



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 37 255 T2** 2007.10.31

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 844 475 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01N 15/12** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 37 255.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 309 373.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.05.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.10.2007**

(30) Unionspriorität:  
**9624096**      **20.11.1996**      **GB**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,  
NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:  
**Microbial Systems Ltd., Coventry, GB**

(72) Erfinder:  
**Wood, Michael Anthony, Leamington Spa,  
Warwickshire CV32 5LU, GB**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Scholz & Partner, 12159 Berlin**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Messung der Teilchengröße**

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**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bestimmen der Größe und Anzahl von Zellen sowie Verfahren zur Anwendung derselben. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Vorrichtung, die mit einem Verfahren zur Messung der Impedanz an einer Blendenöffnung zur Bestimmung des Volumens der durch die Blendenöffnung hindurch tretenden Teilchen.

**[0002]** Aus der EP 0 162 607 ist bekannt, die Größe eines Teilchens aus der Änderung der Impedanz zwischen einem Elektrodenpaar in einem Elektrolyt in Folge des Partikelstroms durch eine Blendenöffnung in einer Drosselstelle zwischen den Elektroden zu bestimmen. Ein Problem dieses Systems ist jedoch, dass beim Messen die Öffnung teilweise oder vollständig sich zusetzen kann, so dass der die Öffnung enthaltende Drosselkörper herausgenommen werden muss, um gereinigt zu werden und weitere Messungen zuzulassen. Ein nur partielles Zusetzen beeinträchtigt die beobachtete Teilchengrößenverteilung, da dann der Durchgang größerer Teilchen durch die Blendenöffnung verhindert ist. Dieses Problem ist besonders nachhaltig, wenn man mit einer Öffnung mit kleinem Durchmesser bspw. dem Fünffachen der mittleren Teilchengröße arbeiten will, um gute Ergebnisse der Teilchengrößen zu erhalten.

**[0003]** Die GB 1 371 432 offenbart eine Vorrichtung zum Bestimmen der Größe von Teilchen in einem Fluid auf Grund einer Änderung der Impedanz, die man zwischen zwei Elektroden auf gegenüberliegenden Seiten einer Blendenöffnung misst, durch die das Fluid fließt, wobei ein Zusetzen der Blendenöffnung bestimmt wird durch einen Vergleich einer gemessenen Häufigkeit des Auftretens von in Folge durch die Blende hindurch tretenden Teilchen verursachten Signalimpulsen mit einer normalerweise erwarteten Häufigkeit.

**[0004]** Die Erfindung will die Probleme des Standes Technik vermeiden oder mindestens abschwächen u. a. durch Bereitstellen einer Vorrichtung, die ein Zusetzen erfasst und bei partiellem oder vollständigem Zusetzen die Blendenöffnung freimacht.

**[0005]** Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung bereitgestellt, wie sie im Anspruch 1 angegeben ist.

**[0006]** Bevorzugte Merkmale sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0007]** Es werden nun Ausführungsformen der Erfindung beispielhaft und an Hand der beigefügten Zeichnungen beschrieben.

**[0008]** [Fig. 1](#) ist eine schaubildliche Perspektive eines Probenstabs und eines Probenkammergehäu-

ses als Teile der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

**[0009]** [Fig. 2](#) zeigt einen schaubildlichen Frontal-Aufriss der Probenstab-Ausrichtführung der [Fig. 1](#);

**[0010]** [Fig. 3](#) ist ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Fluidsteuerung;

**[0011]** [Fig. 4](#) ist ein Schnitt durch eine erfindungsgemäße Probenkammer;

**[0012]** [Fig. 5](#) ist eine Endansicht der Probenkammer der [Fig. 4](#) aus dem Inneren der Vorrichtung;

**[0013]** [Fig. 6](#) ist ein Teilschnitt durch die Probenkammer der [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#);

**[0014]** [Fig. 7](#) ist eine schaubildliche Perspektive einer Blendenöffnung in einem Drosselkörper;

**[0015]** [Fig. 8](#) ist eine schaubildliche Perspektive eines zweiten erfindungsgemäßen Drosselkörpers;

**[0016]** [Fig. 9a, b & c](#) sind schaubildliche Seitenansichten der Drosselkörpers der [Fig. 8](#) in drei unterschiedlichen Betriebsarten;

**[0017]** [Fig. 10](#) ist ein Blockschaltbild von Teilen der Elektronik für die erfindungsgemäße Vorrichtung;

**[0018]** [Fig. 11a, b](#) sind Stromläufe für einen Teil der Verstärkerschaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

**[0019]** [Fig. 12](#) zeigt schaubildlich einen mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung detektierten und analysierten Signalimpuls.

**[0020]** Die [Fig. 1](#) zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung **10** zum Bestimmen von Teilchengrößen mit einem Hauptgehäuse **12**, aus dem ein Probenkammergehäuse **14** hervorragt, durch dessen Zulauf **16** eine Probe in die erste Kammer **52** läuft, die die [Fig. 4](#) zeigt. Zusätzlich steht vom Gehäuse **12** eine Stabführung **18** ab. Die Stabführung **18** enthält eine vertikale Nut **20**, die ein Ausrichten der Düse **24** des mit der Hand zu haltenden Stabs **26** mit dem Zulauf **16** ermöglicht. Der Stab **26** weist weiterhin eine Wechselspitze **28**, einen Taster **30**, ein Fluidzulaufrohr **32** und einen elektrischen Anschluss **34** auf. Wie die [Fig. 2](#) zeigt, weist die Stabführung **18** ein Paar – bspw. optischer – Detektoren **22** auf, mit denen bestimmbar ist, ob die Stabdüse **24** sich in der Solllage in der Nut **20** befindet.

**[0021]** Die [Fig. 3](#) zeigt ein Blockdiagramm einer in der Vorrichtung **10** eingesetzten Fluidsteuerung **36**. In der Fluidsteuerung **36** ist ein Verdünnungsmittel-Reservoir **38**, das bspw. 3 Liter Elektrolyt aufneh-

men kann, an einen Pfad eines 3-Wege-Ventils **40** angeschlossen, das mit einem Ablauf mit einem Spritzenantrieb **42**, der bspw. einen 12V-Schrittschaltmotor aufweisen kann, verbunden und mit einem anderen Ablauf über das Fluidzulaufrohr **32** mit dem Stab **26** verbindbar ist.

**[0022]** Das Reservoir **38** ist auch über ein T-Stück **44** mit einem – bspw. optischen – Verdünnungsmittel-Sensor **41** verbunden, mit dem bestimmbar ist, ob Verdünnungsmittel vorliegt. Eine Pumpe **46** wie eine 12Volt Gleichstrom Peristaltikpumpe treibt das Verdünnungsmittel über das Y-Stück **48** zum Probenkammergehäuse **14**.

**[0023]** Ein Auslass des Y-Verbinders **48** ist mit der Leitung **50** verbunden, in der ein Ventil **51** wie bspw. ein elektrisch betätigtes Quetschventil die Strömung des Verdünnungsmittel in der Leitung **50** zu einer ersten Kammer **52** steuert, die Teil des Probenkammergehäuses **14** ist. Der andere Auslass des Y-Verbinders **48** führt über die Leitung **54** mit dem Ventil **56** (ebenfalls bspw. einem elektrisch betätigten Quetschventil), das die Fluidströmung in der Leitung **54** steuert, zur zweiten Kammer **58** des Probenkammergehäuses **14**. Die erste und die zweite Kammer **52** bzw. **58** sind von einem Drosselkörper **60** mit einer Blendenöffnung bzw. Messblende **63** (vergl. [Fig. 7](#), [Fig. 8](#) und [9](#)) getrennt. Die Probenkammer **14** ist ausführlicher in den [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) gezeigt.

**[0024]** Das System **36** enthält weiterhin ein Saugsystem mit einem Paar Saugpumpen **62**, die jeweils über ein Ventil **66** – bspw. ein elektrisch betätigtes Quetschventil – an ein Unterdruckreservoir **64** angeschlossen sind. Spülleitungen **68** verlaufen fast bis zum Boden des Reservoirs **64** und ermöglichen daher das Austreiben aller Flüssigkeit aus dem Reservoir **64** über mindestens eines der Ventile **66**, die Pumpe **62** und den Auslass **70** zur Entsorgung.

**[0025]** Das Reservoir **64** ist weiterhin über die Leitung **72** mit der zweiten Kammer **58** des Gehäuses **14** verbunden. Die Leitung **72** enthält ein Ventil **74** wie bspw. ein Quetschventil und einen Druckwandler **76** bspw. des Typs Honeywell Controls 141PC05G. Das Reservoir **64** ist weiterhin über die Leitung **78**, die ein Ventil **80** enthält, mit der ersten Probenkammer **52** verbunden.

**[0026]** Die [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) zeigen das Probenkammergehäuse **14**, das bevorzugt eine äußere Abschirmung **15** gegen elektromagnetische Strahlung – bspw. ein Metallgehäuse – aufweist. Der Zulauf **16** führt zur ersten Kammer **52**, die von der zweiten Kammer **58** durch den Drosselkörper **60** getrennt ist. Die Kammern können in einem Körper aus inertem Werkstoff wie Acrylharz oder einem anderen Kunststoff ausgebildet sein. Der Drosselkörper kann aus kristallinem Werkstoff wie Rubin, Saphir oder Alumi-

niumpoxid oder einem Polymerisat mit einer Blendenöffnung **63** bestehen. In einer bevorzugten Form besteht der Drosselkörper aus einem piezoelektrischen Werkstoff. Wie die [Fig. 7](#) zeigt, hat die Öffnung **63** eine Länge L und einen Durchmesser D; für bestimmte Größen bzw. Volumen der Teilchen P, die bei der Messung in der Richtung F die Öffnung **63** durchlaufen, sind 80 µm Länge und 30 µm Durchmesser bevorzugt. Blendenöffnungen anderer Größe sind jedoch möglich. Die Verdünnungsmittelleitung **50** ermöglicht dem Verdünnungsmittel, in die erste Kammer **52** zu gelangen, welche sich durch die Leitung **78** entleeren lässt.

