



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 665 491 A5

⑤① Int. Cl. 4: G 02 F 1/13
G 09 F 9/35

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 5835/83

⑦③ Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

㉔ Anmeldungsdatum: 28.10.1983

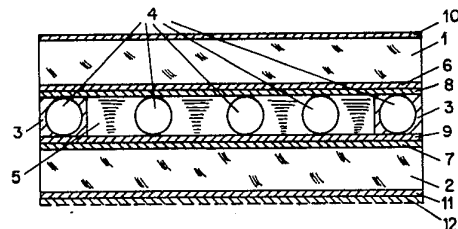
㉔ Patent erteilt: 13.05.1988

⑦② Erfinder:
Amstutz, Hermann, Mellingen
Heimgartner, Dieter, Baden
Kaufmann, Meinolph, Baden-Rütihof
Scheffer, Terry J., Dr., Forch

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 13.05.1988

⑤④ **Flüssigkristallanzeige.**

⑤⑦ Bei einer Flüssigkristallanzeige nach dem Bistabilitätseffekt ist der Abstand zwischen den Trägerplatten (1, 2) kleiner als 10 μm und die gesamte Verdrillung des Flüssigkristalls (5) zwischen 180° und 360°, vorzugsweise etwa 270°. Über die ganze Sichtfläche der Anzeige sind statisch verteilte Abstandhalter (4) vorgesehen. Durch diese Massnahmen wird der Bereich des bistabilen Verhaltens derart eingengt, dass die Anzeige mit Betriebsspannungen ausserhalb dieses Bereiches nach dem üblichen Multiplexverfahren angesteuert werden kann. Es wird ein hoher Multiplexgrad mit kurzen Schaltzeiten und ausgezeichnetem Kontrast erreicht. Der Sichtwinkelbereich ist sehr gross und unabhängig von der Beleuchtungsrichtung.



PATENTANSPRÜCHE

1. Multiplexierbare Flüssigkristallanzeige mit
 - zwei planparallelen Trägerplatten (1, 2), die mit einer Umrandung (3) eine Zelle bilden,
 - einem in die Zelle eingefüllten nematischen Flüssigkristall (5) mit positiver dielektrischer Anisotropie und einem chiralen Zusatz,
 - Elektroden-schichten (6, 7) auf den Innenseiten der Trägerplatten (1, 2),
 - darüberliegenden Orientierungsschichten (8, 9), zwischen denen sich der Flüssigkristall (5) in verdrehter Konfiguration mit einer auf der Plattenebene senkrechten Verdrehungsachse anordnet, und welche die benachbarten Flüssigkristallmoleküle derart ausrichten, dass die optische Achse des Flüssigkristalls an diesen Orientierungsschichten einen Anstellwinkel zur Plattenebene bildet,
 - mindestens einem Polarisator (10) in einer derartigen Anordnung, dass das Licht zwischen Ein- und Austritt wenigstens zweimal einen Polarisator passiert, und
 - einer Schichtdicke (d) des Flüssigkristalls (5) von weniger als $10\text{ }\mu\text{m}$, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Verdrehung (Φ) des Flüssigkristalls (5) in der Zelle von Orientierungsschicht zu Orientierungsschicht dem Betrag nach grösser oder gleich 180° und kleiner als 360° ist,
 - das Verhältnis zwischen Schichtdicke (d) und Ganghöhe (p) des Flüssigkristalls (5) dem Betrag nach grösser oder gleich 0,50 und kleiner oder gleich 0,95 ist,
 - die Schwingungsrichtung mindestens des vorderen Polarisators (10) mit der Orientierungsrichtung der vorderen Orientierungsschicht (8) einen derartigen Winkel bildet, dass das ursprünglich linear polarisierte Licht durch die Verdrehung (Φ) und die Doppelbrechung (Δn) des Flüssigkristalls (5) je nach anliegender Betriebsspannung unterschiedlich elliptisch polarisiert und der Kontrast der Anzeige optimiert ist,
 - das Umschalten der Anzeige durch den direkten Übergang von einer ersten zu einer zweiten Betriebsspannung erfolgt, und diese beiden Betriebsspannungen ausserhalb eines etwaigen Bistabilitätsbereiches der Anzeige liegen,
 - über die Sichtfläche der Anzeige Abstandshalter (4) verteilt sind, und
 - das Produkt von Doppelbrechung (Δn) und Schichtdicke (d) zwischen $0,60\text{ }\mu\text{m}$ und $1,40\text{ }\mu\text{m}$ liegt.
2. Flüssigkristallanzeige nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrehung des Flüssigkristalls (5) in der Zelle dem Betrage nach zwischen 240° und 300° liegt, bevorzugt bei etwa 270° .
3. Flüssigkristallanzeige nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Anisotropie des Flüssigkristalls (5) grösser oder gleich 5 ist.
4. Flüssigkristallanzeige nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anstellwinkel an mindestens einer Orientierungsschicht grösser als 5° ist.
5. Flüssigkristallanzeige nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass nur ein vorderer Polarisator (10) und auf der hinteren Trägerplatte (2) ein metallischer, diffus spiegelnder Reflektor (12, 13) vorgesehen sind, und die Schwingungsrichtung des vorderen Polarisators (10) mit der Orientierungsrichtung der vorderen Orientierungsschicht (8) einen bestimmten Winkel, z.B. von etwa 30° bildet.
6. Flüssigkristallanzeige nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Polarisatoren (10, 11) vorgesehen sind, und sowohl die Schwingungsrichtung des vorderen Polarisators (10) mit der Orientierungsrichtung der vorderen Orientierungsschicht (8), als auch die Schwingungsrichtung des hinteren Polarisators (11) mit der Orientie-

