



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 19 243 T2** 2008.04.10

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 271 226 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 19 243.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 253 419.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.05.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **04.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.04.2008**

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

(30) Unionspriorität:

**01305418      22.06.2001      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, Alveston, South  
Gloucestershire BS35 3ND, GB; Geisow, Adrian  
Derek, Portishead, North Somerset BS20 6QS, GB;  
Rudin, John Christopher, London NW6 6HB, GB**

(54) Bezeichnung: **Bistabile 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 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]** 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 leitenartige 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 smektisch. 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 Dünnschichttransistor (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. on 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 homöotropen Ausrichtung induzierenden Mittel, wie z. B. Lecithin, erzielt. Die zweiteilige Form von Anspruch 1 basiert auf der WO 01/40853, die eine ähnliche Anzeigetechnologie beschreibt, in der kleine Ausrichtungsbereiche mit lo-

kaler homöotroper Ausrichtung durch eine Mehrzahl von Oberflächenmerkmalen, wie z. B. Gitterbereichen, Vorsprüngen oder Blindlöchern, gebildet sind und durch Bereiche mit monostabiler Ausrichtung getrennt sein könnten. Innerhalb jedes Bereichs liegt eine abgestufte Variation vor, so dass die Streuungen von der Amplitude einer angelegten Spannung abhängt, was so einen Grauskalaeffekt ergibt.

**[0012]** In der EP 1 139 154 (nach dem Prioritätsdatum der vorliegenden Anmeldung veröffentlicht) hat die vorliegende Anmelderin die Verwendung eines Arrays von Oberflächenausrichtungsmerkmalen zur Bereitstellung einer bistabilen nematischen Anzeige beschrieben. Die Merkmale könnten Stützen sein, um die PABN-Anzeige (PABN = Post Aligned Bistable Nematic = stützen-ausgerichtet bistabil nematisch) bereitzustellen.

**[0013]** Wir haben herausgefunden, dass eine bistabile Nematischer-LC-Vorrichtung unter Verwendung einer Ausrichtungsschicht aufgebaut sein könnte, die eine im Wesentlichen planare lokale Ausrichtung induziert und die ein Array von Löchern aufweist, 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 fort dauern können.

**[0014]** 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

**[0015]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine bistabile Nematischer-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 Ausrichtungsschicht an der Innenoberfläche zumindest der ersten Zellwand, die ein Material aufweist, das eine Oberfläche aufweist, deren chemische Natur derart ist, um zu bewirken, dass benachbarte Flüssigkristallmoleküle eine im Wesentlichen planare Ausrichtung annehmen; wobei die Ausrichtungsschicht ein Array von Löchern in derselben auf-

weist, die eine Form und/oder Orientierung aufweisen, um zu induzieren, dass der Direktor benachbart zu jedem Loch zwei unterschiedliche Neigungswinkel in im Wesentlichen der gleichen Azimutrichtung annimmt;

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

**[0016]** Die Erfindung stellt eine robuste Anzeigevorrichtung mit einem relativ schnellen bistabilen Umschalten bereit. Spannungspulse mit einer Dauer von etwa 50  $\mu$ s sind zum Bewirken eines Umschaltens geeignet.

**[0017]** Wir haben überraschend herausgefunden, dass die Orientierung des Direktors durch die Geometrie der Löcher induziert wird, und nicht durch das Array oder Gitter.

**[0018]** Die Löcher könnten im Wesentlichen gerade Seiten aufweisen, entweder normal oder geneigt in Bezug auf die Hauptebenen der Vorrichtung, oder die Löcher könnten eine gekrümmte oder unregelmäßige Oberflächenform oder Konfiguration aufweisen.

**[0019]** Der Direktor neigt dazu, sich lokal in einer Orientierung auszurichten, die von der spezifischen Form des Lochs abhängt. Für ein Array quadratischer Löcher könnte sich der Direktor entlang einer der beiden Diagonalen der Quadrate ausrichten. Wenn eine andere Form ausgewählt wird, könnte es mehr als zwei Azimutrichtungen geben, oder nur eine. Ein gleichseitiges dreieckiges Loch kann drei Richtungen induzieren, die im Wesentlichen entlang der Winkelhalbierungslinie 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 Lochformen induziert werden kann. Ferner ist es durch Neigen eines Quadratlochs entlang einer der Diagonalen möglich, eine Richtung gegenüber einer anderen zu bevorzugen. Ähnlich kann ein Neigen eines zylindrischen Lochs eine Ausrichtung in der Neigungsrichtung induzieren.

**[0020]** Da die lokale Direktororientierung durch die Geometrie der Löcher bestimmt ist, muss das Array kein regelmäßiges Array sein. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Löcher in einem zufälligen oder pseudozufälligen Array und nicht in einem regelmäßigen Gitter angeordnet. Bei einem regelmäßigen Gitter ist die Beabstandung zwischen benachbarten Merkmalen konstant. In einem zufälligen Array kann die Beabstandung zwischen einem bestimmten Paar benachbarter Merkmale nicht aus der Beabstandung eines der anderen Merkmale in dem Array vorhergesagt werden. In einem pseudozu-

fälligen Array kann die Beabstandung eines bestimmten Paares benachbarter Merkmale nicht ohne weiteres aus der Beabstandung anderer nahe gelegener Merkmale ohne Kenntnis des Vorgangs, der verwendet wird, um die Beabstandung zu erzeugen, vorhergesagt werden, es könnte jedoch ein umfangreiches sich wiederholendes Muster geben. Die Erzeugung zufälliger und pseudozufälliger Zahlen mit erwünschten Eigenschaften ist bekannt, z. B. in der Technik der Kryptographie, Statistik und Computerprogrammierung. Ein exemplarischer Vorgang zum Erzeugen eines pseudozufälligen Arrays bestünde darin, mit einem regelmäßig beabstandeten Array zu beginnen und jedes Merkmal um einen pseudozufälligen Bruchteil der regelmäßigen Beabstandung zu bewegen. 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 Löcher 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.

