



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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑯ Gesuchsnummer: 1951/87

⑯ Inhaber:
Detonix (Proprietary) Limited,
Midrand/Transvaal (ZA)

⑯ Anmeldungsdatum: 20.05.1987

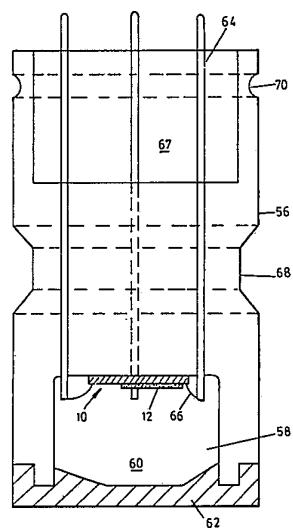
⑯ Erfinder:
Patz, Vivian Edward, Yeoville/Transvaal (ZA)
Smithies, Stafford Alun, Pretoria/Transvaal (ZA)

⑯ Patent erteilt: 15.06.1990

⑯ Vertreter:
Dr. Troesch AG Patentanwaltsbüro, Zürich

⑯ Sprengzünder-Zündelement.

⑯ Sprengzünder-Zündelement mit einer miniaturisierten Energiedissipationseinrichtung (12), die auf einem Substrat (10) angeordnet ist, welches Teil eines integrierten, elektronischen Schaltkreises bildet. Ein Explosivstoff (60) oder eine pyrotechnische Verbindung wird der Wirkung der von der Einrichtung (12) freigesetzten Energie ausgesetzt. Eine Passivationsschicht zwischen dem Substrat (10) und dem Explosivstoff (60) schützt den integrierten Schaltkreis gegen Kontamination durch Ionenmigration vom Explosivstoff (60). Die Einrichtung kann von einer Widerstandseinrichtung, von einer Halbleitereinrichtung oder einer Feldeffekteinrichtung gebildet sein. Der integrierte Schaltkreis enthält Zeitgeber-, Prüf-, Steuer-, Kommunikations- und Sperrschatzkreise, um ein eigenständiges oder computergesteuertes Sprengsystem zu bilden. Schutz gegen Ueberspannungen und induzierte Ströme ist vorgesehen. Aufgrund der integrierten Schaltkreise kann der Energieverbrauch minimal gehalten werden und ein Sprengzünder mit dem Zündelement kann während einer beträchtlichen Zeitdauer durch eine Energiespeichereinrichtung, wie ein Kondensator, mit Energie versorgt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Sprengzünder-Zündelement mit wenigstens einer Energiedissipationseinrichtung (12, 90, 225), die auf oder in einem Substrat (10, 20, 212) angeordnet ist, in welchem ein integrierter Schaltkreis hergestellt ist, und einem Explosivstoff (60, 222) benachbart zur Energiedissipationseinrichtung angeordnet, die beim Gezündet werden den Explosivstoff durch Dissipation von Energie zündet, gekennzeichnet durch eine Passivationsschicht (34, 214, 236) zwischen mindestens einem Abschnitt des Substrates (10, 20, 212) und mindestens einem Abschnitt des Explosivstoffes (60, 222).
2. Sprengzünder-Zündelement nach Anspruch 1, wobei die Energiedissipationseinrichtung (12) ein Widerstandselement auf einer Oberfläche des Substrates oder im Substrat (10) ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Widerstandselement aus wenigstens einem der folgenden Bestandteile; Nickel-Chrom-Legierung, Gold, Wolfram, Aluminium, Zirkonium, Polysilicon und Metallsilikat, oder mittels Diffusions- oder Implantiertechnik gebildet ist.
3. Sprengzünder-Zündelement nach Anspruch 1, wobei das Energiedissipationselement ein Halbleiterelement (225) ist, dadurch gekennzeichnet, dass es wenigstens eines der folgenden Teile umfasst: einen Transistor, einen Feldeffekttransistor, eine Vierschichteneinrichtung, eine Zenerdiode und eine Leuchtdiode.
4. Sprengzünder-Zündelement nach Anspruch 1, wobei die Energiedissipationseinrichtung ein Feldeffektelement (90) ist, dadurch gekennzeichnet, dass es auf dem Substrat zwei beabstandete Elektroden (102, 104) aufweist, und dass eine Spannung über die Elektroden bei der Verwendung anzulegen ist, um ein elektrisches Feld hoher Intensität oder eine elektrische Entladung hoher Intensität zwischen den Elektroden zu erzeugen.
5. Sprengzünder-Zündelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Feldsensibilisator vorgesehen ist, der beim Auftreten eines elektrischen Feldes hoher Intensität reagiert, um den Explosivstoff (60, 222) zu zünden.
6. Sprengzünder-Zündelement nach Anspruch 5, mit einem Behälter, dadurch gekennzeichnet, dass der Explosivstoff flüssig oder gasförmig und in dem Behälter (72) zusammen mit dem Sprengzünder-Zündelement dicht verschlossen ist.
7. Sprengzünder-Zündelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Explosivstoff (60, 222) mindestens an einer Oberfläche des Substrates oder an der Passivierungsschicht anhaftet, und dass ein Haftunterstützungsmittel verwendet ist, um die Verbindung zwischen dem Explosivstoff und der Substratoberfläche oder der Passivierungsschicht zu verbessern.
8. Sprengzünder-Zündelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10, 20, 212) eine elektronische Festkörpereinrichtung bildet, die eine integrierte Schaltkreisanordnung zur Steuerung der Betätigung der Energiedissipations-Einrichtung aufweist.
9. Sprengzünder-Zündelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Festkörpereinrichtung Überspannungsschutzmittel (30) aufweist, die mit der Energiedissipationseinrichtung verbunden sind.
10. Sprengzünder-Zündelement nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Festkörpereinrichtung Schaltmittel (14) aufweist, die mit der Energiedissipationseinrichtung verbunden sind, um einen Schutz gegenüber induzierten elektrischen Strömen und eine genaue Steuerung der Zündung des Explosivstoffes zu schaffen.
11. Sprengzünder-Zündelement nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiedissipationseinrichtung einstückig mit der elektronischen Festkörpereinrichtung ausgebildet ist.
12. Sprengzünder mit einem Gehäuse (72) und einem Sprengzünder-Zündelement nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Sprengzünder-Zündelement im Gehäuse (72) zusammen mit Explosivstoff-Material angeordnet ist, welches mittels des Zündelementes zündbar ist.
13. Sprengzünder nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass er Energiespeichermittel (84) aufweist, um elektrische Energie der Energiedissipationseinrichtung und der integrierten Schaltungsanordnung zuzuführen.
14. Reihensprengsatz mit einer Vielzahl von Sprengzündern (74) nach einem der Ansprüche 12 oder 13 und Mittel (92, 96) zur Steuerung der Zündung der einzelnen Zünder (Fig. 7).
15. Reihensprengsatz nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der integrierte elektronische Schaltkreis von jedem einzelnen Sprengzünder-Zündelement Kommunikationsmittel (44) umfasst, welche auf ein Signal von den entsprechenden Zündungssteuerungsmitteln (92, 96) ansprechen, um ein Signal über den Status der elektronischen Festkörpereinrichtung an die Zündungssteuerungsmittel zu übertragen.
16. Reihensprengsatz nach Anspruch 15, wobei eine Vielzahl von Sprengzündern in Serie miteinander verbunden sind (Fig. 7), gekennzeichnet durch eine Abschlusseinheit (90) an einem Ende der in Serie verbundenen Sprengzündern, wobei die Kommunikationsmittel der betreffenden Sprengzünder-Zündelemente ihre entsprechenden Statussignale an die betreffenden Zündungssteuerungsmittel übertragen und wobei die Abschlusseinheit (90) ein Signal an die Zündungssteuerungsmittel überträgt, um das Ende der in Serie verbundenen Zünder anzuzeigen.

BESCHREIBUNG

- Die vorliegende Erfindung betrifft ein Sprengzünder-Zündelement gemäß dem Oberbegriff nach Anspruch 1, ein Sprengzünder mit einem Gehäuse und mit einem Sprengzünder-Zündelement, sowie einen Reihensprengsatz.
- Insbesondere betrifft die Erfindung ein Zündelement für einen Sprengzünder beim Einsatz von Sprengstoffen, das in einen Sprengzünder eingebaut zur Verwendung bei einem System mit aufeinanderfolgenden Sprengungen geeignet ist. Bei einem System mit aufeinanderfolgenden Sprengungen ist es notwendig, das Zünden der einzelnen Sprengladungen sicher und genau zu steuern. Es wurden verschiedene Versuche unternommen, um dies mittels verschiedener Arten von Sprengzündern zu erreichen. Nach Kenntnis des Anmelders erfüllen solche Sprengzünder, obgleich sie in verschiedener Hinsicht zufriedenstellend sind, nicht alle der folgenden Kriterien: niedrige Zusammenbaukosten, geringer Energiespeicherbedarf vor und während der Sprengung, scharfe Sicherheitsnormen, genaue Übermittlungs- und Zeiststeuerperioden, absolut zuverlässiger Betrieb und von vorne herein sichere Arbeitsweise.
- Gemäß den oben geforderten Kriterien schafft die vorliegende Erfindung ein Zündelement für Sprengzünder mit wenigstens einer Energiedissipationseinrichtung gemäß dem Wortlaut nach Anspruch 1.
- Die Energiedissipationseinrichtung kann widerstands-mässig sein, von einer Halbleitereinrichtung oder einer Feldeffekteinrichtung gebildet sein.
- Im ersten Fall kann die Energiedissipationseinrichtung als eine Widerstandsschicht ausgebildet sein, die auf dem Substrat aufgebracht ist. Ein durch die Widerstandsschicht hindurchfließender Strom bewirkt deren Erwärmung. Beispielsweise kann die Widerstandsschicht aus wenigstens einem der folgenden, hier als «die bevorzugten Materialien» genannten,

sein: Nickelchrom, Gold, Wolfram, Aluminium, Zirkonium, Polysilicium, eine Titan/Wolfram-Mischung und Metallsilikate.

Ein Widerstandselement kann auch beispielsweise mittels einer Diffusions- oder Implantationstechnik her gestellt werden. Beispielsweise kann im ersten Fall eine Schicht aus P-Typ Silicium in ein Substrat von hauptsächlich N-Typ Silicium diffundiert werden, um das Widerstandselement zu schaffen. Die P-Typ und N-Typ Silicumschichten können auch ausgetauscht sein. Im letzteren Fall können Ionimplantationstechniken verwendet werden, um das Widerstandselement zu bilden.

Das Widerstandselement kann so ausgelegt sein, dass es Wärme abgibt, wenn ein elektrischer Strom durch es hindurchfliesst. Bei einer Abänderung dieser Art ist das Widerstandselement so ausgebildet, dass es eine Schmelzverbindung bildet, die schmilzt, wenn ein Strom vorbestimmter Stärke durch sie hindurchfliesst. Das Schmelzen der Verbindung gibt dann eine vorbestimmte Energiemenge frei. Die Freigabe der Energie wird verwendet, um eine erste Zündstoffladung zu zünden. Eine Vielzahl von Verbindungen kann auf dem gleichen Substrat verwendet werden, um die Zündwahrscheinlichkeit zu erhöhen.

