

SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT
EidGENÖSSISCHES Institut FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 694 384 A5

⑤ Int. Cl.⁷: G 02 F 001/133
A 61 F 009/06
G 09 G 003/18

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 00458/99

㉒ Anmeldungsdatum: 11.03.1999

㉔ Patent erteilt: 15.12.2004

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.12.2004

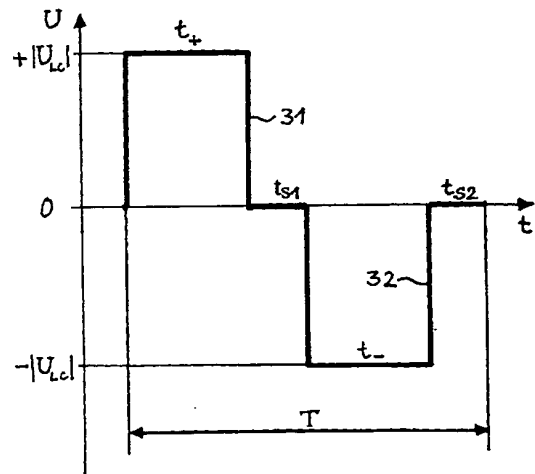
⑦③ Inhaber:
OPTREL AG, Industriestrasse 2
9630 Wattwil (CH)

⑦② Erfinder:
Emil Ackermann, Suravastrasse 3
9630 Wattwil (CH)
Dr. Leo Keller, Breitstrasse 58
8614 Bertschikon (CH)

⑦④ Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro, Postfach 768
8029 Zürich (CH)

⑤④ Aktive elektrooptische Filtereinrichtung und Verfahren zu ihrem Betrieb.

⑤⑦ Die aktive optische Filtereinrichtung, die sich insbesondere als Blendschutzvorrichtung zum Einsatz in Schweisschutzmasken, -helmen oder -brillen eignet, ist in an sich bekannter Weise mit einem Lichtschutzfilter mit mindestens einem aktiven optischen Filterelement und mit einer Elektronik zur Steuerung des aktiven Filterelements sowie mit einem mit der Elektronik zusammenwirkenden Lichtsensor und einer Stromversorgung, insbesondere einer Solarzelle, für die Elektronik und das aktive Filterelement ausgestattet. Die Ansteuerschaltung für das aktive Filterelement ist derart ausgebildet, dass im Bereich der Rahmenfrequenz ($1/T$) von 0.01 bis 1 Hz der Lastkondensator kurzzeitig vollständig entladen wird, wodurch die Leistungsaufnahme im Vergleich mit bekannten Schaltungen halbiert wird. Gleichzeitig wird die Betriebsspannung (U) in einen Bereich gelegt, der quantitativ festgelegt ist und in welchem der Streulichtanteil der verwendeten Flüssigkristallanzeige durch diese Festlegung minimal ist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine aktive elektrooptische Filtereinrichtung und ein Verfahren zu ihrem Betrieb gemäss den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche. Die Filtereinrichtung eignet sich insbesondere als Blendschutzvorrichtung zum Einsatz in Schweisschutzmasken, -helmen oder -brillen.

Filtereinrichtungen dieser Art sind z.B. aus den Druckschriften WO 97/15 254, US-5 315 099 oder EP-0 550 384 bekannt. Sie enthalten als aktives Filterelement typischerweise mindestens eine Flüssigkristallzelle (Liquid-crystal-Zelle, LC-Zelle), welche den Lichtdurchgang mehr oder weniger sperrt, sobald ein Lichtsensor mit einer vorgegebene Schwelle übersteigenden Lichtintensität beaufschlagt wird. Der Einsatz solcher Filtereinrichtungen ist vielfältig; ein typisches Beispiel ist die Verwendung als Sichtfenster für Schweisschutzmasken, -helme und -brillen.

