



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 020 770 B3 2009.10.29

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 020 770.5

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: B44F 1/12 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 21.04.2008

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 29.10.2009

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Bundesdruckerei GmbH, 10969 Berlin, DE

(74) Vertreter:

Patentanwälte Bressel und Partner, 12489 Berlin

(72) Erfinder:

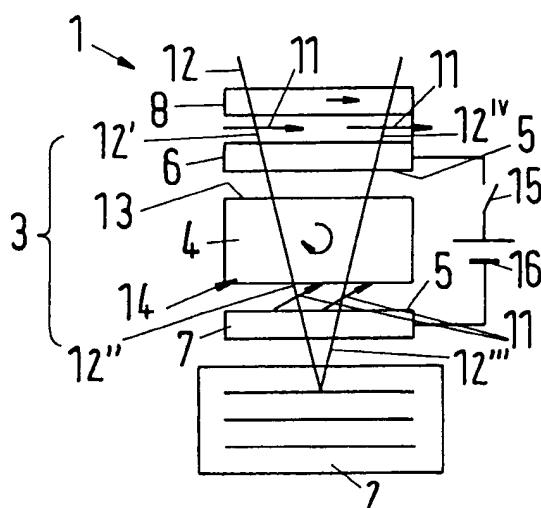
Leopold, André, Dr., 10119 Berlin, DE; Fischer, Jörg, 13053 Berlin, DE; Paeschke, Manfred, Dr., 16348 Wandlitz, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US	59 42 157	A
EP	05 25 478	B1
DE	10 2005 031448	A1
DE	20 2007 006796	U1
EP	08 96 260	A2
WO	2007/0 42 176	A1
WO	00/62 104	A1
US	68 21 457	B1
US	59 42 157	A
EP	05 25 478	B1
DE	10 2005 031448	A1

(54) Bezeichnung: Sicherheitselement mit einem elektrisch stimulierbaren polarisationsabhängigen Volumenhologramm und Verfahren zu dessen Herstellung

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement (1) und ein Verfahren zu dessen Herstellung, wobei das Sicherheitselement ein elektrisch stimulierbares polarisationsabhängiges Volumenhologramm umfasst. Ein Sicherheitselement (1) umfasst mindestens eine Flüssigkristallzelle (3), welche zwischen zwei einander gegenüberliegend angeordneten Ausrichtungsschichten (5) angeordnete Flüssigkristalle (4) umfasst, wobei die den Flüssigkristallen (4) zugewandten Oberflächen der Ausrichtungsschichten (5) so beschaffen sind, dass sich die Flüssigkristalle (4) in einem feldfreien Grundzustand helixartig ausrichten, wobei der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) zwei Elektroden (6, 7) zugeordnet sind, zwischen denen ein elektrisches Feld anlegbar ist, bei dessen Existenz ein Umschaltzustand eintritt, bei dem sich die Flüssigkristalle (4) umorientieren und auf einer Lichteinfallseite (13) der Flüssigkristalle (4) der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) ein Polarisationsfilter (8) angeordnet ist, wobei auf einer der Lichteinfallseite (13) gegenüberliegenden Lichtausfallseite (14) der Flüssigkristalle (4) der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) mindestens ein Hologramm (2) angeordnet ist, dessen Rekonstruktion von einem Polarisationszustand des Lichts (9, 10, 12) abhängig ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Sicherheitselemente, die ein elektrisch stimulierbares Hologramm umfassen sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung. Die Sicherheitselemente dienen dazu, ein Sicherheits- und/oder Wertdokument gegen Fälschung und/oder Kopieren zu sichern. Eine Art von Sicherheitselementen umfasst Volumenhologramme. In einem Volumenhologramm sind Informationen gespeichert, die oftmals auch individualisierende Angaben, beispielsweise Seriennummern, Ausweisnummern, biometrische Daten, geografische Daten, Bilder (Passbilder), usw., enthalten. Diese Informationen können in Klarschrift bzw. Bildform oder optisch codiert bzw. maschinenlesbar in dem Hologramm gespeichert sein.

**[0002]** Ein mögliches Verfahren zur Herstellung von Hologrammen mit individualisierenden Angaben ist beispielsweise in der Literaturstelle EP 0 896 260 A2 beschrieben. Die Grundzüge werden im Folgenden kurz erläutert. Zunächst wird ein Hologramm master, der als Hologramm ausgebildet ist, hergestellt. Dann wird der Hologramm master hinter ein holografisches Aufzeichnungsmaterial positioniert, beispielsweise in flächigen Kontakt, gegebenenfalls getrennt durch eine Schutzfolie. Kohärentes Licht, beispielsweise aus einem Laser, wird auf die dem Hologramm master abgewandte Seite des holografischen Aufzeichnungsmaterials eingestrahlt, typischerweise mit definierter Wellenlänge und definiertem Inzidenzwinkel, gegebenenfalls nach Maßgabe des vom Hologramm master zu rekonstruierenden holografischen Musters. Es durchdringt das holografische Aufzeichnungsmaterial und wird vom Hologramm master gebucht bzw. reflektiert, wobei sich das Hologramm durch Interferenz mit dem einfallenden Licht in dem holografischen Aufzeichnungsmaterial abbildet und durch photochemische oder photophysikalische Prozesse im holografischen Aufzeichnungsmaterial speichert. Dabei kann der Hologramm master so ausgelegt sein, dass er für mehrere Wellenlängen empfindlich ist und diese entsprechend beugt bzw. reflektiert. Auch andere geometrische Anordnungen als die hier Beschriebene sind möglich.

**[0003]** Ferner kann ein solches Kontaktkopierverfahren auch mit Hologramm masters ausgeführt werden, die kein Hologramm sind. Solche Hologramm masters können beispielsweise eine sägezahnartige oder schuppenartige Struktur aufweisen, wie sie aus der DE 20 2007 006 796 U1 bekannt sind.

**[0004]** Eine Individualisierung des Hologramms kann über eine Modulation des verwendeten Lichts erfolgen. Aus der Praxis sind Spatial Light Modulatoren in Form von Liquid Crystal Displays (LCD) bekannt. Die Funktionsweise ähnelt hierbei einer Projektion eines Dias, wobei der Spatial Light Modulator

anstelle des Dias tritt. Aus der Praxis sind des weiteren digitale Projektoren bekannt, die beispielsweise einen Digital Micro Mirror Device (DMD) oder einen Liquid Crystal on Silicon (LCoS) als Spatial Light Modulator umfassen.

**[0005]** Alternativ kann eine Individualisierung über individuell bedruckte Folien vorgenommen werden, die ähnlich zu einem Diapositiv in dem Strahlengang des kohärenten Lichts, ggf. auch innig mit dem holografischen Material verbunden, angeordnet werden.

**[0006]** Eine Belichtung des Hologramms kann mit Licht einer Wellenlänge (einfarbig) oder mit unterschiedlichen Wellenlängen (farbig) erfolgen. Hierbei können in den unterschiedlichen Wellenlängen unterschiedliche Individualisierungsmuster in das Hologramm gespeichert werden.

**[0007]** Um eine Fälschungssicherheit und/oder Manipulationssicherheit von Sicherheitselementen mit einem Volumenhologramm weiter zu steigern, sind Sicherheitselemente bekannt, die eine veränderte optische Rekonstruktion bei Einwirkung einer externen Anregung aufweisen. In der WO 2007/042176 A1 ist beispielsweise ein interaktives Sicherheitselement beschrieben, dass mindestens ein Volumenhologramm umfasst. Das Volumenhologramm reagiert auf mindestens eine äußere Anregung und zeigt einen definierten optischen Effekt in Form einer Abbildung, wobei der optische Effekt in Form der Abbildung vorzugsweise für unterschiedliche Betrachtungswinkel unterschiedlich ist und die unterschiedlichen Abbildungen zumindest dann beobachtbar sind, wenn die externe Anregung angewendet worden ist. Ferner sind ein Verfahren zur Verifikation des interaktiven Sicherheitselemente sowie eine Anwendung als öffentliches Merkmal für Sicherheitsprodukte, beispielsweise Banknoten, Reisepässe, Identifikationsdokumente, Eintrittskarten, usw., beschrieben.

**[0008]** Aus der WO 00/62104 A1 sind ein System und ein Verfahren zur Modulation einer Lichtintensität bekannt. Beschrieben ist ein Lichtintensitätsmodulator, der ein Hologramm verwendet. Bei einer Ausführungsform umfasst der Lichtintensitätsmodulator einen elektrischen Schaltkreis und ein holografisches optisches Element, welches ein Hologramm umfasst. Das holografische optische Element ist elektrisch mit einer variablen Spannung verknüpft und empfängt diese, die von dem elektrischen Schaltkreis erzeugt ist. Zusätzlich empfängt das holografische optische Element einfallendes Licht einer Lichtquelle. Das holografische optische Element empfängt und beugt das einfallende Licht, um erstes und zweites Ausgabelight zu erzeugen. Eine Intensität des ersten Ausgabelichts variiert direkt mit einer Größe der Spannung. Das erste und zweite Ausgabelight schließen einen von Null verschiedenen Winkel zwischen einander ein. Bei dem beschriebenen System wird beim

Anlegen einer Wechselspannung ein Brechungsin-  
dex in einem polymerdispergierten Flüssigkristall ver-  
ändert.

**[0009]** Aus der US 6,821,457 B1 ist ein photopolymerisierbares Material bekannt, welches eine Einschrittaufzeichnung eines Volumenhologramms gestattet, dessen Eigenschaften elektrisch gesteuert werden können. Ein polymerdispergiertes Flüssigkristall umfasst eine homogene Mischung aus einem nematischen Flüssigkristall und einem multifunktionalen Pentaacrylmonomer in Kombination mit einem Photoinitiator, Co-Initiator und einem Vernetzungsmittel. Das vorgeschlagene Material kann ein Interferenzmuster als Hologramm speichern. Hierbei werden deutlich getrennte Flüssigkristalldomänen und ausgehärtete Polymerdomänen geschaffen. Volumentransmissionsgitter, die mit dem neuen Material hergestellt sind, können elektrisch zwischen einer nahezu hundertprozentigen Beugungseffizienz und einer nahezu nullprozentigen Beugungseffizienz geschaltet werden.

