

①9



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

①1 CH 689 767 A5

⑤1 Int. Cl.⁶: H 01 J 037/32
C 23 C 014/32
C 23 C 014/54

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

①2 PATENTSCHRIFT A5

②1 Gesuchsnummer: 00948/92

②2 Anmeldungsdatum: 24.03.1992

②4 Patent erteilt: 15.10.1999

④5 Patentschrift
veröffentlicht: 15.10.1999

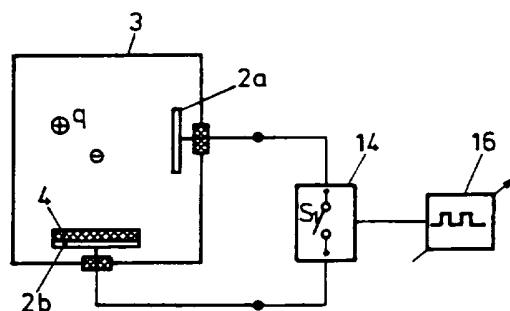
⑦3 Inhaber:
Balzers Aktiengesellschaft, 9496 Balzers (LI)

⑦2 Erfinder:
Signer, Hans, Oberschan (CH)
Kügler, Eduard, Feldkirch-Tisis (AT)
Wellerdieck, Klaus, Buchs SG (CH)
Rudigier, Helmut, Bad Ragaz (CH)
Haag, Walter, Grabs (CH)

⑦4 Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG, Siewerdtstrasse 95,
Postfach, 8050 Zürich (CH)

⑤4 Verfahren zur Werkstückbehandlung in einer Vakuumatmosphäre und Vakuumbehandlungsanlage.

⑤7 Wenn bei Vakuumbehandlungsprozessen in der Behandlungsatmosphäre elektrische Ladungsträger an gegen den Behandlungsraum elektrisch isolierte Flächen getrieben werden, ergibt sich das Problem der elektrostatischen Aufladung solcher Flächen, bis hin zur Bildung von Durch- oder Überschlügen. Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass ein Entladungspfad (S_1) über eine solche isolierende Fläche (4), den Behandlungsraum und eine Gegenelektrode (2a) intermittierend (16) geschlossen wird, womit eine Neutralisierung der an der Isolationsfläche (4) angesammelten Ladung erfolgt. Dabei bleiben die genannten Ladungsträger im Bereiche der Oberfläche (4) akkumuliert, so dass sich dieses Vorgehen insbesondere für Ionenplattierungsverfahren eignet, bei dem der mit der genannten Ladungsbelegung einhergehende Materialtransport genutzt wird. Das genannte Vorgehen eignet sich weiter zum Betrieb derartig isolierender Flächen mit Gleichspannungen und umgeht das Vorsehen von Hochfrequenzgeneratoren zur Behebung der sich aufbauenden Ladungsbelegung.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1 oder 2.

Die Erfindung kann bei allen PVD-Verfahren (physical vapour deposition), reaktiven PVD-Verfahren sowie allen plasmaunterstützten CVD-(chemical wafer deposition)-Verfahren eingesetzt werden sowie auch bei anderen Verfahren, sofern die genannten Verhältnisse vorliegen. Solche Verfahren sind insbesondere Sputtern, reaktiv oder nicht, bei welchen Werkstücke sputter-geätzt werden oder sputter-beschichtet werden und hierbei auf Bias gelegt sind, auf ein Bezugspotenzial oder potenzialschwebend betrieben werden.

Als weiteres bezieht sich die Erfindung insbesondere auf Ionenplattierverfahren, reaktiv oder nicht reaktiv, weiter auch auf Verdampfungsverfahren, d.h. Elektronenstrahl-Verdampfungsverfahren, Bogenverdampfungsverfahren, Verdampfungsverfahren mit Tiegelheizung, alle auch im Zusammenhang mit dem Ionenplattieren einsetzbar, also – dies wiederholend – generell auf alle Vakuumbehandlungsverfahren, woran die erwähnte Ganz- oder Teilbelegung einer leitenden Fläche mit nicht oder schlecht leitendem Material auftritt, sei dies bedingt durch das spezifische Behandlungsverfahren oder sei dies dann, wenn derartige Belegungen bereits vor Verfahrensbeginn an eingesetzten leitenden Teilen vorliegen, wie bei Oberflächenoxidation von Metallteilen.

Immer, wenn die geschilderten Verhältnisse, nämlich Ganz- oder Teilbelegung und in der Vakuumatmosphäre Ladungsträger, erfüllt sind, also auch z.B. bei thermischen CVD-Verfahren, bei denen Ladungsträger z.B. zur Oberflächenaktivierung in Form von Ionen oder Elektronen eingebracht werden, als Elektronenstrahl oder auch als Ionenstrahl, ergeben sich Probleme dadurch, dass an der Belegung mit nicht oder schlecht leitendem Material, im Weiteren «Isolationsbelegung» genannt, insbesondere wenn in der Vakuumatmosphäre elektromagnetische Kraftfelder angelegt sind und/oder durch inhomogene Ladungsverteilungen entstehen, eine weitere Belegung mit elektrischen Ladungsträgern einsetzt oder einsetzen kann, die im Weiteren «Ladungsträgerbelegung» genannt wird. Dies führt zur elektrostatischen Aufladung der Isolationsbelegung, bis sich diese Aufladung unkontrolliert entlädt.

Grundsätzlich hat man bis anhin dieses Problem bei der elektrischen Speisung derartiger isolations-belegter Flächen dadurch gelöst, dass entweder, als Betriebsquelle, ein AC-Signalgenerator angelegt wurde oder ein DC-Signalgenerator und ein AC-Signalgenerator. Trotz der, betrachtet über die Behandlungszeiten, nur relativ kurzzeitig negativ in Erscheinung tretenden stochastischen Störentladungen ging man mithin dazu über, während des gesamten Behandlungsprozesses permanent einen AC-Generator aufzuschalten, sei dies ein Impulsgenerator, ein RF-Generator etc.

Die vorliegende Erfindung geht von der Einsicht aus, dass die Tatsache, dass die erwähnten Phänomene nur relativ kurzzeitig in den Behandlungsprozess beeinträchtigenderweise auftreten, das aufwendige Vorsehen eines AC-Generators dann nicht rechtfertigt, wenn Möglichkeiten bestehen, die erwähnten Phänomene, quasi zeitspektiv, dann und so lange signaltechnisch zu bekämpfen, wie das überhaupt nötig ist, um ein betrachtetes Behandlungsverfahren mit beabsichtigtem Resultat durchzuführen.

Diese Aufgabe wird bei elektrischer Speisung der genannten Flächen in grundsätzlicher Art durch das Vorgehen nach dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 gelöst, nämlich dadurch, dass an die erwähnten Flächen das Ausgangssignal eines Gleichstromsignalgenerators angelegt wird und während der Behandlung gezielt so oft und/oder so lange, wie es die erwähnten Ladungsbelegungsverhältnisse erfordern, ein weiteres, vom genannten Ausgangssignal abweichendes Signal an die Flächen angelegt wird und dabei, über die Behandlungszeit gemittelt, das genannte Ausgangssignal wesentlich länger angelegt belassen wird als das weitere Signal.

Damit können zusätzlich zum Gleichstromsignalgenerator andere Signalerzeuger für das weitere Signal gezielt nur so lange wie nötig aktiviert werden und entsprechend auch dimensioniert werden, wie dies, z.B. aus Vorexperimenten ermittelt, die Ladungsbelegungsverhältnisse erfordern. Andernfalls können die Ladungsbelegungsverhältnisse in «real time» erfasst und entsprechend der Einsatz des zusätzlichen Signals bemessen werden.

Unter dem ersten Aspekt, der Lösung nach Anspruch 1, wird erreicht, dass eine «gefährliche» Ladungsbelegung trotz elektrischer Gleichstromgeneratorspeisung nicht entsteht.

Der zweite Aspekt der Erfindung besteht darin, die elektrostatische Wirkung einer vorhandenen, insbesondere auch – wie beim Ionenplattieren – einer prozessinhärent gewollten Ladungsbelegung zu beheben und dabei die Belegung weitestgehend beizubehalten. Dies unabhängig davon, ob die betrachteten Flächen extern elektrisch wie auch immer gespiesen werden. Dies wird bei Vorgehen nach Anspruch 2 erreicht.

Ein ganz typisches Beispiel, bei welchem, prozessinhärent, eine Ladungsbelegung gewollt ist, ist das erwähnte Ionenplattieren, bei welchem Ionen aus der Vakuumatmosphäre an eine Werkstückoberfläche abgelegt werden sollen, um eine erwünschte Schicht aufzubauen. Dabei werden die Belegungsionen durch elektrische Felder in der Vakuumatmosphäre an die zu belegende Oberfläche getrieben. Aufgrund dieses beim Ionenplattieren inhärenten Vorganges war es bis anhin gar nicht möglich, Schichten aus nicht oder schlecht leitendem Material durch Ionenplattieren aufzubringen oder auf nicht oder schlecht leitende Oberflächen von Werkstücken, durch Ionenplattieren, Schichten auch aus leitenden Materialien abzutragen. Dies deshalb, weil ein Durchgriff durch sich aufbauende Belegungen aus nicht oder schlecht leitendem Material zur Erzeugung des Feldes in der Vakuumatmosphäre rasch nicht mehr

möglich war oder bei bereits vorhandener, nicht oder schlecht leitender Werkstückoberfläche ab Beginn nicht möglich war.

Das Ionenplattieren ist mithin ein Verfahren, bei dem

- 5 a) durch ein extern aufgebracht **monodirektionales elektrisches Feld** in der Vakuumatmosphäre Ionen an ein Werkstück abgelegt werden sollen und damit eine externe elektrische Potenziallegung des Werkstückes notwendig ist,
- b) die Belegung mit Ionen nicht abgebaut werden darf, weil sonst das Prozessziel nicht erreicht ist, die effiziente Schichtbildung.

10 Durch Kombination beider erfindungsgemässen Lösungsaspekte gemäss Anspruch 3 werden somit gewisse Verfahren, wie insbesondere das erwähnte Ionenplattierverfahren, unter den erwähnten Isolationsbelegungsbedingungen überhaupt erst möglich.

Wie erwähnt, können die Isolationsbelegungen **behandlungsfremd** gebildete Belegungen sein, z.B. durch unkontrolliertes Reagieren von in der **Behandlungsatmosphäre** verbleibenden Verschmutzungsgasen, deren Reaktionsprodukte sich an **Oberflächen, die der Behandlungsatmosphäre ausgesetzt sind**, ablegen, oder durch Verunreinigungsschichten auf leitenden Gegenständen vorab gebildet sein, wie durch Oxidschichten auf Metallen. Sie können **aber auch** prozessinhärent gebildet werden, wie bei Beschichtungsprozessen nicht oder schlecht leitender Materialien und/oder bei der Beschichtung mit Schichten nicht oder schlecht leitenden Materials, wobei dann die Ladungsbelegung die Isolationsbelegung aufbaut.

Bei Behandlungsprozessen, bei denen, **prozessbedingt**, keine schlecht oder nicht leitenden Materialien beteiligt sind, ist es verbreitet, Strecken zwischen zwei metallischen Flächen in der Vakuumatmosphäre mit Gleichstromsignalen zu betreiben, sei dies z.B. zum Unterhalt einer Plasmaentladung oder zur Bias-Legung von Werkstücken, Schirmen, Elektroden etc.

Obwohl bei diesen Prozessen, wie erwähnt, **keine** schlecht oder nicht leitenden Materialien beteiligt sind, ist es ebenso bekannt, dass sich beispielsweise an metallischen Körpern an Normalatmosphäre eine Verunreinigungsschicht aufbaut, wie insbesondere eine Oxidschicht. Wenn solche Flächen dann prozessbeteiligt werden, ergeben sich in den Anfangsphasen derartiger Prozesse bekanntermassen die besprochenen stochastischen Entladephänomene, welche aber deshalb in Kauf genommen werden, weil das Vorsehen von AC-Generatoren nur gerade zur Behebung dieser Phänomene in der Anfangsphase eines Behandlungsprozesses, vom Aufwand her betrachtet, nicht zu rechtfertigen wäre. Es werden aber angeschaltete Quellen und Generatoren und andere Anlageaggregate durch diese anfänglichen Erscheinungen massiv elektrisch und/oder mechanisch/thermisch belastet und müssen entsprechend abgesichert bzw. dimensioniert bzw. häufig ersetzt werden.

Gerade auch dieses Problem wird durch die Erfindung unter dem eingangs erwähnten ersten Aspekt nach Anspruch 1 gelöst, ohne dass aufwendige AC-Generatoren notwendig wären.

Mit der Erfindung wird, zusammengefasst, unter dem ersten Aspekt das Problem gelöst, Gleichstromgeneratoren auch dann einsetzen zu können, wenn bis anhin, kombiniert, DC- und AC-Generatoren eingesetzt wurden, jeweils mit für Dauerbetrieb erforderlicher Auslegung.

Unter dem zweiten Aspekt der Erfindung wird das Problem gelöst, Ladungsträgerbelegungen an Isolationsbelegungen oder die selbst eine Isolationsbelegung aufbauen, ohne die der Ladungsbelegung entsprechende Materiebelegung wesentlich zu stören, elektrisch zu neutralisieren.

Aus der US-PS 4 692 230 ist nun ein Verfahren bekannt, bei welchem, im Rahmen eines Kathodenzerstäubungsprozesses, ab Magnetronzielobjekten, sowohl elektrisch leitende wie auch isolierende Zielobjektmaterialien abwechselnd abgestäubt werden. Mit den abgestäubten Materialien wird ein Werkstück beschichtet. Bezeichnenderweise werden dann, wenn leitende Zielobjektmaterialien abgestäubt werden, diese in einer gleichstrombetriebenen Strecke abgestäubt. Dann, wenn die isolierenden Zielobjektmaterialien abgestäubt werden, erfolgt dies mit monopolen Impulszügen eines AC-Generators. Diese Betriebsarten wechseln sich ab.

Die US-PS 4 693 805 beschreibt ein Verfahren zum Zerstäubungsbeschichten, ausgehend von dielektrischen Zielobjekten, oder für reaktives Zerstäubungsbeschichten, zum Zerstäubungsätzen etc., d.h. von Behandlungsprozessen, in welchen, in eingangs erwähntem Sinne, prozessinhärent, nicht oder schlecht leitende Materialien beteiligt sind und Isolationsbelegungen auftreten.

Um die elektrostatische Aufladung – Ladungsbelegungen – derartiger Isolationsbelegungen an einer ersten Strecke zwischen einer Zielobjektkathode und einer Anode zu beherrschen, wird eine zusätzliche Hilfsstrecke vorgesehen, zwischen dem erwähnten Zielobjekt und einer dritten Elektrode.

Die beiden Strecken, woran das Zielobjekt die gemeinsame Elektrode bildet, werden, ausgehend von je einem Gleichstromspeisegerät, über elektronisch gesteuerte Seriewiderstände, in Form von Transistoren, derart mit spezifischen Betriebskurvenformen sequentiell beaufschlagt, dass in den einen Zyklen die Potenziallegung des Zielobjektes zu dessen Zerstäubung führt und, in den dazwischenliegenden, die Ladungsbelegung vom erwähnten Zielobjekt, durch Feldaufbau an der Hilfsstrecke, abgebaut wird.

Während die letztgenannte US-PS die Oberflächenladungsbelegung über einen speziellen «Saugkreis» abführt, geht die DE-PS 3 142 900 den Weg, den Ionisierungsphasen sequentiell Neutralisationsphasen nachzuordnen, während welchen aufgebaute Ladungsbelegungen neutralisiert werden.

Für ein Ionenplattierverfahren wird nämlich in der DE-PS 3 142 900 eine Niederspannungs-Glimmentladungsstrecke zwischen einer Glühkathode und einer Anode vorgesehen. In Ionisierungsphasen wird die Glimmentladung gezündet, das von einem Verdampfungstiegel verdampfte, im Wesentlichen neutrale Material ionisiert und auf das auf negatives Potenzial gelegte Werkstück hin beschleunigt. In den Neutralisationsphasen setzt die Plasma- und somit Ionenerzeugung aus, und es werden die aus der Glühkathode emittierten Elektronen zur Neutralisation der Ionenflächenbelegung an den Werkstückoberflächen ausgenützt. Durch entsprechende Beschaltung wird die Glimmentladungsstrecke mittels einer Kippschaltung betrieben.

Die EP-A 0 101 774 ihrerseits schlägt eine Technik vor, um bei einer Glimmentladung, die im «abnormalen» Mode betrieben wird, zu verhindern, dass sie in den Bogenentladungs-Mode umkippt. Bezüglich Definition dieser Modes sei z.B. auf die US-PS 3 625 848, Fig. 1, verwiesen. Hierzu wird an der Glimmentladungsstrecke eine Strommessung vorgenommen und zur Begrenzung des Stromes bei Entstehen eines Plasmabogens ein Widerstand zugeschaltet. Damit wird einer bereits entstandenen Bogenentladung zwischen den Glimmentladungselektroden entgegengewirkt.

Die EP-A-0 062 550 schlägt vor, bei einem reaktiven Behandlungsprozess die Glimmentladung impulszubetreiben. Um mit der Temperatur eines BehandlungsOfens, unabhängig von der Plasmaentladung, die Werkstücktemperatur stellen zu können, wird ein «kaltes» Plasma dadurch erzeugt, dass zwischen den Impulsen die zugeführte elektrische Energie abgesenkt wird, so dass die Plasmaentladung gerade nicht löscht.

Aus der DE-PS 3 322 341 ist es weiter bekannt, die Probleme, dass bei einer mit möglichst hoher Spannung betriebenen Glimmentladung die Gefahr besteht, dass die Glimmentladung in eine Bogenentladung umkippt (s. zur EP-A 0 101 774), und dass bei mit Gleichstrom betriebener Entladung ein grundsätzlicher Nachteil darin bestehe, dass Druck und Temperatur gekoppelt sind, dadurch zu lösen, dass die Glimmentladung intermittierend jeweils mit einer Impulsspitze zum Zünden und anschliessend einem Signalbereich mit zum Aufrechterhalten der Glimmentladung geeigneten Pegel betrieben wird. Es sind Verfahren mit sonst bekanntlich gleichstrombetriebener Glimmentladung angesprochen.

Auch die US-PS 3 437 784 setzt sich zum Ziel, bei einer Glimmentladung das Übergehen in den Bogenentladungsmodus mit lokalem Bogen zwischen den Elektroden zu verhindern. Dies wird dadurch erreicht, dass der Glimmentladungsstrecke ein zweiweg-gleichgerichtetes, netzfrequentes Signal zugeführt wird, wobei die Amplitude der Halbwellen so gewählt ist, dass in den einen Halbwellenabschnitten die Glimmentladung gezündet wird, in den angrenzenden gelöscht wird, so, dass sich Ionen in einem in Ausbildung begriffenen Bogenentladungspfad rekombinieren können. Genügen die durch die Halbwellen zur Verfügung gestellten Rekombinationszeitspannen nicht, entsprechend den Halbwellenphasen unterhalb eines Zündspannungsniveaus, so wird mittels eines mechanisch betätigten Synchrongleichrichters, in Form eines Serieschalters, eine Speisungsabtrennung zwischen sich folgenden Zündphasen erstellt.

Die US-PS 4 863 549 beschreibt ein Hochfrequenzätzverfahren, bei welchem die Glimmentladung hochfrequenzbetrieben wird und der Zerstäubungsionenstrom auf das Werkstück durch ein Mittelfrequenzsignal (90–450 kHz) gesteuert wird und dabei, um nicht die Amplitude letzterwähnten Signals ändern zu müssen, durch Pulspaket-Breitenmodulation.

Aus der EP-A 0 432 090 ist ein reaktives Ionenplattierverfahren bekannt, bei welchem eine Glimmentladungsstrecke zwischen Glühkathode und einem Tiegel mit zu verdampfendem Material unterhalten wird und das verdampfte Material ionisiert wird.

Ein Werkstückträger wird mit einer pulsierenden Gleichspannung bezüglich eines Referenzpotenzials, sei dies Anoden- oder Kathodenpotenzial der Glimmentladung, betrieben. Mit dem pulsierenden Betrieb der Werkstückträgerstrecke werden speziell gute keramische Schichten auf den Werkstücken abgelegt.

Die pulsierende Gleichspannung wird als modulierbarer Rechteckimpulszug durch einen hierfür vorgesehenen Impulsgenerator erzeugt.

Aus der DE-PS 3 700 633 schliesslich ist es bekannt, eine Glimmentladung oder eine Bogenentladung durch Gleichstromimpulse – Rechteckimpulse – von einer Impulsspannungsquelle zu unterhalten. Dies, um Werkstücke thermisch schonend zu behandeln.

Zurück zur vorliegenden Erfindung: Beim Einsatz des erfindungsgemässen Vorgehens, insbesondere aufgrund des Beherrschbarwerdens von Ladungsbelegungen, ergeben sich grundsätzlich neuartige Behandlungsverfahren. Die Erfindung beschränkt sich bereits unter ihrem ersten Aspekt nicht nur darauf, vorbekannte elektrische Speisungen durch vereinfachte zu ersetzen. Dies, obwohl sich bestehende Anlagen mit Gleichstromspeisung ohne weiteres durch Vorsehen eines die Erfindung realisierenden Zusatzmoduls, ohne grossen technischen Aufwand, für Verfahren umbauen lassen, die sich nur höchst störanfällig – Startstörungen durch Oxidbelegungen von Metalloberflächen – oder überhaupt nicht, mit Gleichstromgeneratorspeisung, durchführen liessen.

Dadurch, dass nun gemäss Wortlaut von Anspruch 4 vorgegangen wird, ergibt sich eine höchst einfache Art, das Gleichstromsignal des Generators zu ändern, wobei sich Repetitionsfrequenz und Tastverhältnis einfach optimal einstellen lassen.

Durch selektive Wahl von Repetitionsfrequenz und Tastverhältnis des Zerhackens, welches vorzugsweise nach dem Wortlaut von Anspruch 5 ausgebildet ist, lässt sich der Wirkungsgrad dadurch einfach optimieren, dass nur gerade während notwendigen Zeitabschnitten und notwendig oft die Gleichstromsignaleinspeisung zerhackt wird, um mit Einkopplung eines Signals mit breitem Frequenzspektrum, wie

es beim Zerhacken des Gleichstromgeneratorsausgangssignals entsteht, während optimal kurzen Phasen, in welchen die zugeführte Leistung verringert wird, das Auftreten von Störentladungserscheinungen zu verhindern. Im Weiteren ergibt sich bei Vorgehen nach Anspruch 5 eine optimale Kombination der Erfindung unter ihren beiden Aspekten «Gleichstromsignalgeneratorspeisung» und «Streckenentladung».

5 Im Rahmen der Erfindungsbeschreibung sind an deren Schluss die wesentlichen Sätze von Merkmalen und Merkmalskombinationen der Erfindung zusammengestellt. Nachfolgend wird, mit römischen Zahlen beziffert, auch auf letztere Bezug genommen.

