



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 24 872 T2 2006.09.28

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 135 234 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 24 872.8

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/IL99/00322

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 957 031.0

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 1999/065636

(86) PCT-Anmeldetag: 14.06.1999

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 23.12.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 26.09.2001

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 20.04.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 28.09.2006

(51) Int Cl.⁸: **B23K 20/06 (2006.01)**

B21D 26/14 (2006.01)

B21D 26/12 (2006.01)

B23K 20/10 (2006.01)

B23K 11/11 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

12489998 14.06.1998 IL

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Pulsar Welding Ltd., Yavne, IL

(72) Erfinder:

GAFRI, Oren, 75241 Rishon Le-Zion, IL; LIVSHIZ,
Yuri, 75355 Rishon Le-Zion, IL

(74) Vertreter:

Schieber und Kollegen, 80469 München

(54) Bezeichnung: INDUZIEREN VON PHYSISCHEN ÄNDERUNGEN IN METALLISCHEN GEGENSTÄNDEN

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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**ERFINDUNGSGEBIET**

[0001] Die Erfindung betrifft im allgemeinen Verfahren und eine Vorrichtung, die physische Veränderungen in metallischen Gegenstände einführen und daher insbesondere Gebrauch von einer gepulsten Magnetkraft (PMF) machen

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Das Benutzen der PMF zum Bilden, Vereinigen und Verschweißen von Metallgegenständen ist im Stand der Technik gut bekannt. In diesem Verfahren wird Strom durch eine Spule schnell entladen, die sich nahe am Werkstück befindet. Aufgrund der Wirbelströme im Werkstück baut sich ein großer Magnetdruck auf, der mindestens an einem Abschnitt des Werkstücks eine Arbeit durchführen kann. Für gewöhnlich wird der Abschnitt des Werkstücks, der sich nahe an der Arbeitsspule der PMF-Vorrichtung befindet, in eine schnelle Bewegung induziert, und durch die mit dieser Bewegung verknüpfte kinetische Energie entsteht die physische Änderung. Die Änderung kann nämlich die Form des Gegenstands verändern. Manchmal wird die schnelle Bewegung des Abschnitts nur in einem Mikroskopmaßstab induziert. Im Falle des Vereinigens oder Verschweißens zweier Metallwerkstücke werden z. B. Abschnitte davon dicht aneinander gesetzt, so daß sie sich tatsächlich berühren. Jedoch ungeachtet dieser dichten Nähe, bleibt, auch wenn nur in einem Mikroskopmaßstab, dennoch ein Zwischenraum zwischen den zwei Stücken, der eine kurze schnelle Bewegung eines Abschnitts von mindestens einem der Werkstücke erlaubt (natürlich nur über eine sehr kurze Entfernung). Dies genügt für den Aufbau der kinetischen Energie, die sich beim Aufeinanderstoßen mit einem Abschnitt des anderen Werkstücks ausbreit und das Miteinander-Vereinigen oder -Verschweißen der beiden Werkstücke bewirken kann.

[0003] Beispiele aus Anordnungen aus dem Stand der Technik werden im US-Patent 3.998.081 und US-Patent 4.135.379 offenbart.

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bearbeiten, d. h. Induzieren einer physischen Änderung in mindestens einem metallischen Werkstücke. Der Begriff "physische Änderung" bezeichnet eine Strukturänderung in der Form, das Abschneiden eines Abschnitts eines Werkstücks, das Durchlöchern eines Werkstücks, das Miteinander-Vereinigen zweier oder mehrerer Werkstücke oder das Miteinander-Verschweißen zweier Werkstücke oder Abschnitte davon. Der zuvor und weiter unten verwendete Begriff "Vereinigen" be-

zeichnet einen festen Eingriff zweier Werkstücke aneinander, z. B. eine enge Passung eines allgemein zylindrischen Gegenstands über einen rohrförmigen Gegenstand, der dahinein paßt; und der Begriff "Verschweißen", im Unterschied zu Vereinigen, bezeichnet eines sehr feste Wechselwirkung der Oberflächen zweier Gegenstände, z. B. das metallurgische Verbinden von mindestens einem Abschnitt der beiden Werkstücke.

[0005] Das Verfahren und die Vorrichtung der Erfindung macht Gebrauch von einer gepulsten Magnetkraft(PMF)energie. In Übereinstimmung mit der Erfindung wird die PMF-Energie mit einer anderen Energie aus einer unabhängigen Energiequelle kombiniert, die synergistisch mit der PMF-Energie wirkt, um eine physische Änderung zu verleihen. Die andere Energiequelle (auf die hierin manchmal als "Hilfsenergiequelle" Bezug genommen wird) kann eine weitere PMF-Energie, eine mechanische Energie, usw. sein.

[0006] In Übereinstimmung mit einem ersten Aspekt der Erfindung wird solchermaßen ein Verfahren bereitgestellt, um eine physische Änderung in mindestens einem Metallwerkstück zu induzieren, das folgendes umfaßt:

(a) das Übertragen von mindestens einer Pulsmagnetkraft (PMF)energie auf mindestens einen Abschnitt des mindestens einen Arbeitstücks, um einen starken Magnetdruck darin zu induzieren; und

(b) das Übertragen einer Hilfsenergie, die zumindest teilweise mit der PMF-Energie auf mindestens einen Abschnitt des Werkstücks koextensiv ist, woraufhin die PMF und Hilfsmotoren zusammenarbeiten, um die physische Änderung zu liefern; wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß: die Hilfsenergie eine mechanische Energie ist, die in mindestens einen Abschnitt des mindestens einen Werkstücks Vibrationen induziert.

[0007] In Übereinstimmung mit einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung bereitgestellt, um in mindestens einem Metallwerkstück eine physische Änderung zu induzieren, die folgendes umfaßt:

(i) mindestens eine PMF-Einheit mit einer Formspule für die Entladung des Stroms dadurch, um in mindestens einem Abschnitt des Metallwerkstücks einen starken Magnetdruck zu induzieren; und (ii) mindestens eine Hilfsenergiequelle, um, zumindest teilweise koextensiv mit der Stromentladung durch die Formspule, eine Hilfsenergie auf mindestens einen Abschnitt des Werkstücks zu Übertragen, so daß der Druck und die Hilfsenergie synergistisch zusammenwirken, um die physische Änderung zu liefern;

wobei die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, daß die zweite Energiequelle eine mechanische Energiequelle ist, die in mindestens einen Abschnitt des mindestens einen Werkstücks Vibrationen induziert.

[0008] Der Begriff "Übertragen der Energie" bzw. irgendein ähnlicher Begriff, der hierin verwendet werden kann, bezeichnet die Übertragung einer Energie auf ein Werkstück, und zwar in einer Form, die mindestens teilweise wirkt, um die physische Änderung herbeizuführen. Der Begriff "Metallwerkstück" betrifft irgendeinen metallischen Gegenstand, der vom Verfahren bzw. von der Vorrichtung der Erfindung bearbeitet werden soll. Es kann sich um einen zylindrischen Gegenstand handeln, der mit einem rohrförmigen bzw. einem anderen zylindrischen Gegenstand vereinigt oder verschweißt werden soll; um eine Metallplatte handeln, die ausgebildet oder durchlöchert werden soll; usw. Man wird würdigen, daß die Erfindung nicht auf ein Werkstück irgendeiner spezifischen Art beschränkt ist, sondern daß sie an unzählige unterschiedliche Werkstücke angelegt werden kann, um eine große Vielfalt an unterschiedlichen physischen Änderungen zu induzieren.

[0009] Der Begriff "Kombination von Energien" oder dergleichen bezeichnet die abgestimmte Aktivierung der mindestens zwei Energiequellen, um ihre jeweiligen Energien so auf das mindestens eine Werkstück zu übertragen, daß sich die Zeitspannen ihrer Übertragungen zumindest teilweise überlappen, wodurch die kombinierte Wirkung der beiden Energien, so weit es das Induzieren der physischen Änderung betrifft, im wesentlichen größer ist als die physische Änderung, die von nur einer Energiequelle verliehen werden kann. Die Kombination der Energien in Übereinstimmung mit der Erfindung führt gegenüber der Verwendung der PMF alleine zu vielerlei Verbesserungen. Im Falle des Miteinander-Verschweißens oder -Vereinigens zweier Metallwerkstücke kann z. B., verglichen mit der PMF alleine, dasselbe Ergebnis mit einer kleineren PMF-Energie erreicht werden. Dies kann Folgen im Aufbau haben, da die Erzeugung einer großen PMF größere Kondensatorbänke benötigt; solchermaßen kann eine Vorrichtung in Übereinstimmung mit der Erfindung eine kleinere Gesamtgröße haben.

[0010] Zusätzlich erlaubt die vorliegende Erfindung das Erreichen von Ergebnissen, die in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik schwer zu erreichen wären. Zum Beispiel kann im Falle des Aneinanderschweißens zweier rohrförmiger Werkstücke, wobei eines das andere umschließt, der starke Aufprall des äußeren Stücks auf das innere Stück das Quetschen oder Brechen des inneren rohrförmigen Werkstücks verursachen. In Übereinstimmung mit der Erfindung, die die Verwendung kleinerer PMF-Pulse erlaubt, um dieselbe Wirkung zu erzielen, kann jedoch ein solcher unerwünschter Effekt besei-

tigt oder reduziert werden. Im Falle des Verschweißens kann die Kombination aus Energien in Übereinstimmung mit der Erfindung eine Zunahme der Schweißfläche bewirken.

[0011] Zumindest im Falle des Verschweißens wird bevorzugt, daß die Zeitspannenüberlagerung wesentlich ist, was bedeutet, daß zumindest eine der beiden Energien so angelegt wird, daß sie während beinahe der gesamten Anlegungsdauer die andere angelegte Energie überlagert. Dies kann z. B. bedeuten, daß beide gleichzeitig beginnen und nacheinander enden können, daß beide nacheinander beginnen und gleichzeitig enden können, eine in der Zeitspanne, in der die andere Energie angelegt wird, beginnt und endet, und kann verschiedene Kombinationen dieser Szenarien bedeuten.

