

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4320396号
(P4320396)

(45) 発行日 平成21年8月26日(2009.8.26)

(24) 登録日 平成21年6月12日(2009.6.12)

(51) Int.Cl.		F I	
H O 1 L 33/00	(2006.01)	H O 1 L 33/00	C
C 2 3 C 16/18	(2006.01)	C 2 3 C 16/18	
C 3 O B 29/38	(2006.01)	C 3 O B 29/38	D
H O 1 L 21/205	(2006.01)	H O 1 L 21/205	
H O 1 S 5/323	(2006.01)	H O 1 S 5/323	G I O

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-219871 (P2002-219871)	(73) 特許権者	504237050
(22) 出願日	平成14年7月29日(2002.7.29)		独立行政法人国立高等専門学校機構
(65) 公開番号	特開2004-63762 (P2004-63762A)		東京都八王子市東浅川町701番2
(43) 公開日	平成16年2月26日(2004.2.26)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成17年7月28日(2005.7.28)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコン基板上に結晶性の優れた窒化物半導体層を形成する方法および窒化物半導体発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

それぞれシリコンとバッファ層上に形成しようとする III 族窒化物半導体との中間の格子定数を有する II - III - V 族化合物半導体、I - III - V 族化合物半導体および II - IV - V 族化合物半導体、並びに窒化ガリウム系窒化物半導体の4種の化合物半導体のうちの少なくとも2種の化合物半導体を超格子構造を構成するように積層してバッファ層を形成する工程であって、シリコン基板上に最も近い化合物半導体層は、シリコンに最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成し、バッファ層の内最上層の化合物半導体層は、前記 III 族窒化物半導体に最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成するところの工程、および前記バッファ層上に前記 III 族窒化物半導体層を形成する工程を包含し、前記 II - III - V 族化合物半導体は、 $ZnIn_2S_4$ 、 $CdIn_2S_2Se_2$ 、 $ZnIn_2Se_4$ および $CdInGaS_4$ からなる群の中から選ばれ、前記 I - III - V 族化合物半導体は、 $CuGaS_2$ 、 $CuAlS_2$ および $CuGaAlS_2$ からなる群の中から選ばれ、前記 II - IV - V 族化合物半導体は、 $ZnSiP_2$ および $ZnGeP_2$ からなる群の中から選ばれる、III 族窒化物半導体の形成方法。

【請求項2】

シリコン基板と、該シリコン基板上に設けられたバッファ層と、該バッファ層上に形成された III 族窒化物半導体層と、該 III 族窒化物半導体層上に設けられた窒化物半導体発光構造を備え、該バッファ層は、それぞれシリコンと該 III 族窒化物半導体との中間の格子定数を有する II - III - V 族化合物半導体、I - III - V 族化合物半

導体およびⅡⅡ-ⅣⅤ族化合物半導体、並びに窒化ガリウム系窒化物半導体の4種の化合物半導体のうちの少なくとも2種の化合物半導体が超格子構造を構成するように積層されてなり、該バッファ層のうち、該シリコン基板に最も近い化合物半導体層は、シリコンに最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成され、該バッファ層の内最上層の化合物半導体層は、該ⅡⅡ族窒化物半導体に最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成され、前記ⅡⅡ-ⅡⅡⅡ-ⅤⅠ族化合物半導体は、 $ZnIn_2S_4$ 、 $CdIn_2S_2Se_2$ 、 $ZnIn_2Se_4$ および $CdInGaS_4$ からなる群の中から選ばれ、前記Ⅱ-ⅡⅡⅡ-ⅤⅠ族化合物半導体は、 $CuGaS_2$ 、 $CuAlS_2$ および $CuGaAlS_2$ からなる群の中から選ばれ、前記ⅡⅡ-ⅣⅤ族化合物半導体は、 $ZnSiP_2$ および $ZnGeP_2$ からなる群の中から選ばれることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、シリコン基板上に結晶性の優れた窒化物半導体層を形成する方法および窒化物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

窒化物半導体は、特に青色発光素子（発光ダイオードやレーザダイオード）の材料として近時多くの注目を集めている。かかる窒化物半導体発光素子は、適当な基板上に窒化物半導体からなる発光素子構造を成長させて製造されている。

