



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 28 507 T2 2008.03.06**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 139 154 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 28 507.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 301 626.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.02.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.03.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G02F 1/1337 (2006.01)**
G02F 1/139 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

00302478 27.03.2000 EP

(73) Patentinhaber:

**Hewlett-Packard Development Co., L.P., Houston,
Tex., US**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Kitson, Stephen Christopher, Thornbury South
Gloucestershire BS35 2YA, GB; Geisow, Adrian
Derek, Portishead, N. Somerset BS20 6QS, GB**

(54) Bezeichnung: **Struktur zum Ausrichten von Flüssigkristallen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Ausrichtung von Flüssigkristallen in Flüssigkristallbauelementen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Flüssigkristall-(LC-)Materialien sind stabartige oder lattenartige Moleküle, die entlang ihrer langen und kurzen Achse unterschiedliche optische Eigenschaften aufweisen. Die Moleküle zeigen eine bestimmte Fernordnung, so dass sie lokal zu ähnlichen Ausrichtungen zu ihren Nachbarn neigen. Die lokale Ausrichtung der langen Achsen der Moleküle wird als der „Direktor“ bzw. Richtungsweisungseinrichtung bezeichnet. Es gibt drei Typen von LC-Materialien: nematisch, cholesterisch (chiral-nematisch) und smektisch. Für einen Flüssigkristall, der in einer Anzeigevorrichtung verwendet werden soll, muss dieser üblicherweise hergestellt sein, um sich in dem „Aus“-Zustand in einer definierten Art und Weise auszurichten und in dem „An“-Zustand in einer unterschiedlichen definierten Art und Weise auszurichten, so dass die Anzeige in jedem Zustand unterschiedliche optische Eigenschaften aufweist. Zwei Hauptausrichtungen sind homöotrop (wo die Richtungsweisungseinrichtung im Wesentlichen senkrecht zu der Ebene der Zellwände ist) und planar (wo die Richtungsweisungseinrichtung im Wesentlichen parallel zu der Ebene der Zellwände geneigt ist). In der Praxis könnten planare Ausrichtungen in Bezug auf die Ebene einer Zellwand geneigt sein und dieses Neigen kann bei der Unterstützung eines Umschaltens hilfreich sein. Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ausrichtung in Flüssigkristallanzeigen.

[0003] Hybride, ausgerichtete, nematische (HAN), vertikale, ausgerichtete nematische (VAN), verdrehte, nematische (TN) und super-verdrehte, nematische (STN) Zellen werden weitverbreitet als Anzeigevorrichtungen in Verbraucher- und anderen Produkten eingesetzt. Die Zellen weisen ein Paar gegenüberliegender, voneinander beabstandeter Zellwände mit einem nematischen Flüssigkristallmaterial zwischen denselben auf. Die Wände weisen transparente Elektrodenstrukturen auf, die Pixel zwischen sich definieren.

[0004] In TN- und STN-Anzeigen ist die Innenoberfläche jeder Wand behandelt, um eine planare unidirektionale Ausrichtung der nematischen Richtungsweisungseinrichtung zu erzeugen, wobei die Ausrichtungsrichtungen in 90 Grad zueinander stehen. Diese Anordnung bewirkt, dass die nematische Richtungsweisungseinrichtung eine Viertel-Helix innerhalb der TN-Zelle beschreibt, so dass polarisiertes Licht durch 90 Grad geführt wird, wenn ein Pixel in

dem „Feld-Aus“-Zustand ist. In einer STN-Zelle ist der nematische Flüssigkristall mit einem Chiral-Zusatzstoff dotiert, um eine Helix mit kürzerer Ganghöhe zu erzeugen, was die Ebene einer Polarisation in dem „Feld-Aus“-Zustand dreht. Der „Feld-Aus“-Zustand könnte entweder weiß oder schwarz sein, abhängig davon, ob die Zelle durch gekreuzte oder parallele Polarisatoren betrachtet wird. Ein Anlegen einer Spannung über ein Pixel bewirkt, dass sich die nematische Richtungsweisungseinrichtung normal zu den Wänden in einer homöotropen Ausrichtung ausrichtet, so dass die Ebene polarisierten Lichts in dem „Feld-An“-Zustand nicht gedreht ist.

[0005] In einer HAN-Zelle ist eine Wand behandelt, um einen nematischen LC in einer homöotropen Ausrichtung auszurichten, und die andere Wand ist behandelt, um eine planare Ausrichtung zu induzieren, üblicherweise mit einem bestimmten Neigen, um ein Umschalten zu erleichtern. Der LC weist eine positive dielektrische Anisotropie auf und das Anlegen eines elektrischen Feldes bewirkt, dass sich die LC-Richtungsweisungseinrichtungen normal zu den Wänden ausrichten, so dass die Zelle von einem doppelbrechenden „Feld-Aus“-Zustand in einen nicht doppelbrechenden „Feld-An“-Zustand umschaltet.

[0006] In dem VAN-Modus ist ein nematischer LC mit negativer dielektrischer Anisotropie homöotrop in dem „Feld-Aus“-Zustand ausgerichtet und wird in dem „Feld-Ein“-Zustand doppelbrechend. Ein Zweifarbenfarbstoff könnte zur Verbesserung eines Kontrastes eingesetzt werden.

[0007] Die planare Ausrichtung eines Flüssigkristalls (LC) wird üblicherweise durch das unidirektionale Reiben einer dünnen Polyimidausrichtungsschicht innen an der LC-Zelle bewirkt, was eine unidirektionale Ausrichtung mit einem kleinen Vorneigungswinkel entstehen lässt. Es wurde in „Pretilt angle control of liquid-crystal alignment by using projections on substrate surfaces for dual-domain TN-LCD“ (Vorneigungswinkelkontrolle einer Flüssigkristallausrichtung durch Verwendung von Pfosten auf Substratoberflächen für Zweibereichs-TN-LCD), T. Yamamoto u. a., J. SID, 4/2, 1996 vorgeschlagen, den Vorneigungswinkel für eine geriebene Oberfläche zu erhöhen, indem kleine Pfosten in die geriebene Ausrichtungsschicht eingeschlossen werden.

[0008] Während der Reibevorgang eine erwünschte Wirkung auf die optischen Charakteristika des Bauelements besitzt, ist er nicht ideal, da dies viele Verfahrensschritte erfordert, und eine hohe Toleranzsteuerung der Reibeparameter wird benötigt, um einheitliche Anzeigesubstrate zu ergeben. Ferner könnte ein Reiben eine statische und mechanische Beschädigung von Aktivmatrizelementen bewirken, die unter der Ausrichtungsschicht sitzen. Ein Reiben erzeugt außerdem Staub, was schädlich für die Anzeigegeräte

stellung ist.

[0009] Photoausrichtungstechniken wurden in jüngster Zeit eingeführt, bei denen eine Belichtung einer bestimmten Polymerbeschichtung mit polarisiertem UV-Licht eine planare Ausrichtung induzieren kann. Dies vermeidet einige der Probleme beim Reiben, die Beschichtungen sind jedoch empfindlich gegenüber LC-Materialien und erzeugen typischerweise nur niedrige Vorneigungswinkel.

[0010] Eine Alternative besteht darin, eine strukturierte Schrägbedampfung von Siliziumoxid (SiO) zur Bildung der Ausrichtungsschicht zu verwenden. Dies beeinflusst außerdem eine erwünschte optische Antwort; der Vorgang ist durch die Hinzufügung einer Vakuumaufbringung und eines Lithographieverfahrens jedoch kompliziert. Eine Steuerung von Prozessparametern für eine SiO-Verdampfung ist ferner kritisch, um eine Einheitlichkeit zu ergeben, was üblicherweise über große Bereiche schwer zu erzielen ist.

[0011] Eine nützliche Zusammenfassung von Verfahren zum Ausrichten von Flüssigkristallen ist in „Alignment of Nematic Liquid Crystals and Their Mixtures“ (Ausrichtung nematischer Flüssigkristalle und ihre Mischungen), J. Cognard, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 1–78 (1982), Ergänzung 1, gegeben.

[0012] Die Verwendung von Oberflächenmikrostrukturen zur Ausrichtung von LCs ist seit vielen Jahren bekannt, wie z. B. in „The Alignment of Liquid Crystals by Grooved Surfaces“ (Die Ausrichtung von Flüssigkristallen durch gerillte Oberflächen), D. W. Berriman, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 23, 215–231, 1973, beschrieben ist.

[0013] Man glaubt, dass der Mechanismus der planaren Ausrichtung beinhaltet, dass sich die LC-Moleküle entlang der Rillen ausrichten, um eine Verzerungsenergie, die aus der Verformung des LC-Materials hergeleitet wird, zu minimieren. Derartige Rillen könnten durch ein Monogitter, das in einem Photoresist oder einem anderen geeigneten Material gebildet ist, bereitgestellt werden.

[0014] Es wurde in der GB 2 286 467 vorgeschlagen, ein sinusförmiges Bi-Gitter auf zumindest einer Zellwand bereitzustellen, indem ein Photopolymer mit einem Interferenzlichtmuster, das durch einen Laser erzeugt wird, belichtet wird. Das Bi-Gitter erlaubt es, dass die LC-Moleküle in zwei unterschiedlichen planaren Winkelrichtungen liegen, z. B. 45° oder 90° auseinander. Eine asymmetrische Bi-Gitter-Struktur kann ein Neigen in einer oder beiden Winkelrichtungen bewirken. Weitere Beispiele einer Ausrichtung durch Gitter sind in der WO 96/24880, WO 97/14990, WO 99/34251 und in „The liquid crystal alignment properties of photolithographic gratings“ (Die Flüssigkristallausrichtungseigenschaften photolitho-

graphischer Gitter), J. Cheng und G. D. Boyd, Appl. Phys. Lett. 35 (6), 15. September 1979, Seiten 444–446, beschrieben. In „Mechanically Bistable Liquid-Crystal Display Structures“ (Mechanisch bistabile Flüssigkristallanzeigestrukturen), R. N. Thurston u. a., IEEE trans. on Electron Devices, Bd. ED-27 Nr. 11, November 1980, Seiten 2069–2080, wird eine LC-Planarausrichtung durch ein periodisches Array quadratischer Strukturen theoretisiert.

[0015] Die WO 01/40853 (Teil der Offenbarung hiervon ist gemäß Art. 54 (3) EPÜ Stand der Technik) offenbart bistabile nematische Anzeigen, die eine Ausrichtungsoberfläche umfassen, die Ausrichtungsmerkmale aufweist, wie z. B. Gitter, Pfosten oder Blindlöcher. Die Pfosten oder Blindlöcher könnten in einem pseudozufälligen Array sein. Die Ausrichtungsmerkmale sind mit einem Material behandelt oder aus einem Material gebildet, das eine lokale homöotrope LC-Ausrichtung induziert, d. h. die LC-Moleküle neigen dazu, lokal normal zu der Oberfläche zu liegen.

[0016] Eine homöotrope LC-Ausrichtung ist außerdem ein schwierig zu steuernder Vorgang, üblicherweise unter Verwendung einer chemischen Behandlung der Oberfläche, wie z. B. Lecithin oder eines Chromkomplex. Diese chemischen Behandlungen sind unter Umständen über die Zeit nicht stabil und haften unter Umständen nicht sehr einheitlich an der zu behandelnden Oberfläche. Eine homöotrope Ausrichtung wurde durch die Verwendung spezieller Polyimidharze erzielt (Japan Synthetic Rubber Co.). Diese Polyimide erfordern ein Ausheilen mit hoher Temperatur, was für Niederglasübergangs-Kunststoffsubstrate unter Umständen nicht wünschenswert ist. Anorganische Oxidschichten könnten eine homöotrope Ausrichtung induzieren, wenn sie in geeigneten Winkeln aufgebracht werden. Dies erfordert Vakuumvorgänge, die den oben in Bezug auf die planare Ausrichtung erläuterten Problemen unterliegen. Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung einer homöotropen Ausrichtung besteht darin, ein Material mit geringer Oberflächenenergie, wie z. B. PTFE, zu verwenden. PTFE jedoch gibt nur eine schwache Steuerung des Ausrichtungswinkels und könnte schwierig zu verarbeiten sein.

