

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 9384/2020  
(86) PCT-Anmeldenummer: PCT/AU20051395  
(22) Anmeldetag: 18.12.2020  
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2024

(51) Int. Cl.: **B42D 25/30** (2014.01)  
**B42D 25/425** (2014.01)  
**G02B 3/00** (2006.01)  
**G02B 30/40** (2020.01)

(30) **Priorität:**  
19.12.2019 AU 2019904819 beansprucht.

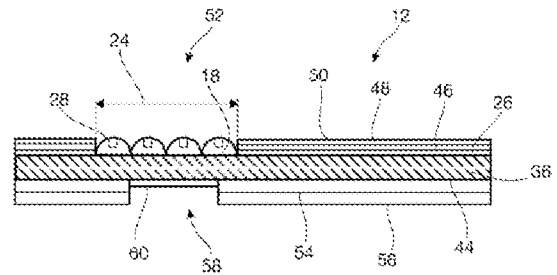
(71) **Patentanmelder:**  
CCL SECURE PTY LTD  
3064 Craigieburn (AU)

(72) **Erfinder:**  
Jolic Karlo Ivan  
3064 Craigieburn (AU)

(74) **Vertreter:**  
SONN Patentanwälte GmbH & Co KG  
1010 Wien (AT)

(54) **Optische Vorrichtung**

(57) Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine mikrooptische Vorrichtung zur Verwendung in einem mikrooptischen Bilddarstellungssystem. Insbesondere ist die mikrooptische Vorrichtung als eine einschichtige, einheitliche Struktur gebildet ist, die angeordnet ist, um verschiedene komplexe Bildeffekte zu erzeugen.



Figur 2.

**Zusammenfassung:**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine mikrooptische Vorrichtung zur Verwendung in einem mikrooptischen Bilddarstellungssystem. Insbesondere ist die mikrooptische Vorrichtung als eine einschichtige, einheitliche Struktur gebildet ist, die angeordnet ist, um verschiedene komplexe Bildeffekte zu erzeugen.

Figur 2

## **Technisches Gebiet**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine mikrooptische Vorrichtung zur Verwendung in einem mikrooptischen Bilddarstellungssystem. Ausführungsformen der Erfindung können als Sicherheitsvorrichtung für ein Sicherheitsdokument, wie Banknoten und Münzen, Kreditkarten, Schecks, Pässe, Personalausweise und dergleichen, verwendet werden, und es wird zweckmäßig sein, die Erfindung in Bezug auf diese beispielhafte, nicht beschränkende Anwendung zu beschreiben.

## **Hintergrund der Erfindung**

Es ist bekannt, dass viele Banknoten und andere Sicherheitsdokumente mit Sicherheitsvorrichtungen versehen sind, die optische Effekte erzeugen, die eine visuelle Authentifizierung der Banknote ermöglichen. Einige dieser Sicherheitsvorrichtungen beinhalten fokussierende Elemente wie Mikrolinsen oder Mikrospiegel die zum Abtasten und Vergrößern von Bildelementen und zum Projizieren von Bildmaterial dienen, das von einem ersten Blickwinkel aus von einem Benutzer beobachtet werden kann.

Bei herkömmlichen mikrooptischen Sicherheitsmerkmalen in Polymer-Banknoten sind die Mikrolinsen und die Bildelemente, mit denen die Mikrolinsen interagieren, um dem Benutzer Bildmaterial zu projizieren, in der Regel auf gegenüberliegenden Seiten des Polymersubstrats aufgebracht. Mit anderen Worten: Das Polymersubstrat selbst bildet einen Teil jeder mikrooptischen Vorrichtung und wirkt als optischer Abstandhalter, der das Licht durch die Dicke der Banknote von der Mikro-Bildmaterialschiicht zum Auge fokussiert.

Während dies gewisse Vorteile im Vergleich zum Bereitstellen von Linsen in Fäden hat, da größere Linsen verwendet werden können, wodurch komplexere Bilder und Effekte erzeugt werden können, besteht der Nachteil einer solchen Konfiguration darin, dass das Merkmal einen Bereich auf beiden Seiten der Polymerbanknote einnimmt und dennoch die Projektion von Bildmaterial nur von einer Seite der Polymerbanknote aus ermöglicht. Das heißt, die mikrooptischen Effekte können in der Regel nur von einer Seite der Banknote, nämlich der Seite mit den Linsen, betrachtet werden, obwohl sie auf beiden Seiten des Substrats Platz beanspruchen.

Darüber hinaus kann die Fläche, die von den Bildelementen eingenommen wird, in der Regel nicht mit typischen Banknotenmotiven überdruckt werden, da dies das Erscheinungsbild der optischen Effekte, die nur von der Linsenseite aus sichtbar sind, beeinträchtigen würde. Mit anderen Worten: Das überdruckte Kunstwerk kann von der Linsenseite aus sichtbar sein, insbesondere wenn die verwendete Überdruckfarbe dunkel ist. Dieses Phänomen wird als "Durchscheinen" bezeichnet und kann stark beeinträchtigen, welche Designs in solchen "toten" Bereichen der Banknote, in denen sich die Bildelemente des Sicherheitsmerkmals der Linse befinden, verwendet werden können.

Darüber hinaus erfordert die Fertigung solcher Vorrichtungen in der Regel erhebliche Investitionen in Anlagen und teure Werkzeuge und erzeugt einen hohen Ausschuss.

Es wäre wünschenswert, eine mikrooptische Vorrichtung insbesondere für ein Sicherheitsdokument bereitzustellen, das den für Sicherheits-/Authentifizierungszwecke zur Verfügung stehenden Platz besser ausnutzt und/oder es ermöglicht, die

mikrooptische Vorrichtung aus gestalterischer Sicht sinnvoller in das Sicherheitsdokument zu integrieren.

Alternativ oder zusätzlich wäre es auch wünschenswert, eine mikrooptische Vorrichtung für ein Sicherheitsdokument bereitzustellen, die es ermöglicht, optische Effekte zu erzeugen, die von beiden Seiten des Sicherheitsdokuments zu Sicherheits-/Authentifizierungszwecken sichtbar sind.

Alternativ oder zusätzlich wäre es auch wünschenswert, eine Lösung für die Umsetzung von Zeilensprung („interlaced“)-Bildmaterial-Designs in einer einheitlichen mikrooptischen Vorrichtung bereitzustellen, bei der sowohl die optischen Elemente als auch die Bildmaterialelemente auf einer gemeinsamen Seite eines Sicherheitsdokuments als einheitliche Einschichtstruktur angeordnet sind.

Alternativ oder zusätzlich wäre es auch wünschenswert, eine mikrooptische Vorrichtung bereitzustellen, die geeignet ist ausgebildet zu werden, um ein breites Spektrum an dynamischen optischen Effekten zu erzeugen, die das Sicherheitsmerkmal schwer fälschbar machen.

Alternativ oder zusätzlich wäre es auch wünschenswert, eine mikrooptische Vorrichtung bereitzustellen, die einen oder mehrere Nachteile oder Unannehmlichkeiten bekannter mikrooptischer Vorrichtungen verbessert oder überwindet, oder zumindest eine alternative Wahl für die Allgemeinheit bereitzustellen.

Die vorliegende Offenbarung bietet eine Reihe solcher verbesserten mikrooptischen Vorrichtungen. Sie bietet auch neue Verfahren zur Fertigung solcher mikrooptischen

Vorrichtungen und neue Verfahren zur Fertigung von Werkzeugen, die zur Fertigung solcher mikrooptischen Vorrichtungen verwendet werden können.

Jede Bezugnahme auf oder Erörterung von einem Dokument, einer Handlung oder einem Wissensgegenstand in dieser Spezifikation ist ausschließlich zu dem Zweck enthalten, einen Kontext für die vorliegende Erfindung bereitzustellen. Es wird nicht vorgeschlagen oder erklärt, dass einer dieser Sachverhalte oder eine Kombination davon zum Zeitpunkt des Prioritätsdatums einen Teil des üblichen Allgemeinwissens bildete oder als relevant für einen Versuch zur Lösung irgendeines Problems, mit dem sich diese Beschreibung befasst, bekannt war.

### **Zusammenfassung der Erfindung**

In einem ersten Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine mikrooptische Vorrichtung bereit, beinhaltend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; und

Bildelemente,

wobei die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet; und

wobei die Bildelemente derart angeordnet sind, dass sie von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen ersten optischen Effekt zu erzeugen, der von der ersten Oberfläche des Substrats beobachtet werden kann, und einen zweiten optischen Effekt, der von der zweiten Oberfläche des Substrats beobachtet werden kann.

In einer Ausführungsform sind die ersten und zweiten optischen Effekte sowohl in Transmission als auch in Reflexion zu beobachten.

In einer Ausführungsform sind die ersten und zweiten optischen Effekte bei der Reflexion leichter zu beobachten als bei der Transmission.

In einer Ausführungsform sind sowohl der erste optische Effekt als auch der zweite optische Effekt optisch veränderliche Effekte.

In einer Ausführungsform sind der erste optische Effekt und der zweite optische Effekt unterschiedliche optische variable Effekte.

In einer Ausführungsform sind sowohl der erste als auch der zweite optische Effekt Moiré-Vergrößerungseffekte oder Integralbildeffekte.

In einer Ausführungsform wird die wahrgenommene Tiefenwirkung der Moiré-Vergrößerungseffekte oder Integralbildeffekte umgekehrt, wenn die mikrooptische Vorrichtung von einer gegenüberliegenden Seite des Substrats aus betrachtet wird.

In einer Ausführungsform wird die wahrgenommene Tiefenwirkung der Moiré-Vergrößerungseffekte umgekehrt, wenn die mikrooptische Vorrichtung in Reflexion, aber nicht in Transmission betrachtet wird.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente einer Vielzahl von Zeilensprung-, Moiré- oder Integralbildern zugeordnet.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente Zeilensprungbildern zugeordnet, die eine Animation darstellen, so dass die mikrooptische Vorrichtung einen Animationseffekt zeigt, wenn die Vorrichtung aus aufeinanderfolgenden Winkeln betrachtet wird.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente Zeilensprungbildern zugeordnet, die ein dreidimensionales (3D) Aussehen eines Objekts oder einer Szene darstellen, so dass die mikrooptische Vorrichtung einen 3D-Effekt erzeugt.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente als Bildpixel fester Größe gebildet, z.B. haben die Bildpixel eine quadratische oder rechteckige Form von etwa 10 Mikrometern und sind in die Oberfläche der optischen Elemente vertieft oder stehen aus ihr hervor.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente zwei Zeilensprungbildern zugeordnet, und die mikrooptische Vorrichtung erzeugt einen Bildumkehreffekt der Zeilensprungbilder.

In einer Ausführungsform beinhaltet jedes Bildelement eine Reihe von Punkten, und die Bildelemente, die das erste Zeilensprungbild darstellen, befinden sich im Wesentlichen auf einer linken Seite ihrer entsprechenden optischen Elemente, und die Bildelemente, die ein zweites Bild darstellen, befinden sich im Wesentlichen auf einer rechten Seite ihrer entsprechenden optischen Elemente.

In einer Ausführungsform beinhalten die optischen Elemente eine eindimensionale Anordnung von Teilzylinderlinsen, und die Bildelemente umfassen phasenverschobene Bildelemente, wobei

der Versatzabstand eine Funktion eines Eingangsgraustufenwertes ist, der aus einem Eingangsgraustufenbild abgeleitet wird.

In einer Ausführungsform umfassen die optischen Elemente teils konkave und teils konvexe Linsen.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente vollständig in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet; oder sie sind teilweise in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet und befinden sich teilweise in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen; oder einige der Bildelemente können in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein und einige können sich in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente derart gebildet, dass sie nicht mehr als 50 % der Oberfläche der optischen Elemente einnehmen.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente entweder in die Oberflächen der optischen Elemente oder in die Räume zwischen benachbarten optischen Elementen vertieft oder als Vorsprünge gebildet, die aus den Oberflächen der optischen Elemente oder den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen hervorstehten, wobei der hervorstehende oder vertiefte Abstand der Figurelemente kleiner ist als die maximale Tiefe oder die maximale Höhe der optischen Elemente.

In einer Ausführungsform beträgt der hervorstehende oder vertiefte Abstand weniger als 7 Mikrometer, vorzugsweise bis zu 5 Mikrometer oder weniger als 2 Mikrometer.

In einer Ausführungsform ist eine reflektierende Schicht bereitgestellt, um die Sichtbarkeit des/der optischen Effekts/Effekte zu verbessern, wobei die reflektierende Schicht zwischen dem Substrat und der mikrooptischen Vorrichtung oder zwischen der mikrooptischen Vorrichtung und einem Betrachter als eine dünne durchscheinende Beschichtung über den optischen Elementen und den Bildelementen bereitgestellt ist.

In einem zweiten Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine mikrooptische Vorrichtung bereit, umfassend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; und

Bildelemente, wobei die Bildelemente einer Vielzahl von Zeilensprungbildern zugeordnet sind, und die Bildelemente derart angeordnet sind, dass sie von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen optischen Effekt zu erzeugen,

wobei die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet.

In einem dritten Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine mikrooptische Vorrichtung bereit, beinhaltend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente, wobei einige der optischen Elemente ein teilweise konkaves und ein teilweise konvexes Oberflächenprofil beinhalten; und

Bildelemente, wobei die Bildelemente angeordnet sind, um von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen optischen Effekt zu erzeugen, und die optischen Elemente

und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet.

In einem vierten Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine mikrooptische Vorrichtung bereit, beinhaltend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; und

Bildelemente, wobei die Bildelemente angeordnet sind, um von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen optischen Effekt zu erzeugen,

wobei die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet, und sich zumindest einige der Bildelemente zumindest teilweise in Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden.

## **Definitionen**

### Sicherheitsdokument oder Sicherheits-Token

Wie sie hierin verwendet werden, umfassen die Begriffe Sicherheitsdokumente und Sicherheits-Token alle Arten von Dokumenten und Token von Wert- und Identifizierungsdokumenten, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Folgendes: Währungsgegenstände, wie beispielsweise Banknoten und Münzen, Kreditkarten, Schecks, Pässe, Personalausweise, Wertpapiere und Aktienzertifikate, Führerscheine, Besitzurkunden, Reisedokumente, wie beispielsweise Flug- und Bahntickets, Eintrittskarten und Tickets, Geburts-, Sterbe- und Heiratsurkunden, sowie Studienbücher.

Die Erfindung ist insbesondere, aber nicht ausschließlich, anwendbar auf Sicherheitsvorrichtungen, um Gegenstände, Dokumente oder Token, wie beispielsweise Banknoten, oder Identifizierungsdokumente, wie beispielsweise Personalausweise oder Reisepässe, die aus einem Substrat gebildet sind, auf das eine oder mehrere Druckschichten aufgebracht sind.

Im weiteren Sinne ist die Erfindung anwendbar auf eine mikrooptische Vorrichtung, die in verschiedenen Ausführungsformen für eine optische Aufwertung von Kleidung, Hautprodukten, Dokumenten, Druckerzeugnissen, gefertigten Gütern, Vermarktungssystemen, Verpackungen, Werbeflächen am Verkaufspunkt, Veröffentlichungen, Werbevorrichtungen, Sportartikeln, Sicherheitsdokumenten und Token, Finanzdokumenten und Transaktionskarten und anderen Waren geeignet ist.

#### Sicherheitsvorrichtung oder Sicherheitsmerkmal

Wie er hierin verwendet wird, beinhaltet der Begriff Sicherheitsvorrichtung oder Sicherheitsmerkmal eines von einer großen Anzahl von Sicherheitsvorrichtungen, Sicherheitselementen oder Sicherheitsmerkmalen, die darauf abzielen, das Sicherheitsdokument oder Sicherheits-Token vor Fälschung, Kopieren, Veränderung oder Manipulation zu schützen. Sicherheitsvorrichtungen oder Sicherheitsmerkmale können in oder auf dem Substrat des Sicherheitsdokuments oder in oder auf einer oder mehreren auf dem Basissubstrat aufgetragenen Schichten bereitgestellt sein und können eine Vielzahl von Formen annehmen, wie beispielsweise Sicherheitsfäden, die in Schichten des Sicherheitsdokuments eingebettet sind; Sicherheitstinten, wie beispielsweise

fluoreszierende, lumineszierende oder phosphoreszierende Tinten, metallische Tinten, irisierende Tinten, photochrome, thermochrome, hydrochrome oder piezochrome Tinten; gedruckte oder geprägte Merkmale einschließlich Ablösestrukturen; Interferenzschichten; Flüssigkristallvorrichtungen; Linsen und linsenförmige Strukturen; optisch variable Vorrichtungen (optically variable devices, OVDs), wie beispielsweise diffraktive Vorrichtungen, die Diffraktionsgradienten, Hologramme und diffraktiven optische Elemente (diffractive optical elements, DOEs) beinhalten.

### Substrat

Wie er hierin verwendet wird, bezieht sich der Begriff Substrat auf das Grundmaterial, aus dem das Sicherheitsdokument oder Sicherheits-Token gebildet ist. Das Grundmaterial kann Papier oder andere faserige Materialien sein, wie beispielsweise Cellulose, ein Kunststoff- oder Polymermaterial, beinhaltend, aber nicht beschränkt auf Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polycarbonat (PC), Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylenterephthalat (PET), biaxial ausgerichtetes Polypropylen (BOPP), oder ein Verbundmaterial aus zwei oder mehr Materialien, wie beispielsweise ein Laminat aus Papier und mindestens einem Kunststoff, oder aus zwei oder mehreren polymeren Materialien.

### Transparente Fenster und Halbfenster

Wie er hierin verwendet wird, bezieht sich der Begriff Fenster auf einen transparenten oder lichtdurchlässigen Bereich in dem Sicherheitsdokument im Vergleich zu dem opaken Bereich, der bedruckt wird. Das Fenster kann vollständig transparent sein, um die Übertragung von Licht im Wesentlichen unbeeinflusst zu

ermöglichen, oder es kann teilweise transparent oder lichtdurchlässig sein, was die Übertragung von Licht teilweise ermöglicht, aber ohne dass Objekte durch die Fensterfläche deutlich sichtbar sind.

Ein Fensterbereich kann in einem polymeren Sicherheitsdokument gebildet werden, das mindestens eine Schicht aus transparentem Polymermaterial und eine oder mehrere trübende Schichten aufweist, die auf mindestens eine Seite eines transparenten Polymersubstrats aufgebracht sind, indem mindestens eine trübende Schicht in dem Bereich, der den Fensterbereich bildet, weggelassen wird. Wenn trübende Schichten auf beide Seiten eines transparenten Substrats aufgebracht werden, so kann durch Weglassen der trübenden Schichten auf beiden Seiten des transparenten Substrats in dem Fensterbereich ein vollständig transparentes Fenster gebildet werden.

Ein teilweise transparenter oder lichtdurchlässiger Bereich, der hierin nachstehend als „Halbfenster“ bezeichnet wird, kann in einem polymeren Sicherheitsdokument gebildet sein, das auf beiden Seiten trübende Schichten aufweist, indem die trübende Schichten auf nur einer Seite des Sicherheitsdokuments in dem Fensterbereich weggelassen werden, sodass ein „Halbfenster“ nicht vollständig transparent ist, sondern Sonnenlicht durchlässt, ohne dass Objekte durch das Halbfenster klar sichtbar sind.

Alternativ ist es möglich, dass die Substrate aus einem im Wesentlichen opaken Material, wie beispielsweise Papier oder Fasermaterial, ohne einem Einsatz aus transparentem Kunststoffmaterial gebildet sind, der in einen Ausschnitt eingesetzt oder in dem Papier- oder Fasersubstrat vertieft

ist, um ein transparentes Fenster oder einen lichtdurchlässigen Halbfensterbereich zu bilden.

### Trübende Schichten

Eine oder mehrere trübende Schichten können auf ein transparentes Substrat aufgebracht werden, um die Opazität des Sicherheitsdokuments zu erhöhen. Eine trübende Schicht ist so beschaffen, dass  $LT < L_0$  ist, wobei  $L_0$  die Menge des auf das Dokument einfallenden Lichts und  $LT$  die Menge des durch das Dokument hindurchgehenden Lichts ist. Eine trübende Schicht kann eine oder mehrere einer Vielzahl von trübenden Beschichtungen umfassen. Die trübenden Beschichtungen können beispielsweise ein Pigment, wie Titandioxid, umfassen, das in einem Bindemittel oder Träger aus wärmeaktiviertem, vernetzbarem Polymermaterial dispergiert ist. Alternativ kann ein Substrat aus transparentem Kunststoff zwischen trübenden Schichten aus Papier oder einem anderen teilweise oder im Wesentlichen opaken Material eingefügt werden, auf das anschließend Zeichen gedruckt oder auf andere Weise aufgebracht werden können.

### Optische Elemente

Auf dem Substrat der Sicherheitsvorrichtung können ein oder mehrere optische Elemente aufgebracht werden. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff "optisches Element" auf Elemente und Vorrichtungen, die Licht auf einen realen Brennpunkt fokussieren oder eine konstruktive Interferenz von Licht an einem realen Brennpunkt bewirken, oder auf Vorrichtungen, die vor einer Bildquelle platziert werden, um selektiv verschiedene Teile der Bildquelle sichtbar zu machen. Zu den optischen Elementen gehören refraktive Elemente, die

das einfallende Licht auf einen realen Brennpunkt in einer realen Brennebene fokussieren und auch das von einem beliebigen Punkt in der Brennebene gestreute Licht in eine bestimmte Richtung kollimieren. Zu den optischen Elementen gehören auch transmissive diffraktive Linsen, Zonenplatten und dergleichen, die eine konstruktive Interferenz des transmittierten, gebeugten Lichts in einem gewünschten realen Brennpunkt bewirken.

