

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4815013号
(P4815013)

(45) 発行日 平成23年11月16日(2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月2日(2011.9.2)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 33/18 (2010.01)	HO 1 L 33/00	1 6 2
HO 1 L 33/08 (2010.01)	HO 1 L 33/00	1 2 0
HO 1 L 33/32 (2010.01)	HO 1 L 33/00	1 8 6

請求項の数 23 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2010-522114 (P2010-522114)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成21年7月9日(2009.7.9)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/003215		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02010/116422	(74) 代理人	100101683
(87) 国際公開日	平成22年10月14日(2010.10.14)		弁理士 奥田 誠司
審査請求日	平成22年6月7日(2010.6.7)	(72) 発明者	横川 俊哉
(31) 優先権主張番号	特願2009-95211 (P2009-95211)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(32) 優先日	平成21年4月9日(2009.4.9)	(72) 発明者	井上 彰
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
早期審査対象出願		(72) 発明者	藤金 正樹
前置審査			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物系半導体発光素子、照明装置、液晶表示装置および照明装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも第1および第2の窒化物系半導体発光素子を備えた照明装置であって、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子のそれぞれは半導体チップを備え、前記半導体チップは、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$) 半導体から形成された窒化物系半導体積層構造と、m面を表面とするGaN系半導体からなる基板とを含み、前記窒化物系半導体積層構造は、m面窒化物半導体層からなる活性層領域を含み、

前記 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$) 半導体は、GaN系半導体であり、

前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子は、それぞれ前記活性層領域から偏光を出射し、

前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の波長をそれぞれ λ_1 および λ_2 とし、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子の半導体チップの厚さをそれぞれ d_1 および d_2 としたとき、

$$\lambda_1 < \lambda_2 \text{ かつ } d_1 < d_2$$

の関係を満たしている照明装置。

【請求項2】

前記半導体チップを備えた第3の窒化物系半導体発光素子をさらに備え、

前記第3の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の波長を λ_3 とし、前記第3の窒化

物系半導体発光素子の半導体チップの厚さを d_3 としたとき、

$$1 < 2 < 3 \text{ かつ } d_1 < d_2 < d_3$$

の関係を満たしている請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 3】

前記第 1 の窒化物半導体発光素子、前記第 2 の窒化物半導体発光素子、及び前記第 3 の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の偏光方向が、同一方向に揃っている請求項 2 に記載の照明装置。

【請求項 4】

支持基板をさらに有し、

前記第 1、第 2 および第 3 の窒化物系半導体発光素子は前記支持基板上に支持されている、請求項 2 に記載の照明装置。

10

【請求項 5】

前記 1、2 および 3 は、それぞれ青色領域、緑色領域および赤色領域の波長である、請求項 2 に記載の照明装置。

【請求項 6】

前記 1、2 および 3 は、それぞれ、420 nm 以上 470 nm 以下、520 nm 以上 560 nm 以下および 590 nm 以上 660 nm 以下である請求項 5 に記載の照明装置。

【請求項 7】

前記 d_1 、 d_2 および d_3 は、それぞれ、110 μm 以上 150 μm 以下、200 μm 以上 240 μm 以下および 250 μm 以上 290 μm 以下である、請求項 2 に記載の照明装置。

20

【請求項 8】

AlGaInP 系発光素子と、

前記 AlGaInP 系発光素子から出射する光が透過する位置に設けられた偏光フィルタと、
をさらに備え、前記 1 および 2 は、それぞれ青色領域および緑色領域の波長である、請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 9】

前記 d_1 および d_2 は、それぞれ、110 μm 以上 150 μm 以下および 200 μm 以上 240 μm 以下である、請求項 8 に記載の照明装置。

30

【請求項 10】

前記 1 および 2 は、それぞれ、420 nm 以上 470 nm 以下および 520 nm 以上 560 nm 以下である請求項 8 に記載の照明装置。

【請求項 11】

前記第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子のそれぞれは、前記窒化物系半導体積層構造の一部に設けられた、Mg または Mg 合金から形成された p 型電極を有する、請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 12】

前記第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子から出射する偏光をそれぞれ集光する一対の光学レンズをさらに備える、請求項 1 に記載の照明装置。

40

【請求項 13】

前記第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子から出射する偏光を共通に集光する光学レンズをさらに備える、請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 14】

前記光学レンズは、前記窒化物系半導体発光素子から出射した光を平行光に変換する請求項 12 または 13 に記載の照明装置。

【請求項 15】

前記光学レンズの焦点位置近傍に、前記第 1 の窒化物系半導体素子および前記第 2 の窒化物系半導体素子の発光面が配置されている請求項 14 に記載の照明装置。

50

【請求項 16】

請求項 11 または 12 に記載の複数の照明装置と、
光学シートと、
光学板と、
を備える照明装置。

【請求項 17】

液晶パネルと、
請求項 14 に記載の照明装置と、
を備えた液晶表示装置。

【請求項 18】

半導体チップを備えた窒化物系半導体発光素子であって、
前記半導体チップは、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$)
半導体から形成された窒化物系半導体積層構造と、m面を表面とする GaN 系半導体からなる基板とを含み、

前記 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$) 半導体は、GaN 系半導体であり、
前記窒化物系半導体積層構造は、m面窒化物半導体層からなる活性層領域を有しており、
前記活性層領域から 430 nm 以上 470 nm 以下の波長の偏光を出射し、
前記半導体チップの厚さが 110 μm 以上 150 μm 以下である窒化物系半導体発光素子。

【請求項 19】

半導体チップを備えた窒化物系半導体発光素子であって、
前記半導体チップは、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$)
半導体から形成された窒化物系半導体積層構造と、m面を表面とする GaN 系半導体からなる基板とを含み、

前記 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$) 半導体は、GaN 系半導体であり、
前記窒化物系半導体積層構造は、m面窒化物半導体層からなる活性層領域を有しており、
前記活性層領域から 520 nm 以上 560 nm 以下の波長の偏光を出射し、
前記半導体チップの厚さが 200 μm 以上 240 μm 以下である窒化物系半導体発光素子。

【請求項 20】

半導体チップを備えた窒化物系半導体発光素子であって、
前記半導体チップは、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$)
半導体から形成された窒化物系半導体積層構造と、m面を表面とする GaN 系半導体からなる基板とを含み、

前記 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$) 半導体は、GaN 系半導体であり、
前記窒化物系半導体積層構造は、m面窒化物半導体層からなる活性層領域を有しており、
前記活性層領域から 590 nm の波長の偏光を出射し、
前記半導体チップの厚さが 250 μm 以上 290 μm 以下である窒化物系半導体発光素子。

【請求項 21】

前記窒化物系半導体積層構造は、偏光比 0.9 以上の波長の偏光を出射する請求項 18、19 または 20 に記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項 22】

少なくとも第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子を備えた照明装置の製造方法であって、

m面を表面とする GaN 系半導体からなる基板を用意する工程 (a) と、
m面窒化物半導体層からなる活性層領域を有しており、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y +$

10

20

30

40

50

$z = 1$ 、 $x = 0$ 、 $y = 0$ 、 $z = 0$) 半導体であって、から形成された窒化物系半導体積層構造を前記基板上に形成する工程 (b) と、

前記窒化物系半導体積層構造に電極を形成し、前記活性層領域から偏光を出射する半導体チップを作製する工程 (c) と、

前記活性層領域から出射する偏光の波長に応じた厚さとなるように、前記半導体チップの厚さを調整する工程 (d) と、

を含み、発光波長および半導体チップの厚さがそれぞれ互いに異なる第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子を作製する工程 (A) と、

前記第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子を支持基板上に配置する工程 (B) と、を包含し、

前記 $Al_x In_y Ga_z N$ ($x + y + z = 1$ 、 $x = 0$ 、 $y = 0$ 、 $z = 0$) 半導体は、GaN 系半導体であり、

前記工程 (A) の前記工程 (d) において、

前記第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の波長をそれぞれ d_1 および d_2 とし、前記第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子の半導体チップの厚さをそれぞれ d_1 および d_2 としたとき、

$$d_1 < d_2 \text{ かつ } d_1 < d_2$$

の関係を満たすように、前記第 1 および第 2 の窒化物系半導体発光素子の前記半導体チップの厚さをそれぞれ調整する照明装置の製造方法。

【請求項 2 3】

前記工程 (B) において、前記第 1 の窒化物半導体発光素子及び前記第 2 の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の偏光方向が、同一方向に揃うように、前記支持基板上に配置する請求項 2 2 に記載の照明装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物系半導体発光素子、照明装置および液晶表示装置に関する。特に、本発明は、青色、緑色、オレンジ色、赤色など可視域全体から選ばれる任意の波長の光を出射することが可能な発光ダイオード、レーザダイオード等の GaN 系半導体発光素子および照明装置ならびにこれらを用いた液晶表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

V 族元素として窒素 (N) を含む窒化物半導体は、そのバンドギャップの大きさから、短波長発光素子の材料として有望視されている。そのなかでも、窒化ガリウム系化合物半導体の研究が盛んに行われており、青色発光ダイオード (LED)、緑色 LED、ならびに、GaN 系半導体を材料とする半導体レーザも実用化されている (例えば、特許文献 1、2 参照)。

【0003】

以下、窒化ガリウム系化合物半導体を GaN 系半導体と呼ぶ。GaN 系半導体には、Ga の一部または全部をアルミニウム (Al) およびインジウム (In) の少なくとも一方で置換した化合物半導体が含まれ、GaN 系半導体は、組成式 $Al_x Ga_y In_z N$ ($0 < x, y, z < 1$ 、 $x + y + z = 1$) で表される。

【0004】

Ga を Al や In で置換することによって、バンドギャップを GaN よりも大きくすることも小さくすることも可能である。これにより、青色や緑色などの短波長の光のみならず、オレンジ色や赤色の光を発光させることも可能となる。したがって、GaN 系半導体を用いることによって、理論的には、全可視域から任意に選択される波長の光を出射する発光素子を実現することが可能であり、GaN 系半導体発光素子を、画像表示装や照明装置への応用することも期待されている。

【0005】

10

20

30

40

50

GaN系半導体はウルツ鉱型結晶構造を有している。図1は、ウルツ鉱型結晶構造の面を4指数表記(六方晶指数)で示している。4指数表記では、 a_1 、 a_2 、 a_3 および c で示される基本ベクトルを用いて結晶面や方位が表される。基本ベクトル c は、 $[0001]$ 方向に延びており、この方向は「 c 軸」と呼ばれる。 c 軸に垂直な面(plane)は「 c 面」または「 (0001) 面」と呼ばれている。なお、「 c 軸」および「 c 面」は、それぞれ、「 C 軸」および「 C 面」と表記される場合もある。図2(a)はGaN系半導体の結晶構造を棒球モデルで示しており、図2(b)は、 c 軸に垂直な平面におけるGaN系半導体結晶のGaおよびNの位置を示している。

