

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

**(12) PATENTSCHRIFT A5**

11

**637 487**

**(21)** Gesuchsnummer: 11570/78

**(73)** Inhaber:  
International Standard Electric Corporation, New York/NY (US)

**(22)** Anmeldungsdatum: 10.11.1978

**(72)** Erfinder:  
William Alden Crossland, Harlow/Essex (GB)  
Joseph Hourigan Morrissey,  
Thaxted/Dunmow/Essex (GB)  
David Coates, Bishop Stortford/Herts (GB)

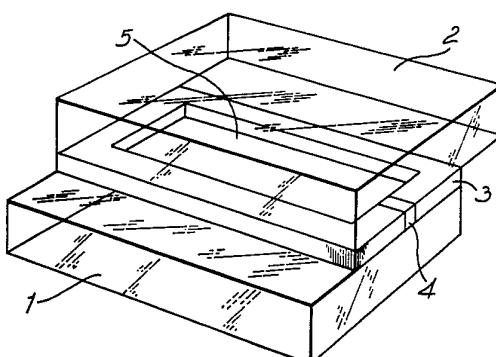
**(24)** Patent erteilt: 29.07.1983

**(45)** Patentschrift  
veröffentlicht: 29.07.1983

**(74)** Vertreter:  
Dipl.-El.-Ing. Hans F. Bucher, Bern

**54 Speicherndes Flüssigkristall-Anzeigeelement.**

**57** Ein speicherndes Flüssigkristall-Anzeigeelement weist eine smektische Flüssigkristallschicht (5) negativer dielektrischer Anisotropie auf, die zwischen mit Elektroden an ihren Innenflächen versehenen Deckplatten (1, 2) eingebettet ist. Wird ein elektrisches Feld angelegt, wechselt das Erscheinungsbild der Anzeige von klar (schwarz zwischen gekreuzten Polarisatoren) auf milchig bei gleichzeitiger Änderung der Ausrichtung vom homöotropen in einen homogenen (metastabilen) Zustand, der dann in einen fokal-konischen degeneriert. Die homöotrope Ausrichtung wird durch Erhitzen in die nematische Phase und durch Abkühlen in die smektische Phase wiederhergestellt. Die Erhitzung kann durch Laserstrahlen erfolgen.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Speicherndes Flüssigkristall-Anzeigeelement mit einem zwischen zwei sich in Blickrichtung zumindest teilweise überlappenden, mit Elektroden versehenen Deckplatten befindlichen Flüssigkristall, dessen Lichtstreuung durch eine einmalig für eine vorbestimmte Dauer angelegte Steuerspannung herbeigeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkristall (5) aus einem smektischen Flüssigkristall negativer dielektrischer Anisotropie besteht, dass mindestens eine der dem Flüssigkristall (5) zugewandten Oberflächen der Deckplatten (1, 2) derart beschichtet ist, dass der Flüssigkristall (5) im nichtgesteuerten Zustand als smektische Phase überwiegend homöotroper Ausrichtung vorliegt.

2. Anzeigeelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatten (1, 2) mit einem eine homöotrope Ausrichtung fördernden Material beschichtet sind.

3. Anzeigeelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächen der Deckplatten (1, 2) mit Hexadecyltrimethyl-ammonium-bromid beschichtet sind.

4. Anzeigeelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächen der Deckplatten (1, 2) mit Lecithin beschichtet sind.

5. Anzeigeelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der smektische Flüssigkristall einen pleochroitischen Farbstoff enthält.

6. Anzeigeelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich Polarisatoren angebracht sind.

7. Verfahren zum Betrieb des Anzeigeelements nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückführen in den nichtgesteuerten Zustand durch Anlegen einer Wechselspannung erfolgt, deren Frequenz unterhalb einer Grenzfrequenz liegt, bei deren Unterschreiten der Flüssigkristall vom negativ dielektrisch anisotropen Zustand in den positiven übergeht.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein speicherndes Flüssigkristall-Anzeigeelement mit einem zwischen zwei sich in Blickrichtung zumindest teilweise überlappenden Elektroden versehenen Deckenplatten befindlichen Flüssigkristall, dessen Lichtstreuung durch eine einmalig für eine vorbestimmte Dauer angelegte Steuerspannung herbeigeführt wird.

