



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.³: H 01 L 29/74



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

11 630 491

21 Gesuchsnummer: 6522/78

73 Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

22 Anmeldungsdatum: 15.06.1978

24 Patent erteilt: 15.06.1982

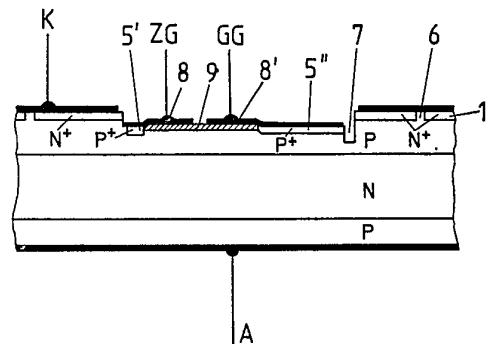
45 Patentschrift
veröffentlicht: 15.06.1982

72 Erfinder:
Christian Ruetsch, Turgi
Dr. Roland Sittig, Umiken

54 Leistungsthyristor, Verfahren zu seiner Herstellung und Verwendung derartiger Thyristoren in Stromrichterschaltungen.

57 Die Thyristoren sollen derart aufgebaut sein, dass mehrere dieser Bauelemente sich bei Parallelschaltung gegenseitig einschalten, sofern mindestens ein Thyristor bereits gezündet ist. Dabei soll der Anodenstrom des gezündeten Thyristors kleiner sein, als sein Stossstromgrenzwert.

Zur Erfüllung dieser Forderungen sind die Thyristoren auf der kathodenseitigen Basiszone mit mindestens zwei Elektroden versehen: An einer ersten Elektrode - die als Zündelektrode bezeichnet werden kann - liegt die Zündspannung. Der zwischen dieser Elektrode (ZG) und der Kathodenzone (1) liegende laterale Widerstand soll möglichst klein sein, damit die Zündspannung direkt auf den kathodenseitigen Emitterübergang wirken kann. Eine zweite Elektrode - die als Generatorgate (GG) bezeichnet werden kann - dient zur Entnahme eines Stromes bei gezündetem Thyristor. Der zwischen Generatorgate (GG) und Kathodenzone (1) befindliche laterale Bahnwiderstand wird so gross gewählt, dass der vom Generatorgate entnommene Strom ausreicht, um einen anderen Thyristor über das Zündgate (ZG) zu zünden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Leistungsthyristor mit mindestens zwei auf der kathodenseitigen Basiszone angeordneten Elektroden, wobei eine der beiden Elektroden als Zündgate und die zweite Elektrode als Generatorgate zur Entnahme eines Stromes verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der zwischen dem Generatorgate (GG) und der Kathodenzone (1) befindliche laterale Bahnwiderstand (R'_{GK}) und/oder die Randlänge des Generatorgates (GG) so gross gewählt sind/ist, dass der am Generatorgate (GG) des gezündeten Thyristors - bei einem Anodenstrom, der kleiner als der Stossstromgrenzwert des jeweiligen Thyristors ist - entnehmbare Strom (I_G) ausreicht, um einen entsprechenden parallelgeschalteten Thyristor über dessen Zündgate (ZG) zu zünden, und dass der zwischen dem Zündgate (ZG) und der Kathodenzone (1) liegende laterale Widerstand (R_{GK}) kleiner als der zwischen dem Generatorgate und der Kathodenzone befindliche laterale Bahnwiderstand (R'_{GK}) ist, damit die an dem Zündgate (ZG) liegende Zündspannung direkt auf den kathodenseitigen Emitterübergang (J_1) wirken kann.

2. Leistungsthyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Thyristor mit Emitterkurzschlüssen (6) die folgenden beiden Beziehungen gelten:

$$R_{GK}/R'_{GK} \leq 1/3$$

$$I'_G \cdot R_{GK} \leq 0,2 \text{ V}$$

wobei mit R'_{GK} der laterale Bahnwiderstand zwischen dem Generatorgate und der Kathodenzone, mit R_{GK} der laterale Bahnwiderstand zwischen dem Zündgate und der Kathodenzone und mit I'_G der minimale Gatestrom bezeichnet ist, bei dem der Thyristor noch zündet.

3. Leistungsthyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils ein Zündgate (ZG) und ein Generatorgate (GG) nebeneinander angeordnet sind, dass die Kontaktierung der Gates mit der Basiszone (2) über einen schmalen der Kathode zugewandten Randbereich (5, 5', 5'') erfolgt, unter dem die Randkonzentration der Basiszone (2) grösser ist, als in dem Bereich zwischen den Gates und der Kathodenzone (1), und dass zwischen dem übrigen Teil der Gates und der Basiszone (2) sich eine 500 bis 2000 Å dicke Isolierschicht (9) befindet.

4. Leistungsthyristor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu dem Teil der Gates, der gegenüber der Basiszone (2) isoliert ist, jeweils ein streifenförmiger Emitterkurzschluss (10) vorgesehen ist.

5. Verfahren zur Herstellung eines Thyristors nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ausgehend von einer bestimmten Thyristorstruktur die gewünschte Zündempfindlichkeit des Zündgates durch Verkleinerung des zwischen dem Zündgate (ZG) und der Kathodenzone (1) befindlichen lateralen Bahnwiderstandes (R_{GK}) eingestellt wird und dass der erforderliche Generatorstrom durch Vergrößerung des zwischen dem Generatorgate und der Kathodenzone befindlichen lateralen Bahnwiderstandes (R'_{GK}) und/oder durch Erweiterung der Randlänge des Generatorgates (GG) eingestellt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der laterale Bahnwiderstand (R'_{GK}) zwischen dem Generatorgate (GG) und der Kathodenzone (1) dadurch vergrössert wird, dass in diesem Bereich der Basiszone ein 30 bis 40 µm tiefer Graben geätzt wird.

7. Verwendung der Thyristoren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, in einer Stromrichterschaltung, in der mehrere Thyristoren parallel geschaltet sind, wobei jeweils das Generatorgate (GG) des einen direkt mit dem Zündgate (ZG) des nächsten Thyristors verbunden ist.

Die Erfindung betrifft einen Leistungsthyristor mit mindestens zwei auf der kathodenseitigen Basiszone angeordneten Elektroden, wobei eine der beiden Elektroden als Zündgate und die zweite Elektrode als Generatorgate zur Entnahme eines Stromes verwendet wird; sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger Thyristoren und eine Verwendung derartiger Thyristoren in Stromrichterschaltungen, in denen mehrere Thyristoren parallelgeschaltet sind.

In grossen Anlagen der Leistungselektronik müssen häufig mehrere Thyristoren parallel geschaltet werden. Dabei ist es möglich, dass bei ungünstigen Betriebsbedingungen einzelne Elemente nicht zünden oder bei niedrigen Strömen ausgehen. Bei einem nachfolgenden Stromanstieg können dann die eingeschalteten Thyristoren überlastet und zerstört werden. Zur Vermeidung solcher Ausfälle müssen gegenwärtig relativ aufwendige Massnahmen in der Schaltung getroffen werden (vgl. DE-OS 26 12 549).

Aus der DE-OS 21 46 178 ist nun ein Thyristor bekannt, auf dessen kathodenseitiger Basiszone mehrere Elektroden vorgesehen sind. Ein Amplifyinggate (Hilfsthistor) steuert dabei über sperrschichtfreie Leitungen mehrere über die Thyristoroberfläche verteilte Zündelektroden an, um einen gleichmässigeren Zündvorgang zu gewährleisten. Ein von dem Amplifyinggate des gezündeten Hauptthyristors entnommener Strom reicht indessen nicht aus, um einen entsprechenden parallelgeschalteten Thyristor zu zünden.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Thyristor anzugeben, dessen Zünd- und Generatorgate derart dimensioniert sind, dass der von einem gezündeten Thyristor gelieferte Generatorstrom ausreicht, um einen entsprechenden nichteingeschalteten Thyristor zu zünden. Dabei soll der Anodenstrom J_0 , des gezündeten Thyristors kleiner sein, als sein Stossstromgrenzwert, vorzugsweise aber kleiner als das dreifache des Dauergrenzstromes. Ferner soll ein Verfahren zur Herstellung derartiger Thyristoren angegeben werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils der Ansprüche 1 und 5 gelöst. Eine weitere Ausgestaltung dieser Merkmale ist in den abhängigen Patentansprüchen umschrieben.

Weitere Einzelheiten sowie Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 schematisch den Querschnitt eines bekannten Thyristors,

Fig. 2 das Ersatzschaltbild eines Thyristors nach Fig. 1 im gezündeten Zustand,

Fig. 3 eine Draufsicht auf einen Thyristor nach der Erfindung (ohne Kathodenmetallisierung),

Fig. 4 einen Querschnitt des Thyristors nach Fig. 3 entlang der Schnittlinie S-S,

Fig. 5 eine Schaltungsanordnung mehrerer parallel geschalteter Thyristoren nach der Erfindung.

