



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 34 869 T2 2008.02.14

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 139 151 B1

(51) Int Cl.⁸: G02F 1/1337 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 34 869.5

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 302 479.1

(96) Europäischer Anmeldetag: 27.03.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 04.10.2001

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 16.05.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 14.02.2008

(73) Patentinhaber:

Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(74) Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach

(72) Erfinder:

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

(54) Bezeichnung: Bistable nematische Flüssigkristallvorrichtung

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

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

Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf bistabile Nematischer-Flüssigkristall-Vorrichtungen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Flüssigkristall-Vorrichtungen weisen typischerweise ein Paar gegenüberliegender, voneinander beabstandeter durchscheinender Zellwände mit einem Flüssigkristall-Material („LC“-Material; LC = liquid crystal) zwischen denselben auf. Die Zellwände weisen transparente Elektrodenstrukturen zum Anlegen von Feldern zur Ausrichtung des LC-Materials auf.

[0003] LC-Materialien sind stabartige oder leistenartige Moleküle, die entlang ihrer langen und kurzen Achse unterschiedliche optische Eigenschaften aufweisen. Die Moleküle zeigen eine bestimmte Fernordnung, so dass sie lokal dazu neigen, ähnliche Orientierungen anzunehmen wie ihre Nachbarn. Die lokale Orientierung der langen Achsen der Moleküle wird als der Direktor bezeichnet. Wenn der Direktor senkrecht zu der Ebene der Zellwände orientiert ist, wird dies als homöotrope Ausrichtung bezeichnet. Eine Ausrichtung des Direktors entlang der Ebene der Zellwände oder in einem Winkel zu der Ebene der Zellwände wird als planare homogene bzw. geneigte homogene Ausrichtung bezeichnet.

[0004] Es gibt drei Typen von LC-Materialien: nematisch, cholesterisch (chiral-nematisch) und smekatisch. Die vorliegende Erfindung betrifft Vorrichtungen unter Verwendung nematischer LC-Materialien, die optional chiral oder chiral dotiert sein könnten.

[0005] Typische LC-Anzeigen, die nematische LC-Materialien einsetzen, sind monostabil, wobei ein Anlegen eines elektrischen Feldes bewirkt, dass sich die LC-Moleküle in einem „An“-Zustand ausrichten, und eine Entfernung des elektrischen Feldes es erlaubt, dass die LC-Moleküle in einen vorbestimmten „Aus“-Zustand zurückkehren können. Beispiele derartiger monostabiler Modi sind ein verdrehter nematischer (TN; TN = twisted nematic), ein superverdrehter nematischer (STN; STN = supertwisted nematic) und ein hybrider ausgerichteter nematischer (HAN; HAN = hybrid aligned nematic) Modus. Jedes „An“-Pixel muss über einer Schwelle eines elektrischen Feldes beibehalten werden, was bei der Matrixadressierung komplexer Anzeigen Probleme bewirken kann. Diese Probleme können durch ein Treiben jedes Pixels durch einen Dünnfilmtransistor (TFT; TFT = thin film transistor) überwunden werden, eine Herstellung großflächiger TFT-Arrays jedoch ist schwierig und trägt zu den Herstellungskosten bei.

[0006] Eine Anzahl bistabiler LC-Vorrichtungen wurde vorgeschlagen, bei denen ein nematischer LC mehr als eine stabile Orientierung des Direktors aufweist und zwischen zwei stabilen Zuständen umgeschaltet werden kann, wenn er durch geeignete Signalverläufe adressiert wird.

[0007] Das U.S.-Patent mit der Nummer 4,333,708 offenbart eine multistabile LC-Vorrichtung, in der ein Umschalten zwischen stabilen Konfigurationen durch die Bewegung von Disklinationen ansprechend auf elektrische Felder geschieht.

[0008] In der WO 91/11747 und der WO 92/00546 ist vorgeschlagen, eine bistabile Oberfläche durch sorgfältige Kontrolle der Dicke und Verdampfung von SiO-Beschichtungen bereitzustellen. Eine erste stabile planare Orientierung des Direktors könnte erhalten werden und eine zweite stabile Orientierung, in der der Direktor in einem Azimutwinkel (in der Ebene der Oberfläche) von 90° zu der ersten Orientierung in der Ebene der Oberfläche ist, und um etwa 30° geneigt.

[0009] In der GB 2,286,467 wurde vorgeschlagen, eine azimutale bistabile Oberfläche zu erzielen, indem eine Bi-Gitteroberfläche verwendet wird, in der der Direktor planar zu der Oberfläche ist und zwei Oberflächenorientierungen durch eine präzise Steuerung der Abmessungen des Gitters stabilisiert sind.

[0010] In „Mechanically Bistable Liquid-Crystal Display Structures“, R. N. Thurston u. a., IEEE Trans. an Elec. Devices, Bd. ED-27, Nr. 11, November 1980, sind zwei bistabile Nematischer-LC-Modi beschrieben, die „vertikal-horizontal“ und „horizontal-horizontal“ genannt werden. In dem vertikal-horizontalen Modus werden beide Zellwände behandelt, um grob eine 45°-Neigung zu ergeben, was es ermöglicht, dass die Direktoren zwischen zwei Zuständen in einer Ebene umgeschaltet werden können, die senkrecht zu den Hauptoberflächen der Vorrichtung ist. In dem horizontal-horizontalen Modus ist der Direktor zwischen zwei Winkeln in einer Ebene parallel zu den Hauptoberflächen der Vorrichtung umschaltbar.

[0011] Die WO 97/14990 und WO 99/34251 beschreiben die Verwendung einer Mono-Gitteroberfläche mit einem homöotropen lokalen Direktor, der zwei stabile Zustände mit unterschiedlichen Neigungswinkeln innerhalb der gleichen Azimutebene besitzt. Die homöotrope Ausrichtung wird durch Erzeugen des Monogitters in einer Schicht aus einem Material, das eine spontane homöotrope Orientierung bewirkt, oder praktischer durch Beschichten der Gitteroberfläche mit einem eine homöotrope Ausrichtung induzierenden Mittel, wie z. B. Lecithin, erzielt.

[0012] Wir haben herausgefunden, dass eine bistabile Nematischer-LC-Vorrichtung unter Verwendung

eines Array von Merkmalen aufgebaut sein könnte, die so geformt sind, um es zu ermöglichen, dass der Direktor einen von zwei Neigungswinkeln in im Wesentlichen der gleichen Azimutrichtung annimmt. Die Zelle kann zwischen den beiden Neigungszuständen durch ein angelegtes elektrisches Feld umgeschaltet werden, um Informationen anzuzeigen, die nach der Entfernung des Feldes fortdauern können.

