



(10) **DE 10 2015 005 969 A1** 2016.11.10

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 005 969.6**

(22) Anmeldetag: **08.05.2015**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2016**

(51) Int Cl.: **B42D 25/328 (2014.01)**

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

(72) Erfinder:
Fuhse, Christian, Dr., 83624 Otterfing, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2010 047 250 A1
DE 10 2010 048 262 A1
DE 10 2011 121 653 A1

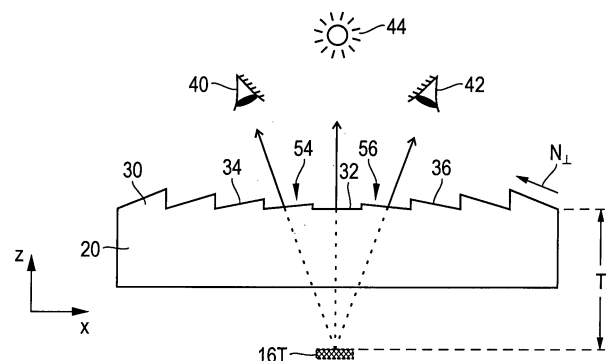
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optisch variables Sicherheitselement**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein optisch variables Sicherheitselement (12) zur Absicherung von Wertgegenständen, das betrachtungswinkelabhängig ein Motiv mit zumindest einer Kurvendarstellung (16) zeigt, die aus einer ersten Betrachtungsrichtung innerhalb eines Darstellungsbereichs (22) in einer Mittelposition als Vorgabekurve sichtbar ist, und sich beim Kippen des Sicherheitselements (12) um zwei unterschiedliche vorbestimmte Achsen innerhalb des Darstellungsbereichs (22) in unterschiedliche Richtungen von der Mittelposition weg bewegt, mit

- einem flächigen Motivbereich (20), der in dem Darstellungsbereich (22) mit einer Mehrzahl reflektiver, ebener Facetten (30) versehen ist,
- wobei jede ebene Facette (30) durch einen Neigungswinkel gegen die Ebene des flächigen Motivbereichs (20) charakterisiert ist, welcher als Neigungskomponenten eine Parallelkomponente ($N_{||}$) parallel zu der Vorgabekurve in der Mittelposition und eine Normalkomponente ($N_{\perp}$) senkrecht zu der Vorgabekurve in der Mittelposition aufweist, und wobei
- für die ebenen Facetten (30) des Darstellungsbereichs (22) eine erste der beiden Neigungskomponenten vom Abstand der jeweiligen Facette (30) zu der Vorgabekurve abhängig gewählt ist und eine zweite der beiden Neigungskomponenten in einem vorbestimmten Auffächerungsbereich unabhängig vom Abstand der jeweiligen Facette (30) zu der Vorgabekurve gewählt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein optisch variables Sicherheitselement zur Absicherung von Wertgegenständen, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Sicherheitselements und einen entsprechend ausgestatteten Datenträger.

[0002] Datenträger, wie etwa Wert- oder Ausweisdokumente, oder andere Wertgegenstände, wie etwa Markenartikel, werden zur Absicherung oft mit Sicherheitselementen versehen, die eine Überprüfung der Echtheit der Datenträger gestatten und die zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dienen. Eine besondere Rolle bei der Echtheitsabsicherung spielen Sicherheitselemente mit betrachtungswinkelabhängigen Effekten, da diese selbst mit modernsten Kopiergeräten nicht reproduziert werden können. Die Sicherheitselemente werden dabei mit optisch variablen Elementen ausgestattet, die dem Betrachter unter unterschiedlichen Betrachtungswinkeln einen unterschiedlichen Bildeindruck vermitteln und beispielsweise je nach Betrachtungswinkel einen anderen Farb- oder Helligkeitseindruck und/oder ein anderes graphisches Motiv zeigen.

[0003] In diesem Zusammenhang sind optisch variable Sicherheitselemente bekannt, die beim Kippen des Sicherheitselements verschiedene Bewegungs- oder Kippeffekte zeigen, wie etwa bewegte Balken, bewegte bildliche Darstellungen, Pumpeffekte oder dreidimensionale Darstellungen. Zur Umsetzung der optisch variablen Erscheinungsbilder werden im Stand der Technik unterschiedliche Techniken eingesetzt, mit denen sich typischerweise manche dieser Bewegungseffekte besonders gut und andere weniger gut realisieren lassen.

[0004] Für eine dreidimensionale Darstellung werden typischerweise in sogenannten stereografischen Verfahren unterschiedliche Ansichten für das linke und rechte Auge des Betrachters bereitgestellt, aus denen dann ein dreidimensionaler Eindruck entsteht. Dabei sieht ein Betrachter einen vermeintlich gleichen Bildpunkt mit dem linken und rechten Auge an unterschiedlichen Stellen auf dem Sicherheitselement und ermittelt dann unbewusst über die entsprechende Parallaxe eine Tiefeninformation.

[0005] Aus der Druckschrift DE 10 2010 049 831 A1 ist beispielsweise ein optisch variables Flächenmuster bekannt, das nicht nur von rechts und links, sondern auch von oben und unten betrachtet entsprechende räumliche Ansichten bereitstellt. Ein solches Flächenmuster bietet neben einer horizontalen auch eine vertikale Parallaxe. Dies hat zwar den Vorteil, dass ein solches Flächenmuster beliebig in seiner Ebene gedreht werden kann, ohne dass der räumliche Eindruck verloren geht, weist aber zugleich den Nachteil auf, dass dazu sehr viele verschiedene An-

sichten ineinander verschachtelt werden müssen, so dass jede Ansicht nur einen kleinen Flächenanteil belegen kann. Die Darstellungen sind daher oft relativ lichtschwach und teilweise nur bei Beleuchtung mit einer starken Punktlichtquelle gut zu erkennen.

[0006] Ein anderer Ansatz zur Darstellung dreidimensionaler Darstellungen mit horizontaler und vertikaler Parallaxe ist aus der Druckschrift DE 10 2010 048 262 A1 bekannt. Dort wird ein Darstellungselement aus einzelnen „Lichtflecken“ gebildet, die im Fokus beispielsweise eines Hohl- oder Wölbspiegels oder einer metallisierten Fresnellinse entstehen. Eine solche Darstellung kann sehr hell und brillant sein, sofern die den einzelnen Lichtflecken zugeordneten Flächenbereiche nicht zu stark überlappen, da in diesem Fall ebenfalls eine Verschachtelung erforderlich wird und die Helligkeit und Brillanz abnimmt. Brillante Darstellungen können somit nur für Bilder aus relativ wenigen Lichtflecken erzeugt werden, woraus sich allerdings ein gepunktetes und oft wenig detailreiches Aussehen ergibt.

[0007] Eine weitere Möglichkeit, Darstellungen mit dreidimensionaler Tiefenwirkung zu erzeugen, bieten Moiré-Vergrößerungsanordnungen auf der Basis von Mikrolinsen und Mikrobildern, wie sie beispielsweise aus der Druckschrift WO 2005/052650 A2 bekannt sind. Dabei wird eine periodische Darstellung in Form vieler kleiner Mikrobilder mittels eines Rasters aus Mikrolinsen ähnlicher aber nicht exakt gleicher Periode vergrößert. Je nach Wahl der Rasterweiten kann sich so eine scheinbar vor oder hinter dem eigentlichen Flächenmuster liegende Darstellung ergeben oder es kann eine sogenannte orthoparallaktische Bewegung erzeugt werden. Nachteilig bei solchen Moiré-Vergrößerungsanordnungen ist allerdings die vergleichsweise aufwendige Herstellung mit zwei Prägeschritten für die Mikrolinsen und für geprägte Mikrobilder, sowie die Tatsache, dass nur periodische Darstellungen gezeigt werden können.

[0008] Schließlich ist es beispielsweise aus der WO 2014/108303 A1 bekannt, magnetisch ausgerichtete reflektierende Pigmente mit entsprechend geformten Magneten so auszurichten, dass sich helle, insbesondere ringförmige Darstellungen ergeben, die ebenfalls einen gewissen Tiefeneffekt aufweisen können. Solche Darstellungen sind sehr hell und gut sichtbar, allerdings sind die benötigten Magnetfarben vergleichsweise teuer und die Effektivvielfalt und Auflösung ist durch die Verfügbarkeit entsprechender Magnete eingeschränkt.

[0009] Ausgehend davon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Sicherheitselement der eingangs genannten Art anzugeben, das die Nachteile des Standes der Technik überwindet und das insbesondere eine brillante und hochaufgelöste Darstellung ei-

nes gewünschten Motivs mit horizontaler und vertikaler Parallaxe zeigt.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0011] Gemäß der Erfindung zeigt ein gattungsgemäßes Sicherheitselement betrachtungswinkelabhängig ein Motiv mit zumindest einer Kurvendarstellung, die aus einer ersten Betrachtungsrichtung innerhalb eines Darstellungsbereichs in einer Mittelposition als Vorgabekurve sichtbar ist, und die sich beim Kippen des Sicherheitselements um zwei unterschiedliche vorbestimmte Achsen innerhalb des Darstellungsbereichs in unterschiedliche Richtungen von der Mittelposition weg bewegt.

[0012] Erfindungsgemäß weist das Sicherheitselement einen flächigen Motivbereich auf, der in dem Darstellungsbereich mit einer Mehrzahl reflektiver, ebener Facetten versehen ist, wobei jede ebene Facette durch einen Neigungswinkel gegen die Ebene des flächigen Motivbereichs charakterisiert ist, welcher als Neigungskomponenten eine Parallelkomponente parallel zu der Vorgabekurve in der Mittelposition und eine Normalkomponente senkrecht zu der Vorgabekurve in der Mittelposition aufweist, und wobei für die ebenen Facetten des Darstellungsbereichs eine erste der beiden Neigungskomponenten vom Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve abhängig gewählt ist und eine zweite der beiden Neigungskomponenten in einem vorbestimmten Auffächerungsbereich unabhängig vom Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve gewählt ist.

[0013] Da die Kurvendarstellung in der Mittelposition des Darstellungsbereichs als Vorgabekurve sichtbar ist, wird im Rahmen dieser Beschreibung oft die Wendung "Abstand zur Vorgabekurve" als Abkürzung für "Abstand zur Mittelposition, in der die Kurvendarstellung als Vorgabekurve sichtbar ist" gebraucht. Die beiden Neigungskomponenten werden in der Regel durch den Wert der Neigungswinkel der ebenen Facette in der jeweiligen Richtung angegeben.

[0014] Die erste Neigungskomponente der ebenen Facetten nimmt mit Vorteil monoton, insbesondere streng monoton mit dem Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve zu oder ab. Vorzugsweise nimmt die erste Neigungskomponente sogar linear mit dem Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve zu oder ab.

[0015] Die zweite Neigungskomponente der ebenen Facetten variiert mit Vorteil in dem Auffächerungsbereich unregelmäßig, insbesondere gemäß einer Zufallszahlenverteilung oder einer Pseudozufallszahlenverteilung. Pseudozufallszahlen sind Zahlen-

folgen, die zwar zufällig erscheinen, aber durch einen deterministischen Algorithmus berechnet werden und daher im strengen Sinn keine echten Zufallszahlen sind. Dennoch werden Pseudozufallszahlen verbreitet eingesetzt, da die statistischen Eigenschaften einer Pseudozufallszahlenverteilung, wie Gleichwahrscheinlichkeit der einzelnen Zahlen oder die statistische Unabhängigkeit aufeinanderfolgender Zahlen, für praktische Zwecke in der Regel ausreichend "unregelmäßig" sind und Pseudozufallszahlen mit Computern im Gegensatz zu echten Zufallszahlen einfach zu erzeugen sind.

[0016] Grundsätzlich kann die Auffächerung der zweiten Neigungskomponente allerdings auch regelmäßig erfolgen, beispielsweise indem in bestimmten Schritten nacheinander alle Neigungswerte des Auffächerungsbereichs in kurzen Abständen durchlaufen werden. Soll beispielsweise mit 5 µm großen Facetten ein Auffächerungswinkel von 30° erreicht werden, so können nacheinander 11 Spiegel mit um jeweils 3° unterschiedlichen Ablenkungswinkeln angeordnet sein. Dadurch ergibt sich eine periodische Anordnung, bei der sich die entsprechenden Steigungskomponenten alle 55 µm wiederholen, was mit bloßem Auge nicht auflösbar ist.

