



(11)

EP 4 216 381 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.07.2023 Patentblatt 2023/30

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01T 19/04^(2006.01) H01T 23/00^(2006.01)
H05F 3/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23150441.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01T 23/00; H01T 19/04; H05F 3/04

(22) Anmeldetag: **05.01.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Illinois Tool Works Inc.**
Glenview IL 60025 (US)

(72) Erfinder: **HECHT, Matthias**
Glenview, Illinois, 60025 (US)

(74) Vertreter: **Meissner Bolte Partnerschaft mbB**
Patentanwälte Rechtsanwälte
Postfach 10 26 05
86016 Augsburg (DE)

(30) Priorität: **19.01.2022 DE 102022101193**

(54) **IONISATOR UND VERFAHREN ZUM NEUTRALISIEREN VON LADUNGEN AUF OBERFLÄCHEN**

(57) Die Erfindung betrifft einen Ionisator (40) zum Neutralisieren von Ladungen auf Oberflächen, wobei der Ionisator (40) eine Wechselspannungsquelle (42) aufweist, die einen Ausgang aufweist, der eine Wellenform (130) mit einem einer positiven Halbwelle und mit einer negativen Halbwelle ausgibt. Der Ionisator (40) weist einen Transformator (44) mit einer Primärseite (43) und einer Sekundärseite (45), wobei die Primärseite mit dem Ausgang der Wechselspannungsquelle (42) elektrisch

verbunden oder verbindbar ist. Eine Elektrode (46) ist mit der Sekundärseite des Transformators (44) elektrisch verbunden oder verbindbar. Der Ionisator (40) weist eine Steuereinrichtung (48) zur Einstellung der Wellenform (130) auf, wobei die Steuereinrichtung dazu ausgebildet ist die Wellenform (130) derart zu kontrollieren, dass die positive und die negative Halbwelle asymmetrisch zueinander sind.

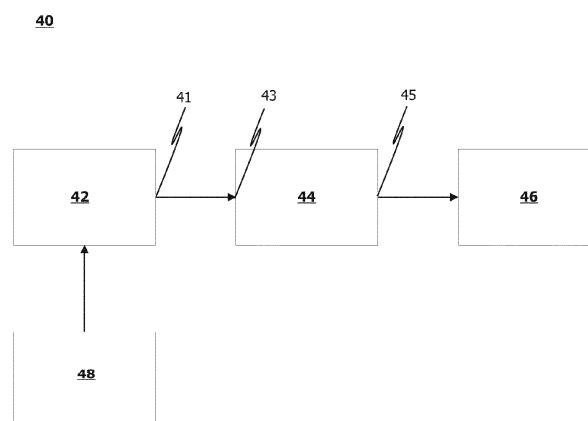


FIG. 3

EP 4 216 381 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Ionisator zum Neutralisieren von Ladungen auf Oberflächen, insbesondere einen auf Wechselspannung basierenden Ionisator. Nach einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Neutralisieren von Ladungen auf Oberflächen, insbesondere mit Wechselspannung.

[0002] Die Auf- und Entladung von Körpern mit statischer Elektrizität ist ein Phänomen, das in allen Industriebereichen vorkommen kann. Elektrostatische Aufladung entsteht insbesondere durch plötzliche Trennung zweier Grenzschichten, bei der Elektronen von einem Körper auf den anderen überspringen können. Wenn zwei Atome mit ihren Hüllen aufeinandertreffen, sich beispielsweise kurz berühren und dann schnell getrennt werden, springen Elektronen von einem Atom auf das Andere über. Dieser als Aufladung bezeichnete Vorgang bringt den neutralen Zustand der Atome aus dem Gleichgewicht. Es können negativ oder positiv geladene Oberfläche entstehen. Atome mit einem Überschuss an positiven oder negativen Ladungen versuchen stets in ihren neutralen Zustand zurückzukehren, z.B. durch Abstoßung der überschüssigen Ladung in einem Vorgang, welcher auch als "Entladung" bekannt ist.

[0003] Durch spontane und unkontrollierte Entladungen können erhebliche Probleme entstehen. Beispielsweise kann es zu einer Behinderung von Fertigungsprozessen kommen, insbesondere wenn Materialbahnen durch die elektrostatische Ladung ungewollt aneinanderhaften. Es gibt noch gravierendere Folgen: so können elektrische Geräte beschädigt werden, falls die Entladung über diese erfolgt. Schließlich kann es durch die unkontrollierte Entladung zu Bränden zu kommen, insbesondere bei der Verarbeitung von leicht entflammbaren Materialien.

[0004] Um die oben genannten Probleme zu vermeiden, muss eine kontrollierte Entladung sichergestellt werden. Entladevorrichtungen zum berührungslosen Abbauen von elektrostatischen Ladungen auf elektrisch isolierenden Materialien sind bekannt und werden in vielen Produktionsprozessen eingesetzt.

[0005] Beispielsweise betrifft die Druckschrift DE 19 710 984 C1 ein aktiver Ionisator bekannt, welcher durch an Emissionselektroden angelegte Hochspannung die sie umgebende Luft ionisieren, wobei die so erzeugten, freien Elektronen und Gasionen durch das elektrische Feld des aufgeladenen Materials angezogen werden, so dass sie zu dessen Neutralisation beitragen.

[0006] Die Ionisierung der Luft durch die Elektrode erfolgt bei den aus dem Stand der Technik bekannten Anordnungen gewöhnlich unabhängig vom Grad und/oder der Polarität der Materialaufladung auf der zu behandelnden Oberfläche. Dementsprechend ist es mit den aus dem Stand der Technik bekannten Anordnungen nicht oder nicht ohne weiteres möglich, Oberflächen mit Restladungen von +/-10V zu erzielen.

[0007] Auf Grundlage der oben genannten Problem-

stellung liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, einen Ionisator und ein Verfahren zum Neutralisieren von Ladungen auf Oberflächen anzugeben, mit welchen besonders geringe Restladungen, insbesondere unter +/- 10V erzielt werden können, ohne die Herstellungskosten zu erhöhen.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche 1 und 10 gelöst, wobei vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung in den entsprechenden, abhängigen Patentansprüchen angegeben sind.

[0009] Demgemäß betrifft die Erfindung einen Ionisator zum Neutralisieren von Ladungen auf Oberflächen, wobei der Ionisator eine Wechselspannungsquelle aufweist, die einen Ausgang umfasst, der eine Wellenform mit einer positiven Halbwelle und einer negativen Halbwelle ausgibt. Der Ionisator weist ferner einen Transformator mit einer Primärseite und einer Sekundärseite auf, wobei die Primärseite mit dem Ausgang der Wechselspannungsquelle elektrisch verbunden oder verbindbar ist. Der Ionisator weist eine Entladevorrichtung, die mit der Sekundärseite des Transformators elektrisch verbunden oder verbindbar ist, und eine Steuereinrichtung zur Einstellung der Wellenform auf. Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, die Wellenform derart zu kontrollieren, dass die positive und die negative Halbwelle asymmetrisch zueinander sind.

[0010] Durch die asymmetrische Einstellung der Wellenform auf der Primärseite des Transformators kann die Anzahl der erzeugten Ionen an der Elektrode auf einfache Weise auf die zu behandelnde Oberfläche angepasst werden. Insbesondere kann durch die asymmetrische Ausbildung der Wellenform, je nach Aufladung der Oberfläche, eine höhere Anzahl positiver Ionen oder negativer Ionen erzeugt werden. Dementsprechend kann die Menge an positiven und negativen Ionen, die durch die Wellenform an der mindestens einen Elektrode erzeugt werden, auf die statischen Ladungen der zu neutralisierenden Oberfläche angepasst werden. Zum Beispiel kann die Wellenform bei einem Überschuss an positiver, statischer Ladung auf der Oberfläche, derart verändert werden, dass an der Entladeelektrode mehr negative Ionen freigesetzt werden, um den Überschuss der positiven statischen Ladungen auf der Oberfläche zu kompensieren. Das Gegenteil ist der Fall, wenn ein Überschuss negativer Ladungen auf der Oberfläche zu kompensieren ist.

