



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 697 24 984 T2 2005.06.09

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 937 278 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 697 24 984.0

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US97/18643

(96) Europäisches Aktenzeichen: 97 910 132.6

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 98/019208

(86) PCT-Anmeldetag: 17.10.1997

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 07.05.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 25.08.1999

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 17.09.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 09.06.2005

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: G02F 1/167

G02F 1/133

(30) Unionspriorität:

738260 25.10.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, LI

(73) Patentinhaber:

Massachusetts Institute of Technology,  
Cambridge, Mass., US

(72) Erfinder:

JACOBSON, M., Joseph, Cambridge, US;  
COMISKEY, Barrett, Cambridge, US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: NICHTMITTIERENDE ANZEIGEN UND DEREN PIEZOELEKTRISCHE STROMVERSORGUNG

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 eingelebt, 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****GEBIET DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft elektronische Anzeigeelemente und insbesondere nichtemittierende Anzeigen.

**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0002]** Nichtemittierende Anzeigen übermitteln Information unter Verwendung von Kontrastdifferenzen, die durch die Variierung des Reflexionsvermögens verschiedener Frequenzen des Lichts erreicht werden; sie unterscheiden sich also von traditionellen emittierenden Anzeigen, die das Auge dadurch stimulieren, daß sie Licht emittieren. Ein Typ von nichtemittierenden Anzeigen ist eine elektrophoretische Anzeige, die das Phänomen der Elektrophorese ausnutzt, um Kontrast zu erzielen. Elektrophorese bezeichnet die Bewegung von geladenen Partikeln in einem angelegten elektrischen Feld. Wenn die Elektrophorese in einer Flüssigkeit auftritt, bewegen sich die Partikel mit einer Geschwindigkeit, die vorwiegend durch die Bremswirkung, der die Partikel ausgesetzt sind, ihre Ladung, die dielektrischen Eigenschaften der Flüssigkeit und die Stärke des angelegten Feldes bestimmt wird.

**[0003]** US-A-4 919 521 offenbart eine nichtemittierende Anzeige mit einem Paar Elektroden, zwischen denen sich eine feste Matrix befindet, wobei die feste Matrix Mikrokapseln umfaßt, die eine Suspension aus anisotropen Partikeln enthalten, die in einem Fluid dispergiert sind.

**[0004]** Eine elektrophoretische Anzeige benutzt geladene Partikel einer Farbe, die in einem dielektrischen flüssigen Medium einer anderen Farbe suspendiert sind (das heißt, Licht, das von den Partikeln reflektiert wird), wird von der Flüssigkeit absorbiert. Die Suspension ist in einer Zelle eingeschlossen, die sich zwischen einem Paar von einander gegenüberliegenden Elektroden befindet (oder teilweise durch dieses gebildet wird), von denen eine transparent ist. Wenn die Elektroden so betrieben werden, daß ein Gleich- oder pulsierendes Feld an das Medium angelegt wird, wandern die Partikel zu der Elektrode mit entgegengesetztem Vorzeichen. Das Ergebnis ist eine visuell beobachtbare Farbänderung. Wenn insbesondere eine ausreichende Anzahl der Partikel die transparente Elektrode erreicht, dominiert deren Farbe in der Anzeige; wenn die Partikel zu der anderen Elektrode hingezogen werden, werden sie dagegen von der Farbe des flüssigen Mediums, das statt dessen dominiert, überdeckt.

**[0005]** Im Idealfall behalten die Partikel während der gesamten Lebensdauer des Bauelements eine starke gleichmäßige Ladung bei und bewegen sich so

schnell wie möglich unter dem Einfluß eines relativ kleinen elektrischen Feldes. Die Schaltzeit von suspendierten Partikeln, die sich zwischen zwei Elektroden befinden, ist gegeben durch:

$$t = \frac{6\pi d^2 \eta}{V \epsilon \zeta}$$

wobei  $d$  der Abstand zwischen den Elektroden ist;  $\eta$  die Viskosität des flüssigen Mediums,  $\epsilon$  dessen dielektrische Konstante,  $V$  die Potentialdifferenz zwischen den Elektroden und  $\zeta$  das Zeta-Potential der Partikel. Die Größe  $t$  stellt die "Schaltzeit" dar, das heißt, die Zeit, die die Population der Partikel benötigt, um von einer der Elektroden zur anderen zu wandern. Das System wird also normalerweise so gewählt, daß  $t$  minimiert wird. Beispielsweise ist der Abstand zwischen den Elektroden so klein wie nötig, um sicherzustellen, daß die Partikel nach der Wanderung weg von der transparenten Elektrode vollständig überdeckt werden.

**[0006]** Geeignete elektrophoretische Anzeigen sind bistabil: ihr Zustand besteht auch weiter, nachdem das aktivierende elektrische Feld wieder beseitigt ist. Dies wird im allgemeinen durch eine Restladung in den Elektroden und durch Van-der-Wals-Wechselbeziehungen zwischen den Partikeln und den Wänden der elektrophoretischen Zelle erreicht. Leider ist die Stabilität von gegenwärtigen elektrophoretischen Anzeigen begrenzt. Obwohl Flockenbildung oder Absetzung von Partikeln vermieden durch Anpassung der Dichte der Partikel an die des flüssigen Mediums werden kann, bleibt die Langzeit-Partikelagglomeration ein Problem. Das heißt, die Kohäsionskräfte zwischen den Partikeln können schließlich die Dispersionskräfte überwinden, wobei sich das Erscheinungsbild und die Funktion der Anzeige verschlechtern. Beispielsweise reagieren Partikelagglomerationen weniger effizient auf ein angelegtes Feld (Schaltzeit erhöht sich) und sind außerdem anfälliger gegen die Wirkung der Schwerkraft (die Brauchbarkeit bei beliebigen Ausrichtungen ist begrenzt); wenn also die Anzeige vertikal ausgerichtet ist, kann die Schwerkraft die Adhäsion an der Zellwand überwinden und bewirken, daß Agglomerationen abscheiden werden.

**BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG****KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG**

**[0007]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine elektrophoretische Anzeige nach dem beigefügten Anspruch 1 bereitgestellt.

**[0008]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ferner ein nichtemittierendes Anzeigesystem nach dem beigefügten Anspruch 22 oder 24 bereitgestellt.

**[0009]** Gemäß den Ausführungsformen der Erfindung werden die oben erwähnten Beschränkungen durch Mikrokapselung einzelner Elemente einer elektrophoretischen Anzeige überwunden. Durch diese Methode werden die Effekte der Agglomeration in einer Größenordnung beseitigt, die größer ist als die Abmessungen der Kapsel, was vorzugsweise so klein ist, daß sie nicht einzeln wahrnehmbar ist. Die Kapseln fungieren also als Pixel (obwohl sie normalerweise nicht einzeln adressierbar sind); auch wenn Agglomeration auftritt, ist ihre Wirkung auf einen sehr kleinen Bereich beschränkt. Wenn ferner eine obere Grenze für die mögliche Größe einer Agglomeration festgelegt wird – das heißt, wenn Akkumulationen, die größer sind als der Partikelinhalt einer Kapsel, verhindert werden –, sind Volumeneffekte einer verminderten Feldansprechempfindlichkeit und Anfälligkeit gegen die Schwerkraft ebenso begrenzt.

**[0010]** Obwohl, wie bereits ausgeführt, einzelne Kapseln in einem Anzeigeelement normalerweise nicht einzeln adressiert werden, eignet sich die erfindungsgemäße Methode zur Herstellung relativ kleiner Mehrkapsellemente, die selbst einzeln adressierbare Komponenten einer größeren Anordnung sein können. Beispielsweise können die Elemente jeweils ein kreisförmiges Profil darstellen und als Matrix angeordnet sein, wobei sie als Pixel in einer alphanumerischen Anzeige fungieren.

