

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **704 345 B1**

(51) Int. Cl.: **B23H** 1/02 (2006.01)
B28D 1/00 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00814/08

(22) Anmeldedatum: 29.05.2008

(24) Patent erteilt: 13.07.2012

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.07.2012

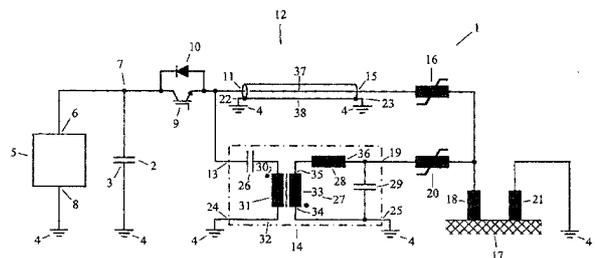
(73) Inhaber:
ETH Zürich, Raemistrasse 101 / ETH transfer
8092 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
Jürgen Biela, 8004 Zürich (CH)
Johann W. Kolar, 8044 Zürich (CH)
Dominik Bortis, 8046 Zürich (CH)
Christoph Marxgut, 6850 Dornbirn (AT)

(74) Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro AG, Postfach 1771
8032 Zürich (CH)

(54) **Vorrichtung zur Erzeugung von Hochenergieimpulsen zur Bearbeitung von Gestein.**

(57) Vorrichtung (1) zum Fräsen und Bohren von Gestein mit Hochenergieimpulsen: Ein Pulscondensator (2) wird geladen und dessen Spannung über einen elektronischen Leistungsschalter (9) an eine Zündvorrichtung (14) und damit an die Primärwicklung (31) eines Zündtransformators (27) gelegt. Über dessen Sekundärwicklung (33) tritt sprunghaft eine hohe Spannung auf, welche eine Schwingung eines nachgeordneten, aus einer Serieninduktivität (28) und einer Parallelkapazität (29) gebildeten Schwingkreises anregt. Die Spannung über der Parallelkapazität (29) erreicht so nach einer Schwingungshalbperiode den zweifachen Wert der Sekundärspannung und wird dann über Sättigung einer Zündspannungsstufendrossel (20) an eine erste Elektrode (18) gelegt und so eine Entladung im Gestein zur zweiten Elektrode (21) gezündet. Über den elektronischen Leistungsschalter (9) kann dann über eine Entladestromzuführung (12) ein hoher Entladestrom fließen und eine hohe Energie in das Gestein eingebracht werden, welche zum Abtrag von Material führt. Nach Entladung des Pulscondensators (2) wird der elektronische Leistungsschalter (9) wieder gesperrt.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Zum Fräsen und Bohren von Gestein werden neben mechanischen Werkzeugen auch elektrische Entladungen eingesetzt, welche zwischen zwei in der Nähe des Werkstücks angeordneten oder auf dem Werkstück aufliegenden Elektroden ausserhalb oder innerhalb des Gesteins stattfinden. Die gesamte Anordnung befindet sich vielfach in einem Wasserbad. Im Falle einer äusseren Entladung wird eine Druckwelle ausgelöst, welche Teile des Werkstücks ablöst. Im Falle einer inneren Entladung bildet sich im Werkstück ein Entladungskanal, wobei der damit verbundene hohe Druck ebenfalls zur Absprengung von Werkstückteilen führt, womit z.B. Nuten ausgefräst oder Sacklöcher oder Bohrungen erstellt werden können. Da die zugeführte Energie weitgehend in das Werkstück eingebracht wird, ist das Verfahren der inneren Entladung bezüglich des Energieeinsatzes effizienter und daher der äusseren Entladung vorzuziehen.

[0002] Wie Untersuchungen zeigen, kann eine innere Entladung nur bei extrem raschem Spannungsaufbau zwischen den Elektroden ausgelöst werden. Nur dann ist die dielektrische Festigkeit des Gesteins geringer als jene des umgebenden Wassers. Eine weitere Forderung ist die Zuführung grosser Ströme nach Einsetzen der Entladung, da nur so hohe Energie in das Werkstück eingebracht bzw. eine rasche Bearbeitung erfolgen kann.

