

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5372766号
(P5372766)

(45) 発行日 平成25年12月18日 (2013. 12. 18)

(24) 登録日 平成25年9月27日 (2013. 9. 27)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L 33/48	(2010. 01)	HO 1 L 33/00	4 0 0	
HO 1 L 33/32	(2010. 01)	HO 1 L 33/00	1 8 6	
HO 1 L 33/62	(2010. 01)	HO 1 L 33/00	4 4 0	

請求項の数 20 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-537202 (P2009-537202)	(73) 特許権者	506115514
(86) (22) 出願日	平成19年11月15日 (2007. 11. 15)		ザ リージェンツ オブ ザ ユニバーシ ティ オブ カリフォルニア
(65) 公表番号	特表2010-510658 (P2010-510658A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94 607 オークランド フランクリン ス トリート 1111 トゥエルフス フロ ア
(43) 公表日	平成22年4月2日 (2010. 4. 2)	(73) 特許権者	503360115
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/023968		独立行政法人科学技術振興機構
(87) 国際公開番号	W02008/060584		埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(87) 国際公開日	平成20年5月22日 (2008. 5. 22)	(74) 代理人	100089635
審査請求日	平成22年9月6日 (2010. 9. 6)		弁理士 清水 守
(31) 優先権主張番号	60/866, 025	(72) 発明者	スティーブン・ピー・デンバース
(32) 優先日	平成18年11月15日 (2006. 11. 15)		米国、カリフォルニア州 93117、ゴ レタ、キング ダニエル レーン 287
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光取り出し効率の高い球形LED

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも第1の発光波長で前側と裏側から光を放出するLEDチップと、
前記LEDチップが取り付けられるリード・フレームであって、前記LEDチップは該
リード・フレーム内の透明な板上に存在し、前記LEDチップの前側と裏側の両側から前
記光が取り出され、前記LEDチップの裏側からの光は該透明の板および該リード・フレ
ームを通して前記LEDチップから取り出されることを特徴とする該リード・フレームと

前記リード・フレームに取り付けられ、前記LEDチップの前側と裏側の両側から前記
光を取り出す前記LEDチップを取り囲むほぼ球形のパッケージとを備えた発光ダイオー
ド(LED)。

【請求項2】

前記LEDチップは、前記パッケージのほぼ中心に位置づけられることを特徴とする請
求項1に記載のLED。

【請求項3】

前記パッケージは、前記LEDチップの前記第1の発光波長で透明な材料から作られて
いることを特徴とする請求項1に記載のLED。

【請求項4】

透明な導電体層が、前記LEDチップのp型AlGaInN層上に配置されることを特
徴とする請求項1に記載のLED。

【請求項 5】

前記透明な導電体層は、酸化インジウム錫（ITO）および酸化亜鉛（ZnO）を含むグループの中から選択された材料から出来ていることを特徴とする請求項 4 に記載の LED。

【請求項 6】

前記透明な導電体層の表面は粗面であることを特徴とする請求項 4 に記載の LED。

【請求項 7】

前記透明な導電体層の前に、前記電流拡散層が成膜されることを特徴とする請求項 4 に記載の LED。

【請求項 8】

前記電流拡散層は、SiO₂、SiN、および他の絶縁性材料を含むグループの中から選択された材料から作られていることを特徴とする請求項 7 に記載の LED。

【請求項 9】

前記 LED チップの少なくとも一つの表面は粗面であることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 10】

前記 LED チップは、サファイヤ基板の裏側が前記サファイヤ基板を介した光の取り出しを増加させるために粗面化されることを特徴とする前記サファイヤ基板上に作製されることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 11】

前記パッケージに結合した蛍光剤層を更に含み、前記蛍光剤層は、前記蛍光剤層を介した光の取り出しを向上させるために粗面化されることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 12】

前記 LED チップは、(Al, Ga, In)N 材料系、(Al, Ga, In)As 材料系、(Al, Ga, In)P 材料系、(Al, Ga, In)AsPNSb 材料系、ZnGeN₂ 材料系、および ZnSnGeN₂ 材料系を含むグループの中から選択された材料から作られていることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 13】

前記 LED チップと光学的に結合した鏡を更に備え、前記 LED チップの片側から放出される光が、前記 LED チップの他の側から放出される光とほぼ方向が合うように反射されることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 14】

活性層と、第 1 の方向への光の放出のために繊維模様のついた表面層とを備えた LED チップからなる III 族窒化物ベースの発光源と、

前記光が前記 LED チップの前側と裏側から放出されるような、前記繊維模様のついた表面層とは反対側にあって、前記第 1 の方向とはほぼ反対の第 2 の方向への光の放出のための第 2 の表面層と、

前記 LED チップが取り付けられるリード・フレームであって、前記 LED チップは該リード・フレーム内の透明な板上に存在し、前記 LED チップの前側と裏側の両側から前記光が取り出され、前記 LED チップの裏側からの光は該透明の板および該リード・フレームを介して前記 LED チップから取り出されることを特徴とする該リード・フレームと

前記 III 族窒化物ベースの発光源を取り囲む封止材料であって、前記封止材料は、前記 LED チップの前側と裏側から前記光が取り出されるようなほぼ球形であり、前記封止材料の直径は、前記 III 族窒化物ベースの発光源の幅よりもかなり大きいことを特徴とする封止材料とを備えた発光ダイオード（LED）。

【請求項 15】

前記第 2 の表面層には繊維模様がついていることを特徴とする請求項 14 に記載の LED。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

前記封止材料と結合した蛍光剤層を更に備え、前記LEDチップから放出された光が、前記蛍光剤を励起することを特徴とする請求項15に記載のLED。

【請求項 17】

前記活性層と結合した透明な導電性の層を更に備え、前記活性層は、前記透明な導電性の層を通して光を放出することを特徴とする請求項14に記載のLED。

【請求項 18】

前記透明な導電性の層は、酸化インジウム錫と酸化亜鉛を含むグループの中から選択された材料から作られていることを特徴とする請求項17に記載のLED。

【請求項 19】

前記リード・フレーム内の前記透明な板は、前記LEDチップの裏側からの光取り出しを向上させるための支持ガラス板であることを特徴とする請求項1または14に記載のLED。

10

【請求項 20】

前記球形の表面は、前記球形表面を通した光の取り出しを増大させるために粗面化されていることを特徴とする請求項1または14に記載のLED。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、米国特許法第119条(e)項に基づいて、本発明の譲受人に譲渡された同時係属中の、スティーブン・P・デンバース(Steven P. DenBaars)らによる、米国特許仮出願第60/866,025号、出願日2006年11月15日、発明の名称「光取り出し効率の高い球形LED(HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY SPHERE LED)」の優先権を主張し、該出願を参照により本明細書に組み込む。

20

【0002】

本出願は、本発明の譲受人に譲渡された以下の同時係属中の出願に関する。

【0003】

テツオ・フジイ(Tetsuo Fujii)、ヤン・ガオ(Yan Gao)、イーブリン・L・フー(Evelyn L. Hu)、およびシュウジ・ナカムラ(Shuji Nakamura)による、米国特許出願第10/581,940号、出願日2006年6月7日、発明の名称「表面粗化による高効率窒化ガリウムベース発光ダイオード(HIGHLY EFFICIENT GALLIUM NITRIDE BASED LIGHT EMITTING DIODES VIA SURFACE ROUGHENING)」、代理人整理番号30794.108-US-WO(2004-063)。該出願は米国特許法第365条(c)項に基づいて次の出願の優先権を主張する。

30

【0004】

テツオ・フジイ、ヤン・ガオ、イーブリン・L・フー、およびシュウジ・ナカムラによる、PCT特許出願第US2003/03921号、出願日2003年12月9日、発明の名称「表面粗化による高効率窒化ガリウムベース発光ダイオード(HIGHLY EFFICIENT GALLIUM NITRIDE BASED LIGHT EMITTING DIODES VIA SURFACE ROUGHENING)」、代理人整理番号30794.108-WO-01(2004-063)。

40

【0005】

ラジャット・シャーマ(Rajat Sharma)、P・モルガン・パチソン(P. Morgan Pattison)、ジョン・F・ケディング(John F. Kaeding)、およびシュウジ・ナカムラによる、米国特許出願第11/054,271号、出願日2005年2月9日、発明の名称「半導体発光デバイス(SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE)」、代理人整理番号3079

50

4.112-US-01(2004-208)。

【0006】

村井 章彦(Akihiko Murai)、リー・マッカーシー(Lee McCarthy)、ウメシュ・K・ミシュラ(Umesh K. Mishra)、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許出願第11/175,761号、出願日2005年7月6日、発明の名称「オプトエレクトロニクス応用のための(Al, In, Ga)NおよびZnの(S, Se)のウェハボンディング方法(METHOD FOR WAFER BONDING (Al, In, Ga)N and Zn(S, Se) FOR OPTOELECTRONICS APPLICATIONS)」、代理人整理番号30794.116-US-U1(2004-455)。該出願は米国特許法第119条(e)