【0006】

従来、GaN系半導体を用いて半導体素子を作製する場合、GaN系半導体結晶を成長させる基板として、 c 面基板すなわち (0001) 面を表面に有する基板が使用される。この場合、図2(a)および(b)から分かるように、 c 軸方向にはGa原子のみが配置される層と、N原子のみが配置される層が形成される。このようなGa原子およびN原子の配置に起因して、GaN系半導体には自発的な分極(Electrical Polarization)が形成される。このため、「 c 面」は「極性面」とも呼ばれている。

10

【0007】

その結果、GaN系半導体発光素子の活性層におけるInGaNの量子井戸には、 c 軸方向に沿ってピエゾ電界が発生し、活性層内における電子およびホール分布に位置ずれが生じるため、キャリアの量子閉じ込めシュタルク効果により、活性層の内部量子効率が低下する。半導体レーザーの場合、しきい値電流の増大が生じ、LEDの場合、消費電力の増大や発光効率の低下が生じる。また、注入キャリア密度の上昇と共にピエゾ電界のスクリーニングが起こり、発光波長の変化も生じる。

20

【0008】

また、緑色やオレンジ色、さらには赤色など長波長域の光を発光させるために、InGaN活性層のIn組成を増加すると、In組成と共にピエゾ電界の強度は益々増加し、内部量子効率は急激に低下する。このため、一般に c 面のInGaN活性層を用いたLEDでは、発光可能な光の波長は550nm程度であると言われている。

【0009】

このような課題を解決するため、非極性面である m 面を表面に有する基板(m 面GaN系基板)を使用して、発光素子を製造することが検討されている。図1に示すように、ウルツ鉱型結晶構造における m 面は、 c 軸に平行であり、 c 面と直交する6つの等価な面である。例えば、図1においてハッチングで示された $[10-10]$ 方向に垂直な $(10-10)$ 面である。 $(10-10)$ 面と等価な他の m 面には、 (-1010) 面、 $(1-100)$ 面、 (-1100) 面、 $(01-10)$ 面、 $(0-110)$ 面がある。ここで、ミラー指数を表すカッコ内の数字の左に付された「-」は、「バー」を意味する。

30

【0010】

図2(c)は、 m 面に垂直な面におけるGaN系半導体結晶のGaおよびNの位置を示している。図2(c)に示すように、 m 面においては、Ga原子および窒素原子は同一原子面上に存在するため、 m 面に垂直な方向に分極は発生しない。このため、 m 面上に形成した半導体積層構造を用いて発光素子を作製すれば、活性層にピエゾ電界が発生せず、上述の課題を解決することができる。

40

【0011】

また、活性層のIn組成を大きく増加させることが可能であるため、青色のみならず、緑色や、オレンジ色、赤色など、より長波長の光を発光することのできるLEDやレーザーダイオードを同一の材料系を用いて実現することができる。

【0012】

なお、本明細書では、六方晶ウルツ鉱構造の X 面($X=c, m$)に垂直な方向にエピタキシャル成長が生じることを「 X 面成長」と表現する。 X 面成長において、 X 面を「成長面」と称し、 X 面成長によって形成された半導体の層を「 X 面半導体層」と称する。

【0013】

50

さらに、非特許文献1などに開示されているように、m面上に形成されたInGaN活性層を用いたLEDは、その価電子帯の構造に由来した偏光特性を有している。具体的にはa軸に平行な方向に偏光した光を出射する。

【0014】

このため、偏光特性を有する光を出射することが可能な発光素子として利用することが期待される。例えば、液晶表示装置は、液晶の偏光方向を制御する働きを利用するため、光源として、偏光した光を用いる必要がある。従来の液晶表示装置では、偏光特性を有する光を出射する適切な光源がないため、LEDやCCFL蛍光管などの光源を用い、偏光板に出射した光を通過させることによって、偏光特性を有する光を得ていた。しかし、この様な構成によれば、光源から出射する光の大部分は偏光板で遮られるため、光の利用効率が低いという問題があった。したがって、m面上に形成されたInGaN活性層を用いたLEDを液晶表示装置の光源として使用すれば、光の利用効率が向上し、液晶表示装置の消費電力を大幅に低減したり、偏光板を設けなくてよいことから、製造コストを低減したりすることも可能となる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特開2001-308462号公報

【特許文献2】特開2003-332697号公報

【非特許文献】

20

【0016】

【非特許文献1】APPLIED PHYSICS LETTERS 92 (2008) 091105

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

上述したように、m面基板上で成長させたGaN系半導体素子は、c面基板上で成長させたものと比較して顕著な効果を発揮し得る。しかし、m面基板上で成長させたGaN系半導体素子は、c面基板上で成長させたものよりも機械的強度が低いという課題がある。このことは、m面基板上で成長させたGaN系半導体素子を実用化する上で技術的な障害となっている。

30

【0018】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、偏光特性に優れ、面基板上で結晶成長させたGaN系半導体素子における物理的強度を高めることのできる構造およびそれを用いた照明装置および液晶表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明の照明装置は、少なくとも第1および第2の窒化物系半導体発光素子を備えた照明装置であって、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子のそれぞれは半導体チップを備え、前記半導体チップは、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x+y+z=1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$)半導体から形成された窒化物系半導体積層構造を含み、前記窒化物系半導体積層構造は、m面窒化物半導体層からなる活性層領域を含み、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子は、それぞれ前記活性層領域から偏光を出射し、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の波長をそれぞれ λ_1 および λ_2 とし、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子の半導体チップの厚さをそれぞれ d_1 および d_2 としたとき、 $\lambda_1 < \lambda_2$ かつ $d_1 < d_2$ の関係を満たしている。

40

【0020】

ある好ましい実施形態において、照明装置は、前記半導体チップを備えた第3の窒化物系半導体発光素子をさらに備え、前記第3の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の波長を λ_3 とし、前記第3の窒化物系半導体発光素子の半導体チップの厚さを d_3 としたと

50

き、 $d_1 < d_2 < d_3$ かつ $d_1 < d_2 < d_3$ の関係を満たしている。

【0021】

ある好ましい実施形態において、前記第1の窒化物半導体発光素子、前記第2の窒化物半導体発光素子、及び前記第3の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の偏光方向が、同一方向に揃っている。

【0022】

ある好ましい実施形態において、照明装置は支持基板をさらに有し、前記第1、第2および第3の窒化物系半導体発光素子は前記支持基板上に支持されている。

【0023】

ある好ましい実施形態において、前記1、2および3は、それぞれ青色領域、緑色領域および赤色領域の波長である。

10

【0024】

ある好ましい実施形態において、前記1、2および3は、それぞれ、420nm以上470nm以下、520nm以上560nm以下および590nm以上660nm以下である。

【0025】

ある好ましい実施形態において、前記d1、d2およびd3は、それぞれ、110μm以上150μm以下、200μm以上240μm以下および250μm以上290μmである。

【0026】

20

ある好ましい実施形態において、照明装置は、AlGaInP系発光素子と、前記AlGaInP系発光素子から出射する光が透過する位置に設けられた偏光フィルタとをさらに備え、前記1および2は、それぞれ青色領域および緑色領域の波長である。

【0027】

ある好ましい実施形態において、前記d1およびd2は、それぞれ、110μm以上150μm以下および200μm以上240μm以下である。

【0028】

ある好ましい実施形態において、前記1および2は、それぞれ、420nm以上470nm以下および520nm以上560nm以下である。

【0029】

30

ある好ましい実施形態において、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子のそれぞれは、前記窒化物系半導体積層構造の一部に設けられた、MgまたはMg合金から形成されたp型電極を有する。

【0030】

ある好ましい実施形態において、照明装置は、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子から出射する偏光をそれぞれ集光する一対の光学レンズをさらに備える。

【0031】

ある好ましい実施形態において、照明装置は、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子から出射する偏光を共通に集光する光学レンズをさらに備える。

【0032】

40

ある好ましい実施形態において、前記光学レンズは、前記窒化物系半導体発光素子から出射した光を平行光に変換する。

【0033】

ある好ましい実施形態において、前記光学レンズの焦点位置近傍に、前記第1の窒化物系半導体素子および前記第2の窒化物系半導体素子の発光面が配置されている。

【0034】

ある好ましい実施形態において、照明装置は、光学シートと、光学板とをさらに備える。

【0035】

本発明の液晶表示装置は、液晶パネルと、上記照明装置とを備える。

50

【0036】

本発明の窒化物系半導体発光素子は、半導体チップを備えた窒化物系半導体発光素子であって、前記半導体チップは、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x > 0$ 、 $y > 0$ 、 $z > 0$)半導体から形成された窒化物系半導体積層構造を含み、前記窒化物系半導体積層構造は、 m 面窒化物半導体層からなる活性層領域を有しており、前記活性層領域から420nm以上470nm以下の波長の偏光を出射し、前記半導体チップの厚さが110 μ m以上150 μ m以下である。

【0037】

本発明の窒化物系半導体発光素子は、半導体チップを備えた窒化物系半導体発光素子であって、前記半導体チップは、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x > 0$ 、 $y > 0$ 、 $z > 0$)半導体から形成された窒化物系半導体積層構造を含み、前記窒化物系半導体積層構造は、 m 面窒化物半導体層からなる活性層領域を有しており、前記活性層領域から520nm以上560nm以下の波長の偏光を出射し、前記半導体チップの厚さが200 μ m以上240 μ m以下である。

10

【0038】

本発明の窒化物系半導体発光素子は、半導体チップを備えた窒化物系半導体発光素子であって前記半導体チップは、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x > 0$ 、 $y > 0$ 、 $z > 0$)半導体から形成された窒化物系半導体積層構造を含み、前記窒化物系半導体積層構造は、 m 面窒化物半導体層からなる活性層領域を有しており、前記活性層領域から590nm以上660nm以下の波長の偏光を出射し、前記半導体チップの厚さが250 μ m以上290 μ mである。

20

【0039】

本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法は、基板を用意する工程(a)と、 m 面窒化物半導体層からなる活性層領域を有しており、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x > 0$ 、 $y > 0$ 、 $z > 0$)半導体から形成された窒化物系半導体積層構造を前記基板上に形成する工程(b)と、前記窒化物系半導体積層構造に電極を形成し、前記活性層領域から偏光を出射する半導体チップを作製する工程(c)と、前記活性層領域から出射する偏光の波長に応じた厚さとなるように、前記半導体チップの厚さを調整する工程(d)とを包含する。

