05 CA09 DA55 EE17 EK03
		最終頁に続く	

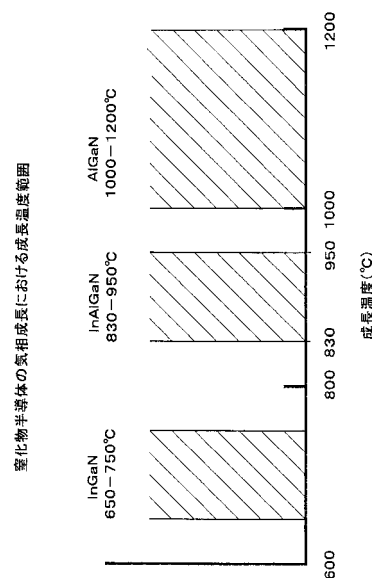
(54) 【発明の名称】 紫外発光素子およびInAlGaInN発光層の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 波長360nm以下の紫外域の短波長域において室温で高効率発光させる。

【解決手段】 830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGaInN発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に導入して、Inの組成比が2%乃至20%であり、かつ、Alの組成比が10%乃至90%であって、InとAlとGaとの組成比の合計が100%となり、波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域において室温で高効率発光するInAlGaInN発光層を用いるようにしたものである。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

830 乃至950 の成長温度で結晶成長された InAlGa<sub>N</sub> 発光層であって、Al の導入により In を誘発的に導入して、In の組成比が 2% 乃至 20% であり、かつ、Al の組成比が 10% 乃至 90% であって、In と Al と Ga との組成比の合計が 100% となり、波長 280 nm 乃至波長 360 nm の深紫外域の短波長域において室温で高効率発光する InAlGa<sub>N</sub> 発光層を用いた

ことを特徴とする紫外発光素子。

**【請求項 2】**

材料ガスを同時供給して 830 乃至950 の成長温度で結晶成長させ、Al の導入により In を誘発的に導入して、In の組成比が 2% 乃至 20% であり、かつ、Al の組成比が 10% 乃至 90% であり、In と Al と Ga との組成比の合計が 100% である、波長 280 nm 乃至波長 360 nm の深紫外域の短波長域において室温で高効率発光する InAlGa<sub>N</sub> 発光層を製造する

ことを特徴とする InAlGa<sub>N</sub> 発光層の製造方法。

**【請求項 3】**

830 乃至950 の成長温度で結晶成長された InAlGa<sub>N</sub> 発光層であって、Al の導入により In を誘発的に導入して、In の組成比が 2% 乃至 20% であり、かつ、Al の組成比が 10% 乃至 90% であって、In と Al と Ga との組成比の合計が 100% となり、波長 280 nm 乃至波長 360 nm の深紫外域の短波長域において室温で高効率発光する第 1 の InAlGa<sub>N</sub> 発光層と、

830 乃至950 の成長温度で結晶成長された InAlGa<sub>N</sub> 発光層であって、Al の導入により In を誘発的に導入して、In の組成比が 2% 乃至 20% であり、かつ、Al の組成比が 10% 乃至 90% であって、In と Al と Ga との組成比の合計が 100% となり、かつ、前記第 1 の InAlGa<sub>N</sub> 発光層とは組成比の異なる、波長 280 nm 乃至波長 360 nm の深紫外域の短波長域において室温で高効率発光する第 2 の InAlGa<sub>N</sub> 発光層と

を有し、

前記第 1 の InAlGa<sub>N</sub> 発光層と前記第 2 の InAlGa<sub>N</sub> 発光層とを交互に複数層積層して量子井戸構造を形成し、

波長 360 nm 以下の紫外域の短波長域において室温で高効率発光する

ことを特徴とする紫外発光素子。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、紫外発光素子および InAlGa<sub>N</sub> (窒化インジウムアルミニウムガリウム) 発光層の製造方法に関し、さらに詳細には、室温において高効率で紫外域の短波長域において発光する紫外発光素子および InAlGa<sub>N</sub> 発光層の製造方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、波長 360 nm 以下の紫外域の短波長域において発光する紫外発光半導体として用いられてきた GaN (窒化ガリウム) や InGa<sub>N</sub> (窒化インジウムガリウム) や AlGa<sub>N</sub> (窒化アルミニウムガリウム) などの窒化物半導体によっては、360 nm 以下の紫外域の短波長域においては室温での高効率発光が得られないため、こうした窒化物半導体を用いて紫外域の短波長域において発光する紫外発光素子を実現することはできないものと認められていた。