[0013] Der Ausdruck „Azimutrichtung“ wird hierin wie folgt verwendet. Die Wände einer Zelle sollen in der x,y-Ebene liegen, so dass die Normale zu den Zellwänden die z-Achse ist. Zwei Neigungswinkel in der gleichen Azimutrichtung bedeutet zwei unterschiedliche Direktororientierungen in der gleichen x,z-Ebene, wobei x als die Projektion des Direktors auf die x,y-Ebene gesehen wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine bistabile Nematicscher-Flüssigkristall-Vorrichtung bereitgestellt, die folgende Merkmale aufweist:

eine erste Zellwand und eine zweite Zellwand, die eine Schicht aus einem nematischen Flüssigkristallmaterial umschließen;

Elektroden zum Anlegen eines elektrischen Feldes über zumindest einen Teil des Flüssigkristallmaterials;

eine Oberflächenausrichtung auf der Innenoberfläche zumindest der ersten Zellwand, die eine Ausrichtung mit den Flüssigkristallmolekülen schafft;

wobei die Oberflächenausrichtung ein Array von Merkmalen aufweist, die eine Form und/oder Orientierung aufweisen, um zu induzieren, dass der Direktor benachbart zu den Merkmalen zwei unterschiedliche Neigungswinkel in im Wesentlichen der gleichen Azimutrichtung annimmt, und wobei die Merkmale nicht mit einem Material behandelt oder aus einem Material gebildet sind, das eine homöotrope Ausrichtung induziert;

wobei die Anordnung derart ist, dass zwei stabile Flüssigkristallmolekularkonfigurationen vorliegen können, nachdem geeignete elektrische Signale an die Elektroden angelegt wurden.

[0015] Wir haben überraschend herausgefunden, dass die Orientierung des Direktors durch die Geometrie der Merkmale induziert wird, und nicht durch das Array oder Gitter.

[0016] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weisen die Merkmale eine Mehrzahl hochstehender Stützen auf. Die Merkmale könnten auch Hügel, Pyramiden, Kuppeln, Wände und andere Kaps aufweisen, die geformt oder orientiert sind, um es zu ermöglichen, dass der LC-Direktor einen von zwei unterschiedlichen Neigungswinkeln in im Wesentlichen der gleichen Azimutrichtung annehmen kann. Die Er-

findung ist im Folgenden aus Bequemlichkeit hinsichtlich Stützen beschrieben; es wird jedoch darauf verwiesen, dass die Erfindung nicht auf dieses Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist. Die Ständer könnten im Wesentlichen gerade Seiten aufweisen, die entweder normal oder geneigt in Bezug auf die Hauptebenen der Vorrichtung sind, oder die Stützen könnten eine gekrümmte oder unregelmäßige Oberflächenform oder Konfiguration aufweisen.

[0017] Der Direktor neigt dazu, sich lokal in einer Orientierung auszurichten, die von der spezifischen Form der Stütze abhängt. Für ein Array quadratischer Stützen könnte sich der Direktor entlang einer der beiden Diagonalen der Stützen ausrichten. Wenn eine andere Form ausgewählt wird, könnte es mehr als zwei Azimutrichtungen geben, oder nur eine. Eine gleichseitige dreieckige Stütze zum Beispiel kann drei Richtungen induzieren, die im Wesentlichen entlang der Winkelhalbierungslien sind. Eine ovale oder Rautenform, bei der eine Achse länger ist als die anderen, könnte eine einzelne lokale Direktororientierung induzieren, die die Azimutrichtung definiert. Es ist zu erkennen, dass eine derartige Orientierung durch einen sehr breiten Bereich von Stützenformen induziert werden kann. Ferner ist es durch Neigen einer Quadratstütze entlang einer der Diagonalen möglich, eine Richtung gegenüber einer anderen zu bevorzugen. Ähnlich kann ein Neigen einer zylindrischen Stütze eine Ausrichtung in der Neigungsrichtung induzieren.

[0018] Da die lokale Direktororientierung durch die Geometrie der Stützen bestimmt ist, muss das Array kein regelmäßiges Array sein. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Stützen in einem zufälligen oder pseudozufälligen Array und nicht in einem regelmäßigen Gitter angeordnet. Diese Anordnung hat den Vorteil eines Beseitigens von Beugungsfarben, die aus der Verwendung regelmäßiger Strukturen resultieren könnten. Ein derartiges Array kann als Diffusor wirken, der den Bedarf nach einem externen Diffusor in einigen Anzeigen beseitigen könnte. Natürlich könnte, wenn eine Beugungsfarbe in der Anzeige erwünscht ist, das Array regelmäßig hergestellt werden und die Stützen könnten in Intervallen beabstandet sein, die die erwünschte Interferenzwirkung erzeugen. So könnte die Struktur separat optimiert werden, um die erforderliche Ausrichtung zu ergeben und auch die optische Wirkung, die aus einer texturierten Oberfläche resultiert, zu lindern oder zu verbessern.

[0019] Die Stützen könnten durch ein beliebiges geeignetes Mittel gebildet werden; wie z. B. durch Photolithographie, Prägen, Gießen, Spritzgießen oder Übertragung von einer Trägerschicht. Es ist nicht nötig, die Oberflächen mit einer Beschichtung zu behandeln, um eine homöotrope Ausrichtung zu induzieren.

[0020] Bei einem Ausführungsbeispiel wird ein bestimmtes Maß an Verdrehung in dem LC-Direktor induziert, was die optischen Charakteristika der Vorrichtung verbessern könnte. Die Verdrehung könnte durch ein Verwenden von LC-Materialien, die chiral sind, oder die chiral dotiert wurden, induziert werden. Zusätzlich oder alternativ könnte eine Verdrehung durch Behandeln der Innenoberfläche der zweiten Zellwand, um eine planare oder geneigte planare Ausrichtung zu induzieren, die in einem Winkel ungleich Null in Bezug auf die Azimutrichtung ist, die durch die Merkmale auf der ersten Zellwand induziert wird, induziert werden.

[0021] Die zweite Zellwand ist vorzugsweise behandelt, um eine homöotrope lokale Ausrichtung zu induzieren, die durch bekannte Oberflächenbehandlungen, wie z. B. Lecithin oder einen Chromkomplex, erreicht werden kann. Bei diesem Modus ist es ebenso wünschenswert, einen nematischen LC mit negativer dielektrischer Anisotropie zu verwenden, um ein Umschalten von einem Zustand mit weniger Energie und großer Neigung in einen Zustand mit größerer Energie und wenig Neigung zu erleichtern. Wir haben jedoch herausgefunden, dass eine planare Ausrichtung auch ein bistabiles Umschalten zwischen optisch unterschiedlichen Zuständen erlaubt. Die planare Ausrichtung wurde unter Verwendung eines Mono-Gitters auf der zweiten Oberfläche erzielt, wobei die Rillen parallel zu den bevorzugten Richten auf der anderen Oberfläche ausgerichtet sind. Nematische Flüssigkristalle mit positiver dielektrischer Anisotropie können ebenso verwendet werden. Aus Bequemlichkeit ist die Erfindung im Folgenden unter Bezugnahme auf eine homöotrope Ausrichtung auf der zweiten Zellwand beschrieben, es ist jedoch zu erkennen, dass die Erfindung nicht auf dieses Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist.

