



(10) **AT 516944 B1 2016-10-15**

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 407/2015  
(22) Anmeldetag: 26.06.2015  
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2016

(51) Int. Cl.: **F42D 1/045** (2006.01)  
**F42B 3/18** (2006.01)  
**F42B 3/12** (2006.01)  
**F42C 19/12** (2006.01)  
**F42C 11/06** (2006.01)  
**F42C 15/00** (2006.01)  
**C06C 9/00** (2006.01)  
**C06C 5/00** (2006.01)  
**H03K 3/53** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 19805539 A1

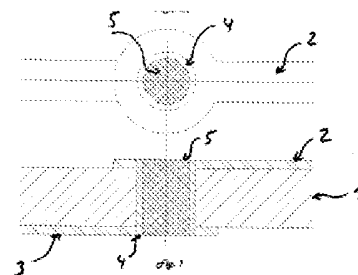
(73) Patentinhaber:  
Fachhochschule Technikum Wien  
1200 Wien (AT)

(72) Erfinder:  
Edelmoser Karl Dipl.Ing. Dr.  
1237 Wien (AT)  
Himmelstoss Felix Dipl.Ing. Dr.  
2351 Wr. Neudorf (AT)

(74) Vertreter:  
Himmelstoss Felix Dipl.Ing. Dr.  
1200 Wien (AT)

### (54) Vorrichtung zur kontrollierten exothermen Energieabgabe

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Zündung eines Sprengstoffs (5) mittels eines elektrischen oder elektronischen Zünders. Dabei werden Leiterplattenstrukturen (2, 3), die auch mit einer Widerstandsfolie laminiert sein können, verwendet und Durchkontaktierungen (4) und Hohlräume dazu genutzt den Sprengstoff (5) aufzunehmen. Der Sprengstoff (5) kann auch auf (über) Strukturen, die aus der Widerstandsfolie herausgearbeitet wurden, aufgetragen werden. Das Konzept ist für elektrische und elektronische Zünder und als direkter Zünder für Gasgeneratoren, für Airbags oder Gurtenstraffer geeignet.



## Beschreibung

### VORRICHTUNG ZUR KONTROLLIERTEN EXOTHERMEN ENERGIEABGABE

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Zündung eines Sprengstoffs mittels eines elektrischen oder elektronischen Zünders.

**[0002]** Um einen Sprengstoff sicher zu zünden oder einen Gasgenerator zu starten, ist eine relativ hohe Energie erforderlich. Dies geschieht aus Gründen der Handhabungssicherheit. Daher wird mittels einer Zündvorrichtung eine Sprengkapselladung (Primärladung) elektrisch gezündet und dies führt erst zur Detonation der Sekundärladung (dem Sprengstoff für die eigentliche Sprengung).

**[0003]** Die hier vorgestellte Erfindung eignet sich sowohl für den Einsatz in elektrischen wie in elektronischen Zündern.

**[0004]** Bei elektrischen Zündern wird die erforderliche Zündenergie zur Umsetzung des Primärsprengstoffs von einer Zündmaschine abgegeben, die Zeitverzögerung erfolgt durch einen im Zünder zwischengeschalteten pyrotechnischen Verzögerungssatz unterschiedlicher Länge und daher Verzögerungszeit. Erst nach Abbrand des Verzögerungssatzes kommt es zum Zünden der eigentlichen Initialladung.

**[0005]** Beim elektronischen Zünder wird die Zeitverzögerung durch eine elektronische Zeitschaltung mittels Zählerschaltung oder Mikrocontroller erzielt. Dazu wird vor der Sprengung die gewünschte Verzögerungszeit dem Zünder übermittelt (z.B. mittels eines einfachen Bussystems über die Versorgungsleitungen). Durch die Elektronik kann die Sicherheit erhöht werden, da z.B. zur Benutzung, zur Vermeidung von missbräuchlicher Verwendung, ein Freischaltcode verwendet werden muss. Die elektrische Energie wird vor der Benutzung dem Zünder zugeführt und dort in einer Kapazität gespeichert. Die komplette, zum Zünden und zur Versorgung der Elektronik erforderliche Energie ab dem Zeitpunkt des Abschaltens der Versorgung, muss im Zünder gespeichert werden. Jeder Zünder arbeitet ab dem Start der Zündung autark, denn mit der Explosion der ersten Ladung können schon die Verbindungsleitungen zerstört werden. (Bei einem elektrischen Zündsystem werden auch alle Zünder gleichzeitig gezündet, über die pyrotechnische Verzögerung explodieren die einzelnen Sprengladungen entsprechend verzögert; die Zerstörung der Verbindungsleitungen hat auch hier keine Bedeutung).