**【0003】**

即ち、現在までのところ、窒化物半導体を用いた短波長域の発光素子としては、発光ダイオードに関しては波長 370 nm までしか実現されておらず、レーザーダイオードでは波長 390 nm までしか実現されていなかった。

10

20

30

40

50

## 【0004】

このため、波長360nm以下の紫外域の短波長域において室温で高効率発光するInAlGaNおよびその製造方法ならびに紫外域の短波長域において発光するInAlGaNを用いた紫外発光素子の開発が強く望まれていた。

## 【0005】

なお、本願出願人が特許出願のときに知っている先行技術は、文献公知発明に係る発明ではないため、記載すべき先行技術文献情報はない。

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

10

## 【0006】

本発明は、上記したような従来からの強い要望に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、波長360nm以下の紫外域の短波長域において室温で高効率発光する紫外発光素子およびInAlGaN発光層の製造方法を提供しようとするものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

上記目的を達成するために、本発明のうち請求項1に記載の発明は、830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGaN発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に導入して、Inの組成比が2%乃至20%であり、かつ、Alの組成比が10%乃至90%であって、InとAlとGaとの組成比の合計が100%となり、波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域において室温で高効率発光するInAlGaN発光層を用いたことを特徴とするようにしたものである。

20

## 【0008】

また、本発明のうち請求項2に記載の発明は、材料ガスを同時供給して830乃至950の成長温度で結晶成長させ、Alの導入によりInを誘発的に導入して、Inの組成比が2%乃至20%であり、かつ、Alの組成比が10%乃至90%であり、InとAlとGaとの組成比の合計が100%である、波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域において室温で高効率発光するInAlGaN発光層を製造することを特徴とするようにしたものである。

## 【0009】

30

また、本発明のうち請求項3に記載の発明は、830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGaN発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に導入して、Inの組成比が2%乃至20%であり、かつ、Alの組成比が10%乃至90%であって、InとAlとGaとの組成比の合計が100%となり、波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域において室温で高効率発光する第1のInAlGaN発光層と、830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGaN発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に導入して、Inの組成比が2%乃至20%であり、かつ、Alの組成比が10%乃至90%であって、InとAlとGaとの組成比の合計が100%となり、かつ、上記第1のInAlGaN発光層とは組成比の異なる、波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域において室温で高効率発光する第2のInAlGaN発光層とを有し、上記第1のInAlGaN発光層と上記第2のInAlGaN発光層とを交互に複数層積層して量子井戸構造を形成し、波長360nm以下の紫外域の短波長域において室温で高効率発光することを特徴とするようにしたものである。

40

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明は、以上説明したように構成されているので、波長360nm以下の紫外域の短波長域において室温で高効率発光する紫外発光素子およびInAlGaN発光層の製造方法を提供することができるという優れた効果を奏する。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0011】

50

以下、添付の図面を参照しながら、本発明による紫外発光素子およびInAlGaN発光層の製造方法の実施の形態の一例について詳細に説明するものとする。

【0012】

ここで、本発明による紫外域の短波長域において発光するInAlGaN発光層（以下、「本発明による紫外域の短波長域において発光するInAlGaN発光層」を「紫外発光InAlGaN」と適宜に称する。）は、例えば、有機金属気相成長法を用いて結晶成長装置により半導体ウエハーなどの基板上に結晶薄膜として製造することができるものであり、図1には、こうした結晶成長装置の一例が示されている。

【0013】

即ち、図1は、紫外発光InAlGaNを製造するための結晶成長装置の概念構成説明図であり、この結晶成長装置10は、RF加熱コイル12により周囲を覆われた結晶成長反応炉14内に、表面に紫外発光InAlGaNを成長させる基板としての半導体ウエハー16を上面に配置するとともに当該半導体ウエハー16を加熱するためのサセプター18が配設されている。

10

【0014】

また、RF加熱コイル12にはRF電源20が接続されており、さらに、RF電源20にはマイクロコンピュータにより構成されたRF制御装置22が接続されている。

【0015】

そして、RF制御装置22によって、RF電源20はその出力を制御される。即ち、RF制御装置22によりRF電源20からRF加熱コイル12への給電が制御されるものであり、RF加熱コイル12はRF電源20からの給電に応じてサセプター18を加熱することになる。

20

【0016】

即ち、この結晶成長装置10においては、RF電源20からRF加熱コイル12への給電による渦電流誘起加熱により、サセプター18が加熱されるものである。

【0017】

なお、サセプター18は、例えば、カーボンなどにより形成されているものである。

【0018】

一方、結晶成長反応炉14には、半導体ウエハー16上に形成する紫外発光InAlGaNの材料となる材料ガスやキャリアガスなどの各種のガスを導入するためのガス導入孔14aと、結晶成長反応炉14内に導入された各種のガスを排出するためのガス排出孔14bとが形成されている。

