(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
19. April 2012 (19.04.2012)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/048847 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B42D 15/00 (2006.01) *G02B 5/04* (2006.01)
G02B 27/22 (2006.01) *G02B 5/10* (2006.01)
G02B 3/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/005071

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Oktober 2011 (11.10.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 048 262.5
12. Oktober 2010 (12.10.2010) 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]; Bahnhofstraße 22, 83624 Otterfing (DE). **KAULE, Wittich** [DE/DE]; Lindacher Weg 13, 82275 Emmering (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **GIESECKE & DEVRIENT GMBH**; Patent- und Linzenzabteilung, 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, MD, 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:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: REPRESENTATION ELEMENT COMPRISING OPTICAL ELEMENTS ARRANGED ON A SUBSTRATE, FOR PRODUCING AN IMAGE COMPOSED OF LIGHT SPOTS AND SUSPENDED ABOVE OR BELOW THE SUBSTRATE

(54) **Bezeichnung** : DARSTELLUNGSELEMENT MIT AUF EINEM SUBSTRAT ANGEORDNETEN OPTISCHEN ELEMENTEN ZUR ERZEUGUNG EINES OBERHALB ODER UNTERHALB DES SUBSTRATS SCHWEBENDEN, AUS LICHTFLECKEN ZUSAMMENGESETZEN BILDES

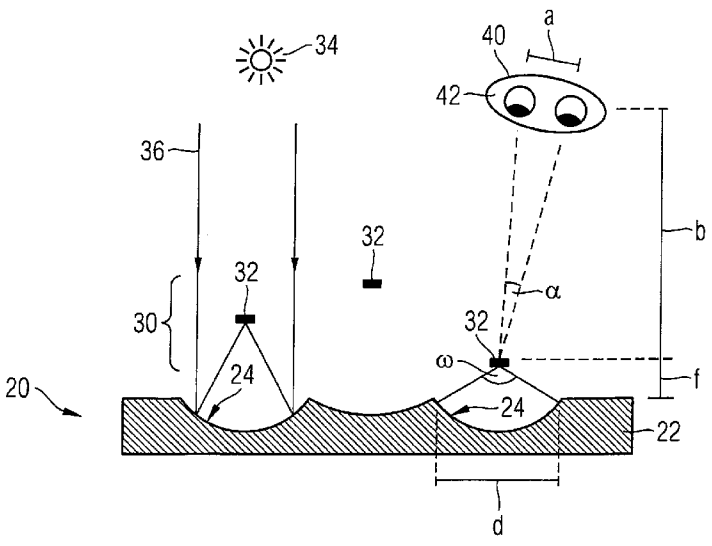


Fig. 2

(57) **Abstract**: The invention relates to a representation element (20) comprising a substrate (22) having a surface region containing a plurality of optical elements (24). According to the invention, the representation element (20) is designed to produce, when illuminated (34), a light spot image (30) consisting of a plurality of light spots (32) that appear to the observer (40) to be suspended above or below the surface region, and are arranged in the form of a pre-determined pattern. Said optical elements are formed by refractive and/or reflective optical elements (24) and at least one refractive and/or reflective optical element is associated with each light spot (32) of the light spot image, contributing to the production of the light spot (32) associated therewith when the representation element (20) is illuminated (34).

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/048847 A1

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

— *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)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Die Erfindung betrifft ein Darstellungselement (20) mit einem Substrat (22) mit einem Flächenbereich, in dem eine Mehrzahl optischer Elemente (24) angeordnet ist. Erfindungsgemäß ist das Darstellungselement (20) ausgelegt und bestimmt, bei Beleuchtung (34) ein Lichtfleckenbild (30) aus einer Mehrzahl von Lichtflecken (32) zu erzeugen, die für einen Betrachter (40) oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs schwebend erscheinen und die in Form eines vorbestimmten Motivs angeordnet sind, wobei die optischen Elemente durch refraktive und/oder reflektive optische Elemente (24) gebildet sind und jedem Lichtfleck (32) des Lichtfleckenbilds zumindest ein refraktives und/oder reflektives optisches Element (24) zugeordnet ist, welches bei Beleuchtung (34) des Darstellungselements (20) zur Erzeugung des ihm zugeordneten Lichtflecks (32) beiträgt.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

DARSTELLUNGSELEMENT MIT AUF EINEM SUBSTRAT ANGEORDNETEN OPTISCHEN ELEMENTEN ZUR ERZEUGUNG EINES OBERHALB ODER UNTERHALB DES SUBSTRATS SCHWEBENDEN, AUS LICHTFLECKEN ZUSAMMENGESETZEN BILDES

Die Erfindung betrifft ein Darstellungselement mit einem Substrat mit einem Flächenbereich, in dem eine Mehrzahl optischer Elemente angeordnet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Darstellungselements und einen Datenträger mit einem solchen Darstellungselement.

Datenträger, wie Wert- oder Ausweisdokumente, aber auch andere Wertgegenstände, wie etwa Markenartikel, werden zur Absicherung oft mit Sicherheitselementen versehen, die eine Überprüfung der Echtheit des Datenträgers gestatten und die zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dienen.

Besondere Beachtung erfahren dabei gegenwärtig Sicherheitselemente mit dreidimensional wirkenden Bildern, da diese einerseits auch für den Laien leicht erkenn- und prüfbar sind und sie andererseits mit gängigen Kopierverfahren nicht originalgetreu reproduziert werden können.

Dabei sind mehrere Techniken bekannt, mit denen bei beidäugiger Betrachtung flacher Bilder ein dreidimensionaler Bildeindruck erzeugt werden kann. Bei Anaglyphenbildern sind etwa zwei stereoskopische Halbbilder einander überlagert. Bei Betrachtung mit einem Hilfsmittel, wie einer Rot-Grün-Brille oder einer Polarisationsbrille werden die beiden Halbbilder für die beiden Augen getrennt.

Eine andere Technik verwendet Linsen- oder Spiegelrasterbilder, die aus einem Mehrschichtaufbau mit Motivschicht und von der Motivschicht beabstandeter Linsen- bzw. Spiegelschicht bestehen. Ein Beispiel dieser Technik

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

sind die 3D-Moiré-Magnifier, wie sie in der Druckschrift WO 2009/000530 A2 beschrieben sind.

Ein weiterer Ansatz, wie er etwa in der Druckschrift WO 90/08338 A1 beschrieben ist, besteht darin, das Motiv als flaches Relief ausbilden, wobei sich die Oberfläche des Motivs nachgeahmt und/oder gestückelt in der Oberfläche des Bildes wiederfindet.

Schließlich werden für Sicherheitselemente seit längerem Hologramme, holographische Stereogramme und hologrammartige Gitterbilder eingesetzt, um einen dreidimensionalen Bildeindruck zu erzeugen. Bei dieser Technik spielt Lichtbeugung und Interferenz an den holographischen Strukturen und Beugungsgittern eine entscheidende Rolle.

Davon ausgehend davon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Darstellungselement der eingangs genannten Art zu schaffen, das ein attraktives visuelles Erscheinungsbild aufweist. Für Sicherheitsanwendungen soll das Darstellungselement zudem eine hohe Fälschungssicherheit aufweisen und darüber hinaus auch für Laien einfach auf Echtheit zu prüfen sein.

Diese Aufgabe wird durch das Darstellungselement mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Darstellungselements, ein mit einem solchen Darstellungselement ausgestatteter Datenträger und eine mit einem solchen Darstellungselement ausgestattete Anzeigeeinrichtung sind in den nebengeordneten Ansprüchen angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Gemäß der Erfindung enthält ein gattungemäßes Darstellungselement ein Substrat mit einem Flächenbereich, in dem eine Mehrzahl optischer Elemen-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

te angeordnet ist. Das Darstellungselement ist dabei ausgelegt und bestimmt, bei Beleuchtung ein Lichtfleckenbild aus einer Mehrzahl von Lichtflecken zu erzeugen, die für einen Betrachter oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs schwebend erscheinen und die in Form eines vorbestimmten Motivs angeordnet sind. Dazu sind die genannten optischen Elemente durch refraktive und/oder reflektive optische Elemente gebildet, wobei jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds zumindest ein refraktives und/oder reflektives optisches Element zugeordnet ist, welches bei Beleuchtung des Darstellungselements zur Erzeugung des ihm zugeordneten Lichtflecks beiträgt.

Die Erfindung beruht somit auf dem Gedanken, ein dreidimensionales Motiv vorzugeben, das aus über oder unter dem Darstellungselement schwebenden Lichtflecken besteht. Um die Lichtflecke bei Beleuchtung zu erzeugen, weist das Darstellungselement nebeneinander liegende oder verschachtelte Teile von Spiegeln, Linsen oder Prismen auf, die so ausgelegt sind, dass sie in einem Bildraum bei geeigneter Beleuchtung schwebende Lichtreflexe erzeugen, die zusammengenommen das vorgegebene dreidimensionale Motiv darstellen. Die schwebenden Lichtreflexe sind im physikalischen Sinne reelle Bilder oder virtuelle Bilder der beleuchtenden Lichtquellen, wie nachfolgend genauer erläutert. Der visuelle Eindruck ist dabei besonders gut, wenn das Darstellungselement mit parallelem Licht, beispielsweise einer weit entfernten Lichtquelle, beleuchtet wird.

Das durch die Beleuchtung entstehende dreidimensionale Lichtfleckenbild bietet dem Betrachter einen ungewöhnlichen und visuell ansprechenden dreidimensionalen Bildeindruck, der dem Darstellungselement einen hohen Aufmerksamkeits- und Wiedererkennungswert verleiht. Das Vorliegen oder Nichtvorliegen des Effekts ist für jeden Benutzer leicht festzustellen, das

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Darstellungselement also einfach verifizierbar. Dennoch ist die Spiegel- bzw. Linsenanordnung aufgrund des erforderlichen Know-how und der benötigen Technologie für einen potentiellen Fälscher nur schwer nachzustellen.

Nachfolgend werden die refraktiven und/oder reflektiven optischen Elemente der kürzeren Benennung halber meist nur als "optische Elemente" bezeichnet. Es versteht sich jedoch, dass damit im Rahmen der Erfindung stets refraktive und/oder reflektive optische Elemente gemeint sind. Die optischen Elemente können entweder rein refraktiv sein, wie etwa eine Linse oder ein Mikroprisma, rein reflektiv, wie etwa ein Spiegel oder ein Mikrospiegel, oder sowohl refraktiv als auch reflektiv, wie etwa eine mit einer semitransparenten Beschichtung versehene Linse oder ein mit einer semitransparenten Beschichtung versehenes Mikroprisma. In jedem Fall spielen Beugungs- und Interferenzeffekte bei den erfindungsgemäßen refraktiven und/oder reflektiven optischen Elementen keine Rolle und können stets vernachlässigt werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung sind die optischen Elemente und die Schwebehöhen der Lichtflecke so ausgelegt, dass für die Lichtflecke und die zugeordneten optischen Elemente jeweils die Bedingung $f/d < 5$ gilt, wobei f die Schwebehöhe eines Lichtflecks oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs bezeichnet und d den Durchmesser der zu diesem Lichtfleck beitragenden optischen Elemente angibt. Dadurch ist sichergestellt, dass die Lichtflecke bei normalem Betrachtungsabstand von etwa 30 cm für beide Augen des Betrachters innerhalb der Öffnung des zugehörigen optischen Elements liegen.

Gemäß einer vorteilhaften Erfindungsvariante schweben die Lichtflecken des Lichtfleckenbilds in mehreren verschiedenen Schwebehöhen oberhalb

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

oder unterhalb des Flächenbereichs, um ein dreidimensionales Motiv zu bilden. Nach einer alternativen, ebenfalls vorteilhaften Erfindungsvariante schweben die Lichtflecken des Lichtfleckenbilds bereichsweise alle in derselben Schwebehöhe oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs, um ein Kulissenmotiv zu bilden. Mit Vorteil kann in dem Lichtfleckenbild auch ein dreidimensionales Motiv mit einem zweidimensionalen Motiv kombiniert sein, da dann auch bei schlechten Lichtverhältnissen noch ein Lichtfleckenbild erkennbar und damit eine Echtheitsprüfung möglich ist.

Die optischen Elemente umfassen zweckmäßig gewölbte Spiegel, insbesondere Hohlspiegel (konkav gewölbte Spiegel) oder Wölbspiegel (konvex gewölbte Spiegel). Die gewölbten Spiegel können sphärisch, elliptisch, rotationssymmetrisch asphärisch, nichtrotationssymmetrisch asphärisch oder rinnenförmig ausgebildet sein, wobei im letzteren Fall die Rinnen geradlinig oder krummlinig verlaufen können. Elliptische Spiegel weisen in x- und y-Richtung eine unterschiedliche Spiegelkrümmung auf, bei asphärischen Spiegeln weicht die Spiegelfläche von einer Kugelform ab. Asphärische Spiegel können rotationssymmetrisch oder im allgemeinsten Fall auch nichtrotationssymmetrisch sein. Gradlinige rinnenförmige Spiegel können als Sonderfall elliptischer Spiegel angesehen werden, bei denen der Krümmungsradius in einer Raumrichtung unendlich groß ist. Um eine geringe Strukturhöhe zu verwirklichen, können die gewölbten Spiegel auch zumindest teilweise durch Fresnelspiegel gebildet sein.

Alternativ oder zusätzlich können die optischen Elemente auch Linsen umfassen, insbesondere sphärische, elliptische, rotationssymmetrisch asphärische, nichtrotationssymmetrisch asphärische oder zylindrische Linsen. Elliptische Linsen weisen in x- und y-Richtung eine unterschiedliche Krümmung auf, bei asphärischen Linsen weicht die lichtbrechende Linsenfläche von ei-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

ner Kugelform ab. Asphärische Linsen können rotationssymmetrisch oder im allgemeinsten Fall auch nichtrotationssymmetrisch sein. Zylindrische Linsen können als Sonderfall elliptischer Linsen angesehen werden, bei denen der Krümmungsradius in einer Raumrichtung unendlich groß ist. Auch die Linsen können zumindest teilweise durch Fresnellinsen gebildet sein, um zu einer geringeren Strukturhöhe zu gelangen.

In einer vorteilhaften Erfindungsvariante ist jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds genau ein optisches Element zugeordnet.

Nach einer alternativen, ebenfalls vorteilhaften Erfindungsvariante ist jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds nicht nur ein optisches Element, sondern eine Mehrzahl von optischen Elementen zuordnet. Zuordnung bedeutet dabei, dass das optische Element bei Beleuchtung durch Spiegelung (Reflexion) und/oder Lichtbrechung (Refraktion) zur Erzeugung dieses Lichtflecks beiträgt. Die optischen Elemente sind bevorzugt beabstandet auf dem Flächenbereich verteilt. Durch die entstehenden Zwischenräume zwischen den einzelnen optischen Elementen können dann mehrere Gruppen von optischen Elementen, die jeweils verschiedenen Lichtflecken zugeordnet sind, im selben Flächenbereich ineinander verschachtelt angeordnet sein. Auf diese Weise kann eine besonders hohe räumliche Auflösung im Lichtfleckenbild erreicht werden, wie weiter unten genauer erläutert.

Als weiterer Vorteil der Zuordnung einer Mehrzahl von optischen Elementen zu einem Lichtfleck hat sich herausgestellt, dass aufgrund der dann möglichen geringeren Abmessungen der einzelnen optischen Elemente Elemente mit ebenen Begrenzungsflächen eingesetzt werden können, die einfacher zu berechnen und herzustellen sind als ein einziges gekrümmtes, optisches Element gleicher optischer Wirkung.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Um ein Lichtfleckenbild zu erzeugen, in dem die Lichtflecken unterschiedliche Helligkeiten aufweisen, ist vorteilhaft jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds eine solche Anzahl von optischen Elementen zugeordnet, die der Helligkeit des Lichtflecks innerhalb des von den Lichtflecken gebildeten Motivs entspricht. Sind die optischen Elemente unterschiedlich groß, kann auch jedem Lichtfleck eine solche Gesamtfläche von optischen Elementen zugeordnet werden, die der Helligkeit des Lichtflecks innerhalb des von den Lichtflecken gebildeten Motivs entspricht.