10

【0007】

村井 章彦、リー・マッカーシー、ウメシュ・K・ミシュラ、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許仮出願第60/585,673号、出願日2004年7月6日、発明の名称「オプトエレクトロニクス応用のための(Al, In, Ga)NおよびZn(S, Se)のウェハボンディングの方法(METHOD FOR WAFER BONDING (Al, In, Ga)N and Zn(S, Se) FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS)」、代理人整理番号30794.116-US-P1(2004-455-1)。

【0008】

クロード・C・A・ワイズバッシュ(Claude C.A. Weisbuch)、オーレリアン・J・F・デーヴィッド(Aurelien J.F. David)、ジェームス・S・スペック(James S. Speck)、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許出願第11/067,957号、出願日2005年2月28日、発明の名称「パターン化された基板上的成長による、水平放出、垂直放出、ビーム成形、分布帰還型(DFB)レーザ(HORIZONTAL EMITTING, VERTICAL EMITTING, BEAM SHAPED, DISTRIBUTED FEEDBACK(DFB) LASERS BY GROWTH OVER A PATTERNED SUBSTRATE)」、代理人整理番号30794.121-US-01(2005-144-1)。

20

30

【0009】

クロード・C・A・ワイズバッシュ、オーレリアン・J・F・デーヴィッド、ジェームス・S・スペック、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許出願第11/923,414号、出願日2007年10月24日、発明の名称「パターン化された基板上的成長による、単一および多色高効率発光ダイオード(LED)(SINGLE OR MULTI-COLOR HIGH EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE(LED) BY GROWTH OVER A PATTERNED SUBSTRATE)」、代理人整理番号30794.122-US-C1(2005-145-2)。該出願は次の出願の継続出願である。

【0010】

クロード・C・A・ワイズバッシュ、オーレリアン・J・F・デーヴィッド、ジェームス・S・スペック、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許第7,291,864号、発行日2007年11月6日、発明の名称「パターン化された基板上的成長による、単一および多色高効率発光ダイオード(LED)(SINGLE OR MULTI-COLOR HIGH EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE(LED) BY GROWTH OVER A PATTERNED SUBSTRATE)」、代理人整理番号30794.122-US-01(2005-145-1)。

40

【0011】

オーレリアン・J・F・デーヴィッド、クロード・C・A・ワイズバッシュ、およびス

50

ティーブン・P・デンバーズによる、米国特許出願第11/067,956号、出願日2005年2月28日、発明の名称「最適化されたフォトリック結晶引き出し器を有する高効率発光ダイオード(LED)(HIGH EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE(LED) WITH OPTIMIZED PHOTONIC CRYSTAL EXTRACTOR)」、代理人整理番号30794.126-US-01(2005-198-1)。

【0012】

ジェームス・S・スペック、トロイ・J・ベーカー(Troy J. Baker)、およびベンジャミン・A・ハスケル(Benjamin A. Haskell)による、米国特許出願第11/403,624号、出願日2006年4月13日、発明の名称「自立(AL, IN, GA)Nウェーハ製作のためのウェーハ分離技術(WAFER SEPARATION TECHNIQUE FOR THE FABRICATION OF FREE-STANDING (AL, IN, GA)N WAFERS)」、代理人整理番号30794.131-US-U1(2005-482-2)。該出願は米国特許法第119条(e)項に基づいて次の出願の利益を主張する。

10

【0013】

ジェームス・S・スペック、トロイ・J・ベーカー、およびベンジャミン・A・ハスケルによる、米国特許仮出願第60/670,810号、出願日2005年4月13日、発明の名称「自立(AL, IN, GA)Nウェーハ製作のためのウェーハ分離技術(WAFER SEPARATION TECHNIQUE FOR THE FABRICATION OF FREE-STANDING (AL, IN, GA)N WAFERS)」、代理人整理番号30794.131-US-P1(2005-482-1)。

20

【0014】

ジェームス・S・スペック、ベンジャミン・A・ハスケル、P・モルガン・パチソン、およびトロイ・J・ベーカーによる、米国特許出願第11/403,288号、出願日2006年4月13日、発明の名称「(AL, IN, GA)N薄層を作製するためのエッチング技術(ETCHING TECHNIQUE FOR THE FABRICATION OF THIN (AL, IN, GA)N LAYERS)」、代理人整理番号30794.132-US-U1(2005-509-2)。該出願は米国特許法第119条(e)項に基づいて次の出願の利益を主張する。

30

【0015】

ジェームス・S・スペック、ベンジャミン・A・ハスケル、P・モルガン・パチソン、およびトロイ・J・ベーカーによる、米国特許仮出願第60/670,790号、出願日2005年4月13日、発明の名称「(AL, IN, GA)N薄層を作製するためのエッチング技術(ETCHING TECHNIQUE FOR THE FABRICATION OF THIN (AL, IN, GA)N LAYERS)」、代理人整理番号30794.132-US-P1(2005-509-1)。

【0016】

村井 章彦、クリスティーナ・イエ・チェン(Christina Ye Chen)、ダニエル・B・トンプソン(Daniel B. Thompson)、リー・S・マッカーシー、スティーブン・P・デンバーズ、シュウジ・ナカムラ、およびウメシュ・K・ミシュラによる、米国特許出願第11/454,691号、出願日2006年6月16日、発明の名称「光電子応用のための(AL, Ga, In)NおよびZnOの直接ウェーハ・ボンディング構造とその作製方法((AL, Ga, In)N AND ZnO DIRECT WAFER BONDING STRUCTURE FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS AND ITS FABRICATION METHOD)」、代理人整理番号30794.134-US-U1(2005-536-4)。該出願は米国特許法第119条(e)項に基づいて次の出願の利益を主張する。

40

【0017】

村井 章彦、クリスティーナ・イエ・チェン、リー・S・マッカーシー、スティーブン

50

・ P . デンバース、シュウジ・ナカムラ、およびウメシュ・ K . ミシュラによる、米国特許仮出願第 60 / 691 , 710 号、出願日 2005 年 6 月 17 日、発明の名称「光電子応用のための (Al , Ga , In) N および ZnO の直接ウェーハ・ボンディング構造とその作製方法 ((Al , Ga , In) N AND ZnO DIRECT WAFER BONDING STRUCTURE FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS AND ITS FABRICATION METHOD)」、代理人整理番号 30794 . 134 - US - P1 (2005 - 536 - 1)。

【 0018 】

村井 章彦、クリスティーナ・イエ・チェン、ダニエル・ B . トンプソン、リー・ S . マッカーシー、スティーブン・ P . デンバース、シュウジ・ナカムラ、およびウメシュ・ K . ミシュラによる、米国特許仮出願第 60 / 732 , 319 号、出願日 2005 年 11 月 1 日、発明の名称「光電子応用のための (Al , Ga , In) N および ZnO の直接ウェーハ・ボンディング構造とその作製方法 ((Al , Ga , In) N AND ZnO DIRECT WAFER BONDING STRUCTURE FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS AND ITS FABRICATION METHOD)」、代理人整理番号 30794 . 134 - US - P2 (2005 - 536 - 2)、および、

10

村井 章彦、クリスティーナ・イエ・チェン、ダニエル・ B . トンプソン、リー・ S . マッカーシー、スティーブン・ P . デンバース、シュウジ・ナカムラ、およびウメシュ・ K . ミシュラによる、米国特許仮出願第 60 / 764 , 881 号、出願日 2006 年 2 月 3 日、発明の名称「光電子応用のための (Al , Ga , In) N および ZnO の直接ウェーハ・ボンディング構造とその作製方法 ((Al , Ga , In) N AND ZnO DIRECT WAFER BONDING STRUCTURE FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS AND ITS FABRICATION METHOD)」、代理人整理番号 30794 . 134 - US - P3 (2005 - 536 - 3)。

20

【 0019 】

フレデリック・ S . ダイアナ (Frederic S. Diana)、オーレリアン・ J . F . デーヴィッド、ピエール・ M . ペトロフ (Pierre M. Petroff)、およびクロード・ C . A . ワイズバッシュによる、米国特許出願第 11 / 251 , 365 号、出願日 2005 年 10 月 14 日、発明の名称「多色発光デバイスの効率的な光取り出しと変換のためのフォトニック構造 (PHOTONIC STRUCTURES FOR EFFICIENT LIGHT EXTRACTION AND CONVERSION IN MULTI-COLOR LIGHT EMITTING DEVICES)」、代理人整理番号 30794 . 142 - US - 01 (2005 - 534 - 1)。

