

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Dezember 2024 (12.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251453 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G02F 1/13 (2006.01) G02F 1/137 (2006.01)
G02F 1/13363 (2006.01)
- (72) Erfinder: **HEBER, André**; Freiherr-vom-Stein-Allee 23, 99425 Weimar (DE). **KLIPPSTEIN, Markus**; Carl-Spitzweg-Strasse 2b, 07751 Jena (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/062680
- (74) Anwalt: **GLEIM PETRI PATENT- UND RECHTSANWALTPARTNERSCHAFT MBB**; Neugasse 13, 07743 Jena (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum:
08. Mai 2024 (08.05.2024)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2023 114 957.1
07. Juni 2023 (07.06.2023) DE
- (71) Anmelder: **SIOPTICA GMBH** [DE/DE]; Moritz-von-Rohr-Strasse 1a, 07745 Jena (DE).

(54) Title: SWITCHABLE LIGHT FILTER, LIGHTING DEVICE, AND SCREEN HAVING SUCH A SWITCHABLE LIGHT FILTER

(54) Bezeichnung: SCHALTBARER LICHTFILTER, BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG UND BILDSCHIRM MIT EINEM SOLCHEN SCHALTBAREN LICHTFILTER

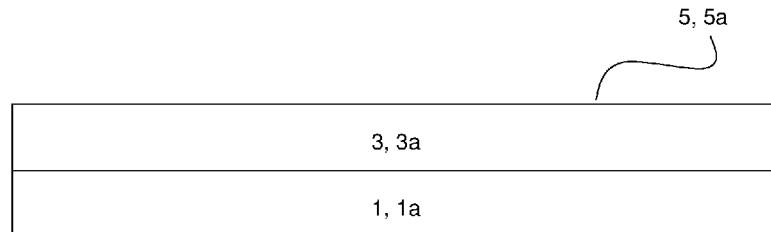


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a switchable light filter (5, 5a) comprising: a first optical element (1), which itself has a large number of light-absorbing transition dipole moments so that light, which is incident in the first optical element (1), is transmitted or at least partially absorbed on the basis of its polarisation state and its incidence direction with respect to the first optical element (1); means for generating either a first electrical field (EF1) or a second electrical field (EF2); a liquid crystal layer (3) arranged in front of or behind the first optical element (1), on which liquid crystal layer the first electrical field (EF1) or the second electrical field (EF2) acts and which, on the basis thereof, influences the polarisation state of light passing therethrough so that the transmission properties of the switchable light filter (5) differ between a first operating mode B1, in which the first electrical field (EF1) is applied, and a second operating mode B2, in which the second electrical field (EF2) is applied; and improvements to the liquid crystal layer (3) or the optical stack for improving the transmission properties are disclosed.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen schaltbarer Lichtfilter (5, 5a), umfassend ein erstes optisches Element (1), seinerseits umfassend eine Vielzahl an Licht absorbierenden Übergangsdipolmomenten, so dass Licht, welches in das erste optische Element (1) einfällt, in Abhängigkeit von seinem Polarisationszustand und von seiner Einfallsrichtung gegenüber dem ersten optischen Element (1) transmittiert oder mindestens teilweise absorbiert wird, Mittel zur wahlweisen Erzeugung eines ersten elektrischen Feldes (EF1) oder eines zweiten elektrischen Feldes (EF2), eine vor oder hinter dem ersten optischen Element (1) angeordnete Flüssigkristallschicht (3), auf welche das erste elektrische Feld (EF1) oder das zweite elektrische Feld (EF2) wirkt und die in Abhängigkeit davon den Polarisationszustand von durch sie hindurchdringendem Licht beeinflusst, so dass sich die Transmissionseigenschaften des schaltbaren Lichtfilters (5) zwischen einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld (EF1) anliegt, und einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das erste elektrische Feld (EF2) anliegt, unterscheiden, wobei Verbesserungen für die Flüssigkristallschicht (3) bzw. den optischen Stack offenbart werden, um die Transmissionseigenschaften zu verbessern.

WO 2024/251453 A1

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Titel

[0001] Schaltbarer Lichtfilter, Beleuchtungseinrichtung und Bildschirm mit einem solchen schaltbaren Lichtfilter

5 Technisches Gebiet der Erfindung

[0002] In den letzten Jahren wurden große Fortschritte zur Verbreiterung des Sehwinkels bei LCDs erzielt. Allerdings gibt es oft Situationen, in denen dieser sehr große Sehbereich eines Bildschirms von Nachteil sein kann. Zunehmend werden auch Informationen auf mobilen Geräten wie Notebooks und Tablet-PCs verfügbar, wie
10 Bankdaten oder andere, persönliche Angaben, und sensible Daten. Dementsprechend brauchen die Menschen eine Kontrolle darüber, wer diese sensiblen Daten sehen darf; sie müssen wählen können zwischen einem weiten Betrachtungswinkel – einem öffentlichen Modus –, um Informationen auf ihrem Display mit anderen zu teilen, z.B. beim Betrachten von Urlaubsfotos oder auch für Werbezwecke. Andererseits benötigen
15 sie einen kleinen Betrachtungswinkel – in einem privaten Modus –, wenn sie die Bildinformationen vertraulich behandeln wollen.

[0003] Eine ähnliche Problemstellung ergibt sich im Fahrzeugbau: Dort darf der Fahrer bei eingeschaltetem Motor nicht durch Bildinhalte, wie etwa digitale Entertainmentprogramme, abgelenkt werden, während der Beifahrer diese jedoch auch
20 während der Fahrt konsumieren möchte. Mithin wird ein Bildschirm benötigt, der zwischen den entsprechenden Darstellungsmodi umschalten kann.

[0004] Zusatzfolien, die auf Mikro-Lamellen basieren, wurden bereits für mobile Displays eingesetzt, um deren visuellen Datenschutz zu erreichen. Allerdings waren diese Folien nicht schaltbar oder umschaltbar, sie mussten immer erst per Hand
25 aufgelegt und danach wieder entfernt werden. Auch muss man sie separat zum Display transportieren, wenn man sie nicht gerade braucht. Ein wesentlicher Nachteil des Einsatzes solcher Lamellen-Folien ist ferner mit den einhergehenden Lichtverlusten verbunden.

[0005] Die US 6,765,550 B2 beschreibt einen solchen Sichtschutz durch Mikro-Lamellen. Größter Nachteil ist hier die mechanische Entfernung bzw. der mechanische Anbau des Filters sowie der Lichtverlust im geschützten Modus.

5 [0006] In der US 5,993,940 A wird der Einsatz einer Folie beschrieben, die auf ihrer Oberfläche gleichmäßig angeordnete, kleine streifenförmige Prismen hat, um einen privaten Modus, d.h. einen eingeschränkten Sichtmodus mit einem kleinen Betrachtungswinkelbereich, zu erzielen. Entwicklung und Herstellung sind technisch recht aufwendig.

10 [0007] In der WO 2012/033583 A1 wird die Umschaltung zwischen freier und eingeschränkter Sicht mittels der Ansteuerung von Flüssigkristallen zwischen sogenannten „chromonischen“ Schichten erzeugt. Hierbei entsteht ein Lichtverlust und der technische Aufwand ist recht hoch.

15 [0008] Die US 2012/0235891 A1 beschreibt ein sehr aufwendiges Backlight – eine Hintergrundbeleuchtung – in einem Bildschirm. Dort kommen gemäß Fig.1 und 15 nicht nur mehrere Lichtleiter zum Einsatz, sondern auch weitere komplexe optische Elemente wie etwa Mikrolinsenelemente 40 und Prismenstrukturen 50, die das Licht von der hinteren Beleuchtung auf dem Weg zur vorderen Beleuchtung umformen. Dies ist teuer und technisch aufwendig umzusetzen und ebenso mit Lichtverlust verbunden. Gemäß der Variante nach Fig.17 in der US 2012/0235891 A1 produzieren beide Lichtquellen 4R
20 und 18 Licht mit einem schmalen Beleuchtungswinkel, wobei das Licht von der hinteren Lichtquelle 18 erst aufwendig in Licht mit einem großen Beleuchtungswinkel umgewandelt wird. Diese komplexe Umwandlung ist – wie weiter oben schon bemerkt – stark helligkeitsmindernd.

25 [0009] Gemäß der JP 2007-155783 A werden spezielle, aufwendig zu berechnende und herzustellende optische Oberflächen 19 genutzt, die dann Licht je nach Lichteinfallswinkel in verschiedene schmale oder breite Bereiche ablenken. Diese Strukturen ähneln Fresnel-Linsen. Ferner sind Störflanken vorhanden, die Licht in unerwünschte Richtungen ablenken. Somit bleibt unklar, ob wirklich sinnvolle Lichtverteilungen erreicht werden können.

30 [0010] In der US 2013/0308185 A1 wird ein spezieller, mit Stufen ausgebildeter Lichtleiter beschrieben, der Licht auf einer Großfläche in verschiedene Richtungen abstrahlt, je nachdem, aus welcher Richtung er von einer Schmalseite aus beleuchtet

wird. Im Zusammenspiel mit einer transmissiven Bildwiedergabeeinrichtung, z.B. einem LC-Display, kann somit ein zwischen freiem und eingeschränktem Sichtmodus schaltbarer Bildschirm erzeugt werden. Nachteilig ist hierbei u.a., dass der eingeschränkte Sichteffect entweder nur für links/rechts oder aber für oben/unten, nicht
5 aber für links/rechts/oben/unten gleichzeitig erzeugt werden kann, wie es etwa für bestimmte Zahlungsvorgänge nötig ist. Hinzu kommt, dass auch im eingeschränkten Sichtmodus aus blockierten Einblickwinkeln immer noch ein Restlicht sichtbar ist.

[0011] Die WO 2015/121398 A1 der Anmelderin beschreibt einen Bildschirm mit zwei Betriebsarten, bei dem für die Umschaltung der Betriebsarten Streupartikel im Volumen
10 des entsprechenden Lichtleiters vorhanden sind. Die dort gewählten Streupartikel aus einem Polymerisat weisen jedoch in der Regel den Nachteil auf, dass Licht aus beiden Großflächen ausgekoppelt wird, wodurch etwa die Hälfte des Nutzlichtes in die falsche Richtung, nämlich zur Hintergrundbeleuchtung hin, abgestrahlt und dort aufgrund des Aufbaus nicht in hinreichendem Umfang recycelt werden kann. Überdies können die im
15 Volumen des Lichtleiters verteilten Streupartikel aus Polymerisat unter Umständen, insbesondere bei höherer Konzentration, zu Streueffekten führen, die den Sichtschutzeffekt in der geschützten Betriebsart vermindern.

[0012] Der Ansatz der Technologie der „Elektrischen Doppelbrechung (EDB)“ beruht auf der Idee, die schaltbaren Flüssigkeitskristalle eines zusätzlich aufgebrauchten LC-
20 Panels zur „Filterung“ aller nicht in einem bestimmten Abstrahlwinkel aus der bildgebenden Schicht austretenden Lichtstrahlen zu nutzen. Nachteile dieser Technologie sind ein hoher zusätzlicher Energie- und Kostenaufwand und der schwer veränderbare $\pm 40^\circ$ Sweet Spot, d.h. die bestmögliche Blickposition. Der Absorptionsgrad der LC-Strukturen ist ebenfalls unzureichend, da die Abschwächung
25 der Lichtintensität für Betrachtungswinkel größer des Sweetspots wieder ansteigt, so dass die Lichtintensität für Betrachtungswinkel größer als $\pm 40^\circ$ bis zu 3% von der maximalen Lichtintensität beträgt.

[0013] Den vorgenannten Verfahren und Anordnungen ist in der Regel der Nachteil
30 gemein, dass sie die Helligkeit des Grundbildschirms deutlich reduzieren und/oder ein aufwendiges und teures optisches Element zur Modi-Umschaltung benötigen und/oder die Auflösung im frei betrachtbaren, öffentlichen Modus reduzieren und/oder visuelle Artefakte bei sehr hoch auflösenden Displays aufweisen.

Beschreibung der Erfindung

[0014] Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen schaltbaren Lichtfilter mit einem optischen Element zu beschreiben, bei dem Licht, welches in das optische Element
5 einfällt, in Abhängigkeit von seiner Einfallsrichtung und seinen Polarisations-eigenschaften – nicht aber in Abhängigkeit von seiner Position – transmittiert oder teilweise oder ganz absorbiert wird. Durch die schaltbaren Lichtfilter, welche das optische Element verwenden, soll die Transmission von Licht winkelabhängig – optional in Bezug auf einen sitzenden oder stehenden Betrachter
10 senkrecht – beeinflusst werden, wobei hier zwischen mindestens zwei Betriebszuständen umgeschaltet werden kann. Dabei soll die Transmission für bestimmte Ausbreitungsrichtungen des Lichts schaltbar sein.

[0015] Der schaltbare Lichtfilter bzw. ihn verwendende Systeme sollen preiswert umsetzbar und insbesondere mit verschiedenartigen Bildschirmtypen universell
15 verwendbar sein, um eine Umschaltung zwischen einem – mindestens in der in Bezug auf einen stehenden oder sitzenden Betrachter horizontalen Richtung bestehenden – Sichtschutz, d.h. einem eingeschränkten Betrachtungsmodus, und einem freien Betrachtungsmodus zu ermöglichen, wobei die Auflösung eines solchen Bildschirms nicht, auch nicht geringfügig, herabgesetzt werden soll. Insbesondere sollen auch für
20 Sichtpositionen, bei denen ein Betrachter nicht allein (aus seiner Sicht) horizontal schräg auf den schaltbaren Lichtfilter schaut, sondern gleichzeitig schräg von oben, eine Winkeleinschränkung von hoher Qualität erzielt und insgesamt eine gute Bildqualität erreicht werden für den Fall, dass ein schaltbarer Lichtfilter vor einer Bildwiedergabeeinrichtung angeordnet wird.

