



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 31 072 T2** 2006.11.30

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 147 690 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H05F 3/06** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 31 072.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/20076**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 948 098.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/044206**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.09.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **27.07.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.04.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.11.2006**

(30) Unionspriorität:

116711 P **20.01.1999** **US**

311775 **13.05.1999** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(73) Patentinhaber:

Ion Systems, Inc., Berkeley, Calif., US

(72) Erfinder:

PITEL, J., Ira, Morristown, NJ 07960, US;

BLITSHTEYN, Mark, New Hartford, CT 06057, US

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KONTROLLE DER LUFTIONISIERUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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

Beschreibung

Bezugnahme auf verwandte Anmeldungen

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht Priorität aus der vorläufigen Anmeldung US 60/116,711 von Ira J. Patel und Mark Blitshteyn, eingereicht am 20. Januar 1999, mit dem Titel „Apparatus for Air Ionization and Method for its Monitoring“. Die vorliegende Anmeldung ist eine Continuation-in-Part-Anmeldung der Patentanmeldungen US 08/966,638, von Ira J. Patel, Mark Blitshteyn and Petr Gefter, eingereicht am 10. November 1997, mit dem Titel „Method and Apparatus for Air Ionization“, und US 09/103,796 von Ira J. Patel, eingereicht am 24. Juni 1998, mit dem Titel „Safety Circuitry for Ion Generator“.

Gebiet der Erfindung

[0002] Die Erfindung betrifft das Steuern statischer Ladung auf Werkstücken. Insbesondere betrifft die Erfindung Luftionisierer zum Steuern statischer Ladung auf sich bewegenden Bahnen aus nichtleitendem Material.

Hintergrund der Erfindung:

[0003] Bei vielen industriellen Arbeitsschritten wird statische Ladung auf Werkstücken aufgebaut, die zu unerwünschter Partikelkontamination, unerwünschter Bewegung oder anderen unerwünschten physikalischen Parametern beiträgt, die mit dem Werkstück verknüpft sind. Bei der Herstellung von durchgehenden Filmen aus Kunststoffschichtmaterialien laufen ausgedehnte Längen aus nichtleitenden Kunststofffilmen schnell über eine oder mehrere Walzen und akkumulieren wesentliche elektrostatische Ladungen, die daraufhin Oberflächenkontaminationsstoffe anziehen und die enge Verpackung in Abgreifrollen verhindern, Oberflächenbeschichtungsprozesse behindern und auf sonstige Art und Weise den sicheren Umgang mit den Filmen beeinträchtigen.

[0004] Luftionisierer, die in der Form einer Stange oder eines Stabs ausgebildet sind, sind üblicherweise nahe solchen sich bewegenden Bahnen positioniert, um positive und negative Ionen vorzusehen, um die statische Ladung auf dem Bahnmaterial wesentlich zu neutralisieren. Diese Luftionisierer enthalten üblicherweise angespitze Ionisierungselektroden und werden mit Spannungen von mehreren kV betrieben, die von Generatoren über Kabel an den Ionisierer geliefert werden, die in Entfernung von dem Ionisierer angeordnet sind. In großen industriellen Anwendungen können solche Bahnen mehrere Fuß (1 Fuß = ca. 30 cm) breit sein, bei hohen Längsgeschwindigkeiten betrieben werden, und hinsichtlich der Menge der statischen Ladung, die zu einem bestimmten Zeitpunkt oder an einer bestimmten Stelle entlang der sich bewegenden Bahn neutralisiert werden muß, starke Variationen aufweisen.

[0005] Typischerweise werden Ionisierungsströme von ungefähr 1 bis 5 μA pro Längszoll (1 Zoll = 2,54 cm) der sich bewegenden Bahn zur Neutralisierung erforderlich. Die Bahnen können in ihrer Breite von einigen Zoll bis 20 Fuß variieren. Dadurch ist erforderlich, daß die Generatoren, welche solche Ionisierer versorgen, bei Spannungsniveaus von ungefähr 3 bis 15 Kilovolts den Ausgangsstrom von ungefähr 1 bis 5 μA aufrechterhalten.

[0006] Bei allen Luftionisierern besteht ein gemeinsames Problem. Dieses Problem betrifft die Akkumulation von Staub und Rückständen an den Spitzen der Ionisierungselektroden, die deren Ionisierungseffizienz beschränkt wird.

[0007] Ein Problem üblicher Ionisierern besteht darin, daß es keinen ökonomischen und praktischen Weg gibt, die Ionisierungseffizienz der Elektroden zu messen und zu überwachen, ohne komplexe Sensoren und Schaltungen zu verwenden. Für alle Luftionisierer mit Generatoren, die Hochspannungsausgänge mit Wechselstromleistung bei Netzfrequenz (AC) aufweisen, ergibt sich die Schwierigkeit des Messens der Ionisierungseffizienz aus der Tatsache, daß das an die Elektroden angelegte wechselnde Potential kapazitiv mit den elektrisch geerdeten Komponenten des Ionisierers und des Generators koppelt, und so einen wesentlichen kapazitiven Strom erzeugt, der eine andere Phase aufweist, und der den Ionisierungsstrom deutlich übersteigen kann.

[0008] Beispielweise wird in dem Patent US 5,017,876 das Überwachen des Ionenstroms ausgehend von den Entladungselektroden eines Wechselstrom-Ionisierers durch die Verwendung eines oder mehrerer Sensoren aufgeführt, die benachbart zu den Entladungselektroden angeordnet sind. In einem Beispiel dieser Vorrichtung nimmt ein Sensor ein kapazitives Stromsignal auf, während ein zweiter Sensor das Gesamtsignal auf-

nimmt, welches die Summe der kapazitiven Ströme und Korona-Ionenströme darstellt. Die Ausgänge der Sensoren sind mit einer elektronischen Schaltung verbunden, beispielsweise einem Differenzverstärker, um den kapazitiven Strom von dem Gesamtstromsignal zu trennen. Das Problem dieses Ansatzes besteht darin, daß Sensoren zu der Ionisiererkonstruktion hinzugefügt werden müssen. Dadurch werden die Kosten und Herstellungskomplexität der Anlage erhöht.

[0009] Die Anmeldung EP 97 116 167.4 (EP 0 844 726 A2) beschreibt einen anderen Ansatz zum Detektieren der Kontamination der Entladungselektroden eines Wechselstromionisierers. In dieser Anwendung wird ein komplexer elektronischer Schaltkreis mit einem Mikroprozessor verwendet, um ein Signal zu überwachen und zu verarbeiten, welches den Ausgangsstrom eines Hochspannungs-Wechselstromtransformators wiedergibt.

[0010] In einer weiteren Anmeldung EP 97 112 236.1 (EP 0 850 759 A1) wird ein System beschrieben, welches einen Ionisiererstab und eine Schaltung zur Detektion der Kontamination auf Ionisierungselektroden umfaßt. Hierzu enthält der Ionisiererstab neben den Ionisiererelektroden mehrere Kontaminationsdetektionssensoren, die in dem Körper des Stabs eingebettet sind. Dadurch werden die Kosten und die Herstellungskomplexität der Anlage erhöht.

Abriß der Erfindung

[0011] Ein Luftionisierer gemäß der Erfindung ist durch die Merkmale des Anspruchs 9 definiert.

[0012] Gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung, welches durch die Merkmale von Anspruch 1 definiert ist, überwacht und mißt der Ionisierer seine Ionisierungseffizienz, ohne dafür vorgesehene Sensoren oder eine komplexe Schaltung zu verwenden. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden zwei Hochspannungsgeneratoren betrieben, um positive und negative Spannungen von ungefähr 3 bis 15 Kilovolt zu erzeugen. Die gelieferten positiven und negativen Hochspannungen werden an jeweilige getrennte Elektroden geliefert, die nahe dem Werkstück (beispielsweise eine sich bewegende Bahn), welche mit Luftionen neutralisiert werden soll, positioniert sind. Wegen dem niedrigeren Pegel der negativen Ionisierungsdurchbruchsspannung und der höheren Mobilität von negativen Ionen kann die Ausgangsspannung des positiven Generators höher als die Ausgangsspannung des negativen Generators eingestellt werden. Dies wird vorgesehen, um das unbeabsichtigte Aufbringen von Ladungen auf eine Bahn zu verhindern.

[0013] Die Generatoren, welche Hochspannungen vorbestimmter Polaritäten an jeweilige Elektroden anlegen, umfassen Masserücklaufwege, mittels denen elektrische Ladungen von den Generatoren bei Raten weggeleitet werden, welche den Raten der Ionenströme entsprechen, die von den jeweiligen Elektroden in deren Nähe in die Luft geleitet werden. In jedem der elektrischen Masserücklaufwege ist eine zugeordnete Meßschaltung angeordnet.

[0014] Gemäß der dargestellten Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Ionisierungselektrode einer Polarität in geringer Nähe zu einer Elektrode der entgegengesetzten Polarität positioniert, und zwischen den Elektroden wird eine ausreichende Potentialdifferenz aufgebaut. Als Ergebnis arbeiten die positiven Elektroden als elektrische Potentialreferenz für die negativen Elektroden, die in deren geringen Nähe angeordnet sind, wobei die negativen Elektroden als elektrische Potentialreferenz für die positive Elektrode arbeiten, um das elektrische Feld mit gewünschter Intensität aufzubauen, die zum Erzeugen von Luftionen erforderlich ist.

[0015] Durch das ausreichend starke elektrische Feld an den Ionisierungselektroden, welches aufgrund der geringen Nähe zwischen den Elektroden entgegengesetzter Polarität und der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden besteht, fließt ein bestimmter Ionisierungsstrom von den positiven Elektroden zu den negativen Elektroden, und ein bestimmter Ionisierungsstrom fließt von den negativen Elektroden zu den positiven Elektroden. In der Abwesenheit eines externen elektrostatischen Feldes fließt von einer Oberfläche, beispielsweise eine sich bewegende Bahn, in der Nähe der Ionisierungselektroden im wesentlichen der gesamte Ionenstrom zwischen den Elektroden entgegengesetzter Polaritäten, und die Ströme in den Masserücklaufwegen in jedem Generator liegen nahe dem maximal möglichen Strom. Das Messen des Betrags und der Veränderungen in diesen Strömen ermöglicht es, die Änderungen in der Ionisierungseffizienz des Ionisierers zu ermitteln.

