



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 31 444 T2** 2006.12.28

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 987 929 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 31 444.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 115 192.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.08.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.03.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **24.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.12.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H05F 3/04** (2006.01)
H01T 23/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

101018 P 18.09.1998 US

(73) Patentinhaber:

Illinois Tool Works Inc., Glenview, Ill., US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

**Richie, Jr., William S., Pennsville, New Jersey
08070, US; Rodrigo, Richard D., Line Lexington,
Pennsylvania 18932, US; Hall, Philip R., Ottsville,
Pennsylvania 18942, US**

(54) Bezeichnung: **Ionisierungssystem**

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**QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN**

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht den Vorzug der am 18. September 1998 eingereichten vorläufigen US-Anmeldung Nr. 60/101,018 mit dem Titel "LOW VOLTAGE MODULAR ROOM IONIZATION SYSTEM".

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] US 4,757,422 betrifft ein dynamisch ausgeglichenes Ionisationsgebläse mit mehreren Elektroden, die abwechselnd positive und negative Ionen erzeugen. Ein Detektionsschirm befindet sich innerhalb des Gehäuses des Ionengebläses in dem Ionenaustrittsport zum Zweck des Erfassens einiger der von den Elektroden erzeugten Ionen. Durch ein Ionenungleichgewicht erzeugter Strom wird gefiltert und geht zu einem Oszillator mit variablem Tastverhältnis. Das Tastverhältnis des Oszillators wird durch das detektierte Ionenungleichgewicht bestimmt. Durch Justieren des Tastverhältnisses des Oszillators kann die relative Konzentration an positiven und negativen Ionen gesteuert werden.

[0003] US 4,809,127 betrifft eine selbstregelnde Luftionisierungsvorrichtung, die mehrere beabstandete Ionenemitter und mehrere Hochspannungsgeneratoren umfaßt, die jeweils mit einem getrennten der Ionenemitter verbunden sind. Ein erster Abschnitt der Generatoren erzeugen eine positive Hochspannung, weshalb die entsprechenden Emitter positive Ionen erzeugen, und ein zweiter Abschnitt der Generatoren erzeugen negative Hochspannung, weshalb die entsprechenden Emitter negative Ionen erzeugen. Jeder der Generatoren weist einen elektrischen Widerstand aufweisenden Weg auf, obwohl ein Rückstrom fließt, der eine Größe aufweist, die der Rate der Ionenausgabe von dem Emitter entspricht, der mit dem Generator verbunden ist. Die Spannung jedes Generators wird in umgekehrter Beziehung zu einem von dem Rückstrom erzeugten Rückkopplungssignal variiert. Auf diese Weise hält die Vorrichtung eine vorbestimmte Gesamtionenausgabe aufrecht. Dies hält automatisch ein optimales vorbestimmtes Verhältnis positiver und negativer Luftionen aufrecht.

[0004] US 4,951,172 betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Aufrechterhalten einer Sollkonzentration von Ionen in der Atmosphäre an einer vorbestimmten Stelle. Ein Sensor ist vorgesehen, um ein Spannungssignal zu erzeugen, das die Größe und Polarität eines Ungleichgewichts positiver und negativer Luftionen anzeigt. Eine Rückkopplungsschaltung reagiert auf einen positiven oder negativen Spannungspegel des Rückkopplungssignals, der ei-

nen vorausgewählten Wert übersteigt, indem die Dauer von Perioden der Erzeugung von Ionen dieser Polarität verkürzt und die Dauer der Perioden der Erzeugung von Ionen entgegengesetzter Polarität verlängert wird.

[0005] Das Steuern einer statischen Ladung ist aufgrund seiner signifikanten Auswirkung auf die Bauelementausbeute ein wichtiges Problem bei der Halbleiterherstellung. Bauelementdefekte, die durch elektrostatisch angezogene Fremdstoffe und elektrostatische Entladungsereignisse hervorgerufen werden, tragen stark zu den Gesamtherstellungsverlusten bei.

[0006] Viele der Prozesse zum Produzieren integrierter Schaltungen verwenden nichtleitende Materialien, die große statische Ladungen und eine komplementäre Spannung an Wafern und Bauelementen erzeugen.

[0007] Die Luftionisation ist das effektivste Verfahren, um statische Ladungen auf nichtleitenden Materialien und isolierten Leitern zu eliminieren. Luftionisierer erzeugen große Mengen an positiven und negativen Ionen in der umgebenden Atmosphäre, die als mobile Ladungsträger in der Luft dienen. Bei Strömen von Ionen durch die Luft werden sie von entgegengesetzt geladenen Teilchen und Oberflächen angezogen. Eine Neutralisierung von elektrostatisch geladenen Oberflächen kann durch den Prozeß schnell erreicht werden.

[0008] Die Luftionisation kann ausgeführt werden unter Verwendung elektrischer Ionisierer, die Ionen in einem bekannten Prozeß wie etwa Coronaentladung erzeugen. Elektrische Ionisierer erzeugen Luftionen durch diesen Prozeß durch Verstärken eines elektrischen Felds um einen scharfen Punkt herum, bis es die Durchschlagsfestigkeit der umgebenden Luft überwindet. Eine negative Corona tritt auf, wenn Elektronen von der Elektrode in die umgebende Luft fließen. Eine positive Corona tritt infolge des Fließens von Elektronen von den Luftmolekülen in die Elektrode auf.

[0009] Um die statischen Ladungen von einem Ionisierer einer gegebenen Ausgabe so weit wie möglich zu reduzieren, muß der Ionisierer gleiche Mengen an positiven und negativen Ionen erzeugen. Das heißt, die Aufgabe des Ionisierers muß "ausgeglichen" sein. Wenn der Ionisierer nicht ausgeglichen ist, können die isolierten Leiter und Isolatoren derart geladen werden, daß der Ionisierer mehr Probleme bringt als er löst. Ionisierer können aufgrund einer Stromversorgungsdrift, eines Stromversorgungsausfalls einer Polarität, Verunreinigung von Elektroden oder Degradation von Elektroden aus dem Gleichgewicht geraten. Außerdem ist es möglich, daß die Ausgabe eines Ionisierers ausgeglichen ist, aber die Gesamtionen-

ausgabe kann aufgrund einer Degradation von Systemkomponenten unter ihren Sollwert abfallen.

[0010] Ionisationssysteme enthalten dementsprechend eine Überwachung, automatischen Ausgleich über Rückkopplungssysteme und Alarme zum Detektieren unkorrigierter Ungleichgewichte und außerhalb des Bereichs liegender Ausgaben. Die meisten Rückkopplungssysteme basieren ganz oder in erster Linie auf Hardware. Bei vielen dieser Rückkopplungssysteme hat man keine sehr feine Gleichgewichtssteuerung, da Rückkopplungssteuersignale auf der Basis von Hardwarekomponentenwerten festliegen. Zudem kann der Gesamtbereich der Gleichgewichtssteuerung solcher Rückkopplungssysteme auf Hardwarebasis auf der Basis der Hardwarekomponentenwerte begrenzt sein. Außerdem lassen sich viele der Rückkopplungssysteme auf Hardwarebasis nicht leicht modifizieren, da die individuellen Komponenten zum ordnungsgemäßen Betrieb voneinander abhängen.

[0011] Ein geladene-Platte-Monitor (Charged Plate Monitor) wird in der Regel verwendet, um das tatsächliche Gleichgewicht eines elektrischen Ionisierers zu kalibrieren und periodisch zu messen, da es möglich ist, daß das tatsächliche Gleichgewicht im Arbeitsraum von dem von dem Sensor des Ionisierers detektierten Gleichgewicht verschieden ist.

[0012] Der geladene-Platte-Monitor wird auch verwendet, um die Abklingzeit der statischen Ladung periodisch zu messen. Wenn die Abklingzeit zu langsam oder zu schnell ist, kann die Ionenausgabe justiert werden, indem der voreingestellte Ionenstromwert erhöht oder verringert wird. Diese Justierung erfolgt in der Regel durch Justieren zweier Trimpotentiometer (einer für die Erzeugung positiver Ionen und einer für die Erzeugung negativer Ionen). Periodische Messungen der Abklingzeit sind erforderlich, da die tatsächliche Ionenausgabe in dem Arbeitsraum möglicherweise mit der erwarteten Ionenausgabe für den in dem Ionisator eingestellten Ionenausgabestromwert nicht korreliert. Beispielsweise kann der Ionenausgabestrom anfänglich in der Fabrik auf einen Wert (z.B. 0,6 μ A) eingestellt sein, um die gewünschte Ionenmenge pro Zeiteinheit zu erzeugen. Wenn der Strom eines bestimmten Ionisierers von diesem Wert abweicht, wie etwa eine Verringerung von diesem Wert aufgrund einer Ansammlung von Partikeln an dem Emitter des Ionisierers, dann wird die Ionisiererhochspannungsstromversorgung justiert, um den Anfangswert des Ionenstroms wiederherzustellen.

[0013] Ein Raumionisationssystem enthält in der Regel mehrere mit einem einzelnen Controller verbundene elektrische Ionisierer. [Fig. 1](#) (Stand der Technik) zeigt ein herkömmliches Raumionisationssystem **10**, das mehrere deckenmontierte Emittermo-

dule **12**, **12_n** (auch als "Pods" bezeichnet) enthält, die in Reihe durch Signalleitungen **14** mit einem Controller **16** verbunden sind. Jedes Emittermodul **12** enthält einen elektrischen Ionisierer **18** und eine Kommunikations-/Steuerschaltungsanordnung **20** zum Ausführen begrenzter Funktionen, einschließlich der folgenden Funktionen:

- (1) EIN-/AUSSCHALTEN;
- (2) Senden eines Alarmsignals an den Controller **16** durch eine einzelne Alarmleitung innerhalb der Signalleitungen **14**, wenn detektiert wird, daß ein jeweiliges Emittermodul **12** nicht ordnungsgemäß funktioniert.

[0014] Ein signifikantes Problem bei dem herkömmlichen System von [Fig. 1](#) besteht darin, daß zwischen dem Controller **16** und den Emittermodulen **12**, **12_n** keine "intelligente" Kommunikation vorliegt. Bei einem herkömmlichen Verfahren weist die Signalleitung **14** vier Leitungen auf; Strom, Masse, Alarm und EIN/AUS-Steuerung. Das Alarmsignal, das auf der Alarmleitung übertragen wird, enthält keinerlei Informationen hinsichtlich der Identifikation des gestörten Emittermoduls **12**. Somit weiß der Controller **16** nicht, welches Emittermodul **12** gestört ist, wenn ein Alarmsignal empfangen wird. Außerdem identifiziert das Alarmsignal nicht den Problemtyp (z.B. schlechter negativer oder positiver Emitter, Ungleichgewicht). Somit ist der Prozeß zeitraubend, zu identifizieren, welches Emittermodul **12** das Alarmsignal gesendet hat und welcher Problemtyp vorliegt.

[0015] Noch ein weiteres Problem bei herkömmlichen Raumionisationssystemen besteht darin, daß Parameter der individuellen Emittermodule **12** aus der Ferne justiert werden können, wie etwa der Ionenausgabestrom oder das Gleichgewicht von dem Controller **16**. Die Parameter werden in der Regel justiert, indem Einstellungen über analoge Trimpotentiometer an den individuellen Emittermodulen **12** manuell variiert werden. (Die Gleichgewichte an einigen Typen von elektrischen Ionisierern werden justiert durch Drücken der Knöpfe (+)/(-) oder AUF/AB, die digitale Potentiometereinstellungen steuern). Eine typische Justierungssitzung für das herkömmliche System **10** mit deckenmontierten Emittermodulen **12** ist wie folgt:

- (1) Detektieren eines außerhalb des Bereichs liegenden Parameters über einen geladene-Platte-Monitor;
- (2) eine Leiter hochsteigen und Gleichgewichts- und/oder Ionenausgabestrompotentiometereinstellungen justieren;
- (3) Leiter heruntersteigen und die Leiter aus dem Meßbereich entfernen.
- (4) Ablesen der neuen Werte an dem geladene-Platte-Monitor;
- (5) gegebenenfalls Wiederholen der Schritte (1)-(4).

[0016] Der Prozeß der manuellen Justierung ist zeitraubend und intrusiv. Außerdem stört die physische Anwesenheit des Operators in dem Raum die Meßwerte an den geladenen Platten.

[0017] Wieder unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) bestehen die Signalleitungen **14** zwischen jeweiligen Emitttermodulen **12** aus mehreren Adern, wobei an einem Ende Stecker angecrimpt, angelötet oder auf andere Weise angebracht sind. Die Stecker werden vor Ort (d.h. während der Installation) angebracht, da die Länge der Signalleitung **14** zwischen Emitttermodulen **12** variieren kann. Das heißt, die Länge der Signalleitung **14** zwischen Emitttermodul **12₁** und **12₂** kann von der Länge der Signalleitung zwischen Emitttermodul **12₃** und **12₄** verschieden sein. Durch Anbringen der Verbinder vor Ort können die Signalleitungen **14** genau auf die richtige Länge eingestellt werden, was zu einer sauberen Installation führt.

[0018] Ein Problem, das beim Anbringen von Steckern vor Ort auftritt, besteht darin, daß die Stecker manchmal falsch herum angebracht werden. Der Fehler wird möglicherweise erst detektiert, wenn das ganze System eingeschaltet wird. Der Installierer muß dann bestimmen, welcher Stecker falsch herum ist und muß dann das Problem durch Neuverdrahten des Steckers lösen.