[0012] Während die eine Energiequelle immer eine PMF-Energiequelle aus einer PMF-Vorrichtung ist, auf die hierin manchmal als "primäre PMF-Energiequelle"/"primäre PMF-Vorrichtung" Bezug genommen wird, kann die andere Energiequelle aus einer Vielfalt an verschiedenen Quellen gewählt werden. In Übereinstimmung mit anderen Ausführungsformen ist die andere Energiequelle eine Vorrichtung zum Erzeugen einer mechanischen Stoßwelle bzw. mechanischer Vibrationen im Werkstück bzw. eine Vorrichtung sein, die Ultraschallschwingungen innerhalb des Gegenstands erzeugen kann, wie beispielsweise eine Vorrichtung, die für gewöhnlich beim Ultraschallschweißen verwendet wird.

[0013] Es sollte angemerkt werden, daß der oben und weiter unten verwendete Begriff "primär" bedeutet, daß diese Energiequelle, verglichen mit anderen Energiequellen, die in Übereinstimmung mit der Erfindung verwendet werden, größerer Wichtigkeit ist. Ähnlich sollte der Begriff "Hilfs" nicht so verstanden werden, als sei er, was die Wichtigkeit anbelangt, sekundär. Eher werden diese Begriffe bloß aus Bequemlichkeitsgründen verwendet. Es sollte verständlich sein, daß zum Erhalt irgendeiner wirksamen physischen Änderung in Übereinstimmung mit der Erfindung die Kombination aus primärer und Hilfs-Energiequelle, wie oben und weiter unten erwähnt, erforderlich ist.

[0014] Die primäre und die Hilfs-Energie, die in Übereinstimmung mit der Erfindung in Kombination verwendet werden, sind übereinanderliegend; sie werden nämlich so erzeugt, daß sie über wesentliche Bereiche ihrer sich einander überlagernden Zeitspannen angelegt werden. In Übereinstimmung mit einer Ausführungsform wird die primäre RMF-Energie gleichzeitig mit der Hilfsenergie erzeugt. In Übereinstimmung mit einer anderen Ausführungsform wird die Hilfsenergie vor und nach der primären RMF-Energie eingeleitet.

[0015] Manchmal kann die Gesamtmenge der übertragenen primären Energie größer sein als die Gesamtmenge der übertragenen Hilfsenergie, manchmal kann sie genauso groß sein, und manchmal kann die gesamte Hilfsenergie die gesamte primäre Energie übersteigen.

[0016] Vorzugsweise ist die Hilfsenergie eine mechanische Energie, die verliehen wird, indem in mindestens einem der beiden Metallgegenstände eine schnelle Bewegung induziert wird. Diese Bewegung kann ein mechanischer Stoß oder es können Vibratoren sein. In Übereinstimmung mit einer Ausführungsform wird die mechanische Energie mithilfe eines mechanischen Wellenleiters auf mindestens einen Metallgegenstand beaufschlagt. Der Wellenleiter kann mit einer Hilfs-Arbeitsspule verknüpft sein, die mit einem Stromentladestromkreis verknüpft ist, der mithilfe einer PMF im Wellenleiter eine mechanische Vibration erzeugt, die dann auf den Metallgegenstand übertragen wird. Alternativ dazu kann der Wellenleiter mit einer Entlade-in-Fluid-(DIF)-Vorrichtung verknüpft sein, die eine Stoßwelle erzeugt, die dann durch den Wellenleiter auf mindestens einen Gegenstand übertragen wird. Die DIF-Vorrichtung umfaßt eine Fluidkammer mit in der Kammer bereitgestellten Entladeelektroden, die zwischen sich und durch das Fluid einen elektrischen Strom entladen. Wenn zwischen den Elektroden ein elektrischer Strom entladen wird, bildet sich im Fluid ein Plasma, das eine Stoßwelle im Fluid erzeugt, die dann auf den Wellenleiter übertragen wird. Das Fluid ist für gewöhnlich eine wässrige Lösung.

[0017] In Übereinstimmung mit einer anderen Ausführungsform ist die mechanische Energie eine Ultraschallenergie.

[0018] Obwohl die vorliegende Erfindung allgemein anwendbar ist, um eine wirkungsvollere physische Änderung von mindestens einem Werkstück zu liefern, ist sie insbesondere für das Miteinander-Verschweißen zweier Metallwerkstücke ("die Verschweißungsausführungsform") anwendbar. Die Verschweißungsausführungsform ist eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In Übereinstimmung mit dieser bevorzugten Verschweißungsausführungsform wird ein Verfahren nach Anspruch 1 bereitgestellt, um zwei Metallgegenstände aneinanderzuschweißen, das folgendes umfaßt:

(a) das Erzeugen während einer ersten Zeitspanne einer primären gepulsten Magnetkraft(PMF)energie, indem in einer primären Arbeitsspule ein primärer elektrischer Strom entladen wird, um auf mindestens einen Abschnitt eines ersten von zwei Metallgegenständen einen starken Magnetdruck zu induzieren, damit bewirkt wird, daß sich der Abschnitt auf einen Zusammenstoß mit mindestens einem anderen Abschnitt des zweiten Metallwerkstücks zubewegt;

(b) das Übertragen während einer zweiten Zeitspanne einer anderen mechanischen Energie als die primäre PMF-Energie auf mindestens einen der beiden Metallgegenstände, wobei sich die erste Zeitspanne und die zweite Zeitspanne über einen wesentlichen Bereich der ersten oder der zweiten Zeitspanne überlappen, wodurch die mechanische Energie in Kombination mit der PMF-Energie das Aneinanderschweißen der mindestens zwei Abschnitte bewirkt.

[0019] In Übereinstimmung mit der Verschweißungsausführungsform wird weiterhin eine Vorrichtung gemäß Anspruch 12 zum Aneinanderschweißen zweier Metallgegenstände bereitgestellt, das folgendes umfaßt:
einen primären elektrischen Entladestromkreis mit einer primären Arbeitsspule, damit in einer ersten Zeitspanne eines Arbeitszyklus der Vorrichtung eine gepulste Magnetkraft (PMF) erzeugt wird, um zu veranlassen, daß mindestens ein Abschnitt eines ersten von zwei Metallgegenständen auf einen Aufprall dieses Abschnitts mit einem zweiten Abschnitt der zwei Metallgegenstände zubewegt wird; und
eine Einrichtung, damit in einer zweiten Zeitspanne des Arbeitszyklus der Vorrichtung eine mechanische Energie erzeugt wird und diese auf mindestens einen der beiden Metallgegenstände übertragen wird, wobei sich der erste Teil der Zeitspanne und die zweite Zeitspanne über mindestens einen wesentlichen Abschnitt der ersten und zweiten Zeitspanne überlappen, wodurch die mechanische Energie kombiniert mit der primären PMF-Energie das Miteinander-Verschweißen der zwei Abschnitte bewirkt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Um die Erfindung zu verstehen und zu sehen, wie sie in der Praxis ausgeführt werden kann, wird die Erfindung jetzt in der folgenden detaillierten Beschreibung lediglich mittels eines nicht-einschränkenden Beispiels mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in denen:

[0021] [Fig. 1](#) ein Schema ist, das ein Beispiel für eine Vorrichtung zum Entladen eines primären und eines Hilfs-Stroms mittels einer Arbeitsspule darstellt, um eine überlagerte PMF zum Miteinander-Verschweißen zweier Metallgegenstände zu liefern, wobei das Schema für das Verständnis der Erfindung nützlich ist und nur zu Darstellungszwecken eingeschlossen wird;

[0022] die [Fig. 2a](#)–[Fig. 2c](#) drei verschiedene Beispiele der Art und Weise zeigen, wie ein primärer elektrischer Strom und ein elektrischer Hilfsstrom überlagert werden, um einen überlagerten PMF-Strom zu ergeben, wobei die Beispiele für das Verständnis der Erfindung nützlich sind und nur zu Veranschaulichungszwecken eingeschlossen sind;

[0023] die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) Schemata für zwei weitere Beispiele einer Vorrichtung zeigen, die einen primären und einen Hilfs-Entladestrom kombiniert, um einen überlagerten PMF-Bildungsstrom zu liefern, wobei die Schemata für das Verständnis der Erfindung nützlich sind und nur zu Veranschaulichungszwecken eingeschlossen sind;

[0024] [Fig. 5](#) ein weiteres Beispiel für eine Vorrichtung zeigt, die eine Modifikation gegenüber dem in [Fig. 1](#) gezeigten darstellt, worin der Hilfsstrom von einem Hochfrequenzgenerator erzeugt wird, der mittels eines Hochspannungsunterbrechers mit der Arbeitsspule verbunden ist, wobei die Figur für das Verständnis der Erfindung nützlich ist und nur zu Veranschaulichungszwecken eingeschlossen ist;

[0025] [Fig. 6](#) ein Schema einer Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung ist, worin die Hilfsenergie mithilfe eines mechanischen Wellenleiters mit einer dazugehörigen Arbeitsspule bereitgestellt wird;

[0026] [Fig. 7](#) eine Ausführungsform der Implementierung einer Vorrichtung der in [Fig. 5](#) gezeigten Art zum Aneinanderschweißen zweier Metallröhren darstellt;

[0027] die [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) Schemata zweier Ausführungsformen der Vorrichtungen in Übereinstimmung mit der Erfindung zeigen, worin die Hilfsenergie eine mechanische Energie ist, die mittels eines Wellenleiters, der mit einer Arbeitsspule verknüpft ist, auf den geschweißen Gegenstand übertragen wird;