rungsrichtung der hinteren Orientierungsschicht (9) jeweils einen bestimmten Winkel (β , γ) bilden.

7. Flüssigkristallanzeige nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beiträge der Winkel (β , γ) zwischen der Schwingungsrichtung des Linearpolarisators (10, 11) und der Orientierungsrichtung der zugehörigen Orientierungsschicht (8, 9) oberhalb 20° liegen.

8. Flüssigkristallanzeige nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass hinter dem hinteren Polarisator (11) ein metallischer, diffus spiegelnder Reflektor (12) vorgesehen ist.

9. Flüssigkristallanzeige nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt von Doppelbrechung (Δn) und Schichtdicke (d) zwischen $0,80\text{ }\mu\text{m}$ und $1,20\text{ }\mu\text{m}$ liegt.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft eine Flüssigkristallanzeige nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine solche Anzeige ist z.B. bekannt aus J. Appl. Phys., Jahrgang 53, Band 12 (Dezember 1982), Seiten 8599 bis 8606.

Die dort beschriebene Flüssigkristallanzeige funktioniert nach dem Bistabilitätseffekt und besteht aus einer Zelle mit zwei planparallelen Glasplatten, die mittels Abstandshalter in der Umrandung der Zelle beabstandet werden und nur auf zwei Seiten verklebt sind. Der Abstand zwischen den Glasplatten beträgt etwa $15\text{ }\mu\text{m}$. Es wird ausdrücklich erwähnt, dass Staubpartikel in der Zelle und Störungen an den Oberflächen der Glasplatten ungünstig sind für eine solche Anzeige. Diese Phänomene beschleunigen das Verschwinden des Angezeigten, welches bei den angegebenen Ansteuermethoden unvermeidbar ist. Deshalb muss die Anzeige ständig aufgefrischt werden. Die Anzeigezelle befindet sich zwischen zwei gekreuzten Polarisatoren. Auf den Innenseiten der Glasplatten sind Elektroden-schichten und darüber Orientierungsschichten vorgesehen. Die letzteren sind erzeugt durch schräges Aufdampfen von SiO unter einem Winkel von 5° mit der Plattenebene. Dadurch werden die benachbarten Flüssigkristallmoleküle mit einem Anstellwinkel von 55° mit der Plattennormale ausgerichtet. Die Orientierungsrichtungen der Orientierungsschichten stehen entweder parallel oder senkrecht zu der Schwingungsrichtung der Polarisatoren. Als Flüssigkristall ist die Cyano-Biphenyl Mischung E7 mit dem chiralen Zusatz Cholesteryl Nonanoat in die Zelle eingefüllt. Die interne Schraubendrehung des Flüssigkristalls beträgt 360° , das Verhältnis zwischen Schichtdicke und Ganghöhe 0,983. Für dieses Verhältnis wird ein Bereich von 0,95 bis 1,10 als sinnvoll erachtet. Unterhalb 0,95 sind die Schaltzeiten sehr lang, so dass dieser Bereich für eine solche Anzeige auszuschliessen ist. Zudem wird ausdrücklich ein einwandfreies bistabiles Verhalten der Anzeige angestrebt, für welches Schichtdicke und Ganghöhe etwa gleich sein sollten. Die Anzeige wird entweder nach dem 3:1 - Ansteuerschema oder nach dem 2:1 - Ansteuerschema betrieben, bei denen zeilenweise geschrieben wird. Da die Anzeige ständig aufgefrischt werden muss, können nur wenige Zeilen geschrieben werden. Das bedeutet, dass der Multiplexgrad niedrig ist und eine grosse Punktmatrixanzeige gemäss dem obigen Artikel nicht realisierbar ist.

