(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 2 853 411 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.01.2018 Patentblatt 2018/02

(51) Int Cl.:
B42D 25/29 *(2014.01)* ***B42D 25/324*** *(2014.01)*
B42D 25/342 *(2014.01)* ***B42D 25/373*** *(2014.01)*

(21) Anmeldenummer: **14003244.2**

(22) Anmeldetag: **18.09.2014**

(54) **Sicherheitselement mit Linsenrasterbild**

Security element with lenticular image

Élément de sécurité avec image lenticulaire

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **26.09.2013 DE 102013016041**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.04.2015 Patentblatt 2015/14

(73) Patentinhaber: **Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH**
81677 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Rahm, Michael**
  83646 Bad Tölz (DE)
- **Fuhse, Christian**
  83624 Otterfing (DE)
- **Kaule, Wittich**
  82275 Emmering (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102008 062 475 **US-A1- 2012 319 395**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 853 411 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement zur Absicherung von Sicherheitspapieren, Wertdokumenten und anderen Datenträgern, mit einer Darstellungsanordnung zur Darstellung eines oder mehrerer Sollbilder, deren Motive jeweils durch visuell erkennbare, kontrastierende Bildbereiche gebildet sind. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Herstellen eines derartigen Sicherheitselements, sowie einen mit einem Sicherheitselement ausgestatteten Datenträger.

[0002] Datenträger, wie etwa Wert- oder Ausweisdokumente, aber auch andere Wertgegenstände wie etwa Markenartikel, werden zur Absicherung oft mit Sicherheitselementen versehen, die eine Überprüfung der Echtheit des Datenträgers gestatten und die zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dienen. Datenträger im Sinne der vorliegenden Erfindung sind insbesondere Banknoten, Aktien, Anleihen, Urkunden, Gutscheine, Schecks, hochwertige Eintrittskarten, aber auch andere fälschungsgefährdete Papiere, wie Pässe und sonstige Ausweisdokumente, Kreditkarten, Gesundheitskarten, sowie Produktsicherungselemente wie Etiketten, Siegel, Verpackungen und dergleichen. Der Begriff "Datenträger" schließt im Folgenden alle derartigen Gegenstände, Dokumente und Produktsicherungsmittel ein.

[0003] Eine besondere Rolle bei der Echtheitsabsicherung spielen Sicherheitselemente mit betrachtungswinkelabhängigen Effekten, da diese selbst mit modernsten Kopiergeräten nicht reproduziert werden können. Die Sicherheitselemente werden dabei mit optisch variablen Elementen ausgestattet, die dem Betrachter unter unterschiedlichen Betrachtungswinkeln einen unterschiedlichen Bildeindruck vermitteln und beispielsweise je nach Betrachtungswinkel einen anderen Farb- oder Helligkeitseindruck und/oder ein anderes graphisches Motiv zeigen. Beispielsweise können die Sicherheitselemente ein Kipp- oder Wechselbild, ein Bewegungsbild oder ein Stereobild enthalten.

[0004] In diesem Zusammenhang ist es auch bekannt, Datenträger, beispielsweise Ausweiskarten, zur Absicherung mit lasergravierten Kippbildern zu versehen. Dabei werden zwei oder mehr verschiedene Kennzeichnungen, beispielsweise eine Seriennummer und ein Ablaufdatum, unter unterschiedlichen Winkeln durch eine Anordnung zylindrischer Linsen in die Karte lasergraviert. Die Laserstrahlung erzeugt dabei eine lokale Schwärzung des Kartenkörpers, die die eingravierten Kennzeichnungen visuell sichtbar macht. Bei der Betrachtung ist je nach Blickwinkel nur die jeweils aus dieser Richtung eingravierte Kennzeichnung sichtbar, so dass durch eine Verkippung der Karte senkrecht zur Achse der Zylinderlinsen ein optisch variabler Kippeffekt entsteht.

[0005] Seit einiger Zeit werden auch sogenannte Moire-Vergrößerungsanordnungen und andere mikrooptische Darstellungsanordnungen als Sicherheitsmerkmale eingesetzt. Die prinzipielle Funktionsweise von Moire-Vergrößerungsanordnungen ist in dem Artikel "The moire magnifier", M.C. Hutley, R. Hunt, R.F. Stevens and P. Savander, Pure Appl. Opt. 3 (1994), pp. 133-142, beschrieben. Kurz gesagt bezeichnet Moiré-Vergrößerung danach ein Phänomen, das bei der Betrachtung eines Rasters aus identischen Bildobjekten durch ein Linsenraster mit annähernd demselben Rastermaß auftritt. Wie bei jedem Paar ähnlicher Raster ergibt sich dabei ein Moiremuster, das aus einer periodischen Anordnung vergrößerter und gegebenenfalls gedrehter Bilder der Elemente des Bildrasters besteht.

[0006] Der Einsatz von reflektiven Reliefmustern bei Wechselbildanordnungen mit zylindrischen Linsen ist bekannt, wie z. B. in der US 4,417,784 A1 beschrieben ist. Je nach Neigung der in Form von ebenen Mikrospiegeln ausgebildeten nebeneinander angeordneten Abschnitte des Reliefmusters werden diese hell oder dunkel wahrgenommen. Um einen ausreichenden Kontrast zu erzielen, werden zur Erzeugung von dunklen Abschnitten Mikrospiegel mit vergleichsweise großen Neigungen vorgeschlagen. Die Herstellung solcher Strukturen, insbesondere auch die Replizierung und die Prägung von Strukturen mit hohem Aspektverhältnis (das Aspektverhältnis ist das Verhältnis von maximaler Tiefe zu minimaler lateraler Ausdehnung) ist allerdings nicht ganz unproblematisch.

[0007] Sicherheitselemente mit einem reflektiven Flächenbereich, der in eine Vielzahl von reflektiven Pixeln aufgeteilt ist, sind beispielsweise aus der US 2012/ 0319395 A1 bekannt. Jedes Pixel weist dabei zumindest eine reflektive Facette auf, die in einer Oberfläche eines Trägers ausgebildet ist und die auf den Flächenbereich entlang einer vorbestimmten Richtung einfallendes Licht gerichtet in eine durch ihre Orientierung vorgegebene Reflexionsrichtung reflektiert. Das Sicherheitselement kann in einem weiteren Flächenbereich außerdem eine Moire-Vergrößerungsanordnung enthalten.

[0008] Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Sicherheitselement der eingangs genannten Art anzugeben, das eine hohe Fälschungssicherheit mit einem kontrastreichen Erscheinungsbild verbindet und das hinsichtlich des Herstellverfahrens weniger eingeschränkt ist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Gemäß der Erfindung enthält die Darstellungsanordnung des eingangs genannten Sicherheitselements ein Linsenraster und ein von dem Linsenraster beabstandet angeordnetes Motivbild, das bei Betrachtung mit dem Linsenraster die vorbestimmten Sollbilder zeigt, wobei das Linsenraster aus einer Mehrzahl von sphärischen oder asphärischen Mikrolinsen gebildet ist und das Motivbild aus einer Mehrzahl von Elementarzellen gebildet ist. Weiter umfasst das Motivbild erfindungsgemäß eine Mehrzahl von reflektiven Facetten mindestens einer ersten und einer zweiten Art, die sich hinsichtlich ihrer Neigung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche der Sollbilder erzeugen, wobei die reflektiven Facetten der ersten Art eine Neigung β_1

aufweisen, die gegeben ist durch

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

mit

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{(f - h)} = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)}, \qquad (1A)$$

wobei f die Brennweite der Mikrolinse, h die Höhe der Mikrolinse im Scheitel, R den Krümmungsradius im Zentrum der Mikrolinse und r den Linsenradius der Mikrolinse darstellen, und die reflektiven Facetten der zweiten Art eine Neigung β_2 aufweisen, die gegeben ist durch

$$|\beta_1 - \beta_2| > 10°. \qquad (1B)$$

[0011] In einem zweiten Aspekt enthält die Darstellungsanordnung des gattungsgemäßen Sicherheitselements ein Linsenraster und ein von dem Linsenraster beabstandet angeordnetes Motivbild, das bei Betrachtung mit dem Linsenraster die vorbestimmten Sollbilder zeigt, wobei das Linsenraster aus einer Mehrzahl von zylindrischen Mikrolinsen gebildet ist, die in einem Raster angeordnet sind, durch welches ein Koordinatensystem mit einer ersten Koordinatenachse, die durch die Brennpunktlinien der zylindrischen Mikrolinsen bestimmt ist, und einer zweiten Koordinatenachse aufgespannt ist, die senkrecht auf der ersten Koordinatenachse steht, und das Motivbild aus einer Mehrzahl von Elementarzellen gebildet ist. Weiter umfasst das Motivbild eine Mehrzahl von reflektiven Facetten mindestens einer ersten und einer zweiten Art, die sich hinsichtlich ihrer Neigung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche der Sollbilder erzeugen, wobei die reflektiven Facetten der ersten Art eine Neigung aufweisen, deren Komponente β_1 in Richtung der zweiten Koordinatenachse gegeben ist durch:

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

mit

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{(f - h)} = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)}, \qquad (1C)$$

wobei f die Brennweite der zylindrischen Mikrolinse, h die Höhe der zylindrischen Mikrolinse im Scheitel, R den Krümmungsradius im Zentrum der zylindrischen Mikrolinse und r den Linsenradius der zylindrischen Mikrolinse (bzw. 2r die Ausdehnung der zylindrischen Mikrolinse in Richtung der zweiten Koordinatenachse) darstellen, und die reflektiven Facetten der zweiten Art eine Neigung aufweisen, deren Komponente β_2 in Richtung der zweiten Koordinatenachse gegeben ist durch

$$|\beta_1 - \beta_2| > 10°. \qquad (1D)$$

[0012] Es wurde festgestellt, dass eine signifikante Kontrasterhöhung für geneigte, mit einem Linsenraster betrachtete reflektive Facetten nur bis etwa zu dem mit vorstehender Beziehung (1A) berechneten Winkel stattfindet. Durch den Einsatz von reflektiven Facetten mit größeren Neigungen als β_1 hingegen lässt sich der Kontrast gegenüber Facetten mit geringer Neigung bzw. Facetten mit einer Neigung gleich null zumindest nicht mehr wesentlich weiter erhöhen. Motivbilder mit reflektiven Facetten, die nach vorstehenden Beziehungen (1A) bzw. (1B) gestaltet sind, ermöglichen damit kontrastreiche Darstellungen bei einer gleichzeitig einfachen Herstellbarkeit, wie nachfolgend noch genauer erläutert ist.

[0013] Die Orientierung der Facetten wird hier durch die Neigung und den Azimut-Winkel der reflektiven Facetten

bestimmt. Natürlich kann die Orientierung der Facetten auch durch andere Parameter bestimmt sein. Insbesondere handelt es sich dabei um zwei zueinander orthogonale Parameter, wie z. B. die zwei Komponenten des Normalenvektors der jeweiligen Facette.

[0014] Das Motivbild der Darstellungsanordnung liegt vorzugsweise in der Fokusebene der Mikrolinsen.

[0015] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Neigung β_2 der reflektiven Facetten der zweiten Art gegeben durch $|\beta_1 - \beta_{21}| > 15°$. Insbesondere kann die Neigung β_2 der reflektiven Facetten der zweiten Art null sein.

[0016] Mit Vorteil bilden die reflektiven Facetten, insbesondere die reflektiven Facetten der ersten Art ein periodisches oder aperiodisches Sägezahngitter. Bei aperiodischen Gittern können in vorteilhafter Weise Beugungseffekte, insbesondere Farbeffekte, wie z.B. diffraktive Farbeinstreuung, unterdrückt werden. Des Weiteren lassen sich mit aperiodischen Gittern auch unerwünschte Moire-Effekte vermeiden, wie sie bei der Überlagerung periodischer Gitter und Linsenraster entstehen können. Die Gitterperiode der reflektiven Facetten liegt vorzugsweise zwischen 2,5 μm und 100 μm, bevorzugt zwischen 3 μm und 15 μm.

[0017] In vorteilhaften Ausgestaltungen setzt sich die Gitterperiode der reflektiven Facetten der ersten und/oder der zweiten Art jeweils über alle Elementarzellen hinweg mit derselben Phase fort. Ebenfalls mit Vorteil können die Gitterperiode und die Phase des Gitters der reflektiven Facetten der ersten und/oder der zweiten Art jeweils für alle Elementarzellen gleich sein. Die Ausgestaltung aller Gitter mit gleicher Phase und Periode (beide Arten und in allen Elementarzellen) kann insbesondere bei deren Herstellung von Vorteil sein, beispielsweise, wenn die Gitter der reflektiven Facetten der ersten und der zweiten Art entgegengesetzte Neigungen haben. Alternativ können sich, z. B. zur Vermeidung unerwünschter Moire-Effekte, die Gitterperiode und/oder die Phase des Gitters der reflektiven Facetten der ersten und/oder der zweiten Art von Elementarzelle zu Elementarzelle unterscheiden. Insbesondere können die Gitterperiode und/oder die Phase der reflektiven Facetten der ersten und/oder der zweiten Art zumindest bereichsweise eine im Wesentlichen zufällige Variation aufweisen.

