



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 34 547 T2 2007.05.03

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 954 841 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 34 547.9

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US98/09259

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 920 306.2

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 1998/050804

(86) PCT-Anmeldetag: 06.05.1998

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 12.11.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 10.11.1999

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 17.05.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 03.05.2007

(51) Int Cl.⁸: G09G 3/00 (2006.01)

G09G 3/36 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

852319 07.05.1997 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, DE, FI, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:

Kent State University, Kent, Ohio, US

(72) Erfinder:

YANG, Deng-Ke, Hudson, OH 44236, US; ZHU, Yang-Ming, Kent, OH 44240, US; HUANG, Xiao-Yang, Kent, OH 44240, US

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(54) Bezeichnung: DYNAMISCHE ANTRIEBSVERFAHREN UND GERÄT FÜR EINE BISTABILE FLÜSSIGKRISTALL-ANZEIGE

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

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

Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Anzeige, die ein chiral-nematisches, auch cholesterisch genanntes, reflektierendes bistabiles Flüssigkristallmaterial verwendet, und ein Elektronikansteuerungssystem zum Aktivieren der Anzeige, wobei ein effizienter Ablauf eingesetzt wird, um eine Hochgeschwindigkeitsaktualisierung der Anzeige bereitzustellen.

Stand der Technik

[0002] Flüssigkristalle werden seit vielen Jahren eingesetzt, um Information auf Flachbildschirmen anzugeben, wie sie zum Beispiel üblicherweise als Ziffernblätter in Uhren oder als Anzeigen mit der Größe einer halben Seite für Laptopcomputer und Ähnliches eingesetzt werden.

[0003] Eine aktuelle Displaytechnologie ist der Super-twisted-Nematic (STN) Typ. Obwohl diese Gerätetypen relativ kostengünstig sind, sind sie bei der Anzahl von Zeilen beschränkt, die adressiert werden können, aufgrund der Steilheit ihrer elektrooptischen Kurve und der engen Spannungstoleranzen, die eingehalten werden müssen. Auch wenn die Technologie nun hochentwickelt ist, sind derzeitige Geräte auf ungefähr 500 Zeilen beschränkt. Diese Displays haben auch den Nachteil, dass sie Polarisatoren erfordern, was die Helligkeit beschränkt, und Glassubstrate erfordern, welche das Gewicht des Displays erhöhen und bruchanfällig sind. Eine weitere aktuelle Displaytechnologie ist der so genannte Dünnschichttransistor- (TFT) Typ. In diesen Geräten wird das elektrooptische Flüssigkristallelement mittels eines Dünnschichttransistors angesteuert, der an jedem Pixel in einer so genannten aktiven Matrix vorhanden ist. Diese Displaytypen sind teuer herzustellen. Wenn die Größe der existierenden Halbseiten-TFT-Displays auf eine Größe einer ganzen Seite vergrößert wird, erhöhen sich die Anzahl von Transistoren und der Substratbereich durch einen Faktor Zwei und dies führt derzeitig zu nicht akzeptierbaren Kosten.

[0004] Somit ist ein grundsätzlicher Nachteil der derzeitigen Generation von Displays, dass sie inhärent auf eine halbe Seite beschränkt sind, anstatt einer Ganzseitentauglichkeit. Dementsprechend gibt es weiterhin einen Bedarf an einer Technologie, die kostengünstige Displays mit einer Ganzseitengröße ermöglicht, die bei einer Seitenwenderate aktualisiert werden können.

[0005] Flüssigkristalldisplays, die aus chiral-nematischen Materialien bestehen, erfordern keine fortlaufende Aktualisierung oder Auffrischung, wenn sich Daten oder eine Information auf dem Display ändern, aktualisiert die Elektronik das Display. Wenn sich jedoch die Displayinformation nicht ändert, kann das Display einmal beschrieben werden und in seiner informationsübermittelnden Konfiguration für eine verlängerte Zeitdauer verbleiben, ohne einen Displayprozessoreingriff. Die Fähigkeit für eine verlängerte Zeitdauer in einem stabilen Zustand zu verbleiben führte zu einer Verwendung chiral-nematischer Flüssigkristalldisplays für Schilder, die über relativ lange Zeitspannen langsam aktualisiert werden können. Da sich die Displayinformation nicht ändert, ist die Tatsache, dass es länger brauchen kann, um die anfängliche Information auf das Display zu schreiben, nicht wichtig.

[0006] Vorteilhafterweise können chiral-nematische bistabile Geräte angefertigt werden, die keine Beschränkung bezüglich der Anzahl von Zeilen haben, die adressiert werden können, was sie zu exzellenten Kandidaten macht, um die benötigten Seitengrößedisplays bereitzustellen. Jedoch ist die Aktualisierungsrate dieser Displays für viele Seitengrößedisplayanwendungen, wie z.B. elektronische Handbücher oder elektronische Zeitungen und Ähnliches, viel zu langsam. Für diese Anwendungsarten muss das Gerät in ungefähr 1 Sekunde oder weniger adressiert werden, um mit der Zeit vergleichbar zu sein, die erforderlich ist, um eine Seite manuell zu wenden. Jedoch ist die Aktualisierungsauffrischrate der derzeitigen chiral-nematischen Displaytechnologie größer als 10 Sekunden für ein Seitengrößendisplay mit 1000 Zeilen. Offensichtlich gibt es einen Bedarf an einem wirtschaftlich realisierbaren Display zur Verwendung in Informationsübermittelnden Geräten, wie z.B. Seitengrößenanzeigen, elektronischen Büchern, Pagern und Telefondisplays und Schildern, die schneller adressiert werden müssen. Eine Aktualisierung von Information auf einem Flüssigkristalldisplay mit passiver Matrix bei Raten, die schnell genug sind, um eine Information in einer wirtschaftlich akzeptablen Art und Weise, z.B. 1 Sekunde oder weniger, zu übermitteln, stellt für herkömmliche Flüssigkristalldisplays ein Problem dar.

[0007] Eine Anzahl von Patenten, die Stand der Technik sind, behandeln Probleme bezüglich der Aktualisierung von Information auf einem Flüssigkristalldisplay. So genannte Flüssigkristalldisplaytreiber oder elektronische Schaltungen sind im Stand der Technik bekannt und setzen unterschiedliche Methoden zum Aktualisieren

eines Flüssigkristalldisplays ein. Das US Patent Nr. 5,251,048, das am 05.Okttober 1993 für Doane et al. erteilt wurde, betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum elektronischen Schalten eines reflektierenden Farbdisplaysystems. Dieses Patent offenbart die Verwendung eines lichtmodulierenden Flüssigkristallmaterials, das zwischen Substraten eingefasst ist. Verlängerte leitfähige Bahnen, die auf gegenüberliegenden Seiten der Substrate gelagert sind, aktivieren Bildelemente an kontrollierten Stellen, um einen Bildschirm einzurichten. Die Offenbarung des '048 Patents (Doane et al.) wird hierin durch Bezugnahme mit aufgenommen.

[0008] In "High-Performance Dynamic Drive Scheme for Bistable Reflective Cholesteric Displays" (SID '96 Digest of Technical Papers, Vol. 27, Seiten 359–362 (1996)), sehen Huang et al. ein Ansteuerungsschema vor, das aus Vorbereitungs-, Vorauswahl-, Auswahl- und Entwicklungsphasen besteht. Jedoch wird kein Ansteuerungsschema bereitgestellt, das zusätzlich eine Nachauswahlphase zwischen den Auswahl- und Entwicklungsphasen enthält.

[0009] Das Europäische Patent mit der Veröffentlichungsnummer 0613116 sieht ein Ansteuerungsschema vor, das eine Rücksetzzeit, eine Auswahlzeit, eine Nichtauswahlzeit und eine Verzögerungszeit zwischen den Rücksetz- und Auswahlzeiten umfasst. Gleichermaßen sieht das Europäische Patent mit der Veröffentlichungsnummer 0491377 ein Verfahren zum Ansteuern eines Flüssigkristalldisplays vor, welches einen Löschschritt, eine Schreibschritt und einen Halteschritt umfasst. Ein dreistufiges Ansteuerungsschema wird bereitgestellt in "Transient Dielectric Study of Bistable Reflective Cholesteric Displays and Design of Rapid Drive Scheme" (Huang et al.), Applied Physics Letters, Vol. 67, No. 9, Seiten 1211–1213 (1995). Keines dieser Ansteuerungsschemata umfasst jedoch eine Nachauswahlphase, die einer Auswahlphase folgt.

[0010] Ein Dokument, das mit "Storage Type Liquid Crystal Matrix Display" betitelt ist, Tani et al. (SID 79 Digest, Seiten 114–115), schlägt ein Treibersystem für ein Flüssigkristalldisplay vor, dessen Betrieb Übergänge zwischen verschiedenen Zuständen von chiral-nematischem Flüssigkeitsmaterial berücksichtigt. Das Dokument beschreibt ein neues Flüssigkristalldisplay vom Speichertyp, das die Vorteile einer langen Speicherzeit besitzt, was das Auffrischen oder Aktualisieren der Information auf dem Display unnötig macht. Jedoch ist das Ansteuerungsschema von Tani et al. in Bezug auf seine Auflösung und Übermittlungseignung einer Informationsdichte beschränkt. Seine Ansteuerungswellenform und -Methode sind in Bezug auf die Anzahl von Zeilen, die adressiert werden können, auf ungefähr 100 Zeilen beschränkt, was weit weniger als die 1000 Zeilen ist, die für Seitengrößenanzeigeanwendungen erforderlich sind. Auch seine demonstrierten Schreibzeiten von 8 ms pro Zeile sind für wirtschaftlich akzeptable Seitengrößenanzeigen nicht ausreichend. Auf einem Flachbildschirm oder Ähnlichem sind 100 Zeilen Information in einem Flüssigkristalldisplay nicht akzeptabel zum Übermitteln von Text und 8 ms pro Zeile sind für viele Anwendungen viel zu langsam.

Offenbarung der Erfindung

[0011] Die Erfindung wird im beigefügten Anspruch 1 und beigefügten Anspruch 12 dargelegt. Ein zentraler Aspekt dieser Erfindung ist ein Adressierungsverfahren für ein bistabiles, hochauflösendes, großformatiges Flüssigkristalldisplay bei einer Seitenwenderate. Die vorliegende Erfindung macht sich Erkenntnisse in Bezug auf Übergänge eines bistabilen, chiral-nematischen Flüssigkristallmaterials von einem optischen Zustand oder Struktur auf einen anderen zunutze. Schnelle Schaltzeiten, die durch eine Anwendung der Erfindung erreicht werden, machen die Verwendung bistabiler, chiral-nematischer Flüssigkristalle in passiven Matrixsystemen möglich, die Adressierungsraten von mehr als 1000 Scan-Zeilen pro Sekunde besitzen. Solche Auffrischraten sind eine signifikante Verbesserung zur Verwendung in einem Flachbildschirm für eine Seitengrößenanzeige, einem elektronischen Buch oder Ähnlichem.

[0012] Gemäß der Erfindung wird eine Steuerung an ein Display gekoppelt, das eine Schicht aus bistabilem, chiral-nematischem Flüssigkristallmaterial besitzt, das zwischen Zellwänden angeordnet ist. Das chiral-nematische Flüssigkristallmaterial ist in einer dünnen Schicht vorgesehen und mittels Elektroden auf gegenüberliegenden Seiten des Materials eingebunden, welche die Bildelemente des Displays selektiv aktivieren. Solch eine Aktivierung veranlasst den Flüssigkristall verschiedene Flüssigkristallstrukturen in Antwort auf unterschiedliche Feldbedingungen aufzuweisen. Insbesondere, und ohne durch die Theorie festgelegt zu sein, bei höheren Spannungen nimmt der Flüssigkristall die homöotropische Struktur an, wobei der Flüssigkristalldirektor senkrecht zu der Zelloberfläche ausgerichtet ist. In der verdrehten planaren Struktur, auch Grandjean-Struktur genannt, ist der Flüssigkristall durch eine spiralförmige Struktur gekennzeichnet, deren Neigungslänge von der Menge an vorhandenem chiralen Material abhängt. Die spiralförmigen Achsen der verdrehten planaren Struktur sind senkrecht zu der Zelloberfläche und, abhängig von der Zelle, ist diese Struktur stabil, wenn kein Feld anliegt. In der transienten verdrehten planaren (transienten Grandjean-) Struktur ist die Neigungslänge ungefähr zweimal die der verdrehten planaren Struktur. Dieser Zustand tritt auf, wenn ein an-

gelegtes Feld, welches das Material in der homöotropischen Struktur hält, plötzlich reduziert oder abgebaut wird. Dieser Zustand ist transient zu entweder der verdrehten planaren oder der fokal-konischen Struktur, abhängig von den vorliegenden Bedingungen. Schließlich liegt der fokal-konische Zustand vor, in dem die spiralförmigen Achsen zum größten Teil zufällig ausgerichtet sind.

[0013] Abhängig von der Zelle kann dieser Zustand auch stabil sein, wenn kein Feld anliegt.

[0014] Mit dem bistabilen, chiral-nematischen Flüssigkristall zur Verwendung in dem erfindungsgemäßen Verfahren können sowohl die planaren als auch die fokal-konischen Zustände existieren und beide sind bei einem Nullfeld stabil. Der homöotropische Zustand wird sich bei einem ausreichend geringen Feld, oder Nullfeld, in den transienten planaren Zustand oder in den fokal-konischen Zustand relaxieren, wobei sich ersterer dann in einen planaren Zustand oder einen fokal-konischen Zustand relaxieren wird, abhängig von den vorliegenden Bedingungen. Nur der Übergang von dem homöotropischen in den transienten planaren Zustand ist besonders schnell, weniger als ungefähr 2 ms. Der bistabile Anzeigeablauf der Erfindung basiert auf dieser Tatsache und der optischen Unterscheidung zwischen den verdrehten planaren und fokal-konischen Zuständen. Es ist das Zulassen oder das Verhindern des Übergangs von dem homöotropischen in den transienten planaren Zustand in der geeigneten Phase in dem erfindungsgemäßen Ansteuerungsschema, was die vorteilhaften Ergebnisse, die dadurch erhalten werden, ermöglicht. Wenn die Neigungslänge des Materials angepasst wird, um Licht im sichtbaren Spektrum zu reflektieren, wird der planare Zustand farbiges Licht reflektieren und der Rest der Zustände wird transparent oder beinahe transparent erscheinen. In einem Anzeigegerät, in dem die hintere Oberfläche der Zelle schwarz bemalt ist, kann der planare Zustand erzeugt werden, um Licht irgendeiner gewünschten Farbe zu reflektieren, abhängig von der Neigungslänge, und die verbleibenden Zustände werden für den Betrachter schwarz erscheinen.

[0015] Vorteilhaft kann eine große Anzahl von Zeilen während des Vorbereitungsschritts gleichzeitig adressiert werden.

[0016] In der Praxis wird in dem Auswahlschritt die Spannung ausgewählt, um entweder den homöotropischen Zustand beizubehalten, oder ausreichend reduziert, um während der Auswahlphase einen Übergang in den transienten verdrehten planaren Zustand zu initiieren. Der Spannungslevel der Entwicklungsphase muss hoch genug sein, um den homöotropischen Zustand beizubehalten und dem transienten planaren Zustand zu ermöglichen, sich in den fokal-konischen Zustand zu entwickeln, aber niedrig genug sein, so dass sich der transiente planare Zustand nicht in den homöotropischen Zustand entwickelt. In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel kann für die Entwicklungsphase eine niedrigere Spannung ausgewählt werden, was die Wirkung einer Veränderung des endgültigen Zustands hat, der aus der Auswahlphase resultieren wird. In diesem Ausführungsbeispiel besitzt die Entwicklungsspannung, die am Ende der Auswahlphase angelegt wird, eine Größenordnung, die Pixeln im transienten verdrehten planaren Zustand erlaubt, sich in den verdrehten planaren Zustand zu entwickeln, und Pixeln im homöotropischen Zustand erlaubt, sich in den fokal-konischen Zustand zu entwickeln. Somit muss diese Entwicklungsspannung sorgfältig ausgewählt werden, um ausreichend hoch zu sein, so dass sich der homöotropische Zustand nicht in den transienten planaren Zustand umwandelt, aber ausreichend niedrig, so dass sich der transiente planare Zustand nicht in den fokal-konischen Zustand entwickelt und sich der homöotropische Zustand in den fokal-konischen Zustand umwandelt. Wichtig ist, dass das Ansteuerungsschema implementiert ist, indem die eine oder die andere einer hohen oder niedrigen Entwicklungsspannung verwendet wird. Welche Entwicklungsspannung auch immer ausgewählt wird, es ist die gleiche für alle Pixel. Dies muss von der Auswahlspannung unterschieden werden, welche sich von Pixel zu Pixel ändern kann.

[0017] Während der finalen Haltephase wird die Spannung nahe Null gewählt oder ganz an dem Bildelement abgebaut. Die Flüssigkristallbereiche, die im fokal-konischen Zustand sind, verbleiben nach dem Abbauen der Spannungen in dem fokal-konischen Zustand und jene im homöotropischen Zustand wandeln sich in einen verdrehten planaren Zustand um, der beständiges Licht reflektiert. In dem Fall, in dem die niedrigere Entwicklungsspannung verwendet wird, wird jedes Pixel im fokal-konischen Zustand am Ende der Entwicklungsphase in dem Zustand verbleiben, und jedes Pixel im verdrehten planaren Zustand wird in diesem Zustand verbleiben. Danach werden die Pixel in diesen Zuständen verbleiben, bis sie erneut adressiert werden. Da alle Pixel die gleiche Vorbereitungs- und Entwicklungsspannung erfordern, kann die Zeit während den Vorbereitungs- und Entwicklungsphasen durch Verwendung eines Pipelinealgorithmus gemeinsam genutzt werden. Mehrere Zeilen können gleichzeitig mit der Vorbereitungsspannung adressiert werden und dann, nach der Auswahl, können mehrere Zeilen gleichzeitig mit der Entwicklungsspannung adressiert werden.

[0018] Das Ergebnis dieser Folge von Pulsen oder Spannungen an dem Flüssigkristall, die ein Bildelement

bilden, muss zwischen dem fokal-konischen und dem lichtreflektierenden, verdrehten planaren Zustand ausgewählt werden. Natürlich werden die speziellen Spannungen, die für jeden der Adressierungsschritte notwendig sind, von der Zelldicke und den speziellen Materialien, die verwendet werden, abhängen, und werden demzufolge von Zelle zu Zelle variieren. Jedoch wird die Auswahl geeigneter Spannungen, um das erfindungsähnliche Ansteuerungsschema in einer bestimmten Zelle zu implementieren, für einen Fachmann angesichts der unmittelbaren Offenbarung ersichtlich sein. Ein wichtiger Vorteil, der durch die Ausführung der Erfindung erreicht wird, ist das Verkürzen des Auswahlpulses, wodurch die Anzahl und somit die Dichte von Bildelementen erhöht wird, die mit einer akzeptablen Geschwindigkeit aktualisiert werden können. Gemäß der Erfindung kann die Anzeige bei Seitenwenderaten in der Größenordnung von 1 Sekunde oder weniger aufgefrischt werden und die Auflösung und Anzeigegröße kann auf gewünschte Werte erhöht werden.

[0019] Eine Nachauswahlphase wird nach der Auswahlphase eingefügt, um die Gesamtübergangszeit zwischen Zuständen weiter zu reduzieren. Die Nachauswahlphase sieht einen relativ geringen Spannungswert vor, um den Polarwinkel des Flüssigkristallmaterials anzupassen. Dies erleichtert den Übergang der Struktur, die in der Auswahlphase ausgewählt wird. Das Einfügen einer Nachauswahlphase reduziert des Weiteren die Auffrischrate eines Flachbildschirms für eine Seitengrößenanzeige auf ungefähr 22 ms.

[0020] Eine diskrete Steuerspannung wird an dem Flüssigkristall angelegt, um zwischen einem Pixel zu wählen, dass einen verdrehten planaren (reflektierenden) oder einen fokal-konischen (transparenten oder schwach streuenden) Zustand haben wird. Das Signal wird dann während einer Entwicklungsphase erneut über dem Bildelement verändert und schließlich nimmt der Flüssigkristall seinen endgültigen vorbestimmten Zustand an, abhängig von der Auswahlspannung.

[0021] Wie häufig üblich, wird jeweils eine Zeile "ausgewählt" und nur der Zustand der Pixel in dieser Zeile wird von den "Daten-" Spannungen beeinflusst werden, die während der Auswahlphase an den Spalten angelegt werden. Aufgrund der Datenspannungen, die an den Spalten angelegt werden, werden Pixel in der ausgewählten Zeile dann in einem gewünschten Zustand oder Struktur eingestellt werden. Jedoch, obgleich es nicht üblich ist, werden auch bestimmte Spannungen an der Zeilenelektrode einer bestimmten Zeile angelegt werden, sowohl vor als auch nach der Auswahlphase für diese Zeile. Die Spannung, die an einer Zeile vor der Auswahlphase angelegt wird, das heißt, während der Vorbereitungsphase, wird ausreichend sein, um alle der Pixel in der Zeile in den homotropischen Zustand zu schreiben. Die Spannung, die an der Zeile nach der Auswahlphase angelegt wird, das heißt während der Entwicklungsphase, wird ausgewählt werden, um die Pixel zu veranlassen, sich in einen gewünschten endgültigen Zustand zu "entwickeln".

[0022] Die Steuerelektronik zum Aktivieren der Flüssigkristallanzeige ist besonders bevorzugt ein speziell eingerichteter Prozessor zum Anlegen von Steuerspannungen an Zeilen- und Spaltenarrays von Elektroden, die mit dem Flachbildschirm gekoppelt sind.

