

PATENTSCHRIFT 143 677

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11) 143 677 (44) 03.09.80 3(51) H 02 H 7/20
(21) WP H 02 H / 212 882 (22) 15.05.79

(71) siehe (72)

(72) Lämke, Hartmut, Dipl.-Ing.; Thor, Dieter, DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder, Leitbetrieb im VEB Kombinat Mikroelektronik, Zentrale Patentabteilung, 1533 Stahnsdorf, Ruhlsdorfer Weg

(54) Monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung

(57) Die Erfindung beinhaltet eine monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung, insbesondere für den Einsatz in bipolaren Schaltkreisen, deren Betriebsspannung etwa 7 V nicht überschreitet. Eine integrierte Schaltung soll im Falle falsch gepolter Betriebsspannungsquelle vor Zerstörung geschützt werden, wobei die Schutzschaltung so ausgeführt ist, daß sie bei geringem Platzbedarf mit der zu schützenden Schaltung auf dem gleichen Chip mit den gleichen Prozeßschritten hergestellt werden kann. Als Schutzschaltung fungiert im wesentlichen eine npn-Transistoranordnung, deren Kollektor-Emitter-Strecke eine Reihenschaltung mit der zu schützenden Schaltung bildet. Bei richtig gepolter Betriebsspannungsquelle wird die npn-Transistoranordnung im Sättigungsbereich betrieben und verursacht einen Spannungsverlust von weniger als 0,2 V. Bei verpolter Betriebsspannungsquelle befindet sich die npn-Transistoranordnung im Sperrzustand und trennt die zu schützende Schaltung von der Betriebsspannungsquelle. Die Anwendung ist in allen bipolaren Schaltkreisen möglich, die in batteriebetriebenen elektronischen Geräten eingesetzt werden sollen.

- Fig.1 -



Monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung beinhaltet eine monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung, insbesondere für den Einsatz in bipolaren Schaltkreisen, deren Betriebsspannung etwa 7 V nicht überschreitet, zum Schutz gegen Zerstörung durch falsche Batteriepolung. Derartige Schaltkreise werden in batteriebetriebenen elektronischen Geräten, z. B. Kameras, genutzt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannte Schaltungen zum Schutz gegen Verpolung beruhen auf der Reihen- oder Parallelschaltung von Dioden bzw. pn-Übergängen zur zu schützenden Schaltung. Der in Reihe geschaltete

pn-Übergang sperrt bei Verpolung der Betriebsspannung und schützt damit die Schaltung.

Ein parallel geschalteter pn-Übergang sperrt im Betriebszustand und begrenzt die verpolte Spannung auf Werte unter 1 V.

Der Nachteil bei der Reihenschaltung besteht darin, daß die für die zu schützende Schaltung zur Verfügung stehende Spannung gegenüber der Quellenspannung um den Betrag der Durchlaßspannung der Schutzdiode verringert wird.

Bei der Parallelschaltung kann im Verpolungsfall ein großer Strom fließen, durch den die Batterie entladen wird und der außerdem einen großflächigen pn-Übergang erforderlich macht.

Es sind Schaltungen mit diskreten Bauelementen bekannt, in denen die Kollektor-Emitter-Strecke von pnp-Transistoren als Schalter genutzt wird. Eine solche Schaltung wird z. B. in der DE-OS 1 900 173 angegeben. Der Transistor 57 in Fig. 3 hat eine solche Funktion. Ähnlich verhält es sich mit der in der DE-OS 2 205 190 angegebenen Schaltung. In keinem Falle liegt den genannten Schaltungen die Aufgabe des Verpolungsschutzes zugrunde. Der Nachteil der bekannten Schaltungen für den Einsatz in integrierten Schaltungen besteht darin, daß sie nicht bzw. nur durch mehrere zusätzliche Prozeßschritte gegenüber der für die Herstellung der zu schützenden integrierten Schaltung notwendigen Prozeßschritte realisierbar sind.

Für Schaltzwecke ebenfalls einsetzbare Metall-Halbleiter-Übergänge, die mit einem Spannungsabfall von ca. 0,3 V im Bereich des für den Verpolungsschutz geforderten geringen Spannungsabfalls liegen, sind ebenfalls nur mit zusätzlichen Prozeßschritten realisierbar.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine integrierte Schaltung im Verpolungsfall vor der Zerstörung zu schützen und eine geeignete integrierbare Schutzschaltung anzugeben, die eine ökonomische Integration einer Schaltung einschließlich Schutzschaltung zuläßt.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine integrierte Schutzschaltung zu realisieren, die bei richtiger Spannungspolung die Betriebsspannung der zu schützenden Schaltung um nicht mehr als 0,2 V verringert, bei verpolter Betriebsspannung die zu schützende Schaltung von der Spannungsquelle trennt und die ohne zusätzliche Prozeßschritte bei geringem Platzbedarf gegenüber der zu schützenden Schaltung auf dem gleichen Chip hergestellt werden kann.