[0017] Die erste und zweite Neigungskomponente der Facetten nehmen jeweils einen bestimmten Winkelbereich ein, der nachfolgend als erster bzw. zweiter Winkelbereich bezeichnet wird. Dabei ergibt sich die Größe des ersten Winkelbereichs aus der Größe des gewünschten Betrachtungsbereichs, aus dem der Effekt sichtbar sein soll, und der konkreten Zubzw. Abnahme der Facettenneigung mit dem Abstand von der Vorgabekurve, sie folgt also in der Regel aus dem gewünschten Erscheinungsbild und dem gewünschten Bewegungsverhalten der Kurvendarstellung. Der erste Winkelbereich hat insbesondere auch Einfluss auf die Dynamik bzw. die scheinbare Schwebehöhe bzw. Schwebetiefe der Kurvendarstellung. So lässt ein kleiner Winkelbereich die Kurvendarstellung nur in einem kleinen Betrachtungswinkelbereich und relativ unscharf erscheinen, gleichwohl scheint dieselbe in großer Höhe bzw. Tiefe zu liegen. In einer vorteilhaften Gestaltung ist nun vorgesehen, dass die Größe des zweiten Winkelbereichs vergleichbar mit der Größe des ersten Winkelbereichs gewählt ist, und vorteilhaft zwischen 80% und 120%, vorzugsweise zwischen 90% und 110% der Größe des ersten Winkelbereichs beträgt. Der erste und zweite Winkelbereich weisen vorteilhaft eine Größe von 15° oder mehr, bevorzugt von 30° oder mehr auf.

[0018] In einer bevorzugten Erfindungsvariante ist die erste Neigungskomponente die Normalkomponente (Komponente senkrecht zu der Vorgabekurve in der Mittelposition), und die zweite Neigungskomponente die Parallelkomponente (Komponente parallel zu der Vorgabekurve in der Mittelposition) der Facet-

ten. Die Kurvendarstellung schwebt dabei für einen Betrachter unterhalb oder oberhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs. Wie weiter unten genauer erläutert ergibt sich die Schwebehöhe bzw. Schwebetiefe aus der Art der Abhängigkeit der ersten Neigungskomponente vom Abstand zur Kurve. Sind die Facetten mit zunehmendem Abstand von der Kurve immer stärker von der Kurve weg geneigt, so schwebt die Kurvendarstellung für den Betrachter unterhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs, sind die Facetten dagegen mit zunehmendem Abstand immer stärker zur Kurve hingeneigt ausgebildet, so schwebt die Kurve oberhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs. Eine rasche Zunahme des Neigungswinkels bewirkt eine geringe Schwebehöhe bzw. Schwebetiefe, eine langsame Zunahme eine große Schwebehöhe bzw. Schwebetiefe.

[0019] In einer anderen, ebenfalls bevorzugten Erfindungsvariante ist die erste Neigungskomponente die Parallelkomponente und die zweite Neigungskomponente die Normalkomponente der Facetten. Die Kurvendarstellung zeigt in dieser Variante beim Kippen des Sicherheitselements ein orthoparallaktisches Bewegungsverhalten, bei dem sich die Kurvendarstellung senkrecht zur Kipprichtung und nicht parallel dazu bewegt, wie man intuitiv erwarten würde.

[0020] Die Kurvendarstellung kann als Vorgabekurve eine geschlossene Kurve zeigen, sie kann aber auch eine Kurve mit einem oder mehreren Kurvenenden zeigen. Im letzteren Fall ist der Auffächerungsbereich der zweiten Neigungskomponente der Facetten mit Vorteil jeweils im Bereich der Kurvenenden gegenüber seiner Größe im Kurveninneren verkleinert. Insbesondere kann der Auffächerungsbereich unterhalb eines bestimmten Abstands zum Kurvenende hin kontinuierlich verkleinert werden und zwar mit Vorteil in einer solchen Weise, dass entweder zunehmend weniger Licht zum Kurveninneren hin reflektiert wird (für Schwebehöhen unterhalb des flächigen Motivbereichs) oder dass zunehmend weniger Licht zum Kurvenäußeren hin reflektiert wird (für Schwebehöhen oberhalb des flächigen Motivbereichs). Bei der Betrachtung sind dann die Kurvenenden nicht aus allen Betrachtungsrichtungen sichtbar und die Kurve erhält neben der horizontalen Parallaxe auch eine vertikale Parallaxe. Der Betrachter kann den flächigen Motivbereich mit der Kurvendarstellung dann nicht nur in unterschiedliche Richtungen kippen, sondern auch beliebig in der Ebene des Motivbereichs drehen, ohne dass der dreidimensionale Eindruck verlorengeht.

[0021] Die Verkleinerung des Auffächerungsbereichs kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass Facetten in den entsprechenden Flächenbereichen mit unauffälligen Strukturen versehen werden, beispielsweise geschwärzt oder demetallisiert wer-

den, oder dass dort zufällig orientierte Spiegel oder andere, nicht gerichtet reflektierende Strukturen vorgesehen sind.

[0022] In vorteilhaften Gestaltungen kann die Kurvendarstellung als Vorgabekurve alphanumerische Zeichen, Symbole oder geometrische Formen, insbesondere einen Kreis, ein Oval, ein Dreieck, ein Rechteck, ein Sechseck, oder eine Sternform zeigen.

[0023] Das Motiv kann auch mehrere Kurvendarstellungen enthalten, die gleiches oder unterschiedliches Bewegungsverhalten und/oder gleiche oder unterschiedliche Schwebehöhe bzw. Schwebetiefe zeigen. Insbesondere kann das Motiv zumindest eine erste und eine zweite Kurvendarstellung enthalten, die aus einer ersten bzw. zweiten Betrachtungsrichtung innerhalb eines ersten bzw. zweiten Darstellungsbereichs in einer Mittelposition als erste bzw. zweite Vorgabekurve sichtbar ist. Die beiden Kurvendarstellungen bewegen sich beim Kippen des Sicherheitselements mit Vorteil in unterschiedliche, vorzugsweise entgegengesetzte Richtungen und erzeugen daher ein besonders dynamisches Erscheinungsbild.

[0024] Die Darstellungsbereiche der ersten und zweiten Kurvendarstellung können in dem flächigen Motivbereich nebeneinander oder ineinander verschachtelt angeordnet sein. Eine Nebeneinanderanordnung der Darstellungsbereiche erlaubt die Erzeugung besonders heller und brillanter Darstellungen, während verschachtelte Gestaltungen weniger leuchtstark sind, dafür jedoch zwei Kurven am Ort darstellen können, was insbesondere bei unterschiedlichem Bewegungsverhalten zu auffälligen visuellen Effekten führt. Für eine Verschachtelung können die Facetten für unterschiedliche Kurvendarstellungen in Form schmaler Streifen alternierend oder in Form kleiner Pixel schachbrettartig angeordnet werden.

[0025] Es versteht sich, dass das Motiv des Sicherheitselements in gleicher Weise auch mehr als zwei Kurvendarstellungen enthalten kann, die sich beim Kippen des Sicherheitselements in gleiche oder unterschiedliche Richtungen bewegen können. Beispielsweise können die Kurvendarstellungen einer alphanumerischen Zeichenfolge alternierend unterschiedliches Bewegungsverhalten zeigen, beispielsweise alternierend über oder unter der Ebene des flächigen Motivbereichs schweben und sich beim Kippen entsprechend ihrer Schwebehöhe bewegen.

[0026] In einer vorteilhaften Gestaltung sind die ebenen Facetten in einer Prägelackschicht abgeformt und vorzugsweise mit einer reflexionserhöhenden Beschichtung, insbesondere einer Metallisierung oder einer reflektierenden Farbschicht versehen. Alternativ können die ebenen Facetten auch in eine re-

flektierende Farbschicht eingeprägt sein. Die reflexionserhöhende Beschichtung bzw. die reflektierende Farbschicht weist zweckmäßig einen Farbkippeffekt auf.

[0027] Das Sicherheitselement stellt mit Vorteil einen Sicherheitsfaden, einen Aufreißfaden, ein Sicherheitsband, einen Sicherheitsstreifen, einen Patch oder ein Etikett zum Aufbringen auf ein Sicherheitspapier, Wertdokument oder dergleichen dar.

[0028] Der flächige Motivbereich kann sowohl in einem Folienelement als auch einem Druckelement vorliegen. Ein Folienelement ist beispielsweise ein Sicherheitsfaden, Sicherheitsstreifen oder Sicherheitspatch, bei dem der flächige Motivbereich mit den Facetten in eine Prägelschicht geprägt und mit einer reflexionserhöhenden Beschichtung versehen ist. Die Facetten weisen dabei bevorzugt maximale Abmessungen von weniger als 100 µm, besonders bevorzugt weniger als 20 µm auf. Zugleich sind die Facetten vorteilhaft größer als 3 µm, bevorzugt größer als 5 µm, um strahlenoptisch und ohne störende Farbaufspaltungen durch Beugungseffekte zu wirken. Die Facetten können regelmäßig, beispielsweise in Form eines Sägezahngritters, oder unregelmäßig angeordnet sein.

[0029] Bei einem Druckelement, beispielsweise im Banknotendruck, werden die Facetten mit Vorteil durch eine Prägung in einen reflektierenden Untergrund, wie etwa eine Siebdruckfarbe, eine metallisch wirkende Druckfarbe mit plättchenförmigen reflektierenden Pigmenten, eine optisch variable Tinte oder dergleichen erzeugt. Auch eine Prägung oder Blindprägung im Stichtiefdruck kommt in Frage. Die Abmessungen der Facetten liegen bei Druckelementen mit Vorteil zwischen 20 µm und 300 µm, bevorzugt zwischen 50 µm und 200 µm.

[0030] Die Erfindung enthält auch einen Datenträger mit einem Sicherheitselement der beschriebenen Art, wobei das Sicherheitselement sowohl in einem opaken Bereich des Datenträgers als auch 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, um eine Aktie, eine Anleihe, eine Urkunde, einen Gutschein, einen Scheck, eine hochwertige Eintrittskarte, aber auch um eine Ausweiskarte, wie etwa eine Kreditkarte, eine Bankkarte, eine Barzahlungskarte, eine Berechtigungskarte, einen Personalausweis oder eine Passpersonalisierungsseite handeln.

[0031] Die Erfindung enthält weiter ein Verfahren zur Herstellung eines optisch variablen Sicherheitselements der oben beschriebenen Art, bei dem

- eine gewünschte Vorgabekurve und ein gewünschtes Bewegungsverhalten der Vorgabekurve beim Kippen des Sicherheitselements um zwei unterschiedliche Achsen festgelegt werden,
- ein Darstellungsbereich für die Vorgabekurve bestimmt wird, in dem sich die Vorgabekurve beim Kippen des Sicherheitselements entsprechend dem festgelegten Bewegungsverhalten von einer Mittelposition weg bewegt,
- in einem flächigen Motivbereich in dem bestimmten Darstellungsbereich eine Mehrzahl reflektiver, ebener Facetten mit einem Neigungswinkel gegen die Ebene des flächigen Motivbereichs so angeordnet und ausgerichtet werden, dass sie als Neigungskomponenten eine Parallelkomponente parallel zu der Vorgabekurve in der Mittelposition und eine Normalkomponente senkrecht zu der Vorgabekurve in der Mittelposition aufweisen, wobei
- für die ebenen Facetten des Darstellungsbereichs eine erste der beiden Neigungskomponenten vom Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve abhängig gewählt wird und eine zweite der beiden Neigungskomponenten in einem vorbestimmten Auffächerungsbereich unabhängig vom Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve gewählt wird.

[0032] 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.