[0017] Es ist wünschenswert, über eine besser steuerbare und herstellbare Ausrichtung für LC-Bau-elemente zu verfügen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0018] Wir haben überraschenderweise herausgefunden, dass die Orientierung der Richtungsweisungseinrichtung bzw. des Direktors prinzipiell durch die Geometrie von Oberflächenmerkmalen in einem Array induziert wird, und nicht durch das Array oder Gitter selbst. Dies steht dem entgegen, was bisher

auf diesem Gebiet angenommen wurde.

[0019] Entsprechend stellt ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Flüssigkristallbauelement gemäß Anspruch 1 bereit. Ein weiterer Aspekt der Erfindung stellt ein Verfahren zum Herstellen eines Flüssigkristallbauelements gemäß Anspruch 16 bereit.

[0020] Die Pfosten können im Wesentlichen gerade Seiten aufweisen, entweder normal oder geneigt in Bezug auf die Hauptebenen des Bauelements, oder die Pfosten können eine gekrümmte oder unregelmäßige Oberflächenform oder -konfiguration aufweisen. Der Querschnitt der Pfosten könnte zum Beispiel dreieckig, quadratisch, kreisförmig, elliptisch oder vieleckig sein. Jeder Pfosten ist vorzugsweise eine einzelne Struktur, benachbarte Pfosten können jedoch als ein Ergebnis ihres Herstellungsprozesses durch Bahnen von Materialien an ihren Basen miteinander verbunden sein.

[0021] Ein Pfosten verformt eine LC-Richtungsweisungseinrichtung. Diese Verformung pflanzt sich durch die Zelle fort, um eine Gesamtausrichtung zu definieren. Im Allgemeinen ist diese Ausrichtung in einer oder mehreren diskreten azimuthalen Richtungen und zusätzlich könnte es einen oder mehrere Neigungswerte geben.

[0022] Die azimuthalen Ausrichtungsrichtungen werden durch die Form des Pfostens bestimmt. Für einen quadratischen Pfosten gibt es zwei derartige Richtungen, nämlich entlang der beiden Diagonalen. Für einen dreieckigen Querschnitt gibt es drei Richtungen. Für andere Formen kann es mehr als drei geben. Die Orientierung der Pfosten in Bezug auf die Zelle fixiert die stabilen azimuthalen Ausrichtungsrichtungen. Wenn es mehr als eine stabile azimuthale Richtung gibt, können eine oder mehrere derselben durch geeignete Anpassung an der Form bevorzugt werden. Ein Neigen quadratischer Pfosten zum Beispiel kann eine der Diagonalen begünstigen. Ein Neigen eines dreieckigen Pfostens in einer geeigneten Richtung könnte zwei der drei möglichen Richtungen begünstigen.

[0023] Eine ovale oder diamantförmige Form, bei der eine Achse wesentlich länger ist als die anderen, könnte eine einzelne lokale Richtungsweisungseinrichtungs-Orientierung induzieren, die die azimuthale Richtung definiert. Ähnlich kann ein Neigen eines zylindrischen Pfostens eine Ausrichtung in der Neigungsrichtung induzieren. Es ist zu erkennen, dass eine derartige Orientierung durch einen sehr breiten Bereich von Pfostenformen induziert werden kann.

[0024] Zusätzlich zu den azimuthalen Richtungen können die Pfosten gut definierte Neigungswinkel induzieren. Ein kurzer Pfosten neigt dazu, eine planare

Ausrichtung zu induzieren. Außerdem stellen wir fest, dass höhere Pfosten dazu neigen, eine geneigte Ausrichtung zu induzieren. Hohe dünne Pfosten neigen dazu, hohe Neigungen von der Oberfläche weg zu induzieren, und führen letztendlich zu einer im Wesentlichen homöotropen Ausrichtung. Diese homöotrope Ausrichtung neigt oft dazu, von der Zellwandnormalen in der Ebene weg geneigt zu sein, die die Zellwandnormale beinhaltet, sowie die bevorzugte azimuthale Ausrichtungsrichtung. Dieser Neigungs-Winkel kann durch geeignetes Anpassen der Pfostenform, -größe und -richtung zumindest einer der Pfostenwände abgestimmt werden.

[0025] Für Zwischenpfostenhöhen haben wir herausgefunden, dass es zwei stabile Ausrichtungen gibt, die sich in ihrem Neigungswinkel unterscheiden, jedoch die gleiche azimuthale Ausrichtungsrichtung besitzen. Wir bezeichnen dies als den PABN-Modus (PABN = Post Aligned Bistable Nematic = postausgerichtet, bistabil, nematisch).

[0026] Der Ausdruck „azimutale Richtung“ wird hierin wie folgt verwendet. Es wird angenommen, dass die Wände einer Zelle in der x, y-Ebene liegen, so dass die Normale zu den Zellwänden die z-Achse ist. Zwei Neigungswinkel in der gleichen azimuthalen Richtung bedeuten zwei unterschiedliche Richtungsweisungseinrichtungs-Orientierungen in der gleichen x, z-Ebene, wobei x als die Projektion der Richtungsweisungseinrichtung auf die x, y-Ebene verstanden wird.

[0027] Durch die Bereitstellung einer Mehrzahl aufrecht stehender hoher oder dünner Pfosten an zumindest der ersten Zellwand können die Flüssigkristallmoleküle dazu gebracht werden, einen Zustand anzunehmen, in dem die Richtungsweisungseinrichtung im Wesentlichen parallel zu der Ebene der lokalen Oberfläche der Pfosten und normal zu der Ebene der Zellwände ist. Je enger die Pfosten aneinander gepackt sind, desto mehr wird die Ausrichtung dazu neigen, die Normale zu der Ebene der Zellwände zu sein.

[0028] Wenn die Pfosten senkrecht zu den Zellwänden und relativ dicht gepackt sind, könnte der LC im Wesentlichen homöotrop mit 90° zu der Ebene der Zellwände ausgerichtet sein. Für einige Anwendungen jedoch ist es wünschenswert, eine homöotrope Ausrichtung zu erzielen, die um einige Grad geneigt ist. Dies könnte ohne Weiteres durch ein Verwenden hoher Pfosten, die weiter voneinander beabstandet sind und/oder die von der Senkrechten geneigt sind, erzielt werden. Wenn die Pfosten stärker geneigt sind, nimmt der durchschnittliche LC-Neigungswinkel von der Normalen zu. Die Erfindung schafft deshalb einen einfachen Weg eines Induzierens einer homöotropen LC-Ausrichtung mit jedem bevorzugten Neigungswinkel. Der Ausdruck „geneigt homöotrop“ wird

hierin verwendet, um sich auf eine Ausrichtung der Flüssigkristall-Richtungsweisungseinrichtung in einem Winkel ungleich 0 von bis zu 45° zu der Senkrechten zu der Ebene der ersten Zellwand zu beziehen.

[0029] Durch ein Bereitstellen von Pfosten mit geeigneten Abmessungen und geeigneter Beabstandung kann ein breiter Bereich von Ausrichtungsrichtungen, planar, geneigt und homöotrop, ohne Weiteres erzielt werden und verschiedene Aspekte der Erfindung können deshalb in erwünschten LC-Anzeigemodi verwendet werden.

[0030] Die bevorzugte Höhe für die Pfosten hängt von derartigen Faktoren, wie zum Beispiel der erwünschten Ausrichtung und dem Zellzwischenraum, ab. Ein typischer Höhenbereich beträgt etwa 0,5 bis 5 µm, insbesondere 1,0 bis 1,2 µm für bistabile Ausrichtungen (unter Annahme eines Zellzwischenraums von 3 µm) und höher für geneigte homöotrope und homöotrope Ausrichtungen.

[0031] Da die lokale Richtungsweisungseinrichtungs-Orientierung durch die Geometrie der Pfosten bestimmt wird, muss das Array kein regelmäßiges Array sein. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Pfosten in einem zufälligen oder pseudozufälligen Array und nicht in einem regelmäßigen Gitter angeordnet. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass sie Beugungsfarben beseitigt, die unter Umständen aus der Verwendung regelmäßiger Strukturen resultieren können. Ein derartiges Array kann als ein Diffusor fungieren, was den Bedarf nach einem externen Diffusor in einigen Anzeigen beseitigen kann. Natürlich kann, wenn eine Beugungsfarbe in der Anzeige erwünscht ist, das Array regelmäßig hergestellt werden und die Pfosten können in Intervallen beabstandet sein, die den erwünschten Interferenzeffekt erzeugen. So kann die Struktur separat optimiert werden, um die erforderliche Ausrichtung zu ergeben und außerdem die optische Wirkung, die aus einer texturierten Oberfläche resultiert, zu lindern oder zu verbessern.

[0032] Die Pfosten sind aus einem Photoresistmaterial oder einem Kunststoffmaterial gebildet.

[0033] Die Pfosten können durch geeignete Mittel gebildet werden; zum Beispiel durch Photolithographie, Prägung, Gießen, Spritzgießen oder Übertragung von einer Trägerschicht. Ein Prägen in ein Kunststoffmaterial ist wünschenswert, da dies eine einfache und billige Herstellung der Pfosten ermöglicht. Geeignete Kunststoffmaterialien sind Fachleuten auf dem Gebiet gut bekannt, wie zum Beispiel Poly(methylmethacrylat).

[0034] Wenn ein Photoresist belichtet wird, kann ein erwünschter Pfostenneigungswinkel ohne Weiteres

erzielt werden, indem das Photoresist durch eine geeignete Maske mit einer Lichtquelle in einem Winkel, der durch das Snelliussche Gesetz auf den erwünschten Winkel bezogen ist, belichtet wird, wie bekannt ist, um den Brechungsindex des Photoresistmaterials zu berücksichtigen.

[0035] Die bevorzugte Höhe für die Pfosten hängt von Faktoren, wie z. B. der Zelldicke, der Dicke und Anzahl der Pfosten und dem LC-Material, ab. Für eine homöotrope Ausrichtung weisen die Pfosten vorzugsweise eine vertikale Höhe auf, die zumindest gleich der durchschnittlichen Vorsprungsbeabstandung ist. Einige oder alle Pfosten könnten die gesamte Zelle überspannen, so dass sie auch als Abstandshalter fungieren.

[0036] Es wird bevorzugt, dass eine Elektrodenstruktur (üblicherweise ein transparenter Leiter, wie z. B. Indium-Zinn-Oxid) auf der Innenoberfläche jeder Zellwand auf eine bekannte Art und Weise vorgesehen ist. Die erste Zellwand z. B. könnte mit einer Mehrzahl von „Zeilen“-Elektroden versehen sein und die zweite Zellwand könnte mit einer Mehrzahl von „Spalten“-Elektroden versehen sein. Es wäre jedoch für einige Anzeigemodi auch möglich, planare (Interdigital-) Elektrodenstrukturen auf nur einer Wand vorzusehen, vorzugsweise der ersten Zellwand.

[0037] Die Zellwände sind vorzugsweise durch einen Zellzwischenraum, der kleiner als 15 µm ist, insbesondere durch einen Zwischenraum, der kleiner als 5 µm ist, voneinander beabstandet.

[0038] Die Innenoberfläche der zweiten Zellwand könnte eine geringe Oberflächenenergie aufweisen, so dass sie eine geringe oder keine Tendenz zeigt, einen bestimmten Typ von Ausrichtung zu bewirken, so dass die Ausrichtung der Richtungsweisungseinrichtung im Wesentlichen durch die Merkmale an der ersten Zellwand bestimmt wird. Es wird jedoch bevorzugt, dass die Innenoberfläche der zweiten Zellwand mit einer Oberflächenausrichtung versehen ist, um eine erwünschte Ausrichtung der lokalen Richtungsweisungseinrichtung zu induzieren. Diese Ausrichtung könnte homöotrop, planar oder geneigt sein. Die Ausrichtung könnte durch ein Array von Merkmalen mit geeigneter Form und/oder Ausrichtung oder durch herkömmliche Mittel, wie z. B. Reiben, Photoausrichtung, ein Monogitter, oder durch Behandlung der Oberfläche der Wand mit einem Mittel, um eine homöotrope Ausrichtung zu induzieren, bereitgestellt werden.