[0028] [Fig. 10](#) ein Schema einer Vorrichtung in Übereinstimmung mit einer anderen Ausführungsform der Erfindung zeigt, die in diesem spezifischen Fall gestaltet ist, um zwei Metallrohre aneinanderzuschweißen, worin die Hilfsenergie eine mechanische Stoßenergie ist, die durch eine DIF-Vorrichtung erzeugt wird und mittels eines mechanischen Wellenleiters auf eines der Rohre übertragen wird;

[0029] [Fig. 11](#) ein Schema einer anderen Vorrichtung in Übereinstimmung mit der Erfindung ist, worin die Hilfsenergie eine Ultraschallenergie ist;

[0030] [Fig. 12](#) ein anderes darstellendes Beispiel für eine Vorrichtung zeigt, worin die Hilfsenergie eine Widerstandsheizenergie ist, die durch einen Strom bewirkt wird, der zwischen zwei Strom-übertragenen Elektroden erzeugt wird;

[0031] [Fig. 13a](#) im Querschnitt eine Vorrichtung in Übereinstimmung mit einem weiteren darstellenden Beispiel für das gleichzeitige Bilden, Schneiden und Durchlöchern einer Metallplatte zeigt;

[0032] [Fig. 13b](#) die Gußform der Vorrichtung aus

[Fig. 13a](#) mit einer physisch veränderten Metallplatte zeigt;

[0033] [Fig. 13c](#) die physisch veränderte Metallplatte nach der Bearbeitung durch die Vorrichtung aus [Fig. 13a](#) zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0034] Es wird jetzt auf [Fig. 1](#) Bezug genommen, die ein Schema einer Vorrichtung **20** zeigt, die für das Verständnis der Erfindung nützlich ist, wobei die Vorrichtung eine Arbeitsspule **22** und zwei Entladestromkreise **24** und **26** umfaßt. Der Entladestromkreis **24** setzt sich aus einer Stromzufuhr **30**, einer Kondensatorbatterie **32**, die aus einem einzelnen oder mehreren Kondensatoren bestehen kann, und einem Hochstrom-Schalter **34** zusammen. Ähnlich setzt sich der Entladestromkreis **26** aus einer Stromzufuhr **36**, einer Kondensatorbatterie **38** und einem Schalter **40** zusammen. Die Schalter **34** und **40** werden mithilfe eines Zündstromkreises **42** gesteuert, der einen Auslöser für diese Schalter bereitstellt. Die Schalter **34** und **40** können irgendeine aus einer Vielfalt an an sich bekannten Stromschaltern wie beispielsweise ein gesteuerter Vakumentlader der in der PCT-Anmeldung Nr. PCT/IL-97/00383 offenbarten Art sein.

[0035] Der Stromkreis **24** wird hier als primärer Stromkreis und der Stromkreis **26** als Hilfsstromkreis bestimmt. In diesem Beispiel werden, wie zu sehen ist, sowohl der primäre Entladestrom des Stromkreises **34** als auch der Hilfs-Entladestrom des Stromkreises **26** mittels der einzelnen Arbeitsspule **22** entladen.

[0036] Die [Fig. 2a](#)–[Fig. 2c](#) zeigen mehrere verschiedene Kombinationen aus primären und Hilfs-Entladestromen, damit ein kombinierter, überlagerter PMF-erzeugender Strom geliefert wird. Der entladene primäre Strom, der von der oberen Kurve der [Fig. 2a](#)–[Fig. 2c](#) dargestellt wird, hat für gewöhnlich eine Amplitude von etwa 10–200 kA, für gewöhnlich 100 kA, und eine anfängliche Schwingungsfrequenz von etwa 10–100 kHz. Der entladene Hilfsstrom, der in den jeweiligen [Fig. 2a](#)–[Fig. 2c](#) als mittlere Kurve dargestellt ist, hat für gewöhnlich eine Frequenz von etwa 50–1000 kHz und eine Amplitude von etwa 1–10 kA. Die beiden verschiedenen Ströme können gleichzeitig entladen werden ([Fig. 2a](#)); oder der Hilfsstrom kann nach ([Fig. 2b](#)) oder vor ([Fig. 2c](#)) dem primären Strom entladen werden. Der überlagernte Strom wird in den jeweiligen [Fig. 2a](#)–[Fig. 2c](#) als untere Kurve dargestellt. Es wurde in Erfahrung gebracht, daß dieser überlagerte PMF-Strom eine wirksame Schweißung ergibt, ohne daß ein wesentlicher Anstieg der Stromintensität und die feine Abstimmung der Stromentladeparameter benötigt wird, wie sie in PMF-Verfahren aus dem Stand der Technik erforderlich waren.

[0037] Das Überlagern von Energien aus zwei verschiedenen Quellen kann auf ähnliche Weise auch in den unten in den [Fig. 3](#)-[13](#) dargestellten Beispielen und Ausführungsformen durchgeführt werden; beide Quellen können nämlich gleichzeitig oder mit einer Verzögerung, eine nach der anderen, aktiviert werden.

[0038] Die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) zeigen jeweils ein Schema der Vorrichtungen **50** und **60** in Übereinstimmung mit zwei weiteren Beispielen, die für das Verständnis der Erfindung nützlich sind. In den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) wurden die gleichen Bezugsziffern wie in [Fig. 1](#) verwendet, um die gleichen Elemente zu zei- gen. Die Vorrichtung **50** aus [Fig. 3](#) unterscheidet sich von der aus [Fig. 1](#) darin, daß die Spule **52**, die mit beiden Stromkreisen verbunden ist, in einem induktiven Verhältnis zur Formspule **54**, in diesem spezifischen Beispiel eine Einfachwicklungsspule, steht. Im Falle der Vorrichtung **60** aus [Fig. 4](#) sind der primäre Entladestromkreis **24** und der Hilfs-Entladestromkreis **26** unabhängig und werden jeweils mit einer Spule **62** und **64** bereitgestellt, die sich in einer induktiven Verknüpfung mit der Formspule **66** befinden.

[0039] Eine Vorrichtung **70** in Übereinstimmung mit einem weiteren Beispiel, das für das Verständnis der Erfindung nützlich ist, wird in [Fig. 5](#) gezeigt. Erneut wurden hier den gleichen Elementen wie jeden aus [Fig. 1](#) die gleichen Bezugsziffern verliehen. In der Vorrichtung **70** wird der Entladestromkreis **26** mit einem Hochfrequenzgenerator **72** bereitgestellt, der für gewöhnlich in der Lage ist, bei einer Frequenz von etwa 100–1000 kHz einen Strom zu erzeugen und der mittels eines Hochspannungsunterbrechers, z.B. einer Fe-gesteuerten Vakuumsschaltung, mit der Spule **22** verbunden ist. Die Formspulen **22** aus den [Fig. 1](#) und [Fig. 5](#), **54** aus [Fig. 3](#), **66** aus [Fig. 4](#) und **90** aus [Fig. 6](#) können einen Aufbau einer Formspule haben, wie sie in der PCT-Anmeldung, Veröffentli- chungs nr. WO-97/22426, und in der PCT-Anmel- dung, Veröffentlichungsnr. WO-98/23400, offenbart ist. Jedoch ist die Erfindung, wie ohne Zweifel gewür- digt werden wird, nicht auf diese Spulenarten be- schränkt. Die Art der Spule und ihr Aufbau hängen natürlich von der Art des Werkstücks ab, an dem ge- arbeitet wird; die Spule kann eine Ringstruktur haben oder im Falle der Herstellung eines zylindrischen Ge- genstands zylindrisch sein, kann für das Bearbeiten einer Metallplatte eben sein, usw. Darüber hinaus wird der Aufbau der Spule auch vom zu erreichenden Ergebnis abhängen, nämlich ob die beabsichtigte physische Änderung ein Ausbilden, Schneiden, Durchlöchern, Vereinigen oder Schweißen ist.

BEVORZUGTE AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0040] Eine Vorrichtung **80** in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der Erfindung ist in [Fig. 6](#) zu sehen. Die Vorrichtung umfaßt eine Stromzufuhr **82**,

eine Kondensatorbatterie **84**, einen Schalter **86**, ei- nen Auslösestromkreis **88**, eine primäre Arbeitsspule **90** und eine Hilfs-Arbeitsspule **92**, die mit einem me- chanischen Wellenleiter **94** verknüpft ist. Beim Auslö- sen vom Auslösestromkreis **88** entlädt sich mittels der Spulen **90** und **92** die elektrische Energie, die zu- vor von der Stromzufuhr **82** in den Kondensator **84** geladen wurde. Die Spule **90** induziert eine Hochge- schwindigkeitsbewegung in mindestens einem Ab- schnitt der beiden zu verschweißenden Gegenstä- nde, wohingegen die Spule **92** Vibrationen im Wellen- leiter **94** erzeugt, die dadurch an mindestens einen von zwei Metallgegenständen übertragen wird.

[0041] Eine Darstellung der Anordnung der beiden Spulen und der Wellenleiter in einer Ausführungs- form der Erfindung zum Aneinanderschweißen der beiden Rohre ist in [Fig. 7](#) zu sehen. In [Fig. 7](#) wurde Elementen, die den in [Fig. 6](#) zu sehenden entspre- chen, die gleichen Bezugsziffern verliehen. In diesem Fall wird ein Strom gleichzeitig mittels der Spulen **90** und **92** entladen, wodurch die Spule **92** Vibrationen im Wellenleiter **94** erzeugt, die durch den Pfeil darge- stellt werden. Diese Vibrationen wandern dann, wie durch die Pfeile **100** dargestellt, in das Metallrohr **98**. Gleichzeitig veranlaßt die Spule **90**, daß sich der Ab- schnitt **102** des Metallrohrs **98**, wie durch die Pfeile **108** dargestellt, auf den Abschnitt **104** des Metall- rohrs **106** zubewegt und daran stößt. Für gewöhnlich wird der Entladestrom eine anfängliche Frequenz von etwa 10–100 kHz haben. Die kombinierten me- chanischen Kräfte erleichtern das Aneinander- schweißen der beiden Rohre.

