

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4334826号
(P4334826)

(45) 発行日 平成21年9月30日(2009.9.30)

(24) 登録日 平成21年7月3日(2009.7.3)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 33/00 (2006.01)	H O 1 L 33/00 C

請求項の数 14 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-202293 (P2002-202293)	(73) 特許権者	500507009
(22) 出願日	平成14年7月11日(2002.7.11)		フィリップス ルミレッズ ライティング
(65) 公開番号	特開2003-46123 (P2003-46123A)		カンパニー リミテッド ライアビリテ
(43) 公開日	平成15年2月14日(2003.2.14)		ィ カンパニー
審査請求日	平成17年7月11日(2005.7.11)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
(31) 優先権主張番号	09/904015		131 サン ホセ ウェスト トリンブ
(32) 優先日	平成13年7月11日(2001.7.11)		ル ロード 370
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100059959
			弁理士 中村 稔
		(74) 代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100082005
			弁理士 熊倉 禎男
		(74) 代理人	100065189
			弁理士 穴戸 嘉一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フリップチップ発光ダイオードにおける遠距離電磁界の放射パターンの変化を低減する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フリップチップ発光ダイオードの構造であって、

a) 波長 λ_n の放射を発することが可能な実質的に平面の発光領域と、

b) 少なくとも1つの補償グループの反射面と、

を備え、

前記少なくとも1つの補償グループの反射面のそれぞれは、

i) 前記発光領域の面に実質的に平行な少なくとも1つの台地表面を有しかつ前記放射の少なくとも一部に反射する、少なくとも1つの台地領域であって、

前記少なくとも1つの台地表面が少なくとも1つの台地平面に存在し、かつ、前記少なくとも1つの台地平面のそれぞれと他のすべての台地平面との分離が $(\lambda_n/2)$ の整数倍である、少なくとも1つの台地領域と、

ii) 前記発光領域の前記面に実質的に平行な少なくとも1つの谷表面を有しかつ前記放射の少なくとも一部に反射する、少なくとも1つの谷領域であって、

前記少なくとも1つの谷表面が少なくとも1つの谷平面に存在し、かつ、前記少なくとも1つの谷平面のそれぞれと他のすべての谷平面との分離が $(\lambda_n/2)$ の整数倍である、少なくとも1つの谷領域と、

を備え、

iii) 前記谷平面のそれぞれと前記台地平面のそれぞれとの分離は、 $(\lambda_n/4)$ の奇数倍である、ことを特徴とする構造。

10

20

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つの補償グループ内における前記少なくとも 1 つの台地表面の全面積と前記少なくとも 1 つの谷表面の全面積とは、実質的に等しい請求項 1 に記載の構造。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの補償グループは、1 つの補償グループを含む請求項 1 に記載の構造。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの台地平面は、実質的に同一の平面に存在する請求項 3 に記載の構造。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つの谷平面は、実質的に同一の平面に存在する請求項 3 に記載の構造。

10

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つの台地領域における前記少なくとも 1 つの表面は金属である請求項 3 に記載の構造。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの谷領域における前記少なくとも 1 つの表面は金属である請求項 3 に記載の構造。

【請求項 8】

フリップチップ発光ダイオードの遠距離電磁界の放射パターンの変化を低減し、発光ダイオードを設ける工程を備えた方法であって、

20

該発光ダイオードは、

a) 波長 λ_n の放射を発することが可能な実質的に平面の発光領域と、

b) 少なくとも 1 つの補償グループの反射面と、

を備え、

前記少なくとも 1 つの補償グループのそれぞれは、

i) 前記発光領域の面に実質的に平行な少なくとも 1 つの台地表面を有しかつ前記放射の少なくとも一部に反射する、少なくとも 1 つの台地領域であって、

前記少なくとも 1 つの台地表面が少なくとも 1 つの台地平面に存在し、かつ、前記少なくとも 1 つの台地平面のそれぞれと他のすべての台地平面との分離が $(\lambda_n / 2)$ の整数倍である、少なくとも 1 つの台地領域と、

30

ii) 前記発光領域の前記面に実質的に平行な少なくとも 1 つの谷表面を有しかつ前記放射の少なくとも一部に反射する、少なくとも 1 つの谷領域であって、

前記少なくとも 1 つの谷表面が少なくとも 1 つの谷平面に存在し、かつ、前記少なくとも 1 つの谷平面のそれぞれと他のすべての谷平面との分離が $(\lambda_n / 2)$ の整数倍である、少なくとも 1 つの谷領域と、