[0016] Diese Aufgabe wird in einer ersten Ausgestaltung erfindungsgemäß gelöst durch einen schaltbaren Lichtfilter, umfassend
25 - ein erstes optisches Element, seinerseits umfassend
- eine Vielzahl an Licht absorbierenden Übergangsdipolmomenten,
- wobei die Mehrzahl der Übergangsdipolmomente mindestens in einem ersten
30 Zustand (insbesondere auch permanent) mit einer Toleranz von maximal 20° (bevorzugt maximal 10°) parallel zu einer für das erste optische Element wählbaren ersten Vorzugsrichtung ausgerichtet ist oder um diese herum variiert,

- so dass Licht, welches in das erste optische Element einfällt, in Abhängigkeit von seinem Polarisationszustand und von seiner Einfallsrichtung gegenüber dem ersten optischen Element transmittiert oder mindestens teilweise absorbiert wird,
- 5 - Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes EF1 oder eines zweiten elektrischen Feldes EF2,
- eine vor oder hinter dem ersten optischen Element angeordnete Flüssigkristallschicht, auf welche das erste elektrische Feld EF1 oder das zweite elektrische Feld EF2 wirkt und die in Abhängigkeit davon den Polarisationszustand von durch sie hindurchdringendem Licht beeinflusst, so dass
- 10 - sich die Transmissionseigenschaften des schaltbaren Lichtfilters zwischen einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld EF1 anliegt, und einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das erste elektrische Feld EF2 anliegt, unterscheiden,
- 15 - wobei erfindungsgemäß mindestens eine der folgenden Maßnahmen im schaltbaren Lichtfilter umgesetzt ist:
 - die Flüssigkristallschicht umfasst mindestens eine TN-Zelle sowie einen Verzögerungsfilm, wobei der besagte Verzögerungsfilm die in der ersten Betriebsart B1 durch die TN-Zelle durchgeführte Polarisationsänderung für
 - 20 den schaltbaren Lichtfilter durchdringendes Licht zu mindestens 80% aufhebt (ideal sogar zu 90%, 95% oder mehr; dies kann z.B. mittels eines discotischen Films realisiert werden), oder
 - die Flüssigkristallschicht 3, wenn sie beispielweise mittels PA, FFS-, IPS-, VA-, ADS- (oder vergleichbarer) Technologie realisiert wird, weist in der ersten
 - 25 Betriebsart B1 ihr Transmissionsmaximum in einem Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht liegt, auf, so dass die Beeinflussung der Polarisation des den schaltbaren Lichtfilter durchdringenden Lichtes aufgrund der Flüssigkristallschicht für unter dem besagten Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der
 - 30 Flüssigkristallschicht liegt, einfallende Lichtstrahlen maximal ist, wodurch die Beeinflussung der winkelabhängigen Transmission durch das optische Element verstärkt wird, und/oder
 - der schaltbare Lichtfilter umfasst weiterhin ein negativ dispersives optisches Element (z.B. einen negativ dispersiven Verzögerungsfilm), oder mehrere
 - 35 optische Elemente, die in der Zusammenwirkung wie ein negativ dispersives

optisches Element wirken (dies kann erreicht werden durch die Kombination von verschiedenen Elementen mit unterschiedlich hoher Dispersion), so dass Farbverschiebungen des durch den schaltbaren Lichtfilter durchdringenden Lichtes (insbesondere im Fall von weißem oder polychromem Licht) mindestens teilweise kompensiert werden.

[0017] Die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Maßnahmen wird im Folgenden weiter erklärt:

[0018] Um einen möglichst optimalen Sichtschutz zu erzielen, muss das elektrische Feld im sichteingeschränkten Modus zu einem möglichst großen Anteil in der Lichteinfallsebene schwingen. Eine Möglichkeit, Abweichungen von der linearen Polarisierung sichtbar und messbar zu machen ist es, einen Polarisator senkrecht zu der gewünschten Polarisierung auszurichten. Je geringer die Transmission nach dem senkrechten Polarisator, desto besser ist der Sichtschutz mit dem optischen Element.

[0019] Nematisch gedrehte Flüssigkristallzellen, die sich zwischen zwei gekreuzten Polarisatoren befinden, haben den Nachteil, dass sie im schwarzen Zustand, d.h. im nicht transmittierenden Zustand zwischen zwei gekreuzten Polarisatoren, unter nicht senkrechter Betrachtung eine hohe Transmission aufweisen. Je geringer die Transmission, desto stärker ist der Grad der linearen Polarisierung. Diese hohe Schwarztransmission und damit die Abweichung von der linearen Polarisierung wird durch eine unvollständige Ausrichtung der Flüssigkristalle durch das elektrische Feld nahe den Grenzflächen erzeugt. Die Polarisierungsabweichungen können unter anderem mit discotischen Flüssigkristallschichten minimiert werden. Die genannten Schichten sind polymerisiert und die LC-Moleküle ändern nicht ihre Orientierung. Die Reduktion der Polarisierungsänderung folgt der Idee, dass im feldbehafteten Zustand die Änderung der Polarisierung durch die LC-Zelle mittels des discotischen LC-Films rückgängig gemacht wird. Dabei weisen die LC-Zelle im feldbehafteten Zustand und der discotische LC-Film die vom Betrag her gleiche Doppelbrechung mit unterschiedlichem Vorzeichen auf. Der beschriebene Lichtfilter benötigt für die optimale Funktion möglichst reine Polarisationszustände.

[0020] Die genannten Flüssigkristallzelltypen ADS, FFS und IPS weisen im Vergleich zu TN-Anzeigen deutlich geringere (also bessere) Transmissionen auf, das heißt, dass der Polarisationszustand des Lichts nach der LC-Zelle nur gering von der linearen

Polarisation abweicht. Vom Konzept sind FFS-, IPS- und ADS- Flüssigkristallzellgeometrien im Wesentlichen gleich. Im feldfreien Zustand wird das lineare polarisierte Licht im Wesentlichen ohne Änderung der Polarisation transmittiert. Im feldbehafteten Zustand werden die Flüssigkristallmoleküle möglichst ausschließlich
5 in Ebenen parallel zur Oberfläche gedreht. Bedingt durch die Anordnung der Elektroden ist die Drehung der LC-Moleküle unterschiedlich stark. Damit wird die Polarisation des Lichts unterschiedlich stark geändert. Typischerweise sind die LC-Zellen auf eine maximale Transmission unter senkrechtem Einfall optimiert. Für den vorliegenden Fall ist es jedoch von Vorteil, wenn die maximale Polarisationsänderung für nicht senkrechte
10 Fälle erreicht wird. Das kann beispielsweise durch eine Erhöhung der Zelldicke, der Doppelbrechung der LC-Moleküle oder eine Erhöhung der elektrischen Felder erreicht werden.

[0021] Im Stand der Technik ist bekannt, dass die Leistungsfähigkeit durch die Nutzung von passiven Verzögerungsfiltern verbessert werden kann. Im vertikal ausgerichteten
15 LC-Zellen wird die Leistungsfähigkeit verbessert, indem Verzögerungsplatten mit negativer Doppelbrechung die Doppelbrechung der LC-Zelle rückgängig machen. Die Verzögerungsplatte sorgt dafür, dass das Licht im möglichst linear transmittiert wird.

[0022] Die wesentliche Herausforderung bei der Umsetzung der beschriebenen Sichtschutzfilter in Bildschirmen ist, dass zahlreiche Komponenten strukturiert sind und
20 nahe beieinander liegen, was oft zu Moiréartefakten führt. Um Mehrfarbigkeit zu erreichen, bilden in der Regel drei Subpixel einen Vollpixel. Hierbei ist es wichtig, dass die einzelnen Subpixel elektrisch und optisch voneinander isoliert werden, um Farbverfälschungen vorzubeugen und einen möglichst großen Teil des Farbraums abdecken zu können. Technisch wird das durch eine schwarze Maske zwischen
25 benachbarten Subpixeln erreicht. Im Falle der LC-Zelle für die Kontrolle des Sichtschutzes, mithin also für die Flüssigkristallschicht im schaltbaren Lichtfilter, ist die starke Isolation benachbarter Pixel nicht notwendig. Die schwarze Maske kann kleiner ausgelegt werden.

[0023] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist weiterhin ein Polarisationsfilter
30 vorhanden, welcher dem ersten optischen Element in der Einfallsrichtung gesehen vor- oder nachgeordnet sein kann.

[0024] Ferner ist es vorteilhaft, den vorbeschriebenen schaltbaren Lichtfilter so zu nutzen, dass

- 5 - in einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld EF1 anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht (im Falle von elliptisch polarisiertem Licht sollten die Verhältnisse der Beträge Halbachsen mindestens 1:4 betragen, besser mindestens 1:10 oder größer), welches parallel zur ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilter einfällt, zu mindestens 24% transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem ersten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, 10 der in einer ersten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, und dass
- 15 - in einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das zweite elektrische Feld EF2 anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches parallel zu der ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilters einfällt, zu mindestens 24% transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem zweiten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, 20 der in einer zweiten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, wobei die erste und die zweite Ebene sich in einem Winkel von 80° bis 100° schneiden, so dass sich die Richtungen der Absorption für die erste Betriebsart B1 und die zweite Betriebsart B2 um jeweils 80° bis 100° unterscheiden.

[0025] Die besagte erste Vorzugsrichtung kann vorteilhaft jeweils einen Winkel zwischen einschließlich 0° und einschließlich 45° zu einer Flächennormale des optischen Elements einschließen. Fernerhin kann in besonderen Ausgestaltungen die 25 erste Vorzugsrichtung über die Fläche des optischen Elements hinweg variieren. Im Sinne der Erfindung gilt dann die über die Fläche durchschnittliche erste Vorzugsrichtung.

[0026] Das Übergangsdipolmoment – auch als Übergangsmatrixelement bezeichnet – ist eine quantenmechanische Vektorgröße und einem spezifischen Übergang zwischen 30 einem Ausgangszustand – in der Regel dem Grundzustand – und einem Endzustand – in der Regel einem angeregten Zustand – eines Systems, d.h. eines Atoms, Moleküls oder Festkörpers zugeordnet und entspricht makroskopisch dem elektrischen Dipolmoment, welches mit diesem Übergang verbunden ist. Die Richtung des Vektors definiert die Polarisation des Übergangs, welche ihrerseits bestimmt, wie das System

mit einer elektromagnetischen Welle, mit vorgegebener Polarisierung wechselwirkt, beim Übergang vom Grundzustand in den angeregten Zustand beispielsweise Licht der entsprechenden Polarisationsrichtung absorbiert. Der Betrag des Vektors korrespondiert zur Stärke der Wechselwirkung bzw. zur Übergangswahrscheinlichkeit.

5 [0027] Die erste Vorzugsrichtung entspricht dabei derjenigen Ausrichtung der Übergangsdipolmomente bei vorgegebener Ausbreitungsrichtung von Licht, bei der für beliebige Polarisationsrichtungen des Lichts die Absorption gleich ist.

[0028] Als Materialien im Sinne der Erfindung, welche fixierte oder -für die weiter unten beschriebene zweite Ausgestaltung von schaltbaren Lichtfiltern- ausrichtbare
10 Übergangsdipolmomente enthalten, kommen beispielsweise dichroitische Farbstoffe oder Farbstoffmischungen in Frage, welche mit einem die Eigenschaften nicht beeinträchtigenden Trägermaterial kombiniert werden, beispielsweise mit Flüssigkristallen oder Polymeren. Das optische Element kann beispielsweise nur einen Farbstoff enthalten. Es können aber auch mehrere Farbstoffe, d.h.
15 Farbstoffmischungen, in einem einzigen optischen Element enthalten sein. Die genannten Materialien relaxieren im Wesentlichen durch nicht strahlende Prozesse.

[0029] Die Extinktion, also die Absorption, des Lichtes ist von der absoluten Zahl der Übergangsdipolmomente – und somit inhärent auch von der Schichtdicke, in der sich die Übergangsdipolmomente befinden – und der Ausrichtung zwischen
20 Übergangsdipolmoment und der Polarisierung des einfallenden Lichtes zueinander abhängig. Je nach Implementierung kann die Dichte der besagten Übergangsdipolmomente, deren Stärke oder die Brechzahl in den Schichten des optischen Elements variieren. Bei einem passiven, also nicht schaltbaren optischen Element kann die Volumendichte der Übergangsdipole gegen 100% gehen.

25 [0030] Für die vereinfachte Modellierung der Transmission wird angenommen, dass die Übergangsdipolmomente im optischen Element parallel zur Einfallsebene des Lichts auf das optische Element orientiert sind. Die Einfallsebene bezeichnet dabei nicht die Oberfläche des optischen Elements, sondern eine Ebene, in welcher die Ausbreitungsrichtung der Lichtwelle liegt, wobei die Oberfläche des optischen Elements
30 und die Einfallsebene einen rechten Winkel einschließen. Die Lichtwelle weist als Transversalwelle einen transversal-magnetischen Schwingungsanteil und einen transversal-elektrischen Schwingungsanteil, welche beide senkrecht zueinander und

senkrecht zur Ausbreitungsrichtung stehen. Licht, welches auf das optische Element trifft, ist zwar in seiner Gesamtheit der Lichtwellen zunächst unpolarisiert, d.h. die Schwingungsrichtungen der transversal-elektrischen – und dementsprechend auch der transversal-magnetischen – Anteile sind statistisch verteilt. Beim Eintreffen auf die

5 Oberfläche des optischen Elements mit den solchermaßen senkrecht zur Oberfläche des optischen Elements ausgerichteten Übergangsdipolmomenten tritt das Licht in Wechselwirkung mit dem optischen Element bzw. den Übergangsdipolmomenten des darin enthaltenen Materials und wird polarisiert. Dabei werden die Schwingungsanteile, welche in der Einfallsebene liegen, absorbiert. Licht, welches also parallel zur

10 Einfallsebene polarisiert ist, d.h. transversal-magnetisch oder p-polarisiert ist, wird absorbiert, wohingegen Licht, welches senkrecht zur Einfallsebene – also parallel zur Oberfläche des optischen Elements – polarisiert ist, d.h. transversal-elektrisch oder s-polarisiert ist, wird hingegen vollständig transmittiert bzw. lediglich deutlich vermindert absorbiert. Unpolarisiertes Licht, das das optische Element nicht parallel zu

15 Übergangsdipolmomenten passiert, wird demnach bei Durchtritt durch das optische Element mit Übergangsdipolmomenten, die parallel zur Einfallsebene des Lichts ausgerichtet sind, wenigsten teilweise s-polarisiert.