Besonders bevorzugt sind die optischen Elemente durch ebene Mikrospiegel oder durch kleine Mikroprismen gebildet.

Das vorbestimmte Motiv kann auch ein Wechselbild sein, das aus unterschiedlichen Betrachtungsrichtungen unterschiedliche Bilder zeigt. Ein konkretes Beispiel für die Erzeugung eines solchen Wechselbilds ist weiter unten beschrieben. Es versteht sich, dass der Begriff "Wechselbilder" auch solche Bilder umfasst, bei denen nur Bildteile dem Wechsel unterworfen sind.

Bei Wechselbildern ändern sich Bilder oder Bildpartien bei Änderung der Betrachtungsrichtung, insbesondere beim Kippen des Bildes; weswegen solche Bilder auch Kippbilder genannt werden. Der Wechsel kann beim waagrechten oder senkrechten Kippen erfolgen, oder beim Kippen in einer Richtung, die zwischen waagrecht und senkrecht liegt.

Wenn der Wechsel beim Bildinhalt abrupt erfolgt, spricht man von Flipbildern. Erfolgt der Wechsel über Zwischenstufen spricht man von Morphing-Bildern.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Weiterhin können auch 2D-3D-Bilder als Lichtfleckenbild ausgebildet werden. Dabei hat man neben 3-dimensional wirkenden Partien (die vor oder hinter der Ebene des Darstellungselements zu sehen sind oder die Ebene des Darstellungselements zu durchdringen scheinen) auch 2-dimensional wirkende Partien in oder nahe der Ebene des Darstellungselements (in der Höhenstufe 0 oder nahe der Höhenstufe 0)

Bei einem 2D-3D-Bild können 2D-und 3D-Partien nebeneinander liegen und/oder bei Änderung der Betrachtungsrichtung wechselweise am gleichen Ort erscheinen. Bei einem solchen 2D-3D-Wechselbild kann z.B. ein zweidimensionaler Bildinhalt (z.B. eine Schrift oder ein Logo) richtungsabhängig in ein 3D-Bild ein- und ausgeblendet werden.

In einer vorteilhaften Erfindungsvariante ist das von der Darstellungsanordnung erzeugte vorbestimmte Motiv ein durch die Lichtflecken gebildeter vollplastischer Körper.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann der Flächenbereich, in dem die Mehrzahl optischer Elemente angeordnet ist, auch gekrümmt sein, beispielsweise zylindrisch oder sphärisch gekrümmt.

Bei einer weiteren Erfindungsvariante erzeugt eine Teilmenge der optischen Elemente eine versteckte Bildinformation, die ohne Hilfsmittel nicht erkennbar ist. Die versteckte Bildinformation steht dabei im Gegensatz zu der durch das oben beschriebene Lichtfleckenbild gebildeten offenen Bildinformation, die bei normaler Beleuchtung ohne weitere Hilfsmittel mit bloßem Auge erkennbar ist. Die versteckte Bildinformation ist dagegen bei normaler Beleuchtung nicht ohne weiteres mit bloßem Auge erkennbar, sondern wird

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

beispielsweise nur bei gerichteter Beleuchtung mit Laserlicht sichtbar oder benötigt einen besonderen Auffangschirm.

In einer vorteilhaften Variante der Erfindung umfassen die optischen Elemente eine periodische Anordnung von Mikrospiegeln, die jeweils einen Abstand zum nächsten Nachbarn von 2 mm oder weniger, insbesondere von 1 mm oder weniger aufweisen. Ein Betrachter erkennt dann nicht mehr die Spiegelbilder der Spiegel, sondern sieht pro Spiegel nur einen Lichtpunkt, dessen Form von der Ausleuchtung der Umgebung abhängt. Kippt der Betrachter das Darstellungselement, so wandern die Lichtpunkte der Spiegel etwas zur Seite, und zwar je nach Auslegung der Spiegel als Hohl- oder Wölbspiegel so, als ob die Lichtpunkte vor oder vorzugsweise hinter der Ebene des Darstellungselements liegen würden. Durch die periodische Anordnung der Mikrospiegel sieht der Betrachter somit ein regelmäßiges Gitter von Lichtpunkten, die sich beim Kippen des Darstellungselements vorzugsweise so zu bewegen scheinen, als würden sie sich in einer weiter hinten liegenden Ebene befinden. Das Lichtpunkt-Gitter kann daher den Hintergrund für ein weiteres Motiv bilden, beispielsweise für den in der ebenfalls anhängigen deutschen Patentanmeldung DE 10 2009 056 934.0 beschriebenen Wölbeffekt, oder für eine Sägezahndarstellung mit kinematischen Effekt, wie etwa die Hologrammstrukturen der Druckschrift EP 0 868 313 B1 (dortiger Absatz [0034] bzw. Fig. 8 mit reflektierenden Sägezahnstrukturen).

Um die optischen Elemente einerseits vor Verschmutzung und Abrieb zu schützen und um anderseits eine unbefugte Nachstellung durch Abprägen der Oberflächenstruktur wirksam zu verhindern, werden die optischen Elemente vorteilhaft in eine Umgebungsschicht oder einen Umgebungsschichtverbund, insbesondere in eine Schutzschicht eingebettet. Eine solche Einbettung verändert in der Regel die Schwebehöhe der Lichtflecken, da ein Bre-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

chungsindexunterschied zwischen Einbettungsmaterial und Luft bzw. Einbettungsmaterial und Linsenmaterial den optischen Strahlengang verändert. Eine solche Änderung des optischen Strahlengangs kann jedoch ohne weiteres bei der Auslegung der optischen Elemente entsprechend berücksichtigt werden, so dass nach der Einbettung die gewünschten Schwebehöhen verwirklicht werden.

In einer vorteilhaften Gestaltung sind die optischen Elemente als Prägestrukturen in einer Prägelackschicht ausgebildet. Ist das Darstellungselement zumindest teilweise reflektierend ausgebildet, so sind die Prägestrukturen vorzugsweise mit einer reflexionserhöhenden Beschichtung versehen. Als reflexionserhöhende Beschichtung kommt insbesondere eine vollflächige oder gerasterte Metallisierung, eine hochbrechende Beschichtung, ein Dünnschichtelement mit Farbkippeffekt oder eine cholesterische Flüssigkristallschicht in Betracht.

Die Strukturhöhen der Prägestrukturen liegen vorzugsweise unterhalb von 100 µm, bevorzugt unterhalb von 20 µm, besonders bevorzugt unterhalb von 5 µm.

Die erfindungsgemäßen Darstellungselemente können mit anderen Sicherheitsmerkmalen kombiniert werden, beispielsweise mit diffraktiven Strukturen, mit Hologrammstrukturen in allen Ausführungsvarianten, metallisiert oder nicht metallisiert, mit Subwellenlängenstrukturen, metallisiert oder nicht metallisiert, mit Subwellenlängengittern, mit Schichtsystemen, die beim Kippen einen Farbwechsel zeigen, semitransparent oder opak, mit diffraktiven optischen Elementen, mit refraktiven optischen Elementen, wie etwa Prismenstrahlformern, mit speziellen Lochformen, mit Sicherheitsmerkmalen mit gezielt eingestellter elektrischer Leitfähigkeit, mit eingearbei-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

teten Stoffen mit magnetischer Codierung, mit Stoffen mit phosphoreszierender, fluoreszierender oder lumineszierender Wirkung, mit Sicherheitsmerkmalen auf Grundlage von Flüssigkristallen, mit Mattstrukturen, mit zusätzlichen Mikrospiegelelementen, mit Elementen mit Jalousie-Effekt oder mit Sägezahnstrukturen. Weitere Sicherheitsmerkmale, mit denen die erfindungsgemäßen Darstellungselemente kombiniert werden können, sind in der Druckschrift WO 2005/052650 A2 auf Seiten 71 bis 73 angegeben; diese werden insoweit in die vorliegende Beschreibung aufgenommen.

Die Erfindung enthält auch ein Verfahren zum Herstellen eines refraktiven Darstellungselements der beschriebenen Art, welches ausgelegt und bestimmt ist, bei Beleuchtung ein Lichtfleckenbild aus einer Mehrzahl von Lichtflecken zu erzeugen, die für einen Betrachter oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs schwebend erscheinen und die in Form eines vorbestimmten Motivs angeordnet sind. Bei dem Verfahren wird ein Substrat bereitgestellt und wird in einem Flächenbereich des Substrats eine Mehrzahl refraktiver und/oder reflektiver optischer Elemente angeordnet, wobei jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds zumindest ein refraktives und/oder reflektives optisches Element zugeordnet wird, welches bei Beleuchtung des Darstellungselements zur Erzeugung des ihm zugeordneten Lichtflecks beiträgt.

Gemäß einer vorteilhaften Verfahrensvariante wird

- ein gewünschtes dreidimensionales Motiv mit Bildpunkten Pj und Höhenwerten Zj über einer xy-Ebene vorgegeben, wobei die Bildpunkte den bei Beleuchtung entstehenden Lichtflecken entsprechen,
- wird für jeden Bildpunkt P_j eine Helligkeit I_j zwischen 0% und 100% festgelegt,

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

- werden den Bildpunkten P_j Öffnungskegel zugeordnet, die ein Öffnungsverhältnis > 0,2 aufweisen,
- wird für jeden Bildpunkt Pj durch einen Schnitt des von dem Bildpunkt ausgehenden Öffnungskegels mit der xy-Ebene ein Einzugsbereich Ej bestimmt,
- wird die xy-Ebene in eine Anzahl von Grobfeldern und die Grobfelder jeweils in eine Anzahl von Feinfeldern aufgeteilt,
- werden für jeden Bildpunkt P_j auf Grundlage des festgelegten Höhenwerts Z_j und des festgelegten Helligkeitswerts I_j eine Anzahl an zu füllenden Feinfeldern bestimmt,
- werden die für den Bildpunkt P_j bestimmten, zu füllenden Feinfelder im Wesentlichen gleichmäßig auf die Grobfelder im Einzugsbereich E_j des Bildpunkts P_j verteilt, und
- werden die zu füllenden Feinfelder mit refraktiven und/oder reflektiven optischen Elementen belegt, die bei Beleuchtung des Darstellungselements zur Erzeugung des dem Bildpunkt P_j entsprechenden Lichtflecks beitragen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Verfahrensvariante wird ein vollplastischer Körper durch schwebende Lichtpunkte dargestellt. Dabei wird vorzugsweise von einen Datensatz ausgegangen, der die Oberfläche des darzustellenden Körpers durch Punkte im Raum, Eckpunkte von Polygonen, Normalenvektoren und Absorptionsverhalten (Farbe, Helligkeit) beschreibt.

Solche Datensätze, geeignete Datenformate und Bearbeitungsverfahren sind dem Fachmann grundsätzlich bekannt, Beispiele sind etwa VRML (Virtual Reality Modeling Language), STL (Surface Tesselation Language; Standard Triangulation Language) oder 3D-CAD (3D- Computer Aided Design).

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Datensätze, die die Oberfläche eines Körpers beschreiben, können beispielsweise beim computerunterstützten technischen Zeichnen erzeugt werden oder durch 3D-Laser-Scanning echter dreidimensionaler Körper. Bei letzterem Verfahren werden beim Abtasten eines Körpers mit Laserstrahlen Punkte im Raum erfasst, die den Körper beschreiben. Diese Punkte können beispielsweise im sogenannten Point-Cloud-Format im Computer gespeichert werden.

Um ein 3D-Lchtflecken-Bild eines vollplastischen Körpers zu erzeugen, muss ein solcher Datensatz bearbeitet werden, wie im Folgenden anhand der Schritte a) bis c) beispielhaft beschrieben:

a) Beleuchtungskonzeption

Um die Körperoberfläche sichtbar zu machen sind Hell-Dunkel-Kontraste erforderlich. Am natürlichsten wirkt ein Körper, wenn man diese Hell-Dunkel-Kontraste mittels einer Beleuchtungskonzeption erzeugt. Dazu denkt man sich eine oder mehrere Lichtquellen außerhalb des Körpers angebracht und ermittelt mittels des Lambertschen Cosinus-Gesetzes, des Reflexions-Gesetzes oder anderer geeigneter physikalischer Gesetze aus den Richtungen der fiktiven Lichtquellen, der Oberflächennormalen und dem Absorptionsverhalten die Oberflächenhelligkeit an allen relevanten Punkten des Körpers.

b) Lichtpunkterzeugung

Wie weiter oben beschrieben werden jedem relevanten Körperpunkt Einzugsbereiche in einer Anordnung von Mikrospiegeln oder Mikroprismen zugeordnet. Innerhalb des Einzugsbereichs werden gewisse Flächenbereiche mit Mikrospiegeln oder Mikroprismen in der oben beschriebenen Weise so belegt, dass der Körperpunkt in der gewünschten Helligkeit leuchtet.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

c) Verdeckungsberechnung

Schließlich hat ein vollplastischer Körper aus einer Betrachtungsrichtung gesehen eine Vorder- und eine Rückseite, so dass manche Körperpartien verdeckt und unsichtbar sind. Daher ist für jedes Mikroelement (bzw. Mikrospiegel oder Mikroprisma) darauf zu achten, dass es nur dem Punkt der Körperoberfläche zugeordnet wird, der ihm auf der Verbindungsgeraden Mikroelement-Körperpunkt am nächsten oder entferntest liegt, je nachdem von welcher Seite das Lichtfleckenbild betrachtet werden soll. Diesen Punkt der Körperoberfläche bestimmt man durch Verfahren der Verdeckungsberechnung, wie sie aus 3D-CAD an sich bekannt sind, wie etwa Ray-Tracing oder Z-Buffer-Verfahren. Bezieht man auch eigentlich verdeckte Punkte in das Lichtfleckenbild ein, so erscheint der Körper durchsichtig, was in Ausnahmefällen allerdings ebenfalls gewünscht sein kann.

Die Erfindung enthält schließlich auch einen Datenträger mit einem Darstellungselement der beschriebenen Art, wobei das Darstellungselement insbesondere als ein reflektierendes Sicherheitselement in einem opaken Bereich des Datenträgers, oder als zumindest teilweise durchsichtiges Sicherheitselement in oder über einem transparenten Fensterbereich oder einer durchgehenden Öffnung des Datenträgers angeordnet sein kann. Bei dem Datenträger kann es sich insbesondere um ein Wertdokument, wie eine Banknote, insbesondere eine Papierbanknote, eine Polymerbanknote oder eine Folienverbundbanknote handeln, aber auch um eine Ausweiskarte, wie etwa eine Kreditkarte, eine Bankkarte, eine Barzahlungskarte, eine Berechtigungskarte, einen Personalausweis oder eine Passpersonalisierungsseite handeln.

Die Erfindung enthält weiter eine Anzeigeeinrichtung mit einer Steuereinrichtung und einem Darstellungselement der oben beschriebenen Art, wobei

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

die räumliche Ausrichtung der optischen Elemente des Darstellungselements durch die Steuereinrichtung einstellbar ist. Auf diese Weise kann das Darstellungselement je nach Ansteuerung unterschiedliche Lichtfleckenbilder zeigen. Die Änderung der räumlichen Ausrichtung der optischen Elemente kann dabei sehr rasch erfolgen, so dass für den Betrachter der Eindruck einer fortlaufenden Bildfolge entsteht. Die Anzeigeeinrichtung kann somit als 3D-Display für unterschiedlichste Anwendungen eingesetzt werden.

Schließlich enthält die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Volumenhologramms, bei dem in einer Aufzeichnungsplatte, beispielsweise einer Photopolymerplatte, als Referenzwelle ungestreute Laserstrahlung und als Objektwelle die von einem Darstellungselement der oben beschriebenen Art reflektierte oder abgelenkte Laserstrahlung zur Interferenz gebracht werden. Dabei wird bei Darstellungselementen mit reflektiven optischen Elementen, wie etwa Mikrospiegeln, die reflektierte Laserstrahlung als Objektwelle genutzt, während bei Darstellungselementen mit refraktiven optischen Elementen, wie etwa Mikroprismen, die abgelenkte Laserstrahlung als Objektwelle genutzt wird.

