

DREISCHICHT-HALBLEITER

Ákos Kun, Fachingenieur für Elektrotechnik, Budapest

Anmeldungstag: 09. 12. 1977

Gegenstand der Erfindung sind Dreischicht-Halbleiter, deren Funktionsprinzip auf dem Ladungsträgerfluss der Backward-Diode beruht.

Die in der Erfindung beschriebenen Dreischicht-Halbleiter lassen sich auf beliebigen Gebieten der Elektronik überall dort vorteilhaft einsetzen, wo eine Gleichrichtung mit hohem Wirkungsgrad oder Halbleiter-Bauelemente mit negativem Innenwiderstand für weite Spannungsintervalle erforderlich sind.

In der Halbleitertechnik sind auf dem Gebiet der Gleichrichtung und auch für die Realisation negativer Innenwiderstände zahlreiche Bauelemente bekannt, von denen jedoch keines gleichzeitig die beiden Funktionen restlos erfüllen kann. Von den bisher bekannten Halbleiter-Bauelementen können lediglich die Esaki- oder Backwarddioden beide Funktionen innerhalb eines Bauelementes

mit nahezu idealen Parametern vereinigen. Nachteil dieser Bauelemente ist ihr schmaler Betriebsbereich, der gewünschte Effekt kommt nur in Spannungsbereichen von einigen Zehntel Volt zustande.

Ziel der Erfindung war die Schaffung von Halbleiter-Bauelementen, die die Gegebenheiten der Backward-Diode für einen breiten Spannungsbereich gewährleisten. Ein weiteres Ziel der Erfindung war die Schaffung neuer, funktionaler Einheiten, die mit Hilfe einiger äusserer Bauelemente geeignet sind, komplizierte Schaltungen vollständig zu ersetzen.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass durch Erweiterung des Schichtaufbaus der normalen Backward-Diode mit einer weiteren Schicht sowie durch geringfügiges Korrigieren der Dotationsebenen ein neues Halbleiter-Bauelement entsteht, das in einem breiten Spannungsbereich die vorteilhaften Eigenschaften der Backward-Dioden aufweist.

Mit der Erfindung wurden Dreischicht-Halbleiter geschaffen, deren Funktionsprinzip auf dem Ladungsträgerfluss der Backward-Diode beruht, deren Halbleiterkörper durch zwei Halbleiterschichten gleichen Typs und einer Halbleiterschicht entgegengesetzten Leitungstyps besteht, die Halbleiterschicht entgegengesetzten Typs zwischen den beiden Schichten gleichen Leitungstyps liegt und deren Dotationsebene die der Halbleiterschichten glei-

chen Leitungstyps nicht überschreitet.

Mit einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wurden Dioden geschaffen, die sowohl zur Gleichrichtung als auch für Aufgaben, die einen negativen Innenwiderstand erfordern, geeignet sind.

Mit einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wurde durch Herausführen der mittleren Schicht Transistoren geschaffen, die auch für funktionelle Aufgaben geeignet sind.

Im weiteren soll die Erfindung über Beispiele anhand folgender Abbildungen ausführlicher erläutert werden.

- Abb. 1a Kennlinie eines bekannten Halbleiter-Bauelements in Durchlassrichtung;
-
- Abb. 1b Kennlinie eines bekannten Halbleiter-Bauelements in Sperrrichtung;
- Abb. 1c Anschlussplan der Gleichstromdiode der erfundenen Halbleiter-Bauelemente mit npn-Schichtfolge;
- Abb. 1d Spannungs-Strom-Kennlinie am Lastwiderstand in Serie mit der Gleichstromdiode der erfundenen Halbleiter-Bauelemente;
- Abb. 1e Spannungs-Strom-Kennlinie im Stabilisatorbetrieb am Lastwiderstand in Serie mit der Gleichstromdiode der erfundenen Halbleiter-Bauelemente;