[0042] Ein Schema der beiden Vorrichtungen **110** und **120** in Übereinstimmung mit zwei weiteren Aus-führungsformen der Erfindung wird jeweils in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) gezeigt. Diese Ausführungsformen, die der in [Fig. 6](#) gezeigten ähnelt, umfaßt ebenfalls eine primäre Arbeitsspule **90** und eine Hilfs-Arbeits- spule **92**, wobei letztere mit einem mechanischen Wellenleiter **94** verknüpft ist (die gleichen Bezugszif- feren, wie sie in [Fig. 6](#) verwendet wurden, wurden hier für die gleichen Elemente verwendet). Der Unter- schied zwischen der Vorrichtung **110** und der Vorrich- tung **80** aus [Fig. 6](#) liegt darin, daß in der erstenen die Spulen **90** und **92** parallel geschaltet sind, wohingegen sich im Falle der Vorrichtung **80** derselbe Strom- fluss in beiden Spulen entlädt, wobei der Strom im Falle der Vorrichtung **110** zwischen den beiden Spu- len aufgeteilt wird, und zwar in einem umgekehrten Verhältnis zu den jeweiligen Impedanzen der Spulen **90** und **92**.

[0043] Im Falle der Vorrichtung **120** sind die primäre Spule **90** und die mit dem Wellenleiter verknüpfte Hilfsspule **92** in unabhängigen Stromkreisen **122**, **124** eingeschlossen, die mit jeweiligen Stromversor- gungen **125**, **126**, Kondensatorbatterien **127**, **128** und Schaltern **129**, **130** bereitgestellt werden, die mit

hilfe eines Entladesteuерungsstromkreises 132 gesteuert werden.

[0044] Wiederum hängt die Struktur bzw. der Aufbau der primären Spule vom diskreten Ergebnis und von dem zu bearbeitenden Werkstück ab und kann, ohne darauf eingeschränkt zu sein, eine Spule einer Art sein, die im WO-97/22426 und WO-98/23400 offenbart wird, die bereits oben erwähnt sind.

[0045] Eine Vorrichtung 140 in Übereinstimmung mit einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann man in [Fig. 10](#) sehen. In diesem spezifischen Beispiel ist sie so gestaltet, daß sie vor allem für das Miteinander-Verschweißen zweier Rohre 142 und 144 geeignet ist. Die Vorrichtung 140 umfaßt zwei Entladestromkreise, einen primären Entladestromkreis 146 und einen Hilfs-Entladestromkreis 148. Der primäre Entladestromkreis 146 umfaßt eine Spule 150, eine Kondensatorbatterie 152, einen Schalter 154 und eine Stromzufuhr 156. Der Entladestromkreis 148 umfaßt eine DIF-Vorrichtung 160, einen Kondensatorbatterie 162, eine Stromzufuhr 164 und einen Schalter 166. Die Schalter 154 und 166 werden vom Stromkreis 168 gesteuert.

[0046] Die DIF-Vorrichtung 160 umfaßt eine Kammer, die zwischen starren Wandabschnitten 172 und einer elastischen Wand 174 bestimmt wird und ein Fluid unterbringt, das ein Gas oder eine Flüssigkeit sein kann und für gewöhnlich eine wässrige Lösung ist. Mehrere Paare an Elektroden 176 werden bereitgestellt, und beim Schließen der Schaltung 166 wird zwischen den Elektroden ein elektrischer Strom entladen (vom Pfeil 178 dargestellt). Eine solche Entladung bewirkt die Bildung des Plasmas innerhalb des Fluids, das eine Stoßwelle liefert, die in Richtung flexible Wand 174 wandert (vom Pfeil 180 dargestellt). Die Wand 174 steht mit dem mechanischen Wellenleiter 182 in Kontakt, und die Stoßwellen wandern dann durch den Wellenleiter (vom Pfeil 184 dargestellt) und kondensieren, um an seinem verjüngten Ende eine Stoßwelle höherer Amplitude zu liefern (vom Pfeil 186 dargestellt).

[0047] Ein Schema einer Vorrichtung 200 in Übereinstimmung mit einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird in [Fig. 11](#) gezeigt. Die Vorrichtung umfaßt einen primären Entladestromkreis 202 und einen Aufbau 204. Der primäre Entladestromkreis 202 umfaßt eine Stromzufuhr 206, eine Kondensatorbatterie 208, einen Schalter 210 und eine primäre Spule 212. Der Aufbau 204 umfaßt eine Ultraschallenergie-erzeugende Vorrichtung 214, eine Stromerzeugungsvorrichtung 216 und einen Schalter 218. Durch die Verwendung dieser Vorrichtung ist die daraus hervorgehende physische Änderung, vorzugsweise Schweißen, ein kombiniertes Ergebnis aus einer Ultraschallenergie und einer PMF-Energie.

[0048] Eine Vorrichtung 230 zum Schweißen in Übereinstimmung mit einem anderen darstellenden Beispiel kann man in [Fig. 12](#) sehen. Mittels der Verwendung der Vorrichtung 230 ist das Schweißen ein kombiniertes PMF- und Widerstandsschweißverfahren. Die Vorrichtung 230 umfaßt einen primären Entladestromkreis 232 und einen Aufbau 234. Der primäre Entladestromkreis 232 umfaßt eine Spule 236, eine Kondensatorbatterie 238, einen durch den Auslöserstromkreis 242 gesteuerter Schalter 240 und eine Stromzufuhr 244. Der Aufbau 234 umfaßt eine Stromzufuhr 246 und ein Paar an Widerstandsschweißelektroden 248. Diese Elektroden führen Strom in der vom Pfeil 250 dargestellten Richtung, und als Ergebnis des höheren Widerstands an der Schnittstelle 252 zwischen den beiden Metallgegenständen 254, 256 wird die Schnittstelle 252 erwärmt. Wie im Stand der Technik bekannt, werden die Elektroden 248 für gewöhnlich durch die Wasserumwälzung gekühlt. In der Vorrichtung 230 wird das hochwertige Verschweißen durch eine Kombination aus einem PMF- und einem Widerstandsschweißverfahren erreicht.

[0049] Eine allgemein mit 300 bezeichnete Vorrichtung zum Bearbeiten einer Metallplatte wird in [Fig. 13a](#) gezeigt. Die Vorrichtung umfaßt eine Gußform 302 mit einem zentralen umgekehrten gewölbten Einschnitt 304. Der Einschnitt 304 wird innerhalb einer ringförmigen Leiste 306 bestimmt, die eine ringförmige Vertiefung 308 unterbringt. Der Außenrand der Leiste 306 ist ein Schulterabschnitt 310, der von einer senkrechten Wand 312 bestimmt wird. An der Unterseite des Einschnitts 304 sind senkrechte Bohrungen 316 bestimmt.

[0050] Die Vorrichtung umfaßt weiterhin eine ebene Formspule 320, die mit einem Entladesystem 322 und einem Spulenträgglie 324 verbunden.

[0051] Das Entladesystem 322 ähnelt im Grundsatz dem in [Fig. 1](#) zu sehenden Stromkreis, und solchermaßen wurde den in der Funktion gleichen Elementen die gleichen Bezugsziffern gegeben, so daß der Leser aufgefordert wird, sich für die Erläuterung ihrer Funktion der Beschreibung aus [Fig. 1](#) zuzuwenden.

[0052] Die Vorrichtung hält eine Metallplatte 330, die ausgebildet, geschnitten und durchlöchert werden soll.

[0053] Bei der Stromentladung wird ein überlagerter PMF-Strom erzeugt, der z. B. eine Form der in den [Fig. 2a](#)–[Fig. 2c](#) gezeigten Art hat. Folglich wird ein Magnetdruck erzeugt, der die schnelle Bewegung der Abschnitte der Platte 330 in der von den Pfeilen 340 und 342 dargestellten Richtung induziert. Folglich wird der zentrale Hauptabschnitt der Platte umgeformt, um eine von der Gußform 302 bestimmte allgemeine Form zu liefern. Zusätzlich wirken die senk-

rechten Wände **312** allgemein wie ein Messer, und demnach wird die Platte an einer von der senkrechten Wand **312** definierten Linie geschnitten, eine getrennt in [Fig. 13c](#) zu sehende geformte Platte **330a** und einen ausgeschnittenen Wulstrand **330b** bildend.

