



(10) **DE 10 2010 052 665 A1** 2012.05.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 052 665.7**

(51) Int Cl.: **B44F 1/12 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **26.11.2010**

(43) Offenlegungstag: **31.05.2012**

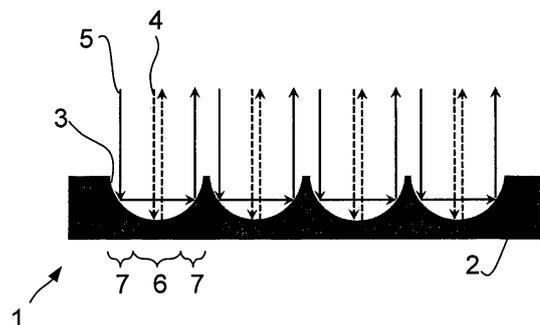
(71) Anmelder:
Giesecke & Devrient GmbH, 81677, München, DE

(72) Erfinder:
Lochbihler, Hans, Dr., 80333, München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Reflektierendes Sicherheitselement für Sicherheitspapier, Wertdokumente oder dergleichen**

(57) Zusammenfassung: Ein Sicherheitselement (10) zur Herstellung von Wertdokumenten, wie Banknoten, Schecks oder dergleichen, weist eine Oberseite auf, auf der eine Mikrokavitätenstruktur (1) ausgebildet ist, die ein Vielzahl nebeneinanderliegender, als Retroreflektoren ausgebildeter Mikrokavitäten (3) aufweist, wobei auf den Mikrokavitäten (3) eine einen Farbeffekt bewirkende Struktur (13) ausgebildet ist und die Mikrokavitäten (3) jeweils so ausgebildet sind, dass sie einen ersten Bereich (6), in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung (4) einfach reflektiert wird, und einen zweiten Bereich (7) aufweisen, in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung (5) mehrfach reflektiert wird, wobei die den Farbeffekt bewirkende Struktur (13) eine einfallswinkelabhängige Dispersion aufweist, so dass am ersten Bereich (6) einfach-reflektierte Strahlung (4) von der Oberseite gesehen einen anderen Farbeffekt zeigt, als am zweiten Bereich (7) mehrfach-reflektierte Strahlung (5).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Sicherheitselement zur Herstellung von Wertdokumenten wie Banknoten, Schecks oder dergleichen, das eine Oberseite aufweist, auf der eine Mikrokavitätenstruktur ausgebildet ist, die eine Vielzahl nebeneinanderliegender, als Retroreflektoren ausgebildeter Mikrokavitäten aufweist, wobei auf den Mikrokavitäten eine einen Farbeffekt bewirkende Struktur ausgebildet ist.

[0002] Die Erfindung bezieht sich weiter auf ein Wertdokument mit einem solchen Sicherheitselement.

[0003] Die Erfindung bezieht sich auf ein Herstellungsverfahren für ein Sicherheitselement für Wertdokumente, wie Banknoten, Schecks oder dergleichen, wobei ein Substrat bereitgestellt wird, das eine Oberseite aufweist, auf der eine Mikrokavitätenstruktur ausgebildet wird, die eine Vielzahl nebeneinanderliegender, als Retroreflektoren ausgebildeter Mikrokavitäten aufweist, und auf den Mikrokavitäten eine einen Farbeffekt bewirkende Struktur ausgebildet wird.

[0004] Für Sicherheitselemente ist es bekannt, Retroreflektoren vorzusehen. Solche Retroreflektoren haben eine große Winkeltoleranz in der Lichtreflexion und damit ausgestattete Oberflächen erscheinen für einen Betrachter heller als glatte spiegelnde Oberflächen. Diese reflektieren das Licht nur unter ihrem Glanzwinkel, und eine glatte reflektierende Probe erscheint hell, wenn sich die Beleuchtungsquelle im Auge des Betrachters spiegelt bzw. das Licht über Streuung an der Umgebung zum Auge des Betrachters gelangt. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, erscheint die Oberfläche dunkel. Der visuelle Eindruck einer solchen Oberfläche hängt also sehr stark von der Art und der Position der Beleuchtungsquelle und vom Winkel zwischen Beleuchtungsquelle und Betrachter ab.

[0005] Es sind Retroreflektoren bekannt, die das einfallende Licht sehr effizient in seine Einfallrichtung zurückleiten. Sie finden beispielsweise Verwendung bei Straßenbegrenzungspfosten oder Straßenschildern. Bestimmte tetraederförmig strukturierte Oberflächen zeigen eine hohe Lichtausbeute in einem relativ großen Winkelbereich, exemplarisch sei auf die US 3712706 verwiesen.

[0006] Auch ist es bekannt, mittels sphärischer Kugeln Retroreflektoren auszubilden, die mit einer Interferenzbeschichtung versehen sind, vergleiche WO 2009/105142 A2. Die Beschichtung dieser sphärischen Kugeln, die auch als Mikrosphären bezeichnet werden, kann so ausgelegt werden, dass ein Colour-Shift-Effekt an der reflektierten Strahlung auftritt. Dadurch kann die Farbe des reflektierten Lichtes

gegenüber der Farbe des einfallenden Lichtes verändert werden, wie es beispielsweise in der WO 2005/066667 A1 beschrieben ist.

[0007] Auch wurden Retroreflektoren vorgeschlagen, bei denen ein Teil des einfallenden Lichtes eine Phasenverschiebung erleidet, wodurch sich ebenfalls die Farbe des reflektierten Lichtes ändert (siehe EP 0905530 A2).

[0008] Retroreflektoren mit identischen dreidimensionalen Strukturelementen, welche um 45° zur Oberfläche geneigte Seitenflächen besitzen, sind in der EP 1434695 B1 zur Realisierung maschinell lesbarer optischer Merkmale beschrieben.

[0009] Auch kann man Retroreflektoren mit dielektrischen Mehrschichtstrukturen bedampfen, die Farbmischung in der Reflexion zeigen (vergleiche M. Kolle et al., „Mimicking the colourful wing scale structure of the Papilio blumei butterfly“, Nature Nanotechnology Letters, DOI: 10.1038/NNANO.2010.101, 2010).

[0010] Die EP 146325 A2 schließlich beschreibt ein Sicherheitselement der eingangs genannten Art, das eine Retroreflektorstruktur aufweist, welche aus Tetraedern aufgebaut ist. Die Seitenflächen der Tetraeder sind mit einer Feinstruktur versehen, welche eine Farb- oder Polarisationsänderung des einfallenden Lichtes bei der Reflexion bewirken.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein solches Sicherheitselement hinsichtlich seiner Fälschungssicherheit weiterzubilden.

[0012] Diese Aufgabe wird mit einem Sicherheitselement der eingangs genannten Art gelöst, bei dem die Mikrokavitäten jeweils so ausgebildet sind, dass sie einen ersten Bereich, in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung einfach reflektiert wird, und einen zweiten Bereich aufweisen, in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung mehrfach reflektiert wird, wobei die den Farbeffekt bewirkende Struktur eine einfallswinkelabhängige Dispersion aufweist, so dass am ersten Bereich einfach-reflektierte Strahlung von der Oberseite gesehen einen anderen Farbeffekt bewirkt, als am zweiten Bereich mehrfach-reflektierte Strahlung.

[0013] Die Aufgabe wird weiter gelöst mit einem Herstellungsverfahren der eingangs genannten Art, bei dem die Mikrokavitäten jeweils so ausgebildet werden, dass sie einen ersten Bereich, in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung einfach reflektiert wird, und einen zweiten Bereich aufweisen, in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung mehrfach reflektiert wird, wobei die den Farbeffekt bewirkende Struktur mit einer einfallswinkelabhängigen Dispersion versehen wird, so dass am ersten Bereich einfach-reflektierte Strahlung von der Oberseite gesehen ei-

nen anderen Farbeffekt bewirkt, als am zweiten Bereich mehrfach-reflektierte Strahlung.

[0014] Die Aufgabe wird schließlich ebenfalls mit einem Wertdokument gelöst, das ein erfindungsgemäßes Sicherheitselement aufweist.

[0015] Die Mikrokavitätenstruktur weist also Retroreflektoren auf, die zwei Bereiche umfassen, welche jeweils für sich die Strahlung retroreflektieren. Dabei wird das einfallende Licht im ersten Bereich jeder Mikrokavität einfach und im zweiten Bereich, der in der Regel vom restlichen Bereich der Mikrokavität gebildet wird, mehrfach reflektiert, in der Regel zweimal. Bildet man beispielsweise die Mikrokavitäten als sphärische Mikrokavitäten aus, wird im Zentrum der Sphäre das einfallende Licht durch eine einfache Reflexion in Strahlquellenrichtung zurückgeworfen. Am Rand der Sphäre auftreffende Strahlung wird hingegen zum gegenüberliegenden Rand umgelenkt und von dort zur Strahlquelle zurückreflektiert.

[0016] Unter „Retroreflexion“ wird hier ein Zurückwerfen der einfallenden Strahlung in die Einfallstrichtung verstanden. Diese Eigenschaft ist über einen gewissen Einfallswinkelbereich gegeben, z. B. $\pm 10^\circ$ oder mehr.

