

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 914 587 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

16.10.2002 Patentblatt 2002/42

(51) Int Cl.7: **F42B 3/13**, F42B 3/195

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP98/03009

(21) Anmeldenummer: **98929356.8**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 98/054535 (03.12.1998 Gazette 1998/48)

(22) Anmeldetag: **22.05.1998**

(54) **DÜNNSCHICHTANZÜNDELEMENT FÜR PYROTECHNISCHE WIRKMASSEN UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG**

THIN LAYER IGNITER ELEMENT FOR ACTIVE PYROTECHNIC MATERIALS AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

ELEMENT D'ALLUMAGE A COUCHE MINCE POUR MATIERES ACTIVES PYROTECHNIQUES ET SON PROCEDE DE FABRICATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FI FR GB IT SE

(30) Priorität: **26.05.1997 DE 19721929**
25.07.1997 DE 19732380

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.05.1999 Patentblatt 1999/19

(73) Patentinhaber:

- **Conti Temic Microelectronic GmbH**
90411 Nürnberg (DE)
- **NICO-PYROTECHNIK**
Hanns-Jürgen Diederichs GmbH & Co. KG
D-22946 Trittau (DE)
- **TRW Airbag Systems GmbH & Co. KG**
84544 Aschau am Inn (DE)

(72) Erfinder:

- **LAUCHT, Horst**
D-83052 Bruckmühl (DE)

- **EHLBECK, Heinz-Wilhelm**
D-24989 Dollerup (DE)
- **REICHARDT, Horst**
D-01219 Dresden (DE)
- **TIEDERLE, Viktor**
D-73265 Dettingen (DE)
- **WEISS, Uwe**
D-09126 Chemnitz (DE)
- **SCHOLZ, Markus**
D-79424 Auggen (DE)

(74) Vertreter: **Kolb, Georg**
DaimlerChrysler AG,
Postfach 35 35
74025 Heilbronn (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 762 073 **US-A- 4 484 523**
US-A- 4 708 060 **US-A- 5 080 016**
US-A- 5 348 597

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 914 587 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Dünnschichtanzündelement für pyrotechnische Wirkmassen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und Verfahren zu dessen Herstellung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 11.

[0002] Aus der DE 42 22 223 C1 ist ein elektrisches Anzündmittel gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bekannt.

[0003] In herkömmlichen Anzündern wird eine dünne Drahtbrücke geringen Widerstandes (2Ω) durch einen Stromimpuls erhitzt und verdampft. Durch diesen rein thermischen Impuls wird dann die pyrotechnische Wirkmasse entzündet. In der DE 42 22 223 C1 wird dabei eine Dünnschicht-Zündbrücke aus Titan, Titannitrid oder einer überwiegend Titan enthaltenden Legierung vorgeschlagen, da Titan oder Titannitrid aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und ihres gegenüber herkömmlichen Zündbrückenmaterialien höheren elektrischen Widerstandes beim Schmelzen eine großflächige und gleichmäßige Erhitzung der pyrotechnischen Wirkmasse gewährleisten. Die dafür erforderliche Zündenergie ist jedoch sehr hoch, da Titan einen Schmelzpunkt über 1660° Celsius aufweist; Titannitrid über 2900° Celsius und übliche Titanlegierungen liegen noch darüber.

[0004] Eine andere Variante unter Verwendung vorzugsweise des Halbleitermaterials Polysilizium, dessen Wirkungsprinzip ebenfalls thermischer Natur ist, wird in US 4,708,060 beschrieben. Hierbei wird der ab einer erhöhten Temperatur auftretende negative Temperaturkoeffizient des Widerstandsmaterials ausgenutzt. Dies führt im Zündmoment neben der Hitzeübertragung zur Bildung eines dünnen Plasmas und einem konvektiven Druckeffekt. Der Aufbau ist dabei vergleichbar mit einer Widerstandsbrücke.

[0005] Ein anderes Zündprinzip, beschrieben in US 5,080,016, basiert auf der Verwendung einer Metallhydridfolie. Auf dieser freitragenden Folie ist ein Kunststoffstreifen aufgebracht, der durch die thermische Zersetzung der Hydridschicht (Gasdruckentwicklung) infolge eines Spannungsimpulses zerteilt und Teile des Kunststoffstreifens (Flyer) beschleunigt werden und auf die in einem Abstand angeordnete pyrotechnische Wirkmasse treffen, wobei diese durch die Druckwirkung (Schockwelle) des auftreffenden Kunststoffteils gezündet wird. Die zugeführte elektrische Energie wird somit zunächst in thermische Energie und Druck umgesetzt, was wiederum zu einer kinetischen Energie des Flyers führt, welche dieser beim Auftreffen auf die pyrotechnische Wirkmasse in Druck und Wärme umsetzt. Durch diese mehrfache Energieumwandlung treten jedoch erhebliche Wirkungsgradverluste auf, so daß die zur Zündung verwendete Spannung dabei im kV-Bereich liegen muß. Das Patent US 5,080,016 benennt die Elemente Titan, Zirkonium, Nickel und Palladium als geeignete Metalle, um entsprechend Wasserstoff einzulagern.

[0006] Generell ist auch die Wasserstoffspeicherung in Metallhydriden als bekannt anzusehen, was jedoch meist als negativer Effekt auf die Festigkeit des Metalls (Wasserstoff-Krankheit) unerwünscht ist. Dieser Effekt kann auch zur gezielten Speicherung von Wasserstoff eingesetzt werden (vgl. Bergmann/ Schäfer : Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 6 1992, S. 452 f.).

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Dünnschichtanzündelement zu entwickeln, welches durch eine geringe Initialisierungsenergie gezündet werden kann und diese mit möglichst geringen Wirkungsgradverlusten an die pyrotechnischen Zündmasse weitergibt. Das Dünnschichtanzündelement soll des weiteren einfach und in großen Stückzahlen herstellbar sein.

[0008] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des ersten Patentanspruches sowie durch das Verfahren zur Herstellung gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 15 gelöst.

[0009] Kennzeichnend für die vorliegende Erfindung ist die Kopplung von physikalischem, chemischem und thermischem Energieeintrag aus dem Hafniumhydrid direkt in die pyrotechnische Wirkmasse bei wesentlich - kleineren Initialisierungsenergiemengen. Neben Zündbrückenschichten aus Hafnium bietet sich auch ein Gemisch mit Titan zur Verknüpfung ihrer jeweils positiven Eigenschaften an.

[0010] So reichen Niedervoltspannungen < 50 V und eine Initialisierungsenergie im Bereich einiger Millijoule aus, um die Zündung in Gang zu setzen. Wesentlich für die Energieeinsparung ist dabei die Eigenschaft des Hafniumhydrids, welches sich bereits bei einer Lokaltemperatur ca. 450° bis 800° Grad Celsius zersetzt, währenddessen bisher eine Schmelztemperatur von ca. 1660° Celsius aufgebracht werden mußte. Mit zunehmendem Hafniumanteil erhöht sich bei Gemischen aus Hafnium- und Titanhydrid dabei jeweils die Zersetzungstemperatur.

[0011] Beim Zersetzen des Hafniumhydrids oder Hafnium-/Titanhydrid-Gemischs wird aber atomarer Wasserstoff frei, was zu einem erheblichen Druckanstieg zwischen Zündbrückenschicht und pyrotechnischer Wirkmasse führt. Außerdem wirkt der atomare Wasserstoff selbst als Zündmittel (chemische Reaktion mit dem Sauerstoff und Bestandteilen der pyrotechnischen Wirkmasse). Dabei kann es auch zur Ausbildung eines Plasmas kommen.