[0054] Ähnlich wie die senkrechte Wand **312** wirken auch die Wulstränder der Bohrungen als Messer und wenn die geformte Platte **330a** einmal auf die Wände des Einschnitts **304** stößt, wird ein Abschnitt **348**, der im Durchmesser dem Durchmesser der Bohrung **316** entspricht, ausgeschnitten und fährt fort, sich schnell durch die Bohrung **316** zu bewegen, wie von den Pfeilen **350** in [Fig. 13b](#) dargestellt. Die entstandene Platte **330a** wird mit einem zentralen Einschnitt **360**, einer ringförmigen Umfangsvertiefung **362**, mit einem geschnittenen Wulstrand **354** und mit Löchern **366** ausgebildet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Induzieren einer physischen Veränderung in mindestens einem metallischen Werkstück, wobei

a) die Energie mindestens einer pulsierenden magnetischen Kraft (PMF) zu mindestens einem Abschnitt **(102)** mindestens eines Werkstücks **(98; 144)** übertragen wird, um darin einen starken magnetischen Druck zu induzieren; und
b) eine Hilfsenergie, die mit der PMF-Energie mindestens teilweise koextensiv ist, zu dem mindestens einen Abschnitt **(102)** des Werkstücks **(98; 194)** übertragen wird, woraufhin sich die PMF- und die Hilfsenergie vereinen, um die physische Veränderung zu bewirken,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Hilfsenergie eine mechanische Energie ist, die in dem mindestens einen Abschnitt des mindestens einen Werkstücks Vibrationen induziert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mechanische Energie durch einen vibrierenden Wellenleiter **(94)** induziert wird, der angeregt wird, um eine ihm zugeordnete, PMF-erzeugende Spule **(92)** in Vibration zu versetzen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mechanische Energie durch einen vibrierenden Wellenleiter **(94)** induziert wird, der angeregt wird, um eine ihm zugeordnete Vorrichtung zur Entladung in einem Fluid (DIF-Vorrichtung) in Vibration zu versetzen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mechanische Energie durch eine Ultraschallenergiequelle induziert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 zum Verschweißen von zwei metallischen Gegenständen miteinander, wobei:

a) während einer ersten Zeitspanne eine primäre Energie einer pulsierenden magnetischen Kraft (PMF) durch Entladung eines primären elektrischen Stroms durch eine primäre Arbeitsspule **(90)** hindurch erzeugt wird, um einen starken magnetischen Druck auf mindestens einen Abschnitt **(102)** eines ersten von zwei metallischen Gegenständen zu induzieren, um diesen Abschnitt durch eine entsprechende Bewegung auf mindestens einem weiteren Abschnitt **(104)** des zweiten metallischen Werkstücks **(106; 142)** aufzuschlagen zu lassen;

b) während einer zweiten Zeitspanne auf mindestens einen der beiden metallischen Gegenstände eine mechanische Energie, die eine andere ist als die primäre PMF-Energie, übertragen wird, wobei die erste Zeitspanne und die zweite Zeitspanne einander über mindestens einem wesentlichen Teil der ersten oder der zweiten Zeitspanne überlappen, wodurch die mechanische Energie in Kombination mit der PMF-Energie ein Verschweißen der mindestens zwei Abschnitte **(102 und 109)** miteinander bewirken.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die mechanische Energie gleichzeitig mit der Entladung des primären elektrischen Stroms initiiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die mechanische Energie vor oder nach der Entladung des primären elektrischen Stroms initiiert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei die mechanische Energie durch Induzierung einer raschen Bewegung in mindestens einem der beiden metallischen Gegenstände geliefert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die mechanische Energie über einen mit einem der Werkstücke in Berührung stehenden Wellenleiter **(94)** von einer PMF geliefert wird, die erzeugt wird durch Entladung eines Stroms durch eine Arbeitsspule **(92)** hindurch, die dem Wellenleiter **(94)** zugeordnet ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die mechanische Energie über einen mit einem der Werkstücke in Berührung stehenden mechanischen Wellenleiter **(182)** von einer Stoßwelle geliefert wird, wobei die Stoßwelle in einer Vorrichtung **(160)** zur Entladung in einem Fluid (DIF-Vorrichtung) erzeugt wird, und zwar durch Entladung eines Stroms zwischen mindestens zwei Elektroden **(176)**, die in ein Fluid innerhalb der Vorrichtung **(160)** eingebettet sind.

11. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die mechanische Energie eine Ultraschallenergie ist.

12. Vorrichtung zum Induzieren einer physischen Veränderung in mindestens einem metallischen Werkstück, mit:

a) mindestens einer PMF-Einheit mit einer Formspule **1e (90; 150)** zur Entladung eines Stroms durch die

Spule hindurch, um einen starken magnetischen Druck in mindestens einem Abschnitt (102) des metallischen Werkstücks (198; 144) zu induzieren; und b) mindestens einer Hilfsenergiequelle, um eine Hilfsenergie mindestens teilweise koextensiv mit der durch die Formspule (90; 150) erfolgenden Stromentladung zu dem mindestens einen Abschnitt (102) des Werkstücks (98; 144) derart zu übertragen, daß der Druck und die Hilfsenergie synergetisch zusammenwirken, um die physische Veränderung hervorzurufen, dadurch gekennzeichnet,

daß die zweite Energiequelle eine mechanische Energiequelle ist, die Vibrationen in dem mindestens einen Abschnitt des mindestens einen Werkstücks induziert.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12 zum Induzieren einer physischen Veränderung, einschließlich mindestens eines der Vorgänge Formen, Schneiden oder Perforieren des mindestens einen Abschnitts oder Verbinden oder Verschweißen des mindestens einen Abschnitts mit einem anderen metallischen Werkstück.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, wobei die zweite Energiequelle eine Hilfs-PMF-Schaltung umfaßt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die mechanische Energiequelle eine Vorrichtung ist, die ein festes Element (94) zum Übertragen einer mechanischen Energiewelle auf das Werkstück umfaßt, wobei das Element einer Arbeitsspule (92) einer Hilfs-PMF-Einheit zum Induzieren von Vibrationen in dem Element zugeordnet ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die mechanische Energiequelle einer Vorrichtung ist, die ein festes Element (182) zum Übertragen einer mechanischen Energiewelle auf das Werkstück umfaßt, wobei das Element einer Vorrichtung (160) zur Entladung in einem Fluid (DIF-Vorrichtung) zugeordnet ist, in der eine Stoßwelle durch Entladung eines Stroms zwischen mindestens zwei Elektroden (176) erzeugt werden kann, die an eine Stromentladeschaltung angeschlossen und in ein Fluid innerhalb der Vorrichtung eingebettet sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 12 zum miteinander Verschweißen von zwei metallischen Gegenständen, mit:

einer primären elektrischen Entladeschaltung (202) mit einer primären Arbeitsspule (212) zur Erzeugung einer pulsierenden magnetischen Kraft (PMF) während einer ersten Zeitspanne eines Arbeitszyklus der Vorrichtung, um mindestens einen Abschnitt eines ersten der beiden metallischen Gegenstände durch entsprechende Bewegung auf einem zweiten der beiden metallischen Gegenstände aufschlagen zu las-

sen; und

eine Einrichtung, die während einer zweiten Zeitspanne des Arbeitszyklus der Vorrichtung eine mechanische Energie erzeugt und diese zu mindestens einem der beiden metallischen Gegenstände überträgt, wobei die erste Zeitspanne und die zweite Zeitspanne einander über mindestens einem wesentlichen Teil der ersten oder der zweiten Zeitspanne überlappen, wodurch die mechanische Energie in Kombination mit der primären PMF-Energie eine Verschweißung der beiden Abschnitte miteinander bewirken.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei die Einrichtung zum Erzeugen einer Hilfsenergie eine Hilfs-PMF-Schaltung (124) umfaßt.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei die Einrichtung Mittel (214) zum Induzieren einer mechanischen Stoßwelle oder von Vibrationen in mindestens einem der Gegenstände umfaßt.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei die Einrichtung einen mechanischen Wellenleiter (99) umfaßt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei die Einrichtung eine einem Wellenleiter zugeordnete Arbeitsspule für eine PMF-Induzierung einer mechanischen Welle im Wellenleiter (94) umfaßt.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei der Wellenleiter einer Vorrichtung (160) zur Entladung in einem Fluid (DIF-Vorrichtung) zugeordnet ist, wobei die DIF-Vorrichtung eine Kammer (170) aufweist, die ein Fluid enthält und Entladungselektroden (176) zum Entladen eines elektrischen Stroms zwischen den Elektroden durch das Fluid hindurch aufweist; wobei die Kammer (170) mit dem Wellenleiter derart in Berührung steht, daß dann, wenn ein elektrischer Strom zwischen den Elektroden (176) entladen wird, eine Stoßwelle innerhalb des Fluid erzeugt wird, die auf den Wellenleiter übertragen wird.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, wobei das Fluid eine wässrige Flüssigkeit ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei die Anordnung in der Lage ist, eine Ultraschallwelle zu erzeugen und diese zu mindestens einem der beiden Gegenstände zu übertragen.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

