

(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
24. Januar 2013 (24.01.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/010672 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B42D 15/00 (2006.01) **G02B 5/18** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/003059
- (22) Internationales Anmeldedatum:
19. Juli 2012 (19.07.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 108 242.9 21. Juli 2011 (21.07.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **GIESECKE & DEVRIENT GMBH** [DE/DE];
Prinzregentenstrasse 159, 81677 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FUHSE, Christian** [DE/DE]; Matheisweg 24, 83624 Otterfing (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **GIESECKE & DEVRIENT GMBH**; Patent- und Lizenzabteilung, Prinzregentenstrasse 159, 81677 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

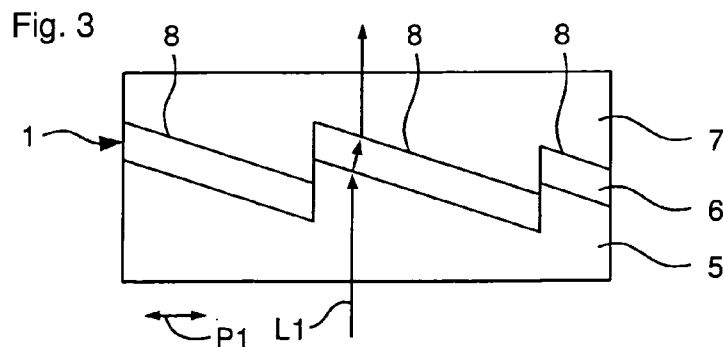
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: OPTICALLY VARIABLE ELEMENT, IN PARTICULAR SECURITY ELEMENT

(54) Bezeichnung : OPTISCH VARIABLES ELEMENT, INSBESONDERE SICHERHEITSELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to an optically variable element, in particular a security element, having a transparent carrier layer (5), a reflection layer (6), which is at least partially transparent and is formed on the carrier layer (5), and a transparent embedding layer (7), which is formed on the reflection layer (6), wherein the reflection layer (6) is structured in a motif region such that a multiplicity of partially transparent micromirrors (8) are formed, which, when the motif region is viewed directly from above, show a perceivable motif owing to the specular reflection of incident light, and wherein the refractive indices of the carrier layer (5) and the embedding layer (7) in the visible spectrum do not differ by more than 0.2 so that the motif, which is perceivable when viewed directly from above, cannot be seen when the motif region is viewed in transmitted view.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/010672 A1



Die Erfindung betrifft ein optisch variables Element, insbesondere Sicherheitselement, mit einer transparenten Trägerschicht (5), einer zumindest teiltransparenten Reflexionsschicht (6), die auf der Trägerschicht (5) gebildet ist, und einer transparenten Einbettungsschicht (7), die auf der Reflexionsschicht (6) gebildet ist, wobei die Reflexionsschicht (6) in einem Motivbereich derart strukturiert ist, dass sie eine Vielzahl von teiltransparenten Mikrospiegeln (8) bildet, die aufgrund von gerichteter Reflexion von einfallendem Licht bei Aufsicht auf den Motivbereich ein wahrnehmbares Motiv darbieten, und wobei sich die Brechungsindizes der Träger- und der Einbettungsschicht (5, 7) im sichtbaren Spektrum um nicht mehr als 0,2 unterscheiden, damit das in Aufsicht wahrnehmbare Motiv in Durchsicht des Motivbereiches nicht zu erkennen ist.

Optisch variables Element, insbesondere
Sicherheitselement

- 5 Die Erfindung betrifft ein optisch variables Element, insbesondere ein Sicherheitselement, das z.B. für einen Datenträger verwendet werden kann.

Datenträger, wie Wert- und Ausweisdokumente, oder Wertgegenstände, wie etwa Markenartikel, werden zur Absicherung oft mit einem optisch variab-

10 len Element versehen, das eine Überprüfung der Echtheit des Datenträgers gestattet und das zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dient. Dazu weist das optisch variable Element einen optischen Effekt auf, der beispielsweise bei Änderung der Betrachtungsrichtung variiert und nicht mit herkömmlichen Kopiergeräten kopiert werden kann.

15

Ausgehend davon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein optisch variables Element, insbesondere ein Sicherheitselement, anzugeben, das eine hohe Fälschungssicherheit mit guter Erkennbarkeit und leichter Verifizierbarkeit verwendet.

20

Die Aufgabe wird gelöst durch ein optisch variables Element, insbesondere Sicherheitselement, mit einer transparenten Trägerschicht, einer zumindest teiltransparenten Reflexionsschicht, die auf der Trägerschicht gebildet ist, und einer transparenten Einbettungsschicht, die auf der Reflexionsschicht

25 gebildet ist, wobei die Reflexionsschicht in einem Motivbereich derart strukturiert ist, dass sie eine Vielzahl von teiltransparenten Mikrospiegeln bildet, die aufgrund von gerichteter Reflexion von einfallendem Licht bei Aufsicht auf den Motivbereich ein wahrnehmbares Motiv darbieten, und wobei sich die Brechungsindizes der Träger- und der Einbettungsschicht im sichtbaren

30 Spektrum um nicht mehr als 0,2 unterscheiden, damit das in Aufsicht wahrnehmbare Motiv in Durchsicht des Motivbereiches nicht zu erkennen ist.

- 2 -

Damit wird für einen Betrachter der überraschende Effekt bereitgestellt, dass er zwar in Aufsicht ein Motiv erkennt, in Durchsicht jedoch dieses Motiv für ihn verschwindet. Diesen optischen Effekt kann man als durchsichtiges „Antiwasserzeichen“ bezeichnen.

Bei dem erfindungsgemäßen Element können sich die Brechungsindizes der Träger- und der Einbettungsschicht im sichtbaren Spektrum um nicht mehr als 0,1 und insbesondere um nicht mehr als 0,05 unterscheiden. In diesem Fall kann das Verschwinden des Motivs in Durchsicht gut sichergestellt werden.

Unter dem Verschwinden des Motivs in Durchsicht wird hier insbesondere verstanden, dass z.B. auch ein in einem gewissen Abstand hinter dem optisch variablen Element befindliches Bild durch den Motivbereich weitgehend unverzerrt sichtbar ist und dabei das in Aufsicht wahrnehmbare Motiv quasi nicht mehr erkennbar ist. Die Brechungseffekte der teiltransparenten Mikrospiegel in Durchsicht führen somit erfindungsgemäß zu keiner Erkennbarkeit des Motivs. Dies wird durch die sehr ähnlichen Brechungsindizes der Träger- und der Einbettungsschicht erreicht, wodurch das transmittierte Licht zwar einen geringen lateralen Versatz durch Brechung an den teiltransparenten Mikrospiegeln erfährt, aber die Ausbreitungsrichtung des Lichts nicht oder nicht merklich geändert wird. Der Motivbereich wirkt in Durchsicht quasi wie eine planparallele Platte.

25

Bei dem optisch variablen Element kann die der Reflexionsschicht abgewandte Oberseite der Einbettungsschicht nicht dem Relief der Mikrospiegel folgen. Besonders bevorzugt ist die Oberseite plan ausgebildet. Dies führt zu einem Schutz gegen unerwünschte Abformungen und somit gegen uner-

- 3 -

wünschtes Kopieren des optisch variablen Elementes. Ebenso kann die der Reflexionsschicht abgewandte Unterseite der Trägerschicht nicht dem Relief der Mikrospiegel folgen.

- 5 Ferner kann bei dem erfindungsgemäßen optisch variablen Element die Reflexionsschicht eine dielektrische Schicht sein, deren Brechungsindex sich in zumindest einem Teil des sichtbaren Spektrums jeweils um mehr als 0,2 vom Brechungsindex der Trägerschicht und vom Brechungsindex der Einbettungsschicht unterscheidet. Bevorzugt kann der Unterschied $> 0,3$ und besonders bevorzugt $> 0,5$ sein.
- 10

- Die Vielzahl der teiltransparenten Mikrospiegel kann so ausgebildet sein, dass aufgrund von gerichteter Reflexion von einfallendem Licht bei Aufsicht auf den Motivbereich aus unterschiedlichen Blickrichtungen mindestens
- 15 zwei verschiedene Motive dargeboten werden.

- Ferner können bei dem erfindungsgemäßen optisch variablen Element die minimalen lateralen Abmessungen der Mikrospiegel $> 1 \mu\text{m}$ sein. Bevorzugt liegen sie im Bereich von 3 bis $300 \mu\text{m}$, insbesondere im Bereich von 4 bis $50 \mu\text{m}$ und besonders bevorzugt im Bereich von 5 bis $20 \mu\text{m}$.
- 20

- Die Mikrospiegel können ein zumindest lokal periodisches Sägezahngritter oder ein Facettenraster bilden. Ferner ist es möglich, dass die Reflexionsschicht nur bereichsweise und/oder mit bereichsweise unterschiedlichem Schichtaufbau vorliegt.
- 25

Ferner kann die Reflexion an der Reflexionsschicht bereichsweise durch ein Antireflexrelief, insbesondere ein Sub-Wellenlängengitter oder Mottenau-

- 4 -

genstrukturen, zumindest verringert, bevorzugt nahezu vollständig unterdrückt werden.

5 Ferner ist es möglich, dass die Reflexionsschicht eine bereichsweise unterschiedliche Schichtdicke aufweist.

Die Reflexionsschicht kann durch eine oder mehrere hochbrechende Schicht(en) gebildet sein, die zumindest in einem Teil des sichtbaren Spektrums einen Brechungsindex von $> 1,7$, bevorzugt von $> 1,8$ und besonders
10 bevorzugt von > 2 aufweist.

Bei dem erfindungsgemäßen optisch variablen Element kann die Dicke der Reflexionsschicht so gewählt sein, dass aufgrund von Interferenz des an den Grenzflächen der Reflexionsschicht reflektierten Lichtes das in Aufsicht
15 wahrnehmbare Motiv farbig dargeboten ist.

Insbesondere kann die Schichtdicke z der Reflexionsschicht für eine hohe Reflektivität bei einer gewünschten Wellenlänge λ im sichtbaren Spektralbereich so gewählt sein, dass die folgende Gleichung $z = \frac{(m+1/2)}{2n_R} \lambda$ erfüllt ist,
20 wobei m ein ganzzahliger Wert von 1 bis 4 und n_R der Brechungsindex der Reflexionsschicht ist. Bevorzugt ist die Schichtdicke z der Reflexionsschicht so gewählt, dass die Gleichung für z für $m = 2$ erfüllt ist.

Bei dem erfindungsgemäßen optisch variablen Element kann/ können die
25 Reflexionsschicht(en) in Reflexion eine Buntheit $C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ von mehr als 40, bevorzugt mehr als 50 und besonders bevorzugt mehr als 60 aufweisen. Zur Bewertung der Farben bzw. Buntheit wird dazu das CIE $L^*a^*b^*$

- 5 -

Farbsystem benutzt und von einer Beleuchtung mit einer D65 Normlichtquelle ausgegangen.

5 Ferner kann die mindestens eine der Reflexionsschichten eine Schichtdicke entsprechend der optischen Weglänge zn_R (wobei z die Schichtdicke der Reflexionsschicht und n_R der Brechungsindex der Reflexionsschicht ist) zwischen 285 nm und 1755 nm, bevorzugt zwischen 475 nm und 1365 nm und besonders bevorzugt zwischen etwa 500 nm und 1100 nm aufweisen. Wenn
10 die Reflexionsschicht durch drei Schichten gebildet ist, ist es bevorzugt, dass die beiden äußeren Schichten jeweils eine solche optische Weglänge aufweisen.

