



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 20 228 T2 2005.01.27

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 093 600 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 20 228.0

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US99/15591

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 935 477.2

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 00/03291

(86) PCT-Anmeldetag: 08.07.1999

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 20.01.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 25.04.2001

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 15.09.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 27.01.2005

(51) Int Cl.⁷: G02F 1/167

G09F 9/37

(30) Unionspriorität:

92050 P 08.07.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(73) Patentinhaber:

E-Ink Corp., Cambridge, Mass., US

(72) Erfinder:

JACOBSON, Joseph, Newton, US; DRZAIC, Paul, Morgan Hill CA95037, US; MORRISON, Ian, Acton, US; WILCOX, J., Russell, Natick, US

(74) Vertreter:

G. Koch und Kollegen, 80339 München

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VERBESSERUNG DER FARBWIEDERGABE IN ELEKTROPHORETISCHEN VORRICHTUNGEN, WELCHE MIKROKAPSELN VERWENDEN

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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahren zur Herstellung von elektrophoretischen Anzeigen.

[0002] Elektrophoretische Anzeigemedien sind allgemein gekennzeichnet durch die Bewegung von Partikeln durch ein angelegtes elektrisches Feld. Diese Anzeigen sind stark reflektierend, sie können bisstabil gemacht werden und sie können für große Flächen dimensioniert werden und verbrauchen nur eine sehr geringe Leistung. Diese Eigenschaften ermöglichen es, verkapselte elektrophoretische Anzeigemedien in vielen Anwendungsfällen zu benutzen, bei denen traditionelle elektronische Anzeigen nicht geeignet sind. Bichromatische elektrophoretische Anzeigen wurden bisher in einem begrenzten Farbbereich vorgeführt (z. B. schwarzweiß oder gelb/rot), aber bisher war es nicht möglich, kommerziell eine vollfarbige elektrophoretische Anzeige zu schaffen. Ein Grund hierfür besteht darin, dass es bisher kein Herstellungsverfahren gab, das wirksam und kostengünstig ist.

[0003] Eine traditionelle Technik zur Erlangung einer hellen, vollfarbigen Anzeige, die bei Emissionsanzeigen bekannt ist, besteht darin, Anzeigeelemente zu schaffen, die rot, grün und blau sind. Bei diesem System hat jedes Element zwei Zustände: den Zustand "an" mit einer Farbemission; und den Zustand "aus". Da sich das Licht von diesen Elementen vermischt, kann die Gesamtanzeige verschiedene Farben und Farbkombinationen annehmen. Bei einer emittierenden Anzeige ist das visuelle Ergebnis die Summierung von Wellenlängen, die von den Anzeigeelementen mit vorbestimmten Intensitäten emittiert werden; als weiß wird erkannt, wenn rot, grün und blau alle aktiv in ausgeglichenen Anteilen vorhanden sind. Die Helligkeit des weißen Bildes wird durch die Intensitäten der Emission von Licht durch die einzelnen Anzeigeelemente gesteuert. Schwarz ergibt sich, wenn kein Element aktiv ist oder äquivalent, wenn alle Elemente eine Nullintensität emittieren. Als zusätzliches Beispiel erscheint eine rote visuelle Anzeige, wenn das rote Anzeigeelement aktiv ist, während die grünen und blauen Anzeigeelemente inaktiv sind, so dass nur rotes Licht emittiert wird.

[0004] Dieses Verfahren kann auf bichromatische reflektive Anzeigen übertragen werden, die im typischen Fall das subtraktive Farbsystem Cyan-Magenta-Gelb benutzen. Bei diesem System absorbieren die reflektierenden Anzeigeelemente charakteristische Teile des optischen Spektrums, statt charakteristische Teile des Spektrums zu erzeugen, wie dies bei emittierenden Anzeigen der Fall ist. Weiß reflektiert alles, oder äquivalent ausgedrückt, absorbiert nichts. Ein farbiges reflektierendes Material reflektiert das Licht, das in seiner Wellenlänge der betrachteten

Farbe entspricht und absorbiert den Rest der Wellenlängen im sichtbaren Spektrum. Um eine schwarze Anzeige zu erhalten, werden alle drei Anzeigeelemente angeschaltet, und sie absorbieren vollständig Teile des Spektrums.

[0005] Derartige Techniken erfordern jedoch, dass die gefärbten Anzeigeelemente auf einem Substrat im Wesentlichen in gleichen Anteilen aufgebracht werden, die auf die Adressierungsselektroden ausgerichtet sind. Falls die Anteile der Farbanzeigeelemente nicht gleichmäßig verteilt sind oder eine Fehlausrichtung der Anzeigeelemente auf die Adressierungsselektroden erfolgt, führt dies zu einer unbefriedigenden Farbanzeige.

[0006] Die WO-A-99/53373 beschreibt eine vollfarbige reflektierende Anzeige mit einem Anzeigeelement, das multichromatische Elemente enthält. Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Kapsel mehr als diese Spezies von Partikeln, die visuell unterscheiden sind. Ein Ausführungsbeispiel der Anzeige benutzt drei Unterpixel, und jedes Unterpixel weist eine Kapsel mit drei Arten von Partikeln auf, die sich visuell unterscheiden. Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Anzeige benutzt Farbfilter, um unterschiedliche visuelle Zustände dem Benutzer zu übermitteln. Das Anzeigeelement liefert eine visuelle Anzeige beim Anlegen eines elektrischen Signals an wenigstens eine der Kapseln.

[0007] Die Literaturstelle "Comiskey et al., 7.4L Late-News Paper: Electrophoretic Ink: A Printable Display Material, 1997 SID Digest, Seiten 75–76" beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Anzeigevorrichtung durch Überziehen einer elektrophoretischen elektronisch adressierbaren Farbe unter Benutzung konventioneller Drucktechniken, beispielsweise durch Benutzung von Siebdruck auf einer willkürlichen Oberfläche. Die Farbe basiert auf Mikrokapseln, die entweder ein gefärbtes dielektrisches Fluid und gefärbte Mikropartikel oder eine elektrophoretische Suspension enthalten, basierend auf zwei unterschiedlich gefärbten Gruppen von Mikropartikeln. Die Merkmale des Oberbegriffs der unabhängigen Ansprüche sind aus diesem Dokument bekannt.

[0008] Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Farbanzeige, die allgemein ähnlich jener ist, die in dem vorgenannten Comiskey-Dokument beschrieben ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- (a) es wird ein Substrat bereitgestellt, das wenigstens eine erste Elektrode (**30, 40; 35, 45**) und eine zweite Elektrode (**30', 40'; 35', 45'**) darauf angeordnet enthält; und
- (b) es wird eine Vielzahl von ersten elektrophoretischen Anzeigeelementen auf dem Substrat abgelagert, wobei jedes erste Anzeigeelement eine

Kapsel (22) aufweist, die eine Vielzahl von einer ersten Art von Partikeln (50) enthält, die auf ein durch die erste Elektrode (30, 40; 35, 45) angelegtes elektrisches Feld ansprechen und eine erste optische Eigenschaft aufweisen.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die ersten Anzeigeelemente selektiv auf die erste Elektrode ausgerichtet abgelagert und das Verfahren umfasst den folgenden zusätzlichen Schritt:

(c) es wird selektiv eine Vielzahl von zweiten elektrophoretischen Anzeigeelementen abgelagert, die im Wesentlichen auf die zweite Elektrode ausgerichtet sind, wobei jedes zweite Anzeigeelement eine Kapsel aufweist, die eine Vielzahl einer zweiten Art von Partikeln enthält, die auf ein durch die zweite Elektrode angelegtes elektrisches Feld ansprechen und eine zweite optische Eigenschaft aufweisen, die visuell von der ersten optischen Eigenschaft unterschieden ist.

[0009] Die Erfindung schafft außerdem ein Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Anzeige mit den folgenden Schritten:

(a) es wird ein Substrat bereitgestellt; und
 (b) es wird auf dem Substrat eine Vielzahl erster elektrophoretischer Anzeigeelemente abgelagert, von denen jedes eine Kapsel aufweist, die eine Vielzahl einer ersten Art von Partikeln enthält, die auf ein angelegtes elektrisches Feld ansprechen und eine erste optische Eigenschaft besitzen.

Bei diesem erfindungsgemäßen Verfahren werden die ersten Anzeigeelemente selektiv in einem vorbestimmten Muster abgelagert und das Verfahren umfasst die folgenden zusätzlichen Schritte:

(c) selektive Ablagerung wenigstens einer ersten Elektrode auf den ersten Anzeigeelementen derart, dass die erste Elektrode ein elektrisches Feld an die ersten Anzeigeelemente anlegen kann;
 (d) selektive Ablagerung einer Vielzahl von zweiten elektrophoretischen Anzeigeelementen in einem vorbestimmten Muster auf dem Substrat, wobei jedes zweite elektrophoretische Anzeigeelement eine Kapsel mit einer Vielzahl von einer zweiten Art von Partikeln enthält, die auf ein angelegtes elektrisches Feld ansprechen und eine zweite optische Eigenschaft besitzen, die visuell von der ersten optischen Eigenschaft unterschieden ist; und

(e) selektive Ablagerung von wenigstens einer zweiten Elektrode auf den zweiten Anzeigeelementen derart, dass die zweite Elektrode ein elektrisches Feld an die zweiten Anzeigeelemente anlegen kann.

[0010] Die Erfindung lehrt praktische Möglichkeiten, um wirksam und kostengünstig vollfarbige verkapselte elektrophoretische Anzeigen herzustellen. Gemäß einem Ausführungsbeispiel können die Anzeigeme-

dien aufgedruckt werden, und daher kann die Anzeige selbst kostengünstig hergestellt werden.

[0011] Eine verkapselte elektrophoretische Anzeigevorrichtung kann derart konstruiert sein, dass der optische Zustand der Anzeige für eine gewisse Zeitdauer stabil ist. Wenn die Anzeige zwei Zustände besitzt, die auf diese Weise stabil sind, dann kann die Anzeige als bistabil angesehen werden. Wenn mehr als zwei Zustände der Anzeige stabil sind, dann kann die Anzeige als multistabil bezeichnet werden. Für Zwecke der Erfindung werden die Ausdrücke "bistabil" und "multistabil" oder "allgemein stabil" benutzt, um eine Anzeige zu kennzeichnen, bei der irgendein optischer Zustand verbleibt, nachdem die Adressierungsspannung weggenommen ist. Die Definition eines stabilen Zustands hängt von der Anwendung der Anzeige ab. Ein langsam abklingender optischer Zustand kann wirksam stabil sein, wenn der optische Zustand über die erforderliche Betrachtungszeit im Wesentlichen unverändert verbleibt. Bei einer Anzeige beispielsweise, die innerhalb weniger Minuten jeweils aktualisiert wird, ist ein Anzeigebild, das für Stunden oder Tage stabil ist, wirksam, je nachdem bistabil oder multistabil, für jene Anwendung. Bei der Erfindung kennzeichnen die Ausdrücke bistabil und multistabil auch eine Anzeige mit einem optischen Zustand, der genügend langlebig ist, um wirksam stabil für die betreffende Anwendung zu sein. Stattdessen ist es möglich, verkapselte elektrophoretische Anzeigen zu konstruieren, bei denen das Bild schnell verschwindet, wenn die Adressierungsspannung an der Anzeige abgenommen wird (d. h. die Anzeige ist nicht bistabil oder multistabil). Bei gewissen Anwendungen ist es vorteilhaft, eine verkapselte elektrophoretische Anzeige zu benutzen, die weder bistabil noch multistabil ist. Ob eine verkapselte elektrophoretische Anzeige stabil ist oder nicht und das Ausmaß der Stabilität kann durch geeignete chemische Modifizierung der elektrophoretischen Partikel durch das Suspendierungsfluid, durch die Kapsel, durch die Bindermaterialien oder die Adressierungsverfahren eingestellt werden.

[0012] Eine verkapselte elektrophoretische Anzeige kann zahlreiche Formen annehmen. Die Anzeige kann Kapseln, dispergiert in einem Binder, aufweisen. Die Kapseln können jede Größe und Gestalt haben. Die Kapseln können beispielsweise kugelförmig sein und einen Durchmesser im Millimeterbereich oder im Mikrometerbereich aufweisen, aber vorzugsweise haben sie eine Größe zwischen zehn bis einigen Hundert Mikrometern. Die Kapseln können durch eine Verkapselungstechnik wie unten beschrieben hergestellt werden. Die Partikel können in den Kapseln verkapselt werden. Die Partikel können aus zwei oder mehreren unterschiedlichen Arten von Partikeln bestehen. Die Partikel können beispielsweise gefärbt sein, sie können lumineszent sein oder lichtabsorbierend oder transparent. Die Partikel können z. B. rei-

ne Pigmente oder gefärbte Pigmente oder Pigment/Polymer-Zusammensetzungen sein. Die Anzeige kann außerdem ein Suspendierungsfluid aufweisen, in dem die Partikel dispergiert sind.

[0013] Eine Erfolg versprechende Konstruktion einer verkapselten elektrophoretischen Anzeige erfordert ein bestimmtes Zusammenwirken verschiedener Typen von Materialien und Prozessen, beispielsweise von Polymerbindem und fakultativ einer Kapselmembran. Diese Materialien müssen chemisch kompatibel mit den elektrophoretischen Partikeln und dem Fluid und auch miteinander verträglich sein. Das Kapselmaterial kann mit den elektrophoretischen Partikeln in der Oberfläche nützlich zusammenwirken oder als chemische oder physikalische Grenze zwischen Fluid und Binder wirken. Verschiedene Materialien und Kombinationen und Kombinationen von Materialien, die zweckmäßig bei der Konstruktion verkapselter elektrophoretischer Anzeigen sind, finden sich in der laufenden Anmeldung Aktenzeichen 09/140,861, deren Inhalt als Referenz eingeführt wird.