[0033] Es zeigen:

[0034] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Banknote mit einem erfindungsgemäßen optisch variablen Sicherheitselement,

[0035] Fig. 2 schematisch einen Ausschnitt des flächigen Motivbereichs des Sicherheitselements der Fig. 1,

[0036] Fig. 3 einen Detailausschnitt der Fig. 2,

[0037] Fig. 4 schematisch einen Querschnitt durch den flächigen Motivbereich der Fig. 2 entlang der Linie IV-IV,

[0038] Fig. 5 eine Illustration des reduzierten Auffächerungsbereichs an den Linienenden, wobei (a) eine Seitenansicht und (b) eine Aufsicht auf den Darstellungsbereich einer ausgedehnten vertikalen Linie zeigt,

[0039] Fig. 6 in (a) und (b) eine Illustration des durch die Reduzierung des Auffächerungsbereichs erzielten Effekte für zwei Betrachtungsrichtungen,

[0040] Fig. 7 in (a) schematisch eine Aufsicht auf einen flächigen Motivbereich mit einer gekrümmten Kurve und in (b) eine Detailansicht,

[0041] Fig. 8 einen flächigen Motivbereich mit einer unterhalb des Motivbereichs schwebenden Kreiskurve in verschiedenen Ansichten,

[0042] Fig. 9 einen flächigen Motivbereich mit einer oberhalb des Motivbereichs schwebenden Kreiskurve in verschiedenen Ansichten,

[0043] Fig. 10 einen flächigen Motivbereich mit einer Kreiskurve mit orthoparallaktischem Bewegungsverhalten in verschiedenen Ansichten,

[0044] Fig. 11 einen flächigen Motivbereich mit der Wertzahl "100" zur Erzeugung eines dreidimensionalen Erscheinungsbilds mit gegenläufigen Bewegungseffekten in verschiedenen Ansichten, und

[0045] Fig. 12 einen flächigen Motivbereich zur Darstellung zweier Kreiskurven mit entgegengesetztem orthoparallaktischem Bewegungsverhalten in verschiedenen Ansichten.

[0046] Die Erfindung wird nun am Beispiel von Sicherheitselementen für Banknoten erläutert. Fig. 1 zeigt dazu eine schematische Darstellung einer Banknote 10 mit einem erfindungsgemäßen optisch variablen Sicherheitselement 12 in Form eines Fenstersicherheitsfadens, der an bestimmten Fensterbereichen 14 an der Oberfläche der Banknote 10 hervortritt, während er in den dazwischen liegenden Bereichen im Inneren der Banknote 10 eingebettet ist. Es versteht sich allerdings, dass die Erfindung nicht auf Sicherheitsfäden und Banknoten beschränkt ist, sondern bei allen Arten von Sicherheitselementen eingesetzt werden kann, beispielsweise bei Etiketten auf Waren und Verpackungen oder bei der Absicherung von Dokumenten, Ausweisen, Passen, Kreditkarten, Gesundheitskarten und dergleichen. Bei Banknoten und ähnlichen Dokumenten kommen neben Sicherheitsfäden beispielsweise auch breite Sicherheitsstreifen oder Transferelemente in Betracht.

[0047] Der Sicherheitsfaden 12 zeigt in den Fensterbereichen 14 im Auflicht jeweils eine Darstellung der Wertzahl "100" mit einem ungewöhnlichen dreidimensionalen Erscheinungsbild, bei dem aufeinanderfolgende Ziffern "1" und "0" für den Betrachter abwechselnd einige Millimeter über bzw. unterhalb der Ebene des Sicherheitsfadens 12 zu schweben scheinen. Dieses dreidimensionale Erscheinungsbild wird dadurch verstärkt, dass sich die Ziffern "1" und "0" beim Kippen der Banknote um die x-Achse (Querachse) bzw. die y-Achse (Längsachse) entsprechend ihrer scheinbaren Schwebhöhe bzw. Schwebetiefe in unterschiedliche Richtungen zu bewegen scheinen. Diese realistische Nachbildung echt dreidimen-

sionaler Gestaltungen erzeugt ein auffälliges visuelles Erscheinungsbild mit hohem Aufmerksamkeits- und Wiedererkennungswert.

[0048] Das Zustandekommen des dreidimensionalen Erscheinungsbilds und des Bewegungseffekts beim Kippen des Sicherheitselements 12 wird nun zunächst anhand der Fig. 2 bis Fig. 4 näher erläutert. Fig. 2 zeigt dabei einen Ausschnitt des flächigen Motivbereichs 20 des Sicherheitsfadens 12, der zur Illustration nur eine vertikale Linie 16 enthält, Fig. 3 zeigt einen Detailausschnitt der Fig. 2 und Fig. 4 zeigt schematisch einen Querschnitt durch den flächigen Motivbereich 20 der Fig. 2 entlang der Linie IV-IV.

[0049] Die vertikale Linie 16 der Fig. 2 bis Fig. 4 dient einerseits als einfaches Beispiel zur Illustration der Erfindung, die Linie 16 kann aber auch Teil eines realen, komplexen Sicherheitselements sein, beispielsweise kann die vertikale Linie 16 den unteren Teil einer Ziffer "1" in der in Fig. 1 gezeigten Wertzahl "100" des Sicherheitsfadens 12 darstellen.

[0050] Der Ausschnitt der Fig. 2 zeigt in Aufsicht den flächigen Motivbereich 20 des Sicherheitsfadens 12 mit einem Darstellungsbereich 22, in dessen Mittelposition die Linie 16 als Vorgabekurve sichtbar ist. Für einen Betrachter scheint die Linie 16 einige Millimeter unterhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs 20 zu schweben und sich beim Kippen des Sicherheitselements um die y-Achse (parallel zur Linie 16) im Darstellungsbereich 22 von rechts nach links bzw. von links nach rechts zu bewegen.

[0051] Wie im Detailausschnitt 24 der Fig. 3 gezeigt, ist der Darstellungsbereich 22 mit einer Mehrzahl reflektiver, ebener Facetten 30 versehen, die beispielsweise eine Grundfläche von $15\text{ }\mu\text{m} \times 15\text{ }\mu\text{m}$ und eine maximale Höhe von einigen Mikrometern aufweisen. Jede der ebenen Facetten 30 ist insbesondere durch einen Neigungswinkel gegen die Ebene des flächigen Motivbereichs 20 charakterisiert, welcher als Neigungskomponenten eine Parallelkomponente $N_{\parallel}$ parallel zu der Linie 16 (y-Richtung in Fig. 2 und Fig. 3) und eine Normalkomponente $N_{\perp}$ senkrecht zur Linie 16 (x-Richtung in Fig. 2 und Fig. 3) aufweist.

[0052] Die strahlenoptisch wirkenden reflektiven Facetten 30 stellen kleine geneigte Mikrospiegel dar, die einfallendes Licht in eine durch die Bedingung "Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel" gegebene Reflexionsrichtung lenken. Die Anordnung der reflektierenden Facetten 30 wird im Rahmen dieser Beschreibung daher auch als Mikrospiegelanordnung bezeichnet.

[0053] Aus den beiden Neigungskomponenten $N_{\parallel}$ und $N_{\perp}$ lassen sich insbesondere die Spiegelsteigung bzw. die Facettensteigung in der jeweiligen Richtung berechnen. Zur Veranschaulichung sind in der Auf-

sicht der **Fig. 3** die Neigungskomponenten der Facetten **30** als Vektoren eingezeichnet, deren Richtung die Richtung ansteigender Spiegelhöhe angibt und deren Betrag die Steigung in der jeweiligen Richtung angibt. Aus den Neigungskomponenten $N_{\parallel}$ und $N_{\perp}$ ergibt sich wie üblich die Gesamtneigung N einer Facette **30**, die für die mittlere Facette der **Fig. 3** zusätzlich eingezeichnet ist. Wie aus **Fig. 3** ersichtlich, ist die Richtung der Gesamtneigung N einer Facette **30** in der Regel nicht parallel zu einer äußeren Begrenzungslinie der Facette. Im Ausführungsbeispiel sind Facetten mit quadratischer Grundfläche gezeigt, es kommen jedoch auch andere Formen, beispielsweise dreieckige, rechteckige, sechseckige oder polygonale Grundflächenformen in Betracht.

[0054] Der Querschnitt der **Fig. 4** erstreckt sich in x-Richtung der **Fig. 2** und zeigt daher als Facettensteigung nur die Normalkomponente $N_{\perp}$ senkrecht zur Linie **16** und parallel zu x-Achse.

[0055] Damit die Linie **16** scheinbar einige Millimeter unterhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs **20** schwebt, muss die Linie **16** für das rechte und linke Auge eines Betrachter an etwas gegeneinander versetzten Stellen des Motivbereichs **20** sichtbar sein. Die entstehende Parallaxe wird vom Betrachter dann unbewusst und automatisch als Tiefeninformation interpretiert und erzeugt ein entsprechendes Erscheinungsbild.

[0056] Mit Bezug auf **Fig. 4** wird dieser Versatz im Ausführungsbeispiel dadurch erreicht, dass die Facetten **30** in der Mittelposition des Darstellungsbereichs **22** in x-Richtung ungeneigt ausgebildet sind (Facetten **32**), also einen Neigungswinkel in x-Richtung von 0° aufweisen, und dass die Facetten nach außen hin mit zunehmendem Abstand von der Mittelposition immer stärker nach außen geneigt ausgebildet sind (Facetten **34** bzw. **36**). Ist die Beleuchtung durch eine senkrecht über dem flächigen Motivbereich **20** angeordnete Lichtquelle **44** gegeben, so reflektieren die Facetten **32, 34, 36** das einfallende Licht entsprechend den in **Fig. 4** eingezeichneten Reflexionsrichtungen. Von einer Position **40** aus gesehen, die beispielsweise der Position des linken Auges des Betrachters entspricht, leuchten die Facetten **34** dann an der Stelle **54** des flächigen Motivbereichs **20** auf, während aus einer Position **42** gesehen, die der Position des rechten Auges des Betrachters entspricht, die Facetten **36** an der Stelle **56** des flächigen Motivbereichs **20** aufleuchten. Der Versatz zwischen den Stellen **54** und **56** wird vom Betrachter automatisch so interpretiert, dass er eine helle Linie **16T** in einer Tiefe T unterhalb des flächigen Motivbereichs **20** schweben sieht.

[0057] Wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** illustriert, ist die Normalkomponente $N_{\perp}$ der Facettenneigung im Ausführungsbeispiel so gewählt, dass der Neigungswinkel

der Facetten **34, 36** nach außen hin linear mit dem Abstand der Facetten von der Mittelposition zunimmt. Bezeichnet etwa x_0 die Mittelposition der Linie **16** und $x_{\max}$ die Ausdehnung des Darstellungsbereichs in $+x$ und $-x$ -Richtung (siehe **Fig. 2**), so ist im Ausführungsbeispiel der Neigungswinkel in x-Richtung einer Facette **30** in Position (x, y) gegeben durch:

$$\alpha_{\perp}(x, y) = -A_x(x - x_0)/x_{\max} \quad (1)$$

[0058] Ein positiver Neigungswinkel gibt dabei eine Neigung an, bei der die Facette in $+x$ -Richtung ansteigt, ein negativer Neigungswinkel eine Neigung, bei der die Facette in $+x$ -Richtung abfällt. Der Neigungswinkel der Facetten in x-Richtung ändert sich dann von $\alpha_{\perp} = 0^{\circ}$ bis zu einem maximalen Wert $|\alpha_{\perp}| = A_x$, der beispielsweise 20° betragen kann. Die Neigung erfolgt stets so, dass die Facetten **34, 36** von der Mittelposition der Linie **16** weg, also nach außen geneigt sind. Die Größe des ersten Winkelbereichs beträgt im Ausführungsbeispiel $2 \cdot A_x = 40^{\circ}$.

[0059] Wie der **Fig. 4** ebenfalls entnommen werden kann, führt eine langsame Zunahme der Neigungswinkel in x-Richtung zu einem geringen Versatz **54–56** und damit zu einer großen scheinbaren Tiefe T der Linie **16T**, während eine schnelle Zunahme der Neigungswinkel zu einem großen Versatz und damit zu einer geringen scheinbaren Tiefe T der Linie **16T** führt.

[0060] Wesentlich ist vorliegend insbesondere, dass der senkrechte Neigungswinkel der Facetten vom Abstand $(x - x_0)$ der Facetten zur Mittelposition der Linie **16** abhängt, insbesondere monoton zunimmt oder, wie im Ausführungsbeispiel, sogar linear mit dem Abstand zunimmt.

[0061] Bei einer solchen Wahl der senkrechten Neigungswinkel der Facetten **30** kann der Betrachter das Sicherheitselement mit dem flächigen Motivbereich **20** in einem breiten Winkelbereich um die y-Achse nach links oder rechts kippen und er sieht dabei stets die helle Linie **16T** in der Tiefe T .

