

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4735794号

(P4735794)

(45) 発行日 平成23年7月27日(2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年5月13日(2011.5.13)

(51) Int.Cl.

H 0 1 L 33/56 (2010.01)

F I

H 0 1 L 33/00 4 2 4

請求項の数 13 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2003-187498 (P2003-187498)	(73) 特許権者	000190149
(22) 出願日	平成15年6月30日(2003.6.30)		信越半導体株式会社
(65) 公開番号	特開2005-26303 (P2005-26303A)		東京都千代田区大手町二丁目6番2号
(43) 公開日	平成17年1月27日(2005.1.27)	(74) 代理人	100095751
審査請求日	平成18年4月26日(2006.4.26)		弁理士 菅原 正倫
前置審査		(72) 発明者	山田 雅人
			群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越半導体株式会社 磯部工場内
		審査官	道祖土 新吾
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

化合物半導体層の積層体からなる発光層部を有した発光素子チップと、
前記発光層部からの発光光束に対して透光性を有するとともに、前記発光素子チップと直接接する形で該発光素子チップの周囲空間を覆う液状モールド媒体と、
前記発光層部からの発光光束に対して透光性を有する固体材料からなり、前記液状モールド媒体を前記発光素子チップとともに収容・密封する透光性殻体と、
を有し、
前記液状モールド媒体は液状有機化合物を主体とし、
前記液状モールド媒体の屈折率が1.3以上に設定され、
前記液状モールド媒体をなす前記液状有機化合物がテトラプロモエタンであり、
前記透光性殻体は、少なくとも最外層部が前記液状モールド媒体と空気との中間の屈折率を有する中間屈折率材料にて構成されてなり、
前記液状モールド媒体と、前記透光性殻体の該液状モールド媒体と接する内層部とがいずれも屈折率が1.45以上の材料からなり、他方、前記透光性殻体の最外層部が屈折率1.45未満のフッ素樹脂からなることを特徴とする発光モジュール。

【請求項2】

前記液状モールド媒体は、前記液状有機化合物中に該液状有機化合物よりも高屈折率の粒子を懸濁させた複合媒体であることを特徴とする請求項1記載の発光モジュール。

【請求項3】

前記高屈折率の粒子の平均粒子径が前記発光層部からの発光光束の中心波長よりも小粒径であることを特徴とする請求項 2 に記載の発光モジュール。

【請求項 4】

前記液体モールド媒体に分散剤（ヘキサメタリン酸ナトリウム、縮合ナフタレンスルホン酸ナトリウム、種々の界面活性剤等）を添加することを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の発光モジュール。

【請求項 5】

前記液状モールド媒体は、前記発光層部からの発光光束を受けて該発光光束とピーク波長の異なる蛍光を発する蛍光材料を含有するものであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

10

【請求項 6】

前記透光性殻体は、その壁部の内面の一部領域が光取出壁部として使用され、前記内面の残余の領域に前記発光光束を反射させる反射層が設けられ、前記発光層部から前記光取出壁部に向かう直接光束に、前記反射層による反射光を重畳して取り出すようにしたことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

【請求項 7】

前記発光素子チップは発光駆動用の電極を有し、該電極からは通電用の端子リード部が延出形成されてなり、前記液状モールド媒体は、前記発光素子チップとともに前記端子リード部の前記電極との接続側端部を覆う形で配置されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

20

【請求項 8】

前記透光性殻体の壁部は、前記発光素子チップの第一主表面を延長した第一仮想平面に対向する部分の少なくとも一部が、該発光素子チップからみて外向きに凸な形態に湾曲した凸湾曲壁部とされてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

【請求項 9】

前記透光性殻体の壁部は、前記発光素子チップの周側面を延長した仮想直柱体面に対向する部分の少なくとも一部が、前記発光素子チップから見て外向きに凸な形態に湾曲した凸湾曲壁部とされてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

30

【請求項 10】

前記透光性殻体の壁部は、前記発光素子チップの第二主表面を延長した第二仮想平面に対向する部分の少なくとも一部が、前記発光素子チップから見て外向きに凸な形態に湾曲した凸湾曲壁部とされてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

【請求項 11】

前記透光性殻体は、全体が球状、卵状又はナツメ状に形成されてなることを特徴とする請求項 10 記載の発光モジュール。

【請求項 12】

前記発光素子チップは、前記発光層部からの発光光束に対して透光性を有する透光性基板を有し、該透光性基板の第一主表面が光取出面とされるときともに、該透光性基板の第二主表面上に前記発光層部よりもシート抵抗の低い高導電率層が形成され、その高導電率層上に前記発光層部が形成されてなり、前記発光層部の第二主表面側に前記電極としての第一電極が配置され、他方該発光層部の一部領域を切り欠く形で前記高導電率層の露出部が形成され、その露出部に前記電極としての第二電極が配置され、

40

前記端子リード部は、それら第一電極及び第二電極からそれぞれ、前記透光性基板の前記第一主表面から離間する向きに延出形成されてなることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

【請求項 13】

前記透光性殻体に開口が形成され、該開口を封止する形で端子モールド部が配置され、

50

前記端子リード部は該端子モールド部を貫く形で配置されるとともにその第一端部が前記透光性殻体の内部空間に延出し、その先端に前記発光素子チップが接続される一方、第二端部は前記透光性殻体の外に位置することにより、前記発光素子チップへの電源供給端子を形成する請求項1 2記載の発光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、化合物半導体からなる発光素子チップを用いた発光モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】

【特許文献1】

特開平11-191641号公報

【0003】

半導体発光素子は、AlGaInPやInAlGa_Nなどを基本材料とする高輝度タイプのものが開発されてきたが、材料及び素子構造の長年にわたる進歩の結果、素子内部における光電変換効率が理論上の限界に次第に近づきつつある。従って、一層高輝度の素子を得ようとした場合、素子からの光取出し効率が極めて重要となる。光取出し効率を高めるために、一般的に採用されている方法として、発光素子チップの周囲を屈折率の高い樹脂によりモールドする手法を例示できる。発光素子チップを構成する化合物半導体の屈折率は一般に高く、チップ外側が屈折率の小さい空気で満たされていると、発光光束がチップ表面で全反射してチップ内に戻る臨界角が減少し、光取出し効率が低下する。しかし、エポキシ樹脂などの高屈折材料でチップを覆っておくと、発光素子チップとの屈折率差が縮小するので臨界角が大きくなり、光取出し効率を高めることができる。この樹脂モールドは、発光素子チップの大気中水分などとの反応による劣化から保護するパッシベーション層として機能も果たす。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、エポキシ樹脂によるモールドには、次のような問題点がある。

▲1▼エポキシ樹脂は熱硬化性樹脂であり、硬化処理（キュアリング）に伴う収縮が著しい。その結果、モールド時に樹脂収縮による大きな応力が発光素子チップに付加され、発光層部の劣化を招きやすい。また、発光素子チップの電極に接続される通電用リードの断線や接触不良などの不具合も生じやすい。

▲2▼発光素子チップからの発光光束には、所望とする波長の可視光成分以外に、少なからぬ紫外線成分が含まれている。特に、青色系や緑色系などの短波長域の発光素子チップの場合、含まれる紫外線量も多くなる。エポキシ樹脂の架橋収縮は紫外線の照射により進行しやすく、また結晶化などの変質も進みやすい。前者の場合、樹脂収縮がさらに進行して▲1▼の不具合が助長されやすくなる。また、後者の場合は、樹脂の透明性が失われ、光取出し効率の劣化につながる。

▲3▼エポキシ樹脂は透水性が比較的大きく、使用環境中に含まれる湿度水分等が経時的に浸透し、発光素子チップの劣化を招くことがある。

【0005】

▲4▼従来の発光素子は、発光層部の一方の主表面をメインの光取出面として使用するため、光取出面側に光束の分布が偏った指向性の強いものが一般的である。これは、表示用デバイス等として使用する場合は好都合であるが、例えば近年検討が進んでいる照明用デバイスの用途においては、均一で自然な照明効果が得にくい難点がある。この場合、樹脂モールドの厚さを増加させて発光光束の分散性を高め、強すぎる指向性を和らげることが考えられる。また、モールド厚さを増加させることは、上記▲3▼の水分浸透の影響を遅らせる観点においても、一見有利に作用すると思われる。しかし、モールド厚さが過度に増加すると、発光素子チップに付加される樹脂の収縮応力が増幅され、▲1▼の不具合が助長されやすくなる。また、▲2▼の不具合の原因となる紫外線による樹脂変質は、発光素子チップの近傍から先に進行するため、チップ周辺部分で劣化が進行すれば、モ-

10

20

30

40

50

ルドの残余の部分が健全であっても素子としては使い物にならなくなる。このような事情から、エポキシ樹脂によるモールド厚さを大きく増加させても、それに見合った効果が期待できないばかりか、樹脂収縮応力の増大など弊害が却って大きくなるため好ましくない。

▲5 ▼照明用等には大形の大電流型のチップを使用する必要があるが、発光時の発熱が大きい。しかし、小体積の樹脂モールドでは放熱効果はあまり期待できず、素子チップに随伴したヒートシンク構造を考慮しなければならないので、発光モジュール全体の構造が複雑化し、コストアップにつながる。

【0006】

本発明の課題は、発光素子チップを覆うモールドの経時劣化を大幅に抑制でき、また、モールド厚さを増大させても収縮応力等の影響がほとんど生じず放熱性に優れ、ひいては、良好な光取出し効率を長期にわたって安定に維持できるとともに、発光光束の分散性を高めることができ、ひいては照明用等として好適な性能を有した発光モジュールを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】

上記の課題を解決するために、本発明の発光モジュールは、
化合物半導体層の積層体からなる発光層部を有した発光素子チップと、
発光層部からの発光光束に対して透光性を有するとともに、発光素子チップと直接接する形で該発光素子チップの周囲空間を覆う液状モールド媒体と、
発光層部からの発光光束に対して透光性を有する固体材料からなり、液状モールド媒体を発光素子チップとともに収容・密封する透光性殻体と、
を有し、

液状モールド媒体は液状有機化合物を主体とし、
液状モールド媒体の屈折率が1.3以上に設定され、
液状モールド媒体をなす液状有機化合物がテトラプロモエタンであり、
透光性殻体は、少なくとも最外層部が液状モールド媒体と空気との中間の屈折率を有する中間屈折率材料にて構成されてなり、

液状モールド媒体と、透光性殻体の該液状モールド媒体と接する内層部とがいずれも屈折率が1.45以上の材料からなり、他方、透光性殻体の最外層部が屈折率1.45未満のフッ素樹脂からなることを特徴とする。

