



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 469 458 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **91112462.6**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **F42B 3/13**

22 Anmeldetag: **25.07.91**

30 Priorität: **30.07.90 US 560349**

72 Erfinder: **Walker, Richard E.**  
**237 Charleston Street**  
**Cadiz, Ohio 43907(US)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.02.92 Patentblatt 92/06**

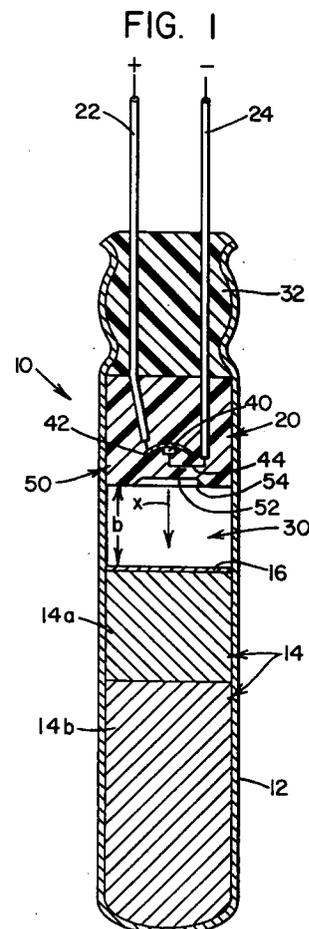
84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

74 Vertreter: **Hennicke, Albrecht, Dipl.-Ing. et al**  
**Patentanwälte Dipl.-Ing. Buschhoff Dipl.-Ing.**  
**Hennicke Dipl.-Ing. Vollbach**  
**Kaiser-Wilhelm-Ring 24 Postfach 190 408**  
**W-5000 Köln 1(DE)**

71 Anmelder: **Walker, Richard E.**  
**237 Charleston Street**  
**Cadiz, Ohio 43907(US)**

54 **Elektrischer Zünder für Sprengkapseln.**

57 Elektrischer Zünder für Sprengkapseln (10) mit einer Basisladung (14) aus hochexplosivem Material, bei dem das Zündmittel (20) ein Verbindungsstück (40) aus energetischem Material, wie beispielsweise einen pn-Übergang oder einen LED-Chip aufweist, das in einem abgeschlossenen Kunststoff- oder Glasgehäuse (50) eingekapselt ist. Durch Anlegen eines Spannungsimpulses von über 500 V wird das Verbindungsstück (40) angeregt, einen elektrischen Lichtbogen zu bilden, der unter Abschluß bei hoher Temperatur und hohem Druck in einer exothermen Reaktion ein Plasma bildet, welches richtungsgesteuert aus dem Gehäuse ausbricht und unter Erhöhung von Druck und Temperatur in einem Zwischenraum (30) auf die Basisladung (14) wirkt und diese zur Detonation bringt.



EP 0 469 458 A1

Die Erfindung betrifft einen elektrischen Zünder für Sprengkapseln.

Beim Gebrauch von Sprengstoffen für den Ausbruch, den Streifenabbau im Bergwerk und andere Erdbewegungsarbeiten ist es üblich, in dem zu sprengenden Bereich mehrere Ladungen eines verhältnismäßig billigen Sprengstoffes zu verteilen und Zündkapseln zu verwenden, um die verschiedenen Ladungen alle explodieren zu lassen. Auf diese Weise kann zum Heben und Bewegen des zu sprengenden Gebietes ein verhältnismäßig billiges Sprengmaterial verwendet werden.

Die Zündkapseln oder Zündladungen bestehen aus hochexplosivem Material; sie sind jedoch für normale Detonationsverfahren relativ unempfindlich und erfordern zu ihrer Initiierung eine Sprengkapsel. Die Detonation der Zündladungen initiiert dann die billigen Sprengstoffladungen.

Die Zündladungen können durch eine nicht-elektrische Sprengschnur initiiert werden, die durch den zu sprengenden Bereich verlegt wird. Ein leichter zu kontrollierendes System verwendet jedoch elektrisch gezündete Sprengkapseln als Zündladungen. Diese elektrischen Sprengkapseln sind normalerweise zylindrische Metallbehälter oder-kartuschen, die einen unteren Teil oder eine Basisladung aus hochexplosivem Material wie beispielsweise Pentaerythritoltetranitrat oder Blei-Azid haben. Im oberen Teil der Kartusche befinden sich die Zündleitungen, die aus der Kartusche herausragen. Eine an die Zündleitungen angelegte Spannung führt zu einem abrupten Ausbruch des Initiators. Bisher erzeugte dieser abrupte Ausbruch eine I<sup>2</sup>R-Erhitzung eines Brückendrahtes, der direkt mit einem empfindlichen Sprengstoff in Verbindung stand, der manchmal als "Zündkopf"-Sprengmittel bezeichnet wurde. Wenn dieses Sprengmittel oder dieser Sprengstoff initiiert wird, detoniert das Pentaerythritoltetranitrat (PETN) und/oder das Blei-Azid der Basisladung. Diese Detonation initiiert dann die Zündladung, in die die Sprengkapsel eingebaut ist, so daß dann anschließend hierdurch das weniger teure, lose Sprengstoffmaterial der einzelnen, über das zu sprengende Feld im Abstand voneinander verteilten Ladungen initiiert wird.

Um eine Verzögerung zu erreichen, wird zwischen dem Zündkopf-Sprengstoff und der Basisladung ein Verzögerungssprengstoff angeordnet. Diese Zwischenladung steuert genau die Zeit zwischen dem abrupten Ausbruch der Zündeinrichtung und der Explosion der hochexplosiven Basisladung.

Derartige elektrische Sprengkapseln werden zu Millionen auf der Welt zum Auslegen von Sprengfeldern für Erdbewegungen in der jeweils gewünschten, gesteuerten Weise, verwendet. Da die Initiierung der Sprengkapseln über einen Brückendraht durch I<sup>2</sup>R-Erhitzung erfolgt, kann ein Signal niedriger Spannung verwendet werden. Dies macht

die Sprengkapseln anfällig gegen elektronische Zählmessungen (ECM), Hochfrequenzstörungen (RFI), elektromagnetische Störungen (EMI) und elektromagnetische Impulse (EMP). Da niedrige Spannungen diese Sprengkapseln initiieren können, kann elektrische Streuenergie, beispielsweise ein Blitz und eine elektrische Ausrüstung an den Sprengkapseldrähten eine Detonationsspannung induzieren. Dies verhinderte bisher, daß die Sprengfelder einen langen Zeitraum vor der Detonation mit Sprengkapseln belegt wurden.

Da früher Sprengkapseln einen Anteil an hochexplosivem Material enthielten, wurden sie so eingestuft, daß die Art ihres Transportes beschränkt war. Außerdem waren die bisherigen elektrischen Sprengkapseln gegen Stoßdetonation etwas empfindlich. Auch waren diese vorhandenen Sprengkapseln infolge ihrer Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Impulsen, die eine Detonationsspannung induzieren konnten, notwendigerweise nicht kernhart. Außerdem waren ältere Sprengkapseln gegenüber Radarsignalen manchmal nicht unempfindlich. Alle diese Beschränkungen der Verwendung von elektrischen Standard-Sprengkapseln waren schon einige Zeit bekannt und mußten bei der Handhabung, dem Transport und der Verwendung dieser Sprengkapseln überall auf der Welt in Betracht gezogen werden. Es gab deshalb ein dringendes Bedürfnis nach einer elektrisch gezündeten Sprengkapsel, die gegenüber den vielen vorhandenen elektrischen und magnetischen Feldern und den Wechselfällen unempfindlich ist, die bei der Handhabung in der Sprengstoffindustrie auftreten. Aus diesem Grund haben viele Situationen dazu geführt, daß zu Gunsten von nichtelektrischen Systemen auf elektrische Sprengkapseln verzichtet wurde. Dies reduziert die Kontrolle und die Wirksamkeit der Sprengarbeit und war ein bedeutender Faktor für die Beschränkung des Verkaufserfolges von Sprengkapseln.

Vor vielen Jahren war ein Sprengzünder vorgeschlagen worden, der als "Slapper" bekanntgeworden ist und ein flaches Aluminiumblech verwendete, um eine andere Kunststoffolie anzutreiben, die als "Flyer" bezeichnet wurde. Dieses theoretische Konzept wurde jedoch nicht bei elektrisch gezündeten Sprengkapseln verwendet und fand auch keinen Eingang in die Sprengkunst.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten elektrischen Zünder oder ein Zündsystem für eine elektrische Sprengkapsel zu schaffen, die gegenüber Umwelteinflüssen, insbesondere magnetischen und elektrischen Feldern unempfindlich und nicht stoßempfindlich ist und die bei allen normalen Umweltbedingungen sicher transportiert und verwendet werden kann und die billig herzustellen und leicht zu gebrauchen ist.

Diese Aufgabe wird mit der Erfindung durch

eine elektrisch zündbare Zünd- oder Sprengkapsel gelöst, die eine Basisladung aus hochexplosivem Material, wie Blei-Azid oder Pentaerythritoltetrinitrat (PETN) und einen Initiator enthält, der beim Anlegen einer ausgewählten Spannung einen abrupten Ausbruch erzeugt, welcher die hochexplosive Basisladung detonieren läßt. Bei einer elektrisch zündbaren Sprengkapsel dieser Art besteht die Erfindung in einer Verbesserung im Bereich des Initiators oder des Zündmittels. Nach der Erfindung weist das Zündmittel eine Berührungsfläche (Junction) aus energetischem Material auf. Hierunter wird ein Material verstanden, das einen elektrischen Lichtbogen erzeugt, wenn es einem hohen Spannungsimpuls unterworfen wird, der aufgrund einer Kondensatorentladung eine beträchtliche Verweilzeit hat. Die elektrische Energie des Lichtbogens bleibt erhalten, da der Lichtbogen in der Umschließung des Gehäuses oder des Behältnisses zurückgehalten wird.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das energetische Material ein pn-Übergang (PN junction) oder ein Chip mit einer licht emittierenden Diode (LED-chip) in einem Standard-Epoxydharz- oder Glasgehäuse der Bauart, wie sie von der Firma Panasonic unter der Bezeichnung P380 (LN264CP) verkauft wird. Andere LED-Chips, die pn-Übergänge aufweisen, sind beispielsweise in den US-Patentschriften Nrn. 4 412 234, 4 447 825 und 4 920 404 beschrieben. Ein Gehäuse für ein LED-Chip ist im US-Patent 4 907 044 erläutert.

Es gibt andere energetische Materialien, Metall und Halbleiter, bei denen ein kapazitiver elektrischer Impuls von hoher Spannung in der Berührungs- oder Übergangsfläche einen Lichtbogen erzeugt, der unter Abschluß solange gehalten werden kann, bis er durch einen Verschuß, wie er beispielsweise in dem klaren Epoxyd- oder Glasgehäuse einer Standard LED-Einrichtung vorliegt, in ein Plasma umgewandelt wird. Zu dem Zündmittel gehört die Fläche aus energetischem Material, wie sie weiter oben definiert worden ist. Diese Berührungsfläche ist in einem Kunststoff- oder Glasabschlußgehäuse eingekapselt, beispielsweise in einem Standard-Epoxydgehäuse welches den LED-Chip in einer Standard-LED Vorrichtung umgibt.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist das die Berührungsfläche aus energetischem Material umgebende Abschlußgehäuse mit einem richtungssteuernden Aufteilmittel versehen, das einer ausgewählten Richtung zugewandt ist und von der Berührungsfläche einen wirksamen Abstand hat, der wesentlich kleiner ist als die restliche Dicke des Aufteilmittels, welche die Berührungsfläche umgibt. Auf diese Weise hat ein Bereich des Kunststoff- oder Glasabschlußgehäuses eine verringerte Dicke. Wenn deshalb ein Spannungsimpuls,

der eine hohe Anfangsspannung hat und durch Kapazität gehalten wird, über die Berührungsfläche geführt wird, wird diese Berührungsfläche in einen elektrischen Lichtbogen umgewandelt. Dieser Lichtbogen bleibt eingeschlossen, bis er durch eine begrenzte, exotherme Reaktion unter hoher Temperatur und hohem Druck in ein Plasma umgewandelt wird.

Nach der Erfindung wird der Spannungsimpuls durch eine Zündmaschine erzeugt, die von einem steuerbaren Siliziumgleichrichter SCR für Spannungen bis über 1000 Volt und mit einem Trigger für Schaltkreise höherer Spannungen betätigt wird.

Der Impuls hat eine Spannung über 500 Volt. Er wird eine Zeitlang durch Kapazität gehalten. Diese Lichtbogenhaltezeit ist im allgemeinen kürzer als etwa 10 bis 30  $\mu$ s. Der Spannungsimpuls geht sofort in die hohe Anfangsspannung über und wird dann durch die Kapazität der Maschine mindestens 5 bis 10  $\mu$ s gehalten, bevor die Spannung auf annähernd 50 % ihres Anfangswertes abfällt. Hierdurch wird die elektrische Lichtbogenenergie, die von dem Anfangsstrom erzeugt wurde, den die hohe Anfangsspannung des Spannungsimpulses hat fließen lassen, aufrechterhalten, um den Lichtbogen zu halten, wie dies bei einer elektrischen Lichtbogenschweißmaschine der Fall ist. Da dieser Lichtbogen von dem harten Kunststoff- oder Glasgehäuse eingeschlossen ist, steigt die Temperatur im Inneren des elektrischen Lichtbogens an. Durch eine exotherme Reaktion steigt auch der Druck, so daß sich ein Plasma bildet, welches schließlich das richtungssteuernde Aufteilmittel zerreißt.

