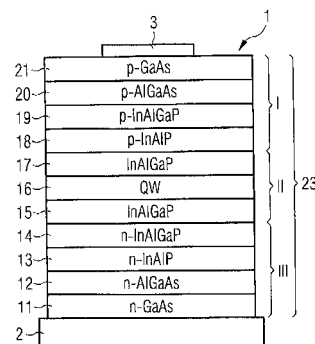




【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体チップ(1)において、

クラッド層(18)およびコンタクト層(21)を包含するpドープされた領域(I)を有し、前記クラッド層(18)と前記コンタクト層(21)の間には第1の中間層(19)および第2の中間層(20)が配置されており、前記第1の中間層(19)および前記第2の中間層(20)における第1の材料成分(B)の濃度yは、前記第1の中間層(19)および前記第2の中間層(20)におけるバンドギャップが前記クラッド層(18)のバンドギャップと前記コンタクト層(21)のバンドギャップとの間に位置する領域において変わるように変化していることを特徴とする、半導体チップ(1)。

10

【請求項 2】

前記第1の中間層(19)における前記バンドギャップの大きさは前記クラッド層(18)から前記第2の中間層(20)に向かって小さくなる、請求項1記載の半導体チップ(1)。

【請求項 3】

前記第2の中間層(20)における前記バンドギャップの大きさは前記第1の中間層(19)から前記コンタクト層(21)に向かって小さくなる、請求項1または2記載の半導体チップ(1)。

【請求項 4】

前記クラッド層(18)、前記第1の中間層(19)、前記第2の中間層(20)および前記コンタクト層(21)はそれぞれ化合物半導体材料を含有する、請求項1から3までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

20

【請求項 5】

前記それぞれの化合物半導体材料の組成は次式によって表される： $C_x B_{y(1-x)} E_{(1-y)}$ ($_{(1-x)}$)A、ただし $0 < x < 1$ 且つ $0 < y < 1$ 、請求項4記載の半導体チップ(1)。

【請求項 6】

前記第1の材料成分(B)はアルミニウムである、請求項5記載の半導体チップ(1)。

【請求項 7】

第2の材料成分(E)はガリウムである、請求項5または6記載の半導体チップ(1)。

30

【請求項 8】

第3の材料成分(C)はインジウムである、請求項5から7までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

【請求項 9】

第4の材料成分(A)はリンまたはヒ素である、請求項6から8までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

【請求項 10】

前記クラッド層(18)がInAlPを含有し、前記第1の中間層(19)がInAlGaPを含有し、前記第2の中間層(20)がAlGaAsを含有し、また前記コンタクト層(21)がGaAsを含有する、請求項1から9までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

40

【請求項 11】

前記第1の中間層(19)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記クラッド層(18)から前記第2の中間層(20)に向かって低下する、請求項5から10までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

【請求項 12】

前記第1の中間層(19)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記クラッド層(18)と対向する側において20%~100%である、請求項11記載の半導体チップ(1)。

50

【請求項 13】

前記第1の中間層(19)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記クラッド層(18)と対向する側において70%~90%である、請求項12記載の半導体チップ(1)。

【請求項 14】

前記第1の中間層(19)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記第2の中間層(20)と対向する側において0%~50%である、請求項11から13までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

【請求項 15】

前記第1の中間層(19)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記第2の中間層(20)と対向する側において10%~40%である、請求項14記載の半導体チップ(1)。

10

【請求項 16】

前記第2の中間層(20)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記第1の中間層(19)から前記コンタクト層(21)に向かって低下する、請求項5から15までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

【請求項 17】

前記第2の中間層(20)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記第1の中間層(19)と対向する側において10%~100%である、請求項16記載の半導体チップ(1)。

20

【請求項 18】

前記第2の中間層(20)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記第1の中間層(19)と対向する側において60%~80%である、請求項17記載の半導体チップ(1)。

【請求項 19】

前記第2の中間層(20)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記コンタクト層(21)と対向する側において0%~50%である、請求項16から18までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

【請求項 20】

前記第2の中間層(20)における前記第1の材料成分(B)の前記濃度yは前記コンタクト層(21)と対向する側において2%~5%である、請求項19記載の半導体チップ(1)。

30

【請求項 21】

価電子帯(VB)が前記クラッド層(18)から前記コンタクト層(21)に向かって連続的な経過を有する、請求項1から20までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

【請求項 22】

前記pドーピングされた領域(I)とnドーピングされた領域(III)との間に配置されている活性領域(II)を有する、請求項1から21までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

40

【請求項 23】

レーザダイオードチップである、請求項1から22までのいずれか1項記載の半導体チップ(1)。

【請求項 24】

請求項1から23までのいずれか1項記載の半導体チップの製造方法において、
- 第1の中間層(19)をクラッド層(18)上に成長させるステップと、
- 第2の中間層(20)を前記第1の中間層(19)上に成長させるステップと、
- コンタクト層(21)を前記第2の中間層(20)上に成長させるステップとを有することを特徴とする、製造方法。