- Abb. 2a Aufbau und Symbolbezeichnung der Gleichstromdiode mit der Schichtfolge npn entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;
- Abb. 2b Aufbau und Symbolbezeichnung der Gleichstromdiode mit der Schichtfolge pnp entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;
- Abb. 2c Aufbau und Symbolbezeichnung der Wechselstromdiode mit der Schichtfolge npn entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;
- Abb. 2d Aufbau und Symbolbezeichnung der Wechselstromdiode mit der Schichtfolge pnp entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;
- Abb. 3a Anschlussplan des Gleichstromtransistors mit der Schichtfolge npn der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;
- Abb. 3b Aufbau und Symbolbezeichnung des Gleichstromtransistors mit der Schichtfolge npn entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;
- Abb. 3c Aufbau und Symbolbezeichnung des Gleichstromtransistors mit der Schichtfolge pnp entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;
- Abb. 4a Aufbau und Symbolbezeichnung des Wechselstromtransistors in äquivalenter npn-Ausführung entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;

Abb. 4b Aufbau und Symbolbezeichnung des Wechselstromtransistors in äquivalenter pnp-Ausführung entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter;

Abb. 4c Aufbau und Symbolbezeichnung des komplementären Wechselstromtransistors entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter.

Die Abb. 1a stellt die Durchlasscharakteristik der bekannten Esaki-Diode dar. Wie aus dem Abschnitt a1 der Charakteristik ersichtlich wird, besitzt die in beiden Schichten stark dotierte Halbleiteranordnung die grundlegende Eigenschaft, dass der Durchlassstrom bereits bei sehr geringen äusseren Spannungen einsetzt. Durch weiteres Erhöhen der äusseren Spannung geht die Esaki-Diode in den Abschnitt b1 mit negativem Innenwiderstand über und verhält sich schliesslich im Abschnitt c1 wie eine herkömmliche Gleichrichterdiode. Diese spezielle Funktionsweise der Esaki-Diode beruht auf dem sog. Tunneleffekt. Bei umgekehrten Anschluss nimmt die Charakteristik der Esaki-Diode die auf Abb. 1b dargestellte Gestalt an. Betrachtet man den Abschnitt a2 als Durchlassbereich, so erhält man eine Gleichrichterdiode mit ausserordentlich geringer Schwellspannung. Diese Schwellspannung von praktisch Null Volt ist ebenfalls mit einem Bereich mit negativem Innenwiderstand /Abschnitt b2/ verbunden und nur danach tritt der für

normale Dioden charakteristische Abschnitt c2 auf.

Als Sperrbereich betrachtet man im vorliegenden Fall auch den Anfang des Durchlassbereiches /Abschnitte a1 - b1/. Solange die angelegte Spannung den c1 entsprechenden Wert nicht erreicht, fließt nur ein geringer Strom in der Diode. Die unmittelbare Ursache für den negativen Innenwiderstand sind die sog. "heissen" Elektronen, die durch die ausgeprägten Potentialverhältnisse innerhalb der Halbleiteranordnung entstehen. Die ohne Restspannung ablaufende, verlustfreie Gleichrichtung und das gleichzeitige Auftreten des negativen Innenwiderstandes haben sich anwendungstechnisch als eine so wertvolle Eigenschaft erwiesen, dass das Halbleiter-Bauelement mit der Charakteristik nach Abb. 1b einen besonderen Namen erhalten hat. Wegen des umgekehrten Anschlusses der Esaki-Diode hat sich in der Fachliteratur die Bezeichnung Backward-Diode durchgesetzt.

Nachteil der Backward-Diode ist der sehr kleine Spannungsbereich von einigen Zehntel Volt, in dem der gewünschte Effekt auftritt. Dadurch wird ihr Anwendungsbereich stark eingeschränkt. Zur Beseitigung dieses Nachteils wurde die Kristallkonfiguration der Backward-Diode in den erfundenen Dreischicht-Halbleitern leicht modifiziert. Die Modifizierung erfolgt derart, dass auf die Kristallstruktur der zweischichtigen Backward-Diode eine dritte Schicht aufgetragen wird, wo die beiden äusseren Schichten identischen Leitungstyp besitzen und die mitt-

lere Schicht entgegengesetzten Leitungstyp. Die Funktionsweise der so geschaffenen, in der Erfindung beschriebenen Dreischicht-Halbleiter wird wegen den zusätzlichen Wirkungen bei den einzelnen Ausführungsformen ausführlich beschrieben.

