



(11)

EP 1 335 178 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.03.2007 Patentblatt 2007/10

(51) Int Cl.:
F42B 3/13 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03001251.2**

(22) Anmeldetag: **21.01.2003**

(54) **Mikroelektronisch-Pyrotechnisches Bauteil**

Microelectronic-pyrotechnic device

Dispositif microélectronique-pyrotechnique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB SE

(30) Priorität: **06.02.2002 DE 10204833**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.08.2003 Patentblatt 2003/33

(73) Patentinhaber: **TRW Airbag Systems GmbH**
84544 Aschau am Inn (DE)

(72) Erfinder:
• **Hofmann, Achim, Dr.**
84570 Polling (DE)

• **Laucht, Horst, Dr.**
83052 Bruckmühl (DE)

(74) Vertreter: **Sulzbach, Werner**
Prinz & Partner GbR
Rundfunkplatz 2
80335 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 815 928 **DE-C- 3 842 917**

EP 1 335 178 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein mikroelektronisch-pyrotechnisches Bauteil, insbesondere zur Verwendung in einer Sicherheitseinrichtung für Fahrzeuge. Das Bauteil ist insbesondere ein Anzünder oder Gasgenerator zur Verwendung in Gassackmodulen oder Gurtstraffern.

[0002] Anzünder für Gasgeneratoren herkömmlicher Bauart bestehen aus einem mit einem Sockel abgedichteten Gehäuse und in das Gehäuse eingebrachte Zündmittel, die über einen Heizdraht, ein Dünnschichtelement oder eine Halbleiterbrücke gezündet werden. Häufig sind die Zündmittel aus einer Primärladung und einer Verstärkerladung zusammengesetzt, mit der das eigentliche gaserzeugende Gemisch zur Zündung gebracht wird. Anzünder dieser Bauart lassen sich aufgrund ihres Konstruktionsprinzips nicht miniaturisieren. Sie genügen daher teilweise nicht mehr den Anforderungen der Kraftfahrzeugindustrie nach Bauteilen mit geringem Raumbedarf.

[0003] Die DE 198 15 928 A1 offenbart einen Halbleiteranzünder zur Verwendung in einem Gasgenerator für eine Sicherheitseinrichtung in Fahrzeugen, mit einer auf einem Träger unter Zwischenlage einer thermischen Isolationsschicht angeordneten, endseitig an elektrische Kontaktbereiche angeschlossenen und sich beim Stromdurchgang im Zündstreckenbereich zündauslösend erhaltenden Halbleiterschicht. Die thermische Isolationsschicht ist auf den Zündstreckenbereich begrenzt und besteht vorzugsweise aus porösem Silizium. Zur Zündverstärkung kann ein explosives Gas oder Gasgemisch in das poröse Silizium eingebracht sein.

[0004] Aus Physical Review Letters 87/6 (2001), Seiten 068301/1 bis 068301/4, ist bekannt, daß beim Zusammenbringen von flüssigem Sauerstoff mit porösem Silizium, welches durch elektrochemisches Ätzen von Silizium in einem fluorwasserstoffhaltigen Elektrolyt hergestellt wurde, eine spontane Explosion erfolgt.

[0005] In Adv. Mater., 2002, 14, Nr. 1, Seiten 38 bis 41 wird berichtet, daß nur ein frisch hergestelltes poröses Silizium, das mit Gadoliniumnitrat ($Gd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$) versetzt wurde, durch Reiben mit einer Diamantspitze oder durch elektrische Funkenentladung zur Explosion gebracht werden kann. Das mit Gadoliniumnitrat versetzte poröse Silizium wird hier als Energiequelle für die Atomemissionsspektroskopie verwendet. Weitere vorgeschlagene Anwendungen betreffen die Verwendung als Antrieb in mikro-elektromechanischen Systemen.

[0006] Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein einfach aufgebautes und kostengünstig herstellbares mikroelektronisch-pyrotechnisches Bauteil, insbesondere für sicherheitstechnische Anwendungen in Fahrzeugen, bereitzustellen.

[0007] Erfindungsgemäß wird hierzu ein Bauteil vorgeschlagen, welches einen Kern aus einem explosionsfähigen Material, einen das explosionsfähige Material an den Seitenflächen des Kerns umgebenden Mantel aus einem massiven Halbleitermaterial und ein zwischen

elektrischen Kontaktflächen an einer der Stirnseiten des Kerns angeordnetes Zündelement umfaßt, das bei Stromdurchgang eine Zündung des explosionsfähigen Materials auslöst. Das explosionsfähige Material ist aus einem porösen Brennstoff und einem in den porösen Brennstoff eingebrachten festen oder flüssigen Oxidator gebildet. Der poröse Brennstoff und das massive Halbleitermaterial sind stoffgleich und bestehen bevorzugt aus Silizium, wobei das Silizium stark oder schwach p-dotiert oder n-dotiert sein kann.

[0008] An einer der Stirnseiten des Kerns kann eine Membran, d.h. eine wenige $\frac{1}{4}m$ (z. B. 2 bis $50 \frac{1}{4}m$) starke Schicht, aus einem Halbleitermaterial angeordnet sein, wobei das Halbleitermaterial des Mantels und das Halbleitermaterial der Membran vorzugsweise stoffgleich und einstückig ausgeführt sind. Alternativ kann die Membran aus einem anderen Material bestehen, dass sich leicht auf dem Halbleitermaterial des Mantels herstellen läßt, wie z.B. SiO_2 . Die Membran kann zwischen dem Zündelement und dem explosionsfähigen Material angeordnet sein. Besonders bevorzugt steht das Zündelement in direktem Kontakt mit dem explosionsfähigen Material. In diesem Falle können das Zündelement und die Membran auf einander gegenüberliegenden Stirnseiten des Kerns liegen.

[0009] Das Bauteil weist darüber hinaus vorzugsweise einen Deckel auf, der das Zündelement oder das explosionsfähige Material gas- und flüssigkeitsdicht verschließt. Der Deckel und die Membran sind bevorzugt auf einander gegenüberliegenden Stirnseiten des Kerns bzw. des Bauteils angeordnet. Falls das explosionsfähige Material gegenüber Umwelteinflüssen stabil ist, können die Membran und der Deckel entfallen.