【0040】

ある好ましい実施形態において、前記工程(d)は、半導体チップの厚さをレーザーリフトオフ、エッチングまたは研磨によって調整する。

30

【0041】

本発明の照明装置の製造方法は、上記方法によって、発光波長および半導体チップの厚さがそれぞれ異なる第1および第2の窒化物系半導体発光素子を作製する工程と、前記第1および第2の窒化物系半導体発光素子を支持基板上に配置する工程とを包含する。

【0042】

ある好ましい実施形態において前記第1の窒化物半導体発光素子及び前記第2の窒化物系半導体発光素子が出射する偏光の偏光方向が、同一方向に揃うように、前記支持基板上に配置する。

40

【発明の効果】

【0043】

本発明の窒化物系半導体発光素子によれば、発光波長に応じて、半導体チップの厚さが所定の厚さに設定されているため、偏光特性に優れた光を出射することができ、また、半導体チップの機械的強度を高めることができる。

【0044】

また、本発明の照明装置によれば、2つ以上の窒化物系半導体発光素子を備え、2つ窒化物系半導体発光素子100の発光波長を λ_1 および λ_2 とし、半導体チップの厚さ d_1 および d_2 としたとき、 $\lambda_1 < \lambda_2$ および $d_1 < d_2$ の関係を満たしている。このため、偏光特性に優れた光を出射することができ、また、半導体チップの機械的強度を高める

50

ことができる。

【0045】

このよう照明装置を用いることにより、偏光特性を有効利用した高効率で低コストな液晶表示装置が実現する。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】図1は、ウルツ鉱型結晶構造の基本ベクトル a_1 、 a_2 、 a_3 、 c を示す斜視図である。

【図2】図2(a)は、GaNの単位格子を模式的に示す斜視図であり、図2(b)および図2(c)は、それぞれ、 c 面の結晶構造および m 面の結晶構造を表す図である。

【図3】図3は、本発明の一実施形態である窒化物系半導体発光素子の断面模式図である。

【図4】図4は、本発明の一実施形態である照明装置の断面模式図である。

【図5】図5は、本発明の実施形態による窒化物系半導体発光素子の偏光特性を示すグラフである。

【図6】図6は、図5に示す偏光特性の測定に用いた測定系の構成図である。

【図7】図7(a)は偏光板の角度を0度とした時の、図7(b)は90度とした時の、カメラによって本発明の実施形態による窒化物系半導体発光素子を撮影したチップ写真である。

【図8】図8は、偏光板の角度が0度の時のシリコンディテクターによって検出した光強度と、90度の時の光強度との比を偏光比とした、各発光波長における偏光比のチップ厚依存性を示すグラフである。

【図9】図9は、偏光比が0.9に減少する時のチップ厚の発光波長依存性を示すグラフである。

【図10】図10は、窒化物系半導体発光素子のチップをダイシングし、フリップチップ実装を行った後の、各発光波長における破損しないチップの割合を示すグラフである。

【図11】図11は、波長590nmの窒化物系半導体発光素子のチップをダイシングし、フリップチップ実装を行った後の、各チップ厚における破損しないチップの割合を示すグラフである。

【図12】図12は、本発明による照明装置の他の形態を示す断面模式図である。

【図13】図13(a)および図13(b)は、本発明の実施形態による液晶表示装置の模式的斜視図および断面図である。

【図14】図14は、図13に示す液晶表示装置の照明装置に用いられる照明ユニットを示す模式的断面図である。

【図15】図15(a)および図15(b)は、図13に示す液晶表示装置の照明装置に用いられる照明ユニットの他の例を示す模式的断面図である。

【図16】図16(a)および図16(b)は、図13に示す液晶表示装置の照明装置に用いられる光学板の例を示す模式図である。

【図17】図17は、図13に示す液晶表示装置の照明装置における照明ユニットの配置を示す図である。

【図18】図18は、図13に示す液晶表示装置の照明装置における照明ユニットの駆動回路の例を示す図である。

【図19】図19(a)および図19(b)は、図13に示す液晶表示装置の照明装置の他の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0047】

本願発明者は、 m 面上に形成したGaN系発光素子の偏光特性および機械的強度について詳細な検討を行った。その結果、偏光特性および機械的強度は、GaN系発光素子を構成する半導体チップの厚さおよび活性層から出射する光の波長に依存することを見出した。この知見に基づき、本願発明者は、 m 面上に形成したGaN系発光素子において、半導

10

20

30

40

50

体チップの厚さを最適化することによって、m面上に形成した半導体積層構造を有し、偏光特性に優れ、かつ、十分な機械的強度を備えたGaN系発光素子を創案した。以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

【0048】

(第1の実施形態)

以下、図面を参照しながら、本発明による窒化物系半導体発光素子および照明装置の実施形態を説明する。図3は、本発明の一実施形態である窒化物系半導体発光素子100の断面構造を模式的に示している。図3に示す窒化物系半導体発光素子100は、半導体チップ45によって構成されている。

【0049】

半導体チップ45は、基板10と、基板10上においてエピタキシャル成長した窒化物系半導体積層構造20を含む。窒化物系半導体積層構造20は、GaN系半導体、より具体的には、 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x + y + z = 1$ 、 $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $z \geq 0$)半導体から形成されている。また、窒化物系半導体積層構造20は発光領域として機能する活性層領域24を含んでいる。

【0050】

本発明では、偏光特性に優れ、高い発光効率で発光する発光素子を実現するため、m面上に形成された、窒化物半導体層からなる活性層領域を用いる。この活性層領域は、m面に対して成長方向が垂直であり(m面窒化物半導体層)、m面に平行でもある。このために、窒化物系半導体発光素子100において、活性層領域24を含む窒化物系半導体積層構造20はm面を表面12とするGaN系半導体からなる基板10上に形成されている。ただし、r面サファイア基板上にa面GaNが成長するという事例もあることから、窒化物系半導体積層構造20の活性層領域24がm面と平行な結晶方位を有する、すなわち活性層領域の成長方向がm軸方向である限り、基板10の表面12は必ずしもm面でなくてもよい。

【0051】

ここで「m面」とは、m面に対して完全に平行な面のみだけでなく、m面から僅かな角度($0 \sim \pm 1^\circ$)だけ傾斜した面を含む。m面から僅かに傾斜する程度では、自発分極の影響は非常に小さい。一方、結晶成長技術では結晶方位が厳密に一致した基板よりも僅かに傾斜した基板上の方が半導体層をエピタキシャル成長させやすい場合がある。したがって、自発分極の影響を十分に抑制させながら、エピタキシャル成長させる半導体層の質を向上させたり、結晶成長速度を高めたりするために結晶面を傾斜させることが有用な場合もある。

【0052】

窒化物半導体積層構造20は、活性層領域24を挟むように配置された第1導電型の半導体層22および第2導電型の半導体層26を含んでいる。本実施形態では、第1導電型の半導体層22が活性層領域24に対して基板10側に位置しており、第2導電型の半導体層26は基板10と反対側に位置している。活性層領域24と第2導電型の半導体層26との間に、アンドープのGaN層を設けてもよい。

【0053】

第1導電型の半導体層22は、例えば、n型の $Al_uGa_vIn_wN$ ($u + v + w = 1$ 、 $u \geq 0$ 、 $v \geq 0$ 、 $w \geq 0$)から形成されている。n型ドーパントとして例えば、シリコン(Si)を用いることができる。

【0054】

第2導電型の半導体層26は、例えば、p型の Al_sGa_tN ($s + t = 1$ 、 $s \geq 0$ 、 $t \geq 0$)半導体からなる。ドーパントとして例えばMgが添加されている。Mg以外のp型ドーパントとして、例えばZn、Beなどを用いてもよい。第2導電型の半導体層26において、Alの組成比率sは、厚さ方向に一様であってもよいし、Alの組成比率sが厚さ方向に連続的または段階的に変化していてもよい。具体的には、第2導電型の半導体層26は、Alの組成比率sが異なる複数の副層が積層された多層構造を有していてもよい

10

20

30

40

50

し、ドーパントの濃度も厚さ方向に変化していてもよい。第2導電型の半導体層26の厚さは、例えば、 $0.2 \sim 2 \mu\text{m}$ である。

【0055】

第2導電型の半導体層26の上面が窒化物半導体積層構造20の上面となる場合には、コンタクト抵抗低減の観点から、第2導電型の半導体層26の上面近傍はA1の組成比率sがゼロである半導体、つまり、GaNから形成されていることが好ましい。また、この場合、GaNは第2導電型の不純物が高濃度で含まれており、コンタクト層として機能することが好ましい。

【0056】

あるいは、窒化物半導体積層構造20は第2導電型の半導体層26の上に、第2導電型のGaN層を含んでいてもよい。また、窒化物半導体積層構造20は第2導電型のGaN層上にさらに p^+ -GaNからなるコンタクト層を含んでいてもよい。

10

【0057】

活性層領域24は、窒化物系半導体発光素子100における電子注入領域である。活性層領域24は、例えば、 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 井戸層($0.14 < x < 0.45$) (例えば、厚さ9nm)とGaNバリア層(例えば、厚さ9nm)とが交互に積層されたGaInN/GaN多重量子井戸(MQW)構造(例えば、厚さ81nm)を有している。窒化物系半導体発光素子100から出射する光の波長は、活性層領域24を構成する半導体のバンドギャップの大きさ、より具体的には、井戸層の半導体組成である $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 半導体におけるInの組成xによって決まる。m面上に形成された活性層領域24にはピエゾ電界が発生しない。このため、In組成を増加させても発光効率の低下が抑制される。その結果、窒化物系半導体を用いた発光素子であってもIn組成を大きく増加することにより、赤色の発光ダイオードやレーザーダイオードを実現することができる。また、m面上に形成された活性層領域24を用いることによって、a軸と平行な方向に偏光した光を発光させることができる。

20

【0058】

青色領域の光の波長 λ_1 は420nm以上470nm以下であり、青色領域の光を発光させるためには、Inの組成xは例えば $0.14 < x < 0.22$ を満たす値に設定する。同様に、緑色領域の光の波長 λ_2 は520nm以上560nm以下であり、緑色領域の光を発光させるためには、Inの組成xは例えば $0.29 < x < 0.34$ を満たす値に設定する。赤色領域の光の波長 λ_3 は590nm以上660nm以下であり、赤色領域の光を発光させるためには、Inの組成xは例えば $0.38 < x < 0.45$ を満たす値に設定する。より具体的には、例えば発光波長が450nmの青色であれば $x = 0.18 \sim 0.2$ であり、520nmの緑色であれば $x = 0.29 \sim 0.31$ であり、630nmの赤色であれば $x = 0.43 \sim 0.44$ である。なお、発光波長は井戸層厚、歪量、製造方法などに依存するため、発光波長に対応するInの組成は、上述した範囲から多少ずれることもある。本実施形態の窒化物系半導体発光素子100では、これらの波長の光のいずれもがa軸と平行な方向に偏光している。