20

【0003】

窒化物半導体は、これと格子整合し、しかも結晶性に優れた窒化物半導体を成長させるための基板となる材料がほとんどなく、現状では、主にサファイアを基板として用い、その上に窒化物半導体素子構造を成長させている。

【0004】

しかしながら、サファイアは高価であり、シリコンのように安価な材料を基板として用いて結晶性の優れた半導体窒化物が得られれば、その上に、結晶欠陥の少ない窒化物半導体発光構造をさらに成長させることができるので、得られる窒化物半導体発光素子の性能が一層向上することが期待される。

【0005】

ところで、シリコンの格子定数は、 5.43 であり、窒化物半導体、例えば $InGaN$ の格子定数は 3.3 であり、両者の格子定数は大きく異なるため、シリコン基板上に結晶性の優れた窒化物半導体を直接成長させることは困難である。

30

【0006】

そこで、従来、シリコン基板上にバッファ層を形成してから、その上に所望の窒化物半導体を成長させることが行われている。例えば、特開平9-134878号公報には、シリコン基板上に、まず Ga 薄膜を形成し、この Ga 薄膜上に直接または窒化層を介して GaN 等の窒化ガリウム系化合物半導体を成長させる方法が開示されている。また、特開平11-145514号公報には、シリコン基板等の上にインジウムを含む窒化ガリウム系半導体からなるバッファ層を形成した後、窒化ガリウム系半導体層を成長させる方法が開示されている。さらに、特開2000-298169号公報には、シリコン基板上に $AlGaN$ からなるバッファ層を形成した後、 $AlGaN$ と $InGaN$ との交互積層構造の多層膜反射層を設ける方法が開示されている。

40

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のバッファ層は、その上に結晶性の優れた窒化物半導体を形成するためにはなお満足できるものではなかった。

【0008】

従って、本発明の目的は、シリコン基板上に結晶性に優れた窒化物半導体を形成する新規な方法を提供することにある。また、本発明の他の目的は、そのように形成された窒化物

50

半導体上に窒化物半導体発光構造を有する窒化物半導体発光素子を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記目的を達成すべく、シリコン基板上に形成するバッファ層について鋭意研究した。その結果、II-III-V族化合物半導体、I-III-V族化合物半導体およびII-IV-V族化合物半導体には、格子定数がシリコンとIII族窒化物半導体との中間の格子定数を有するものがあるが、かかる化合物半導体をシリコン基板上に直接十分な厚さで良好な結晶性をもって成長させることが極めて困難であることがわかった。本発明者らはかかる化合物半導体のバッファ層としての適用性についてさらに検討した結果、これらII-III-V族化合物半導体、I-III-V族化合物半導体およびII-IV-V族化合物半導体並びに窒化ガリウム系半導体の4種の化合物半導体のうちの少なくとも2種の化合物半導体を超格子構造として積層することにより上記困難性を解消し得ることを見いだした。本発明は、かかる知見に基づく。

10

【0010】

すなわち、本発明によれば、それぞれシリコンとバッファ層上に形成しようとするIII族窒化物半導体との中間の格子定数を有するII-III-V族化合物半導体、I-III-V族化合物半導体およびII-IV-V族化合物半導体、並びに窒化ガリウム系窒化物半導体の4種の化合物半導体のうちの少なくとも2種の化合物半導体を超格子構造を構成するように積層してバッファ層を形成する工程であって、シリコン基板に最も近い化合物半導体層は、シリコンに最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成し、バッファ層の内最上層の化合物半導体層は、前記III族窒化物半導体に最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成するところの工程、および前記バッファ層上に前記III族窒化物半導体層を形成する工程を包含し、前記II-III-V族化合物半導体は、 $ZnIn_2S_4$ 、 $CdIn_2S_2Se_2$ 、 $ZnIn_2Se_4$ および $CdInGaS_4$ からなる群の中から選ばれ、前記I-III-V族化合物半導体は、 $CuGaS_2$ 、 $CuAlS_2$ および $CuGaAlS_2$ からなる群の中から選ばれ、前記II-IV-V族化合物半導体は、 $ZnSiP_2$ および $ZnGeP_2$ からなる群の中から選ばれる、III族窒化物半導体の形成方法を提供する。