[0003] Zur Erzeugung der hohen Spannungssteilheiten werden heute Funkenstrecken eingesetzt. Durch entsprechende Länge der Funkenstrecke können so auch sehr hohe Zündspannungswerte beherrscht und nachfolgend hohe Entladeströme führen. Nachteile bestehen allerdings in der nur beschränkten Steuerbarkeit und der beschränkten Lebensdauer bzw. dem relativ hohen Wartungsaufwand. Demgegenüber würde ein auf Leistungshalbleiter gestütztes System wesentliche Vorteile aufweisen, da dann die Entladung gezielt ausgelöst und repetitiv initiiert werden könnte und ein Verschleiss a priori vermieden würde.

Aufgabe der Erfindung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zur Erzeugung von Hochenergiepulsen zur Bearbeitung von Gestein zu schaffen, welche anstelle einer Funkenstrecke einen elektronischen Leistungsschalter zur Auslösung der Entladung und Zuführung des Entladestromes einsetzt.

[0005] Erfindungsgemäss wird dies durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 erreicht. Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dem abhängigen Patentanspruch zu entnehmen.

[0006] Grundgedanke der Erfindung ist, die Vorrichtung als Parallelschaltung einer Zündvorrichtung und einer Entladestromzuführung zu konzipieren, wobei die Zündvorrichtung und die Entladestromzuführung eingangsseitig verbunden sind und über einen gemeinsamen elektronischen Leistungsschalter, z.B. ausgeführt durch einen Leistungstransistor oder einen Leistungsthyristor, aus einem Pulscondensator gespeist werden, welcher über einen entsprechenden Nachladekreis vor Durchschalten des Leistungstransistors auf eine definierte Spannung geladen wird und mit dem zweiten Ende an Bezugspotential liegt. Der Ausgang der Entladestromzuführung wird über eine Entladestromstufendrossel, d.h. eine als sättigbare Induktivität ausgeführte Entladestromverzögerung an eine auf das Werkstück aufgesetzte oder in dessen unmittelbarer Nähe befindliche erste Elektrode der Bearbeitungsvorrichtung gelegt. Weiter wird auch der Ausgang der Zündvorrichtung über eine Zündspannungsstufendrossel an die erste Elektrode geführt. Die zweite, wiederum auf das Werkstück aufgesetzte oder in dessen unmittelbarer Nähe angeordnete Elektrode ist mit Bezugspotential verbunden.

[0007] Die Funktion der Vorrichtung besteht nun darin, durch Durchschalten des Leistungsschalters eine Zündspannung am Ausgang der Zündvorrichtung aufzubauen und diese, wenn der Maximalwert der Zündspannung erreicht ist, über die Verringerung der Induktivität der Zündspannungsstufendrossel, d.h. über Sättigung der Zündspannungsstufendrossel mit sehr hoher Steilheit an die erste Elektrode zu legen. Es wird dann die dielektrische Festigkeit des Werkstücks überschritten und es bildet sich ein innerer Entladungskanal aus, und die Spannung zwischen der ersten und der zweiten Elektrode bricht zusammen. Nach darauffolgender Sättigung der Entladestromstufendrossel wird so der Entladestrom in den ionisierten Entladungskanal geführt und baut aufgrund der bei hohem Strom hohen Verlustleistung einen hohen Druck im Entladekanal auf, der zur Absprengung eines Werkstückteiles führt. Die Dimensionierung der Zündspannungsstufendrossel ist demnach vorteilhaft so vorzunehmen, dass die während des Aufbaus der Zündspannung an der Zündspannungsstufendrossel anliegende Spannungszeitfläche, d.h. das Zeitintegral der Differenz aus der am Ausgang der Zündvorrichtung auftretenden Spannung und der Spannung an der ersten Elektrode im Zeitpunkt des Auftretens der maximalen Zündspannung zum Erreichen der Sättigungsinduktion im Magnetkern der Zündspannungsstufendrossel führt. Die Entladestromstufendrossel wiederum ist so zu bemessen, dass die Sättigung möglichst rasch nach dem Zünden der Entladung erfolgt, sodass der Entladestrompfad unmittelbar nach der Zündung, wo ein ionisierter Entladungskanal für die Stromführung zur Verfügung steht, niederinduktiv freigegeben wird.