Optische Elemente beinhalten auch einen Abtastschirm oder eine Parallaxenbarriere, um dem Benutzer ein stereoskopisches Bild oder ein multiskopisches Bild zu zeigen. Wird ein Abtastschirm oder eine Parallaxenbarriere auf einer Seite eines transparenten Substrats platziert, besteht er aus einer Materialschicht mit einer Reihe von Präzisionsschlitzern, die es jedem Auge ermöglichen, einen anderen Ausschnitt der Bildelemente auf der anderen Seite des Substrats zu sehen, und somit einen Eindruck von Tiefe durch Parallaxe in einem Effekt erzeugen, der dem von Lentikularlinsen ähnelt.

### **Kurzbeschreibung der Zeichnungen**

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nun nur als Beispiel mit Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen:

Figur 1 ein schematisches Diagramm einer Ausführungsform einer Vorrichtung zur Inline-Fertigung eines Sicherheitsdokuments ist;

Figur 2 eine Ausschnitt-Seitenansicht des teilweise gefertigten Sicherheitsdokuments ist, das durch die Vorrichtung aus Figur 1 gefertigt wurde;

Figur 3 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt;

Figur 4 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt;

Figur 5a ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt, die eine runde 2D-Linsenordnung und Bildelemente beinhaltet, die integral mit den runden Linsen gebildet sind;

Figur 5b den Bildmaterialeffekt eines schwebenden Würfels veranschaulicht;

Figur 6 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, die diffraktive Elemente als Bildelemente beinhaltet zeigt;

Figuren 7a und 7b alternative Ausführungsformen einer mikrooptischen Vorrichtung der vorliegenden Offenbarung zeigen, wobei die Figur 7a diffraktive Elemente enthält, die in der Oberfläche einer linsenförmigen Anordnung gebildet sind, und die Figur 7b diffraktive Elemente enthält, die in der Oberfläche einer runden Linse gebildet sind;

Figur 8 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt, die ausgebildet ist, um einen Zweibild-Wechsel-Moiré-Vergrößerungseffekt zu erzeugen;

Figur 9 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt,

die Bildelemente beinhaltet, die als eine Anordnung von Unterbildelementen wie Punkten gebildet sind;

Figur 10a ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt, die rotierende Bildelemente der mikrooptischen Vorrichtung in einer Winkeldrehung beinhaltet;

Figur 10b eine vergrößerte Ansicht einer 2 x 2 Linsengruppe der Ausführungsform von Figur 10a zeigt;

Figur 11 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt, die ausgebildet ist, um zwei verschiedene optisch variable Effekte von zwei gegenüberliegenden Oberflächen der mikrooptischen Vorrichtung zu erzeugen;

Figur 12 eine Querschnittsansicht einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt, die teils konkave und teils konvexe optische Elemente beinhaltet;

Figur 13 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt, die Bildelemente beinhaltet, die in Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen gebildet sind;

Figur 14 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt, die Bildelemente beinhaltet, die teilweise in Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen gebildet sind;

Figur 15 ein Bild einer mikrooptischen Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt, die Bildelemente beinhaltet, die teilweise in den Zwischenräumen zwischen benachbarten optischen Elementen gebildet sind;

Figuren 16a und b veranschaulichen, wie ein dreidimensionales Erscheinungsbild eines Objekts erzeugt werden kann;

Figuren 17a und 17b eine Ausführungsform zeigen, bei der die mikrooptische Vorrichtung in eine Folie eingearbeitet ist;

Figur 18 ein Verfahren zum Entfernen von Bilddaten aus den Zeilensprungbildern zeigt.

#### **Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen**

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 10 zur Inline-Fertigung eines beispielhaften, in Figur 2 dargestellten Dokuments 12, das eine mikrooptische Vorrichtung 28 der vorliegenden Offenbarung beinhaltet. Das Dokument 12 ist ein Sicherheitsdokument, wie z.B. ein Banknotensubstrat.

Eine Endlosbahn 14 aus einem Material wie Polypropylen oder PET, das transparent, lichtdurchlässig oder opak sein kann, bildet ein Substrat und wird in einer ersten Verarbeitungsstation 16, die eine Walzenanordnung beinhaltet, einem haftungsfördernden Verfahren unterzogen. Geeignete haftungsfördernde Verfahren sind Beflammung, Koronaentladungsbehandlung, Plasmabehandlung oder Ähnliches.

In einer zweiten Verarbeitungsstation 20, die eine Walzenanordnung beinhaltet, wird eine haftungsfördernde

Schicht 18 aufgebracht. Eine geeignete haftungsfördernde Schicht ist eine Schicht, die speziell für die Förderung der Haftung von prägbaren Beschichtungen, wie z.B. UV-härtenden Beschichtungen, auf Polymeroberflächen ausgelegt ist. Die haftungsfördernde Schicht kann eine UV-härtende Schicht, eine Schicht auf Lösungsmittelbasis, eine Schicht auf Wasserbasis oder eine beliebige Kombination aus diesen sein.

In einer dritten Verarbeitungsstation 22, die auch eine Walzenanordnung beinhaltet, wird eine prägbare Beschichtung, z.B. eine strahlungshärtbare Beschichtung, auf die Oberfläche der haftvermittelnden Schicht 18 aufgebracht. Die prägbare Beschichtung kann im Flexodruck-, Tiefdruck- oder Siebdruckverfahren und Variationen davon sowie in anderen Druckverfahren aufgebracht werden.

Die prägbare Beschichtung wird nur auf einen Bereich 24 auf einer ersten Oberfläche 26 aufgebracht, wo die mikrooptische Vorrichtung 28 positioniert werden soll. Die mikrooptische Vorrichtung 28 beinhaltet optische Elemente und entsprechende Bildelemente, die integral mit den optischen Elementen gebildet sind, so dass sich sowohl die optischen Elemente als auch die Bildelemente auf derselben Seite des Substrats 36 befinden und nicht auf gegenüberliegenden Oberflächen vorgesehen sind. Die Bildelemente sind derart angeordnet, dass sie von den optischen Elementen abgetastet werden, um ein oder mehrere Bilder zu erzeugen. Der Bereich 24 kann die Gestalt eines Streifens, eines diskreten Feldes in Gestalt einer einfachen geometrischen Form oder in Gestalt eines komplexeren grafischen Designs annehmen.

Während die prägbare Beschichtung zumindest teilweise noch flüssig ist, wird sie in einer vierten Verarbeitungsstation 30

zur Bildung der mikrooptischen Vorrichtung 28 verarbeitet. In einer Ausführungsform beinhaltet die Verarbeitungsstation 30 eine Prägewalze 32 zum Einprägen von Mikrostrukturen, die die optischen Elemente und die Bildelemente der mikrooptischen Vorrichtung 28 darstellen, in die prägbare Beschichtung. Die zylindrische Prägefläche 34 weist Oberflächenreliefformationen auf, die der Form der zu bildenden Mikrostrukturen entsprechen. In einer Ausführungsform können die Oberflächenreliefformationen die optischen Elemente und die Bildelemente in der Maschinenrichtung, quer zur Maschinenrichtung oder in mehreren Richtungen unter einem Winkel zur Maschinenrichtung ausrichten. Die Vorrichtung 10 kann optische Elemente und Bildelemente in einer Vielzahl von Formen bilden.

Die zylindrische Prägefläche 34 der Prägewalze 32 kann ein sich wiederholendes Muster von Oberflächenreliefformationen aufweisen oder die Reliefstrukturformationen können in einzelnen Formen lokalisiert sein, die der Form des Bereichs 24 auf dem Substrat 36 entsprechen.

Auf der Prägewalze 32 können die Oberflächenreliefformationen durch geeignete Mittel gebildet werden, wie etwa durch mechanische Gravur, z.B. mit einem Diamantstichel mit geeignetem Querschnitt, oder durch direkte Lasergravur, oder durch chemisches Ätzen, oder die Oberflächenreliefformationen können durch mindestens eine auf der Prägewalze 32 angebrachte Prägeunterlage 37 erzeugt werden. Die mindestens eine Prägeunterlage kann mit Klebeband, Magnetband, Klammern oder anderen geeigneten Befestigungstechniken angebracht werden.

Im Folgenden werden verschiedene Techniken zur Fertigung einer solchen Prägeunterlage beschrieben:

#### Ansatz der Lasermikrobearbeitung / Laserlithographie

Die Excimer-Lasermikrobearbeitung wurde in der Vergangenheit zur Bearbeitung von 3-D-Mikrostrukturen eingesetzt, die Vorlagen für Formwerkzeuge beinhalten (siehe z.B.: Jolic K I, Ghantasala M K und Harvey E C, "Excimer laser machining of corner cube structures", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol. 14, no. 3 (2004), S. 388-397).

Excimer-Laser wurden in der Vergangenheit auch zur Fertigung von refraktiven Mikrolinsen-Anordnungen verwendet (ein Beispiel für ein Unternehmen, das dies tut, ist Optec s.a., ZAE Le Crachet, Avenue des Nouvelles Technologies, 53, B-7080 Frameries Belgien).

Laser-Mikrobearbeitungsverfahren, die auf Maskenprojektion (d.h. Laserablation) beruhen, könnten daher verwendet werden, um integrierte refraktive Mikrolinsen und Mikro-Bildmaterial in ein Material wie Polycarbonat zu lasern, um eine Vorlageform zu bilden. Das Mikro-Bildmaterial könnte als Vertiefung in die Vorlageform eingearbeitet werden. Sie könnten auch als mikrostrukturierte Oberflächentextur bearbeitet werden. Die Vorlageform könnte dann galvanisch beschichtet werden, um eine prägende Metallunterlage zu bilden.

Alternativ könnten die (konkaven, konvexen oder diffraktiven) Mikrolinsen (mit Hilfe etablierter Verfahren - z.B. Heißprägen) aus einem Material wie Polycarbonat vorgefertigt

werden. Laser-Mikrobearbeitungstechniken auf der Grundlage der Maskenprojektion könnten dann verwendet werden, um die Mikro-Bildmaterialelemente direkt in die Linsen zu lasern (die Mikro-Bildmaterialelemente könnten als vertiefte, flache Bereiche bearbeitet werden; sie könnten auch als mikrostrukturierte Oberflächentextur bearbeitet werden), um die integrierte Vorlageform fertigzustellen. Die Vorlageform könnte dann galvanisch beschichtet werden, um eine prägende Metallunterlage zu bilden.

Alternativ könnten Lasermikrobearbeitungsverfahren mit Maskenprojektion eingesetzt werden, um die Bildmaterialkomponente der integrierten Struktur wie folgt herzustellen: (i) Beschichtung der Metallvorlage der Linse (konkav oder konvex oder diffraktiv; zuvor mit Hilfe etablierter Verfahren, z.B. Galvanoformung aus der Vorlageform der Linse, hergestellt) mit einer Schicht aus einem mit dem Laser bearbeitbaren Trockenfilmresist; (ii) Verwendung von Lasern zur Mikrobearbeitung von 2D-Bildmaterialmustern in dem Trockenfilmresist, um die darunter liegende Metallschicht der Linse freizulegen (d.h. vollständiges Entfernen des Trockenfilmresists in den Bereichen, die dem Bildmaterialmuster entsprechen); und (iii) chemisches Ätzen der freigelegten Metallbereiche, um diese Bereiche vertieft und/oder strukturiert zu machen - oder alternatives Galvanisieren der freigelegten Bereiche, um diese Bereiche über die benachbarte Linsenoberfläche hinausragen zu lassen.

#### UV-Lithographie-Technik

UV-Lithographietechniken können auch zur Fertigung von Vorlageformen für integrierte Mikrolinsen und Mikro-Bildmaterialstrukturen verwendet werden. Dies könnte wie folgt

erreicht werden: (i) Beschichtung der Metallvorlage der Linse (konkav oder konvex oder diffraktiv - zuvor mit etablierten Techniken hergestellt, z.B. Galvanisierung von der Vorlageform der Linse) mit einer vorzugsweise ebenen Schicht aus Fotolack (ii) Verwendung eines Maskenausrichters zum UV-Belichten des 2-D-Bildmusters in dem Fotolack; (iii) chemische Entwicklung der UV-belichteten Fotolackschicht, um die darunter liegende Metallschicht der Vorlageform der Linse in den Bereichen des 2-D-Bildmaterialmusters freizulegen; (iv) chemisches Ätzen der freiliegenden Metallbereiche, um diese Bereiche vertieft und/oder strukturiert zu machen - oder alternativ Galvanisieren der freiliegenden Bereiche, um diese Bereiche über die benachbarte Linsenoberfläche hinausragen zu lassen.

#### Direktes Laserschreiben

Direkte Laserschreibverfahren (maskenlose Laserlithografie, Grautonlithografie) könnten auch zur Fertigung integrierter Mikrolinsen- und Mikro-Bildmaterialstrukturen verwendet werden, die refraktive oder diffraktive Linsenstrukturen und diffraktive Bildmaterialstrukturen beinhalten. Bei diesen Verfahren wird ein Laserstrahl, der auf die Fotolackoberfläche fokussiert ist, im X-Y-Raster abgetastet. Die Dosis des Laserstrahls wird räumlich in X und Y variiert, entsprechend der gewünschten Strukturtiefe an jedem Punkt. Der Fotolack wird dann entwickelt, um die 3-D-Oberfläche zu erzeugen. Ein Beispiel für ein Gerät mit dieser Technologie ist der DWL 425 (Heidelberg Instruments, Deutschland).

Alternativ stellt die vorliegende Offenbarung ein verbessertes Verfahren zur Fertigung einer Prägewalze bereit, indem direkt Oberflächenreliefformationen in der Oberfläche einer Prägewalze gebildet werden, wodurch die Notwendigkeit der

Vorbereitung einer Prägeunterlage und der anschließenden Anbringung an der Prägewalze vollständig entfällt. Dieses Verfahren wird später noch näher erläutert.

Die prägbare Beschichtung auf dem Substrat wird durch eine UV-Walze 38 an der Verarbeitungsstation 30 in engen Kontakt mit der zylindrischen Prägefläche 34 der Prägewalze 32 gebracht, so dass die prägbare Beschichtung in die Oberflächenreliefausbildungen der zylindrischen Prägefläche 34 fließt. In diesem Stadium wird die prägbare Beschichtung der UV-Strahlung ausgesetzt, z.B. durch Transmission durch die Substratschicht 36 (Bahn 14).

Nachdem die mikrooptische Vorrichtung 28 auf das Dokumentensubstrat 36 aufgebracht wurde, werden in einer nachgeschalteten Bearbeitungsstation mit weiteren Walzenbaugruppen 40 und 42 eine oder mehrere zusätzliche Schichten aufgebracht. Bei den zusätzlichen Schichten kann es sich um klare oder pigmentierte Beschichtungen handeln, die als Teilbeschichtung, als zusammenhängende Beschichtung oder als Kombination aus beidem aufgebracht werden. In einem bevorzugten Verfahren sind die zusätzlichen Schichten trübende Schichten, die auf eine oder beide Oberflächen des Substrats 36 mit Ausnahme des Bereichs der Sicherheitselementstruktur aufgebracht werden.

Figur 2 zeigt ein teilweise gefertigtes Sicherheitsdokument 12, das mit einer mikrooptischen Vorrichtung 28 in Gestalt einer einheitlichen Struktur, die eine Anordnung optischer Elemente und ihrer entsprechenden Bildelemente aufweist, gebildet ist. Das Sicherheitsdokument 12 umfasst ein transparentes Substrat aus polymerem Material, vorzugsweise einem axial ausgerichteten Polypropylen (BOPP), das eine erste

Oberfläche 26 und eine zweite Oberfläche 44 aufweist. Auf die erste Oberfläche 26 sind trübende Schichten 46, 48 und 50 aufgebracht, mit Ausnahme eines Fensterbereichs 52, in dem die Sicherheitselementstruktur 28 auf die erste Oberfläche 26 aufgebracht ist.

Die trübenden Schichten 54 und 56 werden mit Ausnahme eines Fensterbereichs 58 auf die zweite Oberfläche 44 aufgebracht. Der Fensterbereich 58 deckt sich im Wesentlichen mit dem Fensterbereich 52 auf der ersten Oberfläche 26. Eine gedruckte Schicht 60 kann auf der zweiten Oberfläche 44 auf der gegenüberliegenden Seite des Substrats im Fensterbereich 58 aufgebracht werden. Alternativ zur Ausführung von Figur 2 kann die mikrooptische Vorrichtung 28 auf einem undurchsichtigen Substrat bereitgestellt werden, so dass die trübenden Schichten von Figur 2 nicht erforderlich sind. Die Druckschichten können dann einfach in Bereichen bereitgestellt werden, in denen die mikrooptische Vorrichtung 28 nicht vorhanden ist, und, falls gewünscht, können die Druckschichten die mikrooptische Vorrichtung 28 sogar überlappen.

Wie oben erwähnt, umfasst die vorliegende Offenbarung ein verbessertes Verfahren zur Fertigung einer festen Prägwalze zur Fertigung der mikrooptischen Vorrichtung 28. Die feste Prägwalze kann wie folgt hergestellt werden.

Der erste Schritt besteht darin, Strukturen, die Bildelemente bilden, in der Prägwalze zu bilden. Jede Walze kann eine Vielzahl separater Strukturen, die Bildelemente bilden, enthalten. Beispielsweise kann eine Bahn, wie in Figur 1 dargestellt, über ihre Breite mehr als ein Dokument aufnehmen, und daher wird für jedes Dokument eine separate Struktur, die Bildelemente bildet, bereitgestellt. Darüber hinaus kann die

Walze auch in Umfangsrichtung separate Strukturen, die Bildelemente bilden, aufweisen. Eine Walze, die im Allgemeinen eine feste zylindrische Form hat, wird gleichmäßig und dünn mit einer Schicht aus Resistmaterial beschichtet. Die mit dem Resist beschichtete Walze wird dann einer strukturierten Laserstrahlung ausgesetzt, so dass nur die Bereiche, die den Bildelementen entsprechen, dem Laser ausgesetzt sind. Dann wäscht eine Entwicklerlösung den Resist in den dem Laser ausgesetzt Bereichen aus, so dass Resistreste in den Bereichen zurückbleiben, die nicht der strukturierten Laserstrahlung ausgesetzt wurden. Anschließend wird die Walze in ein chemisches Ätzmittel getaucht. Da einige Bereiche der Walze mit Resist bedeckt sind und einige Bereiche der Walze nun freigelegt sind, reagieren die freiliegenden Bereiche mit dem chemischen Ätzmittel, so dass Strukturen, die Bildelemente bilden, um eine vorbestimmte Tiefe, z.B. um 5 Mikrometer, in die Oberfläche der Walze geätzt werden können. Nach dem Ätzschritt wird die verbleibende erste Resistschicht von der Walze abgewaschen, die nun ein Oberflächenrelief trägt, das den Strukturen, die die Bildelemente bilden, zugeordnet ist.

Anschließend wird die Walze mit einer zweiten Schicht aus Resistmaterial beschichtet, so dass die bereits geätzten Bereiche (Strukturen, die Bildelemente bilden) erneut mit dem Resistmaterial überzogen werden. Die Walze wird dann einem zweiten strukturierten Laser ausgesetzt, der sich vom ersten strukturierten Laser unterscheidet, so dass nur die Bereiche, die den optischen Elementen entsprechen, dem Laser ausgesetzt werden. Der Resist in dem dem Laser ausgesetzt Bereich wird dann erneut in einer Entwicklerlösung gewaschen, woraufhin die gesamte Walze in das chemische Ätzmittel getaucht wird, um die Bereiche mit den optischen Elementen tiefer zu ätzen. Der zweite Ätzschritt ätzt auch die oben erwähnten (bereits

geätzt) Strukturen, die Bildelemente bilden, um weitere 10 Mikrometer, so dass die maximale Tiefe der mikrooptischen Vorrichtung 15 Mikrometer beträgt.

Nach dem zweiten Ätzschritt wird das verbleibende zweite Resistmaterial abgewaschen und die Walze optional flashverchromt, um ihre Haltbarkeit zu verbessern.

In dem oben beschriebenen Beispiel wird die Prägewalze zweimal einem Laser ausgesetzt, gewaschen und geätzt, um in der Oberfläche der Prägewalze getrennt Strukturen, die Bildelemente bilden, und dann Strukturen, die optische Elemente bilden, zu erstellen. Die Prägewalze ist dann bereit, zum Erstellen von mikrooptischen Bauelementen im Sinne der vorliegenden Offenbarung verwendet zu werden. Es ist zu beachten, dass dieses Verfahren umgekehrt werden kann, in dem Sinne, dass die Strukturen, die optische Elemente bilden, zuerst in der Prägewalze gebildet werden können, und dann werden die Strukturen, die Bildelemente bilden, danach erstellt. Es wurde jedoch festgestellt, dass es von Vorteil ist, zuerst eine flachere Struktur zu ätzen (z.B. die Strukturen, die Bildelemente bilden). Dieses Verfahren erlaubt der zweiten Schicht des Resistmaterials die vertieften, bilderzeugenden Strukturen, die im ersten Ätzschritt entstanden sind, leichter abzudecken. Diese vollständige Abdeckung durch das zweite Resistmaterial ermöglicht einen korrekteren und erfolgreicherem Abschluss des zweiten Ätzschritts.