Die Aufgabe wird durch Einfügung einer npn-Transistorstruktur in die mit dem Substrat verbundene Minusleitung der zu schützenden Schaltung gelöst.

Der Kollektor der npn-Struktur ist galvanisch mit dem Substrat und der Minusleitung der zu schützenden Schaltung verbunden, der Emitter ist als äußerer Anschluß für die Betriebsspannungsquelle herausgeführt. Bei richtiger Betriebsspannungspolung (Normalbetrieb) erhält die Basis der npn-Transistoranordnung einen ausreichenden Strom von der positiven Betriebsspannungsseite, so daß diese npn-Anordnung als gesättigter Transistor betrieben wird, dessen Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung einen Spannungsverlust von weniger als 0,2 V aufweist. Bei Verpolung der Betriebsspannung erhält die Transistoranordnung keinen Basisstrom und befindet sich daher im Sperrzustand. Der in Sperrichtung gepolte Emitter-Basis-Übergang sperrt den Stromfluß und trennt damit die zu schüt-

zende Schaltung von der Spannungsquelle. Zum besseren Verständnis wird die Erfindung an Hand einer Prinzipschaltung und einer Prinzipdarstellung der Leitfähigkeitsbereiche im Halbleitermaterial erläutert.

Fig. 1 zeigt die Prinzipschaltung des Verpolungsschutzes mittels npn-Transistor.

Fig. 2 zeigt die Anordnung der Leitfähigkeitsbereiche am geschnittenen Chip.

Das in Fig. 1 dargestellte Beispiel der Verpolungsschutzschaltung zeigt die schaltungstechnische Verbindung der aus den Schaltelementen Transistor T und Basisvorwiderstand R bestehenden eigentlichen Schutzschaltung mit der zu schützenden Schaltung IS und der Betriebsspannungsquelle U_b .

Der Schaltungsanschluß S_b kennzeichnet das Substrat der integrierten Schaltung und seine elektrische Verbindung mit dem Kollektor C des Schutztransistors T.

Bei richtig gepolter Betriebsspannung liegt der Minuspol der Betriebsspannungsquelle U_b am Emitter E des Schutztransistors T.

Der Basis B wird über den Vorwiderstand R ein ausreichender Strom zum gesättigten Betrieb des Transistors T zugeführt. Um den Spannungsabfall über der Kollektor-Emitter-Strecke gering zu halten, ist es zweckmäßig, den Basis-Vorwiderstand R im Gegensatz zu üblichen Schaltungen nicht über der Kollektor-Basis-Strecke, sondern wie in Fig. 1 dargestellt, zwischen der Basis B und dem dem Emitteranschluß gegenüberliegenden Pol der Betriebsspannungsquelle anzuordnen.

Im Verpolungsfall liegt der Pluspol der Betriebsspannungsquelle U_b am Emitter E des Schutztransistors T.

Der Basis-Emitter-Übergang des Schutztransistors T wird in Sperrrichtung gepolt. Da auch über den Basisvorwiderstand R kein Strom fließen kann, bleibt der nun invers betriebene Schutztransistor T im Sperrzustand. Damit trennt er die Betriebsspannungsquelle U_b von der Schaltung IS.

Der Größtwert der Betriebsspannung U_b muß stets unterhalb der Durchbruchspannung des Emitters des Schutztransistors T bleiben.

Der Basisvorwiderstand R kann auch durch eine Stromquellenschaltung ersetzt werden.

In Fig. 2 ist die Schichtstruktur der Schutzschaltung in Verbindung mit dem zu schützenden Schaltkreis (IS) dargestellt.