[0012] Der vorzugsweise ergänzend anteilig verwendete metallische Bestandteil Titan läßt sich prozeßtechnisch einfach beherrschen und weist die grundlegende Wirkungsweise auf, so daß neben der Wirkung des bei der Zersetzung freiwerdenden reaktiven Wasserstoffs sowie der Wirkung des entstehenden Plasmas auch der Energieeintrag durch die erhitzten Metallatome hoch ist, was den Zündvorgang beschleunigt.

[0013] Der verwendete metallische Bestandteil Hafnium zeichnet sich durch ein höheres spezifisches Atomgewicht aus, so daß neben der Wirkung des bei der Zer-

setzung freiwerdenden reaktiven Wasserstoff sowie der Wirkung des entstehenden Plasmas auch der Energieeintrag durch die schweren Metallatome besonders hoch ist, was den Zündvorgang beschleunigt. Vorteilhafter im Vergleich zu anderen Metallhydridschichten ist die bei Hafniumhydrid hohe thermische Stabilität hinsichtlich der Ausdiffusion des Wasserstoffs sowie die gegenüber dem bereits recht guten Titan noch höhere Zersetzungstemperatur der Metallhydridschicht, was sich für günstig auf die Stabilität gegenüber thermischen Umwelteinflüssen und auf die Gesamtlebensdauer des Zündelementes auswirkt.

[0014] Diese Kopplung von Energieeinträgen führt zu einer sehr schnellen, im Mikrosekundenbereich liegenden Zündung der pyrotechnischen Wirkmasse, was bei nahezu allen praktischen Anwendungen von Zündelementen äußerst vorteilhaft ist.

[0015] Durch die geringe Zündspannung und Initialisierungsenergie reichen bereits Autobatterien o.ä. direkt und ohne aufwendige Spannungsverstärker zur Spannungsversorgung aus. Deshalb können diese Anzünderlemente besonders vorteilhaft als Zünder für Airbags und andere Insassenschutzeinrichtungen verwendet werden.

[0016] Die thermische Isolationsschicht unter der Zündbrückenschicht verringert Energieverluste durch die Wärmeableitung in das Trägersubstrat hinein und erhöht somit die in Richtung der pyrotechnischen Wirkmasse fließende und somit wirksame Energiemenge. Durch Variation der Strukturgeometrie und insbesondere Dicke der thermischen Isolationsschicht kann daher auch die Zündzeit und die minimal erforderliche Zündspannung beeinflusst werden.

[0017] Durch die Anwendung eines halbleiterprozeßkompatiblen Herstellungsprozesses sowie die Verwendung eines Halbleitersubstrates als Trägersubstrat wird die Integration von Sensoren zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit (z.B. Feuchtigkeits- und Temperatursensoren) sowie von Ansteuer- und Überwachungselektronik in einer mikroelektronischen Schaltung auf kleinstem Raum möglich. Schaltungstechnische Maßnahmen zur Absicherung des Anzünderlements gegen hochfrequente Störimpulse und EMV-Einflüsse können ebenso vorteilhaft realisiert werden.

[0018] Um einen möglichst geringen Übergangswiderstand zwischen Zündbrücke und den Kontakten zu gewährleisten, werden zunächst aus der Zündbrückenschicht gegenüber der Zündbrücke großflächige Kontaktflächen ausgeformt und diese möglichst vollständig die Metallisierungsschichten der Kontakte berühren. Neben der Abscheidung der Metallisierungsschicht auf der Zündbrückenschicht ist auch eine Face-Down-Kontaktierung aus im Trägersubstrat integrierte Leitbahnbereiche denkbar, die Zündbrückenschicht von der entgegengesetzten Seite zu kontaktieren. Die Zündbrückenschicht kann dann auf die Trägersubstratoberfläche oder gegebenenfalls auch auf die zwischengeschobene

strukturierte Metallisierungsschicht abgeschieden wird.

[0019] Eine Zündbrückenschicht zwischen 0,2 und 2 μm erlaubt bei einem spezifischen Widerstand des Titanhydrids von ca 0,50 $\mu\Omega\text{ m}$ eine recht große Oberfläche der Zündbrücke und gute Variationsmöglichkeiten durch Länge und Breite der Zündbrücke im bevorzugten Bereich des elektrischen Gesamtwiderstands der Zündbrückenschicht von 0,5 bis ca. 200 Ω .

[0020] Das zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Anzünderlements erforderliche Verfahren wird in Patentanspruch 11 beschrieben, wobei insbesondere die gegenüber herkömmlichen Temperungsprozessen recht niedrige Temperatur von etwa 350° Celsius für die Wasserstoffeinlagerung sehr vorteilhaft ist. Während die Prozeßdauer bei niedrigeren Temperaturen (unter 300° Celsius) erheblich ansteigt, setzt bei höheren Temperaturen (über 400° Celsius) bereits der Zersetzungsprozeß des Titanhydrids ein, so daß eine Einlagerung von Wasserstoff nicht oder nur unter erheblich schwierigeren Prozeßbedingungen (Druck ect.) möglich wird. Bei hohem Hafniumanteil steigt die Temperaturfestigkeit.

[0021] In Zusammenhang damit ist auch die Weiterbildung gemäß Anspruch 13 zu betrachten, wonach beim Abscheiden der Metallisierungsschicht die Zündbrückenschicht gekühlt wird, so daß die lokale Temperatur die 350° Celsius nicht übersteigt.

[0022] Alle Herstellungsschritte sind dabei kompatibel für die Fertigung in Halbleiterfabriken ausgestaltet und können somit für eine Vielzahl von Anzünderlementen gleichzeitig realisiert werden, indem als Trägersubstrat ein Siliziumwafer verwendet wird, der erst nach allen Herstellungsschritten zersägt wird.

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

[0024] Es zeigen:

Fig. 1 Anzünderelement mit abgeschiedener und strukturierter Zündbrückenschicht ($0,2 < x < 2$) auf einem Trägersubstrat mit einer thermischen Isolationsschicht,

Fig.1a als Draufsicht ohne Kontaktmetallisierung,

Fig.1b als Draufsicht mit Kontaktmetallisierung und

Fig.1c als Schnittdarstellung

Fig.2 Anzünderelement mit abgeschiedener und strukturierter Zündbrückenschicht ($0,2 < x < 2$) auf einem Trägersubstrat mit einer thermischen Isolationsschicht,

Fig.2a als Draufsicht ohne Kontaktmetallisierung,

- Fig.2b als Draufsicht mit Kontaktmetallisierung und
- Fig.2c als Schnittdarstellung
- Fig.3 thermodynamisch wirksame Länge l und Breite b der Zündstruktur
- Fig.4 Prinzipschaltbild des Zündstromkreises
- Fig.5 Anzündelement mit abgeschiedener und strukturierter Zündbrückenschicht ($0,2 < x < 2$) auf einem Trägersubstrat ohne eine thermische Isolationsschicht und mit einer direkt aufgetragenen pyrotechnischen Wirkmasse
- Fig.6 Anzündelement mit abgeschiedener und strukturierter Zündbrückenschicht ($0,2 < x < 2$) auf einem Trägersubstrat mit einer thermischen Isolationsschicht sowie mit einer in geringem Abstand aufgetragenen pyrotechnischen Wirkmasse
- Figur 7 Anzündelement mit aus dem Trägersubstrat herausgeführten Kontaktierung der Zündbrückenschicht
- Figur 8 Anzündelement mit einer Dämmschicht auf der Zündbrücke

[0025] Von grundlegender Bedeutung für alle im folgenden gezeigten Ausführungsbeispiele ist, daß alle Herstellungsschritte und Schichten durch halbleiterprozeßkompatibel sind. Es wird jeweils nur ein Dünnschichtanzündelement gezeigt; dieses wird jedoch mit einer Vielzahl identischer Anzündelemente auf einer Halbleitersubstratwaferfläche realisiert. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, anstelle eines Halbleitersubstrates ein anderes Trägersubstrat, bspw. eine Glas- oder Keramikfläche zu verwenden. Die Darstellung der Schichtdicken, -breiten und -längen ist schematisch und nicht maßstäblich.