**[0021]** Die Ausrichtungsschicht könnte durchgehend oder nicht durchgehend sein. Sie ist vorzugsweise aus einem dielektrischen Material gebildet, um eine Leitung zwischen benachbarten Elektrodenstrukturen auf der ersten Zellwand zu verhindern. Die Ausrichtungsschicht könnte jedoch auch aus anderen geeigneten Materialien gebildet sein, wie z. B. einem leitenden Polymer oder einem Metall. Aus Bequemlichkeit wird die Erfindung im Folgenden unter Bezugnahme auf eine Ausrichtungsschicht beschrieben, die aus einem dielektrischen Material gebildet ist.

**[0022]** Die Schicht und die Löcher 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, die die Löcher definieren, mit einer Beschichtung zu behandeln, um eine homöotrope Ausrichtung zu induzieren.

**[0023]** 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.

**[0024]** 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 des Direktors im Wesentlichen durch die Merkmale auf der ersten Zellwand bestimmt wird. Es wird jedoch bevorzugt, dass die Innenoberfläche der zweiten Zellwand mit einer Oberflächenausrichtung versehen ist, um eine erwünschte Ausrichtung des lokalen Direktors zu induzieren. Diese Ausrichtung könnte homöotrop, planar oder geneigt sein. Die Ausrichtung könnte durch ein Array von Löchern bereitgestellt werden, ähnlich dem der ersten Zellwand, oder durch herkömmliche Mittel, wie z. B. Reiben, Photoausrichtung, ein Mono-Gitter oder durch Behandeln der Oberfläche der Wand mit einem Mittel, um eine homöotrope Ausrichtung zu induzieren. Die zweite Zellwand ist vorzugsweise behandelt, um eine im Wesentlichen homöotrope lokale Ausrichtung zu induzieren. Eine homöotrope Ausrichtung kann durch bekannte Oberflächenbehandlungen, wie z. B. Lecithin, einen Chromkomplex oder ein homöotropes Polyimid, erzielt werden. 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 herausgefunden, dass ein bistabiles Umschalten bei Arrays von Löchern auf beiden inneren Zellwandoberflächen auftritt. Mit geeigneten Elektrodenanordnungen sollte es möglich sein, ein Umschalten mit LC-Materialien mit positiver dielektrischer Anisotropie zu erhalten. Aus Bequemlichkeit ist die Erfindung im Folgenden unter Bezugnahme auf ein negatives LC-Material und eine homöotrope Ausrichtung auf der zweiten Zellwand beschrieben, es ist jedoch zu erkennen, dass die Erfindung nicht auf dieses Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist.

**[0025]** 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. Bei Betrachtung zwischen gekreuzten Polarisatoren, wobei die Azimutausrichtungsrichtung in  $45^\circ$  zu den Polarisatoren ist, erscheint aufgrund seines erhöhten Doppelbrechens der Zustand mit großer Neigung dunkel und der Zustand mit kleiner Neigung erscheint 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.

**[0026]** Die Löcher könnten eine beliebige Tiefe besitzen, die es ermöglicht, dass das LC-Material zwei unterschiedliche Neigungszustände annehmen kann. Diese Tiefen unterscheiden sich mit unterschiedlichen Lochformen und Breiten, LC-Materialien und Zellcharakteristika. Ein bevorzugter Tiefenbereich beträgt 0,5 bis 5  $\mu\text{m}$ , insbesondere 0,9 bis 1,5  $\mu\text{m}$  für einen Zellzwischenraum von etwa 3  $\mu\text{m}$ . Wenn die Löcher flach sind, werden die Zustände immer planarer und wenn die Löcher tief sind, werden die Zustände stärker homöotrop.

**[0027]** Die Löcher könnten eine beliebige geeignete Breite (Größe) besitzen. Ein bevorzugter Breitenbereich beträgt 0,2 bis 3  $\mu\text{m}$ . Die Löcher sind vorzugsweise voneinander um zwischen 0,1 und 5  $\mu\text{m}$  beabstandet.

**[0028]** Die Löcher könnten nur an einer Zellwand vorgesehen sein oder sie könnten wahlweise an beiden Zellwänden vorgesehen sein.

**[0029]** Die Ausrichtungsschicht könnte wahlweise mit Säulen oder anderen Vorsprüngen zur Bereitstellung einer Zellbeabstandung versehen sein. Herkömmliche Beabstandungsmittel, die in der Technik bekannt sind, könnten eingesetzt werden, um die Zellbeabstandung einzustellen, wie z. B. Mikrosphären oder Glasfaserstücke. Die Ausrichtungsschicht könnte selbst die Beabstandung einstellen, so dass die Zelle im Wesentlichen ein Sandwich der Ausrichtungsschicht zwischen der ersten und der zweiten Zellwand, wobei der LC in den Löchern angeordnet ist, aufweist.

**[0030]** Die Zellwände könnten aus Glas gebildet sein, oder aus einem starren oder nicht starren Kunststoffmaterial, wie z. B. PES, PET, PEEK oder Polyamid.

**[0031]** 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 einer oder beiden Wänden bereitzustellen, vorzugsweise nur der ersten Zellwand.

**[0032]** Wo das Material zwischen den Löchern ein durchgehendes Netzwerk bildet, wäre es auch möglich, dass sich Elektroden auf der Mikrostruktur befinden,

sowie unter denselben, wie in der EP 1 067 425 gelehrt ist.

**[0033]** Die Form und/oder Orientierung der Löcher ist vorzugsweise derart, um nur eine Azimutdirektororientierung benachbart zu den Merkmalen zu begünstigen. Die Orientierung könnte für jedes Loch die gleiche sein oder die Orientierung könnte von Loch zu Loch variieren, um so in einem der beiden Zustände eine Streuwirkung zu ergeben.