**[0027]** Entsprechend lässt die Leitung **54** Verdünnungsmittel in die zweite Kammer **58** gelangen, die sich mit der Leitung **72** entleeren lässt. In der Praxis kann es sich bei den Leitungen um unterschiedlich geartete Durchgänge, Kanäle oder Verbinder handeln, wie jeweils geeignet. Vorzugsweise sind die Leitungen **50**, **54** so angeordnet, dass sie Flüssigkeit zum Drosselkörper **60** leiten. Die [Fig. 5](#) zeigt Zuläufe zum Probenkammergehäuse **14**.

**[0028]** Die [Fig. 6](#) zeigt, dass eine Vertiefung **61** vorgesehen sein, um den Drosselkörper **60** zu halten und so die Kammern **62**, **58** zu trennen. Mit O-Ringen lassen sich die Kanten des Drosselkörpers **60** dicht abschließen. Zusätzlich sind die Elektroden **82**, **84** auf gegenüberliegenden Seiten des Drosselkörpers **60** gezeigt, d.h. jeweils eine in den Kammern **52**, **58**. Die Elektroden können bspw. aus Platin gefertigt und über den Verbinder **86** an eine Steuerelektronik anschließbar sein.

**[0029]** Als besonders nützlich hat sich erwiesen, die Elektroden **84**, **82** mit einer 2-stufigen Dicht- und Klebeverbindung an das Gehäuse **14** anzusetzen, um ein Entweichen von Fluid aus den Kammern **51**, **58** zu verhindern und die Elektroden trotz eines Abnehmens und Ansetzens des Kammergehäuses **14** vom bzw. an das Hauptgehäuse **12** in der Solllage zu halten. Vorzugsweise sind die Elektroden in eine Vertiefung im Gehäuse **14** eingesetzt, das aus Acrylharz oder einem anderen Polymerisat gefertigt sein kann. Der an die Fluidkammer angrenzende obere Vertiefungsteil wird mit einer wasserfesten Unterdruckdichtmasse wie einem Dichtmittel auf Silikon-Basis – bspw. RTV-Silikongummi – abgedichtet. Eine zweite Stufe aus Klebstoff ist unter das Dichtmittel gelegt, um die Elektrode an der Wand der Vertiefung festzulegen. Ein geeigneter Klebstoff ist ein Struktur-Acrylharzkleber. In einer bevorzugten Form ist das Kammergehäuse **14** aus Acrylharz gefertigt, sind die Elektroden platinisiert oder aus Platin gefertigt und weist die 2-stufige Abdichtung und Befestigung RTV-Silikongummi und einen Struktur-Acrylharzkleber auf.

**[0030]** Bevorzugt ist das Kammergehäuse **14** vom Hauptgehäuse **12** leicht abnehmbar gestaltet. Ent-

sprechend ist der elektrische Verbinder **86** bevorzugt eine einfache Bajonett-Verbindung mit einem Stecker, der bspw. in eine Buchse im Gehäuse **12** steckbar ist. Wie in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt, ermöglichen zusätzlich die Leitungen **72**, **54**, **78** ein einfaches Anbringen am Gehäuse **12**; es kann sich um den Buchsenteil einer Steckverbindung handeln. Dann lässt das Kammergehäuse **14** sich durch einfaches Abziehen und Einstecken vom Hauptgehäuse **12** abnehmen bzw. an es ansetzen.

**[0031]** Die [Fig. 8](#) und 9 zeigen eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drosselkörpers **60**, deren Blendenöffnung **63** verjüngt ist. Bspw. könnte die Öffnung auf einer Seite des Drosselkörpers **32** einen Durchmesser von 32  $\mu\text{m}$  bis 38  $\mu\text{m}$  und auf der anderen Seite von 30  $\mu\text{m}$  aufweisen. Folglich erhält man eine Verjüngung von 2  $\mu\text{m}$  bis 8  $\mu\text{m}$  der Öffnung über ihre Länge von bspw. 80  $\mu\text{m}$ . Vorzugsweise ist die kleinere Seite der Öffnung der zweiten Kammer **58** zugewandt, wie in [Fig. 9a](#) gezeigt, und wölbt sich der Drosselkörper **60**, der aus einem federelastischen Werkstoff gefertigt ist, aus, so dass im Einsatz eine Öffnung **63** mit angenähert parallelen Seitenwandflächen entsteht, die eine laminare Strömung in der Drosselstelle bewirkt. Die Ruheposition ist in der [Fig. 9b](#) gezeigt, eine Rückblas- bzw. Freimachposition in der [Fig. 9c](#). Das Freiblasen bzw. Freimachen ist unten ausführlicher beschrieben. Bevorzugt ist der Drosselkörper aus einem Polymerisat wie einem fluoridfreien Polycarbonat wie PET oder Polystyrol gefertigt.

**[0032]** Um das Reinigen einer blockierten Öffnung **63** zu unterstützen, weist bevorzugt die zweite Kammer **58** einen verjüngten Bereich **59** auf, der zum Drosselkörper **60** hin schmaler wird (vergl. [Fig. 4](#)). Zusätzlich fluchtet bevorzugt der Leitungszulauf **54** zur Kammer **58** axial mit der Öffnung **63**, so dass in die Kammer **58** zuströmendes Fluid am Drosselkörper **60** turbulent wird und u. U. sogar eine Rückströmung des Verdünnungsmittels durch die erste Kammer **52** bewirkt. Die Verjüngung der Kammer **58** unterstützt diese Rückströmung und weiterhin einen Verdünnungsmittel-Umlauf in der Kammer **58**, der das Reinigen derselben weiter unterstützt. Weiterhin erhält man mit einem biegsamen Drosselkörper **60** die in der [Fig. 9c](#) gezeigte verbesserte Reinigungskonfiguration.

**[0033]** Die [Fig. 10](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Steuerelektronik **88** für die erfindungsgemäße Vorrichtung. Das System **88** weist eine Verstärkerstufe **92** auf, mit der ein Signal aus den Elektroden **82**, **84** erfassbar ist und verstärkt wird.

**[0034]** Eine Signalspannungsversorgung **94** erzeugt eine positive oder negative Spannung von bevorzugt 150 Volt zum Anlegen an die Elektroden **82**, **84**; dieser Wert kann auch niedriger – bis etwa 30 Volt

– sein. Die Verstärkerplatine **92** weist eine Erdverbindung zur Abschirmung **15** des Probenkammergehäuses **14** auf und ist weiterhin mit dem Unterdruckwandler **76** und einer Bimetall- oder Temperatursonde **95** wie bspw. des Typs LM35CAH der Fa. National Semiconductor, die zur Messung der Temperatur des Verdünnungsmittels in der zweiten Kammer **58** angeordnet werden kann.

**[0035]** Vom Verstärker **92** geht auf der Leitung **98** ein verstärktes Probensignal auf ein 3%-stelliges variables Potentiometer **96**. Das Potentiometer ist Teil einer Dämpfungsplatine **100**, mit der die Signalverstärkung auf die gewählte Größe der Blendenöffnung und die jeweilige Anwendung einstellbar ist. Das Ausgangssignal der Dämpfungsplatine **100** geht auf einen 14-Bit-A/D-Wandler auf der Messplatine **102**. Der Elektrodenstrom sowie das Unterdruck- und das Temperatursignal gehen auf den Leitungen **104**, **106**, **108** von der Verstärkerplatine **92** auf einen 8-Bit-A/D-Wandler auf der Messplatine **102**. Die Messplatine **102** weist einen 14-Bit-Kanal mit 500-kHz- oder 1-MHz-Wandlungen, Speicher für einen 14-Bit-Datenkanal, acht (langsame) 8-Bit-100 $\mu\text{s}$ -A/D-Wandler-Kanäle, Steuerstatusregister für diese Bausteine, digitale 16-Bit-Steuer- sowie digitale 16-Bit-Steuerengänge auf.

**[0036]** Die Leitungen **110**, **112** zwischen der Mess- und der Verstärkerplatine **102**, **92** ermöglichen eine Polaritätsumkehr an den Elektroden **82**, **84** sowie den Beginn und das Abbrechen einer Elektroden-Abgleichsequenz, die unten beschrieben ist.

**[0037]** Eine Reihe digitaler Eingangs/Ausgangsanschlüsse ist an der Messplatine **102** vorgesehen. Diese sind auf den Leitungen **114** bis **120** mit einem Schrittmotor-Treiber **43** verbunden, der seinerseits mit einem Spritzen-Schrittschaltmotor **42** verbunden ist. Ein vom Spritzenantrieb kommendes Opto-Signal auf der Leitung **114** zeigt den Ruhezustand der Spritze an. Takt-, Freischalt- und Richtungssignale gehen auf den Leitungen **116**, **118** bzw. **120** an den Schrittmotor-Treiber **43**.

**[0038]** Die anderen Eingangs/Ausgangsanschlüsse der Messplatine **102** sind mit einer Treiberplatine **122** verbunden. Diese Platine steuert bspw. das Öffnen und Schließen der Ventile **51**, **56**, **66**, **74** und **80** sowie die Verdünnungsmittelpumpe **46** und die Saugpumpen **62**. Der Verdünnungsmittel-Sensor **41** und der Nutzerstab-Taster **30** sind ebenfalls an die Treiberplatine **122** angeschlossen.

**[0039]** Eine Stromversorgung **90** beliefert das System mit den erforderlichen Arbeitsspannungen. Ein programmierbarer Baustein wie ein Computer **103** ist vorgesehen, der die Platinen **100**, **102** (nach Bedarf auch andere Baugruppen) ansteuert und mit ihnen kommuniziert. Peripherie wie eine Sichteinheit

und/oder ein Drucker **124** ist ebenfalls vorgesehen.