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

Es zeigen:

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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Fig. 2 schematisch ein erster Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Hohlspiegeln als reflektive optische Elemente,

Fig. 3 ein anderes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Wölbspiegeln als reflektive optische Elemente,

Fig. 4 ein vorgegebenes Lichtflecken-Motiv in Form einer dreidimensionalen Lichtpyramide,

Fig. 5 in (a) einen Wölbspiegel und in (b) der durch einen Fresnel-Spiegel ersetzte Wölbspiegel von (a),

Fig. 6 eine Aufsicht auf eine Mehrzahl von gewölbten Spiegeln, in (a) mit Spiegeln mit quadratischer Grundfläche und in (b) mit rinnenförmig ausgebildeten Spiegeln verschiedener Orientierung,

Fig. 7 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem die refraktiven optischen Elemente durch Linsen gebildet sind,

Fig. 8 in (a) bis (d) vier Ausführungsbeispiele, bei denen ein gekrümmter Hohlspiegel in Mikrooptikelemente mit quadratischer Grundfläche und ebener Spiegelfläche zerlegt ist,

Fig. 9 die Belegung einer schachbrettartigen Anordnung nach Fig. 8(b) mit Mikrospiegeln, wobei (a) einen Zwischenschritt mit nur einer Mikrospiegelgruppe und (b) die vollständige Bele-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

gung mit zwei Mikrospiegelgruppen für zwei nahe benachbarte Lichtflecken zeigt,

Fig. 10 veranschaulicht die Berechnung der ebenen Spiegelflächen der Mikrospiegel der Figuren 8 und 9,

Fig. 11 veranschaulicht die Berechnung von Mikroprismen, die bei der Zerlegung einer Sammellinse entstehen,

Fig. 12 zeigt schematisch ein Sicherheitselement mit eingebetteten Mikrospiegeln, und

Fig. 13 zeigt in (a) bis (c) drei Ausgestaltungen, in denen ein erfindungsgemäßes Lichtfleckenbild als Master für ein Volumenhologramm dient.

Die Erfindung wird nun am Beispiel von Sicherheitselementen für Banknoten erläutert. Figur 1 zeigt dazu eine schematische Darstellung einer Banknote 10, die mit einem erfindungsgemäßen Sicherheitselement 12 versehen ist. Das Sicherheitselement 12 kann als reflektierendes Sicherheitselement ausgebildet sein, das in einem opaken Bereich der Banknote 10 vorliegt, oder kann als Durchsichtssicherheitselement ausgebildet sein, das beispielsweise über einem transparenten Fensterbereich der Banknoten 10 angeordnet ist.

Bei Beleuchtung, beispielsweise durch Sonnenlicht oder eine Deckenlampe, erzeugt das Sicherheitselement 12 für einen Betrachter ein dreidimensionales Lichtfleckenbild aus einer Mehrzahl von Lichtflecken, die für einen Betrachter jeweils oberhalb oder unterhalb der Ebene des Sicherheitselements 12 zu schweben scheinen. Verschiedene Lichtflecken weisen dabei unterschiedli-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

che Schwebehöhen auf, so dass die Lichtflecken zusammen ein dreidimensionales Motiv, beispielsweise eine aus der Banknote herausragende Lichtpyramide, bilden.

Diese durch die Beleuchtung entstehenden und aus der Banknote vor- oder zurückspringenden Lichtfleckenbilder bieten dem Betrachter einen ungewöhnlichen, visuell ansprechenden dreidimensionalen Bildeindruck, der auch für Laien leicht zu prüfen und zu memorieren ist.

Zur Erläuterung des Erfindungsprinzips zeigt Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Sicherheitselements 20, bei dem das dreidimensionale Motiv 30 vereinfacht durch drei Bildpunkte 32 dargestellt ist. Das Sicherheitselement 20 enthält ein Substrat 22, das in einem Flächenbereich eine Mehrzahl von kleinen Hohlspiegeln 24 enthält. Da in der Figur vereinfacht nur drei Bildpunkte 32 des Motivs dargestellt sind, sind entsprechend auch nur drei Hohlspiegel 24 gezeigt. Es versteht sich jedoch, dass ein Sicherheitselement 20 in der Praxis typischerweise eine große Zahl, beispielsweise einige Zehn, einige Hundert oder sogar mehrere Tausend refraktiver und/oder reflektiver optischer Elemente 24 aufweisen wird. Konkrete Beispiele für Sicherheitselemente mit einer großen Zahl an optischen Elementen sind weiter unten beschrieben.

Zurückkommend auf die Darstellung der Fig. 2 ist die Brennweite f der in der Ebene des Substrats 22 angeordneten Hohlspiegel 24 jeweils so gewählt, dass die Hohlspiegel 24 bei Beleuchtung mit einer weit entfernten Lichtquelle 34 die vorgegebenen Bildpunkte als Lichtflecken 32 erzeugen. Genauer gesagt stellen die Lichtflecken 32 reelle Bilder der Lichtquelle dar, wie im linken Bildteil der Fig. 2 durch den geometrischen Strahlengang 36 angedeutet.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Ein dreidimensionaler Bildeindruck, also die Wahrnehmung des Betrachters 40, dass die Lichtflecken 32 in einer bestimmten Höhe über der Fläche des Substrats 22 schweben, entsteht erst durch beidäugiges Sehen. Dazu muss durch die Auslegung der Hohlspiegelanordnung sichergestellt sein, dass die reellen Bilder 32 der Lichtquelle 34 jeweils für beide Augen 42 innerhalb der Öffnung des maßgeblichen optischen Systems, hier also eines Holspiegels 24, liegen.

Wie im rechten Bildteil von Fig. 2 illustriert, liegt ein Lichtfleck 32 genau dann für beide Augen 42 innerhalb der Öffnung des Hohlspiegels 24, wenn vom Lichtfleck 32 aus gesehen der Öffnungswinkel ω des Hohlspiegels 24 größer ist als der Betrachtungswinkel α des Betrachters 40. Der Öffnungswinkel ω ist dabei durch das Verhältnis von Spiegeldurchmesser d und Brennweite f gegeben, $\omega = d/f$ und der Betrachtungswinkel α durch das Verhältnis von Augenabstand a und Betrachtungsabstand b, also $\alpha = a/b$. Für einen typischen Augenabstand $a \approx 6{,}5$ cm und einen typischen Betrachtungsabstand $b \approx 30$ cm erhält man so die Bedingung

$$f/d < b/a \approx 5,$$

also die Bedingung, dass das Verhältnis der Schwebehöhe f eines Lichtflecks 32 zum Durchmesser des den Lichtfleck erzeugenden Hohlspiegels 24 kleiner als etwa 5 sein muss. Beträgt der Durchmesser der Hohlspiegel 24, wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 2, beispielsweise d = 0,5 mm, so lassen sich Schwebehöhen bis zu 2,5 mm mit dreidimensionalem Bildeindruck realisieren.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Die refraktiven und/oder reflektiven optischen Elemente können Abmessungen von einigen 100 µm oder sogar einigen Millimeter aufweisen, können aber auch deutlich kleiner ausgebildet sein. Beispielsweise kann ein Hohlspiegel in eine Vielzahl von Mikrospiegeln zerlegt und diese über einen bestimmten Flächenbereich des Substrats 22 verteilt sein, wie weiter unten näher erläutert. In jedem Fall liegt die Abmessung eines erfindungsgemäß eingesetzten optischen Elements jedoch deutlich oberhalb der Lichtwellenlänge, so dass Beugungs- und Interferenzeffekte vernachlässigt werden können. Insbesondere liegt die Abmessung der optischen Elemente daher vorteilhaft oberhalb von 2 µm, vorzugsweise sogar oberhalb von 5 µm.

Die Lichtflecken 32 des vorgegeben Motivs 30 können für den Betrachter 40 nicht nur oberhalb, sondern auch unterhalb der Oberfläche 22 des Substrats schweben. Mit Bezug auf Fig. 3 sind dazu in einem Flächenbereich des Substrats 22 eine Mehrzahl kleiner Wölbspiegel 26 angeordnet, deren Brennweiten so gewählt sind, dass die Wölbspiegel 26 bei Beleuchtung mit einer weit entfernten Lichtquelle 34 die vorgegebenen Bildpunkte als Lichtflecken 32 erzeugen. Genauer gesagt stellen die Lichtflecken 32 in diesem Fall virtuelle Bilder der Lichtquelle 34 dar, die für den Betrachter unterhalb der Oberfläche des Substrats zu schweben scheinen, wie im rechten Bildteil der Fig. 3 durch den geometrischen Strahlengang 38 angedeutet.

Hohl- und Wölbspiegel können auch beide im selben Sicherheitselement vorgesehen sein, wenn Teile des Motivs vorspringen, andere Teile hinter die Substratoberfläche zurücktreten sollen. Zur Illustration zeigt Fig. 4 ein vorgegebenes Motiv in Form einer dreidimensionalen Lichtpyramide 50 aus einer Mehrzahl von Lichtflecken 52, die in verschiedenen Schwebehöhen über bzw. unterhalb der Oberfläche des Substrats 22 schweben.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind alle gewölbten Spiegel mit einem Durchmesser von 0,5 mm ausgeführt. Die Brennweite f wird bei Hohlspiegeln positiv angegeben (Schwebehöhe über der Substratoberfläche), bei Wölbspiegeln negativ (Schwebehöhe unter der Substratoberfläche). Mit dieser Konvention weist der Lichtfleck 52-1 der Pyramidespitze eine Schwebehöhe von f = + 2 mm auf, während die Lichtflecke 52-2 und 52-3 der Pyramidenkanten in einer Höhe f = + 1,2 mm bzw. f = + 0,4 mm schweben. Die Lichtflecke 52-1 bis 52-3 mit ihren positiven Schwebehöhen werden durch Hohlspiegel erzeugt, wie grundsätzlich bereits bei Fig. 2 erläutert.

In der Pyramide 50 weiter nach außen gehend weisen die Lichtflecken 52-4 und 52-5 eine Schwebehöhe von f = - 0,4 mm bzw. f = - 1,2 mm auf, schweben für den Betrachter also unterhalb der Substratoberfläche 22. Die Pyramidenbasis ist schließlich aus Lichtflecken 52-6 gebildet, die eine Schwebehöhe von f = - 2 mm aufweisen und damit 4 mm unterhalb der Pyramidenspitze 52-1 liegen.

Für alle Lichtflecken 52 ist die Bedingung $|f|/d < 5$ erfüllt, so dass die Pyramide 50 für den Betrachter bei normalem Betrachtungsabstand echt dreidimensional erscheint und die Substratebene von unten nach oben zu durchstoßen scheint.

Die Schwebehöhe der Lichtflecken wird durch den Krümmungsradius der gewölbten Spiegel bestimmt, wie in Fig. 5(a) beispielhaft für einen Wölbspiegel 60 gezeigt. Bei einem Durchmesser d und einem Krümmungsradius r hat der Wölbspiegel 60 eine Brennweite von $f = r/2$. Beispielsweise ist bei einem Spiegeldurchmesser d = 0,5 mm für eine Brennweite bzw. Schwebehöhe von f = 2 mm ein Krümmungsradius von r = 4 mm erforderlich. Die

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Strukturhöhe des Wölbspiegels ergibt sich in diesem Fall über die Beziehung $h*(2r-h) = (d/2)^2$ zu $h = 7{,}8\ \mu m$.

Je nach gewünschter Schwebehöhe können dabei Spiegelstrukturen entstehen, deren Höhe h für eine gewünschte Anwendung zu groß ist, beispielsweise weil eine maximal zulässige Prägehöhe oder Prägetiefe in einer geprägten Schicht überschritten wird. In diesem Fall kann der Wölbspiegel 60 der Fig. 5(a) durch einen entsprechenden Fresnel-Spiegel 62 ersetzt werden, der eine wesentlich geringere Strukturhöhe h_f aufweist, wie in Fig. 5(b) gezeigt. Die Zonenbreiten z der Fresnel-Zonen 64 können dabei beliebig gewählt werden, solange sie groß gegen die Lichtwellenlänge sind, insbesondere solange $z > 2\ \mu m$ ist. Ansonsten spielt die Breite z der Fresnel-Zonen 64 für die optische Wirksamkeit des Fresnel-Spiegels 62 keine Rolle.

Haben die gewölbten Spiegel eines Sicherheitselements mehrere verschiedene Brennweiten, weisen die Lichtflecken des Lichtfleckenbilds also mehrere verschiedene Schwebehöhen oberhalb und/oder unterhalb der Substratoberfläche auf, so entsteht ein echt dreidimensionales Motiv. In manchen Gestaltungen kann es sich jedoch auch anbieten, alle gewölbten Spiegel mit derselben Brennweite auszubilden, so dass alle Lichtflecken des Lichtfleckenbilds dieselbe Schwebehöhe aufweisen. Auf diese Weise entstehe ein Kulissenmotiv, das in einer bestimmten Höhe oberhalb oder unterhalb der Substratoberfläche schwebt.

Die gewölbten Spiegel müssen nicht sphärisch gekrümmt sein. Als erfindungsgemäße optische Elemente können beispielsweise auch elliptische Hohl- oder Wölbspiegel eingesetzt werden, die in x- und y-Richtung eine unterschiedliche Spiegelkrümmung aufweisen. Da die Brennweite f eines gewölbten Spiegels nach dem oben Gesagten proportional zum Krüm-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

mungsradius r ist, verändert sich beim Drehen eines elliptisch gewölbten Spiegels die Schwebehöhe f des zugehörigen Lichtflecks für den Betrachter.

Enthält ein vorgegebenes Motiv zumindest teilweise elliptische Hohl- oder Wölbspiegel, so erheben sich die Lichtflecken in den Brennebenen der jeweiligen Partien beim Drehen der Anordnung vor dem Hintergrund bzw. senken sich in den Hintergrund ab. Dieser Effekt tritt besonders auffällig hervor, wenn die beim Drehen aufsteigenden bzw. absinkenden Lichtflecken mit sich bei Drehen nicht verändernden Lichtflecken kombiniert werden, die für das Auge einen ruhenden Bezugspunkt darstellen.

Mit Bezug auf die Aufsicht der Fig. 6(a) kann die Mehrzahl an gewölbten Spiegeln 70 beispielsweise mit rechteckiger oder quadratischer Grundfläche in einem Flächenbereich 72 des Sicherheitselements angeordnet sein.

Für einen dreidimensionalen Bildeindruck für einen Betrachter genügt bereits eine seitliche Parallaxe, also eine Parallaxe entlang der Verbindungslinie der beiden Augen 42 des Betrachters 40. Die gewölbten Spiegel 74, 76, 78 können daher auch rinnenförmig ausgebildet sein, wie der Aufsicht der Fig. 6(b) gezeigt. Rinnenförmige gewölbte Spiegel weisen nur in einer Richtung, nämlich senkrecht zur Rinne, eine von Null verschiedene Krümmung auf, während die Krümmung in Rinnenrichtung verschwindet.

Mit einem aus rinnenförmigen gewölbten Spiegeln 74, 76, 78 aufgebauten Bild lassen sich ebenfalls attraktive visuelle Effekte verwirklichen. Die Lichtflecke erscheinen dabei bei geeignetem Betrachtungswinkel über oder unter der Substratoberfläche schwebend in Form von in der Luft hängenden leuchtenden Strichen.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Wegen der nebeneinander liegenden Augen ergibt sich bei einem 3D-Rinnenbild bei senkrecht zur Verbindungslinie der Augen 42 verlaufenden Rinnen 74 die stärkste räumliche Wirkung. Jedoch haben auch schräg verlaufende Rinnen 76 einen senkrechten Anteil und erzeugen damit ebenfalls ein Lichtfleckenbild mit dreidimensionaler Wirkung.

