

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2011-508450

(P2011-508450A)

(43) 公表日 平成23年3月10日(2011.3.10)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
H O 1 L 33/50 (2010.01) H O 1 L 33/00 4 1 0 5 F O 4 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2010-540738 (P2010-540738)	(71) 出願人	505005049
(86) (22) 出願日	平成20年12月9日 (2008.12.9)		スリーエム イノベイティブ プロパティ
(85) 翻訳文提出日	平成22年6月25日 (2010.6.25)		ズ カンパニー
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/086060		アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133
(87) 国際公開番号	W02009/085594		-3427, セント ポール, ポスト オ
(87) 国際公開日	平成21年7月9日 (2009.7.9)		フィス ボックス 33427, スリーエ
(31) 優先権主張番号	61/009,424		ム センター
(32) 優先日	平成19年12月28日 (2007.12.28)	(74) 代理人	100099759
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100122965
			弁理士 水谷 好男
		(74) 代理人	100141162
			弁理士 森 啓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 均一な波長の発光を伴う下方変換された光源

## (57) 【要約】

光源の配列が半導体波長コンバータに取り付けられる。それぞれの光源は、対応するピーク波長で発光し、光源の配列は、ピーク波長の第1の範囲によって特徴付けられる。この半導体波長コンバータは、光源の配列によってポンピングされたときに、ピーク波長の第2の範囲によって特徴付けられる。ピーク波長の第2の範囲は、ピーク波長の第1の範囲より狭い。この半導体波長コンバータは、光源の最長ピーク波長より長い波長を有する吸収端によって特徴付けられる。この波長コンバータは、また、延長された光源からの出力における波長の変動を低減するためにも使用できる。

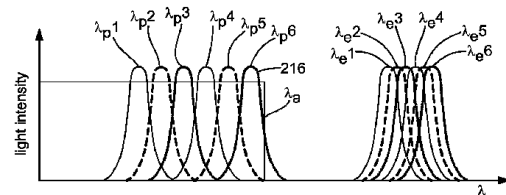


Fig. 2C

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

それぞれの光源が対応するピーク波長で発光することができ、前記光源の配列がピーク波長の第 1 の範囲によって特徴付けられる、光源の配列と、

前記光源の配列に取り付けられた半導体波長コンバータウェハーが、前記光源の配列からの光によってポンピングされたときにピーク波長の第 2 の範囲によって特徴付けられ、前記ピーク波長の第 2 の範囲が前記ピーク波長の第 1 の範囲より狭く、前記半導体波長コンバータウェハーが、前記光源の最長ピーク波長より長い波長を有する吸収端によって特徴付けられる、半導体波長コンバータウェハーと、を具備する、光デバイス。

**【請求項 2】**

前記光源の配列が発光ダイオード (LED) の配列を備える、請求項 1 に記載のデバイス。

**【請求項 3】**

前記 LED がウェハー上にモノリシックに統合される、請求項 2 に記載の装置。

**【請求項 4】**

前記 LED が GaN 系 LED である、請求項 2 に記載のデバイス。

**【請求項 5】**

前記半導体波長コンバータウェハーが、II-VI 多層半導体波長コンバータウェハーを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

**【請求項 6】**

前記光源が、ウェハー上にモノリシックに統合された GaN 系 LED を備える、請求項 5 に記載のデバイス。

**【請求項 7】**

前記吸収端が、前記最長ピーク波長に関連した光源によって発せられる光の少なくとも約 95% が前記吸収端波長より短い波長を有するように設定される、請求項 1 に記載のデバイス。

**【請求項 8】**

前記吸収端が、前記最長ピーク波長に関連した光源によって発せられる光の少なくとも約 99% が前記吸収端波長より短い波長を有するように設定される、請求項 1 に記載のデバイス。

**【請求項 9】**

前記光源の配列が第 1 の発光強度プロファイルによって特徴付けられ、前記半導体波長コンバータが、前記第 1 の発光強度プロファイルに実質的に比例する第 2 の発光強度プロファイルによって特徴付けられる、請求項 1 に記載のデバイス。

**【請求項 10】**

前記波長コンバータが前記光源の配列に接着によって取り付けられる、請求項 1 に記載のデバイス。

**【請求項 11】**

前記波長コンバータが前記光源の配列に光学的に結合される、請求項 1 に記載のデバイス。

**【請求項 12】**

発光エリアを有する延長された光源が、前記発光エリアに関連したピーク波長の第 1 の空間的変動によって特徴付けられ、相対的発光の第 1 の空間的変動が発光エリアと関連して強度を増す、延長された光源と、

前記延長された光源の前記発光エリアに取り付けられた半導体波長コンバータが出力面を有し、前記半導体波長コンバータが前記延長された光源からの光によってポンピングされたときに、前記外面に関連したピーク波長の第 2 の空間的変動によって特徴付けられ、前記ピーク波長の第 2 の空間的変動が前記ピーク波長の第 1 の空間的変動より小さく、前記半導体波長コンバータが、前記延長された光源からの光によってポンピングされたときに、前記外面と関連した相対的発光強度の第 2 の空間的変動によって更に特徴付けられ、

