

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5635517号  
(P5635517)

(45) 発行日 平成26年12月3日(2014. 12. 3)

(24) 登録日 平成26年10月24日(2014. 10. 24)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 33/38 (2010.01)

H O 1 L 33/00 2 1 0

請求項の数 16 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-530362 (P2011-530362)  
 (86) (22) 出願日 平成21年9月30日(2009. 9. 30)  
 (65) 公表番号 特表2012-505531 (P2012-505531A)  
 (43) 公表日 平成24年3月1日(2012. 3. 1)  
 (86) 国際出願番号 PCT/DE2009/001379  
 (87) 国際公開番号 W02010/040337  
 (87) 国際公開日 平成22年4月15日(2010. 4. 15)  
 審査請求日 平成24年7月9日(2012. 7. 9)  
 (31) 優先権主張番号 102008051048.3  
 (32) 優先日 平成20年10月9日(2008. 10. 9)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(73) 特許権者 599133716  
 オスラム オプト セミコンダクターズ  
 ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテ  
 ル ハフツング  
 Osram Opto Semicond  
 uctors GmbH  
 ドイツ連邦共和国、93055 レーゲ  
 スブルグ、ライプニッツシュトラッセ 4  
 Leibnizstrasse 4, D  
 -93055 Regensburg,  
 Germany  
 (74) 代理人 100105050  
 弁理士 鷲田 公一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オプトエレクトロニクス半導体ボディ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電磁放射の発生に適している活性層(100)を有する半導体積層体(1)と、第1の電気接触層(4)と、を備えているオプトエレクトロニクス半導体ボディであって、

- 前記半導体ボディが前側(2)から電磁放射を出射するようにされており、
- 前記半導体積層体(1)は、前記前側(2)から当該前側(2)と反対側の後側(3)の方向に、前記半導体積層体(1)を完全に貫通する開口(110)を有し、
- 前記第1の電気接触層(4)は前記半導体ボディの前記後側(3)に設けられ、
- 前記第1の電気接触層(4)の部分領域(40)は、前記後側(3)から前記開口(110)を通して前記前側(2)まで延在して、前記半導体積層体(1)の前側主面(10)の第1の副領域(11)を覆い、
- 前記第1の電気接触層(4)は、少なくとも一部分において光を透過するようにされ、
- 前記前側主面(10)の第2の副領域(12)は、前記第1の電気接触層(4)で覆われておらず、

前記オプトエレクトロニクス半導体ボディはさらに、

前記後側(3)に設けられ、かつ、分離層(7)によって前記第1の電気接触層(4)から電氣的に絶縁されている第2の電気接触層(5)を有し、

前記第1の電気接触層(4)、前記第2の電気接触層(5)、前記分離層(7)は、前記半導体ボディの前記後側(3)において、前記後側(3)から前記前側(2)に向かっ

10

20

て前記第 1 の電気接触層 ( 4 )、前記分離層 ( 7 )、前記第 2 の電気接触層 ( 5 ) の順に配置されている、

オプトエレクトロニクス半導体ボディ。

【請求項 2】

前記前側主面 ( 1 0 ) の平面図において、前記第 1 の副領域 ( 1 1 ) は前記少なくとも 1 つの開口 ( 1 1 0 ) を囲んでいる、請求項 1 に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

【請求項 3】

前記半導体積層体 ( 1 ) の前記前側主面 ( 1 0 ) の前記第 1 の副領域は、前記第 1 の電気接触層 ( 4 ) により覆われ、前記開口 ( 1 1 0 ) をリング状に囲む、請求項 1 または 2 に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

10

【請求項 4】

前記開口 ( 1 1 0 ) と横方向に重なり、かつ、前記前側 ( 2 ) から前記後側 ( 3 ) の方向に前記半導体積層体 ( 1 ) 内に延在する凹部 ( 6 ) を有する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

【請求項 5】

前記第 1 の電気接触層 ( 4 ) は、前記凹部 ( 6 ) を横方向および / または前記後側 ( 3 ) の方向に画定する、請求項 4 に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

【請求項 6】

前記第 1 の電気接触層 ( 4 ) は前記凹部 ( 6 ) を有する、請求項 5 に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

20

【請求項 7】

前記部分領域 ( 4 0 ) は前記開口 ( 1 1 0 ) を埋めている、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

【請求項 8】

前記第 1 の電気接触層 ( 4 ) の前記部分領域 ( 4 0 , 4 0 A ) は透明導電性酸化物を含むか、または、透明導電性酸化物からなる、請求項 7 に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

