

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Juni 2019 (27.06.2019)



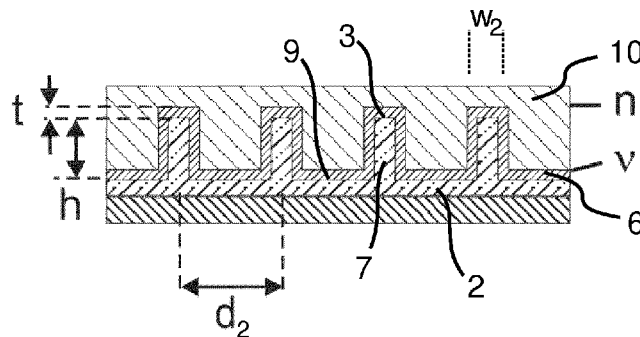
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/121964 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: B42D 25/324 (2014.01) B42D 25/373 (2014.01) (72) Erfinder: LOCHBIHLER, Hans; Maistraße 38, 80337 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/085914 (74) Anwalt: PATENTANWÄLTE GEYER, FEHNERS & PARTNER MBB; Perhamerstraße 31, 80687 München (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 19. Dezember 2018 (19.12.2018) (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2017 130 589.0
19. Dezember 2017 (19.12.2017) DE
- (71) Anmelder: GIESECKE+DEVRIENT CURRENCY TECHNOLOGY GMBH [DE/DE]; Prinzregentenstraße 159, 81677 München (DE).

(54) Title: SECURITY ELEMENT WITH TWO-DIMENSIONAL NANOSTRUCTURE, AND PRODUCTION METHOD FOR SAID SECURITY ELEMENT

(54) Bezeichnung: SICHERHEITSELEMENT MIT ZWEIDIMENSIONALER NANOSTRUKTUR UND HERSTELLVERFAHREN FÜR DIESES SICHERHEITSELEMENT

Fig. 4A



(57) Abstract: The invention relates to a security element for a value document, wherein the security element (S) has: a dielectric substrate (2), in which a two-dimensionally periodic nanostructure (1) is formed, which has a multiplicity of base surface elements (9), which define a base plane (5), and surface elements (3) which are raised or lowered by contrast, wherein a distance measured perpendicularly to the base plane (5) exists between the base surface elements (9) and the surface elements (3), and connection flanks are formed between the base surface elements (9) and the surface elements (3), wherein the base surface elements (9) and the surface elements (3) are each covered by a metallic or highly refractive layer, which is thinner than the distance, and the base surface elements (9) and the surface elements (3) are arranged alternately in the nanostructure (1) in a regular pattern and in two directions running parallel to the base plane (5), with the associated period (d) of the arrangement of the surface elements (3) being between 100 nm and 450 nm, wherein the connection flanks are also covered by the layer, such that this covers the nanostructure (1) continuously.

(57) Zusammenfassung: Es wird beschrieben ein Sicherheitselement für ein Wertdokument, wobei das Sicherheitselement (S) aufweist: ein dielektrisches Substrat (2), in dem eine zweidimensional periodische Nanostruktur (1) geformt ist, die eine Vielzahl von Grundflächenelementen (9), die eine Grundebene (5) definieren, und demgegenüber angehobenen oder abgesenkten Flächenelemente (3) aufweist, wobei zwischen den Grundflächenelementen (9) und den Flächenelemente (3) jeweils ein senkrecht zur Grundebene (5) gemessener Abstand besteht und zwischen den Grundflächenelementen (9) und den Flächenelementen (3) Verbindungsflanken ausgebildet sind, wobei die Grundflächenelemente (9) und die Flächenelemente (3) jeweils mit einer metallischen oder hochbrechenden Schicht bedeckt sind, die dünner ist als der Abstand, und die Grundflächenelemente (9) und die Flächenelemente (3) in der Nanostruktur (1) in einem regelmäßigen Muster abwechselnd angeordnet sind und in zwei Richtungen, die parallel zur Grundebene (5) verlaufen, die zugeordnete Periode (d) der Anordnung der Flächenelemente (3) zwischen 100 nm und 450 nm beträgt, wobei auch die Verbindungsflanken mit der Schicht bedeckt sind, so dass diese durchgehend die Nanostruktur (1) bedeckt.

WO 2019/121964 A1

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

S i c h e r h e i t s e l e m e n t
m i t z w e i d i m e n s i o n a l e r N a n o s t r u k t u r
u n d H e r s t e l l v e r f a h r e n
f ü r d i e s e s S i c h e r h e i t s e l e m e n t

5

Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement für ein Wertdokument, wobei das Sicherheitselement ein dielektrisches Substrat aufweist, in dem eine zweidimensional periodische Nanostruktur geformt ist, die eine Vielzahl von Grundflächenelementen, die eine Grundebene definieren, und demgegenüber angehobenen oder abgesenkten Flächenelemente aufweist, wobei zwischen den Grundflächenelementen und den Flächenelemente jeweils ein senkrecht zur Grundebene gemessener Abstand besteht und zwischen den Grundflächenelementen und den Flächenelementen Verbindungsflanken ausgebildet sind, wobei die Grundflächenelemente und die Flächenelemente jeweils mit einer Metallschicht bedeckt sind, die dünner ist als der Abstand, und die Grundflächenelemente und die Flächenelemente in der Nanostruktur in einem regelmäßigen Muster abwechselnd angeordnet sind und in zwei Richtungen, die parallel zur Grundebene verlaufen, die zugeordnete Periode der Anordnung der Flächenelemente zwischen 100 nm und 450 nm beträgt. Die Erfindung betrifft weiter ein Herstellungsverfahren für ein solches Sicherheitselement.

Die DE 102011101635 A1, DE 102015008655 A1 oder DE 102012105571 A1 beschreiben solcher Sicherheitselemente und Herstellverfahren. In diesen Nanostrukturen aus dem Stand der Technik sind gegenüber einer metallisierten Grundebene angehobene oder abgesenkte Flächenelemente in einem zweidimensionalen Muster angeordnet, die sich über gleichgroßen Löchern in der metallisierten Grundebene befinden. Die Flächenelemente wirken als An-

25

tenne und bilden für bestimmte Wellenlängen elektromagnetische Resonanzen zwischen der Metallisierung in der Grundebene und den Flächenelementen aus. Dadurch ergibt sich eine Farbigkeit für sichtbares Licht in Auflicht und Durchlicht. Die Reflexion an der Ober- und der Unterseite ist aufgrund
5 der unterschiedlichen Flächenbedeckung durch die Metallschicht unterschiedlich. Aus der Veröffentlichung L. Lin, and Y. Zheng. "Multiple plasmonic-photonic couplings in the Au nanobeamer arrays: enhanced robustness and wavelength tunability." Optics letters, 2060-2063 (2015) sind sogenannte Nanobecher-Arrays aus Gold bekannt, welche ebenfalls Farbeffekte ausbilden.
10

Die bekannten zweidimensional periodischen Subwellenlängengitter sind jedoch sehr aufwendig herzustellen. Es ist eine Strukturierung im Subwellenlängenmaßstab erforderlich, um die Metallschicht in der Grundebene und
15 die demgegenüber angehobenen oder abgesenkten metallisierten Flächenelemente zu bilden.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine zweidimensionale, farbfiltrende Struktur anzugeben, die zum einen eine gute Farbfiltreigenschaft aufweist und sich zum anderen einfacher herstellen lässt.
20

Die Erfindung ist in den unabhängigen Ansprüchen definiert.

Das Sicherheitselement ist für ein Wertdokument, ein Banknotenpapier o. ä.
25 ausgebildet. Es weist ein dielektrisches Substrat auf. In dem dielektrischen Substrat ist eine zweidimensional periodische Nanostruktur geformt. Diese definiert eine Vielzahl von Grundflächenelementen, die eine Grundebene definieren. Gegenüber den Grundflächenelementen befinden sich in der Nanostruktur angehobene oder abgesenkte Flächenelemente. Zwischen den

Grundflächenelementen und den Flächenelementen besteht ein Abstand, wobei dieser senkrecht zur Grundebene gemessen ist. Die Grundflächenelemente und die Flächenelemente sind durch Verbindungsflanken miteinander verbunden. Die Nanostruktur kann somit beispielsweise durch säulenförmige Erhebungen oder Vertiefungen im dielektrischen Substrat ausgestaltet
5 sein. Die Grundflächenelemente und die Flächenelemente sowie auch die Verbindungsflanken sind mit einer Metallschicht bedeckt, die dünner ist als der Abstand. Somit ist die Nanostruktur durchgängig mit der Metallschicht versehen. Die Grundflächenelemente und die Flächenelemente sind in einem
10 regelmäßigen Muster abwechselnd angeordnet. Damit sind sie in zwei, nicht-zusammenfallenden Richtungen, die parallel zur Grundebene verlaufen, periodisch. Die Periodenrichtungen können variieren. Insgesamt liegen die Perioden, in denen die Flächenelemente angeordnet sind, zwischen 100 nm und 450 nm, wodurch sich der Begriff der „Nanostruktur“ ableitet. Anstelle einer
15 Metallschicht kann auch eine andere hochbrechende Schicht verwendet werden. Somit kommen neben Metall für die hochbrechende Schicht als Material insbesondere Silizium, Zinksulfid oder Titandioxid in Frage. In dieser Beschreibung wird der Begriff „metallisch“ als gleichbedeutend mit „hochbrechend“ aufgefasst, soweit nicht ausdrücklich anderes beschrieben ist.