[0019] Das herkömmliche Raumionisationssystem **10** kann entweder ein Hochspannungs- oder Niederspannungssystem sein. Bei einem Hochspannungssystem wird eine Hochspannung an dem Controller **16** erzeugt und über Stromkabel an die mehreren Emitttermodule **12** verteilt, um an die positiven und negativen Emittter angelegt zu werden. Bei einem Niederspannungssystem wird eine Niederspannung an dem Controller **16** erzeugt und an die mehreren Emitttermodule **12** verteilt, wo die Spannung auf die gewünschte Hochspannung heraustransformiert wird, um an die positiven und negativen Emittter angelegt zu werden. Bei beiden Systemen kann die Spannung Wechsel- oder Gleichspannung sein. Wenn die Spannung Gleichspannung ist, kann sie entweder stationäre Gleichspannung oder Impuls-Gleichspannung sein. Jede Art von Spannung hat Vorteile und Nachteile.

[0020] Ein Mangel bei dem herkömmlichen System **10** besteht darin, daß alle Emitttermodule **12** in dem gleichen Modus arbeiten müssen. Somit müssen in einem Niederspannungsgleichspannungssystem alle Emitttermodule **12** stationäre Ionisierer oder Impulsionisierer verwenden.

[0021] Ein weiterer Mangel bei dem herkömmlichen Niederspannungsgleichspannungssystem **10** besteht darin, daß für die emittterbasierte Niederspannungsstromversorgung in der Regel ein Linearregler verwendet wird. Da der durch einen Linearregler fließen-

de Strom der gleiche ist wie der Strom an seinem Ausgang bewirkt ein großer Spannungsabfall am Linearregler (z.B. ein Abfall von 25 V, verursacht durch 30 V Eingang/5 V Ausgang), das der Linearregler eine signifikante Strommenge zieht, die wiederum eine signifikante Wärmemenge erzeugt. Potentielles Überhitzen des Linearreglers begrenzt somit die Eingangsspannung, was wiederum die Anzahl der Emitttermodule begrenzt, die an einen einzelnen Controller **16** angeschlossen werden können. Da die Stromleitungen nicht verlustlos sind, wirkt außerdem jeder Strom auf der Leitung einen Spannungsabfall an der Leitung. Der Nettoeffekt besteht darin, daß, wenn Linearregler in den Emitttermodulen **12** verwendet werden, die Abstände zwischen aufeinanderfolgenden in Reihe geschalteten Emitttermodulen **12** und der Abstand zwischen dem Controller **16** und den Emitttermodulen **12** begrenzt sein muß, um sicherzustellen, daß alle Emitttermodule **12** ausreichend Spannung empfangen, um die modulbasierten Hochspannungsstromversorgungen anzusteuern.

[0022] Dementsprechend gibt es einen unerfüllten Bedarf für ein Raumionisationssystem, das verbesserte Flexibilität, Steuerung von und Kommunikation mit Emitttermodulen gestattet. Es gibt außerdem einen unerfüllten Bedarf nach einem Verfahren, das das Fehlverdrahtungsproblem automatisch detektiert und auf einfachere Weise korrigiert. Es gibt außerdem einen unerfüllten Bedarf an einem Verfahren, das eine individualisierte Steuerung der Modi der Emitttermodule gestattet. Die vorliegende Erfindung erfüllt diese Anforderungen.

KURZE DARSTELLUNG DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

[0023] Es werden Verfahren und Einrichtungen bereitgestellt, um die Ausgabe positiver und negativer Ionen in einem elektrischen Ionisierer mit Emitttern für positive und negative Ionen und mit den jeweiligen Emitttern für positive und negative Ionen assoziierte positive und negative Hochspannungsversorgungen bereitzustellen. Ein Gleichgewichtsreferenzwert wird in einem softwareeinstellbaren Speicher gespeichert. Während des Betriebs des elektrischen Ionisierers wird der Gleichgewichtsreferenzwert mit einem Gleichgewichtsmeßwert verglichen, der von einem Ionengleichgewichtssensor genommen wird, der sich in der Nähe der Ionenemitter befindet. Mindestens einer der positiven und negativen Hochspannungsversorgungen werden automatisch justiert, wenn der Gleichgewichtsreferenzwert nicht gleich dem Gleichgewichtswert ist. Die Justierung erfolgt auf eine Weise, die bewirkt, daß der Gleichgewichtsmeßwert gleich dem Gleichgewichtsreferenzwert wird. Außerdem wird während einer Kalibrierung oder einem anfänglichen Setup des elektrischen Ionisierers das tatsächliche Ionengleichgewicht im Arbeitsraum in der Nähe des elektrischen Ionisierers unter Verwendung

eines geladene-Platte-Monitors gemessen. Der Gleichgewichtsreferenzwert wird justiert, wenn die tatsächliche Gleichgewichtsmessung zeigt, daß das automatische Ionenausgleichsverfahren keinen wahrhaft ausgeglichenen Zustand bereitstellt.

[0024] Ähnliche Verfahren und Einrichtungen werden zum Steuern eines Ionenausgabestroms bereitgestellt, wobei ein Ionenausgabestromreferenzwert in einem softwarejustierbaren Speicher gespeichert wird, der Ionenausgabestromreferenzwert mit einem tatsächlichen, von der Strommeßschaltung innerhalb des elektrischen Ionisierers genommenen Ionenstromwert verglichen wird und an einem Ionenausgabestrom automatische Justierungen vorgenommen werden. Während einer Kalibrierung oder eines anfänglichen Setups des elektrischen Ionisierers wird die Abklingzeit in dem Arbeitsraum in der Nähe des elektrischen Ionisierers unter Verwendung eines geladene-Platte-Monitors gemessen. Der Ionenausgabestromreferenzwert wird justiert, wenn die Abklingzeit zu langsam oder zu schnell ist, was wiederum bewirkt, daß der tatsächliche Ionenausgabestrom zunimmt oder abnimmt, damit er dem neuen Ionenausgabestromreferenzwert entspricht.

[0025] Sowohl der Gleichgewichtsreferenzwert als auch der Ionenausgabestromreferenzwert können von einer Fernsteuereinrichtung oder von einem Systemcontroller justiert werden, die oder der mit dem elektrischen Ionisierer verbunden ist.

[0026] Eine Ausführungsform der Erfindung stellt ein Ionisationssystem für einen vordefinierten Bereich bereit, das folgendes umfaßt: mehrere um den Bereich beabstandete Emittiermodule, einen Systemcontroller zum Steuern der Emittiermodule und elektrische Leitungen zum elektrischen Verbinden der mehreren Emittiermodule mit dem Systemcontroller in einer Reihenschaltung, wobei die elektrischen Leitungen sowohl eine Kommunikation mit als auch Strom zu den Emittiermodulen liefern.

[0027] Bei einer Ausführungsform des Ionisationssystems weist jedes Emittiermodul eine individuelle Adresse auf, und der Systemcontroller adressiert und steuert individuell jedes Emittiermodul. Der Gleichgewichtsreferenzwert und der Ionenausgabestromreferenzwert jedes Emittiermoduls können individuell justiert werden, entweder von dem Systemcontroller oder von einem Fernsteuersender.

[0028] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist eine Fehlverdrahtungsschutzschaltung in jedem Emittiermodul vorgesehen, um die relative Position der elektrischen Leitungen, die in jedes Emittiermodul eintreten, bei Detektion eines fehlverdrahteten Zustands automatisch zu ändern.

[0029] Bei einer weiteren Ausführungsform des Io-

nisationssystems ist jedes Emittiermodul mit einer Schaltstromversorgung versehen, um die Effekte von Leitungsverlust auf den elektrischen Leitungen zu minimieren.

[0030] Bei einer weiteren Ausführungsform des Ionisationssystems ist eine Strommoduseinstellung vorgesehen, um jedes Emittiermodul in eine von mehreren verschiedenen Arbeitsstrommodi zu versetzen.

[0031] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung stellt eine Schaltung bereit, um die relative Position von verdrahteten elektrischen Leitungen zu ändern, die sich in einer festen Beziehung zueinander befinden, wobei die verdrahteten elektrischen Leitungen eine erste Kommunikationsleitung und eine Kommunikationsleitung enthalten. Die Schaltung umfaßt einen mit der ersten Kommunikationsleitung assoziierten ersten Schalter, einen mit der zweiten Kommunikationsleitung assoziierten zweiten Schalter und einen Prozessor mit einem Ausgangssteuersignal, an den ersten und zweiten Schalter angeschlossen. Der erste Schalter weist eine erste Anfangsposition bzw. eine zweite Position, die der ersten Anfangsposition entgegengesetzt ist, auf. Gleichermaßen weist der zweite Schalter eine erste Anfangsposition bzw. eine zweite Position, die der ersten Anfangsposition entgegengesetzt ist, auf. Das Ausgangssteuersignal des Prozessors bewirkt, daß der erste und zweite Schalter um ihre jeweilige erste oder zweite Position versetzt werden, wobei die erste und zweite Kommunikationsleitung eine erste Konfiguration, wenn sich beide in ihrer ersten bzw. Anfangsposition befinden, und eine zweite Konfiguration, wenn sich beide in ihrer zweiten Position befinden, aufweisen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0032] Die folgende ausführliche Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung würde bei Lektüre in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen besser zu verstehen sein. Zum Zweck der Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung werden in den Zeichnungen Ausführungsformen gezeigt, die gegenwärtig bevorzugt werden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die gezeigten präzisen Anordnungen und Instrumentalitäten beschränkt. Es zeigen:

[0033] [Fig. 1](#) ein Schemablockdiagramm nach dem Stand der Technik eines herkömmlichen Raumionisationssystems;

[0034] [Fig. 2](#) ein Schemablockdiagramm eines Raumionisationssystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0035] [Fig. 3A](#) ein Schemablockdiagramm einer Infrarot-(IR)-Fernsteuersenderschaltung für das Raumionisationssystem von [Fig. 2](#);

[0036] [Fig. 3B-1](#) und [Fig. 3B-2](#) zusammen (im weiteren als "Fig. 3B" bezeichnet) ein detailliertes Schaltungsebenendiagramm von [Fig. 3A](#);

[0037] [Fig. 4](#) ein Schemablockdiagramm eines Emittiermoduls für das Raumionisationssystem von [Fig. 2](#);

[0038] [Fig. 5](#) ein Schaltungsebenendiagramm einer mit [Fig. 4](#) assoziierten Fehlverdrahtungsschutzschaltung;

[0039] [Fig. 6](#) ein Schemablockdiagramm eines Systemcontrollers für das Raumionisationssystem von [Fig. 2](#);

[0040] [Fig. 7A](#) ein Schemablockdiagramm eines Gleichgewichtssteuerverfahrens für das Emittiermodul von [Fig. 4](#);

[0041] [Fig. 7B](#) ein Schemablockdiagramm eines Stromsteuerverfahrens für das Emittiermodul von [Fig. 4](#);

[0042] [Fig. 8](#) eine Perspektivansicht der Hardwarekomponenten des Systems von [Fig. 2](#);

[0043] [Fig. 9](#) ein Flußdiagramm der mit einem Mikrocontroller des Emittiermoduls von [Fig. 4](#) assoziierten Software und

[0044] [Fig. 10](#) ein Flußdiagramm der mit einem Mikrocontroller des Emittiermoduls von [Fig. 6](#) assoziierten Software.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0045] Lediglich der Zweckmäßigkeit halber wird hier eine bestimmte Terminologie verwendet, die nicht als Beschränkung für die vorliegende Erfindung angesehen werden sollte. In den Zeichnungen werden die gleichen Referenzbuchstaben verwendet, um in den mehreren Figuren die gleichen Elemente zu bezeichnen.

[0046] [Fig. 2](#) ist ein modulares Raumionisationssystem **22** gemäß der vorliegenden Erfindung. Das System **22** enthält mehrere deckenmontierte Emittiermodule **24**_{1-24_n}, die von RS-485-Kommunikations-/Stromleitungen **26** in Reihe mit einem Systemcontroller **28** verbunden sind. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind maximal zehn Emittiermodule **24** in Reihe an einen einzelnen Systemcontroller **28** angeschlossen, und aufeinanderfolgende Emittiermodule **24** sind etwa 7-12 Fuß voneinander entfernt. Jedes Emittiermodul **24** enthält eine elektrische Ionisierer- und Kommunikations-/Steuerschaltungsanordnung, die beide in [Fig. 4](#) ausführlicher dargestellt sind. Das System **22** enthält außer-

dem einen Infrarot-(IR)-Fernsteuersender **30** zum Senden von Befehlen an die Emittiermodule **24**. Die Schaltungsanordnung des Senders **30** ist in [Fig. 3A](#) und [3B](#) ausführlicher gezeigt. Die Schaltungsanordnung des Systemcontrollers **28** ist in [Fig. 6](#) ausführlicher gezeigt.

[0047] Mit dem System **22** erhält man verbesserte Fähigkeiten gegenüber herkömmlichen Systemen, wie etwa in [Fig. 1](#) gezeigt. Einige der verbesserten Fähigkeiten sind wie folgt:

(1) Sowohl Gleichgewicht als auch Ionenausgabe jedes Emittiermoduls **24** können individuell justiert werden. Jedes Emittiermodul **24** kann über den Fernsteuersender **30** oder durch den Systemcontroller **28** individuell adressiert werden, solche Justierungen vorzunehmen. Anstatt Trimpmpotentiometer vom analogen Typ zu verwenden, verwendet das Emittiermodul **24** ein digitales oder elektronisches Potentiometer oder einen D/A-Umsetzer. Die Gleichgewichts- und Ionenstromwerte werden an einer Speicherstelle in dem Systemcontroller gespeichert und über Softwaresteuerung justiert. Der Gleichgewichtswert (der zu einem Spannungswert in Beziehung steht) wird im Speicher als B_{REF} gespeichert, und der Ionenstrom wird im Speicher als C_{REF} gespeichert.

