

HALBLEITERELEMENT BESONDERS ZUR WECHSELSTROMREGELUNG UND REGELKREIS

Akos Kun, Fachingenieur für Elektrotechnik, Budapest

Anmeldetag: 03. 11. 1977

Gegenstand der Erfindung ist ein Halbleiterelement besonders für die Regelung von Wechselströmen, das einen Halbleiterkörper mit symmetrischen Schichtaufbau besitzt, in beiden Richtungen leitfähig ist, die Leitfähigkeit in beiden Richtungen extern stetig geregelt werden kann, der Halbleiterkörper durch ersten und zweiten npn- und pnp-Transistor auf gemeinsamer Isolation gebildet wird, wo die Dotationsverteilung der beiden äusseren Schichten des ersten Transistors ähnlich der Dotationsverteilung der beiden äusseren Schichten des zweiten Transistors ist, die beiden äusseren Schichten des ersten Transistors parallel zu den beiden äusseren Schichten des zweiten Transistors liegen, die beiden parallel geschalteten Schichten mit gemeinsamen unteren und oberen Arbeitselektroden, die mittleren Schichten mit unabhängigen Steuerelektroden verbunden sind.

Die Erfindung erstreckt sich weiterhin auf eine Ausführungsform der mit dem obigen Halbleiterelement realisierbaren Regelschaltung, wo das Halbleiterelement ist über seine Arbeitselektroden mit dem Wechselstromgenerator und dem Verbraucher in Reie geschaltet, und zwischen die beiden unabhängigen Steuerelektroden ein variabler, ohmscher Widerstand anzuschliessen ist.

Zur Wechselstromregelung stehen zahlreiche Bauelemente zur Verfügung, die ihren Aufbau nach in zwei Gruppen unterteilbar sind. Zur ersten Gruppe gehören die mechanischen Regler. In den meisten Fällen handelt sich es hierbei um manuell bedienbare, ohmsche oder induktive Regler, die nach dem Prinzip arbeiten, dass Serienwiderstände oder Induktivitäten entsprechender Belastbarkeit eingefügt werden. Wegen der Notwendigkeit des manuellen Eingriffes sowie der induktiven Regelung - z.B. Transformator mit Anzapfung -, die keine stetige Regelung gestattet, ist diese Art der Regelung als überholt zu betrachten.

Zur zweiten Gruppe gehören die Impedanzregler auf Halbleiterbasis, wo die Regelung über ein Halbleiterelement mit in beiden Richtungen variabler Impedanz erfolgt. Der Nachteil der bisher bekannten Halbleiterelemente mit in beiden Richtungen variabler Impedanz besteht darin, dass sie komplizierte und kostspielige Steuerstromkreise benötigen. Zu den Reglern auf Halbleiterbasis gehören noch die Schaltregler, die ihre Regelwirkung durch Beeinflussung des Stromflusswinkels oder durch Herabsetzen der Periodenzahl erreichen. Ein grosser Nachteil dieser Reg-

ler ist die Unstetigkeit. Die impulsartige Versorgung wird nur von wenigen Verbrauchern ertragen, die bei der Phasenanschnittsteuerung beim Unterbrechen entstehenden Transientenerscheinungen rufen in der ganzen Schaltung Störungen hervor.

Die erhöhten Forderungen an die Funktion moderner, automatischer Einrichtungen können mit den bisherigen Mitteln nur durch Erhöhung der Bauelementezahl erfüllt werden, was selbstverständlich zu einer Erhöhung der Herstellungskosten sowie zu einer Abnahme der Zuverlässigkeit führt. Diese unerwünschte Erscheinung lässt sich erfolgreich durch den Einsatz neuer, funktionsaler Elemente umgehen.