20

【0011】

本発明において、バッファ層がGaN系窒化物半導体の層を含まない場合には、異なる格子定数を有する少なくとも2種の化合物半導体を交互に積層することによりバッファ層を形成することができる。また、バッファ層がGaN系窒化物半導体の層とそれ以外の化合物半導体層をそれぞれ複数層含む場合には、シリコン基板に最も近い層を構成する化合物半導体からなる層の厚さを最上部に向かって減少させ、GaN系窒化物半導体からなる層の厚さをバッファ層の最上部に向かって増加させることによってバッファ層を形成することが好ましい。

30

【0012】

また、本発明によれば、このように形成されたIII族窒化物半導体層上に窒化物半導体発光構造を有する窒化物半導体発光素子が提供される。すなわち、本発明によれば、シリコン基板と、該シリコン基板上に設けられたバッファ層と、該バッファ層上に形成されたIII族窒化物半導体層と、該III族窒化物半導体層上に設けられた窒化物半導体発光構造を備え、該バッファ層は、それぞれシリコンと該III族窒化物半導体との中間の格子定数を有するII-III-V族化合物半導体、I-III-V族化合物半導体およびII-IV-V族化合物半導体、並びに窒化ガリウム系窒化物半導体の4種の化合物半導体のうちの少なくとも2種の化合物半導体が超格子構造を構成するように積層されてなり、該バッファ層のうち、該シリコン基板に最も近い化合物半導体層は、シリコンに最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成され、該バッファ層の内最上層の化合物半導体層は、該III族窒化物半導体に最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成され、前記II-III-V族化合物半導体は、 $ZnIn_2S_4$ 、 $CdIn_2S_2Se_2$ 、 $ZnIn_2Se_4$ および $CdInGaS_4$ からなる群の中から選ばれ、前記I-III-V族

40

50

化合物半導体は、 $CuGaS_2$ 、 $CuAlS_2$ および $CuGaAlS_2$ からなる群の中から選ばれ、前記Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体は、 $ZnSiP_2$ および $ZnGeP_2$ からなる群の中から選ばれることを特徴とする窒化物半導体発光素子が提供される。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明をより詳しく説明する。

【0014】

本発明において、シリコン基板上にⅢ族窒化物半導体を形成するに当り、まず、Ⅲ-Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体、Ⅲ-Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体、Ⅲ-Ⅴ-Ⅴ族化合物半導体、および窒化ガリウム(GaN)系窒化物半導体から選ばれる少なくとも2種の化合物半導体を超格子構造を提供するように積層してバッファ層を形成する。

10

【0015】

本発明で使用するⅢ-Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体、Ⅲ-Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体、Ⅲ-Ⅴ-Ⅴ族化合物半導体は、シリコンとバッファ層上に形成しようとするⅢ族窒化物半導体との中間の格子定数を有するものであり、通常、窒素を含有しないものである。そのような化合物半導体には、Ⅲ-Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体として、 $ZnIn_2S_4$ 、 $CdIn_2S_2Se_2$ 、 $ZnIn_2Se_4$ 、 $CdInGaS_4$ が含まれ、Ⅲ-Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体として、 $CuGaS_2$ 、 $CuAlS_2$ 、 $CuGaAlS_2$ が含まれ、Ⅲ-Ⅴ-Ⅴ族化合物半導体として、 $ZnSiP_2$ 、 $ZnGeP_2$ が含まれる。以下、これらを総称して、非窒化物化合物半導体ということがある。

20

【0016】

また、本発明において、 GaN 系窒化物半導体とは、ガリウムと窒素を含有する窒化物半導体を意味し、 GaN 、 $InGaAlN$ 、 $InGaN$ が含まれる。

【0017】

これら化合物半導体の薄層は、各化合物半導体を構成する元素を用いた分子線エピタキシャル(MBE)成長法、または各化合物半導体を構成する元素の有機金属化合物を材料として用いる有機金属気相成長(MOCVD)法により形成することができる。これらの成長方法は、それ自体周知の方法であり、MBE法による場合には、約500の成長温度で、MOCVD法による場合には、約750の成長温度で、各化合物半導体層を形成することが好ましい。各化合物半導体層は、超格子構造を構成するために、それぞれ、20nm以下の厚さに形成することが好ましい。

30

【0018】

バッファ層を形成する際に、シリコン基板に最も近い化合物半導体層は、シリコンに最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成し、バッファ層のうち最上層の化合物半導体層は、バッファ層上に形成しようとするⅢ族窒化物半導体に最も近い格子定数を有する化合物半導体で形成する。