Im Weiteren wird vorgeschlagen, in einer bevorzugten Ausführungsvariante, dem Merkmalssatz VI zu folgen, nämlich das Verfahren an mindestens einem Werkstück vorzunehmen, welches eine Oberfläche aus nicht oder schlecht leitendem Material **aufweist, welche behandelt wird, z.B. mit einer leitenden**
10 **oder nicht bzw. schlecht leitenden Schicht belegt wird und/oder dessen wie auch immer geartete Oberfläche, ob leitend oder nicht leitend, mit einer Schicht aus schlecht oder nicht leitendem Material beschichtet wird.** Dabei wird dann das Werkstück **auf einer der leitenden der in den Ansprüchen 1 bis 3 (Sätze I bis III) spezifizierten Flächen abgelegt.**

15 Insbesondere wird es möglich, an einem **Werkstück mit nicht oder schlecht leitender Oberfläche eine Schicht abzulegen, aus leitendem Material, wie in Merkmalssatz VII spezifiziert ist.**

Ein ausserordentlich wichtiger Fall als Teil **des erfindungsgemässen Verfahrens** ist nach dem Wortlaut von Anspruch 6 (Satz VIII) das **Ionenplattieren**, womit auf Oberflächen aus leitendem, nicht oder schlecht leitendem Material Schichten aus **nicht oder schlecht leitendem Material abgelegt werden oder**
20 **auf Oberflächen aus nicht oder schlecht leitendem Material eine leitende Schicht.**

Wie eingangs erwähnt wurde, eignet sich **das erfindungsgemässe Vorgehen** unter all seinen Aspekten generell für PVD-Behandlungsverfahren, **darunter auch reaktive PVD-Verfahren**, oder für plasmaunterstützte CVD-Verfahren insbesondere, weil **diesen Verfahren** allen gemein ist, dass in der Behandlungsatmosphäre Ladungsträger vorhanden sind. **Selbstverständlich** kann aber das erfindungsgemässe
25 **vorgehen auch bei anderen Verfahren eingesetzt werden**, wie beispielsweise thermischen CVD-Verfahren, wenn in der Behandlungsatmosphäre **Ladungsträger** vorhanden sind.

Dem Wortlaut von Anspruch 7 (Satz XI) **folgend**, umfasst das erfindungsgemässe Verfahren unter beiden Aspekten vorzugsweise ein Verfahren, **bei welchem** in der Vakuumatmosphäre ein Plasma erzeugt wird, sei dies eine Glimentladung der **verschiedenen bekannten Arten** oder auch eine Bogenentladung oder ein in bekannter Art und Weise **durch Magnetfeld- oder Mikrowelleneinkopplung** erzeugtes Plasma.
30

Wird das Plasma durch eine Entladung **zwischen Elektroden** erzeugt, so wird vorzugsweise, nach dem Wortlaut von Anspruch 8 (Satz XII), das **Plasma ab** einer der erwähnten Flächen gespiesen.

Es hat sich, aus Stabilitätsgründen, als **vorteilhaft erwiesen**, dem Wortlaut von Satz XIII folgend, eine der Elektroden, **ab welcher das Plasma gespiesen wird**, auf das Potenzial einer der genannten Flächen zu legen, auch dann, wenn keine der erwähnten **plasmabildenden Elektroden** als eine der erfindungsgemäss betriebenen Flächen eingesetzt wird.
35

Im Weiteren wird bevorzugterweise, dem Wortlaut von Anspruch 9 (Satz XIV) folgend, das Entlade- bzw. Umladeverhalten im Entladestromkreis **gemessen**.

40 Um die Signifikanz einer solchen Messung **zu erkennen**, sei bereits jetzt, ohne Anspruch auf physikalische Exaktheit, der Mechanismus erläutert, **welcher** beim erfindungsgemässen Entladen nach dem Wortlaut von Anspruch 2 (Satz II), an der **angesprochenen Strecke** zwischen den zwei leitenden Flächen, ablaufen dürfte.

Eine schlecht oder nicht leitende Materialphase, die Isolationsbelegung einer der erwähnten leitenden Flächen, deren Oberfläche der Vakuumatmosphäre mit den Ladungsträgern ausgesetzt ist, wirkt als Kondensator. Der eine Abgriff wird durch die **leitende Fläche** gebildet, welche auch die eine Kondensatorplatte bildet. Die zweite «Kondensatorplatte» **wird durch das «Interface»** zu der mit Ladungsträgern versehenen Atmosphäre gebildet. Die **Atmosphärenstrecke** zwischen der isolierenden Oberfläche und der zweiten leitenden Fläche bildet eine, **dank der vorhandenen Ladungsträger**, leitende Verbindung.
45 Eine Ladungsbelegung der erwähnten nicht **oder schlecht** leitenden Oberflächen bzw. entsprechender Oberflächenbereiche oder -inseln entspricht **der Aufladung** des genannten Kondensators.

Von diesem Modell ausgehend, ist es **dieser Kondensator**, der erfindungsgemäss über den Entlade- bzw. Umladestromzweig gezielt entladen **bzw. umgeladen** wird. Anstatt den die Ladungsbelegung bildenden Ionen, durch entsprechende **Signalgestaltung eines** gegebenenfalls aufgeschalteten elektrischen Speisesignals, genügend Zeit für eine Rekombination zu geben, wird erfindungsgemäss der durch die erwähnte Ladungsbelegung aufgeladene Kondensator in höchst einfacher Art und Weise und äusserst rasch durch mindestens kurzzeitiges Kurzschliessen **entladen** oder gegebenenfalls umgeladen. Dadurch wird die Ladungsbelegung an der nicht oder **schlecht leitenden** Oberfläche, üblicherweise durch positive Ionen gebildet, im Rahmen der hohen **Beweglichkeit der Elektronen** in der Vakuumatmosphäre sehr rasch neutralisiert. Es bildet sich an der genannten **Oberfläche** eine, gesamthaft elektrisch neutrale, Ladungsdoppelschicht. Aufgrund dieses Mechanismus ist der Ausdruck «entladen» eher als «neutralisieren» zu verstehen.
50
55
60

Da sich die mit den Ladungen belegten **Oberflächen** der Isolationsbelegung mit der dazu seriegeschalteten Impedanz der Atmosphärenstrecke **zu der weiteren leitenden Fläche**, in erster Näherung, wie die Serieschaltung diskreter Widerstands- und **Kapazitätselemente** verhält, was erfindungsgemäss ja
65

ausgenützt wird, ist nun ersichtlich, dass der in Entlade- bzw. Umladezeitphasen im genannten Entladekreis fließende Strom, wie er, dem Wortlaut von Anspruch 9 (Satz XIV) folgend, gemessen wird, signifikant ist für die Ladungsbelegung sowie, bei im Wesentlichen konstantem Ersatzwiderstand der erwähnten Strecke, für den Kapazitätswert des erwähnten Kondensators und mithin für die Dicke der Isolationsbelegung.

Die erfindungsgemäss durch den Entladungskurzschluss erreichte Neutralisation wird in derart kurzen Zeiten erreicht, dass, bei der erfindungsgemässen Kombination mit Gleichstromgeneratorspeisung, die Entladevorgänge nur minimal den Wirkungsgrad des eigentlichen gleichstromsignalgespierten Verfahrens beeinträchtigen und trotzdem diese Speisungsart ermöglichen.

Wesentlich ist weiter, dass gerade bei Prozessen, bei denen die Ionenbelegung – mit Materialbelegung einhergehend – Prozessziel ist, wie beim Ionenplattieren, bei der erfindungsgemässen Neutralisierung der Ladungsbelegung im Wesentlichen kein Materialabtransport, weg von der belegten Oberfläche, einsetzt, sondern die Ladungsneutralisierung mittels zusätzlich angelagerter, gegenpoliger Ladungsträger erfolgt. Die erwähnte Ladungsbelegung wird elektrisch neutralisiert, was für die Prozessführung und das Resultat des Prozesses von grosser Wichtigkeit ist.

Dem Wortlaut von Satz XV folgend, wird aus dem gemessenen Entlade- bzw. Umladeverhalten auf die Dicke einer nicht oder schlecht leitenden Schicht an einer der genannten Flächen geschlossen. Es kann aus der Zeitkonstanten der jeweiligen Entladeverhalten, die bekanntlich nicht, und im Vorliegenden Fall – Ionenleitung – genähert nicht, vom Betrag der Ladungsbelegung abhängt, auf den jeweils vorherrschenden Kapazitätswert und damit mindestens auf die von Entladezyklus zu Entladezyklus zunehmende Schichtdicke geschlossen werden: Mit zunehmender Schichtdicke nimmt die Entladezeitkonstante ab. Aus Beobachtung dieser Zeitkonstanten kann mithin in diesem Fall auf das Schichtwachstum geschlossen werden.

Andererseits kann gemäss Satz XVI aus dem gemessenen Entlade- bzw. Umladeverhalten auch auf die Belegung mit Ladungsträgern geschlossen werden, denn der Pegel des Entladeverhaltens (Anfangswert) ist wohl vom Widerstandswert der Atmosphärenstrecke, nicht vom Kapazitätswert des Kondensators, vor allem aber vom Ladezustand des erwähnten Kondensators und damit der Ladungsbelegung abhängig.

Gerade bei Verfahren, bei welchen es Prozessziel ist, nachmals zu neutralisierende Ladungsträger auf einer Werkstückoberfläche abzulegen, kann es ausserordentlich vorteilhaft sein, nach dem Wortlaut von Satz XVII, den Aufbau der Ladungsbelegung auf der Isolationsbelegung zu messen. Dies ist beispielsweise dadurch möglich, dass die betrachtete leitende Fläche über einen Ladungsverstärker auf ein Bezugspotenzial gelegt wird und die in diesem Messzweig fließende Ladung, Funktion der sich aufbauenden Ladungsbelegung, gemessen wird.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante gemäss Wortlaut von Anspruch 10 (Satz XVIII) wird das gemessene Entlade- bzw. Umladeverhalten als IST-Verhalten mit einem SOLL-Verhalten verglichen, und in Funktion des Vergleichsresultates wird die Ladungsbelegung durch externe Ladungseinspeisung und/oder Änderung der Entlade- bzw. Umladezyklushäufigkeit und/oder Änderung der Entlade- bzw. Umladezykluslänge so geändert, dass das resultierende, gemessene IST-Entlade- bzw. -Umladeverhalten dem SOLL-Verhalten mindestens angenähert wird.

Eine weitere Eingriffsmöglichkeit ergibt sich, vor allem für Plasmazerstäubung, durch das bevorzugte Vorgehen nach Anspruch 11 (Satz XIX). Demnach werden durch Ladungsbelegung bewirkte, spontane Entladeerscheinungen beobachtet, und je nach Erscheinungshäufigkeit und/oder Erscheinungsart wird die Ladungsbelegung durch externe Ladungseinspeisung und/oder Änderung der Entlade- bzw. Umladezyklushäufigkeit und/oder Änderung der Entlade- bzw. Umladezykluslänge so gesteuert oder geregelt, dass ein erwünschtes Verhalten bezüglich der genannten Spontanentladungen erreicht wird.

Im Weiteren wird bevorzugterweise vorgeschlagen, dem Wortlaut von Anspruch 12 (Satz XX) folgend, bei Messung des Entlade- bzw. Umladevorganges zu prüfen, ob letzterer einen vorgegebenen Zustand erreicht, und dann diesen Vorgang abzubrechen. Damit wird erreicht, dass, praktisch adaptiv an das jeweilige Entladeverhalten, die Entladezykluszeitspannen optimal kurz gehalten werden und dies mit signaltechnisch einfachen Mitteln.

Im Weiteren wird vorgeschlagen, nach dem Wortlaut von Anspruch 13 (Satz XXI), in Phasen zwischen Entlade- bzw. Umladezyklen einen Ladungsbelegungsaufbau durch externes Einspeisen einer Ladung auf die zu belegende der Flächen bzw. der isolationsbelegten Fläche zu steuern. Dadurch wird es möglich, bei Verfahren, bei welchen es im obgenannten Sinne Verfahrensziel ist, eine Belegung zu erwirken, jedoch dies, prozessbedingt, nur mit einer Ladungsbelegung einhergeht, zu erreichen, dass die Rate des Belegungsaufbaues gesteuert bzw. geregelt werden kann, wobei diese erst als Ladungsbelegung auftretende Belegung in nachfolgenden Entlade- bzw. Umladezyklen elektrisch neutralisiert wird und als neutralisierte Belegung bzw. Schicht auf der Zielfläche verbleibt, sei dies als eine leitende oder eine weitere, nicht oder schlecht leitende Schicht auf einer Isolationsbelegung oder sei dies auf einer leitenden Oberfläche als eine nachmals als Isolationsbelegung wirkende Schicht.

Dem Wortlaut von Anspruch 14 (Satz XXII) folgend, wird mithin in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Ladungsbelegungsaufbau als Schichtaufbau auf mindestens ein Werkstück beim Ionenplattieren so gesteuert.

Wenn zwischen Elektroden eine Plasmaentladung unterhalten wird, so muss über diese Elektroden die für den Unterhalt der Entladung notwendige Energie eingespiesen werden, wenn nicht zusätzliche Energie, beispielsweise induktiv, in den Entladungsraum eingekoppelt wird. Es herrscht mithin zwischen derartigen Elektroden nicht nur eine Potenzialdifferenz, sondern es fliesst auch ein wesentlicher Strom, nämlich der Plasmaentladungsstrom.

Dies ist bei Strecken nicht der Fall, bei denen mindestens eine der Elektroden an der Aufrechterhaltung der Plasmaentladung nicht unmittelbar beteiligt ist, also bei Strecken, mittels welchen beispielsweise ein Werkstück im Behandlungsraum im Sinne eines Bias-Betriebes auf Potenzial gehalten wird, wie beispielsweise bei der Potenziallegung von Werkstücken beim Ionenplattieren, derart, dass im Entladungsraum, für die positiven Ionen, ein Beschleunigungsfeld auf die Werkstückoberflächen hin wirkt.

Die Speisung derartiger Strecken ist relativ leistungssarm. Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei den dabei bewegten Ionen bzw. Komplexionen um relativ grosse Teilchen relativ geringer Beweglichkeit.

Dieser grundsätzliche Unterschied lässt sich nun bei den letzterwähnten Verfahren gezielt ausnützen. Dies wird erfindungsgemäss bei einem bevorzugten, erfindungsgemässen Verfahren nach dem Wortlaut von Anspruch 15 (Satz XXIII) erreicht.

Dadurch, dass in Serie mit dem erfindungsgemäss ausgenützten Kondensator – gebildet durch die Isolationsbelegung, die nicht oder schlecht leitende Werkstückoberfläche selbst, die bereits durch Beschichtung erstellt sein kann, oder eine während des Verfahrens erstellte Isolationsbelegung, nämlich eine abgelegte Schicht nicht oder schlecht leitenden Materials –, in Plattierungsphasen, eine diskrete Kapazität geschaltet wird und diese Serieschaltung in der erwähnten Plattierungsphase durch extern eingespiesene Ladung so aufgeladen wird, dass vorerst an der Plasmaentladungsstrecke zwischen der Werkstückträger Elektrode und der betrachteten, weiteren metallischen Fläche ein so gerichtetes elektrisches Feld entsteht, dass positive Ionen auf die Werkstückoberfläche hin beschleunigt werden, womit sich an letzterer schliesslich, wegen der Serieschaltung, eine gleichgerichtete Spannung aufbaut wie an der diskreten Kapazität, wird, durch Bemessung der erwähnten, extern zugeführten Ladung, die Rate abgelegter schichtbildender Ionen an den Werkstücken gesteuert.

Das Aufprägen einer gegebenen Ladung mit gegebenem Verlauf an die Serieschaltung zweier kapazitiver Elemente, die diskrete Kapazität und der erfindungsgemäss genutzte Kondensator, ist, wie dem Fachmann durchaus geläufig, aufgrund des differenzierenden Verhaltens einer Kapazität, durch Anlegen einer Spannung mit gegebener zeitlicher Ableitung ohne weiteres möglich.

Wenn danach, in den Entladungsphasen, Kapazität und Kondensator parallelgeschaltet werden, so wird durch den Entladevorgang der diskreten Kapazität derjenige des erfindungsgemäss ausgenützten Kondensators, gebildet durch die Isolationsbelegung am Werkstück, unterstützt. Wird insbesondere die diskret vorgeschaltete Kapazität wesentlich grösser gewählt als die des Belegungskondensators, so wird letzterer im Wesentlichen auf die Spannung an der diskreten Kapazität umgeladen. Durch Bemessung des Kapazitätsverhältnisses der diskreten Kapazität und des erfindungsgemäss ausgenützten Kondensators kann das Entlade- bzw. Umlademass, insbesondere am letzterwähnten Kondensator, bestimmt werden.

Die Aufladung, insbesondere des erwähnten Kondensators, erfolgt mithin bevorzugterweise nach dem Wortlaut von Anspruch 16 (Satz XXIV). Dies wiederum in bevorzugter Art und Weise nach dem Wortlaut von Anspruch 17 (Satz XXV), indem, wie erwähnt, eine Spannung mit vorgegebenem oder vorgebarem Verlauf ihrer Änderung in der Zeit aufgeschaltet wird.

Eine solche kann beispielsweise gemäss Wortlaut von Anspruch 18 (Satz XXVI) mittels induktiver Spannungsüberhöhung im Serienschaltkreis erfolgen oder bevorzugterweise dadurch, dass gemäss Wortlaut von Anspruch 19 (Satz XXVII) die Aufladung des Serienschaltkreises in Plattierungsphasen mittels einer Rampenspannung erfolgt, im Wesentlichen mit einem konstanten Strom, und damit eine im Wesentlichen konstante Ladungsbelegungsrate erzeugt wird. Selbstverständlich braucht dabei die angesprochene Rampe und der angesprochene, im Wesentlichen konstante Strom nicht zwingend eine lineare Rampe bzw. ein absolut konstanter Strom zu sein, sondern durch Auslegung der Spannungsformenform kann je nach Erfordernis der Zeitverlauf des Stromes gesteuert werden und damit die Belegungsrate pro Zeiteinheit.

Bei einer weiteren Ausführungsvariante nach dem Wortlaut von Anspruch 20 (Satz XXVIII) werden zwei oder mehr Paare der erwähnten Flächen vorgesehen, und es werden je solche Paare oder je Gruppen solcher Paare mit einem Gleichstromgenerator und/oder mit einem Entlade- bzw. Umladestromkreis betrieben und dies zeitgestaffelt. Würden mehrere der erwähnten Paare zeitsynchron gemäss vorliegender Erfindung betrieben, d.h. entweder zeitsynchron an den Ausgangssignalen der Gleichstromgeneratoren weitere Signale aufgeschaltet und/oder zu viele der erwähnten Paare zeitsynchron entladen bzw. umgeladen, so ergäbe sich unter Umständen eine unzulässige Beeinträchtigung der Behandlungsverhältnisse in der Vakuumkammer.

So ist ohne weiteres ersichtlich, dass beispielsweise durch die Entlade- bzw. Umladevorgänge dem Behandlungsraum elektrische Energie entzogen wird. wäre dies bei zu vielen gleichzeitigen Entladevorgängen so hoch, so könnten sich, beispielsweise an einer Plasmaentladung, Unstabilitäten einstellen.

Deshalb wird vorgeschlagen, in diesen Fällen zeitgestaffelt erfindungsgemäss vorzugehen. Insbesondere wird, gemäss Wortlaut von Anspruch 21 (Satz XXIX), beim Ionenplattieren auf diese Art und Weise vorgegangen.

Durch das zeitgestaffelte Entladen der erfindungsgemäss betriebenen, mindestens zwei Paare oder der Gruppen der beschriebenen Flächen, wird dem Plasmaentladungsprozess nicht zu gleichen Zeiten Energie entzogen.

Nach dem Wortlaut von Satz XXX wird weiter vorgeschlagen, spezifisch beim Ionenplattieren, den Entladevorgang zu messen, mit einem SOLL-Vorgang zu vergleichen und durch Variation der Aufladung des Seriekreises in Plattierungsphasen, in Funktion des Vergleichsresultates, die Ladungsbelegung durch Ionen am Werkstück und mithin, gegebenenfalls unter Berücksichtigung aus Zeitkonstantenänderungen am Entladevorgang ermittelter Änderungen des Kondensators, den gemessenen Entladevorgang dem SOLL-Vorgang mindestens anzugleichen.

Insbesondere beim erfindungsgemässen Einsatz eines Ionenplattierverfahrens wird vorgeschlagen, dem Wortlaut des Satzes XXXI folgend, den Entladevorgang mit einer Repetitionsfrequenz von 50 kHz bis 500 kHz vorzunehmen, bevorzugterweise mit mindestens 90 kHz und besonders bevorzugterweise mit mindestens 100 kHz.

Bevorzugterweise wird weiter bei einem erfindungsgemässen Verfahren, welches Ionenplattieren, nach dem Wortlaut von Merkmalssatz XXXII, umfasst, mindestens eine korrosionsfeste und/oder mindestens eine verschleissfeste Schicht erzeugt, z.B. eine nicht oder schlecht leitende erste Schicht als Korrosionsschutzschicht und eine leitende zweite Schicht als Verschleisschutzschicht oder weitere Kombinationen von Schichten auch als Schichtsystem mit zwei und mehr Schichten auf mindestens einem Werkstück abgelegt.

Ein weiteres bevorzugtes, erfindungsgemässes Verfahren, neben denjenigen unter Einsatz von Ionenplattieren, zeichnet sich, dem Wortlaut von Anspruch 22 (Satz XXXIII) folgend, dadurch aus, dass in der genannten Vakuumatmosphäre ein leitendes Material mittels einer Plasmaentladung, sei dies eine Bogenentladung oder eine Glimmentladung, zerstäubt wird. Die Plasmaentladung wird zwischen dem zu zerstäubenden Material und einer Gegenelektrode unterhalten, wobei das zerstäubte Material mit in die Vakuumatmosphäre eingelassenem Reaktivgas eine nicht oder schlecht leitende Materialverbindung eingeht.

Dabei wird über der Plasmaentladungsstrecke der gesteuerte Entladestromkreis vorgesehen sowie darüber, in Serie geschaltet, der Gleichstromsignalgenerator und eine Unterbrechungsschaltstrecke, wobei letztere und das Durchschalten des Entladestromkreises intermittierend angesteuert werden.

Dadurch werden Probleme einer verfahrensunabhängigen, vor Belegung des leitenden, zu zerstäubenden Materials, sowie einer nachmals während des Prozesses einsetzenden Isolationsbelegung mit der durch den reaktiven Zerstäubungsprozess gebildeten Verbindung, im Sinne der genannten stochastischen bzw. spontanen Entladeerscheinungen, nicht auftreten, womit ab Beginn des Verfahrens der Prozess stabil geführt werden kann, trotz Einsatzes eines Gleichstromsignalgenerators als Hauptenergiequelle.

Dem Wortlaut von Merkmalssatz XXXIV folgend, wird dabei, insbesondere wenn der Gleichstromsignalgenerator Stromquellencharakteristik aufweist, die Unterbrechungsschaltstrecke mittels eines Netzwerkes, vorzugsweise eines passiven, dabei weiter bevorzugterweise eines Widerstandsnetzwerkes, überbrückt. Dadurch wird erreicht, dass während Unterbrechungsphasen zwischen Generatorausgang und Plasmaentladungsstrecke, während welchen mindestens kurzzeitig der Entladestromkreis durchgeschaltet wird, über der Unterbrechungsschaltstrecke eine nur begrenzte Spannung anliegt, die damit zu schalten ist.