[0017] In den zwei Bereichen trifft dadurch die Strahlung mit unterschiedlichem Winkel auf die Oberfläche der Mikrokavität. Im ersten Bereich, in dem nur eine Reflexion stattfindet, trifft die Strahlung weitgehend senkrecht auf die Oberfläche. Im zweiten Bereich typischerweise mit einem Einfallswinkel von mindestens 45° . Da die Dispersion der den Farbeffekt bewirkenden Struktur vom Einfallswinkel abhängt, stellt sich nun in den beiden Bereichen ein unterschiedlicher Farbeffekt ein. Übliche Colour-Shift-Beschichtungen zeigen unterschiedliche Farben bei einer Variation des Betrachtungswinkels, also des Einfallswinkels der Strahlung auf die Beschichtung. Eine solche Beschichtung zeigt bei senkrechtem Einfallswinkel eine bestimmte Farbe, die sich mit dem Verkippen der Fläche, also mit Variation des Einfallswinkels ändern. Bekannte Colour-Shift-Beschichtungen weisen beispielsweise eine halbtransparente Metallschicht, eine metallische Spiegelschicht und dazwischen eine dielektrische Abstandschicht auf.

[0018] Dadurch ergibt sich zwischen den zwei Bereichen ein hoher Farbkontrast. In den ersten Bereichen, in denen eine Einfachreflexion der Strahlung stattfindet, stellt sich ein Farbeffekt ein, der sich deutlich von dem der zweiten Bereiche, in dem die Strahlung mehrfach reflektiert wird und damit unter anderen Einfallswinkeln auf die Oberfläche trifft, unterscheidet.

[0019] Die Ausbildung der Bereiche, insbesondere ihre Geometrie, die sie bei Aufsicht auf die Oberflä-

che haben, hängt nun wesentlich von der Art der Vertiefung der Mikrokavitäten ab. Die Abmessung der Mikrokavitäten in Draufsicht wie auch ihre Tiefe, d. h. ihre Erstreckung senkrecht zur Oberfläche, wirken sich auf die Größe der Bereiche aus. Eine Variation der Tiefe verändert das Flächenverhältnis von erstem und zweitem Bereich.

[0020] Die einzelnen Flächen dieser beiden Bereiche sind bevorzugt so klein gewählt, dass sie von einem Betrachter nicht aufgelöst werden können. Dann nimmt ein Betrachter diese lateral nebeneinander angeordneten Bereiche als Mischfarbe wahr. Durch die Variation der Fläche dieser nebeneinanderliegenden Bereiche kann daher eine Mischfarbe nahezu stufenlos zwischen den beiden vorliegenden Grundfarben in den Bereichen der Einfach- und den Bereichen der Mehrfachreflexion gewählt werden.

[0021] Bildet man die Strukturweite bzw. die Rasterweite der einzelnen Mikrokavitäten in einer Größe zwischen $2 \mu\text{m}$ und $300 \mu\text{m}$ aus, wird eine einzelne Mikrokavität vom unbewaffneten Auge nicht mehr optisch aufgelöst, sondern erscheint als einzelnes Farbpixel. Je nach Flächenverhältnis von erstem und zweitem Bereich eines Pixels ergibt sich damit eine unterschiedliche Mischfarbe, die für jedes Pixel aus der Farbe, die sich im ersten Bereich einstellt, und der Farbe, die der zweite Bereich bewirkt, gemischt ist. Die Variation der Tiefe der Vertiefung jeder Mikrokavität stellt den Flächenanteil ein und damit die Mischfarbe. Für die Gestaltung eines Sicherheitselementes ist es bevorzugt, unterschiedliche Formen von Mikrokavitäten vorzusehen und damit die Farbe, mit der die einzelnen Mikrokavitäten oder Pixel wahrgenommen werden, einzustellen. Unter Herstellungsgesichtspunkten ist dabei bemerkenswert, dass sich die Oberflächenbeschichtung für die Mikrokavitäten nicht ändern muss. Sie kann identisch sein, und dennoch wird ein unterschiedlicher Farbeindruck für Mikrokavitäten mit verschiedenen Vertiefungen erreicht.

[0022] Die Geometrie der Vertiefungen ist dabei keinesfalls auf rotationssymmetrische Formen oder Formen, die in Draufsicht einen kreisförmigen Umriss haben, beschränkt. Asphären oder Freiformflächen, wie sie z. B. von Lampenreflektoren bekannt sind, können verwendet werden. Insbesondere können auch rinnenförmige Vertiefungen verwendet werden, die beispielsweise die Form eines Halbzylinders haben, welcher nur in einer Schnittebene gekrümmt, in der anderen jedoch längs erstreckt ist. Solche asymmetrisch ausgebildeten Mikrokavitäten haben zugleich eine Polarisationswirkung für die im zweiten Bereich mehrfach reflektierte Strahlung. TM polarisiertes Licht zeigt bei einem schrägen Einfallswinkel im Allgemeinen eine geringere Reflexion als TE polarisierte Strahlung. Dies kann für einen Farbeffekt ausgenutzt werden, da die Struktur unterschiedliche Farbe zeigt, wenn das reflektierte Licht durch einen Po-

larisator betrachtet wird. Die Farbe verändert sich, wenn der Polarisator gedreht wird.

[0023] Verwendet man in der Mikrokavitätenstruktur Mikrokavitäten, welche nur in einer Raumebene eine retroreflektierende Strahlumlenkung verursachen, erhält man eine Vielzahl von optischen Gestaltungsmöglichkeiten. Beispielsweise ist ein zweifarbiges Muster möglich, das bei einer Drehung des Musters in der Bildebene um 90° seine Farben vertauscht. Hierzu muss das Muster und sein Hintergrund sich hinsichtlich der Hauptrichtung unterscheiden, längs der sich die nicht rotationssymmetrischen Mikrokavitäten erstrecken. Das Muster und sein Hintergrund bilden damit zwei Bezirke. In einer ersten Orientierung erscheint das Muster in einer ersten Farbe und der Hintergrund in einer zweiten, beispielsweise das Muster in Blau und der Hintergrund in Gelb. Dreht man nun das Sicherheitselement in der Bildebene, d. h. rotiert es um die optische Achse der Betrachtung, vertauschen sich die Farben und das Muster erscheint in der zweiten Farbe, der Hintergrund hingegen in der ersten.

[0024] Solche Effekte sind für andere Strukturen bereits bekannt, die jedoch hochbrechende Beschichtungen von Subwellenlängengittern und damit einen großen Herstellungsaufwand erfordern. Der Aufbau eines solchen Effektes mittels einer Mikrokavitätenstruktur, welche eine Vielzahl von Retroreflektoren realisiert, ist hingegen sehr viel einfacher herstellbar und zudem auch noch kontraststärker. Aufgrund der das Licht fokussierenden Wirkung der Retroreflektoren ist die Farbintensität des Wechsels deutlich höher und kann somit von einem Betrachter einfacher wahrgenommen werden. Eine höhere Fälschungssicherheit für ein Sicherheitselement bei zugleich einfacherer Herstellung ist die Folge.

[0025] Die nur in einer Richtung retroreflektierenden Strukturen können natürlich auch als Pixel ausgebildet werden, d. h. ihre Ausdehnung überschreitet in keiner Richtung $300\ \mu\text{m}$. Die Orientierung und/oder Geometrie der Strukturen kann dann für jedes Pixel individuell unterschiedlich sein.

[0026] Bei der Wahl einer halbtransparenten oder auch rein dielektrischen Beschichtung für die den Farbeffekt bewirkende Struktur, kann auch Transluzenz als optischer Effekt benutzt werden, um das Sicherheitselement zu kennzeichnen. Bringt man ein solches Muster auf eine zuvor bedruckte Fläche auf, ist die Druckfläche unter den Winkeln, bei denen keine Retroreflexion zum Betrachter stattfindet, gut zu erkennen. Bei Betrachtung des Musters im Retroreflexionswinkelbereich dominiert hingegen das Muster des Retroreflektors und die dahinter liegende Druckfläche wird nicht oder nur schwer sichtbar.

[0027] Der oben erwähnte Farbwechsel zwischen Motiv und Hintergrund ist besonders stark ausgebildet, wenn die Hauptachsen der nicht rotationssymmetrischen Mikrokavitäten senkrecht zueinander stehen. Unterschiedliche Orientierungen nicht rotationssymmetrischer Mikrokavitäten sind jedoch nicht hierauf beschränkt. Durch eine kontinuierliche Variation der Orientierung der Hauptrichtung der nicht rotationssymmetrischen Mikrokavitäten können auch Pump- und Lauffeffekte realisiert werden. Solche Bewegungsmuster ziehen besondere Aufmerksamkeit eines Betrachters auf sich und eignen sich daher besonders als einfach erkennbare Merkmale zur Authentifizierung eines Sicherheitselementes. Beim Kippen solcher Muster ergeben sich lateral bewegliche Farbveränderungen in den durch die Mikrokavitäten gebildeten Strukturen.

[0028] Ferner können durch nicht rotationssymmetrische Mikrokavitäten mit unterschiedlicher Orientierung auch Effekte realisiert werden, die ein Betrachter als dreidimensionale Objekte wahrnimmt. Hierzu kann die Höheninformation bzw. die Distanz des wiederzugebenden Objektes zum Betrachter durch den Orientierungswinkel solcher Mikrokavitäten codiert werden. In diesem Fall nimmt ein Betrachter eine lateral unterschiedliche Parallaxe in der ebenen mit Mikrokavitäten strukturierten Oberfläche wahr. Der räumliche Eindruck kann verstärkt werden, indem bei der Herstellung des Retroreflektors zusätzlich die Strukturtiefe der Mikrokavitäten als Funktion der Höhe bzw. der Reflexionseigenschaften des Objektes variiert wird. Ein räumlicher Eindruck lässt sich ebenfalls erzielen, wenn das Intensitätsprofil des Objektes pixelweise in solche Mikrokavitäten mit codiertem Orientierungswinkel umgesetzt wird.