**[0034]** Es ist bekannt, dass das Hinzufügen einer kleinen Menge eines Oberflächenaktivmittel-Oligomers zu einem LC das Umschalten verbessern kann. Siehe z. B. die WO 99/18474 und G. P. Bryan-Brown, E. L. Wood und I. C. Sage, Nature, Bd. 399, Seite 338, 1999. Wir erwarten, dass die Zugabe eines geeigneten oberflächenaktiven Mittels auch ein Umschalten einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verbessert.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0035]** Die Erfindung wird nun beispielhaft unter Bezugnahme auf die folgenden Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

**[0036]** [Fig. 1](#) einen schematischen Querschnitt durch eine bistabile LCD mit einem Array von Löchern zur Ausrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0037]** [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) SEM-Photomikrographien eines Arrays von Löchern in einer Ausrichtungsschicht, die geeignet zur Verwendung bei der vorliegenden Erfindung ist;

**[0038]** [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) computererzeugte Modelle einer LC-Ausrichtung in einem Zustand mit kleiner Neigung bzw. einem Zustand mit großer Neigung in Löchern gemäß der Erfindung;

**[0039]** [Fig. 6](#) modellierte Neigungsprofile für einen Zustand mit geringer Neigung und einen Zustand mit großer Neigung als eine Funktion einer Entfernung durch eine Zelle;

**[0040]** [Fig. 7](#) eine Veränderung des Durchlasses einer experimentellen Zelle gemäß der Erfindung als eine Funktion einer Pulslänge und Amplitude zum Umschalten von einem Zustand mit geringer Neigung in einen Zustand mit hoher Neigung;

**[0041]** [Fig. 8](#) ähnlich wie [Fig. 7](#), jedoch ein Umschalten von einem Zustand mit hoher Neigung in einen Zustand mit geringer Neigung; und

**[0042]** [Fig. 9](#) eine Draufsicht einer Einheitszelle einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung mit Löchern in einem pseudozufälligen Array.

## Detaillierte Beschreibung

**[0043]** Die bistabile nematische Zelle, die schematisch in [Fig. 1](#) 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 Innenoberfläche jeder Zellwand ist in einer bekannten Art und Weise mit einer transparenten Elektrodenstruktur (nicht gezeigt) versehen, z. B. Zeilelektroden auf der ersten Zellwand **2** und Spaltenelektroden auf der zweiten Zellwand **4**.

**[0044]** Die Innenoberfläche der ersten Zellwand **2** ist mit einer Schicht **6** eines dielektrischen Materials versehen, in der ein regelmäßiges Array quadratischer Löcher **8** gebildet ist, und die Innenoberfläche der zweiten Zellwand **4** ist flach. Die Löcher **8** sind etwa 1  $\mu\text{m}$  tief und der Zellzwischenraum (Wand zu Wand) beträgt typischerweise 2 bis 4  $\mu\text{m}$ . Die flache Oberfläche ist behandelt, um eine homöotrope Ausrichtung zu ergeben. Die Löcher **8** und die Ausrichtungsschicht **6** sind nicht homöotrop behandelt. Die chemische Natur der Oberfläche ist derart, dass der LC eine im Wesentlichen planare Ausrichtung benachbart zu der Oberfläche annimmt. SEM-Photomikrographien eines experimentellen Arrays von Löchern in einer Ausrichtungsschicht sind in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt.

**[0045]** Ein derartiges Array quadratischer Löcher weist zwei bevorzugte Ausrichtungsrichtungen in der Azimutebene entlang der beiden Diagonalen des Lochs auf. Diese Ausrichtung innerhalb des Lochs pflanzt sich dann in den Großteil des LC oberhalb des Lochs fort, derart, dass die durchschnittliche Orientierung ebenso entlang dieser Diagonalen ist.

**[0046]** Durch ein Neigen der Löcher entlang einer der Diagonalen 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. Die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) sind computererzeugte Modelle eines Querschnitts durch ein Loch, wobei der LC in den beiden Zuständen ist. Der Querschnitt ist in der x,z-Ebene. Die Ellipsen stellen die LC-Moleküle dar, wobei die lange Achse dem lokalen Direktor entspricht. Die Lochtiefe beträgt etwa 1  $\mu\text{m}$ .

**[0047]** In einem Zustand ([Fig. 4](#)) besitzt der LC eine geringere Neigung und ist in der Mitte fast planar, und in dem anderen ([Fig. 5](#)) ist er stark geneigt. 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 **12** und einen Analysator **10** unterschieden werden. Der Zustand mit geringer Neigung besitzt eine hohe Doppelbrechung und der Zustand mit großer Neigung besitzt eine geringe Doppelbrechung. Ein Bereitstellen der Löcher mit einem ausreichenden Blaze-Winkel entlang der Diagonalen dient ebenso einer Beseitigung von Rückneigungszuständen. Vorzugsweise beträgt der Blaze-Winkel abhängig von der Natur des LC und dem Zellzwischenraum zumindest 3°.

**[0048]** 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 das Loch verformt wird, entstehen könnten. Das Verformen um die Innenwände eines Lochs herum bewirkt Regionen mit großer Energiedichte an dem vorderen und dem hinteren vertikalen Rand des Lochs, wo eine scharfe Richtungsänderung vorliegt. 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 dem gesamten Loch homöotrop sind. In diesem Fall gibt es keine Region mit großer Verzerrung an den vertikalen Rändern der Löcher. In dem Zustand mit größerer Neigung wird diese Verformungsenergie deshalb reduziert, jedoch auf Kosten einer höheren Biege-/Abschrägungsverformungsenergie an den Übergängen von flachen Oberflächen an der Unterseite der Löcher und auf den Oberseiten der Wände zwischen den Löchern. Der LC, der mit diesen Oberflächen in Kontakt steht, ist nicht geneigt, erfährt jedoch eine scharfe Richtungsänderung, wenn er die Neigung des LC in dem Großteil der Zelle annimmt.

**[0049]** In dem Zustand mit geringer Neigung ist die Energie in dem entgegengesetzten Sinn ausgeglichen, wobei die starke Verformung um den vorderen und hinteren Rand des Lochs teilweise durch den Mangel der Biege-/Abschrägungsverformung an den horizontalen Oberflächen in und um das Loch herum ausgeglichen wird, da die Neigung innerhalb des Lochs einheitlicher ist. Unsere Computersimulationen legen nahe, dass für die gegenwärtige Konfiguration der Zustand mit größerer Neigung der Zustand mit weniger Energie ist. Die genaue Menge an Neigung in jedem Zustand ist eine Funktion der elastischen Konstanten des LC-Materials und der Verankerungsenergie des Lochmaterials. Der Ausdruck „horizontal“ wird hierin verwendet, um sich auf eine Oberfläche zu beziehen, die im Wesentlichen parallel zu den Hauptoberflächen der Zellwände ist, und der Ausdruck „vertikal“ wird verwendet, um sich auf eine Richtung, die normal zu diesen Oberflächen ist, zu beziehen.