30

【0019】

以上の構成において、サセプター18に配置された半導体ウエハー16上に紫外発光InAlGaNの結晶薄膜を形成するためには、キャリアガスとともに紫外発光InAlGaNの結晶薄膜を形成するために必要な材料となる材料ガスを、ガス導入孔14aから76 Torrに減圧された結晶成長反応炉14内へ供給する。

【0020】

この際に、サセプター18内に埋め込まれた熱電対（図示せず）のモニターに基づいて、RF制御装置22により制御されたRF電源20からの給電に応じてRF加熱コイル12によってサセプター18が加熱されており、加熱されたサセプター18からの熱伝導によって、半導体ウエハー16も結晶成長により紫外発光InAlGaNの結晶薄膜を形成するのに最適な成長温度に加熱されるものである。

40

【0021】

このため、結晶成長反応炉14内に導入された材料ガスは熱により分解、反応して、半導体ウエハー16上に結晶成長により紫外発光InAlGaNの結晶薄膜が形成されることになる。

【0022】

ここで、紫外発光InAlGaNの結晶薄膜を形成するために必要とされる材料ガスは、アンモニア、トリメチルガリウム、トリメチルインジウムアダクトおよびトリメチルア

50

ルミニウムである。また、キャリアガスは、水素および窒素である。

【0023】

なお、これら材料ガスの流量としては、例えば、アンモニアが2 L/minであり、トリメチルガリウムが2 μmol/min乃至5 μmol/minであり、トリメチルインジウムアダクトが5 μmol/min乃至60 μmol/minであり、トリメチルアルミニウムが0.5 μmol/min乃至10 μmol/minである。

【0024】

また、キャリアガスの流量としては、水素が100 cc/minであり、窒素が2 L/minである。

【0025】

そして、紫外発光InAlGa<sub>N</sub>の結晶成長の成長温度は830乃至950であるので、半導体ウエハー16は830乃至950の温度に設定されるように加熱されるものである。

【0026】

また、紫外発光InAlGa<sub>N</sub>の結晶薄膜の成長速度は、120 nm/hourに設定されている。

【0027】

なお、図2には、成長温度とガスフローとの関連図が示されており、図2に示すようなタイミングならびに成長温度で材料ガスが結晶成長反応炉14内に供給されるものである。

【0028】

ところで、図3に示すようにInGa<sub>N</sub>の結晶成長の成長温度は650乃至750であり、また、図2ならびに図3に示すようにAlGa<sub>N</sub>の結晶成長の成長温度は1000乃至1200であって、InGa<sub>N</sub>とAlGa<sub>N</sub>とは結晶成長の成長温度が大きく異なっているため、これまでInAlGa<sub>N</sub>の高品質結晶の作成は不可能であると見なされていた。

【0029】

しかしながら、本発明者による実験によれば、図2ならびに図3に示すように、InGa<sub>N</sub>の結晶成長の成長温度とAlGa<sub>N</sub>の結晶成長の成長温度との間の温度である830乃至950において、InAlGa<sub>N</sub>の高品質な結晶成長が行われ、紫外発光InAlGa<sub>N</sub>を得ることができるものであった。

【0030】

そして、こうして得られた紫外発光InAlGa<sub>N</sub>の組成比は、Inが2%乃至20%であり、Alが10%乃至90%である(なお、InとAlとGaとの組成比の合計が100%となる。)。なお、Inの組成比は、6%以上であることが好ましい。

【0031】

ここで、上記した紫外発光InAlGa<sub>N</sub>の気相成長においては、図4乃至図6を参照しながら後述するように、Alの導入により、Inの結晶への含有率が誘発的に増加されるものである。

【0032】

そして、AlGa<sub>N</sub>への数%のInの導入により、紫外発光強度が著しく増強されることになった。

【0033】

即ち、紫外発光InAlGa<sub>N</sub>は、波長280 nm乃至波長360 nmの深紫外域の短波長域において室温で高効率発光が可能であり、この紫外発光InAlGa<sub>N</sub>を用いることにより、波長280 nm乃至波長360 nmの波長域において発光する紫外発光素子を作成することができるようになる。

【0034】

次に、材料ガスの流量についてアンモニアを2 L/minとし、トリメチルガリウムを3 μmol/minとし、トリメチルインジウムアダクトを60 μmol/minとし、