Die Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, eine Flüssigkristallanzeige nach dem Bistabilitätseffekt anzugeben, die eine stete Anzeige ohne Auffrischung ermöglicht, nach dem üblichen Multiplexverfahren mit einem hohen Multiplexgrad ansteuerbar ist und einen grossen Sichtwinkelbereich bei hohem Kontrast aufweist.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass bei einer

Anzeige nach dem Bistabilitätseffekt durch eine Verringerung der gesamten Verdrillung innerhalb der Anzeigezelle und gleichzeitig eine Verringerung des Verhältnisses zwischen Schichtdicke und Ganghöhe des Flüssigkristalls der Spannungsbereich, in dem das bistabile Verhalten der Anzeige auftritt, derart eingeengt wird, dass mit Ansteuerungen nach dem üblichen Multiplexverfahren ausserhalb dieses Bereiches ein hoher Multiplexgrad erreicht wird. Dabei soll die gesamte Verdrillung des Flüssigkristalls innerhalb der Anzeigezelle zwischen 180° und 360° liegen.

Durch die Erfindung wird nunmehr eine Flüssigkristallanzeige nach dem Bistabilitätseffekt ermöglicht, die für grosse Punktmatrixanzeigen besonders geeignet ist, schnelle Schaltzeiten aufweist und einen sehr grossen Blickwinkelbereich bei hohem Kontrast besitzt. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem nachstehenden Ausführungsbeispiel, das anhand der Zeichnungen näher erläutert wird. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt einer erfindungsgemässen Flüssigkristallanzeige,

Fig. 1a einen Ausschnitt einer erfindungsgemässen Flüssigkristallanzeige mit internem Reflektor,

Fig. 2 Kurven mit der gesamten Verdrillung Φ des Flüssigkristalls als Parameter in einem Diagramm mit der Betriebsspannung U und dem Verkipfungswinkel Θ in der Mitte der Anzeigezelle als Variablen, und

Fig. 3 Kontrastkurven für eine reflexive Anzeigezelle mit zwei Polarisatoren.

Die in Figur 1 dargestellte Flüssigkristallanzeige besteht aus zwei Trägerplatten 1 und 2 aus Glas, die mit einer Umrandung 3 eine Zelle bilden. Die Umrandung 3 besteht, wie üblich, aus einem Epoxy-Klebstoff, der Abstandshalter 4 aus Glasfasern enthält. Weitere Abstandshalter 4 sind zwischen den Trägerplatten 1 und 2 über die ganze Sichtfläche der Anzeige statistisch verteilt. In die Zelle ist ein nematischer Flüssigkristall 5 mit positiver dielektrischer Anisotropie eingefüllt, der einen chiralen Zusatz enthält. Die Innenseiten jeder Trägerplatte 1 und 2 besitzen parallele, streifenförmige Elektroden-schichten 6 und 7 aus In_2O_3 , wobei die Richtung der Streifen auf der einen Trägerplatte 1 senkrecht zur Richtung der Streifen auf der andern Trägerplatte 2 verläuft. Auf diese Art wird eine Anzeige aus Matrixpunkten gebildet. Jedoch sind auch andere Elektrodenformen möglich, wie z.B. die bekannte Siebensegment-Anordnung. Über die Elektroden-schichten 6 und 7 sind Orientierungsschichten 8 und 9 aufgetragen. Auf der Aussenseite der vorderen Trägerplatte 1 ist ein aus einer Folie bestehender Linearpolarisator 10 aufgeklebt. Auf der Aussenseite der hinteren Trägerplatte 2 ist bei Transmissionsbetrieb ebenfalls ein Linearpolarisator 11 aufgeklebt. Für Reflexionsbetrieb ist hinter diesem Polarisator 11 ein diffus streuender, metallischer, externer Reflektor 12 angeordnet (strichliert angedeutet in Fig. 1). Ein solcher ist z.B. bekannt aus CH-B 618 018. Der Polarisator 11 kann jedoch auch weggelassen werden. Dadurch wird zwar die Helligkeit verbessert, der Kontrast jedoch geringer.