10

20

30

40

50

前記相対的発光強度の第２の変動が、前記相対的な発光強度の第１の空間的変動と実質的に比例する、半導体波長コンバータと、を具備する、光デバイス。

【請求項１３】

前記延長された光源が発光ダイオード（ＬＥＤ）である、請求項１２に記載のデバイス。

【請求項１４】

前記ＬＥＤがＧａＮ系ＬＥＤである、請求項１３に記載のデバイス。

【請求項１５】

前記半導体波長コンバータウェハーが、ＩＩ－ＶＩ多層半導体波長コンバータを備える、請求項１２に記載のデバイス。

10

【請求項１６】

前記延長された光源によって発せられる光の少なくとも約９５％が前記吸収端波長より短い波長を有するように、ある波長で設定された吸収バンドによって半導体波長コンバータが特徴付けられる、請求項１２に記載のデバイス。

【請求項１７】

前記延長された光源によって発せられる光の少なくとも約９９％が前記吸収端波長より短い波長を有するように、ある波長で前記吸収バンドが設定される、請求項１６に記載のデバイス。

【請求項１８】

前記半導体波長コンバータが前記延長された光源に接着によって取り付けられる、請求項１２に記載のデバイス。

20

【請求項１９】

前記半導体波長コンバータが前記延長された光源に光学的に結合される、請求項１２に記載のデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は発光ダイオードに関するものであり、特に、ＬＥＤの発光する光の波長を変換する波長コンバータを含む発光ダイオード（ＬＥＤ）に関するものである。

【背景技術】

30

【０００２】

発光ダイオード（ＬＥＤ）は、一般に、ＭＯＣＶＤのような化学蒸着プロセスを使用して半導体ウェハー上に作製される。ＭＯＣＶＤ製作でのウェハー温度はかなり高く、約８００～１０００であり、これは、ウェハー全体に一樣の問題をもたらす場合がある。ウェハー全体の温度が均一でないことがこれらの問題の原因である場合があり、いくつかの特定の材料の組み合わせでは、構成材料の１つ以上を再蒸発させるためにプロセス温度が十分でない場合がある。例えば、ＧａＩｎＮ青色／緑色で発光するＬＥＤのようなインジウムを使用する窒化物系ＬＥＤの場合、プロセス温度がインジウムの再蒸発温度より高く、結果として、インジウムの留分がウェハー全体に均一でない。このインジウムの留分の不均一性は、ウェハー全体のＬＥＤデバイスの出力波長における不均一性を結果的にもたらす。

40

【０００３】

このウェハーから製造され結果として得られたＬＥＤデバイスを試験し、波長にしたがってビニングする必要があるため、この出力波長の変動はＬＥＤ製造コストを著しく増す。また、ＬＥＤの使用者は、ピーク波長の変動を許容するシステムを設計するか、若しくはＬＥＤビニングのプレミアムコストを支払うかのどちらかをしなくてはならない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

したがって、ウェハー全体のＬＥＤデバイスの波長の不均一性を低減する必要がある。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明の一実施形態は、光源の配列と半導体波長コンバータとを有する光デバイスを目的とする。それぞれの光源は、対応するピーク波長で発光することができ、光源の配列は、ピーク波長の第1の範囲によって特徴付けられる。半導体波長コンバータは、光源の配列に取り付けられる。半導体波長コンバータは、光源の配列からの光によってポンピングされたときにピーク波長の第2の範囲によって特徴付けられる。ピーク波長の第2の範囲は、ピーク波長の第1の範囲より狭い。この半導体波長コンバータは、光源の最長ピーク波長より長い波長を有する吸収端によって特徴付けられる。

## 【0006】

本発明の別の実施形態は、発光エリアを有する延長された光源を含む光デバイスを目的とする。この延長された光源は、発光エリアに関連づけられるピーク波長の第1の空間的変動と、発光エリアに関連づけられる相対的発光強度の第1の空間的変動とによって特徴付けられる。この延長された光源の発光エリアに、半導体波長コンバータが取り付けられる。この半導体波長コンバータは、出力面を有する。この半導体波長コンバータは、延長された光源からの光によってポンピングされたときに、出力表面と関連づけられるピーク波長の第2の空間的変動によって特徴付けられる。ピーク波長の第2の空間的変動は、ピーク波長の第1の空間的変動より小さい。半導体波長コンバータは、延長された光源からの光によってポンピングされたときの出力表面と関連づけられる相対的発光強度の第2の空間的変動によって更に特徴付けられる。相対的発光強度の第2の空間的変動は、相対的発光強度の第1の空間的変動とほぼ比例する。

## 【0007】

本発明の上記の概要は、本発明の各図示の実施形態又は全ての実施を説明しようとするものではない。下記の図面及び発明を実施するための形態は、これらの実施形態を更に詳しく例示する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0008】