**[0040]** Die [Fig. 11a](#), [Fig. 11b](#) zeigen einen Stromlauf für einen Teil der Verstärkerplatine **92**. Ein Teilchensignal-Verstärkungspfad weist vier rauscharme Operationsverstärker IC10, IC11, IC12 und IC13 mit einer Bandpassbeschaltung auf, die das Signal filtert, um den Gleichanteil und hochfrequentes Rauschen zu beseitigen. Der Verstärker IC11 hat ein Potentiometer zur Verstärkungseinstellung, das bei der Fertigung eingestellt und versiegelt wird. Der Verstärker IC13 stellt mit dem Widerstands- und Potentiometernetz R35, R36, VR3 und R37 der Verstärkerplatine **92** eine GS-Offset-Einstellung (bspw.  $-3,2$  V) bereit. Eine Elektrode (**82** oder **84**) ist an CN1 angeschlossen und über den Kondensator C38 mit dem Operationsverstärker IC10 wechselstromgekoppelt. Eine Signalerzeugungs-Spannungsquelle **94** von bspw.  $150$  V in diesem Beispiel ist an den Signalpfad bei PL5 angeschlossen und wird vom Reed-Relais RL1 gesteuert. Die Widerstände R23 und R22 bilden einen im Vergleich zum Elektrolyt-Verdünnungsmittel in der Blendenöffnung hochohmigen Pfad, so dass die Quelle **94** als Konstantstromquelle wirkt.

**[0041]** Das verstärkte Ausgangssignal geht ab CN2 auf der Leitung **98** zur Dämpfungsplatine **100** (vergl. [Fig. 10](#)). Aus dem Gleichstrom, der über die Kette VR4, RL1, R23, R22, R21, R47 und die Öffnung **63** über CN1 fließt, lässt sich ein Öffnungsstromsignal ableiten. Die Elektrodenspannungsquelle **94** ist an PL5 gelegt; eine dem Öffnungsstrom proportionale Spannung, die über VR4 und R47 ansteht, wird von IC14a verstärkt. Im Verstärker IC14b weiter aufbereitet, wird sie mit der Leitung **104** – vergl. [Fig. 10](#) – zur Messplatine **102** geführt.

**[0042]** Das System arbeitet wie folgt. Das System wird für eine gegebene Elektrodenspannung, den Durchmesser der Blendenöffnung und das Verdünnungsmittel mit anorganischen Teilchen, die auf eine bekannte Größe bzw. ein bekanntes Volumen bearbeitet sind, formal abgeglichen bzw. kalibriert. Nach dem Abgleich in der Fertigung lässt sich der Abgleich im Einsatz des Systems verifizieren, wie unten beschrieben. Sowohl die erste als auch die zweite Kammer **52**, **58** der Probenkammer **14** werden gewaschen, indem man die Ventile **51**, **56** bzw. die Ventile **80**, **74** abwechselnd öffnet und mit der Pumpe **46** Verdünnungsmittel durchpumpt. Beispielsweise lassen die Kammern **52**, **58** sich füllen und entleeren, indem man das Unterdrucksystem mit der Pumpe **62** und den Leitungen **72** und **78** dreimal in Folge füllt und entleert, bevor man die Kammern **62** und **58** wieder füllt, um einen elektrischen Abgleichtest zu ermöglichen. Mit IC9 (vergl. [Fig. 11a](#), [Fig. 11b](#)), bei dem es sich um einen CMOS Zeitgeberbaustein des Typs 555 handeln kann, wird eine Folge von Abgleichimpulsen auf eine der Elektroden **82** oder **84** an CN1 gegeben. Die Ausgangsspannung an CN1 lässt

sich bspw. auf  $12V_{ss}$  einstellen, so dass eine Impedanzmessung über der Blendenöffnung mit einem Signal möglich wird, das für eine Blendenöffnung von  $30\ \mu\text{m}$  Nenngroße bspw. in der Größenordnung von  $1\ \text{mV}$  liegt. Die Impulsbreite kann für Frequenzen im Bereich von  $15\ \text{kHz}$  bis  $20\ \text{kHz}$  in der Größenordnung von  $20\ \mu\text{s}$  bis  $40\ \mu\text{s}$  liegen und bei  $10\ \text{kHz}$  etwa  $100\ \mu\text{s}$  betragen. Die mittlere Impulshöhe und die Impulsanzahl werden als Teil der Abgleichverifizierung überwacht; insgesamt drei wiederholte Abgleichmessungen lassen sich versuchen, bis die Sequenz abgebrochen wird und an eine VDU-Sichteinheit oder eine ähnliche Ausgangseinrichtung **124**, die mit der Platine **102** verbunden ist, ein Fehlersignal abgegeben wird. Der Fluidinhalt des Verdünnungsmittelreservoirs **38** wird dann bspw. mit einem Sensor **41** geprüft, der an die Platine **122** angeschlossen ist; vergl. [Fig. 10](#).

**[0043]** Dann wird die (Kolben-)Spritze **42** geladen, indem man mit dem 3-Wege-Ventil **40** Fluid aus dem Reservoir **38** in die Spritze **42** lädt und den Schrittschaltmotor **43** mit einer kalibrierten Anzahl von Schritten ansteuert, um die Spritze mit einem bekannten Volumen – bspw.  $1$  Milliliter – des Verdünnungsmittels zu laden. Der Benutzer wird dann aufgefordert, eine sterilisierte Wegwerfspitze **28** auf das Ende der Düse **24** des Stabs **26** aufzusetzen und zur Bestätigung den Taster **30** zu drücken. Der Benutzer führt die Wegwerfspitze in das Probenfluid ein und drückt den Taster **30** erneut; die Spritze **42** wird um eine vorprogrammierte Strecke abwärts getrieben, um Probenfluid in die Wegwerfspitze **28** zu saugen.

**[0044]** Der Benutzer setzt den Probenstab mit ausgerichteter Düse **24** in die Nut **20** so ein, dass die Spitze **28** in die erste Kammer **52** ragt. Die erste Kammer **52** wird durch Öffnen der Ventils **80** und Einsatz der Pumpe **62** entleert. Der Benutzer drückt den Taster **30**, um eine Ausgabesequenz einzuleiten, in der die Spritze **42** angetrieben wird, wobei das Ventil **40** das Fluid so durch die Leitung **32** drückt, dass die Probe und das Verdünnungsmittel aus dem Stab **26** in die erste Kammer **52** ausgegeben werden. Erkennen dabei die Detektoren **22**, dass die Düse sich nicht in der Solllage befindet bzw. die Solllage im Kanal **20** verlassen hat, wartet das System, bis ihre Lage korrigiert worden ist. Sind das Ansaugen, das Verdünnen und das Einbringen der Probe in die Kammer **52** nicht innerhalb einer vorbestimmten Zeitspanne – bspw.  $2$  Minuten – abgeschlossen, wird die Messung abgebrochen, die Probenkammer gereinigt und der Vorgang erneut eingeleitet.

**[0045]** Es ist einzusehen, dass sich der Spritzenhub in beiden Richtungen und damit mit dem Schrittschaltmotor **43** die Probenmenge, die durch die Spitze **28** angesaugt wurde, sowie die Menge an Verdünnungsmittel, die in die Spritze **42** gesaugt wurde, um mit der Probe gemischt zu werden, und damit auch

die Konzentration der Probe im Verdünnungsmittel genau bestimmen lassen.

**[0046]** Die zweite Kammer **58** wird über die Leitung **54** durch Öffnen des Ventils **56** und Betätigen der Pumpe **46** mit frischem Verdünnungsmittel im Wesentlichen gefüllt. Die Menge des Verdünnungsmittels sollte ausreichen, um zwischen den Elektroden **82, 84** und über die Drosselstelle **60** einen elektrisch leitfähigen Pfad zu legen. Vorzugsweise erfolgt ein anfängliches Ansaugen der zweiten Kammer **58**, indem man Verdünnungsmittel durch die Leitung **54** schickt, wie beschrieben, und dabei in der Kammer **58** Turbulenzen erzeugt. Dadurch lässt sich die Wahrscheinlichkeit eines Blockierens bzw. Zusetzens der Blendenöffnung **63** abschwächen.

**[0047]** Das Unterdruckreservoir **64** wird mittels der Pumpen **62** evakuiert, so dass, wenn die Ventile **80, 74** schließen, im Reservoir **64** ein Unterdruck in der Größenordnung von 130 mm Hg (vom Wandler **76** gelesen) verbleibt. Bspw. lässt sich eine der Pumpen **62** abschalten oder das zugehörige Ventil **66** schließen, sobald 90 % des vorbestimmten Unterdrucks erreicht ist, und nur eine der Pumpen **62** verwenden, um das vorbestimmte Unterdruckniveau zu erreichen.

**[0048]** Das Ventil **74** wird bei geschlossenem Ventil **56** geöffnet und folglich eine gewisse Menge Probe und Verdünnungsmittel durch die Öffnung **63** des Drosselkörpers **61**, also zwischen den Kammern **52, 58** hindurch gezogen. Die bekannte Spannung wird an die Elektrode **82** (oder **84**) gelegt. Nach einer stabilisierenden Verzögerung von bspw. 2 Sekunden wird der durch die Öffnung, d.h. zwischen den Elektroden **82, 84** fließende Strom auf der Leitung **104** geprüft (vergl. [Fig. 10](#)). Der Anfangswert des Stroms wird zur Verwendung in späteren Vergleichsprüfungen abgespeichert.

**[0049]** Vorzugsweise wird die hohe Gleichspannung abgenommen und an die Elektrode **82** (oder **84**) ein Abgleichs-Bezugssignal gelegt, wie bereits beschrieben.