In Figur 1a ist der Fall dargestellt, wenn statt eines externen Reflektors 12 ein interner Reflektor 13 verwendet wird, wie er z.B. aus EP-B 060 380 bekannt ist. Wie der Ausschnitt zeigt, ist dieser Reflektor zwischen der Elektroden-schicht 7 und der Orientierungsschicht 9 angeordnet. Ansonsten sind ausser dem Polarisator 11 die gleichen Elemente wie in Figur 1 vorhanden.

Figur 2 stellt den theoretischen Zusammenhang eines typischen Flüssigkristalls zwischen dem Verkipfungswinkel Θ der optischen Achse des Flüssigkristalls in der Mitte der Zelle

und der angelegten Betriebsspannung U dar. Der Winkel Θ wurde in bezug zur Trägerplatte gemessen. Der Verkipfungswinkel des Flüssigkristalls an den Trägerplatten beträgt in beiden Fällen 28° . Der Parameter, die gesamte Verdrillung Φ des Flüssigkristalls innerhalb der Anzeigezelle, durchläuft dabei die Werte 210° (Kurve I), 240° (Kurve II), 270° (Kurve III), 300° (Kurve IV), 330° (Kurve V) und 360° (Kurve VI). Bei einer bestimmten Schichtdicke d des Flüssigkristalls ist die Ganghöhe p so gewählt, dass das Verhältnis d/p durch die folgende Formel beschrieben wird:

$$d/p = \Phi/360^\circ. \quad (1)$$

Dies gewährleistet, dass der Verdrillungszustand der Flüssigkristallschicht stabil ist und nicht um zusätzlich $\pm 180^\circ$ verdreht, und dass keine optische Störungen in der Anzeige auftreten. Die Werte 210° , 240° , 270° , 300° , 330° und 360° entsprechen daher einem Verhältnis d/p von 0,58, 0,67, 0,75, 0,91 und 1,0.

Erfindungswesentlich ist, dass das Verhältnis von Schichtdicke d zu Ganghöhe p des Flüssigkristalls im Bereich von 0,50 bis 0,95 liegt, bevorzugt zwischen 0,65 und 0,85. Die Ganghöhe p wird dadurch eingestellt, dass dem nematischen Flüssigkristall ein bestimmter Gewichtsanteil eines chiralen Zusatzes beigemischt wird. Dieser Anteil ist abhängig von der Art des Flüssigkristalls und des chiralen Zusatzes, und von der Schichtdicke d . Ferner ist es wichtig, dass mindestens eine der Orientierungsschichten 8 oder 9 die benachbarten Flüssigkristallmoleküle mit einem Anstellwinkel grösser als 5° ausrichtet, bevorzugt mit etwa 10° bis 40° . Dabei ist zu beachten, dass die Ausrichtung der Orientierungsschichten 8 und 9 mit dem natürlichen Drehsinn des mit dem chiralen Zusatz dotierten Flüssigkristalls 5 übereinstimmt. Weiterhin soll die Schichtdicke d kleiner als $10 \mu\text{m}$ und die gesamte Verdrillung Φ innerhalb der Anzeigezelle zwischen 180° und 360° liegen, bevorzugt zwischen 240° und 300° . Dadurch wird gewährleistet, dass die Kennlinie der Anzeige, d.h. die Transmissionskurve bei angelegter Betriebsspannung, ausreichend steil ist und der Bereich des bistabilen Verhaltens derart eingeengt ist, dass mit Betriebsspannungen ausserhalb dieses Bereiches nach dem üblichen Multiplexverfahren (vgl. z.B. IEEE Trans. El. Dev., Vol. ED-21, No. 2, Febr. 1974, Seiten 146–155) angesteuert werden kann. Es wurde gefunden, dass innerhalb dieses Bereiches die Schaltzeiten mindestens hundert mal grösser sind als ausserhalb. Die Kennlinie der Anzeige hat einen ähnlichen Verlauf wie die Kurven in Fig. 2, ausser dass die negative Steigung der Kurve (Kurven III bis VI) durch einen bistabilen Bereich (Hystereseschleife) ersetzt werden soll.

Ein anderer wichtiger Punkt ist, dass das Produkt von Doppelrechnung Δn und Schichtdicke d des Flüssigkristalls in dem Bereich von $0,6 \mu\text{m}$ bis $1,4 \mu\text{m}$ liegt, bevorzugt zwischen $0,8 \mu\text{m}$ und $1,2 \mu\text{m}$.

