

(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  
14. September 2017 (14.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/153196 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B42D 25/328** (2014.01) **B42D 25/41** (2014.01)  
**B42D 25/324** (2014.01) **B42D 25/45** (2014.01)  
**B42D 25/355** (2014.01) **B42D 25/24** (2014.01)  
**B42D 25/373** (2014.01) **B42D 25/29** (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/054514

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Februar 2017 (27.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 104 300.1 9. März 2016 (09.03.2016) DE  
10 2016 109 632.6 25. Mai 2016 (25.05.2016) DE

(71) Anmelder: **LEONHARD KURZ STIFTUNG & CO. KG**  
[DE/DE]; Schwabacher Straße 482, 90763 Fürth (DE).  
**OVD KINEGRAM AG** [CH/CH]; Zählerweg 12, 6301  
Zug (CH).

(72) Erfinder: **TOMPKIN, Wayne Robert**; Oesterliwaldweg  
2, 5400 Baden (CH). **BURKHARDT, Markus**; Friedenstr.  
16 a, 90513 Zirndorf (DE). **LUTZ, Norbert**; Am  
Waldfriedhof 7, 90607 Rückersdorf (DE). **WALTER,**

**Harald**; Einsiedlerstr. 192, 8810 Horgen (CH).  
**SCHILLING, Andreas**; Flurstraße 20, 6332 Hagendorn  
(ZG) (CH).

(74) Anwälte: **ZINSINGER, Norbert** et al.; Patentanwälte  
Louis-Pöhlau-Lohrentz, Postfach 30 55, 90014 Nürnberg  
(DE).

(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, CZ, DE, DJ, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV,  
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SECURITY ELEMENT AND METHOD FOR PRODUCING A SECURITY ELEMENT

(54) Bezeichnung : SICHERHEITSELEMENT SOWIE EIN VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES  
SICHERHEITSELEMENTS

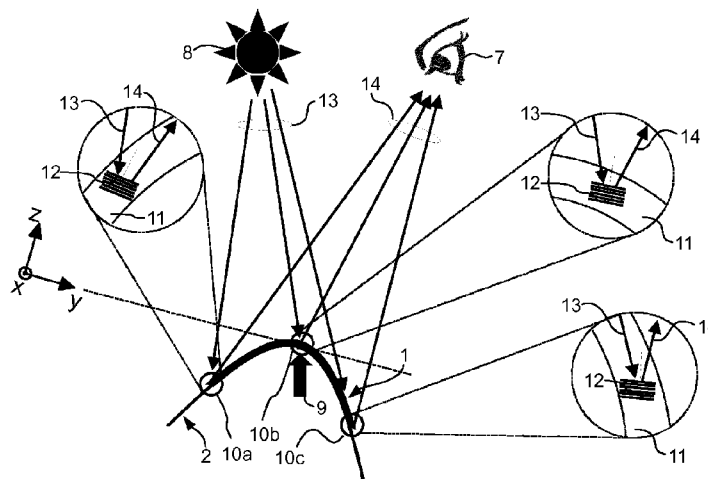


Fig. 7

(57) Abstract: The invention relates to a security element (1) comprising a first volume hologram layer (11) which forms a coordinate system with the coordinate axes perpendicular to each other between x and y (3, 4) when the security element (1) is in the non-bent state. In the first volume hologram layer (11), a first volume hologram is introduced in at least one first region (51), the first hologram being formed in such a way that first information (21 - 30) is visible to a viewer (7) in a first viewing situation, when the security element (1) is in a predefined bent state, and it is not visible in the first viewing situation when the security element (1) is in the non-bent state, and vice versa.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/153196 A1



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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)

---

Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement (1) mit einer ersten Volumenhologrammschicht (11), die ein Koordinatensystem mit den senkrecht zueinander stehenden Koordinatenachsen x und y (3, 4) in einem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) aufspannt, wobei in die erste Volumenhologrammschicht (11) ein erstes Volumenhologramm in mindestens einem ersten Bereich (51) eingebracht ist, wobei das erste Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine erste Information (21-30) in einem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) für einen Betrachter (7) in einer ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt.

5

10

Sicherheitselement sowie ein Verfahren zur Herstellung eines  
Sicherheitselements

- 15 Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement, ein Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements sowie ein Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement.

- Optisch wirksame Sicherheitselemente werden insbesondere auf
- 20 Sicherheitsdokumenten wie etwa Banknoten, Pässen, Ausweisen, Scheckkarten, Kreditkarten, Visa oder Zertifikaten sowohl für informative als auch für dekorative Zwecke eingesetzt. Derartige Sicherheitselemente erhöhen einerseits den Fälschungsschutz, beispielsweise gegenüber modernen Farbkopierern und anderen Reproduktionssystemen, und sind andererseits für
- 25 den Laien leicht und eindeutig erkennbar, so dass der Laie die Echtheit eines mit einem derartigen Sicherheitselement ausgestatteten Sicherheitsdokuments

eindeutig bestimmen kann und somit Fälschungen oder Manipulationen erkennen kann.

5 Zu diesem Zweck weisen Sicherheitselemente häufig Licht beugende, diffraktive Strukturen wie beispielsweise Hologramme auf. Diese Sicherheitselemente bieten dem Betrachter bei einem Verkippen des Sicherheitselements optisch variable Effekte. Häufig werden als Sicherheitselemente auch optisch variable Dünnschichtelemente eingesetzt, die bei einem Verkippen für den Betrachter unterschiedliche Farbeindrücke, 10 insbesondere als Farbwechsel vermitteln. Jedoch finden sich derartige Sicherheitselemente heute auf einer Vielzahl von Sicherheitsdokumenten, wie beispielsweise Banknoten, so dass der Laie diese im alltäglichen Gebrauch kaum noch beachtet, wodurch Fälschungen oder Manipulationen insbesondere durch Laien weniger häufig erkannt werden.

15 Der Erfindung liegt nun die Aufgabenstellung zugrunde, ein Sicherheitselement sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements bereitzustellen, welches sich durch einen neuartigen optisch variablen Effekt auszeichnet, welcher sich von den vorhergehend beschriebenen bekannten optisch variablen 20 Effekten unterscheidet.

Diese Aufgabe wird durch ein Sicherheitselement mit einer ersten Volumenhologrammschicht, die ein Koordinatensystem mit den senkrecht zueinander stehenden Koordinatenachsen  $x$  und  $y$  in einem nicht gebogenen 25 Zustand des Sicherheitselements aufspannt, gelöst, wobei in die erste Volumenhologrammschicht ein erstes Volumenhologramm in mindestens einem ersten Bereich eingebracht ist, wobei das erste Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine erste Information in einem ersten vordefinierten

gebogenen Zustand des Sicherheitselements für einen Betrachter in einer ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt. Diese Aufgabe wird weiter gelöst durch ein Verfahren zur

- 5 Herstellung eines Sicherheitselements mit einer ersten Volumenhologrammschicht, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 43, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: a) Bereitstellen der ersten Volumenhologrammschicht; b) Anordnen eines ersten Masters mit einer ersten Oberflächenstruktur an der ersten Volumenhologrammschicht; c) Belichten des
- 10 ersten Masters und der ersten Volumenhologrammschicht mittels kohärentem Licht, wobei das auf diese Weise in die erste Volumenhologrammschicht eingebrachte erste Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine erste Information in einem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des
- 15 Sicherheitselements für einen Betrachter in einer ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt. Diese Aufgabe wird auch gelöst von einem Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 43.
- 20 Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass durch Ausformung der oben spezifizierten Volumenhologrammschicht sich ein optisch variabler Effekt generieren lässt, welcher sich von den vorgenannten bekannten optisch variablen Effekten unterscheidet. Während sich bei bisherigen
- 25 Sicherheitselementen ein optisch variabler Effekt bei einem Kippen der Sicherheitselemente gezeigt hat, wird hier ein optisch variabler Effekt durch ein Biegen des Sicherheitselements erzeugt, so dass beispielsweise eine Information erst im gebogenen Zustand des Sicherheitselements für den Betrachter sichtbar wird. Dies erzeugt bei einem Betrachter einen

überraschenden neuartigen Eindruck, der sich von den bekannten optisch variablen Effekten unterscheidet. Insbesondere unterscheidet sich der optisch variable Effekt, welcher beim Biegen zu sehen ist, deutlich von einem optischen Effekt des Volumenhologramms beim Kippen. Der erfindungsgemäße optisch variable Effekt kann je nach Ausgestaltung des Volumenhologramms  
5 beispielsweise sowohl bei einem „Hinbiegen“ als auch bei einem „Wegbiegen“ auftreten. Hierdurch wird die Neugier des Betrachters geweckt, wodurch das Sicherheitselement häufiger betrachtet wird und Fälschungen somit häufiger erkannt werden. Dadurch, dass der optisch variable Effekt lediglich bei einem  
10 Biegen (und nicht beim Kippen) des Sicherheitselements auftritt, wird insbesondere dem Laien eine eindeutige Identifizierung des Effekts ermöglicht, der sich weiter durch eine hohe Einprägsamkeit auszeichnet. Der Betrachter kann intuitiv durch Biegen beispielsweise die Echtheit eines  
Sicherheitselements mit dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement  
15 überprüfen. Hierbei ist von Vorteil, dass insbesondere Sicherheitsdokumente wie beispielsweise Ausweisdokumente, Passdokumente, Visa, Banknoten oder Wertpapiere flexibel bzw. biegsam sind und im alltäglichen Gebrauch auch häufig gebogen werden, so dass die Aufmerksamkeit auf diesen optischen Effekt für Benutzer der Sicherheitsdokumente mit dem erfindungsgemäßen  
20 Sicherheitselement weiter erhöht wird. Weiter wird durch das erfindungsgemäße Sicherheitselement die Fälschungssicherheit erhöht, da ein Fälscher nun auch einen gebogenen Zustand des Sicherheitselements bei einer möglichen Nachahmung berücksichtigen muss. Ferner ist das  
Sicherheitselement aufgrund des Volumenhologramms nicht durch Abformen  
25 eines Oberflächenreliefs kopierbar.

Bei einem „Volumenhologramm“ wird insbesondere - im Gegensatz zu Prägehologrammen, bei dem die Information nur als Relief auf der Oberfläche

einer Folie aufgebracht ist und über das einfallende Licht gebeugt wird - die Informationen im Materialvolumen gespeichert. Über eine Modulation von mindestens zwei kohärenten Wellen kommt es in diesem Materialvolumen als Aufzeichnungsmedium zur Überlagerung dieser Wellen. Die dabei

5 entstehenden Interferenzmuster werden im Materialvolumen des Volumenhologramms in sogenannten Bragg-Ebenen gespeichert und enthalten die holographische Information als Variation des Brechungsindex des Materials. Beim Rekonstruieren des Volumenhologramms wird die gespeicherte Information der Objektwelle ausgelesen. Bei der Beugung an einem

10 Volumenhologramm gilt die Bragg-Bedingung, was zur Folge hat, dass ein Volumenhologramm nur durch Referenzstrahlen mit ganz bestimmten Einfallswinkeln und Wellenlängen rekonstruiert werden kann. Die Bragg-Bedingung lautet  $n \lambda = 2d \sin \theta$ , wobei  $n$  eine natürliche Zahl ist,  $\lambda$  die Wellenlänge und  $d$  der Abstand der Bragg-Ebenen. Der Komplementärwinkel

15  $\theta$  heißt Braggwinkel oder Glanzwinkel und berechnet sich aus dem vom Lot gemessenen Einfallswinkel wie folgt:  $\theta = 90 - \alpha$ .

Unter „Biegen“ wird hierbei die Verformung eines Gegenstands in einer bestimmten Weise durch Ausüben einer Kraft verstanden. Unter „Biegen“ eines

20 Sicherheitselements wird daher das Ausüben von Kraft auf das Sicherheitselement verstanden, wobei die Form des Sicherheitselements durch die Krafteinwirkung verändert wird oder veränderbar ist. Ein gebogenes Sicherheitselement weist also im Vergleich zu dem ungebogenen Sicherheitselement eine veränderte Geometrie auf. Weiter wird unter „Biegen“

25 auch ein Knicken verstanden, so dass ein gebogenes Sicherheitselements ein oder mehrere Knickpunkte bzw. Knicklinien aufweisen kann, an denen das Sicherheitselement scharf bzw. abrupt umgebogen ist.

Unter „gebogener Zustand“ des Sicherheitselements wird hier ein gebogenes Sicherheitselement verstanden. Das heißt, dass die Form eines Sicherheitselements in einem gebogenen Zustand durch die Krafteinwirkung verändert wurde. Vorzugsweise ist das Sicherheitselement im gebogenen Zustand gekrümmt bzw. geknickt und im nicht gebogenen Zustand flach bzw. plan.

Unter „vordefiniert“ wird hierbei ein vorbestimmter Wert oder Wertebereich bzw. eine vorbestimmte Form oder Geometrie verstanden. So folgt beispielsweise ein Sicherheitselement in einem vordefinierten gebogenen Zustand der Form einer Parabel, wobei die die Parabel beschreibenden Parameter für den vordefinierten gebogenen Zustand innerhalb von Toleranzgrenzen festliegen.

Unter „Betrachtungssituation“ werden hierbei die relativen Lagebeziehungen des Betrachters, einer Beleuchtungseinrichtung und des Sicherheitselements zueinander verstanden. Das heißt, dass in einer bestimmten Betrachtungssituation sich die Lagebeziehungen zueinander nicht ändern. So bleiben beispielsweise die Abstände bzw. Winkelbeziehungen des Betrachters, der Beleuchtungseinrichtung und des Sicherheitselement zueinander in einer bestimmten Betrachtungssituation im Wesentlichen gleich.

Unter „sichtbar“ wird hierbei verstanden, dass die Information für den Betrachter, insbesondere unter normalen Beleuchtungsverhältnissen und bei einem normalen Betrachtungsabstand, erkennbar ist. Unter „nicht sichtbar“ wird hierbei verstanden, dass die Information für den Betrachter, insbesondere unter normalen Beleuchtungsverhältnissen und bei einem normalen Betrachtungsabstand, nicht erkennbar ist. Vorzugsweise wird unter „nicht sichtbar“ auch nur geringfügig sichtbar verstanden. So ist es möglich, dass die



„nicht sichtbare“ Information für den Betrachter, insbesondere im Vergleich zur „sichtbaren“ Information, nur noch geringfügig erkennbar ist.

5 Unter „Bereich“ wird hierbei jeweils eine definierte Fläche einer Schicht verstanden, die bei Betrachtung senkrecht zu einer von der ersten Volumenhologrammschicht aufgespannten Ebene eingenommen wird. Vorzugsweise wird die von dem Bereich eingenommene definierte Fläche im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements bestimmt.

10 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen bezeichnet.

Es ist möglich, dass das erste Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass zumindest eine zweite Information in zumindest einem zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements für den Betrachter in der ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt. Hierdurch wird erreicht, dass in einem zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements eine zweite Information für den Betrachter in der ersten Betrachtungssituation sichtbar wird. Bevorzugt ergänzen sich dabei die erste und die zweite Information, sodass für einen ungeübten Betrachter aus der Kombination der ersten und der zweiten Information ein logisch zu erwartendes Bild oder eine logisch zu erwartende Bildabfolge entsteht. Hierbei kann die erste Information im ersten und im zweiten vordefinierten gebogenen Zustand sichtbar sein. So kann der Betrachter beispielsweise im ersten gebogenen Zustand des Sicherheitselements eine geschlossene Blüte sehen und im zweiten gebogenen Zustand des Sicherheitselements eine geöffnete Blüte sehen. So ist es möglich,

15  
20  
25

dass sich ein für den Betrachter im ersten gebogenen Zustand des Sicherheitselements erkennbares Motiv bei Biegung des Sicherheitselements in den zweiten gebogenen Zustand ändert. Hierdurch kann beispielsweise eine Bildgeschichte für den Betrachter erzeugt werden, was auch für den Laien intuitiv und selbsterklärend ist. Der Betrachter wird beim Biegen durch das Entdecken der Bildgeschichte „belohnt“. Weiter wird die Fälschungssicherheit weiter erhöht, da ein Fälscher nun mehrere gebogene Zustände beachten muss. Ein Beispiel für eine derartige Bildgeschichte ist ein Bild, welches sich beim Biegen wie ein Puzzle Stück für Stück zusammensetzt.

10

Vorteilhafterweise ist das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand um die x-Achse und/oder die y-Achse gebogen. So ist es möglich, dass das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand um eine horizontale und/oder vertikale Achse des Sicherheitselements gebogen ist. Unter einer Biegung um die x-Achse und/oder y-Achse wird auch eine Biegung zu einer Parallelen zu einer dieser Achsen verstanden.

15

Vorzugsweise ist das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand zu dem Betrachter hin gebogen, insbesondere derart, dass das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand eine konkave Form aufweist, und/oder dass das Sicherheitselement von dem Betrachter weg gebogen ist, insbesondere derart dass das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand eine konvexe Form aufweist.

20

25

Weiter ist es möglich, dass der erste und/oder der zumindest eine zweite vordefinierte gebogene Zustand des Sicherheitselements näherungsweise der Form einer halben Parabel oder einer Parabel folgt.

- 5 Bevorzugt weist das Sicherheitselement zumindest eine Biegelinie auf, um die das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements gebogen ist. Vorzugsweise liegt die Biegelinie in dem mindestens einen ersten Bereich, in welchem das erste Volumenhologramm in die erste Volumenhologrammschicht  
10 eingebracht ist.

- Weiter ist es möglich, dass die Dicke des Sicherheitselements in einem Bereich der Biegelinie verringert ist. So ist es möglich, dass die Dicke der ersten Volumenhologrammschicht im Bereich der Biegelinie verringert ist,  
15 vorzugsweise um mindestens 1  $\mu\text{m}$ , bevorzugt um mindestens 2,5  $\mu\text{m}$ , weiter bevorzugt um mindestens 5  $\mu\text{m}$ , noch weiter bevorzugt um mindestens 10  $\mu\text{m}$ . Es ist auch möglich, dass die Dicken ein oder mehrerer weiterer Schichten des Sicherheitselements, insbesondere eine Trägerschicht und/oder eine Schutzlackschicht, im Bereich der Biegelinie verringert sind. Weiter ist es  
20 möglich, dass mindestens eine der Schichten des Sicherheitselements im Bereich der Biegelinie nicht vorhanden ist, so dass hierdurch die Dicke des Sicherheitselements verringert ist. Weiter ist es möglich, dass im Bereich der Biegelinie Perforationen oder andere lokale Durchbrechungen des Sicherheitselements und/oder des Sicherheitsdokuments angeordnet sind. Die  
25 Breite des Bereichs mit verringerter Dicke des Sicherheitselements beträgt vorzugsweise zwischen 5  $\mu\text{m}$  und 10 mm, bevorzugt zwischen 50  $\mu\text{m}$  und 5 mm, weiter bevorzugt zwischen 100  $\mu\text{m}$  und 5 mm. Hierdurch ist es möglich, dass das Sicherheitselement entlang einer Biegelinie gebogen wird, deren

Position auf dem Sicherheitselement durch die Dickenverringerung vorgegeben ist.

Weiter ist es möglich, dass das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem  
5 zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand symmetrisch oder asymmetrisch bezogen auf die Biegelinie gebogen ist.

Unter „symmetrisch“ wird hierbei bevorzugt eine geometrische Symmetrie verstanden, so dass das in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten  
10 vordefinierten gebogenen Zustand symmetrisch gebogene Sicherheitselement durch Bewegung auf sich selbst abgebildet werden kann. So ist es möglich, dass das in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand symmetrisch gebogene Sicherheitselement spiegelbildlich bezogen auf die Biegelinie gebogen ist. Als „asymmetrisch“ wird hier bevorzugt  
15 eine Biegung in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten gebogenen Zustand bezeichnet, die nicht symmetrisch ist.

Auch ist es möglich, dass die in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements bei  
20 Betrachtung des Sicherheitselements parallel zu einer von den Koordinatenachsen x und y aufgespannten Ebene zwischen einer Oberfläche des Sicherheitselements und einer der Koordinatenachsen x oder y eingeschlossenen Winkel beidseitig der Biegelinie unterschiedlich sind.

25 Vorzugsweise sind die in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements bei Betrachtung des Sicherheitselements parallel zu einer von den Koordinatenachsen x und y aufgespannten Ebene zwischen einer Oberfläche des Sicherheitselements und einer der Koordinatenachsen x oder y

eingeschlossenen Winkel beidseitig der Biegelinie im Wesentlichen gleich, insbesondere unterscheiden sich die Winkel um weniger als  $5^\circ$ , bevorzugt um weniger als  $2,5^\circ$ , weiter bevorzugt um weniger als  $1^\circ$ .

- 5 Weiter ist es möglich, dass in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements ein vordefinierter Grenzwert bei Anwendung des Laplace-Operators  $\Delta$  auf eine von einer Funktion  $F(x,y)$  beschriebene Oberfläche des Sicherheitselements überschritten wird und in dem nicht gebogenen Zustand nicht überschritten
- 10 wird, wobei die Funktion  $F(x,y)$  den Abstand der Oberfläche des Sicherheitselements zu einer von den Koordinatenachsen  $x$  und  $y$  aufgespannten zweidimensionalen Referenzfläche beschreibt. Es ist auch möglich, dass in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements ein weiterer
- 15 vordefinierter Grenzwert bei Anwendung des Laplace-Operators  $\Delta$  auf die Funktion  $F(x,y)$  nicht überschritten wird, so dass bei Anwendung des Laplace-Operators  $\Delta$  auf die Funktion  $F(x,y)$  der erste und/oder der zumindest eine zweite vordefinierte gebogene Zustand durch einen Wertebereich, der zwischen dem vordefinierten Grenzwert und dem weiteren vordefinierten Grenzwert liegt,
- 20 bestimmt wird.

- Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel liegt der Biegeradius in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements zwischen 1 mm und 100 mm, bevorzugt
- 25 zwischen 2 mm und 50 mm, weiter bevorzugt zwischen 4 mm und 30 mm.

Unter „Biegeradius“ wird hier der Radius  $r$  des größten Kreises verstanden, welcher tangential an die Biegelinie bzw. den Biegepunkt anliegt und

gleichzeitig keine Schnittpunkte mit dem Sicherheitselement und/oder Sicherheitsdokument aufweist. Ein ungebogenes, flaches Sicherheitselement hat folglich einen unendlichen Biegeradius.

- 5 Weiter ist es von Vorteil, dass sich der Biegeradius in dem ersten und dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements um mindestens 2 mm, bevorzugt 5 mm, weiter bevorzugt 10 mm, unterscheidet.
- 10 Ferner ist es zweckmäßig, dass das Sicherheitselement biegsam ist, bevorzugt leicht und reversibel biegsam ist, insbesondere dass die Form des Sicherheitselements durch Krafteinwirkung, bevorzugt geringe Krafteinwirkung, veränderbar ist.
- 15 Vorzugsweise weist das Sicherheitselement in Richtung der Koordinatenachse x oder y, um die das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand gebogen ist, eine Länge von mindestens 5 mm, bevorzugt von mindestens 10 mm, weiter bevorzugt von mindestens 20 mm, noch weiter bevorzugt von mindestens 50 mm auf.
- 20 Vorteilhafterweise weist das Sicherheitselement in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements eine Flächenausdehnung von mindestens 5 mm x 1 mm, bevorzugt von mindestens 10 mm x 2 mm, noch weiter bevorzugt von mindestens 50 mm x 10 mm auf.
- 25 Gemäß eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels weist das erste Volumenhologramm in dem mindestens einen ersten Bereich zwei oder mehrere erste Zonen auf, wobei die zwei oder mehreren ersten Zonen in dem

ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements für den Betrachter in der ersten Betrachtungssituation die erste Information bereitstellen. Hierdurch ist es möglich, dass die erste Information von den zwei oder mehreren ersten Zonen des mindestens einen ersten Bereichs in der  
5 ersten Betrachtungssituation generiert wird.

Weiter ist es möglich, dass das erste Volumenhologramm zwei oder mehrere zweite Zonen in dem mindestens einen ersten Bereich aufweist, wobei die zwei oder mehreren zweiten Zonen in dem zumindest einen zweiten vordefinierten  
10 gebogenen Zustand des Sicherheitselements für den Betrachter in der ersten Betrachtungssituation die zumindest eine zweite Information bereitstellen. Hierdurch ist es möglich, dass die zumindest eine zweite Information von den zwei oder mehreren zweiten Zonen des mindestens einen ersten Bereichs in der ersten Betrachtungssituation generiert wird.

15 Hierbei ist von Vorteil, wenn die zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in Richtung einer der Koordinatenachsen x und/oder y eine Länge von mindestens 5  $\mu\text{m}$ , bevorzugt 50  $\mu\text{m}$ , noch weiter bevorzugt 500  $\mu\text{m}$   
20 aufweisen.

Weiter ist es möglich, dass die zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements eine Flächenausdehnung von mindestens 5  $\mu\text{m}$  x 5  $\mu\text{m}$ ,  
25 bevorzugt von 50  $\mu\text{m}$  x 50  $\mu\text{m}$ , noch weiter bevorzugt von 500  $\mu\text{m}$  x 500  $\mu\text{m}$ , aufweisen.

Weiter ist es zweckmäßig, wenn die zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen gemäß einem Raster angeordnet sind.

Hierbei ist es möglich, dass das Raster ein eindimensionales Raster,

- 5 insbesondere ein Linienraster, oder ein zweidimensionales Raster, insbesondere ein Punktraster, ist. Unter Punktraster wird hier auch ein Pixelraster aus viereckigen, insbesondere rechteckigen oder quadratischen Flächenbereichen verstanden.

- 10 Es ist weiter möglich, dass die zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen ineinander gerastert sind. So ist es möglich, dass die zwei oder mehreren ersten Zonen abwechselnd mit den zwei oder mehreren zweiten Zonen angeordnet sind und dass die zwei oder mehreren ersten Zonen benachbart zu den zwei oder mehreren zweiten Zonen  
15 angeordnet sind.

Ferner ist es möglich, dass die Rasterweite kleiner als die Auflösungsgrenze des unbewaffneten menschlichen Auges ist, insbesondere dass die Rasterweite kleiner als 300  $\mu\text{m}$ , bevorzugt kleiner als 150  $\mu\text{m}$ , ist.

20

Vorteilhafterweise sind die zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen beidseitig der Biegelinie angeordnet. So ist es beispielsweise möglich, dass zumindest eine der ersten Zonen auf einer ersten Seite der Biegelinie liegt und zumindest eine der ersten Zonen auf einer zweiten  
25 Seite der Biegelinie liegt.

Vorzugsweise sind die zwei oder mehreren ersten Zonen in dem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements und/oder die zwei



oder mehreren zweiten Zonen in dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation für den Betrachter unter unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln und Betrachtungswinkeln sichtbar.

5

Als Betrachtungswinkel wird der zwischen der von der ersten Volumenhologrammschicht im nicht gebogenen Zustand aufgespannten Ebene und der Betrachtungsrichtung eines Beobachters eingeschlossene Winkel verstanden. Ebenso wird als Beleuchtungswinkel der zwischen der von der ersten Volumenhologrammschicht im nicht gebogenen Zustand aufgespannten Ebene und der Beleuchtungsrichtung einer Beleuchtungseinrichtung eingeschlossene Winkel verstanden. Wird das Sicherheitselement gebogen, ändern sich damit in den zwei oder mehreren ersten und/oder zweiten Zonen der Betrachtungswinkel und der Beleuchtungswinkel für die jeweilige Zone.

10

15

Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die erste Volumenhologrammschicht durch Brechzahlvariationen gebildete Bragg-Ebenen auf.

20

Vorteilhafterweise unterscheidet sich zumindest einer der Parameter Abstand der Bragg-Ebenen und Ausrichtung der Bragg-Ebenen in den zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder in den zwei oder mehreren zweiten Zonen. Hierdurch wird es beispielsweise ermöglicht, dass die zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen für den

25

Betrachter in unterschiedlichen Farben erscheinen. Weiter wird es beispielsweise durch die Ausrichtung der Bragg-Ebenen bestimmt, ob die zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen

in dem ersten und/oder zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand für den Betrachter sichtbar sind.

5 Hierbei ist von Vorteil, wenn sich der Abstand der Bragg-Ebenen um mehr als 5 nm, bevorzugt mehr als 10 nm, noch weiter bevorzugt um mehr als 20 nm unterscheidet und/oder wenn sich der von den Bragg-Ebenen und der von der ersten Volumenhologrammschicht eingeschlossene Winkel sich um mehr als 2°, bevorzugt um mehr als 5°, weiter bevorzugt um mehr als 10°, noch weiter bevorzugt um mehr als 20°, unterscheidet.

10

Vorzugsweise ist in dem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements die Ausrichtung der Bragg-Ebenen in den zwei oder mehreren ersten Zonen im Wesentlichen zueinander gleich. Hierdurch kann erreicht werden, dass jede der zwei oder mehreren ersten Zonen zur

15 Generierung der ersten Information in dem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation beiträgt. Dies hat weiterhin zur Folge, dass die Ausrichtung der Bragg-Ebenen in den zwei oder mehreren ersten Zonen im flachen Zustand zueinander nicht gleich ist.

20

Weiter ist es möglich, dass in dem zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements die Ausrichtung der Bragg-Ebenen in den zwei oder mehreren zweiten Zonen im Wesentlichen zueinander gleich ist. Hierdurch kann erreicht werden, dass jede der zwei oder mehreren zweiten Zonen zur

25 Generierung der zumindest einen zweiten Information in dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation beiträgt. Dies hat weiterhin zur Folge, dass die

Ausrichtung der Bragg-Ebenen in den zwei oder mehreren zweiten Zonen im flachen Zustand zueinander nicht gleich ist.

5 Ferner ist es möglich, dass in dem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements in den zwei oder mehreren ersten Zonen und/oder in dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand in den zwei oder mehreren zweiten Zonen des Sicherheitselements die zwischen den Normalen auf die Bragg-Ebenen und der Richtung des einfallenden Lichts eingeschlossenen Winkel im Wesentlichen gleich den zwischen den Normalen  
10 auf die Bragg-Ebenen und der Richtung des von den Bragg-Ebenen reflektierten und/oder gebeugten Lichts eingeschlossenen Winkeln sind.

Bevorzugt wird zur Herstellung eines Sicherheitselements ein erster Master verwendet, der ausgehend von einem gebogenen Zwischenmaster erstellt wird,  
15 wobei die Biegung des gebogenen Zwischenmasters der Biegung des ersten und/oder des zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustands des Sicherheitselements entspricht. Der Zwischenmaster kann beispielsweise eine Folie mit einem holographisch belichteten Photoresist sein, wobei die Folie bei der holographischen Belichtung entsprechend der Biegung des ersten und/oder  
20 des zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustands des Sicherheitselements gebogen ist.

Weiter ist es möglich, dass ein erster Master verwendet wird, der mittels verzerrender Optiken, insbesondere Zylinderlinsen, hergestellt ist. Die  
25 verzerrenden Optiken belichten den ersten Master hierbei derart, dass das mittels des ersten Masters in die erste Volumenhologrammschicht eingebrachte erste Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass die erste und/oder die zumindest eine zweite Information in dem ersten und/oder dem zumindest

einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements für einen Betrachter in einer ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt.

5

Weiter ist es möglich, dass zur Herstellung eines Sicherheitselementes ein erster Master verwendet wird, welcher ein Computer generiertes Hologramm (CGH) beinhaltet, wobei dieses CGH für eine gekrümmte Fläche entsprechend der Biegung des ersten und/oder des zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustands des Sicherheitselements berechnet ist. Die Krümmung  
10 des gebogenen Sicherheitselements wird also im berechneten CGH vorkompensiert.

Auch ist es möglich, dass ein erster Master verwendet wird, dessen erste  
15 Oberflächenstruktur ein Kinegram®, ein symmetrisches Gitter, ein asymmetrisches Gitter, insbesondere ein Blazegitter, ein Binärgitter, ein mehrstufiges Phasengitter, isotrope oder anisotrope Mattstrukturen, eine retroreflektierende Struktur, eine (im Wesentlichen) refraktiv wirkende Makrostruktur, insbesondere eine Mikroprismenstruktur oder ein Mikrospiegel,  
20 insbesondere fresnelartige oder auch anders ausgeführte Freiformflächen oder Kombinationen daraus umfasst. Zusätzlich können hier vorteilhafterweise Gitterstrukturen mit statistisch variierenden Parametern (Gitterperiode, Profilform, Gittertiefe, Azimutausrichtung) vorgesehen sein. Insbesondere eignen sich Blazegitter, deren Flankenwinkel auf die Beleuchtungs- und  
25 Betrachtungswinkel der entsprechenden Zonen des Sicherheitselements in dem ersten und/oder zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustands ausgelegt sind.

Hierbei ist die Tiefe  $t$  der Blazegitter bevorzugt auf die Wellenlänge, für welche das erste Volumenhologramm ausgelegt ist, gemäß folgender Formel optimiert:

$$t = n \times \lambda / 2 \quad \text{mit: } n \in \mathbb{N}$$

5 Gleichzeitig sollte aber die Tiefe  $t$  bevorzugt nicht größer sein als die Periode der Blazegitter.

Ferner ist von Vorteil, dass ein erster Master verwendet wird, der mindestens zwei Teilbereiche aufweist, die einfallendes Licht in mindestens zwei unterschiedliche Zonen der ersten Volumenhologrammschicht reflektieren oder  
10 beugen.

Vorzugsweise unterscheidet sich die erste Oberflächenstruktur des ersten Masters in den mindestens zwei Teilbereichen, insbesondere in mindestens einem der Parameter Profilform, Gittertiefe, Gitterperiode und Azimutwinkel.  
15

Es ist möglich, dass der erste Master in einem ersten Teilbereich eine symmetrische Gitterstruktur, aufweist und in einem zweiten Teilbereich eine erste asymmetrische Gitterstruktur aufweist, wobei sich die Gitterperioden und/oder Gittertiefen der Gitterstrukturen in dem ersten und zweiten Teilbereich  
20 unterscheiden.

Weiter ist es möglich, dass der erste Master in einem dritten Teilbereich eine zweite asymmetrische Gitterstruktur aufweist, wobei sich die Gitterperioden und/oder Gittertiefen der ersten und zweiten asymmetrischen Gitterstruktur  
25 unterscheiden.

Es ist von Vorteil, dass die erste Volumenhologrammschicht und der erste Master durch kohärente Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlängen und/oder unterschiedlicher Einfallsrichtungen belichtet werden.

- 5    Vorteilhafterweise tritt der kohärente Lichtstrahl durch die erste Volumenhologrammschicht hindurch und wird an der ersten Oberflächenstruktur des ersten Masters gebeugt oder reflektiert. Der Master ist hierbei insbesondere das zu rekonstruierende Objekt.
- 10   Es ist sinnvoll, dass der erste Master unmittelbar oder unter Zwischenschaltung eines transparenten optischen Mediums an die erste Volumenhologrammschicht angeordnet wird.

- Vorzugsweise erfolgt die Belichtung mit Laserlicht mit einer Leistungsdichte im Bereich von 0,5 bis 5 W/cm<sup>2</sup> bzw. mit einer Energiedichte im Bereich von 5 bis 50 mJ/cm<sup>2</sup>, besonders bevorzugt mit einer Leistungsdichte im Bereich von 1 bis 3 W/cm<sup>2</sup> bzw. mit einer Energiedichte im Bereich von 10 bis 30 mJ/cm<sup>2</sup>.
- 15

- Weiter ist es zweckmäßig, dass nach dem Belichten die erste Volumenhologrammschicht durch Aushärten, insbesondere mittels UV-Strahlung, fixiert wird.
- 20

- Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist in die erste Volumenhologrammschicht ein zweites Volumenhologramm in mindestens einem zweiten Bereich eingebracht.
- 25

Vorzugsweise ist das zweite Volumenhologramm derart ausgeformt, dass eine dritte Information in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in

der ersten Betrachtungssituation sichtbar ist. Hierdurch ist es möglich, dass der Betrachter in der ersten Betrachtungssituation im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements die dritte Information, beispielsweise ein Bild einer Sonne wahrnimmt, und im ersten gebogenen Zustand des Sicherheitselements die  
5 erste Information wahrnimmt, beispielsweise ein Bild einer Wolke und einer Sonne wahrnimmt.

Vorteilhafterweise sind der mindestens eine erste Bereich und der mindestens eine zweite Bereich ineinander gerastert, insbesondere ist der mindestens eine  
10 erste Bereich abwechselnd mit dem mindestens einen zweiten Bereich angeordnet und der mindestens eine erste Bereich ist benachbart zu dem mindestens einen zweiten Bereich angeordnet.