Wenn man ein Bild mit schräg in der Bildebene liegenden Rinnen 76 so dreht (80), dass die Rinnen senkrecht stehen, verstärkt sich die dreidimensionale Wirkung. Dreht der Betrachter die Rinnen 76 dagegen in die Waagrechte, so reduziert sich der dreidimensionale Eindruck. Bei einem Sicherheitselement, das wie in Fig. 6(b) gezeigt, Teilbereiche mit verschiedener Orientierung der Rinnen 74, 76, 78 enthält, erheben sich die Lichtflecken der jeweiligen Teilbereiche beim Drehen (80) der Anordnung vor dem Hintergrund bzw. senken sich in den Hintergrund ab.

Unter rinnenförmigen gewölbten Spiegeln sind dabei sowohl rinnenförmige Hohlspiegel als auch rinnenförmige Wölbspiegel zu verstehen. Rinnenförmige Hohlspiegel erzeugen Lichtflecke, die über der Substratoberfläche schweben, während rinnenförmige Wölbspiegel Lichtflecke erzeugen, die unterhalb der Substratoberfläche schweben.

Weiter müssen die rinnenförmigen gewölbten Spiegel nicht gradlinig verlaufen, wie in Fig. 6(b) gezeigt, sondern sie können auch krummlinig angelegt sein. Auch durch eine solche Gestaltung lassen sich attraktive visuelle Effekte verwirklichen.

Bei einer weiteren, in Fig. 7 illustrierten Erfindungsvariante sind die optischen Elemente anstelle von reflektierenden Spiegeln durch lichtbrechende (refraktive) Linsen gebildet. Das refraktive Sicherheitselement 90 stellt in

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

diesem Fall ein Durchsichtssicherheitselement dar, das vom Betrachter 40 in Durchsicht gegen eine idealerweise weit entfernte Lichtquelle 95 auf Echtheit geprüft wird.

Als Linsen kommen sowohl Sammellinsen 92 als auch Zerstreuungslinsen 96 in Betracht, wobei, vom Betrachter 40 aus gesehen, die konvexen Sammellinsen 92 als reelle Bilder über dem Sicherheitselement 90 schwebende Lichtflecken 94 erzeugen, und die konkaven Zerstreuungslinsen 96 als virtuelle Bilder unterhalb des Sicherheitselements 90 schwebende Lichtflecken 98 erzeugen.

Die Linsen können insbesondere sphärisch, elliptisch oder zylindrisch sein. Zylinderlinsen ergeben strichartige Lichtflecke, bei elliptischen Linsen ändert sich die Schwebehöhe der Lichtflecken beim Drehen des Sicherheitselements, wie oben für elliptische Spiegel bereits beschrieben. Für die in Fig. 7 dargestellten plankonvexen bzw. plankonkaven Linsen 92, 96 gilt für den Durchmesser d, den Krümmungsradius r, die Brennweite f und die Linsenhöhe h bei einem Brechungsindex des Linsenmaterials von n = 1,5 für an Luft grenzende Linsen:

$$f = 2*r \text{ und}$$

$$h*(2r-h) = (d/2)^2$$

Bei gegebenem Linsendurchmesser d und gegebener gewünschter Schwebehöhe f können damit der Krümmungsradius r und Strukturhöhe h der Linse bestimmt werden. Ist die Strukturhöhe einer Linse für eine gewünschte Anwendung zu groß, können die Linsen auch durch entsprechende Fresnellinsen ersetzt werden, wie im Zusammenhang mit Fig. 5 für Fresnel-Spiegel beschrieben. Auch hier ist darauf zu achten, dass die Zonenbreiten der Fres-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

nel-Zonen groß gegen die Lichtwellenlänge sind, ansonsten aber beliebig gewählt werden können.

Bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen ist jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds genau ein optisches Element zugeordnet, das bei Beleuchtung diesen Lichtfleck erzeugt, nämlich ein Hohlspiegel 24 (Fig. 2), ein Wölbspiegel 26 (Fig. 3), eine Sammellinse 92 oder eine Zerstreuungslinse 96 (Fig. 7). Die im Lichtfleckenbild erreichbare Auflösung, also der minimale Abstand zweier Lichtflecken im Lichtfleckenbild, ist bei einer solchen Gestaltung jedoch auf den Durchmesser d der gewölbten Spiegel oder Linsen beschränkt. Dieser Durchmesser ist wiederum über die oben genannte Bedingung für einen dreidimensionalen Bildeindruck $f/d < 5$ an die Schwebehöhe der Lichtflecken gekoppelt. Eine hohe Auflösung im Lichtfleckenbild ist somit nur für geringe Schwebehöhen und damit einer geringen dreidimensionalen Wirkung erreichbar.

Um dennoch eine höhere Auflösung im erzeugten Lichtfleckenbild bei unverändert großer Schwebehöhe zu erhalten, werden die in den bisherigen Ausführungsbeispielen verwendeten großen Spiegel oder Linsen jeweils durch eine Mehrzahl von kleineren Mikrospiegeln oder Mikroprismen ersetzt, die zusammen im Wesentlichen dieselbe optische Wirkung wie das ursprüngliche optische Element haben. Der einfacheren Benennung halber werden Mikrospiegel und Mikroprismen nachfolgend gemeinsam als Mikrooptikelemente bezeichnet.

Jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds ist dann eine Mehrzahl von optischen Elementen in Form von Mikrooptikelementen zuordnet. Die höhere Auflösung im Lichtfleckenbild wird dabei dadurch erreicht, dass die Mikrooptikelemente nicht lückenlos nebeneinander, sondern im Abstand auf dem Flä-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

chenbereich verteilt werden. Die Zwischenräume der optischen Elemente eines Lichtflecks können dann mit optischen Elementen belegt werden, die anderen Lichtflecken zugeordnet sind. Auf diese Weise können mehrere Gruppen von Mikrooptikelementen, die jeweils verschiedenen Lichtflecken zugeordnet sind, im selben Flächenbereich ineinander verschachtelt angeordnet werden.

Der minimale Abstand zweier Lichtflecken im Lichtfleckenbild ist dann nicht mehr durch die Abmessung der ursprünglichen großen Spiegel oder Linsen gegeben, sondern durch die viel kleineren Abmessungen der Mikrooptikelemente, in die die ursprünglichen Spiegel oder Linsen zerlegt sind.

Zudem können bei der Zerlegung eines gewölbten Spiegels oder einer gekrümmten Linse in eine Mehrzahl von Mikrooptikelemente die im Prinzip zunächst ebenfalls gekrümmten Oberflächen der Mikrooptikelemente wegen ihrer geringen Größe in der Regel durch ebene Flächen ersetzt werden. Diese Ersetzung bleibt insbesondere wenn die Abmessungen der Mikrooptikelemente kleiner als das Auflösungsvermögen der Betrachtungssituation sind, ohne nachteilige Auswirkungen auf das erzeugte Lichtfleckbild. Als Vorteil ergibt sich, dass Mikrooptikelemente mit ebenen Oberflächen einfacher zu berechnen und herzustellen sind. Unter diesem Gesichtspunkt kann es sich sogar dann empfehlen, gewölbte Spiegel oder Linsen in kleine Mikrooptikelemente mit ebenen Oberflächen zu zerlegen, wenn keine Verschachtelung mehrerer Gruppen von Mikrooptikelementen gewünscht oder notwendig ist.

Zur Illustration zeigt Fig. 8 in (a) bis (d) vier Ausführungsbeispiele, bei denen ein gekrümmter Hohlspiegel in Mikrooptikelemente 100 mit quadratischer Grundfläche und ebener Spiegelfläche zerlegt ist. Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 8(a) ist ein Hohlspiegel zur Erzeugung eines Licht-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

flecks durch eine Anordnung aus n x n Mikrospiegeln 100 ersetzt, die ohne Abstand in der Fläche des Sicherheitselements nebeneinander angeordnet sind. Die Mikrospiegeln 100 weisen beispielsweise eine Abmessung von 50 µm x 50 µm auf und können mit ebener Spiegelfläche ausgebildet werden, ohne die Abbildungsqualität zu beeinträchtigen. Die Anzahl n x n der Mikrospiegel beträgt beispielsweise 10 x 10, so dass die Mikrospiegel eine Gesamtfläche von 0,5 mm x 0,5 mm einnehmen. Die Berechnung der Orientierung der ebenen Spiegelflächen ist weiter unten mit Bezug auf Fig. 10 erläutert. Wie für den Fachmann ersichtlich, ist die Berechnung und Herstellung der ebenen Mikrospiegel 100 wesentlich einfacher als die Berechnung und Herstellung eines gekrümmten Hohlspiegels gleicher optischer Wirkung.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 8(b) zeigt eine Gestaltung, bei der ein gekrümmter Hohlspiegel zunächst wie bei Fig. 8(a) durch eine Mehrzahl von Mikrospiegeln 102 mit ebener Spiegelfläche ersetzt ist. Die Mikrospiegel 102 sind allerdings schachbrettartig im Flächenbereich des Sicherheitselements angeordnet, so dass jede zweite Spiegelposition frei bleibt. Diese zunächst unbelegten und in der Figur weiß dargestellten Felder 104 können dann mit Mikrospiegeln belegt werden, die einem anderen Lichtfleck zugeordnet sind.

Die Auflösung des Lichtfleckenbilds kann durch eine solche Verschachtelung von Mikrospiegel-Gruppen deutlich erhöht werden: Sollen beispielsweise zwei Lichtflecken, die in 5 mm Höhe schweben, nur 0,2 mm nebeneinander liegen, so werden dazu gewölbte Spiegel oder Linsen mit einer Brennweite f = 5 mm benötigt. Wie oben beschrieben, müssen der Durchmesser und die Brennweite der optischen Elemente für eine dreidimensionale Wirkung der Bedingung $f/d < 5$ genügen, woraus sich bei den gemachten Vorgaben ein Optikdurchmesser $d > 1$ mm ergibt. Nebeneinander liegende gewölbte Spiegel oder Linsen müssten also mehr als 1 mm beabstandet sein,

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

so dass sich die geforderte Auflösung von 0,2 mm auf diese Weise nicht erreichen lässt.

Wird dagegen eine Zerlegung wie in Fig. 8(b) verwendet, bei der nur jedes zweite Feld mit 50 µm x 50 µm großen Mikrospiegeln 102 zur Erzeugung des ersten Lichtflecks genutzt wird, können die dazwischen liegenden Felder 104 mit Mikrospiegeln belegt werden, die einen zweiten, 0,2 mm daneben liegenden Lichtfleck erzeugen. Die Bedingung $f/d < 5$ fordert einen Optikdurchmesser von mehr als 1 mm, was beispielsweise durch eine schachbrettartige Anordnung von 12 x 12 Mikrospiegeln 102 mit 12 x 12 freien Feldern 104 und damit $d = 2*12*50\ \mu m = 1{,}2$ mm erreicht werden kann. Der minimale Abstand des von der Mikrospiegelgruppe 102 erzeugten Lichtflecks und des zweiten Lichtflecks, der von den in den Feldern 104 angeordneten Mikrospiegeln erzeugt wird, beträgt nunmehr 50 µm, so dass die geforderte Auflösung von 0,2 mm ohne weiteres erreicht werden kann.

Die Belegung einer schachbrettartigen Anordnung nach Fig. 8(b) mit Mikrospiegeln ist in Fig. 9 in einer Schnittdarstellung nochmals illustriert.
Mit Bezug auf Fig. 9(a) wird jedes zweite Feld mit 50 µm x 50 µm großen Mikrospiegeln 102 zur Erzeugung des ersten Lichtflecks 110 belegt. Die Mikrospiegel 102 bilden eine Gruppe von Mikrospiegeln, die alle demselben Lichtfleck 110 zuordnet sind und diesen bei Beleuchtung gemeinsam erzeugen.

Die zwischen den Mikrospiegeln 102 liegenden Felder 104 stehen für die Belegung mit Mikrospiegeln, die anderen Lichtflecken zugeordnet sind, zur Verfügung. Im Extremfall können die Felder 104 mit Mikrospiegeln 106 belegt werden, die der Erzeugung eines Lichtflecks 112 dienen, der nur einen

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Mikrospiegeldurchmesser d_m, im Ausführungsbeispiel also 50 µm, von dem ersten Lichtfleck 110 entfernt ist, wie in Fig. 9(b) illustriert.

Wie aus Fig. 9 ersichtlich, ist der Optikdurchmesser d der Mikrospiegelgruppen 102, 106 bei der alternierenden Spiegelanordnung durch $d = 2*n*d_m$ gegeben, wobei n die Anzahl der Mikrospiegel einer Gruppe in einer Raumrichtung darstellt. Durch geeignete Wahl von n kann daher der Optikdurchmesser d trotz der hohen Auflösung d_m stets groß genug gemacht werden, um die Bedingung $f/d < 5$ zu erfüllen.

Zurückkommend auf die Darstellung der Fig. 8 versteht sich, dass die Belegung des Flächenbereichs des Sicherheitselements je nach der gewünschten Anzahl der zu verschachtelnden Gruppen von Mikrooptikelementen gewählt werden kann. Beispielsweise kann auch nur jedes vierte Feld mit Mikrospiegeln 102 belegt werden, die einem bestimmten Lichtfleck zugeordnet sind, wie in Fig. 8(c) illustriert. Die in der Figur weiß dargestellten, zunächst noch freien Felder 104 können dann mit Mikrospiegeln belegt werden, die bis zu drei anderen Lichtflecken zugeordnet sind. In einer weiteren Gestaltung ist jedes neunte Feld mit den einem bestimmten Lichtfleck zugeordneten Mikrospiegeln 102 belegt, wie in Fig. 8(d) gezeigt. Die in der Figur weiß dargestellten, zunächst noch freien Felder 104 können dann mit Mikrospiegeln belegt werden, die bis zu acht anderen Lichtflecken zugeordnet sind.

Die Berechnung der ebenen Spiegelflächen der Mikrospiegel ist in Fig. 10 veranschaulicht. Gezeigt sind im Querschnitt einige der Mikrospiegel 102 und der dazwischen liegenden, freien Felder 104 einer Gestaltung nach den Figuren 8(b) und 9(a).

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Für die Berechnung bezeichnet (x_0,y_0, z_0) die Position des zu erzeugenden Lichtflecks 110 mit $z_0 > 0$, (x,y,0) die Position des zu berechnenden Spiegelelements. $\vec{n}$ ist der Normalenvektor des Spiegels an der Position (x,y,0), $\vec{k}$ der Richtungsvektor des einfallenden Lichtstrahls und $\vec{p}$ der Richtungsvektor des reflektierten Lichtstrahls.

Zu bestimmten ist jeweils die Lage des Spiegelflächen, also der Normalenvektor $\vec{n}$ so, dass das aus einer vorgegebenen Richtung $\vec{k}$ einfallende Licht für alle dem Lichtfleck 110 zugeordneten Mikrospiegel 102 auf den Brennpunkt (x_0,y_0, z_0) reflektiert wird. Dies gelingt erfindungsgemäß durch

$$\vec{n} = \frac{\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} - \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}}{\left|\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} - \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}\right|} \quad , \quad \vec{p} = \begin{pmatrix} x_0 - x \\ y_0 - y \\ z_0 \end{pmatrix} \quad , \quad |\vec{p}| = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + {z_0}^2}$$

Befindet sich die Lichtquelle 120 an der Position (x_L,y_L, z_L), so ist

$$\frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} = \frac{\begin{pmatrix} x_L - x \\ y_L - y \\ z_L \end{pmatrix}}{\sqrt{(x_L - x)^2 + (y_L - y)^2 + {z_L}^2}}$$

Wird die Mikrospiegelgruppe 102 auf senkrechten Lichteinfall ausgelegt, so ist $\frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$,

so dass sich der Normalenvektor $\vec{n}$ zu

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

$$\vec{n} = \frac{\frac{\vec{p}_n}{|\vec{p}_n|} - \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}}{\left|\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} - \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}\right|} = \frac{\begin{pmatrix} x_0 - x \\ y_0 - y \\ z_0 + \sqrt{} \end{pmatrix}}{\sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + (z_0 + \sqrt{})^2}} \quad ,$$

ergibt, wobei die Abkürzung $\sqrt{} = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + z_0{}^2}$ verwendet wurde.