30

【 0020 】

クロード・ C . A . ワイズバッシュおよびシュウジ・ナカムラによる、米国特許出願第 11 / 633 , 148 号、出願日 2006 年 12 月 4 日、発明の名称「多数回のオーバーグロース法でパターン化された基板上への成長により作製された改良型の水平放出、垂直放出、ビーム成型形、分布帰還 (DFB) レーザ (IMPROVED HORIZONTAL EMITTING , VERTICAL EMITTING , BEAM SHAPED , DISTRIBUTED FEEDBACK (DFB) LASERS FABRICATED BY GROWTH OVER A PATTERNED SUBSTRATE WITH MULTIPLE OVERGROWTH)」、代理人整理番号 30794 . 143 - US - U1 (2005 - 721 - 2)。該出願は米国特許法第 119 条 (e) 項に基づいて次の出願の利益を主張する。

40

【 0021 】

クロード・ C . A . ワイズバッシュおよびシュウジ・ナカムラによる、米国特許仮出願第 60 / 741 , 935 号、出願日 2005 年 12 月 2 日、発明の名称「多数回のオーバーグロース法でパターン化された基板上への成長により作製された改良型の水平放出、垂

50

直放出、ビーム成型形、分布帰還 (DFB) レーザ (IMPROVED HORIZONTAL EMITTING, VERTICAL EMITTING, BEAM SHAPED, DISTRIBUTED FEEDBACK (DFB) LASERS FABRICATED BY GROWTH OVER A PATTERNED SUBSTRATE WITH MULTIPLE OVERGROWTH)」、代理人整理番号 30794.143-US-P1(2005-721-1)。

【0022】

スティーブン・P・デンバーズ、シュウジ・ナカムラ、増井 久志 (Hisashi Masui)、ナタリー・N・フェローズ (Natalie N. Fellows)、および村井 章彦による、米国特許出願第 11/593,268 号、出願日 2006 年 11 月 6 日、発明の名称「光取り出し効率の高い発光ダイオード (LED) (HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE (LED))」、代理人整理番号 30794.161-US-U1(2006-271-2)。該出願は米国特許法第 119 条 (e) 項に基づいて次の出願の利益を主張する。

10

【0023】

スティーブン・P・デンバーズ、シュウジ・ナカムラ、増井 久志、ナタリー・N・フェローズ、および村井 章彦による、米国特許仮出願第 60/734,040 号、出願日 2005 年 11 月 4 日、発明の名称「光取り出し効率の高い発光ダイオード (LED) (HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE (LED))」、代理人整理番号 30794.161-US-P1(2006-271-1)。

20

【0024】

スティーブン・P・デンバーズ、シュウジ・ナカムラ、およびジェームス・S・スペックによる、米国特許出願第 11/608,439 号、出願日 2006 年 12 月 8 日、発明の名称「高効率発光ダイオード (LED) (HIGH EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE (LED))」、代理人整理番号 30794.164-US-U1(2006-318-3)。該出願は米国特許法第 119 条 (e) 項に基づいて次の出願の利益を主張する。

30

【0025】

スティーブン・P・デンバーズ、シュウジ・ナカムラ、およびジェームス・S・スペックによる、米国特許仮出願第 60/748,480 号、出願日 2005 年 12 月 8 日、発明の名称「高効率発光ダイオード (LED) (HIGH EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE (LED))」、代理人整理番号 30794.164-US-P1(2006-318-1)、および、

スティーブン・P・デンバーズ、シュウジ・ナカムラ、およびジェームス・S・スペックによる、米国特許仮出願第 60/764,975 号、出願日 2006 年 2 月 3 日、発明の名称「高効率発光ダイオード (LED) (HIGH EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE (LED))」、代理人整理番号 30794.164-US-P2(2006-318-2)。

40

【0026】

ホン・ゾーン (Hong Zhong)、ジョン・F・ケディング (John F. Kaeding)、ラジャット・シャーマ (Rajat Sharma)、ジェームス・S・スペック、スティーブン・P・デンバーズ、およびシュウジ・ナカムラによる、米国特許出願第 11/676,999 号、出願日 2007 年 2 月 20 日、発明の名称「半極性 (Al, In, Ga, B) N 光電子デバイスの成長方法 (METHOD FOR GROWTH OF SEMIPOLAR (Al, In, Ga, B) N OPTOELECTRONIC DEVICES)」、代理人整理番号 30794.173-US-U1(2006-422-2)。該出願は米国特許法第 119 条 (e) 項に基づいて次の出願の利益を主張する。

50

【0027】

ホン・ゾーン、ジョン・F・ケディング、ラジャット・シャーマ、ジェームス・S・スペック、スティーブン・P・デンバース、およびシュウジ・ナカムラによる、米国特許仮出願第60/774,467号、出願日2006年2月17日、発明の名称「半極性(A1, In, Ga, B)N光電子デバイスの成長方法(METHOD FOR GROWTH OF SEMIPOLAR (A1, In, Ga, B)N OPTOELECTRONICS DEVICES)」、代理人整理番号30794.173-US-P1(2006-422-1)。

【0028】

オーレリアン・J・F・デーヴィッド、クロード・C・A・ワイズバッシュ、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許出願第xx/xxx,xxx号、出願日2007年11月15日、発明の名称「複数の取り出し器を通した光取り出し効率の高い発光ダイオード(LED)(HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE(LED) THROUGH MULTIPLE EXTRACTORS)」、代理人整理番号30794.191-US-U1(2007-047-3)。該出願は米国特許法第119条(e)項に基づいて次の出願の利益を主張する。

10

【0029】

オーレリアン・J・F・デーヴィッド、クロード・C・A・ワイズバッシュ、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許仮出願第60/866,014号、出願日2006年11月15日、発明の名称「複数の取り出し器を通した光取り出し効率の高い発光ダイオード(LED)(HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE(LED) THROUGH MULTIPLE EXTRACTORS)」、代理人整理番号30794.191-US-P1(2007-047-1)、および

20

オーレリアン・J・F・デーヴィッド、クロード・C・A・ワイズバッシュ、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許仮出願第60/883,977号、出願日2007年1月8日、発明の名称「複数の取り出し器を通した光取り出し効率の高い発光ダイオード(LED)(HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE(LED) THROUGH MULTIPLE EXTRACTORS)」、代理人整理番号30794.191-US-P2(2007-047-2)。

30

【0030】

クロード・C・A・ワイズバッシュ、ジェームス・S・スペック、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許出願第xx/xxx,xxx号、出願日2007年11月15日、発明の名称「屈折率整合構造による高効率、白色、単一または多色LED(HIGH EFFICIENCY WHITE, SINGLE OR MULTI-COLOUR LED BY INDEX MATCHING STRUCTURES)」、代理人整理番号30794.196-US-U1(2007-114-2)。該出願は米国特許法第119条(e)項に基づいて次の出願の利益を主張する。

40

【0031】

クロード・C・A・ワイズバッシュ、ジェームス・S・スペック、およびスティーブン・P・デンバースによる、米国特許仮出願第60/866,026号、出願日2006年11月15日、発明の名称「屈折率整合構造による高効率、白色、単一または多色LED(HIGH EFFICIENCY WHITE, SINGLE OR MULTI-COLOUR LED BY INDEX MATCHING STRUCTURES)」、代理人整理番号30794.196-US-P1(2007-114-1)。

【0032】

オーレリアン・J・F・デーヴィッド、クロード・C・A・ワイズバッシュ、スティーブン・P・デンバース、およびステシア・ケラー(Stacia Keller)によ

50

る、米国特許出願第xx/xxx, xxx号、出願日は本出願と同日、発明の名称「構造化材料中に発光体を有する光取り出し効率の高い発光ダイオード(LED)(HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE(LED) WITH EMITTERS WITHIN STRUCTURED MATERIALS)」、代理人整理番号30794.197-US-U1(2007-113-2)。該出願は米国特許法第119条(e)項に基づいて次の出願の利益を主張する。

【0033】

オーレリアン・J・F・デーヴィッド、クロード・C・A・ワイズバッシュ、スティーブン・P・デンバース、およびステシア・ケラーによる、米国特許仮出願第xx/xxx, xxx号、出願日は本出願と同日、発明の名称「構造化材料中に発光体を有する光取り出し効率の高い発光ダイオード(LED)(HIGH LIGHT EXTRACTION EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE(LED) WITH EMITTERS WITHIN STRUCTURED MATERIALS)」、代理人整理番号30794.197-US-P1(2007-113-1)。

