



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 061 865 A1** 2006.03.30

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 061 865.8**

(22) Anmeldetag: **22.12.2004**

(43) Offenlegungstag: **30.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 33/00** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2004 047 392.7 29.09.2004

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93049
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München**

(72) Erfinder:

**Plöchl, Andreas, Dr., 93051 Regensburg, DE; Stein,
Wilhelm, Dr., 88131 Lindau, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE10 2004 004786 A1

DE 100 46 170 A1

US2003/01 64 503 A1

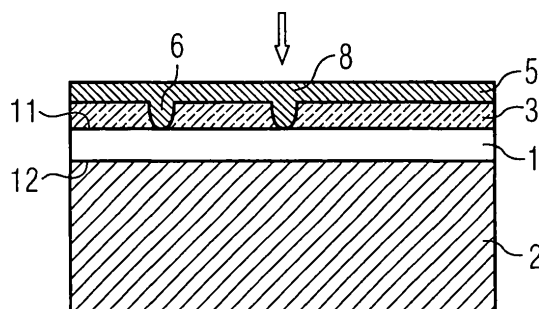
WO 2005/0 14 896 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips**

(57) Zusammenfassung: Es werden zwei Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips, basierend auf einem III/V-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, beschrieben, wobei der Dünnschicht-Halbleiterchip geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen. Gemäß dem ersten Verfahren wird eine aktive Schichtenfolge (1), die geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, auf einem Aufwuchssubstrat (2) mit einer zum Aufwuchssubstrat (2) hinweisenden Vorderseite (12) und einer vom Aufwuchssubstrat (2) wegweisenden Rückseite (11) aufgebracht. Auf die Rückseite (11) der aktiven Schichtenfolge (1) wird weiterhin mindestens eine dielektrische Schicht (3) als Teil einer reflektierenden Schichtenfolge (51) aufgebracht und Energie mithilfe eines Lasers in definiert begrenzte Volumenbereiche (8) der dielektrischen Schicht (3) eingebracht, so dass mindestens eine Öffnung (4) zur Rückseite (11) der aktiven Schichtenfolge (1) entsteht. Nachfolgend wird mindestens eine metallische Schicht (5) als weiterer Teil einer reflektierenden Schichtenfolge (51) aufgebracht, so dass die Öffnung (4) mit metallischem Material gefüllt wird und mindestens eine rückseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle (6) zur Rückseite (11) der aktiven Schichtenfolge (1) ausgebildet wird. Danach wird ein Träger (8) auf der reflektierenden Schichtenfolge (51) angebracht und das Aufwuchssubstrat (2) entfernt. Gemäß dem zweiten Verfahren wird eine reflektierende Schichtenfolge (51) auf die aktive Schichtenfolge (1) ...



Beschreibung**Aufgabenstellung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips.

Stand der Technik

[0002] Dünnschicht-Halbleiterchips sind beispielsweise aus der Druckschrift EP 0 905 797 A2 bekannt. Zur Herstellung derartiger Dünnschicht-Halbleiterchips wird eine aktive Schichtenfolge auf Basis eines III/V-Verbindungshalbleitermaterials, die geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu emittieren, auf einem Aufwuchssubstrat aufgebracht. Da ein auf das III/V-Verbindungshalbleitermaterial abgestimmtes Aufwuchssubstrat meist einen Teil der von der aktiven Schichtenfolge erzeugten elektromagnetischen Strahlung absorbiert, wird zur Erhöhung der Lichtausbeute die aktive Schichtenfolge vom Aufwuchssubstrat getrennt und auf einen anderen Träger aufgebracht. Die Verbindung zwischen aktiver Schichtenfolge und Träger wird durch Kleben oder Löten hergestellt.

[0003] Zwischen dem Träger und der aktiven Schichtenfolge befindet sich eine reflektierende Schichtenfolge. Die reflektierende Schichtenfolge hat die Aufgabe, elektromagnetische Strahlung zur Strahlung emittierenden Vorderseite des Dünnschicht-Halbleiterchips zu lenken und so die Strahlungsausbeute des Chips zu erhöhen. In der Regel umfasst die reflektierende Schichtenfolge mindestens eine dielektrische Schicht.

[0004] Wie beispielsweise in der Druckschrift DE 10 2004 004 780 A1 beschrieben, wird zur rückseitigen elektrischen Kontaktierung der aktiven Schichtenfolge die dielektrische Schicht photolithographisch strukturiert, so dass Öffnungen in der dielektrischen Schicht zur Rückseite der aktiven Schichtenfolge entstehen. Nachfolgend wird eine Metallschicht aufgebracht, die die Öffnungen füllt und miteinander verbindet, so dass die aktive Schichtenfolge rückseitige Kontaktstellen aufweist, die miteinander elektrisch leitend verbunden sind. Die metallische Schicht enthält beispielsweise im Wesentlichen Au und mindestens einen Dotierstoff wie beispielsweise Zn. Durch Tempern der metallischen Schicht wird ein Eindiffundieren des Dotierstoffes in das III/V-Verbindungshalbleitermaterial bewirkt. Bei geeigneter Wahl des Dotierstoffes werden so vermehrt Ladungsträger im III/V-Verbindungshalbleitermaterial an der Grenzfläche zur metallischen Schicht erzeugt, was zu einer elektrischen Kontaktstelle mit im Wesentlichen ohmscher Charakteristik führt.

[0005] In der Druckschrift DE 100 46 170 A1 ist weiterhin ein Verfahren beschrieben bei dem mit Hilfe eines Lasers elektrische leitfähige Kontaktstellen einer Solarzelle durch eine passivierende Schicht erzeugt werden.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein vereinfachtes Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips und insbesondere der elektrisch leitfähigen Kontaktstellen der aktiven Schichtenfolge anzugeben.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Schritten gemäß Patentanspruch 1, durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 4 und durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 5 gelöst.

[0008] Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen 2, 3 und 6 bis 12.

[0009] Der Offenbarungsgehalt der Patentansprüche wird hiermit ausdrücklich in die Beschreibung aufgenommen.

[0010] Ein Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips basierend auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial, der geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, umfasst die Schritte:

- Aufbringen einer aktiven Schichtenfolge, die geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, auf einem Aufwuchssubstrat, mit einer zum Aufwuchssubstrat hingewandten Vorderseite und einer vom Aufwuchssubstrat abgewandten Rückseite,
- Aufbringen mindestens einer dielektrischen Schicht als Teil einer reflektierenden Schichtenfolge auf die Rückseite der aktiven Schichtenfolge,
- Einbringen von Energie mit Hilfe eines Lasers in definiert begrenzte Volumenbereiche der dielektrischen Schicht, so dass in dieser mindestens eine Öffnung zur Rückseite der aktiven Schichtenfolge hin ausgebildet wird,
- Aufbringen mindestens einer metallischen Schicht als weiteren Teil der reflektierenden Schichtenfolge, so dass die Öffnung mit metallischem Material zumindest teilweise gefüllt wird und mindestens eine rückseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle zur Rückseite der aktiven Schichtenfolge ausgebildet wird,
- Anbringen eines Trägers auf der reflektierenden Schichtenfolge, und
- Entfernen des Aufwuchssubstrates.