Es ist auch möglich, dass das Sicherheitselement in einer zweiten  
15 Volumenhologrammschicht ein drittes Volumenhologramm aufweist. So ist es möglich, dass das Verfahren weiter die folgenden Schritte umfasst, welche insbesondere nach den Schritten a) bis c) ausgeführt werden: d) Aufbringen einer zweiten Volumenhologrammschicht; e) Anordnen eines zweiten Masters mit einer zweiten Oberflächenstruktur an der zweiten  
20 Volumenhologrammschicht; f) Belichten des zweiten Masters und der zweiten Volumenhologrammschicht mittels kohärentem Licht, so dass auf diese Weise in die zweite Volumenhologrammschicht ein drittes Volumenhologramm eingebracht wird.

25 Bevorzugt sind die erste Volumenhologrammschicht und die zweite Volumenhologrammschicht bei Betrachtung senkrecht auf eine von der ersten Volumenhologrammschicht des Sicherheitselements aufgespannten Ebene in nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements übereinander angeordnet.

Es ist weiterhin möglich, weitere Volumenhologrammschichten, insbesondere eine dritte, vierte, fünfte Volumenhologrammschicht wie die erste und die zweite Volumenhologrammschicht übereinander anzuordnen. So ist es möglich, dass  
5 das Sicherheitselement in zumindest einer zweiten Volumenhologrammschicht zumindest ein drittes Volumenhologramm aufweist.

Weiter ist es möglich, dass das erste Volumenhologramm in der ersten Volumenhologrammschicht und das dritte Volumenhologramm in der zweiten  
10 Volumenhologrammschicht registergenau zueinander ausgerichtet sind.

Weiter ist es von Vorteil, dass das dritte Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine vierte Information in einem dritten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements für einen Betrachter in der ersten  
15 Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, dass das Sicherheitselement in dem ersten und/oder zumindest einen zweiten gebogenen Zustand die erste Information und/oder die zumindest eine zweite  
20 Information in der ersten Betrachtungssituation zeigt und in dem dritten gebogenen Zustand in der ersten Betrachtungssituation die vierte Information zeigt. Beispielsweise kann die erste und/oder zumindest eine zweite Information bei einer konkav gebogenen Form des Sicherheitselements erkennbar sein und die dritte Information kann bei einer konvex gebogenen Form des  
25 Sicherheitselements sichtbar sein. Es ist jedoch auch möglich, dass das zweite Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine fünfte Information in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation sichtbar ist. Hierdurch ist es möglich, dass der Betrachter



in der ersten Betrachtungssituation im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements die fünfte Information wahrnimmt und im ersten gebogenen Zustand des Sicherheitselements die erste Information wahrnimmt.

- 5      Bezüglich möglicher Ausführungsformen des zweiten Masters und/oder weiterer Master sowie der Schritte des Anordnens des zweiten Masters und des Belichtens des zweiten Masters und/oder weiterer Master und der zweiten und/oder weiterer Volumenhologrammschichten ist hier auf die entsprechenden Ausführungsformen den ersten Master betreffend verwiesen.
- 10      Es ist ferner von Vorteil, wenn das Sicherheitselement in mindestens einem dritten Bereich eine Reliefstruktur ausgewählt aus der Gruppe diffraktives Gitter, Kinegram® oder Hologramm, Blazegitter, Binärgitter, mehrstufiges Phasengitter, Lineargitter, Kreuzgitter, Hexagonalgitter, asymmetrische oder
- 15      symmetrische Gitterstruktur, retroreflektierende Struktur, insbesondere binäre oder kontinuierliche fresnelartige Freiformflächen, diffraktive oder refraktive Makrostruktur, insbesondere Linsenstruktur oder Mikroprismenstruktur, Mikrolinse, Mikroprisma, Beugungsstruktur Nullter Ordnung, Mottenaugenstruktur oder anisotrope oder isotrope Mattstruktur, oder eine
- 20      Überlagerung oder Kombinationen von zwei oder mehr der vorgenannten Reliefstrukturen umfasst. Weiter können zusätzlich vorzugsweise Gitterstrukturen mit statistisch variierenden Parametern (Gitterperiode, Profilform, Gittertiefe, Azimutausrichtung) vorgesehen sein.
- 25      Hierdurch ist es möglich, die erste und/oder zumindest eine zweite und/oder vierte Information, welche in Abhängigkeit einer Biegung des Sicherheitselements, insbesondere im ersten und/oder zumindest einen zweiten und/oder dritten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements,

sichtbar sind, mit durch die Reliefstrukturen erzeugten optischen Effekten zu kombinieren, deren Sichtbarkeit keine oder eine geringfügige Abhängigkeit von einer Biegung zeigt. Hierdurch wird beispielsweise der Effekt erzielt, dass ein durch die Reliefstrukturen, insbesondere durch diffraktive Linsen und/oder

5 durch binäre oder kontinuierliche Freiformflächen und/oder durch eine retroreflektierende Struktur, erzeugter optischer Effekt im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements sichtbar ist und durch die erste Information im ersten gebogenen Zustand ergänzt wird, wobei sich das charakteristische Erscheinungsbild des von der Reliefstruktur erzeugten optischen Effekts im

10 ersten vordefinierten gebogenen Zustand nicht oder nur geringfügig verändert.

Weiter ist es hierbei möglich, dass das Sicherheitselement eine Replizierlackschicht umfasst. Die Replizierlackschicht besteht beispielsweise aus einem thermoplastischen Lack, in den mittels Hitze und Druck durch

15 Einwirkung eines Prägewerkzeugs eine Reliefstruktur abgeformt ist. Weiter ist es auch möglich, dass die Replizierlackschicht von einem UV-vernetzbaaren Lack gebildet wird und die Reliefstruktur mittels UV-Replikation in die Replizierlackschicht abgeformt wird. Dabei wird die Reliefstruktur durch Einwirkung eines Prägewerkzeugs auf die ungehärtete Replizierlackschicht

20 abgeformt und die Replizierlackschicht vor und/oder unmittelbar während und/oder nach der Abformung durch Bestrahlung mit UV-Licht gehärtet. Bevorzugt ist in die Replizierlackschicht in dem mindestens einen dritten Bereich die Reliefstruktur abgeformt. Weiter ist es von Vorteil, dass die Replizierlackschicht eine Schichtdicke zwischen  $0,2\ \mu\text{m}$  und  $4\ \mu\text{m}$ , bevorzugt

25  $0,3\ \mu\text{m}$  und  $2\ \mu\text{m}$ , weiter bevorzugt  $0,4\ \mu\text{m}$  und  $1,5\ \mu\text{m}$ , aufweist.

Vorzugsweise weist das Sicherheitselement in mindestens einem vierten Bereich eine Reflexionsschicht auf. Bei der Reflexionsschicht handelt es sich

- vorzugsweise um eine Metallschicht aus Aluminium, Chrom, Gold, Kupfer, Silber oder einer Legierung solcher Metalle, die im Vakuum in einer Schichtdicke von 0,01  $\mu\text{m}$  bis 0,15  $\mu\text{m}$  aufgedampft wird. Es kann sich bei der Reflexionsschicht aber auch grundsätzlich um eine nicht-metallische Schicht
- 5 handeln. Die Reflexionsschicht kann eine gedruckte oder hochaufgelöst strukturierte Farbschicht oder eine sonstige Schicht sein, die Strahlung insbesondere im sichtbaren Spektralbereich absorbiert. Die Reflexionsschicht ist insbesondere als Farbschicht ausgebildet. Die Farbschicht wird insbesondere mittels des HD-Demet-Prozesses hergestellt.
- 10 Die Reflexionsschicht kann vollflächig oder auch nur bereichsweise, insbesondere als Teilmetallisierung, aufgebracht sein. Die Reflexionsschicht kann hierzu beispielsweise vollflächig aufgebracht werden und anschließend mittels bekannter Strukturierungsverfahren (beispielsweise mittels Ätzresist,
- 15 mittels Photoresist, mittels Waschverfahren) flächenbereichsweise wieder entfernt werden. Eine derartige Teilmetallisierung kann beispielsweise ein KINEGRAM<sup>®</sup> oder ein metallischer Nanotext sein.
- Bevorzugt ist die Reflexionsschicht gerastert ausgebildet. Gemäß einem
- 20 bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die teilmetallisierte Reflexionsschicht rasterförmig ausgebildet. Alternativ kann die gerasterte Reflexionsschicht auch nichtmetallisch sein und insbesondere aus einer gedruckten oder hochaufgelöst strukturierten Farbschicht bestehen.
- 25 Vorzugsweise sind der mindestens eine erste und/oder zweite und/oder dritte und/oder vierte Bereich registergenau zueinander ausgerichtet. Besonders bevorzugt ergänzen sich hierbei die Informationen, welche die jeweiligen Bereiche darstellen.

- Unter Register oder Passer bzw. Registergenauigkeit oder Passergenauigkeit ist eine Lagegenauigkeit zweier oder mehr Elemente und/oder Schichten relativ zueinander zu verstehen. Dabei soll sich die Registergenauigkeit innerhalb
- 5 einer vorgegebenen Toleranz bewegen und dabei möglichst gering sein. Gleichzeitig ist die Registergenauigkeit von mehreren Elementen und/oder Schichten zueinander ein wichtiges Merkmal, um die Prozesssicherheit zu erhöhen. Die lagegenaue Positionierung kann dabei insbesondere mittels sensorisch, vorzugsweise optisch detektierbarer Passermarken oder
- 10 Registermarken erfolgen. Diese Passermarken oder Registermarken können dabei entweder spezielle separate Elemente oder Bereiche oder Schichten darstellen oder selbst Teil der zu positionierenden Elemente oder Bereiche oder Schichten sein.
- 15 Das erste Volumenhologramm in der ersten Volumenhologrammschicht kann ebenfalls bevorzugt nicht vollflächig, sondern rasterförmig, also nur bereichsweise, ausgebildet sein. So ist es möglich, dass das erste Volumenhologramm gemäß einem Raster angeordnet ist. Vorteilhafterweise ist das erste Volumenhologramm derart angeordnet, dass die jeweiligen Bereiche
- 20 des ersten Volumenhogramms deckungsgleich im Register mit den metallisierten Bereichen der Reflexionsschicht angeordnet sind. Vorzugsweise ist das erste Volumenhologramm hierbei unterhalb, insbesondere bezogen auf die Betrachtungsrichtung des Sicherheitselements, der Reflexionsschicht angeordnet. Weiter ist von Vorteil, wenn das Raster des ersten
- 25 Volumenhogramms als Linienraster ausgebildet ist. Im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselementes verdeckt die Reflexionsschicht somit das erste Volumenhologramm, wodurch das erste Volumenhologramm im Wesentlichen nicht sichtbar ist. In dem ersten und/oder zumindest einen

zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements deckt die Reflexionsschicht das erste Volumenhologramm dagegen nicht mehr vollständig ab, so dass das erste Volumenhologramm sichtbar oder zumindest teilweise sichtbar wird.

5

Vorzugsweise ist zwischen der ersten Volumenhologrammschicht und der Reflexionsschicht, insbesondere zwischen der ersten Volumenhologrammschicht und der teilmetallisierten und/oder gerastert ausgebildeten Reflexionsschicht eine transparente Abstandsschicht angeordnet.

10

Gemäß eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels weist das Sicherheitselement zwei rasterförmige, bevorzugt teilmetallisierte Reflexionsschichten auf, zwischen denen bevorzugt eine transparente Abstandsschicht angeordnet ist. Ferner kann zwischen den Reflexionsschichten und der Volumenholgrammschicht eine weitere Abstands- bzw. Lackschicht angeordnet sein.

15

Die beiden Reflexionsschichten sind dabei bevorzugt relativ zueinander so versetzt angeordnet, dass die transparenten Bereiche der einen Reflexionsschicht von den vorhandenen bzw. präsenden, insbesondere den metallisierten Bereichen der anderen Reflexionsschicht, insbesondere bei Betrachtung senkrecht zu einer von der ersten Volumenhologrammschicht aufgespannten Ebene im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements, abgedeckt sind. Die beiden Reflexionsschichten sind sozusagen „auf Lücke“ relativ zueinander positioniert. Die beiden Reflexionsschichten sind dadurch derart in Bezug zueinander angeordnet, dass sie im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements das darunter liegende, beispielsweise vollflächige

20

25

erste Volumenhologramm komplett abdecken, so dass das erste Volumenhologramm daher für den Betrachter im Wesentlichen nicht sichtbar ist.

In dem ersten und/oder zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements decken die Reflexionsschichten das erste

- 5 Volumenhologramm dagegen nicht mehr ab, so dass dieses sichtbar oder zumindest teilweise sichtbar wird. Unter transparente Bereiche im Zusammenhang mit rasterförmig werden vorliegend insbesondere Bereiche verstanden, wo die Reflexionsschicht nicht vorkommt.

- 10 Vorteilhafterweise handelt es sich bei dem Raster der Reflexionsschicht und/oder der Reflexionsschichten und/oder des ersten Volumenhologramms um ein regelmäßiges Raster. Es ist jedoch auch möglich, dass es sich um ein unregelmäßiges Raster handelt.

- 15 Vorzugsweise ist das Raster der Reflexionsschicht und/oder der Reflexionsschichten und/oder das Raster des ersten Volumenhologramms als Linienraster ausgebildet. Vorzugsweise verlaufen die Linien des Linienrasters dabei parallel zur Biegelinie des Sicherheitselements. Bevorzugt betragen die Linienbreiten und/oder die Linienabstände zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$ ,

- 20 bevorzugt zwischen 2  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ .

Zur Anpassung an die Biegelinie kann es erforderlich sein, dass die Linienbreiten und/oder Linienabstände des Rasters der Reflexionsschicht und/oder der Reflexionsschichten und/oder das Raster des ersten

- 25 Volumenhologramms nicht konstant sind, sondern variieren. Bevorzugt variieren die Linienbreiten und/oder Linienabstände senkrecht zu der Biegelinie, insbesondere in Abhängigkeit der Biegung des ersten und/oder des zumindest einen zweiten gebogenen Zustands des Sicherheitselements.

Insbesondere sind die Linienbreiten und die Linienabstände des Rasters der Reflexionsschicht und/oder der Reflexionsschichten und die Schichtdicke der transparenten Abstandsschicht so gewählt, dass der Effekt der Sichtbarkeit des ersten Volumenhologramms in dem ersten und/oder zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand, beispielsweise bei einem vorbestimmten Biegeradius, des Sicherheitselements maximiert ist.

Von Vorteil ist es, wenn die Schichtdicke der transparenten Abstandsschicht im Wesentlichen den Rasterperioden der Linienraster der Reflexionsschichten bzw. der Reflexionsschicht entspricht. Vorzugsweise betragen die Linienbreiten und/oder die Linienabstände zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 2  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ .

Es ist von Vorteil, wenn die Abstandsschicht eine Schichtdicke zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 2  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ , aufweist. Vorzugsweise verlaufen die Linien der Linienraster der beiden Reflexionsschichten parallel zur Biegelinie des Sicherheitselements.

Es ist auch möglich, anstelle einer transparenten Abstandsschicht mit konstanter Schichtdicke eine transparente Abstandsschicht vorzusehen, deren Dicke variiert. Es ist sowohl eine kontinuierliche Variation der Schichtdicke als auch eine gestufte, diskrete Variation der Schichtdicke möglich. Dadurch ist es möglich, den Effekt der Sichtbarkeit des ersten Volumenhologramms in dem ersten und/oder zumindest einem zweiten vordefinierten gebogenen Zustand, als auch den Effekt der Nichtsichtbarkeit im ebenen Zustand zu verbessern. Insbesondere ändert sich die Dicke der Abstandsschicht senkrecht zur Biegelinie. Von Vorteil ist es, wenn die Abstandsschicht im Bereich der

Biegelinie bzw. entlang der Biegelinie die größte Schichtdicke aufweist und die Schichtdicke mit Entfernung von der Biegelinie abnimmt bzw. geringer wird. Dies bedeutet insbesondere, dass im Bereich kleiner Biegewinkel eine größere Schichtdicke der Abstandsschicht und im Bereich größerer Biegewinkel eine geringere Schichtdicke der Abstandsschicht vorgesehen ist. Die Abnahme kann  
5 sowohl kontinuierlich wie auch gestuft sein.

Weiter ist es aber grundsätzlich auch möglich, dass die Reflexionsschicht und/oder die Reflexionsschichten von einer transparenten Reflexionsschicht  
10 gebildet ist, vorzugsweise einer dünnen oder fein strukturierten metallischen Schicht oder einer dielektrischen HRI- oder LRI-Schicht (*engl.* high refraction index – HRI, low refraction index – LRI). Eine solche dielektrische Reflexionsschicht besteht beispielsweise aus einer aufgedampften Schicht aus einem Metalloxid oder Metallsulfid, z.B. Titanoxid, etc. mit einer Dicke von 10  
15 nm bis 150 nm.

Weiter ist es auch möglich drei oder mehr übereinanderliegende strukturierte Reflexionsschichten und zwei oder mehr transparente Abstandsschichten vorzusehen. Dies ermöglicht eine bessere Sichtbarkeit des  
20 Volumenhologramms im gebogenen Zustand und einen größeren Betrachtungswinkelbereich, in welchem das Volumenhologramm im ebenen Zustand nicht sichtbar ist.

In einer weiteren Ausführungsform ist die strukturierte Reflexionsschicht bzw.  
25 sind die strukturierten Reflexionsschichten nicht vollflächig, sondern nur partiell über dem darunter liegenden Volumenhologramm vorgesehen. Dies erlaubt insbesondere, dass ein Bereich des Volumenhologramms auch im ebenen Zustand sichtbar ist, sodass die Aufmerksamkeit des Betrachters auf das



Sicherheitselement gelenkt wird. Beim Biegen wird dann ein immer größerer Teil des Volumenhologramms sichtbar.

In einer weiteren Variante ist eine der Reflexionsschichten als Linienraster, die  
5 andere Reflexionsschicht dagegen als gerasterte Schicht aus flächenhaften  
Rasterelementen ausgebildet. Dabei wird die Bildung von Moiré-Effekten durch  
die beiden beabstandeten und übereinander angeordneten Schichten  
ausgenutzt. Die geometrischen Formen der beiden Reflexionsschichten sowie  
deren Dimensionen ergeben sich durch mathematische Berechnung,  
10 beispielsweise mittels einer Software für die Berechnung von Moiré-Effekten.  
Als erste Zielgröße wird bei der Berechnung beispielsweise vorgegeben, dass  
das Moiré im ebenen Zustand des Sicherheitselements eine vollständig oder  
nahezu vollständig undurchsichtige Fläche erzeugt. Dadurch ist das darunter  
liegende Volumenhologramm im ebenen Zustand abgedeckt und damit  
15 unsichtbar oder nahezu unsichtbar. Als zweite Zielgröße wird beispielsweise  
vorgegeben, dass im gebogenen Zustand des Sicherheitselements durch den  
Moiré-Effekt Fenster bzw. transparente Bereiche in den übereinander liegenden  
Reflexionsschichten erzeugt werden, die bestimmte geometrische Formen  
aufweisen. In diesen transparenten Bereichen wird das darunter liegende  
20 Volumenhologramm sichtbar.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel können anstelle der strukturierten  
Reflexionsschicht bzw. der strukturierten Reflexionsschichten auch eine  
strukturierte Absorptionsschicht oder zwei beabstandete Absorptionsschichten  
25 vorgesehen sein. Die oben genannten Ausführungsformen bezüglich der  
Reflexionsschicht bzw. der Reflexionsschichten gelten entsprechend auch für  
die Absorptionsschicht.

Denkbar ist auch, dass nur ein einziges Raster zur Abdeckung des Volumenhologramms im flachen Zustand verwendet wird. Dies hat den Vorteil, dass keine Registerhaltigkeit wie bei den zwei oder mehr Metallrastern notwendig wäre. Die Reflexionsschicht bzw. ein Metallraster liegt hier im

5 Wesentlichen als Flanken vor. Die Reflexionsschicht ist insbesondere flankenförmig ausgebildet. Die Reflexionsschicht erstreckt sich dabei nicht nur in der x/y-Ebene, sondern auch in z-Richtung. Die flankenförmig ausgebildete Reflexionsschicht bzw. die Flanken wirken dabei ähnlich wie die Lamellen in einem sogenannten „privacy filter“ für Computer-Bildschirme. Das Licht kann im

10 Wesentlichen senkrecht, d.h. in z-Richtung durch die Reflexionsschicht hindurchtreten. Sobald ein Grenzwinkel  $\theta$  überschritten wird, blockieren die Flanken der Reflexionsschicht das Licht, welches vom Volumenhologramm kommt, nahezu komplett. Es wird aber auch schon für kleinere Winkel die Intensität des Volumenhologramms reduziert, da mit dem Grenzwinkel  $\theta$  nur

15 noch von wenigen Punkten des Volumenhologramms aus das Licht passieren kann.

Die Herstellung einer solchen Reflexionsschicht bzw. eines solchen Metallrasters erfolgt insbesondere dadurch, dass eine lamellenartige oder

20 tassenförmige Struktur repliziert wird. Die Höhe  $H$  der Lamellen oder Tassenränder kann zwischen  $1\text{ }\mu\text{m}$  und  $50\text{ }\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen  $2\text{ }\mu\text{m}$  und  $20\text{ }\mu\text{m}$  und besonders bevorzugt zwischen  $2\text{ }\mu\text{m}$  und  $10\text{ }\mu\text{m}$  liegen. Der Abstand der Lamellen oder Tassenränder sollte bevorzugt kleiner oder gleich  $10 \times H$ , besser kleiner  $5 \times H$  und noch besser kleiner als  $2 \times H$  sein. In einem weiteren

25 Schritt wird die replizierte Struktur dann vollflächig mit einer Reflexionsschicht, bevorzugt mit einer dünnen Metallschicht, beispielsweise in einer Dicke von  $20\text{ nm}$  bis  $30\text{ nm}$ , insbesondere mit Aluminium, bedampft. In einem Demetallisierungsschritt wird dann die Reflexionsschicht und/oder die

Metallschicht wieder bereichsweise entfernt. Im Wesentlichen wird nur in den Vertiefungen zwischen den Lamellen bzw. den Wänden der „Mikrotassen“, d.h. nur vom „Boden“ der Strukturen, das Metall entfernt. Übrig bleiben im Wesentlichen flankenförmig ausgebildete Elemente bzw. eine flankenförmig ausgebildete Reflexionsschicht. Der Demetallisierungsschritt kann grundsätzlich mit allen bekannten Demetallisierungsverfahren durchgeführt werden.

Vorteilhafterweise bildet der mindestens eine dritte und/oder vierte Bereich ein graphisches Element, insbesondere ein Motiv, ein Bild, ein Symbol, ein Logo und/oder ein alphanumerisches Zeichen aus.

Weiter ist es möglich, dass der mindestens eine erste Bereich einen Rahmen um den mindestens einen dritten und/oder vierten Bereich bildet. Auch ist es möglich, dass der mindestens eine erste Bereich den mindestens einen dritten und/oder vierten Bereich vollständig umgibt. Alternativ ist es auch möglich, dass der mindestens eine dritte und/oder der vierte Bereich den mindestens einen ersten und/oder zweiten Bereich vollständig umgibt.

Ferner ist es zweckmäßig, dass die erste und/oder die zumindest eine zweite und/oder die dritte und/oder die vierte Information ein oder mehrere Symbole, Logos, Motive, Bilder, Zeichen oder alphanumerische Charaktere darstellt.

Vorzugsweise weist die erste und/oder zweite Volumenhologrammschicht eine Schichtdicke zwischen 3  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 30  $\mu\text{m}$ , auf.

Weiter ist es zweckmäßig, wenn die erste und/oder zweite und/oder weitere Volumenhologrammschichten aus einem Photopolymer, insbesondere aus

Omni DX 796 (DuPont), Silberhalogenid-Emulsionen oder dichromatischer Gelatine, ausgebildet ist.

5 Bevorzugt umfasst das Sicherheitselement zumindest vor dem Aufbringen auf ein Substrat, beispielsweise das Sicherheitsdokument, eine Trägerschicht, insbesondere eine transparente Trägerschicht. Vorzugsweise besteht die Trägerschicht aus einer selbsttragenden Folie aus PET (= Polyethylenterephthalat), PEN (= Polyethylennaphthalat) oder BOPP (= biaxial orientiertes Polypropylen) und weist eine Dicke zwischen 5 µm und 250 µm, 10 bevorzugt zwischen 10 µm und 50 µm auf. Nach der Applikation auf das Substrat, beispielsweise das Sicherheitsdokument, ist es möglich, die Trägerschicht zu entfernen.

15 Alternativ kann das Sicherheitselement aber auch direkt auf dem Substrat erstellt werden. Z.B. kann das Volumenhologramm direkt bei der Herstellung von Polymerbanknoten oder Polymerbanknotensubstraten hergestellt werden. Dabei kann insbesondere die Volumenhologrammschicht und gegebenenfalls noch weitere Schichten unter und/oder über der Volumenhologrammschicht jeweils durch bekannte Druckverfahren wie Siebdruck, Tiefdruck, Offsetdruck 20 oder Tintenstrahldruck direkt auf das Substrat aufgebracht und die Volumenhologrammschicht direkt auf dem Substrat belichtet werden.

Weiter ist es möglich, dass das Sicherheitselement mindestens eine Schutzlackschicht und/oder mindestens eine Versiegelungsschicht und/oder 25 mindestens eine Haftvermittlungsschicht und/oder mindestens eine Barrierschicht und/oder mindestens eine Stabilisierungsschicht und/oder mindestens eine Kleberschicht, insbesondere umfassend Acrylate, PVC, Polyurethan oder Polyester, umfasst.

Unter Verwendung eines derartigen Sicherheitselements kann ein Sicherheitsdokument geschaffen werden, welches insbesondere als Ausweisdokument, Passdokument, Visum, Kreditkarte, Banknote, Wertpapier  
5 oder dergleichen ausgebildet ist.

Das Sicherheitselement kann auch über einem transparenten Fensterbereich eines Sicherheitsdokuments liegen. Dies kann beispielsweise ein transparenter Bereich einer Polymer- oder Hybridbanknote sein oder ein gestanztes oder  
10 gelasertes Loch in einer Papierbanknote. Hierbei ist es, zum Beispiel über eine geeignete Rasterung der Strukturen im Master, möglich, zwei Volumenhologramme in die Volumenhologrammschicht zu integrieren, welche im gebogenen Zustand unterschiedliche optische Effekte bei Betrachtung von der Vorder- und der Rückseite des Sicherheitsdokuments zeigen. Diese  
15 unterschiedlichen optischen Effekte können entweder zu sehen sein, wenn die Biegung gleich gehalten wird, also einmal konvex und einmal konkav ist. Die unterschiedlichen Effekte können aber auch zu sehen sein, wenn beim Umdrehen des Sicherheitsdokumentes die Biegung invertiert wird, also bei der Betrachtung von der Vorder- und der Rückseite liegt die gleiche Biegeform –  
20 konvex oder konkav – vor.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung exemplarisch unter Zuhilfenahme der beiliegenden, nicht maßstabgetreuen Figuren erläutert.

- |    |                           |   |
|----|---------------------------|---|
| 5  | Fig. 1                    | zeigt schematisch ein Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement in Draufsicht  |
|    | Fig. 2a bis Fig. 2c       | zeigen schematisch ein Kippen eines Sicherheitselements   |
| 10 | Fig. 3a bis Fig. 3d       | zeigen schematisch ein Biegen eines Sicherheitselements   |
|    | Fig. 4                    | zeigt schematisch ein gebogenes Sicherheitselement  |
| 15 | Fig. 5a, b und Fig. 6a, b | zeigen schematisch Biegevarianten eines Sicherheitselements   |
|    | Fig. 7                    | zeigt schematisch die Funktion eines gebogenen Sicherheitselements  |
| 20 | Fig. 8                    | zeigt ein Diagramm, welches Biegevarianten spezifiziert   |
|    | Fig. 9a                   | zeigt schematisch ein gebogenes Sicherheitselement  |
| 25 | Fig. 9b                   | zeigt ein schematisch und vereinfacht dargestelltes Streifendesign, welches für eine Betrachtung wie in Fig. 9a gezeigt ausgelegt ist |

	Fig. 10a bis Fig. 10d	zeigen schematisch Verfahrensschritte zur Herstellung eines Sicherheitselements
5	Fig. 11	zeigt eine Aufnahme eines Sicherheitselements in einer Ausgestaltung
	Fig. 12	zeigt schematisch ein Anwendungsbeispiel eines Sicherheitselements
10	Fig. 13a bis Fig. 13j	zeigen schematisch Anwendungsbeispiele von Sicherheitselementen
	Fig. 14	zeigt schematisch ein Anwendungsbeispiel eines Sicherheitselements
15		
	Fig. 15a bis 15c	zeigen schematisch ein gebogenes Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement
20	Fig. 16a, b	zeigen schematisch ein flaches bzw. gebogenes Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement
	Fig. 17	zeigt schematische Darstellung von Kenngrößen zur Ermittlung von Linienbreiten und Linienabstände des Volumenhologramms bzw. der Reflexionsschicht
25		
	Fig. 18	zeigt die Abhängigkeit der ermittelten Linienbreiten und Linienabstände vom Krümmungswinkel

	Fig. 19 und 20	zeigen jeweils schematisch ein flaches Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement mit Abstandsschicht mit variabler Schichtdicke
5	Fig. 21	zeigt jeweils schematisch ein flaches Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement
10	Fig. 22a, b	zeigen schematisch ein flaches bzw. gebogenes Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement
	Fig. 23	zeigt schematisch ein flaches Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement
15	Fig. 24	schematisch ein Anwendungsbeispiel eines Sicherheitselements
	Fig. 25	zeigt eine Draufsicht auf einen Ausschnitt einer als Linienraster ausgeführten Schicht
20	Fig. 26	zeigt eine Draufsicht auf einen Ausschnitt einer gerasterten Schicht aus flächenhaften Rasterelementen
25	Fig. 27	zeigt schematisch ein flaches Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement



Fig. 28a bis 28d zeigen eine mögliche Herstellmethode für das in Figur 27 gezeigte Sicherheitselement

Fig. 1 zeigt die Draufsicht auf ein Sicherheitsdokument 2 mit einem

- 5 Sicherheitsselement 1. Das Sicherheitsdokument 2 ist in dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel eine Banknote. Es ist jedoch auch möglich, dass es sich bei dem Sicherheitsdokument 2 um ein Ausweisdokument, Passdokument, Visum, Kreditkarte, Wertpapier oder dergleichen handelt.
- 10 Das Sicherheitsdokument 2 besteht aus einem flexiblen, elastischen oder unelastischen Substrat 17, auf dem das Sicherheitselement 1 angeordnet ist. Bei dem Substrat 17 handelt es sich vorzugsweise um ein Substrat aus Papiermaterial, das mit einem Aufdruck versehen ist und in das weitere Sicherheitsmerkmale, wie beispielsweise Wasserzeichen oder
- 15 Sicherheitsfäden, eingebracht und/oder aufgebracht sind. Insbesondere kann es sich bei dem Substrat 17 bzw. bei dem Sicherheitsdokument 2 um eine Papierbanknote oder ein Papiervisum handeln. Es ist jedoch auch möglich, dass es sich bei dem Substrat 17 um eine Kunststoffolie oder um ein aus ein oder mehreren Papier- und/oder Kunststoffschichten bestehendes Laminat
- 20 handelt. Beispiele für Kunststoffolien für Polymerbanknoten, insbesondere aus BOPP sind z.B. das Substrat Guardian® von Innovia oder Safeguard® von De La Rue oder auch Tyvek® von Dupont. Beispiele für Laminat aus Papier- und Kunststoffschichten, auch Hybrid-Substrate genannt, sind beispielsweise Durasafe® von Landquart oder „Hybrid“ von Giesecke&Devrient. Die Dicke des
- 25 Trägersubstrats 17 liegt dabei, insbesondere falls es sich um eine Banknote handelt, zwischen 6 µm und 150 µm, bevorzugt zwischen 15 µm und 50 µm.

Die Sicherheitsdokument 2 liegt wie in Fig. 1 gezeigt in der xy-Ebene und ist damit in dem in Fig. 1 gezeigten Zustand plan bzw. flach. Das Sicherheitselement 1 weist, wie in Fig. 1 gezeigt, die Abmessungen  $\Delta x$  und  $\Delta y$  auf.

5

Vorzugsweise wird das Sicherheitselement 1 auf das Sicherheitsdokument 2 mittels Prägen, insbesondere mittels Kalt- oder Heißprägen aufgebracht. Hierbei hat es sich bewährt, wenn das Sicherheitselement 1 auf einer Transferfolie bereitgestellt wird, so dass eine Applikation des

10 Sicherheitselements 1 auf ein Sicherheitsdokument 2 mittels Prägens erfolgen kann. Eine solche Transferfolie weist mindestens ein Sicherheitselement 1 auf, wobei das mindestens eine Sicherheitselement 1 von einer Trägerschicht in Form einer Trägerfolie der Transferfolie ablösbar angeordnet ist. Ausgehend von der Trägerschicht der Transferfolie ist hier üblicherweise eine Ablöseschicht  
15 vorhanden, um das Sicherheitselement 1 nach dem Prägen von der Trägerschicht lösen zu können. Das Sicherheitselement 1 kann mittels einer Klebstoffschicht, insbesondere aus einem Kalt- oder Heißkleber, am Sicherheitsdokument 2 fixiert werden.

Alternativ kann das Sicherheitselement auch auf einer Laminierfolie  
20 bereitgestellt werden, wobei die Applikation durch Laminieren erfolgt und die Trägerschicht auf dem Sicherheitselement verbleibt.

Es ist auch denkbar, das Sicherheitselement 1 direkt auf dem Sicherheitsdokument 2 zu erzeugen. Dabei kann insbesondere die  
25 Volumenhologrammschicht 11 und ggf. noch weitere Schichten unter und/oder über der Volumenhologrammschicht 11 jeweils durch bekannte Druckverfahren wie Siebdruck, Tiefdruck, Offsetdruck oder Tintenstrahldruck direkt auf das

Substrat 17 aufgebracht und die Volumenhologrammschicht direkt auf dem Substrat 17 belichtet werden.

- Das auf dem Sicherheitsdokument 2 fixierte Sicherheitselement 1 ist dabei  
5 derart auf dem Sicherheitsdokument 2 aufgebracht, dass es sich Form-  
und/oder Geometrieänderungen des Sicherheitsdokuments 2 anpasst.  
Insbesondere ist das Sicherheitselement 1 biegsam, so dass die Form des  
Sicherheitselements 1 durch Krafteinwirkung verändert wird oder veränderbar  
ist. Wird so beispielsweise das in Fig. 1 gezeigte Sicherheitsdokument 2 in der  
10 Mitte des Sicherheitsdokuments 2 symmetrisch um die x-Achse gebogen, so  
vollzieht das aufgebrachte Sicherheitselement 1 im Wesentlichen dieselbe  
Formänderung wie das Sicherheitsdokument 2 im Bereich des  
Sicherheitselements 1.
- 15 Im Folgenden wird zunächst der Unterschied zwischen einem Kippen und  
einem Biegen des Sicherheitselements 1 anhand der Fig. 2a bis Fig. 2c und der  
Fig. 3a bis Fig. 3d veranschaulicht. Im Folgenden wird der Einfachheit halber  
lediglich von einem Kippen bzw. Biegen des Sicherheitselements 1 gesprochen  
und nicht wie meist in den Figuren dargestellt von einem Kippen bzw. Biegen  
20 des Sicherheitsdokuments 2 zusammen mit dem darauf angeordneten  
Sicherheitselement 1.

- Fig. 2a bis Fig. 2c zeigen schematisch ein Kippen eines Sicherheitselements 1  
um die x-Achse. Unter Kippen wird hier verstanden, dass das  
25 Sicherheitselement 1 in eine Schräglage gebracht wird, wobei sich die Form  
des Sicherheitselements 1 dabei nicht verändert. Das Sicherheitselement 1 ist  
bei einem Kippen daher starr. Fig. 2a zeigt das Sicherheitsdokument 2 entlang  
des in Fig. 1 gezeigten Schnitts A – B in einer Seitenansicht. Das

Sicherheitsdokument 2 und das darauf angebrachte Sicherheitselement 1 befindet sich in Fig. 2a in der xy-Ebene und wird von der Beleuchtungseinrichtung 8, beispielsweise der Sonne, beleuchtet. Wie in Fig. 2a gezeigt, gelangt Licht von dem Sicherheitselement 1 hierbei unter den unterschiedlichen Betrachtungswinkeln  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und  $\alpha_3$  in das Auge eines Betrachters 7. Wird das Sicherheitselement 1, wie in Fig. 2b gezeigt, um den Kippunkt 6 um den Winkel  $\Psi$  aus der xy-Ebene herausgekippt, ändern sich die Betrachtungswinkel  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und  $\alpha_3$ , unter denen das Licht von dem Sicherheitselement 1 in das Auge des Betrachters 7 gelangt, derart, dass die Winkel  $\alpha_1'$ ,  $\alpha_2'$  und  $\alpha_3'$  im gekippten Zustand des Sicherheitselements 1 alle kleiner sind. Bei einem Kippen um die horizontale Achse, welche hier der x-Achse entspricht, von dem Betrachter weg, verkleinern sich somit alle Betrachtungswinkel, wie in Fig. 2b gezeigt, im Vergleich zu dem ursprünglichen ungekippten Zustand in Fig. 2a. Wird das Sicherheitselement 1 ebenfalls um die horizontale x-Achse auf den Betrachter zu gekippt, vergrößern sich alle Betrachtungswinkel, unter denen Licht von dem Sicherheitselement 1 in das Auge des Betrachters 7 gelangt. Gleiches gilt für ein Kippen um die vertikale y-Achse. Somit verändern sich bei einem Kippen sowohl um die horizontale Achse als auch um die vertikale Achse des Sicherheitselements 1 alle Betrachtungswinkel in die gleiche Richtung, unabhängig davon von welcher Seite des Kippunkts 6 aus das Licht kommt. Wie in Fig. 2c gezeigt, weist das gesamte Sicherheitsdokument und damit auch alle Bereiche des Sicherheitselements 1 im gekippten Zustand den gleichen Winkel  $\Psi$  im Bezug zur y-Achse auf.