[0018] Bei einer ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltung weisen die reflektiven Facetten der ersten und/oder der zweiten Art je Elementarzelle mehrere Facetten mit gleicher Neigung auf.

[0019] Mit Vorteil weisen die Neigung und/oder der Azimutwinkel der reflektiven Facetten der zweiten Art zumindest bereichsweise eine im Wesentlichen zufällige Variation auf. Die auf diese Weise unterschiedlich orientierten reflektiven Facetten bewirken eine Art Glitzereffekt, der den Kontrast zu den reflektiven Facetten der ersten Art noch verstärken kann.

[0020] Die gewählte Formulierung, nach der die Gitterperiode, die Phase, die Neigung und/oder der Azimutwinkel der Facetten bereichsweise eine im Wesentlichen zufällige Variation aufweisen, trägt dabei der Tatsache Rechnung, dass eine zufällige Variation auch beispielsweise mithilfe computergenerierter "Zufallszahlen" realisiert werden kann, die streng genommen deterministisch sind.

[0021] Mit Vorteil kann zusätzlich oder alternativ auch die Strukturtiefe und/oder gegebenenfalls die Gitterperiode der reflektiven Facetten der zweiten Art variiert werden.

[0022] Die Neigung der reflektiven Facetten der ersten und/oder zweiten Art kann sich auch zumindest bereichsweise kontinuierlich ändern. Damit lassen sich beispielsweise Laufeffekte oder dreidimensional gewölbt erscheinende Darstellungen erzeugen.

[0023] Die Facetten sind bevorzugt als im Wesentlichen ebene Flächenstücke ausgebildet, was die Herstellung erleichtert. Die gewählte Formulierung, nach der die Facetten als im Wesentlichen ebene Flächenstücke ausgebildet sind, trägt dabei der Tatsache Rechnung, dass sich in der Praxis herstellungsbedingt in der Regel nie perfekt ebene Flächenstücke herstellen lassen. Die Facetten können alternativ auch als gekrümmte (z. B. konkave, konvexe oder gewellte) Flächenstücke ausgebildet sein. Die Krümmung der Flächenstücke ist dabei zweckmäßig gering.

[0024] Bei dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement kann die Anzahl der reflektiven Facetten insbesondere so gewählt sein, dass eine maximale vorgegebene Facettenhöhe bzw. Strukturtiefe der Facetten nicht überschritten wird. Die Facetten weisen insbesondere eine Strukturtiefe von 0 μm bis 10 μm, bevorzugt von 1,5 μm bis 4 μm auf.

[0025] Der Durchmesser der sphärischen oder asphärischen Mikrolinsen bzw. die Ausdehnung der zylindrischen Mikrolinsen in Querrichtung beträgt mit Vorteil zwischen 5 μm und 100 μm, bevorzugt zwischen 10 μm und 30 μm. Die Ausdehnung der zylindrischen Mikrolinsen in Richtung der ersten Koordinatenachse beträgt zweckmäßig mehr als 250 μm, bevorzugt mehr als 500 μm, besonders bevorzugt mehr als 2 mm.

[0026] Bei dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement kann auf den Facetten zumindest bereichsweise eine reflektierende oder reflexionserhöhende Beschichtung ausgebildet sein. Reflexionserhöhende Beschichtungen im Sinne der Erfindung sind auch Beschichtungen, die den Reflexionsgrad beispielsweise nur von etwa 20% auf etwa 50% erhöhen, wie z.B. semitransparente Schichten, wohingegen bei reflektierenden Beschichtungen ein sehr hoher Reflexionsgrad vorliegt. Die reflektierende oder reflexionserhöhende Beschichtung kann eine metallische Beschichtung sein, die beispielsweise aufgedampft ist. Als Beschichtungsmaterial kann insbesondere Aluminium, Gold, Silber, Kupfer, Palladium, Chrom, Nickel und/oder Wolfram sowie deren Legierungen verwendet werden. Alternativ kann die reflektierende oder reflexionserhöhende Beschichtung durch eine Beschichtung mit einem Material mit hohem Brechungsindex gebildet werden.

[0027] In vorteilhaften Ausgestaltungen kann die reflektierende oder reflexionserhöhende Beschichtung nur bereichs-

weise, vorzugsweise in Form von Mustern, Zeichen oder einer Codierung ausgebildet sein, das/die ein makroskopisches, mit bloßem Auge ohne Hilfsmittel, insbesondere ohne Vergrößerung durch die Mikrolinsen, sichtbares zusätzliches Motiv bilden.

[0028] Insbesondere kann auf den Facetten zumindest bereichsweise eine farbkippende Schicht ausgebildet sein. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung können auch bereichsweise unterschiedliche farbkippende Schichten auf den Facetten ausgebildet sein. Sowohl die reflexionserhöhende Beschichtung als auch die farbkippende Schicht können in Form von Mustern, Zeichen oder Codierungen vorliegen und/oder Aussparungen in Form von Mustern, Zeichen oder Codierungen aufweisen.

[0029] Die farbkippende Schicht kann insbesondere als Dünnschichtsystem bzw. Dünnfilm-Interferenzbeschichtung ausgebildet sein. Dabei kann z.B. eine Schichtfolge Metallschicht/ dielektrische Schicht/Metallschicht oder eine Schichtfolge aus mindestens drei dielektrischen Schichten, wobei die Brechzahl der mittleren Schicht geringer ist als die Brechzahl der beiden anderen Schichten, verwirklicht werden. Als dielektrisches Material kann z.B. ZnS, SiO_2, TiO_2, MgF_2 verwendet werden.

[0030] Die farbkippende Schicht kann auch als Interferenzfilter, dünne semitransparente Metallschicht mit selektiver Transmission durch Plasmonenresonanzeffekte, Nanopartikel, etc. ausgebildet sein. Die farbkippende Schicht kann insbesondere auch als Flüssigkristallschicht realisiert sein. Auch ein Dünnfilmsystem mit einem Aufbau Reflektor/Dielektrikum/ Absorber ist möglich.

[0031] In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen ist auf einem Teil der reflektiven Facetten eine zusätzliche Strukturierung, bevorzugt eine diffraktive Struktur, eine Struktur mit mattierender oder streuender Wirkung und/ oder eine Nanostrukturierung, insbesondere durch farbige Subwellenlängenstrukturen, die in die nullte Beugungsordnung reflektieren, vorgesehen. Insbesondere kann auf den reflektiven Facetten der zweiten Art eine nicht beugende Mattstruktur vorgesehen sein.

[0032] Die Anordnung der Mikrolinsen kann zweckmäßig mit einer Schutzschicht versehen sein, deren Brechungsindex vorzugsweise um mindestens 0,3 von dem Brechungsindex der Mikrolinsen abweicht. In diesem Fall ändert sich durch die Schutzschicht die Brennweite der Linsen, was bei der Dimensionierung der Linsen-Krümmungsradien und/ oder der Dicke der Abstandsschicht berücksichtigt werden muss. Neben dem Schutz vor Umwelteinflüssen verhindert eine derartige Schutzschicht auch, dass sich die Linsen zu Fälschungszwecken leicht abformen lassen.

[0033] Die Darstellungsanordnung selbst kann eine Anordnung zur unskalierten Darstellung von Sollbildern und insbesondere ein Wechselbild, ein Bewegungsbild, ein Pumpbild, ein Morphbild oder ein Stereobild sein, aber mit Vorteil auch eine mikrooptische Darstellungsanordnung, insbesondere eine Moire-Vergrößerungsanordnung, eine Vergrößerungsanordnung vom Moire-Typ oder eine Modulo-Vergrößerungsanordnung. Das Grundprinzip solcher mikrooptischen Darstellungsanordnungen ist in den Druckschriften WO 2007/076952, WO 2009/000529 und WO 2009/000528 erläutert, deren Offenbarungsgehalt insoweit in die vorliegende Beschreibung aufgenommen wird. Alle diese mikrooptischen Vergrößerungsanordnungen enthalten ein Motivbild mit Mikromotivbildteilen, das bei Betrachtung mit einem geeignet abgestimmten Betrachtungsraster ein vorgegebenes Sollbild rekonstruiert.

[0034] Bei mikrooptischen Darstellungsanordnungen wie Moire-Vergrößerungsanordnungen werden üblicherweise sowohl das Raster der Bildobjekte als auch das Linsenraster durch UV-Prägungen auf gegenüberliegenden Seiten einer Trägerfolie hergestellt. Die Dicke der Trägerfolie ist dabei so bemessen, dass sich die Bildobjekte unter Berücksichtigung der beiden Restlackdicken genau in der Fokusebene der Mikrolinsen befinden. Das Moire-vergrößerte Bild wird allerdings unscharf, wenn die Position der Bildobjekte zu weit von der Fokusebene abweicht.

[0035] Das Motivbild kann bei unskaliert darstellenden Systemen, beispielsweise bei nicht vergrößernden Wechselbildern, auch in einer von der Fokusebene der Mikrolinsen geringfügig abweichenden (parallelen) Ebene liegen. In diesem Fall vergrößern sich lediglich die Winkelbereiche, in denen Übergänge zwischen verschiedenen Sollbildern stattfinden, auf Kosten der Winkelbereiche, in denen jeweils nur ein Sollbild sichtbar ist. Die für das visuelle Erscheinungsbild wesentlich bedeutsamere Schärfe der Sollbilder wird dagegen von der Abweichung nicht beeinträchtigt.

[0036] Dieser Effekt kann auch gezielt dazu genutzt werden, um die Dicke der Trägerfolie bzw. einer Abstandsschicht und damit die Gesamtdicke des Sicherheitselements weiter zu reduzieren. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass Abweichungen der Motivbildebene von der Fokusebene hier auch zu einer Auffächerung der Strahlenbündel der reflektierten Strahlung führen und damit gegebenenfalls den Kontrast abschwächen können.

[0037] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist bei einem Sicherheitselement mit einer Darstellungsanordnung zur unskalierten Darstellung von Sollbildern jede der Elementarzellen in zwei oder mehr Teilflächen zerlegt. Dabei ist jede dieser Teilflächen genau einem der Sollbilder zugeordnet und enthält jeweils einen unskalierten Ausschnitt des Sollbilds, dem die Teilfläche zugeordnet ist. Die Teilflächen der verschiedenen Elementarzellen können bei unskaliert darstellenden Systemen mit Zylinderlinsen zu zusammenhängenden Streifen verschmelzen.

[0038] Die relative Lage der Mikrolinsen und der Teilfläche der Elementarzellen legen jeweils einen Betrachtungswinkelbereich fest, aus der das Sollbild, dem die Teilfläche zugeordnet ist, bei der Betrachtung unskaliert gezeigt ist. Die dargestellten Sollbilder sind dabei jeweils aus einem gewissen Betrachtungswinkelbereich um eine zentrale Betrachtungsrichtung herum sichtbar, wobei die Größe dieses Sichtbarkeitsbereichs insbesondere durch die Größe der Teilflä-

chen gegeben ist. Abkürzend wird im Rahmen dieser Beschreibung manchmal von einer Betrachtungsrichtung gesprochen, wobei es sich versteht, dass diese Angabe den durch die endliche Größe der Teilflächen bestimmten Sichtbarkeitsbereich um diese Betrachtungsrichtung herum mit einschließt.

[0039] Das Sicherheitselement ist mit Vorteil ein Sicherheitsfaden, ein Aufreißfaden, ein Sicherheitsband, ein Sicherheitsstreifen, ein Patch oder ein Etikett zum Aufbringen auf ein Sicherheitspapier, Wertdokument oder dergleichen.

[0040] Die Erfindung enthält auch einen Datenträger, der mit einem Sicherheitselement der oben beschriebenen Art ausgestattet ist. Das Sicherheitselement kann dabei insbesondere in den Datenträger eingebettet sein oder auf den Datenträger aufgebracht sein.