**[0006]** Im Folgenden ein Überblick über die Patentliteratur. Zuerst ein Blick auf die Sicherheit.

**[0007]** DE 552415 (LIGNOZA SPOLKA AKCYJNA KATTOWITZ, 13.6.1932, angemeldet 19.6.1928) beschreibt einen mit einem Widerstand versehenen, streustromsicheren elektrischen Zünder. Das war notwendig, da sich Unfälle im Bergbau, seit der Einführung des elektrischen Zugbetriebs in Gruben durch vagabundierende oder Schleichströme (verursacht durch Fehler in der Erdungsanlage), durch unerwünschtes Zünden mehrten. Die Zeichnungen stellen verschiedene Ausformungen dar. Hier wird im Gegensatz zu einem älteren Patent, bei dem ein Widerstand in Serie zur Zündpille geschaltet ist, ein solcher parallel dazu geschaltet. Der Zünder tritt so erst ab einer bestimmten Stromstärke in Funktion.

**[0008]** DE 4429175 A1 (EMS-RATVAG AG, 2.3.1995, angemeldet 17.8.1994) zeigt eine Maßnahme zur Ableitung von eventuellen Überspannungen bei einem Zünder für Gasgeneratoren für Airbags oder Gurtenstraffer. Dies geschieht hier durch einen gasgefüllten Überspannungsableiter.

**[0009]** DE 4221168 C1 (BERG WERKS VERBAND GMBH ESSEN, 18.11.1993, angemeldet 27.6.92) beschreibt ein Verfahren von mehreren in Serie geschalteten Zündern mit einer Schaltung zur Vermeidung von Nebenschlussversagern. Dazu wird die Ladespannung des Zündkondensators auf die Spannung begrenzt die zum Zünden notwendig ist. Falls ein zu großer Strom nach dem Auslösen fließt, wird eine Schnellabschaltung durch Zünden eines Thyristors durchgeführt.

**[0010]** US 4145970 (HEDBERG et. al., 27.3.1979, filed 28.3.1977) zeigt einige Sicherheitsmaßnahmen, die mittels eines elektronischen Zünders erzielt werden können. Der Ladeschalter zum Aufladen des Zündkondensators als auch der Schalter zum Entladen des Zündkondensators kann nur durch Angabe eines richtigen Codes ausgelöst werden. Es müssen also sowohl die Art des Protokolls wie auch die Codewerte selbst bekannt sein um den Zünder zu betätigen.

**[0011]** Nun zu den Zündern selbst.

**[0012]** US 2331007 (IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, 5.10.1943, filed 28.2.1940) beschreibt den grundsätzlichen Aufbau eines Initialzünders auch mittels übersichtlicher Abbildungen.

**[0013]** US 3109372 (R. H. F. STRESAU, 5.11.1963, filed 22.5.1959) zeigt einen brückenlosen Zünder. Dabei wird in einem Metallgefäß, in dem sich eine kegelstumpfförmige, mit halbkugelförmigem Abschluss versehene Bohrung befindet, eine Kugel aus explosivem Material untergebracht. Diese wird zusätzlich mit einer Spitzenelektrode kontaktiert. Der weitere Hohlraum ist dann mit dem Initialsprengstoff gefüllt, der durch Druck und Hitze bei Explosion der Kugel umgesetzt.

**[0014]** DE 69307250 T2 (GIAT INDUSTRIES, 15.5.1997, angemeldet 4.10.1993) zeigt einen elektrischen Zünder mit leitender Zusammensetzung. Hier wird speziell ein mechanischer Aufbau beschrieben.

**[0015]** DE 4427295 A1 (DYNAMIT NOBEL, 8.2.1996, angemeldet, 2.8.1994) beschreibt einen elektronischen Zeitzünder. Durch Zündung der primären Zündpille wird eine Batterie aktiviert, welche die Verzögerungsschaltung und die Endstufe zur Zündung der sekundären Zündpille versorgt. Die Verzögerungszeit kann in der Verzögerungsschaltung eingestellt werden.

**[0016]** DE 19721839 A1 (DYNAMIT NOBEL, 22.10.1998, angemeldet 24.5.1997) zeigt den Aufbau eines elektronischen Zünders. Dieser benötigt eine entsprechende elektronische Zündmaschine. Der Schießkondensator befindet sich im Zünder. Der Taktgenerator dient zur Erzeugung der Taktfrequenz des Mikrocontrollers und legt die Taktfrequenz des Zählers fest. Sicherheitsrelevante Daten (Entsicherungscode, Zündadresse, Kundendaten) sind in einem ROM gespeichert.