[0023] Ein bevorzugter Mechanismus zum Aktivieren der orthogonal angeordneten Elektroden einer Flüssigkristallanzeige vom Matrixtyp wird nachfolgend diskutiert. Dieses beispielhafte Ausführungsbeispiel der Erfindung wird den Betrieb einer Flüssigkristallanzeige, die gemäß der Erfindung ausgebildet ist, besser erklären.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Flüssigkristallflachbildschirms, der zum Anzeigen von Bildern auf einer portablen Dokumentenanzeige verwendet wird;

[0025] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind schematische Darstellungen, die Konfigurationen zum Erregen von Zeilen- und Spaltenbildelementen des Flachbildschirms darstellen;

[0026] [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) sind Spannungssequenzen, die über ein Flüssigkristallmaterial gekoppelt werden, um zwei unterschiedliche Zustände der Flüssigkristallanzeige zu erreichen;

[0027] [Fig. 3C](#) ist eine grafische Darstellung, welche die Wirkung variierender Entwicklungsphasenspannungen auf einen endgültigen Zustand eines Flüssigkristallmaterials in Bezug auf variierende Auswahlphasen-Spannungen zeigt;

[0028] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4F](#) sind schematische Darstellungen, die Elektrodenarrays zum Steuern der Anzeigezustände des Flüssigkristallmaterials zeigen, das zwischen zwei Elektroden eingelegt ist;

[0029] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) sind eine Reihe von Wellenformen, die beim Aktivieren der Flüssigkristallbildelemente verwendet werden;

[0030] [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm von Anzeigetreiberschaltungen zum Bereitstellen von Ansteuerungssignalen, um eine Flüssigkristallanzeige zu aktivieren;

[0031] [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) illustrieren ein Platinenlayout der Anzeigeansteuerungsschaltkreise, die in Form eines Blockdiagramms in [Fig. 7](#) gezeigt sind;

[0032] [Fig. 10](#) ist eine schematische Darstellung einer analogen Schaltung, die verwendet wird, um die Anzeigeansteuerungsschaltkreise zu konstruieren;

[0033] [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) sind Spannungssequenzen, die über ein Flüssigkristallmaterial gekoppelt werden, um zwei unterschiedliche Zustände der Flüssigkristallanzeige zu erreichen;

[0034] [Fig. 12](#) ist eine grafische Darstellung, die den Polarwinkel während der Postvorbereitungsdauer als Zeitfunktion für das Flüssigkristallmaterial zeigt;

[0035] [Fig. 13](#) ist eine schematische Darstellung, die Elektrodenarrays zum Steuern der Anzeigezustände des Flüssigkristallmaterials zeigt, das zwischen die Elektroden eingelegt ist;

[0036] [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) sind Wellenformen, die beim Aktivieren der Flüssigkristallbildelemente verwendet werden;

[0037] [Fig. 16](#) ist eine grafische Darstellung, welche die Wirkung variierender Entwicklungsphasenspannungen auf einen endgültigen Zustand eines Flüssigkristallmaterials in Bezug auf variierende Auswahlphasenspannungen zeigt;

[0038] [Fig. 17](#) ist ein schematisches Diagramm einer Zeitmodulation, um eine Graustufung des Flüssigkristallmaterials zu erhalten;

[0039] [Fig. 18](#) ist eine grafische Darstellung einer Reflektion im Vergleich zu einem Zeitintervall von Flüssigkristallmaterial, wobei die in [Fig. 17](#) gezeigte Zeitmodulationsmethode verwendet wird;

[0040] [Fig. 19A](#) und [Fig. 19B](#) sind Spannungssequenzen, die über ein Flüssigkristallmaterial gekoppelt werden, um zwei unterschiedliche Flüssigkristallanzeigezustände zu erreichen;

[0041] [Fig. 20](#) ist eine schematische Darstellung, die Elektrodenarrays zum Steuern der Anzeigezustände von Flüssigkristallmaterial zeigt, das zwischen den Elektroden angeordnet ist.

[0042] Die Vergleichsbeispiele in den [Fig. 3A–Fig. 3C](#), [Fig. 4A–Fig. 4F](#), [Fig. 5–Fig. 6](#), [Fig. 11A](#), [Fig. 11B](#) und [Fig. 12–Fig. 18](#) liegen außerhalb des Schutzbereichs der Patentansprüche.

Bester Modus zum Ausüben der Erfindung

[0043] Als eine Beispielanwendung der Erfindung kann eine Matrixanzeige, wie sie in der Technik bekannt ist, betrachtet werden, die Zeilenelektroden, die auf der Innenseite einer der Zelloberfläche gestaltet sind, und Spaltenelektroden besitzt, die auf der Innenseite der anderen Zelloberfläche gestaltet sind.

[0044] Der Adressierungszyklus gemäß einem Vergleichsbeispiel umfasst vier Zustände, in denen Spannungen an Spalten und Zeilen wie folgt angelegt werden. Zuerst gibt es die Vorbereitungsphase, in der Pixel in einer bestimmten Zeile durch die Zeilenelektrode mit einer hohen Spannung adressiert werden, was sie alle veranlasst, in den homöotropischen Zustand umzuschalten. Als nächstes, in der so genannten Auswahlphase, besitzt die Spannung, die an einer ausgewählten Zeile angelegt wird, eine Größenordnung, die, wenn sie mit den Datenspannungen, die an den Spalten der Anzeige angelegt werden, kombiniert wird, zu Spannungen führt, die an bestimmten Pixeln in der ausgewählten Zeile angelegt werden und wirken, um das Pixel in einen Zustand entsprechend der Größenordnung der Spannung, die an die Spaltenelektroden angelegt wird, zu schalten. Dieser Zustand wird entweder transient planar oder homöotropisch sein. Als drittes, in der so genannten Entwicklungsphase, entwickeln sich jene Pixel in der transienten planaren Struktur nach der Auswahlphase in die fokal-konische Struktur und jene Pixel in dem homöotropischen Zustand verbleiben nach der Auswahl-

phase im homöotropischen Zustand. Zuletzt gibt es eine Halte- oder Speicherphase, während der die Spannung reduziert wird oder auf Null gebracht wird und die Pixel in dem fokal-konischen Zustand verbleiben in diesem Zustand, während sich die Pixel in dem homöotropischen Zustand in den reflektierenden verdrehten planaren Zustand relaxieren.

[0045] Wenn man sich nun den Zeichnungen zuwendet, zeigt [Fig. 1](#) einen Flüssigkristallflachbildschirm **10** zur Verwendung mit einer Dokumentenanzeige **12**, mit der das vorgenannte Verfahren eingesetzt werden kann. Die spezielle Anzeige **12**, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist eine portable elektronische Anzeige für Bücher, Nachrichten oder ähnliche Dokumente, welche eine Seitenauswahlschaltung **14** umfasst, die ein Bestandteil des Geräts ist, und eine Speicherkarte oder Diskette **16**, welche die Information aufnehmen kann, die auf der Dokumentenanzeige **12** dargestellt werden soll. Solch eine Anzeige **12** kann in geeigneter Weise ein Festplattenlaufwerk, ein Diskettenlaufwerk und/oder verschiedene andere Eingabe-/Ausgabegeräte umfassen.

[0046] Die Anzeige **10** ist besonders bevorzugt in der Lage, sowohl Bilder als auch Text darzustellen. Zum Anzeigen von Bildern und Text ist es nötig, die Anzeige **10** in ungefähr einer Sekunde oder weniger zu aktualisieren oder aufzufrischen, um eine Wahrnehmung des Aktualisierungsprozesses durch den Benutzer zu beschränken. Eine Auflösung der Anzeige **10** wird bezüglich vertikaler und horizontaler Zeilen auf dem Bildschirm quantifiziert. Die vorliegende Mindestanforderung an eine Auflösung für eine Dokumentenanzeige mit Seitengröße beträgt 1000 Zeilen, die in weniger als ungefähr 1 Sekunde adressierbar sein müssen.

[0047] Obwohl die Erfindung im Zusammenhang mit der Dokumentenanzeige **12** offenbart wird, kann die vorliegende Erfindung auch in anderen Anzeigen zur Verwendung mit Computern, die in der Handfläche gehalten werden, Pagern, Computern zum Übermitteln spezieller Information, Schildern, elektronischen Büchern und Zeitungen und Ähnlichem angewandt werden, wie es für einen Fachmann angesichts dieser Offenbarung offensichtlich sein wird. Außerdem können größere Anzeigen, wie z.B. für Autobahnschilder und Ähnliches, die erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtung umfassen.

[0048] Die Anzeige **10** ist konstruiert, indem ein reflektierendes, bistabiles, chiral-nematisches Flüssigkristallmaterial verwendet wird, dessen Anzeigezustand durch Anlegen einer Steuerspannung über dem Flüssigkristallmaterial gesteuert werden kann. Geeignete chiral-nematische Flüssigkristallmaterialien und Zellen, so wie ihre Vorbereitungsweise, werden für einen Fachmann angesichts dieser Offenbarung offensichtlich sein. Bevorzugte chiral nematische Flüssigkristallmaterialien und Zellen sind bei spielsweise im US Patent Nr. 5,453,863 und im US Patent Nr. 5,437,811 offenbart, deren Offenbarungen durch Bezugnahme hierin mit einbezogen werden. Abhängig von der Größe und Dauer der Steuerspannung kann ein Bildelement (Pixel) dazu gebracht werden, um eine Licht reflektierende verdrehte planare Struktur, eine homöotropische Struktur oder eine fokal-konische Struktur aufzuweisen. Eine Steuerung jedes Bildelements der Anzeige ist aufgrund der Eignung des chiral-nematischen Flüssigkristallmaterials, schnell aktualisiert zu werden, möglich.

[0049] Die perspektivische schematische Ansicht der [Fig. 2A](#) zeigt ein kleines Segment der Anzeige **10**. Eine Schicht **50** (Dicke von 5 Mikrometern) aus chiral-nematischem Flüssigkristallmaterial wird zwischen zwei durchsichtigen Einschließungsplatten **52**, **54** eingelegt, welche nicht mit den lichtreflektierenden oder durchlässigen Charakteristiken des Materials **50** interferieren.

[0050] Auf jeder Seite der Platten **52**, **54** sind Elektrodenarrays befestigt, die mit einem Schaltkreis ([Fig. 7](#)), der nachfolgend beschrieben wird, zum Erregen der Elektroden gekoppelt sind. Wie in der [Fig. 2A](#) zu sehen ist, trägt die Platte **52** angeordnete Arrays miteinander verbundener Elektroden. Die Elektroden auf der Platte **52** sind miteinander verbunden, um Spalten miteinander verbundener Elektroden zu definieren, die alle auf dem gleichen elektrischen Potential gehalten werden. Beispielsweise werden die Elektrode **60a** und alle anderen Elektroden, die eine Spalte von Elektroden bilden, mit elektrischen Leitungen **62** gekoppelt, die an einem Eingang **70a** entlang einer Bodenkante der Anzeige **10** mit Energie versorgt werden. Gleichermaßen wird die Elektrode **60b** durch den Eingang **70b** auf dem gleichen elektrischen Potential gehalten, wie andere miteinander verbundene Elektroden in ihrer Spalte. Schließlich wird eine dritte stellvertretende Elektrode **60c** mit anderen Elektroden entlang der Spalte verbunden, die durch den Eingang **70c** mit Energie versorgt wird.

[0051] Wie nachfolgend ausführlicher beschrieben wird, wird ein Anzeigezustand eines Bildelements direkt unterhalb der Elektrode **60a** durch eine Spannungsdifferenz zwischen der Elektrode **60a** und der Spannung an einer Elektrode **80a** auf der anderen Seite der Flüssigkristallschicht **50** gesteuert, welche durch die Platte **54** getragen wird. Drei Elektroden **80a**, **80b**, **80c** sind in einer Konstruktionsdurchsicht auf einer gegenüberliegenden Seite der Anzeige **10** positioniert gezeigt. Diese Elektroden **80a**, **80b**, **80c** sind durch elektrische Leitungen **82** elektrisch verbunden, die mit einem Eingang **90** an der Kante der Einschließungsplatte **54** gekoppelt sind.

[0052] Eine selektive Steuerung der Spannung, die an den Elektroden **60a, 80a** angelegt wird, bestimmt das elektrische Potential, das über dem Flüssigkristallmaterial angelegt wird, wodurch das Bildelement oder das Pixel unterhalb der Elektroden **60a, 80a** definiert wird. Durch die Steuerung der Spannung, die an den Eingängen **70a, 90** angelegt wird, kann dieses Potential angepasst werden und kann insbesondere gemäß einem Verfahren zum Auswählen zwischen einem Bildelement in der fokal-konischen Struktur und einem Bildelement in der verdrehten planaren Struktur gesteuert werden. Durch selektives Steuern der optischen Charakteristiken jedes Bildelements, die die Anzeige **10** bilden, können die Ansteuerungsschaltungen **58** ein Bild darstellen oder einen Text auf der Anzeige anzeigen.

[0053] Solch eine Anzeige kann mit Raten von mindestens 500 Scan-Zeilen pro Sekunde aktualisiert werden. Es wird angemerkt, dass die Elektroden konzeptionell durch Kreise dargestellt sind, z.B. **60a** in [Fig. 2A](#), um die Diskussion der verschiedenen Zustände einer Anzeige zu vereinfachen, die in den [Fig. 4A–Fig. 4F](#) gezeigt ist.

[0054] [Fig. 2B](#) ist eine zweite Darstellung, welche die Struktur einer Anzeige vom passiven Matrixtyp zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens genauer wiedergibt. Wie in [Fig. 2B](#) zu sehen ist, tragen die Platten **152** und **154** transparente Elektroden **162** und **182a, 182b**, welche als Leitungen auf die Substrate gelegt sind. Die Kreise, wie z.B. **60a** in [Fig. 2A](#) stellen Pixel dar, welche, wie mit **190a** und **190b** in [Fig. 2B](#) gezeigt, am Schnittpunkt der leitfähigen Elektrode **162** mit den leitfähigen Elektroden **182a** beziehungsweise **182b** auftreten.

Drei-Phasen-Ansteuerungsschema

[0055] [Fig. 3a](#) und [Fig. 3B](#) illustrieren eine Methode, in der der Anzeigezustand eines Bildelements gesteuert wird. Chiral-nematisches Flüssigkristallmaterial, wie es in der Technik bekannt ist, kann durch Anlegen einer Spannung mit Energie versorgt werden, um mehrere optische Zustände oder Strukturen aufzuweisen. Drei repräsentative Strukturen für das Flüssigkristallmaterial sind homöotropisch, verdreht planar und fokal-konisch. Wenn es im homöotropischen Zustand ist, ist das Flüssigkristallmaterial transparent, um Licht einfallen zu lassen, das auf das Flüssigkristallmaterial auftrifft. Wenn es im fokal-konischen Zustand ist, streut das Flüssigkristallmaterial das Licht schwach, obwohl, wenn die Weglänge kurz genug ist, der Zustand transparent erscheinen kann und schwarz erscheinen wird, wenn das hintere Substrat schwarz bemalt ist. Wenn es im verdrehten planaren Zustand ist, reflektiert das Flüssigkristallmaterial das Licht. Der endgültige Anzeigezustand der Bildelemente aus Flüssigkristallmaterial, welche die Anzeige **10** bilden, wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgewählt, um entweder der fokal-konische oder der verdrehte planare Zustand zu sein. Der Flüssigkristall in der planaren Struktur wird transparent oder schwach streuend erscheinen, um einen ausreichenden Kontrast mit der planaren Struktur bereitzustellen. Es ist keine Hintergrundbeleuchtung erforderlich.

[0056] Die [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) zeigen Effektivwert- (rms, engl. root mean square) Spannungen als eine Zeitfunktion an, welche über einem Bildelement (Pixel) angelegt werden, um entweder den fokal-konischen (**3A**) oder den verdrehten planaren Zustand (**3B**) zu erreichen. Wie in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) zu sehen, beginnt jede der Steuerspannungen, die an dem Flüssigkristall angelegt werden, mit einer Vorbereitungsphase **110** einer Dauer **T1**, während der das Flüssigkristallmaterial in seinen homöotropischen Zustand gezwungen wird. Die Spannung während der Vorbereitungsphase V_p und die Dauer dieser Phase **T1** müssen ausreichen, um die komplette Umwandlung des Materials in die homöotropische Struktur zu bewirken. Obwohl es bei den Größen, welche das Material in den homöotropischen Zustand steuern werden, kein oberes Limit gibt, wird, wenn sie nach Beendigung des Adressierungszyklus zu niedrig sind, das Gerät ein nicht so hohes Reflexionsvermögen im reflektierenden Zustand haben wie es möglich ist. Jedoch theoretisch ist, sobald V_p hoch genug ist und **T1** lang genug ist, um das Material vollständig in den homöotropischen Zustand zu steuern, der Vorbereitungsschritt im Wesentlichen befriedigt und der endgültige Zustand des Pixels wird nicht von dem Zustand des Pixels vor der Vorbereitungsphase abhängig sein. In praktischen Anwendungen wird der maximale Wert von V_p durch die Hardware beschränkt. Außerdem widerspricht sich ein übermäßig langes **T1** mit der Aufgabe, die Anzeige schnell zu aktualisieren. Somit sollten idealerweise die Parameter für irgendeine gegebene Anzeige optimiert werden, um ein möglichst niedriges V_p einzusetzen, um die Treiber-Hardware und den Anzeigeaufbau zu vereinfachen, und ein möglichst kurzes **T1** einzusetzen, um Ansteuerungsgeschwindigkeiten zu optimieren. Ein Erhöhen des Werts von V_p wird allgemein den Wert von **T1** verkürzen.

[0057] Der Vorbereitungsschritt kann modifiziert werden, um eine geringere Bildretention aus den anfänglichen Zuständen des Flüssigkristalls vor dem Eintritt in die Vorbereitungsphase zu ermöglichen, was das endgültige Reflexionsvermögen des Geräts herabsetzt. Typischerweise ist der Wert von V_p höher und die Dauer von **T1** wird länger sein, um diesen Bildretentionseffekt zu vermeiden. In der Vorbereitungsphase kann die

hohe Spannung mehrere Male an- und abgeschaltet werden, um das Flüssigkristallmaterial in einem kürzeren Zeitintervall T1 vollständig im homöotropischen Zustand anzutragen. Mit anderen Worten kann die Dauer der Vorbereitungsphase reduziert werden.

[0058] Nach einer geeigneten Zeitdauer T1, welche ungefähr 40 Millisekunden beträgt, tritt das Verfahren in die so genannte Auswahlphase ein, wobei das Flüssigkristallmaterial mit einer Auswahlspannung V_s zum Auswählen zwischen dem fokal-konischen und dem verdrehten planaren Endzustand aktiviert wird. Wichtig ist, dass diese so genannte Auswahlphase **114** nur eine kurze Dauer T2 (etwa eine oder zwei Millisekunden) andauert, weitaus weniger als die Vorbereitungsphase **110**. Bei der Anwendung der Adressierungssequenz kann die Auswahlspannung jeweils an einer Leitung angelegt werden, wobei sie die Zeilen in einer Pipelineweise nach unten fortschreitet.

[0059] Ohne durch die Theorie festgelegt zu sein ist es auch vorgesehen, dass mehrere Leitungen gleichzeitig ausgewählt werden können, wobei die Mehrzahl ausgewählter Zeilen in einer Pipelineweise die Anzeige nach unten bewegt werden. Die Fähigkeit, mehr als jeweils eine Leitung auszuwählen, wird in der Theorie aufgrund der Steilheit des ausgewählten Pulses im Vergleich zu der endgültigen Intensitätskurve möglich gemacht, wie beispielsweise in [Fig. 3C](#) für den Fall von V_E gleich 31 Volt gezeigt. Wie in [Fig. 3C](#) gesehen werden kann, wären 14 Volt eine ausreichende Auswahlspannung, um das Pixel in den reflektierenden Zustand zu steuern, und 11 Volt wären ausreichend niedrig, um das Pixel in den fokal-konischen Zustand zu steuern. Durch Anlegen der bekannten Alt- und Pleshko-Wellenformen an den Leitungen, die ausgewählt werden, ist die Anzahl von Leitungen, die gleichzeitig ausgewählt werden können, abhängig von dem Verhältnis der Auswahlspannung, die notwendig ist, um das Pixel in den reflektierenden Zustand (V_{S-R}) zu steuern, und der Auswahlspannung, die notwendig ist, um das Pixel in den fokal-konischen Zustand (V_{S-FC}) zu steuern, gemäß der Relation: # Leitungen = $\lceil ((V_{S-R}/V_{S-FC})^2 + 1)/((V_{S-R}/V_{S-FC})^2 - 1) \rceil$. Für die Werte von V_{S-R} gleich 14 Volt und V_{S-FC} gleich 11 Volt würde dies bedeuten, dass jeweils ungefähr 18 Leitungen ausgewählt werden können für das Material und die Zelle, die verwendet werden, um [Fig. 3C](#) zu erzeugen. Durch das Anlegen von Spannungswerten zwischen V_{S-R} und V_{S-FC} , weist das Flüssigkristallmaterial Graustufeneigenschaften auf.

[0060] Während einer Entwicklungsphase **116** wird das Flüssigkristallmaterial für eine Zeitdauer T3 bei einer Entwicklungsspannung V_E erregt, die geringer ist als die Vorbereitungsspannung aber größer ist als die Auswahlspannung. In der Entwicklungsphase **116** wird das Flüssigkristallmaterial entweder in einer homöotropischen Konfiguration gehalten oder entwickelt sich in einen fokal-konischen Zustand. Wenn die Entwicklungsspannung V_E der [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) abgebaut wird, tritt das Flüssigkristallmaterial in einen fokal-konischen ([Fig. 3A](#)) oder verdrehten planaren ([Fig. 3B](#)) Endzustand ein, abhängig von der Spannung, die während der Auswahlphase **114** ausgewählt wurde. Wie durch Vergleichen der Wellenformen der [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gesehen werden kann, tritt der einzige Unterschied bei der Spannung während der Auswahlphase **114** auf, während der V_s entweder eine relativ geringe Spannung V_{S-FC} **120** ([Fig. 3A](#)) oder eine höhere Spannung V_{S-R} **122** besitzt, die den Endzustand des Bildelements bestimmt, um fokal-konisch beziehungsweise licht-reflektierend verdreht planar zu sein.

[0061] Während die Auswahlspannung den Endzustand eines Pixels bestimmt, wird angemerkt, dass die Entwicklungsspannung die Erscheinung des Pixels beeinflussen kann. [Fig. 3C](#) zeigt die Wirkung der Wahl von V_E in einer Kurve der Auswahlspannung im Vergleich zu einer endgültigen Gerätereflexion. Es kann gesehen werden, dass für V_E größer als 34 Volt eine Auswahlspannung V_s von weniger als 11 Volt nicht zu einem Zustand geringerer Reflektion führt und dass für V_E kleiner als 25 Volt das gleiche Problem auftritt, und die Reflexion, die aus V_s größer als 14 Volt resultiert, von ihrem Maximalwert reduziert wird. Somit hat sich mit diesem Gerät herausgestellt, dass für einen korrekten Ablauf des Adressierungsschemas V_E zwischen 25 und 34 Volt liegen muss, wobei 31 eine bevorzugte Größe ist. Es ist auch anzumerken, dass durch Erhöhen von T3, eine Dauer der Entwicklungsphase, die Kontrastverhältnisse zwischen den verdrehten planaren und fokal-konischen Zuständen verbessert werden können. Jedoch hat dies auch den Effekt des Verlangsamens der Ansteuerungsgeschwindigkeit. Umgekehrt, während ein Erhöhen des Werts von V_E förderlich für schnellere Geschwindigkeiten ist, reduziert es das Kontrastverhältnis. Natürlich werden die spezifischen Optimalspannungen abhängig von spezifischen Materialien, die verwendet werden, und der Konstruktion der Zelle variieren, es wird aber als zum Fachwissen gehörend angesehen, solche Parameter angesichts der unmittelbaren Offenbarung zu optimieren.

[0062] Die Wellenformen, die in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) dargestellt sind, sind Darstellungen von Effektivwertspannungen. Die tatsächlichen Wellenformen sind in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt. Die Wellenformen sind bipolare Signale, die über und unter die Massespannung oszillieren, um eine Ionenleitung zu dem Flüssigkristallmaterial zu vermeiden, das zwischen den zwei Platten **52**, **54** eingelegt ist. Die RMS-Spannungen über dem

Flüssigkristallmaterial betragen ungefähr 50 Volt während der Vorbereitungsphase **110**, 31 Volt während der Entwicklungsphase **116** und nach Wahl entweder 11 Volt oder 27 Volt während der Auswahlphase **114**, abhängig vom gewünschten Endzustand.

