



EP 3 967 508 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

12.07.2023 Patentblatt 2023/28

(21) Anmeldenummer: **21020378.2**

(22) Anmeldetag: **22.07.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**B42D 25/324 (2014.01) B42D 25/351 (2014.01)
B42D 25/36 (2014.01) B42D 25/373 (2014.01)
B42D 25/445 (2014.01) B42D 25/328 (2014.01)
B42D 25/42 (2014.01) B42D 25/425 (2014.01)
B42D 25/47 (2014.01) G09F 3/00 (2006.01)
G09F 3/02 (2006.01)**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**B42D 25/324; B42D 25/328; B42D 25/351;
B42D 25/36; B42D 25/373; B42D 25/42;
B42D 25/425; B42D 25/445; B42D 25/47;
G09F 2003/0276**

(54) OPTISCH VARIABLES SICHERHEITSELEMENT

OPTICALLY VARIABLE SECURITY ELEMENT

ÉLÉMENT DE SÉCURITÉ OPTIQUEMENT VARIABLE

(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: **09.09.2020 DE 102020005522**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.03.2022 Patentblatt 2022/11

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

(72) Erfinder:

- Scherer, Kai Herrmann
81539 München (DE)**
- Scherer, Maik Rudolf Johann
82491 Grainau (DE)**
- Sattler, Tobias
83607 Holzkirchen (DE)**

(74) Vertreter: **Giesecke + Devrient IP
Prinzregentenstraße 161
81677 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 3 466 711 EP-A1- 3 608 369
DE-A1-102018 009 912**

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 eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein optisch variables Sicherheitselement zur Absicherung von Wertgegenständen, dessen Flächenausdehnung eine darauf senkrecht stehende z-Achse definiert, mit einem reflektiven Flächenbereich. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Sicherheitselementes sowie einen mit einem solchen Sicherheitselement ausgestatteten Datenträger.

[0002] Datenträger, wie Wert- oder Ausweisdokumente, aber auch andere Wertgegenstände, wie etwa Markenartikel, werden zur Absicherung oft mit Sicherheitselementen versehen, die eine Überprüfung der Echtheit der Datenträger gestatten und die zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dienen. Die Sicherheitselemente können beispielsweise in Form eines in eine Banknote eingebetteten Sicherheitsfadens, einer Abdeckfolie für eine Banknote mit Loch, eines aufgebrachten Sicherheitsstreifens, eines selbsttragenden Transferelements oder auch in Form eines direkt auf ein Wertdokument aufgedruckten Merkmalsbereichs ausgebildet sein.

[0003] Eine besondere Rolle bei der Echtheitsabsicherung spielen Sicherheitselemente mit betrachtungswinkelabhängigem oder dreidimensionalem Erscheinungsbild, da diese selbst mit modernsten Kopiergeräten nicht reproduziert werden können. Dazu sind die Sicherheitselemente 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 grafisches Motiv zeigen. Im Stand der Technik sind dabei als optisch variable Effekte beispielsweise Bewegungseffekte, Pumpeffekte, Tiefeneffekte oder Fliepeffekte beschrieben, die mit Hilfe von Hologrammen, Mikrolinsen oder Mikrospiegeln realisiert werden.

[0004] Vor einiger Zeit wurden optisch variable Sicherheitselemente vorgeschlagen, die zwei, in unterschiedlichen Höhenstufen angeordnete und jeweils mit einer Farbbeschichtung versehene Reliefstrukturen aufweisen (siehe DE 10 2018 009912 A1, EP 3 466 711 A1, 2020/011390 A1, WO 2020/011391 A1 und WO 2020/011391 A2).

[0005] Ausgehend davon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes optisch variables Sicherheitselement mit attraktivem Erscheinungsbild und hoher Fälschungssicherheit vorzuschlagen, das zudem einfach und kostengünstig herstellbar sein soll. Mit dem zugehörigen Herstellungsverfahren sollen insbesondere Sicherheitselemente mit zwei oder mehr unterschiedlichen Erscheinungsbildern bzw. Effekten in unterschiedlichen Farben mit wenigen Arbeitsschritten erzeugt werden können. Zudem sollen die Sicherheitselemente idealerweise mit einer geringen Schichtdicke hergestellt werden können, um das Ein- oder Aufbringen in Sicherheits- und Wertdokumenten zu erleichtern.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Die Erfindung enthält zur Lösung der genannten Aufgabe ein optisch variables Sicherheitselement mit einem reflektiven Flächenbereich, welches insbesondere zur Absicherung von Wertgegenständen eingesetzt werden kann. Die Flächenausdehnung des Sicherheitselementes definiert dabei eine Ebene und eine auf der Fläche senkrecht stehende z-Achse.

[0008] Der reflektive Flächenbereich enthält eine Primärstruktur in Form einer ersten Prägelackschicht mit einer ersten eingeprägten Reliefstruktur. Die erste Prägelackschicht ist teilweise von einer Sekundärstruktur bedeckt, so dass auf der ersten Prägelackschicht Überdeckungsbereiche mit Sekundärstruktur und Freibereiche ohne Sekundärstruktur vorliegen.

[0009] Die Primärstruktur und die Sekundärstruktur sind mit einer gemeinsamen reflexionserhöhenden Beschichtung versehen, so dass die reflexionserhöhende Beschichtung in den Überdeckungsbereichen auf der Sekundärstruktur und in den Freibereichen auf der Primärstruktur angeordnet ist.

[0010] Die reflexionserhöhende Beschichtung enthält eine Schicht eines Phasenwechselmaterials, das in kristallinem und amorphem Materialzustand einen unterschiedlichen Farbeindruck und/oder eine unterschiedliche Reflektivität der Beschichtung erzeugt.

[0011] Das Phasenwechselmaterial liegt dabei - in zumindest einem Abschnitt - in den Überdeckungsbereichen in amorphem Materialzustand vor und in den Freibereichen in kristallinem Materialzustand vor, oder liegt umgekehrt in den Überdeckungsbereichen in kristallinem Materialzustand und in den Freibereichen in amorphem Materialzustand vor.

[0012] Die beiden Materialzustände des Phasenwechselmaterials, kristallin bzw. amorph, werden in dieser Beschreibung auch als definierte Materialzustände des Phasenwechselmaterials bezeichnet. Durch Wärmeeinwirkung, insbesondere durch die mit der Absorption von Strahlung verbundene Wärmeeinwirkung, kann der Materialzustand eines Phasenwechselmaterials geändert werden, also von einem der definierte Materialzustände in den anderen definierten Materialzustand wechselt.

[0013] Dies bedeutet konkret, dass ein Phasenwechselmaterial, das sich im kristallinen Zustand befindet, durch die in den amorphen Zustand übergeht, bzw. dass ein Phasenwechselmaterial, das sich im amorphen Zustand befindet, in den kristallinen Zustand übergeht.

[0014] Vorteilhaft enthält die reflexionserhöhende Beschichtung als Phasenwechselmaterial $Ge_xSb_yTe_z$ oder $Ag_xIn_ySb_zTe_w$, insbesondere $Ge_2Sb_2Te_5$ oder $Ag_3In_4Sb_{76}Te_{17}$. Grundsätzlich können allerdings auch andere Phasenwechselmaterialien, wie etwa VO_x , NbO_x , $GeTe$, $GeSb$, $GaSb$, $InSb$, $InSbTe$, $InSe$, $SbTe$, $TeGeSbS$, $AgSbSe$, $SbSe$, $GeSbMnSn$, $AgSbTe$, $AuSbTe$, oder $AlSb$ im Rahmen der Erfindung eingesetzt werden.

[0015] Das Phasenwechselmaterial liegt in der reflexi-

onserhöhenden Beschichtung bevorzugt als Effektschicht mit einer Schichtdicke zwischen 1 nm und 60 nm, insbesondere zwischen 3 nm und 30 nm vor.

[0015] Mit Vorteil ist die reflexionserhöhende Beschichtung dem Reliefverlauf der Reliefstruktur der ersten Prägelackschicht folgend ausgebildet.

[0016] Die reflexionserhöhende Beschichtung bildet mit Vorteil ein mehrschichtiges Interferenzschichtelement, dessen unterschiedlicher Farbeindruck durch einen unterschiedlichen Brechungsindex des enthaltenen Phasenwechselmaterials in kristallinem und amorphem Zustand entsteht. Das Interferenzschichtelement kann insbesondere reflektierend ausgebildet sein und dazu eine Spiegelschicht, insbesondere eine Metallschicht, beispielsweise aus Aluminium enthalten. In einem vorteilhaften Aufbau enthält das Interferenzschichtelement eine optionale Barrièreschicht, eine Effektschicht aus dem genannten Phasenwechselmaterial, eine Dielektrikumschicht und eine Spiegelschicht. Das Interferenzschichtelement weist also bevorzugt genau drei, zumindest drei oder mehr als drei Teilschichten auf. In Ausgestaltungen kann das Interferenzschichtelement fünf (bzw. sechs, Barrièreschicht) Teilschichten umfassen, beispielsweise Absorber, Dielektrikum, Reflektor (oder Absorber), Dielektrikum und, Absorber, wobei eine oder mehrere der Absorber-Teilschichten als Phasenwechselmaterial vorliegen können.

[0017] Der Brechungsindexunterschied des Phasenwechselmaterials in kristallinem und amorphem Zustand ist dabei zweckmäßig größer als 0,2 insbesondere größer als 0,4 oder sogar größer als 0,6. Der Brechungsindexunterschied wird für einen vorgegebenen Wellenlängenbereich mit einer Größe von zumindest 50nm bestimmt. Der vorgegebene Wellenlängenbereich liegt im Bereich des sichtbaren Lichts und hat dort weiter bevorzugt eine Größe von 100nm oder 150nm und entspricht bevorzugt dem Bereich des sichtbaren Lichts.

[0018] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Sicherheitselementes zeigt der reflektive Flächenbereich zumindest zwei, aus unterschiedlichen Betrachtungsrichtungen erkennbare Erscheinungsbilder. Die Sekundärstruktur ist dabei durch eine zweite Prägelackschicht mit einer zweiten, sich von der ersten Reliefstruktur unterscheidenden, eingeprägten Reliefstruktur gebildet, und die beiden eingeprägten Reliefstrukturen sind in z-Richtung in unterschiedlichen Höhenstufen angeordnet und bilden eine tiefer liegende und eine höher liegende Reliefstruktur. Die reflexionserhöhende Beschichtung folgt dabei jeweils dem Reliefverlauf der Reliefstruktur der ersten und zweiten Prägelackschicht.

[0019] In anderen, ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltungen ist die Sekundärstruktur durch einen Aufdruck, eine Ätzmaske oder einen Waschfarbbereich gebildet. Zur Ausbildung eines solchen Aufdrucks können klassische Druckverfahren wie Offsetdruck, Hochdruck, indirekter Hochdruck, Flexodruck, Tiefdruck oder Siebdruck, aber auch digitale Druckverfahren wie Ink-Jet-Druck, Laserdruck, Thermosublimationsdruck, Thermotransfer-

druck, oder indirekter Ink-Jet-Druck wie Nanoprinting eingesetzt werden. Der Aufdruck kann farblos oder gefärbt sein, kann transparent, transluzent oder opak ausgebildet sein und kann auch Lumineszenzstoffe, IR-absorbierende Stoffe, magnetische Stoffe oder andere maschinenlesbare Merkmalsstoffe enthalten.

[0020] Wenn auch wegen der auffälligen Änderung der Interferenzfarbe vorteilhaft, muss das Phasenwechselmaterial nicht zwingend Bestandteil eines Interferenzschichtelements sein. Die unterschiedlichen Brechungsindices der amorphen bzw. kristallinen Phase können auch genutzt werden, um andere bereichsweise Änderungen des Farbeindrucks und/oder der Reflektivität der reflexionserhöhenden Beschichtung zu erzeugen.

[0021] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Sicherheitselement ist vorgesehen, dass die Sekundärstruktur im sichtbaren Spektralbereich farblos und transparent ist und einen Absorber oder Reflektor für einen außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegenden Wellenlängenbereich enthält. Vorzugsweise stellt in diesem Fall die Sekundärstruktur die genannte zweite Prägelackschicht mit der zweiten Reliefstruktur dar und bildet die tieferliegende Reliefstruktur des Sicherheitselement.

[0022] In einer anderen, ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltung des Sicherheitselement ist vorgesehen, dass die Sekundärstruktur einen im sichtbaren Spektralbereich wirkenden Absorber oder Reflektor enthält. Vorzugsweise stellt in diesem Fall die Sekundärstruktur die genannte zweite Prägelackschicht mit der zweiten Reliefstruktur dar und bildet die höherliegende Reliefstruktur des Sicherheitselement.