Zum Erstellen des gewünschten Oberflächenreliefs in der Prägewalze kann auch ein alternatives Verfahren zur Anwendung kommen. Anstelle des Laseraussetzens und der anschließenden chemischen Entwicklung wird eine Laserablationstechnik

verwendet, um das Resist von den gewünschten Bereichen zu entfernen und so die Ätzmaskenschicht zu erstellen. Die Prägwalze wird dann wie üblich dem Ätzschritt unterzogen. Im Vergleich zu dem oben beschriebenen Vorgehen entfällt bei diesem Verfahren der Schritt des chemischen Entwickelns.

Ein weiteres alternatives Verfahren zum Erstellen des gewünschten Oberflächenreliefs ersetzt das chemische Ätzen durch eine Lasergravurtechnik. Anstatt die Strukturen in der Prägwalze durch chemisches Ätzen zu erstellen, wird eine Technik der direkten Lasergravur verwendet, um in das Kupfer der Walze zu gravieren und so die gewünschte einheitliche Strukturgeometrie zu erstellen. Die optischen Elemente und die Bildelemente können gleichzeitig (in einem Lasergravurschritt) oder getrennt (in zwei Lasergravurschritten - einem für die optischen Elemente und einem für die Bildelemente) mit optionalem Elektropolieren (umgekehrte Galvanisierung) graviert werden, um die Oberflächenrauigkeit der lasergravierten Geometrie zu verringern.

Es ist zu beachten, dass die Prägwalze, die zur Fertigung der mikrooptischen Vorrichtung verwendet wird, ein Oberflächenrelief beinhaltet, das zu den Mikrostrukturen der optischen Elemente und der Bildelemente komplementär ist. Wenn es sich bei den optischen Elementen der mikrooptischen Vorrichtung beispielsweise um konkave Zylinderlinsen handelt und die Bildelemente in die Oberfläche der konkaven Zylinderlinsen vertieft sind, dann umfasst das Oberflächenrelief der Prägwalze eine komplementäre konvexe Zylinderlinsenstruktur und Vorsprünge, die sich von der Oberfläche der konvexen Zylinderlinsenstruktur aus erstrecken.

Die Prägewalze verfügt in der Regel über eine Anordnung solcher Oberflächenreliefstrukturen, die den zu bildenden mikrooptischen Vorrichtungen entsprechen, und die Oberflächenreliefstrukturen sind gleichmäßig verteilt, so dass sie, wenn sie mit der die prägbare Beschichtung tragenden, sich bewegenden Bahn in Kontakt gebracht wird, in einem einzigen Prägevorgang eine sich wiederholende Anordnung von optischen Elementen und Bildelementen in die Beschichtung prägt. Die bewegliche Bahn wird dann zum Substrat der mikrooptischen Vorrichtungen. Typischerweise kann die Prägewalze einen Teil eines Inline-Fertigungsverfahrens bilden, der zur Fertigung von Sicherheitsdokumenten einschließlich mikrooptischer Vorrichtungen im Sinne der vorliegenden Offenbarung verwendet wird. Nach dem Inline-Fertigungsverfahren wird die bewegliche Bahn, die die mikrooptischen Vorrichtungen trägt, in einzelne Blätter und schließlich in einzelne Sicherheitsdokumente, wie z.B. Banknoten, aufgeteilt.

Im Folgenden werden verschiedene Ausführungsformen der mikrooptischen Vorrichtung 28 unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben.

#### Einheitliche Struktur, die Zeilensprung-Bildmaterial-Effekte bereitstellt

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente der mikrooptischen Vorrichtung Zeilensprungbildern zugeordnet. Eine solche mikrooptische Vorrichtung kann ausgebildet sein, um eine breite Palette von dynamischen, optisch variablen Effekten bereitzustellen, die im Folgenden unter Bezugnahme auf die Figuren 3, 4, 5, 6, 7a-b, 8 und 9 erläutert werden.

Figur 3 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform einer mikrooptischen Vorrichtung 100 in Übereinstimmung mit dieser Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Die mikrooptische Vorrichtung 100 beinhaltet eine eindimensionale Anordnung von Teilzylinderlinsen 101, und entsprechende Bildelemente 102, die einer Vielzahl von Zeilensprungbildern zugeordnet sind, sind als Vertiefungen in den Oberflächen der Anordnung von Zylinderlinsen 101 ausgebildet. Im Gegensatz zu bestehenden mikrooptischen Vorrichtungen, bei denen optische Elemente und Bildelemente auf gegenüberliegenden Oberflächen eines Substrats ausgebildet sind und oft mit unterschiedlichen Fertigungsverfahren hergestellt werden, werden die Zylinderlinsen 101 und die vertieften Bildelemente 102 als einheitliche Struktur gebildet und können in einem einzigen Fertigungsschritt auf derselben Seite eines Trägersubstrats gebildet werden.

Wie bereits erwähnt, sind die Bildelemente 102 einem Zeilensprung-Bildmaterial zugeordnet, das eine Vielzahl von verschachtelten Einzelbildern ) "image frames") umfasst. Wenn die Einzelbilder aus einer Animationsbildsequenz ausgewählt werden, wird beim Betrachten der mikrooptischen Vorrichtung 100 in aufeinanderfolgenden Winkeln ein Animationseffekt erzeugt, da die verschachtelten Einzelbilder in den aufeinanderfolgenden Winkeln dargestellt werden.

In dieser Ausführungsform haben die Zylinderlinsen 101 eine Höhe von etwa 10 Mikrometer (d.h. der Linsendurchhang beträgt 10 Mikrometer), eine Breite von 60 Mikrometer und einen Linsenabstand von etwa 63,5 Mikrometer. Die vertieften Bildelemente sind etwa 5 Mikrometer tief. Es ist zu beachten,

dass auch andere Ausbildungen von optischen Elementen und Bildelementen möglich sind, wie im Folgenden gezeigt wird.

Figur 4 zeigt eine weitere beispielhafte Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. In dieser Ausführungsform umfasst die mikrooptische Vorrichtung 200 eine Anordnung von Zylinderlinsen 201 und eine entsprechende Anordnung von Bildelementen 202, die ausgebildet sind, um ein 3D-Zeilensprung-Bildmaterial für einen Betrachter der mikrooptischen Vorrichtung zu erzeugen. Die Bildelemente 202 sind an verschiedenen Stellen innerhalb der Oberfläche der Zylinderlinsen 201 gebildet. Die Vorrichtung 200 erzeugt ein monochromatisches, schwebendes 3D-Bild, wenn die Vorrichtung im transmittierten oder reflektierten Licht betrachtet wird. "Schwebend" oder "3D" bedeutet, dass der Betrachter das projizierte Bild (oder einen Teil davon) entweder über oder unter einer Bezugsebene wahrnimmt, z.B. könnte das Substrat die Bezugsebene sein.

In dieser Ausführungsform haben die konkaven Zylinderlinsen eine Tiefe (Durchhang) von etwa 6 Mikrometer und einen Linsenabstand von etwa 50 Mikrometer. Die Bildelemente 202 sind als eine Vielzahl von quadratisch geformten Kacheln gebildet, die in der Oberfläche der konkaven Zylinderlinsen vertieft sind.

Zum Herstellen der mikrooptischen Vorrichtung 200 kann dasselbe Verfahren wie oben beschrieben verwendet werden, um eine Prägewalze herzustellen, die Reliefstrukturen direkt in der Oberfläche der Prägewalze beinhaltet, und die Prägewalze wird dann in einem Inline-Fertigungsverfahren verwendet, um die mikrooptische Vorrichtung 200 auf einer beweglichen Bahn zu fertigen.

Alternativ kann die Prägewalze gebildet werden, indem zunächst eine Metallunterlage hergestellt wird, die Reliefstrukturen beinhaltet, die den optischen Elementen und den Bildelementen entsprechen, und die Metallunterlage dann mit geeigneten Mitteln an einer Prägewalze befestigt wird. Eine Probenvorlage, die in einer Unterlage reproduziert werden kann, kann durch ein direktes Laserschreibverfahren hergestellt werden, d.h. eine Glasplatte wird mit einer Fotolackschicht beschichtet und dann wird ein X-Y-Raster-Abtastlaserstrahl auf die Fotolackoberfläche der Glasplatte fokussiert. Die Leistungsdosierung des Laserstrahls wird in X- und Y-Richtung räumlich variiert, entsprechend der gewünschten Strukturtiefe an jedem Punkt. Die Strukturtiefe wird als 2D-Graustufenbild erzeugt, wobei die Graustufen proportional zur gewünschten Strukturtiefe sind. Dieses Graustufenbild wird dann in die direkte Laserbeschriftungsanlage eingegeben. Nach Abschluss der Laserbelichtung wird der Fotolack entwickelt, um die in Figur 4 gezeigte einseitige mikrooptische 3D-Vorrichtung herzustellen.

3D-Bildmaterialeffekte können auch dadurch erzeugt werden, dass die mikrooptische Vorrichtung runde Linsen im Gegensatz zu eindimensionalen Zylinderlinsen als optische Elemente beinhaltet. Figur 5a zeigt ein Mikroskopbild einer mikrooptischen Vorrichtung 300, die optische Elemente 301 in Form einer zweidimensionalen Anordnung von Rundlinsen und integral gebildeten Bildelementen beinhaltet. Die Bildelemente sind 5 mal 5 ineinander verschachtelten Einzelbildern zugeordnet, wie in den Figuren 16A und 16B dargestellt. Die Einzelbilder sind sowohl in x- als auch in y-Richtung verschachtelt, um das in Figur 16b gezeigte Bild zu erhalten.

In dieser Ausführungsform werden die Bildelemente 303 wiederum in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet, so dass die mikrooptische Vorrichtung als eine einheitliche Struktur gebildet wird, die auf einer Seite eines Substrats getragen wird. Die Bildelemente werden vorzugsweise als 10 Mikrometer große Pixel gebildet und sind um etwa 1 Mikrometer in die Oberfläche der optischen Elemente vertieft. Es sollte jedoch beachtet werden, dass zumindest einige der Bildelemente 303 oder Teile der Bildelemente 303 (wie 303a und 303b) auch in Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen 301 gebildet werden.

Die Vorrichtung der Figur 5a ist ausgebildet, um bei Betrachtung im transmittierten oder reflektierten Licht ein schwebendes 3D-Bild eines Drahtgitterwürfels zu erzeugen. Für den Betrachter scheinen Teile des Würfels vor der mikrooptischen Vorrichtung 300 zu schweben, während andere Teile hinter der mikrooptischen Vorrichtung zu schweben scheinen, wie in Figur 5b gezeigt. Das schwebende Bild ist aufgrund der symmetrischen Beschaffenheit der runden Linsen zu beobachten, wenn der Betrachter aus jeder Richtung auf die Vorrichtung blickt. Wenn beispielsweise senkrecht auf die Oberfläche der einheitlichen Struktur geschaut und das Objekt um die Achse der Blickrichtung gedreht wird, bleiben der 3D-Effekt und die Bildschärfe erhalten.

In Figur 6 ist eine weitere beispielhafte Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Hier beinhaltet die mikrooptische Vorrichtung 400 eine 1D-Zylinderlinsenanordnung 401, die ein 2-Wechsel-Farbbild unter Verwendung von Beugungsgittern als Bildelemente 402 realisiert.

Unter Bezugnahme auf Figur 6 beinhalten die optischen Elemente 401 der mikrooptischen Vorrichtung 400 eine 1D-Anordnung aus konkaven Zylinderlinsen. Die Bildelemente 402 werden durch 2 Zeilensprung-Einzelbilder gebildet und beinhalten Beugungsgitter 403. In einer Ausführungsform sind die beiden Zeilensprung-Einzelbilder, Graustufenbilder. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Bildentwürfe geditherte Halbton-Binärbilder, so dass die Graustufen in den Bildern mit einem Binärbild simuliert werden können, das aus Bildpixeln fester Größe (z.B. 100 Mikrometer mal 100 Mikrometer), aber variierender Frequenz besteht, wobei jedes Bildpixel Beugungsgitter umfasst. In dem gezeigten Beispiel sind die Beugungsgitter 403 in einer Richtung senkrecht zur Ausrichtung der Zylinderlinsenachse ausgerichtet.

Die mikrooptische Vorrichtung 400 kann entweder in Transmission und/oder Reflexion betrachtet werden. In Transmission, wenn die Vorrichtung in Figur 6 horizontal betrachtet wird, d.h. wenn die Linsen horizontal sind, wird ein 2-Bild-Wechseleffekt beobachtet, indem die Struktur nach oben oder unten oder nach links oder rechts, außerhalb der Achse der Lichtquelle, bewegt wird. Bei diffusem weißem Licht erscheint der beobachtete optische Effekt als Graustufe. Bei kollimiertem weißem Licht oder weißem Licht aus einer Punktlichtquelle erscheinen die beobachteten Bilder aufgrund der auf den Linsen gebildeten Beugungsgitter in mehreren Farben.

Bei Reflexion wird bei horizontaler Ausrichtung der Linsen durch Kippen um eine horizontale Achse ein 2-Bild-Wechseleffekt beobachtet. Bei diffusem weißem Licht erscheinen die beobachteten Bilder in Graustufen. Bei kollimiertem weißem Licht (oder weißem Licht aus einer Punktquelle) erscheinen die

beobachteten Bilder in mehreren Farben, was wiederum auf die auf den Linsen gebildeten Beugungsgitter zurückzuführen ist.

In einer alternativen Ausführungsform kann das von der mikrooptischen Vorrichtung 400 projizierte Bild durch geeignete Wahl der Gitterfrequenz, Tiefe und Ausrichtung ein Echtfarbbild sein. Zum Beispiel können die Gitterfrequenz, die Tiefe und die Ausrichtung so gewählt werden, dass eine 2D-Anordnung von farbigen RGB-Bildpixeln projiziert wird, um ein gewünschtes Vollfarbbild zu erzeugen, das unter einem bestimmten Winkel (für einen bestimmten Winkel des einfallenden, im Wesentlichen kollimierten weißen Lichts) beobachtet werden soll.

Insbesondere können die Beugungsgitter 403 Bereiche einnehmen, die dem Bildmaterialhintergrund entsprechen, oder Bereiche, die dem Bildmaterialvordergrund entsprechen, oder beides. Im Allgemeinen können die Gitterfrequenz und die Gitterrichtung (gemessen in der lokalen Oberflächenebene des Abtastelements) räumlich variiert werden, kontinuierlich oder diskret, über die gesamte Fläche der einheitlichen Struktur, je nach dem Bild, das von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugt werden soll. Nach der Beugungsgleichung hängt die auf den Betrachter projizierte Farbe von der Gitterfrequenz und der Gitterrichtung an jedem Punkt der Oberfläche der optischen Elemente 401 ab (eine Frequenz von 0 bedeutet, dass es an diesem Punkt keine Gitter gibt). Sie hängt auch von der Position der Lichtquelle und dem Blickwinkel des Betrachters ab. Durch die Verwendung einer geeigneten räumlichen Verteilung der lokalen Gitterfrequenz und der lokalen Gitterrichtung über die Oberfläche der optischen Elemente ist es daher möglich, Vollfarbbilder zu erzeugen, wobei entweder 1D-Zylinderlinsenanordnungen oder 2D-Rundlinsenanordnungen als

optische Elemente der mikrooptischen Vorrichtung verwendet werden.

Die auf der Oberfläche der 1D-Zylinderlinsenanordnung 401 aufgetragenen Beugungsgitter 403 können parallel zur Zylinderlinsenachse, senkrecht dazu oder in anderen ausgewählten Winkeln ausgerichtet sein.

Figur 7A zeigt eine Ausführungsform, bei der die Beugungsgitter 503a die gesamte Oberfläche der Zylinderlinsen 502 bedecken. In anderen Ausführungsformen können sie nur Teile abdecken, die dem Hintergrund des Bildmaterials oder dem Vordergrund des von einem Benutzer zu betrachtenden Bildmaterials entsprechen.

In einem weiteren, nicht einschränkenden Beispiel, das in Figur 7b dargestellt ist, werden Beugungsgitter 503b auf der Oberfläche von 2D-Rundlinsenanordnungen als eine Reihe von konzentrischen Ringen angebracht. Die lokale Frequenz der Beugungsgitter 503b kann radial und winklig relativ zum Linsenscheitelpunkt variiert werden, um dem Betrachter die gewünschte Farbverteilung zu projizieren. Auch hier können die Beugungsgitter 503b die gesamte sphärische Oberfläche der Linse bedecken oder nur ausgewählte Teile, die entweder dem Hintergrund oder dem Vordergrund des Bildmaterial-Designs entsprechen.

Neben dem bereits erwähnten Animationseffekt und dem 2-Bild-Wechsel-Effekt kann die vorliegende Erfindung auch zum Erzeugen von wechselnden Moiré-Effekten ausgebildet werden. Figur 8 zeigt ein Beispiel für eine Moiré-Vergrößerungsvorrichtung 600, die einen wechselnden Effekt zwischen moiré-vergrößerten 5 und A beim Kippen oder Drehen

des Betrachtungswinkels zeigt. Die Periode der Bildelemente 602, die den 5 und A entsprechen, kann eingestellt werden, um die erforderliche Tiefe jedes konstruierten Bildes zu erreichen. In dieser Ausführungsform werden die Bildelemente 602 als mikrometergroße Buchstaben, Zahlen oder Objekte auf der Oberfläche der optischen Elemente 601 gebildet.

Figur 9 zeigt ein weiteres mikroskopisches Bild einer Ausführungsform der mikrooptischen Vorrichtung 700, die zweidimensionale runde Linsen 701 und zweikanaliges Zeilensprung-Bildmaterial-Design beinhaltet. In diesem Beispiel nimmt der erste Bildkanal (ungefähr) die linke Hälfte jeder Rundlinse ein, und der zweite Bildkanal nimmt (ungefähr) die rechte Hälfte jeder Rundlinse ein. Theoretisch nimmt das Bildmaterial in den Bereichen, in denen sich die beiden Bildkanäle überschneiden, die gesamte Linsenfläche ein. Daher kann die Leistung der optischen Elemente beeinträchtigt werden, wenn feste Bildmaterialelemente verwendet werden, da die Oberfläche der optischen Elemente durch die Bildmaterialelemente verkleinert wird. Um die Abtasteffizienz der optischen Elemente zu verbessern, wurden die Bildelemente mit internen Details versehen, wie sie in Figur 9 dargestellt sind. Jedes Bildmaterial 702 ist als Anordnung von im Wesentlichen gleich großen Punkten gebildet und nicht als rechteckige Kachel, wie in den Figuren 4 und 5 dargestellt. Diese Konstruktion ermöglicht es, die Nicht-Bildmaterial-Fläche jeder Linse zu vergrößern, was wiederum die Abtasteffizienz der Linsen 701 verbessert. Wenn die mikrooptische Vorrichtung 700 bei weißem Licht betrachtet wird (z.B. mit der LED-Beleuchtung eines Mobiltelefons), wird ein verbesserter Kontrast des dargestellten Bildes beobachtet.

Dieses Verfahren zur Vergrößerung der effektiven Abtastfläche eines optischen Elements kann ohne weiteres auf andere Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung angewendet werden.

Figur 10a zeigt ein weiteres mikroskopisches Bild einer Ausführungsform der mikrooptischen Vorrichtung 800, die eine zweidimensionale Anordnung von runden Linsen 801 beinhaltet. Die Bildelemente 802 sind wiederum einstückig mit den optischen Elementen 801 gebildet. Die Linsen (und die zugeordneten Bildelemente) werden in 2X2-Linsengruppen gedreht. Die Winkeldrehung ist eine Funktion eines Eingangsgraustufenwertes, der von einem Eingangs-Graustufenbild abgeleitet wird. Die Bildelemente nehmen etwa die Hälfte der Linsenfläche ein und umfassen den Mikrotext "5", der in Figur 10b deutlicher dargestellt ist. Die Linsen 801 sind in 2x2 Gruppen unterteilt, und jede Linsengruppe ist in Bezug auf ihre benachbarten Linsengruppen winklig gedreht. Da die Bildelemente 802 als Anordnung von Unterelementen gebildet werden, wird die in jedem Objektiv verfügbare Gesamtabtastfläche im Vergleich zur Verwendung von Vollbildelementen, die einen viel größeren Teil der Objektivoberfläche einnehmen, vergrößert.

#### Doppelseitige visuelle Effekte

In Übereinstimmung mit einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung sind die oben beschriebenen mikrooptischen Vorrichtungen auch in der Lage, optisch variable Effekte zu erzeugen, die von beiden Oberflächen des Substrats beobachtbar sind, und die beobachteten optisch variablen Effekte sind unterschiedlich, wenn sie von verschiedenen Oberflächen des Substrats aus betrachtet werden. Eine beispielhafte

Ausführungsform wird im Folgenden unter Bezugnahme auf Figur 11 beschrieben.

Figur 11 zeigt eine mikrooptische Vorrichtung 900, die eine runde 2D-Linsenordnung als optische Elemente 901 und Moiré-Vergrößerungsbildelemente 902 enthält, die direkt in den Oberflächen der runden Linsen gebildet werden. Die Linsen sind in Figur 11 als konkave Linsen dargestellt, es sind aber auch andere Linsenkonfigurationen möglich. Die Bildelemente 902 sind wiederum in die Linsenoberfläche vertieft, und zwar um etwa 1 Mikrometer. Die Bildelemente 902 können sich auf die Oberfläche der Linsen beschränken oder zusätzlich den Raum zwischen den Linsen einnehmen.