[0063] Wie in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt, wird die Spaltenspannung an der Anzeige über die gesamte Adressierungszeitdauer bis zum Ende der Entwicklungsstufe der allerletzten Zeile angelegt. Um verdrehte planare Zustände mit hohem Reflexionsvermögen zu erhalten, muss die Spaltenspannung V_{col} niedriger sein als ein bestimmter Wert. Wenn die Spaltenspannung zu hoch ist, kann der Übergang von dem homöotropischen Zustand zu dem verdrehten planaren Zustand nicht auftreten und/oder die Pixel, die bereits in den verdrehten planaren Zustand geschrieben sind, können in den fokal-konischen Zustand umgeschaltet werden. Eine weitere Beschränkung der Spaltenspannung ist, dass $2V_{\text{col}}$ groß genug sein muss, um die gewünschten Endzustände zu erhalten. Wie in der [Fig. 3C](#) gesehen werden kann, muss für die $V_E = 31$ Volt Kurve das $2V_{\text{col}}$ größer als ungefähr 5 Volt sein.

[0064] Es wurde beobachtet, dass wenn die Spannung in den Vorbereitungs- und Entwicklungsphasen die gleiche Frequenz wie die Spaltenspannung besitzt, dann kann die Wirkung der Datenspannungen auf die Pixel in den Vorbereitungs- und Entwicklungsspannungen einen ungenauen Betrieb des Geräts verursachen, was als "Nebensprechen" bekannt ist. Aufgrund der Empfindlichkeit des Betriebs des Geräts auf den Wert der Spannung, die während der Entwicklungsphase angelegt wird, kann die Wirkung besonders groß sein. Jedoch wurde herausgefunden, dass, wenn die Frequenz der Spannung, die an den Zeilen der Pixel in den Vorbereitungs- und Entwicklungsphasen angelegt wird, eine andere Frequenz besitzt als jene, die an die Spalten angelegt wurde, der Nebensprecheffekt reduziert wird. Um den Nebensprecheffekt weiter zu verhindern, ist die Frequenz der Spaltenspannung in der Auswahlphase (f_s) die gleiche wie die Frequenz der Spaltenspannung (f_{col}), und in den Vorbereitungs- und Entwicklungsphasen sind die Frequenzen f_p und f_E unterschiedlich zu f_{col} und haben bevorzugt die Werte gemäß der folgenden Relationen:

$$f_s = f_{\text{col}}$$

$$f_p = nf_{\text{col}} \text{ oder } f_p = (1/n)f_{\text{col}}$$

$$f_E = mf_{\text{col}} \text{ oder } f_E = (1/m)f_{\text{col}}$$

wobei n und m Ganzzahlen größer als 1 sind. In dem Beispiel, das in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt ist, gilt $f_s = f_{\text{col}} = 500$ Hz, und $f_p = f_E = 2f_{\text{col}} = 1000$ Hz.

[0065] Die [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4F](#) illustrieren eine Methode, in der diese Spannungen durch die Ansteuerungsschaltung der [Fig. 7](#) an Kanteneingängen an die in [Fig. 2](#) gezeigten Elektroden angelegt werden. Sich der [Fig. 4A](#) zuwendend stellt diese Figur eine Draufsicht auf die Elektroden dar, wobei die dazwischen liegende Struktur der Einschließungsplatten **52**, **54** und des Flüssigkristallmaterials zur Erleichterung der Darstellung weggelassen ist. Die Elektrode **60a** in der oberen linken Ecke der [Fig. 4A](#) liegt auf der Elektrode **80a** auf und in einer ähnlichen Weise liegen die zwei Elektroden **60b**, **60c** auf den Elektroden **80b**, **80c** auf.

[0066] Jede der **20** Zeilen R1–R20 empfangen während der Vorbereitungsphase **110** gleichzeitig ein 50 Volt RMS-Signal. Eine erste Zeile R1, die durch drei repräsentative Spaltenelektroden **60a**, **60b**, **60c** eingegrenzt ist, ist im Begriff ihre Vorbereitungsphase **110** zu beenden, und eine Reihe R20 beginnt gerade ihre Vorbereitungsphase. Spannungen, die an den Spaltenelektroden mit –8 Volt, +8 Volt und den +8 Volt an den Kanten-eingängen **70a**, **70b**, **70c** angelegt werden, sind nicht groß genug, um Vorbereitungsbildelemente zu stören, die diese **20** Zeilen bilden, so dass all die Pixel dieser Zeilen in den homöotropischen Zustand konvertiert werden.

[0067] Sich der [Fig. 4B](#) zuwendend schalten die Ansteuerungsschaltungen das 50 Volt RMS-Signal eine Zeile nach unten, wie in [Fig. 4B](#) zu sehen, so dass **19** der **20** Zeilen, die in [Fig. 4A](#) dargestellt sind, in der Vorbereitungsphase **110** verbleiben. Die Zeile R1 der Elektroden, welche Elektrodenpaare **60a**, **80a**, **60b**, **80b**, **60c**, **80c** auf gegenüberliegenden Seiten der Schicht umfasst, wird nun mit bipolaren Spannungen angeregt, die für die Auswahlphase **114** geeignet sind. Ein **19** Volt RMS-Signal wird am Kanteneingang **90** angelegt. Die Ansteuerungsschaltungen, die an die Kanten-eingänge **70a**, **70b**, **70c** gekoppelt sind, legen weiterhin 8 Volt RMS-Signale einer gesteuerten Polarität an, um den Zustand des Pixelelements auszuwählen, das durch die Elektroden in dieser Zeile R1 eingegrenzt ist.

[0068] Das Bildelement, das durch die Elektroden **60a**, **80a** eingegrenzt ist, ist gerade in die Auswahlphase

eingetreten. Das Anlegen einer Spannung von –8 Volt hält dieses Bildelement im homöotropischen Zustand. Wie in [Fig. 3B](#) zu sehen, wird dies eine verdrehte planare Konfiguration für den Endzustand erzeugen. Das Bildelement, das durch die Elektroden **60b**, **80b** eingegrenzt ist, wird mit Energie versorgt, um das Pixel zwischen diesen Elektroden zu veranlassen, in den transienten verdrehten planaren Zustand zu schalten. Wie in [Fig. 3A](#) zu sehen, wird dies zu einer fokal-konischen Konfiguration für das Bildelement im Endzustand führen.

[0069] Die Bildelemente, die durch die Elektroden, die in den [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) dargestellt sind, eingegrenzt sind, sind mit der Angabe "H" für homöotropisch, "P" für verdreht planar oder "P*" für transient planar gekennzeichnet, um den augenblicklichen Zustand des Flüssigkristalls unterhalb der Elektroden zu indizieren. Daher wurde das Bildelement, das durch die zwei Elektroden **60b**, **80b** eingegrenzt ist, mit einer "P**" Kennzeichnung in [Fig. 4B](#) gekennzeichnet.

[0070] Wellenformen zum Auswählen zwischen entweder den fokal-konischen oder den verdrehten planaren Endzuständen sind in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt. Wie in diesen Figuren zu sehen, werden Rechteckwellen-RMS-Signale durch die Ansteuerungsschaltungen angelegt, um während der Zeitdauer T2 der Auswahlphase eine geeignete Spannung über ein Bildelement zu koppeln. Drei unterschiedliche Wellenformen werden dargestellt. Eine Wellenform W1 indiziert beispielsweise das Zeileneingangssignal entlang des Eingangs **90**. Eine zweite Wellenform W2 indiziert einen Spalteneingang, wie z.B. ein Signal an einem der Eingänge **70a**, **70b**, **70c**. Eine dritte Wellenform W3 indiziert das reine oder resultierende Signal über dem Bildelement.

[0071] Die Wellenformen in [Fig. 5](#) halten den Flüssigkristall während der Auswahlphase in einem homöotropischen Zustand. Wie oben diskutiert, führt dies zu einem verdrehten planaren Endzustand für den Flüssigkristall. [Fig. 6](#) zeigt eine spannungsaktivierende Wellenformen W4, W5, W6, die dem Flüssigkristallmaterial ermöglichen, von dem homöotropischen Zustand während der Vorbereitungsphase **110** in einen transienten verdrehten planaren Zustand während der Auswahlphase **114** zu wechseln. Dies veranlasst den Flüssigkristall nach der Entwicklungsphase in einen fokal-konischen Zustand zu schalten.

[0072] [Fig. 4C](#)–[Fig. 4F](#) zeigen ein fortgesetztes Anlegen von Steuerspannungen an das Elektrodenarray, das die Flüssigkristallschicht **50** eingrenzt. In [Fig. 4C](#) grenzen die Elektroden in Zeile R1 Flüssigkristallmaterial ein, das in die Entwicklungsphase eintritt (siehe [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#)). Wenn man sich daran in der Darstellung der [Fig. 4](#) erinnert, grenzen die Elektroden **60b**, **80b** ein Bildelement ein, in dem die Steuerspannung am Eingang **70b** einen Übergang in den verdrehten planaren Zustand ermöglichte. Während der Entwicklungsphase tritt das Bildelement in den fokal-konischen Zustand ein und wird schließlich eine fokal-konische Konfiguration erreichen, gekennzeichnet mit einem "F", nachdem die Entwicklungsphase beendet ist. Das Bildelement, das von den Elektroden **60a**, **80a** eingegrenzt ist, verbleibt im homöotropischen Zustand, da während der Auswahlphase der [Fig. 4B](#) für die Zeile R1 eine Spaltensteuerspannung angelegt wurde, um dieses Bildelement im homöotropischen Zustand zu halten.

[0073] [Fig. 4E](#) stellt die Zeile R1 dar, nachdem die Pixel dieser Zeile die Entwicklungsphase durchgemacht haben. Die Steuerspannung am Eingang **90** wird auf 0 Volt reduziert. Die Spalteneingänge **70a**, **70b**, **70c** werden weiterhin selektiv geschaltet, um eine Zeile R22 zu aktivieren, die gerade die Vorbereitungsphase beendet hat. Diese Zeile R22 ist von der ersten Zeile R1 durch 20 andere Zeilen beabstandet. [Fig. 4F](#) zeigt eine Situation, worin zwei Reihen R1, R2 den Endzustand erreicht haben, wie durch Anlegen von 0 Volt entlang der Zeileneingänge an diese beiden Zeilen R1, R2 indiziert wird. Die Spalteneingänge **70a**, **70b**, **70c** fahren fort, abhängig von den gewünschten Pixelzuständen einer Zeile R23 direkt unterhalb der Zeile R22 zu variiieren.

[0074] Der Vorbereitungsschritt kann modifiziert werden, um eine geringere Bildretention von den Anfangszuständen des Flüssigkristalls zu ermöglichen, bevor in die Vorbereitungsphase eingetreten wird, was die endgültige Reflexion von dem Gerät herabsetzt. Die Vorbereitungsphase kann eine Vorausrichtungssequenz umfassen – wobei die hohe Spannung einige Male an- und abgeschaltet wird – die angepasst ist, um den Flüssigkristall vor der Auswahlphase vollständiger in die homöotropische Struktur auszurichten. Durch ein vollständigeres Umschalten des Materials während der Vorbereitungsphase in die homöotropische Struktur gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird jegliche Beeinflussung der Erscheinung des endgültigen optischen Zustands eines Pixels, welche durch Unterschiede in den Anfangszuständen vor der Vorbereitungsphase verursacht wird, im Wesentlichen eliminiert. Dies verbessert auch das Kontrastverhältnis.

[0075] In einem weiteren Vergleichsbeispiel wird die Entwicklungsspannung V_E relativ niedrig gewählt, beispielsweise 10 bis 15 Volt, um den Endzustand oder die Erscheinung der Zelle abzuändern. In diesem Vergleichsbeispiel kann der Entwicklungsschritt Spannungen einsetzen, um eine Entwicklung einer transienten planaren Struktur, die durch die Auswahlspannung erhalten wird, eher zu einer reflektierenden planaren als zu

einer fokal-konischen zu bewirken. In diesem Vergleichsbeispiel werden die Endzustände, die aus der Auswahlphase resultieren, unterschiedlich zu denen sein, die resultieren, wenn die Entwicklungsspannung einen höheren Wert besitzt. Ein Vorteil dieses Vergleichsbeispiels ist, dass die Zustände, die am Ende des Entwicklungszeitintervalls vorliegen, die Endzustände sind, und keine Übergänge am Schluss der Entwicklungsphase auftreten. Somit unterscheidet sich dieses Vergleichsbeispiel von dem vorhergehenden Vergleichsbeispiel nur durch die Spannung, die anschließend an die Auswahlphase angelegt wird, und demzufolge durch die resultierenden Flüssigkristallzustände. Am Schluss der Auswahlphase wird eine Spannung an das Pixel angelegt, die eine Höhe besitzt, welche den Pixeln im transienten planaren Zustand ermöglicht, sich in den reflektierenden verdrehten planaren Zustand zu entwickeln, und den Pixeln, die in dem homöotropischen Zustand sind, ermöglicht, sich in den fokal-konischen Zustand zu entwickeln. Daher muss die Spannungshöhe in dieser Entwicklungsphase hoch genug ausgewählt werden, so dass sich der homöotropische Zustand nicht in den transienten planaren Zustand umwandelt, aber niedrig genug, so dass sich der transiente planare Zustand nicht in die fokal-konische Struktur entwickelt, und so dass sich der homöotropische Zustand in die fokal-konische Struktur umwandelt.

[0076] Nach der Entwicklungsphase dieses zusätzlichen Vergleichsbeispiels kann die Spannung, die an den Pixeln angelegt wird, auf Null reduziert werden, und aufgrund der Nullfeldbistabilität dieser Materialien werden die Pixel, die sich in die planare Struktur entwickelt haben, in diesem Zustand verbleiben, und Pixel, die sich in die fokal-konische Struktur entwickelt haben, werden bei einem Nullfeld in diesem Zustand verbleiben. Somit wendet das Verfahren gemäß diesem Ausführungsbeispiel die gleichen Vorbereitungs- und Auswahlphasen an, wie vorhergehend beschrieben. Jedoch kann die Spannung in der Haltephase auf einen niedrigeren Wert verringert werden oder vollständig abgebaut werden, und die Pixel werden in den planaren oder fokal-konischen Zuständen verbleiben, die während der Entwicklungsphase erhalten wurden.

Vier-Phasen-Ansteuerungsschema

[0077] In einem alternativen Vergleichsbeispiel der vorliegenden Erfindung hat sich herausgestellt, dass durch Hinzufügen einer zusätzlich Phase zu der Adressierungssequenz zusätzliche Zeit eingespart werden kann. In diesem Ansteuerungsschema, das in den [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) gezeigt ist, besteht die Adressierungssequenz aus vier Phasen: Vorbereitung, Postvorbereitung, Auswahl und Entwicklung. In dem vorhergehenden Vergleichsbeispiel, das in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt ist, betrug das Zeitintervall für die Auswahlphase ungefähr 1 Millisekunde. In dem vorliegenden Vergleichsbeispiel beträgt das Zeitintervall für die Auswahlphase und die hinzugefügte Postvorbereitungsphase ungefähr 0,5 Millisekunden.

[0078] Die [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) zeigen die Anzeigezustände eines Bildelements in einer Weise, die ähnlich der der [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) ist. Die [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) zeigen Effektivwertspannungen (rms) als eine Zeitfunktion über einem Pixel an, um entweder einen fokal-konischen (11A) oder einen verdrehten planaren (11B) Zustand zu erreichen. Um beide Zustände zu erhalten, wird während einer Vorbereitungsphase **300** der Dauer T1 eine Steuerspannung an dem Flüssigkristallmaterial angelegt, welche das Flüssigkristallmaterial in den homöotropischen Zustand zwingt. Wie vorher müssen die Spannung V_p und die Dauer T1 ausreichen, um die vollständige Umwandlung des Materials in die homöotropische Struktur zu bewirken. Natürlich werden die Werte, die für die Spannung V_p und die Dauer T1 ausgewählt werden, basierend auf den Ausführungsbeziehungen ausgewählt, die in dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel diskutiert wurden.

[0079] In einer Postvorbereitungszeitdauer **312** wird eine Spannung V_i , die einen viel niedrigeren Spannungswert als die Vorbereitungsspannung V_p besitzt, an dem Flüssigkristallmaterial angelegt, um den Übergang von der homöotropischen Struktur zu initiieren. Um diesen Übergang besser zu verstehen wird auf [Fig. 12](#) Bezug genommen. In dem Übergang von dem homöotropischen Zustand in den transienten planaren Zustand ändert sich der Polarwinkel Θ des Flüssigkristallmaterials von 0° auf 90° . Für cholesterisches Flüssigkristallmaterial, das sichtbares Licht reflektiert, beträgt die Übergangszeit ungefähr 0,5 ms. Wie durch [Fig. 12](#) gezeigt wird, ändert sich dieser Übergang Θ am Anfang des Übergangs relativ langsam. Dieses langsame Intervall wird als t1 definiert. Der Übergang Θ ändert sich dann sehr schnell und dieses schnellere Intervall wird als t2 definiert. In diesem Ausführungsbeispiel ist, für ein cholesterisches Material, das grünes Licht reflektiert, t1 + t2 gleich ungefähr 0,5 ms, wobei t1 die Postvorbereitungsphase **312** mit einer Dauer von ungefähr 0,2 ms ist und t2 die Auswahlphase ist. In dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel ([Fig. 3](#)) deckt die Auswahlzeit (T2) das Intervall t1 + t2 ab. In der Postvorbereitungsphase **312** ist die angelegte Spannung V_i relativ niedrig und dem Material wird ermöglicht, sich durch eine konisch spiralförmige Struktur in den transienten planaren Zustand zu relaxieren. Während des Zeitintervalls t1 weicht der Polarwinkel Θ nur leicht von 0° ab.

[0080] In einer Auswahlphase **314** wird eine Spannung V_s an dem Flüssigkristallmaterial angelegt zum Aus-

wählen zwischen dem fokal-konischen und dem verdrehten planaren Endzustand. Die Spannung V_s kann eine hohe Spannung V_r sein, welche einen Zuwachs des Polarwinkels Θ stoppt und das Material zurück in den homöotropischen Zustand schaltet. Der Wert für die Spannung V_r ist viel größer als der Wert für V_i . Alternativ kann die Spannung V_s eine niedrige Spannung V_b **318** sein, welche den Polarwinkel Θ fortfahren lässt, um auf 90° anzuwachsen, was das Material veranlasst, sich weiter in den transienten planaren Zustand zu relaxieren. Der Wert für die Spannung V_b ist nur etwas größer als der Wert für V_i . Wie in [Fig. 12](#) zu sehen, beträgt das Zeitintervall t_2 für den Polarwinkel Θ , um sich von $\epsilon \sim 5^\circ$ auf 90° zu ändern, ungefähr 0,2 ms für ein cholesterisches Flüssigkristallmaterial, das sichtbares Licht reflektiert. Die Spannung, um das Material zurück in die homöotropische Struktur zu schalten, hängt von dem Polarwinkel des Materials ab. Ein cholesterisches Material mit einem großen Polarwinkel erfordert eine hohe Spannung, um das Material in die homöotropische Struktur zu zwingen.

[0081] In einer Entwicklungsphase **320** wird eine Spannung V_e an dem Flüssigkristallmaterial angelegt, um das Material in entweder die fokal-konische Struktur zu zwingen, wenn das Material in der Auswahlphase in die transiente planare Struktur ausgewählt wird, oder wird in der homöotropischen Struktur gehalten, wenn das Material ausgewählt wird, um in der Auswahlphase in der homöotropischen Struktur zu sein. Die Größe für die Spannung V_e ist geringer als die Vorbereitungsspannung, jedoch größer als die Postvorbereitungsspannung. Wie in dem vorhergehenden Vergleichsbeispiel müssen verschiedene Faktoren wie z.B. das Kontrastverhältnis und die Ansteuerungsgeschwindigkeit betrachtet werden, wenn eine Größe für die Auswahlspannung V_e und die Zeitdauer T_3 ausgewählt wird.

[0082] Nach der Entwicklungsphase ist die angelegte Spannung kleiner als V'_{pf} , welche die Spannung für den planaren fokal-konischen Übergang ist. Wenn das Flüssigkristallmaterial in der homöotropischen Struktur ist, dann relaxiert es sich in den reflektierenden planaren Zustand. Wenn das Material in den fokal-konischen Zustand umgeschaltet wird, dann verbleibt das Material in dem im wesentlichen transparenten fokal-konischen Zustand.

[0083] [Fig. 13](#) zeigt eine Sequenz, in der Spannungen an die Elektroden angelegt werden, die in [Fig. 2](#) gezeigt sind. In ziemlich der gleichen Weise wie in den [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4F](#) gezeigt, zeigt [Fig. 13](#) das Adressierungsverfahren, das an den entsprechenden Zeilen- und Spaltenelektroden angewandt wird. Die Spannungen V_o und $-V_o$ werden an den Spaltenelektroden angelegt, während die Vorbereitungs-, Postvorbereitungs-, Auswahl- und Entwicklungsspannungen der Reihe nach an den Zeilenelektroden angelegt werden. Die Pixel, die von den Elektroden, die in [Fig. 13](#) dargestellt werden, eingegrenzt werden, sind mit der Kennzeichnung "F" oder "P*" gekennzeichnet, um die Zustände des Flüssigkristallmaterials zwischen den Elektroden während des Adressierens zu indizieren. Der Fachmann wird sich darüber bewusst sein, dass "F" kennzeichnet, dass das Pixel letztendlich schwarz erscheinen wird, wenn das Flüssigkristallmaterial in dem fokal-konischen Zustand ist, und dass "P*" kennzeichnet, dass das Pixel letztendlich reflektierend erscheinen wird, wenn das Material in dem planaren Zustand ist. Es wird verstanden werden, dass, wenn $V_b = V_s - V_o < V_{ph}$, das unterworfene Pixel einen transienten planaren Zustand aufweisen wird, der endgültig zu einem Pixel mit einer fokal-konischen Struktur führt. Wenn $V_r = V_s - (-V_o) > V_{ph}$, wird das unterworfene Pixel eine homöotropische Struktur aufweisen, welche endgültig zu einem Pixel mit einer planaren Struktur führt. Der Spannungswert V_{ph} repräsentiert den Spannungswert der erforderlich ist, um das Flüssigkristallmaterial in die homöotropische Struktur zu zwingen.