[0039] Für planare und geneigte Ausrichtungen ist die Form der Merkmale vorzugsweise derart, um nur die azimutale Richtungsweisungseinrichtungsrichtung benachbart zu den Merkmalen zu bevorzugen. Die Ausrichtung könnte für jedes Merkmal gleich sein oder die Ausrichtung könnte von Merkmal zu

Merkmal variieren, um so einen Streueffekt in einem der beiden Zustände zu ergeben.

[0040] Alternativ könnte die Form der Merkmale derart sein, um eine Mehrzahl stabiler azimuthaler Richtungsweisungseinrichtungsausrichtungen entstehen zu lassen. Derartige Ausrichtungen könnten in Anzeigemodi nützlich sein, wie z. B. bistabilen verdrillten, nematischen (BTN-) Modi. Diese azimuthalen Richtungsweisungseinrichtungsausrichtungen könnten im Wesentlichen eine gleiche Energie aufweisen (vertikale gleichseitige rechteckige Pforten z. B. ergeben drei Azimutausrichtungsrichtungen mit gleicher Energie) oder eine oder mehrere Ausrichtungsrichtungen könnten eine unterschiedliche Energie aufweisen, so dass, obwohl eine oder mehrere Ausrichtungen mit niedrigerer Energie bevorzugt werden, zumindest eine andere stabile Azimutausrichtung möglich ist. Derartige Ausrichtungen können aus einer Pfortenform resultieren, die zwei Hauptachsen aufweist, die sich um eine kleine Menge unterscheiden, zum Beispiel ein Quadrat, das in eine Drachenform verzerrt ist, oder eine Ellipse, die nahezu kreisförmig ist. Alternativ könnten derartige Ausrichtungen aus einer Orientierung von Pforten (zum Beispiel quadratischen Pforten) auf einem regelmäßigen Gitter resultieren, so dass die Hauptachsen des Querschnitts der Pforten nicht exakt in einer Linie mit Gitterachsen oder in 45° zu diesen Achsen ausgerichtet sind, sondern vielmehr in einem bestimmten Zwischenwinkel, so dass die kleine Orientierungswirkung des Gitters eine azimuthale Ausrichtung gegenüber einer anderen begünstigt, wobei jedoch die Energiedifferenz relativ klein ist, so dass eine stabile Richtungsweisungseinrichtungsausrichtung entlang beider azimuthalen Richtungen möglich ist.

[0041] Das Flüssigkristallbauelement wird üblicherweise als eine Anzeigevorrichtung verwendet und ist mit einer Einrichtung zum Unterscheiden zwischen geschalteten und ungeschalteten Zuständen versehen, wie z. B. Polarisatoren oder einem Zweifarbenfarbstoff.

[0042] Die Zellwände könnten z. B. aus einem nicht-flexiblen Material, wie z. B. Glas, oder aus starren oder flexiblen Kunststoffmaterialien gebildet sein, die Fachleuten auf dem Gebiet der Herstellung einer LC-Anzeige bekannt sind, wie z. B. Polyethersulfon (PES), Polyether-Etherketon (PEEK) oder Poly-(Ethylen-Terephthalat) (PET).

[0043] Für viele Anzeigen ist es wünschenswert, in dem gesamten Sichtfeld eine einheitliche Ausrichtung aufzuweisen. Für derartige Anzeigen könnten die Pforten alle im Wesentlichen die gleiche Form, Größe, Ausrichtung und den gleichen Neigungswinkel aufweisen. Wo jedoch eine Variation einer Ausrichtung erwünscht ist, könnten diese Faktoren oder einer derselben variiert werden, um erwünschte Ef-

ekte zu erzeugen. Die Pforten könnten z. B. unterschiedliche Ausrichtungen in unterschiedlichen Regionen aufweisen, wo unterschiedliche Ausrichtungsrichtungen erwünscht sind. Eine TN-Zelle mit geviertelten Teilpixeln ist ein Beispiel eines Anzeigemodus, der derartige unterschiedliche Ausrichtungen erforderlich macht. Wenn die Abmessungen der Pforten variiert werden, die Stärken von Wechselwirkungen mit dem LC und könnten eine Grauskalierung schaffen. Ähnlich variiert eine Variation der Form der Pforten die Stärke einer Wechselwirkung mit dem LC.

[0044] Die Merkmale könnten wahlweise an beiden Wänden vorgesehen sein, um eine erwünschte lokale Richtungsweisungseinrichtungsausrichtung in der Region beider Wände bereitzustellen. Unterschiedliche Merkmale könnten an jeder Wand vorgesehen sein und die Merkmale könnten unabhängig in verschiedenen Regionen jeder Wand abhängig von der erwünschten Ausrichtung variiert werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0045] Die Erfindung wird nun weiter beispielhaft Bezug nehmend auf die folgenden Zeichnungen beschrieben:

[0046] [Fig. 1](#) einen schematischen Querschnitt durch einen einzelnen Pforten und den umgebenden LC gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei die Ellipsen die LC-Moleküle darstellen, wobei die lange Achse der lokalen Richtungsweisungseinrichtung entspricht;

[0047] [Fig. 2](#) schematische Ansichten eines Querschnitts durch einen einzelnen Pforten und den umgebenden LC eines bistabilen nematischen Bauelements gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung entlang einer der Diagonalen eines Pfortens in unterschiedlichen Zuständen;

[0048] [Fig. 3](#) schematische Ansichten eines Querschnitts durch einen einzelnen Pforten und den umgebenden LC eines bistabilen nematischen Bauelements gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung entlang einer der Diagonalen eines Pfortens in unterschiedlichen Zuständen;

[0049] [Fig. 4](#) eine Draufsicht einer Elementarzelle eines Bauelements gemäß der vorliegenden Erfindung mit Pforten in einem pseudozufälligen Array;

[0050] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) eine Veränderung einer Übertragung einer experimentellen Zelle gemäß einem Aspekt der Erfindung als eine Funktion von Pulslänge und Amplitude zum Umschalten zwischen zwei Zuständen;

[0051] [Fig. 7](#) bis [Fig. 10](#) SEM-Mikrophotographien von Arrays von Pforten, die in der Herstellung von

Flüssigkristallbauelementen gemäß der Erfindung verwendet werden;

[0052] [Fig. 11](#) ist ein Querschnitt, senkrecht zu den Zellwänden, parallel und nahe zu einer Seite eines Pfostens eines Bauelements gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung;

[0053] [Fig. 12](#) zeigt schematische Querschnitte, ähnlich [Fig. 1](#), für einen dreieckigen Pfosten;

[0054] [Fig. 13](#) zeigt schematische Querschnitte, ähnlich [Fig. 1](#), für einen elliptischen Pfosten;

[0055] [Fig. 14](#) bis [Fig. 20](#) sind Ansichten unterschiedlicher Arrays von Merkmalen von Bauelementen gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung

[0056] Die bistabile nematische Zelle, die schematisch in [Fig. 2](#) gezeigt ist, weist eine erste Zellwand **2** und eine zweite Zellwand **4** auf, die eine Schicht aus nematischem LC-Material mit negativer dielektrischer Anisotropie umschließen. Die Moleküle des LC sind als Ellipsen dargestellt, wobei die lange Achse die lokale Richtungsweisungseinrichtung anzeigt. Die Innenoberfläche jeder Zellwand ist in einer bekannten Art und Weise mit einer transparenten Elektrodenstruktur versehen, z. B. Zeilenelektroden **12** auf der ersten Zellwand **2** und Spaltenelektroden **14** auf der zweiten Zellwand **4**.

[0057] Die Innenoberfläche der ersten Zellwand **2** ist mit einem regelmäßigen Array quadratischer Pfosten **10** versehen und die Innenoberfläche der zweiten Zellwand **4** ist flach. Die Pfosten **10** sind etwa 1 µm tief und der Zellzwischenraum beträgt typischerweise 3 µm. Die flache Oberfläche ist behandelt, um eine homöotrope Ausrichtung zu ergeben. Die Pfosten sind nicht homöotrop behandelt.

[0058] Ein derartiges Array quadratischer Pfosten weist zwei bevorzugte azimutale Ausrichtungen entlang der beiden Diagonalen des Pfostens auf. [Fig. 1](#) zeigt einen Querschnitt durch einen Pfosten, wobei der LC um denselben herum verzerrt ist, von einer Ecke zu der gegenüberliegenden. Diese Ausrichtung um den Pfosten herum neigt dann dazu, den Keim für die Ausrichtung des LCs über dem Pfosten zu liefern, derart, dass die durchschnittliche Ausrichtung ebenso entlang dieser Diagonalen ist.

[0059] Durch ein Neigen der Pfosten entlang einer der Diagonalen ([Fig. 2](#)) ist es möglich, diese Ausrichtungsrichtung zu bevorzugen. Durch eine Computersimulation dieser Geometrie haben wir herausgefunden, dass, obwohl nur eine Azimutausrichtungsrichtung vorliegt, es tatsächlich zwei Zustände mit ähnli-

chen Energien gibt, die sich jedoch dadurch unterscheiden, wie stark der LC geneigt ist. [Fig. 2](#) ist eine Schematik der beiden Zustände. In einem Zustand (links in [Fig. 2](#) gezeigt) ist der LC stark geneigt und in dem anderen ist er planar um die Pfosten herum. Die genaue Natur der LC-Ausrichtung hängt von den Details der Struktur ab, für einen Bereich von Parametern jedoch gibt es zwei unterschiedliche Zustände mit unterschiedlichen Neigungswerten. Die beiden Zustände könnten durch eine Betrachtung durch einen Polarisator **6** und einen Analysator **6** unterschieden werden. Der Zustand mit geringem Neigen weist eine hohe Doppelbrechung auf und der Zustand mit hohem Neigen weist eine geringe Doppelbrechung auf.

[0060] Ohne Einschränkung des Schutzbereichs der Erfindung auf jegliche Art und Weise glauben wir, dass die beiden Zustände aufgrund der Art und Weise, auf die der LC durch den Pfosten verformt wird, entstehen könnten. Ein Fließen um einen Pfosten herum bewirkt Regionen mit Hochenergiegedichte an der vorderen und hinteren Kante des Pfostens, wo eine scharfe Richtungsänderung vorliegt. Dies ist in [Fig. 1](#) in der unteren linken und oberen rechten Ecke des Pfostens zu sehen. Diese Energiedichte wird reduziert, wenn die LC-Moleküle geneigt sind, da dort eine weniger starke Richtungsänderung vorliegt. Dies ist bis zu der Grenze klar, dass Moleküle in der gesamten Zelle homöotrop sind. In diesem Fall, gibt es keine Region mit starker Verzerrung an den Pfostenkanten. In dem Zustand größeren Neigens wird diese Verformungsenergie deshalb reduziert, jedoch zu Lasten einer höheren Biege-/Abschrägungsverformungsenergie an der Basis der Pfosten. Der LC in Kontakt mit der flachen Oberfläche zwischen Pfosten ist nicht geneigt, wird jedoch einer scharfen Richtungsänderung unterzogen, wenn er das Neigen um die Pfosten herum annimmt.

[0061] In dem Zustand geringer Neigung wird die Energie in dem entgegengesetzten Sinn ausgeglichen, wobei die starke Verformung um die vordere und die hintere Kante des Pfostens herum teilweise durch den Mangel der Biege-/Abschrägungsverformung an der Basis des Pfostens ausgeglichen wird, da das Neigen um den Pfosten herum einheitlich ist. Unsere Computersimulationen legen nahe, dass für die gegenwärtige Konfiguration der Zustand mit höherem Neigen der Zustand mit niedriger Energie ist.

[0062] Dies wird durch die Ergebnisse einer Computersimulation und in tatsächlichen Zellen gestützt. Wenn die Zellen in einem geeigneten Winkel zwischen gekreuzten Polarisatoren betrachtet werden, kühlen diese sich immer in den dunkleren der beiden Zustände ab. Aus [Fig. 2](#) wäre zu erkennen, dass der Zustand mit hohem Neigen eine geringere Doppelbrechung aufweist und deshalb dunkler erscheint als der Zustand mit niedrigem Neigen. Die genaue Nei-

gungsmenge in dem Zustand mit hohem Neigen ist eine Funktion der elastischen Konstanten des LC-Materials und der planaren Verankerungsenergie des Pfostenmaterials.