Wenn Niederschlagtechniken verwendet werden, um das Widerstandselement zu bilden, kann das Element als eine dünne Schicht auf dem Substrat mit einer Schichtdicke von z. B. zwischen 10 und 1000 nm aufgebracht werden. Eine Maske kann verwendet werden, um ein erwünschtes Muster des Widerstandselementes zu begrenzen und Kontaktbereiche und überschüssiges Material können in irgendeiner geeigneten Weise weggeätzt oder entfernt werden. Das auf diese Weise gebildete Widerstandselement besitzt eine sehr geringe Wärmemasse und kann durch Freigabe einer sehr geringen elektrischen Energiemenge erwärmt werden.

Die Energiedissipationseinrichtung kann, wie es bereits erwähnt wurde, andererseits ein Halbleiterelement umfassen. Geeignete Elemente sind Transistoren, Feldeffekttransistoren oder ähnliche Einrichtungen, Vierschichtseinrichtungen, Zenerdioden, Leuchtdioden oder irgendein anderes geeignetes Element, welches Wärme- oder Lichtenergie bei seiner Betätigung aussendet, die vorzugsweise dadurch erfolgt, dass ein elektrischer Strom durch das Element fliesst. Die Energie kann in einem kleinen Bereich zwischen den aktiven N- und P-Bereichen als Wärme freigesetzt werden. Dies ermöglicht, die freigesetzte Energie genau zu konzentrieren.

Gemäss einer dritten Abwandlung der Erfindung kann die Energiedissipationseinrichtung ein Feldeffektelement sein. Das Feldeffektelement kann durch erste und zweite voneinander beabstandete Elektroden auf dem Substrat und Schaltermittel gebildet sein, um ein elektrisches Potential über die Elektroden anzulegen. Auf diese Weise wird ein elektrisches Feld hoher Intensität zwischen den Elektroden erzeugt.

Die Elektroden können aus Metall oder aus irgendeinem der bevorzugten Materialien gebildet sein.

Die Elektroden können im wesentlichen zweidimensional in der Weise sein, dass sie als flache Schichten von leitenden Körpern auf dem Substrat ausgebildet sind; andererseits können sie dreidimensional in der Weise sein, dass sie Materialgrössen in den drei orthogonalen Richtungen aufweisen.

Die Elektroden können irgendeine geeignete Form aufweisen. Die Elektroden können beispielsweise aus beabstandeten Platten bestehen, die parallel zueinander sind. Die Elektroden können andererseits gekrümmt, dreieckförmig oder in irgendeiner anderen Weise geformt sein. Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die Elektroden kammförmig oder fingerförmig ausgebildet.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung weisen die Elektroden erste und zweite Leiterkörper auf, wobei der erste Körper mit einem offenen Mittenbereich ausgebildet ist, in dem der zweite Körper angeordnet ist. Die Körper begrenzen zwischen sich einen Ringspalt, über den der Potentialunterschied erzeugt wird.

Die Elektroden können in irgendeiner geeigneten Weise ausgebildet sein und sind vorzugsweise dadurch ausgebildet, dass eines der bevorzugten Materialien auf einer dielektrischen Passivationsschicht des Substrats aufgebracht wird. Die Materialien können zu einer erwünschten Form geätzt werden.

Die Schaltermittel können erste und zweite Schaltereinrichtungen umfassen, wobei die erste Einrichtung zwischen der ersten und zweiten Elektrode und die zweite Einrichtung mit der zweiten Elektrode und einem Pol der elektrischen Versorgung und die erste Elektrode mit dem anderen Pol der elektrischen Versorgung verbunden sind. Im Wartezustand, d.h., wenn eine Sprengung nicht ausgelöst werden soll, ist die erste Schaltereinrichtung eingeschaltet und die zweite Schaltereinrichtung ausgeschaltet. Das Zündelement für den Sprengzünder wird dadurch betriebsbereit gemacht, dass die erste Schaltereinrichtung ausgeschaltet und die zweite Schaltereinrichtung eingeschaltet wird. Auf diese Weise wird das elektrische Potential quer zu den Elektroden gelegt. Ein Sprengstoff kann nahe bei oder in unmittelbarer Berührung mit der Energiedissipationseinrichtung angeordnet werden, welche bei ihrer Betätigung den Sprengstoff durch Energiewandlung in Wärme zündet.

Wie bereits dargelegt wurde, bewirkt die Dissipation von Energie bei den meisten Beispielen der Erfindung das Freisetzen von Wärme und diese Wärme wird verwendet, um den Sprengstoff zu zünden. Jedoch ist es möglich, die Energie in der Form von Licht abzugeben, wobei dann Licht den Sprengstoff zündet.

Bei der dritten Abwandlung der Erfindung, d.h., diejenige, bei der eine Feldeffekteinrichtung verwendet wird, wird der Sprengstoff durch eine elektrostatische Entladung oder ein hohes elektrisches Feld gezündet.

Geeignete Sprengstoffe sind Grundsprengstoffe (primary explosives) wie Silberazid, Blei- oder Bariumstyphnat, Quecksilberfulminat und irgendwelche geeigneten sekundären Sprengstoffe wie RDX und HMX, eine Mischung von irgendwelchen der vorgenannten oder irgendwelches anderes geeignetes, festes, flüssiges oder gasförmiges Material mit den erwünschten Eigenschaften. Das Sprengstoffmaterial kann selbst durch Zugabe kleiner Mengen eines leitenden Materials, wie Graphit oder ein organischer Halbleiter, leitend gemacht werden. Auf diese Weise kann das Sprengstoffmaterial unmittelbar aufgrund des Stromflusses, der in ihm hervorgerufen wird, erwärmt werden. Im Falle der Feldeffekteinrichtung kann der Sprengstoff einen Bestandteil, wie einen organischen Halbleiter enthalten, in dem ein Oxidationsmittel suspendiert ist, welches chemisch in der Gegenwart des elektrischen Feldes mit einer exothermen Reaktion reagiert. Allgemein gesprochen kann das Sprengstoffmaterial in der Feldeffekteinrichtung einen Feldsensibilisator enthalten.

Das Substrat kann Teil einer elektronischen Festkörpereinrichtung sein, die integrierte Schaltkreise zum Steuern der Betätigung des Zündelements des Sprengzünders enthält. Das Zündelement für den Sprengzünder kann auf einer Oberfläche einer Passivationsschicht angeordnet sein, die die elektronische Einrichtung überdeckt, wobei geeignete Öffnungen vorgesehen sind, um den elektrischen Kontakt mit der Einrichtung zu ermöglichen. Andererseits kann es auch unter der Passivationsschicht angeordnet sein, wobei eine Öffnung oder Öffnungen durch die Passivationsschicht hin-

durch vorgesehen ist bzw. sind oder nicht. Es wird darauf hingewiesen, dass eine Abdeckung über dem Zündelement für den Sprengzünder die Empfindlichkeit verringert.

Der Zündstoff ist nahe der Energiedissipationseinrichtung angeordnet. Vorzugsweise haftet der Zündstoff wenigstens an einer Oberfläche des Substrats an, so dass er sich in enger, physischer Berührung mit dem Substrat befindet. Insbesondere können flüssige oder gasförmige Sprengstoffe beispielsweise zusammen mit der Energiedissipationseinrichtung in einem dichten Behälter untergebracht sein. Auf diese Weise erfolgt ein wirkungsvoller Energieübergang zwischen der Energiedissipationseinrichtung und dem Sprengstoff.

Die Güte der physischen Berührung des Sprengstoffs auf dem Substrat kann durch Verwendung eines Anhaftunterstützers verbessert werden. Dies verbessert die Verbindung zwischen dem Sprengstoff und der Substratoberfläche. Der Sprengstoff kann in Lösung oder einer Flüssigsuspension sein. Der Anhaftunterstützer kann von einem Benetzungsmittel gebildet sein. Ein Bindemittel wie PVC oder ein Nitrozellulolack, können der Lösung oder Suspension hinzugefügt sein. Eine mechanische Festigkeit würde gleichzeitig dem Zusammenbau im Falle eines festen Zündstoffes hinzugefügt.

Der Zusammenbau aus dem Sprengstoff und dem Zündelement für den Sprengzünder kann mit einer geeigneten inneren Schutzdichtung beschichtet sein wie Silikongummi, welches an dem Substrat anhaftet und beim Aushärten den Sprengstoff und das Substrat zueinander zieht.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist ein Fenster in dem Substrat vorgesehen, in dem die Energiedissipationseinrichtung angeordnet ist. Der Sprengstoff wird dann in dem Fenster in Berührung mit der Energiedissipationseinrichtung angeordnet. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass das Fenster nicht notwendig ist und dass es unter gewissen Umständen ausreicht, wenn der Zündstoff in nächster Nähe der Energiedissipationseinrichtung angeordnet wird.

Der Zündstoff kann andererseits flüssig oder gasförmig sein und in einem Behälter zusammen mit der Energiedissipationseinrichtung dichtend verschlossen sein. Dies vermeidet Schwierigkeiten mit der Ablagerung (deposition) des Sprengstoffs.

Der Steuerschaltkreis, den die elektronische Festkörpereinrichtung aufweist, kann vorbestimmte, logische Baublöcke umfassen, um für den Kunden angepasste Sprengsteuersysteme mit geringen Kosten herzustellen. Solche Baublöcke können beispielsweise Oszillatoren, Zähler und Zeitgeber, phasengesperzte Schleifen zur genauen Taktabgabe, Kommunikationschaltkreise, Sperrsteuerschaltkreise, Selbstprüfschaltkreise und Schaltkreise zur Unterdrückung elektromagnetischer Störungen enthalten. Die Kombination eines miniaturisierten Sprengzünderzündelements der beschriebenen Art mit einer integrierten Schaltung ergibt eine komplexe Signalverschiebung, die zu geringen Kosten und mit hoher Zuverlässigkeit zur Verfügung steht.

Überspannungsschutzmittel können vorgesehen sein, um die Energiedissipationseinrichtung gegen eine unbeabsichtigte Auslösung zu schützen. Herkömmliche Zündelemente für Sprengzünder sind nicht klein ausgebildet, da eine Verringerung der Grösse zu einer Empfindlichkeitszunahme bezüglich Streuspannungen oder Streuströmen führt. Dadurch jedoch, dass ein integrierter Schaltkreis und ein Überspannungsschutz vorgesehen werden, kann ein hohes Mass an Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen erreicht werden. Die Schutzanordnung kann zusätzlich Schalteneinrichtungen aufweisen, die mit der Energiedissipationseinrichtung verbunden sind, um einen Schutz gegenüber induzierten, elektrischen Strömen zu schaffen.

Ein Sprengzünder-Zündelement der beschriebenen Art kann in einem Gehäuse vorgesehen sein, wobei der Sprengstoff in dem Gehäuse so angeordnet ist, dass er durch den Auslösezündstoff, der bereits angeführt wurde, ausgelöst wird, um dadurch einen Sprengzylinder zu bilden.

Mittel können vorgesehen sein, um elektrische Energie der Energiedissipationseinrichtung und den Schaltkreisen zuzuführen. Diese Mittel können einen Kondensator umfassen, der dadurch einen Zeitgeberschaltkreis gesteuert wird oder 10 irgendeine andere elektrische Speichereinrichtung.