[0011] Durch die Bereitstellung einer asymmetrischen Wellenform auf der Primärseite des Transformators, kann auf eine Einstellung der Wellenform durch Hardware auf der Sekundärseite des Transformators verzichtet werden. Hierdurch ist der Einsatz zusätzlicher Hardware nicht notwendig. Auch bestehen keine hardwaretechnischen Grenzen zur Optimierung der Ionenbalance auf der zu behandelnden Oberfläche.

[0012] Insgesamt ermöglicht der erfindungsgemäße Ionisator eine besonders effiziente, aktive Neutralisierung von Oberflächenladungen, so dass Restladungen

im Bereich von unter +/-10 Volt erzielt werden können.

[0013] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinrichtung dazu ausgebildet, eine Amplitude der von der Wechselspannungsquelle bereitgestellten positiven Halbwelle und/oder der negativen Halbwelle zu reduzieren. Eine derartige Veränderung der Amplitude der positiven bzw. negativen Halbwelle ist eine besonders effektive Möglichkeit, um die erzeugten Ionen an der Elektrode zu steuern. Dies ist insbesondere deshalb der Fall, da Ionen an einer Elektrode typischerweise ab einem bestimmten Spannungswert erzeugt werden, beispielsweise 4 kV, wie dies später näher erläutert werden wird. Dementsprechend kann die Steuereinrichtung dazu ausgebildet sein die Amplitude der positiven Halbwelle dann zu reduzieren, wenn ein Überschuss an positiven Ladungen auf der Oberfläche vorhanden ist. Ähnlich verhält es sich bei der Reduzierung der Amplitude der negativen Halbwelle. Diese kann reduziert werden, wenn eine geringere Anzahl an negativen Ionen benötigt wird, beispielsweise wenn die zu behandelnde Oberfläche einen Überschuss an negativen Ladungsträgern aufweist.

[0014] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinrichtung dazu ausgebildet, einen Spannungsanstieg während der positiven und/oder der negativen Halbwelle zumindest bereichsweise abzuflachen. Mit anderen Worten kann die Steuereinrichtung dazu ausgebildet sein, eine der beiden Halbwellen gegenüber der anderen zu verlängern oder zu verkürzen. Durch einen derartigen, steileren oder flacheren Spannungsanstieg kann auf einfache Weise erreicht werden, dass die Amplitude der positiven und negativen Halbwelle unterschiedlich ist. Dabei wird die während der positiven und negativen Halbwelle verrichtete elektrische Arbeit, trotz der unterschiedlichen Amplitude, nicht verändert.

[0015] Nach einer weiteren Ausführungsform weist die Wechselspannungsquelle einen Wechselrichter auf der mit der Primärseite des Transformators verbunden oder verbindbar ist. Die Steuereinrichtung ist dabei dazu ausgebildet, die Wellenform durch Ansteuerung des Wechselrichters zu kontrollieren. In anderen Ausführungsformen kann die Steuereinrichtung jedoch dazu ausgebildet sein, eine als Netzgerät ausgebildete Wechselspannungsquelle direkt zu kontrollieren, so dass eine asymmetrische Wellenform ausgegeben wird.

[0016] Nach einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinrichtung dazu ausgebildet Oberflächenladungsdaten zu empfangen, welche kennzeichnend für die auf einer zu behandelnden Oberfläche befindlichen elektrischen Ladungen sind. Die Steuereinrichtung ist ferner dazu ausgebildet die Wellenform, auf Grundlage der Oberflächenladungsdaten, zu kontrollieren. Gemäß dieser Ausführungsform ist der Ionisator dynamisch auf die auf der zu behandelnden Oberfläche befindlichen elektrischen Ladungen anpassbar. Beispielsweise kann, bei einem Überschuss an positiven Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, die Wellenform derart verändert werden, dass eine Mehrzahl an negativen Ionen an der Elektrode erzeugt werden.

[0017] Die Oberflächenladungsdaten können eine oder mehrere der folgenden Daten aufweisen:

- Positiv-Ionen-Daten kennzeichnend für eine Menge positiver Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche;
- Negativ-Ionen-Daten kennzeichnend für eine Menge negativer Ladungen auf einer zu behandelnden Oberfläche.

[0018] Dabei können die Positiv-Ionen-Daten durch eine auf der Sekundärseite des Transformators angeordnete Messeinrichtung zum Messen der positiven Elektrizitätsmenge bestimmt und an die Steuereinrichtung übertragen werden. Die Negativ-Ionen-Daten können durch eine entsprechende Messeinrichtung, welche auf der Sekundärseite des Transformators angeordnet und dazu ausgelegt ist die Elektrizitätsmenge an negativen Ladungen zu ermitteln, bestimmt werden.

[0019] Nach einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinrichtung ausgebildet zum:

- Bestimmen einer Anzahl positiver Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, auf Grundlage der Positiv-Ionen-Daten;
- Bestimmen einer Anzahl negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, auf Grundlage der Negativ-Ionen-Daten;
- Bestimmen einer Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche;
- Kontrollieren der Wellenform auf Grundlage der Differenz zwischen positiven und negativen Ladungen.

[0020] Gemäß dieser Ausführungsform ist die Wellenform zur Erzeugung der Ionen genau auf die Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche anpassbar, so dass ein besonders geringer Restladungswert erzielbar ist.

[0021] Nach einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinrichtung ausgebildet zum:

- Vergleichen der Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche mit einem ersten Grenzwert;
- Reduzieren der Amplitude der positiven Halbwellen der Wellenform, sofern die Differenz den ersten Grenzwert übersteigt.

[0022] Nach einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinrichtung ausgebildet zum:

- Vergleichen der Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche mit einem zweiten Grenzwert;
- Reduzieren der Amplitude der negativen Halbwellen der Wellenform, sofern die Differenz den zweiten Grenzwert unterschreitet.

[0023] Gemäß den oben genannten Ausführungsformen wird die negative bzw. die positive Halbwelle der Wellenform nur dann verändert, soweit die Differenz zwischen den positiven und negativen Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche einen bestimmten Grenzwert übersteigt/unterschreitet. Somit ist eine Anpassung der Wellenform nur bei signifikanten Ladungsunterschieden auf der Oberfläche notwendig, was zu einer schonenderen Verwendung der Elektrode führen kann.

[0024] Nach einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Neutralisieren von Ladungen auf Oberflächen, wobei das Verfahren folgendes aufweist:

- Bereitstellen einer Wechselspannung, welche eine Wellenform mit einer positiven Halbwelle und mit einer negativen Halbwelle aufweist;
- Änderung der bereitgestellten Wechselspannung in eine Eingangsspannung derart, dass die Eingangsspannung eine positive und eine negative Halbwelle aufweist, die asymmetrisch zueinander sind;
- Umwandeln der Eingangsspannung in eine Ausgangsspannung mit Hilfe eines Transformators;
- Anlegen der Ausgangsspannung an einer Entladevorrichtung.

[0025] Nach einer weiteren Ausführungsform umfasst das Ändern der bereitgestellten Wechselspannung eine Reduzierung der Amplitude der bereitgestellten positiven Halbwelle und/oder der negativen Halbwelle.

[0026] Nach einer weiteren Ausführungsform umfasst das Ändern der bereitgestellten Wechselspannung, zumindest bereichsweise, ein Abflachen eines Spannungsanstiegs während der positiven und/oder der negativen Halbwelle.