**[0050]** Die bekannte Gleichspannung wird an die Elektrode **82** gelegt und das resultierende Signal zwischen CN1 und CN2 ([Fig. 11a](#), [Fig. 11b](#)) verstärkt und von der Verstärkerplatine **92** auf der Leitung **98** ([Fig. 8](#)) ausgegeben. Die [Fig. 12](#) zeigt ein Beispiel für die Impulsart, die man beobachtet, wenn ein Teilchen die Öffnung **63** durchläuft. das Impulssignal S hat eine Höhe bzw. Spannung, die vom Teilchenvolumen bestimmt wird. Die Impulsbreite W wird von der Dauer bestimmt, die das Teilchen zum Durchgang durch die Öffnung benötigt, d.h. von der Strömungsstärke und der axialen Länge L der Öffnung. Das Signal weist auch ein charakteristisches Hintergrundrauschen auf.

**[0051]** In einem Beispiel für die Arbeitsweise des Systems sendet der programmierbare Baustein **103** ein Signal an die Messplatine **102**, um alle 2  $\mu$ s insgesamt 16384 14-Bit-Datenumwandlungen durchzuführen. Der Verstärkungsfaktor auf der Dämpfungsplatine **100** lässt sich dann einstellen, wie erforderlich, um das Signal in einen geeigneten Bereich zu bringen. Die aufgenommenen Daten lassen sich von der Messplatine **102** ausgehend versenden – bspw. zur Speicherung in einem Computer-RAM-Speicher, der Teil des Bausteins **103** ist. Das Signal, wie es bspw. in der [Fig. 10](#) gezeigt ist, wird analysiert, indem man auf die Rohdaten bspw. einen Glättungsalgorithmus anwendet, um hochfrequentes Rauschen zu beseitigen.

**[0052]** Innerhalb einer gegebenen Menge aufgenommener Daten erfasst das System ein Impulssignal S an Hand einer zeitlich ansteigenden Vorderflanke. Eine Mindestanzahl positiver bzw. ansteigender Probenwerte ist erforderlich, um die Suche nach einer entsprechenden negativen bzw. abfallenden Flanke auszulösen und so ein Impulssignal S zu ermitteln. Ein potenzieller Impuls wird abgewiesen, wenn nach dem Durchlaufen eines Spitzenwerts keine Mindestanzahl abfallender Probenwerte erfasst wird. Das System misst die Signalbreite als den Punkt auf halbem Weg auf der steigenden Flanke zu einem Punkt auf einer fallenden Flanke, wo die Spannung geringer als der Ausgangspunkt auf der Vorderkante wird. Da die erwarteten Teilchen-Strömungsstärken bekannt sind, ist eine abnehmende Strömung in der Drosselblende an Hand der zunehmenden Impulsbreite erfassbar. Dies kann auf eine teilweise zugesetzte Blendenöffnung **63** hinweisen. Ist jedoch die Impulsbreite zu schmal, werden die entsprechenden Daten als Rauschen, nicht als Signal bewertet und verworfen. Die Impulshöhe des Signals S lässt sich zwischen einer Grundlinie im Rauschen N, einem nachfolgenden Signal und dem mittleren bzw. Durchschnitts-Spitzenwert des Signals messen. Alternativ lässt sich die Spitzenhöhe einfach aus dem Wert des ersten ansteigenden Punkts in einem erfassten Impulssignal und Bestimmen der Differenz zwischen diesem Wert und dem des Impulsmaximums ermitteln. Die Impulsfläche folgt aus der Integration des Signals S und wird sowohl für einen Datensatz als auch als kumulatives Histogramm der Probe gespeichert.

**[0053]** Gelegentlich durchlaufen zwei Teilchen die Blendenöffnung **63** gleichzeitig. Dadurch kann sich ein einzelner Impuls ergeben, der dem Volumen beider Teilchen entspricht; jedoch sind zuweilen beide Impulse auflösbar, da ein erster Spitzenwert erfasst wird, bevor in Folge des zweiten Teilchens ein zweiter ansteigender Impuls auftritt. Diese Fälle lassen sich als primäre bzw. sekundäre Koinzidenz bezeichnen. Vorzugsweise ist die Probenkonzentration – bspw. eine Million Teilchen pro Milliliter – derart, dass diese

Koinzidenzen sehr selten auftreten. Impulse aus einer sekundären Koinzidenz können jedoch dennoch analysiert werden und bilden einen Teil der Daten durch Extrapolieren entlang der fallenden Flanke des ersten Impulses, um die Impulsbreite zu bestimmen, und auch durch Extrapolieren der ansteigenden Flanke des zweiten Impulses, um ebenfalls die Impulsbreite zu bestimmen. Der Anfangswert an der Vorderkante des ersten Impulses lässt sich bei der Bestimmung der Höhe des zweiten verwenden.

**[0054]** Für jedes in einem Satz erfasste Signal werden die Impulsbreite und -höhe gespeichert und dem Datensatz hinzugefügt. Ergibt sich, dass der Datensatz "gut" ist (die durchgeführten Prüfungen sind unten beschrieben), wird der Satz dem kumulativen Histogramm der Impulshöhen, das die Teilchenvolumenverteilung für die Probe anzeigt, und dem kumulativen Histogramm der Impulsbreiten hinzugefügt. In diesem Beispiel stellt jeder Datensatz die Signale über 32 ms der Datenaufnahme dar. Auch die Anzahl der detektierten Impulse wird als aktueller Satzwert und als Gesamtwert für alle Sätze für eine gegebene Probe (d.h. Serie von Messwerten) gespeichert. Eine weitere Speicherung von Rauschen lässt sich ebenfalls bspw. von jedem Rauschbereich durchführen, der für einen gegebenen Satz aufgenommener Daten kein Signal S enthält. Ein aktueller Wert, der hier von vor und nach der Speicherung des Datensatzes als Mittelwert der beiden Messungen abgeleitet wird, wird in der Schaltung in **Fig. 9** bei PCRT oder auf der Leitung **104** der Verstärkerplatine **92** in **Fig. 10** ausgegeben. Auch das Unterdruckniveau im Reservoir **76** wird für jeden Satz gemessen. Die Satzdaten werden den Gesamt-Probandaten hinzugefügt, um kumulative Probenhistogramme zu erstellen.

**[0055]** Typischerweise erfolgen Messungen einer Probe über ein 20 s bis 30 s langes Intervall, während dessen die Probe – bevorzugt teilchenweise – durch die Blendenöffnung **63** geschickt wird. Die Strömung lässt sich durch wiederholtes Evakuieren des Unterdruckreservoirs **64** mit der Pumpe **62** erzeugen, um im Reservoir einen Unterdruck aufrecht zu erhalten, der Probenflüssigkeit aus der Kammer **62** durch die Kammer **58** zieht, d.h. in Folge des atmosphärischen Überdrucks am Zulauf **16** der Kammer **52**. Bspw. können in einem 30-Sekunden-Messintervall drei aufeinander folgende Evakuierungen der Kammer **64** auf ein voreingestelltes Druckniveau erforderlich sein, abhängig davon, wie oft eine Freimachsequenz – unten beschrieben – erfolgt.

**[0056]** Unter Zusetzbedingungen variiert die Impedanz zwischen den Elektroden **82**, **84** signifikant; dadurch wird beeinträchtigt, was sich als "Durchgangsverstärkung" der Blendenöffnung **63** oder der Verstärkerstufe IC10 usw. betrachten lässt. Unter diesen Bedingungen kann ein Impulssignal S einem Rechtecksignal nahe kommen. Dieser Zustand lässt sich

überwachen, indem man ein detektiertes Impulssignal S an Hand der zeitlichen Differenz zwischen der Signalzunahme über zwei bestimmte vorgegebene Spannungs-Schwellenwert über dem GS-Offset und der Dauer analysiert, die das Signal zur Rückkehr über die beiden vorbestimmten Spannungspegel benötigt. Ist die zeitliche Differenz zwischen dem Durchlauf der niedrigeren und der oberen Niveaus im Wesentlichen gleich und ungleich null, zeigt dies eine Blockierung der Blendenöffnung **63** an. Folgt weiterhin einem Rechtecksignal eine Ausschwingkurve, deren charakteristische Ausschwingrate von der Elektronik bestimmt wird, und die im Sinn des Signals S in **Fig. 12** ansteigt, zeigt dieses Signal ein sehr großes Teilchen in der Nähe der Blendenöffnung **63** an. Der Impuls wird dann als verworfen bezeichnet.

**[0057]** Auch das Hintergrundrauschen N wird überwacht. Durch Analysieren des Rauschens im Frequenzbereich nach einer Fourier-Transformation lässt sich ein partielles Zusetzen erfassen, da die Durchgangsverstärkung des Verstärkers beeinträchtigt wird und eine anomale Frequenzverstärkung erkennbar wird. Ergibt sich eine Amplitudendifferenz einer beliebigen Frequenzkomponente bspw. um den Faktor 2, können die Daten verworfen werden. Daher kann der Vergleich des Hintergrund- mit dem mittleren Hintergrundrauschen ein partielles oder vollständiges Zusetzen der Blendenöffnung **63** anzeigen.