[0014] In gewissen Fällen ist der Schritt der Verkapselung im Verfahren nicht erforderlich und das elektrophoretische Fluid kann direkt in dem Binder dispergiert oder emulgiert werden (oder in einem Vorläufer des Bindermaterials), und es kann eine geeignete "Polymer-dispergierte elektrophoretische Anzeige" geschaffen werden. Bei derartigen Anzeigen können Hohlräume im Binder als Kapseln oder Mikrokapseln angesehen werden, selbst wenn keine Kapselmembran vorhanden ist. Die im Binder dispergierte elektrophoretische Anzeige kann von der Emulsionstype oder der Phasentrenntyp sein.

[0015] In der Beschreibung wird auf Druck oder Druckverfahren Bezug genommen. Im Rahmen der Beschreibung sollen unter dem Begriff Druck alle Arten von Druck und Überzügen verstanden werden, einschließlich: vorbemessenen Überzügen, beispielsweise Fleckformüberzügen, Schlitz- oder Extrusionsüberzügen, Gleit- oder Kaskadenüberzügen und Vorhangüberzügen; Rollüberzügen, beispielsweise Messer-Überrollüberzügen, Vorwärts- und Rückwärts-Rollüberzügen, Gravierüberzügen, Tauchüberzügen, Sprühüberzügen, Meniskusüberzügen, Spinüberzügen, Bürstenüberzügen, Luftmesserüberzügen, Seidenschirmdruckverfahren, elastomeren Druckverfahren, thermischen Druckverfahren, lithographischen Druckverfahren, Tintenstrahl-Druckverfahren und anderen ähnlichen Techniken. Ein "gedrucktes Element" bezieht sich auf ein Element, das durch irgendeine der obigen Techniken erzeugt wurde.

[0016] Wie oben erwähnt, können elektrophoretische Anzeigeelemente verkapselt werden. In der Beschreibung wird auf "Kapseln", "Elemente" und "An-

zeigeelemente" Bezug genommen. Eine Kapsel oder ein Anzeigeelement kann selbst eine oder mehrere Kapseln oder andere Strukturen aufweisen.

[0017] Gemäß einem Aspekt bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Farbanzeige. Es ist ein Substrat vorgesehen, welches wenigstens zwei Elektroden hat. Eine erste Vielzahl elektrischer Anzeigeelemente ist auf dem Substrat, im Wesentlichen ausgerichtet auf eine der Elektroden, angeordnet. Die erste Vielzahl von elektrophoretischen Anzeigeelementen umfasst Kapseln, die eine erste Art von Partikeln enthalten, welche in einem Dispergierungsfluid suspendiert sind und eine erste optische Eigenschaft besitzen. Eine zweite Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente ist auf dem Substrat, im Wesentlichen auf die andere Elektrode ausgerichtet, enthalten. Die zweite Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente umfasst Kapseln, die eine zweite Art von Partikeln aufweisen, welche in einem Dispergierungsfluid suspendiert sind und eine zweite optische Eigenschaft besitzen.

[0018] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung bezieht sich diese auf ein Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Farbanzeige. Es ist ein Substrat vorgesehen. Eine erste Vielzahl von elektrophoretischen Anzeigeelementen ist auf dem Substrat angeordnet. Die erste Vielzahl von elektrophoretischen Anzeigeelementen umfasst Kapseln, die eine erste Art von Partikeln, suspendiert in einem Dispergierungsfluid, aufweisen und eine erste optische Eigenschaft besitzen. Wenigstens eine Elektrode ist auf der ersten Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente abgelagert.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Farbanzeige. Es wird ein Substrat vorgesehen und wenigstens zwei Elektroden werden auf dem Substrat abgelagert. Eine erste Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente wird auf dem Substrat, im Wesentlichen ausgerichtet auf eine der Elektroden, angeordnet. Die erste Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente umfasst Kapseln, die eine erste Art von Partikeln, suspendiert in einem Dispergierungsfluid, aufweisen und eine erste optische Eigenschaft besitzen. Eine zweite Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente ist auf dem Substrat, im Wesentlichen ausgerichtet auf die andere Elektrode, angeordnet. Die zweite Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente umfasst Kapseln mit einer zweiten Art von Partikeln, suspendiert in einem Dispergierungsfluid, die eine zweite optische Eigenschaft besitzen.

[0020] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung bezieht sich diese auf ein Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Farbanzeige. Es wird

ein Substrat vorgesehen und eine erste Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente wird auf dem Substrat abgelagert. Die erste Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente umfasst Kapseln, die eine erste Art von Partikeln, suspendiert in einem Dispergierungsfluid, enthalten und eine erste optische Eigenschaft besitzen. Es wird ein zweites Substrat vorgesehen und wenigstens eine Elektrode ist auf dem zweiten Substrat abgelagert. Erstes und zweites Substrat sind benachbart zueinander angeordnet, derart, dass die Anzeigeelemente benachbart zur Elektrode liegen.

[0021] Die oben beschriebenen Vorteile der Erfindung werden zusammen mit weiteren Vorteilen aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen verständlich, die in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben werden. In der Zeichnung bezeichnen gleiche Bezugszeichen die gleichen Teile in den verschiedenen Ansichten. Die Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgerecht, wobei verschiedene Teile betont hervorgehoben sind, um die Prinzipien der Erfindung zu veranschaulichen. In der Zeichnung zeigen:

[0022] **Fig. 1A** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer von hinten adressierten Elektrodenstruktur für eine auf Partikeln basierende Anzeige, wobei eine kleinere Elektrode relativ zu der großen Elektrode mit einer Spannung angeordnet ist, wodurch die Partikel nach der kleineren Elektrode wandern;

[0023] **Fig. 1B** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer von hinten adressierten Elektrodenstruktur für eine auf Partikeln basierende Anzeige, wobei die größere Elektrode an eine Spannung relativ zur kleineren Elektrode gelegt ist, die bewirkt, dass die Partikel nach der größeren Elektrode wandern;

[0024] **Fig. 1C** ist eine schematische Draufsicht eines Ausführungsbeispiels einer von hinten adressierten Elektrodenstruktur;

[0025] **Fig. 1D** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer Anzeige mit drei Anzeigeelementen, wobei jedes Anzeigeelement durch ein Druckverfahren hergestellt ist;

[0026] **Fig. 1E** ist eine schematische Grundrissansicht eines Ausführungsbeispiels einer Anzeige mit drei Anzeigeelementen, wobei jedes Anzeigeelement durch ein Druckverfahren hergestellt ist;

[0027] **Fig. 2** ist eine Schnittansicht einer von hinten adressierten Elektrodenstruktur, die durch Druck hergestellt wurde;

[0028] **Fig. 3A** ist eine schematische Seitenansicht

eines Ausführungsbeispiels einer Adressierungsstruktur mit einer opaken Elektrode und einer transparenten Elektrode, wobei ein elektrisches Gleichstromfeld an die Kapsel angelegt wurde, welches bewirkt, dass die Partikel nach einer Elektrode wandern;

[0029] **Fig. 3B** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer Adressierungsstruktur mit einer opaken Elektrode und einer transparenten Elektrode, wobei ein elektrisches Wechselstromfeld an die Kapsel angelegt wurde, wodurch die Partikel in der Kapsel dispergieren;

[0030] **Fig. 3C** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer Adressierungsstruktur, die eine transparente Elektrode besitzt, wobei ein elektrisches Gleichstromfeld an die Kapsel angelegt wurde, welches bewirkt, dass die Partikel nach einer Elektrode wandern;

[0031] **Fig. 3D** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer Adressierungsstruktur mit transparenten Elektroden, wobei ein elektrisches Wechselstromfeld an die Kapsel angelegt wurde, was eine Dispersion der Partikel in die Kapsel verursachte;

[0032] **Fig. 3E** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer Adressierungsstruktur für ein Anzeigeelement mit drei Unterpixeln;

[0033] **Fig. 3F** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer dualen Partikel-Adressierungsstruktur der Vorhangart, wobei ein Anzeigeelement adressiert wird, um weiß zu erscheinen;

[0034] **Fig. 3G** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer dualen Partikel-Adressierungsstruktur der Vorhangart, wobei ein Anzeigeelement adressiert wird, um rot zu erscheinen;

[0035] **Fig. 3H** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer dualen Partikel-Adressierungsstruktur der Vorhangart, wobei ein Anzeigeelement adressiert wird, um rotes Licht zu absorbieren;

[0036] **Fig. 3I** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer dualen Partikel-Adressierungsstruktur der Vorhangart für ein Anzeigeelement, das drei Unterpixel besitzt, bei denen die Anzeige adressiert wird, um rot zu erscheinen;

[0037] **Fig. 3J** ist eine schematische Seitenansicht eines anderen Ausführungsbeispiels einer Doppelpartikel-Adressierungsstruktur der Vorhangart für ein Anzeigeelement;

[0038] **Fig.** 3K ist eine schematische Grundrissansicht eines Ausführungsbeispiels einer interdigitalen Elektrodenstruktur;

[0039] **Fig.** 3L ist eine schematische Seitenansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Doppelpartikel-Anzeigestruktur der Vorhangart mit einem eingefärbten Fluid und zwei Arten von Partikeln, adressiert, um Rot zu absorbieren;

[0040] **Fig.** 3M ist eine schematische Seitenansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Doppelpartikel-Anzeigestruktur der Vorhangart mit einem klaren Fluid und drei Arten von Partikeln, adressiert, um Rot zu absorbieren;

[0041] **Fig.** 4 ist ein Funktionsablaufdiagramm, welches die Schritte zeigt, die durchgeführt werden, um eine Anzeige unter Benutzung des erfindungsgemäßen Verfahrens herzustellen.

[0042] Elektronische Tinte ist ein opto-elektronisch aktives Material, welches aus wenigstens zwei Phasen besteht: einer elektrophoretischen Kontrastmediumphase und einer Überzugs/Verbindungsphase. Die elektrophoretische Phase umfasst bei einigen Ausführungsbeispielen eine einzige Art von elektrophoretischen Partikeln, dispergiert in einem klaren oder gefärbten Medium oder mehr als eine Art elektrophoretischer Partikel mit unterschiedlichen physikalischen und elektrischen Eigenschaften, dispergiert in einem klaren oder gefärbten Medium. Bei gewissen Ausführungsbeispielen ist die elektrophoretische Phase verkapselt, d. h. es gibt eine Kapselwandphase zwischen den beiden Phasen. Die Überzugs/Verbindungsphase umfasst bei einem Ausführungsbeispiel eine Polymermatrix, die die elektrophoretische Phase umschließt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das Polymer in dem Polymerbinder in der Lage, getrocknet, vernetzt oder auf andere Weise wie bei üblichen Tinten ausgehärtet zu werden, und daher kann ein Druckverfahren benutzt werden, um die elektronische Tinte auf dem Substrat abzulagern.

[0043] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Tinte Anzeigeelemente umfassen, die in der Lage sind, unterschiedliche Farben anzuzeigen. Bei einem speziellen Ausführungsbeispiel enthalten einige Anzeigeelemente rote Partikel, einige Anzeigeelemente enthalten grüne Partikel und einige Anzeigeelemente enthalten blaue Partikel. Gemäß einem anderen speziellen Ausführungsbeispiel enthalten einige Anzeigeelemente Cyan-Partikel, einige Anzeigeelemente enthalten Magenta-Partikel und einige Anzeigeelemente enthalten gelbe Partikel. Durch Adressierung eines jeden Anzeigeelementes zum Zwecke der Darstellung eines Anteils der gefärbten Partikel kann eine Anzeige veranlasst werden, ein Aussehen anzunehmen, das einer bestimmten Farbe bei einem bestimmten Helligkeitswert entspricht.

[0044] Elektronische Tinte ist in der Lage, durch verschiedene Verfahren aufgedruckt zu werden, je nach den mechanischen Eigenschaften der speziellen benutzten Tinte. Beispielsweise kann die Empfindlichkeit oder Viskosität einer speziellen Tinte zur Wahl eines anderen Verfahrens führen. Eine sehr viskose Tinte ist nicht sehr gut geeignet zur Ablagerung durch einen Tintenstrahl-Druckprozess, während eine empfindliche Tinte nicht benutzt werden kann bei einem Überzugsverfahren mit Rollauftrag.

[0045] Die optische Qualität einer elektronischen Tinte ist sehr unterschiedlich von anderen elektronischen Anzeigematerialien. Der am ehesten merkliche Unterschied besteht darin, dass die elektronische Tinte ein hohes Maß sowohl an Reflektivität als auch Kontrast besitzt, weil sie auf Pigment basiert (wie die üblichen Druckfarben). Die leichte Streuung der elektronischen Tinte röhrt von einer sehr dünnen Pigmentschicht nahe der Betrachtungsfläche her. In dieser Hinsicht entspricht dies einem gewöhnlichen Druckbild. Außerdem kann eine elektronische Tinte leicht aus einem weiten Bereich von Betrachtungswinkel in der gleichen Weise erkannt werden wie eine Druckseite, und diese Tinte nähert sich einer Lambertianischen Kontrastkurve näher an als andere elektronische Anzeigematerialien. Da elektronische Tinte gedruckt werden kann, kann sie auf der gleichen Oberfläche wie andere Druckmaterialien aufgebracht werden, einschließlich traditioneller Tinten. Elektronische Tinte kann optisch bei allen Anzeigekonfigurationen stabilisiert werden, d. h. die Tinte kann in einen dauerhaften optischen Zustand gebracht werden. Die Fabrikation einer Anzeige durch Druck einer Elektroniktinte ist wegen dieser Stabilität besonders geeignet bei Anwendungen mit geringer Leistung.