10

【0034】

イーブリン・L・フー、シュウジ・ナカムラ、ヨン・ショク・チョイ(Yong Seok Choi)、ラジャット・シャーマ、およびチョーフー・ワン(Chiou-Fu Wang)による、米国特許出願第xx/xxx, xxx号、出願日2007年11月15日、発明の名称「光電気化学的(PEC)エッチングにより製作された空気ギャップ付きIII族窒化物デバイスの構造的完全性のためのイオンビーム処理(ION BEAM TREATMENT FOR THE STRUCTURAL INTEGRITY OF AIR-GAP III-NITRIDE DEVICES PRODUCED BY PHOTOELECTROCHEMICAL(PEC) ETCHING)」、代理人整理番号30794.201-US-U1(2007-161-2)。該出願は米国特許法第119条(e)項に基づいて次の出願の利益を主張する。

20

【0035】

イーブリン・L・フー、シュウジ・ナカムラ、ヨン・ショク・チョイ、ラジャット・シャーマ、およびチョーフー・ワンによる、米国特許仮出願第60/866,027号、出願日2006年11月15日、発明の名称「光電気化学的(PEC)エッチングにより製作された空気ギャップ付きIII族窒化物デバイスの構造的完全性のためのイオンビーム処理(ION BEAM TREATMENT FOR THE STRUCTURAL INTEGRITY OF AIR-GAP III-NITRIDE DEVICES PRODUCED BY PHOTOELECTROCHEMICAL(PEC) ETCHING)」、代理人整理番号30794.201-US-P1(2007-161-1)。

30

【0036】

ナタリー・N・フェローズ、スティーブン・P・デンバース、およびシュウジ・ナカムラによる、米国特許出願第xx/xxx, xxx号、出願日2007年11月15日、発明の名称「繊維模様をついた蛍光剤変換層をもつ発光ダイオード(TEXTURED PHOSPHOR CONVERSION LAYER LIGHT EMITTING DIODE)」、代理人整理番号30794.203-US-U1(2007-270-2)。該出願は米国特許法第119条(e)項に基づいて次の出願の利益を主張する。

40

【0037】

ナタリー・N・フェローズ、スティーブン・P・デンバース、およびシュウジ・ナカムラによる、米国特許仮出願第60/866,024号、出願日2006年11月15日、発明の名称「繊維模様をついた蛍光剤変換層をもつ発光ダイオード(TEXTURED PHOSPHOR CONVERSION LAYER LIGHT EMITTING DIODE)」、代理人整理番号30794.203-US-P1(2007-270-1)。

50

【 0 0 3 8 】

シュウジ・ナカムラおよびスティーブン・P・デンバーズによる、米国特許出願第 x x / x x x , x x x 号、出願日 2 0 0 7 年 1 1 月 1 5 日、発明の名称「自立した透明な鏡なし (S T M L) の発光ダイオード (S T A N D I N G T R A N S P A R E N T M I R R O R - L E S S (S T M L) L I G H T E M I T T I N G D I O D E) 」、代理人整理番号 3 0 7 9 4 . 2 0 5 - U S - U 1 (2 0 0 7 - 2 7 2 - 2) 。該出願は米国特許法第 1 1 9 条 (e) 項に基づいて次の出願の利益を主張する。

【 0 0 3 9 】

シュウジ・ナカムラおよびスティーブン・P・デンバーズによる、米国特許仮出願第 6 0 / 8 6 6 , 0 1 7 号、出願日 2 0 0 6 年 1 1 月 1 5 日、発明の名称「自立した透明な鏡なし (S T M L) の発光ダイオード (S T A N D I N G T R A N S P A R E N T M I R R O R - L E S S (S T M L) L I G H T E M I T T I N G D I O D E) 」、代理人整理番号 3 0 7 9 4 . 2 0 5 - U S - P 1 (2 0 0 7 - 2 7 2 - 1) 。

10

【 0 0 4 0 】

スティーブン・P・デンバーズ、シュウジ・ナカムラ、およびジェームス・S・スペックによる、米国特許出願第 x x / x x x , x x x 号、出願日 2 0 0 7 年 1 1 月 1 5 日、発明の名称「透明な鏡なし (T M L) の発光ダイオード (T R A N S P A R E N T M I R R O R - L E S S (T M L) L I G H T E M I T T I N G D I O D E) 」、代理人整理番号 3 0 7 9 4 . 2 0 6 - U S - U 1 (2 0 0 7 - 2 7 3 - 2) 。該出願は米国特許法第 1 1 9 条 (e) 項に基づいて次の出願の利益を主張する。

20

【 0 0 4 1 】

スティーブン・P・デンバーズ、シュウジ・ナカムラ、およびジェームス・S・スペックによる、米国特許仮出願第 6 0 / 8 6 6 , 0 2 3 号、出願日 2 0 0 6 年 1 1 月 1 5 日、発明の名称「透明な鏡なし (T M L) の発光ダイオード (T R A N S P A R E N T M I R R O R - L E S S (T M L) L I G H T E M I T T I N G D I O D E) 」、代理人整理番号 3 0 7 9 4 . 2 0 6 - U S - P 1 (2 0 0 7 - 2 7 3 - 1) 。これらの出願は全て参照により本明細書に組み込まれる。

【 背景技術 】

【 0 0 4 2 】

1 . 本発明の技術分野

30

本発明は、光電子応用のための L E D の光取り出し及び高視感度効率を有する白色 L E D に関する。より具体的には、本発明は、 (A l , G a , I n) N の L E D 、および放出される光を全方向で取り出すための球形のパッケージと結合した光取り出し構造に関する。全体的な効果は、卓越した視感度効率および高出力を持つデバイスを実現することである。

2 . 関連技術の説明

(注 : 本出願は、本明細書全体を通して示される多数の様々な刊行物を参照する。これらの様々な刊行物の一覧は、以下の「参考文献」の項に見出すことができる。これらの刊行物はそれぞれ、参照により本明細書に組み込まれる。)

従来の発光ダイオード (L E D) では、L E D の前側について光出力を増加させるために、発光を、サファイヤ基板の裏側上の鏡によって反射させるか、または、ボンディング材料がその発光波長で透明な場合には、鏡被覆膜をリード・フレーム上に置いて反射させる。光子エネルギーは A l I n G a N 多重量子井戸 (M Q W) の量子井戸のバンドギャップ・エネルギーとほとんど同じであるので、この反射光は発光層 (活性層) によって再吸収される場合が多い。このように、L E D の効率または出力は、発光層による L E D 光の再吸収によって低減する。図 2 および 3 を参照のこと。p 型層の上側から、半透明な薄い金属、即ち I T O または Z n O の透明電極が、光取り出し効率の改善のために用いられた。(ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス (J . J . A p p l . P h y s .) 、 3 4 巻、ページ L 7 9 7 ~ 9 9 (1 9 9 5 年)) 、 (ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス (J . J . A p p l . P h y s .) 、 4 3 巻、

40

50

ページ 180 ~ 82 (2004年)。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0043】

本発明は、LEDパッケージ内部のLED光の内部反射を最小にし、LEDの発光層（即ち、活性層）によるLED光の再吸収を最小にする。本発明は、さらに、光取り出し効率の高いLEDチップと形状付の（繊維模様のついた）蛍光剤層とを組み合わせることでデバイスの全視感度効率を増大させる。その結果、この結合構造は、LEDからより多くの光を取り出すことが出来る。

【0044】

本発明は、通常はプラスチックで作られている球形に成型したパッケージを持つ成形物内部反射を最小化することによる高効率のLEDを記述する。LEDは点光源であり、球形成形物のサイズは大きく、LED光ビームの全ての方向は、図1に示すように球形成形物の表面に垂直であるものと仮定する。このようにして、全ての光を球形のLEDパッケージから取り出すことが出来る。

【0045】

また、本発明は、(Al, Ga, In)Nと、多方向の光が球形のプラスチック光学素子に入り、引き続いて空気中に取り出される前に、それをチップの表面から取り出すことが出来る発光ダイオード(LED)を記述する。特に、(Al, Ga, In)Nおよび透明電極層(ITOまたはZnO)は、レンズに入る光の大部分が臨界角以内にあり、それ故に外に取り出される球形のレンズと組み合わせられる。本発明は、LEDチップに鏡を意図的に取り付けることなく、LEDの発光層（即ち、活性層）によるLED光の再吸収を最小にするために、鏡によるLED光の内部反射を最小にすることを含む。LED光の内部反射を最小にするために、ITOまたはZnOなどの透明電極、または、パターン化または非等方的エッチングによるAlInGaInNの表面粗面化を用いて、LEDからより多くの光を取り出す。本発明は、更に、光取り出し効率の高いLEDチップと、成形された（繊維模様のついた）蛍光剤層とを結合して、デバイスの全視感度効率を増加させる。その結果、この結合構造は、LEDからより多くの光を取り出すことが出来る。