【請求項 25】

50

前記第 1 の中間層 (1 9) の上への前記第 2 の中間層 (2 0) の成長を成長中断なく行う、請求項 2 4 記載の方法。

【請求項 2 6】

前記第 1 の中間層 (1 9) の成長と前記第 2 の中間層 (2 0) の成長との間にリンベースの成長からヒ素ベースの成長に切り換える、請求項 2 4 または 2 5 記載の方法。

【請求項 2 7】

前記第 1 の中間層 (1 9) および前記第 2 の中間層 (2 0) を同一の温度で成長させる、請求項 2 6 記載の方法。

【請求項 2 8】

前記温度は 7 0 0 である、請求項 2 7 記載の方法。

10

【請求項 2 9】

前記第 2 の中間層 (2 0) の成長後に成長を中断し、該中断中に前記温度を低下させる、請求項 2 7 または 2 8 記載の方法。

【請求項 3 0】

前記温度をアルシン支持圧力下で行う、請求項 2 9 記載の方法。

【請求項 3 1】

前記コンタクト層 (2 1) を約 5 5 0 の温度で成長させる、請求項 2 9 または 3 0 記載の方法。

【請求項 3 2】

前記第 1 の中間層 (1 9) をマグネシウムまたは亜鉛でドーブする、請求項 2 4 から 3 1 までのいずれか 1 項記載の方法。

20

【請求項 3 3】

前記第 2 の中間層 (2 0) を炭素、マグネシウムまたは亜鉛でドーブする、請求項 2 4 から 3 2 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 3 4】

前記第 1 の中間層 (1 9) および前記第 2 の中間層 (2 0) の成長中に前記第 1 の材料成分 (B) の前記濃度を連続的に低下させる、請求項 2 4 から 3 3 までのいずれか 1 項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0 0 0 1】

本発明は、半導体チップおよび半導体チップの製造方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

本願は、ドイツ連邦共和国特許出願第102007023878.0号の優先権を主張するものであり、その開示内容は参照により本願に取り入れられる。

【0 0 0 3】

M O V P E (Metal Organic chemical Vapor Phase Epitaxy) により製造される従来の I n G a A l P ベースのモジュールでは p 側のコンタクト層が p ドープされた G a A s を有することができる。p ドープされた G a A s は通常の場合、先行する層の製造温度に比べて低い温度において析出される。そのような低い温度への冷却は通常の場合 P H ₃ 支持圧力 (support pressure) 下で行われる。これにより生じる反応炉への多量の P H ₃ の供給により、リンの高い蒸気圧に起因して後続の成長の結晶品質にとって好ましくない結果が生じる可能性がある。さらに典型的には、コンタクト層からクラッド層への移行部において高いバンドオフセットが生じる。通常の場合このバンドオフセットは、I n G a P を含有する p ドープされた中間層によって低減される。それにもかかわらず、正孔伝導を困難にする階段状の障壁が依然として生じる可能性がある (図 7 A を参照されたい)。何故ならばドーブにより確かに障壁の拡張を低減することはできるが、障壁の高さは低減できないからである。

40

【0 0 0 4】

50

特許文献 1 には、第 1 のクラッド層および第 2 のクラッド層を備えた半導体モジュールが記載されており、この半導体モジュールにおいては第 2 のクラッド層とカバー層との間に中間層が配置されている。

【特許文献 1】US 5,619,519

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の課題は、電気的な特性が改善された半導体チップを提供することである。さらに本発明の課題は、この種の半導体チップの簡略化された製造方法を提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

半導体チップに関する課題は、クラッド層およびコンタクト層を包含する p ドープされた領域を有し、クラッド層とコンタクト層との間には第 1 の中間層および第 2 の中間層が配置されており、第 1 の中間層および第 2 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y は、第 1 の中間層および第 2 の中間層におけるバンドギャップがクラッド層のバンドギャップとコンタクト層のバンドギャップとの間に位置する領域において変わるように変化している半導体チップにより解決される。

【0007】

方法に関する課題は、第 1 の中間層をクラッド層上に成長させるステップと、第 2 の中間層を第 1 の中間層上に成長させるステップと、コンタクト層を第 2 の中間層上に成長させるステップとを有する方法により解決される。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明による半導体チップは、クラッド層およびコンタクト層を包含する p ドープされた領域を有し、クラッド層とコンタクト層との間には第 1 の中間層および第 2 の中間層が配置されており、また第 1 の中間層および第 2 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y は、これらの第 1 の中間層および第 2 の中間層におけるバンドギャップがクラッド層のバンドギャップとコンタクト層のバンドギャップとの間に位置する領域において変わるように変化する。