25

Fig. 3a bis Fig. 3d zeigen schematisch ein Biegen eines Sicherheitselements 1. Unter „Biegen“ wird hierbei die Verformung eines Gegenstands in einer bestimmten Weise durch Ausüben einer Kraft verstanden. Unter „Biegen“ eines

Sicherheitselements 1 wird daher das Ausüben von Kraft auf das Sicherheitselement 1 verstanden, wobei die Form des Sicherheitselements 1 durch die Krafteinwirkung verändert wird oder veränderbar ist. Ein gebogenes Sicherheitselement 1 weist also im Vergleich zu dem ungebogenen

5 Sicherheitselement 1 eine veränderte Geometrie auf. Weiter wird unter „Biegen“ auch ein Knicken verstanden, so dass ein gebogenes Sicherheitselements 1 ein oder mehrere Knickpunkte bzw. Knicklinien aufweisen kann, an denen das Sicherheitselement 1 scharf bzw. abrupt umgebogen ist. Fig. 3a zeigt erneut das in der xy-Ebene befindliche Sicherheitsdokument 2 entlang des in Fig. 1

10 gezeigten Schnitts A – B in einer Seitenansicht wie in Fig. 2a, wobei Licht von dem auf dem Sicherheitsdokument 2 angeordneten Sicherheitselement 1 hierbei unter den unterschiedlichen Betrachtungswinkeln  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und  $\alpha_3$  in das Auge eines Betrachters 7 gelangt. Wird das Sicherheitselement 1, wie in Fig. 3b

15 gezeigt, um den Biegepunkt 9 von dem Betrachter 7 weggebogen bzw. geknickt, ändern sich die Betrachtungswinkel  $\alpha_1'$  und  $\alpha_3'$ , unter denen Licht von dem Sicherheitselement 1 in das Auge des Betrachters 7 gelangt, auf unterschiedlichen Seiten des Biegepunkts 9 in unterschiedlicher Weise. So wird beispielsweise der Betrachtungswinkel  $\alpha_1'$  kleiner, wohingegen der Betrachtungswinkel  $\alpha_3'$  größer wird im Vergleich zu dem ungebogenen Zustand

20 des Sicherheitselements 1 in Fig. 3a. Der Betrachtungswinkel  $\alpha_2$  im Biegepunkt 9 hingegen bleibt gleich. Wird das Sicherheitselement 1 dagegen auf den Betrachter 7 zu gebogen, so dass eine konkave Form des Sicherheitselements 1 entsteht, ändern sich die Betrachtungswinkel umgekehrt. Fig. 3b zeigt den Extremfall des Biegens, nämlich das Knicken. Fig. 3c zeigt ebenfalls die

25 geänderten Betrachtungswinkel  $\alpha_1'$  und  $\alpha_3'$  in einem gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1, wobei der gebogene Zustand der Fig. 3c näherungsweise durch eine Parabel beschrieben werden kann. Auch hier ändern sich die Betrachtungswinkel  $\alpha_1'$  und  $\alpha_3'$  auf unterschiedlichen Seiten des

Biegepunkts 9 ähnlich wie oben ausgeführt. Wie in Fig. 3d gezeigt, sind insbesondere im Vergleich zu einem gekippten Sicherheitselement, wie in Fig. 2c gezeigt, bei einem gebogenen Sicherheitselement 1 die Winkel  $\Psi$  im Bezug zur y-Achse im Bereich des Sicherheitselements 1 unterschiedlich. So

5 unterscheiden sich die Winkel  $\Psi_1$  und  $\Psi_2$  auf beiden Seiten des Biegepunkts 9, wohingegen der Winkel  $\Psi$ , wie in Fig. 2c gezeigt, auf beiden Seiten des Kippunkts 6 gleich ist. Weiter unterscheidet sich der im Biegepunkt 9 abgenommene Winkel  $\Psi$ , wie in Fig. 3d gezeigt, von den Winkel  $\Psi_1$  und  $\Psi_2$ . Wie in Fig. 3d gezeigt, ist der Winkel  $\Psi$  im Biegepunkt 9 gleich null. Der

10 Biegepunkt 9 liegt hierbei im Bereich des Sicherheitselements 1, wie den Fig. 3a bis Fig. 3d zu entnehmen ist.

Wie der Fig. 2a bis Fig. 2c und der Fig. 3a bis Fig. 3d und obigen Ausführungen zu entnehmen unterscheiden sich die geometrischen Beziehungen der

15 Beleuchtungs- und Betrachtungswinkel in einem gekippten und einem gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 voneinander.

Weiter ist es möglich, den oben insbesondere über geometrische Charakteristika beschriebenen gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1

20 über die mathematische Laplace-Funktion zu beschreiben. So ist es möglich, dass in dem gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 ein vordefinierter Grenzwert  $G$  bei Anwendung des Laplace-Operators  $\Delta$  auf eine von einer Funktion  $F(x,y)$  beschriebene Oberfläche des Sicherheitselements 1 überschritten wird und in dem nicht gebogenen Zustand nicht überschritten

25 wird, wobei die Funktion  $F(x,y)$  den Abstand der Oberfläche des Sicherheitselements 1 zu einer von den Koordinatenachsen  $x$  und  $y$  aufgespannten zweidimensionalen Referenzfläche beschreibt. Beispielsweise gilt für ein Sicherheitselement 1 in einem nicht gebogenen Zustand  $\Delta F(x,y) < G$

und für ein Sicherheitselement 1 im gebogenen Zustand gilt  $\Delta F(x,y) > G$ .

Bevorzugt wird hierbei der Betrag von  $\Delta F(x,y)$  mit dem vordefinierten Grenzwert  $G$  verglichen.

- 5 Fig. 4 zeigt schematisch die Darstellung eines gebogenen Sicherheitselements 1. Wie in Fig. 4 gezeigt, kann der gebogene Zustand eines Sicherheitselements 1 durch den Biegeradius  $r$  beschrieben werden. Unter „Biegeradius“ wird hier der Radius  $r$  des größten Kreises verstanden, welcher tangential an den Biegepunkt 9 anliegt und gleichzeitig keine Schnittpunkte mit dem
- 10 Sicherheitselement 1 aufweist. Vorzugsweise beträgt der Biegeradius in gebogenem Zustand des Sicherheitselements 1 zwischen 1 mm und 100 mm, bevorzugt zwischen 2 mm und 50 mm, weiter bevorzugt zwischen 4 mm und 30 mm und noch weiter bevorzugt zwischen 10 mm und 25 mm.
- 15 Fig. 5a, b und Fig. 6a, b zeigen schematisch Biegevarianten eines Sicherheitselements 1. Fig. 5a, b zeigen das Biegen des Sicherheitselements 1 um die horizontale Achse, welche hier einer Parallelen zur x-Achse entspricht. Hierbei zeigt Fig. 5a ein Sicherheitsdokument 2 mit einem darauf angeordneten Sicherheitselement 1 im ungebogenen Zustand. Bezüglich der Ausgestaltung
- 20 des Sicherheitsdokuments 2 ist hier auf obige Ausführungen verwiesen. Wie bereits erläutert gelangt Licht von dem Sicherheitselement 1 hierbei unter den unterschiedlichen Betrachtungswinkeln  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und  $\alpha_3$  in das Auge eines Betrachters 7. Fig. 5b zeigt nun das Sicherheitsdokument 2, wobei das Sicherheitsdokument 2 und das darauf angeordnete Sicherheitselement 1 um
- 25 die horizontale Achse gebogen sind. Das Sicherheitselement 1 und das Sicherheitsdokument 2 sind dabei um die Biegelinie 9 gebogen, wie in Fig. 5b gezeigt. Wie bereits erläutert, ändern sich hierbei im gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 die Betrachtungswinkel  $\alpha_1'$  und  $\alpha_3'$  unterschiedlich auf

unterschiedlichen Seiten der Biegelinie 9. Der Betrachtungswinkel  $\alpha_2$  um die Biegelinie 9 hingegen bleibt gleich.

- Fig. 6a, b zeigen das Biegen des Sicherheitselements 1 um die vertikale Achse, welche hier einer Parallelen zur y-Achse entspricht. Hierbei zeigt Fig. 6a ein Sicherheitsdokument 2 mit einem darauf angeordneten Sicherheitselement 1 im ungebogenen Zustand. Bezüglich der Ausgestaltung des Sicherheitsdokuments 2 ist hier auf obige Ausführungen verwiesen. Wie bereits erläutert gelangt Licht von dem Sicherheitselement 1 hierbei unter den unterschiedlichen Betrachtungswinkeln  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und  $\alpha_3$  in das Auge eines Betrachters 7. Fig. 6b zeigt nun das Sicherheitsdokument 2, wobei das Sicherheitselement 2 und das darauf angeordnete Sicherheitselement 1 um die vertikale Achse gebogen sind. Das Sicherheitselement 1 und das Sicherheitsdokument 2 sind dabei um die Biegelinie 9 gebogen, wie in Fig. 6b gezeigt. Wie bereits erläutert ändern sich hierbei im gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 die Betrachtungswinkel  $\alpha_1'$  und  $\alpha_3'$  unterschiedlich auf unterschiedlichen Seiten der Biegelinie 9, wohingegen der Betrachtungswinkel  $\alpha_2$  um die Biegelinie 9 gleich bleibt.
- Fig. 7 zeigt schematisch die Funktion eines gebogenen Sicherheitselements 1 mit einer Volumenhologrammschicht 11, in welche ein Volumenhologramm 11v eingebracht ist. Wie in Fig. 7 gezeigt, ist das Volumenhologramm 11v derart ausgeformt, dass eine Information in dem gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 für einen Betrachter 7 in einer Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 in derselben Betrachtungssituation nicht sichtbar ist. Das Sicherheitselement in Fig. 7 weist eine Länge von 30 mm in Richtung der Koordinatenachse y auf. Es ist auch möglich, dass das Sicherheitselement 1 in Richtung der



Koordinatenachse x oder y, um die das Sicherheitselement 1 in dem gebogenen Zustand gebogen ist, eine Länge von mindestens 5 mm, bevorzugt von mindestens 10 mm, weiter bevorzugt von mindestens 20 mm, noch weiter bevorzugt von mindestens 50 mm, aufweist.

5

Bei der Volumenhologrammschicht 11 handelt es sich bevorzugt um eine Schicht aus einem Photopolymer, insbesondere aus Omni DX 796 der Firma DuPont, Wilmington, Vereinigte Staaten von Amerika. Weiter es ist es auch möglich, dass die Volumenhologrammschicht 11 aus einer Silberhalogenid-  
10 Emulsion oder dichromatischer Gelatine ausgebildet ist. Die Schichtdicke der Volumenhologrammschicht 11 beträgt vorzugsweise zwischen 3  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$ , insbesondere zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 30  $\mu\text{m}$ .

In die Volumenhologrammschicht 11 ist ein Volumenhologramm 11v  
15 eingebracht. Das Volumenhologramm 11v weist eine periodische Modulation des Brechungsindex auf, der in Fig. 7 durch die abwechselnd angeordneten dunklen Linien in den vergrößerten Darstellungen des Sicherheitselements 1 angedeutet ist. In den vergrößerten schematischen Darstellungen wurde Lichtbrechung an der Grenzfläche zwischen Volumenhologrammschicht 11 und  
20 angrenzender Lackschicht oder Luft vernachlässigt. Durch die Brechzahlvariationen ist in der Volumenhologrammschicht 11 eine Vielzahl von Knoten ausgebildet, die eine Beugung des einfallenden Lichts 13 hervorrufen und somit ein optisch wirkendes Element ausbilden. In den einzelnen Zonen 10a, 10b und 10c sind die Knoten, wie in Fig. 7 gezeigt, in im Wesentlichen  
25 parallel zueinander verlaufenden Ebenen angeordnet. Die Knoten weisen eine Brechzahl  $n'$  auf, die von einer Brechzahl  $n$  der übrigen Volumenhologrammschicht 11 um  $\delta$  abweicht:  $n' = n + \delta$ . Die Volumenhologrammschicht 11 weist also eine ortsabhängige Brechzahl  $n'$  auf,

die ein in der Volumenhologrammschicht 11 gespeichertes dreidimensionales Brechzahlmuster beschreibt. Diese durch Brechzahlvariationen gebildeten Ebenen werden auch als Bragg-Ebenen 12 bezeichnet. Typischerweise ist der Unterschied  $\delta$  in der Brechzahl zwischen 0,005 und 0,1 bevorzugt zwischen  
5 0,01 und 0,05.

Dieses dreidimensionale Brechzahlmuster kann durch eine holographische Interferenzanordnung erzeugt werden, beispielsweise durch einen Aufbau, bei welchem ein kohärenter Lichtstrahl, insbesondere einer Laserquelle, an einem  
10 an die Volumenhologrammschicht 11 angeordneten Master mit einer Oberflächenstruktur abgelenkt wird. Der zum Einbringen des Volumenhologramms 11v auf die Volumenhologrammschicht 11 auftreffende Lichtstrahl wird zunächst an der Volumenhologrammschicht 11 gebrochen und anschließend an dem Master durch Beugung an der Oberflächenstruktur  
15 abgelenkt. Die abgelenkten Strahlen stellen dabei die Objektwelle dar, welche mit der durch den einfallenden Lichtstrahl verkörperten Referenzwelle interferiert und dabei in der Volumenhologrammschicht 11 eine lokale Polymerisation auslöst. Infolge der Polymerisation ist die Brechzahl der Volumenhologrammschicht 11 lokal geändert. Die Brechzahlvariationen sind in  
20 den Bragg-Ebenen 12 lokalisiert. Fig. 10 zeigt diesen Prozess beispielhaft.

Wie in Fig. 7 gezeigt, sind die Bragg-Ebenen 12 in den Zonen 10a, 10b und 10c hierbei derart ausgerichtet, dass diese im gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 einfallendes Licht 13 derart beugen und/oder  
25 reflektieren, dass das von den Bragg-Ebenen 12 gebeugte und/oder reflektierte Licht 14 in das Auge des Betrachters gelangt, so dass für den Betrachter 7 eine Information wahrnehmbar ist. Bezüglich des gebogenen Zustands des Sicherheitselements 1 ist hier auf obige Ausführungen verwiesen. Das in die

Volumenhologrammschicht 11 eingebrachte Volumenhologramm ist also für einen vorbestimmten gebogenen Zustand des Sicherheitselements ausgelegt. Hierzu weist das Volumenhologramm die Zonen 10a, 10b und 10c auf, wobei die Zonen 10a, 10b und 10c in dem vordefinierten gebogenen Zustand des  
5 Sicherheitselements 1 für den Betrachter 7 in einer Betrachtungssituation eine Information bereitstellen.

Wie in Fig. 7 gezeigt, sind in dem vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 in den Zonen 10a, 10b und 10c die zwischen den  
10 Normalen auf die Bragg-Ebenen 12 und der Richtung des einfallenden Lichts 13 eingeschlossenen Winkel im Wesentlichen gleich den zwischen den Normalen auf die Bragg-Ebenen 12 und der Richtung des von den Bragg-Ebenen reflektierten und/oder gebeugten Lichts 14 eingeschlossenen Winkeln. Vorzugsweise ist also in dem vordefinierten gebogenen Zustand des  
15 Sicherheitselements 1 die Ausrichtung der Bragg-Ebenen 12 in den Zonen 10a, 10b und 10c im Wesentlichen zueinander gleich.

Durch den Parameter Abstand der Bragg-Ebenen in den Zonen 10a, 10b und 10c kann beispielsweise auch die Farbe des von der jeweiligen Zone 10a, 10b  
20 und 10c gebeugten und/oder reflektierten Lichts 14 für den Betrachter 7 bestimmt werden. Hierdurch wird es beispielsweise ermöglicht, dass das von den Zonen 10a, 10b und 10c gebeugte und/oder reflektierte Licht für den Betrachter 7 in der gleichen Farbe oder in unterschiedlichen Farben erscheint. Für unterschiedliche Farben ist von Vorteil, wenn sich der Abstand der Bragg-  
25 Ebenen um mehr als 2 nm, bevorzugt mehr als 10 nm, noch weiter bevorzugt um mehr als 20 nm unterscheidet. Beträgt der Abstand der Bragg-Ebenen in der Zone 10a beispielsweise ca. 260 nm so erscheint das von der Zone 10a gebeugte und/oder reflektierte Licht dem Betrachter grün. Bei einem Abstand

der Bragg-Ebenen in der Zone 10b von beispielsweise ca. 320 nm erscheint das von der Zone 10b gebeugte und/oder reflektierte Licht dem Betrachter hingegen rot.

- 5 Die Zonen 10a, 10b und 10c können für den Betrachter eine gemeinsame Information erzeugen, beispielsweise ein Bild, wobei jede Zone 10a, 10b und 10c einen Teil des Bildes erzeugt. Es ist jedoch auch möglich, dass die Zonen 10a, 10b und 10c jede eine einzelne Information für den Betrachter erzeugt. Beispielsweise kann die Zone 10a einen Buchstaben für den Betrachter 7 in  
10 einer Farbe erzeugen und die Zone 10b einen weiteren Buchstaben für den Betrachter 7 in einer weiteren Farbe erzeugen.

- Die in Fig. 7 gezeigten Zonen 10a, 10b und 10c weisen im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 in Richtung einer der Koordinatenachse y  
15 eine Länge von 200  $\mu\text{m}$  auf. Vorzugsweise weisen die Zonen 10a, 10b und 10c im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 in Richtung einer der Koordinatenachsen x und/oder y eine Länge von mindestens 10  $\mu\text{m}$ , bevorzugt 500  $\mu\text{m}$ , noch weiter bevorzugt 2000  $\mu\text{m}$  auf. Insbesondere können die Zonen 10a, 10b und 10c auch quasikontinuierlich und nicht diskret verteilt sein bzw.  
20 vorliegen.

- Fig. 8 zeigt ein Diagramm, welches Biegevarianten spezifiziert. Wie bereits erläutert, ist das Volumenhologramm für einen oder mehrere gebogene Zustände des Sicherheitselements ausgelegt. So ist es beispielsweise möglich,  
25 dass wie in Fig. 7 gezeigt, eine Information für den Betrachter 7 lediglich bei einem von dem Betrachter 7 weg gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 sichtbar ist.

Fig. 8 zeigt nun eine mögliche Einteilung von Biegevarianten eines Sicherheitselements. Das Volumenhologramm wird hierbei für eine vorbestimmte Biegevariante 801 erstellt, so dass die Information für den Betrachter erst bei Biegung des Sicherheitselements in diese vorbestimmte Biegevariante sichtbar wird. Wie in Fig. 8 gezeigt kann die Einteilung des gebogenen Zustands des Sicherheitselements zunächst nach einer horizontalen Biegerichtung 802 und/oder einer vertikalen Biegerichtung 803 unterschieden werden. Vorteilhafterweise ist das Sicherheitselement in dem vordefinierten gebogenen Zustand also um die x-Achse und/oder die y-Achse gebogen. Unter einer Biegung um die x-Achse und/oder y-Achse wird auch eine Biegung zu einer Parallelen zu einer dieser Achsen verstanden. Eine weitere Einteilung des gebogenen Zustands des Sicherheitselements kann danach unterschieden werden, ob das Sicherheitselement in dem vordefinierten gebogenen Zustand zu dem Betrachter hin gebogen ist, insbesondere ob das Sicherheitselement in dem vordefinierten gebogenen Zustand eine konkave Form 804, 806 aufweist, und/oder ob das Sicherheitselement von dem Betrachter weg gebogen ist, insbesondere ob das Sicherheitselement in dem vordefinierten gebogenen Zustand eine konvexe Form 805, 807 aufweist. Weiter kann der gebogene Zustand des Sicherheitselements, wie in Fig. 8 gezeigt, nach einer symmetrischen Biegeform (bezogen auf eine Biegelinie) 808, 810, 812, 814 oder einer asymmetrischen Biegeform (bezogen auf die Biegelinie) 809, 811, 813, 815 unterschieden werden.

Die einzelnen in Fig. 8 gezeigten Biegevarianten 801 können dabei weiter spezifiziert werden. So können die Biegevarianten 801 beispielsweise, wie oben ausgeführt, mittels des Biegeradius, den oben beschriebenen geometrischen Charakteristika des gebogenen Zustands des Sicherheitselements oder mittels der mathematischen Laplace-Funktion weiter spezifiziert werden. Die vorbestimmte Biegevariante bestimmt nun die Ausrichtung der Bragg-Ebenen in

den Zonen derart, dass die gewünschte Information für den Betrachter in dem vordefinierten gebogenen Zustand sichtbar ist. So kann beispielsweise zunächst bestimmt werden, dass die Information in dem Fall 805 der Fig. 8 für den Betrachter sichtbar sein soll, d.h. die Information soll bei einer horizontalen Biegerichtung von dem Betrachter weg sichtbar sein. Die exakten Winkelgrößen für diesen Fall können beispielsweise über die geometrischen Charakteristika in diesem Fall bestimmt werden, wie in Fig. 3d gezeigt. Die Ausrichtung der einzelnen Zonen, welche die Information dann entsprechend für den Betrachter in diesem gebogenen Zustand generieren, können dann anhand der Winkel  $\Psi$ ,  $\Psi_1$  und  $\Psi_2$  festgelegt werden. Zonen, welche nicht entsprechend ausgerichtet sind, sind in dem vordefinierten gebogenen Zustand nicht oder kaum sichtbar bzw. tragen nicht zur Information für den Betrachter bei. Es ist jedoch möglich, dass die Bragg-Ebenen in diesen Zonen derart ausgerichtet sind, dass diese in weiteren vordefinierten gebogenen Zuständen sichtbar werden. Beispielsweise kann bei einem Weiterbiegen des Sicherheitselements oder bei einem Wechsel von einem konkav gebogenen Sicherheitselement zu einem konvex gebogenen Sicherheitselement von weiteren Zonen eine weitere Information erzeugt werden oder die vorhandene Information ergänzt werden. Hier sind die Bragg-Ebenen wie bereits erläutert in den weiteren Zonen derart ausgerichtet, dass die weitere Information lediglich in dem weiteren vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements für den Betrachter sichtbar ist. Weiter ist es auch möglich, dass sich der Abstand der Bragg-Ebenen in den Zonen und/oder den weiteren Zonen unterscheidet, so dass unterschiedliche Farbeindrücke für den Betrachter erzeugt werden können.

25

Fig. 8 stellt lediglich eine mögliche Einteilung dar, weitere Einteilungen sind möglich. Die Einteilungen können also den vorbestimmten gebogenen Zustand des Sicherheitselements bestimmen, in welchem wie oben beschrieben eine

Information für einen Betrachter in einer Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt

- 5 Fig. 9a zeigt schematisch ein gebogenes Sicherheitselement 1. Das Sicherheitselement 1 ist hier, wie oben erläutert, auf ein Sicherheitsdokument 2, beispielsweise eine Banknote, aufgebracht. Das Sicherheitselement 1 umfasst eine Volumenhologrammschicht, in welche ein Volumenhologramm eingebracht ist. Das Volumenhologramm ist hierbei derart ausgestaltet, dass es in dem in
- 10 Fig. 9a gezeigten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 für den Betrachter 7 in der in Fig. 9a gezeigten Betrachtungssituation eine Information erzeugt. Der in Fig. 9a gezeigte gebogene Zustand zeichnet sich dadurch aus, dass das Sicherheitselement 1 links des Biegepunkts 9 nicht gebogen ist, weil es auf einer ebenen Unterlage, beispielsweise einer
- 15 Tischoberfläche, aufliegt und das Sicherheitselement 1 rechts des Biegepunkts 9 auf den Betrachter 7 zu gebogen ist. Der in Fig. 9a gezeigte gebogene Zustand entspricht also der Biegevariante 809 der Fig. 8. Die Form des Sicherheitselementes im derart gebogenen Zustand 1 kann weiter näherungsweise durch eine halbe Parabel beschrieben werden. Das
- 20 Volumenhologramm weist hierbei die Zonen 10d, 10e und 10f auf, wobei die Bragg-Ebenen in den Zonen 10d, 10e und 10f derart ausgerichtet sind, dass für den Betrachter 7 in der in Fig. 9a gezeigten Betrachtungssituation und in dem in Fig. 9a gezeigten gebogenen Zustand eine Information sichtbar ist. Im nicht gebogenen Zustand und bei derselben Betrachtungssituation ist für den
- 25 Betrachter 7 lediglich das von der Zone 10d reflektierte und/oder gebeugte Licht erkennbar, das von den Zonen 10e und 10f reflektierte und/oder gebeugte Licht wird hingegen nicht zu dem Auge des Betrachter gelenkt.

Fig. 9b zeigt ein beispielhaftes, schematisch und vereinfacht dargestelltes Streifendesign, welches für eine Betrachtung wie in Fig. 9a gezeigt ausgelegt ist. Die Wertziffer „75“ und das Portrait, z.B. als insbesondere fresnelartige Freiformfläche ausgebildet, beinhalten Zonen 10d und liegen im flachen Bereich, d.h. oberhalb des Biegepunktes 9. Der Rahmen und das Bild der Taube sowie die Denomination, hier ~~UT~~, liegen unterhalb des Biegepunktes und damit im gebogenen Bereich des Sicherheitselementes 1. Diese Designelemente beinhalten Zonen 10e und 10f und leuchten erst im gebogenen Zustand komplett auf bzw. zeigen erst im gebogenen Zustand die gewünschte Information. Beispielsweise kann die Taube ein Hologramm sein, welches auf einem gekrümmt belichteten Master erstellt wurde. Im flachen Zustand ist hierbei nur eine verwaschene, unkenntliche Fläche zu sehen. Im gebogenen Zustand erscheint dann die Taube. Gleichzeitig leuchtet der Rahmen vollständig auf und die Denomination ~~UT~~ erscheint.

15

Fig. 10a bis Fig. 10d zeigen schematisch Verfahrensschritte zur Herstellung eines Sicherheitselementes 1. Fig. 10a zeigt eine transparente Trägerschicht 16 in Form einer selbsttragenden Trägerfolie, beispielsweise aus PET (= Polyethylenterephthalat), PEN (= Polyethylennaphthalat) oder BOPP (= biaxial orientiertes Polypropylen) mit einer Dicke zwischen 10 µm und 50 µm. Die Schichtdicke der transparenten Trägerschicht 16 in Fig. 10a beträgt beispielsweise 15 µm. Auf die transparente Trägerschicht 16 ist eine Volumenhologrammschicht 11 aufgebracht. Die Volumenhologrammschicht 11 wird vorzugsweise durch Drucken, Gießen, z.B. Schlitzgießen oder Rakeln auf die Trägerschicht 16 aufgebracht. Die Volumenhologrammschicht 11 besteht beispielsweise aus Omni DX 796 der Firma DuPont, Wilmington, Vereinigte Staaten von Amerika und weist eine Schichtdicke zwischen 3 µm und 100 µm

25



auf. Die Schichtdicke der Volumenhologrammschicht 11 in Fig. 10a beträgt beispielsweise 25  $\mu\text{m}$ .

Weiter ist es möglich, dass zunächst eine Ablöseschicht auf die Trägerschicht 16 aufgebracht wird, bevor die Volumenhologrammschicht 11 aufgedruckt, gegossen oder aufgerakelt wird. Die Ablöseschicht kann vorgesehen sein, um das spätere Ablösen der Trägerschicht von der Volumenhologrammschicht zu erleichtern.

- 10 Weiter ist es möglich, dass das Sicherheitselement 1 mindestens eine Schutzlackschicht und/oder mindestens eine Versiegelungsschicht und/oder mindestens eine Haftvermittlungsschicht und/oder mindestens eine Barrierschicht und/oder mindestens eine Stabilisierungsschicht und/oder mindestens eine Kleberschicht, insbesondere umfassend Acrylate, PVC, 15 Polyurethan oder Polyester, umfasst.

- Wie in Fig. 10b gezeigt, wird unterhalb der Volumenhologrammschicht 11 ein, bevorzugt opaker, Master 18 mit einer Oberflächenstruktur an die Volumenhologrammschicht 11 angeordnet. Die Volumenhologrammschicht 11 20 kann hierbei unmittelbar oder unter Zwischenschaltung eines transparenten optischen Mediums in Kontakt mit der die Oberflächenstruktur aufweisenden Seite des Masters 18 gebracht werden.

- Der Master 18 ist hierbei derart ausgestaltet, dass das mittels des Masters 18 in 25 die Volumenhologrammschicht 11 einzuschreibende Volumenhologramm eine Information in einem vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 für einen Betrachter in einer Betrachtungssituation

sichtbar macht und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar macht oder umgekehrt.

Ein derartiger Master 18 kann beispielsweise ausgehend von einem gebogenen  
5 Zwischenmaster erstellt werden, wobei die Biegung des gebogenen  
Zwischenmasters der Biegung des vordefinierten gebogenen Zustands des  
Sicherheitselements 1 entspricht. Es wird also zunächst mittels holographischer  
Belichtung ein Zwischenmaster erstellt, wobei der Zwischenmaster in dem  
vordefinierten gebogenen Zustand vorliegt. Ausgehend von diesem gebogenen  
10 Zwischenmaster wird anschließend ein flacher Master 18 mit der  
Oberflächenstruktur erstellt, der an die Volumenhologrammschicht 11  
angeordnet wird.

Der flache Master 18 kann auch eine insbesondere fresnelartige  
15 Zylinderlinsenstruktur als Oberflächenstruktur aufweisen, wobei die Krümmung  
der Fresnellinse die Biegung des Sicherheitselementes 1 kompensiert. Die  
Fläche des Sicherheitselementes 1, die mit der fresnelartige  
Zylinderlinsenstruktur als Oberflächenstruktur belegt ist, leuchtet im  
vordefinierten gebogenen Zustand komplett auf. Fig. 11a und 11b zeigen dies  
20 anhand eines Musters mit einem Volumenhologramm, appliziert auf einen  
schwarzen Hintergrund. Das Volumenhologramm wurde mit einem flachen  
Master mit einer fresnelartigen Zylinderlinsenstruktur als Oberflächenstruktur  
erstellt, welche für einen vordefinierten gebogenen Zustand mit einem  
Krümmungsradius von ca. 38 mm ausgelegt ist. Das Volumenhologramm wurde  
25 durch Belichtung mit einem grünen Laser mit einer Wellenlänge von 532 nm  
erzeugt. Figur 11a zeigt das fotografierte Volumenhologramm im flachen  
Zustand und Figur 11b zeigt das fotografierte Volumenhologramm im  
vordefinierten gebogenen Zustand mit dem Krümmungsradius von ca. 38 mm.

- Die Krümmung um den Biegepunkt ist hier symmetrisch. Im flachen Zustand leuchtet im Wesentlichen nur der Bereich auf, welche im Biegepunkt liegt. Im vordefinierten gebogenen Zustand hingegen leuchtet eine größere Fläche um den Biegepunkt herum auf. Dies kann u.a. als Designelement verwendet werden, z.B. als ein Rahmen um ein anderes Designelement, wobei dieser Rahmen im vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselementes 1 die Aufmerksamkeit des Betrachters auf diesen Bereich fokussieren. Der Rahmen in Fig. 9b ist ein konkretes Beispiel hierzu. Derartige fresnelartige Zylinderlinsenstrukturen lassen sich z.B. mittels e-Beam Lithographie herstellen. Bevorzugt ist die Tiefe der fresnelartige Zylinderlinsenstruktur auf die Wellenlänge, bei der das Volumenhologramm erscheint, angepasst. Beispielsweise wird dafür eine Strukturtiefe gewählt, die der halben Wellenlänge des eingestrahlten Lichts entspricht.
- Weiter ist es auch möglich, den Master 18 mittels verzerrender Optiken, insbesondere mittels Zylinderlinsen herzustellen. Hierbei wird der Strahlengang während der holographischen Erzeugung eines flachen Masters mittels verzerrender Optiken derart verzerrt, dass das in die Volumenhologrammschicht 11 einzuschreibende Volumenhologramm lediglich im gebogenen Zustand für den Betrachter sichtbar ist.

- Wie in Fig. 10c gezeigt, wird der Aufbau aus Fig. 10b anschließend mit einem kohärenten Lichtstrahl 19 belichtet. Der kohärente Lichtstrahl 19, beispielsweise ein Laserstrahl der Wellenlänge 640 nm, tritt durch die Trägerschicht 16 und die Volumenhologrammschicht 11 hindurch und wird an der Oberflächenstruktur des opaken Masters 18 abgelenkt bzw. zurückreflektiert und/oder zurückgebeugt. Die abgelenkten bzw. gebeugten Lichtstrahlen 20 interferieren in der Volumenhologrammschicht 11 mit dem einfallenden Lichtstrahl 19, so

dass auf diese Weise in die Volumenhologrammschicht 11 ein Volumenhologramm eingebracht wird. Das Volumenhologramm weist hierbei in den Zonen 10g Bragg-Ebenen 12 auf, die in unterschiedlicher Winkellage zueinander ausgerichtet sind. Die unterschiedliche Ausrichtung der Bragg-

5 Ebenen 12 in den Zonen 10g entsteht hierbei durch die von der Oberflächenstruktur bewirkte Ablenkung des Lichts 20 in unterschiedliche Richtungen. Die Abstände der Bragg-Ebenen sind im Wesentlichen durch die Wellenlänge der Belichtung bestimmt. Anschließend wird das Volumenhologramm durch Aushärten der Volumenhologrammschicht 11 fixiert.

10 Dies kann beispielsweise durch eine Bestrahlung mit UV-Licht erfolgen.

Weiter ist es möglich, dass der Master 18 mindestens zwei Teilbereiche aufweist, die einfallendes Licht in mindestens zwei unterschiedliche Zonen der Volumenhologrammschicht 11 reflektieren oder beugen. Die Teilbereiche sind

15 hierbei so ausgestaltet, dass sie das einfallende Licht in einer vorbestimmten Winkellage reflektieren und/oder beugen, die so bestimmt ist, dass die gewünschte Ausrichtung der Bragg-Ebenen in der Volumenhologrammschicht 11 entsteht. Die Winkellage, in welche die mindestens zwei Teilbereiche den einfallenden Lichtstrahl reflektieren und/oder beugen, sind so zum einen

20 unterschiedlich und hängen weiter auch von der Winkellage ab, in der der kohärente Lichtstrahl 19 auf die mindestens zwei Teilbereiche gestrahlt wird. Die gewünschte Orientierung der Bragg-Ebenen 12 in dem vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 sowie der Aufbau einer vorgegebenen holographischen Belichtungseinrichtung bestimmen hierbei den

25 Ablenkungswinkel der mindestens zwei Teilbereiche. Unter Ablenkungswinkel ist hierbei der Winkel zu verstehen, um welchen die Oberflächenstruktur des Masters 18 in dem jeweiligen Teilbereich einen senkrecht einfallenden Lichtstrahl durch Reflexion und/oder Beugung aus der Flächennormale ablenkt.

Vorzugsweise umfassen die Oberflächenstrukturen des Masters 18 ein Kinegram®, lineare oder gekreuzte Sinusgitter, anisotrope oder isotrope Mattstrukturen, Linsenstrukturen, fresnelartige Freiformflächen, Kinoform-  
5 Strukturen oder Computer generierte Hologramme, ein symmetrisches Gitter, ein asymmetrisches Gitter, insbesondere ein Blazegitter, überwiegend refraktiv wirkende Mikrostrukturen wie beispielsweise Mikrospiegel, ein Binärgitter, ein mehrstufiges Phasengitter oder Kombinationen daraus. Weiter können hier Gitterstrukturen mit statistisch variierenden Parametern (Gitterperiode,  
10 Profilform, Gittertiefe, Azimutausrichtung) vorgesehen sein. Insbesondere eignen sich Blazegitter oder überwiegend refraktiv wirkende Mikrostrukturen, deren Flankenwinkel auf die Beleuchtungs- und Betrachtungswinkel der entsprechenden Zonen des Sicherheitselements in dem vordefinierten gebogenen Zustand ausgelegt sind.