In analoger Weise kann der Normalenvektor $\vec{n}$ für Mikrospiegel berechnet werden, deren Brennpunkt (x_0,y_0, z_0) mit $z_0 < 0$ unterhalb der Ebene des Sicherheitselements liegt. Dazu geht man erfindungsgemäß von der Beziehung

$$\vec{n} = -\frac{\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} + \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}}{\left|\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} + \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}\right|}$$

aus, die weitere Berechnung erfolgt wie bei Hohlspiegeln.

Gekrümmte Linsen lassen sich bei der Zerlegung in Mikrooptikelemente durch kleine Mikroprismen nachstellen, die, wenn die Größe der Mikroprismen unterhalb des Auflösungsvermögens der Betrachtungssituation liegt, mit gleicher optischer Wirkung einsetzbar, aber einfacher zu berechnen und herzustellen sind.

In Fig. 11 sind zur Illustration bei einer schachbrettartigen Zerlegung wie in Fig. 8(b) einige Mikroprismen 122 im Querschnitt gezeigt. Analog zum Vorgehen bei den Mikrospiegeln 102 kann auch für die Mikroprismen 122 der Normalenvektor $\vec{n}$ so berechnet werden, dass das von der Lichtquelle 120 einfallende Licht jeweils zur gewünschten Position des Lichtflecks 110 ge-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

brochen wird. Die in Fig. 11 freibleibenden Felder 124 können mit Mikroprismen belegt werden, die einem anderen Lichtfleck zugeordnet sind.

Bei allen beschriebenen Varianten könnten die refraktiven und/oder reflektiven optischen Elemente auch in ein Umgebungsmaterial einbettet bzw. mit einer Schutzschicht versehen sein. Durch eine solche Einbettung werden die optischen Elemente einerseits vor Verschmutzung und Abrieb geschützt und anderseits wird eine unbefugte Nachstellung durch Abprägen der Oberflächenstruktur wirksam verhindert.

Die Einbettung ist in Fig. 12 für ein Sicherheitselement 130 mit Mikrospiegeln 132 schematisch gezeigt. Durch die Einbettung der Mikrospiegel 132 in die transparente Schutzschicht 134 und den resultierenden Sprung des Brechungsindex an der Oberfläche 136 der Schutzschicht 134 ändert sich die Position der erzeugten Lichtflecke 140 gegenüber der Lichtfleckposition 142 bei einer nicht eingebetteten Mikrospiegelanordnung. Genauer gesagt, ändert sich bei einer Einbettung der Mikrospiegel 132 in eine Schutzschicht mit Brechungsindex n die Schwebehöhe eines von den Mikrospiegeln 132 erzeugten Lichtflecks 140 etwa um den Faktor 1/n. Übliche Schutzlackschichten 134 haben eine Brechzahl von etwa n = 1,5, so dass sich die Schwebehöhen der Lichtflecken gegenüber den für eine offene Anwendung berechneten Schwebehöhen um etwa 2/3 verringern. Diese Änderung wird selbstverständlich in der Regel bereits bei der Auslegung der Mikrospiegelanordnung berücksichtigt so dass nach der Einbettung die gewünschten Schwebehöhen erreicht werden.

Bei eingebetteten Prismen oder Linsen kann der Brechzahlunterschied zwischen Prismen- bzw. Linsenmaterial und Einbettungsmaterial bei der Berechnung der Lichtstrahlablenkung entsprechend berücksichtigt werden.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Um ein visuell ansprechendes dreidimensionales Lichtfleckenbild zu erzeugen, sollen die Lichtflecken unterschiedliche Helligkeiten aufweisen können. Dabei kann auch erwünscht sein, dass ein Lichtfleck, also ein im Raum schwebender Punkt eines Motivs aus unterschiedlichen Richtungen unterschiedlich hell erscheint. Derartige unterschiedliche Helligkeiten von Lichtflecken können im Rahmen der Erfindung auf verschiedene Arten erzeugt werden. Beispielsweise können dazu die optischen Elemente, die einem Lichtfleck zugeordnet sind, je nach dem gewünschten Bruchteil der Maximalhelligkeit abgedunkelt werden.

Gegenwärtig ist allerdings bevorzugt, die Helligkeit eines Lichtflecks nach Zerlegung in Mikrooptikelemente über den Flächenanteil, der mit Mikrooptikelementen belegt ist, oder über die Anzahl der Felder, die pro Raumwinkel für einen Lichtfleck zuständig sind, einzustellen. Dadurch ergeben sich Bildbereiche, die keine auf einen Lichtfleck gerichteten Spiegel oder Prismen enthalten und die dunkel gehalten werden müssen.

Derartige Bildbereiche können beispielsweise auf eine der folgenden Arten erzeugt werden. Bei einer ersten Variante werden die dunkleren Partien im spiegelnden Lichtfleckenbild mit Lichtfallen versehen, etwa mit Subwellenlängenstrukturen, wie etwa Mottenaugenstrukturen, oder mit trichterförmigen, reflektierenden Strukturen mit steilen Flanken, bei denen einfallendes Licht wenig oder gar nicht zurück reflektiert wird. Wegen der steilen Flanken sind derartige Lichtfallen allerdings nicht einfach herzustellen. Daher bietet es sich an, die dunklen Partien im spiegelnden Lichtfleckenbild mit Spiegeln auszustatten, die so orientiert sind, dass sich darin Raumbereiche spiegeln, die keine Lichtquellen enthalten. Die Spiegel können dazu beispielsweise auf den Körper des Betrachters gerichtet sein.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Bei Durchsichtssicherheitselementen werden die dunklen Partien vorzugsweise mit Prismen ausgestattet, die Lichtstrahlen aus Richtungen zum Auge des Betrachters lenken, in denen sich keine Lichtquellen befinden, beispielsweise vom Fußboden.

Der Flächenbereich, in dem die optischen Elemente angeordnet sind, muss nicht eben, sondern kann in beliebiger Weise gekrümmt sein. Dies gelingt besonders einfach, wenn die optischen Elemente durch kleine Mikrooptikelemente gebildet sind. Da ohnehin für jedes Mikrooptikelement ein Normalenvektor berechnet wird (Figuren 10, 11), kann die lokale Position und Orientierung der Oberfläche des Sicherheitselements ohne großen Zusatzaufwand berücksichtigt werden, wie nachfolgend am Beispiel einer Mikrospiegelanordnung erläutert:

Bezeichnet wie oben (x_0,y_0, z_0) die Position des gewünschten Lichtflecks, (x,y,z) die Position eines Mikrospiegels im Raum, wobei diese Position die gekrümmte Oberfläche des Sicherheitselements beinhaltet, bezeichnet weiter $\vec{n}$ den Normalenvektor des Mikrospiegels an der Position (x,y,z), $\vec{k}$ den Richtungsvektor des einfallenden Lichtstrahls und $\vec{p}$ den Richtungsvektor vom Mikrospiegel zum Lichtfleck, so ist erfindungsgemäß

$$\vec{n} = \pm \frac{\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} \mp \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}}{\left| \frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} \mp \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} \right|} \quad , \quad \vec{p} = \begin{pmatrix} x_0 - x \\ y_0 - y \\ z_0 - z \end{pmatrix} \quad , \quad |\vec{p}| = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + (z_0 - z)^2}$$

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

wobei das obere Vorzeichen für $z_0 > 0$, also ein über der Substratebene schwebendes, reelles Bild, und das untere Vorzeichen für $z_0 < 0$, also ein unterhalb der Substratebene schwebendes, virtuelles Bild gilt.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung kann das Sicherheitselement bei Beleuchtung auch ein Lichtflecken-Wechselbild erzeugen, bei dem für den Betrachter aus unterschiedlichen Richtungen unterschiedliche Bilder sichtbar werden. Dazu kann beispielsweise für ein spiegelndes Sicherheitselement wie folgt vorgegangen werden, die Vorgehensweise für ein Durchsichtssicherheitselement ist analog:

Das Sicherheitselement soll bei seitlichem Kippen einen Bildwechsel von einem Lichtfleckenbild A zu einem Lichtfleckenbild B zeigen. Zunächst werden für beide Lichtfleckenbilder die benötigten optischen Elemente bestimmt, die die Lichtfleckenbilder bei Beleuchtung erzeugen. Dabei wird, wie im Zusammenhang mit den Figuren 8 bis 10 beschrieben, jedem Lichtfleck eine Mehrzahl von optischen Elementen, hier einer Mehrzahl von Mikrospiegeln zuordnet.

Bei der Anordnung der Mikrospiegel im Flächenbereich des Sicherheitselements werden dann für das Lichtfleckenbild A diejenigen Mikrospiegel weggelassen, bei denen die x-Komponente n_x des Normalenvektors größer als Null ist. Dadurch wird die Hälfte der Spiegelplätze frei und das Bild ist nur in einem eingeschränkten Winkelbereich sichtbar.

Für das Lichtfleckenbild B werden diejenigen Mikrospiegel weggelassen, bei denen die x-Komponente n_x des Normalenvektors kleiner als Null ist. Mit dieser reduzierten Spiegelanordnung werden die freigewordenen Spiegelplätze des Lichtfleckenbilds A belegt. Beim seitlichen Kippen der Anord-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

nung wird dann abwechselnd das Lichtfleckenbild A und das Lichtfleckenbild B sichtbar.

Das Sicherheitselement kann auch auf vertikales Kippen ausgelegt werden, beispielsweise indem für das Lichtfleckenbild A diejenigen Mikrospiegel weggelassen werden, bei denen die y-Komponente des Normalenvektors n_y größer als Null ist, und für das Lichtfleckenbild B die Mikrospiegel, für die $n_y < 0$ ist. Die reduzierten Spiegelanordnungen mit ihrem eingeschränkten Sichtbarkeitsbereich werden dann auf dem Flächenbereich des Sicherheitselements gemischt.

Anstelle der genannten Bedingungen können selbstverständlich auch andere Kriterien zur Trennung der Lichtfleckenbilder eines Wechselbilds verwendet werden. Beispielsweise können durch die Bedingungen

$$n_y > c_1 \text{ für Bild A}, \quad c_1 < n_y < c_2 \text{ für Bild B}, \quad n_y < c_2 \text{ für Bild C}$$

mit zwei Zahlenwerten $c_1 < c_2$ drei Lichtfleckenbilder A, B, C beim vertikalen Kippen wechseln. Durch die Wahl der Zahlenwerte c_1 und c_2 kann die Größer der Sichtbarkeitsbereiche nach Wunsch eingestellt werden.

Neben dem Wechsel zwischen mehreren 3D-Lichtfleckenbildern kommt auch ein Wechsel zwischen einem oder mehreren 3D-Lichtfleckenbildern und einem oder mehreren auf andere Weise erzeugten Bildern in Frage.

Es kann sich auch empfehlen, in dem Lichtfleckenbild ein dreidimensionales Motiv mit einem zweidimensionalen Motiv zu kombinieren, bei dem alle Bildpunkte in derselben Höhe, vorzugsweise in Höhe der Ebene des Sicherheitselements oder nach der Ebene des Sicherheitselements liegen. Solche

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

zweidimensionalen Lichtfleckenmotive lassen sich nämlich auch bei schlechteren Beleuchtungsbedingungen noch gut erkennen. Wird beispielsweise ein zweidimensionales Vordergrund-Motiv mit einem dreidimensionalen Hintergrund-Motiv kombiniert, so verschwindet das Lichtfleckenbild auch bei schlechten Lichtverhältnissen nicht vollständig, sondern wird lediglich auf das robustere zweidimensionale Vordergrundmotiv reduziert. Eine Echtheitsprüfung ist daher auch bei schlechten Lichtverhältnissen noch möglich.

Ein Lichtfleckenbild kann also neben schwebenden 3D-Lichtflecken, die aus bestimmten Blickwinkeln sichtbar sind, auch 2-dimensional erscheinende Bereiche enthalten, die aus den gleichen oder anderen Blickwinkeln sichtbar sind. Die 2D-und 3D-Partien können also nebeneinander liegen und/oder bei Änderung der Betrachtungsrichtung wechselweise am gleichen Ort erscheinen.

Bei 2D-3D-Bildern hat man neben 3-dimensional wirkenden Partien (die vor oder hinter der Ebene des Sicherheitselements zu sehen sind oder die Ebene des Sicherheitselements zu durchdringen scheinen) auch 2-dimensional wirkende Partien in Höhe der Ebene des Sicherheitselements oder nahe der Ebene des Sicherheitselements (in der Höhenstufe 0 oder nahe der Höhenstufe 0).

Für einen Bereich in der Höhe Null kann man ausgehen von der Spiegel- oder Prismenbelegung, die für Lichtpunkte in geringer Höhe (z.B. die Höhe 0,5 mm) mit dem gewünschten Blickwinkelbereich berechnet wird. Hier sind alle Normalenvektoren enthalten, die den avisierten Raumwinkel bedienen. Während für schwebende Lichtpunkte die Mikrospiegel oder Mikroprismen in der Ebene des Sicherheitselements so sortiert sind, dass bestimmte Punkte im Raum bedient werden, müssen die so berechneten Mik-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

rospiegel einschließlich ihrer Neigung in dem für die Höhe 0 vorgesehenen Bereich statistisch verteilt werden. Dann werden keine bestimmten Punkte im Raum beleuchtet, sondern wie erwünscht ein Raumwinkel bedient. Für kleinere Intensität ist diese statistisch gemischt belegte Fläche entsprechend lückenhaft zu gestalten, indem z.B. nicht alle Pixel belegt werden oder die Pixel nicht voll belegt werden.

Nach einer anderen Weiterbildung weist das Lichtfleckenbild zusätzlich zu der offen sichtbaren Bildinformation noch eine versteckte Bildinformation (Hidden Image) auf. Dazu werden die optischen Elemente der offenen Bildinformation beabstandet angeordnet und die Lücken zumindest teilweise mit optischen Elementen der versteckten Bildinformation belegt.

Eine versteckte Bildinformation kann beispielsweise erzeugt werden, indem den zugehörigen Lichtflecken sehr kleine Öffnungswinkel zugeordnet werden, etwa ein Öffnungswinkel = 0 für Parallellicht.

Den Lichtflecken der versteckten Bildinformation können auch unterschiedliche Richtungen zugeordnet werden, die so weit auseinander liegen, dass beim Betrachten ohne Hilfsmittel kein zusammenhängendes Bild erfasst wird. Zur Echtheitsprüfung kann das Bild auf einer Mattscheibe aufgefangen werden. Die Richtungen der versteckten Bildinformation liegen vorzugsweise außerhalb der Richtungen, unter denen das offene 3D-Lichtfleckenbild betrachtet wird, so das Vorliegen einer versteckten Information nicht ohne weiteres erkennbar ist.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die optischen Elemente der versteckten Bildinformation teilweise oder vollständig in eng benachbarten Teilbereichen des Sicherheitselements untergebracht und gegebenenfalls

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

mehrfach über die Fläche des Sicherheitselements wiederholt. Die versteckte Bildinformation kann dann durch Beleuchtung mit einem schmalen Laserstrahl sukzessive oder als Ganzes erfasst und auf einen geeignet platzierten Schirm projiziert werden.

Nachfolgend wird eine besonders bevorzugte Vorgehensweise beim Herstellen eines allgemeinen dreidimensionalen Lichtfleckenbilds genauer beschrieben.

Zunächst wird ein gewünschtes dreidimensionales Motiv mit Bildpunkten Pj und Höhenwerten Zj über der xy-Ebene definiert, wobei die Bildpunkte den bei Beleuchtung entstehenden Lichtflecken entsprechen. Für einen normalen Betrachtungsabstand von etwa 30 cm sollen die Bildpunktabstände dabei im Bereich von 0,1 bis 0,5 mm liegen. Weiter wird den Bildpunkten P_j eine Helligkeit I_j zwischen 0% und 100% zugeordnet. Dann werden den Bildpunkten Öffnungskegel zugeordnet, die ein Öffnungsverhältnis > 0,2 aufweisen, beispielsweise ein Öffnungsverhältnis von 0,4. Für jeden Bildpunkt Pj definiert der Schnitt des von dem Bildpunkt ausgehenden Öffnungskegels mit der xy-Ebene dort einen Einzugsbereich Ej zu dem Bildpunkt Pj.