を備え、

iii) 前記谷平面のそれぞれと前記台地平面のそれぞれとの分離は、 $(\lambda_n / 4)$ の奇数倍である、ことを特徴とする方法。

【請求項 9】

40

前記少なくとも 1 つの補償グループの各々における前記少なくとも 1 つの台地表面の全面積と前記少なくとも 1 つの谷表面の全面積とは、実質的に等しい請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの補償グループは、1 つの補償グループを含む請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの台地平面は、実質的に同一の平面に存在する請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

50

前記少なくとも1つの谷平面は、実質的に同一の平面に存在する請求項10に記載の方法。

【請求項13】

前記少なくとも1つの台地領域における前記少なくとも1つの表面は金属である請求項10に記載の方法。

【請求項14】

前記少なくとも1つの谷領域における前記少なくとも1つの表面は金属である請求項10に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、大まかにいえばフリップチップ発光ダイオードの分野に関し、より詳細には、このようなデバイスから発せられる放射の強度における遠距離電磁界の(far-field)変化を低減することに関する。

【0002】

【従来の技術】

発光ダイオード(LED)は、高輝度を実現することが可能であり、かつ、特にディスプレイ、照明、表示器(indicator)、プリンタ、光学ディスク読取部を含む多数のアプリケーションを有することが可能な、高耐久性を有するソリッドステート光源である。LEDは、1つの面における反射性オーミックコンタクトおよび第2のオーミックコンタクトと、対向する面としてLEDが発した光に対して透過性を有する基層と、を有した「フリップチップ」デザインを含む、様々な幾何学的な構造となるように製造される。反射性コンタクトとは逆の極性を有するオーミックコンタクトは、LEDから発せられる光にほとんど干渉しないように配置される。典型的には、反射性オーミックコンタクトは正であり、その他のコンタクトは負である。これは、典型的なLED材料における正孔(正の電荷担体[charge carrier])の拡散長が電子(負の電荷担体[charge carrier])の拡散長より短いからである。よって、ほとんど伝導性を有しないp層が、LEDの大面积を覆う必要がある。電子の拡散長が長いことによって、実際には、制限された表面積の一面に電子を比較的により小さいコンタクトにより注入する。

20

【0003】

30

【発明が解決しようとする課題】

フリップチップLEDのいくつかの構成は、反射性コンタクトに極めて近接して配置された発光活性領域を有する。具体的には、反射性コンタクトからの活性領域の分離が、活性領域により発せられた光の可干渉距離(coherence length)の約50%より少ない場合には、干渉縞(interference pattern)が発生する。このような場合には、LEDから直接出る活性領域からの光は、反射性コンタクトによる反射後にLEDから出る活性領域からの光とともに干渉縞を形成する。これらの干渉縞によって、LEDから発せられた光の強度に、特に遠距離電磁界に空間的な変化が生ずることになる。

【0004】

遠距離電磁界の強度が変化することは、単一のLEDの性能に有害であるが、潜在的にもっと深刻な問題は、干渉縞に起因してLEDごとに遠距離電磁界の強度が変化することである。一般的に、干渉最大値・最小値の位置、強度および構造は、光が活性領域から遠距離電磁界への行路において衝突する表面および材料の場所、反射特性(reflective property)、平面性(planarity)およびその他の特性の関数である。具体的には、LEDごとの幾何学的形状(geometry)における適当かつランダムな変化は、実際のLEDの製造方法に固有である。このような幾何学的な変化によって、干渉縞にひいては遠距離電磁界の強度に著しく大きな予期しえない変化が生ずる。このような強度の変化を低減することが本発明の1つの目的である。