[0084] Die tatsächlichen Wellenformen, die an den Elektroden angelegt werden, sind in den [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) gezeigt. Diese Wellenformen sind bipolare Signale, die oszillieren, um eine Ionenleitung des Flüssigkristallmaterials zu vermeiden. Die Wellenform W7 zeigt die Zeileneingangsspannung, die Wellenform W8 zeigt die Spalteneingangsspannung und die Wellenform W9 zeigt das resultierende oder kombinierte Signal von W7 und W8 über dem Bildelement. Die Wellenformen, die in der [Fig. 14](#) gezeigt sind, ermöglichen dem Flüssigkristallmaterial, von dem homöotropischen Zustand während der Vorbereitungsphase **300** in einen transienten planaren Zustand während der Auswahlphase **314** zu wechseln. Dies veranlasst das Flüssigkristallmaterial, nach der Entwicklungsphase **320** in einen fokal-konischen Zustand zu schalten. In [Fig. 15](#) zeigt die Wellenform W10 die Zeileneingangsspannung, die Wellenform W11 zeigt die Spalteneingangsspannung und die Wellenform W12 zeigt das resultierende oder kombinierte Signal von W10 und W11 über dem Bildelement. Die Wellenformen W10 bis W12 halten das Flüssigkristallmaterial während der Auswahlphase in einem homöotropischen Zustand, was zu einem verdrehten planaren Zustand für das Pixel führt. Nachfolgend bereitgestellt ist ein Beispiel einer Spannungssequenz, die an einer Flüssigkristallzelle wie oben beschrieben angelegt wird. Dieses Beispiel ist in keiner Weise beschränkt und ist beispielhaft für die verbesserte Übergangszeit.

Beispiel

[0085] Ein Grün reflektierendes Muster mit einer PMMA Beschichtung wurde konstruiert und die folgende Sequenz von Spannungssignalen wurde daran angelegt.

Vorbereitungsphase:	40 ms, 60 V
Postvorbereitungsphase:	0,2 ms, 6 V
Auswahlphase:	0,2 ms
Entwicklungsphase:	40 ms, 29 V

[0086] Die endgültige graphische Repräsentation der Reflektions- im Vergleich zur Auswahlspannung wird in [Fig. 16](#) gezeigt. Ein hoher Reflektionswert wird mit einer Auswahlspannung erhalten, die höher als 27 V ist. Ein geringer Reflektionswert wird mit einer Auswahlspannung erhalten, die geringer als 15 V ist. Als solches können Graustufungen mit Auswahlspannungen im Bereich von 15 V bis 27 V erhalten werden.

[0087] Wie in [Fig. 17](#) zu sehen, kann eine Graustufung auch durch Verwendung von Zeitmodulationsmethoden erhalten werden. Am Anfang der Auswahlphase wird die gleiche Spannung wie die Postvorbereitungsspannung V_i angelegt und dann wird eine höhere Spannung V_s für Δt angelegt. Wenn $V_s = 35$ V an dem obigen Beispiel angelegt wird, wird die endgültige Reflektion im Vergleich zu Δt , welche die unterschiedlichen Graustufungswerte zeigen, in [Fig. 18](#) gezeigt.

F nf-Phasen-Ansteuerungsschema

[0088] In diesem Ausführungsbeispiel hat sich herausgestellt, dass durch Hinzufügen einer noch weiteren Phase zu der Adressierungssequenz zusätzliche Zeit eingespart werden kann. In diesem Ansteuerungsschema, das in den [Fig. 19A](#) und [Fig. 19B](#) gezeigt wird, wird eine Nachauswahlphase **330** zwischen der Auswahlphase **318** und der Entwicklungsphase **320** eingefügt. Durch Einfügen der Nachauswahlphase kann die Gesamtadressierungszeit für den Flachbildschirm auf ungefähr 22 ms reduziert werden.

[0089] Die [Fig. 19A](#) und [Fig. 19B](#) zeigen die Anzeigezustände eines Bildelements, das mit einer Effektivwertspannung (rms) als eine Zeitfunktion über den entsprechenden Elektroden korreliert ist. In einer Sequenz ähnlich zu dem Vier-Phasen-Ansteuerungsschema, legt die Vorbereitungsphase **300** eine Spannung V_p an, die während Δt_p ausreichend hoch ist, um das Flüssigkristallmaterial in eine homöotropische Struktur zu steuern, welche den Polarwinkel des Direktors des Flüssigkristallmaterials veranlasst, sich in eine Nullgradposition zu drehen. Diese angelegte Spannung wird im Wesentlichen durch einen Zeilentreiber bereitgestellt, der die Elektroden mit Energie versorgt.

[0090] In der Postvorbereitungsphase **312** ist die angelegte Spannung V_{pp} ausreichend niedrig oder während Δt_{pp} reduziert, um dem Flüssigkristall zu ermöglichen, sich zu relaxieren. Der Polarwinkel des Flüssigkristalldirektors weist einen leichten Größenanstieg auf.

[0091] In der Auswahlphase **314** wird eine Spannung V_s während Δt_s angelegt, was schließlich die endgültige Erscheinung des Flüssigkristallmaterials bestimmt. Eine hohe Spannung **316** stoppt die Relaxierung des Flüssigkristallmaterials in eine transiente planare Struktur und bringt das Material zurück in die homöotropische Struktur. Eine niedrige Spannung **318** ermöglicht dem Flüssigkristallmaterial die Relaxierung in die transiente planare Struktur fortzusetzen und der Polarwinkel des Direktors wird relativ groß. Ein Anlegen der Spannung V_s wird durch Kombinieren der Spannungen erreicht, die durch die Zeilentreiber und einen Spaltentreiber, der die Spaltenelektroden mit Energie versorgt, erzeugt werden.

[0092] In einer Nachauswahlphase **330** wird eine Spannung V_{as} während Δt_{as} angelegt und ist relativ gering. Abhängig von der angelegten Spannung V_s verhält sich das Flüssigkristallmaterial wie folgt. Wenn eine homöotropische Struktur in der Auswahlphase **314** ausgewählt wird, dann veranlasst die Nachauswahlphase **330** das Flüssigkristallmaterial, sich etwas in die transiente planare Struktur zu relaxieren. Mit anderen Worten kehrt der Polarwinkel zu einem kleinen Nichtnullwert zurück. Jedoch, wenn die transiente planare Struktur in der Auswahlphase **314** ausgewählt wird, dann wandelt die Nachauswahlphase **330** das Flüssigkristallmaterial fast vollständig in die transiente planare Struktur um, wobei der Polarwinkel des Direktors fast 90° ist. Der Spaltentreiber liefert die Spannung V_{as} .

[0093] In der Entwicklungsphase **320** wird eine relativ dazwischen liegende Spannung V_e angelegt. Wie in der [Fig. 19B](#) zu sehen, wenn das Flüssigkristallmaterial in der Nachauswahlphase **330** etwas von der homöotropo-

pischen Struktur abweicht, dann wird das Material zurück in die homöotropische Struktur geschaltet oder in einem Zustand gehalten, der leicht von der homöotropischen Struktur abweicht. Nach der Entwicklungsphase **320**, wenn die Spannung ausreichend niedrig ist, relaxiert sich das Material in die transiente planare Struktur und dann in die stabile planare Struktur. Jedoch, wie in [Fig. 19A](#) zu sehen, wenn sich das Flüssigkristallmaterial in einer Nachauswahlphase **330** in die transiente planare Struktur relaxiert, schaltet das Flüssigkristallmaterial in der Entwicklungsphase **320** in die fokal-konische Struktur. Dementsprechend verbleibt das Flüssigkristallmaterial in der fokal-konischen Struktur und das Material erscheint transparent oder schwach streuend. Die Spannung, die in der Entwicklungsphase geliefert wird, wird hauptsächlich von den Zeilentreibern geliefert.

Beispiel

	Vorbereitung	Post-vorbereitung	Auswahl	Nach-auswahl	Entwicklung
Spannung (V)	60	8	32/48	8	30
Pulsbreite (ms)	5	0,5	0,05	0,5	15
Frequenz (Hz)	1k	20k	20k	20k	1k

[0094] Eine $5\mu\text{m}$ Zelle wurde aus einem cholesterischen Flüssigkristallmaterial hergestellt, das eine Neigungslänge besitzt, die gelbes Licht reflektiert. Wie in der Tabelle oben dargelegt, wenn die Spannung V_s in der Auswahlphase **314** bei oder unter 32 Volt liegt, wird die fokal-konische Struktur nach der Entwicklungsphase **320** erhalten. Wenn die Spannung V_s in der Auswahlphase **314** bei oder über 48 Volt liegt, wird die planare Struktur erhalten. Die Dauer Δt_s beträgt ungefähr 0,05 ms. Natürlich können diese und andere Werte, die in der Tabelle aufgelistet sind, entsprechend dem Flüssigkristallmaterial und anderen Faktoren variieren. Es wird verstanden werden, dass die Spannungen, die in diesem Beispiel angelegt werden, entweder die Form von Rechteckwellen oder von Sinuswellen besitzen können.

[0095] Die Spalten- und Zeilenspannungen für das Fünf-Phasen-Ansteuerungsschema werden in [Fig. 20](#) dargestellt. Während der ganzen fünf Phasen ist die Spaltenspannung entweder $V_o = 8\text{V}$ zum Auswählen der konisch spiralförmigen Struktur, wie durch ein "C" repräsentiert, was schließlich zu der fokal-konischen Struktur führen wird, oder die Spaltenspannung ist $-V_o = -8\text{V}$ zum Auswählen der homöotropischen Struktur, wie durch "H" repräsentiert wird, was schließlich zu der planaren Struktur führen wird, während die Frequenz 20 kHz ist.

[0096] Die Größen für die Zeilenspannungen variieren während der fünf Phasen entsprechend der gewünschten Struktur. In der Vorbereitungsphase ist die Zeilenspannung $V_p = 59,5\text{V}$ und die Frequenz ist 1 kHz. Ein Fachmann wird abschätzen können, dass die rms-Spannung an dem Pixel zwischen der entsprechenden Zeilen- und Spaltenelektrode $\sqrt{59,5^2 + 8^2} = 60\text{V}$ ist. In der Postvorbereitungsphase und der Nachauswahlphase ist die angelegte Zeilenspannung $V_{pp} - V_{as} = 0\text{V}$. Daher ist die Spannung über den Pixeln in der Postvorbereitungsphase und der Nachauswahlphase 8V.

[0097] In der Auswahlphase ist die Frequenz der Zeilenspannung 20 kHz (die gleiche wie die der Spaltenspannung) und die Zeilenspannung ist $(32 + 48)/2 = 40\text{V}$. Dementsprechend, wenn die fokal-konische Struktur gewünscht ist, ist die Spaltenspannung 8V und die Spannung über dem Pixel ist $40 - 8 = 32\text{V}$. Wenn die planare Struktur gewünscht ist, ist die Spaltenspannung -8V und die Spannung über dem Pixel ist $40 - (-8) = 48\text{V}$.

[0098] In der Entwicklungsphase ist die Zeilenspannung 29V und wird mit einer Frequenz von 1 kHz angelegt. Daher ist die rms-Spannung über den Pixeln ungefähr 30V. Nach Beendigung der fünf Phasen ist die Zeilenspannung 0V und die Spannung über den Pixeln ist nach der Adressierungssequenz 8V, ohne einen Nebensprecheffekt.

[0099] Das Fünf-Phasen-Ansteuerungsschema stellt eine Verbesserung gegenüber anderen Schemata bereit, indem der Polarwinkel des Flüssigkristalldirektors vorangeordnet wird. In dem Fünf-Phasen-Antriebsschema ist das Auswahlintervall kürzer als in dem Vier-Phasen-Ansteuerungsschema.

[0100] Dies reduziert den gesamten Zeitrahmen, um das Bild zu adressieren.

[0101] [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm eines Schaltkreises zum Versorgen von Kantenkontakten mit Energie, um eine bestimmte Ausgabe von der Anzeige **10** zu erreichen. Die besondere Anzeige, die in [Fig. 7](#) dargestellt wird, ist eine Matrix mit 320×320 Bildelementen. Diese Anzeige umfasst somit **320** Zeilen, wobei jede Zeile **320** individuell steuerbare Bildelemente besitzt.

[0102] Aus der obigen Diskussion ist ersichtlich, dass jede Zeile und jede Spalte der Anzeige **10** einen Kontakt und einen Anschluss an der Kante der Anzeige zum Koppeln einer Steuerspannung an eine Elektrode besitzt, die sich über die Anzeige erstreckt. Das Blockdiagramm der [Fig. 7](#) zeigt die Schaltkreise zur Energieversorgung oder Ansteuerung dieser Kantenkontakte, die in Gruppen aufgeteilt sind, die beabstandet um den äußeren Rand der Anzeige herum angeordnet sind. Eine Gruppe von Zeilentreibern **210** auf einer Seite der Anzeige aktiviert die Kantenkontakte, die an die geradzahligen Zeilen (0, 2, 4 etc.) in der Anzeige gekoppelt sind und eine zweite Gruppe von Zeilentreibern **212** auf der gegenüberliegenden Seite der Anzeige aktiviert die Kantenkontakte, die mit den ungeradzahligen Zeilen (1, 3, 5 etc.) der Anzeige gekoppelt sind. Gleichermaßen aktiviert eine Gruppe von Spaltentreibern **214** die geradzahligen Spalten und eine zweite Gruppe von Spaltentreibern **216** aktiviert die ungeradzahligen Spalten.

[0103] Jeder der Zeilen- und Spaltentreibersätze ist mit einer Steuerlogikschaltung **220** elektrisch verbunden, welche die Darstellung von Daten auf der Anzeige **10** steuert. Daten- und Steuersignale von der Steuerlogikschaltung **220** werden an zwei Steuerdatenbussen **222**, **224** gezeigt. Daten an diesen zwei Bussen werden von zwei elektronisch programmierbaren Speicherschaltkreisen **226**, **228** ausgegeben. Steuersignale werden von einem Logikteil des Schaltkreises **220** erzeugt.

[0104] Die Zeilentreiber **210** auf der linken Seite der Anzeige in [Fig. 7](#) werden aus 160 analogen Schaltern **240** hergestellt, die in Reihe geschaltet sind. Ein Funktionsblockdiagramm einer dieser Schalter wird in [Fig. 10](#) dargestellt. Eine bevorzugte analoge Schaltung, die verwendet wird, um die Zeilentreiber zu konstruieren, ist das Modell HV204, eine analoge Schaltung, die von Supertex im Handel verfügbar ist.

[0105] Wie in dem Funktionsblockdiagramm der [Fig. 10](#) zu sehen, umfasst jede analoge Schaltung **240** einen Dateneingang **242**, einen Datenausgang **244** und einen 8-Bit Schieberegister **246** zum Halten von Daten. Die Daten bestehen aus Datenbits mit zwei Zuständen. Daten an dem Dateneingang **242** werden in das Schieberegister **246** durch Hin- und Herschalten einer Takteingabe **248** getaktet.

[0106] Das Schieberegister besitzt acht parallele Ausgänge **246a** bis **246h**. Daten an diesen Ausgängen werden an acht Latch-Schaltkreise **250a** bis **250h** übergeben. Jeder dieser Latch-Schaltkreise besitzt einen Clear-Eingang CL und einen Latch-Aktivierungseingang NOT LE, der mit dem Steuerteil des Steuer-/Datenbusses **222** verbunden ist. Das Latch wird bei Anlegen eines Signals an den freien Eingang freigegeben und verriegelt die Daten, die an einem D-Eingang an das Latch bei Empfang eines Lastaktivierungssignals übergeben werden. Die Daten, die in dem Latch verriegelt werden, werden an einen Ausgang des Latch übergeben und durch einen angeschlossenen von acht Levelschiebern **252a** bis **252h** übermittelt.

[0107] Jeder der analogen Schalter **240** umfasst auch acht Schalt- oder Ausgabeteile **254a**–**254h**. Der Status des Latch bestimmt den Zustand eines angeschlossenen Ausgangs oder eines Schaltteils der analogen Schaltung. Wenn das Latch einen hohen Bit enthält, schließt der Schalterausgang, und wenn das Latch einen niedrigen Bit besitzt, öffnet der Schalterausgang. Als ein spezifisches Beispiel, wenn das Latch **250h** einen hohen Bit besitzt, der von dem Schieberegister verriegelt wurde, verbindet der Schaltteil **254h** zwei Kontakte **260**, **262** miteinander, die in [Fig. 10](#) zu sehen sind.

[0108] Um zu verstehen, wie Daten von dem Datenbus **222** durch die in Reihe geschalteten analogen Schalterschaltkreise **240** getaktet werden müssen, muss verstanden werden, dass jeder der analogen Schalter **240** zwei Eingangspins, die mit einer $+/- 50$ Volt Wellenform verbunden sind, zwei Pins, die mit einer $+/- 30$ Volt Wellenform verbunden sind, zwei Pins, die mit einer $+/- 19$ Volt Wellenform verbunden sind und zwei Pins, die geerdet sind, besitzt. Ausgänge, die mit diesen vier unterschiedlichen Spannungseingängen verbunden sind, sind miteinander gekoppelt. Dies ist in [Fig. 10](#) zu sehen, wo gesehen werden kann, dass der Schaltteil **254a** mit einem $+/- 50$ Volt Signal verbunden ist, der Schaltteil **254b** mit einem $+/- 30$ Volt Signal verbunden ist, der Schaltteil **254c** mit dem $+/- 19$ Volt Signal verbunden ist und der Eingang an dem Schaltteil **254d** geerdet ist. Es ist auch anzumerken, dass die Ausgänge von jedem dieser Schaltteile miteinander verbunden sind und auch mit der Zeile 0 der Anzeige **10** verbunden sind.

[0109] Wenn die Zeile, die als Zeile 319 ([Fig. 7](#)) bezeichnet ist, die Vorbereitungsphase 110 durchmachen soll, wird der Schieberegister mit einem Bitmuster geladen, das sicherstellt, dass ein hohes Bit in dem Latch 250a verriegelt wird, wenn der Latchaktivierungseingang umgeschaltet wird. Die Ausgänge an den drei Latches 250b, 250c, 250d müssen während der Vorbereitungsphase niedrig sein. Da die Anzeige 10 serienmäßig von unten nach oben aktualisiert wird, wie in [Fig. 7](#) zu sehen, ist zu sehen, dass die Zeilenanregungssignale, die für eine gegebene Zeile geeignet sind, kurze Zeit später für die nächste Zeile geeignet sein werden, so dass der Steuerschaltkreis 220 nur die Daten innerhalb eines Schieberegisters durch entsprechende Anwendung von 4 Taktsignalen an jedem Schieberegister umschalten muss. Eine Reihe von Bits, die geeignet sind, um zwanzig Vorbereitungzyklen zu erhalten, wird ein Auswahlzyklus und dann zwanzig Entwicklungzyklen in einen aller- untersten analogen Schalter 240 geschaltet und durch all die Zeilentreiber durch entsprechendes Takteingänge auf die Schieberegister nach oben geschaltet. Nach jedem Taktsignal veranlasst die Steuerung 220 die Latches, gleichzeitig Daten für eine geeignete Erregung von Kantenkontakten zu verriegeln. Die Steuerung 220 koordiniert die Darstellung und Taktung von Daten, so dass die Zeilentreiber die entsprechenden Daten empfangen.

[0110] Irgendwann während einer Anzeigenaktualisierung wird nur eine Zeile der 320 Zeilen in der Anzeige mit einem bipolaren Auswahlsignal erregt. Der Zustand jedes Pixels (verdreht planar oder fokal-konisch) in dieser Zeile wird in einem zweiten elektronisch steuerbaren Speicher 228 gespeichert. Jedes Mal, wenn sich die Zeilentreiberkonfiguration ändert, liegt es in der Verantwortung der Steuerschaltung 220, die korrekten Spaltendaten in die zwei Spaltentreiber 214, 216 zu laden. wie in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zu sehen, ist der Zweck der Spaltentreiber 214, 216, die Phase des +/– 8 Volt Signals für jedes der 320 Pixel der Zeile zu steuern, welches die Auswahlphase durchmacht.

[0111] Die bevorzugten Spaltentreiber 214, 216 werden zusammengesetzt, indem integrierte Schaltkreise mit SMOS Spaltentreiber verwendet werden (gekennzeichnet mit Teilenummer SED1191f). Jeder der zwei Spaltentreiber wird auf einer Leiterplatte 220 zusammengesetzt, die +8 Volt und –8 Volt Eingänge 270, 272 besitzt, welche die Spaltenkantenkontakte ansteuern, wie zum Beispiel die repräsentativen Kontakte 70a, 70b, 70c der Anzeige 10.

[0112] Ein Layout einer gedruckten Leiterplatte 274 für Zeilentreiber, die vierzig der analogen Schalter 240 trägt, ist in [Fig. 8](#) gezeigt. Da die Zeilentreiber 210 160 solcher analogen Schalter erfordern, werden die Treiber 210 aus vier Leiterplatten 274, 275, 276, 277 gebildet ([Fig. 9](#)).

[0113] Die Leiterplattendarstellung in [Fig. 8](#) umfasst drei analoge Schalter 280, 282, 284, welche Wellenformzeuger zum Bereitstellen bipolarer Signale an die anderen vierzig analogen Schalter auf der Leiterplatte 274 sind. Die analoge Schaltung 280 stellt ein rechteckförmiges bipolares (+/–) 50 Volt Signal bereit, dass an jedem der analogen Schalter 240 angeschlossen ist. Der analoge Schalter 282 stellt ein bipolares (+/–) 30 Volt Signal bereit und der analoge Schalter 284 stellt ein bipolares (+/–) 19 Volt Signal bereit.

[0114] Die Rechteckwellenausgabe von den Wellenformerzeugern wird durch Koppeln einer positiven und einer negativen Spannung der entsprechenden Größenordnung an zwei analoge Schalteingänge und durch das miteinander Verbinden der Ausgänge, die zu diesen Eingängen gehören, erreicht. Durch eine entsprechende Anpassung der Daten, die in das Schieberegister des analogen Schalterschaltkreises getaktet werden, wird die bipolare Ausgabe von dem Schalter bereitgestellt.

[0115] Die Leiterplatte 274 umfasst eine Anzahl von Eingangs- und Ausgangsanschlüssen zum Koppeln. Ein Anschluss 290 verbindet mit dem Steuer- und Datenbus 222, um Steuer- und Datensignale an die Platine zu liefern. Ein Energieversorgungsanschluss 292 stellt die entsprechenden Energiesignale von einer geregelten Energieversorgung 300, die in [Fig. 9](#) gezeigt ist, an die Platine bereit. Kantenanschlüsse 294a bis 294h auf gegenüberliegenden Seiten der Platine geben Zeilenansteuerungssignale an eine Übergangsleiterplatte 296 ([Fig. 9](#)) aus, welche die Zeilenansteuerungssignale zu einer entsprechenden Zeilenelektrode der Anzeige 10 multiplext. Beispielsweise liefert der Anschluss 294a zwanzig Signale zum Ansteuern von zwanzig Zeilen der Anzeige. Diese zwanzig Signale werden mit einem flexiblen Mehrfachleiterkabel 298 einer gedruckten Schaltung gekoppelt, das an einem Ende Kontakte besitzt, um mit einem der Anschlüsse 294a bis 294h zusammenzuwirken. Ein gegenüberliegendes Ende des Kabels 298 besitzt Kontakte, die mit einem Anschluss an der Übergangsleiterplatte 296 zusammenwirken.