Ferner kann bei dem erfindungsgemäßen optischen Element die Dicke der Reflexionsschicht so gewählt sein, dass aufgrund von Interferenzen des an
15 den Grenzflächen der Reflexionsschicht reflektierten Lichtes das in Aufsicht wahrnehmbare Motiv weiß dargeboten wird. Insbesondere kann die Dicke der Reflexionsschicht so gewählt sein, dass die entsprechende optische Weglänge zwischen 115 und 135 nm liegt. Bevorzugt beträgt die optische Weglänge 125 nm.

20 Bei dem optisch variablen Element kann die Reflexionsschicht einen Dreischichtaufbau mit zwei Außenschichten und einer dazwischen angeordneten Abstandsschicht aufweisen, wobei die Brechungsindizes der Außenschichten gleich sind. Insbesondere können die Brechungsindizes der Außenschichten
25 größer sein als der Brechungsindex der Abstandsschicht.

Das optisch variable Element kann insbesondere als Sicherheitsfaden, Aufreißfaden, Sicherheitsband, Sicherheitsstreifen, Patch oder als Etikett zum Aufbringen auf einen Datenträger, wie z.B. ein Sicherheitspapier, Wertdo-

kumente oder der gleichen, ausgebildet sein. Insbesondere kann das optisch variable Element transparente oder zumindest transluzente Bereiche oder Ausnehmungen überspannen.

- 5 Unter dem Begriff Sicherheitspapier wird hier insbesondere die noch nicht umlauffähige Vorstufe zu einem Wertdokument verstanden, die neben dem erfindungsgemäßen optisch variablen Element beispielsweise auch weitere Echtheitsmerkmale, wie z.B. im Volumen vorgesehene Lumineszenzstoffe, aufweisen kann. Unter Wertdokumenten werden hier einerseits aus Sicher-
- 10 heitspapieren hergestellte Dokumente verstanden. Andererseits können Wertdokumente auch sonstige Dokumente oder Gegenstände sein, die mit dem erfindungsgemäßen optisch variablen Element versehen werden können, damit die Wertdokumente nicht kopierbare Echtheitsmerkmale aufweisen, wodurch eine Echtheitsprüfung möglich ist und zugleich ein uner-
- 15 wünschtes Kopieren verhindert wird.

- Es wird ferner bereitgestellt ein Datenträger mit einem erfindungsgemäßen optisch variablen Element (einschließlich seiner Weiterbildung). Bei dem Datenträger kann es sich z.B. um ein Wert-, Ausweisdokument, Sicherheitspa-
- 20 pier oder einen anderen Wertgegenstand handeln.

- Es wird ferner bereitgestellt ein optisch variables Element gemäß einer zweiten Variante, insbesondere Sicherheitselement, mit einer Trägerschicht, einer Reflexionsschicht, die auf der Trägerschicht gebildet ist, wobei die Reflexi-
- 25 onsschicht in einem Motivbereich aufgrund ihrer Strukturierung eine Vielzahl von Mikrosiegeln aufweist, die aufgrund von gerichteter Reflexion von einfallendem Licht bei Aufsicht auf den Motivbereich ein wahrnehmbares Motiv darbieten, und wobei die Dicke der Reflexionsschicht so gewählt ist, dass aufgrund von Interferenz des an den Grenzflächen der Reflexions-

- 7 -

schicht reflektierten Lichtes das in Aufsicht wahrnehmbare Motiv farbig bzw. bunt, insbesondere einfarbig, dargeboten ist.

Mit einem solchen optisch variablen Element gemäß der zweiten Variante
5 kann eine ausgezeichnete farbige Darstellung realisiert werden.

Bei dem optisch variablen Element gemäß der zweiten Variante kann die Schichtdicke z der Reflexionsschicht für eine gewünschte Wellenlänge λ so gewählt sein, dass die folgende Gleichung $z = \frac{(m+1/2)}{2n_R} \lambda$ erfüllt ist, wobei m
10 ein ganzzahliger Wert von 1 bis 4 und n_R der Brechungsindex der Reflexionsschicht ist. Insbesondere kann die obige Gleichung für z für $m = 2$ erfüllt sein.

Das optisch variable Element gemäß der zweiten Variante kann in gleicher Weise weitergebildet werden wie das oben beschriebene optisch variable
15 Element, bei dem der Motivbereich auch eine Durchsicht ermöglicht. Auch das optisch variable Element gemäß der zweiten Variante kann eine Durchsicht ermöglichen, es kann jedoch auch so ausgebildet sein, dass keine unverzerrte Durchsicht oder überhaupt keine Durchsicht möglich ist.

20 Insbesondere kann das optisch variable Element gemäß der zweiten Variante eine transparente Einbettungsschicht aufweisen, die auf der Reflexionsschicht gebildet ist.

Ferner kann die Reflexionsschicht als einzelne Reflexionsschicht ausgebildet
25 sein. Es ist jedoch auch möglich, dass die Reflexionsschicht mehrschichtig ist.

- 8 -

Die Reflexionsschicht(en) kann in Reflexion eine Buntheit

$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ von mehr als 40, bevorzugt mehr als 50 und besonders bevorzugt von mehr als 60 aufweisen.

- 5 Ferner kann mindestens eine der Reflexionsschichten eine Schichtdicke entsprechend einer optischen Weglänge zn_R (z = Schichtdicke, n_R = Brechungsindex der Reflexionsschicht) zwischen 285 nm und 1755 nm, bevorzugt zwischen 475 nm und 1365 nm und besonders bevorzugt zwischen etwa 500 nm und 1100 nm aufweisen. Wenn die Reflexionsschicht durch drei Schichten
10 gebildet ist, werden die beiden äußeren bevorzugt eine solche Schichtdicke entsprechend der angegebenen optischen Weglänge aufweisen.

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

- Nachfolgend wird die Erfindung beispielshalber anhand der beigefügten Zeichnungen, die auch erfindungswesentliche Merkmale offenbaren, noch
20 näher erläutert. Zur besseren Anschaulichkeit wird in den Figuren auf eine maßstabs- und proportionsgetreue Darstellung verzichtet. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Draufsicht einer Banknote mit einem erfindungsgemäßen optisch variablen Element 1;
25

- Fig. 2 eine vergrößerte Schnittansicht des optisch variablen Elements 1 zur Erläuterung des in Aufsicht dargebotenen Motivs;

- Fig. 3 eine Schnittansicht des optisch variablen Elementes gemäß Fig. 2 zur Erläuterung des Verschwindens des Motivs in Durchsicht;
- Fig. 4 eine Schnittansicht eines ähnlichen optisch variablen Elementes zur Erläuterung des Verschwindens des Motivs in Durchsicht bei dem erfindungsgemäßen optisch variablen Element 1;
- Fig. 5 die Wellenlängenabhängigkeit des Reflexionsgrades R des optisch variablen Elements gemäß Fig. 2 und 3 für verschiedene Schichtdicken z der Reflexionsschicht 6;
- Fig. 6 ein Diagramm zur Buntheit C^* des optisch variablen Elementes gemäß Fig. 2 in Abhängigkeit der Schichtdicke z der Reflexionsschicht 6 in Reflexion;
- Fig. 7 ein Diagramm des Transmissionsgrades T in Abhängigkeit der Wellenlänge für ein optisch variables Element gemäß Fig. 2 für verschiedene Schichtdicken z der Reflexionsschicht 6;
- Fig. 8 ein Diagramm zur Darstellung der Buntheit C^* des optisch variablen Elementes von Fig. 2 in Abhängigkeit der Schichtdicke z der Reflexionsschicht 6 in Transmission;
- Fig. 9 eine Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optisch variablen Elementes 1;
- Fig. 10 ein Diagramm der Buntheit C^* der Reflexionsschicht 19 des optisch variablen Elementes gemäß Fig. 9 in Abhängigkeit der Schichtdicke z in Reflexion;

Fig. 11 ein Diagramm des Reflexionsgrades R des optisch variablen Elements 1 gemäß Fig. 9 in Abhängigkeit der Wellenlänge für verschiedene Schichtdicken z ;

5

Fig. 12 ein Diagramm für die Werte a^* und b^* des CIE $L^*a^*b^*$ Farbsystems für verschiedene Schichtdicken der Reflexionsschicht 6 gemäß der Ausführungsform von Fig. 2;

10 Fig. 13 ein Diagramm für die Werte a^* und b^* des CIE $L^*a^*b^*$ Farbsystems für verschiedene Schichtdicken der Reflexionsschicht 16, 18 gemäß der Ausführungsform von Fig. 9;

15 Fig. 14 ein Diagramm der Helligkeit L^* und der Buntheit C^* bei Reflexion in Abhängigkeit der Schichtdicke z der Reflexionsschicht 6 für das optisch variable Element gemäß Fig. 2, und

Fig. 15 eine Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optisch variablen Elementes 1.

20

Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße optisch variable Element 1 in einem Fenster 2 einer Banknote 3 angeordnet und kann daher in Aufsicht sowie in Durchsicht betrachtet werden. Das optisch variable Element 1 dient als Sicherheitselement, um die Echtheit der Banknote 3 überprüfen zu können und kann daher auch als Sicherheitsmerkmal bezeichnet werden.

25

- 11 -

Wie in der schematischen Darstellung in Fig. 1 gezeigt ist, ist in Aufsicht ein Motiv, hier beispielsweise ein Stern 4, für einen Betrachter wahrnehmbar. In Durchsicht ist dieser Stern 4 jedoch für den Betrachter nicht sichtbar.

- 5 Um diesen Effekt bereitstellen zu können, weist das optisch variable Element 1, wie am besten aus der schematischen Schnittdarstellung in Fig. 2 ersichtlich ist, eine transparente Trägerschicht 5, eine teiltransparente Reflexionsschicht 6 sowie eine transparente Einbettungsschicht 7 auf, die in dieser Reihenfolge aufeinander angeordnet sind. Die teiltransparente Reflexionsschicht 6 liegt somit zwischen der transparenten Trägerschicht 5 und der transparenten Einbettungsschicht 7.

Die transparente Trägerschicht 5 ist bei der hier beschriebenen Ausführungsform ein transparenter Prägelack (z.B. ein thermoplastischer oder strahlungshärtender Lack), in dem die Struktur einer Vielzahl von Mikrosiegeln 8 geprägt ist, wobei diese Strukturierung mit der teiltransparenten Reflexionsschicht 6 beschichtet ist, um die gewünschten Mikrosiegel 8 zu bilden. Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ist eine einzige Reflexionsschicht 6 gebildet. Es ist jedoch auch möglich, mehrere transparente Reflexionsschichten übereinander zu bilden.

Bei der Reflexionsschicht 7 (bzw. den Reflexionsschichten) handelt es sich bevorzugt um eine dielektrische Schicht (bzw. dielektrische Schichten). Diese Schichten können mit einem Dünnschichtverfahren, wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen oder Sputtern, auf die strukturierte Trägerschicht 5 aufgebracht werden.

Um unerwünschte Beugungseffekte zu minimieren, sind hier die minimalen lateralen Abmessungen der Mikrosiegel 8 größer und bevorzugt deutlich

größer als die maximale Wellenlänge des sichtbaren Lichtes. Unter sichtbarem Licht wird hier insbesondere elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm verstanden. Bevorzugt betragen daher die minimalen lateralen Abmessungen der Mikrospiegel 8 mindestens 3 μm , bevorzugt mindestens 5 μm und besonders bevorzugt mindestens 10 μm . Die maximalen Prägehöhen der Strukturierung in der transparenten Trägerschicht 5 können weniger als 20 μm , bevorzugt weniger als 10 μm und besonders bevorzugt weniger als 4 μm betragen. Dadurch ist es leicht möglich, die Mikrospiegel 8 in einem möglichst dünnen Schichtverbund einzubetten.