【請求項 9】

前記前側主面 ( 1 0 ) は放射取り出し構造 ( 1 2 0 ) を有し、前記第 1 の副領域 ( 1 1 ) には前記放射取り出し構造 ( 1 2 0 ) が存在しない、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

30

【請求項 1 0】

前記オプトエレクトロニクス半導体ボディは、前記第 1 の電気接触層 ( 4 ) により n 側から接触されるとともに前記第 2 の電気接触層 ( 5 ) により p 側から接触され、あるいは、前記第 1 の電気接触層 ( 4 ) により p 側から接触されるとともに前記第 2 の電気接触層 ( 5 ) により n 側から接触される、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

【請求項 1 1】

前記オプトエレクトロニクス半導体ボディは、前記半導体積層体 ( 1 ) に複数の開口 ( 1 1 0 ) を有し、前記第 1 の電気接触層 ( 4 ) は、前記複数の開口内に延在する複数の部分領域を有し、前記複数の部分領域が前記オプトエレクトロニクス半導体ボディの後側で電氣的に互いに接続されるように、形成される、請求項 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

40

【請求項 1 2】

複数の開口部 ( 8 0 ) を有する半導体性または絶縁性のミラー層 ( 8 ) が、前記半導体積層体 ( 1 ) と前記第 2 の電気接触層 ( 5 ) との間の一領域に設けられ、

前記第 2 の電気接触層 ( 5 ) は前記開口部 ( 8 0 ) 内を通過して前記半導体積層体 ( 1 ) まで延在する、請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

50

## 【請求項 13】

前記半導体積層体(1)の厚さ(D)は3 $\mu$ m以下である、請求項1～12のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

## 【請求項 14】

前側接触面の表面積を前記前側主面(10)の全表面積で割った商は0.05以上0.15以下であり、

前記前側接触面の表面積は、前記全表面積と前記第2の副領域(12)の表面積との差に相当する、請求項1～13のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

## 【請求項 15】

10

前記開口(110)は、前記前側(2)から前記後側(3)の方向に、または、前記後側(3)から前記前側(2)の方向に先細りになっている、請求項1～14のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

## 【請求項 16】

前記放射取り出し構造は(120)は、活性層(100)で発生した電磁放射の取り出し効率を散乱により向上させるために設けられた突起または窪みである、請求項9～15のいずれか一項に記載のオプトエレクトロニクス半導体ボディ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

20

本発明は、オプトエレクトロニクス半導体ボディに関する。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0002】

【特許文献1】欧州特許出願公開第0905797号明細書

【特許文献2】国際公開第02/13281号

## 【非特許文献】

## 【0003】

【非特許文献1】I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), October 18, 1993, pages 2174 - 2176

30

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

本発明は、全体効率が特に高く、かつ/または、製造コスト効率が特に高いオプトエレクトロニクス半導体ボディを提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

かかる目的は、請求項1に係るオプトエレクトロニクス半導体ボディによって達成される。本半導体ボディの有利な実施形態及び発展形態は各従属請求項に特定されており、各請求項の開示内容は、本願に明示的に援用される。

40

## 【0006】

半導体積層体を有するオプトエレクトロニクス半導体ボディを提供する。半導体積層体は、電磁放射の発生に適した活性層を有する。活性層は、放射を発生させるための、pn接合、ダブルヘテロ構造、または、単一量子井戸(SQW)構造もしくは多重量子井戸(MQW)構造等の量子井戸構造を有する。

## 【0007】

半導体積層体は、少なくとも1つの開口を有する。この開口は、前側から反対の後側に亘って、半導体積層体中に延在する。別の表現をすると、半導体積層体は、厚さ方向全体に亘って延在する穴等の切り抜き(cut-out)を有する。ここで、「厚さ」は、半導体積層体を前側から後側へ横切った距離である。

50

## 【 0 0 0 8 】

オプトエレクトロニクス半導体ボディは、前側から電磁放射を出射するようにされている。半導体ボディの後側には第 1 の電気接触層が配置される。例えば、後側の平面図において、第 1 の電気接触層は半導体積層体を完全に又は部分的に覆う。第 1 の導電層の部分領域 ( section ) は、後側から半導体積層体の開口を通して前側にまで延在し、半導体積層体の前側主面の第 1 の副領域を覆う。

## 【 0 0 0 9 】

好適な実施形態において、半導体積層体は、半導体ボディを上面から見た場合に、例えば、方形格子、正方格子または六角格子の格子点に配置される複数の開口を有する。複数の開口を有する半導体ボディの場合、各開口は当該開口を通る第 1 の電気接触層の部分領域と付随している。各開口はまた、それぞれの部分領域に覆われた、前側主面の 1 つの第 1 の副領域と付随している。