30

【0059】

窒化物系半導体発光素子100は、第1導電型の半導体層22および第2導電型の半導体層26にそれぞれ低抵抗で接続された第1導電型電極40および第2導電型電極30をさらに備えている。本実施形態では、半導体積層構造20に凹部42を設けることによって、第1導電型の半導体層22の一部を露出させ、露出した第1導電型の半導体層22上に第1導電型電極40が設けられている。第1導電型電極40は、例えば、Ti層およびPt層の積層構造(Ti/Pt)を有し、第1導電型の半導体層22にオーミック接合している。これにより第1導電型電極40は、n型オーミック電極として機能する。

40

【0060】

また、第2導電型の半導体層26上に第2導電型電極30が設けられている。第2導電型電極30は、好ましくは、第2導電型の半導体層26とオーミック接合している。第2導電型電極30は概ね第2導電型の半導体層26の表面全体を覆っていることが好ましい

50

。これにより第2導電型電極30は、p型オーミック電極として機能する。第2導電型電極30はMgまたはMg合金からなることが好ましい。Mgは、従来p型電極として用いられてきたPdよりも柔らかく、延性に富む。このため、Mgからなる電極をm面上に形成された活性層領域24を含む半導体積層構造20に形成した場合、半導体積層構造20に生じる歪みを吸収し、半導体積層構造20に与える応力が小さくなり、機械的強度の低い半導体積層構造20が破損するのを抑制することができる。

【0061】

以上のように構成された窒化物系半導体発光素子100において、第1導電型電極40と第2導電型電極30との間に電圧を印加すると、第2導電型電極30から活性層領域24に向かって正孔が、第1導電型電極40から活性層領域24に向かって電子が注入される。活性層領域24において、正孔と電子とが再結合する際、活性層領域24の半導体組成によって定まるバンドギャップに応じた波長の光であって、a軸と平行な方向に偏光した光を活性層領域24から出射する。

10

【0062】

偏光特性に優れた光を出射し、かつ、高い機械的強度を備えるために、窒化物系半導体発光素子100は出射する光の波長に応じた半導体チップ45の厚さを有している。つまり、窒化物系半導体発光素子100において、活性層領域24を構成する半導体のバンドギャップが大きくなり、発光波長が長くなれば、それに応じて半導体チップ45も厚くなっている。

【0063】

具体的には、窒化物系半導体発光素子100が青色領域の光($\lambda_1 = 420 \text{ nm} \sim 470 \text{ nm}$)を出射する場合、半導体チップ45の厚さd1は $110 \mu\text{m}$ 以上 $150 \mu\text{m}$ 以下($130 \pm 20 \mu\text{m}$)である。同様にまた、窒化物系半導体発光素子100が緑色領域の光($\lambda_2 = 520 \text{ nm} \sim 560 \text{ nm}$)を出射する場合、半導体チップ45の厚さd2は $200 \mu\text{m}$ 以上 $240 \mu\text{m}$ 以下($220 \pm 20 \mu\text{m}$)である。赤色領域の光($\lambda_3 = 590 \text{ nm} \sim 660 \text{ nm}$)を出射する場合には、半導体チップ45の厚さd3は $250 \mu\text{m}$ 以上 $290 \mu\text{m}$ 以下($270 \pm 20 \mu\text{m}$)であることが好ましいと考えられる。半導体チップ45の厚さは、最も波長の短い光を出射させる場合でも $110 \mu\text{m}$ 以上であり、この厚さは、一般的なc面窒化物系半導体発光素子のチップの厚さよりも大きい。

20

【0064】

ここで半導体チップ45の厚さ(d1、d2、d3)とは、窒化物系半導体積層構造20の積層方向において、第1導電型電極40や第2導電型電極30を含む半導体チップ45全体の厚さを言う。ただし、第1導電型電極40や第2導電型電極30の厚さは数 μm 程度であり、また、窒化物系半導体積層構造20の厚さも数 μm 以下である。このため、半導体チップ45の厚さの大部分は基板10によって占められる。

30

【0065】

図4は、本発明による窒化物系半導体発光素子の照明装置の実施形態を示す模式的な断面図である。図4に示すように照明装置111は、支持基板50と支持基板上に支持された3つの窒化物系半導体発光素子100を備えている。窒化物系半導体発光素子100は上述した構造を備えており、例えば、第2導電型電極30が支持基板50側に位置するように、配置され、第1導電型電極40および第2導電型電極30が図示しないパッド電極などと例えばフリップチップボンディングなどで接合され、固定されている。3つの窒化物系半導体発光素子100から出射する光の偏光方向が一致するように、3つの窒化物系半導体発光素子100の方向が調整されている。例えば、3つの窒化物系半導体発光素子100の側面が互いに平行となるように配置すれば、3つの窒化物系半導体発光素子100からそれぞれ出射する光の偏光方向を互いに一致させることができる。

40

【0066】

3つの窒化物系半導体発光素子100は、例えば、上述したようにそれぞれ青色領域の光(λ_1)、緑色領域の光(λ_2)および赤色領域の光(λ_3)を出射するようにInの組成比が決定された活性層領域24を含んでいる。また、3つの窒化物系半導体発光素子

50

100の半導体チップ45の厚さはそれぞれ d_1 、 d_2 、 d_3 である。したがって、 $1 < 2 < 3$ であり、 $d_1 < d_2 < d_3$ である。このように、発光波長が異なることによって半導体チップ45の厚さ d_1 、 d_2 、 d_3 が互いに異なり、発光波長が長くなるにつれて半導体チップ45の厚さが大きくなっていることが特徴である。

【0067】

照明装置111は3つの窒化物系半導体発光素子100を備えているが、窒化物系半導体発光素子100は2つ以上であればよい。この場合、2つの窒化物系半導体発光素子100は、例えば、青色領域の光(1)および緑色領域の光(2)を出射するようにInの組成比が決定された活性層領域24を含んでいる。また、2つの窒化物系半導体発光素子100の半導体チップ45の厚さはそれぞれ d_1 、 d_2 である。したがって、 $1 < 2$ であり、 $d_1 < d_2$ である。

10

【0068】

照明装置111は、3つの窒化物系半導体発光素子100を同時に発光させることにより、一方向(a軸に平行な方向)に偏光した白色光を出射することができ、また、3つの窒化物系半導体発光素子100の発光強度を調節することによって、一方向(a軸に平行な方向)に偏光した任意の色の可視光を出射することができる。

【0069】

以下、窒化物系半導体発光素子100および照明装置111における、半導体チップ45の厚さと偏光特性および半導体チップ45の機械的強度との関係を詳細に説明する。

【0070】

図5は、窒化物系半導体発光素子100の偏光特性を測定した結果を示す。図6は、測定に用いた構成を模式的に示している。窒化物系半導体発光素子100は実装基板62上にフリップチップ実装されており、窒化物系半導体発光素子100に電源61から電流を流すことにより発光が得られる。窒化物系半導体発光素子100から出射した光は偏光板63を通過し対物レンズ64によってカメラ65およびシリコンディテクター67の検出部66に導かれ、光の強度が検出される。窒化物系半導体発光素子100から出射する光が偏光特性を有する場合、偏光板63を回転することにより光の強度が変化することが観測される。

20

【0071】

図5はシリコンディテクター67によって検出した光強度と偏光板63の回転角の関係を示す。m面に形成された活性層領域24のa軸に平行な方向に偏光した光を透過する偏光板の角度を0度として、偏光板63の角度を示している。図5に示すように、偏光板63を回転すると回転と共に光の検出強度が減少し、角度が90度の時、すなわちc軸に平行な方向に偏光した光を透過するように偏光板63が配置されたとき、光の検出強度は最小となった。このことから窒化物系半導体発光素子100から出射する光がa軸方向に偏光していることが確認できた。これに対し、c面の窒化物系半導体発光素子から出射する光は、このような偏光特性を示さず、ランダム偏光(無偏光)状態となっている。

30

【0072】

図7(a)および図7(b)は、それぞれ偏光板63の角度を0度とした時、および、90度とした時の、カメラ65によって撮影した窒化物系半導体発光素子100を示している。窒化物系半導体発光素子100の動作電流は10mAであり、カメラ65のシャッタースピードは1/10秒であった。偏光板63の角度が90度の場合、発光がほとんど観測されず、偏光板63の偏光方向と窒化物系半導体発光素子100から出射する光の偏光方向が直交していることが分かる。この場合は偏光比がほぼ1である。

40

【0073】

図8は、偏光比の波長依存性および偏光比の半導体チップ厚さ依存性を示すグラフである。図6に示す構成を用い、偏光板63の角度が0度である場合においてシリコンディテクター67によって検出した光強度Aと、偏光板63の角度が90度である場合に検出した光強度Bとを測定し、 $(A - B) / A$ を偏光比として求めた。偏光板の角度が90度のときに光が偏光板を透過しなければ、偏光比は1となり、偏光板の角度が90度のときに

50

透過する光が増えるほど、偏光比は小さくなる。発光波長は430 nm、480 nm、530 nmおよび590 nmである。半導体チップ45の厚さは、5 μm、10 μm、80 μm、100 μm、150 μm、200 μm、250 μm、300 μmおよび350 μmである。各波長の光を出射するように活性層領域24の半導体の組成を決定した上で、図3に示す窒化物系半導体発光素子100と同じ構造を備えた窒化物系半導体発光素子を作製する。半導体チップ45の厚さを異ならせるために、基板10を研磨することによって、半導体チップの厚さが異なる試料を作製し、図6に示す構成を用いて偏光比を測定した。5 μmおよび10 μmの厚さを有する半導体チップ45は、ドライエッチも併用して作製した。

【0074】

図8から分かるように、いずれの波長においても、半導体チップ45の厚さが増加すると偏光比は減少する。しかし、発光波長が長くなるほど、偏光比が減少をし始める厚さは大きくなっている。

【0075】

非特許文献1によれば、InGaN系半導体の最上位レベルの価電子帯は2つの原子軌道の混合によって構成され、これにより、a軸に平行な偏光とc軸に平行な偏光とが発光し得るが、m面上に形成されたInGaN系半導体では、圧縮応力の影響により、a軸に平行な偏光が発光する遷移が主として生じると報告されている。図8に示す結果は、半導体チップ45が厚くなると、活性層領域24に与える応力の影響が変化し、c軸に平行な偏光が発光する遷移が増加することを示していると考えられる。

【0076】

このように、半導体チップの厚さによって偏光比が変化するのは、m面窒化物半導体層に特有な性質である。c面窒化物半導体層からなる活性層領域を用いた場合には、360°全て強度が同一の偏光を有するので、偏光比は0で一定となる。