**[0010]** Aus der US 5,942,157 A ist ein ebensolches photopolymerisierbares Material bekannt.

**[0011]** Aus der EP 0 525 478 B1 sind Flüssigkristallzellen aus einem Flüssigkristall bekannt, der zwischen zwei mit Ansteuerelektroden versehenen Substratplatten angeordnet ist. In den Flüssigkristallzellen besteht die Orientierungsschicht auf den mit den Elektroden versehenen Innenseiten der Platten aus einer orientierten Photopolymerschicht. Diese Schicht wird dadurch gebildet, dass photopolymerisierbares Material mit linear polarisiertem Licht bestrahlt wird.

**[0012]** Aus der DE 10 2005 031 448 A1 ist eine aktivierbare optische Schicht bekannt. Es wird ein Mehrschichtkörper mit einem optisch wirksamen ersten Schichtsystem beschrieben, wobei es sich bei dem ersten Schichtsystem um ein optisch variables Element handelt und die optische Wirkung des ersten Schichtsystems durch ein elektrisch steuerbares zweites Schichtsystem beeinflussbar ist.

**[0013]** Die bekannten Sicherheitselemente und/oder -materialien gestatten es zwar, elektrisch stimulierbare Hologramme herzustellen, jedoch lassen sich insbesondere komplizierte holografische Strukturen, die gegebenenfalls eine Mehrfachbelichtung eines holografischen Aufzeichnungsmaterials erfordern, nicht realisieren.

#### Technisches Problem der Erfindung

**[0014]** Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein verbessertes Sicherheitselement oder ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselementes zu schaffen, welches über eine

angelegte Spannung stimulierbar ist, um einen optisch wahrnehmbaren Effekt auszulösen, wobei nicht speziell an eine elektrische Stimulation angepasste Volumenhologramme verwendet werden können.

#### Definitionen

**[0015]** Ein Sicherheitselement ist eine bauliche Einheit, die zumindest ein Sicherheitsmerkmal umfasst. Ein Sicherheitselement kann eine selbstständige bauliche Einheit sein, die mit einem Sicherheits- und/oder Wertdokument verbunden, beispielsweise verklebt werden kann, es kann sich aber auch um einen integralen Bestandteil eines Sicherheits- und/oder Wertdokumentes handeln. Ein Beispiel für Erstes ist ein auf ein Sicherheits- und/oder Wertdokument aufklebbares Visum. Ein Beispiel für Letzteres ist ein in einen Geldschein oder einen Ausweis integriertes, beispielsweise einlaminiertes Hologramm.

**[0016]** Ein Sicherheitsmerkmal ist eine Struktur, die nur mit (gegenüber einfachem Kopieren) erhöhtem Aufwand oder gar nicht unautorisiert herstellbar bzw. reproduzierbar ist.

**[0017]** Ein Muster besteht typischerweise aus einer Vielzahl nebeneinander angeordneter Mustereinheiten bzw. Pixel. Die Mustereinheiten bzw. Pixel eines Musters sind einander zugeordnet und in definierter Weise lateral zueinander angeordnet, typischerweise in zwei Raumdimensionen. Die Mustereinheiten sind in der Regel gleich beschaffen. Sie können jedoch auch unterschiedlich, beispielsweise unterschiedlich groß oder unregelmäßig angeordnet, sein.

**[0018]** Als Sicherheits- und/oder Wertdokumente seien lediglich beispielhaft genannt: Personalausweise, Reisepässe, ID-Karten, Zugangskontrollausweise, Visa, Steuerzeichen, Tickets, Führerscheine, Kraftfahrzeugpapiere, Banknoten, Schecks, Postwertzeichen, Kreditkarten, Bankkarten, beliebige Chipkarten und Haftetiketten (z. B. zur Produktsicherung). Solche Sicherheits- und/oder Wertdokumente weisen typischerweise mindestens ein Substrat, mindestens eine Druckschicht und optional eine transparente Deckschicht auf. Ein Substrat ist eine Trägerstruktur, auf welche die Druckschicht mit Informationen, Bildern, Mustern und dergleichen aufgebracht wird. Als Materialien für ein Substrat kommen alle fachüblichen Werkstoffe auf Papier- und/oder Kunststoffbasis in Frage.

**[0019]** Ein Spatial Light Modulator (SLM) erlaubt eine zweidimensional ortsaufgelöste Beleuchtung bzw. Bestrahlung eines meist flächigen Gegenstandes mit modulierter Intensität und/oder Phase. Hierbei kann es sich beispielsweise um einen DMD (Digital Micro Mirror Device) Chip, ein LCD (Liquid Crystal Display) Transmissionsdisplay oder ein LCoS (Liquid Crystal on Silicon) Display handeln. Allen ist gemein-

sam, dass eine Vielzahl von SLM-Pixeln gebildet ist, wobei jedes SLM-Pixel unabhängig von anderen SLM-Pixeln aktivierbar oder deaktivierbar ist (auch Zwischenstufen sind möglich), wodurch durch entsprechende Ansteuerung der SLM-Pixel sich Muster oder Bilder projizieren lassen. Durch die freie Ansteuerbarkeit können auch ohne weiteres verschiedene Bilder oder Muster in zeitlicher Folge hintereinander generiert werden, beispielsweise in Form eines Passfotos.

**[0020]** Ein Code bzw. Muster ist individualisierend, wenn er einzigartig für eine Person oder einen Gegenstand oder eine Gruppe von Personen oder Gegenständen aus einer größeren Gesamtmenge an Personen oder Gegenständen ist. Ein für eine Gruppe von Personen innerhalb der Gesamtmenge der Einwohner eines Landes individualisierender Code ist beispielsweise die Stadt des Wohnortes. Ein für eine Person individualisierender Code ist beispielsweise das Passbild. Eine Seriennummer eines Ausweises ist hingegen für diesen ein individualisierendes Merkmal. Ein für eine Gruppe von Geldscheinen innerhalb der Gesamtmenge der Geldscheine individualisierender Code ist die Wertigkeit. Für einen Geldschein individualisierend ist die Seriennummer. Beispiele für nicht individualisierende Codes bzw. Muster sind Wappen, Siegel, Hoheitszeichen, etc. für Sicherheit oder Wertdokumente eines Hoheitsgebiets. Als personalisierende Informationen werden solche angesehen, die einer Person zuordenbare Informationen umfassen. Diese können beispielsweise Bildinformationen, beispielsweise ein Passbild, ein Fingerabdruck usw., oder alphanumerische Zeichenfolgen, wie einen Namen, eine Adresse, einen Wohnort, ein Geburtsdatum usw., umfassen.

**[0021]** Ein holografisches Aufzeichnungsmaterial ist eine Schicht aus einem Material, welches photosensitiv ist, und in welcher sich Holografien durch irreversible, aber auch reversible photochemische und/oder photophysikalische Prozesse im Wege der Belichtung speichern lassen. Alle bekannten Materialien können eingesetzt werden, so dass auf die Fachliteratur des Durchschnittsfachmannes verwiesen werden kann. Lediglich beispielhaft seien die in der Holografie üblichen Photopolymere genannt.

**[0022]** Der Begriff der Farbe wird im Rahmen der Erfindung als eine Wellenlänge oder ein eng begrenztes Wellenlängenintervall bzw. eine Spektrallinie verstanden. Mischfarben weisen mehrere verschiedene Wellenlängen bzw. Spektrallinien auf. Der Begriff der Farbe umfasst daher neben dem sichtbaren Bereich auch UV und IR.

**[0023]** Flüssigkristalle sind Substanzen, die in einer Phase vorliegen, welche zum einen fluide Eigenschaften wie eine Flüssigkeit aufweist, andererseits jedoch optische Eigenschaften, beispielsweise eine

Doppelbrechung, aufweist, wie diese für Kristalle typisch sind.

**[0024]** Nematiche Flüssigkristalle sind jene, die in einer so genannten nematischen Phase vorliegen, bei der sich die einzelnen Moleküle (Flüssigkristalle) entlang ihrer Molekülachse ausrichten. Eine Unterform der nematischen Phase ist die cholesterische, die eine nematische Ordnung mit sich kontinuierlich drehender Vorzugsorientierung aufweist. Dies bedeutet, dass sich eine langreichweite helikale Überstruktur ergibt.

**[0025]** Als eine Flüssigkristallzelle wird eine funktionelle Einheit aufgefasst, die zwischen Ausrichtungsschichten angeordnete Flüssigkristalle sowie zugeordnete Elektroden umfasst, zwischen denen eine Spannung angelegt werden kann, so dass sich über das sich ergebende elektrische Feld eine Beeinflussung der kollektiven optischen Eigenschaften der Flüssigkristalle ergibt. Insbesondere kann eine Ausrichtung der Flüssigkristalle beeinflusst werden, welche einen Einfluss auf die polarisierenden Eigenschaften der Flüssigkristallzelle hat. Die Flüssigkristallzelle muss nicht als monolithische Baueinheit ausgeführt sein. Die einzelnen Bestandteile müssen nicht alle unmittelbar aneinander angrenzen. Zwischen einer oder beiden Elektroden und den Ausrichtungsschichten sowie den Flüssigkristallen können andere Elemente, die nicht zur Flüssigkristallzelle gehören, angeordnet sein.

**[0026]** Eine Ausrichtungsschicht ist eine Entität, die eine Ausrichtung von an diese Ausrichtungsschicht angrenzenden Flüssigkristallen beeinflusst. Die Ausrichtungsschicht kann eine speziell behandelte Oberfläche einer anderen baulichen Einheit, beispielsweise eines Substrats oder einer Elektrode sein.