10

## 【 0 0 1 0 】

適切な実施形態において、第 1 の電気接触層の部分領域と半導体積層体とを電氣的に絶縁するための分離層が、開口または少なくとも開口の後側副領域に設けられている。これにより、開口内に設けられて活性層の貫通開口を貫通する、第 1 の電気接触層の部分領域によって活性層が短絡するリスクが低減される。分離層は、金属を含む第 1 の電気接触層の端部領域を酸化等することにより、第 1 の電気接触層と一体的に形成することができるが、第 1 の電気接触層とは別個であることが好ましい。分離層は、例えば、誘電材料を含むか、または、誘電材料からなる。分離層は、例えば、二酸化シリコンまたは窒化シリコンを含むか、または、これら材料の 1 つからなる。

20

## 【 0 0 1 1 】

半導体ボディの前側からの外部電気接触は、第 1 の電気接触層により後側から確立することができる。外部電気接触用のボンドパッド等の電気接触層を放射面である前側に設ける必要がないため、有利である。このような外部電気接触層は、通常、半導体ボディの効率を低減する。その理由は、例えば、活性層からの電磁放射の一部の出射を妨げることによる。

## 【 0 0 1 2 】

一実施形態において、電気接触層は前側主面の全面を覆う。一代替実施形態において、前側主面の第 2 の副領域は第 1 の電気接触層により覆われない。具体的には、前側主面の平面図において、第 2 の副領域は如何なる導電性層にも覆われない。前側主面の第 2 の副領域は、例えば、半導体ボディの外部露出面となる。また、前側主面の平面図において、第 2 の副領域を 1 以上の層、特に放射透過性の 1 以上の層で覆うことも考えられる。かかる場合、この層、すなわち、前側主面の平面図において第 2 の副領域を覆うそれぞれの層は、電氣的に絶縁性とする。

30

## 【 0 0 1 3 】

一発展形態において、前側接触面の表面積を前側主面の全表面積で割った商は、0 . 0 5 以上である。あるいは、または、さらに、当該商は 0 . 1 5 以下である。「前側接触面」とは、第 1 の副領域の外側境界で囲まれた表面をいい、また、第 1 の副領域が複数存在する場合、個々の第 1 の副領域の外側境界で囲まれたそれぞれの表面を合わせた表面をいう。前側接触面の表面積は、前側主面の全表面積と前側主面の第 2 の副領域の表面積との差である。ここで、「前側接触面の表面積」、「第 2 の副領域の表面積」、及び、「前側主面の全表面積」とは、半導体積層体の延伸主平面と平行な平面における、それぞれの表面の投射像の表面積をいう。光出力の向上を目的とした前側接触面の構造化等による平面以外の形状 ( topography ) は考慮しない。

40

## 【 0 0 1 4 】

本発明者らは、前側主面の全表面の 5 % 以上、特に 1 5 % 以下を覆う第 1 の副領域 ( 開口が複数の場合、複数の第 1 の副領域 ) によって、半導体ボディの全体的な電気 / 光効率が特に高くなることを見出した。

## 【 0 0 1 5 】

50

一実施形態において、オプトエレクトロニクス半導体ボディは、薄膜発光ダイオードチップである。薄膜発光ダイオードチップの基本原理は、例えば、非特許文献1に記載されており、その開示内容は本願に援用される。薄膜発光ダイオードチップの例は、特許文献1及び2に記載されており、その開示内容も本願に援用される。

【0016】

薄膜発光ダイオードチップは、良好な近似ではランバート面放射器であるため、ヘッドライト（例えば、自動車のヘッドライト）における用途に特に好適である。

【0017】

薄膜発光ダイオードチップは、下記特徴の少なくとも1つ、特に全てを具備することを特徴とする。

【0018】

- 半導体積層体の前側主面の反対側である後側主面に反射層が成膜または形成されており、当該半導体積層体は、放射を発生させる半導体積層体、具体的には放射を発生させるエピタキシャル積層体であって、当該反射層は、半導体積層体において発生する電磁放射の少なくとも一部を反射して半導体積層体に戻すものである。

- 薄膜発光ダイオードチップは、好ましくは後側に、キャリア要素を有し、当該キャリア要素は半導体積層体をエピタキシャル成長させた成長基板ではなく、後の工程で半導体積層体に載置された別個のキャリア要素である。