【0008】

上記本発明の発光モジュールにおいては、発光素子チップの周囲空間を、液状有機化合物を主体とする液状モールド媒体にて覆うようにした。透光性殻体は、この液状モールド媒体の収容容器として機能する。これにより、エポキシ樹脂のような固形モールド材料を用いる従来の発光素子モジュールの欠点を、以下のように、ことごとく解決することができる。

▲1 ▼モールド媒体が液状であるため、媒体収縮による発光素子チップへの応力付加が本質的に生じない。また、媒体の体積膨張等に伴う圧縮応力が生じることはあるが、媒体が液状であるため、発光素子チップに伝わる応力は等方的であり、発光層部の劣化等につながる影響をほとんど生じない。また、発光素子チップの電極に接続される通電用リードの断線や接触不良などの不具合も極めて生じにくくなる。

▲2 ▼発光素子チップからの紫外線成分の照射を受けた場合、液状モールド媒体の変質が生じるものの、媒体自体が液状のため、応力付加等の不具合助長につながる惧れがない。

【0009】

▲3 ▼モールド媒体が液状であるため、モールドの体積を大きくしても発光素子チップへの応力増加等にはつながらない。従って、発光光束の分散性が高められ、照明用等に好適な指向性の小さい配向特性を容易に得ることができる。また、モールド媒体の厚さが増加するので、使用環境中に含まれる湿度水分等の浸透が発光素子チップに到達するのを遅ら

せることができ、耐久性を増すことができる。

▲4▼媒体が液状なので変質部分が拡散や対流により速やかに流動して発光素子チップの近傍に留まらず、透明性喪失などの劣化が進行しにくい。特に、発光素子チップの通電による発熱が生ずると、液状モールド媒体の対流が促進され、発光素子チップ近傍における変質した媒体の置換がより進むため、上記効果が高められる。従って、モールド媒体の体積を増加させた場合、劣化部分の発光素子チップへの局所化が生じず、体積増加に見合った効果の持続を期待できる。

▲5▼液状モールド媒体の対流流動により放熱効果を促進でき、照明用等到大形の大電流型チップを使用した場合においても、複雑なヒートシンク構造を考慮する必要がなくなり、安価に素子モジュールを構成できる。この効果は、液状モールド媒体の体積を増加させるほど著しくなる。

10

【0010】

液状モールド媒体は、屈折率のなるべく大きいものを採用することが、全反射臨界角増加、ひいては発光素子チップからの光取出し効率を向上させる観点において望ましい。例えば、屈折率が1.3以上、望ましくは1.4以上の材質を採用すれば、従来のエポキシ樹脂並か、あるいはそれ以上の光取出し効率を実現できる。

【0011】

また、液状モールド媒体が備えているべき望ましい特性として、次のような項目が挙げられる。

- (1)発光光束に対する透明性に優れていること。
- (2)発光素子チップに対する腐食等を生じにくい不活性なものであること。
- (3)水分含有率がなるべく低く、また、水分の浸透を生じにくい材質であること（この観点で、液状モールド媒体は液状有機化合物を主体とするものを用いることが望ましい）。
- (4)絶縁性に優れていること。
- (5)揮発性が小さく、引火・燃焼等を生じにくい材質であること。

20

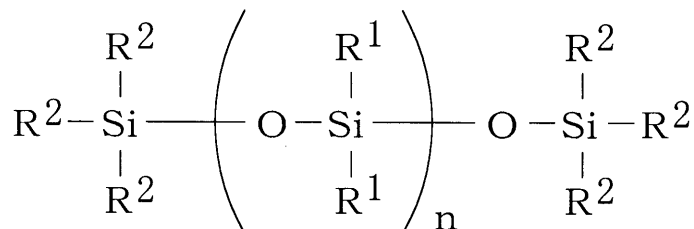
【0012】

上記のような特性を充足する液状モールド媒体をなす液状有機化合物としては、例えばシリコンオイルを例示することができる。シリコンオイルは、一般式が下記分子式にて表される化合物であり、ジアルキルジクロロシランを主成分とし、末端用にトリアルキルモノクロロシランを加えた原料を加水分解により縮重合して得られる直鎖状分子である。

30

【0013】

【化1】



40

【0014】

R^1 、 R^2 はメチル基、フェニル基、水素などであり、ジクロロ体のモノクロロ体に対する比を増加させることで重合度 n が増加し、粘性の高いシリコンオイルとなる。なお、対流効果を高めたい場合には、粘性のなるべく小さいものを使用することが望ましい（例えば、25℃での粘度が1000cSt以下）。シリコンオイルには多数の市販品があり、屈折率は1.3以上1.6以下の範囲で選択できる。例えばジメチルシリコンオイル（屈折率：1.3以上1.4以下）の市販品としてKF96（信越化学工業（株）製）、メチルフェニルシリコンオイル（屈折率：1.4以上1.5以下）の市販品としてKF50、KF54（信越化学工業（株）製）、メチルヒドロジェンシリコンオイル（

50

屈折率：1.3以上1.4以下）の市販品としてKF99（信越化学工業（株）製）などを例示できる。特に、 R^1 、 R^2 のメチル基の一部をフェニル基で置き換えたメチルフェニルシリコンオイルは、高屈折率であり、また、耐熱性や耐酸化性にも優れているので、本発明に好適に採用できる。

【0015】

また、より高屈折率の液状モールド媒体（例えば屈折率1.6以上）としては、テトラブロモエタン（特に1,1,2,2-テトラブロモエタン：四臭化アセチレンともいう）を本発明に好適に採用できる。室温での屈折率は1.64であり、透光性も高い。また、比重が2.96と大きく、放熱特性にも優れる。他方、特開2002-53839号公報に開示されている、液状有機化合物にハロゲン化アンチモンを溶解させたものも、屈折率1.6以上の高屈折率を有する液状モールド媒体として用いることができる。

10

【0016】

また、液状有機化合物中に該液状有機化合物よりも高屈折率の粒子を懸濁させた複合媒体を用いると、より高屈折率の液状モールド媒体を得ることができる。液状有機化合物としては、上記のシリコンオイルやテトラブロモエタンなどを使用できる。また、高屈折率の粒子としては、 Si_3N_4 （屈折率：2.1）、BN（屈折率：2.0）、AlN（屈折率：2.2）、 Al_2O_3 （屈折率：1.8）、 TiO_2 （屈折率：2.5）、 ZrO_2 、Si（屈折率：3.5）、Ge（屈折率：4.0）、 Sb_2S_3 （屈折率：4.5）、SiC（屈折率：3.2）などを採用でき、コロイド粒子として液状有機化合物中に分散させておくと、高屈折率と高い透光性とを両立できるので好ましい。この場合、粒子の平均粒径：1 μm 以下とするのがよく、より望ましくは、発光層部からの発光光束の中心波長よりも小粒径（特に一次粒子の平均粒径にて2～100nm）とすることで、散乱による透光性低下を顕著に抑制することができる。なお、屈折率向上効果とコロイド懸濁状態維持とを両立させる観点から、液状モールド媒体における高屈折率の粒子の含有率は5体積%以上20体積%以下とするのがよい。なお、良好な懸濁状態を得るために適当な分散剤（ヘキサメタリン酸ナトリウム、縮合ナフタレンスルホン酸ナトリウム、種々の界面活性剤など）を添加することが可能である。

20

【0017】

また、透光性殻体は、少なくとも最外層部が液状モールド媒体と空気との中間の屈折率を有する中間屈折率材料にて構成することができる。上記のような中間屈折率の層を有する透光性殻体を用いれば、液状モールド媒体の側から透光性殻体の周囲の空気層に向けて屈折率を漸減させることができる。これにより、発光光束が全反射により透光性殻体の内側に戻る現象が抑制でき、透光性殻体外への光取出し効率の向上により、より高輝度の発光モジュールが実現する。

30

【0018】

この場合、透光性殻体の全体を上記のごとき中間屈折率の層として構成することができる。例えば、テトラブロモエタンや、高屈折材料粒子の懸濁により屈折率を1.6以上に高めた液状モールド媒体を用いる場合、アクリル樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、スチレン樹脂など、屈折率が1.45以上1.55以下の周知の透明樹脂材料にて透光性殻体を構成すれば、光取出し効率の向上を図ることができる。他方、メチルフェニルシリコンオイルなど、屈折率が1.45以上1.55以下の液状モールド媒体を用いる場合は、これと同等の屈折率を有する上記の透明樹脂材料にて透光性殻体を構成すると、液状モールド媒体から透光性殻体側への屈折率の減少効果がほとんどないため、光取出し効率の向上はあまり見込めない。そこで、液状モールド媒体と、透光性殻体の該液状モールド媒体と接する内層部とがいずれも屈折率が1.45以上の材料からなる場合、透光性殻体の最外層部を屈折率1.45未満のフッ素樹脂にて構成すると、光取出し効率を高めることができる。フッ素樹脂は、例えばポリフッ化ビニリデン、ポリテトラフルオロエチレン、4-フルオロエチレン-6-フルオロプロピレン共重合体、4-フルオロエチレン-パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体、4-フルオロエチレン-エチレン共重合体、ポリビニルフルオリド、フルオロエチレン-炭化水素系ビニルエーテル共重合体などを

40

50

主体とする市販のものを使用できる。

【0019】

また、液状モールド媒体は、発光層部からの発光光束を受けて該発光光束とピーク波長の異なる蛍光を発する蛍光材料を含有するものとして構成することができる。これにより、液状モールド媒体を発光媒体としても利用でき、蛍光材料の材質や配合比の調整により、照明光等に適した種々の発光スペクトルを容易に設計できる。また、液状モールド媒体の全体が略一様に発光するため、発光光束の分散効果が著しく、ひいては照明に適した指向性の小さい発光モジュールが実現する。この場合、発光素子チップの発光層部は、蛍光励起に適した光源波長を有している必要があり、近紫外から紫色ないし青色領域（ピーク波長：300nm以上470nm以下）の発光が可能な発光層部、具体的には活性層がInAlGaNあるいはMgZnOにて構成されたダブルヘテロ構造の発光層部を採用することが望ましい。

10

【0020】

また、使用する蛍光材料は、例えば固体蛍光材料の粒子の形で液状有機材料中に懸濁させることができる（前述のコロイド粒子と同様の平均粒径設定が望ましく、また、分散剤の使用が可能である）。白色光を発光させたい場合は、蛍光ランプ等にて使用されている公知の蛍光体材料、例えばハロリン酸カルシウム（ $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaFCl/Sb, Mn}$ ）を使用でき、例えばFとCl, SbとMnのそれぞれの量を調整することにより、種々の色温度の白色光を得ることができる。なお、赤・緑・青（RGB）の3波長領域での幅の狭い発光を組み合わせれば、より演色性の優れた照明を実現できる。この場合、各色の蛍光体を混ぜて使うことになるが、代表的なものとして、例えば $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ （R：中心波長611nm）、 $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Tb}^{3+}$ （G：中心波長543nm）、 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}^{2+}$ （B：中心波長452nm）の組合せがある。

