

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-119983
(P2004-119983A)

(43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/00	HO 1 L 33/00 E	5 F O 4 1
HO 1 S 5/028	HO 1 L 33/00 A	5 F O 7 3
HO 1 S 5/042	HO 1 S 5/028	
	HO 1 S 5/042 6 1 2	

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-336367 (P2003-336367)	(71) 出願人	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 Semikon ductors GmbH ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク ヴ ェルナーヴェルクシュトラッセ 2
(22) 出願日	平成15年9月26日 (2003. 9. 26)	(74) 代理人	100061815 弁理士 矢野 敏雄
(31) 優先権主張番号	10244986. 4	(74) 代理人	100094798 弁理士 山崎 利臣
(32) 優先日	平成14年9月26日 (2002. 9. 26)	(74) 代理人	100099483 弁理士 久野 琢也
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

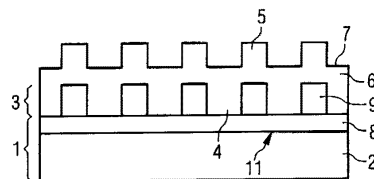
(54) 【発明の名称】 ビーム放射型半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 ビーム放射型半導体素子において、コンタクト抵抗が低くて構成素子内で生成されたビームのための良好な反射性も備えている素子を提供すること。

【解決手段】 電気的なコンタクト形成のために、構造化されたコンタクト層が半導体表面に被着され、前記コンタクト層に亘って分散配置された複数の介在空間が、表面上で当該コンタクト層によって覆われない自由面の形成のために設けられ、前記自由面はミラー部で覆われるように構成する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

活性領域(2)を有する半導体(1)を備えたビーム放射型半導体素子において、電気的なコンタクトのために、構造化されたコンタクト層(3)が半導体表面に被着されており、

前記コンタクト層(3)に亘って分散配置された複数の介在空間(4)が、表面上で当該コンタクト層(3)によって覆われない自由面(5)の形成のために設けられており、

前記自由面(5)はミラー部(6)で覆われるように構成されていることを特徴とする半導体素子。

【請求項 2】

前記ミラー部(6)は、自由面(5)とコンタクト層(7)を覆う閉成されたミラー層(7)として構成されている、請求項 1 記載の半導体素子。

【請求項 3】

前記コンタクト層(3)の材料は、ミラー層(7)の材料よりも電気的に良好に半導体(1)に結合する、請求項 1 記載の半導体素子。

【請求項 4】

前記ミラー層(7)の材料は、コンタクト層(3)の材料よりも良好に、活性領域(2)内で生成されたビームを反射する、請求項 2 または 3 記載の半導体素子。

【請求項 5】

前記半導体(1)の表面は、窒化化合物半導体からなる p 型ドーピング層(8)によって形成されており、

前記コンタクト層(3)の材料は、表面に対するオーミックコンタクトを構成している、請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載の半導体素子。

【請求項 6】

前記コンタクト層(3)は、白金またはニッケルを含んでいる、請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載の半導体素子。

【請求項 7】

前記ミラー層(7)は、銀またはアルミニウムを含んでいる、請求項 2 から 6 いずれか 1 項記載の半導体素子。

【請求項 8】

前記コンタクト層(3)は、100nm よりも少ない厚さ(d)を有している、請求項 1 から 7 いずれか 1 項記載の半導体素子。

【請求項 9】

前記コンタクト層(3)は、相互に分離されたコンタクト要素(9)からなっており、前記コンタクト層(3)上に、当該コンタクト要素(9)との相互コンタクトのための接合層(10)が重なるように設けられている、請求項 1 から 8 いずれか 1 項記載の半導体素子。

【請求項 10】

前記コンタクト要素(9)は、円筒形状を有している、請求項 9 記載の半導体素子。

【請求項 11】

前記コンタクト要素(9)は、規則的な格子のノードに配設されている、請求項 9 または 10 記載の半導体素子。

【請求項 12】

前記規則的な格子は、矩形状の格子である、請求項 11 記載の半導体素子。

【請求項 13】

前記コンタクト要素(9)の間隔(D1、D2)は、p 型ドーピング層(8)の横方向導電性の考慮のもとで、p 型ドーピング層(8)の半導体側の境界面(11)が全面的に通電され得るように選択されている、請求項 9 から 12 いずれか 1 項記載の半導体素子。

【請求項 14】

前記規則的な格子の形状は、境界面(11)の全面的な通電のもとで、半導体(1)の

10

20

30

40

50

表面のコンタクト層(3)による被覆度が、矩形状の格子を利用した被覆度よりも小さくなるように選択される、請求項11から13いずれか1項記載の半導体素子。

【請求項15】

前記規則的な格子は、六角格子である、請求項14記載の半導体素子。

【請求項16】

前記介在空間(4)が、構造化されたコンタクト層(3)の表面を少なくとも部分的に平坦化するために、充填材(12)によって充填されている、請求項1から15いずれか1項記載の半導体素子。