Gemäss Wortlaut des Merkmalssatzes XXXV wird der erfindungsgemässe reaktive Kathodenzerstäubungsprozess im oxidischen oder im Übergangsmoden betrieben. Dabei wird in einer bevorzugten Ausführungsvariante Silicium kathodenzerstäubt und mit Sauerstoff zur Bildung eines Siliciumoxides Si_xO_y , insbesondere von SiO_2 , zur Reaktion gebracht.

Generell werden, dem Wortlaut von Merkmalssatz XXXVII folgend, mit dem erfindungsgemässen reaktiven Kathodenzerstäubungsprozess dielektrische bzw. schlecht oder halbleitende Schichten auf Metallbasis erzeugt.

Dem Wortlaut von Merkmalssatz XXXVIII folgend, wird bei dem erfindungsgemässen Verfahren, insbesondere bei dem der erwähnte Kathodenzerstäubungsprozess Teilverfahren bildet, das weitere Signal mit einer Häufigkeit entsprechend 50 Hz bis 1 MHz, vorzugsweise entsprechend 5 kHz bis 100 kHz, vorzugsweise dabei insbesondere von 10 kHz bis 20 kHz angelegt.

Im Weiteren wird bevorzugterweise, dem Wortlaut von Merkmalssatz XXXIX folgend, das weitere Signal jeweils mit Längen von 50 nsec bis 10 μsec , vorzugsweise von 0,5 μsec bis 2 μsec oder von 2 μsec bis 10 μsec angelegt. Dies selbstverständlich in Abstimmung mit den jeweils bevorzugterweise eingesetzten Repetitionsfrequenzen.

Im Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung, unter einem dritten Aspekt, ein Verfahren zur Steuerung der Ladungsbelegung an einer Oberfläche eines Teils, welche Oberfläche durch eine nicht oder schlecht leitende Partie des Teils oder eine nicht oder schlecht leitende Belegung des Teils gebildet wird, wobei der Teil mit einer leitenden Fläche verbunden ist und die Oberfläche in einer Vakuumbehandlungsatmosphäre mit Ladungsträgern liegt. Dabei wird über die Fläche, den Teil mit der Oberfläche, eine Strecke der Vakuumatmosphäre und eine weitere leitende Fläche, die mit der Vakuumatmosphäre in Wirkverbindung steht, eine Ladung gesteuert getrieben, dies insbesondere in einem Plasmabehandlungsverfahren nach dem Wortlaut des Merkmalssatzes XL.

Dadurch wird grundsätzlich ermöglicht, unter Ausnützung der oben erläuterten Analogie von Isolationsbelegungen und Kondensator, an solchen Oberflächen bei beliebigen Vakuumbehandlungsprozessen, bei welchen in der Vakuumatmosphäre Ladungsträger vorhanden sind, eine gewollte Ladungsbelegung der erwähnten Oberflächen zu steuern.

Die der vorliegenden Erfindung unter ihrem ersten und zweiten Aspekt zugrunde liegenden Aufgaben werden durch Vakuumbehandlungsanlagen nach dem Wortlaut der Ansprüche 23 (Satz XXXXI) bzw. 24 (Satz XXXXII) gelöst, in bevorzugter Kombination nach dem Wortlaut von Anspruch 25 (Satz XXXXIII).

Weitere bevorzugte Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Anlagen mit den im Zusammenhang mit den bevorzugten Ausführungsvarianten der Verfahren erläuterten Vorteilen sind in den Ansprüchen 26 bis 46 sowie den Merkmalssätzen XXXXIV bis LXXI spezifiziert, bevorzugte Verwendungen in den Merkmalssätzen LXXII und LXXIII bzw. LXXIV und LXXV.

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von Figuren erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1a und 1b schematisch anhand eines Funktionsblockdiagrammes je bekannte Vorgehensweisen bei der elektrischen Speisung isolationsbelegter, elektrisch leitender Flächen in Vakuumbehandlungskammern,

Fig. 2 anhand eines Funktionsblockdiagrammes, das prinzipielle erfindungsgemässe Vorgehen bei der genannten elektrischen Speisung unter dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3 in analoger Darstellung zu derjenigen von Fig. 2 die vorliegende Erfindung unter ihrem zweiten Aspekt,

Fig. 4 in Darstellung analog zu den Fig. 1 bis 3 das Vorgehen gemäss vorliegender Erfindung bei bevorzugter Kombination ihrer Aspekte, wie sie in Fig. 2 bzw. 3 je einzeln prinzipiell dargestellt sind,

Fig. 5a bis 5c schematisch und ohne jeglichen Anspruch auf wissenschaftliche Exaktheit die Darstellung einer Strecke in einem Vakuumbehandlungsraum mit nicht oder schlecht leitender Materialbelegung, einer Isolationsbelegung, um die Ladungsbelegungserscheinungen und deren erfindungsgemässe Neutralisierung sowie das in erster Näherung gültige Ersatzbild zu erläutern,

Fig. 6 anhand eines Funktionsblockdiagrammes das erfindungsgemässe Verfahren bzw. prinzipiell eine erfindungsgemässe Behandlungsanlage unter ihren beiden Aspekten in einer bevorzugten, prinzipiellen Realisationsform, wobei je unter I und II die bei dieser Anlage bevorzugterweise kombinierten erfinderischen Aspekte dargestellt sind,

Fig. 7a bis 7c schematisch drei Ausführungsbeispiele zur Beeinflussung des erfindungsgemäss genutzten Entladeverhaltens bzw. Umladeverhaltens durch externe Ladungseinspeisung, dargestellt anhand elektrischer Ersatzbilder,

Fig. 8 ein Funktionsblock/Signalflussdiagramm einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Vorgehens, bei welcher das Entladeverhalten gemessen wird und die Entladungszykluszeitspanne optimiert wird,

Fig. 9 schematisch die Auswirkungen des Dickenwachstums einer nicht oder schlecht leitenden Schicht auf einer erfindungsgemäss genutzten, leitenden Fläche – der isolationsbelegten Fläche – auf die Entladezeitkonstante,

Fig. 10 eine weitere Ausführungsvariante der Erfindung, bei welcher das Entladeverhalten gemessen, mit einem SOLL-Verhalten verglichen wird und in regelndem Sinne auf die Entladungszyklus-Abfolge bzw. dessen -Länge eingegriffen wird und/oder zusätzlich Ladung in den Entladekreis eingekoppelt wird,

Fig. 11 anhand eines Funktionsblock/Signalflussdiagrammes prinzipiell das erfindungsgemässe Vorgehen zur Steuerung einer Ladungsbelegung auf einer Isolationsbelegung, welche auf einer erfindungsgemäss in einen Entladestromkreis geschalteten, leitenden Fläche aufliegt,

Fig. 12a bis 12c eine bevorzugte Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Verfahrens zum reaktiven Ionenplattieren mit (Fig. 12b und 12c) je nach Betriebsphase der Anordnung nach Fig. 12a mindestens genähert gültigen Ersatzbildern,

Fig. 13 eine erste bevorzugte Ausführungsvariante des Vorgehens bzw. der Anlage nach Fig. 12a,

Fig. 14 schematisch anhand eines Funktionsblock/Signalflussdiagrammes eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante des Vorgehens bzw. der Anlage nach den Fig. 12a bzw. 13, bei welcher die erwähnte Ladungsbelegung in Plattierungsphasen gesteuert wird,

Fig. 15 anhand einer schematischen Anlagekonfiguration gemäss der vorliegenden Erfindung eine bevorzugte Potenziallegung einer Plasmaentladungsstreckenelektrode und einer erfindungsgemäss betriebenen, leitenden Fläche,

Fig. 16 eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung zum reaktiven Zerstäuben unter erfindungsgemässigem Einsatz eines Gleichstromsignalgenerators,

Fig. 17 schematisch, anhand eines Funktionsblock/Signalflussdiagrammes, eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. einer erfindungsgemässen Behandlungsanlage, bei welchem die Häufigkeit bzw. die Art auftretender spontaner Entladeerscheinungen erfasst und in Funktion davon das erfindungsgemässe Entladen und/oder gegebenenfalls das erfindungsgemässe Ansteuern der aufgetragenen Ladungsbelegung in regelndem Sinne gestellt wird,

Fig. 18 anhand eines schematischen Funktionsblock/Signalflussdiagrammes das erfindungsgemässe

Vorgehen bzw. eine erfindungsgemässe Anlage, woran mehrere Strecken elektrisch leitender Flächenpaare erfindungsgemäss, aber zeitgestaffelt betrieben werden,

Fig. 19, 19a bis 19h schematisch einige Ausführungsbeispiele des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. erfindungsgemäss aufgebauter Behandlungsanlagen, in verschiedenen Konfigurationen.

Die Fig. 1a und 1b stellen Vorgehensweisen bzw. Anlagekonfigurationen nach dem Stande der Technik dar.

In einem Vakuumrezipienten 3, in dessen Vakuumatmosphäre Ladungsträger q vorhanden sind, sollen leitende Flächen 2a und 2b, bzw. die zwischen ihnen liegende Vakuumatmosphärenstrecke, elektrisch betrieben werden, derart, dass ein elektrisches Feld zwischen den Flächen wirksam wird. Dabei ist mindestens eine der Flächen 2a und/oder 2b mindestens teilweise mit einer Belegung schlecht oder nicht leitenden Materials – weiterhin «Isolationsbelegung» genannt – versehen. Die Isolationsbelegung kann dabei eine vom Behandlungsprozess unabhängige Störschicht, wie eine Oxidationsschicht auf einer Metalloberfläche sein oder eine vorgängig auf einer leitenden Oberfläche aufgebraachte Schicht aus nicht oder schlecht leitendem Material oder eine während des betrachteten Behandlungsprozesses aufgebraachte Schicht aus dem genannten nicht oder schlecht leitenden Material, sei dies eine Schicht, die Ziel des Behandlungsprozesses ist, oder sei dies, während des Behandlungsprozesses, eine Störschicht.

Die Isolationsbelegung ist schematisch bei 4 eingetragen. Ausser im Falle, dass es sich bei der Isolationsbelegung 4 um eine Verunreinigungsschicht, wie um eine Oxidierungsschicht einer Metalloberfläche, die z.B. an Normalatmosphäre entstanden ist, handelt, wird eine solche Strecke zwischen den Flächen 2a und 2b, in einer ersten Variante, üblicherweise mit einem Wechselstromgenerator 6 betrieben, einem Generator, der im Wesentlichen sinusförmige Ausgangssignale abgibt, oder, wie schematisch dargestellt, einen Impulszug, gegebenenfalls mit unterschiedlichen Tastverhältnissen (duty cycle).

Bei den genannten Verhältnissen zeigt Fig. 1b ein weiteres bekanntes Vorgehen, wonach dem Ausgangssignal eines Gleichstromgenerators 6a das Ausgangssignal eines Wechselstromgenerators 6b, wie bei 7 signaltechnisch dargestellt, überlagert wird. Dieses Vorgehen wird deshalb gewählt, weil bei Anlegen eines monopolen, elektrischen Feldes zwischen den leitenden Flächen 2a und 2b sich an der Isolationsbelegung eine Ladungsbelegung aufbaut, beispielsweise bei negativ polarisierter Fläche 2b, positiver Ladungsträger, Ionen, und sich entsprechend, und wie noch beschrieben werden wird, über der Isolationsbelegung 4 eine Spannung aufbaut. Bei Erreichen entsprechender Spannungswerte treten lokal – den lokalen Verhältnissen entsprechend – spontane Entladeerscheinungen auf, sei dies durch die Isolationsbelegung hindurch, oberflächlich der Isolationsbelegung entlang, auf die Fläche 2b und/oder zu anderen benachbarten, entsprechend polarisierten Anlageteilen.

In Fig. 2 ist das erfindungsgemässe Vorgehen bzw. schematisch eine entsprechende erfindungsgemässe Anlage dargestellt. Die Flächen 2a und 2b werden erfindungsgemäss durch einen Gleichstromsignalgenerator 8 gespiesen. Dem Ausgangssignal des Gleichstromsignalgenerators 8 wird, mit vorgegebener Häufigkeit oder vorgebbarer Häufigkeit, und während vorgegebener Zeitabschnitte oder vorgebbarer Zeitabschnitte, gesteuert durch eine Taktgebereinheit 10, und wie mit dem Schalter S schematisch dargestellt, ein weiteres Signal aufgeschaltet, welches, wie schematisch dargestellt, durch eine wie auch immer geartete Signalerzeugungseinheit 12 bewirkt wird, so dass der Strecke zwischen den Flächen 2a und 2b zu den vorgegebenen bzw. vorgebbaren Zeiten und während der vorgegebenen bzw. vorgebbaren Zeitabschnitte ein vom Ausgangssignal des Generators 8 abweichendes Signal aufgeschaltet ist.

Bei der Einheit 12 kann es sich um einen eigens dafür vorgesehenen Signalgenerator handeln, welcher aber lediglich so ausgelegt sein muss, dass er entsprechend seiner Aufschalthäufigkeit und entsprechend den Aufschaltzeitspannen die geforderte Leistung an die Strecke zwischen den Flächen 2a und 2b liefern kann. Wie noch gezeigt werden wird, handelt es sich aber bevorzugterweise bei der Einheit 12 um eine Einheit, mittels welcher, im Wesentlichen passiv, das Ausgangssignal des Gleichstromsignalgenerators 8, wie angegeben, in der Zeit gesteuert, verändert wird.

Fig. 2 zeigt den prinzipiellen, erfindungsgemässen Ansatz unter ihrem ersten Aspekt, nämlich unter demjenigen, dass die Strecke zwischen den genannten Flächen 2a und 2b elektrisch gespiesen werden muss, dies entsprechend ihrem Einsatz im Rahmen des beabsichtigten Behandlungsprozesses.

In Fig. 3 ist, in analoger Darstellung, das erfindungsgemässe Vorgehen bzw. eine entsprechende Anlage dargestellt unter dem zweiten erfindungsgemässen Aspekt, nämlich demjenigen, dass die beiden Flächen 2a, 2b elektrisch nicht gespiesen werden müssen, wie beispielsweise dann, wenn eine der Flächen in einem Plasmaentladungsprozess potenzialschwebend betrieben wird. Erfindungsgemäss werden dann die beiden Flächen 2a und 2b, auf deren mindestens einer die Isolationsbelegung 4 aufliegt, über einen gesteuerten Entladestromkreis verbunden, wie dies in Fig. 3 mit der Entladeschalteneinheit 14 dargestellt ist, welche durch eine Takteinheit 16 angesteuert wird. Daran ist die Frequenz, d.h. die Häufigkeit, mit welcher die Strecke zwischen den Flächen 2a und 2b mindestens kurzzeitig kurzgeschlossen wird, vorgegeben oder vorgebbbar. Ebenso ist die Länge der Zeitabschnitte, während welchen der Entladestromkreis über die Einheit 14 durchgeschaltet wird, an der Einheit 16 vorgegeben oder daran vorgebbbar.

Weder Häufigkeit noch Zeitabschnitte brauchen dabei während eines betrachteten Behandlungsprozesses in der Vakuumatmosphäre mit den Ladungsträgern q zeitkonstant zu sein, sondern beide Grös-

sen können je nach Prozessverlauf und Prozessart in noch zu beschreibender Art und Weise geführt sein.

In Fig. 4 ist eine bevorzugte Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. einer entsprechenden Anlage dargestellt, bei welcher die Vorgehen bzw. die Anlagekonfigurationen gemäss den Fig. 2 und 3 kombiniert sind. Hierzu liegt wiederum die Durchschalteinheit 14 über der durch die Flächen 2a und 2b gebildeten Strecke, wird durch die Zeitsteuereinheit 16 angesteuert, und es liegt über der Durchschalteinheit 14 der Gleichstromsignalgenerator 8.

Wie nun ersichtlich, wird in höchst vorteilhafter Weise die Durchschalteinheit 14 sowohl im Sinne einer Entladestromkreis-Durchschalteinheit wie auch als Schalteinheit S gemäss Fig. 2 eingesetzt, mittels welcher das Ausgangssignal des Gleichstromsignalgenerators 8 mit vorgegebener oder vorgebbarer Häufigkeit und während vorgegebener oder vorgebbarer Zeitabschnitte verändert wird. Dementsprechend wirkt die Takteinheit 16 gleichzeitig als Takteinheit 10 gemäss Fig. 2 und die Durchschalteinheit 14 selbst als Schalteinheit S und als Einheit 12 gemäss Fig. 2, zur Erzeugung des vom Ausgangssignal des Generators 8 abweichenden Signals.

In dieser kombinierten Funktion werden im Weiteren die Durchschalteinheit 14 mit dem Bezugszeichen 14s und die Takteinheit 16 mit dem Bezugszeichen 160 bezeichnet.

Das Prinzip, das durch die vorliegende Erfindung unter ihren beiden Aspekten, insbesondere aber unter dem zweiten, berücksichtigt ist, soll, ohne Anspruch auf physikalische Exaktheit, anhand der Fig. 5a bis 5c erläutert werden.

In Fig. 5a ist schematisch der vakuumrezipient 3 dargestellt, darin, in der Vakuumatmosphäre, die Ladungsträger q, beispielsweise und insbesondere erzeugt durch eine Plasmaentladung PL. Es sind wiederum die beiden erfindungsgemäss betriebenen, leitenden Flächen 2a und 2b eingetragen sowie eine Isolationsbelegung 4. Es werde nun die Oberfläche O der Isolationsbelegung 4 ladungsbelegt, insbesondere mit den schematisch dargestellten positiven Ionen.

Es bildet sich auf der der Elektrode 2b zugewandten Oberfläche der Isolationsbelegung 4 eine der äusseren Ladungsbelegung gegengleiche Ladungsbelegung, wie schematisch dargestellt. Die Isolationsbelegung 4 bildet das Dielektrikum eines im Ersatzbild gemäss Fig. 5b mit C_i eingetragenen Kondensators, dessen eine Platte durch die Fläche 2b gebildet wird, dessen andere durch die Oberfläche O, angrenzend an die aufgrund der Ladungsträger q leitende Strecke der Vakuumatmosphäre.

Diese Vakuumstrecke kann grundsätzlich mit der Impedanz Z_p dargestellt werden, wobei mindestens in erster Näherung diese Impedanz als ohmsch betrachtet werden kann. Dies, weil die beweglichen Elektronen in der Vakuumatmosphäre in erster Näherung Proportionalität zwischen Feldstärke und Ladungsverschiebung gewährleisten.

Erfindungsgemäss, nämlich nach dem erfindungsgemässen zweiten Aspekt gemäss Fig. 3, wird die Vakuumatmosphärenstrecke zwischen den Flächen 2a und 2b intermittierend kurzgeschlossen. Wenn eine Ladungsbelegung wie in Fig. 5a stattgefunden hat, so liegt über dem Kondensator C_i eine Spannung gemäss U_{C_i} , wie in Fig. 5b eingetragen. Wird die Schaltstrecke S_1 entsprechend der Durchschalteinheit 14 von Fig. 3 geschlossen, so muss weiterhin die Summe aller Spannungen im Entladestromkreis verschwinden. Es stellt sich rasch die in Fig. 5c vereinfacht dargestellte Situation ein: Bei Schliessen der Schaltstrecke S_1 baut sich vorerst über der Impedanz Z_p die in Fig. 5b gestrichelt eingetragene Spannung auf, die ebenfalls in Fig. 5c eingetragen ist, und wodurch rasch bewegliche Elektronen gegen die Oberfläche O hin getrieben werden. Dadurch bildet sich, angrenzend an diese Oberfläche, eine elektrische Doppelschicht aus, ohne wesentliche Änderung der Ionenladungsbelegung, welche Doppelschicht als Ganzes ladungsneutral ist.

Mithin wird durch Schliessen der Schaltstrecke S_1 die Ladungsbelegung neutralisiert, ohne dass aber dabei die Ionenbelegung wesentlich gestört würde. Anlass zu Problemen gibt aber die elektrische Ladungsbelegung gemäss Fig. 5a, die dann, wenn die entsprechende Spannung Durch- oder Überschlagswerte erreicht, zu den geschilderten spontanen Entladeerscheinungen führt.

Es sei bereits an dieser Stelle erwähnt, dass durch das beschriebene Vorgehen, abgesehen von der Lösung der erwähnten, sich durch Spontanentladungen ergebenden Probleme, überhaupt erst ermöglicht wird, auf nicht oder schlechtleitende Schichten – oder Oberflächen generell im Sinne der erwähnten Isolationsbelegung, Schichten durch Ionenplattieren aufzubringen oder auf leitenden Oberflächen nicht oder schlecht leitende Schichten im Sinne der erwähnten, im Prozess entstehenden Isolationsbelegung, aufzubringen.

Die Zeitkonstante des bei Schliessen der Schaltstrecke S_1 aufgrund des heuristisch erläuterten Mechanismus eintretenden «Entladevorganges» bzw. «Umladevorganges» ist im Wesentlichen gegeben durch den Kapazitätswert des Kondensators C_i und den im Wesentlichen durch die Elektronenbeweglichkeit gegebenen «Widerstandswert», der mit Ladungsträgern versehenen Vakuumatmosphäre, entsprechend der Impedanz Z_p . Diese Zeitkonstante kann selbstverständlich durch externe Beschaltung des Entladestromkreises beeinflusst werden, sei dies durch Vorsehen gegebenenfalls variabler Widerstandselemente, erforderlichenfalls kann der Entladestromkreis vorerst genähert erster Ordnung, durch Zuschalten von weiteren Impedanzelementen, wie von Induktivitäten, zu einem System zweiter Ordnung ausgebaut werden.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist aber vorerst wichtig, dass die nach einem Entladevorgang verbleibende Ladungsbelegung am Kondensator C_i durch Zuschalten von ladungstreibenden Quellen in

den Entladungskreis beeinflusst werden kann, und weiter, insbesondere mit Blick auf das erwähnte Ionenplattieren, dass während Phasen, in welchen die Schaltstrecke S_1 geöffnet ist, durch externe Ladungseinspeisung in die Strecke zwischen den Flächen 2a und 2b, wie noch erläutert werden wird, der Ladungsbelegungsaufbau gesteuert bzw. gestellt werden kann.

5 Bevor weiter auf bevorzugte Ausführungsvarianten eingegangen wird, sei anhand von Fig. 6 nochmals mit Blick auf die Fig. 2 bis 4 das Konzept der vorliegenden Erfindung unter ihren verschiedenen Aspekten erläutert.

In Fig. 6 sind die erfindungsgemässen Verfahren bzw. sind erfindungsgemässe Anlagen unter ihren beiden Aspekten und in bevorzugten Realisationsformen schematisch dargestellt. Der Vakuumrezipient 10 3, worin bevorzugterweise eine Plasmaentladung PL unterhalten wird, ist gegebenenfalls mit einem Einlass 18 für ein Reaktivgas oder Reaktivgasgemisch versehen. Zwischen den leitenden Flächen 2a und 2b, bzw. über der zwischen ihnen im Vakuumrezipienten 3 gebildeten Strecke, ist in einer bevorzugten Ausführungsvariante des Vorgehens bzw. der Anlage gemäss Fig. 4 die als Zerkhackereinheit wirkende Einheit 14s geschaltet, im Weiteren, über der Zerkhackereinheit 14s der Gleichstromsignalgenerator 8. 15 Die Zerkhackereinheit 14s wird durch den bevorzugterweise gesteuerten Taktgeber 160 angesteuert. Die Zerkhackereinheit 14s, vorzugsweise gebildet mit elektronischen Schaltelementen, wie Schalttransistoren, MOSFETS, Thyristoren, Thyristoren, spark gaps, gesättigten Drosseln etc., liegt, wie erwähnt, parallel über den leitenden Flächen 2a, 2b und der zwischen ihnen liegenden Strecke und bildet den Entladestromkreis über besagte Strecke.

