



(10) **DE 10 2009 033 827 B3** 2011.03.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 033 827.6**

(22) Anmeldetag: **18.07.2009**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.03.2011**

(51) Int Cl.⁸: **H05F 3/04 (2006.01)**
G01R 29/24 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Ludwig, Thomas, 79576 Weil am Rhein, DE

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

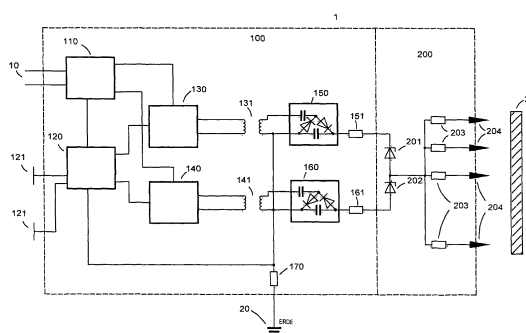
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 199 47 140 C2
DE 197 10 984 C1
DE 698 30 609 T2
US 66 74 630 B1

US 66 46 853 B2
US 62 52 233 B1
US 2008/02 32 021 A1
US 2008/01 51 465 A1
US 2007/02 79 829 A1
US 47 57 422
EP 20 51 345 A2
EP 14 01 247 A2

(54) Bezeichnung: **Entladevorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung zum berührungslosen Abbau von elektrostatischen Ladungen auf isolierenden Materialien sowie ein Verfahren zu deren Betrieb mit wenigstens einer Elektrode (204), die in ein Profil (1) eingebaut ist und an eine positive und an eine negative Hochspannungsquelle (150, 160) angeschlossen ist, mit einer Vorrichtung zur Erfassung des Elektrodenstroms (170) gegen Erde sowie einer Steuervorrichtung (120), die in Abhängigkeit vom gemessenen Elektrodenstrom die Ausgangsleistung der Hochspannungsquellen steuert, wobei abwechselnd die Ausgangsleistung der positiven (150) und der negativen (160) Hochspannungsquelle erhöht und die Ausgangsleistung der jeweils anderen Hochspannungsquelle auf einen geringeren Wert oder 0 abgesenkt wird und abhängig vom vorzeichenlosen Betrag der Stromdifferenz zwischen positivem und negativem Betrieb die Umschaltfrequenz zwischen positivem und negativem Betrieb eingestellt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum berührungslosen Abbau von elektrostatischen Ladungen auf elektrisch isolierenden Materialien sowie ein Verfahren zu deren Betrieb.

[0002] Entladevorrichtungen zum berührungslosen Abbau von elektrostatischen Ladungen auf elektrisch isolierenden Materialien sind bekannt und werden in vielen Produktionsprozessen eingesetzt, um störende elektrostatische Ladungen auf den zu verarbeitenden Materialien abzubauen. Hintergrund ist, dass solche Ladungen zu unerwünschten Effekten wie Staubanziehung, Aneinanderhaften der Materialien oder bei elektrostatisch empfindlichen Komponenten gar zu deren Zerstörung führen können. Diese unerwünschten Effekte sollen durch den Einsatz der Entladevorrichtungen verhindert oder wenigstens reduziert werden, was in vielen Fällen gelingt.

[0003] Die in DE 197 10 984 C1 und DE 199 47 140 C2 vorgestellten Einrichtungen ionisieren durch an Emissionselektroden angelegte Hochspannung die sie umgebende Luft, die so erzeugten freien Elektronen und Gasionen werden durch das elektrische Feld des aufgeladenen Materials angezogen und tragen so zu dessen Neutralisation bei. US 4 757 422 beschreibt eine Luftstrom-unterstützte Anordnung mit einer zwischen Emissionselektroden und dem zu entladenden Material angeordneten Detektor-Elektrode zur Erzeugung einer möglichst ausgeglichenen Ionenwolke.

[0004] US 2008/0232021 A1 stellt ebenfalls eine Luftstrom-unterstützte Anordnung vor, bei der durch die gepulste Ansteuerung der Emissionselektroden Schmutzablagerungen auf diesen reduziert werden sollen.