[0063] Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) ist ein computererzeugtes Modell der LC-Ausrichtung um einen vier-eckigen Pfosten herum, der demjenigen ähnelt, der in [Fig. 2](#) gezeigt ist, gezeigt, wobei die Innenoberfläche der zweiten Zellwand jedoch behandelt ist, um eine planare Ausrichtung zu ergeben. In dem Zustand, der in [Fig. 3](#) links gezeigt ist, ist die lokale Richtungsweisungseinrichtung stark geneigt und in dem anderen ist er um die Pfosten herum planar. Wie bei der Zelle aus [Fig. 2](#) wird ein Umschalten zwischen den beiden Zuständen durch das Anlegen geeigneter elektrischer Signale erzielt.

[0064] [Fig. 4](#) zeigt ein pseudozufälliges Array von Pfosten für ein alternatives Ausführungsbeispiel der Erfindung, das ein bistabiles Umschalten ohne Interferenzeffekte schafft. Jeder quadratische Pfosten beträgt etwa $0,8 \times 0,8 \mu\text{m}$ und das pseudozufällige Array besitzt eine Wiederholungslänge von $56 \mu\text{m}$.

Zellherstellung

[0065] Ein sauberes Glassubstrat **2**, das mit Indiumzinnoxid (ITO) beschichtet ist, wurde genommen und Elektrodenstrukturen **12** wurden unter Verwendung von herkömmlichen Lithographie- und Nassätzprozeduren gebildet. Das Substrat wurde mit einem geeigneten Photoresist (Shipley S1813) auf eine letztendliche Dicke von $1,4 \mu\text{m}$ aufgeschleudert.

[0066] Eine Photomaske (Compugraphics International PLC) mit einem Array quadratischer undurchlässiger Regionen in einem quadratischen Array wurde in festen Kontakt mit dem Substrat gebracht und eine geeignete UV-Quelle wurde verwendet, um das Photoresist 10 Sekunden lang mit etwa 100 mW/cm^2 zu belichten. Das Substrat wurde unter Verwendung von Microposit Developer in einer Verdünnung von 1:1 mit entionisiertem Wasser etwa 20 Sekunden lang entwickelt und trocken gespült. Das Substrat wurde unter Verwendung einer UV-Quelle mit 365 nm 3 Minuten lang mit 30 mW/cm^2 flutbelichtet und bei 85°C 12 Stunden lang gehärtet. Das Substrat wurde dann einer Tiefen-UV-Härtung unter Verwendung einer UV-Quelle mit 254 nm bei etwa 50 mW/cm^2 über 1 Stunde unterzogen. Durch ein Belichten durch die Maske unter Verwendung einer UV-Quelle in einem versetzten Winkel zu der Normalen zu der Ebene der Zellwand konnten geneigte Pfosten erzeugt werden. Der Neigungswinkel (oder Blaze-Winkel) ist durch das Snelliussche Gesetz auf den Versatzwinkel bezogen. Eine Belichtung mit dem Entwickler beeinflusst auch die Form der Pfosten.

[0067] Ein zweites sauberes ITO-Substrat **4** mit

Elektrodenstrukturen **14** wurde in einer bekannten Art und Weise genommen und behandelt, um eine homöotrope Ausrichtung des Flüssigkristalls unter Verwendung eines Stearylcarboxychrom-Komplexes zu ergeben.

[0068] Eine LC-Testzelle wurde durch Zusammenbringen der Substrate unter Verwendung geeigneter Abstandskugeln (Micropearl), die in einem UV-Aushärtkleber (Norland Optical Adhesives N73) beinhaltet sind, um die Peripherie der Substrate **2, 4** gebildet und unter Verwendung einer UV-Quelle mit 365 nm ausgehärtet. Die Zelle wurde kapillarmäßig mit einer nematischen Flüssigkristallmischung (Merck ZLI 4788-000) gefüllt. Verfahren zum Beabstanden, Zusammenbauen und Füllen von LC-Zellen sind Fachleuten auf dem Gebiet der LCD-Herstellung bekannt und derartige herkömmliche Verfahren könnten auch bei dem Beabstanden, Zusammenbauen und Füllen von Bauelementen gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden.

Experimentelle Ergebnisse

[0069] Die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen die Umschaltantwort einer bistabilen Zelle, aufgezeichnet bei $42,5^\circ\text{C}$ und zwischen gekreuzten Polarisatoren betrachtet. Die Zelle hatte die folgenden Merkmale:
Beabstandung: $3 \mu\text{m}$
Pfostenhöhe: $1,4 \mu\text{m}$
Zwischenraum zwischen Pfosten: $0,7 \mu\text{m}$
Versatzwinkel: 12°
LC: ZLI 4788-000 (Merck), dotiert mit 3% N65 (Norland).

[0070] Es hat sich herausgestellt, dass das Zugabe einer kleinen Menge eines Oberflächenaktivmittel-Oligomers zu dem LC das Umschalten verbesserte. Es ist bekannt, dass das Umschalten in herkömmlichen LC-Bauelementen durch die Zugabe von Oberflächenaktivmittel-Oligomeren zu dem LC verbessert werden kann. Siehe z. B. G. P. Bryan-Brown, E. L. Wood und I. C. Sage, Nature, Bd. 399, Seite 338, 1999. Wir haben den LC mit UV-aushärtbarem Kleber N65 (von Norland) dotiert und denselben ausgehärtet, während er in der isotropen Phase war. Der dotierte LC wurde dann massengefiltert, um die länger-kettigen Längen zu entfernen. Wir haben herausgefunden, dass ein Zugabe von 3 Gew.-% N65 zu dem LC optimal war.

[0071] Gleichstromsymmetrische monopolare Pulse wurden an die Zelle angelegt und die Wirkung auf die Übertragung wurde aufgezeichnet. Jeder Testpuls besaß eine Amplitude V und eine Dauer τ und ihm folgte ein weiterer Puls mit entgegengesetzter Polarität, jedoch mit einer Amplitude von etwa 5% von V , jedoch einer Dauer, die 20 mal länger war. Der zweite Puls war zu klein, um ein Umschalten zu bewirken, verhinderte jedoch einen Ladungsaufbau in

der Zelle nach vielen Testpulsen. Die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen die Veränderung einer Übertragung als eine Funktion der Pulslänge und Amplitude. [Fig. 5](#) zeigt Ergebnisse für ein Umschalten von dem Zustand mit hoher Energie in den Zustand mit geringer Energie und [Fig. 6](#) zeigt Ergebnisse zum Umschalten in der entgegengesetzten Richtung. Schwarz zeigt an, dass sich die Übertragung verändert hatte, so dass die Zelle umgeschaltet wurde. Weiß zeigt keine Veränderung bei der Übertragung an, so dass kein Umschalten stattfand.

[0072] Das Umschalten von dem Zustand mit hoher Energie in den Zustand mit niedriger Energie ist allgemein vorzeichenunabhängig, was anzeigt, dass in dieser Richtung ein Umschalten über die dielektrische Anisotropie stattfindet. Ein Umschalten in der anderen Richtung ist vorzeichenabhängig, was anzeigt, dass das Umschalten durch einen linearen elektrooptischen Effekt vermittelt wird. Wir glauben, dass dies wahrscheinlich der flexoelektrische Effekt ist. In [Fig. 5](#) fällt die Nichtumschaltregion mit der Umschaltregion in [Fig. 6](#) zusammen. Dies legt nahe, dass ein Umschalten von dem Zustand mit hoher Energie in den Zustand mit niedriger Energie durch den flexoelektrischen Effekt erschwert wird.

[0073] In einer Serie weiterer Experimente haben wir die Zellparameter variiert, um ein Stückchen in Richtung Optimierung der Umschaltcharakteristika des Bauelements zu gehen. Eine bevorzugte Zellstruktur ist die folgende: Zellzwischenraum 3 μm ; Pfostengröße 1 μm ; Versatzwinkel 5° entlang einer der Diagonalen des Pfostens; 1,1 μm -Beschichtung mit s1813; N65-Anfangskonzentration 3%.

SEM-Studien von Pfostenarrays

[0074] SEMS von experimentellen Pfostenarrays, die unter Verwendung von Masken mit geeigneten Mustern von Quadraten gebildet sind, sind in den [Fig. 7](#) bis [Fig. 10](#) gezeigt. Die Pfosten in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) wurden unter Verwendung von viereckigen undurchsichtigen Regionen mit 0,7 μm , 90% s1813 und einem Versatzwinkel von 5° gebildet. Der aufmerksame Leser wird erkennen, dass die „viereckigen“ Pfosten mit 0,7 μm nicht sehr viereckig sind und ziemlich abgerundete Oberseiten aufweisen. Die Basen der Pfosten sind viel weniger abgerundet als die Oberseiten der Pfosten. Dies ist konsistent damit, dass die Abrundung durch den Entwicklungsvorgang bedingt ist. Die Oberseiten der Pfosten sind dem Entwickler für eine längere Zeit ausgesetzt als die Basen. Sie sind deshalb anfälliger für einen Angriff. Selbst das nicht ausgesetzte Resist, das die Pfosten bildet, weist eine bestimmte endliche Löslichkeit in dem Resist auf und der Effekt ist der, scharfe Merkmale, wie z. B. Ecken, zuerst anzugreifen. Große Pfosten zeigen viel weniger Abrundung; [Fig. 9](#) z. B. zeigt einige Pfosten mit 2 μm .

[0075] Das andere Merkmal, das in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) besonders offensichtlich ist, sind die Welligkeiten an den Seiten der Pfosten hoch. Man glaubt, dass dies durch eine Interferenz von Licht, das von dem Substrat reflektiert wird, bedingt ist, da diese Arrays von Pfosten durch einen 442 nm-Laserstrahl belichtet wurden. Der Effekt ist in Gittern, die mit einem Maskenausrichter belichtet wurden, der eine UV-Lampe verwendet, die mehrere Wellenlängen emittiert, die inkohärent sind, viel weniger offensichtlich, was den Effekt einer Interferenz reduziert. Diese Welligkeiten scheinen das Umschalten nicht zu beeinflussen.

[0076] Ein weiteres interessantes Merkmal von den SEMS ist die Abwesenheit von Überhängen bei sogar den am stärksten geblazten Pfosten, [Fig. 10](#) z. B. zeigt einige 0,7 μm -Pfosten, die mit 30° belichtet werden, ohne wesentlichen Überhang. Wieder glauben wir, dass mögliche Überhänge sehr anfällig für einen Angriff durch den Entwickler wären.

Computersimulationen mit abgerundeten Pfosten

[0077] Wir haben Computermodelle erzeugt, die den abgerundeten 0,7 μm -Pfosten der [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) sehr ähnlich sehen. Obwohl die Pfosten alles andere als die idealisierten viereckigen Pfosten sind, die wir bei vorherigen Simulationen verwendet hatten, geben diese realistischeren Pfosten dennoch die gleichen Zustände, ausgerichtet entlang der geblazten Diagonalen, jedoch mit zwei unterschiedlichen Beträgen einer Neigung. Die Energien der beiden Zustände sind etwas geringer als zuvor, der geneigte Zustand jedoch hat noch immer die geringste Energie. Es scheint, dass es nicht wesentlich ist, dass scharfe Kanten zu den Pfosten vorliegen. Man glaubt, dass die beiden Zustände aufgrund der Art und Weise entstehen, in der der LC um einen Pfosten herum verzerrt ist (wie zuvor erläutert wurde). Dies gilt, wie auch immer die Form des Querschnitts des Pfostens ist. Sogar zylindrische Pfosten sollten die gleichen beiden Zenitausrichtungen ergeben. Mit einer zylindrischen Symmetrie jedoch gibt es nichts, um die Azimutausrichtung des LC zu fixieren – alle Richtungen werden entartet sein. Die Pfosten müssen eine bestimmte Asymmetrie besitzen, um diese Entartung aufzuheben. Dies könnte z. B. ein elliptischer, rautenförmiger oder quadratischer Querschnitt mit einer kleinen Menge an Blaze sein.