20 Wie dem Fachmann geläufig, sind gegebenenfalls, und wie noch spezifisch zu beschreiben sein wird, Vorkehrungen getroffen, um beim Durchschalten der Schaltstrecke S_1 an der Zerkhackereinheit 14s den Gleichstromsignalgenerator 8 nicht einfach kurzzuschliessen.

Unter dem ersten Aspekt (I), in Fig. 6 gestrichelt unter I umrandet, umfasst die Erfindung mithin die einfache Kombination eines Gleichstromsignalgenerators 8 und einer Kurzschluss-Zerkhackereinheit 14s, 25 worüber die Strecke zwischen den Flächen 2a und 2b an der Vakuumbehandlungsanlage elektrisch betrieben wird. Dabei kann eine bestehende gleichstromgeneratorbetriebene Anlage durch Vorsehen der Zerkhackereinheit 14s in einfacher Art und Weise zur Durchführung mit der Gleichstromspeisung nicht oder nur schlecht durchführbarer Behandlungsverfahren ausgebaut werden.

Unter dem zweiten Aspekt (II) umfasst die Erfindung, wie bereits erwähnt wurde, auch ausschliesslich 30 das Vorsehen der Zerkhackereinheit 14s, die gegebenenfalls auch zwischen Elektroden vorgesehen werden kann, die nicht elektrisch gespiesen werden, sondern deren eine beispielsweise auf Bezugspotenzial gelegt ist, wie auf Massepotenzial, und deren zweite normalerweise potenzialschwebend betrieben wird und sich ihr Potenzial gemäss der Potenzialverteilung in der Vakuumatmosphäre einstellt. Auch bei 35 derartigen Strecken zwischen leitenden Flächen 2a, 2b kann es durchaus erwünscht sein, Ladungsbelegungen abzubauen, welche das Schwebepotenzial der einen leitenden Fläche bzw. Elektrode beeinflussen, so dass das erfindungsgemässe Entladen mit der Zerkhackereinheit 14s als für sich erfinderischen Teil der vorliegenden Erfindung betrachtet wird. Dieser Teil der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 6 strichpunktirt umrandet und mit II bezeichnet.

In Fig. 7a ist das Vorsehen einer Ladungsquelle in dem anhand von Fig. 5 beschriebenen, erfindungsgemäss vorgesehenen Entladestromkreis dargestellt, welche Ladungsquelle in Entladephasen, d.h. bei 40 durchgeschalteter Schaltstrecke S_1 , auf die Strecke zwischen den Flächen 2a und 2b geschaltet ist. Hierzu wird in den erwähnten Entladestromkreis beispielsweise eine Ladungsquelle 20, beispielsweise in Form einer Stromimpulsquelle, geschaltet, ausgelöst bzw. gesteuert, wie schematisch dargestellt, im Wesentlichen synchron mit dem Schliessen der Schaltstrecke S_1 durch den Taktgeber 16 bzw. 160, je 45 nachdem, ob die in Fig. 7a dargestellte Konfiguration, wie in Fig. 3 dargestellt, oder in der Kombinationskonfiguration, wie grundsätzlich in Fig. 7 bzw. 6 dargestellt, eingesetzt wird.

Damit wird bei Schliessen der Schaltstrecke S_1 Ladung mit vorgegebener Polarität auf den Kondensator C_1 aufgebracht und die Ladungsbelegung zu Beginn eines Entladezyklus nach Wunsch erhöht oder 50 erniedrigt. Insbesondere kann dadurch der Entladezyklus verkürzt werden, indem, im Extremfall, durch die extern aufgebrachte Ladung die gesamte Ladungsbelegung am Kondensator C_1 neutralisiert werden kann.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass dann, wenn weiterhin ein selbständiger Entladevorgang im erwähnten Entladestromkreis beabsichtigt ist, die Impedanz im Entladestromkreis durch Einführung der Ladungsquelle 20 nicht unzulässig erhöht werden darf, um die Entladezeitkonstante nicht über das erwünschte Mass zu erhöhen. 55

In Fig. 7b ist eine erste Ausführungsvariante dargestellt, um die externe Aufladungsbeeinflussung des Kondensators C_1 gesteuert vorzunehmen. Bei geöffneter Schaltstrecke S_1 wird eine diskrete Kapazität C_D durch eine Stromquelle 22 mit erwünschter Polarität, wie beispielsweise eingetragen, aufgeladen.

60 Wird die Schaltstrecke S_1 durchgeschaltet, so ergibt sich nun das Entlade- bzw. Umladeverhalten des Gesamtkreises aus dem Verhältnis der Kapazitätswerte von C_1 und C_D sowie den jeweiligen Aufladeverhältnissen als Anfangsbedingungen, wie dies dem Fachmann durchaus geläufig ist.

Wird in Phasen, in denen S_1 offen ist, die Ladung, die sich an C_1 aufbaut, erfasst, so kann mit der hier beschriebenen Ladungsquelle diese Ladung neutralisiert werden. Gegebenenfalls kann dann die Schaltstrecke S_1 entfallen; in den einen Phasen wird die Ladungsbelegung erfasst, in den anderen neu- 65 tralisiert.

Bei der in Fig. 7c dargestellten bevorzugten Ausführungsvariante wird in den Entladestromkreis eine Spannungsquelle U_E geschaltet, derart, dass sich das Entladeverhalten aufgrund der Differenz zwischen der Ladespannung an C_1 und U_E ergibt. Damit kann durch Betrag und Polarität der Spannung U_E das Entlade- bzw. Umladeverhalten des Kondensators C_1 beeinflusst werden. Bevorzugterweise wird das Entladeverhalten dadurch in gewissen Fällen beschleunigt, in dem Sinne, dass eine vorgegebene, verbleibende Ladespannung an C_1 schneller erreicht wird, als wenn die betrachtete Strecke nur direkt kurzgeschlossen wird.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäss ausgenutzten Entladeverfahrens besteht darin, dass der Entlade- bzw. Umladevorgang messtechnisch verfolgt werden kann. Dies bevorzugterweise durch Strom- oder Ladungsmessung im Entladestromkreis.

Dies soll bei spielsweise anhand von Fig. 8 erläutert werden. Demnach wird die leitende Fläche 2b der betrachteten Strecke auf ein Bezugspotenzial Φ_0 gelegt und die Strecke über die Schaltstrecke S_1 an den in vertierenden Eingang eines Strom- oder, wie dargestellt, Ladungsverstärkers bekannter Bauart, wie bei 24 dargestellt, geführt. Wie weiter beispielsweise dargestellt, ist der hierzu verwendete Differentialverstärker mit seinem positiven Eingang auf das Bezugspotenzial Φ_0 gelegt. Beim Durchschalten der Schaltstrecke S_1 erscheint in der dargestellten Konfiguration ausgangsseitig des Messverstärkers 24 das Integral des Entladestromstosses, wie schematisch über der Zeitachse t dargestellt. Wie bei A dargestellt, kann das Messresultat des Entlade- bzw. Umladeverhaltens zu verschiedenen, noch zu diskutierenden Zwecken ausgewertet werden.

Gemäss Fig. 8 wird es bevorzugterweise einer Komparatoreinheit 26 zugeführt, welcher von einer Referenzsignalquelle 44 der Schwellwert W vorgegeben wird. Erreicht das Ausgangssignal des Verstärkers 24 den eingestellten Schwellwert W , womit entsprechend der Entladevorgang auf einen entsprechenden, vorgegebenen Wert abgeklungen ist, so wird z.B. ein bistabiles Element 30 rückgesetzt und die Schaltstrecke S_1 geöffnet. Das bistabile Element kann dabei durch die aufsteigende Schaltflanke des Taktgebers 16 bzw. 160 gesetzt und damit die Schaltstrecke S_1 durchgeschaltet werden.

Damit wird erreicht, dass der Entladezyklus nur gerade so lange währt, wie dies zum Erreichen eines vorgegebenen Entladezustandes notwendig ist. Damit werden nur geringstmögliche Zeitabschnitte für diesen Entladevorgang blockiert, und die übrige Zeit steht, insbesondere bei Einsatz der Anordnung gemäss Fig. 8 in der Konfiguration gemäss Fig. 4, für die Energieeinspeisung ab Gleichstromsignalgenerator 8 zur Verfügung.

Wie ohne weiteres ersichtlich, ist die Zeitkonstante τ des Entladevorganges massgeblich vom Kapazitätswert des Kondensators C_1 abhängig. Wenn das erfindungsgemässe Vorgehen an der Strecke zwischen den leitenden Flächen 2a und 2b eingesetzt wird, innerhalb welcher ein Werkstück mit einer nicht oder schlecht leitenden Oberfläche im Sinne einer Isolationsbelegung angeordnet ist, wie beispielsweise ein Werkstück, das durch einen reaktiven Beschichtungsprozess mit einer «Isolationsbelegung» als gewollte Schicht belegt wird, so fällt mit zunehmender Schichtdicke der Kapazitätswert von C_1 mit der bekannten Abstandsrelation des Kapazitätswertes.

Somit kann, wie in Fig. 9 schematisch dargestellt, durch Auswertung des Signals A von Fig. 8 die sich mit ändernder Schichtdicke d abnehmende Entladezeitkonstante τ ermittelt werden und daraus auf das Schichtwachstum geschlossen werden.

In Fig. 10 ist eine weitere Ausführungsvariante dargestellt, wonach durch Ermittlung des IST-Entladeverhaltens, anschliessend dem Vergleichen mit einem SOLL-Verhalten, entsprechend dem Vergleichsresultat, in regelndem Sinne so auf den Betrieb der Schaltstrecke S_1 eingegriffen wird, dass sich die Entladeverhalten, mindestens genähert, um das SOLL-Verhalten einpendeln. Hierzu wird, wie schematisch dargestellt, der Entladestrom I_E abgegriffen, wie bei 32 dargestellt, und ein entsprechendes Spannungssignal, z.B. digitalisiert, mittels eines Analog/Digital-Wandlers 34. Das digitalisierte Messsignal wird in einer IST-Wert-Speichereinheit 36 abgespeichert. Der Inhalt der IST-Wert-Speichereinheit 36 wird, an einer Vergleichseinheit 38, mit einem in einer SOLL-Wert-Speichereinheit 40 abgespeicherten SOLL-Entladeverlauf verglichen.

An einer Auswerteeinheit 42 werden Differenzen Δ zwischen SOLL-Verlauf und IST-Verlauf ausgewertet und mit dem Auswertungsergebnis, ausgangsseitig der Auswerteeinheit 42, wie schematisch mit dem Umschalter N dargestellt, entweder auf eine gesteuerte, in ihrer Polarität umkehrbare Ladungsquelle 44 eingewirkt, um den jeweiligen Ladezustand des Kondensators C_1 bei geöffneter Schaltstrecke S_1 zu beeinflussen, damit seine Ladungsbelegung, oder es wird mit dem Ausgang der Auswerteeinheit 42, an der Taktgebereinheit 16 bzw. 160, die Folgefrequenz f sich folgender Entladezyklen vergrössert oder verkleinert oder bei gleichbleibender Repetitionsfrequenz f das Tastverhältnis (duty cycle) der ausgangsseitig des Taktgebers 16 bzw. 160 die Schaltstrecke S_1 ansteuernden Impulszuges. Wird, durch Ansteuerung der Ladungsquelle 44, das Entladeverhalten zum Verschwinden gebracht, so heisst dies, dass die Ladungsbelegung durch Wirkung der Quelle 44 elektrisch neutralisiert ist. Auch dies kann durch den dargestellten Regelkreis erzielt werden.

Beispielsweise kann wie folgt zyklisch vorgegangen werden:

a) Schalter S_1 öffnen; Quelle 44 treibt Ladung auf C_1 , welcher der Aufbau einer Ladungsbelegung entspricht.

b) Schalter S_1 weiterhin offen: Quelle 44 wird während kurzer Zeit invertiert betrieben, die entstandene Ladungsbelegung wird elektrisch gesteuert neutralisiert.

c) Schalter S_1 wird geschlossen, der Entladestrom gemessen; je nach seiner verbleibenden Grösse und Polarität wird, geregelt, die Neutralisationsladung in Schritt b) gestellt und/oder die Ladungsbelegungssteuerladung in Schritt a).

Auf das erwähnte externe Aufschalten einer Ladungsquelle, wie beispielsweise der Quelle 44, in Phasen, in welchen die Schaltstrecke S_1 geöffnet ist, wird im Zuge der vorliegenden Beschreibung noch weiter eingegangen. Dies insbesondere im Zusammenhang mit Ionenplattieren als Teil des erfindungsgemässen Verfahrens.

Es kann durch Eingriffnahme auf den Ladungszustand des Kondensators und/oder auf die Entladehäufigkeit bzw. auf die Länge der Entladezyklen so auf die Ladungsbelegung des Kondensators C_1 eingegriffen werden, in regelndem Sinne, dass bei zeitkonstantem Kapazitätswert von C_1 das Entladeverhalten und mithin die Ladungsbelegung einem SOLL-Wert folgt. Dies auch dann, wenn die Entladezeitkonstante mit variierendem Kapazitätswert von C_1 variiert, indem dann, aus der Entladezeitkonstanten τ , auf den momentanen Wert des erwähnten Kondensators geschlossen wird und von diesem und dem Anfangswert des Entladevorganges auf die Ladungsbelegung an C_1 .

In Fig. 11 ist, ausgehend von der Darstellung gemäss Fig. 3 oder in der kombinierten Konfiguration gemäss Fig. 4, dargestellt, wie grundsätzlich gemäss einem Aspekt der vorliegenden Erfindung in Zeitabschnitten zwischen Entladezyklen die Ladungsbelegung der Isolationsbelegung 4 in steuerndem, gegebenenfalls regelndem Sinne beeinflusst werden kann.

Dazu sei zuerst noch einmal Fig. 5 betrachtet. Wenn in Fig. 5, extern der Strecke zwischen den Flächen 2a und 2b, eine Ladung aufgezwungen wird, so wird der Kondensator C_1 aufgeladen. Wird, üblicher Stromrichtungskonvention folgend, in eingetragener Richtung, ein Strom i , entsprechend einer Ladung pro Zeiteinheit, aufgezwungen, so ergibt dies eine Zunahme der Ladungsbelegung mit positiven Ionen an der Isolationsbelegung 4 und, entsprechend, eine Abnahme dieser Belegung an der Isolationsbelegung 4, d.h. ein Abwandern positiver Ionen bzw. ein Zuwandern von Elektronen bei Stromumkehr. Es sei darauf hingewiesen, dass üblicherweise die Stromrichtung i entgegen dem Elektronenstrom eingezeichnet wird.

Damit kann durch externe Aufschaltung eines Stromes bzw. einer Ladung die Ladungsbelegung an der Isolationsbelegung gesteuert werden. Dies ist von ausserordentlicher Wichtigkeit, insbesondere bei all denjenigen Behandlungsverfahren, an welchen mit einer Ladungsbelegung, und damit Materialbelegung, eine Schicht aufgebracht werden soll, wie insbesondere beim Ionenplattieren. Dort werden Ionen aus der Vakuumatmosphäre gezielt auf ein Werkstück mittels elektrostatischer Kräfte abgelegt.

Gemäss Fig. 11 wird zu diesem Zweck, bei geöffneter Schaltstrecke S_1 , an der Einheit 14 bzw. 14s gemäss den Fig. 3 oder 4, mit der Takteinheit 16 bzw. 160, ein Ladungsfluss durch die Strecke mit den leitenden Flächen 2a und 2b getrieben, wie dies schematisch in Fig. 11 mit der Ladungsquelle 46 dargestellt ist, welche synchron mit der Durchschaltung der Schaltstrecke S_1 betrieben wird.

Damit kann bei den genannten Verfahren, wie insbesondere auch beim Ionenplattieren, der Aufbau einer Schicht auf der nicht oder schlecht leitenden Oberfläche eines Werkstückes oder einer Schicht aus nicht oder schlecht leitendem Material auch auf die leitende Oberfläche eines Werkstückes gezielt beeinflusst bzw. gesteuert bzw. geregelt werden.

In Fig. 12a bis 12c ist schematisch eine bevorzugte Ausführungsvariante dieses erfindungsgemässen Verfahrens bzw. einer entsprechend aufgebauten Anlage dargestellt. Im Vakuumrezipienten 1 wird von einem Tiegel 52, z.B. mit einer Plasmaentladung, Material in bekannter Art und Weise verdampft. Dies kann mittels Bogenentladung bzw. Funkenentladung auf den Tiegel 52 erfolgen oder durch Elektronenstrahlverdampfen des Materials im Tiegel 52 oder, wie dargestellt, mittels einer Niederspannungsglimmentladung zwischen einer Glühemissionskathode 50 und dem Tiegel 52. Selbstverständlich kann das Material auch durch Tiegelheizung verdampft werden oder auch zerstäubt werden. Wesentlich ist nur seine Ionisation, gleich welcher Art die eigentliche Materialquelle ist und ob der Prozess, der das Schichtmaterial bildet, reaktiv ist oder nicht.

Durch die Gaszuleitung 18 wird beim dargestellten Beispiel ein Arbeitgas in den Vakuumrezipienten 1 eingelassen mit Reaktivgasanteilen, welche, in der Glimmentladung, mit dem aus dem Tiegel 52 verdampften Material reagieren. Es bilden sich Ionen. Als Reaktionsprodukt legt sich schlecht oder nicht leitendes Material in Form positiver Ionen, vorerst als Ladungsbelegung, auf ein oder mehrere Werkstücke 1 ab, auf der als Werkstückträger Elektrode ausgebildeten, leitenden Fläche 2a. Die Werkstücke 1 weisen dabei entweder eine leitende Oberfläche auf und werden durch das Plattierverfahren mit einer Schicht nicht oder schlecht leitenden Materials belegt oder weisen bereits eine Oberfläche aus nicht oder schlecht leitendem Material auf und werden dann mit einer Schicht ebenfalls nicht oder schlecht leitenden Materials oder mit einer Schicht leitenden Materials belegt.

Das Verfahren lässt einerseits Ionenplattieren mit nicht oder schlecht leitenden Schichten auf beliebig leitenden oder nicht leitenden Oberflächen zu oder Ionenplattieren mit leitenden Schichten auf nicht oder schlecht leitenden Schichten am Werkstück bzw. auf nicht oder schlecht leitenden Werkstücken. Solche Schicht/Werkstücksysteme liessen sich bisher mit Ionenplattieren nur höchst eingeschränkt herstellen, da der notwendige, monopolare Plattierungsstrom gar nicht aufgebaut werden konnte.

Im Weiteren können, wie ohne weiteres ersichtlich, Werkstücke 1 in dieser noch weiter zu beschreibenden Anlagenkonfiguration mit Mehrschichtsystemen beaufschlagt werden, insbesondere können Werkstücke aus bezüglich Leitfähigkeit beliebigem Material mit einer nicht oder schlecht leitenden ersten Schicht, insbesondere als Korrosionsschutzschicht, versehen werden, mit einer leitenden zweiten Schicht, insbesondere als Verschleisschutzschicht, oder mit Kombinationen derartiger Schichten, wobei mehr als nur zwei Schichten aufgebaut werden können.

Wesentlich für das Ionenplattieren ist, dass das abzulegende Schichtmaterial, wie erwähnt, in der Vakuumkammer ionisiert wird. Dies kann auf die unterschiedlichsten Arten erfolgen, wie z.B. bei Elektronenstrahlverdampfen durch Vorsehen einer Plasmaentladung, wie einer Bogenentladung auf den Tiegel. Die Ionisierung erfolgt beim Lichtbogenverdampfen oder Glimmentladungsverdampfen durch die Plasmaentladung selbst, oder es kann durch Einkoppeln zusätzlicher Elektronen oder Ionen in den Vakuumrezipienten die notwendige Ionisation erwirkt werden. Im Weiteren braucht nicht zwingend ein Reaktivprozess vorgesehen zu sein, wenn beispielsweise das verdampfte Material als solches, nach Ionisierung, abgelegt werden soll.

Weiter kann, anstelle des Verdampfens, Material gesputtert werden. Wird ein leitendes Material gesputtert, so kann die Sputterquelle, wie eine Magnetronquelle, anstelle des Tiegels 52 vorgesehen werden. Soll ein nicht leitendes Material gesputtert werden, so wird bevorzugterweise die Sputterquelle separat mittels einer Hochfrequenzentladung betrieben und dann anstelle des Tiegels 52 für die erfindungsgemässe weitere Beschaltung eine von der Entladung unabhängige, leitende Fläche als Bezugsfläche im Rezipienten vorgesehen (s. Fig. 19f).

In jedem Fall ist die als Werkstückträger Elektrode wirkende leitende Fläche 2a beim Ionenplattieren so auf Potenzial zu legen, dass positive Ionen als Ladungsbelegung gegen die Werkstücke 1 hin beschleunigt werden. Der Leistungsbedarf der elektrischen Speisung für die beschriebene Strecke, zwischen leitender Fläche 2a und leitender Fläche 2b, ist wesentlich geringer als der Leistungsbedarf zum Unterhalt einer gegebenenfalls vorgesehenen Plasmaentladung.

Bei Ausbildung gemäss den Ausführungen zu Fig. 11 entspricht der extern zuzuführende Plattierungsstrom der durch Ionen- und Elektronenwanderung zwischen den Flächen 2a und 2b verschobenen Ladung. Mindestens einer der leitenden Flächen 2a bzw. 2b, bevorzugterweise der als Werkstückträger Elektrode wirkenden Fläche 2a, gemäss Fig. 12a, wird eine diskrete Kapazität C_{D1} vorgeschaltet. Die Schaltstrecke S_1 schaltet den Entladestromkreis zur zweiten leitenden Fläche 2b durch, dem Tiegel, im Falle des Verdampfens oder der Sputterquelle, im Falle des Sputterns eines leitenden oder halbleitenden Materials. Es wird eine Strom- bzw. Ladungsquelle 46a (vgl. auch Fig. 11) vorgesehen, welche, bei geöffneter Schaltstrecke S_1 , wie aus Fig. 12b ersichtlich, mit der diskreten Kapazität C_{D1} , dem Streckenkondensator C_1 und der Streckenimpedanz Z_P in Serie und bei durchgeschalteter Schaltstrecke S_1 , wie aus Fig. 12c ersichtlich, über den durchgeschalteten Entladestromzweig kurzgeschlossen ist.

Die Funktionsweise dieser Anlagekonfiguration ist die Folgende:

In Ionenplattierungsphasen, d.h. Betriebsphasen, während welchen die Schicht auf den Werkstücken 1 aufgebaut wird, ist die Schaltstrecke S_1 geöffnet. Während dieser Phasen wird mit der Quelle 46a, beispielsweise wie in den Fig. 12b und 12c dargestellt, als Stromimpulsquelle ausgebildet, eine Ladung, beispielsweise in Form eines Stromstosses, durch die Serieschaltung gemäss Fig. 12b getrieben. Die Polarität der aufgezwungenen Ladung (Stromintegral) wird wie eingezeichnet gewählt. Damit lädt sich die diskrete Kapazität C_{D1} und ebenso der Streckenkondensator C_1 auf, wobei das sich in der Vakuumatmosphärenstrecke aufbauende Feld E in der in Fig. 12b eingetragenen Richtung als die positiven Ionen hin zu den Werkstücken 1 treibendes Feld aufbaut: Es baut sich an der Isolationsbelegung am Werkstück, d.h. dessen nicht oder schlecht leitende Oberfläche, eine Ladungsbelegung auf, welche dem während dieser Plattierungsphase geflossenen Strom i entspricht.