**[0011]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung umfaßt eine elektrophoretische Anzeige mit einer im wesentlichen zweidimensionalen Anordnung von mikroskopischen Behältern ("Mikrokapseln"), wobei jede Mikrokapsel eine elektrophoretische Zusammensetzung aus einem dielektrischen Fluid und einer Suspension von Partikeln aufweist, die mit der dielektrischen Flüssigkeit visuell kontrastieren und außerdem Oberflächenladungen aufweisen; ein Paar Elektroden, von denen zumindest eine visuell transparent ist und die auf gegenüberliegenden Seiten der Mikrokapselanordnung angeordnet sind und diese überdecken; und eine Einrichtung zur Erzeugung einer Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden, wobei die Potentialdifferenz bewirkt, daß die Partikel zu einer der Elektroden wandern. Die Mikrokapselanordnung kann flach oder gekrümmt sein; der Begriff "zweidimensional", wie er hier verwendet wird, bezeichnet Anordnungen, die vollständig eben, verzerrt oder gekrümmt sein können, und schließt eine bestimmte dreidimensionale Dicke nicht aus. Die Anordnung kann folgendes erfordern: Aneinanderpacken der Mikrokapseln in einer Anordnung (im allgemeinen eine Mikrokapsel dick), Dispergieren der Mikrokapseln in einer transparenten Matrix oder Ausbilden von Hohlräumen oder Höhlungen innerhalb einer solchen Matrix, die selbst die Mikrokapseln bilden.

**[0012]** Ausführungsformen der Erfindung stellen eine neuartige Einrichtung zur elektrischen Versor-

gung nichtemittierender Anzeigen unter Verwendung eines oder mehrerer piezoelektrischer Elemente (zum Beispiel eine Tafel aus Polyvinylidenfluorid) bereit. Im allgemeinen kann die Erfindung unter diesem Aspekt folgendes umfassen: ein Paar gegenüberliegende Elektroden und mindestens ein zwischen diesen befindliches Anzeigeelement, wobei das Anzeigeelement auf eine Potentialdifferenz zwischen den Elektroden visuell anspricht; und ein piezoelektrisches Element, das mit den Elektroden verbunden ist, wobei die Deformation des piezoelektrischen Elements eine visuelle Antwort des Anzeigeelements bewirkt.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0013]** Die bisherige Beschreibung wird anhand der folgenden ausführlichen Beschreibung der Erfindung besser verständlich, wenn sie mit den beigefügten Zeichnungen in Verbindung gebracht wird, wobei diese folgendes zeigen:

**[0014]** [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1B](#) sind vergrößerte Schnittansichten, die mikrogekapselte elektrophoretische Anzeigeanordnungen gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen;

**[0015]** [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) stellen schematisch eine piezoelektrische Treiberschaltungsanordnung dar, die zum Betreiben von nichtemittierenden Anzeigen geeignet ist, einschließlich solcher, die in [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1B](#) dargestellt sind (ohne darauf beschränkt zu sein);

**[0016]** [Fig. 3](#) ist eine schematische Seitenansicht einer spezifischen Anwendung der Erfindung in einer Fußbekleidungsumgebung;

**[0017]** [Fig. 4A](#) ist eine schematische Seitenansicht einer weiteren Fußbekleidungsanwendung;

**[0018]** [Fig. 4B](#) stellt schematisch eine repräsentative Schaltungsanordnung zur Implementierung der Anwendung dar, die in [Fig. 4A](#) gezeigt ist;

**[0019]** [Fig. 5](#) ist eine teilweise schematische isometrische Ansicht einer spezifischen Anwendung der Erfindung in einer Papierpublikationsumgebung;

**[0020]** [Fig. 6A](#) ist eine teilweise schematische Draufsicht einer spezifischen Anwendung der Erfindung in einer Armbanduhrrumgebung;

**[0021]** [Fig. 6B](#) stellt schematisch eine repräsentative Schaltungsanordnung zur Implementierung der Anwendung dar, die in [Fig. 6A](#) gezeigt ist; und

**[0022]** [Fig. 7](#) ist eine teilweise schematische isometrische Ansicht der Erfindung, die in einem akustisch gekoppelten Modus implementiert ist.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVOR-ZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0023]** Wir betrachten zuerst **Fig. 1A** bis **Fig. 1B**, die alternative Ausführungsformen von mikrogekapselten elektrophoretischen Anzeigeanordnungen gemäß der vorliegenden Erfindung darstellen. In **Fig. 1A** weist eine Anzeige **120** ein Paar planare Elektroden **125, 130** auf, die sich auf gegenüberliegenden Seiten einer im wesentlichen planaren Anordnung von mikroskopischen Behältern oder Mikrokapseln **133** befinden. Zumindest die Elektrode **130** ist visuell transparent, so daß ein Betrachter die Farbe sehen kann, die durch Abschnitte der Mikrokapseln **133** angrenzend an die Elektrode **130** dargestellt wird. Beispielsweise kann die Elektrode **130** einen Halbleiter umfassen, zum Beispiel Indium-Zinn-Oxid, das in einer dünnen Schicht auf Glas, Mylar oder einem anderen transparenten Substrat aufgedampft oder anderweitig aufgebracht ist; die Einzelheiten der Herstellung sind dem Fachmann bekannt, ebenso wie mögliche Halbleiteralternativen zu Indium-Zinn-Oxid (siehe beispielsweise die US-Patente 3 668 106 und 4 305 807, deren gesamte Offenbarungen hierin durch Bezugnahme aufgenommen werden).

**[0024]** In jeder Mikrokapsel **133** befindet sich eine elektrophoretische Suspension mit einer dielektrischen Flüssigkeit **135** und einer Menge geladener Partikel **137**, wobei das Flüssigkeitsvolumen und die Partikel visuell kontrastieren (das heißt, deutlich unterscheidbare Farben oder Schattierungen aufweisen). Eine Treiberschaltung **140** ist mit den Elektroden **125, 130** elektrisch verbunden und ist in der Lage, eine ausreichende Potentialdifferenz zwischen den Elektroden zu erzeugen, um die Wanderung von Partikeln **137** zu der einen oder anderen Elektrode innerhalb einer akzeptablen Schaltzeit zu bewirken.

**[0025]** Um der Anzeige **120** die Farbe der Partikel **137** zu verleihen, erzeugt die Treiberschaltung **140** ein elektrisches Feld (das durch Pfeile **142** angezeigt ist), dessen Richtung derartig ist, daß die Partikel **137** zur Elektrode **130** hin angezogen werden und zu dieser wandern. In der dargestellten Ausführungsform sind die Mikrokapseln **133** kugelförmig und tangieren im wesentlichen einander; wenn jede Mikrokapsel **133** eine Menge Partikel **137** enthält, die ausreicht, um die Hälfte der Innenfläche unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes zu überdecken, wird demzufolge durch die Anziehung der Partikel **137** zur Elektrode **130** die Farbe der Partikel im wesentlichen gleichmäßig und ununterbrochen an die Anzeige **120** übertragen.

**[0026]** Die Mikrokapseln **133** müssen nicht unbedingt kugelförmig sein, sondern haben vorzugsweise Abmessungen, die von 5 bis 500 µm und im Idealfall von 25 bis 250 µm reichen. Die Wände der Mikrokapseln

sollten einen spezifischen Widerstand aufweisen, der dem der dielektrischen Flüssigkeit **135** entspricht. Es kann auch zweckmäßig sein, den Brechungsindex der Mikrokapseln **133** mit dem der elektrophoretischen Zusammensetzung abzustimmen. Normalerweise ist die Flüssigkeit **135** hydrophob, und Techniken zum Kapseln einer internen hydrophoben Phase sind dem Fachmann bekannt. Der gewählte Prozeß kann der Identität und den Eigenschaften der dielektrischen Flüssigkeit Beschränkungen auferlegen; beispielsweise können bestimmte Kondensationsprozesse dielektrische Flüssigkeiten mit relativ hohen Siedepunkten und niedrigen Dampfdrücken erfordern.

**[0027]** Bei einer Methode, die als "Koazervation" bekannt ist, entsteht eine Öl/Wasser-Emulsion durch Dispergierung der elektrophoretischen Zusammensetzung (das heißt, der hydrophoben dielektrischen Flüssigkeit, die eine Suspension der Pigmentpartikel **137** enthält) in einer wäßrigen Umgebung. Ein oder mehrere Kolloide werden aus der wäßrigen Phase koaziert (das heißt, agglomeriert) und lagern sich durch Steuerung der Temperatur, des pH-Wertes und/oder relativer Konzentrationen als Schalen um die Ölträpfchen ab, wodurch die Mikrokapseln entstehen. Materialien, die für eine Koazervation geeignet sind, sind unter anderem Gelatinen und Gummiarabikum. Siehe beispielsweise das US-Patent 2 800 457.