Computersimulationen einer homöotropen Ausrichtung durch Pfosten

[0078] Wir haben einige Computersimulationen der homöotropen Ausrichtung durch Pfosten durchgeführt. Wir haben 3 μm dicke Zellen mit einem Array quadratischer Pfosten, die 300 nm im Durchmesser sind, auf einem Substrat modelliert, wobei das übrige Substrat flach ist, jedoch als ein Material modelliert

ist, das eine starke planare Ausrichtung ergibt. Wir haben eine Vielzahl von Pfostenhöhen und Beabstandungen modelliert, um zu sehen, wann das LC um die Pfosten herum eine homöotrope Ausrichtung annimmt. [Fig. 11](#) zeigt eine Seitenansicht einer Computersimulation einer Region, die einen einzelnen Pfosten, der etwa 1,8 μm hoch ist, auf dem unteren Substrat beinhaltet. Um den Pfosten herum ist das LC stark geneigt, während die Ausrichtung über dem Pfosten aufgrund der Wechselwirkung mit dem oberen Substrat planarer ist.

[0079] In den Computersimulationen haben wir die Wirkung eines Variierens der Pfostenhöhe von 0,2 auf 2,6 μm modelliert, wobei der Zwischenraum zwischen Pfosten von 0,6 bis 1,2 μm variiert. Mit zunehmender Pfostenhöhe verändert sich die Ausrichtung von gerade planar zu bistabil oder multistabil zwischen dem planaren Zustand und einem stärker geneigten Zustand. Bei weiterer Erhöhung der Pfostenhöhe wird der planare Zustand energiemäßig zu hoch und es liegt nur der stark geneigt homöotrope Zustand vor. Aktuelle Studien zeigen, dass eine homöotrope Ausrichtung dort beginnt, wo die Pfostenhöhe in etwa gleich der durchschnittlichen Pfostenbeabstandung ist. Es ist zu erwarten, dass die Wirkung bis zu Pfosten mit sehr kleinem Querschnitt nach unten hin anhält. Eine erwartete obere Grenze des Pfostenquerschnitts für eine homöotrope Ausrichtung ist dort, wo die Pfostenbreite in der Größenordnung des Zellzwischenraums ist.

[0080] [Fig. 12](#) zeigt ein computererzeugtes Modell einer LC-Ausrichtung um einen Pfosten herum, der eine Querschnittsform aufweist, die ein gleichseitiges Dreieck ist. Das Modell nimmt an, dass die gezeigte Ansicht eine quadratische Einheitszelle eines quadratischen Arrays ist. Jede Seite des Quadrats ist etwa 1,5 μm lang. Der Pfosten ist also relativ flach modelliert, mit einem Aspektverhältnis von etwa 1:1. Die Halbierungslinien aller Dreiecke sind in 20° zu Achsen ausgerichtet, die parallel zu den Seiten des quadratischen Arrays sind. Die lokale Flüssigkristall-Richtungsweisungseinrichtung kann eine von drei azimutalen Richtungen annehmen, wie exemplarisch in den [Fig. 12a](#) bis c gezeigt ist.

[0081] Die Tatsache, dass die LC-Richtungsweisungseinrichtungs-Orientierung im Prinzip durch die Form und Orientierung der Pfosten bestimmt ist, ist am besten in [Fig. 13](#) dargestellt, die quadratische Einheitszellen eines quadratischen Arrays mit den gleichen Abmessungen wie [Fig. 12](#) zeigt. Die Pfosten besitzen einen elliptischen Querschnitt. In [Fig. 13a](#) ist die lange Achse der Ellipse parallel zu einer der Achsen des Arrays modelliert. Die [Fig. 13b](#) bis d zeigen, wie eine Drehung der Pfosten um 15°, 30° beziehungsweise 45° die Orientierung der LC-Richtungsweisungseinrichtung beeinflusst. In [Fig. 13a](#) ist die Richtungsweisungseinrichtung mit

der langen Achse der Ellipse und mit einer Achse des Arrays ausgerichtet. Eine progressive Drehung der Pfosten bewirkt eine progressive Drehung der LC-Richtungsweisungseinrichtung, obwohl eine gewisse schwache Ausrichtungswirkung von dem Array für die Pfostenausrichtungen von 15° und 30° zu sehen ist. Die Richtungsweisungseinrichtungs-ausrichtung wird im Prinzip durch die Form und Orientierung der Pfosten bestimmt. Durch ein Anordnen der Pfosten in einem pseudozufälligen Array, wie zum Beispiel in [Fig. 4](#) gezeigt ist, können die Wirkungen des Arrays insgesamt beseitigt werden. Die [Fig. 14](#) bis [Fig. 18](#) zeigen perspektivische Ansichten von Pfosten von Bauelementen gemäß alternativen Ausführungsbeispielen der Erfindung. In [Fig. 14](#) sind elliptische Pfosten in einem regelmäßigen Array angeordnet. Die Pfosten sind alle in der gleichen Höhe und sind so angeordnet, dass ihre langen Achsen parallel zueinander sind. Abhängig von dem Aspektverhältnis erzeugt dies eine einheitliche Richtungsweisungseinrichtungs-ausrichtung in einer einzelnen azimutalen Richtung. Abhängig von ihrer Höhe erzeugen die Pfosten entweder eine einheitliche planare Ausrichtung, eine bistabile oder multistabile Ausrichtung (planar oder geneigt) oder eine homöotrope Ausrichtung (die geneigt sein kann). Die Pfosten in [Fig. 15](#) sind ähnlich, jedoch in einem zufälligen Array, was Interferenzeffekte im Wesentlichen beseitigt. Die Pfosten können einen nicht-einheitlichen Querschnitt aufweisen, wie in [Fig. 20](#) gezeigt ist, oder sie können einen Überhang aufweisen, wie zum Beispiel in [Fig. 19](#) gezeigt ist. In [Fig. 16](#) sind die Pfosten in einem regelmäßigen Array, besitzen jedoch in unterschiedlichen Regionen unterschiedliche Höhen. Dies erzeugt eine höhere Neigung in den Regionen, in denen die Pfosten höher sind, und deshalb unterschiedliche optische Effekte. In einem HAN-Anzeigemodus zum Beispiel schaltet eine stärker geneigte Ausrichtung bei niedrigeren Spannungen um. In [Fig. 17](#) sind elliptische Pfosten zufällig orientiert, was eine Ausrichtungsstruktur schafft, in der es keine stark bevorzugte Langbereichsorientierung der nematischen Richtungsweisungseinrichtung gibt. Es wird in Betracht gezogen, dass diese Struktur und andere wie diese mit einem LC-Material mit positiver dielektrischer Anisotropie in einer Anzeige mit einem Streumodus verwendet werden können. [Fig. 18](#) stellt eine Anordnung von Pfosten mit einer Mehrzahl von Formen und Größen dar, die verwendet werden können, um eine kontrollierte Ausrichtung in unterschiedlichen Bereichen zu ergeben, und unterschiedliche Effekte, wie zum Beispiel Grauskalierung. Die Pfosten in [Fig. 19](#) sind in unterschiedlichen Regionen der Anzeige in unterschiedlichen Winkeln geneigt, wodurch unterschiedliche Neigungswinkel in der LC-Ausrichtung und die Möglichkeit einer Erzeugung einer Grauskala, zum Beispiel in einem HAN-Modus, entstehen.

Patentansprüche

1. Ein Flüssigkristallbauelement, das folgende Merkmale aufweist: eine erste Zellwand (2) und eine zweite Zellwand (4), die eine Schicht aus einem Flüssigkristallmaterial einschließen;
Elektroden (12, 14) zum Anlegen eines elektrischen Feldes über zumindest einen Teil des Flüssigkristallmaterials;
und eine Oberflächenausrichtstruktur an der Innenoberfläche zumindest der ersten Zellwand (2), die eine gewünschte Ausrichtung mit der Flüssigkristall-Richtungsweisungseinrichtung liefert, wobei die Oberflächenausrichtstruktur ein zweidimensionales Array von aufrechten Pfosten (10) umfasst, die aus einem Photoresist oder einem Kunststoffmaterial gebildet sind und die dahin gehend geformt und orientiert sind, die gewünschte Ausrichtung zu erzeugen; jedoch nicht einschließlich jegliches beliebigen Bauelements, bei dem die Pfosten (10) mit einem Material behandelt oder aus einem Material gebildet sind, das eine örtliche homöotrope Ausrichtung bewirkt.

2. Ein Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die Pfosten (10) eine Höhe im Bereich von 0,5 bis 5 µm aufweisen.

3. Ein Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die Pfosten (10) eine Höhe im Bereich von 1,0 bis 1,2 µm aufweisen.

4. Ein Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem zumindest ein Teil einer Seitenwand der Pfosten (10) bezüglich der Normalen zu der Ebene der ersten Zellwand (2) geneigt ist.

5. Ein Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem jeder Pfosten eine Breite im Bereich von 0,2 bis 3 µm aufweist.

6. Ein Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die Pfosten (10) zwischen 0,1 und 5 µm voneinander beabstandet sind.

7. Ein Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem das Flüssigkristallmaterial ein Tensid enthält.

8. Ein Flüssigkristallbauelement gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die gewünschte Ausrichtung eine einheitliche homöotrope oder geneigte homöotrope Ausrichtung ist.

9. Ein Bauelement gemäß Anspruch 8, bei dem die Höhe der Pfosten (10) zumindest gleich der durchschnittlichen Beabstandung zwischen den Pfosten ist.

10. Ein Bauelement gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die gewünschte Ausrichtung eine einheitliche Ausrichtung in einer einzi-

gen azimuthalen Richtung ist.

11. Ein Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die Pfosten (10) in unterschiedlichen Regionen des Bauelements eine unterschiedliche Höhe, eine unterschiedliche Form, eine unterschiedliche Neigung und/oder eine unterschiedliche Orientierung aufweisen.

12. Ein Bauelement gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem jeder Pfosten (10) eine gesonderte Struktur ist.

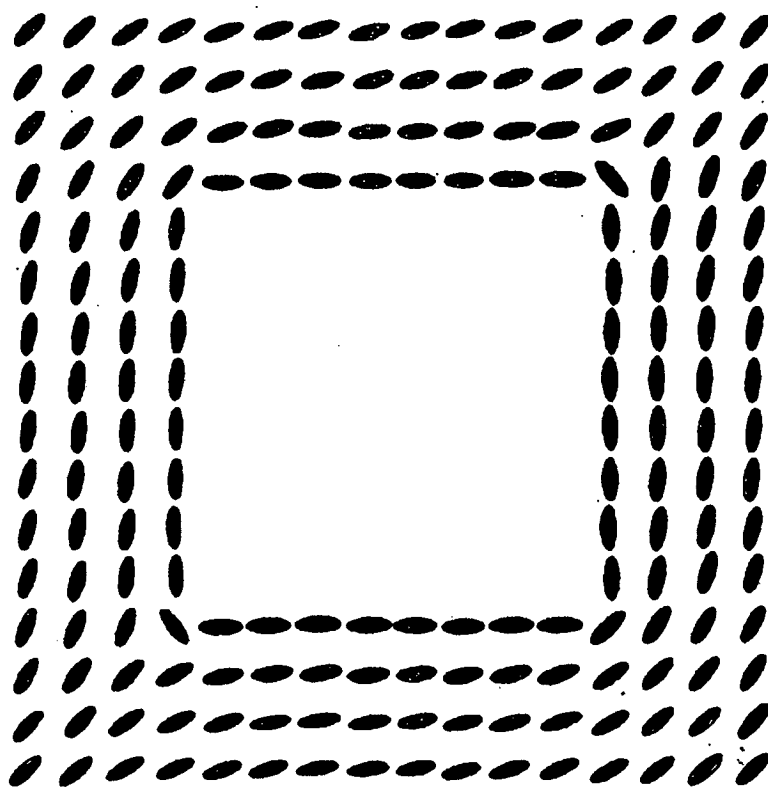
13. Ein Flüssigkristallbauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die gewünschte Ausrichtung aus einer Mehrzahl von stabilen azimuthalen Richtungen auswählbar ist.

14. Ein Bauelement gemäß Anspruch 13, bei dem die Verzerrungsenergie des Flüssigkristallmaterials nicht in allen der azimuthalen Richtungen dieselbe ist.