In Fig. 1 ist ein Thyristor dargestellt, dessen Kathoden-, P-Basis-, N-Basis-, und Anodenzone mit 1, 2, 3 und 4 bezeichnet sind. Die jeweiligen Zonenübergänge sind mit J_1 , J_2 und J_3 benannt. Die Kathoden- und Anodenzone sind mit den Kontakten K und A und die P-Basiszone 2 mit dem Gate G versehen. Unter dem Gate G weist die P-Basiszone 2 eine höhere (P^+) Dotierung auf als unter der Kathodenzone 1.

Soll das Gate als Zündgate wirken, so muss der zwischen Kathodenzone 1 und Gate liegende laterale Widerstand R_{GK} möglichst klein sein, weil dann die über diesem Widerstand abfallende Spannung klein ist und die am Gate liegende Spannung unmittelbar auf den Zonenübergang J_1 wirkt. Vorzugsweise soll der an dem Widerstand R_{GK} abfallende Spannungsabfall bei dem minimalen Zündstrom I'_G kleiner als 0,2 V betragen. Der Thyristor zündet dann selbst bei kleiner Anodenspan-

nung. Um den Bahnwiderstand R_{GK} möglichst klein zu machen, wird der Abstand zwischen Gate, bzw. gateseitigen Rand der P^+ -Zone 5, und dem gateseitigen Rand der Kathodenzone 1 möglichst klein gemacht. Eine weitere Möglichkeit die Zündempfindlichkeit zu erhöhen besteht darin, den kathodenseitigen Gaterand möglichst kurz zu wählen.

Anders als im Falle des Zündgates ist bei der Dimensionierung des Generatorgates zu beachten, dass der zwischen Gate, bzw. der P^+ -Zone, und der Kathodenzone 1 befindliche laterale Widerstand R'_{GK} möglichst gross gewählt wird. Mindestens sollte R'_{GK} dreimal grösser sein als R_{GK} . Dieses soll anhand des in Fig. 2 dargestellten Ersatzschaltbildes eines gezündeten Thyristors erläutert werden. Danach besteht der gezündete Thyristor zwischen Kathodenkontakt K und Anodenkontakt A aus einer in Flussrichtung gepolten, durch den Übergang J_1 gebildeten Diode und zwei den ohmschen Spannungsabfall im überschwemmen Gebiet (P- und N-Basiszone 2 und 3) charakterisierenden Widerstände R_1 und R_2 . Zwischen Gate G und Anode A liegt hingegen eine reine Transistorstruktur. Dieser Transistor T wird durch den lateralen Elektronenstrom in der N-Basis 3 über einen entsprechenden Bahnwiderstand R_N angesteuert. Sobald nun die Kollektor-Emitterspannung an dem Thyristor die Sättigungsspannung $U_{sättig}$ überschreitet, fliesst ein konstanter Kollektorstrom I_c . Der vom Gate G entnehmbare Strom I_G ist dann:

$$I_G = I_c - \frac{U_{GK} - J_1}{R'_{GK}}$$

Je nach Grösse des Bahnwiderstandes R'_{GK} in der P-Basiszone 2 überlagert sich dem Kollektorstrom I_c noch ein weiterer Strom. Eine Erhöhung des Generatorstromes I_G ist also – abgesehen von der Wahl eines längeren Gaterandes – im wesentlichen dadurch möglich, dass der Bahnwiderstand und/oder der Kollektorstrom I_c entsprechend gross gewählt werden. Einen grossen Wert für I_c erhält man insbesondere dann, wenn der durch den Thyristor fliessende Strom J_0 entsprechend gross gewählt wird, da $I_c \sim \sqrt{J_0}$ ist; wobei J_0 die Stromdichte des gezündeten Thyristors unterhalb der Kathode bedeutet. Für grosse Widerstandserter R'_{GK} kann das Gate im Idealfall den Strom I_c bei einer Spannung von $U_{AK} - U_{sättig}$ liefern.