**[0028]** Die "Grenzflächenpolymerisationsmethode" beruht auf dem Vorhandensein eines öllöslichen Monomers in der elektrophoretischen Zusammensetzung, die wiederum als eine Emulsion in einer wäßrigen Phase vorhanden ist. Die Monomere in den winzigen hydrophoben Träpfchen reagieren mit einem Monomer, das in die wäßrige Phase eingeführt wird, wobei an der Grenzfläche zwischen den Träpfchen und dem umgebenden wäßrigen Medium eine Polymerisation erfolgt und um die Träpfchen herum Schalen gebildet werden. Obwohl die resultierenden Wände relativ dünn sind und durchlässig sein können, erfordert dieser Prozeß keine erhöhten Temperaturen, die für bestimmte andere Prozesse charakteristisch sind, und erlaubt daher eine größere Flexibilität in bezug auf die Auswahl der dielektrischen Flüssigkeit.

**[0029]** Unsere bevorzugte Mikrokapselungstechnik ist die "In-situ-Polymerisation", bei der die Monomere, die die Mikrokapselschale bilden, in den Wasserphasen- und nicht in den Dispersionsphasenträpfchen vorhanden sind. Die Monomere polymerisieren, um ein Polymer mit höherer Affinität zur internen Phase als zur wäßrigen Phase zu bilden, wobei dieses als Haut um die Träpfchen kondensiert. In einem besonders geeigneten In-situ-Polymerisationsprozeß kondensieren Harnstoff und Formaldehyd in Gegenwart von Poly(acrylsäure); siehe US-Patent 4 001 140. In einem anderen geeigneten Prozeß, der in US-Patent 4 273 672 beschrieben ist, lagert sich ir-

gendeines aus einer Vielzahl verschiedener Vernetzungsmittel, die in einer wäßrigen Lösung vorhanden sind, um mikroskopische Öltröpfchen ab. Solche Vernetzungsmittel sind unter anderem Formaldehyd, Glyoxal, Glutaraldehyd und andere Formaldehydspender, Trioxan, Ethanolamin, Ethylendiamin, Borsäure, Borate, zum Beispiel Natriumborat, oder makromolekulare Spezies, zum Beispiel Gelatine, Tragantgummi, Methylcellulose und A-Zustands-Formaldehydkondensationsprodukte.

**[0030]** Weitere geeignete Techniken zur Erzeugung von Mikrokapseln sind unter anderem mechanische Verfahren, wie sie dem Fachmann bekannt sind und beispielsweise im US-Patent 3 585 381 beschrieben sind.

**[0031]** Eine große Auswahl dielektrischer Flüssigkeiten kann mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden; die Kriterien, die ihre Auswahl bestimmen, sind unter anderem Viskosität, Dielektrizitätskonstante, erworbene Ladung und Dichte. Bevorzugte Flüssigkeiten sind unter anderem dunkelfarbige hydrophobe Fluide, zum Beispiel Isoparaffin-Petroleumlösemittel oder Trichlortrifluorethan oder ein Gemisch daraus; und andere Halogenkohlenwasserstoffe, da diese die Tendenz haben, wie erwünscht, hohe Dichten aufzuweisen (um sich an die Dichte der dispergierten Partikel anzupassen), wobei sie gleichzeitig erwünschte elektrische Eigenschaften haben. Um die Flüssigkeit dunkler zu machen oder ihr eine spezifische Farbe zu verleihen, kann ihr ein Farbstoff (zum Beispiel eine Ölfarbe, zum Beispiel Oil Blue N) oder ein anderes Färbungsmittel (zum Beispiel Cobaltnaphthenat für eine violette Farbe, Mangannaphthenat für eine braune Farbe oder Nickelnaphthenat für eine grüne Farbe) hinzugefügt werden.

**[0032]** Eine große Auswahl von Pigmentpartikeln ist ebenfalls geeignet, wobei die primären Kriterien, die ihre Auswahl bestimmen, die richtige Ladung, Größe und Farbe sind. Die Partikel können in ihrer Größe von 100 µm bis weniger als 1 µm reichen, aber ein bevorzugter Größenbereich liegt zwischen 5 und 25 µm. Die Partikel können eine Eigenladung aufweisen oder unter Verwendung eines Ladesteuermittels explizit geladen werden oder können sich eine Ladung aneignen, wenn sie in der dielektrischen Flüssigkeit suspendiert sind. Geeignete Partikelmaterialien sind unter anderem Titandioxid ( $TiO_2$ ), das ein stark reflektierendes weißes Erscheinungsbild bietet; Acetylen-schwarz oder andere schwarze elektrophotographische Tonerpartikel; andere anorganische Pigmente; oder organische Pigmente, zum Beispiel Azo- und Phthalocyaninmaterialien. Normalerweise wird den Pigmentpartikeln ein Ladesteuermittel hinzugefügt, um ihnen eine Oberflächenladung zu verleihen (Zeta-Potential). Das Ladesteuermittel kann in der Lage sein, direkt in die Partikelloberflächen adsorbiert zu werden oder während der Herstellung der Partikel

eingemischt zu werden. Im allgemeinen überträgt das Ladesteuermittel ein Zeta-Potential, das 50 bis 100 Elementarladungen entspricht, auf die Oberfläche eines Partikels, der einen Radius von 1 µm hat; dies erzeugt eine ausreichende elektrophoretische Mobilität in der Größenordnung von  $10^{-4}$  bis  $10^{-5}$   $cm^2/Vs$ . Geeignete Ladesteuermittel sind dem Fachmann bekannt; sie können polymerer oder nichtpolymerer Natur sein und können auch ionisch oder nichtionisch sein. Nichtionische polymere Ladesteuermittel sind unter anderem Polyethylen, Polybuten, Succinimid und verschiedene Polyvinylpyridin-Blockcopolymeren. Siehe beispielsweise die US-Patente 5 380 362, 5 066 559 und 4 298 448. Das Ladesteuermittel (und jede ihm zugrunde liegende Beschichtung) sollte die optischen Eigenschaften der Pigmentpartikel nicht behindern. In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Gemisch aus  $TiO_2$ -Partikeln und Polyethylen zerstäubt, um elektrophoretische Kugeln zu erzeugen, die im großen und ganzen Polyethylenkugeln sind.

**[0033]** Die Anzeige **120** kann beispielsweise nach Art der Herstellung von Flüssigkristallanzeigen ausgebildet werden. Nach ihrer Ausbildung können die Mikrokapseln **133**, die die elektrophoretische Zusammensetzung enthalten, beispielsweise in eine Zelle injiziert werden, die zwei voneinander beabstandete Elektroden enthält. Als Alternative können die Mikrokapseln **133** nach irgendeinem von verschiedenen, dem Fachmann bekannten Verfahren auf eine Anzeige "gedruckt" werden, zum Beispiel mit den Techniken, die verwendet werden, um druckzerstörbare Mikrokapseln auf ein Substrat aufzubringen, um kohlenstoffloses Kopierpapier zu erzeugen; in diesem Fall werden die Partikel auf eine der Elektroden **125**, **130** aufgedruckt, woraufhin die andere Elektrode auf die aufgebrachten Mikrokapseln **133** abgeschieden, aufgedruckt, oder anderweitig aufgebracht wird.

**[0034]** In einer alternativen Ausführungsform **145**, die in **Fig. 1B** dargestellt ist, werden Mikrokapseln **133** in einer transparenten Matrix oder einem transparenten Binder **150**, der selbst zwischen Elektroden **125**, **130** sandwichartig angeordnet ist, immobilisiert. Wie bereits ausgeführt, führt das Anlegen des entsprechend gerichteten elektrischen Feldes zu einer Wanderung von Partikeln **137** zur transparenten Elektrode **130** hin. Solange Mikrokapseln **133** in der Matrix **150** gleichmäßig und mit ausreichender Dichte dispergiert sind, ist das resultierende visuelle Erscheinungsbild gleichmäßig. Die Matrix **150** ist vorzugsweise ein transparentes Polymermaterial, das gehärtet werden kann (das heißt, aus einem Zustand niedriger Viskosität zu einer extrem hohen Viskosität vernetzt werden kann) oder bei relativ niedrigen Temperaturen anderweitig verfestigt werden kann und das in seinem niedrigviskosen Zustand ohne weiteres eine Dispersion der Mikrokapseln zuläßt. Geeignete Materialien sind unter anderem Polyvinylalkoho-

le, Gelatinen, Epoxidharze und andere Harze.

**[0035]** Der niedrigviskose Polymercavoläufer, in den die Mikrokapseln 133 mit einer entsprechenden Dispersionsdichte suspendiert worden sind, kann in einem Formwerkzeug gehärtet werden, das der zweidimensionalen oder gekrümmten Form der Elektroden 125, 130 entspricht, oder kann statt dessen die Elektroden als Umschließungsgrenzen für eine In-situ-Härtung verwenden.