【請求項17】

前記充填材(12)は、導電性材料を含んでいる、請求項16記載の半導体素子。

10

【請求項18】

前記充填材(12)は、透過性でかつ導電性の材料を含んでいる、請求項16記載の半導体素子。

【請求項19】

前記充填材(12)は、酸化亜鉛かまたはインジウム錫酸化物(Indium Tin Oxide)を含んでいる、請求項17記載の半導体素子。

【請求項20】

前記充填材(12)は、 SiO_2 か、珪素および窒素からなる化合物か、二酸化チタンかまたはプラスチックを含んでいる、請求項18記載の半導体素子。

【請求項21】

前記充填材(12)は、複数のブラッグ反射器(13)を形成する、請求項16記載の半導体素子。

20

【請求項22】

前記ブラッグ反射器(13)は、誘電体から形成されている、請求項21記載の半導体素子。

【請求項23】

前記ブラッグ反射器(13)は、エピタキシャル成長によって形成される、請求項21記載の半導体素子。

【請求項24】

前記ミラー部(6)は、コンタクト層(3)の介在空間(4)内に配設されたブラッグ反射器(13)によって形成される、請求項1記載の半導体素子。

30

【請求項25】

前記ブラッグ反射器(13)は、重ね合わされた複数の層対(14)を含んでおり、これらの層対はそれぞれ高屈折率と低屈折率を有しており、この場合は5よりも大きい数の層対(14)が各ブラッグ反射器(13)内に設けられている、請求項24記載の半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、活性領域を有する半導体を備えたビーム放射型半導体素子に関する。この半導体は電氣的にコンタクトし、ミラー部を備えている。

40

【背景技術】

【0002】

GaNをベースにした発光ダイオードチップの製造のもとでは、p型ドーピングされた層、特にp型ドーピングされたGaN層またはAlGaN層の最大限得ることのできる導電性が、従来のフロント側コンタクト用金属化部(これは他の材料系の発光ダイオードチップから公知であり、可及的に高いビーム出力結合のためにフロント側の一部分のみを覆っている)を用いてチップ横方向の全断面に亘って電流を拡張させるのには不十分であるという根本的な問題が存在する。

【0003】

50

導電性基板上的の p 型導電層の成長は（これによって電流印加が p 型導電層の全ての横方向断面に亘って可能となる）経済的に代替し得る結果には結び付かない。これに対する理由はいかに述べるとおりである。すなわちまず第 1 に、格子整合性の導電性基板（例えば GaN 基板）の製造は、GaN ベースの層の成長のために高い技術的なコストに結び付く点であり、第 2 に p 型ドーピング GaN ベース層の成長が、非ドーピング型 GaN 接合部および n 型ドーピングされた GaN 接合部に適する格子非整合性の基板では発光ダイオードに十分となる結晶品質には結び付かないことである。

【0004】

前述の問題に対応する公知手段のもとでは、基板とは反対側の p 型導電層上でビーム透過型のコンタクト層がまたは導電性の良好な付加的導電層が電流拡張のために完全に扁平に設けられておりこれはボンディングコンタクトを備えている。

10

【0005】

しかしながら最初に述べた提案は、ビームの相当な部分がコンタクト層に吸収されてしまう欠点を伴う。二番目の提案の場合には、付加的なプロセスステップが必要となり、これは製造コストを著しく増加させる。

【0006】

ドイツ連邦共和国特許出願 DE 100 26 254 A1 明細書からは、冒頭に述べたような形式の構成素子が公知であり、ここでは半導体チップ上に完全に扁平なコンタクト層がシルバー被膜の形態で被着されている。このシルバー被膜はこの場合発光ダイオードチップに対する電気的なコンタクトの他に、チップ活性領域から放射されたビームのための反射器としても機能している。

20

【0007】

公知の構成素子のもとでのシルバー被膜は、場合によっては出現し得るショットキーコンタクトに比べて比較的少ない抵抗で際だっているオーミックコンタクトを形成するが、しかしながら多くの適用ケースにおいてはコンタクト抵抗がいまだに高すぎる。

【特許文献 1】ドイツ連邦共和国特許出願 DE 100 26 254 A1 明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の課題は、ビーム放射型半導体素子において、低いコンタクト抵抗を有しかつ構成素子内で生成されたビームのための良好な反射性も備えている素子を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題は本発明により、電気的なコンタクト形成のために、構造化されたコンタクト層が半導体表面に被着されており、

前記コンタクト層に亘って分散配置された複数の介在空間が、表面上で当該コンタクト層によって覆われない自由面の形成のために設けられており、

前記自由面はミラー部で覆われるように構成されて解決される。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0010】

本発明の別の有利な実施例および改善例は従属請求項に記載されている。

【0011】

本発明によれば、半導体を有するビーム放射型半導体素子が得られる。この半導体には活性領域が含まれている。この活性領域は通電のもとで電磁ビームを生成する。半導体の電気的なコンタクト形成のために、構造化されたコンタクト層が設けられる。このコンタクト層は、半導体の表面に被着されている。コンタクト層に亘って分散配置された介在空間が設けられており、この介在空間は、半導体の表面上で自由面の形成のために用いられる。これらの自由面は、コンタクト層によって覆われる。いくつかの自由面若しくは全ての自由面はミラー部で覆われる。

50

【0012】

電氣的なコンタクトとミラー部の2つの機能部を空間的に相互に分離させることによって、この2つの機能部のうちのそれぞれを材料選択に関連して相応の電氣的な構成要素また光学的な構成要素に最適化することが可能となる。これにより、電氣的なコンタクト形成がその電氣的な特性（特にその遷移抵抗）に関しても光学的な特性（特に構成素子内で生成される光に対する反射性）に関しても最適化されている、半導体構成素子を製造することが達成される。