添付の図面と共に以下の本発明の様々な実施形態の詳細な説明を検討することで、本発明はより完全に理解され得る。

【図1A】実施例による光源の配列を図によって表わす。

【図1B】位置の関数としての光源のピーク波長の変動を図によって表わす。

【図1C】異なる光源から得たスペクトルを図によって表わす。

【図1D】光源の配列に対する出力強度のプロファイルを図によって表わす。

【図2A】本発明の原則による、波長コンバータを伴う光源の配列の一実施例を図によって表わす。

【図2B】位置の関数としての、ポンプ光のピーク波長及び変換された光のピーク波長の変動を図によって表わす。

【図2C】異なるポンプスペクトル及び異なる変換光スペクトルを図によって表わす。

【図2D】波長コンバータの異なる実施形態でのポンプ光及び変換された光の強度のプロファイルを図によって表わす。

【図2E】波長コンバータの異なる実施形態でのポンプ光及び変換された光の強度のプロファイルを図によって表わす。

【図3】多層半導体波長コンバータの実施形態を図によって表わす。

【図4】LEDウェハーから測定されたスペクトルを表す。

【図5】半導体波長コンバータから測定された光ルミネセンスを表す。

【図6A】本発明の原則による、波長コンバータを伴う延長された光源の一実施例を図によって表わす。

【図6B】位置の関数としての、ポンプ光のピーク波長及び変換された光のピーク波長の変動を図によって表わす。

【図6C】異なるポンプスペクトル及び異なる変換光スペクトルを図によって表わす。

【図 6 D】波長コンバータの異なる実施形態でのポンプ光及び変換された光の強度プロファイルを図によって表わす。

【図 6 E】波長コンバータの異なる実施形態でのポンプ光及び変換された光の強度プロファイルを図によって表わす。

【0009】

本発明は種々の修正及び代替の形態に容易に応じるが、その細部は一例として図面に示しており、また詳しく説明することにする。しかしながら、その意図は、記載された特定の実施形態に本発明を限定することにはないことを理解するべきである。一方、添付の特許請求の範囲により規定されるように、本発明の趣旨及び範囲内にあるすべての変更、等価物、及び代替物を網羅しようとするものである。

10

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明は LED の発光した光の少なくとも一部分の波長を、異なる、一般的にはより長い、波長に変換する波長コンバータを用いる発光ダイオードに適応可能である。本発明は、通常は AlGaInN のような窒化物系である青色又は紫外線 LED を伴う半導体波長コンバータを効率的に使用方法に特に好適である。より詳細には、本発明のいくつかの実施形態は、LED ウェハに多層の半導体波長コンバータウェハを取り付けることを目的とする。そのようなアセンブリは、LED ウェハ自体よりも低い波長不均一性を実現することができる。したがって、波長変換されたウェハから採用される LED デバイスは、試験する必要も波長に従ってピニングする必要もなく、ゆえに、全体的な製造コストを低減することが可能である。

20

【0011】

ここで、図 1 A ~ 1 D を参照して、光源 100 の配列の波長の不均一性を説明する。図 1 A は、実施例による光源 100 の配列の LED ウェハを表す図である。LED ウェハ 100 は、その幅全体に多数の LED デバイスを有する。図中、ウェハ 100 は 6 つの LED デバイス、101、102、103、104、105、及び 106 を有するが、LED ウェハはそれとは異なる数のデバイスを有することができるものと理解されたい。それぞれの LED デバイス、101、102、103、104、105、106 は、それぞれ、ピーク波長 1、2、3、4、5、6 を有するスペクトルを有する。

30

【0012】

1、2、3、4、5、6 の値が全て同じである必要はない。多くの場合、1、2、3、4、5、6 の隣接する値には差がある。この差は規則的であってよく、また、不規則的であってもよい。図 1 B に図示するように、図示された実施形態では、波長の変動がプロセス条件による場合のように、LED ウェハ 100 にわたり差は規則的である。

【0013】

ウェハ 100 の波長の変動は、最長と最短のピーク波長間の差の絶対値として定義される。図の実施例では、最長ピーク波長は 6 であり、最短ピーク波長は 1 である。従って、図のウェハ 100 全体の波長の均一性は、 $6 - 1$  として定義される。このように、より低い変動値はより均一な出力を表す。

40

【0014】

異なる LED デバイス 101 ~ 106 の出力スペクトルを図 1 C に示す。これは、それぞれのデバイス 101 ~ 106 が、ピーク波長を囲む、ある範囲の波長にかけて光を発することを示す。ウェハ 100 のスペクトル出力は、個個別の発光デバイス 101 ~ 106 それぞれの出力スペクトルの加算である。

【0015】

いくつかの実施形態では、デバイスは同等の量の光を出力できる。しかし、より一般的には、デバイスが発光する光の量にはある程度の変動があるその変動はランダムである場合と系統的である場合がある。図 1 C 及び 1 D が示す図示された実例では、出力強度はウェハ 100 の中央により近いデバイス 103、104 で最も高く、ウェハ 100 の端

50

に近いデバイス 101、106 で低くなっているが、駆動電流は全ての LED 101 ~ 106 で同等である。デバイスが発する光出力が他の何らかのやり方で不均一性である場合があること、例えば、光出力がウェハーの 1 つの側で低く、そこから別の側にかけて高く変動する場合、あるいは、光出力がウェハーの中心で最低である場合があることを理解されたい。

#### 【0016】

図 2 A に示された、波長コンバータを含む光源 200 の配列の一例の略図で、LED ウェハー 210 は光源の配列の一例として示されている。LED ウェハー 210 は、多数の個別の LED デバイスを有する。これらの LED デバイスを、例えばウェハー 210 上で成長させることによって、ウェハー 210 にモノリシックに統合することができる。図の実施形態では、ウェハー 210 は 6 つの LED デバイス 201 ~ 206 を有するが、ウェハー 210 は異なる数の LED デバイスを有することができる。LED デバイス 201 ~ 206 は、それぞれ、対応するピーク波長  $\lambda_{p1}$  -  $\lambda_{p6}$  を有するポンプ光を発する。