40

【0005】

本発明は、干渉縞によって生ずる強度の変化が強度の最大値を用いて強度の最小値を補償

50

する傾向を有するよう少なくとも2つの別個の干渉縞を形成させるべく、LEDの反射性コンタクトをテクスチャ（texture）することに関する。適切なテクスチャを行うことにより、LEDは、より均一な放射パターンを発するようになり、遠距離電磁界の強度におけるLEDごとの変化を低減することができる。適切なテクスチャを行うことにより、LEDは、より均一な放射パターンを発することになり、かつ、遠距離電磁界の強度におけるLEDごとの変化を低減することができる。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、活性領域を備えたフリップチップLEDに関し、この活性領域は、1つ以上の層によって該活性領域から分離された反射性オーミックコンタクトを有する。活性領域において発生する電子と正孔との再結合から発せられた光であってLEDから直接出る光は、上記反射性コンタクトに反射した後にLEDから出る光とともに干渉縞を形成する。この干渉縞の構造は、製造の間においてLEDごとにほとんど予期しえない変動を受ける反射性コンタクトと活性領域との間の間隔を含む、LEDの構造および材料により決定付けられる。一定でない（Inconsistent）遠距離電磁界の放射パターンによって、望ましくない結果が生ずることになる。本発明は、反射性層の表面に適切なテクスチャを導入することにより、LEDから発せられる光の空間的な変化を低減する。遠距離電磁界の放射に安定した干渉縞が発生するように、少なくとも2つの反射性面が、発光領域に平行な反射性コンタクトに設けられる。反射性面のセットは、 $(\lambda_n/4)$ の奇数倍により分離された少なくとも2つの面を含む。ここで、 λ_n は、反射性面と活性領域との間の層における光の波長である。この結果、補償する干渉最大値および最小値（compensating interference maxima and minima）、ならびに、より一定な（consistent）遠距離電磁界の放射パターンが得られる。

【0007】

【発明の実施の形態】

図1は、発光活性領域1とベース層3により分離された透明な基層2とを備える典型的なフリップチップLEDの一部を示す。ここでは、図1に示すようなGaNベース層を有するサファイア基層上のAlInGaNフリップチップLEDの実例を考える。SiCは、特に本発明に関連して用いることができる別の透明な基層の1つの例である。説明を明確とするために、反射性オーミックコンタクト4が正のコンタクトであるような一般的な場合のフリップチップLEDを説明する。この例は説明のためのものであり限定のためのものではない。

【0008】

ベース層3は、単一の層または1つ以上の組成サブ層を具備しており、典型的には、基層と発光活性層1との間の遷移領域（transition region）として基層2の上にエピタキシャル成長される。ベース層を備えた1つ以上のサブ層を成長させるために、典型的には、金属・有機化学気相成長法（MOCVD）が用いられるが、その他の成長技術が知られており従来技術において用いられている。本明細書で説明するAlInGaN-LEDの特定の例については、ベース層は、典型的には少なくとも1つのn型ドーパGaN層を含むIII族窒化物化合物である。

【0009】

反射性正のオーミックコンタクト4は、活性領域1から分離距離（separation）dだけ離れて、活性領域とコンタクトとの間にある1つ以上のp型層5とともに位置する。層5は、全体にわたって均一な組成、電気的または光学的な性質を有する単一の層に限定されない。層5は、サブ層ごとに異なる組成、ドーピング特性および屈折率を有する多数のサブ層を有する多数のサブ層を含むか、または、層5の厚さ全体にわたって徐々に変化させた組成、電気的性質および光学的性質を含む。層5は、p型材料に限定されない。全体的にp型伝導性を有する層における1つ以上のサブ層としてn型層が含まれうるし、全体的にn型伝導性を有する層もまた用いられうる。本発明を限定することなく簡単に説明するために、ここで、p型伝導性を有する単一の層5を考える。

【0010】

活性領域1で発生する電子と正孔との再結合からの光は、LEDから（例えばパス6dにより）出ることができ、または、6rと示されたビームのようにオーミックコンタクト4に反射した後にLEDから出ることができる。活性領域1において発せられた光の可干渉距離は、典型的には、GaNについてはおよそ $3\mu\text{m}$ （ $\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$ ）である。可干渉時間（coherence time）は、光源の発光特性のみに依存する一方、可干渉距離は、光が移動する媒体の波長に依存する。よって、分離距離dが可干渉距離の約50%未満（ $d\leq 1.5$ ）である場合には、直接ビーム（direct beam）と反射ビーム（reflected beam）との間に干渉が発生し、この結果、LEDにより生成される光の強度が空間的に均一にならなくなってしまう。