【0077】

図9は、偏光比が0.9に減少したときの半導体チップの厚さと、発光波長との関係を示している。波長が430 nm付近である場合、偏光比が0.9となる半導体チップ45の厚さは100 μm強である。発光波長が長くなると偏光比を0.9に維持できる半導体チップの厚さも増大し、発光波長が590 nm付近では270 μm程度となる。発光波長が480 nm付近では160 μm程度、発光波長が530 nm付近では220 μm程度となる。

【0078】

一方、図10は、発光波長と、窒化物系半導体発光素子の半導体チップの機械的強度との関係を示すグラフである。発光波長が430 nm、480 nm、530 nmおよび590 nmの光を出射するように活性層領域24の半導体の組成を決定した上で、半導体チップ45の厚さ以外が図3に示す窒化物系半導体発光素子100と同じ構造を備えた窒化物系半導体発光素子を作製し、半導体チップ45の厚さが90 μmになるように基板10を研磨し、フリップチップ実装を行った。実装によって破損したチップを数え、各発光波長において、破損しないチップの割合を求めた。

【0079】

図10から分かるように、発光波長が長くなると、破損しないチップの割合が低下している。これは、活性層領域24を構成する半導体中のInの組成比が高くなるにつれて、特に活性層領域24の機械的強度が低下するためであると考えられる。

【0080】

図11は、窒化物系半導体発光素子の半導体チップの機械的強度との関係を示すグラフである。波長が590 nmの光を出射するように活性層領域24の半導体の組成を決定した上で、半導体チップ45の厚さ以外が図3に示す窒化物系半導体発光素子100と同じ構造を備えた窒化物系半導体発光素子を作製し、半導体チップ45の厚さが90 μm、150 μm、250 μmおよび270 μmになるように基板10を研磨し、フリップチップ実装を行った。実装によって破損したチップを数え、各発光波長において、破損しないチ

10

20

30

40

50

チップの割合を求めた。

【0081】

図11から分かるように、チップが厚くなるほど、破損しないチップの割合は高くなる。したがって、半導体チップ45の機械的強度を高めるためには、半導体チップ45は厚い方が好ましいことが分かる。

【0082】

以上の実験結果から、優れた偏光特性を維持しつつ、十分な機械的強度を有する発光素子を実現するためには、偏光特性が劣化しない範囲で半導体チップ45は厚い方が好ましいことが分かる。特に、発光波長が長い窒化物系半導体発光素子では、半導体中のInの組成比が高いため、機械的強度が相対的に弱くなるが、半導体チップ45を厚くしても偏光比は低下しにくい。このため、半導体チップ45を厚くして、機械的強度を高め、かつ、優れた偏光特性を維持することができる。m面窒化物半導体層は、c面窒化物半導体層と比べて機械的強度が劣るため、m面窒化物系半導体発光素子において、良好な偏光特性を維持しつつ、機械的強度を高めることができるのは、実用的な窒化珪素系半導体素子を実現する上で重要である。

10

【0083】

また、以上の結果から明らかなように、1、2、3が青色、緑色、および赤色の波長に限られず、出射する光の波長が長いほど、半導体チップの厚さを大きくすることにより、良好な偏光特性を維持しつつ、半導体チップの機械的強度を高められることが分かる。

20

【0084】

偏光比が0.9以上であれば実用上十分な偏光が得られていると考えられるため、図8に示すように、発光波長が430nm程度の場合、半導体チップ45の厚さは110μm程度であることが好ましい。また、発光波長が590nm程度である場合には、半導体チップ45の厚さは270μm程度であることが好ましい。

【0085】

図11から分かるように、波長590nmの光を出射する窒化物系半導体発光素子100は、半導体チップ45の厚さが270μmであることによって、チップが破損しない割合は90%以上となる。これに対し、波長590nmの光を出射するが、半導体チップ45の厚さが90μmの窒化物系半導体発光素子は、破損しやすく、チップが破損しない割合は60%程度にとどまる。上述したように一般的なc面窒化物系半導体発光素子では半導体チップの厚さは100μm以下であることが一般的であるため、本発明によれば、歩留まりが1.5倍に改善するといえる。また、図8から分かるように、半導体チップ45の厚さを270μmにしても、0.9以上の偏光比でa軸に平行な偏光を出射することができることが分かる。

30

【0086】

白色光源の3原色となる典型的な青色、緑色および赤色の光は波長450nm、530nmおよび590nmである。これらの波長の光を高い偏光比で出射することが可能であり、かつ、半導体チップ45の機械的強度を確保するためには、半導体チップ45の厚さはそれぞれ、130μm、220μmおよび270μmである。ただし、半導体チップ45の機械的強度は結晶成長条件や形成する保護膜の種類は厚さなどにより変化する。このため、半導体チップ45は上記値より多少薄くても十分な強度が確保できる場合もあり、また、上記値よりも多少厚い方が好ましい場合もある。また研磨などによりチップ厚を最適化する際、研磨面の角度の傾きや厚さの面内ばらつきが生じるため、加工精度を考慮すべきである。したがって、青色、緑色および赤色の光を発光する窒化物系半導体発光素子の半導体チップ45の厚さは、上述した値の±20μmの範囲において、同様の効果が得られる。

40

【0087】

以上説明したように、本実施形態の窒化物系半導体発光素子100によれば、発光波長に応じて、半導体チップの厚さが所定の厚さに設定されているため、偏光特性に優れた光

50

を出射することができ、また、半導体チップの機械的強度を高めることができる。

【0088】

また、本実施形態の照明装置111によれば、2つ以上の窒化物系半導体発光素子100を備え、2つの窒化物系半導体発光素子100の発光波長を1および2とし、半導体チップの厚さをd1およびd2としたとき、 $1 < 2$ および $d1 < d2$ の関係を満たしている。このため、偏光特性に優れた光を出射することができ、また、半導体チップの機械的強度を高めることができる。

【0089】

また、半導体チップの機械的強度を確保することができるため、オレンジ色や赤色など従来困難であった長波長の偏光を出射する発光素子を実現することが可能となる。

10

【0090】

次に、図3および図4を参照しながら、窒化物系半導体発光素子100および照明装置111の製造方法を説明する。

【0091】

まず、図3に示すように、主面がm面である基板10を用意する。本実施形態では、基板10として、GaN基板を用いる。本実施形態のGaN基板は、例えば、HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) 法を用いて製造される。

【0092】

例えば、まずc面サファイア基板の上に数mmのオーダでGaNの厚膜を成長させる。その後、GaNの厚膜をc面に垂直であり、かつ、m面に平行な方向で切り出すことによりm面GaN基板が得られる。GaN基板の作製方法は、これに限らず、例えばナトリウムフラックス法などの液相成長やアモノサーマル法などの融液成長方法を用いてバルクGaNのインゴットを作製し、インゴットからm面を有する基板を切り出してもよい。

20

【0093】

基板10としては、GaN基板の他、例えば、酸化ガリウム、SiC基板、Si基板、サファイア基板などを用いることができる。基板の上にm面から成るGaN系半導体をエピタキシャル成長させるためには、SiC基板やサファイア基板の面方位もm面である方が好ましい。ただし、r面サファイア基板の上にa面GaNが成長することが報告されているように、mを主面とする半導体層を成長させるために、基板10の表面がm面であることは必須ではない。少なくとも活性層領域24がm面に平行であり、その結晶成長の方向がm面と垂直であればよい。

30

【0094】

本実施形態では、基板10の上に、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法により半導体積層構造20を形成していく。

【0095】

具体的には、m面を有するGaNの基板10の上に、第1導電型の半導体層22をエピタキシャル成長させる。例えば、n型不純物としてシリコンを用い、TMG ($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$)、および NH_3 を原料として供給し、1100の成長温度で、GaNからなる厚さ3 μm の第1導電型の半導体層22を形成する。

40

【0096】

次に、第1導電型の半導体層22上に、活性層領域24を形成する。活性層領域24は、例えば、厚さ9nmの $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 井戸層と、厚さ9nmのGaNバリア層が交互に積層された厚さ81nmの GaInN/GaN 多重量子井戸(MQW)構造を有している。 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 井戸層を形成する際には、Inの取り込みを行うために、成長温度を800に下げることが好ましい。窒化物系半導体発光素子100の用途に応じて発光波長を選択し、波長に応じたIn組成xを決定する。波長を450nm(青色)にする場合にはIn組成xを0.18~0.2に決定する。520nm(緑色)であれば $x = 0.29 \sim 0.31$ であり、630nm(赤色)であれば $x = 0.43 \sim 0.44$ となる。このIn組成の制御によって照明装置111に用いる、青色、緑色および赤色を発光する窒化物

50

系半導体発光素子 100 が得られる。

【0097】

次に、活性層領域 24 の上に、例えば厚さ 30 nm のアンドープ GaN 層を堆積する。アンドープ GaN 層の上に、第 2 導電型の半導体層 26 を形成する。例えば、p 型不純物として Cp_2Mg (シクロペンタジエニルマグネシウム) を用い、TMG、TMA および NH_3 を原料として供給し、1100 の成長温度で、厚さ 70 nm の $p-Al_{0.14}Ga_{0.86}N$ からなる第 2 導電型の半導体層 26 を形成する。

【0098】

次に、第 2 導電型の半導体層 26 上に、 Cp_2Mg をドーパントとして用い、例えば厚さ $0.5 \mu m$ の p-GaN コントクト層を堆積する。

10

【0099】

その後、塩素系ガスを用いてドライエッチングを行うことにより、p-GaN コントクト層、第 2 導電型の半導体層 26、アンドープ GaN 層、活性層領域 24 および第 1 導電方の半導体層 22 の一部を除去して凹部 42 を形成し、第 1 導電方の半導体層 22 の一部を露出させる。

【0100】

次いで、凹部 42 の底部に位置し、露出した第 1 導電型の半導体層 22 の一部上に、第 1 導電型の電極 40 として、Ti/Pt 層を形成する。また、p-GaN コントクト層上に第 2 導電型の電極 30 として Mg/Pt 層を形成する。その後、熱処理を行って、Ti/Pt 層と第 1 導電型の半導体層 22、および、Mg/Pt 層と p-GaN コントクト層を合金化させ、第 1 導電型の半導体層 22 および p-GaN コントクト層にそれぞれオーミック接合した第 1 導電型の電極 40 および第 2 導電型の電極 30 を得る。

20

【0101】

その後、レーザーリフトオフ、エッチング、研磨などの方法を用いて、半導体チップ 45 が発光波長に応じた所定の厚さになるように、基板 10 の一部を除去する。半導体チップ 45 の厚さが所定の値となる限り、基板 10 は全部除去してもよい。また、第 1 導電型の半導体層 22 の一部も除去されていてもよい。あるいは、基板 10 は除去されていなくてもよい。以上の工程により、窒化物系半導体発光素子 100 が完成する。