Die xy-Ebene selbst wird in erste, größere Felder, beispielsweise einer Abmessung von 0,1mm × 0,1 mm aufgeteilt. Jedes der größeren Felder wird weiter in zweite, kleinere Felder, beispielsweise einer Größe von 10µm × 10µm aufgeteilt. Die größeren Felder werden nachfolgend als Grobfelder, die kleiner Felder als Feinfelder bezeichnet.

Im Einzugsbereich E_j jedes Bildpunkts P_j werden nun so viele Feinfelder für diesen Bildpunkt reserviert, wie auf Grundlage des Höhenwerts Z_j und des Helligkeitswerts I_j bestimmt werden. Beispielsweise kann die Feinfelderan-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

zahl proportional zum Helligkeitswert und umgekehrt proportional zu $(Zj)^{\alpha}$ mit einem Exponenten α 1 gewählt werden, der bei durch rinnenförmige Spiegel oder Zylinderlinsen gebildeten Lichtflecken $\alpha = 1$ und bei durch zweidimensional fokussierende Linsen oder Spiegel gebildeten Lichtflecken $\alpha = 2$ beträgt. Die für den Bildpunkt P_j reservierten Feinfelder werden dann im Wesentlichen gleichmäßig auf die Grobfelder im Einzugsbereich E_j des Bildpunkts P_j verteilt.

In die Anzahl der Feinfelder pro Grobfeld kann dabei auch ein Korrekturfaktor einfließen, der beispielsweise wie folgt bestimmt wird: Zunächst wird ohne Korrektfaktor innerhalb jedes Grobfelds die Anzahl der zu belegenden Feinfelder, die zu unterschiedlichen Bildpunkten P_j gehören, addiert. Dadurch ergibt sich ein Belegungsvorschlag für die Anzahl der insgesamt belegten Feinfelder in jedem Grobfeld.

Ist die Anzahl der belegten Feinfelder für alle Grobfelder geringer als die maximal mögliche Anzahl, so kann ein Korrekturfaktor größer 1 gewählt werden, und die Belegung mit diesem Korrekturfaktor multipliziert werden, so dass die maximale Belegung in einigen Grobfeldern erreicht wird. Übersteigt andererseits die Anzahl der belegten Feinfelder die Maximalbelegung, so wird entsprechend ein Korrekturfaktor kleiner 1 gewählt, der nach Multiplikation zu einer Belegung kleiner oder gleich der Maximalbelegung führt. Wenn die Maximalbelegung in nur wenigen Grobfeldern überschritten wird, können statt einer gleichmäßigen Reduktion auch nur die höchsten Intensitäten auf die Maximalbelegung gekappt werden oder die Feinfelder der überschreitenden Grobfelder werden in angrenzende Grobfelder verschoben.

Die so erhaltene Belegung kann nun im Flächenbereich des Sicherheitselements realisiert werden. In den belegten Feinfeldern werden Spiegel oder

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Prismen angeordnet, die das einfallende Licht auf den entsprechenden Lichtfleck spiegeln bzw. brechen. In dabei freibleibenden Flächenbereichen des Sicherheitselements können zusätzliche Sicherheitselemente eingebracht werden, beispielsweise kann dort ein Hidden Image der oben beschriebenen Art untergebracht werden.

Ein erfindungsgemäßes Lichtfleckenbild kann auch als Master für ein Volumenhologramm dienen, wie nunmehr anhand dreier Ausgestaltungen mit Bezug auf Fig. 13 illustriert.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 13(a) dient eine Darstellungsanordnung 140 als Master, die ein reflektierendes 3D-Lichtfleckenbild mit Mikrospiegeln aufweist, welches für senkrechten Lichteinfall berechnet ist. Eine Photopolymerplatte 142 dient als Aufzeichnungsplatte für das Volumenhologramm. Die Photopolymerplatte 142 wird vor der Darstellungsanordnung 140 angeordnet, so dass die Laserstrahlung des Aufzeichnungslasers 144 nach der Strahlaufweitung 146 als Referenzwelle 148 senkrecht auf die Photopolymerplatte 142 einfällt. Ein Teil der Laserstrahlung durchstrahlt die Photopolymerplatte 142, fällt senkrecht auf die Darstellungsanordnung 140 und bildet nach der Reflexion an der Darstellungsanordnung 140 die Objektwelle, die in der Photopolymerplatte 142 mit der Referenzwelle 148 interferiert. In die Photopolymerplatte 142 werden dadurch Bragg-Gitter einbelichtet, die als Volumengitterbild das gleiche 3D-Bild wie das als Master dienende 3D-Lichtfleckenbild der Darstellungsanordnung 140 zeigt.

Bei der Abwandlung der Fig. 13(b) enthält die als Master dienende Darstellungsanordnung 140 ein reflektierendes 3D-Lichtfleckenbild, das für Lichteinfall unter einem bestimmten Winkel zur Senkrechten berechnet ist. Entsprechend werden die Darstellungsanordnung 140 und die vor der Darstel-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

lungsanordnung angeordnete Photopolymerplatte 142 unter diesem Winkel mit der Laserstrahlung beaufschlagt. Durch Interferenz der Referenzwelle 148 und der nach Durchstrahlung der Photopolymerplatte 142 von der Darstellungsanordnung reflektierte Objektwelle wird ein Volumengitterbild in der Photopolymerplatte 142 erzeugt, das das gleiche 3D-Bild wie das als Master dienende 3D-Lichtfleckenbild der Darstellungsanordnung 140 zeigt.

Schließlich dient bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 13(c) eine Darstellungsanordnung 140 mit einem brechenden 3D-Lichtfleckenbild mit Mikroprismen, das für senkrechten Lichteinfall berechnet ist, als Master. Hier werden die Darstellungsanordnung 140 und die vor der Darstellungsanordnung angeordnete Photopolymerplatte 142 durch einen Strahlteiler 150 und Umlenkspiegel 152 von gegenüberliegenden Seiten her mit der Laserstrahlung beaufschlagt. In der Photopolymerplatte 142 interferieren die Referenzwelle 148 und die von der Darstellungsanordnung 142 gebrochene Objektwelle und erzeugen so ein Volumengitterbild, das das gleiche 3D-Bild wie das als Master dienende 3D-Lichtfleckenbild der Darstellungsanordnung 140 zeigt.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Patentansprüche

1. Darstellungselement mit einem Substrat mit einem Flächenbereich, in dem eine Mehrzahl optischer Elemente angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Darstellungselement ausgelegt und bestimmt ist, bei Beleuchtung ein Lichtfleckenbild aus einer Mehrzahl von Lichtflecken zu erzeugen, die für einen Betrachter oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs schwebend erscheinen und die in Form eines vorbestimmten Motivs angeordnet sind, wobei die optischen Elemente durch refraktive und/oder reflektive optische Elemente gebildet sind und jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds zumindest ein refraktives und/oder reflektives optisches Element zugeordnet ist, welches bei Beleuchtung des Darstellungselements zur Erzeugung des ihm zugeordneten Lichtflecks beiträgt.

2. Darstellungselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Lichtflecke und die zugeordneten optischen Elemente jeweils $f/d < 5$ gilt, wobei f die Schwebehöhe des Lichtflecks oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs bezeichnet und d den Durchmesser der zu diesem Lichtfleck beitragenden optischen Elemente.

3. Darstellungselement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtflecken des Lichtfleckenbilds in mehreren verschiedenen Schwebehöhen oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs schweben, um ein dreidimensionales Motiv zu bilden.

4. Darstellungselement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtflecken des Lichtfleckenbilds bereichsweise alle in dersel-

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

ben Schwebehöhe oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs schweben, um ein Kulissenmotiv zu bilden.

5. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optischen Elemente gewölbte Spiegel umfassen, insbesondere Hohlspiegel oder Wölbspiegel.

6. Darstellungselement nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gewölbten Spiegel sphärisch, elliptisch, rotationssymmetrisch asphärisch, nichtrotationssymmetrisch asphärisch oder rinnenförmig ausgebildet sind, wobei im letzteren Fall die Rinnen geradlinig oder krummlinig verlaufen.

7. Darstellungselement nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gewölbten Spiegel zumindest teilweise durch Fresnelspiegel gebildet sind.

8. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optischen Elemente Linsen umfassen, insbesondere sphärische, elliptische, rotationssymmetrisch asphärische, nichtrotationssymmetrisch asphärische oder zylindrische Linsen.

9. Darstellungselement nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Linsen zumindest teilweise durch Fresnellinsen gebildet sind.

10. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds genau ein optisches Element zugeordnet ist.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

11. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds eine Mehrzahl von optischen Elementen zuordnet ist, vorzugsweise, dass die optischen Elemente beabstandet auf dem Flächenbereich verteilt sind.

12. Darstellungselement nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtflecke des Lichtfleckenbilds unterschiedliche Helligkeiten aufweisen und jedem Lichtfleck eine solche Anzahl von optischen Elementen zuordnet ist, die der Helligkeit des Lichtflecks innerhalb des von den Lichtflecken gebildeten Motivs entspricht, oder jedem Lichtfleck eine solche Gesamtfläche von optischen Elementen zuordnet ist, die der Helligkeit des Lichtflecks innerhalb des von den Lichtflecken gebildeten Motivs entspricht.

13. Darstellungselement nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** optische Elemente, die verschiedenen Lichtflecken zugeordnet sind, in dem Flächenbereich ineinander verschachtelt angeordnet sind.

14. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optischen Elemente durch ebene Mikrospiegel oder durch kleine Mikroprismen gebildet sind.

15. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vorbestimmte Motiv ein Wechselbild ist, das aus unterschiedlichen Betrachtungsrichtungen unterschiedliche Bilder zeigt.

16. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Flächenbereich, in dem die Mehrzahl optischer Elemente angeordnet ist, gekrümmt ist.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

17. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Teilmenge der optischen Elemente eine versteckte Bildinformation erzeugt, die ohne Hilfsmittel nicht erkennbar ist.

18. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optischen Elemente eine periodische Anordnung von Mikrospiegeln umfassen, die jeweils einen Abstand zum nächsten Nachbarn von 2 mm oder weniger aufweisen.

19. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optischen Elemente in eine Umgebungsschicht oder einen Umgebungsschichtverbund, insbesondere in eine Schutzschicht eingebettet sind.

20. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optischen Elemente als Prägestrukturen in einer Prägelackschicht ausgebildet sind.

21. Darstellungselement nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prägestrukturen mit einer reflexionserhöhenden Beschichtung, insbesondere mit einer Metallisierung, einer hochbrechenden Beschichtung, einem Dünnschichtelement mit Farbkippeffekt oder einer cholesterischen Flüssigkristallschicht versehen sind.

22. Darstellungselement nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prägestrukturen Strukturhöhen von weniger als 100 µm, bevorzugt von weniger als 20 µm, besonders bevorzugt von weniger als 5 µm aufweisen.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

23. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vorbestimmte Motiv ein durch die Lichtflecken gebildeter vollplastischer Körper ist.

24. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Darstellungselement ein Sicherheitselement für Sicherheitspapiere, Wertdokumente und andere abzusichernde Gegenstände ist, insbesondere ein Sicherheitsfaden, ein Sicherheitsband, ein Sicherheitsstreifen, ein Etikett oder ein Transferelement ist.

25. Verfahren zum Herstellen eines Darstellungselements nach einem der Ansprüche 1 bis 24, das ausgelegt und bestimmt ist, bei Beleuchtung ein Lichtfleckenbild aus einer Mehrzahl von Lichtflecken zu erzeugen, die für einen Betrachter oberhalb oder unterhalb des Flächenbereichs schwebend erscheinen und die in Form eines vorbestimmten Motivs angeordnet sind, wobei bei dem Verfahren ein Substrat bereitgestellt wird und in einem Flächenbereich des Substrats eine Mehrzahl refraktiver und/oder reflektiver optischer Elemente angeordnet wird, wobei jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds zumindest ein refraktives und/oder reflektives optisches Element zugeordnet wird, welches bei Beleuchtung des Darstellungselements zur Erzeugung des ihm zugeordneten Lichtflecks beiträgt.

26. Verfahren nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein gewünschtes dreidimensionales Motiv mit Bildpunkten Pj und Höhenwerten Zj über einer xy-Ebene vorgegeben wird, wobei die Bildpunkte den bei Beleuchtung entstehenden Lichtflecken entsprechen,

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

- für jeden Bildpunkt P_j eine Helligkeit I_j zwischen 0% und 100% festgelegt wird,
- den Bildpunkten P_j Öffnungskegel zugeordnet werden, die ein Öffnungsverhältnis > 0,2 aufweisen,
- für jeden Bildpunkt Pj durch einen Schnitt des von dem Bildpunkt ausgehenden Öffnungskegels mit der xy-Ebene ein Einzugsbereich Ej bestimmt wird,
- die xy-Ebene in eine Anzahl von Grobfeldern und die Grobfelder jeweils in eine Anzahl von Feinfeldern aufgeteilt wird,
- für jeden Bildpunkt P_j auf Grundlage des festgelegten Höhenwerts Z_j und des festgelegten Helligkeitswerts I_j eine Anzahl an zu füllenden Feinfeldern bestimmt werden,
- die für den Bildpunkt P_j bestimmten zu füllenden Feinfelder im Wesentlichen gleichmäßig auf die Grobfelder im Einzugsbereich E_j des Bildpunkts P_j verteilt werden, und
- die zu füllenden Feinfelder mit refraktiven und/oder reflektiven optischen Elementen belegt werden, die bei Beleuchtung des Darstellungselements zur Erzeugung des dem Bildpunkt P_j entsprechenden Lichtflecks beitragen.

27. Datenträger mit einem Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 24.

28. Datenträger nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Darstellungselement ein zumindest teilweise durchsichtiges Sicherheitselement ist, das in oder über einem transparenten Fensterbereich oder einer durchgehenden Öffnung des Datenträgers angeordnet ist.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

29. Datenträger nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Darstellungselement ein reflektierendes Sicherheitselement ist, das in einem opaken Bereich des Datenträgers angeordnet ist.

30. Datenträger nach wenigstens einem der Ansprüche 27 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Datenträger ein Wertdokument, wie eine Banknote, insbesondere eine Papierbanknote, eine Polymerbanknote, eine Folienverbundbanknote oder eine Urkunde, ein Pass oder eine Ausweiskarte ist.

31. Anzeigeeinrichtung mit einer Steuereinrichtung und einem Darstellungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 24, wobei die räumliche Ausrichtung der optischen Elemente des Darstellungselements durch die Steuereinrichtung einstellbar ist.