10

【0011】

図2は、図1に定められたLEDの垂線に関する発光方向 θ の関数としての遠距離電磁界の発光強度（束）をコンピュータで生成した例を示す。 $d=100\text{nm}$ （ $\text{nm}=10^{-9}\text{m}=0.001\mu\text{m}$ ）を有する曲線「a」から $d=180\text{nm}$ を有する曲線「i」までに至る様々な放射パターンが描かれている。束（フラックス）の単位は、角度を有する束の変化のみが問題となっているので、任意である。放射パターンは、分離距離d、発せられた光の波長、光がLEDから出る際に通過する材料の実効屈折率に特に依存する。放射パターンは、dが変化するにつれて明らかに変化する。

【0012】

本発明は、直接ビーム6dと反射ビーム6rとの干渉の結果として生ずる強度の変化を削減すべく図1における反射性層4の表面に適切なテクスチャ（texture）を導入することにより、LEDから発せられる光の空間的な変化を低減する。実際には、反射体4に反射材料を堆積させる前にp型層5の表面をエッチングすることにより反射体4の構造に所望のテクスチャを導入すれば都合がよい。しかしながら、LEDにおける反射性層をテクスチャするための他の手段を、本発明に関連して用いることも可能である。

20

【0013】

本発明は、テクスチャされた層5の上に堆積させた、金属の反射性表面からの反射に限定されない。層5とは異なる屈折率を有する誘電体スペーサ層は、界面における反射につながり、1つ以上の反射性層につながる他の構造と同様に本発明に関連して用いることが可能なものである。

30

【0014】

図3は、反射性層4に対して2レベルのテクスチャが使用される実施の形態のうちの1つの断面図を示す。これらの実施の形態における表面9は、活性領域1から分離距離dをおいた、エッチング前の層5の表面である。反射性材料を用いたコーティングの前に行われる、テクスチャ深さ α までの層5に対するエッチングによって、図3において断面図により描かれた、上部反射表面11（台地[plateau]）と下部反射表面10（谷[valley]）とを有する2レベルの構成がもたらされる。

【0015】

図3は、多数の台地突起部（plateau protrusion）11を有する反射性コンタクト4を断面図で示している。実際の突起部は3次元空間で発生する。活性領域1の透視図から見ると、テクスチャした台地11および谷10は、活性領域1の平面に平行な2次元の平面領域としてみることができ、コンタクト4のこれらの平面反射性領域は、特に円、正方形、矩形および楕円を含む任意の都合のよい形状を有することができる。台地およびまたは谷は、すべての場所において同一の形状を有する必要はない。しかしながら、各台地または各谷の空間的な大きさについては、層5における放射波長より著しく大きくすべきであるが、チップの全サイズに比べて小さくすべきである。加えて、反射体の台地領域により覆われる全面積については、谷の領域の全面積と等しくなるように選択することが有効である。干渉の影響を有益に低減することは、台地領域の面積と谷領域の面積とを等しくしなくとも実現できるが、均一性を向上させるためにはこれらの面積を等しくすることが有用である。

40

50

【0016】

図4は、図3に示すテクスチャした反射性構造から出る計算された光強度すなわち放射パターンの実例を示す。図4に示す様子は、典型的なセットのシステムパラメータについての実例によって本発明を限定することなく与えられる。図示した特定の例では、 d は130nmとされ、テクスチャ深さ a は52nmとされている。真空中における活性領域1により発せられる波長は、 $\lambda = 500\text{nm}$ である。層5についての屈折率 n を2.4とすると、層5における波長 λ_n は208.33であり、 a は $\lambda_n/4$ である。図4は、台地の反射領域の面積と谷の反射領域の面積とを等しくした際の結果を表す。図4における曲線aは、図3の台地領域11から反射した光より生ずる θ の関数としての放射パターンを示す。直接発した光6dに干渉するビーム6r₂が、曲線aを生成する。直接発した光6dに干渉するビーム6r₁が曲線bを生成する。曲線aの干渉最大値は、曲線bの干渉最小値にほぼ対応する角度位置で生じており、これが補償および曲線cにより示された総合放射パターンにつながる。放射パターンにおいて空間的な変化が低減されていることが明確となっている。

10

【0017】

図4の結果は、図3に示されたような $\lambda_n/4$ により分離された反射性表面における2つの面（台地および谷）からの反射について得られる。しかしながら、本発明に関連して用いたテクスチャは、2つの反射性平面に限定されないし、反射性平面の間の分離距離も $\lambda_n/4$ に限定されない。