30

【0009】

有利には、第 1 の中間層および第 2 の中間層により、コンタクト層からクラッド層への移行部におけるバンドギャップの急激な大きさの変化を阻止することができる。何故ならば、第 1 の中間層および第 2 の中間層はコンタクト層とクラッド層との間のバンドギャップの大きさの段階的な適合を実現するからである。

【0010】

有利な実施形態によれば、第 1 の中間層内のバンドギャップの大きさはクラッド層から第 2 の中間層に向かって小さくなる。このことを、第 1 の中間層内の第 1 の材料成分の濃度 y をクラッド層から第 2 の中間層に向かって低減することによって達成することができる。この構成により電流が流れる方向における電圧降下は低減されており、また半導体チップの直列抵抗は従来の半導体チップのものよりも著しく小さくなる。

40

【0011】

さらに第 2 の中間層内のバンドギャップが有利には第 1 の中間層からコンタクト層に向かって小さくなる。殊に有利にはこのことを、第 2 の中間層内の第 1 の材料成分の濃度 y を第 1 の中間層からコンタクト層に向かって低減することによって達成することができる。この場合においても、バンドギャップの大きさないし第 1 の材料成分の濃度の段階的な変化により半導体チップの直列抵抗を低減することができる。

【0012】

有利には、クラッド層、第 1 の中間層、第 2 の中間層およびコンタクト層に対してそれぞれ化合物半導体材料が使用される。この化合物半導体材料は殊に III-V 族化合物半

50

導体材料でよい。有利なヴァリエーションによれば、第 1 の中間層の化合物半導体材料は第 4 級の化合物半導体材料、殊にリン化物ベースの半導体材料であり、他方第 2 の中間層の化合物半導体材料は第 3 級の化合物半導体材料、殊にヒ化物ベースの半導体材料である。さらにクラッド層はリン化物ベースの半導体材料を含有することができ、他方コンタクト層はヒ化物ベースの半導体材料を含有することができる。

【 0 0 1 3 】

それぞれの化合物半導体材料の組成を次式によって表すことができる： $C_x B_{y(1-x)} E_{(1-y)(1-x)} A$ 、ただし $0 \leq x \leq 1$ 且つ $0 \leq y \leq 1$ 。文字 A, B, C, E は個々の材料成分を表し、これらの材料成分から化合物半導体材料が構成されている。その際、この材料は必ずしも上述の式にしたがった数学的に正確な組成を有していなくてもよい。むしろ材料は、その材料の物理的な特性、殊に結晶構造またはバンド構造を実質的には変化させない付加的な成分ならびに 1 つまたは複数のドーパントを有することができる。例えば、第 1 の材料成分 (B) はアルミニウム、第 2 の材料成分 (E) はガリウム、第 3 の材料成分 (C) はインジウム、また第 4 の材料成分はリンまたはヒ素でよい。

【 0 0 1 4 】

本発明において、第 1 の中間層および第 2 の中間層において第 1 の材料成分の濃度 y は変化し、したがって第 2 の材料成分の濃度 $(1 - y)$ も変化するが、第 3 の材料成分の濃度 x はこの場合一定である。しかしながら、第 3 の材料成分の濃度 x が変化してもよい。本発明の範囲において第 1 の材料成分の濃度および第 2 の材料成分の濃度はパラメータ y ないし $1 - y$ と解される。材料組成を正確に計算するためにはパラメータ x も考慮しなければならないことが分かる。

【 0 0 1 5 】

第 1 の材料成分の濃度はクラッド層において有利には一定の値 $y = 100\%$ を有する。さらにコンタクト層は一定の濃度 $1 - y = 100\%$ の第 2 の材料成分を有することができる。例えばクラッド層は $InAlP$ を含有し、コンタクト層は $GaAs$ を含有する。

【 0 0 1 6 】

有利には、第 1 の中間層および第 2 の中間層におけるアルミニウム含有量を変化させることにより、クラッド層のバンドギャップとコンタクト層のバンドギャップとの間に位置する領域におけるバンドギャップを変えることができる。さらに有利には、第 1 の中間層と第 2 の中間層との境界面における第 1 の材料成分の含有量ないしアルミニウム含有量は、正孔が克服しなければならないエネルギー障壁が比較的小さいように選択される。

【 0 0 1 7 】

有利なヴァリエーションによればクラッド層が $InAlP$ を含有し、第 1 の中間層が $InAlGaP$ を含有し、第 2 の中間層が $AlGaAs$ を含有し、またコンタクト層が $GaAs$ を含有する。

【 0 0 1 8 】

別の有利なヴァリエーションによれば、第 1 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y はクラッド層と対向する側において $20\% \sim 100\%$ である。殊に濃度 y は $70\% \sim 90\%$ である。殊に有利には、第 1 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y は、第 2 の中間層と対向する側において $0\% \sim 50\%$ の値に低下する。殊に、第 1 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y は、第 2 の中間層と対向する側において $10\% \sim 40\%$ の値に低下する。有利には、価電子帯がクラッド層からコンタクト層に向かって連続的な経過を有する。殊に、第 1 の材料成分の濃度 y の経過は層が成長している成長方向において、第 1 の中間層内では 0 とは異なる勾配を有する直線にほぼ等しい。すなわち濃度は成長方向において連続的に変化し、殊に線形の経過を有する。しかしながら濃度が段階的に変化することもある。