10

Die Mikrospiegel 8 können in einem regelmäßigen Raster oder auch unregelmäßig angeordnet sein. Ferner ist es möglich, dass die Mikrospiegel 8 auch ein zumindest lokal periodisches Sägezahngritter bilden.

15 Die Strukturierung der Trägerschicht 5 und somit die Anordnung der Mikrospiegel 8 ist in einem flächigen Motivbereich des optisch variablen Elementes 1 so gewählt, dass in Aufsicht auf den Motivbereich (bei einer Blickrichtung B1 und einer einfallenden Lichtrichtung L1 gemäß Fig. 2) für einen Betrachter ein Motiv (hier der Stern 4) wahrnehmbar ist, wie durch die Pfeile R1 und
20 R2 für das reflektierte Licht angedeutet ist.

Da die transparente Trägerschicht 5 und die transparente Einbettungsschicht 7 in dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel den gleichen Brechungsindex aufweisen, heben sich die Richtungsänderungen durch Brechung des einfallenden Lichtes an der Grenzfläche zwischen der Oberseite der Reflexionsschicht 6 und der Trägerschicht 5 einerseits und an der Grenzfläche zwischen der Unterseite der Reflexionsschicht 6 und der transparenten Einbettungsschicht 7 andererseits auf, so dass bei Transmission das Licht L1 nur
25 horizontal versetzt wird (Richtung des Doppelpfeiles P1). Der transmittierte

Lichtstrahl behält aber seine Ausbreitungsrichtung bei. Da der horizontale Versatz äußerst gering ist und die Ausbreitungsrichtung beibehalten wird, sind die Mikrospiegel 8 in Durchsicht praktisch nicht mehr erkennbar. Das erfindungsgemäße Sicherheitselement 1 wirkt in Durchsicht wie ein transparentes (eventuell leicht milchiges Fenster), so dass ein Betrachter durch dieses Fenster zwar z.B. einen strukturierten Hintergrund erkennen kann, aber nicht mehr den Stern 4 sieht.

In Fig. 4 ist zur weiteren Erläuterung dieses Durchsichteffektes ein Beispiel eines optisch variablen Elementes 1' gezeigt, bei dem die Brechungsindizes von Träger- und Einbettungsschicht 5', 7' deutlich unterschiedlich sind. In diesem Fall bewirken die Brechungen an den Grenzflächen zwischen der Reflexionsschicht 6' und der Trägerschicht 5' einerseits und der Einbettungsschicht 7' andererseits, dass nach der Transmission das Licht eine andere Ausbreitungsrichtung aufweist. Wenn man durch ein solches Sicherheitselement 1' einen strukturierten Hintergrund betrachtet, führen die Brechungseffekte und die dadurch bedingten Richtungsänderungen zu sichtbaren Verzerrungen, die letztendlich das Motiv des Sicherheitselementes (hier des Sternes 4) sichtbar machen würden.

Daher sind erfindungsgemäß die Trägerschicht 5 und die Einbettungsschicht 7 so gewählt, dass ihre Brechungsindizes im sichtbaren Spektrum gleich sind oder sich nicht um mehr als 0,2 unterscheiden, da bis zu dieser Differenz der Brechungsindizes der beschriebene Effekt des Fensters in Durchsicht noch sicher erreicht wird.

Das erfindungsgemäße optisch variable Element 1 weist somit quasi einen „Antiwasserzeicheneffekt“ auf, da in Aufsicht ein Motiv (hier der Stern 4) sichtbar ist und in Durchsicht das Motiv nicht mehr sichtbar ist und somit

verschwindet. Man kann diesen optischen Effekt des erfindungsgemäßen optisch variablen Elementes 1 auch als durchsichtiges „Antiwasserzeichen“ bezeichnen.

- 5 Bei der hier beschriebenen Ausführungsform ist die Schichtdicke der Reflexionsschicht 6 unter Berücksichtigung ihres Brechungsindex so gewählt, dass in Aufsicht der Stern 4 farbig erscheint. Dazu ist es bevorzugt, dass der Brechungsindex der teiltransparenten Reflexionsschicht 6 möglichst stark von dem Brechungsindex der Trägerschicht 5 abweicht. Die Abweichung kann
10 beispielsweise mehr als 0,2, bevorzugt mehr als 0,4 und besonders bevorzugt mehr als 0,6 betragen. Da Prägelacke, die für die transparente Trägerschicht 5 verwendet werden können, in der Praxis oft einen Brechungsindex von 1,5 aufweisen, ist es leichter, eine teiltransparente Reflexionsschicht 6 mit einem deutlich höheren statt einem deutlich niedrigeren Brechungsindex aufzu-
15 bringen. Daher ist bevorzugt, dass der Brechungsindex der Reflexionsschicht mindestens 1,7, bevorzugt mindestens 1,9 und besonders bevorzugt größer als 2 ist.

- Daher wird für die vorliegende Ausführungsform sowie auch für die nach-
20 folgenden Ausführungsformen davon ausgegangen, dass der Brechungsindex n_L der transparenten Trägerschicht 5 1,5 und der Brechungsindex n_R der teiltransparenten Reflexionsschicht 6 2,5 beträgt.

- Die transparente Einbettungsschicht 7 dient neben ihrer Wirkung für den
25 „Antiwasserzeicheneffekt“ auch zum Schutz vor mechanischer und/oder chemischer Beanspruchung und insbesondere vor unbefugter Abformung. Daher ist die von der Reflexionsschicht 6 abgewandte Oberfläche der Einbettungsschicht 7 bevorzugt eben ausgebildet.

Wie in der Darstellung von Fig. 2 gezeigt ist, wird einfallendes Licht L1 sowohl an der Ober- als auch der Unterseite der Reflexionsschicht 6 reflektiert. Dadurch kommt es zu Interferenz der an der Ober- und Unterseite reflektierten Lichtstrahlen, so dass je nach Dicke der Reflexionsschicht 6 weißes oder
 5 bunt es Licht in die durch die Orientierung der Mikrospiegel 8 vorgegebene Richtung reflektiert wird. Zur Vereinfachung wird im Folgenden von senkrechtem Lichteinfall ausgegangen, wobei die beschriebenen Effekte natürlich auch bei Lichteinfall aus anderen Richtungen auftreten.

10 Konstruktive Interferenz und ein entsprechend hoher Reflexionsgrad des an den Grenzflächen der Reflexionsschicht 6 reflektierten Lichtes tritt dann auf, wenn die reflektierten Lichtstrahlen einen Gangunterschied von $m\lambda$ aufweisen, wobei λ die Wellenlänge des Lichtes bezeichnet und m eine ganze Zahl ist. Der Gangunterschied bei einer Dicke z der Reflexionsschicht 6 ergibt sich
 15 aus der doppelten optischen Weglänge durch die Reflexionsschicht 6 $2n_R z$ sowie einem Phasensprung von $\lambda/2$, der hier an der oberen Grenzfläche auftritt (Übergang vom optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium).
 Damit ergibt sich für die konstruktive Interferenz die folgende Bedingung:

$$20 \quad m\lambda = 2n_R z + \frac{\lambda}{2}$$

Zur Suche einer für die Wellenlänge λ geeigneten Schichtdicke kann man die obige Bedingung nach z auflösen und erhält die folgende Gleichung 1:

$$25 \quad z = \frac{(m+1/2)\lambda}{2n_R}$$

Da z offensichtlich positiv sein muß, muß $m \geq 0$ gelten.

- 16 -

- Die Tatsache, dass die Reflexionsschicht 6 durch konstruktive Interferenz ein Reflexionsmaximum bei der Wellenlänge einer bestimmten Farbe hat, reicht zur Erzeugung einer Darstellung mit hoher Buntheit allein jedoch nicht aus.
- 5 Dies soll im Folgenden anhand berechneter Reflexionsspektren und Farbwerten veranschaulicht werden. Zur Bewertung der Farben bzw. Buntheit wird dazu das CIE $L^*a^*b^*$ Farbsystem benutzt und von einer Beleuchtung mit einer D65 Normlichtquelle ausgegangen. Der Farbwert L^* gibt dabei die Helligkeit wieder, während a^* und b^* den Farbort auf einer Rot-Grün- bzw.
- 10 Blau-Gelb-Achse angeben.

- In der beschriebenen Ausführungsform ist die Reflexionsschicht 6 auf eine möglichst hohe Buntheit im Grünen optimiert. Dazu kann man in der obigen Formel für z die Schichtdicke z so wählen, dass sich konstruktive Interferenz
- 15 beispielsweise bei einer Wellenlänge von 530 nm ergibt. Geht man von $n_R 2,5$ aus, so ergeben sich für $m = 0, 1, 2, 3, 4$ Schichtdicken z von 53 nm, 159 nm, 265 nm, 371 nm und 477 nm.

- In Fig. 5 ist das Reflexionsvermögen bzw. der Reflexionsgrad R entlang der
- 20 vertikalen Achse in Abhängigkeit der Wellenlänge λ für den Bereich von 400 bis 700 nm (entlang der horizontalen Achse) für die Schichtdicken z von 53 nm (Kurve 10), 159 nm (Kurve 11) sowie 477 nm (Kurve 12) gezeigt. Aus diesen drei beispielhaft gezeigten Reflexionsspektren erkennt man, dass mit steigender Schichtdicke z der Reflexionsschicht 6 das Maximum bei einer
- 25 Wellenlänge von 530 nm immer schärfer wird, wobei bei größeren Schichtdicken weitere Maxima in das sichtbare Spektrum (hier in das dargestellte Spektrum von 400 bis 700 nm) rücken. Ferner erkennt man, dass der Wert des Reflexionsgrades R bei der gewünschten Wellenlänge von 530 nm für alle dargestellten Schichtdicken z der gleiche ist.

Zur Quantifizierung der Buntheit wurden aus diesen Reflexionsspektren $L^*a^*b^*$ Farbwerte bzw. die Buntheit $C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ (im Folgenden auch einfach als C^* bezeichnet) bei D65 Normbeleuchtung berechnet.

5

Fig. 6 zeigt die so berechnete Buntheit C^* bei Reflexion, wobei entlang der horizontalen Achse die Schichtdicke z in nm aufgetragen und entlang der vertikalen Achse die Buntheit C^* aufgetragen ist. Aus der Darstellung von Fig. 6 kann entnommen werden, dass die Buntheit C^* mit steigender

10 Schichtdicke z zunächst ansteigt und dann bei Schichtdicken entsprechend $m > 2$ wieder abfällt. Die bunteste Farbe erhält man hier also bei $m = 2$ bzw. einer Reflexionsschichtdicke z von 265 nm. Grund für den Anstieg bei kleinen Schichtdicken z ist die in Fig. 5 gezeigte zunehmende Schärfe des Reflexionsmaximums. Bei größeren Schichtdicken z rücken neben dem gewünschten Maximum weitere Reflexionsmaxima in sichtbares Spektrum, die hier in
15 Reflexion zusätzlich unerwünschte Blau- bzw. Rotanteile liefern und die Buntheit wieder reduzieren.

Besonders bunte Farben ergeben sich somit für m zwischen 1 und 4 insbesondere für $m = 2$ und $m = 3$. Aus Kostengründen ist dabei insbesondere die
20 dünnere Schicht mit $m = 2$ interessant. Mit Blick auf das gesamte sichtbare Spektrum zwischen 380 nm und 780 nm sind hier also insbesondere solche Schichtdicken z interessant, für die die Gleichung 1 mit λ zwischen 380 nm und 780 nm sowie m zwischen 1 und 4 gilt. Bevorzugt liegt m zwischen 2
25 und 3. Dies entspricht einer optischen Weglänge zn_R zwischen 285 nm und 1755 nm, bevorzugt zwischen 475 nm und 1365 nm. Berücksichtigt man weiterhin, dass das menschliche Auge am Rand dieses Spektrums wenig empfindlich ist, kann man den bevorzugten Bereich der optischen Weglänge so-

gar noch etwas enger fassen und etwa zwischen 500 nm und 1100 nm ansetzen.