[0046] Elektronische Tintenanzeigen sind insofern neu, als sie durch Gleichspannungen adressiert werden können und sehr wenig Strom ziehen. Daher können Elemente, die elektronische Tinten bilden, aus unüblichen Materialien hergestellt werden, und die elektronischen Tinten können durch unübliche Verfahren hergestellt und benutzt werden. Die Leiter und Elektroden, die benutzt werden, um die elektronischen Tintenanzeigen an Spannung zu legen, können einen relativ hohen Widerstand aufweisen. Die Möglichkeit, Widerstandsleiter zu benutzen, erweitert beträchtlich die Zahl und Type von Materialien, die als Leiter in elektronischen Tintenanzeigen benutzt werden können. Insbesondere ist es nicht erforderlich, kostspielige, im Vakuum gesputterte Indium-Zinnoxid (ITO)-Leiter zu benutzen, die ein Standardmaterial bei Flüssigkristallanordnungen bilden. Abgesehen von einer Kostenersparnis kann der Ersatz von ITO durch andere Materialien Verbesserungen im Erscheinungsbild und in der Verarbeitungsmöglichkeit (gedruckte Leiter) in der Flexibilität und Dauerhaftigkeit ergeben. Außerdem stehen die ge-

druckten Elemente nur mit einem festen Binder in Be- rührung und nicht mit einer Fluidschicht (wie bei Flüssigkristallen). Dies bedeutet, dass gewisse leitfähige Materialien, die sich sonst auflösen oder durch Be- rührung mit Flüssigkristallen beeinträchtigt werden, in Anwendungen mit elektronischer Tinte benutzt werden können. Dies umfasst opake Metalltinten für die hintere Oberfläche (z. B. Silber- und Graphittinten) sowie leitfähige transparente Tinten für alle Sub- strate. Diese leitfähigen Überzüge können Halbleiter- colloide, beispielsweise Indium-Zinnoxide und mit Antimon dotierte Zinnoxide aufweisen. Organische Leiter (Polymerleiter und organische molekulare Leiter) können auch benutzt werden. Polymere umfas- sen, ohne hierauf beschränkt zu sein, Polyaniline und Derivate, Polythiophene und Derivate, Poly3,4-ethy- lendioxythiophene (PEDOT) und Derivate, Polypyro- le und Derivate und Polyphenylenvinylene (PPV) und Derivate. Organische Molekularleiter umfassen, ohne hierauf beschränkt zu sein, Derivate von Naph- thalen, Phthalocyanin und Pentacen. Polymerschichten können dünner und transparenter gemacht wer- den als herkömmliche Anzeigen, weil die Leitfähig- keitserfordernisse nicht so streng sind.

[0047] Ein Beispiel ist eine Klasse von Materialien, die als elektroleitfähige Pulver bezeichnet werden und die auch nützlich sind als auftragbare, transparente Leiter in elektronischen Tintenanzeigen. Ein Beispiel ist Zelec ECP elektroleitfähiges Pulver, das von DuPont Chemical Co., Wilmington, Delaware vertrieben wird.

[0048] Es ist möglich, einen weiten Farbumfang durch Überlagerung geeigneter Anteile von drei ge- eignet gewählten Farben zu erzeugen. Gemäß ei- nem Ausführungsbeispiel können die Farben Rot, Grün und Blau in verschiedenen Anteilen kombiniert werden, um ein Bild zu erzeugen, das in einer ge- wählten Farbe empfangen wird. Emissive oder trans- missive Anzeigen arbeiten gemäß additiven Regeln, wo die empfangene Farbe erzeugt wird, durch Sum- mierung der emissiven Wellenlängen einer Mehrzahl von emittierenden oder transmittierenden Objekten. Für eine emissive oder transmissive Anzeige, die drei Anzeigeelemente enthält, von denen eines rotes Licht bzw. eines grünen Licht und eines blauen Licht erzeugen kann, lässt sich ein weiter Farbbereich so- wie Schwarz und Weiß erzeugen. Als einen Extrem- wert empfängt man die Kombination aller drei Farben mit voller Intensität als Weiß und als anderen Extrem- wert empfängt man die Kombination aller drei Farben mit null Intensität als Schwarz. Spezielle Kombinatio- nen eingestellter Anteile dieser drei Farben können benutzt werden, um andere Farben darzustellen.

[0049] Bei einer reflektierenden Anzeige ist das Licht, das der Betrachter empfängt, ein Anteil des Spektrums, der nicht absorbiert wird, wenn das zu re- flektierende Licht auf die Reflektoroberfläche auftrifft.

Man kann daher ein reflektierendes System als ein subtraktives System betrachten, d. h. dass jede re- flektierende Oberfläche vom Licht jenen Anteil "sub- trahiert", den der Reflektor absorbiert. Die Farbe ei- nes Reflektors repräsentiert die Wellenlängen des Lichtes, die der Reflektor absorbiert. Ein gelber Re- flektor absorbiert im Wesentlichen blaues Licht. Ein Magenta-Reflektor absorbiert im Wesentlichen grü- nes Licht. Ein Cyan-Reflektor absorbiert im Wesentli- chen rotes Licht. Bei einem abgewandelten Ausführ- ingsbeispiel, bei dem Reflektoren benutzt werden, ergeben sich demgemäß etwa die gleichen Ergebnisse wie bei einem emissiven System mit Benutzung der drei Farben Cyan, Gelb und Magenta als Primärfarben, aus denen sämtliche anderen Farben ein- schließlich Schwarz, aber nicht Weiß, abgeleitet wer- den können. Um bei einer solchen Anzeige Weiß zu erhalten, muss man einen weiteren dritten Zustand pro Anzeigeelement einfügen, nämlich Weiß.

[0050] Bei den beschriebenen Verfahren wurden Partikel in Kombination mit Farben beschrieben; es können jedoch auch Flüssigkeitstropfen und transpa- rente Bereiche, die auf elektrophoretische Effekte an- sprechen, benutzt werden. Partikel mit veränderbaren optischen Effekten können mit irgendeinem ge- eigneten Anteil kombiniert werden. Beispielsweise könnten gewisse Farben in der elektrophoretischen Anzeige über- oder unterbesetzt sein, beispielsweise indem mehr Anzeigeelemente einer Farbe gedruckt werden als von einer anderen Farbe, wie es im Hin- blick auf die Empfindlichkeit des menschlichen Auges erforderlich ist, um dadurch einen mehr anspre- chenden oder gleichförmigen Effekt zu erzielen. In gleicher Weise kann die Größe der Anzeigeelemente disproportioniert werden, um verschiedene optische Effekte zu erreichen.

[0051] Obgleich diese Beispiele mikroverkapselte elektrophoretische Anzeigen beschreiben, kann die Erfindung auch bei anderen reflektierenden Anzei- gen benutzt werden, einschließlich Flüssigkristallan- zeigen, Anzeigen mit Polymer-dispergierten Flüssig- kristallen, mit rotierenden Kugeln, mit suspendieren- den Partikeln und irgendwelchen anderen reflektie- renden Anzeigen, die in der Lage sind, ausgedruckt zu werden. In Kürze ausgedrückt, sind zahlreiche Schemata möglich, durch die Anzeigeelemente bei einer direkten Farbreflexionsanzeige gedruckt wer- den können. Derartige Druckschematas ändern sich im Hinblick auf die Natur der Anzeige, und es können geeignete Mittel benutzt werden.

[0052] Im Folgenden wird auf die **Fig. 1A** und **1B** Bezug genommen. Hier ist ein Adressierungsschema zur Steuerung auf Partikeln basierender Anzeigen dargestellt, wobei Elektroden nur auf einer Seite der Anzeige vorhanden sind, so dass die Anzeige von hinten her adressiert werden kann. Indem nur eine Seite der Anzeige für Elektroden benutzt wird, ergibt

sich eine Vereinfachung der Herstellung der Anzeigen. Wenn beispielsweise die Elektroden nur auf der Rückseite der Anzeige angeordnet sind, können beide Elektroden unter Benutzung opaken Materials hergestellt werden, das dann eingefärbt werden kann, weil die Elektroden nicht transparent sein müssen.

[0053] **Fig. 1A** zeigt eine einzelne Kapsel **20** eines verkapselten Anzeigemediums. In einer kurzen Übersicht umfasst das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 1A** eine Kapsel **20**, die wenigstens einen Partikel **50**, dispergiert in einem Suspendierungsfluid **25**, aufweist. Die Kapsel **20** wird durch eine erste Elektrode **30** und eine zweite Elektrode **40** adressiert. Die erste Elektrode **30** ist kleiner als die zweite Elektrode **40**. Die erste Elektrode **30** und die zweite Elektrode **40** können auf Spannungspotentiale eingestellt werden, die die Position der Partikel **50** in der Kapsel **20** beeinflussen.

[0054] Die Partikel **50** repräsentieren 0,1% bis 20% des Volumens, das von der Kapsel **20** umschlossen wird. Bei gewissen Ausführungsbeispielen repräsentieren die Partikel **50** 2,5% bis 17,5% des von der Kapsel **20** umschlossenen Volumens. Gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen repräsentieren die Partikel **50** 5% bis 15% des von der Kapsel **20** umschlossenen Volumens. Noch zweckmäßiger ist es, wenn die Partikel **50** 9% bis 11% des von der Kapsel **20** definierten Volumens repräsentieren. Im Allgemeinen sollte der Volumenprozentsatz der Kapsel **20**, der von den Partikeln **50** repräsentiert wird, so gewählt werden, dass die Partikel **50** das Meiste der zweiten größeren Elektrode **40** freigeben, wenn sie über der ersten kleineren Elektrode **30** positioniert sind. Wie im Einzelnen weiter unten beschrieben, können die Partikel **50** mit irgendeiner Farbe eingefärbt sein. Die Partikel **50** können entweder positiv geladen oder negativ geladen sein.

[0055] Die Partikel **50** sind in einem Disperierungsfluid **25** dispergiert. Das Dispergierungsfluid **25** sollte eine niedrige Dielektrizitätskonstante besitzen. Das Fluid **25** kann durchsichtig oder im Wesentlichen durchsichtig sein, so dass das Fluid **25** die Betrachtung der Partikel **50** und der Elektroden **30, 40** aus der Stellung **10** nicht behindert. Bei anderen Ausführungsbeispielen ist das Fluid **25** eingefärbt. In manchen Ausführungsbeispielen hat das Dispergierungsfluid **25** eine spezifische Schwerkraft, die im Wesentlichen an die Dichte der Partikel **50** angepasst ist. Diese Ausführungsbeispiele können ein bistabiles Anzeigemedium bilden, weil die Partikel **50** nicht dazu tendieren, sich beim Fehlen eines elektrischen Feldes an den Elektroden **30, 40** zu bewegen.

[0056] Die Elektroden **30, 40** sollten so bemessen und positioniert sein, dass sie zusammen die gesamte Kapsel **20** adressieren. So kann genau ein Paar

von Elektroden **30, 40** pro Kapsel **20** vorgesehen werden, oder es können zwei Elektroden **30, 40** mehrere Kapseln **20** überspannen. Bei dem in den **Fig. 1A** und **1B** dargestellten Ausführungsbeispiel hat die Kapsel **20** eine abgeflachte rechteckige Form. Bei diesen Ausführungsbeispielen sollten die Elektroden **30, 40** den größten Teil des abgeflachten Oberflächenbereichs benachbart zu den Elektroden **30, 40** oder den gesamten Bereich adressieren. Die kleinere Elektrode **30** ist höchstens halb so groß wie die größere Elektrode **40**. Gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen hat die kleinere Elektrode eine Fläche, die ein Viertel der Fläche der größeren Elektrode **40** beträgt; bei einem noch weiter bevorzugten Ausführungsbeispiel hat die kleinere Elektrode **30** eine Flächenausdehnung von einem Achtel der Ausdehnung der größeren Elektrode **40**. Noch zweckmäßiger ist es, wenn die kleinere Elektrode **30** eine Flächenausdehnung von einem Sechzehntel der Ausdehnung der größeren Elektrode **40** hat. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass die Bezugnahme auf "kleiner" in Verbindung mit der Elektrode **30** bedeutet, dass die Elektrode **30** einen geringeren Anteil der Oberfläche der Kapsel **20** adressiert, aber nicht notwendigerweise die Elektrode **30** physikalisch kleiner sein muss als die größere Elektrode **40**. Beispielsweise können Mehrfachkapseln **20** derart angeordnet werden, dass weniger einer jeden Kapsel **20** durch die "kleinere" Elektrode **30** adressiert wird, selbst wenn beide Elektroden **30, 40** die gleichen Abmessungen besitzen. Es ist in diesem Zusammenhang festzustellen, dass, wie in **Fig. 1C** dargestellt, die Elektrode **30** nur eine kleine Ecke einer rechteckigen Kapsel **20** adressieren kann (die in **Fig. 1C** strichiert dargestellt ist), was erfordert, dass die größere Elektrode **40** die kleinere Elektrode **30** auf zwei Seiten umgeben muss, damit die Kapsel **20** ordnungsgemäß adressiert wird. Weiterhin können die Elektroden irgendeine Form haben, und sie können beispielsweise als konzentrische Ringe oder Rechtecke ausgebildet sein. Die Wahl des prozentualen Volumens der Partikel **50** und der Elektroden **30, 40** ermöglicht auf diese Weise, dass das Anzeigemedium wie unten beschrieben adressiert werden kann.

[0057] Die Elektroden können allgemein aus irgendeinem Material hergestellt werden, das elektrisch leitfähig ist, so dass die Elektrode **30, 40** ein elektrisches Feld an die Kapsel **20** anlegen kann. Bei den hier beschriebenen Ausführungsbeispielen kann das leitfähige Material unter Benutzung einer leitfähigen Tinte aufgedruckt werden. Leitfähige Tinten sind bekannt und können dadurch bereitet werden, dass in dem Tintenfluid ein leitfähiges Material, beispielsweise pulverisiertes Metall oder pulverisiertes Graphit, eingeschlossen wird. Wie oben erwähnt, ermöglichen es die von hinten adressiereten Ausführungsbeispiele gemäß **Fig. 1A** und **1B**, dass die Elektroden **30, 40** aus opakem Material bestehen, beispielsweise einer Lötpaste aus Kupfer, aus mit Kupfer überzo-

genem Polyimid, aus Graphittinten, aus Silbertinten oder anderen Metall enthaltenden leitfähigen Tinten. Stattdessen können die Elektroden unter Benutzung transparenter Materialien hergestellt werden, beispielsweise aus Indium-Zinnoxid und aus leitfähigen Polymeren, beispielsweise Polyanilinen oder Polythiopenen. Die Elektroden **30**, **40** können mit kontrastierenden optischen Eigenschaften versehen werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen hat die eine Elektrode eine optische Eigenschaft, die komplementär zu den optischen Eigenschaften der Partikel **50** ist. Stattdessen kann, da die Elektroden nicht transparent sein müssen, eine Elektrode so konstruiert sein, dass sie eine gewählte Farbe anzeigt. Da ein elektrischer Strom nicht immer erforderlich ist, um von einer Elektrode nach dem Anzeigeelement zu fließen, sondern nur erforderlich ist, um innerhalb der Elektrode zu fließen, um ein elektrisches Feld aufzubauen, ist man allgemein in der Lage, die Elektrode mit einer gefärbten Tinte zu überziehen, so dass die Elektrode eine gewünschte Farbe enthält, ohne dass dies die Arbeitsweise einer Elektrode beeinträchtigen würde.