Aufgabe der Erfindung war die Schaffung eines, in beiden Richtungen stetig regelbaren Elementes, das geeignet ist, sich mit einfachen, externen Beschaltungselementen selbst zu regeln, wodurch die bisher benutzten, komplizierten Steuerstromkreise sowie die Regelschaltungen zur Versorgung dieser Steuerstromkreise mit Betriebsspannung entfallen können.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass sich bei Parallelschaltung eines bipolaren npn- sowie eines bipolaren pnp-Transistors die Basis-Emitter- bzw. Basis-Kollektor-Strecken der beiden Transistoren wie Gleichrichterdioden verhalten, so dass zwischen den Basisanschlüssen ein Wechselstromsignal messbar ist, das die gleiche Phase wie der Netzstrom besitzt. Da an der Basis des

nnp-Transistors immer die negative Halbperiode des Wechselstroms und an der Basis des pnp-Transistors immer die positive Halbperiode erscheinen, sind diese Signale durch Anschalten an die Basis des anderen Transistors geeignet, den gerade gesperrten Transistor in den leitenden Zustand zu steuern. Der Strom durch die je Halbperiode durchgesteuerten Transistoren addiert sich in den parallelen Anschlussleitungen, so dass sich ein Element ergibt, das zur Regelung einer Wechselstromimpedanz geeignet ist, ohne dass zur Ansteuerung eine zusätzliche, komplizierte Schaltung erforderlich wäre.

Mit der Erfindung wurde ein Halbleiterelement besonders zur Regelung von Wechselstrom geschaffen, das einen Halbleiterkörper mit symmetrischen Aufbau besitzt, der Halbleiterkörper in zwei Richtungen leitfähig ist, die Leitfähigkeit in zwei Richtungen durch eine externe Steuerung stetig geregelt werden kann, der Halbleiterkörper aus einem ersten und zweiten npn- und pnp-Transistor auf einer gemeinsamen Isolationsschicht gebildet wird, wo die beiden äusseren Schichten des ersten Transistors eine ähnliche Dotierungsverteilung wie die beiden äusseren Schichten des zweiten Transistors besitzen, die beiden äusseren Schichten des ersten Transistors mit den beiden äusseren Schichten des zweiten Transistors parallel geschaltet sind, die beiden parallel geschalteten Schichten zu je einer gemeinsamen unteren und oberen Arbeitselektrode und die mittleren Schichten zu unabhängigen Steuerelekt-

roden führen. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der mit dem erfundenen Halbleiterelement realisierbaren Regelschaltung das Halbleiterelement ist über seine Arbeitselektroden mit dem Wechselstromgenerator und dem Verbraucher in Reihe geschaltet, und liegt zwischen den beiden unabhängigen Steuerelektroden des Halbleiterelementes ein variabler ohmscher Widerstand.

Im weiteren soll die Erfindung anhand der Beispiele auf den folgenden Abbildungen ausführlicher erläutert werden:

- Abb. 1a Stromlaufplan des bekannten Impedanzreglers auf Halbleiterbasis mit Leitfähigkeit in beiden Richtungen;
- Abb. 1b Stromlaufplan des bekannten Nulldurchgangsreglers auf Halbleiterbasis mit Leitfähigkeit in beiden Richtungen;
- Abb. 2a Schnittzeichnung des erfundenen Halbleiterelementes;
- Abb. 2b Empfohlene Symbolbezeichnung des erfundenen Halbleiterelementes;
- Abb. 2c Vorteilhafte Ausführungsform zum Einsatz des erfundenen Halbleiterelementes in einer Wechselstromschaltung.

Auf Abb. 1a ist der Stromlaufplan des Impedanzreglers mit Leitfähigkeit in beiden Richtungen dargestellt, der unter der Patentnummer 2516758 der BRD geschützt ist. Das bidirektionale Halbleiterelement T3 in Reihe mit dem Verbraucher F1 wird hier durch die Schaltung, die mit der Strichlinie gekennzeichnet ist, an-

gesteuert. Die Steuerschaltung wird durch eine, von dem Wechselstromgenerator G1 unabhängigen Gleichspannungsquelle U_t gespeist, der Regelstrom kommt durch eine dritte Stromquelle A1 zur Vorspannung zustande. In Übereinstimmung mit den obigen Ausführungen ist die vorgestellte Schaltung infolge der hohen Bauelementezahl, der notwendigen, selektiven Einstellarbeiten sowie der zusätzlichen Betriebsspannung sehr kompliziert und kostspielig.