【0019】

本発明において、バッファ層は、異なる格子定数を有する少なくとも2種の非窒化物化合物半導体を交互に積層することにより形成することができる。その場合、各非窒化物化合物半導体層の厚さは、実質的に等しいものとすることができる。

40

【0020】

また、本発明において、バッファ層が GaN 系窒化物半導体の層とそれ以外の化合物半導体層をそれぞれ複数層含む場合には、シリコン基板に最も近い層を構成する化合物半導体からなる層の厚さを最上部に向かって漸減させ、 GaN 系窒化物半導体からなる層の厚さをバッファ層の最上部に向かって漸増させることによってバッファ層を形成することが好ましい。例えば、バッファ層を非窒化物化合物半導体と GaN 系窒化物半導体の2種類で形成する場合、両半導体を交互に積層し、その際シリコン基板に最も近い層を非窒化物化合物半導体で形成し、バッファ層の最上層を GaN 系窒化物半導体で形成するのであるが、非窒化物半導体で構成される半導体層をシリコン基板から最上層に向かって厚さを漸減させ、反対に、 GaN 系窒化物半導体で形成される半導体層をシリコン基板から最上層に向つて

50

厚さを漸増させるように形成することが好ましい。

【0021】

また、バッファ層をそれぞれ格子定数の異なる第1～第3の窒化物化合物半導体とGaN系窒化物半導体の4種類で形成する場合、格子定数の大きさを $S_i >$ 第1の窒化物化合物半導体(Aとする) $>$ 第2の窒化物化合物半導体(Bとする) $>$ 第3の窒化物化合物半導体(Cとする) $>$ III族窒化物半導体(D)とすると、例えば、シリコン基板の上にA B C Dの順に積層し、その積層構造を順次A B C D、A B C D... A B C Dのように形成するのであるが、Aで構成される半導体層をシリコン基板から最上層に向かって厚さを漸減させ、反対に、Dで構成される半導体層をシリコン基板から最上層に向かって厚さを漸増させるように形成することが好ましい。その場合、Bで構成される半導体層はシリコン基板から最上層に向かって厚さを漸減させるように形成することができ、Cで構成される半導体層はシリコン基板から最上層に向かって厚さを漸増させるように形成することができる。

10

【0022】

本発明により形成されるバッファ層は、1～3 μ mの厚さを有することができる。

【0023】

このようにして、超格子構造のバッファ層を形成した後、InGaNやInGaAlNのようなIII族窒化物半導体層を形成する。III族窒化物半導体は、それ自体周知のMOCVD法により、例えば50～100 μ mの厚さに成長させることができる。本発明によりシリコン基板上に形成されたバッファ層上には、結晶性の優れたIII族窒化物半導体、より具体的には転位密度が $10^5/cm^2$ 以下であるという結晶性の優れたIII族窒化物半導体を成長させることができる。

20

【0024】

このように本発明により形成されたIII族窒化物半導体層は、結晶性に優れているので、その上に結晶欠陥の少ない窒化物半導体発光構造を形成させることができる。すなわち、このIII族窒化物半導体層は、窒化物半導体発光構造を成長させるためのいわば基板として作用し得る。このIII族窒化物半導体はn型とすることが好ましい。このIII族窒化物半導体層上に形成する窒化物半導体発光素子構造は、それ自体周知のInGaNを発光層(活性層)とするダブルヘテロ構造の発光素子(発光ダイオード、レーザダイオード)構造を含む。