[0023] Je nach gewünschter Farbwirkung des Sicherheitselement kann die erste Prägelackschicht farblos oder gezielt eingefärbt sein. Auch die gegebenenfalls die Sekundärstruktur bildende zweite Prägelackschicht kann farblos oder gezielt eingefärbt sein, um zusammen mit der reflexionserhöhenden Beschichtung eine gewünschte Farbwirkung des Sicherheitselement zu erzielen. Eingefärbte Prägelackschichten sind vorzugsweise mit einer lasierenden Buntfarbe oder Unbuntfarbe versehen. Zweckmäßig sind allerdings auch andere Gestaltungen, bei denen eine oder beide Prägelackschichten mit einer Lumineszenzfarbe oder einer Nanopartikelfarbe eingefärbt sind.

[0024] In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die erste Reliefstruktur und/oder die gegebenenfalls die Sekundärstruktur bildende zweite Reliefstruktur durch Mikrospiegelanordnungen mit gerichtet reflektierenden Mikrospiegeln gebildet, insbesondere mit nicht-diffraktiv wirkenden Spiegeln, und vorzugsweise mit planen Spiegeln, Hohlspiegeln und/oder fresnelartigen Spiegeln. Die lateralen Abmessungen der Mikrospiegel liegen dabei zweckmäßig unterhalb von 50 μm , vorteilhaft unterhalb von 20 μm , bevorzugt bei etwa 10 μm , also zwischen 7 μm und 13 μm . Auf der anderen Seite liegen die lateralen Abmessungen der Mikrospiegel aber auch oberhalb von 2 μm , insbesondere oberhalb von 3 μm oder sogar oberhalb von 5 μm . Die Ganghöhe der Mikrospiegel beträgt

vorzugsweise weniger als 10 μm , bevorzugt weniger als 5 μm .

[0025] Grundsätzlich können anstelle von Mikrospiegeln auch andere geprägte Reliefstrukturen, insbesondere Fresnellinsen, Hohlspiegel, Hologrammstrukturen, Nanostrukturen oder diffraktive geblätzte Gitter eingesetzt werden. Vorteilhaft können auch achromatische Beugungsgitter, sogenannte Mattstrukturen verwendet werden, die im Wesentlichen weißes Licht reflektieren. Zur Erzeugung bunter Farben können die Reliefstrukturen zumindest der zweiten Reliefstruktur auch Subwellenstrukturen, insbesondere Subwellenlängengitter, aufweisen, die in Kombination mit der jeweiligen reflexionserhöhenden Schicht deren Farbe bestimmt oder zumindest mitbestimmt.

[0026] Liegen zwei Reliefstrukturen vor, so ist mit Vorteil die erste Reliefstruktur ausgelegt und ausgebildet, um einen ersten optisch variablen Effekt in einer ersten Farbe zu zeigen, und die zweite Reliefstruktur ist ausgelegt und ausgebildet, einen zweiten optisch variablen Effekt in einer zweiten, unterschiedlichen Farbe zu zeigen.

[0027] In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Überdeckungsbereiche und Freibereiche zumindest in einem Teilbereich des Flächenbereichs als regelmäßiges oder unregelmäßiges Raster mit Rasterelementen und Rasterzwischenräumen ausgebildet, wobei die Abmessungen der Rasterelemente und Rasterzwischenräume in einer oder beiden lateralen Richtungen unterhalb von 140 μm , vorzugsweise zwischen 20 μm und 100 μm , insbesondere zwischen 20 μm und 60 μm liegen.

[0028] In den durch die Überdeckungsbereiche und Freibereiche gebildeten Rasterbereichen zeigt das Sicherheitselement vorteilhaft beim Kippen oder einer entsprechenden Änderung der Betrachtungsrichtung ein Erscheinungsbild, das plötzlich von einem ersten zu einem zweiten Erscheinungsbild (bzw. beim Zurückkippen vom zweiten zum ersten Erscheinungsbild) springt. Dabei erfolgt gleichzeitig und ohne Zwischen- oder Übergangsstufe eine Änderung des dargestellten Motivs (beispielsweise eine Wertzahl oder ein Wappen) und der Farbe (beispielsweise Magenta, Grün oder Blau). Ein solches übergangslos zwischen zwei unterschiedlichen Motiven mit zwei unterschiedlichen Farben wechselndes Erscheinungsbild wird als binärer Farb- und Effektwechsel bezeichnet.

[0029] Das durch die Überdeckungsbereiche und Freibereiche gebildete Raster weist vorteilhaft eine konstante Flächendeckung durch die Rasterelemente auf, welche zweckmäßig zwischen 30% und 70%, vorzugsweise zwischen 40% und 60%, insbesondere bei etwa 50% liegt.

[0030] Alternativ oder zusätzlich ist vorgesehen, dass die Überdeckungsbereiche und Freibereiche zumindest in einem Teilbereich des Flächenbereichs als Effektbereich ausgebildet sind, in dem die Überdeckungsbereiche und/oder die Freibereiche laterale Abmessungen von mehr als 140 μm aufweisen.

[0031] In diesen Effektbereichen zeigt das Sicherheitselement vorzugsweise zwei unterschiedliche Effekte (beispielsweise ein dreidimensionales Motiv und einen Bewegungseffekt wie einen laufenden Balken), die in zwei unterschiedlichen Farben in Erscheinung treten. Die Bereiche unterschiedlichen Farbeindrucks und unterschiedlicher Effekte sind dabei exakt zueinander gepasst, was nachfolgend auch als Farbe-zu-Effekt-Passierung bezeichnet wird.

[0032] Zumindest ein Überdeckungsbereich und/oder zumindest ein Freibereich ist bei dieser Ausgestaltung mit Vorteil mit lateralen Abmessungen von mehr als 250 μm , vorzugsweise von mehr als 500 μm und insbesondere von mehr als 1 mm ausgebildet.

[0033] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die reflexionserhöhende Beschichtung vollflächig und ohne Aussparungen ausgebildet. Alternativ können auch Negativkennzeichen in dem Sicherheitselement vorgesehen sein, die durch Aussparungen in der reflexionserhöhenden Beschichtung gebildet sind. Die Negativkennzeichen können beispielsweise Text, Symbole oder Wertzahlen bilden.

[0034] Das Phasenwechselmaterial der gemeinsamen reflexionserhöhenden Beschichtung kann in dem zumindest einen Abschnitt des Sicherheitselementes, also in genau einem Abschnitt, in mehreren Abschnitten oder vollständig, in dem beschriebenen bereichsabhängigen Materialzustand vorliegen. Der Abschnitt kann beispielsweise einen oder mehrere der genannten Teilbereiche und/oder Aussparungen umfassen. Beispielsweise kann das Sicherheitselement vollständig oder nur selektiv in dem(den) Abschnitt(en) bestrahlt worden sein, wobei zusätzlich die nur bereichsweise vorliegende Sekundärstruktur als Belichtungsmaske gewirkt hat.

[0035] Der beschriebene reflektive Flächenbereich des Sicherheitselementes kann mit anderen Sicherheitsmerkmalen kombiniert sein, beispielsweise mit Hologrammen, insbesondere Echtfarbenhologrammen, mit Subwellenlängengittern oder anderen Subwellenlängenstrukturen, mit Mikrospiegeln oder ohne diffraktive Gitter, oder auch mit maschinenlesbaren Sicherheitsmerkmalen, die auf speziellen Materialeigenschaften, wie elektrischer Leitfähigkeit, magnetischen Eigenschaften, Lumineszenz, Fluoreszenz oder dergleichen basieren.

[0036] Das optisch variable Sicherheitselement kann weitere Schichten, wie etwa eine Schutz-, Abdeck- oder eine zusätzliche Funktionsschicht, eine Primerschicht oder eine Heißsiegellackschicht enthalten. Diese sind für die vorliegende Erfindung allerdings nicht wesentlich und sind daher nicht näher beschrieben.

[0037] Die Erfindung enthält auch einen Datenträger mit einem Sicherheitselement der beschriebenen Art. Bei dem Datenträger kann es sich insbesondere um ein Wertdokument, wie eine Banknote, insbesondere eine Papierbanknote, eine Polymerbanknote oder eine Folienverbundbanknote, um eine Aktie, eine Anleihe, eine Urkunde, einen Gutschein, einen Scheck, eine hochwer-

tige Eintrittskarte, aber auch um eine Ausweiskarte, wie etwa eine Kreditkarte, eine Bankkarte, eine Barzahlungskarte, eine Berechtigungskarte, einen Personalausweis oder eine Passpersonalisierungsseite handeln.

[0038] Die Erfindung enthält weiter ein Verfahren zum Herstellen eines optisch variablen Sicherheitselements bei dem

B) ein Träger bereitgestellt wird, dessen Flächenausdehnung eine darauf senkrecht stehende z-Achse definiert,

A1) in einem Flächenbereich eine erste Prägelackschicht auf den Träger aufgebracht wird,

P1) in die erste Prägelackschicht eine erste Reliefstruktur geprägt wird, so dass eine Primärstruktur in Form der ersten Prägelackschicht mit der ersten eingeprägten Reliefstruktur entsteht,

A2) eine Sekundärstruktur auf die erste Prägelackschicht aufgebracht wird, wobei die Primärstruktur teilweise von der Sekundärstruktur überdeckt wird (Überdeckungsbereiche) und teilweise nicht überdeckt wird (Freibereiche),

R1) eine reflexionserhöhende Beschichtung auf einen nicht überdeckten Anteil der Primärstruktur und auf die Sekundärstruktur aufgebracht wird,

R2) beim Aufbringen der reflexionserhöhenden Beschichtung ein Phasenwechselmaterial aufgebracht wird, das in kristallinem und amorphem Materialzustand unterschiedlichen Brechungsindex aufweist, und das in einem definierten dieser Materialzustände auf den genannten, nicht überdeckten Anteil der Primärstruktur und auf die Sekundärstruktur aufgebracht wird, und

R3) das Phasenwechselmaterial der reflexionserhöhenden Beschichtung von der Seite der Primär- und Sekundärstruktur her - optional in zumindest einem Abschnitt des Sicherheitselements - mit Strahlung beaufschlagt wird, so dass die nur teilweise vorliegende Sekundärstruktur als Belichtungsmaske wirkt, wodurch der Materialzustand des Phasenwechselmaterials in dem nicht überdeckten Anteil der Primärstruktur (Freibereiche) durch die Strahlungseinwirkung geändert wird und der Materialzustand des Phasenwechselmaterials auf der Sekundärstruktur (Überdeckungsbereiche) unverändert bleibt.

[0039] Das Phasenwechselmaterial kann dabei insbesondere mit UV-Strahlung, Strahlung aus dem sichtbaren Spektralbereich oder IR-Strahlung beaufschlagt werden. Im letztgenannten Fall hat sich insbesondere die Verwendung von Strahlung im nahen Infrarot (0,78 - 3

μm) oder im mittleren Infrarot (3 - 50 μm), vorzugsweise bei etwa 8 - 12 μm (CO_2 -Laser und verwandte Gaslaser) bewährt.

[0040] In einer vorteilhaften Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass die Sekundärstruktur im sichtbaren Spektralbereich farblos und transparent ist und einen Absorber oder Reflektor für eine außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegenden Spektralbereich enthält, und die Effektschicht des Phasenwechselmaterials mit Strahlung dieses außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegenden Spektralbereichs, insbesondere mit UV-Strahlung oder naher oder mittlerer IR-Strahlung beaufschlagt wird.

[0041] In einer anderen, ebenfalls vorteilhaften Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass die Sekundärstruktur einen im sichtbaren Spektralbereich wirkenden Absorber enthält, und die Effektschicht des Phasenwechselmaterials mit Strahlung aus diesem sichtbaren Spektralbereich beaufschlagt wird.

[0042] In einer besonders vorteilhaften Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass in Schritt A2) als Sekundärstruktur eine zweite Prägelackschicht auf die erste Prägelackschicht aufgebracht wird, und dass zwischen Schritt A2) und Schritt R1) in einem Schritt P2) in die zweite Prägelackschicht eine zweite, sich von der ersten Reliefstruktur unterscheidende Reliefstruktur geprägt wird, so dass die erste Reliefstruktur und die zweite Reliefstruktur in z-Richtung in unterschiedlichen Höhenstufen bezogen auf den Träger angeordnet sind.

[0043] Die Strahlungsbeaufschlagung kann mit einer starken Lampe erfolgen, vorzugsweise wird eine Laserquelle eingesetzt.

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

[0045] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Banknote mit einem erfindungsgemäßen optisch variablen Sicherheitselement,

Fig. 2 schematisch einen Ausschnitt des Sicherheitselements der Fig. 1 im Querschnitt,

Fig. 3 in (a) bis (e) Zwischenschritte bei der Herstellung des Sicherheitselements der Fig. 2,

Fig. 4 schematisch einen Ausschnitt des Sicherheitselements nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, und

Fig. 5 in (a) bis (d) Zwischenschritte bei der Herstellung des Sicherheitselements der Fig. 4.