[0029] Schließlich ist der Querschnitt der rinnenförmigen Mikrokavitäten nicht auf symmetrische Geometrien beschränkt. Asymmetrische Geometrien können durch einen ‚Blaze‘ Effekt eine Lichtbündelung in die Richtung eines Betrachters erzeugen. Dadurch kann die vom Betrachter wahrgenommene Lichtausbeute erhöht werden.

[0030] Für das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren kommen insbesondere Direktbelichtungstechniken, z. B. mit Hilfe eines Laserwriters infrage. Die Herstellung kann analog zu dem bekannten Herstellungsverfahren für Mikrolinsen erfolgen. Das Original der Mikrokavitätenstruktur wird über Direktbelichtung mithilfe eines Laserwriter in ein mit Photolack beschichtetes Substrat geschrieben und anschließend der belichtete Anteil des Photolacks entfernt. Ein belichtetes Original kann anschließend galvanisch abgeformt und somit ein Prägestempel erzeugt werden. Letztendlich wird die Struktur über einen Prägeprozess beispielsweise in UV-Lack auf Folie repliziert. Alternativ kann ein Nanoimprint-Verfahren eingesetzt werden. Dieses photolithographische Herstellungs-

verfahren bietet viele Gestaltungsmöglichkeiten in der Wahl der Geometrie der Mikrokavitäten. So können ohne Mehraufwand auch nicht rotationsymmetrische bzw. nicht sphärische Geometrien von Mikrokavitäten realisiert werden.

[0031] Anschließend erfolgt eine Bedampfung der Oberfläche mit der den Farbeffekt bewirkenden Struktur, beispielsweise einer Colour-Shift-Beschichtung. Hierzu kommen unter anderem Elektronenstrahlbedampfen, Sputtern oder thermische Verdampfen unter Vakuum infrage. Zum Abschluss wird die Struktur zum Schutz vorzugsweise mit einer Deckschicht kaschiert.

[0032] Die Strukturtiefe liegt in der Größenordnung der halben Strukturweite. Da man bei vielen Anwendungen eine maximale Dicke des Sicherheitselementes nicht überschreiten möchte, sind Strukturweiten kleiner 30 µm bevorzugt, um die Dicke des Sicherheitselementes möglichst gering zu halten. Eine Untergrenze für die Strukturweite liegt bei etwa 2 µm, bedingt durch das Beugungsverhalten des Lichtes an Strukturen in Größenordnungen der Wellenlänge. Denn für kleinere Strukturweiten nehmen der Streu- bzw. der Beugungsanteil des reflektierten Lichtes zu, wodurch der Anteil des spiegelnd bzw. spekulär retroreflektierten Lichtes abnimmt. Ferner ist bevorzugterweise die Strukturweite der Mikrokavitäten so gewählt, dass eine einzelne Kavität nicht mehr vom Betrachter aufgelöst werden kann und somit ein Farbmischeffekt zwischen den unterschiedlichen Farbberreichen entsteht.

[0033] Das Sicherheitselement kann insbesondere als Sicherheitsfaden, Aufreißfaden, Sicherheitsband, Sicherheitsstreifen, Patch oder als Etikett ausgebildet sein. Insbesondere kann das Sicherheitselement transparente Bereiche oder Ausnehmungen überspannen.

[0034] Das Sicherheitselement kann insbesondere Teil einer noch nicht umlauffähige Vorstufe zu einem Wertdokument sein, das neben dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement beispielsweise auch weitere Echtheitsmerkmale (wie z. B. im Volumen vorgesehene Lumineszenzstoffe) aufweisen kann. Unter Wertdokumenten werden hier einerseits das Sicherheitselement aufweisende Dokumente verstanden. Andererseits können Wertdokumente auch sonstige Dokumente und Gegenstände sein, die mit dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement versehen werden können, damit die Wertdokumente nicht kopierbare Echtheitsmerkmale aufweisen, wodurch eine Echtheitsüberprüfung möglich ist und zugleich unerwünschte Kopien verhindert werden. Chip- oder Sicherheitskarten, wie z. B. Bank- oder Kreditkarten, sind weitere Beispiele für ein Wertdokument.

[0035] Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren kann so ausgebildet werden, dass die beschriebenen bevorzugten Ausbildungen und Ausführungsformen des Sicherheitselementes hergestellt werden.

[0036] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in den angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung einsetzbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen. Insbesondere kann auf das Merkmal der Perforation in allen bislang allgemein und nachfolgend noch im Detail erläuterten Ausführungsformen verzichtet werden.

[0037] Nachfolgend wird die Erfindung beispielshalber anhand der beigefügten Zeichnungen, die auch erfindungswesentliche Merkmale offenbaren, noch näher erläutert ist. Es zeigen:

[0038] [Fig. 1](#) eine Schemadarstellung durch eine Mikrokavitätenstruktur, wie sie in einer ersten Ausführungsform eines Sicherheitselementes zur Anwendung kommt,

[0039] [Fig. 2](#) eine Schemadarstellung ähnlich der [Fig. 1](#), jedoch für eine andere Betrachtungsrichtung,

[0040] [Fig. 3](#) ein Diagramm zur Veranschaulichung erster und zweiter Bereiche in den Mikrokavitäten der Mikrokavitätenstruktur der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#),

[0041] [Fig. 4](#) eine schematische Schnittdarstellung eines Sicherheitselementes, das die Mikrokavitätenstruktur der [Fig. 1](#) verwendet,

[0042] [Fig. 5](#) bis [Fig. 7](#) schematische Schnittdarstellungen weiterer Sicherheitselemente ähnlich dem der [Fig. 4](#),

[0043] [Fig. 8](#) eine Draufsicht auf die Mikrokavitätenstruktur des Sicherheitselementes der [Fig. 4](#),

[0044] [Fig. 9](#) eine schematische Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform eines Sicherheitselementes,

[0045] [Fig. 10](#) eine Draufsicht auf die Mikrokavitätenstruktur des Sicherheitselementes der [Fig. 9](#),

[0046] [Fig. 11](#) eine Draufsicht auf eine Mikrokavitätenstruktur einer weiteren Ausführungsform eines Sicherheitselementes,

[0047] [Fig. 12](#) bis [Fig. 14](#) Schemadarstellungen weiterer Sicherheitselemente, welche die Mikrokavitätenstruktur der [Fig. 11](#) enthalten, und

[0048] [Fig. 15](#) eine Draufsicht auf eine weitere Mikrokavitätenstruktur für ein Sicherheitselement.

[0049] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Schnittdarstellung durch eine retroreflektierende Mikrokavitätenstruktur **1**, die in einem Substrat gebildet ist. Auf seiner Oberseite weist dieses Substrat mehrere Mikrokavitäten **3** auf, die im gezeigten Fall als sphärische Vertiefungen ausgebildet sind. Die Vertiefungen sind reflektierend ausgeführt, beispielsweise durch eine geeignete Beschichtung (nicht dargestellt). Die Mikrokavitäten **3** wirken als Retroreflektoren, d. h. sie werfen Strahlung (z. B. Licht) in die Einfallrichtung zurück. [Fig. 1](#) zeigt den Fall für einen Einfall der Strahlung senkrecht auf die Oberfläche des Substrates **2**, [Fig. 2](#) die Situation bei einem schrägen Einfall.

[0050] Im Zentrum jeder Mikrokavität **3** einfallende Strahlung **4** wird durch einfache Reflexion zur Strahlungsquelle zurückgeworfen. Hingegen wird Strahlung **5**, die am Rande der Mikrokavität **3** einfällt, in der Mikrokavität **3** zweimal umgelenkt und dann in Richtung der Strahlungsquelle reflektiert. Es bestehen somit in der Mikrokavität **3** zwei Bereiche **6**, **7**. In einem ersten Bereich **6** einfallende Strahlung wird direkt reflektiert. In einem zweiten Bereich **7**, der den ersten Bereich **6** in Draufsicht auf die Oberfläche ringförmig umgibt, wird die Strahlung hingegen zweimal umgelenkt.

[0051] Die Bereiche **6** und **7** unterscheiden sich vor allem jedoch hinsichtlich des Auftreffwinkels, unter dem die Strahlung auf die Begrenzungsfläche jeder Mikrokavität **3** trifft. Dies ist schematisch in [Fig. 3](#) dargestellt, die einen Querschnitt durch eine sphärische Mikrokavität **3** zeigt. Auf der x-Achse ist die radiale Koordinate aufgetragen. Auf der z-Achse die Höhenkoordinate. Die Kurve **8** zeigt die Oberfläche der Mikrokavität **3**. Im Bereich **6** ist diese Oberfläche durch eine gestrichelte Linie symbolisiert, im Bereich **7** durch eine durchgezogene Linie. Es ist gut zu erkennen, dass bei radialen Koordinaten zwischen -7 und $+7$ der erste Bereich **6** vorliegt – dort einfallende Strahlung wird also nur einmal reflektiert. Bei größeren radialen Koordinaten einfallende Strahlung wird hingegen zweifach reflektiert. Die Auswirkung auf den Auftreffwinkel zeigt Kurve **9**, für die die rechte Hochachse gilt, an der der Winkel α aufgetragen ist, unter dem die Strahlung auf die Oberfläche der Mikrokavität **3** auftrifft. Deutlich ist zu sehen, dass die zweifach reflektierte Strahlung, Strahlung also, die in den zweiten Bereich **7** einfällt, unter einem Winkel von etwa 45° und größer auf die Oberfläche trifft.

