



(10) **DE 10 2022 210 851 A1** 2024.04.25

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 210 851.5**

(22) Anmeldetag: **14.10.2022**

(43) Offenlegungstag: **25.04.2024**

(51) Int Cl.: **H01L 21/66** (2006.01)

**H01L 29/78** (2006.01)

**H01L 29/20** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter  
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Heyers, Klaus, 72766 Reutlingen, DE; Baringhaus,  
Jens, 71069 Sindelfingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

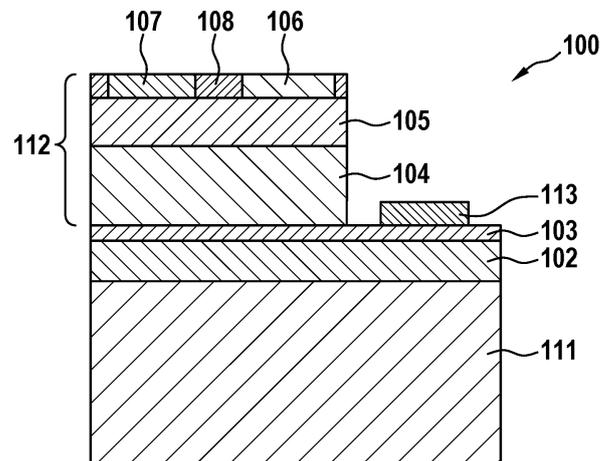
**US 2012 / 0 199 889 A1**  
**JP H07 - 245 401 A**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Vertikales Halbleiterbauelement auf der Basis von Galliumnitrid mit frontseitiger Messelektrode**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein vertikales Halbleiterbauelement, insbesondere Transistor (100), mit einer Drifflage (104) und/oder einer aktiven Schicht (105) auf der Basis von Gallium-Nitrid (GaN) und wenigstens zwei, bevorzugt drei, Elektroden (106, 107). Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass wenigstens eine Messelektrode (113) auf einem tiefer liegenden, vertikalen Niveau ausgebildet ist als die wenigstens eine andere Elektrode (106, 107) und von vertikal oben kontaktierbar ausgebildet ist.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement in vertikaler Bauweise auf der Basis von Gallium, insbesondere auf der Basis von Galliumnitrid. Weiterhin betrifft die Erfindung einen Verbund von Halbleiterbauelementen auf der Basis von Galliumnitrid sowie ein Verfahren zur Herstellung entsprechender Halbleiterbauelemente sowie Verbünde von Halbleiterbauelementen.

## Stand der Technik

**[0002]** Vertikale Halbleiterbauelemente sind grundsätzlich bekannt. Bei diesen sind die endgültigen Anschluss- Elektroden auf zwei vertikal gegenüberliegenden Seite des Halbleiterbauelements, insbesondere der entsprechenden Schichtstruktur verteilt, sodass eine platzsparende Kontaktierung ermöglicht wird. Darüber hinaus ermöglichen vertikale Halbleiterbauelemente einen vertikalen Stromfluss zwischen den besagten, vertikalen übereinander angeordneten Elektroden.

**[0003]** Aus dem Stand der Technik sind weiterhin Halbleiterbauelemente, insbesondere Transistoren auf der Basis von Galliumnitrid (GaN) bekannt. Diese haben einen besondere vorteilhaft niedrigen On-Widerstand (elektrischen Widerstand im Leitungszustand) bei gleichzeitig hohen Durchbruchspannungen oder Durchbruchfeldstärken im Vergleich zu Halbleiterbauelementen auf der Basis von Silizium oder Siliziumkarbid. Nachteilig an Halbleiterbauelementen auf der Basis von Galliumnitrid ist die Tatsache, dass das Material verhältnismäßig teuer ist und zur wirtschaftlichen Realisierung von entsprechenden Halbleiterbauelementen extrem sparsam mit dem Material umgegangen werden muss.

**[0004]** Vor diesem Hintergrund existieren bereits Ansätze im Stand der Technik ein Halbleiterbauelement auf der Basis von Galliumnitrid, insbesondere mit einer Driftlage und/oder einer aktiven Schicht auf der Basis von Galliumnitrid heteroepitaktisch auf einem Fremdsubstrat auszubilden, welches kein Galliumnitrid aufweist oder gar aus diesem besteht. Eine entsprechende Halbleiterstruktur sowie ein entsprechendes Verfahren ist aus der veröffentlichten Patentanmeldung DE102020210937 A1 bereits bekannt.