15 Es kann vorgesehen sein, dass die Volumenhologrammschicht 11 und der Master 18 durch kohärente Lichtstrahlen 19, insbesondere von einem Laser generierte Lichtstrahlen, unterschiedlicher Wellenlänge und/oder unterschiedlicher Einstrahlwinkel belichtet werden. Auf diese Weise kann  
20 erreicht werden, dass die von dem Volumenhologramm im gebogenen Zustand des Sicherheitselements erzeugten Informationen in unterschiedlichen Farben erscheinen und/oder bei unterschiedlichen Betrachtungssituationen sichtbar sind.

25 Es kann vorgesehen sein, dass die Oberflächenstrukturen des Masters 18 teilweise keine Information bereitstellen. Die Bereiche des Masters 18, die keine Information bereitstellen, können beispielsweise als Hintergrundstruktur verwendet werden. Derartige Hintergrundstrukturen können beispielsweise so

ausgebildet sein, dass Streulicht und/oder störende Reflexionen vermindert werden. Das kann dadurch erzielt werden, dass die Bereiche des Masters 18, die keine Bildinformation beinhalten, als Mottenaugen-Struktur, insbesondere Kreuzgitterstrukturen (quadratisch oder hexagonal) oder statistische Strukturen mit hohen Linienzahlen bzw. Spatialfrequenzen (beispielsweise mehr als 2000 Linien/mm, insbesondere mehr als 3000 Linien/mm) und/oder als Spiegel und/oder als Mattstruktur und/oder als Streugitter ausgebildet sind. Es können auch Antireflexstrukturen oder weitergehend speziell dafür optimierte Strukturen dazu verwendet werden.

10

Bevorzugt unterscheidet sich die Oberflächenstruktur des Masters 18 in den mindestens zwei Teilbereichen, insbesondere unterscheidet sich die Oberflächenstruktur des Masters 18 in mindestens einem der Parameter Profilform, Gittertiefe, Gitterperiode und Azimutwinkel in den mindestens zwei Teilbereichen, wobei diese Parameter auch über statistische Verteilungsfunktionen definiert sein können.

15

Weiter kann vorgesehen sein, dass der Master 18 in einem ersten Teilbereich eine symmetrische Gitterstruktur aufweist und in einem zweiten Teilbereich eine erste asymmetrische Gitterstruktur, insbesondere ein Blazegitter, aufweist, wobei sich die Gitterperioden und/oder Gittertiefen der Gitterstrukturen in dem ersten und zweiten Teilbereich unterscheiden. Weiter kann der Master 18 in einem dritten Teilbereich eine zweite asymmetrische Gitterstruktur, insbesondere ein Blazegitter, aufweisen, wobei sich die Gitterperioden und/oder die Gittertiefen der ersten und zweiten asymmetrischen Gitterstruktur unterscheiden. So ist es beispielsweise möglich, dass die Gitterperiode im ersten Teilbereich 600 Linien/mm, die Gitterperiode im zweiten Teilbereich 300 Linien/mm und im dritten Teilbereich 100 Linien/mm beträgt.

20

25

Nach einem Aushärten der Volumenhologrammschicht 11 wird, wie in Fig. 10d gezeigt, der Master 18 entfernt und anschließend kann eine Kleberschicht 15 auf die der Trägerschicht 16 abgewandten Seite der Volumenhologrammschicht 11 aufgebracht werden, mittels derer das Sicherheitselement 1 mit dem in die Volumenhologrammschicht 11 eingebrachten Volumenhologramm auf ein Substrat, insbesondere ein flexibles Substrat, appliziert werden kann. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, das Sicherheitselement 1 auf ein Sicherheitsdokument, beispielsweise eine Banknote, zu applizieren. Bevorzugt wird vor dem Aufbringen der Kleberschicht noch eine weitere, als transparente oder auch als transparente eingefärbte Schicht ausgebildete, Versiegelungsschicht auf die Volumenhologrammschicht 11 aufgebracht.

Fig. 12 zeigt schematisch ein Anwendungsbeispiel eines Sicherheitselements 1. Das Sicherheitselement 1 ist hier, wie oben erläutert, auf ein Sicherheitsdokument 2, beispielsweise eine Banknote, aufgebracht. Das Sicherheitselement 1 umfasst eine Volumenhologrammschicht, in welche ein Volumenhologramm eingebracht ist. Das Volumenhologramm ist hierbei derart ausgestaltet, dass bei einem Biegen in den in Fig. 12 gezeigten vordefinierten gebogenen Endzustand E des Sicherheitselements 1 für den Betrachter 7 in der in Fig. 12 gezeigten Betrachtungssituation sequentiell eine Information vervollständigt wird. Die in Fig. 12 gezeigten gebogenen Zustände Z, E zeichnen sich dadurch aus, dass das Sicherheitselement 1 links des Biegepunkts 9 nicht gebogen wird und das Sicherheitselement 1 rechts des Biegepunkts 9 auf den Betrachter 7 zu bis in den vordefinierten gebogenen Endzustand E gebogen wird. Ein Teil der Information wird hierbei von einer Zone 10h des Volumenhogramms erzeugt, die links des Biegepunkts 9 liegt. Dieser Teil der Information ist somit für den Betrachter 7 in der in Fig. 12

gezeigten Betrachtungssituation immer sichtbar und bleibt unverändert. Daher ist der von der Zone 10h erzeugte Teil der Information auch im ungebogenen Zustand U für den Betrachter 7 sichtbar. Wird das Sicherheitselement rechts des Biegepunkts 9, wie in Fig. 12 gezeigt auf den Betrachter zu gebogen, so erscheinen dem Betrachter 7 sequentiell weitere Teile der Information, bis in dem vordefinierten gebogenen Endzustand E die vollständige Information für den Betrachter 7 sichtbar ist. Diese weiteren Teilinformationen werden von Zonen 10i, 10j rechts des Biegepunktes 9 erzeugt. So kann dem Betrachter 7 beispielsweise beim Biegen bis in den vordefinierten Endzustand E Stück für Stück ein Gebäude, wie ein Wolkenkratzer erscheinen, wobei im ungebogenen Zustand des Sicherheitselements U beispielsweise lediglich das Erdgeschoss für den Betrachter erkennbar ist, in dem gebogenen Zwischenzustand Z sind beispielsweise 60% des Gebäudes sichtbar und im dem gebogenen Endzustand E ist das Gebäude vollständig sichtbar.

15

Fig. 13a bis Fig. 13i zeigen schematisch Anwendungsbeispiele von Sicherheitselementen 1. Wie in den Fig. 13a bis Fig. 13i gezeigt ist, sind die Sicherheitselemente 1 auf den Sicherheitsdokumenten 2 angeordnet. Die Fig. 13a bis Fig. 13i zeigen hierbei mögliche optisch variable Effekte von Sicherheitselementen 1 in gebogenen und nicht gebogenen Zuständen.

20

So zeigt Fig. 13a einen optischen Effekt, der für den Betrachter bei Biegung des Sicherheitselements 1 um die horizontale Achse in eine konvexe Form wahrnehmbar ist. Die Biegevariante entspricht also der Biegevariante 810 der Fig. 8. Das Sicherheitselement 1 weist wie oben beschrieben eine Volumenhologrammschicht auf, in die ein Volumenhologramm eingebracht ist, wobei das Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine Information 21 in einem vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 für

25



einen Betrachter in einer Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 in der Betrachtungssituation nicht sichtbar oder nicht erkennbar ist. Im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 ist für den Betrachter lediglich der Buchstabe B

5 vergleichsweise deutlich erkennbar. Ursächlich hierfür ist, dass der Buchstabe B in einer Zone des Sicherheitselements 1 angeordnet ist, die keine oder nur eine geringe Formveränderung während der Biegung in den vorbestimmten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 erfährt. Die Bragg-Ebenen sind in der den Buchstaben B bildenden Zone der Volumenhologrammschicht also

10 derart ausgerichtet, dass der Buchstabe B für den Betrachter sowohl im nicht gebogenen Zustand als auch in dem vordefinierten gebogenen Zustand sichtbar ist. Wird das Sicherheitselement 1 in den vorbestimmten gebogenen Zustand gebogen, sind für den Betrachter weitere Informationen 21 wahrnehmbar. Die Bragg-Ebenen sind in den die Informationen 21 bildenden

15 Zonen also derart ausgerichtet, dass die Buchstaben A und C für den Betrachter im gebogenen Zustand sichtbar und vergleichsweise deutlich erkennbar sind.

Fig. 13b zeigt ebenfalls einen optischen Effekt, der für den Betrachter bei

20 Biegung des Sicherheitselements 1 um die horizontale Achse in eine konvexe Form wahrnehmbar ist. Auch hier ist im nicht gebogenen und in den vordefinierten gebogenen Zuständen der Buchstabe B vergleichsweise deutlich erkennbar. Im Unterschied zu Fig. 13a erscheint dem Betrachter in einem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 zusätzlich

25 zu dem Buchstaben B lediglich die Information 22, welche den Buchstaben A darstellt. Bei einem Weiterbiegen in einen zweiten vordefinierten Zustand des Sicherheitselements 1 verschwindet die Information 22, jedoch ist nun für den Betrachter zusätzlich zu dem Buchstaben B die Information 40, welche den

Buchstaben C darstellt, erkennbar. Das Volumenhologramm weist in diesem Fall also zwei Informationen 22, 40 auf, die in zwei unterschiedlichen gebogenen Zuständen für den Betrachter sichtbar oder vergleichsweise deutlich erkennbar sind.

5

Fig. 13c entspricht der Fig. 13b mit dem Unterschied, dass nun der Buchstabe A für den Betrachter sowohl im nicht gebogenen Zustand als auch in den beiden gebogenen Zuständen erkennbar ist. Im Unterschied zu Fig. 13b liegen die Informationen 23, 41 hier auf der gleichen Seite der Biegelinie des

- 10 Sicherheitselements 1. Weiter ist in dem ersten vordefinierten gebogenen Zustand nun die Information 23, welche den Buchstaben B darstellt, vergleichsweise deutlich erkennbar und in dem zweiten vordefinierten Zustand ist die Information 41, welche den Buchstaben C darstellt, vergleichsweise deutlich erkennbar. Ein derartiges Sicherheitselement 1 kann beispielsweise
- 15 mittels eines Masters erzeugt werden, dessen Oberflächenstruktur symmetrische und asymmetrische Blazegitter aufweist. Der Azimutwinkel der Gitter kann beispielsweise  $0^\circ$  betragen, wobei die Liniendichte entsprechend der Krümmung des Sicherheitselements 1 in den gebogenen Zuständen angepasst wird. Beispielsweise kann die Liniendichte, in dem Teilbereich,
- 20 welcher in dem einzuschreibenden Volumenhologramm den Buchstaben A darstellen soll, 600 Linien/mm betragen und in dem Teilbereich, welcher später den Buchstaben B darstellen soll, 1000 Linien/mm betragen. In dem Teilbereich, welcher später in dem mittels des Masters einzuschreibenden Volumenhologramm den Buchstaben C darstellen soll, kann die Liniendichte
- 25 beispielsweise 1400 Linien/mm betragen.

Fig. 13d entspricht Fig. 13b mit dem Unterschied, dass die Informationen 24 und 42 in jeweils unterschiedlichen Farben aufleuchten. Wie bereits erläutert,

kann dies während der Herstellung des Sicherheitselements 1 beispielsweise durch eine Belichtung durch kohärente Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlängen und/oder unterschiedliche Belichtungswinkel erreicht werden. Auch ist es möglich, dass die Oberflächenstruktur des zur Herstellung  
5 verwendeten Masters in den entsprechenden Teilbereichen unterschiedliche Gitterstrukturen aufweist, welche sich insbesondere in den Parametern Gittertiefe, Gitterperiode, Profilform und Azimutwinkel unterscheiden, wobei diese Parameter auch über statistische Verteilungsfunktionen definiert sein können, und die Volumenhologramme mit unterschiedlichen  
10 Farbwahrnehmungen erzeugen.

Fig. 13e zeigt einen optischen Effekt, der für den Betrachter bei Biegung des Sicherheitselements 1 um die horizontale Achse in eine konvexe Form wahrnehmbar ist. Wie in Fig. 13e gezeigt, ändern hier die Informationen 25,  
15 welche hier die Buchstaben A und C darstellen, bei einem Biegen des Sicherheitselements 1 die Farbe. Es ändert sich bei einem Biegen für den Betrachter also nicht das Motiv oder es erscheint dem Betrachter kein neues Motiv, vielmehr ändert sich lediglich der Farbeindruck der wahrnehmbaren Information. Ein derartiger Effekt kann beispielsweise durch zwei ineinander  
20 gerasterte Volumenhologramme erreicht werden. Das erste Volumenhologramm ist dabei wie oben erläutert derart ausgeformt, dass die Informationen 25 im gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 für den Betrachter in einer anderen Farbe sichtbar ist als im nicht gebogenen Zustand. Bei dem zweiten Volumenhologramm handelt es sich um ein  
25 Volumenhologramm, das derart ausgestaltet ist, dass die Informationen 25 im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 bereits sichtbar ist. Jedoch erzeugt die Information 25 im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 eine andere Farbwahrnehmung für den Betrachter als im

gebogenen Zustand. Das erste Volumenhologramm ist vorzugsweise in mindestens einem ersten Bereich der Volumenhologrammschicht und das zweite Volumenhologramm in mindestens einem zweiten Bereich der Volumenhologrammschicht angeordnet, wobei der mindestens eine erste und  
5 zweite Bereich ineinander gerastert sind. Weiter kann ein derartiger Effekt durch ein erstes und ein drittes Volumenhologramm erreicht werden, wobei das erste und das dritte Volumenhologramm in zwei Volumenhologrammschichten eingebracht sind, welche übereinander angeordnet sind. Wie bereits erläutert, ist das erste Volumenhologramm in der ersten Volumenhologrammschicht  
10 derart ausgeformt, dass sich für den Betrachter ein Farbwechsel des Motivs bei einem Biegen des Sicherheitselements 1 gegenüber dem von dem dritten Volumenhologramm erzeugten Motiv vollzieht. Vorteilhafterweise ist das erste Volumenhologramm in der ersten Volumenhologrammschicht und das dritte Volumenhologramm in der zweiten Volumenhologrammschicht registergenau  
15 zueinander ausgerichtet.

Fig. 13f entspricht Fig. 13e mit dem Unterschied, dass sich nicht der Farbeindruck der Information ändert, sondern sich vielmehr das Motiv der Information 26 ändert. Wie in Fig. 13f gezeigt, wird aus den für den Betrachter  
20 im nicht gebogenen Zustand erkennbaren Buchstaben A und C ein Porträt bzw. eine geometrische Figur. Ein derartiger Motiv- oder Bild-Flip kann beispielsweise durch die Rasterung von zwei Hologrammen erzielt werden. Hierbei wird bevorzugt das eine Hologramm, welches die Buchstaben A und C erzeugt, im flachen Zustand, das heißt als flaches Substrat bzw. Master  
25 belichtet und das andere Hologramm, welches das Portrait und das Dreieck erzeugt, im gekrümmten Zustand, das heißt auf einem gekrümmten Substrat bzw. Master für den vordefinierten gebogenen Zustand belichtet. Weiter es möglich, dass sich zusätzlich die Farbwahrnehmung wie oben erläutert ändert.

Fig. 13g entspricht Fig. 13a mit dem Unterschied, dass das Sicherheitsdokument 2 einen Druck 60 aufweist, welcher bei einem Biegen des Sicherheitselements 1 in einem vordefinierten gebogenen Zustand durch die  
dann für den Betrachter sichtbaren Informationen 27 des Volumenhologramms  
ergänzt wird. Das Volumenhologramm und der Druck sind hierbei registergenau  
zueinander ausgerichtet. Auch ist es möglich, dass der Druck 60 die Information  
zeigt, welche bei einem Biegen in den vordefinierten gebogenen Zustand des  
Sicherheitselements 1 für den Betrachter sichtbar wird. Weiter ist es möglich,  
dass das Sicherheitselement 1 auf einen bereits auf dem Sicherheitsdokument  
2 aufgebrachten Druck 60 appliziert ist. Der Druck 60 kann hierbei wieder die  
Information zeigen, welche bei einem Biegen in den vordefinierten gebogenen  
Zustand des Sicherheitselements 1 für den Betrachter sichtbar wird oder die  
Information des Drucks und die des Volumenhologramms ergänzen sich. In den  
beiden zuletzt genannten Fällen bildet der Druck also eine Referenz für die erst  
im gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 für den Betrachter  
erkennbare Information. Bevorzugt sind Druck und Volumenhologramm so  
ausgelegt, dass beim Biegen des Sicherheitsdokuments ein Wort  
vervollständigt wird. Beispielsweise entsteht aus der Zeichenfolge "Ban..ote"  
das Wort "Banknote".

Fig. 13h zeigt ein Sicherheitsdokument 2 mit einem Sicherheitselement 1,  
wobei das Sicherheitselement 1 in zwei unterschiedlichen gebogenen  
Zuständen zwei unterschiedliche Informationen 28, 43 zeigt. In einem ersten  
gebogenen Zustand, der einer Biegung des Sicherheitselements 1 um die  
horizontale Achse in eine konkave Form für den Betrachter entspricht, sind für  
den Betrachter die Informationen 28 erkennbar. In einem zweiten gebogenen  
Zustand des Sicherheitselements, der einer Biegung des Sicherheitselements 1

um die horizontale Achse in eine konvexe Form für den Betrachter entspricht, sind für den Betrachter die Informationen 43 erkennbar, wobei sich hier erneut wie bereits oben beschrieben die Farben der Buchstaben A und C zwischen dem ersten und zweiten gebogenen Zustand ändern. Alternativ können sich  
5 natürlich auch die Motive ändern beim Wechsel von konkave auf konvexe Biegeform. Die in Fig. 13h gezeigten gebogenen Zustände entsprechen den Biegevarianten 808 und 809 der Fig. 8.

Fig. 13i zeigt ein Sicherheitsdokument 2 mit einem Sicherheitselement 1. Das  
10 Sicherheitselement 1 erzeugt dabei im nicht gebogenen Zustand für den Betrachter ein Design mit zwei dunklen Rechtecken, wobei die Rechtecke beispielsweise in der Farbe blau vor einem weißen Hintergrund erscheinen. Im gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 hingegen ändert sich sowohl das für den Betrachter erkennbare Design als auch der Farbeindruck. In dem in  
15 Fig. 13i gezeigten Beispiel verschwinden die dunklen Rechtecke und es wird für den Betrachter ein streifenförmiger Farbeindruck, beispielsweise aus zwei roten und einem weißen Streifen, erzeugt. Bezüglich der Ausgestaltung des Sicherheitselements 1, insbesondere der Volumenhologrammschicht des Sicherheitselements 1, ist hier auf obige Ausführungen verwiesen. Weiter weist  
20 das Sicherheitselement 1 in den quadratischen Bereichen 50 eine Reflexionsschicht auf.

Die Reflexionsschicht kann, wie in Fig. 13i dargestellt, oberhalb der Volumenhologrammschicht angeordnet sein, sie kann aber auch unter der  
25 Volumenhologrammschicht angeordnet sein.

Bei der Reflexionsschicht handelt es sich vorzugsweise um eine Metallschicht aus Aluminium, Chrom, Gold, Kupfer, Silber oder einer Legierung solcher

Metalle, die im Vakuum in einer Schichtdicke von 0,01  $\mu\text{m}$  bis 0,15  $\mu\text{m}$  aufgedampft wird. Die Reflexionsschicht wird hierbei bevorzugt zunächst vollflächig aufgebracht. Anschließend wird die Reflexionsschicht mittels bekannter Strukturierungsverfahren (mittels Ätzresist, mittels Photoresist, mittels Waschverfahren) flächenbereichsweise wieder entfernt, so dass eine Teilmetallisierung in den Bereichen 50 entsteht. Wie in Fig. 13i gezeigt, bilden die Bereiche 50 ein Motiv, beispielsweise in Form von Quadraten, aus. Die Bereiche 50 sind somit unabhängig von der Biegung des Sicherheitselements 1 für den Betrachter sichtbar und ergänzen sich somit mit den Effekten des Sicherheitselements 1, welche eine Abhängigkeit von der Biegung des Sicherheitselements 1 zeigen.

Fig. 13j zeigt ein Sicherheitsdokument 2 mit einem Sicherheitselement 1. Das Sicherheitselement 1 zeigt hierbei optische Effekte, welche sowohl eine Abhängigkeit von einem Kippen des Sicherheitselements 1 und eine Abhängigkeit von einem Biegen des Sicherheitselements 1 zeigen. Wird das Sicherheitselement 1 im nicht gebogenen Zustand um die vertikale Achse, wie in Fig. 13i gezeigt, gekippt, ist für den Betrachter immer eine Information 29u in Form eines zweidimensionalen Motivs erkennbar. Wird das Sicherheitselement 1 um die horizontale Achse gebogen und um die vertikale Achse, wie in Fig. 13i gezeigt gekippt, entsteht für den Betrachter eine Information 29 in Form eines dreidimensionalen Eindrucks des Motivs. Das Motiv weist also erst im gebogenen Zustand eine Abhängigkeit von dem Kippen des Sicherheitselements 1 auf. Bezüglich der Ausgestaltung eines derartigen Sicherheitselements ist hier auf obige Ausführungen, insbesondere im Rahmen der Fig. 13d und Fig. 13e verwiesen, wobei insbesondere das erste Volumenhologramm derart ausgestaltet ist, dass es eine Parallaxe aufweist und damit vor der von dem Sicherheitselement 1 aufgespannten Ebene für den

Betrachter erscheint und das zweite Volumenhologramm derart ausgestaltet ist, dass es keine Parallaxe aufweist und damit in der von dem Sicherheitselement 1 aufgespannten Ebene für den Betrachter erscheint. Alternativ kann auch nur das Volumenhologramm vorgesehen sein, welches im gebogenen Zustand die Information 29 zeigt. Im nicht gebogenen Zustand ist entweder nichts zu sehen, oder nur eine verschwommene Fläche ohne die Information 29.

Das Volumenhologramm, welches im gebogenen Zustand die Information 29 in Form des dreidimensionalen Eindrucks des Motivs erzeugt, kann beispielsweise ein CGH sein, welches für eine gekrümmte Fläche wie sie in dem gebogenen Zustand vorliegt, berechnet wurde. Alternativ kann dieses Volumenhologramm auch ein 3D-Hologramm sein, welches auf einem Master beruht, der wie oben erläutert auf einem gekrümmt belichteten Zwischenmaster beruht.

Fig. 14 zeigt schematisch ein Anwendungsbeispiel eines Sicherheitselements 1 mit einer Volumenhologrammschicht. In die Volumenhologrammschicht ist in einem Bereich 51 ein Volumenhologramm eingebracht, das derart ausgeformt ist, dass eine vollständige Bild-Information erst in einem gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 sichtbar ist. Wie in Fig. 14 gezeigt, ist ein Teil der Information 30u bereits in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 sichtbar. Weiter weist das Sicherheitselement 1 im Bereich 52 eine Reliefstruktur auf. Der Bereich 52 ist hierbei musterförmig in Form eines Flammenmotivs ausgestaltet. Bei der Reliefstruktur handelt es sich beispielsweise um eine binäre oder kontinuierliche fresnelartige Freiformfläche, welche sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass diese ihr charakteristisches Erscheinungsbild bei einem Biegen des Sicherheitselements 1 nicht oder lediglich geringfügig verändert.



Wird das Sicherheitselement 1, wie in Fig. 13 gezeigt, nun in den vordefinierten gebogenen Zustand gebracht, erscheint für den Betrachter die Information 30, welche die Information 30u ergänzt und einen vollständigen Rahmen um den Bereich 52 bildet.

5

Vorzugsweise weist das Sicherheitselement 1 eine Replizierlackschicht auf, in welche eine Reliefstruktur abgeformt ist. Die Replizierlackschicht besteht beispielsweise aus einem thermoplastischen Lack, in den mittels Hitze und Druck durch Einwirkung eines Prägewerkzeugs die Reliefstruktur abgeformt ist.

- 10 Weiter ist es auch möglich, dass die Replizierlackschicht von einem UV-vernetzbaaren Lack gebildet wird und die Reliefstruktur mittels UV-Replikation in die Replizierlackschicht abgeformt wird. Dabei wird die Reliefstruktur durch Einwirkung eines Prägewerkzeugs auf die ungehärtete Replizierlackschicht abgeformt und die Replizierlackschicht unmittelbar während oder nach der
- 15 Abformung durch Bestrahlung mit UV-Strahlung gehärtet. Eine derartige Replizierlackschicht weist insbesondere eine Schichtdicke zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ , bevorzugt 0,2  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ , weiter bevorzugt 0,4  $\mu\text{m}$  und 5  $\mu\text{m}$ , auf. Hierbei ist es weiter möglich, dass das Sicherheitselement 1, insbesondere in dem Bereich 50 eine Reflexionsschicht aufweist. Bei der Reflexionsschicht
- 20 handelt es sich vorzugsweise um eine Metallschicht aus Aluminium, Chrom, Gold, Kupfer, Silber oder einer Legierung solcher Metalle, die im Vakuum in einer Schichtdicke von 0,01  $\mu\text{m}$  bis 0,15  $\mu\text{m}$  aufgedampft wird.

- Fig. 15a bis 15c zeigen schematisch das Biegen eines Sicherheitsdokuments 2
- 25 mit einem Sicherheitselement 1. Das Sicherheitselement 1 ist wie in Fig. 14a gezeigt auf das Substrat 17 mittels der Kleberschicht 15 aufgebracht. Bei dem Substrat 17 handelt es sich vorzugsweise um ein Substrat 17 aus Papiermaterial, das mit einem Aufdruck versehen ist und in das weitere

Sicherheitsmerkmale, wie beispielsweise Wasserzeichen oder Sicherheitsfäden, eingebracht sind. Das Sicherheitselement 1 weist weiter eine Volumenhologrammschicht 11 auf, in welche ein Volumenhologramm eingebracht ist. Das Volumenhologramm weist hierbei die Zonen 10j und 10k auf, wobei die Zonen 10j in dem in Fig. 15b gezeigten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 für den Betrachter 7 eine erste Information bereitstellen und die Zonen 10k in dem in Fig. 15c gezeigten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 für den Betrachter 7 eine zweite Information bereitstellen. Der Betrachter 7 erblickt hierbei das Sicherheitselement 1 jeweils in derselben Betrachtungssituation, wobei sich lediglich wie in den Fig. 15b und Fig. 15c gezeigt die Biegung des Sicherheitselements unterscheidet. In dem in Fig. 15a gezeigten nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 erkennt der Betrachter keine Information. Wird das Sicherheitselement 1 in den in Fig. 15b gezeigten ersten gebogenen Zustand gebogen, so erkennt der Betrachter 7 eine von den Zonen 10j erzeugte erste Information. Bei der ersten Information kann es beispielsweise um das Motiv einer geschlossenen Blüte einer Blume handeln. Wie bereits erläutert sind hierbei die Bragg-Ebenen in den Zonen 10j derart ausgerichtet, dass die erste Information in dem ersten vordefinierten gebogenen Zustand für den Betrachter 7 sichtbar ist. Wird das Sicherheitselement 1, wie in Fig. 15c gezeigt, nun weitergebogen, verschwindet für den Betrachter 7 die erste Information, jedoch kann der Betrachter 7 nun eine zweite Information erkennen, welche von den Zonen 10k erzeugt wird. Bei der zweiten Information kann es sich beispielsweise um eine geöffnete Blüte einer Blume handeln. Wie bereits erläutert sind hierbei die Bragg-Ebenen in den Zonen 10k derart ausgerichtet, dass die zweite Information in dem zweiten vordefinierten gebogenen Zustand für den Betrachter 7 sichtbar ist. Vorzugsweise unterscheiden sich die Biegeradien in dem ersten und dem

zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 um mindestens 2 mm, bevorzugt 5 mm, weiter bevorzugt 10 mm.

Fig. 16a und 16b zeigen schematisch das Biegen eines Sicherheitsdokuments 2 mit einem Sicherheitselement 1. Das Sicherheitsdokument 2 besteht aus einem flexiblen Substrat 17, auf dem das Sicherheitselement 1 mittels einer Kleberschicht 15 aufgebracht ist. Das Sicherheitselement 1 umfasst weiter eine Volumenhologrammschicht 11, eine Reflexionsschicht 17r sowie die Lackschichten 17I1 und 17I2.

10

Bei der Lackschicht 17I1 handelt es sich vorzugsweise um eine Schutzlackschicht. Bevorzugt ist die Lackschicht 17I1 transparent und weist eine Schichtdicke zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 0,3  $\mu\text{m}$  und 1  $\mu\text{m}$ , weiter bevorzugt zwischen 0,5  $\mu\text{m}$  und 1  $\mu\text{m}$  auf. Bei der Lackschicht 17I2 handelt es vorzugsweise um eine transparente Abstandsschicht, die zwischen der Volumenhologrammschicht 11 und der Reflexionsschicht 17r angeordnet ist. Die Lackschichten 17I1 und 17I2 umfassen bevorzugt PMMA (= Polymethylmethacrylat), PVC, Acrylat oder Carnaubawachs.

15

Bei der Reflexionsschicht 17r handelt es sich vorzugsweise um eine Metallschicht aus Aluminium, Chrom, Gold, Kupfer, Silber oder einer Legierung solcher Metalle, die im Vakuum in einer Schichtdicke von 0,01  $\mu\text{m}$  bis 0,15  $\mu\text{m}$  aufgedampft wird. Alternativ kann die Reflexionsschicht 17r auch eine gedruckte oder hochaufgelöst strukturierte Farbschicht oder eine sonstige Schicht sein, die Strahlung im sichtbaren Spektralbereich absorbiert. Die Reflexionsschicht 17r ist, wie in Fig. 16a und 16b gezeigt, nur bereichsweise aufgebracht, so dass eine Teilmetallisierung bzw. Teilbeschichtung vorliegt. Hierzu kann die Reflexionsschicht 17r zunächst vollflächig aufgebracht werden

25

und anschließend mittels bekannter Strukturierungsverfahren (beispielsweise mittels Ätzresist, mittels Photoresist, mittels Waschverfahren) flächenbereichsweise wieder entfernt werden. Wie in Fig. 16a und 16b gezeigt, ist die teilmetallisierte Reflexionsschicht 17r gemäß einem Raster angeordnet.

5 Bei dem Raster handelt es sich vorzugsweise um ein Linienraster.

In die Volumenhologrammschicht 11 ist ein Volumenhologramm 11v eingebracht. Das Volumenhologramm 11v ist, wie in den Fig. 16a und 16b gezeigt, bereichsweise gemäß einem Raster angeordnet, wobei die Bereiche, in  
10 die das Volumenhologramm 11v in die Volumenhologrammschicht 11 eingebracht sind, deckungsgleich mit den metallisierten Bereichen der Reflexionsschicht 17r angeordnet sind. Bevorzugt sind die Bereiche mit dem Volumenhologramm 11v im Register mit der Reflexionsschicht angeordnet. Bei dem Raster handelt es sich somit vorzugsweise ebenfalls um ein Linienraster,  
15 welches insbesondere registergenau mit dem Linienraster der Reflexionsschicht 17r angeordnet ist. Bezüglich der weiteren Ausgestaltung der Volumenhologrammschicht 11 und des Volumenhogramms 11v ist hier auf obige Ausführungen verwiesen.

20 Die Kleberschicht 15 umfasst bevorzugt Acrylate, PVC (= Polyvinylchlorid), PUR (= Polyurethane) oder Polyester und weist weiter vorzugsweise eine Schichtdicke zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ , weiter bevorzugt zwischen 0,5  $\mu\text{m}$  und 5  $\mu\text{m}$ , noch weiter bevorzugt zwischen 0,8  $\mu\text{m}$  und 3  $\mu\text{m}$  auf. Die in Fig. 16a und 16b gezeigte Kleberschicht  
25 weist eine Schichtdicke von 2  $\mu\text{m}$  auf.

Bezüglich der Ausgestaltung des Substrats 17 ist hier auf obige Ausführungen verwiesen.

In dem in Fig. 16a gezeigten nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 verdeckt die Reflexionsschicht 17r nun das im Register dazu angeordnete Volumenhologramm 11v, so dass das Volumenhologramm 11v für einen  
5 Betrachter, insbesondere unter normalen Beleuchtungsverhältnissen und/oder bei einem normalen Betrachtungsabstand und/oder einem normalen Betrachtungswinkel, beispielsweise bei senkrechter oder nahezu senkrechter Betrachtung, weitgehend unsichtbar ist. Einfallendes Licht 19, welches von dem Volumenhologramm 11v gebeugt und/oder reflektiert wird, kann nun aufgrund  
10 der Reflexionsschicht 17r nicht zum Betrachter gelangen, so dass das Volumenhologramm 11v für den Betrachter nicht oder nahezu nicht sichtbar ist.

In dem in 16b gezeigten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 deckt die Reflexionsschicht 17r hingegen nun,  
15 insbesondere aufgrund der durch die Biegung des Sicherheitselements hervorgerufenen Verformung der Schichten des Sicherheitselements und die daraus resultierende Verschiebung der Reflexionsschicht 17r in Bezug auf das Volumenhologramm 11v, das Volumenhologramm 11v nicht mehr vollständig ab, so dass nun die in Fig. 16b gezeigten Teilbereiche des  
20 Volumenhologramms sichtbar werden und von dem Volumenhologramm 11v gebeugtes und/oder reflektiertes Licht 14 an der Reflexionsschicht 17r vorbei zum Betrachter gelangen kann. Für den Betrachter ist das Volumenhologramm 11v dann in dem vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 zumindest teilweise sichtbar. Auf das Sicherheitselement 1 einfallendes Licht  
25 19e gelangt durch die teilmetallisierte Reflexionsschicht 17r zu dem Volumenhologramm 11v, wird dort reflektiert und/oder gebeugt und kann nun aufgrund der Biegung des Sicherheitselements 1 zumindest teilweise an der Reflexionsschicht 17r vorbei zum Betrachter gelangen.

- Vorzugsweise sind die Linienbreiten und Linienabstände der Raster der Reflexionsschicht 17r und/oder des Volumenhologramms 11v und die Schichtdicke der transparenten Abstandsschicht 17l2 derart gewählt, dass die
- 5 Sichtbarkeit des Volumenhologramms 11v in dem vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 maximiert ist. Vorzugsweise verlaufen die Linien der Linienraster, wie in Fig. 16b und 16b gezeigt, dabei parallel bzw. überwiegend parallel zur Biegelinie des Sicherheitselements 1.
- 10 Die Linienbreiten und Linienabstände der Raster der Reflexionsschicht 17r und die entsprechenden Linienbreiten und Linienabstände des Volumenhologramms 11v werden durch geometrische Konstruktion oder mathematische Berechnung ermittelt. Dabei liegen die in Fig. 17 definierten Kenngrößen zugrunde. Der Einfachheit halber ist dort der Fall einer Krümmung mit einem konstanten
- 15 Biegedurchmesser D gezeichnet. Linienraster und Volumenhologramm können so aber auch für jedwede andere Krümmungsform ausgelegt werden. Weitere wichtige Größen, die berücksichtigt werden, sind die Öffnungswinkel  $\beta$  und  $\delta$  sowie der Betrachtungswinkel  $\alpha$  und der Betrachtungsabstand h.
- 20 Figur 18 zeigt die Abhängigkeit der so ermittelten Linienbreiten und Linienabstände vom Krümmungswinkel. Im ebenen Bereich, bei sehr kleinen Krümmungswinkeln, müssen sehr feine Rasterlinien und sehr fein gerasterte Volumenhologramme vorgesehen werden. Mit zunehmendem Krümmungswinkel nehmen auch die Breiten und Abstände der Raster zu.
- 25 Typischerweise liegen die Breiten und Abstände bei einem Krümmungswinkel von  $45^\circ$  im Bereich der Dicke der Abstandsschicht. Bei einer Dicke der Abstandsschicht von beispielsweise  $10\text{ }\mu\text{m}$  liegen die Linienabstände und

Linienbreiten der Reflexionsschicht und die entsprechenden Linienabstände und Linienbreiten des Volumenhologramms im Bereich von 10  $\mu\text{m}$ .

In einer Variante kann die Abstandsschicht bzw. die Lackschicht 17I2 nicht, wie  
5 in Fig. 16a und 16b gezeigt, mit einer konstanten Dicke, sondern mit einer variablen Dicke vorgesehen sein. Dies ist beispielsweise in Figur 19 gezeigt. Insbesondere nimmt die Dicke der Abstandsschicht Insbesondere ändert sich die Dicke der Abstandsschicht senkrecht zur Biegelinie. In Figur 19 erstreckt sich die Biegelinie aus der Blattebene hinaus. Von Vorteil ist es, wenn die  
10 Abstandsschicht im Bereich der Biegelinie bzw. entlang der Biegelinie die größte Schichtdicke aufweist und die Schichtdicke mit Entfernung von der Biegelinie abnimmt bzw. geringer wird. Dies bedeutet insbesondere, dass im Bereich kleiner Biegewinkel eine größere Schichtdicke der Abstandsschicht und im Bereich größerer Biegewinkel eine geringere Schichtdicke der  
15 Abstandsschicht vorliegt. In Figur 19 nimmt die Schichtdicke der Abstandsschicht 17I2 ausgehend von der Biegelinie kontinuierlich ab.