(2) Die Gleichgewichts- und Ionenausgabejustierungen können über eine Fernsteuerung durchgeführt werden. Somit können individuelle Emittiermodule **24** justiert werden, während der Benutzer bei Kalibrierung und Setup außerhalb der Zone "Eintritt verboten" steht, aber gleichzeitig nahe genug steht, um den geladene-Platten-Monitor abzulesen.

(3) Die Emittiermodule **24** senden Identifikationsinformationen und detaillierte Alarmzustandsinformationen an den Systemcontroller **28**, so daß Diagnose und Korrektur von Problemen leichter und schneller als bei herkömmlichen Systemen ablaufen. Beispielsweise kann das Emittiermodul **24**₃ ein Alarmsignal an den Systemcontroller **28** senden, das feststellt, daß der negative Emittier schlecht ist, der positive Emittier schlecht ist oder daß das Gleichgewicht gestört ist.

(4) Eine in jedes Emittiermodul **24** eingebaute Fehlverdrahtungsschutzschaltungsanordnung gestattet den Installierer, die RS-485-Kommunikations-/Stromleitungen **26** zu vertauschen. Die Schaltungsanordnung korrigiert sich selbst, wenn die Leitungen vertauscht werden, wodurch eine etwaige Notwendigkeit zur Neuverdrahtung der Leitungen entfällt. Bei herkömmlichen Signalleitungen kann keine Kommunikations- oder Stromzufuhr erfolgen, wenn die Leitungen vertauscht sind.

(5) Der Modus jedes Emittiermoduls **24** kann individuell gesetzt werden. Somit können einige Emittiermodule **24** in einem stationären Gleichstrommodus arbeiten, während andere Emittiermodule

24 in einem Impuls-Gleichstrommodus arbeiten können.

(6) Eine Schaltstromversorgung (d.h. Schaltregler) wird anstelle eines Linearreglers in den Emittermodulen **24** verwendet. Die Schaltstromversorgung verringert die Effekte des Leistungsverlustes, wodurch der Systemcontroller **28** eine adäquate Arbeitsspannung an die Emittermodule **24** verteilen kann, die möglicherweise weit voneinander weg und/oder weit von dem Systemcontroller **28** weg liegen. Die Schaltstromversorgung ist effizienter als eine lineare Stromversorgung, weil sie der Leitung nur die Leistung entnimmt, die sie benötigt, um die Ausgabe anzusteuern. Somit kommt es an der Kommunikations-/Stromleitung **26** im Vergleich mit einer linearen Stromversorgung zu einem geringeren Spannungsabfall. Dementsprechend können Adern mit geringerer Stärke verwendet werden. Durch die Schaltstromversorgung können Emittermodule **24** weiter weg voneinander und weiter weg von dem Systemcontroller **28** als bei einem herkömmlichen Niederspannungssystem platziert werden.

[0048] Spezifische Komponenten des Systems **22** werden unten beschrieben.

[0049] [Fig. 3A](#) zeigt ein Schemablockdiagramm des Fernsteuersenders **30**. Der Sender **30** enthält die Codierdrehschalter **32**, vier Druckknopfschalter **34**, einen 4:2-Demultiplexer **36**, einen seriellen Codierer **38**, einen Frequenzmodulator **40** und eine IR-Ansteuerschaltung **42**. Die Drehcodierschalter **32** werden verwendet, um sieben binäre Datenleitungen zu erhalten, mit denen die individuellen Emittermodule **24** "adressiert" werden. Mit den vier Druckknopfschaltern **34** wird Strom an die Schaltungsanordnung angelegt und ein Signal erzeugt, das durch den 4:2-Demultiplexer **36** hindurchgeht.

[0050] Der 4:2-Demultiplexer **36** umfaßt zwei 2-Eingangs-NAND-Gatter und ein 4-Eingangs-NAND-Gatter. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen 4:2-Demultiplexer, der zwei Ausgangssignale erzeugt, erzeugt der Demultiplexer **36** drei Ausgangssignale, nämlich zwei Datenleitungen und eine Freigabeleitung. Das "Freigabe"-Signal (das von einem herkömmlichen 4:2-Demultiplexer nicht erzeugt wird) wird erzeugt, wenn ein beliebiger der vier Eingänge infolge des Drückens eines Druckknopfs auf L gezogen wird. Mit diesem Signal wird eine LED eingeschaltet und die Codier- und Modulatorausgänge freigegeben.

[0051] Die sieben binären Datenleitungen von den Drehcodierschaltern **32** und die beiden Datenleitungen und die Freigabeleitung von dem Demultiplexer **36** sind an den seriellen Codierer **38** geführt, wo ein serieller Datenstrom erzeugt wird. Der Modulator **40** empfängt die Freigabeleitung von dem Demultiplexer

36 und die seriellen Daten von dem Codierer **38** und erzeugt ein modulierte Signal. Das modulierte Signal wird dann zum Übertragen der IR-Informationen an den IR-Diodentreiber weitergeleitet.

[0052] [Fig. 3B](#) ist ein Schaltungsebenenendiagramm von [Fig. 3A](#).

[0053] [Fig. 4](#) zeigt ein Schemablockdiagramm eines Emittermoduls **24**. Das Emittermodul **24** führt mindestens die folgenden drei Basisfunktionen durch; Erzeugen und Überwachen von Ionen, Kommunizieren mit dem Systemcontroller **28** und Empfangen von IR-Daten von dem Sender **30**.

[0054] Das Emittermodul **24** erzeugt Ionen unter Verwendung einer geschlossenen Schleifen-topologie, die drei Eingabewege und zwei Ausgabewege enthält. Zwei der drei Eingabewege überwachen den positiven und negativen Ionenstrom und enthalten eine Strommeßschaltung **56** oder **58**, einen Mehrfacheingang-A/D-Umsetzer **60** und den Mikrocontroller **44**. Der dritte Eingabeweg überwacht das Ionen-gleichgewicht und enthält eine Sensorantenne **66**, einen Verstärker **68**, den Mehrfacheingang-A/D-Umsetzer **60** und den Mikrocontroller **44**. Die beiden Ausgabewege steuern den Spannungspegel der Hochspannungsstromversorgungen **52** oder **54** und enthalten den Mikrocontroller **44**, ein digitales Potentiometer (oder D/A-Umsetzer als Substitut dafür), einen analogen Schalter, eine Hochspannungsstromversorgung **52** oder **54** und einen Ausgabeemitter **62** oder **64**. Das digitale Potentiometer und der analoge Schalter sind Teil der Pegelsteuerung **48** oder **50**.

[0055] Im Betrieb hält der Mikrocontroller **44** einen von dem Systemcontroller **28** erhaltenen Referenzionenausgabestromwert C_{REF} . Der Mikrocontroller **44** vergleicht dann diesen Wert mit einem von dem A/D-Umsetzer **60** abgelesenen gemessenen oder tatsächlichen Wert C_{MEAS} . Dieser gemessene Wert wird durch Mitteln der positiven und negativen Stromwerte erhalten. Wenn C_{MEAS} von C_{REF} verschieden ist, dann weist der Mikrocontroller **44** die mit den positiven und negativen Emittlern assoziierten digitalen Potentiometer (oder D/As) an, ihre Ausgabe um das gleiche oder ungefähr das gleiche Ausmaß zu erhöhen oder zu verringern. Die analogen Schalter der positiven Pegelsteuerungen **48**, **50** werden von dem Mikrocontroller **44** gesteuert, der sie für eine stationäre Gleichstromionisation einschaltet oder die Schalter mit variierenden Raten oszilliert, je nach dem Modus des Emittermoduls. Die Ausgangssignale von den analogen Schaltern werden dann an die positive und negative Hochspannungsstromversorgung **52**, **54** weitergegeben. Die Hochspannungsstromversorgungen **52**, **54** empfangen die Gleichstromsignale und erzeugen ein Hochspannungspotential an dem ionisierenden Emitterpunkten **62**, **64**. Wie oben angemerkt ist der Rückweg für das Hochspannungspoten-

tial mit den Meßschaltungen **56**, **58** für den positiven oder negativen Strom verbunden. Die Strommeßschaltungen **56**, **58** verstärken die produzierte Spannung, wenn die Hochspannungsversorgungen **52**, **54** einen Strom durch einen Widerstand ziehen. Die Hochspannungsrückschaltungen leiten dann dieses Signal an den A/D-Umsetzer **60** weiter (der zu diesem Zweck vier Eingänge aufweist). Der A/D-Umsetzer **60** erzeugt nach Aufforderung durch den Mikrocontroller **44** einen seriellen Datenstrom, der dem von der Hochspannungsrückschaltung erzeugten Spannungspegel entspricht. Der Mikrocontroller **44** vergleicht dann diese Werte mit den programmierten Werten und nimmt Justierungen an den oben erörterten digitalen Potentiometern vor.

[0056] Das Ionengleichgewicht des Emittermoduls **24** wird unter Verwendung einer Sensorantenne **66**, eines Verstärkers **68** (wie etwa eines mit einem Verstärkungsfaktor von 34,2), einem nicht gezeigten Pegeljustierer und dem A/D-Umsetzer **60** vorgenommen. Die Sensorantenne **66** ist zwischen dem positiven und negativen Emitter **62**, **64** platziert, etwa mit gleicher Entfernung dazwischen. Falls ein Ungleichgewicht in dem Emittermodul **24** vorliegt, baut sich auf der Sensorantenne **66** eine Ladung auf. Die aufgebaute Ladung wird von dem Verstärker **68** verstärkt. Der Pegel des verstärkten Signals wird so verschoben, daß er dem Eingangsbereich des A/D-Umsetzers **60** entspricht, und das Signal wird dann an den A/D-Umsetzer **60** zur Verwendung durch den Mikrocontroller **44** weitergeleitet.

[0057] Eine zwischen dem Mikrocontroller **44** und dem Systemcontroller **28** angeordnete Kommunikationsschaltung enthält eine Fehlverdrahtungsschutzschaltung **70** und einen RS-485-Codierer/Decodierer **72**.

[0058] Die Fehlverdrahtungsschutzschaltung gestattet dem Emittermodul **24**, selbst dann normal zu funktionieren, wenn ein Installierer aus Versehen die Verdrahtungsverbindungen invertiert (d.h. vertauscht), wenn er die Stecker an der Kommunikations-/Stromleitung **26** anbringt. Wenn das Emittermodul **24** zuerst hochgefahren wird, schaltet der Mikrocontroller zwei Schalter ein und liest die RS-485-Leitung. Aus dieser anfänglichen Ablesung bestimmt der Mikrocontroller **44**, ob sich die Kommunikations-/Stromleitung **26** in einem erwarteten Zustand befindet. Wenn sich die Kommunikations-/Stromleitung **26** in dem erwarteten Zustand befindet und für eine vorbestimmte Zeitperiode in dem erwarteten Zustand bleibt, dann sind die Kommunikationsleitungen der Kommunikations-/Stromleitung **26** nicht vertauscht, und das Programm in dem Mikrocontroller **44** geht zum nächsten Schritt weiter. Wenn jedoch die Leitung in dem entgegengesetzten von dem erwarteten Zustand ist, dann werden die mit der Fehlverdrahtungsschutzschaltung **70** assoziierten Schal-

ter umgekehrt, um die Kommunikationsleitungen der Kommunikations-/Stromleitung **26** elektronisch in die korrekte Position umzuwechseln. Nachdem die Kommunikations-/Stromleitung **26** korrigiert ist, ist der Weg für den Systemcontroller **28** in Betrieb, um mit dem Emittermodul **24** zu kommunizieren. Eine Vollwellenbrücke ist vorgesehen, um den ankommenden Strom automatisch zur richtigen Polarität zu orientieren.

[0059] [Fig. 5](#) ist ein Schaltungsebenendiagramm der Fehlverdrahtungsschutzschaltung **70**. Die vertauschenden Schalter **74**₁ und **74**₂ wechseln elektronisch die Kommunikationsleitung, und die Vollwellenbrücke **76** wechselt die Stromleitungen. Bei einem bevorzugten Vier-Ader-Ordnungsverfahren befinden sich die beiden RS-485-Kommunikationsleitungen auf der Außenseite und die beiden Stromleitungen auf der Innenseite.

[0060] Wieder unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) wird, wenn der Systemcontroller **28** mit einem individuellen Emittermodul **24** zu kommunizieren versucht, das erste Byte an die "Adresse" geschickt. Zu diesem Zeitpunkt muß der Mikrocontroller **44** in dem Emittermodul **24** die "Adresse" von der Emittermoduladresse-schaltung abrufen. Die "Adresse" des Emittermoduls wird bei der Installation durch Justierung der beiden an dem Emittermodul **24** angeordneten Drehcodierschalter **90** gesetzt. Der Mikrocontroller **44** erhält die Adresse von den Drehcodierschaltern **90** und einem seriellen Schieberegister **92**. Die Drehcodierschalter **90** liefern sieben binäre Datenleitungen an das serielle Schieberegister **92**. Gegebenenfalls verschiebt der Mikrocontroller **44** die Schaltereinstellungen seriell hinein, um die "Adresse" zu bestimmen, und speichert dies innerhalb seines Speichers.