Betrachtet man diese Vorrichtung von der Seite des Substrats, auf dem sich die mikrooptische Vorrichtung 900 befindet, im reflektierten Licht, so scheint das moiré-vergrößerte Bild der Ziffer 5 vor der Vorrichtung zu schweben. Von der gegenüberliegenden Seite aus betrachtet, scheint das moiré-vergrößerte Bild der Ziffer 5 im reflektierten Licht hinter der Vorrichtung zu schweben. Bei dieser Ausführungsform wird die 3D-Tiefe des projizierten Bildes bei Betrachtung von einer Seite im Vergleich zur anderen umgekehrt. Dieser Effekt kann zu Authentifizierungszwecken genutzt werden und ist ein einzigartiger, optisch variabler Effekt, der bei den bestehenden Moiré-Vergrößerungsgeräten nicht vorhanden ist.

Wenn dieselbe Vorrichtung im transmittierten Licht betrachtet wird, sind die dargestellten Bildeffekte unterschiedlich. Bei Betrachtung von der Seite des Substrats aus, auf der sich die mikrooptische Vorrichtung befindet, scheint das moiré-vergrößerte Bild der Ziffer 5 hinter der Vorrichtung zu schweben. Bei Betrachtung von der gegenüberliegenden Seite

bleibt das vergrößerte Moirébild der Zahl unverändert. Dies bedeutet, dass die 3D-Tiefe des projizierten Bildes bei Betrachtung von einer Seite im Vergleich zur anderen im Durchlicht gleich ist. In Kombination mit den oben beschriebenen optischen Effekten bietet die Vorrichtung eine einzigartige Kombination von optisch variablen Effekten, die besonders für die Authentifizierung nützlich wäre.

In dieser Ausführungsform wird davon ausgegangen, dass bei Betrachtung im reflektierten Licht von der Seite, die die mikrooptische Vorrichtung 900 trägt, das konstruierte Bild ein reales Bild ist, das vor der Struktur schwebt, während bei Betrachtung von der Rückseite in (totaler interner) Reflexion das konstruierte Bild ein virtuelles Bild ist, das dahinter zu schweben scheint. Bei mikrooptischen Bauelementen mit konvexen Linsen kehrt sich dieses Tiefeninversionsverhalten um.

#### Mikrooptisches Bauelement, das zusammengesetzte optische Elemente beinhaltet

Figur 12 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform der Erfindung, die eine mikrooptische Vorrichtung 1000 beinhaltet, die zusammengesetzte optische Elemente 1001 (Bildelemente sind nicht dargestellt) beinhaltet. In diesem Beispiel ist jedes optische Element 1001 teilweise konkav und teilweise konvex, und beide Teile sind so angeordnet, dass sie einen optischen Effekt durch Abtasten von Bildelementen (nicht gezeigt) erzeugen. Bei bestimmten Betrachtungswinkeln wird das nicht dargestellte Bildmaterial durch den konkaven Teil der optischen Elemente 1001 erzeugt, und bei anderen Betrachtungswinkeln wird das dargestellte Bildmaterial durch den konvexen Teil der optischen Elemente 1002 erzeugt. Auf diese Weise kann die mikrooptische Vorrichtung ein

Bildmaterial darstellen, das seine wahrgenommene Tiefe ändert (von unten nach oben oder umgekehrt), wenn sich der Betrachtungswinkel ändert. In einer anderen Ausführungsform kann sie ein 3D-Bild erzeugen, das seine Tiefe ändert, wenn die Vorrichtung gekippt oder gedreht wird. In einer anderen Ausführungsform kann sie ein 3D-Kippbild erzeugen, d.h. ein 3D-Bild, das in der Tiefe wechselt und auch seine Form ändert, wenn die Vorrichtung gekippt oder gedreht wird.

Einschichtige mikrooptische Vorrichtung, bei der die Bildelemente teilweise in den Zwischenräumen zwischen benachbarten Linsen angeordnet sind

Figur 13 zeigt einen weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung, bei dem einige der Bildelemente der mikrooptischen Vorrichtung teilweise integral mit den optischen Elementen gebildet sind und einige Bildelemente teilweise oder vollständig in Zwischenräumen zwischen den optischen Elementen untergebracht sind.

Figur 13 zeigt eine Figur der mikrooptischen Vorrichtung 1100, die runde Linsen als optische Elemente 1101 enthält, und die Bildelemente 1102 beinhalten eine sich wiederholende Anordnung der Ziffern 1, 2, 3, 4, 5 und 6. Diese Vorrichtung 1100 ist so ausgebildet, dass sie für einen Betrachter moiré-vergrößerte Ziffern 1-6 darstellt. Die Linsen haben einen Durchmesser von  $d$  und einen Abstand von  $p$ , und  $d$  ist ausreichend kleiner als  $p$ , so dass zwischen benachbarten Linsen genügend Platz ist, um einige der Bildelemente 1102 unterzubringen. So sind beispielsweise die Ziffern 1, 2, 4 und 5 teilweise integral mit der Linsenoberfläche gebildet, teilweise aber auch in den Zwischenräumen, in denen keine Linsen vorhanden sind. Die

Ziffern 3 und 6 befinden sich nur in den Zwischenräumen zwischen den Linsen.

Lediglich als Beispiel haben die optischen Elemente 1101 in dieser Ausführungsform einen Durchmesser von 56 Mikrometer, und der Abstand zwischen benachbarten Linsen beträgt etwa 100 Mikrometer (d.h. von der Mitte einer Linse zur Mitte der benachbarten Linse). Die Ziffern 1-6 sind in einer rechteckigen Anordnung angeordnet, die einen ähnlichen Abstand wie die Linsen hat, um einen Moiré-Vergrößerungseffekt zu erzeugen. Beispielsweise beträgt der Abstand der Anordnung der Bildelemente 1102 ungefähr 98,8 Mikrometer.

Wenn die Vorrichtung in Transmission oder Reflexion betrachtet wird, ist ein schwebendes 3D-Bild der Ziffern 1 2 3 4 5 6 zu sehen. Die moiré-vergrößerten Ziffern sollten etwa 8 mm groß sein, so dass jede der 6 Ziffern mit bloßem Auge deutlich erkannt werden kann.

Figur 14 zeigt eine alternative Ausführungsform, die ebenfalls Rundlinsen 1201 und eine Anordnung von 1 2 3 4 5 6 beinhaltet, jedoch ist der Abstand zwischen benachbarten Linsen viel kleiner als bei der in Figur 13 gezeigten Ausführungsform. Die von dieser Ausführungsform wiedergegebenen Bilder erwiesen sich im Vergleich zu der in Figur 13 gezeigten Ausführungsform als schlecht.

Die Ausführungsform von Figur 13 bietet einen erheblichen Vorteil, da sie die Umsetzung komplexerer Bildmaterial-Designs ermöglicht, insbesondere komplexerer Moirébildmaterial- und Integralbildmaterial-Designs, da nun eine größere Fläche pro optischem Element zur Verfügung steht.

Figur 15 zeigt eine weitere Ausführungsform einer mikrooptischen Vorrichtung 1300, die eine 2D-Fresnellinsen-Anordnung 1301 und Moiré-Vergrößerungsbildmaterial 1302 beinhaltet. Die optischen Elemente 1301 beinhalten Fresnel-Linsen 1303, die den Vorteil haben, die Gesamtdicke der mikrooptischen Vorrichtung 1300 zu reduzieren, wodurch die Menge der prägbaren Beschichtung, die zum Erzeugen der Vorrichtung erforderlich ist, verringert wird. Ein weiterer potenzieller Vorteil ist, dass bei einer gegebenen Strukturtiefe die Breite/Teilung der Linsen vergrößert werden kann, und die vergrößerte Fläche ermöglicht es, mehr Bildmaterial pro optischer Elementfläche zu beinhalten, wodurch komplexere optische Effekte erzeugt werden können.

In einer anderen Ausführungsform können anstelle von Fresnel-Linsen diffraktive Linsen oder diffraktive Zonenplatten verwendet werden. Diffraktive Linsen und Zonenplatten sind im Vergleich zu Rundlinsen oder Zylinderlinsen dünner und haben daher dieselben Vorteile wie oben erwähnt.

Optional können die verschiedenen oben beschriebenen mikrooptischen Vorrichtungen mit einer dünnen oder dicken reflektierenden Beschichtung überzogen werden. Eine dicke reflektierende Beschichtung schützt die mikrooptische Vorrichtung vor mechanischem Kopieren, eine dünne reflektierende Beschichtung erhöht die Sichtbarkeit der optischen Effekte, die von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugt werden, und ermöglicht es dennoch, die Effekte von beiden Seiten des Substrats zu beobachten.

Optional wird die mikrooptische Vorrichtung mit einer reflektierenden Beschichtung überzogen, gefolgt von einer

klaren Schutzbeschichtung, die ausreichend dick ist, so dass die resultierende Struktur eine im Wesentlichen ebene Oberseite aufweist. Auch hier schützt die klare, ebene Beschichtung in Kombination mit der reflektierenden Beschichtung die mikrooptische Vorrichtung davor, mechanisch kopiert zu werden.

Optional wird die mikrooptische Vorrichtung mit einer klaren Schutzschicht überzogen, wobei die Schutzschicht einen Brechungsindex aufweist, der sich von dem zur Bildung der optischen Elemente und der Bildelemente verwendeten Material unterscheidet, um die optischen Effekte zu erhalten.

Die oben beschriebenen mikrooptischen Vorrichtungen können auch in eine Folie eingearbeitet werden, und die Folie wird dann optional an einem undurchsichtigen oder durchlässigen Teil eines Banknotensubstrats befestigt.

Bei Ausführungsformen, bei denen die Folie an einem undurchsichtigen Teil eines Banknotensubstrats befestigt ist, ist es vorzuziehen, die einheitliche Struktur mit einer reflektierenden Schicht zu beschichten. Dies dient dazu, die Sichtbarkeit der optischen Effekte bei direkter Betrachtung der Folie zu erhalten. Wenn die Folie auf einem undurchsichtigen Banknotensubstrat angebracht ist, sind die optischen Effekte auf der Rückseite nicht sichtbar. Die reflektierende Schicht kann sich zwischen der einheitlichen Struktur und dem undurchsichtigen Substrat befinden, oder sie kann sich alternativ zwischen der einheitlichen Struktur der mikrooptischen Vorrichtung und dem Betrachter befinden. Befindet sie sich zwischen der mikrooptischen Vorrichtung und dem Betrachter, d.h. als Deckschicht, wird eine dünne reflektierende Schicht bevorzugt, und die dünne reflektierende

Schicht folgt im Wesentlichen den Konturen der optischen Elemente und der Bildelemente. Eine Schutzschicht kann auch bevorzugt werden, um Kopieren zu verhindern. Beispiele von Folien, die mikrooptische Vorrichtungen der Offenbarung beinhalten, sind in den Figur 17A und B gezeigt.

Figur 17A zeigt eine Folie, die eine mikrooptische Vorrichtung der vorliegenden Erfindung beinhaltet, die auf einem undurchsichtigen Substrat angebracht ist. Zwischen dem undurchsichtigen Substrat und der einheitlichen Struktur befindet sich eine reflektierende Schicht. Figur 17B zeigt eine alternative Ausführungsform, bei der zwischen der einheitlichen Struktur und dem Betrachter eine dünne reflektierende Deckschicht vorgesehen ist.

#### Bildmaterialdesigns mit reduzierten Daten

Für vergrößernde Moiré-Designs oder Integralbildmaterial-Designs, die Mikrobilder implementieren, die einen relativ kleinen Teil der Fläche jeder Mikrolinse/jedes Abtastelements einnehmen (typischerweise weniger als oder gleich 50 %): die Implementierung solcher Designs gemäß dieser Erfindung ist einfach, d.h. Standard-Design-Techniken können zum Design der Bildmaterialschicht verwendet werden. Da solche Designs einen relativ kleinen Anteil der Fläche jeder Mikrolinse / jedes Mikroabtastelementes einnehmen (typischerweise  $\leq 50\%$ ), ist die Abtastleistung jedes Abtastelementes ausreichend, um ein Bild mit ausreichendem Kontrast zu rekonstruieren (insbesondere, wenn die Struktur mit Handy-Blitzlicht beleuchtet wird).

Problematisch wird es jedoch, wenn der prozentuale Anteil der eingenommenen Fläche größer wird (z.B. über 50 %), weil ein

großer Teil der Geometrie jedes Abtastelements durch das Bildmaterial verändert wurde und die Abtastleistung dadurch stark reduziert wird.

Dieses Problem kann bei einigen Moiré- oder Integralbildmaterial-Designs auftreten, z.B. bei solchen, die ein Bildmaterial-Design implementieren, das aus einem Objekt ohne interne Details besteht (z.B. eine Objektsilhouette).

Dieses Problem kann auch bei Designs auftreten, auf Grundlage von Zeilensprung-Einzelbildern (z.B.: Zeilensprung-3D/Flugbilder, Zeilensprung-Animationen mit mehreren Einzelbildern, Zeilensprung-2-Wechselbildefeffekte, Kontrastwechsel-Effekte), insbesondere wenn die (Zeilensprung-)Einzelbilder überlappende Bildbereiche aufweisen. Wenn das Design beispielsweise aus 6 Zeilensprung-Einzelbildern besteht, nimmt das Bildmaterial in Bereichen, in denen sich 3 oder mehr Einzelbilder überlappen, mindestens 50 % der Fläche jeder Mikrolinse/jedes Abtastelements ein, so dass das Problem auftritt.

Um dieses Problem zu überwinden, muss das Bildmaterial modifiziert (oder anders als in den ersten Konzepten konstruiert) werden, so dass die Fläche jedes optischen Elements, die von dem Bildmaterial eingenommen wird, reduziert wird, wobei vorzugsweise sichergestellt werden sollte, dass die auf das Bildmaterial angewandten Änderungen gleichmäßig auf das gesamte Bildmaterial-Design angewandt werden (und somit ein konsistentes Ergebnis in allen Bereichen des Designs gewährleisten).

Ein Ansatz der möglicherweise verwendet wird, ist ein Aufbringen von Zufallsrauschen auf das Bildmaterial-Design.

Wenn es sich bei dem Zeilensprung-, oder Moiré-, oder Integral-Bildmaterial-Design beispielsweise um ein monochromes (binäres) Design handelt, das aus einem schwarzen Bild auf weißem Hintergrund besteht, und das schwarze Bild auf die Abtastelemente aufgebracht werden soll, kann das Problem gelöst werden, indem 50 % zufälliges weißes Rauschen auf das Bild aufgebracht wird (d.h. 50 % der Pixel, die die Bildmaterialdatei bilden, werden in weiße Pixel umgewandelt, um Teile des Bildmaterials zu entfernen). Auf diese Weise wird sichergestellt, dass nicht mehr als 50 % jedes Abtastelements mit Bildmaterial gefüllt wird. Figur 18 zeigt ein Beispiel, das ein Quellbild, ein Maskenbild und ein verarbeitetes Bild mit reduzierten Daten beinhaltet. Das mittlere Bild ist eine Maske, die verwendet wird, um 50 % der Pixel des weißen Rauschens auf das Quellbild links aufzubringen. Das Bild auf der rechten Seite ist das endgültige Bild nach der Aufbringung von 50% weißem Rauschen.

Ein anderer Ansatz besteht darin, "leere" Einzelbilder in die Abfolge von Einzelbildern einzufügen, die verschachtelt oder mit dem Zeilensprungverfahren verarbeitet werden sollen. Besteht das Bildmaterial-Design beispielsweise aus 4 Einzelbildern, sagen wir ABCD, und jedes Einzelbild ist ein monochromes Bild, das aus einem schwarzen Vordergrund auf weißem Hintergrund besteht (wobei die schwarzen Teile, nach dem Zeilensprungverfahren, auf die Abtastelemente aufgebracht werden sollen), dann kann ein leeres Einzelbild (das nur aus einem weißen Hintergrund besteht) gleichmäßig in die Einzelbildsequenz eingefügt werden: AxBxCxDx (x bezeichnet das leere Einzelbild), dann werden 8 Einzelbilder in dem Zeilensprungverfahren verarbeitet (anstelle der ursprünglichen 4). Dieses Verfahren kann auch eine reduzierte Bildelementfläche auf jedem optischen Element erreichen (d.h.

nicht mehr als 50 % jedes Abtastelements werden mit Bildelementen gefüllt).

Ein anderer Ansatz besteht darin, dass anstelle der oben beschriebenen Einführung von leeren Einzelbildern einige Einzelbilder absichtlich weggelassen werden (oder dass Einzelbilder durch Leerstellen, d.h. Weißraum, ersetzt werden). Dies kann gleichmäßig geschehen, so dass jedes Einzelbild (innerhalb des eindeutigen Satzes von Einzelbildern) in gleicher Weise betroffen ist. Besteht das Bildmaterial-Design beispielsweise aus 4 Einzelbildern, sagen wir ABCD, und jedes Einzelbild ist ein monochromes Bild, das aus einem schwarzen Vordergrund auf weißem Hintergrund besteht (wobei die schwarzen Teile nach dem Zeilensprungverfahren auf die Abtast-Elemente aufgebracht werden sollen), beginnen wir mit der Verschachtelung der 4 Einzelbilder (gemäß einer Standard-Verschachtelung):

ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD      Standard-Verschachtelung

Dann kann z.B. ab dem ersten Einzelbild A in der obigen Standard-Zeilensprungbildsequenz jedes 5. Einzelbild weggelassen werden, was zu folgendem Ergebnis führt ("-" bezeichnet ein weggelassenes Einzelbild, d.h. ein mit Weißraum gefülltes Bild). Die bildfreie Linsenfläche wurde um durchschnittlich 20 % vergrößert ( $20 \% = 1 / 5 \times 100$ ), was zu einer verbesserten Abtasteffizienz führt.

ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD      Standard-Verschachtelung

ABCD -BCD A-CD AB-D ABC- ABCD -BCD A-CD AB-D      Auslassen jedes 5. Feldes, beginnend mit A

Um eine weitere Verkleinerung der vom Bildmaterial eingenommenen Linsenfläche zu erreichen, kann der oben beschriebene Vorgang wiederholt werden, wobei die Einzelbilder dieses Mal von einer anderen Position bzw. einem anderen Versatz aus gezählt werden. Anstatt mit der Zählung bei Einzelbild A zu beginnen, könnte die Zählung beispielsweise bei Einzelbild C beginnen, und wiederum wird jedes fünfte Einzelbild ausgelassen, um das folgende Ergebnis zu erzielen ("-" bezeichnet weitere ausgelassene Einzelbilder, die mit Weißraum gefüllt sind). Mit diesem Ansatz wurde die bildfreie Fläche des Objektivs um durchschnittlich 20 % vergrößert, d.h. die gesamte durchschnittliche Zunahme der bildfreien Fläche pro Objektiv beträgt nun  $20 + 20 = 40$  %, was zu einer weiteren Verbesserung der Stichprobeneffizienz führt.

ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD ABCD	Standard-Verschachtelung
ABCD -BCD A-CD AB-D ABC- ABCD -BCD A-CD AB-D	Auslassen jedes 5. Feldes, beginnend mit A
-BCD -B-D A-C- AB-D -BC- -BCD A-CD AB-D ABC-	Auslassen jedes 5. Feldes, beginnend mit C

Der oben beschriebene Vorgang der Auslassung / Ausblendung von Einzelbildern kann bei Bedarf weitere Male angewendet werden, und es kann eine unterschiedliche Frequenz (Periode) der Auslassung von Einzelbildern verwendet werden. Der Vorgang kann sowohl mit 1D-Linsenanordnungen als auch mit 2D-Linsenanordnungen angewandt werden. Ähnliche Techniken für das Bildmaterial-Design sind in PCT/AU2019/050088 beschrieben, dessen Inhalt hierin durch Bezugnahme in vollem Umfang aufgenommen wird.

Wo in dieser Spezifikation (einschließlich der Ansprüche) die Begriffe "umfassen", "umfasst", " beinhaltet" oder "

beinhaltend" verwendet werden, sind sie so auszulegen, dass sie das Vorhandensein der angegebenen Merkmale, ganzen Zahlen, Schritte oder Komponenten spezifizieren, aber das Vorhandensein eines oder mehrerer anderer Merkmale, ganzer Zahlen, Schritte oder Komponenten oder einer Gruppe davon nicht ausschließen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Erfindung nicht auf die hierin beschriebenen spezifischen Ausführungsformen beschränkt ist, die nur als Beispiel angegeben sind. Der Umfang der Erfindung ist durch die hier angehängten Ansprüche definiert.

Die vorliegende Offenlegung wird in den folgenden Aussagen zusammengefasst:

In einem Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine mikrooptische Vorrichtung bereit, umfassend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; und

Bildelemente, wobei die Bildelemente einer Vielzahl von Zeilensprungbildern zugeordnet sind, und die Bildelemente derart angeordnet sind, dass sie von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen optischen Effekt zu erzeugen,

wobei die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet.

In einer Ausführungsform umfassen die optischen Elemente eine eindimensionale Anordnung von teilzylindrischen Lentikularlinsen. In einer anderen Ausführungsform umfassen die optischen Elemente eine zweidimensionalen Anordnung von

Rundlinsen. In anderen Ausführungsformen können die optischen Elemente eine 1D- oder 2D-Fresnel-Linsenordnung oder eine 1D- oder 2D-Diffraktive Zone Plate (DZP)-Linsenordnung sein.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente Zeilensprungbildern zugeordnet, die eine Animation darstellen, so dass die mikrooptische Vorrichtung einen Animationseffekt darstellt, wenn die Vorrichtung aus verschiedenen Winkeln betrachtet wird.