[0062] Als Besonderheit weist die Neigung der Facetten **30** des flächigen Motivbereichs **20** zusätzlich zu der Normalenkomponente $N_{\perp}$ auch eine nicht verschwindende Parallelkomponente $N_{\parallel}$ parallel zur Linie **16** auf, deren Wert in einem Winkelbereich zufällig variiert, dessen Größe vergleichbar mit der Größe des ersten Winkelbereichs in x-Richtung ist. Konkret ist der Neigungswinkel einer Facette **30** in Position (x, y) parallel zur Linie **16** im Ausführungsbeispiel gegeben durch:

$$\alpha_{\parallel}(x, y) = A_y \cdot \text{rand}(-1, 1), \quad (2)$$

wobei $\text{rand}(-1, 1)$ eine Funktion ist, die eine Zufallszahl oder Pseudozufallszahl im Intervall $[-1, 1]$ liefert.

fert, und A_y den maximalen parallelen Neigungswinkel angibt. Beispielsweise kann $A_y = A_x$ gewählt sein, so dass der erste Winkelbereich ($2 \cdot A_x$) und der zweite Winkelbereich ($2 \cdot A_y$) gleiche Größe aufweisen. Ein positiver Neigungswinkel $\alpha_{||}$ gibt eine Neigung an, bei der die Facette in +y-Richtung ansteigt, ein negativer Neigungswinkel eine Neigung, bei der die Facette in +y-Richtung abfällt.

[0063] Wie aus Beziehung (2) ersichtlich ist der parallele Neigungswinkel $\alpha_{||}$ der Facetten **30** unabhängig vom Abstand der Facetten zur Mittelposition der Linie **16**. Durch eine solche abstandsunabhängige und insbesondere zufällige Variation der parallelen Neigungswinkel wird eine Auffächerung des einfallenden Lichts parallel zur Linie **16** erreicht, deren Größe vergleichbar mit der Parallaxenwirkung durch die senkrechten Neigungswinkel $\alpha_{\perp}$ ist. Die zusätzliche Parallelkomponente $N_{||}$ stellt sicher, dass ein Betrachter die Linie **16** auch dann noch in der Tiefe T schweben sieht, wenn er das Sicherheitselement um die x-Achse um einen bestimmten Winkel innerhalb des zweiten Winkelbereichs nach oben oder unten kippt.

[0064] Um das räumliche Erscheinungsbild nun nicht nur beim Verkippen, sondern auch bei beliebiger Drehung des Sicherheitselements zu erhalten, ist die Parallelkomponente $N_{||}$ der Facetten **30** bei einer vertikalen Linie **16** so modifiziert, dass einfallendes Licht an den Linienenden nicht in den gesamten Winkelbereich aufgefächert wird, sondern nur in einen Teilbereich desselben, so dass die Sichtbarkeit der Linienenden von der Betrachtungsrichtung abhängt.

[0065] Zur Illustration zeigt **Fig. 5(b)** den Darstellungsbereich **22** einer ausgedehnten vertikalen Linie **16** innerhalb des flächigen Motivbereichs **20** in Aufsicht. Die Neigungswinkel $\alpha_{\perp}$ in x-Richtung der Facetten **30** sind im gesamten Darstellungsbereich **22** durch die oben genannte Beziehung (1) gegeben. Die Neigungswinkel $\alpha_{||}$ in y-Richtung sind in einem Kernbereich **60** des Darstellungsbereichs **22** durch die Beziehung (2) gegeben, so dass dort der volle Auffächerungsbereich ausgenutzt wird. In den Randbereichen **62** und **64** des Darstellungsbereichs **22** ist die Beziehung (2) modifiziert, um den Auffächerungsbereich zu verkleinern und dadurch die Sichtbarkeit der Linienenden einzuschränken.

[0066] Die Seitenansicht der **Fig. 5(a)** zeigt dazu den Auffächerungsbereich **70** der Linie **16** im Kernbereich **60**, der aus Richtung **80** einfallendes Licht nach Beziehung (2) in einen Winkelbereich $[-A_y, A_y]$, beispielsweise $[-20^\circ, 20^\circ]$ auffächert. Im oberen Randbereich **62** ist der Auffächerungsbereich kontinuierlich von unten her eingeschränkt, wobei ein Auffächerungsbereich **72** mit einem Winkelbereich $[0^\circ, A_y]$ und ein weit am oberen Rand der Linie **16** liegender Auffächerungsbereich **74** mit einem Winkelbereich $[0.8 \cdot A_y, A_y]$ gezeigt sind. Entsprechend wird der Auffächer-

ungsbereich im unteren Randbereich **64** kontinuierlich von oben her eingeschränkt, wobei ein Auffächerungsbereich **76** mit einem Winkelbereich $[-A_y, 0^\circ]$ und ein weit am unteren Rand der Linie **16** liegender Auffächerungsbereich **78** mit einem Winkelbereich $[-A_y, -0.8 \cdot A_y]$ gezeigt sind.

[0067] Der durch die Reduzierung des Auffächerungsbereichs erzielte Effekt ist in **Fig. 6** für zwei Betrachtungsrichtungen für $A_y = 20^\circ$ illustriert. Bei der in **Fig. 6(a)** gezeigten senkrechten Betrachtung **82** (entsprechend einem Betrachtungswinkel $\varphi = 0^\circ$) sieht der Betrachter denjenigen Teil **84** der Linie **16**, in dem der Auffächerungsbereich den Winkel $\varphi = 0^\circ$ enthält. Der sichtbare Linienteil **84** enthält also den Kernbereich **60** und jeweils gleich große Teile des oberen und unteren Randbereichs **62**, **64**. Die äußersten Ränder **85** der Linie **16** sind nicht sichtbar, da sie nicht in den Winkel $\varphi = 0^\circ$ reflektieren. Beispielsweise erfasst der Auffächerungsbereich **74** nur einen Winkelbereich von 16° bis 20° und der Auffächerungsbereich **78** nur einen Winkelbereich von -20° bis -16° .

[0068] Bei der in **Fig. 6(b)** gezeigten Betrachtung **86** unter einem Winkel $\varphi = -10^\circ$ schräg von unten, sieht der Betrachter denjenigen Teil **88** der Linie **16**, in dem der Auffächerungsbereich den Winkel $\varphi = -10^\circ$ enthält. Der sichtbare Linienteil **88** enthält also den Kernbereich **60**, einen kleinen Teil des oberen Randbereichs **62** und einen größeren Teil unteren Randbereichs **64**. Beispielsweise ist die Linie im Auffächerungsbereich **76** sichtbar, da der Winkelbereich von -20° bis 0° den Betrachtungswinkel $\varphi = -10^\circ$ enthält. Dagegen erfasst der Auffächerungsbereich **72** nur den Winkelbereich von 0° bis 20° , reflektiert also nicht in einen Winkel von $\varphi = -10^\circ$. Die Linienenden **89** mit den Auffächerungsbereichen **74** und **78** sind aus der Betrachtungsrichtung **86** nicht sichtbar, wobei sich am oberen Ende ein größerer und am unteren Linienende ein kleinerer nicht sichtbarer Teil ergibt.

[0069] Im Ergebnis scheint der sichtbare Linienteil **84**, **88** durch den Wechsel der Betrachtungsrichtung bzw. durch ein Kippen des Sicherheitselements nach unten gewandert zu sein, was gerade das erwartete Bewegungsverhalten eines unterhalb des flächigen Motivbereichs **20** schwebenden Objekts darstellt. Die Linie **16** erhält so neben der horizontalen Parallaxe durch die Wahl der Normalkomponente $N_{\perp}$ auch eine vertikale Parallaxe durch die beschriebene Wahl der Parallelkomponente $N_{||}$. Ein Betrachter kann einen flächigen Motivbereich **20** mit einer Linie **16** somit nicht nur in x- und y-Richtung kippen, sondern auch beliebig in der x-y-Ebene drehen, ohne dass der dreidimensionale Tiefeneindruck verlorengeht.

[0070] Die Schilderung der **Fig. 5** gilt für Schwebhöhen unterhalb des flächigen Motivbereichs **20**. Für Linien, die oberhalb des flächigen Motivbereichs

schweben sollen, ist der Auffächerungsbereich entsprechend im oberen Randbereich kontinuierlich von oben her einzuschränken und im unteren Randbereich kontinuierlich von unten her.

[0071] Die zunächst für eine vertikale Linie **16** beschriebene Vorgehensweise kann allgemein bei beliebigen gekrümmten Kurven **90** eingesetzt werden, wie in **Fig. 7** illustriert. **Fig. 7** zeigt in Aufsicht einen flächigen Motivbereich **20** eines Sicherheitselements mit einem Darstellungsbereich **92**, in dessen Mittelposition die gekrümmte Kurve **90** als Vorgabekurve sichtbar ist. Die Linie **90** schwebt für einen Betrachter einige Millimeter unterhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs **20** und bewegt sich beim Kippen um die x-Achse bzw. die y-Achse entsprechend ihrer scheinbaren Schwebhöhe bzw. Schwebetiefe in unterschiedliche Richtungen.

[0072] Da die gekrümmte Kurve **90** lokal durch kleine Geradenstücke beschrieben werden kann, können die obigen Überlegungen für eine Linie **16** problemlos auf die gekrümmte Kurve **90** übertragen werden, wenn die y-Richtung (parallel zur Linie **16**) durch einen lokalen Richtungsvektor $R_{||}$ parallel zur Kurve **90** und die x-Richtung durch einen lokalen Richtungsvektor $R_{\perp}$ senkrecht zur Kurve **90** ersetzt wird.

[0073] Mit Bezug auf den Detailausschnitt **94** der **Fig. 7(b)** ist der Darstellungsbereich **92** mit einer Mehrzahl reflektiver, ebener Facetten **30** versehen, die insbesondere durch einen Neigungswinkel gegen die Ebene des flächigen Motivbereichs **20** charakterisiert sind, welcher als Neigungskomponenten eine Parallelkomponente $N_{||}$ parallel zum lokalen Richtungsvektor $R_{||}$ und eine Normalkomponente $N_{\perp}$ parallel zum lokalen Richtungsvektor $R_{\perp}$ aufweist.

[0074] Die Normalkomponente $N_{\perp}$ der Facettenneigung hängt dabei vom Abstand einer Facette **30** zur gekrümmten Kurve **90** ab. Insbesondere kann der Neigungswinkel parallel zum Richtungsvektor $R_{\perp}$ monoton und bevorzugt linear mit dem Abstand der Facette von der Kurve **90** zunehmen. Sind die Facetten mit zunehmendem Abstand von der Kurve immer stärker von der Kurve weg geneigt ausgebildet, so erscheint die Kurve unterhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs **20** zu schweben. Sind andererseits die Facetten mit zunehmendem Abstand von der Kurve immer stärker zur Kurve hin geneigt ausgebildet, so erscheint die Kurve oberhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs **20** zu schweben. Es versteht sich, dass eine Kurve keine konstante Schwebhöhe aufweisen muss, sondern dass sich die Schwebhöhe entlang der Kurve ändern kann und sogar von einer Schwebhöhe oberhalb des flächigen Motivbereichs in eine Schwebhöhe unterhalb des flächigen Motivbereichs übergehen kann oder umgekehrt.

[0075] Die Parallelkomponente $N_{||}$ der Facettenneigung ist unabhängig vom Abstand einer Facette zur gekrümmten Kurve gewählt und variiert zufällig oder pseudozufällig in einem zweiten Winkelbereich, dessen Größe vergleichbar mit der Winkelspreizung parallel zum Richtungsvektor $R_{\perp}$ (erster Winkelbereich) ist. An den Enden **96**, **98** der Kurve **90** ist der Auffächerungsbereich der Parallelkomponente $N_{||}$ auf einen Teilbereich eingeschränkt, wie oben für eine vertikale Linie **16** beschrieben, um die Sichtbarkeit der Linienenden entsprechend der gewünschten Schwebhöhe vom Betrachtungswinkel abhängig zu machen. Ein Betrachter kann den flächigen Motivbereich **20** mit der gekrümmten Kurve **90** dann nicht nur in x- und y-Richtung kippen, sondern auch beliebig in der x-y-Ebene drehen, ohne dass der dreidimensionale Tiefeneindruck verlorengeht.

[0076] Ist die Kurve **90** eine geschlossene Kurve, ist eine Einschränkung des Auffächerungsbereiches an Linienenden natürlich nicht erforderlich. Die Kurve **90** kann eine beliebige Form haben, stellt aber bevorzugt Buchstaben, Zahlen, Symbole oder auch einfache geometrische Formen wie Kreise, Ovale, Dreiecke, Rechtecke oder Quadrate dar.