Die in den genannten Druckschriften beschriebenen Filtereinrichtungen bestehen aus aktiven Filterelementen, beispielsweise aus vorzugsweise um 0-90° drehenden nematischen Flüssigkristallelementen, welche zwischen zwei gekreuzten Polarisatoren liegen. Sie werden mit einer um ein Mehrfaches über der Fréedericksz-Schwelle liegenden Betriebsspannung betrieben. Als Fréedericksz-Schwelle bezeichnet man die Ansteuerspannung einer Flüssigkristallzelle, bei welcher eine erste optische Aktivität der Zelle beobachtet werden kann. Die Wahl einer höheren Betriebsspannung wird in den obigen Druckschriften mit einer Verringerung des entstehenden Streulichtes, einer reduzierten Temperaturabhängigkeit des elektrooptischen Effektes und der Erzeugung einer optischen Transmission von weniger als 1% begründet.

Die Ansteuerfrequenz solcher aktiver Filterelemente liegt aus Gründen einer niedrigen Leistungsaufnahme zwischen 0 und 32 Hz. Als Hauptgrund für die beschränkte Verfügbarkeit von elektrischer Versorgungsleistung wird der Betrieb der Filterelemente mit Strom aus Stützbatteien und Solarzellen genannt. Während dauernder Gleichspannungsbetrieb Flüssigkristallzellen durch Elektrolyse und Ionenmigration heute noch dauerhaft schädigt oder deren optische Leistungsfähigkeit stark beeinträchtigt, sind durch kontinuierliche Verbesserung der isolierenden Schichten, durch Verringerung von Verunreinigungen und durch Erzielung höherer Leitwerte der verwendeten Flüssigkristallsubstanzen wesentliche Fortschritte erzielt worden. Die Wahl einer möglichst kleinen Ansteuerfrequenz wird angestrebt, weil die Ansteuerfrequenz linear in die Leistungsaufnahme einer Flüssigkristallzelle eingeht. Es wäre aber wünschenswert, die Leistungsaufnahme weiter zu verringern.

Zwei für derartige elektrooptische Filtereinrichtungen charakteristische Grössen sind in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung: die Transmission und die Streuung. Anforderungen an diese Grössen sind in verschiedenen Produktnormen, z.B. EN 166, EN 167, EN 169 oder EN 379, festgelegt. Die europäische Norm EN 169 schreibt vor, in welchem Bereich die Transmission T bei verschiedenen Schweissvorgängen liegen darf. Dabei wird eine Schutzstufennummer

$$N = 1 - (7/3) \log T \quad (1)$$

eingeführt. Zulässige Streulichtwerte für aktive Filterelemente sind in der europäischen Norm EN 379 definiert. Dabei wird der reduzierte Streulichtkoeffizient wie folgt festgelegt:

$$I^* = (1/\omega) (\varphi_{1R} - \varphi_{2R}) / \varphi_{1L} \quad (2)$$

wobei ω der Raumwinkel, $(\varphi_{1R} - \varphi_{2R})$ der Streulichtfluss der Messprobe im definierten Raumwinkel (abzüglich des Streulichtanteils des Messaufbaus) und φ_{1L} der ungestreute Lichtfluss der Messprobe (nullte Beugungsordnung) ist.

Bei bekannten elektrooptischen Filtereinrichtungen wird die optische Qualität durch Streulicht stark beeinträchtigt. Die Lichtstreuung an einer LC-Zelle hat verschiedene Ursachen: unter anderem in der LC-Zelle eingeschlossene Partikel, unterschiedliche Schichtdicken, Kratzer, Kanten und/oder Abstandhalter (sog. Spacer) zwischen den den Flüssigkristall einschliessenden Glasplatten.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine aktive elektrooptische Filtereinrichtung zu schaffen und ein Verfahren für deren Betrieb anzugeben, bei welchen eine möglichst geringe Betriebsspannung benötigt und trotzdem eine gute optische Qualität, insbesondere deren geringe Beeinträchtigung durch Lichtstreuung, erreicht wird. Die Aufgabe wird gelöst durch die Filtereinrichtung und das Verfahren, wie sie in den unabhängigen Patentansprüchen definiert sind.