Abbildung 1b enthält die von Transientenerscheinungen freie Variante der einleitend erwähnten Schaltregler, wo die Regelung von der Zweiweg-Thyristordiode /Triac/ Tr1 über Eingang I_G übernommen wird. Die bekannte, auf dem Prinzip des Nullübergangs aufbauende Schaltung benötigt im Gegensatz zu

der Schaltung auf Abb. 1a keine getrennte Versorgungsspannung mehr, durch die hohe Anzahl der Bauelemente ist jedoch auch diese Lösung kompliziert und teuer. Als weiterer Nachteil ergibt sich noch, dass keine stetige Regelung möglich ist. Die Regelwirkung wird durch Auslassen von ein oder mehrerer Perioden erreicht, wodurch der Regelstrom in vielen Fällen nicht unmittelbar weiterverwendbar ist.

Der Schichtaufbau des erfundenen Halbleiterelementes wurde auf Abb. 2a im Schnitt dargestellt. Der zusammengesetzte Halbleiterkörper besteht aus je einem Transistor, deren Kollektor- und Emitterschichten eine ähnliche Dotierungsverteilung aufweisen. Transistoren mit ähnlich ein-

fachem Schichtaufbau sind in der Fachliteratur als LEC-Transistoren bekannt. Der erste Transistor /1/ und der zweite Transistor /2/ befinden sich auf einer gemeinsamen Isolationsschicht /12/. Der komplementäre Charakter von ersten und zweiten Transistor ist für die Ansteuerung von grundsätzlicher Bedeutung. Die beiden äusseren Schichten /3/ und /4/ des ersten, npn-Transistors sowie die Schichten /5/ und /6/ des zweiten, pnp-Transistors sind mit metallischen Elektroden verbunden. Die unteren und oberen Elektroden stehen über je eine Verbindungsleitung im metallischen Kontakt und führen zu den Anschlüssen /7/ und /8/. Die Aufgabe der beiden Verbindungsleitungen besteht darin, den Ladungsträgerfluss von erstem und zweitem Transistor in Hauptrichtung parallel zu schalten. Die mittleren p- und n-Bereiche des ersten bzw. zweiten Transistors sind mit den unabhängigen Elektroden /9/ und /10/ verbunden. Im Interesse einer ausgeglichenen Funktion innerhalb des zusammengesetzten Schichtaufbaus in beiden Richtungen ist die Dotierungsverteilung der äusseren Schichten /3/ und /4/ sowie /5/ und /6/ des ersten bzw. zweiten Transistors nicht nur untereinander, sondern auch relativ zueinander ähnlich. Der zusammengesetzte Schichtaufbau wird von oben mit der Siliziumoxidschicht /11/ abgeschlossen. Die Basiselektroden /9/ und /10/ regeln als Steuerelektroden die Impedanz des Halbleiterelementes. Die Regelwirkung kommt durch den bekannten Transistoreffekt zustande. Da durch den symmetrischen Aufbau und die Parallelschaltung die äusseren Schichten ihren Charakter als

Kollektor und Emitter verloren haben, werden die oberen und unteren, vereinigten Elektroden im weiteren als Arbeitselektroden behandelt.

Abbildung 2b enthält die vorgeschlagene Symbolbezeichnung des erfundenen Halbleiterelementes, wo die Anschlüsse W1 und W2 die untere und obere Arbeitselektrode, die Anschlüsse B1 und B2 die Steuerelektroden darstellen. Infolge des Zweiwegcharakters können die Elektroden W1 und W2 sowie B1 und B2 untereinander vertauscht werden.

Die Funktion des erfundenen Halbleiterelementes soll mit einer vorteilhaften Ausführungsform der mit dem Halbleiterelement realisierbaren Regelschaltung illustriert werden, die auf der Abb. 2c dargestellt ist. Die Arbeitselektroden des erfundenen Halbleiterelementes liegen in Reihe mit der Wechselstromlast /14/. Die Speisung erfolgt vom Wechselstromgenerator /13/. Der über den Verbraucher fließende Strom wird durch die variable Impedanz des erfundenen Halbleiterelementes geregelt. Der Wert der Impedanz des Halbleiterelementes hängt von dem Strom, der in die Steuerelektroden B1 und B2 fließt, ab. Abweichend von den Verfahren, wie sie in der Transistortechnik bekannt sind, erfolgt die Steuerung im vorliegenden Fall in einer völlig neuen Weise. Der Steuerstrom wird hier nicht der Betriebsspannung oder einer Arbeitselektrode entnommen, sondern zur Steuerung wird eine spezielle Eigenschaft des erfundenen Halbleiterelementes herangezogen. Bei einer Wechselstrombelastung verhält sich das erfundene Halb-