20

【0021】

なお、種々の目的である程度の指向性を有した光源を得たい場合は、次のような構造を採用するとよい。すなわち、透光性殻体の壁部の、内面の一部領域を光取出壁部として使用し、内面の残余の領域に発光光束を反射させる反射層を設け、発光層部から光取出壁部に向かう直接光束に、反射層による反射光を重畳して取り出す。このようにすると、発光素子チップから液状モールド媒体側への光取出し効率を高めることができ、その高効率にて取り出された発光光束を、反射光を重畳させつつ光取出壁部から高強度にて照出することができる。

30

【0022】

発光素子チップは発光駆動用の電極を有し、該電極から通電用の端子リード部が延出形成された構造とすることができる。この場合、液状モールド媒体は、発光素子チップとともに端子リード部の電極との接続側端部を覆う形で配置することができる。これによると、延出した端子リード部の長さにより発光素子チップを、透光性殻体内部の光取出に有利な最適の位置に容易に位置決めすることができる。また、発光素子チップと端子リード部とが流動性の高い液状モールド媒体により覆われるので、両者の結合部分に不要な圧力等がかかりにくく、断線等の不具合も生じにくい。

40

【0023】

透光性殻体の壁部は、その形状の工夫により発光光束の内部全反射の抑制を図ることができる。具体的には、発光素子チップの光取出面に臨む壁部を、発光素子チップからみて外向きに凸な形態に湾曲した凸湾曲壁部とすることが、壁部各位置での接線に対する発光光束の入射角を大きくでき、上記の内部全反射を効果的に抑制できる。例えば、発光素子チップの第一主表面を主な光取出面として用いる場合、透光性殻体の壁部の、該第一主表面を延長した第一仮想平面に対向する部分の少なくとも一部を、該発光素子チップからみて外向きに凸な形態に湾曲した凸湾曲壁部としておけば、透光性殻体外への光取出し効率を向上することができる。また、透光性殻体の壁部は、発光素子チップの周側面を延長した仮想直柱体面に対向する部分の少なくとも一部を、発光素子チップから見て外向きに凸な

50

形態に湾曲した凸湾曲壁部とすることで、発光素子チップの周側面からの発光光束を、透光性殻体の外部により効果的に取り出すことができる。さらに、透光性殻体の壁部を、発光素子チップの第二主表面を延長した第二仮想平面に対向する部分の少なくとも一部が、発光素子チップから見て外向きに凸な形態に湾曲した凸湾曲壁部としておけば、第二主表面側からの発光光束も、透光性殻体の外部に効果的に取り出すことができる。これらの要件を全て満たす透光性殻体の形状は、例えば、全体が球状、卵状又はナツメ状に形成されたものである。

【0024】

発光素子チップは、発光層部からの発光光束に対して透光性を有する透光性基板を有し、該透光性基板の第一主表面が光取出面とされるときにも、該透光性基板の第二主表面上に発光層部よりもシート抵抗の低い高導電率層が形成され、その高導電率層上に発光層部が形成されてなり、発光層部の第二主表面側に電極としての第一電極が配置され、他方該発光層部の一部領域を切り欠く形で高導電率層の露出部が形成され、その露出部に電極としての第二電極が配置された構造とすることができる。端子リード部は、それら第一電極及び第二電極からそれぞれ、透光性基板の第一主表面から離間する向きに延出形成することができる。このようにすると、遮光体として作用する電極が発光素子チップの第二主表面側に集められ、端子リード部もその第二主表面側から延出する構成となるので、第一主表面側から発光を遮るものが排除され、光取出し効率を高める上でより有利な構造が実現する。

【0025】

この場合、透光性殻体に開口を形成し、該開口を封止する形で端子モールド部を配置することができる。端子リード部は該端子モールド部を貫く形で配置されるときにもその第一端部が透光性殻体の内部空間に延出し、その先端に発光素子チップが接続される一方、第二端部は透光性殻体の外に位置することにより、発光素子チップへの電源供給端子を形成するものとして構成できる。このようにすると、端子リード部の保護を図る端子モールド部に、内部が液状モールド媒体で満たされた透光性殻体のシール部材を兼用させることができ、素子モジュールのコンパクト化を図ることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。

（実施の形態1）

図1は、本発明の発光モジュールを用いた照明装置の一例を示すものである。該照明装置1は電燈形態に構成され、電球状の発光モジュール64を有する。図2は、その発光モジュール64の詳細を示すものであり、化合物半導体層の積層体からなる発光層部24を有した発光素子チップ20と、該発光素子チップ20と直接接する形で該発光素子チップ20の周囲空間を覆う液状モールド媒体30と、該液状モールド媒体30を発光素子チップ20とともに収容・密封する透光性殻体65とを有する。液状モールド媒体30は、液状有機化合物を主体とし、発光層部24からの発光光束LBに対して透光性を有するものが使用される。また、透光性殻体65は、発光層部24からの発光光束LBに対して透光性を有する固体材料からなるものである。

【0027】

図3に示すように、発光素子チップ20は、発光層部24からの発光光束LBに対して透光性を有する透光性基板7を有し、該透光性基板7の第一主表面MS1が光取出面とされる。また、透光性基板7の第二主表面MS2上には、発光層部24よりもシート抵抗の低い高導電率層8が形成され、その高導電率層8上に発光層部24が形成されている。

【0028】

本実施形態においては、図1、図2に示すごとく、発光モジュール64内に青色（B）、緑色（G）及び赤色（R）にてそれぞれ発光する3つの発光素子チップ20が設けられ、各チップからの発光光束を混合することにより白色ないしそれに近い照明用光を発生させるようにしている。図3に示すように、いずれの発光素子チップ20も発光層部24は、

内部量子効率を高めるために、n型にドーピングされたn型クラッド層4と、p型にドーピングされたp型クラッド層6とにより、ノンドープの活性層5を挟んだダブルヘテロ構造が採用されている。青色系光源用の発光層部は $\text{In}_a\text{Ga}_b\text{Al}_{1-a-b}\text{N}$ ($0 \leq a \leq 1$, $0 \leq b \leq 1$, $a+b \leq 1$: 以下、 InGaAlN とも記載する)にて構成されている。この素子は、混晶比 a , b の設定により、360nm以上560nm以下の範囲で、高強度を維持しつつ発光波長を容易に調整することができる。他方、緑色系光源用及び赤色系光源用の発光層部は、ダブルヘテロ発光層部が $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$: 以下、 AlGaInP とも記載する)にて構成された素子とすることができる。この素子は、混晶比 x , y の設定により、520nm以上670nm以下の範囲で、高強度を維持しつつ発光波長を容易に調整することができる。これらの発光層部の構成はいずれも周知であるため、詳細な説明は省略する。

10

【0029】

なお、透光性基板7は、 InGaAlN 系の発光層部を有する発光素子チップについては、発光層部24をMOVPE (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy) により成長する際の成長用基板であるサファイア基板を流用できる。他方、 AlGaInP 系の発光層部を有する発光素子チップについては、成長用の基板が透明性の低いGaAs基板が用いられる関係上、これをエッチング等により除去して、透光性基板7 (材質は特に限定されず、サファイア基板やGaP基板のほか、ガラス基板等の使用も可能である) を貼り合わせる構成を採用できる。また、高導電率層8は、クラッド層6よりもハイドロプの化合物半導体層 (例えば、クラッド層6と同一混晶比のもの) にて形成することができる。

20

【0030】

図3に示すように、発光層部24のn型クラッド層4側には、Au等からなる第一電極9が配置され、他方該発光層部24の一部領域を切り欠く形で高導電率層8の露出部が形成され、その露出部にAu等からなる第二電極15が配置されている (露出部は、周知のフォトリソグラフィ技術により形成できる)。端子リード部31, 33は、それら第一電極9及び第二電極15からそれぞれ、透光性基板7の第一主表面MS1から離間する向きに延出形成されている。従って、液状モールド媒体30は、発光素子チップ20とともに端子リード部31, 33の電極9, 15との接続側端面も覆うものとなっている。本実施形態では、端子リード部31及び33の先端に、リード本体よりも径大の電極面に対向する接続ベース32, 34がそれぞれ一体に設けられ、銀ペースト層などの導電層25, 26を介して第一電極9及び第二電極15とそれぞれ接続されている。端子リード部31及び33は、例えばFe-42質量%Ni合金などのFe-Ni合金にて構成されている。

30

【0031】

なお、発光素子チップ20は、図26に示すようにシリコン基板やGaAs基板などの導電性基板7'上に発光層部24を形成し、さらに該発光層部24上に電流拡散層2 (発光層部24が AlGaInP の場合はGaPや AlGaAs など) を形成し、該電流拡散層2の一部領域を第一電極9にて覆った構造としてもよい。この場合、金属ステージ53上に、Agペースト等の金属導体ペースト3を介して発光素子チップ20の導電性基板7'側を接続する。金属導体ステージ53の発光素子チップ20との接続面は凹面状に形成され、光取出の指向性が高められている。また、第一電極9は、導体金具51に金属リード9aにより接続されている。前述の端子リード部31, 33は、金属ステージ53及び導体金具51にそれぞれ結合されている。

40

【0032】

図2に戻り、液状モールド媒体30は、発光光束LBに対する透明性を有し、発光素子チップ20 (及び端子リード部31及び33) に対する腐食等を生じにくく、絶縁性及び耐水性の高い液状有機化合物、例えばシリコンオイル (特に、メチルフェニルシリコンオイル (屈折率1.4~1.5)) にて構成される。また、屈折率1.6以上のより高屈折率の液状モールド媒体として、テトラブプロモエタン (四臭化アセチレンともいう) を用いることもできる。

【0033】

50

また、図5に示すように、シリコンオイルやテトラブロモエタンなどの液状有機化合物30a中に該液状有機化合物30aよりも屈折率が高い高屈折率粒子170を懸濁させた複合媒体を液状モールド媒体30として用いることもできる。高屈折率粒子170は、例えば Si_3N_4 、BN、AlN、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 ZrO_2 、Si、Ge、 Sb_2S_3 あるいはSiCから選ばれる1種又は2種以上で構成でき、粒子の平均粒径は $1\mu\text{m}$ 以下、特に、発光層部24からの発光光束LBの中心波長よりも小粒径（特に一次粒子の平均粒径にて $2\sim 100\text{nm}$ ）とすることで、散乱による透光性低下を顕著に抑制することができる。液状モールド媒体30における高屈折率粒子170の含有率は5体積%以上20体積%以下とする。