**[0005]** Bei derartigen Verfahren wird auf dem Fremdsubstrat, gegebenenfalls nach Aufbringen einer oder mehrerer Zwischenschicht zum Ausgleichen der Gitterfehlpassung zwischen den nachfolgenden Nitridhalbleiterschichten und dem Fremdsubstrat, eine hochdotierte Kontakthalbleiterschicht aufgebracht, die später, insbesondere nach dem Ent-

fernen des Fremdsubstrats und/oder der Zwischenschicht als rückseitige Auflage oder Unterlage für eine Elektrode, insbesondere eine Drain-Elektrode dient. Zum Entfernen des Fremdsubstrats, insbesondere um eine mechanische Mindeststabilität zu gewährleisten, kann es dabei notwendig sein auf dem vom Fremdsubstrat gegenüberliegenden Ende der Halbleiterschichtstruktur wenigstens temporär ein Trägermaterial aufzubringen oder zu befestigen. Dieses Trägermaterial überdeckt dann aber regelmäßig die auf dem vertikal oberen Ende der Halbleiterschichtstruktur, im Fachjargon auch Vorderseite genannt, ausgebildeten und angeordneten Elektroden der vertikalen Elektrodenanordnung, insbesondere die Source-Elektrode und/oder die Gate-Elektrode.

**[0006]** Dadurch wird eine Charakterisierung der Halbleiterbauelemente während des Herstellungsprozesses erschwert oder unmöglich, da zu keinem Zeitpunkt des Prozesses eine vertikale Kontaktierung der entsprechend gegenüberliegenden Elektroden möglich ist, da diese wenigstens auf einer Seite oder an einem vertikalen Ende der Halbleiterschichtstruktur die jeweilige Elektrode oder eine kontaktierbare Schicht, wie beispielsweise die Kontakthalbeliterschicht durch andere Materialien verdeckt und/oder die jeweilige Elektrode noch nicht ausgebildet ist/sind.

## Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Das erfindungsgemäße vertikale Halbleiterbauelement mit einer Driftlage und/oder einer aktiven Schicht auf der Basis von Galliumnitrid hat den Vorteil, dass auch schon während des Herstellungsprozesses, insbesondere vor einer Entfernung eines Fremdsubstrats und/oder etwaigen Zwischenschichten eine wenigstens mittelbare vertikale elektrische Kontaktierung und damit eine Charakterisierung des Halbleiterbauelements möglich wird, insbesondere in einem Zustand, in dem das Halbleiterbauelement eine notwendige mechanische Stabilität aufweist, um mit entsprechenden Vorrichtungen automatisch charakterisiert zu werden.

**[0008]** Vor dem Hintergrund der obigen Erläuterungen ist es daher beim erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement, insbesondere Transistor, mit einer Driftlage und/oder einer aktiven Schicht auf der Basis von Galliumnitrid und wenigstens zwei, bevorzugt drei, Elektroden erfindungsgemäß vorgesehen, dass wenigstens eine Messelektrode auf einem tiefer liegenden, vertikalen Niveau ausgebildet ist, als die wenigstens eine andere Elektrode und von vertikal oben kontaktierbar ausgebildet ist. Dies ermöglicht eine elektrische Kontaktierung der Elektroden, einschließlich der Messelektrode, bevorzugt insgesamt von vertikal oben, wobei jedoch durch die vertikal tiefer liegende Messelektrode das vertikale Halbleiter-

baulement vermessen, insbesondere charakterisiert werden kann, ohne dass etwaige Fremdsubstrate, Zwischenschichten oder sonstige Strukturen zur Minimierung des Einsatzes von Galliumnitrid, in vertikal tiefer liegenden Bereichen von unten entfernt und die mechanische Stabilität dementsprechend beeinträchtigt werden muss.

**[0009]** Als von vertikal oben kontaktierbar ausgebildet soll eine Messelektrode dann gelten, wenn über der Messelektrode keine weiteren Schichten der Halbleiterschichtstruktur angeordnet oder vertikal weiter obenliegende Schichten der Halbleiterschichtstruktur entsprechend entfernt sind. Mit anderen Worten ausgedrückt ist eine vertikal tiefer liegende, von vertikal oben kontaktierbare Messelektrode zwar im Vergleich mit der Umgebung der Halbleiterschichtstruktur nach vertikal unten zurückversetzt, bildet aber gleichzeitig in dem Bereich, in dem sie ausgebildet ist, die in vertikaler Richtung oberste Schicht oder Materialschicht des Halbleiterbauelements aus.