[0077] Das erfindungsgemäße Prinzip erlaubt auch die Erzeugung allgemeinerer Bewegungseffekte. Zur Erläuterung sind in den **Fig. 8** und **Fig. 9** zunächst nochmals die bisher beschriebenen Bewegungseffekte für ein Motiv mit einem Ring in Form einer Kreiskurve **104** zusammengefasst. In **Fig. 8** zeigt die mittlere Ansicht **100-M** in Aufsicht einen flächigen Motivbereich **20** mit einem gestrichelt eingezeichneten Darstellungsbereich **102**, in dem die Kreiskurve **104** bei senkrechter Betrachtung in der Mittelposition sichtbar ist und unterhalb des flächigen Motivbereichs **20** zu schweben scheint. Bei Betrachtung von oben (Ansicht **100-O**) wandert die Kreiskurve **104** an den oberen Rand des Darstellungsbereichs **102**, bei Betrachtung von unten (Ansicht **100-U**) an den unteren Rand. Entsprechend wandert die Kreiskurve **104** bei Betrachtung von rechts (Ansicht **100-R**) an den rechten Rand und bei Betrachtung von links (Ansicht **100-L**) an den linken Rand des Darstellungsbereichs **102**. Ein solches Bewegungsverhalten entspricht dem Bewegungsverhalten eines in der Tiefe angeordneten Objekts und erzeugt daher den dreidimensionalen Eindruck des in der Tiefe schwebenden Rings.

[0078] Wie bereits im Zusammenhang mit **Fig. 7** beschrieben, wird dieses Erscheinungsbild und Bewegungsverhalten beispielsweise dadurch erreicht, dass die Facetten im Darstellungsbereich **102** in Richtung senkrecht zum Richtungsvektor $R_{||}$ der Kreiskurve **104** von der Kreiskurve **104** weg geneigt sind und die Neigungswinkel linear mit dem Abstand der Facette von der Kreiskurve **104** zunehmen, und dass die Neigungswinkel parallel zum Richtungsvektor $R_{||}$ unab-

hängig vom Abstand zur Kreiskurve **104** zufällig oder pseudozufällig in einem Auffächerungsbereich variieren, dessen Größe vergleichbar mit der Winkelspreizung senkrecht zum Richtungsvektor $R_{||}$ ist.

[0079] In **Fig. 9** zeigt die mittlere Ansicht **110-M** in Aufsicht einen flächigen Motivbereich **20** mit einem gestrichelt eingezeichneten Darstellungsbereich **112**, in dem die Kreiskurve **114** bei senkrechter Betrachtung in der Mittelposition sichtbar ist und oberhalb des flächigen Motivbereichs **20** zu schweben scheint. In diesem Fall wandert die Kreiskurve **114** bei Betrachtung von oben (Ansicht **110-O**) an den unteren Rand des Darstellungsbereichs **112**, bei Betrachtung von unten (Ansicht **110-U**) an den oberen Rand, bei Betrachtung von rechts (Ansicht **110-R**) an den linken Rand und bei Betrachtung von links (Ansicht **110-L**) an den rechten Rand des Darstellungsbereichs **112**. Ein solches Bewegungsverhalten entspricht dem Bewegungsverhalten eines über dem Motivbereich **20** angeordneten Objekts und erzeugt daher den dreidimensionalen Eindruck des über dem Motivbereich schwebenden Rings.

[0080] Ein solches Erscheinungsbild und Bewegungsverhalten wird beispielsweise dadurch erreicht, dass die Facetten im Darstellungsbereich **112** in Richtung senkrecht zum Richtungsvektor $R_{||}$ der Kreiskurve **114** zu der Kreiskurve **114** hin geneigt sind und die Neigungswinkel linear mit dem Abstand der Facette von der Kreiskurve **114** zunehmen, und dass die Neigungswinkel parallel zum Richtungsvektor $R_{||}$ unabhängig vom Abstand zur Kreiskurve **114** zufällig oder pseudozufällig in einem Auffächerungsbereich variieren, dessen Größe vergleichbar mit der Winkelspreizung senkrecht zum Richtungsvektor $R_{||}$ ist.

[0081] Anstelle eines intuitiv korrekten Bewegungsverhaltens nach **Fig. 8** oder **Fig. 9** können mit den beschriebenen Mikrospiegelgestaltungen auch Kurvendarstellungen mit kontraintuitivem Bewegungsverhalten erzeugt werden, bei dem das Bewegungsverhalten nicht dem eines realen Objekts entspricht. **Fig. 10** zeigt hierzu wiederum einen Ring **124** als Motiv, allerdings ist bei den Facetten des Darstellungsbereichs **122** bezogen auf die Gestaltungen der **Fig. 8** und **Fig. 9** die Rolle der Komponente $N_{\perp}$ und $N_{||}$ vertauscht. Für jede Facette im Darstellungsbereich **122** ist also die Parallelkomponente $N_{||}$ parallel zum Richtungsvektor $R_{||}$ der Kreiskurve **124** geneigt und zwar mit Neigungswinkeln, die linear mit dem Abstand der Facette von der Kreiskurve **114** zunehmen. Dagegen variieren die Neigungswinkel senkrecht zum Richtungsvektor $R_{||}$ unabhängig vom Abstand zur Kreiskurve **114** zufällig oder pseudozufällig in einem Auffächerungsbereich, dessen Größe vergleichbar mit der Winkelspreizung parallel zum Richtungsvektor $R_{||}$ ist.

[0082] Konkret zeigt in **Fig. 10** die mittlere Ansicht **120-M** in Aufsicht einen flächigen Motivbereich **20**

mit einem gestrichelt eingezeichneten Darstellungsbereich **122**, in dem die Kreiskurve **124** bei senkrechter Betrachtung in der Mittelposition sichtbar ist. Bei Betrachtung von oben (Ansicht **120-O**) wandert die Kreiskurve **124** entgegen der Erwartung an den rechten Rand des Darstellungsbereichs **122**, bei Betrachtung von unten (Ansicht **120-U**) an den linken Rand. Entsprechend wandert die Kreiskurve **124** bei Betrachtung von rechts (Ansicht **120-R**) an den unteren Rand und bei Betrachtung von links (Ansicht **120-L**) an den oberen Rand des Darstellungsbereichs **122**. Ein solches Bewegungsverhalten wird als orthoparallaktische Bewegung bezeichnet, da die scheinbare Bewegung der Kreiskurve **124** stets senkrecht auf der Kipprichtung und auf der intuitiv erwarteten Bewegungsrichtung steht.

[0083] Mit umgekehrten Vorzeichen der Facettenneigung parallel zum Richtungsvektor $R_{||}$ kann natürlich auch der umkehrte Bewegungseffekt erzeugt werden, bei dem also die Kreiskurve **124** bei Betrachtung von oben an den linken Rand des Darstellungsbereichs **122** wandert, etc.

[0084] Ein Vertauschen der Rolle der Komponente $N_{\perp}$ und $N_{||}$ entspricht einer Drehung der Neigung der Facetten bzw. Mikrospiegel um $+90^{\circ}$ oder -90° . Auch Kombinationen von Höhen-/Tiefeneffekten und orthoparallaktischen Bewegungseffekten können erzeugt werden, wenn ausgehend von einem Höhen- bzw. Tiefeneffekt die Neigung der Facetten um einen beliebigen Winkel gedreht wird, der kein ganzzahliges Vielfaches von 90° ist.

[0085] Die oben angesprochenen Effekte können miteinander kombiniert werden, beispielsweise um das bei **Fig. 1** angesprochene ungewöhnliche dreidimensionale Erscheinungsbild zu erzeugen. Dazu werden mit Bezug auf **Fig. 11** für die Wertzahl "100" die Ziffern "1", "0" und "0" als Kurvendarstellungen **132**, **134**, **136** in einem flächigen Motivbereich **20** mit ihren jeweiligen Darstellungsbereichen **142**, **144**, **146** so angelegt, dass die Kurvendarstellungen **132** und **136** gemäß **Fig. 8** unterhalb des Motivbereichs **20** und die Kurvendarstellung **134** gemäß **Fig. 9** oberhalb des Motivbereichs **20** zu schweben scheint (Ansicht **130-M**). Bei Betrachtung von oben (Ansicht **130-O**) wandern dann die Kurvendarstellungen **132** und **136** an den oberen Rand ihres jeweiligen Darstellungsbereichs, während die Kurvendarstellung **134** an den unteren Rand ihres Darstellungsbereichs wandert. Bei Betrachtung von unten (Ansicht **130-U**) ergibt sich das umgekehrte Erscheinungsbild, so dass sich die Ziffern beim Kippen von oben nach unten gegeneinander und aneinander vorbei zu bewegen scheinen.

[0086] Analog wandern die Kurvendarstellungen **132** und **136** bei Betrachtung von rechts (Ansicht **130-R**) an den rechten Rand ihres jeweiligen Darstel-

lungsbereichs, während die Kurvendarstellung **134** an den linken Rand ihres Darstellungsbereichs wandert. Bei Betrachtung von links (**130-L**) zeigt sich wiederum das umgekehrte Erscheinungsbild, so dass sich die Ziffern beim Kippen von links nach rechts anzunähern oder voneinander zu entfernen scheinen.

[0087] Solche Darstellungen sind sehr auffällig und dynamisch und daher als Sicherheitselemente für Banknoten oder andere Wertdokumente besonders gut geeignet. Anstatt verschiedene Höhen- und Tiefeneffekte zu kombinieren, können selbstverständlich auch verschiedene orthoparallaktische Bewegungseffekte kombiniert werden oder Höhen- und Tiefeneffekte einerseits mit orthoparallaktischen Bewegungseffekten andererseits kombiniert werden.

[0088] Wegen der Kleinheit der Facetten können auch mehrere Kurvendarstellungen und Bewegungseffekte im selben Flächenbereich verschachtelt angeordnet werden. Beispielsweise können erste Facetten für eine erste Kurvendarstellung mit einem ersten Bewegungseffekt und zweite Facetten für eine zweite Kurvendarstellung mit einem zweiten Bewegungseffekt schachbrettartig ineinander verschachtelt angeordnet sein.

[0089] Mit Bezug auf **Fig. 12** kann der flächige Motivbereich **20** beispielsweise ein Motiv aus zwei Kreiskurven **152**, **154** enthalten, die innerhalb desselben Darstellungsbereichs **156** angeordnet sind und die von schachbrettartig angeordneten ersten bzw. zweiten Facetten dargestellt werden. Die beiden Kreiskurven **152**, **154** zeigen dabei jeweils entgegengesetztes orthoparallaktisches Bewegungsverhalten, wie grundsätzlich bei **Fig. 10** bereits erläutert. Insbesondere ist für jede Facette im Darstellungsbereich **156** die Parallelkomponente $N_{||}$ parallel zum Richtungsvektor $R_{||}$ der Kreiskurven **152**, **154** geneigt und zwar mit Neigungswinkeln, die betragsmäßig linear mit dem Abstand der Facette von der Mittelposition der Kreiskurven zunehmen (Ansicht **150-M**).

[0090] Um die entgegengesetzte orthoparallaktische Bewegung zu erzeugen, ist der Neigungswinkel der zweiten Facetten parallel zum Richtungsvektor $R_{||}$ betragsmäßig gleich aber entgegengesetzt zu dem entsprechenden Neigungswinkel der ersten Facetten gewählt. Die Neigungswinkel senkrecht zum Richtungsvektor $R_{||}$ werden für beide Facettenarten unabhängig vom Abstand zur Mittelposition der Kreiskurven **152**, **154** zufällig oder pseudozufällig in einem Auffächerungsbereich gewählt, dessen Größe vergleichbar mit der Winkelspreizung parallel zum Richtungsvektor $R_{||}$ ist.

[0091] Durch diese Auslegung der Facetten ergibt sich das in **Fig. 12** illustrierte Bewegungsverhalten des flächigen Motivbereichs **20**, bei dem die Kreiskurve **152** das in **Fig. 10** bereits beschriebene orthopar-

allaktische Bewegungsverhalten und die Kreiskurve **154** das entgegengesetzte orthoparallaktische Bewegungsverhalten zeigt, wie in den Ansichten **150-O**, **150-U**, **150-R** und **150-L** illustriert, die Ansichten bei Betrachtung von oben, unten, rechts bzw. links zeigen. Auch durch eine Verschachtelung können sehr dynamische Effekte erzeugt werden, da mehrere Kurvendarstellungen sogar innerhalb desselben Flächenbereichs unterschiedliche Bewegungseffekte zeigen. Durch die Verschachtelung zweier Facettenarten weisen die einzelnen Ringe naturgemäß eine geringere Helligkeit auf, allerdings sind die durch die Facetten erzeugten Flächenbereiche in der Regel ohnehin so hell, dass auch die geringere Helligkeit verschachtelter Darstellungen für viele Zwecke vollkommen ausreicht.