[0022] Bei Gebrauch ist die Vorrichtung mit einer Einrichtung zum Unterscheiden zwischen Schaltzuständen des Flüssigkristallmaterials versehen. Ein Polarisator und ein Analysator könnten z. B. auf beiden Seiten der LC-Zelle in einer Art und Weise befestigt sein, die Fachleuten auf dem Gebiet der LCD-Herstellung gut bekannt ist. Zwischen gekreuzten Polarisatoren erscheint der Zustand mit großer Neigung dunkel und der Zustand mit kleiner Neigung erscheint aufgrund seines erhöhten Doppelbrechens hell. Alternativ könnte ein pleochroitischer Farbstoff in dem LC-Material gelöst sein und ein einzelner Polarisator könnte wahlweise an der Zelle befestigt sein. Die Vorrichtung könnte jedoch ohne Polarisatoren oder andere Unterscheidungsmittel hergestellt und verkauft werden.

[0023] Die Stützen könnten eine beliebige Höhe besitzen, die es ermöglicht, dass das LC-Material zwei unterschiedliche Neigungszustände annehmen kann. Diese Höhen unterscheiden sich mit unter-

schiedlichen LC-Materialien und Zellcharakteristika. Ein bevorzugter Höhenbereich beträgt 0,5 bis 5 µm, insbesondere 0,9 bis 1,5 µm (für einen Zellzwischenraum von etwa 3 µm). Wenn die Stützen zu niedrig sind, herrscht tendenziell eine planare Orientierung vor, während, wenn die Stützen zu hoch sind, eine große Neigung oder homöotrope Orientierung vorherrscht.

[0024] Die Stützen könnten eine beliebige geeignete Breite (Größe) besitzen. Ein bevorzugter Breitenbereich beträgt 0,2 bis 3 µm. Die Stützen sind vorzugsweise zwischen 0,1 und 5 µm voneinander abstandet.

[0025] Die Stützen könnten nur an einer Zellwand vorgesehen sein oder sie könnten wahlweise an beiden Zellwänden vorgesehen sein.

[0026] Die Ausrichtungsstützen könnte wahlweise mit höheren Stützen zur Bereitstellung einer Zellbeabstandung durchsetzt sein.

[0027] Die Zellwände könnten aus Glas gebildet sein, oder aus einem starren oder nicht starren Kunststoffmaterial, wie z. B. PES, PET, PEEK oder Polyamid.

[0028] Es wird bevorzugt, dass eine Elektrodenstruktur (typischerweise ein transparenter Leiter, wie z. B. Indiumzinnoxid) auf der Innenoberfläche jeder Zellwand in einer bekannten Weise vorgesehen ist. Die erste Zellwand könnte z. B. mit einer Mehrzahl von „Zeilen“-Elektroden versehen sein und die zweite Zellwand könnte mit einer Mehrzahl von „Spalten“-Elektroden versehen sein. Es wäre jedoch auch möglich, planare (ineinandergreifende) Elektrodenstrukturen auf nur einer Wand bereitzustellen, vorzugsweise der ersten Zellwand.

[0029] Die Innenoberfläche der zweiten Zellwand könnte eine geringe Oberflächenenergie besitzen, so dass die eine geringe oder gar keine Tendenz zeigt, einen bestimmten Typ von Ausrichtung zu bewirken, so dass die Ausrichtung des Direktors im Wesentlichen durch die Merkmale auf der ersten Zellwand bestimmt wird. Es wird jedoch bevorzugt, dass die Innenoberfläche der zweiten Zelle mit einer Oberflächenausrichtung versehen ist, um eine erwünschte Ausrichtung des lokalen Direktors zu induzieren. Die Ausrichtung könnte homöotrop, planar oder geneigt sein. Die Ausrichtung könnte durch ein Array von Merkmalen mit geeigneter Form und/oder Orientierung bereitgestellt werden, oder durch herkömmliche Mittel, zum Beispiel Reiben, Photoausrichtung, ein Mono-Gitter oder durch Behandeln der Oberfläche der Wand mit einem Mittel, um eine homöotrope Ausrichtung zu induzieren.

[0030] Die Form und/oder Orientierung der Merk-

male ist vorzugsweise derart, um nur eine Azimutdirektororientierung benachbart zu den Merkmalen zu begünstigen. Die Orientierung könnte für jedes Merkmal die gleiche sein oder die Orientierung könnte von Merkmal zu Merkmal variieren, um so in einem der beiden Zustände eine Streuwirkung zu ergeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0031] Die Erfindung wird nun beispielhaft unter Bezugnahme auf die folgenden Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

[0032] [Fig. 1](#) einen schematischen Querschnitt durch eine einzelne Stütze und den umgebenden LC gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei die Ellipsen die LC-Moleküle darstellen, wobei die lange Achse dem lokalen Direktor entspricht;

[0033] [Fig. 2](#) schematische Ansichten eines Querschnitts durch eine einzelne Stütze und den umgebenden LC einer bistabilen nematischen Vorrichtung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung entlang einer der Diagonalen einer Stütze in unterschiedlichen Zuständen;

[0034] [Fig. 3](#) schematische Ansichten eines Querschnitts durch eine einzelne Stütze und den umgebenden LC einer bistabilen nematischen Vorrichtung gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung entlang einer der Diagonalen einer Stütze in unterschiedlichen Zuständen;

[0035] [Fig. 4](#) eine Draufsicht einer Elementarzelle einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung mit Stützen in einem pseudozufälligen Array;

[0036] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) eine Veränderung einer Übertragung einer experimentellen Zelle gemäß der Erfindung als eine Funktion von Pulslänge und Amplitude zum Umschalten zwischen zwei Zuständen;

[0037] [Fig. 7](#) bis [Fig. 10](#) SEM-Mikrophotographien von Arrays von Stützen, die in der Herstellung von Flüssigkristallvorrichtungen gemäß der Erfindung verwendet werden; und

[0038] [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) Ansichten unterschiedlicher Arrays von Merkmalen von Vorrichtungen gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung

[0039] 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 den lokalen Direktor anzeigt. Die Innenoberfläche je-

der 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.

[0040] Die Innenoberfläche der ersten Zellwand 2 ist mit einem regelmäßigen Array quadratischer Stützen 10 versehen und die Innenoberfläche der zweiten Zellwand 4 ist flach. Die Stützen 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 Stützen sind nicht homöotrop behandelt.