Um diese Zerreißaktion sicherzustellen, ist der wirksame Abstand oder die Dicke des Aufteilmittels an der Berührungsfläche dick genug, um die exotherme Reaktion solange abzuschließen, bis sich das Plasma bildet und dünn genug, um dem Plasma den Durchbruch an der gesteuerten Aufteifläche oder Trennwand zu erlauben. Das Plasma, das sich durch die aufrechterhaltene, unter Verschuß befindliche, elektrische Lichtbogenenergie bildet, dringt durch die Trennwand einen vorgegebenen Abstand weit in der ausgewählten Richtung ein, die durch die Richtungsvorgabe der gesteuerten Trennwand bestimmt wird. Diese Plasmasäule wird durch die Abschlußwand getrieben, wobei sie ein Hohlladungsphänomen benutzt und eine Säule von hoher Stoßkraft, hoher Temperatur und hoher Energie erzeugt, die von der aufrechterhaltenen exothermen Reaktion an der energetischen Metallverbindung ausgeht.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn die Basisladung in den Sprengkapseln in der zuvor erwähnten ausgewählten Richtung befestigt und von der zerrissenen Trennwand in einem Abstand angeordnet ist, der kleiner ist als der vorgegebene Abstand, den das von der exothermen Reaktion ge-

triebene Plasma durchläuft. Hierdurch treffen die verdampften Gase und/oder verdampften Metalle, die mit hoher Stoßwirkung, hoher Energie und hohem Druck im Inneren der Säule von der Lichtbogenenergiefläche kommen, auf die hochexplosive Basisladung und lassen entweder das Blei-Azid oder das PETN detonieren. Blei-Azid ist verhältnismäßig empfindlich und in einem vorgegebenen Abstand angeordnet, so daß es von der von der Trennwand kommenden Plasmasäule unmittelbar beaufschlagt wird und detoniert. Blei-Azid ist stoßempfindlich. PETN ist ein weniger empfindlicher, hoch explosiver Sprengstoff. Wenn man nur PETN verwendet, kann ein längerer Spannungsimpuls verwendet werden, um den elektrischen Lichtbogen für einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten, so daß der Druck in dem Abstandsraum oder Hohlraum soweit ansteigt, daß ein Anstieg von Temperatur und Druck die Folge ist. Die Detonation des verhältnismäßig wenig empfindlichen PETN wird durch Druck und Hitze ebensogut erreicht wie durch Nano- und Mikrogeschwindigkeitsaufprall der Plasmasäule, d.h. durch Hochgeschwindigkeitsaufprall auf das PETN.

Nach der Erfindung wird der pn-Übergang durch einen Spannungsimpuls von hoher Energie aktiviert, der einen elektrischen Lichtbogen erzeugt und diesen elektrischen Lichtbogen dadurch aufrechterhält, daß elektrische Energie von der Zündmaschine in den Lichtbogen zugeführt wird. Der Lichtbogen oder das Plasma wird durch fortwährende Infusion von hoher Energie gehalten, wobei die Spannung hoch und die Kapazität verhältnismäßig hoch gehalten wird. Diese Technik der Aufrechterhaltung der Energie kann mit einer Zündmaschine durchgeführt werden, die etwa 1 bis 4 kV leistet. Eine solche Maschine hält annähernd 50 % der Anfangsspannung im Lichtbogen für 5 - 10  $\mu$ s aufrecht. Die Kapazität steigt auf 10 - 20  $\mu$ F an, so daß das von dem aufrechterhaltenen Spannungsimpuls geschaffene Plasma eine Hochgeschwindigkeitsstoßenergie abgibt, wenn das Plasma die im Abstand angeordnete Basisladung der elektrischen Sprengkapsel erreicht. Hierdurch nimmt die Erfindung ein ununterbrochenes Plasma vorweg. Außerdem ist eine Trennwand oder eine andere Einrichtung vorgesehen, um das Plasma zu fokussieren oder zu richten. Dies kann durch eine Standardelektrode in einem LED-Gehäuse, durch eine dem Gehäuse hinzugefügte Rückenplatte und /oder durch einen geformten Hohlraum in der richtungssteuernden Trennwand erreicht werden. Hierbei kann der geformte Hohlraum eine solche gewünschte Gestalt haben, daß er den Materialstrahl einer wohlbekannten Hohlladung durch die Trennwand in Richtung auf die Basisladung strömen läßt.

Bei Anwendung der Erfindung kann die Basisladung ein Standard-Stoßrohr, PETN, Blei-Azid

od.dgl. sein. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann die Basisladung auch mit einer Metalltrennwand, beispielsweise einer Schicht Kupfer bedeckt sein, durch die die Plasmasäule hindurchdringt, um die Basisladung detonieren zu lassen. Hierbei sind dann zwei separate und verschiedene Sicherheitsbarrieren vorgesehen. Die erste oder Primär-Barriere ist das Kapselgehäuse. Dieses Gehäuse kann nicht zerreißen, bevor das Plasma gebildet wird. Das Plasma kann nicht ohne den Einsatz eines Spannungsimpulses entstehen, der eine hohe Anfangsspannung hat, die für einen längeren Zeitraum aufrechterhalten wird. Das Plasma wird dadurch erzeugt, daß dem anfänglich erzeugten Lichtbogen fortwährend elektrische Energie zugeführt wird derart, daß die elektrische Lichtbogenenergie in dem abgeschlossenen Gehäuse den Aufbau von Druck und Temperatur einleitet, bis sich ein Plasma bildet. Nach der Bildung des Plasmas wird die Trennwand von reduzierter Größe sofort zerrissen, so daß das Plasma in einer geraden Linie und in einer vorher ausgewählten Richtung, die von der Ausbildung und Orientierung der Trennwand gesteuert wird, austritt. Hierbei leitet die Trennwand das Plasma gegen die zweite Sicherheitstrennwand, die die explosive Basisladung bedeckt. Diese beiden Barrieren können nicht dadurch zerstört werden, daß die Elektroden der Sprengkapsel elektromagnetischen Streufeldern oder -signalen ausgesetzt sind.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist die Standard-LED-Vorrichtung, welche den pn-Übergang oder den eingebetteten Chip enthält und in klarem Epoxydharz oder Glas eingekapselt ist, dadurch modifiziert, daß die Oberfläche der Vorrichtung abgeschliffen ist, bis zwischen der Berührungsfläche und der dem LED-Gehäuse zunächst liegenden Fläche eine Dicke von 1/32" bis 3/32" übrig bleibt. Diese dünne Wandung definiert den Zerreißpunkt des Abschlußgehäuses. In der Praxis beträgt dieser Abstand annähernd 1/16".

Derartige LED-Vorrichtungen haben eine im wesentliche konkave Anodenoberfläche, welche den Chip aus energetischem Material trägt, der das emittierte Licht erzeugt. Als Kathode wird ein Golddraht verwendet. Dieser Golddraht leitet den elektrischen Spannungsimpuls zum Initiieren des elektrischen Lichtbogens, wenn ein Spannungsimpuls, wie mit der Erfindung vorgeschlagen, dem LED-Gehäuse zugeführt wird. Das Gold verdampft, wenn die Berührungsfläche den Lichtbogen erzeugt. Dem elektrischen Lichtbogen fortwährend zugeführte Energie erzeugt nicht nur ein Plasmagas, sondern auch ein Plasma, das verdampftes Gold enthält. Wenn Gold verdampft, expandiert es bekanntlich annähernd auf das 30000-fache. Dieser Golddampf vergrößert zusammen mit dem Gasplasma, das in dem in einem abgeschlossenen

Bereich aufrechterhaltenen Lichtbogen erzeugt wird, die Stoß- und Energiehöhe des Plasmas, wenn es auf die zweite Sicherheitsbarriere über der Basisladung trifft. Falls die Trennwand auf dem LED-Gehäuse kleiner ist als etwa 1/32", kann das Plasma von dem Lichtbogen nicht erzeugt werden, da dann dort ein Kühleffekt oder ein Einwandern von Gas durch die dünne Trennwand stattfinden kann. Es wurde festgestellt, daß die die Richtung steuernde Trennwand, die durch Abschleifen der Fläche oder Oberseite des LED-Gehäuses erzeugt wird, eine solche Dicke haben muß, daß sie den Abschluß des elektrischen Lichtbogens solange sicherstellt, bis die Energie in dem abgeschlossenen Lichtbogen ein Plasma erzeugt, das dann durch die absichtlich reduzierte Fläche des LED-Gehäuses ausbricht.

Es ist verständlich, daß man einen Standard-Brückendraht mit einer Rückenplatte verwendet, die in klarem, hartem Kunststoff oder in Glas eingebettet ist und die reduzierte Trennwand aufweist, die am Brückendraht vorgesehen ist. Der Draht muß aus energetischem Material bestehen, damit er zuerst einen elektrischen Lichtbogen und dann ein Plasma entstehen läßt, während der Lichtbogen über 5 - 30  $\mu$ s aufrechterhalten wird. Die Rückenplatte ist eine der Kraft entgegenwirkende Platte, wie beispielsweise die Anode einer Standard-LED-Vorrichtung. Die Rückplatte sorgt dafür, daß sich das Plasma in der Übergangsschicht bildet, um durch die Trennwand hindurch und in Richtung auf die hochexplosive Grundladung in der elektrischen Sprengkapsel herauszubrechen.

Nach der Erfindung muß zur Erzeugung des Plasmas der elektrische Lichtbogen abgeschlossen sein, während die Lichtbogenenergie im Inneren des glasartigen Kapselgehäuses kontinuierlich ansteigt. Das entstehende Plasma bricht durch die Gehäusetrennwand hindurch und verursacht die Detonation der Basisladung. Das Blei-Azid könnte natürlich auch an der Oberseite entweder eine Kupferschicht aufweisen oder in irgend einer Weise gekapselt sein, um eine Detonation zu verhüten, ausgenommen eine Detonation durch das Plasma, welches durch die zweite Barriere über die Grundladung getrieben wird.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnte das energetische Material auch ein Metall sein, beispielsweise bestimmte Metalle, die als Brückendraht zur Erzeugung eines elektrischen Lichtbogens benutzt werden, der dann unter Abschluß in einem Glas- oder hartem Kunststoffgehäuse in das Plasma umgewandelt wird. Das Plasma zerreißt das Gehäuse und veranlaßt schließlich die Detonation der Sprengkapsel.

Das erste Initiatorsystem der Erfindung ist die Bildung eines Plasmas, wobei zunächst ein elektrischer Lichtbogen erzeugt und der elektrische Licht-

bogen mit elektrischer Energie gespeist wird, während der Lichtbogen in einem abgeschlossenen Raum gehalten wird, so daß die dem elektrischen Lichtbogen zugeführte Energie nicht durch Strahlung, Leitung oder Konvektion entweicht. Die Bildung des elektrischen Lichtbogens im Inneren eines abgeschlossenen Kunststoff- oder Glasgehäuses verhindert Wärmeverluste und erlaubt der Hitze, dem Druck und der Energie des Lichtbogens sich im Inneren der abgeschlossenen Kammer oder des Gehäuses aufzubauen, bis er aus dem Gehäuse ausbricht. Hierbei ist das Gehäuse so gestaltet, daß die Eruption sich in einer vorher ausgewählten Richtung vollzieht und dem Plasma eine Richtung gibt. Diese Ausrichtung wird durch eine der Ladung angepaßte Ausnehmung in der Gehäusetrennwand verbessert. Diese Trennwand, durch die die Eruption erfolgt, ist dünn; sie hat jedoch eine konkave Gestalt, um die Wirkung einer Hohlladung oder den monroeartigen Effekt zu erzielen.

Das eingekapselte Material, d.h. das Epoxydharz oder Glas, haftet unmittelbar sowohl an dem pn-Übergang oder Chip, als auch an den Leitungsdrähten der LED-Vorrichtung, so daß die exotherme Reaktion innerhalb einer stark isolierten, kontrollierten Kammer abläuft. Dieses Einschließen und das Vorsehen einer richtungssteuernden Trennwand schafft das gerichtete Plasma.

Die hochexplosive Basisladung ist im Abstand von der Trennwand angeordnet. Dieser Abstand ist so groß, daß der von dem Plasma erzeugte Strahl mit dem Hohlladungseffekt eine hohe Stoßenergie aufweist, wenn er auf die im Abstand angeordnete Basisladung trifft. Wenn in dieses Plasmametall, beispielsweise eine Auskleidung eingeschlossen ist, ist das Fluid nicht viskos. Hierdurch werden die Stoßeigenschaften des Plasmas vergrößert, wenn es auf die mit Zwischenraum angeordnete Basisladung trifft. Dieser Volumen-Zwischenraum, durch den das Plasma hindurchgeht, stellt eine zweite Reaktionskammer dar. Diese hohle Kammer bewirkt einen Dieseleffekt, und erlaubt eine Druckerhöhung, so daß das Gas in der Zwischenkammer einen erhöhten Druck erreicht. Dieser Druck wirkt auf die hochexplosive Basisladung. Wie weiter oben dargelegt, erlaubt diese zweite Zwischenkammerreaktion die Verwendung eines weniger empfindlichen, hochexplosiven Sprengstoffes für die Basisladung in der Sprengkapsel.