[0027] Nach einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren ferner folgendes auf:

- Empfangen von Oberflächenladungsdaten, welche kennzeichnend für die auf einer zu behandelnden Oberfläche befindlichen elektrischen Ladungen sind;
- Änderung der bereitgestellten Wellenform auf Grundlage der Oberflächenladungsdaten.

[0028] Nach einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren ferner folgendes auf:

- Bestimmen einer Anzahl positiver Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, auf Grundlage der Positiv-Ionen-Daten;
- Bestimmen einer Anzahl negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, auf Grundlage der Negativ-Ionen-Daten;
- Bestimmen einer Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche;
- Ändern der bereitgestellten Wellenform auf Grund-

lage der Differenz zwischen positiven und negativen Ladungen.

[0029] Nach einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren ferner folgendes auf:

- Vergleichen der Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche mit einem ersten Grenzwert und/oder einem zweiten Grenzwert;
- Reduzieren der Amplitude der positiven Halbwellen der Wellenform, sofern die Differenz den ersten Grenzwert übersteigt oder Reduzieren der Amplitude der negativen Halbwellen der Wellenform, sofern die Differenz den zweiten Grenzwert unterschreitet.

[0030] Nachfolgend werden exemplarische Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Ionisators sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens, unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen, näher beschrieben.

[0031] Es zeigen:

FIG. 1 eine schematische Ansicht einer Entladevorrichtung sowie einer zu behandelnden Oberfläche;

FIG. 2 eine schematische Ansicht einer im Wesentlichen symmetrischen Wellenform;

FIG. 3 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels des Ionisators gemäß der vorliegenden Erfindung;

FIG. 4 eine schematische Ansicht einer ersten Wellenform, bei der die Amplitude der positiven Halbwelle verringert wurde; und

FIG. 5 eine schematische Ansicht einer Wellenform bei der die Amplitude der negativen Halbwelle verringert wurde.

[0032] Identische Bezugszeichen beziehen sich auf gleiche oder ähnlich ausgebildete Elemente oder Merkmale in den hier dargestellten FIGs.

[0033] FIG. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Entladungsanordnung 18 sowie einer zu behandelnden Oberfläche 10. Bei der zu behandelnden Oberfläche 10 kann es sich beispielsweise um eine Materialbahn handeln, welche in Rollen (hier nicht gezeigt) auf- und abgewickelt wird. Beim Auf- und Abwickeln von Materialbahnen aus derartigen Rollen kommt es zu einer Trennung von dünnen Materialsichten voneinander, wodurch eine Aufladung der Oberfläche 10 entstehen kann. In der hier dargestellten FIG. 1 haben sich hierdurch auf der Materialbahn 10 beispielsweise positive Ladungen 12 und negative Ladungen 14 angesammelt.

[0034] Wie oben bereits erwähnt, kann es durch die auf der Oberfläche 10 vorhandenen Ladungen zu einer

Behinderung des Fertigungsprozesses bis hin zu Bränden kommen. Um eine derartige Entladung zu verhindern ist in der FIG. 1 eine Entladungs Vorrichtung 18 dargestellt, welche Teil eines Ionisators (nicht komplett dargestellt) sein kann. Die Entladungs Vorrichtung 18 ist stabförmig ausgebildet und weist eine Vielzahl von Entladeelektroden 20 auf. Jede dieser Entladeelektroden 20 wird mit Hochspannung versorgt, so dass an der als Spitze ausgeformten Elektroden 20 ein starkes elektrisches Feld entsteht, durch welches positive bzw. negative Ionen freigesetzt werden können. Derart freigesetzte Ionen werden als Ionenwolke auf die Materialbahn abgegeben, um die Ladungen 12, 14 zu neutralisieren. Die als Materialbahn dargestellte Oberfläche 10 kann sich beispielsweise in Richtung des Pfeils 22 gegenüber der stationären Entladungs Vorrichtung 18 bewegen.

[0035] Die Erfindung ist nicht auf eine bestimmte Anzahl von Entladeelektroden oder Entladungs Vorrichtungen beschränkt. Vielmehr kann der Ionisator der vorliegenden Erfindung eine beliebige Anzahl an Entladeelektroden aufweisen. In anderen Ausführungsformen weist die Entladungs Vorrichtung, anstatt oder zusätzlich zu den Entladeelektroden, Blasköpfe oder Rotationsdüsen auf, die mit der Wechselspannungsquelle des Ionisators verbunden sind.

[0036] Wie dies der FIG. 1 ferner zu entnehmen ist, besteht auf der Oberfläche 10 der Materialbahn ein Ungleichgewicht an positiven und negativen Ladungen 12, 14. Insbesondere ist in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ein Überschuss an positiven Ladungsträgern beispielhaft gezeigt. Zur Erfassung der positiven und negativen Ladungen 12, 14 können diese insbesondere vor Inbetriebnahme des Ionisators gemessen werden. Dieser Ausführungsvariante liegt die Überlegung zu Grunde, dass sich der Anteil an positiven und negativen Ladungen in einem etablierten Fertigungsprozess nur unwesentlich ändert und somit eine einmalige Kalibrierung bei Inbetriebnahme des Ionisators in Regel ausreicht.

[0037] Alternativ kann eine nicht dargestellte Sensorvorrichtung vorgesehen sein, welche fortlaufend oder zu vorgegebenen Zeitpunkten die Oberflächenladung erfasst und diese an eine Sperrvorrichtung kommuniziert. Hierzu können insbesondere "Feldmühlen-Sensoren" bzw. "piezoelektrische Feldsensoren" verwendet werden, welche derart gegenüber der zu entladenden Oberfläche 10 ausgerichtet sind, sodass eine Messung des elektrostatischen Felds der Oberfläche 10 über den physikalischen Effekt "Aufladung durch Influenz" ermöglicht wird.

[0038] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Art und Menge an positiven und negativen Ionen, welche von der Entladungs Vorrichtung 18 abgegeben wird, schnell und einfach verändert werden. Dementsprechend kann der Ionisator der vorliegenden Erfindung auf einen Überschuss an positiven und/oder negativen Ladungen 12, 14 entsprechend angepasst werden.

[0039] Bei der in FIG. 1 gezeigten Entladungs Vorrichtung

handelt es sich um eine Entladungs Vorrichtung, welche vorzugsweise mit einer Wechselspannung gespeist wird. Eine aus dem Stand der Technik bekannte Wellenform 30 einer Wechselspannung, die zur Versorgung der Entladungs Vorrichtung 18 verwendet werden kann, ist in FIG. 2 gezeigt. Die Wellenform 30 aus FIG. 2 ist eine symmetrische Wellenform, das heißt die positiven Halbwellen 32, 34, 36 sind achsensymmetrisch mit den negativen Halbwellen 38, 40. Selbstverständlich ist eine Verschiebung zwischen den positiven und negativen Halbwellen 32, 34, 36, 38, 40 um $\pi/2$ zu beachten. Dementsprechend ist in dieser Beschreibung mit der Formulierung "symmetrisch" gemeint, dass die positiven und negativen Halbwellen eine im Wesentlichen identische Amplitude, Breite und Steigung aufweisen.

[0040] Die in der FIG. 2 gezeigten positiven Halbwellen 32, 34, 36 der Wellenform 30 haben eine Amplitude 42 von ca. 7 kV. Die negativen Halbwellen 38, 40 der Wellenform 30 haben eine Amplitude 44 von ca. -7 kV. Wird eine derartige Wellenform 30 an einer Entladungs Vorrichtung 18 gemäß FIG. 1 angelegt, so kommt es zu einer im Wesentlichen gleichmäßigen Produktion von negativen und positiven Ionen an der Entladungs Vorrichtung 18. Zwar ist auch mit einer derartigen Wellenform 30 eine aktive Entladung der zu behandelnden Oberfläche zu erreichen, welche effektiver als die Entladung durch passive Entladungs Vorrichtungen ist, jedoch können besonders geringe Restladungen von unter +/- 10 V durch eine derartige Ansteuerung in der Regel nicht erzielt werden.