[0005] Die Ionisierung der Luft durch die Elektrode erfolgt bei allen dort beschriebenen Anordnungen jedoch unabhängig von der Höhe und/oder der Polarität einer vorhandenen Materialaufladung, was insbesondere bei größeren Abständen zwischen Elektroden und Material oder bei schnell bewegten Materialien zu einer unzureichenden Neutralisation führt.

[0006] Durch Luftstrom-unterstützte Anordnungen kann zwar die Reichweite erhöht werden, allerdings mit einer Reihe von Nachteilen. Druckluftbetriebene Systeme führen zu hohen Betriebskosten durch die benötigte Druckluft, Systeme mit elektrisch betriebenen Lüftern verschmutzen schnell, eventuell vorhandene Filter müssen häufig gereinigt werden und Schmutzansammlungen können auf das zu entladene Material gelangen.

[0007] Andere handelsübliche Entladevorrichtungen verfügen über manuelle Einstellmöglichkeiten von

Ausgangsspannung, Polarität, Ausgangsfrequenz oder Tastverhältnis der ionisierenden Hochspannung und lassen sich damit besser an wechselnde Anforderungen anpassen.

[0008] Allerdings erfordert der manuelle Abgleich erfahrenes Personal und muss zudem häufig korrigiert werden, da die Materialaufladung von vielen Parametern wie Materialart, Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Materialgeschwindigkeit und anderen abhängt und somit stark schwankt.

[0009] In EP 1 401 247 A2 wird ein Verfahren beschrieben, bei dem durch eine zeitliche Überlappung von positiver und negativer Hochspannung an Emissionselektroden die Offsetspannung des Entladesystems kontrolliert wird. Neben einer manuellen Einstellung werden hier auch die Messung und automatische Nachregelung der Offsetspannung vorgeschlagen.

[0010] DE 698 30 609 T2 und US 2008/0151465 A1 stellen Weiterentwicklungen vor, die die Ionenproduktion in Abhängigkeit vom Oberflächenpotential des zu entladenden Materials automatisch steuern und so das Entladeergebnis verbessern können, ohne eine manuelle Einstellung zu erfordern.

[0011] Die dort beschriebenen Verfahren funktionieren jedoch nicht bei stark wechselnden Abständen oder bei Abständen über ca. 20 cm zum Material.

[0012] EP 2 051 345 A2 kombiniert die Steuerung der Ionenproduktion in Abhängigkeit vom Oberflächenpotential mit einer zusätzlichen Abstandsmessung zum Material, um so eine Automatik auch bei größeren und insbesondere schwankenden Abständen zu erreichen. Diese Lösung hat den Nachteil, dass zusätzlich ein Distanzsensord mit zugehöriger Auswerteelektronik benötigt wird, was höhere Kosten verursacht und zusätzlichen Platz beansprucht. Ein weiterer Nachteil dieser Lösung ist, dass der Sensor sehr genau zum Material hin ausgerichtet werden muss, um keine Fehlmessungen zu erhalten. Insbesondere bei Anwendungen an Materialauf- oder abwicklungen ändert sich mit dem Rollendurchmesser nicht nur der Abstand der Rolle zur Messeinrichtung, sondern auch ihre räumliche Lage, was eine Distanzmessung sehr erschwert oder sogar unmöglich macht.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine Entladevorrichtung, die ohne Justageaufwand und bei minimalem Wartungsaufwand ein aufgeladenes Material auch bei großen und wechselnden Abständen auf eine möglichst geringe Restladung entlädt, ohne die zuvor beschriebenen Nachteile, und insbesondere ohne dass dazu ein separater oder integrierter Distanzsensord benötigt wird.

[0014] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Entladevorrichtung gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst.

[0015] Weitere Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

[0016] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben. Dabei wird auf die beigelegten Zeichnungen Bezug genommen.