**[0010]** Mit dem erfindungsgemäßen vertikalen Halbleiterbauelement kann nicht nur die Messelektrode, sondern auch eine weitere, vertikal weiter obenliegende Elektrode, beispielsweise eine Source-Elektrode und/oder eine Gate-Elektrode, die in ihrem jeweiligen Bereich der Halbleiterschichtstruktur den vertikal oberen Abschluss der Schichtstruktur ausbildet von oben oder von der Vorderseite kontaktiert werden und eine Charakterisierung des vertikalen Halbleiterbauelements stattfinden. Die Messelektrode kann folglich als temporäre Drain-Elektrode oder als Übergangs-Drain-Elektrode dienen, die zum Zweck der Charakterisierung des Halbleiterbauelements, insbesondere zu einem Zeitpunkt vorgesehen ausgebildet und gegebenenfalls beibehalten wird, zu dem in einem Bereich, in dem eine finale oder endgültige Drain-Elektrode ausgebildet werden wird, noch eine andere Schichtstruktur, beispielsweise ein Fremdsubstrat und/oder eine Zwischenschicht angeordnet ist und von vertikal unten einen Zugang und/oder Kontakt, insbesondere zu/mit einer Kontakthalbleiterschicht, verhindert.

**[0011]** Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

**[0012]** Gemäß der ersten vorteilhaften Ausführungsform kann die Messelektrode auf einer Kontakthalbleiterschicht ausgebildet sein. Die Kontakthalbleiterschicht kann beispielsweise eine n-leitfähige Gallium-Nitridschicht umfassen oder aus dieser gebildet sein. Bei der Kontakthalbleiterschicht kann es sich um diejenige Schicht handeln, auf der, bevorzugt auf einem gegenüberliegenden Ende oder einer gegenüberliegenden Seite, bezogen auf die Anordnung der Messelektrode, eine finale Elektrode, ins-

besondere Drain-Elektrode ausgebildet, insbesondere abgeschieden wird.

**[0013]** Dadurch kann die Messelektrode zumindest temporär die gleiche Funktion, wie eine spätere Elektrode, insbesondere Drain-Elektrode ausbilden oder erfüllen und kann sich daher auch zur Charakterisierung des Halbleiterbauelements oder eine Vorstufe des entsprechenden Halbleiterbauelements eignen.

**[0014]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das vertikale Halbleiterbauelement oder eine entsprechende Vorstufe ein Fremdsubstrat aufweist, welches nicht aus Galliumnitrid besteht und bevorzugt kein Galliumnitrid aufweist. Derartige Fremdsubstrate ermöglichen, wie oben bereits angedeutet, eine Ausbildung von Galliumnitrid-Halbleiterbauelementen mit einer Mindestmenge an eingesetztem Galliumnitrid.

**[0015]** In einer weiteren, ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass eine Zwischenschicht zum Ausgleichen der Gitterfehlangepassung zwischen einem Fremdsubstrat und der Kontakthalbleiterschicht und/oder der Driftlage realisiert ist. Derartige Zwischenschichten können für das retroepitaktische Wachstum von Galliumnitridschichten auf einem Fremdsubstrat erforderlich oder zumindest vorteilhaft sein. Diese Schicht oder Schichten werden auch als Bufferschicht oder „Engineered Layers“ bezeichnet.

**[0016]** In einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform des Halbleiterbauelements kann vorgesehen sein, dass die Messelektrode sich über einen Teil einer Breite und einer Länge des Halbleiterbauelements erstreckt und in einem Randbereich, bevorzugt einem Eckbereich des Halbleiterbauelements angeordnet ist. Die Länge und Breite soll sich auf Abmessungen parallel zu einer Schichterstreckungsebene oder Substratebene beziehen. Auch der Randbereich oder Eckbereich des Halbleiterbauelements soll sich auf einen Bereich in der Ebene oder auf eine Ebene parallel zur Substratebene beziehen. Dadurch wird eine besonders platzsparende Realisierung der Messelektrode ermöglicht, die die sonstige Struktur, insbesondere die Ausbildung der vertikal obenliegenden Elektroden, bevorzugt Gate- und Source-Elektroden nicht oder nur unwesentlich beeinflussen und eine maximale aktive Fläche des Halbleiterbauelements ermöglicht.

**[0017]** Die Erfindung umfasst auch einen Verbund von Halbleiterbauelementen mit einer Vielzahl von in einer Längsrichtung und/oder einer Breitenrichtung nebeneinander angeordneten Halbleiterbauelementen nach einer der vorangehend beschriebenen Ausführungsformen, bei denen die Messelektrode in einem Übergangsbereich von zwei Halbleiterbauele-

menten, bevorzugt in einem Sägebereich zur Vereinzelung der Halbleiterbauelemente ausgebildet ist. Üblicherweise werden eine Vielzahl von matrixförmig angeordneten Halbleiterbauelementen zusammen auf einem Substrat oder Wafer ausgebildet oder aufgebaut. Erst zu einem verhältnismäßig späten Zeitpunkt des Herstellungsprozesses erfolgt dann eine Vereinzelung der einzelnen Halbleiterbauelemente durch Trennen, insbesondere Sägen, entlang von Trennlinien im Übergangsbereich zwischen einzelnen Halbleiterbauelementen in Längsrichtung und Breitenrichtung. Bei der besonders bevorzugten Ausbildung der Messelektrode in den besagten Übergangsbereichen, kann die Nutzung der Messelektrode zur Charakterisierung der einzelnen Halbleiterbauelemente ermöglicht werden, ohne dass die Messelektrode einen Flächenverbrauch des finalen Halbleiterbauelements oder deren aktiver Fläche verursacht, da die Messelektrode vollständig oder zumindest größtenteils in den Übergangsbereichen angeordnet ist/angeordnet sind, die beim Vereinzelnen, insbesondere Zersägen der Halbleiterbauelemente, ohnehin entfernt werden oder verlorengehen.