【0046】

本発明によるLEDは、少なくとも第1の発光波長で発光することを特徴とするLEDチップと、該LEDチップを取り囲むほぼ球形のパッケージとを備える。

【0047】

そのようなLEDは更に、任意で、パッケージのほぼ中心に位置するLEDチップと、該LEDチップの発光波長で透明な材料で作られている該パッケージと、酸化インジウム錫(ITO)および酸化亜鉛(ZnO)を含むグループから選択された材料からなり、該LEDのp型AlGaInN層上に置かれた透明な導電体層と、表面が粗面化された透明な導電体層と、SiO₂、SiN、および他の絶縁性材料を含むグループから選択された材料からなり、該透明な導電体層よりも前に成膜される電流拡散層と、その少なくとも1つの表面が粗面化されており、該LEDチップの複数の側面から光を放出する該LEDチップであって、裏側が粗面化されているサファイヤ基板上に作製されている該LEDチップと、該パッケージに結合した蛍光剤層であって、該LEDチップから離れて置かれた蛍光剤層と、該LEDチップが取り付けられた、該LEDチップの反対方向からの光の放出を可能にするリード・フレームと、(Al, Ga, In)N材料系、(Al, Ga, In)As材料系、(Al, Ga, In)P材料系、(Al, Ga, In)AsPNSb材料系、ZnGeN₂材料系、およびZnSnGeN₂材料系を含むグループから選択された材料からなる該LEDチップと、該LEDチップに光学的に結合する鏡であって、該LEDチップの1つの側面から放出された光が該LEDチップの別の側面から放出された光とほぼ方向が合うように反射されることを特徴とする鏡を備える。

【0048】

本発明による別のLEDは、活性層と、第1の方向での発光のための繊維模様のついた

10

20

30

40

50

表面層と、第1の方向での発光とはほぼ反対側の第2の方向での発光のための、該繊維模様のついた表面層とは反対側の第2の表面層と、III族窒化物系の発光源を取り囲む封止材料とを備えたIII族窒化物系の発光源であって、該封止材料はほぼ球形であり、封止材料の直径は、III族窒化物系の発光源の幅よりも十分に大きい。

【0049】

このようなLEDは、任意に、繊維模様のついた第2の表面層と、封止材料に結合した蛍光剤層であって、LEDから放出された光が該蛍光剤を励起する蛍光剤層と、活性層に結合する透明な導電性の層であって、活性層が該透明な導電性の層を通して光を放出し、酸化インジウム錫および酸化亜鉛を含むグループから選択された材料で作られている透明な導電性の層とを更に備える。

10

【0050】

次に、図面を参照し、対応する部分には一貫して同じ参照番号を付与する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0051】

好ましい実施形態の以下の記述では、本明細書の一部を形成し、本発明を実施することができる特定の実施形態を例示形式で示す添付図面を参照する。他の実施形態を用いてもよく、また、本発明の範囲から逸脱することなしに構造的な変化がなされてもよいことを理解されたい。

【0052】

概要

20

本発明は、球形成形物により成形物内の内部反射を最小化する高効率のLEDを記述する。LEDを点光源と見なし、球形成形物のサイズがLEDチップに比べて大きい場合、LED光ビームの方向は、球形成形物の表面にほぼ垂直である。このとき、LEDから放出される光は全て、球形成形物から空気中へ取り出される。従来のLEDでは、図2~4に示すように、成形物の形状が球形ではないので、LED光の一部は、エポキシの成形物と空気との界面で屈折率の差によって反射される。成形物の形状不良のために光取り出し効率が悪くなるため、この反射によってLEDの効率または出力が低減する。

【0053】

本発明は、複数方向の光が球形のプラスチックの光学要素に入り、続いて空気中に取り出される前に、それらをチップの表面から取り出すことが出来る(A1, Ga, In)N発光ダイオード(LED)についても記述する。特に、(A1, Ga, In)Nおよび透明電極層(ITOまたはZnO)は、球形のレンズと組み合わせられ、該球形のレンズはレンズに入る光の大部分が臨界角以内にあるために取り出されることを特徴とする。

30

【0054】

本発明は、LEDチップに意図的に鏡を取り付けることなく、LEDからの発光の再吸収を最小化する高効率のLEDを含む。従来のLEDは、LED光を前方へ反射させることにより前方からの光放出を増加させるために高反射の鏡を用いている。図2~4を参照のこと。しかしながら、この反射された光は、通常は、一部がLEDの光放出層すなわち活性層によって再吸収されるため、LEDの効率または出力を低下させる。本発明は、プラスチックの封止体表面からの反射を低減し、ITOまたはZnOの表面からの反射を低減し、表面をパターン化または非等方的にエッチングすることによって(微小円錐をつくり)GaNからの反射を低減し、および、LEDチップに意図的に鏡を設けないことにより発光層(活性層)による光再吸収を最小化し、これによって前面と裏側の両側への活性層からの一様な光放出を可能にする。本発明は、さらに、光取り出し効率の高いLEDチップと、成形された(繊維模様のついた)蛍光剤層とを結合し、デバイスの全視感度効率を増大させる。その結果、この結合構造は、LEDからより多くの光を取り出すことが出来る。

40

【0055】

技術に関する説明

図1~16では、LED構造の詳細は必ずしも示されていない。発光層(通常はAlI

50

n GaNのMQW)、p型GaN、n型GaN、および基板のみが示されている。通常のLED構造では、p型AlGaIn電子プロッキング層、InGaIn/GaN超格子などの他の層が存在する。光取り出し効率は、主にエピタキシャル・ウェーハの表面層または表面状態によって決まるので、ここで、最も大事な部分は、LEDチップの表面である。それゆえに、LEDチップのこれら動作部分のみを図に示す。

【0056】

図1は、本発明による球形LEDを示す。

【0057】

チップ102と成形物104とを有するLED100が示されている。LEDチップ102が、球形の成形物104の中心、または中心の近くに位置するときは、光106の方向が成形物104の表面108にほぼ垂直となるので、チップ102によって発生したLED光106が全て成形物104から取り出される。この場合、LEDチップ102は、点光源のようになる。成形物104は、通常は、プラスチックまたはエポキシ製のレンズであるが、所望の場合はガラスまたは他の透明な材料で作ることができる。更に、図では $D \gg W$ と示されているように、成形物104の直径は、チップ102の幅よりもはるかに大きいのが通常である。LEDチップ102は点状であるか、または図1に示されるように $D \gg W$ である限りはどんなサイズのものでよい。更に、LED光106は、LEDチップ102の活性層のドーピングに応じて、例えば、青色、黄色、赤色、白色、オレンジ色など、どの色のものでもよい。

【0058】

図2は、従来のLEDパッケージを示し、図3は、フリップチップLEDを有する従来のLEDパッケージを示す。

【0059】

図2に示した従来のLEDパッケージ200では、エポキシ成形物202の形状は、一般に球形ではなくドーム型である。これゆえ、チップ206によって発生したLED光204の一部は、エポキシ成形物202の内部の反射により、ドーム状のエポキシ成形物202から取り出されることはない。このようなドーム型の成型パッケージ200では、光204の入射角は、エポキシと空気との間の界面での臨界角よりも大きい角度である場合が多く、このような光は、反射して成形物202内へ戻り、LED206の活性層によって再吸収されることがある。

【0060】

また、従来のLED200では、LED206の前側に対する光204の出力を増大させるために、発光は、サファイヤ基板210の裏側の鏡208で反射される。前側に光を反射させるための他の技術としては、ボンディング材料が発光波長で透明な場合に、リード・フレーム上へ鏡のような被覆膜を設けることが挙げられる。光子エネルギーが、AlInGaIn多重量子井戸(MQW)の量子井戸のバンドギャップ・エネルギーとほぼ等しいので、この反射される光もまた、発光層206(活性層)によって再吸収される。このように、LED200の効率または出力は、発光層による再吸収によって低下する。

【0061】

図2において、LEDチップ212は、サファイヤ基板210の裏側上に鏡を設けることなく、透明なエポキシでリード・フレーム214上にダイ・ボンディングされる。この場合、リード・フレーム214上の被覆膜208材料が鏡になる。基板の裏側上に鏡がある場合、LEDチップは、通常Agペーストでダイ・ボンディングされる。

【0062】

図3は、通常のフリップチップパッケージングの形式を示す。

【0063】

LEDパッケージ200と同様のLEDパッケージ300が示されている。しかしながら、LEDパッケージ300では、チップ212は、通常はインジウムであるが、LED212と整合性のよい任意の電導性材料であってもよい電導性のパンプ302を用いてフリップチップ方式でリード・フレーム214に搭載されている。ここで、光304は鏡の

10

20

30

40

50

表面 208 から反射され、光 306 になり、そこで、反射される光 300 の角度が、パッケージ 300 と空気またはパッケージ 300 の外側と接触している他の材料との界面で臨界角よりも小さい場合には、光はパッケージ 300 を出ることが出来る。