Grundzüge der Erfindung und bevorzugte Ausführungsform

**[0027]** Die Erfindung schafft ein Sicherheitselement, umfassend mindestens eine Flüssigkristallzelle, welche zwischen zwei einander gegenüberliegend angeordneten Ausrichtungsschichten angeordnete Flüssigkristalle umfasst, wobei die den Flüssigkristallen zugewandten Oberflächen der Ausrichtungsschichten so beschaffen sind, dass sich die Flüssigkristalle, d. h. die Moleküle eines Flüssigkristallmediums, in einem feldfreien Grundzustand helixartig ausrichten, wobei der mindestens einen Flüssigkristallzelle zwei Elektroden zugeordnet sind, zwischen denen ein elektrisches Feld anlegbar ist, bei dessen Existenz ein Umschaltzustand eintritt, bei dem sich die Flüssigkristalle umorientieren, und auf einer Lichteinfallseite der Flüssigkristalle der mindestens einen Flüssigkristallzelle ein Polarisationsfilter angeordnet ist, wobei vorgesehen ist, auf einer der Lichteinfallseite gegenüberliegenden Lichtausfallsei-

te der Flüssigkristalle der mindestens einen Flüssigkeitskristallzelle mindestens ein Hologramm anzugeordnen, dessen Rekonstruktion von einem Polarisationszustand des zur Rekonstruktion verwendeten Lichts abhängig ist. Dies bedeutet, dass beispielsweise insbesondere eine Beugungseffizienz des Hologramms von einem Polarisationszustand des Lichts abhängig ist. Da die Flüssigkristallzelle eine Polarisationsrichtung des durchtretenden Lichts beeinflusst, kann über eine Änderung der optischen Eigenschaft der Flüssigkristallzelle eine Änderung der beobachtbaren und/oder nachweisbaren Rekonstruktion erreicht werden. Eine Flüssigkeitskristallzelle ist so ausgebildet, dass sie durch die Zelle hindurch tretendes polarisiertes Licht im feldfreien Grundzustand verändert. In dem Umschaltzustand richten sich die Flüssigkristalle (in der Regel Moleküle) parallel zu dem elektrischen Feld aus. In diesem Zustand kann das Licht durch die Flüssigkeitskristallzelle hindurchtreten, ohne dass dessen Polarisationszustand verändert wird. Ist das an einer Lichtausfallseite der Flüssigkristalle der Flüssigkeitskristallzelle angeordnete mindestens eine Hologramm so ausgebildet, dass dessen Beugungseffizienz von dem Polarisationswinkel des einfallenden Rekonstruktionslichts abhängig ist, so kann über eine Beeinflussung der Polarisierung des auftreffenden Lichts durch ein elektrisch induziertes Umschalten zwischen dem Grundzustand und dem Umschaltzustand eine Rekonstruktion des Hologramms elektrisch schaltend beeinflusst werden.

**[0028]** Hierbei wird eine Flüssigkeitskristallzelle vorteilhafterweise so ausgestaltet, dass linear polarisiertes Licht, welches auf der Lichteinfallseite in die Flüssigkristalle der Flüssigkeitskristallzelle einfällt, im Polarisationszustand so verändert wird, dass eine Polarisationsrichtung gemessen quer zur Ausbreitungsrichtung um einen Winkel von 90° oder 270° gedreht wird. Dies bedeutet, dass der elektrische Feldvektor des Lichts in der Flüssigkeitskristallzelle um 90° oder 270° gedreht wird. Es ergibt sich für den Fachmann, dass eine zusätzliche Drehung des elektrischen Feldvektors um ein Vielfaches von 180° jeweils im Wesentlichen dasselbe bewirkt. Da polarisationsabhängige Hologramme eine  $\cos^2\theta$ -Abhängigkeit vom Polarisationswinkel, gemessen in einer Ebene senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Lichts relativ zur Beugungsebene, aufweisen, wird durch eine Änderung der Polarisationsrichtung um 90°, 270° bei einer geeigneten Ausrichtung des Hologramms relativ zu der ursprünglichen Polarisationsrichtung des Lichts ein maximaler Unterschied bei der Beugungseffizienz optimalerweise zwischen null Prozent und einem Maximum, vorzugsweise von mehr als 90 Prozent, oder umgekehrt bewirkt. Wird durch den Polarisationsfilter vor der Lichteinfallseite der Flüssigkristalle der Flüssigkeitskristallzelle beispielsweise linear polarisiertes Licht erzeugt, so wird dessen elektrischer Vektor, d. h. die Polarisationsrichtung, um beispielsweise 270°

beim Durchtreten durch die Flüssigkristallzelle im Grundzustand gedreht. Das mindestens eine Hologramm ist nun vorzugsweise so ausgerichtet, dass es von diesem Licht optimal rekonstruiert wird, d. h. eine maximale Beugungseffizienz aufweist. Befindet sich die Flüssigkristallzelle hingegen im Umschaltzustand, so wird eine Polarisationsrichtung des linear polarisierten Lichts nicht verändert. Dies bedeutet, dass aus der Flüssigkristallzelle austretende Licht ist senkrecht polarisiert zu dem Licht, welches im Grundzustand aus der Flüssigkristallzelle austritt. Aufgrund der polarisationsabhängigen Rekonstruktion, welche einer  $\cos^2\theta$ -Abhängigkeit folgt, ist die Beugungseffizienz für dieses Licht minimal. Man erhält somit ein Sicherheitsmerkmal, bei dem die Rekonstruktion des Hologramms abhängig von dem Zustand der Flüssigkristallzelle des Sicherheitselements ist. Durch ein Anlegen einer geeigneten Spannung lässt sich somit ein einfach wahrnehmender optischer Effekt auslösen, der zur Verifikation hinsichtlich einer Echtheit und/oder einer Unversehrtheit des Sicherheitsmerkmals verwendet werden kann.

**[0029]** Grundsätzlich können auch andere als so genannte verdrillte nematische Flüssigkristallzellen (twisted nematic, TN), beispielsweise STN-Flüssigkristallzellen (Super-Twisted-Nematic, STN), DSTN-Flüssigkristallzellen (Double-Super-Twist-Nematic, DSTN), PDLC-Flüssigkristallzellen (Polymer-Dispersed-Liquid-Cristall, PDLC) usw. eingesetzt werden. Aufgrund der Polarisationsabhängigkeit des Volumenhologramms kann gegenüber den sonst üblichen Anordnungen jedoch auf einer Lichtausfallseite ein Polarisationsfilter eingespart werden.

**[0030]** Ein Verfahren zum Erzeugen eines Sicherheitselements sieht vor, dass mindestens eine Flüssigkristallzelle, welche zwischen zwei einander gegenüberliegend angeordneten Ausrichtungsschichten angeordnete Flüssigkristalle umfasst, wobei die den Flüssigkristallen zugewandten Oberflächen der Ausrichtungsschichten so beschaffen sind, dass sich die Flüssigkristalle in einem feldfreien Grundzustand helixartig ausrichten, und sich die Flüssigkristalle in einem ein elektrisches Feld aufweisenden Umschaltzustand umorientieren, zwischen zwei der mindestens einen Flüssigkristallzelle zugeordneten Elektroden angeordnet wird, zwischen denen das elektrische Feld zum Erzeugen des Umschaltzustands anlegbar ist, und vor einer Lichteinfallseite der Flüssigkristalle der Flüssigkristallzelle ein Polarisationsfilter angeordnet wird, wobei vorgesehen ist, dass auf einer Lichteinfallseite gegenüberliegenden Lichtausfallseite der Flüssigkristalle der mindestens einen Flüssigkristallzelle mindestens ein Hologramm angeordnet wird, dessen Rekonstruktion von einem Polarisationszustand des Lichts abhängig ist, wobei das mindestens eine Hologramm relativ zu dem Polarisationsfilter angepasst an die Flüssigkristallzelle ausgerichtet ist. Ein so hergestelltes Sicherheitsmerkmal

kann beispielsweise in ein Sicherheits- und/oder Wertdokument integriert werden, um dieses gegenüber Fälschungen zu sichern. Dieses kann beispielsweise durch ein Einlaminieren und/oder ein Aufkleben oder auf beliebig andere Art und Weise erfolgen. Formulierungen wie „vor der Lichteinfallseite“ oder „auf einer Lichteinfallseite gegenüberliegenden Lichtausfallseite der Flüssigkristalle der mindestens einen Flüssigkristallzelle“ sollen jeweils einen Bereich vor bzw. hinter der Lichteinfallseite bzw. Lichtausfallseite der Flüssigkristalle bezeichnen. Hierbei muss eine vor, hinter und/oder auf einer Lichteinfall oder einer Lichtausfallseite angeordnete Einheit nicht unmittelbar an die Flüssigkristalle angrenzen. Vielmehr können ein oder mehrere Elemente, beispielsweise eine Elektrode, zwischen den Flüssigkristallen und der entsprechenden Einheit angeordnet sein.

**[0031]** Die beschriebene Ausführungsform der Erfindung weist ein unterschiedliches Rekonstruktionsverhalten des Hologramms im Grundzustand und im Umschaltzustand der Flüssigkristallzelle auf, auch ohne dass zwischen der Lichtausfallseite der Flüssigkristalle der Flüssigkristallzelle und dem mindestens einen Hologramm ein Polarisationsfilter angeordnet ist, wie dies sonst bei handelsüblichen Flüssigkristallanzeigen üblich ist. Bei diesen ist vor der Lichteinfallseite der Flüssigkristalle der Flüssigkristallzelle und "hinter" der Lichtausfallseite der Flüssigkristalle der Flüssigkristallzelle jeweils ein Polarisationsfilter angeordnet. Diese sind zueinander in ausgewählter Weise orientiert. Bei einer Ausführungsform, bei der die Polarisationsfilter zueinander parallel ausgerichtet sind, wird Licht durch die Anordnung nur im Umschaltzustand transmittiert. Im Grundzustand hingegen tritt aus dem zweiten Polarisationsfilter kein Licht aus. Hierbei ist angenommen, dass die Polarisation des Lichts beim Durchtreten durch die Flüssigkristallzelle im Grundzustand um 90° gedreht wird. Sind die Polarisationsfilter hingegen zueinander gekreuzt, d. h. orthogonal orientiert, tritt durch die Anordnung aus Polarisationsfiltern und Flüssigkristallzelle im Grundzustand Licht aus und im Umschaltzustand hingegen keines. Die Anordnung nach dem Stand der Technik ist dann im Grundzustand transparent. Bei der beschriebenen Vorrichtung gemäß der Erfindung tritt hingegen in dem Falle, dass das Licht nicht für eine Rekonstruktion optimal oder korrekt polarisiert ist, Licht durch das mindestens eine Hologramm aus. Dies bedeutet aber zusätzlich auch, das Licht, welches nicht unter einem optimalen Rekonstruktionswinkel für das mindestens eine Hologramm auf dieses auftrifft, durch dieses hindurch tritt, so dass gegebenenfalls hinter dem mindestens einen Hologramm angeordnete Informationen, beispielsweise auf eine darunter liegende Schicht aufgedruckte Zeichen, Muster, Texte, usw., für einen Betrachter sichtbar sind.

**[0032]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform

ist somit das mindestens eine Hologramm relativ zu dem Polarisationsfilter so ausgerichtet und je mindestens eine Flüssigkristallzelle so ausgestaltet, dass das mindestens eine Hologramm in dem feldfreien Grundzustand der Flüssigkristallzelle eine maximale Beugungseffizienz und in dem Umschaltzustand der Flüssigkristallzelle eine minimale Beugungseffizienz aufweist. Eine andere Ausgestaltung sieht genau das Gegenteil vor, dass das mindestens eine Hologramm in dem feldfreien Grundzustand der Flüssigkristallzelle eine minimale Beugungseffizienz und in dem Umschaltzustand der Flüssigkristallzelle eine maximale Beugungseffizienz aufweist. Die Ausgestaltung der Flüssigkristallzelle legt beispielsweise fest, um welchen Betrag die Polarisationsrichtung des hindurchtretenden Lichts gedreht wird.