[0041] Die Erfindung enthält weiter ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements mit einer Darstellungsanordnung zur Darstellung eines oder mehrerer Sollbilder, deren Motive jeweils durch visuell erkennbare, kontrastierende Bildbereiche gebildet sind, bei dem

- zur Erzeugung einer Darstellungsanordnung ein Motivbild beabstandet von einem Linsenraster angeordnet wird, so dass das Motivbild bei Betrachtung mit dem Linsenraster die vorbestimmten Sollbilder zeigt, wobei
- das Linsenraster aus einer Mehrzahl von sphärischen oder asphärischen Mikrolinsen gebildet wird und
- das Motivbild aus einer Mehrzahl von Elementarzellen gebildet wird, wobei das Motivbild eine Mehrzahl von reflektiven Facetten mindestens einer ersten und einer zweiten Art umfasst, die sich hinsichtlich ihrer Neigung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche der Sollbilder erzeugen, wobei
- die reflektiven Facetten der ersten Art eine Neigung β_1 aufweisen, die gegeben ist durch

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

mit

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{(f - h)} = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wobei f die Brennweite der Mikrolinse, h die Höhe der Mikrolinse im Scheitel, R den Krümmungsradius im Zentrum der Mikrolinse und r den Linsenradius der Mikrolinse darstellen, und

- die reflektiven Facetten der zweiten Art eine Neigung β_2 aufweisen, die gegeben ist durch $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

[0042] Daneben enthält die Erfindung auch ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements mit einer Darstellungsanordnung zur Darstellung eines oder mehrerer Sollbilder, deren Motive jeweils durch visuell erkennbare, kontrastierende Bildbereiche gebildet sind, bei dem

- zur Erzeugung einer Darstellungsanordnung ein Motivbild beabstandet von einem Linsenraster angeordnet wird, so dass das Motivbild bei Betrachtung mit dem Linsenraster die vorbestimmten Sollbilder zeigt, wobei
- das Linsenraster aus einer Mehrzahl von zylindrischen Mikrolinsen gebildet wird, die in einem Raster angeordnet sind, durch welches ein Koordinatensystem mit einer ersten Koordinatenachse, die durch die Brennpunktlinien der zylindrischen Mikrolinsen bestimmt ist, und einer zweiten Koordinatenachse aufgespannt ist, die senkrecht auf der ersten Koordinatenachse steht,
- das Motivbild aus einer Mehrzahl von Elementarzellen gebildet wird, wobei das Motivbild eine Mehrzahl von reflektiven Facetten mindestens einer ersten und einer zweiten Art umfasst, die sich hinsichtlich ihrer Neigung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche der Sollbilder erzeugen, wobei
- die reflektiven Facetten der ersten Art eine Neigung aufweisen, deren Komponente β_1 in Richtung der zweiten Koordinatenachse gegeben ist durch

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

mit

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{(f - h)} = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wobei f die Brennweite der zylindrischen Mikrolinse, h die Höhe der zylinderischen Mikrolinse im Scheitel, R den Krümmungsradius im Zentrum der zylindrischen Mikrolinse und r den Linsenradius der zylindrischen Mikrolinse darstellen, und

- die reflektiven Facetten der zweiten Art eine Neigung aufweisen, deren Komponente β_2 in Richtung der zweiten Koordinatenachse gegeben ist durch $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

[0043] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in den angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung einsetzbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0044] Weitere Ausführungsbeispiele sowie Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert, bei deren Darstellung auf eine maßstabs- und proportionsgetreue Wiedergabe verzichtet wurde, um die Anschaulichkeit zu erhöhen.

[0045] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Banknote mit einem erfindungsgemäßen Sicherheitselement, das eine MoireVergrößerungsanordnung enthält,

Fig. 2 schematisch den Aufbau eines erfindungsgemäßen Sicherheitselements, beispielsweise eines Transferelements im Querschnitt,

Fig. 3 schematisch die Wirkungsweise von Mikrospiegeln, wie sie in erfindungsgemäßen Darstellungsanordnungen eingesetzt werden, wobei (a) und (b) jeweils eine Querschnittsansicht einer Moire-Vergrößerungsanordnung zeigen,

Fig. 4 schematisch die Verhältnisse bei der Betrachtung einer erfindungsgemäßen Darstellungsanordnung zur Definition der auftretenden Größen,

Fig. 5 schematisch einen Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Sicherheitselements, beispielsweise des Transferelements der Fig. 1, in Aufsicht,

Fig. 6 eine schematische Querschnittsansicht des Sicherheitselements entlang der Linie VI-VI in Figur 5, und

Fig. 7 schematisch eine Querschnittsansicht des Motivbilds eines weiteren erfindungsgemäßen Sicherheitselements.

[0046] Die Erfindung wird nun am Beispiel von Sicherheitselementen für Banknoten und andere Wertdokumente erläutert. Figur 1 zeigt dazu eine schematische Darstellung einer Banknote 10, die mit einem erfindungsgemäßen Sicherheitselement in Form eines aufgeklebten Transferelements 12 versehen ist. Das Transferelement 12 stellt im Ausführungsbeispiel eine Moiré-Vergrößerungsanordnung dar, die dem Betrachter ein Sollbild 14 präsentiert. Das Sollbild 14 zeigt ein Motiv, das durch visuell erkennbare und kontrastierende Bildbereiche 16 bzw. 17 gebildet ist.

[0047] Im Ausführungsbeispiel ist das Motiv des Sollbilds durch metallisch glänzende, dunkel erscheinende Buchstaben "PL" vor einem ebenfalls metallisch glänzenden, aber hell erscheinenden Hintergrund gebildet (hier dargestellt durch die schwarzen Buchstaben "PL" vor weißem Hintergrund). Es versteht sich, dass in der Praxis zumeist komplexere Motive, beispielsweise die Denomination der Banknote, geometrische Muster, Portraits, architektonische, technische oder Naturmotive verwendet werden. Die Motive können dabei insbesondere auch in Form von gerasterten Halbtondarstellungen vorliegen.

[0048] Die Erfindung ist allerdings nicht in irgendeiner Weise auf Moire-Vergrößerungsanordnungen beschränkt. Vielmehr kann die Erfindung bei allen Darstellungsanordnungen mit einer kontrastierenden reflektiven Motivschicht Anwendung finden, insbesondere auch bei Vergrößerungsanordnungen vom Moire-Typ, Modulo-Vergrößerungsanordnungen, oder auch bei Wechselbildern, Bewegungsbildern, Pumpbilder, Morphbildern oder Stereobildern unskaliert darstellender Systeme.

[0049] Die Erfindung ist auch nicht auf die zur Illustration verwendeten Transferelemente bei Banknoten beschränkt, sondern kann beispielsweise auch bei Sicherheitsfäden, breiten Sicherheitsstreifen oder Abdeckfolien eingesetzt werden, die über einem Fensterbereich oder einer durchgehenden Öffnung eines Dokuments angeordnet sind. Insbesondere ist es auch denkbar, dass die Mikrolinsen bzw. die reflektiven Facetten auf unterschiedlichen Seiten eines zumindest

bereichsweise transparenten Banknotensubstrats, beispielsweise eines Substrats aus polymerem Material, aufgebracht bzw. in ein solches eingebracht sind.

[0050] Figur 2 zeigt schematisch den Aufbau eines erfindungsgemäßen Sicherheitselements 20, beispielsweise eines Transferelements, im Querschnitt. Dargestellt sind hier, wie auch in den weiteren Figuren, nur die für die Erläuterung des Funktionsprinzips erforderlichen Teile des Aufbaus.

[0051] Das Sicherheitselement 20 der Fig. 2 weist einen Träger 22 in Form einer transparenten Kunststofffolie, beispielsweise einer etwa 20 μm dicken PET-Folie auf. Die Oberseite des Trägers 22 ist im Ausführungsbeispiel mit einem Betrachtungsraster in Form einer rasterförmigen Anordnung von sphärisch oder asphärisch ausgestalteten Mikrolinsen 24 versehen, deren Durchmesser d im Ausführungsbeispiel d = 20 μm beträgt. Die Mikrolinsen 24 bilden auf der Oberfläche der Trägerfolie 22 ein zweidimensionales Bravais-Gitter mit einer vorgewählten Symmetrie. Das Bravais-Gitter kann beispielsweise eine hexagonale Gittersymmetrie aufweisen. Möglich sind jedoch auch andere, insbesondere niedrigere Symmetrien und damit allgemeinere Formen, wie etwa die Symmetrie eines Parallelogramm-Gitters. Es können auch bereichsweise unterschiedliche Symmetrien bzw. Bravais-Gitter vorliegen.

[0052] Der Abstand benachbarter Mikrolinsen 24 ist vorzugsweise so gering wie möglich gewählt, um eine möglichst hohe Flächendeckung und damit eine kontrastreiche Darstellung zu gewährleisten. Auf der Unterseite des Trägers 22 ist eine Motivschicht 26 ausgebildet, die ein in eine Mehrzahl von Elementarzellen 28 eingeteiltes Motivbild mit Mikrobildbereichen 29A und 29B enthält. Die Anordnung der Elementarzellen 28 bildet ebenfalls ein zweidimensionales Bravais-Gitter mit einer vorgewählten Symmetrie.

[0053] Im Fall einer Moire-Vergrößerungsanordnung unterscheidet sich dabei das Bravais-Gitter der Elementarzellen 28 in seiner Ausrichtung und/oder in der Größe seiner Gitterparameter geringfügig von dem Bravais-Gitter der Mikrolinsen 24. Je nach Art und Größe des Unterschieds entsteht bei der Betrachtung des Motivbilds ein vergrößertes Bild der Mikrobildbereiche.

[0054] Die optische Dicke der Trägerfolie 22 und die Brennweite der Mikrolinsen 24 sind so aufeinander abgestimmt, dass sich die Motivschicht 26 etwa im Abstand der Linsenbrennweite bzw. in der Fokusebene befindet. Die Trägerfolie 22 bildet somit eine optische Abstandsschicht, die einen gewünschten, konstanten Abstand der Mikrolinsen 24 und der Motivschicht 26 mit dem Motivbild gewährleistet.

[0055] Bei Betrachtung des Motivbilds 26 mit dem Linsenraster wird das Motiv aus den in den Elementarzellen 28 angeordneten abgebildeten Mikrobildbereichen 29A, 29B rekonstruiert, wobei das Motiv je nach Auslegung der Darstellungsanordnung vor und/oder hinter der Bildebene schweben oder in der Bildebene liegen kann.

[0056] Wie in Fig. 2 gezeigt, enthält das Sicherheitselement 20 typischerweise weitere Schichten 32, wie etwa Schutz-, Abdeck- oder weitere Funktionsschichten, die für die vorliegende Erfindung jedoch nicht wesentlich sind und daher nicht näher beschrieben werden. Auch auf den Mikrolinsen kann eine (hier nicht gezeigte) Schutzschicht vorgesehen sein, deren Brechungsindex vorzugsweise um mindestens 0,3 von dem Brechungsindex der Mikrolinsen abweicht.

[0057] Moire-Vergrößerungsanordnungen, die verschiedenfarbige Motive zeigen, sind bekannt. Um die verschiedenfarbigen Motive zu erzeugen, werden die in den einzelnen Mikrobildbereichen 29A, 29B liegenden Motivteile beispielsweise in der gewünschten Form aufgedruckt. Die Besonderheit der hier beschriebenen Darstellungsanordnungen besteht nun darin, dass das Motiv des Sollbilds 14 durch kontrastierende, unterschiedlich reflektierende Bildbereiche 16, 17 gebildet ist. Um ein Motiv mit unterschiedlichen Reflexionseigenschaften zu erzeugen, werden die in den einzelnen Mikrobildbereichen 29A, 29B liegenden Motivteile des Sollbilds 14 erfindungsgemäß durch unterschiedlich orientierte Reliefs gebildet. Um dabei einen ausreichenden Kontrast zu gewährleisten, wird wie folgt vorgegangen.

[0058] Der Aufbau und die prinzipielle Funktionsweise eines erfindungsgemäßen Sicherheitselements 20, beispielsweise des Transferelements 12 der Fig. 1, wird nun mit Bezug auf die Figuren 3 bis 7 näher beschrieben.

[0059] In Figur 3 ist der prinzipielle Aufbau einer erfindungsgemäßen Darstellungsanordnung 40 gezeigt. Dort ist unter der Annahme idealisierter (sphärischer oder zylindrischer) Linsen exemplarisch der Strahlengang der rechten bzw. linken Randstrahlen für den Fall senkrechten Lichteinfalls (entspricht senkrechter Aufsicht) eingezeichnet. Ferner wird vorausgesetzt, dass sich die Mikrospiegel in der Brennebene der Linsen befinden.