30

【0025】

次に、図面を参照して本発明をさらに説明する。全図にわたり、同様の要素には同様の符号が付されている。

【0026】

図1は、本発明の一態様に従ってシリコン基板上に形成されたバッファ層とIII族窒化物半導体層を示す概略断面図である。

【0027】

図1に示すように、シリコン基板11上に本発明によるバッファ層12が形成され、バッファ層12上にIII族窒化物半導体層13が形成される。バッファ層12は、I-III-V族窒化物化合物半導体例えばCuGaS₂とGaN系窒化物半導体例えばInGaAlNとの2種の化合物半導体の交互積層構造を含む。図1において、CuGaS₂からなる半導体層を12A_n(nは、シリコン基板11に近いものから数えてn番目の層を示す)で表し、InGaAlNからなる半導体層を12B_n(nは、シリコン基板11に近いものから数えてn番目の層を示す)で表すと、シリコン基板11上に直接形成される半導体層は、層12A₁により構成され、バッファ層12の最上層を構成する半導体層は、層12B_nにより構成される。そして、層12A₁～12A_nは、シリコン基板11に最も近い層12A₁から最上層に向かって厚さが単純に減少している。すなわち、層12A₁が最も厚く、層12A_nが最も薄く形成されている。これとは逆に、層12B₁～12B_nは、シリコン基板11に最も近い層12B₁から最上層に向かって厚さが単純に増加している。すなわち、層12B₁が最も薄く、層12B_nが最も厚く形成されている。こ

40

50

のバッファ層 12 は、約 1 μm の厚さを有し得る。

【0028】

バッファ層 12 の上に、所望の III 族窒化物半導体例えば InGaAlN 層 13 が形成される。

【0029】

図 1 の構造において、I - III - V 族非窒化物化合物半導体の代わりに、II - III - V 族非窒化物化合物半導体または II - IV - V 族非窒化物化合物半導体を用いることができる。

【0030】

図 2 は、本発明の他の態様に従ってシリコン基板上に形成されたバッファ層と III 族窒化物半導体層を示す概略断面図である。

10

【0031】

図 2 に示すように、シリコン基板 11 上に本発明によるバッファ層 22 が形成され、バッファ層 22 上に III 族窒化物半導体層 13 が形成される。バッファ層 22 は、I - III - V 族非窒化物化合物半導体例えば CuGaS_2 (格子定数: 5.4) と II - III - V 族非窒化物化合物半導体例えば ZnIn_2S_4 (格子定数: 3.85) との 2 種の化合物半導体の交互積層構造を含む。図 2 において、 CuGaS_2 からなる半導体層を 22An (n は、シリコン基板 11 に近いものから数えて n 番目の層を示す) で表し、 ZnIn_2S_4 半導体層を 22Bn (n は、シリコン基板 11 に近いものから数えて n 番目の層を示す) で表すと、シリコン基板 21 上に直接形成される半導体層は、層 22A1 により構成され、バッファ層 22 の最上層を構成する半導体層は、層 22Bn により構成される。この場合、バッファ層 22 を構成するすべての半導体層は、実質的に同じ厚さを有し得る。また、バッファ層 22 は、約 1 μm の厚さを有し得る。

20

【0032】

バッファ層 22 の上に、図 1 に関して説明したような所望の III 族窒化物半導体例えば InGaAlN 層 13 が形成される。

【0033】

図 2 の構造において、I - III - V 族非窒化物化合物半導体の代わりに、II - IV - V 族非窒化物化合物半導体を用いることができる。

【0034】

30

図 3 は、本発明のさらに他の態様に従ってシリコン基板上に形成されたバッファ層と III 族窒化物半導体層を示す概略断面図である。

【0035】

図 3 に示すように、シリコン基板 11 上に本発明によるバッファ層 32 が形成され、バッファ層 32 上に III 族窒化物半導体層 13 が形成される。バッファ層 32 は、I - III - V 族非窒化物化合物半導体例えば CuGaS_2 (格子定数: 5.4) と II - III - V 族非窒化物化合物半導体例えば $\text{CdIn}_2\text{S}_2\text{Se}_2$ (格子定数: 4.03) および ZnIn_2S_4 (格子定数: 3.85) と GaN 系窒化物半導体例えば InGaN との 4 種の化合物半導体の積層構造を含む。図 3 において、 CuGaS_2 からなる半導体層を 32An (n は、シリコン基板 11 に近いものから数えて n 番目の層を示す) で表し、 $\text{CdIn}_2\text{S}_2\text{Se}_2$ からなる半導体層を 32Bn (n は、シリコン基板 11 に近いものから数えて n 番目の層を示す) で表し、 ZnIn_2S_4 からなる半導体層を 32Cn (n は、シリコン基板 31 に近いものから数えて n 番目の層を示す) で表し、InGaN からなる半導体層を 32Dn (n は、シリコン基板 11 に近いものから数えて n 番目の層を示す) で表すと、バッファ層 32 は、シリコン基板 11 上に直接形成された層 32A1、その上に形成された層 32B1、その上に形成された層 32C1 およびその上に形成された層 32D1 からなる第 1 の積層構造およびこの第 1 の積層構造の上に順次形成された同様の積層構造を含み、最終的に層 32An、その上に形成された層 32Bn、その上に形成された層 32Cn およびその上に形成された層 32Dn からなる積層構造を含む。シリコン基板 11 上に直接形成される半導体層は、層 32A1 により構成され、バッファ層 32 の最