Bei der Herstellung eines solchen Schaltkreises werden zugleich mit der zu schützenden Schaltung IS und ohne zusätzliche Bearbeitungsschritte ein für die Aufnahme des Betriebsstromes ausreichend dimensionierter vertikaler npn-Transistor T und ein entsprechender Basisvorwiderstand R in jeweils einem eigenen, durch den p-leitenden bis in das Substrat S_b reichenden Isolationsschacht S von den anderen Schaltungsteilen isolierten, n-leitenden Gebiet erzeugt. Der n-leitende Kollektor C des Transistors T wird durch eine Leitbahn mit der Minusleitung der Schaltung IS und dem gemeinsamen p-leitenden Substrat S_b verbunden. Da wegen dieser Verbindung keine Isolationssperrspannung zwischen dem n-leitenden Kollektor C und dem p-leitenden Substrat bzw. Isolationsschacht S_b erforderlich ist, kann die zur Senkung des Kollektorbahnwiderstandes üblicherweise erzeugte n^+ -leitende begrabene Zone C' und das Gebiet des Kollektorkontaktes K_C bis zum Isolationsschacht erstreckt werden. Dies verkleinert den Kollektorwiderstand und damit erwünschterweise die Sättigungsspannung des Transistors T. Die Basis B des Transistors T wird durch

eine Leitbahn mit dem Basiswiderstand R verbunden. Der Emitter E des Transistors T wird durch eine Leitbahn mit der Anschlußstelle für die Betriebsspannung verbunden, an der im normalen Betriebsfall der Minuspol der Betriebsspannung angelegt wird.

Ausführungsbeispiel

Ein typisches Anwendungsbeispiel sind elektronisch gesteuerte Kameras, bei denen durch falsch eingesetzte Batterien der Schaltkreis zerstört wird. Das geringe Kameravolumen läßt die Anwendung einer mit diskreten Bauelementen realisierten Schutzschaltung nicht zu. Deshalb ist eine erfindungsgemäße Integration der Schutzschaltung erforderlich.

Um mit dem Transistor T einen Betriebsstrom der integrierten Schaltung von $I_C = 40 \text{ mA}$ bei einer Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung von $0,2 \text{ V}$ zu betreiben, muß er bei einer durch die gemeinsamen technologischen Verfahren für die gesamte integrierte Schaltung erzeugten Stromverstärkung $B = 50$ und einem Übersteuerungsfaktor $F = 2,5$ mit einem Basisstrom von 2 mA eingespeist werden. Ein solcher vertikaler npn-Transistor kann in einer isolierten n-leitenden Wanne mit den Abmessungen $(280 \times 230) \mu\text{m}^2$ realisiert werden. In einem Basisgebiet von $(230 \times 135) \mu\text{m}^2$ werden 5 Emitterstreifen der jeweiligen Fläche $(125 \times 20) \mu\text{m}^2$ mit 4 dazwischengreifenden Basiskontaktstreifen fingerförmig angeordnet. Ein Kollektorkontaktstreifen von $(230 \times 50) \mu\text{m}^2$ gewährleistet dann in Verbindung mit dem spezifischen Widerstand des n-Kollektorgebietes von $1,2 \Omega \text{ cm}$ und dem Schichtwiderstand des die ganze Bauelementfläche ausfüllenden n^+ -leitenden begrabenen Gebietes von $10 \Omega / \text{Fläche}$ bei der gewählten Übersteuerung die geforderte Sättigungsspannung.

Der Basisstromzuleitungswiderstand R von $2,5 \text{ k}\Omega$ kann zweckmäßigerweise als $10 \text{ }\mu\text{m}$ breiter diffundierter Streifen gleichzeitig mit der Basisdiffusion in einer isolierten n-leitenden Wanne der Fläche $(125 \times 90) \text{ }\mu\text{m}^2$ realisiert werden.

Die konstruktive Realisierung der vorgeschlagenen Schutzschaltung in einer gemeinsam mit der zu schützenden Schaltung erzeugten integrierten Anordnung erfordert beispielsweise bei einer Gesamtfläche der integrierten Schaltung von $5,0 \text{ mm}^2$ einen Flächenanteil von $0,08 \text{ mm}^2$ oder $1,6 \%$ der Gesamtfläche.

Anspruch

1. Monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung zum Schutz von bipolaren integrierten Schaltkreisen mit einer Betriebsspannung von maximal 7 V mit geringem Spannungsverlust, dadurch gekennzeichnet, daß die Kollektor-Emitter-Strecke einer in Sättigung betriebenen npn-Transistoranordnung in Reihe mit der zu schützenden Schaltung angeordnet ist, wobei der Emitter der Transistoranordnung mit der Betriebsspannungsquelle und der Kollektor mit der mit dem Substrat direkt kontaktierten Minusleitung der zu schützenden Schaltung verbunden ist.
2. Monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung nach Pkt. 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzschaltung gemeinsam mit der zu schützenden Schaltung mit den gleichen Prozeßschritten auf einem Chip erzeugt wird.
3. Monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung nach Pkt. 2, dadurch gekennzeichnet, daß das mit der Minusleitung der zu schützenden Schaltung direkt kontaktierte Substrat als gesonderter Anschluß herausgeführt wird.
4. Monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung nach Pkt. 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Basisvorwiderstand (R) mit der Basis (B) der Transistoranordnung und dem dem Emitteranschluß gegenüberliegenden Pol der Spannungsquelle verbunden ist.
5. Monolithisch mitintegrierte Verpolungsschutzschaltung nach Pkt. 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Basisvorwiderstand (R) durch eine Stromquellenschaltung ersetzt wird.