[0016] Wenn die Bahn Oberflächenladung trägt, veranlaßt das zugeordnete externe elektrostatische Feld die Ionen der Polarität, die der Polarität der Oberflächenladung auf der Bahn entgegengesetzt ist, die Ionisiererelektroden zu verlassen, und zu der geladenen Oberfläche hin zu fließen. Wenn beispielsweise die sich bewegende Bahn eine negative elektrostatische Ladung trägt, zieht ihr elektrostatisches Feld Ionen von den positiven Elektroden an. Als Ergebnis fließt ein bestimmter positiver Ionenstrom zu der sich bewegenden Bahn, um

ihre Oberflächenladung zu neutralisieren, während der Rest der positiven Elektroden weiterhin zu den negativen Elektroden fließt. Gleichzeitig fließt der Ionenstrom von den negativen Elektroden im wesentlichen zu den positiven Elektroden.

[0017] Das Ergebnis der Neuverteilung der Ziele für zahlreiche Ionenflüsse liegt darin, daß im wesentlichen der gleiche positive Ionenstrom, wie bei der Abwesenheit von externen elektrostatischen Feldern, die positive Elektrode verläßt, und im wesentlichen der gleiche negative Ionenstrom an der positiven Elektrode ankommt, wodurch der Strom in dem Masserücklaufweg des positiven Generators im wesentlichen der gleiche ist, wie derjenige vor der Einführung des externen elektrostatischen Feldes. Andererseits verläßt bei gleichem negativen Ionenstrom, der gleiche negative Ionenstrom die negative Elektrode wie bei Abwesenheit externer elektrostatischer Felder, wobei der Wert des positiven Ionenstroms, welcher an der negativen Elektrode ankommt, um den Betrag des positiven Ionenstroms verringert wurde, der nun zu der Oberflächenladung (Bahn) fließt. Daher ist der Strom in dem Masserücklaufweg des negativen Generators um den Betrag des zur Bahn führenden Stroms geringer als vor der Einführung des externen elektrostatischen Feldes.

[0018] Der gesamte Ionenstrom, welcher die Elektroden einer Polarität verläßt, und der Ionenstrom, der zu diesen Elektroden zurückkehrt, wird als der Strom gemessen, der in dem Masserücklaufweg des entsprechenden Generators vorhanden ist. Für einen vollkommen neuen Ionisierer ist der Wert des Gesamtionenstroms für die Elektroden jeder Polarität bei normalen Betriebsbedingungen im wesentlichen der maximale Ionenstrom, den die positiven und negativen Elektroden erzeugen können.

[0019] In einer weiteren Ausführung dieser Erfindung werden die Werte der Ströme auf die wählbare Einheit herauf- oder herunterskaliert. Durch das Skalieren ist das Vorsehen eines Signals möglich, welches unabhängig von der Länge des Ionisierers und der Anzahl der Ionisierungselektroden normalisiert ist.

[0020] Luftionisierer, die zur Neutralisierung von statischen Ladungen in industriellen Hochleistungsanwendungen verwendet werden, sind schnell durch Rückstände des industriellen Prozesses, Staub, Schmutz, Dämpfe von Chemikalien usw. kontaminiert. Die Kontamination, welche sich auf die Ionisierungselektroden des Ionisierers setzt, verringert seine Fähigkeit zur Ionenstromerzeugung und somit seine Neutralisierungsfähigkeit.

[0021] Daher verringert sich der Wert des von und zu den Ionisierungselektroden fließenden Gesamtströmen kontinuierlich während des Arbeitszyklus des Ionisierers. Gemäß dieser Erfindung kann der Benutzer den Zustand des Ionisierers und den Wartungszyklus durch Messen und Überwachen der normalisierten Signale der Ströme, welche in den Rücklaufwegen der positiven und negativen Generatoren fließen, und durch Vergleichen der gemessenen Werte mit dem anfänglichen normalisierten Wert den Zustand des Ionisierers und den Wartungszyklus kontinuierlich ermitteln. Ferner kann ein Wartungszeitplan erzeugt werden, indem ein wahlfreier Wert der Ströme gewählt wird, wobei bei dessen Unterschreitung angenommen wird, daß der Ionisierer für seinen Zweck nicht effizient ist.

[0022] Die zugehörigen Hochspannungsgeneratoren können hinsichtlich der Erzeugung positiver und negativer Spannung verschiedener Wellenformen und Amplituden verschiedenen Typs sein. Der Vorteil der vorliegenden Erfindung wird wesentlich verstärkt, wenn die zwei Hochspannungsgeneratoren von dem Typ sind, der in der Anmeldung US 08/966,638 und in der Continuation-in-Part-Anmeldung US 09/103,796 beschrieben ist. Solche Generatoren werden betrieben, um positive oder negative Spannungen von ungefähr 3 bis 15 kV während der jeweiligen Betriebs-Halbzyklen bei einer gewählten Umschalt- oder Wiederholungsrate zu erzeugen. Die Hochspannungsgeneratoren umfassen mehrere Stufen zur Leistungsumwandlung, in denen der Hochspannungsausgang von einem Hochfrequenzinverter erzeugt wird (der typischerweise bei einer Frequenz größer als 20 kHz arbeitet). Die Wechselrate, mit der die Generatoren aktiviert und deaktiviert werden, kann in dem Bereich zwischen vorzugsweise 50 Zyklen pro Sekunde und 400 Zyklen pro Sekunde liegen. Der Betrieb während einer Hälfte des Umschalt-Arbeitszyklus erzeugte erste Generator nur positive Hochspannungs-Halbzyklen und der andere Generator ist im wesentlichen inaktiv. Daraufhin erzeugt während der anderen Hälfte des Umschaltzyklus der andere Generator nur negative Hochspannungs-Halbzyklen und der erste Generator ist im wesentlichen inaktiv. In jedem Halb-Arbeitszyklus der angelegten Wechselspannungsleistung wird das Potential der Ionisierungselektroden, die mit dem aktiven Hochspannungsgenerator verbunden sind, auf Luftionisierungspegel angehoben, während die mit dem inaktiven Generator verbundenen Ionisierungselektroden als Potentialreferenz dienen.

[0023] In einer Ausführung der vorliegenden Erfindung wird der Ausgang der Hochspannungsgeneratoren während deren jeweiligen inaktiven Halbzyklen dazu veranlaßt, dem Massepotential so gut wie möglich zu ent-

sprechen, um den von den aktiven Elektroden zu den inaktiven Elektroden führenden Ionenfluß zu minimieren, insbesondere wenn in der Nähe des Ionisierers ein externes elektrostatisches Feld vorliegt. Gleichzeitig arbeiten die auf Massepotential liegenden inaktiven Elektroden als eine ausreichende elektrische Potentialreferenz für die aktiven Ionisierungselektroden, um das elektrische Feld mit gewünschter Stärke zu erzeugen, die zur Ionisierung erforderlich ist. Dies wird erreicht, indem ein Hochspannungs-Ablaufwiderstand zwischen dem Ausgang und dem jeweiligen Rücklaufweg jeder der zwei Generatoren angeordnet ist.

[0024] Der Vorteil der Schaltung mit zwei Widerständen ergibt sich aus einer anderen Ausführung der Erfindung, die eine einfache und verlässliche Meßschaltung ermöglicht, um den Strom in den Rücklaufwegen beider Generatoren zu messen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0025] [Fig. 1A](#) zeigt eine Darstellung positiver und negativer Ionenströme und Schaltungsströme in dem Ionisierungsverfahren und in der Ionisierungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung bei Abwesenheit eines externen elektrostatischen Feldes;

[0026] [Fig. 1B](#) zeigt eine Darstellung positiver und negativer Ionenströme und Schaltungsströme in dem Ionisierungsverfahren und in der Ionisierungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung bei Anwesenheit eines externen elektrostatischen Feldes;

[0027] [Fig. 1C](#) ist eine Darstellung positiver und negativer Ionenströme und Schaltungsströme in dem Ionisierungsverfahren und in der Ionisierungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung, für den Fall, daß die Ionisierungselektroden kontaminiert sind, und bei Abwesenheit eines externen elektrostatischen Feldes;

[0028] [Fig. 2](#) ist ein schematisches Blockdiagramm eines möglichen Hochspannungsgeneratortyps der [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#), [Fig. 1C](#) gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0029] [Fig. 3](#) ist ein Schaltplan der Generatoren von [Fig. 2](#);

[0030] [Fig. 4](#) ist ein Schaltplan der Signalverarbeitungs- und -skalierungsschaltung gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0031] Gemäß der Erfindung werden zwei Hochspannungsgeneratoren **9**, **11** betrieben, wie in [Fig. 1A](#) dargestellt ist, um nur positive (oder negative) Hochspannungen an den jeweiligen Ausgängen **80**, **82** zu erzeugen. Die Ausgangsspannungen von jedem Generator **9**, **11** werden an die jeweiligen Ionenemitterelektroden **47**, **49** geleitet, die üblicherweise als scharfe Spitzen oder Punkte ausgebildet sind, die üblicherweise zu einem Werkstück hin orientiert sind, welches durch die gelieferten Ionen neutralisiert werden soll. Die positive Ausgangsspannung wird höher als die Ausgangsspannung des negativen Generators vorgesehen, um den geringen negativen Koronaschwellwert und die höhere negative Ionenmobilität zu kompensieren. Zwischen die Ausgangsanschlüsse und die Ionenemitterelektroden **47**, **49** können zusätzliche Widerstände **90**, **92** mit hohen Widerstandswerten (beispielsweise 20 bis 200 MOhm) angeschlossen werden, um den maximalen Ausgangsstrom aus Sicherheitsgründen zu beschränken. Die Elektroden **47**, **49** sind in geringer Nähe zu dem Werkstück **10** (beispielsweise eine sich bewegende Bahn) angeordnet, die mit Luftionen neutralisiert werden soll. Die Generatoren, welche Hochspannungen vorbestimmter Polaritäten an die jeweiligen Elektroden anlegen, umfassen elektrische Rücklaufwege **109** und **111**, durch die elektrische Ladungen von den Generatoren bei Raten weggeleitet werden, die den Raten von Ionenströmen entsprechen, welche von den jeweiligen Elektroden **47**, **49** in deren Nähe in die Luft geleitet werden, und die eine Polarität aufweisen, die derjenigen der Ionenströme entgegengesetzt ist.