In einer anderen Ausführungsform sind die Bildelemente mit Zeilensprungbildern verbunden, die ein dreidimensionales (3D) Aussehen eines Objekts oder einer Szene darstellen, so dass die mikrooptische Vorrichtung einen optischen 3D-Effekt erzeugt. In einer Ausführungsform werden die Bildelemente als Bildpixel fester Größe gebildet. Die Bildpixel haben eine feste Größe, z.B. etwa 10 Mikrometer. In einer Ausführungsform haben die Bildpixel eine quadratische oder rechteckige Form und sind in die Oberfläche der optischen Elemente vertieft oder stehen aus dieser hervor.

In einer anderen Ausführungsform sind die Bildelemente zwei Zeilensprungbildern zugeordnet, so dass die mikrooptische Vorrichtung für den Betrachter einen zweikanaligen Bildwechseleffekt erzeugt. In einer Ausführungsform erzeugen die beiden Zeilensprungbilder einen zweikanaligen Bildwechseleffekt, bei dem einer der Bildkanäle leer ist, d.h. die mikrooptische Vorrichtung kein Bildmaterial anzeigt, und der andere Bildkanal ein Anzeigebild erzeugt. In dieser Ausführungsform ist die mikrooptische Vorrichtung als Ein-Aus-Bildschalter konfiguriert. In einer Ausführungsform sind die beiden Zeilensprungbilder Graustufenbilder. In einer Ausführungsform handelt es sich bei den Zeilensprungbildern um

geditherte Halbton-Binärbilder, so dass die Graustufen in den Bildern mit einem aus Bildpunkten bestehenden Binärbild simuliert werden können. In einer Ausführungsform haben die Bildpixel eine feste Größe, z.B. 100 x 100 Mikrometer, und die Frequenz der Bildpixel ist moduliert. In dieser Ausführungsform umfassen die Bildpixel Beugungsgitter.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente zwei Zeilensprungbildern zugeordnet, und die mikrooptische Vorrichtung erzeugt ein Zwei-Bild-Wechsel eines Moiré-Vergrößerungseffekts. In dieser Ausführungsform sind die Bildelemente mikrometergroße Symbole, Zahlen oder Objekte, die dieselben Informationen anzeigen wie die von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugten optischen Moiré - Vergrößerungseffekte. Zum Beispiel, wenn die mikrooptische Vorrichtung dem Betrachter moiré-vergrößerte 5 und A projiziert, dann beinhalten die Bildelemente mikrometergroße Buchstaben 5 und A, die integral mit den optischen Elementen gebildet sind.

In einer anderen Ausführungsform sind die Bildelemente zwei Zeilensprungbildern zugeordnet, und die mikrooptische Vorrichtung erzeugt einen Bildwechseleffekt der Zeilensprungbilder. In einer Ausführungsform beinhaltet jedes Bildelement eine Anordnung von Punkten. In einer Ausführungsform befinden sich die Bildelemente, die das erste Zeilensprungbild darstellen, auf einer linken Seite ihrer entsprechenden optischen Elemente, und die Bildelemente, die ein zweites Bild darstellen, befinden sich auf einer rechten Seite ihrer entsprechenden optischen Elemente.

In einer Ausführungsform beinhalten die optischen Elemente eine eindimensionale Anordnung von Teilzylinderlinsen, und die

Bildelemente enthalten phasenverschobene Bildelemente, wobei der Versatzabstand eine Funktion eines Eingangsgraustufenwertes ist, der aus einem Eingangsgraustufenbild abgeleitet wird.

In einer Ausführungsform können einige der optischen Elemente ein teils konkaves und teils konvexes Oberflächenprofil beinhalten.

In einer Ausführungsform können die Bildelemente vollständig in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein; oder teilweise in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein und sich teilweise in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden; oder einige der Bildelemente können in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein und einige können sich in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente in die Oberflächen der optischen Elemente oder die Räume zwischen benachbarten optischen Elementen vertieft und/oder als Vorsprünge gebildet, die aus den Oberflächen der optischen Elemente oder den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen hervorstehen. Der Abstand der hervorstehenden oder vertieften Bildelemente ist geringer als die maximale Tiefe oder die maximale Höhe der optischen Elemente. Vorzugsweise ist der hervorstehende oder vertiefte Abstand kleiner als 7 Mikrometer, besonders bevorzugt beträgt er bis zu 5 Mikrometer, oder weniger als 2 Mikrometer.

In einer Ausführungsform ist der von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugte optische Effekt von beiden Oberflächen des Substrats aus beobachtbar.

In einer Ausführungsform ist der optische Effekt, der von beiden Oberflächen des Substrats aus beobachtet werden kann, darauf zurückzuführen, dass die Bildelemente von den optischen Elementen abgetastet werden.

In einer Ausführungsform ist der optische Effekt, der von der ersten und der zweiten Oberfläche des Substrats beobachtet werden kann, ein optisch variabler Effekt, und verschiedene optisch variable Effekte sind von verschiedenen Oberflächen des Substrats beobachtbar.

In einigen Ausführungsformen wird auf die Zeilensprungbilder ein Zufallsrauschen aufgebracht. Wenn beispielsweise das Zeilensprung-, Moiré- oder Integral-Bildmaterial-Design ein monochromes Design ist, das aus einem schwarzen Bild auf weißem Hintergrund besteht, und das schwarze Bild auf die optischen Elemente aufgebracht werden soll, dann werden einige der Bildpixel in weiße Pixel umgewandelt, um die Fläche zu verringern, die die Bildelemente in den optischen Elementen einnehmen müssen. In einer bevorzugten Ausführungsform werden weniger als 50 % der Oberfläche der optischen Elemente durch Bildelemente eingenommen.

In einigen Ausführungsformen werden leere Einzelbilder in die Bilder, die im Zeilensprungverfahren verarbeitet werden sollen, eingefügt.

In einigen Ausführungsformen werden einige Einzelbilder in den Zeilensprungbildern weggelassen.

In einer Ausführungsform wird die mikrooptische Vorrichtung durch Prägen eines prägbaren Materials unter Verwendung einer

festen Prägewalze gebildet, wobei die feste Prägewalze Mikrostrukturen beinhaltet, die direkt in einer Oberfläche der Prägewalze gebildet sind, wobei die Mikrostrukturen den optischen Elementen und den Bildelementen der mikrooptischen Vorrichtung entsprechen.

In einigen Ausführungsformen haben die optischen Elemente eine Periode von bis zu 100 Mikrometern, vorzugsweise von 25 bis 65 Mikrometern. Vorzugsweise weisen die Abtastelemente eine maximale Tiefe bzw. Höhe von bis zu 12 Mikrometern, besonders bevorzugt von 2 bis 8 Mikrometern auf.

In einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine mikrooptische Vorrichtung bereit, beinhaltend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; wobei einige der optischen Elemente ein teilweise konkaves und ein teilweise konvexes Oberflächenprofil beinhalten; und Bildelemente, wobei die Bildelemente angeordnet sind, um von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen optischen Effekt zu erzeugen, und die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente einer Vielzahl von Zeilensprungbildern zugeordnet.

In einer Ausführungsform umfassen die optischen Elemente eine eindimensionale Anordnung von teilzylindrischen Lentikularlinsen. In einer anderen Ausführungsform umfassen

die optischen Elemente eine zweidimensionalen Anordnung von runden oder polygonalen Linsen.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente zwei Zeilensprungbildern zugeordnet, und die mikrooptische Vorrichtung erzeugt einen Zwei-Bild-Wechsel eines Moiré-Vergrößerungseffekt. In dieser Ausführungsform sind die Bildelemente mikrometergroße Symbole, Zahlen oder Objekte, die dieselben Informationen anzeigen wie die von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugten optischen Moiré-Vergrößerungseffekte. Zum Beispiel, wenn die mikrooptische Vorrichtung moiré-vergrößerte 5 und A zum Betrachter projiziert, dann beinhalten die Bildelemente mikrometergroße Buchstaben 5 und A, die integral mit den optischen Elementen gebildet sind.

In einer Ausführungsform können die Bildelemente vollständig in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein; oder teilweise in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein und sich teilweise in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden; oder einige der Bildelemente können in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein und einige können sich in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden. In einigen Ausführungsformen sind die Bildelemente derart gebildet, dass sie nicht mehr als 50% der Oberfläche der optischen Elemente einnehmen.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente entweder in die Oberflächen der optischen Elemente oder die Räume zwischen benachbarten optischen Elementen vertieft und/oder als Vorsprünge gebildet, die aus den Oberflächen der optischen Elemente oder den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen hervorstehen. Der Abstand der hervorstehenden oder

vertieften Bildelemente ist geringer als die maximale Tiefe oder die maximale Höhe der optischen Elemente. Vorzugsweise beträgt der vorstehende oder vertiefte Abstand weniger als 7 Mikrometer, besonders bevorzugt beträgt er bis zu 5 Mikrometer oder weniger als 2 Mikrometer.

In einer Ausführungsform ist der von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugte optische Effekt von beiden Oberflächen des Substrats aus zu beobachten.

In einer Ausführungsform ist der von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugte optische Effekt darauf zurückzuführen, dass die Bildelemente durch die optischen Effekte abgetastet werden.

In einer Ausführungsform ist der optische Effekt, der von der ersten und der zweiten Oberfläche des Substrats beobachtet werden kann, ein optisch variabler Effekt, und verschiedene optisch variable Effekte sind von verschiedenen Oberflächen des Substrats beobachtbar.

In einer Ausführungsform wird die mikrooptische Vorrichtung durch Prägen eines prägbaren Materials unter Verwendung einer festen Prägwalze gebildet, wobei die feste Prägwalze Mikrostrukturen beinhaltet, die direkt in einer Oberfläche der Prägwalze gebildet sind, wobei die Mikrostrukturen den optischen Elementen und den Bildelementen der mikrooptischen Vorrichtung entsprechen.

In einer Ausführungsform ändert der optische Effekt sein Erscheinungsbild, wenn die mikrooptische Vorrichtung unter verschiedenen Winkeln betrachtet wird. In einer Ausführungsform ändert sich die Tiefe des optischen Effekts,

wenn die Vorrichtung unter verschiedenen Winkeln betrachtet wird. In einer anderen Ausführungsform ändert sich die Form des optischen Effekts, wenn die Vorrichtung unter verschiedenen Winkeln betrachtet wird. In noch einer weiteren Ausführungsform ändern sich sowohl die Tiefe als auch die Form des optischen Effekts, wenn die Vorrichtung unter verschiedenen Winkeln betrachtet wird.

In einigen Ausführungsformen haben die optischen Elemente eine Periode von bis zu 100 Mikrometern, vorzugsweise von 25 bis 65 Mikrometern. Vorzugsweise weisen die Abtastelemente eine maximale Tiefe bzw. Höhe von bis zu 12 Mikrometern, besonders bevorzugt von 2 bis 8 Mikrometern auf.

In einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine mikrooptische Vorrichtung bereit, beinhaltend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; und

Bildelemente, wobei die Bildelemente angeordnet sind, um von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen optischen Effekt zu erzeugen,

wobei die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet, und sich zumindest einige der Bildelemente zumindest teilweise in Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden.

In einer Ausführungsform befinden sich einige der Bildelemente vollständig in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen.

In einer Ausführungsform ist die Breite der optischen Elemente wesentlich kleiner als der Abstand der optischen Elemente.

In einer Ausführungsform beträgt die Breite der optischen Elemente nicht mehr als 75 % des Abstands der optischen Elemente.

In einigen Ausführungsformen sind die Bildelemente derart gebildet, dass sie nicht mehr als 50 % der Oberfläche der optischen Elemente einnehmen.

In einer Ausführungsform umfassen die optischen Elemente eine eindimensionale Linsenordnung aus teilzylindrischen Lentikularlinsen. In einer anderen Ausführungsform umfassen die optischen Elemente eine zweidimensionale Anordnung von runden oder polygonalen Linsen. In anderen Ausführungsformen können die optischen Elemente eine 2D-Fresnel-Linsenordnung oder eine DZP-Linsenordnung sein.

In einer Ausführungsform umfassen die optischen Elemente eine zweidimensionale Linsenordnung, wobei einige der Linsen innerhalb der Linsenordnung ein teilweise konkaves und teilweise konvexes Oberflächenprofil beinhalten.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente entweder in die Oberflächen der optischen Elemente oder die Räume zwischen benachbarten optischen Elementen vertieft und/oder als Vorsprünge gebildet, die aus den Oberflächen der optischen Elemente oder den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen hervorsteht. Der Abstand der hervorstehenden oder vertieften Bildelemente ist geringer als die maximale Tiefe oder die maximale Höhe der optischen Elemente. Vorzugsweise beträgt der hervorstehende oder vertiefte Abstand weniger als

7 Mikrometer, besonders bevorzugt beträgt er bis zu 5 Mikrometer oder weniger als 2 Mikrometer.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente einer Vielzahl von Zeilensprungbildern zugeordnet.

In einer anderen Ausführungsform sind die Bildelemente Zeilensprungbildern zugeordnet, die ein dreidimensionales (3D) Aussehen eines Objekts oder einer Szene darstellen, so dass die mikrooptische Vorrichtung einen 3D-Effekt erzeugt. In einer Ausführungsform werden die Bildelemente als Bildpixel fester Größe gebildet. Die Bildpixel haben eine feste Größe, z.B. etwa 10 Mikrometer. In einer Ausführungsform haben die Bildpixel eine quadratische oder rechteckige Form und sind in die Oberfläche der optischen Elemente vertieft oder stehen aus ihr hervor.

In einer anderen Ausführungsform sind die Bildelemente zwei Zeilensprungbildern zugeordnet, und die mikrooptische Vorrichtung erzeugt einen Bildwechseleffekt der Zeilensprungbilder. In einer Ausführungsform beinhaltet jedes Bildelement eine Anordnung von Punkten. In einer Ausführungsform befinden sich die Bildelemente, die das erste Zeilensprungbild darstellen, im Wesentlichen auf einer linken Seite ihrer entsprechenden optischen Elemente, und die Bildelemente, die ein zweites Bild darstellen, befinden sich im Wesentlichen auf einer rechten Seite ihrer entsprechenden optischen Elemente.

In einer Ausführungsform beinhalten die optischen Elemente eine eindimensionale Anordnung von Teilzylinderlinsen, und die Bildelemente enthalten phasenverschobene Bildelemente, wobei der Versatzabstand eine Funktion eines von einem

Eingangsgraustufenbild abgeleiteten Eingangsgraustufenwertes ist.

In einer Ausführungsform ist der von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugte optische Effekt von beiden Oberflächen des Substrats beobachtbar.

In einer Ausführungsform ist der von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugte optische Effekt darauf zurückzuführen, dass die Bildelemente durch die optischen Effekte abgetastet werden.

In einer Ausführungsform ist der optische Effekt, der von der ersten und der zweiten Oberfläche des Substrats beobachtet werden kann, ein optisch variabler Effekt, und verschiedene optisch variable Effekte sind von verschiedenen Oberflächen des Substrats beobachtbar.

In einigen Ausführungsformen wird auf die Zeilensprungbilder ein Zufallsrauschen aufgebracht. Wenn beispielsweise das Zeilensprung-, Moiré- oder Integral-Bildmaterial-Design ein monochromes Design ist, das aus einem schwarzen Bild auf weißem Hintergrund besteht, und das schwarze Bild auf die optischen Elemente aufgebracht werden soll, dann werden einige der Bildpixel in weiße Pixel umgewandelt, um die Fläche zu verringern, die die Bildelemente in den optischen Elementen einnehmen müssen. In einer bevorzugten Ausführungsform werden weniger als 50 % der Oberfläche der optischen Elemente durch Bildelemente eingenommen.

In einigen Ausführungsformen werden leere Einzelbilder in die Bilder, die im Zeilensprungverfahren verarbeitet werden sollen, eingefügt.

In einigen Ausführungsformen werden einige Einzelbilder in den Zeilensprungbildern weggelassen.

In einer Ausführungsform wird die mikrooptische Vorrichtung durch Prägen eines prägbaren Materials unter Verwendung einer festen Prägewalze gebildet, wobei die feste Prägewalze Mikrostrukturen beinhaltet, die direkt in einer Oberfläche der Prägewalze gebildet sind, wobei die Mikrostrukturen den optischen Elementen und den Bildelementen der mikrooptischen Vorrichtung entsprechen.

In einigen Ausführungsformen haben die optischen Elemente eine Periode von bis zu 100 Mikrometern, vorzugsweise von 25 bis 65 Mikrometern. Vorzugsweise weisen die Abtastelemente eine maximale Tiefe bzw. Höhe von bis zu 12 Mikrometern, besonders bevorzugt von 2 bis 8 Mikrometern auf.

In einer Ausführungsform ist die eindimensionale Linsenanordnung aus teilzylindrischen Lentikularlinsen derart gebildet, dass sie eine Linsenbreite von 60 Mikrometern, einen Linsenabstand von 63,5 Mikrometern und einen Linsendurchhang von 10 Mikrometern aufweist.

In einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine mikrooptische Vorrichtung bereit, beinhaltend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; und

Bildelemente, die integral in einer Oberfläche der optischen Elemente gebildet sind, wobei eine Winkeldrehung eines Bildelements relativ zu seinem entsprechenden optischen Element eine Funktion eines Eingangsgraustufenwertes ist.

In einer Ausführungsform sind die optischen Elemente und die Bildelemente als eine einheitliche Struktur gebildet, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet.

In einer Ausführungsform wird der Eingangsgraustufenwerte von einem Eingangsgraustufenbild abgeleitet.

In einer Ausführungsform sind die optischen Elemente konkave Linsenelemente, und die Bildelemente sind Halbscheiben, die die Hälfte der Oberfläche jedes konkaven Linsenelements einnehmen.

In einer Ausführungsform erzeugt die mikrooptische Vorrichtung einen Kontrastumschalteffekt beim Kippen und/oder Drehen der Vorrichtung.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente einer Vielzahl von Zeilensprungbildern zugeordnet.

In einer Ausführungsform sind die Bildelemente Zeilensprungbildern zugeordnet, die eine Animation darstellen, so dass die mikrooptische Vorrichtung einen Animationseffekt darstellt, wenn die Vorrichtung in aufeinanderfolgenden Winkeln betrachtet wird.

In einer anderen Ausführungsform umfassen die optischen Elemente eine zweidimensionale Anordnung von runden oder polygonalen Linsen. In einer Ausführungsform beinhalten die optischen Elemente teils konkave und teils konvexe Linsen.

In einer Ausführungsform ist der von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugte optische Effekt von beiden Oberflächen des Substrats aus zu beobachten.

In einer Ausführungsform sind die von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugten optischen Effekte, die von beiden Oberflächen des Substrats aus beobachtet werden können, beide auf die Bildelemente zurückzuführen, die durch die optischen Effekte abgetastet werden.

In einer Ausführungsform ist der optische Effekt, der von der ersten und der zweiten Oberfläche des Substrats beobachtet werden kann, ein optisch variabler Effekt, und verschiedene optisch variable Effekte sind von verschiedenen Oberflächen des Substrats beobachtbar.

In einer Ausführungsform können die Bildelemente vollständig in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein; oder teilweise in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein und sich teilweise in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden; oder einige der Bildelemente können in den Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein und einige können sich in den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden. In einigen Ausführungsformen sind die Bildelemente derart gebildet, dass sie nicht mehr als 50% der Oberfläche der optischen Elemente einnehmen.

In einigen Ausführungsformen wird auf die Zeilensprungbilder ein Zufallsrauschen aufgebracht. Wenn beispielsweise das Zeilensprung-, Moiré- oder Integral-Bildmaterial-Design ein monochromes Design ist, das aus einem schwarzen Bild auf weißem Hintergrund besteht, und das schwarze Bild auf die optischen Elemente aufgebracht werden soll, dann werden einige

der Bildpixel in weiße Pixel umgewandelt, um die Fläche zu verringern, die die Bildelemente in den optischen Elementen einnehmen müssen. In einer bevorzugten Ausführungsform werden weniger als 50 % der Oberfläche der optischen Elemente durch Bildelemente eingenommen.

In einigen Ausführungsformen werden leere Einzelbilder in die Bilder, die im Zeilensprungverfahren verarbeitet werden sollen, eingefügt.

In einigen Ausführungsformen werden einige Einzelbilder in den Zeilensprungbildern weggelassen.

In einer Ausführungsform wird die mikrooptische Vorrichtung durch Prägen eines prägbaren Materials unter Verwendung einer festen Prägewalze gebildet, wobei die feste Prägewalze Mikrostrukturen beinhaltet, die direkt in einer Oberfläche der Prägewalze gebildet sind, wobei die Mikrostrukturen den optischen Elementen und den Bildelementen der mikrooptischen Vorrichtung entsprechen.