**[0033]** In dem mindestens einen Hologramm kann eine Reflexionshologrammstruktur oder eine Transmissionshologrammstruktur gespeichert sein. Es ist ebenfalls möglich, dass sowohl eine Reflexionshologrammstruktur als auch eine Transmissionshologrammstruktur in dem mindestens einen Hologramm gespeichert sind, die für gleiche und/oder unterschiedliche Polarisationsrichtungen eine maximale bzw. minimale Beugungseffizienz aufweisen. Darüber hinaus ist es möglich, holografische Strukturen, sowohl Reflexions- als auch Transmissionssstrukturen, in dem mindestens einen Hologramm zu speichern, die für unterschiedliche Wellenlängen rekonstruieren, d. h. unterschiedliche Wellenlängen beugen. Hierdurch wird es möglich, das mindestens eine Hologramm unterschiedlich auszustalten und eine Vielzahl von unterschiedlichen Sicherheitsmerkmalen in das mindestens eine Hologramm einzuspeichern.

**[0034]** Insbesondere kann das mindestens eine Hologramm eine Individualisierungsinformation eines oder mehrerer Individualisierungsmuster umfassen. Um auch eine über das Anlegen einer oder mehrerer elektrischer Spannungen eine Individualisierungsinformation zusätzlich sichtbar zu machen, ist bei einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass zusätzlich eine oder mehrere Flüssigkristallzellen neben der mindestens einen Flüssigkristallzelle angeordnet sind bzw. werden, denen jeweils Elektroden zugeordnet sind bzw. werden, um bei Anlegen eines elektrischen Feldes eine Umorientierung der Flüssigkristalle zu erreichen, und vor deren Einfallsseite der Polarisationsfilter oder weitere Polarisationsfilter angeordnet sind. Bei einer Ausführung ist somit zwischen einem Polarisationsfilter und mindestens einem Hologramm eine Vielzahl individuell ausgebildeter Flüssigkristallzellen ausgebildet, denen jeweils zwei Elektroden zugeordnet sind, um die Zellen zwischen dem Grundzustand und dem Umschaltzustand durch ein Anlegen einer Spannung umzuschalten. Hierbei können in den einzelnen Flüssigkristallzellen individuell jeweils zwei eigene Elektroden zu-

geordnet sein. Ebenso sind Ausführungsformen möglich, bei denen die Flüssigkristallzellen jeweils eine gemeinsame Elektrode besitzen und zusätzlich eine individuell zugeordnete Elektrode zum Umschalten der einzelnen Flüssigkristallzellen aufweisen. Ferner ist es möglich, diese individuellen Elektroden gruppenweise zu verbinden, so dass über ein Anlegen einer Spannung an einen Kontakt eine Vielzahl der weiteren Flüssigkristallzellen gemeinsam geschaltet werden kann. Über eine Anordnung der einzelnen Flüssigkristallzellen kann somit ebenfalls ein Individualisierungsmuster realisiert werden. Am einfachsten ist dies möglich, wenn die mindestens eine Flüssigkristallzelle und die weiteren Flüssigkristallzellen in einem matrixartigen Raster oder einer beliebig anderen Anordnung erzeugt werden und anschließend deren Elektroden selektiv zu einer oder mehreren Gruppen zusammengefasst werden. Dieses kann auf einfache Weise erfolgen, indem zunächst alle den Flüssigkristallzellen individuell zugeordneten Elektroden elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Anschließend ist es möglich, zur Individualisierung die elektrisch leitenden Verbindungen zwischen einzelnen der Flüssigkristallzellen und/oder an einem gemeinsamen elektrischen Kontakt, über den die Spannung angelegt werden kann, gezielt zu unterbrechen.

**[0035]** Es ist somit möglich, eine Anzeigematrix zu bilden, mit der sich beliebige, individuelle Muster, Bilder oder Textinformation usw., darstellen lassen. Diese Anzeigematrix ist vorteilhafter aus Zeilen und Spalten aufgebaut, diese Form bildet eine Passivmatrix. Durch ein zeilenweises Ansteuern ist die Darstellung von Bildinformationen möglich. Alternativ kann die Anzeige auch als Aktivmatrix aufgebaut sein, bei der sich jedem Bildpunkt (Pixel, Mustereinheit) ein aktives Schaltelement zugeordnet ist, z. B. eine Diode oder ein Transistor.

**[0036]** Die Elektroden sind vorzugsweise transparent ausgestaltet. Insbesondere bietet sich eine Ausgestaltung der Elektroden mittels transparenter Metalloxide, wie Indiumzinnoxid ( $\text{SnO}_2$ )ITO, Indiumzinkoxid,  $\text{ZnO}$ , Antimonzinnoxid (ATO), oder organischer Materialien, wie PEDOT/PSS, Pani®, Orgacon® an. Eine Individualisierung kann bei der Herstellung oder nachträglich beispielsweise durch gezielte Laserbestrahlung und eine hierdurch hervorgerufene Ablation einzelner Elektroden oder von Verbindungen erreicht werden. Alternative Methoden umfassen Ätzen und photolithografische Strukturierung, aber auch Drucken, Sputtern, Spincoaten.

**[0037]** Um insbesondere auch transmissionsholografische Strukturen auf nicht transparenten Sicherheitsdokumenten verwenden zu können, ist bei einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass an einer von der Flüssigkristallzelle und/oder den mehreren Flüssigkristallzellen abgewandten Seite des

Hologramms ein reflektierendes Element, insbesondere ein spiegelndes Element, angeordnet ist oder wird. Ein solches kann beispielsweise eine metallische Schicht sein. Eine solche Schicht kann auf einem Substratträger beispielsweise durch Drucken mittels unterschiedlicher Druckverfahren aufgebracht werden. Alternativ kann eine solche Schicht durch Sputtern, Bedampfen, oder Ähnliches aufgebracht werden. Das mindestens eine Hologramm sowie die Flüssigkristallzelle oder -zellen sowie Elektroden und der Polarisationsfilter oder die Polarisationsfilter können hierüber angebracht werden.

**[0038]** Das erzeugte Sicherheitselement kann unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Insbesondere kann über oder mit dem Sicherheitselement eine erste individualisierende und/oder personalisierende Information, beispielsweise ein Gesichtsbild einer Person, gespeichert werden. Bei einer Ausführungsform erfolgt dieses, indem in dem mindestens einen Hologramm eine oder mehrere individualisierende und/oder personalisierende erste Informationen gespeichert sind oder werden.

**[0039]** Eine andere Ausführungsform sieht vor, dass alternativ oder zusätzlich die eine und die mehreren weiteren Flüssigkristallzellen individuell ansteuerbar sind und eine Anzeigevorrichtung ausbilden. Somit kann über eine gezielte Ansteuerung erreicht werden, dass beispielsweise nur bestimmte Bereiche des mindestens einen Hologramms rekonstruiert werden oder nicht rekonstruiert werden.

**[0040]** Wieder eine andere Ausführungsform sieht vor, dass ein oder mehrere Schaltelemente mit der mindestens einen Flüssigkristallzelle und/oder den mehreren weiteren Flüssigkristallzellen verbunden sind, so dass diese einzeln und/oder gruppenweise über das eine oder die mehreren Schaltelemente mit einer Spannung beaufschlagbar sind. Hierüber wird beispielsweise eine weitere Möglichkeit geschaffen, eine individualisierende oder personalisierende Information in dem Sicherheitsmerkmal zu speichern und gezielt abzurufen.

**[0041]** Ferner sieht eine Ausführungsform alternativ oder zusätzlich vor, dass einige Flüssigkristallzellen der mindestens einen und der mehreren weiteren Flüssigkristallzellen und/oder einige der diesen einigen Flüssigkristallzellen zugeordneten weiteren Polarisationsfilter so ausgebildet sind, dass diese einigen Flüssigkristallzellen in einem spannungslosen Zustand eine von den übrigen Flüssigkristallzellen abweichende Polarisations Eigenschaft aufweisen und über eine relative Anordnung dieser einigen Flüssigkristallzellen zueinander und/oder gegenüber den Ausrichtungsschichten der übrigen Flüssigkristallzellen eine zweite individualisierende und/oder personalisierende Information gespeichert ist. Diese kann beispielsweise erreicht werden, in dem die Aus-

richtungsschichten relativ zu einem gemeinsamen Polarisationsfilter so ausgestaltet und ausgerichtet werden, dass diese um 90° gegenüber den übrigen Flüssigkristallzellen gedreht sind. Alternativ können bei einer Verwendung von den Flüssigkristallzellen individuell zugeordneten mehreren weiteren Polarisationsfiltern diese für die einigen Flüssigkristallzellen, die gleich aufgebaut und ausgerichtet sind wie die übrigen Flüssigkristallzellen, anders als für die übrigen Flüssigkristallzellen orientiert sein oder werden.

**[0042]** Ferner kann eine individualisierende und/oder personalisierende Information gespeichert werden, in dem die der mindestens einen Flüssigkristallzelle und den mehreren weiteren Flüssigkristallzellen zugeordneten Elektroden so strukturiert werden, dass eine Auswahl hiervon über ein Anlegen einer einzigen Spannung gemeinsam zwischen ihrem Grundzustand und ihrem Umschaltzustand umgeschaltet werden können. Dieses ermöglicht es, dass die Auswahl der Flüssigkristallzellen umgeschaltet wird, während die verbleibenden übrigen Flüssigkristallzellen nicht verändert werden.

**[0043]** Die einzelnen Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens weisen die entsprechenden Vorteile die Merkmale des Sicherheitselementes auf.