Die Funktionsweise der erfindungsgemässen Flüssigkristallanzeige in Transmission lässt sich nun wie folgt erklären: Das durch den Linearpolarisator 10 linear polarisiertes Licht durchsetzt die Trägerplatte 1 und trifft unter einem Winkel zu dem an der Orientierungsschicht 8 ausgerichteten Flüssigkristall auf. Wegen der gesamten Verdrillung Φ und der doppelbrechenden Eigenschaften des Flüssigkristalls wird das ursprünglich linear polarisierte Licht elliptisch polarisiert, und zwar unterschiedlich je nach angelegter Betriebsspannung. Die Orientierungsrichtung der Orientierungsschicht 9 und die Schwingungsrichtung des hinteren Linearpolarisators 11 bilden ebenfalls einen bestimmten Winkel. Das aus dem Flüssigkristall austretende, elliptisch polarisierte Licht wird im hinteren Polarisator 11 entweder fast vollständig oder kaum absorbiert, je nach dem ob die Hauptachse des

elliptisch polarisierten Licht senkrecht oder parallel zur Schwingungsrichtung des Polarisators 11 steht. Durch geeignete Wahl der obengenannten Winkel der Orientierungsschichten 8 und 9 und der Polarisatoren 10 und 11 wird ein optimaler Kontrast erreicht. Dieser Winkel beträgt mindestens 20° , liegt bevorzugt zwischen 35° und 55° , wobei der Drehsinn sowohl mit dem Urzeigersinn als auch mit dem Gegen-Urzeigersinn zusammenfallen kann. Dabei ist der Uhrzeigersinn in bezug auf die betrachterseitige Normale und der Winkel in bezug auf die Orientierungsrichtung bestimmt.

Im Reflexionsbetrieb ist die Wirkungsweise im wesentlichen gleich wie bei der Transmission. Insbesondere wird der optimale Kontrast bei nur einem Polarisator 10 durch geeignete Wahl des Winkels zwischen der Schwingungsrichtung des vorderen Linearpolarisators 10 und der Orientierungsrichtung der ersten Orientierungsschicht 8 bestimmt.

Die Erfindung hat sich besonders bewährt bei einer reflektiven Anzeigezelle mit einer Schichtdicke d von $7,6 \mu\text{m}$ und einer gesamten Verdrillung Φ des Flüssigkristalls von 270° . Das Verhältnis d/p beträgt hier $0,75$. Die erste Orientierungsschicht 8 ist durch schräges Aufdampfen mit SiO unter einem Winkel von 5° zur Plattenebene hergestellt, so dass die benachbarten Flüssigkristallmoleküle derart ausgerichtet sind, dass der Anstellwinkel zwischen der optischen Achse des Flüssigkristalls an der Orientierungsschicht und der Projektion dieser optischen Achse auf die Plattenebene 28° beträgt. Die Schwingungsrichtung des vorderen Polarisators 10 und die Orientierungsrichtung der Orientierungsschicht 8 bilden einen Winkel von etwa 30° . Die zweite Orientierungsschicht 9 ist eine geriebene Polymerschicht und ergibt einen Anstellwinkel von 1° . Jedoch ist eine ähnliche Orientierungsschicht wie die erste ebenfalls möglich. Der Flüssigkristall 5 besteht aus der nematischen Mischung ZLI-1840 der Firma Merck, BRD, und $2,05$ Gewichtsprozent des chiralen Zusatzes Cholesteryl Nonanoat. Dieser Flüssigkristall besitzt eine positive dielektrische Anisotropie von $+12,2$ und eine Doppelbrechungsanisotropie von $0,15$. Der Temperaturbereich erstreckt sich von 258°K bis 363°K , die Viskosität beträgt $1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ bei 273°K und $3,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ bei 293°K .

Mit dieser Anzeigezelle werden 96 Zeilen nach dem üblichen Multiplexverfahren angesteuert. Die Betriebsspannungen sind $1,90 \text{ V}$ für den nicht-angesteuerten Zustand (dunkel) und $2,10 \text{ V}$ für den angesteuerten Zustand (hell). Die Anzeige ist im hellen Zustand völlig achromatisch, im dunklen Zustand tief blau. Wenn zusätzlich eine optische Verzögerungsplatte, wie z.B. eine $\lambda/4$ -Platte, zwischen dem vorderen Linearpolarisator 10 und der vorderen Trägerplatte 1 verwendet wird, kann die Farbe der Anzeige entsprechend geändert werden. Sie besitzt einen hervorragenden Blickwinkelbereich unabhängig von der Beleuchtungsrichtung. Die

Ein- und Ausschnittzeiten der Anzeige betragen $0,4 \text{ s}$ bei 296°K .