Daraus ist ersichtlich, dass die Menge mittels der Quelle 46a aufgezwungener Ladung mindestens genähert der in der Plattierungsphase auf die Werkstücke 1 aufgebrachten Ladungsbelegung entspricht. Durch Änderung der extern aufgezwungenen Ladung in den Plattierungsphasen wird mithin diese Ladungsbelegung und damit die Schichtaufbaurrate geändert.

Nach bzw. zwischen diesen Plattierungsphasen wird die Schaltstrecke S_1 in der bis anhin beschriebenen Art und Weise geschlossen.

Wie bereits auch die vorgängig beschriebenen, im Entladestromkreis vorgesehenen diskreten Kapazitäten, wirkt auch C_{D1} kurzzeitig, in bekannter Art und Weise, als Kurzschluss. Bei Schliessen der Schaltstrecke S_1 entsteht die in Fig. 12c ersichtliche Konfiguration, die an sich parallel geschalteten Elemente, nämlich der Kondensator C_1 und die Kapazität C_{D1} , sind gleichgerichtet aufgeladen, wie eingetragen, womit nun der Entladevorgang der diskreten Kapazität C_{D1} den Ent- bzw. Umladevorgang des Kondensators C_1 beschleunigt. Die Zeitkonstante des Entladevorganges wird durch die Serieschaltung der beiden kapazitiven Elemente gegeben, so dass, durch Wahl des Kapazitätswertes der Kapazität C_{D1} wesentlich grösser als der Kapazitätswert des Kondensators C_1 , das Zeitverhalten des Entladevorganges durch C_1 und die Impedanz Z_P im Wesentlichen bestimmt bleibt.

Die auf C_{D1} aufgebrachte Anfangsladung ist im Wesentlichen gleich wie die auf C_1 aufgebrachte (Se-

rieschaltung), so dass der Entladevorgang beschleunigt wird, durch den die Spannungen im Parallelkreis auf gleiche Werte gebracht werden.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass nach Abklingen des Entladevorganges die Spannungen an C_{D1} und C_1 gegengleich gerichtet sind (Parallelschaltung).

Da, wie oben erläutert wurde, während des Entladevorganges im Wesentlichen nur die Ladungsbelegung der Ionen neutralisiert wird und nicht die Materialbelegung mit Ionenpartikeln geändert wird, erfolgt im Entladezyklus im Wesentlichen keine Änderung an der bereits aufgebauten Schicht.

In Fig. 12a ist bereits auch eine Weiterbildung dieser bevorzugten Verfahrensvariante, insbesondere für Ionenplattieren, dargestellt. Hiernach wird wiederum, wie bereits beschrieben wurde, der Entladestrom gemessen, gegebenenfalls analog/digital am Wandler 34 gewandelt und als IST-Verlauf in der Speichereinrichtung 30 abgespeichert. Der Speicherinhalt an der Speichereinheit 30, als Zwischenspeicher wirkend, wird an der Vergleichseinheit 38 mit dem im SOLL-Wert-Speicher 40 vorab gespeicherten Entlade-SOLL-Verlauf, bzw. einer charakteristischen Grösse desselben, verglichen.

An der Auswerteeinheit 42 werden die charakteristischen IST/SOLL-Verhaltensdifferenzen Δ ermittelt, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der sich mit ändernder Zeitkonstanten ändernden C_1 -Werte. Mit dem Auswerteresultat wird, in regelndem Sinne, so auf die Quelle 46a eingewirkt, dass das gemessene IST-Entladeverhalten bzw. dessen charakteristische Kenngrösse demjenigen des SOLL-Entladeverhaltens entspricht. Auf diese Art und Weise ist es möglich, durch Beeinflussung der Ladungsbelegung der Werkstücke 1 während der Plattierphasen den Schichtaufbau zu beherrschen und dabei die betreffs Überschlüsse gefährlich werdende Ladungsbelegung zu neutralisieren.

In Fig. 13 ist eine Weiterausbildung bzw. eine einfache Realisationsform der anhand von Fig. 12 beschriebenen Technik dargestellt, woraus ersichtlich ist, dass nun die Erfindung unter ihrem in Fig. 4 beschriebenen, kombinierten Aspekt verwirklicht ist. Die Verhältnisse im Vakuumrezipienten 3 sind wie in Fig. 12 dargestellt und beschrieben. Es geht im Wesentlichen darum, auf höchst einfache Art und Weise die Quelle 46a zu realisieren. Hierzu wird vom Gleichstromgenerator 8 gemäss Fig. 4 über eine Drossel L_{66} auf das anhand von Fig. 12a erläuterte Netzwerk anstelle der Quelle 46a eingewirkt.

Der Gleichstromsignalgenerator 8 ist, wie bei U_B eingetragen, beispielsweise gepolt. Bei geschlossener Schaltstrecke S_1 fliesst, vorerst ohne Berücksichtigung der Einheit 56, ein Strom durch die Drossel L_{66} über die geschlossene Schaltstrecke S_1 . Der dann fliessende Strom ist in Fig. 13 mit I_1 eingetragen.

Wird nun die Schaltstrecke S_1 zur Einleitung einer Plattierungsphase geöffnet, so entsteht über der Drossel L_{66} ein hoher negativer Spannungsimpuls, wie schematisch bei U_{L66} eingetragen, welcher durch den nun seriegeschalteten Kreis gemäss Fig. 12b die anhand von Fig. 12 erläuterte Ladung durch C_{D1} und C_1 treibt. Nach Ausklingen des transienten Vorganges liegt an C_1 und C_{D1} gemeinsam die Spannung U_B an. Durch Vorsehen der Drossel L_{66} wird in dieser Plattierungsphase der transiente Vorgang beschleunigt. Die Wirkungsweise bleibt im Wesentlichen dieselbe, wenn die Drossel L_{66} weggelassen wird und beim Öffnen der Schaltstrecke S_1 direkt U_B auf die Serieschaltung der beiden kapazitiven Elemente C_1 und C_{D1} geschaltet wird.

Allerdings muss dabei sichergestellt sein, dass der gleiche Gleichstromsignalgenerator 8 ausgangsseitig in der Lage ist, die Spannung zu halten und dabei die kapazitive Last rasch aufzuladen.

Bei Vorsehen der Drossel L_{66} kann in den Entladestromkreis beispielsweise auch ein elektronisch variierbarer Widerstand, wie eine Transistorstufe 56, geschaltet werden, welche ausgangsseitig der Auswerteeinheit 42 gemäss Fig. 12a verstellt wird und damit der durch die Drossel L_{66} bei geschlossener Schaltstrecke S_1 fliessende Strom. Durch Veränderung dieses Stromes wird die Spannungsspitze U_{L66} verändert und damit das Zeitverhalten in der transienten Plattierungsphase. Durch Änderung des Widerstandswertes an der Einheit 56 zwischen Plattierungsphasen und Entladungsphasen kann die Einheit 56 in den Entladungsphasen unwirksam gemacht werden (Kurzschluss) oder auch dort zur Beeinflussung des transienten Zeitverhaltens gestellt werden. Dabei kann im Weiteren die Schaltstrecke S_1 mit der Einheit 56, beispielsweise als Transistorsteuereinheit, kombiniert werden.

Selbstverständlich ist es ohne weiteres möglich, den Widerstandswert an der Einheit 56 ohne Vorsehen einer Entladestrommessung mit entsprechender Rückführung, wie sie in Fig. 12a erläutert wurde, vorzunehmen und die Einheit 56, z.B. nach Vorversuchen eingestellt, direkt synchronisiert mit dem Taktgeber 16, 160 von Fig. 12 zu betreiben.

Alternativ zur Ausbildung gemäss Fig. 13 kann in einer weiteren bevorzugten Variante, wie in Fig. 14 dargestellt, vorgegangen werden, wodurch ein äusserst effizienter und beherrschter Ladungstransfer in Plattierungsphasen, d.h. eine höchst effiziente Steuerung der Ladungsbelegung in diesen Phasen erfolgt. Hierzu wird an der Anordnung gemäss Fig. 12a dem Ausgangssignal des Gleichstromsignalgenerators 8 ein Spannungssignal, wie mit der Quelle 58 dargestellt, überlagert, dessen Spannung sich in vorgegebener Art und Weise in der Zeit verändert, d.h. mit vorgegebenem Verlauf dU/dt .

Diese Quelle 58 wird mit dem Ausgangssignal des Taktgebers 16 bzw. 160 an einem Triggereingang Tr getriggert, und zwar jeweils in den Plattierungsphasen, d.h. bei geöffneter Schaltstrecke S_1 . Wie in Fig. 14 unten dargestellt, kann die Quelle 58, je nach erwünschtem Schichtwachstumsverlauf an den zu beschichtenden Werkstücken 1, getriggert, eine lineare oder eine progressive Rampe oder eine andere Kurvenform ausgeben mit gegebenem Verlauf ihrer zeitlichen Ableitung. Aufgrund des differenzierenden Verhaltens der Serieschaltung der beiden kapazitiven Elemente C_1 und C_{D1} ergibt sich in bekannter Art und Weise der Stromfluss und damit der Ladungsfluss pro Zeiteinheit aus der zeitlichen Ableitung der

erwähnten Spannungsverläufe. Diese Ableitung kann im Sinne der Erläuterungen zu Fig. 10, Quelle 44, auch als Stellgrösse in einem Regelkreis eingesetzt werden.

Wie bereits auch anhand von Fig. 13 diskutiert wurde, kann mithin ein erwünschter Verlauf der zeitlichen Ableitung voreingestellt werden oder kann, im Rahmen einer Regelung, wie über die Auswerteeinheit 42, so gestellt werden, dass in den Plattierungsphasen eine erwünschte Ladungsbelegung erfolgt, was, wie erwähnt, z.B. aus dem Entladeverhalten regelungstechnisch überprüft werden kann.

Das Fahren eines Plattierungsstrom-Stell- oder -Steuersignals ist auch in Fig. 13 gestrichelt dargestellt, bei welchem, anstatt eine zusätzlich getriggerte Spannungsquelle vorzusehen, die Ausgangsspannung des Gleichstromsignalgenerators 8 im Synchronismus mit dem Ausgangssignal des Taktgenerators 16 bzw. 160 in der Zeit variiert wird.

Das anhand der Fig. 11, 12, 13 und 14 dargestellte Verfahren lässt sich insbesondere mit einem Ionenplattierverfahren höchst vorteilhaft kombinieren, womit sich, wie erwähnt wurde, ein neuartiges Ionenplattierverfahren ergibt mit der Möglichkeit, leitende Schichten auf nicht leitenden Oberflächen abzu-legen, nicht leitende Schichten auf leitenden Oberflächen oder auf nicht leitenden.

Das Verfahren, wie es für die Steuerung der Ladungsbelegung anhand der Fig. 12 bis 14 während der Plattierungsphasen beschrieben wurde, wird an sich als Erfindung betrachtet, welche sich selbstverständlich in höchst geeigneter Art und Weise mit der vorliegenden Erfindung wie beschrieben kombinieren lässt.

Bei allen Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens, bei welchen gemäss Fig. 4 ab einem Gleichstromsignalgenerator 8 über Zerschaltereinheit 14s oder, wie beschrieben wurde, über einen Zerschalterschalter S₁, erfindungsgemäss auf eine Strecke zwischen zwei leitenden Flächen 2a, 2b in einem Vakuumrezipienten 3 eingewirkt wird und in der Vakuumatmosphäre eine Plasmaentladung PL, wie in Fig. 15 schematisch dargestellt, unterhalten wird, zwischen Elektroden 60a und 60b, wird einer elektrischen Instabilität dadurch wirksam begegnet, dass, wie dargestellt, eine der plasmaentladungsstrom-führenden Elektroden, z.B. 60b, auf ein Potenzial an der Entladestromschleife gelegt wird. Bevorzugterweise wird hierzu als eine der erfindungsgemäss eingesetzten leitenden Flächen gemäss Fig. 15, beispielsweise Fläche 2b, eine der Plasmaelektroden eingesetzt.

Dies ist durch die Verbindung 62 in Fig. 15 dargestellt.

In Fig. 16 ist schematisch ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Vorgehens bzw. einer erfindungsgemässen Anlage dargestellt. Im Vakuumrezipienten 3 wird, beispielsweise zwischen Rezipientenwandung und einem Target 64 aus leitendem oder zumindest halbleitendem Material, eine Glimmentladung betrieben. Über eine Gaszuführung 18 wird ein Arbeitsgas mit Reaktivgasanteil eingelassen. Es handelt sich mithin um einen reaktiven Kathodenzerstäubungsprozess. Das Target 64 kann Teil einer Magnetronzerstäubungsquelle sein. Die Werkstücke sind in Fig. 16 nicht getragen. Sie werden entweder potenzialschwebend betrieben oder auf ein Bias-Potenzial gelegt, beispielsweise auch, wie insbesondere für das Ionenplattieren, anhand der Fig. 11 bis 14 dargestellt wurde.

Die Glimmentladung, am dargestellten Beispiel zwischen Rezipient und Target 64 betrieben, wird erfindungsgemäss, prinzipiell, nach dem Vorgehen von Fig. 4 betrieben. Nach den bereits gemachten Erläuterungen bedarf Fig. 16 nicht mehr wesentlicher Ausführungen. Da der Gleichstromsignalgenerator 8 für den Betrieb der Glimmentladung relativ hohe Leistungen abgeben muss, wird dann, wenn die Schaltstrecke S₁ durch den Taktgeber 160 geschlossen wird, also gegentaktig, eine Serieschaltstrecke S₂ geöffnet, damit nicht der Glimmentladungsstrom über die Schaltstrecke S₁ fliesst. Insbesondere, wenn der Gleichstromsignalgenerator 8 die Charakteristik einer Gleichstromquelle aufweist, wird die Schaltstrecke S₂ bevorzugterweise durch ein Netzwerk überbrückt, bevorzugterweise durch ein Widerstandsnetzwerk, wie mit R in Fig. 16 dargestellt, gegebenenfalls aber auch mittels eines elektronisch steuerbaren Netzwerkes, wie einem Transistornetzwerk.

Damit wird erreicht, dass sich bei geöffneter Schaltstrecke S₂ darüber nicht eine zu hohe Spannung aufbaut.

Die vorbeschriebenen Massnahmen, wie Vorsehen einer gegebenenfalls gesteuerten, den Entladevorgang beeinflussenden Spannungsquelle U_E gemäss Fig. 7c bzw. Massnahmen zur Messung des Entladevorganges und entsprechendem Eingriff auf den Taktgeber 160, wie dies anhand von Fig. 8 beschrieben wurde, werden auch hier bevorzugterweise eingesetzt. Vor allem das Vorgehen nach Fig. 8 ermöglicht im Falle des Kathodenzerstäubens, z.B. nach Fig. 16, den Anlagenwirkungsgrad dadurch zu optimieren, dass die Entladephasen adaptiv optimal kurz gehalten werden.

Bei dem erfindungsgemässen Ionenplattieren gemäss den Fig. 11 bis 14 wird bevorzugterweise das Signal des Gleichstromsignalgenerators 8 mit einer Häufigkeit von 50 kHz bis 500 kHz geändert, bevorzugterweise von mindestens 90 kHz, insbesondere bevorzugterweise mit mindestens 100 kHz, was dem Betrieb der Schaltstrecke S₁ mit den angegebenen Frequenzen gleichkommt, also dem Betrieb des Taktgenerators 16, 160 mit den angegebenen Repetitionsfrequenzen. Die Schliesszeiten der Schaltstrecke S₁ werden dabei bevorzugterweise zu 50 nsec bis 10 µsec, vorzugsweise von 0,5 µsec bis 2 µsec oder von 2 µsec bis 10 µsec gewählt, auch in Abhängigkeit der gewählten Repetitionsfrequenz und des durchzuführenden Behandlungsverfahrens, insbesondere Ionenplattierverfahrens.

Beim Sputtern, wie es anhand von Fig. 16 als ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel beschrieben wurde, werden bevorzugterweise Betriebsfrequenzen der Schaltstrecke S₁ entsprechend der Häufigkeit, mit

welcher das Ausgangssignal des Gleichstromsignalgenerators 8 geändert wird, mit Frequenzen entsprechend 50 Hz bis 1 MHz betrieben, vorzugsweise mit 5 kHz bis 100 kHz, dabei besonders vorteilhafterweise mit Frequenzen zwischen 10 kHz und 20 kHz. Auch hier werden als Schliesszeit bzw. Entladezeit durch die Schaltstrecke S_1 Längen von 50 nsec bis 10 μ sec, vorzugsweise von 0,5 μ sec bis 2 μ sec oder von 2 μ sec bis 10 μ sec gewählt, abgestimmt auf das beabsichtigte Behandlungsverfahren bzw. die eingestellte Repetitionsfrequenz.

Das anhand von Fig. 16 beschriebene erfindungsgemässe Verfahren eignet sich insbesondere für die Bildung von Siliciumoxidschichten, d.h. von Si_xO_y . Das Verfahren eignet sich auch ausgezeichnet, um mit einer Zerstäubungskathode aus einer Mischung aus Indiumoxid und Zinnoxid oder Indium und Zinn eingesetzt zu werden, welches Material in einer Atmosphäre, die Sauerstoff enthält, zerstäubt wird, um eine entsprechende Beschichtung an Werkstücken zu erzeugen. Selbstverständlich kann dieselbe Vorrichtung auch verwendet werden, um anstelle eines Targets die Oberfläche von Werkstücken oder aber auch eines Targets zu ätzen mit dem Ziel, eine Verschmutzungsschicht, wie eine Oxidschicht, oder andere unerwünschte Oberflächenschichten zu entfernen.

Der reaktive Kathodenzerstäubungsprozess, wie er anhand von Fig. 16 beschrieben wurde, kann im oxidischen (reaktiven) oder im Übergangsmodus betrieben werden, wobei bezüglich Definition dieser Betriebsmode auf «Reaktives DC-Hochratezerstäuben als Produktionsverfahren» von S. Schiller et al.; Vortrag zur International Conference on metal coating, San Diego/Cal., March 1987, Surface and Coating Technology 33 (1987), verwiesen wird.

Es wurde dabei beobachtet, dass beim erfindungsgemässen Kathodenzerstäubungsverfahren der Übergang vom metallischen in den Reaktivmodus weit weniger abrupt, als dies üblich ist, erfolgt. Dies besagt, dass beim erfindungsgemässen Verfahren die Kennlinie des an sich instabilen Zwischenbereiches, dem Intramodus, flacher als üblich verläuft und mithin ein Prozessarbeitspunkt in diesem Übergangsbereich einfacher als üblich regeltechnisch stabilisiert werden kann.

In Fig. 17 ist eine weitere, vor allem im Zusammenhang mit dem Kathodenzerstäuben gemäss Fig. 16, bevorzugte Ausführungsvariante dargestellt. Allerdings kann dieses Vorgehen auch im Zusammenhang mit Ionenplattieren oder anderen erfindungsgemässen Verfahren, wovon einige Beispiele noch anhand von Fig. 19 erläutert werden sollen, eingesetzt werden. Ohne beschränkend sein zu wollen, wird aber Fig. 17 auf der Basis des Kathodenzerstäubungsverfahrens gemäss Fig. 16 dargestellt.

Anstatt den Entladestrom zu messen, wird hier, beispielsweise in dem die Glimmentladung speisenden Strom, wie dargestellt, mit einem Stromdetektor 66 oder gegebenenfalls auch im Vakuumrezipienten optisch, das Entstehen von stochastischen Störentladeerscheinungen registriert, welche sich in Stromspitzen im Entladestrom I_s bemerkbar machen. Von einer Strommesseinrichtung 66 wird das Verhalten des gemessenen Stromes an einer Arc-Detektionseinheit 68 daraufhin geprüft, ob die erwähnten stochastischen Entladeerscheinungen auftreten. Das Ausgangssignal der Arc-Detektionseinheit 68 wird einer Vergleichseinheit 70 zugeführt. Darin wird registriert, mit welcher Häufigkeit die erwähnten Entladeerscheinungen auftreten und/oder mit welcher Intensität. Die ermittelte Kenngrösse wird an der Vergleichseinheit 70 mit einer von einer Vorgabeeinheit 72 entsprechend vorgegebenen SOLL-Kenngrösse verglichen, und, entsprechend dem Vergleichsergebnis, wird vom Ausgang der Vergleichseinheit 70 über einen Regler 73 auf die erfindungsgemässe Anordnung, gestrichelt im Block 74 dargestellt, eingegriffen.

Mit dem Regler 73 kann dabei auf die Repetitionsfrequenz und/oder die Länge, mit welcher die Schaltstrecke S_1 geschlossen wird, über den Taktgenerator 16 bzw. 160 eingewirkt werden, dies auch bei einer elektrisch nicht aktiv gespeisten Strecke zwischen den leitenden Flächen 2a und 2b, oder, wie hier beim Kathodenzerstäuben, wenn erfindungsgemäss der Gleichstromsignalgenerator 8 zum Betrieb der erwähnten Strecke vorgesehen ist.

Wenn beispielsweise die registrierte Frequenz auftretender Entladeerscheinungen zu hoch ist, so wird die Wiederholfrequenz des Schliessens der Schaltstrecke S_1 erhöht und/oder die Zeitabschnitte, während welchen S_1 den Entladestromkreis schliesst. Auch damit wird ein optimaler Wirkungsgrad erreicht, indem Entladezyklen nur so oft und so lange ausgelöst werden, wie das IST-arcing-Verhalten dies aufzwingt.

Insbesondere wird dadurch die notwendige Wiederholfrequenz der Ent- bzw. Umladezyklen dem Wachstum einer Isolationsbelegung nachgeführt. Dies bei ständiger Optimierung des Anlagenwirkungsgrades.

Messeinrichtungen zur Erfassung der erwähnten Entladeerscheinungen im Glimmentladungsstrom sind bekannt.

Bevorzugterweise wird dieses Vorgehen an einer Kathodenzerstäubungsanlage, wie sie in Fig. 16 dargestellt wurde, eingesetzt.

In Fig. 18 ist eine weitere wesentliche Ausbildungsvariante des erfindungsgemässen Vorgehens dargestellt, welche insbesondere beim Ionenplattieren gemäss den Fig. 11 bis 14 wesentlich ist. Trotzdem ist auch dieses Vorgehen nicht auf Ionenplattieren beschränkt. Fig. 18 zeigt jedoch, ohne beschränkend wirken zu wollen, die Weiterausbildung des Ionenplattierens, wie es anhand der Fig. 11 bis 14 dargestellt wurde.

In Fig. 18 sind für Teile, die bereits in Fig. 12 beschrieben wurden, dieselben Bezugszeichen eingesetzt. Im Vakuumrezipienten 3 wird in einer der vorbeschriebenen Arten Ionenplattieren vorgenommen, beispielsweise mit einem Verdampfungstiegel 52, welcher die eine der leitenden Flächen 2b bildet. Die

Glimmentladungsstrecke oder eine andere Plasmaentladungsstrecke gemäss den Ausführungen zu Fig. 12 ist hier nicht mehr eingezeichnet. Es sind nun aber mehrere Werkstückträgerflächen $2a_1, 2a_2, 2a_3, \dots, 2a_n$ vorgesehen, worauf ionenzuplattierende Werkstücke 1 abgelegt sind. Die jeweiligen Paare erfindungsgemäss betriebener leitender Flächen $2a_x$ und $2b$ sind je, wie hier nur noch schematisch dargestellt, durch einen erfindungsgemässen Betriebsblock B_x betrieben, je ausgebildet, wie anhand der

Fig. 11 bis 14 dargestellt wurde.

