



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 110 630.4**

(22) Anmeldetag: **06.11.2012**

(43) Offenlegungstag: **08.05.2014**

(51) Int Cl.: **B42D 25/324 (2014.01)**

(71) Anmelder:

OVD Kinegram AG, Zug, CH

(74) Vertreter:

**LOUIS, PÖHLAU, LOHRENTZ, 90409, Nürnberg,
DE**

(72) Erfinder:

**Walter, Harald, Dr., Horgen, CH; Tompkin, Wayne
Robert, Dr., Baden, CH**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

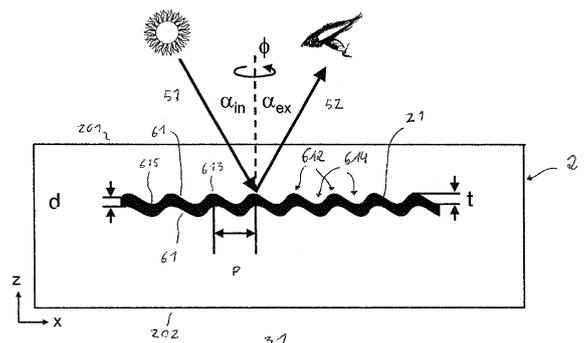
DE	103 08 305	A1
DE	103 08 327	A1
DE	10 2009 056 933	A1
DE	10 2010 034 085	A1
US	2007 / 0 081 246	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mehrschichtkörper sowie Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Mehrschichtkörper (1, 2, 3) sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements beschrieben. Der Mehrschichtkörper weist eine Metallschicht (21) auf. In einer zur Oberseite des Mehrschichtkörpers weisenden oder die Oberseite des Mehrschichtkörpers bildenden ersten Oberfläche der Metallschicht (21) und/oder in einer zur Unterseite des Mehrschichtkörpers weisenden oder die Unterseite des Mehrschichtkörpers bildenden zweiten Oberfläche der Metallschicht (21) ist zumindest bereichsweise ein optisch aktives Oberflächenrelief abgeformt. In zumindest einem ersten Bereich (31 bis 39) des Mehrschichtkörpers ist das Oberflächenrelief von einer ersten Reliefstruktur (61) gebildet. Die erste Reliefstruktur (61) weist in zumindest einer durch einen zugeordneten Azimutwinkel bestimmten Richtung (617) eine Abfolge von Erhebungen (612) und Vertiefungen (614) auf, deren Erhebungen (612) mit einer Periode P aufeinander abfolgen, welche kleiner als eine Wellenlänge des sichtbaren Lichtes ist, wobei die Minima der Vertiefungen (614) auf einer Grundfläche liegen und die erste Reliefstruktur (61) eine Relieftiefe t aufweist, welche durch die Beabstandung der Maxima der Erhebungen (612) der ersten Reliefstruktur (61) von der Grundfläche in einer senkrecht auf der Grundfläche stehenden Richtung bestimmt ist. Die Profilform und/oder die Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur (61) ist so gewählt, dass die farbige Erscheinung des auf den ersten Bereich (31 bis 39) unter zumindest einem ersten Einfallswinkel einfallenden und von der Metallschicht (21) im ersten Bereich direkt reflektierten bzw. durch die Metallschicht direkt transmittierten Lichts (52, 53) verändert wird, insbesondere durch Plasmon-Resonanz der Metallschicht mit dem einfallenden Licht verändert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Mehrschichtkörper, insbesondere ein Sicherheitselement für Sicherheitsdokumente, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements.

[0002] Es ist bekannt, auf Banknoten Sicherheitselemente aufzubringen, welche ein Hologramm oder ein computergeneriertes Beugungsgitter aufweisen. Derartige Sicherheitselemente generieren üblicherweise einen optisch variablen Effekt durch gezielte Beugung des einfallenden Lichts in die erste oder in höhere Beugungsordnungen und zeigen so in direkter Reflexion üblicherweise lediglich den Eindruck einer Spiegelfläche.

[0003] Weiter ist es bekannt, Farbeffekte in direkter Reflexion durch die Verwendung von Interferenzfilter zu generieren, welche beispielsweise in Form von Interferenzschichtpigmenten einer Druckfarbe zugesetzt werden können. Diese Interferenzfilter basieren auf Mehrschichtsystemen aus leitfähigen und/oder nichtleitenden (dielektrischen) Schichten, z.B. Metall/Nichtleitend/Metall oder Nichtleitend/Nichtleitend/Nichtleitend, wobei die nichtleitenden Schichten unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.

[0004] Weiter wird in der WO 03/059643 A1 der Aufbau eines speziellen Sicherheitselements beschrieben, welches einen integrierten optischen Wellenleiter aus einem transparenten Dielektrikum aufweist. Der Wellenleiter ist zwischen Schichten aus Kunststoff eingebettet, in welche ein Beugungsgitter nullter Ordnung abgeformt ist. Durch das Ein- und Auskoppeln des einfallenden Lichts in den Wellenleiter können hierbei Farbeffekte auch in direkter Reflexion generiert werden.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabenstellung zugrunde, einen Mehrschichtkörper sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements anzugeben, welches sich durch eine hohe Fälschungssicherheit auszeichnet.

[0006] Diese Aufgabe wird durch einen Mehrschichtkörper mit einer Metallschicht gelöst, bei dem in einer zur Oberseite des Mehrschichtkörpers weisenden oder die Oberseite des Mehrschichtkörpers bildenden ersten Oberfläche der Metallschicht und/oder in einer zur Unterseite des Mehrschichtkörpers weisenden oder die Unterseite des Mehrschichtkörpers bildenden zweiten Oberfläche der Metallschicht zumindest bereichsweise ein optisch aktives Oberflächenrelief abgeformt ist, wobei in zumindest einem ersten Bereich des Mehrschichtkörpers das Oberflächenrelief von einer ersten Reliefstruktur gebildet ist, die in zumindest einer durch einen zugeordneten Azimutwinkel bestimmten Richtung eine Abfolge von Erhebungen und Vertiefungen aufweist, deren

Erhebungen mit einer Periode P aufeinander abfolgen, welche kleiner als eine Wellenlänge des sichtbaren Lichts ist, und wobei die Minima der Vertiefungen eine Grundfläche definieren und die erste Reliefstruktur eine Relieftiefe t aufweist, welche durch die Beabstandung der Maxima der Erhebung der ersten Reliefstruktur von der Grundfläche in einer senkrechten auf der Grundfläche stehenden Richtung bestimmt ist. Diese Aufgabe wird weiter von einem Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements gelöst, bei dem ein Mehrschichtkörper umfassend eine Metallschicht mit einem in einer ersten Oberfläche oder einer der ersten Oberflächen gegenüberliegenden zweiten Oberfläche abgeformten optisch aktiven Oberflächenrelief gefertigt wird, wobei in mindestens einem ersten Bereich des Mehrschichtkörpers das Oberflächenrelief von einer ersten Reliefstruktur gebildet ist, die in zumindest einer durch einen zugeordneten Azimutwinkel bestimmten Richtung eine Abfolge von Erhebungen und Vertiefungen aufweist, deren Erhebungen mit einer Periode P aufeinander abfolgen, welche kleiner als eine Wellenlänge des sichtbaren Lichts ist, und wobei die Minima der Vertiefungen eine Grundfläche definieren und die erste Reliefstruktur eine Relieftiefe t aufweist, welche durch die Beabstandung der Maxima der Erhebungen der Reliefstruktur von der Grundfläche in einer senkrecht auf der Grundfläche stehenden Richtung bestimmt ist. Die Profilform und/oder die Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur wird hierbei insbesondere so gewählt, dass die farbige Erscheinung des auf den ersten Bereich unter zumindest einem ersten Einfallswinkel einfallend und von der Metallschicht direkt reflektierten bzw. durch die Metallschicht direkt transmittierten Lichts verändert wird, insbesondere durch Plasmonen-Resonanz der Metallschicht mit dem einfallenden Licht verändert wird.

[0007] Die Erfindung bietet den Vorteil, Sicherheitselemente mit einem optischen Erscheinungsbild bereitzustellen, das sich deutlich von den bisher bekannten silbrig glänzenden und/oder regenbogenfarbigen Hologramm-Effekten abhebt, und neuartige Farbeffekte bereitzustellen, welche die Fälschungssicherheit von Sicherheitsdokumenten weiter erhöhen. Weiter können diese Effekte auch nicht mittels üblicher holographischer Techniken nachgeahmt werden und auch nicht mittels Dot-Matrix und Kinemax-Geräten kopiert werden, sodass auch hierdurch eine deutliche Erhöhung der Fälschungssicherheit bewirkt wird.

[0008] Das optische Erscheinungsbild des Mehrschichtkörpers zeichnet sich insbesondere durch einen definierten (d.h. weitgehend einfarbigen) Farbeindruck (z.B. rot) aus, welcher in direkter Reflexion und oder Transmission (also unter „normalen“ Betrachtungsbedingungen) zu sehen ist. Der Farbeindruck ist stabil über einen relativ breiten Kippwinkelbereich (typischerweise mindestens 10° bis 20°). Die

ser Farbeindruck verändert sich beim starken Verkippen (z.B. um 30°) zu einem zweiten definierten und stabilen Farbeindruck (z.B. grün), ähnlich wie bei sogenannten Fabry-Perot Dünnschichtfiltern. Durch diese Stabilität gegen leichte Verkippung unterscheidet er sich deutlich von sogenannten Regenbogenfarbepfekten von Diffraktionsgittern erster oder höherer Ordnung, welche oftmals bereits beim Verkippen um 10° die gesamte Farbpalette des Regenbogens durchlaufen. Ferner erscheinen die Regenbogenfarbepfekte von Diffraktionsgittern nicht in direkter Reflexion, sondern unter anderen Winkeln, welche sich mit der Beugungsgleichung berechnen lassen.

[0009] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist die erste Reliefstruktur eine in Bezug auf eine Spiegelung an der Grundfläche asymmetrische Profilform auf. Überraschend hat sich nach langwierigen Untersuchungen gezeigt, dass derartige Profilformen für den menschlichen Betrachter einen deutlich sichtbareren und klareren Farbeindruck als symmetrische Profilformen, beispielsweise symmetrisch, sinusförmige oder rechteckförmige Profilformen erzeugen. In diesem Sinne symmetrische Profilformen zeichnen sich durch eine Spiegelsymmetrie bezüglich der Grundflächen aus. Diese Profilformen bleiben bei dieser Spiegelung gleich, die Reliefstruktur wird lediglich um eine halbe Periode P verschoben. Die optischen Effekte bei Betrachtung von beiden Seiten (unter gleichem Winkel und gleichen Beleuchtungsbedingungen) sind bei diesen spiegelsymmetrischen Profilformen gleich, wenn die erste Reliefstruktur in beiden Oberflächen der Metallschicht abgeformt ist und die Metallschicht auf beiden Seiten in ein Material mit gleichem Brechungsindex eingebettet ist. Asymmetrische Profilformen in diesem Sinne weisen diese Spiegelsymmetrie in der von der Grundfläche aufgespannten Ebene nicht auf. Diese Profilformen unterscheiden sich bei Betrachtung von beiden Seiten. Beispielsweise kann eine erste Reliefstruktur mit einer derartig asymmetrischen Profilform von der einen Seite betrachtet aus einer Anordnung schmaler Spitzen mit breiten Tälern bestehen und von der anderen Seite betrachtet aus breiten Hügeln mit schmalen tiefen Tälern bestehen. So haben Untersuchungen auch überraschend gezeigt, dass bei einer derartigen Ausbildung der Profilformen die Vertiefungen bezüglich der Plasmonen-Resonanz wie Subwellenlängenlöcher in einer Metallschicht wirken und die Erzeugung von Plasmonen begünstigen.

[0010] Weiter wird die Profilform der ersten Reliefstruktur vorzugsweise so gewählt, dass die Breite der Erhebungen und Vertiefungen der ersten Reliefstruktur (mit Periode P und Relieftiefe t), bezogen auf einen Abstand von $t/2$ von der Grundfläche (d.h. die Halbwertsbreite oder im Englischen „full width at half maximum“ FWHM), mindestens $0,6 \times P$, vorzugsweise mindestens $0,7 \times P$ oder höchstens $0,4 \times P$, ins-

besondere höchstens $0,3 \times P$ beträgt ("x" steht für die mathematische Operation "mal"). Es wird so die Breite der Erhebungen oder die Breite der Vertiefungen in einem Abstand der Hälfte der Relieftiefe t von der Grundfläche parallel zur Grundfläche bestimmt, d.h. der Abstand benachbarter Flanken der ersten Reliefstruktur bezogen auf einen Abstand von $t/2$ bestimmt, und dieser so gewählt, dass die oben angeführten Bedingungen erfüllt sind. Es hat sich gezeigt, dass bei Einhaltung dieser Bedingungen für die Profilformen der ersten Reliefstruktur besonders starke und ästhetische, d.h. wohl definierte, Farbeindrücke für den menschlichen Betrachter erzielt werden können.

[0011] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung beträgt die Flankensteilheit der ersten Reliefstruktur, bezogen auf einen Abstand von $t/2$ von der Grundfläche zwischen 60° und 90° , weiter bevorzugt zwischen 70° und 85° .

[0012] Unter Flankensteilheit der ersten Reliefstruktur wird hierbei der von den Flanken der Reliefstruktur in Bezug auf einen Abstand von $t/2$ mit der Grundfläche geschlossene Winkel verstanden, d. h. der von den an den Flanken in einem Abstand von $t/2$ von der Grundfläche anliegenden Tangenten mit der Grundfläche eingeschlossene Winkel verstanden. Der Abstand von der Grundfläche wird hierbei in einer senkrecht auf der Grundfläche stehenden Richtung bestimmt.

[0013] Untersuchungen haben gezeigt, dass auch durch Einhalten dieser Bedingungen die Stärke des von der ersten Reliefstruktur insbesondere in direkter Reflexion oder direkter Transmission generierten Farbeindruck weiter verbessert werden kann.

[0014] Vorzugsweise wird die Flankensteilheit der ersten Reliefstruktur bezogen auf jeden Abstand zwischen $1/4 \times t$ und $3/4 \times t$ von der Grundfläche so gewählt, dass dieser zwischen 40° und 90° , weiter bevorzugt zwischen 50° und 85° beträgt. Auch hierdurch lässt sich die Stärke des Farbeindrucks, welcher durch die erste Reliefstruktur generiert wird, weiter verbessern.

[0015] Weiter ist es vorteilhaft, die Flankensteilheit der ersten Reliefstruktur, bezogen auf jeden Abstand zwischen 0 und $1/4 \times t$ und/oder zwischen $3/4 \times t$ und t von der Grundfläche zwischen 0° und 50° , bevorzugt zwischen 0° und 40° zu wählen. Auch hierdurch lässt sich die Stärke des Farbeindrucks, welcher von erster Reliefstruktur generiert wird, weiter verbessern.

[0016] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die Schichtdicke d der Metallschicht im Bereich der Flanken der ersten Reliefstruktur, bezogen auf einen Abstand von $t/2$ von der Grundfläche so gewählt, dass diese gegenüber der Dicke der Metallschicht im Bereich der Maxima

der Erhebungen und/oder Minima der Vertiefungen um mindestens 30%, weiter bevorzugt um mindestens 50%, weiter bevorzugt zwischen 50% und 100% reduziert ist. Es hat sich gezeigt, dass auch durch diese Maßnahmen der im ersten Bereich generierte Farbeindruck weiter verstärkt werden kann und damit das optische Erscheinungsbild des Mehrschichtkörpers verbessert wird.

[0017] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung beträgt die Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur zwischen 80 nm und 500 nm, insbesondere zwischen 100 nm und 400 nm und bevorzugt zwischen 120 nm und 300 nm. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere bei Wahl der Relieftiefe t in dem Bereich zwischen 150 nm und 300 nm die Stärke des in dem ersten Bereich generierten Farbeindrucks verbessern lässt.

[0018] Die Periode P der ersten Reliefstruktur wird vorzugsweise kleiner als eine Wellenlänge des sichtbaren Lichtes (= Spektralbereich zwischen 400 nm und 700 nm) gewählt, vorzugsweise zwischen 200 nm und 500 nm, insbesondere zwischen 220 nm und 400 nm, weiter bevorzugt zwischen 220 nm und 350 nm gewählt. Es hat sich gezeigt, dass durch die Einstellung der Periode P der ersten Reliefstruktur sich die im ersten Bereich für den menschlichen Betrachter in direkter Reflexion / Transmission zeigende Farbe verändert wird und somit der Farbton des Farbeindrucks bzw. der sich in direkter Reflexion bzw. Transmission unter unterschiedlichen Einfallswinkeln zeigende Farbeffekt durch Veränderung der Periode P der Reliefstruktur in den oben angegebenen Bereichen verändern lässt.

[0019] Die erste Reliefstruktur kann als Lineargitter ausgebildet sein, welches in eine Richtung eine Abfolge von Erhebungen und Vertiefungen aufweist. Die Liniengitter können aus geraden oder auch gekrümmten, insbesondere schlangenförmigen, (für sogenannte „snake gratings“) Linien aufgebaut sein. Es ist jedoch auch möglich, dass die erste Reliefstruktur als ein Kreuzgitter oder hexagonales Gitter oder Kreisgitter ausgebildet ist, welches in zwei Richtungen eine Abfolge von Erhebungen und Vertiefungen aufweist. Im Fall eines Kreuzgitters wird die Periode P der Abfolge von Erhebungen und Vertiefungen bezüglich beider Richtungen vorzugsweise in dem oben angegebenen Bereich gewählt. Hierbei kann bei Kreuzgitter die Periode in den beiden Richtungen gleich sein. Die Periode kann aber auch unterschiedlich sein. Für hexagonale Gitter und Kreisgitter gilt dies analog. Untersuchungen haben weiter gezeigt, dass die Ausbildung der ersten Reliefstruktur als Kreuzgitter oder als hexagonales Gitter vorzuziehen ist, da sich bei diesen Gittern stärkere Farbeindrücke zeigen.

[0020] Die Metallschicht ist im ersten Bereich vorzugsweise in einer Schichtdicke d zwischen 10 nm und 100 nm, bevorzugt zwischen 15 nm bis 80 nm und weiter bevorzugt zwischen 20 nm bis 50 nm, auszubilden, wenn der Mehrschichtkörper zur Betrachtung im Auflicht ausgelegt ist.

[0021] Die beschriebenen Effekte lassen sich bereits mit nur einer Metallschicht erzielen, da der Kerneffekt nicht auf einer Dünnschicht-Interferenz beruht.

[0022] Vorzugsweise weist der Mehrschichtkörper in dem mindestens einen ersten Bereich lediglich eine Metallschicht, nämlich die Metallschicht auf, in dessen erster und/oder zweiter Oberfläche die erste Reliefstruktur abgeformt ist.

[0023] Vorzugsweise weist der Mehrschichtkörper im ersten Bereich neben der Metallschicht und der an die Oberfläche bzw. Oberflächen mit abgeformter erster Reliefstruktur der Metallschicht angrenzenden Schicht bzw. Schichten keine weiteren Schichten mehr auf, in die die erste Reliefstruktur abgeformt ist. Hierdurch kann vermieden werden, dass der von der Metallschicht mit der ersten Reliefstruktur generierte Effekt von Interferenzeffekten überlagert und in seiner Brillanz beeinträchtigt wird.

[0024] Weiter ist es auch möglich, durch Kombination mit zusätzlichen dünnen Schichten noch weitere, auf einem anderen Funktionsprinzip beruhende Effekte, insbesondere Interferenzeffekte, zu erreichen. Optional kann folglich auf die Metallschicht noch eine HRI-Schicht, oder auch eine Schichtabfolge aus HRI- und LRI-Schichten, z.B. eine LRI- und anschließend eine HRI-Schicht, aufgebracht sein (HRI = High Refractive Index; LRI = Low Refractive Index). Bevorzugt ist die HRI-Schicht aus ZnS oder TiO_2 gebildet. Die Schichtdicke der HRI-Schicht ist bevorzugt im Bereich von 20 nm bis 500 nm und weiter bevorzugt im Bereich von 50 nm bis 200 nm. Die LRI-Schicht kann z.B. Polymer oder SiO_2 oder MgF_2 sein. Bevorzugt ist die Dicke der LRI-Schicht zwischen 20 nm und 1000 nm und weiter bevorzugt im Bereich von 50 nm bis 500 nm.

[0025] Weiter hat sich gezeigt, dass ein erfindungsgemäßer Mehrschichtkörper bei entsprechender Ausgestaltung der Schichtdicke der Metallschicht nicht nur im Auflicht, sondern auch im Durchlicht Farbeffekte generiert. Hierbei hat sich gezeigt, dass die optische Dicke (OD) der Metallschicht hierzu vorzugsweise zwischen 0,5 und 2,5, insbesondere zwischen 0,7 und 2,3, weiter bevorzugt zwischen 1,0 und 2,0 zu wählen ist. Die Einheit optischer Dicke (OD) bezieht sich hierbei auf die Transmission der Metallschicht bezogen auf eine unstrukturierte und damit glatte Fläche und steht in folgendem Verhältnis zu der Transmission T :

$$T = 10^{-(OD)}$$

Zwischen Transmission T und optischer Dicke OD besteht so ein algorithmischer Zusammenhang. Eine optische Dicke von 1,0 entspricht einer Transmission von 10% und eine optische Dicke von 2,0 einer Transmission von 1%. Eine optische Dicke von 0,5 bis 2,5 entspricht so eine Aluminiumschicht einer Dicke von 6 nm bis 34 nm, eine optische Dicke von 0,7 bis 2,3 einer Schichtdicke einer Aluminiumschicht von 8 nm bis 31 nm und eine optische Dicke von 1,0 bis 2,0 einer Schichtdicke einer Aluminiumschicht von 13 nm bis 27 nm.

[0026] Überraschend hat sich hierbei gezeigt, dass in dem Bereich, in welchem die erste Reliefstruktur in die Metallschicht abgeformt ist, sich das Transmissionsspektrum und damit die in Transmission gesehene Farbe verändert und hierbei die Transmission für bestimmte Wellenlängen des Lichts höher ist, als dies bei einer Spiegelfläche der Fall wäre. Der Grund für die erhöhte Transmission im Bereich der ersten Reliefstruktur liegt wohl in der Anregung von Plasmonen durch das einfallende Licht. Die Plasmonen an der oberen „Grenzfläche“ der Metallschicht regen Plasmonen an der unteren „Grenzfläche“ an und erhöhen durch diese Kopplung die Intensität des transmittierten Lichts für diesen Wellenlängenbereich. In der unmittelbaren Nähe der Metallschicht entstehen hierbei wohl elektrische Felder mit überhöhter Feldstärke, welche es den Plasmonen ermöglicht, Licht durch die Metallschicht zu „schleusen“.

[0027] Damit ist es möglich, mittels eines erfindungsgemäßen Schichtkörpers ein metallisiertes Sicherheitsmerkmal bereitzustellen, welches in Aufsichtbetrachtung an der Oberseite einen ersten optisch variablen Effekt zeigt, bei Betrachtung von der Unterseite – bei entsprechender Ausgestaltung der Reliefform, wie oben ausgeführt – einen hiervon unterschiedlichen zweiten optischen Effekt zeigt und, bei entsprechender Ausgestaltung – wie oben beschrieben – in Durchlichtbetrachtung (je nach eingestellter optischer Dichte OD des Metalls) ebenfalls einen optischen Effekt zeigt. Im Weiteren ergibt sich bei Durchlichtbetrachtung auch der große Vorteil, dass – im Gegensatz zum Einsatz von transmissiven Beugungsstrukturen erster oder höherer Ordnung – auch bei direkter Transmission, d. h. auch bei Betrachtung in einem senkrechten Winkel, ein entsprechender optischer Effekt sichtbar wird und so ein Sicherheitsmerkmal bereitgestellt wird, welches durch bestehende Technologie nur sehr schwer nachahmbar ist.

[0028] Vorzugsweisende ist der Mehrschichtkörper so ausgestaltet, dass eventuell oberhalb der Metallschicht vorgesehenen ein oder mehreren Schichten des Mehrschichtkörpers und/oder unterhalb der Metallschicht eventuell vorgesehene ein oder mehrere Schichten des Mehrschichtkörpers transparent oder

teil-transparent ausgebildet sind, insbesondere eine Transmission von mehr als 15%, insbesondere von mehr als 50%, weiter bevorzugt von mehr als 90% in zumindest in einem Teilbereich des ersten Bereichs aufweisen. Hierdurch wird sichergestellt, dass der von der Metallschicht und der ersten Reliefstruktur generierte optische Effekt in Aufsichtbetrachtung von der Oberseite, in Aufsichtbetrachtung von der Unterseite und/oder in Durchlichtbetrachtung sichtbar ist. Hierbei ist es auch möglich, dass dieser Teilbereich musterförmig ausgebildet ist und der diesen Teilbereich umgebene Teilbereich des ersten Bereichs zumindest eine Schicht aufweist, welche opak ausgebildet ist, sodass der von der Metallschicht und der ersten Reliefstruktur generierte optische Effekt lediglich in dem durch die Formgebung des ersten Teilbereichs bestimmten Bereich sichtbar ist. Hierbei ist es auch möglich, dass oberhalb der Metallschicht und/oder unterhalb der Metallschicht eine Maskenschicht in dem Mehrschichtkörper vorgesehen ist, welche über eine dem ersten Teilbereich entsprechende Ausnehmung verfügt, wobei die Ausnehmung der oberhalb der Metallschicht vorgesehenen Maskenschicht und der der unterhalb der Metallschicht vorgesehenen Maskenschicht auch eine unterschiedliche Formgebung besitzen kann, sodass unterschiedliche Informationen bei Aufsichtbetrachtung von der Oberseite bzw. Unterseite sichtbar werden.

[0029] Weiter ist es vorteilhaft, wenn die erste Oberfläche der Metallschicht mit einer ersten dielektrischen Schicht und die Unterseite der Metallschicht mit einer zweiten dielektrischen Schicht beschichtet ist, wobei sich die Brechungsindizes der ersten dielektrischen Schicht und der zweiten dielektrischen Schicht um zumindest 0,1, weiter bevorzugt um mindestens 0,2 unterscheiden. Hierdurch kann erreicht werden, dass sich das optische Erscheinungsbild des ersten Bereichs bei Aufsichtbetrachtung und/oder Durchlichtbetrachtung von der Oberseite von dem entsprechenden Erscheinungsbild bei Aufsichtbetrachtung und/oder Durchlichtbetrachtung von der Unterseite unterscheidet.

[0030] Weiter ist es vorteilhaft, wenn die erste Oberfläche der Metallschicht und/oder die zweite Oberfläche der Metallschicht bereichsweise mit transparenten dielektrischen Schichten mit unterschiedlichem Brechungsindex belegt ist und hierdurch in unterschiedlichen Teilbereichen des ersten Bereichs das optische Erscheinungsbild des Mehrschichtkörpers bedingt durch die unterschiedlichen Brechungsindizes dieser dielektrischen Schicht voneinander abweicht.

[0031] Vorzugsweise wird die Profilform und/oder Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur so gewählt, dass die Metallschicht bei direkter Reflexion für das unter dem ersten Einfallswinkel einfallende Licht im ersten

Bereich in einem für das menschliche Auge sichtbaren ersten Spektralbereich mit einer Breite von mindestens 50 nm eine Reflexion von weniger als 15% aufweist, insbesondere von weniger als 10% aufweist, und in einem für das menschliche Auge sichtbaren zweiten Spektralbereich einer Breite zwischen 10 nm und höchstens 200 nm, insbesondere 20 nm bis 150 nm, eine mindestens zweifach, ferner mindestens 2,5-fach, bevorzugt mindestens 3-fach und insbesondere mindestens 4-fach höhere direkte Reflexion aufweist bezogen auf den Mittelwert der Reflexion im ersten Spektralbereich.

[0032] Dies resultiert in einen für den menschlichen Betrachter definierten und relativ stabilen Farbeindruck bzw. farbige Erscheinung. Für einen definierten und relativ stabilen Farbeindruck in Transmission können die Transmissionswerte deutlich geringer sein als in Reflexion und sogar im Bereich weniger Prozent liegen. Wichtig ist hier, dass in einem für das menschliche Auge sichtbaren zweiten Spektralbereich einer Breite zwischen 10 nm und höchstens 200 nm, insbesondere 20 nm bis 150 nm, eine mindestens zweifach, ferner mindestens 2,5-fach, bevorzugt mindestens 3-fach und insbesondere mindestens 4-fach höhere direkte Transmission vorliegt bezogen auf den Mittelwert der Transmission in einem ersten Spektralbereich mit einer Breite von mindestens 50 nm. Die Breite des ersten Spektralbereichs ist weiter bevorzugt mindestens 100 nm.

[0033] Vorzugsweise ist die Profilform und/oder die Relieftiefe der ersten Reliefstruktur weiter so gewählt, dass bei einem vom ersten Einfallswinkel unterschiedlichen zweiten Einfallswinkel die farbige Erscheinung des im ersten Teilbereich direkt reflektierten bzw. durch die Metallschicht direkt transmittierten Lichts unterschiedlich verändert wird und sich unter diesen Einfallswinkeln bei Auflichtbetrachtung bzw. Durchlichtbetrachtung für den menschlichen Betrachter insbesondere unterschiedliche, relativ stabile Farben zeigen (z.B. rot bei nahezu senkrechter Betrachtung und grün bei Verkippung um z.B. 30°). Dies entspricht einem definierten Farbwechsel beim Verkippen. Vorzugsweise unterscheidet sich der erste Einfallswinkel von dem zweiten Einfallswinkel um einen Wert zwischen 10° und 45°.