Die Erfindung erstreckt sich auf ein System mit einer Folge von Sprengungen, welches eine Vielzahl der beschriebenen, in Reihe geschalteten Sprengzünder und Mittel zur Steuerung der Zündung der einzelnen Sprengzünder 15 umfasst.

Die Steuermittel können so ausgebildet sein, dass sie bei einem Zeitgeberschaltkreis, der jeweils den einzelnen Sprengzündern zugeordnet ist, eine ausgewählte Verzögerungsdauer bewirkt.

20 Überspannungsschutzeinrichtungen können zwischen ausgewählten Paaren von Sprengzündern angeordnet sein. Dies erhöht ferner die Unempfindlichkeit des Systems gegenüber induzierten Spannungen oder Strömen.

Der Erfindungsgegenstand wird im folgenden unter 25 Bezugnahme auf die Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen integrierten, elektronischen Sprengzünder mit einem Sprengzünder-Widerstands-Zündelement gemäss einer Ausführungsform nach der Erfindung,

Fig. 2 eine Schnittdarstellung des Schaltkreises gemäss Fig. 1,

Fig. 3 eine Ausführungsform eines Schaltkreises, der in jedem Sprengzünder vorgesehen sein kann,

Fig. 4 eine seitliche Teilschnittdarstellung, die den körperlichen Zusammenbau eines Sprengzünder-Zündelements zeigt,

Fig. 5 eine nach der Erfindung ausgebildeten Sprengzünder,

Fig. 6 eine Schutzeinrichtung, die bei einem System mit Folgesprengung nach der Erfindung verwendet wird,

Fig. 7 ein System mit Folgesprengung nach der Erfindung,

Fig. 8 eine Draufsicht auf ein Feldeffekt-Sprengzünderelement, welches in einem integrierten Schaltkreis nach der Erfindung vorgesehen ist,

Fig. 9 eine Seiten- und Schnittdarstellung der körperlichen Anordnung eines Sprengzünderzündelements,

Fig. 10 eine seitliche Schnittdarstellung eines Sprengzünder-Zündelements gemäss einer anderen Ausführungsform nach der Erfindung,

Fig. 11 eine perspektivische Darstellung des Sprengzünder-Zündelements gemäss Fig. 10, bevor ein primärer Sprengstoff an diesem angebracht bzw. angehaftet ist,

Fig. 12a, 12b bzw. 12c zeigen seitliche Teilschnittdarstellungen von drei Ausführungsformen eines Sprengzünder-Zündelements nach der Erfindung,

Fig. 13-16 andere Ausführungsformen nach der Erfindung, und

Fig. 17 eine seitliche Schnittdarstellung eines Sprengzünders, der ein Sprengzünder-Zündelement nach einer Abänderung der Erfindung enthält.

Fig. 1 zeigt von oben einen integrierten, elektronischen Sprengzünder 10, der ein Sprengzünder-Zündelement 12, einen Transistor 14, Verbindungsanschlussflächen 16, eine Überspannungsschutz-Schaltungsanordnung 18 und Zeit-

geber- und Kommunikationsschaltkreise 20 aufweist. Das Sprengzünder-Zündelement 12 ist tatsächlich eine miniaturisierte Sicherung mit einer äusserst geringen Wärmemasse und wird durch Aufbringen einer dünnen Schicht aus Widerstandsmaterial oder irgendeinem der bevorzugten Materialien oben auf einer Passivationsschicht eines integrierten Schaltkreises ausgebildet. Die Dicke der Widerstandsschicht ist in der Grössenanordnung von 10 bis 1000 nm. Eine Maske wird in herkömmlicher Weise verwendet, um das Muster des Sprengzünder-Zündelements und die Anschlussbereiche zu begrenzen, die bleiben sollen, und überschüssiges Material wird dann weggeätzt.

Der integrierte Schaltkreis, auf dem das Sprengzünder-Zündelement hergestellt wird, ist im Querschnitt in Fig. 2 dargestellt. Bei diesem Beispiel ist der Schaltkreis vom CMOS-Typ und seine Ausgestaltung ist im wesentlichen von herkömmlicher Art und deshalb wird diesbezüglich keine nähere Erläuterung gegeben. Unter Bezugnahme auf die Fig. 2 lassen sich die folgenden Teile erkennen: ein Siliciumsubstrat 20 vom N-Typ, aufgewachsenes Feldoxid 22, P-Diffusionsbereiche 24, niedergeschlagenes Oxid 26, ein Polysilicium-Gate 28, dünnes Gate-Oxid 30, eine Zwischenverbindungsschicht 32 aus Aluminium, eine Passivationsschicht oder Schutzschicht 34 gegenüber Kratzern, und ein Sprengzünder-Zündelement 12.

Der in Fig. 1 gezeigte Transistor 14 ist vom Feldeffekt-Typ und ist durch die Bereiche 24, das Gate 28 und das Gateoxid 30 festgelegt.

Die Verbindungsschicht 32 aus Aluminium ist mit den Anschlussflächen 16 (siehe Fig. 1) über Kontaktöffnungen in der Passivationsschicht 34 verbindbar.

Fig. 3 zeigt im wesentlichen als Blockdiagramm die integrierte Schaltung im einzelnen, die das Sprengzünder-Zündelement umfasst. In Fig. 3 ist das Sprengzünder-Zündelement 12 als ein in Reihe mit dem Feldeffekt-Transistor 14 geschalteter Widerstand 12 dargestellt. Zwei Zenerdioden 36 mit sechs Volt, die in Reihe und quer zu den Bauteilen 12 und 14 geschaltet sind, sind mit den Spannungsversorgungsverbindungen 38 und 40 verbunden. Diese Dioden sollen Streuenergien an dem Auslösen des Sprengzünders verhindern und sind unter der aufgebrachten Oxidschicht 26 angeordnet. Diese Schicht ist wärmeisolierend.

Der Schaltkreis gemäss Fig. 3 weist einen Oszillatator 42 mit einem Zeitsteuerkondensator 44, der unter dem Sprengzünder-Zündelement vergraben ist, einen Kommunikationsschaltkreis 45, der eine Phasenverriegelungsschleife aufweist, die den Taktgeber auf dem Chip synchronisiert und gegenüber einem genauen Datentakt instabil ist, um eine genaue Zeitsteuerung des Schaltkreises sicherzustellen, und einen Zeitgeber- und Sperrschatzkreis 46 auf. Der Schaltkreis wird durch den Bezugstaktgeber mit phasenverriegelter Schleife getaktet.

Der Schaltkreis enthält ferner ein Selbstprüfmodul 48, welches bei eingeschalteter Spannung alle Schaltkreisfunktionen prüft. Dioden 50 und Widerstände 52 bei den Leistungen D (Dateneingabekontakt), DI (Dateneingabe), R (Antwort) und DO (Datenausgabe) liefern einen statischen Schutz für den CMOS-Schaltkreis.

Der Feldeffekttransistor 14 ist so ausgelegt, dass er die Entladung der elektrischen Energie von einem Speicher kondensator 54 durch das Sprengzünder-Zündelement 12 steuert. Der Speicher kondensator ist relativ gross und bildet keinen Teil des integrierten Schaltkreises, sondern ist vielmehr ein getrenntes Bauteil.

Fig. 4 zeigt das Teil 10, welches in einem Gehäuse 56 angebracht ist, das aus einem geeigneten Kunststoffmaterial geformt ist und einen Hohlraum 58 aufweist, in dem das Teil 10 eingebaut ist. Der übrige Teil des Hohlraums wird von

einem Sprengstoff 60 in Anspruch genommen. Der Hohlraum ist mit einem geformten Deckel 62 aus einem Kunststoffmaterial abgedichtet. Steckerstifte 64 erstrecken sich durch das Gehäuse 56 und sind mit dem Teil 10 über Leitungen 66 verbunden. Das Teil 10 ist so angeordnet, dass das Sprengzünder-Zündelement 12 zu dem Hohlraum 58 weist und sich in Berührung mit dem Sprengstoff 60 befindet.

Das Gehäuse 56 weist einen zweiten Hohlraum 67 auf, der von dem in Fig. 3 dargestellten Speicher kondensator 54 beansprucht wird. Das Gehäuse ist mit einer ersten Nut 68 an einer mittleren Stelle und einer zweiten Nut 70 ausgebildet, die sich um den Hohlraum 67 herum erstreckt.

Fig. 5 zeigt das mit einer Sprengzünderdose 72 verbundene Gehäuse 56, so dass ein vollständiger Sprengzünder 74 gebildet wird. Die Sprengzünderdose ist mit einem geeigneten Sprengstoff gefüllt und an dem Gehäuse 56 dadurch befestigt, dass sie an einer Stelle 76 in die Nut 68 eingebogen ist. Das Gehäuse 56 ist so ausgerichtet, dass sich der Hohlraum 58 mit seinem Sprengstoff in die Sprengzünderdose erstreckt.

Ein Verdrahtungskabelbaum 78, der mit den Stiften 64 in elektrischem Kontakt steht, ist an dem oberen Ende des Gehäuses 56 angebracht und an dem Gehäuse durch Eingriff mit der oberen Nut 70 befestigt.

Fig. 6 zeigt eine Schutzeinrichtung 80, die zusammen mit einer Vielzahl von den in Fig. 5 dargestellten Sprengzündern 74 verwendet wird. Die Schutzeinrichtung umfasst eine schnelle Spannungsdurchbruchdiode 82, die von einem Kondensator 84 überbrückt ist, der einen Pfad mit geringer Impedanz für Hochfrequenzstörungen darstellt.

Die Einrichtung 80 weist Verbindungen auf, die mit denjenigen in Fig. 3 für das Teil 10 gezeigten identisch sind. Somit weist sie zwei Spannungsversorgungsverbindungen 86 und 88 auf, die den Verbindungen 38 und 40 bei der Einrichtung 10 entsprechen, und D, R, DI und DO Anschlüsse, die den in gleicher Weise bezeichneten Anschlüssen bei der Darstellung gemäss Fig. 3 entsprechen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anschlüsse DI und DO unmittelbar verbunden sind und somit eine Verbindung liefern, die für Signale durchlässig ist, die zu der Datenleitung übertragen werden. Die Anschlüsse D und R werden in keinerlei Weise verwendet.

Fig. 7 zeigt ein System zur Reihensprengung, welches eine Vielzahl von Sprengzündern 74 mit Schutzeinrichtungen 80 umfasst, die zwischen aufeinanderfolgenden Paaren von Sprengzündern an ausgewählten Stellen verbunden sind. Die Reihenfolge der Sprengzünder wird mittels einer Einrichtung 90 bestimmt. Die Anschlüsse DO und DI benachbarter Einrichtungen sind miteinander so verbunden, dass sich eine kettenförmige Verbindung längs des Systems ergibt.

Die Sprengzünder sind physikalisch an erwünschten Stellen gemäss den herkömmlichen Bergwerktechniken eingesetzt. In Umgebungen mit elektrischen Störungen wird die Anzahl der Schutzeinrichtungen 80 erhöht, um die Störungsanfälligkeit des Systems zu erhöhen.

Das System zur Reihensprengung weist eine elektrische Schnittstelle 92 auf, die Strom zu den Sprengzündern liefert und Übertragungsprotokolle zwischen einer herkömmlichen Kommunikationsleitung 94 von einem Steuerungsrechner 96 und den Sprengzündersignalen umsetzt.