**[0058]** Um zu prüfen, ob ein gegebener Satz akzeptabel ist, kann eine erste Prüfung die Anzahl der Impulse betreffen, die im Datenaufnahmeintervall beobachtet werden. Variiert die Impulsanzahl signifikant im Vergleich zur mittleren Impulsanzahl pro Satz (bspw. um mehr oder weniger als 50 % oder alternativ eine Standardabweichung vom Mittelwert oder geringfügig mehr), können die Daten verworfen werden. Ebenfalls möglich ist ein Vergleich des aktuellen Mittelwerts zu Beginn und am Ende der Datensatzaufnahme mit dem aktuellen Anfangswert. Ist die Differenz größer als bspw.  $\pm 20\%$ , können die Daten des Satzes verworfen werden. Weiterhin lässt sich der aktuelle Mittelwert mit dem aktuellen Mittelwert des vorgehenden Datensatzes prüfen. Ist die Differenz größer als bspw. 10 % Zunahme oder 5 % Abnahme, kann der zweite Datensatz verworfen werden. Zusätzlich ist ein Vergleich des Rauschens mit statischen Grenzwerten möglich. Erfolgt bspw. eine Fourier-Analyse und variiert eine gegebene Frequenzkomponente um mehr als einen Faktor 2 im Vergleich mit dem Mittelwert, lässt dieser Zustand sich als fehlerhafte Daten auslegen. Ein Vergleich der individuellen oder mittleren Impulsbreite für einen Datensatz mit der kumulativen mittleren Impulsbreite wird durchgeführt. Ist die Abweichung größer als bspw. 10 %, lässt sich der Datensatz verwerfen, sofern eine signifikante Anzahl Impulse pro Satz – bspw. mindestens 30, bevorzugt 100 – erfasst wird. Ebenfalls überwacht wird die Anzahl der verworfenen bzw. Rechte-

ckimpulse; Daten lassen sich verwerfen, wenn in einem gegebenen Satz entweder ein oder mehr verworfene Impulse auftreten. Tritt einer dieser Zustände auf, die zum Verwerfen von Daten führen, wird bevorzugt eine Freimachsequenz eingeleitet.

**[0059]** Vorzugsweise wird die Freimachsequenz eingeleitet, indem man die Gleichspannung von der Elektrode **82** abnimmt und eine Impulssequenz anlegt, die die Abgleichimpulsfolge sein kann. So wird im Elektrolyt eine hochfrequente Schwingung im Frequenzbereich von bspw. 5 kHz bis 20 kHz ausgelöst. Desgl. wird mit der Pumpe **46** über das Ventil **56** bei offenem Ventil **74** die Kammer **58** gefüllt. Nach kurzer Zeit – bspw. 100 ms – wird die Ansaugsequenz abgeschlossen und werden die Abgleich- bzw. Ultraschallimpulse ebenfalls abgeschaltet. Man legt die hohe Gleichspannung wieder an die Elektrode **84** und lässt eine Verzögerung von etwa 1 s zu, während der die Strömung sich stabilisieren kann. Dann wird durch neues Initiieren der Messplatte, Einstellen der Dämpfungsplatte und Aufnahme eines Anfangsstromwerts die Datenmesssequenz erneut begonnen.

**[0060]** Vorzugsweise werden unmittelbar vor einer Freimachsequenz empfangene Daten von den kumulativen Daten subtrahiert und als inkonsistent verworfen.

**[0061]** Die Messsequenz wird wiederholt, bis die erforderliche Fluidmenge die Messblende durchlaufen hat, was sich aus der bekannten Größe der Blendenöffnung **63**, der Strömungsrate (aus den Impulsbreiten) und der Messdauer ergibt. Die Messung einer Probe kann auch abgebrochen werden, wenn die erforderliche Teilchenanzahl in einem eingestellten Bereich erfasst worden ist oder ein fataler Fehler auftritt und nicht korrigiert wird – bspw. eine Änderung des Öffnungsstroms ohne Rückkehr zum Anfangswert, ein Leerfallen des Verdünnungsmittelreservoirs, eine Inkonsistenz sich wiederholender Daten oder ein Anstieg des Grundrauschens über ein akzeptables statisches Niveau hinaus.

**[0062]** Bei Abschluss einer Messsequenz wird durch Öffnen des Ventils **80** die Probe aus der Kammer **52** entfernt. Die Probenseite der Kammer **52** lässt sich dann mit einer Folge von Spülzyklen durch Öffnen des Ventils **51** und Betätigen der Pumpe **46** reinigen.

**[0063]** Vorzugsweise wird eine intelligente Waschsequenz durchgeführt, bei der die Konzentration der Probenpartikel einer vorgehenden Probe überwacht wird, d.h. aus der Anzahl der Teilchensignale in einem bekannten Messvolumen. Die Vorrichtung lässt sich auf eine Bestimmung abgleichen, wie viele Spülungen nach einer gegebenen Probenkonzentration zum Reinigen der Kammern erforderlich sind.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bestimmen der Größe eines Teilchens oder einer Zelle in einem Fluid mit einer Probenkammer (**14**) für das Fluid, einer Drosselstelle (**160**), die eine Öffnung (**63**), ein Paar Elektroden (**82**, **84**) beiderseits der Öffnung (**63**) sowie einer Einrichtung (**102**) zum Messen eines Signals aufweist, das die Änderung der Impedanz zwischen den Elektroden (**82**, **84**) wiedergibt, um so die Größe der Teilchen oder Zellen im durch die Öffnung (**63**) strömenden Fluid zu bestimmen, und weiterhin mit einer Einrichtung zur Erfassen einer teilweisen oder vollständigen Blockierung des Öffnung (**63**), die eine Einrichtung zum Überwachen des Signals aufweist und konfiguriert ist, das Auftreten einer vorbestimmten Signalländerung zu erfassen, die ein Blockieren der Öffnung (**63**) anzeigt, wobei die Messeinrichtung konfiguriert ist, Signalimpulse zu messen, die vom Durchgang von Teilchen oder Zellen durch die Öffnung verursacht werden, die Überwachungseinrichtung konfiguriert ist, eine Breite des Signalimpulses für jedes erfasste Signal in einem Satz zu bestimmen, wobei die Impulsbreite gespeichert und zu diesem Satz gehörenden Daten hinzugefügt wird, und die individuelle oder die mittlere Impulsbreite für einen Satz mit einem vorbestimmten Wert zu vergleichen, wobei weiterhin die Vorrichtung so konfiguriert ist, dass, falls sich aus dem Vergleich ergibt, dass der Satz "gut" ist, die Daten für diesen Satz einer gespeicherten kumulativen mittleren Impulsbreite hinzugefügt wird, während wenn der Vergleich zu große Abweichungen vom vorbestimmten Wert ausweist, die Vorrichtung die Daten für diesen Satz zurückweisen und so ein teilweises oder vollständiges Blockieren der Öffnung ermitteln kann, und wobei der vorbestimmte Impulsbreitewert die kumulative mittlere Impulsbreite ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Überwachungseinrichtung den mittleren Grundlinienwert des Signals überwacht, um zu bestimmen, ob in ihm eine signifikante Drift auftritt, die auf eine teilweise oder vollständig blockierte Öffnung hinweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Überwachungseinrichtung die Höhe eines einzelnen Signalimpulses mit einem bekannten Wert vergleicht, der einer Teilchengröße entspricht, die in der Größenordnung einer vorbestimmten Größe wie bspw. des Durchmessers der Öffnung liegt oder größer ist als diese.

4. Vorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche, bei der die Überwachungseinrichtung einen Sättigungs- oder Rechteckimpulsdetektor aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der der Rechteckimpulsdetektor die Zeit vergleicht, die ein Impulssignal zum Durchlaufen eines ersten und eines zweiten vorbestimmten Werts und dann zum

Rücklauf über den vorbestimmten ersten und zweiten Wert benötigt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, bei der der Rechteckimpulsdetektor so eingerichtet ist, dass er eine charakteristische Erholungskurve erfasst.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, deren Überwachungseinrichtung die Häufigkeit von Signalimpulsen misst und diese mit einer vorbestimmten Häufigkeit vergleicht.

8. Vorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche, deren Überwachungseinrichtung das Hintergrundrauschen des Signals auf eine vorbestimmte Änderung wie bspw. Amplitudenänderung innerhalb eines Frequenzbereichs analysiert.

9. Vorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche, deren Erfassungseinrichtung einen Öffnungsstromdetektor aufweist, mit dem der elektrische Stromfluss zwischen den Elektroden erfassbar ist, so dass die Überwachungseinrichtung den Öffnungsstrom mit vorbestimmten Werten vergleichen kann.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, deren Erfassungseinrichtung den Öffnungsstromwert vor oder nach dem Messen eines Signals oder den Mittelwert beider mit einem vor der Signalmessung gemessenen Anfangswert vergleicht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, deren Erfassungseinrichtung ermittelt, ob die Differenz zwischen dem Öffnungsstromwert und dem Wert, mit dem er verglichen wurde, größer ist als eine 10 %-ige Zu- oder eine 5 %-ige Abnahme.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der ermittelt wird, ob die Differenz größer als 20 % ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, deren Messeinrichtung einen 14-Bit-Detektor oder einen Analog/Digital-Wandler mit 14-Bit-Auflösung aufweist.

14. Vorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche mit einer Einrichtung, mit der ein Kalibriersignal an eine der Elektroden legbar ist, um das Signal über beiden Elektroden zu überwachen, wobei mit der Überwachungseinrichtung das erfasste Kalibriersignal mit einem vorbestimmten Signal vergleichbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, bei der das Kalibriersignal eine Impulsfolge aufweist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, die so konfiguriert ist, dass ein Alarm nur dann an den Be-

nutzer geht, nachdem das Kalibriersignal vorbestimmt oft wiederholt worden ist, um mit dem vorbestimmten Signal ein akzeptables Ergebnis zu erreichen.

17. Vorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche mit einer Einrichtung zum Freimachen der Öffnung durch Entfernen eines mindestens zeitweilig in der Öffnung festgehaltenen Teilchens.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, deren Freimacheinrichtung betrieblich im Fluid im Bereich der Öffnung Ultraschallschwingungen erzeugt.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, deren Freimacheinrichtung eine Folge elektrischer Impulse an eine Elektrode des Elektrodenpaars legen kann.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, bei der die Impulsfrequenz höher als fünf kHz ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, bei der die Impulsfrequenz höher als zehn kHz ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 19, bei der die Impulsfrequenz im Bereich von zehn kHz bis fünfzehn kHz liegt.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21, bei der die Impulsfrequenz bis zu etwa zwanzig kHz beträgt.