10

#### 【0017】

多層の半導体波長コンバータウェハー 212 を LED ウェハー 210 に取り付ける。LED デバイス 201 ~ 206 が発するポンプ光の少なくとも一部は、波長コンバータウェハー 212 に伝搬し、ここで吸収されて、より長い異なる波長で再び発光する。波長コンバータウェハー 212 は、例えば米国特許仮出願第 61/012,604 号に詳述されているように LED ウェハー 210 に直接結合することができ、あるいは、米国特許仮出願第 60/978,304 号に更に詳述されているように接着層によって LED ウェハー 210 に付着することができる。

20

#### 【0018】

1 つの適切な多層の半導体波長コンバータ 212 が、米国特許出願第 11/009,217 号及び米国特許仮出願第 60/978,304 号に記述されている。多層の波長コンバータは、典型的に、多層の量子井戸構造を採用する。多層の波長コンバータに使用される半導体材料は、LED が発する光の波長及び変換された光に望まれる波長に基づいて選択される。例えば、II-VI 半導体材料を使用して、GaInN 青色又は紫外線発光 LED ウェハーからの出力を緑色の光に変換することができる。別の例では、III-V 半導体材料を使用して、緑色を発する Ga 系又は GaInN 系 LED を赤色又は近赤外線光に変換することができる。

30

#### 【0019】

多層の波長コンバータでは、吸収層は、LED が発したポンプ光の少なくともいくらかが吸収されるようにエネルギーが選択されたバンドギャップと共に提供される。ポンプ光の吸収によって発生した電荷担体は、より小さなバンドギャップを有する、他の構造の一部、ポテンシャル井戸、典型的には量子井戸に移動し、そこで担体は再結合してより長い波長の光を発生する。この記述は、半導体材料の種類や波長コンバータの種類を限定するものではない。

#### 【0020】

好適な波長コンバータの 1 つの具体的な例が、米国特許仮出願第 60/978,304 号に記述されている。多層の量子井戸半導体コンバータ 300 は最初に、分子線エピタキシー (MBE) を用いて InP 基板に用意された。GaInAs バッファ層は先ず MBE により InP 基板に形成されて、II-VI 形成用の表面を準備する。次にウェハーは、超高真空移送システムを貫通して、コンバータ用の II-VI エピタキシャル層の形成用に別の MBE 室チャンバへと移動する。この様に形成され、基板 302 も完備したコンバータ 300 の詳細は、図 3 に示され、表 1 に要約されている。表にはコンバータ 300 の異なる層における厚み、材料構成、バンドギャップと層の詳細が記載されている。コンバータ 300 は 8 個の CdZnSe 量子井戸 304 を含み、それぞれが 2.15 eV のエネルギーギャップ (Eg) を有する。各量子井戸 304 は、GaInNLED より発光される青色光を吸収出来る 2.48 eV のエネルギーギャップを有する CdMgZnSe 吸収層 306 の間に挟まれていた。コンバータ 300 も種々の窓、緩衝体及びグレーディング

40

50

層を含む。

【0021】

【表1】

表1：多様な波長コンバータ層の詳細

層番号	材料	厚さ (Å)	バンドギャップ (eV)	説明
304	$\text{Cd}_{0.48}\text{Zn}_{0.52}\text{Se}$	31	2.15	量子井戸
306	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}$	80	2.48	吸収体
308	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}:\text{Cl}$	920	2.48	吸収体
310	$\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}$	1000	2.93	窓
312	$\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}-$ $\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}$	2500	2.93~2.48	グレージング
314	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}:\text{Cl}$	460	2.48	吸収体
316	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}-$ $\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}$	2500	2.48~2.93	グレージング
318	$\text{Cd}_{0.39}\text{Zn}_{0.61}\text{Se}$	44	2.24	
320	$\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$	1900	0.77	緩衝体

10

20

【0022】

ⅢⅤ基材302の裏面は、波長コンバータ300がLEDウェハーに取り付けられた後に機械的にラッピングし、 $\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}$ の溶液によって取り除くことができる。このエッチング液はGaInAs緩衝層320で停止する。続いて、緩衝層320を、30mLの水酸化アンモニウム(30重量%)、5mLの過酸化水素(30重量%)、40gのアジピン酸及び200mLの水の溶液にて取り除き、ⅢⅤ～ⅤⅢ半導体波長コンバータ300のみをLEDに取り付けることができる。

【0023】

波長コンバータウェハー212の異なるエリアは、異なる波長で発光する。例えば、ウェハー212の、主に上記LED201の上にあるエリアは、 $\lambda_p1$ のピーク波長を有する光を発する。同様に、ウェハー212の、LED202~206の上にあるエリアは、それぞれ、 $\lambda_p2 \sim \lambda_p6$ のピーク波長を有する光を発する。コンバータウェハー212が発光する光の波長における位置的な小さい変動は、通常、コンバータ層の蒸着中のウェハー全体の温度の変動のように、製造プロセスの結果である。

【0024】

図2Bは、LEDウェハー210にわたる位置xに対するポンプ波長 $\lambda_p$ 及び位置xの関数としての変換された波長 $\lambda_e$ の代表的なグラフを示す。図2は、図1Cと類似した方法による、異なるLEDでのスペクトル出力を示す。ピークポンプ波長の範囲 $\lambda_p1 \sim \lambda_p6$ は、ピーク変換光の波長の範囲 $\lambda_e1 \sim \lambda_e6$ より大きい。