Zur Verringerung der Leistungsaufnahme der Flüssigkristallzelle ist die erfindungsgemässe elektrooptische Filtereinrichtung vorzugsweise mit einer besonderen Ansteuerschaltung ausgerüstet. Die erfindungsgemässe Ansteuerschaltung enthält einen Schalter, der die Flüssigkristallzelle in jeder Halbperiode für eine bestimmte Zeit kurzschliesst. Es wird also weder eine kontinuierliche Kippschaltung noch eine pausenlos wechselnde Ansteuerspannung gewählt. Die erfindungsgemässe Ansteuerung unterscheidet sich vom Stand der Technik durch das Einfügen einer aktiven Flanke und einem Ansteuerverfahren, welches an Stelle einer kontinuierlichen Frequenz eher einer Pulsbreitenmodulation entspricht. Die Rahmenfrequenz der Ansteuerpulse liegt im Bereich von 0.01 bis 1 Hz. Der Energieaufwand wird mit diesem Verfahren gegenüber dem Stand der Technik halbiert, was einen enormen Fortschritt bedeutet.

Die vorliegende Erfindung verwendet eine Betriebsspannung, die eindeutig festgelegt ist. Einerseits liegt sie mehrfach über der Fréedericksz-Schwelle, um die in der Produktnorm EN 169 vorgeschriebene optische Dichte zu erreichen. Zusätzlich wird die Betriebsspannung derart festgelegt, dass sie bei der Spannung liegt, bei welcher das durch die LCD-Anzeige gestreute Licht minimal ist.

Die erfindungsgemässe Festlegung der Betriebsspannung besteht in der Erkenntnis, dass ein Streulichtminimum erreicht ist, wenn in der Streulichtgleichung (2) der Zähler (im Wesentlichen φ_{1R}) kleiner als oder gleich gross wie der Nenner (φ_{1L}) ist. Das

heisst mit andern Worten: Wenn der Streulichtanteil φ_{1R} im Arbeitspunkt der Flüssigkristallanzeige kleiner oder gleich der Resttransmission $T = 10^{(3/7)(1-N)}$ eingestellt wird, so ist die Betriebsspannung streulichtoptimiert gewählt. Derart festgelegte Betriebsspannungen liegen erfahrungsgemäss im Bereich von 10 bis 50 Volt. Die Abstimmung der Resttransmission kann zum Beispiel mit einem kleinen Offset der Polarisatororientierung oder mit einer Anpassung der Polarisierungseffizienz gelöst werden. Der Streulichteinfluss der Messeinrichtung (φ_{2R}) wurde in obiger Diskussion vernachlässigt.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren detailliert beschrieben. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine als Blendschutzvorrichtung ausgebildete erfindungsgemässe Filtereinrichtung,

Fig. 2 ein Ersatzschaltbild einer erfindungsgemässen Steuerschaltung,

Fig. 3 die Betriebsspannung als Funktion der Zeit für eine bevorzugte Variante des erfindungsgemässen Betriebsverfahrens und

Fig. 4 den reduzierten Leuchtdichtekoeffizienten als Funktion der Betriebsspannung.

In Fig. 1 ist eine als Blendschutzvorrichtung ausgebildete erfindungsgemässe Filtereinrichtung abgebildet. Sie enthält mindestens ein aktives optisches Filterelement 1 mit einem Flüssigkristall. Der Flüssigkristall ist gemäss einer der folgenden Technologien ausgeführt: TN-Technologie, STN-Technologie, dichroische Technologie, ferroelektrische Technologie oder π -Mode-LCD-Technologie. Ausserdem enthält die Filtereinrichtung elektronische Mittel 2 zur Ansteuerung des aktiven Filterelementes 1. Mindestens ein Lichtsensor 4 wirkt mit den elektronischen Mitteln 2 zusammen. Den elektronischen Mitteln 2 werden bspw. Ausgangssignale der Lichtsensoren 4 zwecks Steuerung bzw. Regelung der Betriebsspannung des Filterelementes zugeführt. Für die elektronischen Mittel 2, das optische Filterelement 1 und eventuell die Lichtsensoren 4 sind Stromversorgungsmittel 5 vorgesehen. Diese können bspw. als Solarzellen ausgeführt sein.