[0041] Ein derartiges Array quadratischer Stützen weist zwei bevorzugte Ausrichtungsrichtungen in der Azimutebene auf. Sie sind entlang der beiden Diagonalen der Stütze. [Fig. 1](#) zeigt einen Querschnitt durch eine Stütze, wobei der LC um dieselbe herum verzerrt ist, von einer Ecke zu der diagonal gegenüberliegenden. Diese Ausrichtung um die Stütze bildet tendenziell den Keim des LC oberhalb der Stütze, derart, dass die durchschnittliche Orientierung ebenso entlang dieser Diagonalen ist.

[0042] Durch ein Neigen der Stützen 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 ähnlichen Energien gibt, die sich jedoch dadurch unterscheiden, wie stark sich der LC neigt. [Fig. 2](#) ist eine Schematik der beiden Zustände. In einem Zustand (in [Fig. 2](#) links gezeigt) ist der LC stark geneigt und in dem anderen ist er um die Stützen herum planar. Die genaue Natur der LC-Orientierung hängt von den Details der Struktur ab, für einen Bereich von Parametern jedoch gibt es zwei unterschiedliche Zustände mit unterschiedlichen Beträgen einer Neigung weg von der Zellnormalen. Die beiden Zustände können durch ein Betrachten durch einen Polarisator 8 und einen Analysator 6 unterschieden werden. Der Zustand mit geringer Neigung besitzt eine hohe Doppelbrechung und der Zustand mit großer Neigung besitzt eine geringe Doppelbrechung. Ein ausreichendes Neigen der Stützen entlang der Diagonalen dient auch dazu, Rückneigungszustände zu beseitigen. Vorzugsweise sind die Stützen abhängig von der Natur des LC und dem Zellzwischenraum um zumindest 5° geneigt.

[0043] Ohne den Schutzbereich der Erfindung im Geringsten einzuschränken, glauben wir, dass die beiden Zustände aufgrund der Art und Weise, in der der LC-Direktor durch die Stütze verformt wird, entstehen könnten. Das Fließen um eine Stütze herum bewirkt Regionen mit großer Energiedichte an der vorderen und der hinteren Kante der Stütze, wo eine scharfe Richtungsänderung vorliegt. Dies ist in [Fig. 1](#)

an der unteren linken und oberen rechten Ecke der Stütze zu sehen. Diese Energiedichte ist reduziert, wenn die LC-Moleküle geneigt sind, da eine weniger starke Richtungsänderung vorliegt. Dies liegt klar in der Grenze, dass die Moleküle in der gesamten Zelle homöotrop sind. In diesem Fall gibt es keine Region mit großer Verzerrung an den vertikalen Kanten. In dem Zustand mit größerer Neigung wird diese Verformungsenergie deshalb reduziert, jedoch auf Kosten einer höheren Biege-/Abschrägungsverformungsenergie an der Basis der Stützen. Der LC, der mit der flachen Oberfläche in Kontakt steht, zwischen Stützen ist nicht geneigt, erfährt jedoch eine scharfe Richtungsänderung, wenn er die Neigung um die Stütze herum annimmt.

[0044] In dem Zustand mit geringer Neigung ist die Energie in dem entgegengesetzten Sinn ausgeglichen, wobei die starke Verformung um die vordere und hintere Kant der Stütze herum durch den Mangel der Biege-/Abschrägungsverformung an der Basis der Stützen teilweise ausgeglichen wird, da die Neigung um die Stütze herum einheitlich ist. Unsere Computersimulationen legen nahe, dass für die gegenwärtige Konfiguration der Zustand mit größerer Neigung der Zustand mit weniger Energie ist.

[0045] Dies wird durch die Ergebnisse einer Computersimulation und in tatsächlichen Zellen gestützt. Bei Betrachtung in einem geeigneten Winkel zwischen gekreuzten Polarisatoren kühlen die Zellen immer in den dunkleren der beiden Zustände ab. Aus [Fig. 2](#) wäre zu erkennen, dass der Zustand mit hoher Neigung ein geringeres Doppelbrechen aufweist und deshalb dunkler erscheint als der Zustand mit geringer Neigung. Die genaue Neigungsmenge in dem Zustand mit großer Neigung ist eine Funktion der elastischen Konstanten des LC-Materials und der planaren Verankerungsenergie des Stützenmaterials.

[0046] Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) ist ein computererzeugtes Modell der LC-Ausrichtung um eine viereckige Stütze herum, die derjenigen ähnelt, die 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 der lokale Direktor stark geneigt und in dem anderen ist er um die Stützen herum planar. Wie bei der Zelle aus [Fig. 2](#) wird ein Umschalten zwischen den beiden Zuständen durch das Anlegen geeigneter elektrischer Signale erzielt.

[0047] [Fig. 4](#) zeigt ein pseudozufälliges Array von Stützen für ein alternatives Ausführungsbeispiel der Erfindung, das ein bistabiles Umschalten ohne Interferenzeffekte schafft. Jede quadratische Stütze beträgt etwa $0,8 \times 0,8 \mu\text{m}$ und das pseudozufällige Array besitzt eine Wiederholungslänge von $56 \mu\text{m}$.

[0048] 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.

[0049] 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 Stützen 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 Stützen.

[0050] 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.

[0051] Eine LC-Testzelle wurde durch Zusammenbringen der Substrate unter Verwendung geeigneter Abstandskugeln (Micropearl), die in einem UV-Aus härtkleber (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 Vorrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden.

Experimentelle Ergebnisse

[0052] Die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen die Umschal-

antwort einer bistabilen Zelle, aufgezeichnet bei 42,5°C. Die Zelle hatte die folgenden Merkmale:
 Beabstand: 3 µm
 Stützenhöhe: 1,4 µm
 Zwischenraum zwischen Stützen: 0,7 µm
 Versatzwinkel: 12°
 LC: ZLI 4788-000 (Merck), dotiert mit 3% N65 (Norland).

[0053] Es hat sich herausgestellt, dass das Zugeben einer kleinen Menge eines Oberflächenaktivmittel-Oligomers zu dem LC das Umschalten verbesserte. Es ist bekannt, dass das Umschalten in herkömmlichen LC-Vorrichtungen 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 längerkettigen Längen zu entfernen. Wir haben herausgefunden, dass ein Zugeben von 3 Gew.-% N65 zu dem LC optimal war.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] In einer Serie weiterer Experimente haben wir die Zellparameter variiert, um ein Stückchen in Richtung Optimierung der Umschaltcharakteristika der Vorrichtung zu gehen. Eine bevorzugte Zellstruktur ist die folgende: Zellzwischenraum 3 µm; Pfostengröße 1 µm; Versatzwinkel 5° entlang einer der Diagonalen der Stütze; 1,1 µm-Beschichtung mit s1813; N65-Anfangskonzentration 3 %.

