(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2010 048 262 A1** 2012.04.12

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 048 262.5**
(22) Anmeldetag: **12.10.2010**
(43) Offenlegungstag: **12.04.2012**

(51) Int Cl.: ***G09F 3/03*** (2006.01)
G02B 5/124 (2006.01)
G02B 5/09 (2006.01)
G02B 5/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Giesecke & Devrient GmbH, 81677, München, DE

(72) Erfinder:
Fuhse, Christian, Dr., 83624, Otterfing, DE; Kaule, Wittich, Dr., 82275, Emmering, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

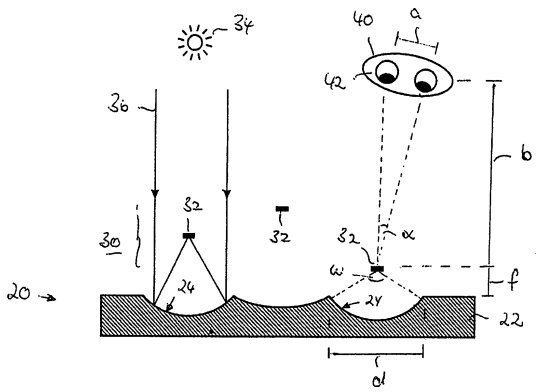
DE	**199 15 943**	**A1**
DE	**10 2005 061 749**	**A1**
WO	**90/ 08 338**	**A1**
WO	**2009/ 000 530**	**A2**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Darstellungselement**

(57) Zusammenfassung: 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. 1005

Beschreibung

[0001] 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.

[0002] Datenträger, wie Wert- oder Ausweisdokumente, aber auch andere Wertgegenstände, wie etwa Markenartikel, werden zur Absicherung oft mit Sicherheitselementen versehen, die eine Überprüfung der Echtheit des Datenträgers gestatten und die zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dienen.

[0003] 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.

[0004] 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.

[0005] 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 sind die 3D-Moiré-Magnifier, wie sie in der Druckschrift WO 2009/000530 A2 beschrieben sind.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] Gemäß der Erfindung enthält ein gattungemäßes Darstellungselement ein Substrat mit einem Flächenbereich, in dem eine Mehrzahl optischer Elemente 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.

[0011] 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.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

[0012] 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 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.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Erfindungsvariante schweben die Lichtflecken des Lichtfleckenbilds in mehreren verschiedenen Schwebehöhen oberhalb 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.

[0016] 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.

[0017] 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 einer 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.

[0018] In einer vorteilhaften Erfindungsvariante ist jedem Lichtfleck des Lichtfleckenbilds genau ein optisches Element zugeordnet.

[0019] 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] Besonders bevorzugt sind die optischen Elemente durch ebene Mikrospiegel oder durch kleine Mikroprismen gebildet.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] Wenn der Wechsel beim Bildinhalt abrupt erfolgt, spricht man von Flipbildern. Erfolgt der Wechsel über Zwischenstufen spricht man von Morphing-Bildern.

[0026] 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)

[0027] 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.

[0028] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann der Flächenbereich, in dem die Mehrzahl optischer Elemente angeordnet ist, auch gekrümmt sein, beispielsweise zylindrisch oder sphärisch gekrümmt.

[0029] 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 beispielsweise nur bei gerichteter Beleuchtung mit Laserlicht sichtbar oder benötigt einen besonderen Auffangschirm.

[0030] 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

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).

[0031] 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 Brechungsindexunterschied 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.

[0032] 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.

[0033] Die Strukturhöhen der Prägestrukturen liegen vorzugsweise unterhalb von 100 µm, bevorzugt unterhalb von 20 µm, besonders bevorzugt unterhalb von 5 µm.

[0034] 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 eingearbeiteten 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.

[0035] 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.

[0036] 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,
– 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,

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

– 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.

[0037] 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.

[0038] Die Erfindung enthält weiter eine Anzeigeeinrichtung mit einer Steuereinrichtung und einem Darstellungselement der oben beschriebenen Art, wobei 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.

[0039] 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.