- 半導体積層体の厚さは、10  $\mu\text{m}$ 以下の範囲内、特に5  $\mu\text{m}$ 以下の範囲内である。

- 半導体積層体に成長基板が存在しない。本明細書において「成長基板が存在しない」とは、半導体積層体の成長に使用されたであろう成長基板が、半導体積層体から除去されていること、または少なくとも大幅に薄くなっていることを意味する。具体的には、成長基板は、単独でもエピタキシャル積層体と一緒に自身を支持できない程度まで薄くされている。したがって、大幅に薄くなった残りの成長基板は、成長基板として機能するには特に適していない。

- 半導体積層体は、混合構造（intermixing structure）を有する少なくとも一面を有する少なくとも1つの半導体層を含み、この構造は、理想的な場合、半導体積層体内に光をほぼエルゴード分布させる。つまりこの光は、非常にエルゴード的な確率論的散乱挙動を示す。

【0019】

半導体ボディを薄膜発光ダイオードチップとして製造する際、半導体積層体を完全に貫通するように開口を形成することが特に有利である。開口が後側から前側に向かって半導体積層体内を通過しているものの完全に貫通していない薄膜発光ダイオードチップでは、成長基板を除去する際に半導体積層体が損傷する可能性が比較的高い。本発明による半導体ボディとは対照的に、このような半導体ボディでは半導体積層体の厚さをかなり大きくする必要がある。

【0020】

本発明による半導体ボディでは、半導体積層体の厚さを特に小さくすることができるため有利である。一実施形態において、半導体積層体の厚さは3  $\mu\text{m}$ 以下であり、例えば、1  $\mu\text{m}$ 以下である。一発展形態において、半導体積層体の厚さは500 nm以下である。

【0021】

このように、半導体積層体の製造に必要な時間が特に短縮されるため、半導体ボディの製造が特に経済的になる。この程度薄いと、例えば、半導体積層体がフォトリソグラフィ形状の構造を有する態様にも特に有利である。さらに、前側主面および/または後側主面が活性層まで延在する構造、あるいは、活性層をも縦断する構造を有する半導体積層体の場合に有利である。このような構造により、いわゆるパーセル効果を利用することができ、活性層からの出射速度を向上することができる。フォトリソグラフィ形状を呈する構造体やパーセル効果が利用できる構造体は、原則的に当業者に知られているため、これ以上詳述しない。層が薄い半導体ボディと組み合わせると、その構造により特に高い光学効率を得られる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 2 】

半導体ボディの一実施形態において、第1の電気接触層の第1の部分領域の端部により覆われる、半導体積層体の前側主面の第1の副領域は、前記少なくとも1つの開口を囲む。別の表現をすると、本実施形態の第1の副領域は、前側主面の平面図において、開口の全周に亘る外側境界を有する。特に、前側の平面図において、第1の副領域は開口をリング状に囲む。例えば、前側の平面図において、第1の副領域は、（少なくとも実質的に）円形、楕円形、または $n$ 角形の外側境界を有する（ $n$ 角形の外側境界の場合 $n \geq 3$ ）。第1の副領域の内側境界は、例えば、開口の前側周縁部により形成される。一発展形態において、半導体積層体は、各々が第1の副領域で囲まれた多数の開口を有する。

## 【 0 0 2 3 】

一実施形態において、第1の電気接触層の部分領域は、特に電気分離層と共に、開口を完全にまたは少なくともほぼ完全に埋める。

## 【 0 0 2 4 】

他の実施形態において、半導体ボディは、半導体積層体内で前記少なくとも1つの開口と横方向に重なり、かつ、前側から後側方向に半導体積層体内に延在する少なくとも1つの凹部を有する。特に、凹部は開口の副領域を構成する。凹部には、半導体積層体の材料や第1の電気接触層の材料が存在しない。凹部には固体材料が存在しないことが好ましい。また、シリコン材料やエポキシ樹脂等の封止材で埋めてもよい。

## 【 0 0 2 5 】

本実施形態の更に適切な発展形態において、第1の電気接触層、特に第1の電気接触層の部分領域は、横方向および/または後側方向に凹部を画定する。特に、第1の電気接触層は凹部を有する。例えば、部分領域の底部は、後側に近接する開口の副領域を埋める。あるいは、または、さらに、部分領域の中央部は、開口の中間領域の周りにリング状に存在する。特に前側に開口している開口の中央領域には、特に第1の電気接触層が存在せず、凹部を形成している。特に、凹部には固体材料が存在しない。また、オプトエレクトロニクス・コンポーネント等に搭載する半導体積層体では、凹部はエポキシ樹脂やシリコン材料等の封止材で埋められる。