**[0018]** In einer vorteilhaften Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass der Verbund von Halbleiterbauelementen eine Messelektrode aufweist, die umlaufend um ein Halbleiterbauelement, bevorzugt in Übergangsbereichen, ausgebildet ist. Dadurch kann die Messelektrode besonders einfach, da verhältnismäßig unspezifisch, abgeschieden oder erzeugt werden und auch eine Kontaktierung kann problemlos, insbesondere ohne große Präzisionsanforderungen erfolgen.

**[0019]** In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des Verbunds von Halbleiterbauelementen kann vorgesehen sein, dass eine einzelne Messelektrode mit wenigstens zwei Halbleiterbauelementen, insbesondere nebeneinander angeordneten Halbleiterbauelementen elektrisch leitend verbunden ist. Da auf Wafer-Level alle Halbleiterbauelemente über die Kontakthalbleiterschicht miteinander verbunden sein können, kann mit einer einzelnen Messelektrode ermöglicht werden zwei oder mehr Halbleiterbauelemente zu kontaktieren und/oder zu charakterisieren. Dementsprechend kann vorteilhaft die Messelektrode im Übergangsbereich zwischen zwei Halbleiterbauelementen angeordnet oder ausgebildet sein und zur Vermessung oder Charakterisierung der beiden angrenzenden, und/oder weiteren, Halbleiterbauelementen verwendet werden.

**[0020]** Die vorliegende Erfindung umfasst auch ein Verfahren zur Herstellung eines vertikalen Halbleiterbauelements, insbesondere eines Transistors, mit wenigstens zwei, bevorzugt drei Elektroden, und einer Driftlage und/oder einer aktiven Schicht auf der Basis von Galliumnitrid umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- Ausbilden einer Halbleiterschichtstruktur, umfassend wenigstens die Driftlage, die aktive Schicht, wenigstens eine Elektrode und eine vertikal tiefer liegende Kontakthalbleiterschicht auf einem Fremdsubstrat;

- Abtragen der Halbleiterschichtstruktur bis auf die Kontakthalbleiterschicht in einem Teil der Fläche, in der die Halbleiterschichtstruktur ausgebildet wurde;

- Ausbilden einer vertikal tiefer liegenden Messelektrode auf der durch die Abtragung freigelegten Kontakthalbleiterschicht.

**[0021]** Durch dieses Verfahren, welches im Hinblick auf das Schichtwachstum, die Schichtstrukturierung und die evtl. Beeinflussung und Bearbeitung von ausgebildeten, insbesondere aufgewachsenen Schichten, auf grundsätzlich bekannte Verfahren und Techniken der Halbleitertechnik zurückgreift, und besonders durch das nachträgliche, teilweise oder bereichsweise Abtragen der Halbleiterschichtstruktur bis auf die Kontakthalbleiterschicht und Ausbilden der Messelektrode auf der Kontakthalbleiterschicht kann die Messelektrode von vertikal oben kontaktiert werden und ermöglicht gleichzeitig das in einem Zwischenstadium, beispielsweise während ein Fremdsubstrat und/oder wenigstens eine Zwischenschicht noch vertikal unterhalb der Kontakthalbleiterschicht angeordnet ist eine Kontaktierung, bevorzugt eine mittelbare oder umgelenkte vertikale Kontaktierung und damit eine Charakterisierung des Halbleiterbauelements.

**[0022]** In einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass, bevorzugt nach einem Test oder Charakterisierungsverfahren unter Verwendung der wenigstens einen Elektrode und der Messelektrode, ein Trägermaterial vertikal oben auf der Halbleiterstruktur befestigt wird, das die wenigstens eine Elektrode überdeckt und/oder unzugänglich macht. Das Trägermaterial kann die Grundlage dafür darstellen, dass das Fremdsubstrat entfernt und eine endgültig oder final vertikale Halbleiterstruktur mit einer entsprechend vertikal unterliegenden Elektrode, insbesondere Drain-Elektrode, ausgebildet wird. Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Messelektrode wird dabei jedoch in besonders vorteilhafter Weise eine Charakterisierung oder ein Charakterisierungsverfahren möglich, bevor das Trägermaterial aufgetragen oder verbunden wird und ebenfalls bevor das Fremdsubstrat entfernt wird.