Es ist vorteilhaft, die elektronischen Mittel 2 mit einer Ansteuerschaltung, wie sie in Fig. 2 schematisch dargestellt ist, auszustatten. Damit kann die Leistungsaufnahme der Flüssigkristallzelle 1 wesentlich verringert werden. Der Flüssigkristall wird auf dem Ersatzschaltbild von Fig. 2 durch einen Widerstand R_{LC} und eine Kapazität C_{LC} dargestellt. Andere Widerstände in der Schaltung sind in den Widerständen R_{S1} und R_{S2} zusammengefasst. Eine Wechselspannungsquelle 21 liefert eine Wechselspannung U_{ω} mit einer Rahmenfrequenz f von typischerweise 0.01 bis 1 Hz. Die erfindungsgemässe Ansteuerschaltung beinhaltet einen Schalter S_1 , der die Flüssigkristallzelle für eine bestimmte Zeit t_s kurzschliesst. Dies bewirkt die vollständige Entladung des Kondensators C_{LC} . Der Energieaufwand für die gegenpolige Ladung des Kondensators C_{LC} wird also mit dieser Ansteuerschaltung gegenüber dem Stand der Technik halbiert.

Fig. 3 zeigt die von der erfindungsgemässen Ansteuerschaltung nach Fig. 2 gelieferte Betriebsspan-

nung $U(t)$ als Funktion der Zeit t . In einer Periode T mit einer typischen Dauer von 1 bis 100 s wird zunächst während eines ersten Zeitintervalls t_1 eine bspw. positive Spannung $+|U_{LC}|$ an der Flüssigkristallzelle 1 angelegt. Danach wird, z.B. durch Schliessen des Schalters S_1 (siehe Fig. 2), während eines zweiten Zeitintervalls t_{s1} die Flüssigkristallzelle 1 kurzgeschlossen. Während eines dritten Zeitintervalls t wird dann eine bspw. negative Spannung $-|U_{LC}|$ an der Flüssigkristallzelle 1 angelegt, worauf während eines vierten Zeitintervalls t_{s2} wieder ein Kurzschluss erfolgt. Auf diese Weise werden also aktive Flanken 31, 32 in den Verlauf der Betriebsspannung $U(t)$ eingefügt. Dieses erfindungsgemässe Ansteuerverfahren entspricht am ehesten einer Pulsbreitenmodulation. Die Rahmenfrequenz $f = 1/T$ der Ansteuerpulse liegt im Bereich von 0.01 bis 1 Hz. Es ist zu beachten, dass die Zeitintervalle in Fig. 3 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht massstabsgetreu dargestellt sind: Während das erste Zeitintervall t_1 und das dritte Zeitintervall t typische Längen von 0.5 bis 50 s aufweisen, liegen typische Längen des zweiten Zeitintervalls t_{s1} und des vierten Zeitintervalls t_{s2} im Bereich von Mikrosekunden bis Millisekunden. Die Kurzschlusszeiten t_{s1} , t_{s2} sind also um Faktoren in der Grössenordnung von 10^3 bis 10^7 kürzer als die Ansteuerzeiten t_1 , t .