【0025】

変数 $\lambda_a$ は、波長コンバータ212におけるポンプ波長吸収のバンドエッジを表す。 $\lambda_a$ の値は、半導体波長コンバータにおける光の吸収に使用される半導体材料の組成に依存し、組成を変更することによって選択することができる。 $\lambda_a$ の値は、波長コンバータにおける吸収材を形成する材料の精確な割合を選択することによって、LEDウェハー210が発する光の最長ピーク波長より長く設定することができる。例えば、図3に図示した実施例の波長コンバータにおいて、吸収材のエネルギーギャップが500nmと等しい $\lambda_a$ に相当する2.48eVになるように、Zn、Cd及びMgの割合が選択される。

【0026】

30

40

50

$\lambda_a$  の値は、LED ウェハ 210 上の LED 201 ~ 206 の最長ピーク波長より長く設定することができる。図の実施例において、最長ピーク波長は  $\lambda_6$  であるので、

$\lambda_a$  は  $\lambda_6$  より大きく設定できる。 $\lambda_a$  の値は、また、最長のポンプ波長を有する LED に関連づけられる選ばれた光のフラクションが  $\lambda_a$  の値より短くなるように設定してもよい。例えば、代表的な例として、LED 206 が最長のピーク波長である  $\lambda_6$  を有するポンプ光を作り出す場合を考慮する。図 2 C に図示するように、LED 206 が発するポンプ光のスペクトルはスペクトル 216 である。また、 $\lambda_a$  の値は、最長ピーク波長の LED 206 が発する光の与えられたフラクションが  $\lambda_a$  の短い波長の側に位置するように選択することができる。別の言い方でこれを表現すると、 $\lambda_a$  の左側に位置するスペクトル 216 のエリアということであり、それは、スペクトル 216 の総エリアの所望のフラクションである。例えば、 $\lambda_a$  の値は、スペクトル 216 の光の少なくとも 80 % が  $\lambda_a$  より短い波長を有するように選択できる。他の代表的な基準は、最長のピーク波長の LED が発する光の少なくとも 95 % 又は 99 % が  $\lambda_a$  より短い波長を有することである。

#### 【0027】

ピーク波長  $\lambda_1$  ~  $\lambda_6$  を有する、波長コンバータ 212 の異なる領域からのスペクトル出力もまた、図 2 C に示す。ピーク波長にいくらかの散布度があるが、この散布度はポンプ光の散布度より低い。この理由の 1 つは、MOCVD より有意に低い成長温度を要求することが可能な分子線エピタキシー法を用いて波長コンバータを作製できることである。その結果得られる構造的及び付随的な光の不均一性は、MOCVD によって高い温度で成長されたデバイスほど顕著でない。

#### 【0028】

与えられたポンプ波長では、変換された出力電力、すなわち変換された波長での出力電力は、入力ポンプ電力とほぼ直線的に変動し、ポンプ電力が 2 倍に変化すると、変換された電力も同様に 2 倍変化する。 $\lambda_a$  の値が最長ピーク波長の光源のスペクトルのほとんどより大きく設定された場合、波長コンバータはそれぞれの光源からおよそ同じ光のフラクションを吸収する。結果的に、波長コンバータにわたって発せられる変換された光の強度プロファイルは、波長コンバータに入るポンプ光の強度プロファイルとほぼ同じになる。

#### 【0029】

例えば、図 2 D に曲線 220 として示された代表的なポンプ光強度プロファイルについて考える。この曲線は、LED 210 にわたる位置の関数としてのポンプ光の強度を表す。数字 1 ~ 6 は、それぞれ、LED 201 ~ 206 の位置を表す。この例によると、LED 201 及び 206 は、中央の LED 203 及び 204 より少ない光を発する。図 2 C に図示したスペクトルでは、波長の均一性の説明を簡易にするために、規模における変更が排除されていることに注意されたい。

#### 【0030】

曲線 222 は、波長変換された光の強度プロファイルを表す。この例では、 $\lambda_a$  の値は最長のピーク波長を有するスペクトルのほぼ全ての光を吸収するように設定され、強度プロファイル 222 はポンプ光のプロファイル 220 に非常に近い（すなわち、プロファイル 222 はプロファイル 220 に比例する。すなわち、拡大縮小因子を除き、それらの形はほぼ同一である）。

#### 【0031】

図 2 E は類似の例であるが、ここでは、 $\lambda_a$  は図 2 D の場合より短い値で設定されているので、波長コンバータによって吸収される最長ピーク波長スペクトル 216 のフラクションは実質的に 100 % 未満である。結果的に、位置 6 では変換された光の発光がより少ないので、波長変換された光のプロファイル 226 はポンプ光 220 のプロファイル 220 と比例しなくなる。したがって、波長変換された光の強度プロファイルは、ほぼ全てのポンプ光が吸収されたとき、ポンプ光の強度プロファイルとほぼ比例する。しかし、最長ピーク波長スペクトルの少なくともいくらかが吸収されないように  $\lambda_a$  が設定されると、変換された光の強度プロファイルはポンプ光の強度プロファイルと比例せず、均一性が下