Werden bei einer solchen Konfiguration alle vorgesehenen Schaltstrecken S_i , wie schematisch eingetragen, gleichzeitig durchgeschaltet, so wird dem Prozess und insbesondere, bei seinem Plasmabetrieb der Plasmaentladung, massgebend Energie entzogen. Dies führt zu Instabilitäten der Prozessführung.

Deshalb wird gemäss Fig. 18 ein Taktgenerator 162 vorgesehen und über eine Zeitstufelungseinheit 71, wie z.B. über eine Schieberegistereinrichtung, jede der vorgesehenen Einheiten B_1 bis B_n zeitgestaffelt zyklisch angesteuert. Dies ist schematisch über der Zeitachse t mit den gestaffelten Steuerimpulsen dargestellt. Wenn erwünscht ist, jede dervorgesehenen Strecken $2a_x/2b$ separat optimiertbetreiben zu können, so werden, zu jeder Strecke separat, Taktgebereinheiten 16 bzw. 160 gemäss Fig. 12 vorgesehen, und jede der Strecken wird gemäss den Fig. 11 bis 14 betrieben, wobei aber eine Synchronisationseinheit sicherstellt, dass über die Taktgeber 16 bzw. 160, wie in Fig. 18 dargestellt, die Strecken in der Zeit gestaffelt insbesondere entladen werden. Selbstverständlich können gegebenenfalls mehrere Werkstückträgerflächen $2a_x$ zu Gruppen zusammengefasst werden, die zwischen sich zeitgestaffelt betrieben werden.

Im Weiteren muss betont werden, dass mit der in Fig. 6 und nachfolgenden Figuren dargestellten und beschriebenen Zerkhackereinheit 14 bzw. 14s viele bestehende Vakuumbehandlungsanlagen mit Gleichstromsignalgeneratorspeisung um- bzw. nachgerüstet werden können, so dass mit solchen Anlagen dann Behandlungsprozesse gefahren werden können, für welche bis anhin andere Anlagen, insbesondere mit anderen Generatoren gemäss den Fig. 1, eingesetzt werden mussten. Somit können mit ein und denselben Anlagen dann Verfahren gefahren werden, welche einerseits mit Gleichstromspeisung betrieben werden können, aber auch solche, die bis anhin nicht mit Gleichstromsignalgeneratorspeisung betrieben werden konnten, nun aber mit dem Einsatz der vorliegenden Erfindung auch für derartige Verfahren eingesetzt werden können.

In Fig. 19 sollen einige Einsatzmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung dargestellt werden, um, ohne Anspruch auf Vollständigkeit und ohne beschränkend wirken zu wollen, den Bereich abstecken zu können, welche Verfahren erfindungsgemäss betrieben werden können. Es wird daraufhin für den Fachmann ohne weiteres möglich, auch im Zusammenhang mit der vorangehenden Beschreibung, weitere erfindungsgemässe Behandlungsverfahren bzw. Anlagen vorzuschlagen.

Gemäss Fig. 19 wird von einem Werkstück 1 aus schlecht oder nicht leitendem Material, somit selbst eine Isolationsbelegung bildend, ausgegangen. Im Vakuumrezipienten 3 wird auf eine der bekannten Arten eine Plasmaentladung PL erzeugt. Das Werkstück 1 kann einer Ätzbehandlung unterworfen sein, kann mit einer leitenden oder ebenfalls nicht leitenden Beschichtung versehen werden, sei dies durch Verdampfen leitender oder nicht leitender Ausgangsmaterialien, reaktiv oder nicht reaktiv, Zerstäuben leitender oder halbleitender Materialien, wiederum reaktiv oder nicht reaktiv. Die erfindungsgemässe Betriebseinheit, wie vorgängig beschrieben, ist schematisch mit dem Block 5 dargestellt.

In Fig. 19a ist, ausgehend von der Darstellung von Fig. 19, eine Plasmaentladung dargestellt zwischen Plasmaentladungselektroden 80a und 80b, welche Plasmaentladung durch einen eigens dafür vorgesehenen Gleich- oder Wechselstromgenerator 82 unterhalten wird. Bei diesem Vorgehen handelt es sich beispielsweise um ein Ionenplattierverfahren. Die erfindungsgemäss betriebenen leitenden Flächen 2a und 2b werden unabhängig von der Plasmaentladung betrieben. Soll beispielsweise nicht oder schlecht leitendes Material zerstäubt werden, um nachmals in einem reaktiven oder nicht reaktiven Prozess auf die Werkstücke 1 abgelegt zu werden, so ist ersichtlich, dass der Generator 82 bevorzugterweise als Hochfrequenzgenerator in bekannter Art und Weise ausgebildet wird (vgl. auch Fig. 19f).

Gemäss Fig. 19b wird die Plasmaentladung PL durch das Feld einer Induktionsspule 84 unterhalten. Bezüglich Beschaltung der erfindungsgemäss betriebenen leitenden Flächen 2a und 2b ändert sich bezüglich Fig. 19a nichts. Gemäss Fig. 19c wird wiederum eine Plasmaentladung zwischen Plasmaentladungselektroden 80a und 80b erzeugt, wobei hier eine der Plasmaentladungselektroden, beispielsweise 80b, als eine der erfindungsgemäss betriebenen leitenden Flächen, beispielsweise 2a, eingesetzt ist.

Gemäss Fig. 19d wird ein Werkstück 1 in einer Plasmaentladungsstrecke beispielsweise geätzt, wobei hier die Elektroden 80a bzw. 80b gleichzeitig die erfindungsgemäss betriebenen leitenden Flächen 2a und 2b bilden.

Mit der Plasmaentladung gemäss den Fig. 19a, 19c kann ein Material auf einer der Plasmaentladungselektroden zerstäubt werden, um als solches auf einem Werkstück 1 abgelegt zu werden oder nach Reaktion mit einem in den Vakuumrezipienten 3 eingelassenen Arbeitgas bzw. Teilen eines solchen Gases. Desgleichen kann mit der dargestellten Plasmaentladung verdampftes Material ionisiert werden, um im Sinne der Ionenplattierung auf Werkstücke abgelegt zu werden, sei dies als solches oder wiederum nach Reaktion mit dem Vakuumrezipienten 3 zugeführtem Reaktivgas. Grundsätzlich ist die Art und Weise, wie die Materialquellen oder die Ionisierung im Vakuumrezipienten realisiert wird, für die vorliegende Erfindung von untergeordneter Bedeutung, wesentlich ist, dass erfindungsgemäss isolationsbelegte Werkstücke in mit Ladungsträgern versehener Vakuumatmosphäre behandelt werden sollen.

Es kann Bogenverdampfen, eine sog. rod-feed-Technik, Elektronenstrahlverdampfen, thermisches Verdampfen, Sputtern eingesetzt werden, alles reaktiv oder nicht reaktiv, weiter auch plasmaunterstütztes CVD, PECVD, eingesetzt werden.

Gemäss Fig. 19e wird im Vakuumrezipienten 3 ein Zielobjekt (Target) 85 aus leitendem oder zumindest halbleitendem Material in der Plasmaentladung zerstäubt und das abgestäubte Material als solches oder nach Reaktion mit einem Reaktivgas im Rezipienten 3 als leitende oder als nicht bzw. schlecht leitende Schicht auf dem Werkstück 1 abgelegt. In ersterwähntem Fall weist das Werkstück eine nicht oder schlecht leitende Oberfläche auf, die durch vorgängige Beschichtung erzeugt sein kann oder dem Werkstückmaterial inhärent ist.

Hier können gegebenenfalls beide Strecken, nämlich die Plasmaentladungsstrecke zwischen den leitenden Flächen 2a und 2b₁ sowie zwischen 2a und 2b₂ erfindungsgemäss betrieben werden. Generell werden vorteilhafterweise immer solche Strecken erfindungsgemäss betrieben, an deren Elektroden bzw. leitenden Flächen Ablagerungen nicht oder schlecht leitender Materialien zu befürchten sind bzw. daran derartige Materialien vorgesehen sind.

Gemäss Fig. 19f wird in einer Hochfrequenzplasmaentladung nicht oder schlecht leitendes Material eines Zielobjektes 87 kathodenzerstäubt und wird gegebenenfalls zusätzlich mit einem durch die Leitung 18 eingelassenen Reaktivgas zur Reaktion gebracht. Auf Werkstücken 1 wird im Sinne des Ionenplattierens eine Schicht nicht oder schlecht leitenden Materials abgelegt, wozu in diesem Fall die Werkstück-trägerelektrode durch eine der erfindungsgemäss betriebenen leitenden Flächen 2b gebildet wird und eine zweite, von der Plasmaentladungsstrecke abgetrennte, weitere leitende Fläche 2a vorgesehen ist.

Gemäss Fig. 19g wird zwischen zwei Plasmaentladungselektroden 80a und 80b z.B. eine Glimmentladung unterhalten und von einem Tiegel Material verdampft, leitendes, nicht oder schlecht leitendes. In der Plasmaentladung wird das verdampfte Material ionisiert und, im Sinne des Ionenplattierens, auf Werkstücke 1 eine leitende oder nicht bzw. schlecht leitende Schicht abgelegt. Auch hier kann es sich um einen Reaktivprozess handeln, bei welchem durch die Gaszuführung 18 ein Reaktivgas dem Prozess zugeführt wird.

Sowohl die Glimmentladung GL wie auch die Strecke zwischen den beiden leitenden Flächen 2a und 2b werden erfindungsgemäss wie wiederum mit den Blöcken 5 dargestellt betrieben.

Schliesslich zeigt Fig. 19h eine Ausführungsvariante der Erfindung, analog zu Fig. 19g, wobei aber hier die Plasmaentladung zur Ionisation des verdampften Materials durch das Magnetfeld einer Wicklung 91 im Rezipienten 3 erzeugt wird.

Die aufgeführten Beispiele mögen dem Fachmann aufzeigen, in welchem Umfange die vorliegende Erfindung einsetzbar ist.

Beispiele zum erfindungsgemässen Kathodenzerstäuben:

	1) Anlage:	BAS 450 der Firma Balzers AG
5	Kathode:	AK 510 der Firma Balzers AG
	Magnetsystem:	MA 525 der Firma Balzers AG
	Target: S10-2403	Silicium-Target (5 × 10 Zoll)
10	DC Powersupply:	10kW
	Target-Substratabstand:	70mm
	Drehkorbdrehfrequenz:	< 0,5Hz
	Entladefrequenz:	17kHz
15	Entladezeit:	9 µsec
	Entladespannung:	Kurzschluss
	Effektive Sputterleistung:	2 kW
20	Anlagendrucke: Ar:	pAr = 8E-3 mbar
	O ₂ :	pO ₂ = 2E-3 mbar
	DC-Spannung am Target:	
	im Metallmode:	-668V
25	im Arbeitspunkt, zwischen Metallmode und Oxidmode:	-340 V
	Schicht:	SiO ₂
30	Brechwert SiO ₂ ,:	1,47
	bei $\lambda = 633 \text{ nm}$	
	k-Wert SiO ₂ ,	
	bei $\lambda = 633 \text{ nm}$:	< 1E-5

	2) Anlage:	BAK 760 der Firma Balzers AG
	Kathode:	AK 525 der Firma Balzers AG
5	Magnetsystem:	MA 525 der Firma Balzers AG
	Target: S10-3976	Silicium-Target (5 × 25 Zoll)
	DC Powersupply:	10k W
	Target-Substratabstand:	60 mm
10	Drehkorbdrehfrequenz:	0,5 Hz
	Entladefrequenz:	17k Hz
	Entladezeit:	16 µsec
15	Entladespannung:	Kurzschluss
	Effektive Sputterleistung:	2 kW
	Prozessdrücke: Ar:	pAr = 8 E-4 bar
	O ₂ :	pO ₂ = 2 E-5 mbar
20	DC-Spannung am Target:	
	im Metallmode:	-660 V
	im Arbeitspunkt, zwischen Metall- und Oxidmode	-550 V
25	Schicht:	284 nm SiO ₂
	Energieausbeute:	DDR (SiO ₂) = 44,6 = nm mm ² /Ws
30	(DDR = hergestelltes Schichtvolumen pro aufgewandte Energie)	
	Brechwert SiO ₂	
	bei λ = 633 nm:	1,47
35	k-Wert SiO ₂	
	bei λ = 633 nm:	< 1 E-5

Beispiele zum erfindungsgemässen Ionenplattieren

- 40 1. Formwerkzeuge wurden mittels einer Anlage, aufgebaut wie schematisch in Fig. 12a dargestellt, in der Ausführungsvariante nach Fig. 15 und 18, in einem reaktiven Ionenplattierverfahren, unter Verdampfen von Silicium, mit einer Siliciumnitridschicht versehen. Die dadurch korrosionsfest beschichteten Formwerkzeuge wurden danach, um sie auch abrasionsfest zu gestalten, noch mit einer weiteren Hartstoffschicht beschichtet.
- 45 Hierzu wurde Titankarbonitrid für Aluminiumbördelräder als Formwerkzeuge eingesetzt, Titannitrid für Spritzgussformen für Polyvinylchlorid, Chromnitridschichten für Metalldruckgussformen. Dabei wurden vorerst bekannte Ionenplattierverfahren eingesetzt.
- 50 Erst bei Einsatz des erfindungsgemässen Vorgehens, Anlegen einer Gleichspannung und Entladen mit vorgegebener Häufigkeit, wurden aber einerseits die sich aufgrund der elektrisch isolierenden Unterschicht ergebenden Probleme gelöst, andererseits und insbesondere auch erst eine ausreichende Haftung der abrasionsfesten Schicht auf der Siliciumnitridschicht erzielt. Nur unter Einsatz des erfindungsgemässen Vorgehens beim Ionenplattieren konnten einsatztaugliche Werkzeuge hergestellt werden.
- 55 2. Es wurde versucht, auf bekannte Art und Weise Wendeschneidplatten mit physikalischen Beschichtungsverfahren zu beschichten. Dazu wurde aus einem Tiegel gleichzeitig Aluminium und Chrom verdampft. Dabei zeigte sich, dass die Schichten zwar eine ausreichende Härte aufweisen, dass jedoch in einigen Anwendungen mit besonders hoher Abrasionsbeanspruchung der Verschleisswiderstand ungenügend war.
- 60 Eine Analyse der Schicht im Rasterelektronenmikroskop zeigte, dass die Schichten nicht ausreichend kompakt waren.
- Daraufhin wurde die gleiche Beschichtung erfindungsgemäss nach dem beschriebenen Ionenplattierverfahren vorgenommen, wodurch, wie erwünscht, eine Erhöhung des Verschleisswiderstandes an den Wendeschneidplatten resultierte.
- 65 Für die Serienfertigung gemäss beiden Beispielen mit mehr als zwei Substratträgern wurde wie in

Fig. 18 dargestellt vorgegangen. Es zeigte sich, dass ein Mindestzeitraum von 10 nsec zwischen Entladezyklen an den einzelnen Werkstückträgern notwendig ist. Besonders stabil ergab sich der Betrieb mit Intervallen > 200 nsec zwischen den Entladezyklen einzelner Werkstückträger.

Mit diesem Verfahren konnten Werkstücke an einer grossen Zahl von Substratträgern, wie erprobt zwölf, erfindungsgemäss ionenplattiert werden, wobei bei der Beschichtung der Wendeschneidplatten deren Abrasionsverschleisswiderstand demjenigen von Wendeschneidplatten mit Schichten entsprach, die gemäss Stand der Technik mit Hochtemperatur-CVD-Methoden abgeschieden wurden.

Generell weisen Werkstücke, welche erfindungsgemäss ionenplattiert wurden, eine höhere Zähigkeit auf als Werkstücke, die mit Hochtemperatur-CVD-Methoden beschichtet werden, dies aufgrund der erfindungsgemäss tiefen Behandlungstemperaturen. Es erlaubt die hohe Zähigkeit der wie oben dargestellt erfindungsgemäss beschichteten Wendeschneidplatten einen Einsatz im ununterbrochenen Schnittbetrieb.

Es ergeben sich die weiteren wesentlichen Vorteile der Erfindung:

1. Beim Kathodenzerstäuben:

Nebst den bereits in der Beschreibung aufgeführten Vorteilen, dass

- der Wirkungsgrad im Sinne von aufgetragenen Schichtvolumen pro aufgewendeter elektrischer Energie gegenüber vorbekannten Verfahren erhöht wird,
- der Übergang vom metallischen Mode in den reaktiven bzw. oxidischen Mode flacher ist, womit ein Prozessarbeitspunkt im Übergangsmode regelungstechnisch einfacher zu stabilisieren ist.

2. Beim erfindungsgemässen Ionenplattieren:

Nebst den in der vorangegangenen Beschreibung aufgeführten Vorteilen, dass

- die Hafteigenschaften erfindungsgemäss ionenplattierter Schichten verbessert werden,
- die Kompaktheit erfindungsgemäss hergestellter ionenplattierter Schichten erhöht wird und damit ihr Verschleisswiderstand,
- dass die Behandlungstemperatur der zu beschichtenden Substrate tief gehalten werden kann, wie beim Ionenplattieren üblich, aber dass dadurch, dass das Ionenplattieren durch seine erfindungsgemässe Durchführung dort eingesetzt werden kann, wo bis anhin üblicherweise Hochtemperatur-CVD-Methoden eingesetzt wurden, die Zähigkeit der erfindungsgemäss behandelten Substrate, gegenüber mit Hochtemperatur-CVD gleich beschichteter, wesentlich erhöht werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Werkstückbehandlung in einer Vakuumatmosphäre, bei welchem Verfahren zwischen mindestens zwei leitenden Flächen (2a, 2b), die mit der Vakuumatmosphäre in Wirkverbindung stehen, dabei mindestens die eine der Flächen über mindestens eine Teilbelegung (4) – im Weiteren «Isolationsbelegung» genannt – mit nicht oder schlecht leitendem Material, ein elektrisches Signal angelegt wird und in der Atmosphäre Ladungsträger (q) vorhanden sind, bei welchem Verfahren weiter an die Flächen (2a, 2b) während der Behandlung das Ausgangssignal eines Gleichstrom-Signalgenerators (8), sowie ein weiteres elektrisches Signal (12, 14s) angelegt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Signal (12, 14s) gezielt so oft und/oder so lange, wie es Ladungsbelegungsverhältnisse an der Isolationsbelegung erfordern, angelegt wird und dabei, über die Behandlungszeit gemittelt, das weitere Signal (12, 14s) wesentlich weniger lang angelegt wird als dasjenige des Gleichstrom-Signalgenerators (8).

2. Verfahren zur Werkstückbehandlung in einer Vakuumatmosphäre, bei welchem Verfahren in der Vakuumatmosphäre Ladungsträger (q) vorhanden sind und mindestens zwei leitende Flächen (2a, 2b), wovon mindestens eine mindestens über eine Teilbelegung (4) – im Weiteren «Isolationsbelegung» genannt –, mit schlecht oder nicht leitendem Material, mit der Vakuumatmosphäre in Verbindung stehen, dadurch gekennzeichnet, dass die Flächen (2a, 2b) wiederholt zu vorgegebenen oder vorgebbaren Zeiten über einen Strompfad (14s) oder über eine Ladungsquelle (20) verbunden werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Anlegen des weiteren Signals durch Verbinden der mindestens zwei leitenden Flächen wiederholt zu vorgegebenen oder vorgebbaren Zeiten über einen Strompfad (14s) oder über eine Ladungsquelle (20) erfolgt, wobei vorzugsweise während des Verbindens der Gleichstrom-Signalgenerator abgetrennt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Signal durch Zerhacken des Ausgangssignals des Generators erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Signal durch Zerhacken des Spannungsausgangssignals des Generators erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstückbehandlung eine Ionenplattierbehandlung ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vakuumatmosphäre ein Plasma erzeugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma ab einer der erwähnten Flächen gespiessen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Entlade- bzw. Umladeverhalten in einem die Flächen mitumfassenden Stromkreis gemessen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das gemessene Entlade- bzw. Umladeverhalten mit einem SOLL-Verhalten verglichen wird und, in Funktion des Vergleichsresultates, die Ladungsbelegung durch externe Ladungseinspeisung und/oder Änderung der Entlade- bzw. Umladezyklushäufigkeit und/oder Änderung der Entlade- bzw. Umladezykluslänge so gestellt wird, dass das resultierende, gemessene Entlade- bzw. Umladeverhalten dem SOLL-Verhalten mindestens angenähert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Ladungsbelegung bewirkte spontane Entladeerscheinungen beobachtet werden und, je nach Erscheinungshäufigkeit und/oder Erscheinungsart, diese Belegung durch externe Ladungseinspeisung und/oder Änderung der Entlade- bzw. Umladezyklushäufigkeit und/oder Änderung der Entlade- bzw. Umladezykluslänge so gesteuert oder geregelt wird, dass ein SOLL-Verhalten bezüglich der genannten Spontanentladungen erreicht wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn der gemessene Entlade- oder Umladevorgang einen vorgegebenen Zustand erreicht, dieser Vorgang abgebrochen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in Phasen zwischen Entlade- bzw. Umladezyklen ein Ladungsbelegungs- und Aufbau durch externes Einspeisen einer Ladung auf die zu belegende der Flächen bzw. der Isolationsbelegten Fläche (4) gesteuert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladungsbelegungs- und Aufbau als Schichtaufbau auf mindestens ein Werkstück beim Ionenplattieren gesteuert wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstückoberfläche, selbst als Isolationsbelegung wirkend, schlecht oder nicht leitend ist und durch Ionenplattieren beschichtet wird und/oder die Werkstückoberfläche mit einer Schicht aus schlecht oder nichtleitendem Material als Isolationsbelegung durch Ionenplattieren beschichtet wird und dabei eine Werkstückträgerfläche eine leitende der genannten Flächen ist und dass der Trägerfläche ein kapazitives Element im Entladekreis seriegeschaltet wird, derart, dass in Plattierungsphasen diese Kapazität und der durch die mindestens eine Isolationsbelegung am Werkstück gebildete Kondensator in Serie erscheinen, in Entladezyklen parallel, und dass in Plattierungsphasen der Serienschaltkreis so aufgeladen wird, dass eine im Wesentlichen vorgebbare Ionenbelegung an den Werkstücken erfolgt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass in Plattierungsphasen eine vorgegebene oder vorgebbare Ladung durch die Serieschaltung von Kapazität und Kondensator getrieben wird und damit die Belegung mit Ladungsträgern an der Werkstückoberfläche gesteuert wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Ladung durch Aufschalten einer Spannung mit vorgegebenem oder vorgebbarem Verlauf ihrer Änderung in der Zeit durch die Serieschaltung getrieben wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufladung des Serienschaltkreises mittels einer induktiven Spannungsüberhöhung im Serienschaltkreis erfolgt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufladung des Serienschaltkreises in den Plattierungsphasen mit einer Rampenspannung im Wesentlichen mit einem konstanten Strom erfolgt und damit eine im Wesentlichen konstante Ladungsbelegungsrate erzeugt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Umladevorgang mit einer Repetitionsfrequenz von 50 kHz bis 500 kHz vorgenommen wird, bevorzugterweise mit mindestens 90 kHz, bevorzugterweise mit mindestens 100 kHz.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehr Paare der Flächen (2a, 2b) vorgesehen sind, je Paare oder je Paargruppen mit einem Gleichstromgenerator und/oder mit einem Entlade- bzw. Umladestromzweig zeitgestaffelt betrieben werden.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass Werkstücke auf mindestens zwei vorgesehenen Paaren oder Gruppen der Flächen durch Ionenplattieren behandelt werden, und die Paare oder Gruppen zeitgestaffelt Entladezyklen unterworfen werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vakuumatmosphäre ein leitendes Material mittels einer Plasmaentladung zerstäubt wird, welche zwischen dem zu zerstäubenden Material und einer Gegenelektrode unterhalten wird, dass das zerstäubte Material mit in die Vakuumatmosphäre eingelassenem Reaktivgas zur Bildung einer nicht oder schlecht leitenden Materialverbindung im Plasma zur Reaktion gebracht wird, und über der Plasmaentladungsstrecke ein gesteuerter Entladestromkreis sowie dazu in Serie der Gleichstrom-Signalgenerator und eine Unterbrechungsschaltstrecke, wobei letztere und das Durchschalten des Entladestromkreises intermittierend angesteuert werden.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Zerstäuben unter eingelassenem Reaktivgas im oxidischen oder im Übergangsmodus betrieben wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Signal mit einer Häufigkeit entsprechend 50 Hz bis 1 MHz, vorzugsweise entsprechend 5 kHz bis 100 kHz, vorzugsweise dabei insbesondere von 10 kHz bis 20 kHz, angelegt wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 3 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Signal jeweils mit Längen von 50 nsec bis 10 μ sec, vorzugsweise von 0,5 μ sec bis 2 μ sec oder von 2 μ sec bis 10 μ sec, angelegt wird.

27. Vakuumbehandlungsanlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–25 mit einem Vakuumrezipienten (3), darin einer Trägeranordnung zur Werkstückaufnahme, bei welcher Anlage ein Gleichstrom-Signalgenerator (8) sowie eine weitere Signalquelle (12, 14s) an mindestens zwei leitende Flächen (2a, 2b) angelegt sind, die mit der Atmosphäre im Vakuumrezipienten in Wirkverbindung stehen, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Signalquelle (12, 14s), mittels einer Zeitsteuereinheit (10) getaktet, an die Flächen (2a, 2b) **angelegt** ist, womit das Ausgangssignal der weiteren Signalquelle (12, 14s), über eine Behandlungszeit **gemittelt**, wesentlich weniger lang angelegt wird als das Ausgangssignal des Gleichstrom-Signalgenerators (8).

28. Vakuumbehandlungsanlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–25 mit einem Vakuumrezipienten (3), darin einer Trägeranordnung zur Werkstückaufnahme, weiter mit Mitteln zur Erzeugung von Ladungsträgern im Rezipienten und mit zwei leitenden Flächen (2a, 2b), die mit der Atmosphäre im Rezipienten (3) in **Wirkverbindung** stehen, dadurch gekennzeichnet, dass die Flächen über einen mittels einer Zeitsteuereinheit (16, 160) wiederholt angesteuerten Entlade- oder Umladestromkreis (14, 14s, S₁) miteinander verbunden sind.

29. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Signalquelle durch einen Entlade- oder Umladestromzweig nach Anspruch 28 gebildet ist.

30. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei leitenden Flächen (2a, 2b) über eine gesteuerte Kurzschluss-Schalteinheit (14s, S₁) verbunden sind.

31. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurzschluss-Schalteinheit (S₁) dem Gleichstrom-Signalgenerator (8) und den zwei leitenden Flächen zwischengeschaltet ist.

32. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass eine der leitenden Flächen (29) eine Fläche zur **Werkstückaufnahme** oder eine Fläche (52, 2b) zur Aufnahme eines Quellenmaterials ist, welches **Quellenmaterial** bei der Beschichtung mindestens eines Werkstückes (1) eingesetzt ist.

33. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass eine der leitenden Flächen (2a) eine **Werkstückaufnahme**fläche ist und die Anlage eine Ionenplattieranlage.

34. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass zum Zerstäuben ein Zielobjekt (64) vorgesehen ist und eine der leitenden Flächen (2b) über das Zielobjekt (64) mit der Vakuumatmosphäre in Wirkverbindung steht.

35. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (52, 50; 3, 64) zur Erzeugung einer **Plasmaentladung** (PL) vorgesehen sind.

36. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens drei (2a₁, 2a₂, 2b) der erwähnten leitenden Flächen vorgesehen sind und ihnen paarweise je ein Generator (8) nach Anspruch 27 und/oder ein Stromzweig nach Anspruch 28 zugeordnet ist, die über eine Zeitsteuereinheit (70), in der Zeit gestaffelt, angesteuert sind.

37. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass in den Vakuumrezipienten eine Gaszuführung (18) ausmündet, die mit einem Vorrat an Reaktivgas verbunden ist.

38. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Elektroden (60a, 60b) zur Erzeugung eines Plasmas (PL) im Vakuumrezipienten (3) vorgesehen sind und dass eine der Elektroden (60b) auf das Potenzial einer der erwähnten leitenden Flächen (62) gelegt ist.

39. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass in den Entladestromzweig ein Ladungsspeicher (C_D, 20, C_{D1}) und/oder eine Spannungsquelle (U_E) geschaltet ist.

40. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass eine Messeinrichtung (24; 32; 66) am Entlade- oder Umladestromkreis vorgesehen ist zur Messung eines für den Strom im genannten Zweig repräsentativen Signals.

41. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal der Messeinrichtung auf ein Steuerglied oder eine Steuereinheit (30; 16, 160; 56; 73) für die Steuerung des Entlade- oder Umladestromkreises rückwirkt.

42. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 40 oder 41, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang der Messeinrichtung auf eine schwellwertsensitive Einheit (26) mit vorzugsweise einstellbarem Schwellwert (W) wirkt, deren Ausgang auf einen Steuereingang (30, R) für den Entlade- oder Umladestromzweig wirkt.

43. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 40 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang der Messeinrichtung, gegebenenfalls über einen Analog/Digital-Wandler (34), einer IST-Wert-Speichereinrichtung (36) zugespielen ist, deren Ausgang zusammen mit dem Ausgang einer SOLL-Wert-Speichereinrichtung (40) einer Vergleichereinheit (38) zugeführt ist, und dass der Ausgang

der Vergleichereinheit (38), gegebenenfalls über eine Auswertereinheit (42), auf einen Steuereingang für den gesteuerten Entlade- oder Umladestromzweig einwirkt.

44. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass eine gesteuerte oder steuerbare Ladungsquelle (20, 22, 44; 58, C_{D1}) auf die Strecke zwischen den zwei leitenden Flächen (2a, 2b) wirkt, insbesondere in Zeitabschnitten, in welchen der Entlade- bzw. Umladestromzweig gesteuert unterbrochen bzw. hochohmig angesteuert ist.

45. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der elektrisch leitenden Flächen (2a) ein kapazitives Element (C_{D1}) im Stromzweig vor geschaltet ist und dass Mittel (46, 46a, 58) vorgesehen sind, um die mit dem kapazitiven Element (C_{D1}) seriegeschaltete Strecke zwischen den leitenden Flächen (2a, 2b) gesteuert aufzuladen, wobei bei durchgeschaltetem Stromzweig (S_1) das kapazitive Element mit der Strecke parallel liegt.

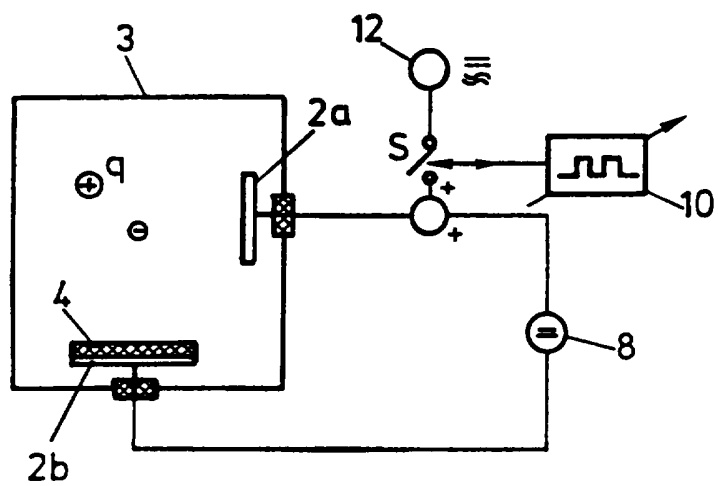
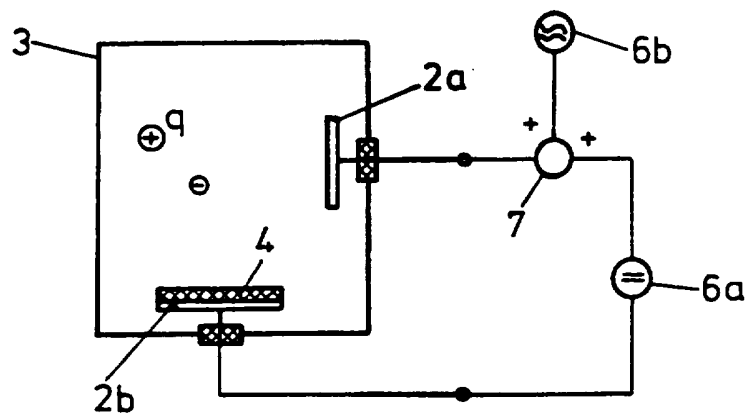
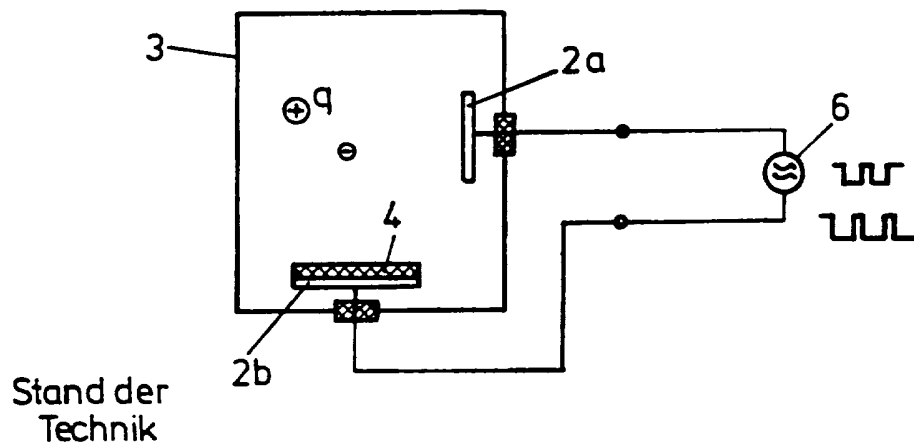
46. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Flächen (2a) ein kapazitives Element (C_{D1}) vorgeschaltet ist und dass, bei hochohmig angesteuertem oder unterbrochenem Stromzweig, die Strecke zwischen den zwei leitenden Flächen (2a, 2b) mit dem kapazitiven Element in Serie geschaltet ist und hierzu in Serie eine Spannungsquelle (58) liegt, welche ein in der Zeit gesteuert oder steuerbar sich änderndes Ausgangssignal (dU/dt) abgibt, derart, dass durch die Serieschaltung, in Funktion der zeitlichen Änderung des Spannungsquellen-Ausgangssignals, ein gesteuerter oder steuerbarer Strom fließt.

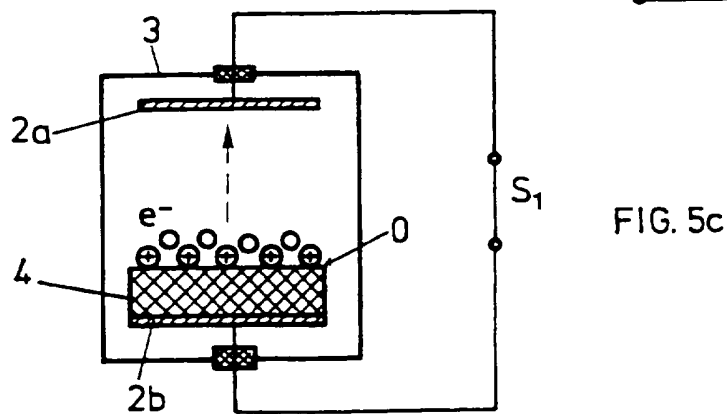
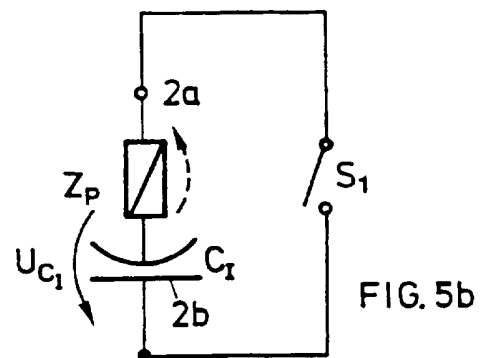
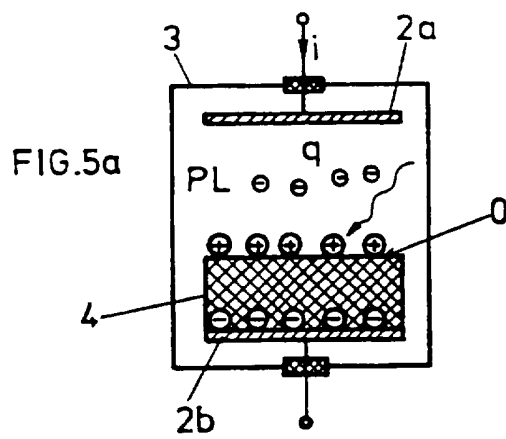
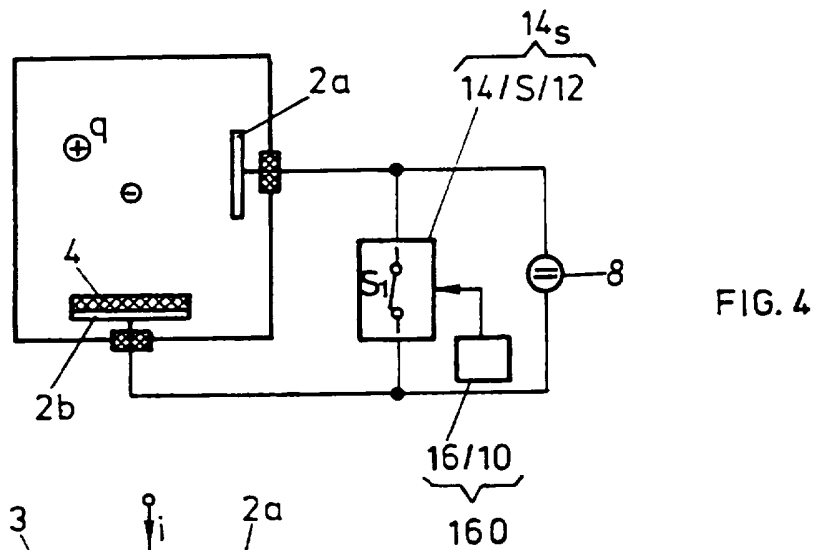
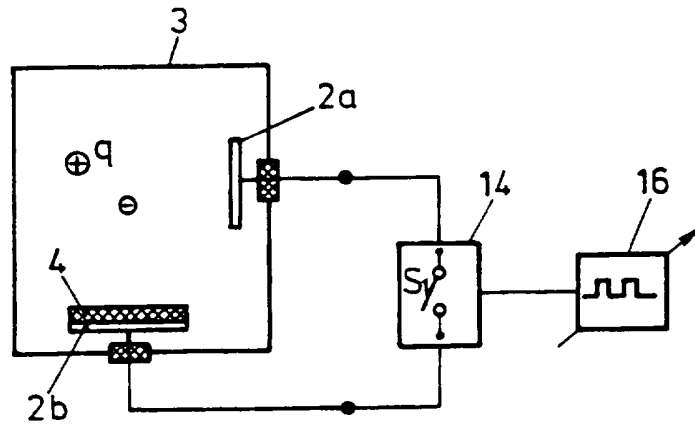
47. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage eine Ionenplattieranlage ist und eine der leitenden Flächen (2a) Träger für Werkstücke (1) bildet, dass über ein kapazitives Element (C_{D1}) und eine gesteuerte Schaltstrecke (S_1) der Entladestromzweig über den leitenden Flächen (2a, 2b) gebildet ist, der Gleichstrom-Signalgenerator (8) parallel zur Schaltstrecke (S_1) liegt und vorzugsweise eine Ladungsquelle (58, C_{D1}) in Serie mit der erwähnten Strecke (S_1) und dem kapazitiven Element (C_{D1}) wirkt oder mit letzterem (C_{D1}) eine Ladungsquelle gebildet wird, welche Ladungsquelle mit dem Betrieb der Schaltstrecke (S_1) so synchronisiert ist, dass bei unterbrochener Schaltstrecke (S_1) ein vorgegebener oder vorgebbarer Ladestrom über die Strecke zwischen den leitenden Flächen (2a, 2b) fließt.

48. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere der als Werkstückträger wirkenden Flächen ($2a_x$) vorgesehen sind, ihnen je eine Schaltstrecke (S_1) zur Bildung des Entladestromzweiges zugeordnet ist, ebenso wie je ein kapazitives Element (C_{D1}), und vorzugsweise je eine Ladungsquelle (58, C_{D1}) oder je mit den kapazitiven Elementen (C_{D1}) eine Ladungsquelle gebildet ist, und dass die Zeitsteuereinheit (162, 71) die Schaltstrecken (S_1) zeitgestaffelt ansteuert.

49. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass in der Anlage ein Zerstäubungszielobjekt (64) vorgesehen ist, woran eine der leitenden Flächen (2b) vorgesehen ist, und dass die zwei Flächen (2a, 2b) über eine gesteuerte Schaltstrecke (S_1) zur Bildung des Entladestromzweiges verbunden sind, im Weiteren, über eine Serieschaltstrecke (S_2), der Gleichstrom-Signalgenerator (8) vorgesehen ist, dabei die Schaltstrecken (S_1 , S_2) durch die Zeitsteuereinheit (160) intermittierend betrieben sind.

50. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass Detektionsmittel für Störentladungen (66) im Rezipienten (3) vorgesehen sind, deren Ausgangssignal auf eine Vergleichseinheit (70) geführt ist, welcher das Ausgangssignal einer SOLL-Wert-Vorgabeeinheit (72) zugeführt ist, und dass das Ausgangssignal der Vergleichseinheit (70) auf eine Steuereinheit, vorzugsweise auf die Zeitsteuereinheit (16, 160) einwirkt, welche den intermittierenden Betrieb der Schaltstrecken (S_1) ansteuert.