[0031] Diese Eigenschaft ist essenziell bei allen Ausgestaltungen der Erfindung. Im Folgenden wird die Transmission von p-polarisiertem Licht mit einer eingestrahnten

20 Intensität $I_0(\alpha)$ modelliert. Die Transmission von Licht durch eine absorbierende Schicht wird durch das Lambert-Beersche Gesetz beschrieben:

$$[0032] \quad I(\alpha) = I_0(\alpha) e^{-d(\alpha) N \sigma_{\text{abs}}(\alpha)}.$$

[0033] Hierin ist α der Winkel zwischen Propagationsrichtung und Flächennormale, $d(\alpha)$ die optische Weglänge in Abhängigkeit der Ausbreitungsrichtung, N die Anzahl von

25 absorbierenden Molekülen pro Volumen und $\sigma_{\text{abs}}(\alpha)$ der Absorptionsquerschnitt in Abhängigkeit des Einfallswinkels. Mit Hilfe des Snellschen Brechungsgesetzes kann aus dem Einfallswinkel β der Propagationswinkel im Medium α berechnet werden. Daraus ergibt sich dann aus der Gleichung des Übergangsdipolmoments und der Änderung des optischen Weges:

$$30 \quad [0034] \quad I(\alpha) = I_0(\alpha) e^{-d / N \sigma_{\text{abs}} \sin(\alpha)^2}.$$

[0001] Ein erstes optisches Element kann beispielsweise als Laminat von Schichten von Polymerfolienpolarisatoren ausgebildet werden. Andere Herstellungsverfahren und

materielle Ausgestaltungen sind selbstverständlich möglich. Alternativ oder in Kombination kann das optische Element auch durch Fotoausrichtung von Molekülen oder Partikeln hergestellt werden.

[0035] Die Aufgabe der Erfindung wird ferner gelöst von einer zweiten Ausgestaltung
5 eines schaltbaren Lichtfilters, umfassend

- ein erstes optisches Element, welches
 - eine Vielzahl an Licht absorbierenden Übergangsdipolmomenten, die in Form von Molekülen einer und/oder in Form eines oder mehrerer dichroitische Farbstoffe ausgebildet sind, umfasst,
 - 10 - wobei die Mehrzahl der Übergangsdipolmomente mindestens in einem ersten Zustand mit einer Toleranz von maximal 20° (bevorzugt maximal 10°) parallel zu einer für das erste optische Element wählbaren ersten Vorzugsrichtung ausgerichtet ist oder um diese herum variiert,
 - so dass Licht, welches in das erste optische Element einfällt, in Abhängigkeit von seinem Polarisationszustand und von seiner Einfallrichtung gegenüber dem ersten optischen Element und transmittiert oder mindestens teilweise absorbiert wird,
 - 15 - wobei die Übergangsdipolmomente in eine Flüssigkristallschicht eingebettet sind, so dass die Übergangsdipolmomente in ihrer Ausrichtung und/oder ihrem Betrag zwischen dem ersten und mindestens einem zweiten Zustand variiert werden können, um das erste optische Element alternativ in mindestens zwei verschiedene Zustände versetzen zu können,
 - Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes EF1 oder eines zweiten elektrischen Feldes EF2, wobei für das erste optische Element der erste Zustand durch Anlegen des ersten elektrischen Feldes EF1 und der zweite Zustand durch Anlegen des zweiten elektrischen Feldes EF2 erzeugt wird, so dass sich die Transmissionseigenschaften des schaltbaren Lichtfilters 5 zwischen einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld EF1 anliegt, und einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das erste elektrische Feld EF2 anliegt, unterscheiden,
 - 25 - wobei erfindungsgemäß mindestens eine der folgenden Maßnahmen im schaltbaren Lichtfilter der zweiten Ausgestaltung umgesetzt ist:
 - die Flüssigkristallschicht umfasst mindestens eine TN-Zelle sowie einen Verzögerungsfilm, wobei der besagte Verzögerungsfilm die in der ersten
- 30

- Betriebsart B1 durch die TN-Zelle durchgeführte Polarisationsänderung für den schaltbaren Lichtfilter 5a durchdringendes Licht zu mindestens 80% aufhebt (bevorzugt sogar zu 90%, 95% oder mehr; dies kann z.B. mittels eines discotischen Films realisiert werden), oder
- 5 - die Flüssigkristallschicht 3a, wenn sie beispielweise als mittels PA-, FFS-, IPS-, VA-, ADS- (oder vergleichbarer) Technologie realisiert wird, weist in der ersten Betriebsart B1 ihr Transmissionsmaximum in einem Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht liegt, auf, so dass die Beeinflussung der Polarisation des den schaltbaren Lichtfilter durchdringenden Lichtes aufgrund der Flüssigkristallschicht für unter dem besagten Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht liegt, einfallende Lichtstrahlen maximal ist, wodurch die Beeinflussung der winkelabhängigen Transmission durch das optische Element verstärkt wird, und/oder
- 10
- 15 - der schaltbare Lichtfilter umfasst weiterhin ein negativ dispersives optisches Element (z.B. einen negativ dispersiven Verzögerungsfilm), oder mehrere optische Elemente, die in der Zusammenwirkung wie ein negativ dispersives optisches Element wirken (dies kann erreicht werden durch die Kombination von verschiedenen Elementen mit unterschiedlich hoher Dispersion), so dass
- 20 Farbverschiebungen des den schaltbaren Lichtfilter durchdringenden Lichtes (insbesondere im Fall von weißem oder buntem Licht) mindestens teilweise kompensiert werden.

[0036] Die Übergangsdipolmomente können -wie vorstehend beschrieben- als ein oder mehrere dichroitische Farbstoff(e), mithin durch derartige Farbstoffmoleküle, ausgebildet sein, welche in einer Guest-Host-Anordnung in Flüssigkristalle der Flüssigkristallschicht integriert sind. Die Farbstoffmoleküle wiederum richten sich dann, parallel zu den Flüssigkristallmolekülen der Flüssigkristallschicht aus. Die Ausrichtung der Flüssigkristallmoleküle im spannungslosen elektrischen Feld wird wiederum durch die sie einbettenden Oberflächen induziert. Ein mögliches Material für solche

25

30 Oberflächen ist PMI.

[0037] Allgemein kann man hier von mit Farbstoff(en) dotierten Flüssigkristallpolymeren sprechen. Hierzu sind im Stand diverse Ansätze (z.B. thermosetting LCs und epoxy LC) bekannt, auf die daher nicht im Detail eingegangen werden muss. Beispielhaft sei in diesem Zusammenhang auf folgende Veröffentlichungen verwiesen:

[0038] N. Saba, M. Jawaid, O. Y. Alothman, M. T. Paridah, and A. Hassan, "Recent advances in epoxy resin, naturalfiber-reinforced epoxy composites and their applications," *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 35, no. 6, 2015.

[0039] C. Carfagna, E. Amendola, and M. Giamberini, "Liquid crystalline epoxy based thermosetting polymers," *Progress in Polymer Science*, vol. 22, pp. 1607–1647, 1997.

[0040] V. P. Shibaev and A. Yu. Bobrovsky, "Liquid crystalline polymers: development trends and photocontrollable materials," *Russian Chemical Reviews*, vol. 86, pp. 1024–1072, 2017.

[0041] T. Ikeda, J.-i. Mamiya, and Y. Yu, "Photomechanics of liquid-crystalline elastomers and other polymers," *Angew. Chem. Int. Ed.*, vol. 46, pp. 506–528, 2007.

[0042] Der mindestens eine Farbstoff besteht aus Farbstoffmolekülen, wobei vorteilhaft zu jedem Farbstoffmolekül ein Übergangsdipol bzw. Übergangsdipolmoment assoziiert ist, d.h. jedes Farbstoffmolekül entspricht einem Übergangsdipol bzw. Übergangsdipolmoment. Typischerweise hat ein Farbstoff einen Masseanteil von 0,01 % bis 10 % (oder ggf. auch deutlich mehr), vorzugsweise von 0,1% bis 5 % am Material der jeweiligen Schicht(en) im ersten optischen Element. Die Dicke der Schichten liegt vorzugsweise im Bereich von 0,2 µm bis 50 µm, bevorzugt im Bereich von 0,5 µm bis 20 µm, alle Randwerte jeweils eingeschlossen. Die Farbstoffe bzw. Farbstoffmischungen im ersten optischen Element können in dessen unterschiedlichen Schichten, falls vorhanden, auch unterschiedlich ausgebildet sein.

[0043] Als bevorzugte Ausgestaltung gilt für jede Schicht eine Mischung aus Flüssigkristallen mit mindestens einem Farbstoff, besonders mit mindestens einer dichroitischen Farbstoffmischung. Als dichroitische Farbstoffe bzw. Farbstoffmischungen kommen z.B. Azomethinfarbstoffe, indigoide und Thioindigoide Farbstoffe, Merocyanine, Azulen, Chinophtalonfarbstoffe, Perylenfarbstoffe, Phthaloperinfarbstoffe, Dioxazinfarbstoffe, Triphenodioxazinfarbstoffe, Chinoxalinfarbstoffe, Triazinfarbstoffe, Tartrazin, Azo-Farbstoffe und Anthraquinonfarbstoffe in Frage. Die Herstellung einer Flüssigkristallfarbstoffmischung ist beispielsweise beschrieben in der US 4,695,131 A. Ferner sind die Schichten außen abschließenden Oberflächen vorzugsweise behandelt, beispielsweise gebürstet, um eine homogene Oberflächenausrichtung der Übergangsdipolmomente bzw., falls vorhanden, der Flüssigkristalle zu erreichen.

[0044] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist weiterhin ein Polarisationsfilter P vorhanden, welcher dem ersten optischen Element in der Einfallsrichtung gesehen vor- oder nachgeordnet sein kann. Alternativ kann auch eine $\lambda/4$ -Verzögerungsschicht vorhanden sein, um ggf. aus zirkular polarisiertem Licht linear polarisiertes Licht zu erzeugen, je nach den Eigenschaften des aus einer entsprechenden Lichtquelle herrührenden Lichtes.

[0045] Für eine Schaltbarkeit der optischen Wirkung des erfindungsgemäßen schaltbaren Lichtfilters werden in dieser zweiten Ausgestaltung der Erfindung also die Übergangsdipolmomente in jeder Schicht in ihrer Ausrichtung und/oder ihrem Betrag zwischen dem ersten und mindestens einem zweiten Zustand variiert, um die jeweilige Schicht alternativ in mindestens zwei verschiedene Zustände versetzen zu können. Mögliche Ausgestaltungen eines schaltbaren optischen Elements bzw. jeder Schicht darin basieren beispielsweise auf Flüssigkristallen und/oder Farbstoffen bzw. Farbstoffmischungen, welche in der besagten Flüssigkristallzelle mit homogener Ausrichtung an den Oberflächen angeordnet und darin zwischen mindestens zwei Zuständen gedreht werden können. Dabei werden die Licht absorbierenden Übergangsdipolmomente auch gedreht und können somit mindestens zwei Wirkungszustände annehmen. Es ist insbesondere in derartigen Ausgestaltungen denkbar, dass mehr als zwei Zustände, z.B. drei oder acht Zustände, mit jeweils unterschiedlichen optischen Wirkungen erzielt werden. Andere Ausgestaltungen der Flüssigkristallzellen sind ebenfalls denkbar. Hierzu werden insbesondere elektrische Felder verwendet, um die Flüssigkristalle zu drehen. Dabei ist es möglich, dass zum Beispiel entweder ein erstes elektrisches Feld oder ein zweites elektrisches Feld einen feldfreien Zustand beschreibt, wobei das jeweils andere elektrische Feld eine absolute Feldstärke größer null, z.B. 0,5 MV/m, aufweist.

[0046] Dabei entspricht ein erster solcher Zustand den vorstehend beschriebenen Gegebenheiten und mindestens ein zweiter Zustand ist davon verschieden, weist also mindestens eine andere Vorzugsrichtung auf.

[0047] Bei derartigen aktiven, also schaltbaren Lichtfiltern sind Volumendichten der Übergangsdipolmomente zwischen 0.1 % und 90 % basierend auf Flüssigkristallen im optischen Element denkbar. Alternativ sind Ausgestaltungen eines optischen Elements bzw. jeder Schicht darin denkbar, bei denen die Übergangsdipolmomente in einer Flüssigkeit eingebettet sind, welche einem Elektro-Wetting-Verfahren ausgesetzt sind.

Auf diese Weise lässt sich insbesondere, aber nicht allein, die Dichte der Übergangsdipolmomente variieren.

[0048] Ferner ist es auch in dieser zweiten Ausgestaltung des schaltbaren Lichtfilters vorteilhaft, diesen so zu nutzen, dass

- 5 - in einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld EF1 anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht (im Falle von elliptisch polarisiertem Licht sollten die Verhältnisse der Beträge der Halbachsen mindestens 1:4 betragen, besser mindestens 1:10 oder größer), welches parallel zur ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilter einfällt, zu mindestens 24% transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches
10 in mindestens einem ersten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer ersten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, und dass
- in einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das zweite elektrische Feld EF2 anliegt,
15 einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches parallel zu der ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilters einfällt, zu mindestens 24% transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem zweiten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer zweiten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter einfällt, zu
20 mindestens 85% absorbiert wird, wobei die erste und die zweite Ebene sich in einem Winkel von 80° bis 100° schneiden, so dass sich die Richtungen der Absorption für die erste Betriebsart B1 und die zweite Betriebsart B2 um jeweils 80° bis 100° unterscheiden.

[0049] Für besondere Anwendungsfälle können der schaltbare Lichtfilter, d.h. hierin
25 insbesondere die Flüssigkristallschicht und/oder die Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes EF1 oder eines zweiten elektrischen Feldes EF2 – unabhängig in welcher der vorgenannten Ausgestaltungen – in mehrere, separat schaltbare Segmente unterteilt sein, so dass eine lokale Umschaltbarkeit zwischen den jeweils möglichen Betriebszuständen ermöglicht wird. Im Zusammenspiel
30 mit einer Bildwiedergabeeinheit würde dies heißen, dass beispielsweise nur ein Teil der Bildfläche zwischen einem privaten Modus für Sichtschutz und einem öffentlichen Modus mit keinem Sichtschutzeffekt, also für freie Sicht umgeschaltet werden kann, während der dazu komplementäre Teil der Bildfläche permanent in einem Sichtschutzmodus oder in keinem Sichtschutzmodus befindlich ist.