Bezugszeichenliste

10	Banknote
12	optisch variables Sicherheitselement
14	Fensterbereiche
16	Linie
16T	helle Linie in Tiefe T
20	flächiger Motivbereich
22	Darstellungsbereich
24	Detailausschnitt
30, 32, 34, 36	reflektive, ebene Facetten
40, 42	Position des linken bzw. rechten Auges
44	Lichtquelle
54, 56	Stelle des Flächenbereichs
60	Kernbereich
62, 64	Randbereiche
70, 72, 74, 76, 78	Auffächerungsbereiche
80, 82, 86	Betrachtungsrichtungen
84, 88	sichtbare Linienteile
85, 89	Linienenden
90	gekrümmte Kurve
92	Darstellungsbereich
94	Detailausschnitt
96, 98	Kurvenenden
100-M, O, U, R, L	Ansichten
102	Darstellungsbereich
104	Kreiskurve
110-M, O, U, R, L	Ansichten
112	Darstellungsbereich
114	Kreiskurve
120-M, O, U, R, L	Ansichten
122	Darstellungsbereich
124	Kreiskurve.
130-M, O, U, R, L	Ansichten
132, 134, 136	Kurvendarstellungen

142, 144, 146
150-M, O, U, R, L
152, 154
156

Darstellungsbereiche
Ansichten
Kreiskurven
Darstellungsbereich

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

- DE 102010049831 A1 [0005]
- DE 102010048262 A1 [0006]
- WO 2005/052650 A2 [0007]
- WO 2014/108303 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Optisch variables Sicherheitselement zur Absicherung von Wertgegenständen, das betrachtungswinkelabhängig ein Motiv mit zumindest einer Kurvendarstellung zeigt, die aus einer ersten Betrachtungsrichtung innerhalb eines Darstellungsbereichs in einer Mittelposition als Vorgabekurve sichtbar ist, und die sich beim Kippen des Sicherheitselements um zwei unterschiedliche vorbestimmte Achsen innerhalb des Darstellungsbereichs in unterschiedliche Richtungen von der Mittelposition weg bewegt, mit

- einem flächigen Motivbereich, der in dem Darstellungsbereich mit einer Mehrzahl reflektiver, ebener Facetten versehen ist,
- wobei jede ebene Facette durch einen Neigungswinkel gegen die Ebene des flächigen Motivbereichs charakterisiert ist, welcher als Neigungskomponenten eine Parallelkomponente parallel zu der Vorgabekurve in der Mittelposition und eine Normalkomponente senkrecht zu der Vorgabekurve in der Mittelposition aufweist, und wobei
- für die ebenen Facetten des Darstellungsbereichs eine erste der beiden Neigungskomponenten vom Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve abhängig gewählt ist und eine zweite der beiden Neigungskomponenten in einem vorbestimmten Auffächerungsbereich unabhängig vom Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve gewählt ist.

2. Sicherheitselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Neigungskomponente der ebenen Facetten monoton, insbesondere streng monoton mit dem Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve zunimmt oder abnimmt, vorzugsweise dass die erste Neigungskomponente linear mit dem Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve zunimmt oder abnimmt.

3. Sicherheitselement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Neigungskomponente der ebenen Facetten in dem Auffächerungsbereich unregelmäßig, insbesondere gemäß einer Zufallszahlenverteilung oder einer Pseudozufallszahlenverteilung variiert.

4. Sicherheitselement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Neigungskomponente der ebenen Facetten in dem Auffächerungsbereich unregelmäßig, insbesondere gemäß einer Zufallszahlenverteilung oder einer Pseudozufallszahlenverteilung variiert.

5. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und zweite Neigungskomponente der Facetten jeweils einen ersten bzw. zweiten Winkelbereich einnehmen und dass die Größe des zweiten Winkelbereichs zwischen 80% und 120%, vorzugsweise zwischen 90% und 110% der Größe des ersten Winkelbereichs beträgt.

6. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Neigungskomponente die Normalkomponente und die zweite Neigungskomponente die Parallelkomponente der Facetten ist, und dass die Kurven-

darstellung für einen Betrachter unterhalb oder oberhalb der Ebene des flächigen Motivbereichs schwebt.

7. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Neigungskomponente die Parallelkomponente und die zweite Neigungskomponente die Normalkomponente der Facetten ist, und dass die Kurvendarstellung beim Kippen des Sicherheitselements ein orthoparallaktisches Bewegungsverhalten zeigt.

8. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurvendarstellung als Vorgabekurve eine geschlossene Kurve zeigt.

9. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurvendarstellung als Vorgabekurve eine Kurve mit einem oder mehreren Kurvenenden zeigt und dass der Auffächerungsbereich der zweiten Neigungskomponente der Facetten jeweils im Bereich der Kurvenenden gegenüber seiner Größe im Kurveninneren verkleinert ist.

10. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurvendarstellung als Vorgabekurve ein alphanumerisches Zeichen, ein Symbol oder eine geometrische Form, insbesondere einen Kreis, ein Oval, ein Dreieck, ein Rechteck, ein Sechseck, oder eine Sternform zeigt.

11. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Motiv zumindest eine erste und eine zweite Kurvendarstellung enthält, die aus einer ersten bzw. zweiten Betrachtungsrichtung innerhalb eines ersten bzw. zweiten Darstellungsbereichs in einer Mittelposition als erste bzw. zweite Vorgabekurve sichtbar ist, wobei sich die beiden Kurvendarstellungen beim Kippen des Sicherheitselements in unterschiedliche, vorzugsweise entgegengesetzte Richtungen bewegen.

12. Sicherheitselement nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Darstellungsbereiche der ersten und der zweiten Kurvendarstellung in dem flächigen Motivbereich nebeneinander oder ineinander verschachtelt angeordnet sind.

13. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ebenen Facetten in einen Prägelaack abgeformt sind und vorzugsweise mit einer reflexionserhöhenden Beschichtung, insbesondere einer Metallisierung oder einer reflektierenden Farbschicht versehen sind.

14. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ebenen Facetten in einen Prägelaack abgeformt sind und vorzugsweise mit einer reflexionserhöhenden Beschichtung, insbesondere einer Metallisierung oder einer reflektierenden Farbschicht versehen sind.

dass die ebenen Facetten in eine reflektierende Farbschicht eingeprägt sind.

14. Sicherheitselement nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die reflexionserhöhende Beschichtung bzw. die reflektierende Farbschicht einen Farbkippeffekt aufweist.

15. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sicherheitselement ein Sicherheitsfaden, ein Aufreißfaden, ein Sicherheitsband, ein Sicherheitsstreifen, ein Patch oder ein Etikett zum Aufbringen auf ein Sicherheitspapier, Wertdokument oder dergleichen ist.

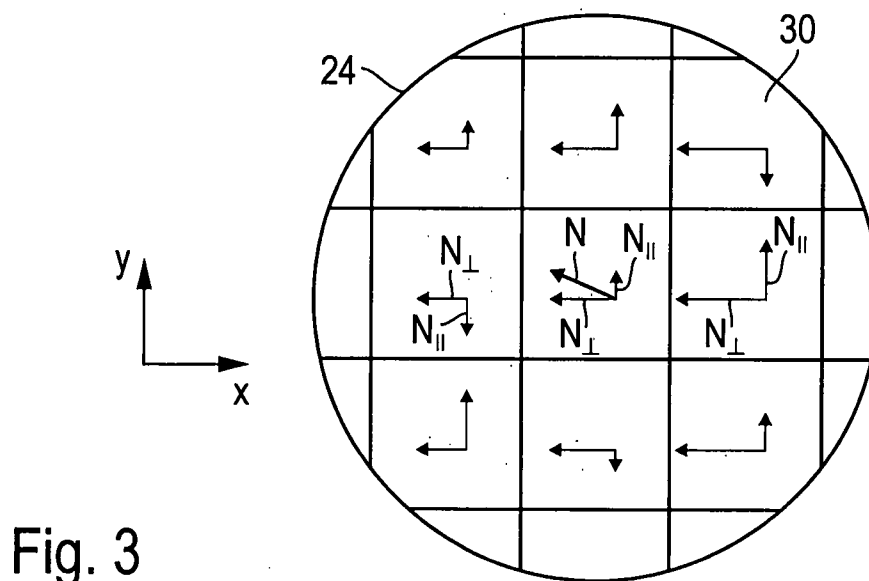
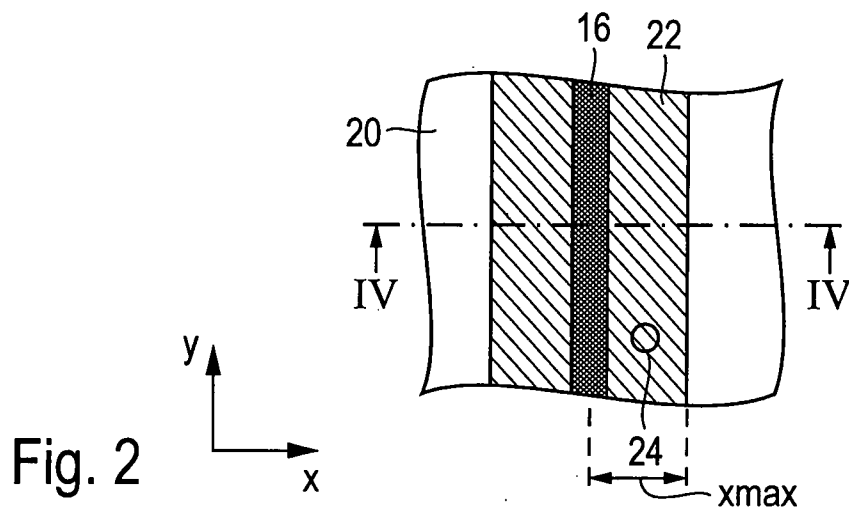
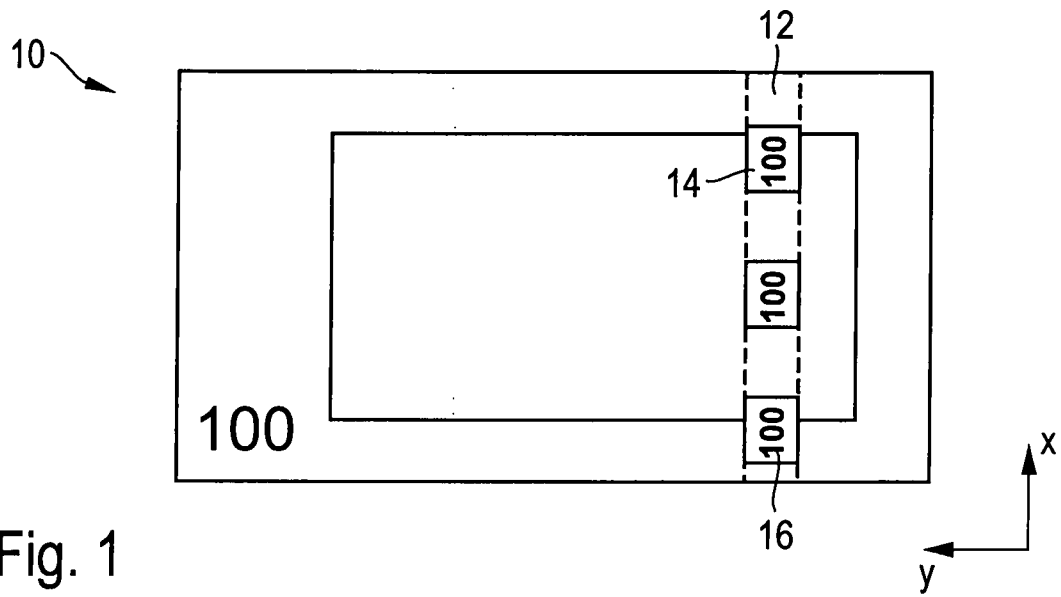
16. Datenträger mit einem Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

17. Verfahren zur Herstellung eines optisch variablen Sicherheitselements nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem

- eine gewünschte Vorgabekurve und ein gewünschtes Bewegungsverhalten der Vorgabekurve beim Kippen des Sicherheitselements um zwei unterschiedliche Achsen festgelegt werden,
- ein Darstellungsbereich für die Vorgabekurve bestimmt wird, in dem sich die Vorgabekurve beim Kippen des Sicherheitselements entsprechend dem festgelegten Bewegungsverhalten von einer Mittelposition weg bewegt,
- in einem flächigen Motivbereich in dem bestimmten Darstellungsbereich eine Mehrzahl reflektiver, ebener Facetten mit einem Neigungswinkel gegen die Ebene des flächigen Motivbereichs so angeordnet und ausgerichtet werden, dass sie als Neigungskomponenten eine Parallelkomponente parallel zu der Vorgabekurve in der Mittelposition und eine Normalkomponente senkrecht zu der Vorgabekurve in der Mittelposition aufweisen, wobei
- für die ebenen Facetten des Darstellungsbereichs eine erste der beiden Neigungskomponenten vom Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve abhängig gewählt wird und eine zweite der beiden Neigungskomponenten in einem vorbestimmten Aufächerungsbereich unabhängig vom Abstand der jeweiligen Facette zu der Vorgabekurve gewählt wird.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



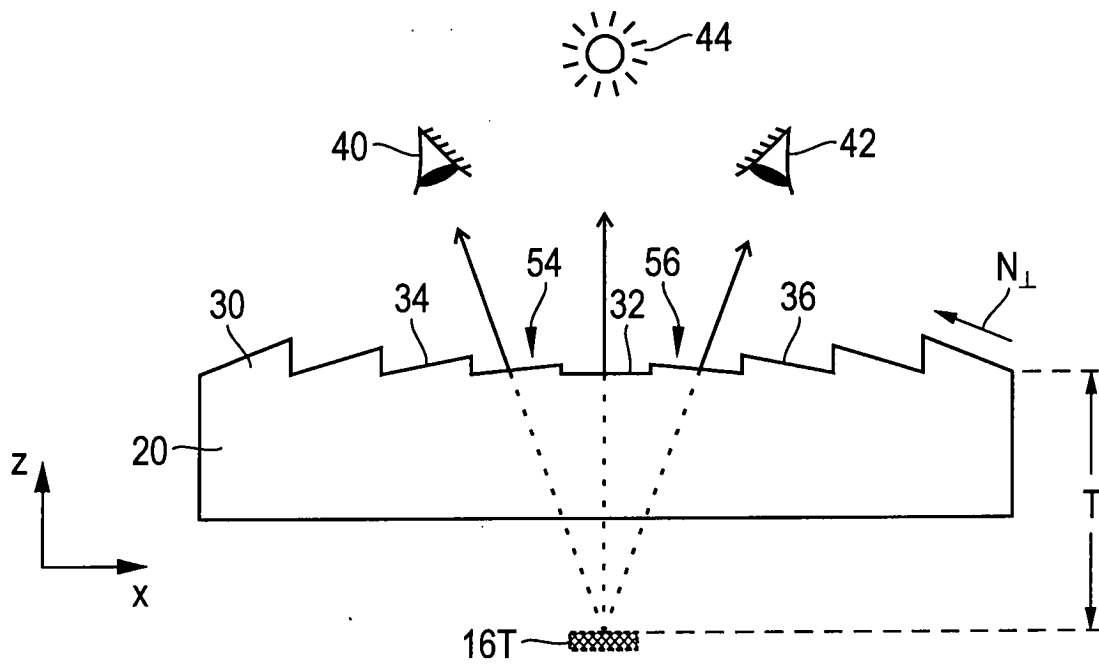


Fig. 4

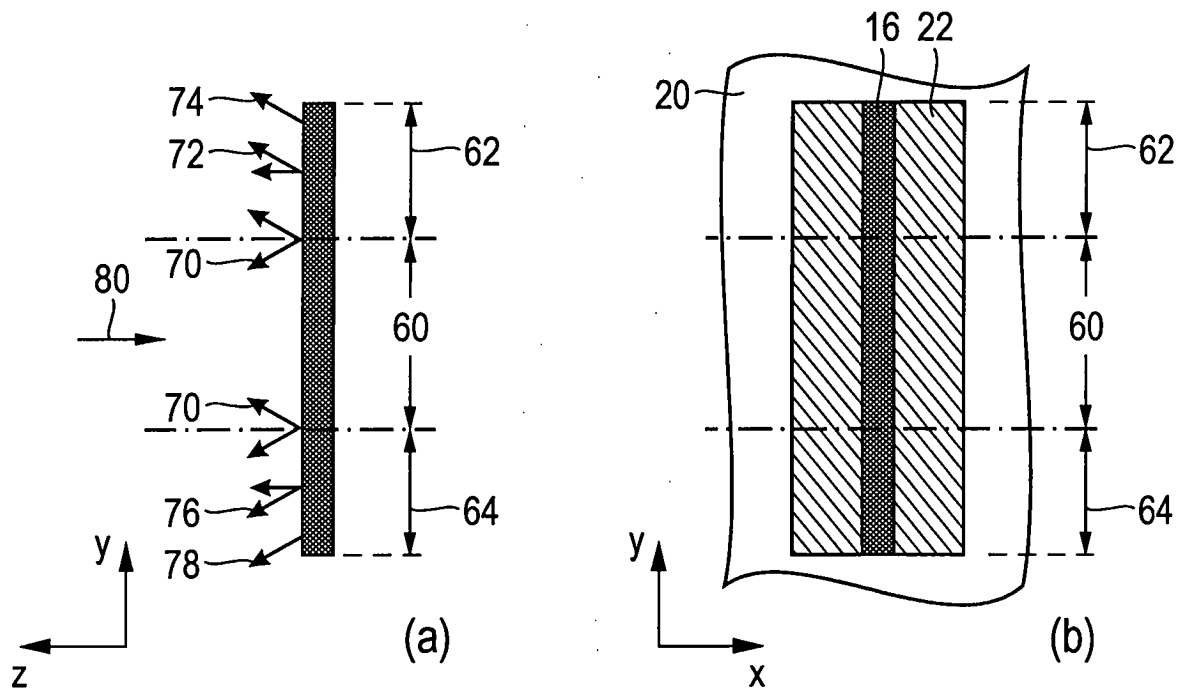


Fig. 5

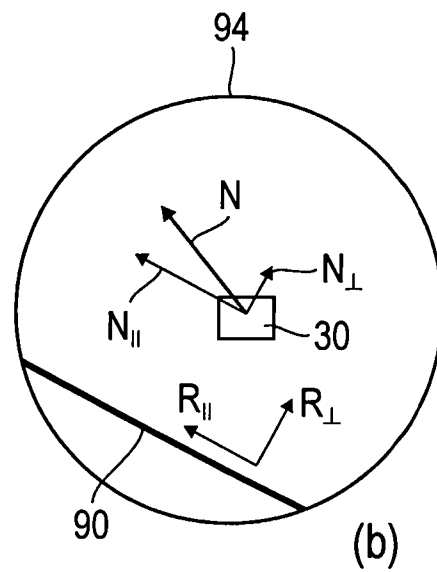
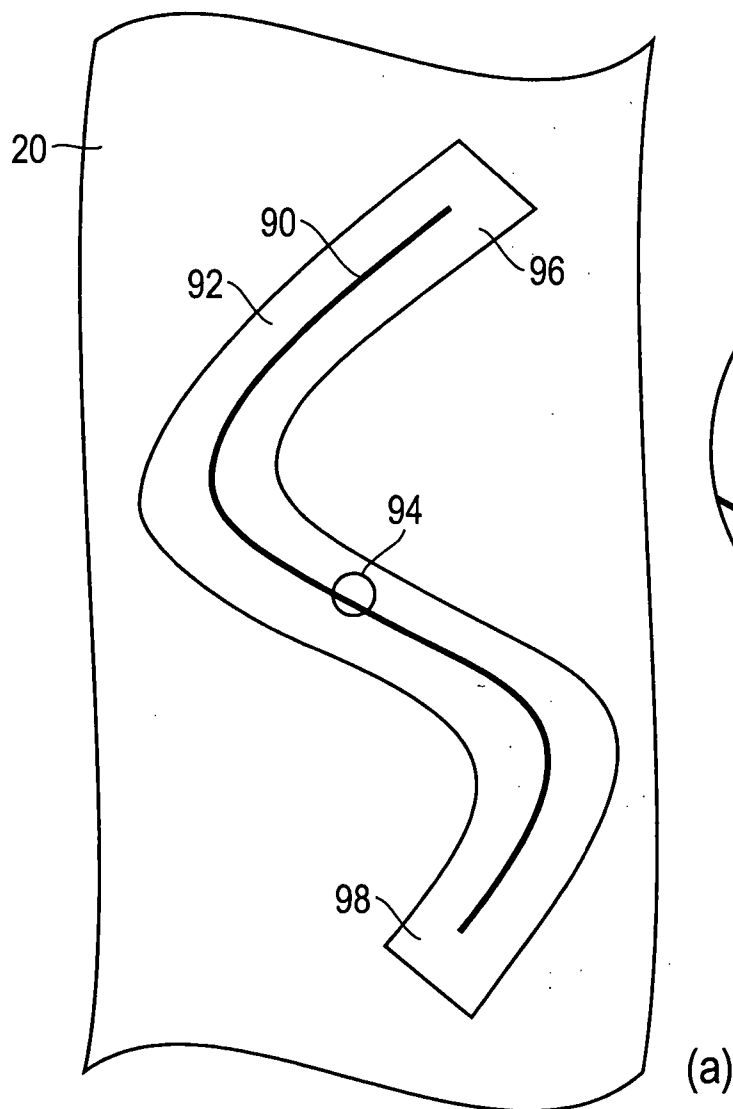
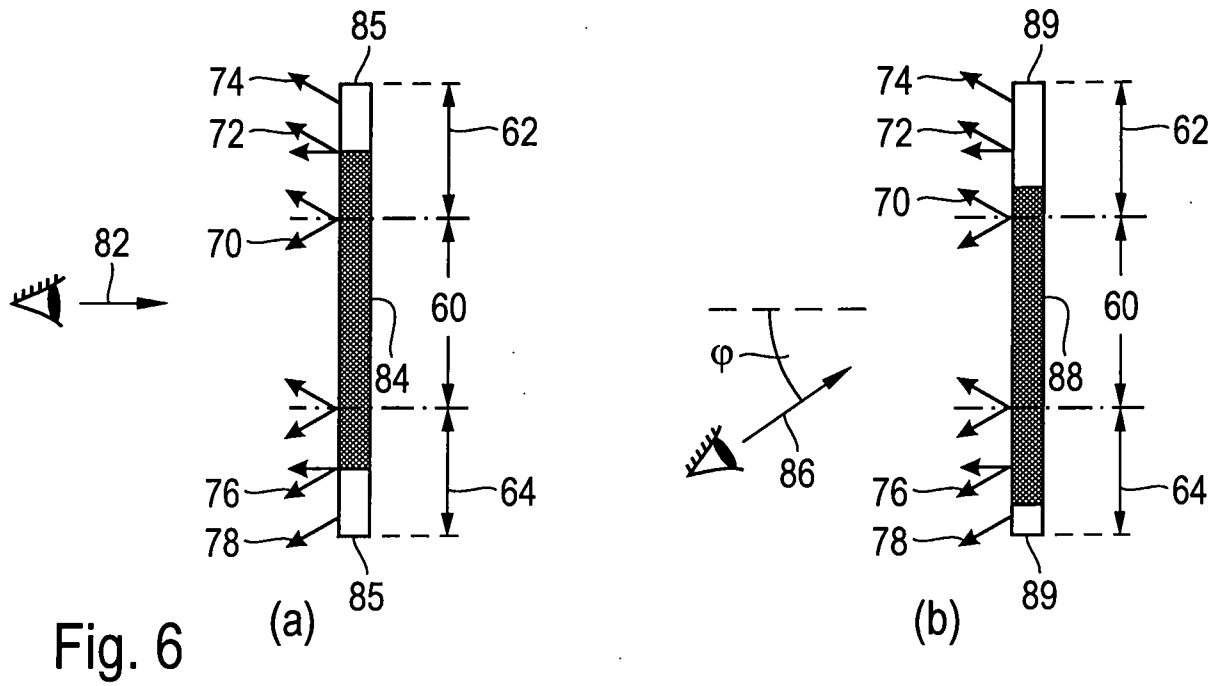