**[0017]** DE 60104754 T2 (VISHAY S.A., 2005.01.05, angemeldet 9.3.2001) beschreibt ein Widerstandselement für einen pyrotechnischen Zünder, wobei die Wärme, die in der Widerstandsschicht durch den Stromdurchgang erzeugt wird, durch Wärmeleitung in die pyrotechnische Zusammensetzung geführt wird. Die Widerstandsschicht kann amorphes Silizium sein, die Verbindung des Widerstandselements mit den Anschlüssen zur Versorgung mit Strom kann durch Zwischenschaltung eines gedruckten Schaltkreises realisiert sein.

**[0018]** US 2012/0227608 A1 (GIVENS et al, 13.9.2012, filed 21.4.2011) beschreibt einen Zünder, der einen Hochspannungsschalter, einen Initiator und eine Initiatorugel enthält. Um den Hochspannungsschalter zu betätigen wird ein Triggerelement verdampft, sodass der Schalter eingeschaltet wird. Dadurch wird der Stromkreis geschlossen und der Initialsprengstoff gezündet.

**[0019]** US 7497164 B1 (LAIB, 3.3.2009, filed 31.10.2007) zeigt eine MEMS (micro electro-mechanical system) Struktur, in die eine kleine Menge Sprengmittel eingebracht wird. Dabei wird auf eine Substratschicht eine Metallschicht aufgebracht, und durch eine Reaktion dieser ein Primärsprengstoff erzeugt. Die Zündung erfolgt elektrisch oder mechanisch, wobei weniger als ein mJ benötigt wird.

**[0020]** US 7597046 B1 (LAIB, 6.10.2009, filed 3.12.2003) zeigt eine Methode zur Erzeugung einer Dünnschichtsprengkapsel.

**[0021]** US 6327978 B1 (TURANO et al, 11.12.2001, filed 27.6.1997) beschreibt den Aufbau einer Dünnschichtbrücke für einen Zünder.

**[0022]** Grundsätzlich wird die Primärladung meist durch eine Glühdrahtbrücke zur Umsetzung gebracht. Dabei werden z.B. Widerstandsdrähte verwendet. Hier wird nun vorgeschlagen, die Glühdrahtbrücke durch eine Struktur aus z.B. Edelstahlfolie oder Widerstandsfolie zu ersetzen. Dazu wird auf dem vorzugsweise schlecht wärmeleitenden Trägermaterial die Folie durch Laminierung aufgebracht. Um eine gedruckte Schaltung für die erforderliche Elektronik oder für die Schutzmaßnahmen zu realisieren wird auf der Metallschicht eine, typischerweise 17  $\mu\text{m}$  starke, Kupferschicht galvanisiert. In der Widerstands- oder Edelstahlfolie werden ein oder mehrere Stege an der Stelle, wo die Zündpille befestigt oder der Primärsprengstoff aufgebracht wird, durch Ätzung erzeugt.

**[0023]** Ein etwas anderer Ersatz des Glühdrahts ist das Einbringen der Initialladung in die mit oder ohne Durchkontaktierung versehenen Löcher einer Printplatte. Die Leiterbahnen werden aus der Kupferkaschierung herausgeätzt und dienen zur Stromzuführung. Sie müssen so gestaltet sein, dass sie nicht vor Zündung der Initialzündung selbst aufschmelzen. Auch hier kann wieder mit der oben erwähnten Widerstandsfolie (Edelstahlfolie) zur Erzeugung von definierten Zuleitungswiderständen gearbeitet werden. Man kann die Initialladung durch Zugabe von z.B. Graphitpulver oder andere Widerstandsmaterialien (wie Metallpulver) definiert leitfähig machen um die Stromwärme direkt in den Initialsprengstoff zu führen.

**[0024]** Wenn mehrere Durchkontaktierungen oder Löcher zur Aufnahme des Initialsprengstoffs vorhanden sind, kann man durch die Wahl der Durchmesser und der Anordnung die Primärexplosion beeinflussen. Man wird die Löcher oder Durchkontaktierungen in Matrixform oder symmetrisch um ein Zentrum (z.B. in Form eines Hexagons) anordnen. Beim Aufschmelzen von Kupferbahnen oder einer Widerstandsfolie entsteht zusätzlich ein Plasma.