[0050] Ferner ist es möglich, dass die Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes EF1 oder eines zweiten elektrischen Feldes EF2 wahlweise weitere elektrische Felder EF3, EF4, ... erzeugen können, so dass für die Flüssigkristallschicht dritte, vierte und ggf. weitere Zustände erzeugt werden können, 5 welche dann wiederum dritte vierte und ggf. weitere Absorptions- bzw. Transmissionscharakteristika des schaltbaren Lichtfilters hervorrufen.

[0051] Überdies kann die erste Ausgestaltung eines schaltbaren Lichtfilters um ein dem ersten optischen Element baugleiches (oder auch bzgl. seiner Vorzugsrichtung variiertes) zweites optisches Element erweitert werden, zwischen denen sich die 10 Flüssigkristallschicht befindet. Damit ist es möglich, wahlweise Winkelbeschränkungen in der Transmission zwischen einer und zwei Richtungen zu schalten.

[0052] In analoger Weise kann auch die zweite Ausgestaltung eines schaltbaren Lichtfilters um eine zweite, der (ersten) Flüssigkristallschicht baugleiche Flüssigkristallschicht ergänzt werden. Damit ist es etwa möglich, wahlweise 15 Winkelbeschränkungen in der Transmission zwischen keiner, einer und zwei Richtungen zu schalten.

[0053] Idealerweise ist das erste optische Element (und wenn vorhanden, jedes weitere baugleiche optische Element) in der ersten Ausgestaltung des schaltbaren Lichtfilters bzw. die Flüssigkristallschicht in der zweiten Ausgestaltung des schaltbaren Lichtfilters 20 in ihrer Struktur nicht-periodisch aufgebaut. Dies wird inhärent erreicht, wenn diese Komponenten wie weiter oben beschrieben erzeugt werden und ist für die Vermeidung von unerwünschten optischen Effekten, etwa Moiré-Effekten, im Zusammenspiel etwa mit Bilgebern hilfreich.

[0054] Für die ersten optischen Elemente der ersten und der zweiten Ausgestaltung 25 kann weiterhin gelten, dass die jeweilige Vorzugsrichtung eines Übergangsdipolmoments in Abhängigkeit von dessen Position auf dem jeweiligen optischen Element wählbar ist.

[0055] In diesem Zusammenhang kann es besonders dienlich sein, dass jedes erste optische Element entlang einer wählbaren Referenzlinie auf dem jeweiligen ersten 30 optischen Element in verschiedene Bereiche (A1, A2, ...) eingeteilt ist, wobei für jeden Bereich (A1, A2, ...) eine eigene Bereichs-Vorzugsrichtung wählbar ist, welche für alle innerhalb eines Bereiches (A1, A2, ...) liegenden Übergangsdipolmomente des

entsprechenden ersten optischen Elements gilt, wobei alle Bereichs-Vorzugsrichtungen paarweise verschieden sind und bis auf eine Toleranz von maximal +/-10 Grad in Richtung eines Betrachters weisen. Innerhalb eines optischen Elements und innerhalb eines jeden dafür geltenden Bereichs sind demnach alle Übergangsdipolmomente mit
5 einer Toleranz von maximal +/-10° jeweils parallel zu der dort geltenden Vorzugsrichtung ausgerichtet.

[0056] Die Erfindung kann überdies vorteilhaft in einer Beleuchtungseinrichtung für einen Bildschirm, die in mindestens zwei Betriebsarten BE1 für einen freien Sichtmodus und BE2 für einen eingeschränkten Sichtmodus, in welchem Licht in einen gegenüber
10 dem freien Sichtmodus eingeschränkten Winkelbereich abgestrahlt wird, betrieben werden kann, angewendet werden. Diese umfasst

- eine flächenartig ausgedehnte Hintergrundbeleuchtung, die einen schaltbaren Lichtfilter der ersten oder zweiten Ausgestaltung enthält, und Licht abstrahlt,
- einen in Betrachtungsrichtung vor der Hintergrundbeleuchtung gelegenen,
15 plattenförmigen Lichtleiter, welcher auf mindestens einer der Großflächen und / oder innerhalb seines Volumens Auskoppелеlemente aufweist,
- seitlich an mindestens einer Schmalseite des Lichtleiters angeordnete Leuchtmittel, und
- einen in Betrachtungsrichtung vor der Hintergrundbeleuchtung oder vor dem
20 Lichtleiter angeordneten linearen Polarisationsfilter, wodurch Licht, welches von der Hintergrundbeleuchtung ausgeht und den linearen Polarisationsfilter durchdringt, in seinen Ausbreitungsrichtungen eingeschränkt wird,
- wobei in der Betriebsart BE2 die Hintergrundbeleuchtung ein- und die Leuchtmittel ausgeschaltet sind, und wobei in der Betriebsart BE1 mindestens
25 die Leuchtmittel eingeschaltet sind.

[0057] In dieser Beleuchtungseinrichtung werden die Betriebsarten BE1 und BE2 dann entsprechend zu den Betriebsarten B2 und B1 des darin verbauten schaltbaren Lichtfilters korreliert.

[0058] Die Erfindung erlangt besondere Bedeutung durch Kombination eines
30 vorbeschriebenen schaltbaren Lichtfilters mit einer Bildwiedergabeeinheit zu einem Bildschirm. Ein solcher Bildschirm umfasst neben einem schaltbaren Lichtfilter, wie er vorangehend beschrieben wurde, eine dem schaltbaren Lichtfilter von einem Betrachter aus gesehen nach- oder vorgeordnete Bildwiedergabeeinheit. Die Betriebsmodi des

vorangehend beschriebenen schaltbaren Lichtfilters lassen sich ohne weiteres auf den Bildschirm übertragen, so dass auch dieser in den oben bereits erwähnten verschiedenen Betriebsmodi, je nach verwendeter Ausgestaltung des schaltbaren Lichtfilters, betrieben werden kann, beispielsweise mindestens in einem ersten
5 Betriebsmodus für einen in horizontaler Richtung freien, öffentlichen Sichtmodus mit uneingeschränktem Abstrahl- bzw. Blickwinkelbereich und einem in horizontaler Richtung eingeschränkten, privaten Sichtmodus mit in horizontaler Richtung gegenüber dem freien Sichtmodus eingeschränkten Abstrahl- bzw. Blickwinkelbereich, so dass
10 Betrachter, die außerhalb dieses eingeschränkten Blickwinkelbereichs positioniert sind, nur im freien Sichtmodus Bildinhalte, welche auf dem Bildschirm dargestellt werden, wahrnehmen können.

[0059] Vorteilhaft entspricht die Bildwiedergabeeinheit einem LCD-Panel, dessen einer Polarisationsfilter dem Polarisationsfilter des schaltbaren Lichtfilters entspricht. Dabei kann es sich um den vorder- oder rückseitigen Polarisator im LCD-Aufbau handeln.
15 Außerdem kann vorteilhaft der schaltbare Lichtfilter zwischen dem LCD-Panel und dessen Hintergrundbeleuchtung angeordnet sein, um zwischen einem ersten Betriebszustand für einen freien Sichtmodus und einem zweiten Betriebszustand für einen eingeschränkten Sichtmodus umzuschalten, weil das Licht der Hintergrundbeleuchtung aufgrund des schaltbaren Lichtfilters – beispielsweise bei
20 Umschaltung in horizontaler Richtung – in horizontaler Richtung einmal fokussiert und einmal nicht fokussiert wird. Mit „Fokussierung“ ist dabei nicht eine Fokussierung nach Art von Linsen gemeint, sondern eine Einengung des Abstrahlbereichs bzw. Transmissionsbereiches über die Winkel.

[0060] In diesem Sinne kann die Erfindung zum Einsatz kommen in einem ersten
25 Bildschirm, der in mindestens zwei Betriebsarten BB1 für einen freien Sichtmodus und BB2 für einen eingeschränkten Sichtmodus, in welchem Licht in einen gegenüber dem freien Sichtmodus für einen Betrachter eingeschränkten Blickwinkelbereich abgestrahlt wird, betrieben werden kann. Dieser umfasst

30 - eine flächenartig ausgedehnte Hintergrundbeleuchtung, die einen schaltbaren Lichtfilter der ersten oder der zweiten Ausgestaltung enthält, und Licht abstrahlt, und die optional direkt leuchtend aufgebaut ist,

- einen in Betrachtungsrichtung vor der Hintergrundbeleuchtung angeordneten linearen Polarisationsfilter, wodurch Licht, welches von der Hintergrundbeleuchtung ausgeht und den linearen Polarisationsfilter durchdringt, in seinen Ausbreitungsrichtungen eingeschränkt wird, und
- 5 - eine transmissive Bildwiedergabeeinrichtung (z.B. ein LCD-Panel), welche in Betrachtungsrichtung vor dem Lichtleiter angeordnet ist, und nahe derer oder bevorzugt in welcher der lineare Polarisationsfilter angeordnet ist,
- wobei in der Betriebsart BB2 das zweite elektrische Feld EF2 und wobei in der Betriebsart BB1 das erste elektrische Feld EF1 anliegt.
- 10 [0061] Auch bei einem solchen Bildschirm ist es möglich, dass der lineare Polarisationsfilter in der transmissiven Bildwiedergabeeinrichtung angeordnet ist oder ein Teil von ihr ist.
- [0062] Außerdem findet die Erfindung Anwendung in einem zweiten Bildschirm, der in mindestens zwei Betriebsarten BB1 für einen freien Sichtmodus und BB2 für einen
- 15 eingeschränkten Sichtmodus, in welchem Licht in einen gegenüber dem freien Sichtmodus für einen Betrachter eingeschränkten Blickwinkelbereich abgestrahlt wird, betrieben werden kann. Dieser umfasst
- eine Bildwiedergabeeinrichtung,
 - in Betrachtungsrichtung vor der Bildwiedergabeeinrichtung einen schaltbaren
- 20 Lichtfilter der ersten oder der zweiten Ausgestaltung,
- wobei in der Betriebsart BB2 das zweite elektrische Feld EF2 und wobei in der Betriebsart BB1 das erste elektrische Feld EF1 anliegt.
- [0063] Bei der Bildwiedergabeeinheit kann es sich alternativ um ein OLED, einen SED-Bildschirm, einen Feldemissionsbildschirm (FED), ein microLED-Panel oder eine
- 25 Vakuum-Fluoreszenzanzeige (VFD) handeln, vor welchem ein schaltbarer Lichtfilter angeordnet ist. Da der schaltbare Lichtfilter unabhängig von der Art der Bildwiedergabeeinheit wirksam ist, kommen jedwede andere Bildschirmtypen ebenso in Frage. Ein solcher Bildschirm findet vorteilhaft Verwendung in einem mobilen Gerät, einem Kraft-, Luft- oder Wasserfahrzeug, in einem Zahlterminal oder in einem
- 30 Zugangssystem. Dabei kann zwischen den genannten Betriebsarten umgeschaltet

werden, um sensitive Daten zu schützen, d.h. für nur einen Betrachter wahrnehmbar darzustellen, oder alternativ Bildinhalte gleichzeitig für mehrere Betrachter darzustellen.

[0064] Grundsätzlich bleibt die Leistungsfähigkeit der Erfindung erhalten, wenn die vorbeschriebenen Parameter in bestimmten Grenzen variiert werden.

- 5 [0065] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in den angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung einsetzbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

10 **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

[0066] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen, die ebenfalls erfindungswesentliche Merkmale offenbaren, noch näher erläutert. Diese Ausführungsbeispiele dienen lediglich der Veranschaulichung und sind nicht als einschränkend auszulegen. Beispielsweise ist
15 eine Beschreibung eines Ausführungsbeispiels mit einer Vielzahl von Elementen oder Komponenten nicht dahingehend auszulegen, dass alle diese Elemente oder Komponenten zur Implementierung notwendig sind. Vielmehr können andere Ausführungsbeispiele auch alternative Elemente und Komponenten, weniger Elemente oder Komponenten oder zusätzliche Elemente oder Komponenten enthalten. Elemente
20 oder Komponenten verschiedener Ausführungsbeispiele können miteinander kombiniert werden, sofern nichts anderes angegeben ist. Modifikationen und Abwandlungen, welche für eines der Ausführungsbeispiele beschrieben werden, können auch auf andere Ausführungsbeispiele anwendbar sein. Zur Vermeidung von Wiederholungen werden gleiche oder einander entsprechende Elemente in verschiedenen Figuren mit
25 gleichen Bezugszeichen bezeichnet und nicht mehrmals erläutert. Es zeigen:

[0067] Fig.1 die Prinzipskizze eines beispielhaften schaltbaren Lichtfilters,

[0068] Fig.2a und 2b die Simulationen einer beispielhaften, gedrehten nematischen Flüssigkristallzelle, sowie

[0069] Fig.3a und 3b die beispielhafte (simulierte) Dispersion von Halbwellenplatten.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0070] Die Zeichnungen sind nicht maßstabsgetreu und geben lediglich Prinzipdarstellungen wieder.