Flüssigkristallanzeigen werden in zunehmendem Masse in der Technik verwendet. Die Veröffentlichung von J.G. Grabmaier und H.H. Krüger: «Flüssige Kristalle – Grundlagen und technische Anwendungen» erschienen in der VDI-Zeitschrift Bd. 115 (9173) Nr. 8 auf den Seiten 629 bis 638 beschreibt dabei auch Wirkungsweise und Aufbau einiger speichernder Arten. Die vorliegende Erfindung setzt sich nun zur Aufgabe, ein speicherndes Flüssigkristall-Anzeigeelement anzugeben, das gegenüber den bekannten Typen Verbesserung in Helligkeit, Kontrast, Steuercharakteristik, sowie leichte Fertigung ermöglicht. Die Lösung dieser Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben.

Die Erfindung ist im folgenden anhand eines durch die Fig. 1 bis 3 veranschaulichten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: Schematische perspektivische Ansicht einer Flüssigkristallzelle,

Fig. 2: Darstellung der zwei stabilen Zustände, die die Zelle annehmen kann, sowie des metastabilen Zustandes,

Fig. 3: Schaltspannung in Abhängigkeit von der Temperatur eines ausgewählten smektischen Flüssigkristalls.

Zwei Glasdeckplatten 1, 2 sind durch eine Umfangsdichtung 3 miteinander verbunden und bilden eine Hülle für den

Flüssigkristall 5, der dicht in der Zelle eingeschlossen ist. Die Zelle wird durch eine Öffnung gefüllt, welche durch eine Unterbrechung des Umfangs der Dichtung gebildet wird. Nach dem Füllen der Zelle wird diese Öffnung durch einen Verschluss 4, zum Beispiel aus Indium, abgedichtet. Wenn die Umfangsdichtung 3 eine Dichtung aus geschmolzener Glasfritte ist, kann die Öffnung vor dem Füllen der Zelle metallisiert werden, worauf das Abdichten der Öffnung durch Löten erfolgt.

10 Bevor die zwei Platten miteinander verbunden werden, versieht man die nach innen zeigenden Oberflächen mit transparenten Elektroden (nicht gezeichnet) einer Form, die der geforderten Anzeige entspricht, wodurch ein elektrisches Feld zwischen ausgewählten Teilen der Deckplatten angelegt werden kann. Zu diesem Zweck erstrecken sich Teile der Elektroden über das Gebiet der Dichtung 3, wodurch eine Verbindung nach aussen möglich ist.

Mindestens eine der nach innen zeigenden Oberflächen, vorzugsweise jedoch beide, werden mit einer Schicht versehen oder einer anderen Oberflächenbehandlung unterzogen, durch deren Einwirkung die Flüssigkristallmoleküle eine im wesentlichen homöotrope Ausrichtung annehmen, wenn die Zelle von einer weniger geordneten nichtsmektischen Phase in Abwesenheit eines angelegten elektrischen Feldes durch Kühlung in eine smektische Phase übergeführt wird.