[0052] Der guten Ordnung halber sei darauf hingewiesen, dass die [Fig. 3](#) die Situation für einen senkrechten Einfall der Strahlung wiedergibt. Für schräge Einfallswinkel verschieben sich die jeweiligen Bereiche etwas aus der Symmetrieachse. Die Bezirke **7** mit zweifacher Strahlreflexion sind jedoch für einen großen Einfallswinkelbereich vorhanden.

[0053] Die Bereiche **6**, **7**, die sich also hinsichtlich des Auftreffwinkels α , mit dem die im Endeffekt retroreflektierte Strahlung auf die Oberfläche der Mikrokavität **3** trifft, unterscheiden, wirken mit einer Schichtstruktur **13** zusammen, die auf die Oberfläche der Mikrokavitäten **3** aufgebracht ist. Dies ist in [Fig. 4](#) zu erkennen, die eine Schnittdarstellung eines Sicherheitselementes **10** in einer ersten Ausführungsform zeigt. Das Sicherheitselement **10** ist auf einem Substrat **11** aufgebaut, auf das ein Prägelack **12** aufgebracht ist. In diesen Prägelack **12** ist, wie zuvor bereits im allgemeinen Teil der Beschreibung erläutert wurde, die Mikrokavitätenstruktur **1** eingeformt, die eine Vielzahl nebeneinanderliegender Mikrokavitäten **3** aufweist. Auf die Oberflächen der Mikrokavitäten **3** ist die Schichtstruktur **13** aufgebracht, deren wesentliches Merkmal eine einfallswinkelabhängige Dispersion ist. Die Schichtstruktur **13** bewirkt dadurch einen noch zu erläuternden Farbeffekt. Sie kann beispielsweise als bekannte Colour-Shift-Beschichtung ausgeführt werden. Solche Beschichtungen bestehen üblicherweise aus einer halbdurchsichtigen Metallschicht, einer metallischen Spiegelschicht und einer dazwischen befindlichen, dielektrischen Abstandschicht. Sie reflektieren Licht mit einer Farbe, die vom Einfallswinkel abhängt, mit dem die Strahlung auf die Beschichtung auftrifft. Bekannt sind solche Colour-Shift-Beschichtungen für ebene Flächen, die einen regenbogenartigen Farbeffekt zeigen, wenn sie bei der Betrachtung gekippt werden.

[0054] Über der derart beschichteten Mikrokavität **3** ist eine Deckschicht aufgebracht, die sowohl bei **14** die Mikrokavitäten **3** ausfüllt, als auch mittels eines darüberliegenden Abschnittes **15** die Mikrokavitätenstruktur **1** eben abdeckt.

[0055] Die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) veranschaulichen, wie die Tiefe der Mikrokavitäten **3** der Mikrokavitätenstruktur **1** entsprechend gewählt werden kann. Die Tiefe wirkt sich auf die Größe des ersten Bereiches **6** sowie des diesen umgebenden, zweiten Bereiches **7** aus. Eine einzelne Mikrokavität **3** ist in Draufsicht von der Oberfläche des Sicherheitselementes **10**, d. h. in Sicht in der Zeichenebene der [Fig. 4](#) bis [Fig. 7](#) so gewählt, dass zum einen keine Beugungseffekte erfolgen, zum anderen eine einzelne Mikrokavität **3** mit unbewaffnetem Auge noch nicht aufgelöst werden kann. Ein Bereich zwischen $2\ \mu\text{m}$ und $300\ \mu\text{m}$ erfüllt diese Anforderung. Eine einzelne Mikrokavität **3** wirkt somit als einzelnes Pixel. Die Farbe, die dieses Pixel hat, hängt zum einen von der Schichtstruktur **13** ab, zum anderen vom Größenverhältnis zwischen erstem Bereich und zweitem Bereich. Im ersten Bereich bewirkt die Schichtstruktur **13** einen ersten Farbeffekt aufgrund der Einfallswinkel, die im ersten Bereich **6** vorliegen. Der zweimalige Durchlauf durch die Schichtstruktur **13** unter einem anderen Einfallswinkel im zweiten Bereich **7** hat einen zweiten Farbeffekt zur Folge. Da die Mikrokavitäten **3** so klein sind, dass sie

mit dem Auge nicht aufgelöst werden können, vermittelt eine einzelne Mikrokavität **3** im Ergebnis dem Betrachter einen Farbeindruck, der sich durch die Mischung des ersten und des zweiten Farbeffektes ergibt. Das Mischungsverhältnis ist durch die Größenverhältnisse zwischen erstem Bereich **6** und zweitem Bereich **7** und damit im Ergebnis durch die Geometrie der Mikrokavität **3** vorgegeben.

[0056] Das Sicherheitselement **10** ist natürlich nicht auf eine Mikrokavitätenstruktur **1** mit sphärischen Vertiefungen für die Mikrokavitäten **3** beschränkt. **Fig. 7** zeigt exemplarisch eine asphärische Vertiefungsstruktur für die Mikrokavitäten **3**.

[0057] **Fig. 8** zeigt in einer Draufsicht die unterschiedlichen Flächenanteile der ersten Bereiche **6** (von links unten nach rechts oben schraffiert) und der zweiten Bereiche **7** (von rechts unten nach links oben schraffiert) der Mikrokavitäten **3** in der Mikrokavitätenstruktur **1**. Eine Vielzahl an Mikrokavitäten **3** mit ersten Bereichen **6** und zweiten Bereichen **7** liegen nebeneinander. Jede Mikrokavität **3** wirkt als Pixel mit der bereits erwähnten Farbmischung.

[0058] Die Farbe jedes Pixels kann nun durch verschiedene Geometrien der Mikrokavitäten **3** in der Mikrokavitätenstruktur **1** eingestellt werden. Dies ist schematisch in den **Fig. 9** und **Fig. 10** dargestellt. **Fig. 9** zeigt eine Schnittdarstellung entsprechend den **Fig. 4** bis **Fig. 7**. Hier sind nun die Mikrokavitäten mit unterschiedlichen Geometrien ausgestaltet. Exemplarisch sind vier Mikrokavitäten **3a**, **3b**, **3c** und **3d** eingezeichnet, deren Tiefe zunimmt. Mit zunehmender Tiefe ändert sich der Anteil, den der erste Bereich an der in Draufsicht zu sehenden Fläche der Mikrokavität hat. Somit ändern sich die Flächenverhältnisse zwischen erstem Bereich und zweitem Bereich. **Fig. 10** zeigt entsprechend, dass das Flächenverhältnis zwischen erstem Bereich **6a** und zweitem Bereich **7a** bei der flachsten Mikrokavität **3a** anders ist, als bei der etwas tieferen Mikrokavität **3b**, der deutlich tieferen Mikrokavität **3c** oder der tiefsten Mikrokavität **3d**. Somit ist das Mischungsverhältnis, das sich zwischen erstem und zweitem Farbeffekt einstellt, für die vier Mikrokavitäten **3a** bis **3d** unterschiedlich und jede Mikrokavität vermittelt einem Betrachter einen anderen Farbeindruck. Dies ermöglicht es auf einfache Weise, Motive zu gestalten, da lediglich die Geometrie der Mikrokavitäten **3** im Herstellungsprozess, z. B. durch unterschiedliche Belichtungsintensitäten beim photolithographischen Prozess, variiert werden muss. Die Schichtstruktur **13** hingegen muss nicht variiert werden, sie kann für alle Mikrokavitäten **3** der Mikrokavitätenstruktur **1** identisch bleiben, was unter Herstellungsgesichtspunkten sehr vorteilhaft ist.

[0059] Die Verwendung von Mikrokavitätenstrukturen **1**, die als Retroreflektoren wirken, ist jedoch nicht auf rotationssymmetrische Mikrokavitäten be-

schränkt. Zwar haben diese die Eigenschaft, dass die optische Wirkung in zwei Raumrichtungen unabhängig von der Betrachtungsrichtung ist, jedoch kann auch die Verwendung von Retroreflektoren, die lediglich in einer Raumrichtung unempfindlich für Variationen der Betrachtungsrichtung sind, ein sehr fälschungssicheres Sicherheitselement **10** erreichen.

[0060] Die Draufsicht auf eine entsprechende Mikrokavitätenstruktur **1** zeigt die **Fig. 11**. Hier sind die Mikrokavitäten **3** nun als längliche Rillen ausgebildet, die nebeneinanderliegen. In **Fig. 11** ist zur besseren Übersichtlichkeit eine Grenze **16** zwischen zwei benachbarten Mikrokavitäten **3** eingezeichnet. Die Mikrokavität **3** entspricht in einem in der Darstellung der **Fig. 4** vertikal verlaufenden Schnitt den Ansichten, wie sie in den **Fig. 4** bis **Fig. 7** und **Fig. 9** gezeigt wurden. In horizontaler Richtung sind die Mikrokavitäten als längliche Rillen ausgebildet. In dieser Richtung sind sie also so lange, dass sie mit unbewaffnetem Auge aufgelöst werden können. Da ist aber nicht zwingend. Die Länge zumindest einiger Rillen kann auch unter der Erkennbarkeitsgrenze liegen.