32. Verfahren zum Herstellen eines Volumenhologramms, bei dem in einer Aufzeichnungsplatte als Referenzwelle ungestreute Laserstrahlung und als Objektwelle die von einem Darstellungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 24 reflektierte oder abgelenkte Laserstrahlung zur Interferenz gebracht werden.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

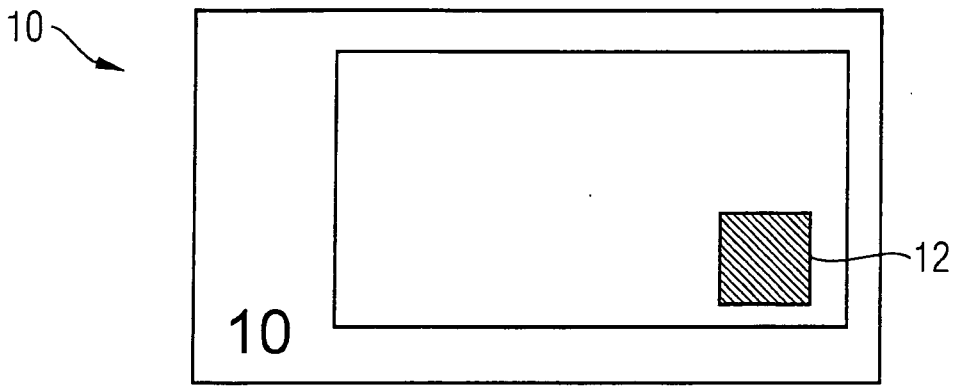


Fig. 1

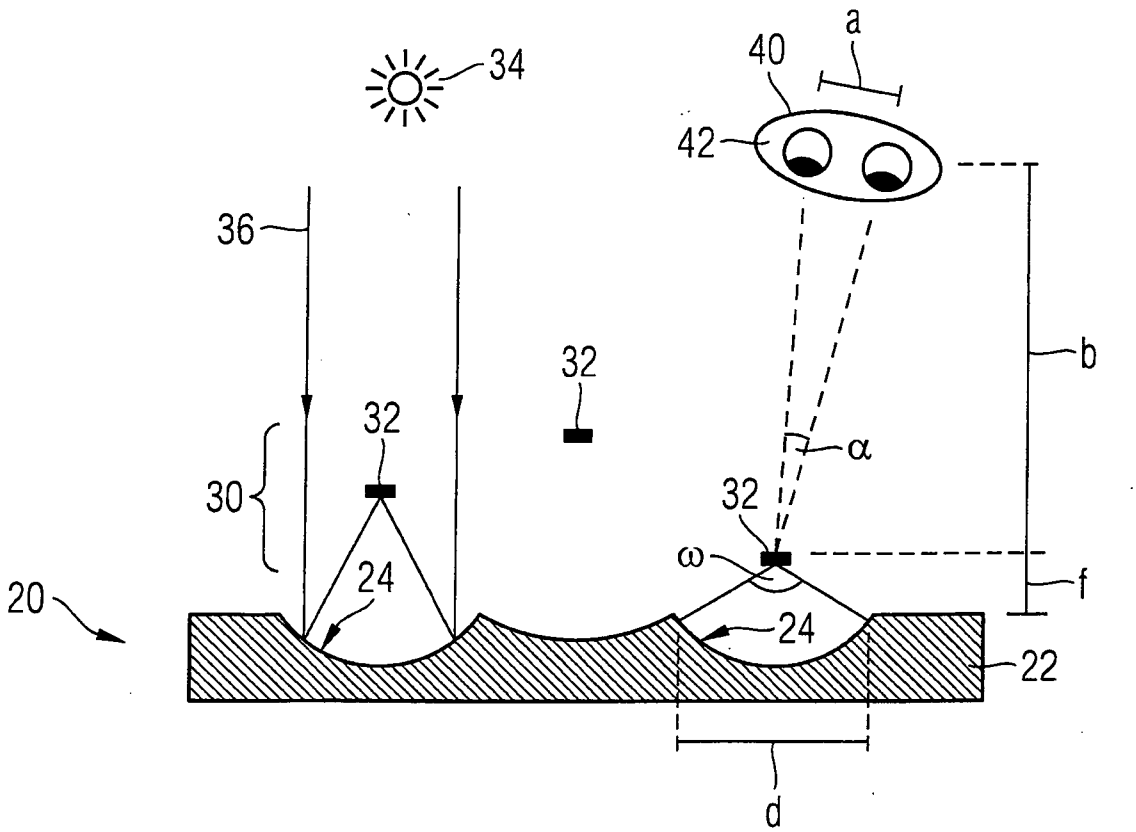


Fig. 2

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

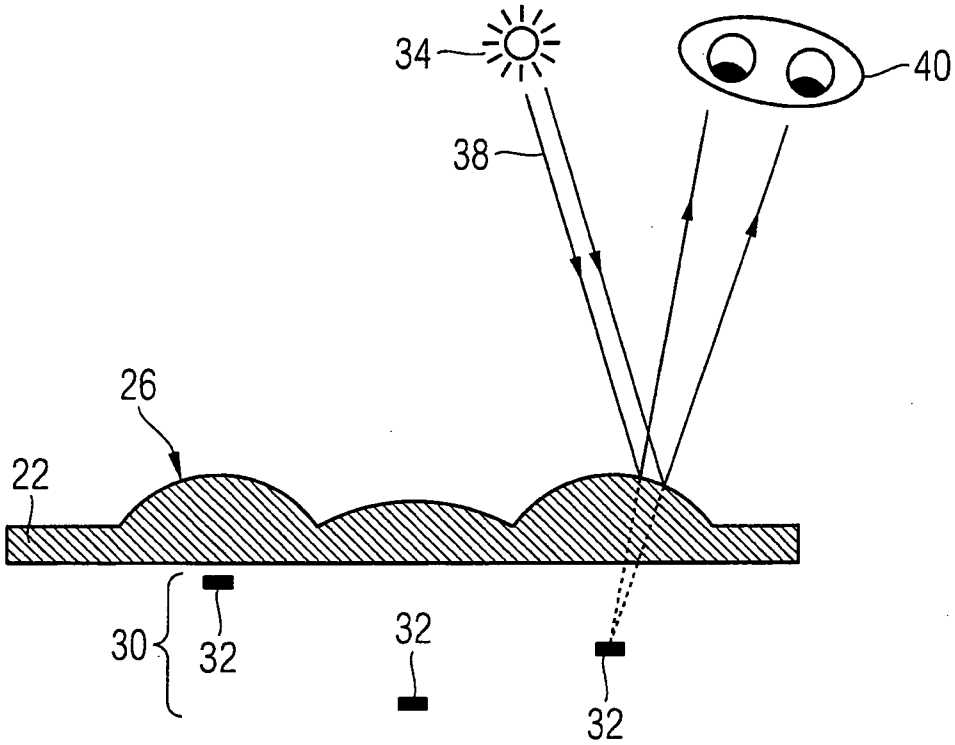


Fig. 3

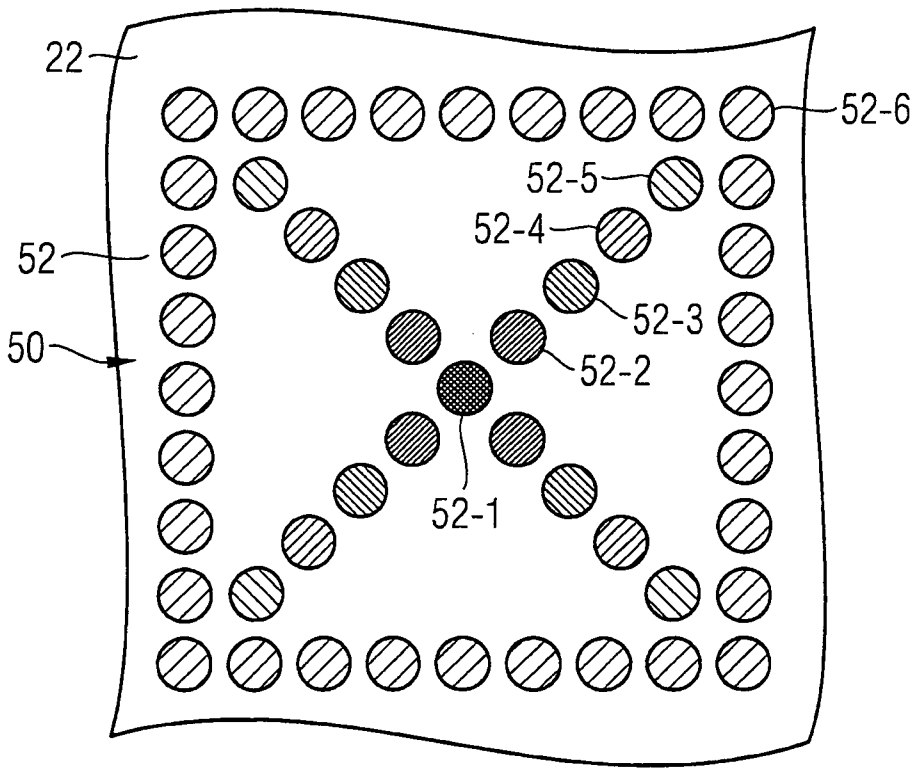


Fig. 4

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

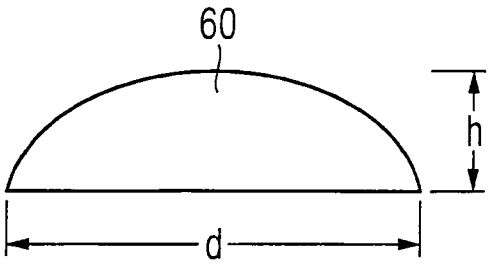


Fig. 5a

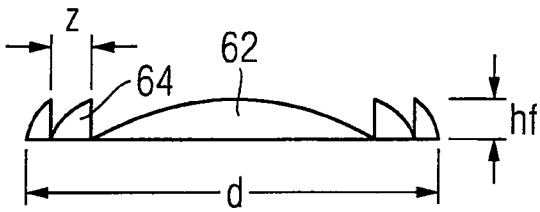


Fig. 5b

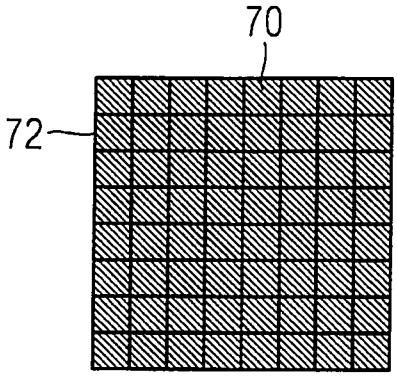


Fig. 6a

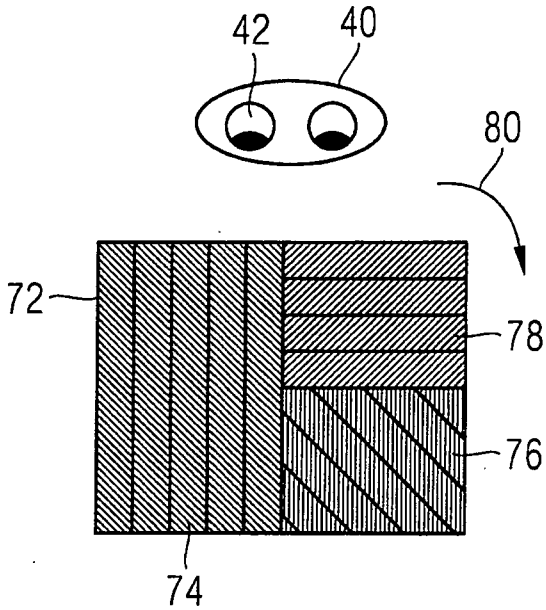


Fig. 6b

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

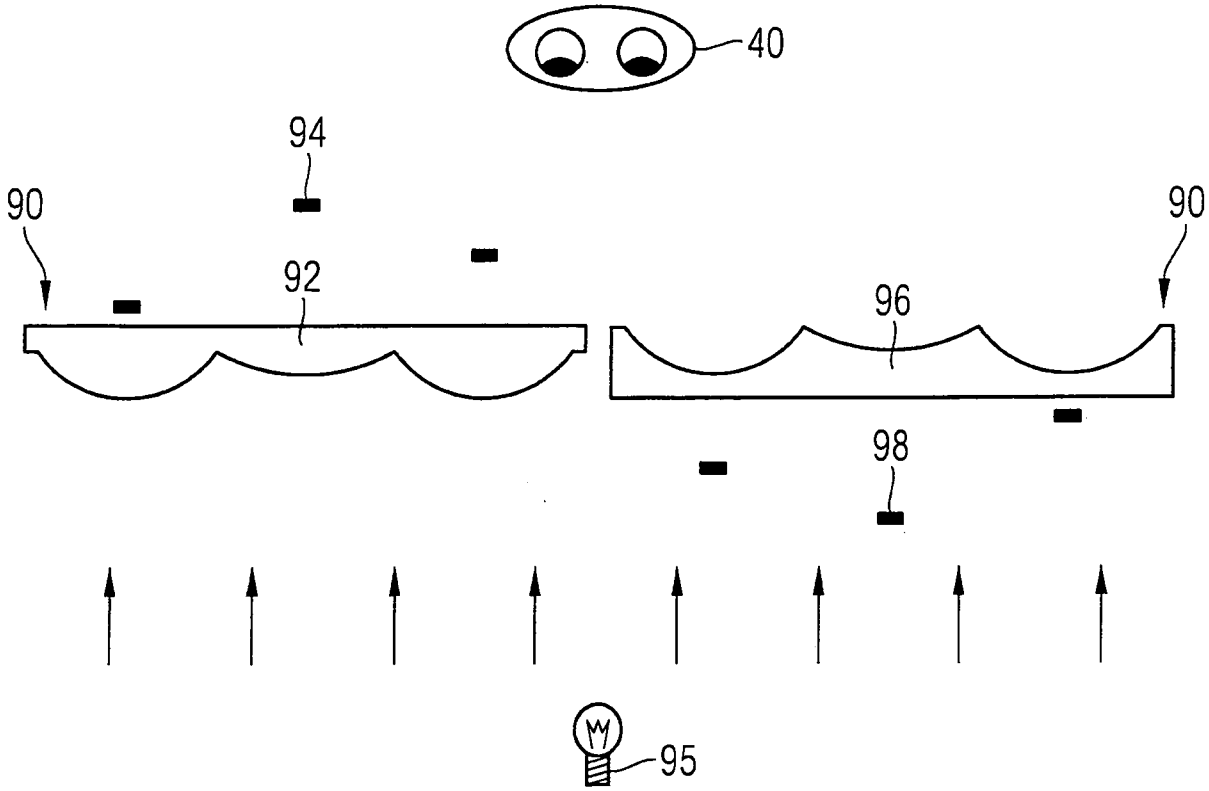


Fig. 7

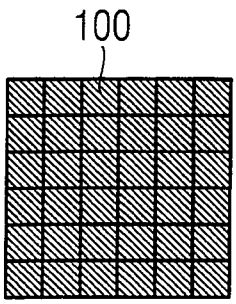


Fig. 8a

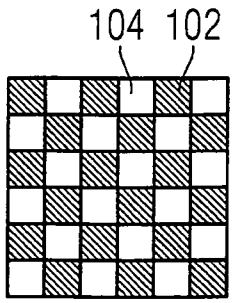


Fig. 8b

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

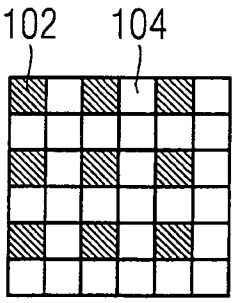


Fig. 8c

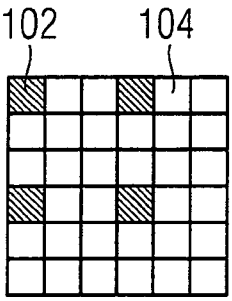


Fig. 8d

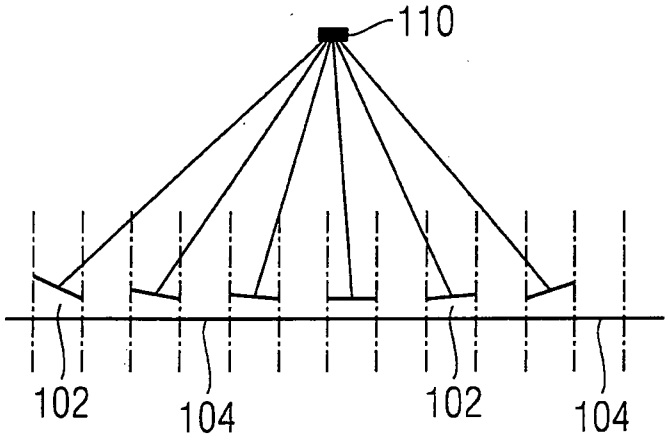


Fig. 9a

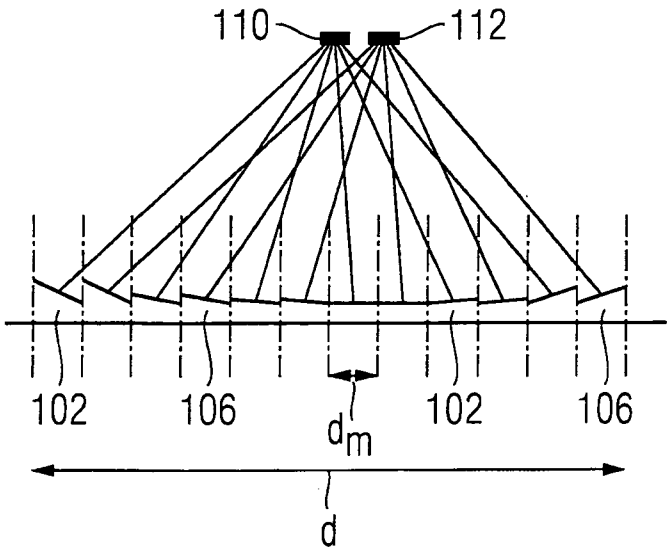


Fig. 9b

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

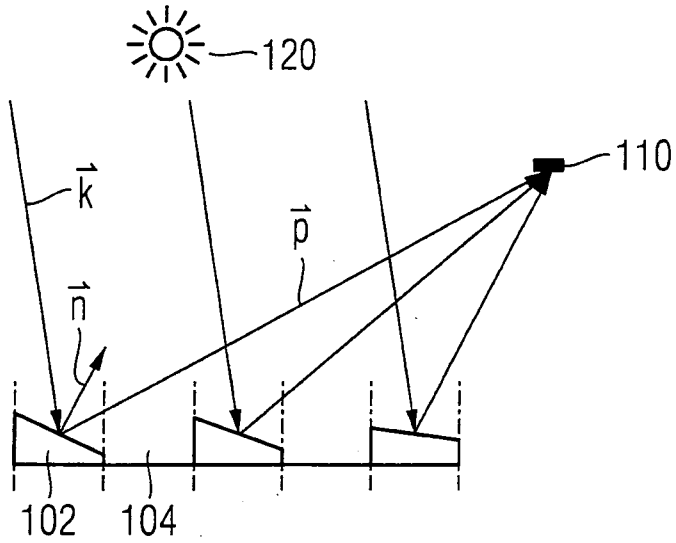


Fig. 10

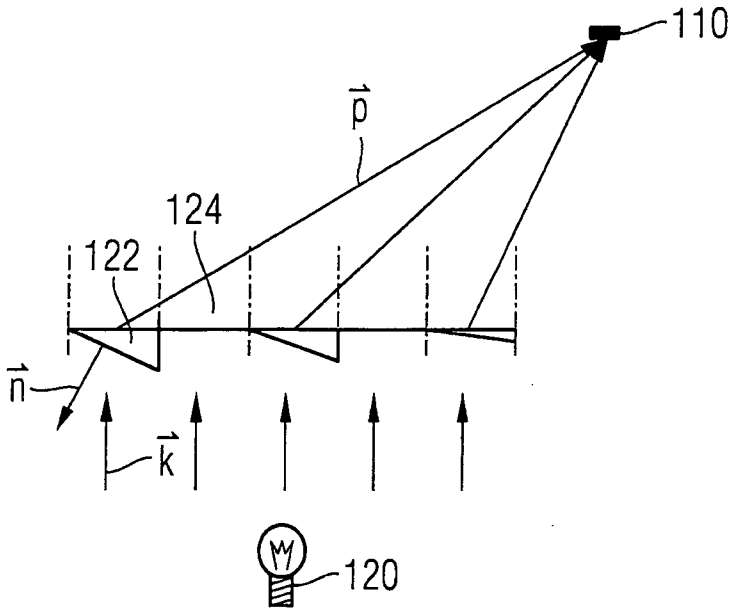


Fig. 11

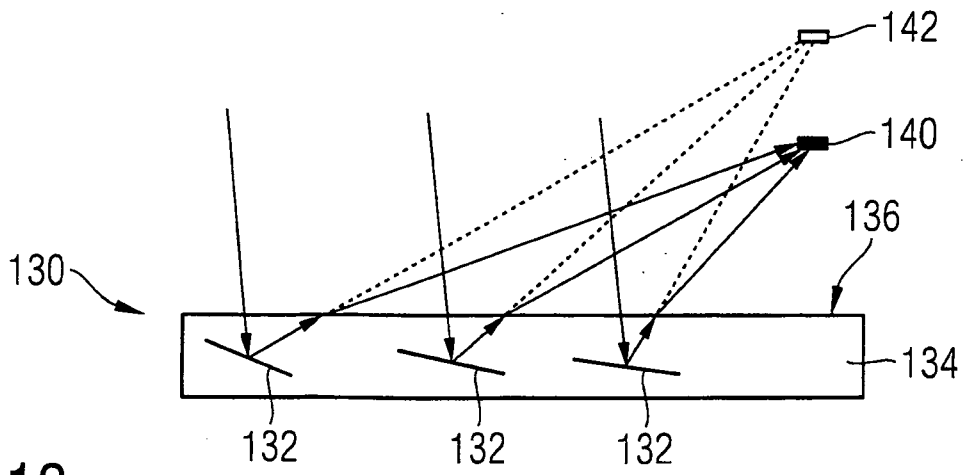


Fig. 12

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

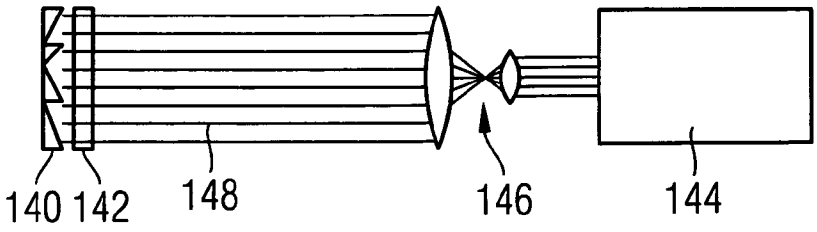


Fig. 13a

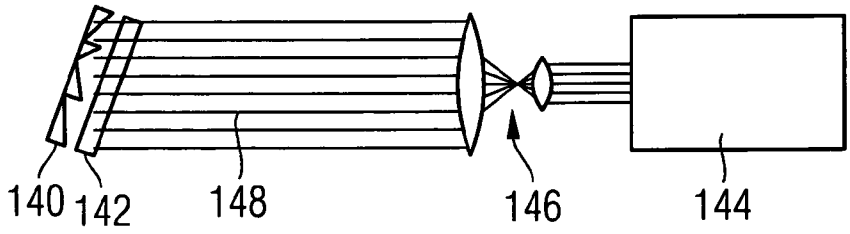


Fig. 13b

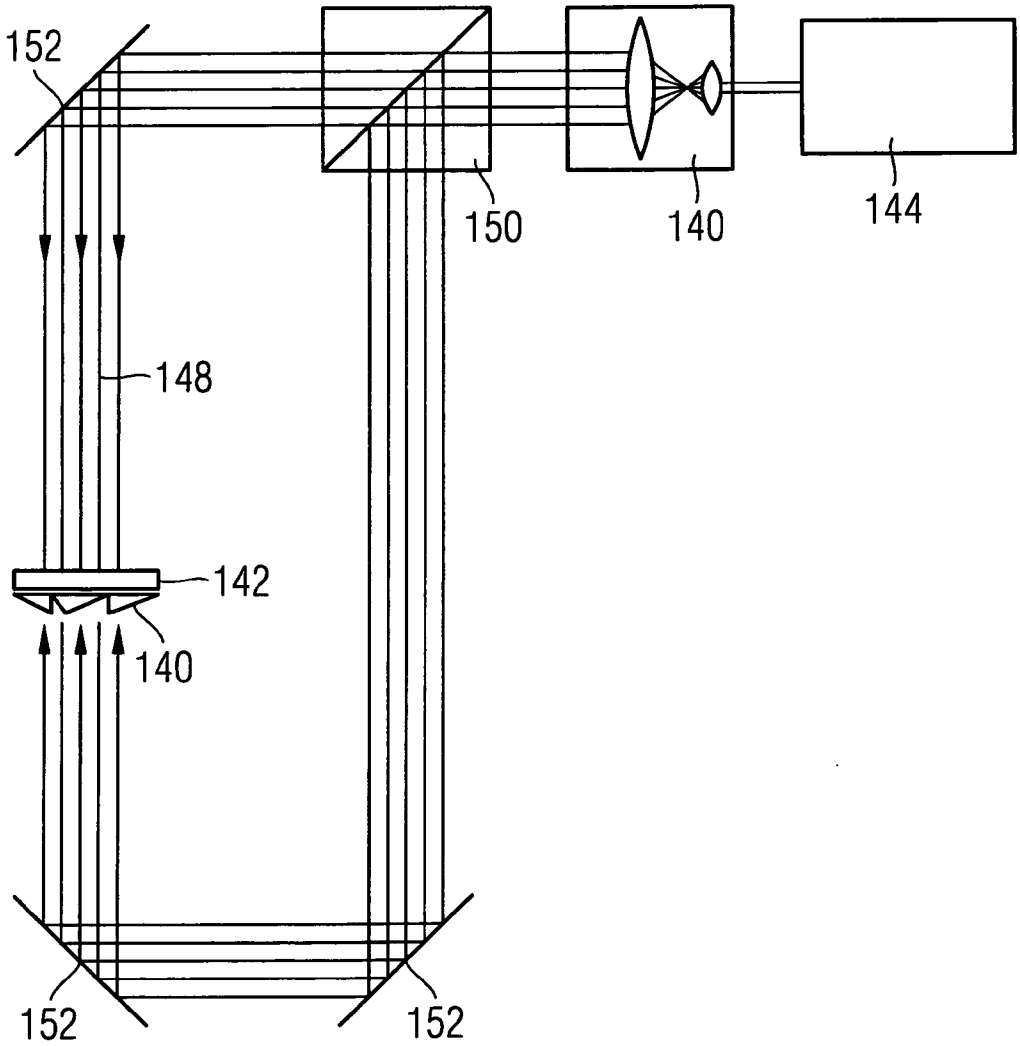


Fig. 13c

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2011/005071

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☒ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
1-30

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☒ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/005071

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B42D15/00 G02B27/22 G02B3/00 G02B5/04 G02B5/10
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 practical, 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	US 2002/114078 A1 (HALLE MICHAEL [US] ET AL) 22 August 2002 (2002-08-22) figures 1-3	1-23,25
X	US 2010/231860 A1 (MAEKAWA SATOSHI [JP]) 16 September 2010 (2010-09-16) figures 1-6	1-23,25
X	US 5 105 306 A (OHALA JOHN J [US]) 14 April 1992 (1992-04-14)	1,25
A	figures 1, 2	14,20,21
X	US 6 288 842 B1 (FLORCZAK JEFFREY M [US] ET AL) 11 September 2001 (2001-09-11) figures 9,10	1,24,25, 27-30

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 document 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	Date of mailing of the international search report
2 February 2012	15/02/2012

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Rödig, Christoph

2

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 261 417 B2 (CHO GYOUNG I [KR] ET AL CHO GYOUNG IL [KR] ET AL) 28 August 2007 (2007-08-28) figure 4c	1,25,26

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002114078 A1	22-08-2002	NONE	
US 2010231860 A1	16-09-2010	CN 101405627 A	08-04-2009
		EP 2009469 A1	31-12-2008
		KR 20090008265 A	21-01-2009
		US 2010231860 A1	16-09-2010
		WO 2007116639 A1	18-10-2007
US 5105306 A	14-04-1992	CA 2007313 A1	18-07-1990
		EP 0457815 A1	27-11-1991
		JP 3117991 B2	18-12-2000
		JP H04502822 A	21-05-1992
		US 5105306 A	14-04-1992
		WO 9008338 A1	26-07-1990
US 6288842 B1	11-09-2001	AR 031555 A1	24-09-2003
		AT 479125 T	15-09-2010
		AU 5627100 A	03-09-2001
		AU 2000256271 B2	03-02-2005
		BR 0017132 A	05-11-2002
		CA 2400894 A1	30-08-2001
		CN 1452726 A	29-10-2003
		EP 1259851 A1	27-11-2002
		EP 2278384 A2	26-01-2011
		EP 2284596 A2	16-02-2011
		HU 0301412 A2	29-09-2003
		JP 2003524205 A	12-08-2003
		JP 2010211237 A	24-09-2010
		MX PA02008143 A	28-01-2003
		NZ 520890 A	29-04-2003