20 Eine bevorzugte Oberflächenbehandlung besteht darin, dass die Glasoberfläche mit Lecithin oder Hexadecyl-trimethyl-ammonium-bromid Lösung behandelt wird. Wenn eine geschmolzene Umfangsfritten-dichtung für die Zelle verwendet wird, wie im allgemeinen wegen deren Beständigkeit bevorzugt, wird die Oberfläche nach dem Schmelzen der Fritte behandelt, indem die zusammengebaute Zelle zunächst mit der erforderlichen Lösung gefüllt und diese anschliessend abgeleert wird. Dann wird die Zelle mit einem geeigneten 25 smektischen Material gefüllt. Dies kann zum Beispiel 4-octyl-oxyphenyl trans-4-butyl-cyclohexyl-1-carboxylat sein, welches eine kleine negative Dielektrizitätsanisotropie besitzt, und ein smektisches A-Material im Temperaturbereich zwischen 28 und 49,1 °C ist. Versuche mit diesem Material in einer 20 µm 30 dicken Zelle zeigten, dass in den Gebieten der sich überlappenden Elektroden die Anzeige von klar in eine vorübergehende Schlieren-Textur überschlug, wenn das 30-Hz-Signal auf etwa 150 V erhöht wurde. Das Erscheinungsbild wird wahrscheinlich durch die Verdrehung smektischer Lagen verursacht, wie es in Figur 2a dargestellt ist, oder es ist möglich, 35 dass das Feld eine pseudo-smektische C-Phase hervorruft, wie dies in Fig. 2b dargestellt ist. Welches auch immer die richtige Erklärung sein mag, so scheint es, dass die Anordnung sehr metastabil ist, und dass schon ein geringes Erhöhen der Feldstärke genügt, um die Bildung fokalkonischer Domänen zu 40 vorzurufen. Bei einer bestimmten Schwellspannung breiten sich diese Domänen mit grosser Geschwindigkeit aus und die Zelle nimmt ein milchiges Erscheinungsbild an, welches nicht durch irgendeine Form eines dynamischen Streueffektes 45 erklärt werden kann. Es wurde beobachtet, dass eine Erhöhung der Signalfrequenz zu einer Erhöhung der Schaltspannung führt.

Wenn die Zelle zwischen gekreuzten Polarisatoren angeordnet wird, kann der Übergang ausgeprägter beobachtet werden. Zu Beginn ist die Anzeige schwarz. Wenn der metastabile Zustand erreicht ist, zeigen die Domänen der Schlieren-Textur im wesentlichen die Newtonschen Interferenzfarben, aber mit verschiedener Sättigung, abhängig von der Ausrichtung der Domänen in Bezug auf die Hauptachse der Polarisatoren. In manchen Fällen ist die Schlieren-Textur zu vorübergehend, als dass sie beobachtet werden könnte. Dann erscheint die Anzeige doppelbrechend, wenn die Schwelle zur Bildung von fokalkonischen Domänen erreicht ist.

Die fokalkonischen Gebiete können in die homöotrope

Ausrichtung zurückgeführt werden, wenn die Zelle ausreichend geheizt wird, um den Phasenübergang smekatisch-nematisch zu durchlaufen. Die fokalkonische Struktur bleibt in der nematischen Phase nicht erhalten und daher wird die Zelle in die homöotrope Ausrichtung zurückgeführt, wenn sie ausreichend gekühlt wird, um wieder die smektische Phase zu erreichen und wenn gleichzeitig kein Feld angelegt ist.

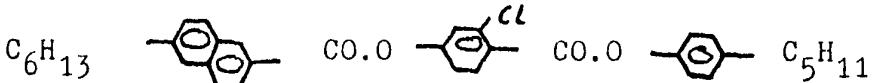
Da die Zelle durch Einwirkung von Wärme in den homöotropen Zustand überführbar ist, kann der homöotrope Zustand auch durch örtliche Einwirkung von Wärme erzielt werden. Dies kann durch Intensitätsmodulation eines Laserstrahles erfolgen, der über die Oberfläche der Zelle geführt wird. In diesem Falle wird die Wellenlänge des Laserlichtes so gewählt, dass es entweder durch den Flüssigkristall oder ein in diesem gelöstes Material oder in einem an den Flüssigkristall angrenzenden Material, wie zum Beispiel dem Elektrodenmaterial absorbiert wird.

Es stellte sich heraus, dass eine Zelle, deren Flüssigkristall sich teilweise in der homöotrop ausgerichteten Phase und zum anderen Teil im fokalkonischen Zustand befindet, für lange Zeit diesen Zustand behält. Wir nehmen daher an, dass die Speicherung unbegrenzt ist.