**[0044]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Hierbei zeigen:

**[0045]** [Fig. 1](#): eine schematische Schnittansicht durch ein Sicherheitselement;

**[0046]** [Fig. 2](#): eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Polarisationsabhängigkeit der Beugungseffizienz eines Hologramms;

**[0047]** [Fig. 3a](#): eine schematische Schnittdarstellung durch ein Sicherheitselement, bei dem keine Spannung zwischen den Elektroden anliegt und eine hohe Beugungseffizienz des Hologramms vorliegt;

**[0048]** [Fig. 3b](#): eine schematische Darstellung des Sicherheitselementes nach [Fig. 3a](#), bei dem eine Spannung zwischen den Elektroden angelegt ist, und eine Beugungseffizienz minimal ist;

**[0049]** [Fig. 4](#): eine schematische Darstellung einer Draufsicht auf ein Sicherheitselement, welches eine Vielzahl von Flüssigkristallzellen und zugeordneten Elektroden aufweist; und

**[0050]** [Fig. 5](#): eine schematische Schnittansicht entlang der Linie A-A nach [Fig. 4](#).

**[0051]** In [Fig. 1](#) ist schematisch eine Schnittansicht durch ein Sicherheitselement **1** dargestellt. Das Si-

cherheitselement umfasst ein Hologramm **2**. Dieses ist in der Regel ein optisch dickes Gitter, und kann auf jede dem Fachmann bekannte Art hergestellt sein. Insbesondere kann das Hologramm über eine Kontaktkopie in ein Aufzeichnungsmaterial belichtet sein. Besonders bevorzugt werden Ausführungsformen, bei denen das Hologramm **2** für eine Person und/oder einen Gegenstand individualisiert ist. Dies bedeutet, dass beispielsweise ein Individualisierungsmuster in dem Hologramm **2** gespeichert ist. Das Hologramm **2** kann ein- oder mehrfarbig ausgebildet sein. Hierbei ist das Hologramm **2** so ausgestaltet, dass es eine Polarisationsabhängigkeit hinsichtlich einer Beugungseffizienz bei einer Rekonstruktion des Hologramms **2** aufweist. Dieses wird weiter unten unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) näher erläutert.

**[0052]** Das Sicherheitselement **1** umfasst ferner eine Flüssigkristallzelle **3**, die Flüssigkristalle **4** zwischen einander gegenüberliegenden Ausrichtungsschichten **5** der Flüssigkristallzelle **3** einschließt. Die Ausrichtungsschichten **5** sind so ausgebildet, dass sich eine nematische Phase der Flüssigkristalle **4** in einer cholesterischen Formation ausbildet. Dies bedeutet, dass sich die nematischen Flüssigkristalle **4** anliegend an die Ausrichtungsschichten **5** jeweils gleichförmig ausrichten. Ein Abstand der Ausrichtungsschichten **5** und eine Oberflächenbeschaffenheit der Ausrichtungsschichten **5** sind so gewählt, dass sich eine helixartige Verbindung der nematischen Flüssigkristalle **4** zwischen den an die Ausrichtungsschichten **5** angrenzenden Flüssigkristallen ausbildet. Die Flüssigkristallzelle **3** umfasst ferner Elektroden **6** und **7**, die relativ zu den Flüssigkristallen **4** so angeordnet sind, dass über ein Anlegen einer Spannung, d. h. einem Beaufschlagen mit einer Ladung, sich zwischen den Elektroden **6** und **7** ein elektrisches Feld ausbildet, welches eine Orientierung der Flüssigkristalle in der Flüssigkristallzelle **3** und hierüber eine polarisationsverändernde Eigenschaft der Flüssigkristallzelle **3** verändert. In der dargestellten Ausführungsform sind die Elektroden oberhalb und unterhalb des Flüssigkristalls **4** angeordnet. Zwischen den Elektroden **6** und **7** ist eine Spannung anlegbar.

**[0053]** In einem Grundzustand, in dem keine Spannung zwischen den Elektroden **6**, **7** angelegt ist, d. h., die Flüssigkristallzelle **3** feldfrei ist, richten sich die nematischen Flüssigkristalle **4** in der Flüssigkristallzelle **3** so aus, dass sie die beschriebene helixartige Struktur ausbilden. Wird hingegen eine Spannung zwischen den Elektroden **6**, **7** angelegt, so dass in der Flüssigkristallzelle **3** ein elektrisches Feld vorherrscht, so ändern die Flüssigkristalle **4** ihre Orientierung und richten sich an dem elektrischen Feld aus. Dieser Zustand wird Umschaltzustand genannt. Im Grundzustand wird ein Polarisationsvektor von Licht, welches durch die Flüssigkristallzelle **3** hin-

durchtritt, gedreht. Eine Drehung entspricht etwa einer Drehung, die die Flüssigkristalle durch ihre helixartige Struktur festlegen. Sind die an die gegenüberliegenden Ausrichtungsschichten 5 angrenzenden nematischen Kristalle gegeneinander beispielsweise um 90° oder 270° verdreht, so wird eine Polarisationsrichtung des Lichts beim Durchtritt durch die Flüssigkristallzelle 3 im Grundzustand ebenfalls um 90° bzw. 270° gedreht. Hierbei wird davon ausgegangen, dass das eintretende Licht beispielsweise linear polarisiert ist. Im Umschaltzustand, in dem sich die nematischen Flüssigkristalle an dem elektrischen Feld ausrichten, wird hingegen eine Polarisationsrichtung des durch die Flüssigkristallzelle 3 hindurchtretenden Lichts nicht verändert. Um zu erreichen, dass nur polarisiertes Licht einer vorgegebenen Polarisierungsrichtung durch die Flüssigkristallzelle 3 tritt, umfasst das Sicherheitselement ferner einen Polarisationsfilter 8. Der Polarisationsfilter 8 ist in der Lage auftreffendes Licht beispielsweise linear zu polarisieren.

**[0054]** Anhand von [Fig. 2](#) soll eine Polarisationsabhängigkeit einer Beugungseffizienz eines optisch dicken Gitters, d. h. eines Volumenhologramms erläutert werden. Auf ein Hologramm 2 treffen zwei unterschiedlich polarisierte Rekonstruktionslichtstrahlen 9, 10 auf, die unterschiedlich polarisiert sind. Der eine Rekonstruktionslichtstrahl 9 ist senkrecht zur Beugungsebene polarisiert, d. h., die elektrischen Feldvektoren 11 stehen senkrecht auf der Beugungsebene, die durch den einen einfallenden Rekonstruktionslichtstrahl 9 und den gebeugten Rekonstruktionslichtstrahl 9' festgelegt ist. In diesem Falle ist die Beugung maximal. Der andere Rekonstruktionslichtstrahl 10 weist eine Polarisationsrichtung auf, bei der die elektrischen Feldvektoren 11 parallel zur Beugungsebene ausgerichtet sind. In diesem Falle ist eine Beugungseffizienz minimal. Im optimalen Falle beträgt die Beugungseffizienz bei einem senkrecht zur Beugungsebene polarisierten Rekonstruktionslichtstrahl 9 mehr als 90% und die Beugungseffizienz bei einem einfallenden Rekonstruktionslichtstrahl 10, der in der Beugungsebene polarisiert ist, 0%. Bezeichnet  $\theta$  den Winkel des elektrischen Feldvektors relativ zur Beugungsebene, so gilt für die Beugungseffizienz eine Abhängigkeit vom  $\cos^2\theta$ . In der Praxis ist die Winkelabhängigkeit nicht bei allen Hologrammen so stark ausgeprägt, wie hier beispielhaft beschrieben. Eine starke Abhängigkeit von der Polarisationsrichtung erhält man jedoch in der Regel, wenn der Winkel zwischen dem einfallenden Rekonstruktionsstrahl und dem ausfallenden rekonstruierten, d. h. dem gebeugten, Strahl 90° entspricht. Eine Polarisationsrichtungsabhängigkeit beobachtet man häufig jedoch auch bei anderer Rekonstruktionsgeometrie.

**[0055]** Anhand von [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) soll nun das Verhalten des Sicherheitselementes schematisch erläutert werden. Gleiche technische Merkmale besitzen in allen Figuren dieselben Bezeichnungen. In

**Fig. 3** ist das Sicherheitselement nach [Fig. 1](#) erneut schematisch dargestellt, wobei die einzelnen Bestandteile durch Zwischenräume getrennt dargestellt sind. Diese Zwischenräume existieren bei einem real hergestellten Sicherheitselement selbstverständlich nicht. Das Sicherheitselement 1 ist ebenso aufgebaut wie das Sicherheitselement nach [Fig. 1](#) und umfasst einen Polarisationsfilter 8, eine Flüssigkristallzelle 3 mit Flüssigkristallen 4 und der Flüssigkristallzelle 3 zugeordneten Elektroden 6, 7 sowie ein polarisationsabhängiges Hologramm 2. Im Folgenden (auch bei den weiteren beschriebenen Ausführungsformen) wird davon ausgegangen, dass die Ausrichtungsschichten 5 jeweils auf den den Flüssigkristallen 4 zugewandten Seiten der Elektroden 6, 7 ausgebildet sind. Sie können bei anderen Ausführungsformen auf einem Substrat zwischen den Flüssigkristallen und den Elektroden ausgebildet sein. Auf das Sicherheitselement 1 trifft Rekonstruktionslicht 12. Aus dem Polarisationsfilter 8 tritt polarisiertes Rekonstruktionslicht 12', dessen elektrischer Feldvektor 11 in der Zeichnungsebene liegt. Das polarisierte Rekonstruktionslicht 12' tritt dann durch die Elektrode 6, die einer Lichteinfallseite 13 der Flüssigkristalle 4 der Flüssigkristallzelle 3 zugewandt ist. Die Elektrode 6 und die Elektrode 7, die einer Lichtausfallseite 14 zugewandt ist, sind für das Rekonstruktionslicht 12 bzw. das polarisierte Rekonstruktionslicht 12' transparent. Für Rekonstruktionslicht im Wellenlängenbereich vom Infraroten, über das Sichtbare bis in den UV-Bereich bietet sich daher beispielsweise Indiumzinnoxid als Elektrodenmaterial an. Bei anderen Ausführungsformen kann das Hologramm zwischen der Lichtausfallseite 14 Flüssigkristalle 4 der Flüssigkristallzelle 3 und der Elektrode 7 angeordnet sein. In diesem Fall muss die Elektrode 7 nicht unbedingt transparent ausgebildet sein.