Auf Abb. 1c ist die Kristallstruktur der Gleichstromdiode mit npn-Schichtfolge entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter dargestellt. Der Schichtaufbau der herkömmlichen Backward-Dioden wird im vorliegenden Fall durch die Schichten n_2 und p verkörpert. Die zusätzliche Schicht ist die schwach dotierte Schicht n_1 . Aufgabe der Schicht n_1 ist es, mit ihrer niedrigen Dotation die Sperrwirkung in der Kristallstruktur zu verstärken. Nach Anlegen der auf Abb. 1c angedeuteten Spannungen an das Halbleiter-Bauelement erscheint an der Schicht n_2 positive und an der Schicht n_1 negative Spannung. Die Polarität am Übergang $n_2 - p$ entspricht den normalen Bedingungen der Backward-Diode in Durchlassrichtung. Die Halbleiterschicht n_1 und die angrenzende Metallelektrode bilden einen Übergang Metall - Halbleiter in Durchlassrichtung, der die zwischen den Schichten n_2 und p ablaufenden Vorgänge grundsätzlich nicht beeinflusst. Im Vergleich zur Backward-Diode besteht in der vorliegenden Anordnung nur der wesentliche Unterschied der abweichenden Dotationsebene der p-Schicht. Zur Realisierung der Sperrwirkung wurde die Dotation der mittleren Schicht p auf einen Wert herabgesetzt,

der die Dotation der Schicht n_1 nicht überschreitet. Für den Übergang $n_2 - p$ bedeutet diese Veränderung keinerlei Nachteil, da der für die Backward-Diode charakteristische Ladungsträgerstrom in gleicher Weise wie bei symmetrischem Schichtaufbau einsetzt. Nach den Erkenntnissen der Festkörperphysik ist es für den Durchbruch in Sperrichtung gleichgültig, ob die Vervielfachung der Ladungsträger durch eine gegenseitige oder asymmetrische Kraftwirkung ausgelöst wurde. In asymmetrischen Dioden wird der Beginn des Durchbruchs immer durch die Konzentration der Majoritätsladungsträger der stärker dotierten Halbleiterschicht bestimmt. Im vorliegenden Fall lässt sich der Durchbruch zwischen den Schichten $n_2 - p$ durch geeignete Dotierung der Schicht n_2 einstellen.

Durch Vertauschen der auf Abb. 1c gezeigten Spannungsverhältnisse tritt bezüglich des Ladungsträgerstroms zwischen den einzelnen Schichten keine wesentliche "Än-derung ein. Die äussere Spannung übt jetzt ihre Wirkung auf den Übergang $n_1 - p$ aus und der Übergang Metall - Halbleiter wird durch die Schicht n_2 mit der angrenzenden Metallelektrode verkörpert. Ein merklicher Unterschied ergibt sich lediglich daraus, dass wegen der geringeren Dotierung der Schichten n_1 und p eine wesentlich grössere Spannung angelegt werden muss, um den Durchbruch in Sperrichtung einzuleiten. Bei der Gleichstromdiode der erfundenen Dreischicht-Halbleiter

kommt die Sperrwirkung nur in scheinbarer Form zustande. Die Sperrwirkung entsteht eigentlich durch die Durchlasswirkung, die mit der Dotierung der Schicht n_1 proportional ist. Dementsprechend lässt sich die Spannungsfestigkeit in Sperrrichtung über den Dotierpegel der Schicht n_1 einstellen. Anhand der obigen Beschreibung kann man feststellen, dass die Gleichstromdiode entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter im Vergleich zu den herkömmlichen Zweischichtdioden als Gleichrichterelemente zu betrachten sind, die physikalisch nur zur Leitung in Sperrrichtung in der Lage sind, und zwar in der einen Richtung mit niedriger, in der anderen mit hoher Durchbruchspannung. Die oben beschriebene Reduzierung des Dotierpegels der mittleren Schicht p ist deshalb erforderlich, damit der Übergang $n_1 - p$ keine asymmetrische Form annimmt, da dadurch keine Sperrwirkung entstehen könnte. Die Dotation der mittleren Schicht p darf deshalb den Dotierpegel der Schicht n_1 nicht überschreiten.