[0060] In den in Figur 3 gezeigten Ausschnitten der Darstellungsanordnung 40 sind jeweils unter einer Mikrolinse angeordnete, als Mikrospiegel ausgebildete Facetten 42-1 und 42-2 einer ersten und einer zweiten Art in einem Schnitt durch die y-z-Ebene gezeigt. Die Mikrospiegel 42-1, 42-2 weisen jeweils eine Reflexionsfläche 44-1, 44-2 auf, die die optisch wirksame Fläche der Facette ist und deren Orientierung durch die Angabe der Neigung bestimmt ist.

[0061] Fig. 3(a) zeigt den Fall, dass die Reflexionsfläche 44-2 des Mikrospiegels 42-2 nicht gegen die Oberfläche der Linsenanordnung geneigt ist. Für den gezeigten Mikrospiegel ist β daher gleich null. Die einfallende Strahlung (Lichtstrahlen L1, L2) wird in diesem Fall in dieselbe Richtung zurückgeworfen, aus der sie eingetreten ist. Die Lichtstrahlen L1, L2 verlassen die Linsenanordnung durch die Linse, durch die sie auch eingefallen sind, und werden alle in dieselbe Richtung zurückgeworfen.

[0062] Bei dem in Fig. 3(b) gezeigten Fall ist die Reflexionsfläche des Mikrospiegels 42-1 gegen die Oberfläche der Linsenanordnung (und im Fall von Zylinderlinsen senkrecht zur Längsrichtung der Zylinderlinsen bzw. in Krümmungsrichtung der Zylinderlinsen) mit der Neigung $|\beta| > 0°$ geneigt.

[0063] Wie in Fig. 3(b) dargestellt, verlässt der Teil der Strahlung, der nach der Reflexion an dem Mikrospiegel 42-1 die Linsenanordnung durch die Linse verlässt, durch die er eingefallen ist, die Linsenanordnung ebenfalls senkrecht nach oben. Die Neigung β des Mikrospiegels 42-1 hat bei diesem Teil der Strahlung keinen Einfluss auf Ausbreitungsrichtung (siehe Lichtstrahl L1: nach Verlassen der Linse entspricht die Ausbreitungsrichtung im Wesentlichen der Ausbreitungsrichtung der Strahlung in dem in Figur 3(a) dargestellten Fall, wobei der Lichtstrahl L1 im Vergleich hierzu lediglich etwas versetzt austritt). Ein Teil der Strahlung (hier der Lichtstrahl L2) läuft nach Reflexion an dem Mikrospiegel 42-1 jedoch an der Linse vorbei und verlässt die Anordnung beispielsweise durch eine benachbarte Linse. In diesem Fall wird die Ausbreitungsrichtung der Lichtstrahlen verändert. Nach Verlassen breitet sich der Lichtstrahl L2 in eine Richtung aus, die durch Brechung an der Oberfläche der ersten Linse, Neigung des Mikrospiegels in Bezug auf die Oberfläche der Linsenanordnung und Brechung an der Oberfläche einer benachbarten (und hier nicht gezeigten) zweiten Linse bestimmt ist.

[0064] Auf diese Weise entsteht ein Kontrast gegenüber dem in Fig. 3(a) gezeigten Fall, bei dem die Reflexionsfläche des Mikrospiegels nicht gegen die Oberfläche der Linsenanordnung geneigt ist ($\beta = 0°$). Ein Teil der Strahlung (beispielhaft Lichtstrahl L1) verhält sich zwar praktisch wie in dem in Fig. 3(a) gezeigten einfachsten Fall. Bei dem verbleibenden Teil der Strahlung wird hingegen die Ausbreitungsrichtung verändert. Bei Betrachtung aus Richtung der senkrecht einfallenden Lichtstrahlen erscheint die Darstellungsanordnung daher im Bereich der Facette 42-1 dunkler als im Bereich der Facette 42-2. Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, diesen Teil der Strahlung und damit den Kontrast zu erhöhen.

[0065] Ob der Bereich der Facette 42-1 oder der Bereich der Facette 42-2 heller bzw. dunkler erscheint, hängt letztendlich davon ab, wie die Umgebung ausgeleuchtet ist. Ein Betrachter blickt in einen durch Brechung der Lichtstrahlen an der Oberfläche der Linsen, Reflexion an den Facetten und erneute Brechung an der Oberfläche der Linsen mehr oder weniger weit aufgefächerten Raumwinkelbereich der Umgebung. Die Helligkeit der Umgebung in diesem Raumwinkelbereich gibt vor, ob der zugehörige Bereich dem Betrachter hell oder dunkel erscheint. Je größer der Raumwinkelbereich ist, desto größer ist der Bereich, über den die Helligkeit der Umgebung praktisch gemittelt wird und desto schwächer ist der Kontrast.

[0066] In der schematischen Darstellung in Figur 4 ist exemplarisch der Strahlengang der im Zentrum bzw. im Randbereich der Linse senkrecht einfallenden Strahlen eingezeichnet (Lichtstrahlen L3, L4, L5). Dabei wird weiter vorausgesetzt, dass sich der Mikrospiegel bzw. die Facette 42-1 in der Fokusebene der (idealisierten sphärischen) Linse 24 befindet.

[0067] Wie in Figur 4 veranschaulicht, muss ein Mikrospiegel etwa im Winkel β^* gegen die Horizontale geneigt sein, damit die durch die darüber liegende Mikrolinse 24 (senkrecht) einfallenden Lichtstrahlen L3, L4, L5 nicht mehr dorthin zurückgelangen, sondern in einen Bereich neben dieser Linse abgelenkt werden.

[0068] Es gilt daher näherungsweise:

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{(f - h)} = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wobei f die Brennweite der Mikrolinse, h die Höhe der Mikrolinse im Scheitel, R den Krümmungsradius im Zentrum der Mikrolinse und r den Linsenradius der Mikrolinse darstellen. Für die Neigung β_1 der reflektiven Facetten 42-1 der ersten Art kann daher angenommen werden:

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*,$$

[0069] d. h. die reflektiven Facetten der ersten Art können erfindungsgemäß auch eine Neigung β_1 aufweisen, die um weniger als $\pm$ 15 % von β^* abweicht.

[0070] Die vorstehende Bedingung gilt auch für zylindrische Mikrolinsen, bei denen die reflektiven Facetten eine Neigung β_1 in einer senkrecht zu den Brennpunktlinien bzw. parallel zur zweiten Koordinatenachse verlaufenden Richtung aufweisen, wobei R hier den Krümmungsradius im Zentrum der zylindrischen Mikrolinse und r den Linsenradius der zylindrischen Mikrolinse darstellen.

[0071] Für einen Brechungsindex des Linsenmaterials $n_{ML} = 1{,}5$, wie er für übliche Kunststoffe und UV-Lackschichten angenommen werden kann, und einen Brechungsindex des die Mikrolinse umgebenden Materials (Luft) nL = 1,0 erhält man so die Bedingung

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{3R - R + \sqrt{R^2 - r^2}} = \pm \arctan \frac{r}{2R + \sqrt{R^2 - r^2}}.$$

[0072] Bei einem Linsendurchmesser d = 22 μm (bzw. r = 11 μm) und einem Krümmungsradius R = 12 μm im Zentrum der Mikrolinse ergibt sich daraus eine Neigung $\beta^* = 21°$. Die Neigung β_1 der reflektiven Facetten der ersten Art kann entsprechend zwischen 17,85° und 21,15° liegen.

[0073] Ohne an diese Erklärung gebunden zu sein, findet für Neigungen bis zu diesem Wert eine kontinuierliche Erhöhung des Anteils der neben die Linse reflektierten Strahlung und entsprechend eine Kontrasterhöhung gegenüber nicht oder nur geringfügig geneigten reflektiven Facetten bei Betrachtung mit einem Linsenraster statt. Ab etwa einer Neigung β^* werden die durch die darüber liegende Mikrolinse einfallenden Lichtstrahlen L3, L4, L5 zumindest bei senkrechter Betrachtung zu einem überwiegenden Teil in einen Bereich neben diese Linse abgelenkt bzw. reflektiert.

[0074] Weiter wurde festgestellt, dass sich durch den Einsatz von reflektiven Facetten mit größeren Neigungen als β_1 der Kontrast gegenüber Facetten einer zweiten Art mit geringerer Neigung β_2 bzw. mit einer Neigung β_2 gleich null zumindest nicht mehr wesentlich erhöhen lässt. Auch kann der Einsatz solcher reflektiven Facetten - bei deutlich größeren Neigungen - mit Schwierigkeiten bei der Herstellung verbunden sein. Für einen optimalen Kontrast weisen die reflektiven Facetten der zweiten Art dabei erfindungsgemäß eine Neigung β_2 auf, die gegeben ist durch $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$, also um mindestens 10 ° kleiner ist als die Neigung β_1.

[0075] Motivbilder mit reflektiven Facetten einer ersten und zweiten Art, die nach vorstehenden Bedingungen gestaltet sind, ermöglichen damit einen ausreichenden Kontrast bei einer durch eine minimale Prägehöhe bedingten einfachen Herstellbarkeit. Insbesondere lassen sich dadurch Schwierigkeiten, die beispielsweise daraus resultieren, dass Facetten große Aspektverhältnisse, insbesondere Aspektverhältnisse > 1, also eine im Vergleich zur Strukturweite große Strukturtiefe aufweisen, bei der Herstellung vermeiden oder zumindest reduzieren.

[0076] Das Motivbild 26 ist erfindungsgemäß aus einer Mehrzahl von identischen Elementarzellen 28 zusammengesetzt, von denen ausschnittsweise einige in Figur 5 in schematischer Weise gezeigt sind, wobei, wie auch in den weiteren Figuren, nur die für die Erläuterung des Funktionsprinzips erforderlichen Teile des Aufbaus dargestellt sind.

[0077] Für die exemplarisch geschilderte Moire-Vergrößerungsanordnung des Sicherheitselements 30 werden die Elementarzellen 28 des Motivbilds 26 wie vorstehend erläutert passend zum Raster der Mikrolinsen 24 in einem Raster nebeneinander angeordnet. Die in Figur 5 gezeigten Elementarzellen 28 sind hier der Einfachheit halber ebenso wie die Mikrolinsen 24 in einem Hexagonalraster angeordnet.

[0078] Das Motivbild 26 enthält zwei Arten von reflektiven Facetten 33-1 und 33-2, die sich in ihrer Orientierung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche des Sollbilds 14 erzeugen. Die Facetten 33-1 bilden dabei einen ersten Mikrobildbereich 29A, beispielsweise einen Vordergrund, die Facetten 33-2 einen zweiten Mikrobildbereich 29B, beispielsweise einen Hintergrund.

[0079] Die Erfindung ist nicht auf die Unterteilung in zwei Arten von Facetten beschränkt. Vielmehr können auch weitere Arten von Facetten mit unterschiedlicher Orientierung vorgesehen sein, beispielsweise zur Erzeugung verschiedener Hell-Dunkel-Effekte oder auch zur Erzeugung eines Graustufenbilds.

[0080] In Figur 6 ist die Schnittansicht entlang der Linie VI-VI von Figur 5 dargestellt, wobei die Darstellung in Figur 6 sowie auch in den anderen Figuren nicht maßstabsgetreu ist, sondern teilweise zur besseren Darstellbarkeit stark übertrieben ist. Ferner ist zur Vereinfachung der Darstellung in Figur 6 sowie auch in Figur 7 eine optional vorhandene reflektierende oder hochbrechende Beschichtung auf den Facetten 33-1, 33-2 nicht eingezeichnet.

[0081] Mit Bezug auf Figur 6 umfasst die Motivschicht eine auf den Träger 22 aufgebrachte Prägeschicht 36, in der die reflektiven Facetten 33-1, 33-2 ausgebildet sind. Die so strukturierte Prägeschicht 36 ist dabei bevorzugt mit einer reflektierenden oder reflexionserhöhenden Beschichtung beschichtet. Auf die Prägeschicht 36 kann vollflächig ein Metall, beispielsweise Aluminium aufgedampft werden, so dass eine vollflächige Metallbeschichtung entsteht.

[0082] Wie in Figur 6 gezeigt, ist die Neigung β_1 für alle Facetten 33-1 gleich und beträgt im Ausführungsbeispiel 21°. Die Gitterperiode der ein periodisches Sägezahngitter bildenden Facetten 33-1 liegt bevorzugt zwischen 2,5 μm und 100 μm und insbesondere zwischen 3 μm und 20 μm. Beispielsweise beträgt die Gitterperiode 4 μm. Die Neigung β_2 der Facetten 33-2 der zweiten Art beträgt 0°. Im Ausführungsbeispiel bilden die Facetten 33-1 einen Vordergrund, hier den Buchstaben "A", die Facetten 33-2 einen Hintergrund.