[0040] Es zeigen:

[0041] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Banknote mit einem erfindungsgemäßen Sicherheitselement,

[0042] Fig. 2 schematisch ein erster Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Hohlspiegeln als reflektive optische Elemente,

[0043] Fig. 3 ein anderes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Wölbspiegeln als reflektive optische Elemente,

[0044] Fig. 4 ein vorgegebenes Lichtflecken-Motiv in Form einer dreidimensionalen Lichtpyramide,

[0045] Fig. 5 in (a) einen Wölbspiegel und in (b) der durch einen Fresnel-Spiegel ersetzte Wölbspiegel von (a),

[0046] 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,

[0047] Fig. 7 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem die refraktiven optischen Elemente durch Linsen gebildet sind,

[0048] Fig. 8 in (a) bis (d) vier Ausführungsbeispiele, bei denen ein gekrümmter Hohlspiegel in Mikrooptikelemente mit quadratischer Grundfläche und ebener Spiegelfläche zerlegt ist,

[0049] 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 Belegung mit zwei Mikrospiegelgruppen für zwei nahe benachbarte Lichtflecken zeigt,

[0050] Fig. 10 veranschaulicht die Berechnung der ebenen Spiegelflächen der Mikrospiegel der Fig. 8 und Fig. 9,

[0051] Fig. 11 veranschaulicht die Berechnung von Mikroprismen, die bei der Zerlegung einer Sammellinse entstehen, und

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

[0052] Fig. 12 zeigt schematisch ein Sicherheitselement mit eingebetteten Mikrospiegeln.

[0053] Die Erfindung wird nun am Beispiel von Sicherheitselementen für Banknoten erläutert. Fig. 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.

[0054] 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 unterschiedliche Schwebehöhen auf, so dass die Lichtflecken zusammen ein dreidimensionales Motiv, beispielsweise eine aus der Banknote herausragende Lichtpyramide, bilden.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] 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.

[0060] 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

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.

[0061] 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.

[0062] 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.

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] 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.

[0066] 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 Strukturhöhe des Wölbspiegels ergibt sich in diesem Fall über die Beziehung $h \cdot (2r - h) = (d/2)^2$ zu h = 7,8 µm.

[0067] 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 µm ist. Ansonsten spielt die Breite z der Fresnel-Zonen **64** für die optische Wirksamkeit des Fresnel-Spiegels **62** keine Rolle.

[0068] 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.

[0069] 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

dem oben Gesagten proportional zum Krümmungsradius r ist, verändert sich beim Drehen eines elliptisch gewölbten Spiegels die Schwebehöhe f des zugehörigen Lichtflecks für den Betrachter.

[0070] 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.

[0071] 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.

[0072] 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.

[0073] 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.

[0074] 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.

[0075] 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.

[0076] 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.

[0077] 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.

[0078] 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 diesem Fall ein Durchsichtssicherheitselement dar, das vom Betrachter **40** in Durchsicht gegen eine idealerweise weit entfernte Lichtquelle **95** auf Echtheit geprüft wird.

[0079] 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.

[0080] 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:

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

$f = 2 \cdot r$

und

$h \cdot (2r - h) = (d/2)^2$

[0081] 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 Fresnel-Zonen groß gegen die Lichtwellenlänge sind, ansonsten aber beliebig gewählt werden können.

[0082] 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.

[0083] 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.

[0084] 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 Flächenbereich 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.

[0085] 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.

[0086] 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 Oberflachen zu zerlegen, wenn keine Verschachtelung mehrerer Gruppen von Mikrooptikelementen gewünscht oder notwendig ist.

[0087] 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 Lichtflecks durch eine Anordnung aus n × 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 × 50 µm auf und können mit ebener Spiegelfläche ausgebildet werden, ohne die Abbildungsqualität zu beeinträchtigen. Die Anzahl n × n der Mikrospiegel beträgt beispielsweise 10 × 10, so dass die Mikrospiegel eine Gesamtfläche von 0, 5 mm × 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

Mikrospiegel **100** wesentlich einfacher als die Berechnung und Herstellung eines gekrümmten Hohlspiegels gleicher optischer Wirkung.

[0088] 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.

[0089] 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, so dass sich die geforderte Auflösung von 0,2 mm auf diese Weise nicht erreichen lässt.

[0090] Wird dagegen eine Zerlegung wie in **Fig.** 8(b) verwendet, bei der nur jedes zweite Feld mit 50 µm × 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 × 12 Mikrospiegeln **102** mit 12 × 12 freien Feldern **104** und damit $d = 2 \cdot 12 \cdot 50$ µm = 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.

[0091] 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 × 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.

[0092] 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 Mikrospiegeldurchmesser d_m, im Ausführungsbeispiel also 50 µm, von dem ersten Lichtfleck **110** entfernt ist, wie in **Fig.** 9(b) illustriert.

[0093] Wie aus Fig. 9 ersichtlich, ist der Optikdurchmesser d der Mikrospiegelgruppen **102**, **106** bei der alternierenden Spiegelanordnung durch $d = 2 \cdot n \cdot d_m$ 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.