【0013】

この場合半導体の表面は、次のような領域に分割される。すなわち構造化されたコンタクト層によって覆われている領域と、半導体の電氣的なコンタクト形成に相応して用いられる領域に分割される。さらにそれらとは別個に、ミラー部によって覆われた、半導体構成素子内で生成された光の反射に用いられる領域も存在する。

10

【0014】

半導体構成素子の有利な実施形態によれば、ミラー部が半導体の表面を閉成されたミラー層として覆うように構成される。半導体素子のこの実施形態は、一方ではミラー部の製造に対する構造化手段を何も必要とせず、これに伴ってミラー部の製造を非常に低コストで行うことができるという利点を有する。また他方では、閉成されたミラー面としてのミラー部の実施によって、構造化されたコンタクト層を貫通して外方へ伝送されるビームも反射することができ、それによってビーム放射型半導体素子の光学的な出力も失なわれることがない。

20

【0015】

この場合閉成されたミラー層は、構造化されたコンタクト層の領域のみならず、半導体の表面の自由面も覆う。構成素子の別の実施形態によれば、コンタクト層ないしミラー部に対する材料が次のように選択される。すなわちコンタクト層の材料が、ミラー層の材料よりも電氣的に良好に半導体に結合するように選択される。これにより、電氣的なコンタクト面の領域が、一義的に電氣的なコンタクト形成機能に割当てられる。さらにそれによって、特に公知の構成素子のもとで必要となるような二重の最適化を考慮しなくてもよくなる。このことは、コンタクト層に対して、ミラー層とは別の材料を選択することが可能になることを意味する。特にコンタクト層として、半導体素子への電氣的な結合に関して最適な材料を選択することが可能である。

30

【0016】

さらにそれとは逆に有利には、コンタクト層とミラー層に対する材料が次のように選択される。すなわち、ミラー層の材料が、構成素子内で生成されたビームをコンタクト層の材料よりも良好に反射するものであるように選択される。このことは、ミラー層に対して次のような材料が選択できることを意味する。すなわちそのミラー部としての機能に対して、つまりその反射特性に関して、その光学的な機能と特に構成素子によって生成されたビームないしはその波長に整合し得る材料である。

【0017】

その上さらに多くのビーム放射型半導体素子のもとで電氣的なコンタクト形成に対し、n型ドーピングされた層もp型ドーピングされた層も用いることができる。そのようにドーピングされた層を用いることによって例えば発光ダイオードやレーザーダイオードが実現できる。半導体の対向する側面に配設されたn型ドーピングないしはp型ドーピングされた層を用いたコンタクト形成は、特に半導体が窒化化合物半導体をベースに形成されている構成素子のもとで注目される。例えば窒化化合物半導体として窒化ガリウムが用いられている場合である。ここで“窒化ガリウムをベースにした構成素子”とは、以下では特に、窒化ガリウムをベースにした三元および四元の全ての混晶を指す。例えば窒化アルミニウム、窒化インジウム、窒化アルミニウムガリウム、窒化インジウムガリウム、窒化インジウムアルミニウム、窒化アルミニウムインジウムガリウムや窒化ガリウム自体などである。

40

【0018】

50

窒化ガリウムをベースにした材料系における p 型ドーピング層の良好でない導電性のために、本発明は、そのような p 型ドーピング層のコンタクト形成のために特に有利に用いることができる。

【0019】

それに相応して構成素子の有利な実施形態においては、半導体の表面が、窒化化合物半導体からなる p 型ドーピング層によって形成され、コンタクト層の材料が半導体表面に対しオーミック抵抗を構成する。p 型ドーピング層の良好でない導電性に基づいて、詳細には一般に次のようなリスクが生じる。すなわち、p 型ドーピング層と良好に適しているとはいいがたい材料とのコンタクト形成がショットキーコンタクト（これは高い遷移抵抗を有している）を形成するリスクである。

10

【0020】

窒化ガリウムをベースにした p 型ドーピングされた半導体層とのオーミック抵抗を形成する材料としては、例えば白金やニッケルがあげられる。それに応じて特に有利には、コンタクト層が白金やニッケルを含むか両方の金属からなっている。

【0021】

ミラー層としては、構成素子から発せられたビームを反射する材料が適している。ここでは特に肉眼でとらえることのできる 380 nm ~ 550 nm の波長領域に対し、ミラー層として特にアルミニウムや銀などの材料が着目される。

【0022】

その上さらに有利には、コンタクト層が可及的に大きな層厚さを有する。なぜならそれによって、構成素子により生成されたビームのできるだけ多くの部分がコンタクト層においても反射されるからである。このことは、構成素子の光学的なロスをも有利な形で低減する。しかしながら特に白金をコンタクト層の材料として用いた場合にはコスト的な理由から、そのコンタクト層を任意の厚さに構成することはできない。それ故に白金のケースでは、コンタクト層は最大でも 100 nm の厚さまでに制限される。有利にはコンタクト層に対して 15 nm ~ 30 nm の層厚さが適用される。

20

【0023】

構成素子の実施形態において、コンタクト層は相互に分離された複数のコンタクト要素からなっている。これらのコンタクト要素は、コンタクト層に亘って設けられた接合層によって導電的に相互に接続されている。

30

【0024】

この構成素子の実施形態では次のような利点を得られる。すなわちコンタクト層によって半導体表面のうちの電気的なコンタクト形成に不可欠な部分のみが覆われることである。それにより、相互に分離されたコンタクト要素の間で面積的に多くの部分がミラー部ないしミラー層のために残されることとなる。これによって構成素子の光学的特性が最適化できる。