**[0050]** Bezug nehmend auf [Fig. 6](#) ist ein computererzeugtes Modell von Neigungsprofilen für die beiden

Zustände für unterschiedliche Entfernungen durch eine 5 µm dicke Zelle gezeigt. Wie zu sehen ist, reduziert sich der Neigungsunterschied progressiv über den Löchern und läuft bei 90° an der zweiten Zellwand **4** zusammen, die als eine Behandlung einer homöotropen Ausrichtung aufweisend modelliert ist. Ein Umschalten zwischen den beiden Zuständen wird durch das Anlegen geeigneter elektrischer Signale erzielt.

**[0051]** [Fig. 9](#) zeigt ein pseudozufälliges Array von Löchern für ein alternatives Ausführungsbeispiel der Erfindung, das ein bistabiles Umschalten ohne Interferenzeffekte schafft. Jedes quadratische Loch beträgt etwa 0,8 × 0,8 µm und das pseudozufällige Array besitzt eine Wiederholungslänge von 56 µm.

#### Zellherstellung

**[0052]** Ein sauberes Glassubstrat **2**, das mit Indiumzinnoxid (ITO) beschichtet ist, wurde mit einem geeigneten Photoresist (Shipley S1813) auf eine letztendliche Dicke von 1,4 µm aufgeschleudert. Unmittelbar nach dem Aufschleudern wurde das Substrat auf einer Heizplatte 1 Minute lang bei 95°C vorgehärtet.

**[0053]** Eine Photomaske (Compugraphics International PLC) mit einem Array quadratischer Durchlassregionen in einem quadratischen Array wurde in festem Kontakt mit dem Substrat gebracht und eine geeignete kollimierte UV-Quelle wurde verwendet, um das Photoresist 60 Sekunden lang mit 0,1 mW/cm<sup>2</sup> zu belichten. Die verwendete Maske hatte Quadrate mit einer Breite von 1,5 µm, die um 0,7 µm getrennt waren. Das Substrat wurde unter Verwendung von Microposit Developer in einer Verdünnung von 1:1 mit entionisiertem Wasser etwa 60 Sekunden lang entwickelt und trocken gespült. Das Substrat wurde unter Verwendung einer UV-Quelle mit 365 nm 1 Minute lang mit 1 mW/cm<sup>2</sup> flutbelichtet und bei 85°C 1 Stunde lang gehärtet. Das Substrat wurde dann einer Tiefen-UV-Härtung unter Verwendung einer UV-Quelle mit 254 nm bei etwa 50 mW/cm<sup>2</sup> über 1 Stunde unterzogen, gefolgt durch ein Nachhärten in einem Vakuumofen. Die Ofentemperatur betrug nicht mehr als 85°C, als das Substrat in demselben platziert war. Die Temperatur wurde dann stufenförmig mit 3°C/Min auf 180°C erhöht und dort 1 Stunde lang gehalten, bevor sie langsam auf Umgebungstemperatur gesenkt wurde. 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 Löcher erzeugt werden. Ein Versatzwinkel von etwa 10° entlang einer der Lochdiagonalen wurde verwendet. Der Neigungswinkel (oder Blaze-Winkel) ist durch das Snelliussche Gesetz auf den Versatzwinkel bezogen. Eine Belichtung mit dem Entwickler beeinflusst auch die Form der Löcher. Die letztendlichen Löcher waren etwas

breiter als die Maskenabmessungen, wahrscheinlich aufgrund eines bestimmten Lichtleckens in die Wandregionen. Die in [Fig. 3](#) gezeigte Ausrichtungsschicht wurde gespalten, um die Form der Löcher besser darzustellen.

**[0054]** Ein zweites sauberes ITO-Substrat **4** mit Elektrodenstrukturen wurde in einer bekannten Art und Weise behandelt, um eine homöotrope Ausrichtung des Flüssigkristalls unter Verwendung eines Polyimids (Nissan 1211) zu ergeben. Das Polyimid wurde durch Aufschleudern mit 4.000 U/min über einen Zeitraum von 30 Sekunden aufgetragen. Für ein Substrat mit einem 1 Zoll im Quadrat (25,4 mm) wurden etwa 100 µl aufgebracht, während das Substrat gedreht wurde. Das Substrat wurde auf einer Heizplatte bei 95°C 1 Minute lang vorgehärtet und dann 1 Stunde lang bei 180°C nachgehärtet.

**[0055]** Eine LC-Testzelle wurde unter Verwendung geeigneter Abstandskugeln (Micropearl), die in einem UV-Aushärtkleber (Norland Optical Adhesives N73) beinhaltet sind, gebildet und unter Verwendung einer UV-Quelle mit 365 nm ausgehärtet. Der Kleber wurde in einer Region der Vorrichtung aufgetragen, in der kein Photoresist vorlag, so dass die Zellbeabstandung zwischen dem bloßen ITO auf dem ersten Substrat **2** und dem Polyimid auf dem zweiten Substrat **4** vorlag. Die Zelle wurde kapillarmäßig mit einer nematischen Flüssigkristallmischung (Merck ZLI 4788-000) gefüllt. Das Füllen wurde mit dem LC in der isotropen Phase bei 95°C, gefolgt durch schnelles Abkühlen, erzielt. 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

**[0056]** Die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigen die Umschaltantwort einer bistabilen Zelle, aufgezeichnet bei 30°C. Die Zelle hatte die folgenden Merkmale:  
 Zellzwischenraum: 3 µm  
 Lochtiefe: 1,4 µm  
 Lochbreite: 1,5 µm  
 Löcher sind auf einem quadratischen Gitter mit einer Beabstandung von 0,7 µm zwischen sich angeordnet  
 Versatzwinkel: 8° entlang einer der Diagonalen der Löcher  
 LC: ZLI 4788-000 (Merck).

**[0057]** Monopolare Pulse wurden an die Zelle angelegt und die Wirkung auf den Durchlass wurde aufgezeichnet. Jeder Testpuls besaß eine Amplitude V und eine Dauer τ. Bevor jeder Testpuls an die Zelle angelegt wurde, wurde ein Rücksetzpuls angelegt, um sicherzustellen, dass die Zelle immer in dem gleichen

Zustand begann. Der Durchlass wurde dann gemessen. Der Testpuls wurde dann angelegt und der Durchlass erneut gemessen und mit dem Ausgangsdurchlass verglichen. In den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigt Weiß Pulse an, die keine Veränderung des Durchlasses ergaben, und Schwarz zeigt Regionen an, die die Zellen umschalteten. Das Umschalten ist vorzeichenabhängig, mit einer einfachen Schwelle.