20

Wesentlich für die Wirkung der Nanostruktur und damit des Sicherheitselementes ist es, dass auf der Nanostruktur ein geschlossener Metallfilm gebildet ist. Er deckt eine Vielzahl von Erhebungen und die dazwischenliegenden Abschnitte, insbesondere alle Flanken der Vielzahl von Erhebungen ab. Anders als im Stand der Technik, in dem Erhebungen oder Vertiefungen des
25 Profils nur auf den Plateaus metallisch überzogen sind, ist nun ein geschlossener Metallfilm ausgebildet. Die derart metallisierte Nanostruktur reflektiert

einfallendes Licht in der nullten Beugungsordnung, wobei ein Interferenzeffekt auftritt, der die Reflexion farblich verändert, so dass ein Farbeffekt entsteht.

- 5 Die unbeschichtete Nanostruktur besteht dabei aus einem dielektrischen Material, welches z. B. eine Brechzahl von etwa 1,5 aufweist. Dabei eignen sich besonders Kunststofffolien, z. B. PET-Folien, als Substrat. Die eigentliche Basisstruktur ist z. B. ebenfalls in Kunststoff, bevorzugt UV-Lack, ausgebildet oder entsteht durch thermoplastische Verformung der Folie. Nach der Be-
- 10 dampfung wird schließlich die Struktur mit UV-Lack aufgefüllt und mit einer Deckfolie kaschiert. Somit liegt ein Schichtaufbau vor, bei dem die Ober- und die Unterseite im Wesentlichen dieselbe Brechzahl besitzt.

- Für die Metallschichten kommen folgende Materialien in Frage: Al, Ag, Pt,
- 15 Pd, Au, Cu, Cr und Legierungen davon. Als hochbrechende Schichten eignen sich besonders ZnS, ZnO, TiO₂, ZnSe, SiO, Ta₂O₅ oder Silizium.

- Bei einem besonders zweckmäßigen Herstellverfahren wird zuerst ein Dielektrikum mit der Nanostruktur geeignet strukturiert und dann vollflächig
- 20 beschichtet. Es ist bevorzugt, dass die Nanostruktur in ein Einbett-Dielektrikum eingebettet ist, welches vorzugsweise dieselbe Brechzahl hat wie das Dielektrikum des Substrates. Die Brechzahl kann beispielsweise zwischen 1,4 und 1,6 liegen. Dieselbe Brechzahl auf der Unter- und Oberseite der Struktur ist jedoch für den gewünschten optischen Effekt nicht zwingend.

25

Die Farbeffekte der zweidimensionalen Nanostruktur hängen stark von der Periodizität des Musters ab. Dies ist dazu in Weiterbildungen ausgenutzt, farbige Symbole bzw. Bilder zu erzeugen. Dazu ist der Flächenfüllfaktor

und/oder der Abstand zwischen den Flächenelementen und Grundflächenelementen lokal variiert. Insbesondere ist es möglich, wie aus DE 102011101635 A1 bekannt, eine Gruppe mehrerer Flächenelemente und Grundflächenelemente lateral mit gleichbleibenden Abmessungen so zu gestalten, dass ein gewünschter Farbeffekt eintritt. Diese Gruppe bildet dann ein Sub-Pixel. Mehrere Sub-Pixel werden durch entsprechende geometrische Gestaltung mit unterschiedlichen Farbeigenschaften versehen und dann zu einem Pixel zusammengefasst. Dies erlaubt eine farbige Bilddarstellung. Die unterschiedlichen Farben können dabei durch die entsprechende lokale Variation eines oder mehrerer der Parameter des Gitters (Abstand zwischen Flächenelementen und Grundflächenelementen, Perioden des Musters in zwei Raumrichtungen sowie Ausdehnung der Flächenelemente) variiert werden. Durch die pixelweise Farbmischung von Basisfarben, z. B. RGB-Farben, in Subpixelbereichen können Echtfarbenbilder hergestellt werden. Der Vorteil von solchen Strukturen gegenüber der herkömmlichen Drucktechnik ist, dass hierbei eine sehr feine Motiv-Strukturierung bis in den Mikrometerbereich vorgenommen werden kann. Dennoch ist keine aufwendige Bemusterung von Metallisierungen etc. erforderlich, da die Metallschicht durchgängig ausgebildet sein kann. Diese Feinstrukturierung eignet sich besonders für Anwendungen in Moiré-Vergrößerungsanordnungen, wie ebenfalls in DE 102011101635 A1 beschrieben.

Das Substrat mit der beschichteten zweidimensional periodischen Nanostruktur kann insbesondere in einem Sicherheitselement für ein Wertdokument verwendet werden. Es kann insbesondere in einem Sicherheitsfaden, Aufreißfaden, Sicherheitsband, Sicherheitsstreifen, Patch oder Etikett integriert sein. Insbesondere kann das mit dem Gitter versehene Sicherheitselement transparente Bereiche oder Ausnehmungen überspannen.

Das Substrat mit der zweidimensional periodischen Nanostruktur mit geschlossenem Metallfilm zeigt ausgeprägte Farbeffekte in Reflexion. Die gewünschte Farbe kann durch die Wahl von Strukturparametern der Nanostruktur eingestellt werden. Infrage kommen der Abstand zwischen Flächenelementen und Grundflächenelementen, also die Höhe der Erhebungen oder Vertiefungen. Infrage kommt weiter die Periode bzw. die unterschiedlichen Perioden der Anordnungen von Erhöhungen und Vertiefungen in den Raumrichtungen parallel zur Grundebene. Ein weiterer möglicher Parameter ist die Abmessung der Flächenelemente sowie deren geometrische Form in Draufsicht. Diese kann rotationssymmetrisch sein. In anderen Ausbildungen hat sie eine zweizählige Symmetrie, ist beispielsweise rechteckig oder elliptisch. Der Anteil der Ausdehnung des Flächenelements an der Periode ist ebenfalls ein variierbarer Parameter, der Einfluss auf den Farbeffekt hat. Diese Parameter können natürlich lateral über das Sicherheitselement hinweg variiert werden, um den Farbeffekt zu variieren und so ein Motiv zu erzeugen. Auf diese Weise kann durch Anordnung von Nanostrukturabschnitten mit lateral unterschiedlichen Strukturparametern einfach ein farbiges Motiv oder ein Echtfarbenbild in Reflexion bereitgestellt werden. Die Strukturen können durch einfaches Prägen hergestellt werden. Anschließend findet eine metallische Beschichtung, beispielsweise Bedampfung statt. Diese Schicht muss dann nicht mehr aufwendig strukturiert werden, sondern bedeckt die Nanostruktur flächig. Auf diese Weise lassen sich Sicherheitselemente mit nicht fälschbaren optischen Eigenschaften kostengünstig in Großserie herstellen. Die Farbigkeit der Struktur ergibt sich aufgrund der Prägung und nicht aufgrund einer Strukturierung der Metallisierung, die beispielsweise sehr kostengünstig in Aluminium ausgeführt werden kann.

- Das Sicherheitselement kann insbesondere Teil einer noch nicht umlauffähigen Vorstufe (z. B. Banknotenpapier) zu einem Wertdokument sein, das zusätzlich noch weitere Echtheitsmerkmale aufweisen kann, damit die späteren Wertdokumente nicht kopierbare Echtheitsmerkmale aufweisen, um eine
- 5 Echtheitsüberprüfung zu ermöglichen und unerwünschte Kopien zu verhindern. Banknoten, Chip- oder Sicherheitskarten, wie z. B. Bank- oder Kreditkarten oder Ausweise, sind Beispiele für ein Wertdokument. Ein Banknotenpapier ist ein Beispiel für eine Vorstufe.
- 10 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.
- 15 Nachfolgend wird die Erfindung beispielshalber anhand der beigefügten Zeichnungen, die auch erfindungswesentliche Merkmale offenbaren, noch näher erläutert. Es zeigen:
- 20 Fig. 1 und 2 perspektivische Schemadarstellungen zweier Ausführungsformen einer Nanostruktur für ein Sicherheitselement;
- Fig. 3A bis 5B mögliche Profile, die die Nanostruktur im Querschnitt haben kann;
- 25 Fig. 6 bis 8 Beispiele für die laterale Anordnung von Erhebungen oder Vertiefungen in der Nanostruktur des Sicherheitselementes in Aufsicht und

Fig. 9 bis 14 Diagramme hinsichtlich der Reflexionseigenschaften verschiedener Ausführungsformen des Sicherheitselementes.