Im Gegensatz zu den in Fig. 5 gezeigten Reflexionsspektren weisen die zugehörigen Transmissionsspektren, die in Fig. 7 dargestellt sind, nur wenig ausgeprägte Maxima und Minima auf. In Fig. 7 ist entlang der horizontalen Achse wiederum die Wellenlänge λ von 400 bis 700 nm aufgetragen und entlang der vertikalen Achse der Transmissionsgrad bzw. die Transmission T, wobei die Kurve 13 den Transmissionsgrad für eine Schichtdicke z von 53 nm, die Kurve 14 den Transmissionsgrad T für eine Schichtdicke z von 159 nm und die Kurve 15 den Transmissionsgrad T für eine Schichtdicke z von 477 nm zeigt. Folglich ist die Reflexionsschicht 6 in Durchsicht nahezu farblos und erscheint weitgehend wie eine einfache transparente Folie, was z.B. der Darstellung in Fig. 8 entnommen werden kann. In Fig. 8 ist in gleicher Weise wie in Fig. 6 die Buntheit C^* dargestellt, wobei in Fig. 8 jedoch die Buntheit in Transmission und in Fig. 6 die Buntheit in Reflexion gezeigt ist.

Da die Reflexionsschicht 6 im Motivbereich bei dem beschriebenen optisch variablen Element 1 in Durchsicht wie eine einfache transparente Folie erscheint, verschwindet für einen Betrachter nicht nur das zuvor in Reflexion gesehene Motiv (der Stern 4), sondern auch die Farbe der Folie unterscheidet sich von der des in Reflexion gesehenen Motivs, d.h. die Folie erscheint dann weitgehend farblos bzw. in einer anderen Farbe. Dies ist für einen Betrachter ein besonders auffälliger und einprägsamer Effekt, der sich sehr gut für Sicherheitsmerkmale eignet.

Farbigkeit und Helligkeit des in Reflexion sichtbaren Motivs 4 lassen sich gegenüber der bisher beschriebenen Ausführungsform mit der einzelnen

Reflexionsschicht weiter verbessern, wenn man statt nur einer einzelnen Reflexionsschicht 6 mehrere Reflexionsschichten benutzt.

Als besonders vorteilhaft haben sich hier Dreifachschichten mit zwei hochbrechenden Schichten 16 und 18 und einer dazwischenliegenden Abstandsschicht 17 erwiesen. Eine schematische Schnittdarstellung einer solchen Dreifachreflexionsschicht 19 ist in Fig. 9 dargestellt.

Die Abstandsschicht 17 kann dabei beispielsweise einen Brechungsindex aufweisen, der dem der Trägerschicht 5 und/oder der Einbettungsschicht 7 entspricht bzw. dazu sehr ähnlich ist. Bei der hier beschriebenen Ausführungsform weist die Abstandsschicht einen Brechungsindex von 1,5 auf. Die Dicke der Abstandsschicht 17 ist wieder so zu wählen, dass konstruktive Interferenz der an ihrer Ober- und an ihrer Unterseite reflektierten Beiträge auftritt. Beispielshaft wird hier eine Dicke von $\lambda/(4n_L) = 88 \text{ nm}$ gewählt.

Wie Fig. 10 zu entnehmen ist, in der die Buntheit C^* in Reflexion für die Ausführungsform des optisch variablen Elementes 1 von Fig. 9 gezeigt ist, ergibt sich damit eine im Vergleich zu einer einzelnen Reflexionsschicht 6 noch einmal deutlich höhere Buntheit bzw. Croma, die im Optimum bei über 95 liegt (im Vergleich zu lediglich knapp 55 bei einer Einzelreflexionsschicht 6).

In Fig. 10 ist in gleicher Weise wie in Fig. 6 die Buntheit C^* entlang der vertikalen Achse und die Schichtdicke z von 0 bis 600 nm entlang der horizontalen Achse aufgetragen, wobei z hier die Schichtdicke der hochbrechenden Schicht 16 sowie der hochbrechenden Schicht 18 ist, die bei der beschriebenen Ausführungsform gleiche Schichtdicken aufweisen. Natürlich können die Schichtdicken der beiden Schichten 16 und 18 auch unterschiedlich sein.

- 20 -

Auch der maximale Reflexionsgrad R (hier wieder für 530 nm) für das optisch variable Element 1 gemäß Fig. 9 ist mit nun etwa 0,6, wie in Fig. 11 gezeigt ist, im Vergleich zu etwa 0,22 bei einer einzelnen Reflexionsschicht 6 (Fig. 5) noch einmal deutlich erhöht. In Fig. 11 ist der Reflexionsgrad R entlang der vertikalen Achse und die Schichtdicken z von 53 nm (Kurve 20), 265 nm (Kurve 21) und 477 nm (Kurve 22) der beiden hochbrechenden Schichten 16 und 18 für den Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm entlang der horizontalen Achse aufgetragen. Die Abstandsschicht 17 weist die Dicke von 88 nm auf.

10

Der Aufbau der Reflexionsschicht 19 als Dreifachschicht mit zwei hochbrechenden Schichten 16 und 18 und der dazwischenliegenden Abstandsschicht 17 ist somit äußerst vorteilhaft, da eine deutliche Qualitätssteigerung gegenüber einer einzelnen Reflexionsschicht 6 mit relativ geringem Mehraufwand bei der Herstellung erreicht werden kann.

15

Bei den bisher beschriebenen Ausführungsformen wurde jeweils eine Optimierung hinsichtlich der Reflexion im Grünen durchgeführt. Natürlich ist man darauf nicht beschränkt. Das erfindungsgemäße Konzept ist auch auf andere Farben übertrag- bzw. anwendbar.

20

So sind in Fig. 12 für die Ausführungsform gemäß Fig. 2 die Werte für a^* entlang der horizontalen Achse und für b^* entlang der vertikalen Achse für Schichtdicken z der Reflexionsschicht 6 zwischen 0 und 500 nm in 1 nm Schritten aufgetragen, wobei die eingezeichneten Pfeile die oben genannten Schichtdicken z von 53 nm, 159 nm, 265 nm, 371 nm und 477 nm für ein Reflexionsmaximum bei 530 nm (im Grünen) anzeigen.

25

In Fig. 13 ist eine entsprechende Darstellung wie in Fig. 12 für die Ausführungsform gemäß Fig. 9 gezeigt, wobei die Abstandsschicht 17 eine Schichtdicke von 88 nm aufweist.

- 5 Wie man den Darstellungen von Fig. 12 und 13 entnehmen kann, können Farben aller Farbwinkel mit hoher Buntheit erzeugt werden. So stellten Punkte in Richtung der positiven a^* -Achse Rottöne, Punkte in Richtung der negativen a^* -Achse Grüntöne, Punkte in Richtung der positiven b^* -Achse Gelbtöne und Punkte in Richtung der negativen b^* -Achse Blautöne dar. Dazwischen ergeben sich entsprechende Mischfarben. Zur Optimierung eines bestimmten Farbtons kann ferner die Dicke der Abstandsschicht 17 optimiert werden.

- 15 An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die in Aufsicht sichtbaren Farben auch vom Reflexionswinkel abhängen und einen Kippeffekt aufweisen können. Hochbrechende Reflexionsschichten zeigen dabei geringere Farbkipfung als niedrigbrechende Reflexionsschichten. Je nach Anwendung kann ein deutlicher Farbkippeffekt erwünscht oder unerwünscht sein. In Abhängigkeit davon kann beispielsweise die Brechzahl der Reflexionsschicht gewählt werden.

- 25 Ferner kann die Schichtdicke der Reflexionsschicht 6 statt im Hinblick auf eine besonders bunte auch im Hinblick auf eine möglichst weiße Darstellung optimiert werden. In Fig. 14 ist für die Ausführungsform des optisch variablen Elementes 1 gemäß Fig. 2 entlang der vertikalen Achse die Helligkeit L^* (Kurve 23) und die Buntheit C^* (Kurve 24) bei Reflexion in Abhängigkeit der Schichtdicke z von 0 bis 500 nm entlang der horizontalen Richtung dargestellt. Besonders vorteilhaft ist eine Schichtdicke z um 50 nm. Hier liegt eine große Helligkeit bei sehr niedriger Buntheit vor, was in der Praxis sehr helle

weiße Darstellungen bewirkt. Diese Schichtdicke entspricht etwa einer optischen Weglänge n_{RZ} von etwa 125 nm. Damit liegt nach obiger Formel mit $m = 0$ ein breites Maximum bei etwa 500 nm vor, d.h. in der Mitte des sichtbaren Spektrums. Allgemein lassen sich also mit Schichtdicken entsprechend
5 einer optischen Weglänge n_{RZ} um 125 nm besonders helle weiße Darstellungen erreichen.

Durch die Verwendung von zwei Reflexionsschichten 16 und 18 mit etwa 50 nm Dicke und einem Brechungsindex von 2,5, die von einer Abstandsschicht
10 17 mit Brechungsindex 1,5 und einer Dicke von 88 nm getrennt sind, lässt sich auch bei einem Aufbau gemäß Fig. 9 (Reflexionsschicht 19 mit Dreischichtaufbau) die Helligkeit noch einmal deutlich steigern.

Die teiltransparente Reflexionsschicht 6 sowie die hochbrechenden Schichten
15 16 und 18 können insbesondere durch hochbrechende Dielektrika, wie z.B. TiO_2 oder ZnS verwirklicht sein. Für die Abstandsschicht 17 mit geringerem Brechungsindex kann beispielsweise SiO_2 oder MgF_2 verwendet werden.

Für die optische Wirkung sind in erster Linie die Unterschiede im Brechungsindex und weniger die absoluten Werte von Bedeutung. Anstelle
20 hochbrechender Reflexionsschichten 6, 16, 18 in einem niedrigbrechenden Lack 5, 7 können im Prinzip auch niedrigbrechende Reflexionsschichten in hochbrechenden Lacken benutzt werden. So sind im Stand der Technik insbesondere Lacke mit einem Brechungsindex von 1,8 bekannt, die beispielsweise mit einer Reflexionsschicht aus MgF_2 beschichtet werden könnten. Die
25 Abstandsschicht könnte dann eine hochbrechende Schicht aus beispielsweise ZnS sein. Darüber hinaus können auch dielektrische Polymere als Reflexionsschicht(en) bzw. Abstandsschicht(en) eingesetzt werden.

Ferner können die Mikrospiegel 8 bereichsweise mit unterschiedlichen Reflexionsschichten beschichtet sein. Insbesondere können die Reflexionsschichten bereichsweise ausgespart sein und/oder in unterschiedlicher Schichtdicke vorliegen. Dadurch lassen sich insbesondere auch mehrfarbige Ansichten und/oder ein Wechsel zwischen Ansichten mit unterschiedlichen Farben realisieren. Eine Möglichkeit zur Realisierung bereichsweise unterschiedlicher Reflexionsschichten sind Waschverfahren, bei denen beispielsweise zunächst eine Waschfarbe auf die Prägelacke bzw. gegebenenfalls bereits vorhandene untere Reflexionsschichten gedruckt wird, dann die Reflexionsschicht vollflächig aufgedampft wird und anschließend die Waschfarbe wieder heruntergewaschen wird, wobei die Beschichtung auf den vorher mit der Waschfarbe bedeckten Bereichen ebenfalls mit abgetragen wird.