Die Schlierentextur des metastabilen Zustandes kann wahrscheinlich dadurch verhindert werden, dass die im wesentlichen homöotrope Ausrichtung mit einer in einer Rich-

tung gerichteten Schrägen versehen wird, so dass ein Drehwinkel von etwas weniger als 90 °C entsteht. Wenn dieser Drehwinkel über die gesamte Oberfläche dieselbe Richtung besitzt, so führt die ändernde Spannung dazu, dass alle smektischen Moleküle in dieselbe Richtung umgelegt werden, anstatt dass sie Zufallsrichtungen annehmen. Diese Schrägen kann dadurch geschaffen werden, dass eine der Oberflächen zunächst so behandelt wird, dass sie, zumindest schwach, versucht, eine homogene Ausrichtung der nematischen Phase in einer besonderen Richtung hervorzurufen, und dass dann die so behandelte Oberfläche mit einer Schicht geeigneter Stärke bedeckt wird, welche eine homöotrope Ausrichtung unterstützt.

Die bisher beschriebene Zelle kann nur in eine Richtung 15 durch die Anwendung einer sich ändernden elektrischen Spannung geschaltet werden. Zur Schaltung in der umgekehrten Richtung ist ein thermischer Kreisprozess notwendig. Jedoch besitzen verschiedene smektische Materialien die 20 Eigenschaft, eine Grenzfrequenz aufzuweisen, unterhalb der das Material positiv dielektrisch anisotrop ist und oberhalb der das Material negativ dielektrisch anisotrop ist. Mit derartigen Materialien ist ein elektrisches Schalten in beiden Richtungen möglich. Ein Beispiel für ein solches Material ist 4-n-pentylphenyl 2'-chloro-4'-(6-n-hexyl-2-naphthoxy)-benzoat.



Ein monotoner Flüssigkristall mit den folgenden Phasenübergangstemperaturen: C-N, 68,6 °C; (S<sub>A</sub>-N, 53,5 °C); N-I, 178,9 °C.

Die folgende Tabelle zeigt, dass bei diesem Material der Übergangseffekt auch in der nematischen Phase vorliegt. Wenn das Material von der nematischen Phase in die smektische Phase gekühlt wird, bleibt der Übergangseffekt erhalten, aber bei erheblich höheren Schwellspannungen.

Temperatur (°C)	Grenzfrequenz (kHz)	Schaltspannung (V)
77	29	22
72	20	22
67	13	22
65	11	22
63	9,8	18
61	7,2	22
59	6,2	21,1
57	5,5	20,8
55	4,8	20,2
54,5	4,6	20,4
54,0	4,6	20,1
53,5 S <sub>A</sub> -N-	4,2	78
53,2	4,2	112
52,0 S <sub>A</sub>	4,2	182
50,0	3,9	204

Eine Zelle der beschriebenen Bauart, die mit dem letztgenannten Material gefüllt ist und auf 52 °C gehalten wird, kann von homöotroper Ausrichtung der Flüssigkristallschicht durch die Anwendung einer Wechselspannung einer Frequenz oberhalb von 4,2 kHz in den fokalkonischen Zustand übergeführt

und durch die Anwendung einer Wechselspannung mit einer Frequenz unterhalb 4,2 kHz zurückgeführt werden.

Beide bisher beschriebenen smektischen Materialien liegen 35 in der S<sub>A</sub>-Phase vor. Es soll jedoch bemerkt werden, dass die entsprechende Schaltfunktion mit einer Zelle durchgeführt werden kann, welche eine S<sub>B</sub>-Phase enthält. Ein Beispiel für solches Material ist 4-n-oxyloxyphenyl trans-4-n-pentylcyclohexyl-1-carboxylat, ein enantiotroper Flüssigkristall mit 40 den folgenden Phasenübergangstemperaturen: C-S<sub>V</sub>, ~42 °C; S<sub>B</sub>-S<sub>A</sub>, 49,4 °C; S<sub>A</sub>-N, 64,6 °C; N-I 79 °C. In Figur 3 ist aufgezeichnet, wie die Schaltspannung bei einer Frequenz von 30 Hz und im Fall einer Zelle mit 20 Mikrometer Dicke des oben beschriebenen Materials mit der Temperatur verändert wird. 45 Bei diesem Material wird die im wesentlichen homöotrope Ausrichtung durch einen thermischen Kreisprozess wieder erhalten.