[0061] Das Emittermodul **24** enthält eine IR-Empfangsschaltung **94**, die einen IR-Empfänger **96**, einen IR-Decodierer **98** und die beiden Drehcodierschalter **90** enthält. Wenn ein Infrarotsignal empfangen wird, trennt der IR-Empfänger **96** die Trägerfrequenz ab und läßt nur einen seriellen Datenstrom übrig, der an den IR-Decodierer **98** weitergeleitet wird. Der IR-Decodierer **98** empfängt die Daten und vergleicht die ersten fünf Datenbits mit den fünf wichtigsten Datenbits an den Drehcodierschaltern **90**. Wenn diese Datenbits übereinstimmen, erzeugt der IR-Decodierer **98** vier parallele Datenleitungen und ein gültiges Übertragungssignal, die in den Mikrocontroller **44** eingegeben werden.

[0062] Das Emittermodul **24** enthält außerdem einen Watchdog-Timer **100**, um den Mikrocontroller **44** zurückzusetzen, falls er verloren geht.

[0063] Das Emittermodul **24** enthält weiterhin eine Schaltstromversorgung **102**, die zwischen 20 und 28 VDC von dem Systemcontroller **28** empfängt und +12

VDC, +5 VDC, -5 VDC und Masse erzeugt. Wie oben erörtert wurde eine Schaltstromversorgung wegen der Notwendigkeit gewählt, aufgrund möglicher langer Drahtlängen, die große Spannungsabfälle verursachen, Leistung zu sparen.

[0064] [Fig. 9](#) ist ein sich selbst erklärendes Flußdiagramm der mit dem Mikrocontroller **44** des Emittiermoduls assoziierten Software.

[0065] [Fig. 6](#) ist ein Schemablockdiagramm des Systemcontrollers **28**. Der Systemcontroller **28** führt mindestens drei Basisfunktionen durch: Kommunizieren mit den Emittiermodulen **24**, Kommunizieren mit einem externen Überwachungscomputer (nicht gezeigt) und Anzeigen von Daten. Der Systemcontroller **28** kommuniziert mit den Emittiermodulen **24** unter Verwendung von RS-485-Kommunikationen **104** und kann mit dem Überwachungscomputer unter Verwendung von RS-232-Kommunikationen **106** kommunizieren. Der Systemcontroller **28** enthält einen Mikrocontroller **110**, der ein Mikroprozessor sein kann. Die Eingänge zu dem Mikrocontroller **110** beinhalten fünf Druckknopfschalter **112** und einen Schlüsselschalter **114**. Mit den Druckknopfschaltern **112** wird ein LCD-Display **116** gescrollt und Einstellungen ausgewählt und geändert. Der Schlüsselschalter **114** wird verwendet, um das System in einen Standby-, Betriebs- oder Setup-Modus zu versetzen.

[0066] Der Systemcontroller **28** enthält auch einen Speicher **118** und einen Watchdog-Timer **120** zur Verwendung mit dem Mikrocontroller **110**. Ein Teil des Speichers **118** ist ein EEPROM, der C_{REF} und B_{REF} für die Emittiermodule **24** sowie andere Systemkonfigurationsinformationen speichert, wenn der Strom abgeschaltet oder unterbrochen wird. Der Watchdog-Timer **120** detektiert, ob der Systemcontroller **28** stromlos wird und initiiert sein eigenes Zurücksetzen.

[0067] Um ein individuelles Emittiermodul **24** zu adressieren, enthält der Systemcontroller **28** weiterhin zwei Drehcodiererschalter **122** und ein seriellcs Schieberegister **124**, die vom Betrieb her den entsprechenden Elementen des Emittiermoduls **24** ähnlich sind.

[0068] Während des Einrichtens des Systems **22** wird jedes Emittiermodul **24** über seine Drehcodiererschalter **90** auf eine eindeutige Zahl gesetzt. Als nächstes fragt der Systemcontroller **28** die Emittiermodule **24**, ab, um ihre Statusalarmwerte zu erhalten. Bei einer abfragenden Ausführungsform prüft der Systemcontroller **28** die Emittiermodule **24**, um zu bestimmen, ob sie ohne Lücken in einer Reihenfolge numeriert sind. Über das Display **116** zeigt der Systemcontroller **28** seine Ergebnisse an und fordert den Operator zur Genehmigung auf. Wenn eine Lücke detektiert wird, kann der Operator entweder die Emit-

termodule **24** umnummerieren und die Abfrage nochmals durchführen oder eine Genehmigung der existierenden Numerierung signalisieren. Nachdem der Operator die Genehmigung des Numerierungsverfahrens signalisiert hat, speichert der Systemcontroller **28** die Emittiermodulnummern für den nachfolgenden Betrieb und die nachfolgende Steuerung. Bei einer alternativen Ausführungsform der Erfindung weist der Systemcontroller **28** den Emittiermodulen **24** automatisch Nummern zu und vermeidet dadurch die Notwendigkeit, Schalter an jedem Emittiermodul **24** einzustellen.

[0069] Wie oben erörtert kann der Fernsteuersender **30** Befehle direkt an die Emittiermodule **24** senden oder kann die Befehle durch den Systemcontroller **28** senden. Dementsprechend enthält der Systemcontroller **28** zu diesem Zweck einen IR-Empfänger **126** und einen IR-Decodierer **128**.

[0070] Der Systemcontroller **28** enthält außerdem Synchronisationsverbindungen, einen Synchronisationseingang **130** und einen Synchronisationsausgang **132**. Diese Verbindungen gestatten, mehrere Systemcontroller **28** auf synchronisierte Weise miteinander in Reihe zu schalten, so daß die Feuerrate und Phase von mit mehreren Systemcontrollern **28** assoziierten Emittiermodulen **24** aufeinander synchronisiert werden können. Da nur eine endliche Anzahl von Emittiermodulen **24** von einem einzelnen Systemcontroller **28** gesteuert werden kann, gestattet dieses Merkmal den Betrieb von viel mehr Emittiermodulen **24** auf synchronisierte Weise. Bei diesem Verfahren agiert ein Systemcontroller **28** als der Mastercontroller, und die übrigen Systemcontroller **28** agieren als Slavecontroller.

[0071] Der Systemcontroller **28** kann wahlweise Relaisindikatoren **134** enthalten, um Alarmer in einem Lichtturm oder dergleichen abzuspielen. Auf diese Weise können spezifische Alarmzustände visuell einem Operator übermittelt werden, der möglicherweise einen eigenständigen Systemcontroller **28** oder einen Mastersystemcontroller **28** mit mehreren Slavecontrollern überwacht.

[0072] Der Systemcontroller **28** beherbergt drei nicht gezeigte universelle Eingangs-AC-Schaltstromversorgungen. Diese Stromversorgungen erzeugen isolierte 28 VDC von einer beliebigen Netzspannung zwischen 90 und 240 VAC und 50-60 Hz. Die 28 VDC (die zwischen 20 und 30 VDC variieren können) werden an die abgesetzten Module **24** verteilt, um die Module zu bestromen. Außerdem empfängt eine integrierte Schaltstromversorgung **136** in dem Systemcontroller **28** die 28 VDC von der universalen Eingangs-AC-Schaltstromversorgung und erzeugt +12 VDC, +5 VDC, -5 VDC und Masse. Eine Schaltstromversorgung wird bevorzugt, um Leistung einzusparen.

[0073] [Fig. 10](#) ist ein sich selbst erläuterndes Flußdiagramm der mit dem Mikrocontroller **110** des Systemcontrollers assoziierten Software.

[0074] [Fig. 7A](#) ist ein Schemablockdiagramm einer Gleichgewichtssteuerschaltung **138** eines Emitttermoduls **24₁**. Ein Ionengleichgewichtssensor **140** (der einen Operationsverstärker plus einen A/D-Umsetzer enthält) gibt einen relativ nahe bei den Emitttern des Emitttermoduls **24₁** genommenen Gleichgewichtsmeßwert B_{MEAS} aus. Der im Mikrocontroller **44** gespeicherte Gleichgewichtsreferenzwert **142** B_{REF1} wird in einem Vergleichler **144** mit B_{MEAS} verglichen. Wenn die Werte gleich sind, erfolgt keine Justierung an den positiven oder negativen Hochspannungsstromversorgungen **146**. Wenn die Werte nicht gleich sind, erfolgen entsprechende Justierungen an den Stromversorgungen **146**, bis die Werte gleich werden. Dieser Prozeß läuft während des Betriebs des Emitttermoduls **24₁** kontinuierlich und automatisch ab. Während der Kalibrierung oder dem anfänglichen Setup werden Gleichgewichtsmeßwerte von einem Geladene-Platte-Monitor genommen, um einen tatsächlichen Gleichgewichtsmeßwert B_{ACTUAL} in dem Arbeitsraum in der Nähe des Emitttermoduls **24₁** zu erhalten. Wenn die Ausgabe des Vergleichlers zeigt, daß B_{REF1} gleich B_{MEAS} ist und wenn B_{ACTUAL} Null ist, dann ist das Emitttermodul **24₁** ausgeglichen und keine weitere Aktion wird ergriffen. Wenn jedoch die Ausgabe des Vergleichlers zeigt, daß B_{REF1} gleich B_{MEAS} ist und wenn B_{ACTUAL} nicht Null ist, dann ist das Emitttermodul **24₁** nicht im Gleichgewicht. Dementsprechend wird B_{REF1} unter Verwendung entweder des Fernsteuerers **30** oder des Systemcontrollers **28** nach oben oder unten justiert, bis B_{ACTUAL} zurück auf Null gebracht worden ist. Aufgrund von Herstellungstoleranzen und einer Systemverschlechterung im Laufe der Zeit ist es wahrscheinlich, daß jedes Emitttermodul **24** einen anderen B_{REF} -Wert aufweist.

[0075] [Fig. 7B](#) ist ein Verfahren ähnlich [Fig. 7A](#), das für den Ionenstrom verwendet wird, wie oben bezüglich C_{REF} und C_{MEAS} erörtert. In [Fig. 7B](#) ist C_{MEAS} der tatsächliche Ionenausgabestrom nach direkter Messung unter Verwendung der in [Fig. 4](#) gezeigten Schaltungselemente **56**, **58** und **60**. Der Vergleichler **152** vergleicht C_{REF1} (der im Speicher **150** im Mikrocontroller **44** gespeichert ist) mit C_{MEAS} . Wenn die Werte gleich sind, erfolgt keine Justierung auf die positiven oder negativen Hochspannungsstromversorgungen **146**. Wenn die Werte nicht gleich sind, werden entsprechende Justierungen an den Stromversorgungen **146** vorgenommen, bis die Werte gleich werden. Dieser Prozeß läuft während des Betriebs des Emitttermoduls **24₁** kontinuierlich und automatisch ab. Während der Kalibrierung oder während des anfänglichen Setups werden Abklingzeitmeßwerte von einem Geladene-Platte-Monitor **148** genommen, um eine Anzeige des tatsächlichen Ionenausgabestroms C_{MEAS} im Arbeitsraum in der Nähe des Emitt-

termoduls **24₁** zu erhalten.

[0076] Wenn die Abklingzeit innerhalb eines gewünschten Bereichs liegt, dann wird keine weitere Aktion ergriffen. Wenn jedoch die Abklingzeit zu langsam oder zu schnell ist, wird C_{REF1} von dem Operator nach oben oder unten justiert. Der Vergleichler **152** zeigt dann eine Differenz zwischen C_{MEAS} und C_{REF1} , und entsprechende Justierungen werden automatisch an den Stromversorgungen **146** vorgenommen, bis diese Werte auf die gleiche Weise wie oben beschrieben gleich werden.

[0077] Wie oben erörtert weisen herkömmliche automatische Ausgleichssysteme hardwarebasierte Rückkopplungssysteme auf und sind mit mindestens den folgenden Problemen behaftet:

- (1) Mit solchen Systemen kann man keine sehr feine Gleichgewichtssteuerung erhalten, da Rückkopplungssteuersignale auf der Basis von Hardwarekomponentenwerten festgelegt sind.
- (2) Der Gesamtbereich der Gleichgewichtssteuerung ist auf der Basis der Hardwarekomponentenwerte begrenzt.
- (3) Schnelle und preiswerte Modifikationen sind schwierig vorzunehmen, da die individuellen Komponenten für einen ordnungsgemäßen Betrieb voneinander abhängig sind. Herkömmliche Ionenstromsteuerschaltungsanordnungen sind mit den gleichen Problemen behaftet. Im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen sind die softwarebasierten Gleichgewichts- und Ionenstromsteuerschaltungsanordnungen der vorliegenden Erfindung mit keiner dieser Menge behaftet.

[0078] [Fig. 8](#) zeigt eine Perspektivansicht der Hardwarekomponenten des Systems **22** von [Fig. 2](#).

[0079] Die Mikrocontroller **44** und **110** gestatten die Implementierung ausgeklügelter Merkmale wie etwa der folgenden Merkmale:

- (1) Der Mikroprozessor überwacht die Vergleichler, mit denen B_{REF} und B_{MEAS} , und C_{REF} und C_{MEAS} verglichen werden. Wenn die Unterschiede beide kleiner sind als ein vorbestimmter Wert, wird angenommen, daß das Emitttermodul **24** mit dem normalen Betrieb assoziierte notwendige kleine Justierungen vornimmt. Wenn jedoch einer oder beide der Unterschiede zu einem oder mehreren Zeitpunkten größer sind als ein vorbestimmter Wert, wird angenommen, daß das Emitttermodul **24** einer Wartung bedarf. In diesem Fall wird ein Alarm an den Systemcontroller **28** gesendet.
- (2) Automatische Ionenerzeugungsänderungen und Gleichgewichtsänderungen für jedes individuelle Emitttermodul **24** können rampenförmig herauf- oder heruntergefahren werden, um plötzliche Ausschläge oder Potentialüberschreitungen zu vermeiden. Wenn beispielsweise der Im-

puls-Gleichstrommodus verwendet wird, kann die Impulsrate (d.h. Frequenz) allmählich von einem ersten Wert auf den Sollwert justiert werden, um den gewünschten Effekt des rampenförmigen Herauf- oder Herunterfahrens zu erreichen. Wenn entweder der Impuls-Gleichstrommodus oder der stationäre Gleichstrommodus verwendet wird, kann die Gleichstromamplitude allmählich von einem ersten Wert auf den Sollwert justiert werden, um den gewünschten Effekt des rampenförmigen Herauf- oder Herunterfahrens zu erreichen.