Figur 1 zeigt eine farbfiltrende Nanostruktur 1, die zum Ausbilden eines Sicherheitselementes S für ein Wertdokument vorgesehen ist. Die Nanostruktur 1 ist dadurch hergestellt, dass ein Träger 2 mit einem Profil versehen wird, das Erhebungen mit seitlichen Flanken 4 über einer Grundfläche 5 besitzt. Anders gesagt, das Profil sieht Säulen vor, die am Träger 2 ausgebildet sind. Die Seiten der Säulen bilden die Flanken 4 und die Deckfläche der Säulen bilden Flächenelemente 3. Die Nanostruktur ist mit einer Metallschicht 6 versehen, die sowohl auf der Grundfläche 5 als auch auf den Flächenelementen 3 aufgebracht ist. Auch die Flanken 4 sind mit der Deckschicht 6 versehen. Figur 1 zeigt eine Ausführungsform, bei der die Erhebungen in Draufsicht auf eine Grundebene, die durch die Grundschicht 5 definiert ist, rechteckigen oder quadratischen Querschnitt haben, die Figur 2 eine Ausführungsform mit zylindrischen Erhebungen. Die Erhebungen sind in Form eines zweidimensional periodischen Musters angeordnet, wobei entlang zweier senkrecht zueinander liegenden Richtungen in der durch die Grundfläche definierten Grundebene mindestens eine Periode d vorgesehen ist, dergemäß sich die Anordnung der Erhebungen wiederholt. Die Figuren 3A bis 5B zeigen unterschiedliche Ausführungsformen für das Profil der Nanostruktur im Querschnitt, beispielsweise längs der Richtung, in der die Ausdehnung w_2 vorhanden ist. Die Figuren 3A, 4A und 5A betreffen dabei unterschiedliche Profile. In Figur 3A ist das Profil trapezförmig, in Figuren 4A und 4B rechteckig und in Figuren 5A und 5B kurvenförmig. In Figur 3B ist das Profil gegenüber der Figur 3A invertiert. Statt Erhebungen liegen somit Vertiefungen vor. Gleiches gilt für die Profile in Figuren 4B und 5B.

Die Profildarstellungen der Figuren 3A bis 5B zeigen deutlich, dass die Erhebungen 7 bzw. Vertiefungen 8 in den Flächenelementen ebenso mit der Metallschicht versehen sind, wie an den Flanken 4. Ebenso ist in den verbleibenden Grundflächenelementen 9 der Grundfläche 5 die Metallschicht 6 vorgesehen, die im Ergebnis damit durchgängig und vollflächig ist. Fällt auf die Nanostruktur 1 unpolarisiertes Licht unter den Winkel Θ , wird es in der nullten Beugungsordnung reflektiert. Die Gitterperiode d ist kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtspektrums und liegt im Bereich zwischen 100 nm und 450 nm. Die Nanostruktur 1 ist in zwei Raumrichtungen in der Grundebene 5 periodisch. Die Periode kann in beiden Richtungen unterschiedlich sein. Perioden mit unterschiedlicher Periode können einen Polarisationsseffekt zeigen. Möchte man diesen nicht, wählt man vorteilhafter Weise in beiden Raumrichtungen dieselbe Periode. Die Metallschicht 6 hat einen Brechungsindex v . Sie ist durch die Nanostruktur 1 auf dem Substrat 2 sowie eine Deckkaschierung 10 in ein Dielektrikum mit dem Brechungsindex n eingebettet. Hier handelt es sich bevorzugt um einen UV-Lack, der sich auf einer Folie, beispielsweise PET-Folie, befindet, die das Substrat 2 bildet. Der Brechungsindex beider Materialien liegt etwa bei 1,5.

Die Dicke der Metallschicht beträgt zwischen 20 nm und 150 nm. Sie ist in den Figuren mit t eingezeichnet.

Für die Nanostruktur 1 kommen verschiedenste Profile infrage; die Figuren 3A bis 3B zeigen lediglich exemplarische Beispiele. Gemein ist den Beispielen, dass die Flanken 4 ebenfalls mit der Metallschicht 6 versehen sind. Im Fall der im Querschnitt rechteckigen Erhebungen 7 bzw. Vertiefungen 8 kann dies durch Sputtern oder ALD (atomic layer deposition) erzielt werden.

Die verrundete Struktur gemäß Figuren 5A und 5B ergibt sich vielfach auch herstellungsbedingt, da strikt scharfkantige Ecken, wie in den Figuren 3A und 3B, bei Prägeprozessen in Nanostrukturfeinheit nur sehr schwer oder in Praxis gar nicht zu erzielen sind.

5

Die Figuren 6 bis 8 zeigen mögliche Muster, in denen die Erhebungen 7 bzw. Vertiefungen 8 angeordnet werden können. Die Struktur des Musters kann beispielsweise orthogonal (Figur 6) oder hexagonal (Figuren 7 und 8) sein.

10 Um farbige Motive oder Echtfarbenbilder auszubilden, ist eine laterale Variation von Strukturparametern der Nanostruktur erforderlich. Es werden Teilbereiche vorgesehen, die unterschiedliche Strukturparameter haben. Aus dem Stand der Technik ist hierfür die Anordnung in Form Sub-Pixeln und Pixeln bekannt, wie oben erwähnt.

15

Die Perioden d liegen im Subwellenlängenbereich, d. h. im Bereich zwischen 100 nm und 450 nm. Die Füllfaktoren w_1/d_1 und w_2/d_2 liegen zwischen 0,2 und 0,8, bevorzugt zwischen 0,3 und 0,7. Um eine polarisationsunabhängige Farbfilterung zu erzielen, werden die Profilparameter für die beiden Raumrichtungen möglichst identisch gewählt, also $p_1 = p_2$ und $s_1 = s_2$. Dies ist jedoch optional. Ebenso sind im beschriebenen Ausführungsbeispiel die Periodizitätsrichtungen senkrecht zueinander. Auch dies ist optional. Auch räumlich asymmetrische Anordnungen des Profils und der Periodizität sind denkbar. Mit anderen Worten, das Muster 6 muss nicht, wie in Figur 1 dargestellt,
20 ein kartesisches Muster sein. Auch können die Säulen 4 asymmetrisch gestaltet sein.
25

Für die Metallschichten kommen folgende Materialien in Frage: Al, Ag, Pt, Pd, Au, Cu, Cr und Legierungen davon. Als hoch brechende Schichten eignen sich beispielsweise ZnS, ZnO, TiO₂, ZnSe, SiO, Ta₂O₅ oder Silizium.

- 5 Zur Herstellung kommen verschiedene Prozesse in Frage. Zuerst wird der dielektrische Träger mit den im Muster angeordneten Erhebungen 7 oder Vertiefungen 8 ausgebildet und dann beschichtet. Wesentlich ist, dass die Beschichtung 6 zusammenhängend ist, also auch die Flanken 4 beschichtet sind.

10

Die Nanostrukturen können in einem Abformverfahren vervielfältigt werden, so dass eine kostengünstige Massenproduktion realisiert werden kann. Hierzu wird auf die DE 102011101635 A1 verwiesen.

- 15 Weiter ist es möglich, ein Original, welches die oben beschriebenen Strukturen enthält, mit weiteren bekannten Strukturen, wie Reliefhologrammen, Mikrospiegel oder anderen bekannten Nanostrukturen, passergenau zusammensetzen. Dafür eignen sich insbesondere Nanoimprint-Verfahren. Es können auch transparente Bereiche innerhalb der oben beschriebenen Struktur, z.B. durch eine bereichsweise Laserdemetallisierung oder durch einen Wascharbeitsprozess, realisiert werden.

- 20 Nachfolgend werden Beispiele für Nanostrukturen beschrieben. Diese sind durchgängig mit einer Metallschicht aus Aluminium mit einer Dicke von $t = 40$ nm überzogen. Die Metallschicht wurde durch Sputtern aufgebracht, um
25 eine Bedeckung auch an den Flanken 4 zu gewährleisten. Die Nanostrukturen wurden ausgehend von einem Original in UV-Lack auf PET-Folien kopiert. Der Brechungsindex des Lacks liegt bei $n = 1,52$. Es werden sowohl Nanostrukturen mit Erhebungen 7 als auch Nanostrukturen mit Vertiefungen 8

untersucht. Die Profilform der Gitter ist annähernd quadratisch und orthogonal mit identischer Periode d . Sie realisiert also die Bauweisen der Figuren 4A und 4B mit der Anordnung der Figur 6. Tabelle 1 zeigt die Parameter der Nanostrukturen für die in den Figuren 9 und 10 wiedergegebenen Reflexionsspektren und Farbverläufe.

Tabelle 1: Parameter und Farbe der zweidimensional periodischen Nanostrukturen mit Reflexionsspektren und Farbwerten der Figuren 9 und 10.

Struktur	d [nm]	w [nm]	h [nm]	Farbe
1)	242	62	265	Gelb
2)	331	142	258	Magenta
3)	403	169	255	Blau

10

Figur 10 zeigt dabei die Farbeigenschaften im CIE-1931-Farbraum. Hinsichtlich der Berechnung dieser Farbeigenschaften wird wiederum auf die genannte DE 102011101635 A1 verwiesen. Zusätzlich zu den Farbpunkten der mit 1) bis 3) bezeichneten Nanostrukturen ist auch der Weißpunkt mit WP eingetragen. Außerdem ist ein Dreieck eingezeichnet, das den üblicherweise von Bildschirmen darstellbaren Farbraum begrenzt.

