

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 9093/2010
(86) PCT-Anmeldenummer PCT/AU 10/000243
(22) Anmeldetag: 03.03.2010
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2012

(51) Int. Cl. : **G02B 27/22** (2006.01)
G02B 3/00 (2006.01)

(30) Priorität:
04.03.2009 US 157309 beansprucht.

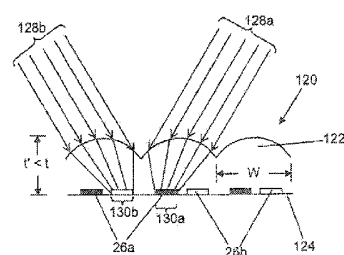
(73) Patentanmelder:
SECURENCY INTERNATIONAL PTY LTD
3064 CRAIGIEBURN (AU)

(72) Erfinder:
MOON JONATHAN A.
AUCKLAND (NZ)
ROBERTS DAVID E.
WISCONSIN (US)

(54) **VERBESSERUNGEN AN VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON LINSENARRAYS**

(57) Es werden ein Linsenarray zur Abbildung einer Vielzahl von Bildelementen in einer Objektebene und ein Verfahren zur Herstellung eines Linsenarrays bereitgestellt. Das Linsenarray enthält eine Vielzahl von Mikrolinsen, die in oder auf einer Seite eines durchsichtigen oder durchscheinenden Materials geformt sind, wobei die Bildelemente auf der gegenüberliegenden Seite angeordnet sind, und hat eine Messdicke entsprechend dem Abstand vom Apex jeder Mikrolinse zur Objektebene. Jede Mikrolinse hat einen Satz von Linsenparametern. Die Messdicke und/oder mindestens ein Linsenparameter wird oder werden so optimiert, dass jede Mikrolinse eine Brennpunktgröße in der Objektebene hat, die entweder im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente in der Objektebene ist, oder sich von der Größe der Bildelemente durch ein vorbestimmtes Maß unterscheidet.

Figur 2



ZUSAMMENFASSUNG

Es werden ein Linsenarray zur Abbildung einer Vielzahl von Bildelementen in einer Objektebene und ein Verfahren zur Herstellung eines Linsenarrays bereitgestellt. Das Linsenarray enthält eine Vielzahl von Mikrolinsen, die in oder auf einer Seite eines durchsichtigen oder durchscheinenden Materials geformt sind, wobei die Bildelemente auf der gegenüberliegenden Seite angeordnet sind, und hat eine Messdicke entsprechend dem Abstand vom Apex jeder Mikrolinse zur Objektebene. Jede Mikrolinse hat einen Satz von Linsenparametern. Die Messdicke und/oder mindestens ein Linsenparameter wird oder werden so optimiert, dass jede Mikrolinse eine Brennpunktgröße in der Objektebene hat, die entweder im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente in der Objektebene ist, oder sich von der Größe der Bildelemente durch ein vorbestimmtes Maß unterscheidet.



GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf verbesserte Verfahren zur Konstruktion und Herstellung von Linsenarrays und auf dadurch erzeugte Linsenarrays.

HINTERGRUND

Linsenarrays erlauben die Erzeugung einer Anzahl verschiedener Arten von optischen Wirkungen. Zum Beispiel kann ein Linsenarray, das auf darunter liegende Bildelemente in der Brennebene des Arrays fokussiert ist, ganzheitliche Bilder erzeugen, die dreidimensional zu sein scheinen, die sich bewegen, die Vergrößerung oder den Morph ändern, wenn der Sichtwinkel sich ändert, oder die eine scheinbare Tiefe außerhalb der Ebene des Linsenarrays haben. Eine weitere Wirkung kann erzielt werden durch Verschachteln von zwei oder mehr Bildern unter den Linsen, zum Beispiel in Streifen unter mehreren zylindrischen Linsen, so dass der Betrachter verschiedene Bilder sieht, wenn der Sichtwinkel sich ändert. Solche optischen Wirkungen sind bei einer Vielzahl von Anwendungen nützlich, einschließlich Anzeigeeinrichtungen, Werbematerial, Sammelobjekte, und als optisch variable Vorrichtungen in Sicherheitsdokumenten.

Linsenarrays werden allgemein aus durchsichtigem Polymermaterial hergestellt, um eine Materialfolie zu erzeugen, hier als Lentikularfolie bezeichnet. Das Muster der das Array formenden Mikrolinsen (Lenslets) ist auf einer Seite der Folie geprägt oder auf andere Weise geformt, und die gegenüberliegende Seite der Folie ist in eine flache Fläche von der allgemeinen Art einer Glanzfläche geformt. Die Bildelemente werden auf die flache Fläche aufgebracht oder dort angeordnet und können zum Beispiel durch Drucken oder durch einen Lasermarkiertvorgang geformt werden. Das Folienmaterial wird üblicherweise einlagig hergestellt, es können aber auch Mehrlagenverfahren verwendet werden.

Die Bildelemente können gedruckte Punkte enthalten. In einem Vorgang wird vor dem Drucken ein kontinuierliches Bild, das den gewünschten endgültigen Druck auf der flachen Fläche darstellt, in ein Rasterbild umgewandelt. Nach dem Drucken ist das Rasterbild als eine Vielzahl gedruckter Punkte auf der flachen Fläche sichtbar.



Die Dicke (üblicherweise als Messdicke bezeichnet) der Lentikularfolie wurde traditionell durch die Brennweite der Mikrolinsen bestimmt, so dass ankommende Lichtstrahlen im Wesentlichen an der flachen Fläche der Folie fokussieren. Diese Konstruktion wird gewählt, um den so genannten Sampling-Effekt zu nutzen. Der Sampling-Effekt gewährleistet, dass ein in der Brennweite der Linse gedruckter Punkt einem Beobachter in einem besonderen Sichtwinkel als eine Linie quer über eine zylindrische Linse erscheint, und den ganzen Linsenbereich bei einer nicht-zylindrischen Linse zu füllen scheint. Daher kann ein Beobachter zwei benachbarte Punkte innerhalb einer einzigen Linse in einem besonderen Sichtwinkel nicht unterscheiden.

In manchen Fällen können die Materialdicke und Linsendichte (oder Abstand) der Mikrolinsen gemäß den Bedürfnissen des Endprodukts sowie der Lehren-Begrenzungen des Folienmaterial-Herstellungsvorgangs vorausgewählt werden. Der Krümmungsradius der Linse wird dann auf der Basis von zusätzlichen Parametern wie dem Brechungsindex und der Abbeschen Zahl des verwendeten Polymermaterials bestimmt, um ankommende Lichtstrahlen im Wesentlichen an der flachen Seite der Folie zu fokussieren.

Der jüngste technische Trend ist, dünnere Lentikularfolien zu erzeugen, um Herstellungskosten zu verringern, bei gleichzeitiger Erweiterung der möglichen Anwendungen von Gegenständen mit optischer Wirkung. Eine dünnere Lentikularfolie erfordert aber allgemein eine höhere Linsendichte, um ein fokussiertes Bild zu erzeugen. Zum Beispiel würde ein Material, das mit einer Messdicke von 85 Mikron aus Polyester hergestellt wird, eine Linsendichte von etwa 224 Mikrolinsen pro Zentimeter erfordern. Das Drucken von Abbildungen mit optischen Wirkungen auf diese Mikrolinsen-Arrays mit hoher Dichte ist besonders schwierig und schränkt die Wirkungsart, die erhalten werden kann, und die Art von Druck- und Druckvorstufenverfahren, die verwendet werden können, beträchtlich ein. Außerdem entsteht oft ein hoher Anteil an Abfallstoffen, da sehr hohe Rasterweiten verwendet werden müssen, und eine sehr genaue Farbenübereinandersetzung kritisch wird. Diese Probleme haben bedeutet, dass die Verwendung von Lentikularfolienmaterial sehr hoher Dichte bisher eingeschränkt war.



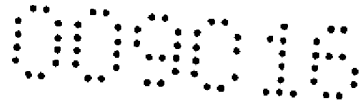
Ein Versuch, die obigen Probleme zu überwinden, ist im US-Patent Nr. 6,833,960 beschrieben. Linsen werden als Halbkugeln auf einem Substrat unter Verwendung von härtbaren Harzen in einer Druckpresse geformt. Bei diesem Verfahren ist es nicht möglich, die Linsen auf dem Substrat an ihrem Brennpunkt zu formen. Die Linsen sind also im Wesentlichen außerhalb des Brennpunkts, und dies hebt den Sampling-Effekt auf. Die durch das Verfahren erzeugte Abbildung ist dadurch im Wesentlichen unscharf.

Ein weiteres Verfahren ist im US-Patent Nr. 6,989,931 beschrieben und enthält ein Verbundbild, das aus gedruckten Streifen besteht, die durch ein Linsenraster von einem ersten Blickwinkel aus sichtbar sind, mit einem Gegenstand oder Bild in Abstand hinter dem Linsenraster angeordnet durch durchsichtige Streifen hindurch in einem zweiten Blickwinkel sichtbar. In einer Ausführungsform wird ein Linsenmaterial dünner als seine Brennweite in Betracht gezogen. Eine willkürliche Konstruktion dieser Art außerhalb des Brennpunkts ist aber nicht geeignet für eine lentikulare Multiplex-Abbildung oder komplizierte Moiré-Effekte, da sie eine schwerwiegende Unschärfe und den Verlust von Bildkontrast erzeugen kann.

Daher besteht ein Bedarf für ein Verfahren zur Reduzierung der Messdicke eines Linsenarrays ohne Einführung einer wesentlichen Unschärfe oder anderer störender Bildfehler.