[0026] Die Figur 1 zeigt ein Anzündelement mit bereits abgeschiedener, strukturierter und hydrierter Zündbrückenschicht 2 aus Hafniumhydrid HfH_x ; ($0,025 < x < 2$) oder einem Gemisch aus Hafniumhydrid mit TiH_x ; ($0,2 < x < 2$) auf einem Trägersubstrat 4 mit einer thermischen Isolationsschicht 3.

[0027] Die thermischen Isolationsschicht 3 ist in diesem Ausführungsbeispiel als geschlossene epitaktisch abgeschiedene SiO_2 -Schicht ausgestaltet. Grundsätzlich kann diese aber auch durch Oxidation einer Siliziumsubstratoberfläche hergestellt werden. Darüber hinaus sind auch andere Stoffe zur thermischen Isolation geeignet. Wesentlich für die Funktion ist jedoch, daß es weder durch die thermische Isolationsschicht 3 noch durch das Trägersubstrat 4, falls auf die thermische Isolationsschicht 3 verzichtet wird, die Zündbrückenschicht

2 elektrisch kurzgeschlossen wird.

[0028] Die Kontaktflächen 21 (siehe Fig. 1a) der Zündbrückenschicht sind verbreitert ausgeführt, um einen möglichst geringen Übergangswiderstand zu den Kontakten 1 zu erreichen. Entsprechend werden die Kontakte 1 als eine Al-Schicht oder eine andere Schicht aus einem hochleitfähigen Material realisiert (siehe Fig. 1b und Fig. 1c), um eine Kontaktierung zu erleichtern. Die Abmessungen der Kontaktflächen 21 richten sich nach den jeweils geforderten Kontaktierungsbedingungen. In Figur 1c wird noch einmal die Abfolge der Schichten im Schnitt deutlich, wobei die variable Dicke d der thermischen Isolationsschicht 3 den Zündzeitpunkt und die mindestens erforderliche Zündspannung beeinflusst. Wird nämlich die Zündbrückenschicht 2 vom Strom durchflossen, so ist die Zeit bis zum Erreichen der kritischen Zersetzungstemperatur im wesentlichen von der Wärmeleitfähigkeit der Isolationsschicht 3 abhängig. Kann eine größere Wärmemenge über die Isolationsschicht 3 an das Trägersubstrat 4 abfließen, so verzögert sich der Zündzeitpunkt oder aber es muß eine höhere Leistung umgesetzt werden, was eine höhere Zündspannung bedeutet.

[0029] Wie Figur 2 als zweites Ausführungsbeispiel zeigt, kann die Hafnium- und/oder Titanhydridschicht 2 auch direkt auf dem Trägersubstrat 4 abgeschieden werden, falls eine Verzögerung des Zündzeitpunktes gewünscht oder die Zündspannung entsprechend hoch gewählt wird und außerdem das Trägersubstrat nicht elektrisch leitfähig ist. Die Kontakte 1 sind dabei wieder auf der strukturierten Zündbrückenschicht 2 abgeschieden (vgl. Fig. 2b und 2c).

[0030] Figur 3 verdeutlicht die letztlich wirksame Oberfläche der Zündbrückenschicht 2. Auch in dieser Figur 3 wurde eine rechteckförmige Struktur der Zündbrücke 2 der wirksamen Länge l und Breite b gewählt. Diese Struktur ist besonders einfach über die bekannten Gleichungen $R = \rho \cdot l/A$ und $P = U^2/R$ theoretisch zu berechnen und außerdem fertigungstechnisch einfach zu dimensionieren. Die kritischen Zündeneigenschaften, wie Zündzeiten und Zündspannungen können dadurch angepaßt werden.

[0031] Figur 4 zeigt das Prinzipschaltbild des Zündstromkreises. Die Zündung erfolgt durch Anlegen einer elektrischen Spannung U im Niederspannungsbereich an die metallisierten Kontakte 1. Infolge des einsetzenden Stromflusses kommt es zu einer jouleschen Erwärmung der Zündbrücke 2, welche daraufhin durch ihre Erwärmung und die chemische Zersetzung (Freisetzung von reaktivem Wasserstoff) und eine Plasmaentladung den Zündvorgang in der direkt aufliegenden pyrotechnischen Wirkmasse 5 (vgl. Fig. 5) initiiert. Die heißen Metallatome und der Druck führen dabei zu einer großflächigen Entzündung.

[0032] Die Anordnung der pyrotechnischen Wirkmasse 5 kann einerseits direkt auf der Zündbrückenschicht 2 erfolgen (siehe Fig. 5), um neben der Wasserstoffreaktion und Plasmawirkung auch die direkte Wärmelei-

tung zu nutzen. Oder es wird mittels abstandsbestimmender Zwischenschichten 6 zur Zündbrückenschicht 2 ein geringer Abstand 7 realisiert (siehe Fig. 6), um vornehmlich die reine Plasmawirkung auszunutzen.

[0033] Figur 7 zeigt nun noch ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Zündbrückenschicht 2 im Bereich der Kontaktflächen 21 von der unteren, der pyrotechnischen Wirkmasse entgegengesetzten Seite kontaktiert wird. Die Kontakte 1 sind bspw. in die Trägersubstratoberseite eingelassen. Zwischen den Kontakten 1 und unter dem wirksamen Bereich der Zündbrückenschicht 2 ist die thermische Isolationsschicht 3 vorgesehen, welche die Zündbrückenschicht 2 thermisch und elektrisch vom Trägersubstrat 4 isoliert. Zu den Kontakten 1 hin weist das Trägersubstrat Leitbahnbereiche 4.1 auf, die bspw. aus hochdotiertem Trägersubstratmaterial (Si) sind. Die beiden Leitbahnbereiche 4.1 sind durch einen Isolationsgraben 4.2 im Trägersubstrat 4 voneinander isoliert. Vorteil dieses Ausführungsbeispiels ist ggfs. der Verzicht auf eine Al-Schicht und externe Anschlüsse an die Kontakte. Außerdem wird die Berührung zwischen pyrotechnischer Wirkmasse und Zündbrückenschicht vereinfacht und verbessert.

[0034] Neben den vorangehend beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispielen sind insbesondere auch andere, zum Beispiel kreisförmige Ausgestaltungen der Zündbrückenschicht denkbar.