[0017] **Fig. 1** zeigt den Schaltungsaufbau eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels. Ein erster Hochspannungserzeuger (**150**) erzeugt eine positive Hochspannung bis zu 50 kV, ein zweiter (**160**) eine negative Hochspannung bis zu -50 kV. Beide bestehen aus mehrstufigen Hochspannungskaskaden, auf der Zeichnung ist jeweils nur eine Stufe dargestellt. Angesteuert werden die Hochspannungserzeuger (**150**, **160**) über Transformatoren (**131**, **141**) durch Endstufen (**130**, **140**), die wiederum durch eine Steuereinheit (**120**) gesteuert werden. Die Transformatoren werden mit Frequenzen zwischen 20 kHz und 120 kHz betrieben und übersetzen die Ausgangsspannung der Endstufen auf Werte bis 8 kV.

[0018] Die Ausgänge der Hochspannungserzeuger liegen über Strombegrenzungswiderstände (**151**, **161**) an einem Spannungsteiler (**201**, **202**). Der Spannungsteiler, in **Fig. 1** vereinfacht durch zwei Zenerdioden dargestellt, besteht aus einer Reihenschaltung mehrerer Zenerdioden, wobei die Summe der Zenerspannungen etwa 1–2 kV unter der Ausgangsspannung der Hochspannungserzeuger (**150**, **160**) liegt. Anstelle der Zenerdioden können auch nur Widerstände als Spannungsteiler Verwendung finden. Eine oder mehrere Elektroden (**204**) sind über Widerstände (**203**) an den Abgriff des Spannungsteilers (**201**, **202**) angeschlossen. Die Widerstände (**203**) begrenzen den maximalen Strom bei einem Kurzschluss oder beim Berühren der Elektroden und können auch durch direkte Verbindungen ersetzt werden.

[0019] Die Steuereinheit (**120**) erhöht abwechselnd die Ausgangsspannung des positiven (**130**) und des negativen (**140**) Hochspannungserzeugers und senkt gleichzeitig die Ausgangsspannung des jeweils anderen ab. Dadurch liegt an den Elektroden (**204**) abwechselnd eine positive und eine negative Spannung an.

[0020] Die Elektroden (**204**) sind als Spitzen oder scharfe Kanten ausgebildet, die in die Richtung des zu entladenden Materials (**30**) zeigen. Durch die angelegte Hochspannung fließt von den Elektroden ein Corona-Strom ab, dessen Größe auch von der Potentialdifferenz zwischen Elektrode und Material abhängt. Typische Stromwerte liegen zwischen 1 µA und 500 µA.

[0021] Über die Strommessenrichtung (**170**), hier vereinfacht als Widerstand dargestellt, erhält die Steuereinheit (**120**) Informationen über den Ausgangsstrom der Elektroden (**204**) gegen das Bezugspotential Erde (**20**).

[0022] Die Steuereinheit misst den Strom in Zeitintervallen, die der halben Periodendauer der Netzfrequenz der umliegenden Elektroinstallation entsprechen, wobei die Einschwingzeit nach einer Änderung der Ausgangsspannung ausgespart bleibt, und bildet den Mittelwert über eine geradzahlige Anzahl von Messungen. Dadurch werden Messfehler durch kapazitive oder induktive Einkopplungen der umliegenden Elektroinstallation wirksam unterdrückt.

[0023] Anstelle der halben Periodendauer können für das Messintervall auch andere Vielfache oder Teile der Periodendauer gewählt werden.

[0024] Überschreitet der Betrag der Differenz des Stromes bei einer positiven Ausgangsspannung und bei einer negativen Ausgangsspannung einen in der Steuereinheit hinterlegten ersten Grenzwert, wird die Umschaltfrequenz zwischen positiver und negativer Ausgangsspannung solange erhöht, bis entweder die maximale Frequenz erreicht oder der erste Grenzwert unterschritten wird. Bei Unterschreitung eines zweiten Grenzwertes wird die Umschaltfrequenz solange reduziert, bis entweder die minimale Frequenz erreicht oder der zweite Grenzwert überschritten wird. Beide Grenzwerte können auch gleich sein.

[0025] Dadurch werden insbesondere Abstandsänderungen zwischen Elektrode und dem zu entladenden Material automatisch ausgeglichen.