[0041] FIG. 3 zeigt eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines Ionisators gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Ionisator 40 weist eine Wechselspannungsquelle 42 auf. Die Wechselspannungsquelle 42 weist einen Ausgang 41 auf, der eine Wellenform mit einer positiven Halbwelle und einer negativen Halbwelle ausgibt. Ein Transformator 44 weist eine Primärseite 43 auf, welche mit dem Ausgang der Wechselspannungsquelle elektrisch verbunden oder verbindbar ist. Der Transformator 44 weist ferner eine Sekundärseite 45 auf die mit einer Elektrode 46 (wie beispielsweise eine der Elektroden 20 in FIG. 1) elektrisch verbunden oder verbindbar ist.

[0042] Der Ionisator 40 weist ferner eine Steuereinrichtung 48 zur Einstellung der Wellenform auf. Insbesondere ist die Steuereinrichtung dazu ausgebildet, die Wellenform auf der Primärseite des Transformators zu kontrollieren. In der Ausführungsform gemäß FIG. 3 ist die Steuereinrichtung hierzu mit der Wechselspannungsquelle 42 verbunden. Dementsprechend bestimmt die Steuereinrichtung 48 die am Ausgang der Wechselspannungsquelle bereitgestellte Wellenform direkt.

[0043] In einem Ausführungsbeispiel kann die Wechselspannungsquelle 42 einen Wechselrichter aufweisen, welcher durch die Steuereinrichtung 48 kontrollierbar ist.

[0044] Der Wechselrichter kann eine zum Betreiben der Wechselspannungsquelle 42 bereitgestellte Gleichspannung (nicht gezeigt) in eine Wechselspannung mit verschiedenen Wellenformen konvertieren. Die Steuer-

einrichtung 48 ist dabei dazu ausgebildet zu kontrollieren, welche Wellenform durch den Wechselrichter erzeugt wird.

[0045] In einer alternativen Ausführungsform kann es sich bei der Wechselspannungsquelle um ein Netzgerät handeln, welches mit einer Wechselspannung betrieben wird, wobei die Steuereinrichtung 48 dann dazu ausgelegt ist das Netzgerät derart zu kontrollieren, dass eine Modifikation, der am Eingang der Wechselspannungsquelle 42 anliegenden Wechselspannung kontrollierbar ist. Somit ist auch in dieser Ausführungsform die am Ausgang 41 der Wechselspannungsquelle 42 bereitgestellte Wellenform durch die Steuereinrichtung 48 einstellbar.

[0046] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Steuereinrichtung dazu ausgebildet, die Wellenform derart zu kontrollieren, dass die positive und die negative Halbwelle asymmetrisch zueinander sind. Insbesondere kann die Steuereinrichtung 48 dabei dazu ausgebildet sein, die Amplitude und/oder den Anstieg/Abfall der positiven und negativen Halbwellen zu verändern, so dass eine asymmetrische Wellenform gebildet wird. Beispiele derartig veränderter, asymmetrischer Wellenformen sind den FIGs. 4 und 5 zu entnehmen.

[0047] Die Steuereinrichtung 48 ist dazu ausgebildet, die Wellenform am Ausgang der Wechselspannungsquelle 42 auf Grundlage der Oberflächenladungsdaten zu kontrollieren. Insbesondere kann die Steuereinrichtung eine Wellenform gemäß Figur 4 einstellen, falls Oberflächenladungsmessungen auf einen Überschuss an positiven Ladungsträgern auf der Oberfläche hinweisen. Bei einem Überschuss an negativen Ladungsträgern auf der zu behandelnden Oberfläche, kann die Steuereinrichtung 48 eine Wellenform im Sinne der Figur 5 einstellen.

[0048] Die Steuereinrichtung 48 kann dazu ausgebildet sein, eine Differenz der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der Oberfläche anhand von Oberflächenladungsdaten zu bestimmen. Die Differenz kann beispielsweise ein positiver Wert sein, wenn ein Überschuss an positiven Ladungsträgern vorhanden ist. Entsprechende kann ein negativer Differenzwert auf einen Überschuss an negativen Ladungsträgern auf der Oberfläche hinweisen. Ein Differenzwert von im Wesentlichen null, deutet auf eine im Wesentlichen neutral geladene Oberfläche hin.

[0049] Die Steuereinrichtung kann die Wellenform auf Basis dieser Differenz kontrollieren. Dabei kann die Steuereinrichtung 48 dazu ausgebildet sein, die Differenz der Ladungsträger auf der zu behandelnden Oberfläche mit einem oder mehreren Grenzwerten zu vergleichen. In einem ersten Beispiel, kann die Steuereinrichtung 48 dazu ausgebildet sein, den Differenzwert mit einem ersten Grenzwert zu vergleichen. Der erste Grenzwert kann ein positiver Grenzwert sein. Sollte die Differenz positiv sein (Überschuss positiver Ladungsträger) und über dem Grenzwert liegen, so kann die Steuereinrichtung 48 die Amplitude der positiven Halbwelle der Wellenform reduzieren, wie dies bspw. in Fig. 4 gezeigt ist.

[0050] Die Steuereinrichtung 48 kann dazu ausgebildet sein, den Differenzwert mit einem zweiten Grenzwert zu vergleichen. Der zweite Grenzwert kann ein negativer Grenzwert sein. Sollte der Differenzwert negativ sein (Überschuss negativer Ladungsträger) und unter dem zweiten Grenzwert liegen, so kann die Steuereinrichtung 48 die Amplitude der negativen Halbwelle der Wellenform reduzieren, wie dies bspw. in Fig. 5 gezeigt ist.

[0051] Der Vergleich der Differenz von Ladungsträgern auf der zu behandelnden Oberfläche mit einem oder mehreren Grenzwerten hat den Vorteil, dass eine Änderung der durch die Elektrode des Ionisators freigegebenen Ionen (d.h. eine Änderung der Wellenform) nur dann vorgenommen wird, wenn signifikante Ladungsunterschiede auf der Oberfläche ermittelt wurden.

[0052] FIG. 4 zeigt ein Beispiel einer Wellenform 130, wie diese beispielsweise gemäß der vorliegenden Erfindung auf der Sekundärseite 45 des Transformators 44 ausgegeben werden kann. Es sei darauf hingewiesen, dass gemäß der Ausführungsform in FIG. 3 die Wellenform bereits am Ausgang der Wechselspannungsquelle in der hier gezeigten Form bereitgestellt wird. Lediglich die Amplitude der Wellenform 130 ist gegenüber des am Ausgang der Wechselspannungsquelle bereitgestellten Signals durch den Transformator 44 erhöht, wie dies hinlänglich bekannt ist.

[0053] Die Wellenform 130 der FIG. 4 ist eine Wellenform, bei der die positiven Halbwellen 132, 134, 136 in ihrer Amplitude reduziert wurden, im Vergleich zu den negativen Halbwellen 138, 140. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn die auf der zu behandelnden Oberfläche befindlichen Ladungen einen Überschuss an positiven Ladungen aufweisen. Im Vergleich zu der in der FIG. 2 dargestellten, symmetrischen Wellenform 30 sind die negativen Halbwellen 138, 140 im Wesentlichen nicht verändert. Diese weisen auch weiterhin eine Amplitude 144 von ca. 7 kV auf. Lediglich die Amplitude der positiven Halbwellen 132, 134, 136 der Wellenform 130 ist gegenüber der Amplitude 44 der Wellenform 30 reduziert. Insbesondere ist die positive Amplitude 142 der Wellenform 130 auf ca. 5,5 kV reduziert, wodurch weniger positive Ionen an den Elektroden des Ionisators erzeugt werden, im Vergleich zu den negativen Ionen. Dies ist deshalb der Fall, da Ionen an den als Spitzen ausgebildeten Elektroden der Entladungsvorrichtung typischerweise erst ab einer Grenzspannung produziert werden.