**[0036]** Als Alternative, jedoch nicht in den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung fallend, können die Mikrokapseln 133 Hohlräume oder mikroskopische Höhlungen in der Matrix 150 sein, die während ihrer Härtung ausgebildet werden. Beispielsweise kann die elektrophoretische Zusammensetzung als eine Emulsion in dem ungehärteten (niedrigviskosen) Vorläufer der Matrix 150 dispergiert sein; die Härtung des Vorläufers bewirkt, daß die Emulsionströpfchen in der Matrix suspendiert und immobilisiert werden, wobei effektiv eine elektrophoretische Polymerdispersionsanzeige entsteht.

**[0037]** Die Anzeige kann in jeder Anzahl von Konfigurationen angeordnet sein, nämlich unter anderem als einheitliche, kontinuierliche Anzeige, (das heißt, eine zusammenhängende Ausdehnung von Mikrokapseln, die zwischen einem einzigen Elektrodenpaar sandwichartig angeordnet sind); eine Reihe oder ein anderes Muster aus diskreten Gruppen von Mikrokapseln, die durch ein einziges Elektrodenpaar gesteuert werden; oder Mehrelementanordnungen, die eine Vielzahl von unabhängig adressierbaren Anzeigeelementen enthalten, die jeweils von einem getrennten Elektrodenpaar gesteuert werden und die beispielsweise eine einzige kontinuierliche Anzeige oder ein Muster von Mikrokapselgruppen umfassen. Die Treiberschaltung 140 kann jede geeignete Stromversorgung sein, zum Beispiel eine Gleichstrom- oder pulsierende Gleichstromschaltung, oder eine Wechselstromschaltung (bei der die Impulsbreite oder die Wechselstromperiode größer ist als die Schaltzeit der elektrophoretischen Zusammensetzung).

**[0038]** Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung umfaßt die Treiberschaltung 140 jedoch ein piezoelektrisches Element. Wir betrachten nunmehr **Fig. 2A**, die die Art und Weise darstellt, wie ein solches Element verwendet werden kann, um ein elektrophoretisches Anzeigeelement 200 anzusteuern, das eine oder mehrere einzelne elektrophoretische Anzeigen umfaßt. Eine physische Deformation des piezoelektrischen Elements 202 erzeugt eine Spannung und einen Strom. Die elektrische Ausgangsgröße des Elements 202 kann bei entsprechender Eignung direkt der Anzeige 200 zugeführt werden; es ist jedoch im allgemeinen zweckmäßig, die Ausgangsgröße zunächst zu konditionieren. Beispielsweise er-

zeugen entgegengesetzte Deformationen des Elements 202 Spannungen entgegengesetzter Polarität; wenn das Element 202 alternierend mit einer Geschwindigkeit deformiert wird, die schneller ist als die Schaltzeit der Anzeige 200, kann die Anzeige 200 nicht ansprechen. Eine Spannungskonditionierungsschaltung 204 kann die Spannung, die durch das piezoelektrische Element 202 erzeugt wird, begrenzen oder erhöhen und kann auch ein Glättungsfilter aufweisen, um Änderungen der Spannungsausgangsgröße zu reduzieren oder die Ansprechbarkeit der Anzeige 200 zu dämpfen. Da das piezoelektrische Element im Betrieb in verschiedene Richtungen verbogen wird, ändert das elektrische Feld, das es erzeugt, seine Polarität, was bewirkt, daß die geladenen Partikel in der elektrophoretischen Anzeige 200 von einer Elektrode weg zur anderen hin wandern.

**[0039]** Es ist zu betonen, daß das Anzeigeelement 200 nicht auf die elektrophoretischen Anzeigen begrenzt ist, die in **Fig. 1A** bis **Fig. 1B** gezeigt sind; die Methode, die in **Fig. 2A** dargestellt ist, ist ungeachtet bestimmter Merkmale auf jede nichtemittierende Anzeige anwendbar (zum Beispiel auf Flüssigkristall- oder elektrophoretische Anzeigen), deren Ansprechcharakteristik für die Ausgangsgröße des Elements 202 geeignet ist.

**[0040]** Eine kompliziertere Anordnung ist in **Fig. 2B** gezeigt. Hier wird die Ausgangsgröße der Konditionierungsschaltung 204 als Stromversorgung für einen Prozessor 206 bereitgestellt und erreicht ein Anzeigeelement über einen oder mehrere Schalter 208, die vom Prozessor 206 gesteuert werden. Der Spannungskonditionierer 204 richtet daher die Größe der Spannung, die den Prozessor 206 erreicht, der selbst ein programmierbarer Ein-Chip-Mikroprozessor oder eine andere geeignete Schaltungsanordnung zur Implementierung einer Steuerfunktion ist, gleich und begrenzt diese. Die Schalter 208 können Transistoren sein, deren Anzahl von der Anzahl einzelner elektrophoretischer Anzeigekomponenten im Element 200 abhängt. Der Prozessor 206 kann beispielsweise so konfiguriert sein, daß einer der Schalter 208 bei Ermittlung eines bestimmten externen Zustands oder zu einer vorbestimmten Zeit geschlossen wird – und dadurch einem der Komponenten des Anzeigeelements 200 Strom zugeführt wird.

**[0041]** Wir betrachten nunmehr **Fig. 3**, die eine bestimmte Anwendung der Erfindung darstellt, die in einen Artikel der Fußbekleidung 300, zum Beispiel in einen Schuh, integriert ist. Der Artikel 300 weist einen Bodenabschnitt oder eine Sohle 302 auf. In der Sohle 302 angeordnet ist ein flexibles piezoelektrisches Element 305, zum Beispiel eine Folie aus Polyvinylidendifluorid. Die beiden Ausgänge 307a, 307b sind mit den Elektroden einer ersten elektrophoretischen Anzeige 310 verbunden und im entgegengesetzten

Sinn mit den Elektroden einer zweiten elektrophoretischen Anzeige **312** verbunden. Wenn der Träger des Artikels **300** einen Schritt macht, verbiegt er das piezoelektrische Element **305** und erzeugt dabei eine Spannung mit einer ersten Polarität, die ausreicht, um eine der Anzeigen **310**, **312** zu aktivieren (das heißt, die Partikel zu der sichtbaren Elektrode hin anzuziehen) und die andere Anzeige zu deaktivieren (das heißt, die Partikel von der sichtbaren Elektrode weg zu ziehen). Wenn der Anwender einen Schritt abschließt, glättet sich das piezoelektrische Element **305** und erzeugt dabei eine Spannung mit einer entgegengesetzten Polarität und kehrt die entsprechenden visuellen äußeren Erscheinungen der Anzeigen **310**, **312** um. Die Schaltzeit der Anzeigen ist schneller als die Geschwindigkeit einer normalen Gangart. Wie bereits ausgeführt, kann die Konfiguration, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, bei Bedarf eine Spannungskonditionierungsschaltungsanordnung aufweisen.

**[0042]** [Fig. 4A](#) stellt eine weitere Anwendung der Erfindung in der Umgebung einer Fußbekleidung dar, in diesem Fall ein Pedometer (Schrittzähler). Ein Fußbekleidungsartikel **400** (zum Beispiel ein Laufschuh) weist einen Bodenabschnitt oder eine Sohle **402** auf, die einem piezoelektrischen Element **405** zugeordnet ist. Die Ausgänge des piezoelektrischen Elements **405** sind mit einer Steuerschaltung verbunden, die nachstehend beschrieben ist, und die den Betrieb einer Serie von einzelnen elektrophoretischen Anzeigen **412a** bis **g** bestimmt. Wie häufig diese Anzeigen zu irgendeiner Zeit "eingeschaltet" (oder "ausgeschaltet") werden, gibt die Anzahl der Deformationen des piezoelektrischen Elements **405** und somit die Anzahl der durchgeführten Schritte wieder: Wie in [Fig. 4B](#) gezeigt, weist eine geeignete Schaltung **410** einen Vollweggleichrichter oder eine Brückenschaltung **415** auf, dessen bzw. deren gleichgerichtete Ausgangsgröße an einen Kondensator **417** übergeben wird, der mit den elektrophoretischen Anzeigen **412a** bis **g** parallelgeschaltet ist. Jede Anzeige ist auch mit einer jeweiligen Diode **420a** bis **g** verbunden. Die Dioden **420a** bis **g** in der Reihenschaltung haben zunehmend größere Durchschlagsspannungen. Im Betrieb sind alle elektrophoretischen Anzeigen anfangs im gleichen Zustand. Regelmäßiges Verbiegen und Geraderichten des piezoelektrischen Elements **405** führt zu einer angenäherten Wechselspannungsausgangsgröße, die durch die Brückenschaltung **415** gleichgerichtet wird. Jeder Impuls von der Brückenschaltung **415** fügt den Platten des Kondensators **417** Ladung hinzu, wobei die Spannung am Kondensator und folglich an den Diode/Anzeige-Paaren erhöht wird. Jede der Anzeigen **412a** bis **g** ändert den Zustand nur dann, wenn die akkumulierte Ladung im Kondensator **417** die Durchschlagsspannung der zugeordneten Diode überschreitet. Die Ladung des Kondensators **417** gibt natürlich die Anzahl der durchgeführten Schritte wieder, die die Anzahl der Anzeigen **412a** bis **g** bestimmt, die den Zu-