## 【 0 0 2 6 】

第1の電気接触層は、半導体積層体と異なることが都合よく、半導体材料を含まないことが好ましい。特に、第1の電気接触層は、少なくとも一部の領域において、銀、金、アルミニウム、および/または銅等の金属を含むか、あるいは、これらの金属の少なくとも1つからなる。

## 【 0 0 2 7 】

一発展形態において、第1の電気接触層の少なくとも一部の領域を半透明または透明とする。例えば、開口内に延在する部分領域、または当該部分領域の少なくとも1以上の部分を半透明または透明とする。特に、前側主面の第1の副領域を覆う、部分領域の少なくとも端部を半透明または透明とする。例えば、部分領域またはその1以上の透明部分は、インジウムスズ酸化物（ITO）等の透明導電性酸化物を含むか、あるいは、当該透明導電性酸化物からなる。半導体ボディが開口部領域において前記部分領域に画定された凹部を有する場合、例えば、前記部分領域を半透明とすると、光取り出し効率向上に特に有利でありうる。

## 【 0 0 2 8 】

他の発展形態において、第1の電気接触層の後側部分領域（開口部を貫通する部分領域とは異なる）は、金属を含むか、あるいは、金属からなる。少なくとも一部の領域が半透明であり、かつ、特に前側主面の第2の副領域を覆わない第1の電気接触層により、半導体ボディの全体効率を特に高くすることができる。

## 【 0 0 2 9 】

他の実施形態において、半導体積層体の前側主面は、放射取り出し構造（radiation out-coupling structures）を有する。ここで、「放射取り出し構造」とは、活性層で発生した電磁放射の取り出し効率を散乱により向上させるために設けられた突起（protrusions

10

20

30

40

50

)または窪み (depressions) を意味する。適切な一実施形態において、放射取り出し構造の寸法は、半導体積層体の最大放射の 1 波長範囲内である。例えば、隣接する突起または窪みの平均離間距離および / または平均高さは、100 nm 以上であり、300 nm 以上であることが好ましい。特に、平均離間距離および / または平均高さは 1.5  $\mu$ m 以下であり、1  $\mu$ m 以下であることが好ましく、500 nm 以下であることが特に好ましい。このような放射取り出し構造は原則的に当業者に知られているため、これ以上詳述しない。

#### 【0030】

好適な一発展形態において、第 1 の副領域には放射取り出し構造が存在しない。特に、第 1 の副領域に放射取り出し構造を意図的に設けない。例えば、前側主面の第 1 の副領域は平滑面、特に平坦面である。

10

#### 【0031】

本発明者らは、放射取り出し構造を有さない第 1 の副領域とすることで、第 1 の電気接触層の端部の導電性を特に良好にすることができることを見出した。第 1 の副領域が放射取り出し構造を有する場合、第 1 の電気接触層の端部における横方向の電流分布が不十分となる恐れがある。放射取り出し構造を有さない第 1 の副領域は、前側主面の表面 1 mm<sup>2</sup> に対して動作電流が 100 mA 以上、特に 500 mA 以上 (例えば 1 A 以上) である半導体ボディにおいて特に有利である。

#### 【0032】

適切な一実施形態において、半導体ボディは、後側に設けられ、かつ、前記分離層またはさらなる分離層により第 1 の電気接触層から電氣的に絶縁されている第 2 の電気接触層を有する。適切な一実施形態において、半導体ボディは、第 1 の電気接触層により n 側から接触され、また、第 2 の電気接触層により p 側から接触される。あるいは、この逆により接触される。第 1 の電気接触層および第 2 の電気接触層を有する半導体ボディは、n 側および p 側の両方を後側から外部電気接続するように設計することができる。第 1 の電気接触層および / または第 2 の電気接触層は、半導体積層体の横側近傍に引き出せる。これにより、第 1 の電気接触層および / または第 2 の電気接触層を適切に前側から外部電気接続することができる。

20

#### 【0033】

適切な一発展形態において、第 1 の電気接触層、第 2 の電気接触層、分離層は、半導体ボディの後側において横方向に重なる。このような態様は、例えば、半導体積層体に複数の開口を有する半導体ボディにおいて、当該複数の開口内に延在する第 1 の電気接触層の複数の部分領域を半導体ボディの後側で電氣的に互いに接続させるように第 1 の電気接触層を形成するのに好都合である。この電氣的接続は、特に、第 1 の電気接触層の後側部分領域により確立される。

30

#### 【0034】

更なる一実施形態において、半導体性または絶縁性のミラー層を、半導体積層体と第 2 の電気接触層との間および / または半導体積層体と第 1 の電気接触層との間の少なくとも一部の領域に設ける。ミラー層を設けることにより、後側に向けて活性層から出射された電磁放射の一部が前側に出射されるので有利である。これにより、特に高い放射取り出し効率が得られる。