Eine andere beispielhafte Ausführungsform der Erfindung besteht aus einer reflektiven Anzeigezelle mit einer $0,7 \text{ mm}$ dicken Trägerplatte 1 und einer $0,5 \text{ mm}$ dicken Trägerplatte 2. Die Schichtdicke d beträgt $6,5 \mu\text{m}$. Bei dieser Anzeigezelle sind ein vorderer Polarisator 10, ein hinterer Polarisator 11 und ein externer Reflektor 12 vorgesehen. Die beiden Orientierungsschichten 8 und 9 sind durch schräges Aufdampfen mit SiO unter einem Winkel von 5° zur Plattenebene hergestellt und richten die benachbarten Flüssigkristallmoleküle derart aus, dass die optische Achse des Flüssigkristalls einen Anstellwinkel von 28° zur Plattenebene bildet. Die Orientierungsschichten 8 und 9 sind so angeordnet, dass die gesamte Verdrillung Φ eine linkshändige Drehung von 250° macht. Als Flüssigkristall 5 ist die nematische Mischung ZLI-1840 mit einem chiralen Zusatz von $2,56$ Gewichtsprozent Cholesteryl Nonanoat in die Zelle eingefüllt. Die Doppelbrechung Δn von ZLI-1840 beträgt $0,15$, so dass das Produkt $\Delta n \cdot d = 0,975$ ist. Der Winkel zwischen der Schwingungsrichtung des vorderen Linearpolarisators 10 und der Orientierungsrichtung der zugehörigen Orientierungsschicht 8 und der Winkel zwischen der Schwingungsrichtung des hinteren Linearpolarisators 11 und der Orientierungsrichtung der zugehörigen Orientierungsschicht 9 beträgt $\pm 45^\circ$. In Fig. 3 sind die Kontrastkurven angegeben für den Fall, dass beide Winkel 45° oder beide Winkel -45° sind (Kurve A), und für den Fall, dass der eine Winkel 45° und der andere Winkel -45° ist, oder umgekehrt (Kurve B). Die Abszisse gibt dabei die angelegte Spannung U in Volt an, die Ordinate die Helligkeit der Anzeige in willkürlichen Einheiten. Im ersten Fall (Kurve A) erhält man im nicht-angewählten Zustand eine hell-gelbe Anzeige, im angewählten Zustand eine schwarze Anzeige. Im zweiten Fall (Kurve B) erhält man eine dunkel-violette Anzeige im nicht-angewählten Zustand, eine helle Anzeige im angewählten Zustand. Die Messungen wurden ausgeführt bei senkrecht einfallendem Licht mit einem Photometer der Firma Tektronix, Modell J 6523. Dieses Photometer berücksichtigt die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges. Die Rampe beträgt 30 mV/sec . Die gemessenen Kontrastverhältnisse bei einem Multiplexgrad von $100:1$ sind wie folgt:

Kurve A	$V_s = 1,580 \text{ V}$	}	Kontrastverhältnis = 19,8
	$V_{ns} = 1,429 \text{ V}$		
Kurve B	$V_s = 1,609 \text{ V}$	}	Kontrastverhältnis = 11,8
	$V_{ns} = 1,456 \text{ V}$		

Die Spannungen V_s und V_{ns} sind die üblichen angewählten und nicht-angewählten Ansteuerspannungen nach dem vorgenannten Artikel IEEE Trans. El. Dev. Das Verhältnis V_s/V_{ns} ist dann $1,106$ bei einem Multiplexgrad von $100:1$.