[0011] Die reflektierende Schichtenfolge zwischen aktiver Schichtenfolge und Träger umfasst mindestens eine dielektrische und eine metallische Schicht, wobei die dielektrische Schicht beispielsweise SiN_x und die metallische Schicht beispielsweise Au und Zn enthält. Ein reflektierendes Schichtsystem zur Aufbringung auf ein III/V-Verbindungshalbleitermaterial ist beispielsweise in der Anmeldung DE 10 2004 040 277.9 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt inso-

fern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0012] Da die reflektierende Schichtenfolge mindestens eine dielektrische Schicht umfasst, muss zur rückseitigen elektrischen Kontaktierung der aktiven Schichtenfolge mindestens eine Kontaktstelle durch die reflektierende Schichtenfolge hindurch zur Rückseite der aktiven Schichtenfolge hin ausgebildet werden.

[0013] Gemäß dem Verfahren wird die Öffnung innerhalb der dielektrischen Schicht zur Rückseite der aktiven Schichtenfolge hin, innerhalb der nachfolgend eine elektrisch leitfähige Kontaktstelle ausgebildet wird, mit Hilfe eines Lasers geschaffen. Dies bietet den Vorteil, dass photolithographische Prozesse, die in der Regel zeit- und kostenintensiv sind, bei der Herstellung des Dünnschicht-Halbleiterchips reduziert werden können. Weiterhin sind bei diesem Verfahren vorteilhafterweise Kontaktstellen mit sehr geringem Querschnitt möglich, da mit einem Laser kleinere Strukturierungen geschaffen werden können, als mit photolithographischen Methoden.

[0014] Das reflektierende Schichtsystem kann neben der dielektrischen Schicht und der metallischen Schicht auch weitere Schichten umfassen. Es kann sich hierbei beispielsweise um Schichten zur Kapselung der dielektrischen oder der metallischen Schicht oder um Schichten zur Haftvermittlung zwischen einzelnen Schichten der reflektierenden Schichtenfolge handeln. Auch durch diese Schichten hindurch können in der Regel Öffnungen mit Hilfe eines Lasers geschaffen werden und eine elektrische Kontaktstelle innerhalb dieser Öffnungen zur Rückseite der aktiven Schichtenfolge ausgebildet werden.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die rückseitige Kontaktstelle in einem nachfolgenden Schritt getempert. Durch das Tempern der elektrisch leitfähigen Kontaktstelle können Atome aus dem metallischen Material der Kontaktstelle in das rückseitige III/V-Verbindungshalbleitermaterial eindiffundieren. Bei geeigneter Wahl des metallischen Materials unter Berücksichtigung des rückseitigen III/V-Verbindungshalbleitermaterials kann so eine elektrisch leitfähige Kontaktstelle zum rückseitigen III/V-Verbindungshalbleitermaterial mit im wesentlichen ohmscher Charakteristik hergestellt werden.

[0016] Besonders bevorzugt wird die rückseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle mit Hilfe eines Lasers getempert.

[0017] Mit Hilfe eines Lasers ist es möglich Energie gezielt nur in begrenzte Volumenbereiche des Dünnschicht-Halbleiterchips einzubringen. Insbesondere kann die Energie im Bereich des elektrisch leitfähigen Kontaktes im Bereich der Grenzfläche zum III/V-Verbin-

dungshalbleitermaterial lokal eingebracht werden. Ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung mit Hilfe eines Lasers ist in der Druckschrift DE 10141352.1 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird. Diese Ausführungsform des Verfahrens bietet den Vorteil, dass zur Ausbildung einer elektrischen Kontaktstelle mit im Wesentlichen ohmscher Charakteristik lokal stark begrenzt nur die Bereiche des Chips erhöhten Temperaturen ausgesetzt werden, bei denen dies notwendig ist.

[0018] Dadurch wird vorteilhafterweise verhindert, dass beim Tempern auch andere Bereiche des Halbleiterchips erhöhten Temperaturen ausgesetzt werden und so Metallatome auch in Bereiche diffundieren, in denen sie unerwünscht sind.

[0019] Umfasst die metallische Schicht der reflektierenden Schichtenfolge, beispielsweise verschiedene Sorten von Metallen, von denen eines schlechtere reflektierende Eigenschaften als das andere aufweist und trennen sich diese beiden Metalle beim Temperprozess auf Grund unterschiedlicher diffusiver Eigenschaften, können sich Metallatome mit schlechteren reflektierenden Eigenschaften lokal akkumulieren und so die Reflektivität der reflektierenden Schichtenfolge vermindern. Als Beispiel hierfür sei eine reflektierende Schichtenfolge auf einem p-dotierten III/V-Verbindungshalbleitermaterial betrachtet, die eine dielektrische Schicht und eine metallische Schicht umfasst, wobei die metallische Schicht Au und Zn enthält. Au weist sehr gute Reflektivitäten für elektromagnetische Strahlung im roten Spektralbereich des sichtbaren Lichtes auf. Zn hingegen ist gut geeignet beim Tempern in den p-dotierten III-V-Verbindungshalbleiter zu diffundieren und dadurch der elektrisch leitfähigen Kontaktstelle eine weitestgehend ohmsche Charakteristik zu verleihen. Werden nun Bereiche der reflektierenden Schichtenfolge erhöhten Temperaturen ausgesetzt, können die Zn-Atome auch an die Grenzfläche zur dielektrischen Schicht wandern. Da Zn gegenüber Au jedoch verminderte Reflektivitäten vor allem für elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im roten Bereich des sichtbaren Lichtes aufweist, wird die Güte der reflektierenden Schichtenfolge für rotes Licht hierdurch vermindert.

[0020] Weiterhin können Metallatome bei nicht-lokalen Temperprozessen auch in die aktive Schichtenfolge diffundieren. Dort stellen sie in der Regel Störstellen dar, die nicht-strahlende Rekombination von Photonen fördern und mindern so die Effizienz des Dünnschicht-Halbleiterchips. Um dies zu vermeiden, befindet sich in der Regel auf der aktiven Schichtenfolge eine hinreichend dicke Schicht an nicht aktivem III/V-Verbindungshalbleitermaterial. wird der Kontakt erfindungsgemäß lokal mit einem Laser getempert, kann die Dicke dieses nicht aktiven III/V-Verbin-

dungshalbleitermaterials und damit die Dicke des Dünnschichtmaterialchips vorteilhafterweise verringert werden.

[0021] Ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips basierend auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial, der geeignet ist elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, umfasst insbesondere folgende Schritte:

- Aufbringen einer aktiven Schichtenfolge, die geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, auf einem Aufwachssubstrat, mit einer zum Aufwachssubstrat hingewandten Vorderseite und einer vom Aufwachssubstrat abgewandten Rückseite,
- Ausbilden einer reflektierenden Schichtenfolge, die mindestens eine metallische Schicht und mindestens eine dielektrische Schicht umfasst, auf der Rückseite der aktiven Schichtenfolge,
- Einbringen von Energie mit Hilfe eines Lasers in mindestens einen definiert begrenzten Volumenbereich der reflektierenden Schichtenfolge, so dass innerhalb des definiert begrenzten Volumenbereiches mindestens eine rückseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle zu der Rückseite der aktiven Schichtenfolge hin ausgebildet wird,
- Anbringen eines Trägers auf der reflektierenden Schichtenfolge, und
- Entfernen des Aufwachssubstrates.