In einigen Ausführungsformen haben die optischen Elemente eine Periode von bis zu 100 Mikrometern, vorzugsweise von 25 bis 65 Mikrometern. Vorzugsweise weisen die Abtastelemente eine maximale Tiefe bzw. Höhe von bis zu 12 Mikrometern, besonders bevorzugt von 2 bis 8 Mikrometern auf.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Offenbarung stellt ein Verfahren zur Bildung eines Werkzeugs für die Fertigung einer mikrooptischen Vorrichtung dar, wobei das Verfahren die folgenden Schritte beinhaltet:

Beschichten einer Prägewalze mit einer Resistschicht;

Aussetzen eines ersten Bereichs der Prägewalze an einen Laser;

Entfernen des Resists in dem ersten Bereich;

Ätzen der Prägewalze in dem ersten Bereich;

Entfernen der verbleibenden ersten Resistschicht;

Beschichten der Prägewalze mit einer zweiten Resistschicht;

Aussetzen eines zweiten Bereichs der Prägewalze an einen zweiten Laser;

Entfernen der zweiten Resistschicht in dem zweiten Bereich;

Ätzen der Prägewalze in dem zweiten Bereich;

Entfernen der verbleibenden zweiten Resistschicht.

In einer Ausführungsform entspricht der erste Bereich den Bildelementen der mikrooptischen Vorrichtung, und der zweite Bereich entspricht den optischen Elementen der mikrooptischen Vorrichtung.

In einer Ausführungsform werden die erste und die zweite Schicht des Resists durch eine Entwicklerlösung entfernt.

In einer Ausführungsform wird das Ätzen der Prägewalze durch Eintauchen der Prägewalze in ein chemisches Ätzmittel erreicht.

In einer Ausführungsform wird die Prägewalze in dem ersten Ätzschritt mit einer geringeren Tiefe geätzt und in dem zweiten Ätzschritt mit einer größeren Tiefe geätzt.

In einer Ausführungsform wird die zweite Resistschicht derart aufgebracht, dass sie im Wesentlichen die Prägewalze, die den

ersten Bereich beinhaltet, der bereits durch das chemische Ätzmittel geätzt wurde, bedeckt.

In einer Ausführungsform wird die Prägwalze nach dem ersten Ätzschritt bis zu einer Tiefe von 5 Mikrometern geätzt, und die Prägwalze wird nach dem zweiten Ätzschritt bis zu einer Tiefe von 10 Mikrometern geätzt.

In einer Ausführungsform ist der zweite Ätzschritt angeordnet, um in den ersten Bereich zu ätzen, so dass in einigen Bereichen eine Gesamttiefe von bis zu 15 Mikrometern geätzt wird.

In einer Ausführungsform ist die Prägwalze verchromt, um ihre Haltbarkeit zu verbessern.

In einer Ausführungsform überlappen sich der erste und der zweite Bereich zumindest teilweise.

In einer Ausführungsform wird das Werkzeug verwendet, um eine einheitliche Struktur der mikrooptischen Vorrichtung zu prägen, die sowohl die optischen Elemente als auch die Bildelemente in einem einzigen Prägeschritt beinhaltet.

In einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung ein Verfahren zur Fertigung der mikrooptischen Vorrichtung des ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften Aspekts der vorliegenden Offenbarung bereit, indem eine Schicht aus prägbarem Material in einem einzigen Prägeschritt geprägt wird.

In einer Ausführungsform wird das Prägen des prägbaren Materials mit dem Werkzeug des sechsten Aspekts durchgeführt.

In einer Ausführungsform ist das prägbare Material ein härgbares Harz, vorzugsweise ein UV-härtbares Harz.

In einer Ausführungsform ist das Substrat ein Polymersubstrat.

In einer Ausführungsform ist das Substrat ein klares BOPP-Banknotensubstrat.

In einer anderen Ausführungsform ist das Substrat opak.

In einer Ausführungsform ist eine reflektierende Schicht bereitgestellt, um die Sichtbarkeit der optischen Wirkung(en) zu verbessern. Die reflektierende Schicht kann zwischen dem Substrat und der mikrooptischen Vorrichtung oder alternativ zwischen der mikrooptischen Vorrichtung und einem Betrachter bereitgestellt sein, z.B. als eine dünne lichtdurchlässige Beschichtung über den optischen Elementen und den Bildelementen.

In einer Ausführungsform ist ein Schutzüberzug vorgesehen, um das Kopieren der mikrooptischen Vorrichtung zu verhindern.

In einer Ausführungsform ist der von der mikrooptischen Vorrichtung erzeugte optische Effekt ein doppelseitiger, optisch variabler Effekt. In einer Ausführungsform zeigt der optische Effekt unterschiedliche visuelle Erscheinungen, wenn die mikrooptische Vorrichtung von verschiedenen Seiten des Substrats aus betrachtet wird.

In einigen Ausführungsformen kann den Zeilensprungbildern Rauschen hinzugefügt werden, um die Fläche zu verringern, die die Bildelemente auf der Oberfläche der optischen Elemente

einnehmen müssen. Alternativ dazu können leere Einzelbilder eingefügt und/oder Einzelbilder weggelassen werden.

In einer oder mehreren Ausführungsformen sind die optischen Elemente und die Bildelemente in eine einheitliche Struktur integriert.

In einer oder mehreren Ausführungsformen ist die Mehrzahl der Bildelemente gegenüber den optischen Elementen vertieft.

In einer oder mehreren Ausführungsformen ist die Mehrzahl der Bildelemente in Bezug auf die optischen Elemente erhöht.

## Patentansprüche:

## 1. Mikrooptische Vorrichtung beinhaltend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; und

Bildelemente,

wobei die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet; und

wobei die Bildelemente derart angeordnet sind, dass sie von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen ersten optischen Effekt zu erzeugen, der von der ersten Oberfläche des Substrats beobachtet werden kann, und die gleichen Bildelemente angeordnet sind, um von den optischen Elementen abgetastet zu werden, um einen zweiten optischen Effekt zu erzeugen, der von der zweiten Oberfläche des Substrats beobachtet werden kann.

2. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die ersten und zweiten optischen Effekte sowohl in der Transmission als auch in der Reflexion von jeder Oberfläche des Substrats beobachtet werden können.

3. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei sowohl der erste optische Effekt als auch der zweite optische Effekt optisch variable Effekte sind.

4. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der erste optische Effekt und der zweite optische Effekt unterschiedliche optische variable Effekte sind.

5. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei sowohl der erste als auch der zweite optische Effekt Moiré-Vergrößerungseffekte oder Integralbildeffekte sind.

6. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei eine wahrgenommene Tiefenwirkung der Moiré-Vergrößerungseffekte oder Integralbildeffekte invertiert wird, wenn die mikrooptische Vorrichtung von der gegenüberliegenden Seite des Substrats aus betrachtet wird.

7. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei eine wahrgenommene Tiefenwirkung der Moiré-Vergrößerungseffekte umgekehrt wird, wenn die mikrooptische Vorrichtung in Reflexion, aber nicht in Transmission betrachtet wird.

8. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Bildelemente einer Vielzahl von Zeilensprungbildern, Moirébildern oder Integralbildern zugeordnet sind.

9. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Bildelemente Zeilensprungbildern zugeordnet sind, die eine Animation darstellen, so dass die mikrooptische Vorrichtung einen Animationseffekt zeigt, wenn die Vorrichtung aus aufeinanderfolgenden Winkeln betrachtet wird.

10. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Bildelemente Zeilensprungbildern zugeordnet sind, die ein dreidimensionales (3D) Erscheinungsbild eines Objekts oder einer Szene darstellen, so dass die mikrooptische Vorrichtung einen 3D-Effekt erzeugt.

11. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Bildelemente als Bildpixel fester Größe gebildet sind, z.B. haben die Bildpixel eine quadratische oder rechteckige Form von etwa 10 Mikrometern und sind in die Oberfläche der optischen Elemente vertieft oder stehen aus ihr hervor.

12. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Bildelemente zwei Zeilensprungbildern zugeordnet sind und die mikrooptische Vorrichtung einen Bildumkehreffekt der Zeilensprungbilder erzeugt.

13. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei jedes Bildelement eine Anordnung von Punkten beinhaltet und sich die Bildelemente, die das erste Zeilensprungbild darstellen, im Wesentlichen auf einer linken Seite ihrer entsprechenden optischen Elemente befinden, und sich die Bildelemente, die ein zweites Bild darstellen, im Wesentlichen auf einer rechten Seite ihrer entsprechenden optischen Elemente befinden.

14. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die optischen Elemente eine eindimensionale Anordnung von Teilzylinderlinsen beinhalten und die Bildelemente phasenverschobene Bildelemente beinhalten, wobei der Versatzabstand eine Funktion eines Eingangsgraustufenwertes ist, der aus einem Eingangsgraustufenbild abgeleitet wird.

15. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die optischen Elemente teils konkave und teils konvexe Linsen beinhalten.

16. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Bildelemente vollständig in Oberflächen der optischen Elemente gebildet sind; oder teilweise in Oberflächen der optischen Elemente gebildet sind und sich teilweise in Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden; oder einige der Bildelemente in Oberflächen der optischen Elemente gebildet sein können und sich einige in Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen befinden können.

17. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die Bildelemente derart gebildet sind, dass sie nicht mehr als 50 % der Oberfläche der optischen Elemente einnehmen.

18. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei die Bildelemente entweder in Oberflächen der optischen Elemente oder in Räume zwischen benachbarten optischen Elementen vertieft sind oder als Vorsprünge gebildet sind, die aus den Oberflächen der optischen Elemente oder den Räumen zwischen benachbarten optischen Elementen hervorstehen, wobei der hervorstehende oder vertiefte Abstand der Figurelemente kleiner ist als die maximale Tiefe oder die maximale Höhe der optischen Elemente.

19. Mikrooptische Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei der hervorstehende oder vertiefte Abstand weniger als 7 Mikrometer, vorzugsweise bis zu 5 Mikrometer oder weniger als 2 Mikrometer beträgt.

20. Mikrooptische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei eine reflektierende Schicht bereitgestellt ist, um die Sichtbarkeit des/der optischen Effekts/Effekte zu verbessern, wobei die reflektierende Schicht zwischen dem

Substrat und der mikrooptischen Vorrichtung oder zwischen der mikrooptischen Vorrichtung und einem Betrachter als eine dünne durchscheinende Beschichtung über den optischen Elementen und den Bildelementen bereitgestellt ist.

21. Mikrooptische Vorrichtung, umfassend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

optische Elemente; und

Bildelemente, wobei die Bildelemente einer Vielzahl von Zeilensprung-Einzelbildern zugeordnet sind, und die Bildelemente derart angeordnet sind, dass sie von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen optischen Effekt zu erzeugen,

wobei die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet.

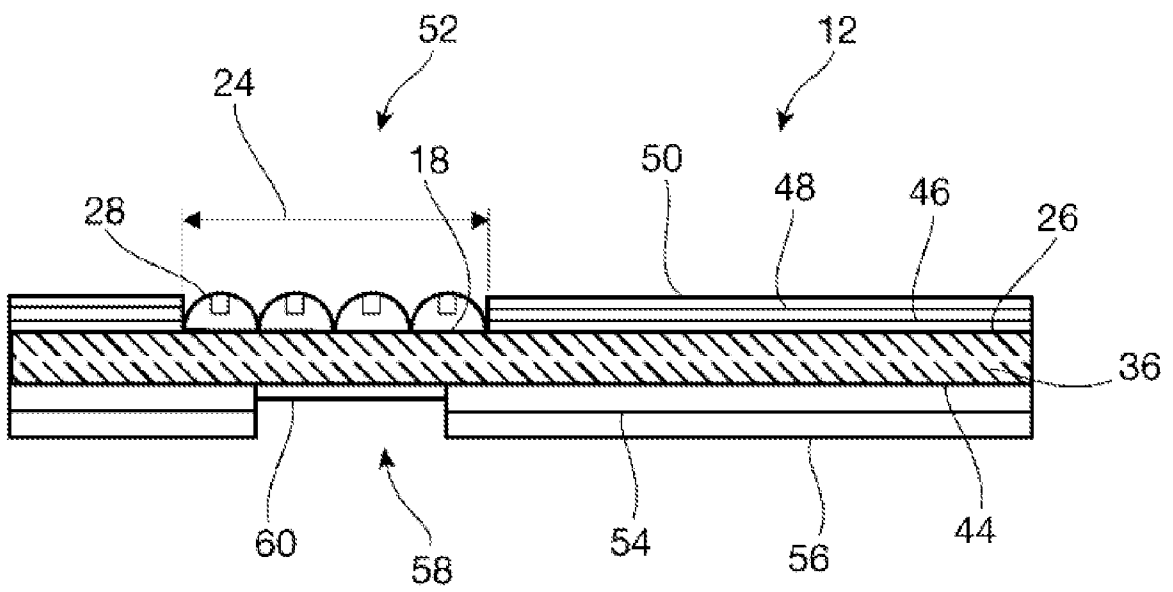
22. Mikrooptische Vorrichtung beinhaltend:

ein Substrat, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche beinhaltet;

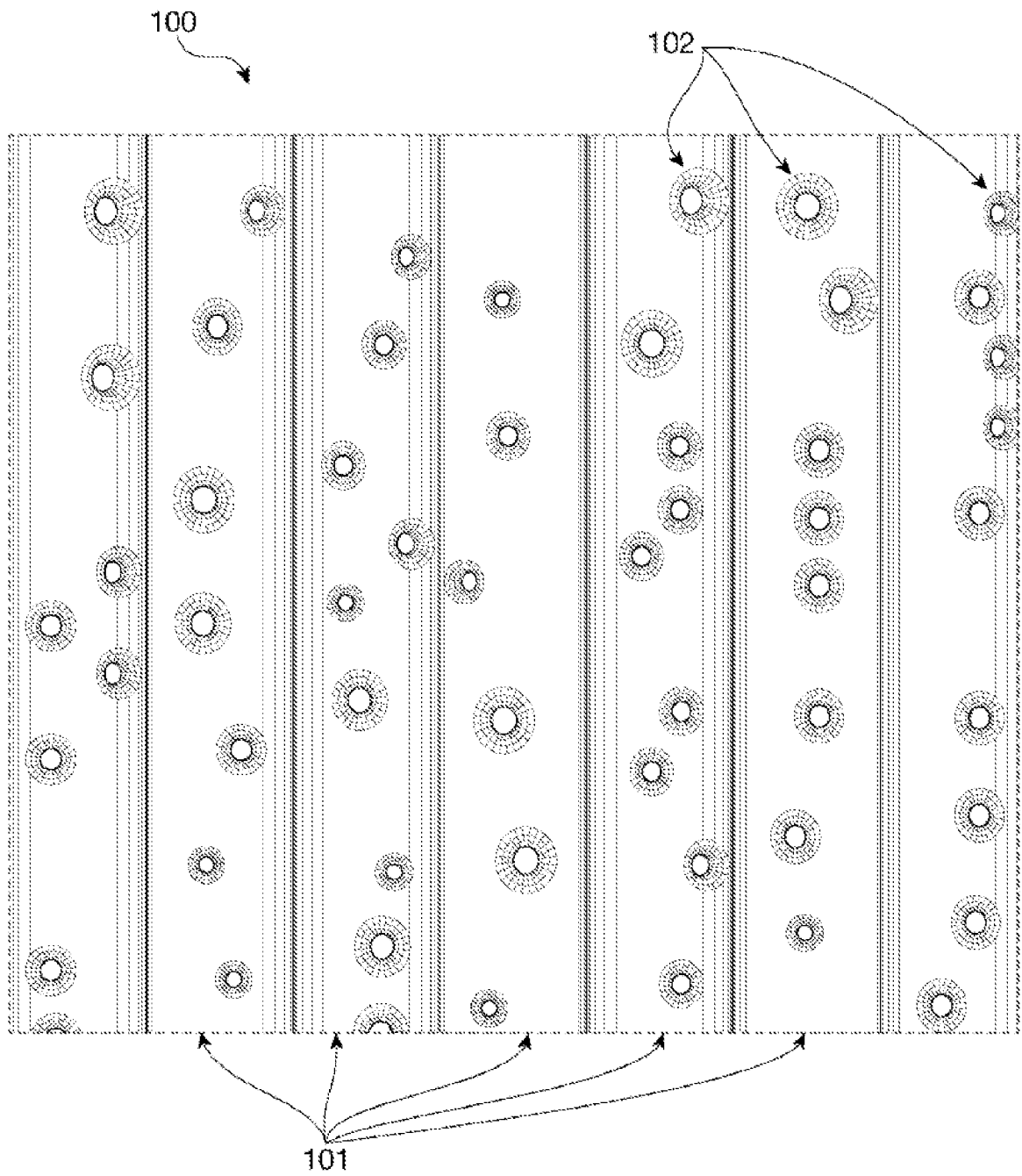
optische Elemente, wobei einige der optischen Elemente zusammengesetzte optische Elemente sind, wobei jedes optische Element ein teilweise konkaves und ein teilweise konvexes Oberflächenprofil beinhaltet; und

Bildelemente, wobei die Bildelemente angeordnet sind, um von den optischen Elementen abgetastet werden, um einen optischen Effekt zu erzeugen, und die optischen Elemente und die Bildelemente integral als eine einheitliche Struktur gebildet sind, die sich auf der ersten oder der zweiten Oberfläche des Substrats befindet.