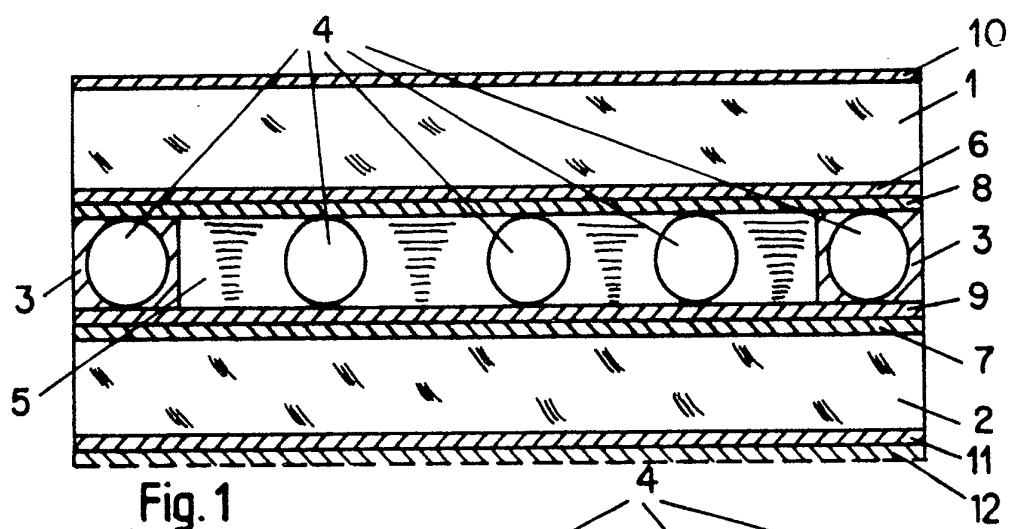


Fig. 1

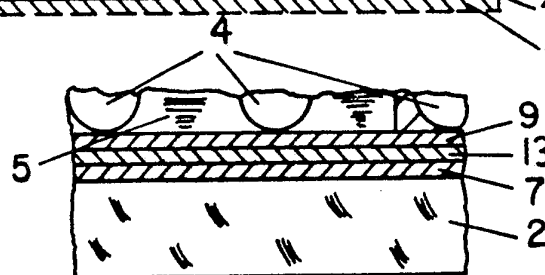


Fig. 1a