**[0058]** Beide Zustände sind extrem stabil. Ohne theoretisch eingeschränkt zu sein, glauben wird, dass eine Einschränkung auf Löcher im Mikrometerbereich einen makroskopischen Fluss des LC einschränkt, was die Vorrichtung sehr tolerant gegenüber mechanischer Verformung macht.

**[0059]** Unterschiedliche quadratische Querschnitte wurden (jeweils mit einem Zwischenraum von 0,7  $\mu\text{m}$  zwischen Quadraten) wie folgt ausprobiert: 0,7, 1,5, 2,0 und 3,0  $\mu\text{m}$ . Die Breite 1,5  $\mu\text{m}$  funktionierte von den getesteten am besten. Zellzwischenräume (gemessen von ITO zu ITO) von 3 und 5  $\mu\text{m}$  wurden ebenso getestet und funktionierten gut.

### 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 zum Anlegen eines elektrischen Felds über zumindest einen Teil des Flüssigkristallmaterials; eine Ausrichtungsschicht (6) an der Innenoberfläche zumindest der ersten Zellwand (2), wobei die Ausrichtungsschicht (6) ein Array von Löchern (8) in derselben aufweist, die eine Form und/oder Ausrichtung aufweisen, um zu induzieren, dass der Direktor benachbart zu jedem Loch zwei unterschiedliche Neigungswinkel in im Wesentlichen der gleichen Azimutrichtung annimmt; wobei die Anordnung derart ist, dass zwei stabile Flüssigkristallmolekulkonfigurationen vorliegen können, nachdem geeignete elektrische Signale an die Elektroden angelegt wurden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausrichtungsschicht ein Material mit einer Oberfläche aufweist, deren chemische Natur derart ist, um zu induzieren, dass benachbarte Flüssigkristallmoleküle eine im Wesentlichen planare Ausrichtung annehmen.

2. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der das Flüssigkristallmaterial eine negative dielektrische Anisotropie aufweist.

3. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei der die zweite Zellwand (4) eine Oberflächenausrichtung aufweist, die eine im Wesentlichen homöotrope lokale Ausrichtung des Direktors

induziert.

4. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Löcher (8) eine Tiefe in dem Bereich von 0,5 bis 5  $\mu\text{m}$  aufweisen.

5. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 4, bei der die Löcher (8) eine Tiefe in dem Bereich von 0,9 bis 1,5  $\mu\text{m}$  aufweisen.

6. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der zumindest ein Teil der Seitenwand der Löcher (8) in Bezug auf die Normale zu der Ebene der ersten Zellwand (2) geneigt ist.

7. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der jedes Loch (8) eine Breite in dem Bereich von 0,2 bis 3  $\mu\text{m}$  aufweist.

8. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Löcher (8) in einem unregelmäßigen Array angeordnet sind.

9. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 8, bei der die Löcher (8) in einem zufälligen oder pseudozufälligen Array angeordnet sind.

10. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Löcher (8) um 0,1 bis 5  $\mu\text{m}$  voneinander beabstandet sind.

11. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 10, bei der die Löcher (8) um 0,5 bis 1,5  $\mu\text{m}$  beabstandet sind.

12. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Ausrichtungsschicht (6) aus einem Photoresist- oder einem Kunststoffmaterial gebildet ist.

13. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Flüssigkristallmaterial ein oberflächenaktives Mittel beinhaltet.

14. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Form und/oder Ausrichtung der Löcher (8) derart sind, um nur eine Azimutdirektorausrichtung benachbart zu den Löchern (8) zu begünstigen, wobei diese Ausrichtung für jedes Loch (8) gleich ist.

15. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Form und/oder Ausrichtung der Löcher (8) derart sind, um nur eine Azimutdirektorausrichtung benachbart zu den Löchern (8) zu begünstigen, wobei diese Ausrichtung von Loch zu Loch variiert, um in einem der beiden Zustände eine Streuwirkung zu ergeben.

16. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der sich der Flüssigkristalldi-

rektor zwischen der ersten Zellwand (2) und der zweiten Zellwand (4) verdreht.

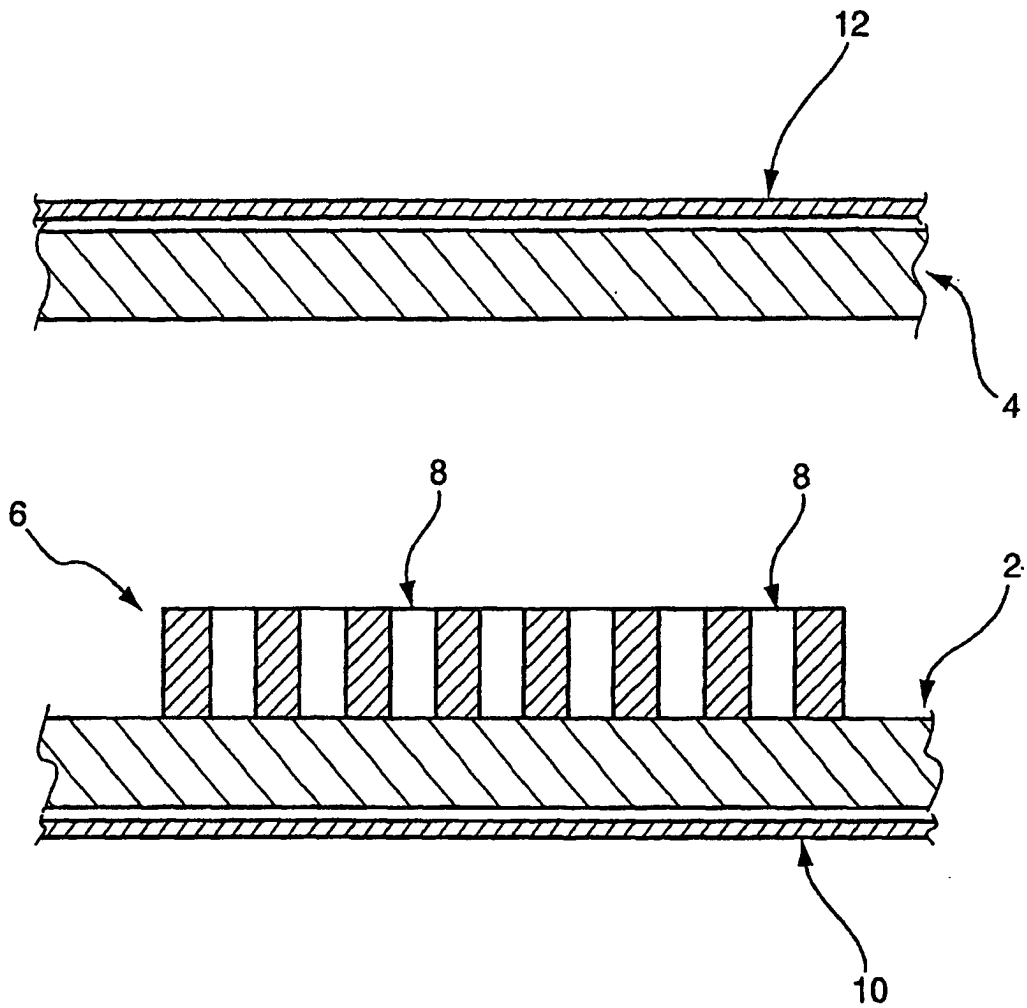
17. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Ausrichtungsschicht (6) aus einem dielektrischen Material gebildet ist.

18. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 17, bei der die Ausrichtungsschicht (6) als ein Abstandshalter fungiert, der die erste (2) und die zweite (4) Zellwand trennt.

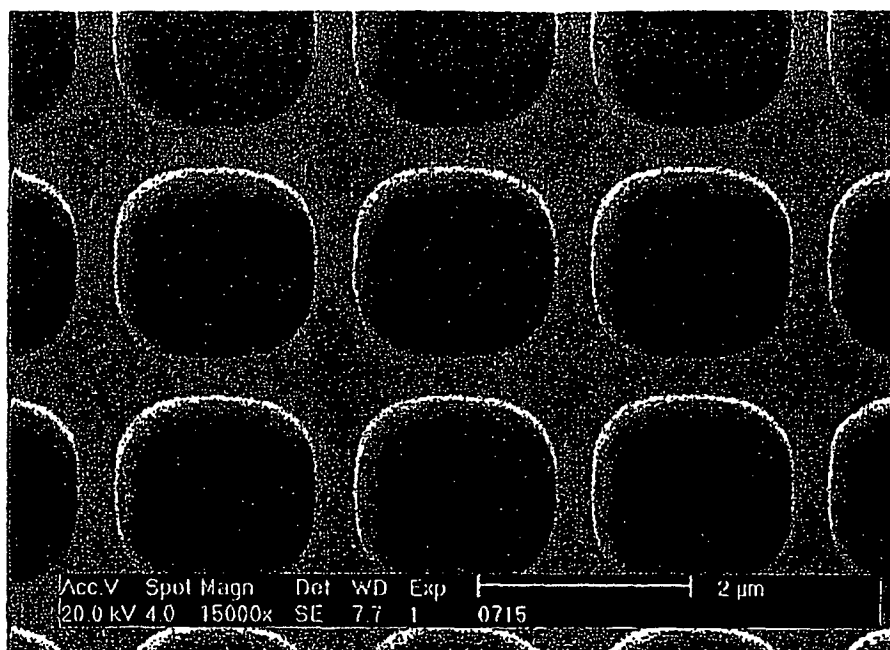
19. Eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Löcher (8) einen im Wesentlichen quadratischen Querschnitt besitzen.

20. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Löcher (8) in einem regelmäßigen Array angeordnet sind.

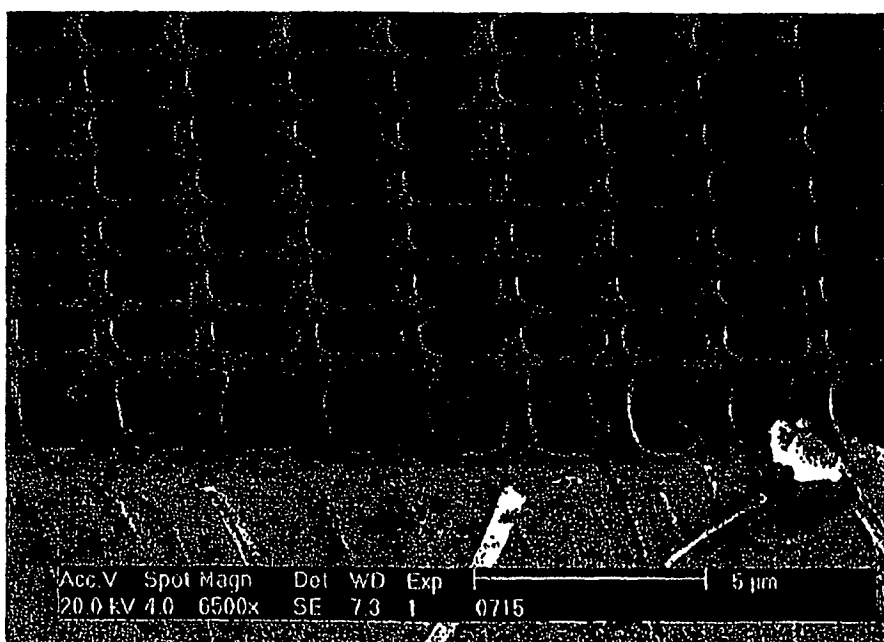
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