Aus den vorstehenden Ausführungen folgt, dass es wenig sinnvoll wäre bei parallelgeschalteten Thyristoren nur jeweils ein einziges Gate zu verwenden und diese untereinander zu verkoppeln, weil die Forderungen nach grossen Generatorströ-

men oder hoher Zündempfindlichkeit entweder zu entgegengesetzten Lösungen führen (grosser bzw. niedriger Bahnwiderstand R_{GK} ; lange bzw. kurze Randlänge des Gates) oder aber Ströme J_0 erfordern, die ein Vielfaches des Nennstromes betragen können. Letzteres liesse sich aber nur selten realisieren, weil die Gefahr bestände, dass jeweils der gezündete Thyristor zerstört werden würde. So betrug beispielsweise bei einem im Handel erhältlichen Thyristor mit Zentralgate und einer Randlänge von 2,4 cm, der erforderliche Zündstrom 415 mA. Der Generatorstrom I_G hingegen betrug selbst bei einem Strom J_0 von 1500 A ($J_0 \approx 100$ A/cm) nur 240 mA und reichte daher nicht aus, um einen parallelgeschalteten entsprechenden Thyristor zu zünden.

In den Fig. 3 und 4 ist dieser Thyristor mit geänderter Gatestruktur dargestellt. Weder die mit 6 bezeichneten Emitterkurzschlüsse noch die Dotierungen oder Abmessungen der Zonen 3 und 4 wurden geändert. Hingegen wurde das Zentralgate durch die beiden nebeneinanderliegenden Gates, das Zündgate ZG und das Generatorgate GG, ersetzt. Die Randlänge des Zündgates ZG beträgt 1 cm und diejenige des Generatorgates GG ist etwa doppelt so lang. Die dem Bahnwiderstand entsprechende Entfernung zwischen Zündgate ZG und Kathodenzone 1 wurde von ursprünglich 300 μ m auf 50 bis 100 μ m verringert. Zur Zündung reicht dann eine Gatespannung von 1 V bei einem Zündstrom von nur 175 mA aus.

Der Abstand zwischen Gate und Kathode, gemessen vom kathodenseitigen Rand der P^+ -Zone 5'' bis zum gateseitigen Rand der Kathodenzone 1, beträgt 100 bis 200 μ m. Zur Erhöhung des entsprechenden Bahnwiderstandes R'_{GK} erfolgt eine zusätzliche Ätzung eines Grabens 7 in der P-Basis 2. Der Graben weist eine Tiefe von 30 bis 40 μ m auf. Diese Grabenätzung bietet den Vorteil, dass der Widerstand R'_{GK} stark erhöht werden kann, ohne dass der Abstand des Gates von der Kathodenzone zuzunehmen braucht.

Zur Kontaktierung weisen die Gates nebeneinander liegende metallisierte Flächen 8, 8' auf. Für den Thyristor sind diese Bereiche völlig passiv. Zur Isolierung gegen die P-Basis 2 wird die Metallisierung auf eine dünne Oxidschicht (1500 bis 2000 Å) 9 aufgebracht. Der Stromstoss, der bei einem Spannungsanstieg in diesem Bereich entsteht, kann über benachbarte Kurzschlüsse 10 an die Kathode abgeführt werden.

Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, kann zur Verkopplung mehrerer parallelgeschalteter Thyristoren Th_1, Th_2, Th_3 jeweils das Generatorgate GG des einen direkt mit dem Zündgate ZG des nächsten Thyristors verbunden werden.