[0010] Bei einer ersten Ausführungsform der Erfindung sind das Zündelement und der Deckel auf der gleichen Stirnseite angeordnet. In diesem Fall kann das Zündelement auch am Deckel angeordnet sein, so daß zwischen Zündelement und explosionsfähigem Material ein kleiner Spalt verbleibt. Dies ermöglicht eine Vorfertigung des Zündelements und der Kontaktflächen auf dem Deckel in einem separaten Verfahrensschritt und gewährleistet so eine besonders rationelle Herstellung.

[0011] Bei einer weiteren Ausführungsform befinden sich der Deckel und das Zündelement auf einander gegenüberliegenden Stirnseiten des Bauelements. Das Zündelement ist dann bevorzugt auf der an das explosionsfähige Material angrenzenden Membran angeordnet. Der Deckel dient hier zur Abdichtung des Materials auf der anderen Stirnseite. Diese Ausführungsform ermöglicht eine besonders kompakte und handhabungssichere Bauweise.

[0012] In einer dritten Ausführungsform der Erfindung ist der Deckel mit dem Zündelement membranartig ausgestaltet, d. h. der Deckel weist hier nur eine geringe Schichtdicke im $\frac{1}{4}m$ -Bereich ($2 - 50 \frac{1}{4}m$) auf. Das Zündelement ist bevorzugt an der Innenseite des Deckels angeordnet. Auf der dem Deckel gegenüberliegenden Stirnseite des Kerns befindet sich eine dickere Schicht

aus dem massiven Halbleitermaterial des Mantels. Diese dickere Schicht ist vorzugsweise einstückig mit dem Mantel gebildet.

[0013] Der Deckel kann aus allen mit dem Halbleitermaterial verbindungs-fähigen Stoffen gebildet sein. Bevorzugt besteht der Deckel aus Halbleitermaterialien wie Silizium, oder aus Glas, Keramik oder Metall und ist über herkömmliche Verbindungstechniken, wie anodisches Bonden, Glaslotbonden, eutektisches Bonden, Silizium-Direktbonden oder konventionelle Klebetechniken, mit dem Halbleitermaterial bzw. den elektrischen Kontaktflächen verbunden.

[0014] Das Zündelement ist bevorzugt eine Halbleiterbrücke, beispielsweise des in der DE 198 15 928 A1 beschriebenen Typs, oder ein Dünnschichtelement z. B. wie in der WO-A 98/54535 beschrieben, und erfährt beim Stromdurchgang eine plötzliche Erwärmung, die die Zündung des explosionsfähigen Materials auslöst.

[0015] Der poröse Brennstoff ist vorzugsweise ein nanostrukturiertes Material mit einer Strukturgröße von zwischen etwa 2 nm und 1000 nm, bevorzugt zwischen 2 und 50 nm, und einer Porosität, d.h. einem Verhältnis des Porenvolumens zum Volumen des porösen Probenkörpers ($V_{\text{Poren}}/V_{\text{Probe}}$) von zwischen 10 % und 98%, bevorzugt 40 bis 80%. Der Brennstoff kann eine spezifische Oberfläche von bis zu 1000 m²/cm³, bevorzugt zwischen 200 und 1000 m²/cm³ aufweisen.

[0016] Besonders bevorzugt ist der Brennstoff ein durch elektrochemisches Ätzen in einer fluoridhaltigen Lösung hergestelltes poröses Silizium. Durch Tempern an Luft kann eine Passivierung des porösen Siliziums erreicht werden. Das so passivierte poröse Silizium weist eine verbesserte Lagerstabilität auf.

[0017] Als Oxidator können Verbindungen oder Gemische verwendet werden, die Wasserstoffperoxid, Hydroxylammoniumnitrat, organische Nitroverbindungen oder Nitrate, Metallnitrate, -nitrite, -chlorate, -perchlorate, -bromate, -jodate, -oxide, -peroxide, Ammoniumperchlorat oder Ammoniumnitrat enthalten. Der Anteil der vorgenannten Verbindungen im Oxidator beträgt vorzugsweise wenigstens 50 Gew.-%, besonders bevorzugt wenigstens 70 Gew.-%.

[0018] Der Oxidator besteht bevorzugt ganz oder teilweise aus Alkalimetallnitrat oder -perchlorat, Erdalkalimetallnitrat oder -perchlorat, Ammoniumnitrat, Ammoniumperchlorat oder Mischungen davon. Besonders bevorzugt ist der Oxidator ein Alkalimetallnitrat oder Erdalkalimetallnitrat, gegebenenfalls im Gemisch mit Ammoniumperchlorat. Diese Oxidationsmittel sind kostengünstig, lagerstabil, einfach verfügbar und lassen sich leicht und kontrolliert mit dem porösen Silizium umsetzen.

[0019] Typische Abmessungen des erfindungsgemäßen Bauteils liegen im Bereich von 0,5 mm bis 5 mm Länge und Breite sowie einer Dicke von 0,3 mm bis 3 mm.

[0020] Das erfindungsgemäße Bauteil ist insbesondere als Anzünder in sicherheitstechnischen Einrichtungen für Fahrzeuge, beispielsweise Gassackmodule oder Gurtstraffer, geeignet. Es kann vorteilhaft mit bekannten

Verfahren der Siliziumprozesstechnik hergestellt werden. Insbesondere ist eine einfache und kostengünstige Herstellung mit hoher Präzision bereits im Batchprozess auf Waverebene möglich. Die große pyrotechnische Wirkung bei kleinsten Abmessungen und kompakter Bauweise gestattet außerdem die Verwirklichung einer Multipunktanzündung, die mit den bekannten Systemen bisher nicht erreicht werden konnte. Aufgrund der hohen Energiedichte und Energiefreisetzungsrate des Bauteils kann außerdem auf die bisher üblichen Sekundärzündmittel zur Zündung der gaserzeugenden Treibstoffe verzichtet werden. Damit wird eine weitere Miniaturisierung und Gewichtsreduzierung ermöglicht. Das erfindungsgemäße Bauteil ist außerdem hermetisch dicht herstellbar und deshalb gegenüber Umwelteinflüssen besonders unempfindlich.

[0021] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. In den Zeichnungen zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Anzünders;
- Figur 2 den Anzünder gemäß Figur 1 im Querschnitt;
- Figur 3 eine Draufsicht auf den Anzünder aus Figur 1 in schematischer Darstellung;
- Figur 4 eine Unteransicht des Anzünders aus Figur 1 in schematischer Darstellung;
- Figur 5 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Anzünders;
- Figur 6 den erfindungsgemäßen Anzünder aus Figur 5 im Querschnitt.
- Figur 7 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Anzünders;
- Figur 8 den erfindungsgemäßen Anzünder gemäß Figur 7 im Querschnitt.