[0008] Die Zündspannungsstufendrossel und die Entladestromstufendrossel werden also vorteilhaft wie Schaltelemente genutzt, welche gegenüber Halbleiterschaltern bis zur Sättigung sehr hohe Spannungen aufnehmen können. Da die Sättigung sehr rasch erfolgt, wird die Zündspannung mit hoher Steilheit an die erste Elektrode gelegt und nach dem Zünden der Entladung, d.h. dem Vorliegen eines Entladungskanals unter Berücksichtigung der Wärmekapazität sehr hohe, nur durch die maximale Wicklungstemperatur beschränkte Pulsströme über die Entladestromstufendrossel geführt werden können. Weiter wird durch die Entladestromstufendrossel die bis zur Zündung hohe Zündspannung zwischen der ersten

und zweiten Elektrode vom elektronischen Leistungsschalter abgeblockt. Wenn die Entladestromstufendrossel sättigt, also den Entladestrompfad freigibt, muss der Leistungs transistor zwar den hohen Entladestrom führen, ist aber bezüglich Sperrspannungsfestigkeit nur nach der Anfangsspannung des Puls kondensators zu bemessen, welche relativ tief gewählt werden kann, da die Puls kondensatorspannung nur den Entladestrom über einen relativ niederohmigen Entladungskanal treiben muss. Das Sperrspannungs-Maximalstromprodukt, d.h. die Schalleistung des Leistungsschalters liegt damit erheblich günstiger als wenn der Transistor neben dem Entladestrom die wesentlich über der Puls kondensatorspannung liegende Zündspannung beherrschen müsste.

[0009] Eine vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung ist Patentanspruch 2 zu entnehmen.

[0010] Der Eingang der Zündvorrichtung wird dabei über einen Koppelkondensator an den Anfang der Primärwicklung eines Zündtransformators geführt, deren Ende an Bezugspotential liegt. Die Sekundärwicklung des Zündtransformators weist gleichen Wicklungssinn wie die Primärwicklung, jedoch eine wesentlich höhere Windungszahl auf und wird mit dem Anfang an Bezugspotential gelegt und am Ende mit einer Serieninduktivität verbunden, deren zweites Ende den Ausgang der Zündvorrichtung bildet, wobei zwischen dem Ausgang der Zündvorrichtung und Bezugspotential eine Parallelkapazität angeordnet ist. Die Serieninduktivität kann dabei teilweise als explizite Induktivität und teilweise durch die Streuinduktivität des Zündtransformators oder die Induktivität der Verkabelung von Serieninduktivität und Parallelkapazität realisiert werden. Ebenso ist die Parallelkapazität teilweise über die parasitäre Kapazität der Verkabelung und teilweise als explizite Kapazität ausführbar.

[0011] Wird nun der elektronische Leistungsschalter durchgeschaltet, d.h. die Spannung des Puls kondensators an den Eingang der Zündvorrichtung und damit über den entladenen Koppelkondensator an die Primärwicklung des Zündtransformators gelegt, tritt am Ende der Sekundärwicklung sprunghaft eine gemäss Windungszahlverhältnis transformierte hohe negative Spannung auf, welche an dem durch die Serieninduktivität und die Parallelkapazität gebildeten Schwingkreis zu liegen kommt. Über die dadurch initiierte Schwingung erreicht die Spannung der Parallelkapazität nach einer Schwingungshalbperiode den zweifachen Wert der Zündtransformatorausgangsspannung. Bei richtiger Bemessung sättigt die Zündspannungstufendrossel in diesem Zeitpunkt, womit eine hohe Zündspannung steilflankig an die erste Elektrode gelegt und die Entladung zur zweiten Elektrode gezündet wird. Die Spannung zwischen der ersten und zweiten Elektrode bricht damit zusammen, und die Parallelkapazität wird über den Entladungskanal entladen.