[0054] Im Beispiel gemäß der FIG. 4 ist eine beispielhafte Grenzspannung von 4 kV durch die schraffiert dargestellten Entladungsspannungsbereiche 150, 152, 154 auf den positiven Halbwellen 132, 134, 136 sowie die Entladungsspannungsbereiche 156, 158 der negativen Halbwellen 138, 140 dargestellt. Selbstverständlich ist die Grenzspannung insbesondere auch von der Anordnung der Entladungselektroden abhängig und kann somit stark variieren. Wie direkt zu erkennen ist, sind die Flächen der Entladungsbereiche 150, 152, 154 der positiven Halbwellen 132, 134, 136 wesentlich kleiner als

die Flächen der Entladungsbereiche 156, 158 der negativen Halbwellen 138, 140. In anderen Worten wird ein größerer Anteil der durch die negativen Halbwellen 138, 140 erzeugten elektrischen Arbeit zur Produktion von negativen Ionen verwendet, als dies bei den positiven Halbwellen 132, 134, 136 der Fall ist.

[0055] Ein Anpassen der Amplitude, insbesondere eine Reduzierung der Amplitude, der positiven Halbwellen 132, 134, 136 wird gemäß der FIG. 4 durch ein Abflachen der Steigung der positiven Halbwellen 132, 134, 136 erzielt. Mit anderen Worten ist insbesondere der Anstieg der Spannung bei den positiven Halbwellen 132, 134, 136 der Wellenform 130 langsamer als es bei den negativen Halbwellen 138, 140 der Fall ist. Somit ist die durch die positiven und negativen Halbwellen verrichtete elektrische Arbeit zwar im Wesentlichen identisch, jedoch wird durch den langsameren Anstieg und die damit verbundene Verbreiterung/Verlängerung der positiven Halbwellen 132, 134, 136 eine Verringerung der Amplitude 142 der positiven Halbwellen 132, 134, 136 erzielt.

[0056] Eine weitere Ausführungsform einer Wellenform gemäß der vorliegenden Erfindung ist in FIG. 5 dargestellt. Die Wellenform 230 in FIG. 5 entspricht im Wesentlichen der in der FIG. 4 dargestellten Wellenform 130, wobei diese jedoch um die Nullachse gespiegelt ist. Dementsprechend ist auch die Wellenform 230 gemäß der FIG. 5 asymmetrisch. Im Gegensatz zu der Wellenform 130 aus FIG. 4 ist bei der Wellenform 230 der FIG. 5 nicht die Amplitude 242 der positiven Halbwellen 232, 234, 236 reduziert. Vielmehr ist bei der Wellenform 230 nun die Amplitude 244 der negativen Halbwellen 238, 240 reduziert.

[0057] Ähnlich wie bei der Wellenform gemäß FIG. 4 wird die Reduzierung der Amplitude 244 der negativen Halbwellen 238, 240 gemäß der FIG. 5 durch eine Verringerung der Steigung der negativen Halbwellen 238, 240 erzielt. Die daraus resultierende Amplitude 244 der negativen Halbwellen 238, 240 kann dabei einen Wert von etwa -5,5 kV aufweisen, wobei die positive Amplitude 242 der positiven Halbwellen 232, 234, 236 einen Wert von ca. 7 kV aufweist.

[0058] Wie bereits im Hinblick auf die FIG. 4 beschrieben, weisen auch die Entladungsspannungsbereiche 250, 252, 254 der positiven Halbwellen 232, 234, 236 eine entsprechend größere Fläche auf, als dies bei den Entladungsspannungsbereichen 256, 258 der negativen Halbwellen 238, 240 der Fall ist. Es folgt daraus, dass eine Wellenform 230, mit negativen Halbwellen mit reduzierter Amplitude, insbesondere zur Behandlung von Oberflächen eingesetzt wird, bei denen ein Überschuss an negativen Ladungsträgern festgestellt wird.

[0059] Die Erfindung ist nicht auf die in den Zeichnungen gezeigten Ausführungsformen beschränkt, sondern ergibt sich aus einer Zusammenschau sämtlicher hierin offenbarer Merkmale.

Patentansprüche

1. Ein Ionisator (40) zum Neutralisieren von Ladungen auf Oberflächen, wobei der Ionisator (40) folgendes aufweist:

- eine Wechselspannungsquelle (42), die einen Ausgang aufweist, der eine Wellenform (130) mit einer positiven Halbwellenform und mit einer negativen Halbwellenform ausgibt;
- einen Transformator mit einer Primärseite (43) und einer Sekundärseite (45), wobei die Primärseite (43) mit dem Ausgang der Wechselspannungsquelle (42) elektrisch verbunden oder verbindbar ist;
- eine Entladevorrichtung, die mit der Sekundärseite (45) des Transformators elektrisch verbunden oder verbindbar ist;
- eine Steuereinrichtung (48) zur Einstellung der Wellenform (130),

wobei die Steuereinrichtung (48) dazu ausgebildet ist die Wellenform (130) derart zu kontrollieren, dass die positive und die negative Halbwellenform (132, 134, 136, 138, 140) asymmetrisch zueinander sind.

2. Der Ionisator (40) nach Anspruch 1, wobei die Steuereinrichtung (48) dazu ausgebildet ist, eine Amplitude der von der Wechselspannungsquelle (42) bereitgestellten positiven Halbwellenform (132, 134, 136) und/oder der negativen Halbwellenform (138, 140) zu reduzieren.

3. Der Ionisator (40) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Steuereinrichtung (48) dazu ausgebildet ist einen Spannungsanstieg während der positiven und/oder der negativen Halbwellenform (132, 134, 136, 138, 140) zumindest bereichsweise abzufachen.

4. Der Ionisator (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Wechselspannungsquelle (42) einen Wechselrichter aufweist, mit der Primärseite (43) des Transformators verbunden oder verbindbar ist, wobei die Steuereinrichtung (48) dazu ausgebildet ist, die Wellenform (130) durch Ansteuerung des Wechselrichters zu kontrollieren.

5. Der Ionisator (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Steuereinrichtung (48) ausgebildet ist zum:

- Empfangen von Oberflächenladungsdaten, welche kennzeichnend für die auf einer zu behandelnden Oberfläche befindlichen elektrischen Ladungen sind;
- Kontrollieren der Wellenform (130) auf Grundlage der Oberflächenladungsdaten.

6. Der Ionisator (40) nach Anspruch 5, wobei die Oberflächenladungsdaten eine oder mehrere der folgenden Daten aufweist:

- Positiv-Ionen-Daten kennzeichnend für eine Menge positiver Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche; 5
- Negativ-Ionen-Daten kennzeichnend für eine Menge negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche. 10

7. Der Ionisator (40) nach Anspruch 6, wobei die Steuereinrichtung (48) ausgebildet ist zum:

- Bestimmen einer Anzahl positiver Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, auf Grundlage der Positiv-Ionen-Daten; 15
- Bestimmen einer Anzahl negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, auf Grundlage der Negativ-Ionen-Daten; 20
- Bestimmen einer Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche; 25
- Kontrollieren der Wellenform (130) auf Grundlage der Differenz zwischen positiven und negativen Ladungen.

8. Der Ionisator (40) nach Anspruch 7, wobei die Steuereinrichtung (48) ausgebildet ist zum: 30

- Vergleichen der Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche mit einem ersten Grenzwert; 35
- Reduzieren der Amplitude der positiven Halbwelle (132, 134, 136) der Wellenform (130), sofern die Differenz den ersten Grenzwert übersteigt. 40

9. Der Ionisator (40) nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Steuereinrichtung (48) ausgebildet ist zum: 45

- Vergleichen der Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche mit einem zweiten Grenzwert; 50
- Reduzieren der Amplitude der negativen Halbwelle (138, 140) der Wellenform (130), sofern die Differenz den zweiten Grenzwert unterschreitet.