Um sicherzustellen, daß der Strahl oder das Plasma aus dem Lichtbogenenergiebereich in einer genau festgelegten Richtung strömt, kann die Trennwand einen Bruchpunkt, beispielsweise eine geätzte Linie aufweisen. Hierdurch wird das Hochenergieplasma, das durch den Monroe-Effekt, durch eine Fokussiervorrichtung oder durch beide fokussiert wird, in eine gerade Linie ausgerichtet

und fokussiert, welche die hochexplosive Basisladung schneidet.

Obgleich die Erfindung bis hierhin mit einem Standard-LED-Gehäuse beschrieben wurde, kann sie jedoch auch eine linienförmige LED, beispielsweise eine Panasonic P389 (LN2G) verwenden. Diese Art von LED-Vorrichtung weist ebenfalls einen pn-Übergang zwischen zwei Linearelektroden auf. Wenn das Plasma nach der Erfindung erzeugt wird, wird es von der linearen LED-Vorrichtung radial nach außen gerichtet. Um das Hochenergieplasma zu steuern oder zu fokussieren, wird ein Teil der die LED umgebenden Umfangswand in ihrer Dicke reduziert. Hierdurch geht das Plasma direkt durch diesen Teil des Gehäusematerials hinaus, welches in jede Richtung zielen kann, um einen im Abstand angeordneten hochexplosiven Sprengstoff zu zünden. Die Detonation des hochexplosiven Sprengstoffes beruht primär auf Stoßwirkung und ist nicht notwendigerweise eine Temperaturreaktion. Die Reaktion, die in dem Zwischenraum zwischen dem Initiator und der Basisladung auftritt, hat eine größere Wirkung, da die Zeit länger und die in den elektrischen Lichtbogen geleitete Energie größer ist. Diese zweite Detonation kann wichtiger werden, wenn mehrere Initiatoren einzelne Plasmasäulen in eine Kammer leiten, die oberhalb der Sprengstoffbasisladung angeordnet ist. Da alle Plasmasäulen in diese Abteilung oder Kammer gerichtet sind, erhöht sich die Temperatur und der Druck in dieser Kammer derart drastisch, daß die eigentliche Explosion der Basisladung durch die zweite Detonation vergrößert werden kann.

Die Form des Spannungsimpulses kann verändert werden, um den Lichtbogen und das durch die exotherme Reaktion erzeugte Plasma zu steuern. Bei Verwendung einer hohen Anfangsspannung und einer niedrigen Haltekapazität bewirkt der Impuls ein rasches Abfallen der Energie von den Kondensatoren in den Zündmaschinen. Dies erzeugt einen plötzlichen Ausbruch der Lichtbogenenergie in dem abgeschlossenen Bereich. Diese Wirkung ist ein abrupter Spannungsimpuls. Eine höhere kapazitive Reaktanz in der Zündmaschine verlängert die Länge des Hochspannungsteiles des Spannungsimpulses. Eine reduzierte Anfangsspannung verringert den Betrag der Anfangsenergie, die den elektrischen Lichtbogen sich bilden läßt. Infolgedessen werden die Anfangsspannung und die die Größe der Spannung aufrechterhaltende Kapazität in der Zündmaschine so gewählt, daß die Initiierung des elektrischen Lichtbogens und die Zeitdauer gesteuert werden kann, während der dem Lichtbogen zur Bildung des Plasmas Energie zugeführt wird. Die Temperatur, der Druck, die kinetische Energie und andere Faktoren in dem geschlossenen Bereich werden von der Anfangsspannung und der Zeitdauer beeinflusst, während

der der Strom durch den Spannungsimpuls zugeführt wird. Die Anfangsspannung muß ausreichend sein, um in dem energetischen Material einen Lichtbogen zu erzeugen. Es wurde gefunden, daß hierzu mindestens ungefähr 600 V und vorzugsweise im Bereich von 1 - 4 kV notwendig sind. Die Kapazität sollte so groß sein, daß die Spannung mindestens 10 - 20  $\mu$ s lang auf über 50 % gehalten wird. Auf diese Weise wird der Lichtbogen gebildet und für eine längere Zeit gehalten, die ausreicht, um innerhalb des abgeschlossenen Bereiches ein Plasma sich bilden zu lassen.

Die elektrischen Parameter des elektrischen Spannungsimpulses, der bei der Bildung der exothermen Reaktion zum Umwandeln der elektrischen Lichtbogenenergie in ein Plasma für den Ausbruch durch das geschlossene Gehäuse gebraucht wird, werden so gesteuert, daß die Energie für die gewünschte Anzahl von zu detonierenden Sprengkapseln erzeugt wird. Die Kapazität liegt vorzugsweise im allgemeinen im Bereich von weniger als 0,1  $\mu$ F bis zu einem bevorzugten Bereich von 10 - 20  $\mu$ F. Dieser Spannungsimpuls hält das Plasma aufrecht, auch nachdem der Trennwanddurchbruch erfolgt ist.

Wenn die Anfangsspannung des Impulses ansteigt, wird die Zeitdauer des Impulses kleiner unter der Voraussetzung, daß die Kapazität gleichbleibt. Wenn die Kapazität größer wird, wird die Zeitdauer des Impulses auch größer. Auf diese Weise werden die Parameter des elektrischen Spannungsimpulses gesteuert, um die Eigenschaft des Plasmas genau zu bestimmen; die Erfindung bezieht jedoch nur die Bildung des Plasmas ein, das durch das geschlossene Gehäuse ausbricht und die hochexplosive Basisladung einer Sprengkapsel beaufschlagt. Die hohe Energie baut einen Druck auf, der durch das Gehäuse entweicht, wenn der exotherme Prozeß abläuft. Der Einschluß des Lichtbogens ist deshalb wesentlich für die Bildung des notwendigerweise gerichteten Plasmas.

Verschiedene energetische Materialien können verwendet werden, wie beispielsweise die typischen III-, V-Gruppenverbindungen. Aluminiumgalliumarsenid ist allgemein üblich. Galliumarsenid wird oft für einen pn-Übergang verwendet und ist das bevorzugte energetische Material der Erfindung. Die exotherme Reaktion des energetischen Material erzeugt eine chemische Umwandlung, die Wärmeenergie in dem abgeschlossenen Gehäuse freisetzt. Diese erzeugt die elektrische Lichtbogenexplosion durch die Bildung eines plastischen Plasmas durch Einleiten von Energie in den elektrischen Lichtbogen. Das Plasma wird mechanisch fokussiert oder gerichtet. Durch Verwendung von Metaldämpfen, wie beispielsweise Gold in einem Verbindungsdraht einer Standard-LED-Vorrichtung wird Metaldampf eingefangen und hilft bei der

Ladungswirkung des explodierenden Plasmas. Das Plasma hat eine beträchtliche Geschwindigkeit, einen hohen Wärmehalt und eine extrem hohe kinetische Energie, wenn es in den Zwischenraum oder den Hohlraum oberhalb der Grundladung der Sprengkapsel eintritt. Die Fokussierung dieses Plasmas entweder durch den Hohlladungseffekt oder durch eine Linse, konzentriert die Energie des Plasmas auf die hochexplosive Basisladung.

Ein niedriger Standard-Spannungsimpuls auf die Berührungsfläche des energetischen Materials würde nur ein Schmelzen mit niedriger Energie zur Folge haben, was die umschließende Kammer nicht aufbricht. Der pn-Übergang würde nur ausbrennen und es würde keine hohe Energie in dem abgeschlossenen Gehäuse erzeugt werden, die einen elektrischen Lichtbogen erzeugt und dann einen Lichtbogen zum Bilden eines Plasmas aufrechterhält, der dann in einen Zwischenraum oder Hohlraum ausbricht. Aus diesem Grunde wird der pn-Übergang nach der Erfindung übererregt, um unter der Wirkung der akkumulierten Lichtbogenenergie zu detonieren. Diese elektrische Lichtbogenenergie wird im Inneren des geschlossenen Gehäuses gehalten, um ihre Temperatur und ihren Druck zu erhöhen. Dann wird das Plasma auf die zweite Barriere über der Basisladung gerichtet und/oder auf diese fokussiert. Der elektrische Lichtbogen überschreitet im Anfang 6000°C und hat höhere Temperaturen, während er vor der Bildung des Plasmas eingeschlossen ist.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß der Initiator die Sprengkapsel zwangsweise detonieren läßt, aber durch Streufelder, durch Stoß oder andere, beim Umgang mit dem Zünder normalerweise auftretende Einflüsse nicht aktiviert wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der Initiator nach der Erfindung zwei Sicherheitsbarrieren aufweist, von denen die eine den Initiator umschließt und von denen die andere die im Abstand vom Initiator angeordnete Basisladung abdeckt.

Der Initiator für eine elektrische Sprengkapsel kann verhältnismäßig preiswert hergestellt werden, ist zuverlässig in der Anwendung und kann nicht zu unbeabsichtigten Detonationen führen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen, in denen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung an Beispielen näher erläutert sind. Es zeigt:

Fig. 1

eine Sprengkapsel nach der Erfindung im Längsschnitt,

Fig. 2

den Initiator der Sprengkapsel nach Fig. 1 in einer vergrößerten Teildarstellung,

Fig. 3

eine andere Ausführungsform der Erfindung, die

die wesentlichen Teile des Initiators und der Sprengkapsel in einer auseinandergezogenen, schematischen Darstellung entsprechend Fig. 2 zeigt,

Fig. 4 bis 6

andere Ausführungsformen der Erfindung in der Fig. 2 entsprechenden schematischen Teilschnitten,

Fig. 7

eine elektrische Sprengkapsel nach der Erfindung, bei der für die Grundladung ein Stoßrohr verwendet ist, in einem Längsschnitt,

Fig. 8

einen Initiator mit Brückendraht im Teillängsschnitt in vergrößerter Darstellung,

Fig. 9

den Gegenstand der Fig. 8 in einem Querschnitt nach Linie 9-9,

Fig. 10

einen Initiator mit einem Schmelzdraht aus energetischem Metall, der den Übergang bildet, in einem Längsschnitt in vergrößertem Maßstab,

Fig. 11

eine elektrische Sprengkapsel mit einem Initiator nach der Erfindung, der aus einer Lithium/Jod-Batterie besteht, im Längsschnitt,

Fig. 12

eine andere Ausführungsform einer Sprengkapsel nach der Erfindung, die drei Initiatoren für die Detonation einer einzelnen Basisladung aufweist, im Längsschnitt,

Fig. 13

einen schematischen Grundriß, der den Gebrauch von vier separaten und verschiedenen Initiatoren für die Detonation einer einzelnen Sprengladung zeigt,

Fig. 14

die Seitenansicht und teilweise den Längsschnitt einer Radial-LED-Vorrichtung, wie sie in einem in den Fig. 15 und 16 dargestellten Explosionsnetzwerk verwendet wird,

Fig. 15

eine andere Ausführungsform der Erfindung in einer perspektivischen Darstellung, bei der eine Basisladung von mehreren Radial-LED-Vorrichtungen umgeben ist, die als Zünder dienen,

Fig. 16

den Gegenstand der Fig. 15 in einer Stirnansicht,

Fig. 17

ein Elektrodiagramm, das das Verfahren zum Zünden einer Reihe von Sprengkapseln zeigt, welche die bevorzugte Ausführungsform nach der Erfindung verwenden,

Fig. 18

ein Diagramm des bei der bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung verwendeten elektrischen Impulses und

Fig. 18A und 18B

Diagramme, die die elektrischen Eigenschaften der Impulse zeigen, wie sie nach der Erfindung verwendet werden.

In den Fig. 1 und 2 ist eine Sprengkapsel 10 dargestellt, die eine rohrförmige, gezogene Metallkartusche oder -hülse 12 aufweist, in deren unterem Teil eine Basisladung 14 angeordnet ist. Die Basisladung besteht aus zwei Komponenten, nämlich aus Blei-Azid 14a im oberen Teil und PETN (Pentaerythritoltetranitrat) 14b im unteren Teil. Die Basisladung ist definiert als diejenige Ladung, die die Initiierung empfangt und die Detonation einer Zündladung oder eines anderen Sprengstoffes bewirkt, welcher der Sprengkapsel 10 zugeordnet ist. Das Blei-Azid ist sprühstrahlempfindlich, während PETN mehr druck- und hitzeempfindlich ist. Als eine zweite Sicherheitsbarriere ist ein Innenhütchen oder eine Sperrwand 16 aus Kupfer oberhalb des Blei-Azids 14a der Grundladung 14 vorgesehen. Das Blei-Azid könnte auch mit Metall oder einem anderen Material eingekapselt sein, das dann die zweite Barriere 16 bildet.

Die Sperrwand 16 hat einen Abstand b vom unteren Ende des Initiators 20, der nach der Erfindung ausgebildet ist. Bei der bevorzugten Ausführungsform ist eine Panasonic P380 (LN 264CP) LED-Vorrichtung so abgewandelt, daß sie für die Erfindung verwendet werden kann. Der Initiator hat Zünderleitungsdrähte 22, 24, über die ein Spannungssignal oder -impuls zugeführt wird, um einen abrupten Ausbruch des Initiators 20 einzuleiten, der die Sprengkapsel 10 detonieren läßt. Der Abstand b definiert einen Zwischenraum oder Hohlraum 30, der eine zweite Initiierungskammer darstellt.

