



(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :
21.12.94 Patentblatt 94/51

(51) Int. Cl.⁵ : **F41B 6/00, H05H 1/54,**
F41B 11/00

(21) Anmeldenummer : **89905663.4**

(22) Anmeldetag : **11.05.89**

(86) Internationale Anmeldenummer :
PCT/EP89/00516

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer :
WO 90/05278 17.05.90 Gazette 90/11

(54) **BESCHLEUNIGER.**

(30) Priorität : **11.11.88 DE 3838386**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
27.02.91 Patentblatt 91/09

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
21.12.94 Patentblatt 94/51

(84) Benannte Vertragsstaaten :
CH DE FR GB IT LI NL

(56) Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 232 594
US-A- 2 872 846
US-A- 3 148 587
US-A- 4 658 699
US-A-46 401 80
IEEE Transactions on Magnetism, Band
MAG-18, Nr. 1, January 1982, IEEE (New York,
US), S.A. Goldstein et. al.: "The MAID system -
data base and design issues", pages 105-114

(56) Entgegenhaltungen :
Raumfahrtforschung, vol. 17, part 4, July-
August 1973, E. Igenbergs: "Ein magnetogas-
dynamischer Beschleuniger für die Simulation
von Mikrometeoroiden"; pages 175-181
IEEE Transactions on magnetism, vol. MAG-22,
Nr. 6, November 1986, IEEE (New York, N.Y.,
US), E. Igenbergs et. al.: "The TUM/LPT elec-
tromagnetic launchers", pages 1536-1541

(73) Patentinhaber : **IGENWERT GMBH**
Rauchstrasse 5
D-81679 München (DE)

(72) Erfinder : **IGENBERGS, Eduard**
Hiltenspergerstr. 53
D-8000 München 40 (DE)
Erfinder : **ROTT, Martin**
Schwabmayrstr. 2
D-8042 Oberschleißheim (DE)

(74) Vertreter : **Dipl.-Phys.Dr. Manitz Dipl.-Ing.**
Finsterwald Dipl.-Ing. Grämkow Dipl.Chem.Dr.
Heyn Dipl.Phys. Rotermond Morgan,
B.Sc.(Phys.)
Postfach 22 16 11
D-80506 München (DE)

EP 0 413 739 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

Die Erfindung betrifft einen elektrothermalen Beschleuniger nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie des Patentanspruchs 8.

Ein einfacher, dem Stand der Technik angehörender elektrothermaler Beschleuniger ist beispielhaft in Figur 1 dargestellt.

In dieser Figur bezeichnet das Bezugszeichen 1 eine erste Elektrode, das Bezugszeichen 2 eine integral mit einem Lauf ausgebildete zweite Elektrode, das Bezugszeichen 3 einen Brennraum, das Bezugszeichen 4 ein Projektil, das Bezugszeichen 5 einen den Brennraum 3 umgebenden Isolator 5, das Bezugszeichen 6 einen weiteren Isolator und das Bezugszeichen 7 eine axiale Halterung. Die Beschleunigungsrichtung des Projektils 4 ist in Pfeilrichtung.

Ferner ist der Figur 1 ein mit den Elektroden 1, 2 in Verbindung stehender Stromkreis mit einem Schalter und einer Kondensatorbank 10 zu entnehmen. Die Entladung der Kondensatorbank 10 wird über den Schalter 9, der vorzugsweise ein Ignitionsschalter ist, zur Elektrode 1 geleitet. Zwischen dieser Elektrode 1 und der Elektrode 2 wird ein Metalldraht oder eine Metallfolie eingebracht. Beim Schließen des Schalters 9 wird dieser Draht bzw. diese Folie durch den fließenden elektrischen Strom aufgeheizt, verdampft und ionisiert. Es entsteht ein unter hohem Druck stehendes Gas mit hoher Temperatur, das auch als Hochdruckplasma bezeichnet wird. Vorzugsweise wird als Metalldraht bzw. Metallfolie ein Material verwendet, das - wie Aluminium oder Lithium - ein geringes spezifisches Gewicht hat, weil dann für die Beschleunigung des sich daraus bildenden Gases möglichst wenig Energie aufgewendet werden muß. Dieses Hochdruckplasma expandiert dann in den an der Elektrode 2 beginnenden Lauf 2 und beschleunigt darin das Projektil 4.

Ein derartiger elektrothermaler Beschleuniger ist auch in der US-A-3,148,587 beschrieben. Dabei weist der in Figur 1 der US-A-3,148,587 dargestellte Beschleuniger am hinteren Ende der Brennkammer eine senkrecht zur Beschleunigungsrichtung orientierte Elektrodenanordnung auf, die einen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Projektils verlaufenden Lichtbogen erzeugt. Unmittelbar hinter der Entladungsstrecke verläuft parallel zu dieser eine die Elektrodenanordnung speisende Stromzuführung.

Tritt in der Entladungsstrecke ein Lichtbogen auf, so wird dieser durch das Magnetfeld, das sich um die hinter ihm verlaufende Stromzuführung ausbildet, in Beschleunigungsrichtung deformiert. Dies bewirkt eine Verstärkung der das Projektil beschleunigenden Gasentladung.

Die vorliegende Erfindung strebt an, bei einem elektrothermalen Beschleuniger der eingangs genannten Art eine Erhöhung der Beschleunigungswirkung des Plasmas zu erzielen.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 8.

Die Figuren 2A und 2B zeigen eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäß ausgebildeten, elektromagnetisch verstärkten Beschleunigers. Dieser elektrothermale Beschleuniger weist einen Brennraum 13 auf, der von einem Kunststoffisolator 16 umgeben ist. Bringt man in diesen Kunststoffisolator 16 geschlossene Leiterringe 17 so an, wie es in den Figuren 2A und 2B gezeigt ist, dann erzeugt der mit der Frequenz der Entladung der Kondensatorbank zeitlich veränderliche Fluß des den von der Elektrode 11 zur Elektrode 12 fließenden elektrischen Strom umgebenden azimuthalen Magnetfelds in diesen Leiterringen 17 einen Strom. Dieser Ringstrom erzeugt über ein zeitlich veränderliches elektromagnetisches Feld eine zusätzliche verlängerte Kompression des Hochdruckplasmas zwischen den Elektroden 11 und 12, diese wird als Theta-Pinch bezeichnet und der Wirkungsgrad des Beschleunigers wird durch die induktive Verstärkung verbessert. Dabei bezeichnet das in Figur 2A dargestellte Bezugszeichen 15 einen die Brennkammer 13 umgebenden HD-Isolator.

Entsprechend der Darstellung in Figur 3 besteht die zweite Stufe des elektrothermalen Leichtgasbeschleunigers aus einem Leichtgasbeschleuniger, wobei der Lauf des elektrothermalen Beschleunigers als Pumprohr 22 ausgebildet ist. Der beschleunigte Kolben 27 bewegt sich in das Pumprohr 22 hinein, das mit unter hohem Druck stehenden Gas 28 geringen spezifischen Gewichts gefüllt ist. Vorzugsweise wird hier Wasserstoff oder Helium verwendet. Der Kolben 27 komprimiert dieses Hochdruckgas 28, bis die am Ende des Pumprohres angebrachte Membrane 20 birst. Dann tritt dieses Hochdruckgas 28 in den Lauf des Beschleunigers ein und beschleunigt das dort eingebrachte Projektil 24.