[0026] Ist der Strom bei positiver Ausgangsspannung größer als der Strom bei negativer Ausgangsspannung, wird das Tastverhältnis erhöht, d. h. die Einschaltdauer der positiven Ausgangsspannung erhöht und die der negativen Ausgangsspannung reduziert. Das Maß der Erhöhung ist dabei abhängig vom Betrag der Stromabweichung und in der Steuereinheit hinterlegt.

[0027] Umgekehrt wird bei einem größeren negativen Strom das Tastverhältnis reduziert. Dadurch wird eine automatische Anpassung der Entladevorrichtung an Höhe und Polarität der Materialaufladung erreicht.

[0028] Über einen oder mehrere Verschmutzungssensoren (**121**), die seitlich oder an der Rückseite des Profils (**1**) vorgesehen sind, werden Kriechströme, die aufgrund von leitfähigen Verschmutzungen auf der Profiloberfläche von den Elektroden abfließen, erkannt. Die Steuereinheit bereitet die Signale auf und signalisiert den Verschmutzungsgrad bzw. schaltet bei Überschreiten eines in der Steuereinheit

hinterlegten Grenzwertes die Hochspannungserzeugung ab, um durch Kriechströme hervorgerufene Beschädigungen der Elektrode zu vermeiden. Die Sensoren (121) bestehen aus leitfähigen Elementen, die auf der Profiloberfläche angebracht sind.

[0029] Zur Energieversorgung der Entladevorrichtung dient ein Versorgungsanschluss (10), ein internes Netzteil (110) stellt die von den Baugruppen benötigten Spannungen und Ströme bereit. Das Netzteil (110) wird auf die jeweils angebotene externe Versorgungsspannung ausgelegt, zum Beispiel 24 VDC oder 230 VAC.

[0030] Optional kann die Steuereinheit mit Anzeigeelementen wie Leuchtdioden ausgestattet sein, die den Anwender über den Betriebszustand der Einrichtung informieren. Weiter kann optional eine Datenschnittstelle vorhanden sein, die Informationen über den Betriebszustand an eine externe Leit- oder Steuereinrichtung übermittelt.

[0031] [Fig. 2](#) zeigt den mechanischen Aufbau der ersten bevorzugten Ausführung der Erfindung. Die Komponenten sind in ein Profil (1) eingebaut, welches aus 2 Kammern besteht, wobei die erste Kammer (100) die Steuerkomponenten und Hochspannungserzeuger enthält und die zweite Kammer (200) die Elektroden (204), gegebenenfalls vorhandene Strombegrenzungswiderstände (203) und einen Spannungsteiler (201, 202) enthält. Die zweite Kammer wird bei dieser bevorzugten Variante zur besseren Isolation der Hochspannung führenden Komponenten mit einer isolierenden Vergussmasse (210) vergossen, wobei die Spitzen der Elektroden aus der Vergussmasse herausragen und zum zu entladenden Material (30) hin gerichtet sind.

[0032] [Fig. 3](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel.

[0033] Anstelle des Spannungsteilers (201, 202 in [Fig. 1](#)) sind hier zwei getrennte Elektrodengruppen für positive (211, 212) und negative (213, 214) Ausgangsspannungen vorgesehen.

[0034] Die Elektrodengruppen können dabei entweder abwechselnd in einer gemeinsamen Kammer eines 2-Kammer Profils angeordnet sein, wie in [Fig. 4](#) dargestellt, oder aber auch in zwei getrennten Kammern eines 3-Kammer-Profils, wie in [Fig. 5](#) gezeigt.