[0012] Mit dem Durchschalten des Leistungsschalters wird die Spannung des Puls kondensators über die Entladestromzuführung auch an die Entladestromstufendrossel gelegt. Durch entsprechende Dimensionierung befindet sich so die Entladestromstufendrossel bei Auftreten der Zündspannung an der ersten Elektrode bereits kurz vor der Sättigung. Da die Zündspannung hohe negative Werte aufweist, wird sich die magnetische Aussteuerung der Entladestromstufendrossel nun während der Zündung rasch weiter erhöhen und so kurz nach Vorliegen eines Entladungskanals zur Sättigung der Entladestromstufendrossel führen. Es kann sich dann der Entladestrompuls ausbilden, wobei ein Wechsel von während der Entladung der Parallelkapazität negativen Entladestromwerten auf einen hohen positiven Entladestrom auftritt. Aufgrund der relativ hohen Zeitkonstante der Ionisation des Entladungskanals ist diese Vorzeichenumkehr des Entladestromes unkritisch und die Entladung wird im Nulldurchgang des Entladestromes nicht unterbrochen.

[0013] Die Erfindung wird im Weiteren durch eine Abbildung näher erläutert.

[0014] Die Abbildung zeigt die erfindungsgemässe Vorrichtung nach Anspruch 1 mit Ausführung der Zündvorrichtung nach Anspruch 2.

[0015] In der Abbildung ist die erfindungsgemässe Vorrichtung 1 zur Bearbeitung von Gestein mit Hochenergiepulsen gezeigt, wobei eingangsseitig ein Puls kondensator 2 angeordnet und mit dem negativen Pol 3 mit einem Bezugspotential 4 verbunden ist und der Puls kondensator durch eine Nachladeeinheit oder Nachladeschaltung 5, deren erste Ausgangsklemme 6 an den positiven Pol 7 des Puls kondensators 2 geführt ist und deren negative Ausgangsklemme 8 an Bezugspotential 4 liegt, derart geladen wird, dass vor Auslösung eines Bearbeitungspulses eine definierte Spannung vorliegt. Vom positiven Pol 7 des Puls kondensators 2 ist ein elektronischer Leistungsschalter 9 mit antiparalleler Freilaufdiode 10 in Stromflussrichtung an einen ersten Eingang 11 einer Entladestromzuführung 12 gelegt und weiter mit dem ersten Eingang 13 einer Zündvorrichtung 14 verbunden. Ein erster Ausgang 15 der Entladestromzuführung 12 ist über eine Entladestromstufendrossel 16 an eine auf ein Werkstück 17 aufgesetzte oder in dessen unmittelbarer Nähe befindliche erste Elektrode 18 der Bearbeitungsvorrichtung 1 gelegt. Weiter ist auch ein erster Ausgang 19 der Zündvorrichtung 14 über eine Zündspannungstufendrossel 20 an die erste Elektrode 18 geführt. Eine zweite, ebenfalls auf das Werkstück 17 aufgesetzte oder in dessen unmittelbarer Nähe angeordnete Elektrode 21 ist mit Bezugspotential 4 verbunden. Sowohl die Entladestromzuführung 12 als auch die Zündvorrichtung 14 arbeiten bezogen auf das Bezugspotential 4, ein zweiter Eingang 22 und ein zweiter Ausgang 23 der Entladestromzuführung 12 und ein zweiter Eingang 24 und ein zweiter Ausgang 25 der Zündvorrichtung 14 sind also mit Bezugspotential 4 verbunden.