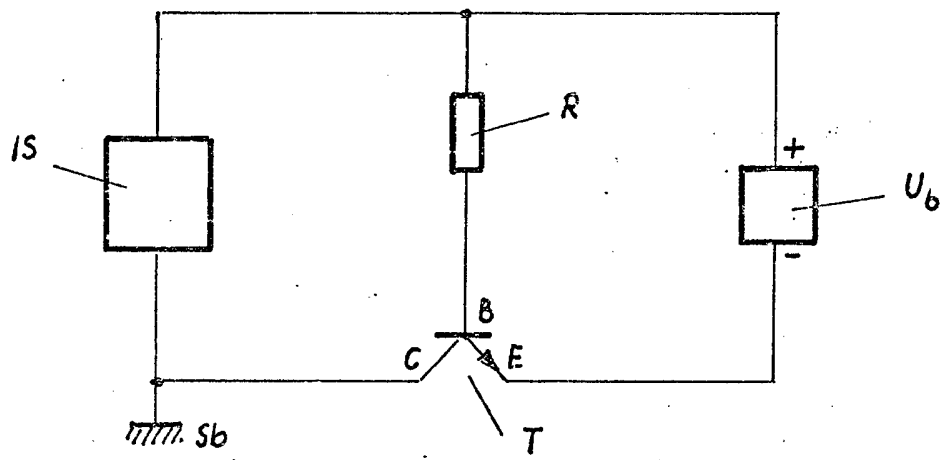


Fig. 1

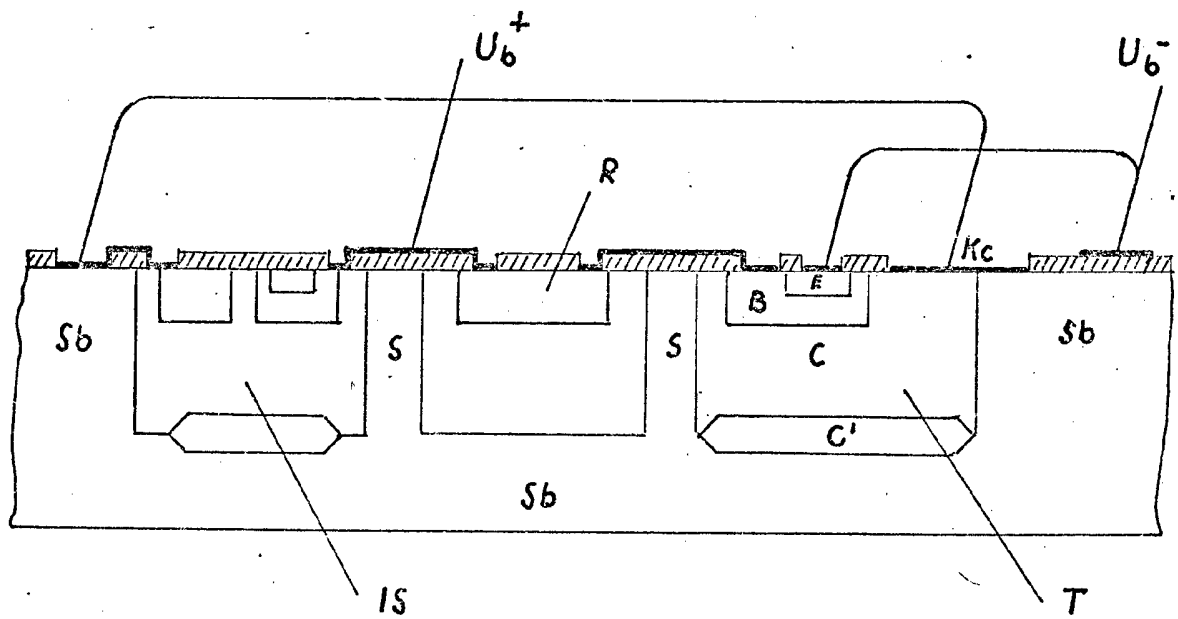


Fig. 2