40

#### 【0035】

適切な一発展形態において、半導体性または絶縁性のミラー層は複数の開口部 (aperture) を有する。半導体ボディ後側の平面図において、半導体積層体は、特に、開口部の領域においてミラー層に覆われていない。第 2 の電気接触層は、開口部を通して半導体積層体まで延在する。このように、絶縁性または半導体性のミラー層を介して第 2 の電気接触層と半導体積層体とが電氣的に接続される。

#### 【0036】

更なる実施形態において、前記少なくとも 1 つの開口は、前側から後側の方向に先細りになっている。別の表現をすると、開口の前側の断面積は、後側の断面積より大きい。これにより、特に開口の中央領域に第 1 の電気接触層が存在せず当該領域に凹部が形成され

50

ている態様において、凹部の周縁部から電磁放射を十分に取り出せうる。

【0037】

他の実施形態において、開口は裏側から前側に先細りになっている。このような態様は、凹部が第1の電気接触層の完全に埋められている場合に特に有利である。

【0038】

一代替実施形態において、開口のリング状外周面、すなわち開口の側面は、半導体積層の延伸主面に対して略垂直である。

【0039】

半導体ボディの更なる利点、有利な実施形態、および発展形態は、図1～図6を参照しながら説明する例示的な実施形態により得られる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】第1の例示的な実施形態によるオプトエレクトロニクス半導体ボディの概略断面図

【図2】第2の例示的な実施形態によるオプトエレクトロニクス半導体ボディの概略断面図

【図3】第3の例示的な実施形態によるオプトエレクトロニクス半導体ボディの概略断面図

【図4】第1の例示的な実施形態によるオプトエレクトロニクス半導体ボディの概略平面図

【図5】第1の例示的な実施形態の変形例によるオプトエレクトロニクス半導体ボディの一部の概略平面図

【図6】第1の例示的な実施形態による半導体ボディの、第1の電気接触層による前側主面の被覆率に対する相対全電気/光効率を示す図

【発明を実施するための形態】

【0041】

例示的な実施形態および図面において、同一のまたは同一の作用を有する構成部分は、いずれの場合も同一の参照符号を付与される。図示された要素は、縮尺が明示されていない限り縮尺どおりとみなすべきでなく、むしろ、層等の個々の要素が、より理解しやすいように誇張された寸法または厚さで図示されている場合もある。

【0042】

図1はオプトエレクトロニクス半導体ボディの第1の例示的な実施形態を示す。このオプトエレクトロニクス半導体ボディは、成長基板を分離したエピタキシャル半導体積層体1を含む。半導体ボディの前側2に設けられた半導体積層体1の前側主面10は、放射を取り出し面とされている。前側2の反対面である後側3では、誘電性ミラー層8が半導体積層体1の後側主面15に成膜されている。半導体積層体1は、前側主面10と後側主面15との間に、電磁放射を発生させる活性層100を有する。本実施形態において、半導体積層体1の厚さDは1 $\mu$ mである。本実施形態の場合、半導体積層体1の厚さは後側主面15から前側主面10までの寸法である。

【0043】

半導体積層体1は複数の開口110を有する。簡潔化のために、図1では2つのみを示す。開口110は、前側2から後側3の方向に半導体積層体1を貫通しており、特に、活性層100を貫通している。開口110には半導体積層体1の構成材料が存在しない。本実施形態において、開口110の断面形状は円形である。第1の例示的な実施形態の半導体ボディにおいて、開口110は前側2から後側3の方向に先細りになっている。

【0044】

第1の電気接触層4が半導体ボディの後側3に配置されている。いずれの場合も、第1の電気接触層4の部分領域40が、後側3から開口110内を通過して半導体ボディの前側2まで延在し、部分領域40の端部40Aが前側の(より正確には前側主面10の)第1の副領域11を覆っている。複数の第1の副領域11は、それぞれの開口110をリング

10

20

30

40

50



状に囲む。前側主面 10 の第 2 の副領域 12 は、第 1 の電気接触層 4 により覆われていない。本実施形態において、第 2 の副領域 12 は半導体ボディの外部露出面となっている。

【0045】

本例示的な実施形態において、第 2 の副領域 12 は光取り出し構造 120 を有する。一方、第 1 の副領域 11 は光取り出し構造 120 を有さず、平坦な表面部分を構成している。