[0094] 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.

[0095] 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 **Fig.** 8(b) und **Fig.** 9(a).

[0096] 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

der Position (x, y, 0), $\vec{k}$ der Richtungsvektor des einfallenden Lichtstrahls und $\vec{p}$ der Richtungsvektor des reflektierten Lichtstrahls.

[0097] 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

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

[0098] Befindet sich die Lichtquelle **120** an der Position (x_L, y_L, z_L), so ist

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

[0099] Wird die Mikrospiegelgruppe **102** auf senkrechten Lichteinfall ausgelegt, so ist

$$\frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} \quad ,$$

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

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

ergibt, wobei die Abkürzung

$$\sqrt{\ } = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + z_0{}^2}$$

verwendet wurde.

[0100] 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

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

aus, die weitere Berechnung erfolgt wie bei Hohlspiegeln.

[0101] 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.

[0102] 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** gebrochen wird. Die in Fig. 11 freibleibenden Felder **124** können mit Mikroprismen belegt werden, die einem anderen Lichtfleck zugeordnet sind.

[0103] 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.

[0104] 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.

[0105] Bei eingebetteten Prismen oder Linsen kann der Brechzahlunterschied zwischen Prismen- bzw. Linsenmaterial und Einbettungsmaterial bei der Berechnung der Lichtstrahlablenkung entsprechend berücksichtigt werden.

[0106] Um ein visuell ansprechendes dreidimensionales Lichtfleckenbild zu erzeugen, sollen die Lichtflecken unterschiedliche Helligkeiten aufweisen können. 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.

[0107] 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.

[0108] 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. 1005

[0109] 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.

[0110] 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 (Fig. 10, Fig. 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

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

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.

[0111] 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 Fig. 8 bis Fig. 10 beschrieben, jedem Lichtfleck eine Mehrzahl von optischen Elementen, hier einer Mehrzahl von Mikrospiegeln zuordnet.

[0112] 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.

[0113] 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 Anordnung wird dann abwechselnd das Lichtfleckenbild A und das Lichtfleckenbild B sichtbar.

[0114] 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.

[0115] Anstelle der genannten Bedingungen können selbstverständlich auch andere Kriterien zur Trennung der Lichtfleckenbilder eines Wechselbilds verwendet werden. Beispielsweise können durch die Bedingungen

$n_y > c_1$ für Bild A, $c_1 < n_y < c_2$ für Bild B, $n_y < c_2$ 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.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

[0116] 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.

[0117] 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 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.

[0118] 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.

[0119] 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).

[0120] 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 Mikrospiegel 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.

[0121] 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.

[0122] Eine versteckte Bildinformation kann beispielsweise erzeugt werden, indem den zugehörigen Lichtflecken sehr kleine Öffnungswinkel zugeordnet werden, etwa ein Öffnungswinkel = 0 für Parallellicht.

[0123] 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.

[0124] In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die optischen Elemente der versteckten Bildinformation teilweise oder vollständig in eng benachbarten Teilbereichen des Sicherheitselements untergebracht und gegebenenfalls 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.

[0125] Nachfolgend wird eine besonders bevorzugte Vorgehensweise beim Herstellen eines allgemeinen dreidimensionalen Lichtfleckenbilds genauer beschrieben.

[0126] 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

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.

[0127] Die xy-Ebene selbst wird in erste, größere Felder, beispielsweise einer Abmessung von 0,1 mm × 0, 1 mm aufgeteilt. Jedes der größeren Felder wird weiter in zweite, kleinere Felder, beispielsweise einer Größe von 10 µm × 10 µm aufgeteilt. Die größeren Felder werden nachfolgend als Grobfelder, die kleiner Felder als Feinfelder bezeichnet.

[0128] Im Einzugsbereich E_j jedes Bildpunkts P_j werden nun soviele Feinfelder für diesen Bildpunkt reserviert, wie auf Grundlage des Höhenwerts Z_j und des Helligkeitswerts I_j bestimmt werden. Beispielsweise kann die Feinfelderanzahl 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.

[0129] 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.

[0130] 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.

[0131] Die so erhaltene Belegung kann nun im Flächenbereich des Sicherheitselements realisiert werden. In den belegten Feinfeldern werden Spiegel oder 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.

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2009/000530 A2 [**0005**]
- WO 90/08338 A1 [**0006**]
- DE 102009056934 [**0030**]
- EP 0868313 B1 [**0030**]
- WO 2005/052650 A2 [**0034**]

**Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005**

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 derselben 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.

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.

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.

23. Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, 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.