[0022] Der in den Figuren 1 bis 4 dargestellte erfindungsgemäße Anzünder 10 weist einen Kern 12 aus einem explosionsfähigen Material auf. Das explosionsfähige Material ist bevorzugt poröses Silizium mit einer Strukturgröße (Größe der Si-Nanokristalle) von zwischen 2 und 50 nm und einer Porosität ($V_{\text{Poren}}/V_{\text{Probe}}$) zwischen 40% und 80%. Das poröse Silizium kann durch Tempern an Luft passiviert sein. In die Poren des porösen Siliziums ist ein bei Raumtemperatur festes oder flüssiges Oxidationsmittel eingebracht. Das Oxidationsmittel ist vorzugsweise aus der Gruppe der Alkalimetallnitrate,

Erdalkalimetallnitrate, Ammoniumperchlorat und Ammoniumnitrat sowie deren Mischungen ausgewählt. Es können aber auch andere Oxidationsmittel, wie beispielsweise organische Nitroverbindungen oder organische Nitrate, zum Einsatz kommen. Ebenso ist die Verwendung von Alkalimetall- und Erdalkalimetallperchloraten möglich.

[0023] Die Seitenflächen des Kerns 12 aus dem explosionsfähigen Material sind von einem Mantel 14 aus einem massiven Halbleitermaterial umgeben. Das Halbleitermaterial des Mantels 14 und des Kerns 12 sind stoffgleich und vorzugsweise integral ausgeführt. Das heißt, der Mantel 14 besteht vorzugsweise aus massivem Silizium. Das Silizium kann schwach oder stark p-dotiert oder n-dotiert sein. Auch die Verwendung von undotiertem Silizium ist möglich.

[0024] An einer der Stirnseiten 16 des Kerns 12 ist ein Zündelement 18 angeordnet. Das Zündelement 18 befindet sich zwischen elektrischen Kontaktflächen 20, die sich bei der hier gezeigten Ausführungsform über den Kern 12 und den Mantel 14 hinaus erstrecken und endseitig mit Zuleitungen 22 für elektrische Kontakte verbunden sind. Das Zündelement 18 steht bevorzugt in direktem Kontakt mit dem Kern 12 aus dem explosionsfähigen Material und löst bei Stromdurchgang eine Zündung dieses Materials aus.

[0025] An der der Stirnseite 16 gegenüberliegenden Stirnseite 24 des Kerns 12 ist eine Membran 26, das heißt eine dünne, nur wenige μm starke Schicht, aus dem Halbleitermaterial angeordnet. Die Halbleitermaterialien der Membran 26 und des Kerns 12 bzw. des Mantels 14 sind stoffgleich und einstückig miteinander ausgeführt. Bevorzugt besteht das Halbleitermaterial der Membran 26 ebenfalls aus Silizium. Alternativ dazu kann die Membran auch aus SiO_2 gebildet sein, welches sich leicht auf dem Halbleitermaterial des Mantels herstellen läßt.

[0026] Das an der Stirnseite 16 des Kerns angeordnete Zündelement 18 kann eine Halbleiterbrücke oder ein Dünnschichtelement bekannter Bauart sein. Die elektrischen Kontaktflächen können hier ebenfalls aus einem Halbleitermaterial, vorzugsweise Silizium, gebildet sein, wobei jedoch die Dotierung und der Leitungstyp des Kontaktflächenmaterials und der Materialien des Kerns und des Mantels unterschiedlich sein können. Alternativ können die Kontaktflächen als metallische Schichten aus z.B. Aluminium oder Gold aufgesputtert sein. Vorzugsweise ist das Zündelement an der Stirnseite 16 mit einem Deckel 28 gas- und flüssigkeitsdicht verschlossen. Bei dieser Ausführungsform kann das Zündelement auch am Deckel 28, auf dessen Innenseite, angeordnet sein, so daß zwischen dem Zündelement 18 und dem Kern 12 aus dem explosionsfähigen Material ein schmaler Spalt verbleibt.

[0027] Der Deckel 28 ist vorzugsweise aus Silizium, Glas, Keramik oder Metall gebildet und mit herkömmlichen Bond-, Klebe- oder anderen Verbindungstechniken unter Ausbildung einer Verbindung 30 mit dem Halblei-

termaterial des Mantels 14 hermetisch dicht verbunden. Die Kontaktflächen sind implantiert oder aufgesputtert.

[0028] Bei der in den Figuren 5 und 6 dargestellten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Anzünders 110 ist der Kern 112 aus dem explosionsfähigen Material ebenfalls aus einem porösen Halbleitermaterial, vorzugsweise porösem Silizium, gebildet.

[0029] Das poröse Silizium weist vorzugsweise eine Strukturgröße (Größe der Si-Nano-Kristalle) von zwischen 2 und 50 nm und eine Porosität ($V_{\text{Poren}} / V_{\text{Probe}}$) zwischen 40% und 80% auf. In die Poren des porösen Siliziums ist ein bei Raumtemperatur festes oder flüssiges Oxidationsmittel eingebracht. Das Oxidationsmittel ist vorzugsweise aus der Gruppe der Alkalimetallnitrate, und -perchlorate, Erdalkalimetallnitrate und -perchlorate, Ammoniumperchlorat und Ammoniumnitrat sowie deren Mischungen ausgewählt. Es können aber auch andere Oxidationsmittel, wie beispielsweise organische Nitroverbindungen oder organische Nitrate, zum Einsatz kommen.

[0030] Mit der Porosität kann die Stöchiometrie der Reaktionspartner, d.h. poröses Silizium und Oxidationsmittel, eingestellt werden. Die Stöchiometrie wiederum beeinflusst die Energiefreisetzungsrate und damit den Reaktionstyp, der zwischen Abbrand, Explosion und Detonation variieren kann. Über eine Passivierung des porösen Siliziums durch Tempern an Luft kann außerdem die Lagerstabilität erhöht und das Anzündverhalten beeinflusst werden.

[0031] Die Seitenflächen des Kerns 112 sind auch bei dieser Ausführungsform von einem Mantel 114 aus einem massiven Halbleitermaterial umgeben. Das Halbleitermaterial des Kerns 112 und des Mantels 114 sind stoffgleich und integral ausgebildet. Der Mantel 114 besteht vorzugsweise aus massivem Silizium.