[0058] Die Arbeitsweise des elektrophoretischen Anzeigeelementes soll im Folgenden in Verbindung mit einem Ausführungsbeispiel untersucht werden, das zwei Zustände anzeigt, beispielsweise Schwarz und Weiß. Bei diesem Ausführungsbeispiel enthält die Kapsel **20** positiv aufgeladene schwarze Partikel **50** und ein im Wesentlichen durchsichtiges Suspensionsfluid **25**. Die erste kleinere Elektrode **30** ist schwarz eingefärbt, und sie ist kleiner als die zweite Elektrode **40**, die weiß oder stark reflektierend ausgebildet ist. Wenn die kleinere, schwarze Elektrode **30** an ein negatives Spannungspotential relativ zu der größeren, weißen Elektrode **40** angelegt wird, dann wandern die positiv geladenen Partikeln **50** nach der kleineren, schwarzen Elektrode **30**. Die Wirkung für einen Betrachter der Kapsel **20** aus der Stellung **10** ist eine Mischung der größeren, weißen Elektrode **40** und der kleineren, schwarzen Elektrode **30**, was eine im Wesentlichen weiße Darstellung ergibt. Gemäß **Fig. 1B** wandern Partikel **50** dann, wenn an die kleinere, schwarze Elektrode **30** ein positives Spannungspotential relativ zu der größeren, weißen Elektrode **40** angelegt wird, nach der größeren, weißen Elektrode **40**, und dem Betrachter wird eine Mischung aus schwarzen Partikeln **50** dargeboten, die die größere, weiße Elektrode **40** und die kleinere, schwarze Elektrode **30** bedecken, was eine im Wesentlichen schwarze Darstellung erzeugt. Auf diese Weise kann die Kapsel **20** adressiert werden, um entweder einen weißen visuellen Zustand oder einen schwarzen visuellen Zustand einzunehmen.

[0059] Andere Zweifarbenschemata können vorgenommen werden, indem die Farbe der kleineren Elektrode **30** und die Partikel **50** geändert werden oder indem die Farbe der größeren Elektrode **40** geändert wird. Beispielsweise ermöglicht die Veränderung der

Farbe der größeren Elektrode **40** eine Herstellung einer von hinten adressierten Zweifarbenanzeige, die als eine der Farben Schwarz aufweist. Stattdessen könnte die Farbe der kleineren Elektrode **30** und die Farbe der Partikel **50** geändert werden, was die Herstellung eines von hinten adressierten Zweifarben-systems ermöglicht, bei dem Weiß als eine der Farben vorhanden ist. Weiter ist festzustellen, dass die Partikel **50** und die kleinere Elektrode **30** unterschiedliche Farben haben können. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann eine Zweifarbenanzeige hergestellt werden, die eine zweite Farbe hat, die von der Farbe der kleineren Elektrode **30** und der Farbe der Partikel **50** unterschieden ist. Beispielsweise kann eine von hinten adressierte orange-weiße Anzeige hergestellt werden, indem blaue Partikel **50**, eine rote, kleinere Elektrode **30** und eine weiße (oder hochreflektierende) größere Elektrode **40** vorgesehen werden. Im Allgemeinen können die optischen Eigenschaften der Elektroden **30**, **40** und der Partikel **50** unabhängig gewählt werden, um die gewünschten Anzeigearakteristiken zu erzeugen. Bei einigen Ausführungsbeispielen können die optischen Eigenschaften des Dispergierungsfluids **25** geändert werden, beispielsweise kann das Fluid **25** eingefärbt werden.

[0060] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann diese Technik benutzt werden, um eine vollfarbige Anzeige zu erzeugen. In den **Fig. 1D** und **1E** ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, das drei Anzeigeelemente umfasst. Obgleich in den **Fig. 1D** und **1E** rechteckige Elemente dargestellt sind, die gleich bemessen sind, kann ein Element irgendeine Form aufweisen und die Anzeige kann aus Anzeigeelementen bestehen, die ungleich in Größe oder Gestalt sind oder stattdessen kann die Anzeige aus Anzeigeelementen zusammengesetzt sein, die in ihrer Zahl oder Farbe oder optischen Eigenschaften unterschieden sind. Die Anzeigeelemente können jeweils eine einzige große Kapsel aufweisen, oder sie können über eine Anzahl kleiner Kapseln oder Zellen verteilt sein. Zur Veranschaulichung ist der einfachere Fall einer einzigen großen Kapsel für jedes Anzeigeelement dargestellt. In beiden Fällen beziehen wir uns auf die Bereiche **20**, **20'**, **20''** als Kapseln. So enthält die erste Kapsel **20** positiv aufgeladene schwarze Partikel **50** und ein im Wesentlichen durchsichtiges Suspensionsfluid **25**. Die erste kleinere Elektrode **30** ist schwarz eingefärbt und kleiner als die zweite Elektrode **40**, die rot eingefärbt ist. Wenn die kleinere, schwarze Elektrode **30** auf ein negatives Spannungspotential relativ zu der größeren, roten Elektrode **40** gesetzt wird, dann wandern die positiv aufgeladenen Partikel **50** nach der kleineren, schwarzen Elektrode **30**. Für den Betrachter, der sich an der Stellung **10** befindet, ergibt sich ein Bild einer Mischung aus größerer, roter Elektrode **40** und kleinerer, schwarzer Elektrode **30**, was die Wirkung von insgesamt Rot ergibt. Wenn an die kleinere, schwarze Elektrode **30** ein gegenüber der größeren, roten Elektrode **40** po-

sitives Spannungspotential angelegt wird, wandern die Partikel **50** nach der größeren, roten Elektrode **40**, und dem Betrachter wird eine Mischung von schwarzen Partikeln **50** dargeboten, die die größere, rote Elektrode **40** und die kleinere, schwarze Elektrode **30** bedecken, so dass ein im Wesentlichen schwarzer Eindruck hervorgerufen wird. Auf diese Weise kann die erste Kapsel **20** adressiert werden, um entweder einen visuell roten Zustand oder einen visuell schwarzen Zustand anzuzeigen. Ebenso kann man eine zweite Kapsel **20'** vorsehen, bei der die größere Elektrode **40'** grün ist und eine dritte Kapsel **20''**, wo die größere Elektrode **40''** blau ist. Die zweite Kapsel **20'** enthält positiv aufgeladene schwarze Partikel **50'** und ein im Wesentlichen durchsichtiges Suspensionsfluid **25'**. Eine erste kleinere Elektrode **30'** ist schwarz eingefärbt und sie ist kleiner als die zweite Elektrode **40'**, die grün eingefärbt ist. Wenn an die kleinere, schwarze Elektrode **30'** ein negatives Spannungspotential relativ zu der größeren, grünen Elektrode **40'** angelegt wird, dann wandern die positiv aufgeladenen Partikel **50'** nach der kleineren, schwarzen Elektrode **30'**. Für den Betrachter der Kapsel **20'** von der Stellung **10'** aus ergibt sich eine Mischung aus größerer, grüner Elektrode **40'** und kleinerer, schwarzer Elektrode **30'** und hieraus resultiert eine Darstellung von im Wesentlichen Grün. Wenn an die kleinere, schwarze Elektrode **30'** ein gegenüber der größeren, grünen Elektrode **40'** positives Spannungspotential angelegt wird, wandern die Partikel **50'** nach der größeren, grünen Elektrode **40'** und dem Betrachter wird eine Mischung von schwarzen Partikeln **50'** dargeboten, die die größere, grüne Elektrode **40'** und die kleinere, schwarze Elektrode **30'** bedecken, was einen allgemein schwarzen Eindruck erweckt. In gleicher Weise enthält eine dritte Kapsel **20''** positiv aufgeladene schwarze Partikel **50''** und ein im Wesentlichen durchsichtiges Suspensionsfluid **25''**. Eine erste kleinere Elektrode **30''** ist schwarz eingefärbt, und sie ist kleiner als die zweite Elektrode **40''**, die blau eingefärbt ist. Wenn an die kleinere, schwarze Elektrode **30''** ein gegenüber der größeren, blauen Elektrode **40''** negatives Spannungspotential angelegt wird, wandern die positiv geladenen Partikel **50''** nach der kleineren, schwarzen Elektrode **30''**. Für den Betrachter der Kapsel **20''** aus der Stellung **10''** ergibt sich eine Mischung von größerer, blauer Elektrode **40''** und kleinerer, schwarzer Elektrode **30''** und die Gesamtwirkung ist blau. Wenn an die kleinere, schwarze Elektrode **30''** ein gegenüber der größeren, blauen Elektrode **40''** positives Spannungspotential angelegt wird, dann wandern die Partikel **50''** nach der größeren, blauen Elektrode **40''** und dem Betrachter wird eine Mischung von schwarzen Partikeln **50''** dargeboten, die die größere, blaue Elektrode **40''** und die kleinere, schwarze Elektrode **30''** bedecken, wodurch sich ein schwarzer Gesamteindruck ergibt. Außerdem können die relativen Intensitäten dieser Farbe durch aktuelle Spannungspotentiale gesteuert werden, die an die Elektroden an-

gelegt werden. Durch Wahl geeigneter Kombinationen der drei Farben kann man eine visuelle Anzeige erzeugen, die als wirksame Kombination der gewählten Farben eines additiven Farbprozesses erscheint. Gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel können erste, zweite und dritte Kapseln größere Elektroden **40**, **40'**, **40''** aufweisen, die jeweils in Cyan, Gelb und Magenta eingefärbt sind. Die Arbeitsweise des Ausführungsbeispiels Cyan, Gelb und Magenta ist analog dem Ausführungsbeispiel Rot, Grün und Blau mit dem Unterschied, dass die angezeigten Farben durch einen subtraktiven Farbprozess erzeugt werden.

[0061] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen kann die größere Elektrode **40** transparent oder reflektierend anstatt weiß sein. Bei diesen Ausführungsbeispielen wird, wenn die Partikel **50** nach der kleineren Elektrode **30** bewegt werden, Licht von der reflektierenden Oberfläche der größeren Elektrode **40** reflektiert und die Kapsel **20** erscheint hell in der Farbe, z. B. weiß. Wenn die Partikel **50** nach der größeren Elektrode **40** bewegt werden, dann wird die reflektierende Oberfläche abgedeckt, und die Kapsel **20** erscheint dunkel, weil das Licht durch die Partikel **50** absorbiert wird, bevor es die reflektierende Oberfläche erreicht. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann eine richtige Schaltung der Partikel durch eine Kombination elektrischer Wechselstromfelder (AC) und elektrischer Gleichstromfelder (DC) erreicht werden.

[0062] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die vorstehend diskutierte, von hinten adressierte Anzeige so konfiguriert werden, dass ein Übergang zwischen größtenteils durchlässiger und größtenteils opaker Arbeitsweise erreicht wird (dies soll im Folgenden als "Verschlussmodus" bezeichnet werden). Hierzu wird wiederum auf die **Fig. 1A** und **1B** Bezug genommen. Bei diesem Ausführungsbeispiel enthält die Kapsel **20** wenigstens einen positiv geladenen Partikel **50**, dispergiert in einem im Wesentlichen durchsichtigen Dispergierungsfluid **25**. Die größere Elektrode **40** ist transparent und die kleinere Elektrode **30** ist opak. Wenn an die kleinere opake Elektrode **30** ein negatives Spannungspotential relativ zur größeren, durchsichtigen Elektrode **40** angelegt wird, wandern die Partikel **50** nach der kleineren, opaken Elektrode **30**. Für den Betrachter der Kapsel **20**, der sich an einer Stellung **10** befindet, ergibt sich eine Mischung aus der größeren, transparenten Elektrode **40** und der kleineren, opaken Elektrode **30**, und dies erzeugt eine größtenteils transparente Ansicht. Wenn gemäß **Fig. 1B** an die kleinere, opake Elektrode **30** ein positives Spannungspotential gegenüber der größeren, transparenten Elektrode **40** angelegt wird, dann wandern die Partikel **50** nach der zweiten Elektrode **40** und dem Betrachter wird eine Mischung von opaken Partikeln **50** dargeboten, die die größere, transparente Elektrode **40** und die klei-

neren, opake Elektrode **30** bedecken, wodurch sich ein größtenteils opakes Bild ergibt. Auf diese Weise wird eine Anzeige unter Benutzung der in den **Fig. 1A** und **1B** dargestellten Kapseln erzeugt, und diese kann zwischen einem transmissiven Modus und einem opaken Modus umgeschaltet werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können die Elektroden an der Betrachtungsseite der Kapsel **20** vorgesehen werden. Eine derartige Anzeige kann benutzt werden, um ein Fenster zu konstruieren, das opak oder in einem weiten Farbbereich unter Benutzung einer eingefärbten Elektrode dargestellt werden kann. Obgleich die **Fig. 1A** bis **1D** ein Elektrodenpaar zeigen, das jeder Kapsel **20** zugeordnet ist, so könnte doch auch jedes Elektrodenpaar mehr als einer Kapsel **20** zugeordnet werden.

[0063] Eine ähnliche Technik kann in Verbindung mit den Ausführungsbeispielen nach **Fig. 3A**, **3B**, **3C** und **3D** benutzt werden. Gemäß **Fig. 3A** enthält eine Kapsel **20** wenigstens einen dunklen oder schwarzen Partikel **50**, dispergiert in einem im Wesentlichen durchsichtigen Dispergierungsfluid **25**. Eine kleinere, opake Elektrode **30** und eine größere, transparente Elektrode **40** liefern beide elektrische Gleichstromfelder (DC) und Wechselstromfelder (AC) der Kapsel **20**. Ein Gleichstromfeld kann der Kapsel **20** angelegt werden, damit die Partikel **50** nach der kleineren Elektrode **30** wandern. Wenn beispielsweise die Partikel **50** positiv geladen sind, dann wird an die kleinere Elektrode eine Spannung angelegt, die einen höheren negativen Wert hat als die Spannung an der Elektrode **40**. Obgleich die **Fig. 3A** bis **3D** nur eine Kapsel pro Elektrodenpaar zeigen, können mehrere Kapseln unter Benutzung des gleichen Elektrodenpaars adressiert werden.