15

Weiter werden Strukturen mit Erhebungen untersucht. Die Parameter und Farben von beispielhaften Strukturen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

20

Tabelle 2: Parameter und Farbe von zweidimensional periodischen Nanostrukturen mit Reflexionsspektren und Farbwerten der Figuren 11 und 12.

Struktur	d [nm]	w [nm]	h [nm]	Farbe
1)	242	180	265	Orange
2)	331	219	258	Rot
3)	403	274	255	Orange

Die Figuren 11 und 12 zeigen die grundsätzlich gleiche Gitterstruktur, jedoch nun mit Vertiefungen anstelle von Erhebungen. Für das Gitter 1) ergibt sich damit die Farbe Orange, für das Gitter 2) die Farbe Rot und für das Gitter 3) wiederum die Farbe Orange.

Die Figuren 13 und 14 zeigen den Farbverlauf für fünf weitere Gitter mit Vertiefungen, deren Parameter wie folgt lauten:

10 Tabelle 3: Parameter von zweidimensional periodischen Nanostrukturen mit Reflexionsspektren und Farbwerten der Figuren 13 und 14.

Struktur	d [nm]	w [nm]	h [nm]
1)	260	96	258
2)	302	124	258
3)	340	159	274
4)	381	190	274
5)	417	205	276

Die einzelnen Gitter gemäß Tabelle 3 haben also eine anwachsende Gitterperiode von 260 nm bis 417 nm. Die Höhe h ist in etwa konstant und die Dicke der Aluminiumbeschichtung beträgt $t = 40$ nm. Figur 13 zeigt den spektralen

Reflexionsgrad dieser Nanogitter. Figur 14 zeigt die daraus ermittelten Farbwerte. Im Ergebnis können diese Nanostrukturen den Farbbereich Rot, Blau und Grün gut abdecken und eignen sich daher zur Herstellung von farbigen Bildern oder Motiven durch Farbmischung in einzelnen Pixel mit Hilfe von

5 Sub-Pixel-Bereichen unterschiedlicher Basisfarben.

Bezugszeichenliste

	1	Nanostruktur
	2	Substrat
5	3	Flächenelement
	4	Flanken
	5	Grundfläche
	6	Metallschicht
	7	Erhebungen
10	8	Vertiefungen
	9	Grundflächenelement
	10	Deckkaschierung
	d	Periode
	d	Gitterperiode
15	n	Brechungsindex
	S	Sicherheitselement
	t	Dicke der Metallschicht
	w	Ausdehnung
	WP	Weißpunkt

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Sicherheitselement für ein Wertdokument, wobei das Sicherheitselement (S) aufweist:
- 5 - ein dielektrisches Substrat (2), in dem eine zweidimensional periodische Nanostruktur (1) geformt ist, die eine Vielzahl von Grundflächenelementen (9), die eine Grundebene (5) definieren, und demgegenüber angeordneten oder abgesenkten Flächenelemente (3) aufweist,
- wobei zwischen den Grundflächenelementen (9) und den Flächenelemente (3) jeweils ein senkrecht zur Grundebene (5) gemessener Abstand besteht und zwischen den Grundflächenelementen (9) und den Flächenelementen (3) Verbindungsflanken ausgebildet sind,
- 10 - wobei die Grundflächenelemente (9) und die Flächenelemente (3) jeweils mit einer metallischen oder hochbrechenden Schicht bedeckt sind, die
- 15 dünner ist als der Abstand, und
- die Grundflächenelemente (9) und die Flächenelemente (3) in der Nanostruktur (1) in einem regelmäßigen Muster abwechselnd angeordnet sind und in zwei Richtungen, die parallel zur Grundebene (5) verlaufen, die zugeordnete Periode (d) der Anordnung der Flächenelemente (3) zwischen
- 20 100 nm und 450 nm beträgt,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- auch die Verbindungsflanken mit der metallischen oder hochbrechenden Schicht bedeckt sind, so dass diese durchgehend die Nanostruktur (1) bedeckt.
- 25
2. Sicherheitselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nanostruktur (1) in ein Dielektrikum eingebettet ist.

3. Sicherheitselement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallschicht (6) eine Dicke zwischen 20 nm und 250 nm, bevorzugt eine Dicke zwischen 25 nm und 150 nm, weiter bevorzugt eine einheitliche normale Dicke, hat.
4. Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsflanken gegenüber der Grundebene (5) in einem Winkel zwischen 90 Grad und 70 Grad verlaufen.
5. Sicherheitselement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nanostruktur (1) im Querschnitt ein rechteckiges oder trapezförmiges Profil aufweist.
6. Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das regelmäßige Muster in Draufsicht auf die Grundebene (5) eine rechteckige oder hexagonale Grundform hat.
7. Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen 50 nm und 500 nm beträgt und zur Farbvariation lateral variiert.
8. Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Perioden (d) und/oder die Ausdehnung (w) der Flächenelemente (3) zur Farbvariation lateral variieren.
9. Werdokument mit einem Sicherheitselement (S) nach einem der obigen Ansprüche.
10. Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements (S), wobei

- in einem dielektrischen Substrat eine zweidimensional periodische Nanostruktur (1) geformt wird, die eine Vielzahl von Grundflächenelementen (9), die eine Grundebene (5) definieren, und demgegenüber angehobenen oder abgesenkten Flächenelemente (3) aufweist,
5
- wobei zwischen den Grundflächenelementen (9) und den Flächenelemente (3) jeweils ein senkrecht zur Grundebene (5) gemessener Abstand besteht und zwischen den Grundflächenelementen (9) und den Flächenelementen (3) Verbindungsflanken ausgebildet sind,
- 10 - wobei die Grundflächenelemente (9) und die Flächenelemente (3) jeweils mit einer metallischen oder hochbrechenden Schicht (6) bedeckt werden, die dünner ist als der Abstand, und
- die Grundflächenelemente (9) und die Flächenelemente (3) in der Nanostruktur (1) in einem regelmäßigen Muster abwechselnd angeordnet werden und in zwei Richtungen, die parallel zur Grundebene (5) verlaufen, die
15 zugeordnete Periode (d) der Anordnung der Flächenelemente (3) zwischen 100 nm und 450 nm beträgt,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
auch die Verbindungsflanken mit der Schicht (6) bedeckt wird, so dass diese
20 durchgehend die Nanostruktur (1) bedeckt.

11. Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sicherheitselement (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 hergestellt wird.