[0034] Für eine einfache Erkennung des Farbwechsels ist es vorteilhaft, wenn die laterale Ausdehnung des ersten Bereiches mindestens 10 mm² beträgt, weiter bevorzugt mindestens 20 mm² beträgt und dadurch für das unbewaffnete menschliche Auge deutlich als Flächenbereich erkennbar ist.

[0035] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist der Mehrschichtkörper in dem ersten Bereich oder in mindestens einem der ersten Bereiche mindestens einen Farbstoff und/oder Lumineszenzstoff auf, welcher weniger als 2 µm,

insbesondere weniger als 1 µm, bevorzugt weniger als 500 nm, weiter bevorzugt weniger als 300 nm weit von der ersten Oberfläche und/oder der zweiten Oberfläche der Metallschicht entfernt angeordnet ist. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass Farbstoffe und/oder Lumineszenzstoffe bei einer derart nahen Anordnung an der Oberflächen der mit der ersten Reliefstruktur versehenen Metallschicht eine massiv verstärkte Absorption bzw. Fluoreszenz aufweisen, als dies bei diesen Stoffen üblicherweise der Fall ist, beispielsweise bei Anordnung in der Nähe einer Spiegelfläche oder „normalen“ diffraktiven Strukturen, der Fall ist. Dieser Effekt ist wohl darauf zurückzuführen, dass die durch die erste Reliefstruktur bedingte Plasmonen-Anregung eine erhöhte Feldstärke im Nahfeld, d. h. vor allem bis zu einer Entfernung von ca. einer Wellenlänge des anregenden Lichts, erzeugt wird und diese für die Erhöhung der Absorption bzw. Fluoreszenz der Farbstoffe bzw. Lumineszenzstoffe verantwortlich ist.

[0036] Dieser aufgefundene Effekt kann, wie im Folgenden beschrieben, in vielfältiger Weise eingesetzt werden, um einprägsame und nur schwer nachahmbare Sicherheitsmerkmale bereitzustellen: Vorzugsweise weist der Mehrschichtkörper mindestens eine an die erste Oberfläche der Metallschicht angrenzende erste Schicht und/oder mindestens eine an die zweite Oberfläche der Metallschicht angrenzende zweite Schicht auf, welche mindestens einen Farbstoff und/oder mindestens einen Lumineszenzstoff aufweist. Mit dem Begriff Lumineszenzstoffe sind hier insbesondere fluoreszierende oder phosphoreszierende Stoffe umfasst.

[0037] Die Schichtdicke der mindestens einen ersten Schicht und/oder der mindestens einen zweiten Schicht beträgt vorzugsweise zwischen 20 nm und 2 µm, insbesondere zwischen 50 nm und 1 µm, insbesondere zwischen 100 nm und 500 nm. Durch eine entsprechende Wahl der Schichtdicke der ersten Schicht und/oder der zweiten Schicht kann hierbei sichergestellt werden, dass der vorgehend geschilderte Effekt in dem Bereich, in dem die mindestens eine erste Schicht und/oder zweite Schicht den ersten Bereich überdeckt, überwiegt, sodass sich ein deutlich unterschiedlicher optischer Eindruck in dem Bereich ergibt, in dem die mindestens eine erste Schicht und/oder mindestens eine zweite Schicht den ersten Bereich überdeckt, und in dem Bereich, in denen die mindestens eine erste Schicht und/oder zweite Schicht den ersten Bereich nicht überdeckt.

[0038] Vorzugsweise ist die Konzentration der Farbstoffe bzw. Lumineszenzstoffe in dem von der ersten bzw. zweiten Oberflächen der Metallschicht weniger als 1 µm, weiter bevorzugt weniger als 500 nm, weiter bevorzugt weniger als 300 nm entfernten Bereich der ersten und/oder zweiten Schicht höher als in dem übrigen Bereich der ersten bzw. der zweiten Schicht.

Hierdurch kann die oben beschriebene Wirkung weiter verstärkt werden.

[0039] Die mindestens eine erste Schicht und/oder zweite Schicht kann auf der Metallschicht direkt beispielsweise mittels einem Druckverfahren aufgebracht werden, und insbesondere aus einer Lackschicht oder aus einer Schutzlackschicht bestehen, welcher der mindestens eine Farbstoff bzw. Lumineszenzstoff zugesetzt worden ist. Weiter ist es auch möglich, dass die mindestens eine erste Schicht und/oder zweite Schicht von einer Replizierlackschicht oder einer auf einer Replizierlackschicht aufgetragenen Schicht gebildet wird und die Metallschicht auf diese Replizierlackschicht bzw. auf die auf die Replizierlackschicht aufgetragene Schicht abgeschieden wird, beispielsweise auf dieser im Vakuum aufgedampft wird.

[0040] Vorzugsweise handelt es sich bei dem mindestens einen Farbstoff und/oder Lumineszenzstoff um einen löslichen Farbstoff bzw. Lumineszenzstoff. Alternativ kommen auch Nanopartikel wie z.B. Quantum dot (Q-dot) in Frage. Vorzugsweise werden als Farbstoff Farbstoffe folgender Stoffgruppen eingesetzt: Metallkomplexfarbstoffe, insbesondere mit Cr^{3+} oder Co^{2+} als Zentralatom. Beispiele sind die Neo-Zapon Farbstoffe von BASF und Orasol-Farbstoffe von BASF (ehemals Ciba). Vorzugsweise werden Lumineszenzstoffe der folgenden Stoffgruppen eingesetzt: Cumarine, Rhodamine und Cyanine.

[0041] Die mindestens eine erste Schicht und/oder die mindestens eine zweite Schicht weisen vorzugsweise eine Transmissivität von mindestens 70%, bevorzugt von mindestens 90% in dem für das menschliche Auge sichtbaren Wellenlängenbereich auf. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Transmission der gefärbten Schicht durch den Farbstoff nur minimal verändert wird, so dass keine Färbung außerhalb der ersten Bereiche erkennbar ist.

[0042] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die Konzentration des mindestens einen Farbstoffs und/oder Lumineszenzstoffes in der mindestens einen ersten Schicht und/oder der mindestens einen zweiten Schicht so gewählt, dass deren optische Wirkung in einem zweiten Bereich, in welchem das Oberflächenrelief von einer Spiegelfläche, einer diffraktiven Struktur, einer Mikrostruktur oder einer Mattstruktur gebildet ist, für den menschlichen Betrachter bei einem Betrachtungsabstand von mehr als 30 cm und bei einer Beleuchtung mit weißem Licht (D65) mit einer Beleuchtungsstärke von mindestens 100 Lux, bevorzugt mindestens 500 Lux und gleichzeitig weniger als 10000 Lux nicht sichtbar ist, jedoch im ersten Bereich aufgrund der vorhergehend beschriebenen Verstärkung der Absorption bzw. Lumineszenz eine optisch erkennbare Wirkung entfaltet.

[0043] Der Gewichtsprozentanteil des mindestens einen Farbstoffes bzw. Lumineszenzstoffes an der Trockenmasse der ersten und/oder zweiten Schicht beträgt vorzugsweise zwischen 0,1% und 20% insbesondere zwischen 0,5% und 10%.

[0044] Der Gewichtsanteil des Farbstoffes bzw. Lumineszenzstoffes an der Trockenmasse der ersten und/oder zweiten Schicht beträgt vorzugsweise zwischen 1 mg/m^2 und 200 mg/m^2 , weiter zwischen 2 mg/m^2 und 50 mg/m^2 und bevorzugt zwischen 3 mg/m^2 und 30 mg/m^2 und insbesondere bevorzugt 3 mg/m^2 und 15 mg/m^2 . Dies hat sich als vorteilhaft zur Erzielung des oben angegebenen Effekts erwiesen.

[0045] Die Farbe des mindestens einen Farbstoffes bzw. Lumineszenzstoffes der mindestens einen ersten und/oder mindestens einen zweiten Schicht wird vorzugsweise so gewählt, dass dessen Farbe bzw. dessen Farbe bei Anregung der von der ersten Reliefstruktur für einen bestimmten Einfallswinkel des einfallenden Lichts in direkter Reflexion bzw. Transmission generierten Farbe entspricht oder sich von dieser Farbe unterscheidet. Je nach Farbe können so bei unterschiedlichen Betrachtungswinkeln in direkter Reflexion bzw. in direkter Transmission durch entsprechende Farbmischungen unterschiedliche Farbeffekte generiert werden, welche so durch andere Technologien zumindest nur sehr schwer nachgeahmt werden können und so die Fälschungssicherheit weiter erhöhen.

[0046] Vorzugsweise sind zwei oder mehr erste Schichten und/oder zweite Schichten vorgesehen, deren Farbstoffe bzw. Lumineszenzstoffe so gewählt sind, dass sich die Farbe der Farbstoffe dieser Schichten bzw. die Farbe der Lumineszenzstoffe dieser Schichten bei Anregung wechselseitig unterscheidet. So ist es beispielsweise möglich, dass in einer ersten Region, welche den ersten Bereich teilweise überlappt, auf die erste Oberfläche der Metallschicht eine erste Schicht mit einem ersten Farbstoff aufgebracht ist, in einer zweiten Region, welche den ersten Bereich bereichsweise überlappt, eine erste Schicht mit einem zweiten Farbstoff auf die erste Oberfläche der Metallschicht aufgebracht ist, und in einer dritten Region, welche den ersten Bereich zumindest bereichsweise überlappt und die erste und zweite Region bereichsweise überlappt, eine zweite Schicht mit einem dritten Farbstoff auf die zweite Oberfläche der Metallschicht aufgebracht ist, wobei sich die Farbe des ersten, zweiten und dritten Farbstoffs unterscheidet. Hierdurch ergibt sich zum Einen bei entsprechender Wahl der Schichtdicke der ersten Schichten und der zweiten Schichten der bereits oben beschriebene Effekt, dass die Wirkung der ersten, zweiten und dritten Farbstoffe in den Bereich, in dem diese Schichten den ersten Bereich überlappen, deutlich stärker als außerhalb ist. Im Weiteren ergeben sich entsprechende Farbmischeffekte mit den

von der ersten Reliefstruktur der Metallschicht im ersten Bereich generierten optischen Effekte, sodass bei Aufsichtsbetrachtung von der Vorder- und der Rückseite sowie bei Durchlichtbetrachtung jeweils auch entsprechend unterschiedliche optische Effekte bewirkt werden.

[0047] Weiter ist es auch möglich, dass ein oder mehrere erste Schichten oder ein oder mehrere zweite Schichten sich bereichsweise überlappen. Auch hierdurch lassen sich interessante optische Effekte erzielen: Wie bereits oben ausgeführt, hängt die Filterwirkung der Farbstoffe sowie die Lumineszenz der Lumineszenzstoffe von der Entfernung dieser Stoffe von der ersten bzw. zweiten Oberfläche der Metallschicht ab, sodass je nach Reihenfolge, in der diese Schichten übereinanderliegen, diese unterschiedliche Farbwirkungen entfaltet, im Gegensatz zu einer üblichen Farbmischung übereinanderliegender Farbschichten, bei der deren Reihenfolge keinen Einfluss auf die sich ergebende Mischfarbe hat.

[0048] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird das Oberflächenrelief in ein oder mehreren zweiten Bereichen und/oder weiteren Bereichen von einer zweiten und/oder weiteren Reliefstruktur gebildet. Bei der zweiten und/oder weiteren Reliefstruktur handelt es sich um eine Reliefstruktur, welche vorzugsweise von einer diffraktiven Reliefstruktur, einer holographischen Reliefstruktur, einer Mattstruktur, einer Spiegelflächen, einer refraktiven, nahezu achromatischen Makrostruktur (d.h. einer Struktur mit einer Periode von mehr als 5 μm), einer Linse, einem Mikrolinsenraster oder einer Kombination solcher Reliefstrukturen gebildet wird.

[0049] Unter diffraktiver Reliefstruktur wird insbesondere eine Reliefstruktur verstanden, welche eine Spatialfrequenz zwischen 200 und 2000 Linien/mm aufweist und insbesondere durch Beugung des einfallenden Lichts in die erste oder eine höhere Beugungsordnung einen optisch variablen Effekt generiert. Beispiele hierfür sind Linear- oder Kreuzgitter. Weiter können diffraktive Reliefstrukturen auch von computergenerierten Hologrammen, beispielsweise von Kinoformen gebildet werden.

[0050] Als Mattstrukturen können isotrope oder anisotrope Mattstrukturen eingesetzt werden. Unter Mattstruktur wird eine Struktur mit Licht streuenden Eigenschaften bezeichnet, welche vorzugsweise über ein stochastisches Oberflächenmattprofil verfügt. Mattstrukturen weisen vorzugsweise eine Relieftiefe (Peak-to-Valley = P-V) zwischen 100 nm und 5000 nm, weiter bevorzugt zwischen 200 und 2000 nm auf. Mattstrukturen weisen vorzugsweise eine Oberflächenrauigkeit (R_a) zwischen 50 nm und 2000 nm, weiter bevorzugt zwischen 100 nm und 1000 nm auf. Der Matteffekt kann entweder isotrop, d.h. gleich unter allen Azimutwinkeln, oder anisotrop, d.h. va-

riierend bei verschiedenen Azimutwinkel, sein. Unter Makrostruktur wird eine Struktur verstanden, deren Spatialfrequenz kleiner als 100 Linien/mm ist und welche einen optischen Effekt im Wesentlichen durch Refraktion generieren. Der Effekt ist somit nahezu achromatisch. Linsen können als refraktiv wirkenden Linsen oder auch als diffraktive Linsen ausgeformt sein. Ein Mikrolinsenraster wird vorzugsweise von einer eindimensionalen oder zweidimensionalen Anordnung von Mikrolinsen, beispielsweise Zylinderlinsen oder sphärischen Linsen gebildet. Die Rasterweite eines Mikrolinsenrasters beträgt vorzugsweise zwischen 300 μm und 50 μm .

[0051] Vorzugsweise werden die zweite und die weitere Reliefstruktur von Reliefstrukturen gebildet, die sich zumindest in einem Strukturparameter unterscheiden und so unterschiedliche optische Effekte generieren.

[0052] Vorzugsweise wird der mindestens eine erste Bereich oder einer der ersten Bereiche und der mindestens eine zweite Bereich jeweils von einer Vielzahl von Teilbereichen gebildet. Diese Teilbereiche weisen hierbei vorzugsweise zumindest eine laterale Abmessung auf, welche kleiner als 300 μm ist.

[0053] Die Teilbereiche des ersten Bereichs und die Teilbereiche des zweiten Bereichs sind weiter bevorzugt ineinandergerastert (interleaved) angeordnet. Bevorzugt erfolgt die Ineinanderrasterung mit einer Größe der Teilbereiche unterhalb der Auflösungsgrenze des menschlichen Auges, d.h. insbesondere kleiner als 300 μm .

[0054] So ist es beispielsweise möglich, dass in eine Richtung oder in zwei Richtungen Teilbereiche des ersten Bereichs und in Teilbereiche des zweiten Bereichs abwechseln aufeinander abfolgen. Hierdurch ist es möglich, dass für den menschlichen Betrachter der Effekt erzielt wird, dass der von der ersten Reliefstruktur in dem ersten Bereich generierte optische Effekte und der von der zweiten Reliefstruktur in dem zweiten Bereich generierte optische Effekt sich überlagern. So ist beispielsweise unter einem ersten Blickwinkel der von der ersten Reliefstruktur generierte optische Effekt und unter einem zweiten Betrachtungswinkel der von der zweiten Reliefstruktur generierte optische Effekt für den menschlichen Betrachter an ein und derselben Stelle des Mehrschichtkörpers sichtbar. Vorzugsweise ist zumindest in dem Bereich, in dem die Teilbereiche des ersten Bereichs und des zweiten Bereichs ineinandergerastert sind, das Flächenverhältnis der Gesamtfläche der Teilbereiche der ersten Bereichs zu der Gesamtfläche der Teilbereiche des zweiten Bereichs größer als 5:1, weiter bevorzugt größer als 10:1 gewählt. Dieser hohe Anteil des ersten Bereiches ist hilfreich, um einen gut sichtbaren Farbeffekt zu gewährleisten.

[0055] Weiter ist es vorteilhaft, wenn der mindestens eine zweite Bereich von einer Vielzahl von voneinander getrennten Teilbereichen gebildet ist und der erste Bereich dieser Teilbereiche als Hintergrundbereich umschließt. So ist es beispielsweise möglich, die Teilbereiche des zweiten Bereichs pseudo-zufällig anzuordnen oder deren Flächenorientierung, beispielsweise die Orientierung ihrer Längsachsen pseudo-zufällig zu wählen und diese so pseudo-zufällig angeordneten und/oder orientierten Teilbereiche mit dem ersten Bereich als Hintergrundbereich zu umschließen. Die erste Reliefstruktur kann hierbei beispielsweise von einer Spiegelfläche oder von einer achromatischen Struktur gebildet sein, um so die Überlagerung des optischen Erscheinungsbildes des ersten Bereichs mit einem Glitzereffekt oder Glimmereffekt zu erzielen. Die Teilbereiche des zweiten Bereichs weisen hierbei vorzugsweise laterale Flächenabmessungen zwischen 50 µm und 300 µm auf.

[0056] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung besitzt der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche eine musterförmige Formgebung und ist so beispielsweise in Form von Buchstaben, Zahlen, eines Symbols oder eines Motivs ausgeformt. Dieser erste Bereich kann konturartig von einem zweiten Bereich umrahmt sein, wobei dieser zweite Bereich eine zweite Struktur z.B. eine Mattstruktur, aufweist. Dies hebt die Kontur des ersten Bereichs noch hervor.

[0057] Vorteilhaft ist hierbei weiter, wenn die Formgebung des ersten Bereichs oder mindestens eines der ersten Bereiche hierbei so gewählt ist, dass diese eine lediglich mithilfe eines Hilfsmittels sichtbar machbare Information enthält. So ist es beispielsweise möglich, dass der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche in Form eines Nanotextes ausgebildet ist, welcher von dem menschlichen Betrachter nur unter Zuhilfenahme einer Vergrößerungsvorrichtung sichtbar gemacht werden kann. Weiter ist es auch möglich, dass der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche in Form eines Moiré-Musters ausgeformt ist, in welchem eine versteckte Information kodiert ist, die beispielsweise mittels eines Mikrolinsenrasters oder einer entsprechend ausgeformten Maskenschicht, z.B. ein Linienraster, sichtbar gemacht werden kann, welches bzw. welche ebenfalls Teil des Mehrschichtkörpers sein kann.

[0058] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche ein oder mehrere erste Zonen und ein oder mehrere zweite Zonen auf, in welchen sich ein oder mehrere Parameter der ersten Reliefstruktur unterscheiden. Vorzugsweise unterscheidet sich die erste Reliefstruktur in den ersten Zonen von der in den zweiten Zonen in ein oder mehreren der Parametern: Periode P, Azimutwinkel, Re-

lieftiefe t, Grundfläche und Profilform. So unterscheidet sich beispielsweise die erste Reliefstruktur in den ein oder mehreren ersten Zonen von der ersten Reliefstruktur in den ein oder mehreren zweiten Zonen in der Azimuthorientierung, um beispielsweise lediglich mittels einem Polarisator erkennbare Information zu kodieren oder auch in der Periode, Relieftiefe oder in der Neigung der Grundfläche zu einer Grundebene, um beispielsweise Bewegungseffekte oder 3D-Effekte zu generieren.

[0059] Weiter ist es auch möglich, dass der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche noch ein oder mehrere dritte oder weitere Zonen umfasst, welche sich von den ersten Zonen und zweiten Zonen darin unterscheiden, dass ein oder mehrere der vorgenannten Parameter der ersten Reliefstruktur in diesen unterschiedlich zu den ersten und zweiten Zonen gewählt sind.

[0060] Vorzugsweise sind benachbarte erste und zweite und/oder erste, zweite, dritte und weitere Zonen weniger als 10 µm, bevorzugt weniger als 1000 nm voneinander beabstandet.

[0061] Vorzugsweise sind die Parameter der ersten Reliefstruktur in den ersten Zonen identisch gewählt, in den zweiten Zonen identisch gewählt, in den dritten Zonen identisch gewählt und/oder in den weiteren Zonen identisch gewählt.

[0062] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weisen die ersten und zweiten Zonen jeweils laterale Abmessungen von mehr als 300 µm auf, insbesondere eine Breite und eine Länge von jeweils mehr als 500 µm auf und weiter bevorzugt mehr als 2 mm auf. Die ein oder mehreren ersten und zweiten Zonen sind weiter vorzugsweise zur Ausbildung eines Motivs ausgeformt, wobei die ersten Zonen einen Vordergrundbereich des Motivs ausbilden und die zweiten Zonen einen Hintergrundbereich des Motivs ausbilden. Weiter ist es auch möglich, dass ein oder mehrere erste Zonen zur Ausbildung eines ersten Motivs und ein oder mehrere zweite Zonen zur Ausbildung eines zweiten Motivs ausgeformt sind.

[0063] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weisen die ersten, zweiten und/oder dritten Zonen zumindest eine laterale Abmessung von weniger als 300 µm auf, insbesondere von weniger als 150 µm, bevorzugt von weniger als 80 µm auf. Weiter sind die ersten, zweiten und/oder dritten Zonen zumindest bereichsweise ineinandergerastert angeordnet. So ist es beispielsweise möglich, dass erste, zweite und dritte Zonen in einer oder in zwei Richtungen abwechselnd aufeinander abfolgend angeordnet sind.

[0064] Durch eine derartige Ausbildung und Anordnung von ersten, zweiten und dritten Zonen ist es bei-

spielsweise möglich, Bewegungseffekte, Morphing-Effekte (Verwandlungseffekte), mehrfarbige Darstellungen oder farbige Darstellungen zu generieren, welche mittels additiver Farbmischung generiert werden. So ist es beispielsweise möglich, erste Zonen zur Darstellung eines ersten Motivs, zweiten Zonen zur Darstellung eines zweiten Motivs und gegebenenfalls dritte Zonen zur Darstellung eines dritten Motivs ineinandergerastert anzuordnen, wobei das erste, zweite und dritte Motiv für den Betrachter jeweils unter einem zugeordneten Blickwinkel sichtbar ist. Weiter können beispielsweise die Parameter der ersten Reliefstruktur in der ersten, zweiten und dritten Zone so gewählt werden, dass unter einem bestimmten Betrachtungswinkel in den ersten, zweiten und dritten Zonen unterschiedliche Farben, beispielsweise Rot, Grün und Blau, generiert werden. Durch die entsprechende Wahl der Anordnung von ersten, zweiten und dritten Zonen in einem einem Bildpunkt zugeordneten Bereich, kann sodann die unter diesem Blickwinkel generierte Farbe des Bildpunkts durch additive Farbmischung generiert werden.

[0065] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in dem ersten Bereich oder in mindestens einem der ersten Bereiche die Grundfläche der ersten Reliefstruktur von einer Grobstruktur oder einer Mattstruktur gebildet. Die Grundfläche ist so nicht in Form einer ebenen Fläche ausgebildet, sondern gemäß der Grobstruktur oder Mattstruktur modelliert. Unter Grobstruktur wird hierbei eine Struktur verstanden, deren Periode um mindestens den Faktor 5, weiter um den Faktor 10 größer als die Periode P der ersten Reliefstruktur ist, und insbesondere zwischen $1\ \mu\text{m}$ und $10\ \mu\text{m}$ beträgt. Die Relieftiefe der Grobstrukturen beträgt vorzugsweise zwischen $50\ \text{nm}$ und $5000\ \text{nm}$, bevorzugt zwischen $100\ \text{nm}$ und $2000\ \text{nm}$. Die Grobstruktur kann so bereichsweise unterschiedlich geneigte Flächen aufweisen, sodass der von ersten Reliefstrukturen in direkte Reflexion/Transmission generierte Effekt sich entsprechend in seinem Winkelbereich verschiebt und so in verschiedenen Teilbereichen des ersten Bereichs unter unterschiedlichen Betrachtungswinkeln sichtbar ist oder – bei entsprechend zufälliger Anordnung bei Verwendung einer Mattstruktur, über einen breiteren Betrachtungswinkelbereich sichtbar ist.

[0066] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in dem ersten Bereich oder in mindestens einem der ersten Bereiche die Periode P der ersten Reliefstruktur bereichsweise variiert. Die Variation der Periode P der ersten Reliefstruktur beträgt hierbei vorzugsweise bis zu 10%, weiter vorzugsweise bis zu 5%. Vorzugsweise wird die Periode P der ersten Reliefstruktur in ein oder mehreren der Randbereiche des ersten Bereichs erhöht/verringert oder in Abhängigkeiten von der Entfernung vom Flächenschwerpunkt des ersten Bereichs erhöht oder verringert. Es hat sich gezeigt, dass hierdurch

interessante optisch variable Effekte generiert werden können und beispielsweise ein „rolling bar“-Effekt generiert werden kann.

[0067] Alternativ oder zusätzlich hierzu kann weiter auch der Azimutwinkel der ersten Reliefstruktur bereichsweise (geringfügig) variiert werden.

[0068] Unter einem „rolling bar“-Effekt wird meist ein optischer Effekt ähnlich einer reflektierenden Zylinderlinse verstanden. Dabei erscheinen die Bereiche der Zylinderlinse, welche das Licht in die Richtung eines Beobachters reflektieren heller, als die Bereiche, welche das Licht in andere Richtungen reflektieren. Somit erzeugt diese Funktion eine Art „Lichtband“, welches scheinbar über die Zylinderlinse wandert, wenn der Mehrschichtkörper in Richtung des Blickwinkels gekippt wird. Im Fall der in diesem Dokument beanspruchten Strukturen ergibt sich ein etwas anderer „rolling bar“-Effekt, bei welchem anstatt des „Lichtbandes“ nun ein „Farbband“ scheinbar über die Zylinderlinse wandert. Beispielsweise kann ein rötlicher Kern einer Zylinderlinse (mit einem gelblich oder grünlichen Außenbereich der Zylinderlinse) wandern, wenn der Mehrschichtkörper in Richtung des Blickwinkels gekippt wird.

[0069] Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche eine Vielzahl von Teilbereichen auf. Jeder der Teilbereiche weist eine kleinste Abmessung von mehr als $3\ \mu\text{m}$ und eine größte Abmessung von weniger als $300\ \mu\text{m}$ auf. Ein oder mehrere der Parameter ausgewählt aus der Gruppe: Form des Teilbereichs, Flächengröße des Teilbereichs, Position des Flächenschwerpunkts des Teilbereichs, Neigungswinkel der Grundfläche der ersten Reliefstruktur gegen eine Grundebene, Drehwinkel der Grundfläche der ersten Reliefstruktur um eine auf der Grundebene senkrecht stehenden Achse, Azimutwinkel der ersten Reliefstruktur, Periode P der Reliefstruktur wird, für den jeweiligen Teilbereich pseudo-zufällig innerhalb eines jeweils für den ersten Bereich vordefinierten Variationsbereich variiert.

[0070] Für die vorgenannten Parameter werden vorzugsweise folgende Variationsbereiche gewählt:

- 1) Form des Teilbereichs: Rechteck, Quadrat, Kreis, Oval, Sechseck, Achteck, Raute.
- 2) Flächengröße des Teilbereichs: Zwischen $5\ \mu\text{m}^2$ und $6000\ \mu\text{m}^2$, weiter bevorzugt zwischen $5\ \mu\text{m}^2$ und $300\ \mu\text{m}^2$. Wird die Flächengröße der Teilbereiche pseudo-zufällig variiert so beträgt der Variationsbereich vorzugsweise 10 % bis 50 % der mittleren Flächengröße der Teilbereiche.
- 3) Position des Flächenschwerpunkts des Teilbereichs: Hierbei hat es sich besonders bewährt den Variationsbereich der zufälligen Verschiebung zwischen dem $+D/2$ und dem $-D/2$ zu wäh-

len, wobei D die Abmessung der Teilbereiche in Richtung der x-Achse bzw. der y-Achse ist und die Rasterweite des Rasters in Richtung der x-Achse und/oder der y-Achse auf das 3/2-fache der Abmessung D der Teilbereiche in Richtung der x-Achse bzw. y-Achse festzusetzen.

4) Neigungswinkel der Grundfläche der ersten Reliefstruktur gegen eine Grundebene: Vorzugsweise wird der Neigungswinkel, insbesondere der Neigungswinkel A_x und/oder A_y , der Teilbereiche pseudo-zufällig in einem Variationsbereich von -45° bis $+45^\circ$, weiter bevorzugt von -30° bis $+30^\circ$, besonders bevorzugt -15° bis $+15^\circ$, insbesondere zur Erzielung eines Glitzereffekts variiert. Die Grundebene wird hierbei von der x-Achse und der y-Achse aufgespannt und der Neigungswinkel A_x stellt den Neigungswinkel bei einer Drehung um die x-Achse und der Neigungswinkel A_y den Neigungswinkel bei einer Drehung um die y-Achse dar.

