

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3858042号  
(P3858042)

(45) 発行日 平成18年12月13日(2006.12.13)

(24) 登録日 平成18年9月22日(2006.9.22)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 33/00 (2006.01) HO 1 L 33/00 C  
 HO 1 S 5/323 (2006.01) HO 1 S 5/323 6 I O

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2005-226357 (P2005-226357)	(73) 特許権者	503359821
(22) 出願日	平成17年8月4日(2005.8.4)		独立行政法人理化学研究所
(62) 分割の表示	特願2000-45318 (P2000-45318) の分割	(74) 代理人	100087000 弁理士 上島 淳一
原出願日	平成12年2月23日(2000.2.23)	(72) 発明者	平山 秀樹
(65) 公開番号	特開2005-340856 (P2005-340856A)		埼玉県和光市下新倉2019-12 ホワ イトビル 2-202
(43) 公開日	平成17年12月8日(2005.12.8)	(72) 発明者	青柳 克信
審査請求日	平成17年8月12日(2005.8.12)		埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所 内
		審査官	居島 一仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 紫外発光素子およびInAlGa<sub>n</sub>N発光層の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

結晶成長において830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGa<sub>n</sub>N発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に結晶に導入してInの結晶への含有率を誘発的に増加させ、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、発光強度のピークが波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域においてシングルピークをもって室温で高効率発光するInAlGa<sub>n</sub>N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】

結晶成長において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を誘発的に結晶に導入してInの結晶への含有率を誘発的に増加させ、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、発光強度のピークが波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域においてシングルピークをもって室温で高効率発光するInAlGa<sub>n</sub>N発光層を製造することを特徴とするInAlGa<sub>n</sub>N発光層の製造方法。

【請求項3】

結晶成長において830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGa<sub>n</sub>N発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に結晶に導入してInの結晶への含有率を

誘発的に増加させ、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、発光強度のピークが波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域においてシングルピークをもって室温で高効率発光する第1のInAlGaN発光層と、

結晶成長において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を誘発的に結晶に導入してInの結晶への含有率を誘発的に増加させ、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InAlGaN発光層とは組成比の異なる、発光強度のピークが波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域においてシングルピークをもって室温で高効率発光する第2のInAlGaN発光層と

10

を有し、

前記第1のInAlGaN発光層と前記第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InAlGaN（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InAlGaN発光層の製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、波長360nm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InGaN（窒化インジウムガリウム）やAlGaIn（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、360nm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。

30

【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370nm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390nmまでしか実現されていなかった。

【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InAlGaIn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InAlGaInを用いた紫外発光素子の開発が強く望まれていた。

【0005】

40

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】

【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InAlGaIn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】

50

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、結晶成長において830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGa<sub>n</sub>N発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に結晶に導入してInの結晶への含有率を誘発的に増加させ、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、発光強度のピークが波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域においてシングルピークをもって室温で高効率発光するInAlGa<sub>n</sub>N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。

【0008】

また、本発明のうち請求項2に記載の発明は、結晶成長において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を誘発的に結晶に導入してInの結晶への含有率を誘発的に増加させ、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、発光強度のピークが波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域においてシングルピークをもって室温で高効率発光するInAlGa<sub>n</sub>N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】

また、本発明のうち請求項3に記載の発明は、結晶成長において830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGa<sub>n</sub>N発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に結晶に導入してInの結晶への含有率を誘発的に増加させ、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、発光強度のピークが波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域においてシングルピークをもって室温で高効率発光する第1のInAlGa<sub>n</sub>N発光層と、結晶成長において830乃至950の成長温度で結晶成長されたInAlGa<sub>n</sub>N発光層であって、Alの導入によりInを誘発的に結晶に導入してInの結晶への含有率を誘発的に増加させ、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InAlGa<sub>n</sub>N発光層とは組成比の異なる、発光強度のピークが波長280nm乃至波長360nmの深紫外域の短波長域においてシングルピークをもって室温で高効率発光する第2のInAlGa<sub>n</sub>N発光層とを有し、上記第1のInAlGa<sub>n</sub>N発光層と上記第2のInAlGa<sub>n</sub>N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。

【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InAlGa<sub>n</sub>N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】