[0032] Die Gesamtmenge des Ionenstroms, der die Elektroden einer Polarität verläßt, und des Ionenstroms, welcher an den Elektroden ankommt, ($I_{-ion} + I_{+ion}$), wird als I_{-pin} für die negativen Elektroden bzw. I_{+pin} für die positiven Elektroden bezeichnet. Ein Teil des von den Elektroden erzeugten Ionenstroms entweicht aus dem Feld der Elektroden der entgegengesetzten Polarität und verläßt den Ionisierer. Die entwichene Ionenströme I_{-esc} und I_{+esc} verringern den Wert des Ionenstroms, der an den Elektroden ankommt. Jede dieser Gesamtmenngen wird als der Strom in dem Masserücklaufpfad des entsprechenden Generators gemessen, d.h. I_{-rtn} bzw. I_{+rtn} für den negativen bzw. positiven Generator. Obwohl die Ionenströme I_{-ion} und I_{+ion} als Luftionen in entgegengesetzten Richtungen fließen, fließen die Ströme in den Generatorschaltungen gemäß der elektrischen Konvention

in die gleiche Richtung. Diese Zustände können zwei Gleichungen (1) oder (2) zusammengefaßt werden:

$$(I_{-pin}) = (I_{-rtn}) = (I'_{-ion}) + (I_{-esc}) + (I'_{+ion}) \quad (1) \text{ und}$$

$$(I_{+pin}) = (I_{+rtn}) = (I'_{+ion}) + (I_{+esc}) + (I'_{-ion}) \quad (2)$$

[0033] Gemäß dem in dieser Erfindung beschriebenen Verfahren werden die von den Ionisierungselektroden hin und von diesen weg fließenden Ionenströme als Ströme in den Rücklaufwegen **109** und **111** der Generatoren **9** und **11** gemessen.

[0034] In einer Ausführung der vorliegenden Erfindung sind die entwichenen Ionenströme (I_{-esc} und I_{+esc}) in Abwesenheit des externen elektrischen Feldes, wenn die Oberfläche **10** in der direkten Nähe der Ionisierungselektroden keine Ladung trägt, sehr gering, und nahezu der gesamte Ionisierungsstrom, der von der positiven Elektrode **47** erzeugt wird, fließt zu der negativen Elektrode **49**, und im wesentlichen der gesamte Ionenstrom, welcher von der negativen Elektrode **49** erzeugt wird, fließt an die positive Elektrode **47**. Die Gleichungen (1) und (2) nehmen dann die folgende Form an:

$$(I_{-pin}) = (I_{-rtn}) = (I_{-ion}) + (I_{+ion}) \quad (1a) \text{ und}$$

$$(I_{+pin}) = (I_{+rtn}) = (I_{+ion}) + (I_{-ion}) \quad (2a).$$

[0035] Diese Zustände werden durch eine Kombination einer speziellen Entfernung zwischen den Ionisierungselektroden entgegengesetzten Polaritäten, die von ¼ Zoll bis ungefähr 2 Zoll reicht, wobei jede Ionisierungselektrode positiver Polarität **47** in geringer Nähe zu einer Elektrode negativer Polarität **49** angeordnet ist, mit der, Potentialdifferenz zwischen den Elektroden entgegengesetzter Polarität von nicht weniger als 2 kV und nicht höher als 10 kV erreicht. Unter diesen Bedingungen sind der Strom I_{+rtn} in dem Masserücklaufweg des positiven Generators und der Strom I_{-rtn} in dem Masserücklaufweg des negativen Generators im wesentlichen gleich, beziehungsweise: ($I_{-rtn} = I_{+rtn}$).

[0036] Ferner sind für einen vollkommen neuen Ionisierer mit spitzen, sauberen Ionisierungs-Punktelektroden die anfänglichen Werte I_{0+rtn} und I_{0-rtn} nahe dem von dem Ionisierer zu erreichenden Maximum. Durch Messen dieser Werte unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Information über die zur Verfügung stehende Ionenausgabe des Ionisierers oder über dessen Ionisierungseffizienz vorgesehen.

[0037] Bezugnehmend auf die [Fig. 1B](#) ist ein Zustand dargestellt, in dem ein externes elektrisches Feld in der Nähe des Ionisierers vorliegt. Wenn Ladung auf einer benachbarten, sich bewegendenden Oberfläche **10** vorgesehen ist, beispielsweise positiver Polarität, veranlaßt das zugehörige elektrostatische Feld einige Ionen der Polarität, die der Polarität der Oberflächenladung der Bahn entgegengesetzt ist, in diesem Fall negative Ionen, dazu auf die geladene Oberfläche zu fließen. Der entwichene Ionenstrom I_{esc} und der substantielle Ionenstrom I'_{-ion} , der nach wie vor von der negativen Elektrode **49** zu der positiven Elektrode **47** fließt, ist gleich dem negativen Ionenstrom, I_{-ion} , der von der negativen Elektrode erzeugt wird. Unter diesen Bedingungen fließt im wesentlichen der gesamte positive Ionenstrom I_{+ion} von der positiven Elektrode **47** zu der negativen Elektrode **49**. Diese Bedingungen werden in den Gleichungen (1b) und (2b) berücksichtigt.

$$(I_{-pin}) = (I_{-rtn}) = (I'_{-ion}) + (I_{-esc}) + (I_{+ion}) \quad (1b) \text{ und}$$

$$(I_{+pin}) = (I_{+rtn}) = (I_{+ion}) + (I'_{-ion}) \quad (2b).$$

[0038] Auch bei diesen neuen Zuständen sind die Ströme in den Massewegen der Generatoren nicht gleich, und für einen vollkommen neuen Ionisierer liegen diese Werte im wesentlichen nahe den maximalen Ionenströmen der positiven und negativen Elektroden, die diese erzeugen können. Durch Messen dieser Werte unter Verwendung dieses erfindungsgemäßen Verfahrens wird Information über die zur Verfügung stehenden Ionenausgabe des Ionisierers oder über dessen Ionisierungseffizienz vorgesehen.

[0039] Im folgenden wird Bezug auf [Fig. 1C](#) genommen. Im Verlauf der Zeit (t) werden die Ionisierungselektroden mit den Rückständen **13** der industriellen Prozesse kontaminiert, d.h., Staub, Schmutz, Chemikaliendämpfe, usw., wobei die Kontamination, die sich auf den Ionisierungselektroden des Ionisierers absetzt, deren Fähigkeit zur Erzeugung von Ionenströmen verringert. Wie in dem oben genannten Fall sauberer Elektroden fließt im wesentlichen der gesamte Ionisierungsstrom I_{+ion} von der positiven Elektrode **47** zu der negativen Elektrode **49**, und im wesentlichen der gesamte Ionisierungsstrom I_{-ion} fließt in der direkten Nähe der Ionisie-

rungelektroden von der negativen Elektrode **49** zu der positiven Elektrode **47**, wenn kein externes elektrostatisches Feld an der Oberfläche **10** vorliegt (oder wenn nur ein schwaches Feld vorliegt). Unter diesen veränderten Bedingungen können die Ströme in den Massewegen beider Generatoren immer noch im wesentlichen gleich sein, auch wenn sie geringere Werte aufweisen. Jedoch sind, im Gegensatz zu dem Fall eines vollkommen neuen Ionisierers mit spitzen, sauberen Ionisierungselektroden, diese Werte geringer als der maximal von dem Ionisierer erreichbare Wert.

$$I_{t-ion} < I_{0-ion} \quad (3) \text{ und}$$

$$I_{t-ion} < I_{0-rtn} \quad (4).$$

[0040] Der Grad der Verringerung hängt von der Menge und der Beschaffenheit der Kontamination **13** auf den Elektroden und deren Betriebsdauer ab.

[0041] Es ist ferner vorteilhaft, wie in einer Ausführung dieser Erfindung dargestellt ist, den Zustand des Ionisierers zu ermitteln, indem eine Summe der Absolutwerte der Signale gemessen wird, die proportional zu den Strömen in den Rücklaufwegen beider Generatoren ist, bzw. $(I_{-rtn}) + (I_{+rtn})$.

[0042] Gemäß dieser Erfindung ist der Benutzer durch Messen und Überwachen der Ströme, die in den Rücklaufwegen der positiven und negativen Generatoren fließen, und durch Vergleichen der gemessenen Werte mit den anfänglichen Werten in der Lage, den Zustand der Ionisierer kontinuierlich zu ermitteln, beispielsweise als Prozentwert des anfänglichen Werts.

$$\frac{i_{t-ion} + i_{t+ion}}{i_{0-ion} + i_{0+ion}} \times 100 \% = \frac{i_{t-rtn} + i_{+rtn}}{i_{0-rtn} + i_{0+rtn}} \times 100 \% = \text{Effizienz (\%)} \quad (5)$$

[0043] Ferner kann ein Wartungszeitplan erstellt werden, indem ein wahlfreier Wert des Stroms gewählt wird, bei dessen Unterschreiten der Ionisierer als ineffizient für seinen Zweck angenommen wird, beispielsweise, bei einer Effizienz = 25 %.