[0083] Je nach Betrachtungs- bzw. Beleuchtungssituation erscheinen die Facetten 33-1 oder die Facetten 33-2 bei Betrachtung durch das Linsenraster hell. Beim Kippen des Sicherheitselements in einer parallel zur Neigung β_1 der Facette 33-1 verlaufenden Richtung (bzw. im Falle von zylindrischen Mikrolinsen in einer parallel zur zweiten Koordinatenachse verlaufenden Richtung) kann der Betrachter daher bei dem Motiv einen Kontrastwechsel wahrnehmen, d. h. vorher hell erscheinende Bildbereiche des Motivs erscheinen dann dunkel, vorher dunkel erscheinende Bildbereiche des Motivs erscheinen nach dem Kippen hell.

[0084] Bei den in Figur 6 gezeigten Facetten 33-1 sind die Gitterperiode und die Phase des Gitters jeweils für alle Elementarzellen 28 identisch. In einer hier nicht gezeigten Alternative kann sich die Gitterperiode der Facetten 33-1 aber auch über alle Elementarzellen 28 hinweg mit derselben Phase fortsetzen, wodurch sich beispielsweise nicht erwünschte, durch eine Moire-Vergrößerung der Grenzen der Facetten 33-1 bedingte Effekte verhindern lassen.

[0085] Figur 7 zeigt eine weitere Möglichkeit, den Hell-Dunkel-Kontrast zu steigern. Wie dort exemplarisch anhand der Querschnittsansicht einiger Elementarzellen des Motivbilds dargestellt und wie insbesondere der Detailansicht zu

entnehmen ist, kann auch der zweite Bildbereich des Sollbilds 14 durch eine Mehrzahl von reflektiven Facetten 33-2 gebildet werden. Die reflektiven Facetten 33-2 können dabei unterschiedliche Orientierungen aufweisen, wodurch sich eine Art Glitzereffekt realisieren lässt. Im Ausführungsbeispiel unterscheiden sich die Facetten 33-2 in ihren Neigungen β_2. Um einen ausreichenden Kontrast zu den Facetten 33-1 der ersten Art zu gewährleisten, müssen die Neigungen β_2 der Facetten 33-2 dabei außerdem um mindestens 10° geringer sein als die der Facetten 33-1 und können beispielsweise zwischen 0° und 5° variieren, während die Neigung β_1 der Facetten 33-1 der ersten Art beispielsweise für alle Facetten 33-1 gleich ist und 23° beträgt.

[0086] Bei einer alternativen, hier nicht gezeigten Gestaltung kann zusätzlich oder alternativ auch der Azimutwinkel der Facetten 33-2 der zweiten Art variieren. Vorzugsweise weisen die Neigung β_2 und/oder der Azimutwinkel der reflektiven Facetten 33-2 der zweiten Art dabei zumindest bereichsweise eine im Wesentlichen zufällige Variation auf und reflektieren Licht daher in von der Lichteinfallsrichtung geringfügig abweichende unterschiedliche Richtungen. Der auf diese Weise bewirkte Glitzereffekt erhöht den Kontrast zu den reflektiven Facetten 33-1 noch weiter.

[0087] In weiteren Ausgestaltungen kann die reflektierende oder reflexionserhöhende Beschichtung auch nur bereichsweise, insbesondere in Form von Mustern, Zeichen oder einer Codierung, vorliegen. So können die mit einer Metallbeschichtung versehenen Facetten bereichsweise in Form eines Symbols oder einer Wertzahl metallisiert oder demetallisiert sein.

[0088] Solche Effekte sind ungewöhnlich und für einen Betrachter überraschend und führen daher zu einem visuell attraktiven und auffälligen Gesamteindruck mit hohem Aufmerksamkeits- und Wiedererkennungswert.

[0089] Ein mögliches Herstellungsverfahren für solche nur bereichsweise beschichtete Facetten ist in der WO 2011/138039 A1 beschrieben. Um Beschichtungsfehler zu vermeiden, die beispielsweise bei großen zusammenhängenden Vertiefungsbereichen durch die unerwünschte Entfernung bzw. Übertragung der Beschichtung entstehen können, sind zwischen den Teilbereichen optional noch Stützstrukturen in Form kleiner erhabener Elemente, insbesondere Stege oder Stützpfeiler, vorgesehen.

[0090] Die bereichsweise Entfernung der reflektierenden oder reflexionserhöhenden Beschichtung in den einzelnen Teilflächen kann aber beispielsweise auch per Laserablation der Beschichtung durch die Linsen erfolgen.

[0091] In weiteren, hier nicht gezeigten Ausgestaltungen kann ein Teil der Facetten zusätzlich mit einer weiteren, feineren Strukturierung versehen sein. Eine derartige Strukturierung wird beispielsweise durch eine Nanostrukturierung, insbesondere durch farbige Subwellenlängenstrukturen, die in die nullte Beugungsordnung reflektieren, gebildet. Natürlich sind auch andere Strukturen, beispielsweise Nanostrukturen wie Mottenaugenstrukturen, oder diffraktive Mikroreliefstrukturen, die eine holographische Information tragen, möglich. So kann insbesondere die Reflektivität der Facetten 33-2 der zweiten Art durch nicht beugende Mattstrukturen vorteilhaft beeinflusst werden, während sich der Einsatz einer Nanostrukturierung wie z. B. Mottenaugenstrukturen bei den Facetten 33-1 der ersten Art als vorteilhaft erwiesen hat.

Bezugszeichenliste

[0092]

10	Banknote
12	Transferelement
14	Sollbild
16	Bildbereich des Sollbilds
17	Bildbereich des Sollbilds
19	Kipprichtung
20	Sicherheitselement
22	Träger
24	Mikrolinsen
26	Motivschicht
28	Elementarzellen
29A, 29B	Mikrobildbereich
30	Sicherheitselement
32	weitere Schichten
33-1, 33-2	Facette
36	Prägeschicht
40	Darstellungsanordnung
42-1, 42-2	Facette
44-1, 44-2	Reflexionsfläche
50	Sicherheitselement
d	Linsendurchmesser

f	Brennweite
L1, L2, L3, L4, L5	Strahlung
r	Linsenradius
R	Krümmungsradius
β, β^*, β_1, β_2	Neigung

Patentansprüche

1. Sicherheitselement (20) zur Absicherung von Sicherheitspapieren, Wertdokumenten und anderen Datenträgern, mit einer Darstellungsanordnung zur Darstellung eines oder mehrerer Sollbilder (14), deren Motive jeweils durch visuell erkennbare, kontrastierende Bildbereiche (16,17) gebildet sind, wobei

- die Darstellungsanordnung ein Linsenraster und ein von dem Linsenraster beabstandet angeordnetes Motivbild enthält, das bei Betrachtung mit dem Linsenraster die vorbestimmten Sollbilder (14) zeigt, wobei
- das Linsenraster aus einer Mehrzahl von sphärischen oder asphärischen Mikrolinsen (24) gebildet ist und
- das Motivbild aus einer Mehrzahl von Elementarzellen (28) gebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Motivbild eine Mehrzahl von reflektiven Facetten (33-1, 33-2) mindestens einer ersten und einer zweiten Art umfasst, die sich hinsichtlich ihrer Neigung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche der Sollbilder (14) erzeugen, wobei
- die reflektiven Facetten der ersten Art (33-1) eine Neigung β_1 aufweisen, die gegeben ist durch

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

mit

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wobei f die Brennweite der Mikrolinse (24), R den Krümmungsradius im Zentrum der Mikrolinse (24) und r den Linsenradius der Mikrolinse (24) darstellen, und

- die reflektiven Facetten der zweiten Art (33-2) eine Neigung β_2 aufweisen, die gegeben ist durch $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

2. Sicherheitselement (20) zur Absicherung von Sicherheitspapieren, Wertdokumenten und anderen Datenträgern, mit einer Darstellungsanordnung zur Darstellung eines oder mehrerer Sollbilder (14), deren Motive jeweils durch visuell erkennbare, kontrastierende Bildbereiche (16,17) gebildet sind, wobei

- die Darstellungsanordnung ein Linsenraster und ein von dem Linsenraster beabstandet angeordnetes Motivbild enthält, das bei Betrachtung mit dem Linsenraster die vorbestimmten Sollbilder (14) zeigt, wobei
- das Linsenraster aus einer Mehrzahl von zylindrischen Mikrolinsen (24) gebildet ist, die in einem Raster angeordnet sind, durch welches ein Koordinatensystem mit einer ersten Koordinatenachse, die durch die Brennpunktlinien der zylindrischen Mikrolinsen bestimmt ist, und einer zweiten Koordinatenachse aufgespannt ist, die senkrecht auf der ersten Koordinatenachse steht,
- das Motivbild aus einer Mehrzahl von Elementarzellen (28) gebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Motivbild eine Mehrzahl von reflektiven Facetten (33-1,33-2) mindestens einer ersten und einer zweiten Art umfasst, die sich hinsichtlich ihrer Neigung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche der Sollbilder (14) erzeugen, wobei
- die reflektiven Facetten der ersten Art (33-1) eine Neigung aufweisen, deren Komponente β_1 in Richtung der

zweiten Koordinatenachse gegeben ist durch

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

mit

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)}$$

wobei f die Brennweite der zylindrischen Mikrolinse (24), R den Krümmungsradius im Zentrum der zylindrischen Mikrolinse (24) und r den Linsenradius der zylindrischen Mikrolinse (24) darstellen, und
- die reflektiven Facetten der zweiten Art (33-2) eine Neigung aufweisen, deren Komponente β_2 in Richtung der zweiten Koordinatenachse gegeben ist durch $|\beta_1 - \beta_2| > 10$ °.

3. Sicherheitselement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Neigung β_2 der reflektiven Facetten der zweiten Art gegeben ist durch $|\beta_1 - \beta_2| > 15°$, wobei die Neigung β_2 der reflektiven Facetten der zweiten Art bevorzugt null ist.

4. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektiven Facetten insbesondere der ersten Art ein periodisches oder aperiodisches Sägezahngitter bilden.

5. Sicherheitselement nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gitterperiode der reflektiven Facetten zwischen 2,5 μm und 100 μm, bevorzugt zwischen 3 μm und 15 μm liegt.

6. Sicherheitselement nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Gitterperiode der reflektiven Facetten der ersten und/oder zweiten Art jeweils über alle Elementarzellen hinweg mit derselben Phase fortsetzt oder dass die Gitterperiode und die Phase des Gitters der reflektiven Facetten der ersten und/oder zweiten Art jeweils für alle Elementarzellen gleich sind oder dass sich die Gitterperiode und/oder die Phase der reflektiven Facetten der ersten und/oder zweiten Art von Elementarzelle zu Elementarzelle unterscheiden.

7. Sicherheitselement nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gitterperiode und/oder die Phase der reflektiven Facetten der ersten und/oder der zweiten Art zumindest bereichsweise eine im Wesentlichen zufällige Variation aufweisen.

8. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektiven Facetten der ersten und/oder der zweiten Art je Elementarzelle mehrere Facetten mit gleicher Neigung aufweisen.

9. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Neigung, der Azimutwinkel, die Strukturtiefe und/oder gegebenenfalls die Gitterperiode der reflektiven Facetten der zweiten Art zumindest bereichsweise eine im Wesentlichen zufällige Variation aufweisen.

10. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektiven Facetten als im Wesentlichen ebene Flächenstücke ausgebildet sind.

11. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektiven Facetten eine Strukturtiefe von 0 μm bis 10 μm, bevorzugt von 1,5 μm bis 4 μm aufweisen.

12. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchmesser der sphärischen oder asphärischen Mikrolinsen bzw. die Ausdehnung der zylindrischen Mikrolinsen in Querrichtung zwischen 5 μm und 100 μm, vorzugsweise zwischen 10 μm und 30 μm beträgt.

13. Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 2 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausdehnung der zylindrischen Mikrolinsen in Richtung der ersten Koordinatenachse mehr als 250 μm, bevorzugt mehr als 500 μm, besonders bevorzugt mehr als 2 mm beträgt.

14. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf den reflektiven Facetten zumindest bereichsweise eine reflektierende oder reflexionserhöhende Beschichtung ausgebildet ist, insbesondere, dass die reflektierende oder reflexionserhöhende Beschichtung bereichsweise, vorzugsweise in Form von Mustern, Zeichen oder einer Codierung, ausgebildet ist.

15. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf den reflektiven Facetten zumindest bereichsweise eine farbkippende Beschichtung ausgebildet ist.

16. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einem Teil der reflektiven Facetten eine zusätzliche Strukturierung, bevorzugt eine diffraktive Struktur, eine Struktur mit mattierender oder streuender Wirkung und/oder eine Nanostrukturierung vorgesehen ist.

17. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherheitselement ein Sicherheitsfaden, ein Aufreißfaden, ein Sicherheitsband, ein Sicherheitsstreifen, ein Patch oder ein Etikett zum Aufbringen auf ein Sicherheitspapier, Wertdokument oder dergleichen ist.

18. Datenträger mit einem Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 17.

19. Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements (20) mit einer Darstellungsanordnung zur Darstellung eines oder mehrerer Sollbilder (14), deren Motive jeweils durch visuell erkennbare, kontrastierende Bildbereiche (16,17) gebildet sind, bei dem

- zur Erzeugung einer Darstellungsanordnung ein Motivbild beabstandet von einem Linsenraster angeordnet wird, so dass das Motivbild bei Betrachtung mit dem Linsenraster die vorbestimmten Sollbilder (14) zeigt, wobei
- das Linsenraster aus einer Mehrzahl von sphärischen oder asphärischen Mikrolinsen (24) gebildet wird und
- das Motivbild aus einer Mehrzahl von Elementarzellen (28) gebildet wird, wobei das Motivbild eine Mehrzahl von reflektiven Facetten (33-1,33-2) mindestens einer ersten und einer zweiten Art umfasst, die sich hinsichtlich ihrer Neigung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche der Sollbilder (14) erzeugen, wobei
- die reflektiven Facetten der ersten Art (33-1) eine Neigung β_1 aufweisen, die gegeben ist durch

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

mit

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wobei f die Brennweite der Mikrolinse (24), R den Krümmungsradius im Zentrum der Mikrolinse (24) und r den Linsenradius der Mikrolinse (24) darstellen, und

- die reflektiven Facetten der zweiten Art (33-2) eine Neigung β_2 aufweisen, die gegeben ist durch $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

20. Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements (20) mit einer Darstellungsanordnung zur Darstellung eines oder mehrerer Sollbilder (14), deren Motive jeweils durch visuell erkennbare, kontrastierende Bildbereiche (16,17) gebildet sind, bei dem

- zur Erzeugung einer Darstellungsanordnung ein Motivbild beabstandet von einem Linsenraster angeordnet wird, so dass das Motivbild bei Betrachtung mit dem Linsenraster die vorbestimmten Sollbilder (14) zeigt, wobei
- das Linsenraster aus einer Mehrzahl von zylindrischen Mikrolinsen (24) gebildet wird, die in einem Raster angeordnet sind, durch welches ein Koordinatensystem mit einer ersten Koordinatenachse, die durch die Brennpunktlinien der zylindrischen Mikrolinsen bestimmt ist, und einer zweiten Koordinatenachse aufgespannt ist, die senkrecht auf der ersten Koordinatenachse steht,
- das Motivbild aus einer Mehrzahl von Elementarzellen (28) gebildet wird, wobei das Motivbild eine Mehrzahl von reflektiven Facetten (33-1,33-2) mindestens einer ersten und einer zweiten Art umfasst, die sich hinsichtlich

ihrer Neigung unterscheiden und die bei Betrachtung mit dem Linsenraster die visuell erkennbaren, kontrastierenden Bildbereiche der Sollbilder (14) erzeugen, wobei
- die reflektiven Facetten der ersten Art (33-1) eine Neigung aufweisen, deren Komponente β_1 in Richtung der zweiten Koordinatenachse gegeben ist durch

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

mit

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wobei f die Brennweite der zylindrischen Mikrolinse (24), R den Krümmungsradius im Zentrum der zylindrischen Mikrolinse (24) und r den Linsenradius der zylindrischen Mikrolinse (24) darstellen, und

- die reflektiven Facetten der zweiten Art (33-2) eine Neigung aufweisen, deren Komponente β_2 in Richtung der zweiten Koordinatenachse gegeben ist durch $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

Claims

1. A security element (20) for securing security papers, value documents and other data carriers, having a representation arrangement for representing one or more target images (14) whose motifs are each formed by visually recognizable, contrasting image regions (16, 17), wherein

- the representation arrangement includes a lens grid and a motif image arranged at a distance from the lens grid, which displays the predetermined target images (14) when viewed with the lens grid, wherein
- the lens grid is formed of a plurality of spherical or aspherical microlenses (24), and
- the motif image is formed from a plurality of unit cells (28),
characterized in that
- the motif image comprises a plurality of reflective facets(33-1, 33-2) of at least a first and a second type, which differ in their inclination and produce the visually recognizable, contrasting image regions of the target images (14) when viewed with the lens grid, wherein
- the reflective facets of the first type (33-1) have an inclination β_1, which is given by $0.85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1.15 \cdot \beta^*$ with

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wherein f represents the focal length of the microlens (24), R represents the radius of curvature at the centre of the microlens (24), and r represents the lens radius of the microlens, and

- the reflective facets of the second type (33-2) have an inclination β_2 which is given by $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

2. A security element (20) for securing security papers, value documents and other data carriers, having a representation arrangement for representing one or more target images (14) whose motifs are each formed by visually recognizable, contrasting image regions (16, 17), wherein

- the representation arrangement includes a lens grid and a motif image arranged at a distance from the lens grid, which shows the predetermined target images (14) when viewed with the lens grid, wherein
- the lens array is formed from a plurality of cylindrical microlenses (24) which are arranged in a grid, by which a coordinate system is defined having a first coordinate axis which is determined by the focal lines of the cylindrical micro-lenses, and a second coordinate axis which is perpendicular to the first coordinate axis,
- the motif image is formed from a plurality of unit cells (28), **characterized in that**

- the motif image comprises a plurality of reflective facets (33-1, 33-2) of at least a first and a second type, which differ in their inclination and produce the visually recognizable, contrasting image regions of the target images (14) when viewed with the lens grid, wherein
- the reflective facets of the first type (33-1) have an inclination whose component β_1 in the direction of the second coordinate axis is given by $0.85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1.15 \cdot \beta^*$ with

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wherein f represents the focal length of the cylindrical microlens (24), R represents the radius of curvature at the centre of the cylindrical microlens (24), and r represents the lens radius of the cylindrical microlens, and
- the reflective facets of the second type have an inclination whose component β_2 in the direction of the second coordinate axis is given by $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

3. The security element according to claim 1 or 2, **characterized in that** the inclination β_2 of the reflective facets of the second type is given by $|\beta_1 - \beta_2| > 15°$, wherein the inclination β_2 of the reflective facets of the second type is preferably zero.

4. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** the reflective facets, particularly the reflective facets of the first type, form a periodic or aperiodic sawtooth lattice.

5. The security element according to claim 4, **characterized in that** the lattice period of the reflective facets is between 2.5 μm and 100 μm, preferably between 3 μm and 15 μm.

6. The security element according to claim 4 or 5, **characterized in that** the lattice period of the reflective facets of each of the first and/or second types continues over all the unit cells with the same phase, or that the lattice period and the phase of the lattice of the reflective facets of each of the first and/or second types are identical for all unit cells, or that the lattice period and/or the phase of the reflective facets of the first and/or second type differ from unit cell to unit cell.

7. The security element according to claim 6, **characterized in that** the lattice period and/or the phase of the reflective facets of the first and/or second type have a substantially random variation at least in subregions.

8. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** the reflective facets of the first and/or second type each have a plurality of facets with the same inclination in each unit cell.

9. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** the inclination, the azimuth angle, the structure depth and/or optionally the lattice period of the reflective facets of the second type have a substantially random variation at least in subregions.

10. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** the reflective facets are formed as substantially planar surface elements.

11. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** the reflective facets have a structure depth from 0 μm to 10 μm, preferably 1.5 μm to 4 μm.

12. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** the diameter of the spherical or aspherical microlenses or the extension of the cylindrical microlenses in the transverse direction have a value between 5 μm and 100 μm, preferably between 10 μm and 30 μm.

13. The security element according to any one of Claims 2 to 12, **characterized in that** the extension of the cylindrical microlenses in the direction of the first coordinate axis is greater than 250 μm, preferably greater than 500 μm, particularly preferably is more than 2 mm.

14. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** a reflective or reflection-enhancing coating is applied to the reflective facets, at least in subregions thereof, in particular that the reflective

or reflection-enhancing coating is formed partially, preferably in the form of patterns, characters or a code.

15. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** a color-shifting coating is form on the reflective facets, at least in subregions.

16. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** an additional structuring, preferably a diffractive structure, a structure with matting or scattering effect and/or a nano-structuring is provided on a part of the reflective facets.

17. The security element according to any one of the above claims, **characterized in that** the security element is a security thread, a tear strip, a security band, a security stripe, a patch or a label for application to a security paper, value document or the like.

18. A data carrier having a security element according to any one of Claims 1 to 17.

19. A method for producing a security element (20) with a representation arrangement for representing one or more target images (14) whose motifs are each formed by visually recognizable, contrasting image regions (16, 17), in which

- a motif image is arranged at a distance from a lens grid to create a representation arrangement, so that the motif image displays the predetermined target images (14) when viewed with the lens grid, wherein
- the lens grid is formed of a plurality of spherical or aspherical microlenses (24), and
- the motif image is formed from a plurality of unit cells (28), wherein the motif image comprises a plurality of reflective facets (33-1, 33-2) of at least a first and a second type, which differ in their inclination and produce visually recognizable, contrasting image regions of the target images (14) when viewed with the lens grid, wherein
- the reflective facets of the first type (33-1) have an inclination β_1, which is given by $0.85\cdot\beta^* < <1.15\cdot\beta^*$ with

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wherein f represents the focal length of the microlens (24), R represents the radius of curvature at the centre of the microlens (24), and r represents the lens radius of the microlens (24), and

- the reflective facets of the second type (33-2) have an inclination β_2 which is given by $|\beta_1-\beta_2|> 10°$.

20. A method for producing a security element (20) with a representation arrangement for representing one or more target images (14) whose motifs are each formed by visually recognizable, contrasting image regions (16, 17), in which

- a motif image is arranged at a distance from a lens grid to create a representation arrangement, so that the motif image displays the predetermined target images (14) when viewed with the lens grid, wherein
- the lens grid is formed from a plurality of cylindrical microlenses (24) which are arranged in a grid, by which a coordinate system is defined having a first coordinate axis which is determined by the focal lines of the cylindrical micro-lenses, and a second coordinate axis which is perpendicular to the first coordinate axis,
- the motif image is formed from a plurality of unit cells (28), wherein the motif image comprises a plurality of reflective facets (33-1, 33-2) of at least a first and a second type, which differ in their inclination and produce visually recognizable, contrasting image regions of the target images (14) when viewed with the lens grid, wherein
- the reflective facets of the first type (33-1) have an inclination whose component β_1 in the direction of the second coordinate axis is given by $0.85\cdot \beta^* <\beta_1 <1.15\cdot\beta^*$ with

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)},$$

wherein f represents the focal length of the cylindrical microlens (24), R represents the radius of curvature at the centre of the cylindrical microlens (24), and r represents the lens radius of the cylindrical microlens (24), and

- the reflective facets of the second type (33-2) have an inclination whose component β_2 in the direction of the second coordinate axis is given by $|\beta_1-\beta_2|> 10°$.