20

【0018】

<干渉を補償するための反射性平面の間における分離距離> 反射性平面を活性領域に平行な $\lambda_n/2$ の整数倍によって置換することにより、このような平面に反射する光であって干渉縞の構造に影響を与えない整数倍の λ_n によって遠距離電磁界に到達する光が通過するパスが変化する。したがって、2つの反射性平面の間における分離距離が $\lambda_n/4$ の奇数倍である際には、干渉縞が結果として補償される（遠距離電磁界の変化が低減される）。2つの反射性平面が i および j により示されかつこれら平面の間の分離または距離が $a_{i,j}$ ($a_{i,j} > 0$) により示される場合には、補償される干渉縞は、 $a_{i,j}$ が各平面の(i, j)の対について式(1)を満たす際に発生する。

$$a_{i,j}(m) = (2m-1) \lambda_n / 4$$

(ただし、 m は正の整数すなわち1, 2, 3, ...である) 式(1)

30

ここで、 m に対する依存性が明らかとなっている。 $m=1$ である場合が図3に示されている。

【0019】

<多数の反射性平面> 図3に示した谷（台地）領域は、 $\lambda_n/2$ の整数倍がその平面による干渉縞に対する寄与に影響を与えないという性質によって、必ずしもすべてが1つの平面に存在する必要はない。例えば、図3に示した谷領域は、すべて平面9に存在するように表現されている。図5は、谷領域が $\lambda_n/2$ の整数倍により互いに分離された平面9a、9bおよび9cに存在するような別の構成を示す。図5における各谷領域は、 $\lambda_n/4$ の奇数倍により平面11aの台地領域から分離されている。同様に、台地領域は、平面11aに必ずしもすべてが存在する必要はないが、 $\lambda_n/2$ の整数倍により互いに分離される、したがって、 $\lambda_n/4$ の奇数倍により各谷平面から分離される、複数の台地平面に存在することができる。よって、すべての谷平面 i は、 m のいくつかの値としてすべての台地平面 j を用いた式(1)を満たす。好ましくは、谷領域の全面積を、谷領域（または台地領域）の全体がすべての谷平面 i （または台地平面 j ）を含むような台地領域の全面積にほぼ等しくすべきである。

40

【0020】

ここで、式(1)を満たす谷平面 i および台地平面 j のセットを「補償グループ」とする。最も簡単な例の補償グループは、1つの谷平面および1つの台地平面の図3に示されたものである。図5は、3つの谷平面9a、9b、9cと1つの台地平面とを含む補償グループの別の形式を示す。通常の補償グループは、複数の谷平面 i と、複数の台地平面 j と

50

を含み、すべての i および j について式 (1) を満たす。しかしながら、本発明は、1つの補償グループに限定されない。本発明に基づく反射性表面をテクスチャすることには、反射性平面の1つ以上の補償グループを使用することが含まれる。

【0021】

図7には、それぞれが1つの谷平面と1つの台地平面とを含む、2つの補償グループの場合について示している。反射性平面11yおよび9yは、1つの補償グループを構成し、上述した方法による干渉縞を補償することにつながる。反射性平面9xおよび11xは、別の補償グループを構成し、同様に、上述した方法による干渉縞を補償することにつながる。しかしながら、図7に示すように、谷平面9yおよび9xならびに関連する台地平面11yおよび11xについては、両方とも同一のLEDにおいて用いることができる。平面を対で考えると、平面9yおよび11yは、平面9xおよび11xがそうであるように、光強度において遠距離電磁界の変化を低減することにつながる。しかしながら、補償グループ間における鉛直方向の間隔 (vertical spacing) に制限はない。すなわち、図7における平面9yと9xとの間の間隔は、任意なものであり、波長の特定の分数または倍数である必要はない。各補償グループによって、遠距離電磁界の強度の変化を低減することができるので、各補償グループは、他の補償グループの平面から特定の分離距離を有する必要はない。

10

【0022】

複数の補償グループを遠距離電磁界の強度を低減するために用いることができ、この複数の補償グループは、図7に示された2つの補償グループに限定されない。加えて、グループ内の平面として、上述した中間平面の間隔 (interplane spacing) を有する各補償グループ内に、複数の谷平面およびまたは台地平面が存在する。