[0071] Fig. 1 zeigt die Prinzipskizze eines beispielhaften schaltbaren Lichtfilters 5. In einer ersten Ausgestaltung umfasst dieser schaltbare Lichtfilter 5

- ein erstes optisches Element 1, seinerseits umfassend
 - eine Vielzahl an Licht absorbierenden Übergangsdipolmomenten,
 - wobei die Mehrzahl (bevorzugt sogar mehr als 95%) der Übergangsdipolmomente (permanent) mit einer Toleranz von maximal 20° (bevorzugt maximal 10°) parallel zu einer für das erste optische Element 1 wählbaren ersten Vorzugsrichtung ausgerichtet ist oder um diese herum variiert,
 - so dass Licht, welches in das erste optische Element 1 einfällt, in Abhängigkeit von seinem Polarisationszustand und von seiner Einfallrichtung gegenüber dem ersten optischen Element 1 transmittiert oder mindestens teilweise absorbiert wird,
- (zeichnerisch nicht dargestellte) Mittel zur wahlweisen Erzeugung eines ersten elektrischen Feldes EF1 oder eines zweiten elektrischen Feldes EF2, z.B. ITO-Schichten, welche mit einem Signalgenerator verbunden sind,
- eine vor oder hinter dem ersten optischen Element 1 angeordnete Flüssigkristallschicht 3, auf welche das erste elektrische Feld EF1 oder das zweite elektrische Feld EF2 wirkt und die in Abhängigkeit davon den Polarisationszustand von durch sie hindurchdringendem Licht beeinflusst, so dass
- sich die Transmissionseigenschaften des schaltbaren Lichtfilters 5 zwischen einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld EF1 anliegt, und einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das erste elektrische Feld EF2 anliegt, unterscheiden,
- wobei mindestens eine der folgenden Maßnahmen im schaltbaren Lichtfilter 5 umgesetzt ist:
 - die Flüssigkristallschicht 3 umfasst mindestens eine TN-Zelle sowie einen (zeichnerisch nicht dargestellten) Verzögerungsfilm, wobei der besagte Verzögerungsfilm die in der ersten Betriebsart B1 durch die TN-Zelle durchgeführte Polarisationsänderung für den schaltbaren Lichtfilter 5 durchdringendes Licht zu mindestens 90% aufhebt (ideal sogar zu 95%, 99%

- oder mehr; dies kann z.B. mittels eines discotischen Films realisiert werden),
oder
- die Flüssigkristallschicht 3, wenn sie beispielweise mittels PA, FFS-, IPS-, VA-, ADS- (oder vergleichbarer) Technologie realisiert wird, weist in der ersten Betriebsart B1 ihr Transmissionsmaximum in einem Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht 3 liegt, auf, so dass die Beeinflussung der Polarisierung des durch den schaltbaren Lichtfilter 5 durchdringenden Lichtes aufgrund der Flüssigkristallschicht 3 für unter dem besagten Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht 3 liegt, einfallende Lichtstrahlen maximal ist, wodurch die Beeinflussung der winkelabhängigen Transmission durch das optische Element 1 verstärkt wird, und/oder
 - der schaltbare Lichtfilter 5 umfasst weiterhin ein negativ dispersives optisches Element (z.B. einen negativ dispersiven Verzögerungsfilm), oder mehrere optische Elemente, die in der Zusammenwirkung wie ein negativ dispersives optisches Element wirken (dies kann erreicht werden durch die Kombination von verschiedenen Elementen mit unterschiedlich hoher Dispersion), so dass Farbverschiebungen des durch den schaltbaren Lichtfilter 5 durchdringenden Lichtes (insbesondere im Fall von weißem oder polychromem Licht) mindestens teilweise kompensiert werden.

[0072] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist weiterhin ein Polarisationsfilter vorhanden, welcher dem ersten optischen Element 1 in der Einfallsrichtung gesehen vor- oder nachgeordnet sein kann.

[0073] Die Wirkungsweise der vorgenannten Maßnahmen wird im Folgenden näher erklärt: Um einen möglichst optimalen Sichtschutz zu erzielen, muss das elektrische Feld im sichteingeschränkten Modus zu einem möglichst großen Anteil in der Lichteinfallsebene schwingen. Eine Möglichkeit, Abweichungen von der linearen Polarisierung sichtbar und messbar zu machen ist es, einen Polarisator senkrecht zu der gewünschten Polarisierung auszurichten. Je geringer die Transmission nach dem senkrechten Polarisator, desto besser ist der Sichtschutz mit dem optischen Element.

[0074] Nematisch gedrehte Flüssigkristallzellen, die sich zwischen zwei gekreuzten Polarisatoren befinden, haben den Nachteil, dass sie im schwarzen Zustand unter nicht senkrechter Betrachtung eine hohe Transmission aufweisen. Je geringer die

Transmission, desto stärker ist der Grad der linearen Polarisation. Diese hohe Schwarztransmission und damit die Abweichung von der linearen Polarisation wird durch eine unvollständige Ausrichtung der Flüssigkristalle durch das elektrische Feld nahe den Grenzflächen erzeugt. Die Polarisationsabweichungen können unter anderem mit discotischen Flüssigkristallschichten minimiert werden. Die genannten Schichten sind polymerisiert und die LC-Moleküle ändern nicht ihre Orientierung. Die Reduktion der Polarisationsänderung folgt der Idee, dass im feldbehafteten Zustand die Änderung der Polarisation durch die LC-Zelle mittels des discotischen LC-Films rückgängig gemacht wird. Dabei weisen die LC-Zelle im Feld behafteten Zustand und der discotische LC-Film die vom Betrag her gleiche Doppelbrechung mit unterschiedlichem Vorzeichen auf. Der beschriebene schaltbare Lichtfilter benötigt für die optimale Funktion möglichst reine Polarisationszustände.

[0075] Dazu geben die Zeichnungen Fig.2a und 2b die Simulationen einer gedreht nematischen Flüssigkristallzelle wieder. Für diese Simulationen wurde eine parallele Zellgeometrie mit einer Dicke von 5 μm angenommen, d.h. die Flüssigkristallmoleküle werden durch zwei Platten in Ihrer Ausdehnung beschränkt. Für die Simulationen wurde ferner angenommen, dass die LC-Moleküle eine positive Doppelbrechung aufweisen und die Polarität der LC-Moleküle parallel zu deren langer Achse orientiert ist.

[0076] Die beiden Zeichnungen Fig.2a und 2b zeigen die Orientierung der Flüssigkristallmoleküle einer 90° beispielhaften, gedrehten nematischen Flüssigkristallzelle im Feld freien (durchgezogene Linie) und Feld behafteten Zustand (gestrichelte Linie), wobei Fig.2a den Drehwinkel und Fig.2b den Neigungswinkel repräsentiert. Die Orientierung der Flüssigkristallmoleküle wird im Feld freien Zustand (durchgezogene Linie) lediglich durch die Grenzflächen bestimmt. Die Orientierung der LC-Moleküle wird in Kugelkoordinaten gezeigt. Der Azimutalwinkel beschreibt die Orientierung in der Projektion auf die Grenzflächen und der Polarwinkel die Neigung der langen Molekülachse zu den Grenzflächen. Die Moleküle sind fast parallel zu der Oberfläche ausgerichtet mit einem sogenannten „Pretilt“-Winkel von beispielhaft 2°, das heißt die Moleküle sind 2° zu der Oberfläche geneigt. Die Orientierung in der Ebene unterscheidet sich zwischen den beiden Grenzflächen um 90°, was durch gezielte Oberflächenmodifikationen der Grenzflächen erreicht wird. Der Pretilt-Winkel der Moleküle wird beispielsweise durch die Bearbeitung der Orientierungsschicht und deren Oberflächeneigenschaften bestimmt, z.B. Bürsten. Der Pretilt-Winkel sorgt dafür, dass sich alle Moleküle in die gleiche Richtung drehen, sobald ein elektrisches Feld angelegt

wird. Der Drehwinkel beschreibt den Winkel der Flüssigkristallzelle (siehe Fig.2a) in der Ebene der Grenzflächen. Der Neigungswinkel (siehe Fig.2b) beschreibt den Winkel der Flüssigkristallmoleküle zur ersten Grenzfläche.

5 [0077] Im feldfreien Zustand ändert sich der Drehwinkel proportional mit der Entfernung der unteren Grenzfläche. Der Polarwinkel ist gleich dem Pretilt-Winkel und konstant über die gesamte Schichtdicke. Physikalisch gesehen wird die Ordnung durch die Wechselwirkung zwischen Grenzfläche und in deren Nähe befindlichen LC-Molekülen induziert. Durch Molekül-Molekül-Wechselwirkungen werden die Moleküle in der gesamten Schicht ausgerichtet.

10 [0078] Legt man ein elektrisches Feld an (z.B. das zweite elektrische Feld EF2), entsteht durch die hohe Polarität der LC-Moleküle entlang der langen Achse eine Kraft, die in Feldrichtung gerichtet ist. Die Ausrichtung der Moleküle wird durch das Gleichgewicht der intramolekularen Wechselwirkung und das elektrische Feld bestimmt. Für die Berechnung wird die freie Energie minimiert. In dem gezeigten Beispiel ist der
15 maximale Neigungswinkel, welcher sich in der Mitte der Zelle befindet, 88°. Der Neigungswinkel nimmt von den Grenzflächen zur Mitte hin zu und weist dort den maximalen Wert auf. Der Drehwinkel (siehe Fig.2a) verändert sich zunächst gering, um dann abrupt von 0° auf 90° gedreht zu werden.

[0079] Zur lokalen Orientierung LC-Moleküle wird auf folgende Referenzen verwiesen:

20 „Optics of Liquid Crystal Displays“ von Pochi Yeh und Claire Gu, John Wiley & Sons, 2009

und

“Deformation of Nematic Liquid Crystals in an Electric Field” von Heinz J. Deuling, Pages 123-131 | Received 02 Feb 1972, Published online: 28 Mar 2007

25 sowie

“Deformation Pattern of Twisted Nematic Liquid Crystal Layers in an Electric Field” von H. J. Deuling, Pages 81-93 | Received 30 Aug 1973, Published online: 21 Mar 2007.

[0080] Demgegenüber weisen die genannten Flüssigkristallzelltypen ADS, FFS und IPS im Vergleich zu TN-Anzeigen deutlich geringere Transmissionen (d.h. bessere

Schwarzwerte) auf, das heißt, dass der Polarisationszustand des Lichts nach der LC-Zelle nur gering von der linearen Polarisation abweicht. Vom Konzept her sind FFS-, IPS- und ADS- Flüssigkristallzellgeometrien im Wesentlichen gleich. Im feldfreien Zustand wird das lineare polarisierte Licht im Wesentlichen ohne Änderung der
5 Polarisations transmittiert. Im feldbehafteten Zustand werden die Flüssigkristallmoleküle möglichst ausschließlich in Ebenen parallel zur Oberfläche gedreht. Bedingt durch die Anordnung der Elektroden ist die Drehung der LC-Moleküle unterschiedlich stark. Damit wird die Polarisation des Lichts unterschiedlich stark geändert. Typischerweise sind derartige LC-Zellen auf eine maximale Transmission unter senkrechtem Einfall optimiert.
10 Für den vorliegenden Fall ist es jedoch von Vorteil, wenn die maximale Polarisationsänderung für nicht senkrechte Fälle erreicht wird. Das kann beispielsweise durch eine Erhöhung der Zelldicke, der Doppelbrechung der LC-Moleküle oder eine Erhöhung der elektrischen Felder erreicht werden. Im Stand der Technik ist bekannt, dass die Leistungsfähigkeit durch die Nutzung von passiven Verzögerungsplatten
15 verbessert werden kann. In vertikal ausgerichteten LC-Zellen wird die Leistungsfähigkeit verbessert, indem Verzögerungsplatten mit negativer Doppelbrechung die Doppelbrechung der LC-Zelle rückgängig machen. Die Verzögerungsplatte sorgt dafür, dass das Licht im möglichst linear transmittiert wird.

[0081] Die Abbildungen Fig.3a und 3b dienen der Erläuterung für den Fall, dass der
20 schaltbare Lichtfilter weiterhin ein negativ dispersives optisches Element (z.B. einen negativ dispersiven Verzögerungsfilm), oder mehrere optische Elemente umfasst, die in der Zusammenwirkung wie ein negativ dispersives optisches Element wirken (dies kann erreicht werden durch die Kombination von verschiedenen Elementen mit unterschiedlich hoher Dispersion), so dass Farbverschiebungen des den schaltbaren
25 Lichtfilter durchdringenden Lichtes (insbesondere im Fall von weißem oder polychrome Licht) mindestens teilweise kompensiert werden.

[0082] Besagte Abbildungen Fig.3a und 3b zeigen dazu die (simulierte) Dispersion einer Halbwellenplatte in Einheiten der Phasenverzögerung (Fig.3a) und der optischen Weglängendifferenz (Fig.3b). Es sind jeweils die vier möglichen Fälle gezeigt.

- 30 • Keine Dispersion: Die Brechzahldifferenz zwischen ordentlicher und außerordentlicher Brechzahl ist unabhängig von der Wellenlänge,

- Positive Dispersion: Die Brechzahldifferenz zwischen ordentlicher und außerordentlicher Brechzahl wird größer mit kleiner werdender Wellenlänge,
 - Negative Dispersion: Die Brechzahldifferenz zwischen ordentlicher und außerordentlicher Brechzahl wird kleiner mit kleiner werdender Wellenlänge,
- 5
- Ideale negative Dispersion: Die Brechzahldifferenz ordentlicher und außerordentlicher Brechzahl ist so angepasst, dass die Phasendifferenz zwischen den zwei linearen Polarisierungen konstant für alle Wellenlängen konstant ist.

Für die in Fig.3a gezeigte Phasenverzögerung gilt: $\frac{2 \cdot \pi \cdot d \cdot (n_e - n_o)}{\lambda}$

10 Für die in Fig.3b gezeigte Weglängendifferenz gilt: $d \cdot (n_e - n_o)$

[0083] In beiden Fällen steht d die jeweilige Dicke der Halbwellenplatte, n_e für die außerordentliche Brechzahl und n_o für die ordentliche Brechzahl, sowie λ für die jeweilige Wellenlänge.

[0084] Ferner ist es vorteilhaft, den schaltbaren Lichtfilter 5 so zu nutzen, dass

- 15
- in einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld EF1 anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht (im Falle von elliptisch polarisiertem Licht sollten die Verhältnisse der Beträge Halbachsen mindestens 1:4 betragen, besser mindestens 1:10 oder größer), welches parallel zur ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilter 5 einfällt, zu mindestens 24%
- 20
- transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem ersten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer ersten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter 5 einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, und dass
- in einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das zweite elektrische Feld EF2 anliegt,
- 25
- einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches parallel zu der ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilters 5 einfällt, zu mindestens 24%
- transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem zweiten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung,
- 30
- der in einer zweiten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter 5 einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, wobei die erste und die zweite Ebene sich in einem Winkel von 80° bis 100° schneiden, so dass sich die Richtungen der

Absorption für die erste Betriebsart B1 und die zweite Betriebsart B2 um jeweils 80° bis 100° unterscheiden.

[0085] Die besagte erste Vorzugsrichtung kann vorteilhaft jeweils einen Winkel zwischen 0° und 45° zu einer Flächennormale des optischen Elements 1 einschließen.
5 Fernerhin kann in besonderen Ausgestaltungen die erste Vorzugsrichtung über die Fläche des optischen Elements 1 hinweg variieren. Im Sinne der Erfindung gilt dann die über die Fläche durchschnittliche erste Vorzugsrichtung.