【0034】

10

図2に戻り、透光性殻体65は、アクリル樹脂等の透光性を有する樹脂（あるいはガラスでもよい）からなる基質65mが主体となる中空成形体である。基質65m中に気泡やガラスあるいはセラミックよりなる光散乱粒子65sを分散配合しておくか、あるいは内面をすりガラス状の面粗し部としておくことにより、光分散効果、ひいては各発光素子チップ20からの光の混合効果を高めることができる。なお、透光性殻体65の基質65mの代わりに（あるいは、該基質65とともに）、液状モールド媒体30中に光散乱粒子を分散させておくこともできる。

【0035】

なお、図27の発光モジュール364のように、透光性殻体65の壁部の、内面の一部領域を光取出壁部65jとして使用し、内面の残余の領域に発光光束LBを反射させる反射層65rを設けることもできる。これにより、発光層部24から光取出壁部65jに向かう直接光束LBに、反射層65rによる反射光RBを重畳して取り出すことができる。反射層65rは、Al、AgあるいはAuなどを主体とする金属膜として構成することができるほか、屈折率の相違する酸化物層あるいは透明樹脂層を交互にないし周期的に積層した多重反射膜あるいはDBR（Distributed Bragg Reflector）膜にて構成することも可能である。また、図27においては、反射層65rを透光性殻体65の壁部内面に設けているが、外面に形成することも可能である（この場合、発光層部24からの発光光束は、透光性殻体65の壁部を経由して反射層65rで反射されることになる）。さらに、図28の発光モジュール464のように、透光性殻体65の壁部を金属壁部265にて置き換え、該金属壁部265の内面を反射面として利用する形態も可能である。この場合、該金

20

30

【0036】

透光性殻体65は開口65qを有し、該開口65qを封止する形で端子モールド部161が配置されている。端子リード部31、33は端子モールド部161を貫く形で配置され、第一端部が透光性殻体65の内部空間に延出し、その先端に発光素子チップ20が接続される一方、第二端部は透光性殻体65の外に位置することにより、発光素子チップ20への電源供給端子131、132を形成している。

【0037】

透光性殻体65の形状は、殻体壁部内面又は外面での全反射による光束の戻りを生じにくくするため、発光素子チップ20の光取出面に臨む壁部を、発光素子チップ20からみて外向きに凸な形態に湾曲した凸湾曲壁部を有するものとしている。図25に示すごとく、この実施形態では、発光素子チップ20の第一主表面MP1、第二主表面MP2及び周側面PPがいずれも光取出面とされている。透光性殻体65は発光素子チップ20を取り囲む球状の壁部を有している。これは、幾何学的には、次のような条件を充足するものとなっている。すなわち、該第一主表面MP1を延長した第一仮想平面VP1に対向する部分W1、周側面PPを延長した仮想直柱体面VP2に対向する部分W2、及び第二主表面MP2を延長した第二仮想平面VP3に対向する部分W3（開口65qに臨む位置には当然、壁部は存在しない）が、いずれも、発光素子チップ20から見て外向きに凸な形態に湾曲した凸湾曲壁部とされている（なお、部分W1、W2、W3は、部分的に互いに重なり合っている）。これらの要件を全て満たす透光性殻体65の形状は、図18に示すような

40

50

球状形態のほか、図１９に示す卵状形態（あるいは回転楕円体状形態）、さらには図２０に示すナツメ状形態を例示できる。

【００３８】

また、図２１に示すように、透光性殻体６５は多面体状に形成することもできるし、図２２に示すように円筒状に形成することもできる。図２２では、発光素子チップ２０の周側面ＰＰの延長に臨む部分だけが凸湾曲壁部（円筒面状壁部）として形成されていると見ることもできる。

【００３９】

図２に戻り、端子モールド部１６１は、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリカーボネート等の熱可塑性樹脂により円柱状に形成され、端子リード部３１、３３と射出成形（インサート成形）により一体化されている。また、透光性殻体６５は射出成形ないしブロー成形により形成され、短尺筒状の開口リブ６５ｔが本体部から延出した形態を有する。開口リブ６５ｔの先端には前記の開口６５ｑが形成されるとともに、金属製の筒状の端子ケース６６が外周面に一体化されている。また、端子モールド部１６１と開口リブ６５ｔとの間には、透光性殻体６５内部の液状モールド媒体３０の液漏れを防ぐための、ゴム等からなるリング状のシール部材１６３が配置されている。また、端子ケース６６の後端部１６２ｃは、端子モールド部１６１の後端面に向けて内向きに加締められている。

【００４０】

本実施形態においては、シール部材１６３は、端子モールド部１６１の前端面外周縁部を切り欠く形で形成されたシール収容溝１６１ｇ内に配置されている。また、端子モールド部１６１の後端面外周縁にもシール収容溝１６１ｇが形成され、同様のシール部材１６３が配置されている。また、シール部材１６３に対応する位置にて端子ケース６６の外周面には、周方向の加締め部１６２ａ、１６２ｂが形成されている。また、端子モールド部１６１の内部には、各発光素子チップ２０への印加電圧を調整するための調整抵抗２１が埋設されている。さらに、透光性殻体６５の内部空間に面するシール部材１６３の前端面には、液状モールド媒体３０の体積膨張を吸収するための吸収空間１６１ｈが開口形成されている。

【００４１】

なお、透光性殻体６５を、シリコーンゴムなどの透光性を有する弾性体で構成することもできる。このような弾性体で透光性殻体６５を構成すると、液状モールド媒体３０の体積膨張を透光性殻体６５自体の弾性変形により吸収することができる。

【００４２】

発光モジュール６４の組み立ては以下のようにする。すなわち、端子ケース６６を一体成形した透光性殻体６５の内部に、開口６５ｑから液状モールド媒体３０を注ぎ入れる。他方、端子モールド部１６１（シール部材１６３はシール収容溝１６１ｇに予め嵌め込んでおけばよい）が一体化された端子リード部３１、３３及び発光素子チップ２０の組み立てアセンブリを用意し、発光素子チップ２０を液状モールド媒体３０内に浸漬しつつ、端子モールド部１６１を端子ケース６６の内側に挿入する。そして、端子ケース６６の後端部１６２ｃを端子モールド部１６１の後端面に向けて加締めるとともに、周方向の加締め部１６２ａ、１６２ｂを形成し、透光性殻体６５の内部を密封すれば組み立ては完了する。

【００４３】

図１に戻り、照明装置１は本体ケース７３を有し、該本体ケース７３に取付凹部１３３ａを有する光源ソケット１３３が設けられている。発光モジュール６４は端子ケース６６にて光源ソケット１３３の取付凹部１３３ａに挿入され、その底面に設けられた雌コネクタ状の駆動電圧出力端子２３１、２３２に電源供給端子１３１、１３２がそれぞれ差し込まれて装着される。駆動電圧出力端子２３１、２３２は、電力供給部７０の基板に接続され、さらに電力供給部７０への電力供給線１３４ａが、周知のスイッチボックス７２を経て、電源プラグ１３５を有した電源コード１３４に接続されている。

【００４４】

図４は、電力供給部７０に回路図の一例であり、電源部１０１からの出力電圧を発光素子

10

20

30

40

50

駆動電圧に変換する電圧変換部 99, 121 を有する。本実施形態において、電源部は商用交流電源 101 であり、電圧変換部は、該商用交流電源を直流電圧に変換する AC/DC コンバータ 99 を有する。AC/DC コンバータ 99 は、電源プラグ 135 にて商用交流電源 101 のコンセントに接続される。AC/DC コンバータ 99 は、商用交流電源 101 の電源電圧（例えば 100 V）を所定の電圧（例えば 5 ~ 15 V）に降圧するトランス 140 と、降圧後の交流を整流するダイオードブリッジからなる整流部 141 を有する。整流部 141 による整流波形は、コンデンサ 142 にて平滑化された後、各発光素子チップ 20 の駆動安定化電源回路 121 に分配入力される。駆動安定化電源回路 121 は、レギュレータ IC 122（コンデンサ 123, 124 は発振防止用である）を有し、AC/DC コンバータ 99 からの入力電圧を、各発光素子チップ 20 に適した直流駆動電圧に変換して、アノード側駆動電圧出力端子 131 に出力する。なお、3つの発光素子チップ 20 の共通化されたカソード端子 63 は、接地側駆動電圧出力端子 132 を介して接地線 G に接続される。

10

【0045】

図 1 の照明装置 1 の動作は以下の通りである。電源プラグ 135 を商用交流コンセントに差し込めば、電力供給部 70 を介して発光モジュール 64 の光源モジュール 50 に給電され、所期のスペクトルの照明光にて電燈 263 を点灯することができる。なお、操作部 74 によりスイッチボックス 72 を操作すれば、光源モジュール 50 への給電が ON/OFF され、照明装置 1 の点灯/消灯を簡単に行なうことができる。

【0046】

20

そして、本発明の発光モジュール 64 を用いることにより、以下のような効果が達成される。すなわち、図 2 に示すごとく、発光素子チップ 20 の周囲空間が、従来の発光モジュールのような固形のモールド樹脂ではなく、液状モールド媒体 30 にて覆われている。モールド媒体が液状であるため、媒体収縮による発光素子チップ 20 への応力付加が本質的に生じず、発光層部 24 の劣化等につながる影響をほとんど生じない。また、端子リード部 31, 33 の断線や接触不良などの不具合も起こりにくい。一方、発光素子チップ 20 からは紫外線成分が少なからず放出されるが、シリコンオイルやテトラプロモエタンからなる液状モールド媒体 30 は紫外線照射による変質が生じにくく、耐水性にも優れる。

【0047】

さらに、モールド媒体が液状であるため、モールドの体積を大きくしても発光素子チップ 20 への応力増加等は静水圧的な圧縮力が多少増加するだけで、発光素子チップ 20 周辺への機械的なダメージを生ずる惧れがない。従って、発光光束 LB の分散性が高められ、照明用等に好適な指向性の小さい配向特性を容易に得ることができる。また、モールド媒体の厚さ（体積）を増加させることで、発光素子チップ 20 への水分浸透等も進みにくく、耐久性がます。