【0046】

このことは、半導体ボディの前側 2 の概略平面図である図 4 に示されている。半導体積層体 1 は、例えば、正方形のベース領域である。開口 110 は、例えば、縦 7 列横 7 列で、特に正方格子の格子点に配置されている。開口 110 内を通る、第 1 の電気接触層 4 の部分領域 40 の端部 40A は、前側主面 10 の第 1 の副領域 11 を覆い、また、凹部 6 を囲う。第 2 の副領域 12 は第 1 の電気接触層 4 により覆われてない。

【0047】

本例示的な実施形態において、第 1 の電気接触層 4 の部分領域 40 は、付随する開口 110 を完全に埋めていない。部分領域 40 の底部が開口 110 の後側副領域を埋めるのみである。前側 2 の方向に続く、開口 110 の領域内に位置する部分領域 40 中間部は、開口 110 のリング状外周面を覆う層を形成するのみである。中間部と前側 2 の方向に接合する部分領域 40 の端部 40A の形状もまた、リング状である。したがって、本実施形態において、部分領域 40 は後側が底部により閉じられた筒の形状を有し、かつ、端部 40A により形成されたカラーを前側に有する。中間部は筒の側面を形成している。

【0048】

したがって、前側 2 に開口した開口 110 の中間部には、第 1 の電気接触層 4 の構成材料、特に第 1 の電気接触層 4 の部分領域 40 の構成材料が存在しない。このようにして、前側 2 から後側 3 の方向へ開口 110 の領域内を通して半導体積層体 1 内に延在する、半導体ボディの凹部 6 が形成される。

【0049】

本実施形態において、開口 110 内を延在する第 1 の電気接触層 4 の部分領域 40 は透明である。部分領域 40 は、インジウムスズ酸化物 (ITO) 等の透明導電性酸化物を含むか、あるいは、当該透明導電性酸化物からなる。

【0050】

後側 3 で部分領域 40 と接合する、第 1 の電気接触層 4 の更に後側の部分領域は、金属材料を含むか、あるいは、金属材料からなることが好ましい。本実施形態において、第 1 の電気接触層は、開口 110 内を延在する透明部分領域 40 と、金属製の後側部分領域とからなる。

【0051】

部分領域 40 は、分離層 7 によって開口 110 の外周面から電氣的に絶縁されている。開口 110 の領域において、分離層 7 は、横方向に、部分領域 40 と半導体積層体 1 との間に設けられている。対照的に、半導体積層体 1 の前側主面 10 と部分領域 40 の端部 40A とが電氣的に接触している。

【0052】

本実施形態において、分離層 7 はまた、第 1 の電気接触層 4 を半導体ボディの後側 3 に設けられた第 2 の電気接触層 5 から絶縁する。第 2 の電気接触層 5 は、後側 3 から、電気絶縁性ミラー層 8 の開口部 80 を通って半導体積層体 1 の後側主面 15 まで延在している。本実施形態において、第 1 の電気接触層は半導体ボディの n 側に接続するように設けられ、第 2 の電気接触層は半導体ボディの p 側に接続するように設けられている。

【0053】

第 1 の電気接触層 4 の副領域、分離層 7 の副領域、第 2 の電気接触層 5 の副領域は、半導体ボディの後側 3 において横方向に重なっている。これは、例えば、後側 3 から前側 2 の方向に第 1 の電気接触層 4、分離層 7、第 2 の電気接触層 5 が相互に続く図 1 の中央部の場合である。これにより、半導体積層体 1 の開口 110 内の個々の部分領域 40 は、第

10

20

30

40

50

1の電気接触層4の後側部分領域を介して互いに電氣的に接続される。

【0054】

本例示的な実施形態において、半導体ボディはn側およびp側を後側3から外部電気接続させるように設計されているが、第1の電気接触層4および/または第2の電気接触層5を半導体積層体1の横側近傍に引き出して、前面側からの接続に好適となるようにしてもよい。このような態様は、図2および図3に示す例示的な実施形態と関連づけて例示されている。

【0055】

図6は、第1の例示的な実施形態による半導体ボディの相対接触面積 $A_{rel}$ に対する相対全電気/光効率 $\eta_{rel}$ を示す。ここで、相対接触面積とは、第1の副領域11の外側境界で囲まれた表面の面積を半導体積層体1の前側主面10の全表面積で割った商である。前側主面10全表面積は、第1の部分領域11と第2の部分領域12の面積の合計である。各々の領域は、半導体積層体1の延伸主平面への投射像であって、光取り出し構造120を構成する突起等による真の面積の増加は考慮しないことを理解されたい。