[0061] Eine derartige Mikrokavitätenstruktur erlaubt es nun, eine Farbe zwischen einem Motiv und seinem Hintergrund einzustellen, die von der Betrachtungsrichtung abhängt. Ein solches Sicherheitselement **10** ist exemplarisch in **Fig. 12** dargestellt. Es umfasst Bereiche **17**, in denen die Richtung, längs welcher sich die Mikrokavitäten **3** erstrecken, beispielsweise horizontal verläuft. In Bereichen **18** liegt die Längsrichtung der rinnenförmigen Mikrokavitäten **3** hingegen vertikal. Die Kavitäten des Motivs sind also mit ihrer Hauptrichtung senkrecht zu den Kavitäten des Hintergrunds orientiert. Jede Mikrokavität ist nun so beschichtet, dass das Muster bei schräger Betrachtung in zwei Farben erscheint. Es wird nun je nach Betrachtungsrichtung ein unterschiedlicher Farbeffekt realisiert, da nur für eine der beiden Bezirke **17** und **18** die eingangs erwähnte Farbmischung eintritt. Dreht man das Sicherheitselement in der Betrachtungsebene um 90°, tritt eine Farbvertauschung zwischen Muster und Hintergrund, also zwischen erstem Bezirk **17** und zweitem Bezirk bzw. zweiten Bezirken **18** auf.

[0062] Die **Fig. 13** und **Fig. 14** zeigen, dass eine unterschiedliche Orientierung nicht rotationssymmetrischer Mikrokavitäten **3** natürlich nicht auf senkrecht zueinanderstehende Anordnungen beschränkt ist. Durch eine kontinuierliche Variation der Längsrichtung solcher nicht rotationssymmetrischer Mikrokavitäten **3** können auch Pump- und Laufeffekte realisiert werden. **Fig. 13** zeigt ein Sicherheitselement **10**, dessen Mikrokavitätenstruktur **1** durch sternförmig verlaufende Mikrokavitäten gebildet ist. **Fig. 14** dient als Beleg dafür, dass die Mikrokavitäten auch nicht geradlinig ausgeführt werden können. In der Figur sind sie exemplarisch kreisförmig.

[0063] **Fig. 15** zeigt schließlich eine Draufsicht auf eine Mikrokavitätenstruktur **1**, die Bereiche **17** bis **26** umfasst, in denen die Längsrichtung der rinnenförmigen Mikrokavitäten **3** jeweils um 10° zum jeweils nächsten Bezirk variiert. Die Grenzlinien zwischen den Bezirken sind dabei nur zur Verdeutlichung in die Zeichnung eingetragen.

Bezugszeichenliste

1	Mikrokavitätenstruktur
2	Substrat
3	Mikrokavität
4	Lichtstrahl
5	Lichtstrahl
6	erster Bereich
7	zweiter Bereich
8, 9	Kurve
10	Sicherheitselement
11	Substrat
12	Prägelack
13	Schichtstruktur
14, 15	Deckschicht
16	Grenze
17 bis 26	Bezirk

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

- US 3712706 [0005]
- WO 2009/105142 A2 [0006]
- WO 2005/066667 A1 [0006]
- EP 0905530 A2 [0007]
- EP 1434695 B1 [0008]
- EP 146325 A2 [0010]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- M. Kolle et al., „Mimicking the colourful wing scale structure of the Papilio blumei butterfly”, Nature Nanotechnology Letters, DOI: 10.1038/NNANO.2010.101, 2010 [0009]

Patentansprüche

1. Sicherheitselement zur Herstellung von Wertdokumenten, wie Banknoten, Schecks oder dergleichen, das eine Oberseite aufweist, auf der eine Mikrokavitätenstruktur (1) ausgebildet ist, die eine Vielzahl nebeneinanderliegender, als Retroreflektoren ausgebildeter Mikrokavitäten (3) aufweist, wobei auf den Mikrokavitäten (3) eine einen Farbeffekt bewirkende Struktur (13) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mikrokavitäten (3) jeweils so ausgebildet sind, dass sie einen ersten Bereich (6), in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung (4) einfach reflektiert wird, und einen zweiten Bereich (7) aufweisen, in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung (5) mehrfach reflektiert wird, und dass die den Farbeffekt bewirkende Struktur (13) eine einfallswinkelabhängige Dispersion aufweist, so dass am ersten Bereich (6) einfach-reflektierte Strahlung (4) von der Oberseite gesehen einen anderen Farbeffekt zeigt, als am zweiten Bereich (7) mehrfach-reflektierte Strahlung (5).

2. Sicherheitselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die den Farbeffekt bewirkende Struktur als Colour-Shift-Beschichtung (13) ausgebildet ist.

3. Sicherheitselement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrokavitätenstruktur (1) Mikrokavitäten (3) aufweist, die als sphärische, asphärische oder elliptische Vertiefungen oder in Form einer Freiformfläche ausgebildet sind.

4. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrokavitätenstruktur (1) Mikrokavitäten (3) aufweist, die als nicht rotationssymmetrische, insbesondere rinnenförmige Vertiefungen ausgebildet sind.

5. Sicherheitselement nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrokavitätenstruktur (1) mehrere Bezirke (17 bis 26) aufweist, in denen jeweils nicht rotationssymmetrische Mikrokavitäten ausgebildet sind, die sich alle längs eine Hauptrichtung erstrecken, wobei die Hauptrichtungen der Bezirke (17 bis 26) sich unterscheiden.

6. Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrokavitäten zumindest in einer Richtung, welche parallel zur Oberfläche liegt, eine Ausdehnung haben, die zwischen 2 µm und 300 µm beträgt.

7. Wertdokument mit einem Sicherheitselement (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

8. Herstellungsverfahren für ein Sicherheitselement (10) für Wertdokumente, wie Banknoten, Schecks oder dergleichen, wobei ein Substrat (11,

12) bereitgestellt wird, das eine Oberseite aufweist, auf der Oberseite eine Mikrokavitätenstruktur (1) ausgebildet wird, die ein Vielzahl nebeneinanderliegender, als Retroreflektoren ausgebildeter Mikrokavitäten (3) aufweist, und auf den Mikrokavitäten (3) eine einen Farbeffekt bewirkende Struktur (13) ausgebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrokavitäten (3) jeweils so ausgebildet werden, dass sie einen ersten Bereich (6), in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung (4) einfach reflektiert wird, und einen zweiten Bereich (7) aufweisen, in dem auf die Oberseite einfallende Strahlung (5) mehrfach reflektiert wird, und dass die den Farbeffekt bewirkende Struktur (13) mit einer einfallswinkelabhängigen Dispersion versehen wird, so dass am ersten Bereich (6) einfach-reflektierte Strahlung (4) von der Oberseite gesehen einen anderen Farbeffekt zeigt, als am zweiten Bereich (7) mehrfach-reflektierte Strahlung (5).

9. Herstellungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die den Farbeffekt bewirkende Struktur als Colour-Shift-Beschichtung (13) ausgebildet wird.