【 0 0 1 9 】

半導体チップの有利な実施形態においては、第 2 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y は第 1 の中間層と対向する側において $10\% \sim 100\%$ である。殊に、第 2 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y は第 1 の中間層と対向する側において $60\% \sim 80\%$ で

あるさらに、第 2 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y はコンタクト層と対向する側において有利には 0 % ~ 50 % の値に低下する。殊に、第 2 の中間層における第 1 の材料成分の濃度 y はコンタクト層と対向する側において 2 % ~ 5 % の値に低下する。ここでもまた第 1 の中間層の場合と同様に、濃度 y を連続的、殊に線形に低減させることができる、もしくは段階的に低減させることができる。

【0020】

半導体チップは殊に、 p ドープされた領域と n ドープされた領域との間に配置されている活性領域を有する。有利には半導体チップの動作時に活性領域において放射が生成される。したがって半導体チップを放射生成型半導体チップと称することができる。放射を生成するために活性領域は有利には放射を生成する pn 接合部を有する。この pn 接合部を最も簡単な場合には、直接的に接している p 導電型の半導体層と n 導電型の半導体層とによって形成することができる。有利には、 p 導電型の活性層と n 導電型の活性層との間に本来の放射を生成する層が、例えばドープされた量子層またはドープされていない量子層の形で形成されている。量子層を単一量子井戸構造 (SQW, Single Quantum Well) または多重量子井戸構造 (MQW, Multiple Quantum Well) または量子線または量子点構造として形成することができる。

10

【0021】

有利な実施形態によれば、半導体チップはレーザダイオードチップである。この場合、半導体チップはコヒーレントな放射を生成する。択一的に半導体チップは例えば発光ダイオードとしての構成においてインコヒーレントな放射を生成する。

20

【0022】

上述のヴァリエーションのうちの 1 つによる半導体チップの本発明による製造方法は、

- 第 1 の中間層をクラッド層上に成長させるステップと、
- 第 2 の中間層を第 1 の中間層上に成長させるステップと、
- コンタクト層を第 2 の中間層上に成長させるステップとを有する。

【0023】

有利なヴァリエーションにおいて、第 1 の中間層の上への第 2 の中間層の成長は成長中断なく行われる。有利には、これによって半導体チップの製造時間を短縮することができる。しかしながら択一的に、第 1 の中間層の上に第 2 の中間層を成長させる際に成長中断が設けられてもよい。

30

【0024】

有利には半導体チップが MOVPE により製造される。

【0025】

有利なヴァリエーションによれば、第 1 の中間層の成長と第 2 の中間層の成長との間にリンベースの成長からヒ素ベースの成長に切り換えられる。殊に、第 1 の中間層が成長される雰囲気においてヒ素を含有する物質は存在しない。さらに、第 2 の中間層が成長される雰囲気において有利にはリンを含有する物質は存在しない。

【0026】

第 1 の中間層および第 2 の中間層を同一の温度で成長させることができる。温度は約 700 でよい。第 2 の中間層の成長後に有利には成長が中断され、その間に温度が低下される。成長中断が数分間続くことも考えられる。

40

【0027】

従来のプロセスとは異なり、冒頭で述べたような欠点を有するホスフィン支持圧力下ではなく、アルシン支持圧力下で温度低下が行われる。このことは一方では半導体チップが改善されたモルフォロジを有し、他方ではメモリ効果著しく抑制されているという利点を有する。

【0028】

有利な実施形態によれば、成長中断に続いてコンタクト層が成長される。この成長を約 550 の温度で実施することができる。

【0029】

50

択一的に、第 1 の中間層および / または第 2 の中間層の成長の際に既に温度低下を開始することができる。このことはコンタクト層の成長の前の成長中断を省略することができる、または成長中断を短縮することができるという利点を有する。

【 0 0 3 0 】

p ドープされた領域を種々のドーパントを用いてドーブすることができる。例えば、クラッド層および第 1 の中間層をマグネシウムまたは亜鉛でドーブすることができる。本発明によれば第 2 の中間層およびコンタクト層に関しては、亜鉛またはマグネシウムと同様に炭素もドーパントとして殊に適している。

【 0 0 3 1 】

有利には AlGaAs を含有する第 2 の中間層の成長は温度が高い場合であっても十分な量の炭素、マグネシウムまたは亜鉛の第 2 の中間層への導入を実現する。したがってリンベースの成長からヒ素ベースの成長への切り換えを高温において成長中断なく行うことができる。これによって正孔伝導が改善されている、ないし直列抵抗が低減されているので、半導体チップの電氣的な特性を著しく改善することができる。