[0064] Die kleinere Elektrode **30** ist höchstens halb so groß wie die größere Elektrode **40**. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel hat die kleinere Elektrode nur die Größe von einem Viertel der größeren Elektrode **40**. Noch zweckmäßiger ist es, wenn die kleinere Elektrode **30** nur ein Achtel der Abmessungen der größeren Elektrode **40** hat. Noch zweckmäßiger ist es, wenn die kleinere Elektrode **30** ein Sechzehntel der Abmessungen der größeren Elektrode **40** hat.

[0065] Indem die Partikel **50** veranlasst werden, nach der kleineren Elektrode **30** zu wandern, wie dies aus **Fig. 3A** hervorgeht, kann Licht durch die größere transparente Elektrode **40** treten und durch eine reflektierende Oberfläche **60** reflektiert werden. Im Verschlussmodus ist die reflektierende Oberfläche **60** durch eine transluzente Schicht oder eine transparente Schicht ersetzt oder es ist überhaupt keine Schicht vorhanden und das einfallende Licht kann durch die Kapsel **20** hindurchtreten, d. h. die Kapsel **20** ist durchsichtig. Wenn die transluzente Schicht oder die transparente Schicht eine Farbe enthält und

beispielsweise als Farbfilter ausgebildet ist, erhält das übertragene Licht die Wellenlängen, die das Filter passieren und das reflektierte Licht besteht aus jenen Wellenlängen, die das Filter reflektiert, während die Wellenlängen, die das Filter absorbiert, verlorengehen. Das visuelle Erscheinungsbild einer Verschlussmodenanzeige hängt demgemäß davon ab, ob die Anzeige durchsichtig oder reflektierend ist und von den Charakteristiken des Filters und der Stellung des Betrachters.

[0066] Nunmehr wird auf **Fig. 3B** Bezug genommen. Die Partikel **50** werden über die Kapsel **20** durch Anlegen eines Wechselstromfeldes an die Kapsel **20** über die Elektroden **30**, **40** dispergiert. Die in der Kapsel **20** durch das Wechselstromfeld dispergierten Partikel sperren einfallendes Licht gegen einen Durchtritt durch die Kapsel **20** ab und bewirken, dass die Anzeige einem Betrachter an der Stellung **10** dunkler erscheint. Das in den **Fig. 3A** bis **3B** dargestellte Ausführungsbeispiel kann in einem Verschlussmodus betrieben werden, indem die reflektierende Oberfläche **60** wegfällt und stattdessen eine transluzente Schicht, eine transparente Schicht oder eine Farbfilterschicht vorgesehen wird oder dass überhaupt keine Schicht vorhanden ist. Im Verschlussmodus verursacht das Anlegen eines elektrischen Wechselstromfeldes, dass die Kapsel **20** opak erscheint. Die Transparenz der Verschlussmodenanzeige durch die Vorrichtung gemäß **Fig. 3A** bis **3D** kann dadurch gesteuert werden, dass die Zahl von adressierten Kapseln Gleichstromfelder und Wechselstromfelder benutzt. Beispielsweise wird eine Anzeige, bei der jede zweite Kapsel **20** unter Benutzung eines Wechselstromfeldes adressiert wird, etwa halb so durchlässig erscheinen als dann, wenn die Partikel alle durch das Wechselstromfeld adressiert werden.

[0067] Die **Fig. 3C** und **3D** zeigen ein Ausführungsbeispiel der Elektrodenstruktur, wie sie oben beschrieben wurde, wobei die Elektroden **30**, **40** an der Oberseite der Kapsel **20** befindlich sind, d. h. die Elektroden **30**, **40** liegen zwischen dem Betrachtungspunkt **10** und der Kapsel **20**. Bei diesem Ausführungsbeispiel sollten beide Elektroden **30**, **40** transparent sein. Transparente leitfähige Schichten können unter Benutzung leitfähiger Polymere, beispielsweise aus Polyanilinen, Polythiopenen, Indium-Zinnoxid oder Polymeren hergestellt werden, die leitfähige Partikel enthalten, deren Durchmesser kleiner als 100 Nanometer ist, beispielsweise Kupferiodid, ionischen Polymeren oder dotierten Polymeren. Diese Materialien können löslich gemacht werden, so dass die Elektroden unter Benutzung von Überzugstechniken hergestellt werden können, beispielsweise durch Spinüberzüge, durch Sprühüberzüge, Meniskusüberzüge, Drucktechniken, Vorwärts- und Rückwärts-Walzüberzügen und dergleichen. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das durch die Elektro-

den **30**, **40** tretende Licht entweder durch die Partikel **50** absorbiert, durch eine Reflexionsschicht **60** (wenn vorhanden), reflektiert über die Kapsel **20** übertragen (wenn keine Reflexionsschicht **60** vorhanden ist) oder teilweise übertragen und/oder reflektiert, wenn ein Farbfilter anstelle der retroreflektierenden Schicht **60** vorhanden ist.

[0068] Gemäß **Fig. 3E** sind drei Anzeigeelementkapseln **22**, **22'** und **22''** mit je wenigstens einem weißen Partikel **50** in einem im Wesentlichen durchsichtigen Dispergierungsfluid **25** dispergiert. Gemäß einem Ausführungsbeispiel besitzt jede Anzeigeelementkapsel **22**, **22'** und **22''** eine transparente Elektrode **42**, **42'** und **42''**, die darüber liegt und ein darunter angeordnetes Farbfilter **60**, **60'** und **60''**. Eine gemeinsame reflektierende Oberfläche **70** kann hinter der Farbfilterschicht angeordnet werden. Gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel umfasst die Anzeige eine emittierende Lichtquelle **70**.

[0069] Kleinere, opake Elektroden **30**, **30'** und **30''** und größere, transparente Elektroden **40**, **40'** und **40''** können elektrische Gleichstromfelder und Wechselstromfelder an die Kapseln **20**, **20'** und **20''** anlegen. Ein Gleichstromfeld kann den Kapseln **20**, **20'** und **20''** angelegt werden, damit die Partikel **50**, **50'** und **50''** nach der kleineren Elektrode **30**, **30'** und **30''** wandern. Wenn beispielsweise die Partikel **50**, **50'** und **50''** positiv geladen sind, dann wird an die kleineren Elektroden **30**, **30'** und **30''** eine Spannung angelegt, die negativer ist als die an die größeren Elektroden **40**, **40'** und **40''** angelegte Spannung.

[0070] Die kleinere Elektrode **30** ist höchstens halb so groß wie die größere Elektrode **40**. Zweckmäßigerweise hat die kleinere Elektrode **30** nur eine Ausdehnung von einem Viertel der größeren Elektrode **40**; noch zweckmäßiger ist es, wenn die kleinere Elektrode **30** nur ein Achtel der Ausdehnung der größeren Elektrode **40** aufweist. Noch zweckmäßiger ist es, wenn die kleinere Elektrode **30** nur ein Sechzehntel der Ausdehnung der größeren Elektrode **40** aufweist.

[0071] Wenn man die Partikel **50** nach der kleineren Elektrode **30** wandern lässt, wie dies in den ersten beiden Kapseln gemäß **Fig. 3E** angedeutet ist, dann kann das Licht durch die größere, transparente Elektrode **40** und durch das Filter **60** hindurchtreten und wird vom Substrat **70** reflektiert und tritt durch die Vorrichtung wieder zurück. Wenn das erste, zweite und dritte Filter **60**, **60'** und **60''** mit Cyan, mit Magenta bzw. mit Gelb eingefärbt sind und die Partikel **50** weiß sind, dann kann das System eine vollfarbige Anzeige in einer Standard-Zweifarben-Anordnung liefern.

[0072] Die Filterschicht **60** kann eine transluzente Schicht oder eine transparente Schicht oder eine

Farbfilterschicht sein oder es ist überhaupt keine Schicht vorgesehen und das weitere Substrat **70** kann reflektierend oder emittierend oder transluzent sein oder es ist überhaupt keine Substratschicht vorgesehen. Wenn die Schicht **60** eine Farbe enthält, beispielsweise ein Farbfilter, dann ist das übertragene Licht entsprechend den Wellenlängen eingefärbt, die das Filter durchlaufen, und das reflektierte Licht enthält jene Wellenlänge, die das Filter reflektiert, während die Wellenlängen, die das Filter absorbiert, verlorengehen. Das visuelle Erscheinungsbild des Anzeigeelementes in **3E** kann demgemäß davon abhängen, ob die Anzeige eine durchlässige oder reflektierende Bedingung auf die Charakteristiken des Filters ausübt und auf die Stellung des Betrachters. Gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel kann die Schicht **60** an der Oberseite der Kapsel benachbart zur Elektrode **42** vorgesehen werden.

[0073] In den **Fig. 3F** bis **3K** ist ein Ausführungsbeispiel eines dreifarbigem Elementes beschrieben. Die durchsichtige Elektrode **42** lässt Licht in die Kapsel **22** treten, und dies trifft entweder auf weiße Partikel **W**, rote Partikel **R** oder auf ein gefärbtes Substrat **60**. Das Substrat **60** kann eine Kombination von Farbfiltersubstrat und ungefärbtem Substrat sein oder es kann ein einheitlich gefärbtes Substrat sein. Die Kapsel **22** umfasst ein Suspendierungsfluid, das gefärbt ist (wodurch möglicherweise die Notwendigkeit eines getrennten Farbfilters **60** entfällt) oder das Fluid kann im Wesentlichen durchsichtig sein. Die Elektroden **45** und **35** sind transparent und können gleich bemessen oder in irgendeiner geeigneten Weise bemessen sein, wobei die relativen Partikelgrößen und die Mobilität der Partikel **W** und **R** zu berücksichtigen sind. Es existiert ein Spalt zwischen den Elektroden **45** und **35**. Es soll angenommen werden, dass die Partikel **W** negativ aufgeladen sind und dass die Partikel **R** positiv aufgeladen sind. In **Fig. 3F** ist an die obere Elektrode **42** ein positives Spannungspotential relativ zu den Bodenelektroden **35** und **45** angelegt, wodurch die Partikel **W** nach oben und die Partikel **R** nach unten bewegt werden und so Weiß angezeigt wird. In **Fig. 3G** ist die Polarität der Elektroden umgekehrt, und es wird Rot angezeigt. In beiden **Fig. 3F** und **3G** bedecken die Partikel das Substrat **60**. In **Fig. 3H** hat die Elektrode **45** ein negatives Spannungspotential relativ zur Elektrode **35**, während die Elektrode **42** auf einem Spannungspotential steht, das zwischen den Potentialen der Elektroden **45** und **35** liegt und beispielsweise Null beträgt. Stattdessen schaltet die Elektrode **42** zwischen den Potentialen **45** und **35** um, so dass über der Zeit die wirksame Spannung von **42** wieder zwischen den Potentialen von **45** und **35** steht. In diesem Zustand werden die Partikel **R** nach der Elektrode **45** bewegt und die Partikel **W** bewegen sich nach der Elektrode **35** und beide Partikel **R** und **W** bewegen sich vom Spalt im Zentrum der Kapsel **22** weg. Dies bringt das Substrat **60** zum Vorschein, und es kann eine dritte Farbe, wie z. B. Cyan,

abgebildet werden. Bei alternativen Ausführungsbeispielen können sich die Farbkombinationen ändern. Die spezifischen Farben der Filter und der Partikel brauchen sich nicht zu unterscheiden. Dieses System, welches als "Dualpartikel-Vorhangmodus" bezeichnet wird, kann drei willkürliche Farben abbilden. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Farben wie beschrieben, wobei eine Farbe weiß und die anderen zwei Farben Komplementfarben sind. Wenn gemäß **Fig. 3H** ein kleiner Anteil von Rot sichtbar ist, wird ein Teil des vom Cyan-Substrat reflektierten Lichtes absorbiert und das Gesamtergebnis ist schwarz, und dies kann durch einen kleinen Anteil von sichtbarem Weiß ausgeglichen werden. Demgemäß kann das Element bei **Fig. 3H** als Cyan-farbig erscheinen, selbst wenn ein gewisser Rotanteil und Weißanteil sichtbar ist. Wie oben erwähnt, können die Ränder des Elementes maskiert sein, um Partikel R und W abzudecken, wenn der Modus gemäß **Fig. 3H** vorhanden ist.

[0074] Im Folgenden wird auf **Fig. 3I** Bezug genommen. Ein vollfarbiges Element ist hier dargestellt, das aus drei Anzeigeelementen besteht, von denen ein jedes in der Weise arbeitet, wie dies in den **Fig. 3F** bis **3H** dargestellt ist, wobei die gefärbten Partikel positiv geladen und die weißen Partikel negativ geladen sind. Das System kann in der Weise arbeiten, dass die obere Elektrode **42** sich als gemeinsame obere Elektrode erstreckt, wie in **Fig. 3I** dargestellt. Beispielsweise können, um diesen Zustand zu erreichen, die Elektroden **42, 45, 35, 45', 35', 45'', 35'''** auf Spannungspotentiale eingestellt werden, die -30 V , 60 V , 60 V , -60 V , $+60\text{ V}$, -60 V , $+60\text{ V}$ betragen.