Der Vorteil ist, dass durch die Variation der Dicke der Abstandsschicht die Linienbreiten und Linienabstände der Raster der Reflexionsschicht 17r  
20 gleichmäßiger gestaltet werden können und dadurch das Volumenhologramm 11v im gebogenen Zustand an allen Stellen gleich gut sichtbar ist und zudem das Erscheinungsbild der Metallisierung gleichmäßiger ist.

In einer Variante kann es auch vorgesehen sein, die Abstandsschicht bzw. die  
25 Lackschicht 17I2 nicht als Schicht mit konstanter Dicke oder kontinuierlich variierender Dicke vorzusehen, sondern als gestufte Schicht, siehe Fig. 20.

In einer weiteren Variante kann vorgesehen sein, anstelle einer einzigen Abstandsschicht 17l2 zwei oder mehr Abstandsschichten 17l2, 17l3 und anstelle einer einzigen partiellen Reflexionsschicht zwei oder mehr partielle Reflexionsschichten 17r1, 17r2 zu verwenden, siehe Fig. 21. Dadurch, dass  
5 mindestens zwei Reflexionsschichten 17r1, 17r2 vorhanden sind, die insbesondere seitlich zueinander versetzt sind und deren Linienbreiten und Linienabstände an die Krümmung angepasst sind, können die Linienbreiten geringer und die Linienabstände größer gewählt werden. Dadurch ist das Volumenhologramm 11v im gebogenen Zustand besser und/oder im nicht  
10 gebogenen Zustand schlechter sichtbar.

Fig. 22a und 22b zeigen schematisch das Biegen eines Sicherheitsdokuments 2 mit einem Sicherheitselement 1. Das Sicherheitsdokument 2 besteht aus einem flexiblen Substrat 17, auf dem das Sicherheitselement 1 mittels einer  
15 Kleberschicht 15 aufgebracht ist. Das Sicherheitselement 1 umfasst weiter eine Volumenhologrammschicht 11, die Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 sowie die Lackschichten 17l1, 17l2 und 17l3.

Zwischen den Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 ist, wie in Fig. 22a und 22b  
20 gezeigt, die Lackschicht 17l2, welche bevorzugt als transparente Abstandsschicht dient, angeordnet. Zwischen der Reflexionsschicht 17r3 und der Volumenhologrammschicht 11 ist optional eine weitere Lackschicht 17l3, welche insbesondere als transparente Abstandsschicht dient, angeordnet. Die transparenten Abstandsschichten 17l2 und 17l3 weisen vorzugsweise eine  
25 Schichtdicke zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 2  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$  auf. Die in Fig. 22a und 22b gezeigten transparente Abstandsschicht 17l2 und 17l3 weisen zum Beispiel Schichtdicken von 5  $\mu\text{m}$  auf. Bezüglich der weiteren



Ausgestaltung der Schichten 17l1, 17l2 und 17l3 ist hier auf obige Ausführungen verwiesen.

Die Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 sind, wie in Fig. 22a und 22b gezeigt,  
5 jeweils bereichsweise und rasterförmig ausgebildet. Bei dem Raster handelt es sich vorzugsweise um ein Linienraster mit Linienbreiten und/oder Linienabständen zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 2  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ . Das in Fig. 22a und 22b gezeigte Linienraster weist Linienbreiten und Linienabstände von 5  $\mu\text{m}$  auf. Die Raster der Reflexionsschichten 17r1 und  
10 17r2 sind derart zueinander versetzt, dass, insbesondere bei Betrachtung senkrecht zu einer von der Volumenhologrammschicht 11 aufgespannten Ebene im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1, die nicht metallisierten Bereiche der Reflexionsschicht 17r1 von den metallisierten Bereichen der Reflexionsschicht 17r2 abgedeckt sind und umgekehrt. Die  
15 beiden Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 sind sozusagen „auf Lücke“ relativ zueinander positioniert. Die beiden Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 sind daher derart zueinander angeordnet, dass sie im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 das darunter liegende, vollflächige eingebrachte Volumenhologramm 11v, komplett oder nahezu komplett abdecken.

20

Im in Fig. 22a gezeigten nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselement 1 ist das Volumenhologramm 11v daher für den Betrachter im Wesentlichen unsichtbar.

25 In dem in Fig. 22b gezeigten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 decken die Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 hingegen das Volumenhologramm 11v nicht mehr vollständig ab, so dass nun, insbesondere aufgrund der durch die Biegung des Sicherheitselements in den

vordefinierten gebogenen Zustand hervorgerufenen Verformung der Schichten des Sicherheitselements, von dem Volumenhologramm 11v gebeugtes und/oder reflektiertes Licht 14 an den Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 vorbei zum Betrachter gelangen kann. Für den Betrachter ist das Volumenhologramm 11v dann in dem vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 zumindest teilweise sichtbar.

Vorzugsweise sind die Linienbreiten und Linienabstände der Raster der Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 und die Schichtdicken der Abstandsschichten 17l2 und 17l3 derart gewählt, dass die Sichtbarkeit des Volumenhologramms 11v in dem vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 maximiert ist. Hierbei ist von Vorteil, wenn die Schichtdicken der Abstandsschichten 17l2 und 17l3 im Wesentlichen der Rasterperiode der Linienraaster der Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 entsprechen. Weiter ist es möglich, dass die Linienbreiten und/oder Linienabstände variieren, insbesondere in Abhängigkeit vom vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1. Die Linienbreiten und – abstände der beiden Linienraaster werden insbesondere wiederum durch geometrische Konstruktion, wie vorher beschrieben, oder durch Berechnung ermittelt. Vorzugsweise verlaufen die Linien der Linienraaster, wie in Fig. 22a und 22b gezeigt, dabei parallel zur Biegelinie des Sicherheitselements 1.

In einer Variante können die Abstandsschichten 17l2 und 17l3 nicht, wie in Fig. 22a und 22b gezeigt, mit konstanten Dicken, sondern mit variablen Dicken vorgesehen sein. Der Vorteil ist, dass durch die Variation der Dicke der Abstandsschichten die Linienbreiten und Linienabstände der Raster der Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 gleichmäßiger gestaltet werden können und dadurch das Volumenhologramm 11v im gebogenen Zustand an allen Stellen

gleich gut sichtbar ist und zudem das Erscheinungsbild der Metallisierung gleichmäßiger ist.

- In einer weiteren Variante kann auch vorgesehen sein, anstelle von zwei
- 5 Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 drei oder mehr Reflexionsschichten zu verwenden. Dadurch, dass mindestens drei Reflexionsschichten vorhanden sind, können die Linienbreiten geringer und die Linienabstände größer gewählt werden. Dadurch ist das Volumenhologramm im gebogenen Zustand besser und im nicht gebogenen Zustand weniger gut sichtbar.
- 10 Bezüglich der weiteren Ausgestaltung der Schichten 17r1 und 17r2 und der Ausgestaltung der Schichten 11, 15 und 17 ist hier auf obige Ausführungen verwiesen.
- 15 In Fig. 23 ist ein Sicherheitsdokument 2, insbesondere eine weitere Variante zu dem Schichtaufbau in Fig. 22 gezeigt. Dabei ist bevorzugt nur eine der Reflexionsschichten 17r1 als Linienraster, die andere Reflexionsschicht 17r2 dagegen als gerasterte Schicht aus flächenhaften Rasterelementen ausgebildet. Vorzugsweise ist die obere Reflexionsschicht 17r1 als Linienraster
- 20 ausgelegt, während die untere Reflexionsschicht 17r2 als gerasterte Schicht aus flächenhaften Rasterelementen ausgelegt ist. Es ist aber auch der umgekehrte Fall möglich. Die geometrischen Formen der beiden Reflexionsschichten 17r1 und 17r2 sowie deren Dimensionen ergeben sich insbesondere durch mathematische Berechnung, beispielsweise mittels einer
- 25 Software für die Berechnung von Moiré-Effekten. Dabei ist die Dicke der Lackschicht 17l2, die die Abstandsschicht der beiden Reflexionsschichten 17r1, 17r2 bildet, insbesondere maßgeblich für die Berechnung. Als erste Zielgröße bei der Berechnung wird beispielsweise vorgegeben, dass das Moiré im ebenen

Zustand des Sicherheitselements 1 eine vollständig oder nahezu vollständig undurchsichtige Fläche erzeugt, wie in Fig. 24 links gezeigt. Dadurch ist das darunter liegende Volumenhologramm 11v im ebenen Zustand abgedeckt und damit unsichtbar oder nahezu unsichtbar. Als zweite Zielgröße wird

5 beispielsweise vorgegeben, dass im gebogenen Zustand des Sicherheitselements 1 durch den Moiré-Effekt zumindest zwei Fenster bzw. transparente Bereiche in den übereinander liegenden Reflexionsschichten erzeugt werden, die beispielsweise die Form der Ziffern „3“ und „5“ aufweisen, wie in Fig. 24 rechts gezeigt. In diesen transparenten Bereichen wird das

10 darunter liegende Volumenhologramm 11v, das in der Volumenhologrammschicht ausgebildet ist, sichtbar.

Fig. 25 zeigt die Draufsicht auf einen Ausschnitt einer als Linienraster ausgeführten Schicht. Bei einer Dicke einer Abstandsschicht bzw. Lackschicht

15 von 170  $\mu\text{m}$  ergeben sich beispielsweise Linienbreiten von 70 bis 90  $\mu\text{m}$  (g, h), während die Linienabstände 20 bis 30  $\mu\text{m}$  (e, f) betragen. Fig. 26 zeigt eine Draufsicht auf einen Ausschnitt einer gerasterten Schicht aus flächenhaften Rasterelementen. Bei einer Dicke einer Abstandsschicht bzw. Lackschicht von 170  $\mu\text{m}$  ergeben sich beispielsweise Strukturbreiten von 10 bis 70  $\mu\text{m}$  (g, h),

20 während die Strukturabstände 10 bis 80  $\mu\text{m}$  (e, f) betragen.

In Fig. 27 ist eine weitere Ausgestaltung eines Sicherheitselements 1 gezeigt. Das in Figur 27 gezeigte Sicherheitselement weist lediglich eine Reflexionsschicht 17r' auf. Die Reflexionsschicht 17r' übernimmt im

25 Wesentlichen die Funktion der in Figur 22a gezeigten Reflexionsschichten 17r1, 17r2, die gerastert ausgebildet und zueinander versetzt angeordnet sind. In Figur 27 liegt die Reflexionsschicht 17r' im Wesentlichen als Flanken vor. Die Reflexionsschicht 17r' erstreckt sich daher nicht nur in der x/y-Ebene, sondern

erstreckt sich auch in z-Richtung. Die flankenförmig ausgebildete Reflexionsschicht 17r' bzw. die Flanken wirken ähnlich wie die Lamellen in einem sogenannten „privacy filter“ für Computer-Bildschirme. Das Licht kann im Wesentlichen senkrecht, d.h. in z-Richtung durch die Reflexionsschicht hindurchtreten. Sobald ein Grenzwinkel  $g$  überschritten wird, blockieren die Flanken der Reflexionsschicht das Licht, welches vom Volumenhologramm kommt, nahezu komplett. Es wird aber auch schon für kleinere Winkel die Intensität des Volumenhologramms reduziert, da mit dem Grenzwinkel  $g$  nur noch von wenigen Punkten des Volumenhologramms aus das Licht passieren kann.

Die Figuren 28a bis 28d zeigen eine mögliche Herstellmethode für das in Figur 27 gezeigte Sicherheitselement 2. Zunächst wird eine lamellenartige oder tassenförmige Struktur 62 repliziert, bei der Struktur kann es sich um eine Lackschicht handeln (Fig. 18a). Die Höhe  $H$  der Lamellen 60 oder Tassenränder kann zwischen  $1\text{ }\mu\text{m}$  und  $50\text{ }\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen  $2\text{ }\mu\text{m}$  und  $20\text{ }\mu\text{m}$  und besonders bevorzugt zwischen  $2\text{ }\mu\text{m}$  und  $10\text{ }\mu\text{m}$  liegen. Der Abstand  $d$  der Lamellen 60 oder Tassenränder sollte bevorzugt kleiner oder gleich  $10 \times H$ , besser kleiner  $5 \times H$  und noch besser kleiner als  $2 \times H$  sein. Anschließend wird die replizierte Struktur 62 vollflächig mit einer Reflexionsschicht, bevorzugt mit einer dünnen Metallschicht 64, beispielsweise in einer Dicke von  $20\text{ nm}$  bis  $30\text{ nm}$ , insbesondere mit Aluminium, bedampft (Fig. 18b). In einem Demetallisierungsschritt wird dann die Reflexionsschicht und/oder die Metallschicht bereichsweise wieder entfernt. Im Wesentlichen wird nur in den Vertiefungen zwischen den Lamellen 60 bzw. den Wänden der „Mikrotassen“, d.h. nur vom „Boden“ der Strukturen, das Metall entfernt. Übrig bleiben im Wesentlichen flankenförmig ausgebildete Elemente 66 (Fig. 18c). Der

Demetallisierungsschritt kann grundsätzlich mit allen bekannten Demetallisierungsverfahren durchgeführt werden.

- Nachdem die flankenförmig ausgebildete Reflexionsschicht 17r' ausgebildet ist,
- 5 kann auf die Reflexionsschicht 17'r noch eine Lackschicht aufgebracht werden. Die einlagige Reflexionsschicht 17r' kann dann mit einer Volumenhologrammschicht 11 kombiniert und auf ein flexibles Substrat 17, wie eine Papierbanknote, appliziert werden (Fig. 18d). Zwischen der Reflexionsschicht 17r' und dem Volumenhologramm 11v kann eine Schicht 68
- 10 angeordnet sein. Bei dieser Schicht 68 kann es sich um eine Kleberschicht und/oder eine Haftvermittlerschicht handeln. Auf die Schicht 68 kann aber auch verzichtet werden.

# Bezugszeichenliste

---

	1	Sicherheitselement
5	2	Sicherheitsdokument
	3, 4, 5	Koordinatenachsen x, y, z
	6	Kipplinie, Kippunkt
	7	Betrachter
	8	Beleuchtungseinrichtung
10	9	Biegelinie, Biegepunkt
	10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, 10g, 10h, 10i	Zonen
	11	Volumenhologrammschicht
	11v	Volumenhologramm
15	12	Bragg-Ebenen
	13	einfallendes Licht
	14	gebeugtes und/oder reflektiertes Licht
	15	Kleberschicht
	16	Trägerschicht
20	17	Substrat
	17l1, 17l2, 17l3	Lackschichten
	17r, 17r', 17r1, 17r2	Reflexionsschichten
	18	Master
	19	kohärenter Lichtstrahl
25	19e	einfallendes Licht
	20	abgelenkte Lichtstrahlen
	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30	erste Information

	40, 41, 42, 43	zweite Information
	50, 51, 52	Bereiche
	60	Lamellen
	62	lamellenartige Struktur
5	64	vollflächige Metallisierungsschicht/ Reflexionsschicht
	66	demetallisierte Schicht/ strukturierte bzw. Reflexionsschicht
	68	Schicht
10	D	Biegedurchmesser
	$\beta$	Öffnungswinkel
	$\delta$	Öffnungswinkel
	$\alpha$	Betrachtungswinkel
	h	Betrachtungsabstand
15	d	Abstand Lamellen
	g	Grenzwinkel
	H	Höhe Lamelle



5

10

Ansprüche

- 15 1. Sicherheitselement (1) mit einer ersten Volumenhologrammschicht (11), die ein Koordinatensystem mit den senkrecht zueinander stehenden Koordinatenachsen x und y (3, 4) in einem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) aufspannt, wobei in die erste
- 20 Volumenhologrammschicht (11) ein erstes Volumenhologramm in mindestens einem ersten Bereich (51) eingebracht ist, wobei das erste Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine erste Information (21-30) in einem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des
- 25 Sicherheitselements (1) für einen Betrachter (7) in einer ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt.

2. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das erste Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass zumindest  
eine zweite Information (40-43) in zumindest einem zweiten vordefinierten  
gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) für den Betrachter (7) in  
der ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen  
Zustand des Sicherheitselements (1) in der ersten Betrachtungssituation  
nicht sichtbar ist oder umgekehrt.
3. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Sicherheitselement (1) in dem ersten und/oder dem zumindest  
einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand um die x-Achse und/oder  
die y-Achse gebogen ist.
4. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Sicherheitselement in dem ersten und/oder dem zumindest einen  
zweiten vordefinierten gebogenen Zustand zu dem Betrachter (7) hin  
gebogen ist, insbesondere derart, dass das Sicherheitselement (1) in dem  
ersten und/oder dem zumindest einen vordefinierten zweiten gebogenen  
Zustand eine konkave Form aufweist, und/oder dass das  
Sicherheitselement (1) von dem Betrachter (7) weg gebogen ist,  
insbesondere derart dass das Sicherheitselement (1) in dem ersten  
und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand  
eine konvexe Form aufweist.

5. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Sicherheitselement (1) zumindest eine Biegelinie (9) aufweist, um  
die das Sicherheitselement (1) in dem ersten und/oder dem zumindest  
5 einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements  
(1) gebogen ist.
6. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass das Sicherheitselement (1) in dem ersten und/oder dem zumindest  
einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand symmetrisch oder  
asymmetrisch bezogen auf die Biegelinie (9) gebogen ist.
7. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 5 oder 6,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten  
gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) bei Betrachtung des  
Sicherheitselements (1) parallel zu einer von den Koordinatenachsen x und  
y aufgespannten Ebene die zwischen einer Oberfläche des  
20 Sicherheitselements (1) und einer der Koordinatenachsen x oder y (3, 4)  
eingeschlossenen Winkel beidseitig der Biegelinie unterschiedlich sind.
8. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 dass in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) bei  
Betrachtung des Sicherheitselements (1) parallel zu einer von den  
Koordinatenachsen x und y (3, 4) aufgespannten Ebene die zwischen einer  
Oberfläche des Sicherheitselements (1) und einer der Koordinatenachsen x

oder  $y$  (3, 4) eingeschlossenen Winkel beidseitig der Biegelinie (9) im Wesentlichen gleich sind, insbesondere sich um weniger als  $5^\circ$ , bevorzugt um weniger als  $2,5^\circ$ , weiter bevorzugt um weniger als  $1^\circ$ , unterscheiden.

- 5     9. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) ein vordefinierter Grenzwert bei Anwendung des Laplace-Operators  $\Delta$  auf eine von einer  
10     Funktion  $F(x,y)$  beschriebene Oberfläche des Sicherheitselements (1) überschritten wird und in dem nicht gebogenen Zustand nicht überschritten wird, wobei die Funktion  $F(x,y)$  den Abstand der Oberfläche des Sicherheitselements (1) zu einer von den Koordinatenachsen  $x$  und  $y$  (3, 4) aufgespannten zweidimensionalen Referenzfläche beschreibt.
- 15
10. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass der Biegeradius ( $r$ ) in dem ersten und/oder dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1)  
20     zwischen 1 mm und 100 mm, bevorzugt zwischen 2 mm und 50 mm, weiter bevorzugt zwischen 4 mm und 30 mm, liegt.
11. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet,  
25     dass sich der Biegeradius ( $r$ ) in dem ersten und dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) um mindestens 2 mm, bevorzugt 5 mm, weiter bevorzugt 10 mm, unterscheidet.

12. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Sicherheitselement (1) in Richtung der Koordinatenachse x oder y  
(3, 4), um die das Sicherheitselement (1) in dem ersten und/oder dem  
5 zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand gebogen ist,  
eine Länge von mindestens 5 mm, bevorzugt von mindestens 10 mm,  
weiter bevorzugt von mindestens 20 mm, noch weiter bevorzugt von  
mindestens 50 mm, aufweist.
- 10
13. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das erste Volumenhologramm in dem mindestens einen ersten  
Bereich (51) zwei oder mehrere erste Zonen (10a-j) aufweist, wobei die  
15 zwei oder mehreren ersten Zonen (10a-j) in dem ersten vordefinierten  
gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) für den Betrachter in der  
ersten Betrachtungssituation die erste Information (21-30) bereitstellen.
14. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 13,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
dass das erste Volumenhologramm zwei oder mehrere zweite Zonen (10k)  
in dem mindestens einen ersten Bereich (51) aufweist, wobei die zwei oder  
mehreren zweiten Zonen (10k) in dem zumindest einen zweiten  
vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements für den  
25 Betrachter in der ersten Betrachtungssituation die zumindest eine zweite  
Information (40-43) bereitstellen.

15. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 13 oder 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zwei oder mehreren ersten Zonen (10a-j) und/oder die zwei oder  
mehreren zweiten Zonen (10k) im nicht gebogenen Zustand des  
5 Sicherheitselements (1) in Richtung einer der Koordinatenachsen x  
und/oder y (3, 4) eine Länge von mindestens 5  $\mu\text{m}$ , bevorzugt 50  $\mu\text{m}$ , noch  
weiter bevorzugt 500  $\mu\text{m}$  aufweisen.
16. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 13 oder 14,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass die zwei oder mehreren ersten Zonen (10a-j) und/oder die zwei oder  
mehreren zweiten Zonen (10k) im nicht gebogenen Zustand des  
Sicherheitselements (1) eine Flächenausdehnung von mindestens 5  $\mu\text{m}$  x 5  
 $\mu\text{m}$ , bevorzugt von 50  $\mu\text{m}$  x 50  $\mu\text{m}$ , noch weiter bevorzugt von 500  $\mu\text{m}$  x  
15 500  $\mu\text{m}$ , aufweisen.
17. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zwei oder mehreren ersten Zonen (10a-j) und/oder die zwei oder  
20 mehreren zweiten Zonen (10k) gemäß einem Raster angeordnet sind.
18. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Raster ein eindimensionales Raster, insbesondere ein  
25 Linienraster, oder ein zweidimensionales Raster, insbesondere ein  
Punktraster, ist.

19. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 13 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zwei oder mehreren ersten Zonen (10a-j) und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen (10k) beidseitig der Biegelinie (9) angeordnet sind.
20. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zwei oder mehreren ersten Zonen (10a-j) in dem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) und/oder die zwei oder mehreren zweiten Zonen (10k) in dem zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) in der ersten Betrachtungssituation für den Betrachter (7) unter unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln und Betrachtungswinkeln sichtbar sind.
21. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Volumenhologrammschicht (11) durch Brechzahlvariationen gebildete Bragg-Ebenen (12) aufweist.
22. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 21 und einem der Ansprüche 13 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sich zumindest einer der Parameter Abstand der Bragg-Ebenen (12) und Ausrichtung der Bragg-Ebenen (12) in den zwei oder mehreren ersten

Zonen (10a-j) und/oder den zwei oder mehreren zweiten Zonen (10k) unterscheidet.

23. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 22,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass sich der Abstand der Bragg-Ebenen (12) um mehr als 5 nm,  
bevorzugt mehr als 10 nm, noch weiter bevorzugt um mehr als 20 nm  
unterscheidet und/oder dass sich der von den Bragg-Ebenen (12) und der  
10 von der ersten Volumenholgrammschicht (11) eingeschlossene Winkel sich  
um mehr als 2°, bevorzugt um mehr als 5°, weiter bevorzugt um mehr als  
10°, noch weiter bevorzugt um mehr als 20°, unterscheidet.
24. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 21 bis 23 und einem der  
Ansprüche 13 bis 20,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des  
Sicherheitselements (1) die Ausrichtung der Bragg-Ebenen (12) in den zwei  
oder mehreren ersten Zonen (10a-j) im Wesentlichen zueinander gleich ist.
- 20 25. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 21 bis 24 und einem der  
Ansprüche 13 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des  
Sicherheitselements (1) die Ausrichtung der Bragg-Ebenen (12) in den zwei  
25 oder mehreren zweiten Zonen (10k) im Wesentlichen zueinander gleich ist.
26. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,



dass in die erste Volumenhologrammschicht (11) ein zweites Volumenhologramm in mindestens einem zweiten Bereich eingebracht ist.

27. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 25,  
5      dadurch gekennzeichnet,  
dass das zweite Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine dritte Information in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) in der ersten Betrachtungssituation sichtbar ist.
- 10    28. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 26 und 27,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der mindestens eine erste Bereich (51) und der mindestens eine  
zweite Bereich ineinander gerastert sind, insbesondere dass der  
mindestens eine erste Bereich (51) abwechselnd mit dem mindestens  
15    einen zweiten Bereich angeordnet ist und dass der mindestens eine erste  
Bereich (51) benachbart zu dem mindestens einen zweiten Bereich  
angeordnet ist.
29. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
20    dadurch gekennzeichnet,  
dass das Sicherheitselement (1) in einer zweiten  
Volumenhologrammschicht ein drittes Volumenhologramm aufweist.
30. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 29,  
25    dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Volumenhologrammschicht (11) und die zweite  
Volumenhologrammschicht bei Betrachtung senkrecht auf eine von der  
ersten Volumenhologrammschicht (11) des Sicherheitselements (1)

aufgespannten Ebene in nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) übereinander angeordnet sind.

31. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 29 oder 30,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass das dritte Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine vierte Information in einem dritten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements für einen Betrachter (7) in der ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des  
10 Sicherheitselements (1) in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt.
32. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 dass das Sicherheitselement in mindestens einem dritten Bereich (52) eine Reliefstruktur ausgewählt aus der Gruppe diffraktives Gitter, Kinegram® oder Hologramm, Blazegitter, Binärgitter, mehrstufiges Phasengitter, Lineargitter, Kreuzgitter, Hexagonalgitter, asymmetrische oder symmetrische Gitterstruktur, retroreflektierende Struktur, insbesondere  
20 binäre oder kontinuierliche Freiformflächen, diffraktive oder refraktive Makrostruktur, insbesondere Linsenstruktur oder Mikroprismenstruktur, Mikrolinse, Mikroprisma, Beugungsstruktur Nullter Ordnung, Mottenaugenstruktur oder anisotrope oder isotrope Mattstruktur, oder eine Überlagerung oder Kombinationen von zwei oder mehr der vorgenannten  
25 Reliefstrukturen umfasst.
33. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

dass das Sicherheitselement in mindestens einem vierten Bereich  
zumindest eine Reflexionsschicht (17r, 17r', 17r1, 17r2) umfasst.

34. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 33,  
5       dadurch gekennzeichnet,  
      dass die Reflexionsschicht bzw. zumindest eine der Reflexionsschichten  
      (17r, 17r', 17r1, 17r2) rasterförmig ausgebildet ist.
35. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 34,  
10       dadurch gekennzeichnet,  
      dass das erste Volumenhologramm (11v) rasterförmig ausgebildet ist,  
      wobei die Bereiche des ersten Volumenhologramms (11v) deckungsgleich  
      im Register mit den Bereichen der Reflexionsschicht (17r) angeordnet sind  
      und wobei bevorzugt das erste Volumenhologramm (11v) unterhalb der  
15       Reflexionsschicht (17r), insbesondere auf die Betrachtungsrichtung des  
      Sicherheitselements, angeordnet ist.
36. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 34,  
      dadurch gekennzeichnet,  
20       dass das Sicherheitselement (1) zwei rasterförmige, bevorzugt  
      teilmetallisierte Reflexionsschichten (17r1, 17r2) aufweist, die so  
      angeordnet sind, dass nicht vorhandene Bereiche, bevorzugt transparente  
      Bereiche der einen Reflexionsschicht (17r1, 17r2) von präsenten  
      Bereichen, insbesondere von metallisierten Bereichen der anderen  
25       Reflexionsschicht(17r1, 17r2), insbesondere bei Betrachtung senkrecht zu  
      einer von der ersten Volumenhologrammschicht (11) aufgespannten Ebene  
      im nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1), abgedeckt sind.

37. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 33 bis 36,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen der Volumenhologrammschicht (11) und der  
Reflexionsschicht (17r, 17r') und/oder zwischen den Reflexionsschichten  
5 (17r2, 17r3) eine transparente Abstandsschicht (17l2, 17l3) angeordnet ist.
38. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 37,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Schichtdicke der Abstandsschicht (17l2, 17l3) variiert.  
10
39. Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 33 bis 38,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Reflexionsschicht (17r') flankenförmig ausgebildet ist.
- 15 40. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste (21-30) und/oder die zumindest eine zweite (40-43) und/oder  
die dritte und/oder die vierte Information ein oder mehrere Symbole, Logos,  
Motive, Bilder Zeichen oder alphanumerische Charaktere darstellt.  
20
41. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste und/oder zweite Volumenhologrammschicht eine  
Schichtdicke zwischen 3  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 10  $\mu\text{m}$  und  
25 30  $\mu\text{m}$ , aufweist.
42. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die erste und/oder zweite Volumenhologrammschicht aus einem Photopolymer, insbesondere aus Omni DX 796 (DuPont), Silberhalogenid-Emulsionen oder dichromatischer Gelatine, ausgebildet ist.

- 5     43. Sicherheitselement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherheitselement (1) biegsam ist, insbesondere dass die Form des Sicherheitselements (1) durch Krafteinwirkung veränderbar ist.
- 10    44. Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements (1) mit einer ersten Volumenhologrammschicht (11), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 43, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
- 15       a) Bereitstellen der ersten Volumenhologrammschicht (11);  
      b) Anordnen eines ersten Masters (18) mit einer ersten Oberflächenstruktur an der ersten Volumenhologrammschicht (11);  
      c) Belichten des ersten Masters (18) und der ersten Volumenhologrammschicht (11) mittels kohärentem Licht (19), wobei das auf diese Weise in die erste Volumenhologrammschicht (11) eingebrachte erste Volumenhologramm derart ausgeformt ist, dass eine erste Information
- 20       (21-30) in einem ersten vordefinierten gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) für einen Betrachter (7) in einer ersten Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des Sicherheitselements (1) in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar ist oder umgekehrt.
- 25     45. Verfahren nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, dass das in dem Schritt c) eingebrachte erste Volumenhologramm derart

ausgeformt ist, dass zumindest eine zweite Information (40-43) in  
zumindest einem zweiten vordefinierten gebogenen Zustand des  
Sicherheitselements (1) für den Betrachter (7) in der ersten  
Betrachtungssituation sichtbar ist und in dem nicht gebogenen Zustand des  
5 Sicherheitselements (1) in der ersten Betrachtungssituation nicht sichtbar  
ist oder umgekehrt.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 oder 45,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass in dem Schritt b) ein erster Master (18) verwendet wird, der  
ausgehend von einem gebogenen Zwischenmaster erstellt wird, wobei die  
Biegung des gebogenen Zwischenmasters der Biegung des ersten  
und/oder des zumindest einen zweiten vordefinierten gebogenen Zustands  
des Sicherheitselements (1) entspricht.

15 47. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 oder 45,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem Schritt b) ein erster Master (18) verwendet wird, der mittels  
verzerrender Optiken, insbesondere Zylinderlinsen, hergestellt ist.

20 48. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 47,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem Schritt b) ein erster Master (18) verwendet wird, dessen erste  
Oberflächenstruktur ein Kinegram®, ein symmetrisches Gitter, ein  
25 asymmetrisches Gitter, insbesondere ein Blazegitter, ein Binärgitter, ein  
mehrstufiges Phasengitter isotrope oder anisotrope Mattstrukturen, eine  
retroreflektierende Struktur, eine (im wesentlichen) refraktiv wirkende

Makrostruktur, insbesondere Mikroprismenstruktur oder Mikrospiegel, fresnelartige Freiformflächen oder Kombinationen daraus umfasst.

49. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 48,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem Schritt b) ein erster Master (18) verwendet wird, der  
mindestens zwei Teilbereiche aufweist, die einfallendes Licht in mindestens  
zwei unterschiedliche Zonen der ersten Volumenhologrammschicht (11)  
reflektieren oder beugen.  
10
50. Verfahren nach Anspruch 49,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sich die erste Oberflächenstruktur des ersten Masters (18) in den  
mindestens zwei Teilbereichen unterscheidet, insbesondere sich in  
15 mindestens einem der Parameter Profilform, Gittertiefe, Gitterperiode und  
Azimutwinkel unterscheidet.
51. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 oder 50,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass der erste Master (18) in einem ersten Teilbereich eine symmetrische  
Gitterstruktur, aufweist und in einem zweiten Teilbereich eine erste  
asymmetrische Gitterstruktur aufweist, wobei sich die Gitterperioden  
und/oder Gittertiefen der Gitterstrukturen in dem ersten und zweiten  
Teilbereich unterscheiden.  
25
52. Verfahren nach Anspruch 49,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der erste Master (18) in einem dritten Teilbereich eine zweite

asymmetrischen Gitterstruktur aufweist, wobei sich die Gitterperioden und/oder Gittertiefen der ersten und zweiten asymmetrischen Gitterstruktur unterscheiden.

- 5 53. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 52,  
dadurch gekennzeichnet wird,  
dass in dem Schritt c) die erste Volumenhologrammschicht (11) und der  
erste Master (18) durch kohärente Lichtstrahlen (19) unterschiedlicher  
Wellenlängen und/oder unterschiedlicher Einfallsrichtungen belichtet  
10 werden.
54. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 53,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem Schritt c) der kohärente Lichtstrahl (19) durch die erste  
15 Volumenhologrammschicht (11) hindurchtritt und an der ersten  
Oberflächenstruktur des ersten Masters (18) gebeugt oder reflektiert wird.
55. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 54,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass in dem Schritt b) der erste Master (18) unmittelbar oder unter  
Zwischenschaltung eines transparenten optischen Mediums an die erste  
Volumenhologrammschicht (11) angeordnet wird.
56. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 55,  
25 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Belichtung mit Laserlicht mit einer Leistungsdichte im Bereich von  
0,5 bis 5 W/cm<sup>2</sup> , bevorzugt im Bereich von 1 bis 3 W/cm<sup>2</sup>, erfolgt.



57. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 56,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass nach dem Belichten die erste Volumenhologrammschicht (11) durch  
Aushärten, insbesondere mittels UV-Strahlung, fixiert wird.
- 5
58. Sicherheitsdokument (2) mit einem Sicherheitselement (1) nach einem der  
Ansprüche 1 bis 43.
59. Sicherheitsdokument (2) nach Anspruch 58,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Sicherheitsdokument (2) als Ausweisdokument, Passdokument,  
Visum, Kreditkarte, Banknote, Wertpapier oder dergleichen ausgebildet ist.
- 10

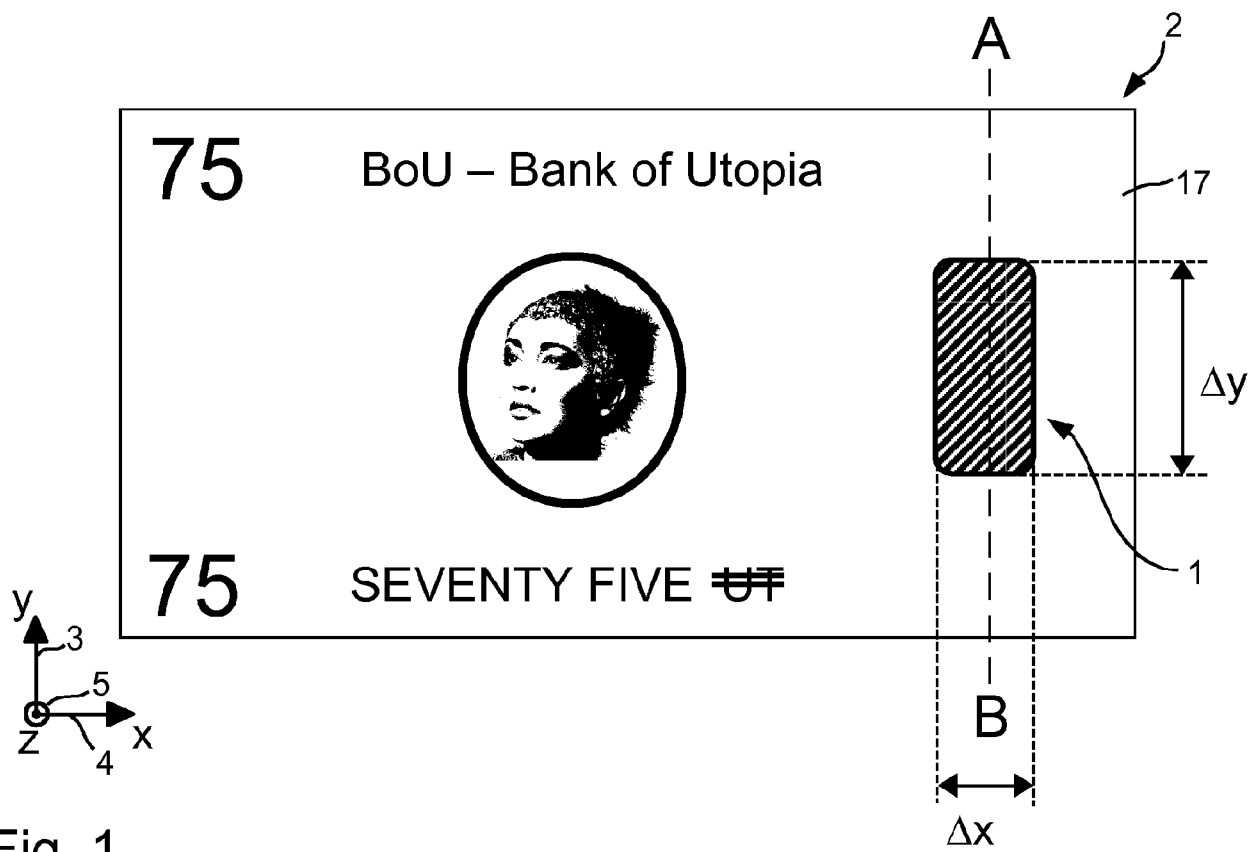


Fig. 1

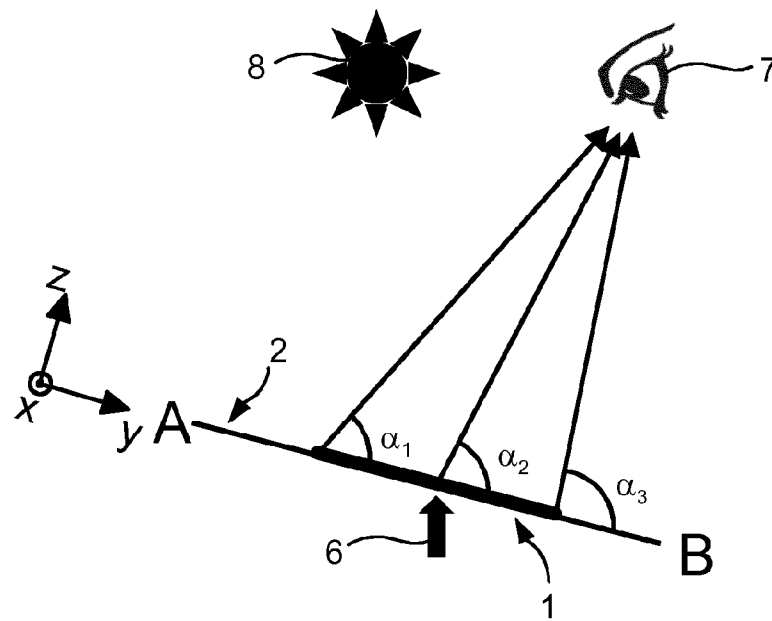


Fig. 2a

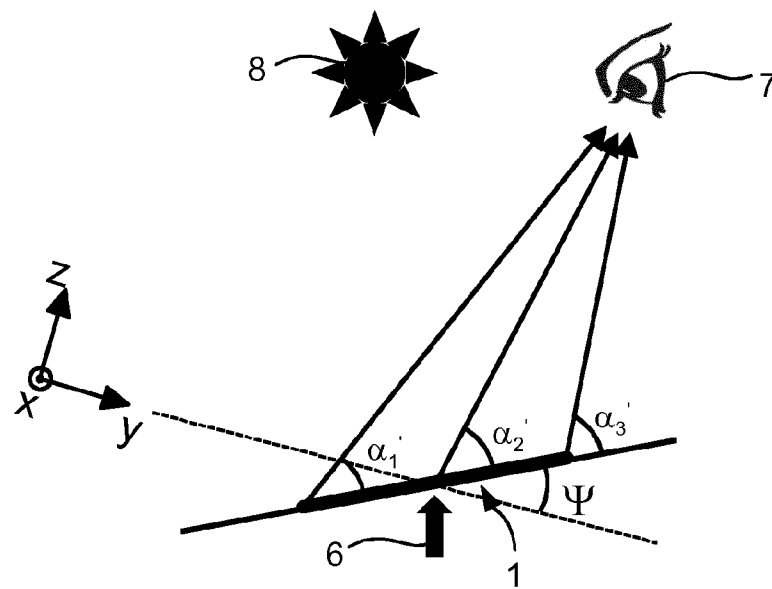


Fig. 2b

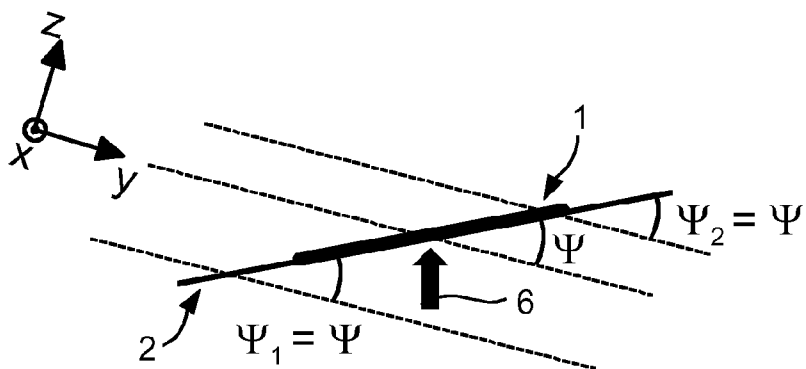


Fig. 2c

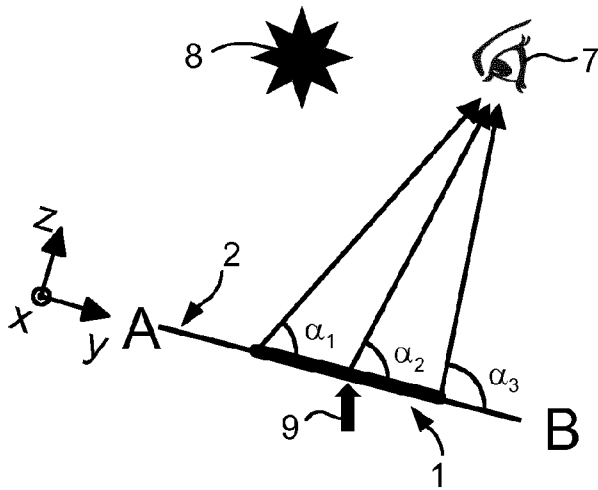


Fig. 3a

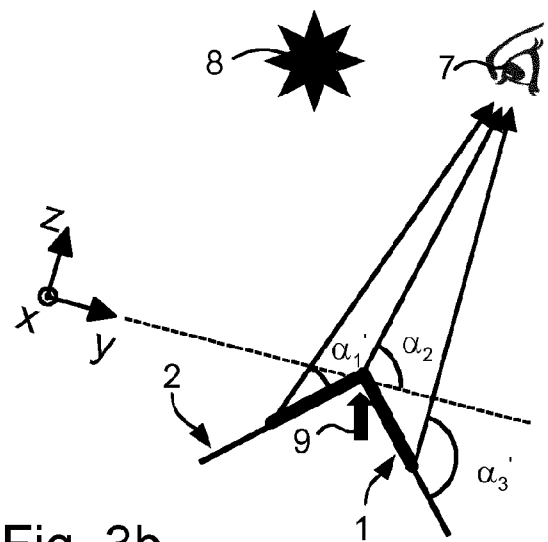


Fig. 3b

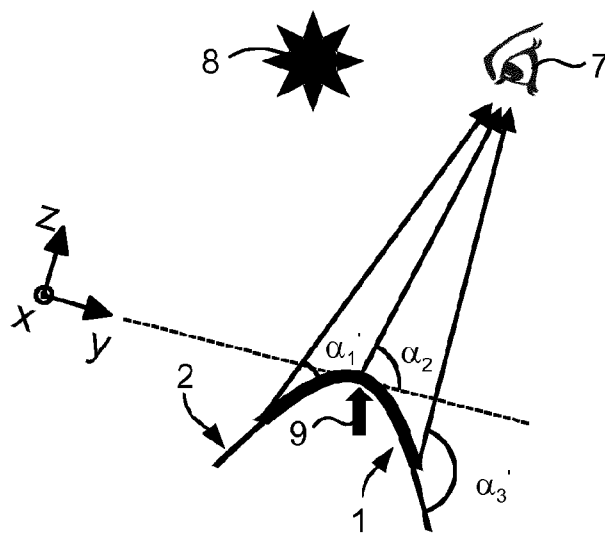


Fig. 3c

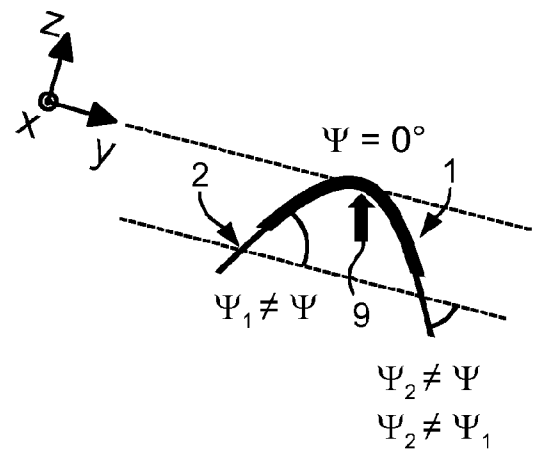


Fig. 3d

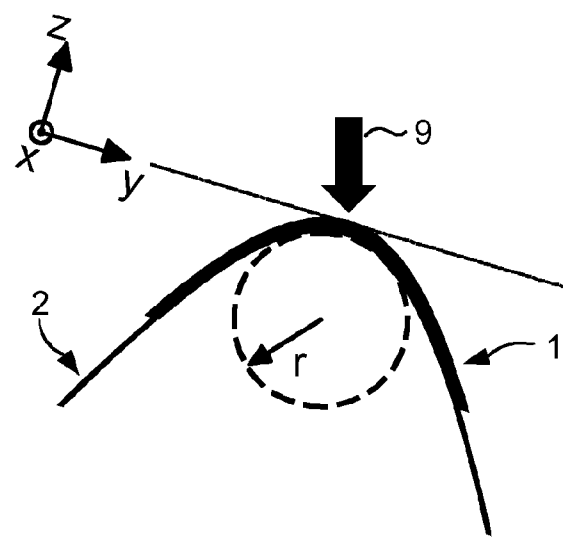


Fig. 4

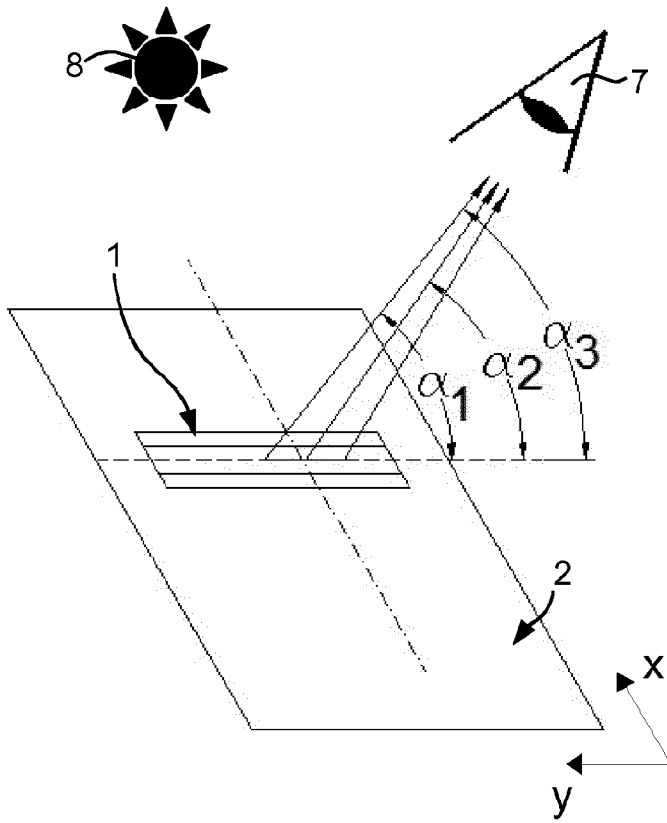


Fig. 5a

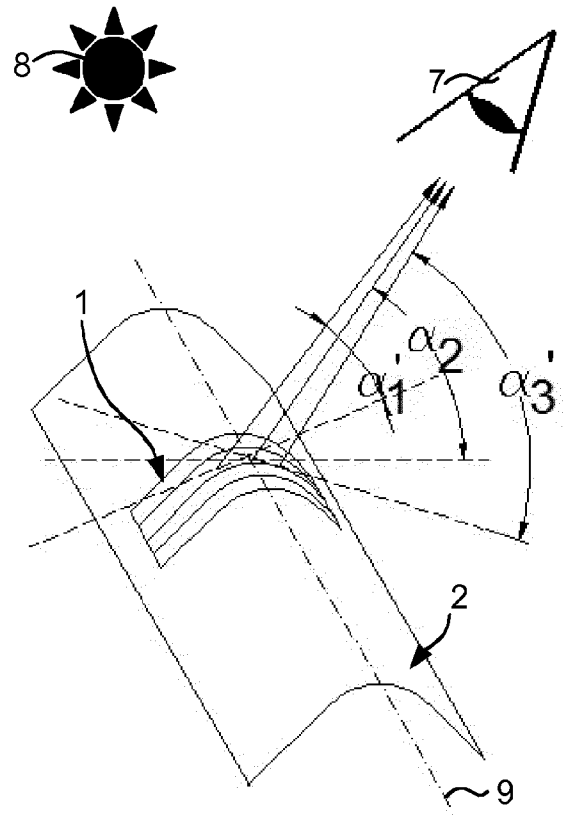


Fig. 5b

6/26

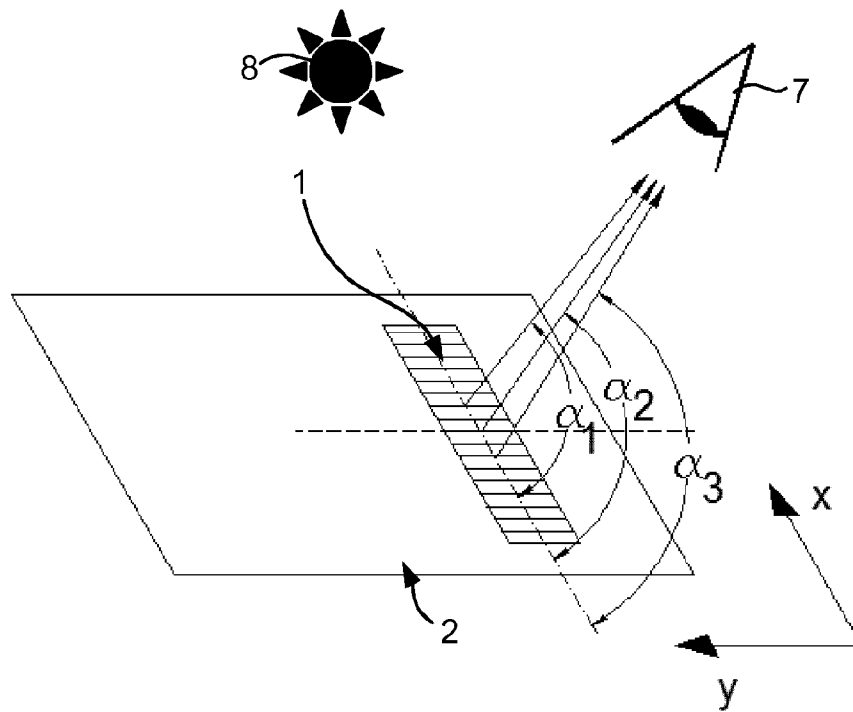


Fig. 6a

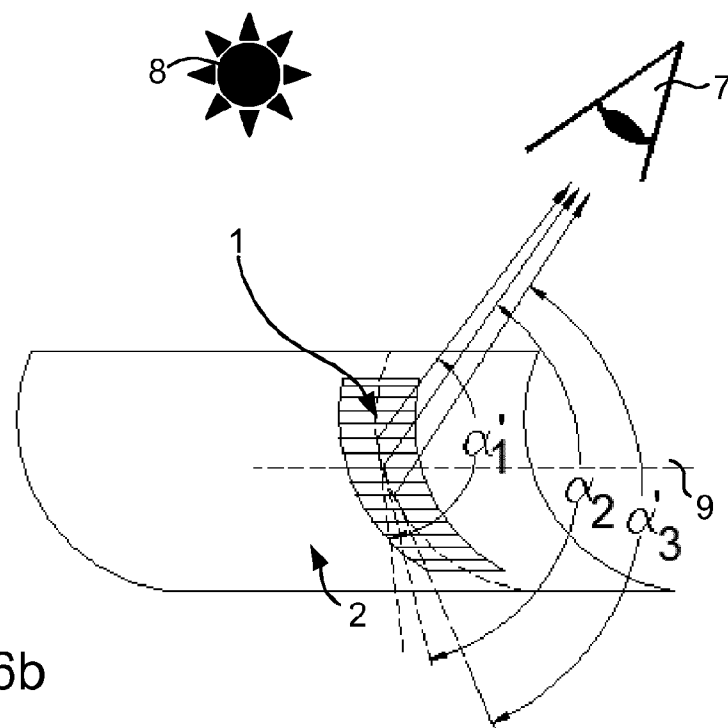


Fig. 6b

7/26

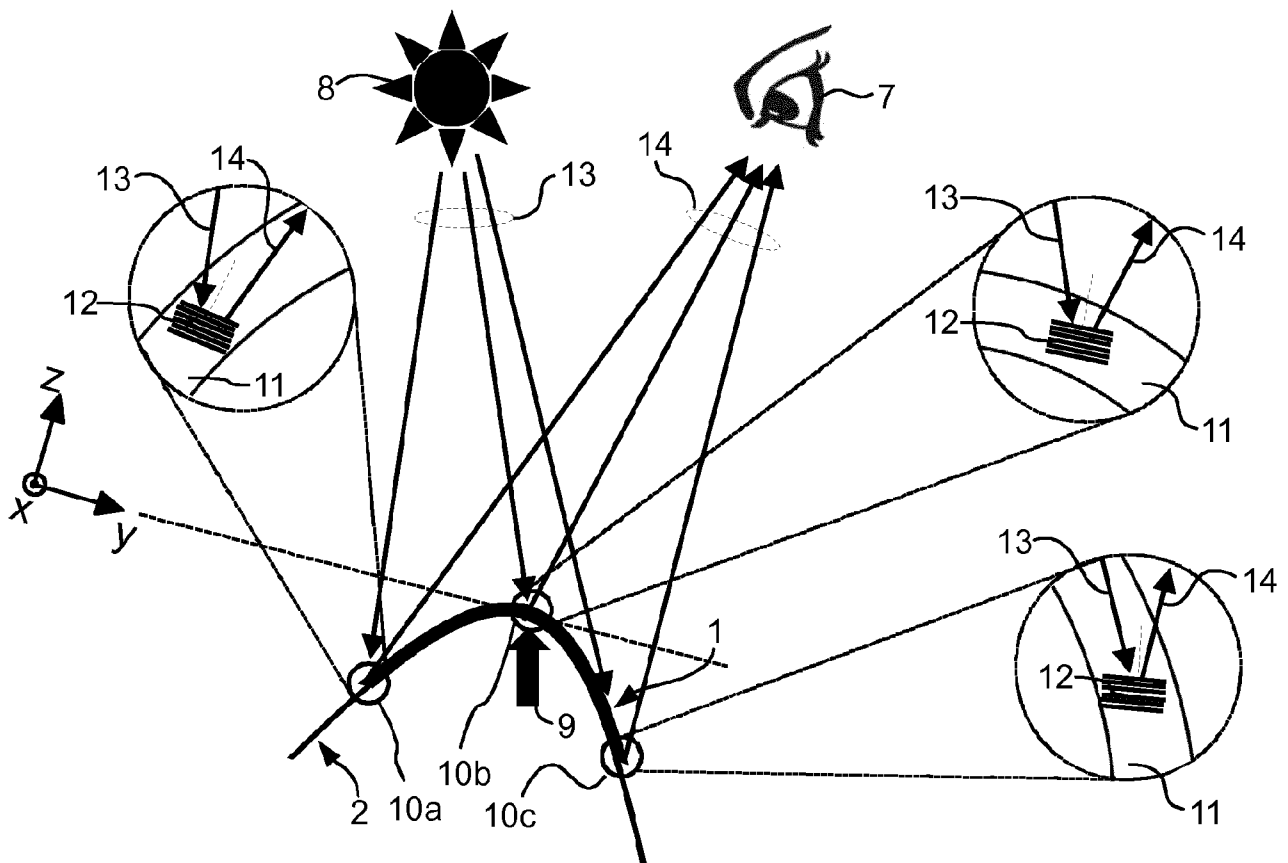


Fig. 7