[0044] In einer weiteren Ausführung dieser Erfindung sind die Signalwerte I_{+tm} und I_{-rtn} herauf- oder herunterskaliert. Der Skalierungsfaktor für die Rücklaufströme basiert auf der Länge des Ionisierers oder auf der Anzahl an die Ionisierungselektrodenpaare, d.h. Paare positiver und negativer Elektroden. Unter Verwendung dieser Skalierung kann ein Signal vorgesehen werden, das unabhängig von der Länge des Ionisierers und der Anzahl der Ionisierungselektroden normalisiert ist.

[0045] Bezugnehmend auf die [Fig. 2](#) ist ein schematisches Blockdiagramm der Schaltungsstufen gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. In einer Ausführung der vorliegenden Erfindung werden zwei Hochspannungsgeneratoren **9**, **11** betrieben, um positive oder negative Spannungen von ungefähr 3-15 Kilovolt während der jeweiligen Betriebshalbzyklen bei einer gewünschten Umschalt- oder Wiederholungsrate zu erzeugen, wie in der Anmeldung US 08/966,638 und in der Continuation-in-Part-Anmeldung 09/103,796 beschrieben ist. Während des Betriebs in einer Hälfte des Umschalte-Arbeitszyklus erzeugt ein Generator nur positive Hochspannungs-Halbzyklen und der andere Generator ist im wesentlichen inaktiv. Daraufhin, während des anderen Arbeitszyklus, erzeugt der andere Generator nur negative Hochspannungs-Halbzyklen und der erste Generator ist im wesentlichen inaktiv. Die positive Ausgangsspannung wird höher vorgesehen, als die Ausgangsspannung des negativen Generators, um gleichen positiven und negativen Ionenströme zu erzeugen. Beispielsweise kann die positive Spitzenausgangsspannung im Bereich von 6 kV bis 10 kV sein, während die negative Ausgangsspannung in einem Bereich zwischen 4 kV und 8 kV liegen kann. Der Betriebs-Arbeitszyklus kann in einfacher Weise durch die Netzfrequenz festgelegt werden, um jeden der beiden getrennten Hochspannungsgeneratoren **9**, **11** abwechselnd zu aktivieren, um an den Ausgängen **80**, **82** Hochspannungs-Halbzyklen zu erzeugen. Insbesondere umfaßt jeder Generator **9**, **11** eine Schaltung zum Betreiben bei einer Hochfrequenz von ungefähr 20 kHz mit der angelegten elektrischen Leistung, wobei ein solcher Hochfrequenzbetrieb die Größe und das Gewicht der Spannungs-Aufwärtstransformatoren in geeigneter Weise reduziert, welche verwendet werden, um die Spitzenausgangs-Hochspannungen der ein oder anderen Polarität zu erzeugen.

[0046] Wiederum bezugnehmend auf die [Fig. 2](#) weisen die Hochspannungsgeneratoren **9**, **11** Widerstände **105a** und **105b** in deren jeweiligen Masserücklaufwegen auf, die mit der Systemmasse **115** verbunden sind. Die Generatoren **9**, **11** empfangen abwechselnde Halbwellen der angelegten Leistung (beispielsweise die übliche Wechselstrom-Netzversorgung) über jeweilige Halbwellengleichrichter **19**, **21**. Die abwechselnden Halbwellen **23**, **25** der angelegten Wechselstromleistung **20** versorgen die jeweiligen Inverter **27**, **29** mit Leistung,

um nur während den abwechselnden Halbzyklen der angelegten Wechselstromleistung **20** Schwingungen **31**, **33** bei einer Hochfrequenz von ungefähr 20 kHz zu erzeugen. Solche Hochfrequenzschwingungen bei Hochspannung von ungefähr 3-15 Kilovolt werden daraufhin von jeweiligen Dioden **35**, **37** halbwellengleichgerichtet, um die jeweiligen Filter **39**, **41** mit den sich ergebenden halbwellengleichgerichteten Hochfrequenzhochspannungen zu versorgen. Diese Filter entfernen die Hochfrequenzkomponenten der halbwellengleichgerichteten Spannungen, um jeweilige Hochspannungsausgaben **43**, **45** zu erzeugen, die zusammen mit den zeitlichen Änderungen der halbwellengleichgerichteten angelegten Wechselstromleistung **23**, **25** substantiell über die Zeit variieren. Die gefilterten Ausgangsspannungen **43**, **45** werden an getrennte jeweilige Gruppen von Ionenemitterelektroden **47**, **49**, die dem oben beschriebenen Typ entsprechen und die oben beschriebene Orientierung aufweisen. Zwischen die Ausgänge der Hochspannungsgeneratoren und der jeweiligen elektrischen Masserücklaufwege **109**, **111** sind zwei Widerstände **85a** und **85b** angeschlossen. Die Widerstände **85a** und **85b** arbeiten als Ablaufwiderstände, um an dem Ausgang und der zugeordneten Elektrode **47**, **49**, die während eines alternierenden Halbzyklus inaktiv ist, ein Potential von im wesentlichen Null vorzusehen.

[0047] Gemäß der vorliegenden Erfindung besteht eine Meßschaltung **101** aus zwei seriell verbundenen Widerständen **105a** und **105b**, die gleiche Widerstandswerte aufweisen, und die in den Masserücklaufwegen jedes Generators **9** und **11** vorgesehen sind. Der Spannungsabfall über diesen Widerständen ist ein Maß für den Strom, der in jedem entsprechenden Rücklaufweg fließt. Jeder der Widerstände **105a**, **105b** sind seriell mit den jeweiligen Widerständen **85a** und **85b** verbunden. Dieses Verbindungsschema ermöglicht die Verwendung von Ablaufwiderständen **85a** und **85b** zum Zwecke des Herabziehens der Ausgangsspannung während des inaktiven Zyklus des jeweiligen Generators, und erlaubt gleichzeitig, den Stiftstrom zu isolieren und zu messen. Parallel zu den Widerständen **105a** und **105b** sind Kapazitäten **106a** und **106b** angeschlossen, um Fluktuationen des Ionenstromsignals bei der Betriebsfrequenz und deren Harmonischen herauszufiltern, und um ein Gleichstrom-Komponentensignal zu erzeugen, das proportional zu der Gleichstromkomponente des Ionenstroms ist. Der Spannungsabfall über den Widerständen **105a** und **105b** könnte mit einem Gleichstrom-Spannungsmeßgerät oder einer ähnlichen Vorrichtung gemessen werden. Obwohl ein gewisser Vorteil darin besteht, die positiven und negativen Stiftströme individuell zu messen, ist es vorteilhafter, die Summe der zwei Ströme zu messen, wie es gemäß einer Ausführung der Erfindung durchgeführt wird. Die serielle Verbindung der Widerstände **105a**, **105b** dient diesem speziellen Zweck, da der Spannungsabfall über beiden Widerständen gemessen und überwacht werden kann.

[0048] Gemäß dieser Erfindung wird der Spannungsabfall der seriell verbundenen Widerstände **105a** und **105b** gemessen und überwacht. Da die Anzahl an Ionisierungselektroden, die mit den Ausgängen der Generatoren verbunden sind, abhängig von der Breite des zu neutralisierenden Materials variiert, werden die Spannungswerte über den Widerständen mit einer Signalverarbeitungs- und Skalierungsschaltung **113** herauf- oder herunterskaliert. Der Skalierungsfaktor für die Rücklaufströme basiert auf der Länge des Ionisierers oder der Anzahl an Ionisierungselektrodenpaaren, d.h. Paare positiver und negativer Elektroden. Durch Verwendung dieser Skalierung kann ein Signal vorgesehen werden, das unabhängig von der Länge des Ionisierers und der Anzahl an Ionisierungselektroden normalisiert ist.

[0049] Im folgenden wird auf den Schaltplan von [Fig. 3](#) Bezug genommen (eine ähnliche Schaltung ist in der Anmeldung US 08/966,638 und in der Continuation-in-Part-Anmeldung US 09/103,796 beschrieben, wobei die Unterschiede die Widerstände **85a** und **85b** bzw. **105a** und **105b** umfassen). Es ist ein Eingangsfilternetzwerk **50** dargestellt, welches ein Varistor, VRI, und induktive und kapazitive Elemente, L2 und C1, umfassen, um einen Schutz gegenüber Spannungsspitzen in der Netzspannung und gegen elektromagnetische Interferenz vorzusehen. Ferner ist eine Sicherungsschaltung **51** vorgesehen, die im Detail in der Continuation-in-Part-Anmeldung US 09/103,796 beschrieben ist. Die Sicherungsschaltung umfaßt ein duales Dioden-Kondensatornetzwerk, welches in die Spannungsversorgungsleitung geschaltet ist, um die an den einen oder anderen Hochspannungsgenerator gelieferte Spannung automatisch, abhängig von dem relativen Leistungsverbrauch neu zu verteilen. Diese angelegte Wechselstromleistung mit Netzfrequenz oder mit einer anderen Frequenz und mit jedem geeigneten Spannungspegel (beispielsweise 24 Volt, 120 Volt, 220 Volt usw.) wird über die Dioden **19**, **21** an die jeweiligen Hochfrequenzinverter **27**, **29** angelegt. Für jeden Inverter **52**, **54** wird eine halbwellengerichtete angelegte Wechselspannung gefiltert, um diese an die Hochfrequenzoszillatoren **56**, **58** anzulegen, welche Spannungs-Aufwärtstransformatoren bzw. Spannungs-Step-up-Transformatoren **60**, **62** umfassen. Die Aufwärtstransformatoren **60**, **62** umfassen jeweils Wicklungen, die in jeweiligen Drain- oder Kollektorschaltungen von Transistorpaaren **68**, **70** angeschlossen sind. Die Aufwärtstransformatoren umfassen Wicklungen, die mit den Basis- oder Gateschaltungen der Transistorpaare verbunden sind, um regenerative Rückkopplungsschleifen zu bilden, welche den Schwingungsbetrieb während der Leitung des Versorgungsnetzstroms durch die zugeordneten Dioden **19**, **21** bei einer Frequenz aufrechterhalten, die im wesentlichen durch den Resonanzschaltkreis der Kondensatoren **63**, **65** und der primären Induktivität der Wicklungen **67**,

69 bestimmt ist. Die Induktivitäten **57**, **59** glätten den zu den parallel-resonanten Resonanzschaltkreisen der Spulen **67**, **69** und Kondensatoren **63**, **65** führenden Stromfluß. Stromtransformatoren **64**, **66** tasten die Kollektor- oder Drainströme der Transistorpaare **68**, **70** ab, um einen proportionalen Strom mit verringerter Größe vorzusehen, um die Transistorpaare **68**, **70** anzusteuern. Der proportionale Ansteuerstrom ermöglicht den Betrieb über einen breiten Bereich von Eingangsspannungen, die während der Halbsinus-Wellenänderungen in jedem Wechselzyklus auftreten.