[0035] In Figur 8 wiederum im Schnitt ein Ausführungsbeispiel einer weitere Weiterbildung der Erfindung dargestellt, wonach auf der Zündbrückenschicht 2 im wirksamen Bereich der Zündbrücke zwischen den Kontakten 1 eine Dämmschicht 7 abgeschieden ist. Durch eine derartige, bspw. aus Oxidmaterial bestehende Dämmschicht 7 kann der Aufheizprozeß der Zündbrückenschicht auf die für die Zersetzung erforderliche Temperatur durch eine Druckerhöhung beschleunigt werden. Die Dicke der Schicht und ihre Struktur (lokale Verjüngung der Dämmschicht 7 als Soll-Bruchstelle ect.) ist dabei so gewählt, daß nach dem Freisetzen des reaktiven Wasserstoffs und der beginnenden Expansion die Dämmschicht 7 bei einem vorab definierten Druck öffnet und das heiße Wasserstoffgas sowie die heißen Partikel der Zündbrückenschicht und, falls sich ausbildend, auch das Plasma an bzw. in die pyrotechnische Wirkmasse 5 gelangen können.

[0036] Vorzugsweise ist auch die Dämmschicht 7 nur so dick, daß diese direkt beim Beginn der Reaktion der Zündbrückenschicht 2 zerstört wird. Die Dämmschicht 7 kann aus einem Material oder einer Folge von Schichten bestehen, bei der zumindest die direkt an der zündbrückenschicht 2 liegende elektrisch isolierend sein muß, damit die Zündbrückenschicht 2 nicht überbrückt wird. Eine teilweise Metallabscheidung als Deckschicht der Dämmschicht 7 ist jedoch denkbar, da durch die Reflexion an der metallisierten Deckschicht die Wärme vor der Zerstörung der Dämmschicht 7 in die Zündbrückenschicht 2 zurück reflektiert wird und sich diese somit schneller erhitzt.

Patentansprüche

1. Dünnschichtanzündelement zur Zündung pyrotechnischer Wirkmassen (5), bestehend aus einem Trägersubstrat (4), auf dem zwei elektrische Kontakte (1) über eine chemisch und thermisch aktive Zündbrückenschicht (2) miteinander verbunden sind, die infolge einer an ihre Kontakte (1) angelegte Spannung (U) gezündet wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zündbrückenschicht (2) eine hydrierte Schicht aus Hafnium oder einem Titan-Hafnium-Gemisch ist.
2. Dünnschichtanzündelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zündbrückenschicht (2) durch eine Plasmaentladung gezündet wird.
3. Dünnschichtanzündelement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich unter der Zündbrückenschicht (2) zum Trägersubstrat (4) hin eine thermische Isolationsschicht (3) befindet.
4. Dünnschichtanzündelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kontakte (1) als zwei Metallisierungsschichten ausgeführt sind, welche aus der Zündbrückenschicht (2) ausgeformte Kontaktflächen (21) großflächig berühren.
5. Dünnschichtanzündelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** Zündzeit und minimal erforderliche Zündspannung (U) direkt durch eine Veränderung der Strukturgeometrie und durch die Variation der Schichtdicke der Zündbrückenschicht (2) eingestellt wird.
6. Dünnschichtanzündelement nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zündbrückenschicht (2) eine näherungsweise konstante Schichtdicke von 0,2 bis 2 µm hat.
7. Dünnschichtanzündelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** Zündzeit und minimal erforderliche Zündspannung (U) direkt durch eine Veränderung der Strukturgeometrie und durch die Variation der Schichtdicke der unter der Zündbrückenschicht (2) liegenden thermischen Isolationsschicht (3) eingestellt wird.
8. Dünnschichtanzündelement nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die thermischen Isolationsschicht (3) eine näherungsweise konstante Schichtdicke von 0,5 bis 3 µm hat und aus Siliziumoxid ist.
9. Dünnschichtanzündelement nach einem der voran-

gehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Veränderung der Zündzeit und der minimal erforderlichen Zündspannung die Strukturgeometrie und Schichtdicke der Zündbrückenschicht (2) dergestalt eingestellt wird, daß sich ein ohmscher Widerstand der Zündbrückenschicht zwischen 0,5 und 200 Ω , vorzugsweise bei etwa 20 Ω zustande kommt und die Oberfläche der Zündbrückenschicht (2) zur pyrotechnischen Wirkmasse (5) und zur thermischen Isolationsschicht (3) hin eine Größe zwischen 25 und 100 000 μm^2 aufweist.

10. Dünnschichtanzündelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zündbrückenschicht (2) aus Hafnium ohne einen Titananteil ist und das atomare Zusammensetzungsverhältnis (x) Wasserstoff/Hafnium der hydrierten Hafniumschicht (Hf H_x) im Bereich von 0,025 bis 2,0 liegt.

11. Dünnschichtanzündelement nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der prozentuale Wasserstoffgehalt der hydrierten Hafniumschicht im Bereich von 2,25 bis 66,4 Prozent liegt.

12. Dünnschichtanzündelement nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zündbrückenschicht (2) aus einem hydrierten Hafnium-Titan-Gemisch ist.

13. Dünnschichtanzündelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf der Zündbrückenschicht (2) eine thermisch und elektrisch isolierende Dämmschicht (7) zur pyrotechnischen Wirkmasse (5) hin aufgebracht wird, welche in Material und Struktur so beschaffen ist, daß sie beim Erreichen eines definierten Druckes durch die Reaktion der Zündbrückenschicht (2) zerstört wird.

14. Dünnschichtanzündelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Trägersubstrat (4) ein Halbleitersubstrat mit integrierten Bauelementen zur zündansteuerung ist und die Kontaktflächen (21) der Zündbrückenschicht (2) mit im Trägersubstrat (4) integrierten Leitbahnbereichen (4.1) verbunden sind.

15. Verfahren zur Herstellung eines Dünnschichtanzündelements nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß**

a) zunächst eine Schicht aus Hafnium oder einem Titan/Hafnium-Gemisch abgeschieden und entsprechend der gewählten Strukturgeometrie der Zündbrückenschicht (2) sowie der Kontaktflächen (21) strukturiert wird, und

b) nachfolgend Wasserstoff durch Temperung eingelagert wird, wobei die Temperatur während der Temperung vorzugsweise bei etwa 350° Celsius gehalten wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor dem Abscheiden des Hafniums oder Titan/Hafnium-Gemischs zunächst in einem Halbleiterprozeß eine mikroelektronische Schaltung im Trägersubstrat (4) und die thermische Isolationsschicht (3) realisiert wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach dem Hydrieren des Hafniums oder Titan/Hafnium-Gemischs eine Aluminiumschicht abgeschieden und als Kontakte (1) entsprechend der Form der Kontaktflächen (21) der Zündbrückenschicht (2) strukturiert wird, wobei vorzugsweise die Anordnung aus Trägersubstrat (4) und Zündbrückenschicht (2) lokal derart gekühlt wird, daß die Temperatur der Zündbrückenschicht (2) unter 350° Celsius bleibt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Vielzahl von Anzündelementen auf einem Siliziumwafer als Trägersubstrat (4) realisiert werden.

19. Verwendung eines Dünnschichtanzündelements gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 als Zünder für Insassenschutzeinrichtungen, insbesondere Airbags in Kraftfahrzeugen.

Claims

1. A thin-film ignition element for igniting pyrotechnically active materials (5) consisting of a carrier substrate (4) upon which two electrical contacts (1) are interconnected via a chemically and thermally active ignition bridge layer (2) which is ignited as a result of a voltage (U) being applied to the contacts (1) thereof, **characterised in that** the ignition bridge layer (2) is a hydrogenated layer of hafnium or a titanium-hafnium mixture.