[0016] Die Funktion der Vorrichtung besteht nun darin, durch Durchschalten des elektronischen Leistungsschalters 9 am Ausgang der Zündvorrichtung 14 eine hohe Zündspannung aufzubauen und diese, wenn der Maximalwert der Zündspannung erreicht ist, über das Zusammenbrechen der Induktivität, d.h. über Sättigung einer Zündspannungstufendrossel 20 mit sehr hoher Steilheit an die erste Elektrode 18 zu legen. Es wird dann die dielektrische Festigkeit des Werkstücks 17 überschritten und es bildet sich zur zweiten Elektrode 21 hin, d.h. gegen Bezugspotential 4, ein Entladungskanal im Werkstück aus. Die Spannung zwischen der ersten und zweiten Elektrode 18, 21 bricht damit zusammen, und nach Sättigung

tigung der Entladestromstufendrossel 16 wird ein hoher Entladestrom aus dem Pulscondensator 2 in den ionisierten Entladekanal geführt und baut aufgrund der bei hohem Strom hohen Verlustleistung einen hohen Druck im Entladekanal auf, der zur Abspaltung eines Werkstückteiles führt. Die Dimensionierung der Zündspannungsstufendrossel 20 ist dabei vorteilhaft so vorzunehmen, dass die während des Aufbaus der Zündspannung an der Zündspannungsstufendrossel 20 anliegende Spannungszeitfläche, d.h. das Zeitintegral der Differenz aus der am ersten Ausgang 19 der Zündvorrichtung 14 auftretenden Spannung und der Spannung an der ersten Elektrode, jeweils gegenüber Bezugspotential 4 gemessen, im Zeitpunkt des Auftretens der maximalen Zündspannung zur Sättigung des Magnetkerns der Zündspannungsstufendrossel 20 führt. Die Entladestromstufendrossel 16 wiederum ist so zu bemessen, dass die Sättigung möglichst rasch nach dem Zünden der Entladung, d.h. möglichst rasch nach dem Aufbau eines Entladungskanals erfolgt, sodass der Entladestrom unmittelbar nach der Zündung hohe Werte annehmen kann, da dann ein ionisierter Entladungskanal für die Stromführung zur Verfügung steht.

[0017] Die Zündspannungsstufendrossel 20 und die Entladestromstufendrossel 16 werden also vorteilhaft wie Schaltelemente genutzt, wobei gegenüber Halbleiterschaltern bis zur Sättigung sehr hohe Spannungen aufgenommen werden können und die Sättigung sehr rasch erfolgt, die Zündspannung also mit hoher Steilheit an die erste Elektrode 18 gelegt wird und nach Zünden der Entladung, d.h. nach Aufbau eines Entladungskanals unter Berücksichtigung der Wärmekapazität sehr hohe, nur durch die maximale Wicklungstemperatur beschränkte Pulsströme über die Entladestromstufendrossel 16 geführt werden können. Weiter wird durch die Entladestromstufendrossel 16 die kurz vor der Zündung auftretende hohe Zündspannung zwischen erster und zweiter Elektrode 18, 21 vom elektronischen Leistungsschalter 9 ferngehalten. Wenn die Entladestromstufendrossel 16 sättigt, also den, vom positiven Pol 7 des Pulscondensators 2 über den elektronischen Leistungsschalter 9, die Entladestromzuführung 12, die Entladestromstufendrossel 16 und die erste Elektrode 18 über das Werkstück 17 zur zweiten Elektrode 21 und damit zum Bezugspotential 4 führenden Entladestrompfad freigibt, muss der Leistungstransistor zwar den hohen Entladestrom führen, ist aber bezüglich Sperrspannungsfestigkeit nur nach der Anfangsspannung des Pulscondensators 2 zu bemessen, welche relativ tief gewählt werden kann, da die Pulscondensatorspannung nur den Entladestrom über einen relativ niederohmigen Entladungskanal treiben muss. Das Sperrspannungs-Maximalstromprodukt, d.h. die Schaltleistung des Leistungsschalters 2, liegt damit erheblich günstiger als wenn der Leistungsschalter 2, neben dem Entladestrom die wesentlich über der Pulscondensatorspannung liegende Zündspannung beherrschen müsste.