【0025】

本発明による構成素子の特に有利な実施形態によれば、コンタクト要素のコンタクト形成のための接合層がミラー層と上下に重なり合っ一致している。これは既に前述したように有利にはアルミニウムまたは銀からなる層であってもよい。

40

【0026】

本発明の特に有利な実施形態によれば、コンタクト要素が半導体の表面上に立つ円筒状の形態を有している。その結果コンタクト要素と半導体の表面との間で円形のコンタクト面が生じる。この対称性の高いコンタクト面は、コンタクト形成のさらなる最適化のための一連の可能性が把握できる。なぜならその高い対称性に基づいてコンタクト形成の数学的シミュレーションないしモデリングが非常に容易に実施可能だからである。

【0027】

その上さらに円筒形状のコンタクト要素はさらに次のような利点も有する。すなわち、それらの円筒形の全てが同じ高さを有するならば、それらは特に簡単な形式で半導体表面上にスパッタリングもしくはそれに類似する手法で被着される金属層からこの金属層の構

50

造化によって光リソグラフィプロセスで製造できる。

【0028】

これらのコンタクト要素は当該構成素子の別の有利な実施形態においては、規則的な格子のノードに設けられてもよい。このケースでは次のような2つの利点を得られる。すなわち一方では、選択された格子の成形と寸法によって電氣的なコンタクト形成に係わるコンタクト要素の位置の最適化が図られ（特に低減されたコンタクト抵抗若しくは活性領域の最適な通電）、もう一方では光学的な特性に係わる最適化が図られる。このような最適な光学的特性は、コンタクト層における光の吸収が可及的に僅かに抑えられた場合に得られる。このことは、コンタクト層による半導体表面の被覆の割合ができるだけ僅かでないことの意味する。

10

【0029】

規則的な格子のノードへのコンタクト要素の配置構成はさらに次のような利点ももたす。すなわちそのような配置構成によってシミュレーションないしモデリングを用いた数学的な最適化を図りやすいことである。

【0030】

構成要素の別の実施形態によれば、コンタクト要素が矩形状の格子のノードに設けられる。この場合有利には、コンタクト要素の間隔がp型ドーピング層の横方向の導電性の考慮のもとで選択される。横方向の導電性は、電流経路の拡張にもつながる。これはコンタクト要素とp型ドーピング層の間のノードにおいてさらに活性領域の方向でコンタクト要素の直径に対する制限となる。

20

【0031】

コンタクト要素相互の間隔の最適な選択によれば、活性領域の表面上で個々のコンタクト要素の拡張から生ずる電流円錐（Stromkegel）が相互に接する。それにより、活性領域の全ての表面が通電されることが保証される。個々のコンタクト要素から生じる電流円錐が接していない場合には、活性領域が全面で通電するには至らない。これとは反対に隣接するコンタクト要素の電流円錐が重なる場合には、コンタクト要素による半導体表面の高い被覆割合が達成される。なぜなら電流円錐の重畳領域は、活性領域の通電向上にはつながらないからである。しかしながらコンタクト要素間の間隔の低減に伴ってコンタクト要素による半導体の被覆割合は増加する。これに伴って光学的特性は不利となる形式で悪化する。

30

【0032】

矩形状格子におけるノードの間隔は、次のように選択可能である。すなわち隣接するコンタクト要素の電流円錐が活性領域の表面上で接するか重なるように選択可能である。それにより最終的に活性領域中の通電されないままの面がなくなるか非常に僅かとなる。

【0033】

矩形状格子のノードにおけるコンタクト要素の配置構成は、さらに被覆度ないし被覆割合に関しても最適化可能である。活性領域が全面的に通電を必要とする場合には、矩形状格子のノードが相互に比較的僅かな間隔しか有してはならない。これは各矩形の中央の領域が確実に通電されることを保証するためである。しかしながらこのことは、直に隣接する2つのコンタクト要素間の電流円錐の重なり具合を増加させることにつながる。その限りでは有利には、コンタクト要素が別の種類の規則的な格子のノードに配設される。例えばコンタクト要素を、六角形のノードに配設することが考えられる。この六角形の格子のノードに対してはさらに付加的に、各六角形の中央にさらなるコンタクト要素を配設してもよい。このケースでは活性領域の全面的な通電による要求の遵守のもとで半導体表面上のコンタクト要素の厚さを低減してもよい。なぜならさらなるコンタクト要素の付加的な中央配置と六角形の格子の選択によって幾何学的な特性が良好になるからである。

40

【0034】

規則的な六角形格子のノードへのコンタクト要素の配置構成（この場合各六角形の中央に付加的なコンタクト要素が配置される）は、さらなる従属的な本発明の対象であり、それは前述したさらなる構成素子との結びつきの中で特に有利に適用される。これはさらな

50

る多くの電氣的なコンタクト形成のもとでも有利に適用される。この従属的な発明によれば、半導体の表面が、規則的な六角形の格子のノードに相互に分離して配設されているコンタクト要素によってコンタクトを形成される。さらに付加的にこれらのコンタクト要素は各六角形の中央に配置される。