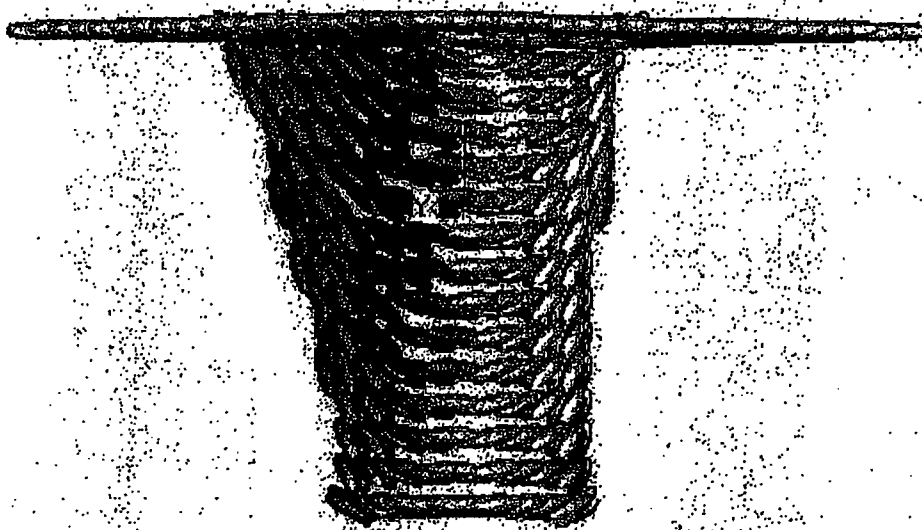
FIGUR 1



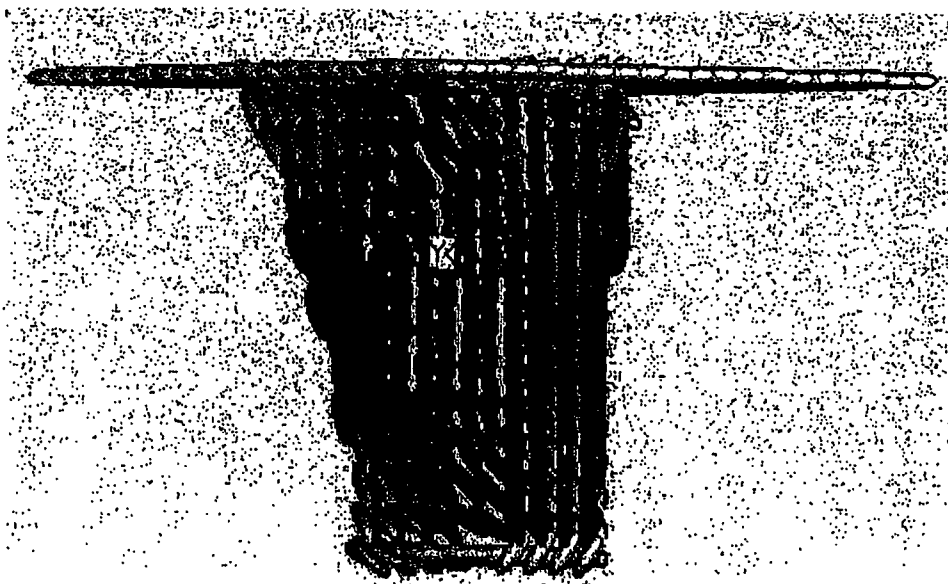
FIGUR 2



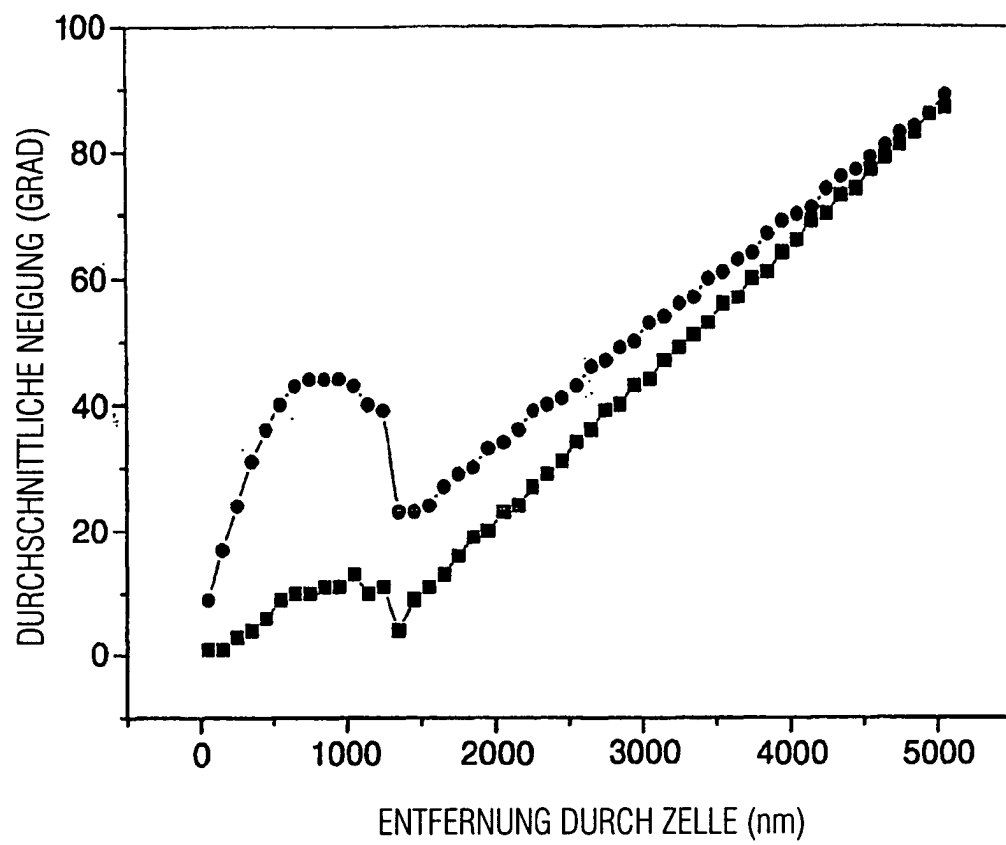
FIGUR 3