[0050] Jeder Aufwärtstransformator **60**, **62** umfaßt Ausgangswicklungen **72**, **74**, die mit kapazitiven Spannungsdopplerschaltungen **76**, **78** verbunden sind, welche an den Ausgangsanschlüssen **80**, **82** gleichgerichtete Hochspannungen der einen oder anderen Polarität erzeugen. Die gleichgerichteten Ausgangsspannungen werden über die Kondensatoren **84**, **86** gefiltert, um Ausgangsspannungen **43**, **45** (vgl. [Fig. 2](#)) vorzusehen, die an die jeweiligen Ionenemitterelektroden **47**, **49** angelegt werden. Die Ausgangsspannungen **43**, **45** sollten auf derartige Pegel zueinander oder gegenüber der Systemmasse eingestellt sein, daß die positiven und negativen Ionenströme, welche zwischen den Ionisierungselektroden **47**, **49** fließen, im wesentlichen den gleichen Betrag aufweisen. Zwei Hochspannungswiderstände **85a** und **85b** mit hohem Widerstandswert (beispielsweise 50 MOhm) sind zwischen die Ausgangsanschlüsse der jeweiligen Generatoren und den Eingängen der Meßschaltung **101** angeschlossen. Diese Widerstände werden verwendet, um die Filterkapazitäten **84**, **86** zu entladen.

[0051] Die Meßschaltung **101**, die zur Messung der Gleichstromkomponente der Rücklaufströme in der Systemmasse verwendet wird, ist im weiteren detaillierter beschrieben. Durch den elektrischen Masserücklaufweg **109** des positiven Hochspannungsgenerators **9** und dem elektrischen Masserücklaufweg **111** des negativen Hochspannungsgenerators **11** werden elektrische Ladungen mit einer Polarität, die denen der Ladungen der Ionisierungselektroden entgegengesetzt ist, von den Generatoren weg geleitet. Die Widerstände **105a** und **105b** sind in den jeweiligen Masserücklaufwegen **109**, **111** der zwei Hochspannungsgeneratoren angeordnet. Diese Widerstände arbeiten als Rücklaufstrom-Abtastwiderstände. Weitere Komponenten der Meßschaltung umfassen einen Widerstand (R6), der mit der Verbindung zwischen den Widerständen **105a** und **105b** und der Systemmasse, und den zwei Kapazitäten **106a** und **106b** verbunden ist, welche im wesentlichen parallel mit den Widerständen **105a** und **105b** verbunden sind, um als Filter zu arbeiten. Der Spannungsabfall über die seriell verbundenen Widerstände **105a** und **105b** kann von einem Gleichstrom-Spannungsmeßgerät oder einer ähnlichen Vorrichtung gemessen werden.

[0052] Bezugnehmend auf [Fig. 4](#) ist eine Signalverarbeitungs- und Skalierungseinheit **113** dargestellt, die in [Fig. 2](#) als Block gezeigt ist. Verstärker U1 bildet einen Instrumentenverstärker mit einer hohen Eingangsimpedanz und einer geringen Ausgangsimpedanz. Der Eingang ist an den Widerständen R1 und R2 mit den in dem Hochspannungsgenerator vorliegenden Widerständen **105a** und **105b** verbunden. Der Instrumentenverstärker sieht eine Spannungsverstellung in der Größenordnung von 3 (beim Testpunkt TP1) vor, wie er durch die Widerstände R1 bis R6 festgelegt ist. Der Ausgang des Instrumentenverstärkers versorgt einen multiplizierenden Digital-/Analogwandler. Die Umschalteneinstellungen von S2, welche mit dem Instrumentenverstärkerausgang multipliziert werden, stellt den Ausgang des Verstärkers U2 dar.

[0053] Die Verstärkung kann, ausgehend vom Eingang bis zum Ausgang der Schaltung, wie folgt dargestellt werden:

$$V_0 = I_{+pin} \cdot R_{105} \cdot K_1 \cdot \frac{f(S_2)}{256},$$

wobei

K1 die Verstärkung und

f(S2) die Schalteinstellung ist, die in binärer Form von 0 bis 255 dargestellt ist.

[0054] Der Betrieb des Systems kann unter der Annahme, daß beispielsweise alle Ionisierer zwischen 8 und 80 positive und 8 und 80 negative Elektroden aufweisen, beschrieben werden. Mit dem kleinsten Ionisierer ist der Ausgang des Instrumentenverstärkers am Testpunkt TP1 typischerweise 1,0 V. Das Einstellen des Schalters S2 auf 255 führt zu der Ausgabe des multiplizierenden Digital-/Analogwandlers von $1,0 \text{ V} \times 255/256$ oder 0,996 V. Für den größten Ionisierer ist die Ausgabe des gleichen Instrumentenverstärkers 10,0 V. Das Einstellen des Schalters S2 auf 25 führt zu der Ausgabe des multiplizierenden Digital-/Analogwandlers auf $10,0 \text{ V} \times 25/256$ oder 0,976 V. Wie beschrieben, kann das Überwachungssystem derart vorgesehen werden, daß es virtuell unabhängig von der Anzahl von positiven und negativen Elektroden arbeitet. Der Ausgang des Vergleichers U3 kann mit einem hörbaren oder visuellen Alarm verbunden werden, der den Betreiber dahingehend

alarmieren könnte, daß die Ionisierungselektroden zu säubern sind, wenn der Stiftstrom unter einen Wert fällt, der von dem Potentiometer P3 eingestellt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen von Ionenströmen, die an einer ersten und einer zweiten Elektrode eines Luftionisierers erzeugt werden, um zu ermitteln, ob der Luftionisierer effizient arbeitet, wobei das Verfahren umfaßt:

Erzeugen einer positiven Spannung an der ersten Elektrode;

Erzeugen einer negativen Spannung an der zweiten Elektrode;

Positionieren der zweiten Elektrode nahe der ersten Elektrode, so daß ein Fluß eines positiven Ionenstroms zwischen der ersten und der zweiten Elektrode sowie ein Fluß eines negativen Ionenstroms zwischen der zweiten und der ersten Elektrode aufgebaut wird; und

Messen des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstroms zwischen der ersten und der zweiten Elektrode;

gekennzeichnet durch

Vergleichen des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstroms jedesmal, wenn dieser gemessen wird, mit einem anfänglichen zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom, um die Effizienz des Luftionisierers zu ermitteln.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Vergleichens umfaßt:

Teilen des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstroms jedesmal, wenn dieser gemessen wird, durch den anfänglichen zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom, um einen als Verhältnis vorgesehenen Effizienzanteil zu erhalten; und

Multiplizieren des als Verhältnis vorgesehenen Effizienzanteils mit einhundert, um eine Gesamteffizienz-Prozentangabe des Luftionisierers für den Zeitpunkt zu erhalten, an dem der zwischen den Elektroden vorgesehene wechselseitige Gesamt-Ionenstrom gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der anfängliche zwischen den Elektroden vorgesehene wechselseitige Gesamt-Ionenstrom am Anfang der Inbetriebnahme des Luftionisierers als Leistungsfähigkeits-Bezugspunkt der Ionisierungseffizienz der Elektroden ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der zwischen den Elektroden vorgesehene wechselseitige Gesamt-Ionenstrom ermittelt wird durch:

Erzeugen einer anfänglichen positiven Spannung an der ersten Elektrode zu Beginn der Inbetriebnahme des Luftionisierers;

Erzeugen einer anfänglichen negativen Spannung an der zweiten Elektrode zu Beginn der Inbetriebnahme des Luftionisierers;

Positionieren einer zweiten Elektrode nahe der ersten Elektrode, so daß ein anfänglicher Fluß des zwischen der ersten und der zweiten Elektrode vorgesehenen positiven Ionenstroms, und ein anfänglicher Fluß des zwischen der zweiten und der ersten Elektrode vorgesehenen negativen Ionenstroms aufgebaut wird;

Messen des anfänglichen zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstroms zwischen der ersten und der zweiten Elektrode zu Beginn der Inbetriebnahme des Luftionisierers.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Schritt des Messens des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstroms zwischen der ersten und der zweiten Elektrode umfaßt:

Messen, in einem ersten Zeitintervall, einer Summe des positiven Ionenstroms, der von der ersten Elektrode zu der zweiten Elektrode fließt, und des negativen Ionenstroms, der von der zweiten Elektrode zu der ersten Elektrode fließt.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die positiven und negativen Spannungen an der ersten und zweiten Elektrode intermittierend und alternierend erzeugt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei eine der positiven oder negativen Spannungen derart erzeugt wird, daß ihre volle Spannungsabgabe erbracht wird, während die andere positive oder negative Spannung im wesentlichen gleich Null ist.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, das ferner umfaßt: Ermitteln, wenn die Elektroden zu reinigen sind, basierend auf den Ergebnissen des Vergleichs zwischen dem zwischen den Elektro-

den vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom mit dem anfänglichen zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom.