[0075] Nunmehr wird auf die **Fig. 3J** bis **3K** Bezug genommen. Hier ist ein Elektrodenschema dargestellt, bei welchem eine Gruppe von Mikrokapseln für ein vollständiges Anzeigeelement in einer Weise adressiert werden kann, die ähnlich der oben beschriebenen Art und Weise ist. Eine durchsichtige Elektrode **42** ermöglicht einen Lichtdurchtritt in die Mikrokapseln **27** und ein Auftreffen entweder auf weißen Partikeln W, roten Partikeln R oder gefärbtem Substrat **60**. Wie oben kann das gefärbte Substrat **60** eine Kombination von Farbfilter und nicht eingefärbtem Substrat **60** sein oder es kann ein gefärbtes Substrat **60** als einheitliches Farbsubstrat vorgesehen werden. Die Kapseln **27** weisen ein Suspendierungsfluid auf, das eingefärbt sein kann (wodurch möglicherweise die Notwendigkeit eines getrennten Farbfiltern **60** wegfällt) oder das Suspendierungsfluid kann durchsichtig sein. Die Elektroden **45** und **35** sind transparent und sie können gleich bemessen oder in irgendeiner Weise bemessen sein, wobei die relative Partikelgröße und die Mobilität der Partikel W und R zu berücksichtigen sind. Es besteht ein Spalt zwischen **45** und **35**. Es soll angenommen werden, dass die Partikel W negativ geladen sind und die Partikel R positiv geladen sind. Das System arbeitet in

der Weise, wie dies unter Bezugnahme auf **Fig. 3F** bis **3K** beschrieben wurde, wobei für jede gegebene Mikrokapsel **27** Mehrfachspalte vorgesehen sein können. **Fig. 3K** veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel eines geeigneten Elektrodenmusters, wobei die Elektroden **45** und **35** interdigital ineinandergreifen.

[0076] Nunmehr wird auf **Fig. 3L** bis **3M** Bezug genommen. Hier ist ein abgewandelter Ausführungsbeispiel dargestellt. Wiederum ermöglicht eine durchsichtige Elektrode **42** den Lichteintritt in die Kapsel **22**, und dieses Licht trifft weiße Partikel W oder rote Partikel R. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 3L** weist die Kapsel **22** ein Suspendierungsfluid **62** auf, das mit Cyan gefärbt ist. Wenn die Elektroden **45** und **35** auf eine geeignete Spannung eingestellt sind, bewegen sich die Partikel R und W nach unten nach den Elektroden **45** bzw. **35**, wo sie durch das lichtabsorbierende Suspendierungsfluid **62** abgedeckt werden. Andererseits ist gemäß **Fig. 3M** das Suspendierungsfluid **62** im Wesentlichen durchsichtig und eine dritte Art von Cyan-Partikeln C ist in die Kapseln **22** eingefügt. Die Cyan-Partikel haben eine relativ neutrale Ladung. Wenn die Elektroden **45** und **35** auf geeignete Spannungen eingestellt sind, bewegen sich die Partikel R und W nach unten nach den Elektroden **45** bzw. **35** und zeigen die Cyan-Partikel.

[0077] Die adressierte Struktur gemäß **Fig. 3A** bis **3M** kann in Verbindung mit elektrophoretischen Anzeigemedien und gekapselten elektrophoretischen Anzeigemedien benutzt werden. Die **Fig. 3A** bis **3M** zeigen Ausführungsbeispiele, bei denen die Elektrode **39, 40** statisch verteilt auf dem Anzeigemedium angeordnet ist. Bei gewissen Ausführungsbeispielen sind die Partikel **50** bistabil, d. h. sie sind beim Fehlen eines elektrischen Feldes im Wesentlichen bewegungslos.

[0078] Einige der oben beschriebenen Substrate sind reflektierend, und es kann eine analoge Technik benutzt werden, wobei die Substrate Licht emittieren und die Partikel wiederum im "Verschlussmodus" arbeiten, um Licht durchzulassen oder abzusperren. Ein bevorzugtes Substrat hierfür benutzt ein elektroluminiszenzes (EL) Rücklicht. Ein solches Rücklicht kann reflektierend sein, wenn es inaktiv ist, oft mit einer weiß-grünen Farbe, jedoch wird Licht in verschiedenen Wellenlängen im aktivierte Zustand emittiert. Durch Benutzung eines weißen EL-Substrates anstelle von statisch weißen Reflexionssubstraten wird es möglich, vollfarbige Anzeigen herzustellen, die in ihrer Arbeitsweise schaltbar sind, um einen Bereich von Farben im Emissionszustand anzuzeigen, wobei die Arbeitsweise bei geringen Umgebungslichtbedingungen möglich wird.

[0079] Die in den **Fig. 1** bis **3M** dargestellten Adressierungsstrukturen umfassen im typischen Fall eine obere Elektrode, die durch eine Anzeigetreiberschal-

tung gesteuert wird. Es kann sein, dass die obere Elektrode fehlt und die Anzeige durch angelegte äußere Spannungsquellen beleuchtet wird, beispielsweise durch einen darüberlaufenden Stift oder einen elektrostatischen Druckerkopf. Dies bedeutet, dass die oben angewandte Technik eine vollfarbige elektrophoretische Anzeige erzeugen könnte, angewandt bei einem vollfarbigen elektrophoretischen Medium.

[0080] Es ist aus der obigen Diskussion klar, dass elektrophoretische Anzeigen eine sorgfältige Ausrichtung der Anzeigeelemente auf die benutzten Elektroden erfordern, um jene Anzeigeelemente zu adressieren. Nunmehr wird auf **Fig. 4** Bezug genommen, und hier sind die Schritte dargestellt, die durchgeführt werden können, um wirksam und kostengünstig eine Anzeige herzustellen, wobei die Ausrichtprobleme bekannter Anzeigen vermieden werden.

[0081] Es wird ein Substrat zur Verfügung gestellt, das wenigstens zwei Elektroden aufweist (Schritt **502**). Die Zahl der Elektroden hängt von der Zahl der Bereiche ab, die individuell zu adressieren sind. Beispielsweise können bei einer traditionellen RGB-Anzeige drei Elektroden oder drei Gruppen von Elektroden vorgesehen werden, um rote Kapseln, grüne Kapseln und blaue Kapseln zu adressieren. Die Elektroden können ein vorbestimmtes interessierendes Muster aufweisen. Beispielsweise kann die Anzeige sowohl elektronische Farben als auch traditionelle Druckfarben aufweisen. Bei einer derartigen Anzeige können die Elektroden so gemustert sein, dass nur jene Abschnitte der Anzeige adressiert werden, die bestimmt sind, um elektronische Farbe zu tragen.

[0082] Bei gewissen Ausführungsbeispielen ist das Substrat vorgesehen, und die Elektroden werden auf das Substrat aufgedruckt, wobei eines von vielen Druckverfahren Anwendung finden kann.

[0083] Es wird wiederum auf **Fig. 4** Bezug genommen. Eine erste Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente wird selektiv auf dem Substrat aufgedruckt, ausgerichtet auf wenigstens eine der Elektroden, die auf dem Substrat angeordnet sind (Schritt **504**). Die elektrophoretischen Anzeigeelemente sind allgemein Kapseln mit einer Art oder mehreren Arten von Partikeln in einem Dispergierungsfluid, wie dies oben in Verbindung mit den **Fig. 1** bis **3M** beschrieben wurde. Die Anzeigeelemente, die die Kontrastphase einer elektronischen Tinte bilden können, werden auf das Substrat aufgedruckt, wobei eines der oben beschriebenen Druckverfahren angewandt wird. Bei gewissen Ausführungsbeispielen liefert die Drucktechnik selbst die Genauigkeit, die notwendig ist, um die Anzeigeelemente auf die jeweilige Elektrode auszurichten. Beispielsweise könnte ein Tintenstrahldruckprozess benutzt werden, um rote Kapseln, im Wesentlichen ausgerichtet auf eine "rote"

Elektrode, aufzudrucken und grüne Kapseln könnten, im Wesentlichen ausgerichtet auf eine "grüne" Elektrode, aufgedruckt werden, während blaue Kapseln, ausgerichtet auf die "blaue" Elektrode, aufgedruckt werden können. Die Kapseln können nacheinander aufgedruckt werden oder es kann ein Tintenstrahldkopf benutzt werden, der es ermöglicht, rote, grüne und blaue Kapseln gleichzeitig auf selektive Weise zu bedrucken.

[0084] Bei einigen Ausführungsbeispielen können die Anzeigeelemente auf dem Substrat überzogen sein, indem ein Zwischenschritt durchgeführt wird, bei dem eine im Wesentlichen zylindrische Oberfläche oder im Wesentlichen flache Oberfläche, beispielsweise ein lithographischer Gurt, benutzt wird. Bei speziellen Ausführungsbeispielen wird im Zwischenschritt eine Rolle, ein Riemen, ein Plotter, eine Bürste oder ein Schwamm angewandt. Die Anzeigeelemente können auf dem Zwischenkörper durch elektrostatische Kräfte, durch Oberflächenspannung, durch chemische Bindekräfte oder ein angelegtes elektrisches Feld gehalten werden.

[0085] Die Eigenschaften der Binderphase können so eingestellt werden, dass sie an den gewünschten Druckprozess angepasst sind. Beispielsweise kann eine in einem Tintenstrahldrucker benutzte Tinte so eingestellt werden, dass sie eine niedrige Viskosität besitzt. Eine Tinte, die für einen lithographischen Druck geeignet ist, kann so eingestellt werden, dass sie einen geeigneten Kontaktwinkel besitzt. Die Anzeigeelemente können in einem geeigneten Trägerfluid, wie Wasser oder einem organischen Lösungsmittel, dispergiert werden, das nach dem Überziehen getrocknet wird. Das Trägerfluid kann auch Mittel enthalten, um die Oberflächenspannung, den Berührungswinkel, die Viskosität oder die elektrische Leitfähigkeit zu modifizieren. Die Binderphase kann Monomere, Oligomere, Polymere oder Polymerisationshemmer enthalten. Die Komponenten können benutzt werden, um physikalisch robuste Anzeigeelementenschichten zu bilden.

[0086] Gemäß einem Ausführungsbeispiel könnten die Anzeigeelemente in einer Wasserlösung mit geringer Viskosität dispergiert werden, die ein Polymer enthält. Eine solche Lösung könnte durch Tintenstrahldruck auf die geeigneten Elektrodenmuster aufgedruckt werden. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das Anzeigeelement in einem durch Ultravioletthärtbaren Kunstharz dispergiert sein, das in einem lithographischen Druckverfahren benutzt wird und auf den geeigneten Elektroden durch einen lithographischen Prozess abgelagert und ausgehärtet wird, um die Anzeigeelementenschicht auszuhärteten. In allen Fällen werden die Anzeigeelemente, im Wesentlichen auf die jeweiligen Elektroden ausgerichtet, aufgedruckt.

[0087] Bei anderen Ausführungsbeispielen wird die elektronische Tinte auf dem Substrat unter Benutzung eines geeigneten Überzugsverfahrens aufgetragen, beispielsweise durch einen Walzmesserüberzug, durch ein Seitensiebdruckverfahren, durch Aufbürsten oder durch andere Überzugstechniken ohne Musterung. Bei diesen Ausführungsbeispielen wird ein elektrisches Signal an die Elektrode angelegt, auf die die Anzeigeelemente ausgerichtet werden sollen. Die Anwendung eines elektrischen Signals zieht die Anzeigeelemente in die Nähe der Elektrode. Bei gewissen Ausführungsbeispielen wird ein Träger benutzt, und das angelegte Signal überwindet die Kräfte, die die Anzeigeelemente am Träger halten und übertragen die Elemente auf das Substrat, benachbart zur Elektrode. Die Anzeigeelemente können in einer Flüssigkeit mit geringer Viskosität dispergiert sein, beispielsweise in Form von niedermolekularen Kohlenwasserstoffen, wie Methylketon oder Cyclohexan oder Alkoholen, wie Ethanol oder Propanol. Die Anzeigeelemente werden dann so behandelt, dass eine gesteuerte Oberflächenladung erzeugt wird, indem beispielsweise der pH-Wert der Dispergierungsflüssigkeit eingestellt wird oder indem oberflächenaktive Mittel, wie Seifen, Reinigungsmittel oder andere Lösungsmittel hinzugefügt werden. Weil die Ladung der Anzeigeelemente gesteuert wird, kann eine elektrische Ladung benutzt werden, um die Anzeigeelemente nach der geeigneten Elektrode zu überführen.

[0088] Dann können andere Anzeigeelemente von dem Substrat entfernt werden, indem beispielsweise das Substrat ausgewaschen wird, um nur Anzeigeelemente zu belassen, die in der Nähe der Elektrode befindlich sind. Eine zweite Vielzahl elektrophoretischer Anzeigeelemente kann selektiv auf dem Substrat, im Wesentlichen auf die andere Elektrode ausgerichtet, abgelagert werden (Schritt 506), wobei eine Technik benutzt wird, die der soeben beschriebenen Technik entspricht. Die Technik, die benutzt wird, um selektiv die erste Vielzahl von Anzeigeelementen abzulagern, braucht nicht die gleiche Technik sein, die benutzt wird, um selektiv die zweite Vielzahl von Anzeigeelementen aufzubringen.

[0089] Diese Technik zum Drucken von Anzeigen kann benutzt werden, um die rückwärtige Elektrodenstruktur auf einer Anzeige aufzubauen oder um zwei getrennte Schichten zu konstruieren, die miteinander laminiert sind, um die Anzeige zu bilden. Beispielsweise kann eine elektronisch aktive Tinte auf einer Elektrode aus Indium-Zinnoxid aufgedruckt werden. Getrennt kann eine rückwärtige Elektrodenstruktur, wie oben beschrieben, auf einem geeigneten Substrat aufgedruckt werden, beispielsweise auf Plastikmaterial, auf Polymerfilmen oder auf Glas. Die Elektrodenstruktur und das Anzeigeelement können laminiert sein, um eine Anzeige zu bilden.