Ferner ist in Figur 3 ein Isolator 26, ein HD-Isolator 25 sowie ein Schalter 29 und eine Kondensatorbank 30 dargestellt.

Der Vorteil dieser Anordnung ist, daß zur Beschleunigung des Projektils nur noch ein Gas von geringem spezifischen Gewicht, nämlich von dem von Wasserstoff oder Helium, beschleunigt werden muß. Dadurch wird weniger Energie zur Beschleunigung des Gases aufgewendet, und es bleibt mehr Energie zur Beschleunigung des Projektils 24 übrig.

Ein wesentliches Merkmal der Erfindung besteht darin, daß dieser elektrothermale Beschleuniger elektromagnetisch verstärkt ist und diese elektromagnetische Verstärkung aus der gleichen Energie versorgt und mit der gleichen Energiequelle betrieben wird, wie der elektrothermale Beschleuniger als solcher. Damit entfällt eine hierfür einzusetzende zusätzliche Energiequelle mit Schalter und eine Koppelungselektronik. Die hier dargelegten Formen der elektromagnetischen Verstärkung sind zudem so

ausgebildet, daß keinerlei Schalter erforderlich sind.

Die Figuren 4A und 4B zeigen eine zweite vorteilhafte Ausführungsform, bei der die in den Figuren 2A, 2B dargestellte induktiv gekoppelte Verstärkung so ausgeführt ist, daß jede einzelne Windung 37, die für die induktive Verstärkung eingesetzt wird, als RLC-Kreis ausgebildet ist.

Dadurch kann über eine Veränderung der Phase und Amplitude sowie Frequenz dieser RLC-Kreise eine Anpassung der elektromagnetischen Verstärkung erreicht werden. Dies führt zu einer optimalen Anordnung des Gesamtgerätes, sowohl in einstufiger wie in zweistufiger Ausführung.

In der Figur 4A bezeichnet dabei das Bezugszeichen 38 einen Kondensator des RLC-Kreises, das Bezugszeichen 31 eine erste Elektrode, das Bezugszeichen 32 eine mit dem Lauf ausgebildete zweite Elektrode, das Bezugszeichen 35 einen HD-Isolator, das Bezugszeichen 36 einen Isolator und das Bezugszeichen 33 die Brennkammer.

Die Figuren 5A und 5B zeigen eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung, bei der die die induktive Kopplung bewirkende Spule 47 aus mehreren Windungen besteht.

Insbesondere kann die elektromagnetische Verstärkung durch eine einzelne Spule 47 mit mehreren Windungen durchgeführt werden, die torusförmig um den Entladungsraum des elektrothermalen Beschleunigers angeordnet ist.

Ferner ist in Figur 5A eine erste Elektrode 41, eine im Lauf ausgebildete zweite Elektrode 42, ein HD-Isolator 45 und ein Isolator 46 erkennbar.

Die Figuren 6A und 6B zeigen eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung, bei der die Spule 57 wiederum als Teil eines RLC-Kreises ausgebildet ist.

Der RLC-Kreis umfaßt einen Kondensator 58 und die Figur 6A zeigt ferner eine erste Elektrode 51, eine zweite im Lauf ausgebildete Elektrode 52, einen Brennraum 53 sowie einen HD-Isolator 55 und einen Isolator 56.

Die Figuren 7A und 7B zeigen eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung, bei der der Strom zu der hinteren Elektrode 61 dieses elektrothermalen Beschleunigers so geleitet wird, daß er eine Spule 67 mit mindestens einer Windung durchläuft, die den Brennraum 63 des elektrothermalen Beschleunigers umgibt. Das von dieser Spule 67 erzeugte, zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld bewirkt eine magnetogasdynamische Kompression des im Brennraum 63 entstandenen Plasmas (Theta-Pinch) und damit eine elektromagnetische Verstärkung des Beschleunigers.

Ferner ist in Figur 7A eine im Lauf integrierte zweite Elektrode 62, ein HD-Isolator 65 sowie ein Isolator 66 dargestellt.

Der elektrothermale Leichtgasbeschleuniger besteht jeweils aus einer elektrothermalen ersten Stufe, welche aus einem einfachen elektrothermalen Be-

schleuniger, vorzugsweise jedoch aus einem elektromagnetisch verstärkten elektrothermalen Beschleuniger besteht, wie er vorstehend anhand der verschiedenen Ausführungsvarianten erläutert worden ist, und einem Leichtgasbeschleuniger als zweiter Stufe. In letzterem Fall ist die Anordnung die gleiche, wie sie in Figur 3 für den einfachen elektrothermalen Beschleuniger angegeben ist, wobei die jeweils benutzte Ausführungsform der elektromagnetischen Verstärkung so wie sie in den Figuren 2A, 2B, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B und 7A, 7B dargestellt ist, hinzuzufügen ist.

Die Figuren 8A bis 8F zeigen eine Ausführungsform des Beschleunigers, bei dem der elektrische Strom, der von dem Magnetfeld, das der im Brennraum 73 verlaufende Lichtbogen erzeugt, und induziert wird, durch eine Leiterschleife 77 mit einem Kondensator 78 geleitet wird, die den Brennraum 73 ringförmig umgibt.

Ferner ist in den Figuren 8A bis 8F eine erste Elektrode 71, eine mit dem Lauf integrale zweite Elektrode 72 sowie ein HD-Isolator 75 sowie ein Kunststoffisolator 76 dargestellt.

Der zeitlich veränderliche Strom in dieser Leiterschleife 77 erzeugt einen entgegengesetzt gerichteten Strom im Lichtbogenplasma im Brennraum 73. Die Wechselwirkung des Stromes in der ringförmigen Leiterschleife 77 mit dem induzierten Ringstrom in dem Lichtbogenplasma bewirkt eine axiale Beschleunigung des Lichtbogenplasmas und damit eine zusätzliche Beschleunigung des Projektils und einen besseren Wirkungsgrad des Beschleunigers.

Die elektromagnetische Verstärkung erfolgt also, wie bereits dargestellt, entweder

- direkt, indem die Stromzu- oder -abführung zur Erzeugung eines zeitlich veränderlichen Magnetfeldes benutzt wird, vgl. die Figuren 7A, 7B,
- induktiv, wobei das Magnetfeld der Lichtbogenentladung im Brennraum des Beschleunigers in einer Sekundärspule einen Strom erzeugt, der zur elektromagnetischen Verstärkung benutzt wird (vgl. die Figuren 2A, 2B, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B und 8A bis 8F).

Bei der induktiven Verstärkung muß die Wirkung des in der Sekundärspule induzierten Stromes entweder von dieser Sekundärspule oder von einer von dieser Sekundärspule gespeisten Stromschleife aus erfolgen. Diese Stromschleife wird an geeigneter Stelle um den Brennraum angeordnet. Der durch diese Leiterschleife fließende zeitlich veränderliche Strom erzeugt am Ort des primären Lichtbogens im Brennraum ein vorwiegend axiales Magnetfeld, und dessen zeitliche Änderung führt zu einem Ringstrom, der in der gleichen Ebene fließt, wie der Strom in der Leiterschleife, diesem aber entgegengesetzt gerichtet ist. Beide Stromschleifen stoßen sich ab und es ergibt sich eine auf das Lichtbogenplasma wirkende

axiale Kraft, die das Plasma zusätzlich beschleunigt und damit eine Verstärkung der Projektilbeschleunigung bewirkt.