24. Verfahren zum Herstellen eines Darstellungselements nach einem der Ansprüche 1 bis 23, 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.

25. Verfahren nach Anspruch 24, 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,
– 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

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

– 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.

26. Datenträger mit einem Darstellungselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 23.

27. Datenträger nach Anspruch 26, 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.

28. Datenträger nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Darstellungselement ein reflektierendes Sicherheitselement ist, das in einem opaken Bereich des Datenträgers angeordnet ist.

29. Datenträger nach wenigstens einem der Ansprüche 26 bis 28, 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.

30. Anzeigeeinrichtung mit einer Steuereinrichtung und einem Darstellungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 23, wobei die räumliche Ausrichtung der optischen Elemente des Darstellungselements durch die Steuereinrichtung einstellbar ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

Anhängende Zeichnungen

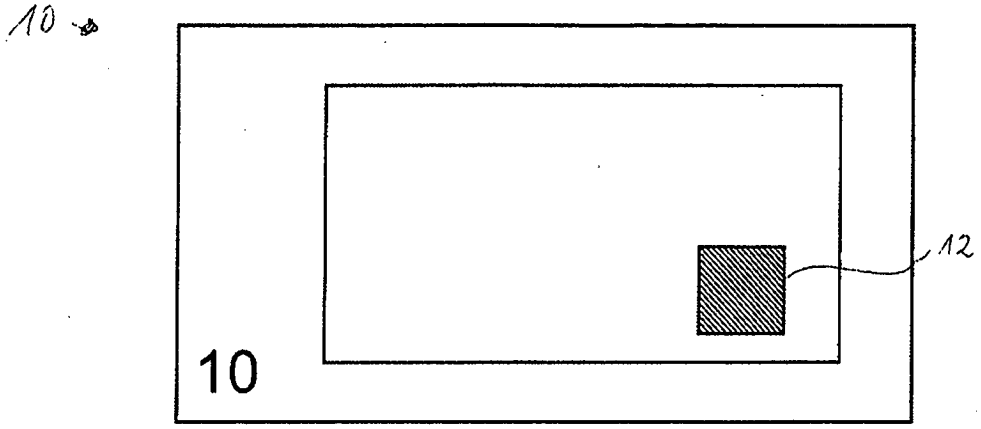


Fig. 1

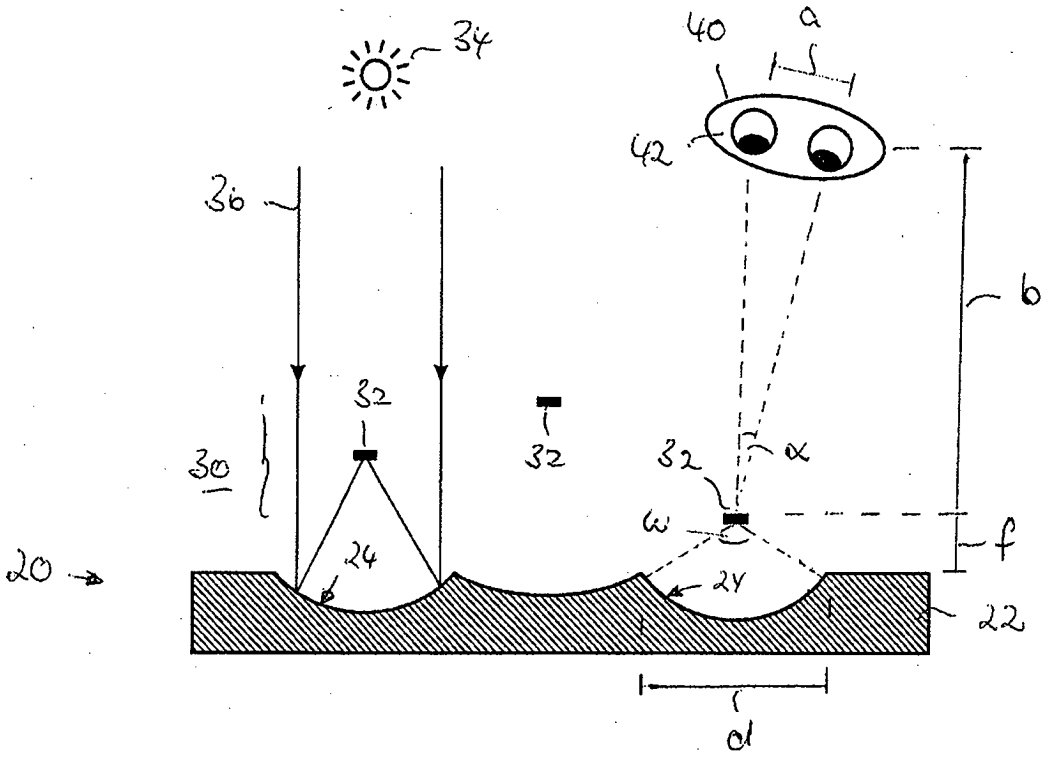


Fig. 2

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

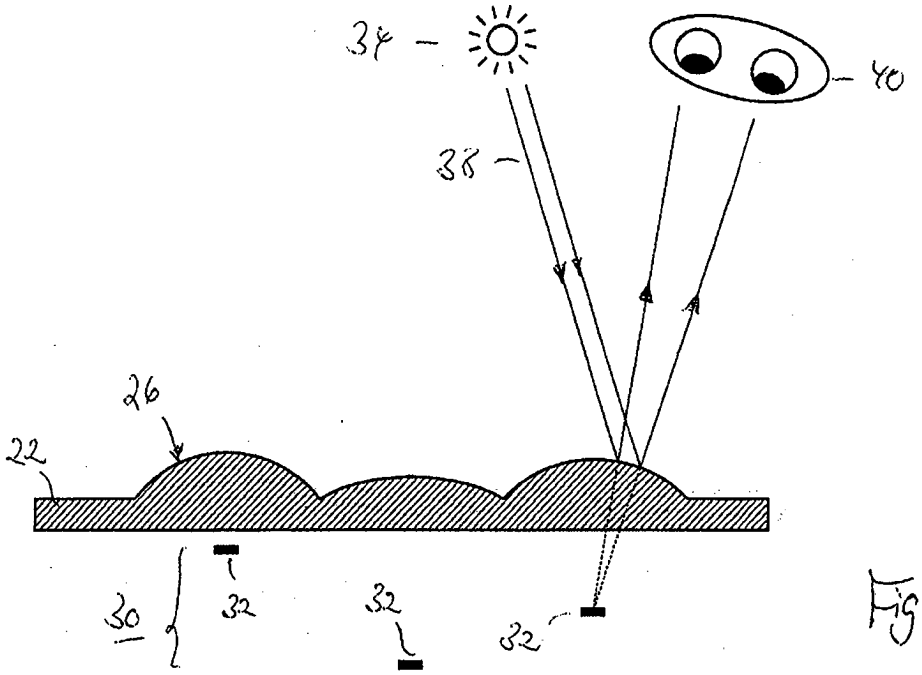


Fig. 3

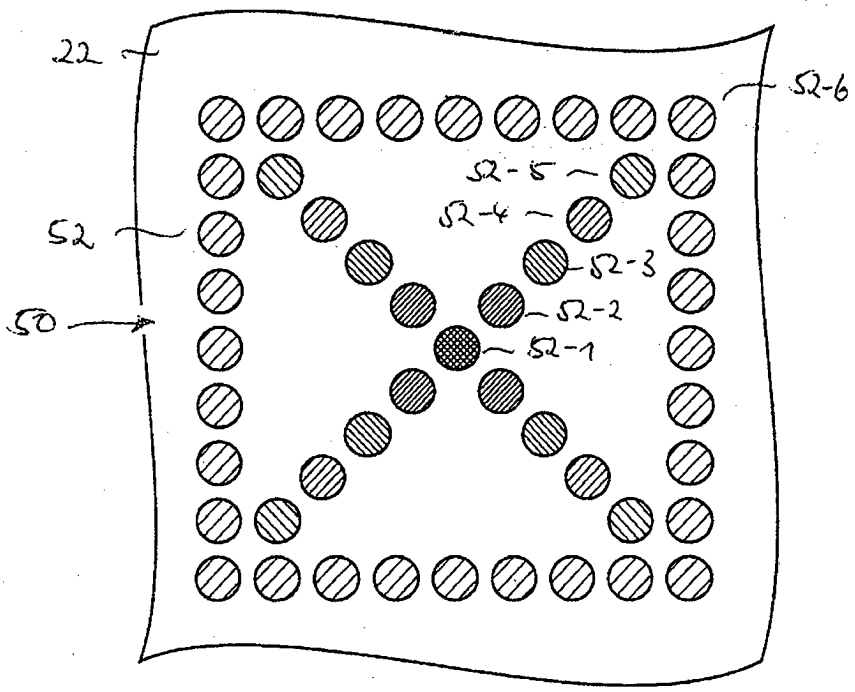


Fig 4

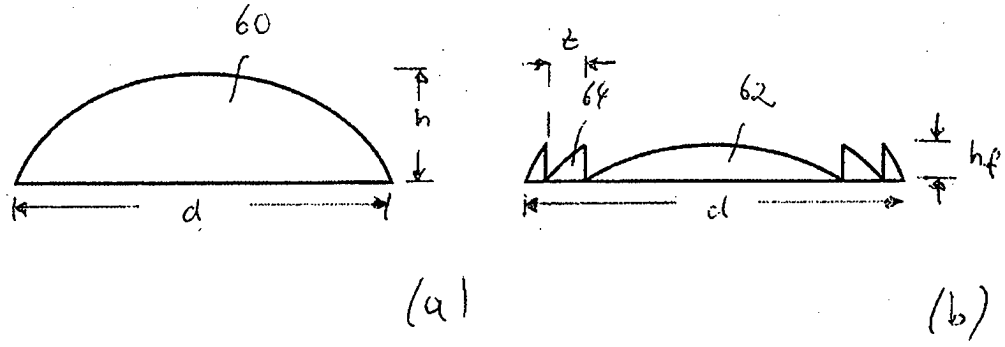


Fig. 5

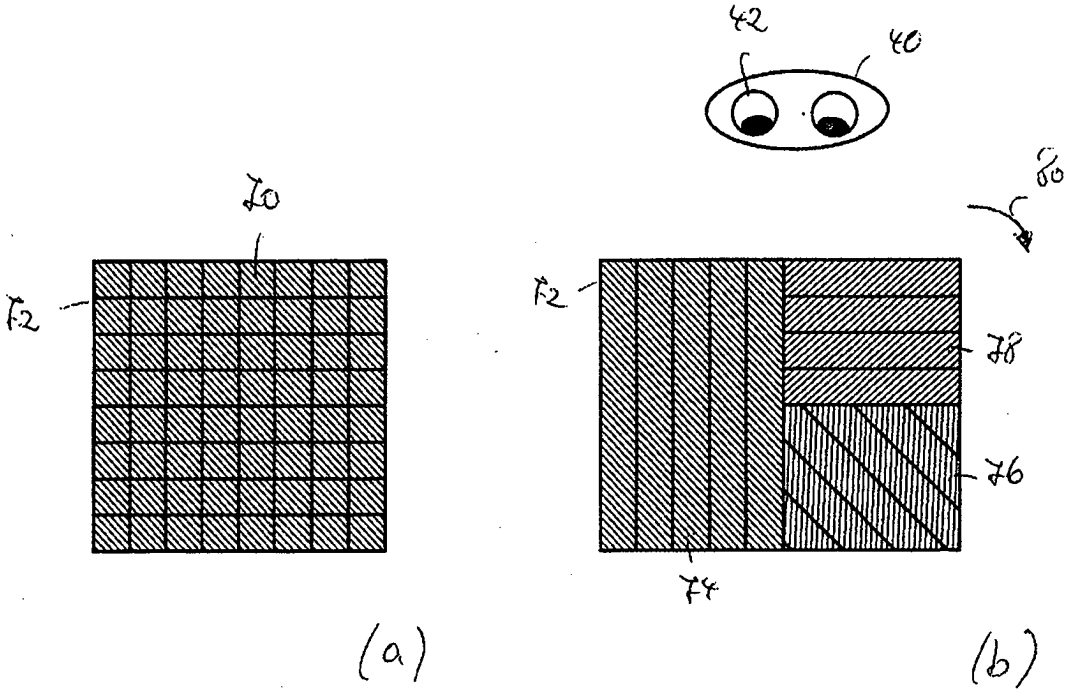


Fig 6

Giesecke+Devrient GmbH,
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH,
and Papierfabrik Louisenthal GmbH. - Ex. 1005