Die Gleichstromdiode entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter kann sowohl in der Schichtfolge npn als auch pnp hergestellt werden. Infolge technologischer Schwierigkeiten durch die unterschiedliche Beweglichkeit der negativen und positiven Ladungsträger erweist sich die Herstellung der Variante mit der Schichtfolge npn als einfacher und billiger.

Abbildung 1d stellt die Kennlinie Spannung - Strom am Lastwiderstand in Serie mit der Gleichstromdiode entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter. Charakteristisch für die Kennlinie ist, dass nicht nur der Zweig in Sperrichtung, sondern auch in Durchlassrichtung nahezu linear verläuft. Ursache dieser anwendungstechnisch vorteilhaften Eigenschaft ist der oben bereits beschriebene, von der Anschlussart unabhängige Ladungsträgerfluss in Sperrichtung, der in Durchlassrichtung die logarithmische Stromabhängigkeit infolge des Ruhepotentialwalls der herkömmlichen Gleichrichterdioden beseitigt. Der Beginn von Durchlass- und Sperrbereich der Charakteristik hängt von der Dotierung der beiden Randschichten der erfundenen Dreischicht-Halbleiter ab. Sowohl in Durchlass- als auch in Sperrichtung nehmen die erfundenen Dreischicht-Halbleiter nur soviel Spannung auf, wie zum Auslösen des Durchbruchs erforderlich ist, der verbleibende Teil wird dem Lastwiderstand übergeben. Die widerstandserhöhende Wirkung der zusätzlichen Halbleiterschicht auf den Ladungsträgerstrom hat zur Folge, dass an der Kennlinie Spannung - Strom über den Lastwiderstand in Reihe mit den erfundenen Dreischicht-Halbleitern unter normalen Umständen kein Bereich mit negativem Innenwiderstand nachgewiesen werden kann.

Die Gleichstromdiode der erfundenen Dreischicht-Halbleiter sowie die darauf aufbauenden weiteren Ausführ-

rungen müssen nicht unbedingt nur niedrige Schwellspannungen besitzen. In Abhängigkeit von der Konzentration der stärker dotierten äusseren Schicht lässt sich die Schwellspannung in Durchlassrichtung auf beliebige Werte einstellen, so dass die erfundenen Dreischicht-Halbleiter ausser der Gleichrichtung für zahlreiche andere elektronische Funktionen eingesetzt werden können. Ein sehr charakteristischer Anwendungsbereich ist die Spannungsstabilisierung, so dass der praktische Einsatz der erfundenen Dreischicht-Halbleiter im weiteren besonders auf diesem Gebiet vorgestellt werden soll.

Auf Abb. 1e ist die Kennlinie Strom - Spannung dargestellt, die in der Betriebsart Stabilisator am Lastwiderstand in Reihe mit der Gleichstromdiode entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter messbar ist. Am einfachsten lässt sich der Stabilisatorbetrieb so erreichen, indem man unter Konstanthaltung der angelegten Spannung den mit dem Halbleiter-Bauelement in Reihe liegenden Lastwiderstand verringert. Das Halbleiterbauelement weist in diesem Fall spannungsstabilisierende Wirkung auf, die sich darin äussert, dass mit Zunahme des Laststroms immer mehr Spannung über dem Lastwiderstand abfällt. Dieser Spannungszuwachs kommt dadurch zustande, indem mit indirekter Zunahme des fliessenden Stroms proportional die über dem Halbleiter-Bauelement abfallende Spannung abnimmt und diese Spannungsdifferenz erscheint als Zusatzspannung über dem Lastwiderstand. Diese spezielle Eigenschaft der

Gleichstromdiode der erfundenen Dreischicht-Halbleiter lässt sich in der Praxis sehr vorteilhaft ausnutzen. Wenn man das Halbleiter-Bauelement beispielsweise zwischen eine unstabilisierte Quelle und einen Lastkreis legt und den Spannungsabfall durch den Lastkreis mit dem Innenwiderstand des Halbleiter-Bauelements in Einklang bringt, so kann durch das Halbleiter-Bauelement die ganze Gleichrichter- und Stabilisierungsschaltung ersetzt werden. Eine ähnliche Stabilisationswirkung besitzen auch die in Sperrichtung betriebenen Zweischicht-Dioden /z.B. Zener-Dioden/. Bei diesen Halbleiterelementen mit einfacher Kristallkonfiguration tritt jedoch der Nachteil auf, dass sie keine Sperrwirkung besitzen. Bei umgekehrter Beanspruchung verhalten sie sich wie normale Gleichrichterdioden. Durch geeignete Wahl der Schwellspannung in Durchlassrichtung können die erfundenen Dreischicht-Halbleiter, in gleicher Weise wie die Zener-Dioden, für beliebige Betriebsspannungen hergestellt werden.