		PL 356536 A1	28-06-2004
		SK 12172002 A3	09-01-2003
		TW 522257 B	01-03-2003
		US 6288842 B1	11-09-2001
		WO 0163341 A1	30-08-2001
		ZA 200206714 A	21-02-2003
US 7261417 B2	28-08-2007	US 2005180019 A1	18-08-2005
		WO 2006050428 A2	11-05-2006

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-23

Details of the display element

2. Claims 25, 26

A design process for creating a three-dimensional motif from pixels

3. Claims 24, 27-30

The use of a display element as a security feature

4. Claim 31

A display element with a controller

5. Claim 32

A process for producing a 3D hologram

**Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040**

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/005071

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☒ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
1-30

4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

☒ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchengebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.

☐ Die zusätzlichen Recherchengebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.

☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/005071

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B42D15/00 G02B27/22 G02B3/00 G02B5/04 G02B5/10
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	US 2002/114078 A1 (HALLE MICHAEL [US] ET AL) 22. August 2002 (2002-08-22) Abbildungen 1-3	1-23,25
X	US 2010/231860 A1 (MAEKAWA SATOSHI [JP]) 16. September 2010 (2010-09-16) Abbildungen 1-6	1-23,25
X	US 5 105 306 A (OHALA JOHN J [US]) 14. April 1992 (1992-04-14)	1,25
A	Abbildungen 1, 2	14,20,21
X	US 6 288 842 B1 (FLORCZAK JEFFREY M [US] ET AL) 11. September 2001 (2001-09-11) Abbildungen 9,10	1,24,25, 27-30

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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" älteres Dokument, 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 anderen 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Februar 2012	15/02/2012

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

2

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/005071

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 7 261 417 B2 (CHO GYOUNG I [KR] ET AL CHO GYOUNG IL [KR] ET AL) 28. August 2007 (2007-08-28) Abbildung 4c	1,25,26

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002114078 A1	22-08-2002	KEINE	
US 2010231860 A1	16-09-2010	CN 101405627 A	08-04-2009
		EP 2009469 A1	31-12-2008
		KR 20090008265 A	21-01-2009
		US 2010231860 A1	16-09-2010
		WO 2007116639 A1	18-10-2007
US 5105306 A	14-04-1992	CA 2007313 A1	18-07-1990
		EP 0457815 A1	27-11-1991
		JP 3117991 B2	18-12-2000
		JP H04502822 A	21-05-1992
		US 5105306 A	14-04-1992
		WO 9008338 A1	26-07-1990
US 6288842 B1	11-09-2001	AR 031555 A1	24-09-2003
		AT 479125 T	15-09-2010
		AU 5627100 A	03-09-2001
		AU 2000256271 B2	03-02-2005
		BR 0017132 A	05-11-2002
		CA 2400894 A1	30-08-2001
		CN 1452726 A	29-10-2003
		EP 1259851 A1	27-11-2002
		EP 2278384 A2	26-01-2011
		EP 2284596 A2	16-02-2011
		HU 0301412 A2	29-09-2003
		JP 2003524205 A	12-08-2003
		JP 2010211237 A	24-09-2010
		MX PA02008143 A	28-01-2003
		NZ 520890 A	29-04-2003
		PL 356536 A1	28-06-2004
		SK 12172002 A3	09-01-2003
		TW 522257 B	01-03-2003
		US 6288842 B1	11-09-2001
		WO 0163341 A1	30-08-2001
		ZA 200206714 A	21-02-2003
US 7261417 B2	28-08-2007	US 2005180019 A1	18-08-2005
		WO 2006050428 A2	11-05-2006

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040

WEITERE ANGABEN **PCT/ISA/** 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-23

   Details des Darstellungselements

   ---

2. Ansprüche: 25, 26

   Design-Verfahren zum Erzeugen eines dreidimensionalem Motivs aus Bildpunkten

   ---

3. Ansprüche: 24, 27-30

   Verwendung eines Darstellungselementes als Sicherheitsmerkmal

   ---

4. Anspruch: 31

   Darstellungselement mit Steuereinrichtung

   ---

5. Anspruch: 32

   Herstellungsverfahren für ein Volumenhologramm

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1040