10

20

30

40

50



がる。

#### 【実施例】

##### 【0032】

エピスター社 (Epistar Corp.) (台湾新竹市所在) から入手した青色  $\text{GaInN}$  LED ウェハーからの発光スペクトルをウェハーの5箇所の異なる位置で測定した。結果を図4に示す。記録された様々なスペクトルのピーク波長はウェハーにわたり  $460\text{ nm}$  から  $466\text{ nm}$  の変動を示した。すなわち、波長の変動は約  $6\text{ nm}$  (波長の約  $1.3\%$ ) であった。

##### 【0033】

図3に図示したタイプの波長変換ウェハーを、青色レーザーダイオードで励起し、ウェハー全体の様々な位置で光輝性スペクトルを測定した。結果を図5に示す。波長コンバータにわたる波長は約  $2.5\text{ nm}$  (波長の約  $0.46\%$ ) 変動し、LEDウェハーのみの場合より有意に均一性が増している。

##### 【0034】

現在利用可能な  $\text{GaInN}$  系の緑色LEDウェハーの波長変動は、凝離及び再蒸発の影響を受けるインジウム量がより高いために青色LEDウェハーでの測定値  $6\text{ nm}$  より有意に劣る。したがって、緑色を発光する波長変換されたウェハーは、緑色を発光する  $\text{GaInN}$  LEDのウェハーより有意に高い波長均一性をもたらすことができ、波長の試験及びピニングの必要性を低減することが可能である。

##### 【0035】

本発明は、また、延長された光源の発光面積にわたってピーク発光の波長が変動し得る延長された光源にも適用可能である。延長された光源の1つの具体例は、例えば  $0.5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$  以上の、大きい発光表面を有するLEDである。LEDの発光面積が大きくなると、上述のような理由のために、発光表面にわたる様々な点で発せられるピーク波長の変動が増す。

##### 【0036】

図6Aで略図として図示された、LEDである場合がある延長された光源の実施例600は、発光面積608を有し、この面積は、ピークポンプ波長  $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p6}$  と関連づけられる領域601~606として図示された多数の発光領域を有するものと考慮される。ピークポンプ波長は同じである必要はない。図6Bは、光源600にわたる位置の関数としてのポンプピーク波長の代表的なプロットを示し、図6Cは、発光領域601~606と関連づけられる対応するピーク波長  $\lambda_{e1} \sim \lambda_{e6}$  を有するスペクトルを示す。

##### 【0037】

半導体波長コンバータ610は、延長された光源600に取り付けられる。半導体波長コンバータ610は、上述のタイプの多層の半導体波長コンバータであってよい。半導体波長コンバータ610は、延長された光源600が発するポンプ光を吸収するための半導体材料を含む。半導体波長コンバータ610は、また、変換された光と呼ばれる、より長い波長の光を発する。

##### 【0038】

半導体波長コンバータ610の異なる領域621~626は、延長された光源600のそれぞれの領域601~606からのポンプ光によってほとんどポンピングされる。領域621~626のそれぞれから発せられた変換された光のスペクトルは、対応するピーク波長  $\lambda_{e1} \sim \lambda_{e6}$  を有する。 $\lambda_{e1} \sim \lambda_{e6}$  の値が全て同じである必要はない。図6Bは、光源600にわたる位置の関数としての変換されたピーク波長の代表的なプロットを示し、図6Cは、発光領域621~626に関連付けられるそれぞれ対応するピーク波長  $\lambda_{e1} \sim \lambda_{e6}$  を有するスペクトルを示す。変換されたピーク波長における変動は、ポンプピーク波長における変動から実質的に独立しており、両方とも、製作の時点で存在する多様なプロセス条件から生じるものである。図6A~6Eに図示する実施例では、ポンプ波長は、左から右に、延長された光源にわたる位置と共に増加し、一方、変換された波長は、左から右に、延長された光源にわたる位置と共に低減する。 $\lambda_p$  及び  $\lambda_e$  の空間的変動

10

20

30

40

50

はどちらも図のものと異なる場合があることを理解されたい。

【0039】

上述と同様のやり方で、波長コンバータは、吸収性の半導体材料のバンドギャップに相当する関連付けられた吸収波長  $\lambda_a$  を有する。 $\lambda_a$  の値は、最長ピークポンプ波長（現在の実施例では  $\lambda_p$  6）より長い値を選択することができ、最長ピークポンプ波長のスペクトル内の電力光の少なくとも80%、95%又は99%が  $\lambda_a$  より短い波長を有するように設定できる。変換されたピーク波長の均一性は、ポンプ光の均一性より良い。

【0040】

$\lambda_a$  の値が、延長された光源600の最長ピーク波長のスペクトルのほとんどより大きく設定されるならば、波長コンバータ610は延長された光源600のそれぞれの領域からの光のフラクションとほぼ同じフラクションを吸収する。結果的に、波長コンバータにわたる変換された光の強度プロファイルは、波長コンバータに入るポンプ光の強度プロファイルとほぼ同じになる。

【0041】

図6Dに曲線620として示された代表的なポンプ光強度プロファイルを例にとって考える。この曲線は、延長された光源610にわたる位置の関数としてのポンプ光の強度を表す。数字1~6は、それぞれ、延長された光源の領域201~206に対応する。この実施例によると、端の領域601及び606は、中央領域603及び604より多くのポンプ光を発する。図6Cに図示したスペクトルでは、波長の均一性の説明を簡潔化するために、規模の変化が排除されていることに注意されたい。