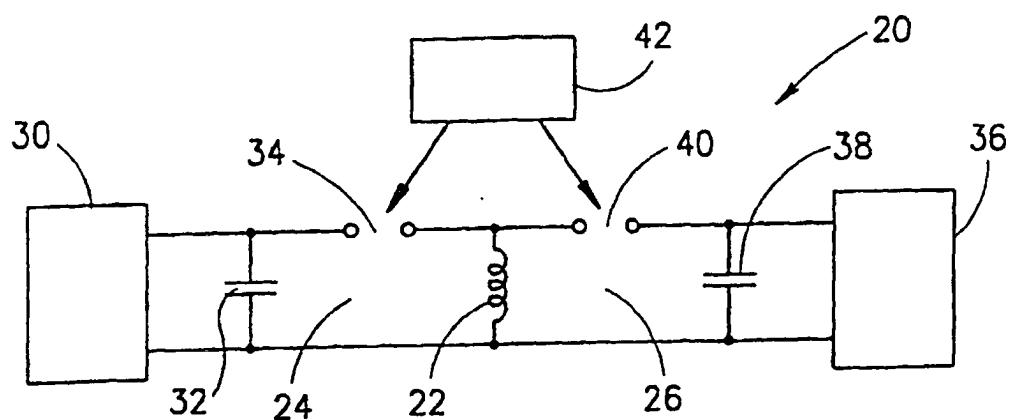


FIG.1

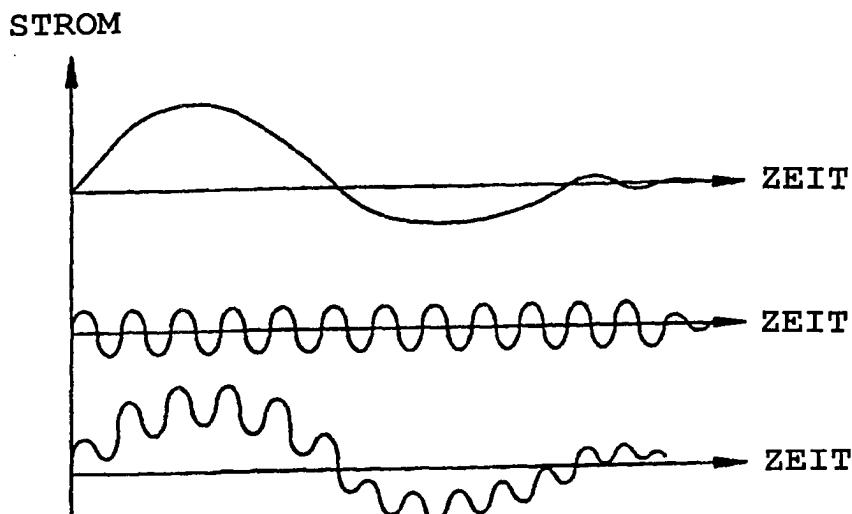


FIG.2A

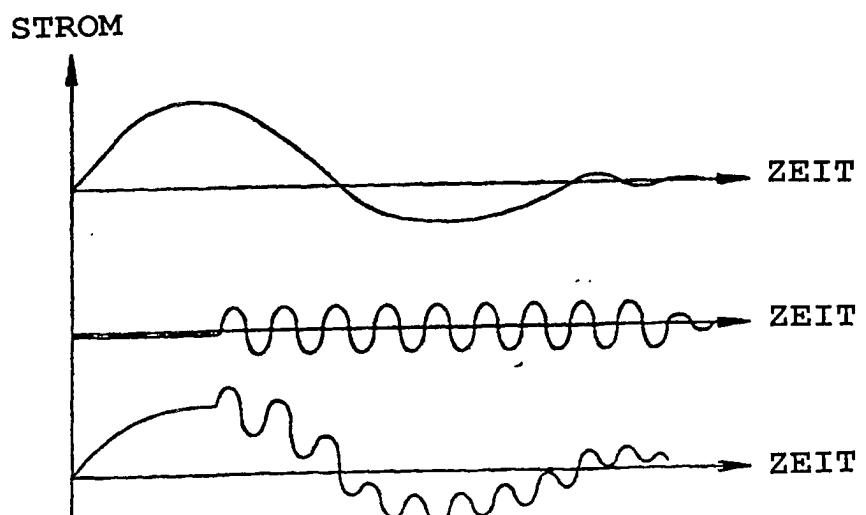


FIG.2B

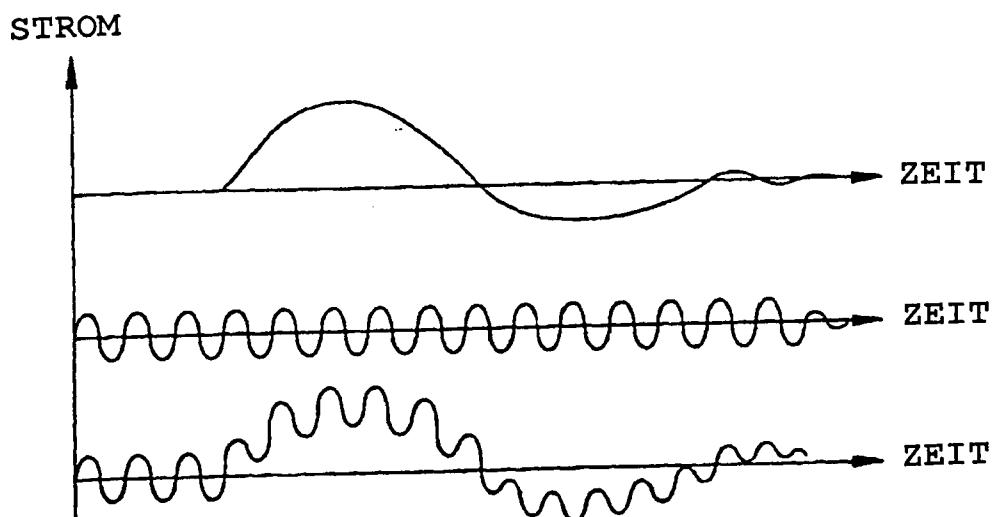


FIG.2C

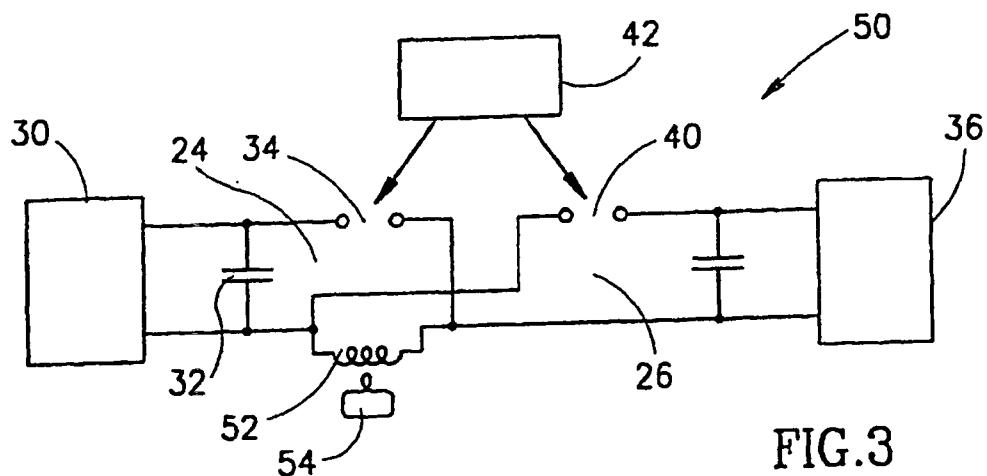


FIG.3

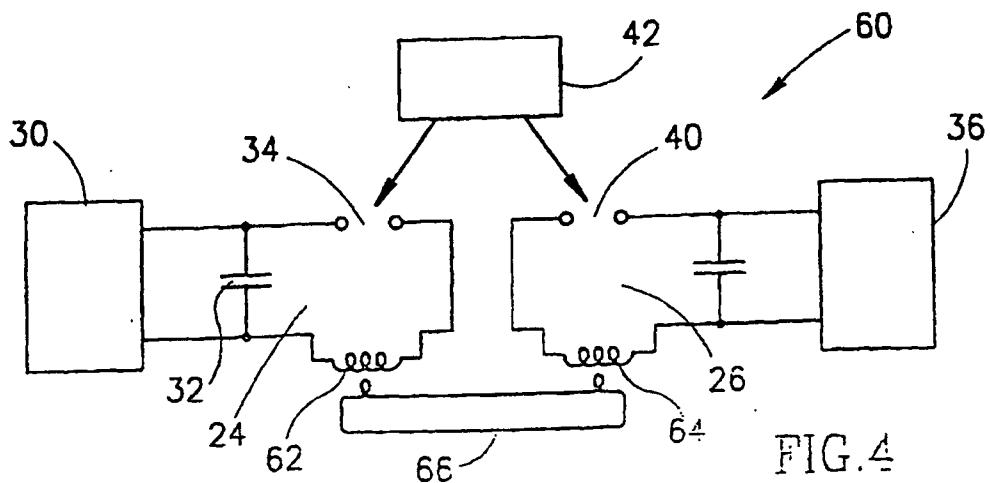


FIG.4