9. Luftionisierer zum Steuern von Ladung auf einem Objekt, wobei der Ionisierer umfaßt:

eine erste Elektrode;
 eine zweite Elektrode;
 einen Erdungsknoten;
 einen ersten Hochspannungsgenerator, der mit der ersten Elektrode zum Erzeugen einer positiven Spannung verbunden ist, so daß ein positiver Ionenstrom von der ersten Elektrode an die zweite Elektrode fließen kann;
 einen Rücklaufanschluß und einen Ausgangsanschluß, die in dem ersten Hochspannungsgenerator vorgesehen sind;
 einen zweiten Hochspannungsgenerator, der mit der zweiten Elektrode zum Erzeugen einer negativen Spannung verbunden ist, so daß ein negativer Ionenstrom von der zweiten Elektrode zu der ersten Elektrode fließen kann;
 einen Rücklaufanschluß und einen Ausgangsanschluß, die in dem zweiten Hochspannungsgenerator vorgesehen sind; und
 einen Schaltkreis zum Messen des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Ionenstroms, der zwischen dem Rücklaufanschluß des ersten Hochspannungsgenerators und dem Rücklaufanschluß des zweiten Hochspannungsgenerators angeschlossen ist, um die Summe des negativen Ionenstroms, der von der zweiten Elektrode an die erste Elektrode fließt und des positiven Ionenstroms, der von der ersten Elektrode an die zweite Elektrode fließt, zu messen, wobei der Schaltkreis zum Messen des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Ionenstroms einen zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode mißt, und den zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom mit einem anfänglichen zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom vergleicht, um zu ermitteln, ob die erste Elektrode und die zweite Elektrode effizient arbeiten.

10. Luftionisierer nach Anspruch 9, wobei die erste und die zweite Elektrode mit einem Abstand voneinander vorgesehen sind, bei dem in Abwesenheit eines externen elektrostatischen Feldes nahe der ersten und zweiten Elektrode im wesentlichen der gesamte positive Ionenstrom von der ersten Elektrode an die zweite Elektrode und der gesamte negative Ionenstrom von der zweiten Elektrode an die erste Elektrode fließt.

11. Luftionisierer nach Anspruch 9 oder 10, wobei der Schaltkreis zum Messen des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Ionenstroms umfaßt:

einen Widerstand, der zwischen die Rücklaufanschlüsse des ersten und des zweiten Spannungsgeneratoren angeschlossen ist; und
 einen Spannungsmesser, der über dem Widerstand angeschlossen ist, um den gesamten Spannungsabfall über dem Widerstand zu messen, wobei der Spannungsabfall über dem Widerstand für die Summe des negativen Ionenflusses, der von der zweiten Elektrode an die erste Elektrode fließt, und des positiven Ionenflusses, der von der ersten Elektrode an die zweite Elektrode fließt, kennzeichnend ist.

12. Luftionisierer nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Schaltung zum Messen des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Ionenstroms umfaßt:

einen ersten Widerstand, zwischen dem Rücklaufanschluß des ersten Hochspannungsgenerators und dem Erdungsknoten angeschlossen ist;
 einen zweiten Widerstand, der zwischen dem Rücklaufanschluß des zweiten Hochspannungsgenerators und dem Erdungsanschluß angeschlossen ist;
 einen Spannungsmesser, der über dem ersten und zweiten Widerstand angeschlossen ist, um einen Gesamt-Spannungsabfall, der über jedem Widerstand auftritt, zu messen, wobei der Spannungsabfall über dem ersten und dem zweiten Widerstand für die Summe des negativen Ionenflusses, der von der zweiten Elektrode an die erste Elektrode fließt, und den positiven Ionenstrom, der von der ersten Elektrode an die zweite Elektrode fließt, kennzeichnend ist.

13. Luftionisierer nach Anspruch 12, wobei der erste und der zweite Widerstand hinsichtlich ihres Werts im wesentlichen identisch sind.

14. Luftionisierer nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Schaltung zum Messen des zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Ionenstroms ferner umfaßt:

eine Skalierungsschaltung zum Skalieren der über dem ersten und dem zweiten Widerstand gemessenen Spannung.

15. Luftionisierer nach einem der Ansprüche 9 bis 14, der ferner umfaßt:
eine Anzeige um einen Benutzer zu alarmieren, daß die Elektroden zu säubern sind; wobei die Anzeige basierend auf dem Ergebnis des Vergleichs zwischen dem zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom mit dem anfänglichen zwischen den Elektroden vorgesehenen wechselseitigen Gesamt-Ionenstrom aktiviert wird.

16. Luftionisierer nach einem der Ansprüche 9 bis 15, der ferner umfaßt:
eine Schaltung zum Betätigen des ersten und des zweiten Hochspannungsgenerators, um die jeweilige positive und negative Hochspannung intermittierend und alternierend an die jeweilige erste und zweite Elektrode bei einer Frequenz zu liefern, die im wesentlichen der Netzfrequenz entspricht.

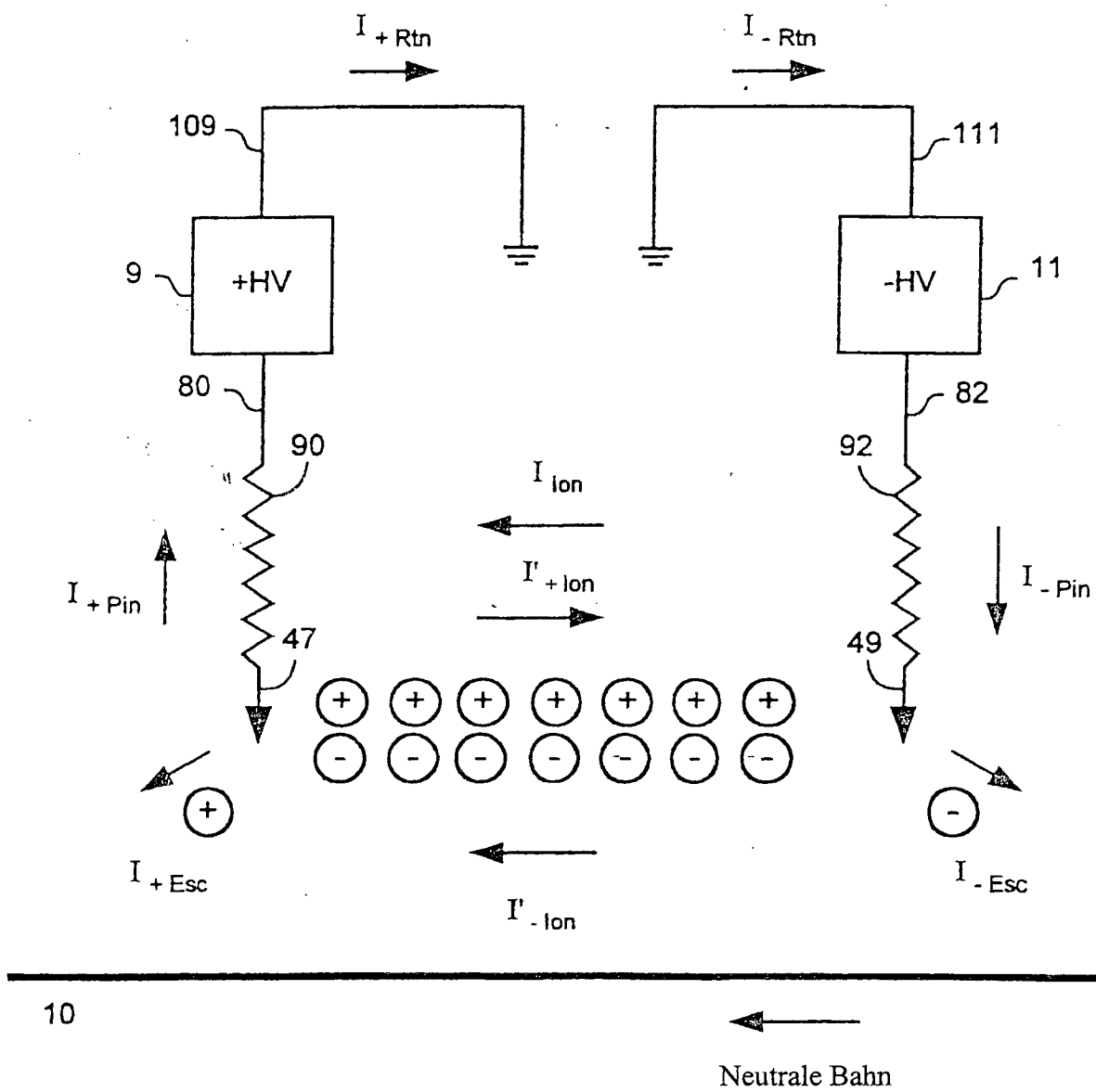
17. Luftionisierer nach Anspruch 12 oder 13, der ferner umfaßt:
einen ersten Filterkondensator, der parallel zu dem ersten Widerstand angeschlossen ist; und
einen zweiten Filterkondensator, der parallel zu dem zweiten Widerstand angeschlossen ist, wobei der erste und der zweite Kondensator dazu dient, an dem jeweiligen ersten und zweiten Widerstand Gleichspannungen zu erzeugen.

18. Luftionisierer nach Anspruch 16, der ferner umfaßt:
einen ersten für Hochspannung vorgesehenen Widerstand, der zwischen dem Ausgang und den Rücklaufanschlüssen des ersten Hochspannungsgenerators angeschlossen ist, um als Ablaufwiderstand zu dienen, und der im wesentlichen keine Ausgangsspannung an die erste Elektrode liefert, wenn der erste Hochspannungsgenerator nicht betätigt ist; und einen zweiten für Hochspannung vorgesehenen Widerstand, der zwischen dem Ausgang und den Rücklaufanschlüssen des zweiten Hochspannungsgenerators angeschlossen ist, um als Ablaufwiderstand zu dienen, und der im wesentlichen keine Ausgangsspannung an die zweite Elektrode liefert, wenn der zweite Hochspannungsgenerator nicht betätigt ist.