[0116] Die Schaltungstechnik für die Spaltentreiber ist auf die zwei Leiterplatten 214, 216 montiert. Diese Leiterplatten tragen nicht nur die Schaltungstechnik zum Anlegen eines entsprechenden Phasensignals an die Pixel über eine Zeile in dem Display, die der Auswahlphase unterzogen wird, sondern umfasst auch die Schal-

tungstechnik zum Routen der Signale von den Schaltungen zu den Kantenkontakteen der Anzeige **10**.

[0117] Die Spaltentreiberplatinen **214, 216** umfassen jeweils drei integrierte SMOS 1191f Schaltkreise für Anzeigetreiber und notwendige Kondensatoren, Widerstände, Levelumsetzer und einen analogen Schalter, der als ein Masseschalter dient. Jede der SMOS Schaltungen hat ihren eigenen Dateneingang von dem 8-Bit Paralleldatenbus **224**. Jeder Taktpuls der Ansteuerungsplatten für eine Spaltenplatine sammelt ein Byte Daten, so dass jede der sechs integrierten Treiberschaltungen ein Datenbit in jedem Taktsignal erhält. Da die integrierten Schaltungen **64** Ausgänge besitzen, erfordert es 64 Datenbyte auf jedem Bus **224**, um eine Zeile vollständig zu konfigurieren. Somit werden, wenn die Auswahlphase jede neue Zeile erreicht, 64 Byte Spaltendaten in die Treiberplatinen **214, 216** geladen, um die entsprechende Phase der +/– 8 Volt Rechteckwellensignalausgabe von den Platinen **214, 216** zu steuern.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Adressieren eines bistabilen, chiral-nematischen Flüssigkristallmaterials (**50**), welches zwischen Elektroden (**60a, 60b, 60c, 80a, 80b, 80c**) angeordnet ist, die auf gegenüberliegenden Seiten des Flüssigkristalls angeordnet sind und eingerichtet sind, um selektiv ein elektrisches Feld durch das Flüssigkristallmaterial hindurch anzulegen, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Ansteuern der Elektroden (**60a, 60b, 60c, 80a, 80b, 80c**), um während einer Vorbereitungsphase (**300**) eine Vorbereitungsspannung über dem Flüssigkristall aufzubauen, wobei die Vorbereitungsphase den Flüssigkristall dazu veranlasst, sich in einem im Wesentlichen homöotropischen Zustand auszurichten;

Ansteuern der Elektroden, um während einer Postvorbereitungsphase (**312**) eine Postvorbereitungsspannung über dem Flüssigkristall aufzubauen, wobei die Postvorbereitungsphase den Flüssigkristall dazu veranlasst, einen Übergang vom homöotropischen Zustand in einen transienten planaren Zustand zu initiieren;

Ansteuern der Elektroden, um während einer Auswahlphase (**314**) zum Auswählen eines endgültigen Anzeigezustands für den Flüssigkristall eine Auswahlspannung über dem Flüssigkristall aufzubauen, wobei die Auswahlspannung das Flüssigkristallmaterial entweder in der homöotropischen oder der transienten planaren Struktur platziert;

Ansteuern der Elektroden, um während einer Entwicklungsphase (**320**) eine Entwicklungsspannung über dem Flüssigkristall aufzubauen, und wobei dem Flüssigkristall danach erlaubt wird, den endgültigen Anzeigezustand aufzuweisen, wobei, während der Entwicklungsphase, sich der Flüssigkristall im transienten planaren Strukturzustand nach der Auswahlphase in einen fokal-konischen Zustand entwickelt und der Flüssigkristall im homöotropischen Zustand nach der Auswahlphase im homöotropischen Zustand verbleibt; und

Ansteuern der Elektroden, um während einer Haltephase unmittelbar nach der Entwicklungsphase eine Haltespannung, welche kleiner ist als die Spannung für einen Übergang von planar zu fokal-konisch, über dem Flüssigkristall aufzubauen, so dass Pixel im fokal-konischen Zustand nach der Entwicklungsphase in diesem Zustand verbleiben, während Pixel im homöotropischen Zustand in den reflektierenden verdrehten planaren Zustand relaxieren, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

das Verfahren ein Ansteuern der Elektroden umfasst, um während einer Nachauswahlphase (**330**) unmittelbar nach der Auswahlphase eine Nachauswahlspannung über dem Flüssigkristall aufzubauen, um den Polarwinkel des Flüssigkristallmaterials dort anzupassen, wo die Nachauswahlspannung geringer als die Entwicklungsspannung, ähnlich der Postvorbereitungsspannung und verschieden von der Auswahlspannung ist.

2. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei nach der Entwicklungsphase (**320**) die Entwicklungsspannung an den Elektroden reduziert wird, um dem Flüssigkristall zu erlauben, einen seiner endgültigen Anzeigezustände aufzuweisen.

3. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Vorbereitungsspannung einen Wert besitzt und die Vorbereitungsphase (**300**) von einer Dauer ist, um das Kristallmaterial homöotropisch auszurichten.

4. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Wert der Auswahlspannung ausgewählt wird, um den Flüssigkristall entweder in einer homöotropischen Struktur beizubehalten oder um dem Flüssigkristall zu erlauben, einen Übergang zu einer transienten verdrehten planaren Struktur zu initiieren.

5. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Flüssigkristall ein chiral-nematischer Flüssigkristall ist und die Auswahlspannung einen Wert besitzt der ausreicht, um entweder einen fokal-konischen oder einen verdrehten planaren endgültigen Anzeigezustand aufzubauen.

6. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Entwicklungsspannung einen Wert besitzt und die Entwicklungsphase (**320**) von einer Dauer ist, um einen Flüssigkristall, der in einer homöotropischen Struktur ist, in der

homöotropischen Struktur beizubehalten, und um einen Flüssigkristall in einer transienten verdrehten planaren Struktur zu erlauben, sich während der Entwicklungsphase in eine fokal-konische Struktur zu entwickeln.

7. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Entwicklungsspannung einen Wert besitzt und die Entwicklungsphase (**320**) von einer Dauer ist die wirksam sind, um einem Flüssigkristall in einer transienten verdrehten planaren Struktur zu erlauben, in eine fokal-konische Struktur zu relaxieren, und um einem Flüssigkristall in einer homöotropischen Struktur zu erlauben, während der Entwicklungsphase (**370**) in der homöotropischen Struktur zu verbleiben und danach in einer reflektierenden verdrehten planaren Struktur.

8. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Vorbereitungsphase (**300**) eine Ein-/Aus-Modulation der Vorbereitungsspannung umfasst, um die Dauer der Vorbereitungsphase zu verkürzen.

9. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der chiralnematische Flüssigkristall eine Neigungslänge in der verdrehten planaren Struktur besitzt die wirksam ist, um Licht im sichtbaren Spektrum zu reflektieren.

10. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Ansteuerns der Elektroden (**60a, 60b, 60c, 80a, 80b, 80c**) den Schritt der Zeitmodulation der Elektroden während der Auswahlphase (**314**) umfasst, um das Flüssigkristallmaterial zu veranlassen, Graustufungseigenschaften aufzuweisen.

11. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Ansteuerns der Elektroden (**60a, 60b, 60c, 80a, 80b, 80c**) den Schritt der Amplitudenmodulation der Elektroden während der Auswahlphase (**314**) umfasst, um das Flüssigkristallmaterial zu veranlassen, Graustufeneigenschaften aufzuweisen.

12. Eine Anzeigevorrichtung, umfassend:

- a) eine Schicht aus bistabilem, chiral-nematischem Flüssigkristallmaterial (**50**);
- b) mehrere Elektroden (**60a, 60b, 60c, 80a, 80b, 80c**), die auf gegenüberliegenden Seiten der Flüssigkristallschicht (**50**) beabstandet sind zum Anlegen ausgewählter Aktivierungsspannungen über mehreren Bildelementen der Flüssigkristallschicht; und
- c) Steuerelektronik (**200**) zum sequentiellen Einstellen eines Anzeigezustands mehrerer Bildelemente der Flüssigkristallschicht, umfassend Schaltungen die eingerichtet sind, um:
 - i) während einer Vorbereitungsphase (**300**) eine Vorbereitungsspannung über einem ausgewählten Bildelement anzulegen, wobei die Vorbereitungsphase (**300**) den Flüssigkristall dazu veranlasst, sich in einem homöotropischen Zustand auszurichten;
 - ii) während einer Postvorbereitungsphase (**312**) eine Postvorbereitungsspannung über dem ausgewählten Bildelement anzulegen, wobei die Postvorbereitungsphase (**312**) den Flüssigkristall dazu veranlasst, einen Übergang vom homöotropischen Zustand in einen transienten planaren Zustand zu initiieren;
 - iii) während einer Auswahlphase (**314**) eine Auswahlspannung über dem ausgewählten Bildelement anzulegen, um einen vorbestimmten endgültigen Anzeigezustand auszuwählen, wobei die Auswahlspannung, die an dem Bildelement angelegt wird, die Flüssigkristallschicht entweder in der homöotropischen oder transienten planaren Struktur platziert und so gewählt ist, dass ein endgültiger optischer Zustand des Bildelements ein fokal-konischer Zustand oder ein verdrehter planarer Zustand ist; und
 - iv) während einer Entwicklungsphase (**320**) eine Entwicklungsspannung über dem ausgewählten Bildelement anzulegen, wobei, während der Entwicklungsphase (**320**), sich der Flüssigkristall in der transienten planaren Struktur nach der Auswahlphase in einen fokal-konischen Zustand entwickelt und der Flüssigkristall im homöotropischen Zustand nach der Auswahlphase im homöotropischen Zustand verbleibt; und
 - v) eine Haltespannung, welche kleiner ist als die Spannung für einen Übergang von planar zu fokal-konisch, über dem Flüssigkristall während einer Haltephase unmittelbar nach der Entwicklungsphase anzulegen, so dass Pixel im fokal-konischen Zustand nach der Entwicklungsphase in diesem Zustand verbleiben, während Pixel im homöotropischen Zustand in den reflektierenden verdrehten planaren Zustand relaxieren; dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltung eingerichtet ist, um während einer Nachauswahlphase (**330**) unmittelbar nach der Auswahlphase (**314**) eine Nachauswahlspannung über dem ausgewählten Bildelement anzulegen, um den Polarwinkel des Flüssigkristalls anzupassen, wobei die Nachauswahlspannung geringer als die Entwicklungsspannung, ähnlich der Postvorbereitungsspannung und verschieden von der Auswahlspannung ist, um ein Erreichen des Anzeigezustands zu beschleunigen, und wobei die Steuerelektronik des Weiteren Schaltungen (**220**) zum Anlegen der Nachauswahlspannung an den mehreren Bildelementen und einen Timer umfasst, um die Dauer der Nachauswahlspannung zusteuer.

13. Die Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei Elektroden (**162**) auf einer Seite der Flüssigkristallschicht in generell parallelen Reihen angeordnet sind und Elektroden (**182a, 182b**) auf einer gegenüberliegenden Seite der Flüssigkristallschicht in generell parallelen Spalten angeordnet sind, die im Wesentlichen orthogonal zu

den Reihen sind, und die Bildelemente sind durch die Punkte (**190a**, **190b**) an den Reihen und Spalten definiert, an denen sich die Reihen und Spalten schneiden würden, wenn sie in der gleichen Ebene sind, wobei, wenn die Steuerelektronik ein Spannungssignal an einer Reihenelektrode anlegt, alle Bildelemente in dieser Reihe elektrisch an das gleiche Spannungssignal angeschlossen sind, und wenn die Steuerelektronik (**220**) ein Spannungssignal an einer Spaltenelektrode anlegt, alle Bildelemente in dieser Spalte an das gleiche Spannungssignal angeschlossen sind.

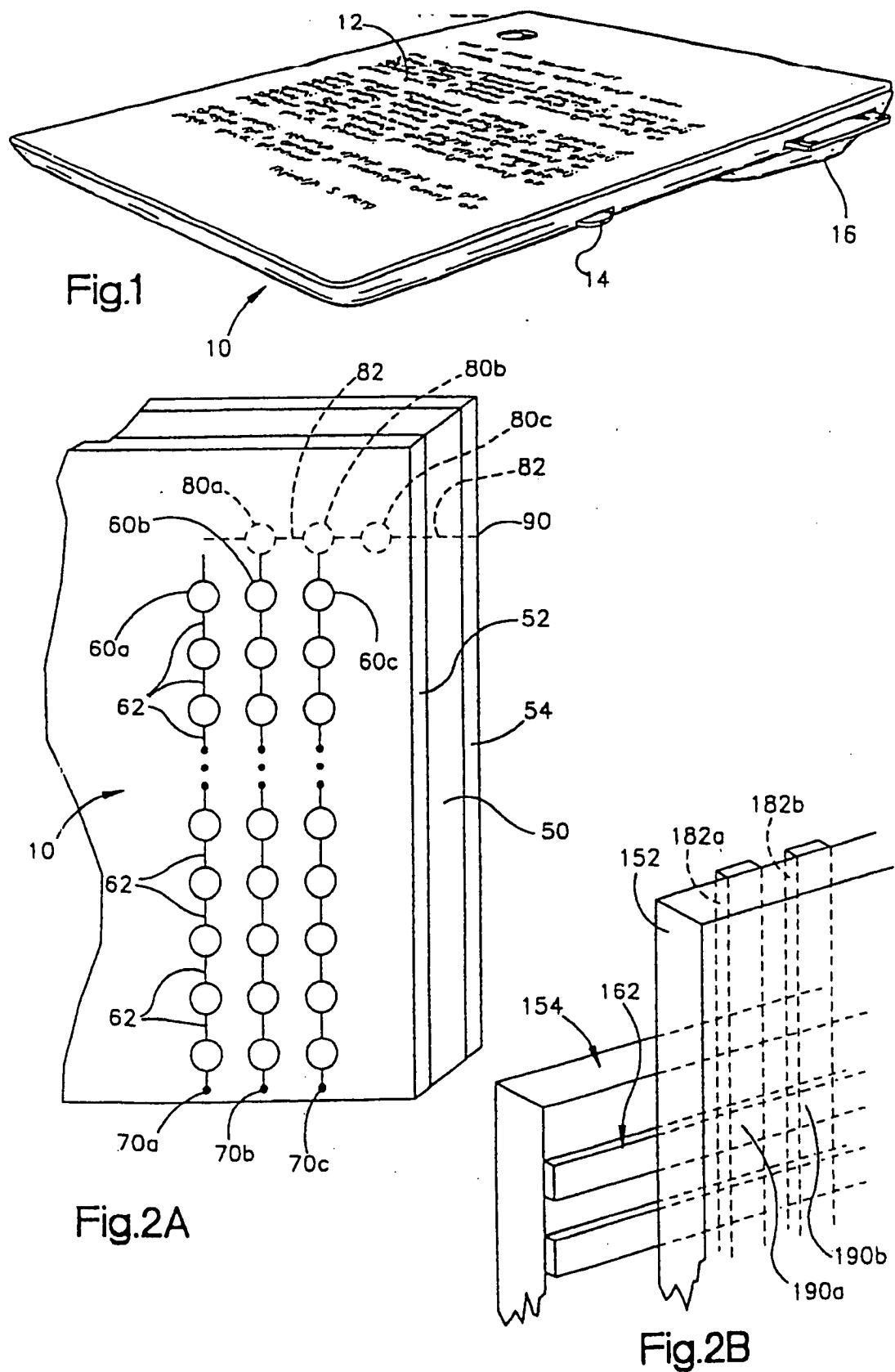
14. Die Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Steuerelektronikschatungen (**220**) die Schicht aus bistabilem, chiral-nematischem Flüssigkristallmaterial während der Auswahlphase a priori in einem anderen Zustand als den vorbestimmten endgültigen Anzeigezustand anordnen.

15. Die Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Steuerelektronik (**220**) ein Anlegen des Auswahlsignals so zeitmoduliert, dass der vorbestimmte endgültige Anzeigezustand Graustufeneigenschaften aufweist.

16. Die Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Steuerelektronik (**220**) ein Anlegen des Auswahlsignals so amplitudenmoduliert, dass der vorbestimmte endgültige Anzeigezustand Graustufeneigenschaften aufweist.