Das Erscheinungsbild der Zelle kann dadurch verändert werden, dass ein pleochroitischer Farbstoff in das smektische 50 Material eingebaut wird. Eine typische Füllung kann zum Beispiel ungefähr 1,3% des Farbstoffes 1-(4'-Butyloxyanilin)-4-hydroxy-anthrachinon zusammen mit ungefähr 0,05% Waxolin Gelb A enthalten. Das Waxoline Gelb, welches ein isotroper Farbstoff ist, wird zugesetzt, um das Restblau der Anzeige in 55 ihrem homöotropen Zustand zu kompensieren, welcher dadurch hervorgerufen wird, dass die Ordnung innerhalb der smektischen Wirtes weniger als 100% ist. Durch das Gelb wird das Restblau zu einem im wesentlichen neutralen Grau verändert. Die optische Dichte des Graus ist noch sehr gering, 60 so dass dem Betrachter im wesentlichen ein transparenter Zustand erscheint. Im fokalkonischen Zustand erscheint die Farbe des pleochroitischen Farbstoffes aufgrund der im wesentlichen zufälligen Orientierung der Moleküle in diesem Zustand.

*Fig.1*

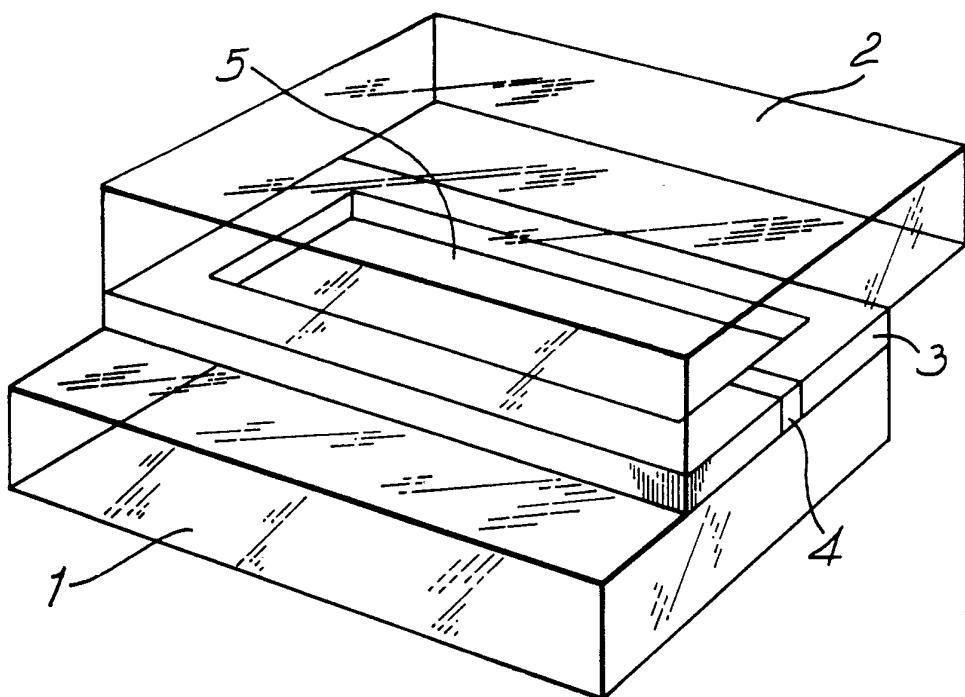
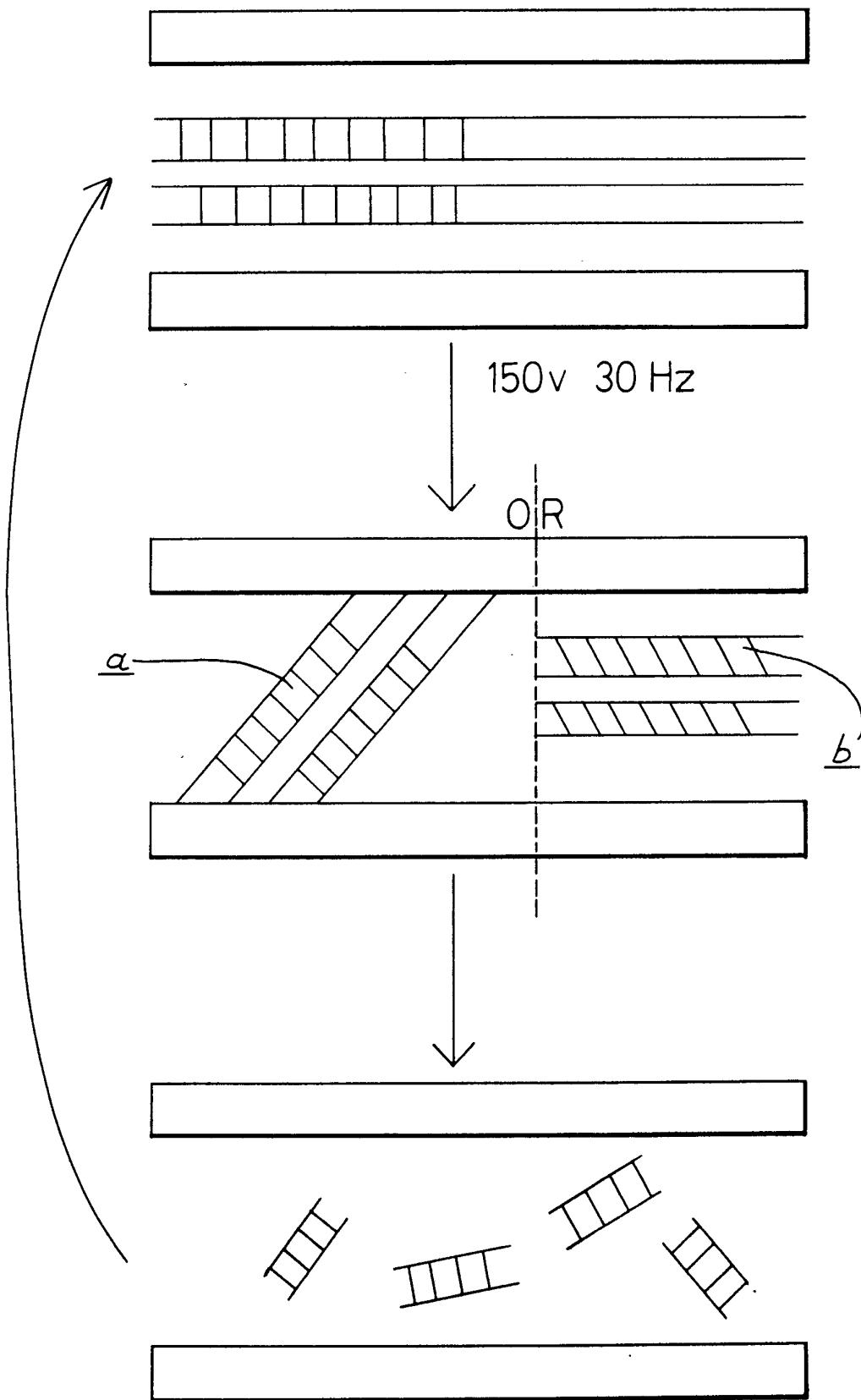


Fig 2.