2. A thin-film ignition element in accordance with Claim 1, **characterised in that** the ignition bridge layer (2) is ignited by means of a plasma discharge.

3. A thin-film ignition element in accordance with Claim 1 or 2, **characterised in that** a thermally insulating layer (3) is located below the ignition bridge layer (2) towards the carrier substrate (4).

4. A thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims, **characterised in that** the contacts (1) are in the form of two metallised layers

which make contact over a large surface area with contact surfaces (21) formed from the ignition bridge layer (2).

5. A thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims, **characterised in that** the ignition time and the minimum necessary ignition voltage (U) are set directly by varying the structural geometry and by varying the thickness of the ignition bridge layer (2). 5
6. A thin-film ignition element in accordance with Claim 5, **characterised in that** the ignition bridge layer (2) has an approximately constant thickness of 0.2 to 2 μm . 10
7. A thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims, **characterised in that** the ignition time and the minimum necessary ignition voltage (U) are set directly by varying the structural geometry and by varying the thickness of the thermally insulating layer (3) that is located below the ignition bridge layer (2). 15
8. A thin-film ignition element in accordance with Claim 7, **characterised in that** the thermally insulating layer (3) has an approximately constant thickness of 0.5 to 3 μm and consists of silicon oxide. 20
9. A thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims, **characterised in that**, for the purposes of varying the ignition time and the minimum necessary ignition voltage, the structural geometry and the thickness of the ignition bridge layer (2) are set in such a manner that the ohmic resistance of the ignition bridge layer (2) amounts to between 0.5 and 200 Ω , and preferably approximately 20 Ω , and the area of the surface of the ignition bridge layer (2) towards the pyrotechnically active material (5) and the thermally insulating layer (3) amounts to between 25 and 100,000 μm^2 . 25
10. A thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims, **characterised in that** the ignition bridge layer (2) consists of hafnium without a titanium component and **in that** the atomic compound ratio (x) of hydrogen/hafnium in the hydrogenated hafnium layer (Hf H_x) lies in the range 0.025 to 2.0. 30
11. A thin-film ignition element in accordance with Claim 10, **characterised in that** the percentile content of hydrogen in the hydrogenated hafnium layer lies in the range of 2.25 to 66.4 percent. 35
12. A thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims 1 to 9, **characterised in that** the ignition bridge layer (2) consists of a hydro- 40

genated hafnium-titanium mixture.

13. A thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims, **characterised in that** a thermally and electrically insulating isolating layer (7) is applied to the ignition bridge layer (2) towards the pyrotechnic material (5), the material and structure of said isolating layer being such that it is destroyed when reaching a defined pressure by virtue of the reaction of the ignition bridge layer (2). 45
14. A thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims, **characterised in that** the carrier substrate (4) is a semiconductor substrate having components integrated therein for controlling the ignition process, and the contact surfaces (21) of the ignition bridge layer (2) are connected to regions of conductive tracks (4.1) that are integrated in the carrier substrate (4). 50
15. A method of manufacturing a thin-film ignition element in accordance with any of the preceding Claims, **characterised in that**
 - a) a layer of hafnium or of a titanium/hafnium mixture is initially deposited and is structured in correspondence with the selected structural geometry of the ignition bridge layer (2) and the contact surfaces (21), and
 - b) hydrogen is then stored by means of a tempering process the temperature being preferably maintained at approximately 350° Celsius during the tempering process.
16. A method in accordance with Claim 15, **characterised in that** a micro-electronic circuit in the carrier substrate (4) and the thermally insulating layer (3) are initially implemented utilising a semiconductor process prior to the deposition of the hafnium or titanium/hafnium mixture. 55
17. A method in accordance with Claim 16, **characterised in that**, following the hydrogenation of the hafnium or titanium-hafnium mixture, an aluminium layer is deposited and is then structured as contacts (1) in correspondence with the shape of the contact surfaces (21) of the ignition bridge layer (2), the arrangement consisting of the carrier substrate (4) and the ignition bridge layer (2) preferably being locally cooled in such a manner that the temperature of the ignition bridge layer (2) remains below 350° Celsius.
18. A method in accordance with Claim 17, **characterised in that** a plurality of ignition elements are implemented on the carrier substrate (4) which is in the form of a silicon wafer.

19. The use of a thin-film ignition element in accordance with any of the Claims 1 to 14 as an igniter for occupant protection devices, and especially for air-bags in motor vehicles.

5

Revendications

1. Élément d'allumage à couche mince pour allumer des matières actives pyrotechniques (5), constitué par un substrat porteur (4) sur lequel deux contacts électriques (1) sont reliés l'un à l'autre via une couche de pont d'allumage (2) active sur le plan chimique et thermique, qui est allumée suite à l'application d'une tension (U) à ses contacts (1), **caractérisé en ce que** la couche de pont d'allumage (2) est une couche hydrurée en hafnium ou en mélange titane-hafnium.

10

15

2. Élément d'allumage à couche mince selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la couche de pont d'allumage (2) est allumée par une décharge de plasma.

20

3. Élément d'allumage à couche mince selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce qu'une** couche d'isolation thermique (3) se trouve au-dessous de la couche de pont d'allumage (2) vers le substrat porteur (4).

25

4. Élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les contacts (1) sont réalisés sous forme de deux couches de métallisation qui touchent sur une grande surface les surfaces de contact (21) conformées à partir de la couche de pont d'allumage (2).

30

35

5. Élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'instant d'allumage et la tension d'allumage minimale requise (U) sont réglés directement par modification de la géométrie structurelle et par variation de l'épaisseur de la couche de pont d'allumage (2).

40

45

6. Élément d'allumage à couche mince selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la couche de pont d'allumage (2) présente une épaisseur approximativement constante de 0,2 à 2 μm .

50

7. Élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'instant d'allumage et la tension d'allumage minimale requise (U) sont réglés directement par modification de la géométrie structurelle et par variation de l'épaisseur de la couche d'isolation thermique (3) située au-dessous de la couche de pont d'allumage (2).

55

8. Élément d'allumage à couche mince selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la couche d'isolation thermique (3) présente une épaisseur approximativement constante de 0,5 à 3 μm et est constituée en oxyde de silicium.

9. Élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour modifier l'instant d'allumage et la tension d'allumage minimale requise, la géométrie structurelle et l'épaisseur de la couche de pont d'allumage (2) sont réglées de telle sorte qu'il résulte une résistance ohmique de la couche de pont d'allumage entre 0,5 et 200 Ω , de préférence d'environ 20 Ω , et que la surface de la couche de pont d'allumage (2) vers la masse active pyrotechnique (5) et vers la couche d'isolation thermique (3) présente une taille entre 25 et 100 000 μm^2 .

10. Élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche de pont d'allumage (2) est constituée en hafnium sans proportion de titane et la relation de composition atomique (x) hydrogène/hafnium de la couche d'hafnium hydrurée (Hf H_x) est de l'ordre de 0,025 à 2,0.

11. Élément d'allumage à couche mince selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** la teneur en hydrogène en pourcent de la couche d'hafnium hydrurée est de l'ordre de 2,25 à 66,4 %.

12. Élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la couche de pont d'allumage (2) est constituée d'un mélange hafnium-titane hydruré.

13. Élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** couche d'isolation thermique et électrique (7) vers la masse active pyrotechnique (5) est appliquée sur la couche de pont d'allumage (2), qui, à l'égard de son matériau et de sa structure, est telle qu'elle est détruite lorsqu'une pression définie est atteinte par la réaction de la couche de pont d'allumage (2).

14. Élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le substrat porteur (4) est un substrat semi-conducteur avec des composants intégrés pour le pilotage de l'allumage, et les surfaces de contact (21) de la couche de pont d'allumage (2) sont reliées à des zones de piste conductrice (4.1) intégrées dans le substrat porteur (4).

15. Procédé pour réaliser un élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications précé-

dentes, **caractérisé en ce que**

- a) on dépose tout d'abord une couche d'hafnium ou de mélange titane-hafnium et on lui confère une structure en correspondance de la géométrie structurale choisie de la couche de pont d'allumage (2) ainsi que des surfaces de contact (21), 5
- b) ensuite on introduit de l'hydrogène par température, la température pendant la température étant maintenue de préférence à environ 350°C. 10

16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce qu'**avant de déposer l'hafnium ou le mélange titane/hafnium, on réalise tout d'abord dans un processus semi-conducteur un circuit microélectronique dans le substrat porteur (4), et on réalise la couche d'isolation thermique (3). 15

17. Procédé selon la revendication 16, **caractérisé en ce qu'**après l'hydruration de l'hafnium ou du mélange titane/hafnium, on dépose une couche d'aluminium et on lui confère une structure à titre de contacts (1) en correspondance de la forme des surfaces de contact (21) de la couche de pont d'allumage (2), l'agencement du substrat porteur (4) et de la couche de pont d'allumage (2) étant de préférence localement refroidi de telle sorte que la température de la couche de pont d'allumage (2) reste inférieure à 350°C. 20 25 30

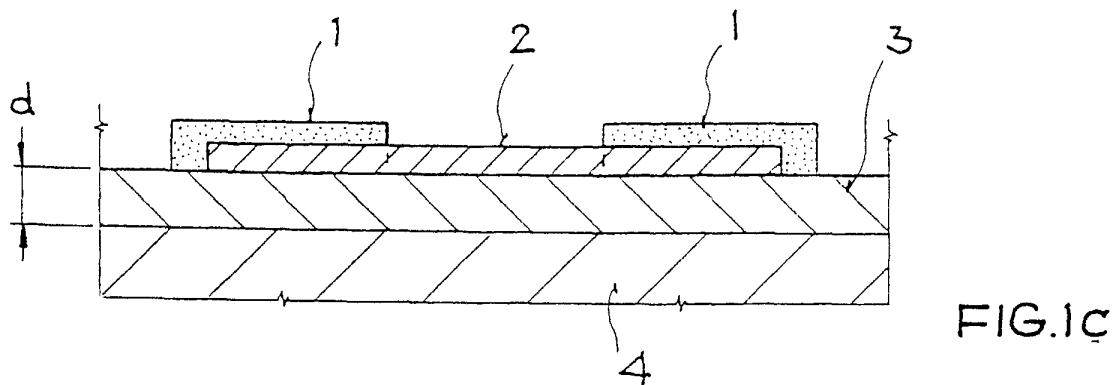
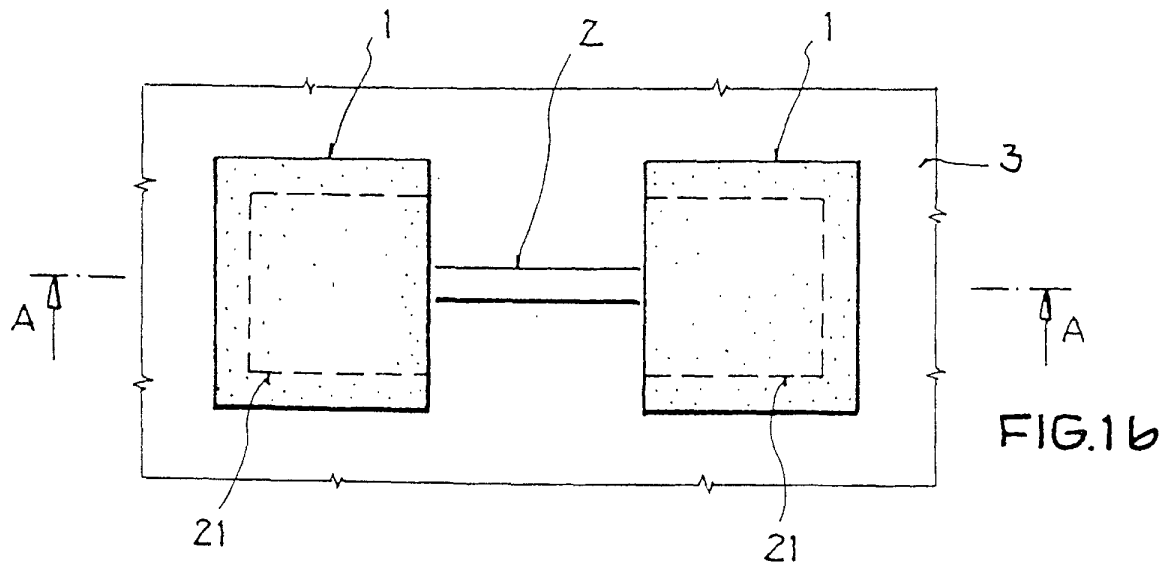
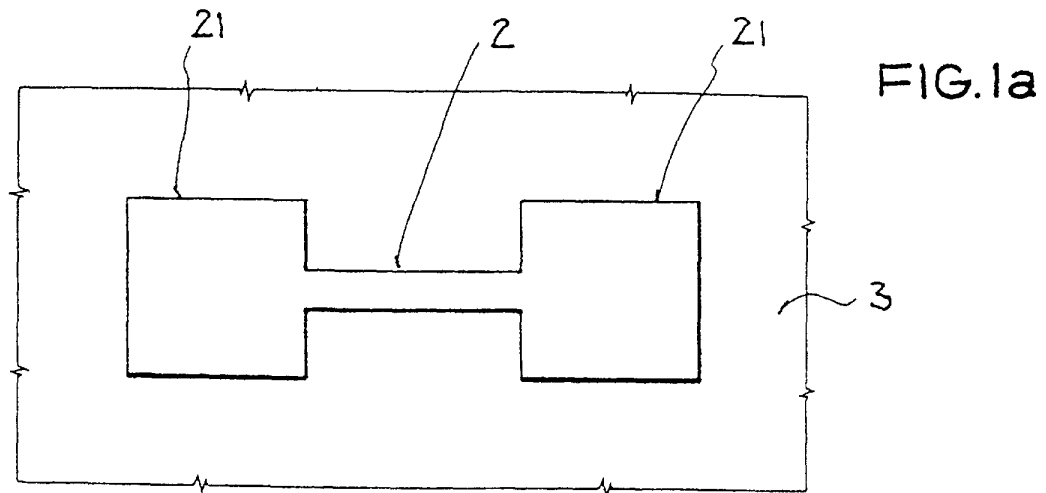
18. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** l'on réalise une multitude d'éléments d'allumage sur une tranche de silicium à titre de substrat porteur (4). 35