【 0 0 3 2 】

第 1 の中間層および第 2 の中間層において第 1 の材料成分の濃度が連続的に変化する半導体チップを製造するために、第 1 の中間層および第 2 の中間層の成長中に第 1 の材料成分の濃度が雰囲気において連続的に低下される。

【 実施例 】

【 0 0 3 3 】

図 1 から図 8 を参照しながら下記において説明する実施例から、本発明のさらなる特徴、利点ならびに実施形態が明らかになる。

【 0 0 3 4 】

図 1 に示されている半導体チップ 1 は半導体層列 2 3 を有し、この半導体層列 2 3 は裏面側において支持体 2 上に配置されており、また前面側において半導体チップ 1 の電氣的な接触のためのコンタクト金属化部 3 を有する。支持体 2 は層列 2 3 の成長に使用される成長基板、もしくは製造後に半導体層列 2 3 が取り付けられた実装ボディでよい。さらに支持体 2 に別の電氣的なコンタクトを設けることもできる。

【 0 0 3 5 】

層列 2 3 は 3 つの異なる領域、すなわち p ドープされた領域 I、活性領域 II および n ドープされた領域 III を有する。

【 0 0 3 6 】

p ドープされた領域 I はクラッド層 1 8、第 1 の中間層 1 9、第 2 の中間層 2 0 およびコンタクト層 2 1 を包含する。活性領域 II はドーブされていない量子井戸層 1 6 と、同様にドーブされていないバリア層 1 5 および 1 7 を包含する。活性領域 II には n ドープされた領域 III が接しており、この n ドープされた領域 III はドーブされたバリア層 1 4、クラッド層 1 3 ならびに中間層 1 2 およびコンタクト層 1 1 を包含する。n ドープのための有利なドーパントはシリコンおよびテルルである。クラッド層 1 8 および第 1 の中間層 1 9 の p ドープのために有利には Mg または Zn が使用され、第 2 の中間層 2 0 およびコンタクト層 2 1 の p ドープのために有利には C が使用される。しかしながら、第 2 の中間層 2 0 およびコンタクト層 2 1 において Mg または Zn を使用することも考えられる。

【 0 0 3 7 】

層列 2 3 の個々の層は、数 nm ~ 数 100 nm の範囲で変動する種々の厚さを有する。

【 0 0 3 8 】

本明細書において説明する実施例において第 1 の材料成分はアルミニウムであり、その濃度 y は第 1 の中間層 1 9 および第 2 の中間層 2 0 において変化する。殊に濃度 y は、クラッド層 1 8 のバンドギャップとコンタクト層 2 1 のバンドギャップとの間に位置する領域におけるバンドギャップが変わるように変化する。本発明において第 2 の材料成分としてガリウムが使用され、この濃度 1 - y も同様に変化する。一定の濃度 x を有する第 3 の

10

20

30

40

50

材料成分としてインジウムが第 1 の中間層 19 内に存在する。

【 0 0 3 9 】

以下の表には A l 濃度、G a 濃度、厚さおよび個々の層におけるドーパント濃度が記されている。

【表 1】

	Al 濃度 y [%]	Ga 濃度 $1-y$ [%]	厚さ [nm]	ドーパント濃度 [n/cm ³]
層 11			200	2.4×10^{18} (Si)
層 12	40	60	200	2.9×10^{18} (Si)
層 13	100	0	800	2.0×10^{18} (Si)
層 14	40	60	20	2.1×10^{18} (Si)
層 15	40	60	230	
層 16			5	
層 17	40	60	250	
層 18	100	0	800	2.9×10^{17} (Mg)
層 19	70 → 20	30 → 80	20	$1.1 \times 10^{17} \rightarrow$ 2.9×10^{17} (Mg)
層 20	60 → 5	40 → 95	60	$3.7 \times 10^{18} \rightarrow$ 1.1×10^{19} (C)
層 21	0	100	400	$1 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{20}$ (C)

10

20

30

【 0 0 4 0 】

表からも見て取れるように、A l 濃度 y はクラッド層 18 において 100 % で最大であり、他方コンタクト層 21 においては 0 % で最小の値を取る。第 1 の中間層 19 において A l 濃度 y はクラッド層 18 から第 2 の中間層 20 の方向において 70 % から 20 % に低下する。この濃度の低下は第 1 の中間層 19 において有利には連続的に行われ、また第 2 の中間層 20 内までは続かない。むしろ、第 2 の中間層 20 における A l 濃度 y は第 1 の中間層 19 における A l 濃度 y の最終的な値よりも高い新たな値、ここでは 60 % から始まる。A l 濃度 y は第 2 の中間層 20 において 5 % の値になるまで有利には連続的に低下する。

40

【 0 0 4 1 】

有利には第 1 の中間層 19 および第 2 の中間層 20 を用いることにより、クラッド層 18 とコンタクト層 21 との間のバンドオフセット、すなわちクラッド層 18 とコンタクト層 21 との間のバンドギャップの大きさの差を従来の半導体チップに比べて低減することができる。