Fig. 3A

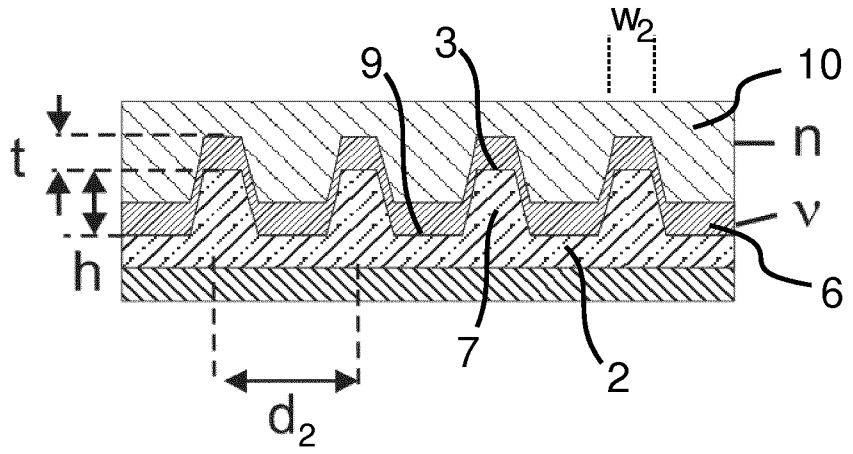


Fig. 3B

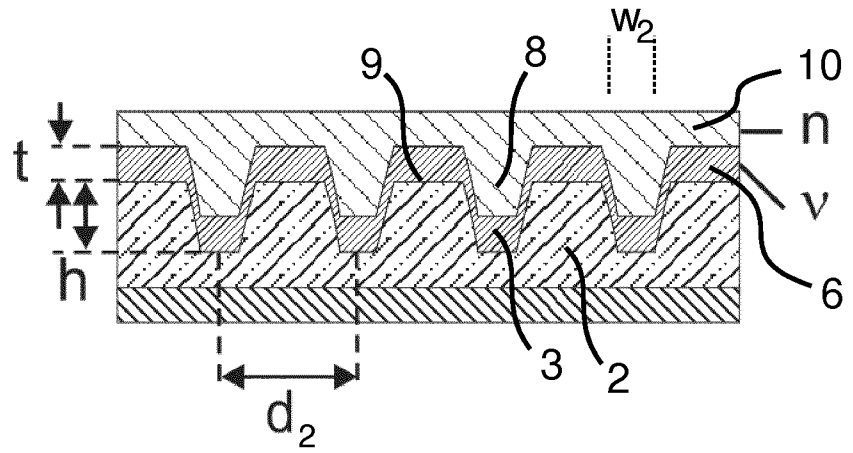


Fig. 4A

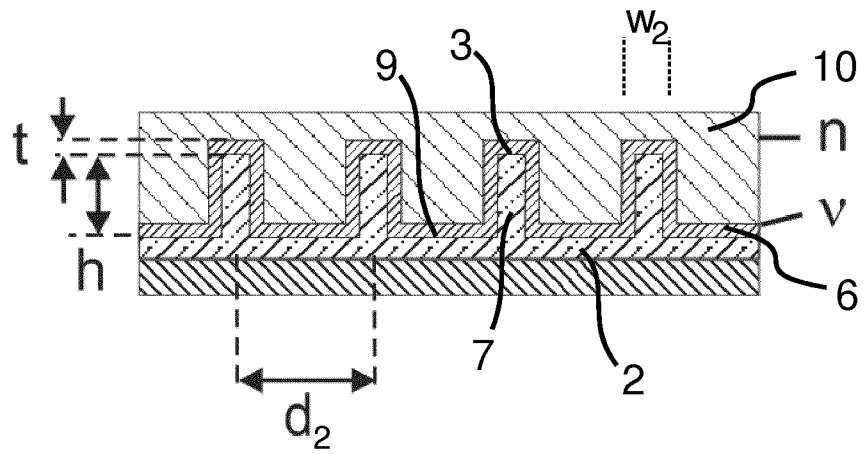


Fig. 4B

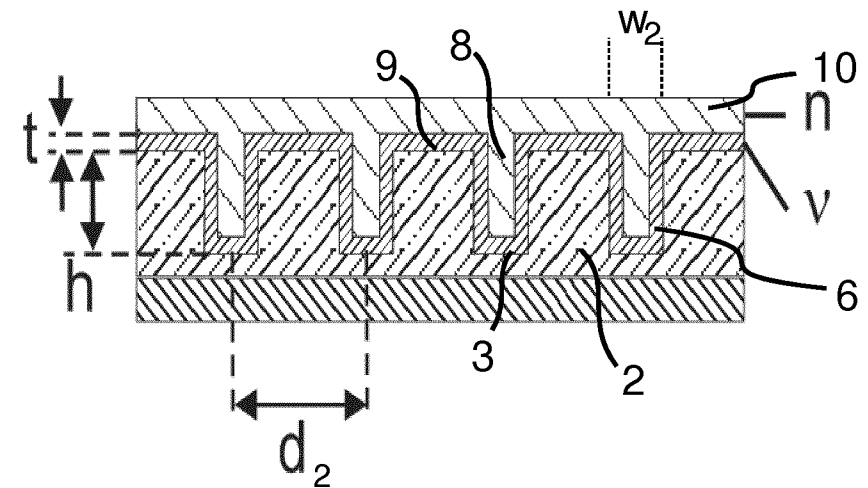


Fig. 5A

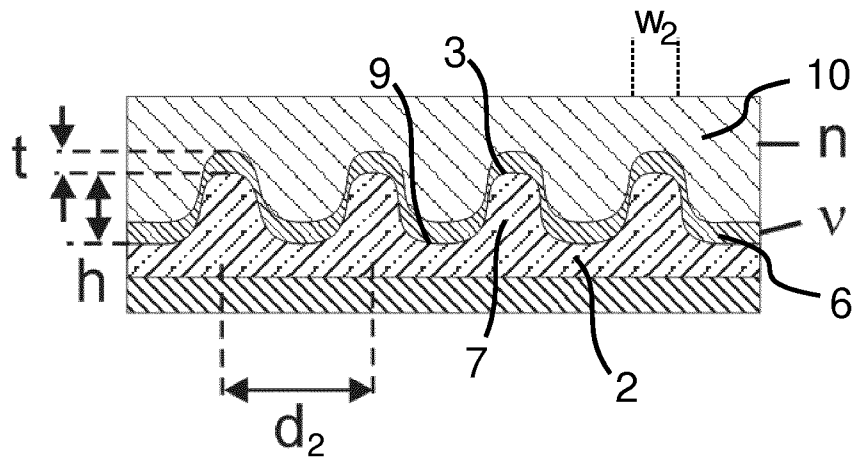


Fig. 5B

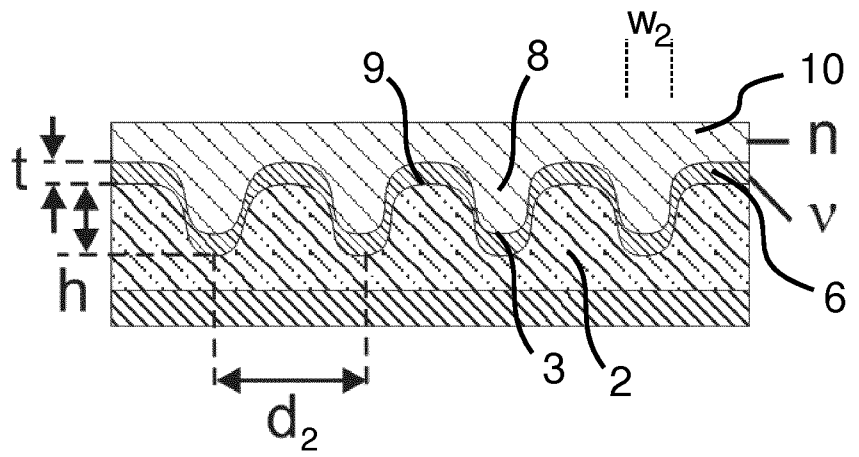


Fig. 6

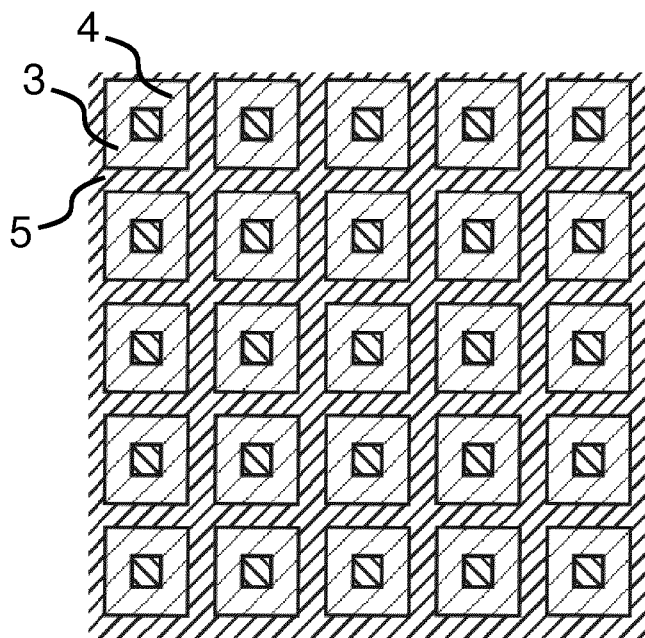


Fig. 7

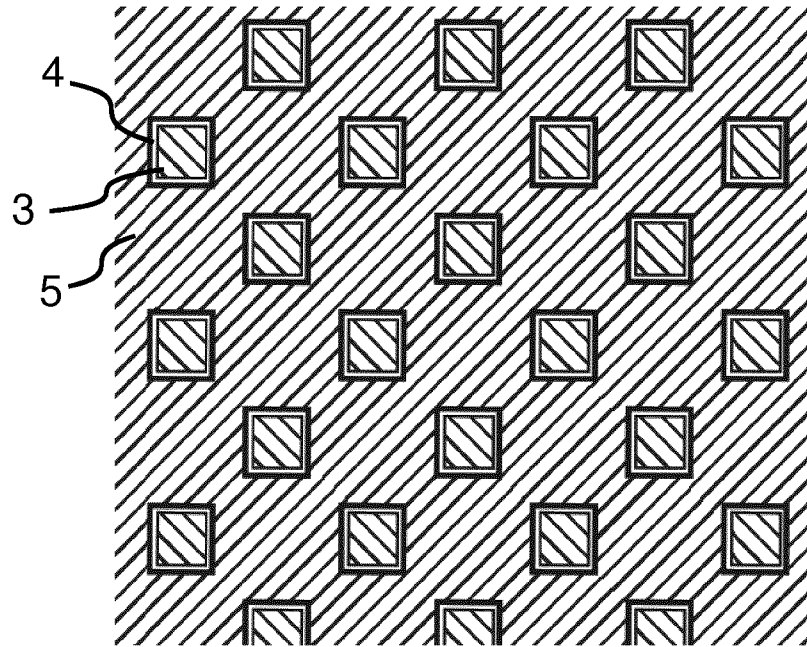


Fig. 8

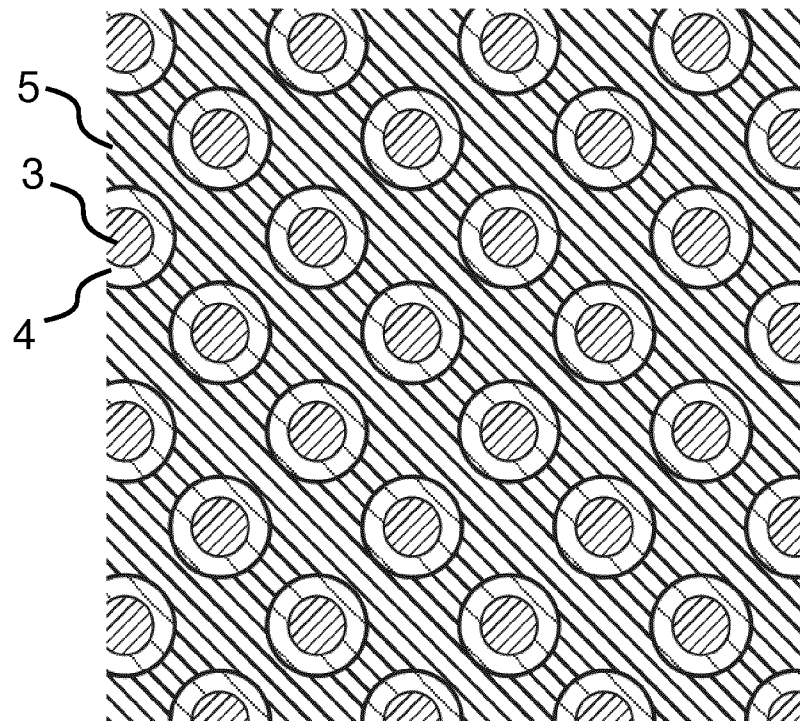


Fig. 9

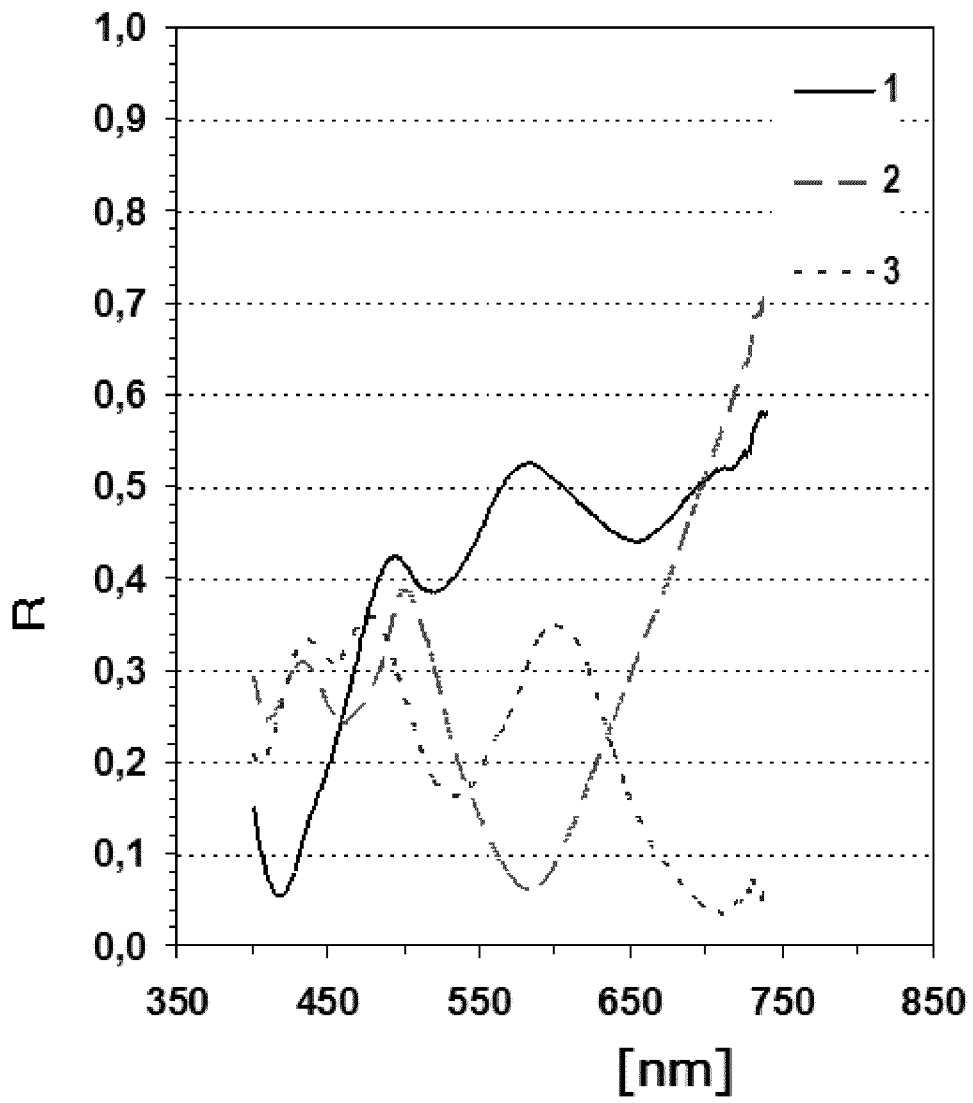


Fig. 10

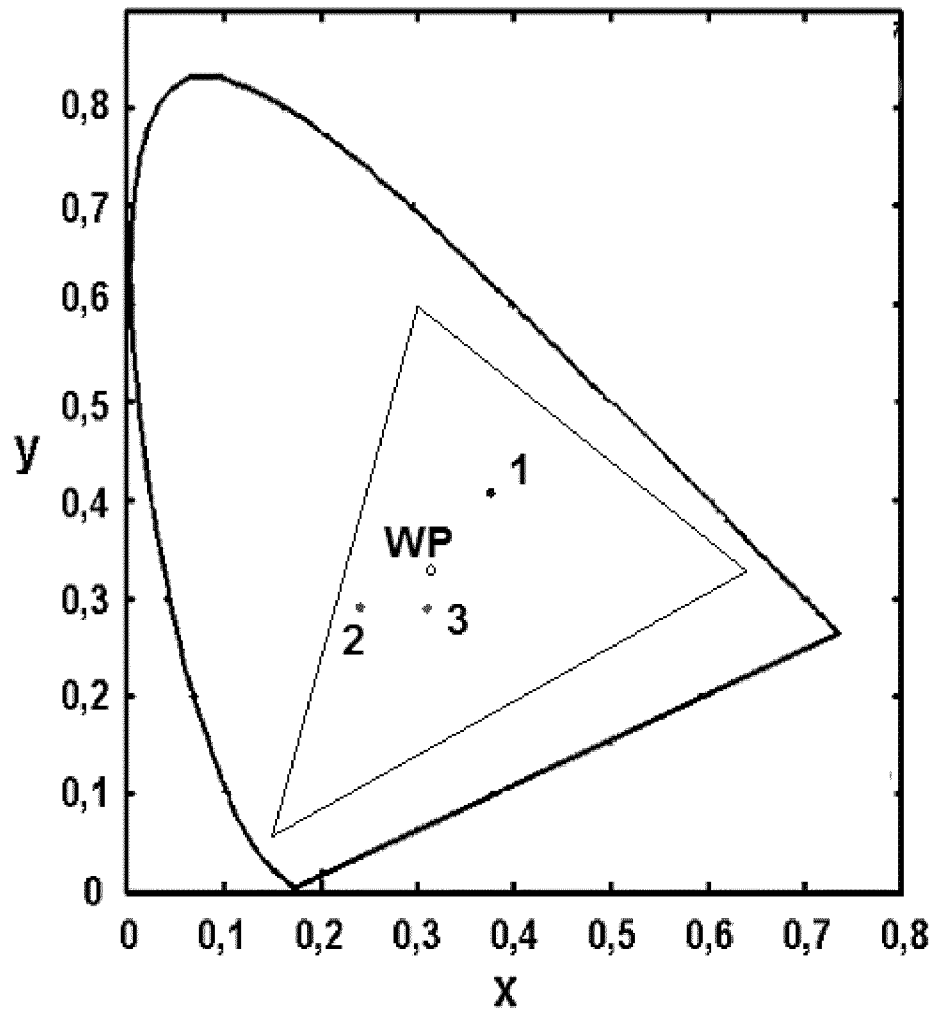


Fig. 11

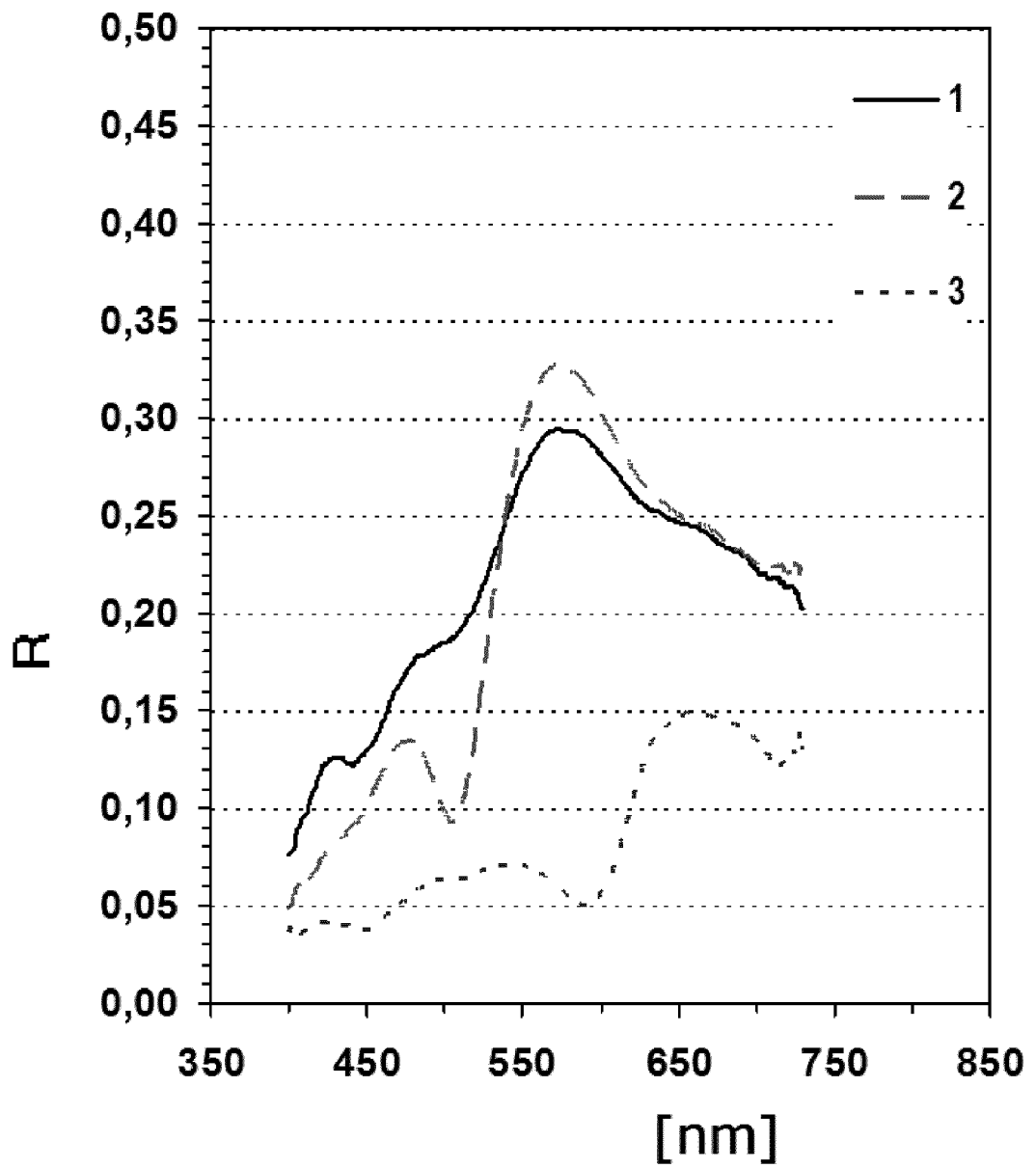


Fig. 12

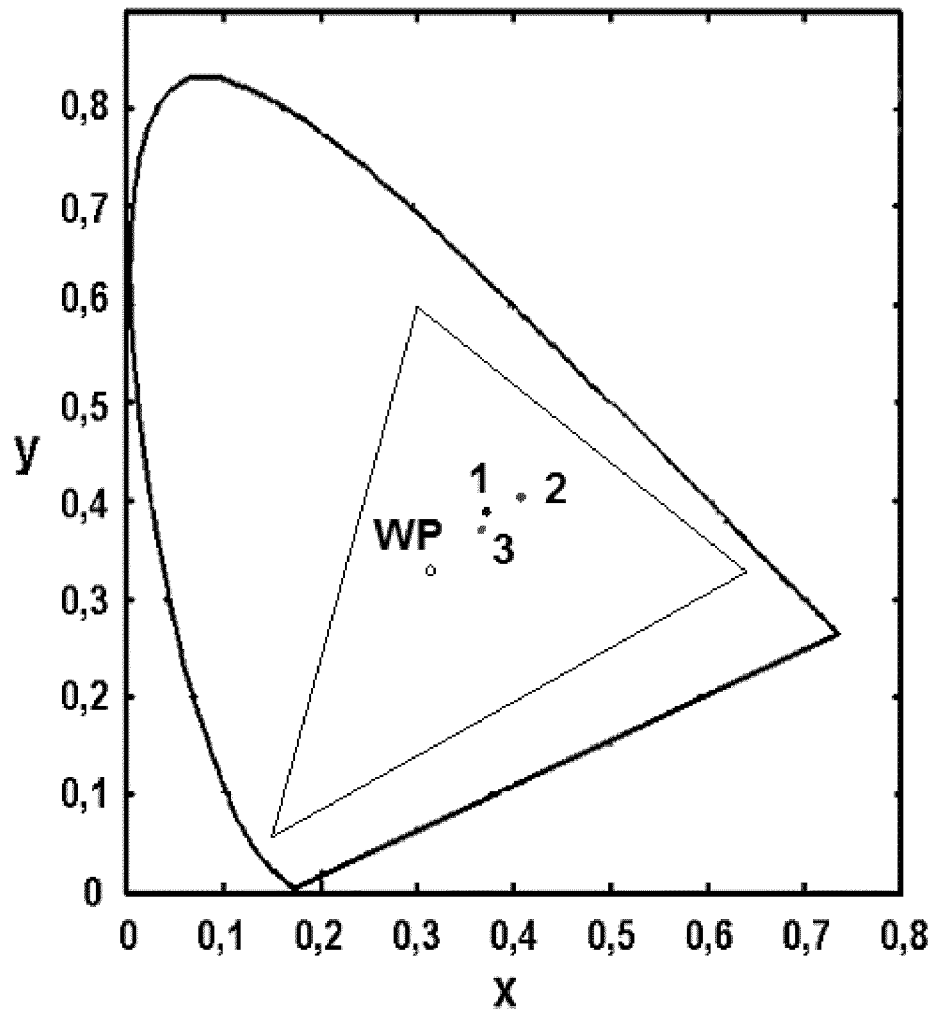


Fig. 13

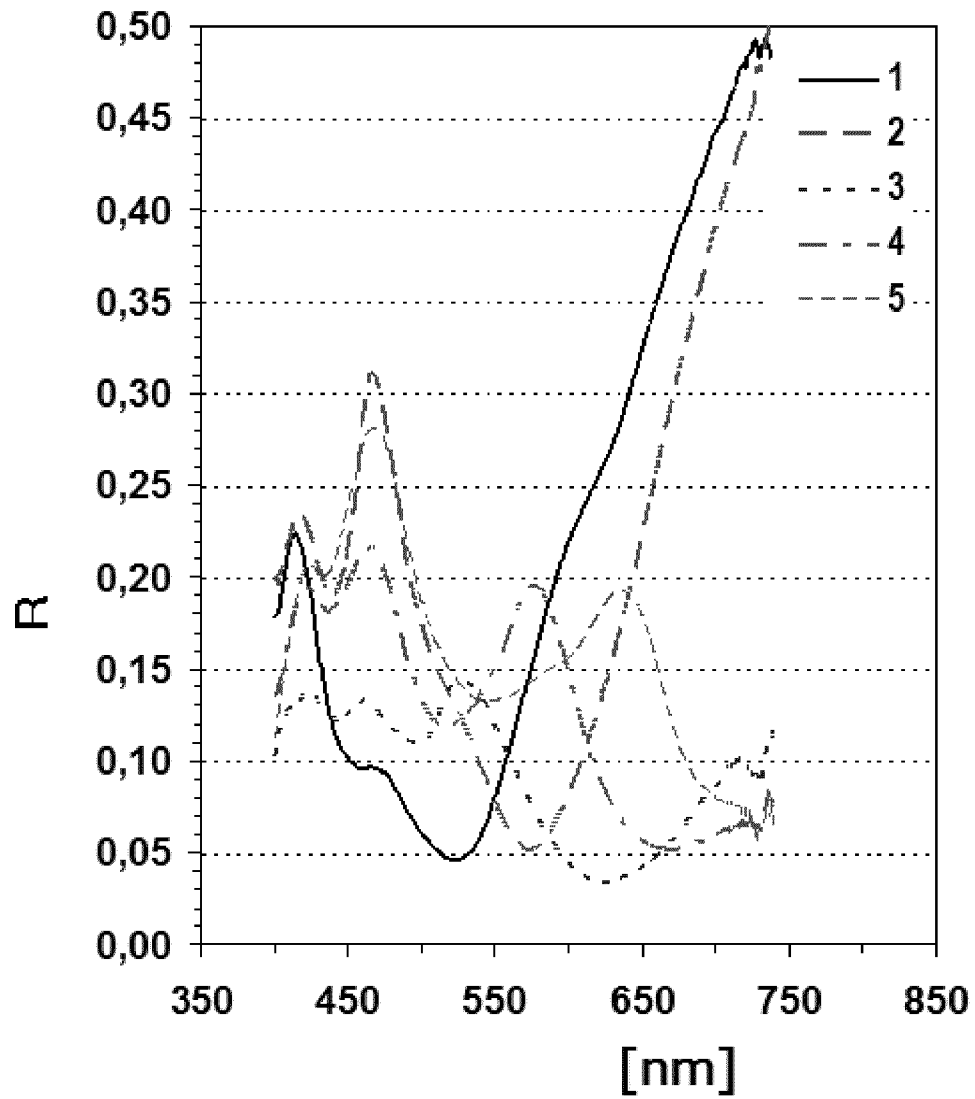
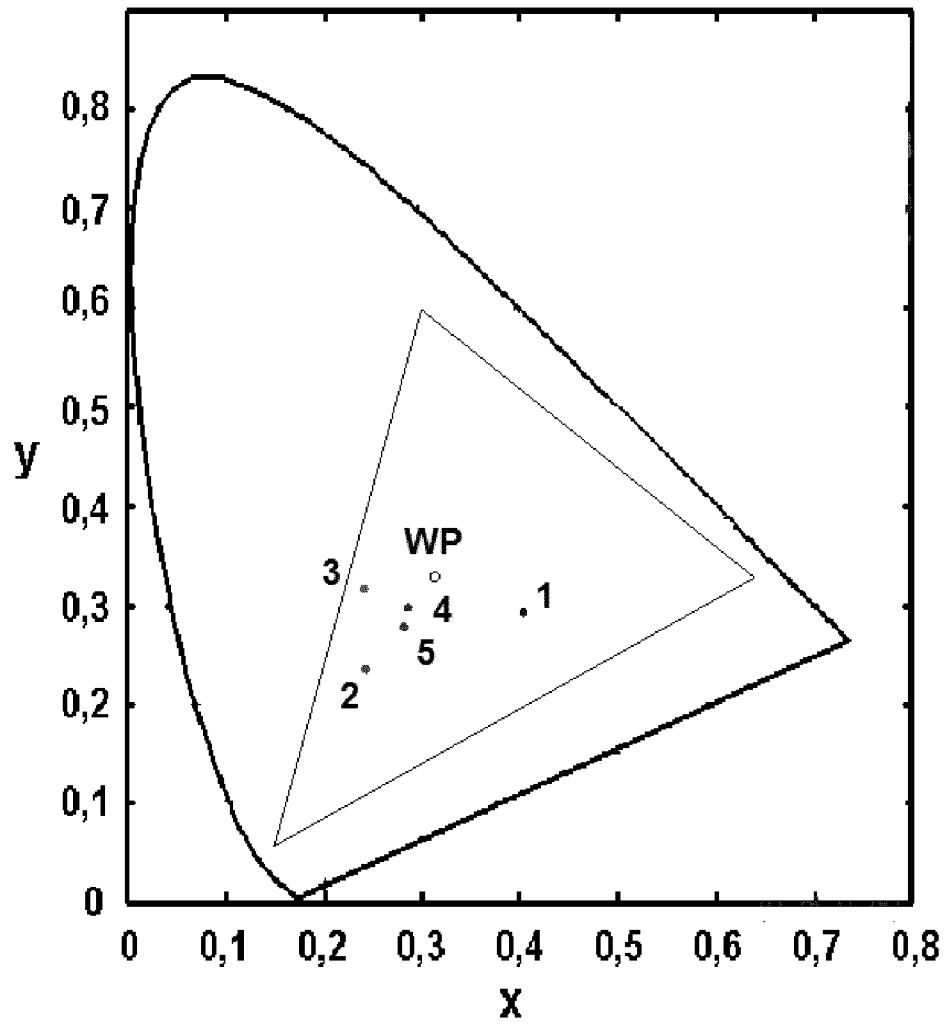


Fig. 14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/085914

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B42D 25/324</i> (2014.01)i; <i>B42D 25/373</i> (2014.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B42D Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3124283 A1 (TOPPAN PRINTING CO LTD [JP]) 01 February 2017 (2017-02-01) figures 4,10	1-3,5,6,8-11
X	DE 102012110630 A1 (OVD KINEGRAM AG [CH]) 08 May 2014 (2014-05-08) figures 3,4a	1,4,9-11
X	WO 2014023415 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]) 13 February 2014 (2014-02-13) page 27; figures 4,18	1,4,7,9-11