**[0023]** Wie bereits angedeutet, kann in einer weiteren, besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens vorgesehen sein, dass das Fremdsubstrat, bevorzugt zusammen mit einer Zwischenschicht zum Ausgleichen der Gitterfehlpassung zwischen dem Fremdsubstrat und der Kontakthalbleiterschicht

entfernt wird, sodass die Kontakthalbleiterschicht, insbesondere auf einer gegenüberliegenden Seite zur Anbringung oder Ausbildung der Messelektrode, freigelegt wird. Es kann entweder eine, auf die Fläche bezogene, teilweise oder vollständige Entfernung vorgesehen sein.

**[0024]** In einer weiteren, besonders bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass, insbesondere nach der Entfernung des Fremdsubstrats und/oder etwaiger Zwischenschichten auf der freigelegten Kontakthalbleiterschicht eine Elektrode, bevorzugt eine Drain-Elektrode, ausgebildet, insbesondere abgeschieden wird. Dadurch wird final ein echtes, vertikales Halbleiterbauelement realisiert.

**[0025]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung sowie anhand der Zeichnungen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**Fig. 1** zeigt einen Schnitt durch einen vertikalen Galliumnitrid-Transistor gemäß der Erfindung;

**Fig. 2** eine schematische Draufsicht auf ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

**Fig. 3** eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Verbundes von Halbleiterbauelementen gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

**Fig. 4** eine schematische Draufsicht auf einen Verbund von Halbleiterbauelementen gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0026]** Gleiche Elemente bzw. Elemente mit gleicher Funktion sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0027]** Die **Fig. 1** zeigt ein erfindungsgemäßes vertikales bzw. quasi vertikales Halbleiterbauelement, insbesondere ein Transistor 100, gemäß der vorliegenden Erfindung. Auf einem Fremdsubstrat 111 ist eine elektrisch nicht leitfähige Zwischenschicht 102 zum Ausgleichen der Gitterfehlpassung zwischen nachfolgend aufgebracht Gallium-Nitridhalbleiterschichten und dem Fremdsubstrat aufgebracht. Auf der Zwischenschicht 102 wiederum ist eine hochdotierte, n-leitfähige Kontakthalbleiterschicht 103 angeordnet, die wiederum den Untergrund für eine vertikal darüber liegend angeordnete niedrig dotierte, n-leitfähige Driftlage 104 ausbildet. In der Driftlage 104 werden durch die für das jeweilige Halbleiterbauelement spezifischen Bearbeitungsschritte eine aktive

Schicht 105 ausgebildet, insbesondere strukturiert und/oder abgeschieden. Die Driftlage 104 wie auch die aktive Schicht 105 basieren dementsprechend beide auf Galliumnitrid, wie auch die Kontakthalbleiterschicht 103.

**[0028]** Auf der aktiven Schicht 105 sind zwei Elektroden als Gate-Elektrode 106 und Source-Elektrode 107 ausgebildet, die voneinander durch eine Isolationsschicht 108 getrennt sind. In einem bestimmten Bereich des Transistors 100 kann die Halbleiterschichtstruktur 112 bis zur Kontakthalbleiterschicht 103 erfindungsgemäß von vertikal oben oder von der Vorderseite entfernt sein, um darauf die Messelektrode 113 auszubilden. In der **Fig. 1** ist zu erkennen, dass die Messelektrode 113 auf einem tiefer liegenden, vertikalen Niveau ausgebildet ist, als die Elektroden 106, 107 und von vertikal oben kontaktierbar ist, sodass ein vertikaler Stromfluss und damit auch eine Charakterisierung des Transistors 100 möglich wird, auch wenn in einer quasi vertikalen Kontaktierung die Messelektrode von vertikal oben kontaktiert wird und nicht wie klassisch bei einem vertikalen Halbleiterbauelement von vertikal unten bzw. gegenüberliegend von den Elektroden 106, 107 kontaktiert wird. Diese Ausgestaltung ermöglicht gerade in erfindungserheblicher und vorteilhafter Weise, dass noch mit dem Fremdsubstrat 111 und der Zwischenschicht 102 eine Kontaktierung des Transistors 100 möglich ist und eine Charakterisierung oder Vermessung erfolgen kann.

**[0029]** In nachfolgenden Verfahrensschritten zur Ausbildung des finalen Halbleiterbauelements, insbesondere Transistors 100, kann vorgesehen sein, dass auf den Elektroden 106, 107 sowie der Isolierung 108 ein Trägermaterial angeordnet oder befestigt wird und dafür die Schichten des Fremdsubstrats 111 und der Zwischenschicht 102 ganz oder teilweise (auf die Fläche bezogen) entfernt werden, um auf der Kontakthalbleiterschicht 103 gegenüberliegend zur Messelektrode 113 eine finale Elektrode, insbesondere Drain-Elektrode 106 auszubilden.