[0018] Die Zündvorrichtung wird über einen Koppelcondensator 26, einen Zündtransformator 27, eine Serieninduktivität 28 und eine Parallelkapazität 29 gebildet, wobei der erste Eingang 13 der Zündvorrichtung 14 über den Koppelcondensator 26 an einen Wicklungsanfang 30 der Primärwicklung 31 des Zündtransformators 27 geführt wird, und ein Wicklungsende 32 der Primärwicklung 31 am zweiten Eingang 24 der Zündvorrichtung und damit am Bezugspotential 4 liegt. Eine Sekundärwicklung 33 des Zündtransformators 27 weist gleichen Wicklungssinn wie die Primärwicklung 31, jedoch eine wesentlich höhere Windungszahl auf und wird mit einem Wicklungsanfang 34 an das Bezugspotential 4 gelegt und mit einem Wicklungsende 35 mit einem ersten Ende einer Serieninduktivität 28 verbunden, deren zweites Ende 36 mit dem ersten Ausgang 19 der Zündvorrichtung 14 verbunden ist, wobei vom ersten Ausgang 19 der Zündvorrichtung 14 abzweigend weiters die Parallelkapazität 29 gegen den zweiten Ausgang 25 der Zündvorrichtung 14, also gegen Bezugspotential 4, angeordnet ist. Die Serieninduktivität 28 kann dabei teilweise als explizite Induktivität und teilweise durch die zwischen der Primärwicklung 31 und der Sekundärwicklung 33 vorliegende Streuinduktivität des Zündtransformators 27 oder durch die Induktivität der Schaltverbindungen der Serieninduktivität 28 und der Parallelkapazität 29 ausgeführt werden, wobei die parasitäre Kapazität dieser Schaltverbindungen gegenüber Bezugspotential 4 vorteilhaft auch zur teilweisen Realisierung der Parallelkapazität 29 dienen kann.

[0019] Entladestromzuführung durch einen Mittelleiter 37 und der zweite Eingang 22 und der zweite Ausgang 23 sind durch einen Aussenleiter 38 des Hochspannungskabels verbunden.

[0020] Wird nun der elektronische Leistungsschalter 9 durchgeschaltet, d.h. die Spannung des Pulscondensators 2 an den Eingang der Zündvorrichtung 14 und damit über den noch entladenen Koppelcondensator 26 an die Primärwicklung 31 des Zündtransformators 27 gelegt, tritt am Ende 35 der Sekundärwicklung 33 sprunghaft die gemäss dem Windungszahlverhältnis von Primär- und Sekundärwicklung, 31,33 transformierte Spannung des Pulscondensators 2 negativ auf und kommt am Eingang des durch die Serieninduktivität 28 und die Parallelkapazität 29 gebildeten Schwingkreis zu liegen. Über die dadurch initiierte Schwingung erreicht die Spannung der Parallelkapazität 29 nach einer Schwingungshalbperiode den zweifachen Wert der Zündtransformatorausgangsspannung. Bei richtiger Bemessung sättigt die Zündspannungsstufendrossel 20 in diesem Zeitpunkt, womit eine hohe Zündspannung steilflankig an die erste Elektrode 18 gelegt und damit die Entladung zur zweiten Elektrode 21 gezündet wird. Die Spannung zwischen der ersten und zweiten Elektrode, 18,21, bricht somit zusammen, und die Parallelkapazität 29 wird über den Entladungskanal entladen.