Diese Anordnung kann von

- einer Sekundärschleife zu einer Leiterschleife,
- einem Sekundärspulentorus zu einer Leiterschleife,
- sowie zu mehreren, entlang der Plasmaströmung angeordneten Leiterschleifen führen.

In allen diesen Fällen ist zu erwarten, daß die Beschleunigung des Projektils verstärkt wird, dies würde im gasdynamischen Modell einer Anordnung mit "mitbewegtem Brennraum" entsprechen.

Patentansprüche

1. Elektrothermaler Beschleuniger zum Beschleunigen eines Projektils (4, 24) bestehend aus

- einer an einem Ende verschlossenen und am gegenüberliegenden Ende in einen Lauf (2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) mündenden Brennkammer (3, 13, 33, 53, 73),
- einer im Bereich des verschlossenen Endes der Brennkammer (3, 13, 33, 53, 73) vorgesehenen ersten Elektrode (1, 11, 31, 41, 51, 71) und einer im Verbindungsbereich zwischen Brennkammer und Lauf vorgesehenen zweiten Elektrode (2, 12, 22, 32, 42, 52, 72),
- einer die Brennkammer (3, 13, 33, 53, 73) umgebenden Leiteranordnung (17, 37, 47, 57, 77), sowie vor Inbetriebnahme des Beschleunigers aus
- einem abdichtend im Lauf vorgesehenen, längs der Laufachse verschiebbaren Projektil (4, 24) und
- einem in der Brennkammer (3, 13, 33, 53, 73) die Elektroden (1, 11, 31, 41, 51, 71; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) elektrisch verbindenden Metalleiter,

wobei der Metalleiter beim Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden (1, 11, 31, 41, 51, 71; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) unter Überdruckentwicklung verdampft und zumindest teilweise ionisiert und dabei das Projektil (4, 24) im Lauf (2, 12, 32, 42, 52, 72) beschleunigt wird, und wobei ein die Leiteranordnung (17, 37, 47, 57, 77) durchfließender Strom eine elektromagnetische Verstärkung der Gasentladung in der Brennkammer (3, 13, 33, 53, 73) verursacht, dadurch **gekennzeichnet**,

- daß die Leiteranordnung (17, 37, 47, 57, 77) zumindest eine Windung aufweist, die in induktiver Kopplung zu der Elektrodenanordnung (1, 11, 31, 41, 51, 71; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) steht, und

- bei einem Stromfluß zwischen den Elektroden (1, 11, 31, 41, 51, 71; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) ein Magnetfeld erzeugt, dessen Symmetrieachse mit der des Beschleunigers zusammenfällt.

2. Beschleuniger nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Kapazität (38, 58, 78) in Serie an die Windung(en) der Leiteranordnung (37, 57, 77) angeschlossen ist.

3. Beschleuniger nach Anspruch 1 und 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Leiteranordnung (17, 37, 47, 57, 77) aus einer die Brennkammer umlaufenden geschlossenen Leiterschleife (47, 57, 77) besteht.

4. Beschleuniger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Leiteranordnung (17, 37, 47, 57, 77) aus einer Mehrzahl von elektrisch gegeneinander isolierten, in Umfangsrichtung unter im wesentlichen gleichen Abständen um die Brennkammer herum angeordneten Einzelwindungen (17, 37, 87) besteht.

5. Beschleuniger nach Anspruch 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, die Leiteranordnung (17, 37, 47, 57, 77) eine eine Vielzahl von Windungen aufweisende Spule (47, 57) ist.

6. Beschleuniger nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Kapazität (58) in Serie an die Spule (57) angeschlossen ist.

7. Beschleuniger nach Anspruch 5 oder 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Spule (47, 57) torusförmig um die Brennkammer des elektrothermalen Beschleunigers herumgeführt ist.

8. Elektrothermaler Beschleuniger zum Beschleunigen eines Projektils, bestehend aus

- einer an einem Ende verschlossenen und am gegenüberliegenden Ende in einen Lauf (67) mündenden Brennkammer (63),
- einer im Bereich des verschlossenen Endes der Brennkammer (63) vorgesehenen ersten Elektrode (61) und einer im Verbindungsbereich zwischen Brennkammer (63) und Lauf (67) vorgesehenen zweiten Elektrode (62),
- einer die Brennkammer (63) umgebenden, mit einer der Elektroden (61; 62) in elektrischer Verbindung stehenden, eine Win-

- dung aufweisenden Leiteranordnung (67), sowie vor Inbetriebnahme des Beschleunigers aus
- einem abdichtend im Lauf (62) vorgesehen, längs der Laufachse verschiebbaren Projektil und
 - einem in der Brennkammer (63) die Elektroden (61; 62) elektrisch verbindenden Metalleiter,
- wobei der Metalleiter beim Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden (61; 62) unter Überdruckentwicklung verdampft und zumindest teilweise ionisiert und dabei das Projektil im Lauf (62) beschleunigt wird, und wobei ein die Leiteranordnung (67) durchfließender Strom eine elektromagnetische Verstärkung der Gasentladung in der Brennkammer (63) verursacht, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Windung bei einem Stromfluß zwischen den Elektroden (61; 62) ein Magnetfeld erzeugt, dessen Symmetrieachse mit der des Beschleunigers zusammenfällt.
9. Beschleuniger nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Leiteranordnung (67) aus einer in Serie mit der ersten Elektrode (61) verbundenen, die Brennkammer (63) umgebenden Einzelwindung besteht.
10. Beschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die elektromagnetische Verstärkung durch eine Kombination von wenigstens zwei, insbesondere zumindest zum Teil unterschiedlich ausgebildeten elektromagnetischen Leiteranordnungen (17, 37, 47, 57, 67, 77) erfolgt.
11. Beschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein an die Brennkammer (3, 13, 33, 53, 63, 73) anschließender Abschnitt des Laufes (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72) als Pumprohr (22) ausgebildet ist, an dem der Brennkammer zugewandten Ende ein im Pumprohr verschieblich abdichtender Kolben (27) vorgesehen ist, und dessen anderes Ende durch eine berstfähige, in Beschleunigungsrichtung hinter dem Projektil (24) angeordnete Membran (20) verschlossen ist.
12. Beschleuniger nach Anspruch 11, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Pumprohr (22) mit einem Gas (28) geringen spezifischen Gewichts, insbesondere Wasserstoff oder Helium gefüllt ist.