[0086] Als Materialien im Sinne der Erfindung, welche fixierte oder -für die weiter unten beschriebene zweite Ausgestaltung von schaltbaren Lichtfiltern 5- ausrichtbare
10 Übergangsdipolmomente enthalten, kommen beispielsweise dichroitische Farbstoffe oder Farbstoffmischungen in Frage, welche mit einem die Eigenschaften nicht beeinträchtigenden Trägermaterial kombiniert werden, beispielsweise mit Flüssigkristallen oder Polymeren. Das optische Element 1 kann beispielsweise nur einen Farbstoff enthalten. Es können aber auch mehrere Farbstoffe, d.h.
15 Farbstoffmischungen, in einem einzigen optischen Element 1 enthalten sein.

[0087] Die Extinktion, also die Absorption, des Lichtes ist von der absoluten Zahl der Übergangsdipolmomente – und somit inhärent auch von der Schichtdicke, in der sich die Übergangsdipolmomente befinden – und der Ausrichtung zwischen
20 Übergangsdipolmoment und der Polarisation des einfallenden Lichtes zueinander abhängig. Je nach Implementierung kann die Dichte der besagten Übergangsdipolmomente, deren Stärke oder die Brechzahl in den Schichten des optischen Elements variieren. Bei einem passiven, also nicht schaltbaren optischen Element kann die Volumendichte der Übergangsdipole gegen 100% gehen.

[0088] Die Fig.1 kann auch zur Erläuterung einer zweiten Ausgestaltung eines
25 beispielhaften schaltbarer Lichtfilters 5a genutzt werden. Dieser umfasst

- ein erstes optisches Element 1a, welches
 - eine Vielzahl an Licht absorbierenden Übergangsdipolmomenten, die in Form von Molekülen einer und/oder in Form eines oder mehrerer dichroitischer Farbstoffe ausgebildet sind, umfasst,
 - wobei die Mehrzahl der Übergangsdipolmomente mindestens in einem ersten
30 Zustand mit einer Toleranz von maximal 20° (bevorzugt maximal 10°) parallel

- zu einer für das erste optische Element 1 wählbaren ersten Vorzugsrichtung ausgerichtet ist oder um diese herum variiert,
- so dass Licht, welches in das erste optische Element 1a einfällt, in Abhängigkeit von seinem Polarisationszustand und von seiner Einfallrichtung gegenüber dem ersten optischen Element 1a und transmittiert oder mindestens teilweise absorbiert wird,
 - wobei die Übergangsdipolmomente in eine Flüssigkristallschicht 3a eingebettet sind, so dass die Übergangsdipolmomente in ihrer Ausrichtung und/oder ihrem Betrag zwischen dem ersten und mindestens einem zweiten Zustand variiert werden können, um das erste optische Element 1a alternativ in mindestens zwei verschiedene Zustände versetzen zu können,
 - (zeichnerisch nicht dargestellte) Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes EF1 oder eines zweiten elektrischen Feldes EF2, wobei für das erste optische Element 1a der erste Zustand durch Anlegen des ersten elektrischen Feldes EF1 und der zweite Zustand durch Anlegen des zweiten elektrischen Feldes EF2 erzeugt wird, so dass sich die Transmissionseigenschaften des schaltbaren Lichtfilters 5a zwischen einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld EF1 anliegt, und einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das erste elektrische Feld EF2 anliegt, unterscheiden,
 - wobei mindestens eine der folgenden Maßnahmen im schaltbaren Lichtfilter 5a der zweiten Ausgestaltung umgesetzt ist:
 - die Flüssigkristallschicht 3a umfasst mindestens eine TN-Zelle sowie einen (zeichnerisch nicht dargestellten) Verzögerungsfilm, wobei der besagte Verzögerungsfilm die in der ersten Betriebsart B1 durch die TN-Zelle durchgeführte Polarisationsänderung für den schaltbaren Lichtfilter 5a durchdringendes Licht zu mindestens 80% aufhebt (bevorzugt sogar zu 90%, 95% oder mehr; dies kann z.B. mittels eines discotischen Films realisiert werden), oder
 - die Flüssigkristallschicht 3a, wenn sie beispielweise als mittels PA-, FFS-, IPS-, VA-, ADS- (oder vergleichbarer) Technologie realisiert wird, weist in der ersten Betriebsart B1 ihr Transmissionsmaximum in einem Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht 3a liegt, auf, so dass die Beeinflussung der Polarisation des den schaltbaren Lichtfilter 5a durchdringenden Lichtes aufgrund der Flüssigkristallschicht 3a für unter dem besagten Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der

Flüssigkristallschicht 3a liegt, einfallende Lichtstrahlen maximal ist, wodurch die Beeinflussung der winkelabhängigen Transmission durch das optische Element 1a verstärkt wird, und/oder

- der schaltbare Lichtfilter 5a umfasst weiterhin ein negativ dispersives optisches Element (z.B. einen negativ dispersiven Verzögerungsfilm), oder mehrere optische Elemente, die in der Zusammenwirkung wie ein negativ dispersives optisches Element wirken (dies kann erreicht werden durch die Kombination von verschiedenen Elementen mit unterschiedlich hoher Dispersion), so dass Farbverschiebungen des durch den schaltbaren Lichtfilter 5a durchdringenden Lichtes (insbesondere im Fall von weißem oder buntem Licht) mindestens teilweise kompensiert werden

[0089] Die Übergangsdipolmomente können -wie vorstehend beschrieben- als ein oder mehrere dichroitische Farbstoff(e), mithin durch derartige Farbstoffmoleküle, ausgebildet sein, welche in einer Guest-Host-Anordnung in Flüssigkristalle der Flüssigkristallschicht 3a integriert sind. Die Farbstoffmoleküle wiederum richten sich dann, parallel zu den Flüssigkristallmolekülen der Flüssigkristallschicht 3a aus. Die Ausrichtung der Flüssigkristallmoleküle im spannungslosen elektrischen Feld wird wiederum durch die sie einbettenden Oberflächen induziert. Ein mögliches Material für solche Oberflächen ist PMI.

[0090] Allgemein kann man hier von mit Farbstoff(en) dotierten Flüssigkristallpolymeren sprechen. Hierzu sind im Stand diverse Ansätze (z.B. thermosetting LCs und epoxy LC) bekannt, auf die daher nicht im Detail eingegangen werden muss.

[0091] Der mindestens eine Farbstoff besteht aus Farbstoffmolekülen, wobei vorteilhaft zu jedem Farbstoffmolekül ein Übergangsdipol bzw. Übergangsdipolmoment assoziiert ist, d.h. jedes Farbstoffmolekül entspricht einem Übergangsdipol bzw. Übergangsdipolmoment. Typischerweise hat ein Farbstoff einen Masseanteil von 0,01 % bis 10 % (oder ggf. auch deutlich mehr), vorzugsweise von 0,1% bis 5 % am Material der jeweiligen Schicht(en) im optischen Element 1 bzw. 1a. Die Dicke der Schichten liegt vorzugsweise im Bereich von 0,2 μm bis 50 μm , bevorzugt im Bereich von 0,5 μm bis 20 μm , alle Randwerte jeweils eingeschlossen. Die Farbstoffe bzw. Farbstoffmischungen im optischen Element 1, 1a können in dessen unterschiedlichen Schichten, falls vorhanden, auch unterschiedlich ausgebildet sein.

[0092] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist weiterhin ein Polarisationsfilter P vorhanden, welcher dem ersten optischen Element 1a oder 1 in der Einfallsrichtung gesehen vor- oder nachgeordnet sein kann. Alternativ kann auch eine $\lambda/4$ -Verzögerungsschicht vorhanden sein, um ggf. aus zirkular polarisiertem Licht linear polarisiertes Licht zu erzeugen, je nach den Eigenschaften des aus einer entsprechenden Lichtquelle herrührenden Lichtes.

[0093] Für eine Schaltbarkeit der optischen Wirkung des erfindungsgemäßen schaltbaren Lichtfilters 5a werden in dieser zweiten Ausgestaltung der Erfindung also die Übergangsdipolmomente in jeder Schicht in ihrer Ausrichtung und/oder ihrem Betrag zwischen dem ersten und mindestens einem zweiten Zustand variiert, um die jeweilige Schicht alternativ in mindestens zwei verschiedene Zustände versetzen zu können. Mögliche Ausgestaltungen eines schaltbaren optischen Elements 1a bzw. jeder Schicht darin basieren beispielsweise auf Flüssigkristallen und/oder Farbstoffen bzw. Farbstoffmischungen, welche in der besagten Flüssigkristallzelle mit homogener Ausrichtung an den Oberflächen angeordnet und darin zwischen mindestens zwei Zuständen gedreht werden können. Dabei werden die Licht absorbierenden Übergangsdipolmomente auch gedreht und können somit mindestens zwei Wirkungszustände annehmen. Es ist insbesondere in derartigen Ausgestaltungen denkbar, dass mehr als zwei Zustände, z.B. drei oder acht Zustände, mit jeweils unterschiedlichen optischen Wirkungen erzielt werden. Andere Ausgestaltungen der Flüssigkristallzellen sind ebenfalls denkbar. Hierzu werden insbesondere elektrische Felder verwendet, um die Flüssigkristalle zu drehen. Dabei ist es möglich, dass zum Beispiel entweder ein erstes elektrisches Feld oder ein zweites elektrisches Feld einen feldfreien Zustand beschreibt, wobei das jeweils andere elektrische Feld eine absolute Feldstärke größer null, z.B. 0,5 MV/m, aufweist.

[0094] Dabei entspricht ein erster solcher Zustand den vorstehend beschriebenen Gegebenheiten und mindestens ein zweiter Zustand ist davon verschieden, weist also mindestens eine andere Vorzugsrichtung auf.

[0095] Ferner ist es auch in dieser zweiten Ausgestaltung des schaltbaren Lichtfilters 5a vorteilhaft, diesen so zu nutzen, dass

- in einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld EF1 anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht (im Falle von elliptisch polarisiertem Licht sollten die Verhältnisse der Beträge der Halbachsen

- mindestens 1:4 betragen, besser mindestens 1:10 oder größer), welches parallel zur ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilter 5a einfällt, zu mindestens 24% transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem ersten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer ersten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter 5a einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, und dass
- 5
- in einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das zweite elektrische Feld EF2 anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches parallel zu der ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilters 5a einfällt, zu mindestens 24%
- 10
- transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem zweiten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer zweiten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter 5a einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, wobei die erste und die zweite Ebene sich in einem Winkel von 80° bis 100° schneiden, so dass sich die Richtungen der
- 15
- Absorption für die erste Betriebsart B1 und die zweite Betriebsart B2 um jeweils 80° bis 100° unterscheiden.

[0096] Für besondere Anwendungsfälle kann der schaltbare Lichtfilter 5, 5a, d.h. die Flüssigkristallschicht 3, 3a und/oder die Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes (EF1) oder eines zweiten elektrischen Feldes (EF2) –

20

unabhängig in welcher der vorgenannten Ausgestaltungen – in mehrere, separat schaltbare Segmente, entsprechend Pixeln P_{LC} , unterteilt sein, so dass eine lokale Umschaltbarkeit zwischen den jeweils möglichen Betriebszuständen ermöglicht wird. Im Zusammenspiel mit einer Bildwiedergabeeinheit würde dies heißen, dass beispielsweise nur ein Teil der Bildfläche zwischen einem privaten Modus für Sichtschutz und einem

25

öffentlichen Modus mit keinem Sichtschutzeffekt, also für freie Sicht umgeschaltet werden kann, während der dazu komplementäre Teil der Bildfläche permanent in einem Sichtschutzmodus oder in keinem Sichtschutzmodus befindlich ist.

[0097] Ferner ist es möglich, dass die Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes (EF1) oder eines zweiten elektrischen Feldes (EF2)

30

wahlweise weitere elektrische Felder (EF3, EF4, ...) erzeugen können, so dass für die Flüssigkristallschicht (3, 3a) dritte, vierte und ggf. weitere Zustände erzeugt werden können.

[0098] Die Erfindung erlangt besondere Bedeutung durch Kombination eines vorbeschriebenen schaltbaren Lichtfilters 5, 5a der ersten oder zweiten Ausgestaltung mit einer Bildwiedergabeeinheit (z.B. OLED, microLED, LCD) zu einem Bildschirm. Ein solcher Bildschirm umfasst neben einem schaltbaren Lichtfilter 5, 5a, wie er
5 vorangehend beschrieben wurde, eine dem schaltbaren Lichtfilter von einem Betrachter aus gesehen nach- oder vorgeordnete Bildwiedergabeeinheit. Die Betriebsmodi des vorangehend beschriebenen schaltbaren Lichtfilters lassen sich ohne weiteres auf den Bildschirm übertragen, so dass auch dieser in den oben bereits erwähnten verschiedenen Betriebsmodi, je nach verwendeter Ausgestaltung des schaltbaren
10 Lichtfilters, betrieben werden kann, beispielsweise mindestens in einem ersten Betriebsmodus für einen in horizontaler Richtung freien, öffentlichen Sichtmodus mit uneingeschränktem Abstrahl- bzw. Blickwinkelbereich und einem in horizontaler Richtung eingeschränkten, privaten Sichtmodus mit in horizontaler Richtung gegenüber dem freien Sichtmodus eingeschränkten Abstrahl- bzw. Blickwinkelbereich, so dass
15 Betrachter, die außerhalb dieses eingeschränkten Blickwinkelbereichs positioniert sind, nur im freien Sichtmodus Bildinhalte, welche auf dem Bildschirm dargestellt werden, wahrnehmen können.

[0099] Vorteilhaft entspricht die Bildwiedergabeeinheit einem LCD-Panel, dessen einer Polarisationsfilter dem Polarisationsfilter des schaltbaren Lichtfilters 5, 5a entspricht.
20 Dabei kann es sich um den vorder- oder rückseitigen Polarisator im LCD-Aufbau handeln. Außerdem kann vorteilhaft der schaltbare Lichtfilter 5, 5a zwischen dem LCD-Panel und dessen Hintergrundbeleuchtung angeordnet sein, um zwischen einem ersten Betriebszustand für einen freien Sichtmodus und einem zweiten Betriebszustand für einen eingeschränkten Sichtmodus umzuschalten, weil das Licht der
25 Hintergrundbeleuchtung aufgrund des schaltbaren Lichtfilters 5, 5a – beispielsweise bei Umschaltung in horizontaler Richtung – in horizontaler Richtung einmal fokussiert und einmal nicht fokussiert wird. Mit „Fokussierung“ ist dabei nicht eine Fokussierung nach Art von Linsen gemeint, sondern eine Einengung des Abstrahlbereichs bzw. Transmissionsbereiches über die Winkel.