X	DE 102012025262 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]) 26 June 2014 (2014-06-26) figure 5.8	1,9-11
X	EP 3255468 A1 (TOPPAN PRINTING CO LTD [JP]) 13 December 2017 (2017-12-13) figures 9,11	1,4,9-11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 February 2019		Date of mailing of the international search report 19 February 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Langbroek, Arjen Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/085914

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3124283	A1	01 February 2017	AU	2015234717	A1	27 October 2016
				AU	2017276267	A1	18 January 2018
				CA	2943501	A1	01 October 2015
				CN	106132722	A	16 November 2016
				EP	3124283	A1	01 February 2017
				EP	3450196	A1	06 March 2019
				JP	WO2015147283	A1	13 April 2017
				US	2017011665	A1	12 January 2017
				WO	2015147283	A1	01 October 2015
DE	102012110630	A1	08 May 2014	AU	2013343637	A1	14 May 2015
				BR	112015010181	A2	11 July 2017
				CA	2889569	A1	15 May 2014
				CN	104884265	A	02 September 2015
				DE	102012110630	A1	08 May 2014
				EP	2917041	A1	16 September 2015
				JP	6452096	B2	16 January 2019
				JP	2016503356	A	04 February 2016
				KR	20150083102	A	16 July 2015
				MX	358812	B	05 September 2018
				PH	12015501012	A1	27 July 2015
				US	2015298482	A1	22 October 2015
				US	2018201043	A1	19 July 2018
				WO	2014072358	A1	15 May 2014