[0046] Die Erfindung wird nun am Beispiel von Sicherheitselementen für Banknoten erläutert. Figur 1 zeigt da-

zu einer schematische Darstellung einer Banknote 10 mit einem erfindungsgemäßen optisch variablen Sicherheitselement 12 in Form eines aufgeklebten Transferelements. Es versteht sich allerdings, dass die Erfindung nicht auf Transferelemente und Banknoten beschränkt ist, sondern bei allen Arten von Sicherheitselementen eingesetzt werden kann, beispielsweise bei Etiketten auf Waren und Verpackungen oder bei der Absicherung von Dokumenten, Ausweisen, Pässen, Kreditkarten, Gesundheitskarten und dergleichen. Bei Banknoten und ähnlichen Dokumenten kommen neben Transferelementen (wie Patches mit oder ohne eigene Trägerschicht) beispielsweise auch Sicherheitsfäden oder Sicherheitsstreifen in Betracht.

[0047] Das auf die Banknote 10 aufgebrachte Sicherheitselement 12 ist selbst sehr flach ausgebildet, vermittelt dem Betrachter aber dennoch den dreidimensionalen Eindruck eines sich scheinbar aus der Ebene der Banknote 10 herauswölbenden Motivs 14, das mit einer ersten Farbe erscheint. In der Praxis kann das Motiv 14 beispielsweise eine Wertzahl, ein Portrait oder ein anderes grafisches Motiv darstellen. Innerhalb des Motivs 14 ist in einem Teilbereich 16 ein Bewegungseffekt in einer zweiten Farbe sichtbar. Beispielsweise kann sich ein heller Balken beim Kippen der Banknote 10 entlang des geschwungenen Teilbereichs 16 vor und zurück bewegen und einen sogenannten Rolling-Bar-Effekt erzeugen. Die Bereiche unterschiedlicher Farbe (erste und zweite Farbe) und unterschiedlicher Effekte (dreidimensionales Motiv bzw. laufender Balken) sind dabei exakt zueinander gepasst. Diese Passierung wird nachfolgend auch als Farbe-zu-Effekt-Passierung bezeichnet.

[0048] Der besondere Aufbau und die erfindungsgemäße Herstellung des Sicherheitselementes 12 wird nun mit Bezug auf die Figuren 2 und 3 näher erläutert, wobei Fig. 2 schematisch einen Ausschnitt des auf die Banknote 10 aufgebrachten Sicherheitselementes 12 im Querschnitt und Fig. 3 verschiedene Zwischenschritte bei der Herstellung des Sicherheitselementes 12 zeigen.

[0049] Das Sicherheitselement 12 enthält einen flächigen, transparent farblosen Träger 18, beispielsweise eine transparente farblose PET-Folie, dessen Flächenausdehnung eine x-y-Ebene und eine darauf senkrecht stehende z-Achse definiert. Auf dem Träger 18 ist ein mehrfarbiger reflektiver Flächenbereich angeordnet, der einen Prägestrukturbereich mit zwei Mikrospiegel-Prägungen 24, 34 in zwei unterschiedlichen Höhenstufen enthält.

[0050] Ein erster Prägebereich 24, der die oben genannte Primärstruktur bildet, ist durch Mikrospiegel-Prägungen gegeben, die in eine erste, auf dem Träger 18 aufgebrachte transparente Prägelackschicht 22 eingeprägt sind und deren Grundflächen in einer ersten Höhe über dem Träger 18 liegen. Die erste Prägelackschicht 22 ist teilweise von einer Sekundärstruktur in Form einer zweiten Prägelackschicht 32 mit einer zweiten eingeprägten Reliefstruktur 34 mit Mikrospiegel-Prägungen bedeckt, so dass auf der ersten Prägelackschicht 22

Überdeckungsbereiche 66 mit zweiter Prägelackschicht 32 und Freibereiche 64 ohne zweite Prägelackschicht vorliegen.

[0051] Die zweite Prägelackschicht ist im sichtbaren Spektralbereich transparent und farblos, enthält aber einen Absorber 38 für IR-Strahlung einer Wellenlänge von etwa 10 μm , wie weiter unten genauer erläutert. Die Grundflächen der Mikrospiegel des zweiten Prägebereichs 34 liegen in einer zweiten, größeren Höhe über dem Träger 18, wobei die Höhe wie auch die Richtung der positiven z-Achse vom Träger 18 ausgehend angegeben wird. Da das Sicherheitselement 12 des Ausführungsbeispiels der Figuren 2 und 3 auf Betrachtung von der Seite des Trägers 18 her ausgelegt ist, erstreckt sich die z-Achse in der Darstellung Fig. 2 vom Träger weg nach unten.

[0052] Die Mikrospiegelprägungen bzw. Mikrospiegelanordnungen 24, 34 enthalten jeweils eine Vielzahl von gegen die x-y-Ebene geneigten Mikrospiegeln, deren lokalen Neigungswinkel gerade so gewählt sind, dass die Reliefstrukturen der Mikrospiegelprägungen 24, 34 im Zusammenspiel mit der Farbwirkung der nachfolgend beschriebene reflexionserhöhenden Beschichtung 40 ein gewünschtes optisches Erscheinungsbild erzeugen.

[0053] Konkret sind die Neigungswinkel der Mikrospiegel im Ausführungsbeispiel so gewählt, dass die Mikrospiegelanordnungen 24, 26 den herausgewölbten dreidimensionalen Eindruck des Motivs 14 und den Rolling-Bar-Effekt des Teilbereichs 16 erzeugen.

[0054] Die Mikrospiegel der Mikrospiegelprägungen 24, 34 weisen im Ausführungsbeispiel eine laterale Abmessung von $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ und eine maximale Höhe von 3,5 μm auf. Der auf die Grundflächen bezogene Höhenversatz kann beispielsweise 6 μm betragen.

[0055] Als Besonderheit sind die beiden Mikrospiegelanordnung 24, 34 mit einer gemeinsamen, jeweils dem Reliefverlauf der Prägelackschicht 22 bzw. 32 folgenden, reflexionserhöhenden Beschichtung 40 versehen, welche in den Überdeckungsbereichen 66 auf der zweiten Prägelackschicht 32 und in den Freibereichen 64 auf der ersten Prägelackschicht 22 liegt.

[0056] Die reflexionserhöhende Beschichtung 40 bildet ein mehrschichtiges Interferenzschichtelement, das im Ausführungsbeispiel ausgehend von den Prägelackschichten aus einer 5 bis 30 nm dicken Barrièreschicht 42 aus SiO_2 , einer 3 bis 30 nm dicken Effektschicht 44 eines Phasenwechselmaterials, einer 50 bis 500 nm dicken Dielektrikumsschicht 46 aus SiO_2 und einer 10 bis 50 nm dicken Spiegelschicht 48 aus Aluminium besteht.

[0057] Als Phasenwechselmaterial können dabei beispielsweise GeSbTe oder AgInSbTe eingesetzt sein.

[0058] In den Überdeckungsbereichen 66 liegt das Phasenwechselmaterial dabei in amorphem Zustand 44-A vor, während es in den Freibereichen 64 in kristallinem Zustand 44-K vorliegt. Wie oben erläutert, weist das Phasenwechselmaterial in kristallinem und amorphem Zustand einen unterschiedlichen Brechungsindex auf, so dass der Farbeindruck des Interferenzschichtelements

je nach dem Materialzustand des enthaltenen Phasenwechselmaterials unterscheidet. Das durch die Schichten 42, 44-A/44-K, 46, 48 gebildete Interferenzschichtelement erscheint daher in den Überdeckungsbereichen 66 mit einem ersten Farbeindruck und in den Freibereichen 64 mit einem zweiten, unterschiedlichen Farbeindruck.

[0057] Der Unterschied der Brechungsindices im kristallinen und amorphen Zustand des Phasenwechselmaterials beträgt typischerweise mehr als 0,2, so dass sich in den Überdeckungsbereichen 66 und den Freibereichen 64 ein deutlich unterschiedlicher Farbeindruck ergibt. Die Brechungsindices können für sichtbares Licht beispielsweise $n=2,4$ im hochbrechenden und $n=1,6$ im niedrigbrechenden Zustand betragen, wodurch sich ein Brechungsindexunterschied von $\Delta n=0,8$ ergibt.

[0058] Da das Vorliegen der unterschiedlichen Materialzustände des Phasenwechselmaterials genau auf die Grenzen der Mikrospiegelanordnungen der Überdeckungsbereiche 66 und der Freibereiche 64 ausgerichtet ist, ergibt sich für den Betrachter 50 eine perfekte Passierung der durch die Mikrospiegel erzeugten unterschiedlichen Effekte und der durch das Phasenwechselmaterial erzeugten unterschiedlichen Farbeindrücke.

[0059] Konkret sind im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 die beiden Mikrospiegelanordnungen 24, 34 im Flächenbereich des Sicherheitselements 12 jeweils unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet, wobei ein Überdeckungsbereich 66 beispielsweise durch einen 5 mm breiten und 2 cm langen gekrümmten Streifen innerhalb eines $2,5 \times 2,5 \text{ cm}^2$ großen Flächenbereichs gebildet ist.

[0060] Im Überdeckungsbereich 66 blickt der Betrachter durch die beiden transparenten Prägelackschichten 22, 32 hindurch auf die tiefer liegende Mikrospiegelanordnung 34, in der das Phasenwechselmaterial in seiner amorphen Phase mit Brechungsindex n_A vorliegt, so dass das reflektierende Interferenzschichtelement 42/44-A/46/48 mit einem ersten Farbeindruck erscheint.

[0061] Im den Überdeckungsbereich umgebenden Freibereich 64 blickt der Betrachter nur durch die erste transparente Prägelackschicht 22 hindurch auf die höher liegende Mikrospiegelanordnung 24, in der das Phasenwechselmaterial in seiner kristallinen Phase mit Brechungsindex n_K , mit $|n_K-n_A| > 0,2$ vorliegt, so dass das reflektierende Interferenzschichtelement 42/44-K/46/48 dort mit einem zweiten, unterschiedlichen Farbeindruck erscheint.

[0062] Da der Höhenunterschied der beiden Mikrospiegelanordnungen 24, 34 im Bereich von einigen Mikrometern liegt, ist er für den Betrachter nicht wahrnehmbar, so dass die beiden verschiedenfarbigen Motive und die unterschiedlichen Effekte in exaktem Passen nebeneinander angeordnet zu sein scheinen.

[0063] Die erfindungsgemäße Herstellung des Sicherheitselements 12 wird nun mit Bezug auf die Figur 3 näher beschrieben, wobei (a) bis (e) jeweils Zwischenschritte bei der Herstellung des Sicherheitselements zeigen.

[0064] Zunächst wird mit Bezug auf Fig. 3(a) ein trans-

parenter Träger 18, beispielsweise eine transparente, farblose PET-Folie bereitgestellt und mit einer Primärstruktur in Form einer ersten, transparenten und farblosen Prägelackschicht 22 versehen. Mit einem selbst nicht gezeigten Prägewerkzeug wird die Mikrospiegelprägung 24, die das gewünschte Motiv 14 des Sicherheitselements 12 erzeugt, in die erste Prägelackschicht 22 eingraviert. Beim Einsatz eines UV-Prägelacks wird die Prägelackschicht 22 anschließend gehärtet.

[0065] Auf die erste Prägelackschicht 22 wird mit einem selbst nicht gezeigten Druckzylinder im gewünschten Überdeckungsbereich 66 des laufenden Balkens eine Sekundärstruktur in Form einer zweiten Prägelackschicht 32 aufgedruckt, wie in Fig. 3(b) dargestellt. Die zweite Prägelackschicht 32 enthält einen Absorber 38 für die Infrarotstrahlung eines CO₂-Lasers bei 10,6 μm, ist aber im sichtbaren Spektralbereich transparent und farblos.

[0066] Mit Bezug auf Fig. 3(c) wird die zweite Prägelackschicht 32 dann mit einem selbst nicht gezeigten Prägewerkzeug mit dem Rolling-Bar-Effekt erzeugenden Mikrospiegelprägung 34 versehen. Wird ein UV-Prägelack eingesetzt, so wird die Prägelackschicht 32 anschließend gehärtet.