Revendications

1. Élément de sécurité (20) pour la protection de papiers de sécurité, de documents de valeur et d'autres supports de données, comprenant un dispositif de représentation pour la représentation d'une ou de plusieurs images de consigne (14), dont les motifs sont formés respectivement par des zones d'image (16, 17) contrastantes et reconnaissables visuellement, dans lequel

- le dispositif de représentation comprend un réseau de lentilles et une image à motif espacée du réseau de lentilles, montrant les images de consigne (14) prédéfinies lors d'une observation avec le réseau de lentilles, dans lequel
- le réseau de lentilles est constitué d'une pluralité de microlentilles (24) sphériques ou asphériques, et
- l'image à motif est constituée d'une pluralité de cellules élémentaires,

caractérisé en ce que

- l'image à motif comporte une pluralité de facettes réfléchissantes (33-1, 33-2) d'au moins un premier et un deuxième type, lesquelles se distinguent quant à leur inclinaison et produisent les images de consigne (14) contrastantes et reconnaissables visuellement lors d'une observation avec le réseau de lentilles, où
- les facettes réfléchissantes du premier type (33-1) présentent une inclinaison β_1 donnée par

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

avec

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)}$$

où f représente la distance focale de la microlentille (24), R le rayon de courbure au centre de la microlentille (24) et r le rayon de lentille de la microlentille (24), et

- les facettes réfléchissantes du deuxième type (33-2) présentent une inclinaison β_2 donnée par $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

2. Élément de sécurité (20) pour la protection de papiers de sécurité, de documents de valeur et d'autres supports de données, comprenant un dispositif de représentation pour la représentation d'une ou de plusieurs images de consigne (14) dont les motifs sont formés respectivement par des zones d'image (16, 17) contrastantes et reconnaissables visuellement, dans lequel

- le dispositif de représentation comprend un réseau de lentilles et une image à motif espacée du réseau de lentilles, montrant les images de consigne (14) prédéfinies lors d'une observation avec le réseau de lentilles, dans lequel
- le réseau de lentilles est constitué d'une pluralité de microlentilles (24) cylindriques disposées dans un réseau formant un système de coordonnées avec un premier axe de coordonnées déterminé par les lignes de points focaux des microlentilles cylindriques, et avec un deuxième axe de coordonnées s'étendant perpendiculairement au premier axe de coordonnées,
- l'image à motif est constituée d'une pluralité de cellules élémentaires (28),

caractérisé en ce que

- l'image à motif comporte une pluralité de facettes réfléchissantes (33-1, 33-2) d'au moins un premier et un deuxième type, lesquelles se distinguent quant à leur inclinaison et produisent les images de consigne (14) contrastantes et reconnaissables visuellement lors d'une observation avec le réseau de lentilles, où
- les facettes réfléchissantes du premier type (33-1) présentent une inclinaison, dont les composantes β_1 dans la direction du deuxième axe de coordonnées sont données par

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

avec

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)}$$

où f représente la distance focale de la microlentille (24), R le rayon de courbure au centre de la microlentille cylindrique (24) et r le rayon de lentille de la microlentille cylindrique (24), et

- les facettes réfléchissantes du deuxième type (33-2) présentent une inclinaison dont les composantes β_2 dans la direction du deuxième axe de coordonnées sont données par $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

3. Élément de sécurité selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'inclinaison β_2 des facettes réfléchissantes du deuxième type est donnée par $|\beta_1 - \beta_2| > 15°$, où l'inclinaison β_2 des facettes réfléchissantes du deuxième type est de préférence égale à zéro.

4. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les facettes réfléchissantes en particulier du premier type forment une grille de dents de scie périodique ou apériodique.

5. Élément de sécurité selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la période de grille des facettes réfléchissantes est comprise entre 2,5 μm et 100 μm, de préférence entre 3 μm et 15 μm.

6. Élément de sécurité selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** la période de grille des facettes réfléchissantes du premier et/ou du deuxième type se poursuit respectivement sur toutes les cellules élémentaires avec la même phase, ou **en ce que** la période de grille et la phase de la grille des facettes réfléchissantes du premier et/ou du deuxième type sont identiques pour toutes les cellules élémentaires, ou **en ce que** la période de grille et/ou la phase des facettes réfléchissantes du premier et/ou du deuxième type sont différentes d'une cellule élémentaire à l'autre.

7. Élément de sécurité selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la période de grille et/ou la phase des facettes réfléchissantes du premier et/ou du deuxième type présentent au moins par endroits une variation essentiellement aléatoire.

8. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les facettes réfléchissantes du premier et/ou du deuxième type présentent plusieurs facettes avec la même inclinaison pour chaque cellule élémentaire.

9. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'inclinaison, l'angle azimutal, la profondeur de structure et/ou éventuellement la période de grille des facettes réfléchissantes du deuxième type présentent au moins par endroits une variation essentiellement aléatoire.

10. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les facettes réfléchissantes sont conçues comme des pièces de surface essentiellement planes.

11. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les facettes réfléchissantes présentent une profondeur de structure de 0 μm à 10 μm, de préférence de 1,5 μm à 4 μm.

12. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le diamètre des microlentilles sphériques ou asphériques ou l'expansion des microlentilles cylindriques mesure entre 5 μm et 100 μm, de préférence entre 10 μm et 30 μm dans la direction transversale.

13. Élément de sécurité selon l'une des revendications 2 à 12, **caractérisé en ce que** l'expansion des microlentilles cylindriques dans la direction du premier axe de coordonnées mesure plus de 250 μm, de préférence plus de 500 μm, de façon particulièrement préférentielle plus de 2 mm.

14. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un revêtement réfléchissant ou augmentant la réflexion est formé au moins par endroits sur les facettes réfléchissantes, en particulier **en ce que** le revêtement réfléchissant ou augmentant la réflexion est formé au moins par endroits, de préférence sous la forme de motifs, de signes ou d'un codage.

15. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un revêtement à effet chatoyant est formé au moins par endroits sur les facettes réfléchissantes.

16. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sur une partie des facettes réfléchissantes, il est prévu une structuration supplémentaire, de préférence une structure diffractive, une structure avec un effet matifiant ou dispersant et/ou une nanostructuration.

17. Élément de sécurité selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de sécurité est un fil de sécurité, un fil de déchirure, un ruban de sécurité, une bande de sécurité, un patch de sécurité ou une étiquette destinée à être collée sur un papier de sécurité, un document de valeur ou autre.

18. Support de données avec un élément de sécurité selon l'une des revendications 1 à 17.

19. Procédé pour la fabrication d'un élément de sécurité (20) avec un dispositif de représentation pour la représentation d'une ou de plusieurs images de consigne (14), dont les motifs sont formés respectivement par des zones d'image (16, 17) contrastantes et reconnaissables visuellement, dans lequel

- pour la fabrication d'un dispositif de représentation, une image à motif est disposée à distance d'un réseau de lentilles, de manière à ce que l'image à motif montre les images de consigne (14) prédéfinies lors d'une observation avec le réseau de lentilles, dans lequel
- le réseau de lentilles est constitué d'une pluralité de microlentilles (24) sphériques ou asphériques, et
- l'image à motif est constituée d'une pluralité de cellules élémentaires (28), l'image à motif comportant une pluralité de facettes réfléchissantes (33-1, 33-2) d'au moins un premier et un deuxième type, lesquelles se distinguent quant à leur inclinaison et produisent les zones d'image contrastantes et reconnaissables visuellement des images de consigne (14) lors d'une observation avec le réseau de lentilles, où
- les facettes réfléchissantes du premier type (33-1) présentent une inclinaison β_1 donnée par

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

avec

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)}$$

où f représente la distance focale de la microlentille (24), R le rayon de courbure au centre de la microlentille (24) et r le rayon de lentille de la microlentille (24), et

- les facettes réfléchissantes du deuxième type (33-2) présentent une inclinaison β_2 donnée par $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

20. Procédé pour la fabrication d'un élément de sécurité (20) avec un dispositif de représentation pour la représentation d'une ou de plusieurs images de consigne (14), dont les motifs sont formés respectivement par des zones d'image

(16, 17) contrastantes et reconnaissables visuellement, dans lequel

- pour la fabrication d'un dispositif de représentation, une image à motif est disposée à distance d'un réseau de lentilles, de manière à ce que l'image à motif montre les images de consigne (14) prédéfinies lors d'une observation avec le réseau de lentilles, dans lequel
- le réseau de lentilles est constitué d'une pluralité de microlentilles (24) cylindriques disposées dans un réseau formant un système de coordonnées avec un premier axe de coordonnées déterminé par les lignes de points focaux des microlentilles cylindriques, et avec un deuxième axe de coordonnées s'étendant perpendiculairement au premier axe de coordonnées,
- l'image à motif est constituée d'une pluralité de cellules élémentaires (28), l'image à motif comportant une pluralité de facettes réfléchissantes (33-1, 33-2) d'au moins un premier et un deuxième type, lesquelles se distinguent quant à leur inclinaison et produisent les zones d'image contrastantes et reconnaissables visuellement des images de consigne (14) lors d'une observation avec le réseau de lentilles, où
- les facettes réfléchissantes du premier type (33-1) présentent une inclinaison, dont les composantes β_1 dans la direction du deuxième axe de coordonnées sont données par

$$0{,}85 \cdot \beta^* < \beta_1 < 1{,}15 \cdot \beta^*$$

avec

$$\beta^* = \pm \arctan \frac{r}{\left(f - R + \sqrt{R^2 - r^2}\right)}$$

où f représente la distance focale de la microlentille (24), R le rayon de courbure au centre de la microlentille cylindrique (24) et r le rayon de lentille de la microlentille cylindrique (24), et

- les facettes réfléchissantes du deuxième type (33-2) présentent une inclinaison dont les composantes β_2 dans la direction du deuxième axe de coordonnées sont données par $|\beta_1 - \beta_2| > 10°$.