20

【0023】

補償グループにおける台地領域および谷領域については、(図7に示すように) 並べたり、インタリーブ (interleave) したり、または、その他の都合のよい間隔または幾何学的な関係を有するようにすることができる。本発明を実施する際には、全台地領域を他の補償グループにおける台地領域および谷領域に関係なく各補償グループ内の全谷領域にほぼ等しくすることが有利である。

【0024】

本発明は、単一量子井戸LED (SQW) LEDに限定されず、多数の量子井戸 (MQW) 活性領域を有するLEDにも適用可能なものである。いくつかのSQWWおよびMQW構成についての放射パターンが図6に示されている。図6に示すすべての場合において、反射性コンタクトは、図3に模式的に示したような層5における放射波長の約25%だけ分離した2レベルの反射を有する。比較のため、曲線(a)、(b)および(c)は、台地領域 (曲線b)、谷領域 (曲線a) およびこれら2つの平均 (曲線c) から生じた、図4における様子に類似したSQW放射パターンである。曲線(d)、(e)および(f)は、量子井戸 (QW) 間において17.5 nmの分離距離を有し、反射層および2つの反射性表面のうちの低い方、谷領域10に最も近いQWから182 nm離れている。すなわち、図3における分離距離「d」は、平面9から8MQWの最も低いものまでの寸法をとる。曲線(d)は、谷反射性表面から生ずる放射パターンである。曲線(e)は、台地反射性表面から生ずる放射パターンである。曲線(f)は、曲線(d)および(e)の平均である。曲線(g)~(k)は、距離d1がQWの最も低いものから最も低い反射性表面まで変化する4QWを有するMQW活性領域に関する。他のすべての条件、特にQW間の間隔が17.5 nmであることは、図6における他の曲線についてのものと同一である。いくつかのQWのうちの最も低いものから反射性平面までの間隔は、放射パターンの均一性にほとんど影響を与えない、ということが分かる。量子井戸間の間隔を変化させても、実質的な変化はみられない。

30

40

【0025】

本発明を詳細に説明してきたが、当業者であれば、本明細書の開示によって、本明細書に記載された本発明の思想から逸脱することなく本発明に対して変更を施すことが可能であ

50

る、ということを認識できよう。したがって、本発明の範囲は、説明した特定の実施の形態に限定するように意図したものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】透明な基層、Ga_{0.5}N_{0.5}ベース層、発光活性領域、厚さdを有するオーミックコンタクトに隣接する層および反射性オーミックコンタクトを含む典型的なフリップチップLED構造を示す断面図

【図2】キャプションにおいて（単位：nm）与えられたような様々な距離dについて、図1に示したLEDから発せられる光の束の角度分布を示す図（束の単位は任意である）

【図3】2レベルのテクスチャされた反射性コンタクトを示す断面図

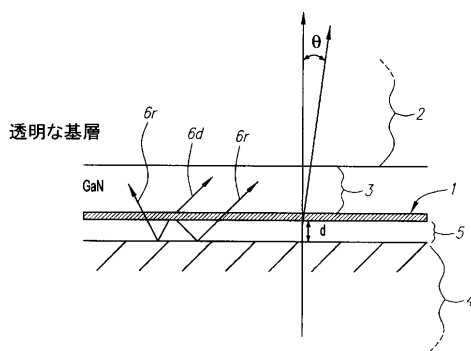
【図4】図3に示したLEDから発せられた光の強度の角度分布（束の単位は任意である）

【図5】多数の反射性平面を有する反射性層を示す断面図

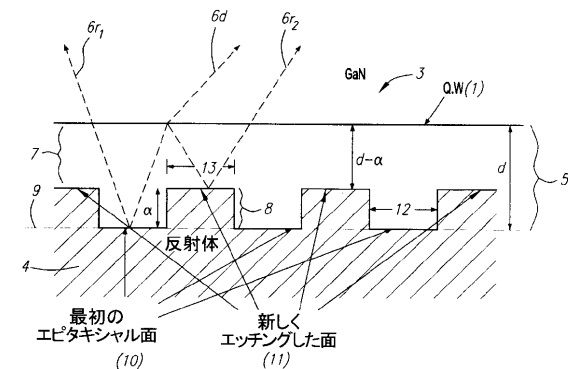
【図6】SQWおよびMQWから発せられる光の強度の角度分布を示す図（束の単位は任意である）