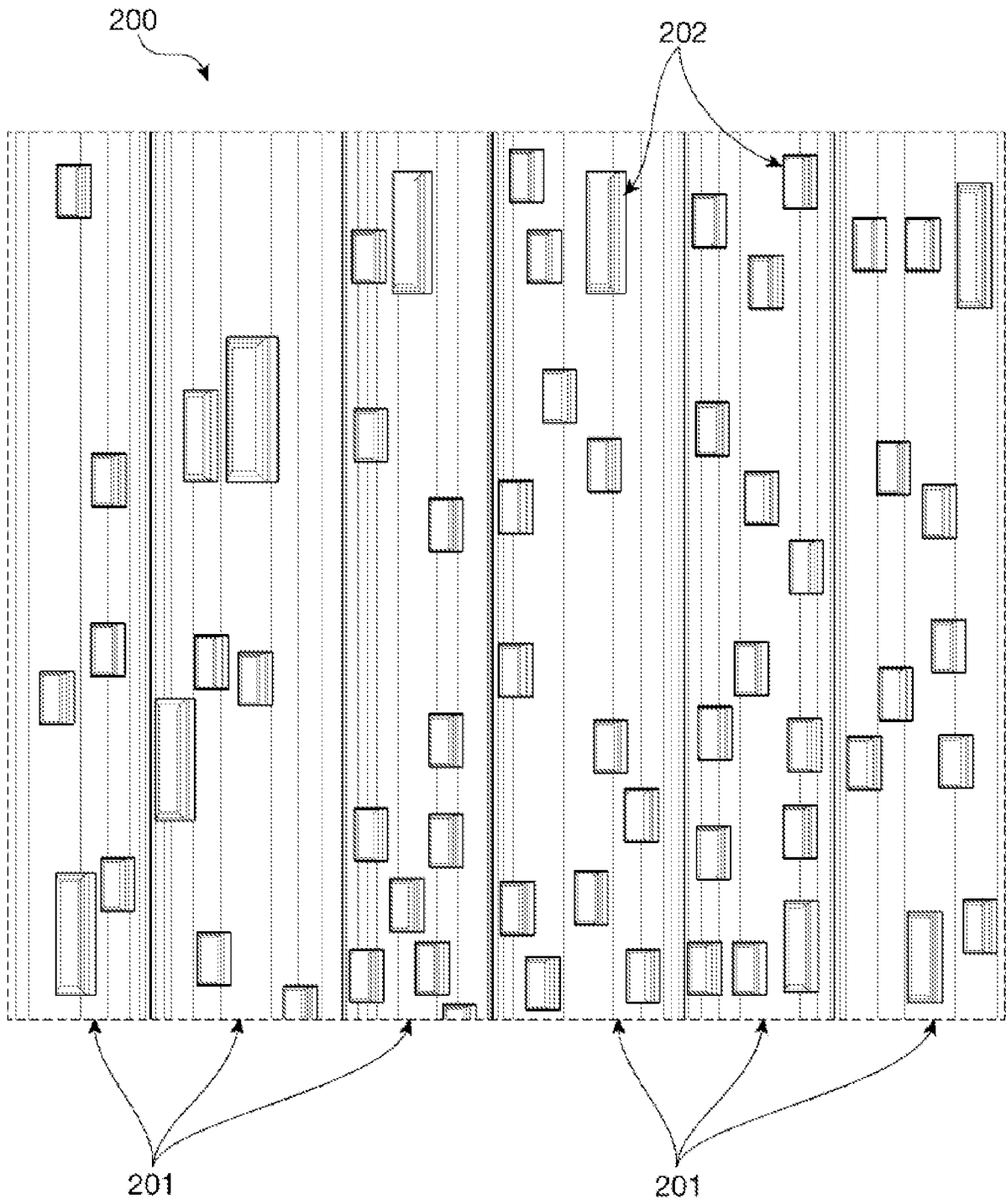




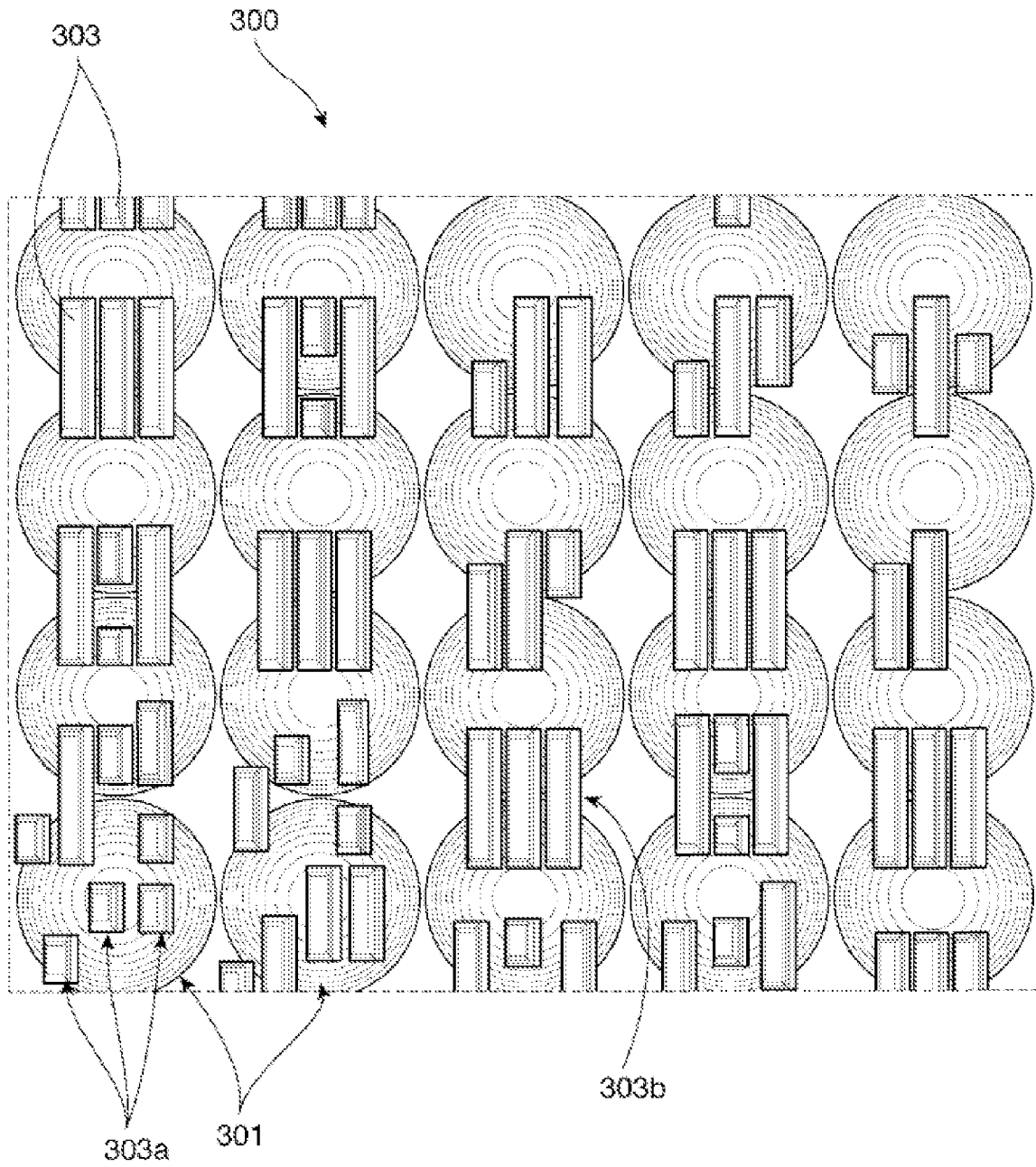
Figur 2



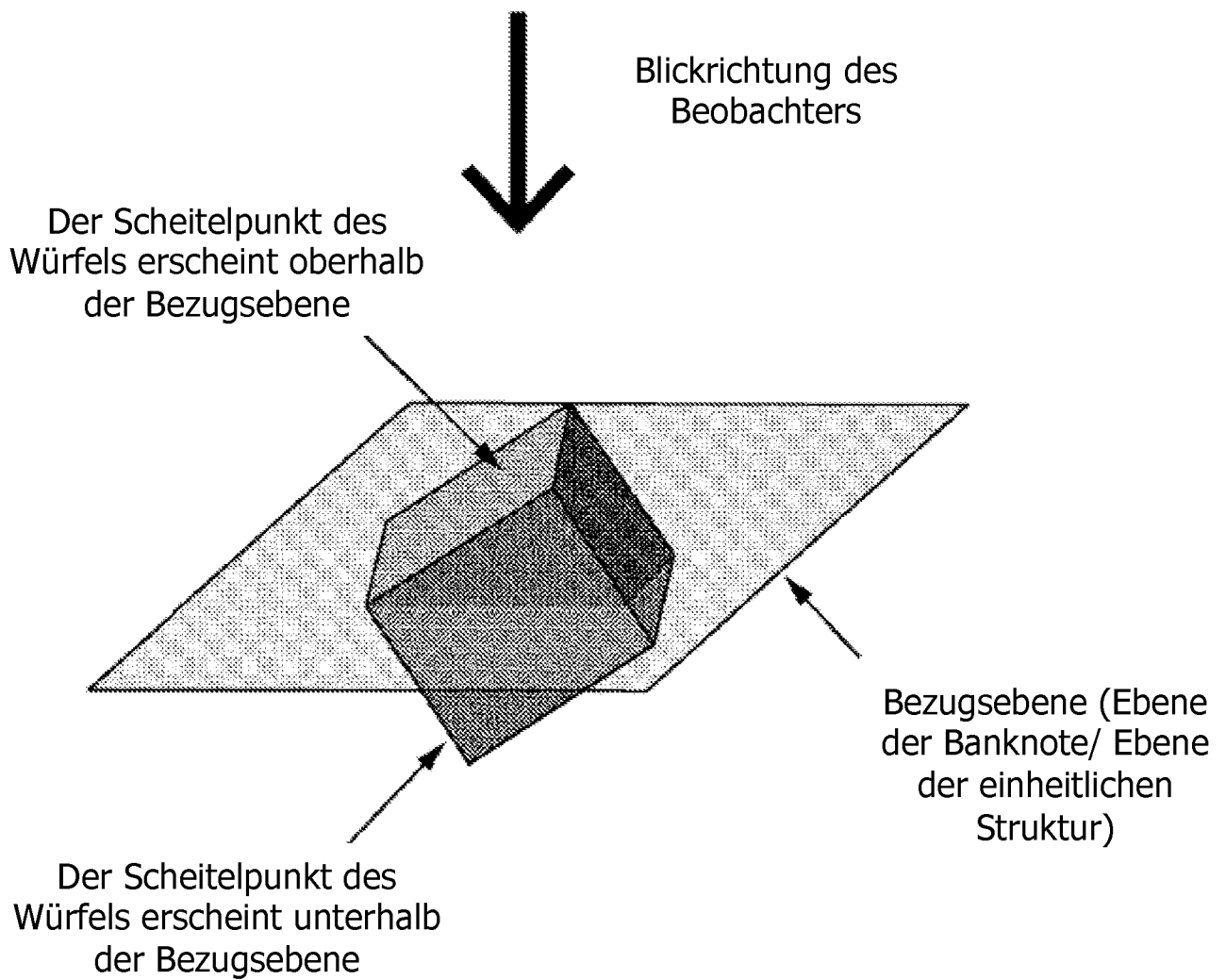
Figur 3



Figur 4



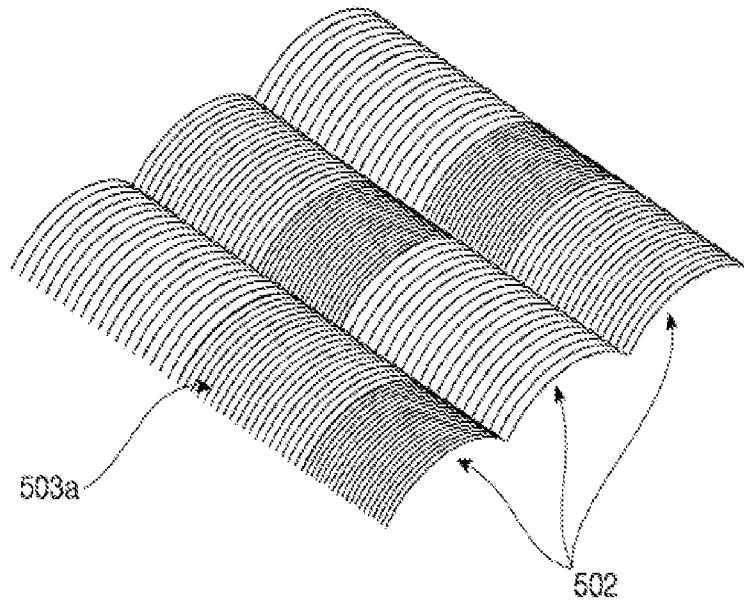
Figur 5A



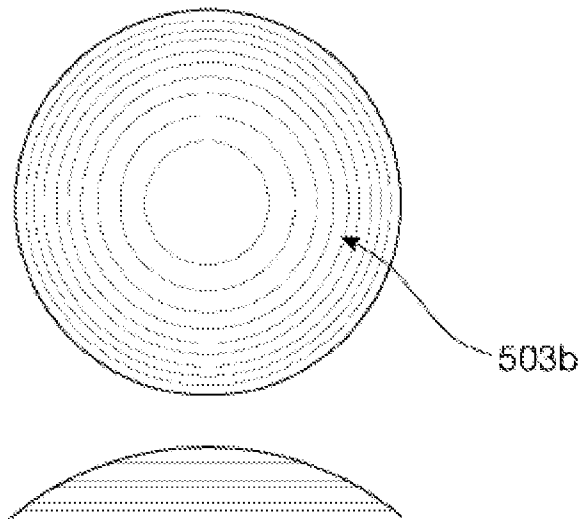
Figur 5B



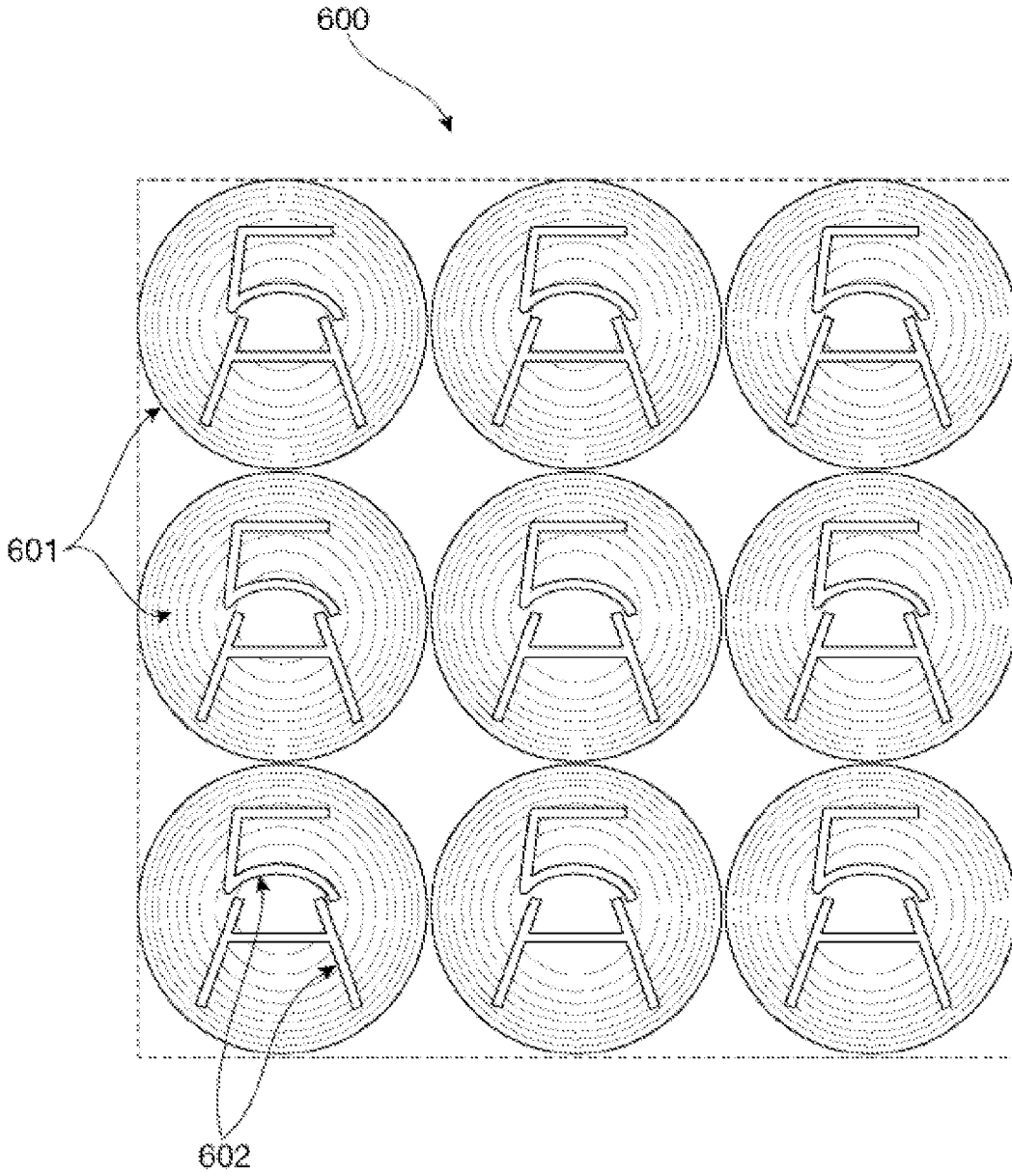
Figur 6



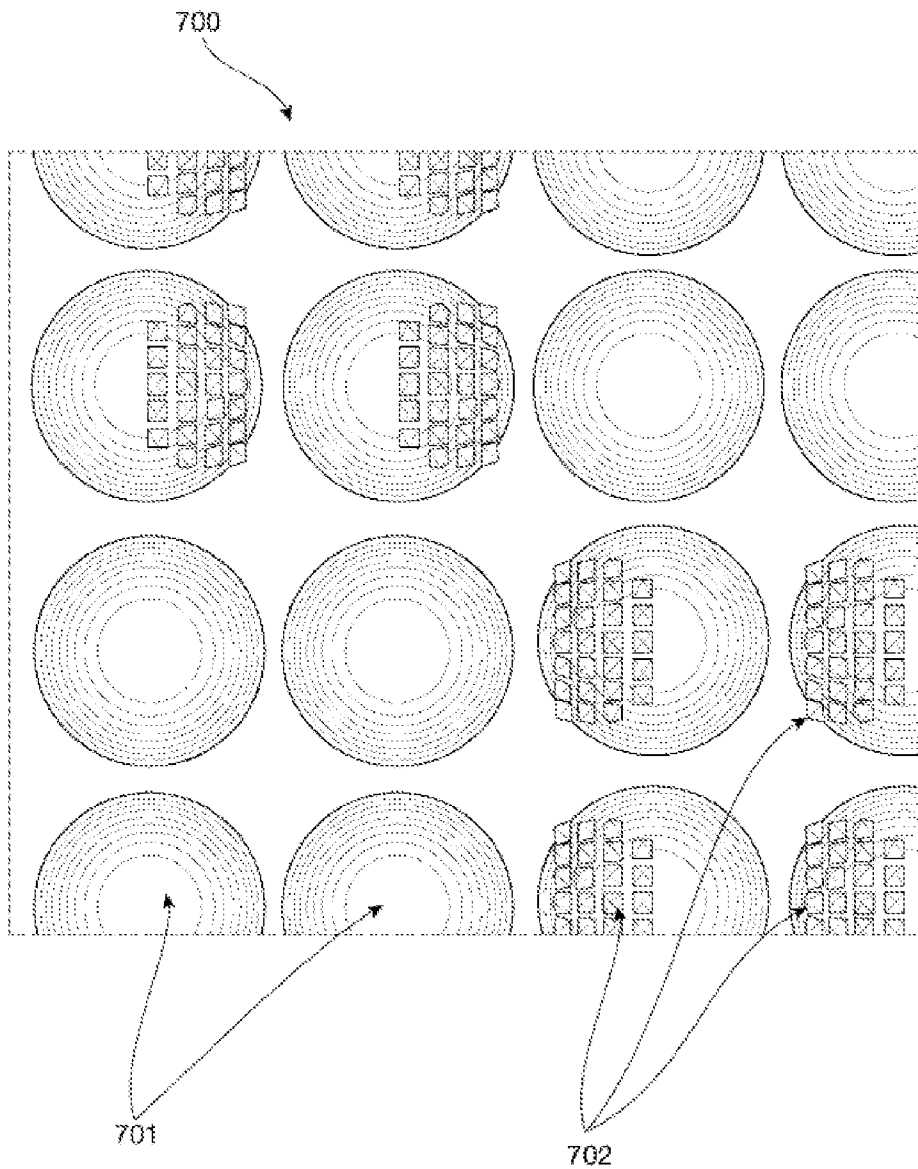
Figur 7A



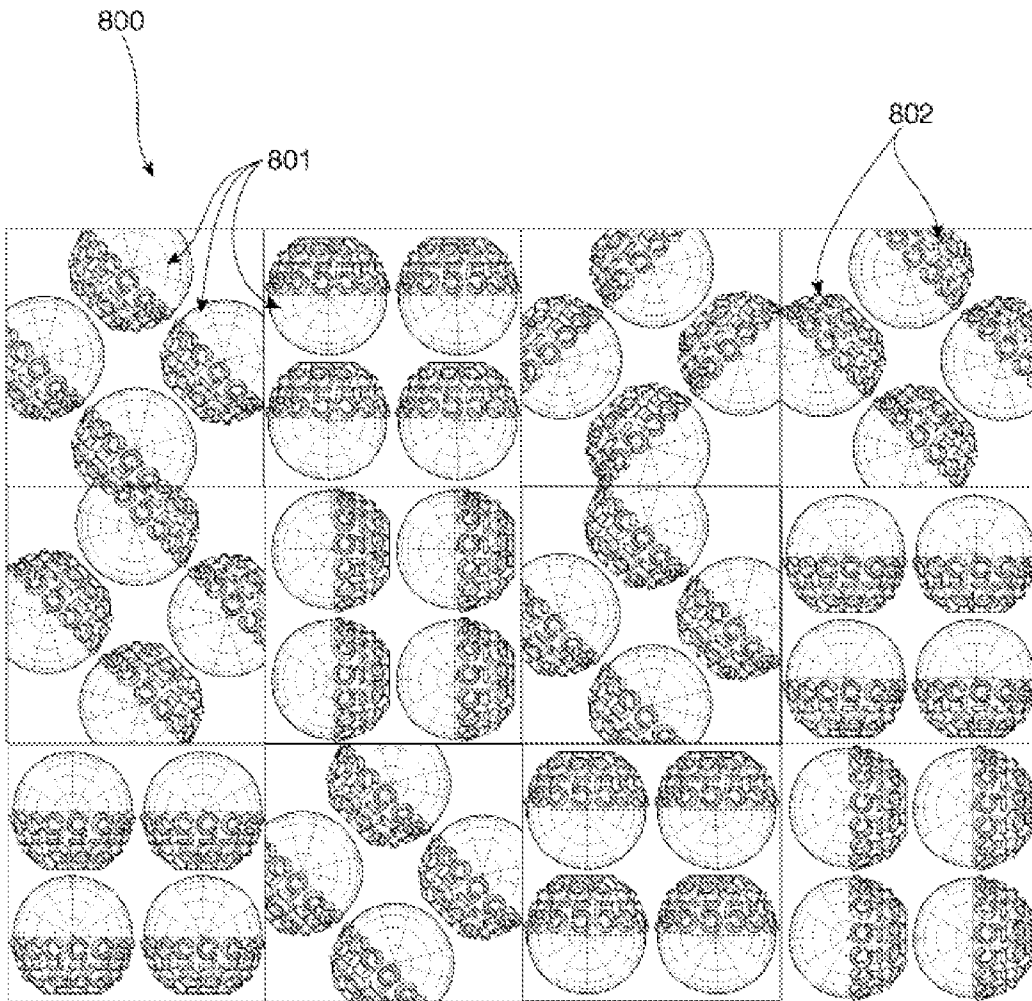
Figur 7B



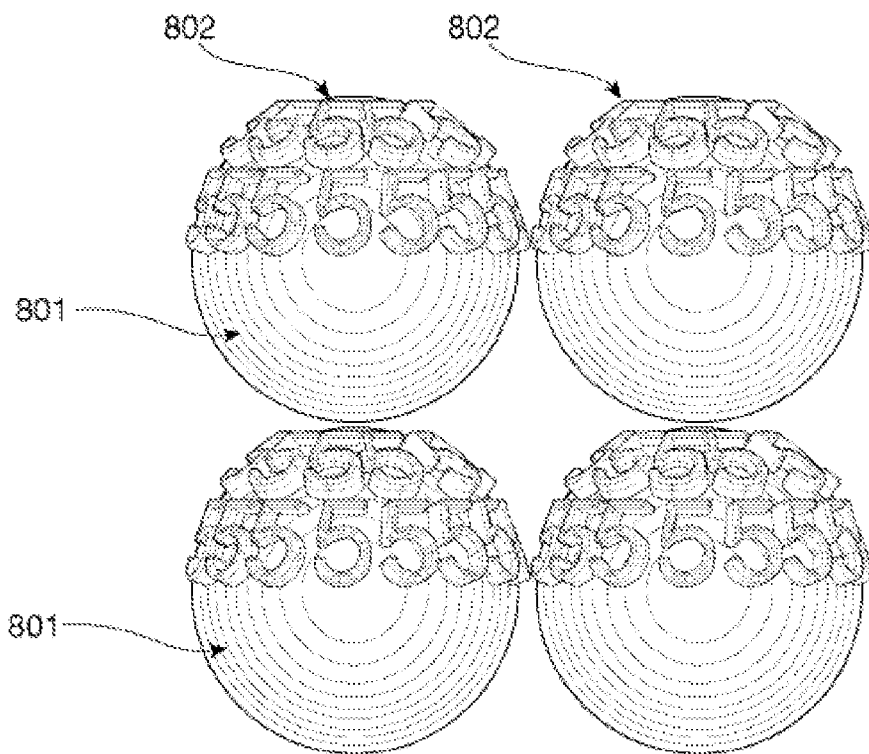
Figur 8