[0080] Der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die oben dargelegten bestimmten Implementierungen begrenzt. Beispielsweise brauchen die Kommunikationen nicht notwendigerweise über RS-485- oder RS-232-Kommunikations-/Stromleitungen zu erfolgen. Insbesondere können die Fehlverdrahtungsschutzschaltungen mit einer beliebigen Art von Kommunikations-/Stromleitungen verwendet werden, die auf die oben beschriebene Weise über Schalter vertauscht werden können.

[0081] Der Fachmann versteht, daß an den oben beschriebenen Ausführungsformen Änderungen vorgenommen werden könnten, ohne von dem breiten erfindungsgemäßen Konzept davon abzuweichen. Es versteht sich deshalb, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die offenbarten bestimmten Ausführungsformen beschränkt ist, sondern die vorliegende Erfindung wird durch die beigefügten Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausgleichen einer Abgabe positiver und negativer Ionen in einem elektrischen Ionisierer mit Emittlern für positive und negative Ionen (**62, 64**) und mit den jeweiligen Emittlern (**62, 64**) für positive und negative Ionen assoziierte positive und negative Hochspannungsstromversorgungen (**52, 54, 146**), wobei das Verfahren folgendes umfaßt:

(a) Speichern eines Gleichgewichtsreferenzwerts (B_{REF} , B_{REF1}) in einem softwareeinstellbaren Speicher (**118**);

(b) während des Betriebs des elektrischen Ionisierers Vergleichen des Gleichgewichtsreferenzwerts (B_{REF1}) mit einem Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}), der von einem Ionengleichgewichtssensor (**140**) genommen wird, der sich in der Nähe der Ionenemitter (**62, 64**) befindet; und

(c) automatisches Justieren mindestens einer der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgung (**146**), wenn der Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF1}) nicht gleich dem Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}) ist, wobei die Justierung auf eine Weise erfolgt, die bewirkt, daß der Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}) gleich dem Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF1}) wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin folgendes umfaßt:

(d) während des Betriebs des elektrischen Ionisierers das Messen des tatsächlichen Ionengleichgewichts (B_{ACTUAL}) in dem Arbeitsraum in der Nähe des elektrischen Ionisierers und

(e) Justieren des Gleichgewichtsreferenzwerts (B_{REF1}), wenn der Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}) gleich dem Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF1}) ist und das tatsächlich gemessene Ionengleichgewicht (B_{ACTUAL}) nicht Null ist, wobei die Justierung auf eine Weise durchgeführt wird, die bewirkt, daß das tatsächlich gemessene Ionengleichgewicht (B_{ACTUAL}) gleich Null wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei Meßschritt (d) unter Verwendung eines geladene-Platte-Monitors durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Schritte (d) und (e) während der Kalibrierung oder während des anfänglichen Setups des elektrischen Ionisierers durchgeführt werden.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der elektrische Ionisierer weiterhin einen elektrisch mit dem Gleichgewichtsreferenzwert verbundenen und auf einen Fernsteuerungssender (**30**) reagierenden Fernsteuerungsempfänger (**96, 126**) enthält und der Justierschritt (e) die Verwendung des Fernsteuerungssenders (**30**) zum Justieren des Gleichgewichtsreferenzwerts (B_{REF1}) über den Fernsteuerungsempfänger (**96**) beim Überwachen des tatsächlich gemessenen Ionengleichgewichts (B_{ACTUAL}) umfaßt, um zu bewirken, daß das tatsächlich gemessene Ionengleichgewicht (B_{ACTUAL}) gleich Null wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, das weiterhin folgendes umfaßt:

(f) bei Initiierung des Betriebs des elektrischen Ionisierers das Justieren der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgung (**52, 54, 146**) auf nichtlineare Weise, wodurch plötzliche Änderungen bei der Ausgabe positiver oder negativer Ionen oder ein potentielles Überschreiten des ausgeglichenen Zustands verhindert werden.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der elektrische Ionisierer in einem Impuls-Gleichstrommodus arbeitet und das automatische Justieren in Schritt (c) nichtlinear durchgeführt wird durch allmähliches Justieren der Impulsrate der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgung (**52, 54, 146**) von einem ersten Wert zu einem zweiten Wert.

8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der elektrische Ionisierer entweder

in einem Impuls-Gleichstrommodus oder in einem stationären Gleichstrommodus arbeitet und das automatische Justieren in Schritt (c) nichtlinear durchgeführt wird durch allmähliches Justieren der Gleichstromamplitude der positiven oder negativen Hochspannungsstromversorgung (**52, 54, 146**) von einem ersten Wert auf einen zweiten Wert.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, das weiterhin folgendes umfaßt:

(g) Vergleichen des Absolutwerts der Differenz zwischen dem Gleichgewichtsdifferenzwert (B_{REF1}) und dem Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}) nach Bestimmung in dem Vergleichsschritt (b) und

(h) Bewirken des Anzeigens eines Alarmzustands, wenn der Absolutwert der Differenz größer ist als ein vorbestimmter Wert zu einem oder mehreren Zeitpunkten.

10. Elektrischer Ionisierer mit Emittlern (**62, 64**) für positive und negative Ionen und mit den jeweiligen Emittlern (**62, 64**) für positive und negative Ionen assoziierte positive und negative Hochspannungsstromversorgungen (**52, 54, 146**), wobei der elektrische Ionisierer folgendes umfaßt:

(a) einen softwarejustierbaren Speicher (**118**) zum Speichern eines Gleichgewichtsreferenzwerts (B_{REF1});

(b) einen Vergleicher (**144**) zum Vergleichen des Gleichgewichtsreferenzwerts (B_{REF1}) mit einem Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}), der von einem Ionengleichgewichtssensor (**140**) genommen wird, der sich in der Nähe der Ionenemitter (**62, 64**) befindet; und

(c) eine automatische Gleichgewichtsjustierschaltung (**138**) zum Justieren mindestens einer der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgungen (**52, 54, 146**), wenn der Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF1}) nicht gleich dem Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}) ist, wobei die Justierung auf eine Weise erfolgt, die bewirkt, daß der Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}) gleich dem Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF1}) wird.

11. Elektrischer Ionisierer nach Anspruch 10, der weiterhin folgendes umfaßt:

(d) Mittel zum Bewirken, daß die automatische Gleichgewichtsjustierschaltung (**138**) die Justierung nichtlinear bei Initiierung des Betriebs des elektrischen Ionisierers durchführt, wodurch plötzliche Änderungen bei der Ausgabe positiver oder negativer Ionen oder ein potentiell überschreiten des ausgeglichenen Zustands verhindert werden.

12. Elektrischer Ionisierer nach Anspruch 10 oder 11, wobei der elektrische Ionisierer in einem Impuls-Gleichstrommodus arbeitet und die automatische Gleichgewichtsjustierschaltung (**138**) die Justierung nichtlinear durchführt durch allmähliches Justie-

ren der Impulsrate der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgung von einem ersten Wert zu einem zweiten Wert.

13. Elektrischer Ionisierer nach Anspruch 10 oder 11, wobei der elektrische Ionisierer entweder in einem Impuls-Gleichstrommodus oder in einem stationären Gleichstrommodus arbeitet und die automatische Gleichgewichtsjustierschaltung (**138**) die Justierung nichtlinear durchführt durch allmähliches Justieren der Gleichstromamplitude der positiven oder negativen Hochspannungsstromversorgung von einem ersten Wert zu einem zweiten Wert.

14. Elektrischer Ionisierer nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 13, der weiterhin folgendes umfaßt:

(e) Mittel zum Justieren des Gleichgewichtsreferenzwerts (B_{REF1}), wobei der Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF1}) justiert wird, wenn der Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}) gleich dem Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF1}) und ein im Arbeitsraum in der Nähe des elektrischen Ionisierers tatsächlich gemessenes Ionengleichgewicht (B_{ACTUAL}) nicht Null ist, wobei die Justierung auf eine Weise durchgeführt wird, die bewirkt, daß das tatsächlich gemessene Ionengleichgewicht (B_{ACTUAL}) gleich Null wird.

15. Elektrischer Ionisierer nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 14, der weiterhin folgendes umfaßt:

(f) einen elektrisch mit dem Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF}) verbundenen und auf einen Fernsteuerungssender (**30**) reagierenden Fernsteuerungsempfänger (**96, 126**), wobei das Mittel zum Justieren den Fernsteuerungssender (**30**) verwendet, um den Gleichgewichtsreferenzwert (B_{REF1}) über den Fernsteuerungsempfänger (**96, 126**) zu justieren und gleichzeitig das tatsächlich gemessene Ionengleichgewicht (B_{ACTUAL}) zu überwachen, um zu bewirken, daß das tatsächlich gemessene Ionengleichgewicht (B_{ACTUAL}) gleich Null wird.

16. Elektrischer Ionisierer nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 15, der weiterhin folgendes umfaßt:

(g) Mittel zum Vergleichen des Absolutwerts der Differenz zwischen dem Gleichgewichtsdifferenzwert (B_{REF1}) und dem Gleichgewichtsmeßwert (B_{MEAS}) nach Bestimmung durch den Vergleicher (**144**) und

(h) Mittel (**134**) zum Bewirken des Anzeigens eines Alarmzustands, wenn der Absolutwert der Differenz größer ist als ein vorbestimmter Wert zu einem oder mehreren Zeitpunkten.

17. Verfahren zum Steuern des Ausgabestroms positiver und negativer Ionen in einem elektrischen Ionisierer mit (i) Emittlern (**62, 64**) für positive und negative Ionen, (ii) mit den jeweiligen Emittlern (**62, 64**) für positive und negative Ionen assoziierte positive

und negative Hochspannungsstromversorgungen (**52, 54, 146**) und (iii) Strommeßschaltungen (**56, 58, 60**) zum Überwachen des Ausgabestroms positiver und negativer Ionen des Ionisierers, wobei das Verfahren folgendes umfaßt:

(a) Speichern eines Ionenausgabestromreferenzwerts in einem softwarejustierbaren Speicher (**150**);
 (b) während des Betriebs des elektrischen Ionisierers das Vergleichen des Ionenausgabestromreferenzwerts (C_{REF1}) mit einem von den Strommeßschaltungen (**56, 58, 60**) genommenen tatsächlichen Ionenausgabestromwert (C_{MEAS}) und
 (c) automatisches Justieren mindestens einer der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgungen (**52, 54, 146**), wenn der tatsächliche Ionenausgabestromwert (C_{MEAS}) nicht gleich dem Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) ist, wobei die Justierung auf eine Weise durchgeführt wird, die bewirkt, daß der tatsächliche Ionenausgabestromwert (C_{MEAS}) gleich dem Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, das weiterhin folgendes umfaßt:

(d) während des Betriebs des elektrischen Ionisierers das Messen eines Indikators des tatsächlichen Ionenabgabestromwerts (C_{MEAS}) in dem Arbeitsraum in der Nähe des elektrischen Ionisierers und
 (e) das Justieren des Ionenausgabestromreferenzwerts (C_{REF1}), wenn sich der Indikator nicht in der Nähe eines Sollwerts befindet, wobei die Justierung durchgeführt wird, um zu bewirken, daß sich der Indikator des tatsächlichen Ionenausgabestromwerts (C_{MEAS}) in die Nähe des Sollwerts bewegt.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei der Meßschritt (d) unter Verwendung eines geladene-Platte-Monitors (**148**) durchgeführt wird und der Indikator die Abklingzeit nach Messung durch den geladene-Platte-Monitor (**148**) ist.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, wobei die Schritte (d) und (e) während einer Kalibrierung oder eines anfänglichen Setups des elektrischen Ionisierers durchgeführt werden.

21. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei der elektrische Ionisierer weiterhin einen mit dem Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) elektrisch verbundenen und auf einen Fernsteuerungssender (**30**) reagierenden Fernsteuerungsempfänger (**96, 126**) enthält und der Justierschritt (e) das Verwenden des Fernsteuerungssenders (**30**) zum Justieren des Ionenausgabestromreferenzwerts (C_{REF1}) über den Fernsteuerungsempfänger (**96, 126**) umfaßt, während der Indikator des tatsächlichen Ionenausgabestromwerts (C_{MEAS}) verwendet wird, um zu bewirken, daß sich der Indikator in die Nähe des Sollwerts bewegt.

22. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 21, das weiterhin folgendes umfaßt:
 (f) bei Initiieren des Betriebs des elektrischen Ionisierers das Justieren der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgungen (**52, 54, 146**) auf nichtlineare Weise, wodurch plötzliche Änderungen bei der Ausgabe positiver oder negativer Ionen oder ein potentielles Überschreiten des Sollzustands verhindert werden.

23. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 22, wobei der elektrische Ionisierer in einem Impuls-Gleichstrommodus arbeitet und das automatische Justieren in Schritt (c) nichtlinear durchgeführt wird durch allmähliches Justieren der Impulsrate der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgung (**52, 54, 146**) von einem ersten Wert zu einem zweiten Wert.

24. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 22, wobei der elektrische Ionisierer entweder in einem Impuls-Gleichstrommodus oder in einem stationären Gleichstrommodus arbeitet und das automatische Justieren in Schritt (c) nichtlinear durchgeführt wird durch allmähliches Justieren der Gleichstromamplitude der positiven oder negativen Hochspannungsstromversorgung (**52, 54, 146**) von einem ersten Wert auf einen zweiten Wert.

25. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 24, das weiterhin folgendes umfaßt:
 (g) Vergleichen des Absolutwerts der Differenz zwischen dem Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) und dem tatsächlichen Ionenausgabestromwert (C_{MEAS}) nach Bestimmung in dem Vergleichsschritt (b) und
 (h) Bewirken des Anzeigens eines Alarmzustands, wenn der Absolutwert der Differenz größer ist als ein vorbestimmter Wert zu einem oder mehreren Zeitpunkten.

26. Elektrischer Ionisierer mit Emittlern (**62, 64**) für positive und negative Ionen und mit den jeweiligen Emittlern (**62, 64**) für positive und negative Ionen assoziierte positive und negative Hochspannungsstromversorgungen (**52, 54, 146**), wobei der elektrische Ionisierer folgendes umfaßt:

(a) einen softwarejustierbaren Speicher (**150**) zum Speichern eines Ionenausgabestromreferenzwerts (C_{REF1});
 (b) einen Vergleicher (**152**) zum Vergleichen des Ionenausgabestromreferenzwerts (C_{REF1}) mit einem tatsächlichen Ionenausgabestromwert (C_{MEAS}), der von einer Strommeßschaltung (**56, 58, 60**) genommen wird, die den Ausgabestrom positiver und negativer Ionen des Ionisierers überwacht, und
 (c) eine automatische Ionenausgabestromjustierschaltung zum Justieren mindestens einer der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgungen (**52, 54, 146**), wenn der tatsächliche Ionenausga-

bestromwert (C_{MEAS}) nicht gleich dem Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) ist, wobei die Justierung auf eine Weise erfolgt, die bewirkt, daß der tatsächliche Ionenausgabestromwert (C_{MEAS}) gleich dem Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) wird.

27. Elektrischer Ionisierer nach Anspruch 26, der weiterhin folgendes umfaßt:

(d) Mittel zum Bewirken, daß die automatische Gleichgewichtsjustierschaltung die Justierung nichtlinear bei Initiierung des Betriebs des elektrischen Ionisierers durchführt, wodurch plötzliche Änderungen bei der Ausgabe positiver oder negativer Ionen oder ein potentielltes Überschreiten des Sollzustands verhindert werden.

28. Elektrischer Ionisierer nach Anspruch 26 oder 27, wobei der elektrische Ionisierer in einem Impuls-Gleichstrommodus arbeitet und die automatische Ionenausgabestromjustierschaltung die Justierung nichtlinear durchführt durch allmähliches Justieren der Impulsrate der positiven und negativen Hochspannungsstromversorgung von einem ersten Wert zu einem zweiten Wert.

29. Elektrischer Ionisierer nach Anspruch 26 oder 27, wobei der elektrische Ionisierer entweder in einem Impuls-Gleichstrommodus oder in einem stationären Gleichstrommodus arbeitet und die automatische Ionenausgabestromjustierschaltung die Justierung nichtlinear durchführt durch allmähliches Justieren der Gleichstromamplitude der positiven oder negativen Hochspannungsstromversorgung von einem ersten Wert zu einem zweiten Wert.

30. Elektrischer Ionisierer nach mindestens einem der Ansprüche 26 bis 29, der weiterhin folgendes umfaßt:

(e) Mittel zum Justieren des Ionenausgabestromreferenzwerts (C_{REF1}), wobei der Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) justiert wird, wenn ein Indikator des im Arbeitsraum in der Nähe des elektrischen Ionisierers gemessenen tatsächlichen Ionenausgabestromwerts (C_{MEAS}) nicht in der Nähe eines Sollwerts liegt, wobei die Justierung durchgeführt wird, um zu bewirken, daß sich der Indikator des tatsächlichen Ionenausgabestromwerts (C_{MEAS}) in die Nähe des Sollwerts bewegt.

31. Elektrischer Ionisierer nach mindestens einem der Ansprüche 26 bis 30, der weiterhin folgendes umfaßt:

(f) einen mit dem Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) elektrisch verbundenen und auf einen Fernsteuerungssender (30) reagierenden Fernsteuerungsempfänger (96, 126), wobei das Mittel zum Justieren den Fernsteuerungssender (30) verwenden zum Justieren des Ionenausgabestromreferenzwerts (C_{REF1}) über den Fernsteuerungsempfänger (96, 126), während der Indikator des tatsächlichen Ionen-

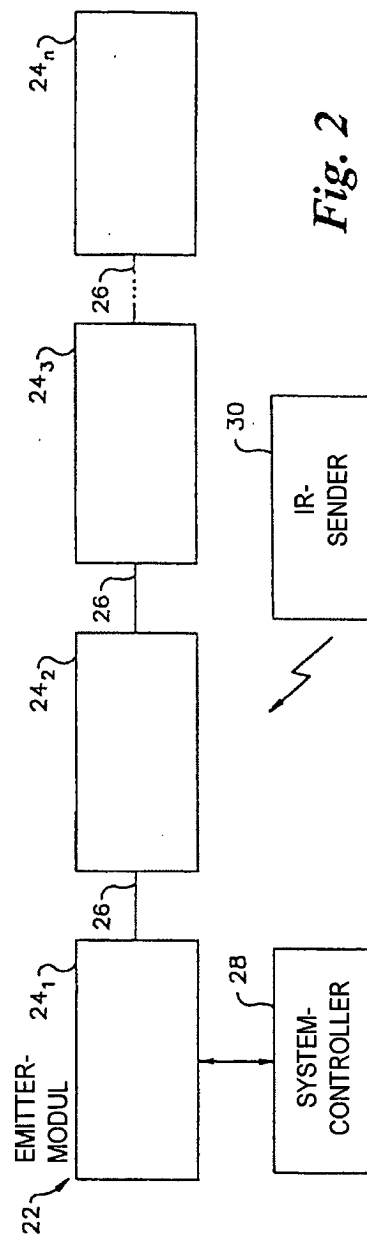
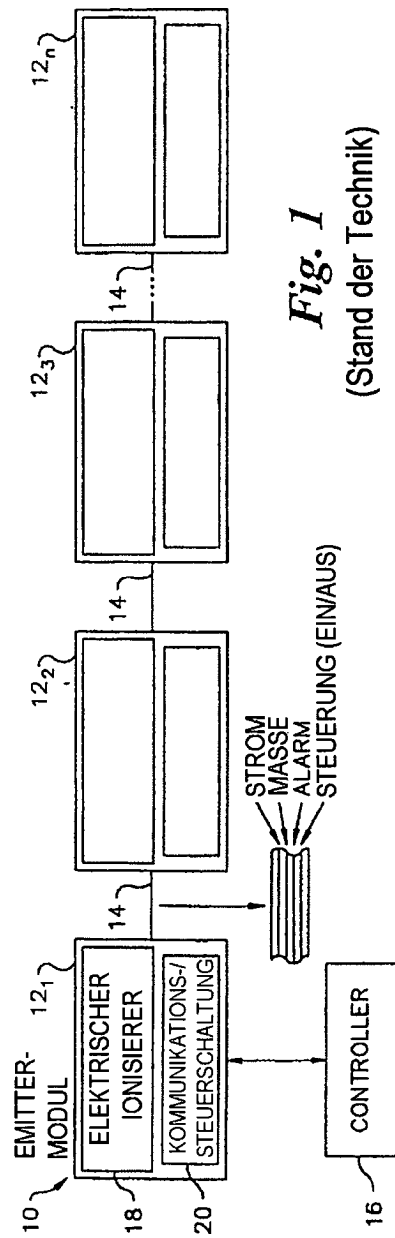
ausgabestromwerts (C_{MEAS}) überwacht wird, um zu bewirken, daß sich der Indikator in die Nähe des Sollwerts bewegt.

32. Elektrischer Ionisierer nach mindestens einem der Ansprüche 26 bis 31, der weiterhin folgendes umfaßt:

(g) Mittel zum Vergleichen des Absolutwerts der Differenz zwischen dem Ionenausgabestromreferenzwert (C_{REF1}) und dem tatsächlichen Ionenausgabestromwert (C_{MEAS}) nach Bestimmung durch den Vergleich der (152) und

(h) Mittel (134) zum Bewirken des Anzeigens eines Alarmzustands, wenn der Absolutwert der Differenz größer ist als ein vorbestimmter Wert zu einem oder mehreren Zeitpunkten.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen



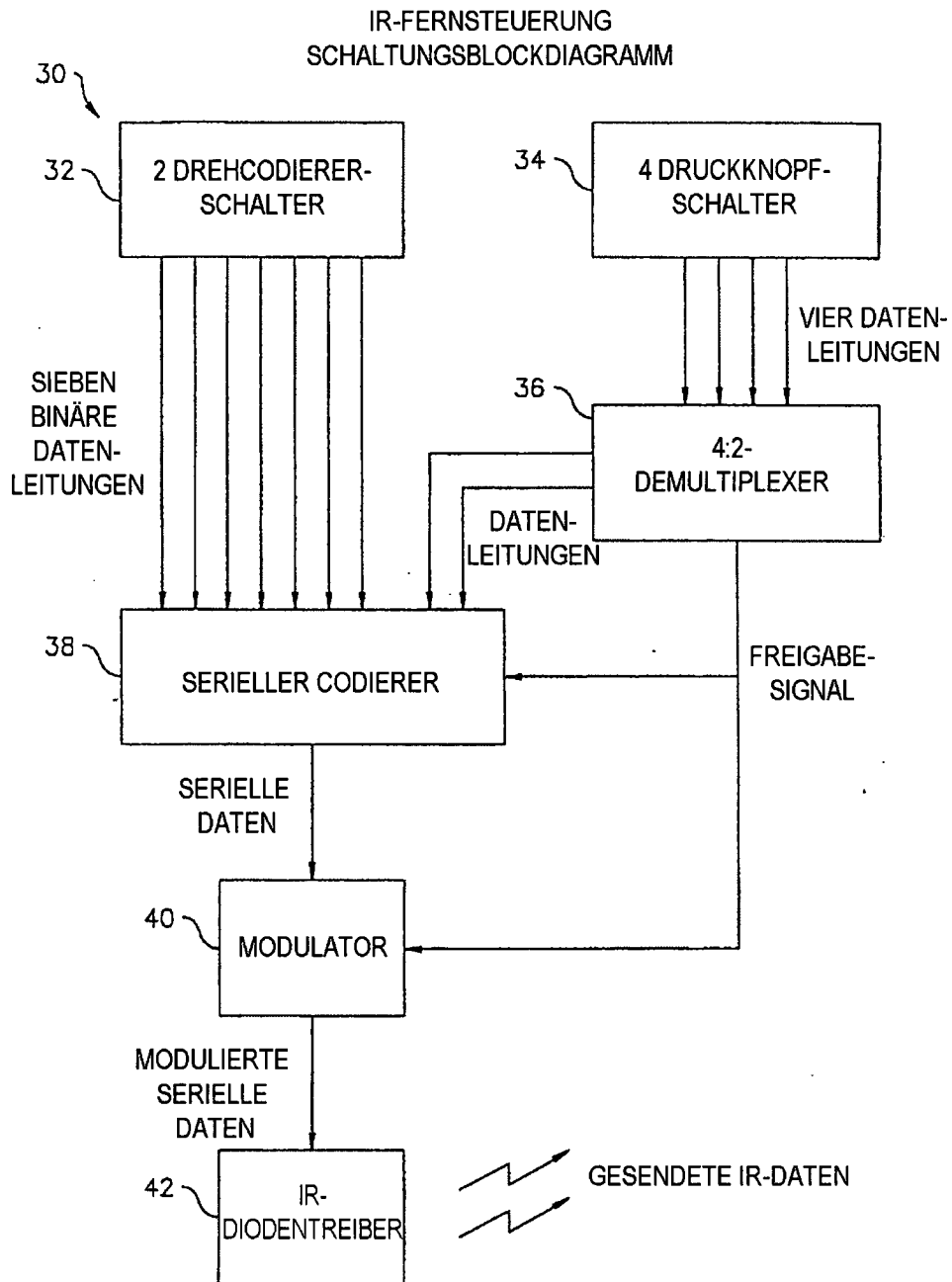


Fig. 3A

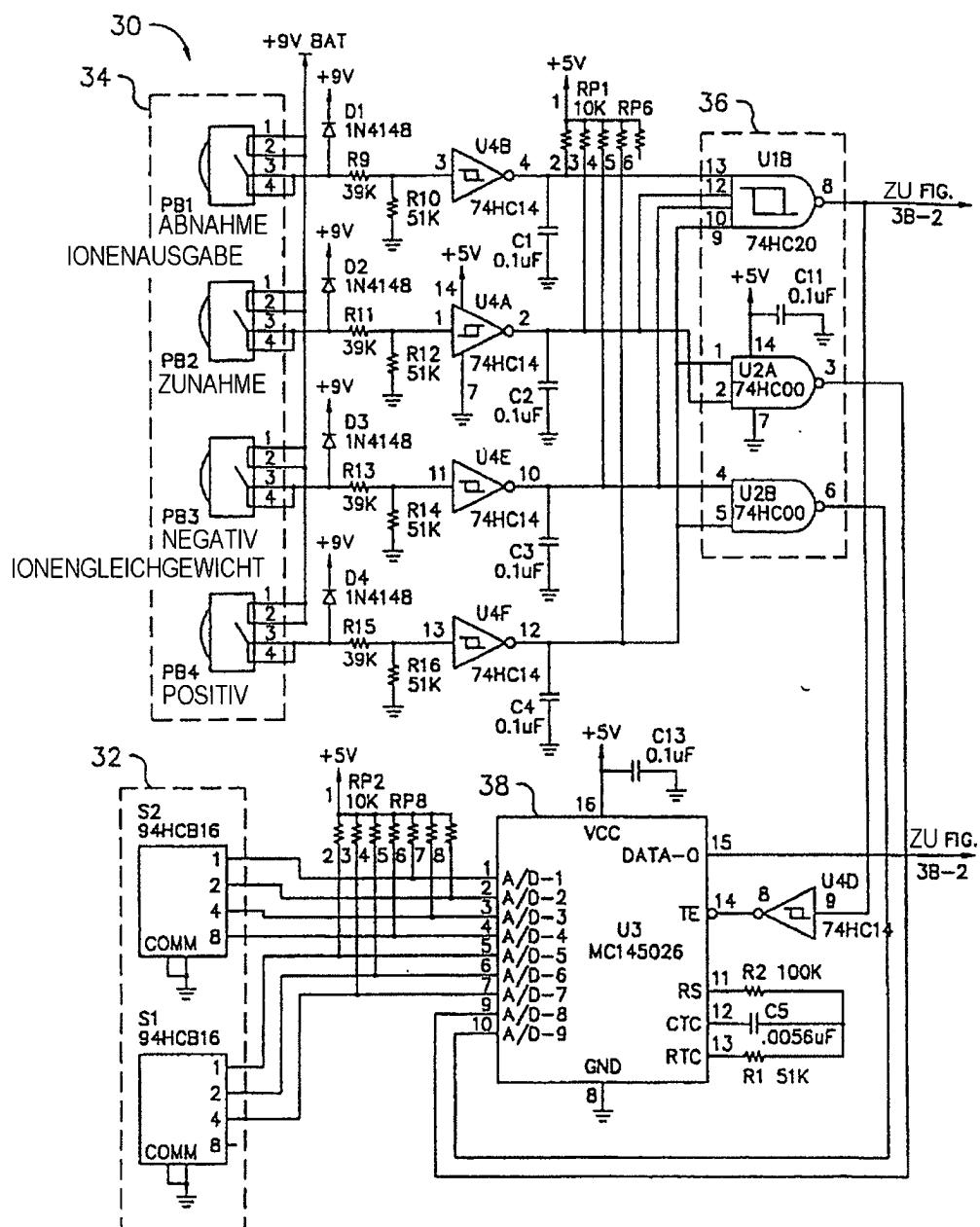


Fig. 3B-1

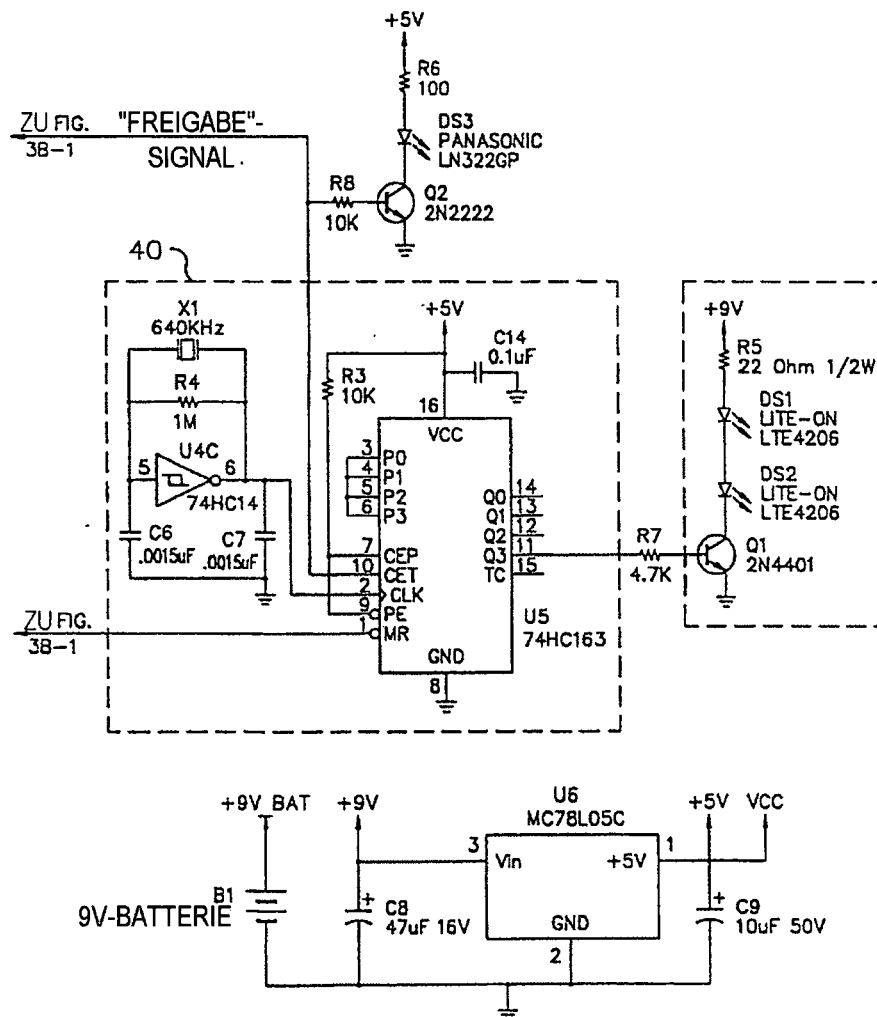
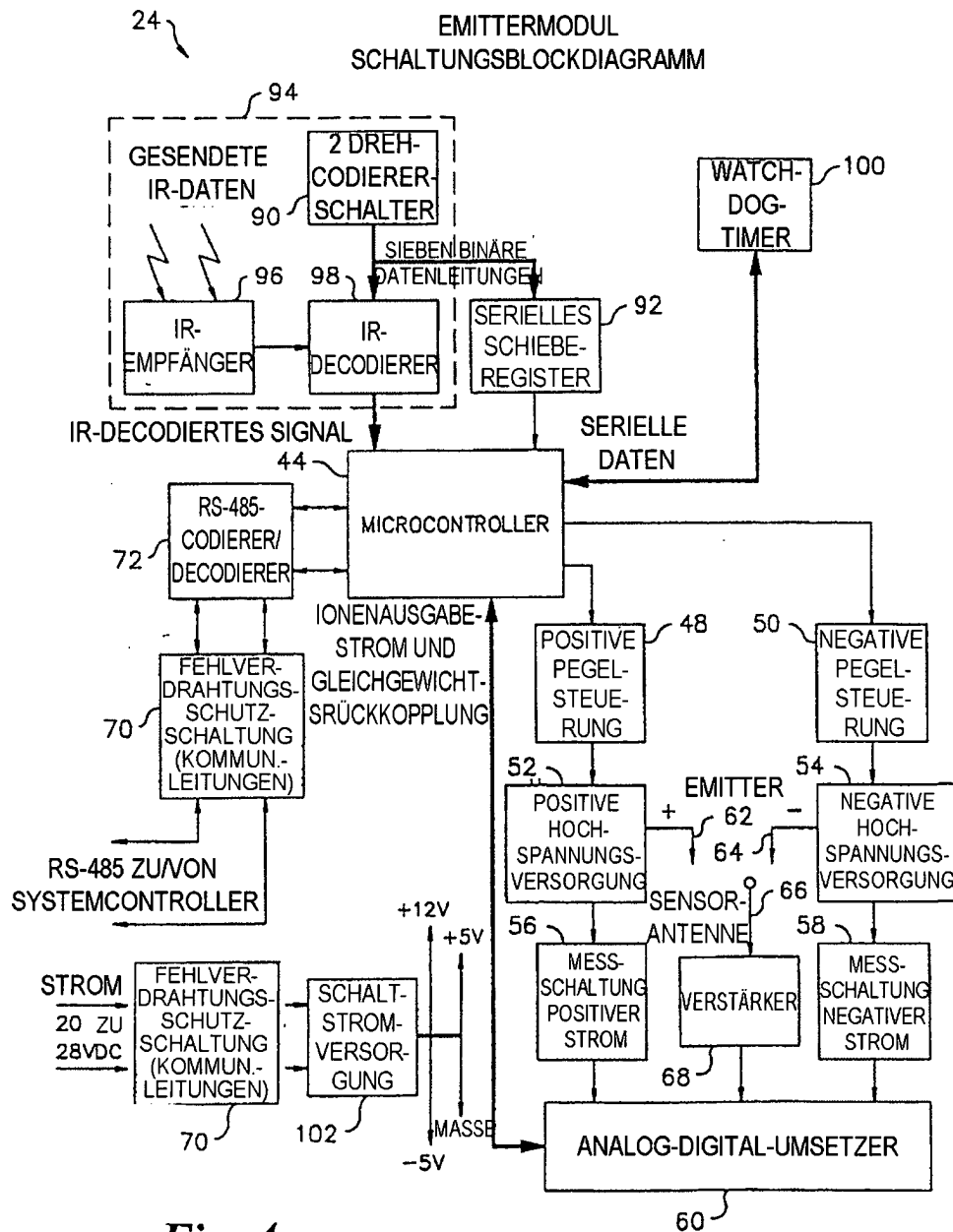