5) Drehwinkel der Grundfläche der ersten Reliefstruktur um eine auf der Grundebene senkrecht stehende Achse: Es ist vorteilhaft, diesen Drehwinkel der Teilbereiche pseudozufällig in einem Variationsbereich von -90° bis $+90^\circ$, weiter bevorzugt von -45° bis $+45^\circ$ und besonders bevorzugt -15° bis $+15^\circ$ zu variieren.

6) Azimutwinkel der ersten Reliefstruktur: Variationsbereich von -90° bis $+90^\circ$, weiter bevorzugt von -45° bis $+45^\circ$ und besonders bevorzugt -15° bis $+15^\circ$.

7) Periode P der Reliefstruktur: Die Variation der Periode P beträgt vorzugsweise bis zu 10%, weiter vorzugsweise bis zu 5% um einen Mittelwert herum.

[0071] Weiter ist es auch vorteilhaft, wenn der ersten Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche eine Vielzahl von Teilbereichen aufweist und die Parameter der ersten Reliefstruktur in jedem der Teilbereiche gemäß einer Reliefstruktur gewählt wird, die pseudo-zufällig für den jeweiligen Teilbereich aus einem Satz von vordefinierten Reliefstrukturen ausgewählt wird.

[0072] Durch diese Vorgehensweise lassen sich interessante optisch variable Effekte generieren, beispielsweise farbige Bewegungen, Glitzer-, Glimmer- und 3D-Effekte generieren.

[0073] Der Mehrschichtkörper ist vorzugsweise als Transferfolie, Laminierfolie oder Sicherheitsfaden ausgebildet. Der Mehrschichtkörper weist neben der metallischen Schicht vorzugsweise noch ein oder mehrere weitere Schichten ausgewählt aus der Gruppe: Replizierschicht, Lackschicht, Haftvermittlungsschicht, Kleberschicht, Schutzlackschicht, Trägerschicht und Dekorschicht auf. Der Mehrschichtkörper weist so beispielsweise eine Trägerfolie, vorzugsweise eine transparente Kunststofffolie z.B. aus

PET, PC, PE, BOPP mit einer Dicke zwischen $10\ \mu\text{m}$ und $500\ \mu\text{m}$, eine transparente Replizierschicht, beispielsweise aus einem thermoplastischen oder UV-härtbaren Replizierlack und eine Kleberschicht auf, beispielsweise eine Kaltkleberschicht, eine Heißkleberschicht oder eine UV-härtbare Kleberschicht.

[0074] Vorzugsweise ist der Mehrschichtkörper weiter als ein Sicherheitselement eines Sicherheitsdokuments, insbesondere einer Banknote oder eines ID-Dokuments ausgebildet und so beispielsweise in Form eines Patches oder eines Streifens ausgeformt. Weiter ist es auch möglich, dass der Mehrschichtkörper ein Sicherheitsdokument, beispielsweise eine Banknote, eine Karte (z.B. Kreditkarte, ID-Karte) oder ein ID-Dokument ausbildet. Das Sicherheitsdokument kann außerdem ein Etikett/Label, eine Verpackung eines kommerziellen Produkts, ein Ticket, ein Zertifikat oder eine Steuerbanderole oder Steuermarke sein.

[0075] Wird der Mehrschichtkörper als Transferfolie ausgebildet, so wird vorzugsweise ein Teilbereich des Mehrschichtkörpers mittels eines musterförmig ausgebildeten Prägestempels auf ein Substrat abgeprägt. Weist der Mehrschichtkörper beispielsweise eine homogene erste Reliefstruktur auf, welche einen der oben beschriebenen Farbeffekte generiert, beispielsweise einen Farb-Shift bei einer Drehung von Rot nach Grün, so kann durch einen Prägestempel mit einer entsprechenden Formgebung, beispielsweise der Formgebung eines Diamanten, auf dem Zielsubstrat ein Element mit dieser Formgebung, beispielsweise ein Diamant, mit diesem Farbeffekt hergestellt werden. Weiter ist es auch möglich, dass der Mehrschichtkörper in diesem Fall mittels einer unspezifischen Laminierwalze auf ein Substrat vollflächig aufgebracht wird. Besonders vorteilhaft ist hier weiter, wenn die Oberfläche des Substrats, auf das der Mehrschichtkörper abgeprägt wird, eine Oberflächenstruktur aufweist, insbesondere eine Grobstruktur oder eine Mattstruktur aufweist und der Prägedruck so gewählt wird, dass die Grundfläche der ersten Reliefstruktur gemäß der Grobstruktur oder Mattstruktur beim Abprägen verformt wird.

[0076] Weiter ist es auch möglich und auch vorteilhaft, den Mehrschichtkörper in einem Arbeitsgang mit einem Blindprägwerkzeug zu bearbeiten, in dessen Prägefläche eine Grobstruktur abgeformt wird. Der Prägedruck wird hierbei so gewählt, dass die Grundfläche der ersten Reliefstruktur gemäß der Grobstruktur des Blindprägwerkzeugs beim Aufpressen des Blindprägwerkzeugs verformt wird. Auch durch dieses Verfahren ist es möglich, in einem nachträglich Arbeitsschritt den Mehrschichtkörper durch entsprechende Verformung der Grundfläche der ersten Reliefstruktur nachträglich zu individualisieren und so die bereits oben beschriebenen zusätzlichen optischen

Effekte in ein Sicherheitselement oder ein Sicherheitsdokument einzubringen.

[0077] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von mehreren Ausführungsbeispielen unter Zuhilfenahme der beiliegenden Zeichnungen beispielhaft erläutert.

[0078] Fig. 1a zeigt eine schematische Draufsicht auf ein Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitselement.

[0079] Fig. 1b zeigt eine schematische Schnittdarstellung des Sicherheitsdokuments nach Fig. 1a.

[0080] Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Ausschnitts eines Sicherheitselements.

[0081] Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Ausschnitts eines Sicherheitselements.

[0082] Fig. 4a zeigt eine schematische Darstellung einer Reliefstruktur.

[0083] Fig. 4b zeigt eine schematische Draufsicht auf die Reliefstruktur nach Fig. 4a.

[0084] Fig. 4c zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Reliefstruktur.

[0085] Fig. 4d zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Reliefstruktur.

[0086] Fig. 5a und Fig. 5g zeigen Diagramme zur Verdeutlichung des Reflexionsverhaltens bzw. Transmissionsverhaltens einer Metallschicht mit einer in eine Oberfläche abgeformte Reliefstruktur.

[0087] Fig. 6a zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Ausschnitts eines Sicherheitselements.

[0088] Fig. 6b zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Ausschnitts eines Sicherheitselements.

[0089] Fig. 6c zeigt ein Diagramm zur Verdeutlichung des Reflexionsverhaltens des Sicherheitselements nach Fig. 6a.

[0090] Fig. 7a zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Sicherheitselement.

[0091] Fig. 7b zeigt eine schematische Draufsicht auf das Sicherheitselement nach Fig. 7a nach Aufbringung zweier Schichten enthaltend einen Farbstoff oder Lumineszenzstoff.

[0092] Fig. 8a und Fig. 8b zeigen schematische Draufsichten auf einen Bereich eines Sicherheitselements.

[0093] Fig. 9a und Fig. 9b zeigen schematische Draufsichten auf einen Bereich eines Sicherheitselements.

[0094] Fig. 9c zeigt ein Diagramm zur Verdeutlichung des Reflexionsverhaltens des Sicherheitselements nach Fig. 9a und b.

[0095] Fig. 10a und Fig. 10b zeigen schematische Draufsichten auf einen Bereich eines Sicherheitselements.

[0096] Fig. 11 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt eines Sicherheitselements umfassend einen aus mehreren Teilbereichen gebildeten zweiten Bereich und einen ersten Bereich.

[0097] Fig. 12a zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Transferfolie.

[0098] Fig. 12b zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Anordnung zum Abprägen der Transferfolie nach Fig. 12a auf ein Substrat.

[0099] Fig. 12c zeigt eine schematische Draufsicht eines Ausschnitts der Transferlage der Transferfolie nach Fig. 12a.

[0100] Fig. 12d zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt des Substrats nach Fig. 12b nach dem Abprägen.

[0101] Fig. 13 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Ausschnitts eines Sicherheitselements.

[0102] Fig. 14a zeigt eine schematische Darstellung eines Ausschnitts eines Sicherheitselements, bei dem ein mit einer Reliefstruktur belegter Bereich von mehreren Teilbereichen gebildet ist.

[0103] Fig. 14b zeigt eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung der Orientierung der Grundfläche einer in den Teilbereichen nach Fig. 14a vorgesehenen Reliefstruktur.

[0104] Fig. 1a und Fig. 1b zeigen ein Sicherheitsdokument **1**. Bei dem Sicherheitsdokument **1** handelt es sich vorzugsweise um eine Banknote. Es ist jedoch auch möglich, dass es sich bei dem Sicherheitsdokument **1** beispielsweise um ein ID-Dokument, ein Etikett zur Produktsicherung, eine ID-Karte oder Kreditkarte, Geldkarte, ein Hang-Tag eines kommerziellen Produkts oder ein Zertifikat insbesondere Software-Zertifikat handelt.

[0105] Das Sicherheitsdokument **1** weist ein Trägersubstrat **10** und ein auf dem Trägersubstrat **10** appliziertes Sicherheitselement **2** auf.

[0106] Bei dem Trägersubstrat **10** handelt es sich vorzugsweise um ein Papiersubstrat, beispielsweise mit einer Schichtdicke zwischen 50 oder 500 μm . Es ist jedoch auch möglich, dass es sich bei dem Substrat **10** um ein Kunststoffsubstrat oder um ein Substrat aus ein oder mehreren Kunststoff- und/oder Papierschichten handelt. Weiter ist es auch möglich, dass auf dem Substrat **10** neben dem Sicherheitselement **2** auch ein oder mehrere weitere Sicherheitselemente appliziert oder in den Schichtaufbau oder die Schichten des Substrats **10** integriert sind. Das Substrat **10** weist so beispielsweise als weitere Sicherheitselemente ein oder mehrere der folgenden Elemente auf: Ein Wasserzeichen, ein Sicherheitsdruck, einen Sicherheitsfaden, einen Patch mit ein oder mehreren Sicherheitsmerkmalen, welche beispielsweise von einer holographischen oder beugungsoptischen Struktur erbracht werden.

[0107] Das Sicherheitselement **2** hat in dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 1a** und **Fig. 1b** eine streifenförmigen Formgebung und erstreckt sich über die gesamte Breite oder Länge des Sicherheitsdokuments **1**. Weiter deckt das Sicherheitselement **2** einen Fensterbereich **12** des Substrats **10** ab, in dem das Substrat **10** eine Ausnehmung bzw. Durchbrechung aufweist oder transparent ausgebildet ist. Damit ist in diesem Bereich das Sicherheitselement **2** sowohl bei Betrachtung von der Vorderseite, als auch bei Betrachtung von der Rückseite des Sicherheitsdokuments **1** sichtbar. Es ist jedoch auch möglich, dass das Sicherheitselement **2** eine andere Formgebung besitzt, beispielsweise als Patch ausgebildet ist, oder nicht in einem Fensterbereich des Sicherheitsdokuments **1** angeordnet ist, sondern vollständig auf einem opaken Bereich des Substrats **10** appliziert ist.

[0108] Bei dem Sicherheitselement **2** handelt es sich vorzugsweise um eine Laminierfolie, welche ein Trägersubstrat, eine Metallschicht ein oder mehrere optionale Dekorschichten und eine Kleberschicht aufweist, mit der die Laminierfolie an dem Substrat **10** festgelegt ist. Bei dem Trägersubstrat handelt es sich vorzugsweise um eine transparente Kunststoffolie mit einer Schichtdicke zwischen 10 μm und 500 μm , insbesondere zwischen 15 μm und 150 μm , beispielsweise aus BOPP oder PET oder PC (Polycarbonat). Bei der Kleberschicht handelt es sich vorzugsweise um eine Heißkleberschicht, eine Kaltkleberschicht oder um eine UV-härtbare Kleberschicht oder um eine wärmehärtbare bzw. wärmevernetzende Kleberschicht oder um eine hybride Kleberschicht mit thermoplastischen und wärme- und/oder strahlenhärtenden Komponenten.

[0109] Weiter ist es auch möglich, dass das Sicherheitselement **2** als Transferfolie oder Übertragungslage einer Transferfolie ausgebildet ist. In diesem Fall ist zwischen der Trägerschicht und der Metallschicht auch eine Ablöseschicht vorgesehen bzw. es fehlt die Trägerfolie. Weiter ist es auch möglich, dass das Sicherheitselement **2** als Sicherheitsfaden ausgebildet ist und nicht, wie in **Fig. 1b** gezeigt, auf die Oberfläche des Substrats **10** appliziert ist, sondern zumindest bereichsweise in das Substrat **10** eingebettet ist oder abwechselnd auf der Oberseite und der Unterseite des Substrats **10** angeordnet ist. In diesem Fall besteht das Sicherheitselement **2** vorzugsweise aus einer Trägerfolie, der Metallschicht ein oder mehreren optionalen Dekorschichten und optional einer Haftvermittlungsschicht, welche auf der Oberseite und/oder der Unterseite des Sicherheitselements **2** vorgesehen ist.

[0110] Weiter ist es auch möglich, dass das Sicherheitselement **2** von Schichten des Substrats **10** bereitgestellt wird, insbesondere wenn es sich bei dem Sicherheitsdokument **1** um ein kartenförmiges Sicherheitsdokument handelt. In diesem Fall besteht das Sicherheitselement aus einer Metallschicht und ein oder mehreren optionalen Dekorschichten, welche die im Folgenden beschriebenen Funktionen erbringen.

[0111] Das Sicherheitselement **2** weist vorzugsweise ein oder mehrere Bereiche **31**, **32**, **41** und **42** auf, in welchen zumindest bereichsweise eine Metallschicht vorgesehen ist. In die zur Oberseite des Sicherheitsdokuments weisenden Oberfläche und/oder die zur Unterseite des Sicherheitsdokuments **1** weisende Oberfläche der Metallschicht ist zumindest bereichsweise ein optisch aktives Oberflächenrelief abgeformt. In den ein oder mehreren Bereichen **31** und **32** wird hierbei dieses Oberflächenrelief von einer ersten Reliefstruktur gebildet, die in zumindest einer durch einen zugeordneten Azimutwinkel bestimmten Richtung eine Abfolge von Erhebungen und Vertiefungen aufweist, deren Erhebungen mit einer Periode P aufeinander abfolgen, welche kleiner als eine Wellenlänge des sichtbaren Lichtes ist. Der genauere Aufbau dieser ersten Reliefstruktur wird im Folgenden noch anhand von zahlreichen Ausführungsbeispielen erläutert. In den ein oder mehreren Bereichen **41** und **42** wird das Oberflächenrelief von einer zweiten und/oder weiteren Reliefstruktur gebildet, die ausgewählt ist bzw. ausgewählt sind aus der Gruppe: diffraktive Reliefstruktur, holographische Reliefstruktur, Spiegelfläche, Mattstruktur, Makrostruktur, Linse oder Mikrolinsenraster. Weiter ist es auch möglich, dass in ein oder mehreren der Bereiche **41** und **42** die zweite und/oder weitere Reliefstruktur nicht in einer Oberfläche einer Metallschicht abgeformt ist, sondern zwischen zwei transparenten Schichten des Sicherheitselements **2** abgeformt ist, welche sich in ihrem Brechungsindex um mehr als 0,2 unterscheiden.

den, oder in der Oberfläche einer hoch- oder niedrigbrechenden dielektrischen Schicht abgeformt ist, beispielsweise einer ZnS-Schicht abgeformt ist.

[0112] Die Bereiche **32** und **42** überlappen hierbei den Fensterbereich **12** zumindest bereichsweise, sodass das Sicherheitselement **2** in den Bereichen **32** und **42** zumindest bereichsweise von der Oberseite und Unterseite des Sicherheitsdokuments **1** sichtbar sind. In den Bereichen **32** und **42** ist so der von der ersten bzw. zweiten Reliefstruktur generierte optische Effekt bei Betrachtung von der Oberseite des Sicherheitsdokuments **1**, bei der Betrachtung von der Unterseite des Sicherheitsdokuments **1** und/oder bei Betrachtung im Durchlicht sichtbar. Die Bereiche **31** und **41** sind vorzugsweise nicht im Fensterbereich **12** angeordnet. Der von der ersten Reliefstruktur bzw. zweiten Reliefstruktur in den Bereichen **31** bzw. **41** gebildete optische Effekt ist so vorzugsweise lediglich bei Aufsichtsbetrachtung von der Vorderseite des Sicherheitsdokuments **1** sichtbar.

[0113] Weiter ist es auch möglich, dass das Sicherheitselement **2** noch weitere Sicherheitsmerkmale aufweist, beispielsweise einen Sicherheitsdruck aufweist, ein oder mehrere Schichten enthaltend optisch variable Pigmente aufweist, ein oder mehrere Schichten enthaltend fluoreszierende oder phosphoreszierende Stoffe aufweist oder ein oder mehrere Schichten aufweist, welche ein maschinenlesbares Sicherheitsmerkmal, z.B. einen Barcode, einen Magnetstreifen, maschinenlesbare Pigmente, Merkmalsstoffe oder Taggants, bereitstellen.

[0114] Wie auch in den Figuren **Fig. 1a** und **Fig. 1b** dargestellt, stellen die Bereiche **31**, **32**, **41** und **42** Bereiche des Sicherheitsdokuments **1** bzw. Sicherheitselements **2** dar, welche sich bei einer Draufsichtbetrachtung des Sicherheitselements **2** ergeben, d.h. Bereiche bezüglich einer Betrachtung senkrecht zu einer von der Oberseite bzw. Unterseite des Sicherheitsdokuments **1** bzw. Sicherheitselements **2** definierten Ebene ausbilden. Dies gilt auch für die sonstigen hier beschriebenen Bereiche, Zonen und Teilbereiche.

[0115] Weiter ist die Anzahl der Bereiche **31**, **32**, **41** und **42** und deren Ausformungen in **Fig. 1a** beispielhaft dargestellt, sodass die Bereiche **31**, **32**, **41** und **42** eine andere Formgebung besitzen können, in einer anderen Anzahl vorgesehen sein können und im Weiteren auch ausreichend ist, wenn in dem Sicherheitselement **2** nur ein Bereich **31** oder ein Bereich **32** vorgesehen ist.

[0116] Der Aufbau des Sicherheitselements **2** in einem Teilbereich **31** wird im Folgenden beispielhaft anhand von **Fig. 2** erläutert.

[0117] **Fig. 2** zeigt einen Ausschnitt des Sicherheitselements **1**, welches eine Oberseite **201** und eine Unterseite **202** aufweist. Weiter weist das Sicherheitselement **2** eine – ggf. auch lediglich partiell vorgesehene – Metallschicht **21** auf, in deren zur Oberseite **201** weisenden Oberfläche eine Reliefstruktur **61** ausgeformt ist und/oder in deren zur Unterseite **202** weisenden Oberfläche eine Reliefstruktur **61** ausgeformt ist. Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist die Reliefstruktur **61** hierbei vorzugsweise in beiden Oberflächen die Metallschicht **21** abgeformt.

[0118] Neben der Metallschicht **21** weist das Sicherheitselement **2** vorzugsweise noch ein oder mehrere, in **Fig. 2** nicht gezeigte Schichten auf, beispielsweise eine Replizierlackschicht, ein oder mehrere Lack-schichten, ein oder mehrere Haftvermittlungsschichten und ein oder mehrere weitere Dekorschichten auf.

[0119] Vorzugsweise bildet die obere Oberfläche der Metallschicht **21** die Oberseite **201** des Sicherheitselements **2** aus oder die ein oder mehreren Schichten des Sicherheitselements **2**, welche zwischen der Oberseite **201** und der Metallschicht **21** vorgesehen sind, sind – zumindest in den Bereichen **31** – transparent oder transluzent ausgebildet und weisen vorzugsweise zumindest in dem Bereichen **31** eine Transmission in dem für das menschliche Auge sichtbaren Wellenlängenbereich von mehr als 30%, insbesondere mehr als 50%, bevorzugt von mehr als 80% auf.

[0120] Bei der Herstellung des Sicherheitselements **2** wird beispielsweise auf eine vorzugsweise transparente Trägerfolie, ggf. unter Zwischenschaltung einer vorzugsweise transparenten Haftvermittlungsschicht, eine vorzugsweise transparente Replizierlackschicht aufgebracht. In die Replizierlackschicht wird sodann mittels UV-Replikation oder mittels Wärme/Druck ein Oberflächenrelief zumindest bereichsweise abgeformt. In den Bereichen **31** und **32** wird hierbei die Reliefstruktur **61** als erste Reliefstruktur und in den Bereichen **41** und **42** ggf. die oben beschriebenen zweiten Reliefstrukturen abgeformt. Sodann wird die Metallschicht **21** beispielsweise mittels Aufdampfens im Vakuum aufgebracht und ggf. mittels eines Demetallisierungsverfahrens musterförmig strukturiert. Sodann wird optional eine vorzugsweise transparente Schutzlackschicht und/oder Kleberschicht aufgebracht. Weiter ist es auch möglich, dass bei der Fertigung des Sicherheitselements **2** noch ein oder mehrere weitere Schichten in das Sicherheitselement **2** eingebracht werden, wie bereits oben ausgeführt.

[0121] Die Reliefstruktur **61** weist in zumindest einer durch einen zugeordneten Azimutwinkel bestimmten Richtung eine Abfolge von Erhebungen **612** und Vertiefungen **614** auf, deren Erhebungen mit einer Periode **P** aufeinander abfolgen, welche kleiner als ei-

ne Wellenlänge des sichtbaren Lichtes ist. Die Reliefstruktur **61** weist eine Relieftiefe t auf, welche durch die Beabstandung der Maxima **613** der Erhebungen **612** der Reliefstrukturen **61** von einer Grundfläche bestimmt ist, welche durch Minima **615** der Vertiefung **614** der Reliefstruktur **61** definiert ist, bezogen auf eine senkrecht auf dieser Grundfläche stehenden Richtung.

[0122] Aus der Beugungsgleichung ergibt sich folgender Zusammenhang, wobei m für Beugungsordnung ($m = 0, +1, +2, \dots$), θ_m für den Winkel der Diffraktion und θ_{inc} für den Winkel des einfallenden Lichts steht:

$$\frac{m\lambda}{P} = \sin\theta_m + \sin\theta_{inc}$$

[0123] Falls $P < \lambda$ (und m ungleich 0) ergibt sich bei senkrechtem Lichteinfall hieraus Folgendes:

$$|\sin\theta_m| = \left| \frac{m\lambda}{P} \right| > 1$$

[0124] Hieraus ergibt sich, dass bei einer Periode P , welche zwischen λ und $\lambda/2$ liegt in nahezu allen Betrachtungssituationen keine Beugung des Lichts mehr in höhere Beugungsordnungen stattfindet und bei $P < \lambda/2$ für keinen Winkel mehr eine Beugung in höhere Beugungsordnungen stattfindet, sodass „klassische“ Beugungserscheinungen nur noch von untergeordneter Bedeutung sind.

[0125] Die Reliefstruktur **61** wird nun so gewählt, dass die Periode P in dem Bereich zwischen 200 nm und 500 nm, insbesondere zwischen 220 nm und 400 nm und bevorzugt im Bereich zwischen 220 nm und 350 nm gewählt ist. Die Tiefe t der Reliefstruktur **61** wird vorzugsweise zwischen 80 nm und 500 nm, insbesondere zwischen 100 nm und 400 nm und besonders bevorzugt zwischen 150 nm und 300 nm gewählt.

[0126] Die Metallschicht **21** besteht vorzugsweise aus Aluminium, Kupfer, Gold, Silber, Chrom oder einer Legierung mit diesen Metallen.

[0127] Die Dicke der Metallschicht d wird vorzugsweise zwischen 10 nm und 100 nm, insbesondere zwischen 15 nm und 80 nm und besonders bevorzugt zwischen 20 nm und 50 nm gewählt.

[0128] Die Reliefstruktur **61** wird vorzugsweise von einem linearen Gitter, einem Kreuzgitter, einem hexagonalen Gitter, einem Kreisgitter oder noch komplexeren Gitterformen gebildet.

[0129] Der Farbeindruck bzw. Farbeffekt der Reliefstruktur **61** ist in direkter Reflexion sichtbar, d. h. im Spiegelreflex bzw. unter der Bedingung, dass $\alpha_{in} = \alpha_{ex}$ ist, α_{in} ist der Winkel des einfallenden Lichts **51** und α_{ex} der Winkel des direkten Lichts **52**, gegen die

Flächennormen der Grundfläche **616**, wie in **Fig. 2** gezeigt. Bevorzugt wird durch entsprechende Wahl der Relieftiefe t und der Profilform der Reliefstruktur **61** weiter auch ein klar erkennbarer Farbwechsel erzeugt, wenn der Einfallswinkel und Ausfallswinkel gleichzeitig von beispielsweise 10° auf 30° geändert wird. Derartige Farbwechsel sind auch für Laien einfach verifizierbar und insbesondere auch in diffusem Licht leicht erkennbar. Teilweise tritt ein Wechsel von einer Farbe (z.B. rot) zu einer anderen auf (z.B. grün), teilweise tritt ein Wechsel von einer intensiven Farbe insbesondere mit hoher Farbsättigung (z.B. dunkelgelb) zu einer schwachen Farbe insbesondere mit geringer Farbsättigung (z.B. hellgelb) auf und teilweise wechselt eine Farbe zu einem silbernen, insbesondere achromatischen, Farbeindruck.

[0130] Die Profilform der Reliefstruktur **61** ist vorzugsweise so gewählt, dass die Kanten in dem Reflexionsspektrum relativ stark sind, insbesondere eine Änderung der Reflexion von mehr als 10%, bevorzugt von mehr als 15% über einen Wellenlängenbereich von 50 nm aufweisen. Die mittlere Steigung mindestens einer Kante bzw. Flanke im Reflexionsspektrum ist folglich bevorzugt größer als 2% / 10 nm über einen Wellenlängenbereiche von mindestens 50 nm. Ferner weist das Reflexionsspektrum vorzugsweise einen ersten Bereich von mindestens 50 nm Breite mit einer Reflexion unter 15%, bevorzugt unter 10% auf und einen zweiten Bereich von mindestens 10 nm Breite und höchstens 200 nm Breite (Reflexionskante) mit einer Reflexion auf, die mindestens zweimal höher, bevorzugt 2,5 mal höher als im ersten Bereich ist. Weiter ist der zweite Bereich mindestens 20 nm breit, vorzugsweise höchstens 150 nm breit.

[0131] Überraschenderweise hat sich nun ergeben, dass die Profilform der Reliefstruktur **61** von entscheidender Bedeutung für die Erzielung von deutlich sichtbaren Farbeindrücken in direkter Reflexion ist. Dies wird nun im Folgenden anhand der Figuren **Fig. 4a bis Fig. 4d** näher erläutert:

Fig. 4a zeigt eine schematische 3D-Ansicht einer Reliefstruktur **61** in Form eines Kreuzgitters mit einer Periode P in einer x -Richtung und einer auf der x -Richtung senkrecht stehenden y -Richtung von beispielsweise jeweils 350 nm sowie einer Relieftiefe von beispielsweise 200 nm. Die in **Fig. 4a** gezeigte Reliefstruktur **61** weist so in x -Richtung und in y -Richtung eine Abfolge von Erhebungen **612** und Vertiefungen **614** auf. Der Abstand zwischen den Maxima **613** der Erhebungen **612** und den Minima **615** der Vertiefungen **614** definiert hierbei die Relieftiefe. Die Maxima **613** der Erhebungen **612** stellen hierbei jeweils den höchsten Punkt oder, wenn die Erhebungen an ihrem höchsten Punkt eine ebene Fläche aufweisen, die höchsten Punkte der Erhebungen **613** dar. Die Minima **615** der Vertiefungen stellen jeweils den tiefsten Punkt der Vertiefungen bzw. die tiefsten Punkte der Vertiefungen dar.

[0132] Tief und hoch ist hierbei auf eine Draufsicht-Betrachtung der Oberfläche der Metallschicht **21** bezogen, in die die Reliefstruktur **61** abgeformt ist, d.h. hier auf eine Betrachtung von der Oberseite des Sicherheitselements **2** bezogen. In diesem Sinne zeigt **Fig. 4a** eine Draufsicht auf die Oberseite der Metallschicht **21** des Sicherheitselements **2**.

[0133] Durch die Minima **615** der Vertiefungen wird weiter, wie in **Fig. 4a** gezeigt, eine Grundfläche **616** definiert, bei der es sich in dem in **Fig. 4a** gezeigten Fall um eine ebene Fläche handelt. Es ist jedoch auch möglich, dass die Grundfläche **616** nicht von einer ebenen Fläche gebildet wird, sondern beispielsweise von einer Grobstruktur oder einer Mattstruktur gebildet wird, wie später noch eingehend erläutert.

[0134] **Fig. 4b** zeigt eine schematische Draufsicht auf die Reliefstruktur **61** nach **Fig. 4a** mit den Erhebungen **612**, den Vertiefungen **614**, den Maxima **613** der Erhebungen **612** und den Minima **615** der Vertiefungen **614**. Weiter sind in **Fig. 4b** auf die Koordinatenachsen x und y eingezeichnet, welche die Richtungen beschreiben, in welche die Erhebungen **612** und Vertiefungen **614** aufeinander abfolgen.