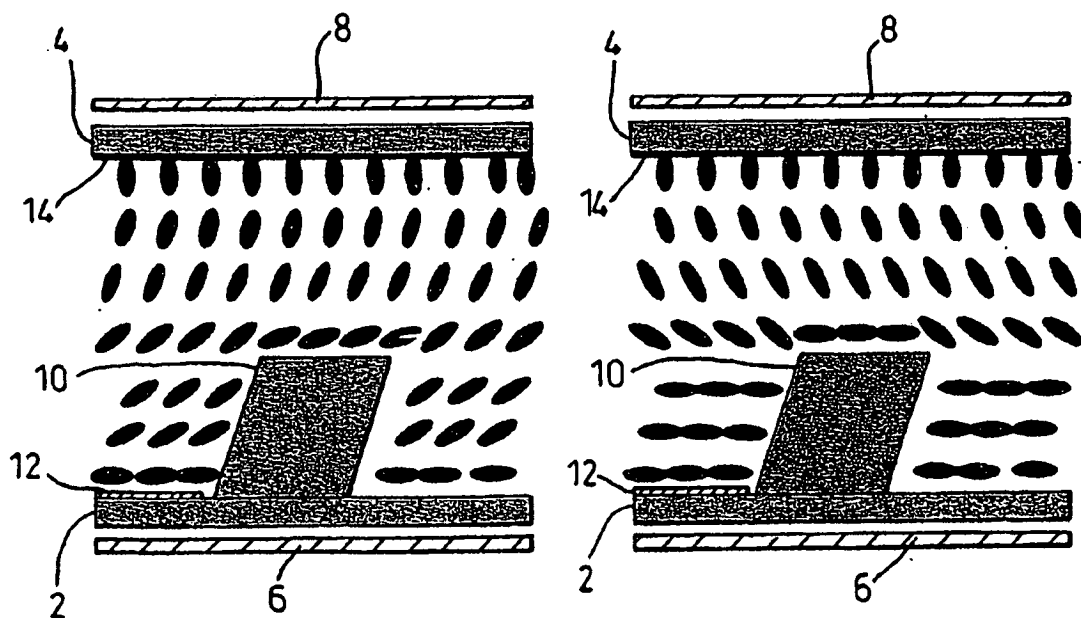
15. Ein Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die gewünschte Ausrichtung aus zumindest drei azimuthalen Richtungen auswählbar ist.

16. Ein Verfahren zum Herstellen eines Flüssigkristallbauelements gemäß Anspruch 1, das folgende Schritte umfasst: Befestigen einer ersten Zellwand (2) an einer zweiten Zellwand (4), um eine Zelle zu erzeugen, die beabstandete Zellwände (2, 4) aufweist; Füllen der Zelle mit einem Flüssigkristallmaterial und Abdichten der Zelle; wobei eine oder beide der Zellwände zumindest eine Elektrodenstruktur (12, 14) auf derselben beziehungsweise denselben aufweisen, so dass das Bauelement Elektrodenstrukturen (12, 14) zum Anlegen eines elektrischen Feldes über zumindest einen Teil des Flüssigkristallmaterials aufweist; wobei die erste Zellwand (2) eine Ausrichtstruktur auf einer Oberfläche derselben zum Liefern einer gewünschten Ausrichtung mit der Richtungsweisungseinrichtung des Flüssigkristallmaterials aufweist, wobei die Ausrichtstruktur ein zweidimensionales Array von aufrechten Pfosten (10) umfasst, die aus einem Photoresist oder einem Kunststoffmaterial gebildet sind und die dahin gehend geformt und orientiert sind, die gewünschte Ausrichtung zu erzeugen; jedoch nicht einschließlich jeglicher beliebigen Zellwand, bei der die Pfosten (10) mit einem Material behandelt oder aus einem Material gebildet sind, das eine örtliche homöotrope Ausrichtung bewirkt.