[0021] Mit dem Durchschalten des Leistungsschalters 9 wird auch an die Entladestromstufendrossel 16 die Spannung des Pulscondensators gelegt. Durch entsprechende Dimensionierung befindet sich die Entladestromstufendrossel 16 bei Auftreten der Zündspannung an der ersten Elektrode 18 bereits kurz vor der Sättigung. Da die Zündspannung hohe negative Werte aufweist, wird sich die magnetische Aussteuerung der Entladestromstufendrossel 20 durch die Zündspannung rasch weiter erhöhen und so kurz nach Zünden der Entladung und Vorliegen eines Entladungskanals sättigen. Es kann sich dann der Entladestrompuls über die Entladestromzuführung 12 und die Entladestromstufendrossel 16 ausbilden, wobei ein Wechsel von während der Entladung der Parallelkapazität 29 negativen Entladestromwerten auf einen hohen

positiven Entladestrom auftritt. Aufgrund der relativ hohen Zeitkonstante der Ionisation des Entladungskanals zwischen der ersten und zweiten Elektrode ist diese Vorzeichenumkehr der Entladestroms unkritisch und führt zu keiner Unterbrechung der Entladung.

[0022] Durch den Entladestrompuls wird der Pulskondensator 2 entladen und anschliessend der Leistungsschalter 9 abgeschaltet. Die Nachladeschaltung 5 beginnt dann wieder, den Pulskondensator 2 nachzuladen und auf die Anfangsspannung für den nächsten Bearbeitungsentladestrompuls zu bringen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Erzeugung von Energiepulsen, welche einen Pulskondensator (2), eine Nachladeschaltung (5), einen elektronischen Leistungsschalter (9), einen Zündtransformator (27), eine Entladestromstufendrossel (16) und eine Zündspannungsstufendrossel (20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass am Eingang der Vorrichtung (1) der Pulskondensator (2) angeordnet und mit seinem negativen Pol (3) mit einem Bezugspotential (4) verbunden ist, und der Pulskondensator durch die Nachladeschaltung (5), welche mit einer ersten, positiven Ausgangsklemme (6) an den positiven Pol (7) des Pulskondensators (2) geführt ist, und mit einer zweiten, negativen Ausgangsklemme (8) am Bezugspotential (4) liegt, aufladbar ist, und vom positiven Pol (7) des Pulskondensators (2) der elektronische Leistungsschalter (9) mit antiparalleler Freilaufdiode (10) in Stromflussrichtung an einen ersten Eingang (11) einer Entladestromzuführung (12) gelegt und weiter mit einem ersten Eingang (13) einer Zündvorrichtung (14) verbunden ist, und ein erster Ausgang (15) der Entladestromzuführung (12) über die Entladestromstufendrossel (16) an eine erste Elektrode (18) gelegt ist und weiter ein erster Ausgang (19) der Zündvorrichtung (14) über die Zündspannungsstufendrossel (20) an die erste Elektrode (18) geführt ist, und eine zweite Elektrode (21) mit Bezugspotential (4) verbunden ist, und sowohl die Entladestromzuführung (12) als auch die Zündvorrichtung (14) auf das Bezugspotential (4) bezogen arbeiten, also ein zweiter Eingang (22) und ein zweiter Ausgang (23) der Entladestromzuführung (12) und ein zweiter Eingang (24) und ein zweiter Ausgang (25) der Zündvorrichtung (14) mit Bezugspotential (4) verbunden sind, wobei durch ein Durchschalten des elektronischen Leistungsschalters (9) am ersten Ausgang (19) der Zündvorrichtung (14) eine Zündspannung aufbaubar ist und diese Zündspannung, wenn ein Maximalwert der Zündspannung erreicht ist, über Verringerung der Induktivität der Zündspannungsstufendrossel (20), d.h. über Sättigung der Zündspannungsstufendrossel (20) an die erste Elektrode (18) legbar ist und so eine Entladung zur zweiten Elektrode (21) hin zündbar ist, und über diesen Entladungskanal nach Sättigung der Entladestromstufendrossel (16), unmittelbar nach dem Zünden der Entladung, ein Entladestrom aus dem Pulskondensator (2) führbar ist und so Energie in den Entladungskanal einbringbar ist, und der Leistungsschalter (9) nach Entladung des Pulskondensators (2) abschaltbar und der Pulskondensator (2) wieder nachladbar ist.
2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass der erste Eingang (13) der Zündvorrichtung (14) über einen Koppelkondensator (26) an einen Wicklungsanfang (30) einer Primärwicklung (31) eines Zündtransformators (27) geführt ist, und ein Wicklungsende (32) der Primärwicklung (31) des Zündtransformators (27) am zweiten Eingang (24) der Zündvorrichtung (14) und damit am Bezugspotential (4) liegt, und eine Sekundärwicklung (33) des Zündtransformators (27) gleichen Wicklungssinn wie die Primärwicklung (31), jedoch eine höhere Windungszahl aufweist und mit einem Wicklungsanfang (34) an das Bezugspotential (4) gelegt ist und mit einem Wicklungsende (35) mit einem ersten Ende einer Serieninduktivität (28) verbunden ist, deren zweites Ende (36) an den ersten Ausgang (19) der Zündvorrichtung (14) gelegt ist, wobei vom ersten Ausgang (19) der Zündvorrichtung (14) abzweigend eine Parallelkapazität (29) gegen den zweiten Ausgang (25) der Zündvorrichtung (14), also gegen Bezugspotential (4), angeordnet ist, und weiter die Entladestromzuführung (12) durch ein niederinduktives koaxiales oder koplanares Hochspannungskabel ausgeführt ist, wobei der erste Eingang (11) und der erste Ausgang (15) der Entladestromzuführung durch einen ersten Leiter (37) und der zweite Eingang (22) und der zweite Ausgang (23) durch einen zweiten Leiter (38) des Hochspannungskabels verbunden sind, und bei Durchschalten des elektronischen Leistungsschalters (9) die Spannung des Pulskondensators (2) an der Primärwicklung (31) des Zündtransformators (27) liegt, und so am Ende (35) der Sekundärwicklung (33) sprunghaft eine negative Spannung auftritt, und damit eine Schwingung zwischen Serieninduktivität (28) und Parallelkapazität (29) initiiert ist, wodurch die Spannung am ersten Ausgang (19) nach einer Schwingungshalbperiode den zweifachen Wert der Spannung an der Sekundärwicklung (33) des Zündtransformators (27) erreicht, wodurch die Zündspannungsstufendrossel (20) sättigbar ist und die Zündspannung an der ersten Elektrode (18) liegt und damit die Entladung zur zweiten Elektrode (21) hin zündbar ist.