stand geändert haben. Um die Vorrichtung zurückzusetzen, aktiviert der Anwender einen Schalter (nicht dargestellt), der die Verbindung des Kondensators **417** mit den Diode/Anzeige-Paaren umkehrt, wodurch die Dioden umgangen werden und die Anzeigen zurückgesetzt werden und anschließend der Kondensator **417** entladen wird. Die Schaltung kann auch aufweisen: eine zusätzliche Diode oder eine andere Einrichtung zur Reduzierung oder Eliminierung der hohen Spannungen, die durch einen schnellen Fußmarsch bewirkt werden, und eine Einrichtung zur Programmierung der Schrittänge des Anwenders, so daß die Anzeige anstelle der durchgeführten Schritte die Strecke wiedergibt.

**[0043]** [Fig. 5](#) stellt die Art und Weise dar, wie die Erfindung auf ein Papiersubstrat, zum Beispiel ein Buch, eine Zeitschrift oder eine Glückwunschkarte, angewendet werden kann. In der dargestellten Ausführungsform umfaßt eine Glückwunschkarte **500** eine mittlere Faltung **502** und ein daran angeordnetes piezoelektrisches Element **505**. Das piezoelektrische Element **505** ist (zum Beispiel über ein Paar Folienbänder oder andere Leiter) mit einer Treiberschaltung **507** verbunden, die selbst mit einer Serie von drei elektrophoretischen Anzeigen **510a**, **510b** und **510c** über einen zugeordneten, vom Anwender bedienbaren Schalter **512a**, **512b**, **512c** verbunden ist. Jede der Anzeigen **510a**, **510b**, **510c** kann beispielsweise eine andere Mitteilung ertönen lassen. Die Schaltung **507** weist eine kapazitive Speichervorrichtung auf, die eine Ladung durch den Strom akkumuliert, der erzeugt wird, wenn der Anwender Karte **500** öffnet, wobei das piezoelektrische Element **505** deformiert wird. Die gespeicherte Ladung wird nach Wahl des entsprechenden Schalters durch den Anwender an eine der Anzeigen **510a**, **510b**, **510c** übertragen. Eine ähnliche Anordnung kann in Verbindung mit einem Buch oder einer Zeitschrift verwendet werden.

**[0044]** Das piezoelektrische Element, das eine elektrophoretische Anzeige mit Strom versorgt, muß nicht durch direkte Deformation aktiviert werden. Statt dessen kann es über eine akustische Kopplung mit einem weiteren piezoelektrischen Element angesteuert werden, das selbst einem sich ändernden elektrischen Feld ausgesetzt ist (wodurch bewirkt wird, daß dieses sich entsprechend der Stärke des angelegten Feldes deformiert). Eine solche Kopplung kann praktischerweise bei typischen piezoelektrischen Anzeigen in Längeneinteilungen von 5 Zoll oder weniger erfolgen.

**[0045]** Wir betrachten nunmehr [Fig. 6A](#), die zeigt, wie dieser Effekt im Zusammenhang mit einer Armbanduhr **600** ausgenutzt werden kann. In dem Uhrengehäuse **602** sind ein piezoelektrisches Element **604** und eine Oszillatorschaltung **606** angeordnet; diese beiden Komponenten können der Zeitmeßfunktion

der Uhr **600** zugeordnet sein. Der Oszillator **606** empfängt Strom von einer autonomen Quelle (zum Beispiel einer Batterie, nicht dargestellt) und führt dem piezoelektrischen Element **604** einen Wechselstrom zu: Am Uhrenband **610** angebracht (oder in dieses eingebettet) ist ein zweites piezoelektrisches Element **612**, das mit dem piezoelektrischen Element **604** akustisch gekoppelt ist. Die Ausgangsgrößen des Elements **612** werden an eine Treiberschaltung **614** geliefert, die die elektrische Energie von dem Element **612** benutzt, um eine elektrophoretische Anzeige **616** mit Energie zu versorgen. Bei dieser einfachen Anordnung wäre die Anzeige **616** ständig "eingeschaltet".

**[0046]** Aus diesem Grund sind die Treiberschaltungen **606** und **614** vorzugsweise etwas höher entwickelt, wie in [Fig. 6B](#) gezeigt. Die Treiberschaltung **606** ist für Schwingungen mit zwei oder mehr Frequenzen  $f_1, f_2$  geeignet. Die Treiberschaltung **614** weist ein Paar Kerb- oder Bandpaßfilter **620, 622** auf, die jeweils auf eine bestimmte der Frequenzen  $f_1, f_2$  abgestimmt sind. Das heißt, jedes der Filter **620, 622** arbeitet in einem sehr engen Frequenzband, schließt eine der Frequenzen  $f_1, f_2$  aus (oder lässt sie durch), ohne andere Frequenzen zu beeinträchtigen. Die Ausgänge der Filter **620, 622** sind umgekehrt mit der Anzeige **616** verbunden; die Filter enthalten auch Gleichrichter, so daß deren Ausgänge zur Anzeige **616** die Polarität nicht ändern, und irgendeine andere Konditionierungsschaltung anordnung, die für die bestimmte Anwendung erwünscht ist.

**[0047]** Wir nehmen beispielsweise an, daß das Filter **620** die Frequenz  $f_1$  unterdrückt und das Filter **622** die Frequenz  $f_2$  unterdrückt. Der Betrieb der Treiberschaltung **606** mit  $f_1$  koppelt die piezoelektrischen Elemente **604** und **612** akustisch; die elektrische Energie vom piezoelektrischen Element **612** erreicht jedoch die Anzeige **616** nur über das Filter **622**, wobei die Anzeige **616** in einen bestimmten visuellen Zustand versetzt wird. Der Betrieb der Treiberschaltung **606** mit  $f_2$  kehrt den Effekt um, der durch das Filter **622** erzeugt wird, wobei die Anzeige **616** in den umgekehrten Zustand versetzt wird, da die elektrische Energie nur durch das Filter **620** hindurchgelassen wird. Die vorstehende Schaltung ist beispielsweise beim Setzen und Rücksetzen eines visuellen Alarms geeignet.

**[0048]** Die Methode zur Verwendung der Filter und eines einzelnen angesteuerten piezoelektrischen "Sender"-Elements, das in der Lage ist, mit verschiedenen Frequenzen angesteuert zu werden, und dadurch selektiv mit mehreren "Empfänger"-Elementen akustisch gekoppelt wird, findet in einer großen Auswahl von Anwendungen Verwendung. Wenn wir beispielsweise zur Ausführungsform zurückkehren, die in [Fig. 5](#) dargestellt ist, so könnte eine Zeitschrift, die an einem Zeitschriftenkiosk oder an einer Werbungs-

einrichtung ausgestellt ist, verschiedene elektrophoretische Anzeigen enthalten, die jeweils mit einem piezoelektrischen Element über ein anders abgestimmtes Filter verbunden sind. Durch Änderung der Frequenz, mit der das Senderelement angesteuert wird, ist es möglich, einen Zyklus mit verschiedenen Anzeigen in einem gewünschten Muster ablaufen zu lassen.