In dem Hohlraum steigt der Druck des Gases und hierdurch seine Temperatur, um bei der Detonation der Basisladung 14 zu helfen. Um den Hals der Kartusche 12 ist eine geeignete Falzdichtung 32 angeordnet.

Die Panasonic-LED-Vorrichtung hat einen pn-Übergang 40, der aus energetischem Material, beispielsweise aus Galliumarsened oder Aluminiumgalliumarsenid besteht und das ausgewählt wurde, um das Zündsystem nach der Erfindung zu schaffen. Die Verbindung 40, welche von dem LED-Chip oder dem pn-Übergang gebildet wird, ist im Inneren einer konkaven Anode 42 abgestützt, welche die Funktion einer Linse hat und das anschließend gebildete Plasma in Richtung x fokussiert. Diese Anode bildet eine druckfeste oder widerstandsfähige Schutzplatte oder Rückenplatte für den Initiator 20.

Die Kathode 44 ist ein an den Zünderleitungsdraht 24 angeschlossener Feingold-Leiter, der an eine Elektrode oder eine Seitenklemme des pn-Überganges oder Chips 40 angeschlossen ist. Die andere Elektrode oder Seitenklemme des Verbindungs-

elementes liegt an der konkaven Innenfläche der Anode 42 an. Diese Gesamtheit von pn-Übergang 40, Anode 42 und Kathode 44 ist in klarem Epoxydharzkunststoff oder Glas 50 eingekapselt und bildet ein geschlossenes Kapselgehäuse des Initiators 20. Das Gehäuse ist der Körper der LED-Vorrichtung, die bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird.

Ein richtungssteuerndes Trennmittel 52 wird von einer flachen Trennwand gebildet, deren Außenfläche vom Chip 40 einen Abstand a hat, der so gewählt ist, daß er dick genug ist, um einen elektrischen Lichtbogen am Übergang 40 zu begrenzen, während dieser elektrische Lichtbogen von den Leitern 22 und 24 Energie erhält, bis die Lichtbogenenergie genügend weit aufgebaut ist, das sie ein Plasma P bilden kann. Dieser Abstand a ist aber auch dünn genug, um dem Plasma zu erlauben, die Trennwand 52 zu zerreißen und das Plasma in der ausgewählten Richtung x gegen die Sperrwand 16 der Basisladung 14 strömen zu lassen, wie dies am besten in Fig. 2 gezeigt ist.

Die Trennwand 52 hat eine Ausnehmung, die als Linse wirkt und den Plasmastrahl P konzentriert. Die Rückenplatte 42 kann beim Fokussieren und Ausrichten helfen. Diese Merkmale steuern die Richtung des Plasmastrahles P so, daß er mit der ausgewählten Richtung x zusammenfällt.

Die Form der Trennwand 52 wird durch Ausschleifen des oberen Teiles 60 der Panasonic-LED-Gehäuseeinheit hergestellt. In der Praxis wird dieser obere Teil 60 durch Fräsen oder Abschleifen entfernt, um eine Trennwand 52 mit einer Dicke von 1/32" - 3/32" herzustellen. Vorzugsweise beträgt die Dicke etwa 1/16"; die Dicke sollte jedoch oberhalb etwa 1/32" liegen. Wenn man diese Dicke verwendet, ist die Wandfestigkeit und -unversehrtheit der Trennwand 52 ausreichend, um vor Abschreckung oder Verlust der Wärmeenergie zu schützen, die an der Verbindungsstelle 40 erzeugt wird, wenn ein Impuls mit hoher Spannung über die Leiter 22, 24 zugeführt wird, um einen elektrischen Lichtbogen zu erzeugen. Während der Impuls bestehenbleibt und Energie in den Lichtbogen führt, ist der Lichtbogen eingeschlossen, bis die Energie im elektrischen Lichtbogen und in dem ihn umschließenden Raum ausreicht, ein Plasma zu bilden. Die Überführung in das Plasma P hat eine sofortige und abrupte Explosion durch die Trennwand 52 zur Folge. Hierbei tritt das Plasma P in den Hohlraum 30 ein und prallt auf die Sperrwand 16 der Basisladung 14.

Um diesen abrupten Durchbruch der Trennwand 52 zu unterstützen, ist über die flache Kreisfläche der Trennwand 52 eine geätzte Linie 62 gezogen. Um die Wirkung einer Hohlladung zu erreichen, wird die Trennwand 52 von einer konischen Umfangswand 54 umgeben. Hierdurch wird

dem Plasma eine Richtung erteilt. Auf diese Weise wird das Plasma P als Hohlladungsstrahl in die Kammer oder den Hohlraum 30 und gegen die Basisladung gerichtet. Der Abstand zwischen der Trennwand 52 und der Sperrwand 16 oder der Ladung 14 kann je nach Art des verwendeten Initiators 20 verändert werden.

Die Polarität kann umgekehrt werden. Wie dargestellt, wird der pn-Übergang zunächst den Anstoß zu dem Plasmafluß, der Anfangsenergie und der Fließgeschwindigkeit geben. Hierauf folgt ein Bersten des Golddrahtes, wodurch verdampftes Gold dem Plasma zugeführt wird. Gold ist ein schweres Metall, das einen größeren Stoßeffect hinzufügt als ein leichteres Metall, wie beispielsweise Aluminium.

Wie am besten aus Fig. 17 hervorgeht, wird über die Leiter 22 und 24 ein Hochspannungsimpuls F zugeführt, wenn die Sprengkapsel detonieren soll. Die hohe Spannung erzeugt sofort an der Verbindung 40 einen elektrischen Lichtbogen. Dieser Lichtbogen wird dadurch aufrechterhalten, daß die an der Verbindungsstelle anliegende Spannung durch die von dem Stromkreis einer Kondensatorentladungs-Zündmaschine kommende Kapazität gehalten wird. Diese hohe Spannung wird mindestens etwa 10  $\mu$ s lang auf einer Höhe von mindestens 50 % der Anfangsspannung gehalten. Hierbei ist die Kapazität groß genug, um diese hohe Spannung aufrechtzuerhalten. Hochspannung hat natürlich einen hohen Stromfluß zur Folge, welcher dem elektrischen Lichtbogen an der Verbindungsstelle 40 Energie zuführt. Diese Energie baut in einer exothermen Reaktion im Inneren des abgeschlossenen Gehäuses 50 Druck und Temperatur auf. Diese exotherme Reaktion des gehaltenen Lichtbogens vergrößert die Lichtbogenenergie, bis sich ein Plasma bildet. Dieses Plasma erhöht drastisch den Druck und die Temperatur an der Verbindung 40, so daß der Goldleiter 44 verdampft und die Trennwand 52 zerrissen wird, die hierdurch dem Plasma P erlaubt, unmittelbar durch den Hohlraum 30 in die Grundladung 14 zu feuern.

Der Stoß läßt die Basisladung detonieren. Wenn ein unempfindlicher, hochexplosiver Sprengstoff, möglicherweise PETN vorhanden ist, führt die Dieselwirkung in dem Hohlraum 30 zu einem sofortigen, drastischen Temperaturanstieg, während der Druck und die Temperatur dieses Hohlraumes ansteigen. Dies führt zu einer zweiten Detonation für weniger empfindliche, hochexplosive Sprengstoffe. In diesem Fall kann der Impuls F verlängert werden, um dem Plasma P für das zweite Feuern oder Detonieren Energie zuzuführen. In der Praxis ist das erste Detonationssystem eine Schöpfung des Plasmas P. Die zweite Reaktion ist die Dieselwirkung in dem Abschnitt oder dem Hohlraum 30. Wie man sieht, kann nur ein genau gesteuerter, auf einer hohen Spannung über die Leitung 22 und 24

gehaltener Impuls F den Initiator 20 detonieren lassen. Dies erfordert eine Sicherheitsbarriere an dem abgeschlossenen Gehäuse 50 und an der Kupferschicht oder an der Sperrwand.

In Fig. 3 ist eine Abwandlung der bevorzugten Ausführungsform dargestellt. Der Leiter 22 ist an eine Anode 100 angeschlossen, an der ein gedoppter Träger, wie beispielsweise eine pn-Schicht aus energetischem Material aufgebracht ist. Die Verbindung ist die gleiche, wie sie in einem LED-Chip verwendet wird. Die Übergangsschicht 102 hat jedoch eine konische Gestalt, um als Hohlladung zu wirken. Diese Ausbildung bewirkt an der Übergangfläche selbst einen Monroe-Effekt. Die Kathode 104 ist ein Gold-Leiter, wie er weiter oben beschrieben wurde. Wenn ein Hochspannungsimpuls F über die Verbindung 102 zugeführt wird und sich ein Lichtbogen bildet, verdampft das Gold. Alle diese Elemente (100, 103, 104) sind in einem klaren Kunststoff oder Glas in der bevorzugten Form eines glasklaren, harten Epoxydharzes als Gehäuse 50 eingekapselt. Die Trennwand 52 ist mit einer Metalleinlage 110 beschichtet, um einen Panzerungseffekt zu erreichen, der bei der Hohlladungswirkung ausgenutzt werden soll. Diese Einlage stellt Metall zur Erhöhung der Geschwindigkeit und der Stoßenergie des Plasma P bereit, wenn dieses unter der Lichtbogenenergie ausbricht, die am Übergang 102 geschaffen wurde. Auch hier steuert eine geätzte Linie 112 genau den Brechpunkt der dünnen Trennwand 52, deren Anordnung und Ausrichtung die ausgewählte Richtung angibt, in der das nachfolgend entstandene Plasma gegen die Sperrwand 16 und die Basisladung 14 strömt.

Diese besondere Ausführungsform der Erfindung zeigt eine ausgedehntere Übergangfläche 102, die mehr Material enthält als der Chip 40 bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Durch die Ausbildung der Berühungsfläche 102 als Hohlladungsfläche wird auch die Energie des Plasmastromes vergrößert. Die Form der Übergangfläche 102 ist konisch. Hierdurch wird das Plasma P längs der Achse x gelenkt. Die Einlage oder Auskleidung 110 dient dazu, zusätzlich verdampftes Metall für den Plasmastrom bereitzustellen, der von der Hohlladung erzeugt wird. Dieses zusätzliche Metall wird zusammen mit dem Golddraht oder der Kathode 104 verdampft, um einen nichtviskosen Fluidstrom zu erzeugen.

Die Fig. 4 bis 6 dienen dazu, zwei getrennte Konzepte für die Richtungssteuerung des Plasmas P zu erläutern, das sich bildet, nachdem die kombinierte Lichtbogenenergie einen beträchtlichen Anstieg in der Temperatur und im Druck hervorgerufen hat. Die Gehäuseumschließung 50 verhindert ein Entweichen der Hitze oder das Eindringen von Verunreinigungen, so daß der Lichtbogen in ein Plasma übergehen kann. In Fig. 4 hat die rich-

tungsbildende Trennwand eine flache Unterfläche 120, die von der Spitze einer Standard-LED-Einheit abgeschliffen ist, um die Dicke oder den Abstand der Fläche 120 von der pn-Übergangsfläche 40 zu reduzieren. Wenn durch die fortdauernde exotherme Reaktion des elektrischen Lichtbogens Druck und Temperatur ansteigen und das Plasma P sich bildet, bricht es an der Stelle des geringsten Widerstandes durch. Dies ist rechtwinklig zu der Wand oder der Unterfläche 120 der Fall. Die Wand ist dann selbst ihrer Natur nach richtunggebend.

Wenn man um die Trennwand 52 eine konische Umfangsfläche 54 vorsieht, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, ist die flache Unterfläche der Trennwand kreisförmig und veranlaßt das Plasma sich in Richtung x zu bewegen. Diese Bewegung wird unter Parallelausrichtung verfeinert und konzentriert durch die Umfangswandung 54, die eine Hohlladungsfläche schafft. In Fig. 4 wird das Plasma P durch die konkave Gestalt der Anode 40 fokussiert. In Fig. 5 erfolgt die Parallelausrichtung unter Konzentration der Plasmasäule durch die Form der Ausnehmung 130, die durch die Trennwand 52 und ihren Umfang 54 gebildet wird. In beiden Fällen wird die Plasmasäule längs der ausgewählten Richtung oder Achse x fokussiert und konzentriert.