Unter bestimmten Umständen kann es wünschenswert sein, eine Lentikularfolie mit einer besonderen Messdicke herzustellen. Wenn dies der Fall ist, kann es dann wünschenswert sein, die Linsendichte zu reduzieren, d.h. die Breite jeder Mikrolinse zu vergrößern, um die Bildqualität in Anbetracht der Zwänge des zu verwendenden Druckvorgangs (oder anderer Vorgänge zum Formen der Bildelemente) aufrechtzuerhalten. Es ist daher wünschenswert, ein Linsenarray und ein Verfahren bereitzustellen, die eine geringere zu verwendende Linsendichte ermöglichen, ohne eine wesentliche Unschärfe oder andere störende Bildfehler einzuführen.

Jede Erörterung von Druckschriften, Handlungen, Materialien, Vorrichtungen, Gegenständen oder Ähnlichem, die Teil der vorliegenden Beschreibung ist, dient nur der Bereitstellung eines Kontexts für die vorliegende



Erfindung. Sie darf nicht als Zugeständnis verstanden werden, dass alle oder ein Teil dieser Dinge Teil des Stands der Technik sind oder übliches Allgemeinwissen auf dem Gebiet bezüglich der vorliegenden Erfindung waren, wie es in Australien vor dem Prioritätsdatum jedes Anspruchs dieser Anmeldung existierte.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Gemäß einem Aspekt liefert die vorliegende Erfindung ein Linsenarray zur Abbildung einer Vielzahl von Bildelementen in einer Objektebene, wobei das Linsenarray eine Vielzahl von Mikrolinsen enthält, die in oder auf einer Seite eines durchsichtigen oder durchscheinenden Materials geformt sind, wobei die Bildelemente auf der gegenüberliegenden Seite angeordnet sind, wobei das Linsenarray eine Messdicke hat, die dem Abstand vom Apex jeder Mikrolinse zur Objektebene entspricht, wobei jede Mikrolinse einen Satz von Linsenparametern hat, wobei die Messdicke und/oder mindestens ein Linsenparameter so optimiert sind, dass jede Mikrolinse eine Brennpunktgröße in der Objektebene hat, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente in der Objektebene ist, oder die von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Linsenarrays zur Abbildung einer Vielzahl von Bildelementen in einer Objektebene bereitgestellt, wobei das Linsenarray eine Vielzahl von Mikrolinsen enthält, wobei das Linsenarray eine Messdicke entsprechend dem Abstand vom Apex jeder Mikrolinse zur Objektebene hat, wobei das Verfahren die folgenden Schritte enthält:

Bestimmen eines Skalenparameters, der für die Größe der Bildelemente in mindestens einem Teil der Objektebene repräsentativ ist,

Verwenden des Skalenparameters, um die Messdicke und/oder mindestens einen Parameter eines Satzes von Linsenparametern für jede Mikrolinse zu optimieren,

und Formen des Linsenarrays mit der Messdicke und den Linsenparametern in oder auf einer Seite eines durchsichtigen oder durchscheinenden Materials, wobei die Bildelemente auf der gegenüberliegenden Seite des durchsichtigen oder durchscheinenden Materials angeordnet sind,



wobei die Mikrolinsen eine Brennpunktgröße in der Objektebene haben, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder die von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

Der Satz von Linsenparametern für die Mikrolinsen kann die Linsenbreite, den Brechungsindex, die Durchbiegungshöhe, den Krümmungsradius, den Kegelparameter und die Abbesche Zahl enthalten. Einige oder alle von diesen können variieren, um eine Brennpunktgröße mit den gewünschten Merkmalen in der Objektebene zu erhalten.

Vorzugsweise hat jede Mikrolinse einen Querschnitt, der ein Kegelschnitt ist. Die Mikrolinsen können zylindrisch sein oder einen teilkugelförmigen oder asphärischen Querschnitt haben. Jede Mikrolinse ist vorzugsweise drehsymmetrisch in der Ebene des Linsenarrays. In einer Ausführungsform kann jede Mikrolinse ein länglicher Lentikel sein, der entlang seiner Länge einen im Wesentlichen gleichmäßigen Querschnitt hat.

DEFINITIONEN

Brennpunktgröße H

Wie hier verwendet, bezieht sich der Begriff Brennpunktgröße auf die Abmessungen, üblicherweise einen Wirkdurchmesser oder Breite, der geometrischen Verteilung von Punkten, an denen durch eine Linse gebrochene Strahlen eine Objektebene in einem bestimmten Sichtwinkel schneiden. Die Brennpunktgröße kann von theoretischen Berechnungen, Strahlverfolgungssimulationen, oder von tatsächlichen Messungen abgeleitet werden. Die Erfinder haben herausgefunden, dass Strahlverfolgungssimulationen unter Verwendung einer Software wie ZEMAX direkten Messungen von gemäß dem hier beschriebenen Verfahren konstruierten Linsen sehr ähnlich sind. Die Strahlverfolgungssimulation kann angepasst werden, um die Tatsache zu berücksichtigen, dass ankommende Strahlen in Wirklichkeit nicht genau parallel sind.

Brennweite f

In der vorliegenden Beschreibung bedeutet Brennweite, wenn sie in Bezug auf eine Mikrolinse in einem Linsenarray verwendet ist, den Abstand vom Vertex der Mikrolinse zur Position des Brennpunkts, der durch Lokalisierung des

Maximums der Leistungsdichteverteilung gegeben wird, wenn kollimierte Strahlung von der Linsenseite des Arrays einfällt (siehe T. Miyashita, "Standardization for microlenses and microlens arrays" (2007) *Japanese Journal of Applied Physics* **46**, p 5391).

Messdicke t

Die Messdicke ist der Abstand vom Apex einer Mikrolinse auf einer Seite des durchsichtigen oder durchscheinenden Materials zur Fläche auf der gegenüberliegenden Seite des durchscheinenden Materials, auf der die Bildelemente vorgesehen sind, die im Wesentlichen mit der Objektebene zusammenfällt.

Linsendichte und Abstandsmaß

Die Linsendichte eines Linsenarrays ist die Anzahl von Mikrolinsen in einem gegebenen Abstand über die Fläche des Linsenarrays. Das Abstandsmaß ist der Abstand vom Apex einer Mikrolinse zum Apex der benachbarten Mikrolinse. In einem gleichmäßigen Linsenarray hat das Abstandsmaß eine umgekehrte Beziehung zur Linsendichte.

Linsenbreite W

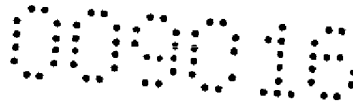
Die Breite einer Mikrolinse in einem Mikrolinsen-Array ist der Abstand von einem Rand der Mikrolinse zum gegenüberliegenden Rand der Mikrolinse. In einem Linsenarray mit halbkugelförmigen oder halbzylindrischen Mikrolinsen ist die Breite gleich dem Durchmesser der Mikrolinsen.

Krümmungsradius R

Der Krümmungsradius einer Mikrolinse ist der Abstand von einem Punkt auf der Fläche der Linse zu einem Punkt, an dem die Normale zur Linsenfläche eine Linie schneidet, die sich lotrecht durch den Apex der Mikrolinse erstreckt (die Linsenachse).

Durchbiegungshöhe s

Die Durchbiegungshöhe oder Flächendurchbiegung s einer Mikrolinse ist der Abstand vom Apex zu einem Punkt auf der Achse, der von der kürzesten Linie vom Rand einer Mikrolinse geschnitten wird, die sich lotrecht durch die Achse erstreckt.



Brechungsindex n

Der Brechungsindex eines Mediums n ist das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum zur Lichtgeschwindigkeit im Medium. Der Brechungsindex n einer Linse bestimmt das Maß, um das die Linsenfläche erreichende Lichtstrahlen gemäß dem Snell-Gesetz gebrochen werden:

$$n_1 * \sin(\alpha) = n * \sin(\theta),$$

wobei α der Winkel zwischen einem einfallenden Strahl und der Normalen am Einfallpunkt an der Linsenfläche ist, θ der Winkel zwischen dem gebrochenen Strahl und der Normalen am Einfallpunkt ist, und n_1 der Brechungsindex von Luft ist (als Annäherung kann n_1 als 1 genommen werden).

Kegelkonstante P

Die Kegelkonstante P ist eine Größe, die Kegelschnitte beschreibt, und wird in der geometrischen Optik verwendet, um sphärische ($P = 1$), elliptische ($0 < P < 1$, oder $P > 1$), parabolische ($P = 0$), und hyperbolische ($P < 0$) Linsen zu spezifizieren. Manche Referenzen verwenden den Buchstaben K , um die Kegelkonstante darzustellen. K ist mit P über $K = P - 1$ verbunden.

Keulenwinkel

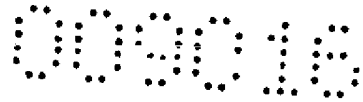
Der Keulenwinkel einer Linse ist der gesamte von der Linse geformte Sichtwinkel.

Abbesche Zahl

Die Abbesche Zahl eines durchsichtigen oder durchscheinenden Materials ist ein Maß der Streuung (Änderung des Brechungsindex mit der Wellenlänge) des Materials. Eine geeignete Wahl der Abbeschen Zahl für eine Linse kann dazu beitragen, eine chromatische Aberration zu minimieren.

Sicherheitsdokument

Wie hier verwendet, umfasst der Begriff Sicherheitsdokument alle Arten von Dokumenten und Wertmarken und Identifikationsdokumenten, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, die Folgenden: Währungsgegenstände wie Banknoten und Münzen, Kreditkarten, Schecks, Pässe, Ausweise, Wertpapiere und Aktienzertifikate, Führerscheine, Eigentumsurkunden, Reisedokumente wie Flug-



und Bahnfahrtscheine, Eintrittskarten und -tickets, Geburts-, Todes- und Heiratsurkunden, und Studienbelege.

Durchsichtige Fenster und Halbfenster

Wie hier verwendet, bezieht sich der Begriff Fenster auf einen durchsichtigen oder durchscheinenden Bereich in dem Sicherheitsdokument im Vergleich mit dem im Wesentlichen undurchsichtigen Bereich, auf den gedruckt wird. Das Fenster kann völlig durchsichtig sein, so dass es die im Wesentlichen ungestörte Übertragung von Licht erlaubt, oder es kann teilweise durchsichtig oder durchscheinend sein, wodurch es die teilweise Übertragung von Licht erlaubt, aber keine klare Sicht von Objekten durch den Fensterbereich erlaubt.