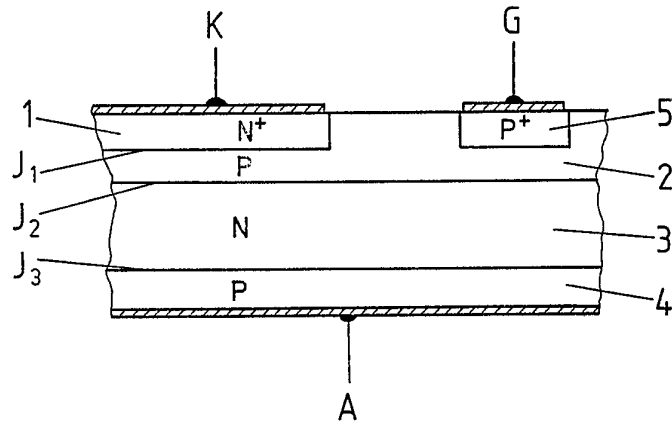


FIG. 1

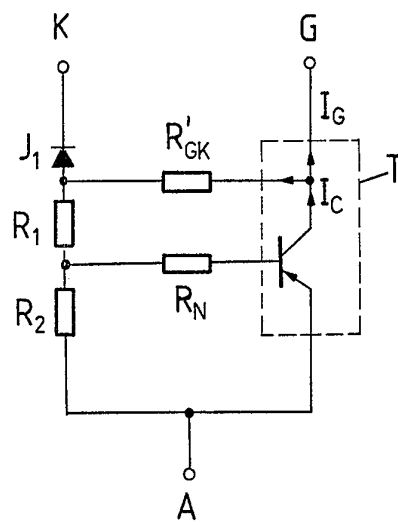


FIG. 2

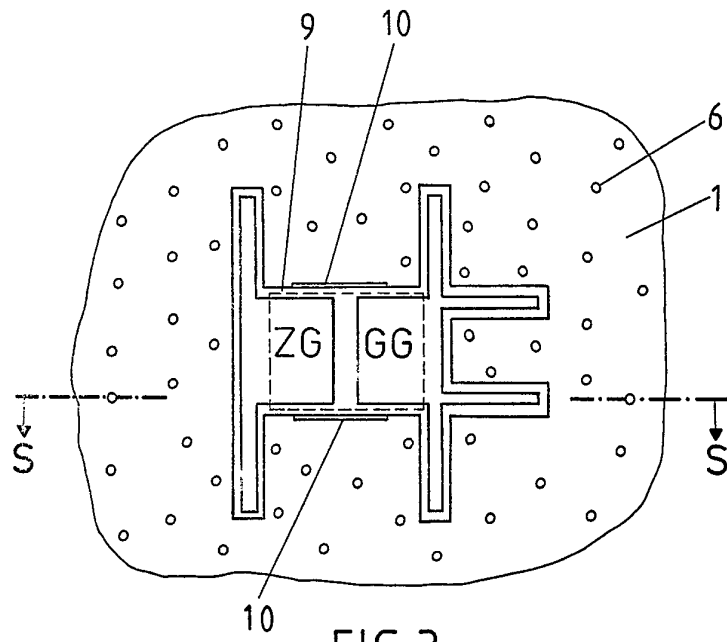


FIG. 3

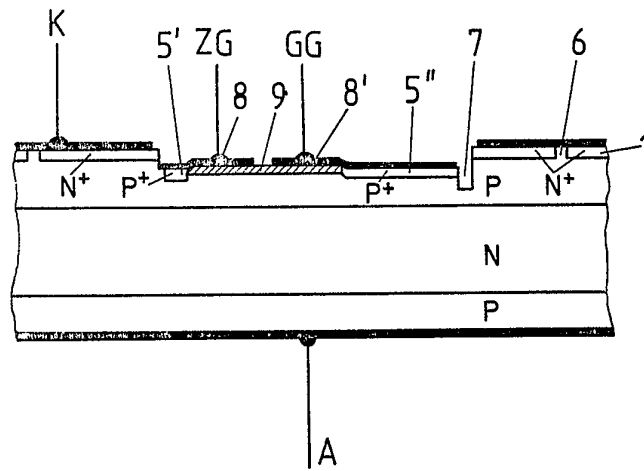


FIG. 4

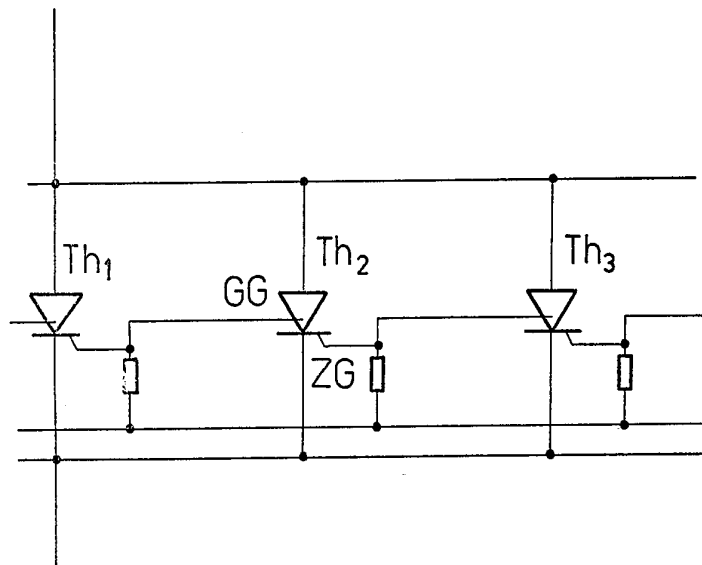


FIG. 5