Bei der in Fig. 6 dargestellten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist sowohl die Fokussierwirkung der rückwärtigen, konkaven Anode 40 als auch der ausgeformten Ausnehmung 130 vorgesehen. Hierdurch wird die Energie in einer schmalen Plasmasäule konzentriert, die direkt längs der Achse x strömt und die Energie und Stoßenergie in dieser schmalen Säule konzentriert. Natürlich kann entweder die Fokussierwirkung oder die Hohlladungsbildung bei der Erfindung verwendet werden. Die in Fig. 1 dargestellte bevorzugte Ausführungsform benutzt beide Konzentrationskonzepte.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, die in Fig. 7 dargestellt ist, hat die Basisladung 14 die Form eines Stoßwellenrohres 150, um eine hochexplosive Ladung am gegenüberliegenden Ende des Rohres detonieren zu lassen. Eine Schockwelle oder Detonationswelle läuft durch das Rohr zu dem Sprengstoff. Dieses Rohr hat ein oberes, unter einem Winkel abgeschnittenes Ende 152, um dem Initiator 20 einen größeren Zugang zu bieten. Der Innendurchgang 154 kann mit einer hochexplosiven Auskleidung 156 versehen sein, wie dies in der Praxis üblich ist, so daß die Explosionswelle durch das Rohr laufen kann oder längs der Innenfläche des Durchganges 154 eine fortschreitende Explosion auslöst. Der Zwischenraum 160 nimmt das vom Initiator 20 kommende Plasma auf, das längs der Achse x strömt, die mit der Mittelachse der Durchgangsöffnung 154 des Stoßwellenrohres 150 zusammenfällt. Abstandsmaterial

162 hält das Stoßwellenrohr 150 derart in Stellung, daß das von der Trennwand 152 ausgehende Plasma durch das Stoßwellenrohr laufen kann. Das Abstandsmaterial 162 ist inert und erlaubt eine Ausdehnung des Rohres. Das Plasma initiiert die Wirkung der Schockwelle durch das Rohr. Die Aktivierung des Stoßwellenrohres ist der Detonation der Basisladung 14 äquivalent. Das Stoßwellenrohr ist als Basisladung 14c gekennzeichnet.

Es ist möglich, eine von einem Metalldraht umschlossene Übergangsfläche vorzusehen, die sich von dem pn-Übergang eines LED-Chips unterscheidet, solange dieser Draht einen elektrischen Lichtbogen erzeugen kann, der in einem abgeschlossenen Bereich durch eine hohe Spannung gehalten werden kann, die an den Leitern des Initiators solange anliegt, wie es für den Aufbau von Druck und Temperatur in dem abgegrenzten Raum zum Erzeugen eines Plasmas notwendig ist. Der Draht muß den Lichtbogen bilden und die Anschlußleiter in die Lage versetzen, dem Lichtbogen Energie zuzuführen, bis sich das Plasma bildet. Nach der Bildung des Plasmas kann die dünne Wand in dem abgeschlossenen Gehäuse den von der Lichtbogenenergie aufgebauten Druck nicht länger aushalten. Die Trennwand reißt dann in der kontrollierten Richtung x, um die Basisladung zu initiieren. Diese abgewandelte Verwirklichung der Erfindung ist in den Fig. 8 und 9 dargestellt, wo der Initiator 200 ein Kapselgehäuse aus hartem Kunststoff oder Glas 202 aufweist, um eine Verbindung in Form eines Brückendrahtes 204 zu umschließen, der energetisches Metall enthält. Der Brückendraht erzeugt zwischen den Leitungsenden 206 und 208 einen Lichtbogen und erlaubt diesem Lichtbogen, Energie zu sammeln, um die Temperatur und den Druck in dem Kapselgehäuse zu erhöhen, bis diese Temperatur und dieser Druck genügend hoch sind, um ein Plasma zu erzeugen. Dieses Plasma kann von dem Lichtbogen natürlich nicht gebildet werden, wenn von außerhalb des Gehäuses 202 her eine Abschreckwirkung erzeugt wird oder Material durch das Gehäuse in den Lichtbogenbereich einwandert. Die Schutz- oder Rückenplatte 210 ist eine druckfeste Platte, die das Plasma durch die Ausbruchstelle vorwärtstreibt, wobei eine Einförmigkeit oder eine Ausnehmung 212 mit einer kreisförmigen, flachen Innenfläche 214 und einer konischen, äußeren Umfangswand 216 vorgesehen ist, wie dies weiter oben beschrieben wurde.

Die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung verwendet den pn-Übergang einer Standard-LED-Vorrichtung. Ein Brückendraht aus energetischem Material, der bei der Bildung eines Lichtbogens ausreichend ionisiert wird, kann die Funktion der Erfindung ausüben, die darin besteht, daß die Lichtbogenenergie zu Bildung eines Plasmas in einem abgeschlossenen Raum verwendet wird, wo-

bei das Plasma durch die richtunggebende Wand ausbricht und auf die Basisladung in der Sprengkapsel trifft.

Fig. 10 zeigt eine ähnliche Abwandlung der Erfindung, bei der der Initiator 220 ein abgeschlossenes Gehäuse 222 und Anschlußleiter 224 und 226 aufweist. Zwischen den Anschlußleitern ist ein Zünder 230 aus energetischem Metall angeordnet, der einen elektrischen Lichtbogen im Inneren des abgeschlossenen Gehäuses erzeugt, dem durch den Hochspannungsenergieimpuls Energie solange zugeführt wird, bis der Druck und die Temperatur in dem abgeschlossenen Gehäuse genügend hoch sind, um ein Plasma zu erzeugen, welches durch die Ausnehmung 232 durchbricht, die eine flache Unterfläche 234 und eine konische Seitenwand 236 hat.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 11 weist die Sprengkapsel 10" Teile auf, die denen der Sprengkapsel nach Fig. 1 ähnlich sind und die insoweit mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Bei dieser speziellen Ausführungsform besteht der Initiator 300 aus einer Standard-Lithium/Jod-Batterie, bei der das reaktive, energetische Material aus einer Lithiumschicht 302 und einer Jodsicht 304 besteht. Dieses Material wirkt mit den Leitern 22 und 24 zusammen, um an der Lithiumschicht 302 einen Lichtbogen zu bilden. Dieser Lichtbogen wird durch das Gehäuse 12 aufrechterhalten, bis sich ein Plasma bildet und gegen die Sperrwand 16 richtet. Für die Ausrichtung des Plasmas wird ein Hohlladungskonzept verwendet, für die eine halbkugelige Ausnehmung 310 vorgesehen ist. Diese Ausnehmung ist von einer Glasschicht 312 bedeckt, um den Lichtbogen in der Kartusche 12 oberhalb der Ausnehmung 310 einzusperren. Die Ausnehmung leitet das Plasma durch den Hohlraum 30, in dem sich ein Druck aufbaut, der die Zündung der Basisladung unterstützt.

In Fig. 12 ist eine große elektrische Sprengkapsel D dargestellt, bei der die Basisladung 14d von drei separaten Initiatoren 20 gleichzeitig gezündet wird, die ihre einzelnen Plasmaentladungen längs der Achsen x auf den Konzentrationpunkt y richten. Die Energie an diesem Punkt zündet die Basisladung, wie dies weiter oben beschrieben wurde.

Fig. 13 ist eine ähnliche, schematische Darstellung, bei der die Sprengkapsel E eine einzige Basisladung 14e hat, die von vier getrennten Initiatoren 20 umgeben ist. Die von diesen Initiatoren erzeugten Plasmen werden längs ihrer einzelnen ausgewählten Richtungen oder Achsen x so geleitet, daß sie auf die Basisladung 14e aufprallen. Man erkennt, daß zwei oder mehr Initiatoren in einer Sprengkapsel verwendet werden können, um den Energiewert zu intensivieren, der für die Detonation der Basisladung zur Verfügung steht. Dies

ist ziemlich wichtig im Hinblick auf die Tatsache, daß die Standard-LED-Einheiten für die Zwecke der Durchführung der Erfindung eine verhältnismäßig kleine Größe haben und nur einen begrenzten Joules-Wert an Energie erzeugen. Es ist anzunehmen, daß durch die abrupte Initiierung und das Zerreißen von im Handel erhältlichen LED's, die für die Durchführung der vorliegenden Erfindung modifiziert worden sind, annähernd 20 Millijoule erzeugt werden.

Wie vorstehend beschrieben wurde, könnte auch eine Radial-LED, wie beispielsweise Panasonic P380 (LN2G) bei der Ausübung der Erfindung verwendet werden. Dies ist in den Fig. 14 bis 16 schematisch dargestellt, bei denen eine Standard-LED 400 vorgesehen ist. Ein Teil der zylindrischen Oberfläche, die Licht emittiert, ist abgeschliffen. Dieser Bereich ist mit 402 bezeichnet. Die Fläche könnte ganz rundherum abgeschliffen sein, so daß das Plasma radial nach außen in alle Richtungen gerichtet wird. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist jedoch nur ein Teil der zylindrischen Oberfläche abgeschliffen, um einen begrenzten dünnen Bereich für den Durchbruch zu schaffen. Dieser Durchbruchbereich gibt dem von dem anderen pn-Übergang der Linear- oder Radial-LED-Einheit 400 nach außen gerichteten Plasma die Richtung. Der ausgewählte, abgeschliffene Teil 402 befindet sich auf der Seite des Epoxyd-Rohres 404. Leitungsdrähte 410, 412 sind an einen innenliegenden pn-Übergang angeschlossen, wie dies weiter oben beschrieben wurde.

Wenn man dieses alternative Konzept der Erfindung anwendet, kann eine Basisladung 14f von mehreren Initiatoren 400 umgeben sein, deren selektiv abgeschliffene Flächen 402, wie durch die Pfeile in Fig. 16 angedeutet, radial nach innen gerichtet sind. Diese Initiatoren sind im Inneren eines äußeren Metallbehälters 420 untergebracht, der mit der inneren Basisladung 14f einen Ringraum 422 bildet, der die innere Basisladung 14f umgibt.

Wenn die Initiatoren 400 detonieren, wird das Plasma eines jeden Initiators 400 direkt gegen die Basisladung gerichtet. Das Plasma wird auch in die Ringkammer 422 geleitet. In dieser Kammer steigen Druck und Temperatur und bewirken die Zündung der Basisladung in Verbindung mit der direkten Beaufschlagung durch die von den einzelnen Detonatoren kommenden Plasmen.

In Fig. 17 ist mit BM eine Zündmaschine bezeichnet, die eine Zündspannung von 1 - 4 kV und eine innere Kapazität von 20 - 20  $\mu$ F hat. Mit 1000 V kann man sieben Sprengkapseln 10 mit 10 Fuß langen Leitungen zwischen den Sprengkapseln detonieren lassen. Der von der Zündmaschine BM erzeugte Spannungsimpuls F ist schematisch in Fig. 18 dargestellt. Der Impuls erzeugt ein rapides

Ansteigen und allmähliches Abfallen der Spannung. Bei der dargestellten Ausführungsform, wie sie bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird, hat der Impuls F eine Anfangs- oder Zündspannung, die innerhalb von etwa 1,0  $\mu$ s auf annähernd 2000 V anwächst. Diese Spannung bleibt dann aufgrund der Kapazität in der Zündmaschine BM auf einem relativ hohen Wert, so daß die Spannung nach 10,0  $\mu$ s noch annähernd 50 % des Anfangswertes beträgt. Hierdurch wird eine wesentliche Strommenge eingeleitet, um in dem Lichtbogen Energie zu erzeugen. Der Lichtbogen bildet sich unmittelbar nach dem Anlegen der 2000 V an die Zuleitungen 22 und 24 des Initiators 20.

Fig. 18A zeigt einen Impuls F1 mit einer Anfangsspannung von 2000 V. Der Puls F1 wird mit 10  $\mu$ F gehalten. Bei diesem Beispiel bleibt die Spannung ziemlich hoch, der Entladungsgrad ist jedoch größer als in Fig. 18A gezeigt, da die Anfangsspannung bei 2000 V liegt.

Der Impuls F2 in Fig. 18B hat eine Anfangsspannung von 600 V. Bei diesem Beispiel wird eine Zündmaschine mit etwa 100  $\mu$ F benutzt. Man erkennt, daß der Impuls F2 aufgrund der hohen Kapazität der Zündmaschine die Spannung für einen längeren Zeitraum hält.

Beide Impulse F1 und F2 pumpen eine beträchtliche Energiemenge in den Lichtbogen, der sich an der Verbindungsstelle des Initiators bildet. Die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung verwendet einen Impuls, der dem Impuls F1 ähnlich ist. Dieser Impuls ist als Impuls F in Fig. 18 dargestellt.

Die Anfangsspannung des Impulses F, F1 oder F2 wird mit der Kapazität kombiniert und liefert die hohe Energie unter der Spannungskurve des Impulses. Bei Spannungen über 1000 V liegt die Kapazität in der Größenordnung von 10 - 30  $\mu$ F. Dies erzeugt ein schnelles Plasma mit einer hohen Stoßenergie. Wenn die Spannung niedriger ist und beispielsweise 500 - 700 V beträgt, wird die Kapazität auf einen Wert von 50 - 150  $\mu$ F erhöht, wodurch ein langsamer wirkendes Plasma erzeugt wird.

Für die Tests der Zündmaschinen wurden zwei verschiedene Energielieferkreise verwendet. Einer benutzte einen steuerbaren Siliciumgleichrichter (SCR) als Schaltmittel und eine Kondensatorladung bis 1000 V. Der zweite Lieferkreis ist die DuPont-Zündmaschine SS1100, die ein Triggerrohr als Schaltmittel verwendet und eine feste Kondensatorladungskapazität von 2000 V hat. Die Abgabe der Initiatoren 20 war mit dem Triggerrohrkreis mehrfach schneller. Die Versuche wurden ohne Induktivität oder in Reihe mit dem SCR-geschalteten Widerstand - nur mit dem normalerweise in dem Layout des Schaltkreises vorhandenen Widerstand - durchgeführt.