30

【0048】

また、さらに重要な効果は、媒体が液状なので、仮に発光素子チップ 20 の周囲にて変質部分が生じて、対流 CF により速やかに流動するので発光素子チップ 20 の近傍に留まらず、透明性喪失などの劣化が進行しにくい。このとき、発光素子チップ 20 の通電による発熱は、液状モールド媒体 30 の対流 CF を促進する効果を有する。また、液状モールド媒体 30 の対流 CF により放熱効果が促進されるので、照明用等に大面積（例えば発光層部の 1 辺が 300 μm 以上 1000 μm 以下）及び大電流（例えば定格電流 50 mA 以上 1000 mA 以下、定格出力 0.1 W 以上 5 W 以下）のチップを使用した場合においても、発光モジュール 64 の過度の温度上昇を生じにくく、発光素子チップ 20 側に複雑なヒートシンク構造を考慮する必要もなくなる。液状モールド媒体 30 の体積は、例えば、発光素子チップ 20 の体積の 10 倍以上 10⁷ 倍以下に設定するのがよい。

40

【0049】

なお、液状モールド媒体 30 としてテトラプロモエタン（屈折率：1.64）を用い、透光性壳体 65 の全体をアクリル樹脂など屈折率が 1.5 前後（1.45 以上 1.55 以下）の樹脂で構成すれば、液状モールド媒体 30 側から透光性壳体 65 を経て、その外側を

50

取り巻く空気（屈折率：1.0）に向け、屈折率が段階的に減少するので、全反射による発光光束の戻りを効果的に抑制でき、光取出し効率をより向上することができる。他方、メチルフェニルシリコンオイルなど、屈折率が1.5前後（1.45以上1.55以下）の液状モールド媒体30を用いる場合は、図2に一点鎖線で示すように、前記アクリル樹脂等からなる透光性殻体65の本体部（内層部）65mの外側を、最外層部として、フッ素樹脂（屈折率が1.3以上1.4以下）からなる中間屈折率材料層65wにて覆うと光取出し効率を高めることができる。

【0050】

以下、本発明の発光モジュールの種々の別実施形態について説明する。なお、いずれも実施の形態1との共通部が多いので、主に相違点について説明し、共通部については実施の形態1と同一の符号を付与して詳細な説明は繰り返さない。

10

（実施の形態2）

図6の発光モジュール164は、発光素子チップ200の発光層部24は、ピーク波長の異なる複数の発光を合成することにより、合成後のスペクトルのピーク波長での発光強度を基準強度として、該基準強度の5%以上の発光強度を示す有効波長域が、50nm以上の波長幅にわたって確保された、擬似連続スペクトルを有する光を発光出力するものとされている。

【0051】

発光素子チップ200の発光層部24は、第一の発光層部24aと第二の発光層部24bであり、いずれも、化合物半導体よりなるダブルヘテロ発光層部（以下、単に発光層部という）24a、24bの活性層（図2、図3参照）が、バンドギャップエネルギーの相違する複数の発光単位層を含んで構成される。第一の発光層部24aは、発光単位層の発光波長が520nm以上700nm以下の範囲で設定され、第二の発光層部24bは、発光単位層の発光波長が360nm以上560nm以下の範囲で設定される。そして、発光素子チップ200は、これらの2種の発光層部24a、24bからの発光を互いに混合して、例えば、熱放射型光源の連続スペクトルを擬似的に合成し、擬似連続スペクトルを有した可視光として発光出力する。

20

【0052】

図7に示すように、発光層部24aは、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$ 、 $0.45 \leq y \leq 0.55$ ）混晶からなる活性層5a（例えばノンドープのもの：ただし、必要に応じてドーパントの添加が可能である）を、p型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるp型クラッド層6aとn型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるn型クラッド層4aとにより挟んだ構造を有する。また、発光層部24bは、ノンドープ $In_aGa_bAl_{1-a-b}N$ 混晶からなる活性層5bを、p型 $In_aGa_bAl_{1-a-b}N$ からなるp型クラッド層6bとn型 $In_aGa_bAl_{1-a-b}N$ からなるn型クラッド層4bとにより挟んだ構造を有する。なお、ここでの「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行わない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有（例えば $10^{13} \sim 10^{16} / cm^3$ 程度を上限とする）をも排除するものではない。本実施形態では、発光層部24aと発光層部24bとを、透明導電性接続層（例えばITO（Indium-TinOxide）などの導電性酸化物層）112により直列に貼り合せ、全体を単一の発光素子チップ200としている。ただし、両発光層部24a、24bを個別の発光素子チップとして構成してもよい。

30

40

【0053】

図8は、第一の発光層部24aの活性層5aの構造の一例をバンド図の形にて模式的に示すものである。また、図11は、第二の発光層部24bの活性層5bの構造の一例をバンド図の形にて模式的に示すものである。該活性層5a、5bにおいて発光単位層は、各々2つの障壁層B、Bに挟まれた井戸層W1・Wnよりなる。障壁層B、Bに挟まれた井戸層W1・Wnを発光単位層とすることで、井戸層内へのキャリア閉じ込め効果により、個々の発光単位層の発光効率を高めることができる。各井戸層W1・Wnの発光波長は、そ

50

れぞれのバンドギャップエネルギー $E_{g1} \cdots E_{gn}$ (図8), $E_{g'1} \cdots E_{g'n}$ (図11) (≡各井戸層での $E_c - E_v$ の値: E_c は伝導体底エネルギーレベル、 E_v は価電子帯頂エネルギーレベル) に応じて定まる。本実施形態では、各井戸層 $W1 \cdots Wn$ が全て異なるバンドギャップエネルギーを有し、それぞれ個別の発光単位層を形成している。つまり、1つの発光単位層に含まれる井戸層の数を1つとしている。ただし、同一バンドギャップエネルギーの複数の井戸層の組を発光単位層とすることもできる。

【0054】

第一の発光層部24a及び第二の発光層部24bのいずれにおいても、上記複数の発光単位層、すなわち井戸層 $W1 \cdots Wn$ は、バンドギャップエネルギーの大小配列において、隣接するバンドギャップエネルギー間の差分値 ΔE が、0.42 eV以下、望ましくは0.2 eV以下とされる。バンドギャップエネルギー間の差分値 ΔE が過度に大きくなると、単位スペクトルのピーク位置間の距離が大きくなりすぎ、合成された波形に大きな波打ちが生じて、滑らかなスペクトルが得られなくなる。なお、差分値 ΔE は、バンドギャップエネルギーが隣接する全ての発光単位層の組に対して等しく設定することもできるし、必要とする発光スペクトル形状に応じて、強度を意識的に高めたい波長域においては間隔を密とし、逆に強度を抑制したい波長域においては間隔を粗とするなど、少なくとも一部の発光単位層の組について不等間隔に設定することもできる。

【0055】

例えば、得べき擬似連続スペクトルが、白熱電球の連続スペクトルを模した擬似電球光スペクトルを有するように、第一の発光層部24a及び第二の発光層部24bの活性層5a, 5bを設計している。図15は、タングステンフィラメントを用いた白熱電球を、色温度約3000 Kにて発光させたときのスペクトル波形である。強度ピークは破線にて示すように、近赤外域の800 nm付近に存在し、可視光帯域での強度分布は、発光波長とともに増加する傾向となる。相当強度の赤外線を含むため、光源の温度上昇が生じやすいことが直ちに理解できる。

【0056】

本発明においては、図15の連続スペクトルを、複数の発光単位層からの種々の波長の単色光(発光単位)を組み合わせて、いわばデジタル的に合成し、擬似連続スペクトルとする。第一の発光層部24aにおいて、波長700 nm以上にて発光する井戸層を設けなければ、図15に実線で示すように、赤外発光成分を大幅に削減できる。また、白熱電球の連続スペクトルにおいて短波長領域には、僅かではあるが有害な紫外線も含まれている。しかし、後述のように第二の発光層部24bにおいて、波長360 nm以下にて発光する井戸層を設けなければ、該紫外発光成分も削減できる。

【0057】

本実施形態では、各活性層5a, 5bを、以下のように構成している。すなわち、図9(第一の発光層部5a)及び図12(第二の発光層部5b)に示すように、複数の発光単位層は、発光波長の長い発光単位層(井戸層)ほど発光強度 I が高くなるように調整される。具体的には、発光波長の長い発光単位層ほど、井戸層の厚さもしくは数を大きくする。図15に示すスペクトル波形に近づけるには、例えば、650 nmでの強度 I_{650} と560 nmでの強度 I_{560} との比 I_{650}/I_{560} が1.4前後となるように設定する。

【0058】

第一の発光層部24a及び第二の発光層部24bのいずれにおいても、その発光スペクトルは波長が長くなるにつれ、発光強度 I は増加する。しかし、発光波長に対する可視光の相対視感度は、図10に示すように、明所では555 nm付近で最大となる。図9および図12には、視感度補正係数 V の波長依存性を示す曲線を一点鎖線にて示している。視感度補正強度は、発光強度 I と視感度補正係数 V との積 $V \cdot I$ にて表すことができる。図9に示すように、第一の発光層部24aは発光強度 I と視感度補正係数 V との波長依存性が逆傾向なので、視感度補正強度 $V \cdot I$ は、中間波長域、具体的には黄色域からオレンジ色域にピークを生ずる。他方、図12に示すように、第二の発光層部24bは発光強度 I と視感度補正係数 V との波長依存性が同傾向なので、視感度補正強度 $V \cdot I$ は波長が長くな

10

20

30

40

50

るとともに単調増加する。

【0059】

そして、図7の発光素子チップ200においては、長波長域側の第一の発光層部24aのスペクトルと短波長域側の第二の発光層部24bのスペクトルとが合成されて出力される。その結果、第一の発光層部24aのスペクトル波形SAの短波長側に、第二の発光層部24bのスペクトル波形SBが接続されて、図13のような擬似電球光スペクトルが最終的に得られる。すなわち、擬似電球光スペクトルの発光強度Iは、図15の白熱電球のスペクトル、すなわち視感度補正後の発光強度分布は、黄色域からオレンジ色域、すなわち570nm以上640nm以下に強度ピークを有し、白熱電球によく似た黄色味あるいはオレンジ色味を帯びた、暖かで柔らかい照明色が得られる。

10

【0060】

なお、最終的な発光スペクトルの形状は、各波長の発光単位層の発光強度を、層数や層厚により調整することにより、所望のものを任意に形成できる。特に、自然光の演色性に近づけた照明光を得たい場合は、太陽光の連続スペクトルを模した擬似太陽光スペクトルを、擬似連続スペクトルとして合成すればよい。図14は、可視領域の太陽光スペクトルを示すものであるが、色温度が6000K前後と高いため、白熱電球と比べて、強度ピークは400nm付近の短波長域に生ずる。また、可視光波長帯の略全域に渡って、波長が長くなるほど発光強度Iは減少する傾向を示す。従って、図9及び図12とは全く逆に、複数の発光単位層は、発光波長の短い層ほど発光強度Iが高くなるように調整されればよい。