**[0030]** In der **Fig. 2** ist in einer Draufsicht, die im Wesentlichen senkrecht zur Schnittdarstellung der **Fig. 1** verläuft, die Anordnung und Ausbildung der Messelektrode 113 nochmals dargestellt. In dieser Darstellung ist nicht unmittelbar erkennbar, dass die Messelektrode 113, die gemäß der Ausführungsform der **Fig. 1** in vertikaler Richtung tiefer liegend oder zurückversetzt ausgebildet. Dafür ist jedoch deutlich, dass sich die Messelektrode 113 über einen Teil der Länge L wie der Breite B des Halbleiterbauelements erstreckt und in einem Randbereich, insbesondere einem Eckbereich des Halbleiterbauelements angeordnet ist. Die vertikal höher liegende Gate-Elektrode 106 kann ebenfalls in einem entsprechenden Rand- oder Eckbereich angeordnet sein und sich über einen Teil der Länge L und der Breite B erstrecken.

Den Rest der Fläche des Halbleiterelements kann bevorzugt die Source-Elektrode 107 sowie die entsprechende, in der **Fig. 2** nicht dargestellte Isolation 108 einnehmen.

**[0031]** In der **Fig. 3** ist eine alternative Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements sowie eines erfindungsgemäßen Verbunds von Halbleiterbauelementen dargestellt, wobei in Längsrichtung L sowie in Breitenrichtung B angrenzend ausgebildete Halbleiterbauelemente des Verbunds nicht im Detail dargestellt sind. Erkennbar sind jedoch Übergangsbereiche 114 in Längsrichtung L sowie in Breitenrichtung B, welche genutzt werden können, um die einzelnen Halbleiterbauelemente, insbesondere Transistoren 100 zu vereinzeln, insbesondere zu zersägen. In der Ausführungsform der **Fig. 3** ist die Messelektrode 113 in dem Übergangsbereich 114, insbesondere umlaufend um den Transistor 100 in den Übergangsbereichen 114 ausgebildet. Damit kann, ohne dass die aktive Fläche verschwendet wird die Ausbildung der Messelektrode 113 vorgenommen werden. Bei einem späteren Vereinzeln der Halbleiterbauelemente, insbesondere Transistoren 100 kann dann ein Großteil der Messelektrode 113 oder gar die vollständige Messelektrode 113 entfernt werden.

**[0032]** In einer alternativen Ausführungsform, die in der **Fig. 4** dargestellt ist, wird in einem Verbund 115 von Halbleiterbauelementen, in dem beispielhaft zwei nebeneinander angeordnete Halbleiterbauelemente, insbesondere Transistoren 100 dargestellt sind, die Messelektrode 113 ebenfalls in einem Übergangsbereich 114 in Breitenrichtung B ausgebildet. Die Messelektrode 113 wird im Beispiel der **Fig. 4** nur abschnittsweise oder bereichsweise im Übergangsbereich 114 ausgebildet. Weiterhin wird eine einzelne Messelektrode 113 für mehrere, insbesondere wenigstens zwei Halbleiterbauelemente gemeinsam realisiert, in dem die Messelektrode 113 durch ihre Anordnung auf der Kontakthalbleiterschicht 103 mit wenigstens zwei Halbleiterbauelementen elektrisch leitend verbunden ist.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102020210937 A1 [0004]

### Patentansprüche

1. Vertikales Halbleiterbauelement, insbesondere Transistor (100), mit einer Driftlage (104) und/oder einer aktiven Schicht (105) auf der Basis von Gallium-Nitrid (GaN) und wenigstens zwei, bevorzugt drei, Elektroden (106, 107) **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Messelektrode (113) auf einem tiefer liegenden, vertikalen Niveau ausgebildet ist als die wenigstens eine andere Elektrode (106, 107) und von vertikal oben kontaktierbar ausgebildet ist.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messelektrode (113) auf eine Kontakthalbleiterschicht (103) ausgebildet ist.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** ein Fremdsubstrat (111), welches nicht aus Gallium-Nitrid besteht.

4. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Zwischenschicht (102) zum Ausgleichen der Gitterfehlpassung zwischen einem Fremdsubstrat (111) und der Kontakthalbleiterschicht (103) und/oder der Driftlage (104).

5. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messelektrode (113) sich über einen Teil einer Breite (B) und einer Länge (L) des Halbleiterbauelements (115) erstreckt und in einem Randbereich, bevorzugt einem Eckbereich, des Halbleiterbauelements (115) angeordnet ist.