10. Verfahren zum Neutralisieren von Ladungen auf Oberflächen, das Verfahren folgendes aufweist: 55

- Bereitstellen einer Wechselspannung, welche

eine Wellenform (130) mit einer positiven Halbwelle (132, 134, 136) und mit einer negativen Halbwelle (138, 140) aufweist;

- Änderung der bereitgestellten Wechselspannung in eine Eingangsspannung derart, dass die Eingangsspannung eine positive und eine negative Halbwelle (132, 134, 136, 138, 140) aufweist, die asymmetrisch zueinander sind;
- Umwandeln der Eingangsspannung in eine Ausgangsspannung mit Hilfe eines Transformators;
- Anlegen der Ausgangsspannung an einer Entladevorrichtung.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Ändern der bereitgestellten Wechselspannung eine Reduzierung der Amplitude der bereitgestellten positiven Halbwelle und/oder der negativen Halbwelle zu umfasst. 15

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei das Ändern der bereitgestellten Wechselspannung, zumindest bereichsweise, ein Abflachen eines Spannungsanstiegs während der positiven und/oder der negativen Halbwelle (132, 134, 136, 138, 140) umfasst. 20

13. Verfahren nach Anspruch 10 bis 12, wobei das Verfahren ferner folgendes aufweist: 25

- Empfangen von Oberflächenladungsdaten, welche kennzeichnend für die auf einer zu behandelnden Oberfläche befindlichen elektrischen Ladungen sind; 30
- Änderung der bereitgestellten Wellenform (130) auf Grundlage der Oberflächenladungsdaten.

14. Verfahren nach Anspruch 10 bis 13, wobei das Verfahren ferner folgendes aufweist: 40

- Bestimmen einer Anzahl positiver Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, auf Grundlage der Positiv-Ionen-Daten; 45
- Bestimmen einer Anzahl negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche, auf Grundlage der Negativ-Ionen-Daten;
- Bestimmen einer Differenz zwischen der Anzahl positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche; 50
- Ändern der bereitgestellten Wellenform (130) auf Grundlage der Differenz zwischen positiven und negativen Ladungen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Verfahren ferner folgendes aufweist: 55

- Vergleichen der Differenz zwischen der Anzahl

positiver und negativer Ladungen auf der zu behandelnden Oberfläche mit einem ersten Grenzwert und/oder einem zweiten Grenzwert;

- Reduzieren der Amplitude der positiven Halbwellen der Wellenform (130), sofern die Differenz den ersten Grenzwert übersteigt oder Reduzieren der Amplitude der negativen Halbwellen der Wellenform (130), sofern die Differenz den zweiten Grenzwert unterschreitet.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