Das erfindungsgemäße optisch variable Element 1 kann eine Vielzahl verschiedener optischer Effekte zeigen. Die optischen Effekte können beispielsweise eine 3D-Wölbung, ein 3D-Stereogramm, (Multi-)Kippbilder und/oder kinematische Effekte enthalten.

In Fig. 15 ist eine Schnittdarstellung einer Ausführungsform des optisch variablen Elementes 1 gezeigt, bei dem das Element 1 drei Bereiche A, B und C aufweist. In jedem dieser Bereiche befinden sich Mikrospiegel 8, die einfallendes Licht L1 in jeweils vorgegebene Richtungen R_A , R_B und R_C reflektieren. Bei senkrecht einfallendem Licht L1 leuchten die Bereiche A, B und C jeweils aus der zugehörigen Betrachtungsrichtung R_A - R_C in der durch die Reflexionsschicht 6 gegebenen Farbe hell auf. Dadurch ist es z.B. möglich, dass man aus den verschiedenen Betrachtungsrichtungen R_A - R_C unterschiedliche Motive wahrnimmt. Die Bereiche A-C können ineinander verschachtelt sein.

- 24 -

Damit sich beliebige Motive so darstellen lassen, dass nicht aus bestimmten Richtungen in Aufsicht eine Negativdarstellung sichtbar wird, kann die Reflexionsschicht 6 beispielsweise bereichsweise ausgelassen werden. Alternativ zur Aussparung der Reflexionsschicht 6 kann in Bereichen, die aus keiner der möglichen Betrachtungsrichtungen R_A - R_C in Aufsicht hell aufleuchten
5 sollen, statt der Mikrospiegel 8 eine Antireflexstruktur (nicht gezeigt), insbesondere Sub-Wellenlängengitter oder Mottenaugenstrukturen, geprägt werden. Ein solches Verfahren ist besonders vorteilhaft, da keine zusätzlichen Arbeitsschritte zur Aussparung der Reflexionsschicht nötig sind und
10 Antireflexstrukturen mit hoher Auflösung registergenau im gleichen Arbeitsgang neben Mikrospiegeln 8 geprägt werden können.

Das erfindungsgemäße optisch variable Element kann insbesondere in einem transparenten Bereich eines Wergedokumentes, insbesondere einer Banknote,
15 eingesetzt werden. Alternativ kann es jedoch auch auf einem hellen oder dunklen Hintergrund platziert werden. Vor einem dunklen Hintergrund erscheinen die Darstellungen in Aufsicht besonders hell und kontrastreich. Da sich jedoch ein dunkler Hintergrund nicht in jedes Banknotendesign integrieren lässt, kann das optisch variable Element 1 so ausgebildet werden, dass
20 das Motiv in Aufsicht so hell wahrnehmbar ist, dass es auch vor einem weißen oder mit einem beliebigen Motiv bedruckten Hintergrund noch ausreichend auffällt.

Das erfindungsgemäße optisch variable Element 1 kann auch als Sicherheitsfaden ausgebildet sein. Ferner ist es möglich, das optisch variable Element 1
25 direkt auf dem Wergedokument auszubilden. So kann ein direkter Druck mit anschließender Prägung des optisch variablen Elements 1 auf ein Polymersubstrat durchgeführt werden, um beispielsweise bei Kunststoffbanknoten ein erfindungsgemäßes Sicherheitselement auszubilden. Das erfindungsge-

mäße optisch variable Element 1 kann in verschiedensten Substraten ausgebildet werden. Insbesondere kann es in oder auf einem Papiersubstrat, einem Papier mit Synthesefasern, d.h. Papier mit einem Anteil x polymeren Materials im Bereich von $0 < x < 100$ Gew.-%, einer Kunststofffolie, z. B. einer Folie aus Polyethylen (PE), Polyethylenterephthalat (PET), Polybutylenterephthalat (PBT), Polyethylennaphthalat (PEN), Polypropylen (PP) oder Polyamid (PA), oder einem mehrschichtigem Verbund, insbesondere einem Verbund mehrerer unterschiedlicher Folien (Kompositverbund) oder einem Papier-Folien-Verbund (Folie/Papier/Folie oder Papier/Folie/Papier), wobei das optisch variable Element in oder auf oder zwischen jeder der Schichten eines solchen mehrschichtigen Verbunds vorgesehen werden kann, ausgebildet werden.

Bezugszeichenliste

	1	optisch variables Element
	2	Fenster
5	3	Banknote
	4	Stern
	5	transparente Trägerschicht
	6	teiltransparente Reflexionsschicht
	7	transparente Einbettungsschicht
10	8	Mikrospiegel
	10-15	Kurve
	16	hochbrechende Schicht
	17	Abstandsschicht
	18	hochbrechende Schicht
15	19	Reflexionsschicht
	20-24	Kurve
	L1	einfallendes Licht
	R1, R2	reflektiertes Licht
	B1	Blickrichtung
20	P1	Doppelpfeil
	R	Reflexionsgrad
	T	Transmissionsgrad
	A, B, C	Bereich
	R _A , R _B , R _C	Richtung

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Optisch variables Element, insbesondere Sicherheitselement, mit
5 einer transparenten Trägerschicht,
einer zumindest teiltransparenten Reflexionsschicht, die auf der Träger-
schicht gebildet ist,
und einer transparenten Einbettungsschicht, die auf der Reflexionsschicht
gebildet ist,
10 wobei die Reflexionsschicht in einem Motivbereich derart strukturiert ist,
dass sie eine Vielzahl von teiltransparenten Mikrospiegeln bildet, die auf-
grund von gerichteter Reflexion von einfallendem Licht bei Aufsicht auf den
Motivbereich ein wahrnehmbares Motiv darbieten,
und wobei sich die Brechungsindizes der Trägerschicht und der Einbet-
15 tungsschicht im sichtbaren Spektrum um nicht mehr als 0,2 unterscheiden,
damit das in Aufsicht wahrnehmbare Motiv in Durchsicht des Motivberei-
ches nicht zu erkennen ist.
2. Element nach Anspruch 1, bei dem sich die Brechungsindizes der Trä-
20 gerschicht und der Einbettungsschicht im sichtbaren Spektrum um nicht
mehr als 0,1 und insbesondere um nicht mehr als 0,05 unterscheiden.
3. Element nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die der Reflexionsschicht
abgewandte Oberseite der Einbettungsschicht nicht dem Relief der Mikro-
25 spiegel folgt.
4. Element nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Reflexions-
schicht eine dielektrische Schicht ist, deren Brechungsindex sich in zumin-
dest einem Teil des sichtbaren Spektrums jeweils um mehr als 0,2 vom Bre-
30 chungsindex der Trägerschicht und vom Brechungsindex der Einbettungs-
schicht unterscheidet.

5. Element nach Anspruch 4, bei dem der Brechungsindex der Reflexionsschicht in zumindest einem Teil des sichtbaren Spektrums sich jeweils vom Brechungsindex der Trägerschicht und vom Brechungsindex der Einbettungsschicht um mehr als 0,3 und insbesondere um mehr als 0,5 unterscheidet.
6. Element nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Vielzahl von teiltransparenten Mikrospiegeln so ausgebildet ist, dass aufgrund von gerichteter Reflexion von einfallendem Licht bei Aufsicht auf den Motivbereich aus unterschiedlichen Blickrichtungen mindestens zwei verschiedene Motive dargeboten werden.
7. Element nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die minimalen lateralen Abmessungen der Mikrospiegel größer sind als 1 μm und bevorzugt im Bereich zwischen 3 μm und 300 μm liegen.
8. Element nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Dicke der Reflexionsschicht so gewählt ist, dass aufgrund von Interferenz des an den Grenzflächen der Reflexionsschicht reflektierten Lichtes das in Aufsicht wahrnehmbare Motiv farbig dargeboten ist.
9. Element nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Schichtdicke z der Reflexionsschicht für eine gewünschte Wellenlänge λ so gewählt ist, dass die folgende Gleichung $z = \frac{(m+1/2)}{2n_R} \lambda$ erfüllt ist, wobei m ein ganzzahliger Wert von 1 bis 4 und n_R der Brechungsindex der Reflexionsschicht ist.

10. Element nach Anspruch 9, bei dem die obige Gleichung für z für $m = 2$ erfüllt ist.
11. Element nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem die Reflexionsschicht in Reflexion eine Buntheit $C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ von mehr als 40, bevorzugt mehr als 50 und besonders bevorzugt von mehr als 60 aufweist.
12. Element nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem die Reflexionsschicht eine Schichtdicke entsprechend einer optischen Weglänge zwischen 285 nm und 1755 nm, bevorzugt zwischen 475 nm und 1365 nm und besonders bevorzugt zwischen 500 nm und 1100 nm aufweist.
13. Element nach einem der Ansprüche 8 bis 12, bei dem die Reflexionsschicht durch drei Schichten gebildet ist, wovon die beiden äußeren jeweils eine Schichtdicke entsprechend einer optischen Weglänge zwischen 285 nm und 1755 nm, bevorzugt zwischen 475 nm und 1365 nm und besonders bevorzugt zwischen 500 nm und 1100 nm aufweisen.
14. Element nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Reflexionsschicht durch eine oder mehrere hochbrechende dielektrische Schicht(en) mit einem Brechungsindex von $> 1,7$, bevorzugt $> 1,8$ und besonders bevorzugt > 2 gebildet ist.
15. Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Dicke der Reflexionsschicht so gewählt ist, dass aufgrund von Interferenzen des an den Grenzflächen der Reflexionsschicht reflektierten Lichtes das in Aufsicht wahrnehmbare Motiv weiß dargeboten wird.

16. Element nach Anspruch 15, bei dem die Dicke der Reflexionsschicht so gewählt ist, dass die entsprechende optische Weglänge zwischen 115 und 135 nm liegt.
- 5 17. Element nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Reflexionsschicht einen Dreischichtaufbau mit zwei Außenschichten und einer dazwischen angeordneten Abstandsschicht aufweist, wobei die Brechungsindizes der Außenschichten gleich sind.
- 10 18. Optisches Element nach Anspruch 17, bei dem die Brechungsindizes der Außenschichten größer sind als der Brechungsindex der Abstandsschicht.
- 15 19. Datenträger mit einem optisch variablen Element nach einem der obigen Ansprüche.