6. Verbund von Halbleiterbauelementen (115) mit einer Vielzahl von in einer Längsrichtung (L) und/oder einer Breitenrichtung (B) nebeneinander angeordneten Halbleiterbauelementen (115) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, die Messelektrode (113) in einem Übergangsbereich (114) von zwei Halbleiterbauelementen, bevorzugt einem Sägebereich zur Vereinzelung der Halbleiterbauelemente, ausgebildet ist.

7. Verbund von Halbleiterbauelementen nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messelektrode (113) umlaufend um ein Halbleiterbauelement ausgebildet ist.

8. Verbund von Halbleiterbauelementen nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine einzelne Messelektrode (113) mit wenigstens zwei Halbleiterbauelementen elektrisch leitend verbunden ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines vertikalen Halbleiterbauelements, insbesondere eines Transistors (100), mit wenigstens zwei, bevorzugt drei Elektroden (105, 106,) und einer Driftlage (104) und/oder aktiven Schicht (105) auf der Basis von Gallium-Nitrid, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- Ausbilden einer Halbleiterschichtstruktur (112) umfassend wenigstens die Driftlage (104), die aktive Schicht (105), wenigstens eine Elektrode (105, 106) und eine vertikal tiefer liegende Kontakthalbleiterschicht (103) auf einem Fremdsubstrat (111),
- Abtragen der Halbleiterschichtstruktur (112) bis auf die Kontakthalbleiterschicht (103) in einem Teil der Fläche, in dem die Halbleiterschichtstruktur (112) ausgebildet wurde,
- Ausbilden einer vertikal tiefer liegenden Messelektrode (113) auf der durch die Abtragung freigelegten Kontakthalbleiterschicht (103).

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass, bevorzugt nach einem Test- oder Charakterisierungsverfahren unter Verwendung der wenigstens einen Elektrode (105, 106) und der Messelektrode, (113) ein Trägermaterial auf der Halbleiterschichtstruktur (103) befestigt wird, das die wenigstens eine Elektrode (105, 106) überdeckt und/oder unzugänglich macht.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fremdsubstrat (111), bevorzugt zusammen mit einer Zwischenschicht zum Ausgleichen der Gitterfehlpassung zwischen dem Fremdsubstrat (11) und der Kontakthalbleiterschicht (103), entfernt wird, so dass die Kontakthalbleiterschicht (103) wenigstens abschnittsweise freigelegt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Kontakthalbleiterschicht (113) eine Elektrode, bevorzugt eine Drain-Elektrode, ausgebildet, insbesondere abgeschieden wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