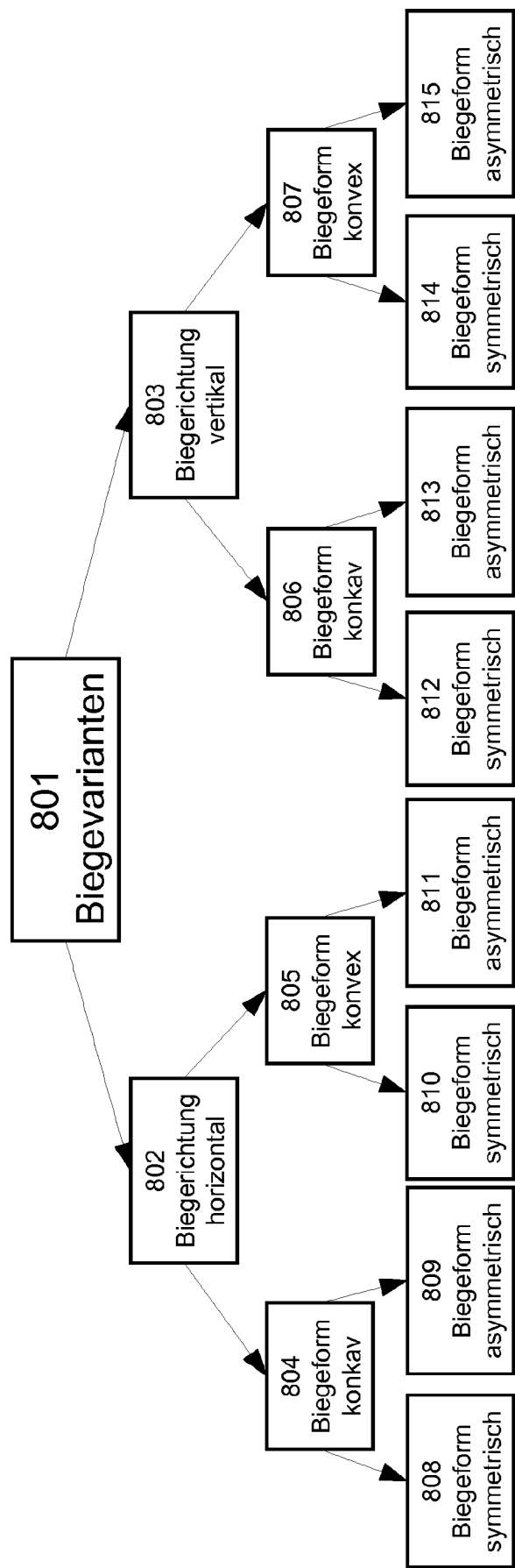


Fig. 8

9/26

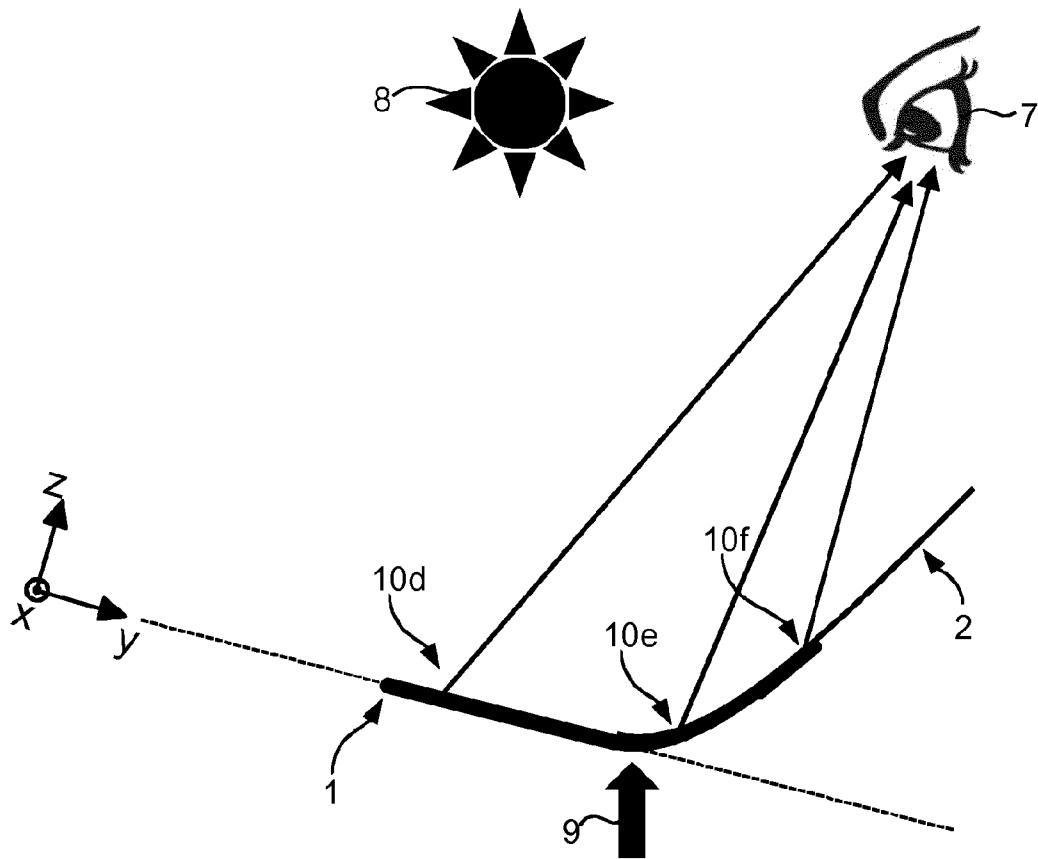


Fig. 9a

10/26

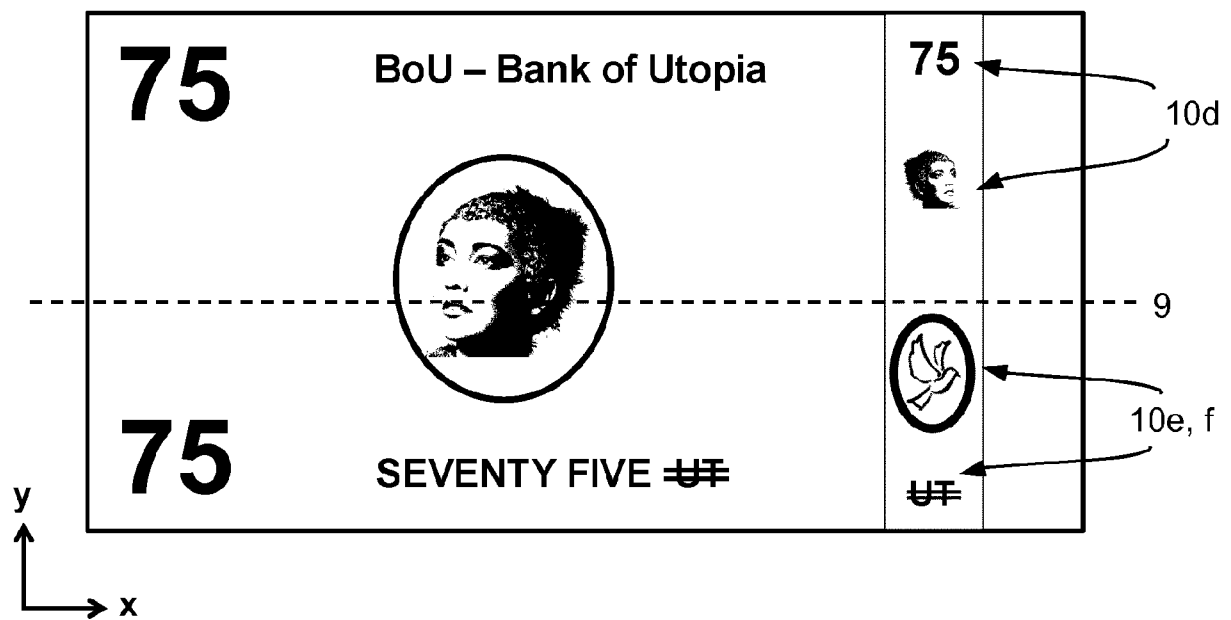


Fig. 9b

11/26

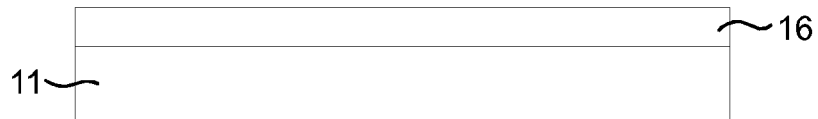


Fig. 10a

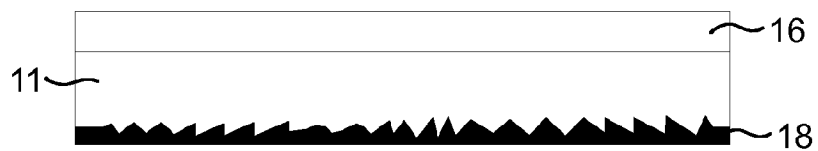


Fig. 10b

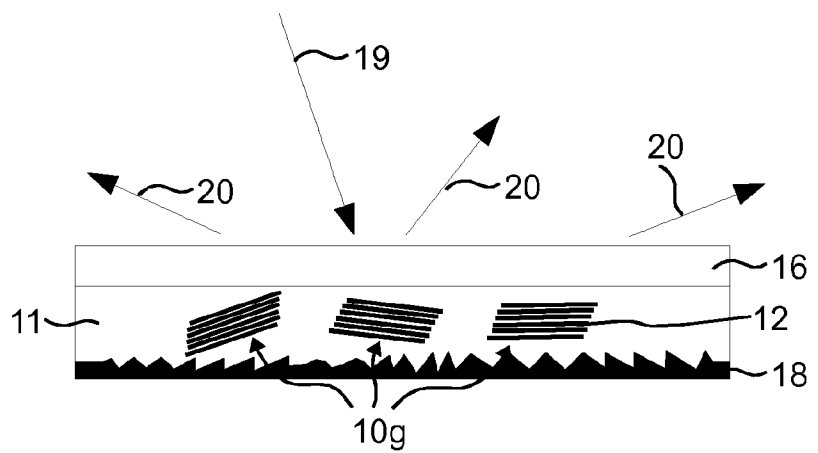


Fig. 10c

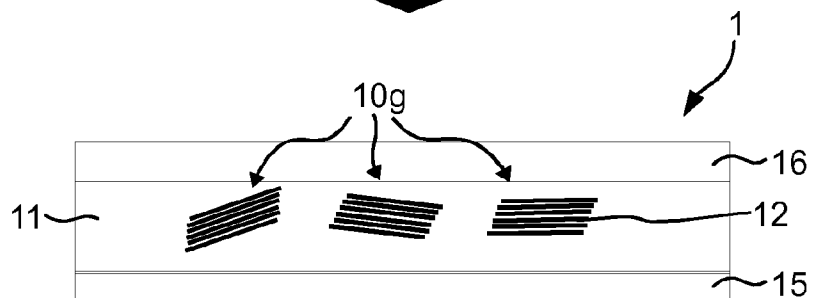


Fig. 10d

12/26

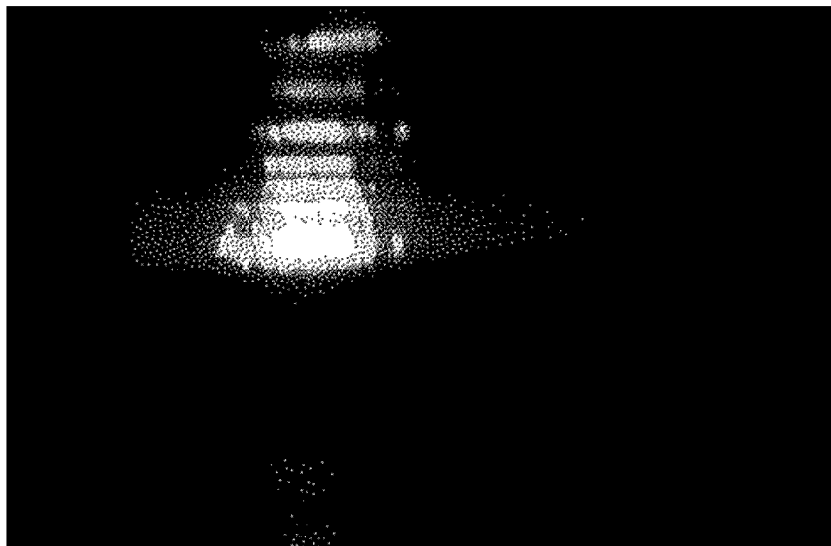


Fig. 11a

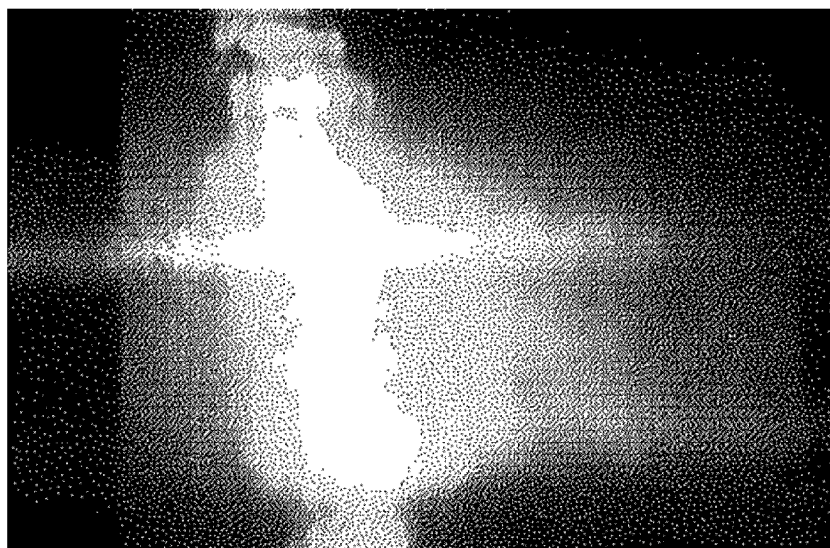


Fig. 11b

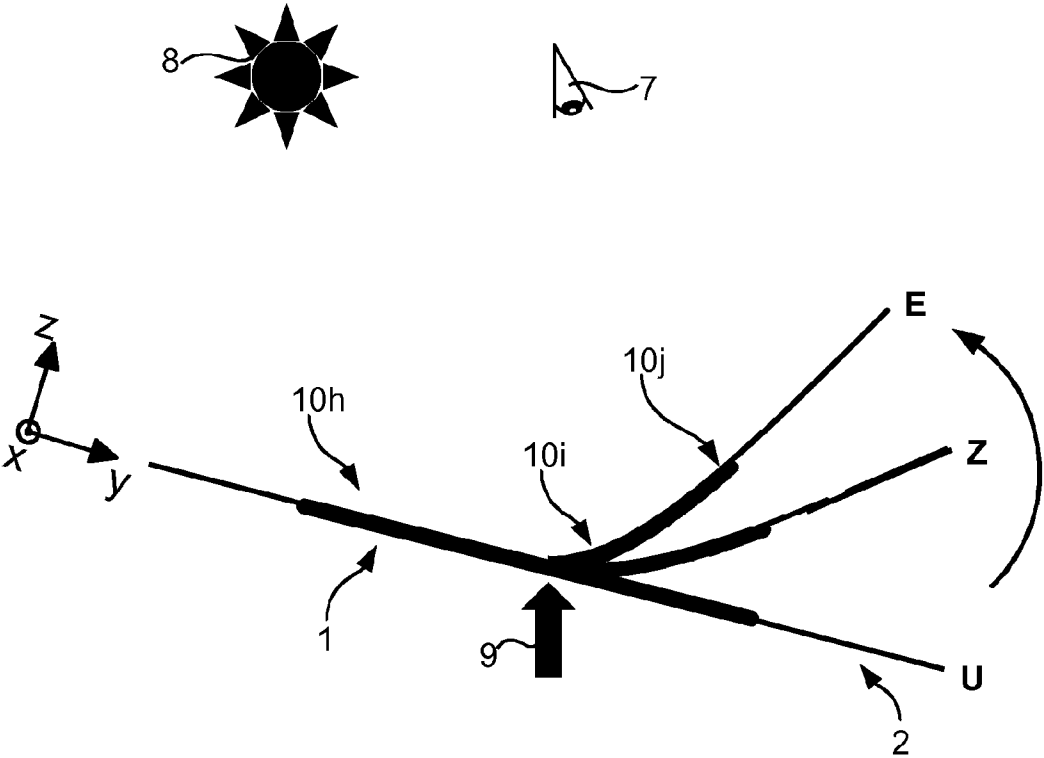


Fig. 12

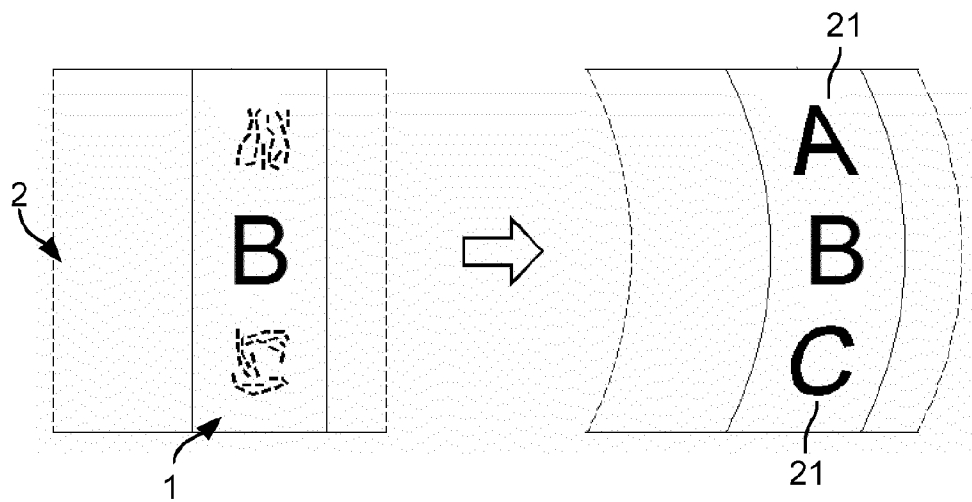


Fig. 13a

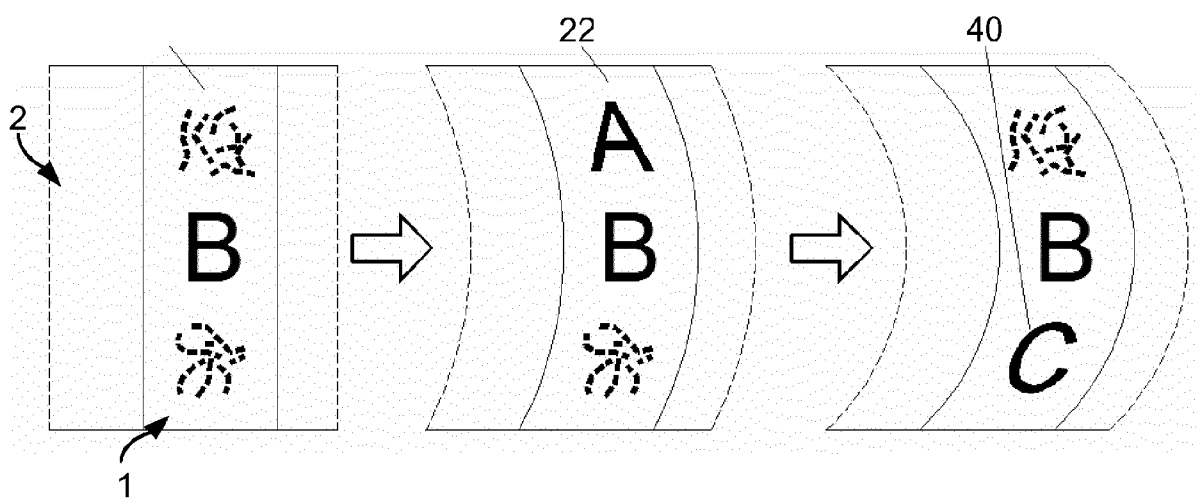


Fig. 13b

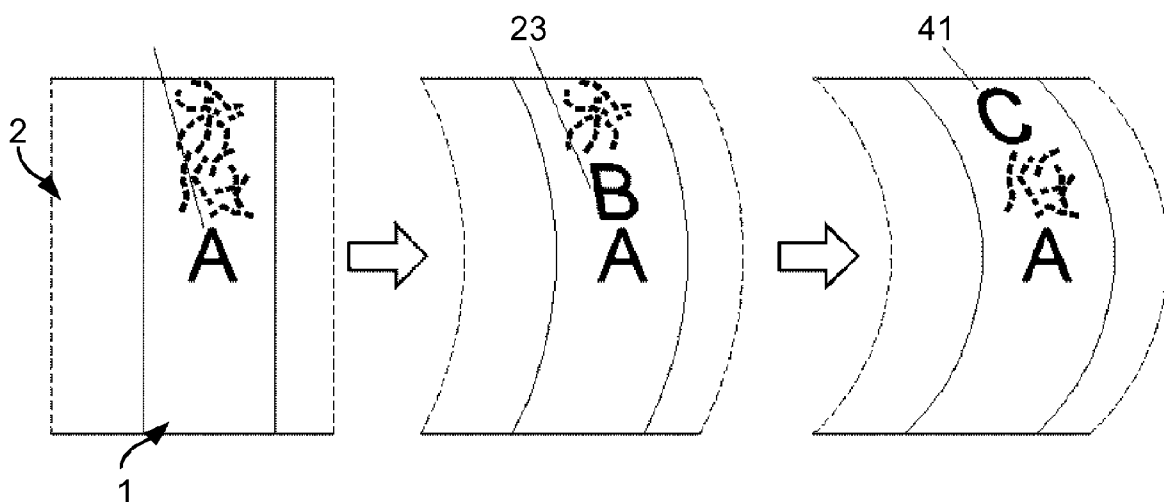


Fig. 13c

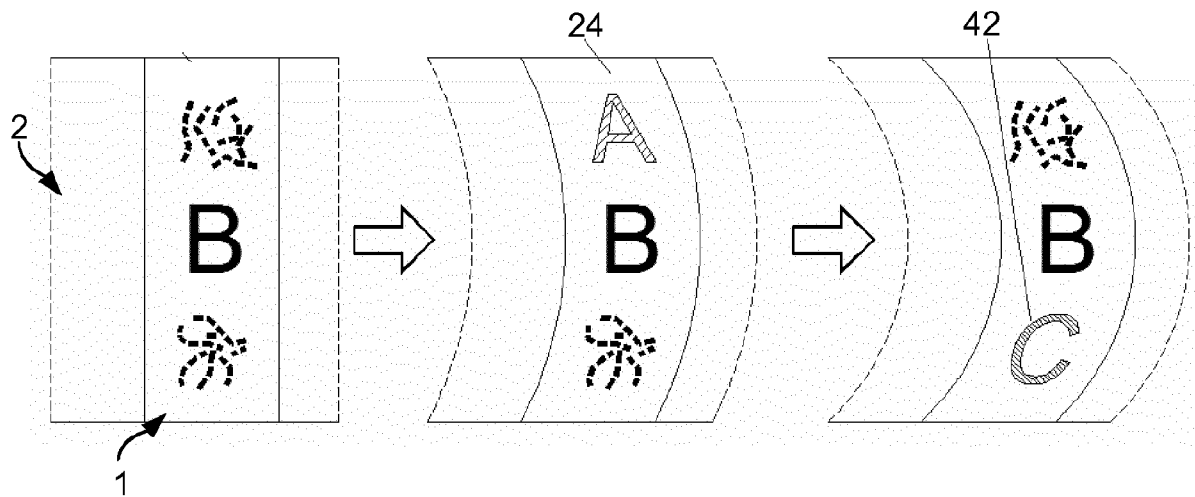


Fig. 13d

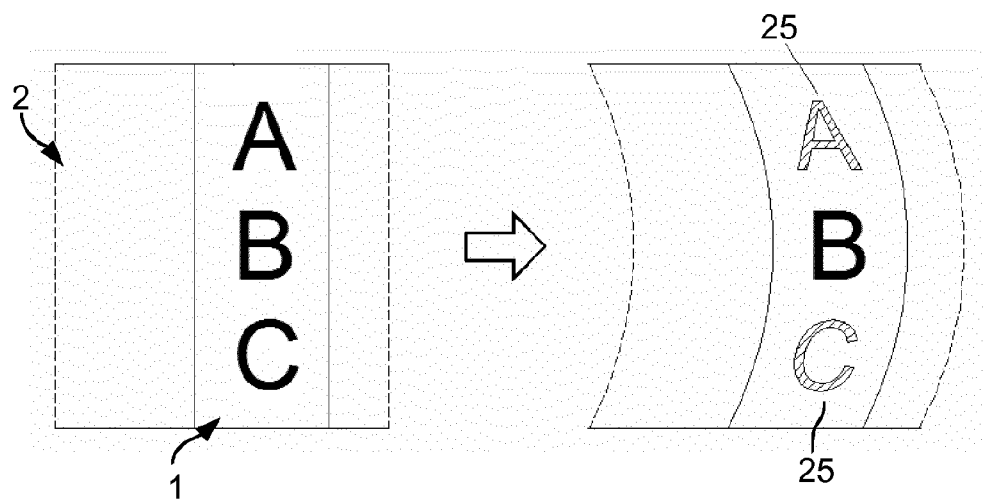


Fig. 13e

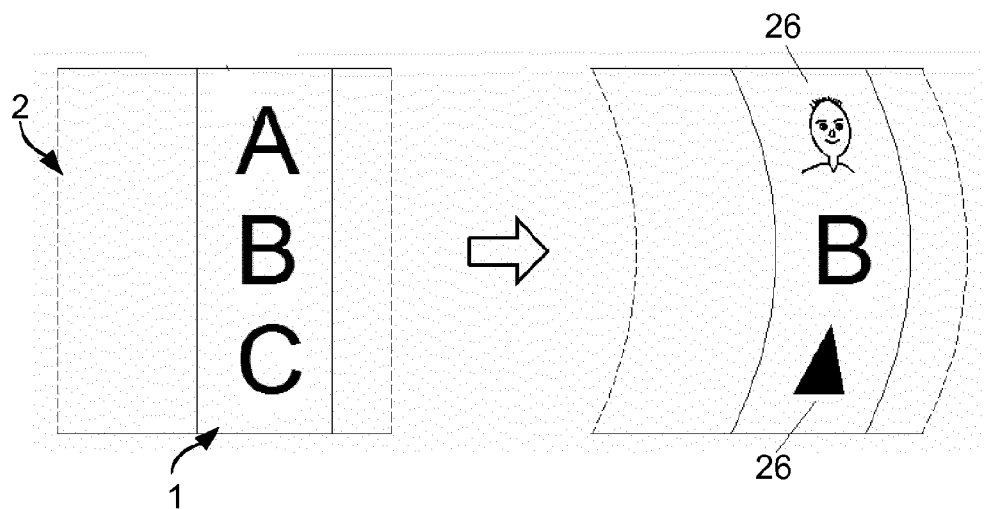


Fig. 13f



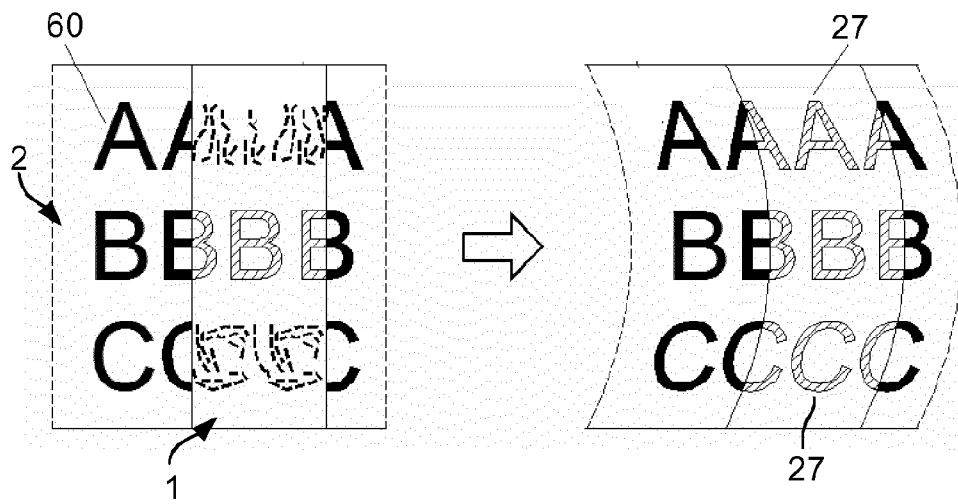


Fig. 13g

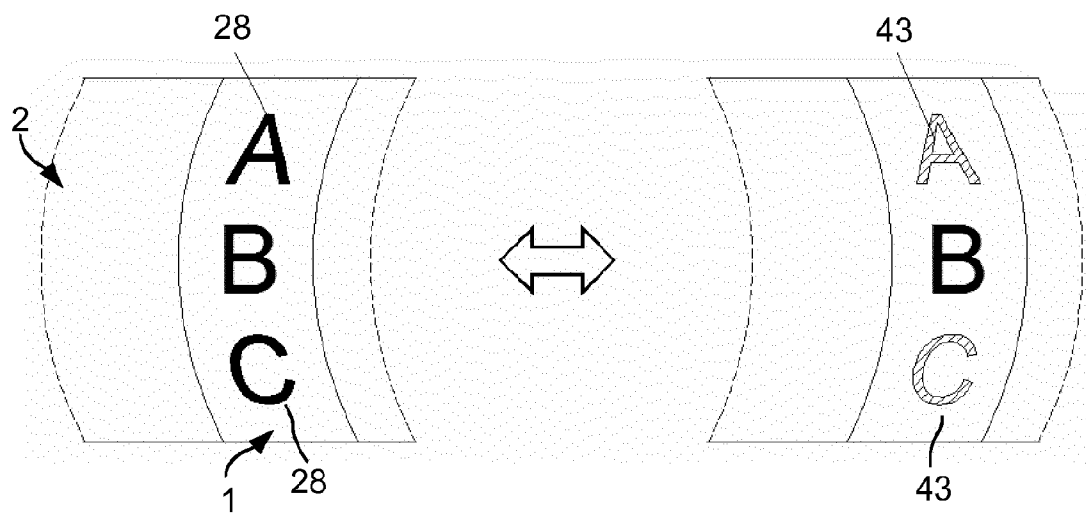


Fig. 13h

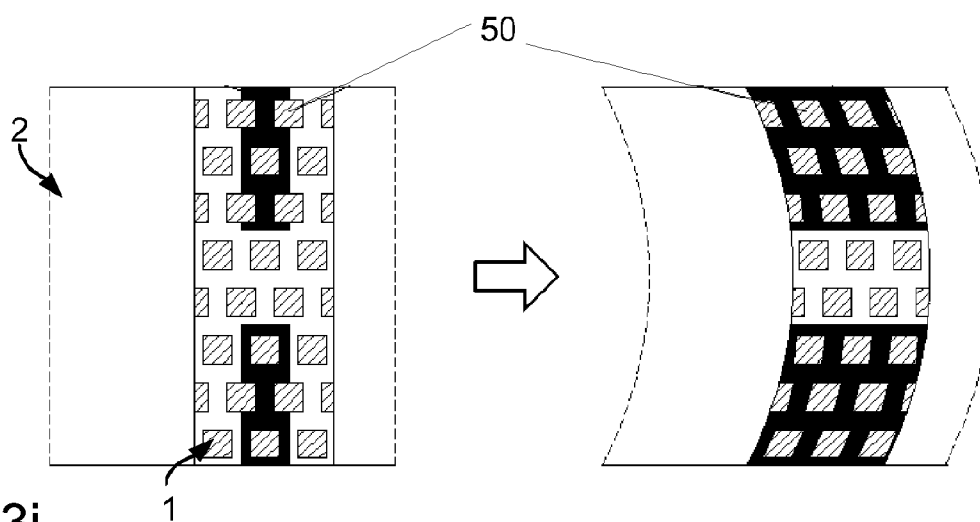


Fig. 13i

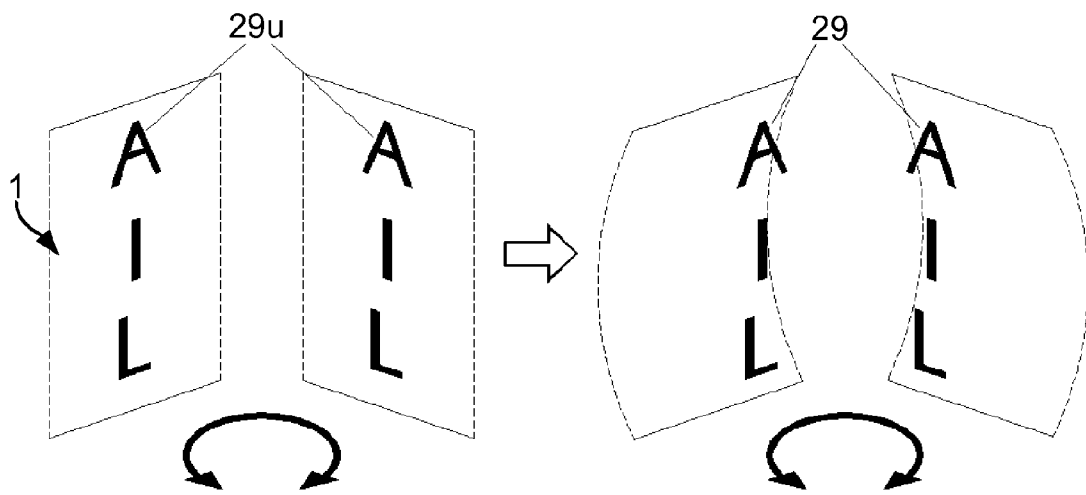


Fig. 13j

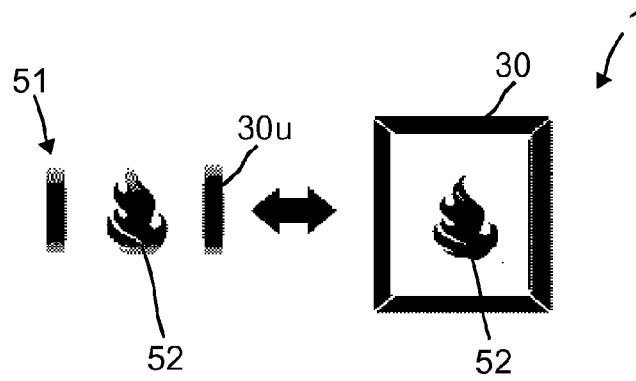


Fig. 14

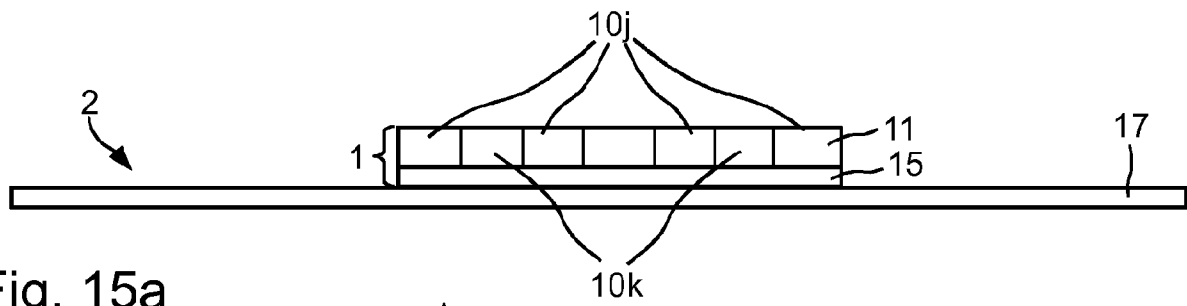


Fig. 15a

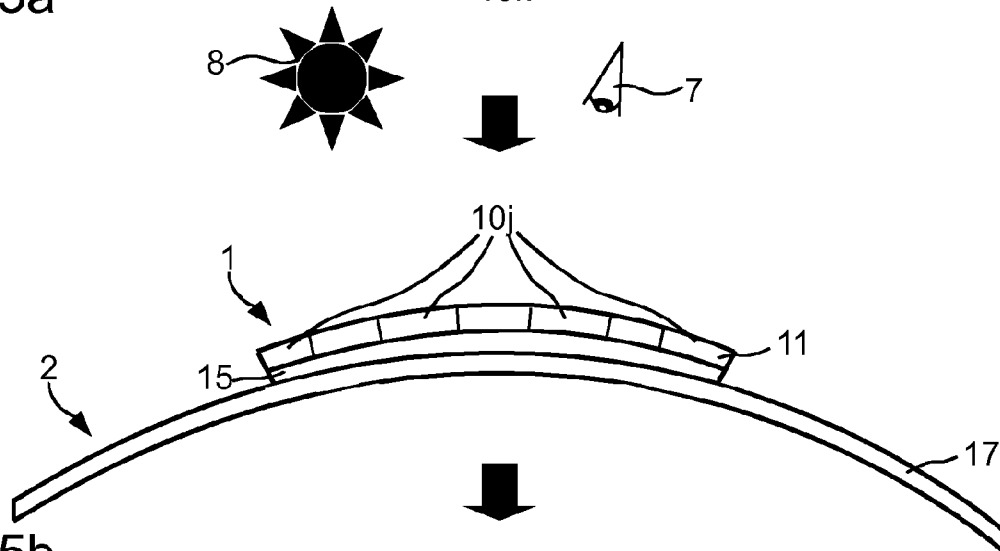


Fig. 15b

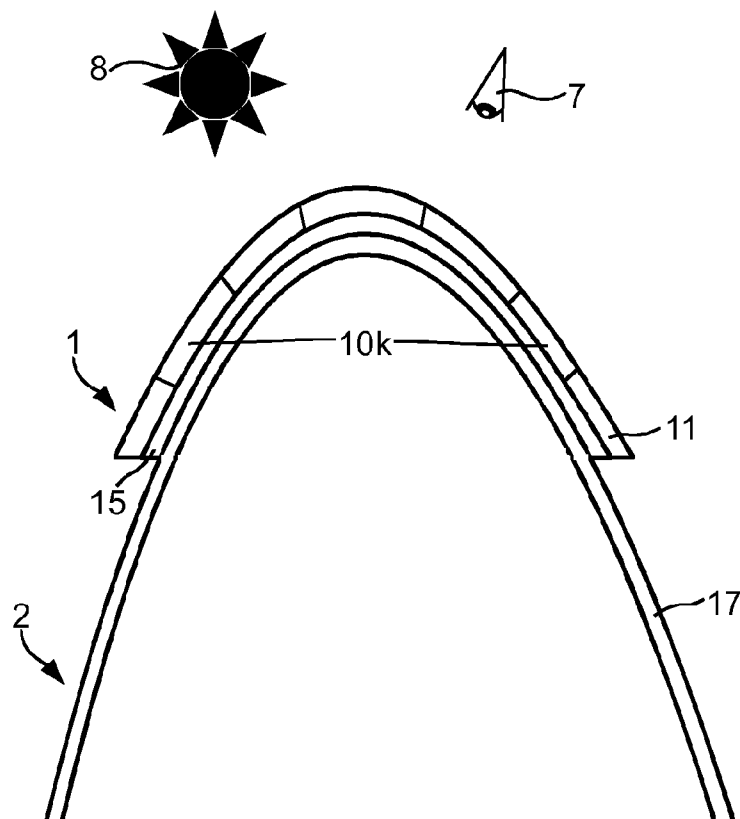
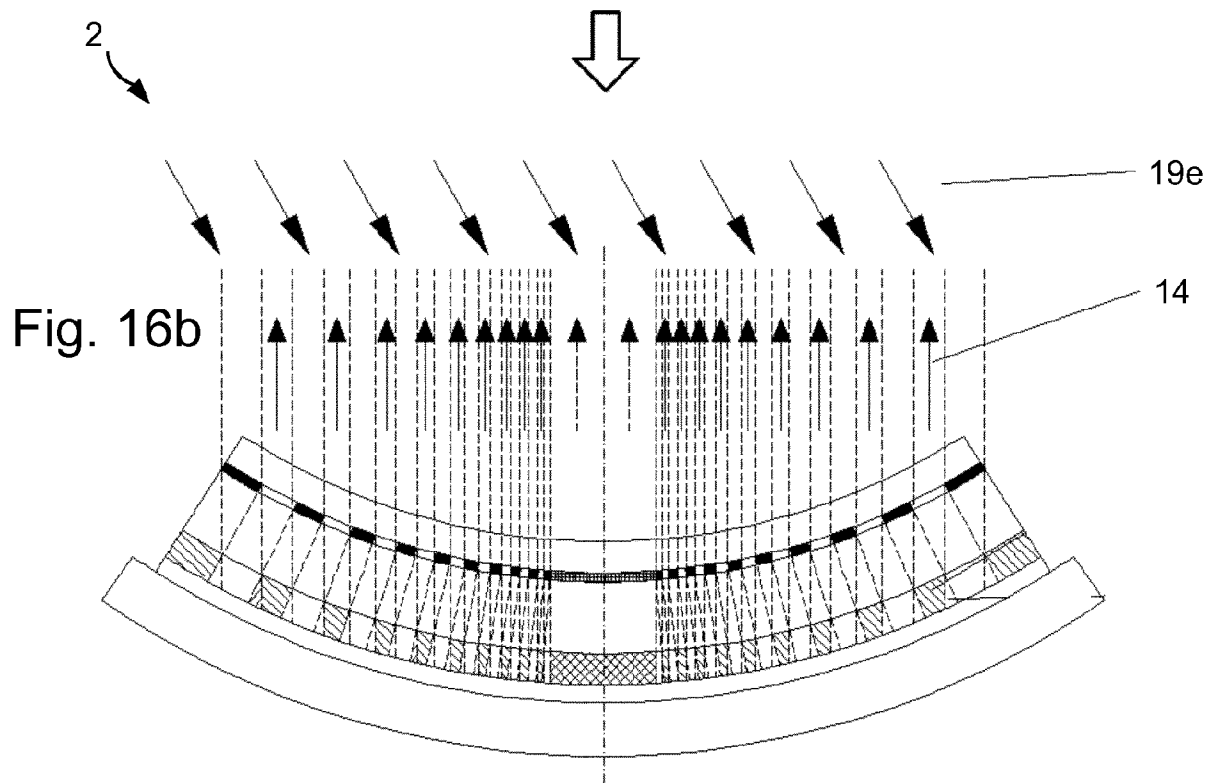
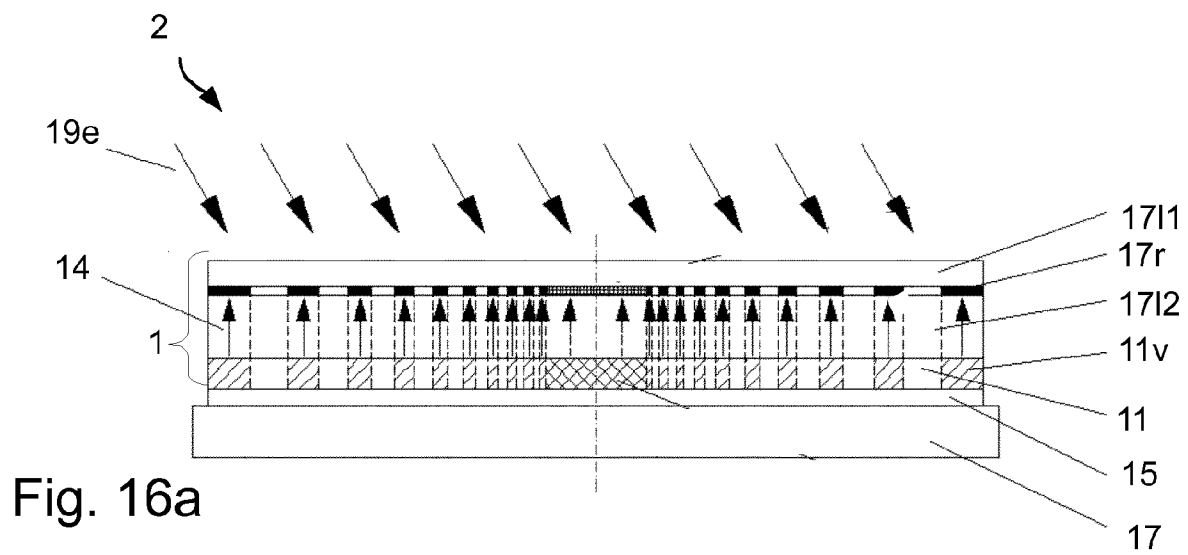