[0100] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe: Es wurden schaltbare Lichtfilter beschrieben (bzw. solche verwendende Systeme), welche preiswert umsetzbar und insbesondere mit verschiedenartigen Bildschirmtypen universell verwendbar sind, um eine Umschaltung zwischen einem – mindestens in der in Bezug auf einen stehenden oder sitzenden Betrachter horizontalen Richtung bestehenden – Sichtschutz, d.h. einem
30

eingeschränkten Betrachtungsmodus, und einem freien Betrachtungsmodus zu ermöglichen, wobei die Auflösung eines solchen Bildschirms nicht, auch nicht geringfügig, herabgesetzt wird. Insbesondere wird auch für Sichtpositionen, bei denen ein Betrachter nicht allein (aus seiner Sicht) horizontal schräg auf den schaltbaren Lichtfilter schaut, sondern gleichzeitig schräg von oben, eine Winkeleinschränkung von hoher Qualität erzielt und insgesamt eine gute Bildqualität erreicht für den Fall, dass ein schaltbarer Lichtfilter vor einer Bildwiedergabeeinrichtung angeordnet wird.

[0101] Die vorangehend beschriebene Erfindung kann im Zusammenspiel mit einer Bildwiedergabeeinrichtung vorteilhaft überall da angewendet werden, wo vertrauliche Daten angezeigt und/oder eingegeben werden, wie etwa bei der PIN-Eingabe oder zur Datenanzeige an Geldautomaten oder Zahlungsterminals oder zur Passworteingabe oder beim Lesen von Emails auf mobilen Geräten. Die Erfindung kann – wie weiter oben beschrieben – auch im PKW angewendet werden, um wahlweise dem Fahrer oder Beifahrer störende Bildinhalte vorzuenthalten.

15

Patentansprüche

1. Schaltbarer Lichtfilter (5), umfassend
- ein erstes optisches Element (1), seinerseits umfassend
- 5
- eine Vielzahl an Licht absorbierenden Übergangsdipolmomenten,
 - wobei die Mehrzahl aus der Vielzahl der Übergangsdipolmomente mit einer Toleranz von maximal 20° parallel zu einer für das erste optische Element (1) wählbaren ersten Vorzugsrichtung ausgerichtet ist oder um diese herum variiert,
- 10
- so dass Licht, welches in das erste optische Element (1) einfällt, in Abhängigkeit von seinem Polarisationszustand und von seiner Einfallrichtung gegenüber dem ersten optischen Element (1) transmittiert oder mindestens teilweise absorbiert wird,
- Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes (EF1) oder eines zweiten elektrischen Feldes (EF2),
- 15
- eine vor oder hinter dem ersten optischen Element (1) angeordnete Flüssigkristallschicht (3), auf welche das erste elektrische Feld (EF1) oder das zweite elektrische Feld (EF2) wirkt und die in Abhängigkeit davon den Polarisationszustand von durch sie hindurchdringendem Licht beeinflusst, so dass
- 20
- sich die Transmissionseigenschaften des schaltbaren Lichtfilters (5) zwischen einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld (EF1) anliegt, und einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das zweite elektrische Feld (EF2) anliegt, unterscheiden,
- dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der folgenden Maßnahmen im
- 25
- schaltbaren Lichtfilter (5) umgesetzt ist:
 - der schaltbare Lichtfilter (5) umfasst weiterhin ein negativ dispersives optisches Element, oder mehrere optische Elemente, die in der Zusammenwirkung wie ein negativ dispersives optisches Element wirken, so dass Farbverschiebungen des den schaltbaren Lichtfilter (5) durchdringenden Lichtes mindestens
- 30
- die Flüssigkristallschicht (3) umfasst mindestens eine TN-Zelle sowie einen Verzögerungsfilm, wobei der besagte Verzögerungsfilm die in der ersten Betriebsart B1 durch die TN-Zelle durchgeführte Polarisationsänderung für den

- schaltbaren Lichtfilter (5) durchdringendes Licht zu mindestens 90% aufhebt, und/oder
- die Flüssigkristallschicht (3) weist in der ersten Betriebsart B1 ihr Transmissionsmaximum in einem Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht (3) liegt, auf, so dass die Beeinflussung der Polarisation des durchdringenden Lichtes aufgrund der Flüssigkristallschicht (3) für unter dem besagten Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht (3) liegt, einfallende Lichtstrahlen maximal ist.
- 5
- 10 2. Schaltbarer Lichtfilter (5), nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- in einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld (EF1) anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches parallel zur ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilter (5) einfällt, zu mindestens 24% transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem ersten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer ersten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter (5) einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird,
 - in einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das zweite elektrische Feld (EF2) anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches parallel zu der ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilter (5) einfällt, zu mindestens 24% transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem zweiten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer zweiten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter (5) einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, wobei die erste und die zweite Ebene sich in einem Winkel von 80° bis 100° schneiden, so dass sich die Richtungen der Absorption für die erste Betriebsart B1 und die zweite Betriebsart B2 um jeweils 80° bis 100° unterscheiden.
- 15
- 20
- 25
- 30 3. Schaltbarer Lichtfilter (5a), umfassend
- ein erstes optisches Element (1a), welches
 - eine Vielzahl an Licht absorbierenden Übergangsdipolmomenten, die in Form von Molekülen und/oder in Form eines oder mehrerer dichroitische Farbstoffe ausgebildet sind, umfasst,

- wobei die Mehrzahl aus der Vielzahl der Übergangsdipolmomente mindestens in einem ersten Zustand mit einer Toleranz von maximal 20° parallel zu einer für das erste optische Element (1a) wählbaren ersten Vorzugsrichtung ausgerichtet ist oder um diese herum variiert,
- 5 • so dass Licht, welches in das erste optische Element (1a) einfällt, in Abhängigkeit von seinem Polarisationszustand und von seiner Einfallrichtung gegenüber dem ersten optischen Element (1a) und transmittiert oder mindestens teilweise absorbiert wird,
- wobei die Übergangsdipolmomente in eine Flüssigkristallschicht (3a) 10 eingebettet sind, so dass die Übergangsdipolmomente in ihrer Ausrichtung und/oder ihrem Betrag zwischen dem ersten und mindestens einem zweiten Zustand variiert werden können, um das erste optische Element (1a) alternativ in mindestens zwei verschiedene Zustände versetzen zu können,
 - Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes 15 (EF1) oder eines zweiten elektrischen Feldes (EF2), wobei für das erste optische Element (1a) der erste Zustand durch Anlegen des ersten elektrischen Feldes (EF1) und der zweite Zustand durch Anlegen des zweiten elektrischen Feldes (EF2) erzeugt wird, so dass sich die Transmissionseigenschaften des schaltbaren Lichtfilters (5a) zwischen einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste 20 elektrische Feld (EF1) anliegt, und einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das erste elektrische Feld (EF2) anliegt, unterscheiden,
 - dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der folgenden Maßnahmen im schaltbaren Lichtfilter (5a) umgesetzt sind:
 - der schaltbare Lichtfilter (5a) umfasst weiterhin ein negativ dispersives 25 optisches Element, oder mehrere optische Elemente, die in der Zusammenwirkung wie ein negativ dispersives optisches Element wirken, so dass Farbverschiebungen des den schaltbaren Lichtfilter (5a) durchdringenden Lichtes mindestens teilweise kompensiert werden, und/oder
 - die Flüssigkristallschicht (3a) umfasst mindestens eine TN-Zelle sowie einen 30 Verzögerungsfilm, wobei der besagte Verzögerungsfilm die in der ersten Betriebsart B1 durch die TN-Zelle durchgeführte Polarisationsänderung für den schaltbaren Lichtfilter (5a) durchdringendes Licht zu mindestens 90% aufhebt, und/oder
 - die Flüssigkristallschicht (3a) weist in der ersten Betriebsart B1 ihr 35 Transmissionsmaximum in einem Winkel, der zwischen 20° und 80° zu

- 5 Flächennormalen der Flüssigkristallschicht (3a) liegt, auf, so dass die Beeinflussung der Polarisation des den schaltbaren Lichtfilter (5a) durchdringenden Lichtes aufgrund der Flüssigkristallschicht (3a) für unter dem besagten Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht (3a) liegt, einfallende Lichtstrahlen maximal ist.
4. Schaltbarer Lichtfilter (5a) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- in einer ersten Betriebsart B1, in welcher das erste elektrische Feld (EF1) anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches parallel zur ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilter (5) einfällt, zu mindestens 24%
10 transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem ersten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer ersten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter (5a) einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird,
 - in einer zweiten Betriebsart B2, in welcher das zweite elektrische Feld (EF2)
15 anliegt, einerseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches parallel zu der ersten Vorzugsrichtung in den schaltbaren Lichtfilters (5a) einfällt, zu mindestens 24% transmittiert und andererseits linear oder elliptisch polarisiertes Licht, welches in mindestens einem zweiten Winkel von mehr als 35° zu der ersten Vorzugsrichtung, der in einer zweiten Ebene liegt, in den schaltbaren Lichtfilter (5a)
20 einfällt, zu mindestens 85% absorbiert wird, wobei die erste und die zweite Ebene sich in einem Winkel von 80° bis 100° schneiden, so dass sich die Richtungen der Absorption für die erste Betriebsart B1 und die zweite Betriebsart B2 um jeweils 80° bis 100° unterscheiden.
5. Schaltbarer Lichtfilter (5, 5a), nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige Flüssigkristallschicht (3, 3a) und/oder die Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes (EF1) oder eines zweiten elektrischen Feldes (EF2) in mehrere, separat schaltbare Segmente unterteilt ist, so dass eine lokale Umschaltbarkeit zwischen den jeweils möglichen Betriebsarten ermöglicht wird.
- 30 6. Schaltbarer Lichtfilter (5, 5a), nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur wahlweisen Erzeugung mindestens eines ersten elektrischen Feldes (EF1) oder eines zweiten elektrischen Feldes (EF2) wahlweise weitere elektrische Felder (EF3, EF4, ...) erzeugen können, so dass für

die Flüssigkristallschicht (3, 3a) dritte, vierte und ggf. weitere Zustände erzeugt werden können.

7. Beleuchtungseinrichtung für einen Bildschirm, die in mindestens zwei Betriebsarten BE1 für einen freien Sichtmodus und BE2 für einen eingeschränkten Sichtmodus, in welchem Licht in einen gegenüber dem freien Sichtmodus eingeschränkten Winkelbereich abgestrahlt wird, betrieben werden kann, umfassend
- eine flächenartig ausgedehnte Hintergrundbeleuchtung, die einen Lichtfilter (5) nach Anspruch 1 oder 2, oder einen Lichtfilter (5, 5a) nach einem der Ansprüche 3 bis 6 enthält und Licht abstrahlt,
 - einen in Betrachtungsrichtung vor der Hintergrundbeleuchtung gelegenen, plattenförmigen Lichtleiter, welcher auf mindestens einer der Großflächen und / oder innerhalb seines Volumens Auskoppellelemente aufweist,
 - seitlich an mindestens einer Schmalseite des Lichtleiters angeordnete Leuchtmittel, und
 - einen in Betrachtungsrichtung vor der Hintergrundbeleuchtung oder vor dem Lichtleiter angeordneten linearen Polarisationsfilter, wodurch Licht, welches von der Hintergrundbeleuchtung ausgeht und den linearen Polarisationsfilter durchdringt, in seinen Ausbreitungsrichtungen eingeschränkt wird,
- 20 – wobei in der Betriebsart BE2 die Hintergrundbeleuchtung ein- und die Leuchtmittel ausgeschaltet sind, und wobei in der Betriebsart BE1 mindestens die Leuchtmittel eingeschaltet sind.
8. Bildschirm, der in mindestens zwei Betriebsarten BB1 für einen freien Sichtmodus und BB2 für einen eingeschränkten Sichtmodus, in welchem Licht in einen gegenüber dem freien Sichtmodus für einen Betrachter eingeschränkten Blickwinkelbereich abgestrahlt wird, betrieben werden kann, umfassend
- eine flächenartig ausgedehnte Hintergrundbeleuchtung, die einen Lichtfilter (5) nach Anspruch 1 oder 2 oder einen Lichtfilter (5, 5a) nach einem der Ansprüche 3 bis 6 enthält und Licht abstrahlt, und die optional direkt leuchtend aufgebaut ist,
 - einen in Betrachtungsrichtung vor der Hintergrundbeleuchtung angeordneten linearen Polarisationsfilter, wodurch Licht, welches von der Hintergrundbeleuchtung ausgeht und den linearen Polarisationsfilter durchdringt, in seinen Ausbreitungsrichtungen eingeschränkt wird, und

- eine transmissive Bildwiedergabeeinrichtung, welche in Betrachtungsrichtung vor dem Lichtleiter angeordnet ist, und nahe derer oder bevorzugt in welcher der lineare Polarisationsfilter angeordnet ist,
 - wobei in der Betriebsart BB2 das zweite elektrische Feld (EF2) und wobei in der Betriebsart BB1 das erste elektrische Feld (EF1) anliegt.
- 5
9. Bildschirm nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der lineare Polarisationsfilter in der transmissiven Bildwiedergabeeinrichtung angeordnet ist oder ein Teil von ihr ist.
10. Bildschirm, der in mindestens zwei Betriebsarten BB1 für einen freien Sichtmodus und BB2 für einen eingeschränkten Sichtmodus, in welchem Licht in einen gegenüber dem freien Sichtmodus für einen Betrachter eingeschränkten Blickwinkelbereich abgestrahlt wird, betrieben werden kann, umfassend
- eine Bildwiedergabeeinrichtung,
 - in Betrachtungsrichtung vor der Bildwiedergabeeinrichtung einen Lichtfilter (5) nach Anspruch 1 oder 2 oder einen Lichtfilter (5, 5a) nach einem Ansprüche 3 bis 6,
 - wobei in der Betriebsart BB2 das zweite elektrische Feld (EF2) und wobei in der Betriebsart BB1 das erste elektrische Feld (EF1) anliegt.
- 15