Fig. 7

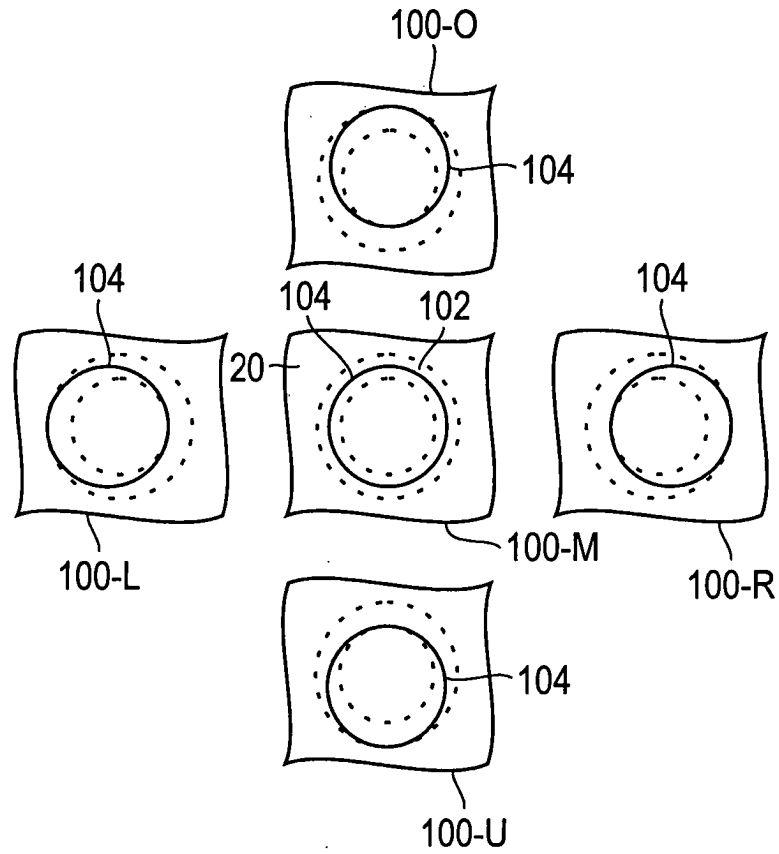


Fig. 8

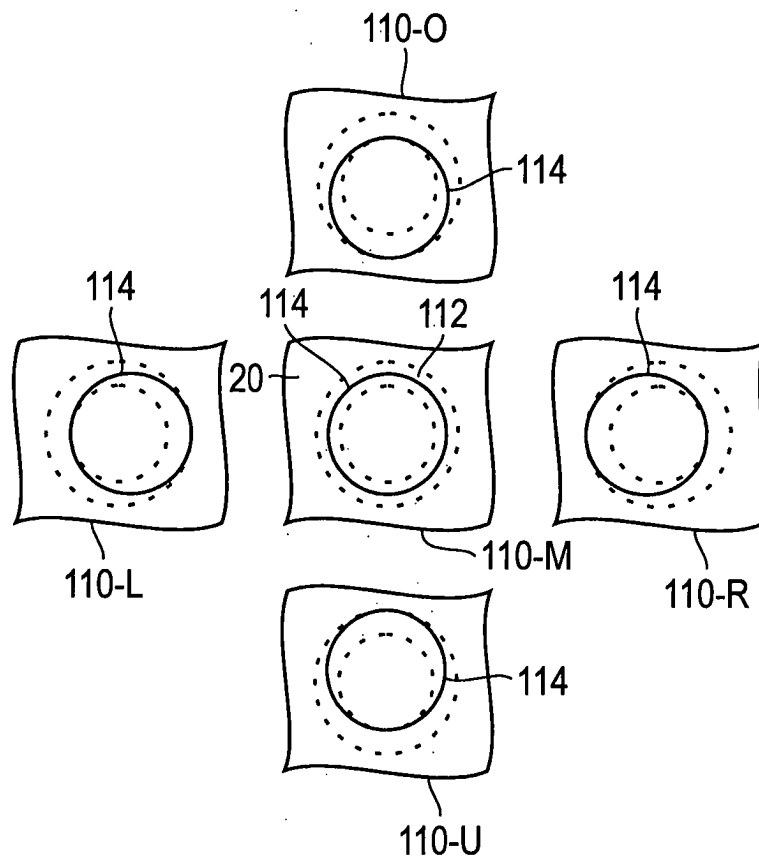


Fig. 9

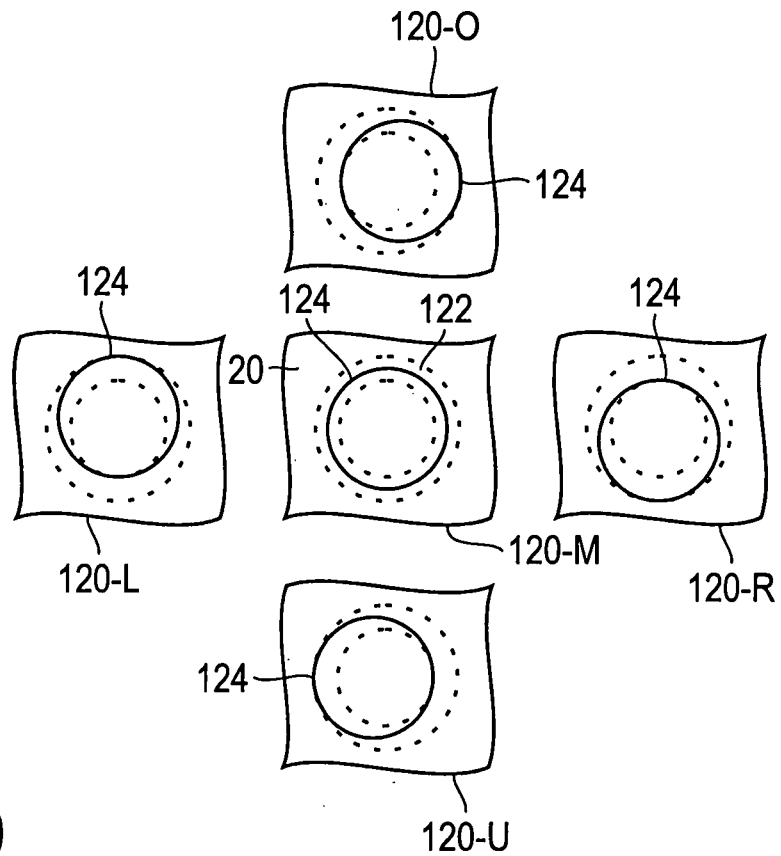


Fig. 10

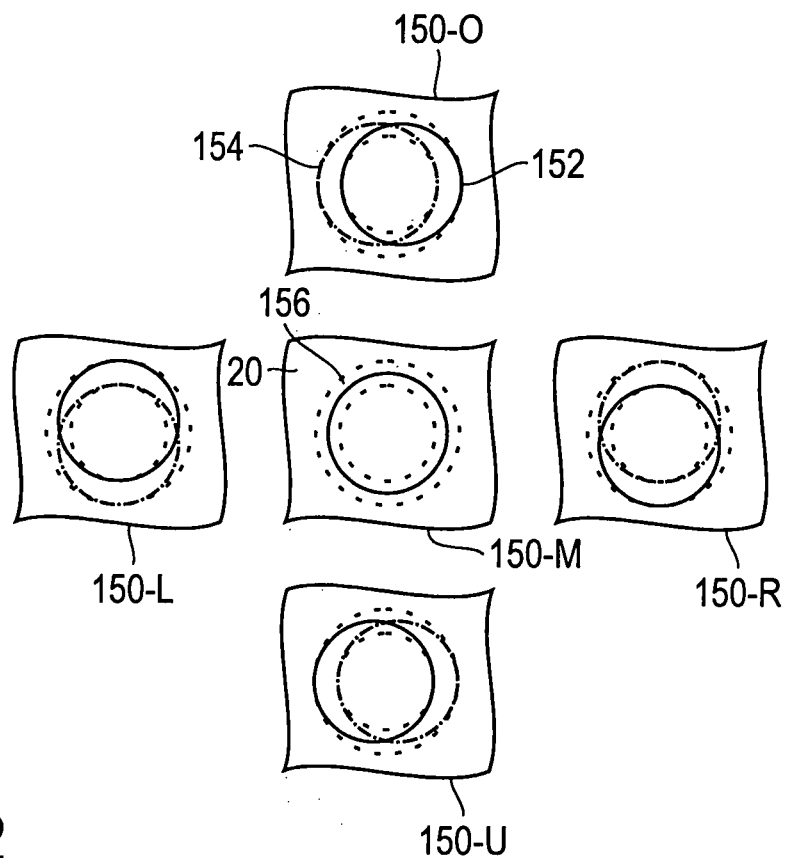


Fig. 12

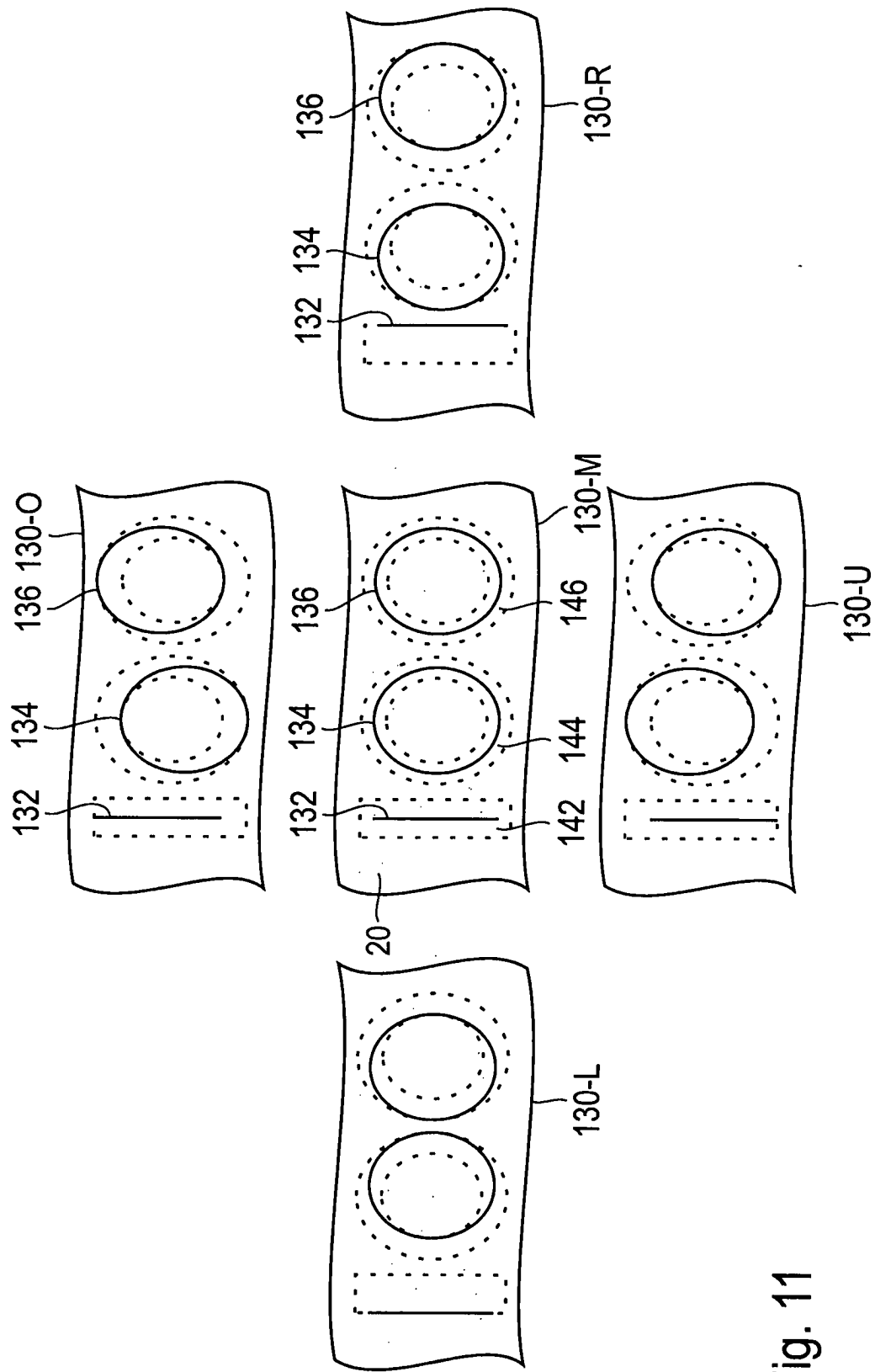


Fig. 11