Claims

1. Electrothermal accelerator for the acceleration of a projectile (4, 24) comprising
 - a combustion chamber (3, 13, 33, 53, 73) which is closed at one end and which opens into a barrel (2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) at the opposite end,
 - a first electrode (1, 11, 31, 41, 51, 71) provided in the region of the closed end of the combustion chamber (3, 13, 33, 53, 73) and a second electrode (2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) provided in the connection region between the combustion chamber and the barrel,
 - a conductor arrangement (17, 37, 47, 57, 77) surrounding the combustion chamber (3, 13, 33, 53, 73), and, before starting operation of the accelerator,
 - a projectile (4, 24) which is provided in the barrel in a sealing manner and which can be displaced along the barrel axis, and
 - a metallic conductor which electrically connects the electrodes (1, 11, 31, 41, 51, 71; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) in the combustion chamber (3, 13, 33, 53, 73),
 wherein the metallic conductor vaporises and at least partially ionises with the generation of excess pressure upon the application of a voltage between the electrodes (1, 11, 31, 41, 51, 71; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) with the projectile (4, 24) being accelerated in the barrel (2, 12, 32, 42, 52, 72), and wherein a current flowing through the conductor arrangement (17, 37, 47, 57, 77) brings about an electromagnetic amplification of the gas discharge in the combustion chamber (3, 13, 33, 53, 73), characterised in that
 - the conductor arrangement (17, 37, 47, 57, 77) has at least one winding which is inductively coupled with the electrode arrangement (1, 11, 31, 41, 51, 71; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72), and
 - generates a magnetic field during a current flux between the electrodes (1, 11, 31, 41, 51, 71; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72), with the axis of symmetry of the magnetic field coinciding with that of the accelerator.
2. Accelerator in accordance with claim 1, characterised in that a capacitance (38, 58, 78) is connected in series to the winding(s) of the conductor arrangement (37, 57, 77).
3. Accelerator in accordance with claim 1 and 2, characterised in that

the conductor arrangement (17, 37, 47, 57, 77) comprises a closed conductor loop (47, 57, 77) extending around the combustion chamber.

4. Accelerator in accordance with claim 1 or 2, characterised in that the conductor arrangement (17, 37, 47, 57, 77) comprises a plurality of individual windings (17, 37, 87) which are electrically insulated from one another and which are arranged around the combustion chamber in the peripheral direction at essentially equal distances.
5. Accelerator in accordance with claim 1 to 3, characterised in that the conductor arrangement (17, 37, 47, 57, 77) comprises a coil (47, 57) having a plurality of windings.
6. Accelerator in accordance with claim 5, characterised in that a capacitance (58) is connected in series to the coil (57).
7. Accelerator in accordance with claim 5 or 6, characterised in that the coil (47, 57) is guided in a toroidal manner around the combustion chamber of the electrothermal accelerator.
8. Electrothermal accelerator for the acceleration of a projectile, comprising
 - a combustion chamber (63) which is closed at one end and which opens into a barrel (67) at the opposite end,
 - a first electrode (61) provided in the region of the closed end of the combustion chamber (63) and a second electrode (62) provided in the connection region between the combustion chamber (63) and the barrel (62),
 - a conductor arrangement (67) having one winding, which surrounds the combustion chamber (63) and which is electrically connected with one of the electrodes 61; 62), and, before starting operation of the accelerator,
 - a projectile which is provided in the barrel (62) in a sealing manner and which can be displaced along the barrel axis, and
 - a metallic conductor which electrically connects the electrodes (61; 62) in the combustion chamber (63),

wherein the metallic conductor vaporises and at least partially ionises with the generation of excess pressure upon the application of a voltage between the electrodes (61; 62) with the projectile being accelerated in the barrel (62), and

wherein a current flowing through the conductor arrangement (67) brings about an electromagnetic amplification of the gas discharge in the combustion chamber (63),

characterised in that

the winding generates a magnetic field during a current flux between the electrodes (61; 61), with the axis of symmetry of the magnetic field coinciding with that of the accelerator.

9. Accelerator in accordance with claim 8, characterised in that the conductor arrangement (67) comprises a single winding which is connected in series with the first electrode (61) and which surrounds the combustion chamber (63).
10. Accelerator in accordance with one of the preceding claims, characterised in that the electromagnetic amplification takes place through a combination of at least two electromagnetic conductor arrangements (17, 37, 47, 57, 67, 77) which are in particular at least partly differently constructed.
11. Accelerator in accordance with one of the preceding claims, characterised in that a section of the barrel (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72) following the combustion chamber (3, 13, 33, 53, 63, 73) is formed as a pump tube (22) with a piston (27) which is movable in a sealing manner being provided at the end of the pump tube which faces the combustion chamber, and with the other end of the pump tube being closed by a membrane (20) which is able to burst and which is arranged behind the projectile (24) in the direction of acceleration.
12. Accelerator in accordance with claims 11, characterised in that the pump tube (22) is filled with a gas (28) of low specific weight, in particular with hydrogen or helium.

Revendications

1. Accélérateur électrothermique pour accélérer un projectile (4, 24), comprenant
 - une chambre de combustion (3, 13, 33, 53, 73) qui est fermée à l'une de ses extrémités et qui, à son extrémité opposée, débouche dans un canon (2, 12, 22, 32, 42, 52, 72),
 - une première électrode (1, 11, 31, 41, 51, 71) prévue dans la zone de l'extrémité fermée de la chambre de combustion (3, 13,