Fig. 15c

19/26



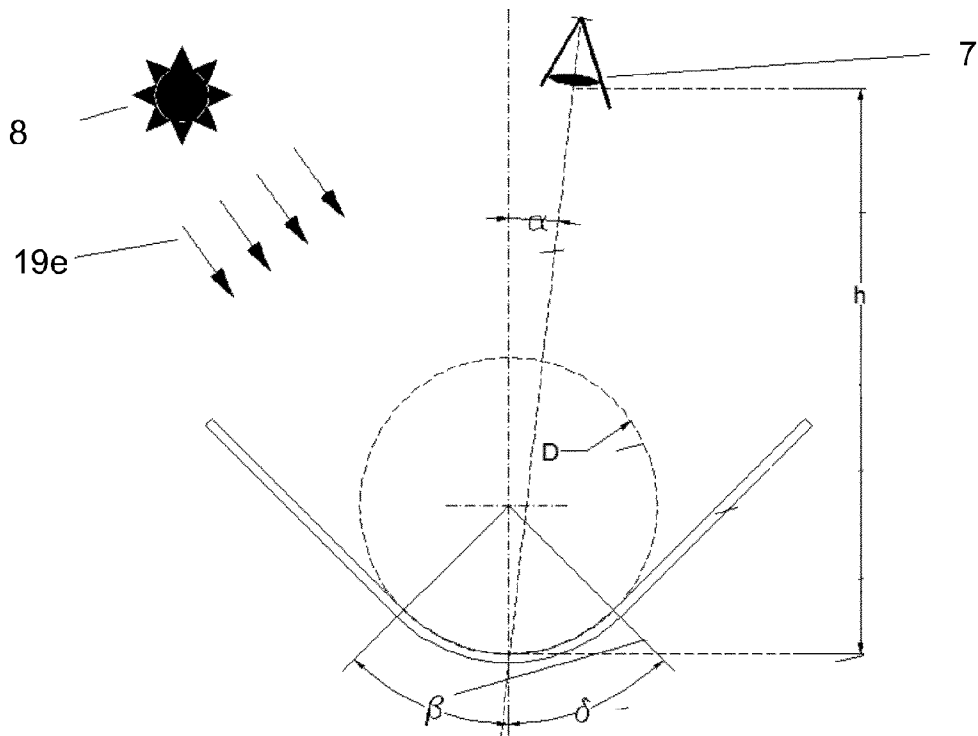


Fig. 17

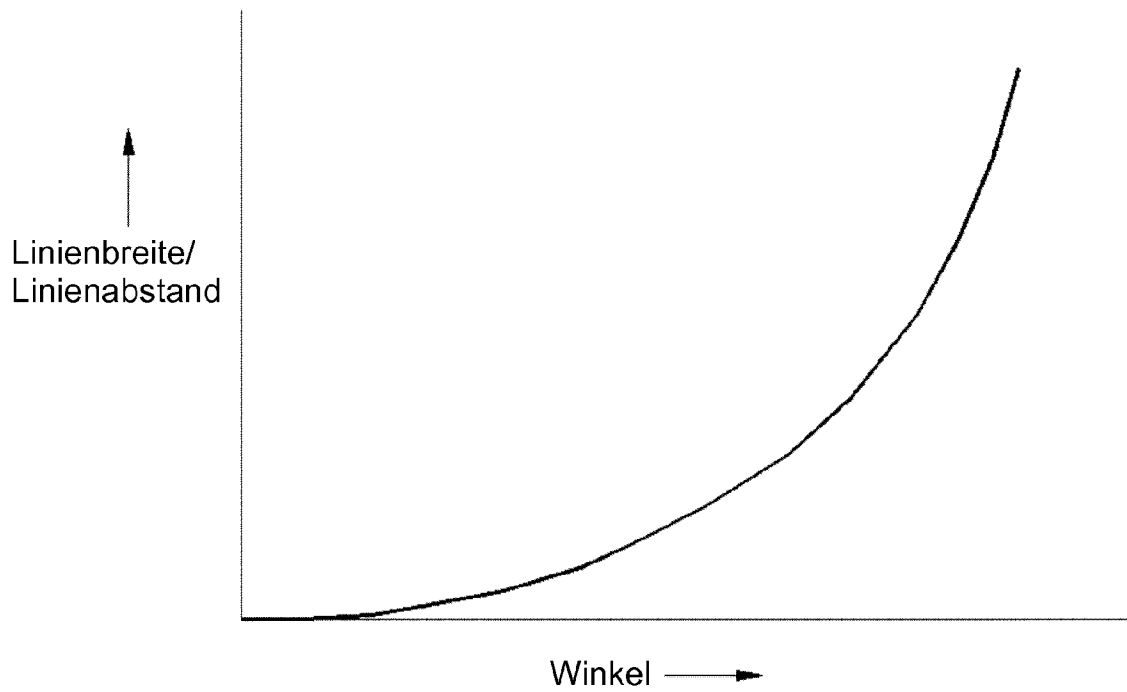


Fig. 18

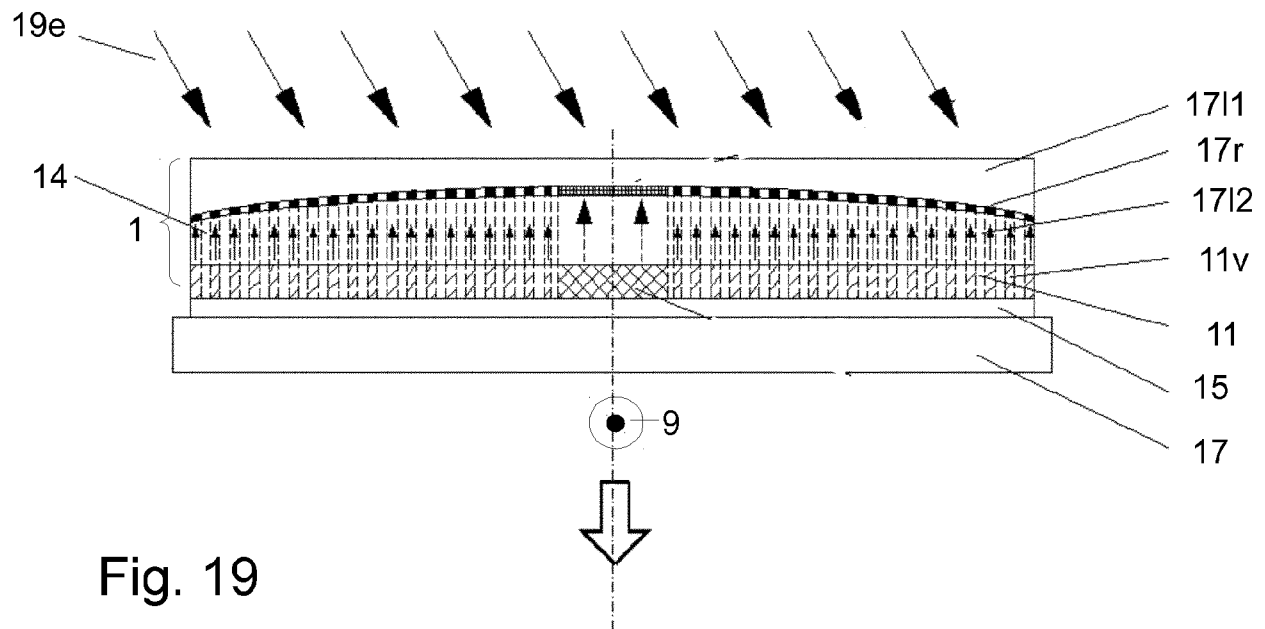


Fig. 19

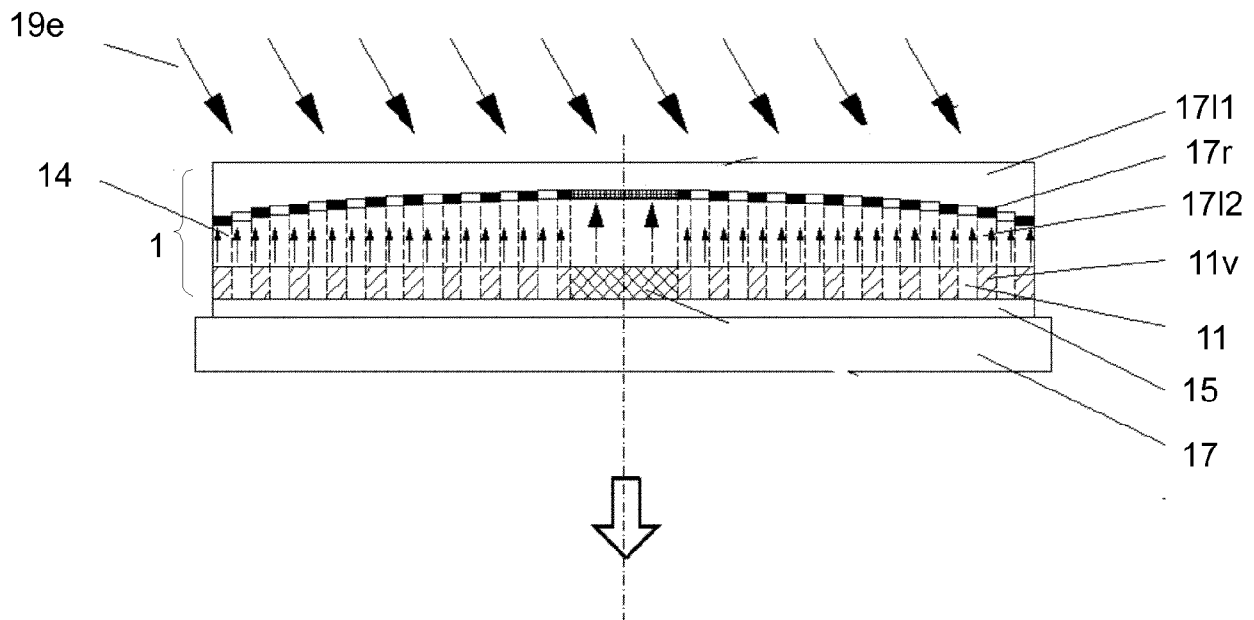


Fig. 20

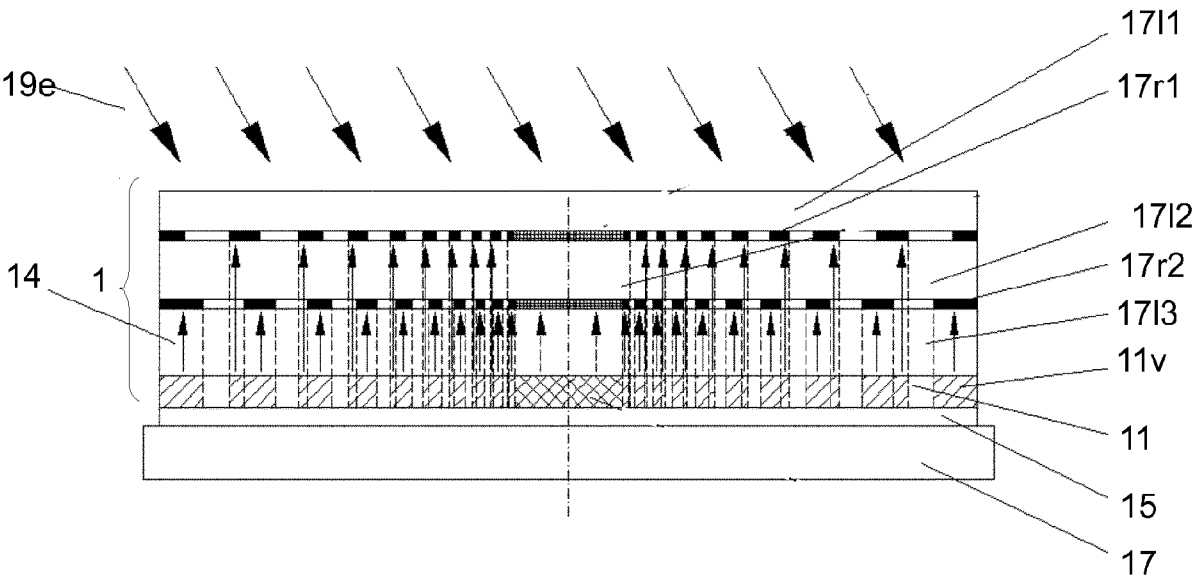


Fig. 21

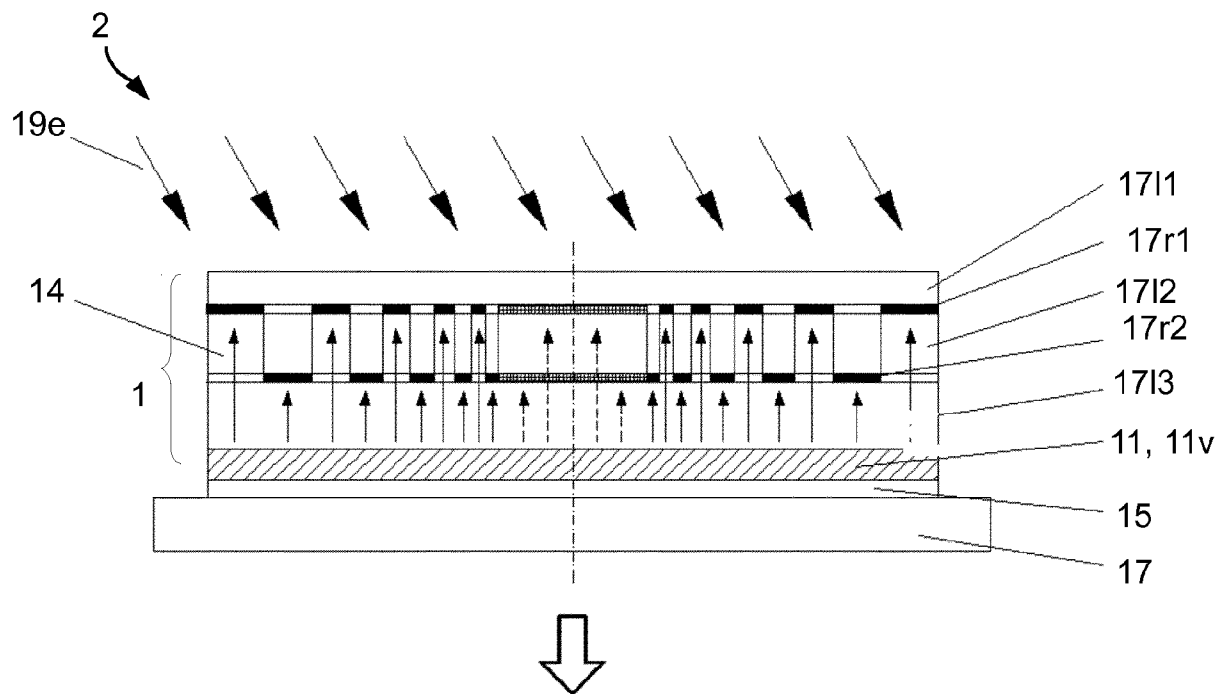


Fig. 22a

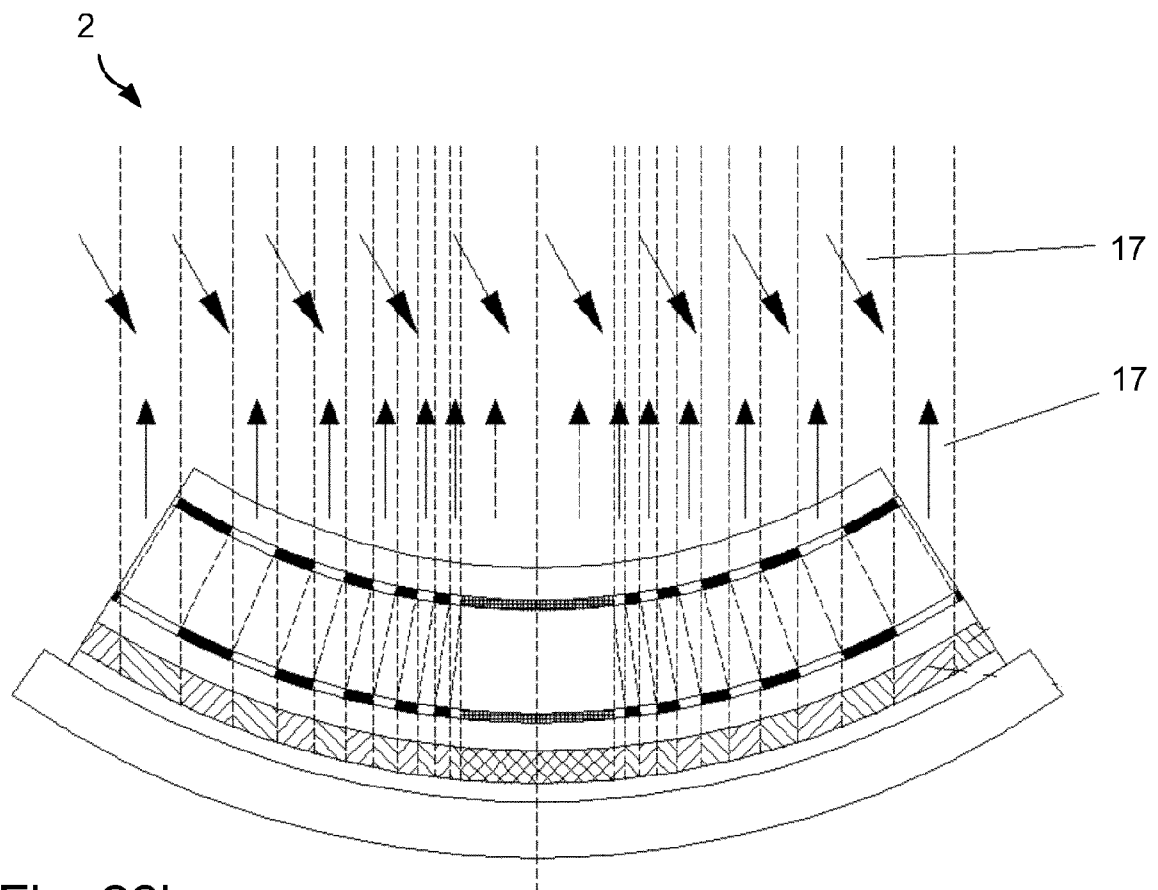


Fig. 22b



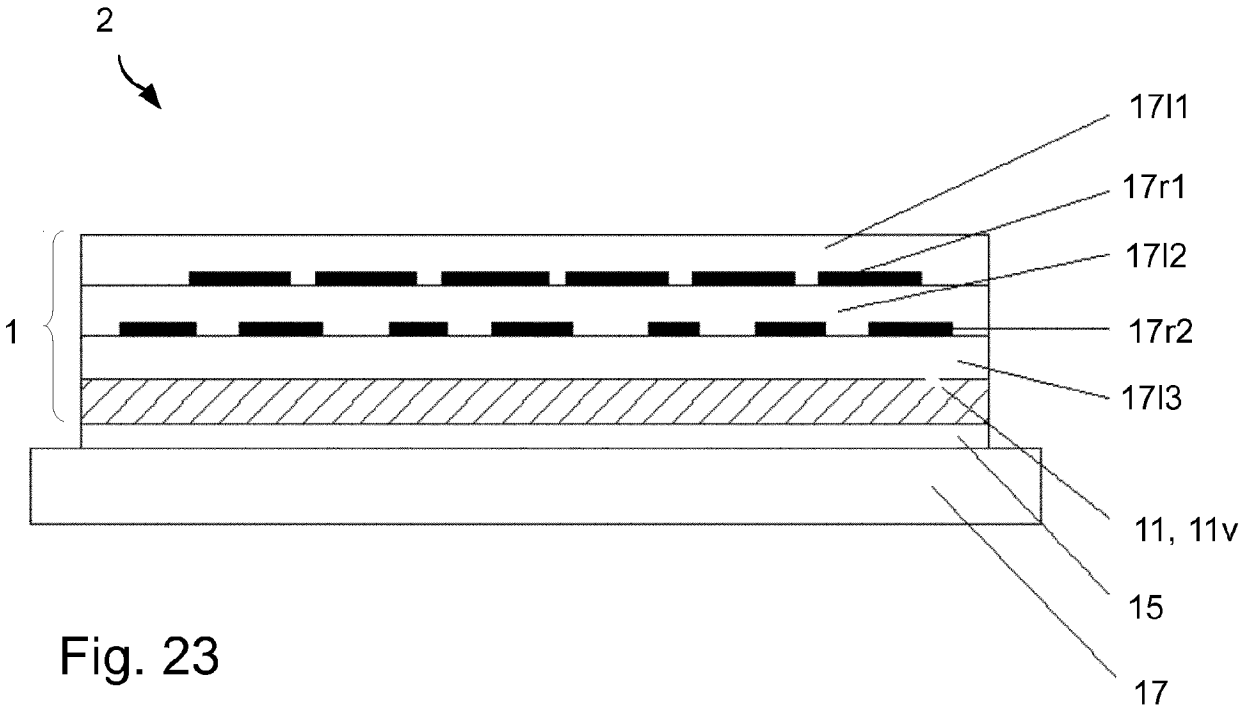


Fig. 23

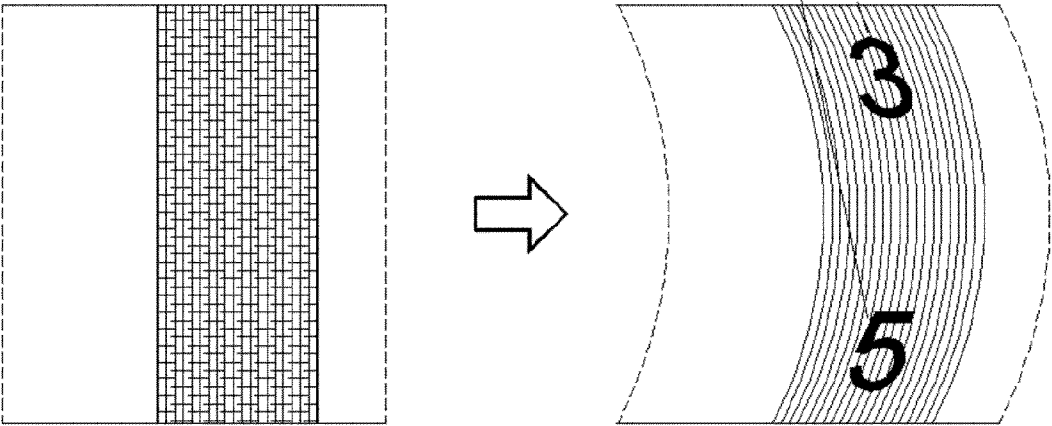


Fig. 24

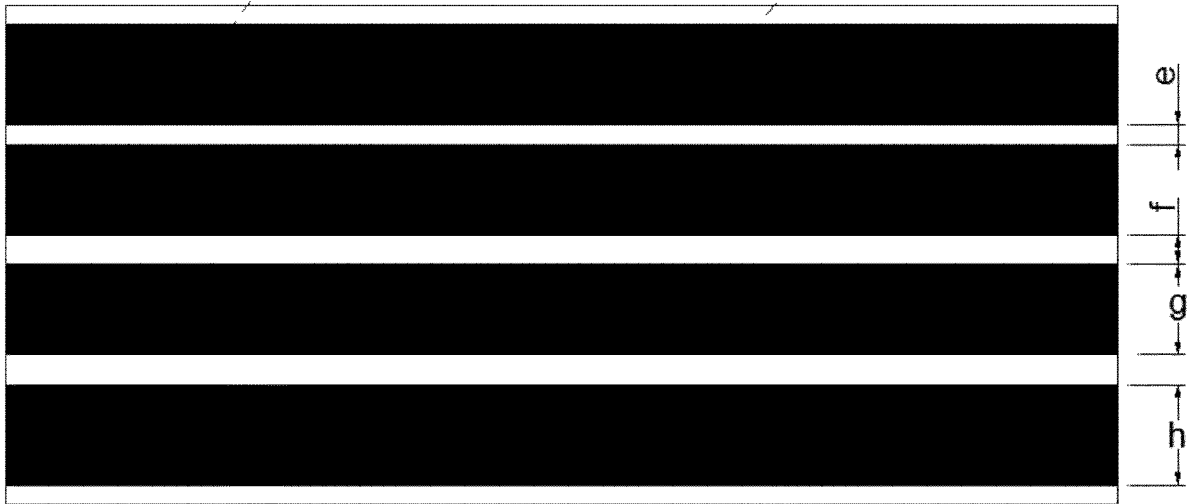


Fig. 25

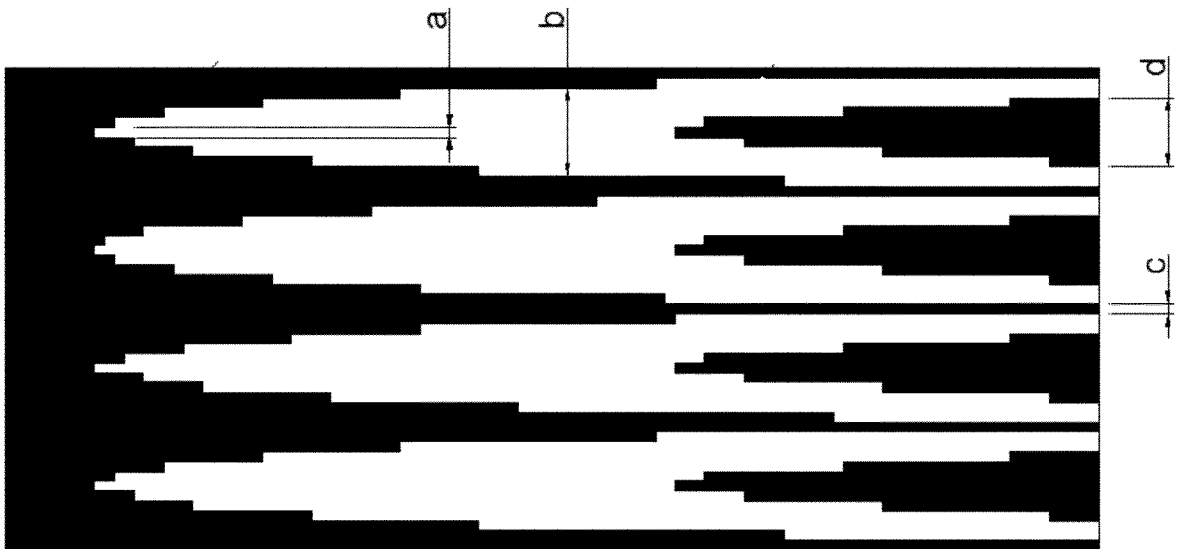


Fig. 26

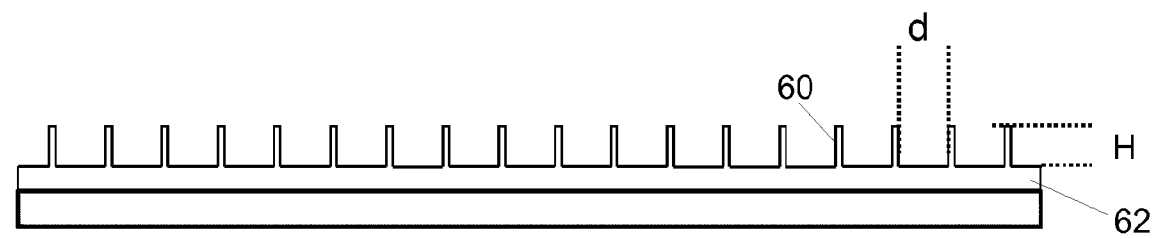
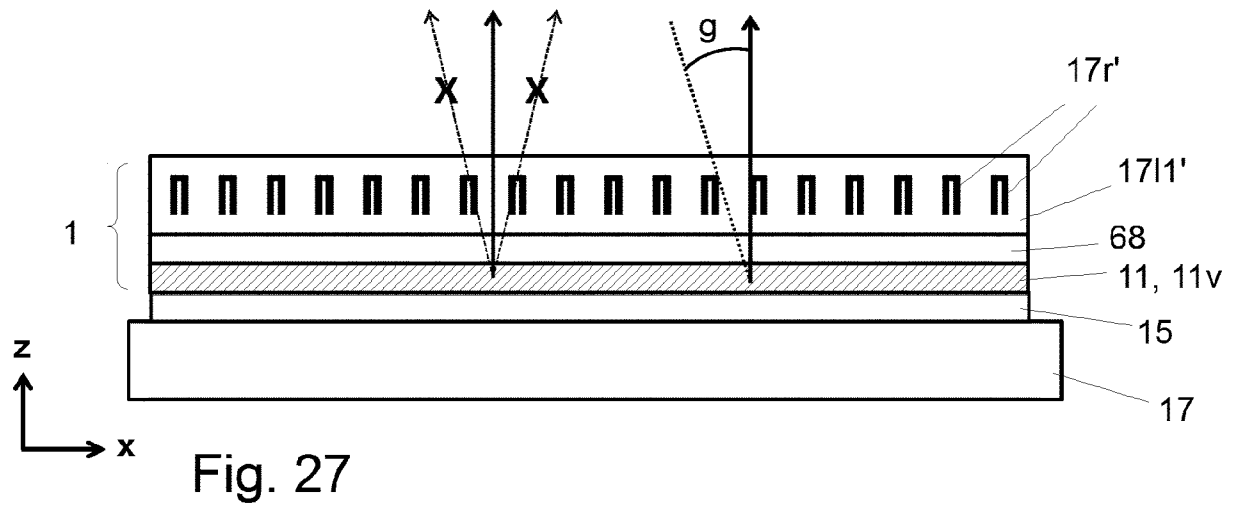


Fig. 28a



Fig. 28b



Fig. 28c

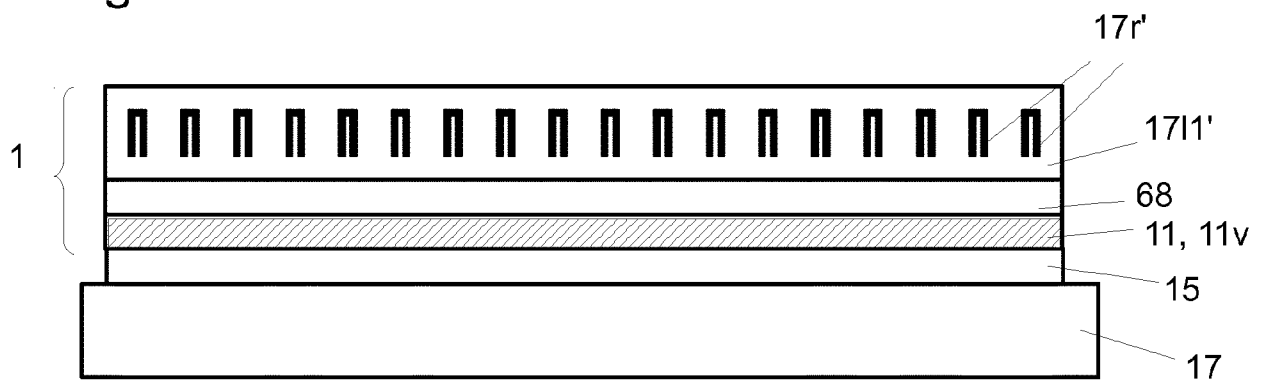


Fig. 28d

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/054514

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. B42D25/328      B42D25/324      B42D25/355      B42D25/373      B42D25/41 B42D25/45      B42D25/24      B42D25/29 ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC														
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B42D    G03H 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														
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">X</td> <td style="vertical-align: top;">           WO 2004/023220 A1 (GIESECKE &amp; DEVRIENT GMBH [DE]; DAUSMANN GUENTHER [DE])            18 March 2004 (2004-03-18)         </td> <td style="vertical-align: top;">           1,2,44, 45,58,59         </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Y</td> <td style="vertical-align: top;">           page 2, line 1 - page 8, line 9; claims 1-21         </td> <td style="vertical-align: top;">           3-6, 10-22, 26-34, 40-43, 46-57         </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Y</td> <td style="vertical-align: top;">           -----            WO 2007/115785 A1 (OVD KINEGRAM AG [CH]; STAUB RENE [CH]; BREHM LUDWIG [DE]; HANSEN ACHIM) 18 October 2007 (2007-10-18)            page 1, line 4 - page 13, line 29            page 15, line 11 - line 21            page 17, line 1 - page 31, line 2; claims 1-37; figures 1-8            -----  <div style="text-align: right;">-/--</div> </td> <td style="vertical-align: top;">           3-6, 10-22, 26-34, 40-43, 46-59         </td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	WO 2004/023220 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]; DAUSMANN GUENTHER [DE]) 18 March 2004 (2004-03-18)	1,2,44, 45,58,59	Y	page 2, line 1 - page 8, line 9; claims 1-21	3-6, 10-22, 26-34, 40-43, 46-57	Y	----- WO 2007/115785 A1 (OVD KINEGRAM AG [CH]; STAUB RENE [CH]; BREHM LUDWIG [DE]; HANSEN ACHIM) 18 October 2007 (2007-10-18) page 1, line 4 - page 13, line 29 page 15, line 11 - line 21 page 17, line 1 - page 31, line 2; claims 1-37; figures 1-8 ----- <div style="text-align: right;">-/--</div>	3-6, 10-22, 26-34, 40-43, 46-59
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X	WO 2004/023220 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]; DAUSMANN GUENTHER [DE]) 18 March 2004 (2004-03-18)	1,2,44, 45,58,59												
Y	page 2, line 1 - page 8, line 9; claims 1-21	3-6, 10-22, 26-34, 40-43, 46-57												
Y	----- WO 2007/115785 A1 (OVD KINEGRAM AG [CH]; STAUB RENE [CH]; BREHM LUDWIG [DE]; HANSEN ACHIM) 18 October 2007 (2007-10-18) page 1, line 4 - page 13, line 29 page 15, line 11 - line 21 page 17, line 1 - page 31, line 2; claims 1-37; figures 1-8 ----- <div style="text-align: right;">-/--</div>	3-6, 10-22, 26-34, 40-43, 46-59												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.         </div> </div>														
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>														
Date of the actual completion of the international search  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">21 July 2017</div>		Date of mailing of the international search report  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">28/07/2017</div>												
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Seiler, Reinhold</div>												

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/054514

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007/131496 A2 (HOLOGRAM IND RES GMBH [DE]; DAUSMANN GUENTHER [DE]; MENZ IRINA [DE]) 22 November 2007 (2007-11-22) page 1, line 6 - page 11, line 10; claims 1-11; figures 1-5 -----	21,22, 26,27, 40-43
Y	WO 2009/121602 A2 (LEONHARD KURZ STIFTUNG & CO KG [DE]; TOMPKIN WAYNE ROBERT [CH]; LUTZ N) 8 October 2009 (2009-10-08)  page 2, line 18 - page 39, line 15; claims 1-40; figures 1-12 -----	21,22, 26-28, 32-34, 40-43, 48-59
Y	WO 2008/141773 A2 (OVD KINEGRAM AG [CH]; TOMPKIN WAYNE ROBERT [CH]; SCHILLING ANDREAS [CH]) 27 November 2008 (2008-11-27)  page 3, line 5 - page 42, line 8; claims 1-14; figures 1-9 -----	13-22, 26-28, 32-34, 40-43, 48-59
Y	WO 2006/021102 A1 (ORELL FUESSLER SICHERHEITSDRUCK [CH]; HEIERLI RENE [CH]; EICHENBERGER M) 2 March 2006 (2006-03-02) page 6, line 36 - page 7, line 16; claims 1-20; figure 4 -----	32-34, 58,59
Y	US 2002/191234 A1 (ISHIMOTO MIWA [JP] ET AL) 19 December 2002 (2002-12-19) paragraph [0010] - paragraph [0062]; claims 1-4; figures 1-5 -----	32-34, 58,59

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/054514

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004023220	A1	18-03-2004	AU 2003266269 A1 29-03-2004 DE 10236891 A1 25-03-2004 EP 1532491 A1 25-05-2005 WO 2004023220 A1 18-03-2004
WO 2007115785	A1	18-10-2007	AU 2007236170 A1 18-10-2007 BR PI0710308 A2 09-08-2011 CA 2645246 A1 18-10-2007 CN 101416124 A 22-04-2009 DE 102006016139 A1 18-10-2007 EP 2002310 A1 17-12-2008 JP 5101600 B2 19-12-2012 JP 2009532726 A 10-09-2009 RU 2008144024 A 20-05-2010 TW 200807191 A 01-02-2008 US 2009162756 A1 25-06-2009 WO 2007115785 A1 18-10-2007
WO 2007131496	A2	22-11-2007	DE 102006023159 A1 22-11-2007 EP 2027562 A2 25-02-2009 ES 2570932 T3 23-05-2016 US 2009262407 A1 22-10-2009 WO 2007131496 A2 22-11-2007
WO 2009121602	A2	08-10-2009	AU 2009231237 A1 08-10-2009 CA 2719566 A1 08-10-2009 CA 2955574 A1 08-10-2009 CN 102047187 A 04-05-2011 CN 103631125 A 12-03-2014 DE 102008017652 A1 08-10-2009 EP 2265999 A2 29-12-2010 EP 3065002 A1 07-09-2016 ES 2576679 T3 08-07-2016 JP 5547174 B2 09-07-2014 JP 6014944 B2 26-10-2016 JP 2011521274 A 21-07-2011 JP 2014199449 A 23-10-2014 PL 2265999 T3 30-09-2016 RU 2010145140 A 20-05-2012 US 2011134496 A1 09-06-2011 US 2014002873 A1 02-01-2014 WO 2009121602 A2 08-10-2009
WO 2008141773	A2	27-11-2008	AU 2008253266 A1 27-11-2008 BR PI0811931 A2 25-11-2014 CA 2687992 A1 27-11-2008 CN 101687426 A 31-03-2010 DE 102007023560 A1 27-11-2008 EP 2155501 A2 24-02-2010 ES 2436390 T3 30-12-2013 JP 5421246 B2 19-02-2014 JP 2010529913 A 02-09-2010 RU 2009147278 A 27-06-2011 US 2010165425 A1 01-07-2010 WO 2008141773 A2 27-11-2008
WO 2006021102	A1	02-03-2006	AT 495908 T 15-02-2011 CA 2578012 A1 02-03-2006

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2017/054514

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## 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:

see additional sheet

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.:

### 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.

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims: 1-31, 40-57 (in full); 58, 59 (in part)

A security element having multiple items of information, which can be changed by bending, in a volume hologram of the security element, and a method for producing such a security element.

2. Claims: 32 (in full); 58, 59 (in part)

A security element having a volume hologram and at least one relief structure as an additional security feature.

3. Claims: 33-39 (in full); 58, 59 (in part)

A security element having a volume hologram and at least one reflective layer as an additional security feature.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/054514

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		EP 1805042 A1	11-07-2007
		ES 2355040 T3	22-03-2011
		JP 4728335 B2	20-07-2011
		JP 2008511027 A	10-04-2008
		SI 1805042 T1	31-05-2011
		US 2008164690 A1	10-07-2008
		WO 2006021102 A1	02-03-2006
-----			
US 2002191234 A1	19-12-2002	JP 4565482 B2	20-10-2010
		JP 2002351290 A	06-12-2002
		US 2002191234 A1	19-12-2002
		US 2006193021 A1	31-08-2006
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B42D25/328 B42D25/45	B42D25/324 B42D25/24
	B42D25/355 B42D25/29	B42D25/373 B42D25/41
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B42D G03H		
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.
X	WO 2004/023220 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]; DAUSMANN GUENTHER [DE]) 18. März 2004 (2004-03-18)	1,2,44, 45,58,59
Y	Seite 2, Zeile 1 - Seite 8, Zeile 9; Ansprüche 1-21	3-6, 10-22, 26-34, 40-43, 46-57
Y	----- WO 2007/115785 A1 (OVD KINEGRAM AG [CH]; STAUB RENE [CH]; BREHM LUDWIG [DE]; HANSEN ACHIM) 18. Oktober 2007 (2007-10-18)  Seite 1, Zeile 4 - Seite 13, Zeile 29 Seite 15, Zeile 11 - Zeile 21 Seite 17, Zeile 1 - Seite 31, Zeile 2; Ansprüche 1-37; Abbildungen 1-8 ----- -/-	3-6, 10-22, 26-34, 40-43, 46-59
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "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) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "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 "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "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 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  21. Juli 2017		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  28/07/2017
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  Seiler, Reinhold

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2007/131496 A2 (HOLOGRAM IND RES GMBH [DE]; DAUSMANN GUENTHER [DE]; MENZ IRINA [DE]) 22. November 2007 (2007-11-22) Seite 1, Zeile 6 - Seite 11, Zeile 10; Ansprüche 1-11; Abbildungen 1-5 -----	21,22, 26,27, 40-43
Y	WO 2009/121602 A2 (LEONHARD KURZ STIFTUNG & CO KG [DE]; TOMPKIN WAYNE ROBERT [CH]; LUTZ N) 8. Oktober 2009 (2009-10-08)  Seite 2, Zeile 18 - Seite 39, Zeile 15; Ansprüche 1-40; Abbildungen 1-12 -----	21,22, 26-28, 32-34, 40-43, 48-59
Y	WO 2008/141773 A2 (OVD KINEGRAM AG [CH]; TOMPKIN WAYNE ROBERT [CH]; SCHILLING ANDREAS [CH]) 27. November 2008 (2008-11-27)  Seite 3, Zeile 5 - Seite 42, Zeile 8; Ansprüche 1-14; Abbildungen 1-9 -----	13-22, 26-28, 32-34, 40-43, 48-59
Y	WO 2006/021102 A1 (ORELL FUESSLI SICHERHEITSDRUCK [CH]; HEIERLI RENE [CH]; EICHENBERGER M) 2. März 2006 (2006-03-02) Seite 6, Zeile 36 - Seite 7, Zeile 16; Ansprüche 1-20; Abbildung 4 -----	32-34, 58,59
Y	US 2002/191234 A1 (ISHIMOTO MIWA [JP] ET AL) 19. Dezember 2002 (2002-12-19) Absatz [0010] - Absatz [0062]; Ansprüche 1-4; Abbildungen 1-5 -----	32-34, 58,59

**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:

**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.

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

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

1. Ansprüche: 1-31, 40-57(vollständig); 58, 59(teilweise)

Sicherheitselement mit mehreren durch Biegen veränderbaren Informationen in einem Volumenhologramm des Sicherheitselements und Verfahren zur Herstellung eines solchen Sicherheitselements.

---

2. Ansprüche: 32(vollständig); 58, 59(teilweise)

Sicherheitselement mit Volumenhologramm und mindestens einer Reliefstruktur als weiterem Sicherheitsmerkmal.

---

3. Ansprüche: 33-39(vollständig); 58, 59(teilweise)

Sicherheitselement mit Volumenhologramm und mindestens einer Reflexionsschicht als weiterem Sicherheitsmerkmal.

---

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/054514

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
WO 2004023220	A1	18-03-2004	AU	2003266269	A1	29-03-2004
			DE	10236891	A1	25-03-2004
			EP	1532491	A1	25-05-2005
			WO	2004023220	A1	18-03-2004
-----						
WO 2007115785	A1	18-10-2007	AU	2007236170	A1	18-10-2007
			BR	PI0710308	A2	09-08-2011
			CA	2645246	A1	18-10-2007
			CN	101416124	A	22-04-2009
			DE	102006016139	A1	18-10-2007
			EP	2002310	A1	17-12-2008
			JP	5101600	B2	19-12-2012
			JP	2009532726	A	10-09-2009
			RU	2008144024	A	20-05-2010
			TW	200807191	A	01-02-2008
			US	2009162756	A1	25-06-2009
			WO	2007115785	A1	18-10-2007
-----						
WO 2007131496	A2	22-11-2007	DE	102006023159	A1	22-11-2007
			EP	2027562	A2	25-02-2009
			ES	2570932	T3	23-05-2016
			US	2009262407	A1	22-10-2009
			WO	2007131496	A2	22-11-2007
-----						
WO 2009121602	A2	08-10-2009	AU	2009231237	A1	08-10-2009
			CA	2719566	A1	08-10-2009
			CA	2955574	A1	08-10-2009
			CN	102047187	A	04-05-2011
			CN	103631125	A	12-03-2014
			DE	102008017652	A1	08-10-2009
			EP	2265999	A2	29-12-2010
			EP	3065002	A1	07-09-2016
			ES	2576679	T3	08-07-2016
			JP	5547174	B2	09-07-2014
			JP	6014944	B2	26-10-2016
			JP	2011521274	A	21-07-2011
			JP	2014199449	A	23-10-2014
			PL	2265999	T3	30-09-2016
			RU	2010145140	A	20-05-2012
			US	2011134496	A1	09-06-2011
			US	2014002873	A1	02-01-2014
			WO	2009121602	A2	08-10-2009
-----						
WO 2008141773	A2	27-11-2008	AU	2008253266	A1	27-11-2008
			BR	PI0811931	A2	25-11-2014
			CA	2687992	A1	27-11-2008
			CN	101687426	A	31-03-2010
			DE	102007023560	A1	27-11-2008
			EP	2155501	A2	24-02-2010
			ES	2436390	T3	30-12-2013
			JP	5421246	B2	19-02-2014
			JP	2010529913	A	02-09-2010
			RU	2009147278	A	27-06-2011
			US	2010165425	A1	01-07-2010
			WO	2008141773	A2	27-11-2008
-----						
WO 2006021102	A1	02-03-2006	AT	495908	T	15-02-2011
			CA	2578012	A1	02-03-2006

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/054514

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		EP 1805042 A1	11-07-2007
		ES 2355040 T3	22-03-2011
		JP 4728335 B2	20-07-2011
		JP 2008511027 A	10-04-2008
		SI 1805042 T1	31-05-2011
		US 2008164690 A1	10-07-2008
		WO 2006021102 A1	02-03-2006
-----			
US 2002191234 A1	19-12-2002	JP 4565482 B2	20-10-2010
		JP 2002351290 A	06-12-2002
		US 2002191234 A1	19-12-2002
		US 2006193021 A1	31-08-2006
-----			