【0064】

図 4 は、本発明で従来の LED チップを用いる場合を示す。

【0065】

図 4 では、本発明によるエポキシの成形物 104 は示されていない。球形の成形物 104 は、通常は、光取り出し効率を増大させるために従来の LED チップ 102 を用いて図 1 に示すように取り付けられる。LED チップによって放出される光が、エポキシ成形物と空気との界面を直角または法線方向の角度で入り、光がプラスチックを離れて確実に空気中に入ることが出来るように、球形成形物の直径は、LED チップ 102 のサイズよりもはるかに大きくするべきである。レンズと空気との界面を臨界角未満の角度で入る光は全て空気中に逃げ出すが、LED デバイス全体に亘ってこの角度を一様にするために、球形が選ばれる。しかしながら、レンズと空気との間の表面形状が臨界角以下である任意の形状により、光を逃がすことが出来るため、本発明に従うものである。

【0066】

基板 402、活性層 404、および表面層 406 を持つ LED チップ 400 が示されている。チップ 400 の全体構造を示すために、更なる層 408、410、および 412 も示されている。本発明の表面層 406 は、平坦な表面ではない。表面層 406 は、表面 414 に入射した光 416 が取り囲む媒質中へ逃げ出すことが出来るように、繊維模様の付いた、またはパターン化された、または他の方法で粗面化された上表面 414 を有する。取り囲む媒質は、多くの場合成形物 100 であるが、本発明の技術範囲から逸脱することなしに他の材料であってもよい。成形物 100 の臨界角は、任意の垂直、またはほぼ垂直の光がパッケージ 100 から逃げ出すことが出来るようになっているので、光 416 の方向は、それぞれ図 2 および 3 に示したパッケージ 200 および 300 におけるほどにはそれほど重要ではない。

【0067】

更に、光 418 は、基板 402、または層 410 ~ 412 から反射することができるので、光 418 は、チップ 400 から逃げ出す条件を持つ光 420 になる。

【0068】

図 5 A および 5 B は、本発明の LED の一実施形態を示す。

【0069】

放出される光 502 と活性層 504 とを持つ LED 500 が示されている。リード・フレーム 506 と電極 508 はガラス板 510 を支えるように示されている。

【0070】

図 5 では、サファイヤ基板上に成長した LED 構造 500 を示す。次に、酸化インジウム錫 (ITO) 層 512 が、p 型 GaN 層 514 上に成膜される。次に、ITO 層 516 がガラス板 510 上に被覆され、接着剤としてのエポキシを用いて、成膜された ITO 層 512 に取り付けられる。ガラス板 510 の他方の側 518 は、サンド・ブラストまたはエッチングのような他の粗面化技術によって粗面化、パターン化または非平坦な形状にされる。次に、サファイヤ基板が、レーザ剥離技術によって取り除かれる。次に、KOH または HCL のようなエッチング溶液を用いて窒素面 (N 面) GaN 520 がエッチングされる。次に、円錐形の表面 522 が、窒素面 GaN 520 上に形成される。次に、LED チップ 500 が、リード・フレーム 506 上に置かれる。リード・フレームは、LED チップ 500 によって発生した熱を取り除く働きをする。ワイヤ・ボンディング 524 および 526 が、LED チップのボンディング・パッド 528 および 530 とリード・フレーム 506 と電極 508 の間に施され、電流がリード・フレーム 506 を通って流れることが出来るようになる。LED チップ 500 の前側と裏側には意図的に設けた鏡はない。リード・フレーム 506 は LED チップ 500 の端部の周りで支持体として働き、チップ 500 の下面全体を支えるわけではないので、リード・フレーム 506 は、図に示すように

、LEDチップの裏側から光を効率よく取り出すように設計される。このように、LED光532は、放出される光502として両側へ効率よく取り出される。n-GaNのボンディング・パッドの下のオーミック電極は、簡単化のために示されていない。次に、LEDチップ500は、プラスチック、エポキシ、またはガラスで出来た球形成形物100で成型される。この成形物は、レンズとして働き、放出される光532がLEDから逃げて空気中に入るのを助ける役目をする。

【0071】

図6は、本発明の一実施形態の更なる詳細を示す。図7は、本発明の別の実施形態の詳細を示す。

【0072】

図6および7では、図5に示すようなガラス層510に代わって、厚いエポキシ600が用いられる。電気的な接触を取るために、エポキシ600は部分的に除去され、ITOまたは細いストライプのAu層602が、エポキシ600および穴604上に成膜される。LEDの動作は、図5に関して記述されたLEDと同様であるが、更なる光が活性層502の裏側から放出できるように、活性層504の反対側にある層514がここでは粗面であることが異なる。

【0073】

図5～7では、サファイヤ基板の代わりにGaN基板が用いられた場合、レーザ剥離ステップが不要になるため、ガラスおよび厚いエポキシのサブ・マウントも不要になる。GaN基板上へのLED構造の成長後は、ITOがp型GaN上に成膜され、GaN基板の裏側（通常は窒素面GaN）がKOHおよびHCLのようなエッチング溶液でエッチングされる。次に、円錐形の表面が窒素面GaN上に形成される。製造および動作ステップの残りの部分は、図5に関して記述したLEDと同様である。

【0074】

また、ITO層、例えば層512、516などの表面が粗面のときは、ITO層512、516を通しての光取り出しが増加する。p型GaN層514上に成膜されたITO層512がなくても、表面700のようなp型GaN514の表面の粗面化は、p型GaN514を通しての光取り出しを増加させるために有効である。n型GaN層520のためのオーミック電極を作るために、窒素面GaN層520の表面粗面化の後に、ITOまたはZnOが用いられるのが通常である。ITOおよびZnOは、GaNと同様の屈折率を持つので、ITO(ZnO)とGaNとの間の界面での光反射は最小になる。

【0075】

図8～15は、本発明による球形のLEDの実施形態を示す。

【0076】

図8Aでは、図5のLEDチップは、エポキシまたはガラス800で球形に成形されている。この場合、球形のレンズ800の直径に比べてLEDチップ500は小さな点光源であるので、光532は球形の成形物800を通して空気へ有効に取り出される。更に、蛍光剤層802が、レンズ成形物800の外側表面近くに配置または成膜される。この場合、LED光532の蛍光剤層802による後方散乱が小さいために、LED光532の再吸収が少ないので、青色光の白色光への変換効率は増大する。また、成形物800または蛍光剤層802の表面が粗面の場合は、成形物800および/または蛍光剤802から空気への光取り出しは増加する。図8Bは、チップ500がフレーム506上に搭載され、光532は、また、LED500からチップ500の裏側の表面518を経て放出されることを示す。

【0077】

図9では、ITOまたはZnOを通しての光取り出しを改良するために、図6～7のLEDチップ内のITOまたはZnOは、表面700のように粗面化される。このとき、エポキシ900はサブ・マウントになる。

【0078】

図10では、ITOまたはZnOを成膜する前に、一様な電流がp型GaN層512を

10

20

30

40

50

通して流ることが出来るように電流拡散層（ SiO_2 、 SiN 、透明な絶縁性材料）1000が成膜される。電極1002が接続フレーム506に備えられる。

【0079】

図11では、LEDパッケージ500の特定の側により多くの光を向けるために、鏡1100が、球形の成形物800の外部に置かれる。LEDチップ500の活性層502による光の再吸収を回避し、または最小にするために、鏡1100の形状は、通常は、任意の反射光がLEDチップ500から離れる方向に向くように設計される。

【0080】

図12では、 GaN とサファイヤ基板1202との界面を通しての光取り出し効率を改善するために、平坦なサファイヤ基板またはパターン化されたサファイヤ基板（ PSS ）1202上に成長したLED構造1200が示されている。サファイヤ基板1202から空気またはエポキシまたはガラスへの光取り出しを増大させるために、サファイヤ基板1202の裏側も粗面化されている。通常は、粗面の好ましい形状は円錐形の表面であるが、本発明によれば、他の表面形状を用いてもよい。次に、ITOまたは ZnO 層1204が、 p 型 GaN 1206上に成膜される。次に、ITOまたは ZnO 上にボンディング・パッドが形成され、また、 n 型 GaN 1208が選択的にエッチングされた後で、 n 型 GaN 1208上にオーミック電極/ボンディング・パッドが形成される。次に、LEDチップ1200は、成型されてほぼ球形のレンズ1210が作られる。

【0081】

図13では、エポキシ成形物1210を通しての光取り出し効率を増大させるために、エポキシ成形物1210の表面1300は粗面になっている。本発明の範囲を逸脱することなしに、同様な粗面化技術が、成形物1210として用いられるガラスまたは他の透明な材料に対しても適用できる。