10

20

30

40

50

トリメチルアルミニウムを  $0.5 \mu\text{mol}/\text{min}$  とするとともに、キャリアガスの流量について水素を  $100 \text{cc}/\text{min}$  とし、窒素を  $2 \text{L}/\text{min}$  とした場合において、成長温度  $830$ 、成長速度  $120 \text{nm}/\text{hour}$  で得られた紫外発光  $\text{InAlGaN}$  についての室温での実験結果を、図4乃至図6を参照しながら説明する。

【0035】

図4には、 $\text{InGaN}$  に  $\text{Al}$  を導入した効果について示されている。この図4に示されているように、 $\text{InGaN}$  への  $\text{Al}$  の導入により、 $\text{In}$  が誘発的に結晶に導入されることになる。そして、 $\text{InGaN}$  の組成比において、 $\text{In}$  が  $6\%$  であり、 $\text{Al}$  が  $16\%$  のときに、最も発光強度が大きくなるものである。

【0036】

また、図5には、 $\text{AlGaN}$  に  $\text{In}$  を導入した効果について示されている。この図5に示されているように、 $\text{AlGaN}$  への  $\text{In}$  の導入割合大きくするにつれて、発光強度が著しく増大してするものである。

【0037】

さらに、図6には、図7に示すように  $\text{SiC}$  上に  $\text{AlGaN}$  のバッファ層を介して組成比の異なる  $\text{InAlGaN}$  層を積層して量子井戸構造を形成し、この量子井戸構造に波長  $257 \text{nm}$  のレーザー光を照射した際の紫外発光の結果が示されている。

【0038】

このように、 $\text{InAlGaN}$  は量子井戸構造で紫外発光するものであるので、組成比の異なる  $\text{InAlGaN}$  層を積層して形成した量子井戸構造を備えた発光ダイオードやレーザーダイオードなどの紫外発光素子を構成することができることになる。

【0039】

具体的に、図7に示すように  $\text{SiC}$  上に  $\text{AlGaN}$  のバッファ層を介して形成する  $\text{InAlGaN}$  層を  $p$  型や  $n$  型にドーピングして積層することにより量子井戸構造を形成し、この量子井戸構造に電極を配設すればよい。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】図1は、本発明による紫外域の短波長域において発光する  $\text{InAlGaN}$  発光層を有機金属気相成長法を用いて半導体ウエハーなどの基板上に結晶薄膜として製造する結晶成長装置の概念構成説明図である。

【図2】図2は、成長温度とガスフロートの関連図である。

【図3】図3は、窒化物半導体の気相成長に於ける成長温度範囲を示す説明図である。

【図4】図4は、 $\text{InGaN}$  に  $\text{Al}$  を導入した効果を示すグラフである。

【図5】図5は、 $\text{AlGaN}$  に  $\text{In}$  を導入した効果を示すグラフである。

【図6】図6は、 $\text{InAlGaN}$  の量子井戸からの紫外発光を示すグラフである。

【図7】図7は、 $\text{SiC}$  上に  $\text{AlGaN}$  のバッファ層を介して  $\text{InAlGaN}$  を積層して形成した量子井戸構造を示す概念構成説明図である。

【符号の説明】

【0041】

10	結晶成長装置
12	RF加熱コイル
14	結晶成長反応炉
14a	ガス導入孔
14b	ガス排出孔
16	半導体ウエハー
18	サセプター
20	RF電源
22	RF制御装置