Es folgen 22 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



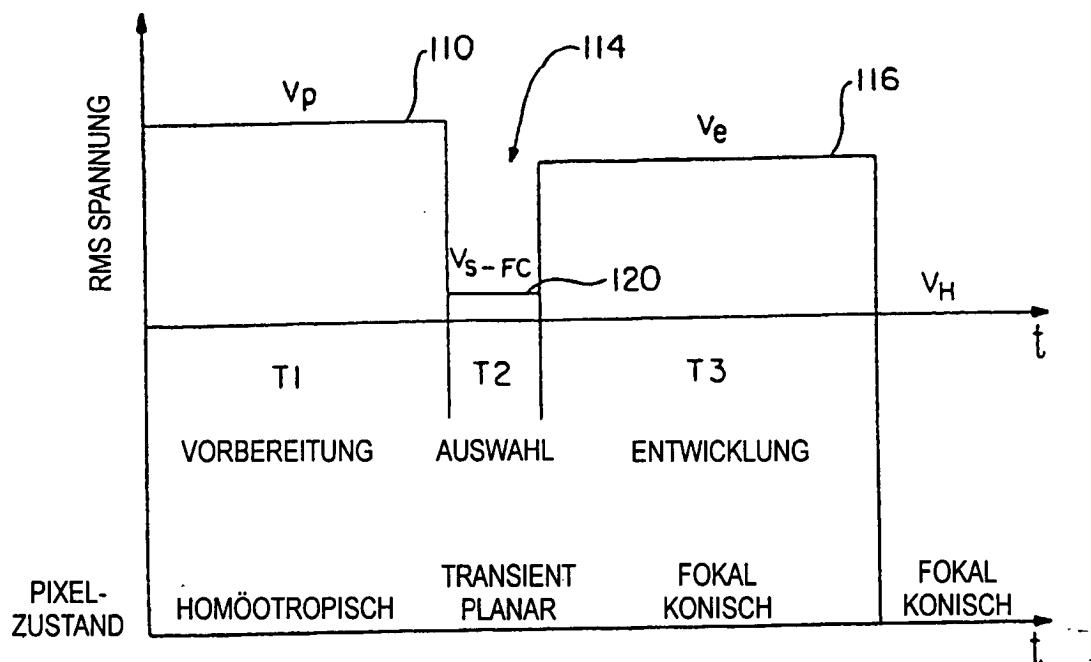


Fig. 3A

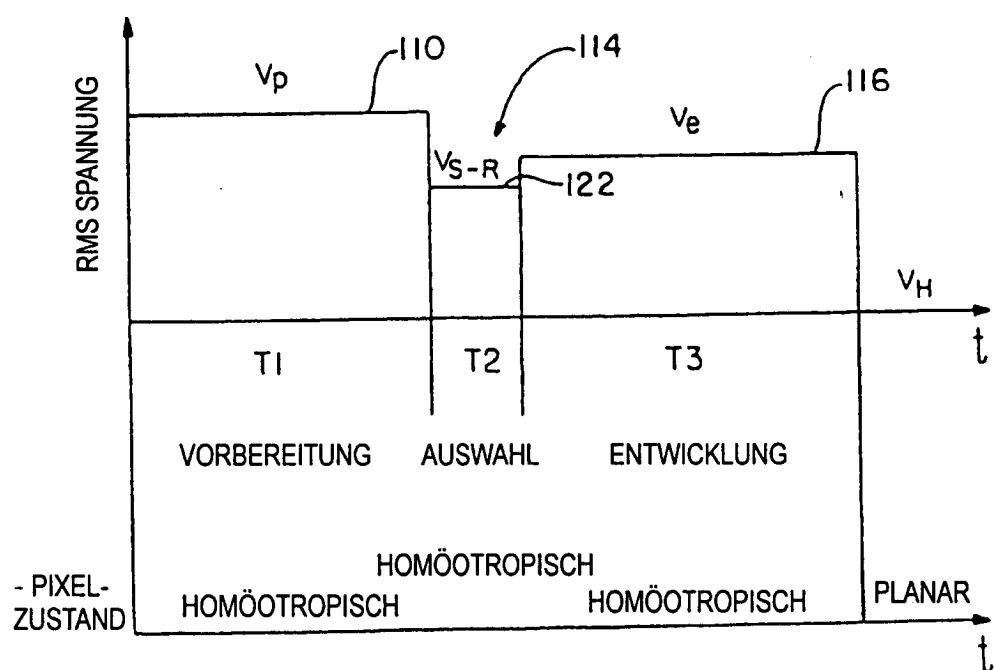


Fig. 3B

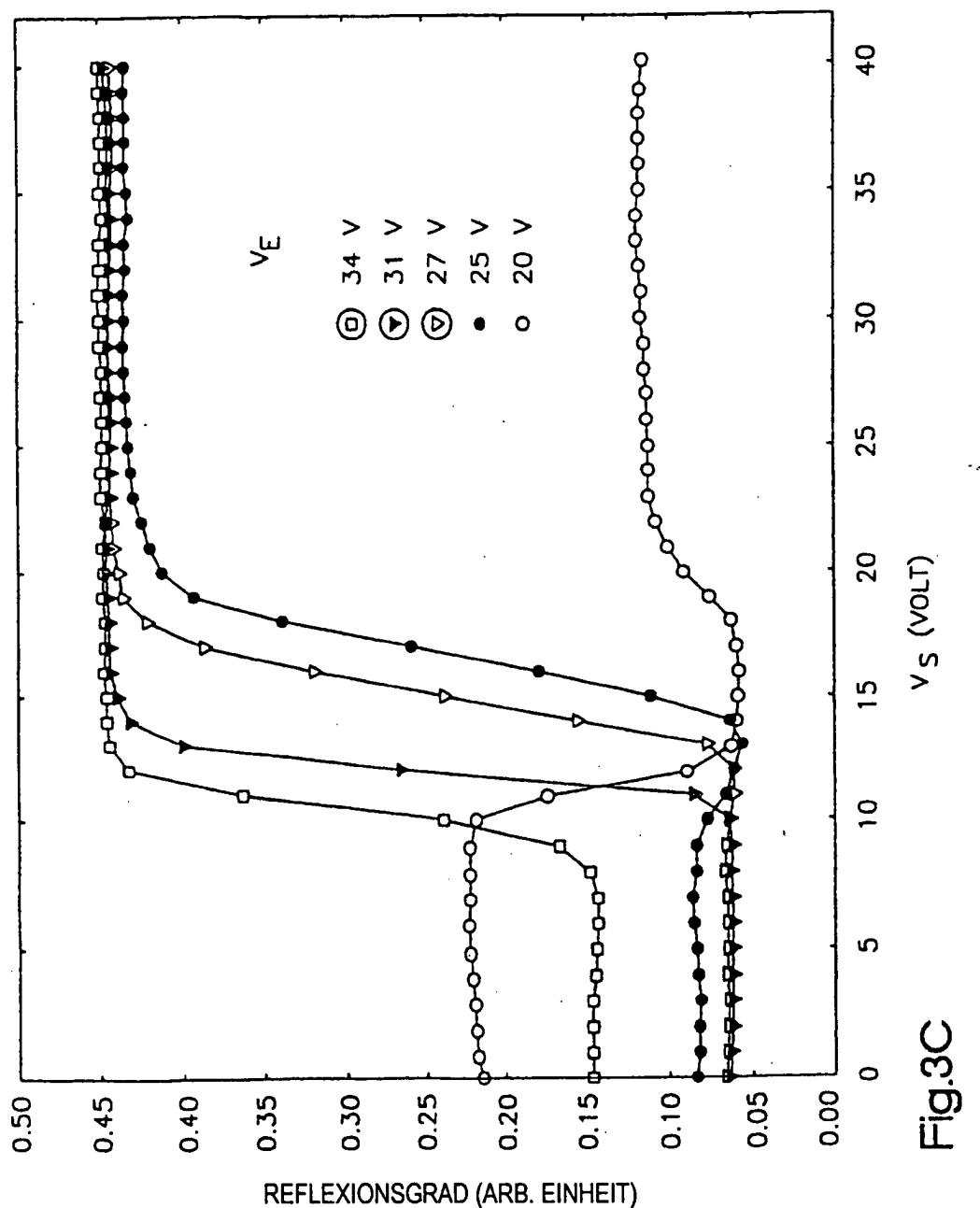


Fig.3C

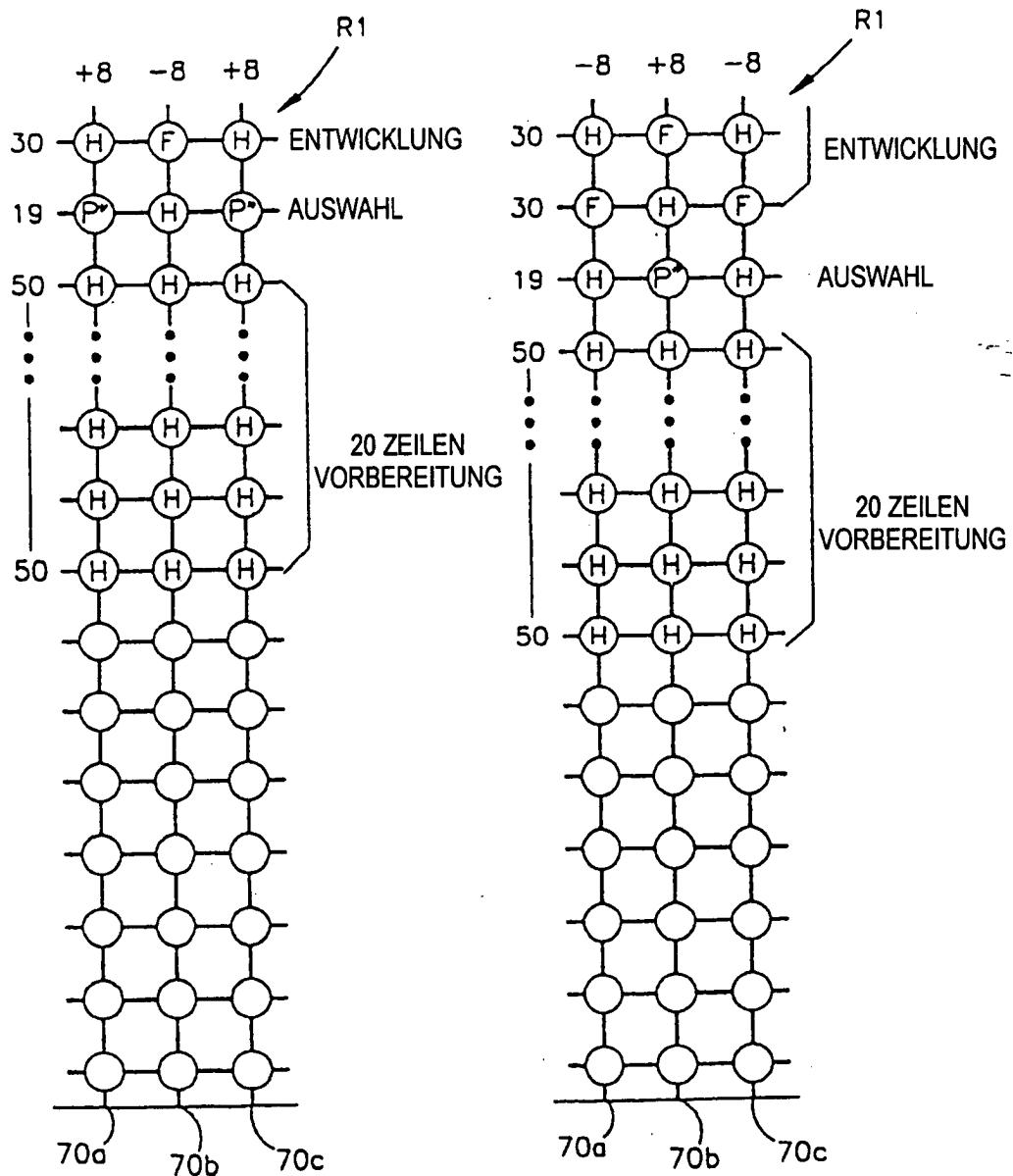


Fig.4C

Fig.4D

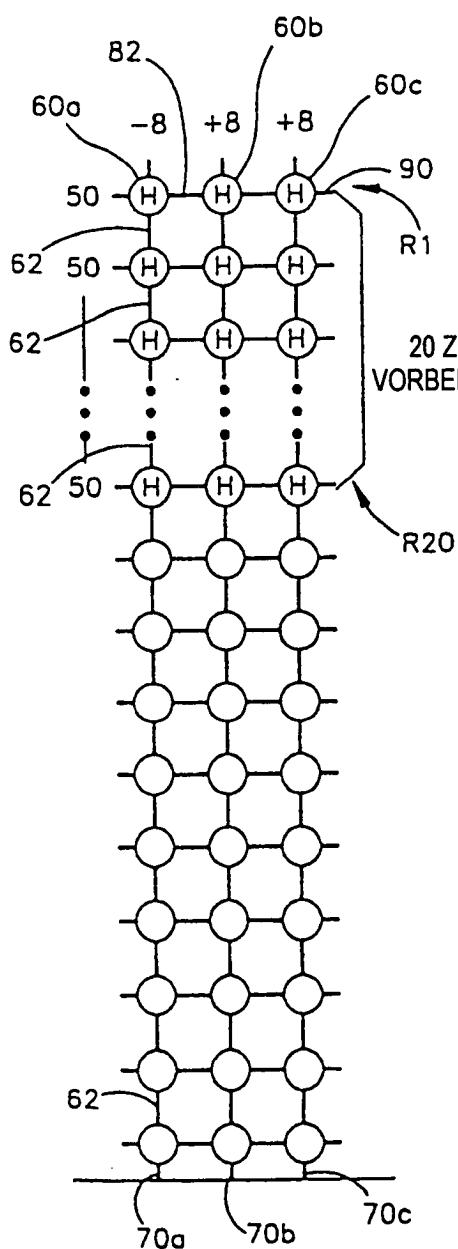


Fig.4A

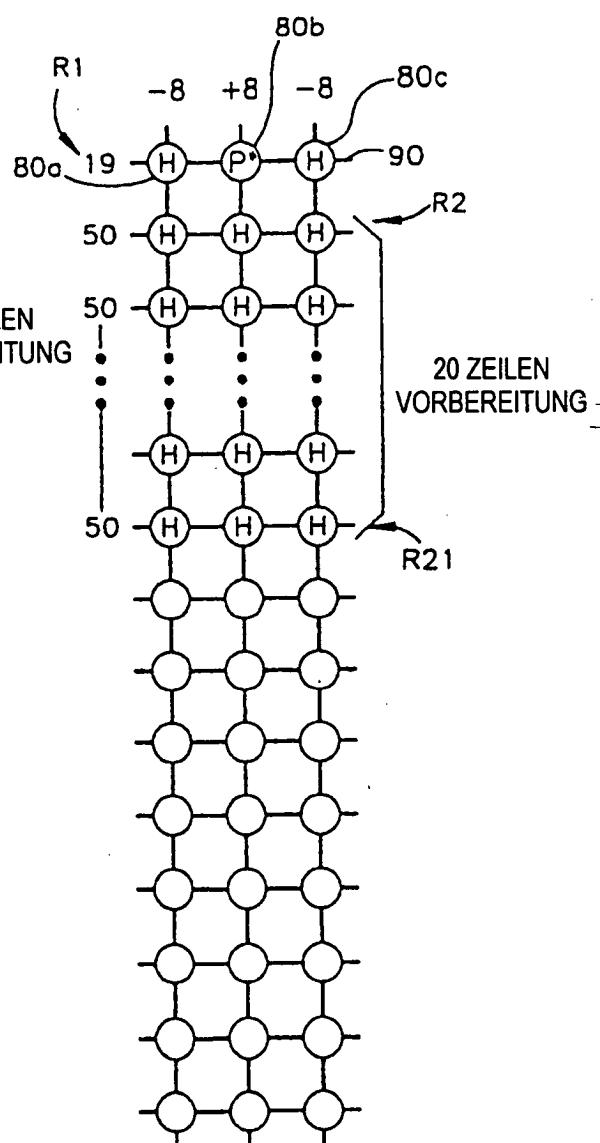
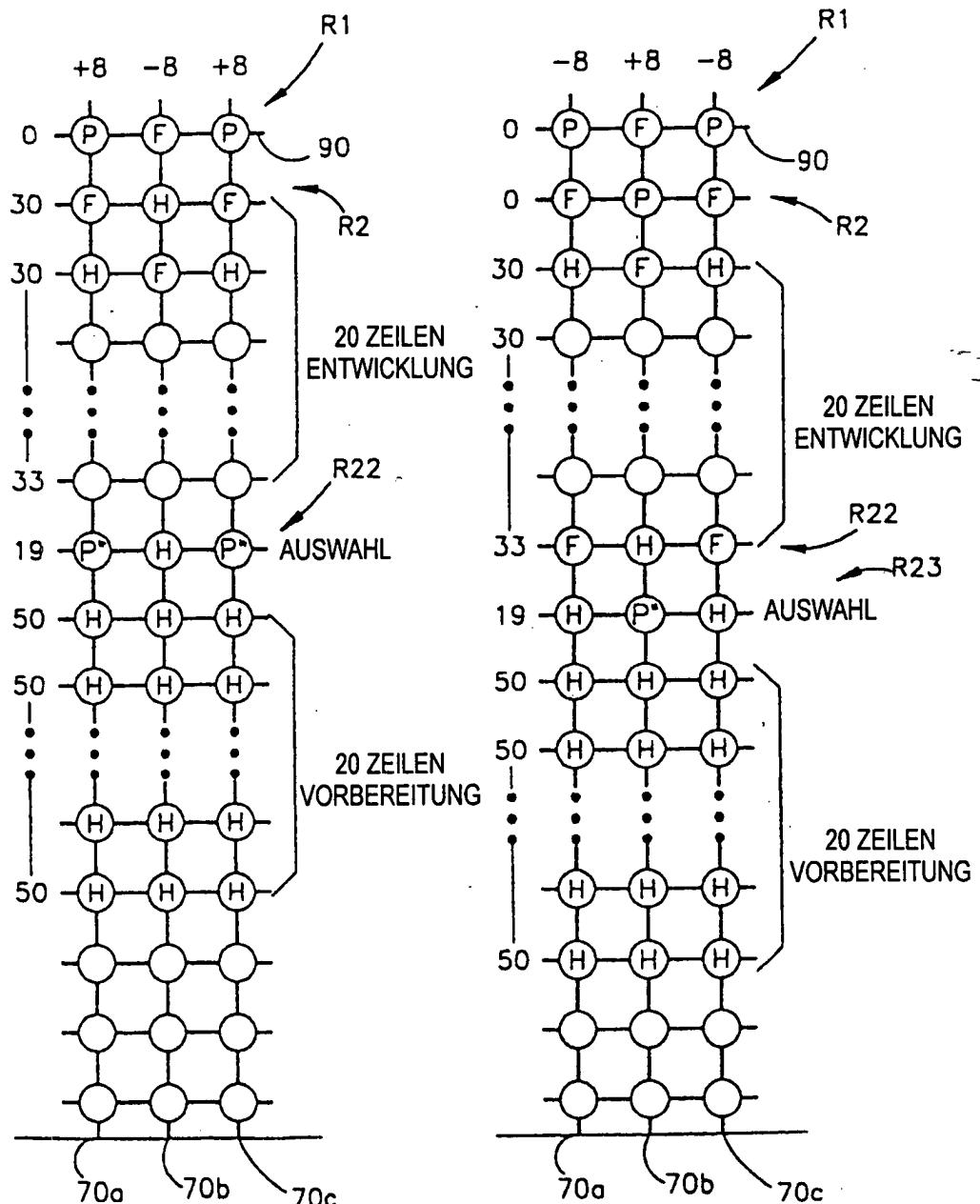


Fig.4B



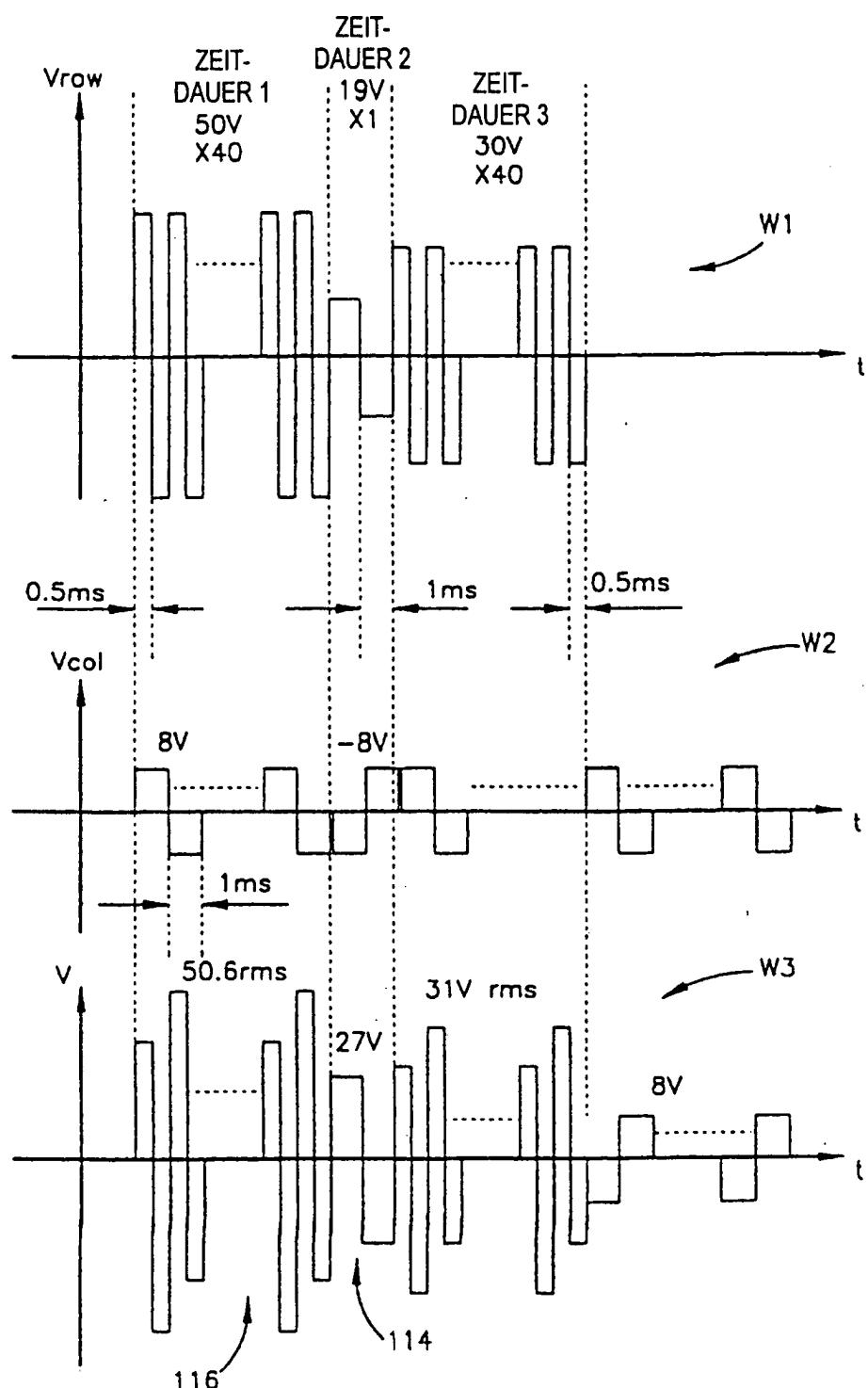


Fig.5

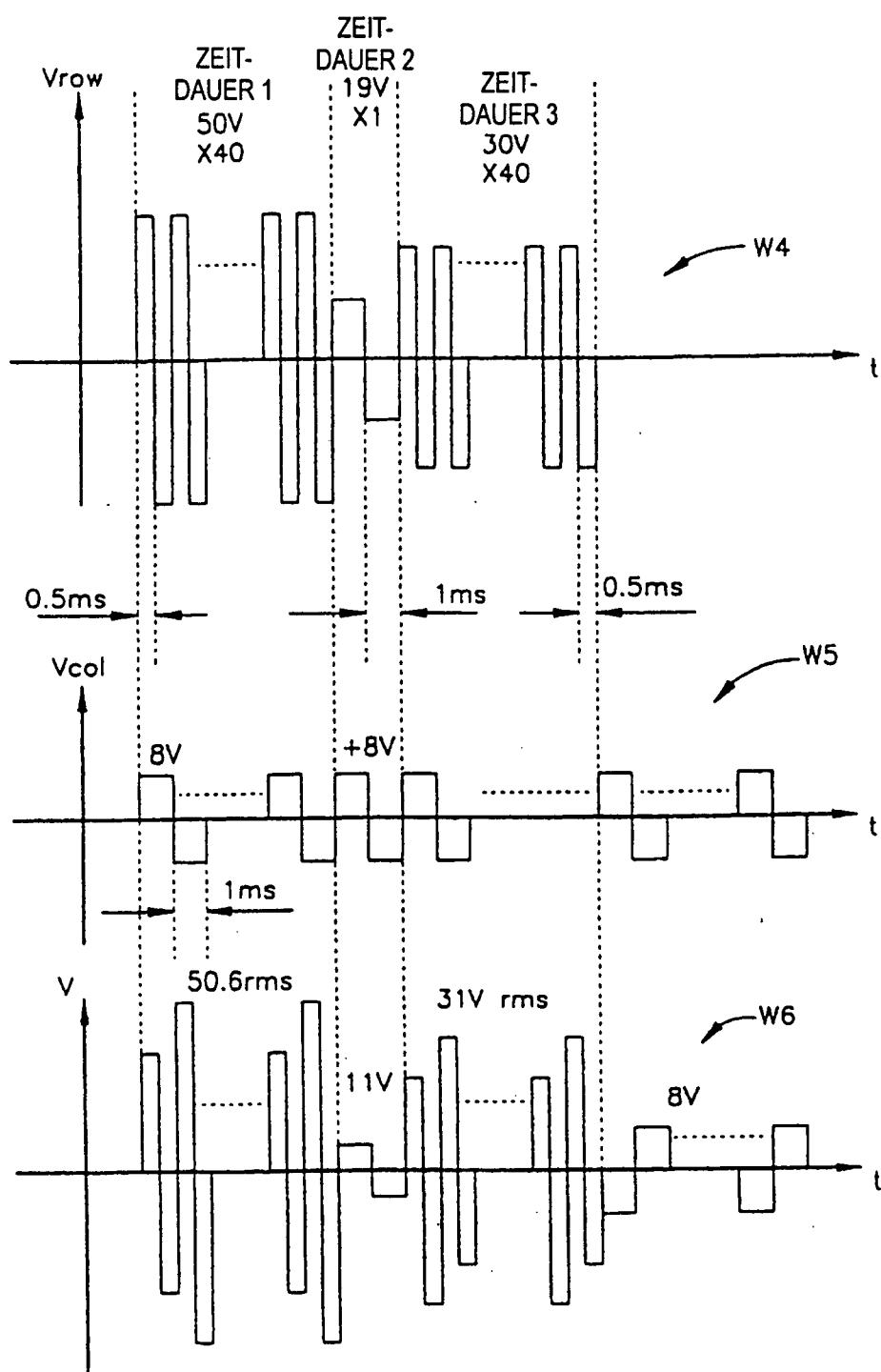
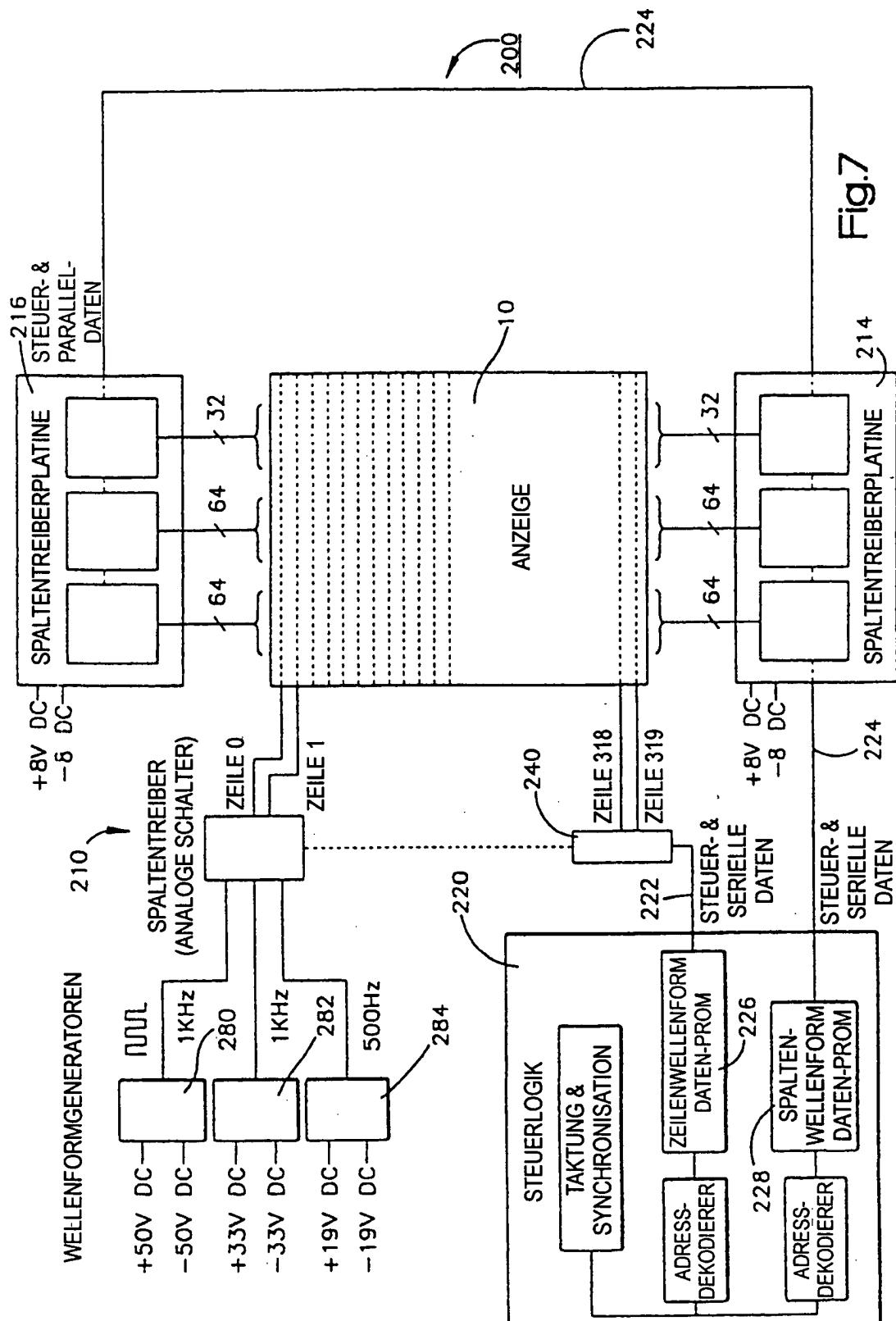