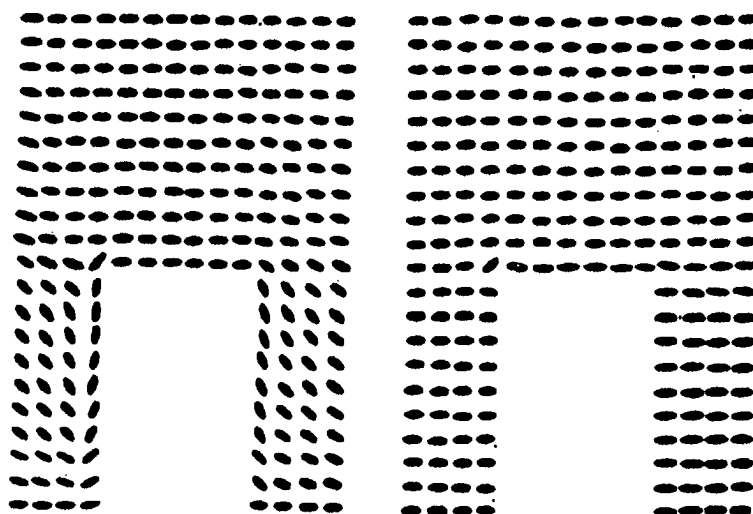
Es folgen 11 Blatt Zeichnungen



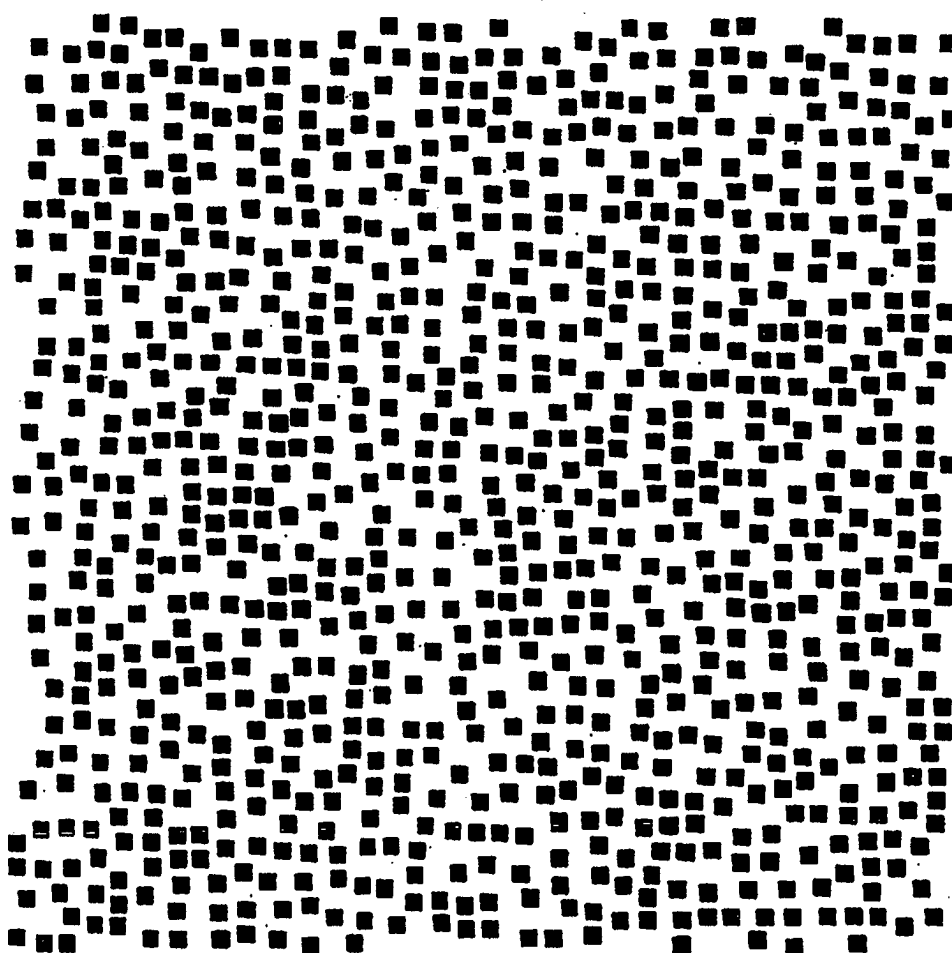
FIGUR 1



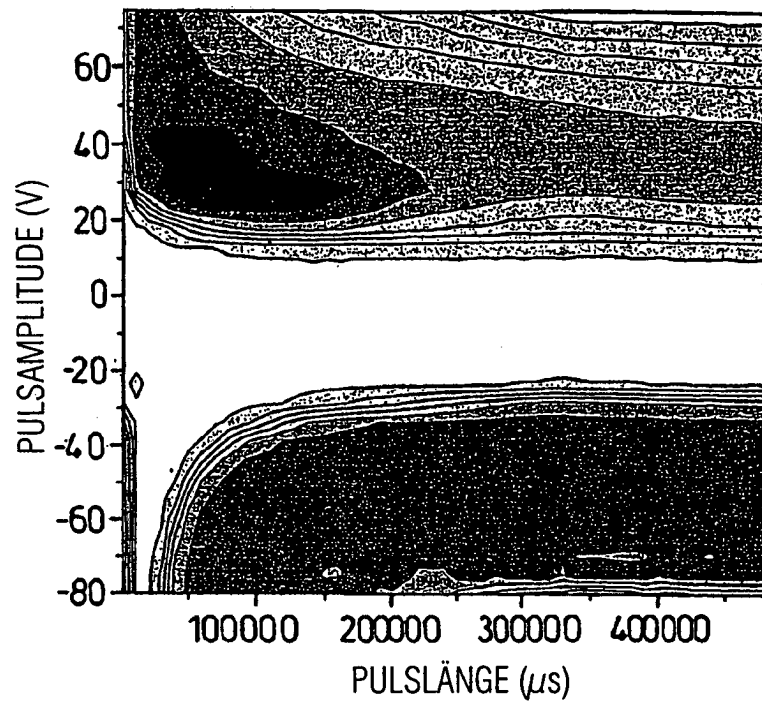
FIGUR 2



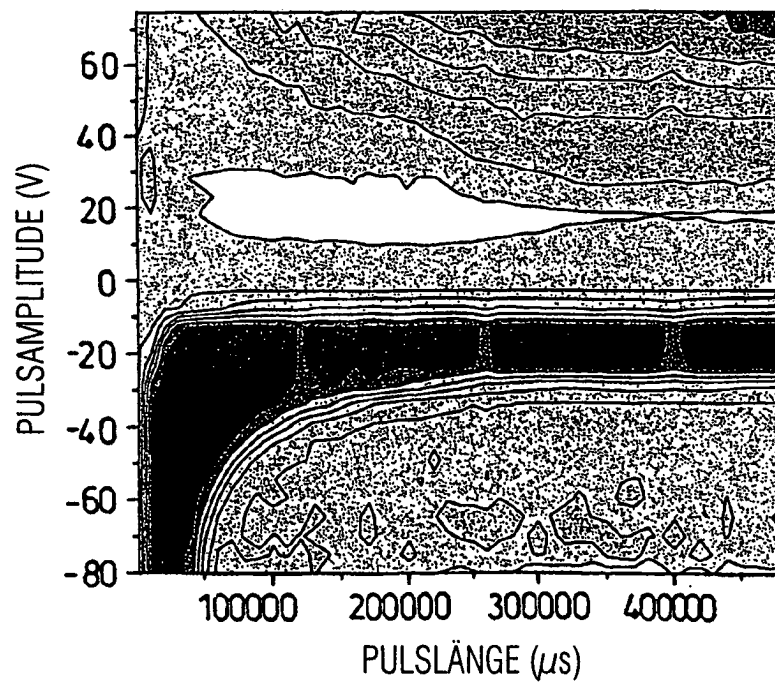
FIGUR 3



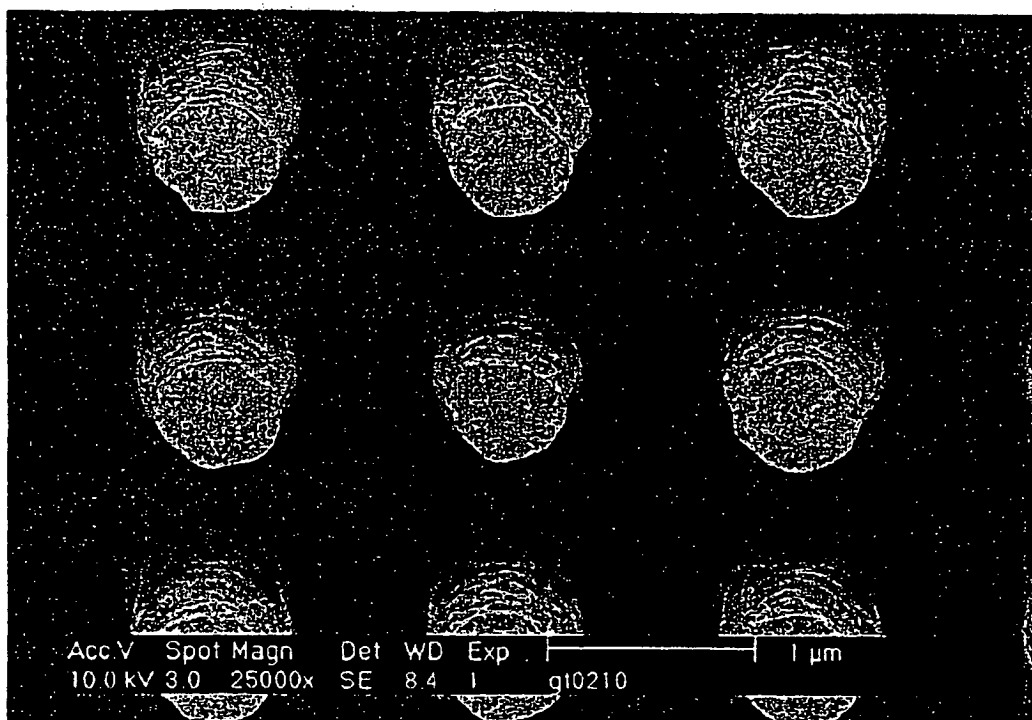
FIGUR 4



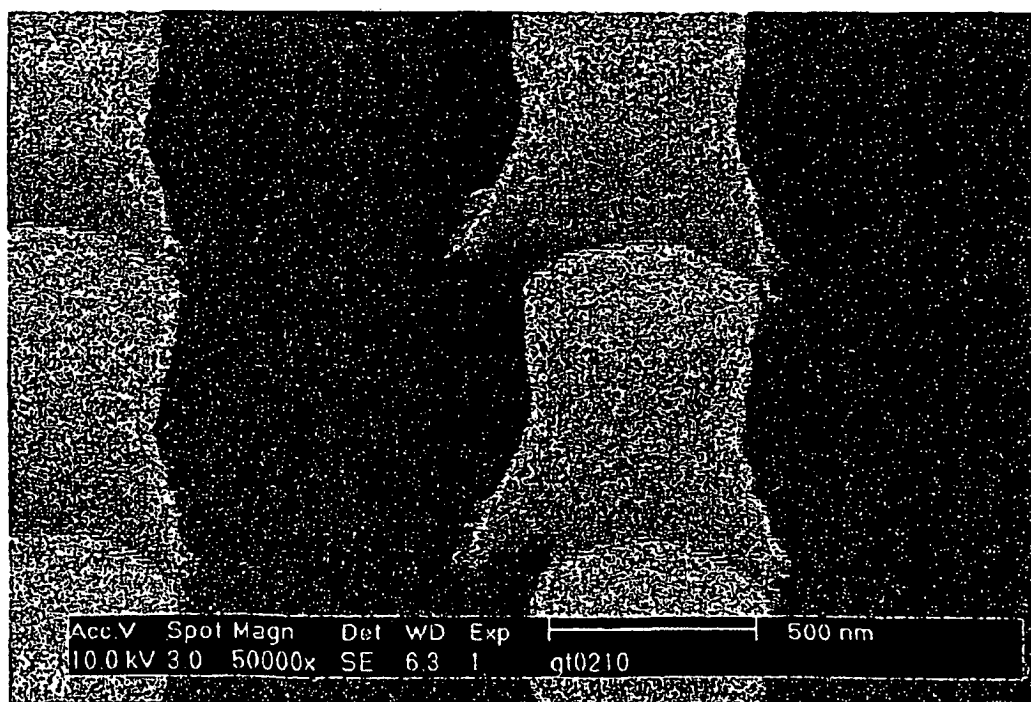
FIGUR 5



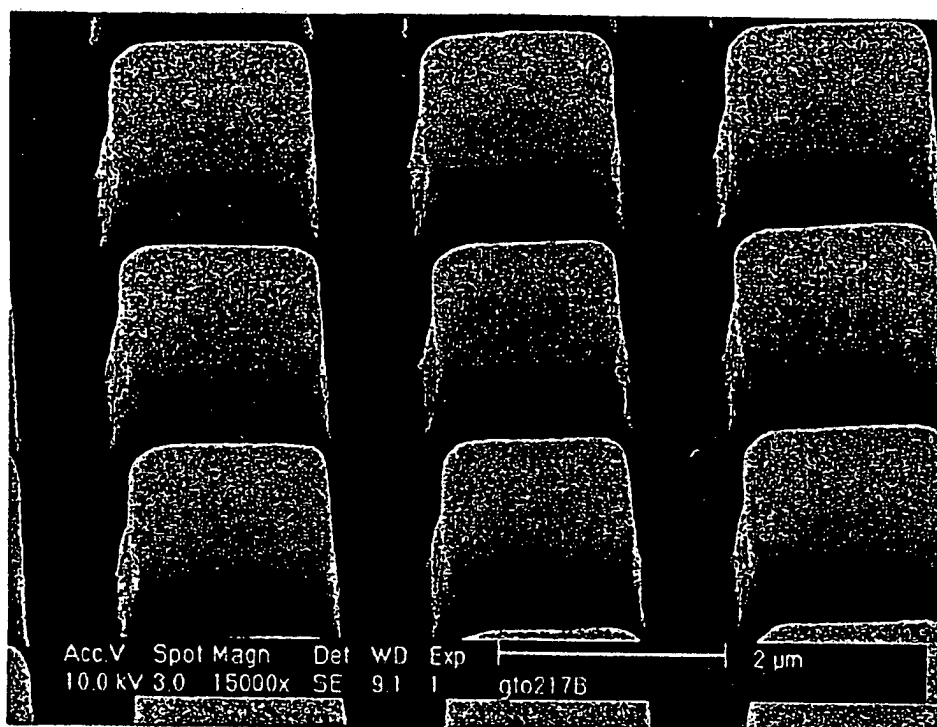
FIGUR 6



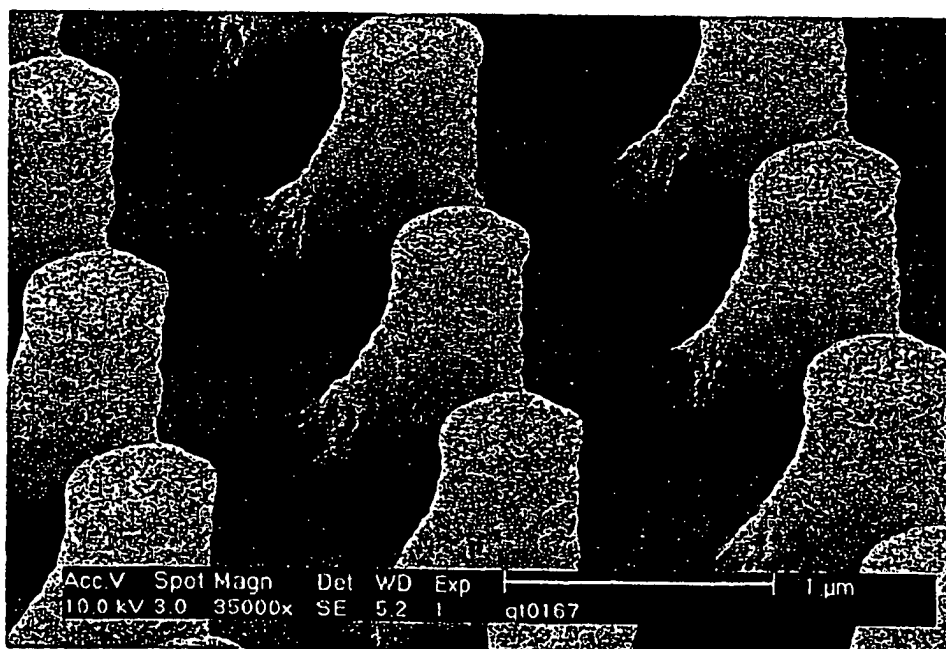
FIGUR 7



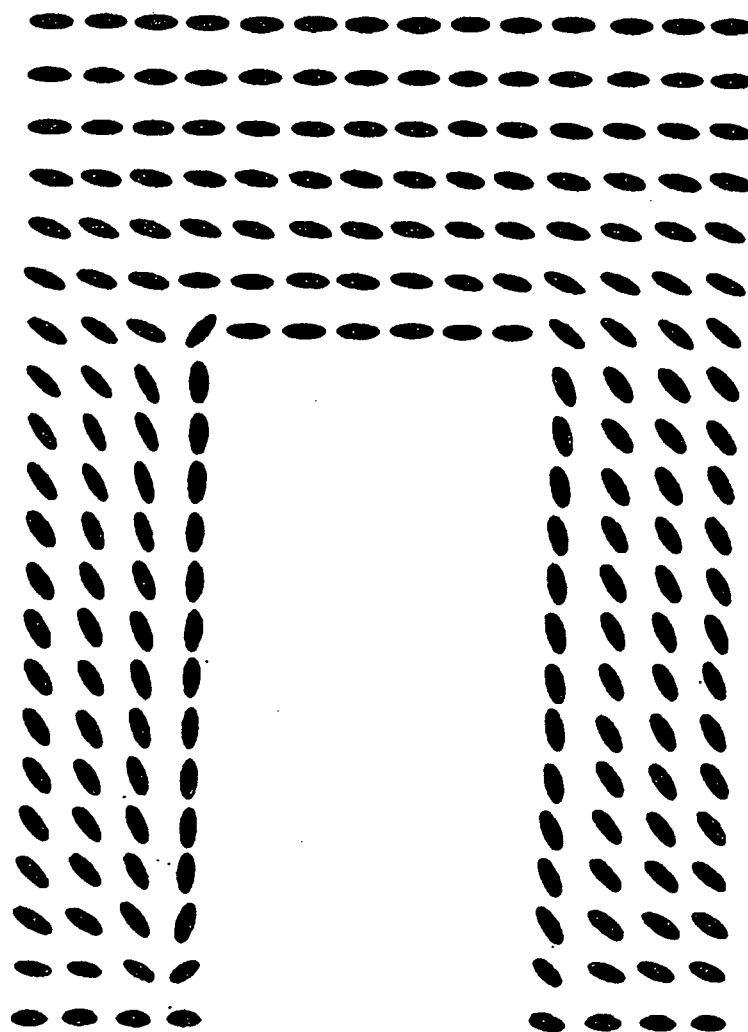
FIGUR 8



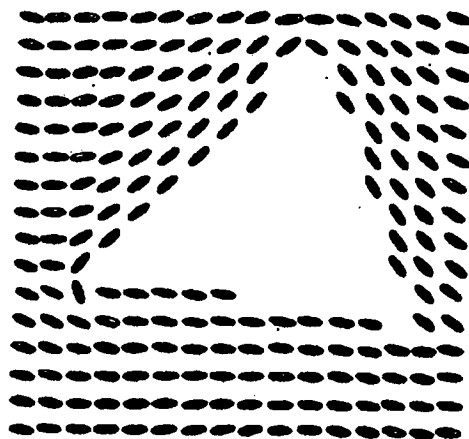
FIGUR 9



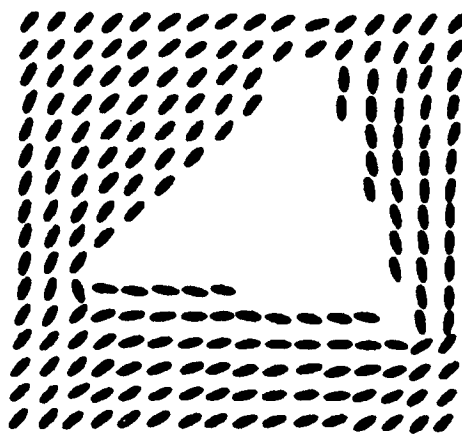
FIGUR 10



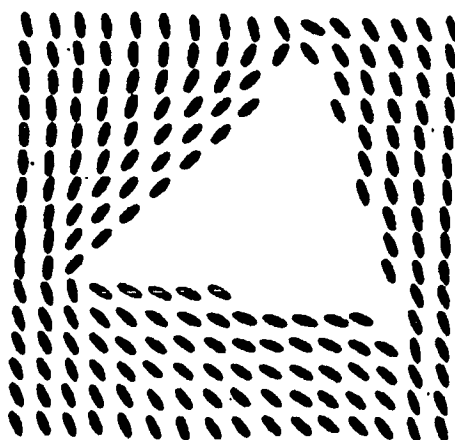