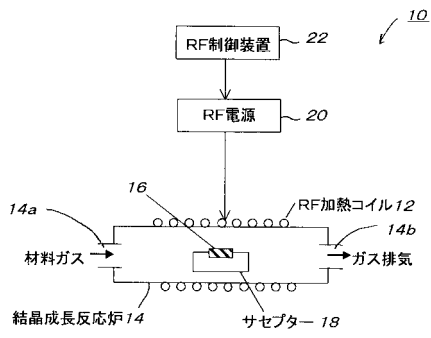
10

20

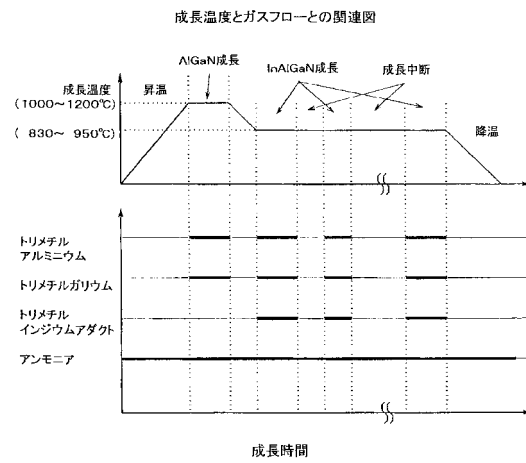
30

40

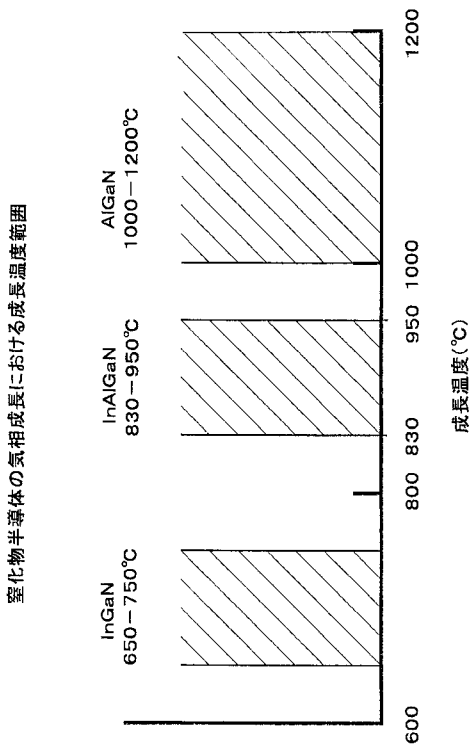
【 図 1 】



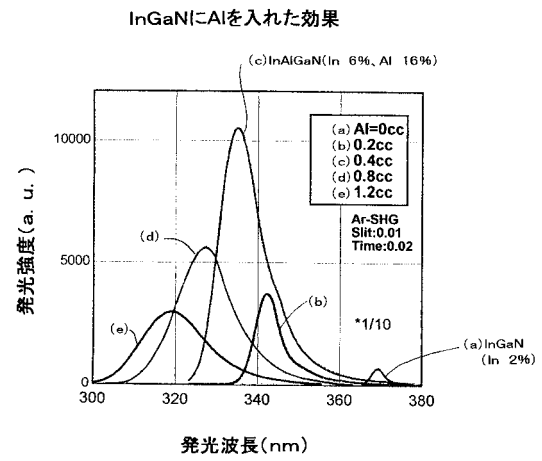
【 図 2 】



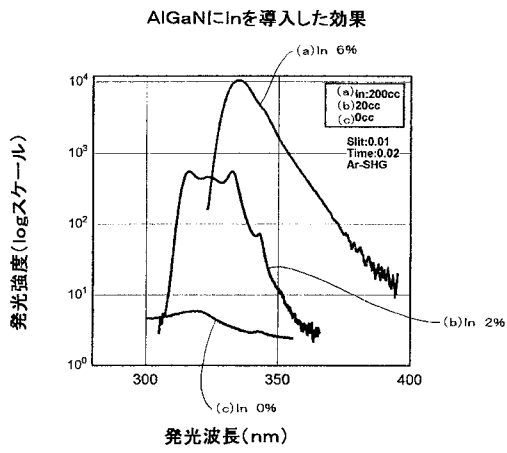
【 図 3 】



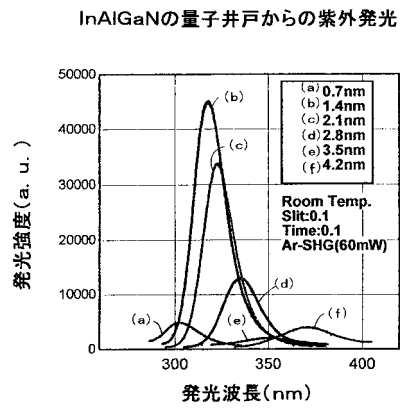
【 図 4 】



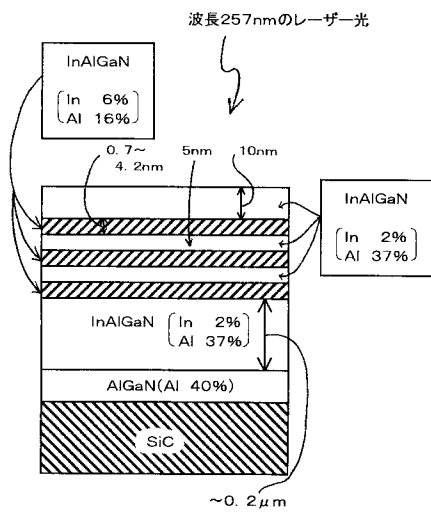
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】





フロントページの続き

Fターム(参考) 5F173 AH22 AP06 AQ12 AQ16 AR23 AR92