【 0 0 4 2 】

図 2 には比較のために従来技術による半導体チップ 1 が示されており、この従来技術による半導体チップ 1 は第 1 の中間層および第 2 の中間層の代わりに、A l を含有していない p ドープされた中間層 24 を有する。

【 0 0 4 3 】

50

図 3 は、図 1 に示した実施例に対応する本発明による半導体チップにおける欠陥密度 D の値 (A) と図 2 に示した実施例に対応する従来技術による半導体チップの場合における欠陥密度 D の値 (B) のグラフを示す。グラフから見て取れるように、図 2 に示した半導体チップにおける値 (26 cm^{-2}) は図 1 に示した半導体チップにおける値 (5 cm^{-2}) よりもおおよそ係数 5 高い。欠陥密度 D が低いということは半導体チップの寿命を延ばすことができるという利点を有する。

【0044】

図 4 は、図 1 に示した実施例に対応する半導体チップの前面側における表面の粗さ R の値 (A) と図 2 に示した実施例に対応する半導体チップの前面側における表面の粗さ R の値 (B) のグラフを示す。図 2 による半導体チップの前面側における表面は図 1 による半導体チップの前面側における表面に比べておおよそ係数 2.5 粗い。粗さ R が低減されているということは結晶品質が改善されているという証拠である。

10

【0045】

図 5 は、図 1 に示した実施例に対応する本発明による半導体チップに関する電流・電圧特性曲線 (A) と図 2 に示した実施例に対応する従来技術による半導体チップに関する電流・電圧特性曲線 (B) のグラフを示す。図 1 による半導体チップの場合には、電流が増加した際に電圧の上昇が少ないことが示されている。したがって図 1 による半導体チップは、光学的な出力が同じであれば必要とされる電力は少ない。

【0046】

図 6 は、図 1 に示した実施例に対応する本発明による半導体チップの電気的な抵抗に関する値 (A) と図 2 に示した実施例に対応する従来技術による半導体チップの電気的な抵抗に関する値 (B) のグラフを示す。このグラフからは図 2 による半導体チップの抵抗に関する値は、図 1 による半導体チップの抵抗に関する値 (119 mOhm) の約 2 倍の値 (252 mOhm) であることが見て取れる。図 5 を参照しながら既に説明したように、電気抵抗 E の低減により図 1 による半導体チップでは電力消費量が低減される。

20

【0047】

図 7 A におけるグラフには、図 2 による半導体チップの価電子帯 V_B と伝導帯 L_B のシミュレートされた経過が示されている。円で囲まれた部分は従来の半導体チップにおける問題点を示唆している。クラッド層とコンタクト層との間の移行部では価電子帯において「スパイク」が生じ、これは正孔に対して障壁となる。

30

【0048】

これに対して、図 7 B に示されている図 1 による半導体チップの価電子帯 V_B のシミュレートされた経過では、クラッド層 18 とコンタクト層 21 との間の移行部においてほぼ平坦なプロファイルが見て取れる。したがって有利には、図 1 に示されているような半導体チップにおいては正孔に対する障壁は除去されている。

【0049】

エピタキシャル層は MOVPE により成長され、その製造方法は図 8 A から図 8 D に概略的に示されている。

【0050】

図 8 A は、p ドープされたクラッド層 (図 1 のクラッド層 18 を参照されたい) を成長させるための製造ステップを示す。このために必要とされる材料成分 A, B, C および D はガス状の状態で相応の管路を介して反応炉 22 に導入される。材料成分 A はリン含有ガス、殊にホスフィン、材料成分 B はアルミニウム含有ガス、材料成分 C はインジウム含有ガス、また材料成分 D は第 1 の p ドーパント、殊に Mg にそれぞれ対応する。p ドープされたクラッド層の成長は約 $700 \sim 800$ の温度で行われる。p ドープされたクラッド層が析出される層 11 ~ 17 もこの温度で製造されている。結果として生じる p ドープされたクラッド層は表中の層 18 に関して示した特性を有する。

40

【0051】

図 8 B には、第 1 の中間層 (図 1 の第 1 の中間層 19 を参照されたい) を析出するための製造ステップが概略的に示されている。このステップにおいて別の材料成分 E が供給さ

50

れ、この材料成分 E はガリウム含有ガスに対応する。成長温度は先行の製造ステップ（図 8 A）と比べて変化していない。しかしながら材料成分 B の濃度は、第 1 の中間層 1 9 に関して表から見て取れるように連続的に低下する。これと同時に材料成分 E の濃度は高められる。付加的に材料成分 D、すなわち p ドーパントの濃度は高められる。