Ein Fensterbereich kann in einem Sicherheitsdokument aus Polymer, das mindestens eine Schicht von durchsichtigem Polymermaterial und eine oder mehrere undurchsichtig machende Schichten aufweist, die auf mindestens eine Seite eines durchsichtigen Polymersubstrats aufgebracht werden, durch Weglassen mindestens einer undurchsichtig machenden Schicht in der den Fensterbereich formenden Zone geformt werden. Wenn undurchsichtig machende Schichten auf beide Seiten eines durchsichtigen Substrats aufgebracht werden, kann ein völlig durchsichtiges Fenster durch Weglassen der undurchsichtig machenden Schichten auf beiden Seiten des durchsichtigen Substrats im Fensterbereich geformt werden.

Ein teilweise durchsichtiger oder durchscheinender Bereich, nachfolgend als "**Halbfenster**" bezeichnet, kann in einem Sicherheitsdokument aus Polymer, das auf beiden Seiten undurchsichtig machende Schichten hat, durch Weglassen der undurchsichtig machenden Schichten nur auf einer Seite des Sicherheitsdokuments in dem Fensterbereich geformt werden, so dass das "Halbfenster" nicht vollständig durchsichtig ist, aber etwas Licht durchlässt, ohne es zu ermöglichen, Objekte klar durch das Halbfenster hindurch zu sehen.

Alternativ ist es möglich, dass die Substrate aus einem im Wesentlichen undurchsichtigen Material wie Papier oder faserförmigem Material geformt werden, mit einem Einsatz aus einem durchsichtigen Kunststoffmaterial, der in einen Ausschnitt oder eine Aussparung in dem Papier oder dem faserförmigen



Substrat eingefügt wird, um ein durchsichtiges Fenster oder einen durchscheinenden Halbfensterbereich zu formen.

Undurchsichtig machende Schichten

Eine oder mehrere undurchsichtig machende Schichten können auf ein durchsichtiges Substrat aufgebracht werden, um die Undurchsichtigkeit des Sicherheitsdokuments zu erhöhen. Eine undurchsichtig machende Schicht ist so, dass gilt $L_T < L_0$, wobei L_0 das Maß des Lichteinfalls auf das Dokument und L_T das Maß von durch das Dokument übertragenem Licht ist. Eine undurchsichtig machende Schicht kann eine oder mehrere einer Vielfalt von undurchsichtig machenden Beschichtungen enthalten. Zum Beispiel können die undurchsichtig machenden Beschichtungen ein Pigment, wie Titandioxid, dispergiert innerhalb eines Bindemittels oder Trägers eines wärmeaktivierten vernetzbaren Polymermaterials enthalten. Alternativ könnte ein Substrat eines durchsichtigen Kunststoffes zwischen undurchsichtig machenden Schichten von Papier oder einem anderen teilweise oder hauptsächlich undurchsichtigem Material zwischengefügt sein, auf das später Markierungen gedruckt oder anders aufgebracht werden können.

In einer Ausführungsform der Erfindung kann die Messdicke des Linsenarrays bezüglich der Größe der Bildelemente und des Satzes von Linsenparametern optimiert werden.

In einer anderen Ausführungsform können die Linsenparameter bezüglich der Größe der Bildelemente und der Messdicke optimiert werden.

Durch eine derartige Auswahl der Linsenparameter, dass die Brennpunktgröße mit der Größe der Bildelemente verbunden ist, kann die Dicke des Linsenarrays, oder die Linsendichte, reduziert werden, ohne wesentlich Bildqualität zu opfern. Das rührt daher, dass die meisten Strahlen, die durch die Mikrolinsen gebrochen werden und die Objektebene erreichen, trotzdem die Zone, die von einem Bildelement bedeckt wird, im gewünschten Sichtwinkel oder -winkeln schneiden, und dies ermöglicht es, dass der Sampling-Effekt aufrechterhalten wird.

Die Dicke des Linsenarrays kann reduziert werden, um eine dünnere Lentikularfolie zu liefern, was trotzdem noch zu hohen Bildqualitätswirkungen



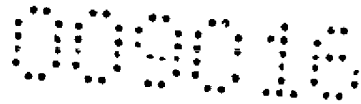
führt. Alternativ kann die Dicke aufrechterhalten werden, während die Mikrolinsen geweitet werden, damit mehr Druck unter jeder Mikrolinse eingeschlossen werden kann, wodurch die Bildqualität verbessert und/oder komplexere optische Wirkungen erzeugt werden können.

Vorzugsweise ist die Dicke des Linsenarrays geringer als die Brennweite aller Mikrolinsen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das vorbestimmte Maß, um das die Brennpunktgröße von der Größe der Bildelemente abweicht, geringer als eine geschätzte Veränderlichkeit in der Größe der Bildelemente. Die geschätzte Veränderlichkeit kann die Standardabweichung, mittlere absolute Abweichung oder der interquartile Bereich der Größe der Bildelemente sein. Wenn die Brennpunktgröße größer als die Größe der Bildelemente ist, ermöglicht dies eine noch dünnere Lentikularfolie, während die gewünschte Bildqualität im Wesentlichen beibehalten wird, da im Allgemeinen nur ein relativ kleiner Teil der Leistungsdichteverteilung der gebrochenen Strahlen sich an den Rändern des Punkts befindet. Wenn die Brennpunktgröße geringfügig kleiner ist, können die Übergänge zwischen den die Bildwirkungen erzeugenden Bildkomponenten glatter gemacht werden.

In der Praxis wurde gefunden, dass ein vorbestimmtes Maß basierend auf einer Veränderung von bis zu 20% eine Abbildung hoher Qualität erzeugen kann, während in den meisten Situationen immer noch die Veränderung der Druckbildelementgröße berücksichtigt wird. Wenn aber eine größere Präzision erforderlich ist, kann die Veränderlichkeit von der tatsächlichen Größenverteilung der Druckbildelemente durch ein beliebiges der oben erwähnten Verfahren geschätzt werden.

Die Bildelemente können die Form von Punkten, Linien oder anderen Formen annehmen. Die Bildelemente können auf eine Fläche in der Objektebene auf der gegenüberliegenden Seite des durchsichtigen oder durchscheinenden Materials auf verschiedene Weise aufgebracht werden, einschließlich Lasermarkieren. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Bildelemente auf die Fläche in der Objektebene gedruckt. Das erfindungsgemäße Verfahren kann den Schritt des Aufbringens einer Vielzahl von gedruckten Punkten auf eine



Rückfläche des durchsichtigen oder durchscheinenden Materials mit den Mikrolinsen auf einer Vorderfläche geformt aufweisen, um eine optisch variable Vorrichtung oder Gegenstand zu formen. Alternativ kann eine Vielzahl von gedruckten Punkten auf ein Substrat (zum Beispiel aus faserförmigem oder Polymermaterial) aufgebracht und das Substrat an der Rückfläche des durchsichtigen oder durchscheinenden Materials befestigt werden.

Die Mikrolinsen können durch einen Prägevorgang in einem durchsichtigen oder durchscheinenden strahlungshärtbaren Material geformt werden, das auf ein Substrat aufgebracht wird. Das durchsichtige oder durchscheinende strahlungshärtbare Material kann dann nach dem Prägen gehärtet werden, vorzugsweise wird aber es in etwa gleichzeitig geprägt und gehärtet. Das Substrat wird vorzugsweise aus einem durchsichtigen oder durchscheinenden Polymermaterial geformt, wobei die kombinierte Dicke des Substrats und des strahlungshärtbaren Materials der Messdicke des Linsenarrays entspricht. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Substrat eine flexible, folienartige Struktur, und das Substrat und das strahlungshärtbare Material sind Teil eines Sicherheitsdokuments, wie einer Banknote, einer Kreditkarte oder Ähnlichem. Das Substrat hat vorzugsweise im Wesentlichen den gleichen Brechungsindex wie die Mikrolinsen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Satz von Linsenparametern für alle Mikrolinsen gleich.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist die Brennpunktgröße, wenn sie über mindestens zwei Richtungen innerhalb des Keulenwinkels der Mikrolinse gemittelt wird, im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente oder weicht von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß ab.

Die Richtungen, über die die Brennpunktgröße gemittelt wird, enthalten vorzugsweise die Richtung auf der Achse und eine Richtung außerhalb der Achse nahe dem Rand des Keulenwinkels.

Gemäß einem anderen Aspekt liefert die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Konstruktion eines Linsenarrays zur Abbildung einer Vielzahl von Bildelementen in einer Objektebene, wobei das Linsenarray eine Vielzahl von Mikrolinsen enthält und eine Messdicke hat, die dem Abstand vom Apex jeder



Mikrolinse zur Objektebene entspricht, wobei das Verfahren die folgenden Schritte enthält:

Schätzen eines Skalenparameters, der für die Größe der Bildelemente in der Objektebene repräsentativ ist,

Auswahl eines Satzes von Linsenparametern für jede Mikrolinse, und

Konstruieren des Linsenarrays unter Verwendung des Skalenparameters, um die Messdicke und/oder mindestens einen Linsenparameter des Satzes von Linsenparametern für jede Mikrolinse zu optimieren, wobei jede Mikrolinse eine Brennpunktgröße in der Objektebene hat, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

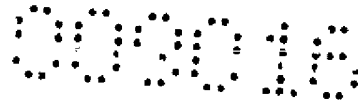
Vorzugsweise ist die Dicke eines die Mikrolinsen enthaltenden Linsenarrays geringer als die Brennweite aller Mikrolinsen.

Der Satz von Linsenparametern kann für jede Mikrolinse gleich sein. Alternativ können die Mikrolinsen in einem Bereich oder Bereichen des Linsenarrays andere Linsenparameter als die Mikrolinsen im Rest des Linsenarrays haben.