24. Vorrichtung nach Anspruch 17 bis 23, bei der die Drosselstelle ein Material aufweist, das den piezoelektrischen Effekt zeigt.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 24, deren Freimacheinrichtung eine Fluidvortriebs-einrichtung aufweist, mit der an der Drosselstelle eine Fluidströmung erzeugbar ist.

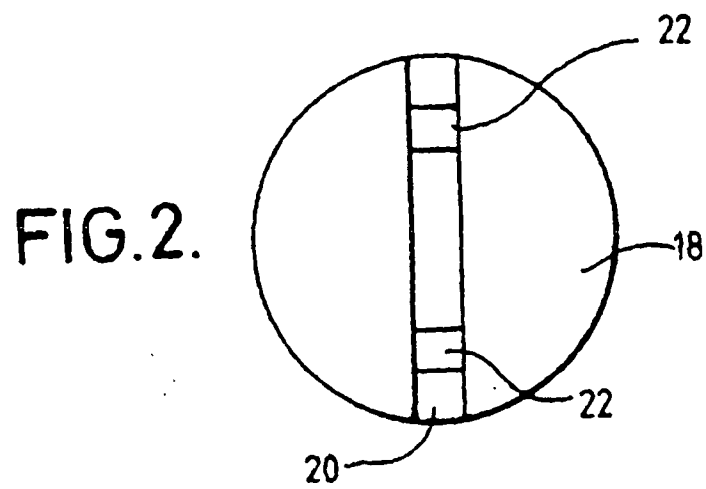
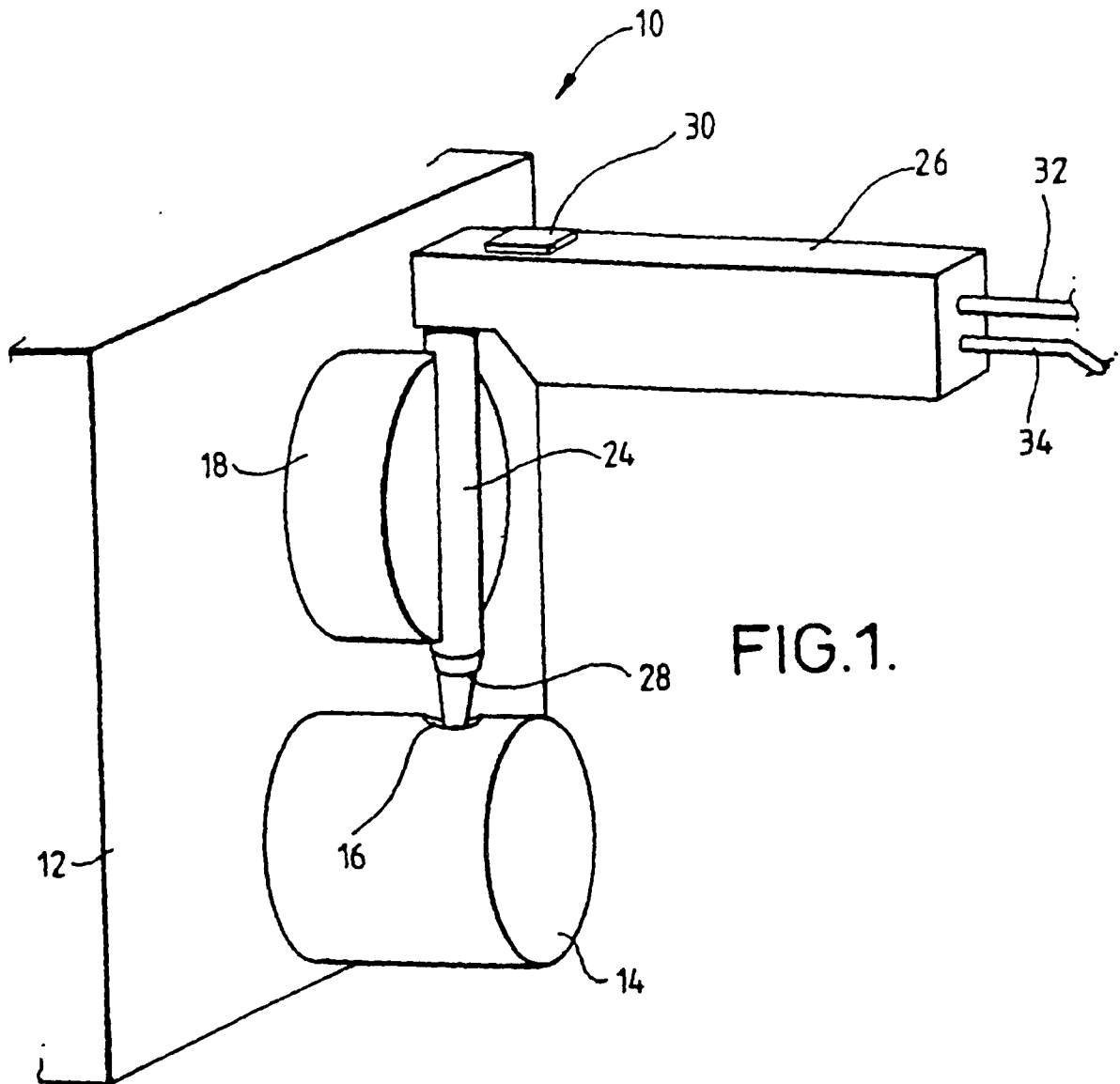
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, deren Fluidvortriebs-einrichtung ein Fluid im Wesentlichen entgegen der bei den Signalmessungen herrschenden Fluidströmung richtet.

27. Vorrichtung nach Anspruch 25 oder 26 weiterhin mit einer in der Kammer befindlichen Einrichtung, mit der Fluid aus der Fluidvortriebsrichtung zur Drosselstelle richtbar ist.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 27, deren Freimacheinrichtung periodisch – bspw. nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitspanne, nach einer Anzahl von Signalmessungen oder, wo periodische Signalmesswerte zeitweilig in einem Übergangsspeicher abgelegt werden, nach jeder Messperiode – betätigt wird, so dass die Vorrichtung eine Einrichtung aufweist, mit der die Freimacheinrichtung periodisch betätigbar ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



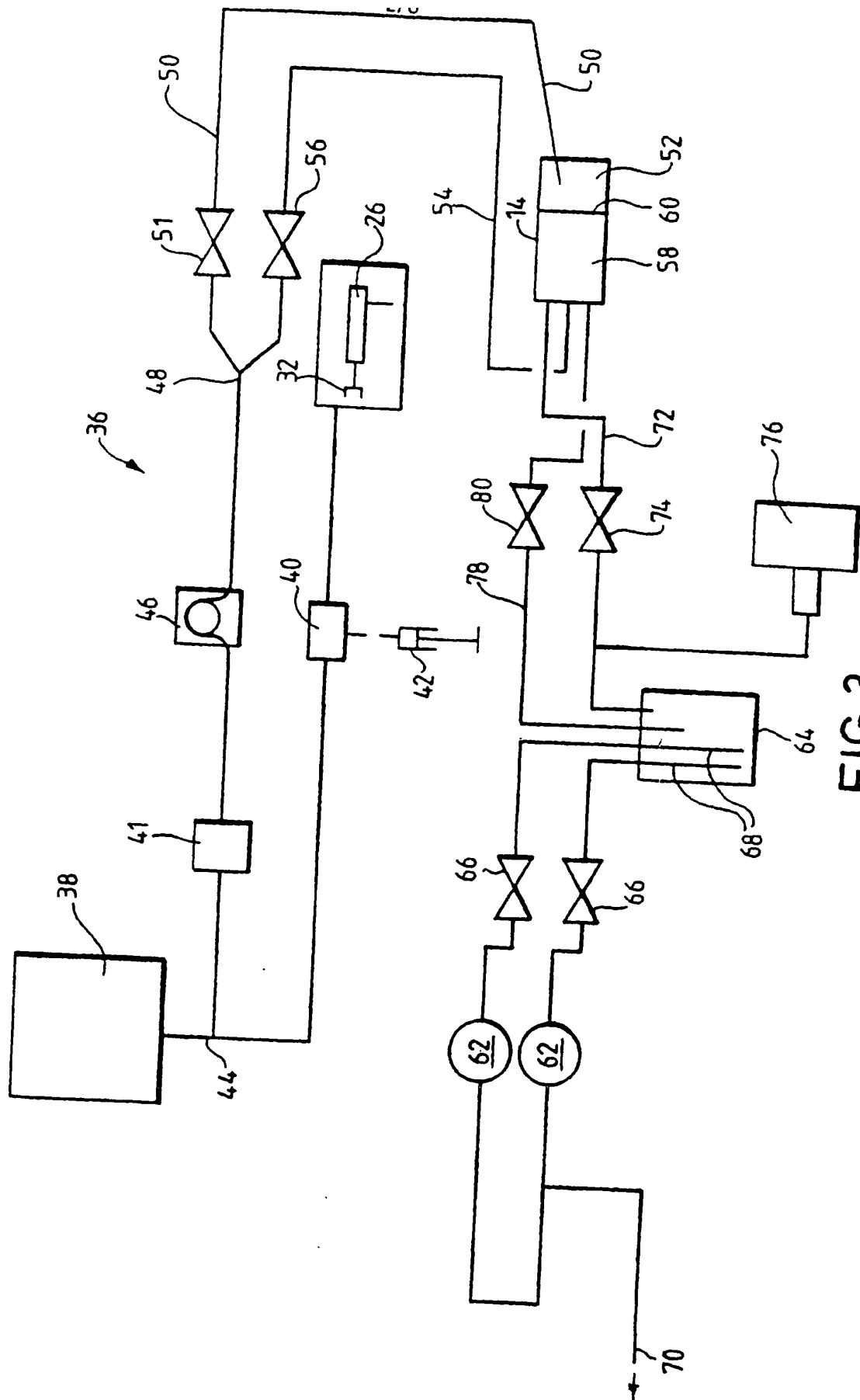


FIG. 3.