【 0 0 5 2 】

同一の温度に維持しながら、図 8 C に示されている後続の製造ステップにおいては第 2 の中間層（図 1 における第 2 の中間層 2 0 を参照されたい）が成長される。このためにさらに材料成分 B および E が反応炉に導入される。これに対して材料成分 C は除かれる。さらに材料成分 A の代わりに材料成分 F が導入される。この材料成分 F は材料成分 A が導入された管路と同一の管路を介して導入される必要はない。材料成分 F はヒ素含有ガス、殊にアルシンである。有利には、リンベースの成長からヒ素ベースの成長への切り換えは瞬時的に実行される。すなわちリン含有ガスソースの動作終了とヒ素含有ガスソースの動作開始が同時に行われる。この製造ステップにおいても、材料成分 B の濃度は連続的に低減され、材料成分 E の濃度は連続的に高められる（表における第 2 の中間層 2 0 を参照されたい）。材料成分 D の代わりに材料成分 G が供給され、この材料成分 G は第 2 のドーパント、殊に炭素に対応する。表から見て取れるように、材料成分 G は高められ続ける。

【 0 0 5 3 】

図 8 C に示されている製造ステップと図 8 D に示されている製造ステップとの間に、数分間、有利には 3 分から 5 分続く成長休止期間が設けられる。この成長休止期間においては温度が約 5 4 0 に低下され、この低下は有利にはアルシン支持圧力下で行われる。この温度において、p ドープされたコンタクト層（図 1 におけるコンタクト層 2 1 を参照されたい）が材料成分 G および E から成長され、また材料成分 F により p ドープされる。より詳細な情報は表に記載されている。

【 0 0 5 4 】

本発明は実施例に基づいた説明に制限されるものではない。むしろ本発明はあらゆる新規の特徴ならびにそれらの特徴のあらゆる組み合わせを含むものであり、これには殊に特許請求の範囲に記載した特徴の組み合わせ各々が含まれ、このことはそのような組み合わせ自体が特許請求の範囲あるいは実施例に明示的には記載されていないにしてもあてはまる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 5 】