【0035】

コンタクト要素の配置構成は、1つの平面内で複数の球体を二次元的に最も密なパッケージングで配置することによっても得られる。このことは、まず第1の球体を平面内に配置し、6つのさらなる球体は第1の球体の周りに配置することを意味する。6つのさらなる球体の介在空間内には、さらに6つのさらなる球体が、中心となる第1の球体の周りに配置され、それが引き続き繰り返される。球体中心の平面に関する投影は、当該の六角形の配置構成のもとでコンタクト要素を配置すべき点においてなされる。

10

【0036】

構成素子のさらなる実施形態によれば、介在空間が充填材で充填される。これは構造化されたコンタクト層の表面を部分的に平坦化するためである。このことは特に次のようなケースにおいて可能である。すなわちコンタクト層が均一な層厚さを有する層であるケースである。充填材としては例えば導電性の材料が考えられる。その際に構造化されたコンタクト層の介在空間が導電性の材料で充填されれば、半導体の電氣的なコンタクト形成がさらに向上し得る。ただし次のような場合にはいずれにせよ欠点も伴う。すなわち、光学的特性が非常に劣る材料、例えば考えられ得るものとして酸化亜鉛や酸化インジウムスズ (ITO) などが充填材として用いられれば、半導体活性領域内で生成された光が益々吸収されることとなる。

20

【0037】

構成素子のさらに別の実施形態では、透過的で絶縁性の材料を介在空間に対する充填材として用いることも考慮される。このケースでは、使用される材料の透過性によって、活性層で生成された光の吸収が非常に僅かな規模でしか起こらないという利点を得られる。しかしながら別の側では、この透過的かつ絶縁性の材料は、半導体の電氣的なコンタクトを著しく向上させることができないという欠点も伴う。

【0038】

透過的かつ絶縁性の材料としては、例えば酸化珪素か、珪素および窒素からなる化合物か、二酸化チタンまたはプラスチックなどがあげられる。

30

【0039】

構成素子のさらに別の実施形態によれば、充填材がブラッグ反射器を形成する。このケースではコンタクト層の各介在空間内に1つのブラッグ反射器が配置される。そのようなブラッグ反射器は、次のような利点を有している。すなわち半導体内で生成された光の付加的な反射をもたらし、それによって構成素子の光学的特性向上の助けとなっている。さらにこのブラッグ反射器は、所定の波長に完全に整合させることができ、それによって反射の選択性を向上させる利点も有している。このことは特に、半導体から放射される比較的広帯域の光スペクトルから狭帯域のスペクトル領域をフィルタリングによって抽出した場合には利点となる。

【0040】

この場合これらのブラッグ反射器は、様々な手法で被着させることが可能である。

40

【0041】

例えばブラッグ反射器を、コンタクト層の半導体への被着前に被着させることも可能である。このケースでは、例えばp型ドーピング層の成長に直接続けることが可能であるエピタキシャル成長の継続によって、ブラッグ反射器を製造することが考えられる。これらのブラッグ反射器は、エピタキシャル成長されており、有利には、有利には窒化化合物半導体をベースにしたドーピングされていない半導体材料から製造され得る。続いてフラットに被着されたブラッグ反射器は、構造化される。これは引き続きブラッグ反射器から解放されている半導体面への当該構造化されたコンタクト層の被着を可能にするためである。

50

【0042】

別の手法によれば、構造化されたコンタクト層の被着後にブラッグ反射器を層析出手法、例えば化学的気相析出、あるいはスパッタリングによって誘電体から析出される。ブラッグ反射器の析出の後では、場合によってはコンタクト層を成長させ続けるブラッグ反射器の部分を引き続き再度除去することも必要となる。これはコンタクト層の表面上にミラー層または接合層を被着させるためである。

【0043】

電気的なコンタクト層の平坦化は、その後の構成素子の製造のための方法ステップ、例えば担体ウエハ（これは例えばゲルマニウムまたは窒化ガリウムからなり得る）の裏側の対向ボンディングなど容易になる。平坦な表面によれば、対向ボンディングの際に中空空間などの生じることがなくなり、これによって構成素子の熱に起因する機械的緊張などが有利な形で低減され得る。

10

【0044】

構成素子の有利な実施形態によれば、介在空間に配置されるブラッグ反射器が自由面を覆うミラー部を形成する。このケースではコンタクト層に亘る付加的なミラー層を省くことができる。別の側では、場合によってコンタクト層を接合層で覆うことが必要になる。このことは、電氣的に相互に絶縁されたコンタクト要素のコンタクト形成のために用いられる。電気的なコンタクト層がネット状の構造を有している場合には、ブラッグ反射器によるミラー部の形成のもとでは、ミラー層も接合層も省略できる。このことは例えば、六角形の格子内に配置されたコンタクト要素に対して反転した構造が電気的なコンタクト層のために設けられている場合のケースに当てはまる。このようなケースでは、規則的な六角形格子のノードに介在空間が配置され、面が外方で囲まれ電気的なコンタクト層によって覆われる。

20

【0045】

ブラッグ反射器は、通常は上下に積層された層対からなっており、この場合は層対の第1の層が高い屈折率を有し、層対の第2の層は低い屈折率を有する。電気的なコンタクト層の層厚さが許容される場合には、5～10の層対がブラッグ反射器の形成のために上下に積層され得る。このケースでは、ブラッグ反射器が99%の領域かそれ以上の反射率を有する。これはさらなるミラー層または付加的なミラー部を省略できるレベルのものである。