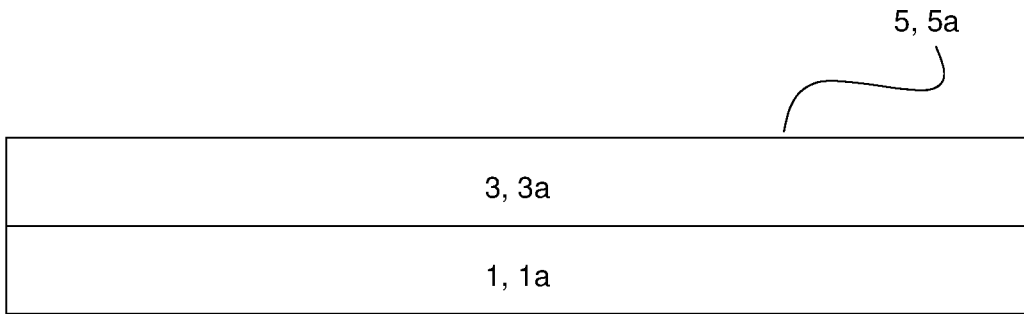


Fig.1

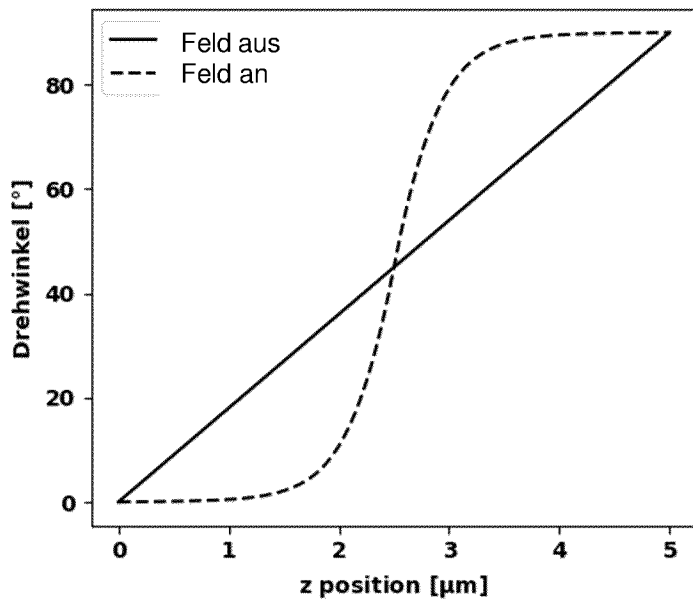


Fig. 2a

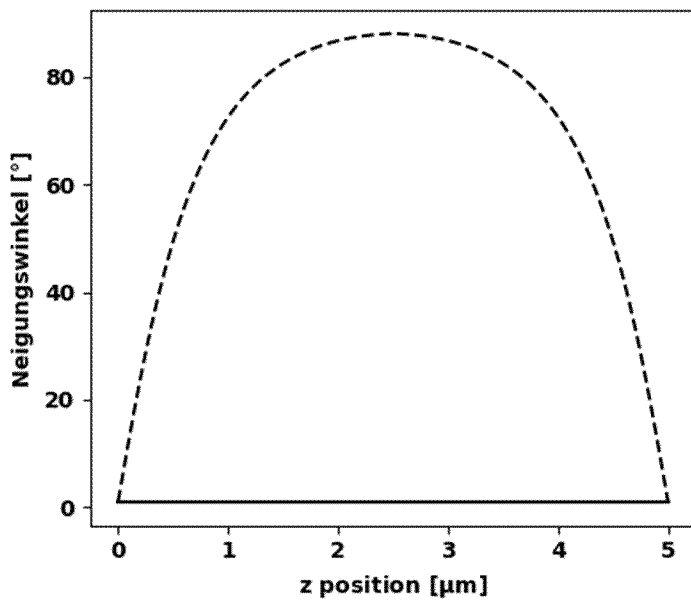


Fig.2b

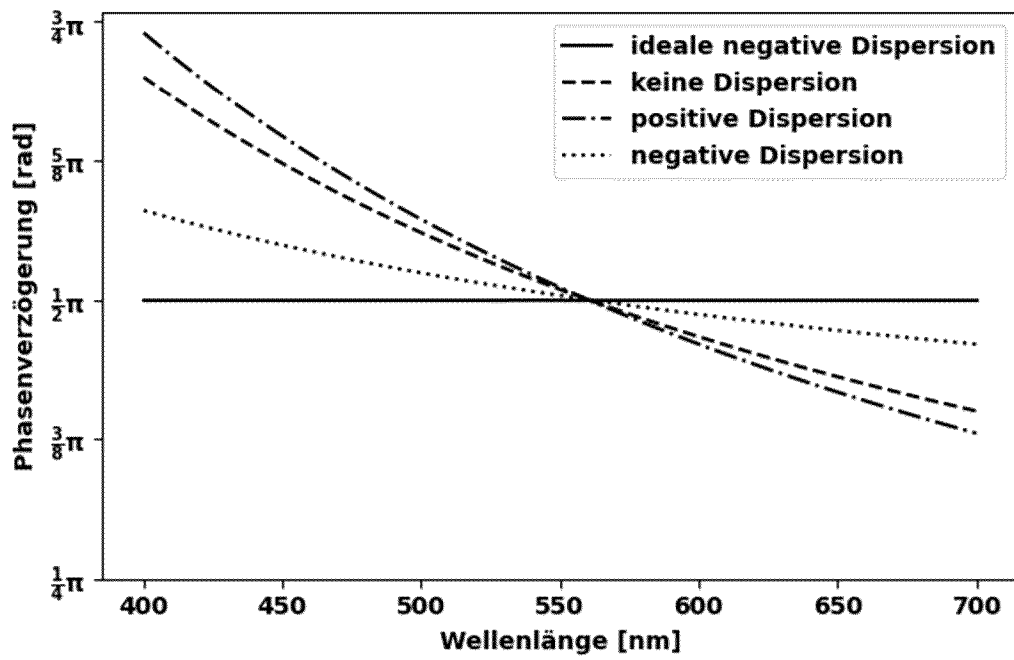
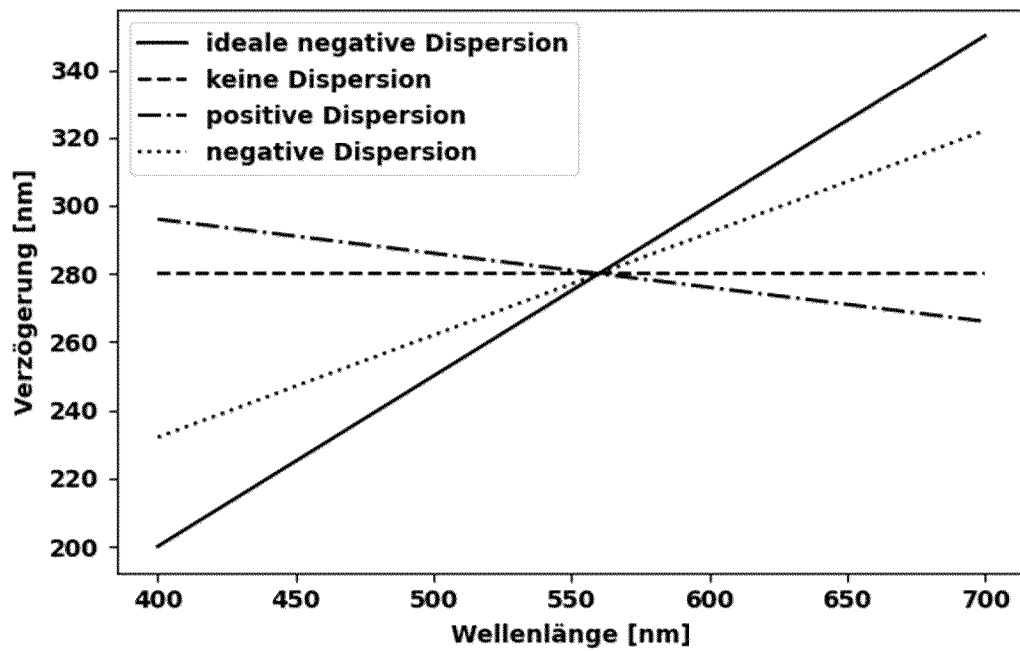


Fig.3a



5 Fig.3b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/062680

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02F 1/13</i> (2006.01)i; <i>G02F 1/13363</i> (2006.01)i; <i>G02F 1/137</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G02F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012033583 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]; SAHOUBANI HASSAN [US] ET AL.) 15 March 2012 (2012-03-15) cited in the application figures 3, 4A, 4B and the associated text passages	1-10
X	US 2023037017 A1 (YAMADA NAOYOSHI [JP] ET AL) 02 February 2023 (2023-02-02)	1-6, 10
Y	figure 8 and the associated text passages	7-9
Y	US 2022236595 A1 (DONG QIANG [CN] ET AL) 28 July 2022 (2022-07-28) figures 1, 16, 19 and the associated text passages	7-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 August 2024		Date of mailing of the international search report 25 October 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Lüssem, Georg Telephone No.

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1-10 (in part)

A switchable light filter according to the features of the preamble of claim 1, or the features of the preamble of claim 3, wherein the switchable light filter also comprises a negatively dispersive optical element, or a plurality of optical elements that, in combination, act as a negatively dispersive optical element, so that colour shifts in the light passing through the switchable light filter are at least partially compensated (first option in claim 1 or claim 3).

2. Claims: 1-10 (in part)

A switchable light filter according to the features of the preamble of claim 1, or the features of the preamble of claim 3, wherein the liquid crystal layer comprises at least one TN cell and a retardation film, wherein said retardation film cancels at least 90% of the polarisation change caused by the TN cell in the first operating mode for light passing through the switchable light filter (second option in claim 1 or claim 3).

3. Claims: 1-10 (in part)

A switchable light filter according to the features of the preamble of claim 1, or the features of the preamble of claim 3, wherein, in the first operating mode B1, the liquid crystal layer has its transmission maximum at an angle of between 20° and 80° relative to the surface normal of the liquid crystal layer so that the effect of the liquid crystal layer on the polarisation of the light passing through the switchable light filter is maximised for light beams incident at said angle, which is between 20° and 80° relative to the surface normal of the liquid crystal layer (third option in claim 1 or claim 3).

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **1-10 (in part)**

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
 - The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
 - No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/EP2024/062680

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2012033583	A1	15 March 2012	CN	103097951	A	08 May 2013
				EP	2614404	A1	17 July 2013
				JP	2013541727	A	14 November 2013
				US	2013162924	A1	27 June 2013
				WO	2012033583	A1	15 March 2012
				-----	-----	-----	-----
US	2023037017	A1	02 February 2023	CN	115210616	A	18 October 2022
				JP	7377947	B2	10 November 2023
				JP	WO2021177308	A1	10 September 2021
				US	2023037017	A1	02 February 2023
				WO	2021177308	A1	10 September 2021
				-----	-----	-----	-----
US	2022236595	A1	28 July 2022	CN	114253012	A	29 March 2022
				US	2022236595	A1	28 July 2022
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung;; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-10 (teilweise)

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/062680

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G02F1/13 G02F1/13363 G02F1/137
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2012/033583 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]; SAHOUANI HASSAN [US] ET AL.) 15. März 2012 (2012-03-15) in der Anmeldung erwähnt Abbildungen 3, 4A, 4B and the associated text passages -----	1 - 10
X	US 2023/037017 A1 (YAMADA NAOYOSHI [JP] ET AL) 2. Februar 2023 (2023-02-02)	1 - 6, 10
Y	Abbildung 8 and the associated text passages -----	7 - 9
Y	US 2022/236595 A1 (DONG QIANG [CN] ET AL) 28. Juli 2022 (2022-07-28) Abbildungen 1, 16, 19 and the associated text passages -----	7 - 9

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. August 2024	25/10/2024

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Lüssem, Georg
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/062680

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012033583 A1	15-03-2012	CN 103097951 A	08-05-2013
		EP 2614404 A1	17-07-2013
		JP 2013541727 A	14-11-2013
		US 2013162924 A1	27-06-2013
		WO 2012033583 A1	15-03-2012

US 2023037017 A1	02-02-2023	CN 115210616 A	18-10-2022
		JP 7377947 B2	10-11-2023
		JP WO2021177308 A1	10-09-2021
		US 2023037017 A1	02-02-2023
		WO 2021177308 A1	10-09-2021

US 2022236595 A1	28-07-2022	CN 114253012 A	29-03-2022
		US 2022236595 A1	28-07-2022

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-10 (teilweise)

Schaltbarer Lichtfilter gemäß den Merkmalen der Präambel des Anspruchs 1, bzw. den Merkmalen der Präambel des Anspruchs 3, wobei der schaltbare Lichtfilter weiterhin ein negativ dispersives optisches Element, oder mehrere optische Elemente, die in der Zusammenwirkung wie ein negativ dispersives optisches Element wirken, umfasst, so dass Farbverschiebungen des durch den schaltbaren Lichtfilter durchdringenden Lichtes mindestens teilweise kompensiert werden (erste Option in Anspruch 1 bzw. Anspruch 3).

2. Ansprüche: 1-10 (teilweise)

Schaltbarer Lichtfilter gemäß den Merkmalen der Präambel des Anspruchs 1, bzw. den Merkmalen der Präambel des Anspruchs 3, wobei die Flüssigkristallschicht mindestens eine TN-Zelle sowie einen Verzögerungsfilm umfasst, wobei der besagte Verzögerungsfilm die in der ersten Betriebsart B1 durch die TN-Zelle durchgeführte Polarisationsänderung für den schaltbaren Lichtfilter durchdringendes Licht zu mindestens 90% aufhebt (zweite Option in Anspruch 1 bzw. Anspruch 3).

3. Ansprüche: 1-10 (teilweise)

Schaltbarer Lichtfilter gemäß den Merkmalen der Präambel des Anspruchs 1, bzw. den Merkmalen der Präambel des Anspruchs 3, wobei die Flüssigkristallschicht in der ersten Betriebsart B1 ihr Transmissionsmaximum in einem Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht liegt, aufweist, so dass die Beeinflussung der Polarisation des durch den schaltbaren Lichtfilter durchdringenden Lichtes aufgrund der Flüssigkristallschicht für unter dem besagten Winkel, der zwischen 20° und 80° zu Flächennormalen der Flüssigkristallschicht liegt, einfallende Lichtstrahlen maximal ist (dritte Option in Anspruch 1 bzw. Anspruch 3).