SEM-Studion von Stützenarrays

[0057] SEMs von experimentellen Stützenarrays, die unter Verwendung von Masken mit quadratischen Löchern gebildet sind, sind in den [Fig. 7](#) bis [Fig. 10](#) gezeigt. Die Stützen 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“ Stützen mit 0,7 µm nicht sehr viereckig sind und ziemlich abgerundete Oberseiten aufweisen. Die Basen der Stützen sind viel weniger abgerundet als die Oberseiten der Stützen. Dies ist konsistent damit, dass die Abrundung durch den Entwicklungsvorgang bedingt ist. Die Oberseiten der Stützen 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 Stützen bildet, weist eine bestimmte endliche Löslichkeit in dem Resist auf und der Effekt ist der, scharfe Merkmale, wie z. B. Ecken, zuerst anzugreifen. Große Stützen zeigen viel weniger Abrundung; [Fig. 9](#) z. B. zeigt einige Stützen mit 2 µm.

[0058] Das andere Merkmal, das in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) besonders offensichtlich ist, sind die Welligkeiten an den Seiten der Stützen hoch. Man glaubt, dass dies durch eine Interferenz von Licht, das von dem Substrat reflektiert wird, bedingt ist, da diese Arrays von Stützen 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.

[0059] Ein weiteres interessantes Merkmal von den SEMs ist die Abwesenheit von Überhängen bei sogar den am stärksten geblazten Stützen, [Fig. 10](#) z. B. zeigt einige 0,7 µm-Stützen, 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 Stützen

[0060] Wir haben Computermodelle erzeugt, die den abgerundeten 0,7 µm-Stützen der [Fig. 7](#) und

Fig. 8 sehr ähnlich sehen. Obwohl die Stützen alles andere als die idealisierten viereckigen Stützen sind, die wir bei vorherigen Simulationen verwendet hatten, geben diese realistischeren Stützen 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 Stützen vorliegen. Man glaubt, dass die beiden Zustände aufgrund der Art und Weise entstehen, in der der LC um eine Stütze herum verzerrt ist (wie zuvor erläutert wurde). Dies gilt, wie auch immer die Form des Querschnitts der Stütze ist. Sogar zylindrische Stützen 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 Stützen 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. Beispiele elliptischer Stützen sind in **Fig. 11** gegeben, wobei die auf der rechten Seite einen Überhang aufweisen. Unter Bezugnahme auf **Fig. 12** sind Beispiele gezeigt, in denen die Form und/oder Orientierung der Stützen derart ist, um nur eine Azimutdirektororientierung benachbart zu den Stützen zu begünstigen. Bei dem Ausführungsbeispiel auf der linken Seite in **Fig. 12** variiert diese Orientierung von Stütze zu Stütze, um so in einem der beiden Zustände einen Streueffekt zu ergeben. Bei dem Ausführungsbeispiel, das auf der rechten Seite von **Fig. 12** gezeigt ist, ist die Azimutdirektororientierung über die Anzeige einheitlich, der Neigungswinkel der Stützen variiert jedoch, was eine Grauskala liefern könnte.

Patentansprüche

1. Eine bistabile Nematischer-Flüssigkristall-Vorrichtung, die folgende Merkmale aufweist:
 eine erste Zellwand (2) und eine zweite Zellwand (4), die eine Schicht aus einem nematischen Flüssigkristallmaterial umschließen;
 Elektroden (12, 14) zum Anlegen eines elektrischen Feldes über zumindest einen Teil des Flüssigkristallmaterials;
 eine Oberflächenausrichtung auf der Innenoberfläche zumindest der ersten Zellwand (2), die eine Ausrichtung mit den Flüssigkristallmolekülen schafft; wobei die Oberflächenausrichtung ein Array von Merkmalen (10) aufweist, die eine Form und/oder Ausrichtung aufweisen, um zu induzieren, dass der Direktor benachbart zu den Merkmalen (10) zwei unterschiedliche Neigungswinkel in im Wesentlichen der gleichen Azimutrichtung annimmt, und wobei die Merkmale (10) nicht mit einem Material behandelt oder aus einem Material gebildet sind, das eine ho-

möotrope Ausrichtung induziert; wobei die Anordnung derart ist, dass zwei stabile Flüssigkristallmolekularkonfigurationen vorliegen können, nachdem geeignete elektrische Signale an die Elektroden (12, 14) angelegt wurden.

2. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der das Flüssigkristallmaterial eine negative dielektrische Anisotropie aufweist, und bei der die zweite Zellwand (4) eine Oberflächenausrichtung aufweist, die eine lokale homöotrope Ausrichtung des Direktors induziert.
3. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Merkmale (10) Stützen sind.
4. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Merkmale (10) eine Höhe in dem Bereich 0,5 bis 5 µm aufweisen.
5. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Merkmale (10) eine Höhe in dem Bereich 0,9 bis 1,3 µm aufweisen und die Beabstandung zwischen den Zellwänden (2, 4) etwa 3 µm beträgt.
6. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 3, bei der zumindest ein Teil der Seitenwand der Stützen (10) in Bezug auf die Normale zu der Ebene der ersten Zellwand (2) geneigt ist.
7. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 6, bei der der Neigungswinkel in dem Bereich 5 bis 7° ist.
8. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 6, bei der der Neigungswinkel etwa 5° beträgt.
9. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der jedes Merkmal eine Breite in dem Bereich 0,2 bis 3 µm aufweist.
10. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Merkmale (10) in einem zufälligen oder pseudozufälligen Array angeordnet sind.
11. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Merkmale (10) 0,1 bis 5 µm voneinander beabstandet sind.
12. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der das Flüssigkristallmaterial ein oberflächenaktives Mittel beinhaltet.
13. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Merkmale (10) aus einem Photoresist oder einem Kunststoffmaterial gebildet sind.
14. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, die ferner einen Analysator (6) und einen Polarisator (8), die an den Zellwänden (2, 4) befestigt sind, umfasst.

15. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Oberflächenausrichtung an der zweiten Zellwand (4) ein Array von Merkmalen (10) aufweist, die eine Form und/oder Ausrichtung aufweisen, um zu induzieren, dass der Flüssigkristalldirektor benachbart zu den Merkmalen (10) zwei unterschiedliche Neigungswinkel in im Wesentlichen der gleichen Azimutrichtung annimmt.

16. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der das Flüssigkristallmaterial einen pleochroitischen Farbstoff aufweist, der in demselben gelöst ist.

17. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Form und/oder Ausrichtung der Merkmale derart sind, um nur eine Azimutdirektorausrichtung benachbart zu den Merkmalen zu begünstigen, wobei diese Ausrichtung für jedes Merkmal gleich ist.

18. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Form und/oder Ausrichtung der Merkmale derart sind, um nur eine Azimutdirektorausrichtung benachbart zu den Merkmalen zu begünstigen, wobei diese Ausrichtung von Merkmal zu Merkmal variiert, um in einem der beiden Zustände einen Streueffekt zu ergeben.

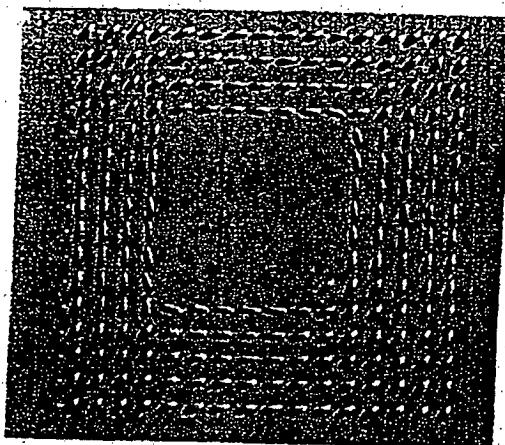
19. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Innenoberfläche der zweiten Zellwand (4) mit einer Ausrichtung versehen ist, die induziert, dass der Lokalflüssigkristalldirektor eine planare Ausrichtung in im Wesentlichen der gleichen Azimutrichtung annimmt, die durch die Ausrichtung auf der Oberfläche der ersten Zellwand (2) induziert ist.

20. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der sich der Flüssigkristalldirektor zwischen der ersten Zellwand (2) und der zweiten Zellwand (4) verdreht.

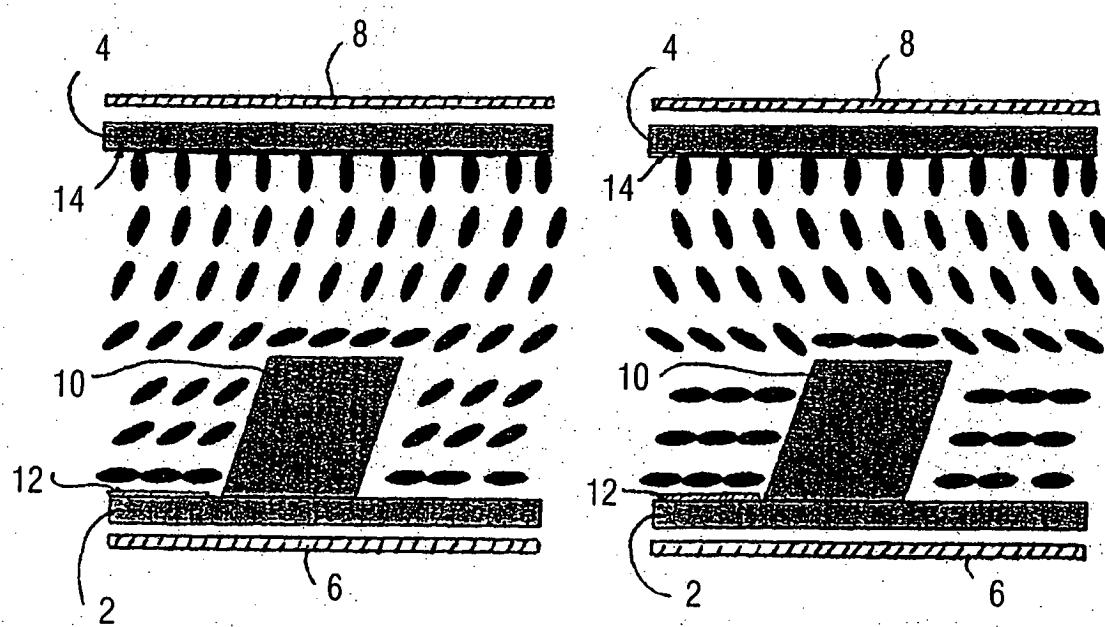
21. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 20, bei der die Verdrehung durch eine chirale Dotierung des Flüssigkristallmaterials induziert ist.

22. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 20, bei der die Verdrehung durch eine Behandlung der zweiten Zellwand (4) induziert ist, um eine planare oder geneigte planare Ausrichtung des Lokalflüssigkristalldirektors in einem Nicht-Null-Winkel zu der Azimutrichtung zu erzeugen, die durch die Merkmale (10) auf der ersten Zellwand (2) induziert ist.

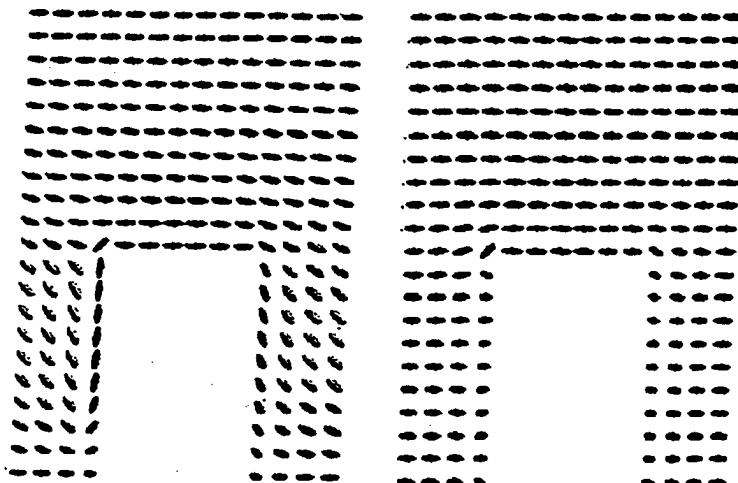
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