[0022] Bei diesem Verfahren werden im Unterschied zu dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 die Schichten der reflektierenden Schichtenfolge nacheinander aufgebracht und nachfolgend Energie mit Hilfe eines Lasers in begrenzte Volumenbereiche der reflektierenden Schichtenfolge eingebracht. Der Laser erhitzt die dielektrische Schicht und die metallische Schicht, so dass sich die dielektrische Schicht zersetzt oder aufschmilzt oder beides. Das lokal geschmolzene Material der metallischen Schicht kann daher eine elektrisch leitfähige Kontaktstelle zur Rückseite der aktiven Schichtenfolge hin bilden.

[0023] Dieses Verfahren bietet dieselben Vorteile, wie das Verfahren gemäß Patentanspruch 1. Weiterhin bietet dieses Verfahren den Vorteil, dass die Kontaktstelle in der Regel nicht getempert werden muss, da die Energie lokal an der Grenzfläche zum III/V-Verbindungshalbleitermaterial eingebracht wird und so gleichzeitig bei der Ausbildung der Kontaktstelle Metallatome in das III/V-Verbindungshalbleitermaterial diffundieren können.

[0024] Noch ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips basierend auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial, der geeignet ist elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, umfasst insbesondere folgende Schritte:

- Aufbringen einer aktiven Schichtenfolge, die geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu er-

zeugen, auf einem Aufwachssubstrat, mit einer zum Aufwachssubstrat hingewandten Vorderseite und einer vom Aufwachssubstrat abgewandten Rückseite,

- Aufbringen mindestens einer metallischen reflektierenden Schicht, die eine rückseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle zur Rückseite der aktiven Schichtenfolge ausgebildet,
- Tempern der rückseitigen elektrisch leitfähigen Kontaktstelle mit Hilfe eines Lasers,
- Anbringen eines Trägers auf der reflektierenden Schichtenfolge, und
- Entfernen des Aufwachssubstrates.

[0025] Im Unterschied zu den Verfahren gemäß den Patentansprüchen 1 und 4, wird bei diesem Verfahren keine dielektrische Schicht zwischen der zu kontaktierenden Rückseite der aktiven Schichtenfolge und der reflektierenden Schicht angebracht. Es ist jedoch denkbar, dass sich weitere Schichten zwischen der metallischen Schicht und der Rückseite der aktiven Schichtenfolge befindet, wie beispielsweise ein Schicht zur Haftvermittlung. Die rückseitige elektrische Kontaktstelle wird gemäß dem Verfahren mit Hilfe eines Lasers getempert, um eine Kontaktstelle mit im Wesentlichen ohmscher Charakteristik zu erhalten. Das Verfahren bietet den Vorteil, dass eine Beaufschlagung des gesamten Halbleiterchips zum Tempern des rückseitigen Kontaktes und insbesondere der aktiven Schichtenfolge, vermieden werden kann.

[0026] Bei einer bevorzugten Ausführungsform aller drei Verfahren wird auf die Vorderseite der aktiven Schichtenfolge eine vergütende Schichtenfolge aufgebracht, die mindestens eine dielektrische Schicht umfasst. Nachfolgend wird, zumindest teilweise, mindestens eine metallische Schicht auf die vergütende Schichtenfolge aufgebracht und Energie mit Hilfe eines Lasers in definiert begrenzte Volumenbereiche der vergütenden Schichtenfolge und der metallischen Schicht eingebracht, so dass mindestens eine vorderseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle zur Vorderseite der aktiven Schichtenfolge ausgebildet wird.

[0027] Die vergütende Schichtenfolge kann beispielsweise eine dielektrische Schicht enthalten, die Glas umfasst und so strukturiert ist, dass die Auskopplung von elektromagnetischer Strahlung an der Vorderseite des Dünnschicht-Halbleiterchips verbessert wird. Weiterhin kann eine vergütende Schichtenfolge zusätzlich oder ausschließlich schützende und passivierende Funktion haben.

[0028] Die Ausbildung von vorderseitigen Kontaktstellen durch eine vergütende Schichtenfolge, die mindestens eine dielektrische Schicht enthält, zur Vorderseite der aktiven Schichtenfolge erfolgt analog zur Ausbildung rückseitiger Kontaktstellen gemäß

Patentanspruch 4 durch eine reflektierende Schichtenfolge, die eine dielektrische Schicht enthält. Durch das Einbringen von Energie in definiert begrenzte Volumenbereiche der metallischen Schicht und der vergütenden Schichtenfolge mit Hilfe eines Lasers, wird wiederum die dielektrische Schicht lokal zersetzt oder aufgeschmolzen oder beides und das lokal geschmolzene Material der metallischen Schicht stellt eine elektrisch leitfähige Kontaktstelle zur Vorderseite der aktiven Schichtenfolge her. Die Ausbildung vorderseitiger Kontaktstellen mit Hilfe eines Lasers bietet die selben Vorteile wie die oben beschriebenen Vorteile bei der Ausbildung rückseitiger Kontakte mit Hilfe eines Lasers.

[0029] Außerdem stellt sich bei herkömmlichen Temper-Prozessen zum Tempern vorderseitiger Kontakte bei denen nicht nur lokal begrenzte Volumenbereiche des Halbleiterchips erhöhten Temperaturen ausgesetzt wird, sondern beispielsweise der ganze Chip, das Problem, dass die Temperaturbeständigkeit der Fügmaterialien zwischen aktiver Schichtenfolge und Träger die Temperatur zum Tempern begrenzt. Deshalb werden die Chips bei herkömmlichen nicht-lokalen Temper-Prozessen in der Regel mit geringeren Temperaturen beaufschlagt als für die Kontaktbildung wünschenswert wäre. Dieses Problem kann vorteilhafterweise umgangen werden, wenn der Kontakt nicht nachträglich getempert werden muss.

[0030] Befindet sich eine dielektrische Schicht beispielsweise als Teil einer vergütenden Schichtenfolge auf der Vorderseite der aktiven Schichtenfolge, so kann weiterhin eine vorderseitige Kontaktstelle durch die vergütende Schichtenfolge hindurch ausgebildet werden, indem mindestens eine Öffnung durch die vergütende Schichtenfolge mit Hilfe eines Lasers geschaffen wird. Auf diese wird, wie bei dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1, nachfolgend eine metallische Schicht aufgebracht, die die Öffnung mit metallischem Material füllt und so eine elektrisch leitfähige Kontaktstellen zur Vorderseite der aktiven Schichtenfolge herstellt.