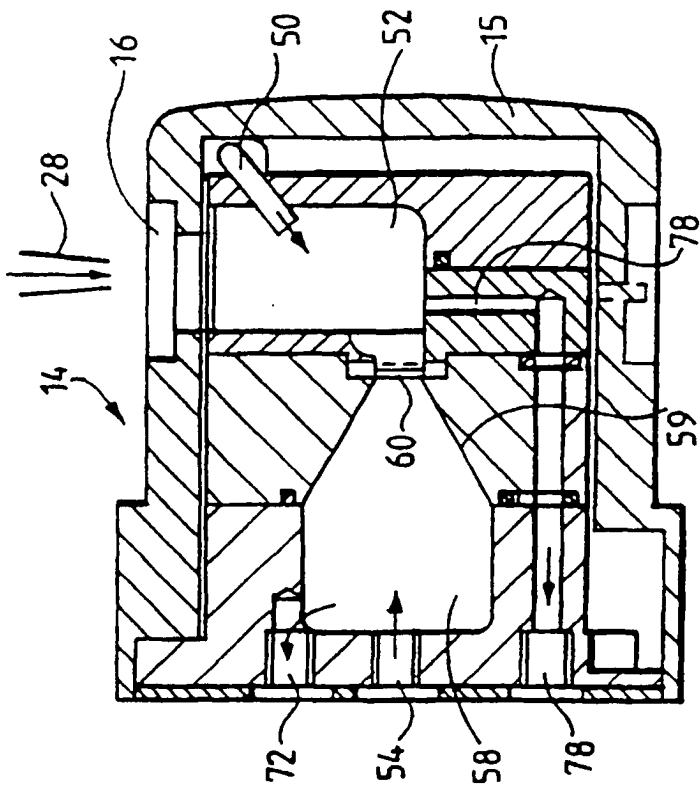


FIG. 4.

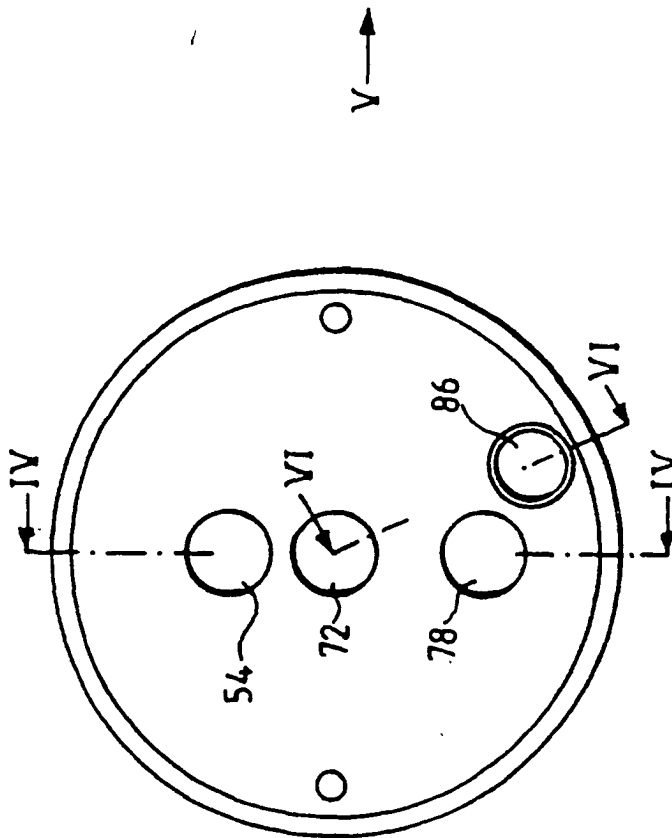


FIG. 5.

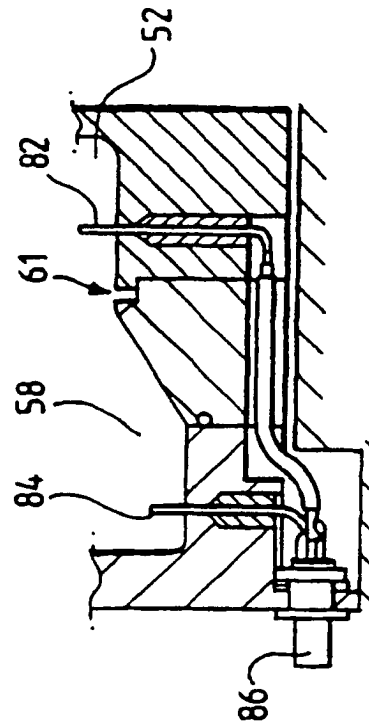
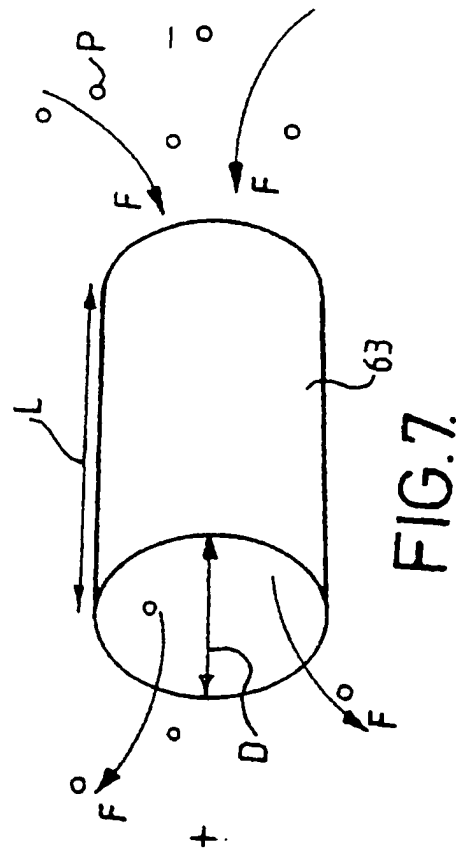
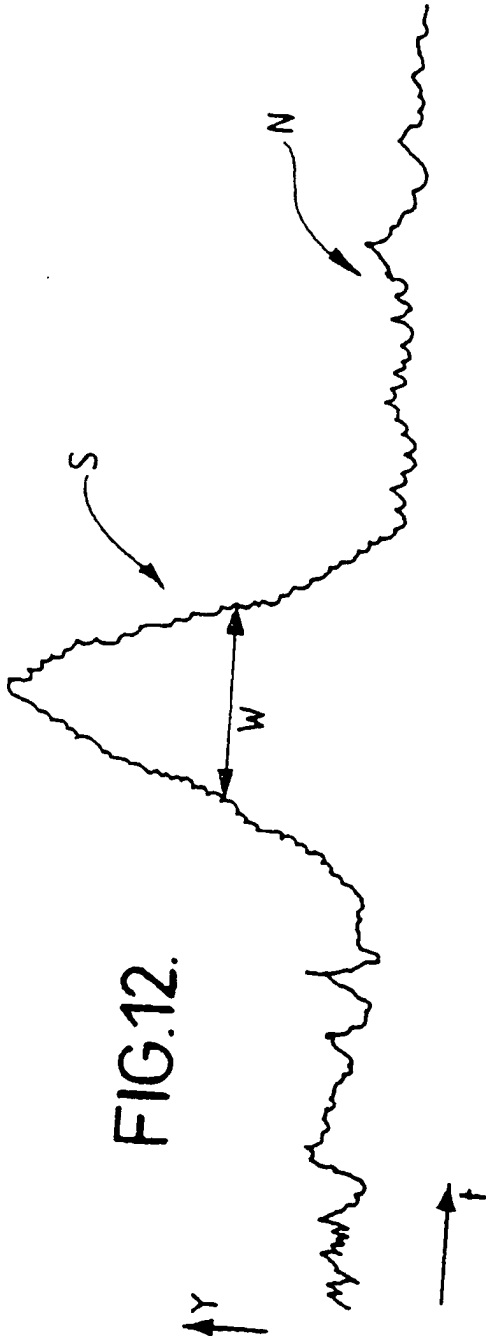


FIG. 6.



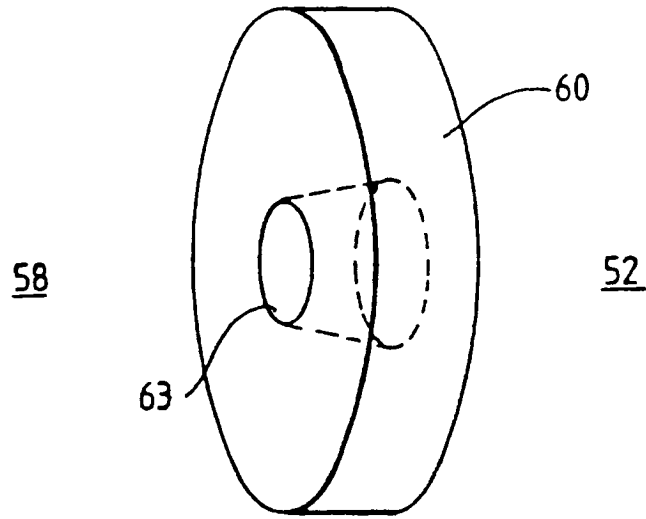


FIG. 8.