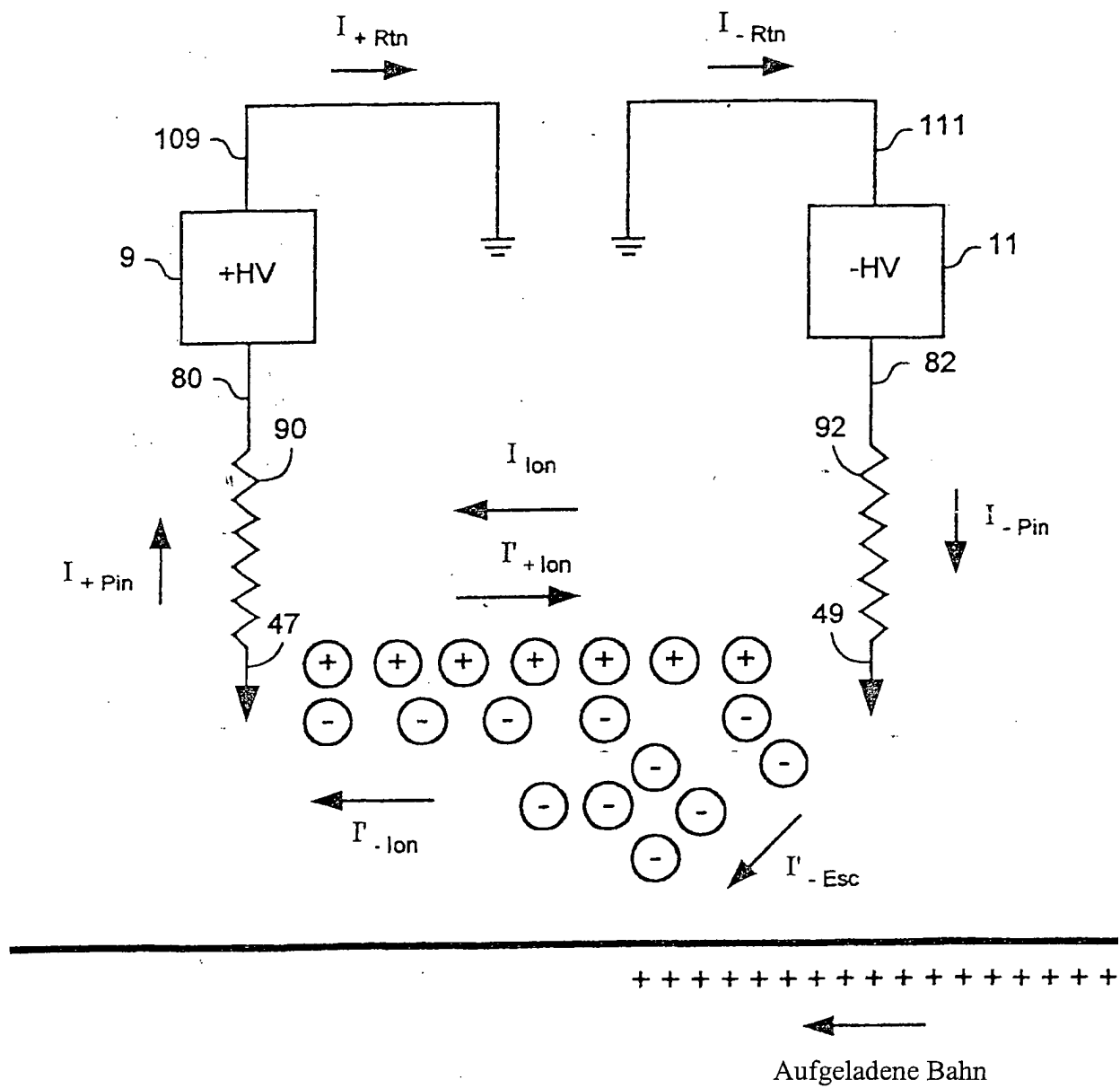
19. Luftionisierer nach Anspruch 16 oder 18, wobei der erste Hochspannungsgenerator während eines ersten Teils eines Arbeitszyklus inaktiv ist, und der zweite Hochspannungsgenerator während eines zweiten Teils des Arbeitszyklus inaktiv ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