[0035] Neben den gezeigten Ausführungsbeispielen sind auch Lösungen umfasst, bei denen die Bestandteile nicht in einem gemeinsamen Profil montiert sind, sondern getrennt voneinander angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Entladevorrichtung zum berührungslosen Abbau von elektrostatischen Ladungen auf isolierenden Ma-

terialien mit wenigstens einer Elektrode (204), die an eine positive und an eine negative Hochspannungsquelle (150, 160) angeschlossen ist, oder mit wenigstens zwei Elektroden (212, 214), wovon eine an eine positive Hochspannungsquelle (150) und die andere an eine negative Hochspannungsquelle (160) angeschlossen ist und die in ein Profil (1) eingebaut ist/sind, mit einer Vorrichtung zur Erfassung des Elektrodendstroms (170) gegen Erde sowie einer Steuervorrichtung (120), die abwechselnd die Ausgangsleistung der positiven (150) und der negativen (160) Hochspannungsquelle erhöht und die Ausgangsleistung der jeweils anderen Hochspannungsquelle auf einen geringeren Wert oder 0 absenkt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuervorrichtung (120) abhängig vom vorzeichenlosen Betrag der Stromdifferenz zwischen positivem und negativem Betrieb die Umschaltfrequenz zwischen positivem und negativem Betrieb einstellt.

2. Entladevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltfrequenz bei einer zunehmenden Stromdifferenz erhöht und bei einer abnehmenden Stromdifferenz reduziert wird.

3. Entladevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltfrequenz bei Überschreiten eines voreingestellten Wertes erhöht und bei Unterschreiten des gleichen oder eines anderen Wertes reduziert wird.

4. Entladevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltfrequenz kontinuierlich erhöht bzw. reduziert wird.

5. Entladevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltfrequenz in einem Bereich von 0,5 bis 100 Hz eingestellt wird.

6. Entladevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung das Tastverhältnis zwischen positivem und negativem Betrieb abhängig vom vorzeichenbehafteten Wert der Stromdifferenz einstellt.

7. Entladevorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem größeren negativen als positiven Strom die Einschaltdauer der negativen Hochspannung die der positiven überwiegt und bei einem größeren positiven als negativen Strom die Einschaltdauer der positiven Hochspannung die der negativen überwiegt.

8. Entladevorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschaltdauer jeweils zwischen 1% und 99% variiert.

9. Entladevorrichtung nach Anspruch 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusammenhang zwischen Stromdifferenz und Einschaltdauer in Form von Tabellen oder Formeln in der Steuereinrichtung (**6, 7, 8**) gespeichert ist.

10. Entladevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung des Elektrodenstroms in einem Intervall erfolgt, das in einem festen Verhältnis zur Netzfrequenz der umliegenden Elektroinstallation steht, und dass das Messergebnis über die Mittelung einer geradzahligen Anzahl von Einzelmessungen gewonnen wird.

11. Entladevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entladevorrichtung in ein Mehrkammer-Profil (**1**) eingebaut ist, wobei eine oder mehrere Kammern (**200**) einseitig offen sind und als Elektrodenträger dienen, in dem die Elektroden (**204, 212, 214**) gemeinsam mit ggf. vorhandenen Strombegrenzungswiderständen (**203, 211, 213**) eingebaut und mit einer isolierenden Vergussmasse (**210**) vergossen sind, so dass die Spitzen der Elektroden aus der Vergussmasse ragen, und eine weitere, allseitig umschlossene Kammer mindestens Hochspannungserzeuger (**150, 160**), Trafos (**131, 141**) und Endstufen (**130, 140**) aufnimmt.

12. Entladevorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Elektrodenprofil (**1**) Sensorflächen (**121**) zur Erfassung von Oberflächenkriechströmen vorhanden sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