- 33, 53, 73) et une seconde électrode (2, 12, 22, 32, 42, 52, 72) prévue dans la zone de connexion entre la chambre de combustion et le canon,
- un agencement conducteur (17, 37, 47, 57, 77) qui entoure la chambre de combustion (3, 13, 33, 53, 73),
- et comprenant, avant la mise en marche de l'accélérateur,
- un projectile (4, 24) disposé de manière étanche dans le canon et pouvant se déplacer le long de l'axe du canon, et
 - un conducteur métallique qui, dans la chambre de combustion (3, 13, 33, 53, 73), relie électriquement les électrodes (1, 11, 31, 41, 51, 71 ; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72),
- le conducteur métallique étant vaporisé, lors de l'application d'une tension entre les électrodes (1, 11, 31, 41, 51, 71 ; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72), en formant une surpression, et étant au moins partiellement ionisé, ce qui a pour effet d'accélérer le projectile (4, 24) dans le canon (2, 12, 32, 42, 52, 72), et un courant parcourant l'agencement conducteur (17, 37, 47, 57, 77) provoquant une amplification électromagnétique de la décharge gazeuse dans la chambre de combustion (3, 13, 33, 53, 73),
- caractérisé en ce que
- l'agencement conducteur (17, 37, 47, 57, 77) comporte au moins un enroulement qui est couplé de manière inductive à l'agencement d'électrodes (1, 11, 31, 41, 51, 71 ; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72), et
 - produit, en présence d'un passage de courant entre les électrodes (1, 11, 31, 41, 51, 71 ; 2, 12, 22, 32, 42, 52, 72), un champ magnétique dont l'axe de symétrie coïncide avec celui de l'accélérateur.
2. Accélérateur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un condensateur (38, 58, 78) est relié en série à l'enroulement ou aux enroulements de l'agencement conducteur (37, 57, 77).
3. Accélérateur selon la revendication 1 et 2, caractérisé en ce que l'agencement conducteur (17, 37, 47, 57, 77) comprend une boucle conductrice (47, 57, 77) fermée qui entoure la chambre de combustion.
4. Accélérateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'agencement conducteur (17, 37, 47, 57, 77) comprend une pluralité d'enroulements individuels (17, 37, 87) isolés électriquement les uns par rapport aux autres et disposés autour de la chambre de combustion dans le sens circonférentiel à des intervalles sensiblement identiques.
5. Accélérateur selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'agencement conducteur (17, 37, 47, 57, 77) est une bobine (47, 57) comportant une pluralité d'enroulements.
6. Accélérateur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'un condensateur (58) est relié en série à la bobine (57).
7. Accélérateur selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que la bobine (47, 57) entoure la chambre de combustion de l'accélérateur électrothermique à la manière d'un tore.
8. Accélérateur électrothermique pour accélérer un projectile, comprenant
- une chambre de combustion (63) qui est fermée à l'une de ses extrémités et qui, à son extrémité opposée, débouche dans un canon (67),
 - une première électrode (61) prévue dans la zone de l'extrémité fermée de la chambre de combustion (63) et une seconde électrode (62) prévue dans la zone de connexion entre la chambre de combustion (63) et le canon (62),
 - un agencement conducteur (67) qui entoure la chambre de combustion (63), qui est en contact électrique avec l'une des électrodes (61 ; 62) et qui comporte un enroulement,
- et comprenant, avant la mise en marche de l'accélérateur,
- un projectile disposé de manière étanche dans le canon (62) et pouvant se déplacer le long de l'axe du canon, et
 - un conducteur métallique qui, dans la chambre de combustion (63), relie électriquement les électrodes (61 ; 62),
- le conducteur métallique étant vaporisé, lors de l'application d'une tension entre les électrodes (61 ; 62), en formant une surpression et étant au moins partiellement ionisé, ce qui a pour effet d'accélérer le projectile dans le canon (62), et un courant parcourant l'agencement conducteur (67) provoquant une amplification électromagnétique de la décharge gazeuse dans la chambre de combustion (63), caractérisé en ce que l'enroulement produit, en présence d'un passage de courant entre les électrodes (61 ; 62), un champ magnétique dont l'axe de symétrie coïncide avec celui de l'accélérateur.
9. Accélérateur selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'agencement conducteur (67) comprend un enroulement individuel qui est relié en série à la première électrode (61) et qui entoure la chambre de combustion (63).

10. Accélérateur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'amplification électromagnétique s'effectue par une combinaison d'au moins deux agencements conducteurs électromagnétiques (17, 37, 47, 57, 67, 77) qui, en particulier au moins en partie, sont de conception différente. 5
11. Accélérateur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une partie du canon (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72) reliée à la chambre de combustion (3, 13, 33, 53, 63, 73) est conçue sous la forme d'un tube de pompage (22), à l'extrémité duquel, ladite extrémité étant tournée vers la chambre de combustion, est prévu un piston (27) coulissant de manière étanche dans le tube de pompage et dont l'autre extrémité est fermée par une membrane éclatable (20) disposée derrière le projectile (24) dans le sens d'accélération. 10 15 20
12. Accélérateur selon la revendication 11, caractérisé en ce que le tube de pompage (22) est rempli avec un gaz (28) de faible poids spécifique, en particulier d'hydrogène ou d'hélium. 25

30

35

40

45

50

55

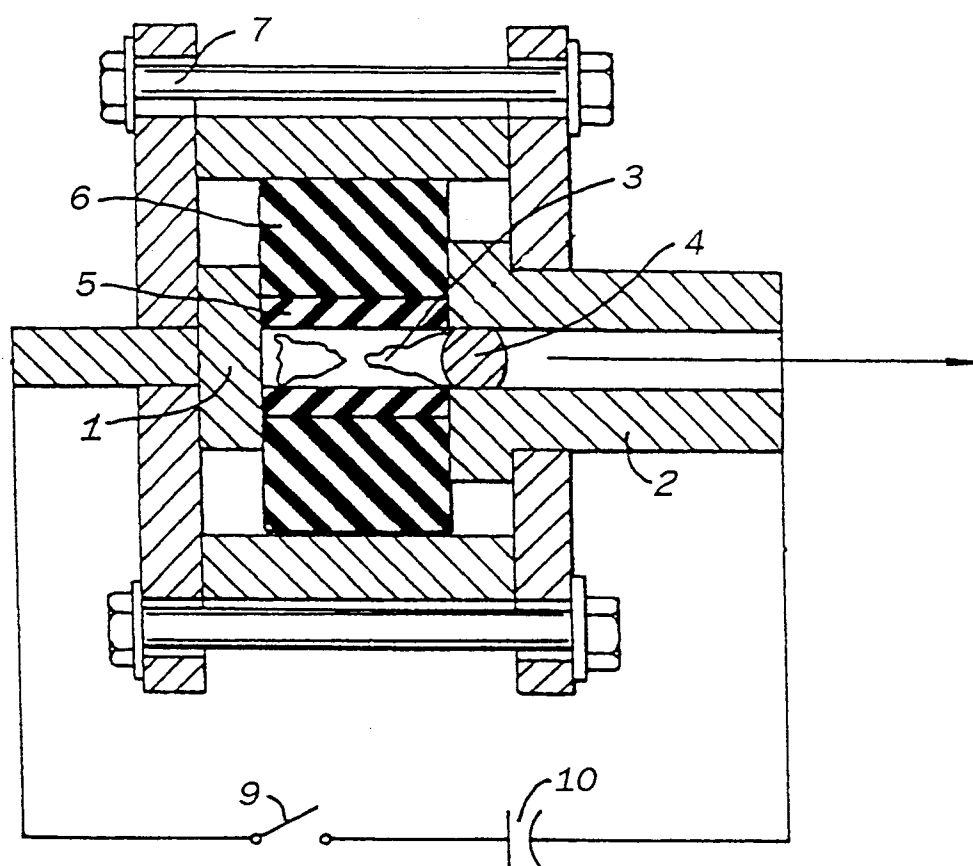


FIG. 1.

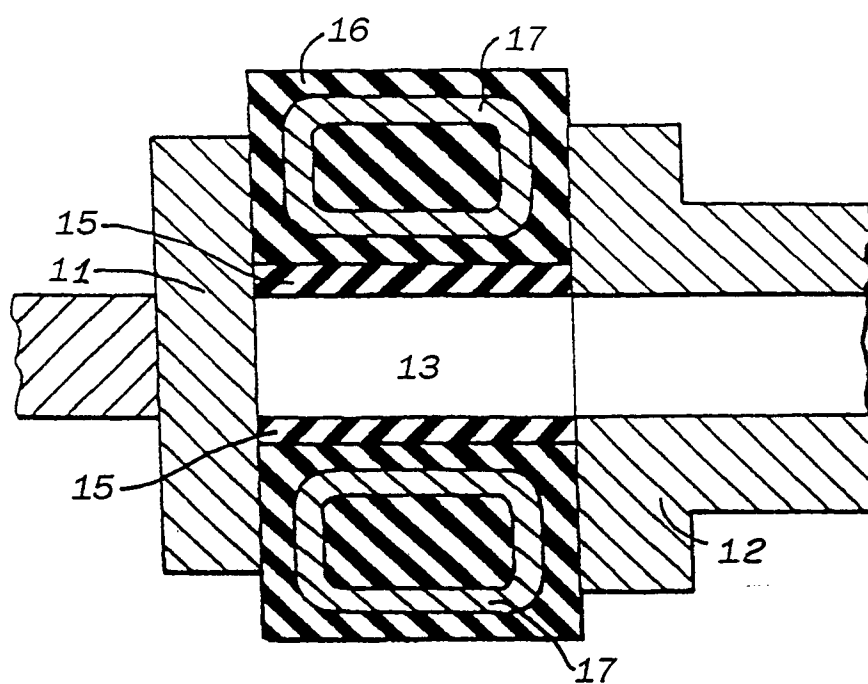


FIG. 2A.