leiterelement zwischen seinen äusseren Schichten über die mittlere Schicht wie eine Gleichrichterdiode, so dass an der einen Basiselektrode die eine Halbperiode, an der anderen Basiselektrode die andere Halbperiode des Wechselstroms anliegt. Infolge der Gleichrichtung erscheint am Basisanschluss des npn-Transistors /1/ die negative Halbperiode, am Basisanschluss des pnp-Transistors /2/ die positive Halbperiode des Wechselstroms. Aus dem Komplementärcharakter des Elementes ergibt sich, dass in je einer Halbperiode immer nur der eine Transistor gleichrichtet, der andere Transistor gesperrt ist. Da für das Aufsteuern des gerade gesperrten Transistors eine Spannung mit dem Vorzeichen notwendig ist, wie sie durch die Gleichrichtung an der Basiselektrode des anderen Transistors entsteht, erhält man durch eine ohmsche Verbindung der beiden Basisanschlüsse ein Element, das zur periodischen Selbstregulung geeignet ist. In Abhängigkeit vom Widerstandswert des Anschaltelementes zwischen den Elektroden B1 und B2 lässt sich das Halbleiterelement vom Sperrzustand bis zur Sättigung stetig regeln. Der Strom der je Halbperiode geöffneten ersten und zweiten Transistoren addiert sich in der parallelen Verbindungsleitung, so dass das erfundene Halbleiterelement von aussen betrachtet sich wie ein Wechselstromregler mit Leitfähigkeit in beiden Richtungen verhält. Die ohmsche Verbindung zwischen den Steuerelektroden B1 und B2 ist auf der Abb. 2c durch den variablen Widerstand /15/ dargestellt.

Offensichtlich lässt sich das erfundene Halbleiterelement nicht nur durch Einfügen eines ohmschen Elementes zwischen die beiden Steuerelektroden, sondern auch durch zwei getrennte Elemente zwischen Arbeits- und Steuerelektrode steuern. Vorteil dieser Lösung ist, dass die beiden Halbperioden auch getrennt regelbar sind. Für eine symmetrische Regelung jedoch muss zwischen den beiden Steuerelementen Gleichlauf vorhanden sein.

Anhand der obigen Beschreibung kann man das erfundene Halbleiterelement als Wechselstromtransistor oder kurz ACT betrachten, da sein Funktionsprinzip sowie seine einfache Ansteuerung den Gegebenheiten herkömmlicher Transistoren ähneln. Der Vorteil des erfundenen Halbleiterelementes gegenüber herkömmlicher Transistoren besteht darin, dass selbst bei Kurzschluss der beiden Steuerelektroden das Element nicht zerstört wird. Da die Ansteuerung nicht von der Betriebsspannung erfolgt, gelangt bei Kurzschluss der Elektroden B1 - B2 das Halbleiterelement in die Sättigung, ohne dass ein Halbleiterbereich Beschädigungen erleidet.

Aufgrund obiger Beschreibung kann das erfundene Halbleiterelement anwendungstechnisch als funktionales Element betrachtet werden, da es mit einem einfachen Anschalt-element geeignet ist, herkömmliche Regeleinheiten mit komplizierten Steuerschaltungen zu ersetzen.

Das erfundene Halbleiterelement lässt sich nicht nur als Impedanzregler, sondern auch vorteilhaft als Schaltreg-

ler mit hohem Wirkungsgrad und niedrigen thermischen Verlusten einsetzen. In dieser Betriebsart besitzt das erfundene Halbleiterelement gegenüber den Thyristorreglern mit Zwangsabschaltung den Vorteil, dass der Regelkreis durch Kurzschliessen oder Unterbrechen der beiden Steuerelektroden in beliebigen Phasen des Wechselstroms ein- bzw. ausschaltbar ist.