[0067] Auf die so gebildete Gesamt-Reliefstruktur, die durch die erste Reliefstruktur 24 der ersten Prägelackschicht 22 und die in dem Überdeckungsbereich 66 über der ersten Prägelackschicht 22 liegende zweite Reliefstruktur 34 der zweiten Prägelackschicht 32 gebildet ist, wird dann vollflächig eine mehrschichtige reflexionserhöhende Beschichtung 40' aufgebracht. Dazu wird zunächst eine 5 bis 30 nm dicke SiO₂-Schicht 42 aufgebracht, die als Barriereschicht dient. Auf die Barriereschicht wird eine 3 bis 30 nm dicke Effektschicht 44 eines Phasenwechselmaterials, beispielsweise Ge₂Sb₂Te₅, aufgebracht, die nach ihrem Aufbringen zunächst durchgehend in ihrem amorphen Zustand 44-A vorliegt und daher sowohl im Überdeckungsbereich 66 als auch im Freibereich 64 einen Brechungsindex n_A aufweist. Um das reflektierende Interferenzschichtelement zu komplettieren, werden noch eine 50 bis 500 nm dicke SiO₂-Schicht als Dielektrikumsschicht 46 und eine 10 bis 50 nm dicke Spiegelschicht 48 aus Aluminium aufgebracht.

[0068] Die Strukturseite der beschichteten Gesamt-Reliefstruktur wird dann mit einer Lackbeschichtung 36 und gegebenenfalls weiteren Beschichtungen versehen und dadurch der Schichtaufbau an sich fertiggestellt, wie in Fig. 3(d) dargestellt.

[0069] Die Farbwirkung der aufgebrachten reflexionserhöhenden Beschichtung 40' ist in diesem Zustand im Überdeckungsbereich 66 und im Freibereich 64 gleich und im Wesentlichen durch den Brechungsindex n_A des Phasenwechselmaterials des gebildeten Interferenzschichtelements bestimmt.

[0070] Die reflexionserhöhende Beschichtung 40' wird nun von der Seite der Trägerfolie 18 her vollflächig mit der Infrarotstrahlung 60 eines CO₂-Lasers einer Wellen-

länge von 10,6 μm beaufschlagt, wie in Fig. 3(e) dargestellt. Im Freibereich 64 wird das Phasenwechselmaterial der Schicht 40' durch die von der IR-Strahlung 60 erzeugte Wärme kristallisiert und dadurch in die kristalline Phase 44-K mit Brechungsindex n_K umgewandelt. Im Überdeckungsbereich 66 wird die Strahlung 60 durch den IR-Absorber 38 der zweiten Prägelackschicht 32 absorbiert und erreicht daher das Phasenwechselmaterial der Schicht 40' nicht - dort bleibt das Phasenwechselmaterial im amorphen Zustand mit Brechungsindex n_A erhalten.

[0071] Da die zweite Prägelackschicht 32 mit dem enthaltenen IR-Absorber auf diese Weise als Belichtungsmaske für die IR-Strahlung 60 wirkt, findet die Umwandlung der amorphen in die kristalline Phase des Phasenwechselmaterials in perfektem Register zur Form und Lage des Überdeckungsbereichs 66 bzw. des Freibereichs 64 statt.

[0072] Die durch den Belichtungs- und Umwandlungsschritt gebildete reflexionserhöhende Beschichtung 40 enthält zwei Teilbereiche mit unterschiedlichem Brechungsindex des Phasenwechselmaterials und damit unterschiedlicher Farbwirkung der Beschichtung, welche im perfekten Register zu der Form und Lage der Mikrospiegelprägungen 24, 34 stehen. Im Überdeckungsbereich 66 ist die Farbwirkung der Beschichtung 40 nach wie vor durch den Brechungsindex n_A des amorphen Phasenwechselmaterials im Interferenzschichtstapel 42/44-A/46/48 bestimmt, während im Freibereich 64 die Farbwirkung der Beschichtung 40 durch den Brechungsindex n_K des kristallinen Phasenwechselmaterials im Interferenzschichtstapel 42/44-K/46/48 bestimmt ist. Das fertige Sicherheitselement 12 zeigt daher bei Be- trachtung die oben beschriebene Farbe-zu-Effekt-Pas- serung.

[0073] In einer Abwandlung des beschriebenen Verfahrens kann auch eine Prägelackschicht 32 ohne Absorber eingesetzt werden - hierzu können die Schichtdi- cken der Prägelackschicht 22 und der Prägelackschicht 32 so abgestimmt werden, dass die mit der Schichtdicke exponentiell ansteigende Absorption des Prägelacks selbst ausreicht, um einerseits eine Umwandlung des Phasenwechselmaterials im Freibereich 64 niedriger Gesamtschichtdicke zu bewirken, und andererseits im Überdeckungsbereich 66 durch die höhere absorbieren- de Schichtdicke eine Umwandlung auszuschließen.

[0074] Weiter kann die Umwandlung des Phasenwechselmaterials auch durch Beaufschlagung mit Strahlung einer anderen Wellenlänge, insbesondere mit IR-Strahlung, sichtbarem Licht oder UV-Strahlung erfolgen. Es muss lediglich eine ausreichend starke Diskrimination zwischen der Strahlungsdurchlässigkeit innerhalb und außerhalb des Überdeckungsbereichs 66 sichergestellt sein, um eine selektive Umwandlung des Phasenwechselmaterials nur außerhalb des Überdeckungsbereichs 66 zu bewirken.

[0075] Die Figuren 4 und 5 illustrieren ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem invertierten

Schichtaufbau, bei dem die Betrachtung nicht durch die Trägerfolie, sondern von der gegenüberliegenden Seite der Prägestrukturen her erfolgt. Die zweite Prägelackschicht kann in dieser Variante mit einem im Sichtbaren absorbierenden Absorber versehen werden, da bei der Betrachtung nicht durch diese Prägelackschicht hindurchgesehen wird.

[0076] Figur 4 zeigt schematisch einen Ausschnitt eines fertigen Sicherheitselementes 70 nach dieser Erfindungsvariante, während Fig. 5 verschiedene Zwischen- schritte bei der Herstellung des Sicherheitselementes 70 zeigt.

[0077] Das Sicherheitselement 70 enthält einen flächigen, transparenten und farblosen Träger 18, dessen Flächenausdehnung eine x-y-Ebene und eine darauf senk- recht stehende z-Achse definiert. Wie bei der Ausgestal- tung der Figuren 2 und 3 ist auf dem Träger 18 ein mehr- farbiger reflektiver Flächenbereich angeordnet, der ei- nen Prägestrukturbereich mit zwei Mikrospiegel-Prägungen 24, 34 in zwei unterschiedlichen Höhenstufen ent- hält.

[0078] Ein erster Prägebereich 24, der die oben ge- nannte Primärstruktur bildet, ist dabei durch Mikrospie- gel-Prägungen gegeben, die in eine erste, auf dem Trä- ger 18 aufgebrachte transparente Prägelackschicht 22 eingeprägt sind und deren Grundflächen in einer ersten Höhe über dem Träger 18 liegen. Die erste Prägelack- schicht 22 ist teilweise von einer zweiten Prägelack- schicht 72 mit einer Sekundärstruktur in Form einer zwei- ten eingeprägten Reliefstruktur 34 mit Mikrospiegel-Prä- gungen bedeckt, so dass auf der ersten Prägelackschicht 22 Überdeckungsbereiche 66 mit zweiter Prägelack- schicht 72 und Freibereiche 64 ohne zweite Prägelack- schicht vorliegen.

[0079] Die zweite Prägelackschicht 72 enthält einen Absorber für UV- oder Blaulicht, der im sichtbaren Spek- tralbereich blau/violett erscheint. Die Grundflächen der Mikrospiegel des zweiten Prägebereichs liegen in einer zweiten, größeren Höhe über dem Träger 18, wobei die Höhe wie auch die Richtung der positiven z-Achse vom Träger 18 ausgehend gemessen wird. Da das Sicher- heitselement 70 des Ausführungsbeispiels der Figuren 4 und 5 auf Betrachtung von der Oberseite, also der Seite der Mikrospiegelprägungen 24, 34 her ausgelegt ist, er- streckt sich die z-Achse in der Darstellung Fig. 4 vom Träger weg nach oben.

[0080] Die Mikrospiegelprägungen bzw. Mikrospie- gelanordnungen 24, 34 enthalten auch bei dieser Aus- gestaltung jeweils eine Vielzahl von gegen die x-y-Ebene geneigten Mikrospiegeln, deren lokalen Neigungswinkel gerade so gewählt sind, dass die Reliefstrukturen der Mikrospiegelprägungen 24, 34 im Zusammenspiel mit der Farbwirkung der reflexionserhöhenden Beschich- tung 80 ein gewünschtes optisches Erscheinungsbild er- zeugen. Konkret können die Neigungswinkel der Mikro- spiegel wieder so gewählt sein, dass die Mikrospiegela- ordnungen 24, 26 den herausgewölbten dreidimensio- nalen Eindruck des Motivs 14 und den Rolling-Bar-Effekt

des Teilbereichs 16 erzeugen. Die Größen und Höhen der Mikrospiegel können wie bei der Ausgestaltung der Figuren 2 und 3 gewählt sein.

[0081] Die beiden Mikrospiegelanordnung 24, 34 sind mit einer gemeinsamen, jeweils dem Reliefverlauf der Reliefstruktur der Prägelackschicht 22 bzw. 72 folgenden reflexionserhöhenden Beschichtung 80 versehen, welche in den Überdeckungsbereichen 66 auf der zweiten Prägelackschicht 72 und in den Freibereichen 64 auf der ersten Prägelackschicht 22 angeordnet ist.

[0082] Wie bei der Ausgestaltung der Figuren 2 und 3 bildet die reflexionserhöhende Beschichtung 80 ein mehrschichtiges Interferenzschichtelement, allerdings mit umgekehrter Schichtreihenfolge. Die reflexionserhöhende Beschichtung 80 besteht ausgehend von den Prägelackschichten aus einer 10 bis 50 nm dicken Spiegelschicht 82 aus Aluminium, einer 50 bis 500 nm dicken Dielektrikumsschicht 84 aus SiO_2 , einer 3 bis 30 nm dicken Effektschicht 86 eines Phasenwechselmaterials und einer 5 bis 30 nm dicken Barrièreschicht 88 aus SiO_2 . Als Phasenwechselmaterial können beispielsweise GeSbTe oder AgInSbTe eingesetzt sein. Die beschichteten Mikrospiegelanordnungen sind mit einer transparenten Lackschicht 36 eingebettet.

[0083] Im Überdeckungsbereich 66 liegt das Phasenwechselmaterial in amorpher Form 86-A mit Brechungsindex n_A vor, während es im Freibereich 64 in kristallinem Zustand 86-K mit Brechungsindex n_K , mit $|n_K-n_A| > 0,2$ vorliegt. Da die unterschiedlichen kristallinen bzw. amorphen Materialzustände des Phasenwechselmaterials genau auf die Grenzen der Mikrospiegelanordnungen der Überdeckungsbereiche und der Freibereiche ausgerichtet sind, ergibt sich für den Betrachter 50 auch bei diesem Ausführungsbeispiel eine perfekte Farbe-zu-Effekt-Passierung.

[0084] Konkret sind bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 die beiden Mikrospiegelanordnungen 24, 34 im Flächenbereich des Sicherheitselements 70 jeweils unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet, wobei ein Überdeckungsbereich 66 beispielsweise durch einen 5 mm breiten und 2 cm langen gekrümmten Streifen innerhalb eines $2,5 \times 2,5 \text{ cm}^2$ großen Flächenbereichs gebildet ist.

[0085] Im Überdeckungsbereich 66 blickt der Betrachter 50 durch die transparente Lackschicht 36 auf die höher liegende Mikrospiegelanordnung 34, in der das Phasenwechselmaterial in seiner amorphen Phase mit Brechungsindex n_A vorliegt, so dass das reflektierende Interferenzschichtelement 82/84/86-A/88 mit einem ersten Farbeindruck erscheint.

[0086] Im Freibereich 64 blickt der Betrachter auf die tiefer liegende Mikrospiegelanordnung 24, in der das Phasenwechselmaterial in seiner kristallinen Phase mit Brechungsindex n_K vorliegt, so dass das reflektierende Interferenzschichtelement 82/84/86-K/88 dort mit einem zweiten Farbeindruck erscheint.

[0087] Da der Höhenunterschied der beiden Mikrospiegelanordnungen 24, 34 im Bereich von einigen Mi-

krometern liegt, ist er für den Betrachter nicht wahrnehmbar, so dass die beiden verschiedenfarbigen Motive und die unterschiedlichen Effekte in exaktem Passer neben-einander angeordnet zu sein scheinen.

[0088] Die erfindungsgemäße Herstellung des Sicherheitselements 70 wird nun mit Bezug auf die Figur 5 näher beschrieben, wobei (a) bis (d) jeweils Zwischenschritte bei der Herstellung des Sicherheitselements zeigen.