Es ist wünschenswert, die Einrichtung für eine Reihensprengung mit niedriger Spannung unter Verwendung von Feldprüfeinheiten zu prüfen, bevor die Reihensprengung tatsächlich eingeleitet wird. Im Idealfall sollte die Überprüfung bei Stromversorgungsbedingungen stattfinden, bei denen die Versorgungsspannung unter 3 Volt liegt, was sicherstellt, dass bei einem Fehlbetrieb keine der Sprengzünder-Zündelemente ausreichend erwärmt werden kann, eine Sprengung hervorzurufen. Die Prüffolge ist so ausgelegt, dass fehler-

hafte Einheiten durch ihre Zahl von ihrer Verbindung in das Sprengsystem angezeigt werden.

Der Computer wird verwendet, um Verzögerungen zur Steuerung der erwünschten Sprengfolge zu steuern. Auf welche Art die Verzögerungssignale erzeugt werden, ist für das Verständnis der vorliegenden Erfindung nicht wichtig und ist somit in dieser Beschreibung nicht angegeben.

Alle Sprengzünder 74 in dem in Fig. 7 gezeigten System sind identisch und eine Adressierungsprogrammierung von dem Benutzer ist nicht wünschenswert. Damit jedoch einzelne Sprengzünder adressiert werden können, ist in dem Kommunikationssystem ein Anheftsignal (handshake signal) vorgesehen. Dies ermöglicht, dass jede Einrichtung an ihre Benachbarte übergibt, sobald sie ihre Kommunikation beendet hat. Somit liefert der Computer ein Anheften, die erste Einrichtung wird adressiert und antwortet und gibt dann das Anheften an die nächste Einrichtung. Der Computer kommuniziert mit allen Einrichtungen in der Linie der Reihe nach, bis die vorletzte Einrichtung ihr Anheften an die Abschlusseinheit 90 gibt. Diese Einheit überträgt dem Computer, dass das Anheftsignal das Ende der Reihe erreicht hat, woraufhin der Computer ein Signal aussendet, welches alle Anheftleitungen in dem System für einen anderen Kommunikationszyklus zurücksetzt. Auf diese Weise kann jeder Einheit durch den Computer eine Zahl zum Fehlerrauffinden und für allgemeine Kommunikation zugeordnet werden.

Um ein zufälliges Zünden zu verhindern, können mehrere Kommunikationszyklen mit einem Sperrmechanismus verwendet werden. Beispielsweise können die Reihenfolge sein: Das System wird zu Anfang eingeschaltet und der Computer adressiert dann jede Einrichtung und erhält dann die Ergebnisse des Selbstprüforgangs, der mittels der Schaltungsanordnung auf der Karte eines jeden Sprengzünders durchgeführt wird, und die Zahl des Sprengzünders. Der Computer schreibt dann eine Verzögerungszeit bei jedem Sprengzünder ein und jeder Sprengzünder überträgt die Verzögerung zu dem Computer zur Überprüfung zurück. Die Sprengzünder werden dann mittels eines statistisch einzigen Signals scharf gemacht, d.h. ein Signal, welches eine niedere Korrelation mit zufälligem Untergrund in der besonderen Umgebung aufweist. Daraufhin wird eine «Feuersequenz» wieder durch ein statistisch einziges Signal ausgelöst und dieses bewirkt die Sprengung.

Die vorgeschlagene Sicherheitssperre ermöglicht, dass ein Strom durch jedes Sprengzünder-Zündelement nur dann fließen kann, wenn die für jeden besonderen Sprengzünder durchgeführte Selbstprüfung zufriedenstellend ist, die Verzögerung der Einrichtungen richtig programmiert wurde, eine gültige Scharfmachungssequenz erhalten wurde, ein gültiges Feuersignal erhalten wurde und die Verzögerungszeit abgelaufen war.

Bei einem überprüften Beispiel der Erfindung entlud ein Kondensator von $4,7 \mu F$ eine Spannung von $17,7 V$ in ein Sprengzünder-Zündelement, welches eine aufgestäubte Verbindung mit den Abmessungen von $80 \mu m$ zu $8 \mu m$ aufwies. Die Verbindung war mit Bleistyphnat überdeckt. Die gemessene Reaktionszeit vom Anlegen eines Stromes bis zum Wahrnehmen eines Lichtblitzes von dem explodierenden Bleistyphnat betrug $30 \mu s$. Die angelegte Energie war daher etwas kleiner als $20,9 \mu Joule$.

Die Energie zum Erwärmen des Sprengzünder-Zündelements ist in dem Kondensator 54 gespeichert. Dieser Kondensator besitzt eine Kapazität von $10 \mu F$ und ist auf $11 V$ aufgeladen, was eine geeignete Energie zur Versorgung des Schaltkreises und zum Erwärmen des Sprengzünder-Zündelements ist. Somit wird jeder Sprengzünder mittels einer sich bei ihm befindenden Energie versorgt und explodiert, sobald die Verzögerungszeit abgelaufen ist, selbst dann recht-

zeitig, wenn die Leitungen, die ihn mit der Hauptspannungsversorgung verbinden, beschädigt worden sind. Da kein grosser Zündstrom durch das System fliesst, können Stecker geringer Güte verwendet werden, um die Einrichtung in dem System mit Sprengfolge miteinander zu verbinden.

Die Zeit, während der jede Einrichtung betrieben werden kann, so bald sie von der Stromversorgung abgetrennt ist, ist durch die Grösse des Kondensators begrenzt. Eine beträchtliche Anzahl von Sprengzündern kann in einem System mit 10 Sprengfolge mit langen Verzögerungen zwischen Sprengungen, die lange Explosionszeiten beinhalten, eingebaut sein. Indem der Sprengzünder, der am weitesten von der Spannungsversorgung entfernt ist, zuerst gesprengt wird, kann die gesamte Energiespeicheranforderung für jede Einrichtung wesentlich verringert werden. Da Energie in einer Richtung zugeführt wird, die zu der Richtung der Fortpflanzung der Explosion entgegengesetzt ist, können herumliegende Felsbrocken die Energie örtlich isolieren. Somit wird es bevorzugt, die Sprengzünder in der umgekehrten Reihenfolge zu zünden, um den Vorteil verringriger Energiespeicheranforderungen zu erhalten.

Die Erfindung schafft Sprengzünder, die ein vollständig integriertes, kostengünstiges und zuverlässiges Sprengsystem aufbauen. Folgeverzögerungen in dem System sind genau 25 festgelegt und komplizierte Sprengmuster können relativ einfach programmiert werden.

Der Grundgedanke der Erfindung liegt in dem Einbau bzw. der Einfügung des Sprengzünder-Zündelements in einen elektronischen Chip. Der Chip enthält ferner geeignete Schaltkreise, um «an Bord» Impuls-, Zeitsteuer- und Schutzfunktionen durchzuführen.

Zwei Überspannungsstufen sind eingegliedert, nämlich die durch die Schutzeinrichtungen 80 und die durch die Schutzsysteme auf den Chips geschaffenen. Der Schutzspannungspegel auf dem Chip beträgt $12 V$, während der Spannungspegel von jeder Einrichtung $80 \text{--} 11 V$ beträgt. Dies stellt eine angemessene Isolierung des Sprengzünder-Zündelements gegenüber unerwünschten Signalen in dem System mit Reihensprengungen sicher.

40 Die Fig. 8 und 9 zeigen eine Sprengzünder-Zündelement, dem eine Feldeffektstruktur zugrundeliegt.

Fig. 8 zeigt in Draufsicht einen integrierten Schaltkreis 90, welcher ein allgemein mit 92 bezeichnetes Sprengzünder-Zündelement, Steuertransistoren 94 und 96, einen Überspannungsschutzschaltkreis 98 und einen Zeitgeber- und Kommunikationsschaltkreis 100 erhält.

Die Funktionen der Schaltkreise 98 und 100 und die Art der Verwendung des Sprengzünder-Zündelements und ihr Einbau in ein System mit Folgesprengungen kann allgemein 50 anhand der vorhergehenden Beschreibungen durchgeführt werden.

Das Sprengzünder-Zündelement 92 weist bei diesem Beispiel eine erste, innere Elektrode 102 mit einer kreisförmigen Begrenzung und eine zweite, äussere Elektrode 104 auf, welche konzentrisch zu der inneren Elektrode angeordnet ist, wobei die zwei Elektroden zwischen sich einen Ringspalt 106 begrenzen. Diese Formen werden lediglich beispielhaft angegeben.

Die Transistoren 94 und 96 sind Feldeffekteinrichtungen. 60 Die Drain des Transistors 94 ist mit einem positiven Pol 108 einer elektrischen Versorgung und die Source ist mit der Elektrode 102 verbunden. Sein Gate wird durch den Schaltkreis 100 gesteuert. Der Transistor 96 ist andererseits mit seiner Source mit einem negativen Pol 110 der elektrischen Versorgung und sein Drain ist mit der inneren Elektrode 102 verbunden. Das Gate der Einrichtung 96 ist mit dem Schaltkreis 100 verbunden. Die äussere Elektrode 104 ist ebenfalls mit dem Pol 110 verbunden.

Die zwei Elektroden 102 und 104 werden durch Aufbringen eines der bevorzugten Materialien oben auf einer Passivationsschicht des integrierten Schaltkreises gebildet. Das aufgebrachte Metall wird dann zu der erwünschten Form geätzt.

Fig. 9 zeigt die Befestigung des Schaltkreises 90 in einem Gehäuse 110 gebildeten Hohlraum 112. Stifte 116 erstrecken sich durch eine Basis des Hohlraums in einen unteren Hohlraum 118. Die Stifte sind mit dem Schaltkreis 90 verbunden. In analoger Weise, wie es bereits beschrieben wurde, werden die Stifte jeweils verwendet, um dem Schaltkreis Strom zuzuführen, für Daten- und Taktinformationen, für Beantwortungsinformationen, zur Datenausgaben und zur Dateneingabe.

Der Hohlraum 118 enthält einen Speicher kondensator, der nicht dargestellt ist und mit denjenigen Stiften 116 verbunden ist, die die Pole 108 und 110 zur Stromversorgung zu dem Sprengzünder-Zündelement 92 festlegen.

Ein Einsatz 120 ist an dem Gehäuse 114 befestigt. Der Einsatz weist eine konische Ausnehmung 122 auf, deren Basis in einen zylindrischen Durchlass 124 mündet, der sich zu und über den Elektroden 102 und 104 erstreckt.

Ein primäres Sprengstoffmaterial, wie Silberacid, Bleiacid oder Bleistyphnat wird in die Ausnehmung 122 und den Durchlass 124 eingebracht. Der Einsatz 120 bildet eine Kappe und stellt sicher, dass der Sprengstoff auf die Berührung mit den Elektroden begrenzt ist. Der Einsatz 120 wird vorzugsweise aus einem elektrostatisch leitenden Kunststoffmaterial hergestellt, um die Gefahr von elektrischen Streufeldern zu verringern, die den primären Sprengstoff zünden könnten. Der Einsatz befindet sich in physischer und elektrischer Berührung mit dem äusseren Abschnitt des Gehäuses 114, welches mit dem geeigneten Stift 116 elektrisch geerdet ist.