[0090] Die beschriebenen Ausführungsbeispiele benutzen verkapselte elektrophoretische Anzeigen. Es gibt jedoch andere, auf Partikelbasis beruhende Anzeigemedien, die in gleicher Weise arbeiten könnten, einschließlich verkapselfter suspendierter Partikel und einschließlich rotierender Kugelanzeigen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Farbanzeige mit den folgenden Schritten:

(a) es wird ein Substrat bereitgestellt, das wenigstens eine erste Elektrode (30, 40; 35, 45) und eine zweite Elektrode (30', 40'; 35', 45') darauf angeordnet enthält;

(b) es wird eine Vielzahl von ersten elektrophoretischen Anzeigeelementen auf dem Substrat abgelagert, wobei jedes erste Anzeigeelement eine Kapsel (22) aufweist, die eine Vielzahl einer ersten Art von Partikeln (50) enthält, die auf ein durch die erste Elektrode (30, 40; 35, 45) angelegtes elektrisches Feld ansprechen und eine erste optische Eigenschaft aufweisen;

wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass die ersten Anzeigeelemente selektiv auf die erste Elektrode (30, 40; 35, 45) ausgerichtet abgelagert werden, und das Verfahren weiter gekennzeichnet ist, durch:

(c) eine selektive Ablagerung einer Vielzahl von zweiten elektrophoretischen Anzeigeelementen, die im wesentlichen auf die zweite Elektrode (30', 40'; 35', 45') ausgerichtet sind, wobei jedes zweite Anzeigeelement eine Kapsel (22') aufweist, die eine Vielzahl einer zweiten Art von Partikeln (50') enthält, die auf ein durch die zweite Elektrode (30', 40'; 35', 45') angelegtes elektrisches Feld ansprechen, und eine zweite optische Eigenschaft aufweisen, die visuell von der ersten optischen Eigenschaft unterschieden ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der ersten (30, 40; 35, 45) und der zweiten (30', 40'; 35', 45') Elektroden ein vorbestimmtes Muster aufweist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten elektrophoretischen Anzeigeelemente durch Tintenstrahldruck, durch Siebdruck oder durch Tiefdruck abgelagert werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt (b) bewirkt wird durch:

Bereitstellen eines Trägers, der die Vielzahl der ersten elektrophoretischen Anzeigeelemente enthält; Ablagern dieses Trägers benachbart zum Substrat; und

Anlegen eines elektrischen Signals an die erste Elektrode, um wenigstens einige der ersten elektrophoretischen Anzeigeelemente vom Träger auf das Substrat zu überführen.

rat, im wesentlichen ausgerichtet auf die erste Elektrode, zu übertragen.

mente die Kapsel ein gefärbtes Fluid enthält.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem der ersten Anzeigeelemente die Kapsel ein gefärbtes Fluid enthält.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Anzeigeelemente durch ein angelegtes elektrisches Feld und/oder durch elektrostatische Kräfte, und/oder durch chemische Verbindungs Kräfte, und/oder durch eine Oberflächenspannung auf dem Träger gehalten werden.

7. Verfahren nach Anspruch 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger eine im wesentlichen flache Oberfläche besitzt.

8. Verfahren nach den Ansprüchen 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger eine im wesentlichen zylindrische Oberfläche besitzt.

9. Verfahren nach Anspruch 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger ein Fluid ist.

10. Verfahren zur Herstellung einer elektrophoretischen Anzeige mit den folgenden Schritten:

(a) es wird ein Substrat bereitgestellt;
(b) es wird auf dem Substrat eine Vielzahl erster elektrophoretischer Anzeigeelemente abgelagert, von denen jedes eine Kapsel aufweist, die eine Vielzahl einer ersten Art von Partikeln enthält, die auf ein angelegtes elektrisches Feld ansprechen und eine erste optische Eigenschaft besitzen;
wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass die ersten Anzeigeelemente selektiv in einem vorbestimmten Muster abgelagert werden, und das Verfahren weiter gekennzeichnet ist durch:
(c) selektive Ablagerung wenigstens einer ersten Elektrode auf den ersten Anzeigeelementen, derart, dass die erste Elektrode ein elektrisches Feld an die ersten Anzeigeelemente anlegen kann;
(d) selektive Ablagerung einer Vielzahl von zweiten elektrophoretischen Anzeigeelementen, in einem vorbestimmten Muster auf dem Substrat, wobei jedes zweite elektrophoretische Anzeigeelement eine Kapsel mit einer Vielzahl von einer zweiten Art von Partikeln enthält, die auf ein angelegtes elektrisches Feld ansprechen und eine zweite optische Eigenschaft besitzen, die visuell von der ersten optischen Eigenschaft unterschieden ist, und
(e) selektive Ablagerung von wenigstens einer zweiten Elektrode auf den zweiten Anzeigeelementen, derart, dass die zweite Elektrode ein elektrisches Feld an die zweiten Anzeigeelemente anlegen kann.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem der ersten Anzeigeele-

Anhängende Zeichnungen

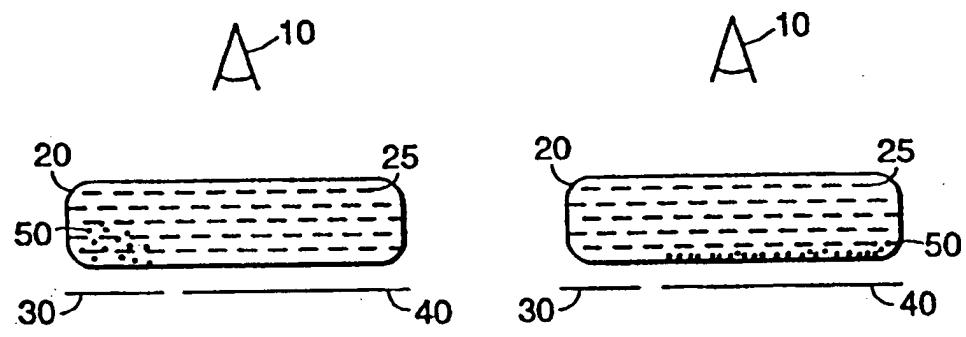


FIG. 1A

FIG. 1B

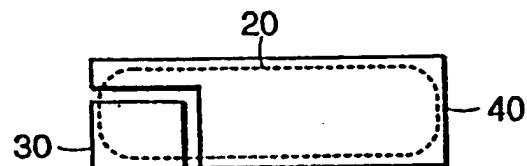
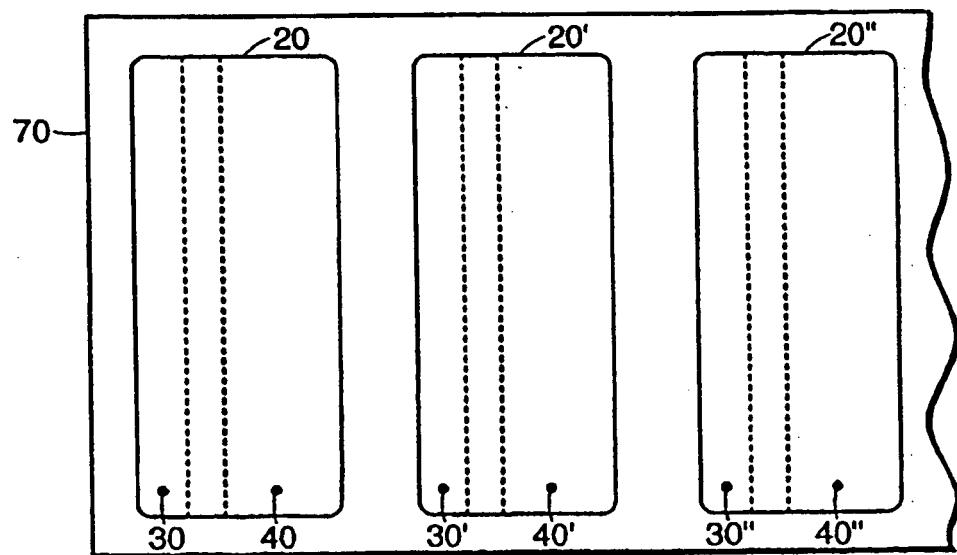
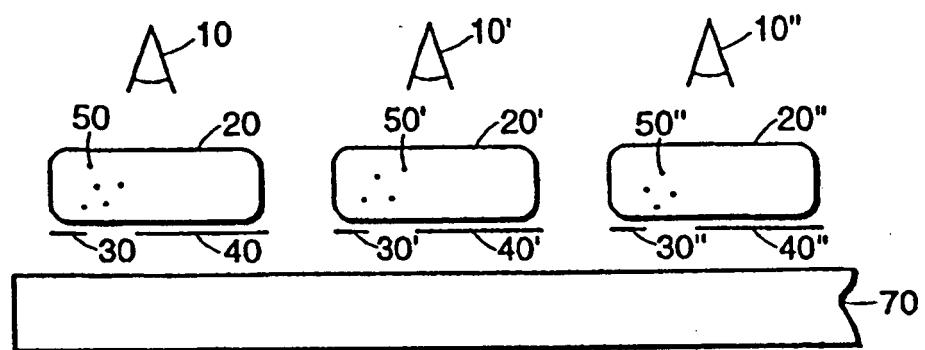