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InAlGa<sub>n</sub>N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InAlGa<sub>n</sub>N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InAlGa<sub>n</sub>N発光層」を「紫外発光InAlGa<sub>n</sub>N」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InAlGa<sub>n</sub>N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

10

20

30

40

50

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。

【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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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  $\mu\text{mol}/\text{min}$  乃至 5  $\mu\text{mol}/\text{min}$  であり、トリメチルインジウムアダクトが 5  $\mu\text{mol}/\text{min}$  乃至 60  $\mu\text{mol}/\text{min}$  であり、トリメチルアルミニウムが 0.5  $\mu\text{mol}/\text{min}$  乃至 10  $\mu\text{mol}/\text{min}$  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 InAlGaN の結晶成長の成長温度は 830 乃至 950 である

50

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 InAlGaN 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 InGaN 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 AlGaN の結晶成長の成長温度は 1000 乃至 1200 であって、InGaN と AlGaN 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 InAlGaN の高品質結晶の作成は不可能であると見なされていた。

10

【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、InGaN の結晶成長の成長温度と AlGaN 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、InAlGaN の高品質な結晶成長が行われ、紫外発光 InAlGaN を得ることができるものであった。

20

【0030】

そして、こうして得られた紫外発光 InAlGaN 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 InAlGaN 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、AlGaN 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。

30

【0033】

即ち、紫外発光 InAlGaN 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 InAlGaN 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  $\mu$ mol/min とし、トリメチルインジウムアダクトを 60  $\mu$ mol/min とし、トリメチルアルミニウムを 0.5  $\mu$ mol/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 cc/min とし、窒素を 2 L/min とした場合において、成長温度 830、成長速度 120 nm/hour で得られた紫外発光 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。

40

【0035】

図 4 には、InGaN に 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、InGaN への Al の導入により、In が誘発的に結晶に導入されることになる。そして、InGaN の組成比において、In が 6% であり、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、AlGaN に In を導入した効果について示されている。この図 5 に

50

示されているように、AlGaNへの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SiC上にAlGaNのバッファ層を介して組成比の異なる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257nm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、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。

10

【0039】

具体的に、図7に示すようにSiC上にAlGaNのバッファ層を介して形成する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の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。

20

【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、InGaNにAlを導入した効果を示すグラフである。

【図5】図5は、AlGaNにInを導入した効果を示すグラフである。

【図6】図6は、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、SiC上にAlGaNのバッファ層を介して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。

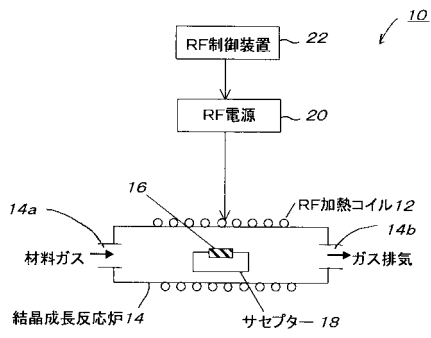
【符号の説明】

【0041】

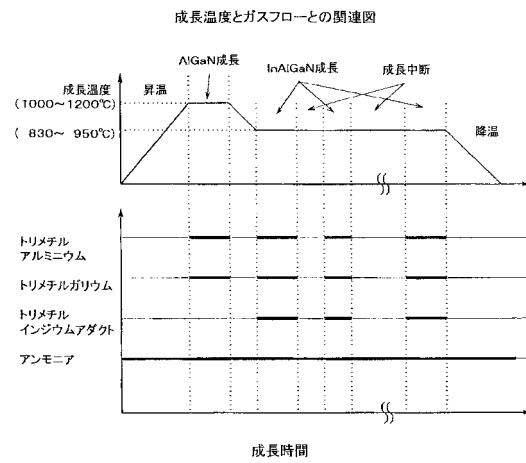
10	結晶成長装置
12	RF加熱コイル
14	結晶成長反応炉
14a	ガス導入孔
14b	ガス排出孔
16	半導体ウエハー
18	サセプター
20	RF電源
22	RF制御装置