【0102】

照明装置 111 を作製する場合、図 4 に示すように、セラミック基板などからなる支持基板 50 上に波長の異なる 3 種類の窒化物系半導体発光素子 100 フリップチップ実装する。このとき、3 種類の窒化物系半導体発光素子 100 から出射する光の偏光方向が一致するように、窒化物系半導体発光素子 100 を支持基板 50 上配置することが好ましい。あるいは、発光する光に応じて、偏光方向が異なるように窒化物系半導体発光素子 100 を支持基板 50 上配置してもよい。

30

【0103】

(第 2 の実施形態)

以下、図面を参照しながら、本発明による照明装置の他の実施形態を説明する。図 12 は、照明装置 112 の構造を模式的に示している。図 12 に示すように、照明装置 112 は、第 1 の実施形態の 2 つの窒化物系半導体発光素子 100 と、AlGaInP 系発光素子 71 と偏光フィルタ 72 とを備えている。2 つの窒化物系半導体発光素子 100 はそれぞれ青色領域の波長 λ_1 の光および緑色領域の波長 λ_2 の光を出射する。また、2 つの窒化物系半導体発光素子 100 の半導体チップ 45 の厚さはそれぞれ d_1 、 d_2 である。第 1 の実施形態で説明したように $\lambda_1 < \lambda_2$ および $d_1 < d_2$ の関係を満たしている。

40

【0104】

AlGaInP 系発光素子 71 は赤色領域の波長の光を出射する。しかし AlGaInP 系発光素子 71 は偏光特性を有しないため、AlGaInP 系発光素子 71 から出射する光が透過する位置に偏光フィルタ 72 が配置されている。

【0105】

照明装置 112 は好ましくは支持基板 50 をさらに備え、2 つの窒化物系半導体発光素

50

子100およびAlGaInP系発光素子71が支持基板50に支持されている。より好ましくは、2つの窒化物系半導体発光素子100から出射する光の偏光方向と偏光フィルタ72の偏光方向とが一致するように、窒化物系半導体発光素子100およびAlGaInP系発光素子71が支持基板50に支持されている。

【0106】

m面上に形成された活性層領域24(図3)にはピエゾ電界が発生しないため、In組成を増加させても発光効率の低下が抑制される。しかし、赤色領域、つまり、650nm程度の波長の光を出射する活性層領域24を備えた窒化物系半導体発光素子100は、青色や緑色領域の光を出射する窒化物系半導体発光素子100よりも出力が小さい場合がある。このような場合には発光効率の高いAlGaInP系発光素子71を用いることによ

10

【0107】

また、第1の実施形態で説明したように、青色や緑色領域の光を出射する窒化物系半導体発光素子100は、発光波長に応じて、半導体チップ45の厚さが所定の厚さに設定されているため、偏光特性に優れた光を出射することができ、また、半導体チップの機械的強度を高めることができる。

【0108】

(第3の実施形態)

以下、図面を参照しながら、本発明による液晶表示装置の実施形態を説明する。本発明の窒化物系半導体発光素子は偏光を出射する。このような偏光は液晶表示装置のバックライトとして好適に用いられる。ここでは、本発明の窒化物系半導体発光素子を用いた液晶表示装置の実施形態を説明する。図13(a)および図13(b)は液晶表示装置113の概念的な斜視図および断面図を示している。液晶表示装置113は、照明装置114と液晶パネル501とを備える。液晶パネル501は筐体512に支持されており、筐体512内に液晶表示装置113が配置されている。照明装置114は、扁平な直方体状の筐体511にマトリクス状に配置された複数の照明ユニット509を含む。

20

【0109】

なお、本実施形態では、液晶パネル501は照明装置114の筐体511と別な筐体512により支持されている。これは、液晶パネル501と照明装置114とが別々に製造され、液晶パネル501のみで搬送する必要があるからである。液晶パネル501と照明装置114とを同じ場所で製造し、液晶表示装置を完成させる場合には、1つの筐体に液晶パネルと照明装置とを支持してもよい。

30

【0110】

本実施形態においては、液晶パネル501の裏面にバックライトを配置して、バックライトの光をほぼ直接照射する「直下型」について述べた。しかし本発明はこのような構成に限られず、液晶パネル501の額縁部分にバックライトを装着し、光を導光板と拡散板で液晶パネルに導いて照射する「エッジライト型」にも本発明を適用することができる。

40

【0111】

図14は、照明ユニット509の断面構造を示す模式図である。照明ユニット509は、パッケージ202と3つの窒化物系半導体発光素子100を含む。パッケージ202は開口および内空間を有しており、支持基板50として機能するパッケージ202の底部にランプ203が形成されている。パッケージ202の底部は例えば、絶縁性が高く、熱伝導性の高い材料により形成されており、本実施形態ではセラミック基板からなる。パッケージ202他の部分は絶縁性があり、形成しやすくかつ接着性の高いものが好ましく、本実施形態ではエポキシ樹脂によって形成されている。

【0112】

3つの窒化物系半導体発光素子100はパッケージ202の内空間に収められ、窒化物

50

系半導体発光素子100の第1導電型電極40および第2導電型電極30がバンプ203にフリップチップボンディングにより接合されている。バンプ203は導電性の高い材料によって形成されており、本実施形態では金からなる。これにより、3つの窒化物系半導体発光素子100が第1の実施形態で説明した照明装置111を構成している。なお、本実施形態では、3つの窒化物系半導体発光素子100を用いて照明ユニットを構成しているが、第2の実施形態として説明した照明装置112を照明ユニットとして用いてもよい。

【0113】

3つの窒化物系半導体発光素子100は第1の実施形態で詳細に説明したようにそれぞれ青色、緑色および赤色の偏光を出射するように活性層領域24の半導体組成が選択されている。また、3つの窒化物系半導体発光素子100から出射する光の偏光方向が一致するように3つの窒化物系半導体発光素子100は配置されている。例えば、3つの窒化物系半導体発光素子100の側面が互いに平行になるように配置することによって、3つの窒化物系半導体発光素子100からそれぞれ出射する光の偏光方向を互いに一致させる。

【0114】

パッケージ202の裏面には導電性の高い材料からなる配線204が設けられており、パッケージ202の底部を貫通してバンプ203に電氣的に接続されている。

【0115】

パッケージ202の開口には光学レンズ205が設けられており、光学レンズ205の外側が封止部材206によって封止されている。光学レンズ205は、凸レンズ、フレネルレンズ、ホログラムのような発散された光を平行にするものであればよく、本実施形態ではシリンダリカルフレネルレンズを使用した。なお、3つの窒化物系半導体発光素子100のそれぞれは、対応する光学レンズ205の焦点位置付近に発光面が位置するように配置することが好ましい。これにより、3つの素子から出射する光が全て光学レンズ205により、正確に平行光にすることができるからである。具体的には、支持基板50の素子を配置する領域に素子の大きさに応じて凹部を設け、その凹部に窒化物系半導体発光素子100を配設すればよい。凹部の深さは、3つの窒化物系半導体発光素子100の半導体チップ45のそれぞれの厚さに応じた値に設定すればよい。封止部材206には、シリコン、フッ素系樹脂、エポキシ樹脂などを用いることができる。

【0116】

照明ユニット509の外形は、光学レンズ205と平行な面が0.3mm~2mm×0.3mm~2mm程度の矩形であることが実用的である。本実施形態においては、1mm×1mmの大きさを有している。また、3つの窒化物系半導体発光素子100が配置されて平面上において、最も離れた2つの窒化物系半導体発光素子100の距離に対して、照明ユニット509のパッケージ202の内空間の高さ208が5~6倍であれば、3つの窒化物系半導体発光素子100から出射する光が十分に混色し、白色光となる。

【0117】

配線204に電圧が印加されると、3つの窒化物系半導体発光素子100が同時に発光し、光学レンズ205により平行光に変換されて白色光が出射する。この白色光は第1の実施形態で説明したように一方向に偏光している。3つの窒化物系半導体発光素子100に印加する電力を調整することにより照明ユニット509の発光強度を調節することができる。

【0118】

なお、照明ユニット509において、出射する光の色度を調節するために、窒化物系半導体発光素子100と光学レンズ205との間、光学レンズ205と封止部材206との間、あるいは封止部材206の外側に蛍光体を配置してもよい。また、光学レンズ205と封止部材206の配置の順序を変えてもよいし、他の光学レンズや封止部材をさらに設けてもよい。また、光学レンズ205に封止部材206の機能をもたせ、封止部材206を省略してもよい。

【0119】

10

20

30

40

50

また、照明ユニット509では、3つの窒化物系半導体発光素子100は1つのパッケージ内に収納されているが、個別のパッケージに収納された窒化物系半導体発光素子100を用いてもよい。例えば、図15(a)に示す照明ユニット509'を照明装置114に用いてもよい。照明ユニット509'は青色、緑色および赤色の偏光を発光する窒化物系半導体発光素子301、302および303がそれぞれ実装された発光ユニット510B、510Gおよび510Rと、ハーフミラー212と、光学レンズ211とを備えている。

【0120】

図15(b)は、発光ユニット510Bの断面構造を模式的に示している。発光ユニット510Bはパッケージ202を含む。照明ユニット509と同様、パッケージ202は、開口および内空間を有しており、支持基板50として機能するパッケージ202の底部に bumps 203 が形成されている。窒化物系半導体発光素子301はパッケージ202の内空間に収められ、窒化物系半導体発光素子301の第1導電型電極40および第2導電型電極30が bumps 203 にフリップチップボンディングにより接合されている。パッケージ202の裏面には配線204が設けられており、パッケージ202の底部を貫通して bumps 203 に電気的に接続されている。パッケージ202の開口には光学レンズ205が設けられており、光学レンズ205の外側が封止部材206によって封止されている。発光ユニット510Gおよび510Rも同様の構造を備えている。

10

【0121】

図15(a)に示すように、発光ユニット510Bから出射する平行光でかつ偏光した青色の光は、2つのハーフミラー212を透過し、光学レンズ211に入射する。発光ユニット510Gおよび510Rからそれぞれ出射する平行光でかつ偏光した緑色および赤色の光は、ハーフミラー212で反射し、光学レンズ211に入射する。これにより、光学レンズ211が青色、緑色および赤色の光を集光し、混合することによって、平行光であり白色の偏光が出射する。出射する白色光が平行光となるように、必要に応じて光学系205を設けてもよい。発光ユニット510B、510Gおよび510Rから出射する光の偏光方向が一致するように、発光ユニット510B、510Gおよび510Rは配置されている。

20

【0122】

本実施形態では、液晶表示装置113は32インチサイズである。照明装置114において、照明ユニット509は縦方向に5個、横方向に8個配列されている。照明ユニット509は5×8個すべての偏光の方向が同じになるように配置されている。