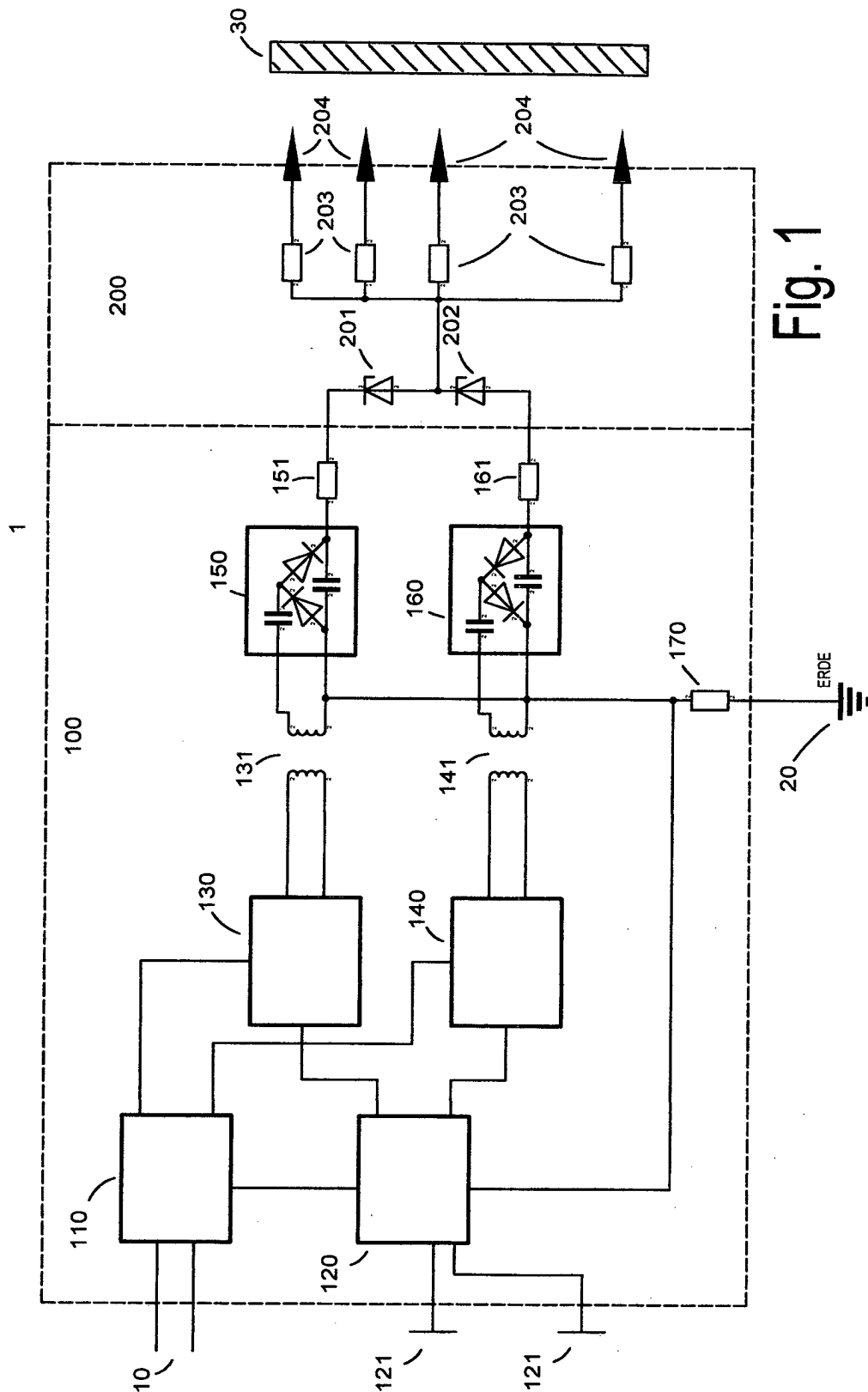
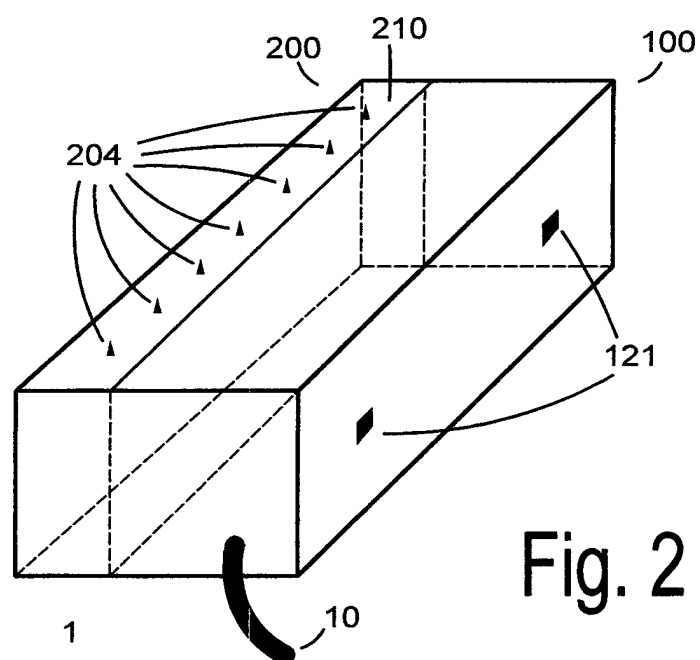