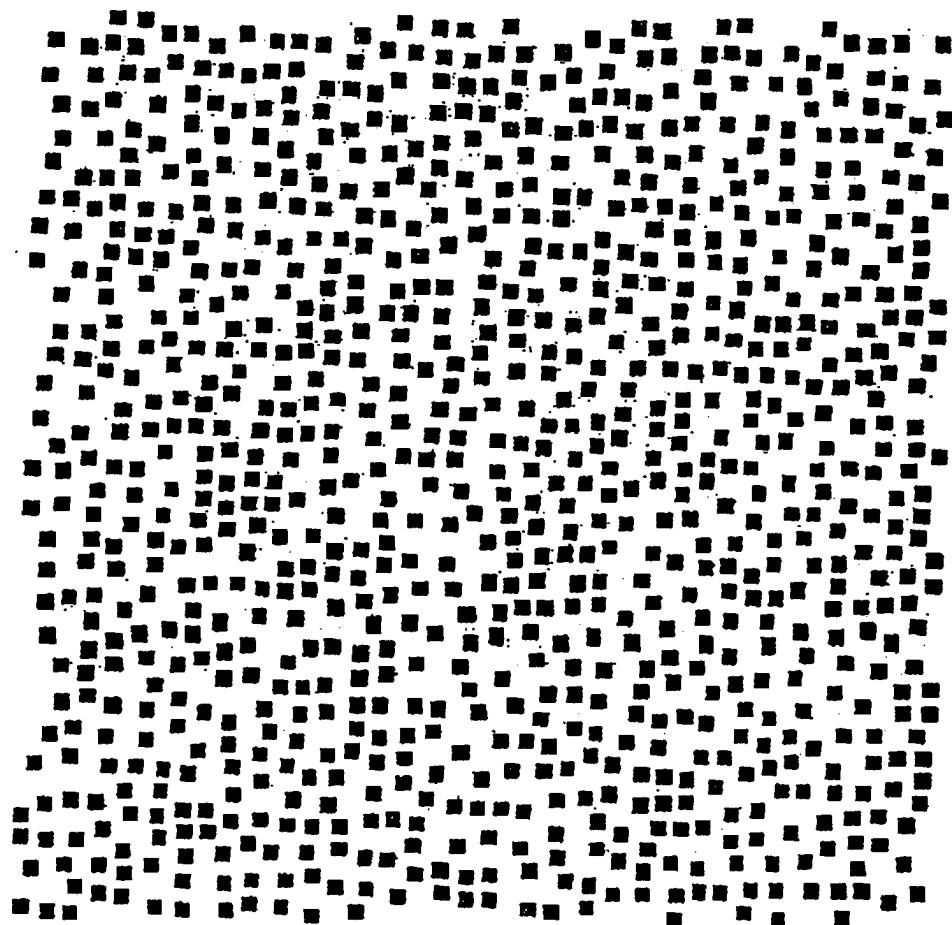
FIGUR 1



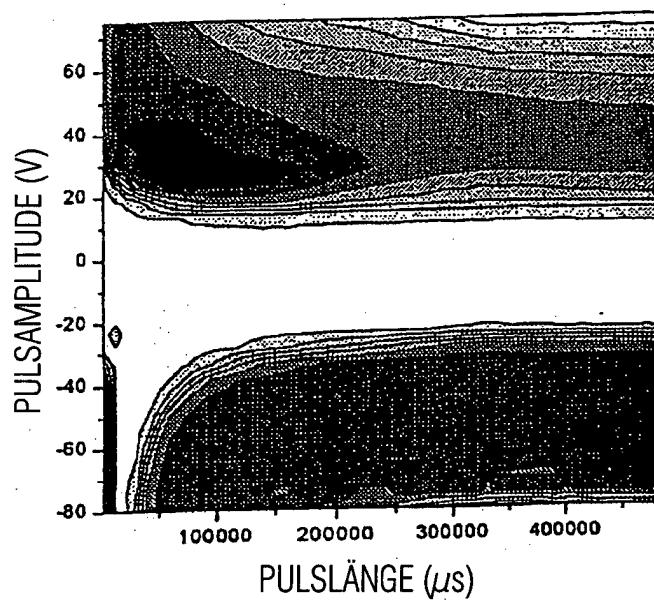
FIGUR 2



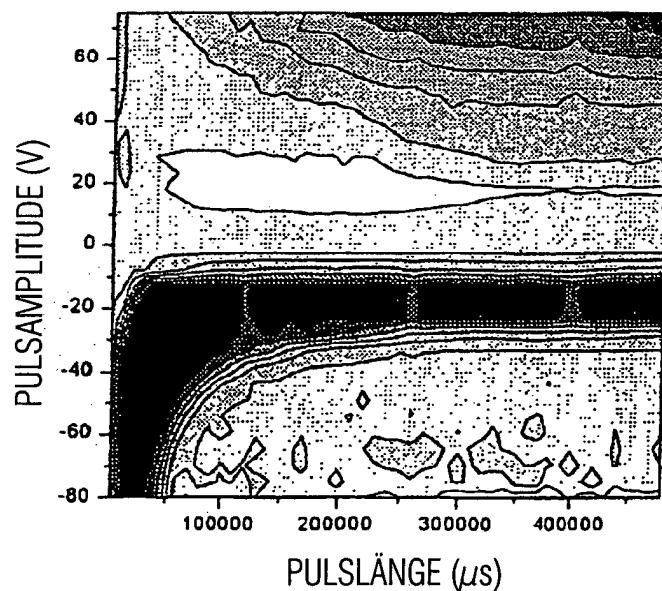
FIGUR 3



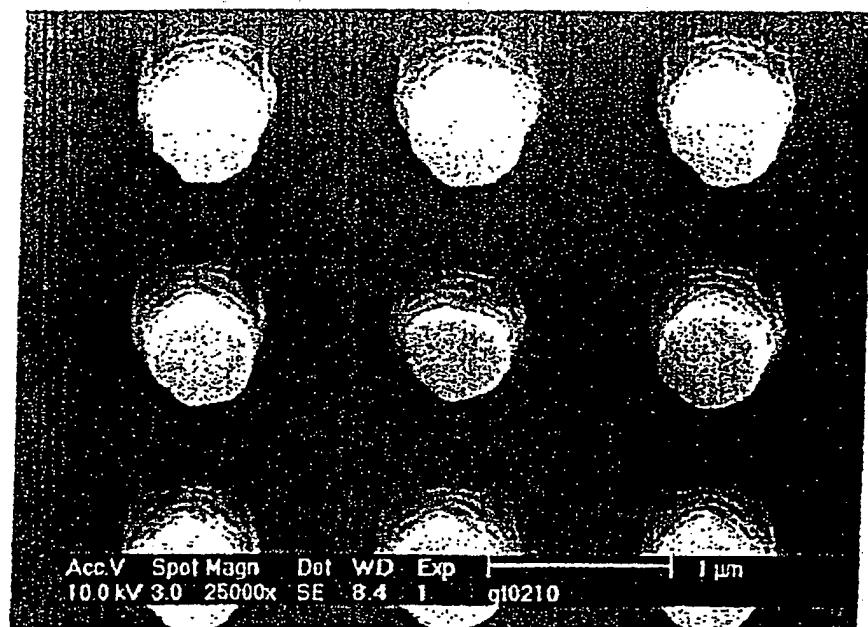
FIGUR 4



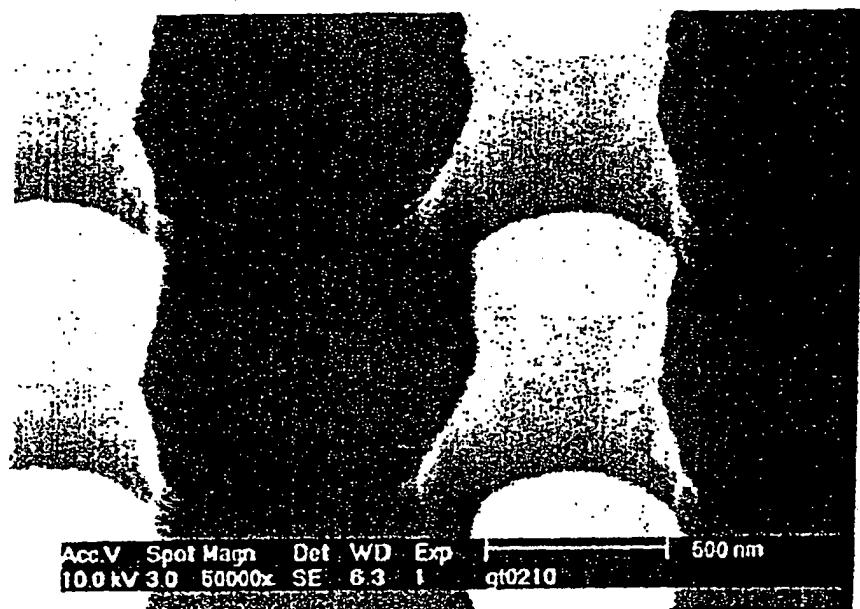