[0135] **Fig. 4c** und **Fig. 4d** verdeutlichen nun einen Schnitt durch die Reliefstruktur **61** nach **Fig. 4a** und **Fig. 4b** entlang der in **Fig. 4b** verdeutlichten Schnittlinie S-S'.

[0136] In **Fig. 4c** und **Fig. 4d** ist jeweils ein Ausschnitt aus der Reliefstruktur **61** nach **Fig. 4a** und **Fig. 4b** mit mehreren Erhebungen **612** und Vertiefungen **614** gezeigt, in einer senkrecht auf der Grundfläche **616** stehenden und entlang der Linie S-S' verlaufenden Schnittebene. Wie in **Fig. 4c** und **Fig. 4d** gezeigt, weisen die Erhebungen **612** Maxima **613** und die Vertiefungen **614** Minima **615** auf. Weiter ist in **Fig. 4c** noch die Breite **618** der Erhebungen **612** bezogen auf einen Abstand $t/2$ von der Grundfläche **616** und in **Fig. 4d** die Breite **618** der Vertiefungen **614** ebenfalls bezogen auf einen Abstand $t/2$ eingezeichnet. Beides entspricht der Halbwertsbreite bzw. dem „full width half maximum“ (FWHM).

[0137] Überraschenderweise hat sich nun gezeigt, dass Profilformen, welche im Bezug auf eine Spiegelung an der Grundfläche **616** asymmetrisch sind, und so insbesondere, wie bereits oben erläutert, mit ihrer an der Grundfläche gespiegelten Profilform sich um mehr als nur einen Phasenversatz unterscheiden, für das menschliche Auge deutlich stärkere sowie ästhetische Farbeindrücke erzeugen, als symmetrische Profilformen. Symmetrische Profilformen in diesem Sinne zeichnen sich durch eine Spiegelsymmetrie in der Grundfläche **616**, d. h. bei dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 4a** bis **Fig. 4d** durch eine Spiegelsymmetrie in der x/y -Ebene aus. Die Profilform bleibt bei solchen Reliefstruktur bei einer solchen Spiegelung

gleich, die Reliefstruktur wird lediglich um eine halbe Periode verschoben (siehe Profil A in **Fig. 4c** und **Fig. 4d**). Die optischen Effekte bei Betrachtung von beiden Seiten (unter gleichen Winkel- und Beleuchtungsbedingungen) sind somit bei diesen symmetrischen Profilformen gleich, wenn die Metallschicht **21** auf beiden Seiten in ein Material mit gleichem Brechungsindex eingebettet ist. Asymmetrische Profilformen in diesem Sinne weisen diese Spiegelsymmetrie in der Grundfläche **616** bzw. x/y -Ebene nicht auf. Die Profilform unterscheidet sich deutlich bei Betrachtung von beiden Seiten (siehe z.B. Profil E in **Fig. 4c** und **Fig. 4d**). Beispielsweise besteht eine derartige Reliefstruktur von der einen Seite betrachtet aus einer Anordnung schmaler Spitzen mit breiten Tälern und von der anderen Seite betrachtet aus breiten Hügeln mit schmalen tiefen Tälern. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die so gebildeten „Plateaus“ bezüglich der Erzeugung von Plasmonen ähnlich wirken wie Löcher in einer Metallschicht, wodurch wohl die Vorteile gegenüber symmetrischen Profilformen erzielt werden. Zur Bestimmung der Symmetrie einer Reliefstruktur wird somit die Reliefstruktur an der Grundfläche **616** bzw. an der x/y -Ebene gespiegelt und dann überprüft, ob die Profilform noch identisch ist, d. h. der ungespiegelten Profilform entspricht und die Reliefstruktur somit bis auf eine Verschiebung um eine halbe Periode identisch bleibt. Experimente und Theorie (Berechnungen auf Basis sogenannter rigoroser Diffraktion) haben gezeigt, dass das optische Verhalten derart unsymmetrischer Gitter verschieden ist, wenn man das Gitter von beiden Seiten betrachtet.

[0138] Weiter ist vorteilhaft, wenn die Breite der Erhebungen **612** oder Vertiefungen **614** der Reliefstruktur, bezogen auf einen Abstand von $t/2$ von der Grundfläche mindestens $0,6 \times P$, vorzugsweise mindestens $0,7 \times P$ oder höchstens $0,4 \times P$, insbesondere höchstens $0,3 \times P$ beträgt. Dies ist in den Figuren **Fig. 4c** und **Fig. 4d** bezüglich Reliefstrukturen **61** mit mehreren Profilformen A bis E erläutert.

[0139] **Fig. 4c** verdeutlicht nun die Breite **618** der Erhebungen **612** bezogen auf einen Abstand $t/2$ von der Grundfläche **616**. Wie dort gezeigt wird hier die Breite **618** der Erhebungen **612** in Richtung der Abfolge der Erhebungen **612** und Vertiefungen **614** ermittelt, in einem Abstand $t/2$ von der Grundfläche **616**. Die Profilform A weist eine Breite **618** von $0,5P$, die Profilform B von $0,63 \times P$, die Profilform D von $0,69 \times P$ und die Profilform E von $0,75 \times P$ auf. Die Profilform A stellt eine bezüglich einer Spiegelung an der Grundfläche **616** bzw. x/y -Ebene spiegelsymmetrische Profilform dar, welche, wie oben dargelegt, hier nicht bevorzugt zu wählen ist. Die Profilformen B bis E stellen in obigem Sinne asymmetrische Profilformen dar, welche bevorzugt gewählt werden.

[0140] Fig. 4d zeigt eine entsprechende Ausbildung von Reliefstrukturen **61** mit Profilformen A bis E, wobei hier die Profilform A bis E durch eine entsprechende Breite **618** der Vertiefungen **614** bezogen auf einen Abstand von $t/2$ von der Grundfläche **616** bestimmt sind.

[0141] Es hat sich nun gezeigt, dass die Breite **618** vorzugsweise $\geq 0,6 \times P$ bzw. $\leq 0,4 \times P$ zu wählen ist, insbesondere $\geq 0,7 \times P$ bzw. $\leq 0,3 \times P$ zu wählen ist, um für das menschliche Auge besonders ästhetisch klare Farbeindrücke und/oder Farbeffekte zu generieren. Weiter ist die Breite **618** bevorzugt in dem Bereich von $0,9 \times P$ bis $0,6 \times P$ bzw. $0,1 \times P$ bis $0,4 \times P$, weiter bevorzugt von $0,85 \times P$ bis $0,7 \times P$, bzw. $0,15 \times P$ bis $0,3 \times P$ zu wählen.

[0142] Weiter hat sich auch überraschend gezeigt, dass auch in Transmission ein klar erkennbarer Farbeindruck und/oder Farbeffekt mittels Abformung der Reliefstruktur **61** in eine Metallschicht erzielbar ist. Dies wird im Folgenden anhand von Fig. 3 verdeutlicht.

[0143] Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt des Sicherheitselements **2** im Bereich **32**. Das Sicherheitselement **2** ist wie das Sicherheitselement **2** nach Fig. 2 aufgebaut und weist so die Metallschicht **21** und die in die obere Oberfläche und/oder untere Oberfläche der Metallschicht **21** abgeformte Reliefstruktur **61** auf, welche, wie oben bereits anhand der Figuren Fig. 2 und Fig. 4a bis Fig. 4d erläutert – aus einer Abfolge von Erhebungen **612** und Vertiefungen **614** besteht.

[0144] Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist hierbei die Metallschicht **21** so gewählt, dass die Metallschicht eine optische Dicke OD im Bereich von 0,5 bis 2,5, insbesondere von 0,7 bis 2,3 und besonders bevorzugt von 1,0 bis 2,0 aufweist.

[0145] Die Einheit optischer Dicke (OD) wird hierbei bezogen auf eine unstrukturierte und damit glatte Fläche (entspricht einer Spiegelfläche) ermittelt. Zwischen der optischen Dicke OD und der Transmission T besteht hierbei folgender Zusammenhang:

$$T = 10^{-(OD)}$$

[0146] Es besteht damit ein algorithmischer Zusammenhang zwischen optischer Dicke und Transmission T. Eine optische Dicke von 1,0 entspricht einer Transmission von 10% und eine optische Dicke von 2,0 einer Transmission von 1%.

[0147] Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass der Farbeindruck bzw. der Farbeffekt der Reliefstruktur **61** in direkter Transmission sichtbar ist, d. h. unter der Bedingung, dass $\alpha_{in} = \alpha_{ex}$ ist bzw. das einfallende und ausfallende Licht, auf einer Linie liegt (unter Vernachlässigung der Lichtbrechung im Inneren des Si-

cherheitselements **2**) sichtbar ist, wobei α_{in} der Winkel des einfallenden Lichts **51** und α_{ex} der Winkel des transmittierten Lichts **53** gegen die Flächennormale der Grundfläche **616** ist.

[0148] Bevorzugt wird auch hier die Relieftiefe t und die Profilform so gewählt, dass ein klar erkennbarer Farbwechsel erkennbar ist, wenn der Ein- und Ausfallswinkel gleichzeitig geändert wird, beispielsweise von 0° auf 20° geändert wird. Derartige Farbwechsel sind auch für einen Laien einfach verifizierbar.

[0149] Überraschend ist, dass ein derartiger Effekt in Transmission bei einer Metallschicht auftritt und des Weiteren auch deutlich mehr Licht in einem Spektralbereich des einfallenden Lichts durch Bereiche der Metallschicht **21**, welche mit der Reliefstruktur **61** belegt sind, hindurch transmittiert wird, als durch einen Bereich mit Spiegelflächen oder auch mit „normalen“ holographischen Gittern. Dieser Unterschied in der Transmission ergibt sich, obwohl die Massedichte an Metallen in allen Bereichen gleich ist. Die Reliefstruktur **61** bewirkt so, dass ein Spektralbereich des sichtbaren Lichts bevorzugt, d. h. mit höherer Intensität, durch die Metallschicht **21** hindurch transmittiert wird, wodurch das transmittierte Licht farbig erscheint. Das Transmissionsspektrum ist hierbei unter anderem abhängig von der Periode P und der Relieftiefe t, der Profilform, sowie vom Beleuchtungs- und Betrachtungswinkel. Das Transmissionsspektrum und damit auch der Farbeindruck kann sich sowohl beim Verkippen (d.h. bei Drehung um eine in der von dem Mehrschichtkörper aufgespannten Ebene liegenden Achse) als auch beim Verdrehen des Sicherheitselements **2** ändern, wodurch sich die bereits oben beschriebenen einfach verifizierbaren Effekte ergeben.

[0150] Der Grund für die selektiv erhöhte Transmission im Bereich **32** der Reliefstrukturen **61** liegt wohl in der Anregung von Plasmonen durch das einfallende Licht. In der unmittelbaren Nähe der Metallschicht entsteht hierdurch ein elektrisches Feld mit erhöhter Feldstärke. Die Plasmonen an der „oberen Grenzfläche“ der Metallschicht **21** regen Plasmonen an der „unteren Grenzfläche“ an und erhöhen durch diese Kopplung die Transmission des transmittierten Lichts. Durch entsprechende Wahl der Schichtdicke der Metallschicht wird bewirkt, dass sich eine derartige Kopplung ergibt und so Licht durch die Metallschicht **21** „geschleust“ werden kann.

[0151] Sowohl in Transmission als auch in Reflexion hat sich hierbei gezeigt, dass durch die Veränderung der Parameter der Reliefstruktur **61** folgende Effekte erzielt werden können:

Es hat sich herausgestellt, dass die in direkter Reflexion bzw. Transmission generierten Farben und Farbeffekte stark von der Periode P der Reliefstruktur **61** abhängen. Mit zunehmender Periode P verschiebt sich in den Reflexion- bzw. Transmissionsspektren

der Reflexionspeak bzw. die Reflexionskante bzw. der Transmissionspeak und die Transmissionskante zu größeren Wellenlängen.

[0152] Die Figuren **Fig. 5a** und **Fig. 5b** zeigen Simulationsdaten made with rigorous diffraction calculations, für die reflektierte (R^0) bzw. transmittierte (T^0) Intensität als Funktion der Wellenlänge λ und der Periode P . Die Simulationsdaten sind gemittelt über die TE- und TM-Polarisation und entsprechen somit dem Fall unpolarisierter Beleuchtung und Betrachtung. Die (relativ langsam steigende) Hochpasskante der Reflexion korreliert mit Peaks in der Transmission. Hohe Intensität ist in den Figuren **Fig. 5a** und **Fig. 5b** hell, niedrige Intensität dunkel dargestellt. Die Helligkeitsskala ist für Reflexion von 0 bis 70% und für Transmission von 0 bis 10% dargestellt.

[0153] **Fig. 5c** zeigt nun ein entsprechendes Diagramm für drei simulierte Reflexionsspektren für die Perioden $P = 250$ nm, $P = 300$ nm und $P = 350$ nm. Wie sich in den drei in den **Fig. 5c** zusammengefassten Reflexionsspektren ergibt, wandert die Reflexionskante bei den drei dargestellten Perioden über den sichtbaren Spektralbereich und verschiebt sich um etwa 80 nm von der Periode 250 nm zu Periode 350 nm. Es verändert sich allerdings auch die Form der Spektren mit zunehmender Periode.

[0154] Die Periode P kann so zum Einstellen eines bestimmten Farbeindrucks benutzt werden.

[0155] In den **Fig. 5d** bis **Fig. 5f** wird der Einfluss der Wahl der Parameter der Reliefstruktur **61** auf die sich zeigenden optischen Effekte in Reflexion anhand mehrerer Beispiele weiter verdeutlicht. **Fig. 5g** zeigt den optischen Effekt in Transmission. Die Daten in **Fig. 5d** bis **Fig. 5g** sowie **Fig. 6c** sind gemessene Reflexionsspektren von Folienmustern. Das verwendete Spektrometer AvaSpec-2048 ist von der Firma Avantes. Die Beleuchtung erfolgte mit der Weißlichtquelle LS-1 mit einer Farbtemperatur von 3100°K von Ocean Optics über optische Fasern und einen Messkopf, welcher für verschiedene Einfallswinkel und Ausfallswinkel (u.a. $\alpha = 8^\circ$ und $\alpha = 30^\circ$) verwendet werden kann. Die Dunkelreferenz wurde gegen eine matt schwarze Oberfläche gemessen. Die Hellreferenz (definiert 100%) für Reflexion wurde gegen einen Aluminiumspiegel gemessen. Für Transmission wurde als Hellreferenz das direkt aus der Beleuchtungsfaser in die Messfaser einfallende Licht verwendet.

[0156] Als Reliefstruktur **61** ist hier ein asymmetrisches Kreuzgitter einer Periode P von 300 nm, einer Gittertiefe von 150 nm und einer Breite **618** der Vertiefungen **614** von $0,7 \times P$ gewählt, siehe hierzu auch die Ausführungen in den **Fig. 4a** bis **Fig. 4d**. Als Metallschicht **21** wird eine Schicht aus Aluminium einer Dicke $d = 24$ nm verwendet.

[0157] Die Beleuchtung und Messung der Reflexionsspektren erfolgt in der x/z -Ebene, d.h. bei einem azimuthal Winkel $\Phi = 45^\circ$. Bzgl. der Achsendefinition wird auf die Figuren **Fig. 4a** bis **Fig. 4d** verwiesen. Die durchgezogene Linie zeigt das gemessene Reflexionsspektrum in direkter Reflexion bei einem Winkel $\alpha = 8^\circ$, die gestrichelte Linie bei $\alpha = 30^\circ$.

[0158] Wie aus **Fig. 5d** erkennbar, wird bei $\alpha = 8^\circ$ das Licht bei einer Wellenlänge von ca. 530 nm mit zunehmender Wellenlänge immer stärker reflektiert, während die Reflexion unterhalb von 530 nm weitgehend unterhalb von 10% liegt. Dies resultiert in einem guten, auch unter üblichen Betrachtungsbedingungen rötlichen Farbeindruck. Das bei einem Einfallswinkel von 30° gemessene Reflexionsspektrum (gestrichelte Linie) zeigt hingegen einen Reflexionspeak bei einer Wellenlänge von ca. 535 nm sowie eine Reflexionskante oberhalb von 600 nm. Dieses Spektrum resultiert in einem metallisch-grünen Farbeindruck.

[0159] Weiter zeigt ein Sicherheitselement mit einer derartigen Reliefstruktur **61** auch einen Farbeffekt bei Drehung in der x/y -Ebene, d.h. bei einer Änderung des Azimutwinkels Φ . Dies ist in **Fig. 5e** gezeigt. **Fig. 5e** zeigt die gemessenen Reflexionsspektren bei einem Beleuchtungs- und Betrachtungswinkel α von 30° , wobei die gestrichelte Linie das Spektrum an einem Gitter orientiert mit dem Azimutwinkel $\Phi = 45^\circ$, d.h. gemäß der x/z -Ebene und die durchgezogene Linie das Spektrum nach Drehung um 45° , d.h. bei $\Phi = 0^\circ$ zeigt.

[0160] Wie in **Fig. 5e** gezeigt, ist ein klarer Shift des Reflexionspeak von 535 nm auf ca. 600 nm zu erkennen. Auch die Reflexionskante verschiebt sich zu größeren Wellenlängen. Der Farbeindruck verändert sich von metallisch-grün zu gelblich.

[0161] Da die wie oben dargelegt gewählte Reliefstruktur **61** asymmetrisch ist, unterscheiden sich in Folge auch die Farbeindrücke, welche sich bei Betrachtung von der Oberseite **201** und von der Unterseite **202** ergeben. Dies ist in **Fig. 5f** gezeigt.

[0162] **Fig. 5f** zeigt zwei gemessenen Spektren bei einem Beleuchtungs- und Betrachtungswinkel $\alpha = 8^\circ$ sowie bei einer Blickrichtung in der x/z -Ebene ($\Phi = 45^\circ$). Die durchgezogene Linie stellt das Spektrum bei Aufrichtbetrachtung von der Vorderseite (entspricht der Betrachtungssituation nach **Fig. 5d**) und die gestrichelte Linie das Spektrum bei Betrachtung von der Rückseite dar. Die gestrichelte Linie weist einen klaren Reflexionspeak bei ca. 490 nm auf. Ferner ist die Reflexionskante um etwa 25 nm zu höheren Wellenlängen verschoben sowie etwas weniger steil ausgeprägt. Der Farbeindruck bei Betrachtung von der Rückseite ist aufgrund des Reflexionspeaks

ein weniger starker roter Farbeindruck (sprich ein helles Rot) als bei Betrachtung von der Vorderseite.

[0163] Fig. 5g zeigt drei gemessene Spektren in Transmission. Die Beleuchtung und Messung der Transmissionsspektren erfolgt bei einem azimuthal Winkel $\Phi = 0^\circ$. Bzgl. der Achsdefinition wird auf die Figuren Fig. 4a bis Fig. 4d verwiesen. Die durchgezogene Linie zeigt das gemessene Transmissionspektrum in direkter Transmission bei einem Winkel $\alpha = 0^\circ$, die gestrichelte Linie bei $\alpha = 25^\circ$ und die gepunktete Linie bei $\alpha = 45^\circ$. Es ist ein klarer Transmissionpeak-Shift von 512 nm über 587 nm zu 662 nm zu erkennen. Der Farbeindruck, welchen diese Transmissionspeaks erzeugen, wird noch durch die anderen spektralen Merkmale, z.B. die Peaks bzw. Plateaus zwischen 450 nm und 500 nm, verändert. Insgesamt resultieren diese Transmissionsspektren in einen Farbschift von grünlich ($\alpha = 0^\circ$) über grülich ($\alpha = 25^\circ$) zu rötlich ($\alpha = 45^\circ$).

[0164] Fig. 6a zeigt eine weitere Ausbildung des Sicherheitselements **2**, bei dem in unmittelbarer Nähe zur Metallschicht **21** Farbstoffe und/oder Lumineszenzstoffe angeordnet sind.

[0165] Fig. 6a zeigt das Sicherheitselement **2** mit der Metallschicht **21**. In dem Bereich **31** ist die Reliefstruktur **61** in die Metallschicht **21** abgeformt und in dem Bereich **41** ist eine zweite Reliefstruktur **62** oder (nicht gezeigt) eine Spiegelfläche abgeformt. Bzgl. der Ausgestaltung der Metallschicht **21** sowie der Reliefstruktur **61** und des Schichtaufbaus des Sicherheitselements **2** wird auf vorgehende Ausführungen nach Fig. 1 bis Fig. 5f verwiesen. Das Sicherheitselement **2** nach Fig. 6a weist weiterhin noch eine Schicht **22** auf, welche die ein oder mehrere Farbstoffe und/oder Lumineszenzstoffe enthält.

[0166] Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass der Farbeindruck und/oder Farbeffekt, der durch die Reliefstruktur **61** wie vorgehend beschrieben generiert wird, noch deutlich verstärkt und auch spektral verändert werden kann, wenn sich in unmittelbarer Nähe zu der Metallschicht **21** ein Farbstoff und/oder Lumineszenzstoff befindet. Unmittelbare Nähe bedeutet hier näher als 2 μm , insbesondere näher als 1 μm , weiter bevorzugt näher als 500 nm, und weiter bevorzugt näher als 300 nm. Der Farbstoff und/oder Lumineszenzstoff ist hierbei vorzugsweise in einer dielektrischen Schicht des Sicherheitselements **2** vorgesehen, welche direkt an die Metallschicht **21** angrenzt, wie dies in Fig. 6a beispielhaft anhand der Schicht **22** gezeigt ist. Bei der dielektrischen Schicht **22** kann es sich hierbei um eine auf die Metallschicht **21** aufgebrachte, insbesondere musterförmig ausgebildete Schicht handeln. Es ist jedoch auch möglich, dass der Farbstoff bzw. Lumineszenzstoff in einer Schicht enthalten ist, welche vor Aufbringung der Metallschicht **21** in das Sicherheitselement **2** einge-

bracht wird. So kann es sich bei der Schicht **22** beispielsweise um eine Replizierlackschicht oder eine auf eine Replizierlackschicht aufgebrachte Schicht handeln. Es ist auch möglich, dass die Replizierlackschicht aus einem Stapel von zwei oder mehr Schichten besteht, von der nur die oberste Schicht, welche die Grenzfläche zu der Metallschicht **21** bildet, mit dem Farbstoff und/oder Lumineszenzstoff versehen ist. Dies hat den Vorteil, dass die Schicht **22** sehr dünn gewählt werden kann und trotzdem die Gesamtdicke der Replizierlackschicht in einem üblichen Dickenbereich liegt, wie er sich in der Produktion bewährt hat. Alternativ kann die Schicht **22** auch aus dem Vakuum aufgebracht werden, z.B. aufgedampft oder mittels PECVD abgeschieden werden.

[0167] Als Farbstoffe und/oder Lumineszenzstoffe werden bevorzugt gelöste Farbstoffe und/oder Lumineszenzstoffe eingesetzt. Insbesondere hat sich der Einsatz von Metallkomplexfarbstoffen bewährt. Alternativ kommen auch Nanopartikel wie z.B. Quantum dot (Q-dot) in Frage. Weiter hat sich der Einsatz folgender Lumineszenzstoffe bewährt: Cumarine, Rhodamine und Cyanine.

[0168] Bevorzugt ist die Schicht **22**, der die ein oder mehreren Farbstoffe bzw. Lumineszenzstoffe zugesetzt werden, sehr lichtdurchlässig ausgebildet. Sie weist bevorzugt eine Transmission von mindestens 70%, insbesondere von 90% in dem Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm auf. Für viele Anwendungen ist es wichtig, dass die Transparenz der gefärbten Schicht **22** so hoch ist, dass in Bereichen mit der Struktur **62** kein Effekt des Farbstoffes erkennbar ist.

[0169] Es ist hier insbesondere vorteilhaft, wenn der Farbstoff bzw. Lumineszenzstoff zu einem Großteil in unmittelbarer Nähe zu der Oberfläche der Metallschicht **21** angeordnet ist, in der die Reliefstruktur **61** abgeformt ist. Dies ist in Fig. 6a gezeigt. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass bei einer Anordnung von Lumineszenzstoffen und Farbstoffen in unmittelbarer Nähe zu der Oberfläche der Metallschicht **21**, in welcher die Reliefstruktur **61** abgeformt ist, die Absorption des Farbstoffes bzw. die Lumineszenz des Lumineszenzstoffes deutlich erhöht wird. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass durch die von der Reliefstruktur **61** generierten Plasmonen eine erhöhte Feldstärke im Nahfeld, d.h. bis zu einer Entfernung von ca. einer Wellenlänge des anregenden Lichts, erzeugt wird. Das elektrische Feld (E-Feld), fällt, wie in Fig. 6a verdeutlicht, exponentiell mit dem Abstand von der Oberfläche, d.h. in z-Richtung ab. Dies führt wohl zu der deutlichen Erhöhung der Absorption/Lumineszenz der Farbstoffe bzw. Lumineszenzstoffe, wenn diese in unmittelbarer Nähe, wie oben dargelegt, zu der Oberfläche der Metallschicht **21** angeordnet sind, in der die Reliefstruktur **61** abgeformt ist. Ist so die Schicht **22**, wie in Fig. 6a verdeutlicht, entsprechend dünn ausgestaltet

oder die Konzentrationsverteilung des Farbstoffes in der Schicht **22** so gewählt, dass diese zu einem Großteil in unmittelbarer Nähe zu der Metallschicht angeordnet sind, tragen die Farbstoffe bzw. Lumineszenzstoffe der Schicht **22** zum Großteil zu der vorgenannten Effektverstärkung bei, wodurch sie die nachfolgend erläuterten Effekte besonders einprägsam verwirklichen lassen. **Fig. 6b** zeigt das Sicherheitselement nach **Fig. 6a** mit dem Unterschied, dass hier die Schicht **22** relativ dick gewählt ist. Selbst wenn die Gesamtmenge an Farbstoffen in der Schicht **22** in dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 6a** und **Fig. 6b** gleich gewählt ist, so ist in dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 6b** deutlich weniger Farbstoff bzw. Lumineszenzstoff im Abstand mit erhöhtem E-Feld angeordnet und die verstärkte Absorption bzw. Lumineszenz tritt nur in geringem Maße auf, da der Farbstoff, welcher mehr als eine Wellenlänge von der Oberfläche der Metallschicht **21** entfernt ist, hauptsächlich als „normaler“ Farbfilter wirkt. Entsprechend unterschiedlich wird in den Ausführungsbeispielen nach **Fig. 6a** und **Fig. 6b** das reflektierende Licht **54** bzw. **55** von dem Farbstoff bzw. Lumineszenzstoff beeinflusst.

[0170] Die Schichtdicke der Schicht **22** ist vorzugsweise im Bereich von 20 nm bis 2 μ m, insbesondere 50 nm bis 1 μ m und besonders bevorzugt im Bereich von 100 nm bis 500 nm zu wählen.

[0171] Durch die Nutzung des oben beschriebenen Effekts lassen sich zahlreiche einprägsame und überraschende optische Effekte erzielen.

[0172] Wird ein Farbstoff, welcher einen ähnlichen Farbeindruck wie die Reliefstruktur **61** aufweist, verwendet, lässt sich folgender Effekt erzielen: Wird beispielsweise ein roter Farbstoff auf die Metallschicht **21** in einem Bereich mit einer Reliefstruktur **61** aufgebracht, welche (ohne Farbstoff) bei nahezu senkrechter Betrachtung einen roten Farbeindruck aufweist und bei gekippter Betrachtung (etwa bei 30°) einen grünen Farbeindruck aufweist, so wird der rote Farbeindruck deutlich verstärkt. Ist die Konzentration des roten Farbstoffes in der Schicht **22** gering genug, so bleibt der grüne Farbeindruck nahezu unverändert. Insgesamt resultiert hieraus ein starker sichtbarer Farbkippeffekt von rot nach grün. Es hat sich gezeigt, dass hierfür die Konzentration des roten Farbstoffes so gering sein kann, dass ein metallischer Spiegel, welcher ebenfalls mit der Farbschicht überzogen ist, nahezu unverändert, d.h. ohne zusätzlichen Farbeffekt oder Farbschattierung aussieht. Dies hat den Vorteil, dass die Farbschicht vollflächig aufgebracht werden kann und nicht partiell und registergenau zu den Bereichen mit der Reliefstruktur **61** aufgebracht werden muss.

[0173] Unter Registergenauigkeit oder Passergenauigkeit ist die Lagegenauigkeit zweier Flächenbe-

reiche und/oder Schichten relativ zueinander zu verstehen. Diese Lagegenauigkeit wird beispielsweise über sogenannte Registermarken oder Passermarken oder andere technische Hilfsmittel, z.B. optische Sensoren, eingestellt.