Die Ergebnisse des Versuches waren so, daß 600 V und 30  $\mu$ F einen Initiator 20 mit einer Zuleitung bis zu 600 Fuß explodieren ließen. Ein Impuls mit 2000 V und 12  $\mu$ F ließ 10 Glasinitiatoren mit einer Zuleitung bis zu 30 Fuß explodieren. Ein Impuls von 2000 V und 12  $\mu$ F ließ 3 Kunststoffinitiatoren 20 mit einer Zuleitung bis zu 150 Fuß explodieren. Die Energie mußte dem Initiator sehr schnell, innerhalb weniger als etwa 1,0  $\mu$ s, zugeführt werden. Die bevorzugte Zündmaschine ist die Trigger-Rohreinheit. Eine sehr schnelle SCR-Maschine kann verwendet werden, wenn  $dv/dt$  groß genug ist, um die maximale Spannung in weniger als 1,0  $\mu$ s abzugeben.

### Patentansprüche

1. Elektrischer Sprengzünder, insbesondere für Sprengkapseln, mit einer Basisladung (14) aus hochexplosivem Material, einem Zündmittel (20) zum Erzeugen einer abrupten Eruption beim Anlegen einer ausgewählten Spannung an das Zündmittel (20) und mit Mitteln zum Detonierenlassen der Basisladung (14) wenn die abrupte Eruption des Zündmittels (20) stattfindet, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zündmittel (20) eine Verbindung (40) aus energetischem Material aufweist, die in einem abgeschlossenen Kunststoff- oder Glasgehäuse (50) eingekapselt ist, das ein richtungssteuerndes Trennmittel (52) aufweist, das in eine ausgewählte Richtung (x) gerichtet ist und von der Verbindung (40) einen wirksamen Abstand (a) hat, der wesentlich kleiner ist als der Rest des geschlossenen Gehäuses (50) und daß ein Spannungsimpuls mit einer Anfangsspannung von über 500 V und einer Dauerspannung die Verbindung (40) veranlaßt, einen elektrischen Lichtbogen zu erzeugen, um in einer unter Abschluß bei hoher Temperatur und hohem Druck sich vollziehenden exothermen Reaktion ein Plasma zu bilden und daß der effektive Abstand (a) des Trennmittels (52) dick genug ist, um die genannte exotherme Reaktion bis zur Bildung des Plasmas einzuschließen und dünn genug ist, um dem Plasma zu ermöglichen, das richtungssteuernde Trennmittel (52) zu durchbrechen und durch dieses hindurchzudringen und die Basisladung (14) zu beaufschlagen.
2. Zünder nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Trennmittel (52) und der Basisladung (14) ein Hohlraum (30) vorgesehen ist, der eine Erhöhung von Druck und Hitze des Plasmastromes erlaubt.
3. Zünder nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch**

- gekennzeichnet**, daß die Verbindung (40) energetische Metalle enthält.
4. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die energetischen Metalle aus der Klasse ausgewählt sind, die Galliumarsenid, Aluminiumgalliumarsenid, Galliumphosphid, Lithium/Jod, eine mit Gold versetzte Galliumkomponente, andere Galliumzusammensetzungen und andere Verbindungen der Gruppen III bis V enthält.
5. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbindung (40) ein pn-Übergang ist.
6. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbindung (40) eine druckfeste Schutz- oder Rückenplatte (42) aufweist, die in dem geschlossenen Kunststoffgehäuse (50) eingekapselt und auf derjenigen Seite der Verbindung (40) angeordnet ist, die der ausgewählten Richtung (x) entgegengesetzt ist.
7. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die druckaufnehmende Rückenplatte (210) von der Verbindung (204) getrennt ist.
8. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbindung (40) ein pn-Übergang ist und daß die druckaufnehmende Rückenplatte (42) eine erste Elektrode dieses pn-Überganges ist.
9. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rückenplatte (42) konkav ausgebildet und mit ihrer konkaven Seite in die ausgewählte Richtung gewandt ist.
10. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine zweite Elektrode (44) der Verbindung (40) aus Gold besteht und zwischen der Rückenplatte (42) und dem richtungssteuernden Trennmittel (52) angeordnet ist.
11. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rückenplatte (42) als Fokussiermittel zum Fokussieren des aus einem Lichtbogen gebildeten Plasmas in die ausgewählte Richtung ausgebildet ist.
12. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Trennmittel (52) von einer geformten Ausnehmung (52 bzw. 130 bzw. 310) in dem abgeschlossenen Kunststoffgehäuse (50) gebildet wird.
13. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausnehmung eine innere, im allgemeinen flache Fläche (52 bzw. 214 bzw. 234) aufweist.
14. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausnehmung (52 bzw. 214 bzw. 234) im wesentlichen kreisförmig ist und eine im wesentlichen konische äußere Umfangsfläche (54) aufweist.
15. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Trennmittel (52) unmittelbar gegenüber der Verbindung (40) eine Sollbruchstelle (62) aufweist.
16. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der Basisladung (14) und in einer ausgewählten Entfernung (b) vom Trennmittel (52) eine Sicherheitsbarriere (16) angeordnet ist.
17. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sicherheitsbarriere (16) eine Kupferschicht ist.
18. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbindung (40) erste und zweite Elektroden (206 bzw. 208) aufweist, die mit den Rändern der Ausnehmung (212) fluchten.
19. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kunststoffgehäuse aus einem klaren Epoxydunststoff besteht.
20. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbindung (40) eine Goldelektrode aufweist, die bei der Bildung des Plasmas verdampft.
21. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Basisladung (14) ein hohles Rohr (150) ist, das auf seiner Innenfläche einen hochexplosiven Pulversprengstoff (156) aufweist und dessen offenes Ende (152) dem Trennmittel (52) zugewandt ist (Fig. 7).
22. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß das offene Ende (152) des hohlen Rohres (150) unter einem Winkel zur Achse des Rohres (150) abgeschnitten ist.

23. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbindung (40) ein pn-Übergang in einer epoxydharzgekapselten LED-Vorrichtung ist und daß das richtungsteuernde Trennmittel (52) eine reduzierte Wand an der Lichtausgangsseite der gekapselten LED-Vorrichtung ist. 5
24. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, daß der wirksame Abstand (a) größer ist als  $1/32''$ . 10
25. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß der wirksame Abstand (a) etwa im Bereich von  $1/32''$  bis  $3/32''$  liegt. 15
26. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß der wirksame Abstand (a) etwa  $1/16''$  beträgt. 20
27. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Impulsspannung im Bereich von 1 - 4 kV liegt. 25
28. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, daß  $10 \mu s$  nach dem Anlegen der Energie an den Zünder der Spannungsimpuls noch mindestens 50 % der Anfangsspannung hat. 30
29. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, daß die den Spannungsimpuls formende Kapazität etwa  $0,1 \mu F$  bis zu etwa 10 -  $20 \mu F$  beträgt. 35
30. Zünder nach einem der Ansprüche 1 bis 29, **dadurch gekennzeichnet**, daß die den Spannungsimpuls formende Kapazität bei einer Anfangsspannung von über etwa 1000 V  $0,1 \mu F$  bis zu 10 -  $30 \mu F$  und für Anfangsspannungen zwischen 500 und 1000 V etwa 100 -  $300 \mu F$  beträgt. 40
31. Verfahren zum Detonierenlassen der Basisladung in einer elektrisch zündbaren Sprengkapsel mit folgenden Verfahrensschritten: 45
- a) Bereitstellen eines einen elektrischen Lichtbogen erzeugenden Elementes;
  - b) Einkapseln dieses Elementes in ein abgeschlossenes Kunststoff- oder Glasgehäuse; 50
  - c) Verändern des genannten Kunststoff- oder Glasgehäuses an einer Oberfläche, um eine Ausbruchsstelle zu definieren; 55
  - d) Anlegen eines Spannungsimpulses an das genannte Element, wobei der Spannungsimpuls einen Anfangswert von von 1 -
- 4 kV hat, der in weniger als etwa  $1 \mu s$  geschaffen wird und mindestens 5 -  $10 \mu s$  lang auf über 50 % des genannten Anfangswertes gehalten wird und
- e) Ausrichten des elektrischen Lichtbogens und des aus diesem entstandenen Plasmas, das von der Ausbruchsstelle ausgeht, auf die Basisladung
32. Verfahren zum Herstellen eines Zünders für eine elektrisch betätigte Sprengkapsel, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:
- a) Bereitstellen einer LED mit zwei in einem Epoxydgehäuseeingekapselten Anschlußfahnen, einem pn-Übergang und Lichtausgangsspitze auf dem Epoxydharz- oder Glasgehäuse;
  - b) Entfernen der Lichtausgangsspitze, um über dem pn-Übergang eine dünne Wand zu schaffen, deren Dicke zwischen  $1/32''$  und  $3/32''$ , vorzugsweise bei  $1/16''$  liegt.