**[0049]** Die vorstehend beschriebene Methode kann beispielsweise auch auf eine Personenfunkrufeinrichtung oder andere Mitteilungsvorrichtung mit einem piezoelektrischen Lautsprecher angewendet werden. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt, weist eine solche Vorrichtung **700** eine autonom mit Energie versorgte Treiberschaltung **702** auf, die bei Empfang eines rundgesendeten Funksignals von einer zentralen Station einen piezoelektrischen Lautsprecher **704** aktiviert. Solche Vorrichtungen werden weitgehend verwendet und sind im allgemeinen verfügbar. Dieser Vorrichtung ist folgendes hinzugefügt: ein zweites piezoelektrisches Element **706**, das mit dem Lautsprecher **704** akustisch gekoppelt ist; eine Treiberschaltungsanordnung **708**, wie bereits beschrieben; und eine elektrophoretische Anzeige **710**. Wenn der Lautsprecher **704** seine akustische Meldung erzeugt, bewirkt das piezoelektrische Element **706**, daß die Anzeige **710** ihren Zustand ändert, wobei eine visuelle Meldung bereitgestellt wird. Die Anzeige **710** kann verwendet werden, um weitere geeignete Information an den Anwender einer Armbanduhr oder einer Funkrufeinrichtung, eines zellularen Telefons oder einer anderen tragbaren elektronischen Vorrichtung zu übertragen (zum Beispiel den Zustand der Batterie).

**[0050]** Man wird erkennen, daß die vorstehende Beschreibung eine zuverlässige und hochflexible Methode zur Herstellung und zur Stromversorgung von elektrophoretischen und anderen nichtemittierenden Anzeigen darstellt.

## Patentansprüche

1. Elektrophoretische Anzeige, umfassend:
  - eine Anordnung diskreter, sich abscheidender Mikrokapseln, wobei jede Mikrokapsel eine Kapselwand umfaßt und in keiner ihrer Abmessungen länger als 500 µm ist;
  - erste und zweite Elektroden, die auf gegenüberliegenden Seiten der Anordnung angeordnet sind und diese überdecken, wobei zumindest eine der Elektroden im wesentlichen visuell transparent ist;
  - eine Einrichtung zum Erzeugen einer Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden; und
  - innerhalb der Kapselwand jeder Mikrokapsel, ein dielektrisches Fluid und eine Suspension von Partikeln in diesem, die Oberflächenladungen aufweisen, wobei das Fluid und die Partikel visuell kontrastieren, wobei die Potentialdifferenz bewirkt, daß die Partikel zu einer der Elektroden wandern.

2. Anzeige nach Anspruch 1, wobei jede Mikrokapsel in keiner ihrer Abmessungen länger als 5 µm ist.

3. Anzeige nach Anspruch 1, wobei jede Mikrokapsel eine durchschnittliche Abmessung hat, die von 25 bis 250 µm reicht.

4. Anzeige nach Anspruch 1, wobei die Partikel durchschnittliche Durchmesser haben, die nicht größer als 100 µm sind.

5. Anzeige nach Anspruch 1, wobei die Partikel durchschnittliche Durchmesser haben, die von 5 bis 25 µm reichen.

6. Anzeige nach Anspruch 1, wobei das Fluid eine Fluiddichte hat und die Partikel jeweils eine Partikeldichte haben, wobei die Fluiddichte und die Partikeldichte im wesentlichen gleich sind.

7. Anzeige nach Anspruch 1, wobei die Partikel TiO<sub>2</sub> umfassen und das dielektrische Fluid einen dunkelfarbigen Farbstoff umfaßt.

8. Anzeige nach Anspruch 1, wobei das dielektrische Fluid mindestens eines, nämlich (i) Isoparaffin-Petroleumlösemittel und/oder (ii) Trichlortrifluorethan umfaßt.

9. Anzeige nach Anspruch 7, wobei die Partikel jeweils einen Kern und, mit diesem verbunden, einen Ladungssteuerungszusatz umfassen.

10. Anzeige nach Anspruch 1, wobei die Mikrokapseln Innenflächen haben, die einen spezifischen Widerstand aufweisen, wobei das Fluid einen spezifischen Widerstand aufweist, der im wesentlichen gleich den spezifischen Widerständen der Innenflächen ist.

11. Anzeige nach Anspruch 1, wobei die Mikrokapseln in einer Anordnung miteinander in Kontakt sind.

12. Anzeige nach Anspruch 1, wobei die Mikrokapseln in einer Festkörpermatrix dispergiert sind.

13. Anzeige nach Anspruch 1, wobei die Einrichtung zum Erzeugen einer Potentialdifferenz ein piezoelektrisches Element umfaßt.

14. Anzeige nach Anspruch 13, wobei die Mikrokapseln als eine Vielzahl von wählbar ansteuerbaren, nichtemittierenden, bistabilen Anzeigeelementen angeordnet sind, die sich zwischen der ersten und zweiten Elektrode befinden, wobei die Anzeigeelemente einer visuellen Wirkung als Reaktion auf eine Potentialdifferenz zwischen den Elektroden ausgesetzt sind, wobei die visuelle Wirkung trotz des Abbaus der

Potentialdifferenz bestehen bleibt.

15. Anzeige nach Anspruch 14, ferner umfassend:

eine Umhausung, die eine Fußumhüllung mit einer Sohle bildet, wobei das piezoelektrische Element der Umhausung so zugeordnet ist, daß deren Biegung die Potentialdifferenz erzeugt; und

eine Einrichtung, die mit dem piezoelektrischen Element verbunden ist, zum wählbaren Koppeln der Anzeigeelemente mit dem piezoelektrischen Element auf der Grundlage eines Zählwerts der Biegungen und nach einem Muster, das den Zählwert darstellt.

16. Anzeige nach Anspruch 14, wobei das piezoelektrische Element einem Papiersubstrat zugeordnet ist, so daß ein Falten des Papiersubstrats das piezoelektrische Element deformiert; und die Anzeige eine Einrichtung zum wählbaren Verbinden mindestens eines Anzeigeelements mit dem piezoelektrischen Element umfaßt, wobei die Deformation des piezoelektrischen Elements visuelle Wirkungen in dem mindestens einen Anzeigeelement erzeugt, das mit diesem verbunden ist.

17. Anzeige nach Anspruch 13, wobei die Mikrokapseln als mindestens ein Anzeigeelement angeordnet sind, wobei das Anzeigeelement auf eine Potentialdifferenz zwischen den Elektroden visuell anspricht; und das piezoelektrische Element ein piezoelektrisches Anzeigeelement ist, wobei die Anzeige ferner umfaßt: ein piezoelektrisches Treiberelement, das mit dem piezoelektrischen Anzeigeelement akustisch gekoppelt ist; eine Einrichtung zum Anlegen einer Wechselspannung an das Treiberelement mit einer Treiberfrequenz, um zu bewirken, daß das piezoelektrische Anzeigeelement eine Wechselspannung erzeugt; und eine Einrichtung zum Gleichrichten der Wechselspannung von dem piezoelektrischen Anzeigeelement, wobei die gleichgerichtete Spannung die Potentialdifferenz hervorruft.

18. Anzeige nach Anspruch 17, wobei die Einrichtung zum Anlegen einer Wechselspannung an das Treiberelement bewirkt, daß das piezoelektrische Anzeigeelement eine Wechselspannung erzeugt, wobei die Wechselspannung die Potentialdifferenz hervorruft; wobei die Anzeige ferner umfaßt: mindestens ein Filter, das zwischen dem piezoelektrischen Anzeigeelement und den Elektroden angeordnet ist, wobei das mindestens eine Filter so konfiguriert ist, daß (i) ein Wechselstrom innerhalb eines vorbestimmten Frequenzbandes durchgelassen wird, so daß die Anzeige von Treiberfrequenzen außerhalb des vorbestimmten Bandes unbeeinflußt ist; oder (ii) ein Wechselstrom innerhalb eines vorbestimmten Frequenzbandes ausgestaffelt wird, so daß die Anzeige nur durch Treiberfrequenzen außerhalb des vorbestimmten Bandes beeinflußt wird; und eine Einrichtung, die mit dem piezoelektrischen An-

zeigeelement verbunden ist, zum Gleichrichten der Wechselspannung vom Filter und dadurch bedingtes Bewirken der Potentialdifferenz.

Potentialdifferenz erzeugt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

19. Anzeige nach Anspruch 18, wobei das mindestens eine Filter ein Bandpaßfilter oder ein Kerbfilter ist.

20. Anzeige nach Anspruch 18, umfassend erste und zweite Filter, die parallel und gegeneinander mit dem Anzeigeelement verbunden sind, wobei das erste Filter Wechselstrom innerhalb eines ersten Frequenzbandes durchläßt oder ausstaffelt und das zweite Filter Wechselstrom innerhalb eines zweiten Frequenzbandes durchläßt oder ausstaffelt, wobei ein selektives Anlegen von Wechselspannung an das piezoelektrische Anzeigeelement innerhalb der ersten und zweiten Frequenz entgegengesetzte visuelle Wirkungen der Anzeige erzeugt.