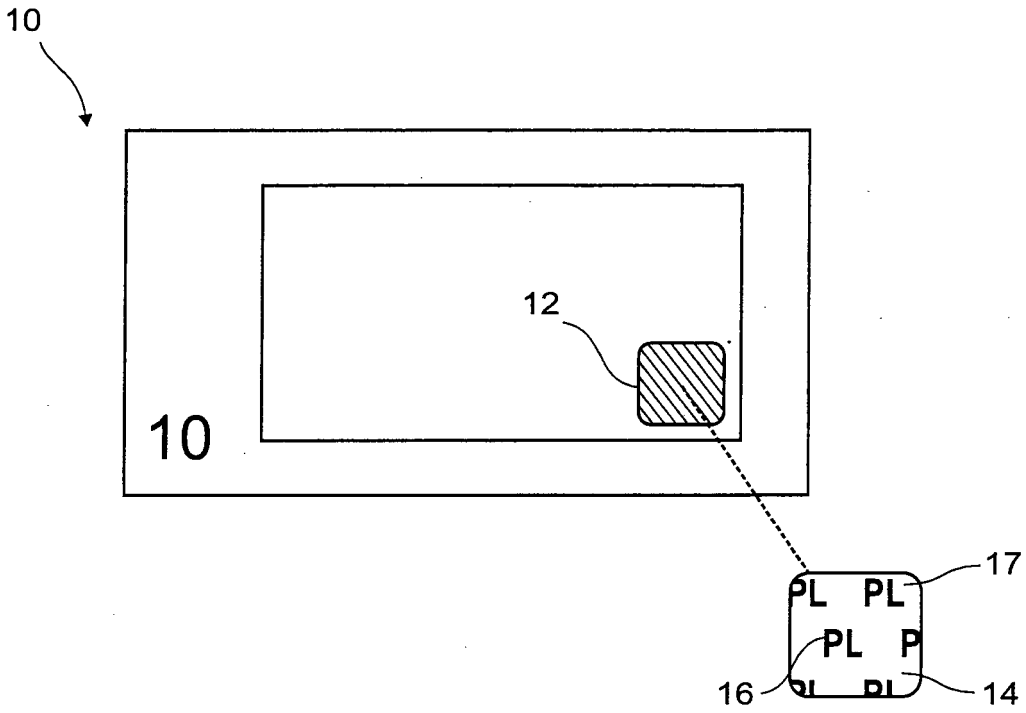


Fig. 1

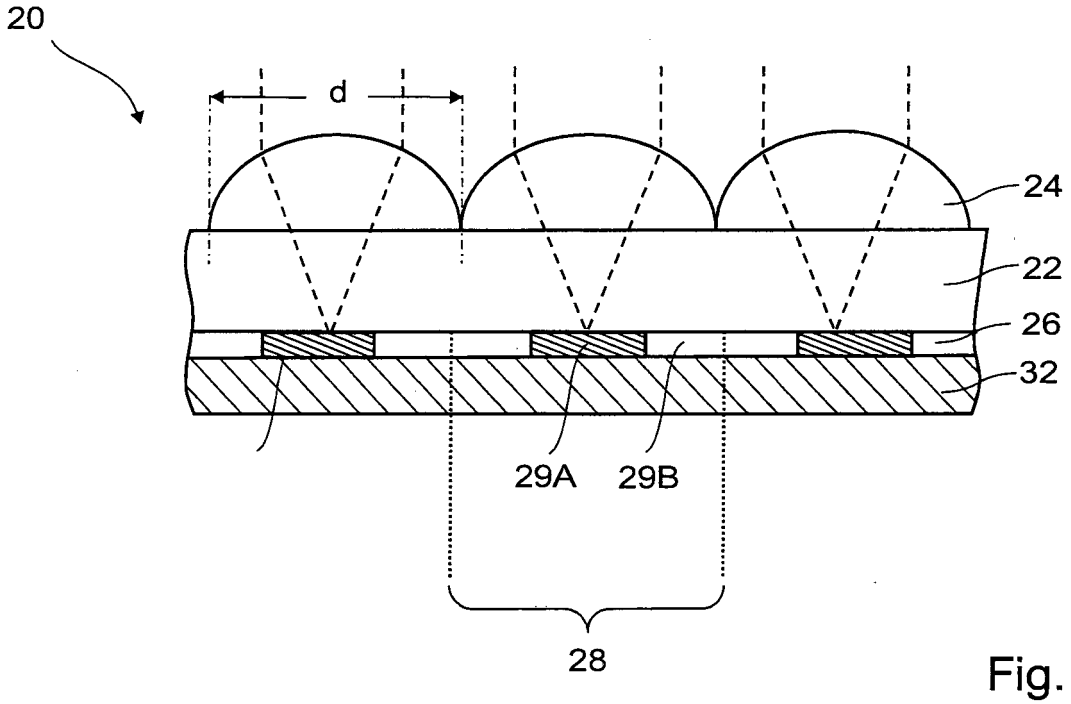
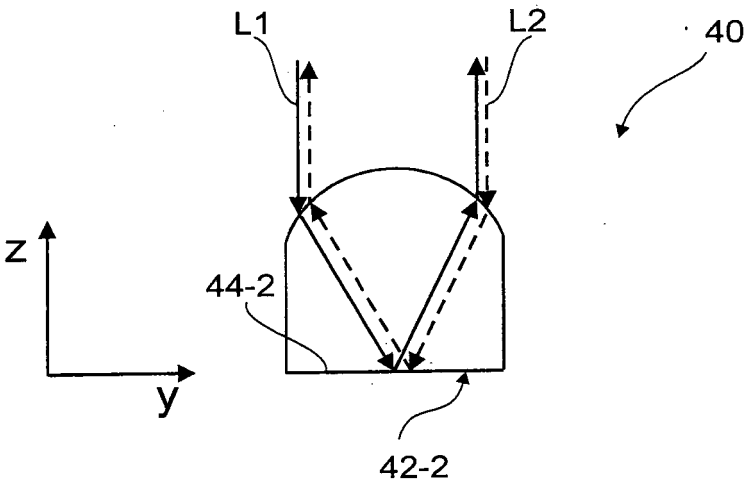
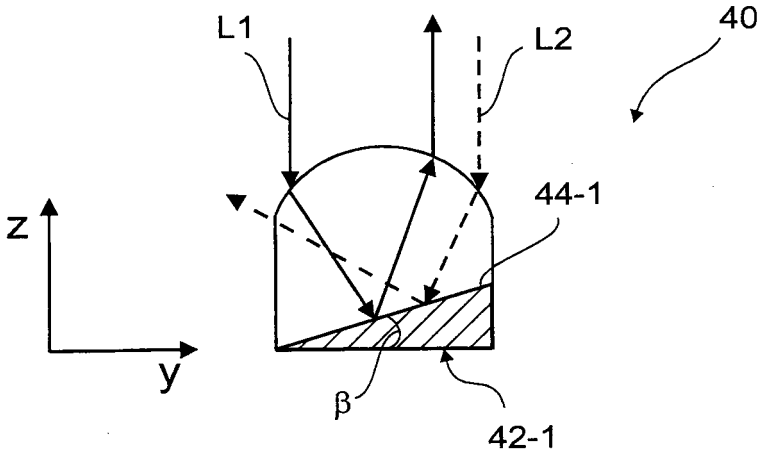


Fig. 2



(a)



(b)

Fig. 3

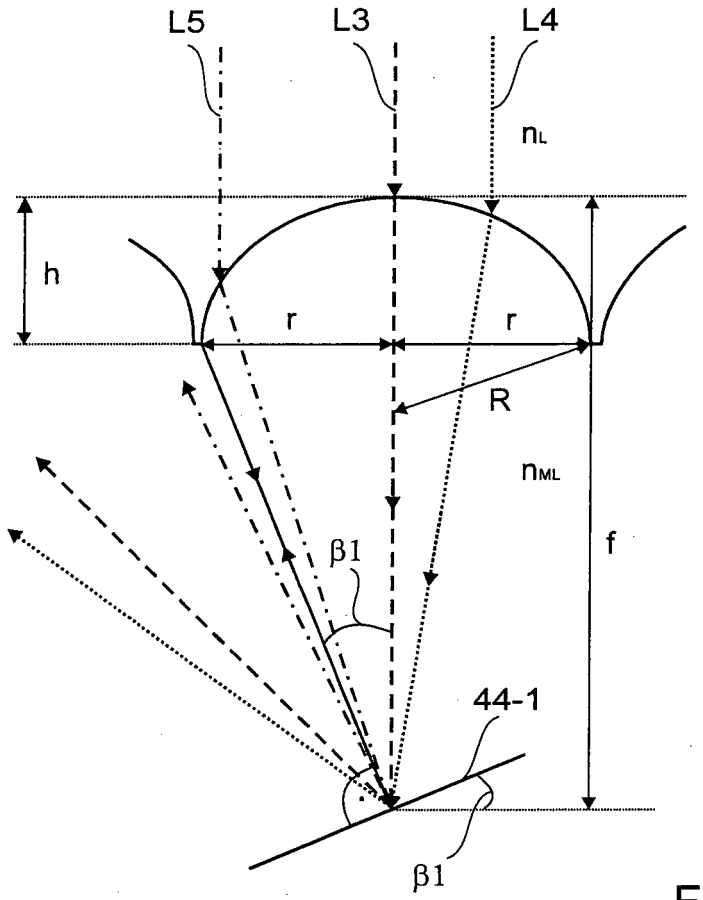


Fig. 4

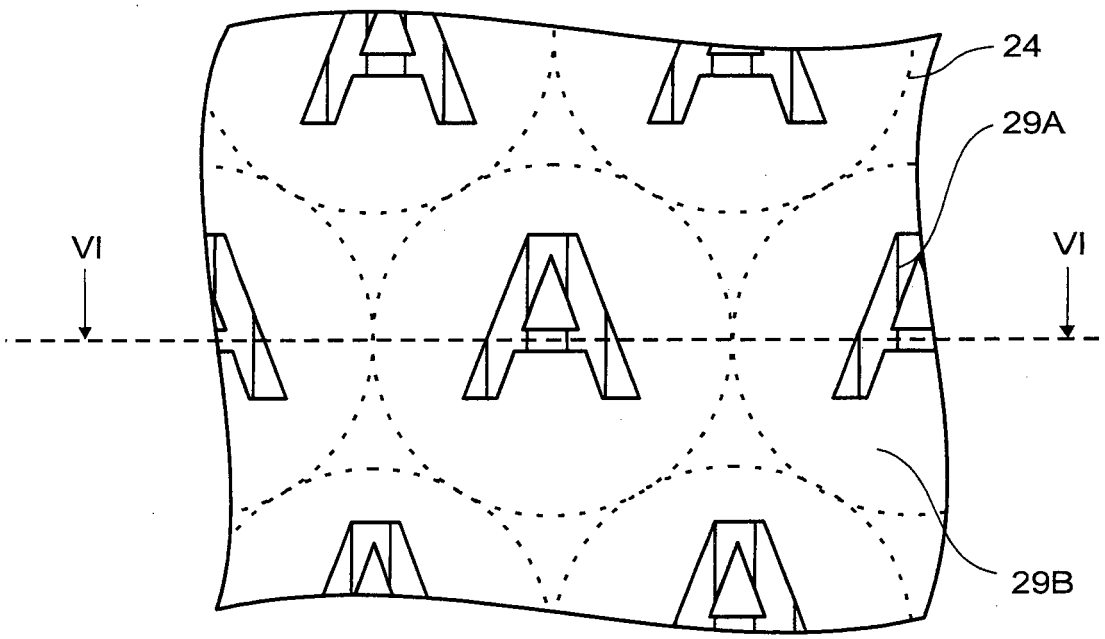


Fig. 5

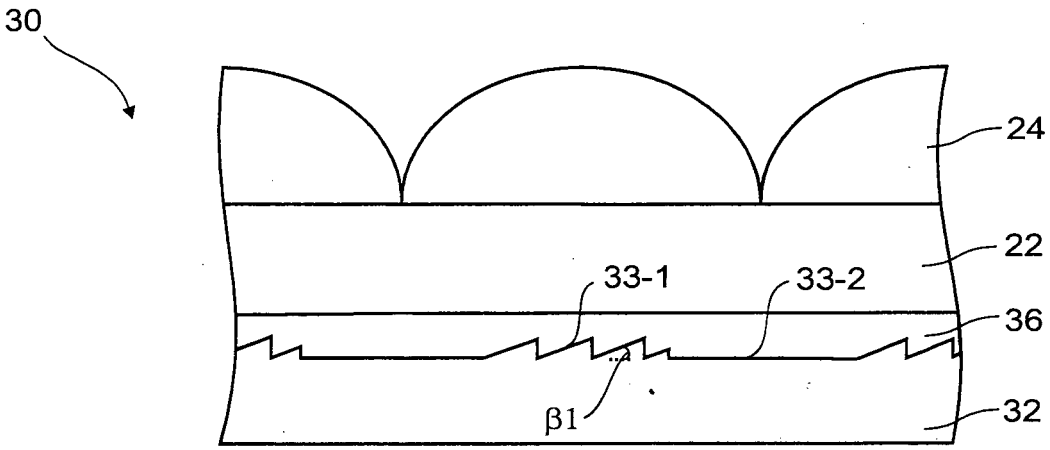


Fig. 6

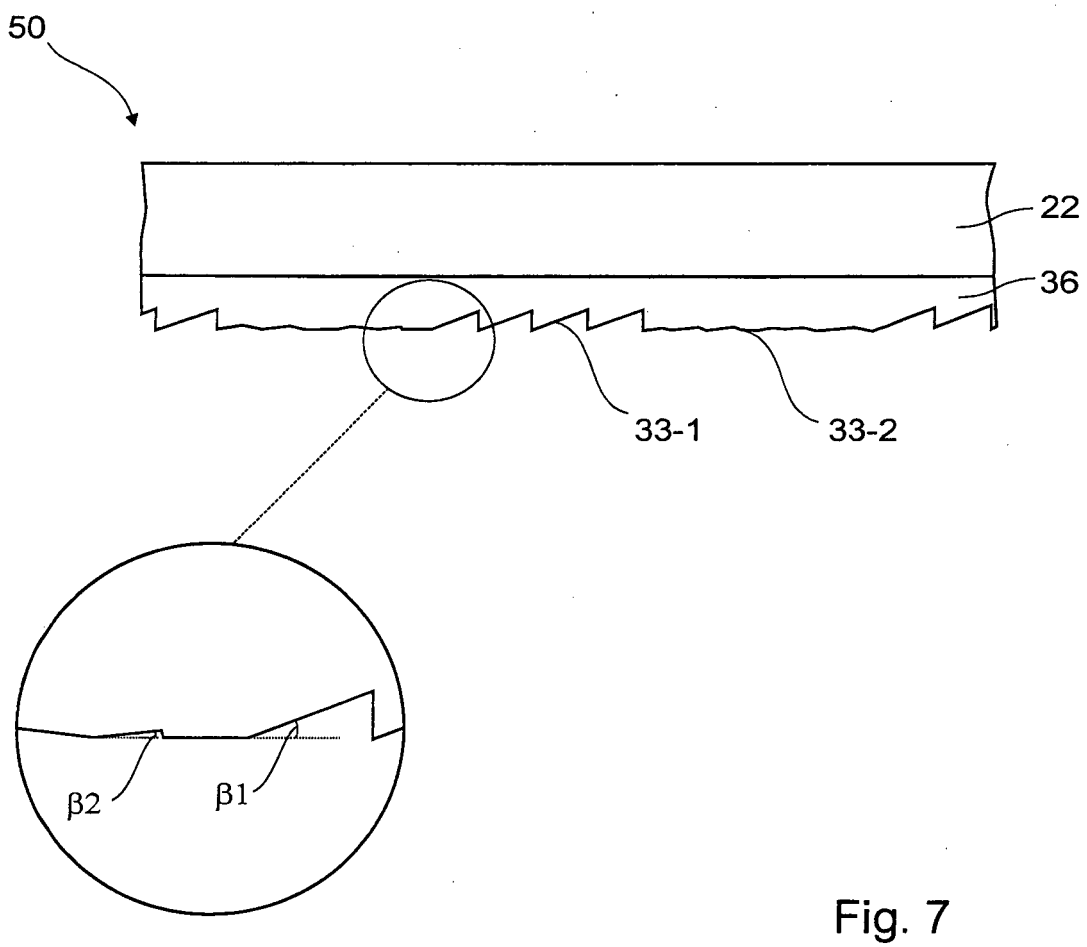


Fig. 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 4417784 A1 **[0006]**
- US 20120319395 A1 **[0007]**
- WO 2007076952 A **[0033]**
- WO 2009000529 A **[0033]**
- WO 2009000528 A **[0033]**
- WO 2011138039 A1 **[0089]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **M.C. HUTLEY ; R. HUNT ; R.F. STEVENS ; P. SAVANDER.** The moire magnifier. *Pure Appl. Opt.,* 1994, vol. 3, 133-142 **[0005]**