Fig. 4 zeigt eine typische Abhängigkeit des reduzierten Leuchtdichtekoeffizienten $I^*(U)$ (vgl. Gleichung (2)) in Funktion der Betriebsspannung U . Die Analyse der Streuphänomene an einer Flüssigkristallzelle 1 ist wichtig für das Verständnis der Erfindung. Ursachen der Lichtstreuung sind bspw. in der Flüssigkristallzelle 1 eingeschlossene Partikel, unterschiedliche Schichtdicken, Kratzer, Kanten und/oder Abstandshalter (sog. Spacer) zwischen zwei den Flüssigkristall einschliessenden Glasplatten. Beim Streulicht lassen sich ein statischer Anteil I_s^* und ein dynamischer Anteil I_d^* unterscheiden. Der statische Streulichtanteil I_s^* lässt sich mit geeigneten technischen Massnahmen so weit reduzieren, dass der Benutzer eines aktiven Blendschutzfilters keine Einbusse der Abbildungsqualität hinnehmen muss (Streulichtklasse 1, gemäss europäischer Norm EN 379). Ganz anders sieht die Situation beim dynamischen, spannungsabhängigen Streulichtanteil I_d^* aus. Um die oben erwähnten Streulichtzentren herum bildet sich beim Anlegen einer Betriebsspannung U eine lokale Orientierungsstörung. Der das Streulichtzentrum verursachende Fremdkörper – oder die Kante – stört die homogene, chirale Orientierung der Flüssigkristallmoleküle. Diese lokalen Orientierungsstörungen sind weit gehend für den spannungsabhängigen Streulichtanteil I_d^* verantwortlich. Mit höherer Betriebsspannung U werden die Flüssigkristallmoleküle immer paralleler zum Feldstärkevektor ausgerichtet und damit die lokale Orientierungsstörung zum Verschwinden gebracht.

Der in Fig. 4 dargestellte reduzierte Leuchtdichtekoeffizient I^* ist gemäss Gleichung (2) im Wesentlichen das Verhältnis von Streulichtfluss φ_{1R} und ungestreutem Lichtfluss φ_{1L} . Bei der Kurve $I^*(U)$ lassen sich drei Bereiche unterscheiden.

1. Für kleine Betriebsspannungen U $\varphi_{1R} < \varphi_{1L}$, also $I^* < 1$. In diesem ersten Bereich I nimmt φ_{1L} mit

steigendem U stärker ab als φ_{1R} , weshalb $I^*(U)$ monoton steigt.

II. Für mittlere Betriebsspannungen U ist $\varphi_{1R} \approx \varphi_{1L}$, also $I^* \approx 1$. In diesem zweiten Bereich II ist $I^*(U)$ ungefähr konstant.

III. Für grosse Betriebsspannungen U gilt wieder $\varphi_{1R} < \varphi_{1L}$, also $I^* < 1$. In diesem dritten Bereich III nimmt φ_{1L} mit steigendem U nur noch wenig ab oder ist annähernd konstant, wogegen φ_{1R} aus den oben erwähnten Gründen immer noch abnimmt, weshalb $I^*(U)$ monoton abnimmt.

Gemäss der Erfindung wird die Betriebsspannung $U = U_{LC}$ so gewählt, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

- a) Es wird die geforderte Transmission erreicht;
- b) Der reduzierte Leuchtdichtkoeffizient I^* ist minimal.

Die Betriebsspannung U_{LC} wird daraus wie folgt ermittelt. Die Bedingung a) definiert ein Band auf der U-Achse, in welchem sich die Betriebsspannung U_{LC} befinden muss, um die geforderte Transmission zu erreichen. In diesem Band wird dann gemäss Bedingung b) die Betriebsspannung U_{LC} eindeutig bestimmt, so dass I^* minimal wird. Normalerweise befindet sich der Arbeitspunkt U_{LC} im dritten Bereich III der Kurve $I^*(U)$.

Bei Bedarf kann die Transmission durch eine leichte gegenseitige Verdrehung der Polarisatoren oder durch eine Anpassung der Polarisatoreffizienz abgestimmt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer aktiven elektrooptischen Filtereinrichtung mit einem aktiven optischen Filterelement (1), dadurch gekennzeichnet, dass das optische Filterelement (1) mit gegenpoligen Ansteuerpulsen angesteuert wird, wobei das optische Filterelement (1) zwischen zwei aufeinander folgenden Ansteuerpulsen kurzgeschlossen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurzschlusszeiten (t_{s1} , t_{s2}) kürzer, vorzugsweise um Faktoren in der Grössenordnung von 10^3 bis 10^7 kürzer, sind als die Dauern (t_+ , t_-) der Ansteuerpulse.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rahmenfrequenz (f) der Ansteuerpulse zwischen 0.01 und 1 Hz beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass am optischen Filterelement eine Betriebsspannung (U_{LC}) angelegt wird, bei welcher der Streulichtfluss (φ_{1R}) des optischen Filterelementes (1) kleiner oder gleich dem ungestreuten Lichtfluss des optischen Filterelementes (1) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsspannung (U_{LC}) um ein Mehrfaches über der Fréedericksz-Schwelle des optischen Filterelementes (1) liegt.