Fig. 1

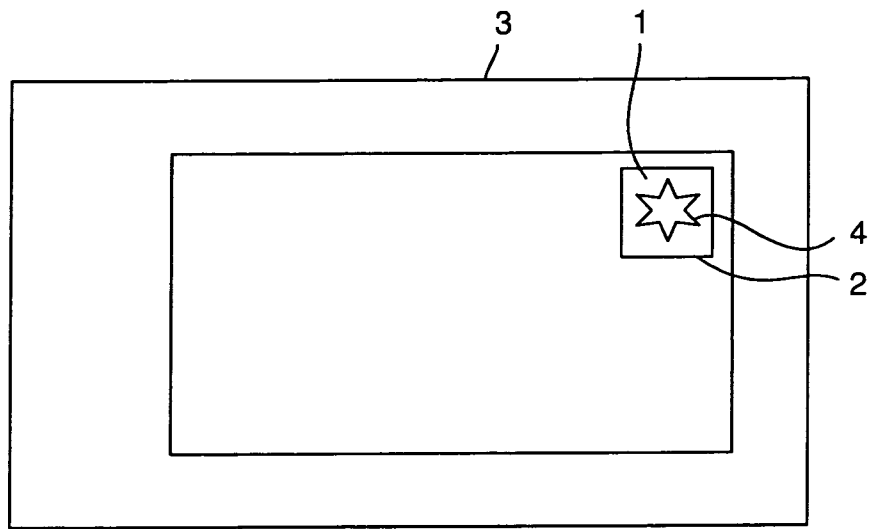


Fig. 2

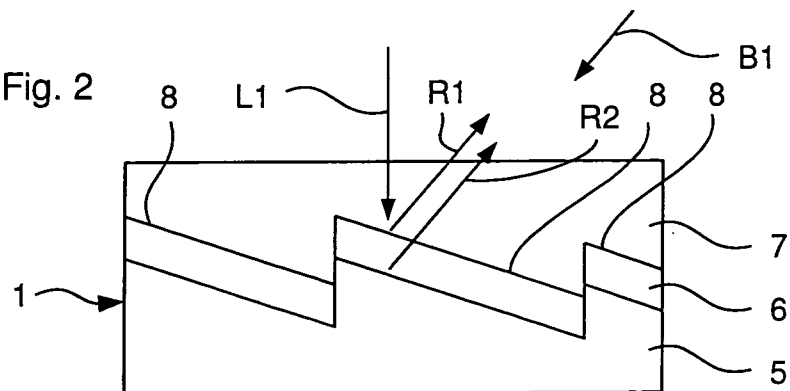


Fig. 3

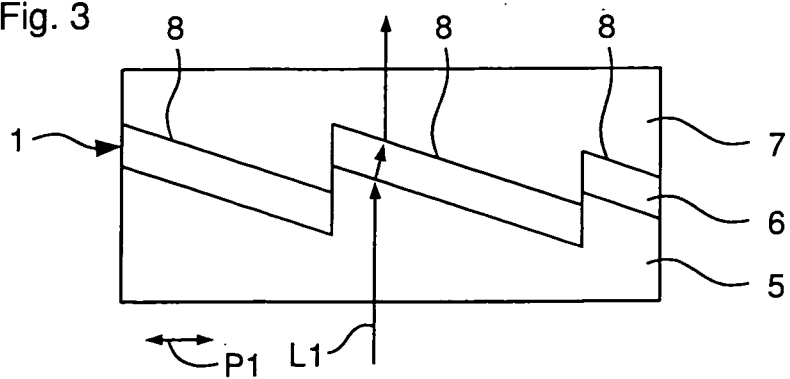


Fig. 4

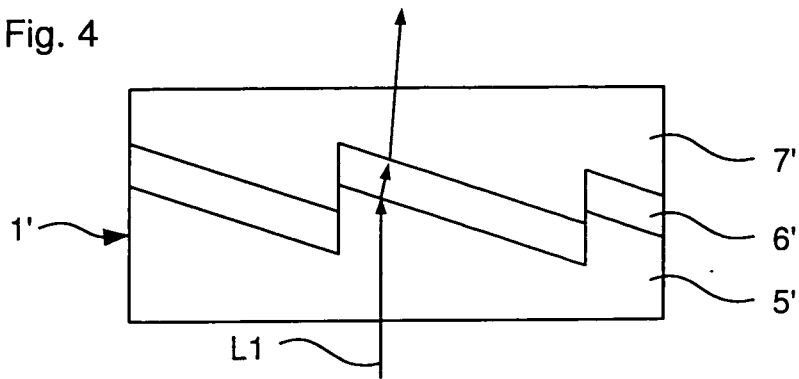


Fig. 5

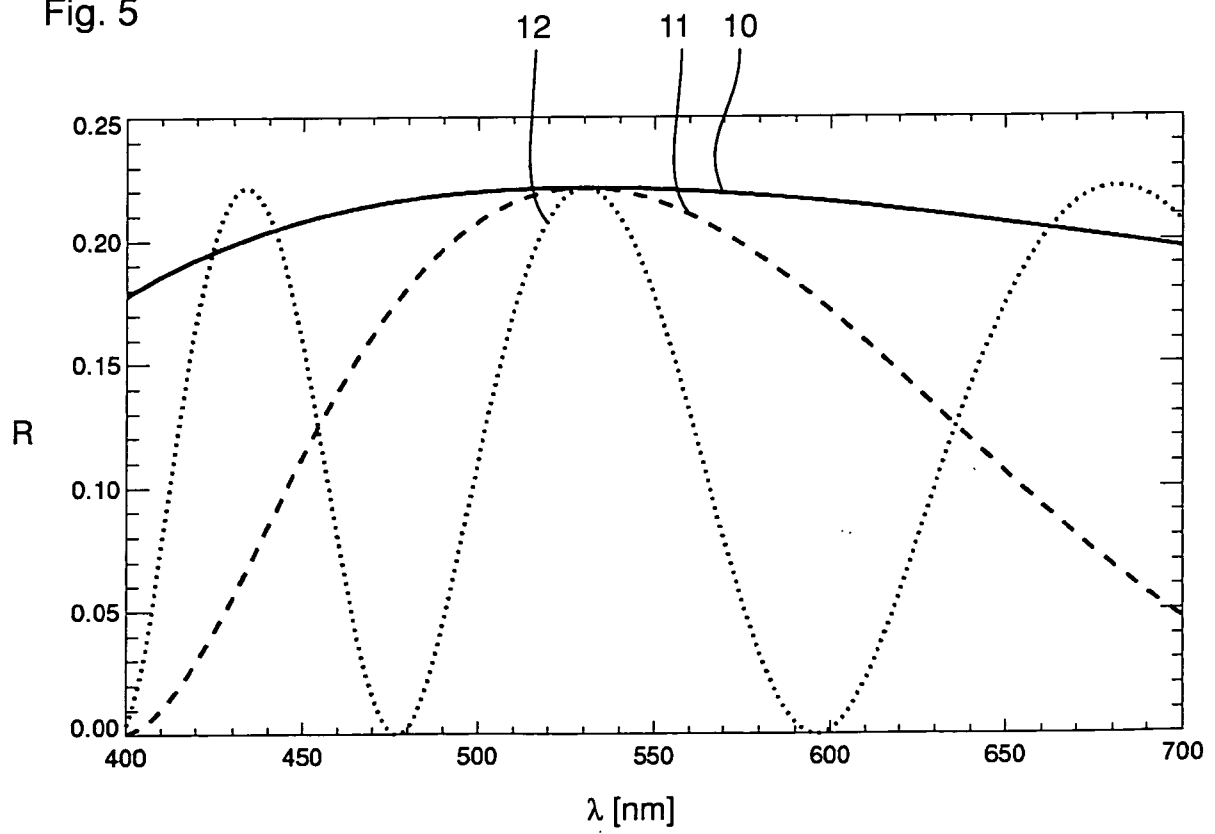


Fig. 6

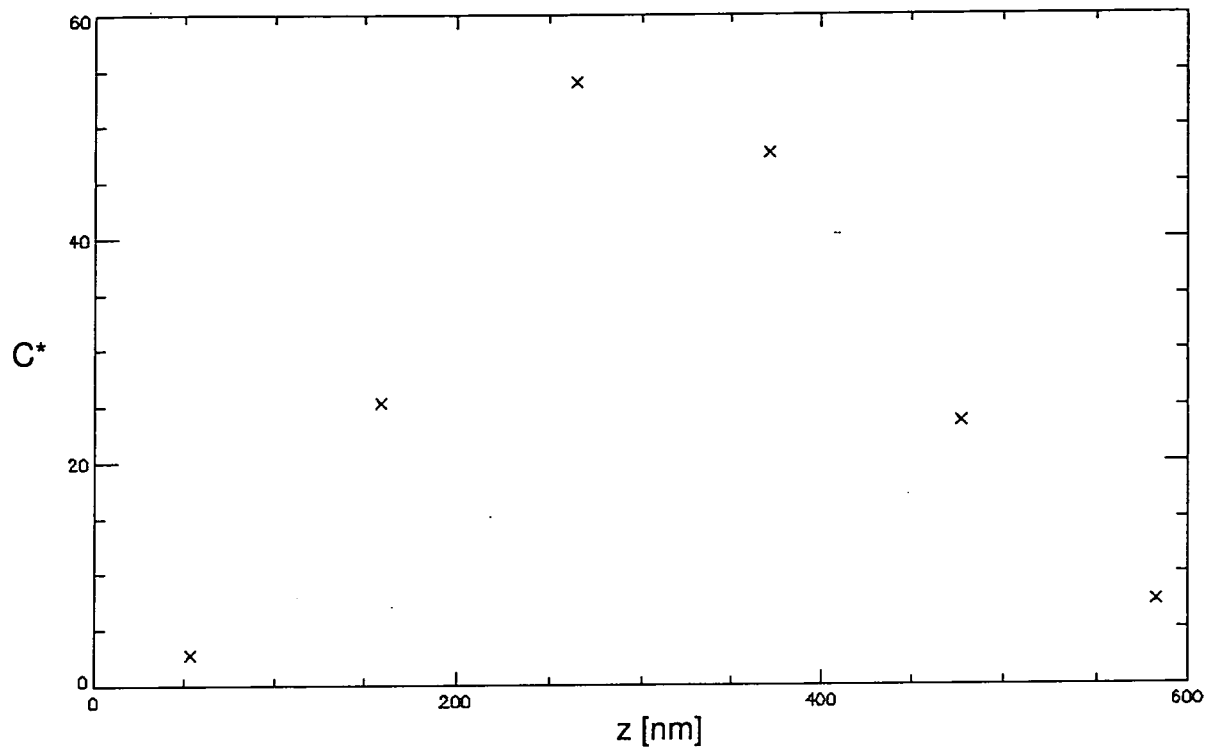
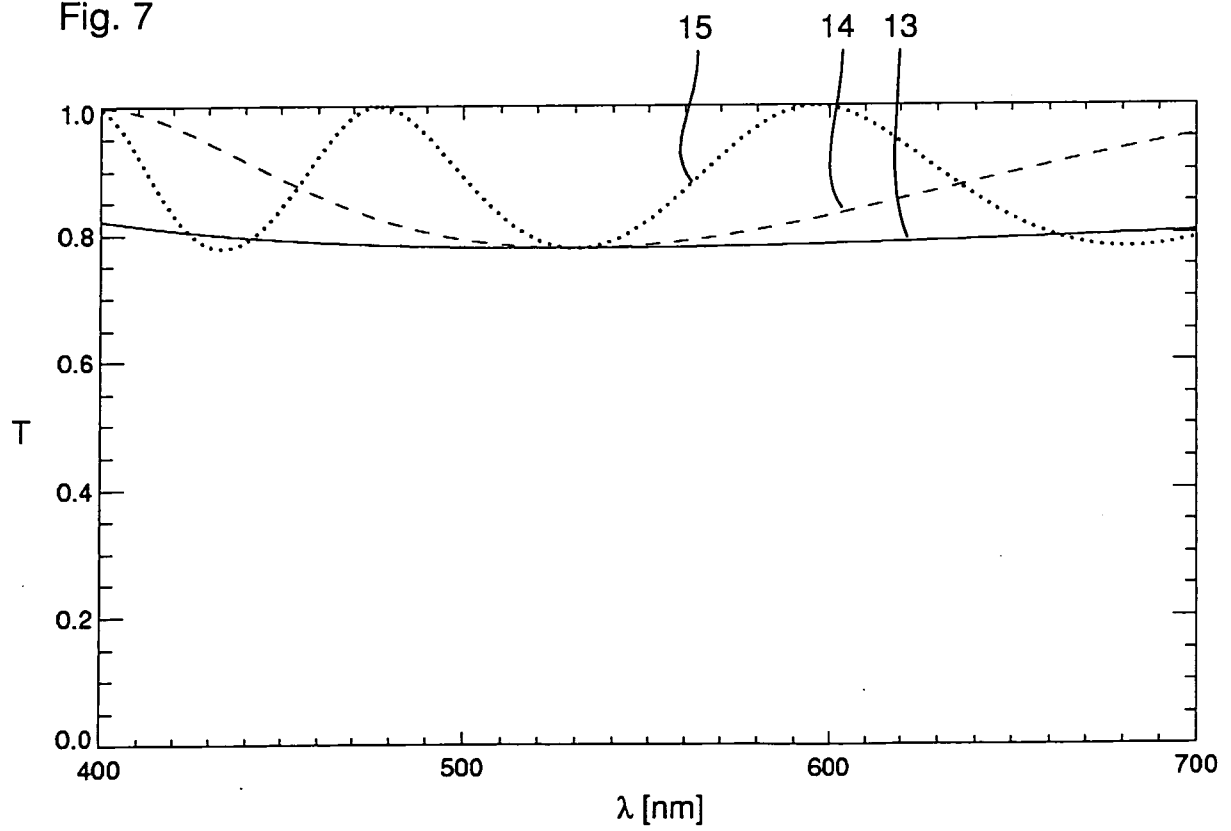