Fig. 1



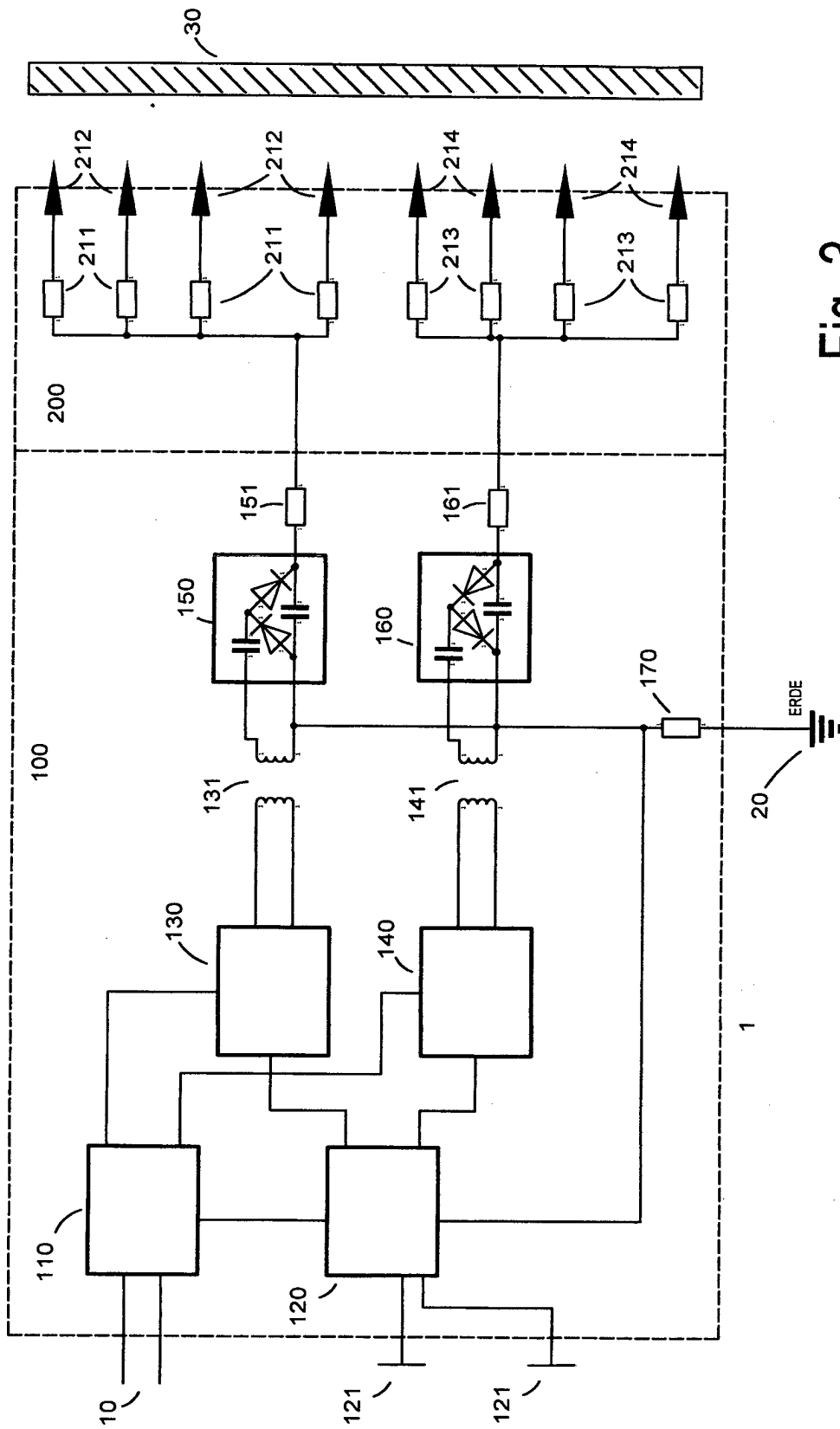


Fig. 3