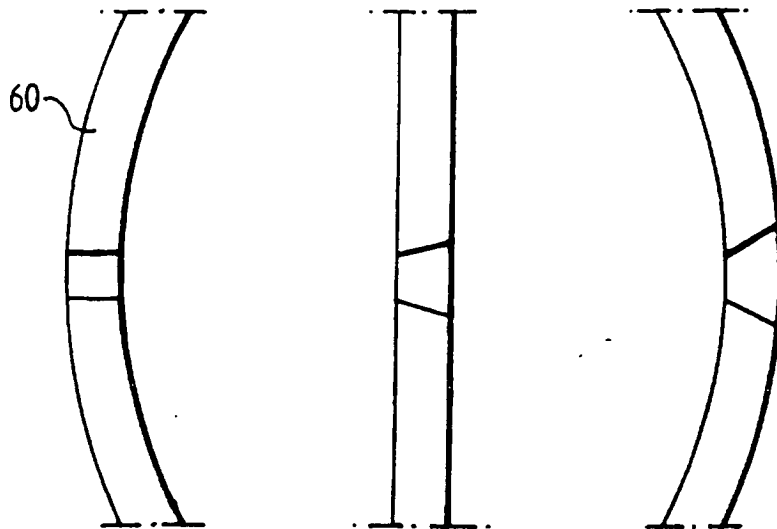


FIG. 9(a)

FIG. 9(b)

FIG. 9(c)

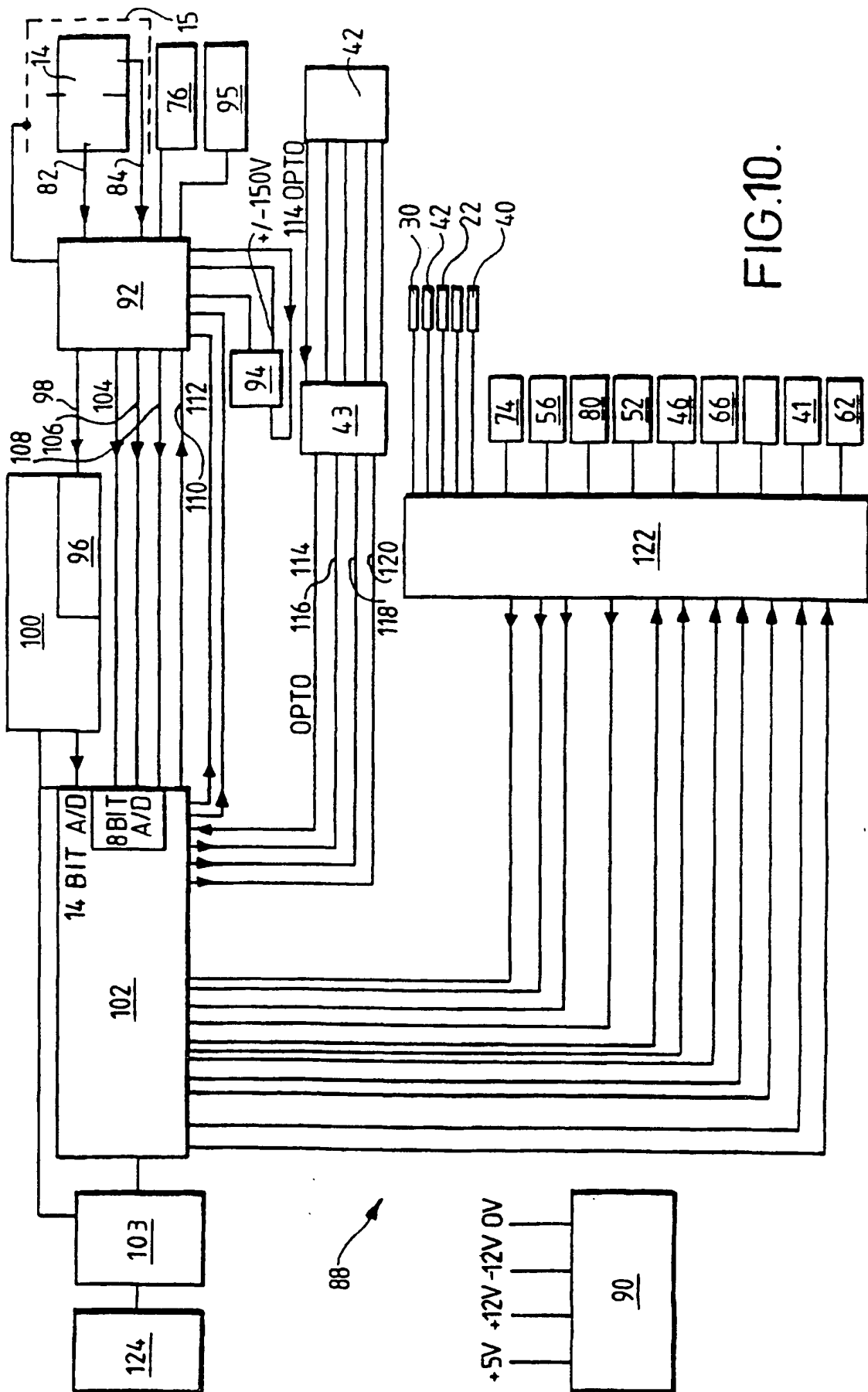


FIG.10.



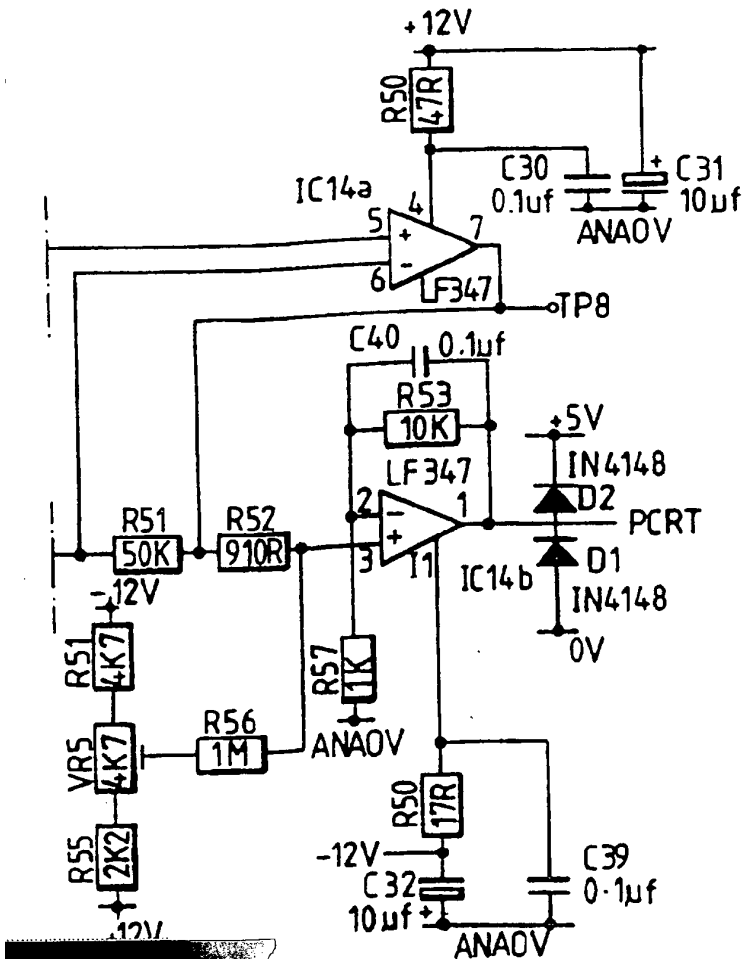
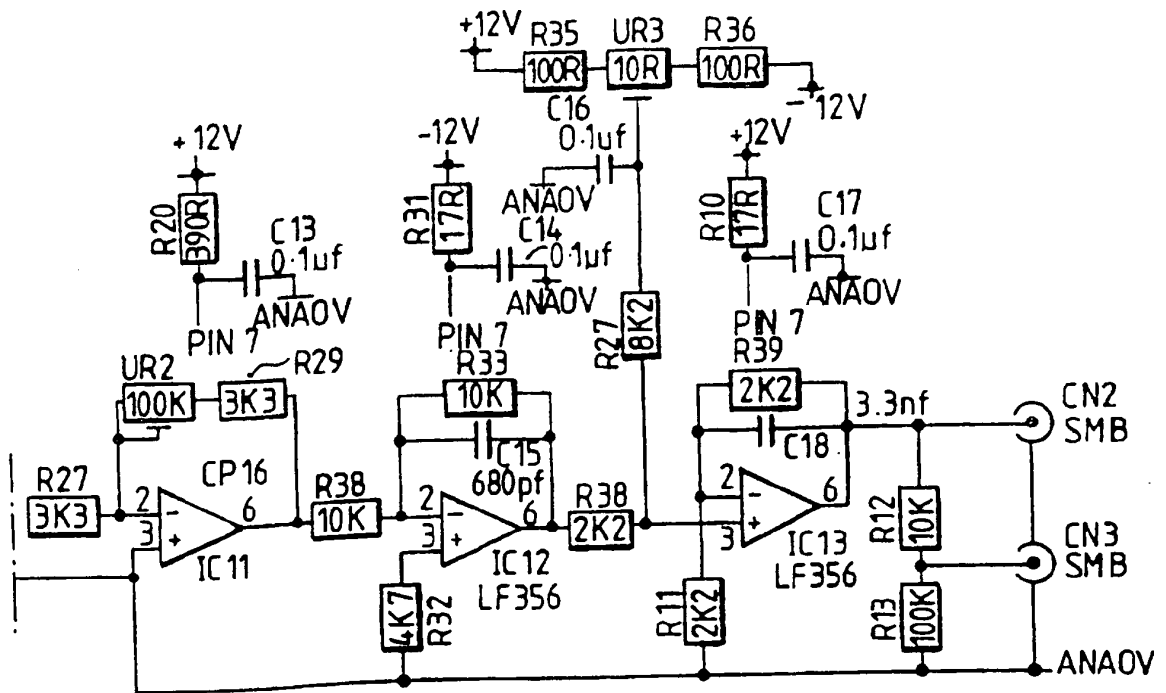


FIG.11b.