Fig. 7



4/7

Fig. 8

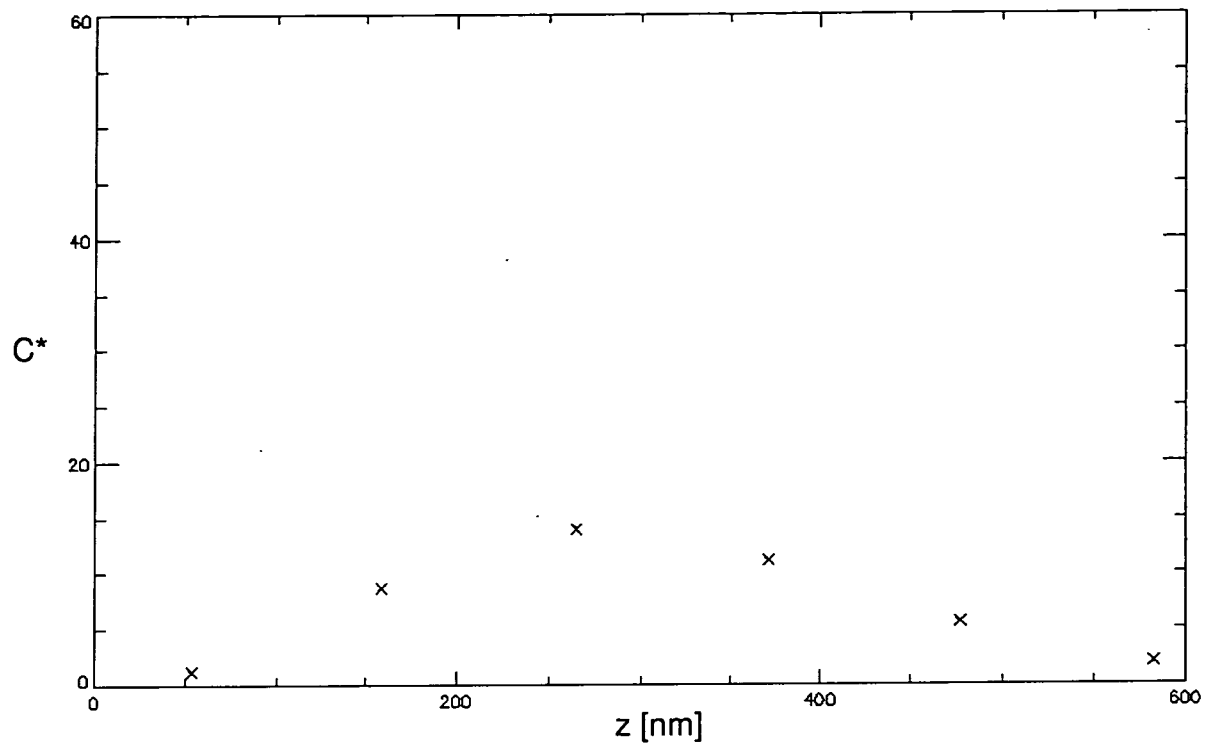
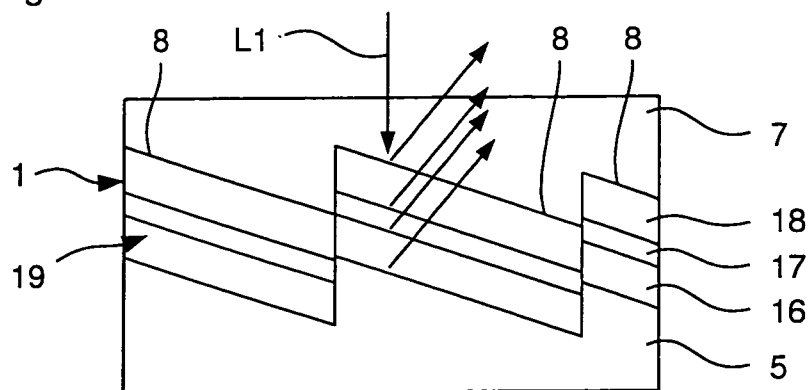