Aufbau und empfohlene Symbolbezeichnung der Gleichstromdiode entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter sind für die Schichtfolge npn auf Abb. 2a und für die Schichtfolge pnp auf Abb. 2b dargestellt. Da der Ladungsträgerfluss normaler Gleichrichterdioden grundsätzlich von den Strömungsverhältnissen in den erfundenen Gleichstromdioden abweicht, ist es für eindeutige Interpreta-

tionszwecke von Nutzen, neue, den tatsächlichen Verhältnissen besser entsprechende Polarisationszeichen einzuführen. Dementsprechend ist die schwächer dotierte Halbleiterschicht /2/ mit dem sog. Injektoranschluss /5/ und die stärker dotierte Halbleiterschicht /3/ mit dem Rezeptoranschluss /6/ verbunden.

Die Abb. 2c und 2d zeigen den Aufbau und die empfohlene Symbolbezeichnung der Wechselstromdioden entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter mit den Schichtfolgen npn und pnp. Die technologische Realisierbarkeit dieser Ausführungsformen beruht auf den speziellen Strömungsverhältnissen der Ladungsträger der erfundenen Dreischicht-Halbleiter. Das gibt die Möglichkeit, durch Modifizieren des Dotationspegels die Durchbruchsspannung in beliebiger Richtung zu verschieben. Im vorliegenden Fall besitzen die beiden äußeren Schichten /2, 3/ den gleichen Dotationspegel, was bedeutet, dass das entstehende Halbleiter-Bauelement in beiden Richtungen die gleichen Leitungseigenschaften aufweist. Mit dem Verlust der Gleichrichterwirkung geht jedoch die andere, wichtige Wirkung dieser symmetrischen Anordnungen, die Stabilisatorwirkung, nicht verloren. Die Halbleiter-Bauelemente ohne Sperrwirkung lassen sich vorteilhaft in Wechselstromkreisen zur Kompensation von Spannungsschwankungen auf der Lastseite einsetzen. Die Anschlüsse der Wechselstromdioden entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiterelemente.

sind infolge des symmetrischen Schichtaufbaus beliebig vertauschbar, so dass bei der Symbolbezeichnung keine besonderen Polarisationszeichen erforderlich sind.

Auf Abb. 3a ist die Kristallkonfiguration des Gleichstromtransistors entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter mit der Schichtfolge npn dargestellt. Der konstruktive Aufbau weist viele Ähnlichkeiten mit der Kristallkonfiguration der oben erläuterten Gleichstromdioden entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter auf. Der einzige Unterschied besteht nur darin, dass auch die mittlere Schicht herausgeführt wurde.

Neben der auf Abb. 3a gezeigten Polarität erzeugt der Steuerwiderstand R_v einen spezifischen, zusätzlichen Ladungsträgerfluss im Halbleiterelement. Proportional mit der Erhöhung des Steuerstroms nimmt auch die Zahl der durch das Element fließenden Ladungsträger zu. Unmittelbare Ursache für diese Erscheinung ist die Diodenwirkung der in Durchlassrichtung beanspruchten Schichten $n_1 - p$, die entsprechend dem Ladungsträgerstrom herkömmlicher Dioden in Durchlassrichtung einen Rekombinationsstrom zwischen den beiden Halbleiterschichten auslöst. Der durch den Durchbruch in Sperrichtung entstehende Ladungsträgerstrom in Hauptrichtung wird somit von einem entgegengesetzten Ladungsträgerstrom in Nebenrichtung begleitet. Dieser Erscheinung, die von