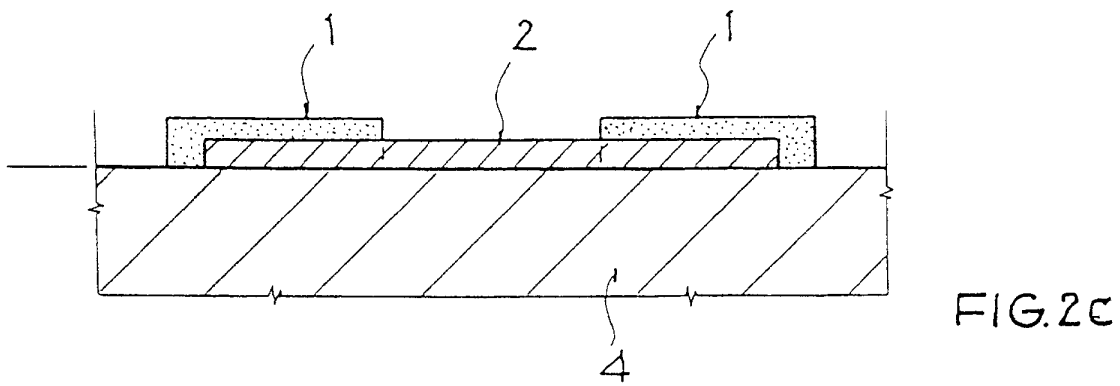
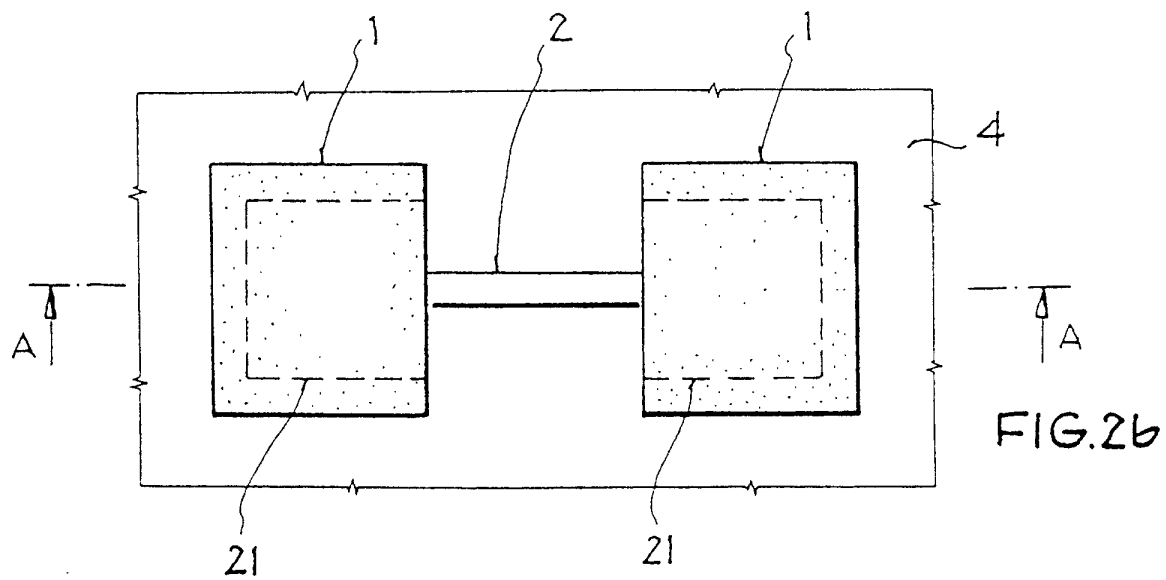
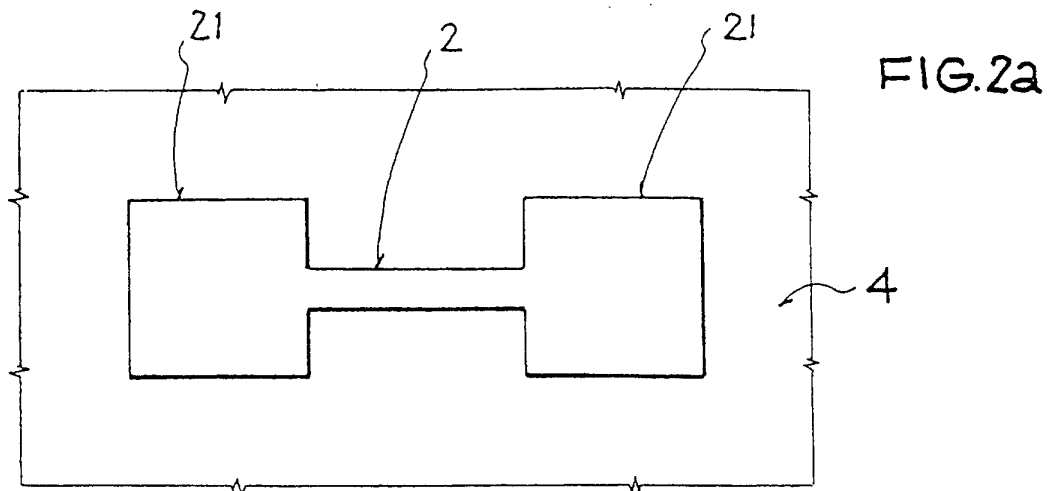
19. Application d'un élément d'allumage à couche mince selon l'une des revendications 1 à 14 à titre d'allumeur pour des dispositifs de protection de passagers, en particulier des airbags dans des véhicules automobiles. 40