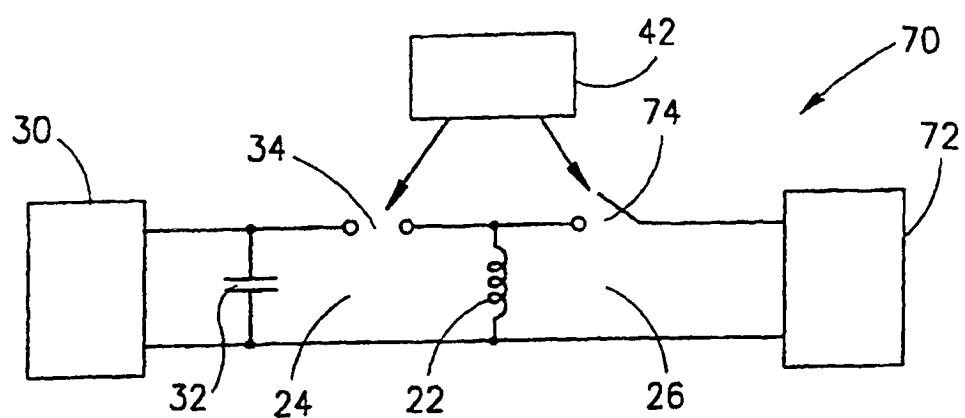


FIG.5

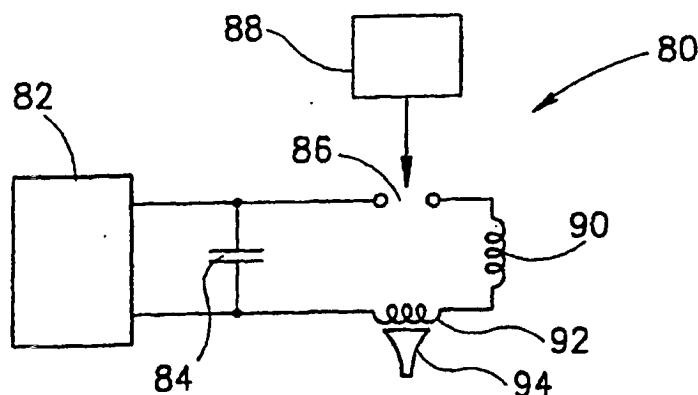


FIG.6

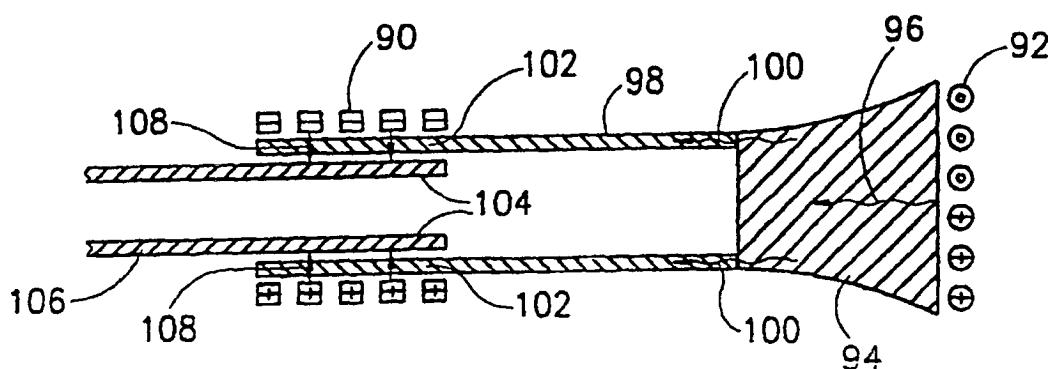


FIG.7

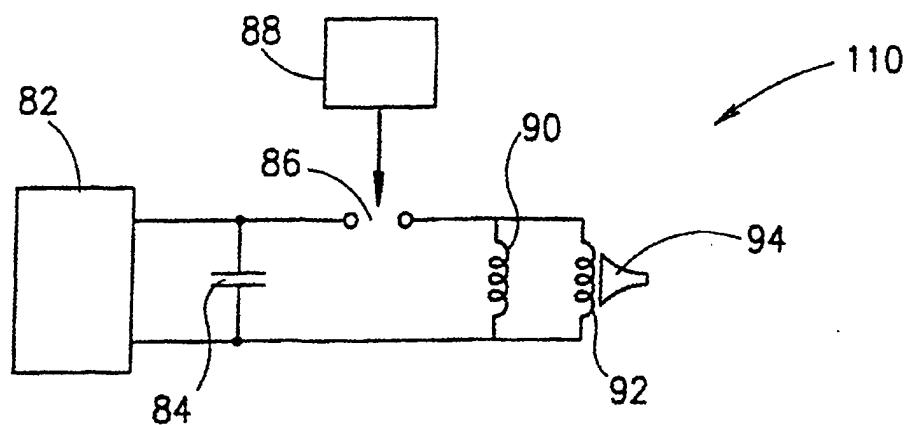


FIG.8

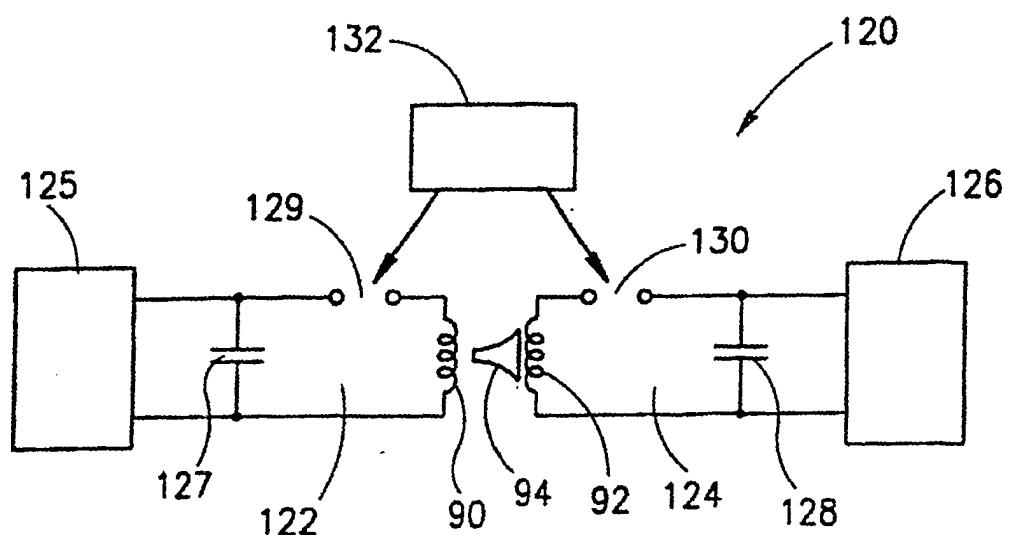
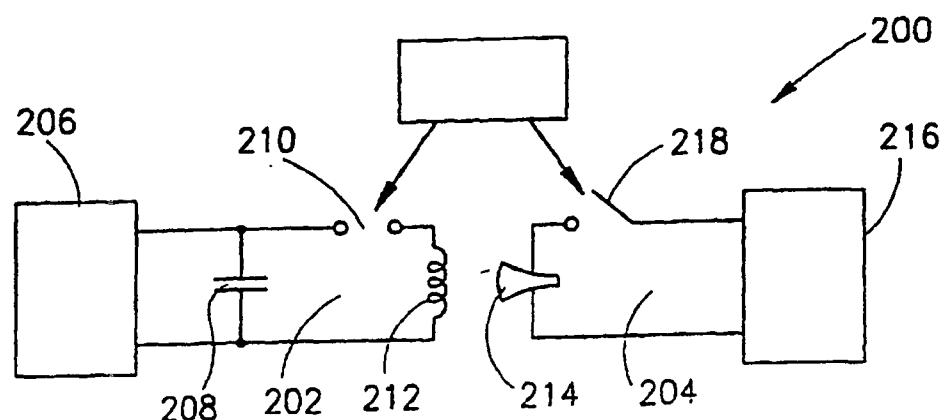
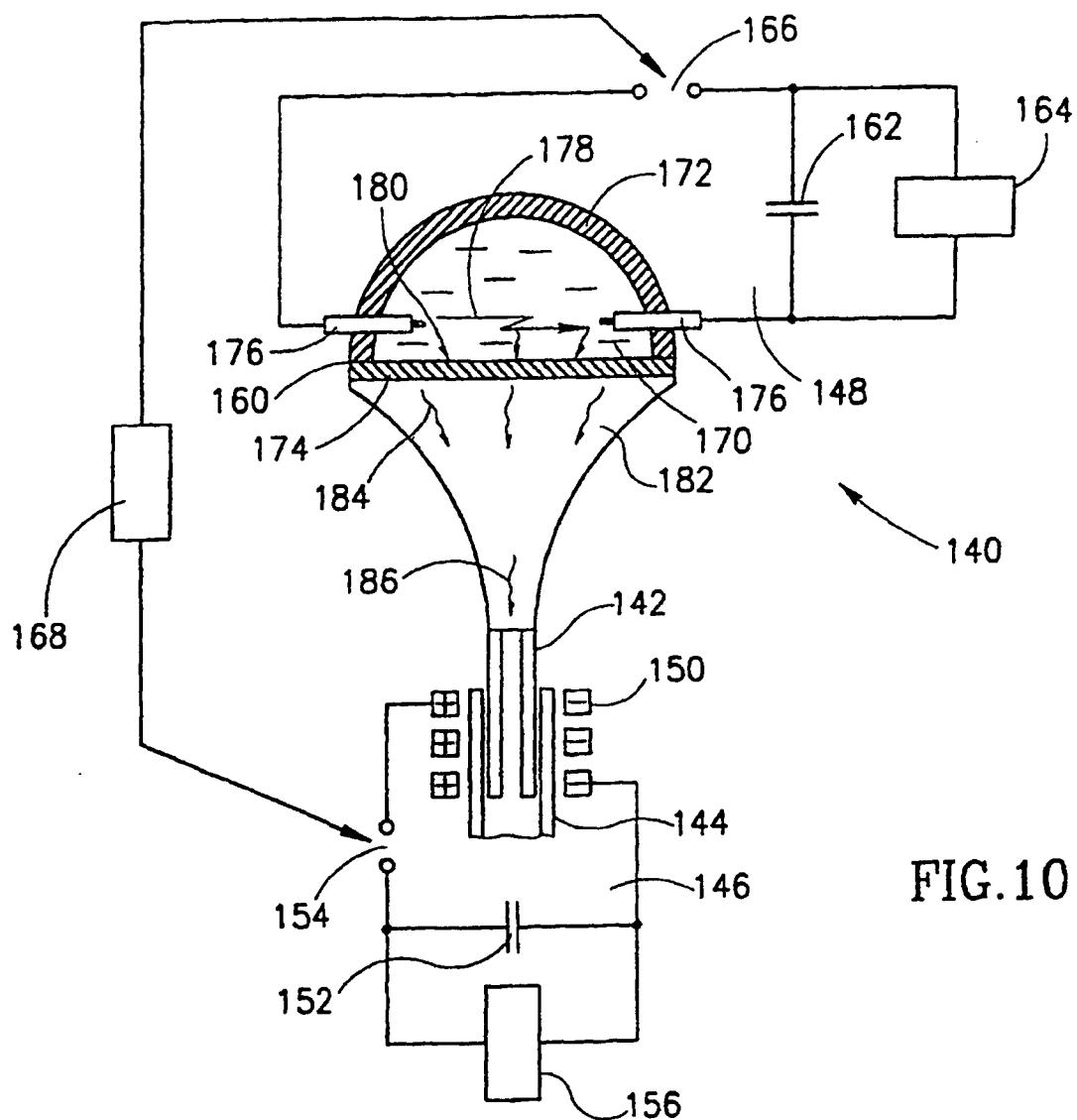