30

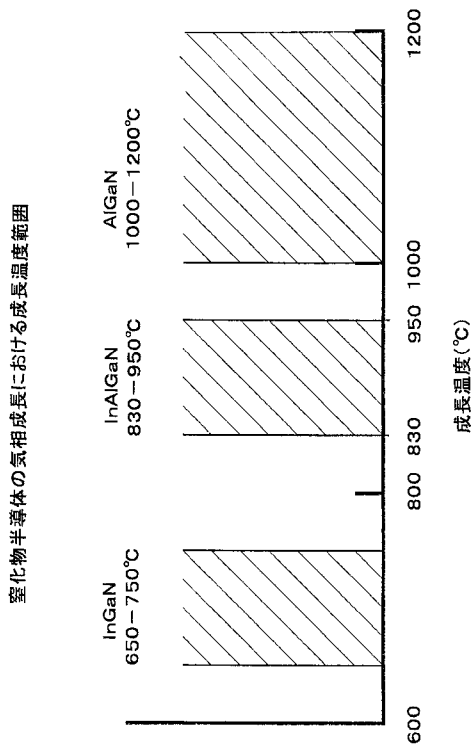
【 図 1 】



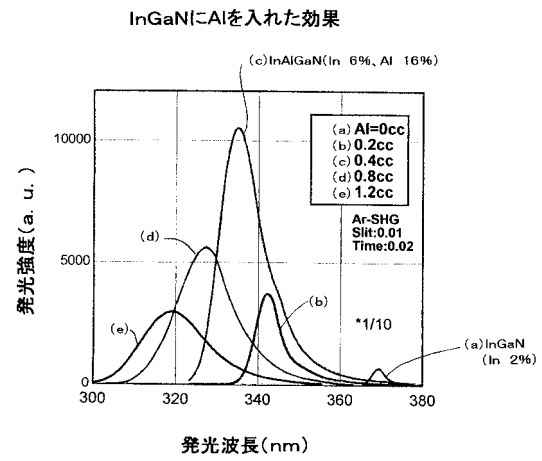
【 図 2 】



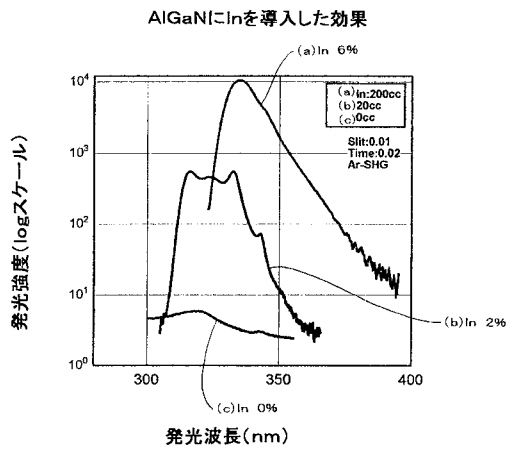
【 図 3 】



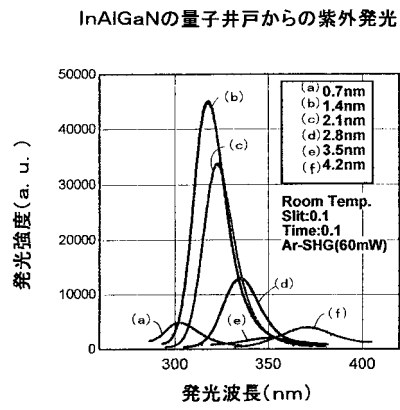
【 図 4 】



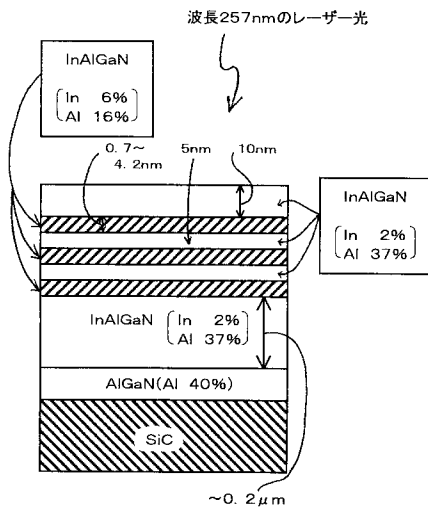
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】





フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-164055(JP,A)  
特開平09-153645(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L33/00  
H01S5/00-5/50