[0031] Weiterhin kann bei beiden Verfahren auch erst mindestens eine elektrisch leitfähige Kontaktstelle auf der Vorderseite der aktiven Schichtenfolge aufgebracht werden, die nachfolgend mit Hilfe eines Lasers getempert wird. Auch bei dieser Ausführungsform kann eine Beaufschlagung des gesamten Chips mit Temperatur zum Tempern der Kontaktstellen vorteilhafterweise vermieden werden.

[0032] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die oben beschriebenen Verfahren zur Herstellung eines vorderseitigen Kontaktes unabhängig vom Herstellungsverfahren des restlichen Dünnschichtchips angewendet werden können.

[0033] Alle drei Verfahren eignen sich insbesondere zum Herstellen von Dünnschichtleuchtdiodenchips.

[0034] Ein Dünnschichtleuchtdiodenchip zeichnet sich insbesondere durch folgende Merkmale aus:

- an einer zu einem Trägerelement hingewandten ersten Hauptfläche einer strahlungserzeugenden Epitaxieschichtenfolge ist eine reflektierende Schicht oder Schichtenfolge aufgebracht oder ausgebildet, die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge erzeugten elektromagnetischen Strahlung in diese zurück reflektiert; und
- die Epitaxieschichtenfolge weist eine Dicke im Bereich von 20 μm oder weniger insbesondere im Bereich von 10 μm auf.

[0035] Vorzugsweise enthält die Epitaxieschichtenfolge mindestens eine Halbleiterschicht mit zumindest einer Fläche, die eine Durchmischungsstruktur aufweist, die im Idealfall zu einer annähernd ergodischen Verteilung des Lichtes in der epitaktischen Epitaxieschichtenfolge führt, das heißt sie weist vorzugsweise ein möglichst ergodisch stochastisches Streuverhalten auf.

[0036] Ein Grundprinzip eines Dünnschichtleuchtdiodenchips ist beispielsweise in der Druckschrift I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), 18. Oktober 1993, 2174–2176, beschrieben, deren Offenbarungsgelalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0037] In der Regel umfasst ein Dünnschichtleuchtdiodenchip im Bereich der Rückseite ein p-dotiertes III/V-Verbindungshalbleitermaterial und im Bereich der Vorderseite ein n-dotiertes III/V-Verbindungshalbleitermaterial. Eine umgekehrte Reihenfolge ist aber ebenso denkbar.

[0038] Umfasst die Seite der aktiven Schichtenfolge, auf die die Kontaktstelle aufgebracht wird, ein p-dotiertes Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, umfasst die Kontaktstelle bevorzugt mindestens eines der Element Au und Zn.

[0039] Vorzugsweise handelt es sich bei dem Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial um $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{P}$, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$, unabhängig von der Dotierung. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die charakteristischen physikalischen Eigenschaften eines des $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{P}$ -Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, Ga, In, P), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

[0040] Au stellt ein Material mit guten reflektiven Eigenschaften für elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im roten Bereich des sichtbaren Lichtes dar. Zn diffundiert beim Tempern der Kontaktstelle in das p-dotierte Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial und besetzt dort bevorzugt Gitterplätze des Gruppe-III-Übergitters unter Erzeugung von Löchern. Dadurch wird die Anzahl an Ladungsträger (Löcher) erhöht, was in der Regel zu einer verbesserten Charakteristik der elektrischen Kontaktstelle führt.

[0041] Umfasst die Seite der aktiven Schichtenfolge, auf die die Kontaktstelle aufgebracht wird, ein n-dotiertes Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, umfasst die Kontaktstelle bevorzugt mindestens eines der Elemente Au und Ge.

[0042] Auch in diesem Fall wird Au aufgrund seiner guten reflektierenden Eigenschaften bevorzugt als Material für die Kontaktstelle eingesetzt. Ge besetzt bevorzugt beim Tempern des Kontaktes ebenfalls Gitterplätze des Gruppe-III-Übergitters, trägt als Gruppe IV-Element jedoch ein Elektron mehr als die Atome des Gruppe-III-Übergitters und erhöht dadurch die Anzahl an Elektronen in diesem Bereich.

[0043] Umfasst die Seite der aktiven Schichtenfolge, auf die die Kontaktstelle aufgebracht wird, p-dotiertes Nitrid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, umfasst die Kontaktstelle bevorzugt mindestens eines der Elemente Pt, Rh, Ni, Au, Ru, Pd, Re und Ir.

[0044] Vorzugsweise handelt es sich bei dem Nitrid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial um $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$, unabhängig von der Dotierung. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die charakteristischen physikalischen Eigenschaften eines des $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$ -Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, Ga, In, N), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

[0045] Umfasst die Seite der aktiven Schichtenfolge, auf die die Kontaktstelle aufgebracht wird, n-dotiertes Nitrid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, umfasst die Kontaktstelle bevorzugt mindestens eines der Elemente Ti, Al, und W.

[0046] Weitere Vorteile und bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den nachfolgend in Verbindung mit den [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1f](#), [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2b](#), [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3b](#) und [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4c](#) beschriebenen zwei Ausführungsbeispielen.

[0047] Es zeigen:

[0048] [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1f](#), schematische Darstellungen verschiedener Verfahrensstadien eines ersten Ausführungsbeispiels gemäß eines der Verfahren,

[0049] [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2b](#), schematische Darstellungen weiterer Verfahrensstadien des ersten Ausführungsbeispiels gemäß eines der Verfahren,

[0050] [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3b](#), schematische Darstellungen zweier Verfahrensstadien eines zweiten Ausführungsbeispiels gemäß eines der Verfahren,

[0051] [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4c](#), schematische Darstellungen weiterer Verfahrensstadien des zweiten Ausführungsbeispiels gemäß eines der Verfahren, und

[0052] [Fig. 5a](#) bis [Fig. 5d](#), schematische Darstellungen weiterer Verfahrensstadien eines dritten Ausführungsbeispiels gemäß eines der Verfahren.

[0053] In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder gleich wirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Elemente der Figuren, insbesondere Dicken von Schichten sind grundsätzlich nicht als maßstabsgetreu anzusehen, vielmehr können sie zum besseren Verständnis teilweise übertrieben groß dargestellt sein.

[0054] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß den [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1f](#) wird zur Herstellung eines Dünnschicht-LED-Chips eine aktive Schichtenfolge **1** basierend auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial epitaktisch auf ein Aufwachssubstrat **2** aufgebracht. Die Seite der aktiven Schichtenfolge **1**, die zu dem Aufwachssubstrat **2** hinweist, wird als Vorderseite **12** bezeichnet und die Seite der aktiven Schichtenfolge **1**, die der Vorderseite **12** gegenüberliegt, als Rückseite **11**. Die aktive Schichtenfolge **1** ist geeignet elektromagnetische Strahlung zu emittieren und weist beispielsweise einen strahlungserzeugenden pn-Übergang oder eine strahlungserzeugende Einfach- oder Mehrfachquantentopfstruktur auf. Solche Strukturen sind dem Fachmann bekannt und werden daher nicht näher erläutert. Die aktive Schichtenfolge **1** umfasst beispielsweise AlGaInP oder GaInN, wobei die Vorderseite **12** der aktiven Schichtenfolge **1** n-dotiert und die Rückseite **11** p-dotiert ist. Soll eine aktive Schichtenfolge **1** basierend auf einem Nitrid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial epitaktisch aufgewachsen werden, kann als Material für das Aufwachssubstrat **2** beispielsweise GaN, SiC oder Saphir verwendet werden. Ein geeignetes Aufwachssubstrat **2** für das epitaktische Wachstum einer aktiven Schichtenfolge **1** basierend auf einem Phosphid-III/V-Verbindungshalbleiter umfasst beispiels-

weise GaAs.