[0032] Auf der Stirnseite 116 des Kerns ist ein Zündelement 118 angeordnet, das sich zwischen elektrisch leitenden Kontaktflächen 120 befindet. Die Kontaktflächen weisen Zuleitungen 122 für elektrische Kontakte auf. Das Zündelement 118 kann eine Halbleiterbrücke oder ein Dünnschichtelement sein und löst bei Stromdurchgang eine Zündung des explosionsfähigen Materials aus.

[0033] Zwischen dem Zündelement 118 bzw. den elektrischen Kontaktflächen 120 und dem Kern 112 aus dem explosionsfähigen Material ist bei der hier gezeigten Ausführungsform eine Membran 126, das heißt eine dünne, nur wenige μm starke Schicht aus einem Halbleitermaterial angeordnet. Das Halbleitermaterial der Membran 126 ist stoffgleich mit dem Halbleitermaterial des Kerns 112 und des Mantels 114, und einstückig mit diesen ausgebildet. Die Membran kann allerdings entfallen, falls das explosionsfähige Material gegenüber Umwelteinflüssen stabil ist. In diesem Fall kann sich das Zündelement 118 direkt auf dem Kern 112 aus dem explosionsfähigen Material befinden.

[0034] Auf der der Stirnseite 116 gegenüberliegenden Stirnseite 124 des Kerns 112 ist ein Deckel 128 über eine

Bondverbindung 130 mit dem Mantel 114 bzw. dem Kern 112 aus dem explosionsfähigen Material verbunden. Der Deckel besteht vorzugsweise aus Silizium, Glas, Keramik oder Metall. Falls das explosionsfähige Material des Kerns 112 gegenüber Umwelteinflüssen stabil ist, kann der Deckel entfallen. Bei der hier gezeigten Ausführungsform schließt der Deckel 128 bündig sowie gas- und flüssigkeitsdicht mit dem Mantel 114 ab.

[0035] In den Figuren 7 und 8 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Anzünders 210 dargestellt. Bei dieser Ausführungsform ist der an seinen Seitenflächen von einem Mantel 214 aus einem massiven Halbleitermaterial umgebene Kern 212 auf einer seiner Stirnseiten 224 von einer Membran 226 verschlossen. Der Kern 212 besteht auch bei dieser Ausführungsform vorzugsweise aus porösem Silizium mit den zuvor beschriebenen Eigenschaften, in dessen Poren ein Oxidationsmittel eingebracht ist. Die Membran 226 ist vorzugsweise stoffgleich mit dem massiven Halbleitermaterial des Mantels 214 und einstückig mit diesem ausgebildet.

[0036] Auf der der Membran 226 gegenüberliegenden Stirnseite 216 des Kerns sind elektrische Kontaktflächen 220 angeordnet, zwischen denen sich ein Zündelement 218 befindet, welches bei Stromdurchgang eine plötzliche Erwärmung und damit eine Zündung des explosionsfähigen Materials aus dem porösen Silizium und dem Oxidationsmittel auslöst.

[0037] Auf den elektrischen Kontaktflächen 220 befindet sich ein hier aus Silizium oder einem anderen Halbleitermaterial gebildeter Deckel 228, der auf seiner den elektrischen Kontaktflächen 220 gegenüberliegenden Seite äußere Kontaktflächen 232 aufweist. Die äußeren Kontaktflächen 232 stehen über Durchkontaktierungen 234 in elektrischer Verbindung mit den elektrischen Kontaktflächen 220. Das Zündelement 218 ist hier an der Innenseite des Deckels 228 angeordnet. Der Deckel 228 ist mit herkömmlichen Bond-, Klebe- oder anderen Verbindungstechniken hermetisch dicht mit dem Halbleitermaterial des Mantels 214 verbunden. Die elektrischen Kontaktflächen 220 und die äußeren Kontaktflächen können implantiert oder aufgesputtert sein. Desweiteren können die Durchkontaktierungen 234 und die äußeren Kontaktflächen 232 auch über elektrochemische Abscheidungsverfahren gebildet werden. Die äußeren Kontaktflächen 232 können beispielsweise über ein federbelastetes Kontaktsystem (hier nicht gezeigt) mit elektrischen Zuleitungen kontaktiert werden.

[0038] Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Anzünders 10, 110, 210 werden Waferscheiben aus Silizium oder anderen Halbleitermaterialien nach bekannten Verfahren, wie sie beispielsweise in Physical Review Letters 87/6 (2001), Seiten 068301/1 bis 068301/4, oder der WO-A-96/36990 beschrieben sind, in ausgewählten Bereichen einer Ätzbehandlung in einem fluoridhaltigen Elektrolyten unterzogen. Der Elektrolyt ist vorzugsweise ein Gemisch aus Ethanol und wässriger Flußsäure (50%ig) in einem Volumenverhältnis von zwischen 3:1

und 1:3. Die Stromdichte des Anodisierungsstroms liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 20 und 70 mA/cm². Das Wafersubstrat kann aus n-dotiertem, p-dotiertem oder undotiertem Silizium bestehen. Die Dotierung kann schwach oder stark konzentriert sein. Während der Ätzbehandlung kann das Wafersubstrat in bekannter Weise belichtet werden.

[0039] Die Ätzbehandlung führt zur Bildung eines Kerns aus porösem Silizium mit einem diesen Kern umgebenden und integral mit dem porösen Silizium ausgebildeten Seitenwänden aus massivem Silizium. Die Ätzbehandlung wird vorzugsweise so durchgeführt, daß an einer der Stirnseiten des Kerns bzw. des Wafersubstrats durch einen eindiffundierten Ätzstop eine geringe Restwandstärke (Membran) von wenigen µm verbleibt. Das Substrat kann gegebenenfalls auch durchgeätzt werden.

[0040] Andere Herstellverfahren für poröse Halbleitermaterialien umfassen chemische oder physikalische Abscheidungsverfahren wie CVD, PVD, MOCVD, MBE oder Sputtern. Das poröse Halbleitermaterial wird in diesem Fall auf einem Träger aus massivem Halbleitermaterial abgeschieden.

[0041] In die Poren des Kerns aus porösem Halbleitermaterial wird ein bei Raumtemperatur fester oder flüssiger Oxidator eingebracht. Das Einbringen kann durch Auftragen des Oxidationsmittels als Flüssigkeit oder in Lösung und anschließendes Verdampfen des Lösungsmittels erfolgen. Denkbar ist auch ein Auftrag des Oxidationsmittels als Schmelze und anschließendes Erstarren in den Poren des porösen Siliziums.