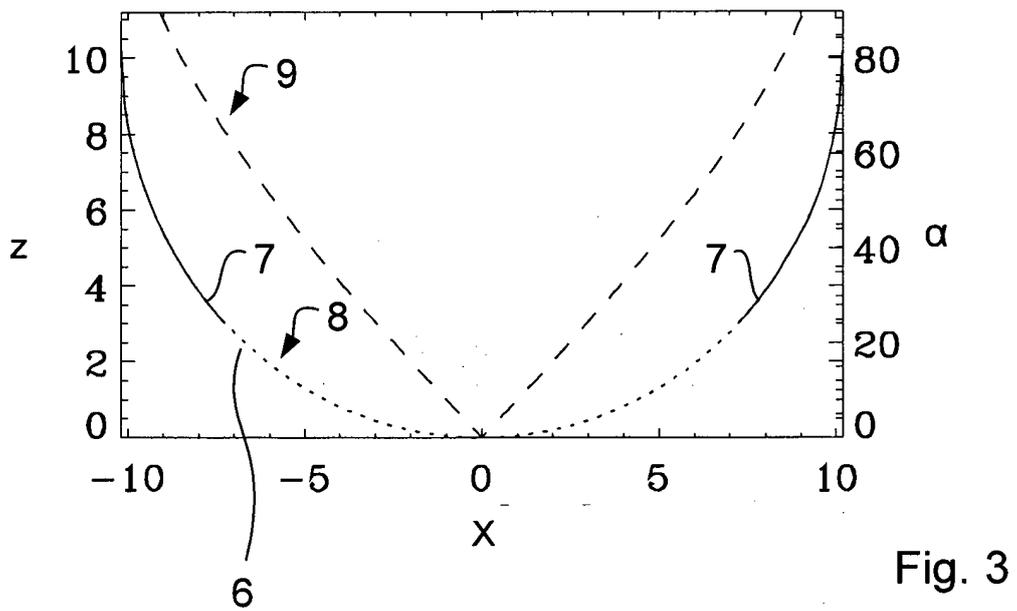
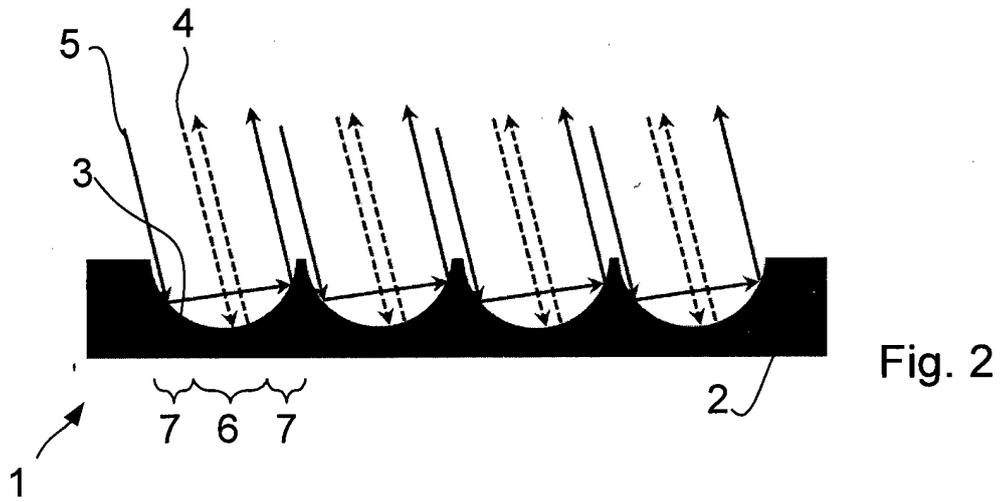
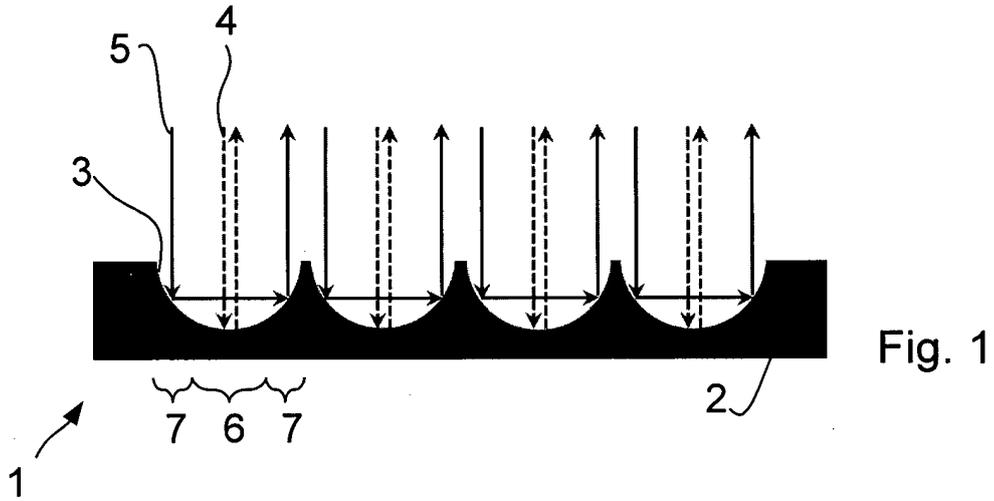
10. Herstellungsverfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrokavitätenstruktur (1) mit Mikrokavitäten (3) versehen wird, die als sphärische, asphärische oder elliptische Vertiefungen oder in Form einer Freiformfläche ausgebildet werden.

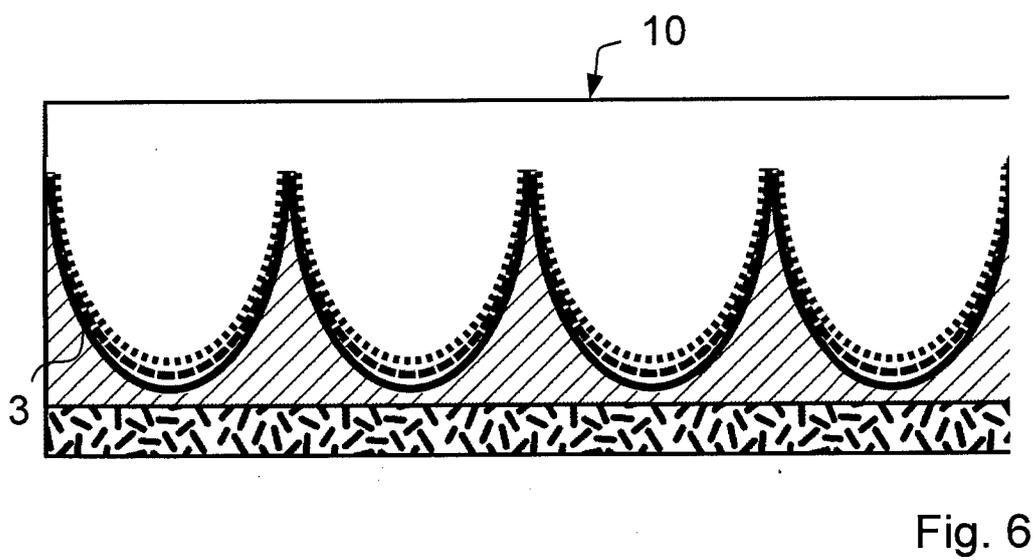
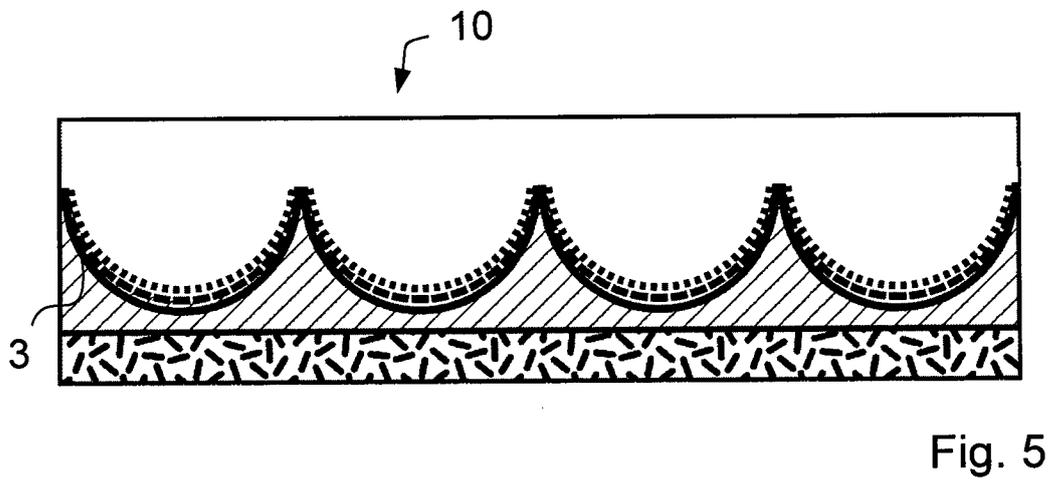
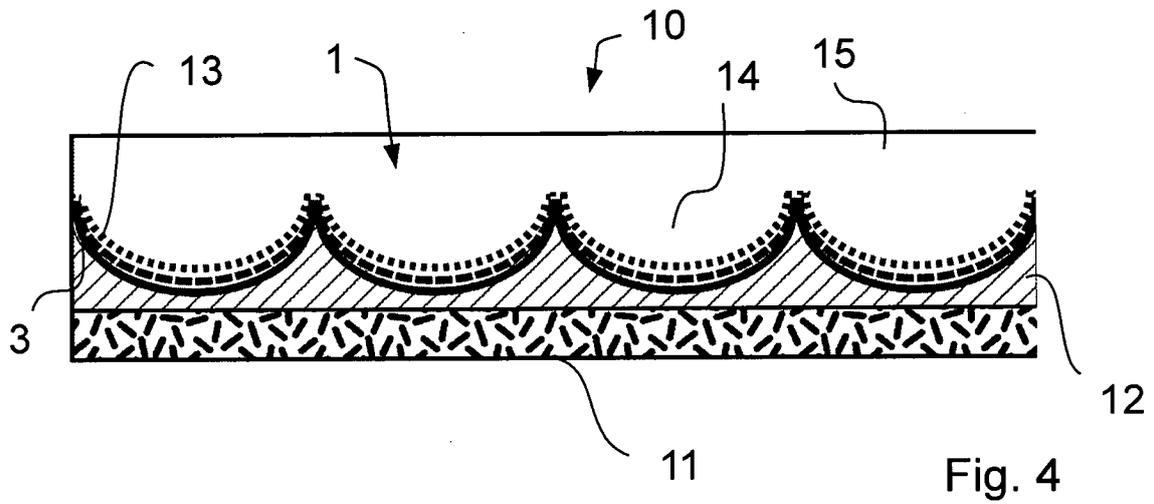
11. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrokavitätenstruktur (1) mit Mikrokavitäten (3) versehen wird, die als nicht rotationssymmetrische, insbesondere rinnenförmige Vertiefungen ausgebildet werden.

12. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in der Mikrokavitätenstruktur (1) mehrere Bezirke (17 bis 26) ausgebildet werden, in denen jeweils nicht rotationssymmetrische Mikrokavitäten (3) ausgebildet werden, die sich alle längs eine Hauptrichtung erstrecken, wobei die Hauptrichtungen der Bezirke (17 bis 26) sich unterscheiden.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





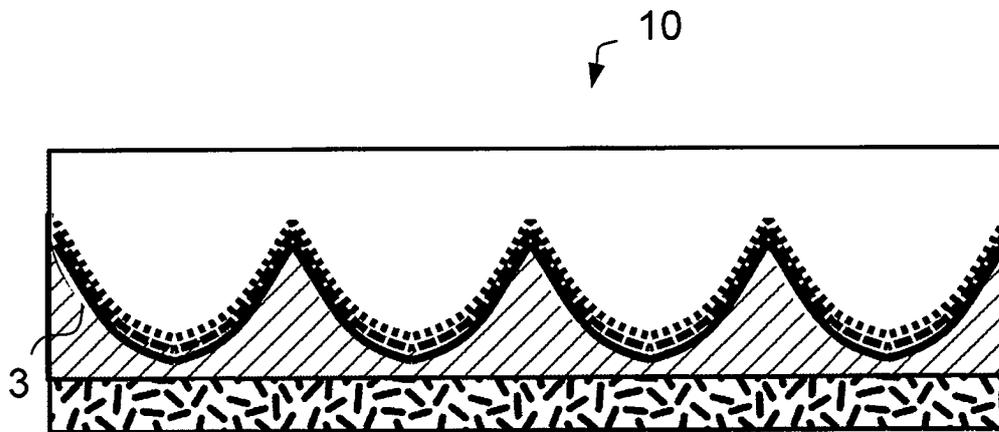


Fig. 7

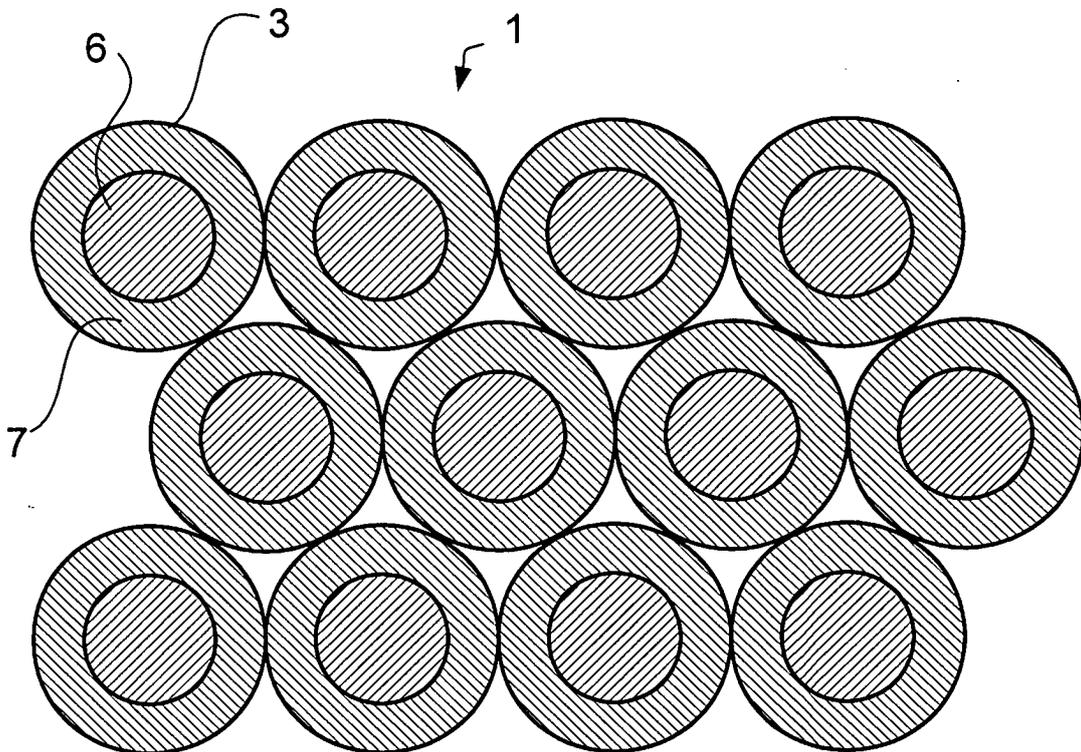


Fig. 8

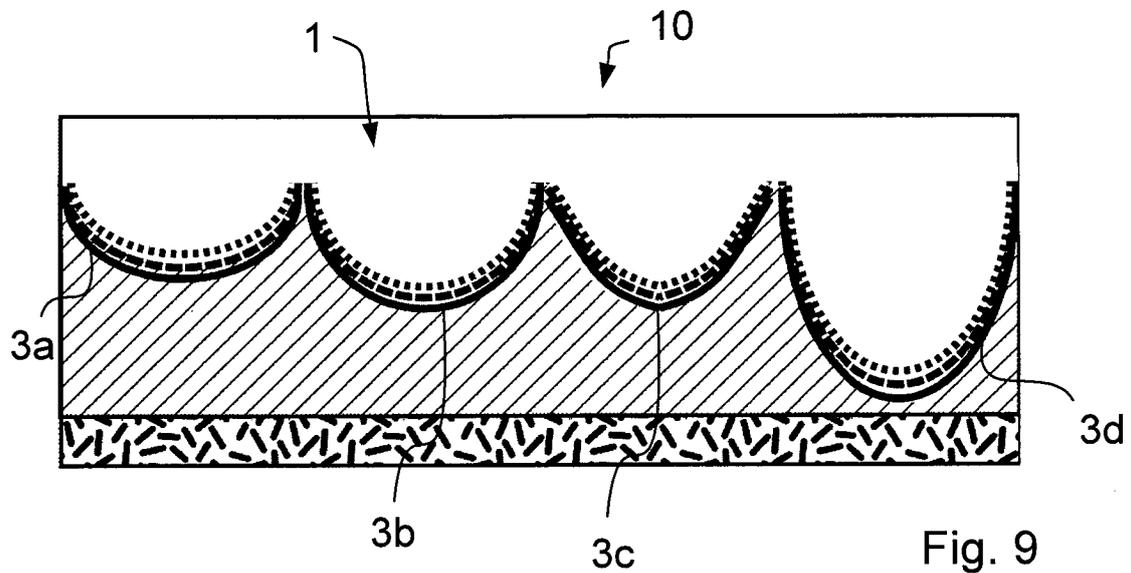


Fig. 9

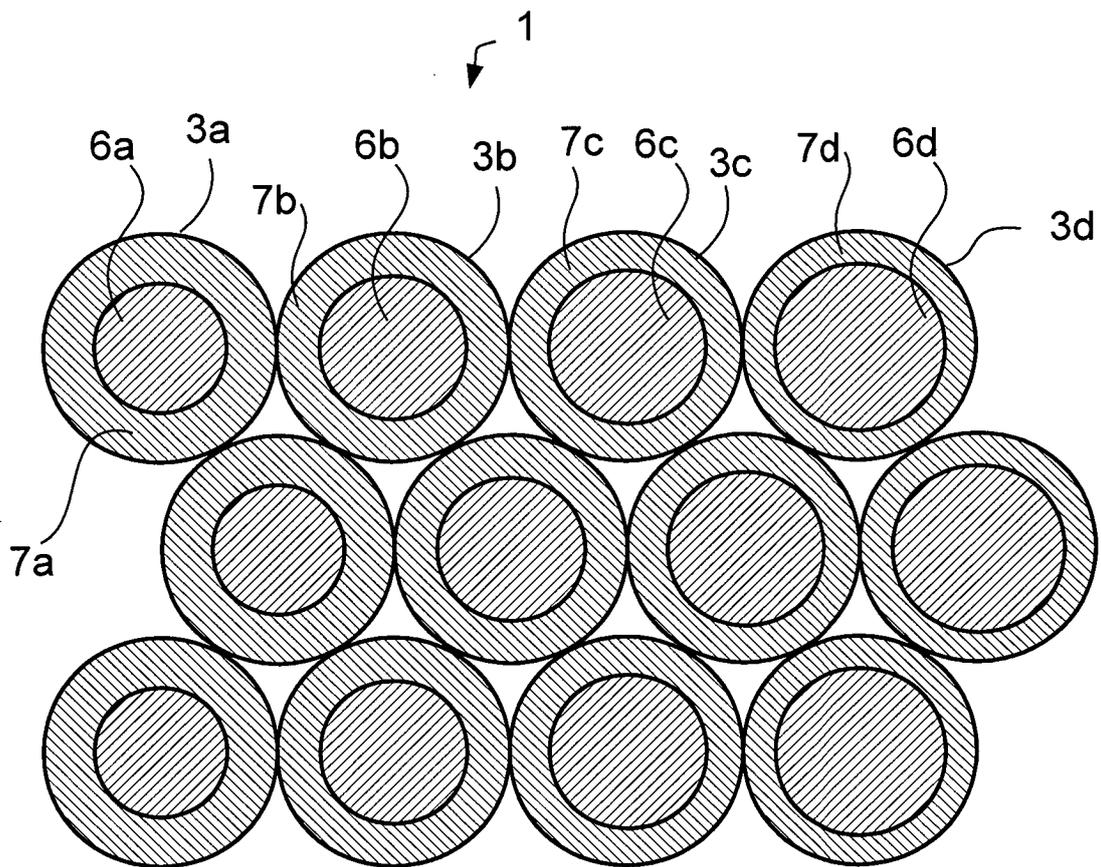
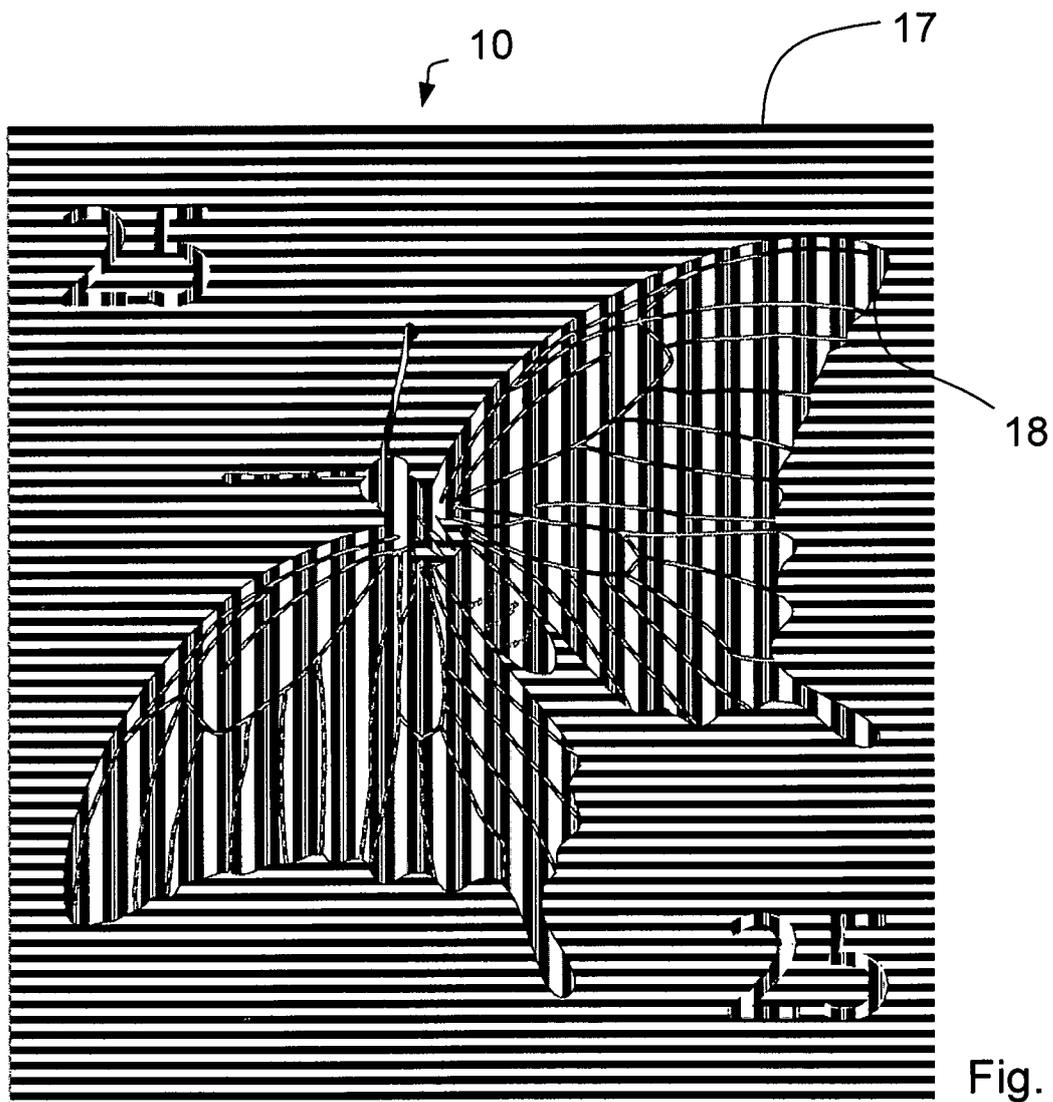
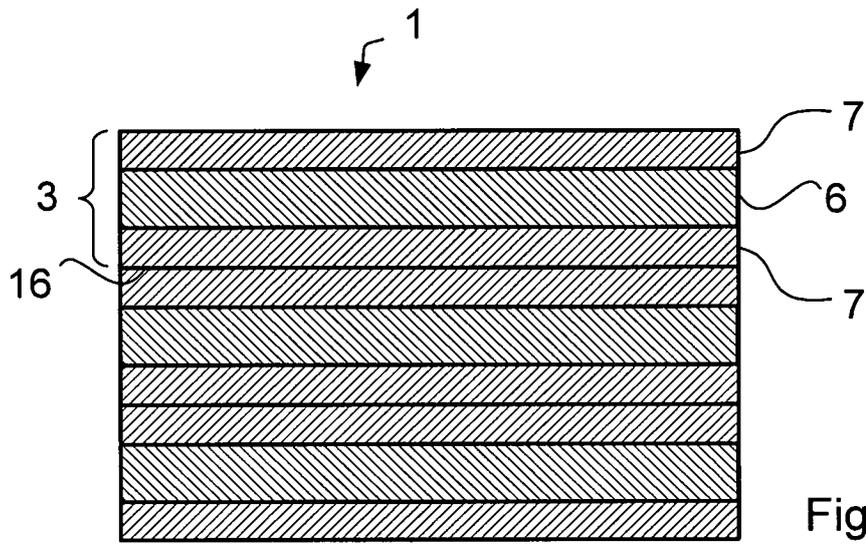


Fig. 10



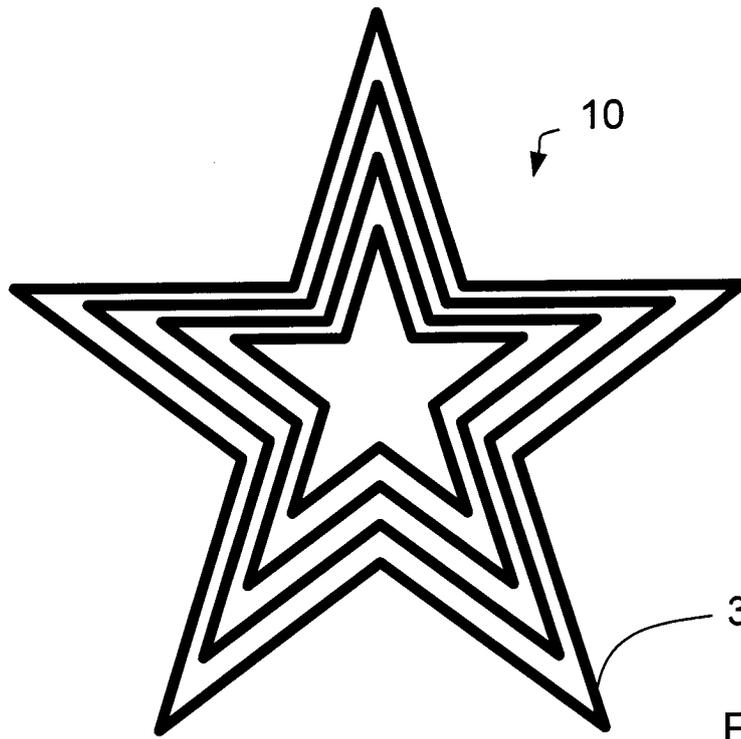


Fig. 13

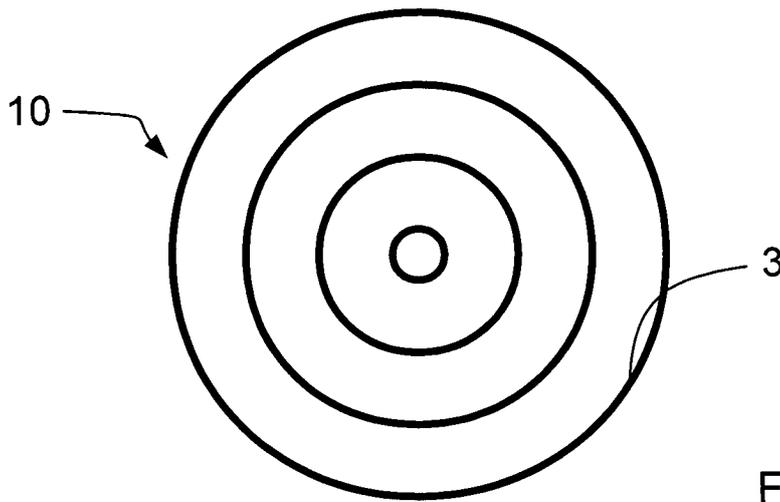


Fig. 14

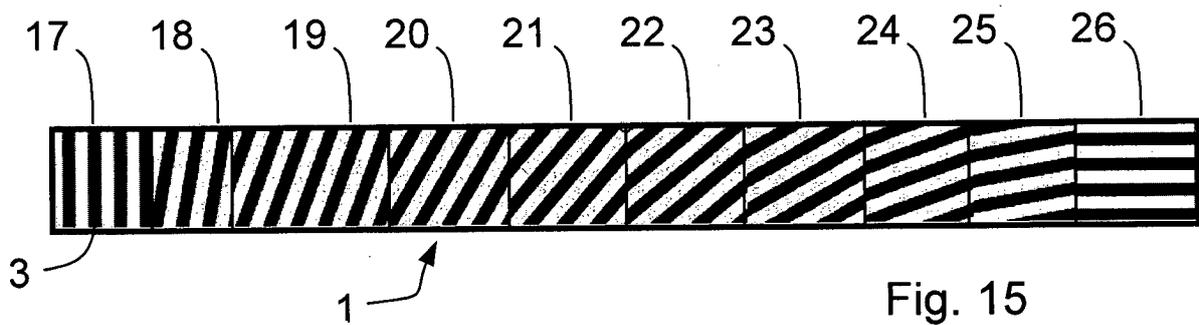


Fig. 15