Vorzugsweise enthält das Verfahren weiter den Schritt des Messens der Größen der Bildelemente in mindestens einem Teil der Objektebene, wobei der Skalenparameter von den gemessenen Größen der Bildelemente geschätzt wird. Die Messung kann unter Verwendung eines Densitometers durchgeführt werden, oder alternativ kann sie durch direktes Messen der Größen der Bildelemente durchgeführt werden. Vorzugsweise sind die Bildelemente Teil einer Kalibrierungsvorlage. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die Bildelemente gedruckte Linien oder Punkte.

Das Messen der Größen der gedruckten Linien oder Punkte ermöglicht es, die Linsenkonstruktion auf die tatsächlichen Merkmale des Drucks zuzuschneiden, die von der Art des Druckgeräts, den Druckfarben und anderen Materialien und von der verwendeten Druckvorstufen-Ausrüstung abhängen kann.

Der Skalenparameter kann durch Berechnung des Mittelwerts oder des Höchstwerts der Größen der Bildelemente geschätzt werden. Alternativ kann er



durch Verwendung eines robusten Schätzers, vorzugsweise eines M-Schätzers, oder eines der mittleren, oberen quartilen oder interquartilen Mittel der Größen der Bildelemente geschätzt werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung einer optisch variablen Vorrichtung bereitgestellt, das die folgenden Schritte enthält:

Bereitstellen eines Substrats;

Aufbringen von Bildelementen auf das Substrat, wobei die Bildelemente sich in einer Objektebene befinden;

Bestimmen eines Skalenparameters, der für die Größe der Bildelemente repräsentativ ist; und

Formen einer Vielzahl von Mikrolinsen in einem durchsichtigen oder durchscheinenden Material auf dem Substrat:

wobei jede Mikrolinse einen Satz von Linsenparametern hat, die so bestimmt werden, dass die Mikrolinsen eine Brennpunktgröße in der Objektebene haben, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Skalenparameter durch Messen der Größen der Bildelemente bestimmt.

Vorzugsweise wird das Substrat aus einem durchsichtigen oder durchscheinenden folienartigen Material geformt, wobei die Mikrolinsen in oder auf einer ersten Fläche auf einer Seite des Substrats geformt und die Bildelemente auf eine zweite Fläche auf der gegenüberliegenden Seite des Substrats aufgebracht sind. Die Mikrolinsen können in dem durchsichtigen oder durchscheinenden folienartigen Material selbst geformt sein. Alternativ können die Mikrolinsen in einer durchsichtigen oder durchscheinenden Schicht geformt sein, z.B. durch Prägen eines strahlungshärtbaren durchsichtigen oder durchscheinenden Harzes, das auf ein Substrat aufgebracht wird, welches durchsichtig, durchscheinend oder undurchsichtig sein kann.

Die Bildelemente können durch einen beliebigen geeigneten Vorgang geformt werden, einschließlich Druck oder Lasermarkieren. In einem besonders bevorzugten Verfahren sind die Bildelemente gedruckte Punkte.



Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine optisch variable Vorrichtung vorgesehen, die ein Substrat und eine Vielzahl von Mikrolinsen, die in oder auf dem Substrat geformt sind, und eine Vielzahl von Bildelementen enthält, die sich in einer Objektebene in oder auf dem Substrat befinden, wobei jede Mikrolinse einen Satz von Linsenparametern hat, die so bestimmt sind, dass die Mikrolinsen eine Brennpunktgröße in der Objektebene haben, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder die von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

Vorzugsweise sind die Mikrolinsen Teil eines Linsenarrays, das eine Messdicke hat, die geringer als die Brennweite jeder der Mikrolinsen ist.

Gemäß einem weiteren Aspekt liefert die vorliegende Erfindung eine optisch variable Vorrichtung, die ein Linsenarray gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung enthält.

Eine optisch variable Vorrichtung, die durch die obigen Verfahren hergestellt wird, kann auf einen großen Bereich von Gegenständen angewendet werden, obwohl die Erfindung ihre besondere Anwendung auf dem Gebiet der Sicherheitsdokumente, und insbesondere von Sicherheitsdokumenten und Gegenständen findet, die aus einem flexiblen, folienartigen Substrat geformt sind, wie Banknoten oder Ähnliches. Die optisch variable Vorrichtung kann in einem Fenster- oder Halbfensterbereich des Sicherheitsdokuments geformt sein.

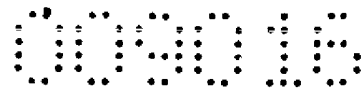
KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es werden nun bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung nur als nicht einschränkend zu verstehende Beispiele unter Bezug auf die beiliegenden Figuren beschrieben, in denen:

Figur 1 einen Querschnitt durch ein Linsenarray in einer Konstruktion gemäß dem Stand der Technik zeigt;

Figur 2 eine Ausführungsform des Linsenarrays gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

Figur 3 eine alternative Ausführungsform des Linsenarrays der vorliegenden Erfindung zeigt;



die Figuren 4 bis 6 die Brennpunktgrößen auf der Achse und außerhalb der Achse von drei Mikrolinsen gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen;

Figur 7 die Eingangs- und Ausgangs-Punktformen von zwei verschiedenen Druckvorgängen zeigt;

Figur 8 die Leistungsdichteverteilungen einer Mikrolinse gemäß dem Stand der Technik bzw. einer Mikrolinse gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Figur 9 einfallende Lichtstrahlen zeigt, die durch eine Mikrolinse gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebrochen werden;

Figur 10 die Geometrie einer Mikrolinse darstellt;

die Figuren 11(a) bis 11(d) eine schematische Querschnittsansicht durch einen Gegenstand, der ein Linsenarray und Bildelemente enthält, und die Zwischenschritte, durch die der Gegenstand geformt wird; veranschaulichen,

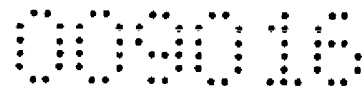
die Figuren 12(a) bis 12(c) eine schematische Querschnittsansicht durch einen Gegenstand ähnlich dem der Figur 11(d) zeigen, der durch ein verändertes Verfahren hergestellt wird;

die Figuren 13(a) bis 13(d) eine schematische Querschnittsansicht durch einen alternativen Gegenstand, der ein Linsenarray und Bildelemente enthält, und die Zwischenschritte, durch die der Gegenstand geformt wird, veranschaulichen;

die Figuren 14 und 15 Blockdiagramme sind, die zwei verschiedene Ausführungsformen eines Linsenarray-Herstellungs Vorgangs zur Erzeugung der Gegenstände der Figuren 11 bis 13 zeigen;

Figur 16 ein Satz von verschachtelten gedruckten Bildelementen einer beispielhaften lentikularen Vorrichtung ist; und

Figur 17 die (simulierte) relative Beleuchtung von Punkten entlang der Breite der Bildelemente der Vorrichtung der Figur 16 veranschaulicht, (a) auf der Achse und (b) außerhalb der Achse gesehen, in einem Winkel, der sich an oder nahe dem Rand des Keulenwinkels befindet.



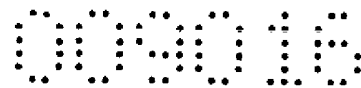
AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Zunächst wird in Figur 1 ein Linsenarray 20 in einer Konstruktion gemäß dem Stand der Technik gezeigt, das eine Messdicke t hat, wobei Mikrolinsen 22 mit einer Breite W und mit einem im Wesentlichen sphärischen Profil einfallende Strahlen 28a und 28b auf die schwarzen Punkte 26a bzw. die weißen Punkte 26b fokussieren. Die Punkte wurden auf die untere Fläche 24 gedruckt. Die Dicke t ist im Wesentlichen gleich der Brennweite der Mikrolinsen, und somit ist die Brennpunktgröße 30 auf einem Minimum.

Die Brennpunktgröße 30 der Mikrolinse gemäß dem Stand der Technik ist kleiner als die Auflösung des Drucks an der unteren Fläche 24. Zum Beispiel drucken traditionelle lentikulare Offset-Lithographie-Verfahren eine mittlere Rasterpunktgröße von etwa 25 Mikron. Eine korrekt konstruierte lentikulare Linse von 254 Mikron Breite kollimiert Licht auf eine Brennpunktgröße von etwa fünf Mikron auf der Achse, was wesentlich kleiner ist als die Größe der gedruckten Punkte 26a, 26b.

Nun unter Bezug auf Figur 2 ist ein Linsenarray 120 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. Einfallende Strahlen 128a, 128b werden zu den Punkten 26a bzw. 26b gebrochen. Das Linsenarray 120 hat eine Dicke t' , die kleiner ist als t , und die Mikrolinsen 122 haben eine Breite W . Die Mikrolinsen 122 sind so konstruiert, dass die Brennpunktgrößen 130a, 130b in ihrer Ausdehnung im Wesentlichen gleich den Punkten 26a, 26b sind. Es wurde gefunden, dass, so lange die Brennpunktgröße die mittlere Breite eines gedruckten Rasterpunkts nicht um mehr als 20% überschreitet, die Qualität des Bilds nicht beeinträchtigt wird. Es wurde auch gefunden, dass die einfache Erzeugung einer willkürlichen, nicht-fokussierenden Konstruktion die Bildqualität schwerwiegend verschlechtert und zu einem unzulässig unscharfen Bild führt. Die Brennpunktgröße kann auch geringfügig kleiner als die mittlere Breite sein, vorzugsweise nicht mehr als 20% kleiner.

Figur 3 stellt eine alternative Konstruktion eines Linsenarrays dar, wobei das Linsenarray 220 die gleiche Dicke t wie das Linsenarray 20 des Stands der Technik hat, die Breite W der Mikrolinsen 222 aber vergrößert wurde.