**[0025]** Gerade im Bergbau, aber auch bei Sprengungen in der Nähe von Eisenbahnlinien, ist ein Schutz vor vagabundierenden oder Kriechströmen und ein Schutz gegen Überspannungen notwendig. Dies kann mit einer kleinen Schutzschaltung mit einem MOSFET erzielt werden. Im normalen Betrieb ist der parallelgeschaltete MOSFET gesperrt, wenn die Spannung aber über einen bestimmten Wert ansteigt, schaltet eine Zenerdiode und legt ausreichend Spannung an das Gate. Sauberer ist die Realisierung mit einem Komparator, der bei Auftreten der Überspannung den MOSFET einschaltet und bei Abklingen wieder ausschaltet.

**[0026]** Die Figuren zeigen beispielhaft einige Anordnungen.

**[0027]** Fig. 1 zeigt eine Bohrung einer doppelseitigen Leiterplatte im Grundriss und im Schnitt. Auf dem isolierenden Trägermaterial 1 befinden sich eine erste 2 und eine zweite 3 Leiterschicht. Im Loch befindet sich eine Durchkontaktierungsschicht 4 aus beliebigem mehr oder weniger leitfähigem Material oder Haftmaterial (oder es wird überhaupt auf die Schicht verzichtet). Der Sprengstoff 5 ist in das Loch eingebracht.

**[0028]** Fig. 2 zeigt eine Anordnung im Grundriss und im Schnitt, bei der Sprengstoff 5 in Hohlräumen zwischen einer Leiterstruktur 6 eingebracht ist. Die Leiterstruktur 6 ist aus einer Widerstandsfolie z.B. herausgeätzt (mit einem in der Printplattenfertigung verwendeten Prozess). Das Trägermaterial ist durch 1 gekennzeichnet.

**[0029]** Fig. 3 zeigt von oben eine Leiterbahnenstruktur 6, bei denen in Löchern der Sprengstoff 5 eingebracht ist. Die Gestaltung der Kontaktierung zum Sprengstoff 5 ist symbolisch, hier kann auch eine bewusste Verengung vorgesehen sein, damit gerade dort der größte Wärmeumsatz erfolgt.

**[0030]** Fig. 4 skizziert den Sprengstoff X, der mittels des Steuersignals  $U_z$  über den Transistor  $T_s$  gezündet wird. Wenn  $T_s$  einschaltet, wird gleichzeitig der MOSFET  $T_1$  eingeschaltet und damit die Eingangsspannung  $U_1$  (Spannung am Zündkondensator) an den Sprengstoff X gelegt. Der Kondensator C kann dazu eingebaut sein, um eine gewisse Verzögerung zu erzielen (muss aber nicht, daher strichliert angeschlossen).

**[0031]** In Fig. 5 ist die Schaltung noch durch einen Pull-up Widerstand  $R_1$  ergänzt.

**[0032]** Die Aufgabe eine Zündvorrichtung zu realisieren, wird erfindungsgemäß dadurch erzielt, dass der Sprengstoff in einer oder mehrerer Durchkontaktierung/en bzw. einem/mehreren Loch/Löchern gleicher oder unterschiedlicher Größe bzw. in den Hohlräumen zwischen den Leiterbahnen einer ein-, zwei- oder mehrlagigen gedruckten Schaltung untergebracht ist, und Leiterbahnen zur Zuführung des Stroms genutzt werden. Weiter gilt, dass auf der Trägerschicht der gedruckten Schaltung eine dünne Metallfolie aus Edelstahl oder Widerstandsmaterial lamelliert ist, mit der entsprechend der Breite, Schichtdicke und Länge der daraus erzeugten Leiterbahnen Widerstände realisiert werden.

**[0033]** Eine etwas abgewandelte Methode ist, dass auf eine Trägerschicht eine dünne Metallfolie aus Edelstahl oder Widerstandsmaterial lamelliert ist, mit der entsprechend der Breite, Schichtdicke und Länge der daraus erzeugten Leiterbahnen Widerstände realisiert werden, über denen der Sprengstoff aufgebracht wird, und zusätzlich eine oder mehrere Kupferschichten galvanisiert sein können um die Kontaktierung elektrischer oder elektronischer Bauteile zu ermöglichen.

**[0034]** Weiters gilt, dass sich auf der gedruckten Schaltung die Anschlüsse zur Zündmaschine, die benötigte Elektronik und der elektrische Energiespeicher verschaltet sind, oder diese Teile des Zünders auf einer eigenen Platine verschaltet sind.