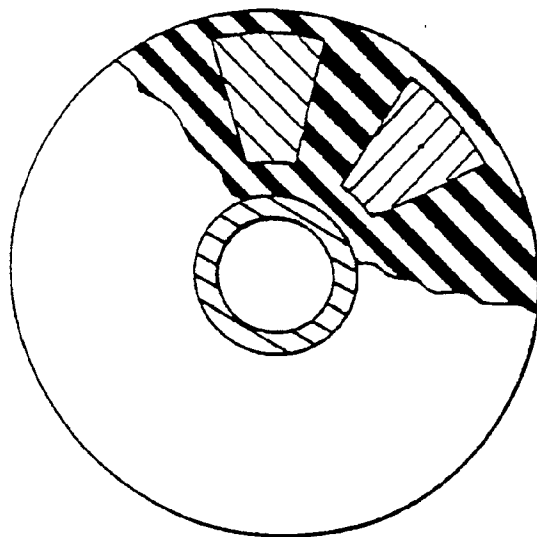


FIG. 2B.

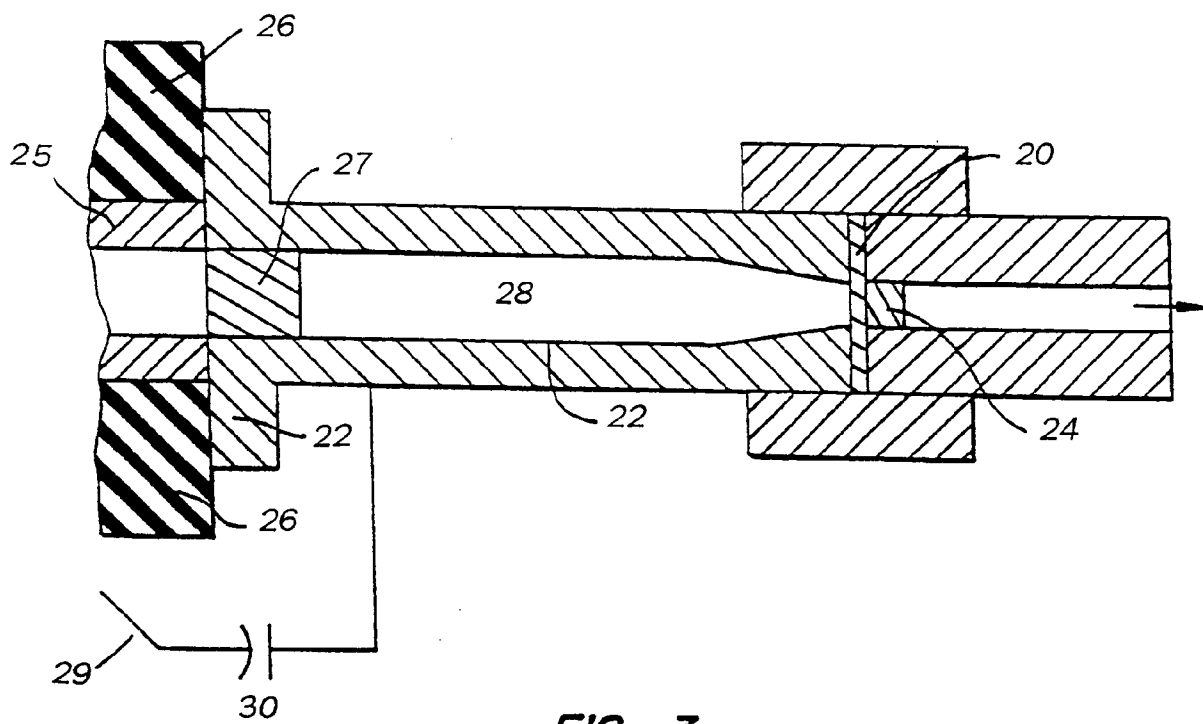


FIG. 3.

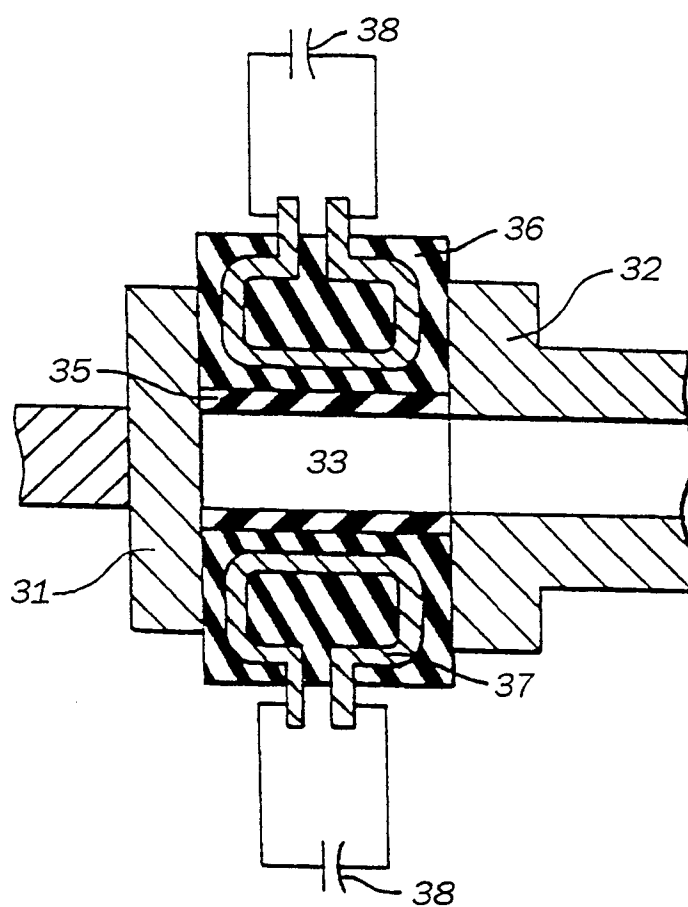


FIG. 4A.