[0089] Zunächst wird mit Bezug auf Fig. 5(a) ein transparenter Träger 18, beispielsweise eine transparent farblose PET-Folie bereitgestellt und mit einer Primärstruktur in Form einer ersten, transparenten und farblosen Prägelackschicht 22 versehen. Mit einem selbst nicht gezeigten Prägewerkzeug wird die Mikrospiegelprägung 24, die das gewünschte Motiv 14 des Sicherheitselements 70 erzeugt, in die erste Prägelackschicht 22 eingraviert. Beim Einsatz eines UV-Prägelacks wird die Prägelackschicht 22 anschließend gehärtet.

[0090] Auf die erste Prägelackschicht 22 wird mit einem selbst nicht gezeigten Druckzylinder im gewünschten Überdeckungsbereich 66 des laufenden Balkens eine Sekundärstruktur in Form einer zweiten Prägelackschicht 72 aufgedruckt, wie in Fig. 3(b) dargestellt. Die zweite Prägelackschicht 32 enthält einen Absorber für UV- oder Blaulicht, der im sichtbaren Spektralbereich blau/violett erscheint. Die zweite Prägelackschicht 72 wird dann mit einem selbst nicht gezeigten Prägewerkzeug mit der den Rolling-Bar-Effekt erzeugenden Mikrospiegelprägung 34 versehen. Wird ein UV-Prägelack eingesetzt, so wird die Prägelackschicht 72 anschließend gehärtet.

[0091] Auf die so gebildete Gesamt-Reliefstruktur, die durch die erste Reliefstruktur 24 der ersten Prägelackschicht 22 und die in den Überdeckungsbereichen über der ersten Prägelackschicht 22 liegende zweite Reliefstruktur 34 der zweiten Prägelackschicht 72 gebildet ist, wird dann vollflächig eine mehrschichtige reflexionserhöhende Beschichtung 80' aufgebracht. Dazu werden eine 10 bis 50 nm dicken Spiegelschicht 82 aus Aluminium, eine 50 bis 500 nm dicken Dielektrikumsschicht 84 aus SiO_2 , eine 3 bis 30 nm dicke Effektschicht 86 eines Phasenwechselmaterials und eine 5 bis 30 nm dicken Barrièreschicht 88 aus SiO_2 aufgebracht.

[0092] Die Strukturseite der beschichteten Gesamt-Reliefstruktur wird dann mit einer Lackbeschichtung 36 und gegebenenfalls weiteren Beschichtungen versehen und dadurch der Schichtaufbau an sich fertiggestellt, wie in Fig. 5(c) dargestellt.

[0093] Das Phasenwechselmaterial der Effektschicht 86 liegt nach seinem Aufbringen zunächst durchgehend in seinem amorphen Zustand vor. Die Farbwirkung der aufgebrachten reflexionserhöhenden Beschichtung 80' ist in diesem Zustand im Überdeckungsbereich 66 und im Freibereich 64 gleich und im Wesentlichen durch den Brechungsindex n_A des Phasenwechselmaterials des gebildeten Interferenzschichtelements bestimmt.

[0094] Die reflexionserhöhende Beschichtung 80' wird nun von der Seite der Trägerfolie 18 her vollflächig mit

der Strahlung 90 einer UV-Quelle oder Blaulichtquelle beaufschlagt, wie in Fig. 5(d) dargestellt.

[0095] Die dünne Aluminiumschicht 82 ist in diesem Spektralbereich ausreichend transparent, um im Freibereich 64 einen großen Teil der einfallenden Strahlung 90 zu dem Phasenwechselmaterial 86 zu transmittieren und dieses durch die erzeugte Wärme zu kristallisieren und in die kristalline Phase mit Brechungsindex n_K umzuwandeln. Im Überdeckungsbereich 66 wird die einfallende Strahlung 90 dagegen durch den UV- oder Blauabsorber der Prägelackschicht 72 absorbiert und erreicht daher das Phasenwechselmaterial 86 der Schicht 80' nicht - dort bleibt das Phasenwechselmaterial im amorphen Zustand mit Brechungsindex n_A erhalten.

[0096] Da die zweite Prägelackschicht 72 mit ihrem UV- oder Blauabsorber auf diese Weise als Belichtungsmaske für die Strahlung 90 wirkt, findet die Umwandlung der amorphen in die kristalline Phase des Phasenwechselmaterials in perfektem Register zur Form und Lage des Überdeckungsbereichs 66 bzw. des Freibereichs 64 statt.

[0097] Die durch den Belichtungs- und Umwandlungsschritt gebildete reflexionserhöhende Beschichtung 80 enthält zwei Teilbereiche mit unterschiedlichem Brechungsindex des Phasenwechselmaterials und damit unterschiedlicher Farbwirkung der Beschichtung, welche im perfekten Register zu der Form und Lage der Mikrospiegelprägungen 24, 34 stehen. Im Überdeckungsbereich 66 ist die Farbwirkung der Beschichtung 80 nach wie vor durch den Brechungsindex n_A des amorphen Phasenwechselmaterials im Interferenzschichtstapel bestimmt, während im Freibereich 64 die Farbwirkung der Beschichtung 80 durch den Brechungsindex n_K des kristallinen Phasenwechselmaterials im Interferenzschichtstapel bestimmt ist. Das fertige Sicherheitselement 70 zeigt daher bei Betrachtung die oben beschriebene Farbe-zu-Effekt-Passierung.

[0098] Auch bei dieser Ausgestaltung kann die Umwandlung des Phasenwechselmaterials selbstverständlich auch durch Beaufschlagung mit Strahlung anderer Wellenlänge erfolgen. Es muss lediglich eine ausreichende Diskrimination zwischen der Strahlungsdurchlässigkeit innerhalb und außerhalb des Überdeckungsbereichs 66 sichergestellt sein, um eine selektive Umwandlung des Phasenwechselmaterials nur außerhalb des Überdeckungsbereichs 66 zu bewirken.

Bezugszeichenliste

[0099]

10	Banknote
12	Sicherheitselement
14	Motiv
16	Teilbereichs
18	Träger
22	erste Prägelackschicht
24	erste Prägestruktur

32	zweite Prägelackschicht
34	zweite Prägestruktur
36	Lackbeschichtung
38	Absorber
5 40, 40'	reflexionserhöhende Beschichtung
42	Barriereschicht
44	Effektschicht
44-A, 44-K	Materialzustände des Phasenwechselmaterials
10 46	Dielektrikumsschicht
48	Spiegelschicht
50	Betrachter
60	Infrarotstrahlung
64	Freibereich
15 66	Überdeckungsbereich
70	Sicherheitselement
72	zweite Prägelackschicht
80, 80'	reflexionserhöhende Beschichtung
82	Spiegelschicht
20 84	Dielektrikumsschicht
86	Effektschicht
86-A, 86-K	Materialzustände des Phasenwechselmaterials
88	Barriereschicht
25 90	Strahlung

Patentansprüche

30 1. Optisch variables Sicherheitselement zur Absicherung von Wertgegenständen, dessen Flächenausdehnung eine darauf senkrecht stehende z-Achse definiert, mit einem reflektiven Flächenbereich, wo- bei

35 - der reflektive Flächenbereich eine Primärstruktur in Form einer ersten Prägelackschicht mit einer ersten eingeprägten Reliefstruktur enthält,
- die erste Prägelackschicht teilweise von einer Sekundärstruktur bedeckt ist, so dass auf der ersten Prägelackschicht Überdeckungsbereiche mit Sekundärstruktur und Freibereiche ohne Sekundärstruktur vorliegen,
- die Primärstruktur und die Sekundärstruktur mit einer gemeinsamen reflexionserhöhenden Beschichtung versehen sind, so dass die reflexionserhöhende Beschichtung in den Überdeckungsbereichen auf der Sekundärstruktur und in den Freibereichen auf der Primärstruktur angeordnet ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass die reflexionserhöhende Beschichtung eine Schicht eines Phasenwechselmaterials enthält, das in kristallinem und amorphem Materialzustand einen unterschiedlichen Farbeindruck und/ oder eine unterschiedliche Reflektivität der Beschichtung erzeugt, und dass
- in zumindest einem Abschnitt das Phasen-

- wechselmaterial in den Überdeckungsbereichen in amorphem Materialzustand vorliegt und in den Freibereichen in kristallinem Materialzustand vorliegt, oder umgekehrt.
- 5
2. Sicherheitselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflexionserhöhende Beschichtung als Phasenwechselmaterial $Ge_xSb_yTe_z$ oder $Ag_xIn_ySb_zTe_w$, insbesondere $Ge_2Sb_2Te_5$ oder $Ag_3In_4Sb_{76}Te_{17}$ enthält.
- 10
3. Sicherheitselement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Phasenwechselmaterial in der reflexionserhöhenden Beschichtung als Effektschicht mit einer Schichtdicke zwischen 1 nm und 60 nm, insbesondere zwischen 3 nm und 30 nm vorliegt.
- 15
4. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflexionserhöhende Beschichtung ein mehrschichtiges Interferenzschichtelement bildet, dessen unterschiedlicher Farbeindruck durch einen unterschiedlichen Brechungsindex des enthaltenen Phasenwechselmaterials in kristallinem und amorphem Zustand entsteht.
- 20
5. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brechungsindexunterschied des Phasenwechselmaterials in kristallinem und amorphem Zustand größer als 0,2 insbesondere größer als 0,4 oder sogar größer als 0,6 ist, für einen vorgegebenen Wellenlängenbereich mit einer Größe von zumindest 50nm.
- 25
6. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- der reflektive Flächenbereich zumindest zwei, aus unterschiedlichen Betrachtungsrichtungen erkennbare Erscheinungsbilder zeigt,
 - die Sekundärstruktur durch eine zweite Prägelackschicht mit einer zweiten, sich von der ersten Reliefstruktur unterscheidenden, eingeprägten Reliefstruktur gebildet ist, und die beiden eingeprägten Reliefstrukturen in z-Richtung in unterschiedlichen Höhenstufen angeordnet sind und eine tiefer liegende und eine höher liegende Reliefstruktur bilden, und
 - die reflexionserhöhende Beschichtung jeweils dem Reliefverlauf der Reliefstruktur der ersten und zweiten Prägelackschicht folgt.
- 40
7. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundärstruktur durch einen Aufdruck, eine Ätzmaske oder einen Waschfarbbereich gebildet ist.
- 45
8. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundärstruktur im sichtbaren Spektralbereich farblos und transparent ist und einen Absorber oder Reflektor für einen außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegenden Wellenlängenbereich enthält, vorzugsweise, dass die Sekundärstruktur die genannte zweite Prägelackschicht mit der zweiten Reliefstruktur darstellt und die tieferliegende Reliefstruktur des Sicherheitselementes bildet.
- 50
9. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundärstruktur einen im sichtbaren Spektralbereich wirkenden Absorber oder Reflektor enthält, vorzugsweise dass die Sekundärstruktur die genannte zweite Prägelackschicht mit der zweiten Reliefstruktur darstellt und die höherliegende Reliefstruktur des Sicherheitselementes bildet.
- 55
10. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Reliefstruktur und/oder die gegebenenfalls die Sekundärstruktur bildende zweite Reliefstruktur durch Mikrospiegelanordnungen mit gerichtet reflektierenden Mikrospiegeln gebildet sind, insbesondere mit nicht-diffraktiv wirkenden Spiegeln, und vorzugsweise mit planen Spiegeln, Hohlspiegeln und/oder fresnelartigen Spiegeln.
- 60
11. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überdeckungsbereiche und Freibereiche zumindest in einem Teilbereich des Flächenbereichs als regelmäßiges oder unregelmäßiges Raster mit Rasterelementen und Rasterzwischenräumen ausgebildet sind, wobei die Abmessungen der Rasterelemente und Rasterzwischenräumen in einer oder bei den lateralen Richtungen unterhalb von 140 μm , vorzugsweise zwischen 20 μm und 100 μm , insbesondere zwischen 20 μm und 60 μm liegen.
- 65
12. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überdeckungsbereiche und Freibereiche zumindest in einem Teilbereich des Flächenbereichs als Effektbereich ausgebildet sind, in dem die Überdeckungsbereiche und/oder die Freibereiche laterale Abmessungen von mehr als 140 μm aufweisen.
- 70
13. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Sicherheitselement durch Aussparungen in der reflexionserhöhenden Beschichtung Negativkennzeichen gebildet sind.
- 75
14. Datenträger mit einem optisch variablen Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1

bis 13.