Das in Fig. 9 gezeigte Teil ist so ausgelegt, dass es mit einer Sprengzünderdose verbunden werden kann, die mit einem geeigneten Sprengstoff gefüllt und an dem Gehäuse 114 befestigt ist. Das Gehäuse 114 wird teilweise in die Dosenöffnung eingesetzt, wobei sich der primäre Sprengstoff in die Dose hinein erstreckt und die Stifte 116 von der Dose hervorstehen. Die Dose wird dann in eine Nut 126 in der Außenfläche des Gehäuses 114 gedrückt, um die Teile miteinander zu befestigen. Eine weitere Nut 128 wird zum Festlegen eines Verdrahtungskabelbaums an dem Gehäuse 114 verwendet. Der Kabelbaum liefert die elektrischen Verbindungen mit den verschiedenen Stiften 116.

Eine Vielzahl der in Fig. 9 dargestellten Einrichtungen ist in der beschriebenen Weise in ein System zur Reihensprengung gemäss bekannter Techniken oder gemäss dem vorbeschriebenen Vorgehen eingesetzt. Der Speicher kondensator in dem Hohlraum 118 wird mittels einer primären elektrischen Quelle aufgeladen. Die Transistoren 94 und 96 werden durch den Kreis 100 gesteuert. Die Kreise 98 und 100 werden jeweils durch Datensignale gesteuert, die den Sprengzündern über die Dateneingabe-Leitung zugeführt werden. Geeignete Zündverzögerungen können in die Schaltkreise einprogrammiert werden.

Das Sprengzünder-Zündelement wird in der folgenden Weise gesteuert. Bei normalen Bedingungen, d.h. bei nicht-scharfgemachter Betriebsart, ist der Transistor 94 gesperrt und der Transistor 96 ist leitend. Wenn die letztgenannten Einrichtung leitend ist, befinden sich die Elektroden 102 und 104 auf demselben Potential. Somit liegt kein Potentialunterschied an den Elektroden über den Ringspalt 106 vor, oder anders ausgedrückt, das elektrostatische Feld in diesem Spalt ist Null.

Wenn der Transistor 94 leitend und der Transistor 96 gesperrt wird, dann wird ein Potentialunterschied über den

Spalt 106 erzeugt, der gleich der Versorgungsspannung der elektrischen Quelle ist, d.h. der Spannung, auf die der Speicher kondensator in dem Hohlraum 118 aufgeladen worden ist. Das elektrische Feld in dem Spalt 106 zündet den sensibilisierten, primären Sprengstoff in der Ausnehmung 122 und dem Durchlass 124 und die Explosion des jeweiligen Sprengzünders wird deshalb auch in Gang gesetzt.

Die Stärke des auf diese Weise erzeugten Feldes kann durch Änderung der Breite des Spalts 106 oder der angelegten Spannung verändert werden. Um weniger empfindliche Sprengstoffe zu zünden, kann das über den Spalt gelegte Potential durch Verwendung eines Spannungsvervielfachers erhöht werden. Der Transistor 94 kann mit einem Widerstand im durchgeschalteten Zustand hergestellt werden, der grösser als der des Transistors 96 ist. Dies stellt sicher, dass die Einrichtung 96 ausgeschaltet und die Einrichtung 96 eingeschaltet werden muss, bevor die Spannung über den Spalt 106 auf ihren erwünschten Pegel ansteigt, d.h., der Pegel, bei dem die Zündung des primären Sprengstoffmaterials stattfindet. Die Sicherheitsmaßnahme stellt sicher, dass beide Transistoren richtig betrieben werden müssen, damit eine Explosion stattfindet.

Das im Zusammenhang mit den Fig. 8 und 9 beschriebene Vorgehen besitzt den Vorteil, dass das Aufbringen spezieller Metalle, wie Wolfram (W) oder Nickelchrom (NiCr) unnötig ist. Die Transistoren 94 und 96 können auch relativ klein ausgebildet werden, da sie nicht zum Schalten grosser Ströme sondern vielmehr zur Steuerung des Anlegens der Spannung über den Spalt 106 verwendet werden.

Die Fig. 10 bis 17 betreffen weitere Ausführungsformen nach der Erfindung.

Die Fig. 10 und 11 zeigen ein Sprengzünder-Zündelement 210 in der Form eines Siliciummikrochips, der ein Siliciumsubstrat 212 aufweist, welches mit einer dünnen Schicht 214 aus einem geeigneten Passivationsmaterial wie Siliciumdioxid überdeckt ist. Ein Fenster 216 ist in der Passivationsschicht 214 ausgebildet, um eine Energiedissipationseinrichtung in der Form eines Elements oder einer Verbindung 218 aus einem bevorzugten Material freizulegen. Die Verbindung 218 wird auf dem Substrat 212 mittels einer herkömmlichen Niederschlagstechnik aufgebracht und weist einen eingeschnürten Bereich 220 auf, der im wesentlichen mittig in dem Fenster 216 angeordnet ist. Ein primäres Sprengstoffmaterial 222 haftet an der Passivationsschicht 214 an oder ist gegen diese gedrückt und überdeckt das Fenster 216, damit es mit der Verbindung 218 in Berührung ist. Die Auslöseladung 222 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 11 nicht dargestellt.

Bei gewissen Anwendungen ist das Fenster 216 nicht notwendig und die Ladung 222 ist unmittelbar auf der Passivationsschicht in nächster Nähe zu der Verbindung 218 angebracht, damit sie durch die Verbindung 218, die entweder geschmolzen oder auf eine ausreichend hohe Temperatur durch einen hindurchfliessenden, elektrischen Strom erwärmt wird, gezündet wird.

Die Ladung 222 kann Bleistyphnat sein, dem ein geringer Prozentsatz eines Bindesmittels oder eines Anhaftunterstützungsmittels vor der Anwendung auf das Substrat 212 hinzugefügt worden ist, um das Anhaften an der Passivationsschicht 214 zu erhöhen. Die Verbindung 218 zündet die Ladung 222 entweder durch Schmelzen oder sie kann eine ausreichend hohe Temperatur aufgrund der Widerstandsheizung erhalten, um die Ladung 222 zu zünden, während sie unzerstört bleibt.

Die Fig. 12A, 12B und 12C zeigen drei weitere Ausführungsformen eines Sprengzünder-Zündelements 225, das ein Siliciumsubstrat 227 aufweist, an dem ein Auslöseeinrichtung bzw. Betätigungsseinrichtung angebracht ist, die eine

Metallschicht oder leitende Schicht 226 und eine exotherme Schicht oder Oxidationsschicht 228 in verschiedener Ausgestaltung umfasst.

In Fig. 12A ist eine Schicht 224 aus einem dielektrischen Material an der Oberfläche des Siliciumsubstrats 227 angebracht oder auf dieser aufgewachsen.

Eine Schicht 226 aus einem der bevorzugten Materialien wird oben auf der Schicht 224 des dielektrischen Materials aufgebracht. Eine exotherme Schicht oder Oxidationsschicht 228 wird dann oben auf der Schicht 226 aufgebracht. Die Schicht 228 kann aus einem Polyimid sein, welches eine Oxidationsverbindung wie Kaliumchlorat oder ein pyrotechnisches Medium enthält, welches mit der Schicht 226 reagiert.

In Fig. 12B ist die exotherme Schicht oder Oxidationsschicht 228 auf der Oberfläche des Siliciumsubstrates 212 aufgebracht und die Schicht 226 ist oben auf der Schicht 228 aufgebracht.

In Fig. 12C ist die Schicht 226 zwischen zwei exothermen Schichten oder Oxidationsschichten 228 eingeschlossen.

Die Ausführungsformen gemäss Fig. 12 verlassen sich bezüglich ihres Betriebs auf die Tatsache, dass eine exotherme Reaktion zwischen der Schicht 226 und der exothermen oder oxidierenden Schicht 228 unmittelbar auf und/oder unter der Schicht 226 in Gang gesetzt wird. Die exotherme Reaktion wird durch die Widerstandsheizung der Schicht 226 aufgrund des durch sie hindurchfließenden elektrischen Stroms hervorgerufen. Die primäre Sprengladung (nicht dargestellt) spricht auf die exotherme Reaktion an und wird durch diese in Gang gesetzt.

Die oxidierende Schicht 228 wird während des Herstellungsverfahrens des Sprengzünder-Zündelements 210 aufgebracht.

Ein Vorteil bei diesen Ausführungsformen besteht darin, dass sich das Aufbringen des primären Sprengstoffes nicht auf eine gute Berührung, die gleichförmig erzielt wird, mit dem aktiven Bereich auf dem Sprengzünder-Zündelement 200 verlassen muss. Demgemäß können Herstellungstoleranzen während des Aufbringens des Sprengstoffes zugelassen werden. Eine Passivation des Sprengzünder-Zündelements 210 kann auch durchgeführt werden, um Lebensdauervariationen zu verringern. Die für die Passivation verwendeten Materialien können Polyamide sein, die eine niedere Niederschlagstemperatur aufweisen oder im Vakuum aufgebracht worden sind.

Fig. 13 zeigt eine weitere Ausführungsform nach der Erfindung, bei der das Sprengzünder-Zündelement 230 die Form einer elektronischen Festkörpereinrichtung mit einem Siliciumsubstrat 231 aufweist.

Eine Energiedissipationseinrichtung 232 mit einem Widerstandsabschnitt eines elektrischen Schaltkreises ist mittels eines Abschnitts eines diffundierten, eines Ionen-implantierten oder eines epitaxialen Elements vorgesehen, welches in oder auf dem Siliciumsubstrat 231 ausgebildet ist. Metallverbindungen 234, die auf der Oberfläche des Siliciumsubstrats 231 aufgebracht worden sind, können mit einem Treiberschaltkreis (nicht dargestellt) verbunden werden. Eine Passivationsschicht 236 ist auf den Metallverbindungen 234 sowie der Einrichtung 232 aufgebracht oder oben aufgewachsen.

Die Energiedissipationseinrichtung 232 kann irgendein Schaltkreiselement wie ein Widerstand, ein Transistor oder eine Vierschichtdiode sein. Es wird darauf hingewiesen, dass, wenn die Einrichtung eine Zenerdiode oder eine aktive Einrichtung einer anderen Art ist, die durch sie erzeugte Energie genau eingestellt werden kann.

Die Energiedissipationseinrichtung 232 kann durch eine Schicht aus P-Typ Silicium gebildet werden, welche in ein Substrat 231 aus hauptsächlich N-Typ Silicium diffundiert

wird, um den Widerstandsabschnitt des Schaltkreises zu schaffen. Die Schichten aus P-Typ Silicium und N-Typ Silicium können natürlich gegeneinander ausgetauscht werden. Mehr Energie kann von einem diffundierten Widerstand vor dessen Zerstörung abgegeben werden, als es der Fall bei einer herkömmlichen Metallverbindung ist. Dies gibt den Vorteil, dass er eine weit bessere voraussagbare Zündung besitzt. Zusätzlich ist es einfach, die Dotierung des Widerstands zu ändern, um die elektrische Anpassung an einen nahezu optimalen Pegel zu verbessern und auch die Größe kann ohne weiteres eingestellt werden. Ferner ist diese Art von Einrichtung besser für Kondensatorspeichersysteme geeignet, da die gesamte, verbleibende Energie in einem Kondensator in den Widerstand gebracht werden kann.