Fig. 3B-2

*Fig. 4*

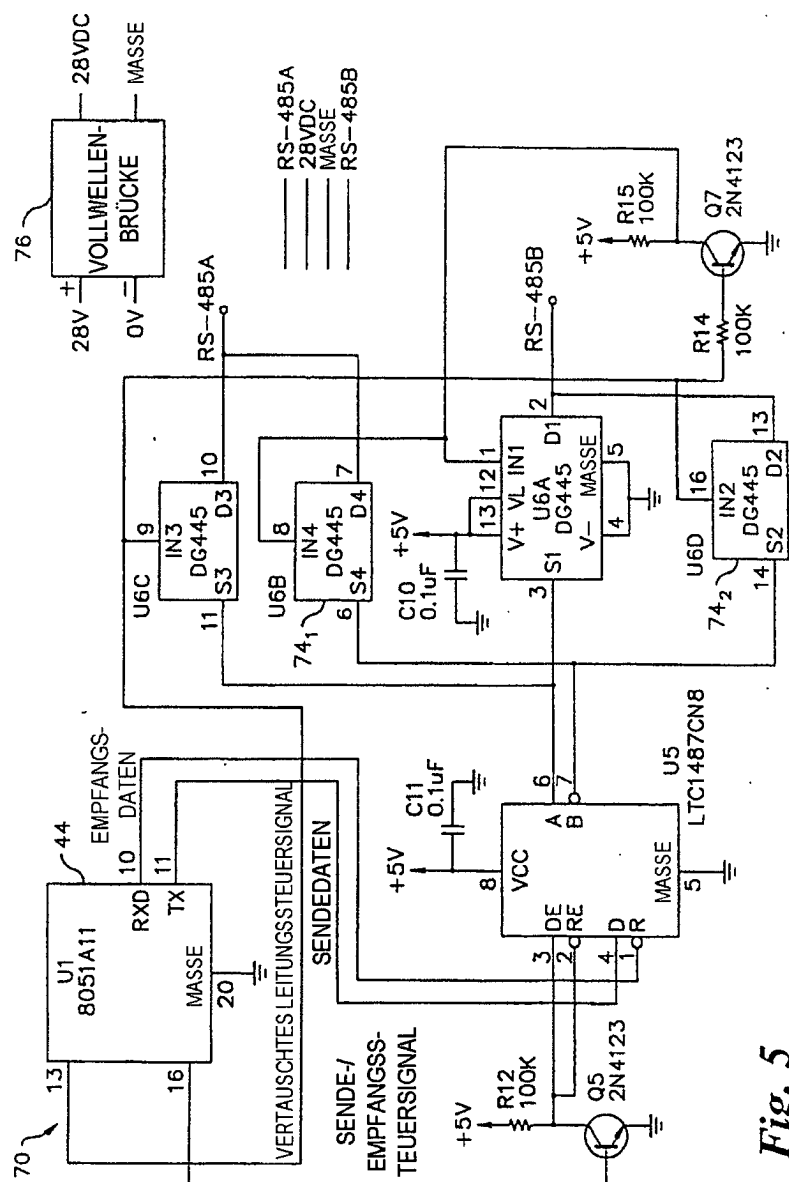


Fig. 5

SYSTEMCONTROLLER SCHALTUNGSBLOCKDIAGRAMM

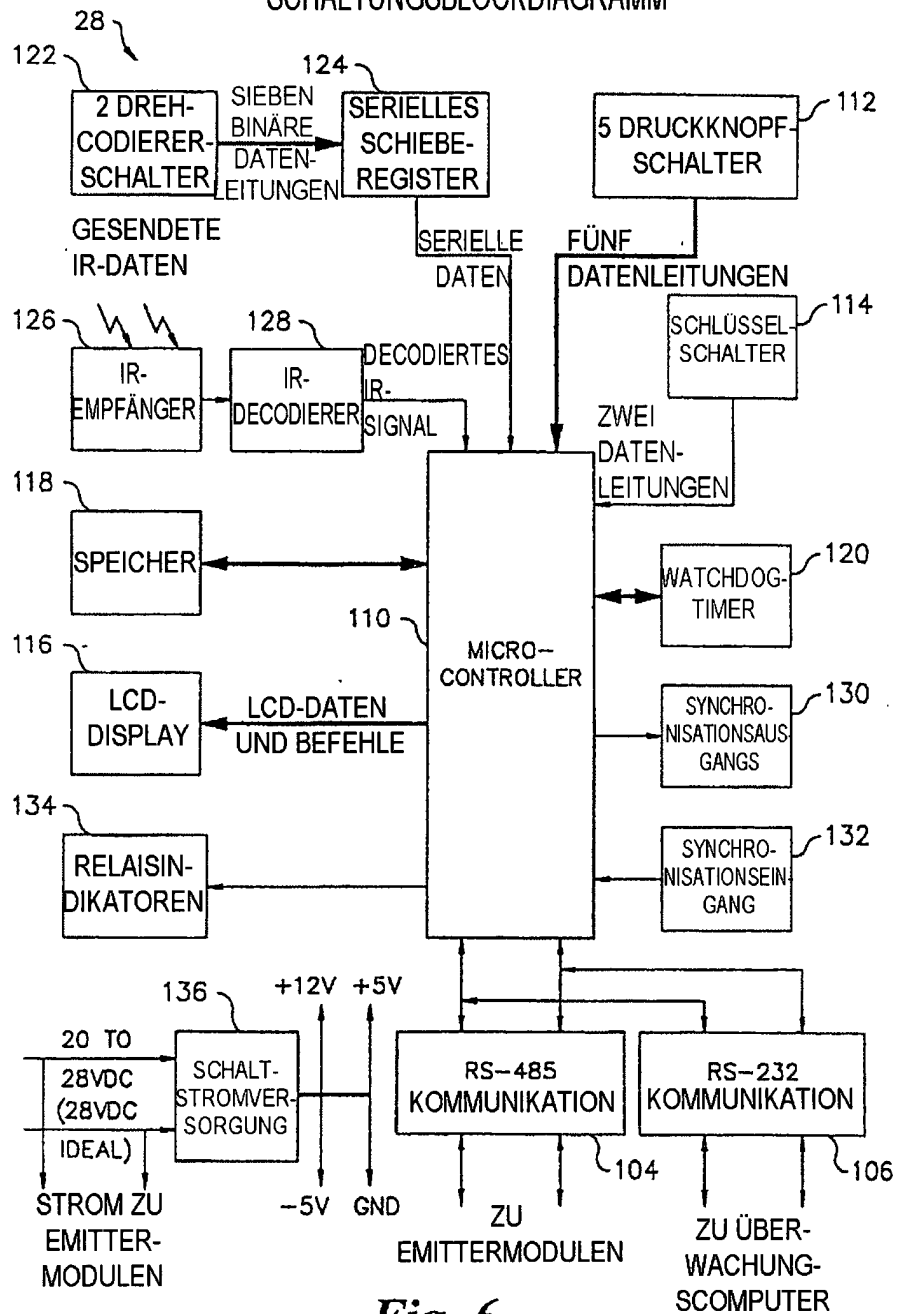


Fig. 6

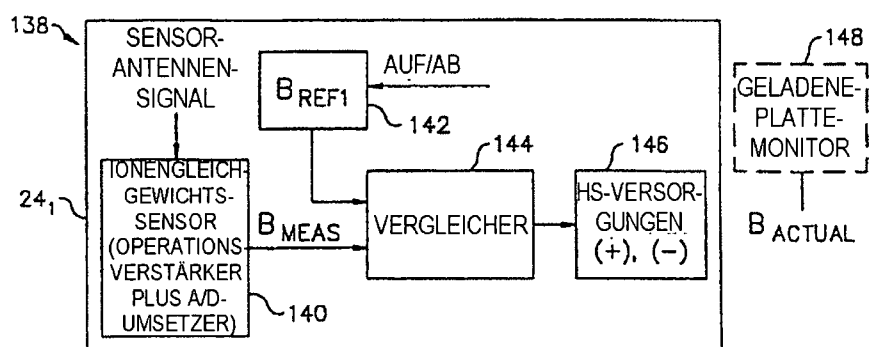


Fig. 7A

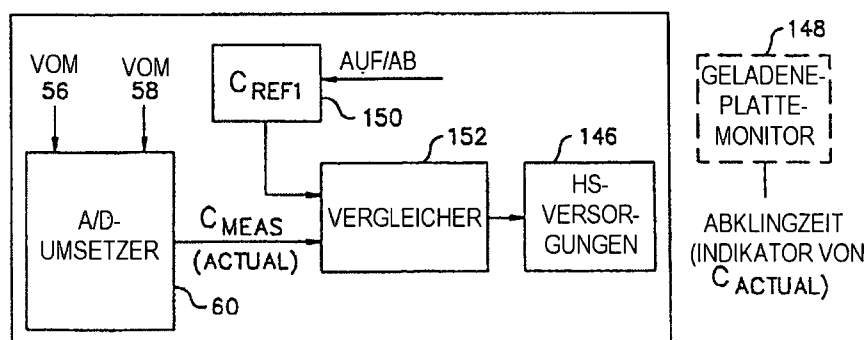


Fig. 7B

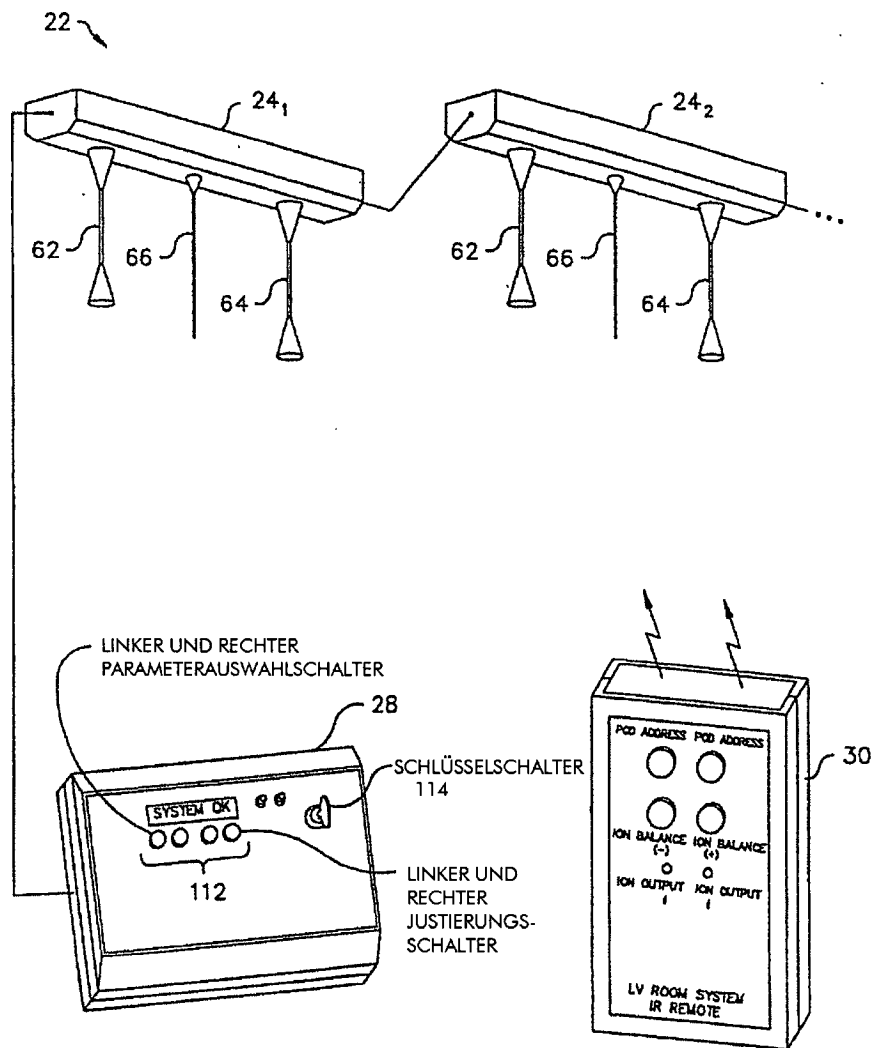


Fig. 8

EMITTERMODUL-SOFTWAREBETRIEB

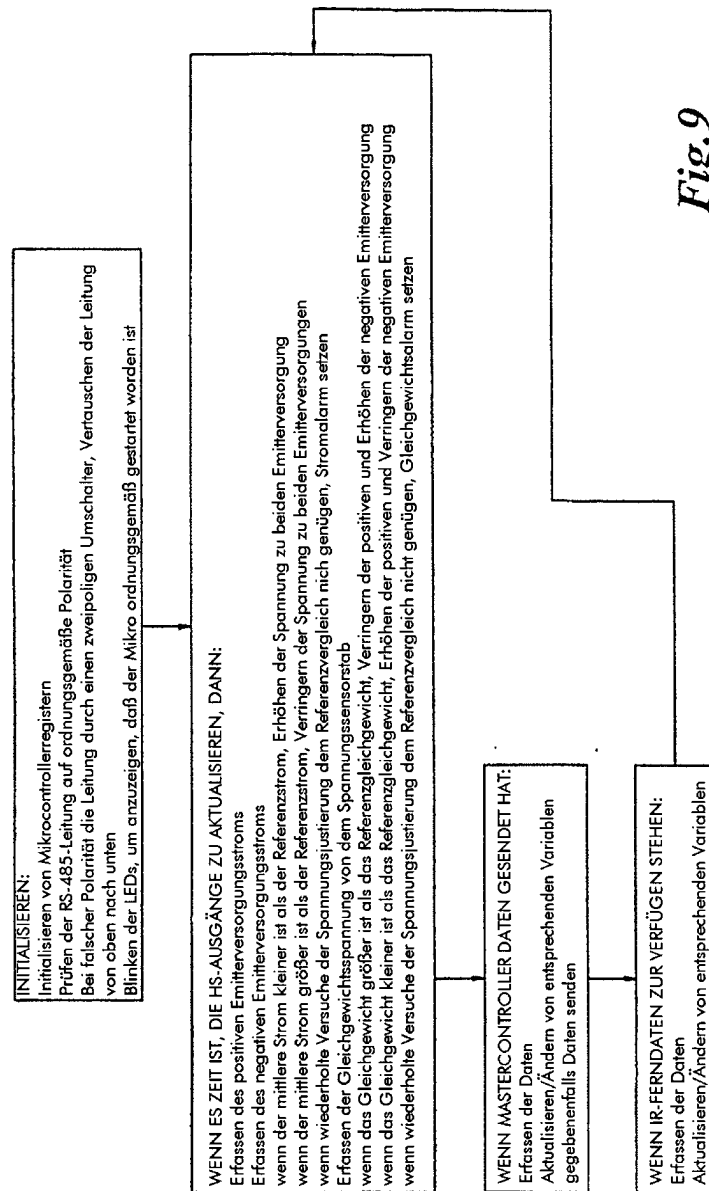


Fig. 9

SYSTEMCONTROLLER-SOFTWAREBETRIEB

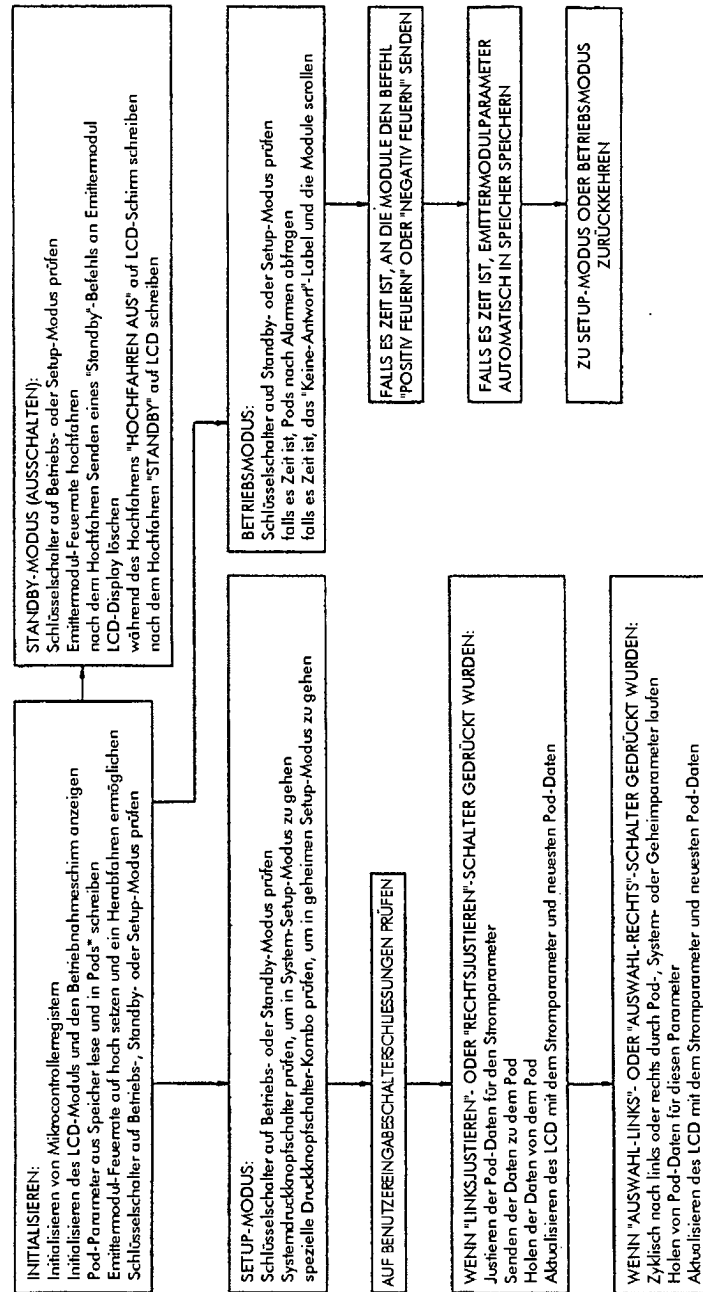


Fig.10

* Pods sind die Emittiermodule