30

【0046】

構造化されたコンタクト層に厚みが許されない場合には、それにもかかわらず付加的にブラッグ反射器に対してさらに1つのミラー層を電気的コンタクト層の表面に被着できる。

【0047】

ブラッグ反射器における層対の厚さは典型的には100nmであるので、十分に良好なブラッグ反射器の形成のためには、コンタクト層とブラッグ反射器を約1μmの厚さで構成する必要がある。5個もしくはそれ以上の数の層対を製造するためには、約500nmの層厚さを形成する必要がある。このケースでは、約90%のブラッグ反射器の反射率が得られる。このことは既に多くのケースにおいて付加的なミラー層の配設を省略することができる。

40

【0048】

適切な数の層対によって電気的なコンタクト層の表面上のミラー層を省略できるので、場合によってコンタクト形成に必要となる、コンタクト層表面上の接合層を、相応のミラー層よりも薄く構成することが可能となる。コンタクト層の表面上のミラー層は、典型的には100nmの厚さを有し得る。それに対して接合層に対しては50～100nmの層厚さで十分である。

【実施例】

【0049】

次に本発明の実施例を図面に基づき以下の明細書で詳細に説明する。

50

【 0 0 5 0 】

図 1 には、ビーム放射型の半導体素子が示されており、これは例えば発光ダイオードであり得る。そのような発光ダイオードの製造のために、成長基板にはまず n 型伝導性のドーピングされた窒化ガリウムかまたは窒化アルミニウムガリウムエピタキシャル層が被着される。その後でこの n 型伝導性のドーピング層上に活性領域 2 が析出される。この活性領域 2 は、1 つまたは複数の非ドーピング層を含んでおり、例えばマルチ量子井戸 (MQW) 構造を形成する。活性領域 2 の上には p 型ドーピング層 8 が構成素子のコンタクト形成のために析出される。この p 型ドーピング層 8 は例えばエピタキシャル層の形態の窒化ガリウムかまたは窒化アルミニウムガリウムを含んでいる。当該半導体 1 は、活性領域 2 並びに p 型ドーピング層 8 を含んでいる。析出基板と n 型ドーピング層は、図 1 では示されていない。p 型ドーピング層 8 上には、構造化されたコンタクト層 3 が析出されている。この場合このコンタクト層 3 は、個々のコンタクト要素 9 からなっている。これらのコンタクト要素は、円筒形状を有しており、それに応じて当該断面図では矩形に表されている。コンタクト要素 9 は、電氣的に相互に絶縁されている。またこれらのコンタクト要素 9 は、相互に分離されている。これらのコンタクト要素 9 は相互に離間されており、そのためコンタクト要素 9 間には介在空間 4 が生じている。後続の製造ステップにおいてはミラー層 7 が半導体 1 上にないしはコンタクト要素 9 上に析出される。この場合ミラー層 7 は半導体 1、特に介在空間 4 によって形成される自由面 (これは直接覆われる) とコンタクト要素 9 を覆っている。介在空間 4 は、半導体 1 の表面上でコンタクト層 3 によって覆われない自由面 5 を形成する。図 1 にはさらに当該構成素子の p 型ドーピング層 8 と活性領域 2 との間の境界面 11 が示されている。

10

20

【 0 0 5 1 】

構造化されたコンタクト層 3 に亘るミラー層 7 の直接の析出からは、フラットではない表面を備えたミラー層 7 が結果として生じる。それどころかこのミラー層 7 のコンタクト要素 9 上に位置する箇所には突起が設けられている。ミラー層 7 は、特に自由面 5 において、当該半導体 1 内で生成されるビームの反射に用いられるミラー部を形成している。

【 0 0 5 2 】

図 2 には構成素子の別の実施形態が示されている。この場合ミラー層 7 の被着の前に電氣的なコンタクト層 3 が平坦化されている。このことは、コンタクト要素 9 間の介在空間 4 内への充填材 12 の充填によって実施される。そのため充填材は、例えばコンタクト層 3 の被着後に後から半導体 1 上に析出してよい。場合によっては、その後充填材 12 のうちのコンタクト要素 9 を越えて成長した部分がさらに除去されなければならない。コンタクト要素 9 が上方に向けて再び露出すると同時に、ミラー層 7 が被着される。この場合ミラー層 7 は、半導体 1 内で生成されたビームを反射させる機能だけを有するのではなく、さらに別の目的、すなわちコンタクト要素 9 の電氣的なコンタクト形成を保證する目的も有する。

30

【 0 0 5 3 】

図 3 には、構成素子のさらに別の実施形態が示されている。この場合は介在空間 4 内に埋め込まれた充填材がブラッグ反射器 13 を形成している。各々のブラッグ反射器 13 は、上下に積層された層対 14 からなっている。各層対 14 は、第 1 の個別層 141 を有し、この層は高い屈折率を有している。また各層対 14 は、第 2 の個別層 142 を有し、この層は低い屈折率を有している。図 3 による実施例では 7 つの層対 14 が各ブラッグ反射器 13 において上下に積層されている。7 つの層対 14 の複数の存在によって当該ブラッグ反射器は、非常に良好な反射率、すなわち 90% ~ 99% の間の反射率を有する。有利には k のブラッグ反射器 13 は、半導体 1 の表面の自由面 5 を覆うミラー部 6 を形成する。このことは、コンタクト層 3 の厚さ d を次のような大きさに選択することによって達成される。すなわち十分な数の層対 14 が各自由面 5 上に存在するような大きさである。このケースでは、コンタクト層の厚さは約 700 nm となる。各層対 14 は約 100 nm の厚さを有するので、7 つの層対 14 は上下に積層された配置される。層対 14 の数の増加によって、ブラッグ反射器 13 の反射率をさらに向上させることが可能である。このこ