21. Anzeige nach Anspruch 20, wobei das erste und zweite Filter ein Bandpaß- oder Kerbfilter sind.

22. Nichtemittierendes Anzeigesystem, umfassend eine elektrophoretische Anzeige nach Anspruch 13.

23. Anzeige nach Anspruch 18, ferner umfassend:

- a. ein Uhrengehäuse zum Aufnehmen des piezoelektrischen Treiberelements; und
- b. ein Uhrenarmband, das am Uhrengehäuse befestigt ist, zum Tragen des piezoelektrischen Anzeigeelements.

24. Nichtemittierendes Anzeigesystem, ferner umfassend:

- a. ein Papiersubstrat;
- b. mindestens ein elektrophoretisches Anzeigeelement, das dem Papiersubstrat zugeordnet ist, wobei das elektrophoretische Anzeigeelement diskrete, sich abscheidende Mikrokapseln umfaßt, die jeweils ein dielektrisches Fluid und eine Suspension von Partikeln in diesem enthalten, die Oberflächenladungen aufweisen, wobei das Fluid und die Partikel visuell kontrastieren;
- c. eine Stromquelle zum Erzeugen einer Potentialdifferenz über dem mindestens einen Anzeigeelement; und
- d. eine Einrichtung zum wählbaren Betätigen der Stromquelle.

25. Anzeigesystem nach Anspruch 24, wobei die Stromquelle ein piezoelektrisches Element ist.

26. Anzeigesystem nach Anspruch 25, wobei das piezoelektrische Element dem Papiersubstrat so zugeordnet ist, daß ein Falten des Papiersubstrats das piezoelektrische Element deformiert, wodurch die