**[0035]** Wenn mehrere Löcher vorhanden sind gilt, dass die Durchkontaktierungen oder Löcher symmetrisch um einen Mittelpunkt oder in Matrixform angeordnet sind.

**[0036]** Allgemein gilt, dass dem Sprengstoff ein leitfähiges Pulver beigemischt ist und die Leiterstruktur und/oder die Durchkontaktierungen und/oder die Löcher und/oder die Hohlräume vom Sprengstoff teilweise oder ganz überdeckt ist/sind.

**[0037]** Zur Sicherheit kann parallel zu den Eingangsklemmen der Zündvorrichtung eine Spannungsbegrenzerschaltung realisiert mit einem MOSFET oder einer Zener- oder einer Avalanche diode, geschaltet werden.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Zündung eines Sprengstoffs (5) mittels eines elektrischen oder elektronischen Zünders, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sprengstoff (5) in einer oder mehrerer Durchkontaktierung/en bzw. einem/mehreren Loch/Löchern gleicher oder unterschiedlicher Größe bzw. in den Hohlräumen zwischen den Leiterbahnen (2) einer ein-, zwei- oder mehrlagigen gedruckten Schaltung untergebracht ist, und Leiterbahnen (2) zur Zuführung des Stroms genutzt werden.
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Trägerschicht (1) der gedruckten Schaltung eine dünne Metallfolie aus Edelstahl oder Widerstandsmaterial lamelliert ist, mit der entsprechend der Breite, Schichtdicke und Länge der daraus erzeugten Leiterbahnen (2, 3, 7) Widerstände realisiert werden.
3. Vorrichtung zur Zündung eines Sprengstoffs (5) mittels eines elektrischen oder elektronischen Zünders, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf eine Trägerschicht (1) eine dünne Metallfolie aus Edelstahl oder Widerstandsmaterial lamelliert ist, mit der entsprechend der Breite, Schichtdicke und Länge der daraus erzeugten Leiterbahnen Widerstände realisiert werden, über denen der Sprengstoff (5) aufgebracht wird, und zusätzlich eine oder mehrere Kupferschichten galvanisiert sein können um die Kontaktierung elektrischer oder elektronischer Bauteile zu ermöglichen.
4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich auf der gedruckten Schaltung die Anschlüsse zur Zündmaschine, die benötigte Elektronik und der elektrische Energiespeicher verschaltet sind oder diese Teile des Zünders auf einer eigenen Platine verschaltet sind.
5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Durchkontaktierungen oder Löcher symmetrisch um einen Mittelpunkt oder in Matrixform angeordnet sind.
6. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Sprengstoff ein leitfähiges Pulver beigemischt ist.
7. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leiterstruktur und/oder die Durchkontaktierungen und/oder die Löcher und/oder die Hohlräume vom Sprengstoff (5) teilweise oder ganz überdeckt ist/sind.
8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass parallel zu den Eingangsklemmen der Zündvorrichtung eine Spannungsbegrenzerschaltung, realisiert mit einem MOSFET oder einer Zener- oder einer Avalanchediode, geschaltet ist.