Fig. 9



5/7

Fig. 10

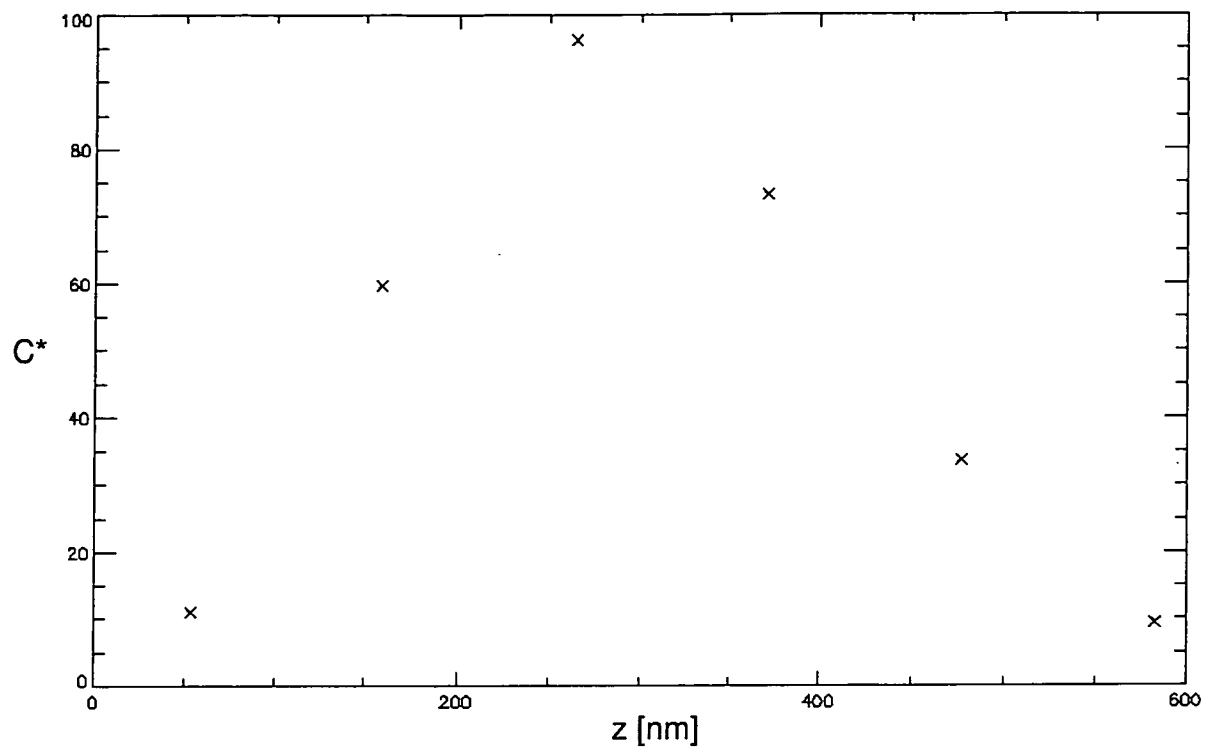


Fig. 11

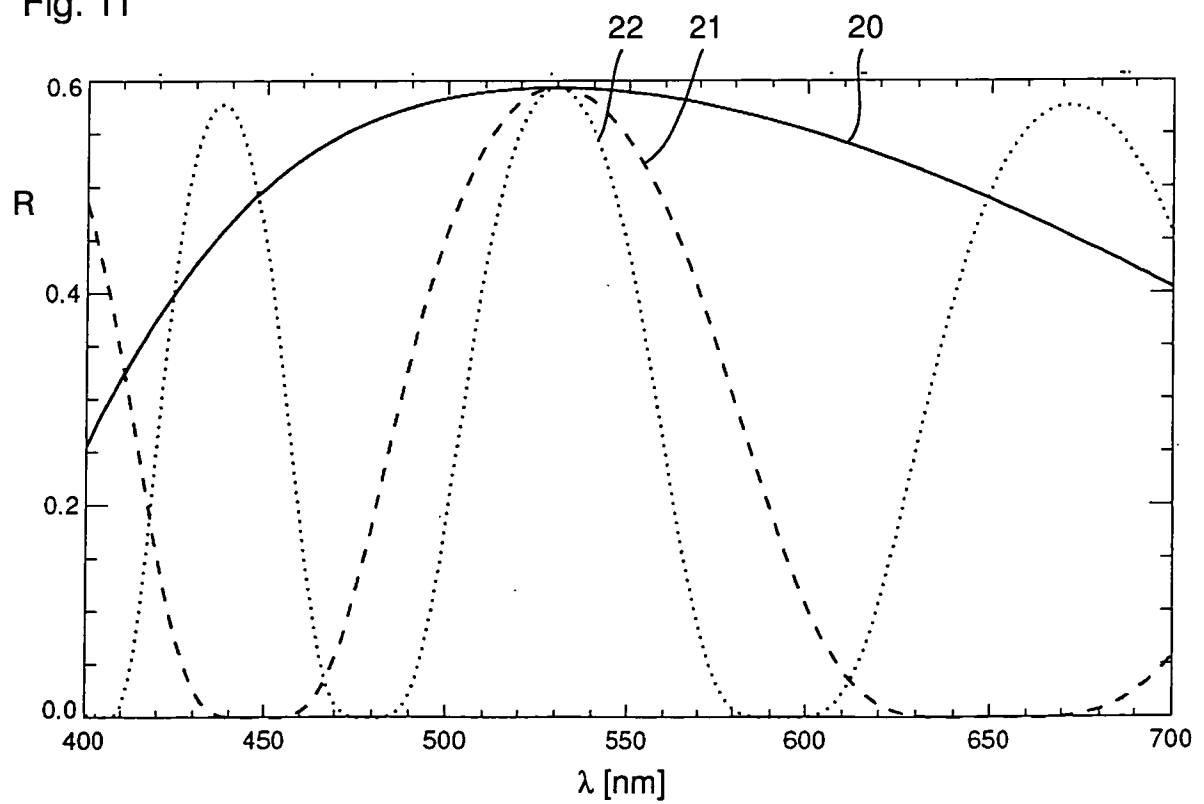


Fig. 12

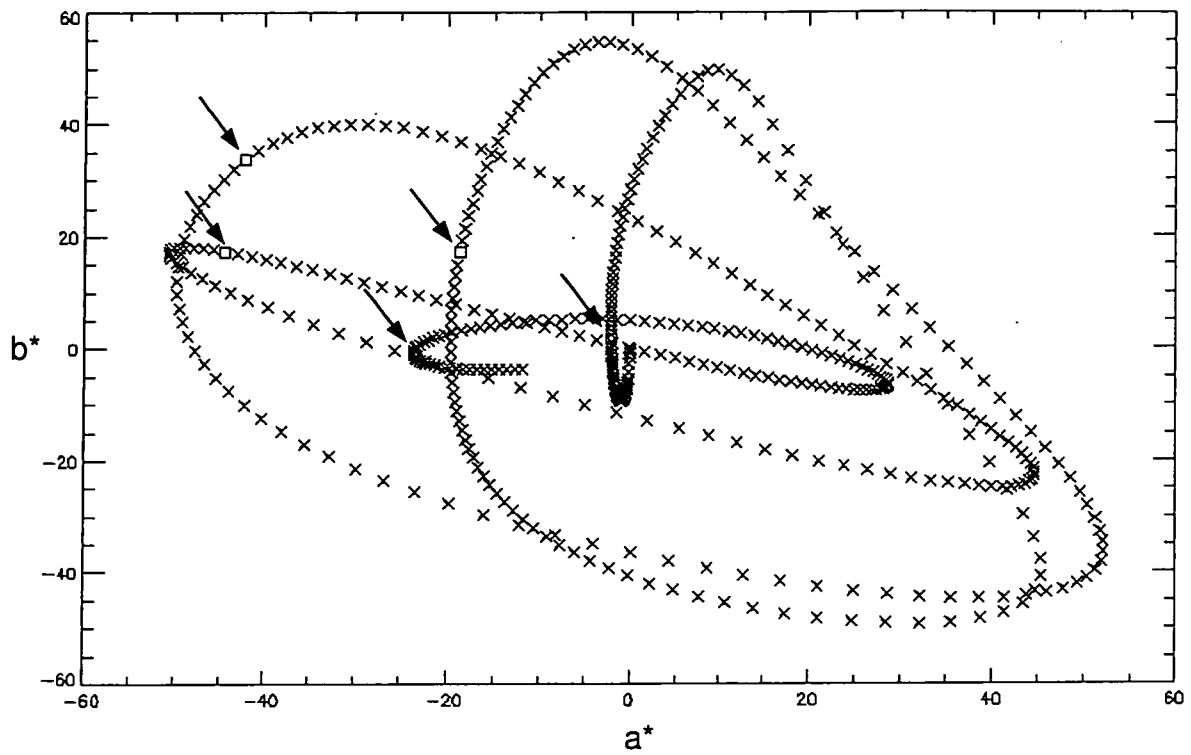


Fig. 13

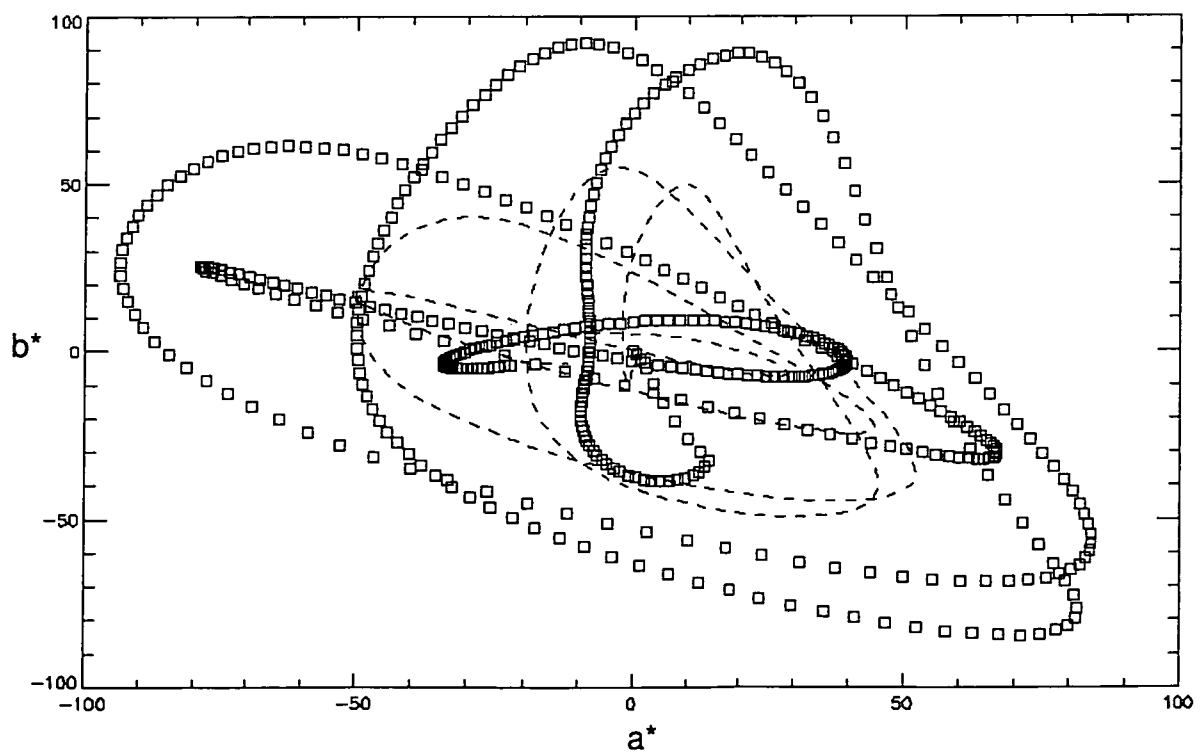


Fig. 14

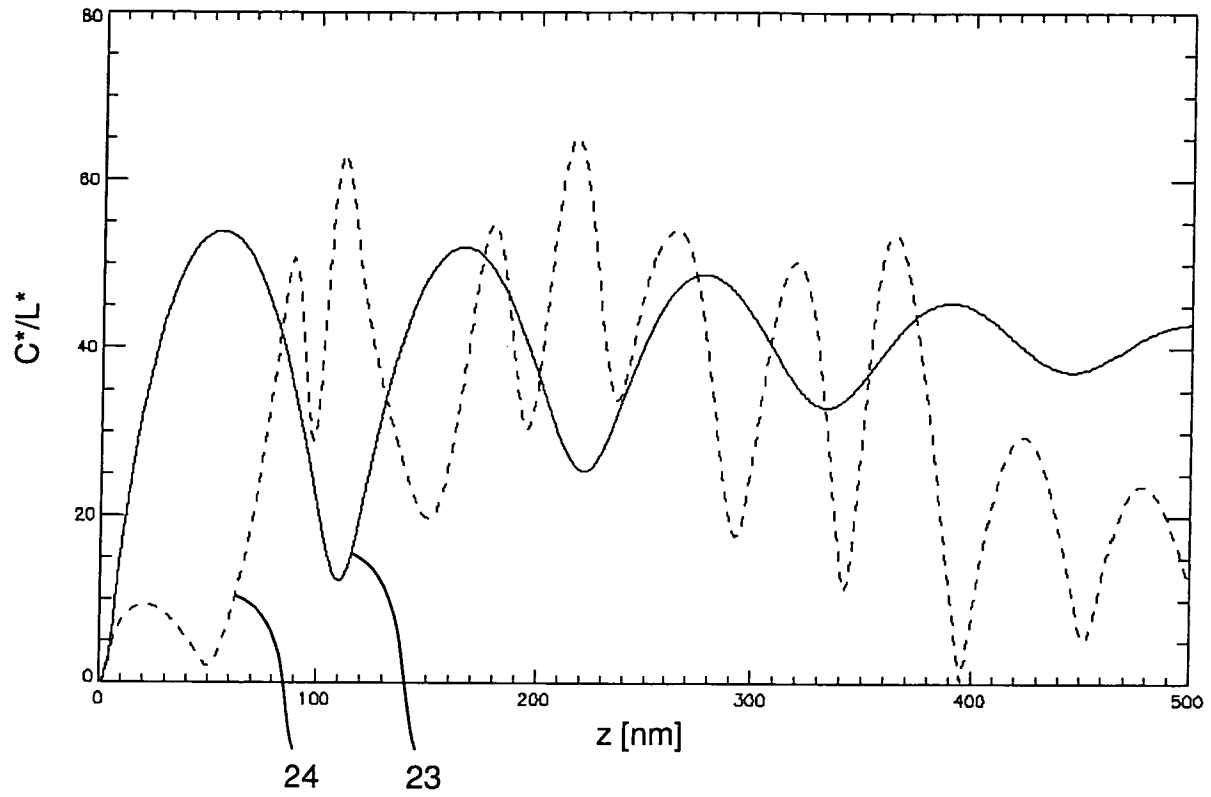
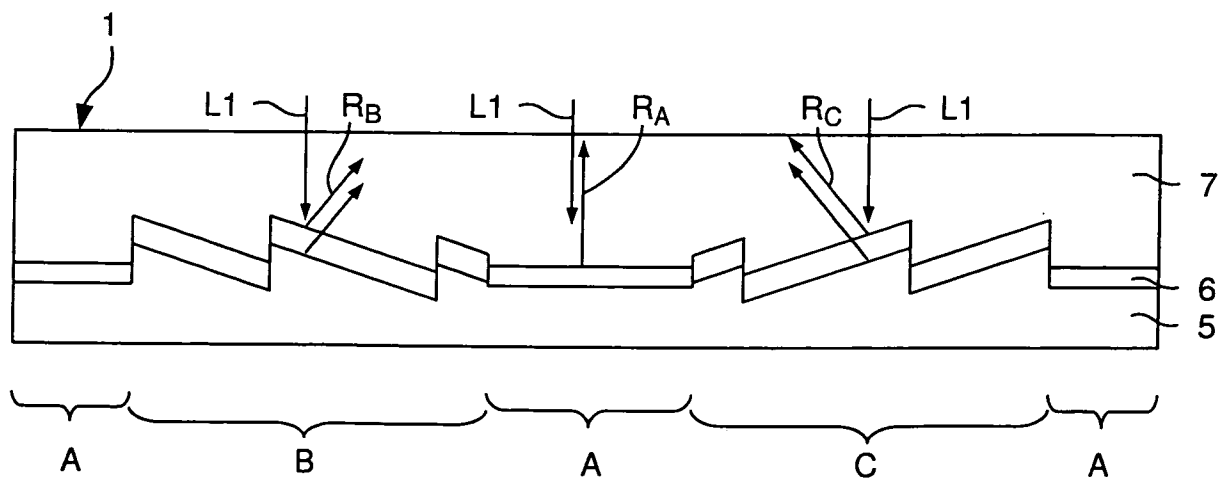


Fig. 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/003059

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B42D15/00 G02B5/18
ADD.

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 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 547 807 A2 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]) 29 June 2005 (2005-06-29)	1-5,7,8
A	paragraphs [0028] - [0035]; figure 2 -----	6,9-19
X	US 2007/291362 A1 (HILL DEAN R [US] ET AL) 20 December 2007 (2007-12-20)	1,6
	paragraphs [0053] - [0055]; figure 4B -----	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

22 October 2012

Date of mailing of the international search report

31/10/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Stemmer, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/003059

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 1547807	A2	29-06-2005	DE	10361130 A1		28-07-2005
			EP	1547807 A2		29-06-2005

US 2007291362	A1	20-12-2007	EP	2038707 A2		25-03-2009
			US	2007291362 A1		20-12-2007
			WO	2007149692 A2		27-12-2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B42D15/00 G02B5/18
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B42D G02B

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 547 807 A2 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]) 29. Juni 2005 (2005-06-29)	1-5,7,8
A	Absätze [0028] - [0035]; Abbildung 2 -----	6,9-19
X	US 2007/291362 A1 (HILL DEAN R [US] ET AL) 20. Dezember 2007 (2007-12-20) Absätze [0053] - [0055]; Abbildung 4B -----	1,6



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

22. Oktober 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/10/2012

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

Stemmer, Michael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/003059

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1547807 A2	29-06-2005	DE 10361130 A1	28-07-2005
		EP 1547807 A2	29-06-2005

US 2007291362 A1	20-12-2007	EP 2038707 A2	25-03-2009
		US 2007291362 A1	20-12-2007
		WO 2007149692 A2	27-12-2007