FIG. 1

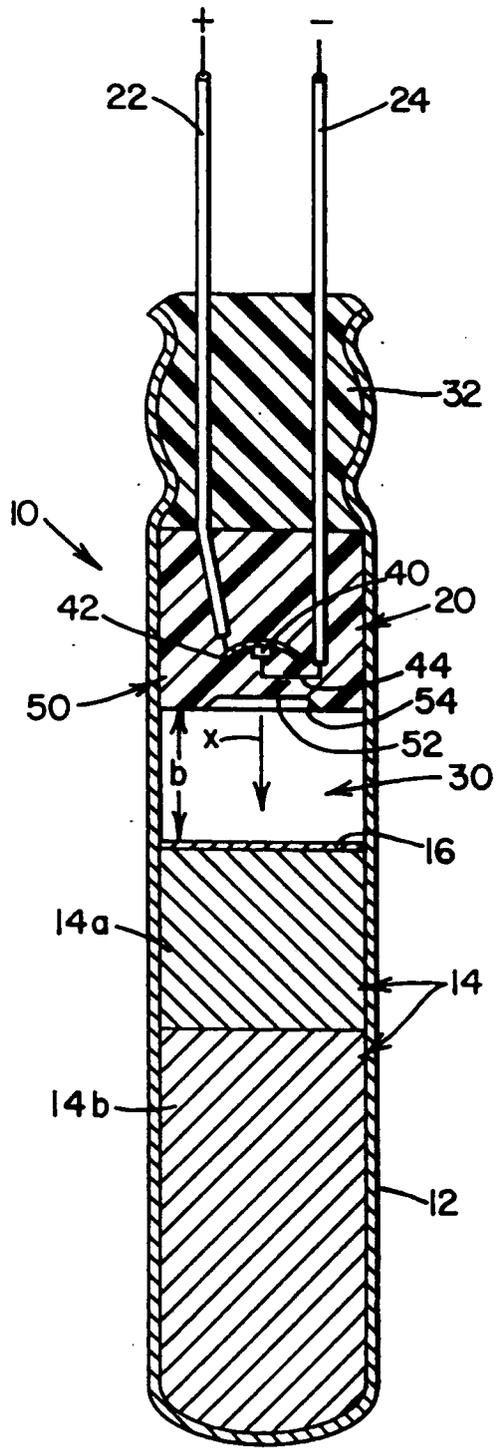


FIG. 2

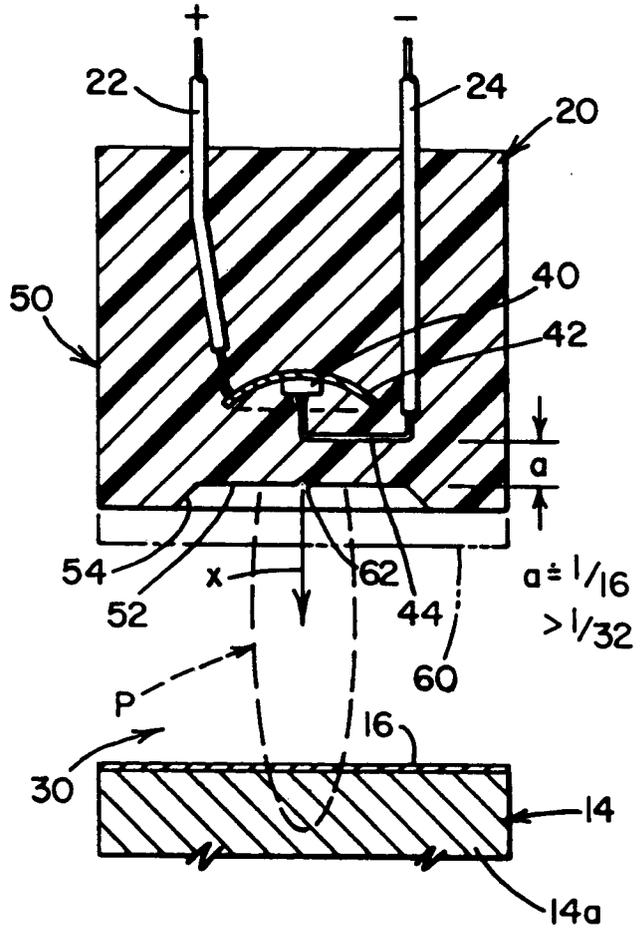


FIG. 3

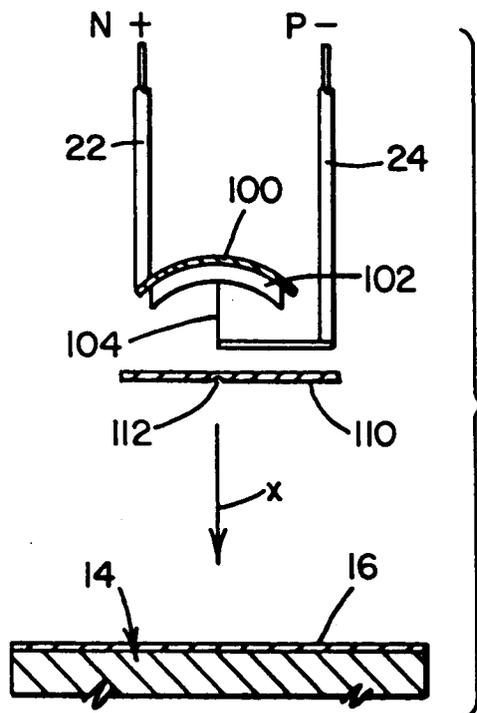


FIG. 4

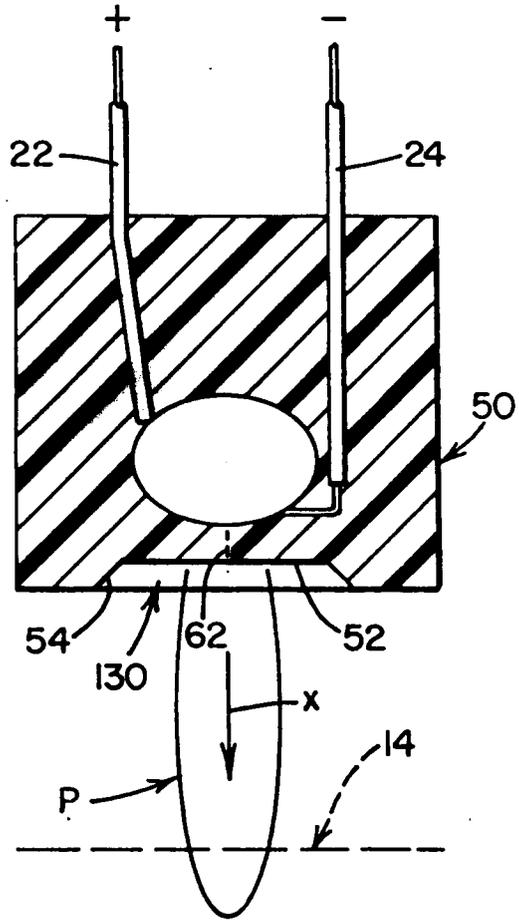
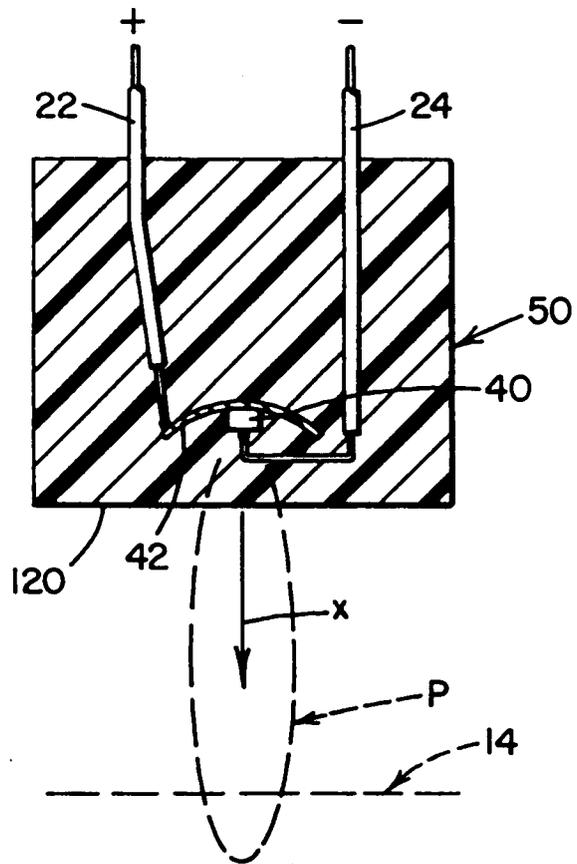
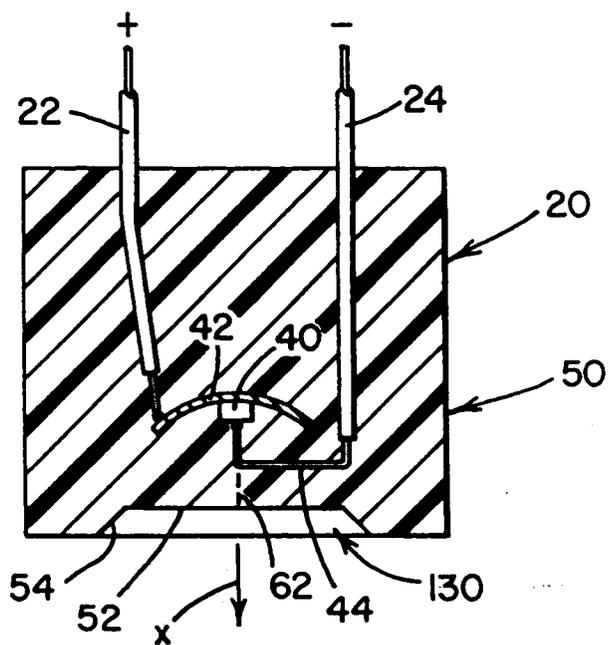


FIG. 5

FIG. 6



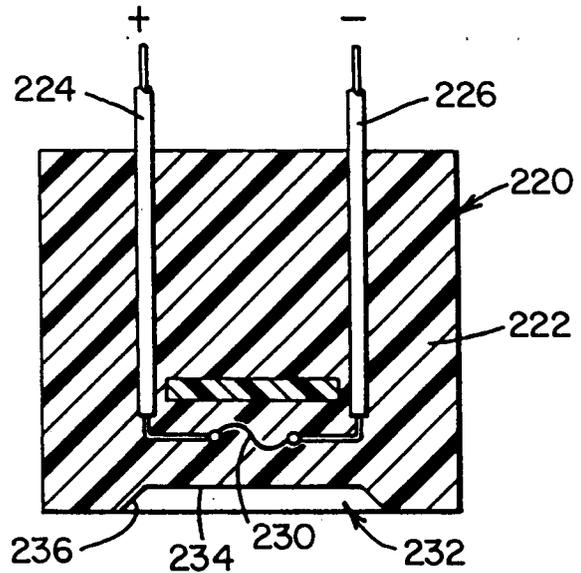
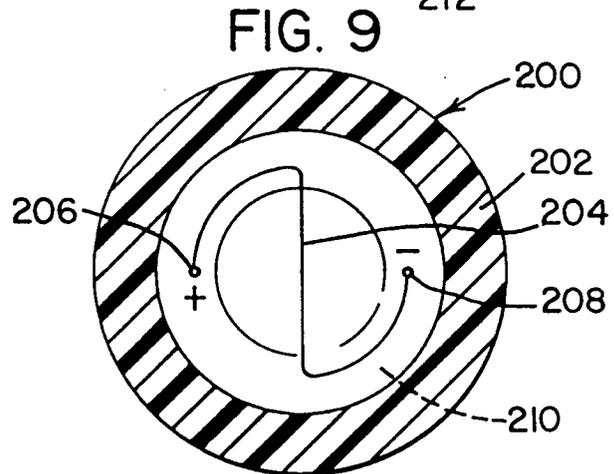
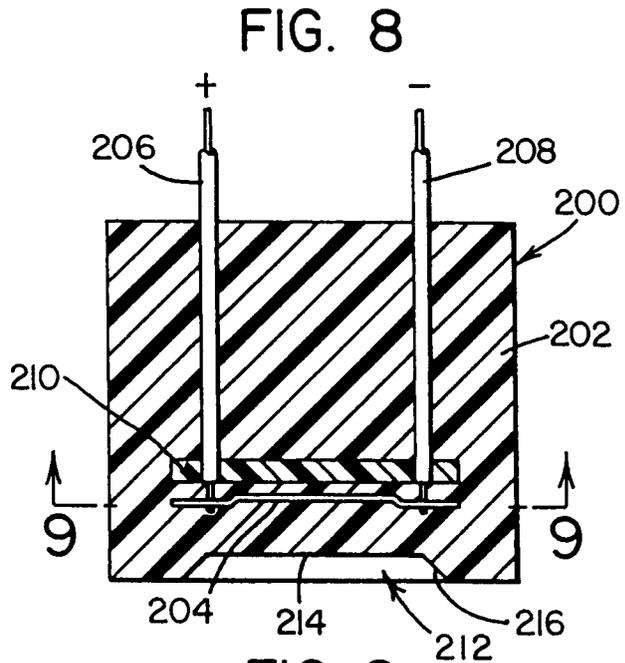
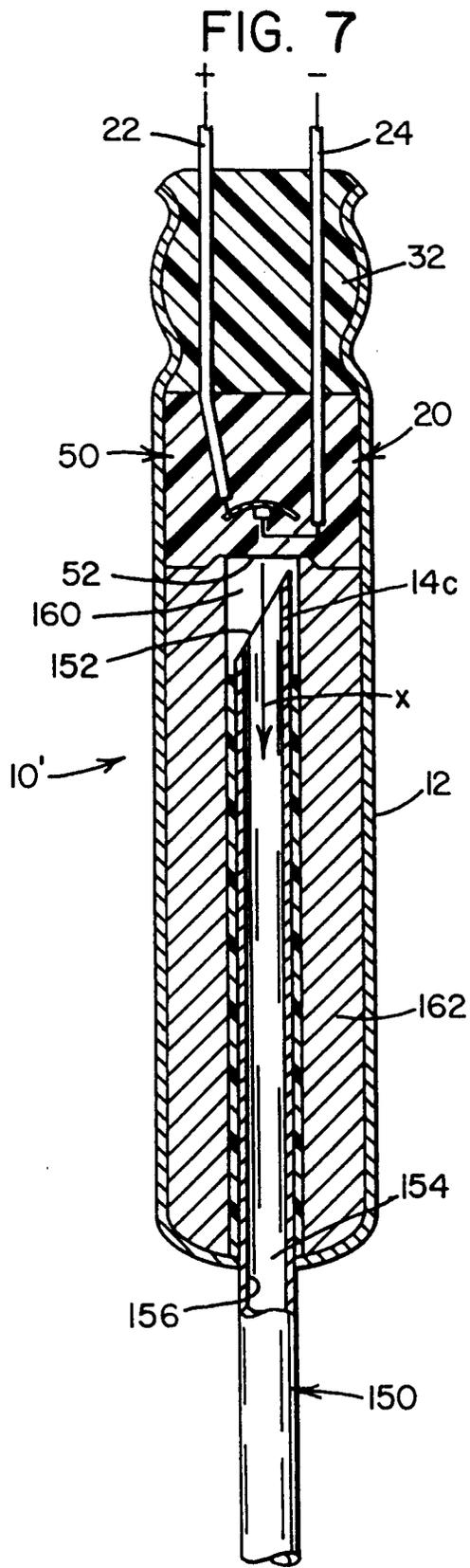