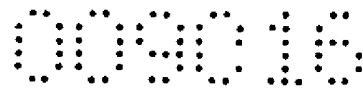


Gleichzeitig wurden andere Linsenparameter verändert, so dass einfallende Strahlen 228a, 228b gebrochen werden und an der Objektebene 224 ankommen, um die Punkte 26a, 26b zu schneiden, so dass die Brennpunktgrößen 230a, 230b wieder im Wesentlichen die gleiche Ausdehnung haben wie die Punkte 26a, 26b. Zum Beispiel kann der Krümmungsradius der Linse größer gemacht werden, wie in Figur 3 gezeigt, möglicherweise mit gleichzeitiger Änderung anderer Linsenparameter wie Brechungsindex, Kegelparameter oder Abbesche Zahl, um die optimale Bildqualität zu erreichen.

Figur 4 veranschaulicht eine seitliche Querschnittsansicht eines Strahlverlaufs einer Weitwinkel-Mikrolinse 105, die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung konstruiert ist. Die an der Fläche 101 gebrochenen Strahlen 102 erreichen die Objektebene 104 und führen zu Brennpunktgrößen 103A, 103B. In dieser Ausführungsform wurden die Brennpunktgrößen der Punkte 103A auf der Achse und der Punkte 103B außerhalb der Achse gleichmäßig über den ganzen Sichtwinkel der Mikrolinse gewichtet, wobei dieser Winkel auch als Keulenwinkel bekannt ist.

Figur 5 zeigt eine seitliche Querschnittsansicht eines Strahlverlaufs einer alternativen Weitwinkel-Mikrolinse 101, wobei die Brennpunktbreite im Wesentlichen gleich der mittleren Breite der gedruckten Rasterpunkte 109A über den Keulenwinkel ist. In Figur 6 ist eine seitliche Querschnittsansicht eines Strahlverlaufs einer weiteren Weitwinkel-Mikrolinse gezeigt, wobei die gedruckten Rasterpunkte 109A noch größer sind, was eine weitere Reduzierung der Materialdicke, oder eine gröbere Linsendichte, oder beides erlaubt.

In Figur 7 stellt die obere Reihe 110 von Punkten digitale Pixel einer bekannten Breite 109B auf einer Druckkalibrierungsform dar, die auf eine Druckplatte ausgegeben werden. Die Reihe 111 veranschaulicht das gedruckte Ergebnis der Druckreihe 110, wobei eine deutliche Punktverstärkung zu einer mittleren Punktbreite 109C führt. Die Reihe 112 veranschaulicht das gedruckte Ergebnis der Druckreihe 110 unter Verwendung eines anderen Druckverfahrens, wobei die Punktverstärkung noch größer ist als in der Reihe 111, was zu einer mittleren Punktbreite 109D führt. In dieser Veranschaulichung kann eine andere Linsenkonstruktion für die gedruckten Punkte in der Reihe 111 gelten als für die



gedruckten Punkte in der Reihe 112, wo die optimierte Linsenkonstruktion für die Reihe 111 Figur 5 ähneln kann, und die optimierte Linsenkonstruktion der Reihe 112 kann Figur 6 ähnlicher sein.

Nun unter Bezug auf Figur 8 ist eine Projektionsansicht eines gedruckten Rasterpunkts 109C gezeigt, der von einer Mikrolinse gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung abgebildet wird. Figur 8(a) zeigt Umrisse 250 der Leistungsdichteverteilung 255, die sich ergeben würde, wenn die Objektebene sich in der Brennebene 252 des Arrays befinden würde, um die Stelle 256 zu erzeugen (Figur 9). Stattdessen ist die Stelle 266 in der Objektebene 262 größer als der Punkt 109C, hat aber eine derartige Leistungsdichteverteilung 260, 265, dass der größte Teil der einfallenden Strahlung immer noch den Punkt 109C erreicht, um den Sampling-Effekt beizubehalten.

Um ein Halbtonbild auf Papier oder synthetische Materialien wie Kunststoffe zu drucken, ist es notwendig, es in ein Rasterbild umzuwandeln. Im Stand der Technik sind hierfür eine Anzahl von Verfahren bekannt. Solche Verfahren stellen Halbton durch die Verwendung von binären Punkten entweder mit unterschiedlichen Größen, so genannte Amplitudenmodulationsverfahren (AM), oder Punkten der gleichen Größe mit variierender Dichte dar, so genannte Dichtemodulationsverfahren (FM). Es werden auch verschiedene Kombinationen der zwei Verfahren, Hybridverfahren genannt, verwendet. Für die aktuellen Zwecke kann jedes dieser Verfahren verwendet werden. Das FM-Verfahren, mit seiner Vielfalt von Formen, einschließlich aber nicht beschränkt auf, Dithering, Fehlerverteilung, oder Zufalls- oder stochastische Rasterung, ist das bevorzugte Verfahren, da die die Punkte allgemein von gleicher Größe bleiben.

Die Messung der Merkmale der gedruckten Rasterpunkte kann unter Verwendung einer Vielfalt bekannter Verfahren durchgeführt werden. Zum Beispiel kann die mittlere Punktgröße durch Drucken einer Druckkalibrierungsvorlage bestimmt werden, die aus Mustern von Punkten einer gegebenen Größe und mit unterschiedlichen Dichten besteht, wobei jedes Muster typischerweise einen Dichtewert von ein Prozent bis neunundneunzig Prozent darstellt. Die Vorlage wird dann auf einer Folie oder Platte abgebildet und auf die



glatte Seite eines Substrats mit optischer Wirkung gedruckt. Das gedruckte Ergebnis wird dann unter Verwendung eines Densitometers oder ähnlichem Werkzeug gescannt, um die gedruckte Punktgröße zu bestimmen.

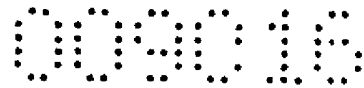
Alternativ kann die mittlere Punktgröße direkt gemessen werden, zum Beispiel unter Verwendung eines Mikroskops, das mit einem Fadenkreuz versehen ist, das Messinkremente anzeigt. Beim direkten Verfahren kann eine Probe von Punkten in jedem Tonwertbereich gemessen, aufgezeichnet, und ihre Größen gemittelt werden.

Es wurde gefunden, dass die Messung von Punkten bei einem Tonwert von etwa 20% die besten Ergebnisse liefert.

In manchen Fällen kann es aufgrund von variierenden Druckpressenbedingungen nicht möglich oder durchführbar sein, die obigen Messwerte zu erhalten. Wenn dies der Fall ist, kann eine mittlere erwartete Punktgröße aufgrund früherer Erfahrung oder anders geschätzt werden.

Unter Bezug auf Figur 10 wird nun ein Verfahren zur Optimierung der Konstruktion einer Mikrolinse zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung beschrieben. Zum Zweck dieses nicht einschränkenden Beispiels wird angenommen, dass die Mikrolinse 300 eine asphärische Linse ist, die dreh-symmetrisch ist. Dieses Verfahren beruht auf relativ einfachen theoretischen Berechnungen, die die geometrische Optik verwenden und Randwirkungen am Umfang der Linse ignorieren. Dem Fachmann ist klar, dass viele andere Verfahren möglich sind, einschließlich der Verwendung anspruchsvollerer physikalischer Modelle, Strahlverfolgungssimulationen usw.

In Figur 10(a) befindet sich ein Bildelement in der Form eines gedruckten Punkts 305 mit der vollen Breite H und einer Halbbreite h in einer Objektebene in einem unbekannten Abstand t (die Messdicke) vom Anfang des (x,y) Koordinatensystems, was dem Vertex 310 der Linse 300 entspricht. Die Linse 300 hat eine Durchbiegungshöhe s und eine Halbbreite w , und einen Brechungsindex n (nicht in der Figur gezeigt). Eine optimale Linsenkonstruktion führt zu einem einfallenden Strahl 320, der parallel zur x -Achse einfällt, am Rand 315 der Linse 300 ankommt und um einem Winkel β gebrochen wird, der den Scheitel des Punkts 305 schneidet. Es soll also ein Ausdruck für t hinsichtlich der



Linsenparameter und der Halbbreite h gefunden werden, der ein Skalenparameter repräsentativ für die Größe des Punkts 305 ist.

Die Gleichung der Linsenprofilfunktion $y(x)$ wird angegeben durch

$$P * x^2 - 2 * R * x + y(x)^2 = 0,$$

wobei R der Linsenradius am Rand 305 der Linse und P die Kegelkonstante und gleich $1-e^2$ ist, wobei e die Exzentrizität ist. Im Prinzip könnte eine allgemeinere Linsenprofilfunktion $y(x)$, die höhere Leistungen von x enthält, gewählt werden. Es ist aber allgemein für die Linsenkonstruktion günstiger, die quadratische Form von $y(x)$ wie oben zu verwenden.

Die Normale 330 zur Fläche der Linse am Rand 305 ($x=s$, $y=w$) hat eine Steigung

$$m(x) = \frac{-1}{y'(x)}$$

wobei $y'(x)$ die erste Ableitung von $y(x)$ ist. Diese Steigung ist gleich $Tan(\alpha)$, wobei α der Winkel zwischen dem einfallenden Strahl 320 und der Normalen 330 ist, und so gilt

$$Tan(\alpha) = m(x)$$

so dass gilt

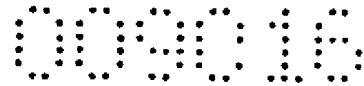
$$\alpha(x) = ArcTan\left(\frac{\sqrt{2 * R * x - P * x^2}}{P * x - R}\right).$$

Gemäß dem Snell-Gesetz gilt

$$n_1 * Sin(\alpha) = n * Sin(\theta)$$

wobei θ der Winkel zwischen dem gebrochenen Strahl 320' und der Normalen 330 ist, und n_1 der Brechungsindex der Luft ist (der nachfolgend als Annäherung mit 1 angenommen wird). Daher gilt

$$\theta = ArcSin\left(\frac{Sin(\alpha)}{n}\right).$$



Die Steigung A der an (s, w) und (t, h) anschließenden Linie ist

$$A = -\tan(\beta)$$

und ersetzt $\beta = \alpha - \theta$,

$$A = -\tan\left[\alpha(s) - \arcsin\left(\frac{\sin(\alpha(s))}{n}\right)\right]. \quad (1)$$

Es ist relativ unkompliziert zu zeigen, dass t geschrieben werden kann als

$$t = s + \frac{h - w}{A} \quad (2)$$

mit A wie in der obigen Gleichung (1) und

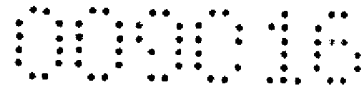
$$\alpha(s) = \arctan\left(\frac{w}{\sqrt{R^2 - P^2 w^2}}\right). \quad (3)$$

Die Dicke t kann bezüglich eines oder mehr der Linsenparameter R , n , P , w und s in üblicher Weise optimiert werden, d.h. indem die teilweisen Ableitungen des Ausdrucks in Gleichung (2) bezüglich eines oder mehrerer der Parameter genommen werden und die teilweisen Ableitungen gleich null gesetzt werden. Das resultierende System von Gleichungen kann analytisch oder numerisch gelöst werden, um den Satz von Linsenparametern zu finden, der die optimale Linsendicke ergibt.