[0055] Nachfolgend auf die aktive Schichtenfolge **1** wird eine dielektrische Schicht **3** aufgebracht, die beispielsweise SiN_x umfasst. In der dielektrischen Schicht **3** werden mit Hilfe eines Lasers punktförmige Öffnungen **4** erzeugt, so dass die Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** innerhalb dieser Öffnungen **4** frei liegt. Diese Öffnungen **4** weisen in der Regel einen Durchmesser von $1\ \mu\text{m}$ bis $20\ \mu\text{m}$, so dass bei den nachfolgenden Prozessschritten eine Kontaktstelle **6** mit einem Durchmesser dieser Größe entsteht.

[0056] In einem weiteren Schritt wird eine metallische Schicht **5** nachfolgend auf die dielektrische Schicht **3** beispielsweise durch Aufdampfen oder Sputtern aufgebracht. Die dielektrische Schicht **3** und die metallische Schicht **5** bilden zusammen eine reflektierende Schichtenfolge **51**. Für den Fall, dass die Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** ein p-dotiertes Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial umfasst, wie beispielsweise AlGaInP , enthält die metallische Schicht **5** bevorzugt Gold und Zn. Umfasst die Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** hingegen beispielsweise ein p-dotiertes Nitrid-III/V-Verbindungshalbleiter, wie beispielsweise GaInN , enthält die metallische Schicht **5** bevorzugt Pt, Rh, Ni, Au, Ru, Pd, Re oder Ir.

[0057] Beim Aufbringen des metallischen Materials werden die Öffnungen **4** gefüllt und untereinander mit metallischem Material verbunden, so dass elektrisch leitfähige Kontaktstellen **6** zur Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** ausgebildet werden, die untereinander elektrisch leitfähig verbunden sind.

[0058] Um eine Kontaktstelle **6** mit einer weitestgehend ohmschen Charakteristik zu erhalten, wird die Kontaktstelle **6** anschließend getempert. Hierzu kann beispielsweise der ganze Chip in einen Ofen eingebracht werden, der den Chip einer Umgebungstemperatur von $450\ ^\circ\text{C}$ aussetzt. Bevorzugt werden die Kontaktstellen **6** jedoch lokal mit einem Laser getempert. Das Tempern von elektrischen Kontaktstellen **6** mit Hilfe eines Lasers ist in der Druckschrift DE 101413521 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0059] Sollen die rück- oder vorderseitigen Kontaktstellen **6** unterschiedliche metallische Materialien enthalten, können auch mehrere Schichten aufgebracht werden, die die jeweiligen metallischen Materialien enthalten. Bevorzugt sind die Schichtdicken in diesem Fall sehr dünn. Nach der rückseitigen elektrischen Kontaktierung der aktiven Schichtenfolge **1** wird auf die metallische Schicht **5** ein Träger **7** beispielsweise durch Lötten oder Kleben aufgebracht. In einem nachfolgenden Schritt wird das Aufwachssub-

strat **2** entfernt.

[0060] Zur vorderseitigen elektrischen Kontaktierung der aktiven Schichtenfolge **1** wird auf die Vorderseiten **12** der aktiven Schichtenfolge **1** ebenfalls eine elektrische leitfähige Kontaktstelle **6** aus einem metallischen Material aufgebracht. Enthält die Vorderseite **12** der aktiven Schichtenfolge **1** ein n-dotiertes Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, wie beispielsweise AlGaInP , enthält das metallische Material im Wesentlichen Au und Ge. Für den Fall, dass die Vorderseite **12** ein n-dotiertes Nitrid-III/V-Verbindungshalbleiter enthält, wie beispielsweise GaInN , enthält das metallische Material bevorzugt Ti, Al oder W. Wie die rückseitige Kontaktstelle **6** wird auch die vorderseitige Kontaktstelle **6** getempert, ebenfalls besonders bevorzugt mit einem Laser.

[0061] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens gemäß den [Fig. 3a](#), [Fig. 3b](#) und [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4c](#) wird zur rückseitigen Kontaktierung der aktiven Schichtenfolge **1** nach dem Aufbringen der dielektrischen Schicht **3** auf die aktive Schichtenfolge **1** eine metallische Schicht **5** auf die dielektrische Schicht **3** aufgebracht. In einem nachfolgenden Schritt werden mit einem Laser punktförmige Bereiche **8** der dielektrischen Schicht **3** und der metallischen Schicht **5** erhitzt. Dadurch zersetzt sich das Material der dielektrischen Schicht **3** zumindest teilweise oder verdampft, und das Material der metallischen Schicht **5** schmilzt in diesem Bereich **8**, so dass sich elektrisch leitfähige Kontaktstellen **6** mit im Wesentlichen ohmscher Charakteristik zur Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** ausbilden. Wie gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird nun ein Träger **7** auf der metallischen Schicht **5** aufgebracht und das Aufwachssubstrat **2** entfernt.

[0062] Vorderseitige Kontaktstellen **6** können nun, wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben, aufgebracht werden.

[0063] Befindet sich auf der Vorderseite **12** der aktiven Schichtenfolge **1** eine oder mehrere dielektrische Schichten **3** als Teil einer vergütenden Schichtenfolge **52**, die beispielsweise dem Schutz der aktiven Schichtenfolge **1** oder einer verbesserten Auskoppung von elektromagnetischer Strahlung aus dem Chip dient, kann die elektrisch leitfähige Kontaktstelle **6** zur Vorderseite **12** der aktiven Schichtenfolge **1** bevorzugt wie die rückseitige Kontaktstelle **6** gemäß des zweiten Ausführungsbeispiels aufgebracht werden. Hierzu wird wiederum eine metallische Schicht **5** auf die dielektrische Schicht **3** aufgebracht und Energie mit Hilfe eines Lasers in punktförmige Bereiche **8** der einen oder mehreren dielektrischen Schichten **3** und der metallischen Schicht **5** eingebracht. Dadurch zersetzt sich das Material der dielektrischen Schicht **3** wiederum zumindest teilweise, und das Material der metallischen Schicht **5** schmilzt in die-

sem Bereich **8**, so dass sich eine elektrisch leitfähige Kontaktstelle **6** mit im Wesentlichen ohmscher Charakteristik zur Vorderseite **12** der aktiven Schichtenfolge **1** ausbildet.