【0082】

図14では、蛍光剤層1400が、レンズのエポキシ成形物1210の上表面の近くに成膜または配置される。これは、蛍光剤層1400がLEDチップ500から比較的遠距離に置かれるようにして、蛍光剤1400によるLEDチップ500への後方散乱を少なくしてLED光532の再吸収を少なくすることによって、青色光から白色光への変換効率の増加を可能にする。蛍光剤層1400を通しての光取り出し効率を改善するために、蛍光剤層1400の表面1402は粗面でもよい。

【0083】

図15では、リード・フレーム506が用いられ、LEDチップは、ダイ・ボンディング材料として透明なエポキシ1502を用いて、ガラス、石英、サファイヤ、ダイヤモンド、または他の透明な材料のような透明な板1500上に置かれる。透明なガラス板1500は、LED光をエポキシ成形物1210へより効率的に取り出すために用いられる。

【0084】

図16は、本発明を含む色々な光源の相対効率を示す。

【0085】

図16では、表1600は、本発明の球形のLEDを他のLEDパッケージおよびLEDタイプと比較して、異なる形状の成形物を持つ他のLEDのタイプと比べて、最高の出力と効率が、本発明の球形のLED500によって達成されていることがわかる。LED500が図16に示されているが、図5～15に記した本発明の任意の球形のLEDを用いて同様のパッケージが示される。

【0086】

利点および改良点

本発明は、球形であることを特徴とする成形物の内部反射を最小化することによる高効率のLEDを記述している。LEDが点光源であると近似できるようにエポキシとLEDとをパッケージングすることによって、LEDからの光ビームの全ての方向が、結局は、球形のレンズ成形物の表面に垂直になるように向く。

10

20

30

40

50

【0087】

また、LED構造をLEDチップに取り付けるために意図的に作製する鏡(リード・フレーム上に被覆された鏡も意図的に作製する鏡に含まれる)を持たない構造とすることによって、LED光の再吸収が最小化され、光取り出し効率は劇的に増大する。これにより、LEDの光出力もまた劇的に増大する。

【0088】

透明な酸化物電極と、表面が粗面である窒化物LEDと、成形されたレンズとを結合することにより光取り出し効率はさらに増加する。

【0089】

参考文献

次の参考文献は参照により本明細書に組み込まれる。

【0090】

1. Appl. Phys. Lett. 56, 737-39 (1990)
2. Appl. Phys. Lett. 64, 2839-41 (1994)
3. Appl. Phys. Lett. 81, 3152-54 (2002)
4. Jpn. J. Appl. Phys. 43, L1275-77 (2004)
5. Jpn. J. Appl. Physics, 45, No. 41, L1084-L1086 (2006)
6. Fujii T, Gao Y, Sharma R, Hu EL, DenBaa rs SP, Nakamura S. Increase in the extraction efficiency of GaN-based light-emitting diodes via surface roughening. Applied Physics Letters, vol. 84, no. 6, 9 Feb. 2004, pp. 855-7. Publisher: AIP, USA

結論

本発明は、発光ダイオードを記述している。本発明によるLEDは、少なくとも第1の発光波長で光を放出するLEDチップと、該LEDチップを取り囲むパッケージを備え、該パッケージはほぼ球形であることを特徴とする。

【0091】

このようなLEDは、更に任意で、パッケージのほぼ中心に位置するLEDチップと、LEDチップの発光波長で透明な材料から作られているパッケージと、酸化インジウム錫(ITO)と酸化亜鉛(ZnO)とを含むグループの中から選ばれた材料から作られている該LEDのp型AlGaInN層上に置かれた透明な導電体層と、該透明な導電体層の粗面化された表面と、SiO₂、SiN、および他の絶縁性材料を含むグループの中から選択された材料で作られ、透明な導電体層の前に成膜される電流拡散層と、複数の側面から光を放出するLEDチップであって、裏側が粗面であるサファイヤ基板上に作製されるLEDチップの、少なくとも1つの粗面化された表面と、該LEDチップは、(Al, Ga, In)N材料系、(Al, Ga, In)As材料系、(Al, Ga, In)P材料系、(Al, Ga, In)AsPNSb材料系、ZnGeN₂材料系、およびZnSnGeN₂材料系を含むグループの中から選択された材料で作られていて、LEDチップの反対方向から光の放出を可能にするリード・フレームに取り付けられていることを特徴とするLEDチップから遠くに位置し、パッケージと結合する蛍光剤層と、および該LEDチップに光学的に結合した鏡であって、該LEDチップの一側面から放出された光が反射されて該LEDチップの他の側面から放出された光とほぼ方向が合うことになることを特徴とする鏡とを備える。

【0092】

本発明による他のLEDは、活性層と、第1の方向へ光を放出するための繊維模様をついた表面層と、および繊維模様をついた表面層の反対側であって、第1の方向とはほぼ反対の第2の方向へ光を放出するための第2の表面層とを含むIII族窒化物ベースの発光源と、該III族窒化物ベースの発光源を取り囲む封止材料を備え、封止材料はほぼ球形であ

10

20

30

40

50

り、封止材料の直径は該III族窒化物ベースの発光源の幅よりもはるかに大きいことを特徴とする。

【0093】

このようなLEDは、更に任意で、繊維模様をついた第2の表面層と、封止材料に結合した蛍光剤層であって、該LEDから放出された光が蛍光剤を励起することを特徴とする蛍光剤層と、活性層に結合した透明な導電性層であって、活性層は、該透明な導電性層を通して光を放出し、該透明な導電性層は、酸化インジウム錫と酸化亜鉛を含むグループの中から選ばれた材料で作られている透明な導電性層とを備える。

【0094】

これで本発明の好ましい実施形態の記述を終了する。本発明の一つ以上の実施形態に関するこれまでの記述は、例示と記載のために示された。開示の形態そのものによって本発明を包括または限定することを意図するものでもない。上記の教示に照らして、多くの変更と変形が可能である。本発明の範囲はこの詳細な説明によってではなくて、本明細書に添付の請求項と請求項の全ての範囲の等価物によって制限されるものと意図されている。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】本発明による球形LEDを示す図である。

【図2】従来のLEDパッケージを示す図である。

【図3】フリップチップLEDを有する従来のLEDパッケージを示す図である。

【図4】本発明と一緒に従来のLEDチップを用いる様子を示す図である。

【図5】図5Aおよび図5Bは、本発明のLEDの一実施形態を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態の更なる詳細を示す図である。