Die Optimierung kann eine eingeschränkte Optimierung sein. Es kann zum Beispiel praktische Herstellungsbegrenzungen im Bereich von t geben, und es kann daher wünschenswert sein, t auf diesen Wertebereich zu begrenzen. Eingeschränkte Optimierungsverfahren sind im Stand der Technik bekannt.

Die obigen Formeln wurden für einfallende Strahlen parallel zur x-Achse abgeleitet. Die Ableitung kann für Strahlen 340, 350 außerhalb der Achse und Punkte außerhalb der Achse (Figur 10(b)) verallgemeinert werden, wodurch man erhält

$$D = \|(M - m) * (t - s) + 2 * w\|,$$



wobei D die Punktgröße außerhalb der Achse, M die Steigung des gebrochenen Strahls 340' an einem Rand 345 der Mikrolinse, und m die Steigung des gebrochenen Strahls 350' am gegenüberliegenden Rand 355 der Mikrolinse ist, wobei t die gewünschte Messdicke, s die Durchbiegungshöhe und w die Linsenhalbbreite ist wie vorher.

Wenn der Ableitungswinkel, δ , der einfallenden Strahlen Null ist, $M = -m = A$, und die Gleichung reduziert wird auf

$$D = 2M * (t - s) + 2w,$$

wird in diesem Fall D gleich $2h$, der vollen Punktgröße, und

$$t = s + \frac{h - w}{A},$$

was dem Ausdruck für Strahlen auf der Achse entspricht, der früher abgeleitet wurde.

Alternativ zum oben Gesagten ist es möglich, die Linsenhalbbreite w als eine Funktion von einigen oder allen von R , n , P und s zu optimieren, während t festgelegt gehalten werden kann. Dies kann geschehen, indem die Gleichung (2) bezüglich w wie folgt neu geschrieben wird:

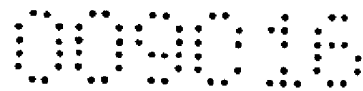
$$w = h - A * (t - s).$$

Wenn t festgelegt gehalten wird, kann eine beschränkte Optimierung durchgeführt werden, um die optimale Linsenhalbbreite w zu finden.

Als weitere Alternative können andere Linsenparameter R , n , P oder s in ähnlicher Weise wie oben optimiert werden.

Das obige Modell schließt nicht ausdrücklich eine Verarbeitung der chromatischen Aberration ein. Der Fachmann erkennt aber, dass die Kegelkonstante P und/oder die Abbesche Zahl der Linse gewählt werden kann, um eine chromatische Aberration zu minimieren.

In Figur 11(d) ist ein Gegenstand 400 gezeigt, der auf einem Substrat 410 aus durchsichtigem oder durchscheinendem Material geformt ist, das ein Linsenarray 420, das auf einer Vorderfläche 411 auf einer Seite des Substrats 410 geformt ist, und Bildelemente 426a, 426b hat, die auf einer Rückfläche 412



auf der gegenüberliegenden Seite des Substrats 410 geformt sind. In einem bevorzugten Herstellungsverfahren des Gegenstands 400 werden die Bildelemente 426a, 426b zuerst auf die Rückfläche 412 des Substrats 410 auf der gegenüberliegenden Seite aufgebracht (Figur 11(a)). Die Bildelemente 426a, 426b werden vorzugsweise durch Drucken auf die Rückfläche 412 aufgebracht, obwohl sie durch andere Verfahren, einschließlich Lasermarkieren, in oder auf der Rückfläche geformt werden können.

Figur 11(b) zeigt eine durchsichtige oder durchscheinende prägbare Schicht 415, die auf die Vorderfläche 411 des durchsichtigen oder durchscheinenden Substrats 401 aufgebracht wird. Vorzugsweise ist die prägbare Schicht eine strahlungshärtbare Flüssigkeit, Harz oder Druckfarbe, die durch ein Druckverfahren aufgebracht werden kann. Die Schicht 415 wird dann mit einer Prägematrize 416 geprägt (Figur 11(c)), um eine Vielzahl von Mikrolinsen 422 des Linsenarrays 420 in der Schicht 415 passgenau mit den Bildelementen 426a, 426b an der Rückfläche 412 des Substrats 410 zu formen. Die geprägte Schicht 415 kann strahlungsgehärtet werden, z.B. durch UV, Röntgen-Strahlen, Elektronenstrahlen oder Wärme (IR), entweder gleichzeitig während des Prägevorgangs oder danach, um die geprägte Struktur der Mikrolinsen 422 im Linsenarray 420 zu fixieren.

Unter Bezug auf Figur 12 ist ein alternatives Verfahren gezeigt, um einen Gegenstand 500 zu erzeugen, der demjenigen der Figur 11(d) insofern ähnlich ist, als er aus einem Substrat 510 aus durchsichtigem oder durchscheinendem Material geformt wird, das ein Linsenarray 520 in einer prägbaren Schicht 515 geformt, die auf eine Vorderfläche 511 des Substrats aufgebracht wird, und Bildelemente 526a, 526b aufweist, die in oder an der Rückfläche 512 des Substrats geformt sind.

In dem in Figur 12 gezeigten Verfahren wird die prägbare Schicht 515 zuerst auf die Vorderfläche 511 auf einer Seite des Substrats 510 (Figur 12(a)) aufgebracht und dann durch eine Prägematrize 516 geprägt (Figur 12(b)), ehe die Bildelemente 526a, 526b auf die Rückfläche 512 auf der gegenüberliegenden Seite des Substrats 510 aufgebracht werden. Wieder kann die prägbare Schicht 515 von einer strahlungshärtbaren Flüssigkeit, Harz oder Druckfarbe geformt

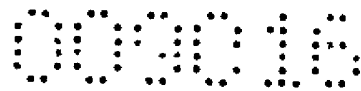


sein, die vorzugsweise durch einen Druckvorgang aufgebracht wird, und wird vorzugsweise strahlungsgehärtet, entweder im Wesentlichen gleichzeitig während des Prägevorgangs oder später. Die Bildelemente 526a, 526b können durch Drucken oder Lasermarkieren auf der Rückfläche 512 des Substrats 510 geformt werden, um den resultierenden Gegenstand 500 der Figur 12(c) zu formen.

In den resultierenden Gegenständen 400, 500 der Figur 11(d) und Figur 12(c) stellt man fest, dass die Linsenarrays 420, 520 eine Messdicke $t = p + q$ haben, wobei p die Dicke des durchsichtigen oder durchscheinenden Substrats 410, 510 und q die Dicke der durchsichtigen oder durchscheinenden Schicht 415, 515 gemessen von der Vorderfläche 411, 511 des Substrats 410, 510 zum Apex jeder Mikrolinse 422, 522 nach dem Prägen ist.

In vielen Fällen sind die Dicken p und q des Substrats 410 und der Schicht 415 vorbestimmt, die mittlere Punktgröße $H = 2h$ wird durch das Druckverfahren oder anderen Vorgang bestimmt, der verwendet wird, um die Bildelemente zu formen, und einer oder mehrere Linsenparameter, z.B. Linsenbreite $W = 2w$, Krümmungsradius R , Durchbiegung s , Brechungsindex n oder Kegelkonstante P , können in Bezug auf $t (= p + q)$ optimiert werden, um eine Prägematrize zum Formen des Linsenarrays 420, 520 gemäß dem Vorgang der Figur 14 zu erzeugen, der später beschrieben wird.

Unter Bezug auf die Figuren 13(a) bis 13(d) ist ein Verfahren zur Erzeugung eines Gegenstands 600 gezeigt, der ein Linsenarray 620 in einer durchsichtigen oder durchscheinenden Schicht 615 geformt aufweist, die über Bildelemente 626a, 626b auf einer Vorderfläche 611 auf einer Seite eines Substrats 610 aufgebracht wird. Das Substrat 610 in Figur 13 kann durchsichtig, durchscheinend oder undurchsichtig sein, da das Linsenarray 620 und die Bildelemente 626a, 626b auf der gleichen Seite des Substrats 610 geformt werden. In dem in Figur 13 gezeigten Verfahren werden die Bildelemente 626a, 626b zuerst auf die Vorderfläche 611 auf dem Substrat aufgebracht, vorzugsweise durch Drucken (Figur 13(a)), ehe die durchsichtige oder durchscheinende Schicht 615 aufgebracht (Figur 13(b)) und durch die Prägematrize 616 geprägt wird. Wieder kann die prägbare Schicht 615 aus einer strahlungshärtbaren Flüssigkeit, Harz oder Druckfarbe geformt sein, die

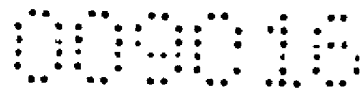


vorzugsweise durch einen Druckvorgang aufgebracht wird, und wird entweder gleichzeitig oder danach strahlungsgehärtet, um die Linienstruktur der Mikrolinsen 622 des Linienarrays 620 zu fixieren.