40

50

上層を構成する半導体層は、層 3 2 D n により構成される。そして、層 3 2 A 1 ~ 3 2 A n は、シリコン基板 1 1 に最も近い層 3 2 A 1 から最上層に向って厚さが単純に減少している。すなわち、層 3 2 A 1 が最も厚く、層 3 2 A n が最も薄く形成されている。これとは逆に、層 3 2 D 1 ~ 3 2 D n は、シリコン基板 1 1 に最も近い層 3 2 D 1 から最上層に向って厚さが単純に増加している。すなわち、層 3 2 D 1 が最も薄く、層 3 2 D n が最も厚く形成されている。また、層 3 2 B 1 ~ 3 2 B n は、シリコン基板 1 1 に最も近い層 3 2 A 1 から最上層に向って厚さを単純に減少させることができる。さらに、層 3 2 C 1 ~ 3 2 C n は、シリコン基板 3 1 に最も近い層 3 2 C 1 から最上層に向って厚さを単純に増加させることができる。このバッファ層 3 2 は、約 3 μm の厚さを有し得る。

【 0 0 3 6 】

バッファ層 3 2 の上に、図 1 に関して説明したような所望の I I I 族窒化物半導体例えば I n G a A l N 層 1 3 が形成される。

【 0 0 3 7 】

図 4 は、本発明により形成された I I I 族窒化物半導体層上に設けられた窒化物半導体発光構造を備える窒化物半導体レーザダイオード (L D) の基本構造を示す概略断面図である。

【 0 0 3 8 】

図 4 に示す L D 素子は、シリコン基板 1 1 上に本発明により形成されたバッファ層 4 2 を介して形成された n 型 I I I 族窒化物半導体層 1 3 を備える。バッファ層は、上記バッファ層 1 2、2 2 または 3 2 であり得る。

【 0 0 3 9 】

I I I 族窒化物半導体層 1 3 上には、窒化物半導体レーザダイオード構造が設けられている。窒化物半導体レーザダイオード構造は、基本的に、I I I 族窒化物半導体層 1 3 上に形成された n 型窒化物半導体からなる n 型クラッド層 4 4、I n G a N を含む活性層 4 5、および p 型窒化物半導体からなる p 型クラッド層 4 6 を含む。

【 0 0 4 0 】

【実施例】

以下本発明を実施例により説明するが、本発明はそれらに限定されるものではない。

【 0 0 4 1 】

実施例 1

C u G a S₂ と I n G a A l N との 2 種の化合物半導体を通常 M O C V D 法により交互に積層して図 1 に示す構造のバッファ層 1 2 を形成した。そのとき、C u G a S₂ 層の厚さは、シリコン基板に最も近いもので 1 2 n m、最も上のもので、1 n m となるように、シリコン基板から離れるにつれ漸減させた。他方、I n G a A l N 層の厚さは、シリコン基板に最も近いもので 1 n m、最上層で 1 2 n m となるようにシリコン基板から離れるにつれ漸増させた。得られたバッファ層の厚さは、約 1 μm であった。このバッファ層の上に通常 M O C V D 法により I n G a A l N 層を 5 0 μm の厚さに成長させた。得られた I n G a A l N 層の転位密度を T E M 観察により測定したところ、 $1 0^5 / \text{cm}^2$ 以下であることが確認された。

【 0 0 4 2 】

実施例 2

C u G a S₂ と Z n I n₂ S₄ との 2 種の化合物半導体を通常 M O C V D により、それぞれ厚さを 5 n m として交互に積層して図 2 に示す構造のバッファ層 2 2 を形成した。得られたバッファ層の厚さは 1 μm であった。このバッファ層の上に通常 M O C V D 法により I n G a A l N 層を 5 0 μm の厚さに成長させた。得られた I n G a A l N 層の転位密度を T E M 観察により測定したところ、 $1 0^5 / \text{cm}^2$ 以下であることが確認された。