15. Verfahren zum Herstellen eines optisch variablen Sicherheitselements, bei dem

B) ein Träger bereitgestellt wird, dessen Flächenausdehnung eine darauf senkrecht stehende z-Achse definiert,

A1) in einem Flächenbereich eine erste Prägelackschicht auf den Träger aufgebracht wird, P1) in die erste Prägelackschicht eine erste Reliefstruktur geprägt wird, wodurch eine Primärstruktur in Form der ersten Prägelackschicht mit der ersten eingeprägten Reliefstruktur entsteht, A2) eine Sekundärstruktur auf die erste Prägelackschicht aufgebracht wird, wobei die Primärstruktur teilweise von der Sekundärstruktur überdeckt wird und teilweise nicht überdeckt wird,

R1) eine reflexionserhöhende Beschichtung auf einen nicht überdeckten Anteil der Primärstruktur und auf die Sekundärstruktur aufgebracht wird,

R2) beim Aufbringen der reflexionserhöhenden Beschichtung ein Phasenwechselmaterial aufgebracht wird, das in kristallinem und amorphem Materialzustand unterschiedlichen Brechungsindex aufweist, und das in einem definierten dieser Materialzustände auf den genannten, nicht überdeckten Anteil der Primärstruktur und auf die Sekundärstruktur aufgebracht wird, und

R3) das Phasenwechselmaterial der reflexionserhöhenden Beschichtung - optional in zumindest einem Abschnitt des Sicherheitselements - von der Seite der Primär- und Sekundärstruktur her mit Strahlung beaufschlagt wird, so dass die nur teilweise vorliegende Sekundärstruktur als Belichtungsmaske wirkt, wodurch der Materialzustand des Phasenwechselmaterials in dem nicht überdeckten Anteil der Primärstruktur durch die Strahlungseinwirkung geändert wird und der Materialzustand des Phasenwechselmaterials auf der Sekundärstruktur unverändert bleibt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundärstruktur im sichtbaren Spektralbereich farblos und transparent ist und einen Absorber oder Reflektor für eine außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegenden Spektralbereich enthält, und die Effektschicht des Phasenwechselmaterials mit Strahlung dieses außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegenden Spektralbereichs, insbesondere mit UV-Strahlung oder naher oder mittlerer IR-Strahlung beaufschlagt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass die Sekundärstruktur einen im sichtbaren Spektralbereich wirkenden Absorber oder Reflektor enthält, und die Effektschicht des Phasenwechselmaterials mit Strahlung aus diesem sichtbaren Spektralbereich beaufschlagt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- in Schritt A2) als Sekundärstruktur eine zweite Prägelackschicht auf die erste Prägelackschicht aufgebracht wird, und dass

- zwischen Schritt A2) und Schritt R1) in einem Schritt P2) in die zweite Prägelackschicht eine zweite, sich von der ersten Reliefstruktur unterscheidende Reliefstruktur geprägt wird, so dass die erste Reliefstruktur und die zweite Reliefstruktur in z-Richtung in unterschiedlichen Höhenstufen bezogen auf den Träger angeordnet sind.

Claims

25. 1. An optically variable security element for securing objects of value, the areal expansion of which defines a z-axis standing perpendicularly thereon, with a reflective areal region, wherein
- the reflective areal region contains a primary structure in the form of a first embossing lacquer layer with a first embossed relief structure,
- the first embossing lacquer layer is covered partially by a secondary structure, so that on the first embossing lacquer layer there are overlap regions present with the secondary structure and there are free regions present without the secondary structure,
- the primary structure and the secondary structure are supplied with a common reflection-enhancing coating, so that the reflection-enhancing coating is arranged in the overlap regions on the secondary structure and in the free regions on the primary structure,
- **characterized in that** the reflection-enhancing coating contains a layer of a phase-change material, which produces a different color impression and/or a different reflectivity of the coating in the crystalline and the amorphous material state, and **in that**
- in at least one section the phase-change material is present in the overlap regions in the amorphous state and in the free regions in the crystalline state, or vice versa.
2. The security element according to claim 1, **characterized in that** the reflection-enhancing coating contains as the phase-change material $Ge_xSb_yTe_z$ or

- Ag_xIn_ySb_zTe_w, in particular Ge₂Sb₂Te₅ or Ag₃In₄Sb₇₆Te₁₇.
3. The security element according to claim 1 or 2, **characterized in that** the phase-change material is present the reflection-enhancing coating as an effect layer with a layer thickness between 1 nm and 60 nm, in particular between 3 nm and 30 nm. 5
4. The security element according to at least one of claims 1 to 3, **characterized in that** the reflection-enhancing coating forms a multilayer interference layer element, the different color impression of which is created by a different refractive index of the contained phase-change material in the crystalline and the amorphous state. 10 15
5. The security element according to at least one of claims 1 to 4, **characterized in that** the difference in refractive index of the phase-change material in the crystalline and the amorphous state is greater than 0.2, in particular greater than 0.4 or even greater than 0.6, for a predetermined wavelength range of a size of at least 50 nm. 20 25
6. The security element according to at least one of claims 1 to 5, **characterized in that**
- the reflective areal region shows at least two appearances recognizable from different viewing directions,
 - the secondary structure is formed by a second embossing lacquer layer with a second embossed relief structure that differs from the first relief structure, and the two embossed relief structures are arranged at different height levels in the z-direction and form a lower-level and a higher-level relief structure, and
 - the reflection-enhancing coating respectively follows the relief profile of the relief structure of the first and the second embossing lacquer layer.
7. The security element according to at least one of claims 1 to 5, **characterized in that** the secondary structure is formed by a print, an etching mask or a washing-ink region. 45
8. The security element according to at least one of claims 1 to 7, **characterized in that** the secondary structure is colorless and transparent in the visual spectral range and contains an absorber or reflector for a wavelength range outside of the visible spectral range, preferably that the secondary structure represents the stated second embossing lacquer layer with the second relief structure and forms the lower-level relief structure of the security element. 50 55
9. The security element according to at least one of claims 1 to 7, **characterized in that** the secondary structure contains an absorber or reflector effective in the visible spectral range, preferably that the secondary structure represents the stated second embossing lacquer layer with the second relief structure and forms the higher-level relief structure of the security element.
10. The security element according to at least one of claims 1 to 9, **characterized in that** the first relief structure and/or the second relief structure possibly forming the secondary structure are formed by micromirror arrangements with directionally reflective micromirrors, in particular with mirrors with non-diffractive effect, and preferably with planar mirrors, concave mirrors and/or Fresnel-like mirrors.
11. The security element according to at least one of claims 1 to 10, **characterized in that** the overlap regions and the free regions are formed at least in a partial region of the areal region as a regular or irregular grid with grid elements and grid spaces, wherein the dimensions of the grid elements and grid spaces in one or both lateral directions are below 140 µm, preferably between 20 µm and 100 µm, in particular between 20 µm and 60 µm.
12. The security element according to at least one of claims 1 to 11, **characterized in that** the overlap regions and the free regions are formed at least in a partial region of the areal region as an effect region in which the overlap regions and/or the free regions have lateral dimensions of more than 140 µm.
13. The security element according to at least one of claims 1 to 12, **characterized in that** negative features are formed in the security element by gaps in the reflection-enhancing coating.
14. A data carrier with an optically variable security element according to at least one of claims 1 to 13.
15. A method for manufacturing an optically variable security element, in which
- B) a carrier is made available, the areal expansion of which defines a z-axis standing perpendicularly thereon,
- A1) a first embossing lacquer layer is applied to the carrier in an areal region,
- P1) a first relief structure is embossed into the first embossing lacquer layer, whereby a primary structure is created in the form of the first embossing lacquer layer with the first embossed relief structure,
- A2) a secondary structure is applied to the first embossing lacquer layer, wherein the primary

- structure is partially covered and partially not covered by the secondary structure,
R1) a reflection-enhancing coating is applied to a non-covered portion of the primary structure and to the secondary structure,
R2) when applying the reflection-enhancing coating, a phase-change material is applied, which has a different refractive index in the crystalline and in the amorphous state and which is applied in a defined one of these material states to the stated, non-covered portion of the primary structure and to the secondary structure, and
R3) radiation is applied to the phase-change material of the reflection-enhancing coating - optionally in at least one section of the security element - from the side of the primary and the secondary structure, so that the only partially present secondary structure has the effect of an exposure mask, whereby the material state of the phase-change material in the non-covered portion of the primary structure is changed by the action of radiation and the material state of the phase-change material remains unchanged on the secondary structure.
16. The method according to claim 15, **characterized in that** the secondary structure is colorless and transparent in the visible spectral range and contains an absorber or reflector for a spectral range outside of the visible spectral range, and radiation from this spectral range outside of the visible spectral range, in particular UV radiation or medium IR radiation, is applied to the effect layer of the phase-change material.
17. The method according to claim 15, **characterized in that** the secondary structure contains an absorber or reflector effective in the visible spectral range, and radiation from this visible spectral range is applied to the effect layer of the phase-change material.
18. The method according to any of claims 15 to 17, **characterized in that**
- in step A2) a second embossing lacquer layer is applied as the secondary structure to the first embossing lacquer layer, and that
 - between the step A2) and the step R1), in a step P2) there is embossed into the second embossing lacquer layer a second relief structure which differs from the first relief structure, so that the first relief structure and the second relief structure are arranged at different height levels in the z-direction with reference to the carrier.
- 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55
- Revendications**
1. Élément de sécurité optiquement variable destiné à la sécurisation d'objets de valeur, dont l'étendue de surface définit un axe Z perpendiculaire à eux, ayant une zone de surface réfléchissante, cependant que
- la zone de surface réfléchissante comporte une structure primaire sous forme d'une première couche de vernis de gaufrage ayant une première structure en relief gaufrée,
 - la première couche de vernis de gaufrage est partiellement recouverte d'une structure secondaire, de telle sorte que, sur la première couche de vernis de gaufrage, il y a des zones de recouvrement avec structure secondaire et des zones libres sans structure secondaire,
 - la structure primaire et la structure secondaire sont pourvues d'un revêtement commun augmentant la réflexion, de telle sorte que le revêtement augmentant la réflexion est agencé sur la structure secondaire dans les zones de recouvrement, et sur la structure primaire dans les zones libres,
 - **caractérisé en ce que** le revêtement augmentant la réflexion comporte une couche d'un matériau à changement de phase qui génère, à un état cristallin et amorphe du matériau, une impression de couleur différente et/ou une réflectivité différente du revêtement, et que
 - dans au moins une section, le matériau à changement de phase se trouve dans un état amorphe du matériau dans les zones de recouvrement, et dans un état cristallin du matériau dans les zones libres, ou inversement.
2. Élément de sécurité selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le revêtement augmentant la réflexion contient comme matériau à changement de phase $Ge_xSb_yTe_z$ ou $Ag_xIn_ySb_zTe_w$, en particulier $Ge_2Sb_2Te_2$ ou $Ag_3In_4Sb_{76}Te_{17}$.
3. Élément de sécurité selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le matériau à changement de phase se trouve dans le revêtement augmentant la réflexion sous forme de couche à effet ayant une épaisseur de couche comprise entre 1 nm et 60 nm, en particulier entre 3 nm et 30 nm.
4. Élément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 3, **caractérisé en ce que** le revêtement augmentant la réflexion constitue un élément multicouche de couche interférentielle dont l'impression différente de couleur est engendrée par un indice différent de réfraction, du matériau à changement de phase contenu, à un état cristallin et amorphe.

5. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 4, **caractérisé en ce que** la différence d'indice de réfraction, du matériau à changement de phase, à un état cristallin et amorphe, est supérieure à 0,2, en particulier supérieure à 0,4 ou même supérieure à 0,6, pour une plage de longueur d'ondes prédéterminée d'une grandeur d'au moins 50 nm. 5
6. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 5, **caractérisé en ce que** - la zone de surface réfléctrice montre au moins deux images motif reconnaissables depuis différents sens d'observation, 10
15
- la structure secondaire est constituée par une deuxième couche de vernis de gaufrage ayant une deuxième structure en relief gaufrée différente de la première structure en relief, et les deux structures en relief gaufrées sont agencées en direction Z en différents niveaux de hauteur et constituent une structure en relief moins élevée et une structure en relief plus élevée, et - le revêtement augmentant la réflexion suit respectivement le tracé du relief de la structure en relief de la première et deuxième couche de vernis de gaufrage. 20
25
7. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 5, **caractérisé en ce que** la structure secondaire est constituée par une impression, un masque de décapage ou une zone d'encre lavable. 30
8. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 7, **caractérisé en ce que** la structure secondaire est incolore ou transparente dans la plage spectrale visible et contient un absorbeur ou réflecteur pour une plage de longueur d'ondes située à l'extérieur de la plage spectrale visible, de préférence **en ce que** la structure secondaire représente la deuxième couche de vernis de gaufrage citée ayant la deuxième structure en relief et constitue la structure en relief plus profonde de l'élément de sécurité. 35
40
45
9. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 7, **caractérisé en ce que** la structure secondaire contient un absorbeur ou réflecteur agissant dans la plage spectrale visible, de préférence **en ce que** la structure secondaire représente la deuxième couche de vernis de gaufrage citée ayant la deuxième structure en relief et constitue la structure en relief plus haute de l'élément de sécurité. 50
10. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 9, **caractérisé en ce que** la première structure en relief et/ou la deuxième structure en relief constituant éventuellement la structure secon- 55
- daire sont constituées par des agencements de micro-miroirs ayant des micro-miroirs réfléchissant de manière orientée, en particulier ayant des micro-miroirs agissant de manière non diffractive, et de préférence ayant des miroirs plans, des miroirs concaves et/ou des miroirs de type Fresnel.
11. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 10, **caractérisé en ce que** les zones de recouvrement et zones libres sont, au moins dans une zone partielle de la zone de surface, réalisées sous forme de grilles régulières ou irrégulières ayant des éléments de grille et des interstices de grille, cependant que les dimensions des éléments de grille et interstices de grille sont, dans un ou dans les deux sens latéraux, inférieures à 140 µm, de préférence comprises entre 20 µm et 100 µm, en particulier entre 20 µm et 60 µm. 20
12. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 11, **caractérisé en ce que** les zones de recouvrement et zones libres sont, au moins dans une zone partielle de la zone de surface, réalisées sous forme de zone à effet dans laquelle les zones de recouvrement et/ou les zones libres ont des dimensions latérales supérieures à 140 µm. 25
13. Elément de sécurité selon au moins une des revendications de 1 à 12, **caractérisé en ce que**, dans l'élément de sécurité, par des évidements dans le revêtement augmentant la réflexion, des marques négatives sont constituées. 30
14. Support de données ayant un élément de sécurité optiquement variable selon au moins une des revendications de 1 à 13. 35
15. Procédé de fabrication d'un élément de sécurité optiquement variable, dans lequel 40
45
B) un support est mis à disposition, dont l'éten- due de surface définit un axe Z perpendiculaire à lui,
A1) dans une zone de surface, une couche de vernis de gaufrage est appliquée sur le support, P1) dans la première couche de vernis de gaufrage, une première structure en relief est gaufrée, ce par quoi une structure primaire sous forme de la première couche de vernis de gaufrage ayant la première structure en relief gaufrée est engendrée,
A2) une structure secondaire est appliquée sur la première couche de vernis de gaufrage, ce- pendant que la structure primaire est partielle- ment recouverte et partiellement non recouverte par la structure secondaire,
R1) un revêtement augmentant la réflexion est appliqué sur une partie de la structure primaire

non recouverte et sur la structure secondaire,
 R2) lors de l'application du revêtement augmentant la réflexion, un matériau à changement de phase est appliqué, lequel présente, à un état cristallin et amorphe du matériau, un indice de réfraction différent, et lequel, dans un état défini parmi ces états de matériau, est appliqué sur la partie citée, de la structure primaire, non recouverte, et sur la structure secondaire, et
 R3) le matériau à changement de phase du revêtement augmentant la réflexion - en option dans au moins une section de l'élément de sécurité -, est, depuis le côté de la structure primaire et secondaire, exposé à un rayonnement, de telle sorte que la structure secondaire n'existe que partiellement agit en tant que masque d'exposition, ce par quoi l'état de matériau du matériau à changement de phase est changé par l'effet du rayonnement dans la partie de la structure primaire non recouverte, et l'état de matériau du matériau à changement de phase demeure inchangé sur la structure secondaire.

16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** la structure secondaire est incolore ou transparente dans la plage spectrale visible et contient un absorbeur ou réflecteur pour une plage spectrale située à l'extérieur de la plage spectrale visible, et la couche à effet du matériau à changement de phase est exposé à un rayonnement de cette plage spectrale située à l'extérieur de la plage spectrale visible, en particulier à un rayonnement de UV ou à un rayonnement infrarouge proche ou moyen. 25
17. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** la structure secondaire contient un absorbeur ou réflecteur agissant dans la plage spectrale visible, et la couche à effet du matériau à changement de phase est exposé à un rayonnement de cette plage spectrale visible. 30 40
18. Procédé selon une des revendications de 15 à 17, **caractérisé en ce que**
 - à l'étape A2), en tant que structure secondaire, une deuxième couche de vernis de gaufrage est appliquée sur la première couche de vernis de gaufrage, et que 45