【0042】

曲線622は、波長変換された光の強度プロファイルを表す。この例では、 $\lambda_a$  の値は最長のピーク波長を有するスペクトルのほぼ全ての光を吸収するように設定され、強度プロファイル622はポンプ光のプロファイル620に比例する（すなわち、拡大縮小因子を除き、それらの形は同様である）。

【0043】

図6Eは類似した例であるが、この実施例では、 $\lambda_a$  は図6Dの場合より短い値で設定されているので、波長コンバータによって吸収される最長ピーク波長スペクトル616のフラクションは実質的に100%未満である。結果的に、位置6では変換された光の発光がより少ないので、波長変換された光のプロファイル626はポンプ光620のプロファイル620と比例しなくなる。

【0044】

本発明は、上記の特定の実施形態に限定されるときではなく、むしろ添付された特許請求の範囲に適正に記載されるように、本発明のすべての態様を網羅すると理解されるべきである。具体的には、ピーク波長及びピーク強度変動の多様な実施例は、例示のみを目的として提供されたのであって、これらの実施例で示されたようなやり方でピーク波長及びピーク強度波長が変動するデバイスに本発明を限定する意図はないものと理解されるべきである。例えば、最長ピーク波長は、必ずしも光源の配列又は延長された光源の端にでなく、その中央に見出されてもよい。また、ピーク強度は、光源の配列又は延長された光源の端か中央のいずれかに見出される必要はなく、他のどこかの位置にあってもよい。

【0045】

加えて、上記の記述はGaN系LEDを論じたものであるが、本発明は他のIII~V族半導体材料を用いて作製されたLEDにも応用出来、更にII~VI族半導体材料を用いるLEDにも応用出来る。また、波長コンバータは、II~VI族半導体材料の形態に限定されず、III~V族半導体材料の形態であってもよい。したがって、本発明が応用され得る波長は、本明細書に記述した特定の実施例よりはるかに大きい範囲である。例えば、波長コンバータを使用して、青色、緑色及び/又は黄色の光源のピーク波長変動を低減して、波長変動が低減された赤色又は赤外線的光を生成することができる。

【0046】

10

20

30

40

50

本明細書を検討すれば、本発明が適用可能であっても良い様々な変更、等価の処理、並びに多数の構造が、本発明が対象とする技術の当業者には容易に明らかになるであろう。特許請求の範囲はこのような変更例及び装置を網羅しようとするものである。