【 0 0 4 3 】

実施例 3

C u G a S₂ と C d I n₂ S₂ S e₂ と Z n I n₂ S₄ と I n G a N との 4 種の化合物半導体を通常 M O C V D により積層させて図 3 に示す構造のバッファ層 3 2 を形成した。それぞ

10

20

30

40

50

れ第1層目のCuGaS₂層、CdIn₂S₂Se₂層、ZnIn₂S₄層およびInGa₂N層の厚さをそれぞれ20nm、10nm、5nmおよび2nmとし、最終層のCuGaS₂層、CdIn₂S₂Se₂層、ZnIn₂S₄層およびInGa₂N層の厚さをそれぞれ2nm、5nm、10nmおよび20nmとなるように、それぞれの厚さを漸減、漸増させた。得られたバッファ層の厚さは3μmであった。このバッファ層の上に通常のMOCVD法によりInGaAlN層を50μmの厚さに成長させた。得られたInGaAlN層の転位密度をTEM観察により測定したところ、10⁵/cm²以下であることが確認された。

【0044】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、シリコン基板上に結晶性の優れたIII族窒化物半導体を形成することができ、その上に良好な品質の窒化物半導体発光構造を設けることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一態様に従ってシリコン基板上に形成されたバッファ層とIII族窒化物半導体層を示す概略断面図。

【図2】本発明の他の態様に従ってシリコン基板上に形成されたバッファ層とIII族窒化物半導体層を示す概略断面図。

【図3】本発明のさらに他の態様に従ってシリコン基板上に形成されたバッファ層とIII族窒化物半導体層を示す概略断面図。

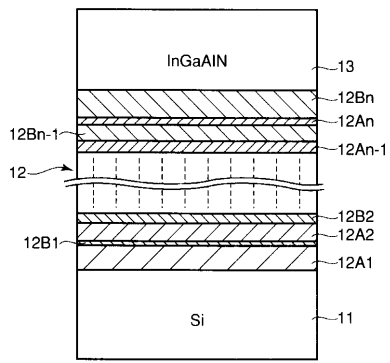
【図4】本発明に係る窒化物半導体発光素子の基本構造の一例を示す概略断面図。

20

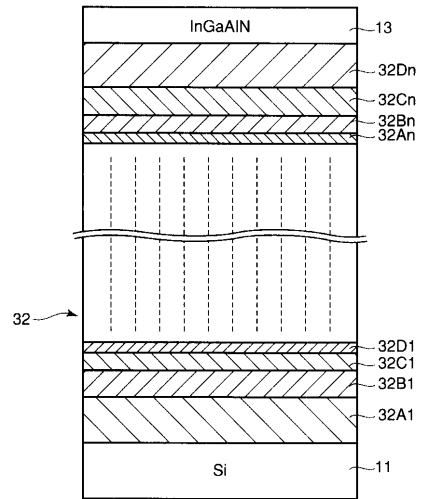
【符号の説明】

- 11 ... シリコン基板
- 12, 22, 32, 42 ... バッファ層
- 13 ... III族窒化物半導体層
- 44 ... n型クラッド層
- 45 ... 活性層
- 46 ... p型クラッド層

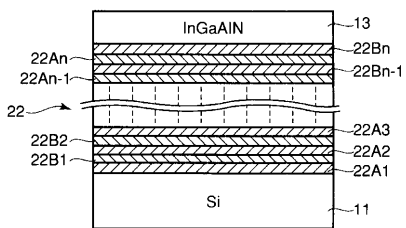
【 図 1 】



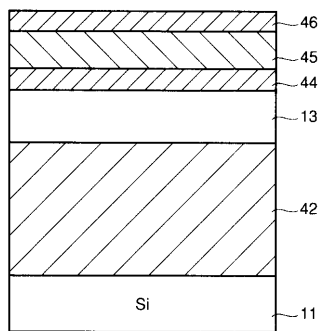
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 伊藤 國雄

岡山県津山市弥生町64-1 A101号

(72)発明者 中村 重之

岡山県津山市弥生町64-1 B101号

審査官 高椋 健司

(56)参考文献 特開平11-274648(JP,A)

特開2001-291896(JP,A)

特開平08-203932(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00

H01S 5/00-5/50