				WO	2014023415	A1	13 February 2014
CN	104602920	A	06 May 2015				
DE	102012015900	A1	06 March 2014				
EP	2882598	A1	17 June 2015				
US	2015219807	A1	06 August 2015				
WO	2014023415	A1	13 February 2014				
DE	102012025262	A1	26 June 2014	NONE			
EP	3255468	A1	13 December 2017	CN	107209300	A	26 September 2017
				DE	112016000597	T5	21 December 2017
				EP	3255468	A1	13 December 2017
				JP	2016144929	A	12 August 2016
				KR	20170109613	A	29 September 2017
				US	2017326898	A1	16 November 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B42D25/324 B42D25/373
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B42D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 124 283 A1 (TOPPAN PRINTING CO LTD [JP]) 1. Februar 2017 (2017-02-01) Abbildungen 4,10 -----	1-3,5,6, 8-11
X	DE 10 2012 110630 A1 (OVD KINEGRAM AG [CH]) 8. Mai 2014 (2014-05-08) Abbildungen 3,4a -----	1,4,9-11
X	WO 2014/023415 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]) 13. Februar 2014 (2014-02-13) Seite 27; Abbildungen 4,18 -----	1,4,7, 9-11
X	DE 10 2012 025262 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]) 26. Juni 2014 (2014-06-26) Abbildung 5.8 -----	1,9-11
X	EP 3 255 468 A1 (TOPPAN PRINTING CO LTD [JP]) 13. Dezember 2017 (2017-12-13) Abbildungen 9,11 -----	1,4,9-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Februar 2019