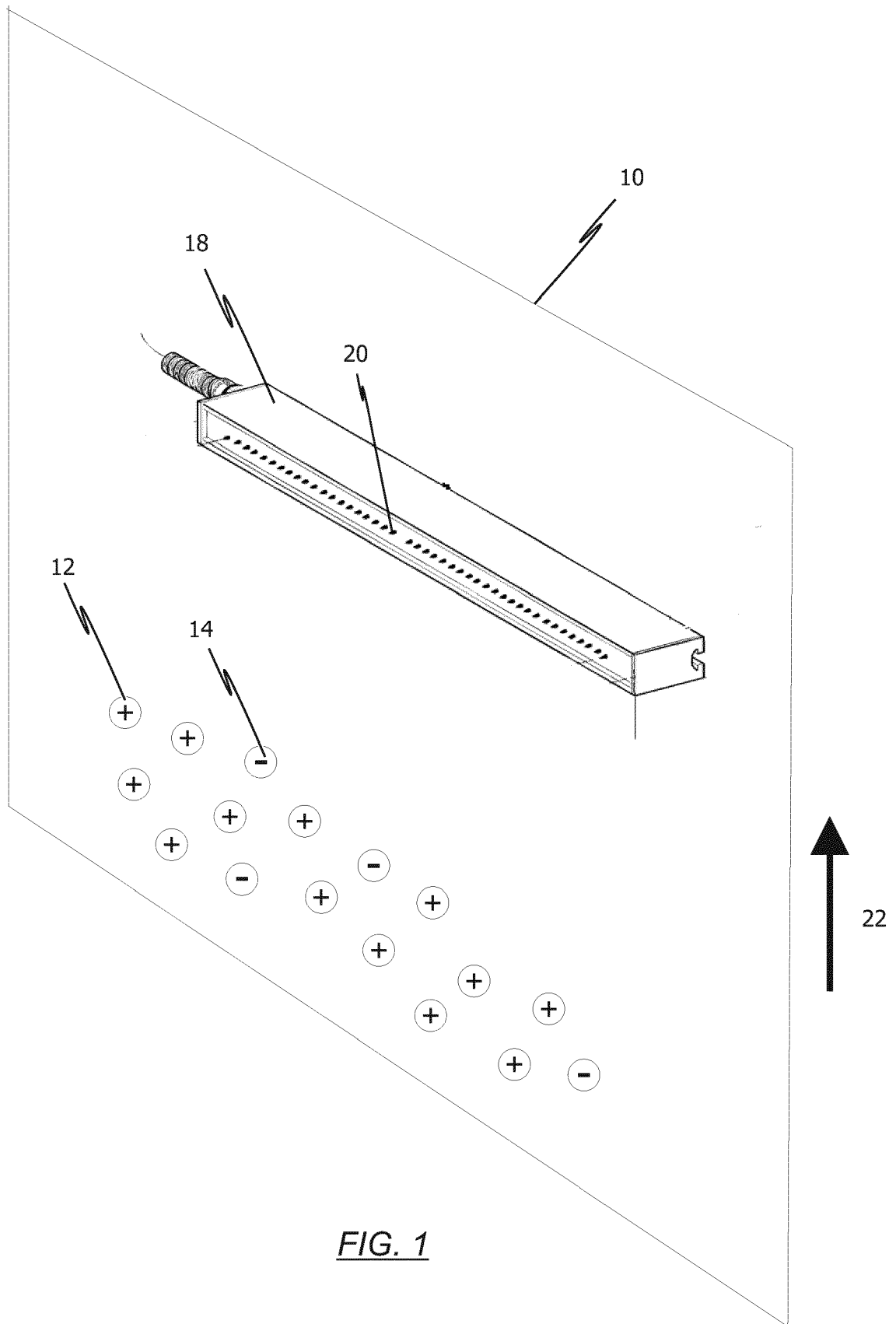


FIG. 1

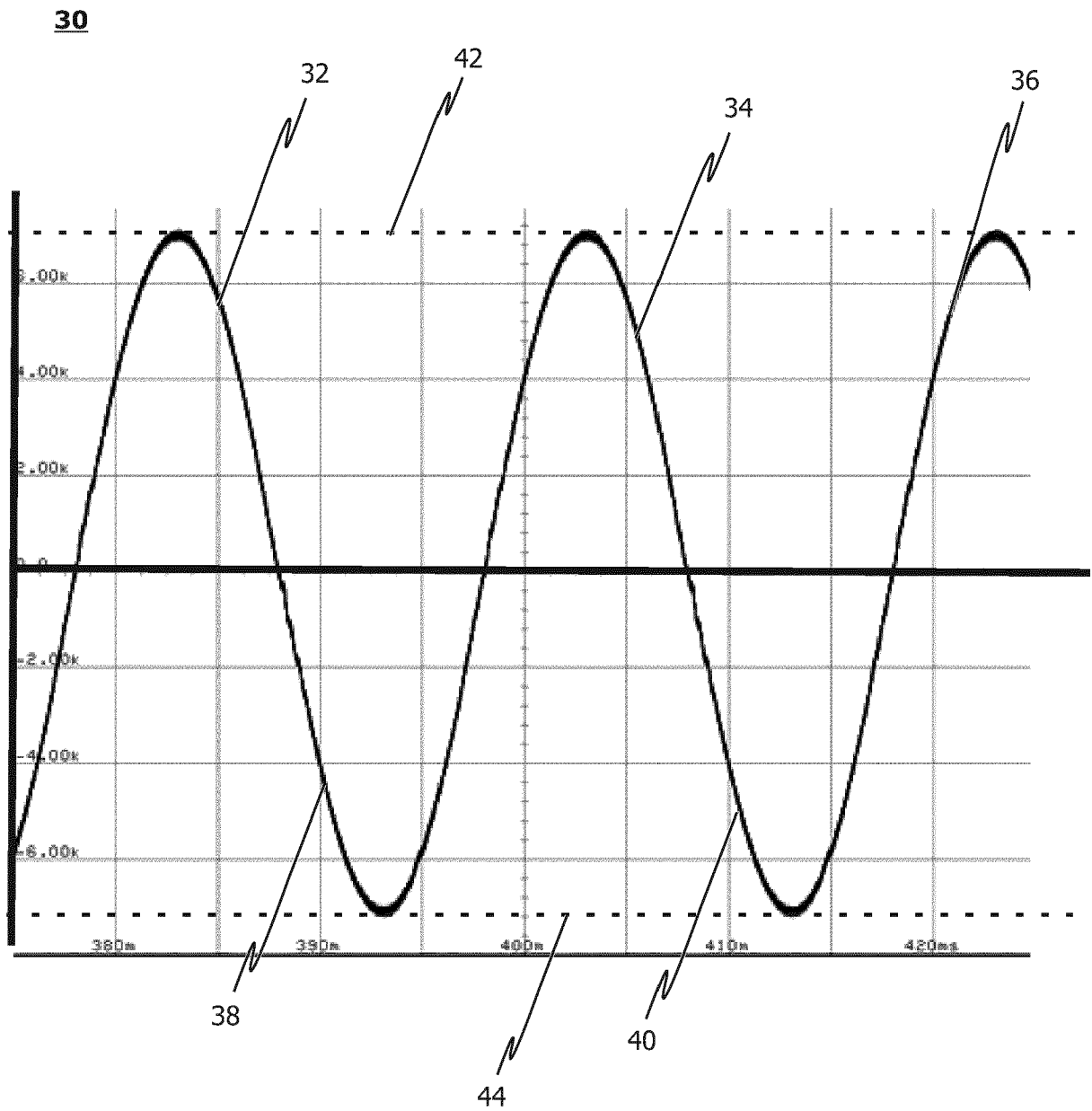


FIG. 2

40

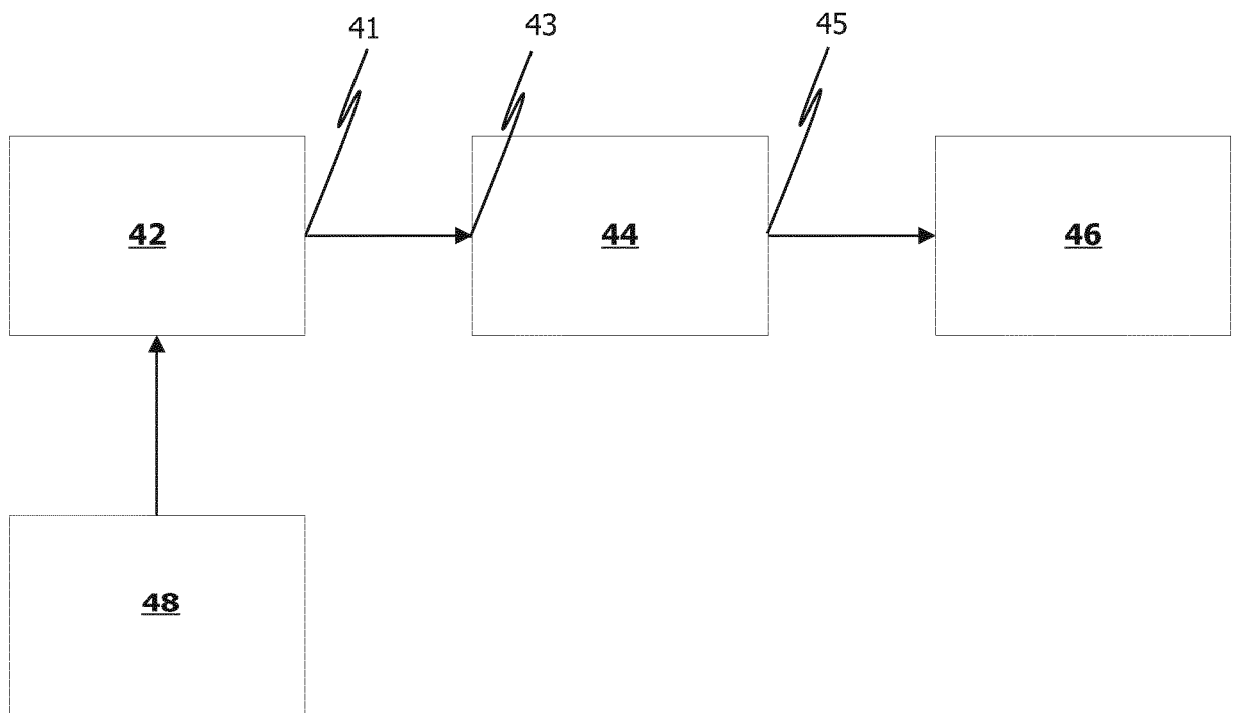


FIG. 3

130

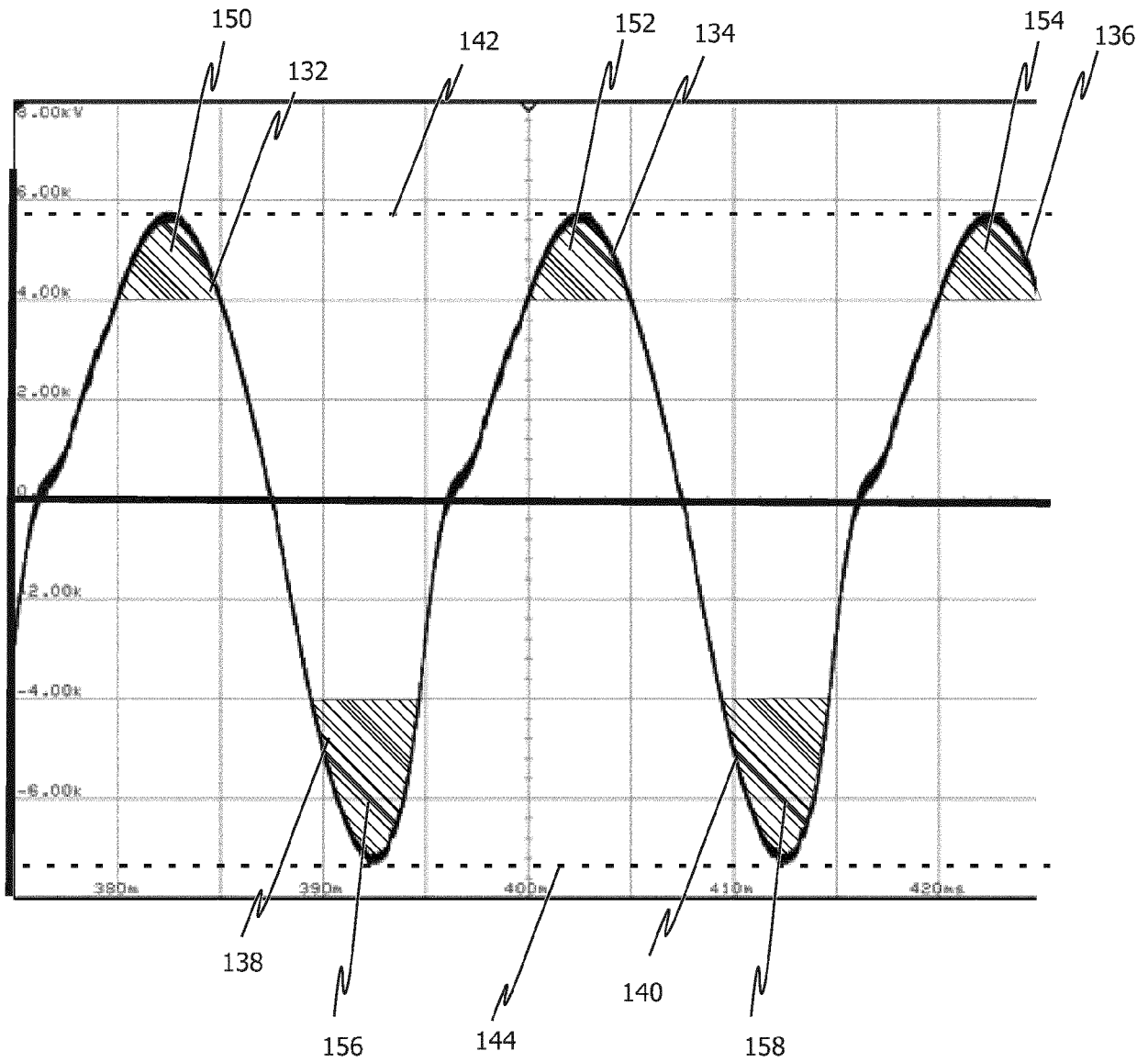


FIG. 4

230

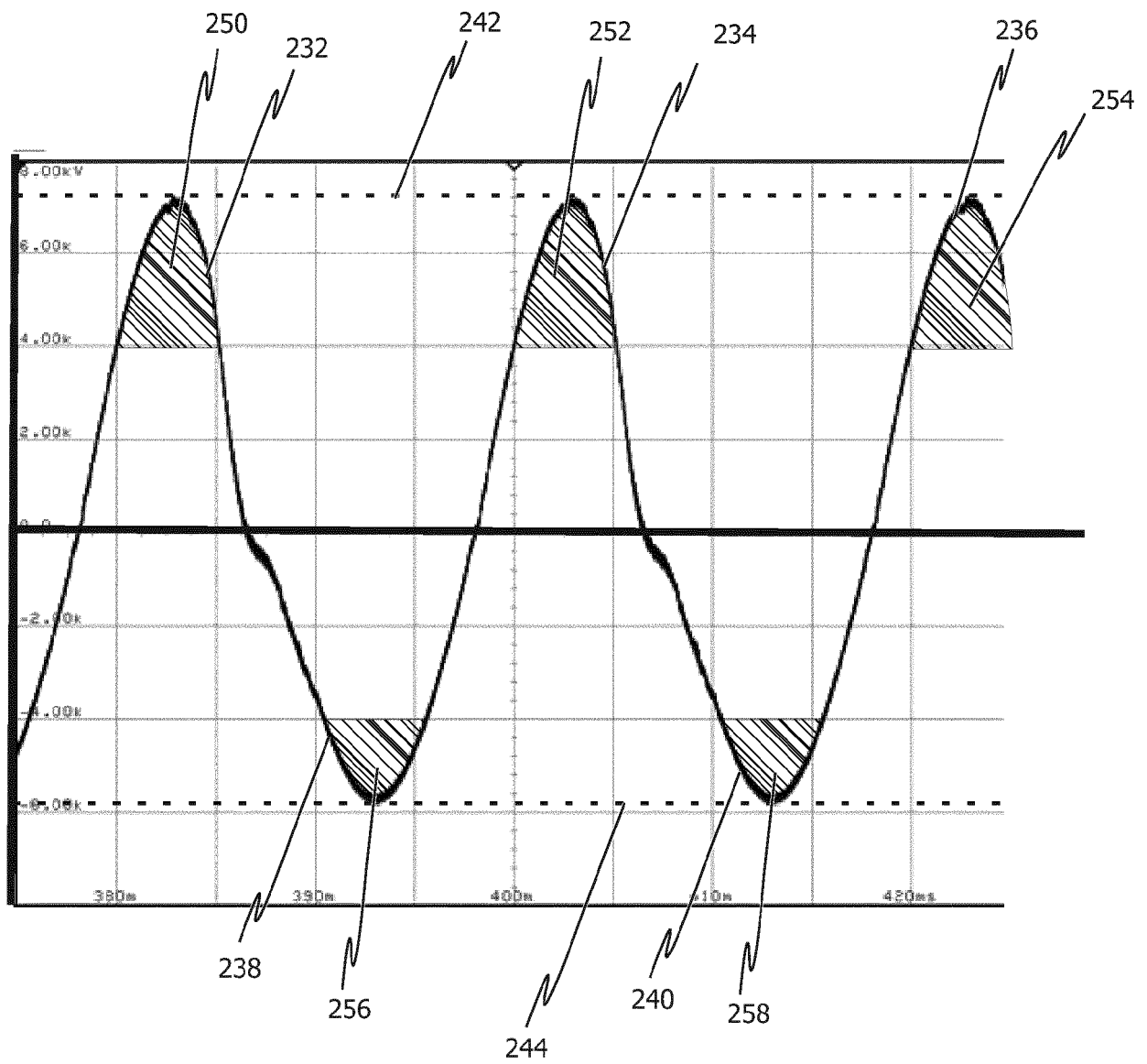


FIG. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 15 0441

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 4 271 451 A (METZ BRUCE E) 2. Juni 1981 (1981-06-02)	1, 2, 4-11, 13-15	INV. H01T19/04 H01T23/00 H05F3/04
Y	* Spalte 2, Zeile 58 - Spalte 6, Zeile 20; Abbildungen 1-11 *	2, 3 12	
A	-----		
X	DE 33 24 589 A1 (SIMCO CO INC [US]) 2. Februar 1984 (1984-02-02)	10, 12	
Y	* Seite 12 - Seite 16; Abbildungen 1-3 *	3	
A	-----		
X	DE 15 89 781 A1 (BAYER AG) 14. Mai 1970 (1970-05-14)	10-15	
Y	* Seite 6 - Seite 7; Abbildungen 1-4 *	2	
A	-----		
A	DE 10 2009 009863 A1 (SMC KK [JP]) 17. September 2009 (2009-09-17) * Absatz [0051] - Absatz [0123]; Abbildungen 1-14 *	1-15	
A	-----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01T H05F
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		25. Mai 2023	Ernst, Uwe
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 15 0441

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-05-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4271451 A	02-06-1981	CA 1090413 A	25-11-1980
		US 4271451 A	02-06-1981
DE 3324589 A1	02-02-1984	BE 897334 A	14-11-1983
		DE 3324589 A1	02-02-1984
		FR 2530880 A1	27-01-1984
		GB 2124434 A	15-02-1984
		JP H0416920 B2	25-03-1992
		JP S5933800 A	23-02-1984
		NL 8302528 A	16-02-1984
		US 4423462 A	27-12-1983
DE 1589781 A1	14-05-1970	KEINE	
DE 102009009863 A1	17-09-2009	CN 101521979 A	02-09-2009
		DE 102009009863 A1	17-09-2009
		JP 5212787 B2	19-06-2013
		JP 2009205934 A	10-09-2009
		KR 20090093896 A	02-09-2009
		TW 200939894 A	16-09-2009
		US 2009219663 A1	03-09-2009

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19710984 C1 [0005]