[0042] Über herkömmliche Siliziumprozeßtechniken können das Wafersubstrat anschließend mit den Kontakten versehen, mit dem Deckelsubstrat mittels bekannter Bondtechnik hermetisch dicht verbunden, in die gewünschte Größe geschnitten und schließlich mit den Zuleitungen kontaktiert werden.

[0043] Oder es können anschließend das Wafersubstrat in die gewünschte Größe geschnitten und die elektrischen Kontaktflächen und Kontakte sowie, gegebenenfalls, der Deckel aufgebracht und mit dem Halbleitermaterial verbunden werden.

[0044] Die vorliegende Erfindung ermöglicht die Herstellung eines wirksamen Anzünders zur Verwendung in Gasgeneratoren, Gurtstraffern oder anderen sicherheitstechnischen Einrichtungen in Fahrzeugen nach bekannten, in großtechnischem Maßstab durchführbaren und deshalb kostengünstigen Verfahrensschritten. Das gewählte pyrotechnische System ist hochwirksam und deshalb für die Miniaturisierung besonders geeignet. Die erfindungsgemäßen Anzünders lassen sich leicht in einen bestehenden Halbleiterschaltkreis integrieren.

Patentansprüche

1. Bauteil (10; 110; 210), insbesondere zur Verwendung in einer Sicherheitseinrichtung für Fahrzeuge, mit einem Kern (12; 112; 212) aus einem explosi-

- onsfähigen Material, einem das explosionsfähige Material an den Seitenflächen des Kerns (12; 112; 212) umgebenden Mantel (14; 114; 214) aus einem massiven Halbleitermaterial und einem zwischen elektrischen Kontaktflächen (20; 120; 220) an einer der Stirnseiten (16; 116; 216) des Kerns (12; 112; 212) angeordneten Zündelement (18; 118; 218), welches bei Stromdurchgang eine Zündung des explosionsfähigen Materials auslöst, **dadurch gekennzeichnet, daß** das explosionsfähige Material aus einem porösen Brennstoff und einem in den porösen Brennstoff eingebrachten Oxidator gebildet ist, und wobei der poröse Brennstoff und das massive Halbleitermaterial stoffgleich sind.
2. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** an einer der Stirnseiten (16, 24; 116, 124; 216, 224) eine Membran (26; 126; 226) aus einem Halbleitermaterial angeordnet ist, wobei das Halbleitermaterial des Mantels (14; 114; 224) und das Halbleitermaterial der Membran (26; 126; 226) stoffgleich und einstückig miteinander ausgeführt sind.
 3. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** an einer der Stirnseiten (16, 24; 116, 124; 216, 224) eine Membran (26; 126; 226) angeordnet und einstückig mit dem Mantel verbunden ist, wobei das Halbleitermaterial des Mantels und der Membran aus unterschiedlichen Materialien bestehen.
 4. Bauteil nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Membran (126) zwischen dem Zündelement (118) und dem explosionsfähigen Material angeordnet ist.
 5. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zündelement (18; 118; 218) in direktem Kontakt mit dem explosionsfähigen Material steht.
 6. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zündelement (18; 118; 218) oder das explosionsfähige Material gas- und flüssigkeitsdicht mit einem Deckel (28; 128; 228) verschlossen sind.
 7. Bauteil nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (28; 128; 228) membranartig ausgestaltet ist, wobei auf der dem Deckel gegenüberliegenden Stirnseite (24; 124; 224) eine im Vergleich zum Deckel dickere massive Schicht aus dem Halbleitermaterial des Mantels angeordnet und mit dem Mantel (14; 114; 214) einstückig ausgeführt ist.
 8. Bauteil nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (28; 128; 228) und die Membran (26; 126; 226) auf einander gegenüberliegenden Stirnseiten (16, 24; 116, 124; 216, 224) angeordnet sind.
 9. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zündelement (18; 118; 218) und der Deckel (28; 128; 228) auf der gleichen Stirnseite (16; 116; 216) angeordnet ist.
 10. Bauteil nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zündelement (18; 118; 218) auf der Innenseite des Deckels (28; 128; 228) angeordnet ist.
 11. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (28; 128; 228) aus Halbleitermaterial wie Silizium, Glas, Keramik oder Metall gebildet ist.
 12. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (28; 128; 228) aus Halbleitermaterial, vorzugsweise Silizium, gebildet ist und eine Durchkontaktierung (234) sowie äußere Kontaktflächen (232) aufweist.
 13. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zündelement (18; 118; 218) eine Halbleiterbrücke oder ein Dünnschichtelement ist.
 14. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der poröse Brennstoff eine Strukturgröße von zwischen etwa 2 nm und 1000 nm und eine Porosität ($V_{\text{Poren}}/V_{\text{Probe}}$) von zwischen 10 % und 98% aufweist.
 15. Bauteil nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Brennstoff eine Strukturgröße von zwischen 2 nm und 50 nm aufweist.
 16. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Brennstoff eine spezifische Oberfläche von bis zu 1000 m²/cm³ aufweist.
 17. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Brennstoff poröses Silizium ist.
 18. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Oxidator in die Poren des porösen Brennstoffs eingebracht ist und Wasserstoffperoxid, Hydroxylammoniumnitrat, organische Nitroverbindungen und Nitrate, Metallnitrate, -nitrite, Metallchlorate, -perchlorate, -bromate, -jodate, -oxide, -peroxide, Ammoniumperchlorat, Ammoniumnitrat oder deren Mischungen enthält.
 19. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Oxidator aus

der aus den Alkalimetallnitraten und -perchloraten, Erdalkalimetallnitraten und -perchloraten, Ammoniumnitrat, Ammoniumperchlorat und deren Mischungen bestehenden Gruppe ausgewählt ist.

20. Bauteil nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Oxidator ein Alkalimetallnitrat oder Erdalkalimetallnitrat, gegebenenfalls im Gemisch mit Ammoniumperchlorat, ist.