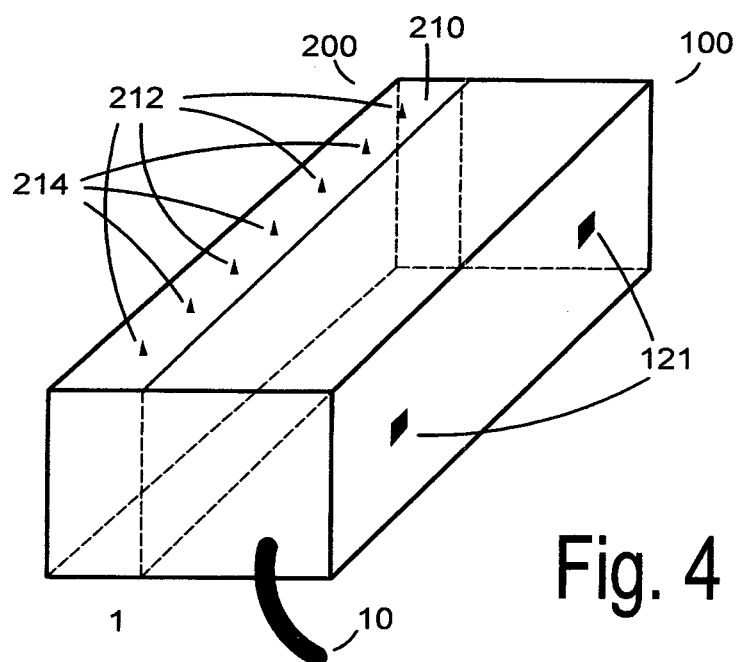


Fig. 4

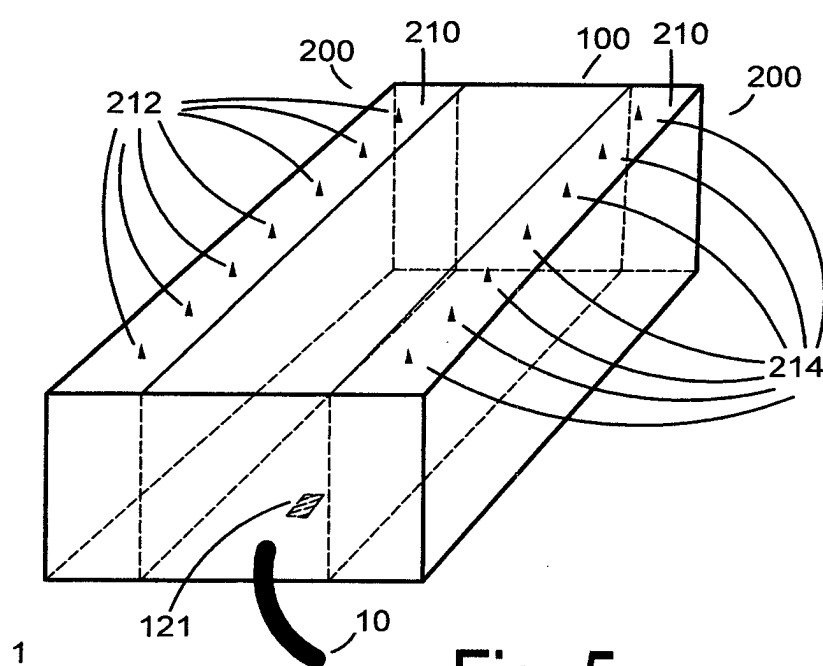


Fig. 5