【図7】本発明の別の実施形態の詳細を示す図である。

【図8】本発明による球形LEDの実施形態を示す図である。

【図9】本発明による球形LEDの実施形態を示す図である。

【図10】本発明による球形LEDの実施形態を示す図である。

【図11】本発明による球形LEDの実施形態を示す図である。

【図12】本発明による球形LEDの実施形態を示す図である。

【図13】本発明による球形LEDの実施形態を示す図である。

【図14】本発明による球形LEDの実施形態を示す図である。

【図15】本発明による球形LEDの実施形態を示す図である。

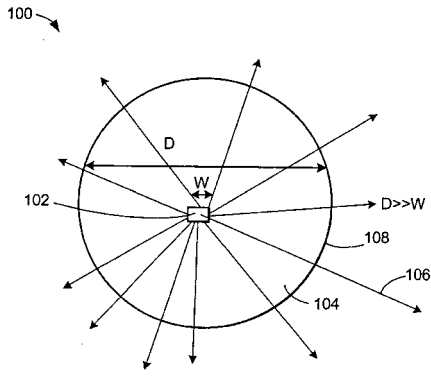
【図16】本発明を含む色々な光源の相対的な効率を示す図である。

10

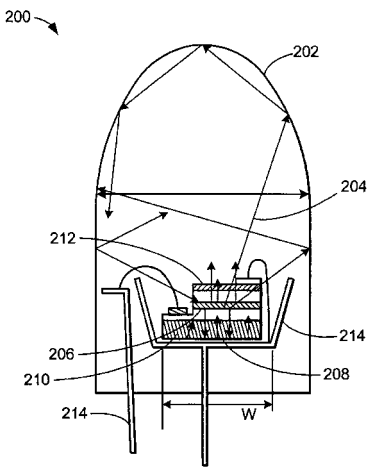
20

30

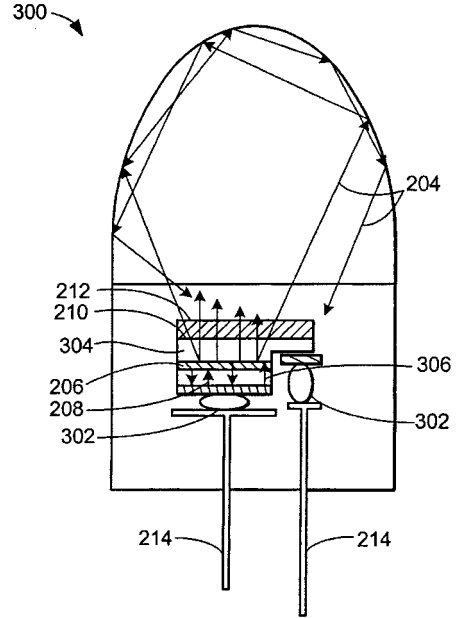
【 図 1 】



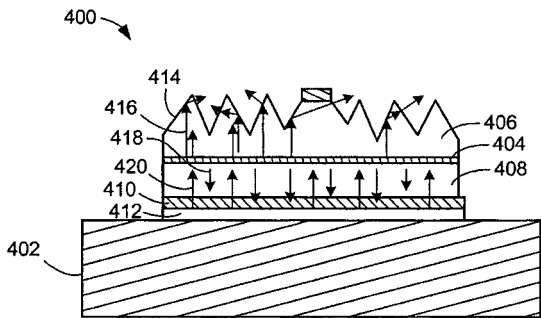
【 図 2 】



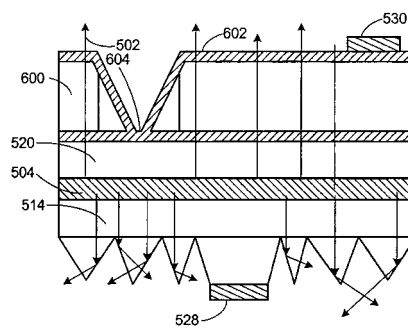
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 5 】

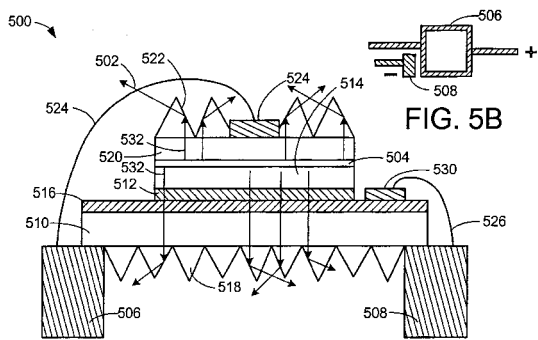
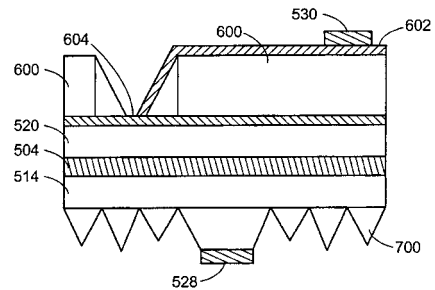


FIG. 5A

【 図 7 】



【 8 】

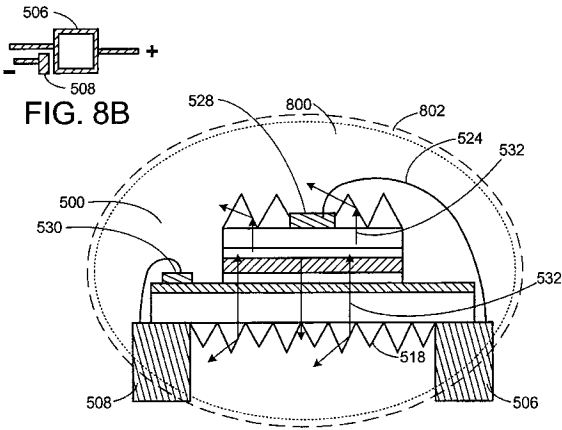


FIG. 8B

FIG. 8A

【 10 】

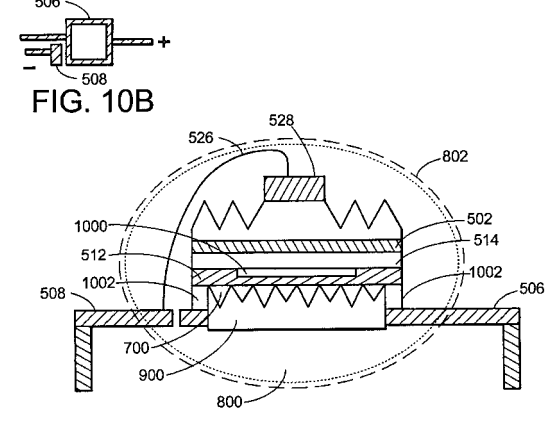
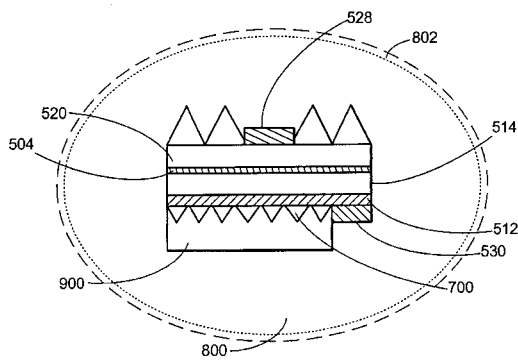


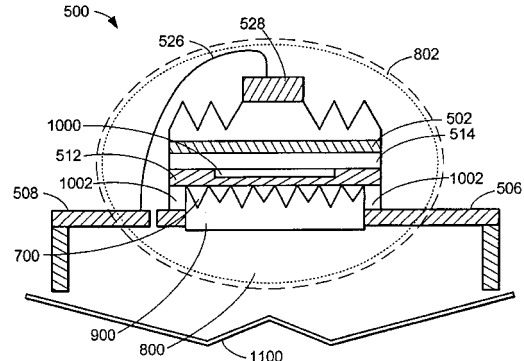
FIG. 10B

FIG. 10A

【 9 】



【 11 】



【 12 】

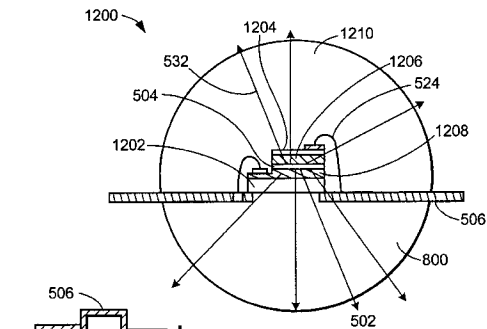


FIG. 12B

FIG. 12A

【 14 】

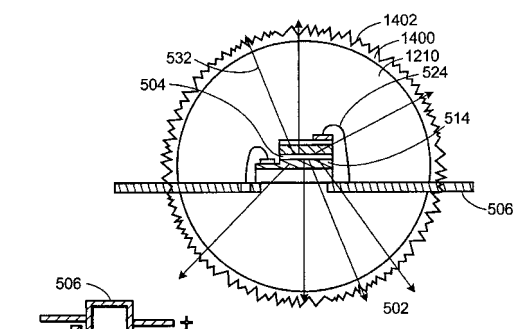


FIG. 14B

FIG. 14A

【 13 】

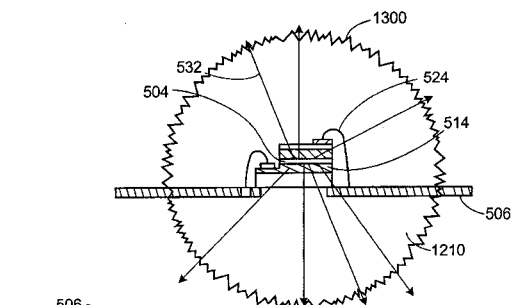


FIG. 13B

FIG. 13A

【 15 】

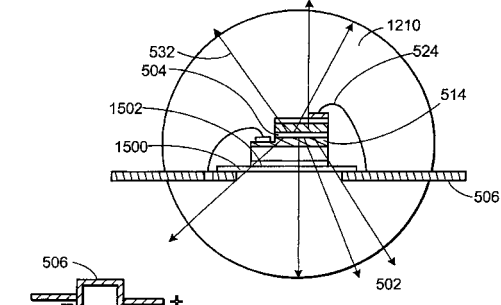
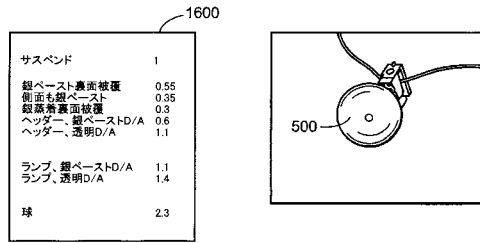


FIG. 15B

FIG. 15A

【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 シュウジ・ナカムラ

米国、カリフォルニア州 93160、サンタバーバラ、ピー・オー・ボックス 61656

(72)発明者 増井 久志

米国、カリフォルニア州 93111、サンタバーバラ、カミノカンパナ 643

審査官 百瀬 正之

(56)参考文献 特開2006-278924(JP,A)

実開昭58-144860(JP,U)

実開昭63-005656(JP,U)

国際公開第02/090825(WO,A1)

特開平03-288479(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00-33/64