40

50

とは構成素子の選択性並びに反射率をさらに向上させる。上下に重なり合う層対14の数を約5~6個にするあたりからブラッグ反射器13の反射率は、ミラ層7を省略できるほどに良好となる。それ故に、これはコンタクト要素9の上側に、コンタクト要素の電気的なコンタクト形成のためにだけ用いられる接合層10が被着されている場合には十分なものとなる。

【0054】

接合層10の材料に対しては、ミラ層7と同じ材料が考えられる。例えば銀やアルミニウムを用いることが可能である。しかしながら接合層10に対してはその他にも、コンタクト要素9のコンタクト形成をもたらすのに適する全ての材料が考慮され得る。

【0055】

図4には、p型ドーピング層8の中の電流円錐(Stromkegel)の構成状態が示されている。ここではこれは、p型ドーピング層8の表面上に配置されているコンタクト要素に基づいている。これらのコンタクト要素9は円筒形状を有しており、この場合この円錐の基準面は6 μm の直径DKを有している。各コンタクト要素9に給電される電流は、1つのチャンネル内に集中され続けるものではない。このチャンネルは図4では2つの波線によって仕切られており、ここではp型ドーピング層8と活性領域2の間の基準面に対するコンタクト要素9の垂直方向への射影図で示されているが、p型ドーピング層8の横方向の導電性によってこの電流チャンネルは拡幅している。等方性の横方向導電性のケースでは(これはここでは単に簡単化の理由に基づく)、p型ドーピング層8の円錐形状の通電領域の拡張が生じる。この拡張部分Aはここで観察される例として、p型ドーピング層8の厚さDpが300nmである場合、約1から1.5 μm である。そのように形成された電流円錐の基準面11との交差面は、コンタクト要素9を通して通電された、活性領域2表面の区分となる。理想的にはコンタクト要素9は相互に次のように離間される。すなわち個々の電流円錐が基準面11に接するように離間される。このことは図4による一次元的な表示の中で基本的に可能である。

【0056】

ここで観察される半導体素子における実際の特性を計算したリアルな二次元表示への移行のもとでは、やや異なった図となり得る。ここで基本的に可能なことは、電流円錐が唯一の直線に沿って接触し、但し全ての境界面には通電されないことである(これについては図5A及び図5B参照)。他方において、全ての境界面11が通電可能であるならば、境界面11上の電流円錐間で重畳部分が存在しなければならない。これはp型ドーピング層8のコンタクト要素9による密な被覆に結びつき、これは当該構成素子の光学特性の悪化につながる。

【0057】

基本的には、コンタクト要素の大きさないし直径はフォトリソグラフィの手段から生じる。理論上では、上下にできるだけ僅かな間隔しか有していない、できるだけ小さなコンタクト要素9を有している方が有利ではある。その結果からは最適で均質な通電が反射面を介した最大の光生成を伴って生じる。コンタクト要素9に適した材料のもとでは、いずれにせよフォト技術から次のような限界が示される。すなわち3 μm よりも小さな構造化では非常に大きなコストを伴ってしか実現できないことである。この限界はここにおいてコンタクト要素の最小サイズを定める。

【0058】

電流円錐の拡張は、図4に見られるp型ドーピングされた窒化ガリウム層のもとで1~1.5 μm の間におかれる。いずれにせよこの拡張部Aは、ドーピングと結晶品質に依存する。そのためここでは拡張部Aに対する間隔の限界のみが提示される。

【0059】

その上さらに所期の最小サイズを有するコンタクト要素9に対する他の理由を説明する。過度に小さいコンタクト要素のもとでは詳細にはコンタクト要素9とp型ドーピング層8との間のコンタクト面が次のように増強する。すなわち比較的高いコンタクト抵抗が現れ、これは構成素子の効果を低減し得る。

10

20

30

40

50

【0060】

図5Aには1つの平面内で矩形状格子のノードへのコンタクト要素9の配置構成が示されている。コンタクト要素9間の間隔は、パターン尺度D1に相応する。これは矩形状格子の寸法を規定している。パターン尺度D1は、電流円錐の拡張部Aと共にコンタクト要素9の直径DKからの和に相応する。それに応じて図5Aによれば、電流円錐(この境界面11との交差面は波線で示した円形によって表されている)が次のように、すなわちそれが直線に沿ってそのつど直接的に接触するように相互に隣接して存在する。しかしながらこのコンタクト要素9の配置構成は、各矩形の中央に比較的大きな通電されない境界面11の部分面が生じる結果につながる。それ故に図5Aによるコンタクト要素9の配置構成は、半導体素子の可能な実施形態ではあるが、コンタクト要素9の最適な配置構成ではまだない。

10

【0061】

境界面11の通電されない部分面は陰影線で表されている。

【0062】

図5Bはコンタクト要素9の改善された配置構成が示されている。この図5Bによれば、コンタクト要素9が規則的な六角形の格子のノードに存在している。そのような格子は規則的な六角形によって形成される。この場合規則的な各六角形は、6つのさらなる規則的な六角形によって取り囲まれる。その際中央に存在する規則的な六角形は、周りに存在する規則的な各六角形と共に共通の側縁部を有する。規則的な各六角形の中央には付加的にコンタクト要素9が存在する。