【図 1 A】

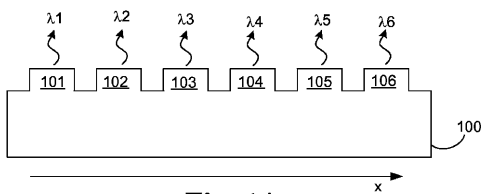


Fig. 1A

【図 1 B】

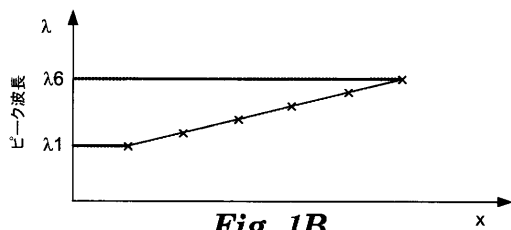


Fig. 1B

【図 1 C】

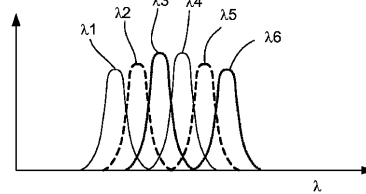


Fig. 1C

【図 1 D】

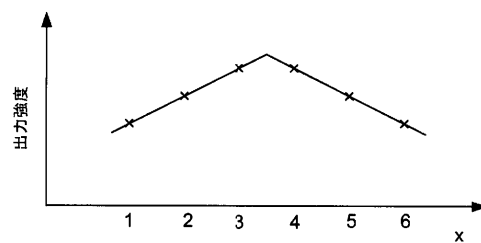


Fig. 1D



【 図 4 】

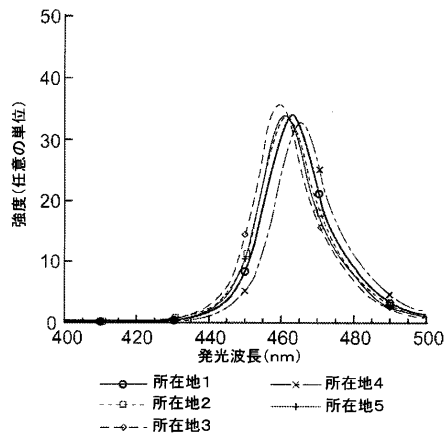


Fig. 4

【 図 5 】

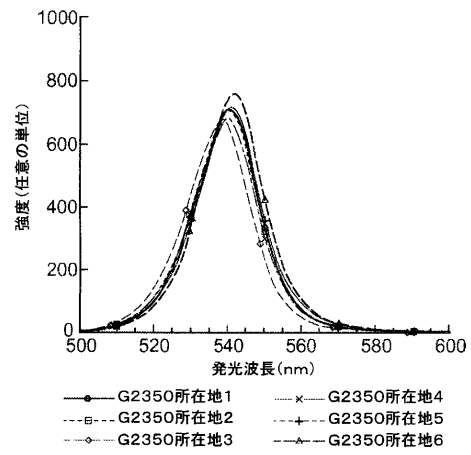


Fig. 5

【 図 6 A 】

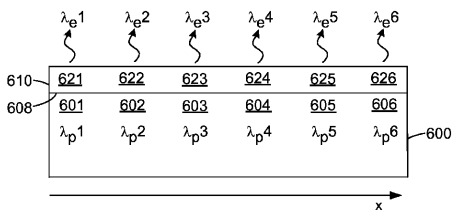


Fig. 6A

【 図 6 B 】

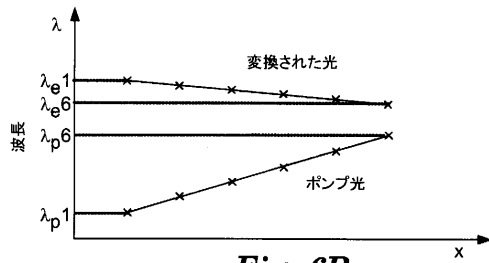


Fig. 6B

【 図 6 C 】

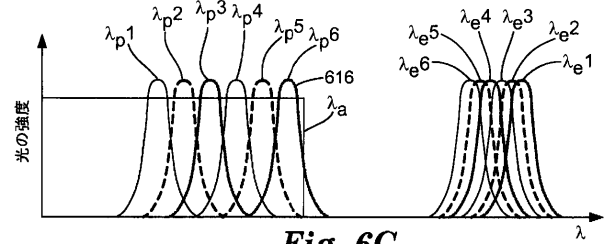


Fig. 6C

【 図 6 D 】

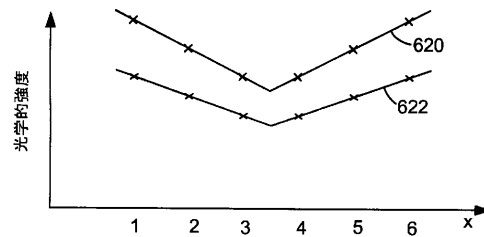
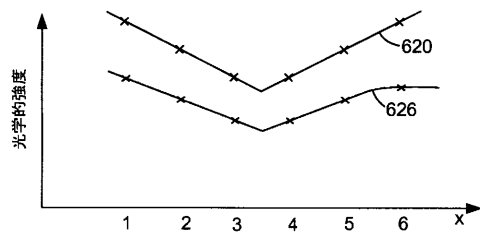




Fig. 6D

【 図 6 E 】

*Fig. 6E*

## 【国際調査報告】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No. <b>PCT/US2008/086060</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H01L 33/00(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC H01L 33/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean Utility models and applications for Utility models since 1975 Japanese Utility models and applications for Utility models since 1975		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) e-KOMPASS(KIPO internal) : "LED", "WAVELENGTH CONVERTER", "ABSORPTION EDGE"		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-109792 A (SONY CORP.) 26 APRIL 2007 (See the abstract; paragraphs <5>-<36>; figure 1)	1-19
A	WO 2007/034367 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 29 MARCH 2007 (See the abstract; page 7 line 7 - page 9 line 2; figures 1-2)	1-19
A	WO 2006/062588 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY) 15 JUNE 2006 (See page 8 line 3 - page 13 line 9; claims 1-42; figures 1-4)	1-19
A	US 2002/0139984 A1 (Sugawara et al.) 03 OCTOBER 2002 (See paragraphs [0044] - [0061]; figures 1-2I)	1-19
A	JP 10-270799 A (SANYO ELECTRIC CO LTD) 09 OCTOBER 1998 (See the abstract; claims 1-9; figure 1)	1-19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 JULY 2009 (20.07.2009)		Date of mailing of the international search report 20 JULY 2009 (20.07.2009)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer CHO, Keun Sang Telephone No. 82-42-481-8502 

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2008/086060**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2007-109792 A	26.04.2007	NONE	
WO 2007-034367 A1	29.03.2007	CN 101268554 A EP 1929532 A1 JP 2009-509326 A KR 10-2008-0054402 A US 2008-0272712 A1	17.09.2008 11.06.2008 05.03.2009 17.06.2008 06.11.2008
WO 2006-062588 A1	15.06.2006	CN 101076897 A EP 1831934 A1 JP 2008-523615 A KR 10-2007-0093092 A US 2007-0051967 A1 US 2006-0124917 A1 US 07402831 B2 US 2008-0272362 A1	21.11.2007 12.09.2007 03.07.2008 17.09.2007 08.03.2007 15.06.2006 22.07.2008 06.11.2008
US 2002-0139984 A1	03.10.2002	CN 1224113 C CN 1367542 A JP 2002-222989 A TW 541714 A US 06548834 B2	19.10.2005 04.09.2002 09.08.2002 11.07.2003 15.04.2003
JP 10-270799 A	09.10.1998	NONE	



## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100160716

弁理士 遠藤 力

(72)発明者 サン, シャオクワン

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 ハース, マイケル エー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 ミラー, トーマス ジェイ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 スミス, テリー エル.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 ケリー, トミー ダブリュ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 レザーデール, キャサリン エー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

F ターム(参考) 5F041 AA05 AA11 CA40 CB23 EE22 EE25