Fig.6



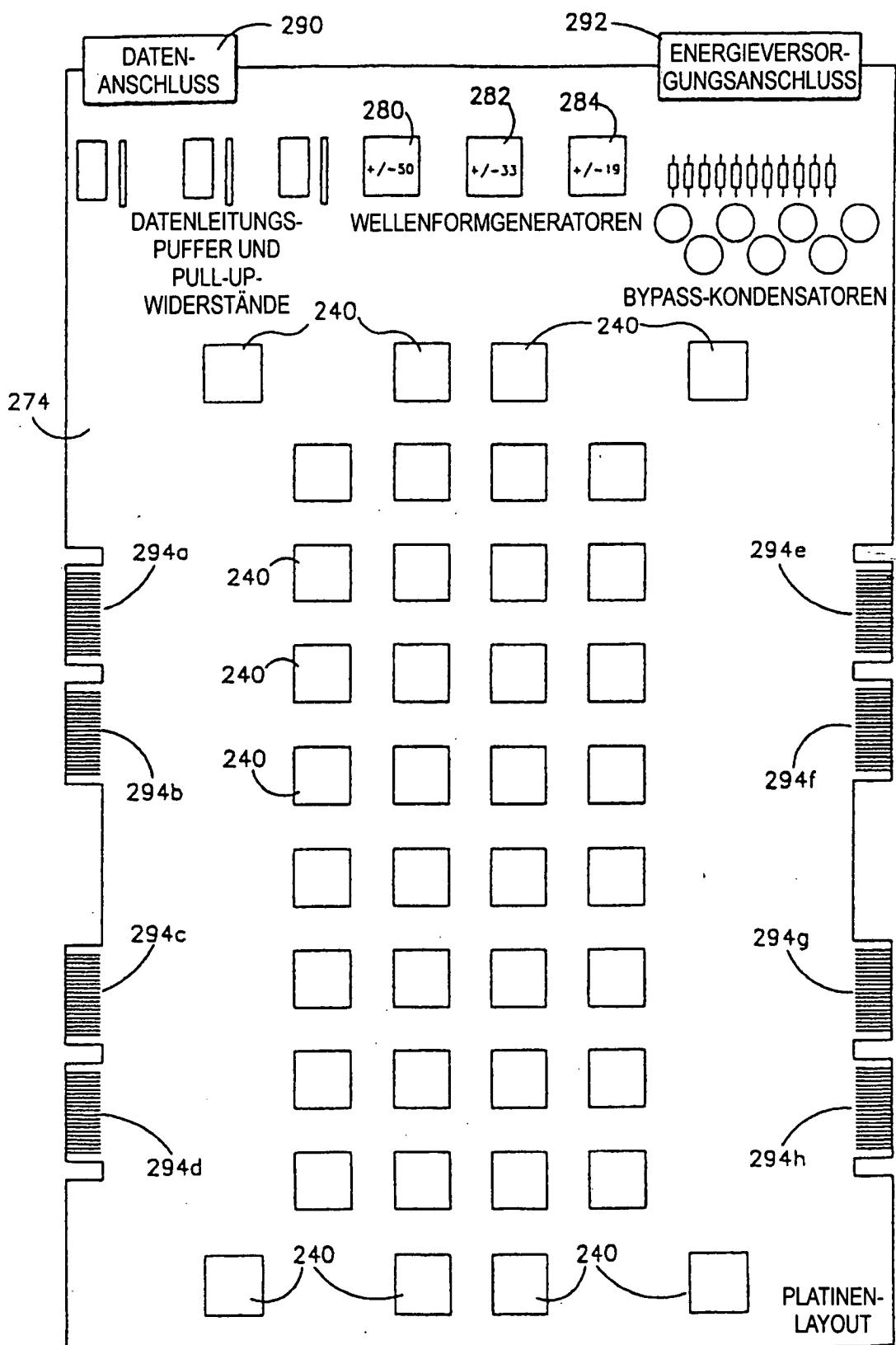


Fig.8

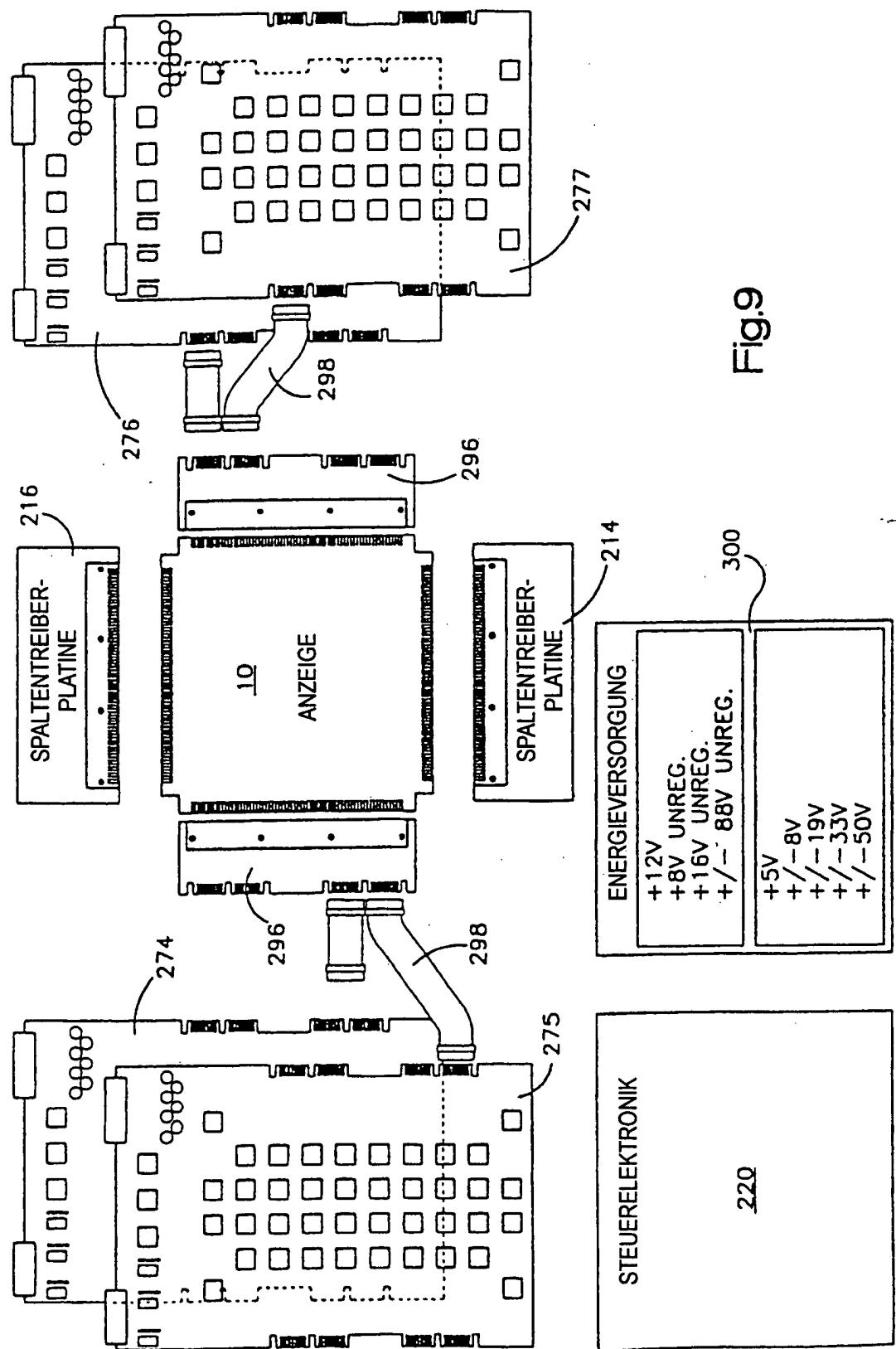


Fig.9

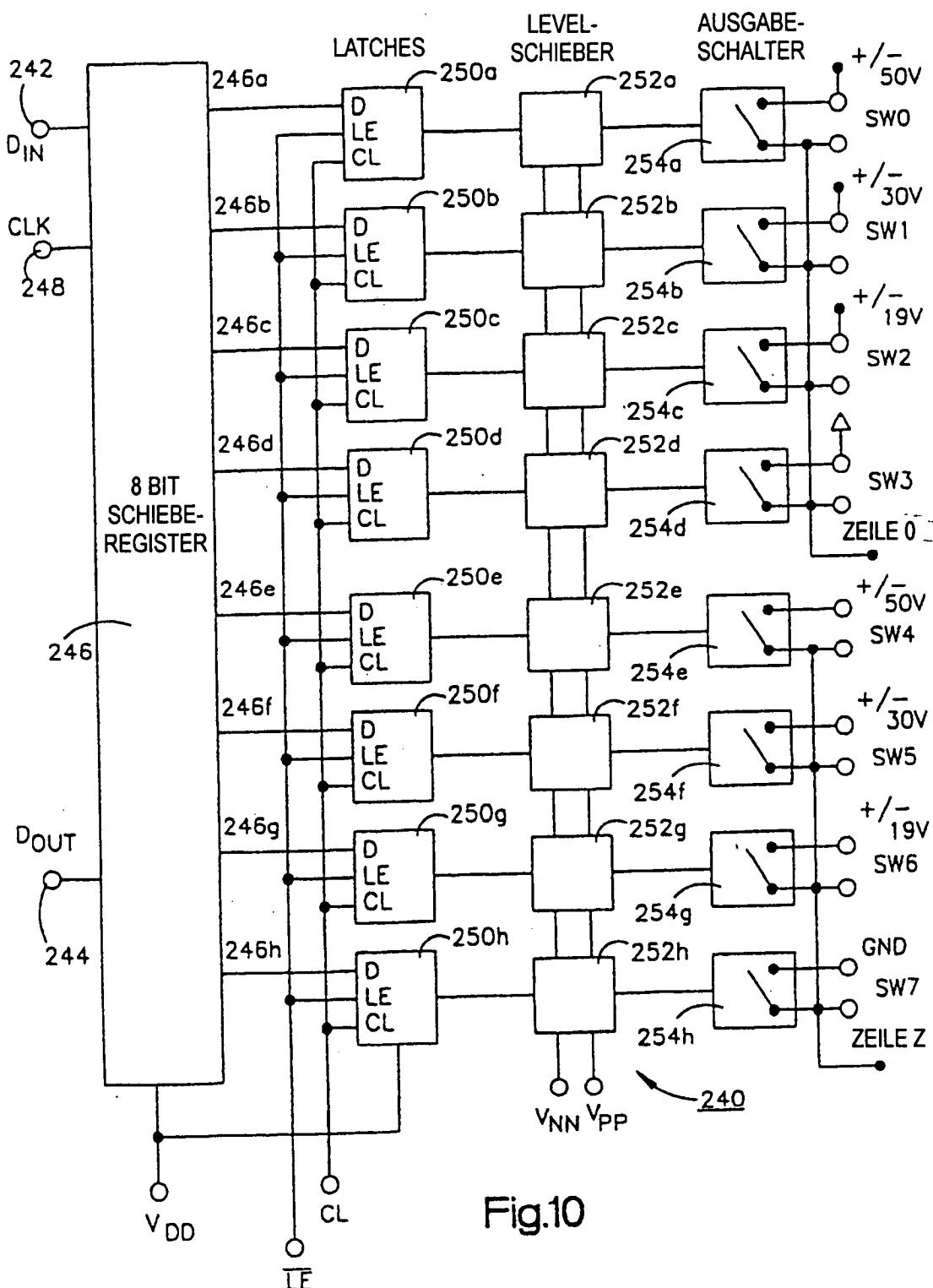


Fig.10

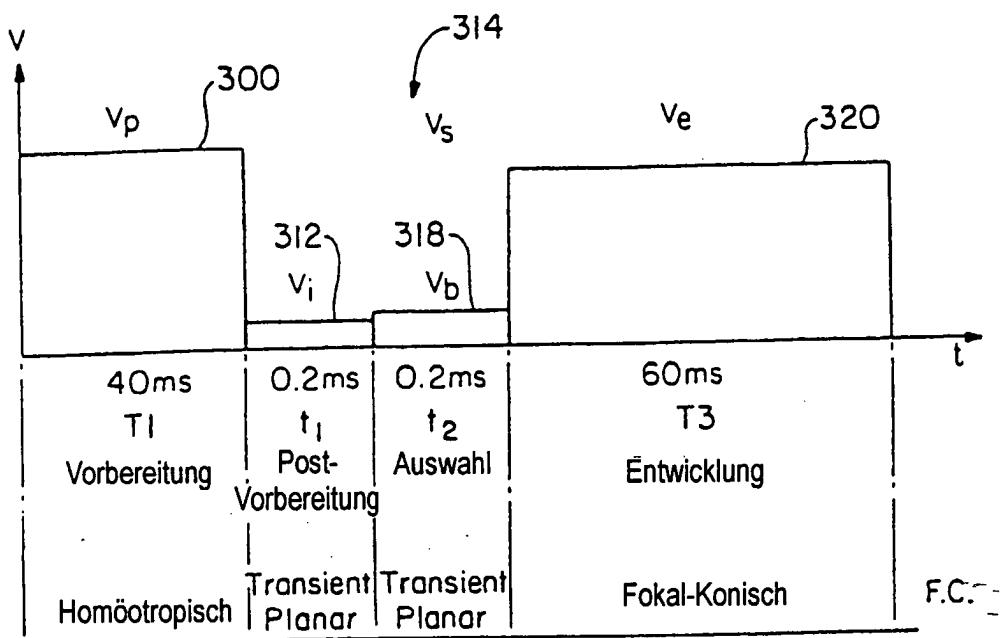


Fig.IIA

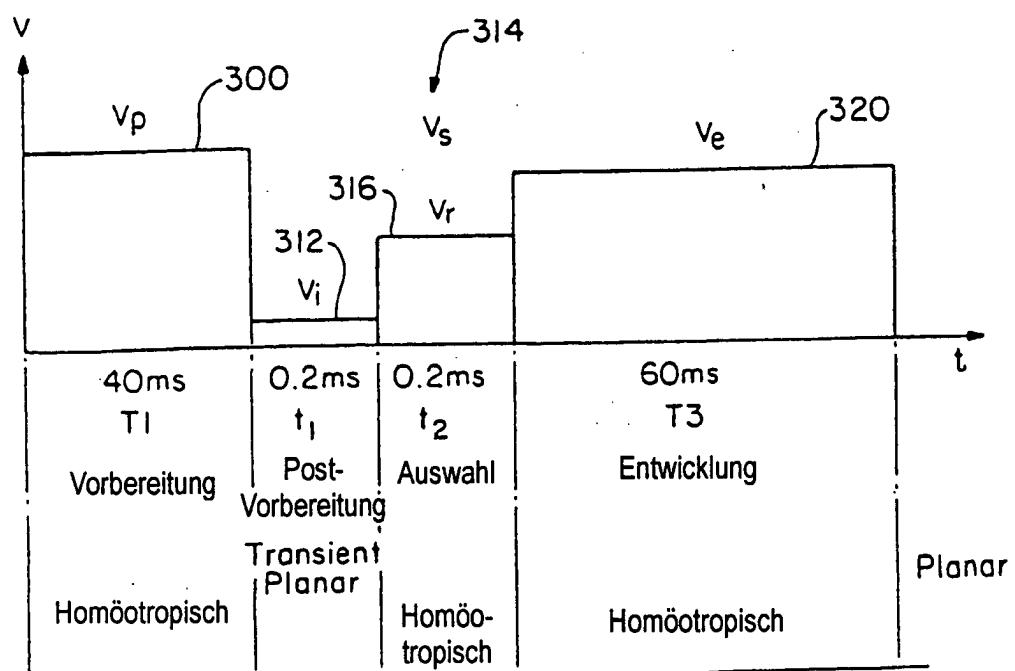
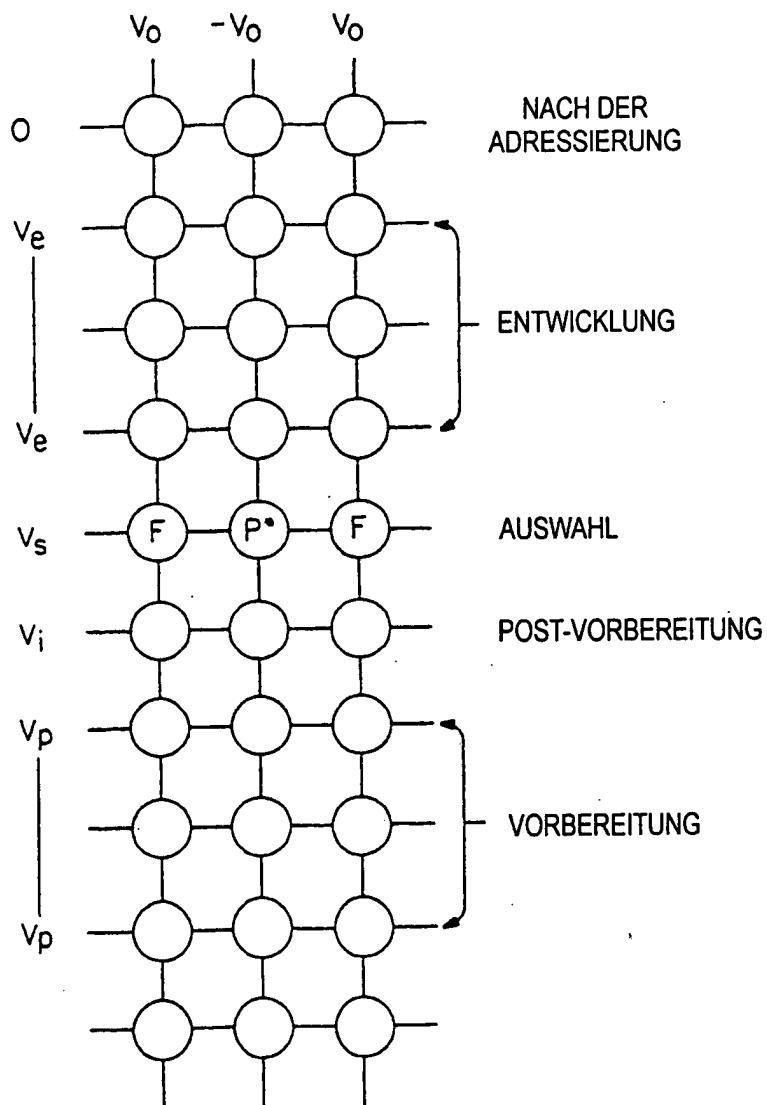


Fig.IIB



$v_b = v_s - v_o < v_{hp}$ führt zum transienten planaren Zustand
 $v_r = v_s - (-v_o) > v_{p+h}$ führt zum homöotropischen Zustand