30

【0123】

図13(a)および(b)に示すように、照明装置114は、マトリクス状に配置され複数の照明ユニット509から出射する光が透過するように配置された光学シート507および光学板508を備える。

【0124】

光学板508は光入射面508aと光出射面508bとを備え、照明ユニット509から出射する光を光入射面508aから光出射面508bに偏光を維持したまま導き、光学シート507を介して液晶パネル501へ向けて出射する。照明ユニット509からはP偏光の光が平行光で出射される。液晶パネル501は一对の偏光板502、503と、偏光板502、503にはされた液晶基板505とを含み、偏光板503はP偏光のみを透過するように設計されている。また、照明装置114から出射する光の偏光方向は偏光板503の偏光方向と一致している。このため、照明装置114の照明ユニット509から出射した光を、非常に効率よく透過することができる。偏光板503を透過した光は液晶基板505において、画像データに基づき、表示画素ごとに液晶の配向により偏光方向が回転し、偏光板502と偏光の方向が一致した画素から光が出射する。

40

【0125】

光学板508は1~3mm程度の厚さを有し、アクリル系樹脂のメタクリルスチレン(MS)、ポリカーボネート(PC)、ゼオノア等の樹脂からなる。光学板508には、少量

50

のシリカなどの拡散材が添加されていてもよい。

【0126】

また、拡散材を添加する替わりに、図16(a)に示すように、片面に凹凸が設けられた光学板701または、図16(b)に示すように両面に凹凸が設けられた光学板702を用いてもよい。このように光を拡散する理由は照明装置114から出射する光の均斉度を高めるためである。したがって、照明ユニット509から出射する光の光量に差がなく均一に発光しているのであればこのような拡散手段は不要である。本実施形態においては、シリカが少量混入された2mm厚の亚克力板を光学板508として使用する。

【0127】

光学シート507は、数十 μm から数百 μm の厚さを有し、光学板508と同様、少量シリカなどの拡散材が混入された亚克力などの樹脂からなる。本実施形態においては、少量のシリカが添加された150 μm の厚さの拡散シートを使用した。シリカにより、光学板508による光を若干拡散させることで均斉度の向上を調整している。

【0128】

このように均斉度を高めるために光学板508および光学シート507を使用しているため、マトリクス状に配置された照明ユニット509から出射する光の均斉度が基準値以上であれば、光学板508および光学シート507の少なくとも一方を省略してもよい。逆に、マトリクス状に配置された照明ユニット509から出射する光の均斉度が低い場合には、光学シート507を複数用いてもよい。

【0129】

また、光学板508および光学シート507は、液晶パネル501の偏光板503から反射された光の偏光を変化させて反射する役割も果たす。シリカが混入されたり、上面、または両面に凹凸にあることによって偏光を変化させて反射する効果が向上する。

【0130】

本実施形態の液晶表示装置では、照明装置114における光学板508と光学シート507との間に偏光を制御する光学部品を設置する必要がなく、簡単な光学板508および光学シート507のみを備えることによって部品点数が少なく、かつ正面輝度や輝度効率が高い照明装置504を実現できることが特長である。さらに、照明ユニット509から出射する光の偏光性が映像の画質に影響を及ぼさないほど高いときは偏光板503を使用しなくてもよい。これにより、さらに部品点数を少なくすることができ、製造コストを削減することができる。

【0131】

なお、均斉度を向上させるためには、照明装置の出射面における窒化物系半導体発光素子の発光領域の占める割合を高めることが重要である。このためには、照明ユニット509間の間隔をできるだけ短くする。例えば、図14に示す照明ユニット509において、パッケージ202の裏面に設けられた配線204がパッケージ202からはみ出ないように構成することによって、図17に示すように、筐体511内において、複数の照明ユニット509を隙間なくマトリクス状に配置し、均斉度を高めることができる。この場合、光学板508や光学シート507を用いなくても高い均斉度を有する照明装置が実現する。

【0132】

図18は、5×8で照明ユニット509が配列された照明装置114において、照明ユニット509の各々を独立に制御できるように点灯回路を配置した照明装置114の駆動回路の一例を示している。

【0133】

このように個々の照明ユニット509の光量を制御することによって、液晶パネル113に表示される映像のコントラストを高めるとともにエネルギーを節減することができる。

【0134】

上記実施形態では、照明ユニット509をマトリクス状に配置していた。しかし、照明

10

20

30

40

50

ユニット509から出射する光の強度が高い場合には、照明ユニット509の数を減らしたバックライトとして機能する表示装置を実現してもよい。

【0135】

図19(a)は、本実施形態の液晶表示装置に用いられる他の照明装置115の構造を模式的に示している。照明装置115は複数の照明部116を備えている。図19(b)は照明部116の構造を模式的に示している。照明部116は、導光板521と、一对の照明ユニット509とを備える。

【0136】

導光板521は例えば液晶パネル501の横方向の長さと同程度の長さを有している。導光板521の両端には、照明ユニット509が配置され、照明ユニット509から出射する光が導光板521内を透過する。導光板521は1~3mm程度の厚さを有し、アクリル系樹脂のメタクリルスチレン(MS)、ポリカボネート(PC)、ゼオノア等の樹脂でからなる。本実施形態では2mm厚のアクリル板を用いた。導光板521内には光路変換素子522が所定の間隔で複数配置されている。光路変換素子522は、導光板521内透過する光の一部を垂直に反射し、導光板521の表面から出射させる。光路変換素子522は、例えば、ホログラムやハーフミラーなどからなる。本実施形態ではホログラムを用いる。このような構成によって、照明ユニット509から出射する光の偏光を保ちながら導光板521の主面から偏光を出射することができる。

【0137】

照明装置115は液晶パネル501の縦方向に複数の照明部116を備える。照明部116の数や、導光板521に設ける光路変換素子522の数は、照明ユニット509から出射する光の強度、照明装置115に求められる光の強度、出射する光の均斉度に応じて決定される。本実施形態では5つの照明部116が照明部116の長手方向に対して垂直な方向に配列されている。これにより、5つの照明部116の主面から同じ方向に偏光した光が出射する。均斉度の向上や液晶パネルから反射された光をもう一度反射するために光学板508や光学シート507を使用してもよい。

【0138】

照明装置115を用いた場合でも、従来必要であったレンズシート406および輝度上昇フィルムを省略できるため、製造コストを低減し、光の利用効率が高く、低消費電力の液晶表示装置が実現する。

【0139】

なお、本実施形態の照明装置114に用いられる照明ユニット509や509'や発光ユニット510B、510G、510Rは、液晶表示装置以外の照明に用いてもよい。第1の実施形態で説明したように、青色、緑色および赤色を発光する窒化物系半導体素子に与える電力を調節することによって、一方向に偏光した任意の波長の可視光を出射することができる。種々の用途に使用することができる。

【0140】

また、上記第1から第3の実施形態の窒化物系半導体素子や照明装置において、波長変換のための蛍光物質を設けてもよい、これにより、波長帯域の拡大した光を出射することができる。

【産業上の利用可能性】

【0141】

本発明によれば、ダイシングや実装時のチップ破損率を低減しながら、照明装置として十分な偏光比を実現することが可能となる。したがって、従来、機械的強度の悪さから積極的な利用が困難であった、m面基板上で結晶成長させたGaN系半導体発光素子を種々の分野における光源として使用することができる。また、偏光特性を生かした、高効率で低コストな照明装置や液晶表示装置を実現できる。

【符号の説明】

【0142】

10 基板(GaN系基板)

10

20

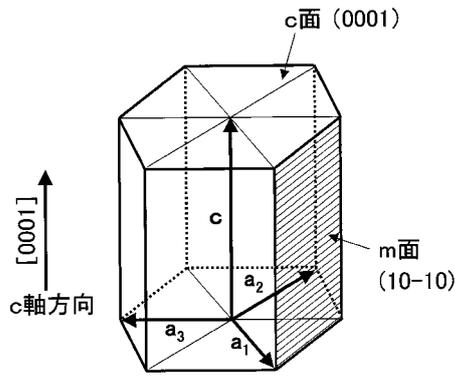
30

40

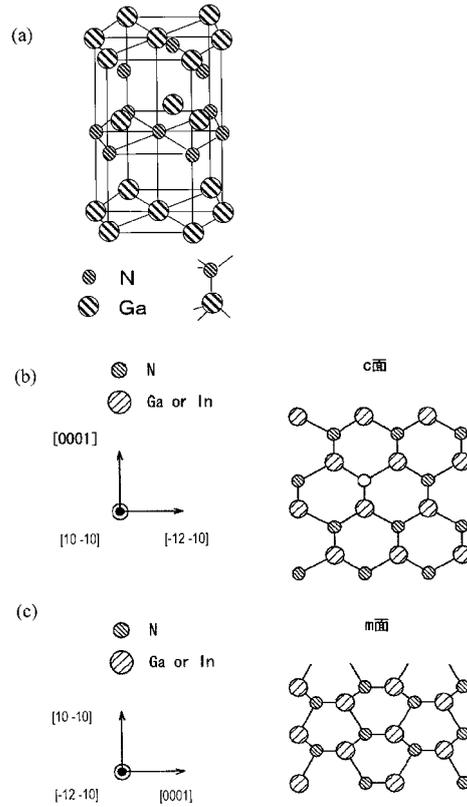
50

1 2	表面 (m 面)	
2 0	半導体積層構造	
2 2	第 1 導電型の半導体層	
2 4	活性層領域	
2 6	第 2 導電型の半導体層	
3 0	第 1 導電型電極	
4 0	第 2 導電型電極	
4 2	凹部	
5 0	支持基板	
6 1	電源	10
6 2	実装基板	
6 3	偏光板	
6 4	対物レンズ	
6 5	カメラ	
6 6	検出部	
6 7	シリコンディテクター	
7 1	A l G a I n P 系発光素子	
7 2	偏光フィルタ	
1 0 0、3 0 1、3 0 2、3 0 3	窒化物系半導体発光素子	
1 1 1、1 1 2、1 1 4	照明装置	20
1 1 3	液晶表示装置	
2 0 2	パッケージ	
2 0 3	バンク	
2 0 4	配線	
2 0 5	光学レンズ	
2 0 6	封止部材	
5 0 1	液晶パネル	
5 0 2、5 0 3	偏光板	
5 0 7	光学シート	
5 0 8、7 0 1、7 0 2	光学板	30
5 1 1、5 1 2	筐体	
5 2 1	導光板	
5 2 2	光路変換素子	