FIG. 1C



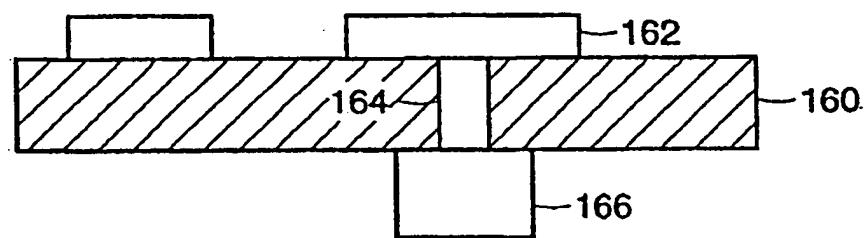


FIG. 2

A¹⁰

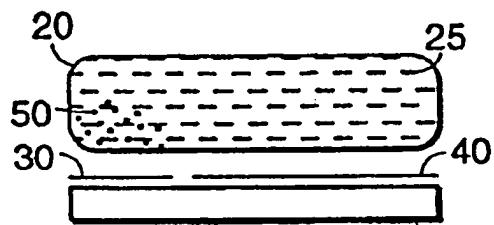


FIG. 3A

A¹⁰

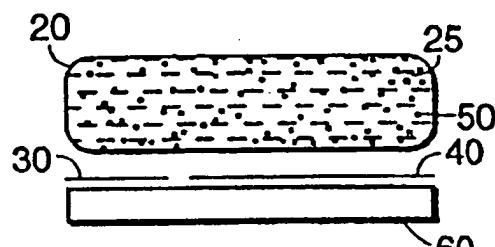


FIG. 3B

A¹⁰

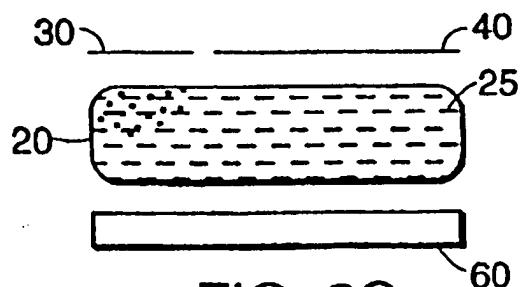


FIG. 3C

A¹⁰

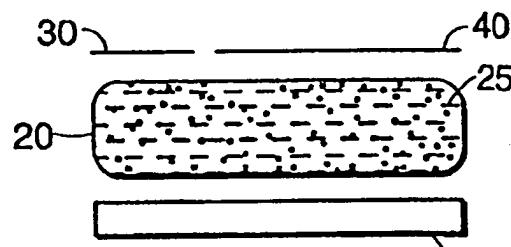


FIG. 3D

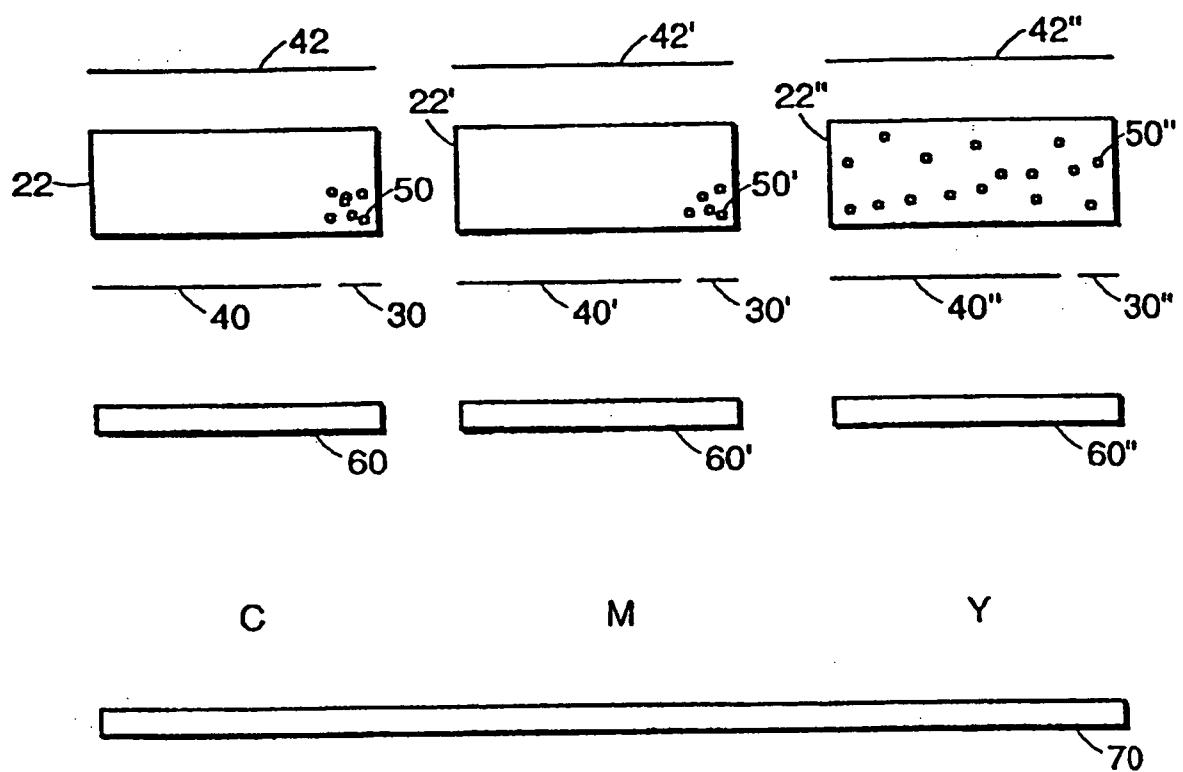


FIG. 3E

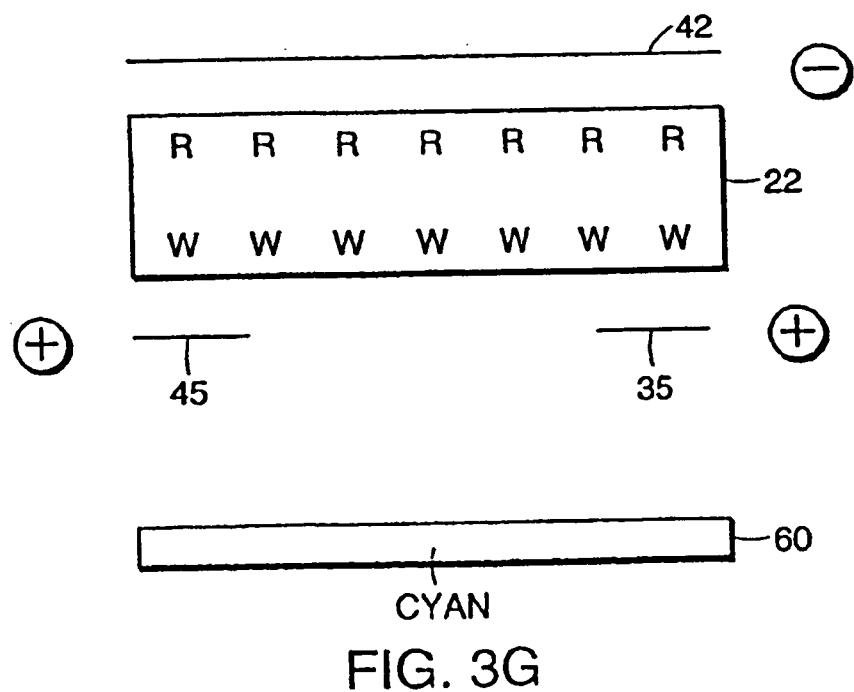
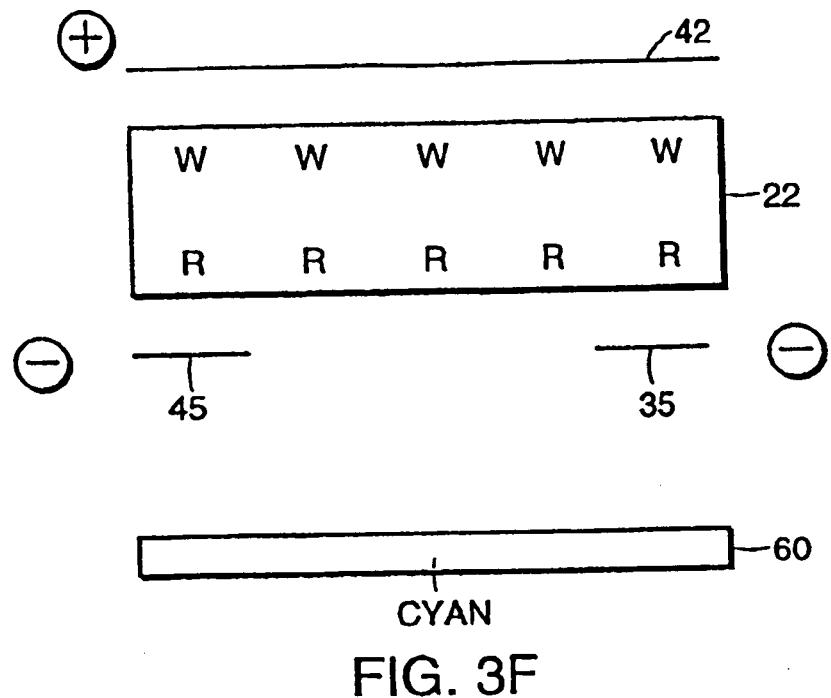


FIG. 3G

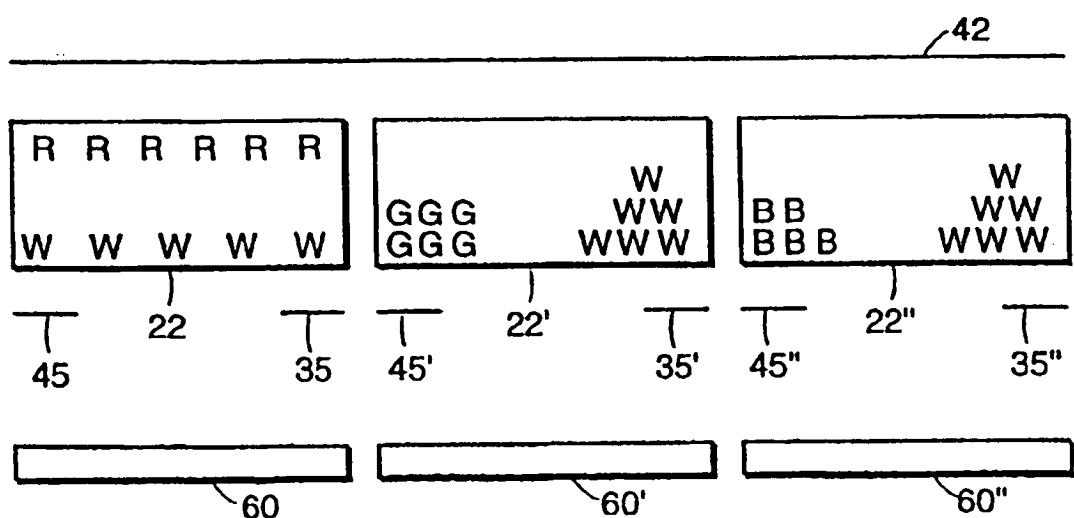
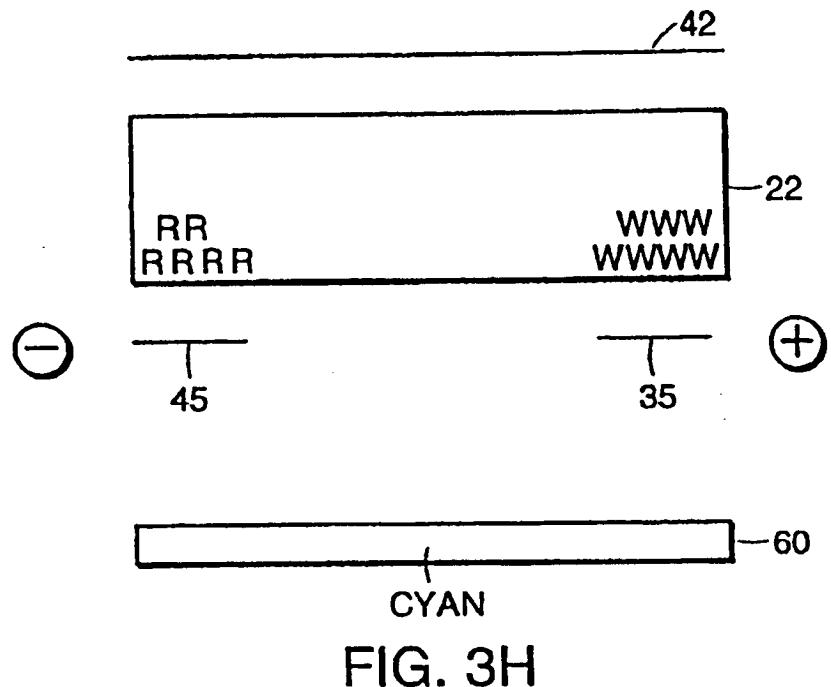


FIG. 3I

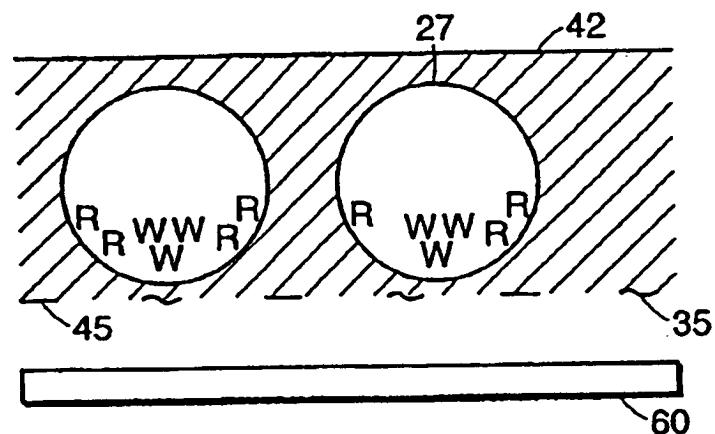


FIG. 3J

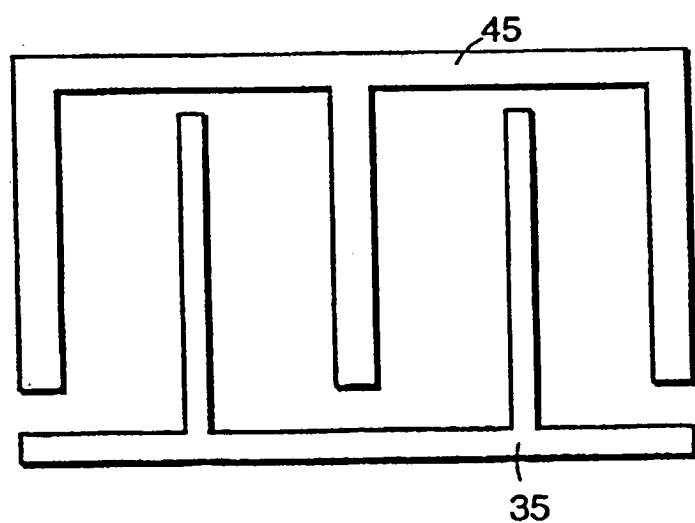


FIG. 3K

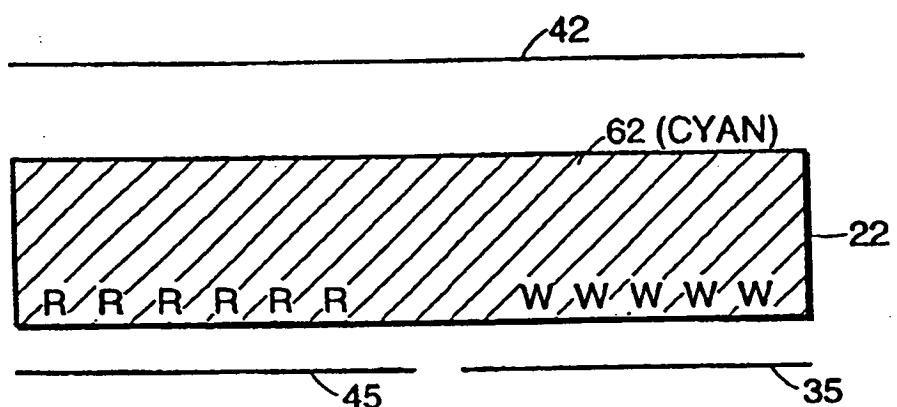


FIG. 3L

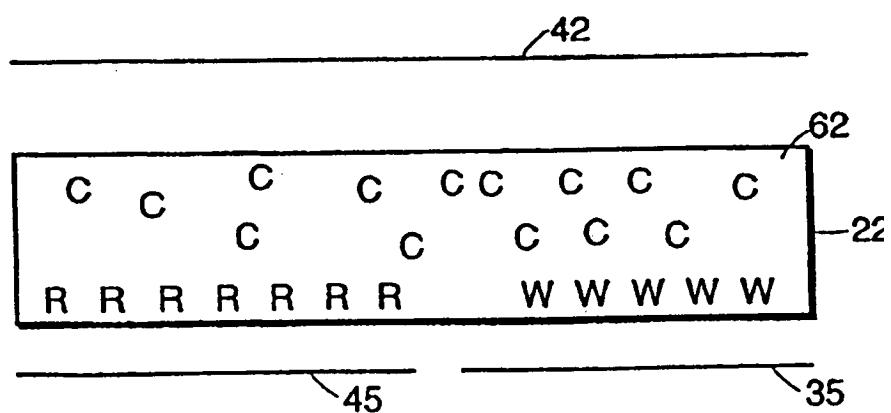


FIG. 3M

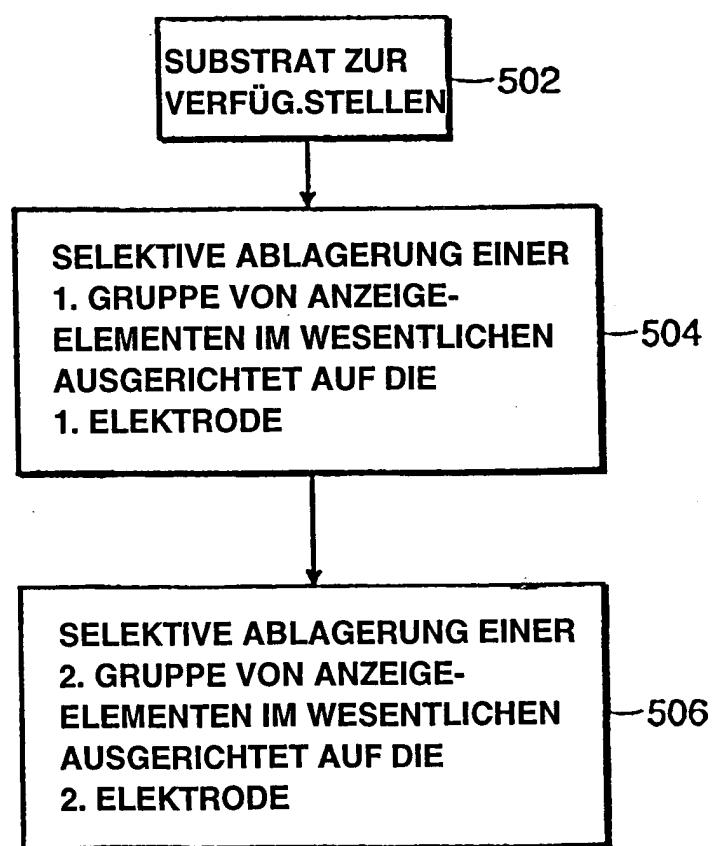


FIG. 4