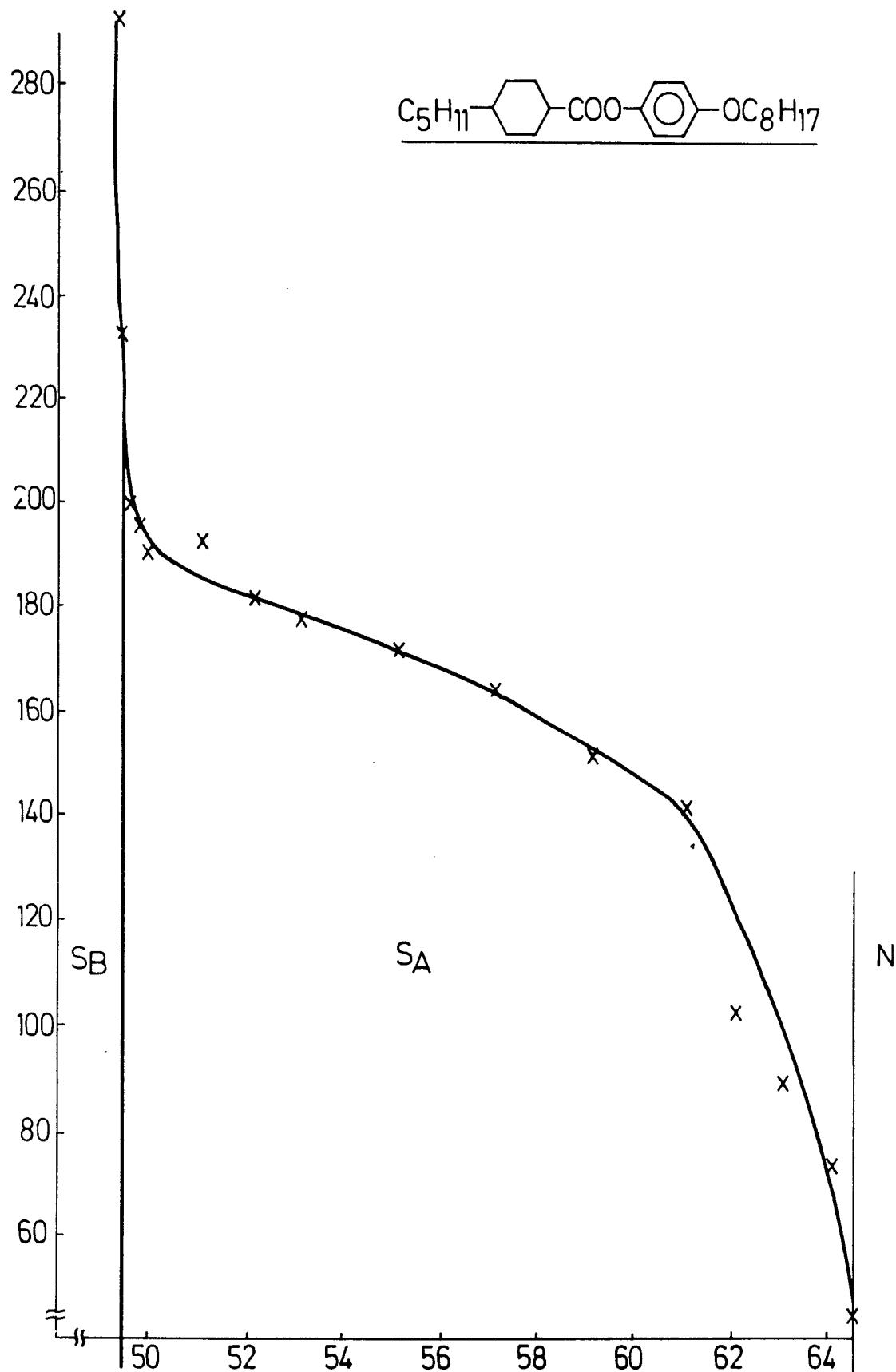


Fig. 3