FIG.9



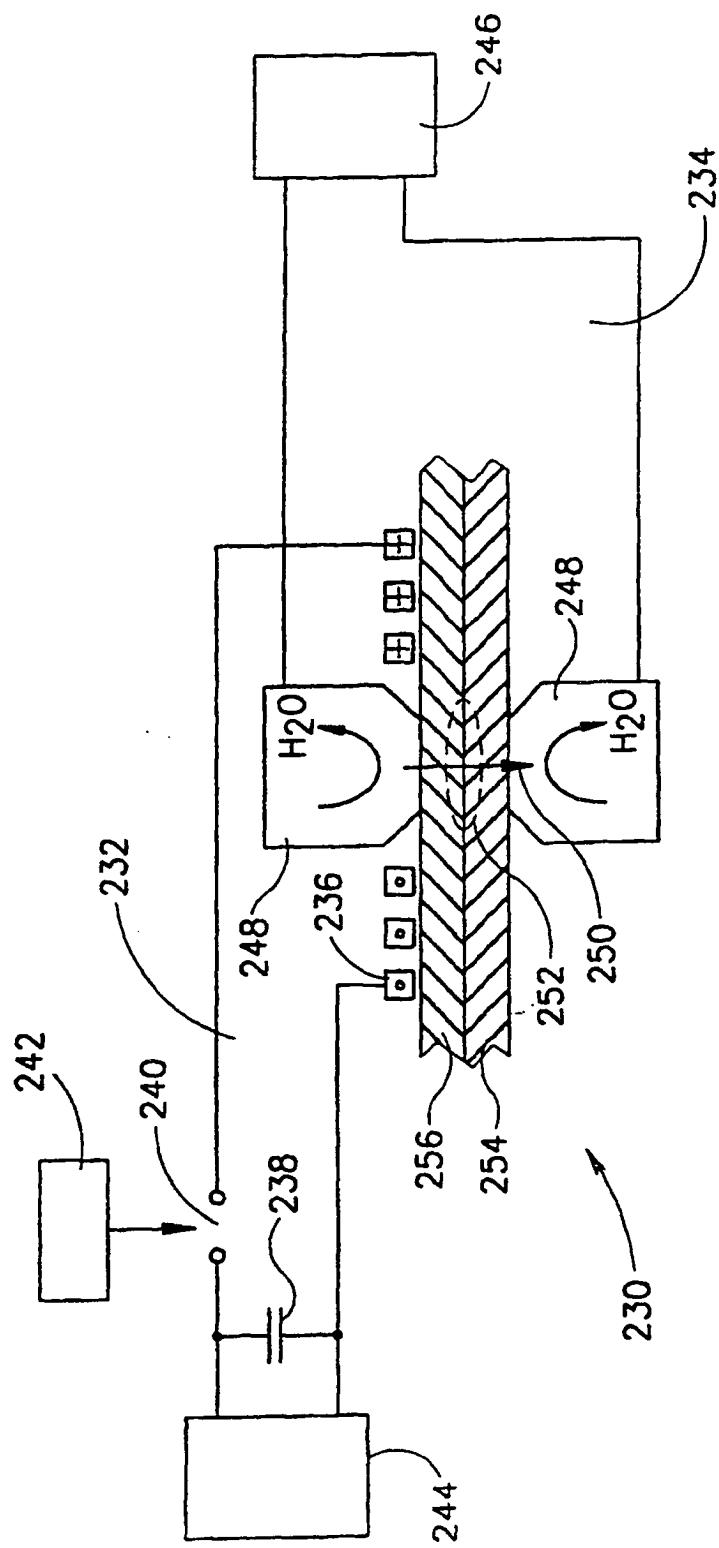


FIG. 12

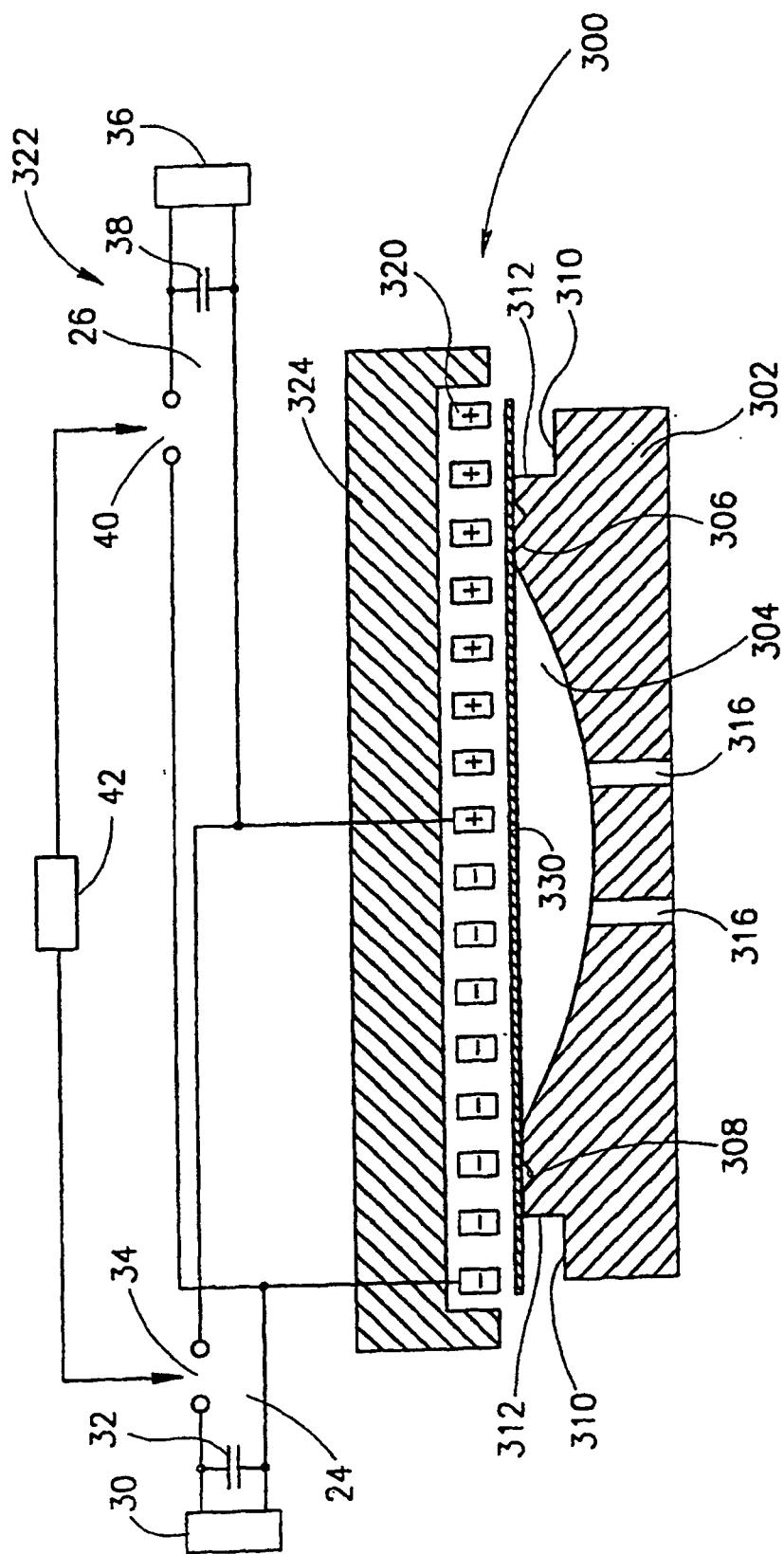


FIG. 13A

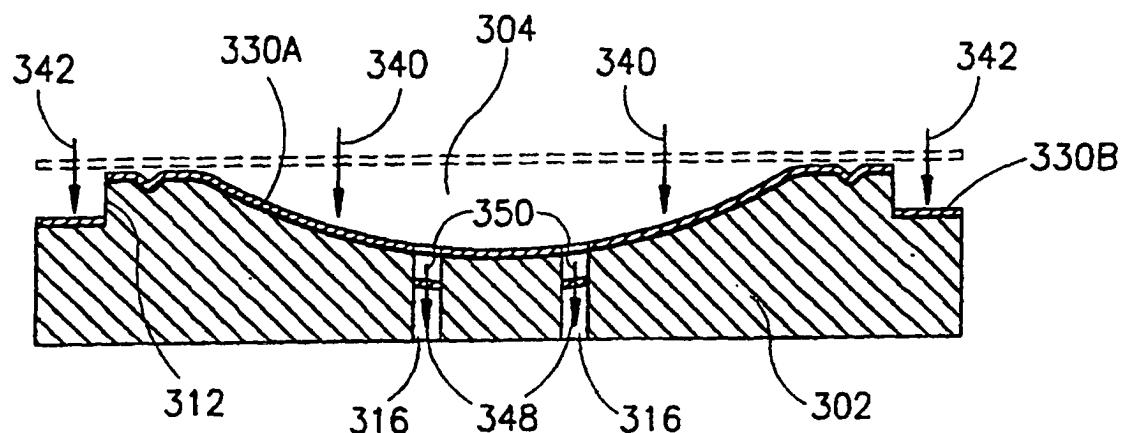


FIG.13B

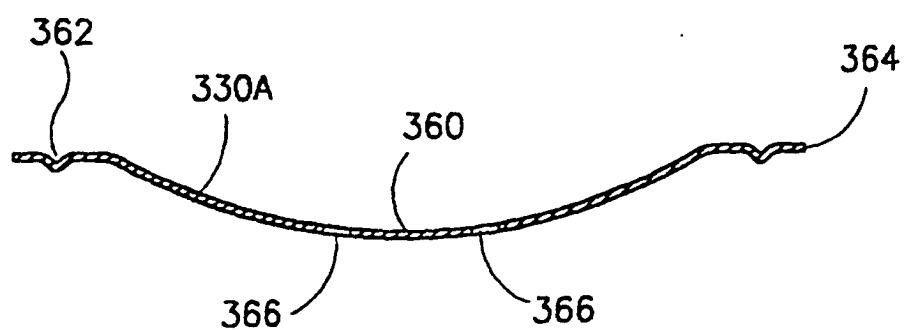


FIG.13C