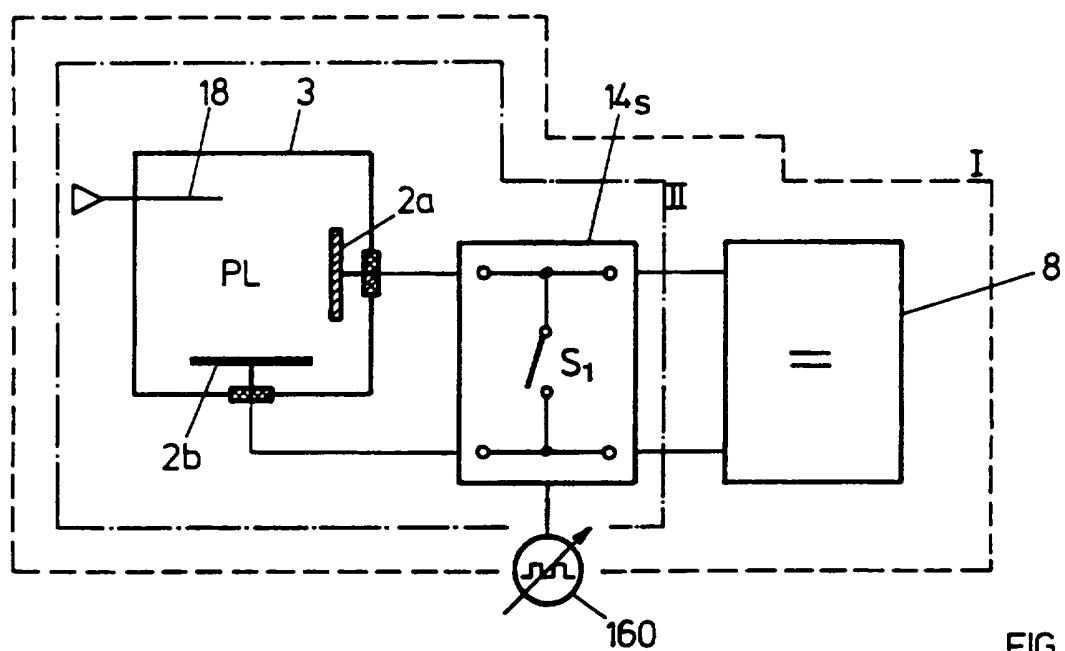


FIG. 6

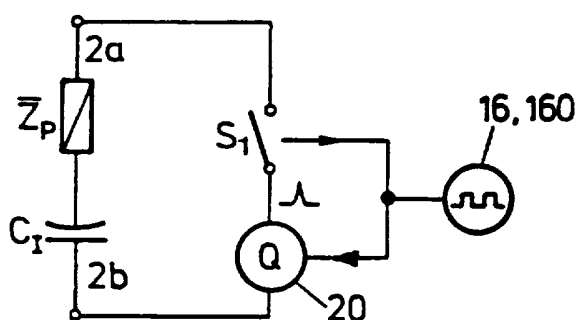


FIG.7a

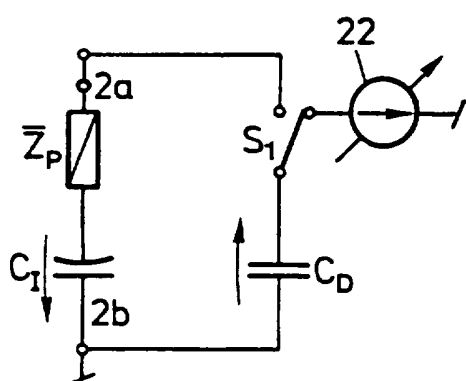


FIG. 7b

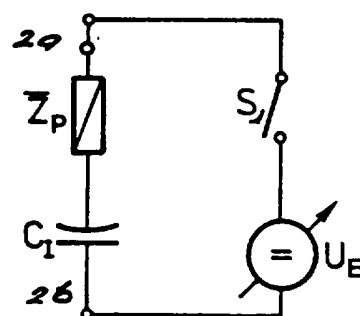


FIG. 7c

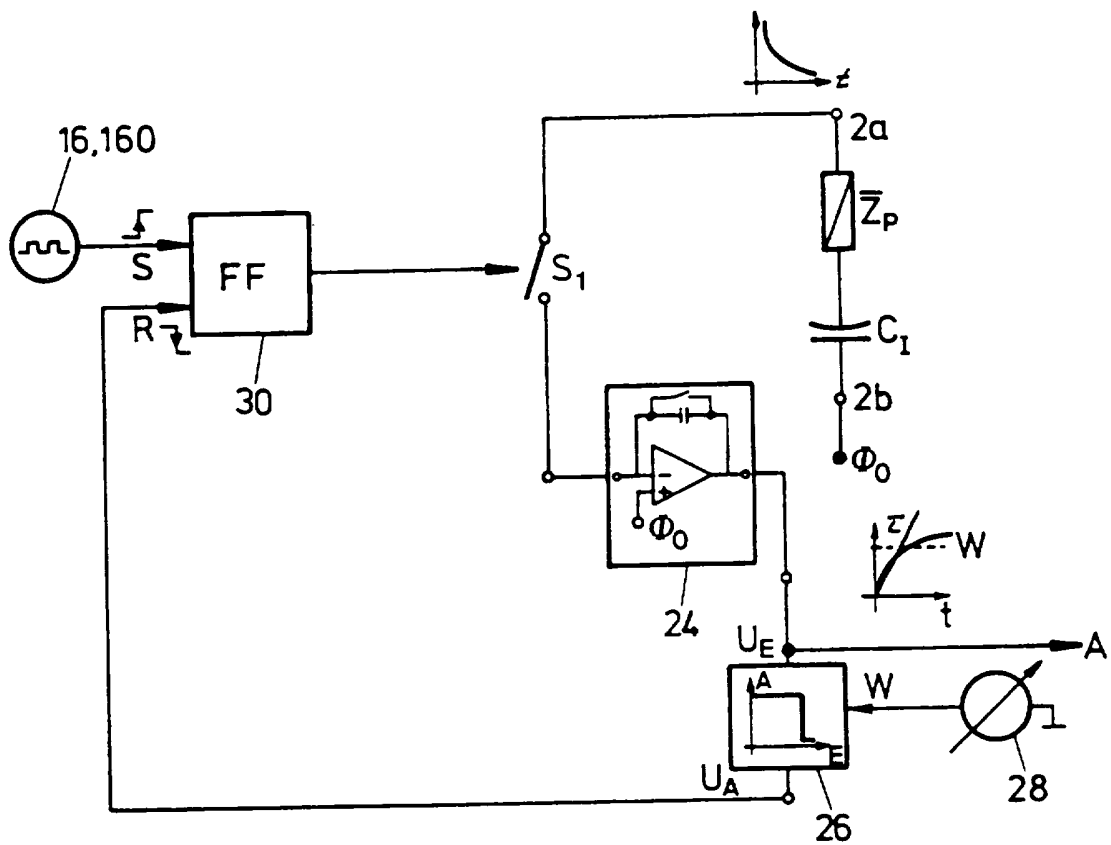


FIG. 8

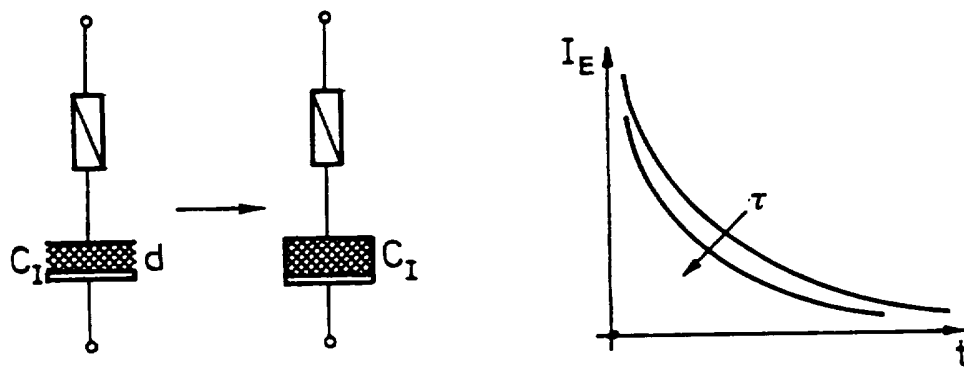


FIG. 9

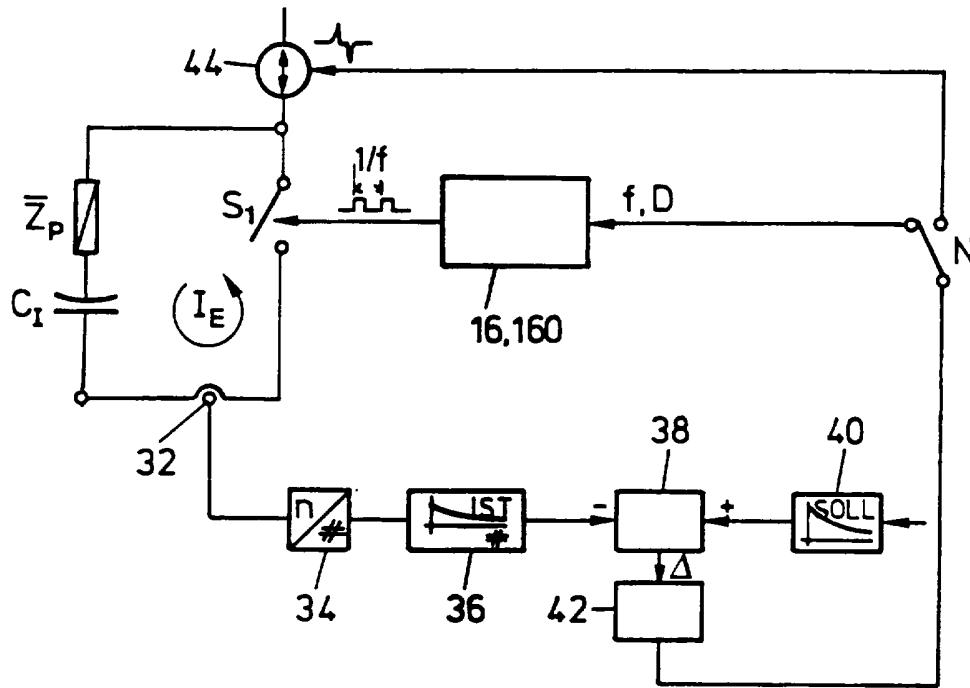


FIG.10

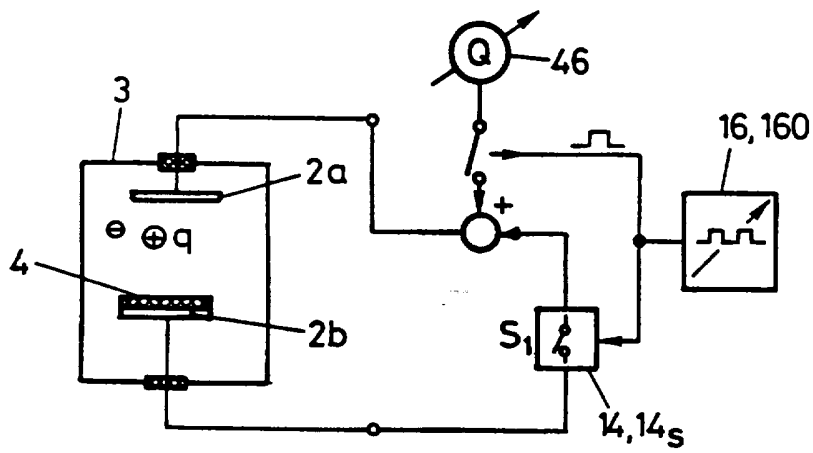


FIG.11

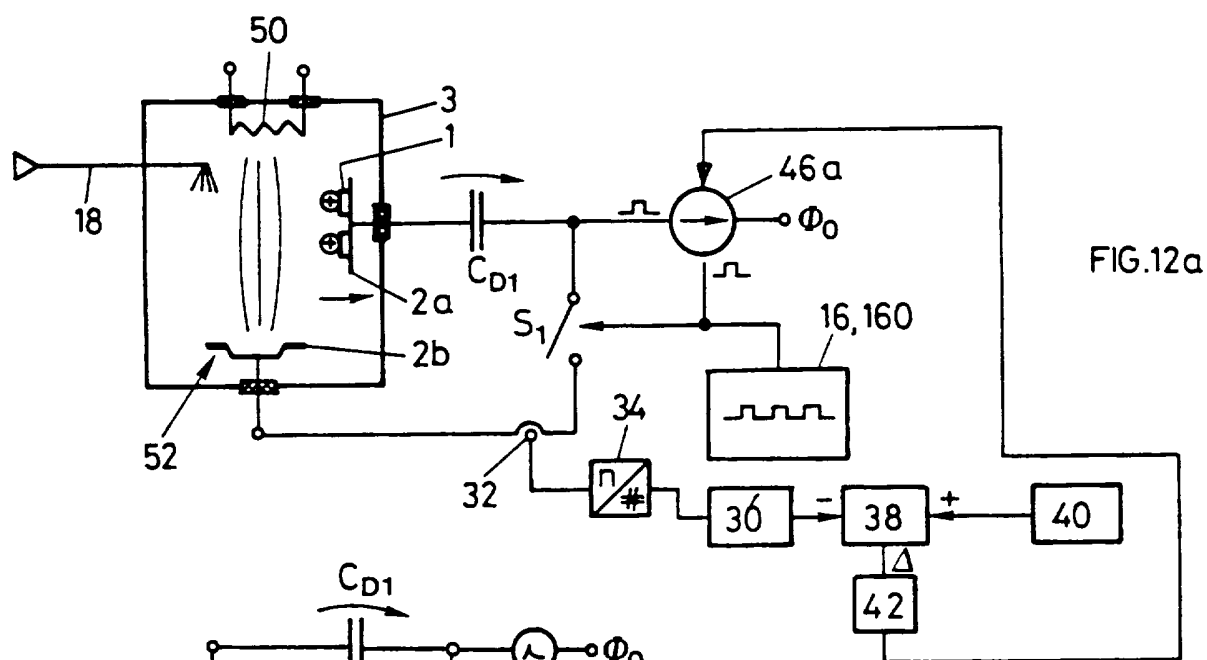


FIG.12a

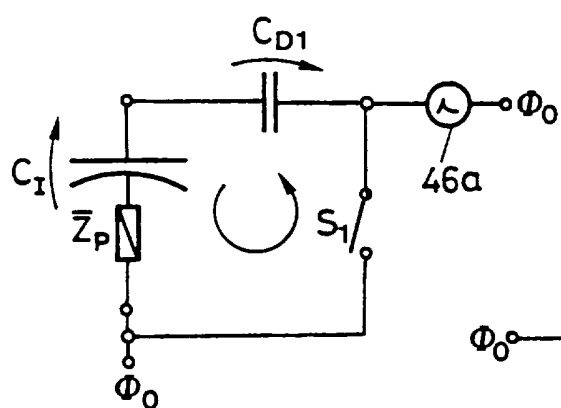


FIG.12c

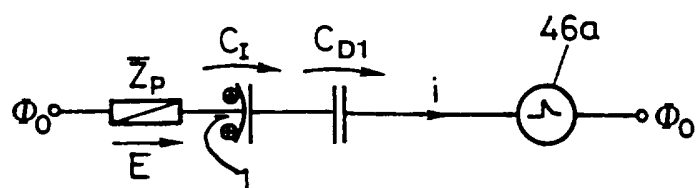


FIG. 12b

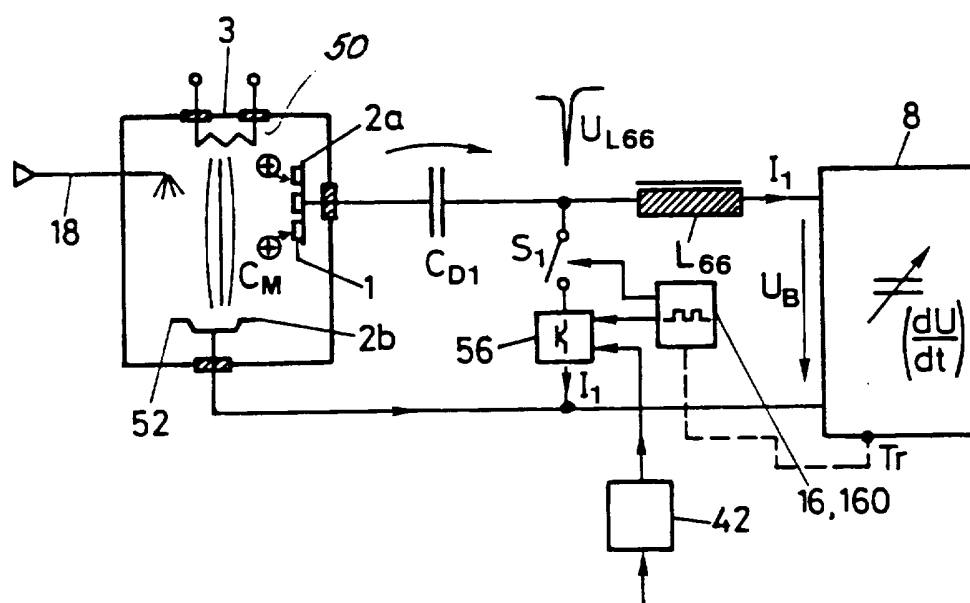


FIG. 13

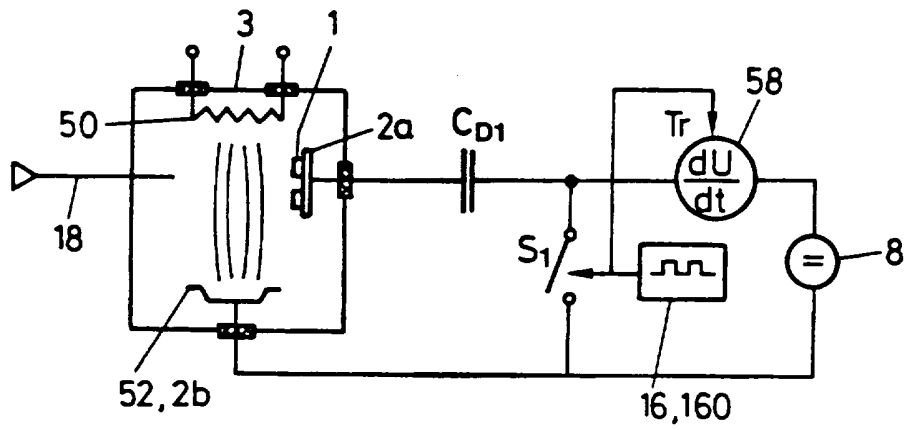
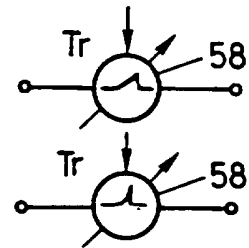


FIG.14



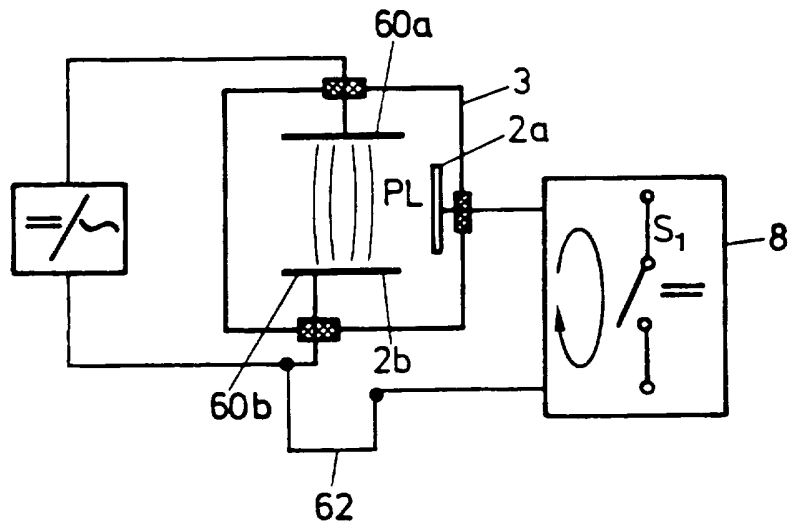


FIG. 15

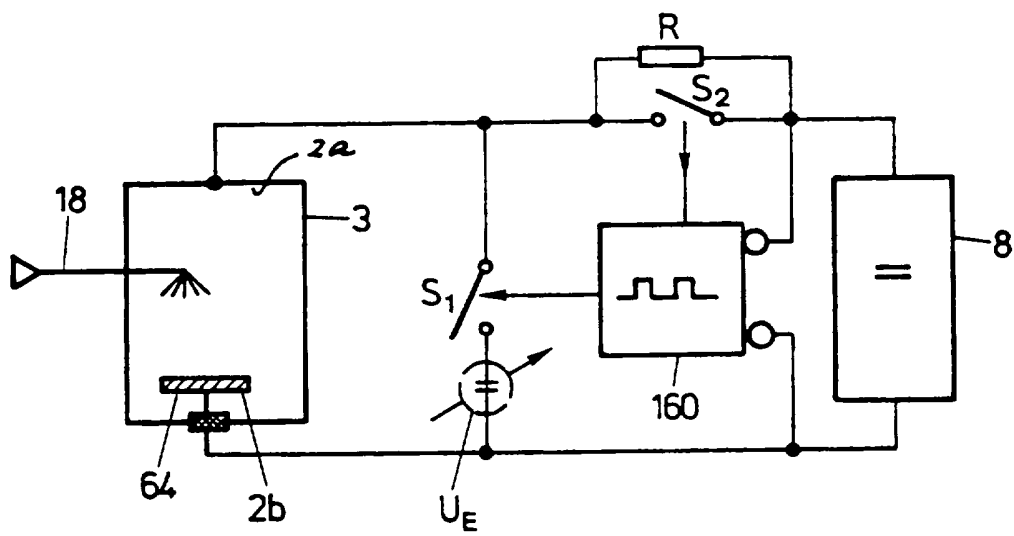


FIG. 16

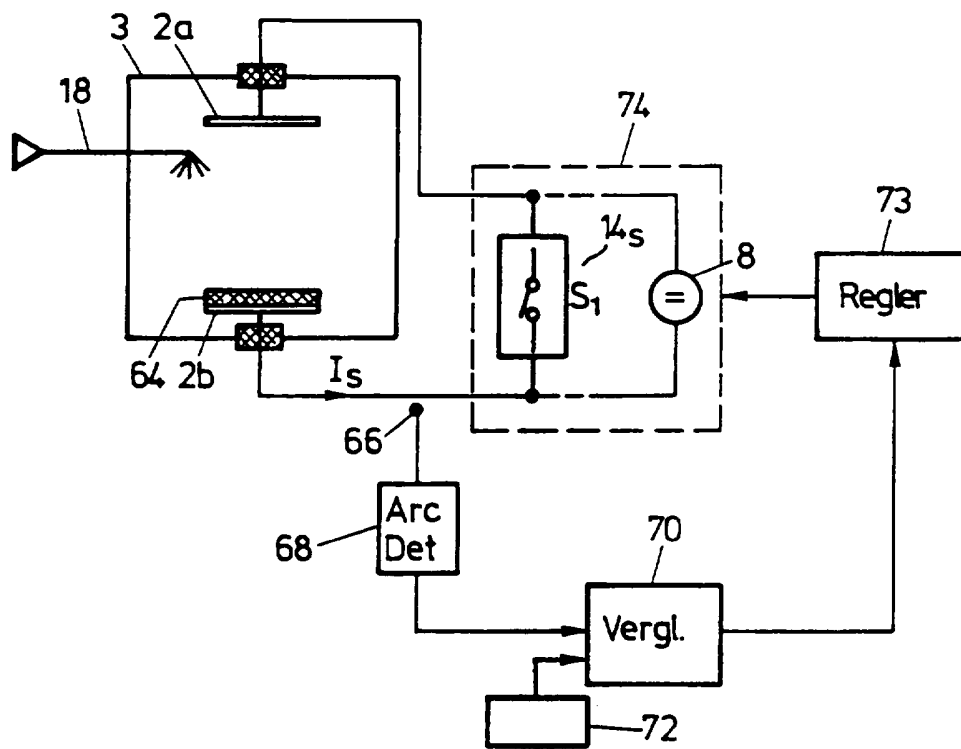


FIG.17

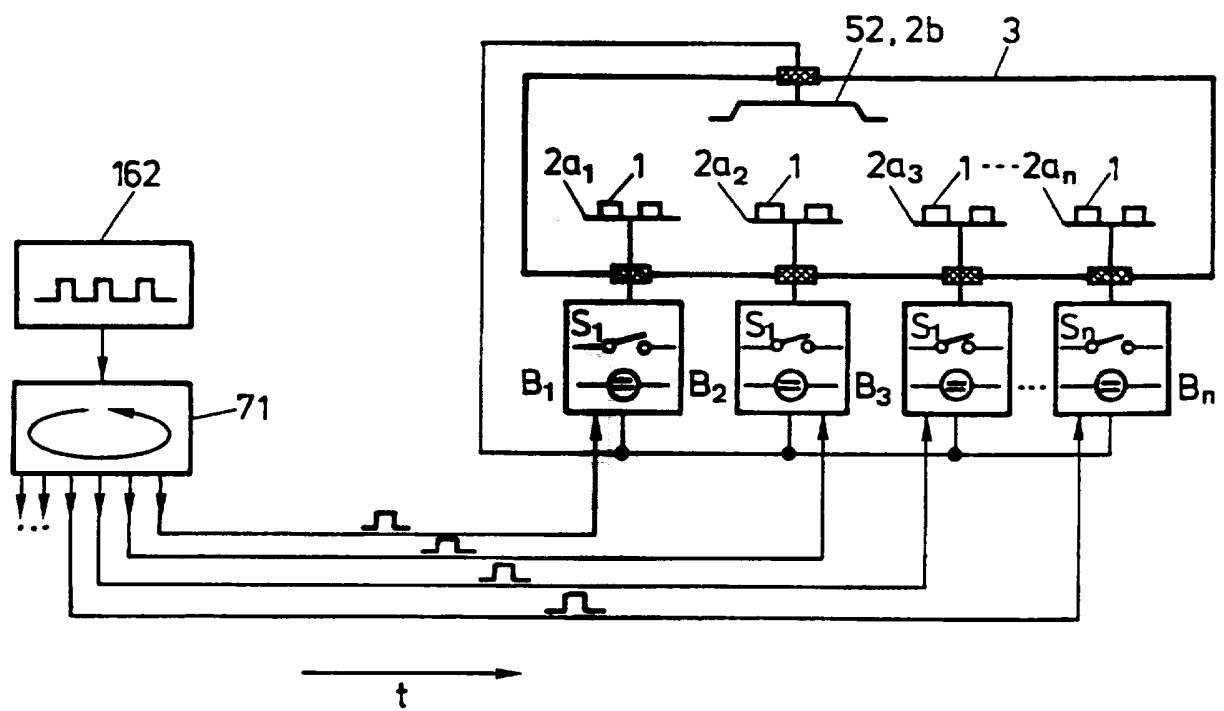


FIG.18

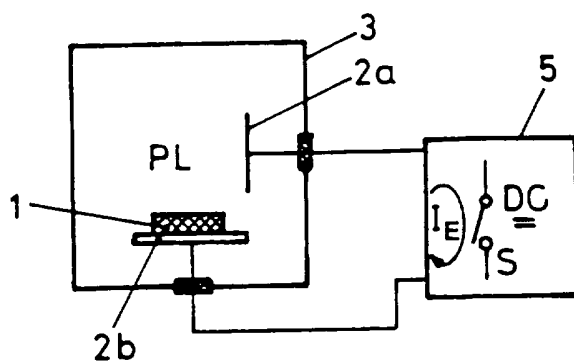


FIG. 19