6. Aktive elektrooptische Filtereinrichtung, betreibbar mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, enthaltend mindestens ein aktives optisches Filterelement (1) mit einem Flüssigkristall, elektronische Mittel (2) zur Ansteuerung des mindestens einen aktiven Filterelementes (1), einen mit den elektronischen Mitteln (2) zusammenwirkenden Lichtsensor

(4) und Stromversorgungsmitteln (5), insbesondere eine Solarzelle, für die elektronischen Mittel (2) und das mindestens eine optische Filterelement (1), dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkristall gemäss einer der folgenden Technologien ausgeführt ist: TN-Technologie, STN-Technologie, dichroische Technologie, ferroelektrische Technologie oder π -Mode-LCD-Technologie.

7. Ansteuerschaltung (2) für eine aktive elektrooptische Filtereinrichtung nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch einen Schalter (S_1), mit dem das aktive optische Filterelement (1) kurzschliessbar ist.

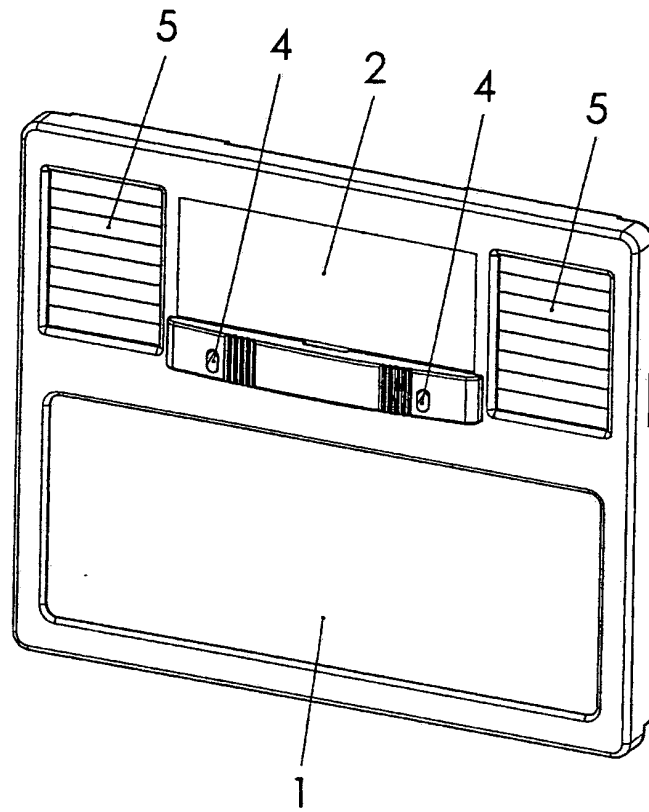


Fig. 1

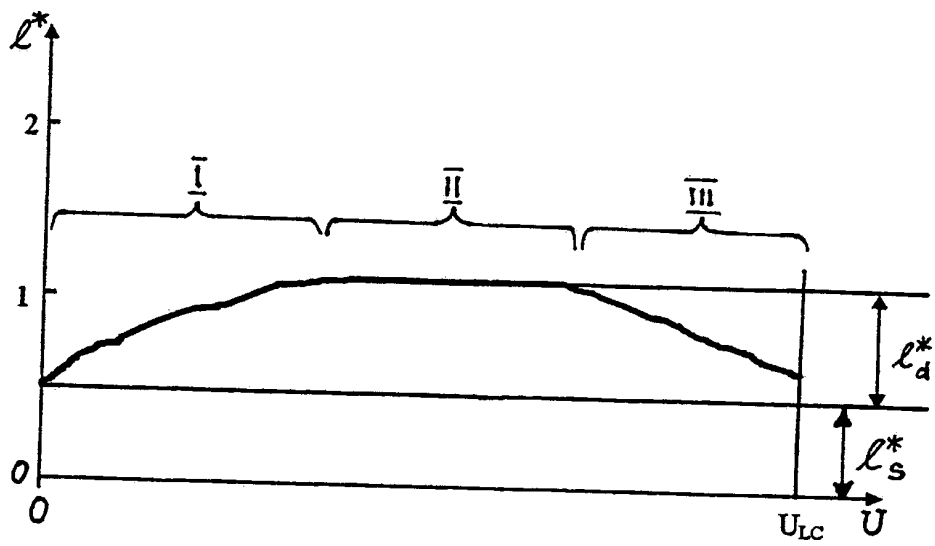


Fig. 4

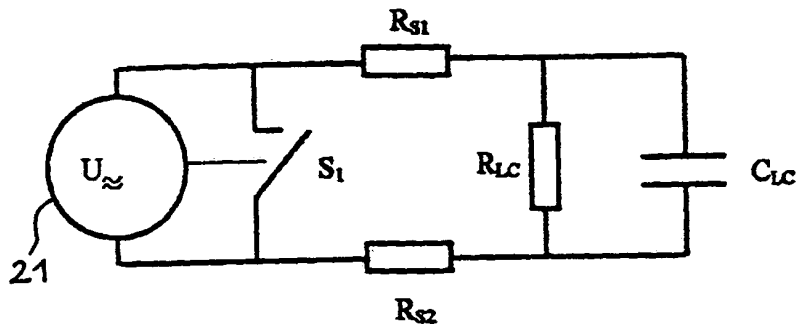


Fig. 2

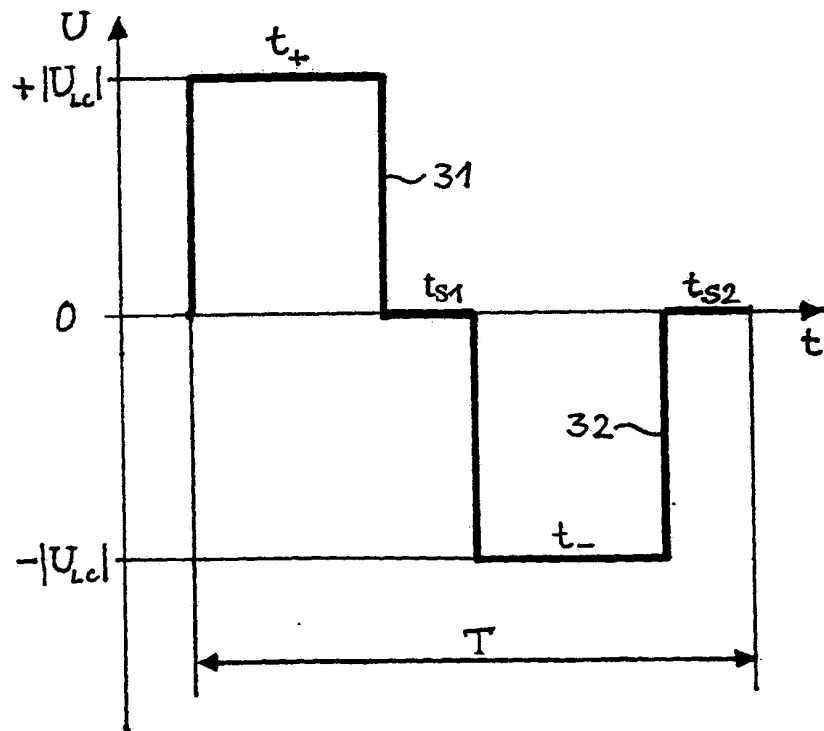


Fig. 3