Claims

1. A component (10; 110; 210), especially for use in safety systems in vehicles, comprising a core (12; 112; 212) made of an explosive material, a jacket (14; 114; 214) made of a solid semiconductor material that surrounds the explosive material on the side faces of the core (12; 112; 212), and an ignition element (18; 118; 218) which is arranged between electric contact surfaces (20; 120; 220) on one of the end faces (16; 116; 216) of the core (12; 112; 212) and which initiates an ignition of the explosive material when current flows through, **characterized in that** the explosive material is formed from a porous fuel and an oxidizer incorporated into the porous fuel, and the porous fuel and the solid semiconductor being made of the same material.
2. The component according to Claim 1, **characterized in that** a membrane (26; 126; 226) made of a semiconductor material is arranged on one of the end faces (16, 24; 116, 124; 216, 224), the jacket (14; 114; 214) and the membrane (26; 126; 226) being made of the same semiconductor material and joined to each other in one piece.
3. The component according to Claim 1, **characterized in that** a membrane (26; 126; 226) is arranged on one of the end faces (16, 24; 116, 124; 216, 224) and is joined to the jacket in one piece, the jacket and the membrane being made of different semiconductor materials.
4. The component according to Claim 2 or 3, **characterized in that** the membrane (126) is arranged between the ignition element (118) and the explosive material.
5. The component according to any of Claims 1 to 4, **characterized in that** the ignition element (18; 118; 218) is in direct contact with the explosive material.
6. The component according to any of the preceding claims, **characterized in that** the ignition element (18; 118; 218) or the explosive material are sealed by a cover (28; 128; 228) so as to be gas-tight and liquid-tight.

7. The component according to Claim 6, **characterized in that** the cover (28; 128; 228) has a membrane-like design, a solid layer made of the semiconductor material of the jacket being arranged on the end face (24; 124; 224) opposite the cover, the layer having a thickness greater than that of the cover and being made in one piece with the jacket (14; 114; 214).
8. The component according to Claim 6, **characterized in that** the cover (28; 128; 228) and the membrane (26; 126; 226) are arranged on end faces (16, 24; 116, 124; 216, 224) which are opposite from each other.
9. The component according to any of Claims 6 to 8, **characterized in that** the ignition element (18; 118; 218) and the cover (28; 128; 228) are arranged on the same end face (16; 116; 216).
10. The component according to Claim 9, **characterized in that** the ignition element (18; 118; 218) is arranged on the inside of the cover (28; 128; 228).
11. The component according to any of Claims 6 to 10, **characterized in that** the cover (28; 128; 228) is formed of a semiconductor material such as silicon, glass, ceramics or metal.
12. The component according to any of Claims 6 to 11, **characterized in that** the cover (28; 128; 228) is formed of a semiconductor material, preferably silicon, and has a feedthrough (234) as well as outer contact surfaces (232).
13. The component according to any of the preceding claims, **characterized in that** the ignition element (18; 118; 218) is a semiconductor bridge or a thin-film element.
14. The component according to any of the preceding claims, **characterized in that** the porous fuel has a structure size of between about 2 nm and 1000 nm and a porosity ($V_{\text{pores}}/V_{\text{specimen}}$) of between 10% and 98%.
15. The component according to Claim 14, **characterized in that** the fuel has a structure size of between 2 nm and 50 nm.
16. The component according to any of the preceding claims, **characterized in that** the fuel has a specific surface area of up to 1000 m²/cm³.
17. The component according to any of the preceding claims, **characterized in that** the fuel is porous silicon.

18. The component according to any of the preceding claims, **characterized in that** the oxidizer is incorporated into the pores of the porous fuel and contains hydrogen peroxide, hydroxyl ammonium nitrate, organic nitro compounds and nitrates, metal nitrates, metal nitrites, metal chlorates, metal perchlorates, metal bromates, metal iodates, metal oxides, metal peroxides, ammonium perchlorate, ammonium nitrate or mixtures thereof.
19. The component according to any of the preceding claims, **characterized in that** the oxidizer is selected from the group consisting of alkali metal nitrates and alkali metal perchlorates, alkaline earth metal nitrates and alkaline earth metal perchlorates, ammonium nitrate, ammonium perchlorate and mixtures thereof.
20. The component according to Claim 19, **characterized in that** the oxidizer is an alkali metal nitrate or alkaline earth metal nitrate, optionally in a mixture with ammonium perchlorate.

Revendications

1. Composant (10 ; 110 ; 210), destiné en particulier à être utilisé dans un dispositif de sécurité pour véhicules automobiles, comportant un noyau (12 ; 112 ; 212) en un matériau explosible, une enveloppe (14 ; 114 ; 214) entourant le matériau explosible sur les faces latérales du noyau (12 ; 112 ; 212) et constituée par un matériau semi-conducteur massif, et un élément d'allumage (18 ; 118 ; 218) agencé entre des surfaces de contact électriques (20 ; 120 ; 220) sur une des faces frontales (16 ; 116 ; 216) du noyau (12 ; 112 ; 212), lequel déclenche un allumage du matériau explosible au passage de courant, **caractérisé en ce que** le matériau explosible est formé par un combustible poreux et un oxydant introduit dans le combustible poreux, le combustible poreux et le matériau semi-conducteur massif étant réalisés dans la même matière.
2. Composant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sur une des faces latérales (16, 24 ; 116, 124 ; 216, 224) est agencée une membrane (26 ; 126 ; 226) en un matériau semi-conducteur, l'enveloppe (14 ; 114 ; 214) et la membrane (26 ; 126 ; 226) étant réalisées dans la même matériau semi-conducteur et d'un seul tenant l'un avec l'autre.
3. Composant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sur une des faces latérales (16, 24 ; 116, 124 ; 216, 224) est agencée une membrane (26 ; 126 ; 226) qui est reliée d'un seul tenant avec l'enveloppe, l'enveloppe et la membrane étant réalisées dans des matériaux semi-conducteurs différents.

4. Composant selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la membrane (126) est agencée entre l'élément d'allumage (118) et le matériau explosible.
5. Composant selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'élément d'allumage (18 ; 118 ; 218) est en contact direct avec le matériau explosible.
6. Composant selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'élément d'allumage (18 ; 118 ; 218) ou le matériau explosible sont fermés par un couvercle (28 ; 128 ; 228) de manière étanche aux gaz et aux liquides.
7. Composant selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le couvercle (28 ; 128 ; 228) étant réalisé à la manière d'une membrane, une couche massive plus épaisse que le couvercle, constitué par le matériau semi-conducteur de l'enveloppe, est agencée sur la face frontale (24 ; 124 ; 224) opposée au couvercle et réalisée d'un seul tenant avec l'enveloppe (14 ; 114 ; 214).
8. Composant selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le couvercle (28 ; 128 ; 228) et la membrane (26, 126 ; 226) sont agencées sur des faces frontales (16, 24 ; 116, 124 ; 216, 224) opposées l'une à l'autre.
9. Composant selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** l'élément d'allumage (18 ; 118 ; 218) et le couvercle (28 ; 128 ; 228) sont agencés sur la même face frontale (16 ; 116 ; 216).
10. Composant selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'élément d'allumage (18 ; 118 ; 218) est agencé sur la face intérieure du couvercle (28 ; 118 ; 128).
11. Composant selon l'une des revendications 6 à 10, **caractérisé en ce que** le couvercle (28 ; 128 ; 228) est formé en un matériau semi-conducteur tels que du silicium, du verre, de la céramique ou du métal.
12. Composant selon l'une des revendications 6 à 11, **caractérisé en ce que** le couvercle (28 ; 128 ; 228) est formé en un matériau semi-conducteur, de préférence en silicium et présente des interconnexions de traversées (234) ainsi que des surfaces de contact (232) extérieures.
13. Composant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément d'allumage (18 ; 118 ; 218) est un pont semi-conducteur ou un élément en couche mince.
14. Composant selon l'une des revendications