Weiterhin lässt sich das erfundene Halbleiterelement ausser dem manuellen Betrieb erfolgreich im automatischen Betrieb einsetzen. Durch Einfügen eines Kleinleistungs-Halbleiterelementes zwischen die beiden Steuerelektroden sowie mit einer einfachen Schaltung zur Spannungsüberwachung ist das erfundene Halbleiterelement z.B. zur Stabilisierung der Netzspannung geeignet.

Das erfundene Halbleiterelement lässt sich mit der bekannten Technologie zur Herstellung von Halbleitern mit Leitfähigkeit in ein oder zwei Richtungen erzeugen, die somit nicht Teil der Erfindung ist.

Anhand des beschriebenen Funktionsprinzips des erfundenen Halbleiterelements ist leicht einzusehen, dass dieses einen weiten Anwendungsbereich besitzt, in beliebigen Bereichen der modernen elektronischen Industrie überall dort einsetzbar ist, wo Wechselstrom einfach, billig und zuverlässig geregelt werden soll.

Patentansprüche:

1. Halbleiterelement besonders zur Regelung von Wechselstrom, das einen Halbleiterkörper mit symmetrischem Schichtaufbau besitzt, der Halbleiterkörper in beiden Richtungen leitfähig ist und die Leitfähigkeit in beiden Richtungen durch eine externe Steuerung stetig geregelt werden kann, dadurch charakterisiert, dass der Halbleiterkörper durch ersten und zweiten Transistoren der Schichtfolge npn und pnp /1,2/ auf gemeinsamer Isolationsbasis /12/ gebildet wird, wo die Dotierungsverteilung der beiden äusseren Schichten /3,4/ des ersten Transistors /1/ ähnlich zur Dotierungsverteilung der beiden äusseren Schichten /5,6/ des zweiten Transistors /2/ ist, die beiden äusseren Schichten /3,4/ des ersten Transistors /1/ mit den beiden äusseren Schichten /5,6/ des zweiten Transistors /2/ parallel geschaltet sind, die parallel geschalteten Schichten zu gemeinsamen unteren und oberen Arbeitselektroden /7,8/ die mittleren Schichten zu unabhängigen Steuerelektroden /9,10/ führen.
2. Regelschaltung, in der der Regelvorgang durch das Halbleiterelement gemäss Punkt 1 übernommen wird, dadurch charakterisiert, dass das Halbleiterelement ist über seine Arbeitselektroden /7,8/ mit dem Wechselstromgenerator /13/ und dem Verbraucher /14/ in Reihe geschaltet, und zwischen die beiden unabhängigen Steuerelektroden /9,10/ ein externes, variables ohmsches Element /15/ eingefügt ist.

HALBLEITERELEMENT BESONDERS ZUR WECHSELSTROMREGELUNG UND REGELKREIS

Akos Kun, Fachingenieur für Elektrotechnik, Budapest

Anmeldetag: 03. 11. 1977

A U S Z U G

Gegenstand der Erfindung ist ein Halbleiterelement besonders für die Regelung von Wechselströmen, das einen Halbleiterkörper mit symmetrischen Schichtaufbau besitzt, der Halbleiterkörper in beiden Richtungen leitfähig ist, die Leitfähigkeit in beiden Richtungen extern stetig regelbar ist, der Halbleiterkörper durch ersten und zweiten npn- und pnp-Transistor auf gemeinsamer Isolationsbasis gebildet wird, wo die Dotierungsverteilung der beiden äusseren Schichten des ersten Transistors ähnlich zur Dotierungsverteilung der beiden äusseren Schichten des zweiten Transistors ist. Die beiden äusseren Schichten des ersten Transistors sind parallel mit den beiden äusseren Schichten des zweiten Transistors verbunden, die beiden parallel geschalteten Schichten führen zu gemeinsamen unteren und oberen Arbeitselektroden, die mittleren Schichten zu unabhängigen Steuerelektroden.

Die Erfindung erstreckt sich noch auf eine vorteilhafte Ausführungsform der mit dem obigen Halbleiterelement realisierbaren Regelschaltung, wo zwischen die beiden unabhängigen Steuerelektroden ein variabler, ohmscher Widerstand eingefügt ist.