45

50

55





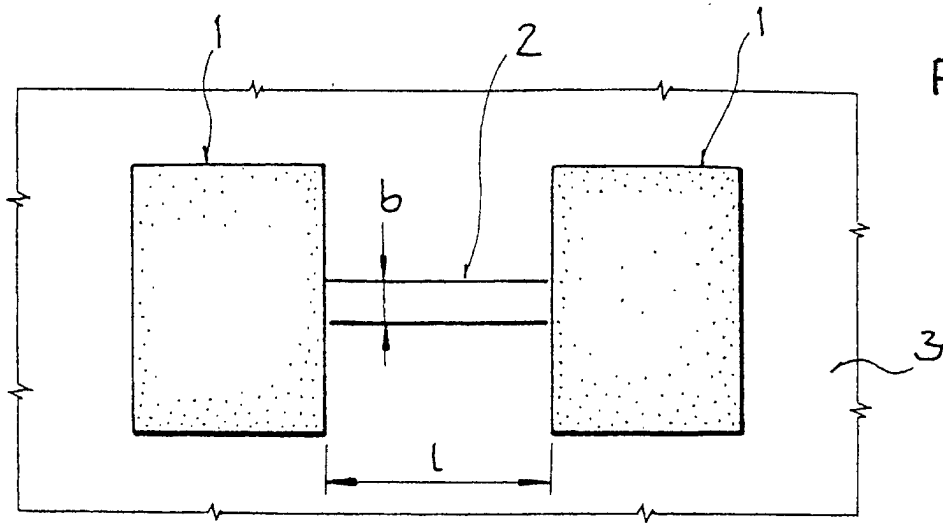


FIG.3

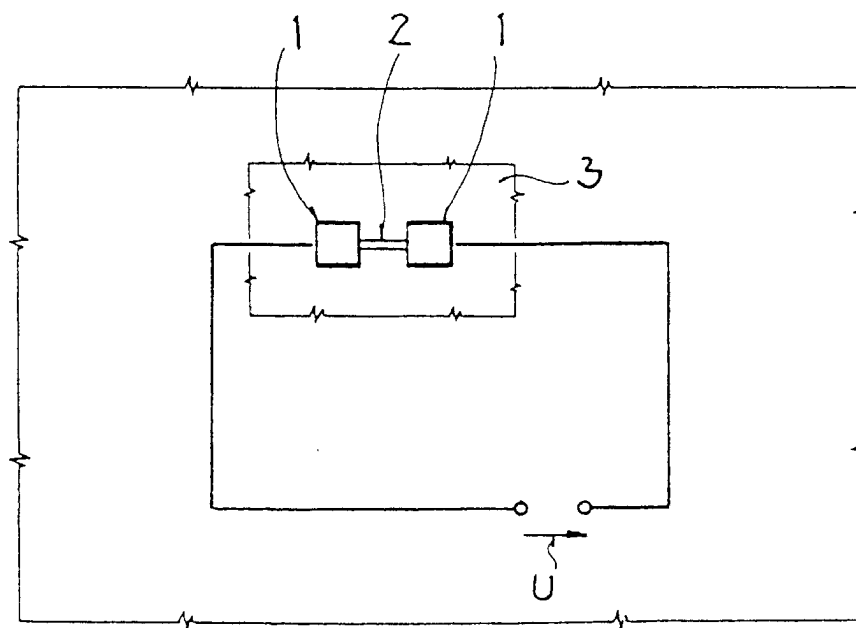


FIG.4

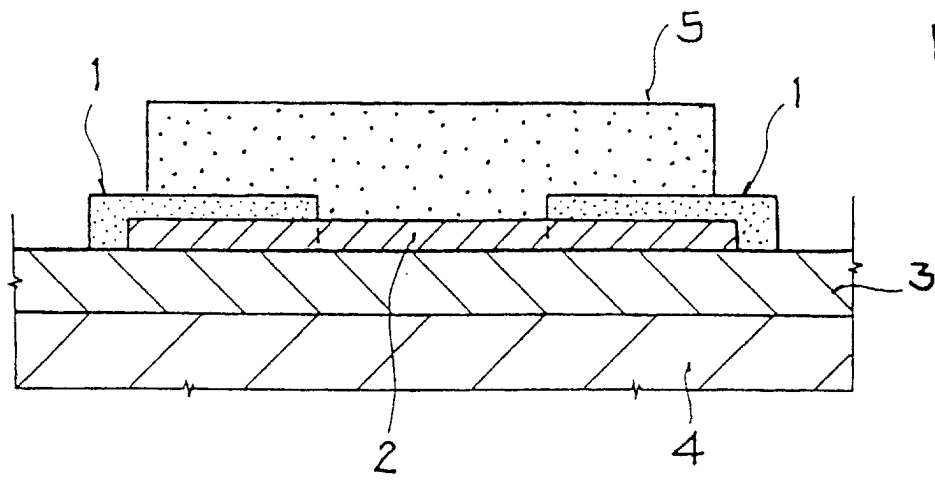


FIG. 5

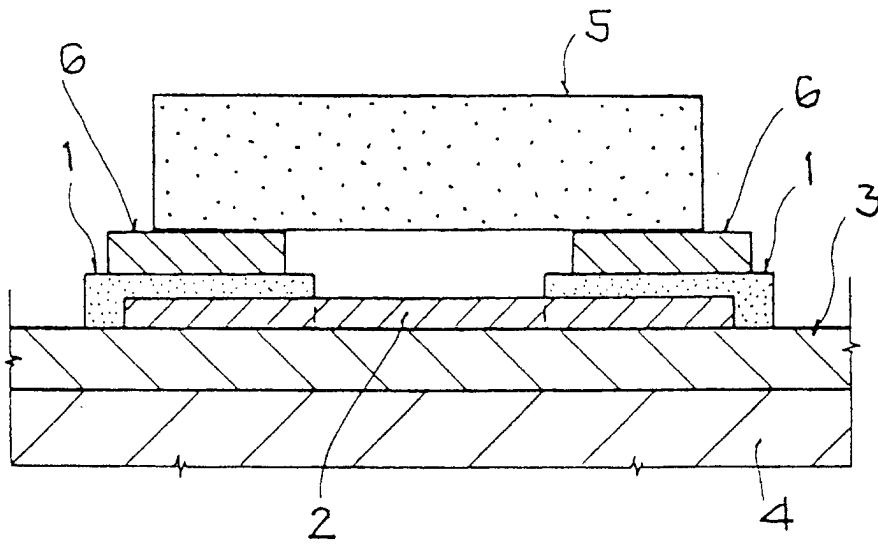


FIG. 6

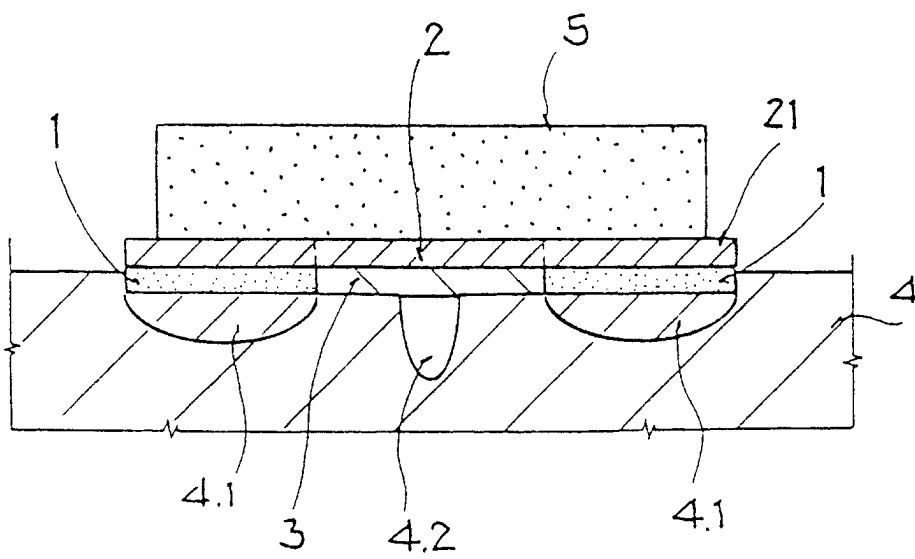


FIG. 7

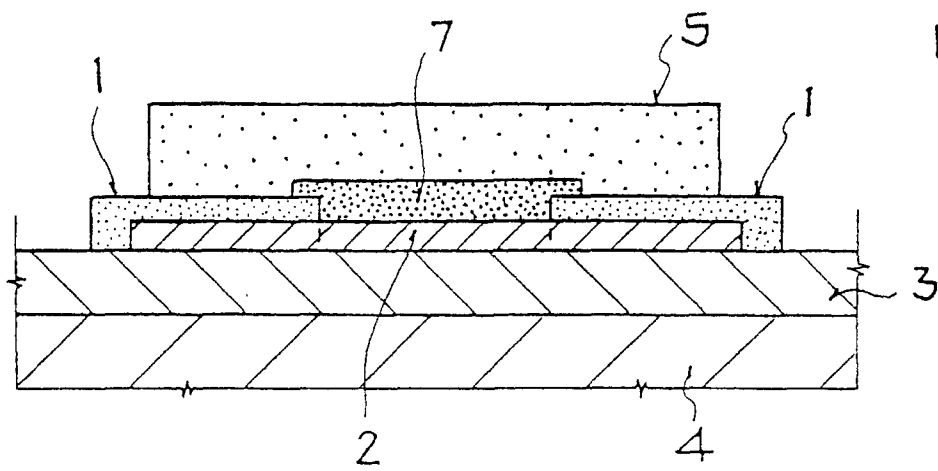


FIG. 8