20

【0061】

以上、熱放射型光源のスペクトル波形をなるべく忠実に再現したい場合の実施の形態について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、白熱電球の発光スペクトルから青色系の波長域の可視光をカットしても、残った波長域のみで、白熱電球特有の黄色ないしオレンジ色の優位な照明色を擬似的に実現できることに変わりはない。この場合、第一の発光層部24aのみで光源モジュールを構成することができる。また、赤色系の波長域がカットされた照明光を得たい場合は、第二の発光層部24bのみで光源モジュールを構成すればよい。

【0062】

なお、上記の発光素子チップ200は、複数の波長の発光光束が始めから混合されて放出されるので、透光性殻体65あるいは液状モールド媒体30は、光散乱粒子を配合せず透明に構成しても、色混合状態に分離を生じたりする不具合を生じにくい。そして、透光性殻体65あるいは液状モールド媒体30をいずれも透明に構成しておけば、液状モールド媒体30中に光反射性の浮遊装飾体（例えば金属ラメなどである）30d（図16）を分散しておく、液状モールド媒体30内に生ずる対流CFによって透光性殻体65内を該浮遊装飾体30dがキラキラと舞い動き、面白い照明効果が得られる。

30

【0063】

（実施の形態3）

図17の発光モジュール264は、発光素子チップ300が、近紫外から紫色ないし青色領域（ピーク波長：300nm以上470nm以下）の発光が可能な発光層部24を有している。該発光層部24は、活性層及びクラッド層が、InAlGa_{1-x}NあるいはMgZnOにて構成されたダブルヘテロ構造を有する。そして、液状モールド媒体30は、発光層部24からの発光光束LBを受けて該発光光束LBとピーク波長の異なる蛍光LLを発する蛍光材料30Lを含有したものとされている。使用する蛍光材料30Lは、固体蛍光材料粒子の形で液状有機材料中に懸濁されており、Y₂O₃：Eu³⁺（R：中心波長611nm）、CeMgAl₁₁O₁₉：Tb³⁺（G：中心波長543nm）、BaMg₂Al₁₆O₂₇：Eu²⁺（B：中心波長452nm）などの、各色の蛍光体を混合することにより種々の色調の照明光を得ることができる。この構成では液状モールド媒体30自体が発光媒体として均一に発光するので、照明に適した指向性の小さい発光分布を容易に得ることができる。また、蛍光材料30Lの材質や配合比の調整により、所望の発光ス

40

50

ペクトルを容易に設計できる。

【0064】

この場合、発光素子チップ300からの発光光束が可視光を主体とするものである場合、その可視光束に、蛍光材料30Lにて励起された異波長の可視光束を混合して放出させることができる。この場合、発光素子チップ300を紫色ないし青色発光するものとして構成し、蛍光材料30Lとして緑色系で発光するものと、赤色系で発光するものとを配合しておけば、発光素子チップ300からの紫色ないし青色の発光光束に、蛍光材料30Lからの緑色系ないし赤色系の発光光束が混合され、白色系の照明光を得ることができる。他方、発光素子チップ300からの発光光束が近紫外光を主体とするものである場合は、蛍光材料30Lとして、青色系で発光するもの、緑色系で発光するもの、及び赤色系で発光するものを配合しておくことで、蛍光材料30Lからの各色の発光光束が混合され、白色系の照明光を得ることができる。いずれの場合（特に後者）においても、発光素子チップ300からは、相当量の紫外線成分が放出されるが、液状モールド媒体30のベースをなす液状有機化合物を前述のシリコンオイルやテトラプロモエタンで構成しておくこと、紫外線照射による変質が生じにくく、仮に変質が生じても対流によりその影響が軽減されるので、エポキシ樹脂モールドのような劣化の不具合を生じにくい。

10

【0065】

（実施の形態4）

上記の実施形態では、照明装置をいずれも電燈状に構成していたが、本発明はこれに限られるものではない。図23は、燃焼光源を模した照明装置の一例として、蠟燭状の外観を有する照明装置100を構成した例である。該照明装置100は、図6と基本構造が同一の光源モジュール64'使用し、電力供給部70により商用交流電源により点灯駆動する。そして、光源モジュール64'の発光素子チップ200の擬似連続スペクトルは、燃焼光の連続スペクトルを模した擬似燃焼光スペクトルを有するものである。具体的には、蠟燭光の連続スペクトルを模するため、図15よりもさらに色温度の低い擬似連続スペクトル（例えば1500K程度）が得られるように、活性層5a、5bが設計されている。発光色はさらにオレンジないし赤みの強いものとなる。

20

【0066】

電力供給部70は蠟燭の軸を模した本体262内に収容され、その先端に光源モジュール64'が配置されるとともに、その外側を、炎の外観形状を真似た透明な透光性殻体65で覆っている。また、液状モールド媒体30も透明である。電力供給部70は、本体262から引き出された電源コード134及び電源プラグ135を介して、コンセントより受電する。照明装置100を点灯させると、発光素子チップ200からの発光光束が液状モールド媒体30の対流CFにより揺らぎ、蠟燭の炎の雰囲気を実感に再現することができる。

30

【0067】

また、図24の照明装置300は、液状モールド媒体30中に複数の発光素子チップ20を配置した例である。この実施形態では、電力供給部70を収容した横長のケース301内に発光素子チップ20が長手方向に配列した形で配置されている。該ケース301に対し、液状モールド媒体30にて満たされた同じく横長の透光性殻体302がシール部材163を介して嵌め合わされ、密封されている。

40

【0068】

また、以上の実施形態では、可視光の発光モジュールを例にとって説明したが、本発明は赤外線発光モジュールへの適用も可能である。この場合、発光層部は、AlGaAsなど赤外域に発光波長を有するものとして構成すればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の発光モジュールを用いた照明装置の第一例を示す断面図。

【図2】本発明の発光モジュールの第一例を示す断面図。

【図3】図2の発光モジュールに使用する発光素子チップの断面構造を示す模式図。

【図4】図1の照明装置に使用する電力供給部の回路構成の一例を示す図。

50

【図 5】本発明の発光モジュールの第二例を示す断面図。
 【図 6】本発明の発光モジュールの第三例を示す断面図。
 【図 7】図 6 の発光モジュールに使用する発光素子チップの断面構造を示す模式図。
 【図 8】図 7 の素子チップにおける第一の発光層部の、活性層の構成例を示すバンド図。
 【図 9】第一の発光層部による擬似連続スペクトルの概念説明図。
 【図 10】可視光に対する相対視感度の波長依存性を示すグラフ。
 【図 11】図 7 の素子チップにおける第二の発光層部の、活性層の構成例を示すバンド図。

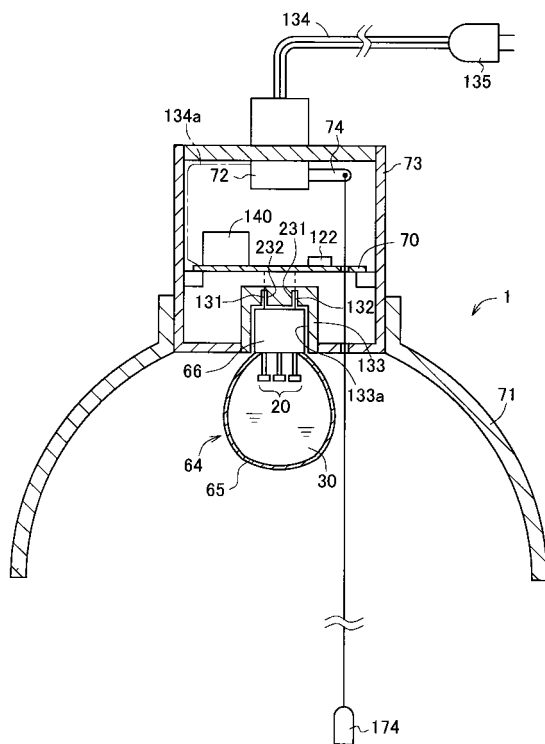
【図 12】第二の発光層部による擬似連続スペクトルの概念説明図。
 【図 13】第一の発光層部と第二の発光層部との合成スペクトルの概念図。 10
 【図 14】可視光帯域の太陽光スペクトルを示す説明図。
 【図 15】可視光帯域の白熱電球のスペクトルを示す説明図。
 【図 16】本発明の発光モジュールの第四例を示す断面図。
 【図 17】本発明の発光モジュールの第五例を示す断面図。
 【図 18】本発明の発光モジュールに使用する透光性殻体形状の第一例を示す斜視図。
 【図 19】同じく第二例を示す斜視図。
 【図 20】同じく第三例を示す斜視図。
 【図 21】同じく第四例を示す断面図及び斜視図。
 【図 22】同じく第五例を示す断面図及び斜視図。
 【図 23】本発明の発光モジュールを用いた照明装置の第二例を示す図。 20
 【図 24】本発明の発光モジュールを用いた照明装置の第三例を示す図。
 【図 25】透光性殻体形状の説明図。
 【図 26】発光モジュールにおける発光素子チップの組付け形態の変形例を示す模式図。
 【図 27】本発明の発光モジュールの第六例を示す断面図。
 【図 28】本発明の発光モジュールの第七例を示す断面図。

【符号の説明】

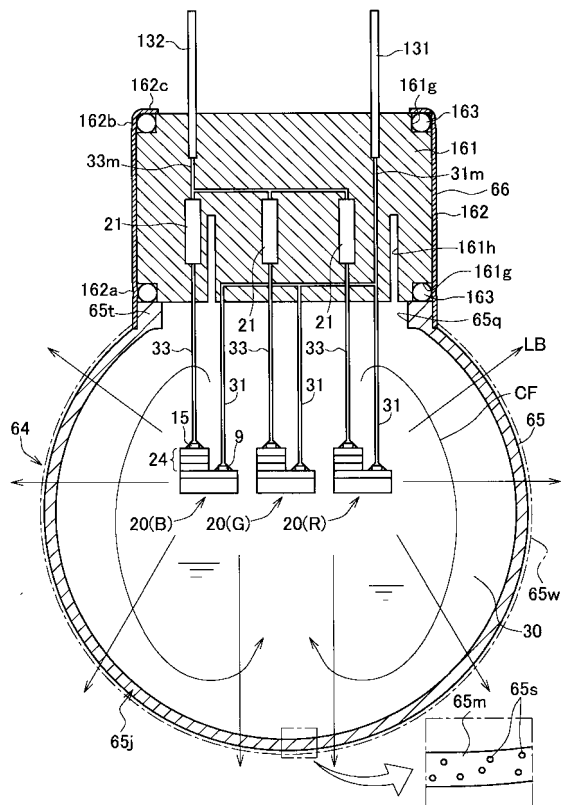
1, 100, 300 照明装置
 7 透光性基板
 8 高導電率層
 9 第一電極 30
 15 第二電極
 20, 200 発光素子チップ
 MP1 第一主表面
 VP1 第一仮想平面
 PP 周側面
 VP2 仮想直柱体面
 MP2 第二主表面
 VP3 第二仮想平面
 24 発光層部
 LB 発光光束 40
 30 液状モールド媒体
 30a 液状有機化合物
 30L 蛍光材料
 31, 33 端子リード部
 64, 164, 264, 364, 464 発光モジュール
 65 透光性殻体
 65q 開口
 65w 中間屈折率材料層
 65m 本体部（内層部）
 65j 光取出壁部 50