**[0056]** In [Fig. 3a](#) ist die Flüssigkristallzelle 3 im Grundzustand, d. h. zwischen den Elektroden 6, 7 ist keine Spannung angelegt, wie mittels eines geöffneten Schalters 15 angedeutet ist, der eine Verbindung zu einer Spannungsquelle 16 unterbricht. Die Flüssigkristalle 4 in der Flüssigkristallzelle 3 weisen somit eine nematische cholesterische Struktur auf. Dies bedeutet, dass der elektrische Feldvektor 11 des polarisierten Rekonstruktionslichts 12' beim Passieren der Flüssigkristallzelle 3, exakter der Flüssigkristalle 4 der Flüssigkristallzelle 3, gedreht wird. Die Flüssigkristallzelle 3 ist nun vorteilhafterweise so ausgebildet, dass der elektrische Feldvektor 11 im Grundzustand um 90°, 270°, gedreht wird. Das aus der Flüssigkristallzelle 3 austretende Rekonstruktionslicht 12'' ist somit senkrecht polarisiert zu dem in die Flüssigkristallzelle 3 eintretenden Rekonstruktionslicht 12'. Nach dem Passieren der Elektrode 7 trifft das Rekonstruktionslicht 12'' auf das Hologramm 2. Dieses ist so ausgestaltet, dass es senkrecht zur Zeichnungsebene polarisiertes Rekonstruktionslicht maximal beugt. Das gebeugte Rekonstruktionslicht 12'''

tritt erneut durch die Elektrode **7** und die Flüssigkristallzelle **3**. Hierbei wird der elektrische Feldvektor **11** erneut gedreht und zwar genau so, dass das aus der Flüssigkristallzelle **3** austretende gebeugte Rekonstruktionslicht **12<sup>IV</sup>** eine parallele Polarisationsrichtung zu dem in die Flüssigkristallzelle **3** eintretenden polarisierten Rekonstruktionslicht **12<sup>I</sup>** aufweist. Somit kann das gebeugte Rekonstruktionslicht **12<sup>IV</sup>** ungehindert durch den Polarisationsfilter **8** austreten und eine Rekonstruktion des Hologramms **2** beobachtet werden.

**[0057]** In [Fig. 3b](#) ist dasselbe Sicherheitselement **1** erneut schematisch dargestellt, wobei jedoch der Schalter **15** geschlossen ist, so dass über die Spannungsquelle **16** eine Spannung zwischen den Elektroden **6, 7** anliegt. Zwischen den Elektroden **6, 7** bildet sich somit ein elektrisches Feld aus, in dem sich die nematischen Flüssigkristalle **4** ausrichten. Die Flüssigkristallzelle **3** befindet sich somit in dem Umschaltzustand. Eine Richtung des Feldvektors **11** des polarisierten Rekonstruktionslichts **12<sup>I</sup>** wird in diesem Falle in der Flüssigkristallzelle **3** nicht verändert. Somit ist das aus der Flüssigkristallzelle **3** austretende Rekonstruktionslicht **12<sup>IV</sup>** in diesem Falle immer noch in der Zeichnungsebene polarisiert. Da das Hologramm **2** so ausgebildet ist, dass es senkrecht zur Zeichnungsebene polarisiertes Rekonstruktionslicht optimal beugt, beugt es dementsprechend in der Zeichnungsebene polarisiertes Licht mit minimaler Beugungseffizienz, im Idealfalle gar nicht. In diesem Falle tritt das Rekonstruktionslicht **12<sup>IV</sup>** durch das Hologramm **2** hindurch.

**[0058]** Für den Fachmann ergibt es sich, dass das Hologramm **2** selbstverständlich anders bezüglich des Polarisationsfilters **8** orientiert werden kann, nur so, dass im Grundzustand, d. h. ohne ein anliegendes Feld zwischen den Elektroden, das aus der Flüssigkristallzelle **3** austretende Licht **12<sup>IV</sup>** so polarisiert ist, dass keine Rekonstruktion des Hologramms **2** stattfindet, hingegen im Umschaltzustand eine Rekonstruktion stattfindet.

**[0059]** In [Fig. 4](#) ist eine schematische Draufsicht auf ein Sicherheitselement **1** gezeigt, welches eine Vielzahl von Flüssigkristallzellen **3** umfasst, denen jeweils Elektroden **6** zugeordnet sind. Diese Anordnung bildet eine Anzeigevorrichtung oder ein Display aus. In [Fig. 5](#) ist eine schematische Schnittansicht entlang der Linie A-A dargestellt, wobei die einzelnen Bestandteile des Sicherheitselementes **1** aus Gründen der Veranschaulichung erneut voneinander getrennt durch Zwischenräume dargestellt sind. Bei der dargestellten Ausführungsform ist für die Vielzahl der Flüssigkristallzellen **3** ein gemeinsamer Polarisationsfilter **8** vorgesehen. Jeder der Flüssigkristallzellen **3** ist genau eine Elektrode **6** zugeordnet. Ferner ist auf einer Lichtausfallseite der Flüssigkristalle **4** in der dargestellten Ausführungsform jeder Flüssigkristall-

zelle **3** eine weitere Elektrode **7** zugeordnet. Bei einer anderen Ausführungsform können diese Elektroden **7** durch eine gemeinsame Elektrode ersetzt werden, wie dies durch eine gestrichelte Linie **17** angedeutet ist. Bei der dargestellten Ausführungsform wird davon ausgegangen, dass das Hologramm **2** im Grundzustand der Flüssigkristallzellen **3** rekonstruiert wird, d. h. Rekonstruktionslicht mit maximaler Beugungseffizienz gebeugt wird. Die Flüssigkristallzellen **3**, aus denen gebeugtes Rekonstruktionslicht austritt, sind in [Fig. 4](#) grau dargestellt. Die den übrigen Flüssigkristallzellen **3** zugeordneten Elektroden **6** sind mit einer Spannungsquelle (nicht dargestellt) gekoppelt, so dass in den entsprechenden Flüssigkristallzellen **3** ein elektrisches Feld anliegt, so dass sich diese im Umschaltzustand befinden und entsprechend das Hologramm an diesen Stellen nicht rekonstruiert, d. h. das Rekonstruktionslicht nicht gebeugt wird. Die Elektroden können miteinander so elektrisch verbunden werden, dass über ein Anliegen einer einzelnen Spannung ein Individualisierungsmuster sichtbar wird. Alternativ kann das Sicherheitselement so ausgestaltet sein, dass die einzelnen Elektroden **6, 7** selektiv angesteuert werden können. Alternativ zu der Darstellung nach [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#), in denen die einzelnen Flüssigkristallzellen **3** in einem regelmäßigen matrixartigen Muster angeordnet sind, können die Flüssigkristallzellen auch als beliebig geformte Segmente ausgebildet sein und hierüber ein Individualisierungsmuster realisieren. Ferner sind Ausführungsformen vorgesehen, bei denen die einzelnen Elektroden über integrierte Halbleiterschalter ansteuerbar sind. Ebenso ist es möglich, die Elektroden **6** beispielsweise zeilenartig und die Elektroden **7** spaltenweise miteinander zu verbinden, um hierüber über eine Spalten-Zeilen-Adressierung gezielt einzelne Flüssigkristallzellen ansprechen zu können. Die Vielzahl von Elektroden bietet die Möglichkeit, über eine gezielte Ansteuerung beliebige Muster oder Bilder „darzustellen“. Dieses bedeutet, dass eine Rekonstruktion des Hologramms lokal beeinflusst werden kann. Die einzelnen rekonstruierenden und nicht rekonstruierenden Mustereinheiten oder zumindest verändert rekonstruierenden Mustereinheiten werden durch das gezielte Ansteuern der Elektroden herbeigeführt. Die Bereiche, in denen das Hologramm rekonstruiert, bilden beispielsweise eine Kontur eines Gesichts oder Ähnlichen ab. Neben diesem über die Ansteuerung der Elektroden beeinflussten Muster kann auch eine Information ausgelesen, beobachtet und/oder ausgewertet werden, die in dem Hologramm codiert ist. Die Ansteuerung der einzelnen Elektroden kann durch eine externe Steuervorrichtung erfolgen. Alternativ können jedoch auch aktive schaltende Elemente, beispielsweise Transistoren oder Ähnliches, in das Sicherheitselement integriert werden.

**[0060]** Bei einer Herstellung eines Sicherheitselementes wird zunächst ein Hologramm belichtet. Die-

ses kann gemäß jedem beliebigen Verfahren im Stand der Technik ausgeführt werden. Insbesondere ist es möglich, unterschiedliche Interferenzstrukturen bzw. hologrammartige Strukturen in dem Hologramm zu speichern. Diese können so ausgebildet sein, dass sie eine unterschiedliche Polarisationsabhängigkeit aufweisen. So ist es beispielsweise möglich, dass die unterschiedlichen hologrammartigen Strukturen jeweils durch Rekonstruktionslicht optimal rekonstruierbar sind, deren Polarisationsvektoren senkrecht aufeinander stehen. Bei einer solchen Ausführungsform ist beispielsweise im Grundzustand einer oder mehrerer Flüssigkeitskristallzellen die eine hologrammartige Struktur und im Umschaltzustand die andere hologrammartige Struktur rekonstruierbar. Besonders bevorzugt werden reflektionshologrammartige Strukturen. Andere Ausführungsformen können jedoch Transmissionshologramme vorsehen. Insbesondere, wenn das Sicherheitselement auf ein Sicherheitsdokument aufgebracht wird, welches nicht transparent ist, kann es vorgesehen sein, eine reflektierende Schicht auf einer von der Lichtausfallseite der Flüssigkristalle der Flüssigkristallzelle abgewandten Seite des Hologramms vorzusehen, um das in Transmission rekonstruierte Hologramm durch das Hologramm hindurch zurückzoreflektieren.

**[0061]** In dem Hologramm können individualisierende und/oder personalisierende Informationen gespeichert werden.

**[0062]** Über dem Hologramm werden bei der Herstellung des Sicherheitselementes die Flüssigkeitskristallzelle oder die Flüssigkeitskristallzellen mit den entsprechenden Elektroden angeordnet. Werden mehrere Flüssigkristallzellen über dem Hologramm angeordnet, so kann für diese Flüssigkristallzellen eine gemeinsame Elektrode ausgebildet werden. Um eine individuelle Ansteuerbarkeit der Flüssigkristallzellen zu ermöglichen, weisen sie zusätzlich zu der gemeinsamen Elektrode dann auch noch eine „individuelle“ Elektrode auf, die genau der entsprechenden Flüssigkristallzelle zugeordnet ist. Ferner werden zusätzlich der Polarisationsfilter sowie gegebenenfalls mehrerer Polarisationsfilter angeordnet. Diese werden vorzugsweise fest miteinander verbunden. Es wird darauf hingewiesen, dass jeder Flüssigkeitskristallzelle ein eigener Polarisationsfilter zugeordnet sein kann, wobei den einzelnen Flüssigkeitskristallzellen Polarisationsfilter zugeordnet werden können, die eine unterschiedliche Polarisationsrichtung aufweisen. Auch hierüber kann ein Individualisierungsmuster über eine Anordnung der Polarisationsfilter in das Sicherheitselement gespeichert werden.