【0056】

図6には3つの曲線が示されている。曲線61は、第1の電気接触層4の端部40A(ITO、厚さ:100nm)により覆われた平坦な第1の副領域11について測定した相対全電気/光効率 $\eta_{rel}$ を示す。曲線62の場合、第1の副領域11もまた平坦であるが、端部40Aの厚さは30nmとした。曲線63では、比較のため第1の副領域11に光取り出し構造120を設けた。曲線63の場合、第1の副領域11の光取り出し構造端部40Aを設けた端部40Aの厚さは100nmとした。

【0057】

平坦な第1の副領域11の場合、粗面な第1の副領域11と比較して相対全電気/光効率 $\eta_{rel}$ が上昇していることが明らかにわかる。相対全電気/光効率の最大値は相対接触面積 $A_{rel}$ 5~15%、好ましくは7~12%の間に見られる。第1の電気接触層の端部40Aの好ましい厚さは30~100nmの間である。

【0058】

図2はオプトエレクトロニクス半導体ボディの第2の例示的な実施形態を示す。第2の例示的な実施形態によるオプトエレクトロニクス半導体ボディは、第1に、第1の電気接触層4および第2の電気接触層5の両方を半導体積層体1の横側近傍に引き出している点で第1の例示的な実施形態と相違する。これにより、半導体ボディはまた、n側およびp側を前側2から外部電気接続させるのに好適となる。第1の例示的な実施形態と関連して説明したように、半導体ボディをn側およびp側を後側3から外部電気接続させるように設計することもできる。

【0059】

第2の例示的な実施形態による半導体ボディはまた、開口110内を延在する第1の電気接触層の部分領域40がいずれも開口110を完全に埋めている点で、第1の例示的な実施形態と相違する。本実施形態の場合、開口110内の領域における部分領域40は金属材料からなる。前側主面10の第1の副領域110を覆う端部40Aのみが、ITO等の透明導電性酸化物からなる。また、本実施形態における端部40Aの形状は、第1の例示的な実施形態のようにリング状ではなく、完全な円柱、また一変形例では立方体である。部分領域40の金属部分の前側端部面と特に接合する各端部40Aは、当該端部面を完全に覆い、かつ、当該端部面から横方向に突出している。

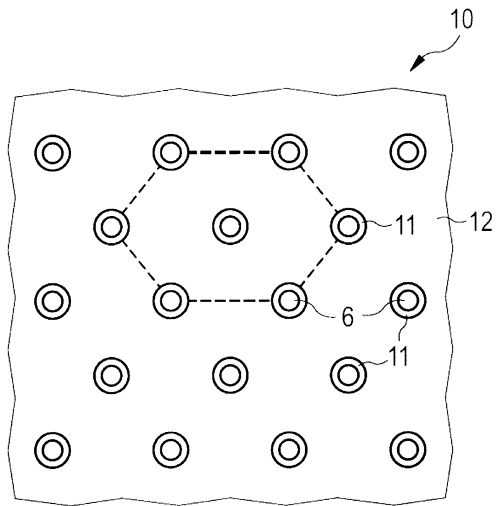
【0060】

図3はオプトエレクトロニクス半導体ボディの第3の例示的な実施形態を示す。第3の例示的な実施形態は、実質的に第1の例示的な実施形態に対応する。相違点は、第2の電気接触層を前側から外部電気接続するように設計する一方、第1の電気接触層4を後側から外部電気接続するように設計している点である。このような外部電気接続の構成はその他の例示的な実施形態においても好適である。

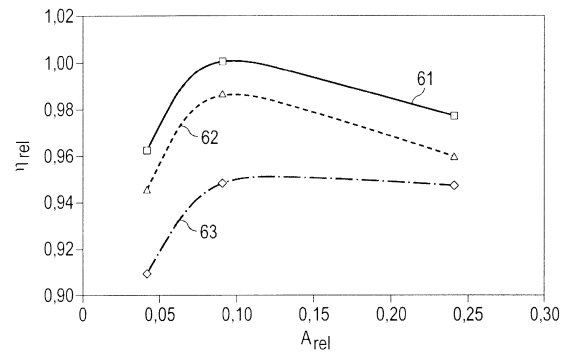
【0061】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 エンゲル カール

ドイツ国 9 3 0 5 1 レーゲンスブルク ゲルトルド - フォン - レ - オー - シュトラーセ 5

(72)発明者 サバシル マティアス

ドイツ国 9 3 0 5 9 レーゲンスブルク アム プロツェンヴァイハー 2 1 ベー

審査官 村井 友和

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 2 8 7 8 4 9 ( J P , A )

特表 2 0 0 7 - 5 2 3 4 8 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4