FIGUR 11



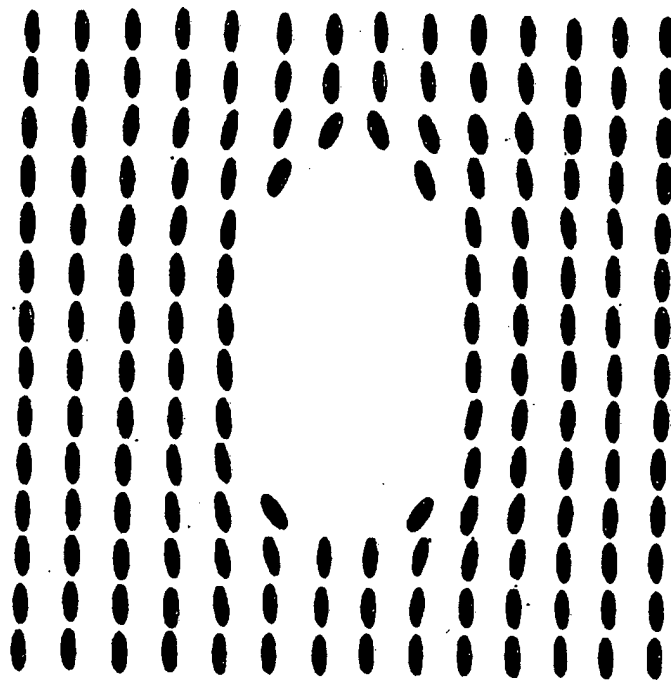
FIGUR 12A



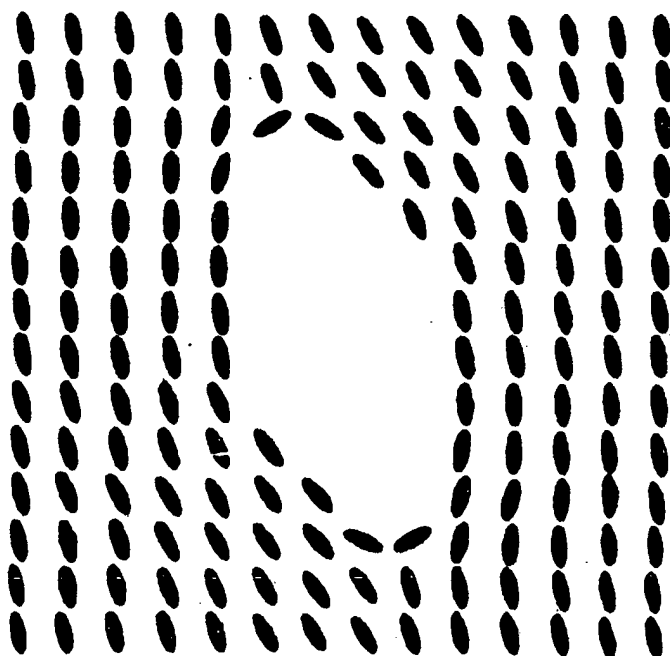
FIGUR 12B



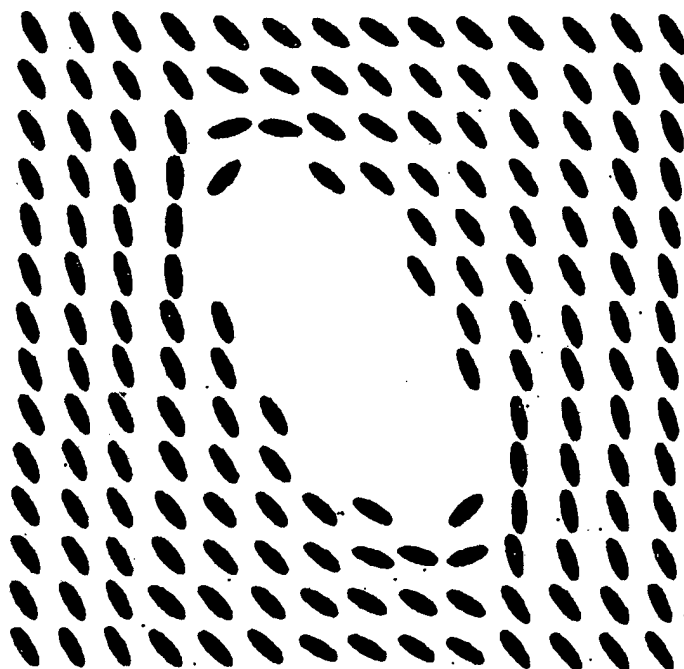
FIGUR 12C



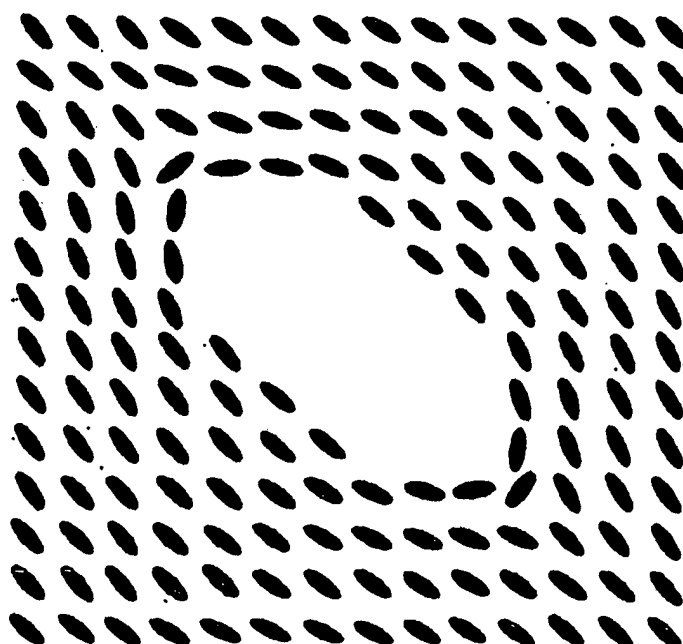
FIGUR 13A



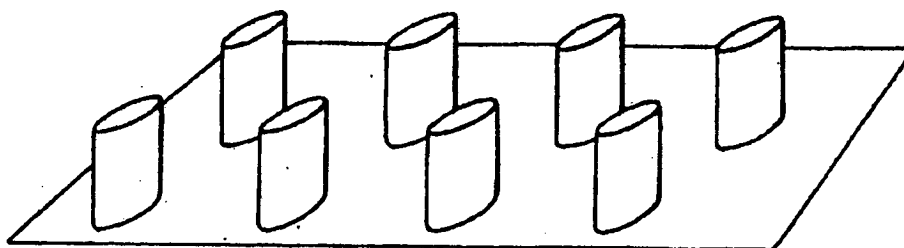
FIGUR 13B



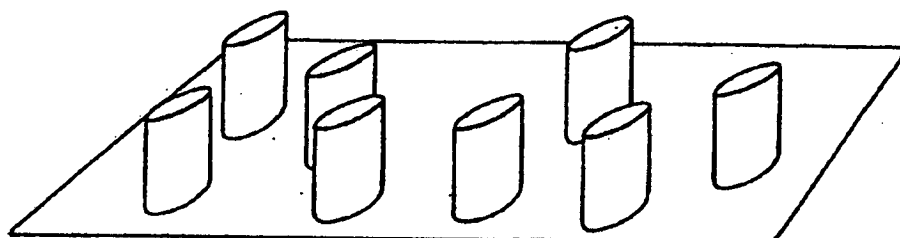
FIGUR 13C



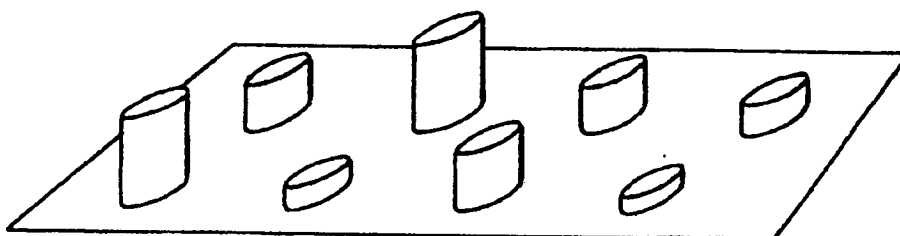
FIGUR 13D



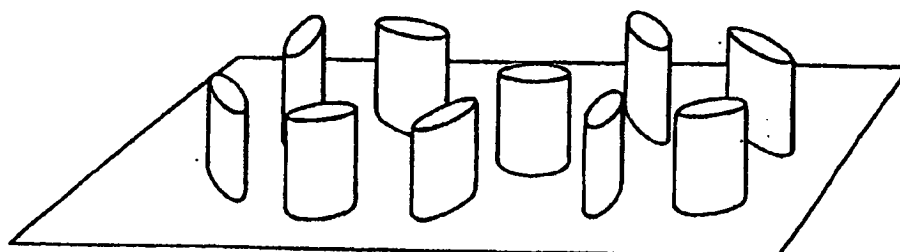
FIGUR 14



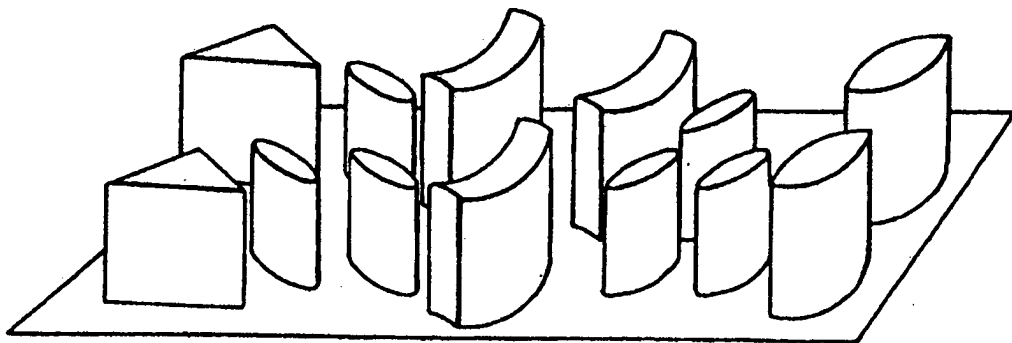
FIGUR 15



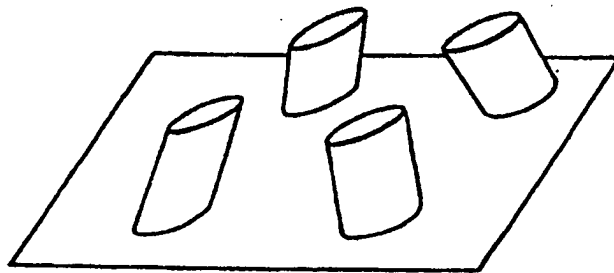
FIGUR 16



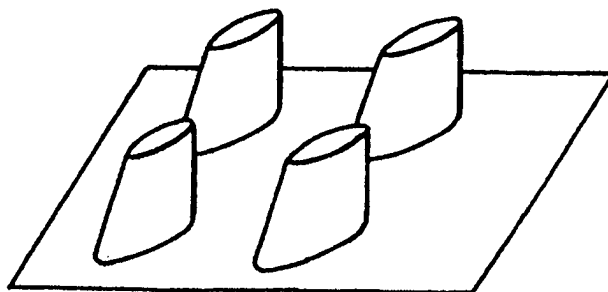
FIGUR 17



FIGUR 18



FIGUR 19



FIGUR 20