[0174] Wird die Konzentration höher gewählt, so wird der rote Farbeindruck der Reliefstruktur **61** noch massiv verstärkt. Bei gekippter Betrachtung kann dann allerdings auch der rote Farbeindruck vorliegen. Dies entspricht einer stabilen roten Farbe, welche nur im Bereich der Reliefstruktur **61** sichtbar ist, also registergenau zu dem Bereich der Reliefstruktur **61**. Es kann so beispielsweise die Schicht **22** vollflächig sowohl in dem Bereich **31** als auch in dem Bereich **41** aufgebracht werden. Da in dem Bereich **41** der oben beschriebene Verstärkungseffekt nicht eintritt, ist bei entsprechend geringer Wahl der Konzentration des Farbstoffes und/oder Lumineszenzstoffes in der Schicht **22** der rote Farbeindruck so in dem Bereich **41** für den menschlichen Betrachter nicht oder kaum sichtbar, jedoch in dem Bereich **31** aufgrund des oben beschriebenen Verstärkungseffekts sichtbar. Hierdurch kann so beispielsweise ein roter Farbeindruck mit einer weit höheren Passergenauigkeit strukturiert werden, als mittels eines Druckverfahren möglich ist und absolut registergenau zu optisch variablen Effekten angeordnet werden, welche beispielsweise von zweiten oder ersten Reliefstrukturen erzeugt werden.

[0175] Wird beispielsweise ein Farbstoff verwendet, welcher einen anderen Farbeindruck als die Reliefstruktur **61** aufweist, wird der Farbeindruck des Sicherheitselements **2** nicht nur verstärkt, sondern auch verändert. Wird beispielsweise ein blauer Farbstoff auf eine rot erscheinende Reliefstruktur aufgebracht, so kann ein stark violetter Farbeindruck erzeugt werden.

[0176] Weiter ist es auch möglich, dass die Farbe des Farbstoffes so gewählt wird, dass sie mit der Farbe der Reliefstruktur **61** übereinstimmt, welche unter einem größeren Reflexionswinkel (beispielsweise $\alpha_{in} = \alpha_{ex} = 30^\circ$) generiert wird. Hierdurch kann Folgendes bewirkt werden: Wird beispielsweise von der Reliefstruktur **61** ein Farbwechsel bewirkt, bei dem die beiden Farben eine stark unterschiedliche Reflektivität aufweisen (wobei beispielsweise die Farbe unter $\alpha_{in} = \alpha_{ex} = 0^\circ$ eine deutlich stärkere Reflexion als die unter $\alpha_{in} = \alpha_{ex} = 30^\circ$ auftretende Farbe aufweist), kann die Farbe des Farbstoffes so gewählt werden, dass sie mit der schwächeren der beiden Farben übereinstimmt. Hierdurch kann die Sichtbarkeit des schwächeren Farbeindrucks verbessert werden. Weiter ist es möglich, die Schicht **21** musterförmig, beispielsweise in Form eines Logos, eines Textes oder eines Bildes aufzubringen, und die Farbe des Farbstoffes so zu wählen, dass diese mit der Farbe übereinstimmt, die erscheint, wenn das Sicherheitselement **2**

gedreht wird. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass beispielsweise das Logo oder das Bild plötzlich mit hoher Lichtstärke erscheint, wenn das Sicherheitselement **2** gedreht wird.

[0177] Der Einfluss der Schicht **22** auf den Farbeindruck des Sicherheitselements **2** ist weiter in **Fig. 6c** verdeutlicht. **Fig. 6c** zeigt nun den Farbeindruck des Sicherheitselements **2** in Reflexion ohne Farbstoff (durchgezogene Linie) und mit Farbstoff (gestrichelte Linie) bei einer Ausgestaltung der Reliefstruktur **61** gemäß **Fig. 5a** bis **Fig. 5f**. Beleuchtungswinkel und Betrachtungswinkel ist 8° . Hierbei wurde auf die Metallschicht **21** aus Aluminium eine eingefärbte Polymerschicht von 150 nm Dicke aufgebracht. Die Polymerschicht weist einen roten Farbstoff, nämlich Acrotest Prüftinte 42 mN auf, welche in einer Matrix aus Polyacrylsäure eingebettet ist und so stark verdünnt ist, dass ein unstrukturierter Bereich der Metallschicht, d.h. ein Spiegelbereich, für den menschlichen Betrachter nahezu unverändert erscheint. Weiter ist die Transmission der Polymerschicht so gewählt, dass mindestens 90% des einfallenden sichtbaren Lichtes im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm durch die Polymerschicht hindurch tritt. Trotzdem unterscheiden sich die beiden gemessenen Reflexionsspektren mit und ohne Farbstoffe markant, wie in **Fig. 6c** gezeigt. Die Wechselwirkung des Farbstoffes mit der Metallschicht mit abgeformter Reliefstruktur **61** führt, wie in **Fig. 6c** gezeigt, einerseits zu einer Verschiebung der Hochpasskante um ca. 60 nm zu höheren Wellenlängen. Gleichzeitig erhöht sich die reflektierte Intensität oberhalb einer Wellenlänge von 600 nm. Insgesamt entsteht ein breiteres Reflexionsminimum und eine stärker ausgeprägte Reflexionskante, was in einem kräftigeren Rot-Ton resultiert. Bei $\alpha = 30^\circ$ (nicht gezeigt) verschiebt sich die Reflexionskante durch den Farbstoff ebenfalls zu größeren Wellenlängen. Gleichzeitig reduziert sich die Intensität des Reflexionspeak bei ca. 535nm.

[0178] Durch den Einsatz von ein oder mehreren Schichten **22**, welche ein oder mehrere Farbstoffe und/oder Lumineszenzstoffe enthalten, lassen sich so beispielsweise die anhand der Figuren **Fig. 7a** und **Fig. 7b** erläuterten Effekte verwirklichen:

Fig. 7a und **Fig. 7b** zeigen jeweils einen Ausschnitt des Sicherheitselements **2**, welcher mehrere Bereiche **31** und einen diese umschließenden Hintergrundbereich **41** aufweist. In den Bereichen **31** ist – wie oben dargelegt – die Reliefstruktur **61** in die Metallschicht **21** abgeformt und in dem Bereich **41** ist eine hiervon unterschiedliche Reliefstruktur **62**, beispielsweise eine holographische Struktur, oder eine Spiegelfläche abgeformt. Die Reliefstruktur **61** kann in den Bereichen **31** identisch sein oder sich unterscheiden, z.B. in der Periode *P* unterscheiden.

[0179] Wie in **Fig. 7b** gezeigt, wird weiter in Bereichen **81** eine erste Schicht **22** und in einem Bereich

82 eine zweite Schicht **22** benachbart zu der Metallschicht **21** angeordnet, beispielsweise auf die Metallschicht **21** aufgedruckt. Die in den Bereichen **81** vorgesehene Schicht **22** weist hierbei einen ersten Farbstoff und die in dem Bereich **82** vorgesehene Schicht **22** einen zweiten Farbstoff auf, wobei der erste Farbstoff und der zweite Farbstoff unterschiedliche Farbstoffe sind, welche unterschiedliche Farben besitzen. Durch die Wechselwirkung zwischen der Reliefstruktur **61** in den Bereichen **31** und den Farbstoffen der in den Bereichen **81** und **82** angeordneten Schichten **22** ergeben sich zwei unterschiedliche Farbeindrücke, die aber genau auf den Bereich der Reliefstruktur **61**, d. h. auf die Bereiche **31** beschränkt sind. Dieses Auftreten der starken Farbeindrücke ist in **Fig. 7b** auf die schwarz gekennzeichneten Flächen beschränkt. Die anderen Bereiche des Sicherheitselements **2**, beispielsweise der Bereiche **41** ist mit Reliefstrukturen belegt, welche nicht mit den Farbstoffen der Schichten **22** regieren, sodass in diesen Bereichen die Farbeffektschichten **22** nicht oder kaum sichtbar sind. Hierzu ist die Konzentration der Farbstoffe mit Schichten **22** wie oben dargelegt bevorzugt so zu wählen, dass Bereiche, welche mit diesen Schichten bedruckt werden und keine wie die Reliefstruktur **61** ausgebildete Reliefstrukturen aufweisen, nahezu unverändert sind, d. h. nicht gefärbt aussehen.

[0180] Weiter treten die oben beschriebenen Wechselwirkungen zwischen Farbstoffen bzw. Lumineszenzstoffen und der Reliefstrukturen **61** auch in Transmission auf, sodass die obigen Ausführungsbeispiele nach den **Fig. 6a** bis **Fig. 7b** auch entsprechend auf eine Ausgestaltung des Sicherheitselements nach **Fig. 3** übertragbar sind.

[0181] Die Parameter der Reliefstruktur **61**, d. h. insbesondere die Periode *P*, der Azimutwinkel, die Relieftiefe *t*, die Grundfläche und die Profilform können im gesamten Gebiet eines Bereichs **31** bzw. **32** konstant gewählt sein. So ist es beispielsweise möglich, dass in einem rechteckförmigen Bereich ein in Form eines Buchstabens „A“ ausgeformter Bereich **31** mit einer Reliefstruktur **61** belegt ist, welcher bei senkrechter Betrachtung rot und bei schräger Betrachtung grün erscheint. Weiter ist ein in Form eines Buchstabens „B“ ausgeformter Bereich **32** vorgesehen, welcher mit einer unterschiedlichen Reliefstruktur **61** belegt ist, welcher bei senkrechter Betrachtung gelb erscheint, und bei der diese Farbe beim Verkippen verschwindet. Weiter ist ein Hintergrundbereich **41** vorgesehen, in dem die Reliefstruktur von einer Mattstruktur gebildet ist. Bei senkrechter Betrachtung zeigt sich so ein rotes „A“ und ein gelbes „B“ gegen einen grauen Hintergrund.

[0182] Es ist weiter auch möglich, dass ein oder mehrere dieser Parameter in dem Bereich **31** bzw. **32** variiert. So ist es beispielsweise möglich, dass

die Periode der Reliefstruktur **61** vom Rand zur Mitte eines Bereichs **31** bzw. **32** leicht zunimmt und dann zum gegenüberliegenden Rand leicht wieder abnimmt. Die Variation der Periode sollte hierbei weniger als $\pm 10\%$, besser weniger als $\pm 5\%$ betragen, insbesondere zwischen 10 nm und 50 nm betragen. Durch eine derartige Vorgehensweise lassen sich Bewegungseffekte erzielen. Es hat sich gezeigt, dass die steile Flanke und auch der Peak in den Reflexions- bzw. Transmissionsspektren der Reliefstruktur **61** mit zunehmender Gitterperiode zu größeren Wellenlängen wandert. Dieser Peak bzw. Flankenshift wird für den vorgenannten Bewegungseffekt ausgenutzt. Weiter ist es auch denkbar, dass durch Variation des Azimutwinkels Φ ein Bewegungseffekt imitiert wird. Bei Kreuzgittern ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Azimutwinkel nur zwischen 0° und 45° variiert werden kann, bei Hexagonalgittern nur zwischen 0° und 30° .

[0183] Weiter ist es auch möglich, dass die Bereiche **31** und **32** ein oder mehrere Zonen umfassen, in welchen ein oder mehrere der Parameter der ersten Reliefstruktur **61** unterschiedlich gewählt sind.

[0184] So zeigt **Fig. 8a** und **Fig. 8b** jeweils einen Bereich **35**, welcher in Form eines „I“ bzw. „F“ ausgeformt ist und welcher jeweils in mehrere Zonen **351**, **352**, **353** und **354** unterteilt ist. In den Zonen **351**, **352**, **353** und **354** sind jeweils ein oder mehrere der Parameter der Reliefstrukturen **61** unterschiedlich gewählt, insbesondere die Periode P , die Relieftiefe t oder der Azimutwinkel der Reliefstruktur **61** unterschiedlich gewählt. Weiter ist es auch möglich, dass ein oder mehrere der vorgenannten Parameter in den jeweiligen Zonen **351**, **352**, **353** und **354** unterschiedlich variiert ist, wie dies auch vorgehend bereits ausgeführt ist.

[0185] Die Zonen **351**, **352**, **353** und **354** weisen weiter bevorzugt mindestens eine laterale Abmessung von weniger als $300\ \mu\text{m}$ auf, beispielsweise eine Breite von weniger als $300\ \mu\text{m}$ und eine Länge von mehr als $2\ \text{mm}$ auf. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise auch gegenläufige Bewegungseffekte in den Bereichen **35** realisieren.

[0186] Im Fall des „I“ aus **Fig. 8a** ergibt sich ein „rolling bar“-Effekt, bei welchem ein Farbband scheinbar über das „I“ wandert. Beispielsweise kann ein rötlicher Kern des „I“ (mit einem gelblich oder grünlichen Außenbereich) wandern, wenn der Mehrschichtkörper in Richtung des Blickwinkels gekippt wird. Im Fall des „F“ aus **Fig. 8b** kann der „rolling bar“ Effekt sogar so ausgestaltet werden, dass er in dem senkrechten Steg des „F“ von links nach rechts und in den waagrechten Stegen des „F“ von oben nach unten wandert. Dies sind sehr auffällige Effekte, selbst für den Laien.

[0187] Die Figuren **Fig. 9a** und **Fig. 9b** zeigen weiter einen Bereich **36** des Sicherheitselements **2**, welcher aus zwei Zonen **361** und **362** besteht. In den Zonen **361** und **362** sind die Parameter der Reliefstruktur **61** so gewählt, dass sich diese Bereiche in ihren Polarisations-eigenschaften unterscheiden. So zeigt **Fig. 9c** die Reflexion eines Kreuzgitters einer Periode von $300\ \text{nm}$ und einer Tiefe von $150\ \text{nm}$ für die TE-polarisierte Komponente des reflektierten Lichts sowie für die TM-polarisierte Komponente des reflektierten Lichts (bei einem Betrachtungswinkel von 25°). Bei Betrachtung der TE-polarisierten Komponente zeigt sich ein im Wesentlichen gelber Farbeindruck. Wird der Polarisator um 90° gedreht, sieht man die TM-Komponente, welche Rot erscheint. Unpolarisiert sieht man das gemittelte Spektrum TE und TM. Ohne Polarisator betrachtet ist der Farbeindruck der Reliefstruktur **61** typischerweise sehr ähnlich bis nahezu identisch, beim Drehen in der x/y-Ebene, d. h. unabhängig vom Azimutwinkel. Dies gilt insbesondere für Kreuzgitter. Durch einen Polarisator aufgelöst betrachtet, ist dies nicht notwendigerweise der Fall, sodass sich auch ein Design realisieren lässt, welches ohne Polarisator betrachtet eine einfarbige Fläche aufweist, mit Polarisator betrachtet hingegen eine zusätzliche Information preisgibt.

[0188] Hierzu wird die Reliefstruktur **61** in den Zonen **361** und **362** gewählt, dass sich der Azimutwinkel der Reliefstruktur **61** in den Zonen **361** und **362** unterscheidet, beispielsweise der Winkel Φ in der Zone **362** um mindestens 15° gegenüber der Zone **361** gedreht gewählt wird. Bevorzugt werden bei Verwendung von Kreuzgittern die Azimutwinkel in den Zonen **361** und **362** um ca. 45° gegeneinander verdreht angeordnet.

[0189] Durch diese Vorgehensweise kann so ein Sicherheitsmerkmal realisiert werden, bei dem ein Bereich, beispielsweise der Bereich **36**, bei Betrachtung ohne Polarisator in einer einheitlichen Farbe erscheinen, bei Betrachtung durch einen Polarisator jedoch eine durch eine unterschiedliche Farbgebung hervortretende Information sichtbar wird, so beispielsweise die Zone **361** gelb und die Zone **362** rot erscheinen.

[0190] Weiter ist es möglich durch eine entsprechende Ausgestaltung der Reliefstruktur **61** auch Glitzereffekte oder Glimmereffekte in das farbige Erscheinungsbild zu integrieren. Dies wird im Folgenden anhand der Figuren **Fig. 10a** bis **Fig. 10d** verdeutlicht.

[0191] **Fig. 10a** und **Fig. 10b** zeigen einen Bereich **37**, welcher aus einer Vielzahl von Teilbereichen **371** zusammengesetzt ist. Die Teilbereiche **371** weisen vorzugsweise eine möglichst unregelmäßige Formgebung auf. In jeden der Teilbereiche **371** sind die Parameter der Reliefstruktur **61** gemäß einer vorgegebenen Reliefstruktur gewählt, welche pseudo-zufällig für den jeweiligen Teilbereich **371** aus einem

Satz von vordefinierten Reliefstrukturen ausgewählt ist. Es werden mehrere Reliefstrukturen, beispielsweise Reliefstrukturen G1, G2, G3 und G4 vordefiniert, die sich beispielsweise in ihrer Azimutorientierung und/oder ihrer Periode und ihrer Relieftiefe unterscheiden. Aus diesem Satz von Reliefstrukturen G1 bis G4 wird sodann für jeden der Teilbereiche **371** pseudo-zufällig eine der Reliefstrukturen G1 bis G4 ausgewählt und eine entsprechende Reliefstruktur als Reliefstruktur **61** in dem jeweiligen Teilbereich **371** abgeformt.

[0192] Weiter können derartige Glitzereffekte auch mittels der in **Fig. 11** gezeigten Anordnung von Bereichen realisiert werden.

[0193] **Fig. 11** zeigt einen Ausschnitt aus einem Sicherheitselement **2**, welches einen aus einer Vielzahl von Teilbereichen **431** bestehenden Bereich aufweist, in welcher die Reliefstruktur **62** abgeformt ist, und aus einem Bereich **39** besteht, in dem die Reliefstruktur **61** abgeformt ist und welcher den Hintergrundbereich zu den Teilbereichen **431** ausbildet. Die Reliefstruktur **62** besteht vorzugsweise aus einer Spiegelfläche oder einer achromatischen Struktur, beispielsweise einem Blaze-Gitter, dessen Azimutorientierung zufällig gewählt ist. Weiter sind die Teilbereiche **431** vorzugsweise zufällig vor dem Hintergrund des Bereichs **39** angeordnet und/oder in ihrer Orientierung, beispielsweise der Orientierung ihrer Längenkante, pseudo-zufällig gewählt. Hierdurch wird metallisches Glitzern zu der Farbfläche hinzugefügt, was ähnlich wie bei Metalllacken von Autos edel wirkt.

[0194] Bezüglich der Ausbildung der Reliefstruktur **61** in dem Bereich **39** wird auf die vorhergehenden Ausführungen verwiesen.

[0195] Weiter ist es auch möglich, dass in den Teilbereichen **431** die Reliefstruktur **61** und in dem Bereich **39** die Reliefstruktur **62** abgeformt ist.

[0196] Weiter ist es auch möglich, dass das Sicherheitselement **2** durch Abprägen eines Teilbereichs einer Übertragungslage einer Transferfolie bereitgestellt wird. **Fig. 12a** zeigt so beispielhaft eine Transferfolie **3** mit einer Trägerfolie **25**, einer Ablöseschicht **24**, einer Schutzlackschicht **23**, einer Replizierlackschicht **27**, der Metallschicht **21**, einer Schutzlackschicht **28** und einer Kleberschicht **26**. In die Metallschicht **21** ist die Reliefstruktur **61** abgeformt. Bzgl. der Ausgestaltung der Metallschicht **21** und der Reliefstruktur **61** wird hier auf die obigen Ausführungen und insbesondere auf die Figuren **Fig. 1** bis **Fig. 11** verwiesen.

[0197] Die Transferfolie **3** wird sodann, wie in **Fig. 12b** gezeigt, mittels eines Prägwerkzeuges **9** auf die Oberfläche eines Substrats, beispielsweise

des Substrats **10** des Sicherheitsdokuments **1** abgeformt. Nach dem Abprägen wird sodann die Trägerfolie **25** mit den Bereichen der Übertragungslage, welche von dem Prägwerkzeug **9** nicht gegen das Substrat **10** gepresst worden sind, abgezogen.

[0198] Hierdurch sind zwei verschiedene Effekte erzielbar: So wird zum Einen die in dem Bereich **33** vollflächig in der Transferfolie **3** vorgesehene Metallschicht **21** mit der Reliefstruktur **61** (siehe **Fig. 12c**) nicht vollständig auf das Substrat **10** übertragen, sondern lediglich musterförmig in dem Bereich übertragen, in dem das Prägwerkzeug die Transferfolie **3** gegen das Substrat **10** presst. Nach dem Abprägen ergibt sich so beispielsweise die in **Fig. 12d** gezeigte Formgestaltung der Metallschicht **21** mit der Reliefstruktur **61**, d.h. die Metallschicht **21** mit der Reliefstruktur **61** ist in einem Bereich **34** auf dem Substrat **10** vorgesehen, welcher beispielsweise in Form der Zahl „50“ ausgeformt ist. Weiter ergibt sich je nach Art des Substrats folgender Effekt: Wie in **Fig. 12b** angedeutet, weist die Oberfläche des Substrats **10** vorzugsweise keine glatte und ebene Oberfläche auf, sondern weist eine Oberfläche auf, welche über eine gewisse Oberflächenrauigkeit verfügt, beispielsweise ein mattes Erscheinungsbild zeigt, oder in welcher bereits eine Grobstruktur abgeformt ist. Der Prägdruck, mit dem das Prägwerkzeug **9** nun die Transferfolie **3** gegen das Substrat **10** presst, wird vorzugsweise nun so gewählt, dass die Grundfläche **616** der Reliefstruktur **61** gemäß der Reliefstruktur der Oberfläche des Substrats **10** verformt wird, beispielsweise ebenfalls in Form einer Mattstruktur oder einer Grobstruktur verformt wird. Es hat sich gezeigt, dass durch eine derartige Vorgehensweise beispielsweise der Blickwinkel, unter dem die Farbeffekte der Reliefstruktur **61** in dem Bereich **34** sichtbar ist, deutlich erhöht werden kann, oder dass zusätzlich Bewegungs-, Formwandel- (Morphing) oder 3-D-Effekte durch entsprechende Wahl einer Grobstruktur auf diese Weise in das Sicherheitselement **2** eingebracht werden können.

[0199] Alternativ ist es auch möglich, ein Sicherheitselement **2** mit der Metallschicht **21** und der in dieser abgeformten Reliefstruktur **61** in einem weiteren Arbeitsgang mittels eines Blindprägwerkzeuges zu bearbeiten, in dessen Prägefläche eine Grobstruktur oder Mattstruktur abgeformt ist. Auch hier wird der Prägdruck, mit dem das Blindprägwerkzeug gegen das Sicherheitselement **2** gepresst wird, vorzugsweise so gewählt, dass die Grundfläche der Reliefstruktur **61** gemäß der Grobstruktur oder Mattstruktur des Blindprägwerkzeuges verformt wird, wodurch auch durch diese Vorgehensweise die oben beschriebenen Vorteile erzielbar sind.

[0200] Weiter ist es auch möglich, die Reliefstruktur **61** bereits bei der Herstellung des Sicherheitselements **2** derart zu gestalten, dass die Grundflä-

che der Reliefstruktur **61** nicht die Form einer ebenen Fläche, sondern die Formgebung einer Grobstruktur oder Mattstruktur besitzt. Allerdings ist die Tiefe derartiger Strukturen meist deutlich geringer als sie bei Blindprägung erreicht werden kann. **Fig. 13** zeigt beispielhaft einen Ausschnitt aus einem Sicherheitselement **2** mit der Metallschicht **21**, in welche eine derartige Reliefstruktur **61** abgeformt ist. Bzgl. der Ausgestaltung des Sicherheitselements **2** wird auf die vorgehenden Ausführungen nach **Fig. 1** bis **Fig. 11** verwiesen. In einem Bereich **38** ist nun die Grundfläche **616** der Reliefstruktur **61**, wie in **Fig. 13** gezeigt, nicht als Ebene, sondern in Form einer Grobstruktur abgeformt, wodurch sich die oben beschriebenen Effekte realisieren lassen.

[0201] Weiter ist es auch möglich, Bewegungseffekte und Glitzereffekte durch folgende Vorgehensweise bereitzustellen: Ein Bereich oder mehrere Bereiche des Sicherheitselements **2** weisen eine Vielzahl von Teilbereichen auf, wobei jeder der Teilbereiche eine kleinste Abmessung von 3 µm und eine größte Abmessung von weniger als 300 µm aufweist. **Fig. 14a** zeigt beispielhaft den Ausschnitt eines solchen Bereichs des Sicherheitselements **2** mit einer Vielzahl von Teilbereichen **30**.

[0202] In den Teilbereichen **30** wird nun die Reliefstruktur **61** in die Metallschicht **21** abgeformt. Für jeden der Teilbereiche **30** wird weiter ein oder mehrere der Parameter der Reliefstruktur **61** und/oder des Teilbereichs **30** pseudo-zufällig variiert. Besonders vorteilhaft ist es hierbei, zumindest einen der Parameter: Form des Teilbereichs, Flächengröße des Teilbereichs, Position des Flächenschwerpunkts des Teilbereichs, Neigungswinkel der Grundfläche **616** der Reliefstruktur **61** gegen eine Grundebene, Drehwinkel der Grundfläche **616** der Reliefstruktur **61** um eine auf der Grundebene senkrecht stehenden Achse, Azimutwinkel der Reliefstruktur **61**, Periode **P** der Reliefstruktur pseudo-zufällig innerhalb eines jeweils vordefinierten Variationsbereich zu variieren. **Fig. 14b** verdeutlicht so beispielsweise ein entsprechende pseudo-zufällige Variation des Neigungswinkels der Grundfläche **616** der Reliefstruktur **61** für die Teilbereiche **30**.

[0203] Außerhalb der Teilbereiche **30** ist die Reliefstruktur **61** vorzugsweise nicht in die Metallschicht **21** abgeformt. In diesen Bereichen ist vorzugsweise die Reliefstruktur **62** abgeformt oder die Metallschicht **21** ist in diesen Bereichen nicht vorgesehen, sodass in diesen Bereichen von der Metallschicht **21** keine optische Wirkung entfalten wird.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 03/059643 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Mehrschichtkörper (1, 2, 3), insbesondere Sicherheitselement für Sicherheitsdokumente, mit einer Oberseite (201) und einer Unterseite (202), wobei der Mehrschichtkörper eine Metallschicht (21) aufweist, wobei in einer zur Oberseite (201) des Mehrschichtkörpers weisende oder die Oberseite des Mehrschichtkörpers bildende erste Oberfläche der Metallschicht (21) und/oder in einer zur Unterseite (202) des Mehrschichtkörpers weisenden oder die Unterseite des Mehrschichtkörpers bildenden zweiten Oberfläche der Metallschicht (21) zumindest bereichsweise ein optisch aktives Oberflächenrelief abgeformt ist, wobei in zumindest einem ersten Bereich (31 bis 39) des Mehrschichtkörpers das Oberflächenrelief von einer ersten Reliefstruktur (61) gebildet ist, die in zumindest einer durch einen zugeordneten Azimutwinkel bestimmten Richtung (617) eine Abfolge von Erhebungen (612) und Vertiefungen (614) aufweist, deren Erhebungen (612) mit einer Periode P aufeinander abfolgen, welche kleiner als eine Wellenlänge des sichtbaren Lichtes ist, wobei die Minima (615) der Vertiefungen (614) auf einer Grundfläche liegen und die erste Reliefstruktur (61) eine Relieftiefe t aufweist, welche durch die Beabstandung der Maxima (613) der Erhebungen (612) der ersten Reliefstruktur (61) von der Grundfläche (616) in einer senkrecht auf der Grundfläche (616) stehenden Richtung bestimmt ist, und wobei die Profilform und/oder die Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur (61) so gewählt ist, dass die farbige Erscheinung des auf den ersten Bereich (31 bis 39) unter zumindest einem ersten Einfallswinkel einfallenden und von der Metallschicht (21) im ersten Bereich direkt reflektierten bzw. durch die Metallschicht direkt transmittierten Lichts (52, 53) verändert wird, insbesondere durch Plasmon-Resonanz der Metallschicht mit dem einfallenden Licht verändert wird.

2. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Profilform und/oder die Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur (61) so gewählt ist, dass die Metallschicht (21) bei direkter Reflexion für das unter dem ersten Einfallswinkel einfallende Licht (51) im ersten Bereich (31 bis 39) in einem für das menschliche Auge sichtbaren ersten Spektralbereich einer Breite von mindestens 50 nm eine Reflexion von weniger als 15% aufweist, insbesondere von weniger als 10% aufweist und in einem für das menschliche Auge sichtbaren zweiten Spektralbereich einer Breite von 10 nm und höchstens 200 nm, insbesondere 20 nm bis 150 nm, eine mindestens zweifach, bevorzugt mindestens 2,5-fach, weiter bevorzugt mindestens 3-fach und insbesondere 4-fach höhere Reflexion aufweist bezogen auf den Mittelwert der Reflexion im ersten Spektralbereich.

3. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

Profilform und/oder die Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur (61) so gewählt ist, dass bei einem vom ersten Einfallswinkel unterschiedlichen zweiten Einfallswinkel die farbige Erscheinung des von der Metallschicht in dem ersten Teilbereich direkt reflektierten bzw. durch die Metallschicht direkt transmittierten Lichts unterschiedlich verändert wird und sich unter diesen Einfallswinkeln bei Auflichtbetrachtung bzw. bei Durchlichtbetrachtung insbesondere unterschiedliche Farben zeigen.

4. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Reliefstruktur (61) eine in Bezug auf eine Spiegelung an der Grundfläche (616) asymmetrische Profilform aufweist.

5. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite (618) der Erhebungen (612) oder Vertiefungen (614) der ersten Reliefstruktur (61), bezogen auf einen Abstand von $t/2$ von der Grundfläche (616), mindestens $0,6 \times P$ vorzugsweise $0,7 \times P$ oder höchstens $0,4 \times P$, insbesondere höchstens $0,3 \times P$ beträgt.

6. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flankensteilheit der ersten Reliefstruktur (61), bezogen auf einen Abstand $t/2$ von der Grundfläche (616), zwischen 60° und 90° , insbesondere zwischen 70° und 85° beträgt.

7. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flankensteilheit der ersten Reliefstruktur (61), bezogen auf jeden Abstand zwischen $t/4$ und $3/4 t$ von der Grundfläche (616), zwischen 40° und 90° , insbesondere zwischen 50° und 85° beträgt.

8. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flankensteilheit der ersten Reliefstruktur (61), bezogen auf jeden Abstand zwischen 0 und $t/4$ und/oder zwischen $t \times 3/4$ von der Grundfläche (616) zwischen 0° und 50° , insbesondere zwischen 0° und 40° beträgt.

9. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtdicke d der Metallschicht (21) im Bereich der Flanken der ersten Reliefstruktur (61), bezogen auf einen Abstand von $t/2$ von der Grundfläche (616), gegenüber der Dicke der Metallschicht im Bereich der Maxima (613) der Erhebungen und/oder der Minima (615) der Vertiefungen (614) um mindestens 30%, weiter bevorzugt um mindestens 50% reduziert ist.

10. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Periode P der ersten Reliefstruktur (61) zwischen 200 nm und 500 nm, insbesondere zwischen 250 nm und 450 nm, und bevorzugt zwischen 250 nm und 400 nm beträgt.

11. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur (61) zwischen 80 nm und 500 nm, insbesondere zwischen 100 nm und 400 nm, bevorzugt zwischen 200 nm und 300 nm beträgt.

12. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht (21) im ersten Bereich eine Schichtdicke zwischen 10 nm und 100 nm, bevorzugt zwischen 15 nm und 80 nm, weiter bevorzugt zwischen 20 nm und 50 nm aufweist.

13. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht (21) im ersten Bereich eine Schichtdicke d aufweist, welche einer optischen Dicke zwischen 0,5 und 2,5, insbesondere zwischen 0,7 und 2,3, bevorzugt zwischen 1,0 und 2,0 entspricht.

14. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Reliefstruktur (61) ein Kreuzgitter ist, welches in zwei Richtungen eine Abfolge von Erhebungen und Vertiefungen aufweist.

15. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Oberflächenrelief in ein oder mehreren zweiten Bereichen (41, 42) und/oder weiteren Bereichen von einer zweiten und/oder weiteren Reliefstruktur gebildet ist, die ausgewählt ist bzw. ausgewählt sind aus der Gruppe: diffraktive Reliefstruktur, holographische Reliefstruktur, Spiegelfläche, Mattstruktur, Makrostruktur, Linse, Mikrolinsenraster.

16. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine erste Bereich und der mindestens eine zweite Bereich von einer Vielzahl von Teilbereichen gebildet sind, wobei die Teilbereiche des ersten Bereichs und die Teilbereiche des zweiten Bereichs ineinandergestapelt sind.

17. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der Ansprüche 15 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine zweite Bereich von einer Vielzahl voneinander getrennten Teilbereichen (431) gebildet ist und der erste Bereich (39) diese Teilbereiche des Hintergrundbereichs umschließt.

18. Mehrschichtkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche eine musterförmige Formgebung besitzt und insbesondere eine Formgebung besitzt, welche eine lediglich mithilfe eines Hilfsmittels sichtbar machbare Information enthält, insbesondere in Form eines Nanotextes oder eine Moiré-Musters ausgeformt ist.

19. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Bereich (35, 36) oder mindestens einer der ersten Bereiche ein oder mehrere erste Zonen (351, 361) umfasst, in welchen sich ein oder mehrere der Parameter der ersten Reliefstruktur (61) ausgewählt aus der Gruppe: Periode P, Azimutwinkel, Relieftiefe t, Grundfläche und Profilform, von den entsprechenden Parametern der ersten Reliefstruktur (61) in ein oder mehreren zweiten Zonen (352, 362) und/oder ein oder mehreren weiteren Zonen (353, 354) des ersten Bereichs unterscheiden.

20. Mehrschichtkörper nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ein oder mehreren ersten und zweiten Zonen zur Ausbildung eines Motivs ausgeformt sind, wobei die ersten Zonen einen Vordergrundbereich des Motivs ausbilden, und die zweiten Zonen einen Hintergrundbereich des Motivs ausbilden oder dass die ein oder mehreren ersten Zonen zur Ausbildung eines ersten Motivs und die ein oder mehreren zweiten Zonen zur Ausbildung eines zweiten Motivs ausgeformt sind.

21. Mehrschichtkörper nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten, zweiten und/oder weiteren Zonen jeweils mindestens eine laterale Abmessung von weniger als 300 µm aufweisen, insbesondere weniger als 150 µm aufweisen, bevorzugt weniger als 80 µm aufweisen, und dass die ersten, zweiten und/oder dritten Zonen ineinandergestapelt sind.

22. Mehrschichtkörper nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten Zonen zur Darstellung eines ersten Motivs und die zweiten Zonen zur Darstellung eines zweiten Motivs angeordnet sind oder dass die ersten und die zweiten Zonen zur Generierung einer mehrfarbigen Darstellung oder zur Generierung von Mischfarben mittels additiver Farbmischung angeordnet sind.

23. Mehrschichtkörper (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem ersten Bereich (38) oder in mindestens einem der ersten Bereiche die Grundfläche (616) der ersten Reliefstruktur (61) von einer Grobstruktur, insbesondere einer Mattstruktur oder Mattstruktur gebildet ist.

24. Mehrschichtkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem ersten Bereich oder in mindestens einem der ersten Bereiche die Periode P der ersten Reliefstruktur bereichsweise variiert ist, insbesondere um bis 10%, vorzugsweise um bis zu 5% variiert ist.

25. Mehrschichtkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem ersten Bereich oder in mindestens einem der ersten Bereiche der Azimutwinkel der ersten Reliefstruktur bereichsweise variiert ist.

26. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche eine Vielzahl von Teilbereichen (30) aufweist, dass jeder der Teilbereiche (30) eine kleinste Abmessung von mehr als 3 µm und eine größte Abmessung von weniger als 300 µm aufweist, dass ein oder mehrere der Parameter ausgewählt aus der Gruppe: Form des Teilbereichs, Flächengröße des Teilbereichs, Position des Flächenschwerpunkts des Teilbereichs, Neigungswinkel der Grundfläche der ersten Reliefstruktur gegen eine Grundebene, Drehwinkel der Grundfläche der ersten Reliefstruktur um eine auf der Grundebene senkrecht stehenden Achse, Azimutwinkel der ersten Reliefstruktur, Periode P der Reliefstruktur, für jeden der Teilbereiche (30) pseudo-zufällig innerhalb eines jeweils für den ersten Bereich vordefinierten Variationsbereich variiert ist.

27. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Bereich (27) oder mindestens einer der ersten Bereiche eine Vielzahl von Teilbereichen (371) aufweist, und dass die Parameter der ersten Reliefstruktur (61) in jeden der Teilbereiche gemäß einer pseudo-zufällig für den jeweiligen Teilbereich (371) aus einem Satz von vordefinierten Reliefstruktur ausgewählten Reliefstruktur gewählt ist.

28. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrschichtkörper in dem ersten Bereich (31) oder in mindestens einem der ersten Bereiche Farbstoffe und/oder Lumineszenzstoffe aufweist, welche weniger als 2 µm, insbesondere weniger als 1 µm, bevorzugt weniger als 500 nm, weiter bevorzugt weniger als 300 nm weit von der ersten Oberfläche und/oder der zweiten Oberfläche der Metallschicht (21) entfernt angeordnet sind.

29. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrschichtkörper mindestens eine an die erste Oberfläche der Metallschicht (21) angrenzende erste Schicht (22) und/oder eine an die zweite Oberfläche der Metallschicht (21) angrenzende zwei-

te Schicht (23) aufweist, welche Farbstoffe und/oder Lumineszenzstoffe aufweist.

30. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schicht (22) und/oder die zweite Schicht (23) eine Schichtdicke zwischen 20 nm und 2 µm, insbesondere zwischen 50 nm und 1 µm und bevorzugt zwischen 100 nm und 500 nm aufweist.

31. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 29 und 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Konzentration der Farbstoffe bzw. der Lumineszenzstoffe in dem von der ersten bzw. zweiten Oberfläche der Metallschicht weniger als 1 µm, insbesondere weniger als 500 nm, bevorzugt weniger als 300 nm entfernten Bereich der ersten und/oder zweiten Schicht höher als in dem übrigen Bereich der ersten bzw. zweiten Schicht ist.

32. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 29 bis 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schicht und/oder die zweite Schicht eine Lackschicht ist, insbesondere eine Replizierlackschicht, eine zwischen einer Replizierlackschicht und der Metallschicht angeordnete Schicht oder eine Schutzlackschicht ist.

33. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 28 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Farbstoff und/oder Lumineszenzstoff ein löslicher Farbstoff bzw. Lumineszenzstoff ist, der insbesondere in dem Bindemittel der ersten Schicht bzw. der zweiten Schicht gelöst ist.

34. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 29 bis 33, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schicht (21) und/oder die zweite Schicht (23) eine Transmission von mindestens 70%, bevorzugt von mindestens 90% im für das menschliche Auge sichtbaren Wellenlängenbereich aufweist.

35. Mehrschichtkörper (1, 2, 3) nach einem der Ansprüche 29 bis 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Konzentration des Farbstoffs und/oder Lumineszenzstoffe in der ersten Schicht (22) und/oder in der zweiten Schicht (23) so gewählt ist, dass dessen optische Wirkung in einem zweiten Bereich (41), in welchem das Oberflächenrelief von einer Spiegelfläche, einer diffraktiven Struktur, einer Makrostruktur oder einer Mattstruktur gebildet ist, für den menschlichen Betrachter bei einem Betrachtungsabstand von mehr als 30 cm und bei einer Beleuchtung mit einer Beleuchtungsstärke von ... nicht sichtbar ist.

36. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 29 bis 35, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gewichtsprozentanteile des Farbstoffs und/oder des Lumineszenzstoffs an der Trockenmasse der ersten

und/oder zweiten Schicht zwischen 0,1% und 20%, insbesondere zwischen 0,5% und 10% beträgt.

37. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 29 bis 36, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Farbe des Farbstoffs und/oder des Lumineszenzstoffs der ersten und/oder zweiten Schicht so gewählt ist, dass dessen Farbe bzw. dessen Farbe bei Anregung der von der ersten Reliefstruktur für einen bestimmten Einfallswinkel des einfallenden Lichts in direkter Reflexion bzw. Transmission generierten Farbe entspricht oder sich von diesen Farben unterscheidet.

38. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 29 bis 37, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei oder mehr erste Schichten und/oder zwei oder mehr zweite Schichten vorgesehen sind, deren Farbstoffe bzw. Lumineszenzstoffe so gewählt sind, dass sich die Farbe der Farbstoffe bzw. Lumineszenzstoffe der ersten Schicht und/oder der zweiten Schicht wechselseitig unterscheiden, und dass insbesondere der erste Bereich oder mindestens einer der ersten Bereiche einen ersten Teilbereich aufweist, der mit einer der ersten und/oder zweiten Schicht belegt ist und einen zweiten Teilbereich aufweist, der mit einer anderen der ersten und/oder zweiten Schichten belegt ist.

39. Mehrschichtkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrschichtkörper eine Transferfolie, eine Laminierfolie oder ein Sicherheitsfaden ist.

40. Mehrschichtkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrschichtkörper ein Sicherheitselement eines Sicherheitsdokuments, insbesondere einer Banknote oder eines ID-Dokuments ist.

41. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 38, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrschichtkörper ein Sicherheitsdokument ist, insbesondere eine Banknote, eine Karte oder ein ID-Dokument ist.

42. Verfahren zur Herstellung eines Sicherheitselements (**1, 2, 3**) umfassend:
Fertigen eines Mehrschichtkörpers umfassend eine Metallschicht (**21**) mit einem in eine erste Oberfläche und/oder einer der ersten Oberfläche gegenüberliegenden zweiten Oberfläche abgeformten optisch aktiven Oberflächenrelief, wobei in mindestens einem ersten Bereich (**31 bis 39**) des Mehrschichtkörpers das Oberflächenrelief von einer ersten Reliefstruktur (**61**) gebildet ist, die in zumindest einer durch einen zugeordneten Azimutwinkel bestimmten Richtung eine Abfolge von Erhebungen (**612**) und Vertiefungen (**614**) aufweist, deren Erhebungen mit einer Periode P aufeinander abfolgen, welche kleiner als eine Wellenlänge des sichtbaren Lichtes ist, wobei die Minima (**615**) der Vertiefungen (**614**) eine Grundfläche (**616**)

definieren und die erste Reliefstruktur (**61**) eine Relieftiefe t aufweist, welche durch die Beabstandung der Maxima (**613**) der Erhebungen (**612**) der Reliefstruktur von der Grundfläche (**616**) in einer senkrecht auf der Grundfläche stehenden Richtung bestimmt ist, und wobei die Profilform und/oder die Relieftiefe t der ersten Reliefstruktur (**61**) so gewählt wird, dass die farbige Erscheinung des auf den ersten Bereich (**31 bis 39**) unter zumindest einem ersten Einfallswinkel einfallenden und von der Metallschicht (**21**) im ersten Bereich direkt reflektierten bzw. durch die Metallschicht direkt transmittierten Lichts (**52, 53**) verändert wird, insbesondere durch Plasmon-Resonanz der Metallschicht mit dem einfallenden Licht verändert wird.

43. Verfahren nach Anspruch 42, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrschichtkörper als Transferfolie ausgebildet wird, und dass mittels eines musterförmig ausgebildeten Prägestempels (**9**) ein entsprechend musterförmig ausgeformter Teilbereich des Mehrschichtkörpers auf eine Substrat (**10**) abgeprägt wird.

44. Verfahren nach Anspruch 43, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche des Substrats, auf das der Mehrschichtkörper abgeprägt wird eine Oberflächenstruktur aufweist, insbesondere eine Grobstruktur oder eine Mattstruktur aufweist, und dass der Prägedruck so gewählt wird, dass die Grundfläche der ersten Reliefstruktur gemäß der Grobstruktur oder der Mattstruktur beim Abprägen verformt wird.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 42 bis 44, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf den Mehrschichtkörper ein Blindprägewerkzeug mit einer in der Prägefläche abgeformten Grobstruktur aufgepresst wird, und dass der Prägedruck so gewählt wird, dass die Grundfläche der ersten Reliefstruktur gemäß der Grobstruktur des Blindprägewerkzeugs verformt wird.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