**[0063]** Eine personalisierende und/oder individualisierende Information kann auch gespeichert werden, indem die Ausrichtungsschichten von einer Auswahl der mehreren Flüssigkristallzellen hinsichtlich ihrer Vorzugsrichtungen, in der sie eine Ausrichtung der

Flüssigkristalle beeinflussen, unterschiedlich relativ zueinander und/oder den Ausrichtungsschichten der übrigen Flüssigkristallzellen angeordnet werden.

**[0064]** Die Erfindung ist in den Ausführungsbeispielen beispielhaft unter Verwendung von nematischen Verdrillungs-Flüssigkristallzellen (TN-Flüssigkristallzellen) beschreiben. Es können jedoch auch andere Ausführungsformen verwendet werden. Insbesondere können die Elektroden seitlich in Bezug auf eine Lichteinfall- und/oder Lichtausfallseite der Flüssigkristalle der Flüssigkristallzelle oder -zellen angeordnet sein. Voraussetzung ist lediglich, dass eine Polarisierung des hindurchtretenden Lichts in Abhängigkeit des über ein Anlegen einer Spannung an die Elektroden erzeugten elektrischen Felds verändert wird.

**[0065]** Beschrieben wurde die Verwendung von einem Hologramm. Es ist jedoch auch möglich unterschiedliche Hologramme und/oder refraktive Strukturen relativ zu den Flüssigkristallzellen einzubringen, die unterschiedlich ausgebildet sein können.

**[0066]** Es ergibt sich für den Fachmann, dass eine Vielzahl von Kombinationen der einzelnen Merkmale möglich ist, um Sicherheitselemente herzustellen. Diese werden vorzugsweise in ein Sicherheitsdokument und/oder Wertdokument integriert. Beispielsweise kann ein Sicherheitselement auf einen vorzugsweise aus Kunststoff hergestellten Kartenkörper aufgeklebt werden. Ebenso ist es möglich, ein Sicherheitselement in einen solchen Kartenkörper einzulaminieren.

#### Bezugszeichenliste

1	Sicherheitselement
2	Hologramm
3	Flüssigkeitskristallzelle
4	Flüssigkristalle
5	Ausrichtungsschichten
6, 7	Elektroden
8	Polarisationsfilter
9	Rekonstruktionslichtstrahl
9'	gebeugter Rekonstruktionslichtstrahl
10	weiterer Rekonstruktionslichtstrahl
11	Feldvektor des elektrischen Feldes
12	Rekonstruktionslicht
12"	in der Ebene gedrehtes polarisiertes Rekonstruktionslicht
12 <sup>'''</sup> , 12 <sup>IV</sup>	gebeugtes Rekonstruktionslicht
13	Lichteinfallseite
14	Lichtausfallseite
15	Schalter
16	Spannungsquelle
17	gestrichelte Linie

#### Patentansprüche

1. Sicherheitselement (1) umfassend mindestens

eine Flüssigkristallzelle (3), welche zwischen zwei einander gegenüber liegend angeordneten Ausrichtungsschichten (5) angeordnete Flüssigkristalle (4) umfasst, wobei die den Flüssigkristallen (4) zugewandten Oberflächen der Ausrichtungsschichten (5) so beschaffen sind, dass sich die Flüssigkristalle (4) in einem feldfreien Grundzustand helixartig ausrichten, und die Flüssigkristallzelle zwei der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) zugeordnete Elektroden (6, 7) umfasst, zwischen denen ein elektrisches Feld anlegbar ist, bei dessen Existenz ein Umschaltzustand eintritt, bei dem sich die Flüssigkristalle (4) umorientieren und auf einer Lichteinfallseite (13) der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) ein Polarisationsfilter (8) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf einer der Lichteinfallseite (13) gegenüberliegenden Lichtausfallseite (14) der Flüssigkristalle (4) der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) mindestens ein Hologramm (2) angeordnet ist, dessen Beugungseffizienz bei einer Rekonstruktion von einem Polarisationszustand eines zur Rekonstruktion verwendeten Lichts (9, 10, 12) abhängig ist, wobei das mindestens eine Hologramm (2) relativ zu dem Polarisationsfilter (8) angepasst an die Flüssigkristallzelle (3) ausgerichtet ist.

2. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Hologramm (2) relativ zu dem Polarisationsfilter (8) angepasst an die Flüssigkristallzelle (3) ausgerichtet ist, dass das mindestens eine Hologramm (2) in dem feldfreien Grundzustand der Flüssigkeitszelle (3) oder in dem Umschaltzustand der Flüssigkristallzelle (3) mit maximaler Beugungseffizienz rekonstruierbar ist.

3. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Hologramm (2) relativ zu dem Polarisationsfilter (8) so ausgerichtet ist und die mindestens eine Flüssigkristallzelle (3) so ausgestaltet ist, dass das mindestens eine Hologramm (2) in dem feldfreien Grundzustand der Flüssigkristallzelle (3) eine maximale Beugungseffizienz und in dem Umschaltzustand der Flüssigkristallzelle (3) eine minimale Beugungseffizienz oder alternativ in dem feldfreien Grundzustand der Flüssigkristallzelle (3) eine minimale Beugungseffizienz und in dem Umschaltzustand der Flüssigkristallzelle (3) eine maximale Beugungseffizienz aufweist.

4. Sicherheitselement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Hologramm (2) eine Reflexionshologrammstruktur und/oder eine Transmissionshologrammstruktur umfasst.

5. Sicherheitselement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine oder mehrere weitere Flüssig-

kristallzellen (3) neben der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) angeordnet sind, denen jeweils zwei Elektroden (6, 7) zugeordnet sind, um bei Anlegen eines elektrischen Feldes eine Umorientierung der Flüssigkristalle zu erreichen, und vor deren Lichteinfallseite (13) der Polarisationsfilter (8) oder weitere Polarisationsfilter angeordnet sind.

6. Sicherheitselement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an einer von den Flüssigkristallen (4) der Flüssigkeitskristallzelle (3) und/oder der mehreren Flüssigkeitskristallzellen (3) abgewandten Seite des Hologramms (2) ein reflektierendes Element, insbesondere ein spiegelndes Element, angeordnet ist.

7. Sicherheitselement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem mindestens einen Hologramm (2) eine oder mehrere individualisierende und/oder personalisierende erste Informationen gespeichert sind.

8. Sicherheitselement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die eine und die mehreren weiteren Flüssigkristallzellen (3) individuell ansteuerbar sind und eine Anzeigevorrichtung ausbilden.

9. Sicherheitselement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Schaltelemente mit der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) und/oder den mehreren weiteren Flüssigkristallzellen (3) verbunden sind, so dass diese einzeln und/oder gruppenweise über das eine oder die mehreren Schaltelemente mit einer Spannung beaufschlagbar sind.

10. Sicherheitselement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einige Flüssigkristallzellen der mindestens einen und der mehreren weiteren Flüssigkristallzellen und/oder einige der diesen einigen Flüssigkristallzellen zugeordneten weiteren Polarisationsfilter so ausgebildet sind, dass diese einigen Flüssigkristallzellen in einem spannungslosen Zustand eine von den übrigen Flüssigkristallzellen abweichende Polarisations-eigenschaft aufweisen und über ihre relative Anordnung dieser einigen Flüssigkristallzellen zueinander und/oder gegenüber den übrigen Flüssigkristallzellen eine zweite individualisierende und/oder personalisierende Information gespeichert ist.

11. Sicherheitselement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die der mindestens einen Flüssigkristallzelle und den mehreren weiteren Flüssigkristallzellen zugeordneten Elektroden (6, 7) so strukturiert sind, dass eine Auswahl hiervon über ein Anlegen einer einzigen Spannung gemeinsam zwischen ihrem Grundzustand und ihrem Umschaltzustand umge-

schaltet werden können.

12. Verfahren zum Erzeugen eines Sicherheitselementes (1), bei dem mindestens eine Flüssigkristallzelle (3), welche zwischen zwei einander gegenüber liegend angeordneten Ausrichtungsschichten (5) angeordnete Flüssigkristalle (4) umfasst, wobei die den Flüssigkristallen (4) zugewandten Oberflächen der Ausrichtungsschichten (5) so beschaffen sind, dass sich die Flüssigkristalle (4) in einem feldfreien Grundzustand helixartig ausrichten, und sich die Flüssigkristalle (4) in einem ein elektrisches Feld aufweisenden Umschaltzustand umorientieren, zwischen zwei der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) zugeordneten Elektroden (6, 7) angeordnet wird, zwischen denen ein elektrisches Feld zum Erzeugen des Umschaltzustands anlegbar ist, und vor einer Lichteinfallseite (13) der Flüssigkristalle (4) der Flüssigkristallzelle (3) ein Polarisationsfilter (8) angeordnet wird, dadurch gekennzeichnet, dass auf einer der Lichteinfallseite (13) gegenüberliegenden Lichtausfallseite (14) der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) mindestens ein Hologramm (2) angeordnet wird, dessen Rekonstruktion von einem Polarisationszustand des für die Rekonstruktion verwendeten Lichts abhängig ist, wobei das mindestens eine Hologramm (2) relativ zu dem Polarisationsfilter (8) angepasst an die Flüssigkristallzelle (3) ausgerichtet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Hologramm (2) relativ zu dem Polarisationsfilter (8) angepasst an die Flüssigkristallzelle (3) ausgerichtet wird, so dass das mindestens eine Hologramm (2) in dem feldfreien Grundzustand der Flüssigkristallzelle (3) oder in dem Umschaltzustand der Flüssigkristallzelle (3) mit maximaler Beugungseffizienz rekonstruierbar ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Hologramm (2) relativ zu dem Polarisationsfilter (8) so ausgerichtet ist oder wird und die mindestens eine Flüssigkristallzelle (3) so ausgestaltet ist, dass das mindestens eine Hologramm (2) in dem feldfreien Grundzustand der Flüssigkristallzelle eine maximale Beugungseffizienz und in dem Umschaltzustand eine minimale Beugungseffizienz oder alternativ in dem feldfreien Grundzustand der Flüssigkristallzelle (3) eine minimale Beugungseffizienz und in dem Umschaltzustand der Flüssigkristallzelle (3) eine maximale Beugungseffizienz aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Hologramm (2) so hergestellt oder bereitgestellt wird, dass es eine Reflexionshologrammstruktur und/oder eine Transmissionshologrammstruktur umfasst