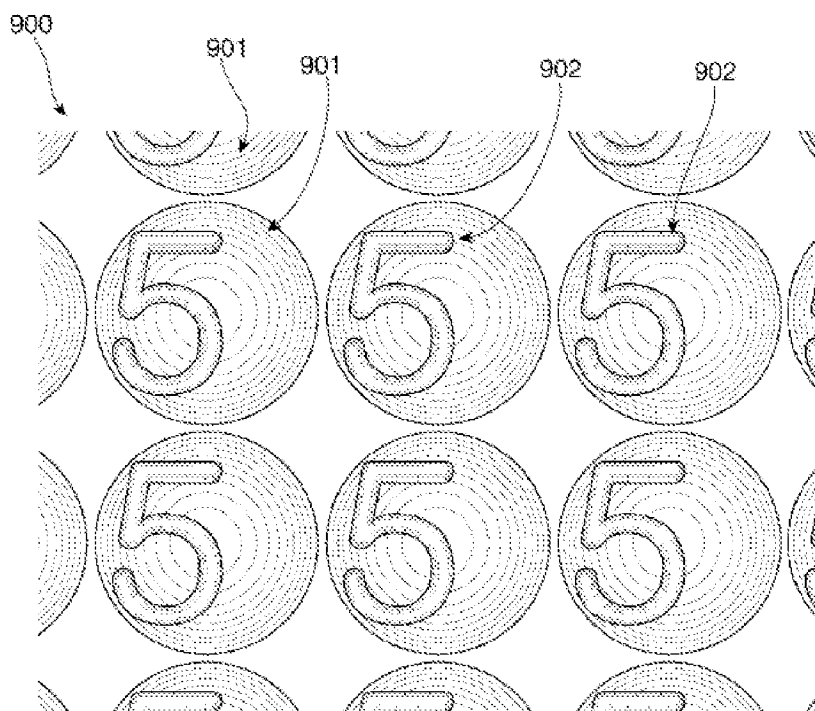
Figur 9



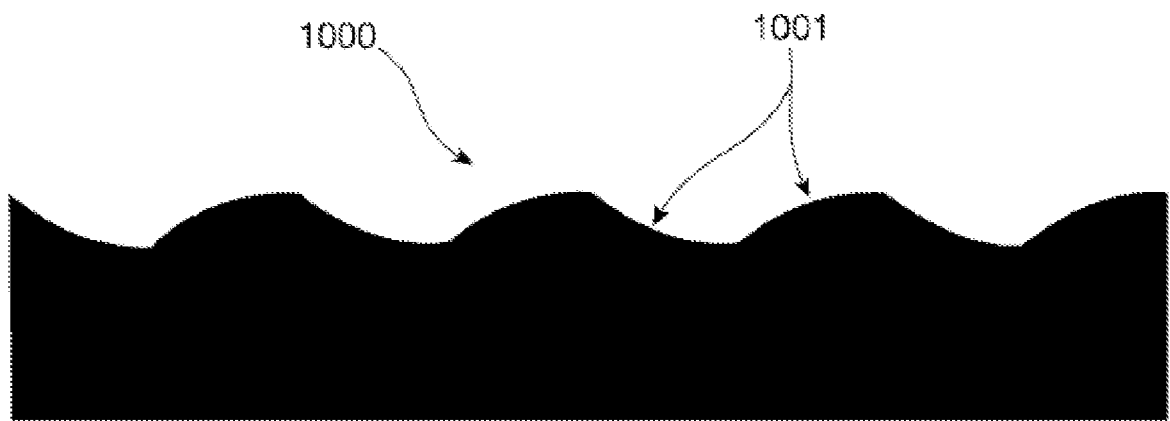
Figur 10A



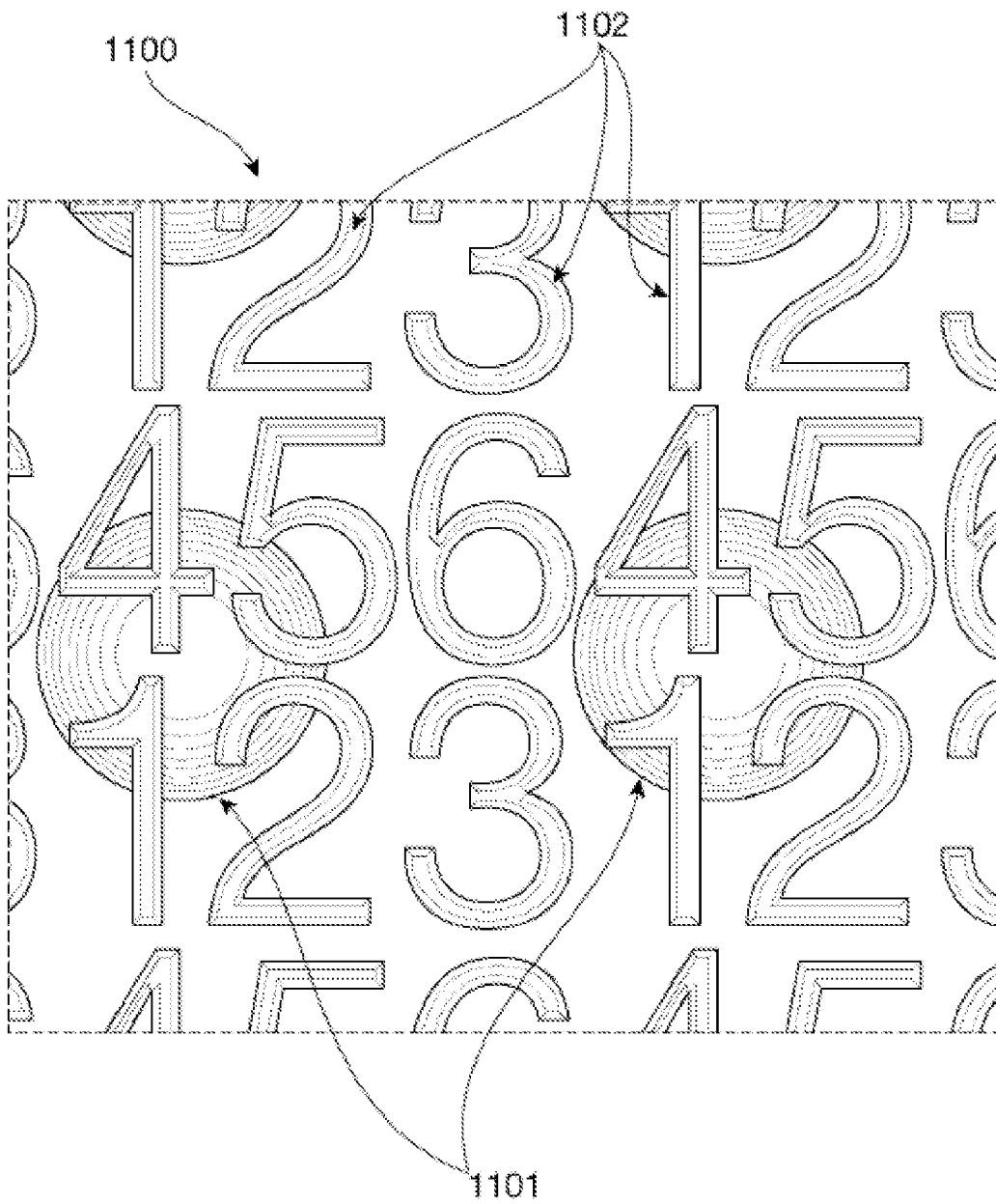
Figur 10B



Figur 11

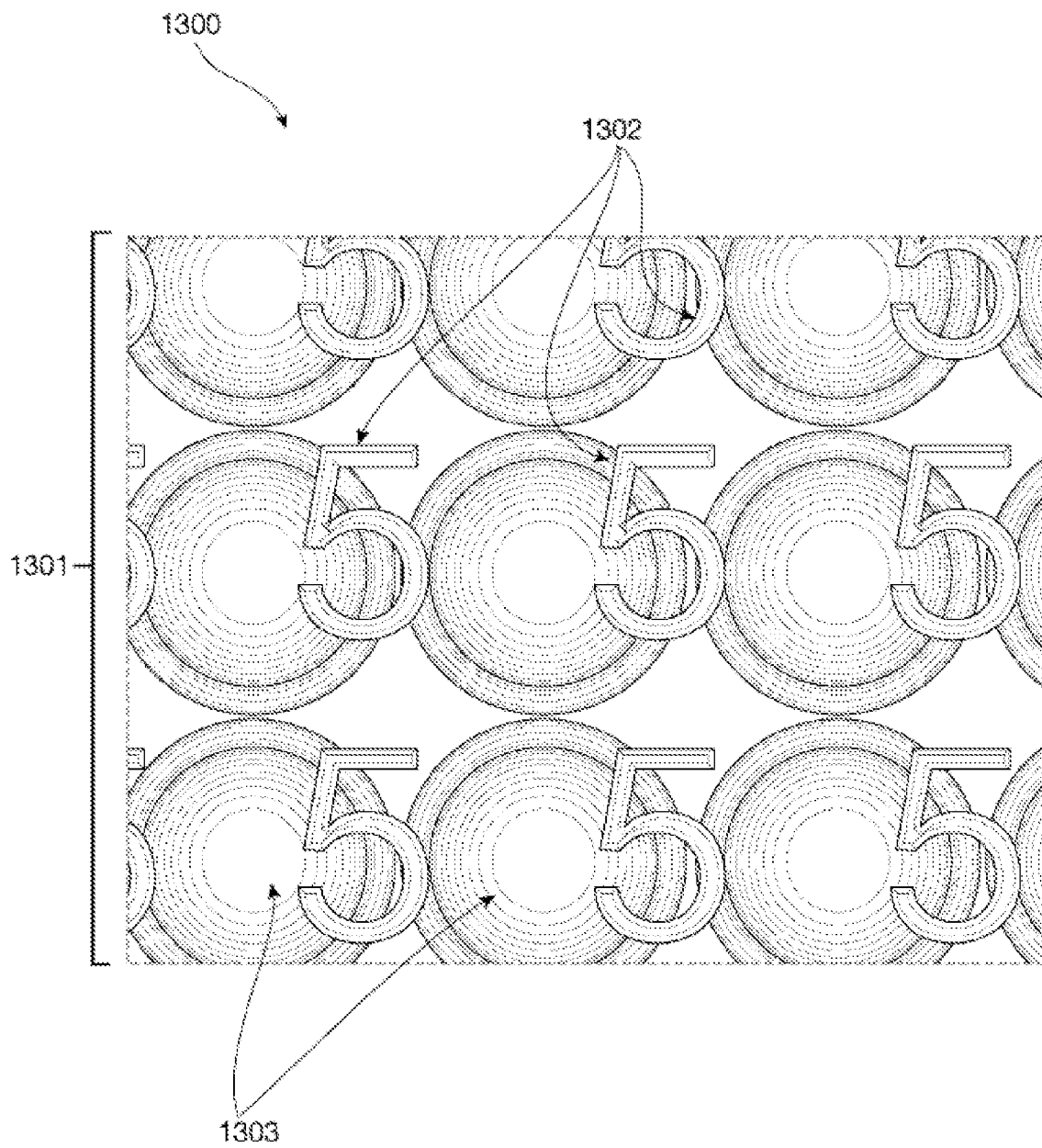


Figur 12

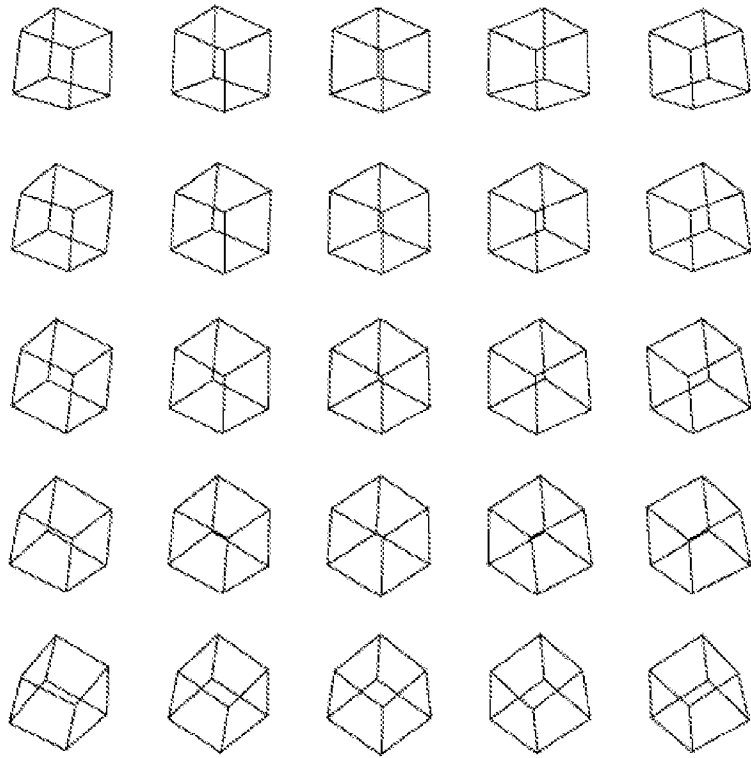


Figur 13

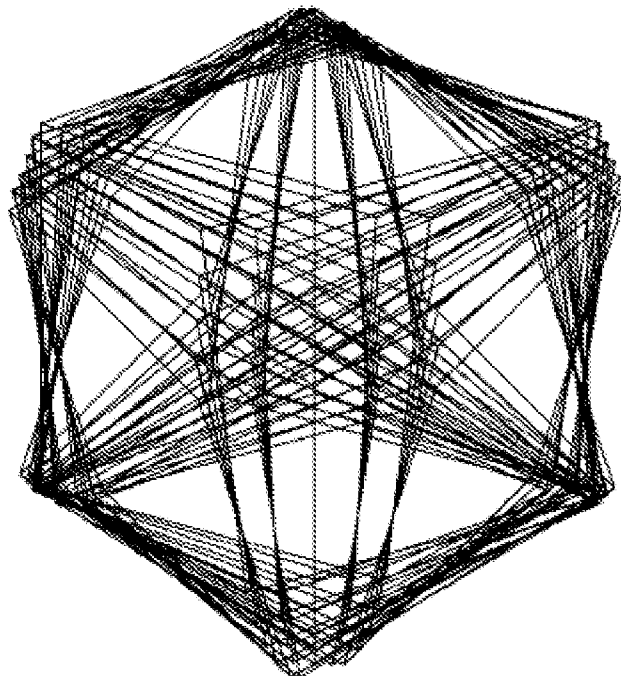




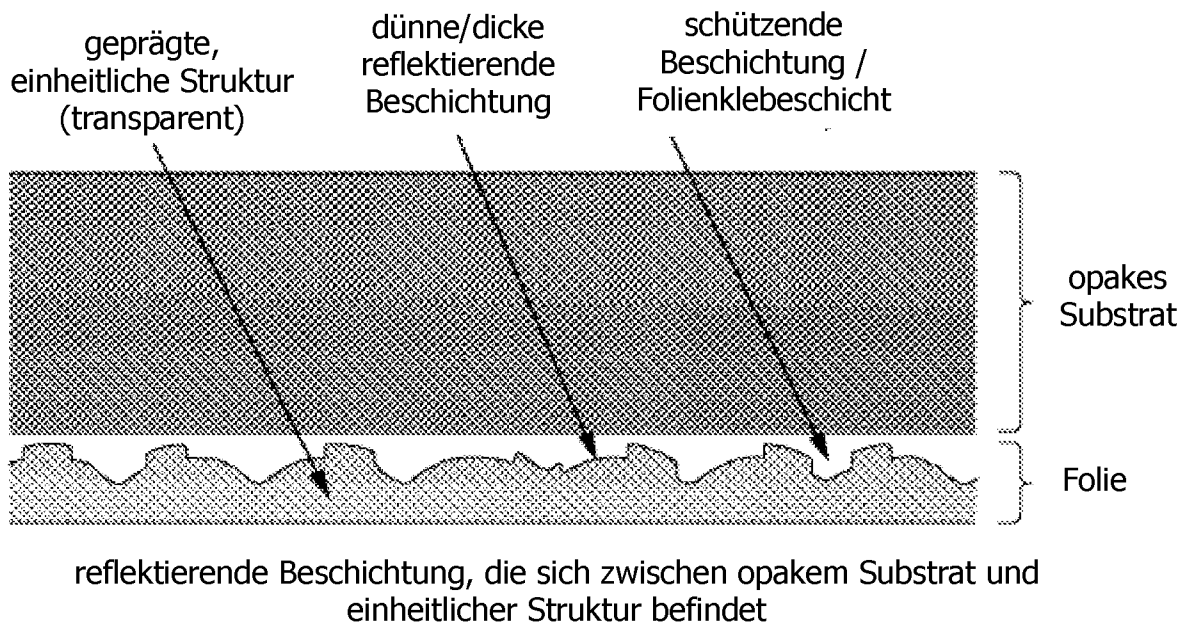
Figur 15



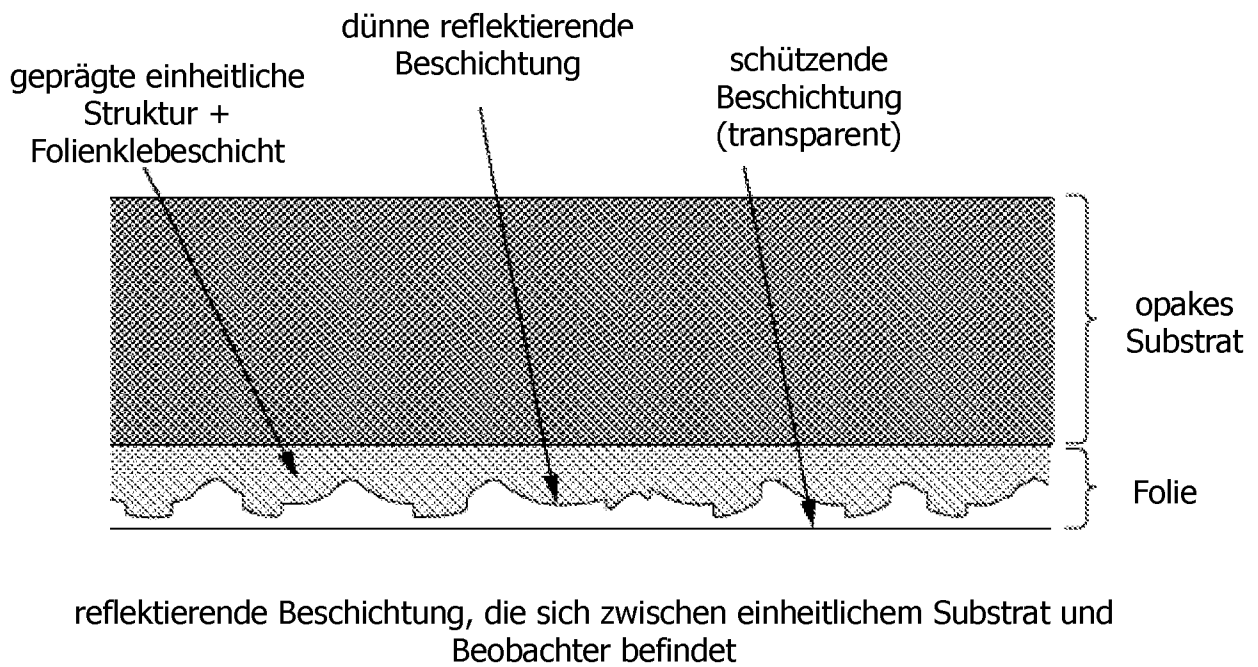
Figur 16A



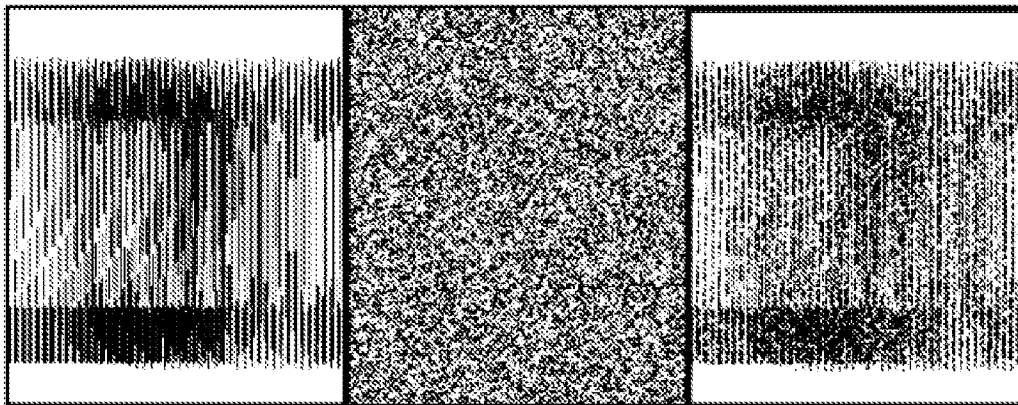
Figur 16B



Figur 17A



Figur 17B



Figur 18