Der resultierende Gegenstand 600 der Figur 13(d) unterscheidet sich von demjenigen der Figuren 11(d) und 12(c) dadurch, dass die Dicke p des Substrats 610 keine Einwirkung auf die Messdicke t des Linienarrays 620 hat, die im Wesentlichen gleich der Dicke q der durchsichtigen oder durchscheinenden Schicht 615 ist (unter Berücksichtigung der Dicke der Bildelemente 626a, 626b). Da die Messdicke t des Linienarrays 620 des Gegenstands 600 wahrscheinlich geringer als die Messdicke t der Linienarrays 420, 520 der Gegenstände 400, 500 der Figuren 11(a) und 12(a) ist, kann das Verfahren der vorliegenden Erfindung genutzt werden, um die reduzierte Messdicke zu kompensieren, indem die Linienbreite W , oder der Krümmungsradius R reduziert wird, oder andere Parameter der Mikrolinsen 622 des Linienarrays 620 durch eine geeignete Formänderung der Prägematrize 616 angepasst werden.

Nun unter Bezug auf Figur 14 ist ein Ablaufdiagramm für einen Vorgang der Erzeugung einer Prägematrize zur Verwendung mit bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gezeigt. Zuerst wird eine Kalibrierungsvorlage gedruckt (Schritt 700), und die Punktgröße wird wie oben beschrieben gemessen (Schritt 710). Dann wird ein Anfangssatz von Linienparametern gewählt (Schritt 720) und die Parameter werden in einem multivariaten Optimierungsvorgang variiert (Schritte 730, 740). Wenn eine Lösung gefunden wurde, kann eine Prägematrize zur Verwendung im Herstellungsvorgang erzeugt werden (Schritt 750).

In den Figuren 15(a) und 15(b) sind Ablaufdiagramme von zwei alternativen Verfahren zum Formen eines Gegenstands mit optischer Wirkung gezeigt. In beiden Fällen wird ein Substrat bereitgestellt (Schritt 800). Der in Figur 15(a) gezeigte Vorgang ist geeignet, um die Gegenstände 400 und 600 der Figuren 11 und 13 zu formen. In der Ausführungsform der Figur 15(a) werden zwei oder mehr verschachtelte Bilder auf eine Vorder- oder Rückfläche des Substrats aufgebracht (Schritt 810), vorzugsweise durch Drucken. Eine strahlungshärtbare Druckfarbe kann dann auf die Vorderfläche des Substrats

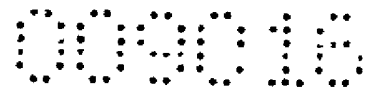


(Schritt 820) aufgebracht werden, zum Beispiel durch einen Druckvorgang, und die Druckfarbe wird dann mit einer Prägematrize geprägt, die im Schritt 750 der Figur 14 erhalten wird. Die Druckfarbe wird dann gehärtet, um die Mikrolinsen des Gegenstands mit optischer Wirkung in der geprägten Fläche zu formen. Der Härtungsschritt kann im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Prägeschritt erfolgen (Schritt 830). In Figur 15(b) wird die strahlungshärtbare Druckfarbe stattdessen auf eine Seite des Substrats zuerst aufgebracht (Schritt 840). Die Druckfarbe wird dann mit einer Prägematrize geprägt, die im Schritt 750 der Figur 14 erhalten wird, und gehärtet, um die Mikrolinsen zu formen (Schritt 850). Die Bildelemente werden dann auf die Seite des Substrats gegenüber den Mikrolinsen aufgebracht, passgenau mit den Mikrolinsen, um den Gegenstand mit optischer Wirkung zu formen.

BEISPIEL

Unter Bezug auf Figur 16 ist ein Beispiel eines gedruckten verschachtelten Bilds 900 gezeigt, das verwendet wird, um eine binäre "Bild umdrehende"-Wirkung zu erzeugen, wenn es mit einem geeigneten Linsenarray gepaart wird. In dem gezeigten Beispiel sind die Bildelemente schwarze Streifen 901, die mit weißen Streifen 902 verschachtelt sind. In diesem Fall werden die schwarzen Streifen von schwarzer Druckfarbe geformt, die auf eine freie Schicht oder eine Schicht weißer Druckfarbe gedruckt wird, so dass die weißen Streifen von freien Bereichen ohne Druckfarbe oder weißer Druckfarbe geformt werden, auf die keine schwarze Druckfarbe aufgebracht wurde. Durch ein lentikulares Linsenarray mit Lentikeln 930 gesehen, erzeugt eine Vorrichtung, die eine Kombination aus lentikularem Array und Bildelementen 901, 902 hat, ein Umschalten vom Bild 910, das oben links in Figur 16 gezeigt ist, zum Bild 920, in dem schwarze und weiße Bereiche umgedreht sind, wenn die Vorrichtung bezüglich des Betrachters um eine Achse parallel zur Richtung der Streifen gekippt wird.

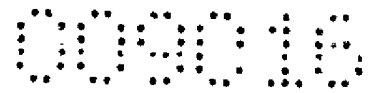
Die schwarzen und weißen Streifen 901, 902 wurden auf ein Substrat durch Gravurdruck aufgebracht. Beim Messen unter Verwendung des Fadenkreuzes eines Mikroskops wurde gefunden, dass die schwarzen Streifen eine mittlere Breite von 32 Mikron haben, während die weißen Streifen eine



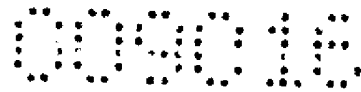
mittlere Breite von 31,5 Mikron haben. Der Mittelwert von 32 Mikron für die schwarzen Streifen wurde als der für die Größe der Bildelemente repräsentative Skalenparameter angenommen. Die Breite W der Lentikel 930 (überlagert in Kontur auf den gedruckten Bildelementen 901, 902 gezeigt) wurde auf 63,5 Mikron fixiert, und die Messdicke t optimiert unter Verwendung des Ausdrucks in der Gleichung (2). Dies führte zu einer optimalen Messdicke t von 90 Mikron bei einer Durchbiegungshöhe s von 10 Mikron und einem Krümmungsradius R von 55,4 Mikron, verglichen mit einer Messdicke von etwa 162 Mikron, wenn die Bildelemente an der Nennbrennweite des Lentikels angeordnet waren.

Um zu überprüfen, ob die Brennpunktgrößen von Lentikeln mit der obigen Konstruktion ausreichend nahe bei der Bildelementgröße sind, um die gewünschte Wirkung eines umdrehenden Bilds zu erzeugen, wurden die obigen Parameter in eine Strahlverfolgungssimulation in einer Software zur Konstruktion eines optischen Systems eingegeben, die von Zemax Development Corporation erzeugt und unter dem Warenzeichen ZEMAX verkauft wird. Die in den Figuren 17(a) and 17(b) gezeigten relativen Beleuchtungsflächen können verwendet werden, um die Brennpunktgröße zu bestimmen, wobei dies der Abstand zwischen den Paaren von Punkten (960a, 960b) und (961a, 961b) ist, wo die relative Beleuchtung auf Null fällt. Man kann sehen, dass die Brennpunktgröße 951 auf der Achse etwa 30 Mikron beträgt, während die Brennpunktgröße 952 außerhalb der Achse etwa 23 Mikron beträgt. Ein "durchschnittliches" Bildelement auf der Achse gesehen liegt also innerhalb 6%-7% der Brennpunktgröße.

Man versteht, dass verschiedene Änderungen an den oben beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung durchgeführt werden können, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es ist zum Beispiel möglich, dass Mikrolinsenstrukturen eines Linsenarrays direkt in eine Fläche eines durchsichtigen oder durchscheinenden Substrats geprägt werden können, anstatt in eine durchsichtige oder durchscheinende prägbare Schicht, die auf ein Substrat aufgebracht wird. Auch können, obwohl Drucken der bevorzugte Vorgang zum Formen von Bildelementen ist, die Bildelemente durch Lasermarkieren geformt werden. In diesem Fall ist es möglich, dass ein Laser durch ein durchsichtiges oder durchscheinendes Substrat oder Schicht von einer



Laserquelle auf eine Seite des Substrats oder der Schicht gerichtet werden kann, um eine laserempfindliche Fläche auf der gegenüberliegenden Seite des Substrats oder der Schicht zu markieren, um die Bildelemente zu formen, nachdem das Linsenarray geformt wurde.



PATENTANSPRÜCHE

1. Linsenarray zur Abbildung einer Vielzahl von Bildelementen in einer Objektebene, wobei das Linsenarray eine Vielzahl von Mikrolinsen enthält, die in oder auf einer Seite eines durchsichtigen oder durchscheinenden Materials mit den Bildelementen auf der gegenüberliegenden Seite angeordnet geformt sind, wobei das Linsenarray eine Messdicke hat, die dem Abstand vom Apex jeder Mikrolinse zur Objektebene entspricht, wobei jede Mikrolinse einen Satz von Linsenparametern hat, wobei die Messdicke und/oder mindestens ein Linsenparameter so optimiert sind, dass jede Mikrolinse eine Brennpunktgröße in der Objektebene hat, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente in der Objektebene ist, oder die von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

2. Verfahren zur Herstellung eines Linsenarrays zur Abbildung einer Vielzahl von Bildelementen in einer Objektebene, wobei das Linsenarray eine Vielzahl von Mikrolinsen enthält, wobei das Linsenarray eine Messdicke entsprechend dem Abstand vom Apex jeder Mikrolinse zur Objektebene hat, wobei das Verfahren die folgenden Schritte enthält:

Bestimmen eines Skalenparameters, der für die Größe der Bildelemente in mindestens einem Teil der Objektebene repräsentativ ist,

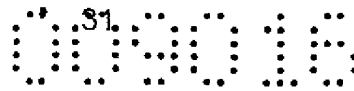
Verwenden des Skalenparameters, um die Messdicke und/oder mindestens einen Parameter eines Satzes von Linsenparametern für jede Mikrolinse zu optimieren,

und Formen des Linsenarrays mit der Messdicke und dem Linsenparameter in oder auf einer Seite eines durchsichtigen oder durchscheinenden Materials, wobei die Bildelemente auf der gegenüberliegenden Seite des durchsichtigen oder durchscheinenden Materials angeordnet sind,

wobei die Mikrolinsen eine Brennpunktgröße in der Objektebene haben, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder die von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.