aussen an die Funktionsweise normaler Transistoren erinnert, sind jedoch enge Grenzen gesetzt, da durch die Spannung an der Steuerelektrode der Ladungsträgerstrom in Durchlassrichtung nur erhöht, aber nicht verringert werden kann. Ein vollständiges Drosseln des Ladungsträgerflusses in Hauptrichtung wird bei dem erfundenen Gleichstromtransistor durch den Durchbruch in Sperrrichtung verhindert. Die Steuerelektrode besitzt somit nur eine kompensierende, Ladungsträger ersetzende Wirkung. In gleicher Weise wie die Gleichstromdiode kann auch der Gleichstromtransistor entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter sowohl mit npn- als auch pnp-Schichtfolge hergestellt werden. Einfacher und billiger ist auch hier die Technologie für die npn-Variante.

Die Abb. 3b und 3c zeigen Aufbau und empfohlene Symbolbezeichnung der Gleichstromtransistoren entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter in npn- und in pnp-Ausführung. Die mittlere Halbleiterschicht /4/ ist mit dem sog. Kompensor-Anschluss /7/ verbunden.

Die Gleichstromtransistoren entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter sind ebenfalls zur Lösung sehr vielseitiger Aufgaben geeignet. Einer der wichtigsten Einsatzbereiche ist auch hier die Spannungsstabilisierung. Wenn man Kollektor und Emitter eines normalen, bipolaren Transistors mit den Anschlüs-

sen Rezeptor und Kompensor des erfundenen Gleichstromtransistors verbindet und an die Basis eine vorgespannte Zenerdiode legt, so ist der erfundene Gleichstromtransistor nicht nur zum Ausgleich lastbedingter Spannungsänderungen geeignet, sondern auch zur effektiven Kompensation von "Änderungen der Eingangsspannung. Der Regelwiderstand wird in dieser Anordnung durch den bipolaren Transistor in der Art verkörpert, dass der Durchgangswiderstand zwischen Kollektor-Emitter-Strecke von der Zenerdiode zwischen Basis und Masse in Abhängigkeit von der Eingangsspannung geregelt wird. Der Eingang des Stabilisators ist der Rezeptor des erfundenen Transistors zusammen mit den ergänzenden Bauelementen, die Ausgangslast wird zwischen Injektor und den gemeinsamen Massepunkt geschaltet. Im Interesse einer entsprechenden Eingangs- und Ausgangsstabilisierung muss die Schwellspannung des erfundenen Transistors in Durchlassrichtung im geeigneten Verhältnis zur Nennspannung der Zenerdiode bzw. zur Eingangsspannung stehen.

Die Abb. 4a, 4b und 4c enthalten Aufbau und empfohlene Symbolbezeichnung des Wechselstromtransistors entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter. Der auf Abb. 4a dargestellte Halbleiter mit komplexer Kristallkonfiguration besteht eigentlich aus zwei, antiparallel geschalteten Gleichstromtransistoren mit der Schichtfolge npn /1a, 1b/, wo die miteinander verbundenen Elek-

troden Injektor und Rezeptor /5a, 6b und 6a, 5b/ mit den sog. Arbeitselektroden W1 und W2 /10, 11/ und die mittleren Schichten /4a, 4b/ mit den unabhängigen Kompensorelektroden C1 und C2 /7a, 7b/ verbunden sind.

Der auf Abb. 4b dargestellte Halbleiter unterscheidet sich von der Variante nach Abb. 4a nur in der Schichtfolge der Gleichstromtransistoren. Das Halbleiter-Bau-element nach Abb. 4c besitzt eine komplementäre Schichtkonfiguration. Die komplexe Kristallkonfiguration besteht in diesem Fall aus den Gleichstromtransistoren mit der Schichtfolge npn und pnp /1a, 1b/, wo die miteinander verbundenen Elektroden Injektor und Rezeptor /5a, 5b und 6a, 6b/ zu den gemeinsamen Elektroden I und R /10, 11/ und die mittleren Schichten /4a, 4b/ zu den unabhängigen Elektroden Cn und Cp /7a, 7b/ führen.