## 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis

15, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine oder mehrere weitere Flüssigkristallzellen (3) neben der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) angeordnet werden, denen jeweils zwei Elektroden (6, 7) zugeordnet sind, um bei Anlegen eines elektrischen Felds eine Umorientierung der Flüssigkristalle (4) zu erreichen, und vor deren Lichteinfallseite (13) der Polarisationsfilter (8) oder ein oder mehrere weitere Polarisationsfilter angeordnet werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass an einer von der Flüssigkeitskristallzelle (3) und/oder den mehreren Flüssigkeitskristallzellen (3) abgewandten Seite des mindestens einen Hologramms (2) ein reflektierendes Element, insbesondere ein spiegelndes Element, angeordnet wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass in dem mindestens einen Hologramm (2) eine oder mehrere individualisierende und/oder personalisierende erste Informationen gespeichert werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die eine und die mehreren weiteren Flüssigkristallzellen (3) für eine individuelle Ansteuerung zum Ausbilden einer Anzeigevorrichtung ausgebildet werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Schaltelemente mit der mindestens einen Flüssigkristallzelle (3) und/oder den mehreren weiteren Flüssigkristallzellen (3) verbunden werden, so dass diese einzeln und/oder gruppenweise über das eine oder die mehreren Schaltelemente mit einer Spannung beaufschlagbar sind.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass einige Flüssigkristallzellen der mindestens einen und der mehreren weiteren Flüssigkristallzellen und/oder einige der diesen einigen Flüssigkristallzellen zugeordneten weiteren Polarisationsfilter so ausgebildet werden, dass diese einigen Flüssigkristallzellen in einem spannungslosen Zustand eine von den übrigen Flüssigkristallzellen abweichende Polarisationseigenschaft aufweisen, und diese einigen Flüssigkristallzellen zueinander und/oder gegenüber den übrigen Flüssigkristallzellen relativ so angeordnet werden, dass eine zweite individualisierende und/oder personalisierende Information gespeichert wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die der mindestens einen Flüssigkristallzelle und den mehreren weiteren Flüssigkristallzellen zugeordneten Elektroden (6, 7) so strukturiert werden, dass eine Auswahl der mindestens einen Flüssigkristallzelle und den mehreren weiteren Flüssigkristallzellen zugeordneten Elektroden (6, 7) so strukturiert werden, dass eine Auswahl der

ren weiteren Flüssigkristallzellen über ein Anlegen einer einzigen Spannung gemeinsam zwischen ihrem Grundzustand und ihrem Umschaltzustand umgeschaltet werden können.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

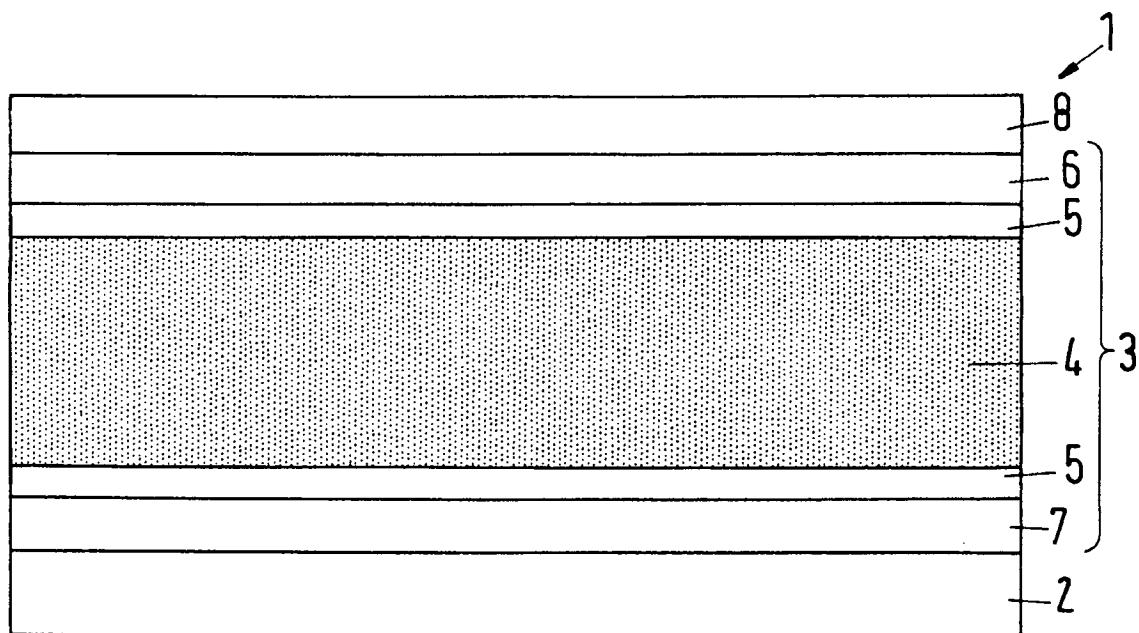


Fig.1

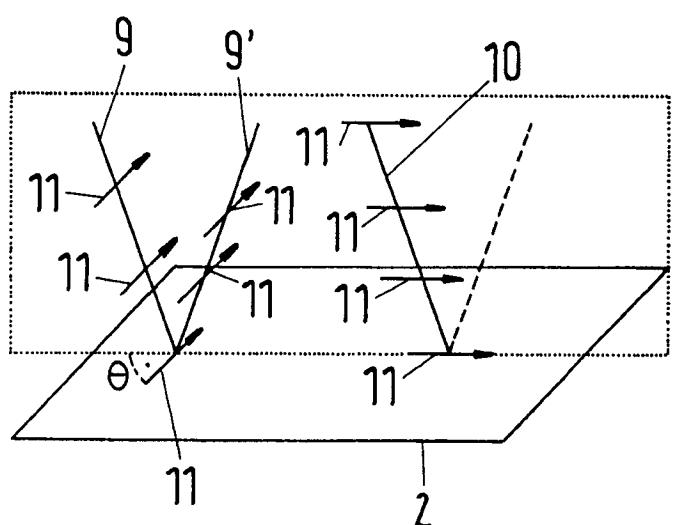


Fig.2

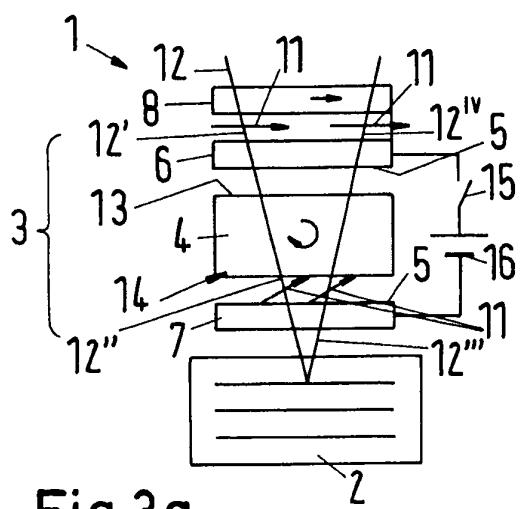


Fig. 3a

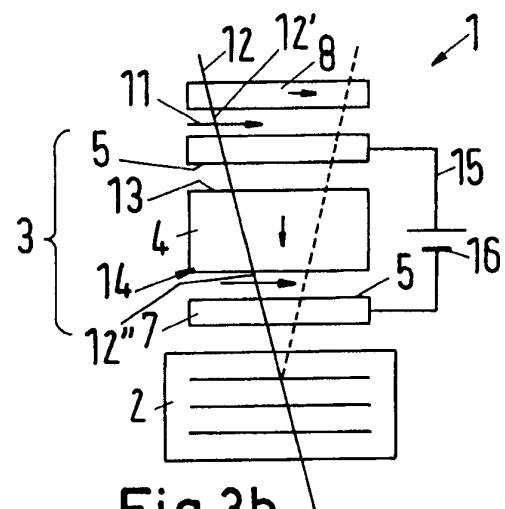


Fig. 3b

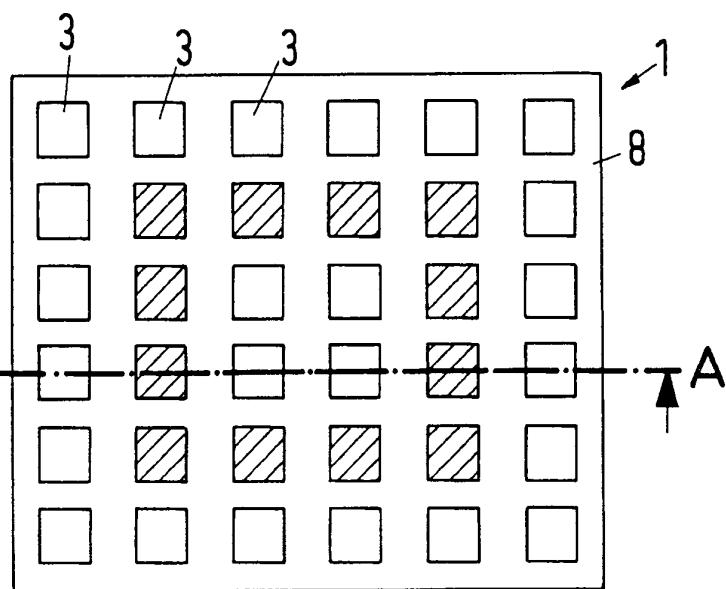


Fig. 4

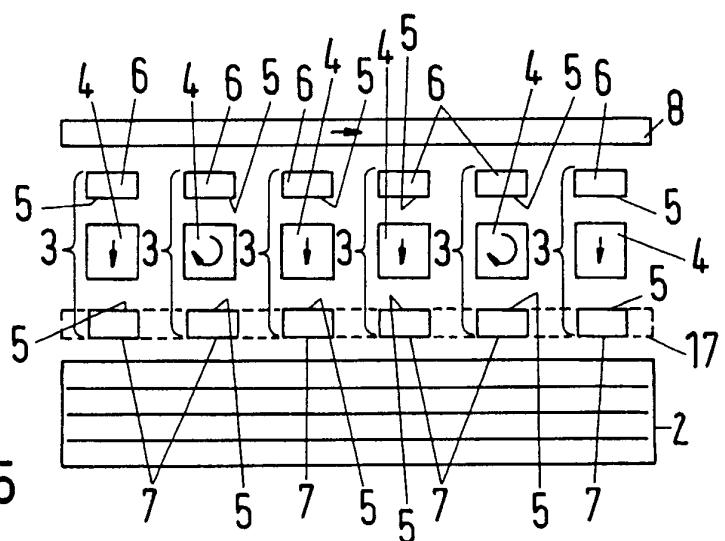


Fig. 5