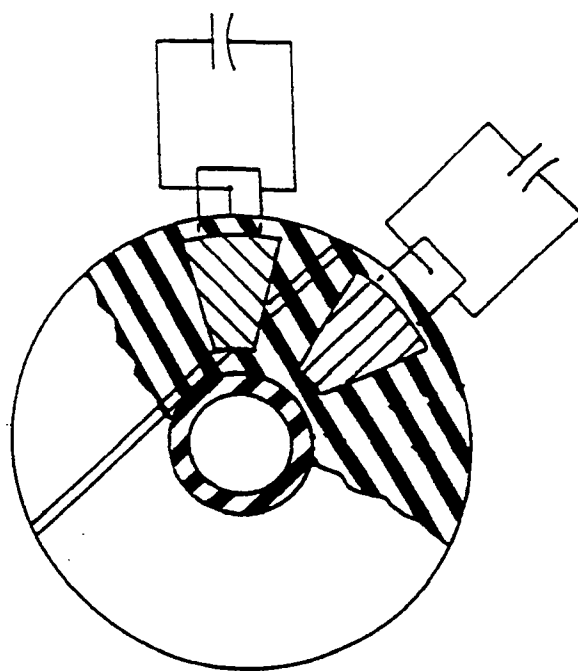


FIG. 4B.

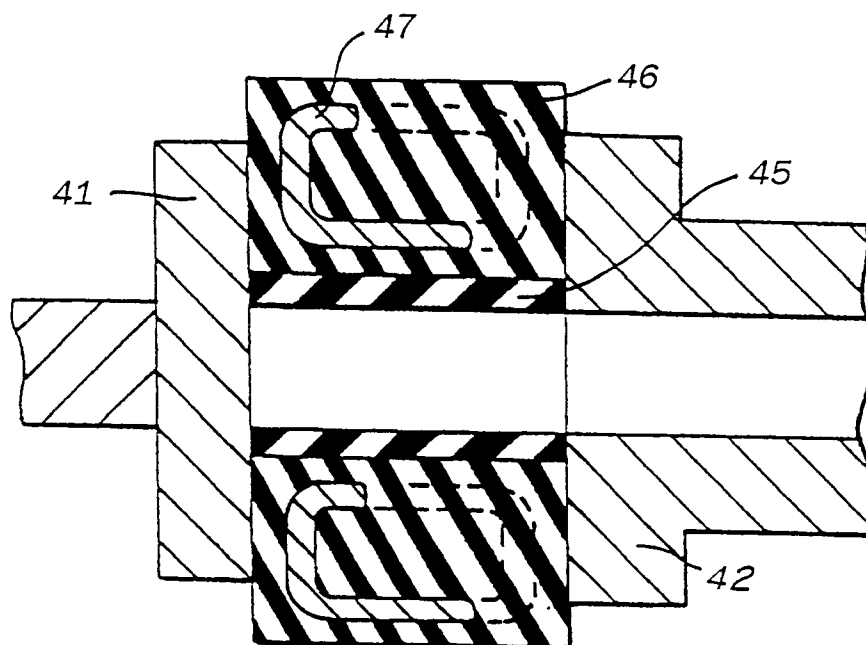


FIG. 5A.

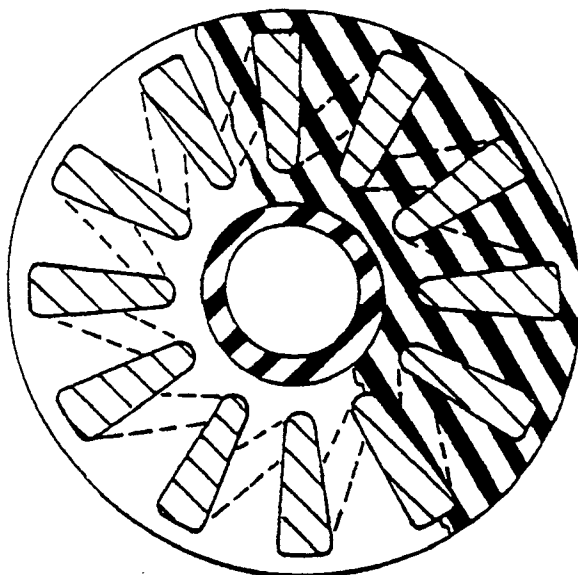
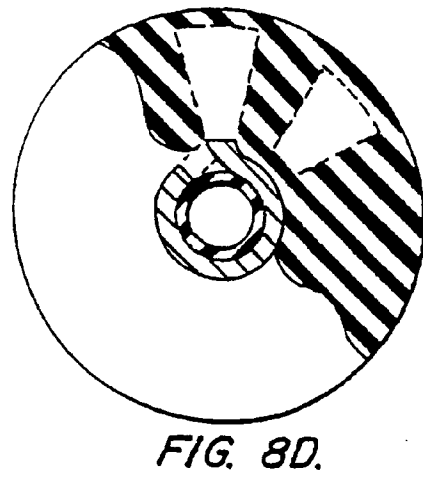
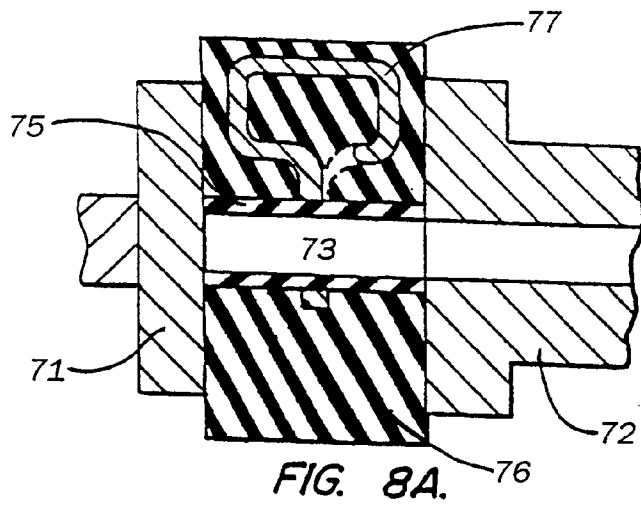
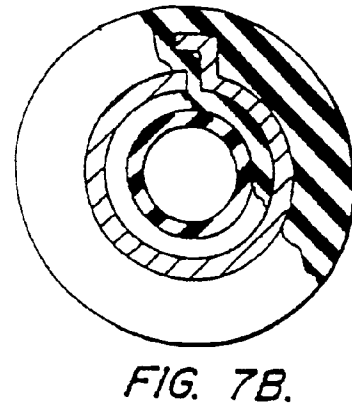
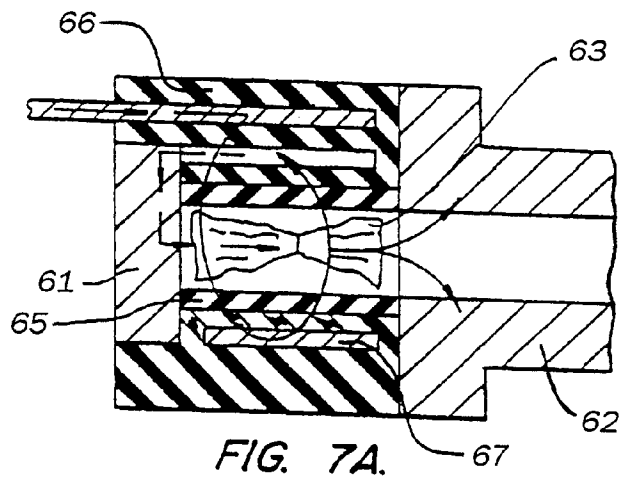
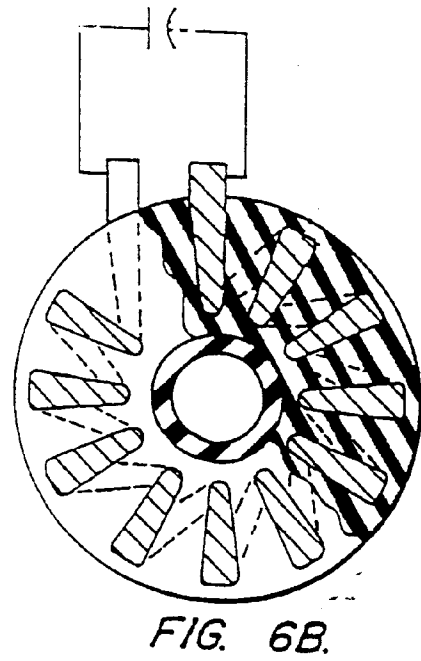
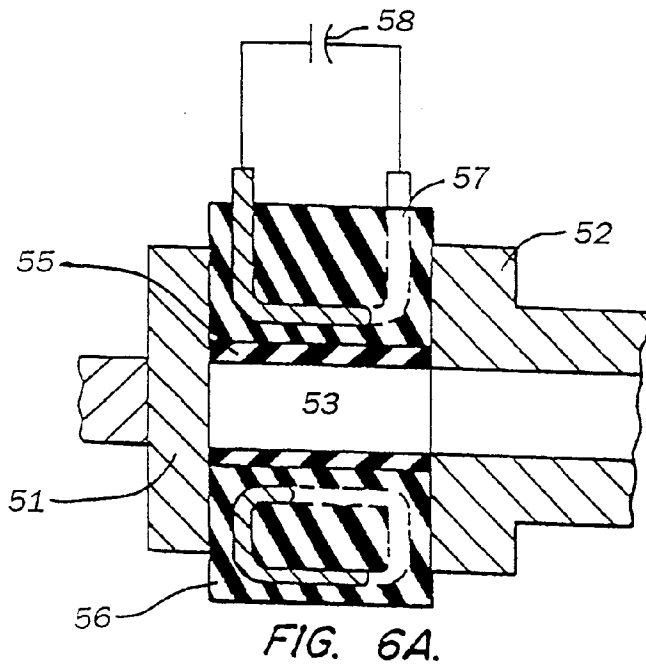