【図 1】本発明による半導体チップの実施例の概略的な断面図を示す。

【図 2】従来の半導体チップの実施例の概略的な断面図を示す。

【図 3】本発明による半導体チップおよび従来の半導体チップの欠陥密度 D を表したグラフを示す。

【図 4】本発明による半導体チップおよび従来の半導体チップの粗さ R を表したグラフを示す。

【図 5】本発明による半導体チップおよび従来の半導体チップの電流電圧曲線を表したグラフを示す。

【図 6】本発明による半導体チップおよび従来の半導体チップの電気的な抵抗 E を表したグラフを示す。

【図 7 A】従来の半導体チップの価電子帯 V B および伝導帯 L B の経過を表したグラフを示す。

【図 7 B】本発明による半導体チップの価電子帯 V B および伝導帯 L B の経過を表したグラフを示す。

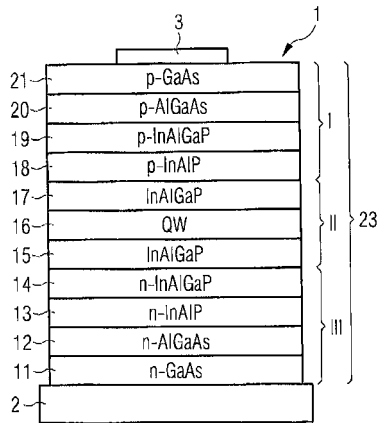
【図 8 A】本発明による半導体チップを製造するためのステップを概略的に示す。

【図 8 B】本発明による半導体チップを製造するためのステップを概略的に示す。

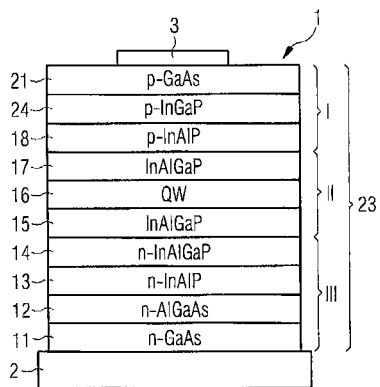
【図 8 C】本発明による半導体チップを製造するためのステップを概略的に示す。

【図 8 D】本発明による半導体チップを製造するためのステップを概略的に示す。

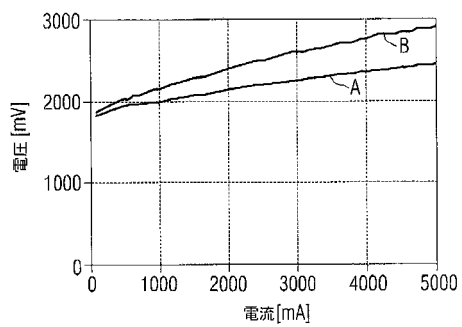
【図 1】



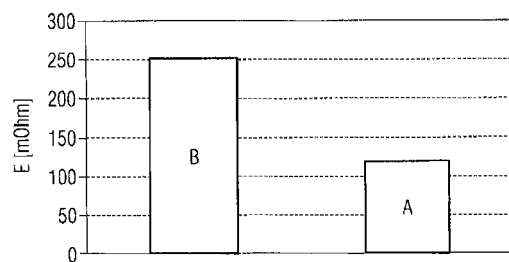
【図 2】



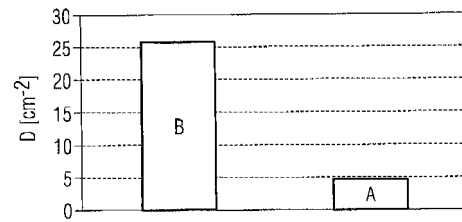
【図 5】



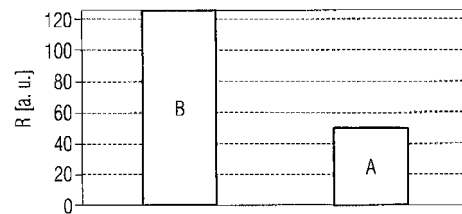
【図 6】



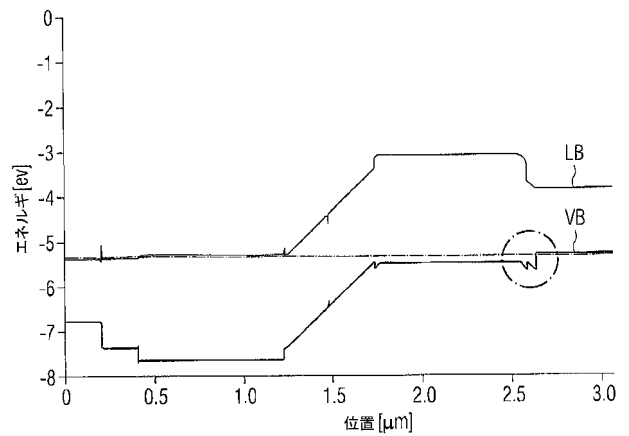
【図 3】



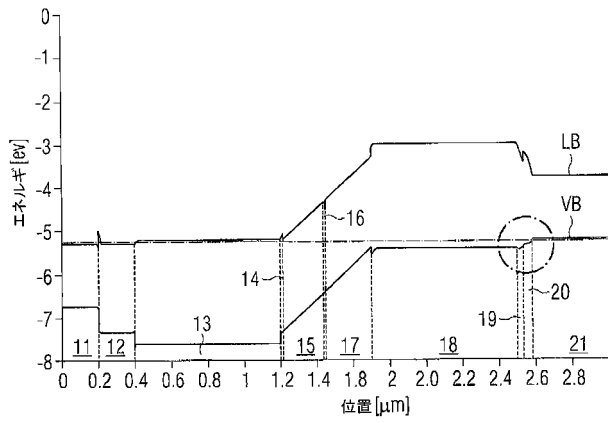
【図 4】



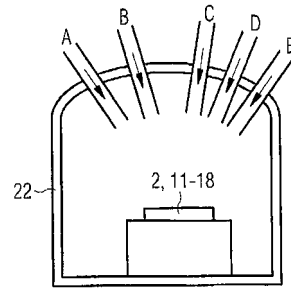
【図 7 A】



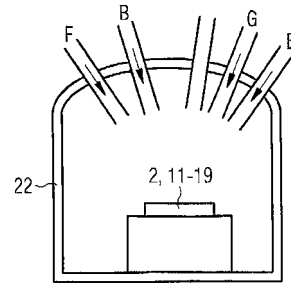
【図 7 B】



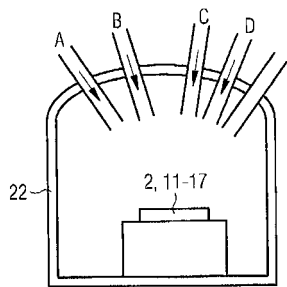
【図 8 B】



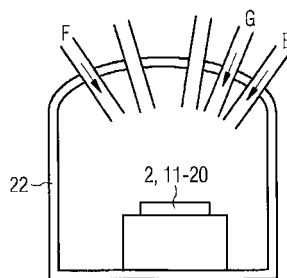
【図 8 C】



【図 8 A】



【図 8 D】



フロントページの続き

(74)代理人 100099483
弁理士 久野 琢也

(74)代理人 100110593
弁理士 杉本 博司

(74)代理人 100128679
弁理士 星 公弘

(74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康

(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 ベルント マイアー
ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク ニュールンベルガー シュトラッセ 3 4 8

(72)発明者 ヴォルフガング シュミット
ドイツ連邦共和国 ドイアーリング／ヒルローエ フルアーヴェーク 6

F ターム(参考) 5F041 AA24 CA05 CA35 CA36 CA39 CA49 CA53 CA57 CA65
5F173 AF35 AF38 AG20 AH12 AJ03 AJ04 AJ06 AJ13 AP06 AQ12
AQ13 AQ16 AQ20 AR64 AR94