Fig. 14 zeigt ein Sprengzünder-Zündelement 240, welches eine elektronische Festkörpereinrichtung mit einem Siliciumsubstrat 241 ist. Eine Schicht aus einem dielektrischen Material (nicht dargestellt) kann auf das Siliciumsubstrat 241 aufgebracht werden. Eine ein elektrisches Feld erzeugende Struktur 242 ineinander greifender Finger ist auf das Siliciumsubstrat 241 aufgebracht oder kann in dieses eindiffundiert sein. Selbstverständlich ist dies eine abgeänderte Anordnung von der in Fig. 8 und 9 gezeigten. Verbindungsmitte 244 sind zur Verbindung der Kammstruktur 242 mit einem Treiberschaltkreis (nicht dargestellt) vorgesehen. Die Kammstruktur 242 weist eine Vielzahl von beabstandeten Gliedern 246 auf. Der Abstand zwischen benachbarten Gliedern 246 liegt in der Größenordnung von 10 µm oder weniger.

Die Struktur 242 ermöglicht, dass ein sehr hohes elektrisches Feld gleichförmig über einen ausgedehnten Bereich aufrechterhalten werden kann. Die Zündladung (nicht dargestellt) ist unmittelbar oben auf der Struktur 242 aufgebracht. Die Zündladung ist mit feingemahlenem Graphit oder mit einem organischen Halbleitersensibilisator sowie einem Bindemittel vermischt oder verbunden. Die unmittelbare Berührung zwischen der Zündladung und der Metallstruktur 242 bewirkt, dass sich die Zündladung in ihrem Inneren erwärmt, wodurch deren Zündung hervorgerufen wird. Andererseits kann die Zündladung eine Verbindung wie einen organischen Halbleiter mit einem suspendierten Oxidationsmittel, aufweisen, der chemisch in der Gegenwart eines geeigneten, hohen elektrischen Feldes mit einer exothermen Reaktion reagiert. Bezuglich dieses Gesichtspunkts der Erfindung kann eine Einrichtung hergestellt werden, die zwischen einigen wenigen Volt und ungefähr 1 kV und mit einem begrenzten Strom in der Größenordnung von Pico-Amperen arbeiten kann.

Fig. 15 zeigt ein Sprengzünder-Zündelement 25, welches eine elektronische Festkörpereinrichtung mit einem Siliciumsubstrat 251 aufweist, auf das eine Entladung hervorruhende Struktur aufgebracht oder eindiffundiert ist. Die eine Entladung bewirkende Struktur umfasst ein Paar beabstandeter zahnähnlicher Strukturen 252 und 254. Die Struktur 252 weist ein Paar beabstandeter Zähne 256 auf. In ähnlicher Weise besitzt die Struktur 254 ein Paar beabstandeter Zähne 258. Die Zähne 256 und 258 sind in beabstandeter Beziehung zueinander ausgerichtet, um ein Paar vor Entladestrecken 260 zu bilden. Die Strukturen 252 und 254 weisen jeweils Verbindungsmitte 262 bzw. 264 zur Verbindung mit einem Treiberschaltkreis (nicht dargestellt) auf. Die Zähne 256 und 258 werden verwendet, um ein elektrisches Feld in dem Spalt 260 zu konzentrieren. Bei elektrischen Feldern von mehr als 5 V/µm kann eine Entladung zwischen den Zähnen 256 und 258 stattfinden. Sobald eine Entladung beginnt, bleibt diese bestehen, bis die elektrische Energie verringert oder eine Erosion der Zähne 256 und 258 oder eine Zerstörung des Kristallgitters ausreichend weit

fortgeschritten ist, so dass das Feld zu gering wird, die Entladung aufrecht zu erhalten.

Ein primärer Sprengstoff (nicht dargestellt) kann unmittelbar von der Entladung zwischen den Zähnen 256 und 258 oder mittelbar durch eine exotherme, chemische Reaktion mit einer Schicht, die in Berührung mit der die Entladung bewirkende Struktur steht, gezündet werden. Ein Vorteil bei dieser Ausführungsform besteht darin, dass eine gutdefinierte Schwellenspannung als Funktion des Abstandes zwischen den Zähnen 256 und 258 erhalten wird und dass die Schwellenspannung zwischen einigen wenigen Volt und ungefähr 1 kV geändert werden kann.

Fig. 16 zeigt ein Sprengzünder-Zündelement 270, welches einen Licht erzeugenden Mikrochips 272 aus N-Typ Material mit einer Schicht 272A aus P-Typ Material aufweist, auf der ein primärer Sprengstoff 274 aufgebracht ist. Der Sprengstoff 274 spricht auf von dem Mikrochips 272 erzeugtes Licht an, der ein zusammengesetzter Halbleiterlaser oder eine Licht erzeugende Einrichtung oder irgendeine andere Licht erzeugende Einrichtung sein kann, z.B. eine herkömmliche Halbleitereinrichtung, die durch Plasmaeffekt Licht erzeugt.

Wenn der Licht erzeugende Mikrochip 272 ein Laser ist, kann eine ausreichend hohe Energiedichte erreicht werden, um die Ladung 274 unmittelbar zu zünden. Wenn der Mikrochip 272 eine niedrigere Beleuchtungsintensität aussendet, kann eine optisch sensibilisierte, pyrotechnische Verbindung für die Ladung 274 verwendet werden.

Fig. 17 zeigt eine unterschiedliche Packungsanordnung eines Sprengzünder-Zündelements, um einen Sprengzylinder zu ergeben. Das Sprengzünder-Zündelement ist auf einem Metallführungsrahmen 276 befestigt, welcher wiederum in einer Sprengzylinderkapsel 278 angebracht ist. Eine Grundladung 280 ist in einem Ende der Sprengzünderkapsel 278 vorgesehen. Die Grundladung 280 kann aus einem Sprengstoff wie PETN bestehen. Eine Zündladung 282 aus einem geeigneten Sprengstoff, wie eine Mischung von Bleiacid und Bleistyphnat im Verhältnis von 4:1 ist der Grundladung 280 benachbart vorgesehen. Die Zündladung 282 ist in nächster Nähe einer primären Sprengladung 222, 274 irgendeines der vorhergehend beschriebenen und hier mit 300 bezeichneten Sprengzünder-Zündelemente angeordnet. Die Zündladung 282 wird mittels einer Halteglocke 284 in ihrer Lage gehalten. Der Führungsrahmen 276 aus Metall, der das Sprengzünder-Zündelement 300 trägt, geht durch einen geeigneten Stopfen 286 hindurch, der dichtend ein Ende der Kapsel 278 gegenüber dem Ende schließt, in dem die Grundladung 280 vorgesehen ist. Der Stopfen 286 dient ferner dazu, den Führungsrahmen in seiner Lage zu

halten. Der Führungsrahmen 276 liefert elektrische Leiter zur Übertragung eines elektrischen Signals an das Sprengzünder-Zündelement 300.

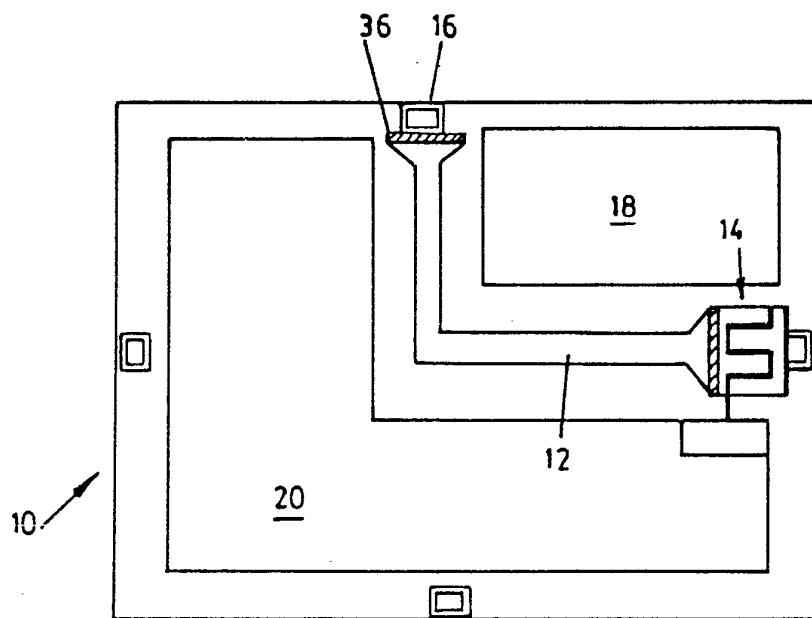
Das Sprengzünder-Zündelement 300 weist vorzugsweise 5 Steuerschaltkreise (nicht dargestellt) der in den Fig. 3 und 6 gezeigten Art auf, um die Zündung des primären Sprengstoffs 222, 274 zu steuern, wobei die Schaltkreise in dem Siliciumsubstrat des Sprengzünder-Zündelements 300 unter Verwendung herkömmlicher und mikroelektronischer Techniken gebildet sind. Eine Sicherheitsverbindung 301, die von der Zündladung 222, 274 isoliert ist, und Kurzschlusssteuerröhre für den Führungsrahmen 276 sind aus Sicherheitsgründen eingebaut.

Eine Betätigung der Energiedissipationseinrichtung, d.h. 15 der in Fig. 10 dargestellten Zirkoniumverbindung 218, bewirkt eine Energiefreisetzung, um die Ladung 222, 274 zu aktivieren, die daraufhin die Zündladung 282 zündet, welche wiederum die Grundladung 280 zündet, die die durch den Sprengzünder zu zündende, beabsichtigte Explosion auslöst.

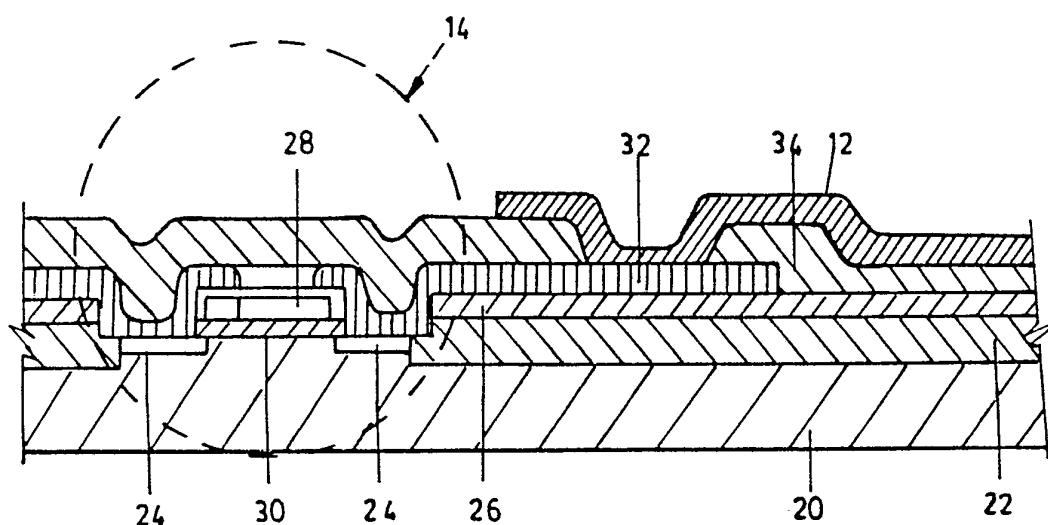
20 Es ist offensichtlich, dass die Grundgedanken der Erfindung mittels einer Vielzahl von Ausführungsformen ausgedrückt werden können, von denen jede eine miniaturisierte Energiedissipationseinrichtung enthält, die in Kombination mit einem integrierten Schaltkreis gebildet ist. Diese Lösung 25 ermöglicht, komplexe Steuerfunktionen bei von vorneherein vorliegender Zuverlässigkeit und sicherem Betrieb mit geringen Kosten durchzuführen.