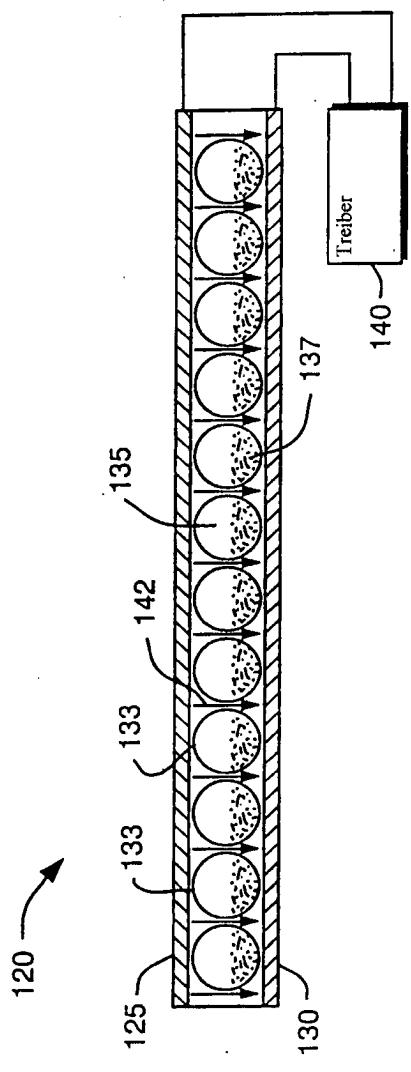


FIG. 1A

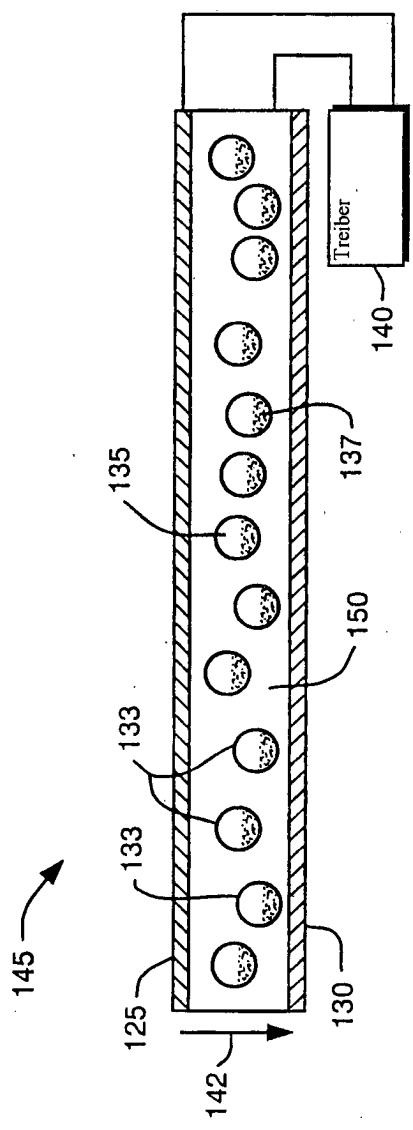


FIG. 1B

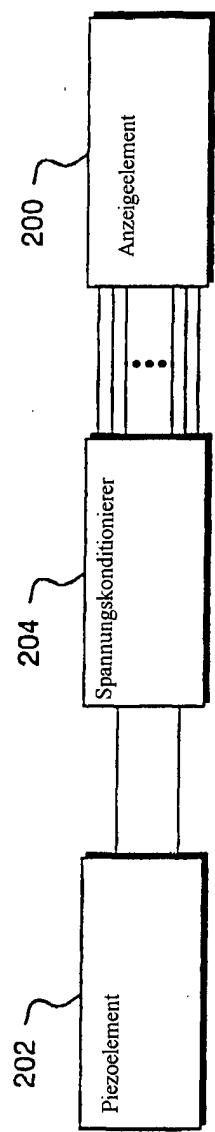


FIG. 2A

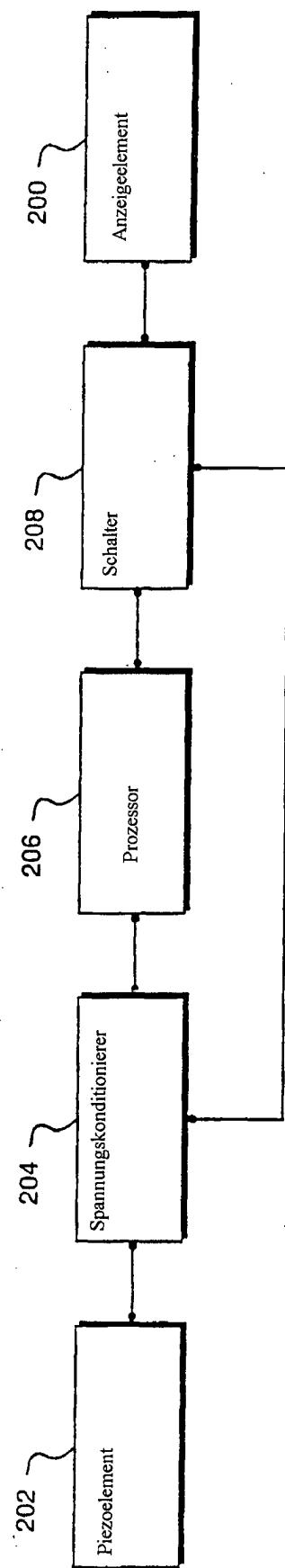
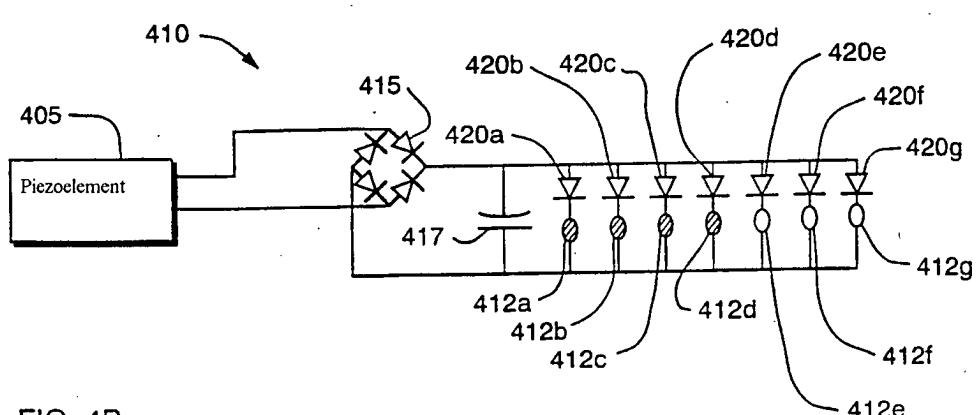
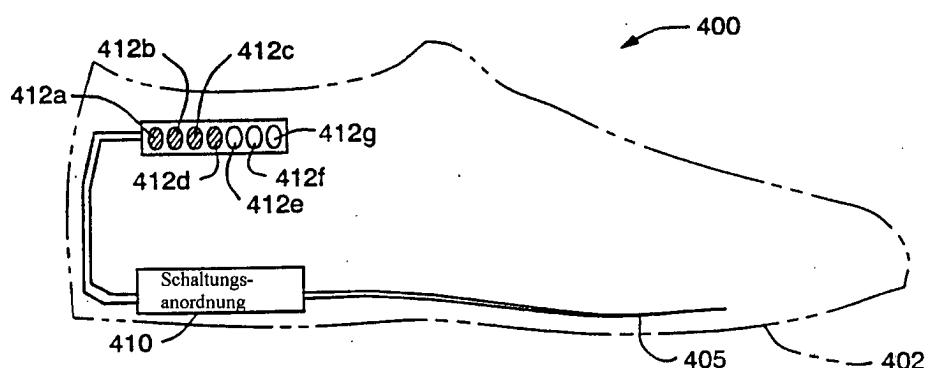
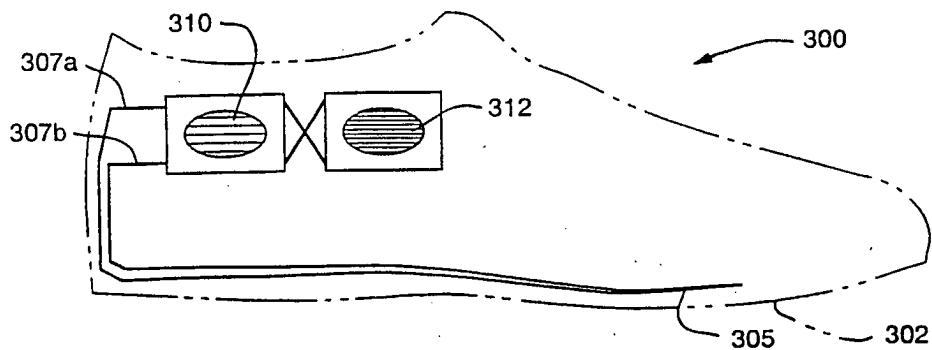
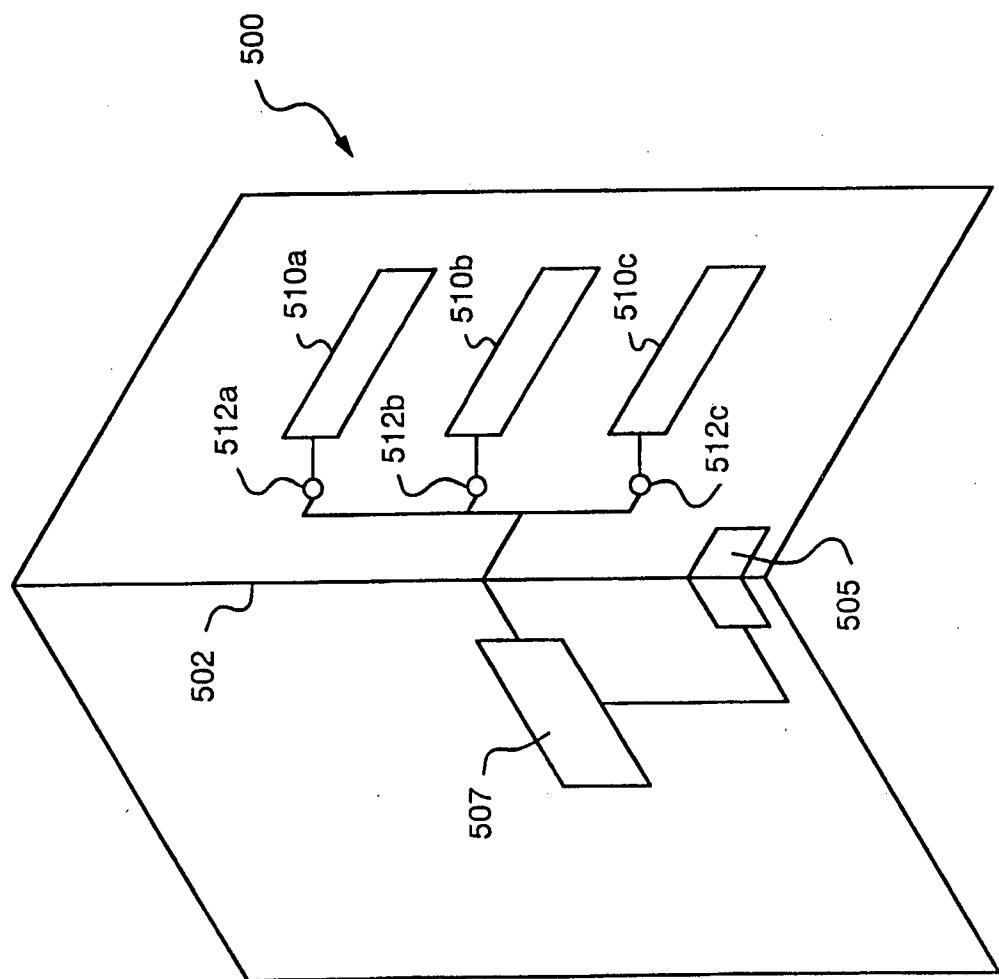
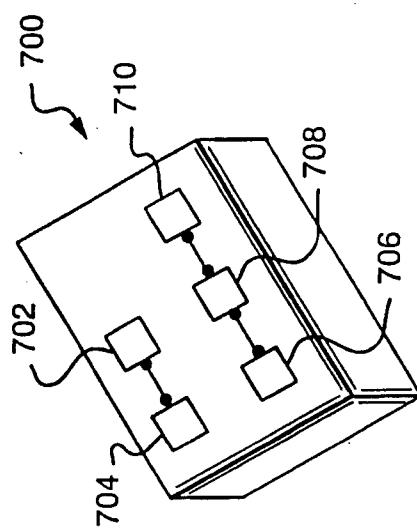


FIG. 2B





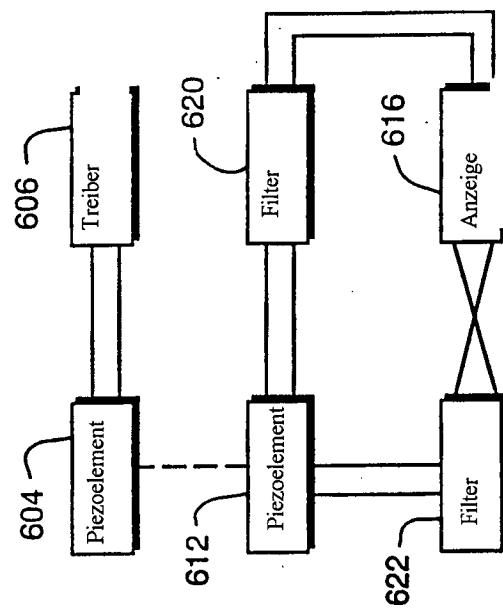


FIG. 6B

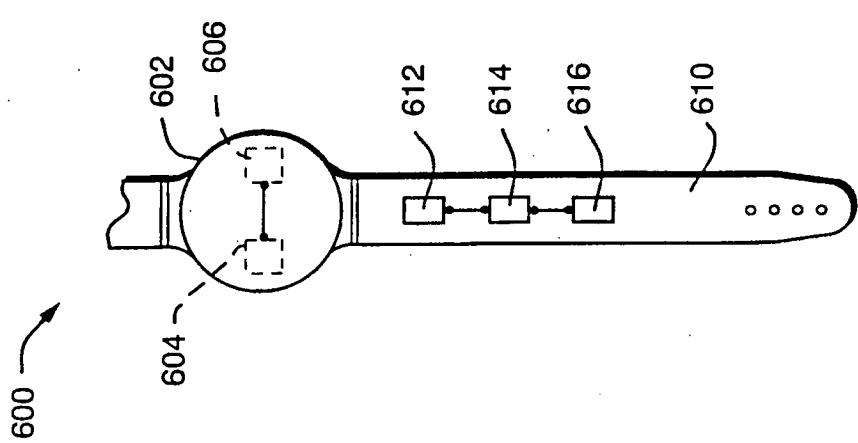


FIG. 6A