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**

Figuren

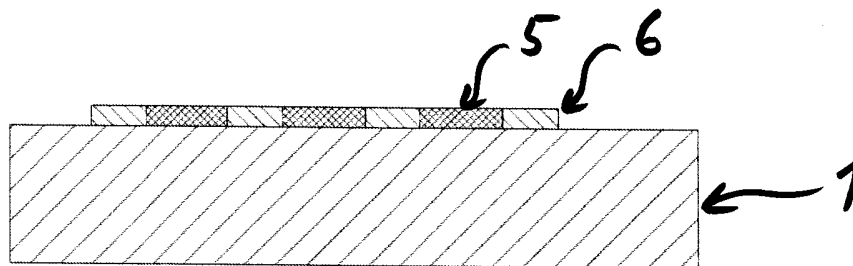
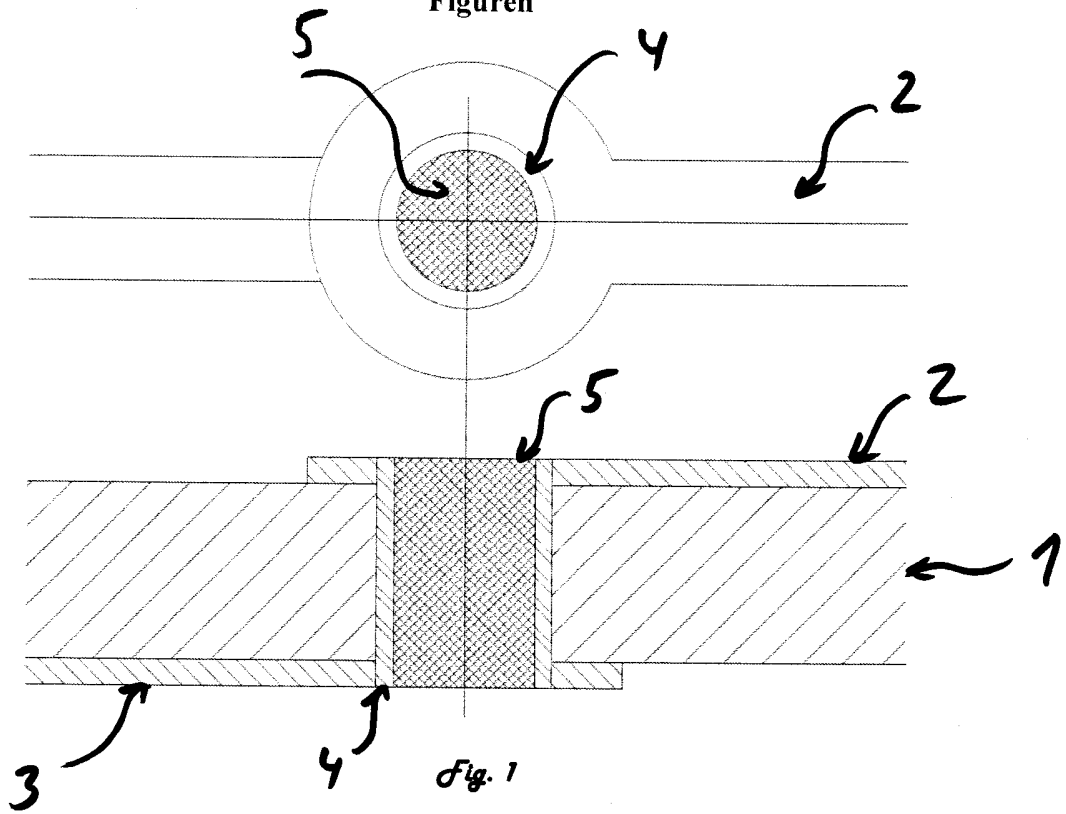


Fig. 2

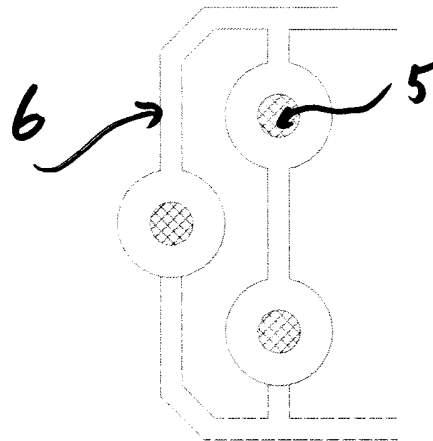


Fig. 3

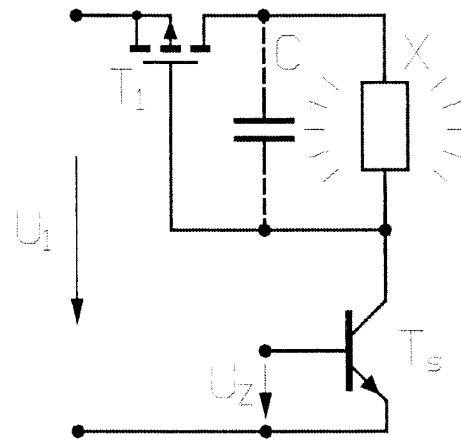


Fig. 4

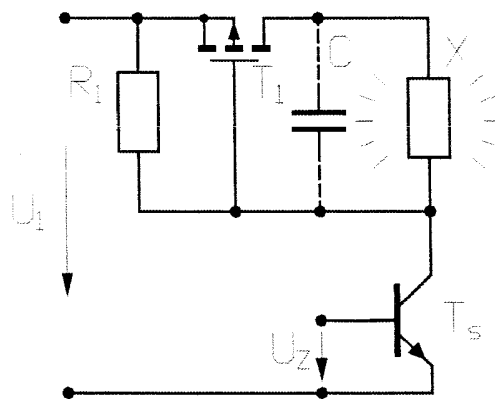


Fig. 5