FIG. 5B.



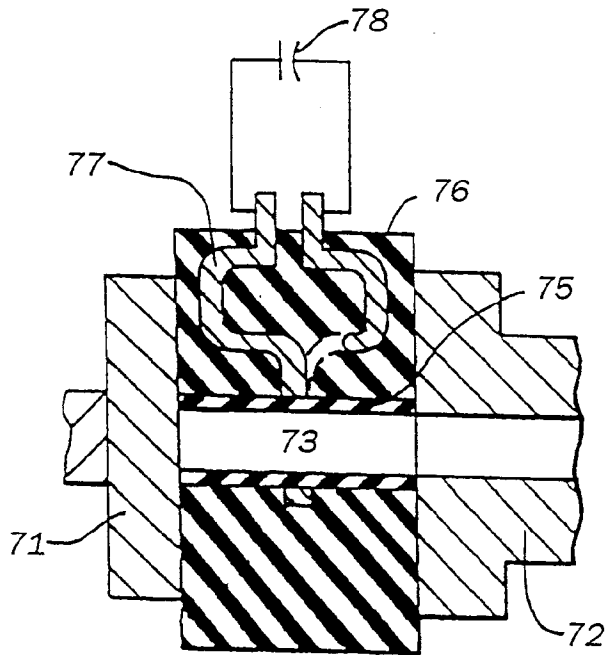


FIG. 8B.

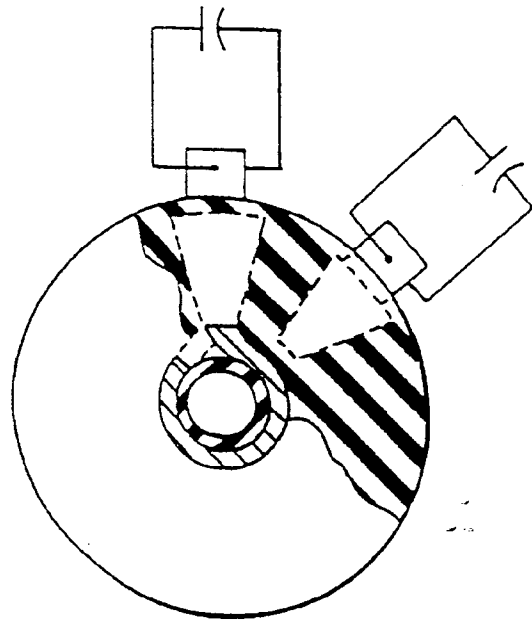


FIG. 8E.

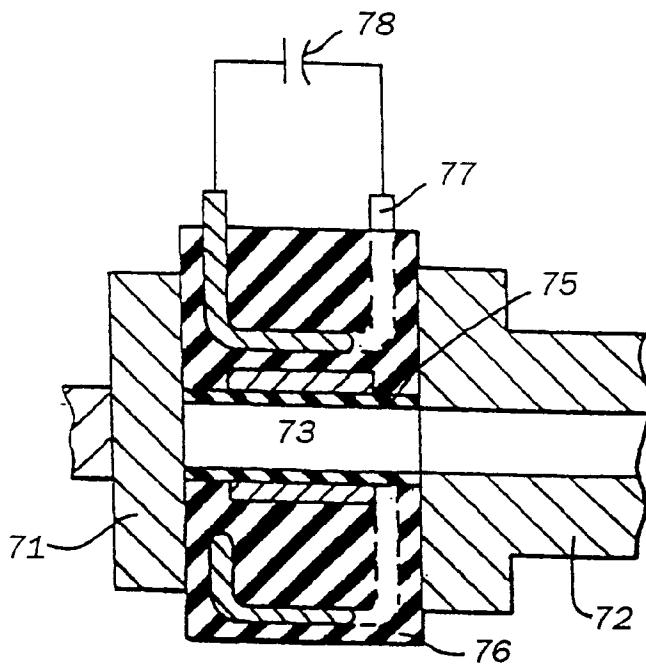


FIG. 8C.

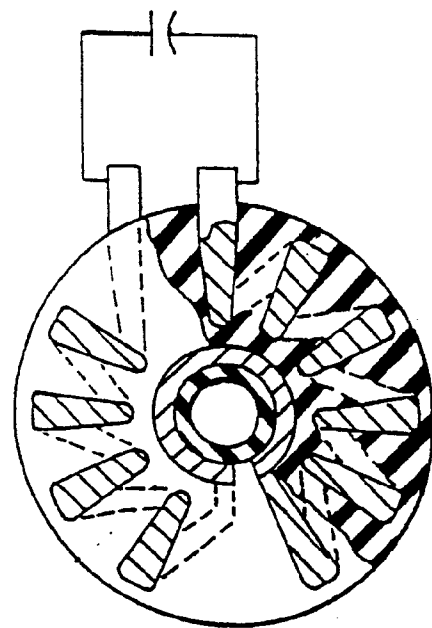


FIG. 8F.