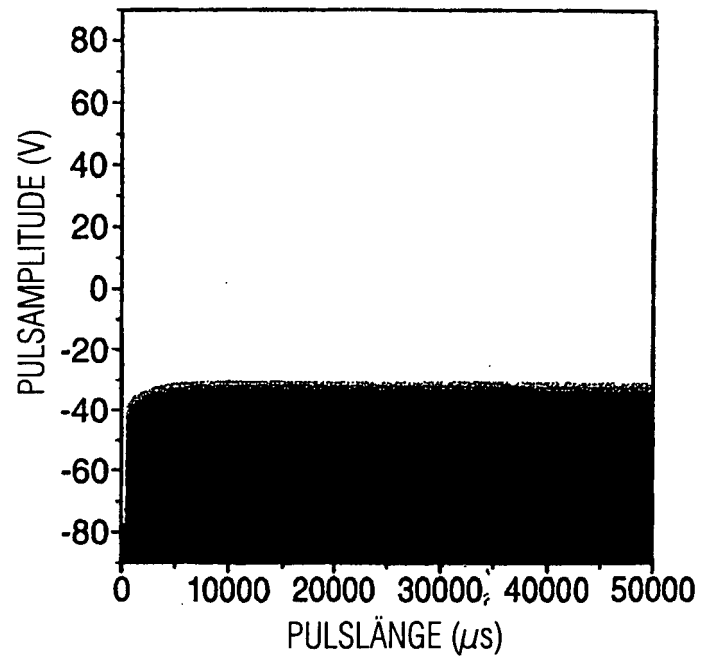
FIGUR 4



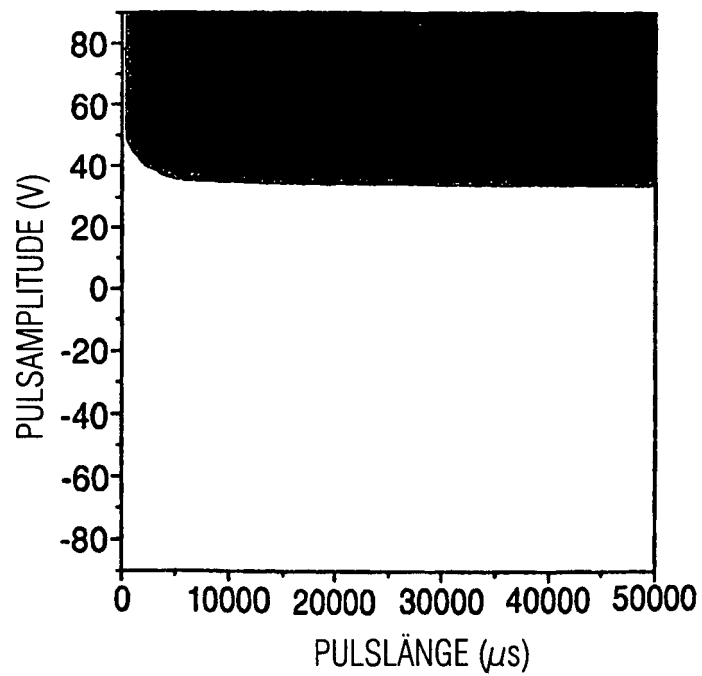
FIGUR 5



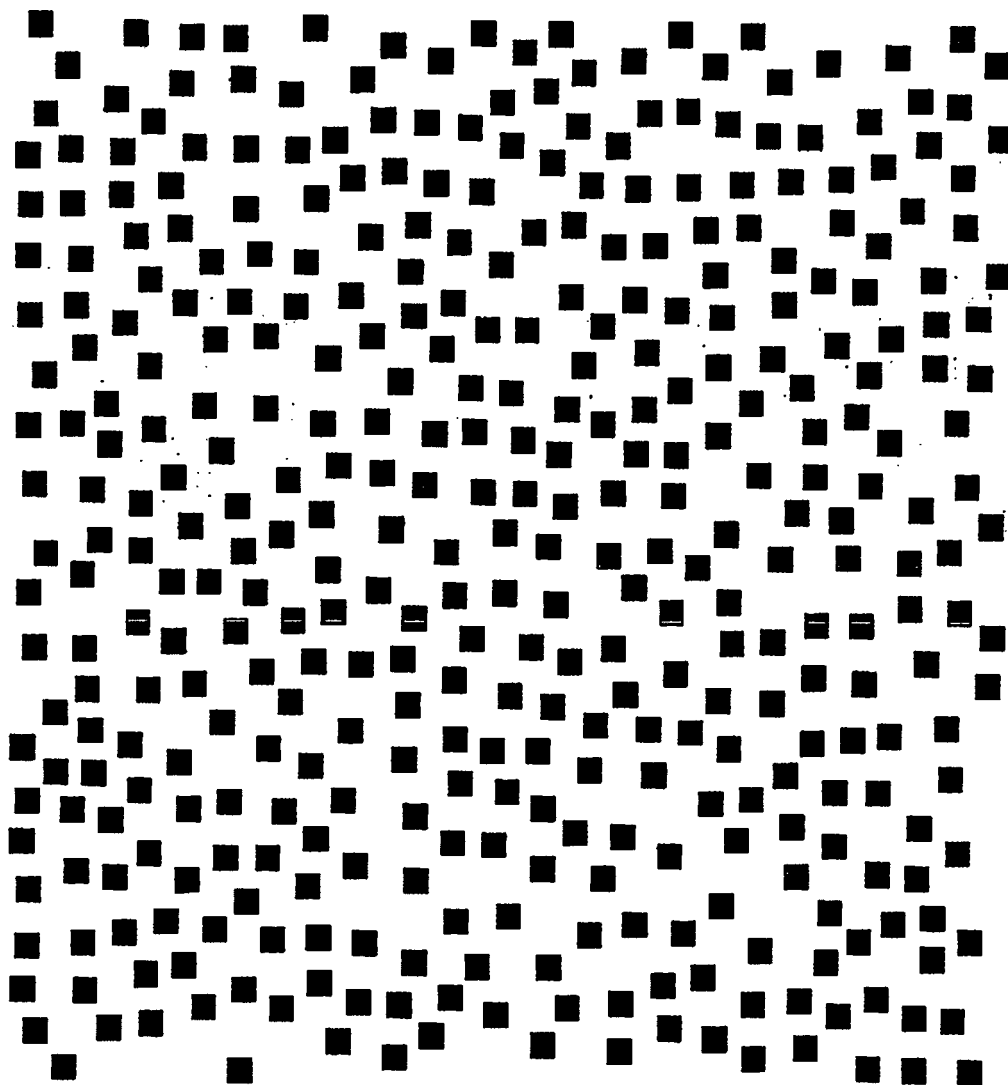
FIGUR 6



FIGUR 7



FIGUR 8



FIGUR 9