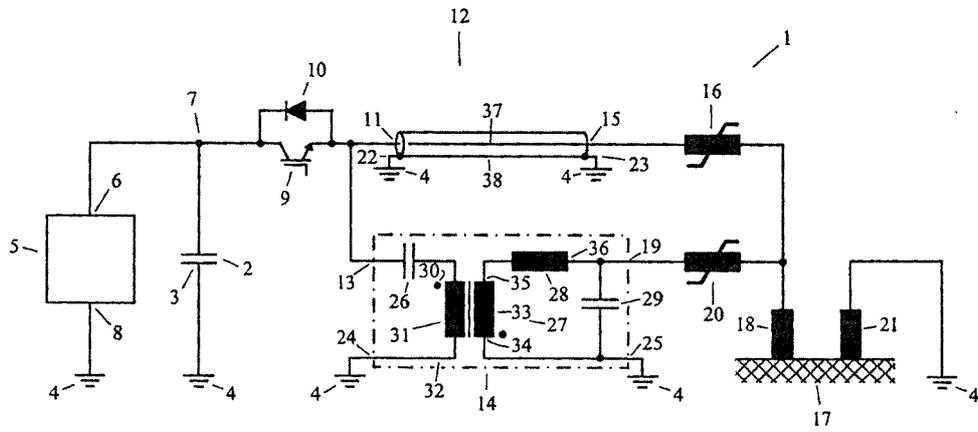


Fig. 1