【図7】2つの補償グループにおいて多数の反射性平面を有する反射性層を示す断面図

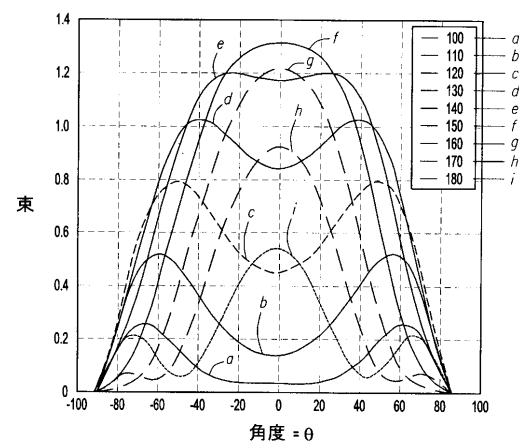
【図1】



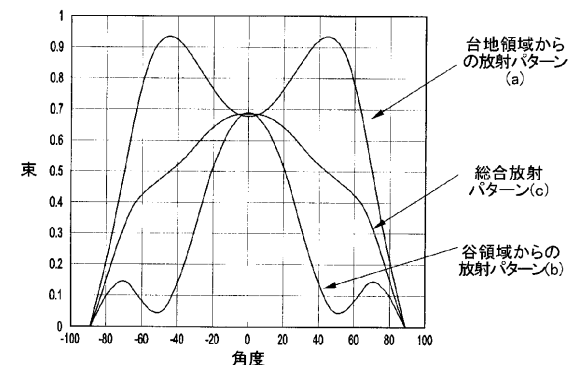
【図3】



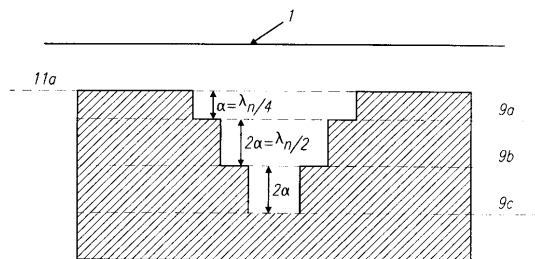
【図2】



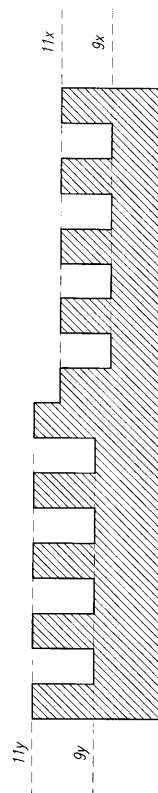
【図4】



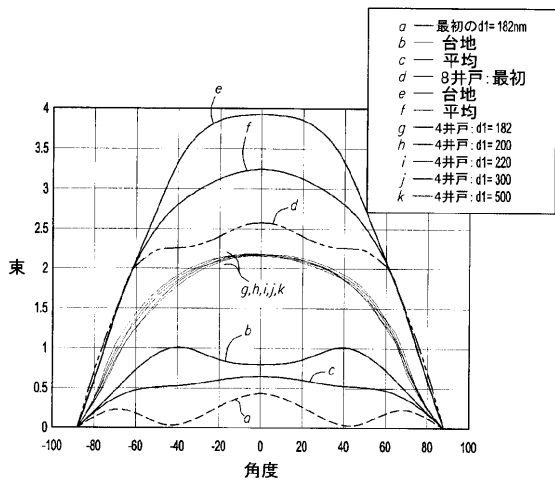
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

- (74)代理人 100096194
弁理士 竹内 英人
- (74)代理人 100074228
弁理士 今城 俊夫
- (74)代理人 100084009
弁理士 小川 信夫
- (74)代理人 100082821
弁理士 村社 厚夫
- (74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
- (74)代理人 100084663
弁理士 箱田 篤
- (72)発明者 ユ チェン シェン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 6 サン ホセ ジ アラメダ 1 3 2 2 # 2 5
4
- (72)発明者 ダニエル エイ スティガーウォルド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 1 4 クーバティアーノ ロックウッド ドライヴ 1
0 4 3 0 ー ビー

審査官 小林 謙仁

- (56)参考文献 特開平05-003079 (JP, A)
特開2000-106454 (JP, A)
特開平02-047876 (JP, A)
特開平05-003081 (JP, A)
特開2001-237458 (JP, A)
特開平07-202257 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00