précédentes, **caractérisé en ce que** le combustible poreux présente une taille de structure entre approximativement 2 nm et 1000 nm et une porosité ($V_{\text{Pore}}/V_{\text{Probe}}$) entre 10 % et 98 %.

5

15. Composant selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** le combustible présente une taille de structure entre 2 nm et 50 nm

16. Composant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le combustible présente une surface spécifique allant jusqu'à 1000 m²/cm³.

10

17. Composant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le combustible est du silicium poreux.

15

18. Composant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'oxydant est introduit dans les pores du combustible poreux et contient du peroxyde d'hydrogène, du nitrate d'ammonium hydroxyle, des dérivés nitrés et nitrates organiques, des nitrates de métal, des nitrites de métal, des chlorates de métal, des perchlorates de métal, des bromates de métal, des iodates de métal, des oxydes de métal, des peroxydes de métal, du perchlorate d'ammonium, du nitrate d'ammonium ou leurs mélanges.

20

25

30

19. Composant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'oxydant est choisi parmi le groupe constitué par les nitrates et perchlorates de métaux alcalins, les nitrates et perchlorates de métaux alcalinoterreux, le nitrate d'ammonium, le perchlorate d'ammonium et leurs mélanges.

35

20. Composant selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** l'oxydant est un nitrate de métal alcalin ou un nitrate de métal alcalinoterreux, le cas échéant mélangé avec du perchlorate d'ammonium.