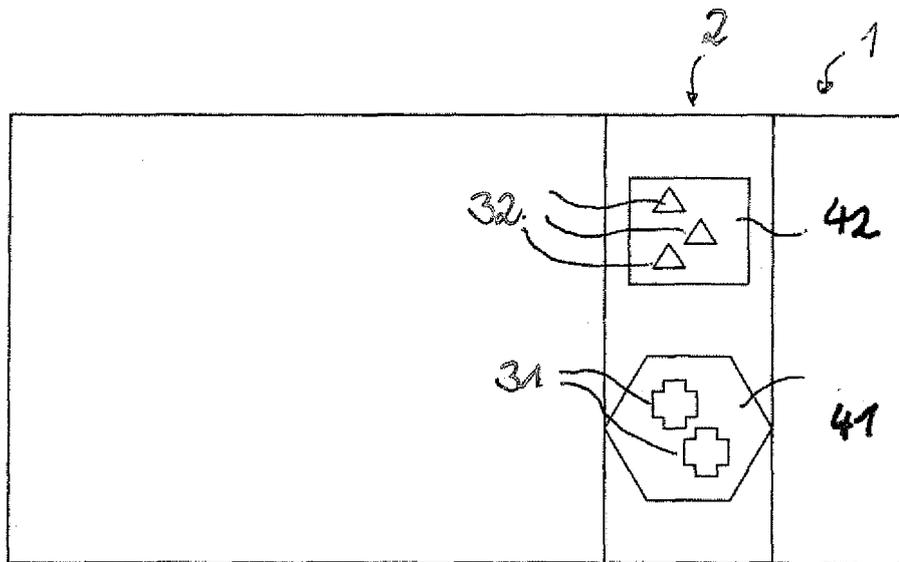


Fig. 1a

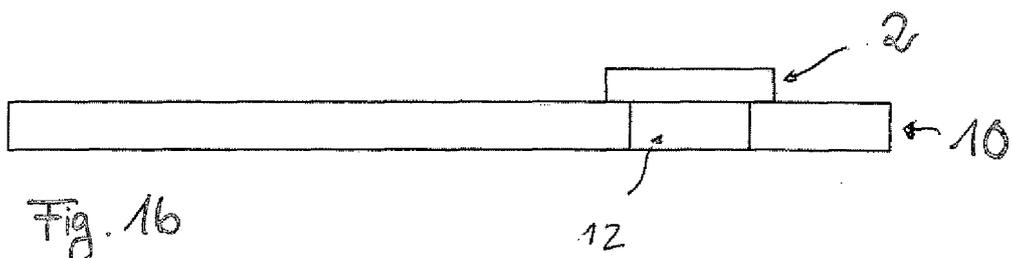


Fig. 1b

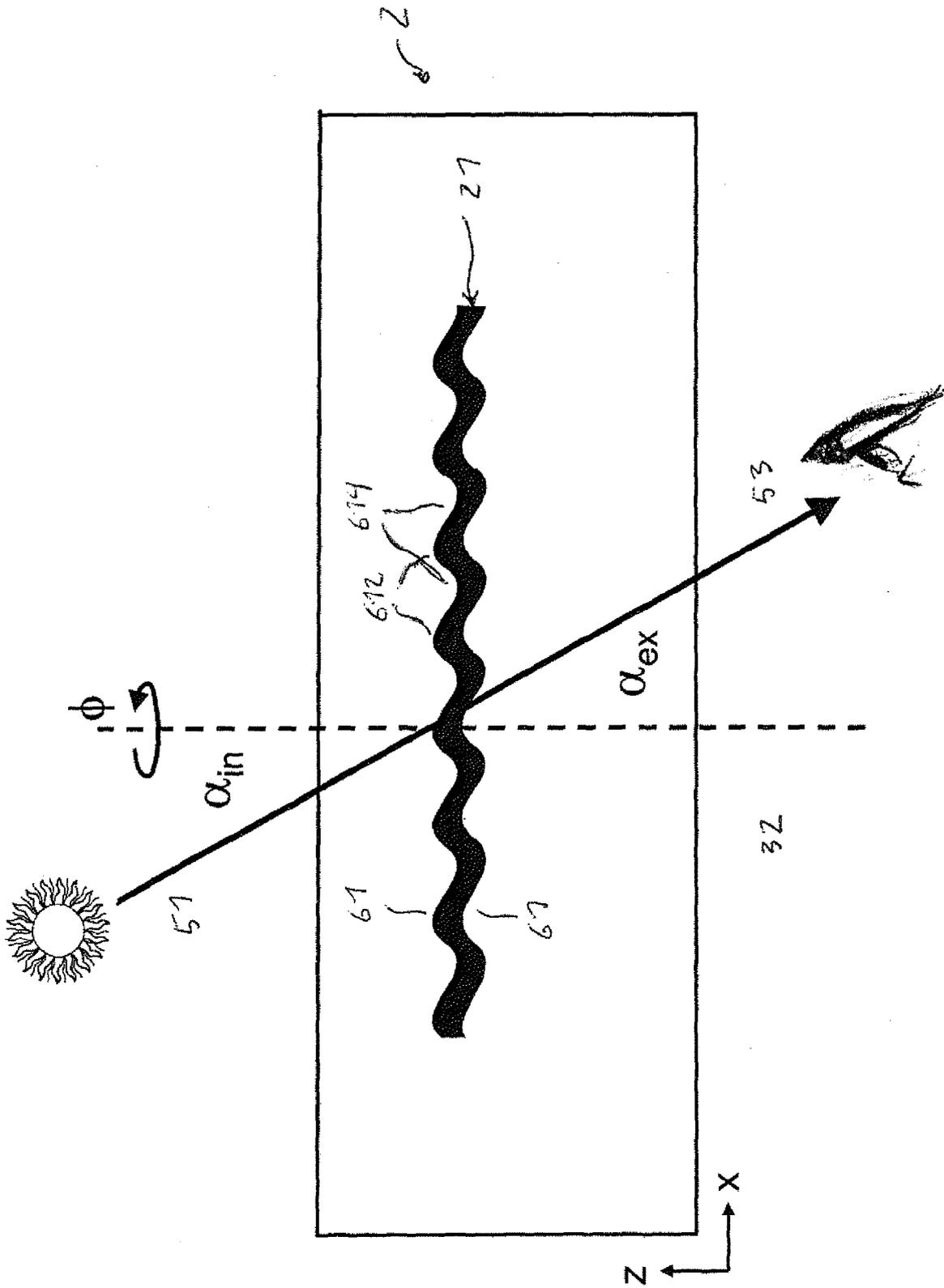


Fig. 3

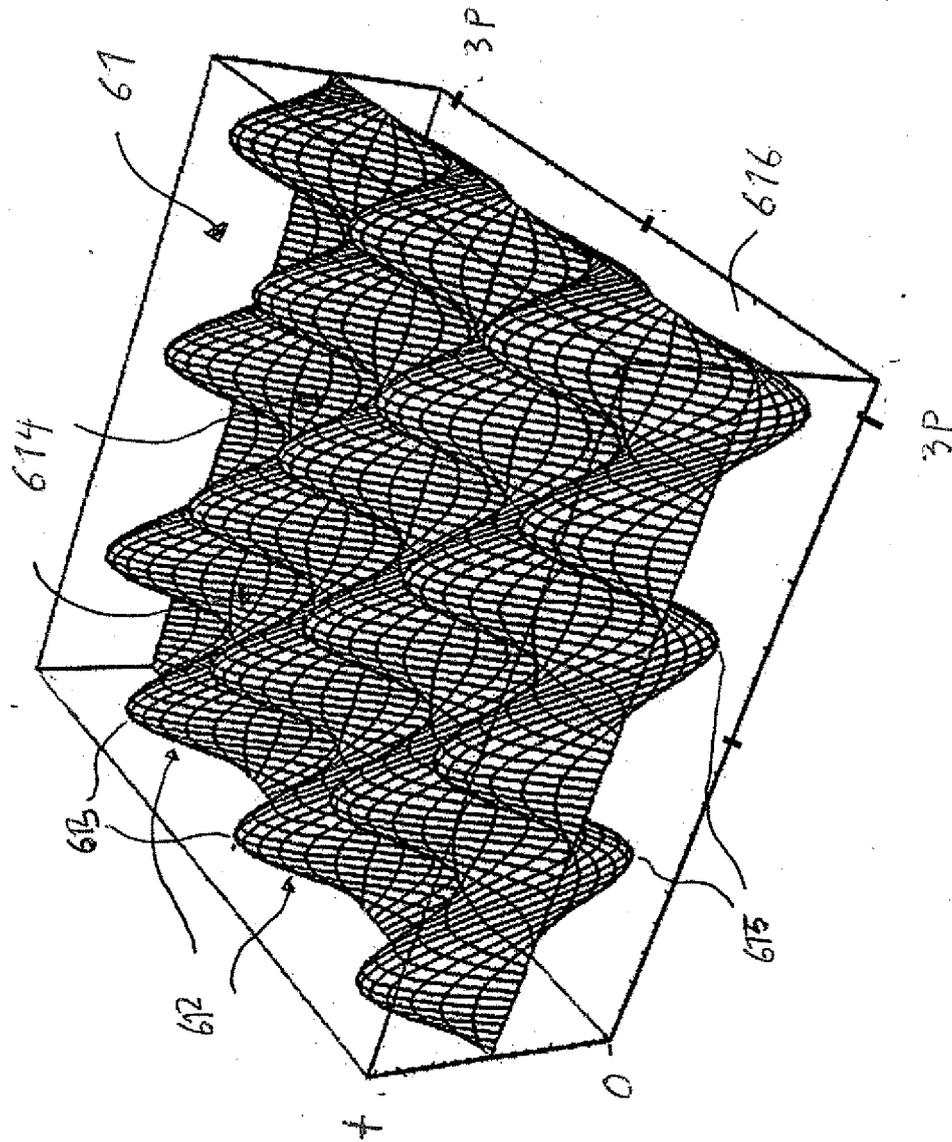


Fig. 4a

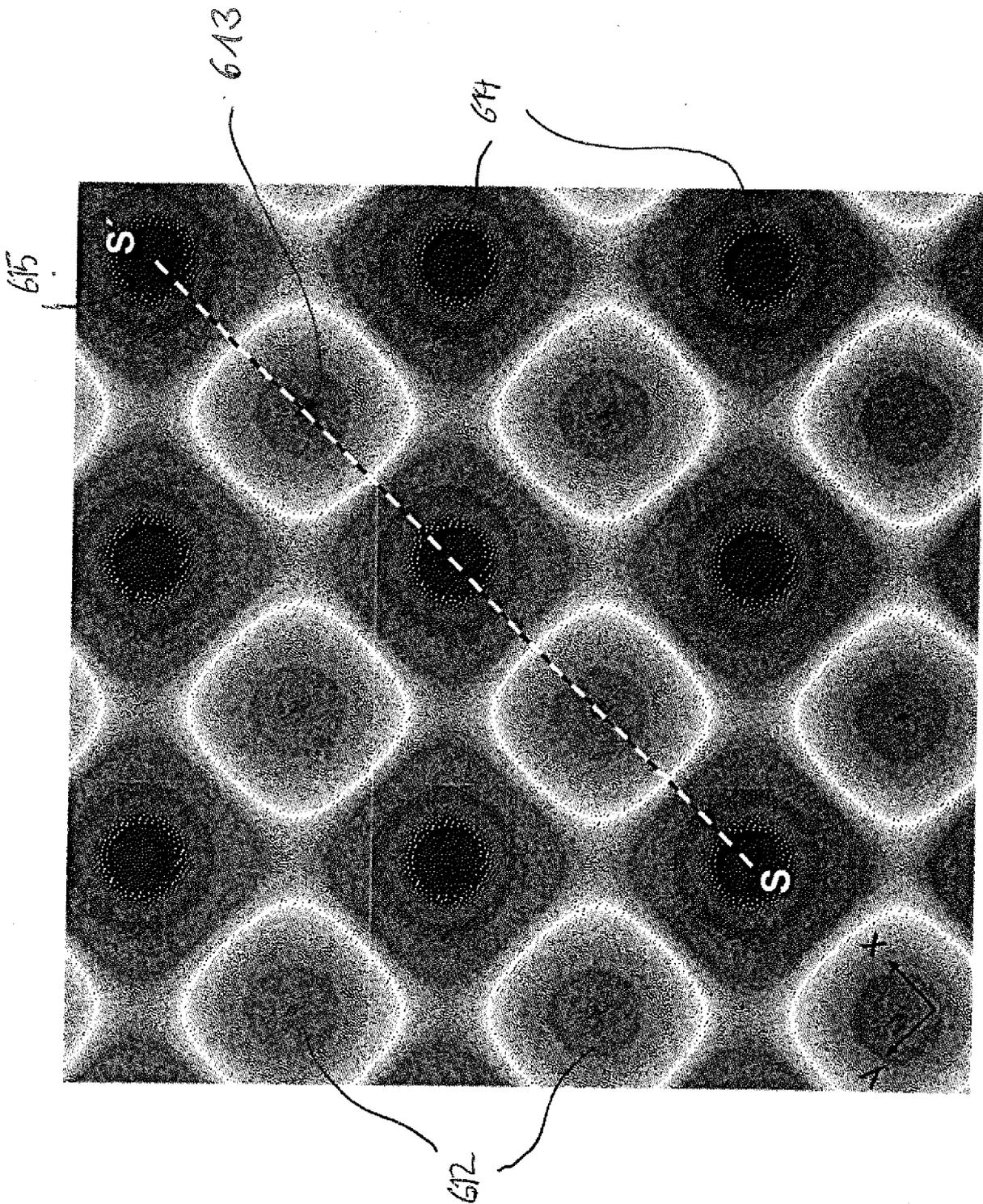


Fig. 4b

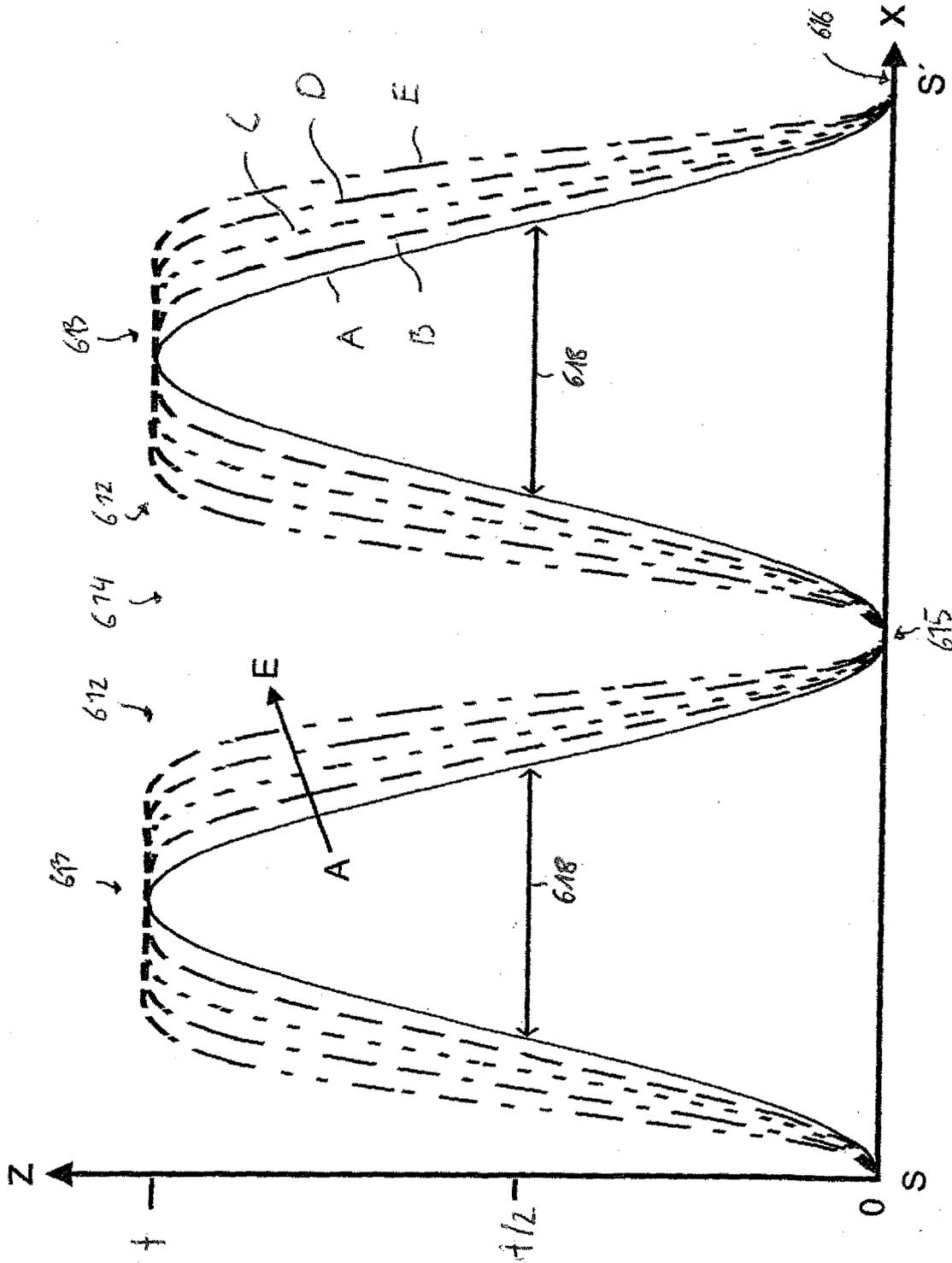


Fig. 4c

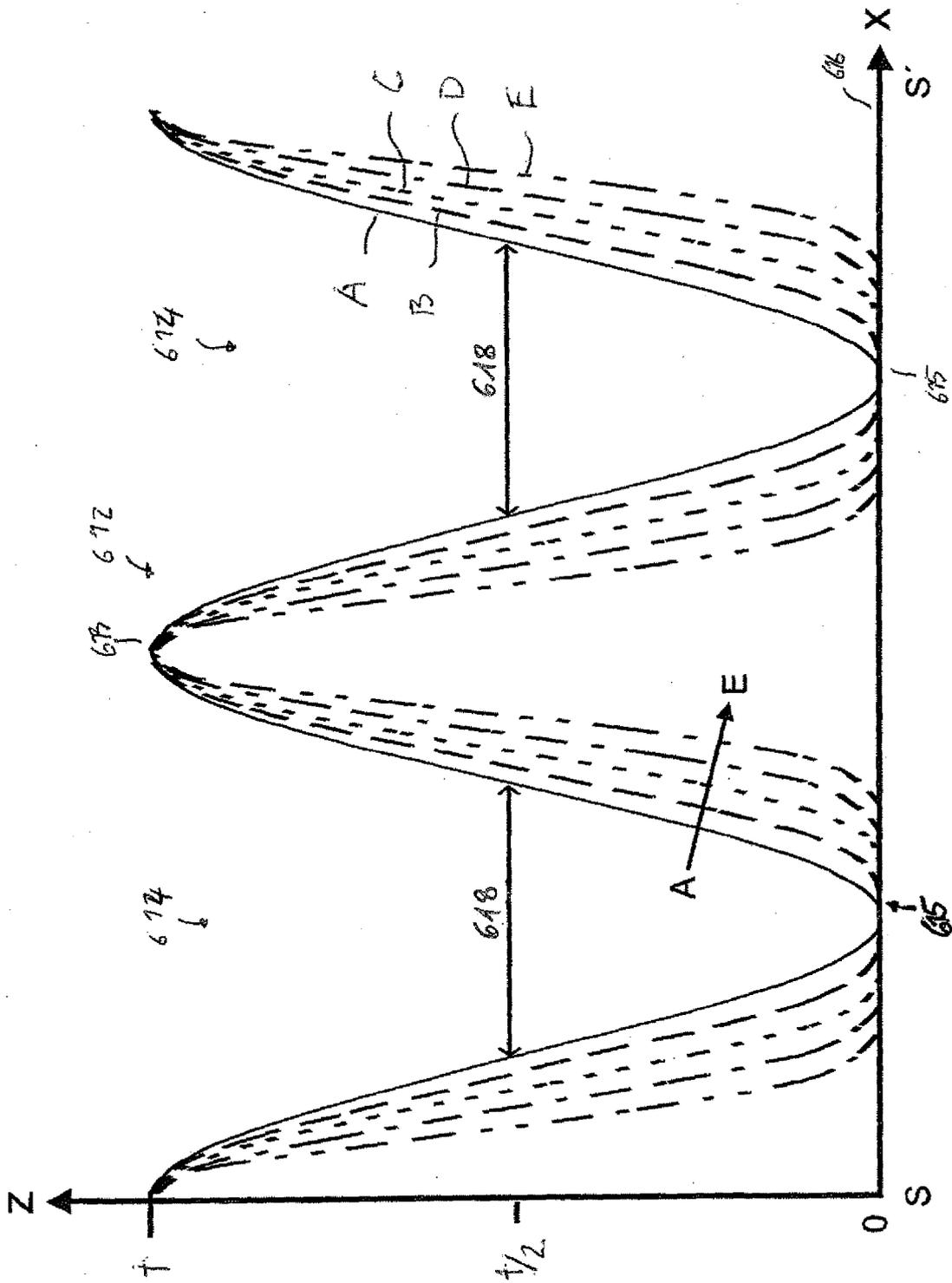


Fig. 4d

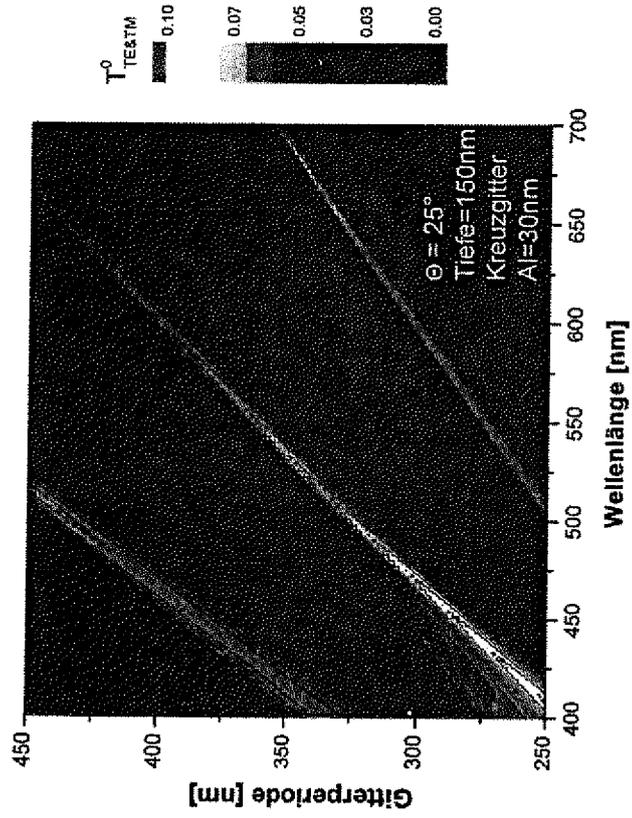


Fig. 5b

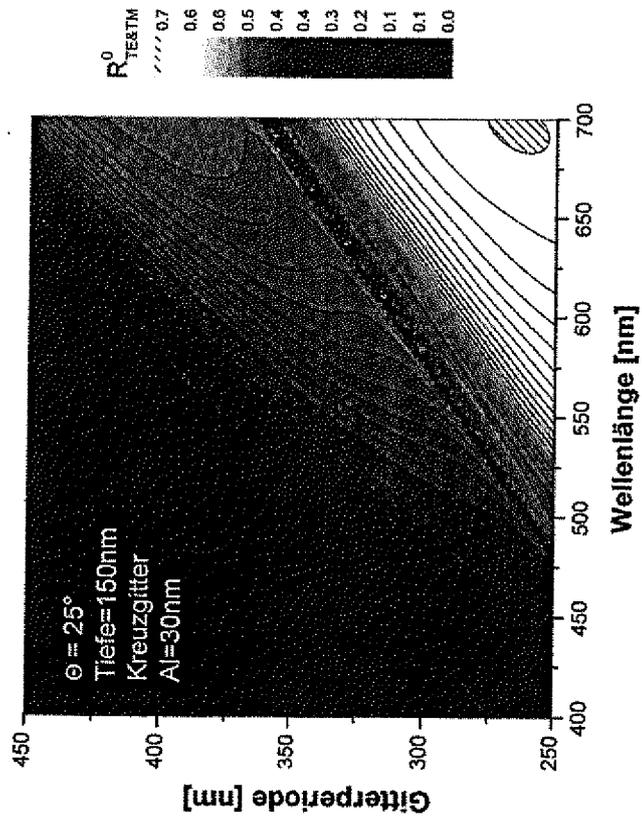


Fig. 5a

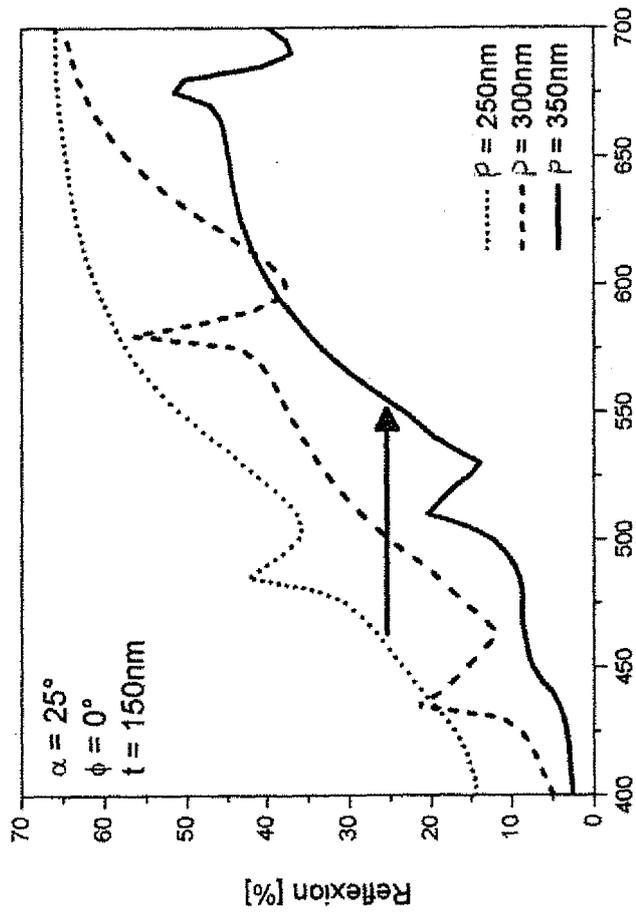


Fig. 5c

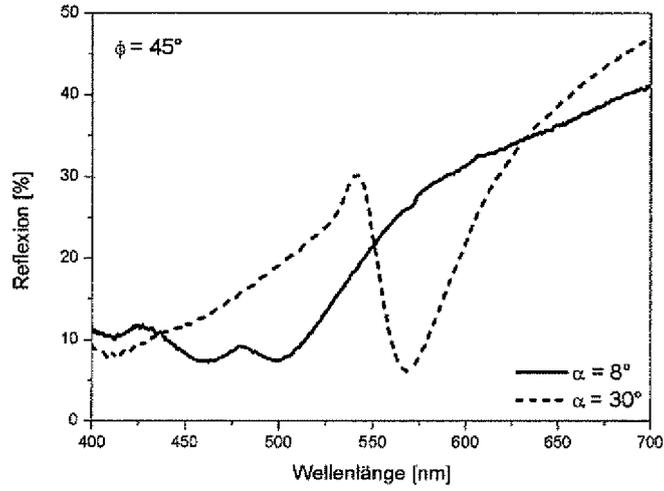


Fig. 5d

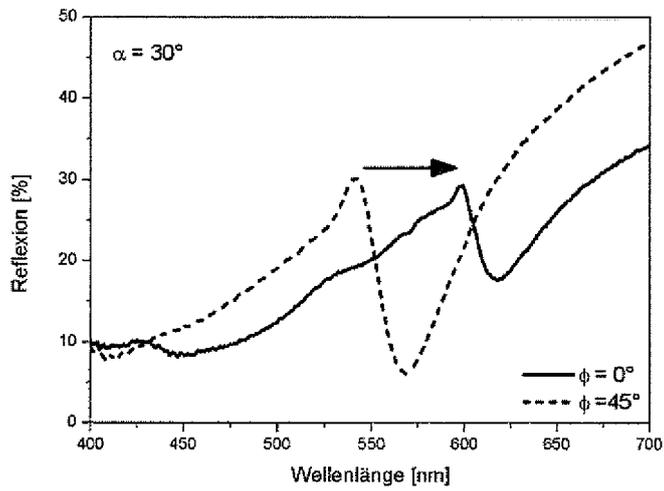


Fig. 5e

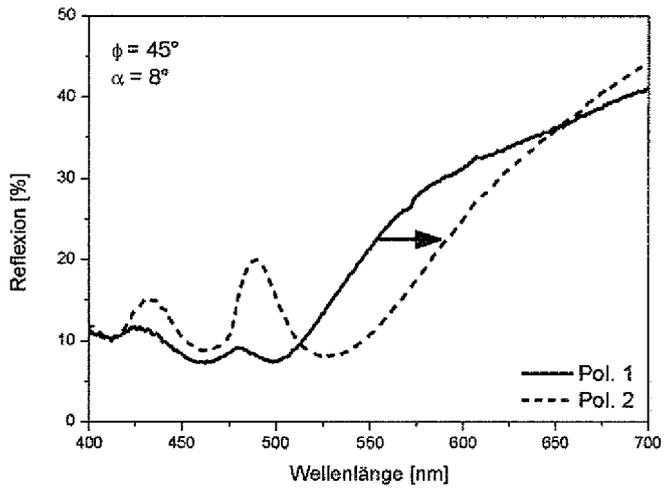


Fig. 5f

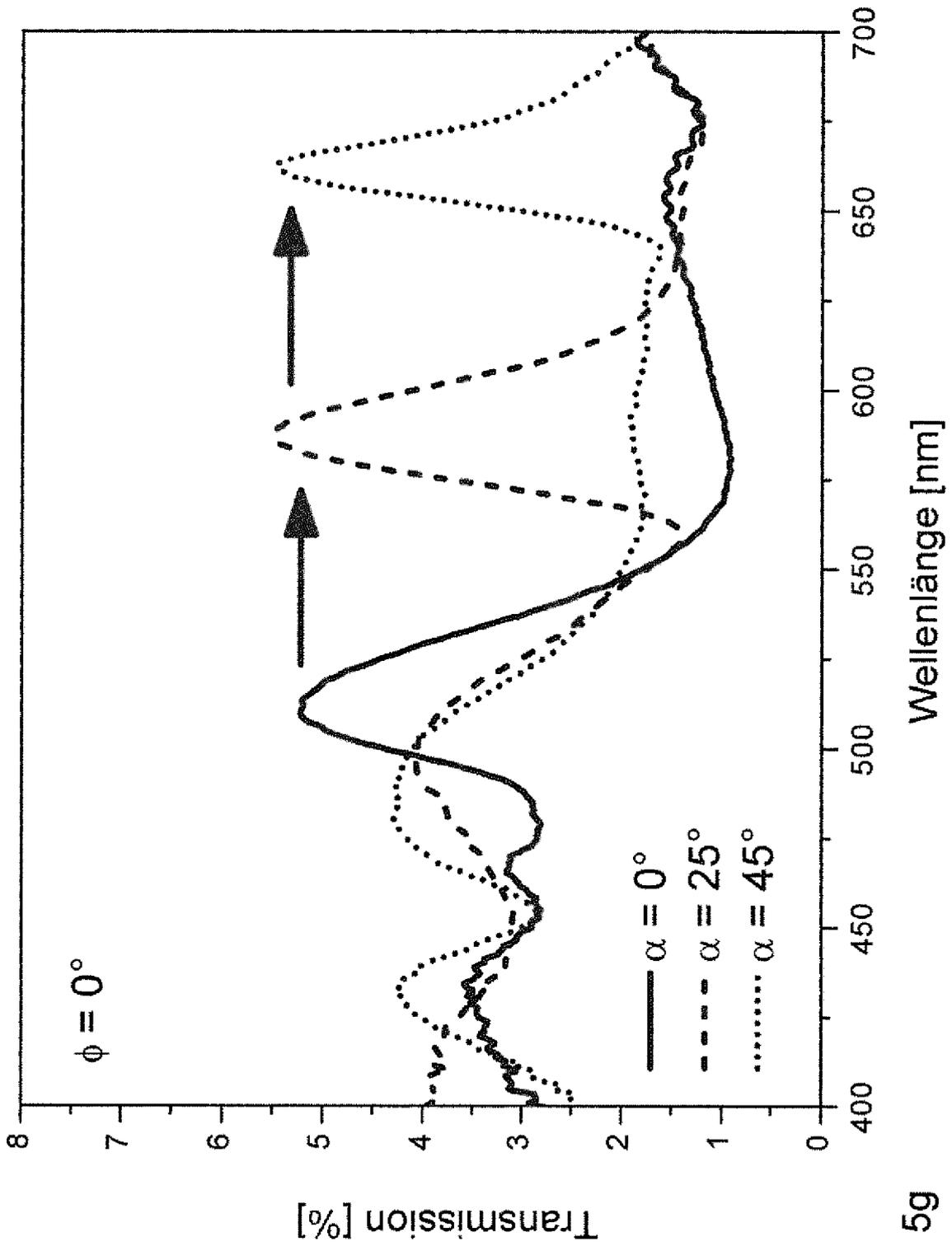


Fig. 59

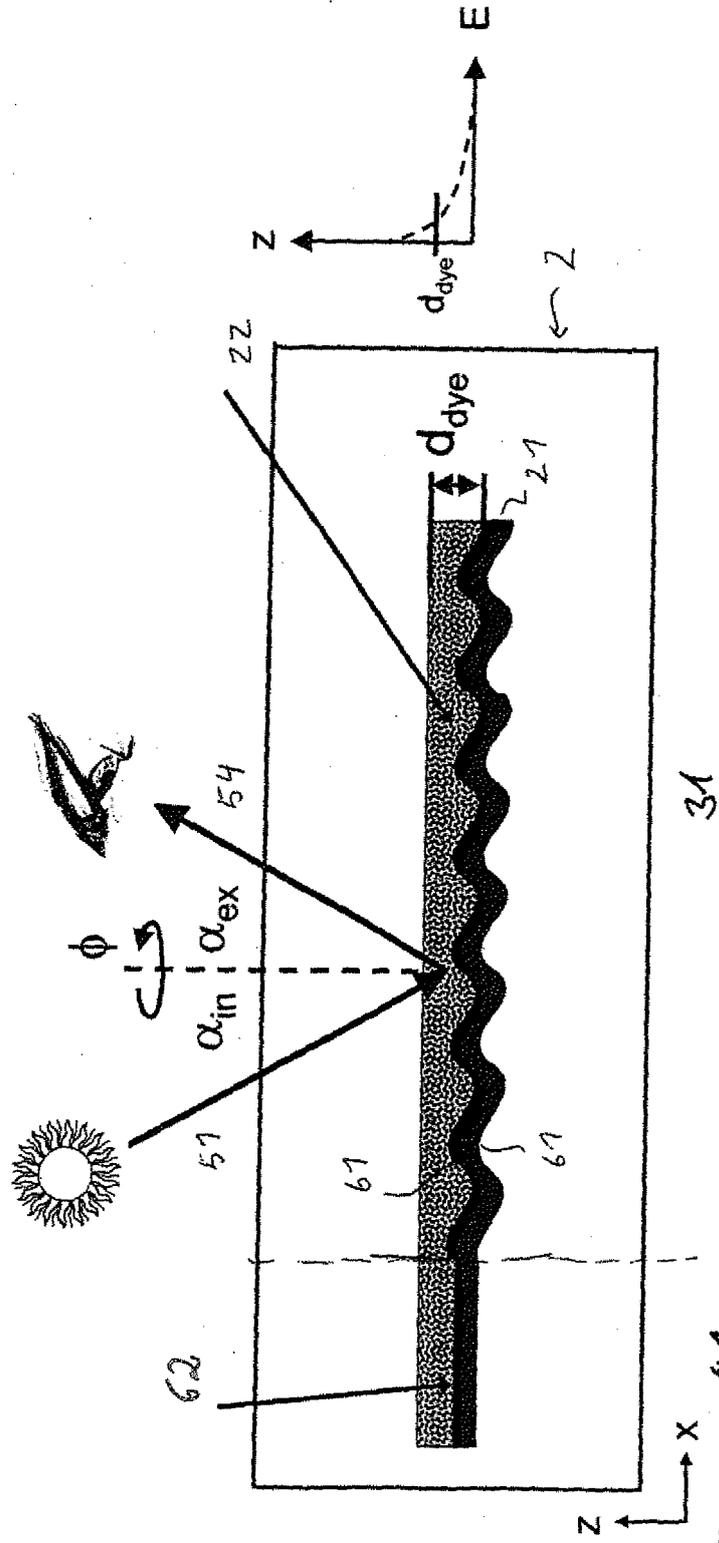


Fig. 6a 41

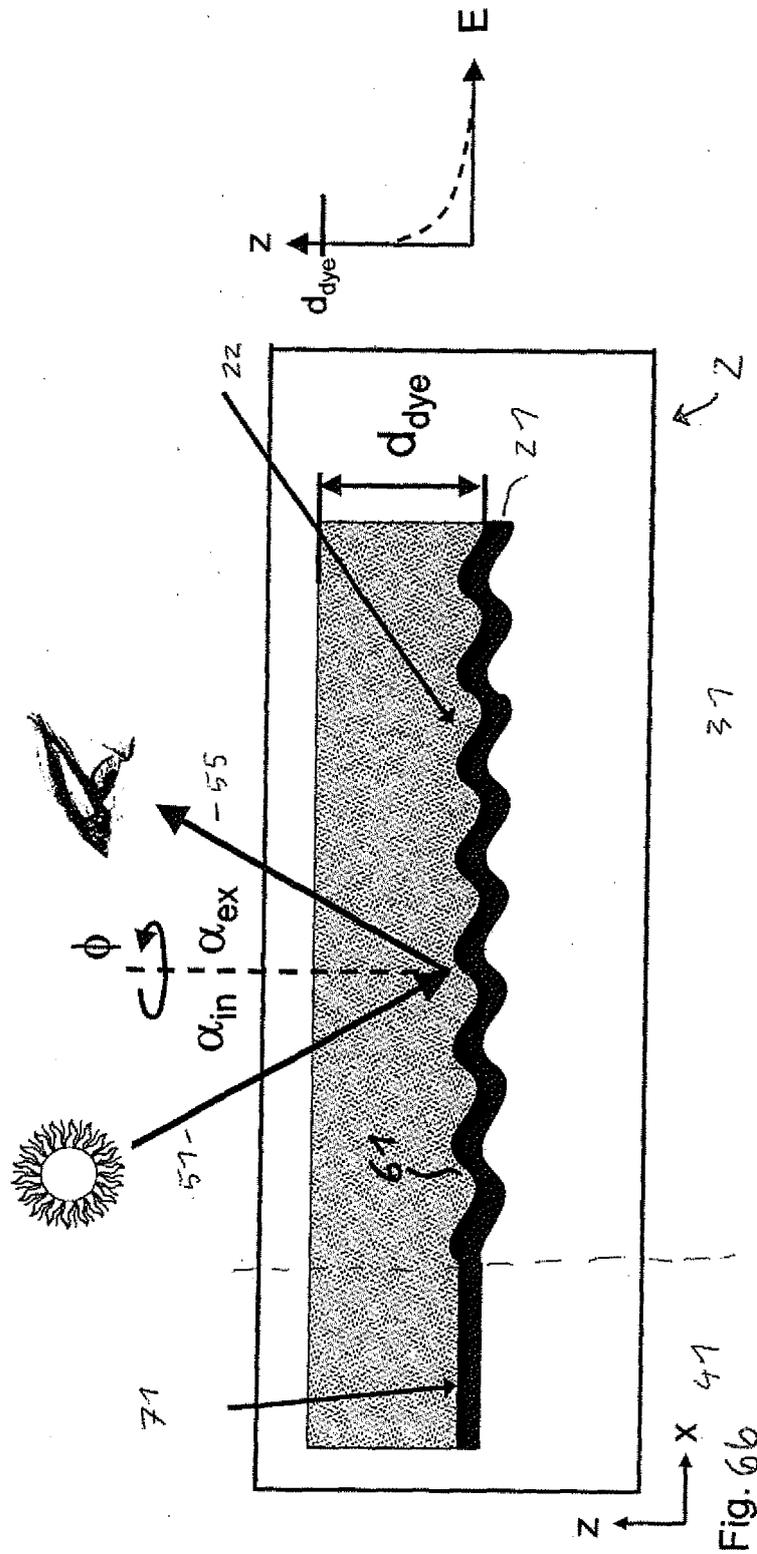


Fig. 66

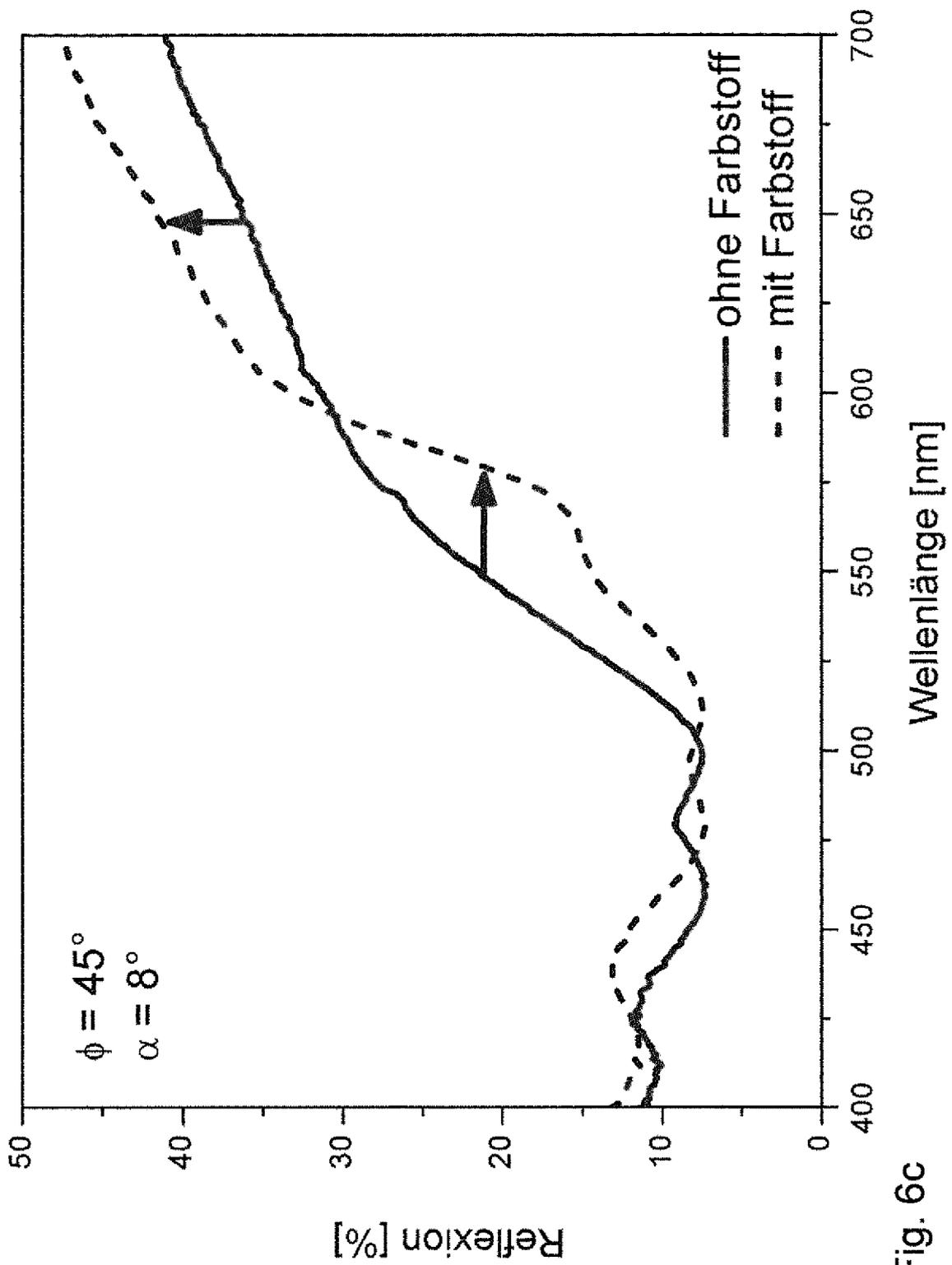