20

【0063】

図5Aではコンタクト要素の直径は8 μ mである。1.5 μ mの拡張部Aと共に11 μ mのパターン尺度D2が生じる。

【0064】

図5Bではコンタクト要素の9の配置構成が示されており、そこではコンタクト要素9の直径DKが6 μ mである。相応に図5Aのように図5Bでも六角形格子のノードに存在するコンタクト要素9の間隔は次のように選択される。すなわち直線に沿って境界面11上の電流円錐の交差面が相互に直接接触する。その結果として6 μ mのコンタクト要素直径DKと1.5 μ mの電流拡張と共にパターン尺度D2が生じる。これは9 μ mのパターン尺度となる。

30

【0065】

図5Aおよび図5Bによるコンタクト要素9の配置構成は、同じ被覆度40%を達成するにも係わらず図5Bから明らかなのは、境界面11のまだ通電されていない部分は著しく小さいことがわかった。境界面11の通電されない部分は、再び陰影面によって表されている。

【0066】

ここでは大ざっぱに表されたコンタクト要素9の概略的な配置構成の数学的分析が、次のような結果となる。すなわち、例えば図5Aによる実施例との比較において境界面11の通電されない成分が図5bによる配置構成のもとで、約係数5倍の低減が認められる。

【0067】

本発明は、ここで取り上げられた前述の実施例に限定されるものではなく、これに対する制約とも解されるものではない。それどころか前述の本発明は、全てのビーム放射型半導体構成素子に有利に適用可能である。その際には成長基板から除去されて存在するエピタキシャル層が十分でない電氣的導電性を有している。

40

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】構成素子の一例を概略的に示した断面図である

【図2】さらなる構成素子の例を概略的に示した断面図である

【図3】さらに別の構成素子の例を概略的に示した断面図である

【図4】特に電流の拡張を説明するために示した構成素子の断面図である

50

【図5A】矩形格子のノードへのコンタクト要素の配置構成を示した図である

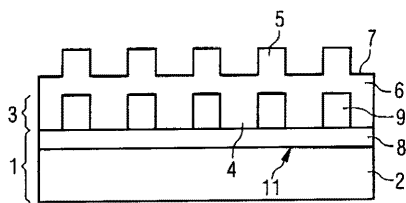
【図5B】六角形格子のノードへのコンタクト要素の配置構成を示した図である

【符号の説明】

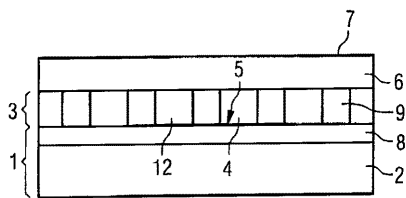
【0069】

- 1 半導体
- 2 活性領域
- 3 コンタクト層
- 4 介在空間
- 5 自由面
- 6 ミラー部
- 7 ミラー層
- 8 p型ドーピング層
- 9 コンタクト要素

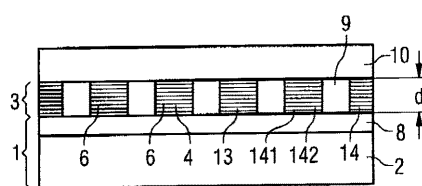
【図1】



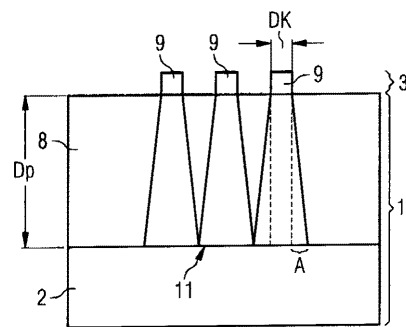
【図2】



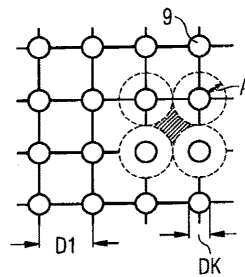
【図3】



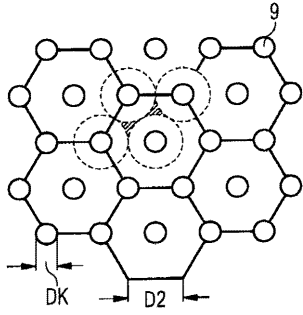
【図4】



【図5A】



【 図 5 B 】



フロントページの続き

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(74)代理人 230100044

弁護士 ラインハルト・アインゼル

(72)発明者 シュテファン バーダー

ドイツ連邦共和国 アイルスブルン ムゲンターラーシュトラッセ 7

(72)発明者 ミヒャエル フェーラー

ドイツ連邦共和国 パート アップバッハ テオドール・ホイス・シュトラッセ 4

(72)発明者 ヴィルヘルム シュタイン

ドイツ連邦共和国 ドナウシュタウフ プリュールシュトラッセ 9

(72)発明者 シュテファン カイザー

ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク プファフェンシュタイナー ヴェーク 12

(72)発明者 フォルカー ヘールレ

ドイツ連邦共和国 ラーバー アイヒェンシュトラッセ 35

(72)発明者 ベルトルト ハーン

ドイツ連邦共和国 ヘマウ アム プファネンシュティール 2

Fターム(参考) 5F041 AA14 AA21 CA05 CA12 CA34 CA40 CA83 CA98 CB15

5F073 AA65 CA02 CA07 CB22 DA35 EA29