40

45

50

55

FIG. 1

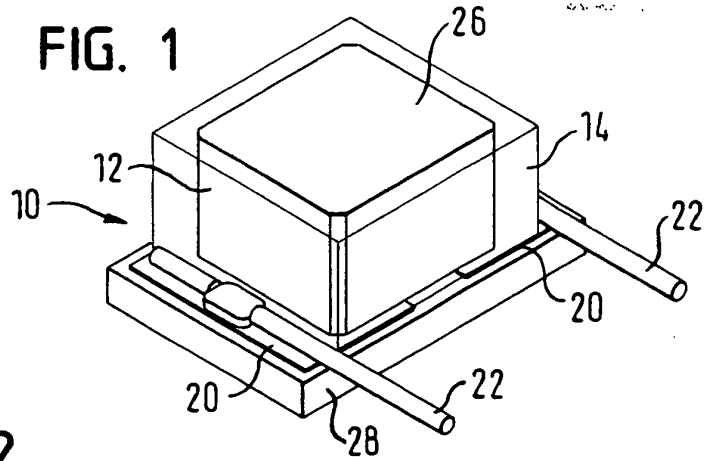


FIG. 2

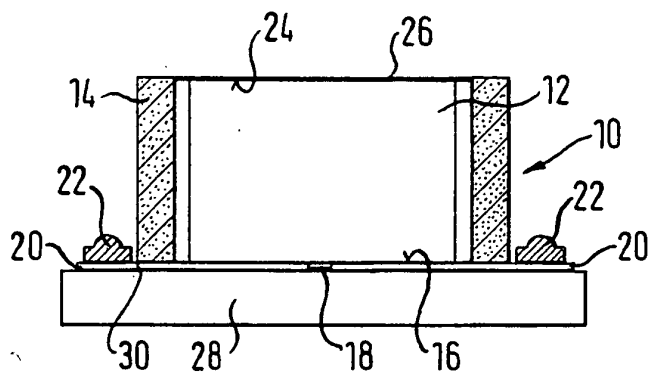


FIG. 3

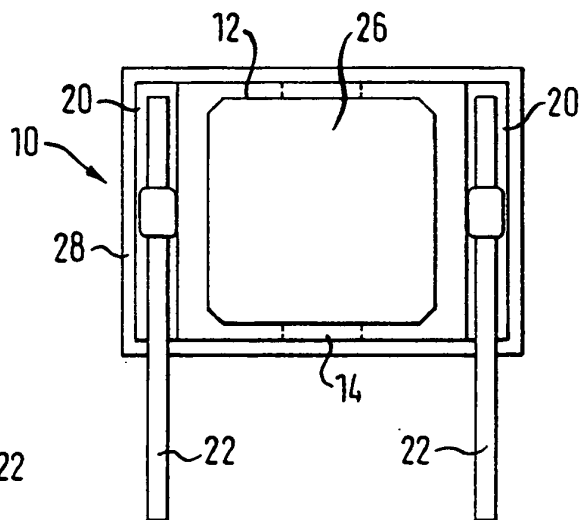


FIG. 4

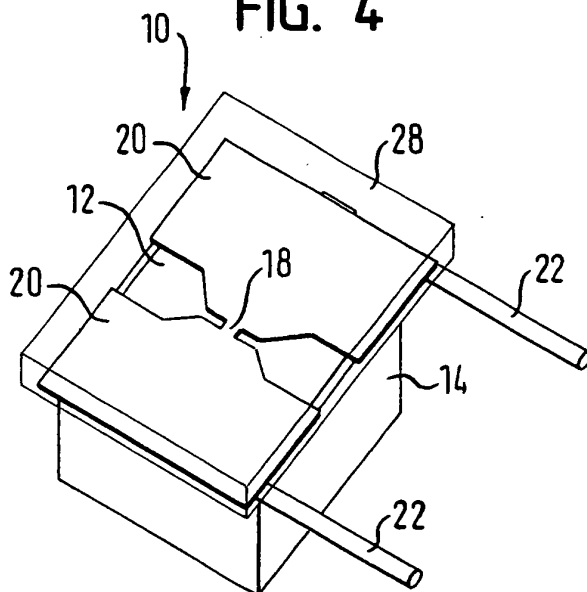


FIG. 5

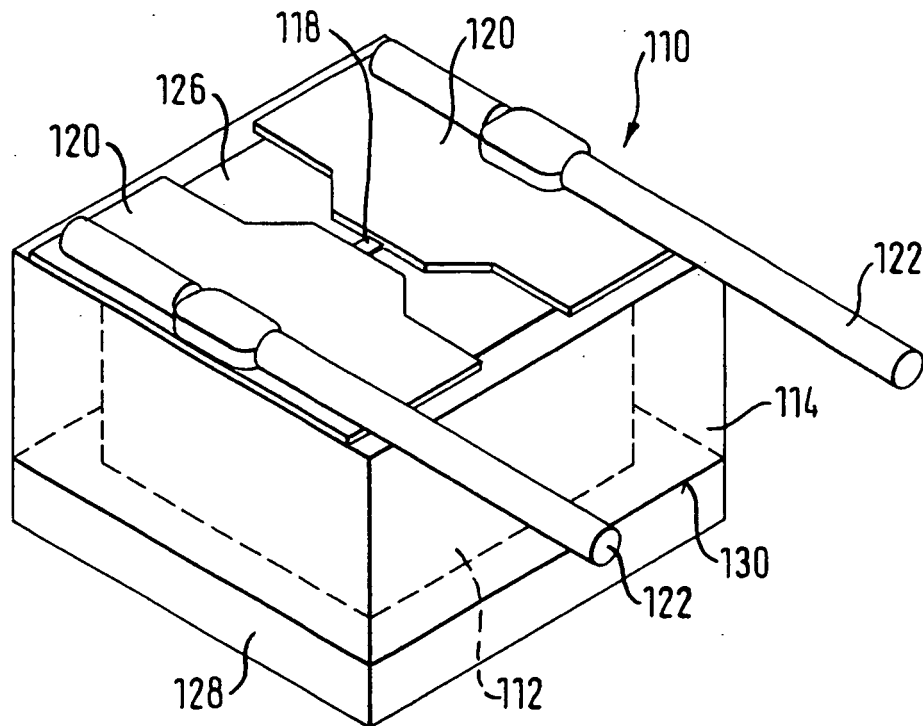


FIG. 6

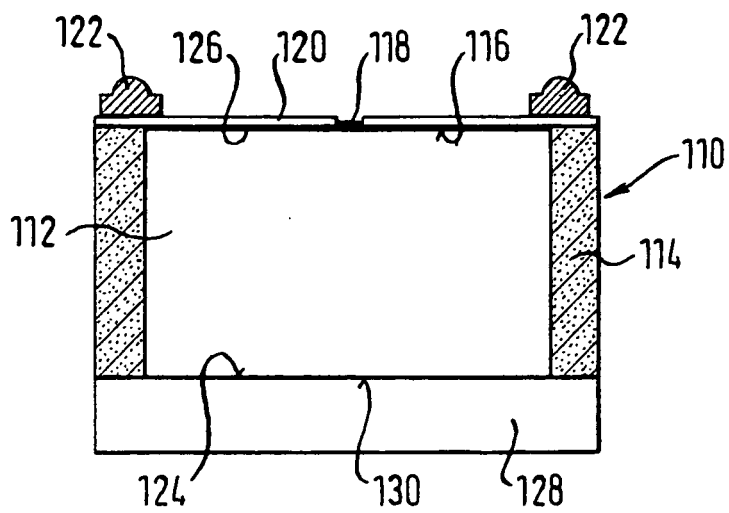


FIG. 7

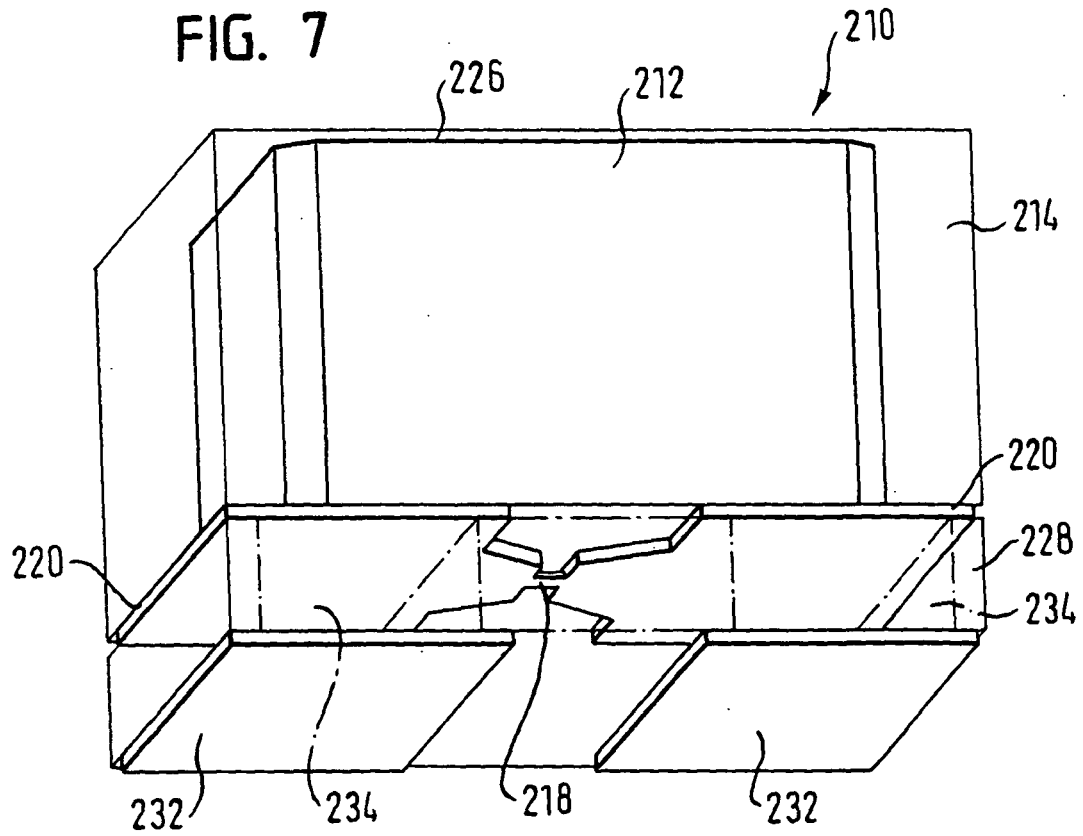


FIG. 8