FIGUR 5



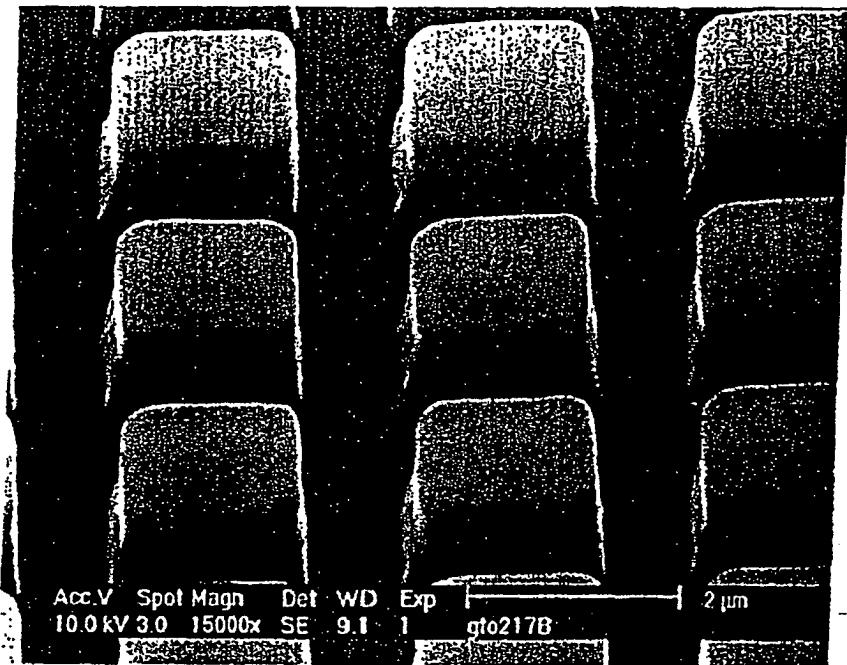
FIGUR 6



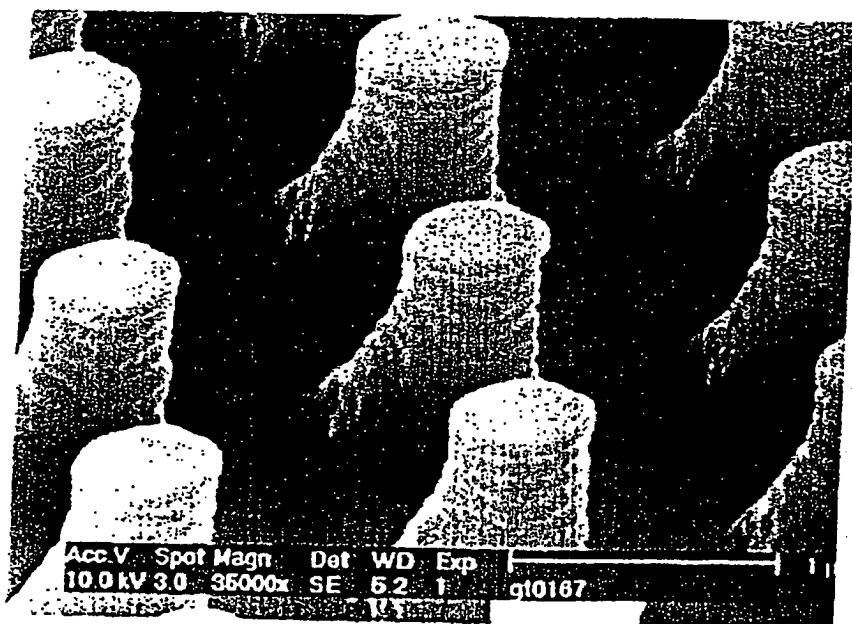
FIGUR 7



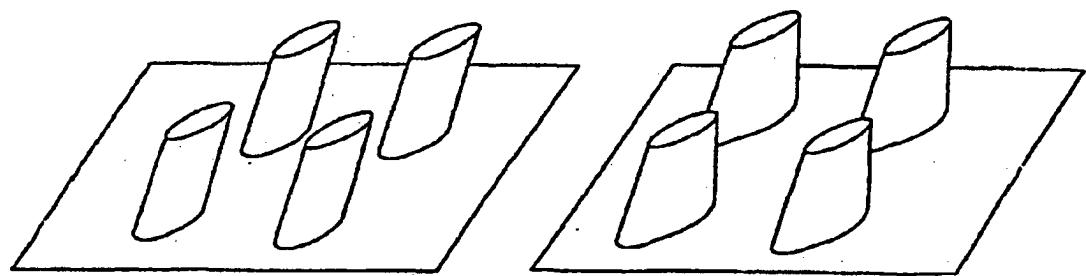
FIGUR 8



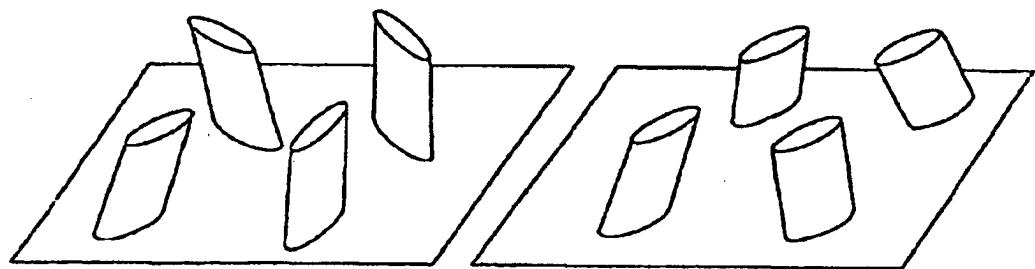
FIGUR 9



FIGUR 10



FIGUR 11



FIGUR 12