65r 反射層
 RB 反射光
 131, 132 電源供給端子
 161 端子モールド部
 170 高屈折率粒子

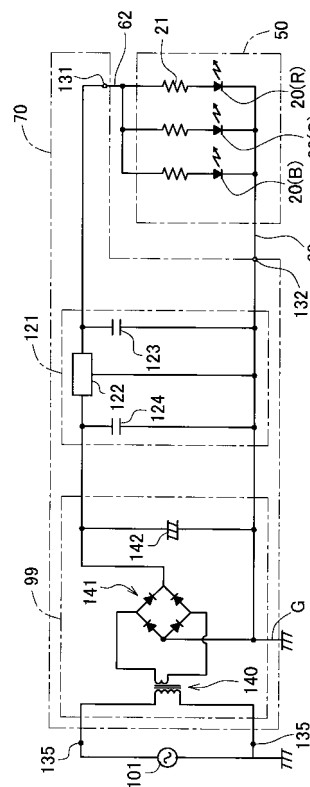
【図 1】



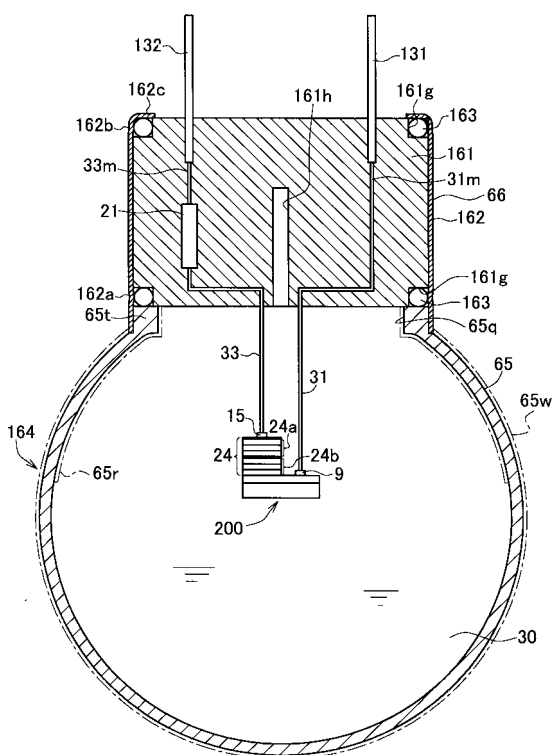
【図 2】



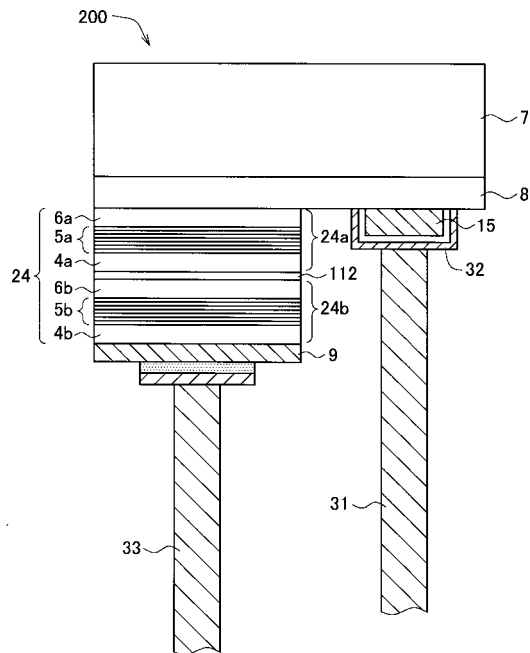
【図 4】



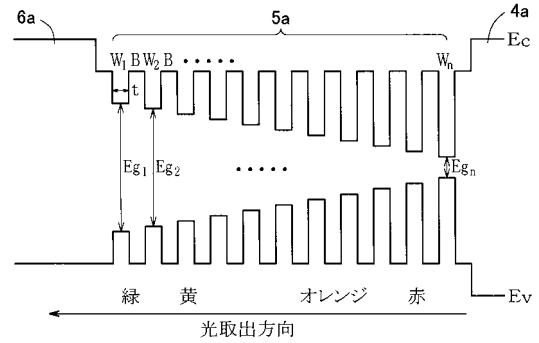
【図 6】



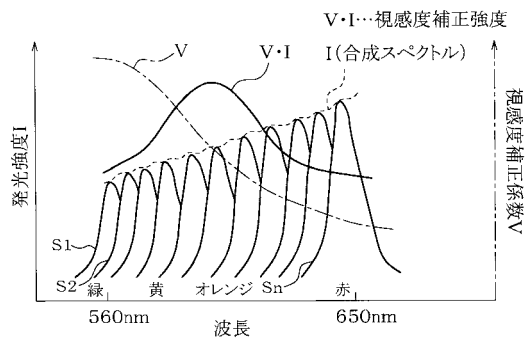
【図 7】



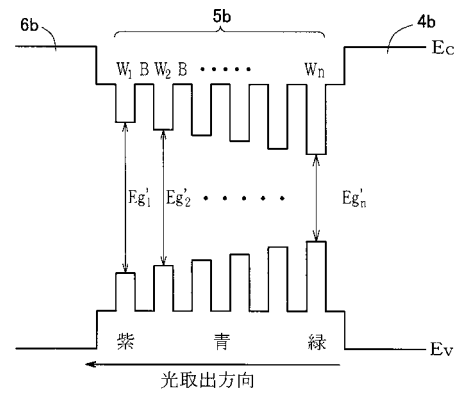
【図 8】



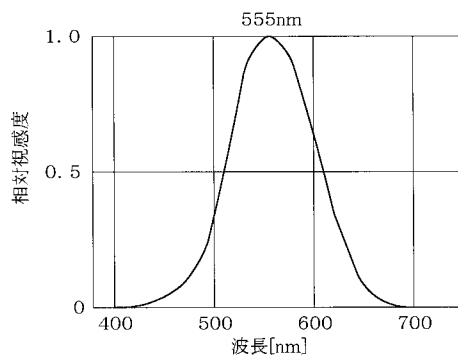
【図 9】



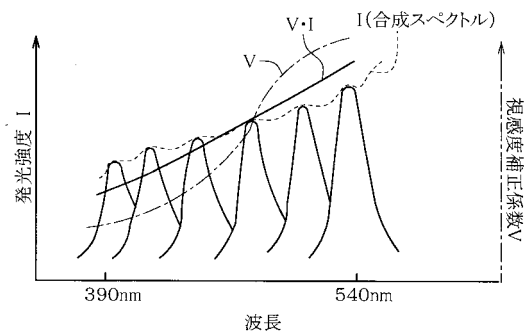
【図 11】



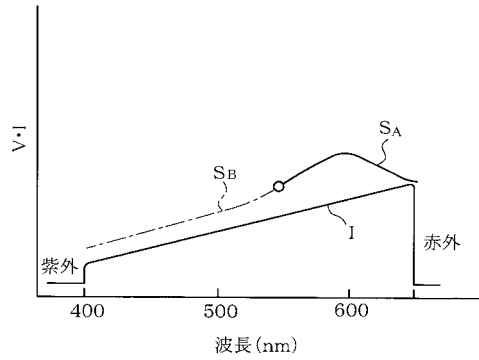
【図 10】



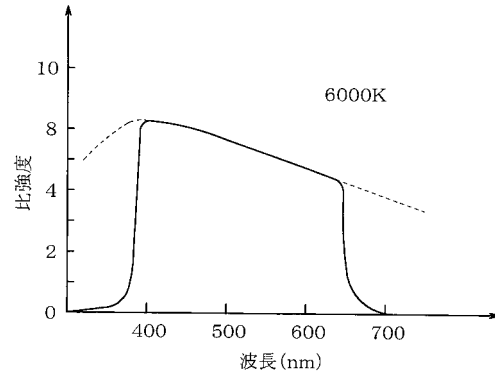
【図 12】



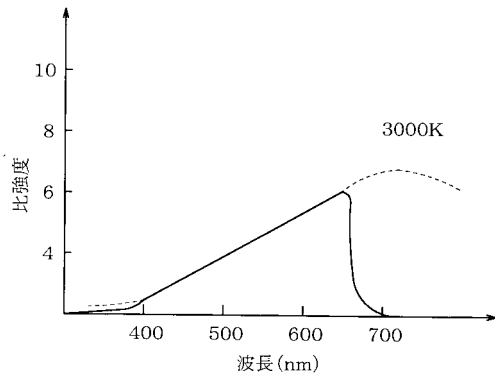
【図 13】



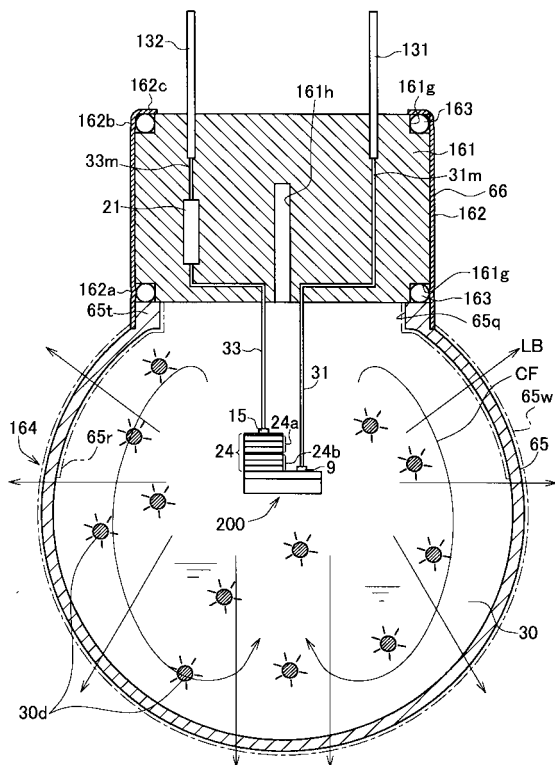
【図 14】



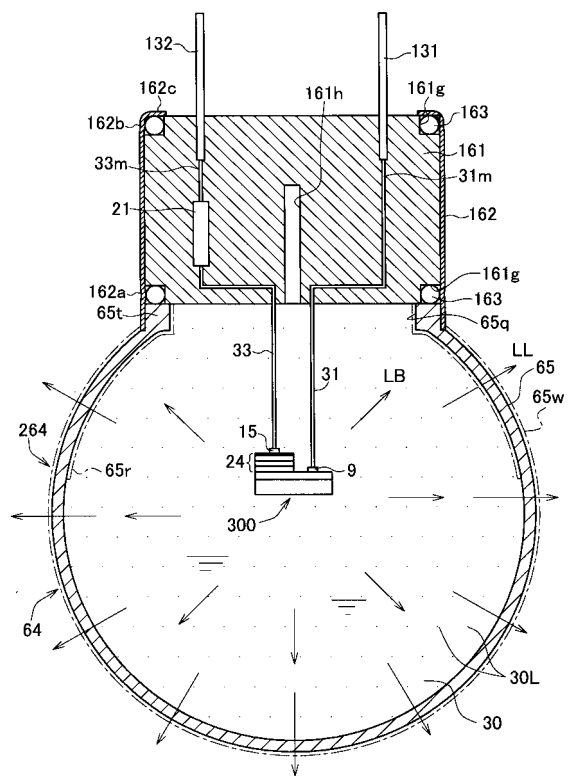
【図 15】



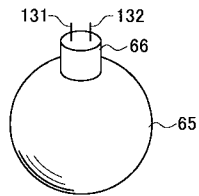
【図 16】



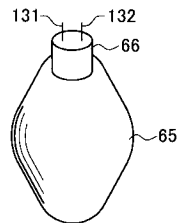
【図 17】



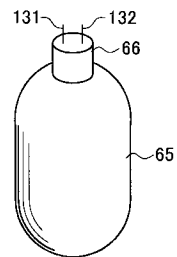
【図 18】



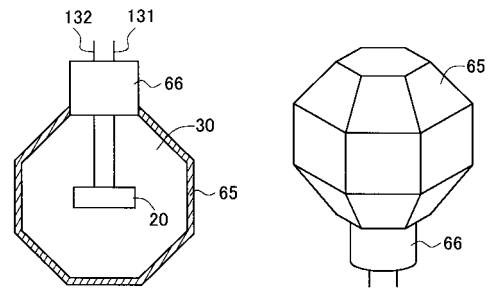