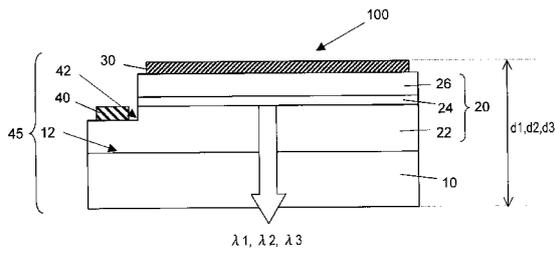
【圖 1】



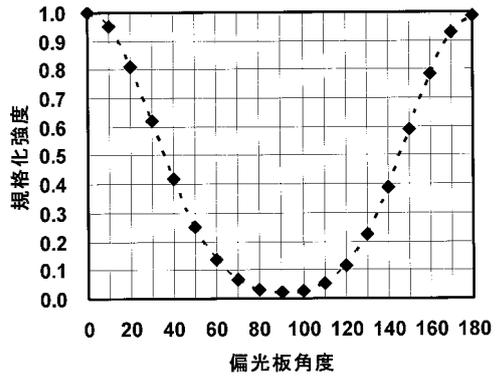
【圖 2】



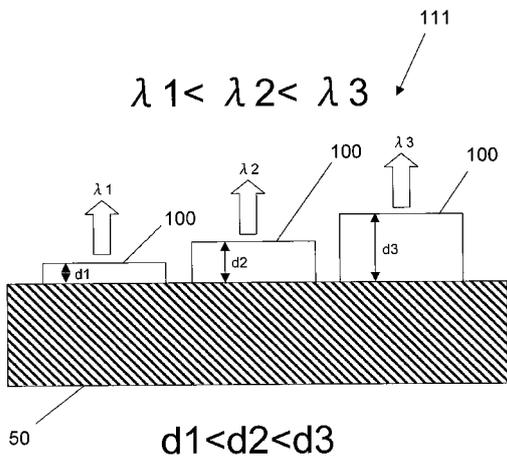
【圖 3】



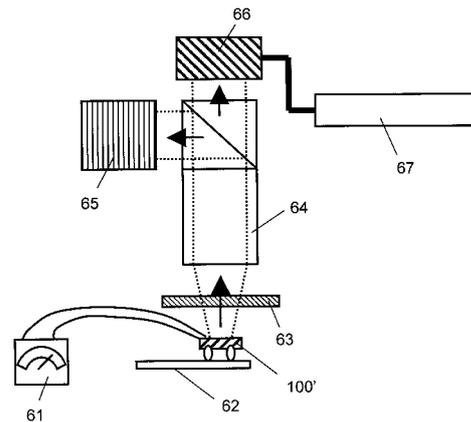
【圖 5】



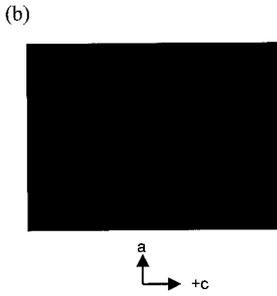
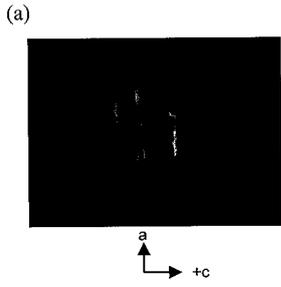
【圖 4】



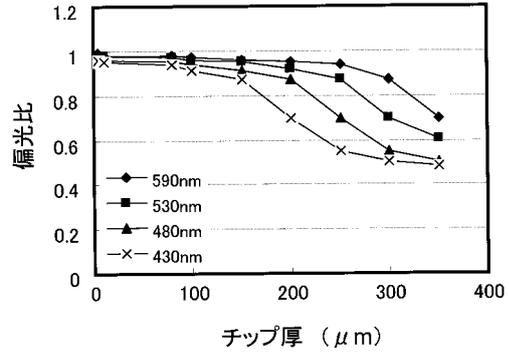
【圖 6】



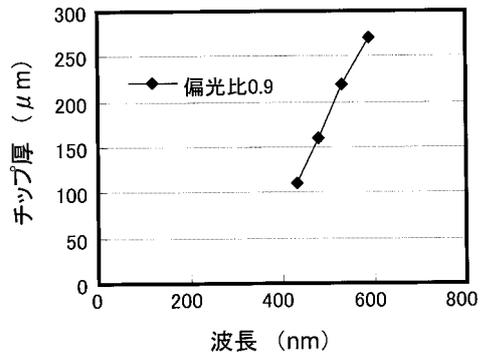
【図7】



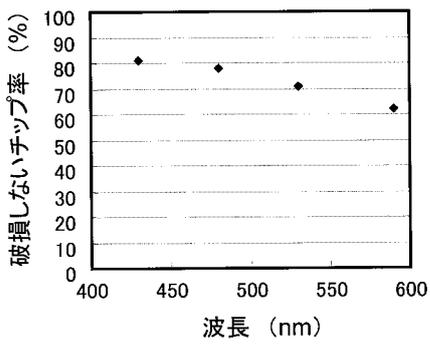
【図8】



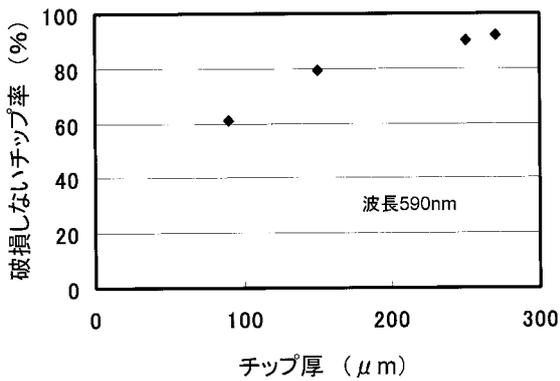
【図9】



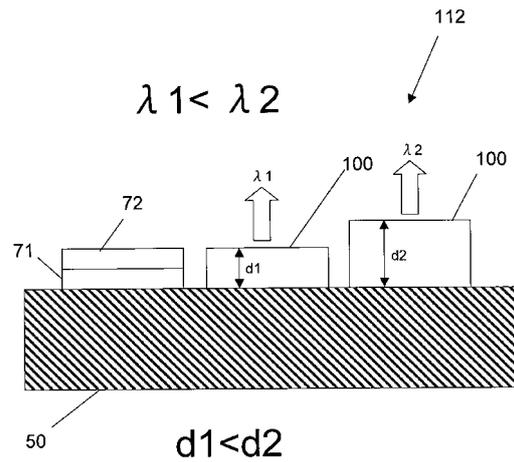
【図10】



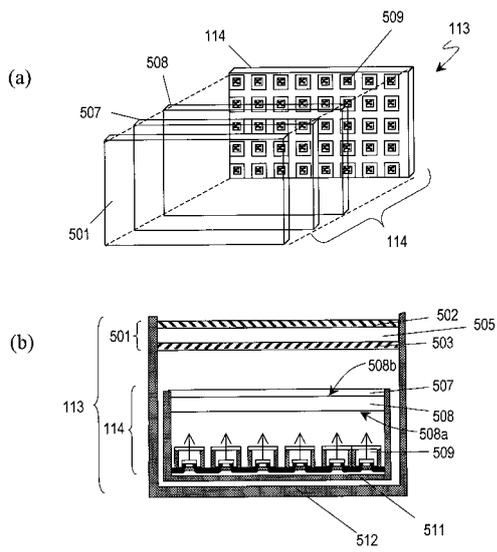
【図11】



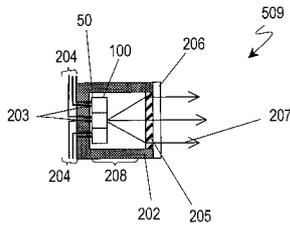
【図12】



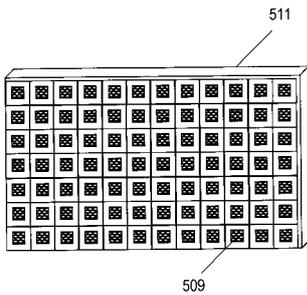
【 図 1 3 】



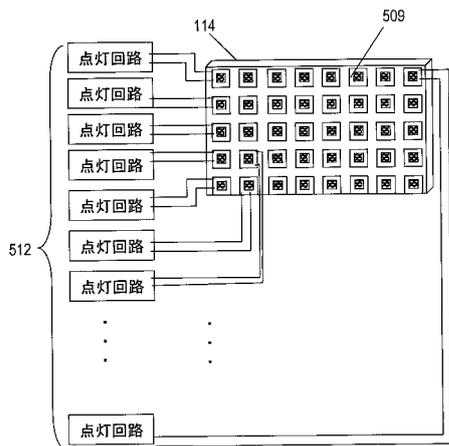
【 図 1 4 】



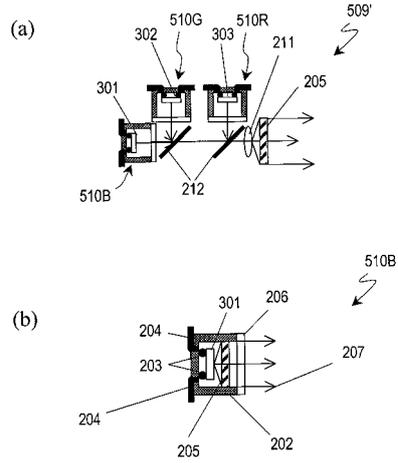
【 図 1 7 】



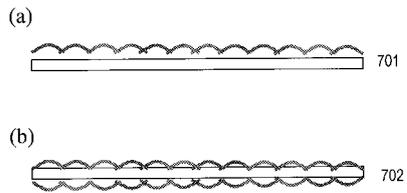
【 図 1 8 】



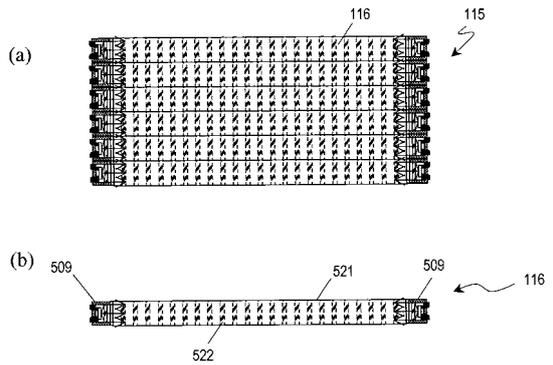
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 大屋 満明
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 山田 篤志
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 矢野 正
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

審査官 岡田 吉美

- (56)参考文献 特開2008-218645(JP,A)
特開2001-168388(JP,A)
特開2007-142484(JP,A)
特開平07-169715(JP,A)
特開平05-166923(JP,A)
特開2007-115663(JP,A)
特開2008-235804(JP,A)
特開2009-021643(JP,A)
特開2008-305962(JP,A)
特開2009-044067(JP,A)
特表2008-544552(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00 - 33/64