Fig.13

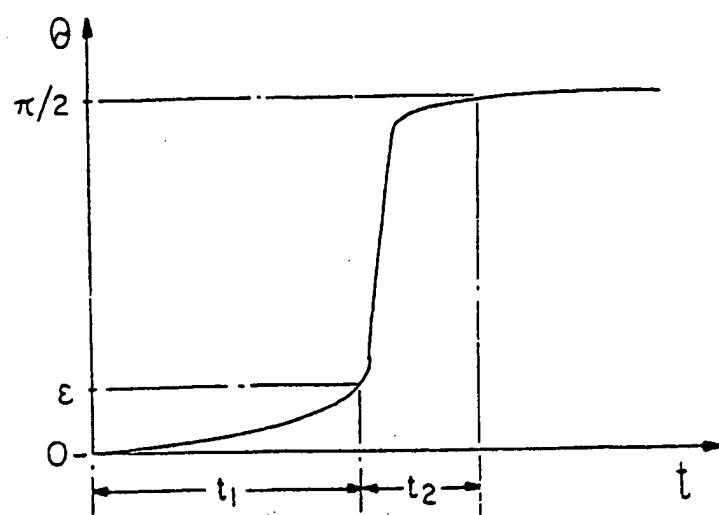


Fig.12

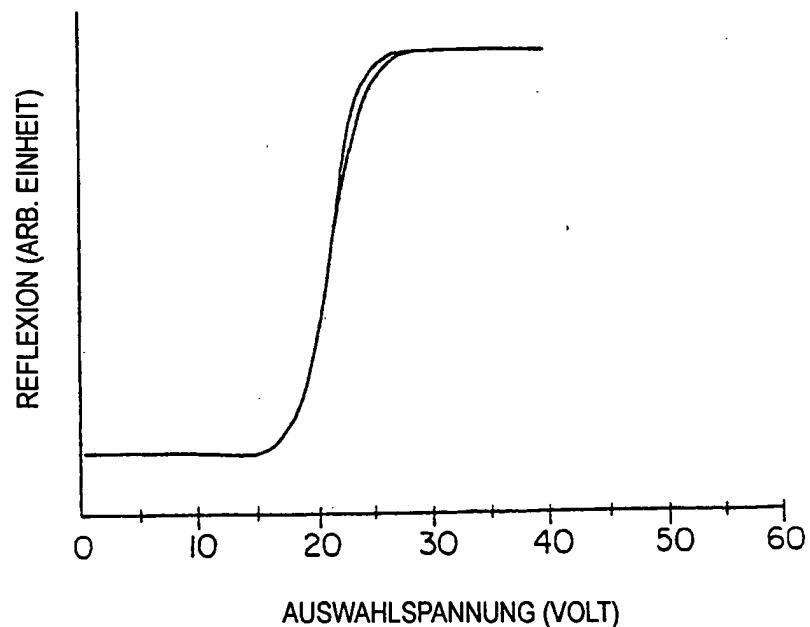


Fig.16

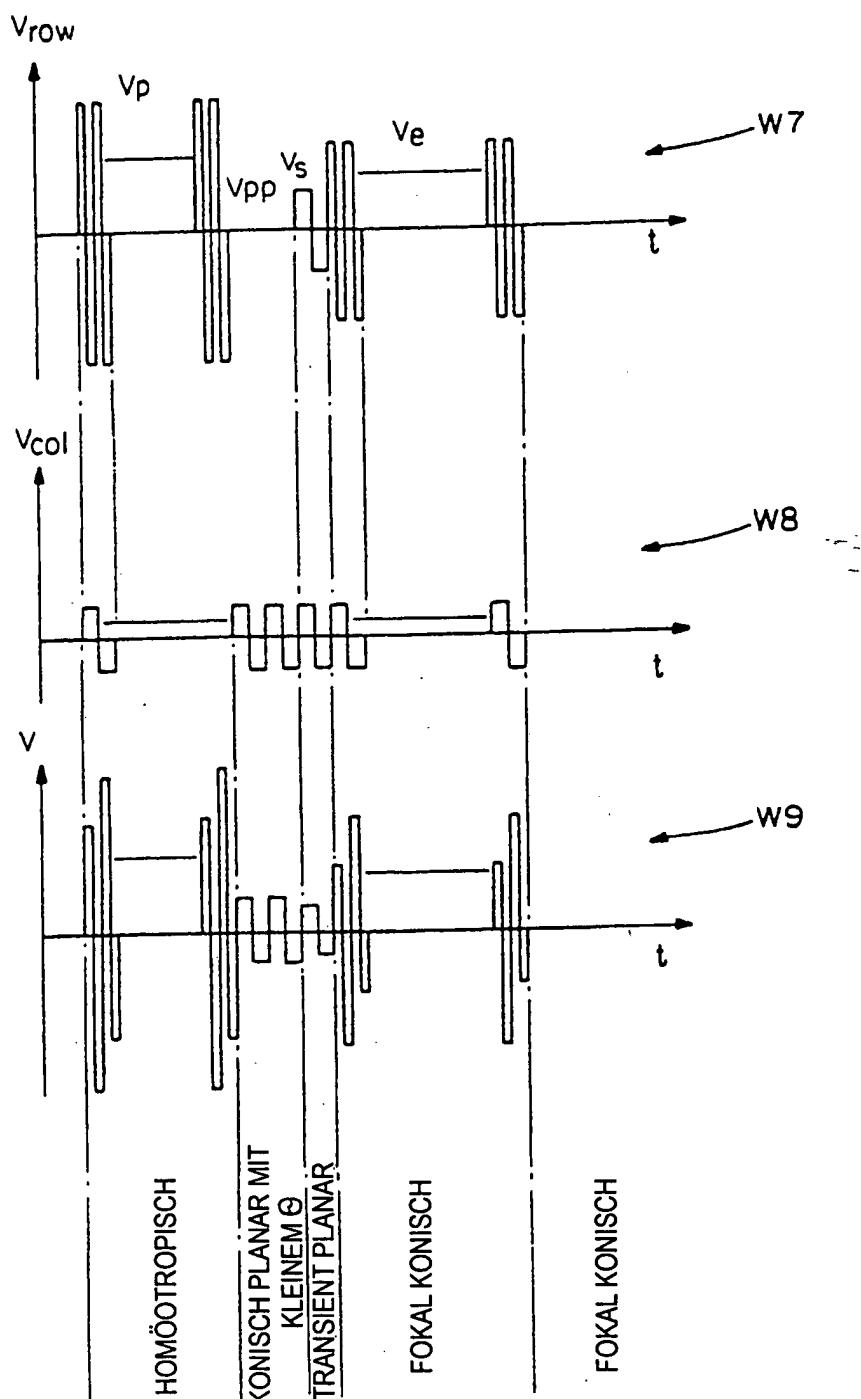


Fig.14

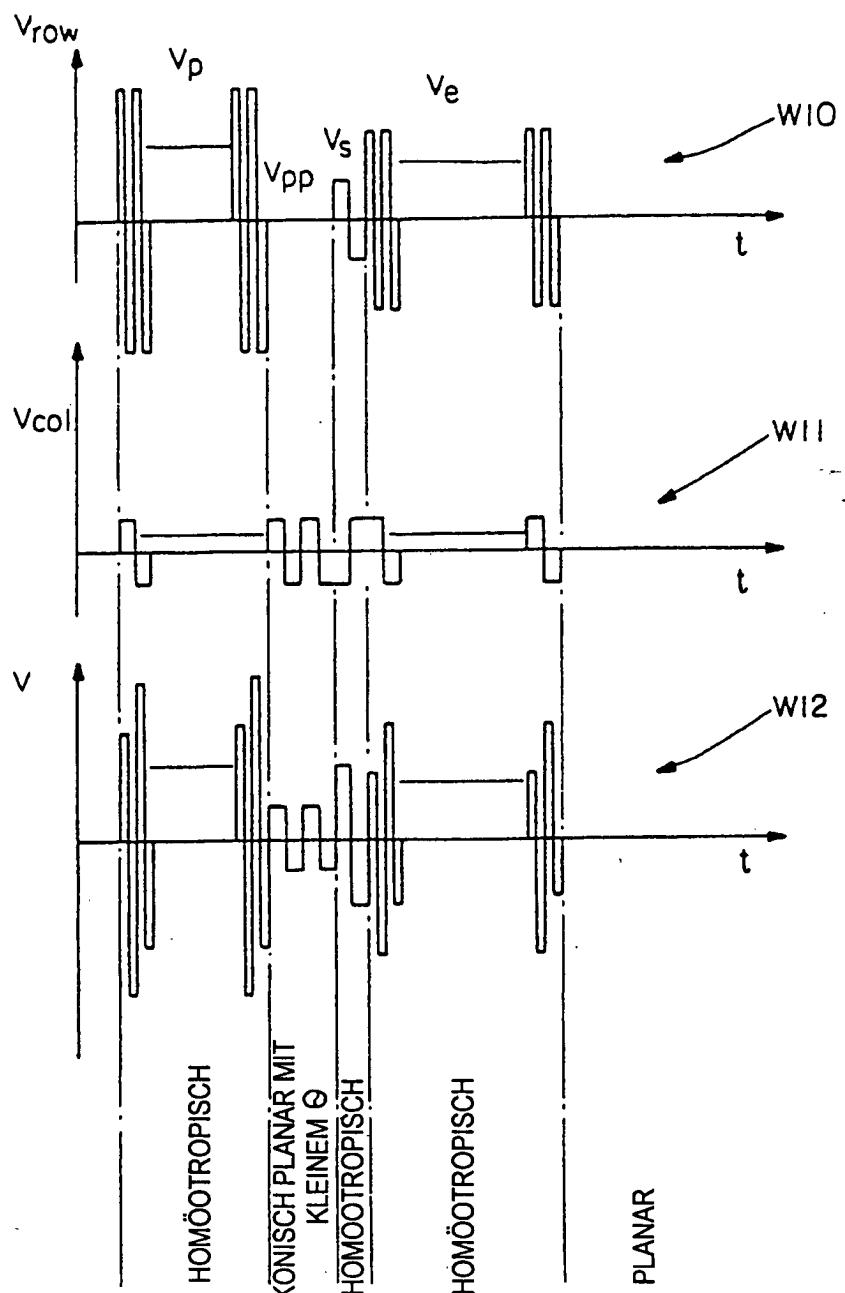


Fig. 15

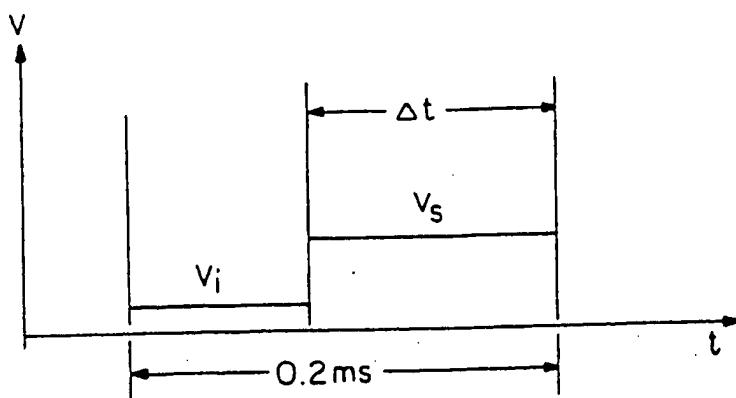


Fig. 17

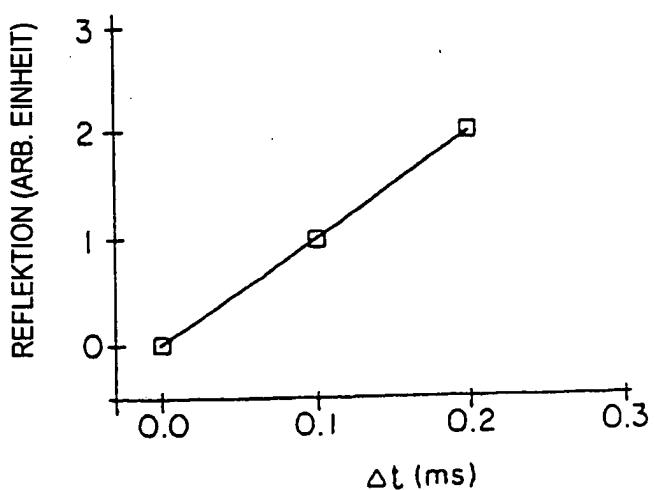


Fig. 18

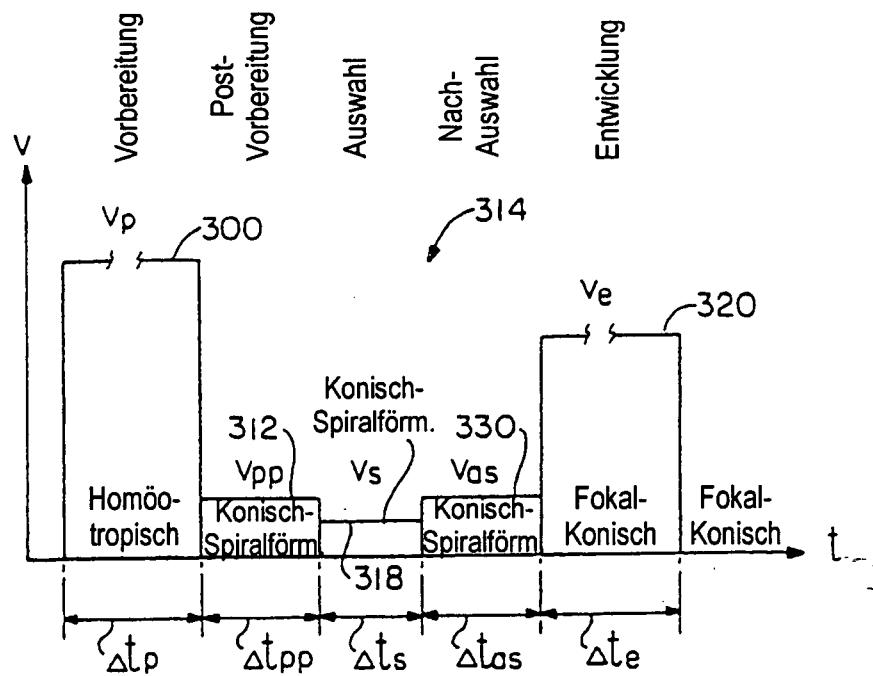


Fig.19A

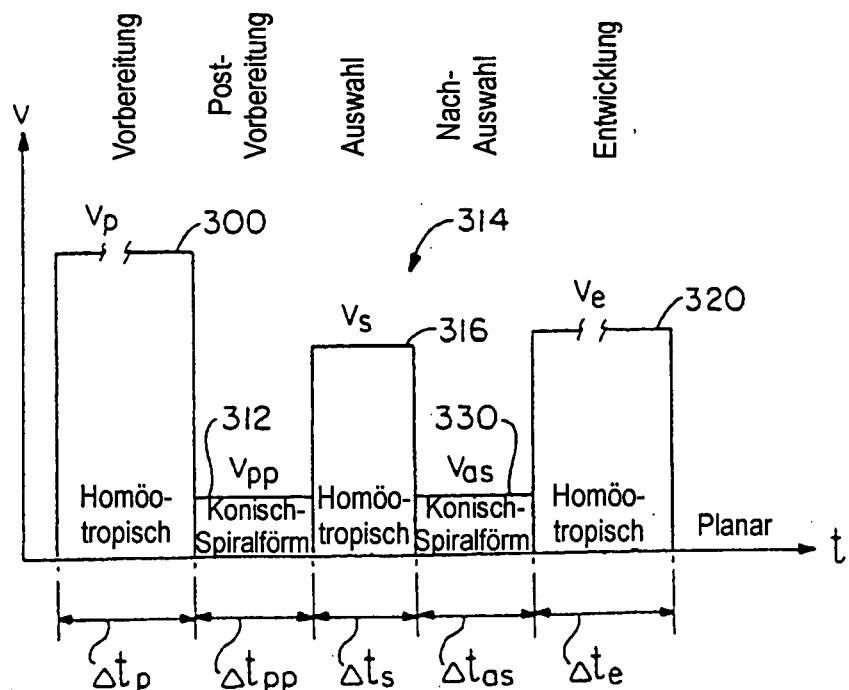


Fig.19B

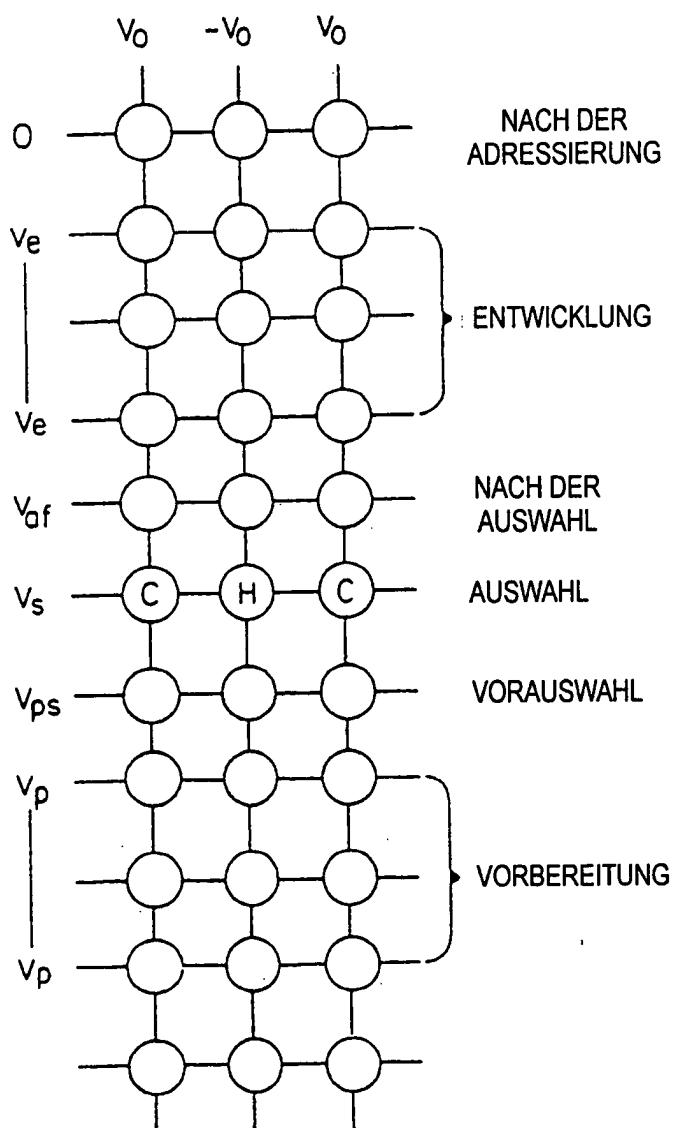


Fig. 20

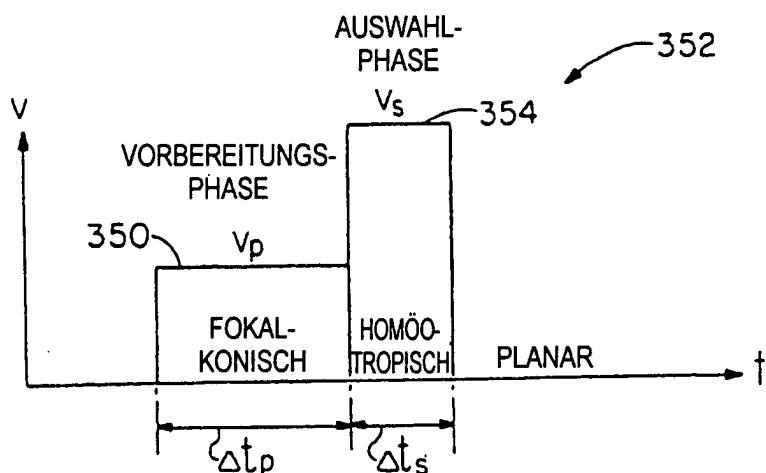


Fig. 21A

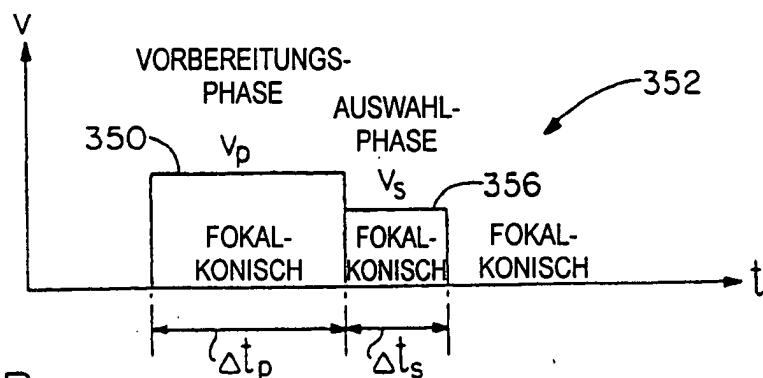
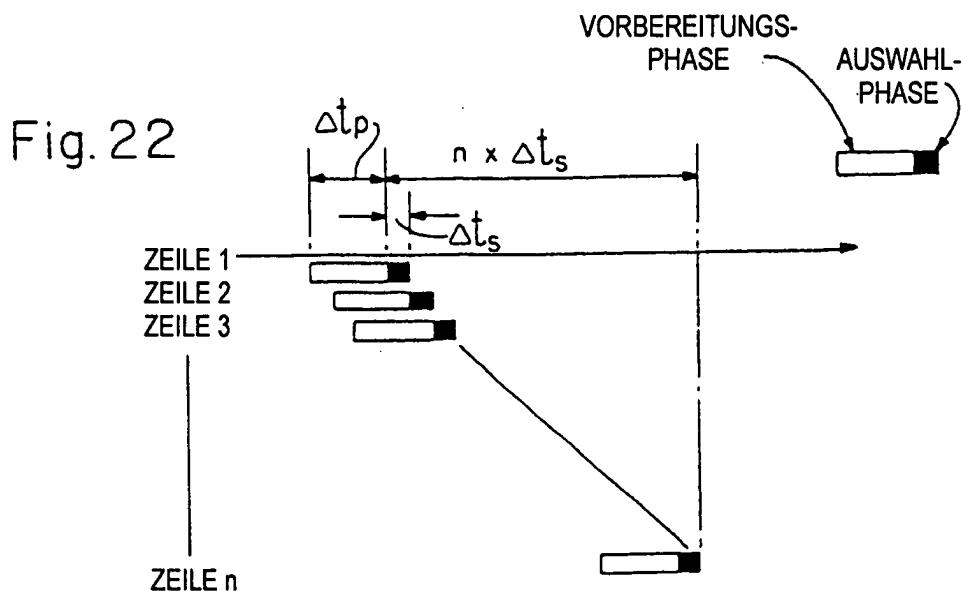


Fig. 21B



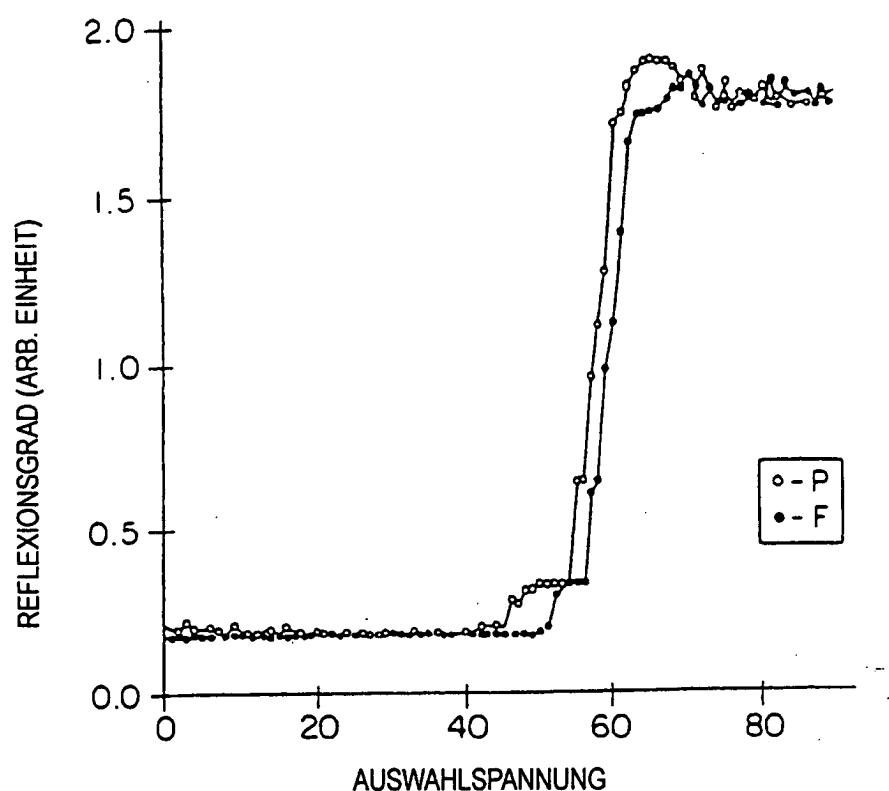


Fig. 23

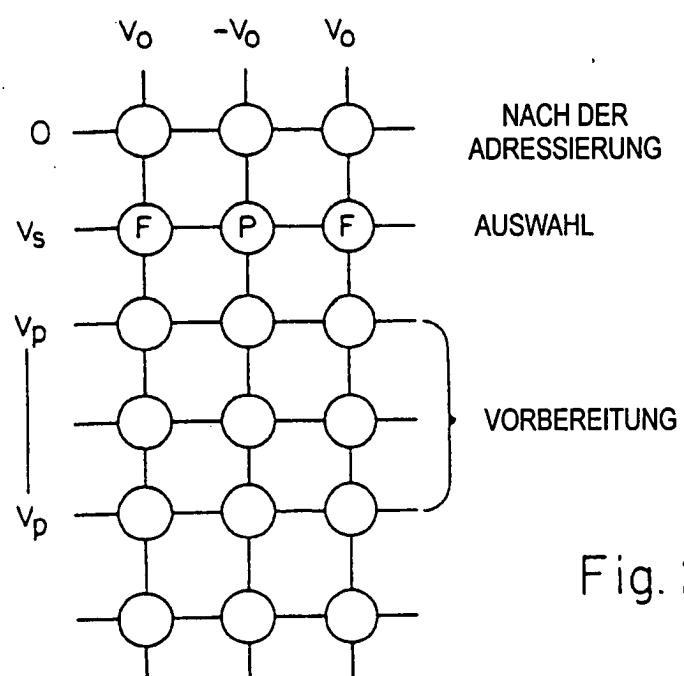


Fig. 24