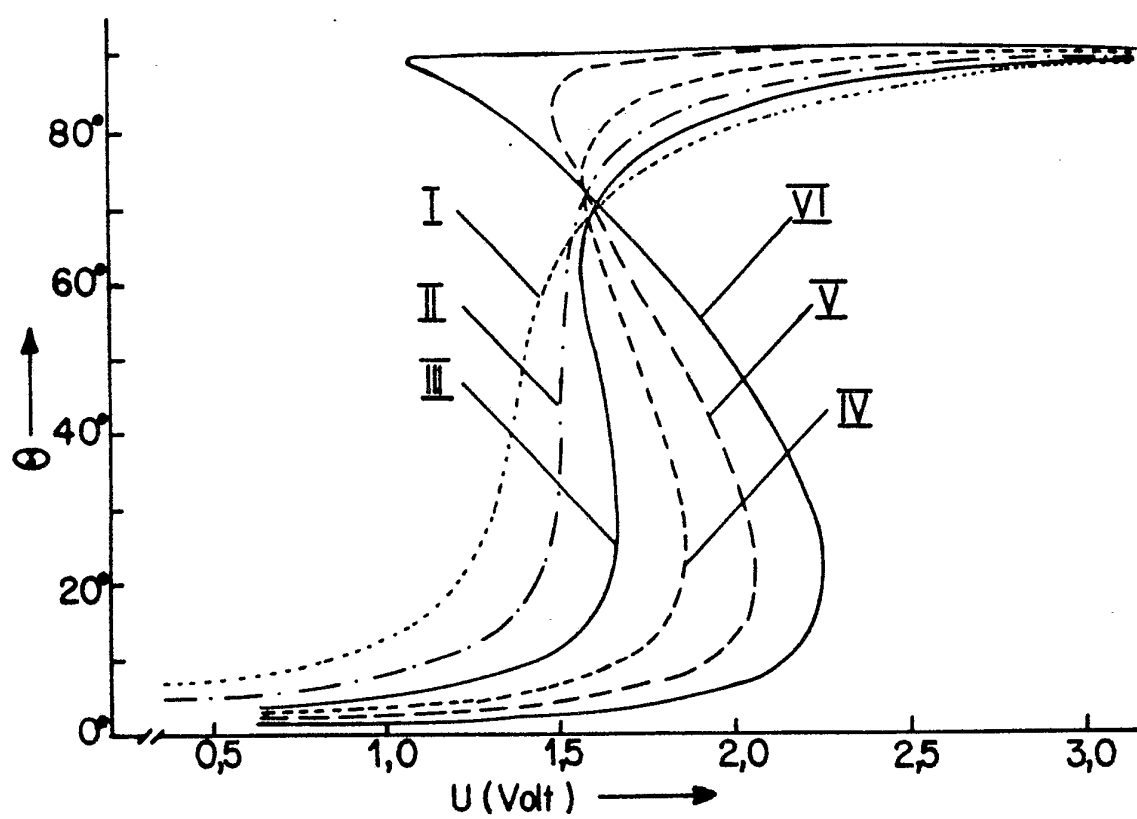


Fig. 2

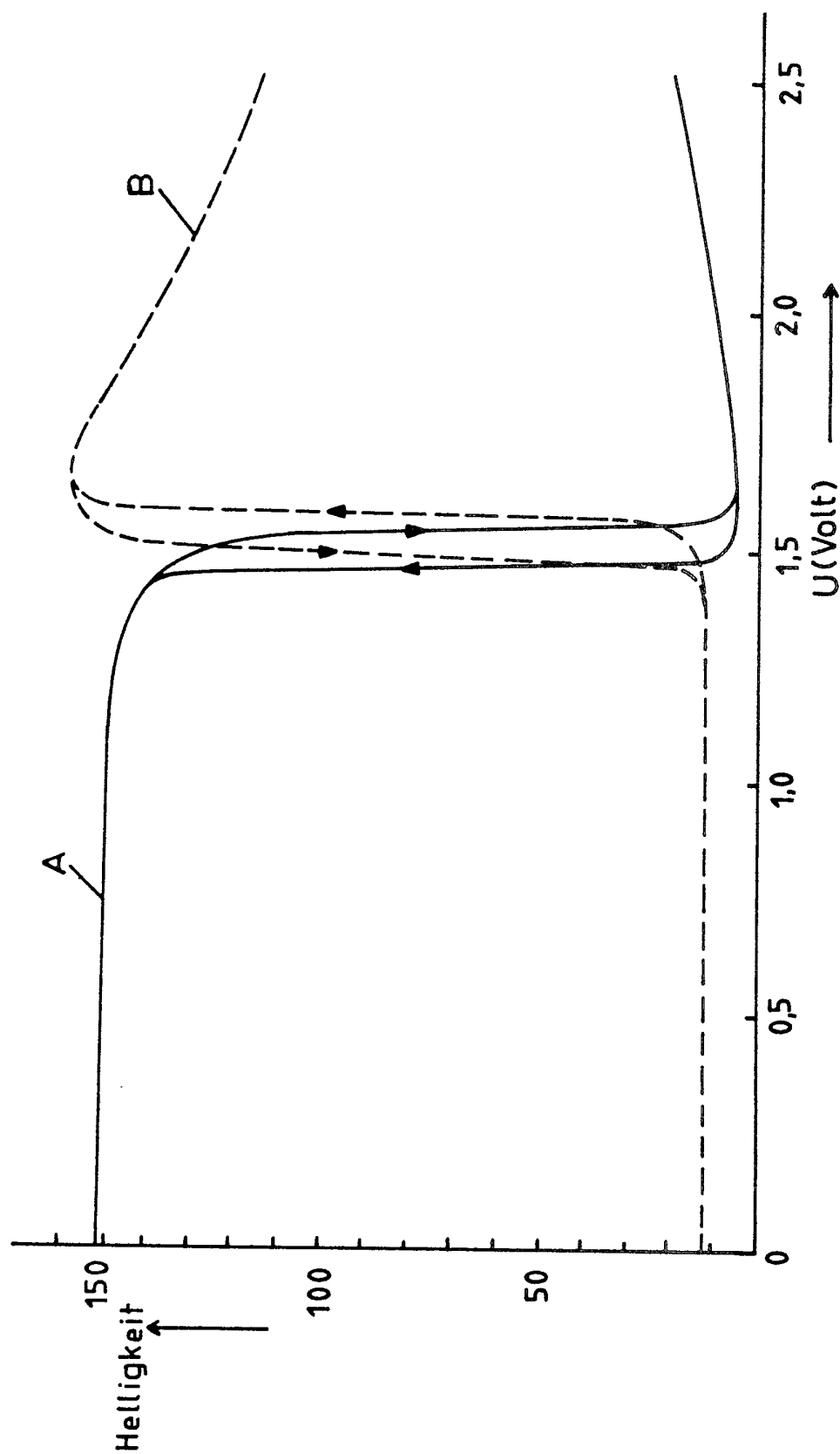


Fig. 3