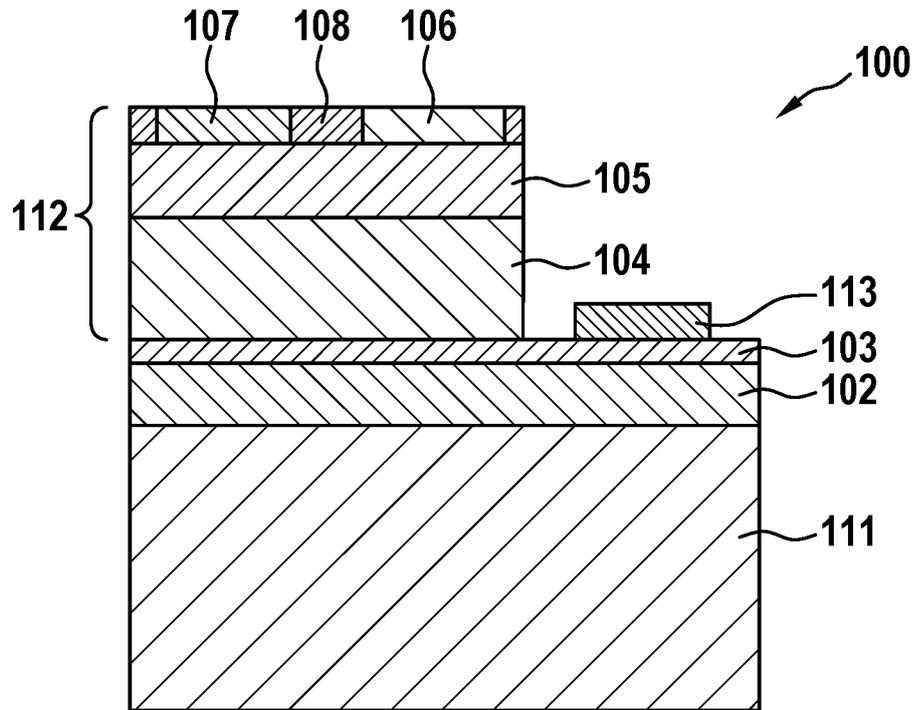


Fig. 2

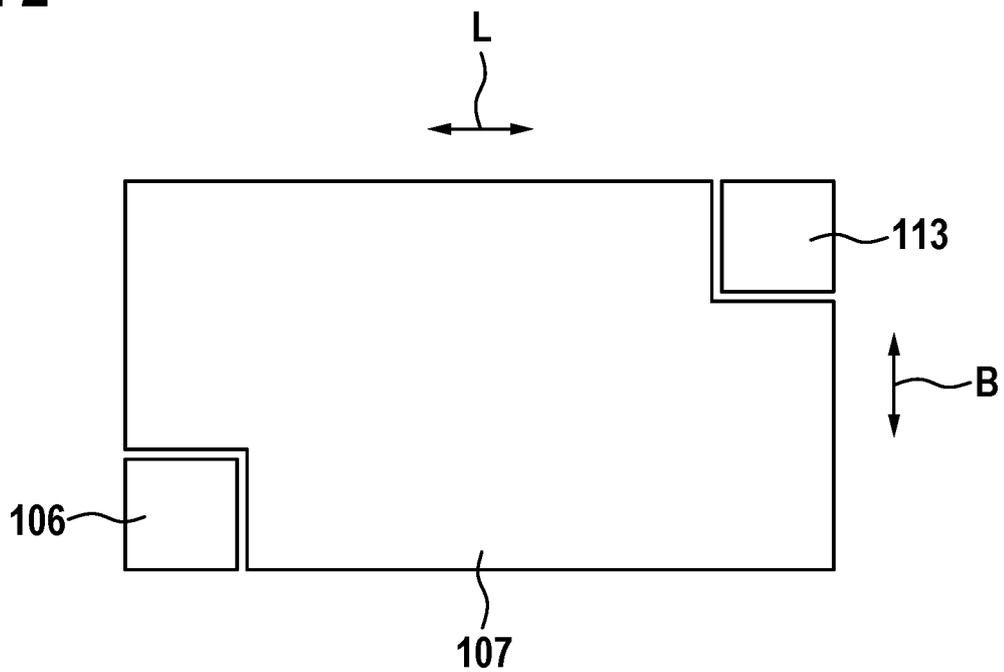


Fig. 3

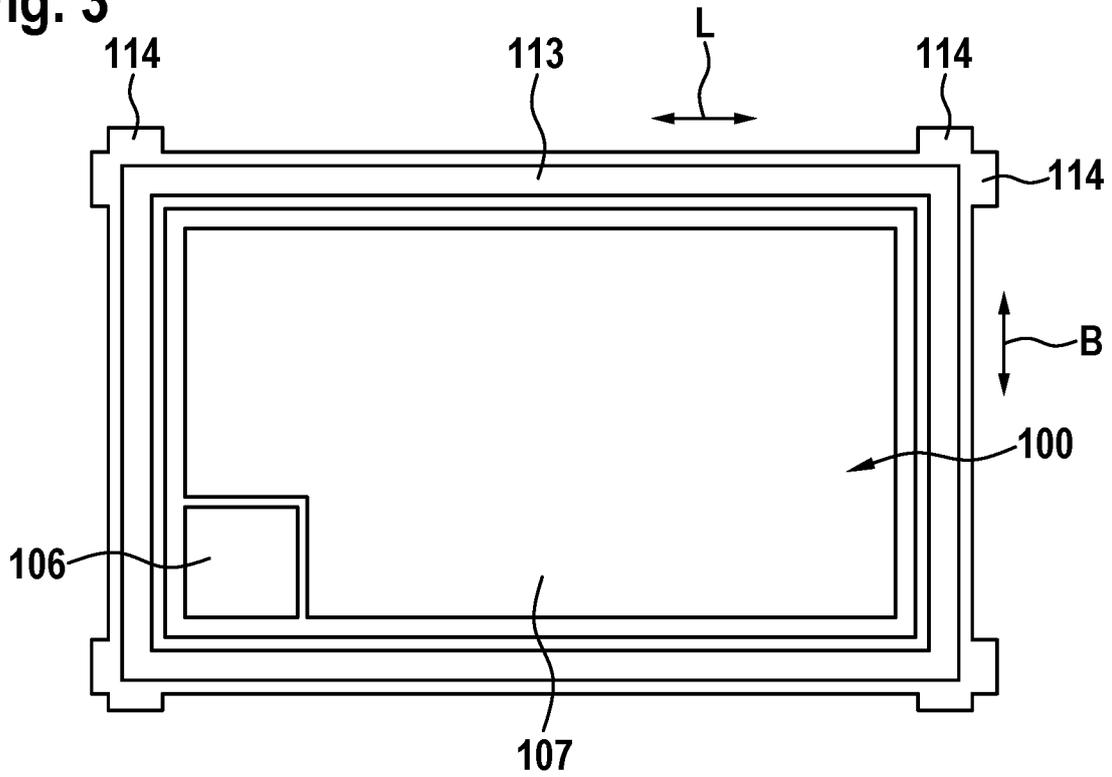


Fig. 4