50

55

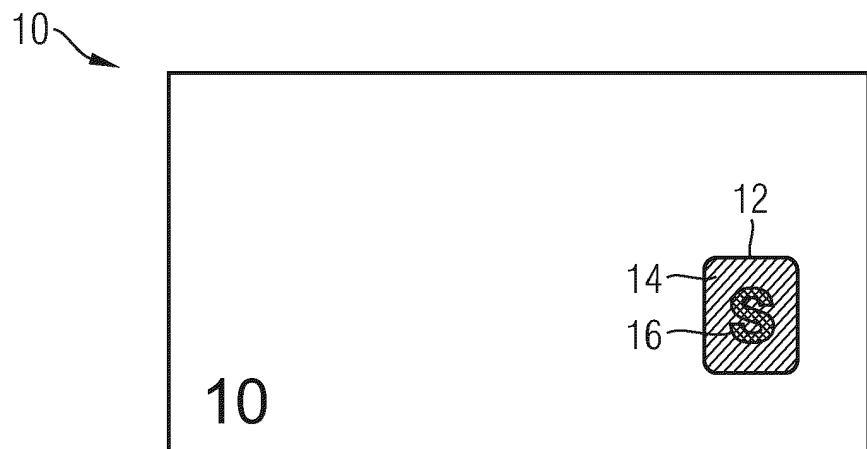


Fig. 1

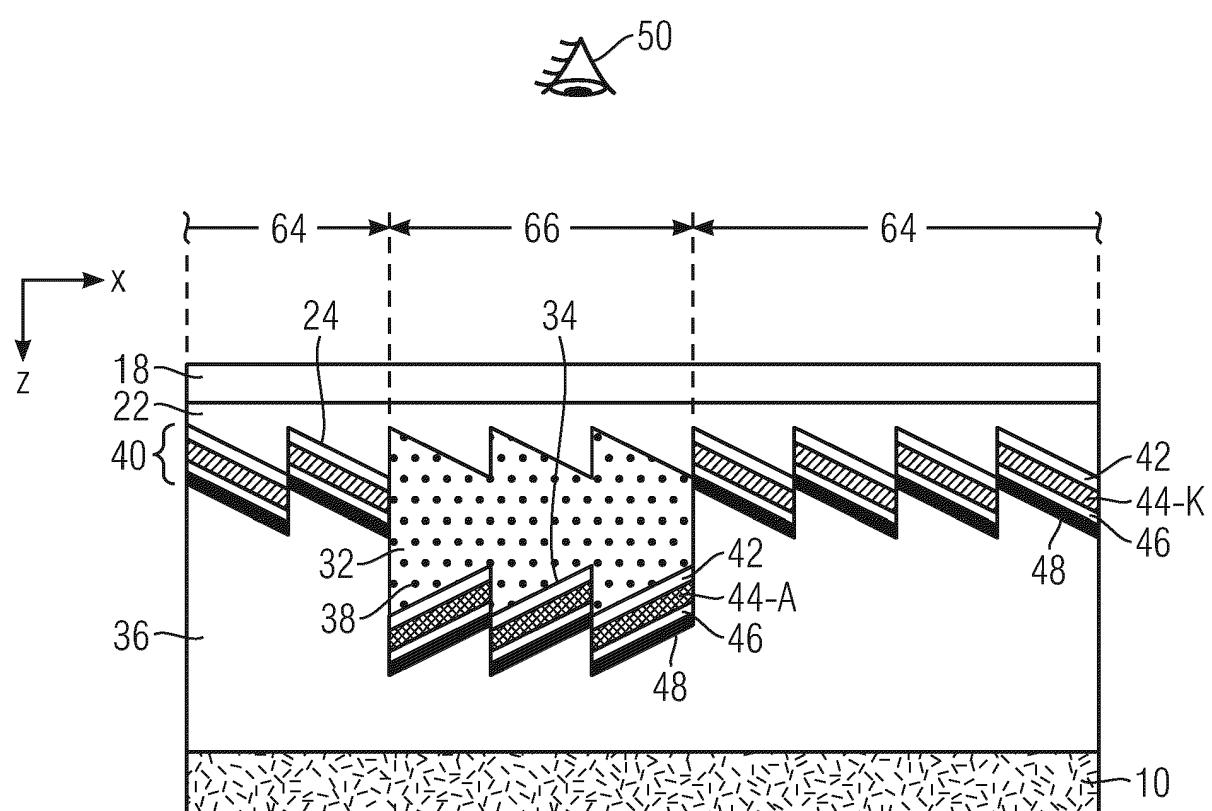


Fig. 2

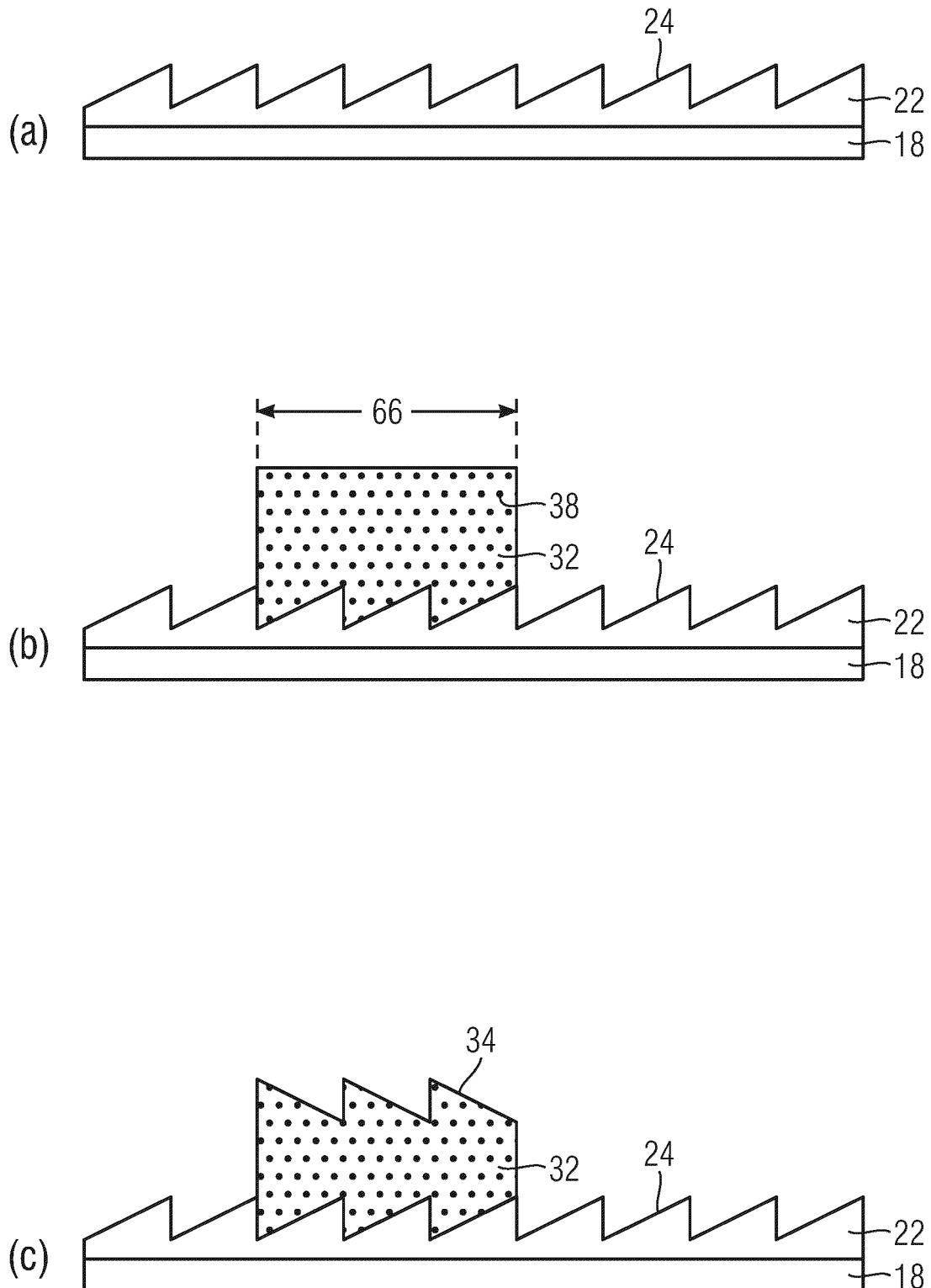


Fig. 3

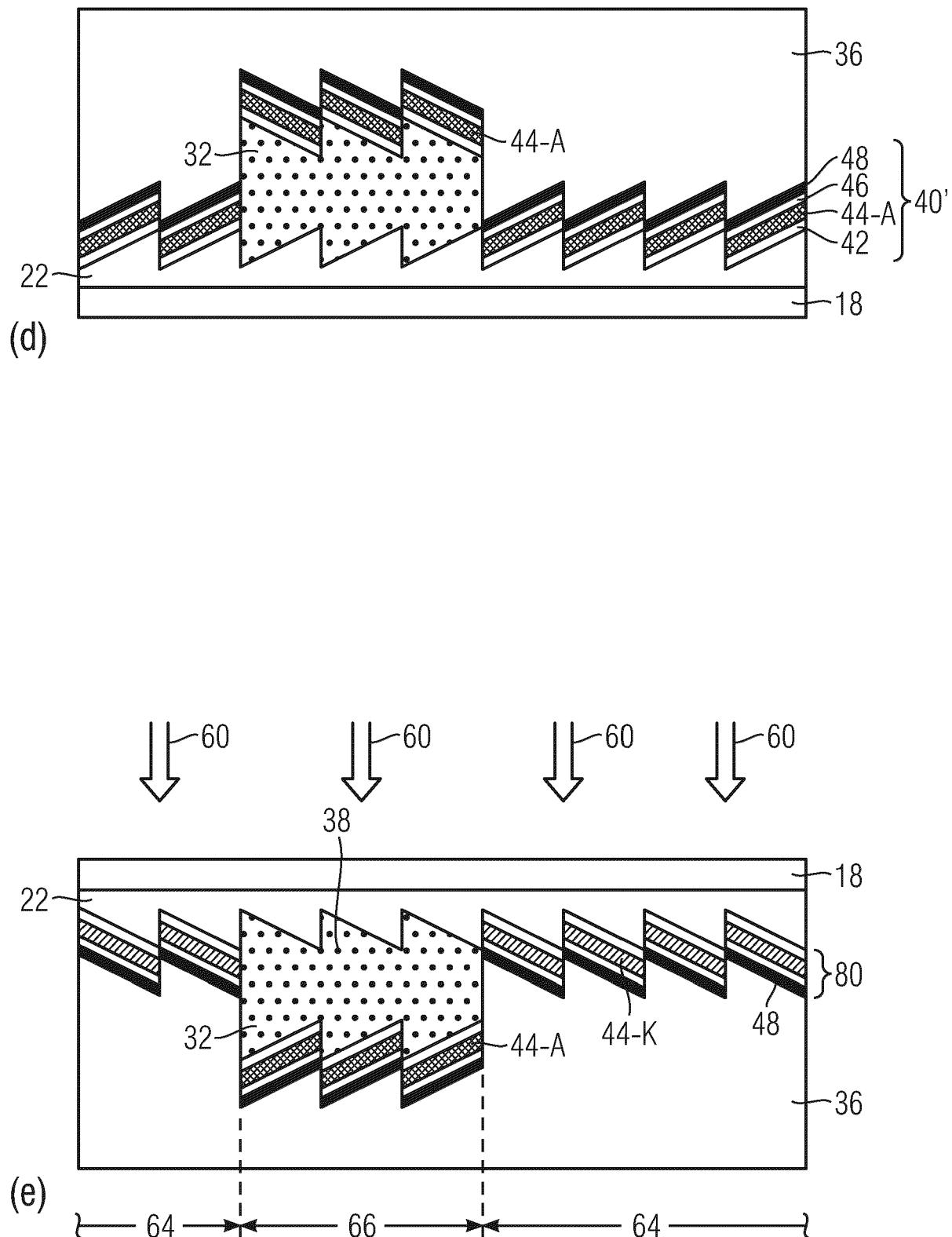


Fig. 3

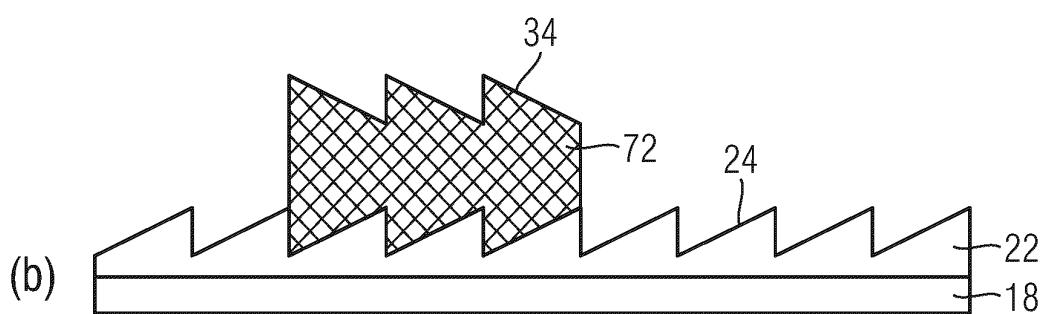
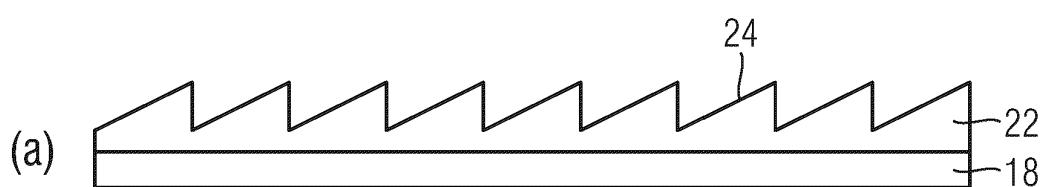
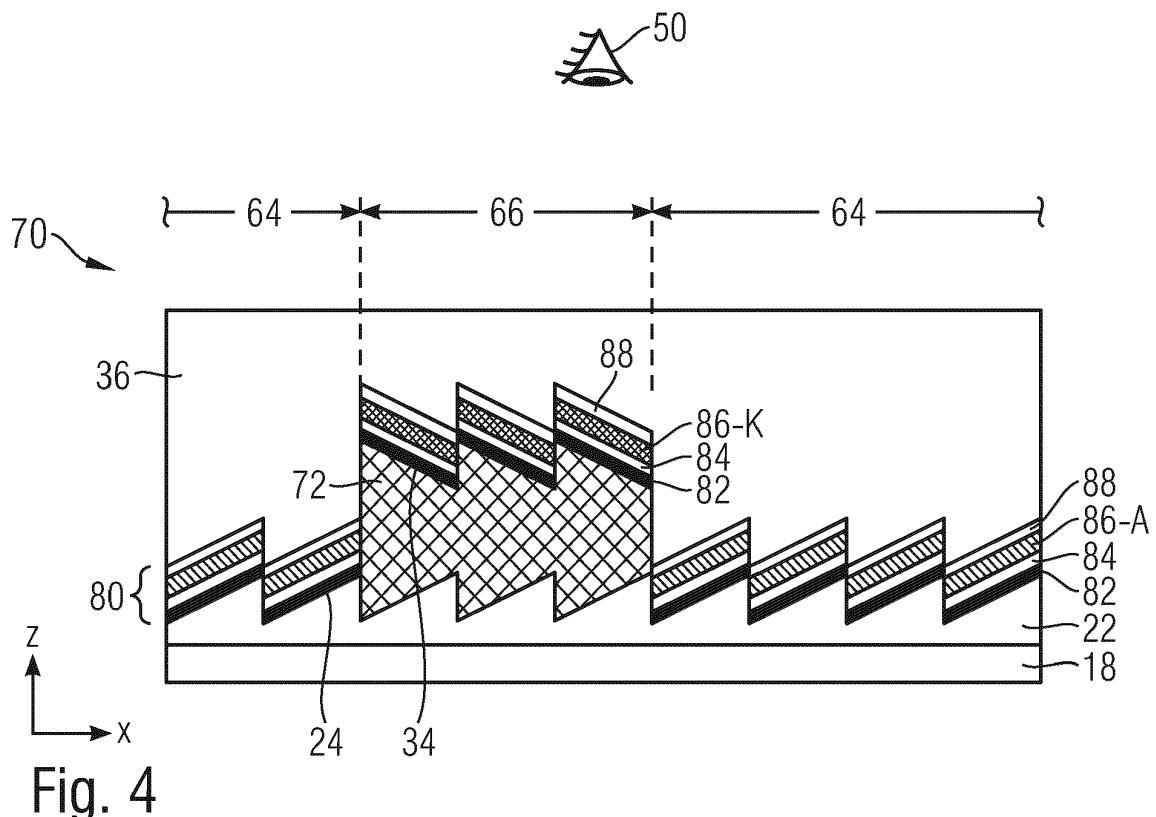


Fig. 5

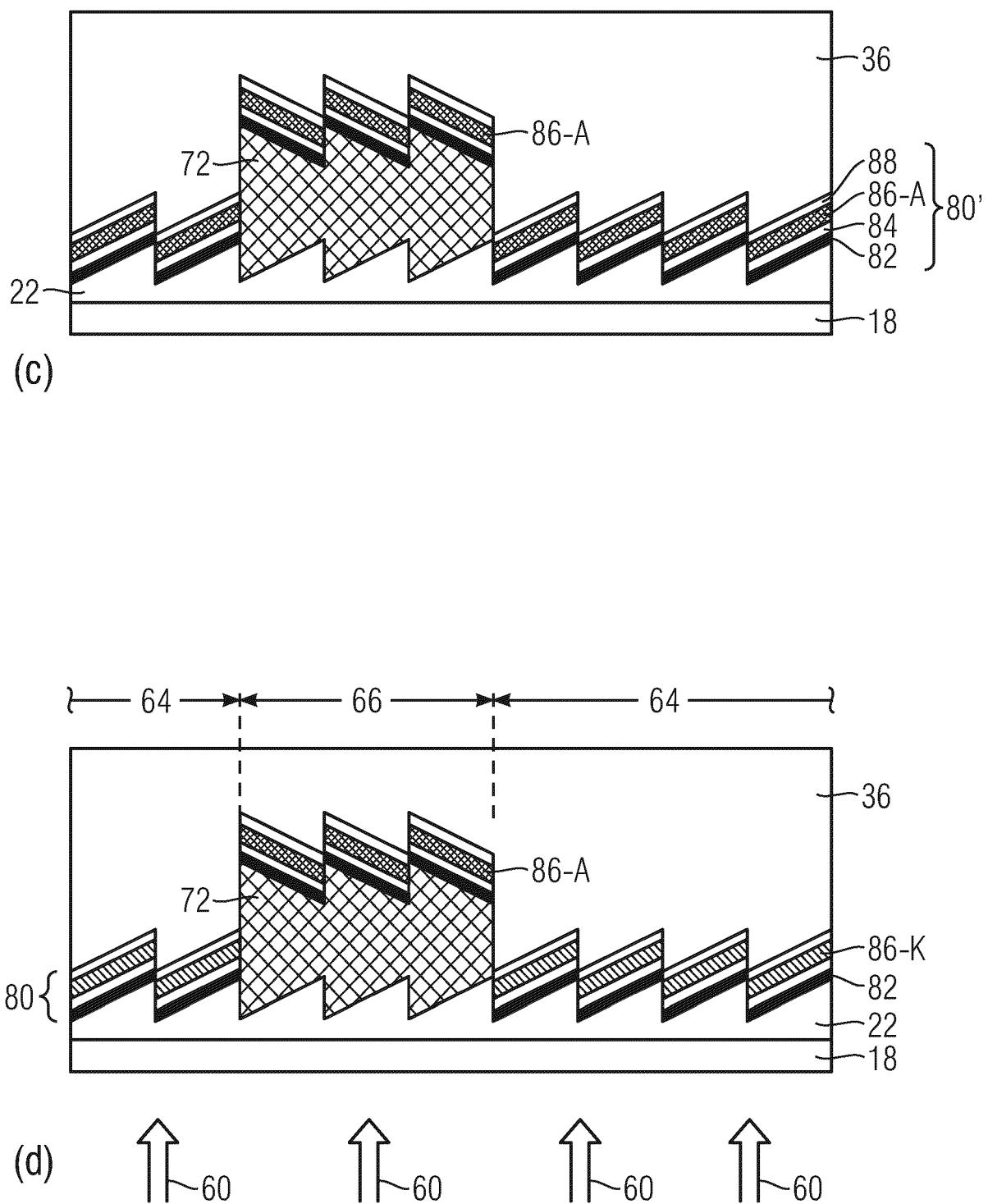


Fig. 5

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

- DE 102018009912 A1 [0004]
- EP 3466711 A1 [0004]
- WO 2020011390 A1 [0004]
- WO 2020011391 A1 [0004]
- WO 2020011391 A2 [0004]