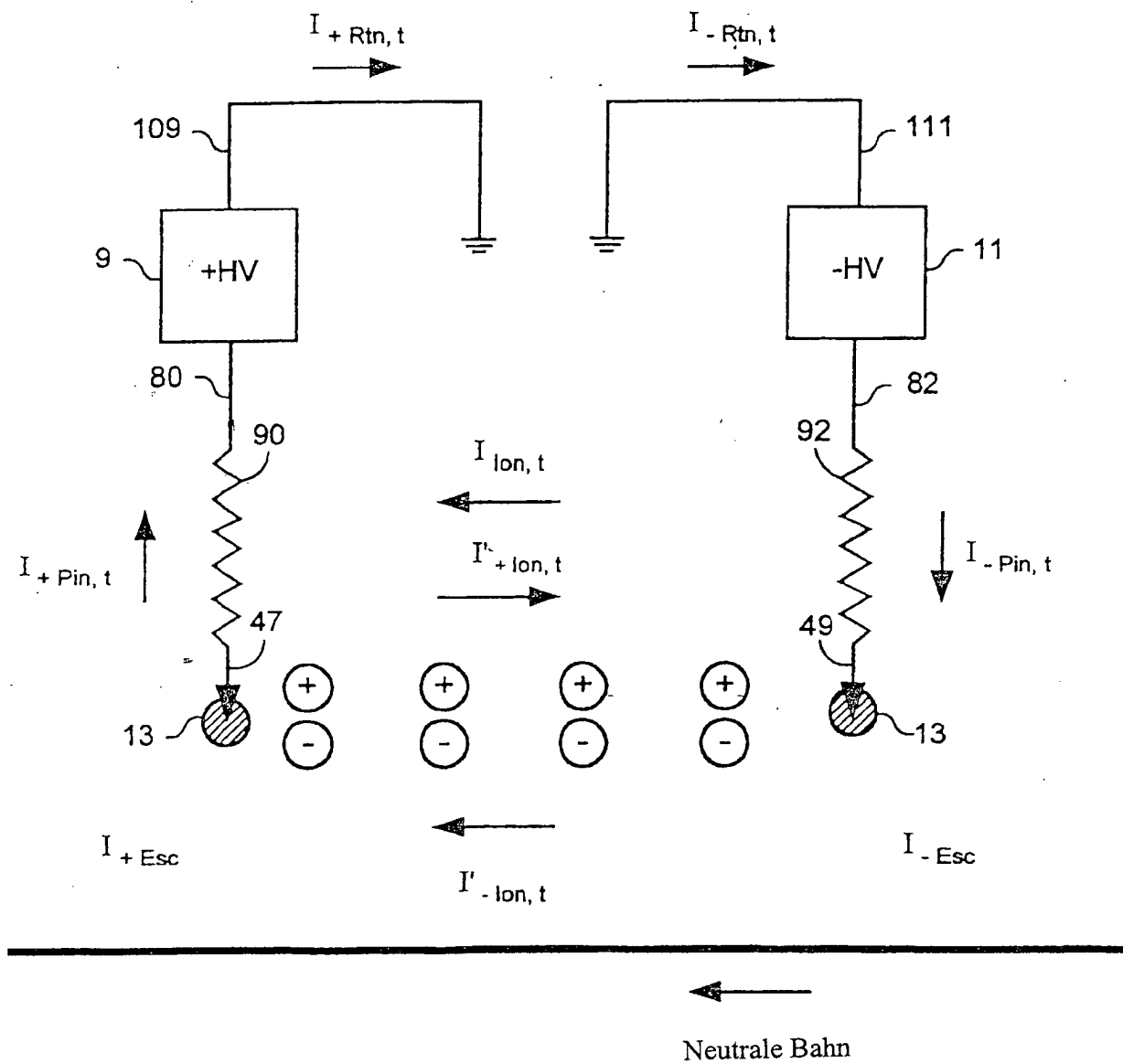
Anhängende Zeichnungen



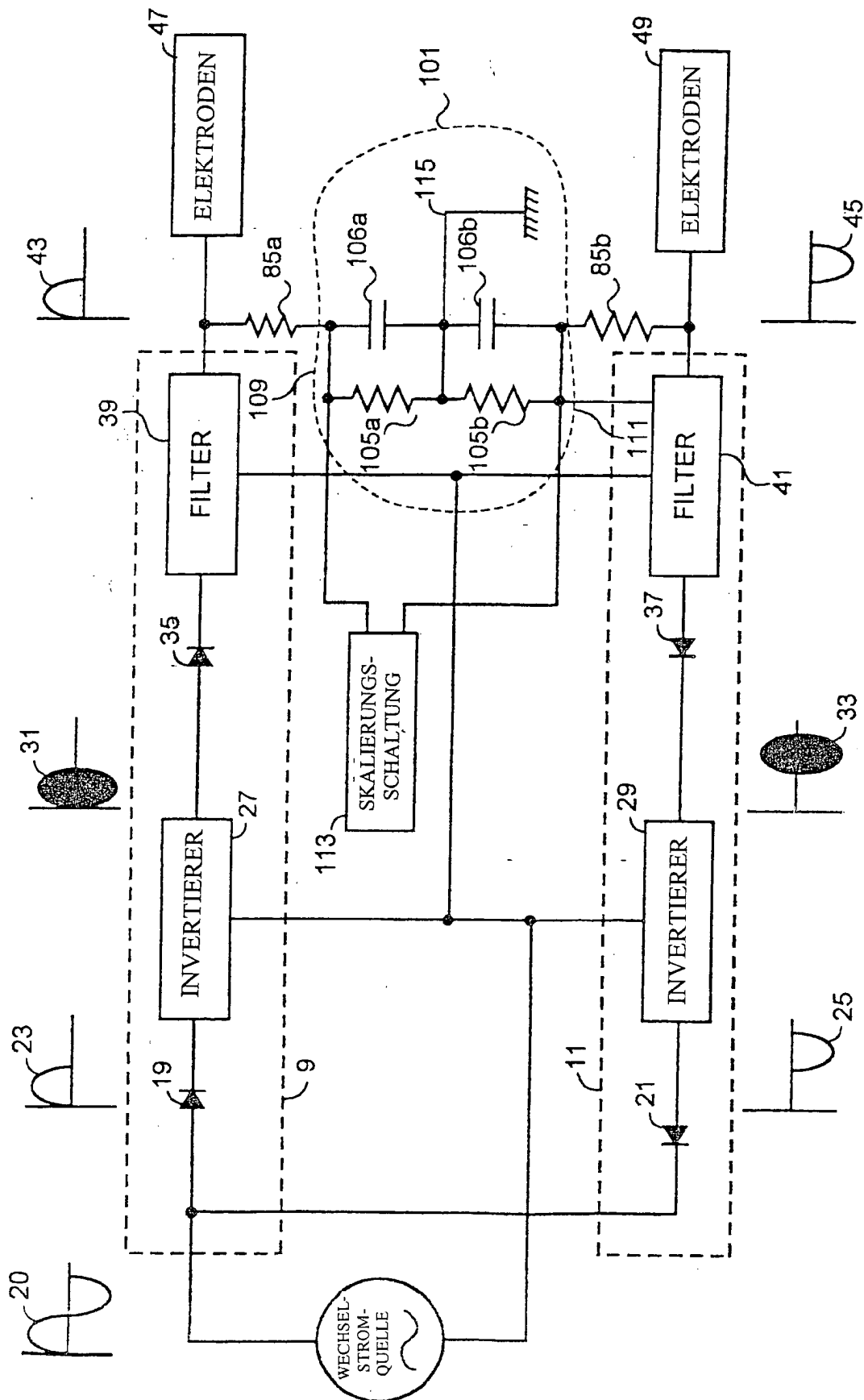
Figur 1A



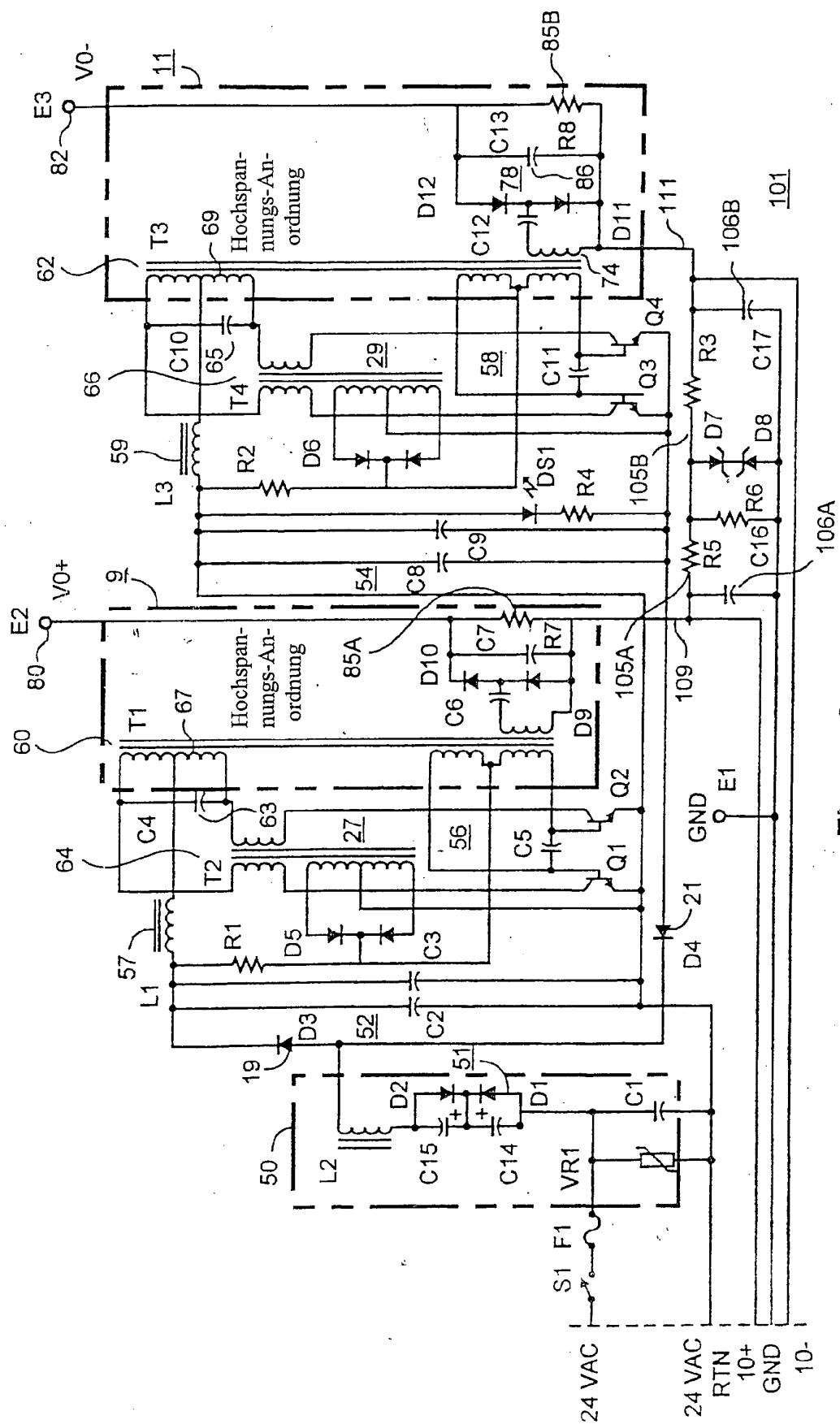
Figur 1B



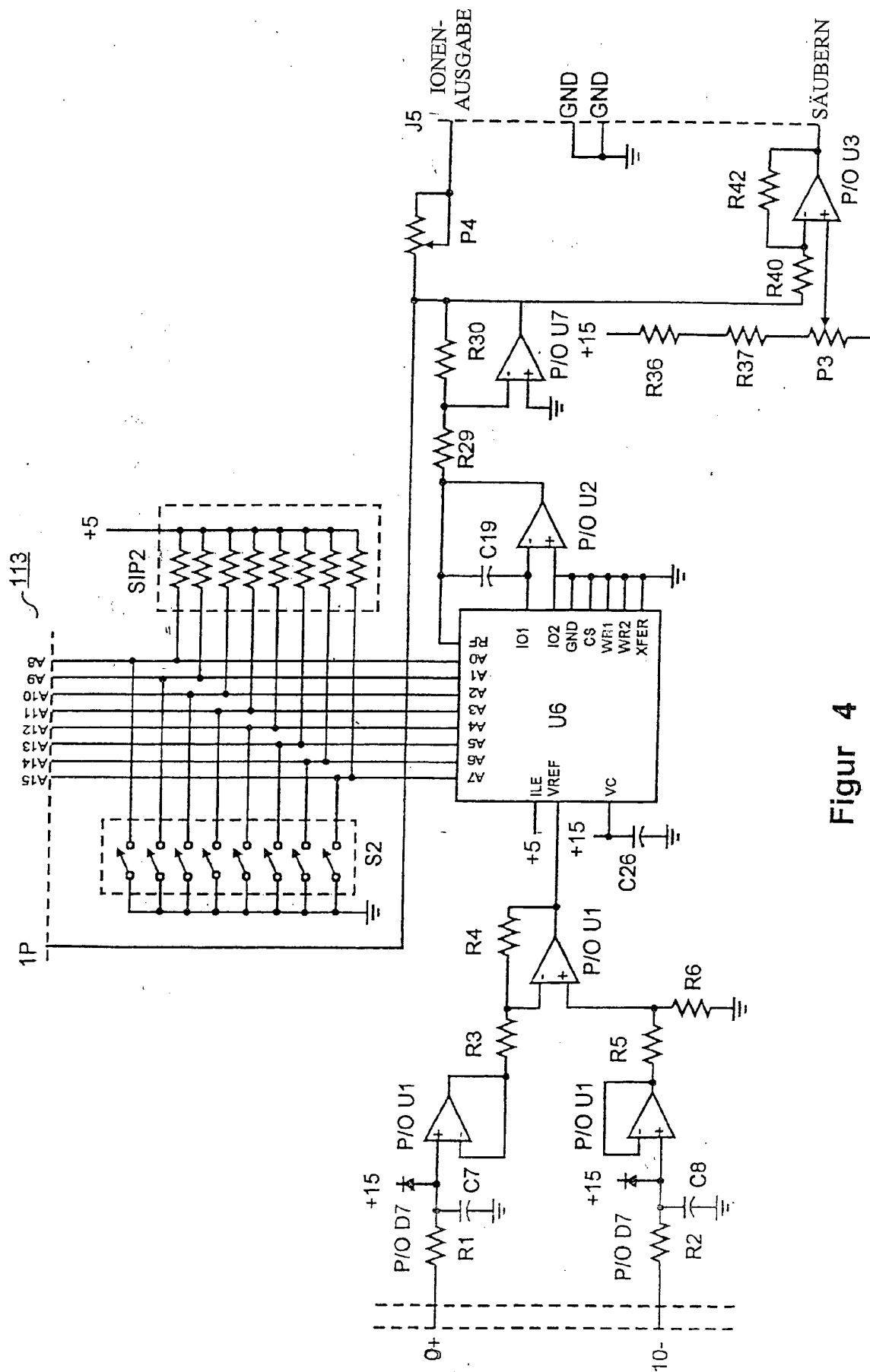
Figur 1C



Figur 2



Figur 3



Figur 4