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/02/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Langbroek, Arjen

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/085914

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3124283	A1	01-02-2017	AU 2015234717 A1 27-10-2016
			AU 2017276267 A1 18-01-2018
			CA 2943501 A1 01-10-2015
			CN 106132722 A 16-11-2016
			EP 3124283 A1 01-02-2017
			EP 3450196 A1 06-03-2019
			JP WO2015147283 A1 13-04-2017
			US 2017011665 A1 12-01-2017
			WO 2015147283 A1 01-10-2015

DE 102012110630	A1	08-05-2014	AU 2013343637 A1 14-05-2015
			BR 112015010181 A2 11-07-2017
			CA 2889569 A1 15-05-2014
			CN 104884265 A 02-09-2015
			DE 102012110630 A1 08-05-2014
			EP 2917041 A1 16-09-2015
			JP 6452096 B2 16-01-2019
			JP 2016503356 A 04-02-2016
			KR 20150083102 A 16-07-2015
			MX 358812 B 05-09-2018
			PH 12015501012 A1 27-07-2015
			US 2015298482 A1 22-10-2015
			US 2018201043 A1 19-07-2018
			WO 2014072358 A1 15-05-2014

WO 2014023415	A1	13-02-2014	CA 2879832 A1 13-02-2014
			CN 104602920 A 06-05-2015
			DE 102012015900 A1 06-03-2014
			EP 2882598 A1 17-06-2015
			US 2015219807 A1 06-08-2015
			WO 2014023415 A1 13-02-2014

DE 102012025262	A1	26-06-2014	KEINE

EP 3255468	A1	13-12-2017	CN 107209300 A 26-09-2017
			DE 112016000597 T5 21-12-2017
			EP 3255468 A1 13-12-2017
			JP 2016144929 A 12-08-2016
			KR 20170109613 A 29-09-2017
			US 2017326898 A1 16-11-2017