[0064] Wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1d](#) wird auch bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der [Fig. 5a](#) bis [5d](#) eine aktive Schichtenfolge **1** auf einem Aufwachssubstrat **2** aufgebracht, die geeignet ist elektromagnetische Strahlung zu emittieren (vergleiche [Fig. 5a](#)). Im Unterschied zu den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen wird in Anschluss eine metallische reflektierende Schicht **5**, beispielsweise aus Ag auf die Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** aufgebracht, die nicht durch eine dielektrische Schicht **3** von der aktiven Schichtenfolge **1** getrennt ist. In diesem Fall stellt die metallische Schicht **5** die elektrische Kontaktstelle **6** zur Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** dar.

[0065] Zwischen der metallischen Schicht **5** und der Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** kann aber eine weitere Schicht, beispielsweise zur Haftvermittlung angeordnet sein. Eine solche haftvermittelnde Schicht ist in der Regel sehr dünn und beträgt nur einige wenige nm.

[0066] Um eine weitestgehend ohmsche Charakteristik des elektrischen Kontaktes **6** zwischen der metallischen Schicht **5** und der Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** zu erhalten, wird die metallische Schicht **5** mit Hilfe eines Lasers getempert, wie in [Fig. 5b](#) schematisch dargestellt.

[0067] In einem nachfolgenden Schritt wird, wie bereits oben beschrieben, an der Rückseite **11** der aktiven Schichtenfolge **1** ein Träger **7** befestigt, beispielsweise mit Hilfe einer Fügeschicht **9**, die Kleber oder Lot enthält (vergleiche [Fig. 5c](#)). Anschließend wird das Aufwachssubstrat **2** entfernt und ein elektrischer Kontakt **6** zur Vorderseite **12** der aktiven Schichtenfolge **1** aufgebracht. Diese vorderseitige elektrische Kontaktstelle **6** kann beispielsweise wie bereits in den Ausführungsbeispielen gemäß der [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) oder der [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4c](#) beschrieben aufgebracht werden.

[0068] Die Beschreibung des Verfahrens anhand der Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung auf diese anzusehen. Die Erfindung umfasst insbesondere jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn diese Kombination nicht explizit in den Patentansprüchen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips basierend auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial, der geeignet ist elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, mit den Schritten:

- Aufbringen einer aktiven Schichtenfolge (**1**), die geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, auf einem Aufwachssubstrat (**2**), mit einer zum Aufwachssubstrat (**2**) hingewandten Vorderseite (**12**) und einer vom Aufwachssubstrat (**2**) abgewandten Rückseite (**11**),
- Aufbringen mindestens einer dielektrischen Schicht (**3**) als Teil einer reflektierenden Schichtenfolge (**51**) auf die Rückseite (**11**) der aktiven Schichtenfolge (**1**),
- Einbringen von Energie mit Hilfe eines Lasers in definiert begrenzte Volumenbereiche (**8**) der dielektrischen Schicht (**3**), so dass in dieser mindestens eine Öffnung (**4**) zur Rückseite (**11**) der aktiven Schichtenfolge (**1**) hin ausgebildet wird,
- Aufbringen mindestens einer metallischen Schicht (**5**) als weiteren Teil der reflektierenden Schichtenfolge (**51**), so dass die Öffnung (**4**) mit metallischen Material zumindest teilweise gefüllt wird und mindestens eine rückseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle (**6**) zur Rückseite (**11**) der aktiven Schichtenfolge (**1**) ausgebildet wird,
- Anbringen eines Trägers (**8**) auf der reflektierenden Schichtenfolge (**51**), und
- Entfernen des Aufwachssubstrates (**2**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die rückseitige Kontaktstelle (**6**) getempert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die rückseitige Kontaktstelle (**6**) mit Hilfe eines Laser getempert wird.

4. Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips basierend auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial, der geeignet ist elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, mit den Schritten:

- Aufbringen einer aktiven Schichtenfolge (**1**), die geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, auf einem Aufwachssubstrat (**2**), mit einer zum Aufwachssubstrat (**2**) hingewandten Vorderseite (**12**) und einer vom Aufwachssubstrat (**2**) abgewandten Rückseite (**11**),
- Ausbilden einer reflektierenden Schichtenfolge (**51**), die mindestens eine metallische Schicht (**5**) und mindestens eine dielektrische Schicht (**3**) umfasst, auf der Rückseite (**11**) der aktiven Schichtenfolge (**1**),
- Einbringen von Energie mit Hilfe eines Lasers in mindestens einen definiert begrenzten Volumenbereich (**6**) der reflektierenden Schichtenfolge (**51**), so dass innerhalb des definiert begrenzten Volumenbereiches (**8**) mindestens eine rückseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle (**6**) zu der Rückseite (**11**) der aktiven Schichtenfolge (**1**) hin ausgebildet wird,
- Anbringen eines Trägers (**8**) auf der reflektierenden

Schichtenfolge (51), und
 – Entfernen des Aufwachssubstrates (2).

5. Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Halbleiterchips basierend auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial, der geeignet ist elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, mit den Schritten:
 – Aufbringen einer aktiven Schichtenfolge (1), die geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, auf einem Aufwachssubstrat (2), mit einer zum Aufwachssubstrat (2) hingewandten Vorderseite (12) und einer vom Aufwachssubstrat (2) abgewandten Rückseite (11),
 – Aufbringen mindestens einer metallischen reflektierenden Schicht (5), die eine rückseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle (6) zur Rückseite (11) der aktiven Schichtenfolge (1) ausgebildet,
 – Tempern der rückseitigen elektrisch leitfähigen Kontaktstelle (6) mit Hilfe eines Lasers,
 – Anbringen eines Trägers (8) auf der reflektierenden Schichtenfolge (51), und
 – Entfernen des Aufwachssubstrates (2).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem
 – auf der Vorderseite (12) der aktiven Schichtenfolge (1), eine vergütende Schichtenfolge (52) aufgebracht wird, die mindestens eine dielektrische Schicht (3) umfasst,
 – zumindest teilweise mindestens eine metallische Schicht (5) auf die vergütende Schichtenfolge (52) aufgebracht wird, und
 – Energie mit Hilfe eines Lasers in lateral definiert begrenzte Volumenbereiche (8) der vergütenden Schichtenfolge (52) und der metallischen Schicht (5) eingebracht wird, so dass mindestens eine vorderseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle (6) zur Vorderseite (12) der aktiven Schichtenfolge (1) ausgebildet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem
 – auf der Vorderseite (12) der aktiven Schichtenfolge (1) mindestens eine vorderseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle (6) aufgebracht wird, und
 – die vorderseitige elektrisch leitfähige Kontaktstelle (6) mit Hilfe eines Lasers getempert wird.

8. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem
 – die Seite (11, 12) der aktiven Schichtenfolge (1) auf die die Kontaktstelle (6) aufgebracht wird, ein p-dotiertes Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial umfasst, und
 – die Kontaktstelle (6) mindestens eines der Elemente Au und Zn umfasst.

9. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem
 – die Seite (11, 12) der aktiven Schichtenfolge (1) auf

die die Kontaktstelle (6) aufgebracht wird, ein n-dotiertes Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial umfasst, und
 – die Kontaktstelle (6) mindestens eines der Elemente Au und Ge umfasst.

10. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem
 – die Seite (11, 12) der aktiven Schichtenfolge (1) auf die die Kontaktstelle (6) aufgebracht wird, ein p-dotiertes Nitrid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial umfasst, und
 – die Kontaktstelle (6) mindestens eines der Elemente Pt, Rh, Ni, Au, Ru, Pd, Re und Ir umfasst.

11. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem
 – die Seite (11, 12) der aktiven Schichtenfolge (1) auf die die Kontaktstelle (6) aufgebracht wird, ein n-dotiertes Nitrid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial umfasst, und
 – die Kontaktstelle (6) mindestens eines der Elemente Ti, Al, und W umfasst.

12. Dünnschicht-Halbleiterchip, der nach einem Verfahren gemäß einem der obigen Ansprüche hergestellt wurde.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG 1A

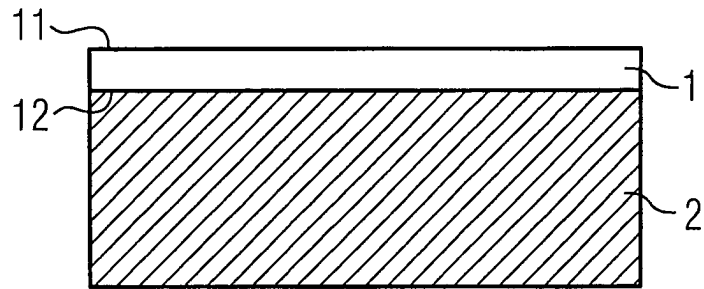


FIG 1B

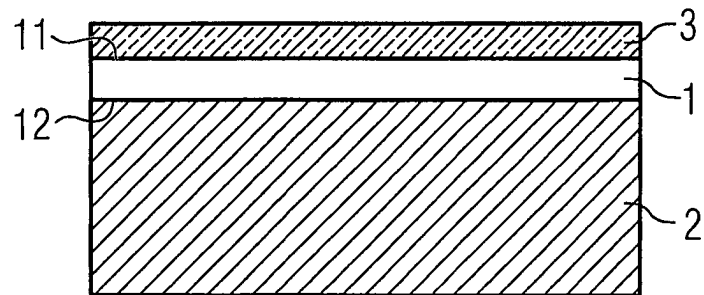


FIG 1C

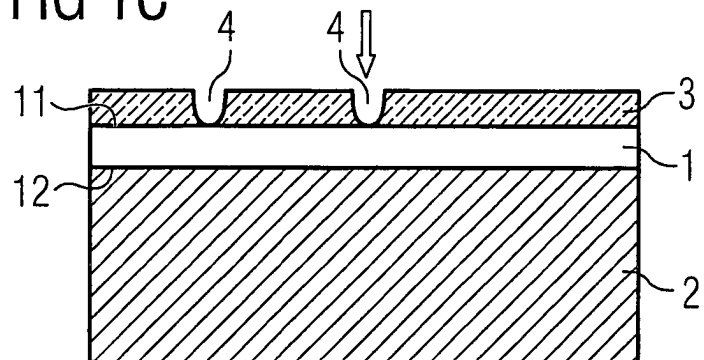


FIG 1D

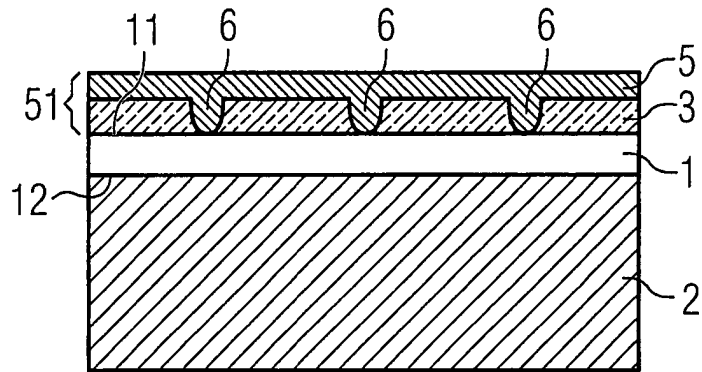


FIG 1E

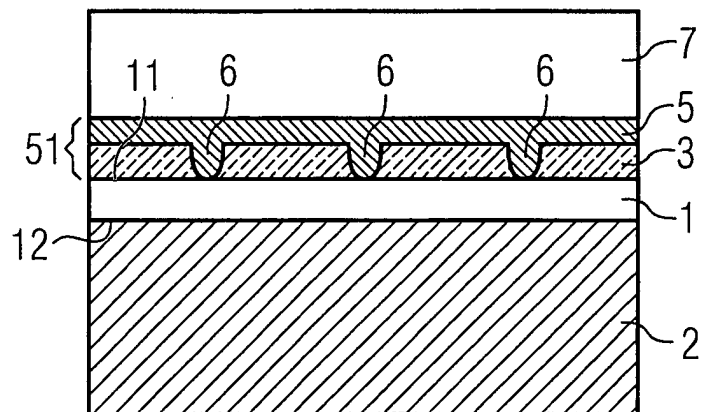


FIG 1F

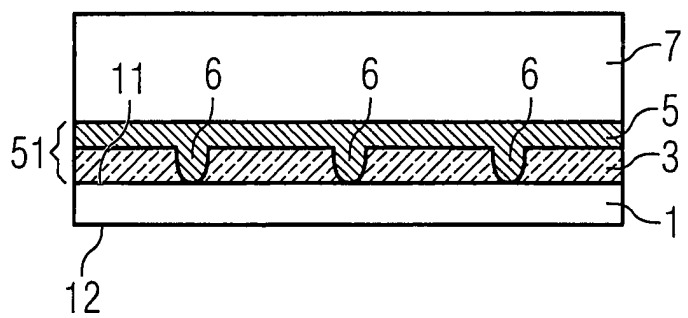


FIG 2A

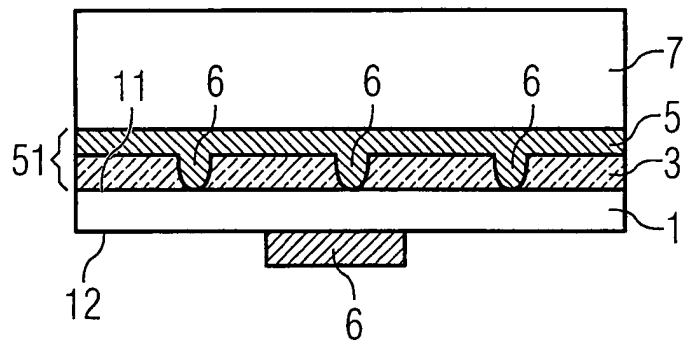


FIG 2B

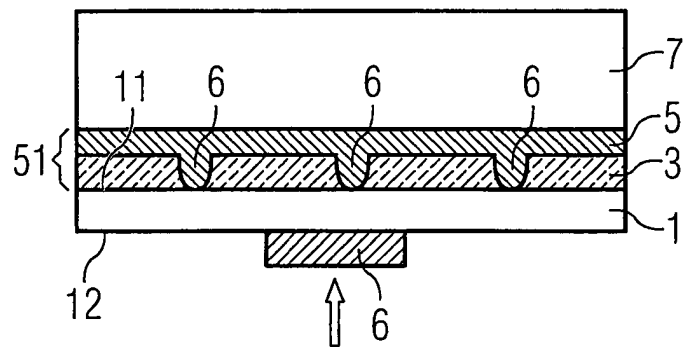


FIG 3A

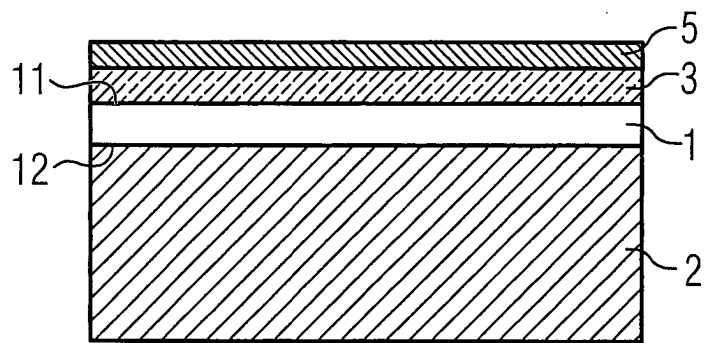


FIG 3B

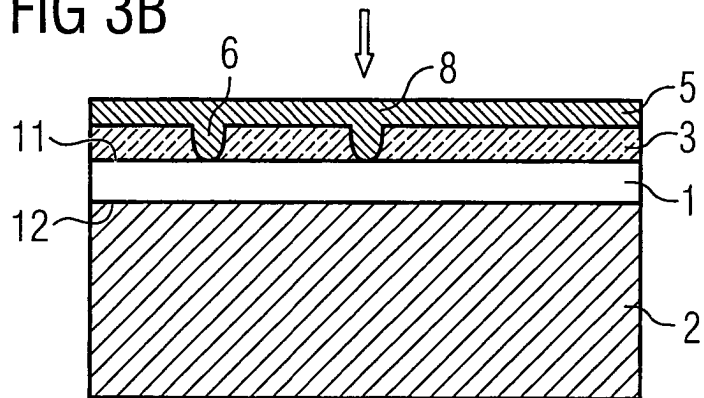


FIG 4A

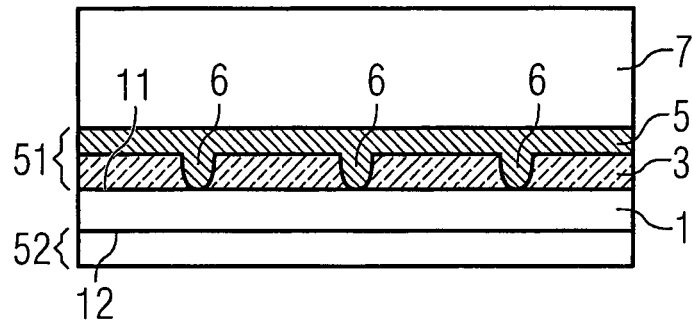


FIG 4B

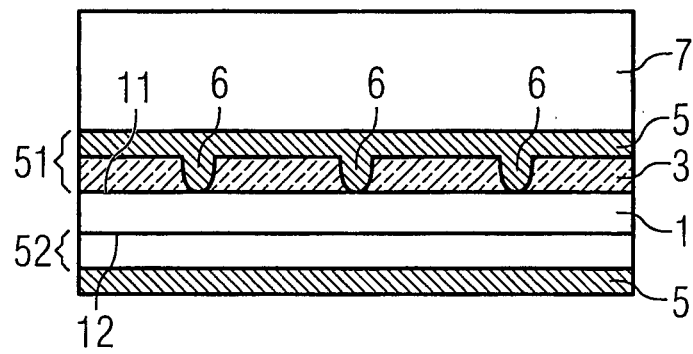


FIG 4C

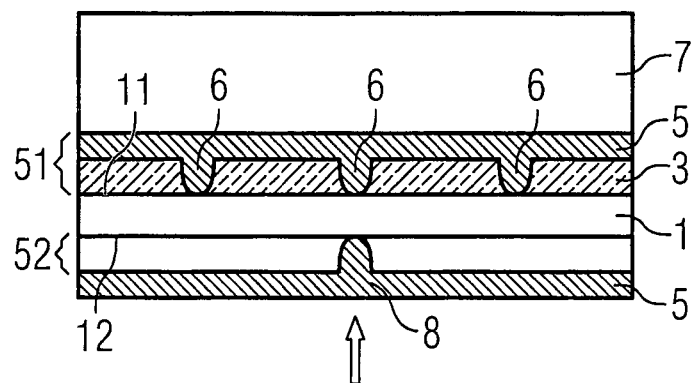


FIG 5A

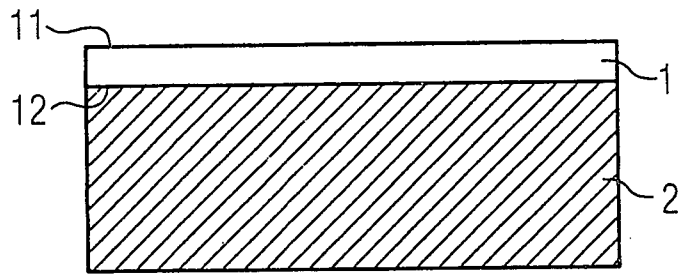


FIG 5B

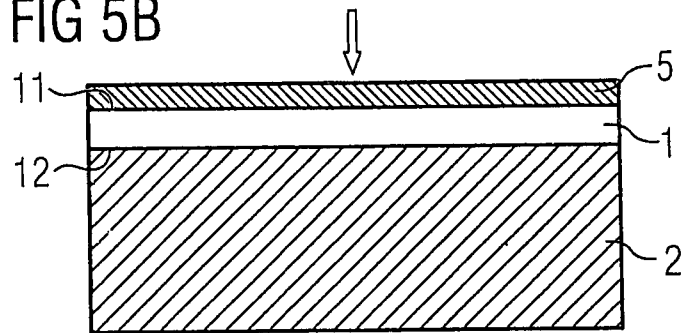


FIG 5C

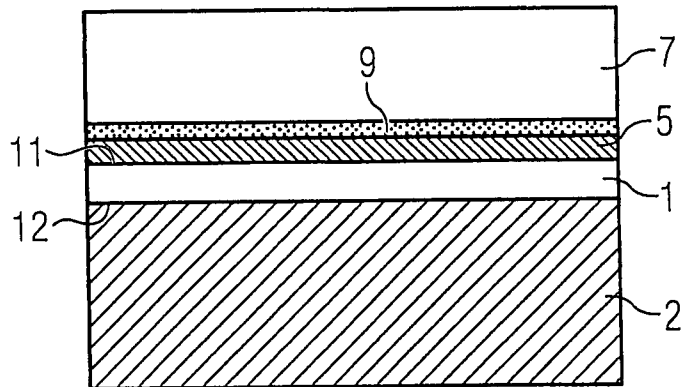


FIG 5D