FIG. 11

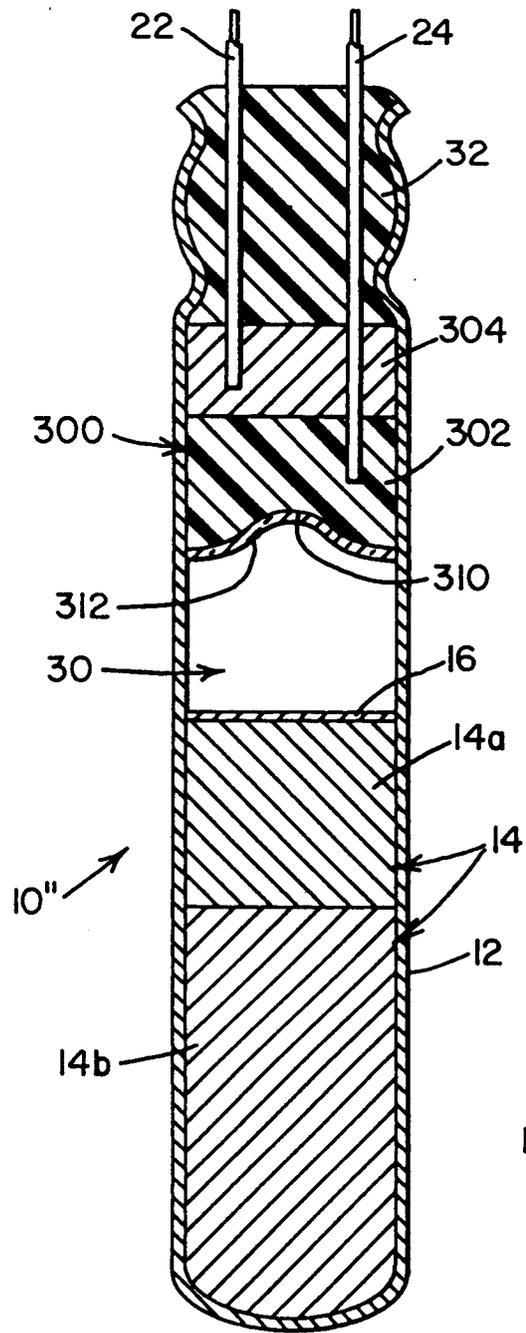


FIG. 12

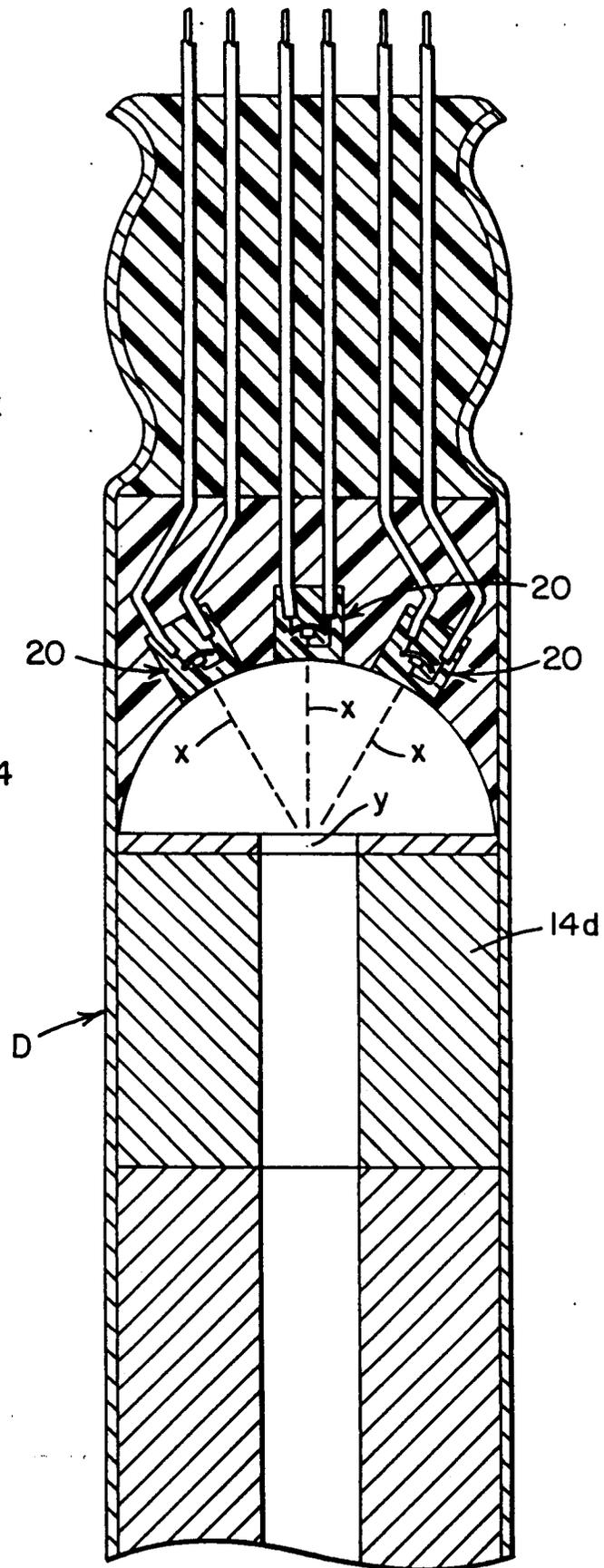


FIG. 13

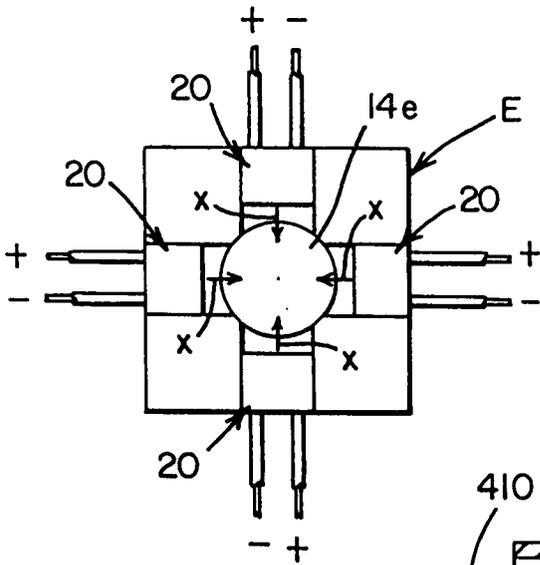


FIG. 14

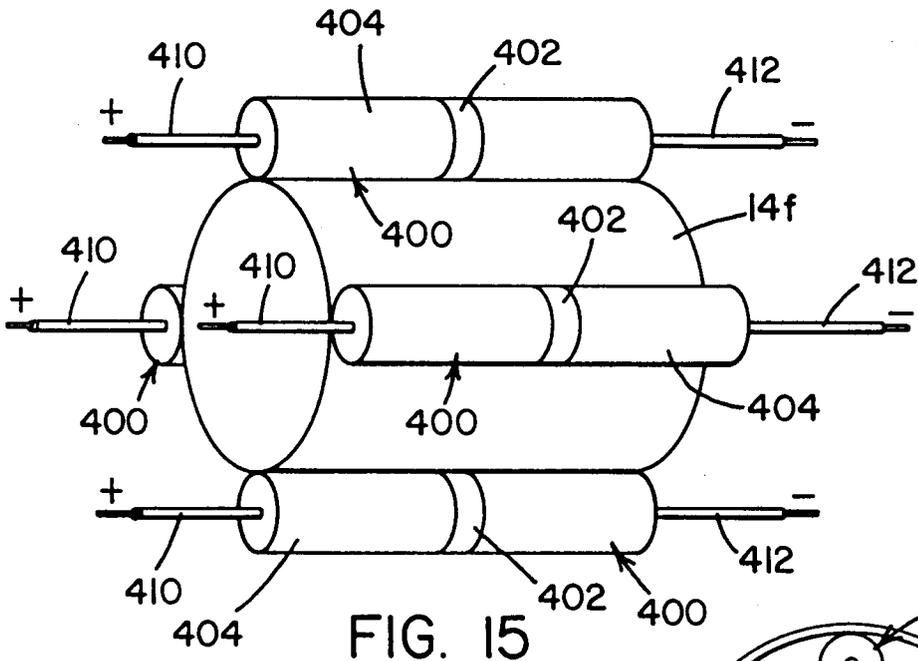
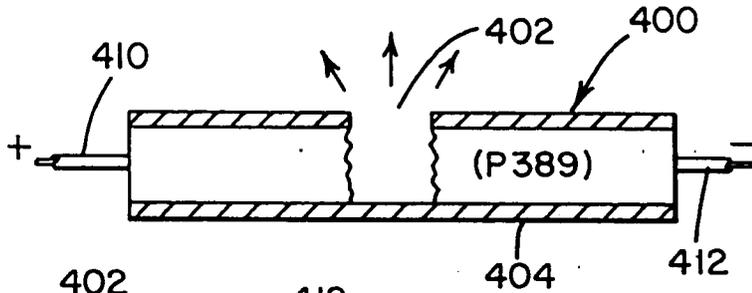


FIG. 15

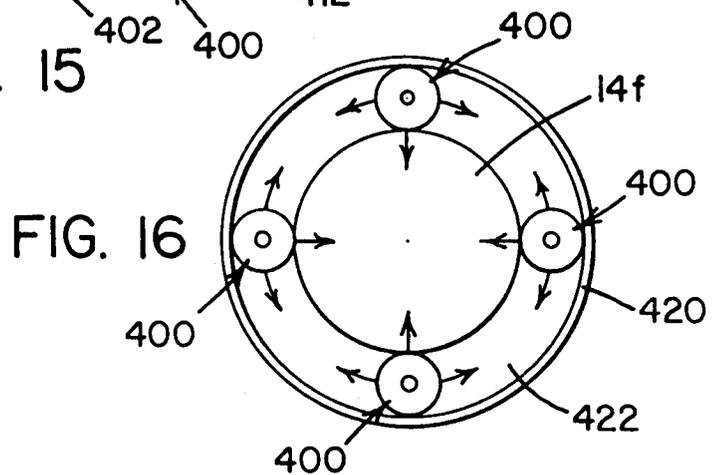
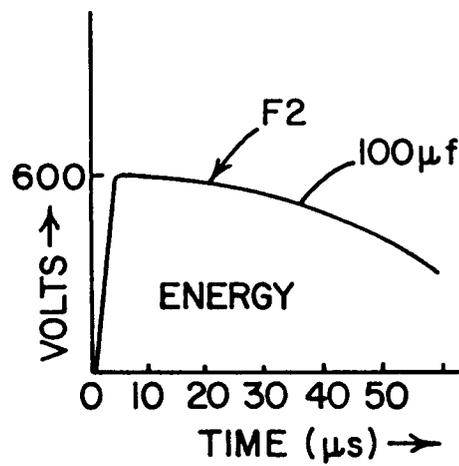
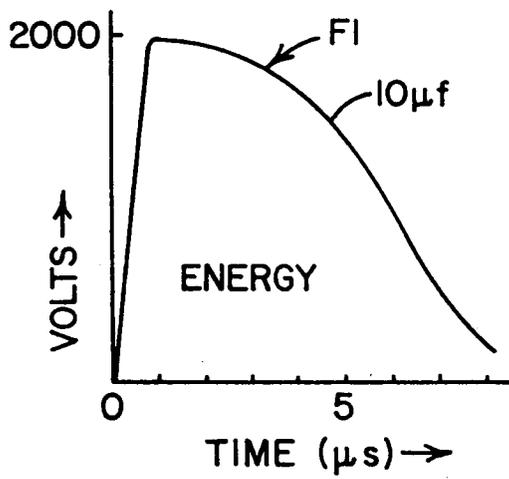
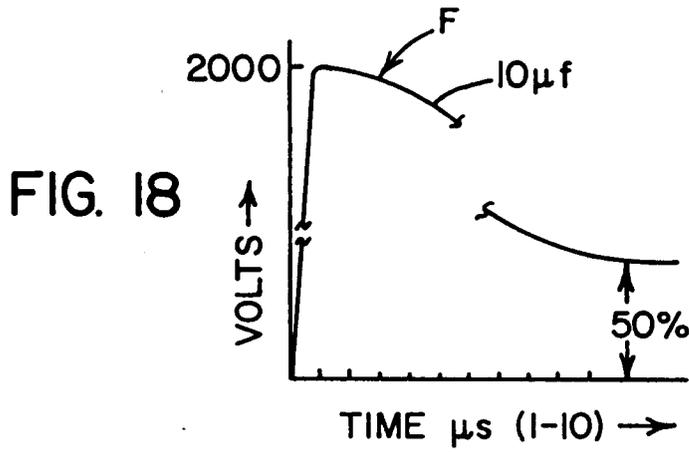
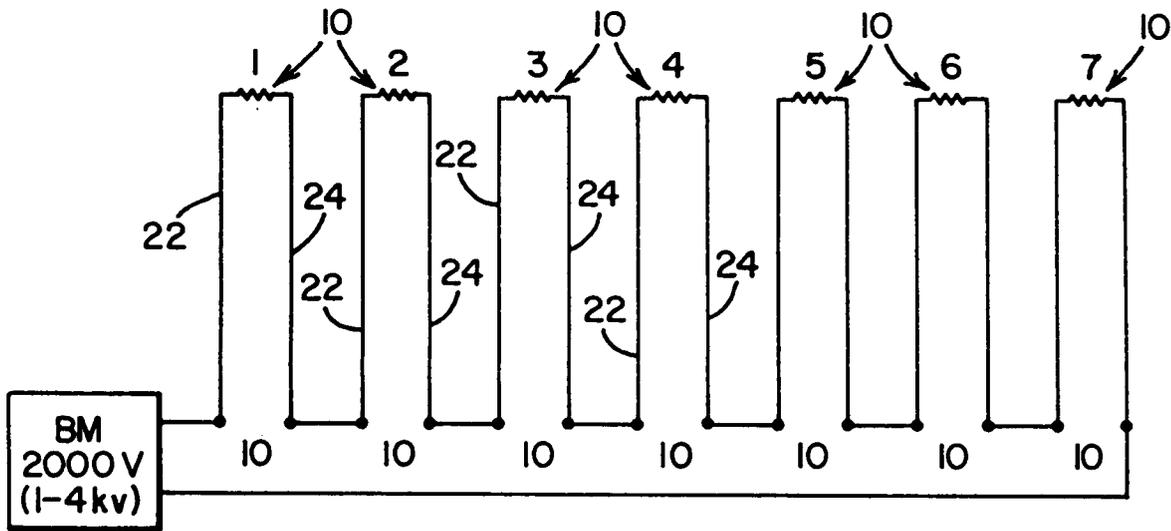


FIG. 16

FIG. 17





**EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE**

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	US-A-4 840 122 (NARHEIM E) * Spalte 3, Zeile 40 - Spalte 7, Zeile 17; Abbildungen 1-10 ** - - - -	1,2,5	F 42 B 3/13
A	US-A-4 708 060 (BICKES JR R.W.) * Spalte 2, Zeile 23 - Spalte 7, Zeile 21; Abbildungen 1-3 ** - - - -	1,3,4,5,10	
A	US-A-3 019 732 (KASPAUL A.) * Spalte 1, Zeile 48 - Spalte 3, Zeile 53; Abbildungen 1,2 ** - - - -	1,3,4,5	
A	US-A-3 366 055 (HOLLANDER JR L.E.) * Spalte 5, Zeile 50 - Spalte 7, Zeile 39; Abbildungen 1-8 ** - - - - -	1,5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 42 B F 42 C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	08 November 91	TRIANAPHILLOU P.	
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	