【図 19】



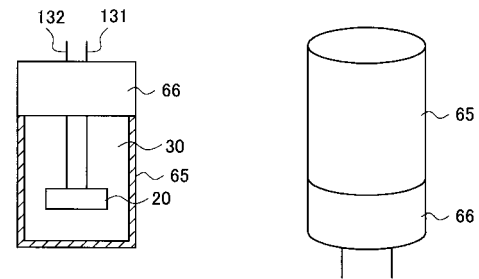
【図 20】



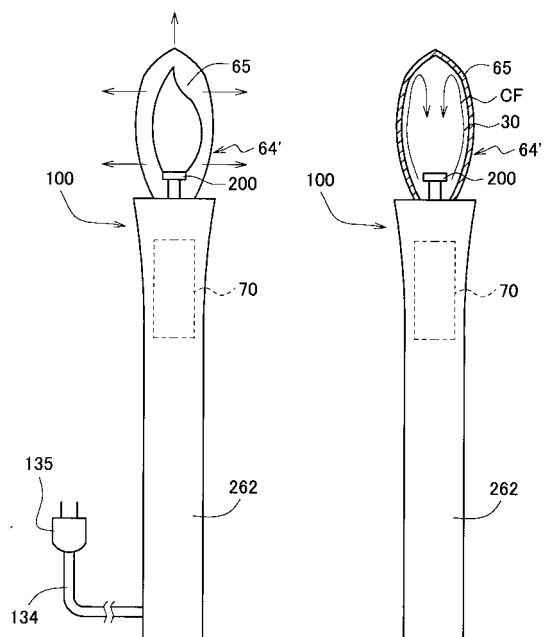
【図 21】



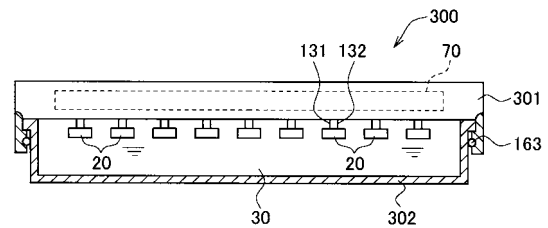
【図 22】



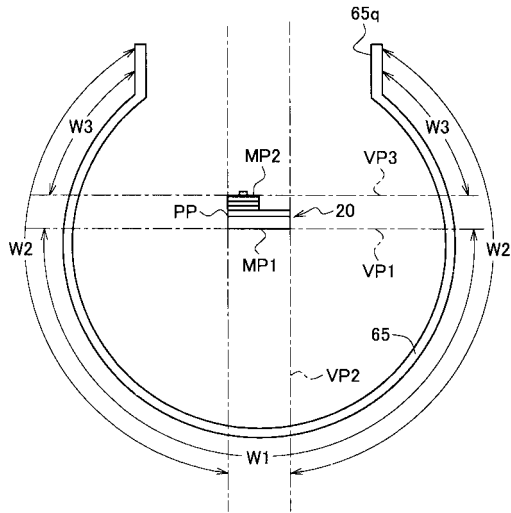
【図 23】



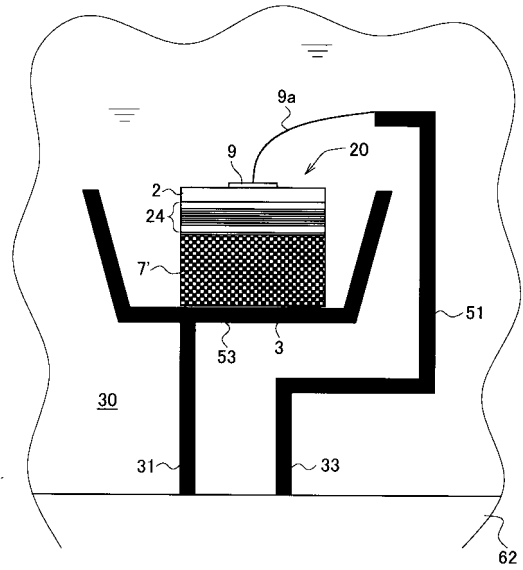
【図 24】



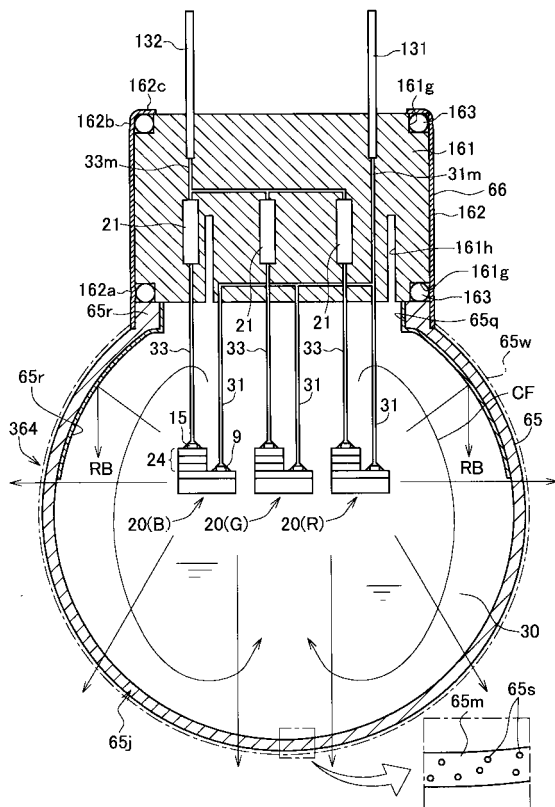
【図 25】



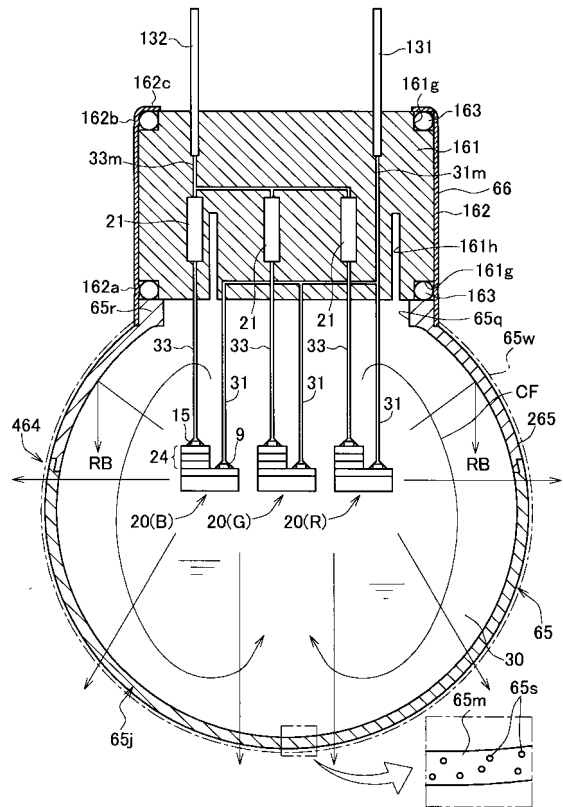
【図 26】



【図 27】



【図 28】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭56-142657 (JP, A)
特開2000-231802 (JP, A)
特開2001-036148 (JP, A)
実開昭63-084352 (JP, U)
特開平07-170024 (JP, A)
特開平09-068708 (JP, A)
特開平01-179483 (JP, A)
特開2000-150965 (JP, A)
特開2001-297622 (JP, A)
実公昭50-029424 (JP, Y1)
特開平02-155279 (JP, A)
実開昭55-008909 (JP, U)
特開昭55-009442 (JP, A)
特開平10-223931 (JP, A)
実開平06-079167 (JP, U)
特開平11-191641 (JP, A)
特開2002-053839 (JP, A)
特開2001-243809 (JP, A)
特開平04-115204 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00-33/64