Fig. 6c

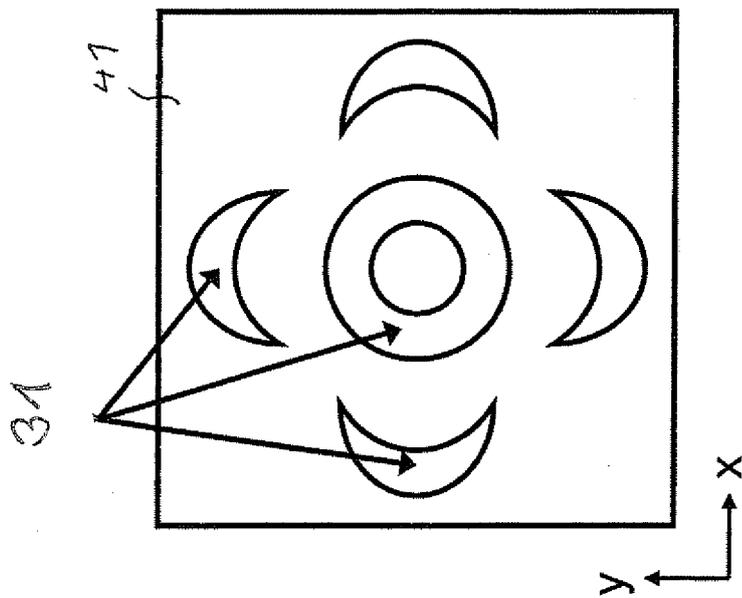


Fig. 7a

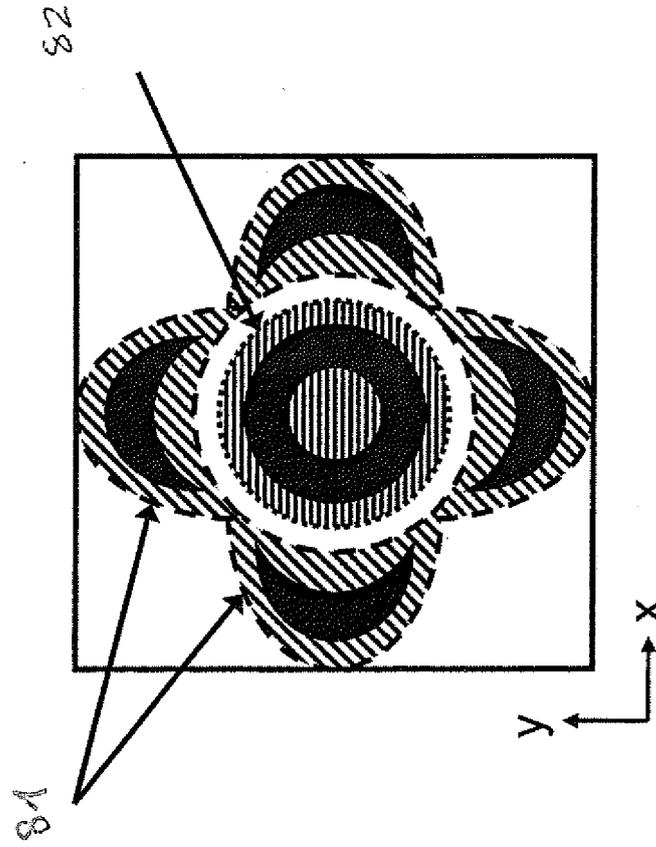


Fig. 7b

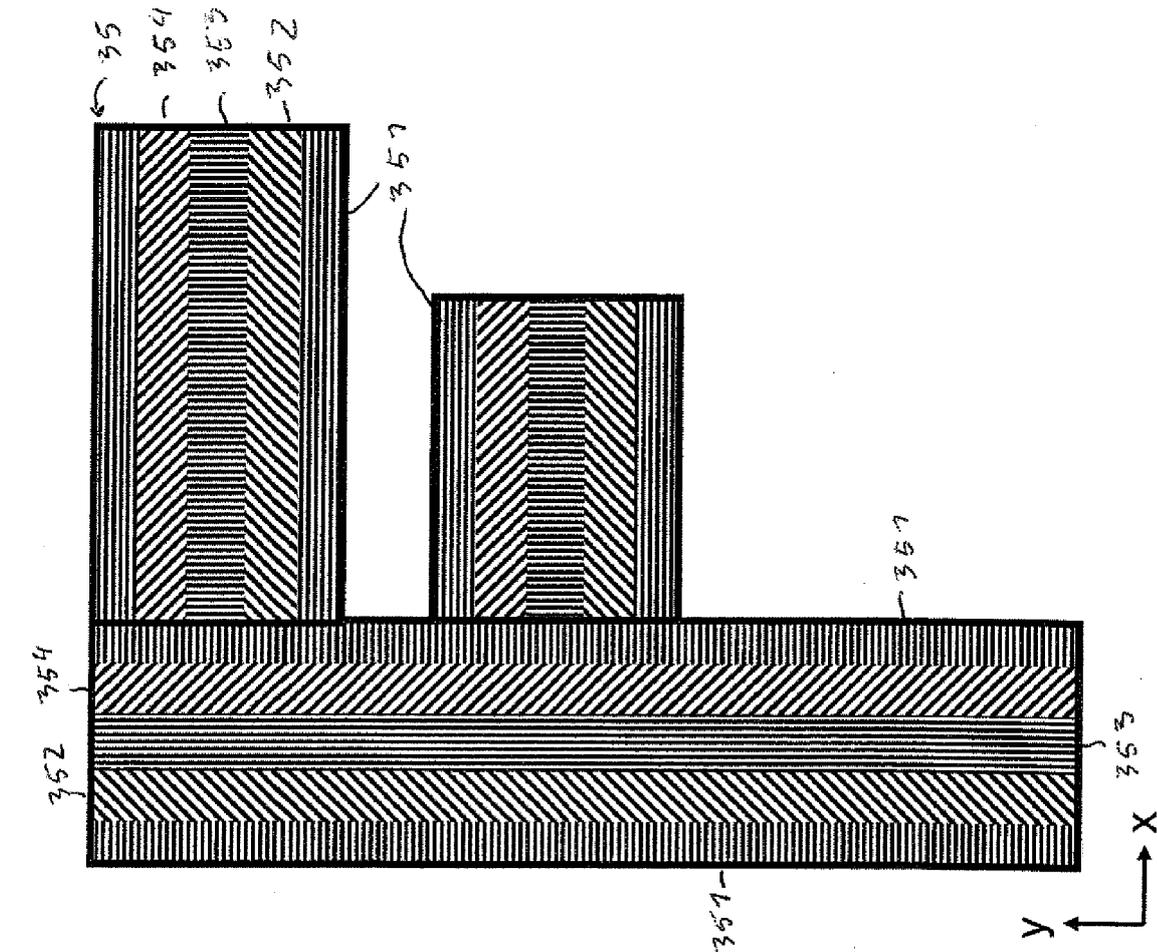


Fig. 8b

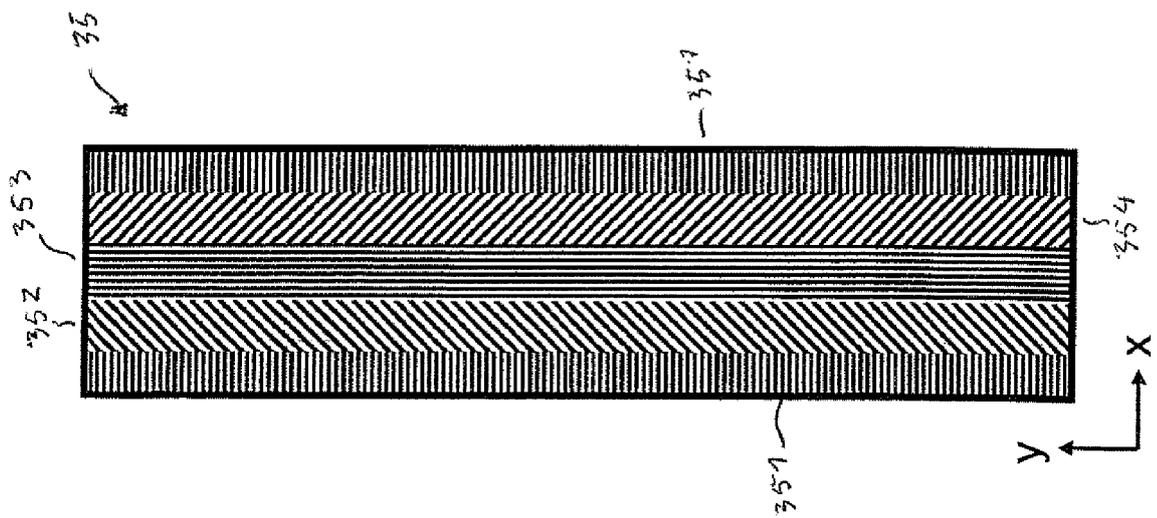


Fig. 8a

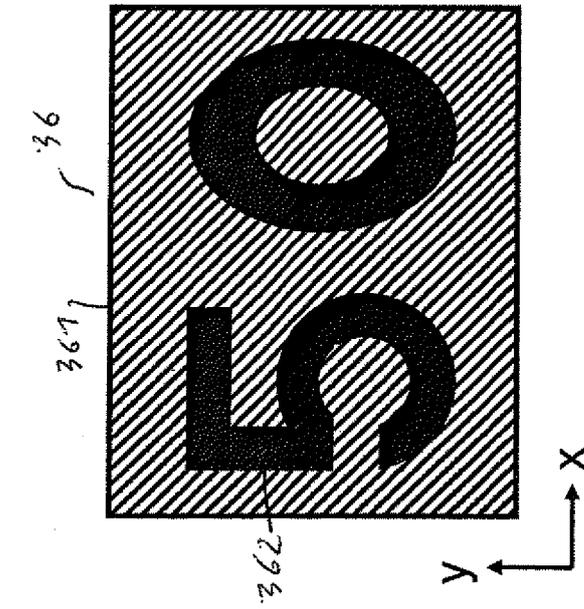


Fig. 9a

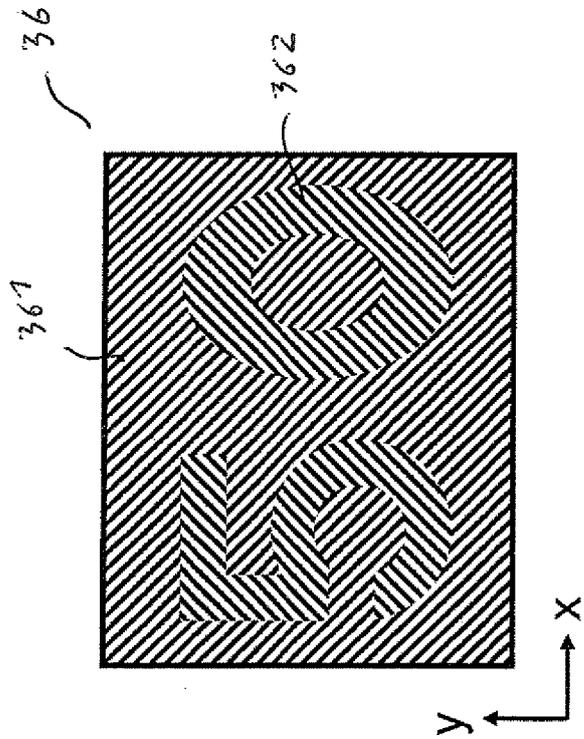


Fig. 9b

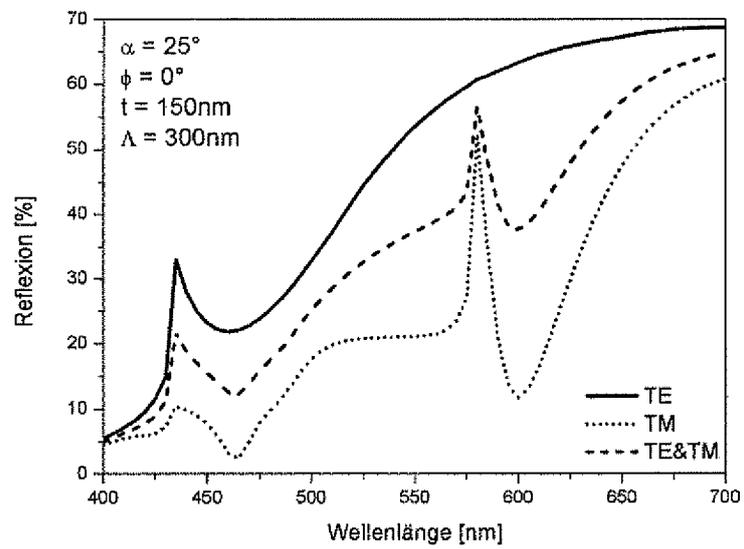


Fig. 9c

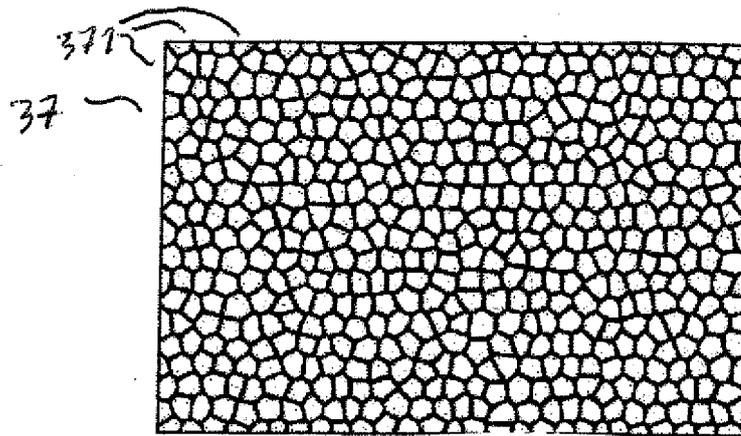


Fig. 10a

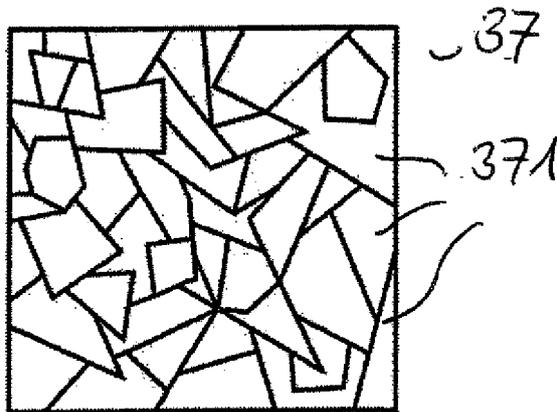


Fig. 10b

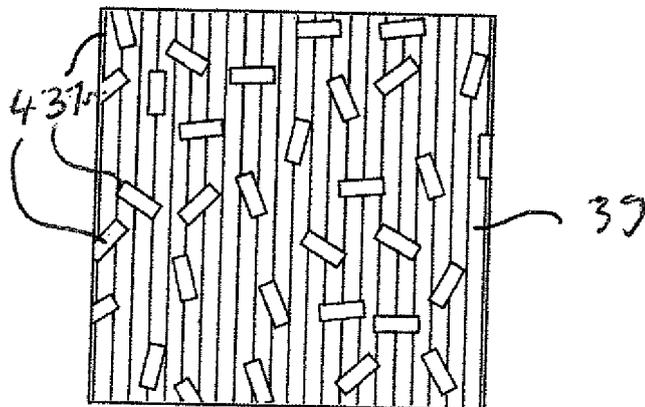


Fig. 11

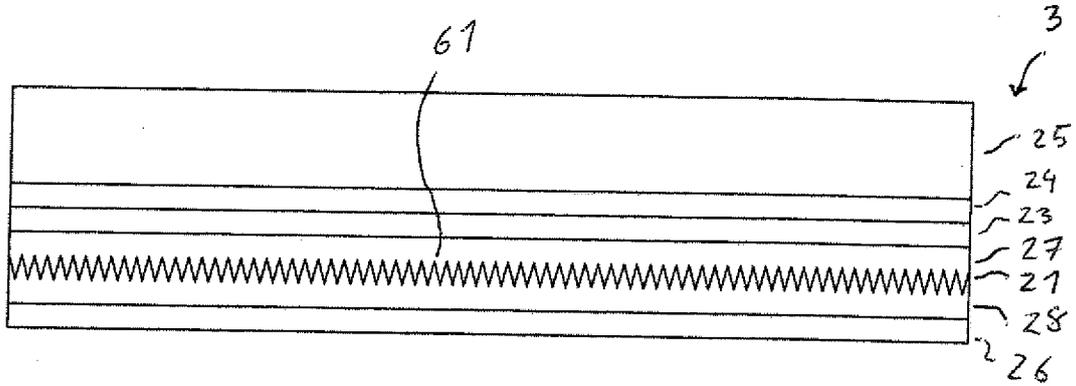


Fig. 12a

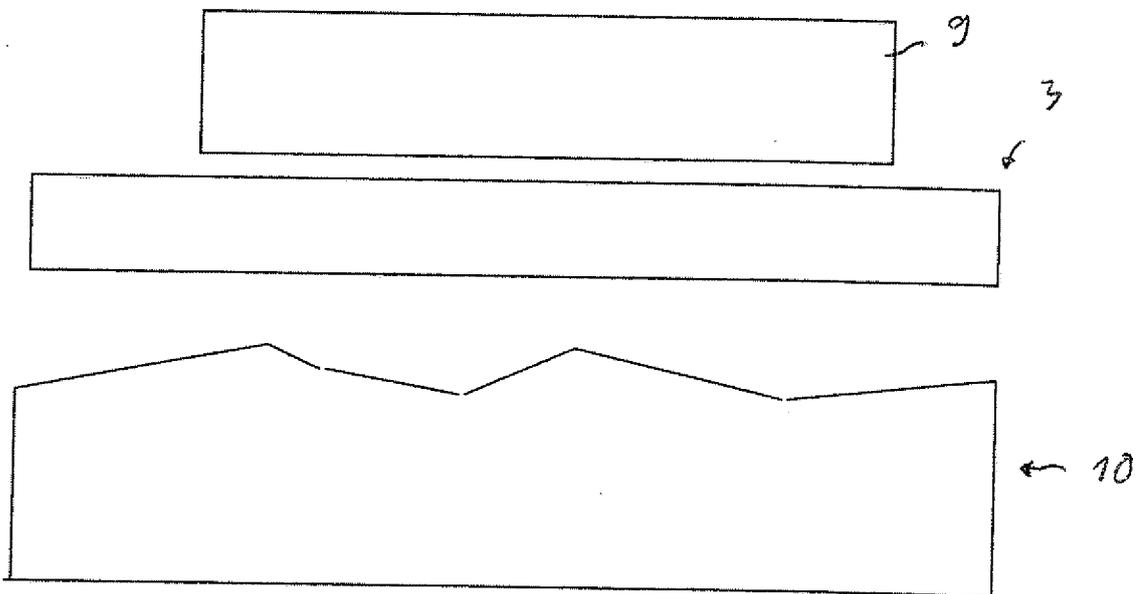
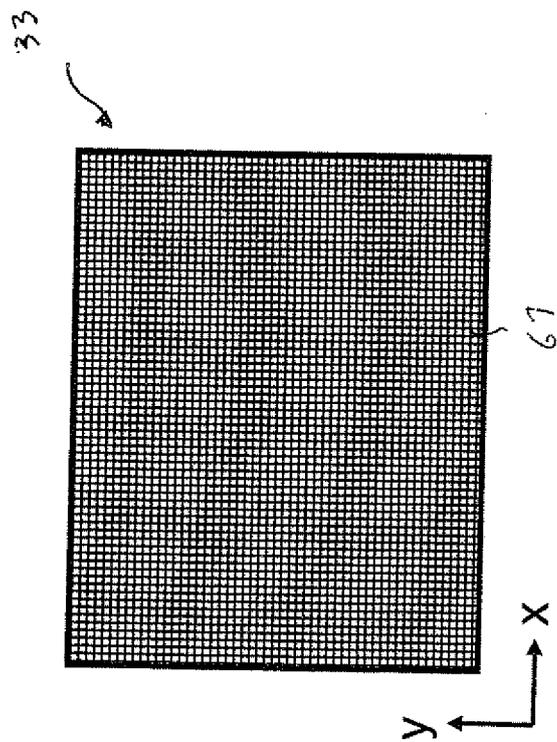
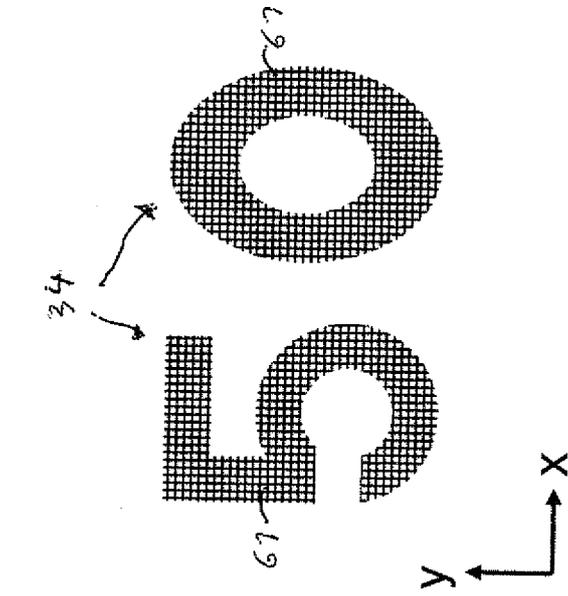
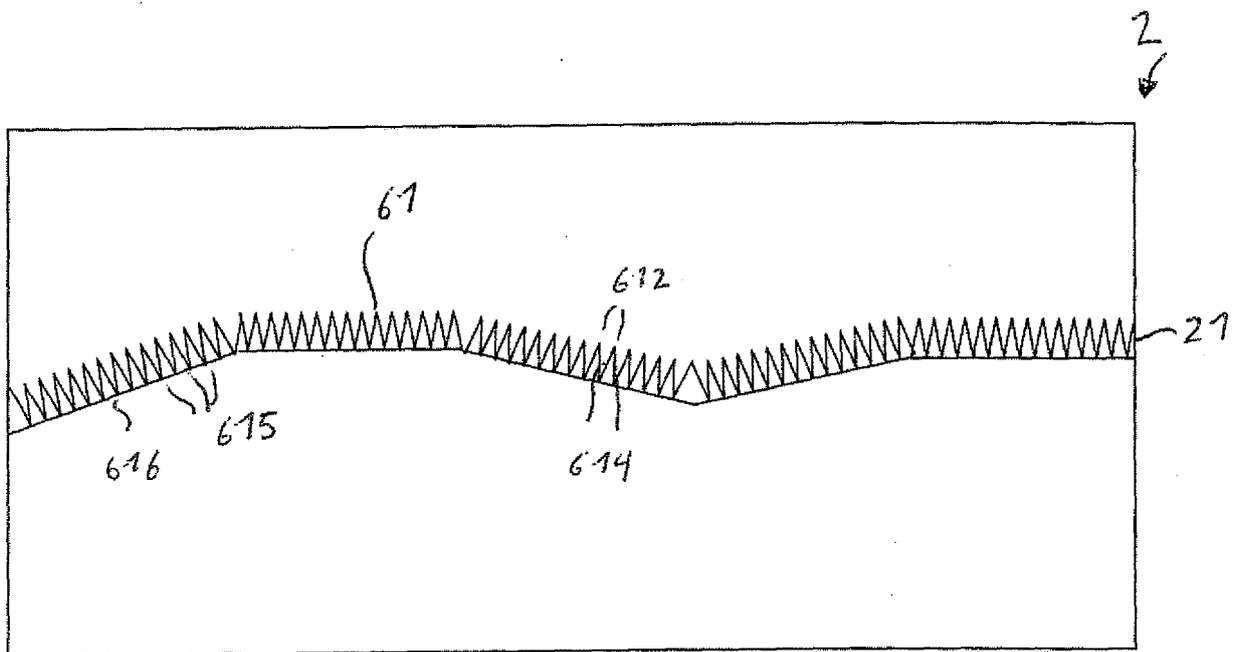


Fig. 12b





38

Fig. 13

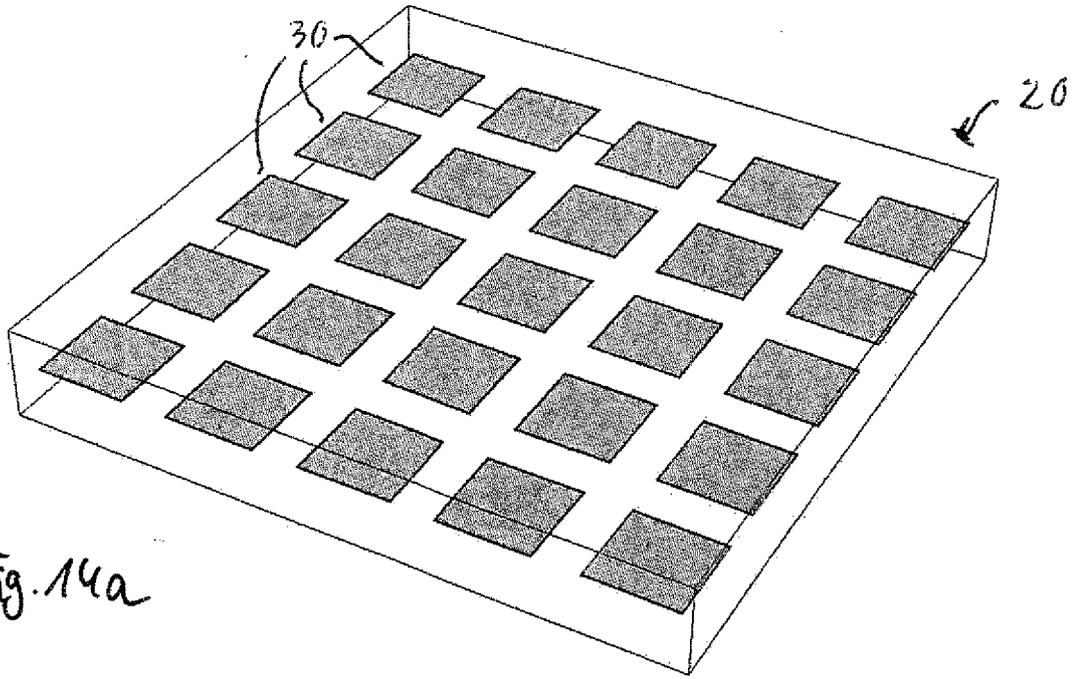


Fig. 14a

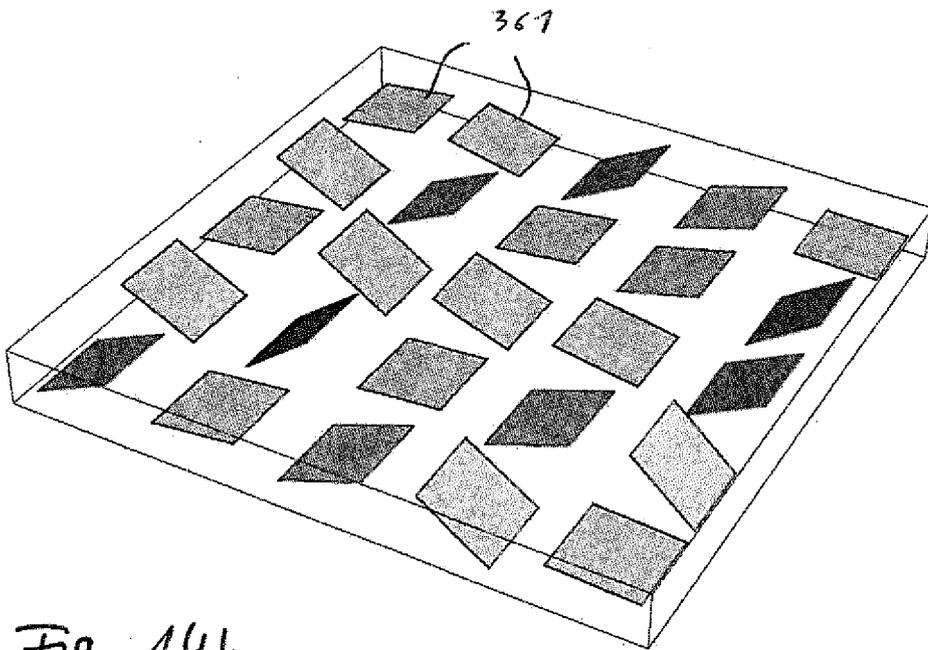


Fig. 14b