Die Wechselstromtransistoren entsprechend der erfundenen Dreischicht-Halbleiter arbeiten derart, dass positive und negative Halbwelle des Wechselstroms getrennt geregelt und dann an den gemeinsamen Arbeitselektroden zusammengeführt werden. Gegenüber den äquivalenten Ausführungen besitzt die komplementäre Variante den Vorteil, dass beide Steuerelektroden /Cn und Cp/ von der gleichen Arbeitselektrode /R/ gesteuert werden können. Weiterhin besitzt letztere Variante den Vorteil, dass die Steuerung nicht nur von der gemeinsamen Arbeitselektrode /R/, sondern auch durch eine einfache Steuerschaltung zwischen den beiden Steuerelektroden /Cn und Cp/

erfolgen kann. Ausser der Einfachheit besitzt diese Ansteuerung den Vorteil, dass wesentlich weniger Steuerenergie als an den Arbeitselektroden /W1 - W2 und R/ erforderlich ist.

Die erfundenen Dreischicht-Halbleiter lassen sich mit der Technologie der Backward-Diode sowie der allgemein bekannten und benutzten Mehrschicht-Halbleiter erzeugen und bildet deshalb nicht Bestandteil vorliegender Studie.

Anhand der obigen Funktionsbeschreibung der erfundenen Dreischicht-Halbleiter ist ersichtlich, dass diese einen weiten Anwendungsbereich besitzen und auf beliebigen Bereichen der modernen Elektronik überall dort eingesetzt werden können, wo Regel- und Gleichrichtungsaufgaben sowie komplexe schaltungstechnische Aufgaben einfach, billig und zuverlässig zu lösen sind.

Patentansprüche

1. Dreischicht-Halbleiter, deren Funktionsprinzip auf dem Ladungsträgerfluss der Backward-Diode beruht und dadurch charakterisiert sind, dass die Halbleiterkonfiguration /1/ aus zwei Schichten gleichen Leitungstyps /2, 3/ und einer Schicht entgegengesetzten Leitungstyps /4/ besteht, letztere zwischen den beiden Schichten gleichen Leitungstyps /2, 3/ angeordnet ist und einen Dotationspegel besitzt, der den Pegel der beiden Schichten gleichen Leitungstyps /2, 3/ nicht überschreitet.
2. Gleichstromdiode entsprechend der Dreischicht-Halbleiter nach Punkt 1 und dadurch charakterisiert, dass die beiden Schichten gleicher Leitungsart /2, 3/ durch n-Schichten unterschiedlicher Dotation gebildet werden, wo die schwächer dotierte Schicht /2/ mit der Injektorelektrode /5/ und die stärker dotierte Schicht /3/ mit der Rezeptorelektrode /6/ verbunden sind.
3. Gleichstromdiode entsprechend der Dreischicht-Halbleiter nach Punkt 1 und dadurch charakterisiert, dass die beiden Schichten gleicher Leitungsart /2, 3/ durch p-Schichten unterschiedlicher Dotation gebildet werden, wo die schwächer dotierte Schicht /2/ mit der Injektorelektrode /5/ und die stärker dotierte Schicht /3/ mit der Rezeptordiode verbunden sind /6/.

4. Wechselstromdiode entsprechend der Dreischicht-Halbleiter nach Punkt 1, die dadurch charakterisiert ist, dass die beiden Schichten gleicher Leitungsart /2, 3/ symmetrische n-Schichten gleicher Dotation bilden, wo die symmetrischen Schichten /2, 3/ mit den vertauschbaren, äusseren Elektroden /5, 6/ verbunden sind.
5. Wechselstromdiode entsprechend der Dreischicht-Halbleiter nach Punkt 1, die dadurch charakterisiert ist, dass die beiden Schichten gleicher Leitungsart /2, 3/ symmetrische p-Schichten gleicher Dotation bilden, wo die symmetrischen Schichten /2, 3/ mit den vertauschbaren, äusseren Elektroden /5, 6/ verbunden sind.
6. Gleichstromtransistor entsprechend der Dreischicht-Halbleiter nach Punkt 1, der dadurch charakterisiert ist, dass die beiden Halbleiterschichten gleichen Leitungstyps /2, 3/ n-Schichten abweichender Dotation bilden, wo die schwächer dotierte Schicht /2/ mit der Injektorelektrode /5/, die stärker dotierte Schicht /3/ mit der Rezeptorelektrode /6/ und die mittlere Schicht entgegengesetzten Leitungstyps /4/ mit der Kompensorelektrode verbunden sind /7/.
7. Gleichstromtransistor entsprechend der Dreischicht-Halbleiter nach Punkt 1, der dadurch charakterisiert ist, dass die beiden Halbleiterschichten gleichen Leitungstyps /2, 3/ p-Schichten abweichender Dotation bilden, wo die schwächer dotierte Schicht /2/