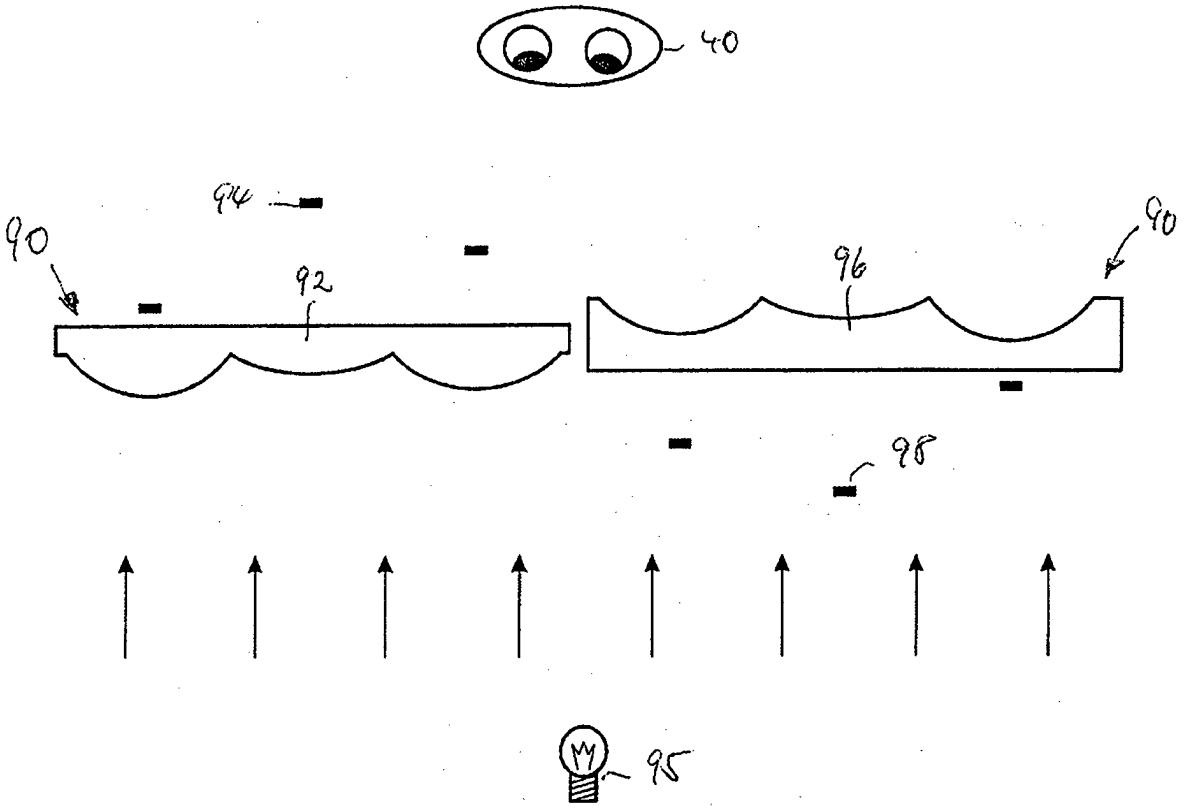
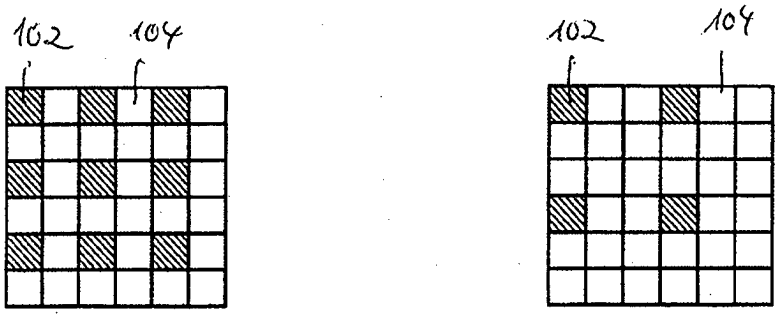


Fig. 7

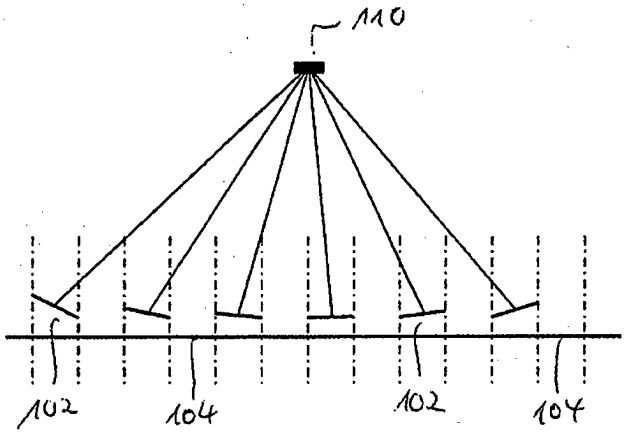
(a) (b)