Die Erfindung wurde unter Bezugnahme auf eine feste Zündladung beschrieben. Wie angegeben, können die 30 Grundgedanken der Erfindung in Kombination mit einem flüssigen oder gasförmigen Zündstoff verwendet werden. Bei diesen Beispielen kann das Sprengzünder-Zündelement vorzugsweise von der Art sein, die auf der Verwendung einer schmelzbaren Verbindung oder einer Hochspannungsentladung basiert, wenn die Schmelzverbindung schmilzt, werden glühende Teile der Verbindung in den flüssigen oder gasförmigen Zündstoff gestreut, was eine erfolgreiche Explosion sicherstellt. Eine im hohen Massen erfolgreiche Zündung wird auch mit einer Hochspannungsentladung erhalten. Beim 40 Zusammenbau wird das Sprengzünder-Zündelement in einem Behälter, wie die Dose 72 gemäß Fig. 5, abgedichtet, der auch das flüssige oder gasförmige Zündstoffmaterial enthält. Die Schwierigkeit des Aufbringens des Zündstoffs auf dem Sprengzünder-Zündelement wird dadurch vermieden.

45 Der Sprengzünder nach der Erfindung und das Sprengzünder-Zündelement können zusammen mit irgendeinem Sprengstoff auf militärischem Gebiet, dem Gebiet des Bergbaus oder anderen Gebieten verwendet werden.



FIG_1



FIG_2

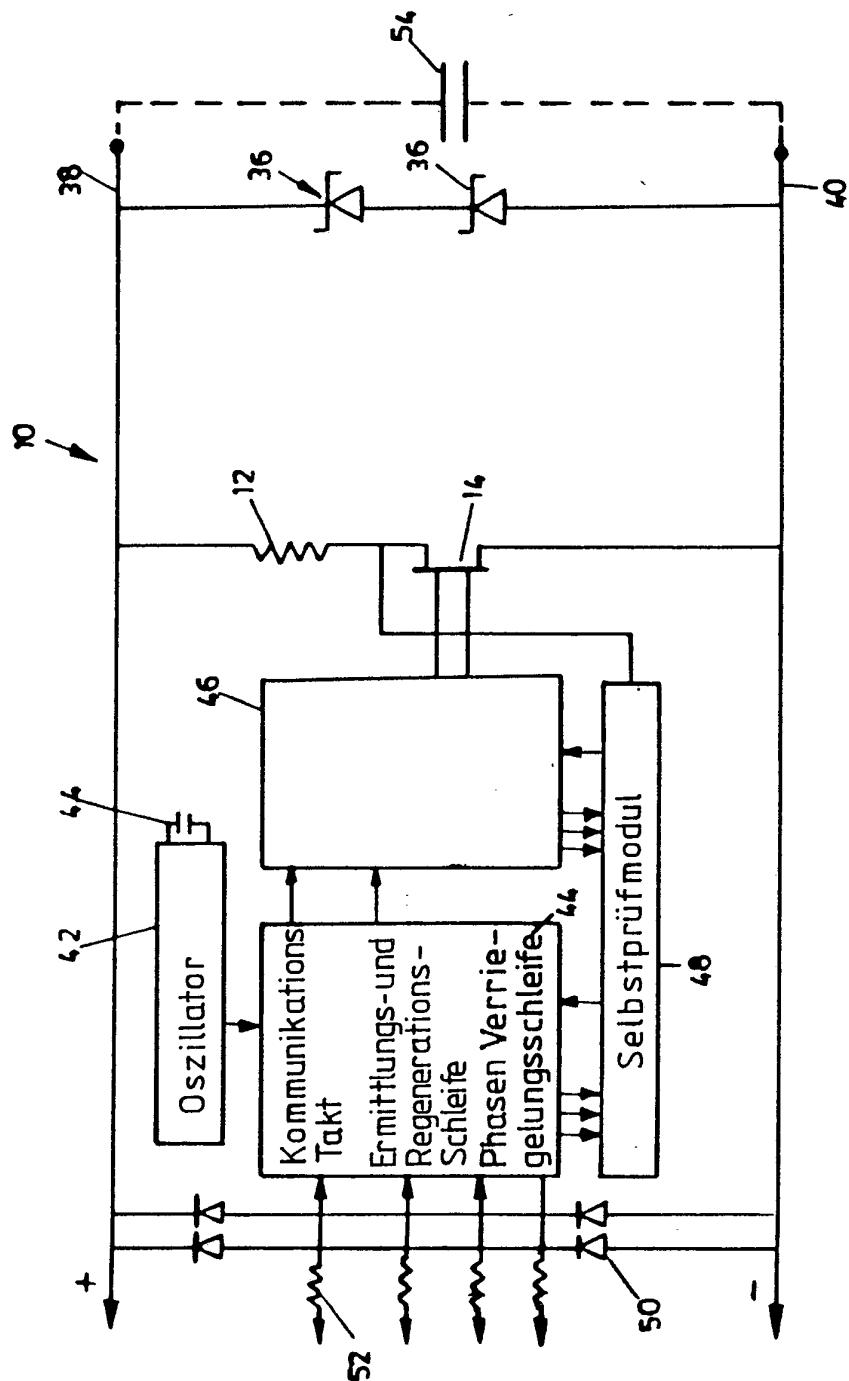


FIG-3

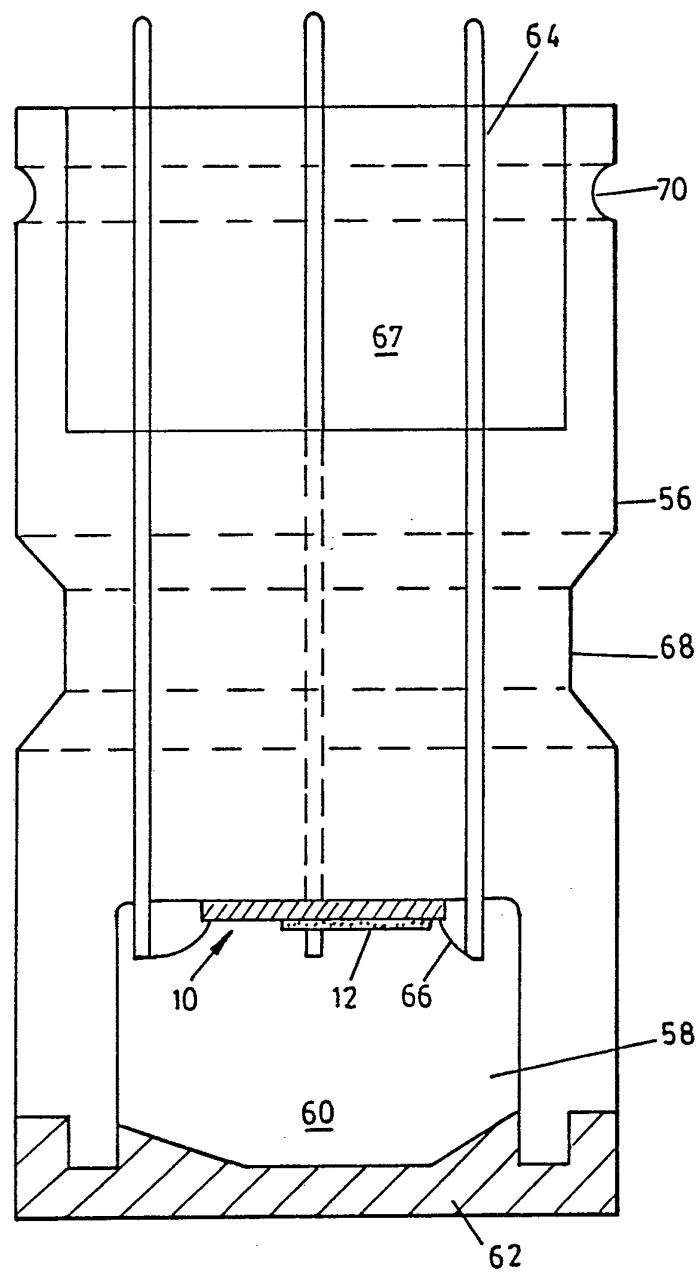
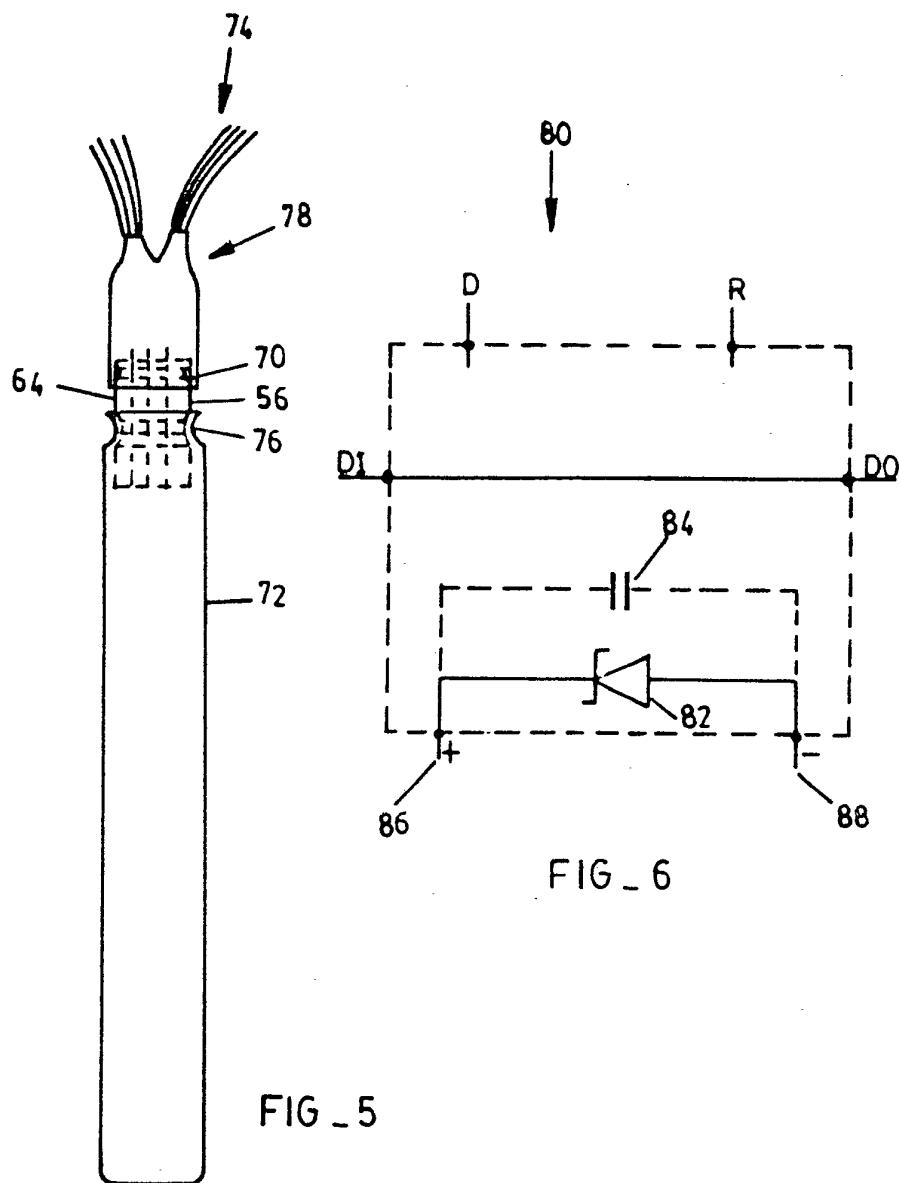