mit der Injektorelektrode /5/, die stärker dotierte Schicht /3/ mit der Rezeptorelektrode /6/ und die mittlere Schicht entgegengesetzten Leitungstyps /4/ mit der Kompensorelektrode verbunden sind /7/.

8. Wechselstromausführung des Transistors nach Punkt 6, die dadurch charakterisiert ist, dass sie einen Halbleiterkörper mit komplexen Schichtaufbau besitzt, der Halbleiterkörper durch den ersten und zweiten Gleichstromtransistor /1a, 1b/ der Schichtfolge npn gebildet wird, wo die Elektroden Injektor und Rezeptor /5a, 6a/ des ersten Transistors /1a/ antiparallel mit den Elektroden Injektor und Rezeptor /5b, 6b/ des zweiten Transistors /1b/ verbunden sind, die zusammengeschalteten Elektroden zu gemeinsamen Arbeitselektroden /10, 11/ führen und die mittleren Schichten /4a, 4b/ die voneinander unabhängigen Kompensorelektroden /7a, 7b/ bilden.
9. Wechselstromausführung des Transistors nach Punkt 7, die dadurch charakterisiert ist, dass sie einen Halbleiterkörper mit komplexen Schichtaufbau besitzt, der Halbleiterkörper durch den ersten und zweiten Gleichstromtransistor /1a, 1b/ der Schichtfolge pnp gebildet wird, wo die Elektroden Injektor und Rezeptor /5a, 6a/ des ersten Transistors /1a/ antiparallel mit den Elektroden Injektor und Rezeptor /5b, 6b/ des zweiten Transistors /1b/ verbunden sind, die

zusammengeschalteten Elektroden zu gemeinsamen Arbeitselektroden /10, 11/ führen und die mittleren Schichten /4a, 4b/ die voneinander unabhängigen Kompensorelektroden /7a, 7b/ bilden.

10. Wechselstromausführung der Transistoren nach den Punkten 6 und 7, die dadurch charakterisiert ist, dass sie einen Halbleiterkörper mit komplexem Schichtaufbau besitzt, der Halbleiterkörper durch den ersten und zweiten Gleichstromtransistor /1a, 1b/ der Schichtfolgen npn und pnp gebildet wird, wo die Elektroden Injektor und Rezeptor /5a, 6a/ des ersten Transistors /1a/ parallel mit den Elektroden Injektor und Rezeptor /5b, 6b/ des zweiten Transistors /1b/ verbunden sind, die zusammengeschalteten Elektroden zu gemeinsamen Arbeitselektroden /10, 11/ führen und die mittleren Schichten /4a, 4b/ die voneinander unabhängigen Kompensorelektroden /7a, 7b/ bilden.

.....
Ákos Kun

DREISCHICHT-HALBLEITER

Ákos Kun, Fachingenieur für Elektrotechnik, Budapest

Anmeldungstag: 03. 11. 1977

A U S Z U G

Gegenstand der Erfindung sind Dreischicht-Halbleiter, deren Funktionsprinzip auf dem Ladungsträgerfluss der Backward-Diode beruht, der Halbleiterkörper durch zwei Halbleiterschichten gleichen Leitungstyps und einer Halbleiterschicht entgegengesetzten Leitungstyps gebildet wird, die Halbleiterschicht entgegengesetzten Leitungstyps zwischen den Halbleiterschichten gleichen Leitungstyps angeordnet ist und deren Dotationspegel den der Halbleiterschichten gleichen Leitungstyps nicht überschreitet.

Mit einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wurden Dioden geschaffen, die gleichzeitig zur Gleichrichtung und für Aufgaben, die einen negativen Innenwiderstand erfordern, geeignet sind.

Bei einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wurden durch Herausführen der mittleren Schicht Transistoren zur Versorgung funktionaler Aufgaben geschaffen.