Fig. 8

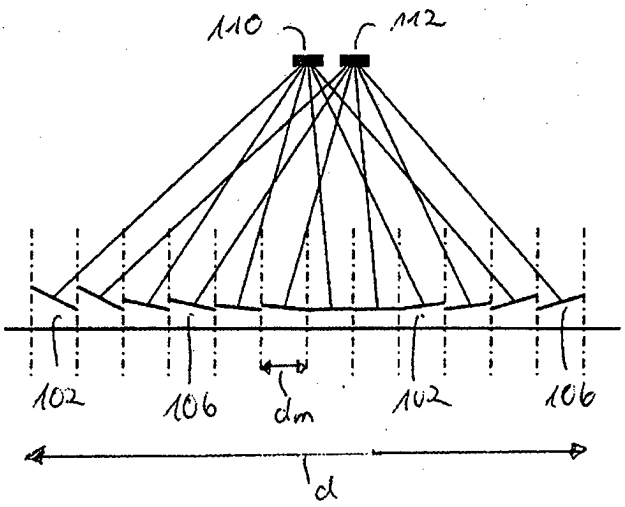


(c) (d)

Fig. 8



(a)



(b)

Fig. 9

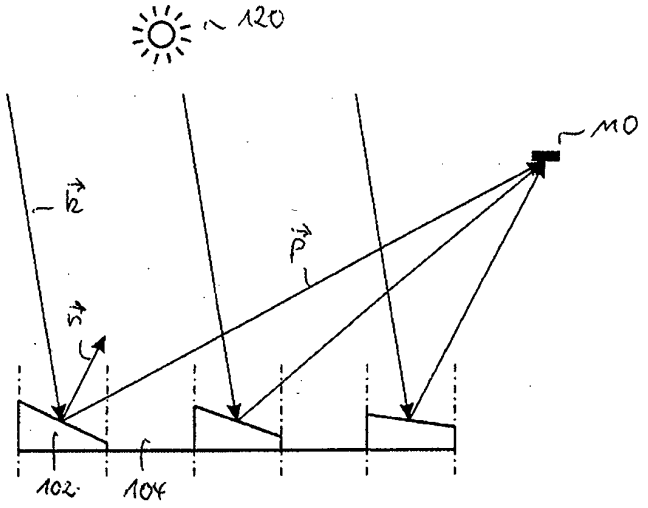


Fig. 10

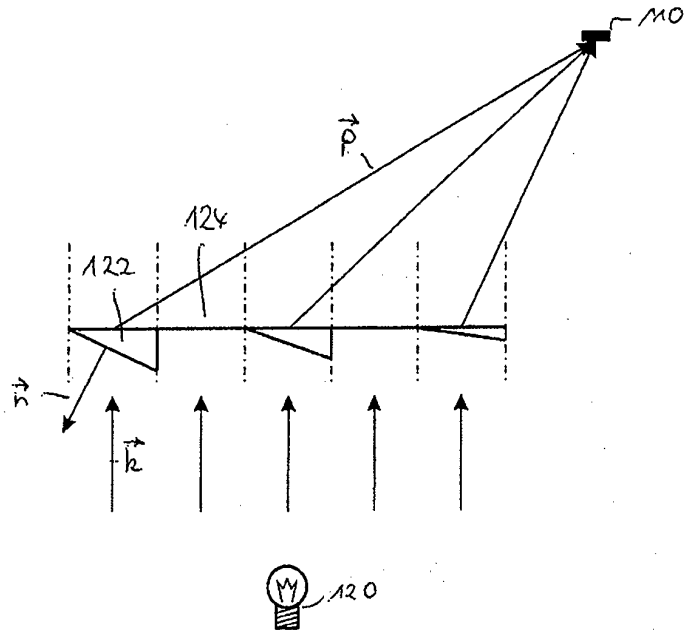


Fig. 11

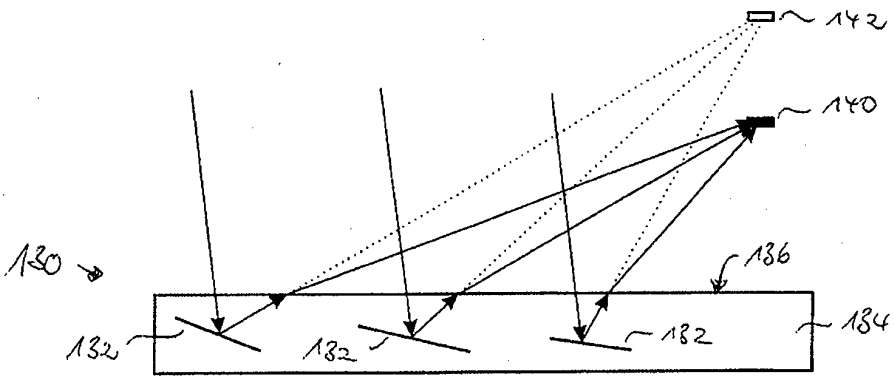


Fig. 12