FIG - 4



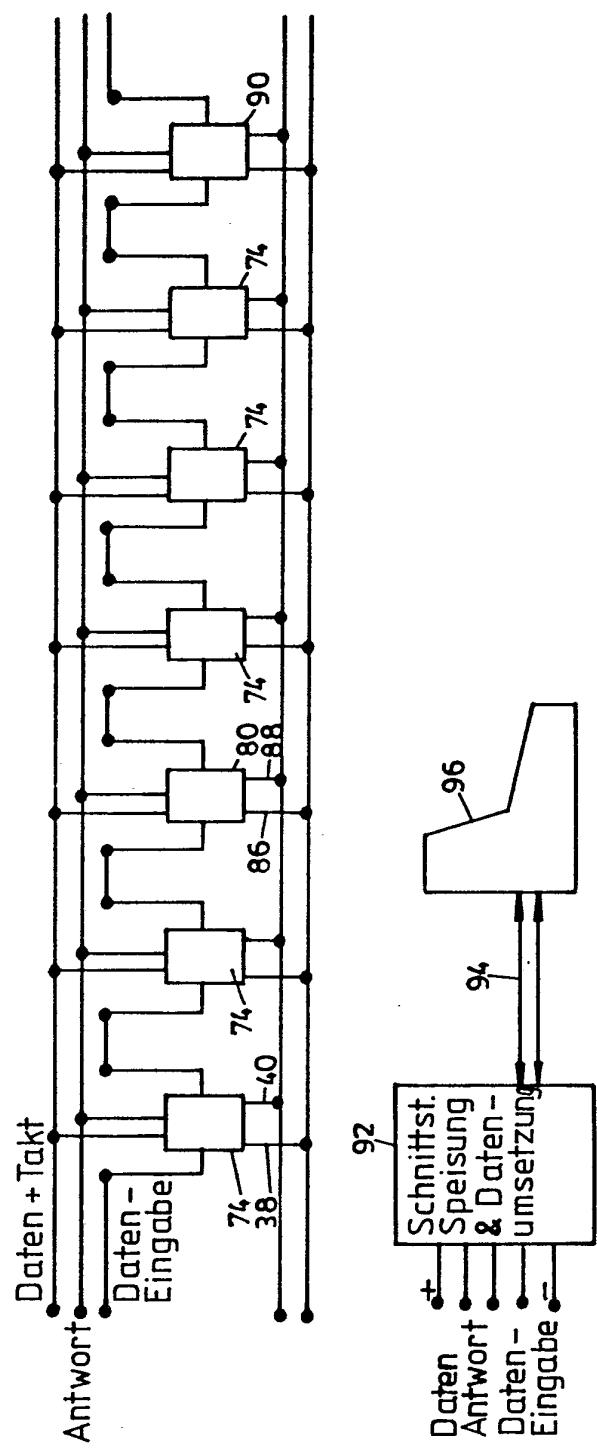
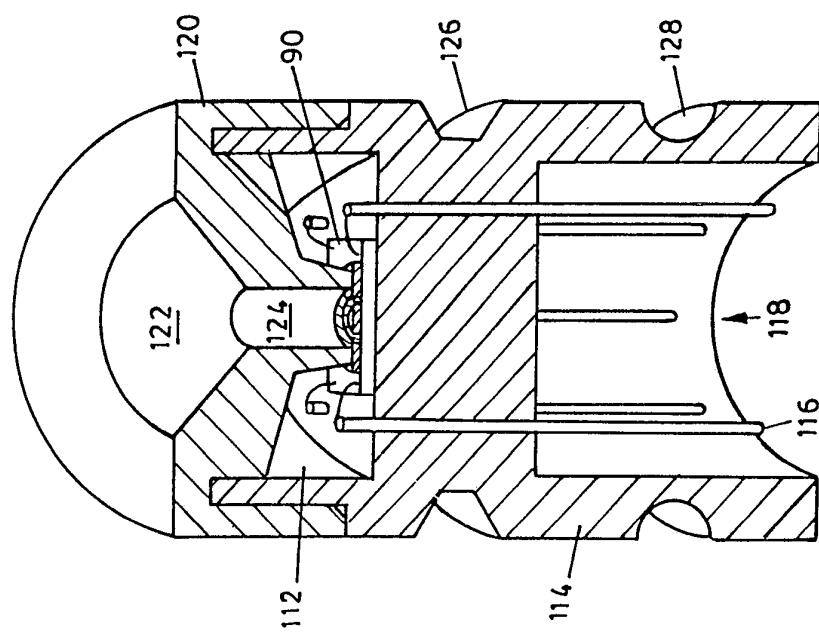
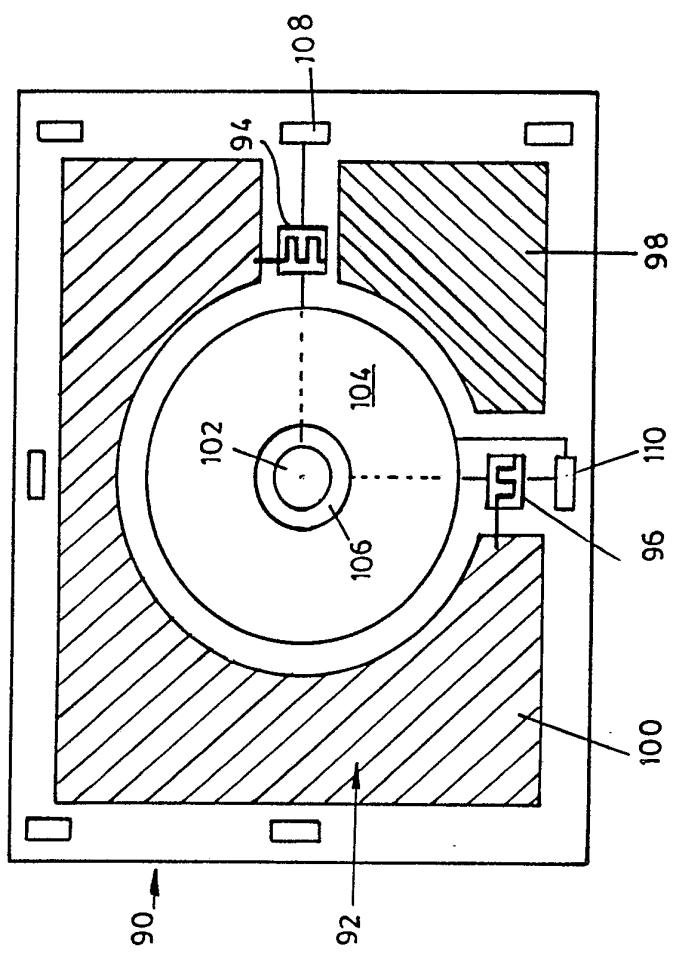
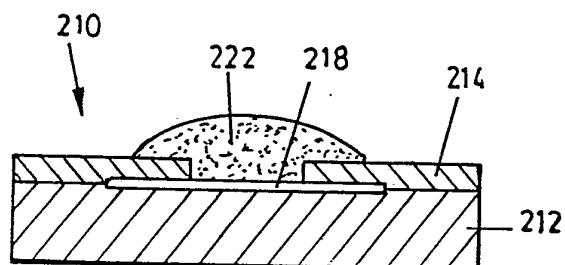
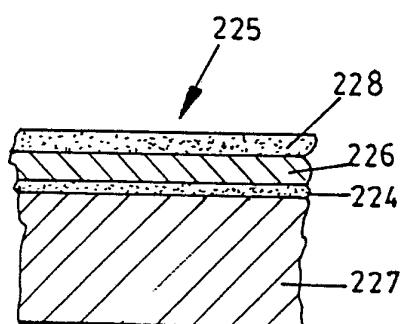


FIG - 7

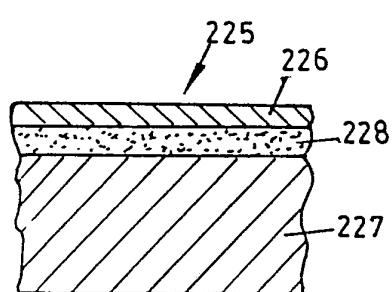




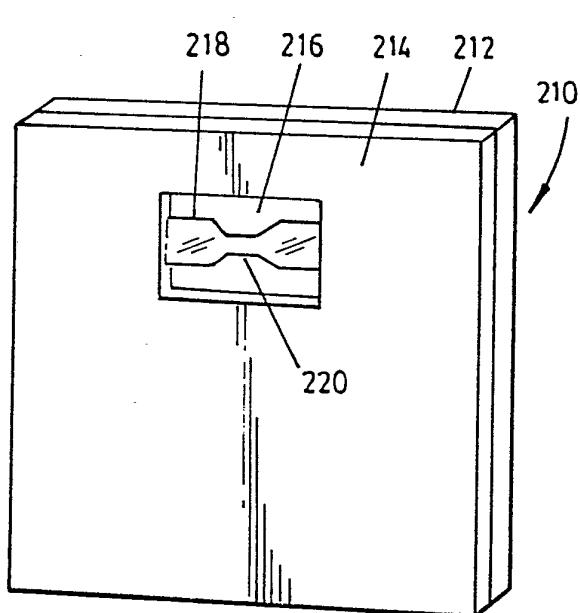
FIG_10



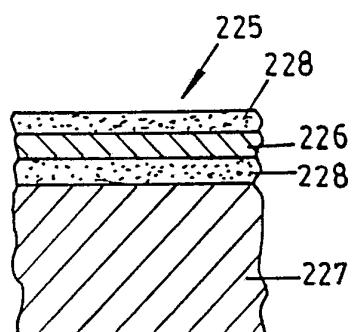
FIG_12A



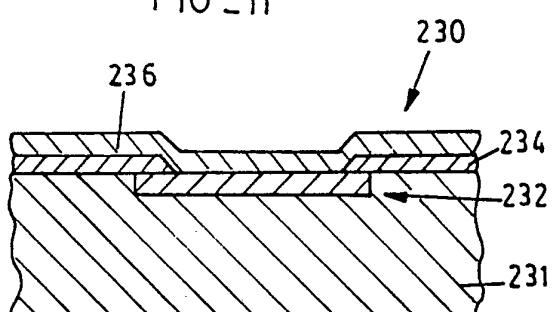
FIG_12B



FIG_11



FIG_12



FIG_13