3. Linsenarray oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Messdicke des Linsenarrays bezüglich der Größe der Bildelemente und des Satzes von Linsenparametern optimiert ist, oder wobei die Linsenparameter bezüglich der Größe der Bildelemente und der Messdicke optimiert sind..
4. Linsenarray oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das vorherbestimmte Maß, um das die Brennpunktgröße variiert, geringer als eine geschätzte Veränderlichkeit der Größe der Bildelemente ist und wobei die geschätzte Veränderlichkeit die Standardabweichung, die mittlere Absolutabweichung oder der Interquartilbereich der Größe der Bildelemente ist.
5. Linsenarray oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das vorbestimmte Maß, um das die Brennpunktgröße sich von der Größe der Bildelemente unterscheidet, nicht mehr als 20% der Größe der Bildelemente beträgt.
6. Linsenarray oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bildelemente auf eine Fläche auf der gegenüberliegenden Seite des durchsichtigen oder durchscheinenden Materials durch Drucken oder durch Lasermarkieren aufgebracht werden.
7. Linsenarray oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mikrolinsen durch einen Prägevorgang in einem durchsichtigen oder durchscheinenden strahlungshärtbaren Material geformt werden, wobei das strahlungshärtbare Material auf ein Substrat aufgebracht wird, das aus einem durchsichtigen oder durchscheinenden Material geformt ist, und die kombinierte Dicke des Substrats und des strahlungshärtbaren Materials der Messdicke des Linsenarrays entspricht.
8. Linsenarray oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Satz von Linsenparametern für jede der Mikrolinsen gleich ist oder



wobei die Mikrolinsen in einem Bereich oder Bereichen des Linsenarrays unterschiedliche Linsenparameter zu den Mikrolinsen in einem anderen Bereich oder anderen Bereichen des Linsenarrays haben.

9. Linsenarray oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Brennpunktgröße, wenn sie über zwei oder mehr Richtungen innerhalb des Keulwinkels der Mikrolinse gemittelt wird, im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

10. Verfahren zur Konstruktion eines Linsenarrays zur Abbildung einer Vielzahl von Bildelementen in einer Objektebene, wobei das Linsenarray eine Vielzahl von Mikrolinsen enthält und eine Messdicke hat, die dem Abstand vom Apex jeder Mikrolinse zur Objektebene entspricht, wobei das Verfahren die folgenden Schritte enthält:

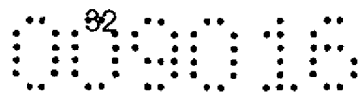
Schätzen eines Skalenparameters, der für die Größe der Bildelemente in der Objektebene repräsentativ ist,

Auswahl eines Satzes von Linsenparametern für jede Mikrolinse, und

Konstruktion des Linsenarrays unter Verwendung des Skalenparameters, um die Messdicke und/oder mindestens einen Linsenparameter des Satzes von Linsenparametern für jede Mikrolinse zu optimieren, wobei jede Mikrolinse eine Brennpunktgröße in der Objektebene hat, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

11. Linsenarray nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 2 oder 10, wobei der Satz von Linsenparametern zwei oder mehrere der folgenden umfasst: die Linsenbreite, den Brechungsindex, die Durchbiegungshöhe, den Krümmungsradius, den Kegelparameter und die Abbesche Zahl.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, das weiter den Schritt des Messens der Größen der Bildelemente in mindestens einem Teil der Objektebene



enthält, wobei der Skalenparameter von den gemessenen Größen der Bildelemente geschätzt wird.

13. Verfahren zur Herstellung einer optisch variablen Vorrichtung, das die folgenden Schritte enthält:

Bereitstellen eines Substrats;

Aufbringen von Bildelementen auf das Substrat, wobei die Bildelemente sich in einer Objektebene befinden;

Bestimmen eines Skalenparameters, der für die Größe der Bildelemente repräsentativ ist; und

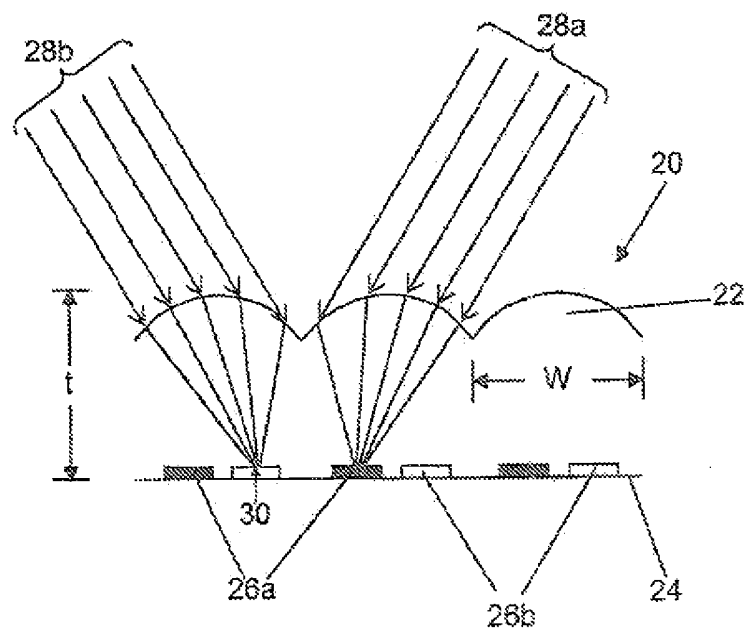
Formen einer Vielzahl von Mikrolinsen in einem durchsichtigen oder durchscheinenden Material auf dem Substrat:

wobei jede Mikrolinse einen Satz von Linsenparametern hat, die so bestimmt werden, dass die Mikrolinsen eine Brennpunktgröße in der Objektebene haben, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

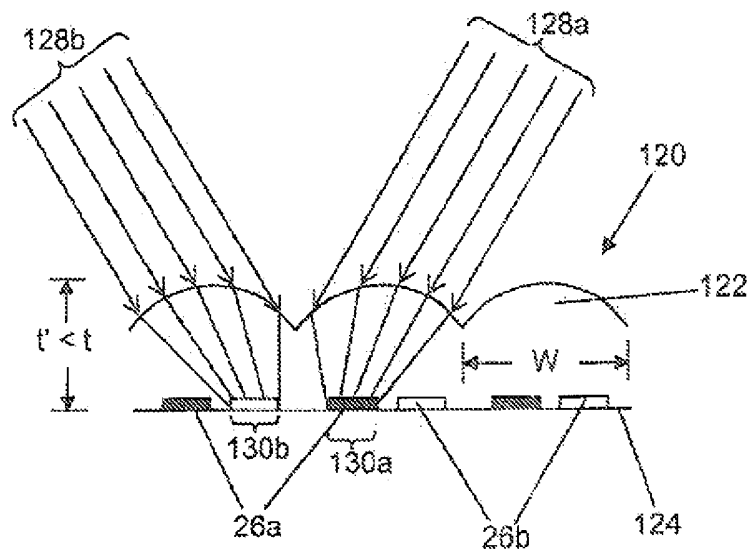
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Skalenparameter durch Messen der Größen der Bildelemente bestimmt wird.

15. Optisch variable Vorrichtung oder ein Sicherheitsdokument, die ein Substrat und eine Vielzahl von in oder auf dem Substrat geformten Mikrolinsen und eine Vielzahl von Bildelementen enthält, die sich in einer Objektebene in oder auf dem Substrat befinden, wobei jede Mikrolinse einen Satz von Linsenparametern hat, die so bestimmt sind, dass die Mikrolinsen eine Brennpunktgröße in der Objektebene haben, die im Wesentlichen gleich der Größe der Bildelemente ist, oder die von der Größe der Bildelemente um ein vorbestimmtes Maß abweicht.

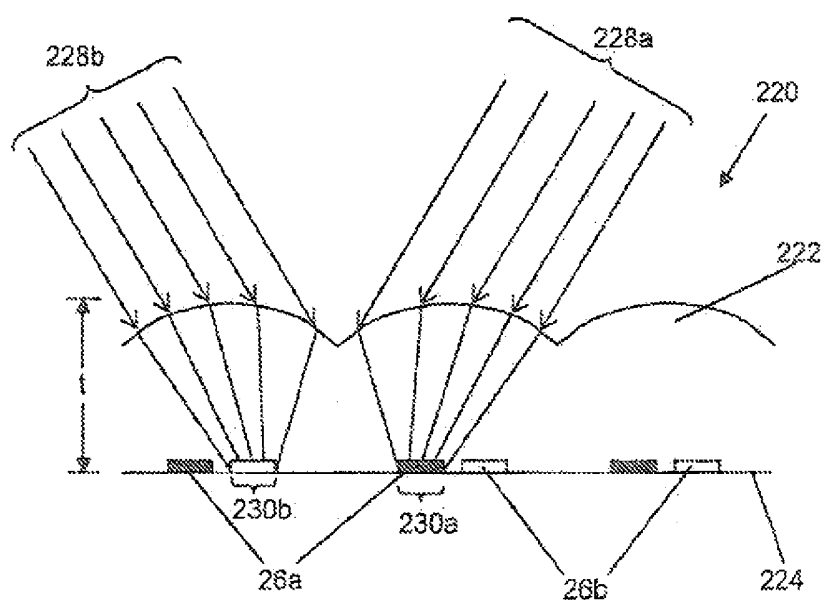
Figur 1 (Stand der Technik)



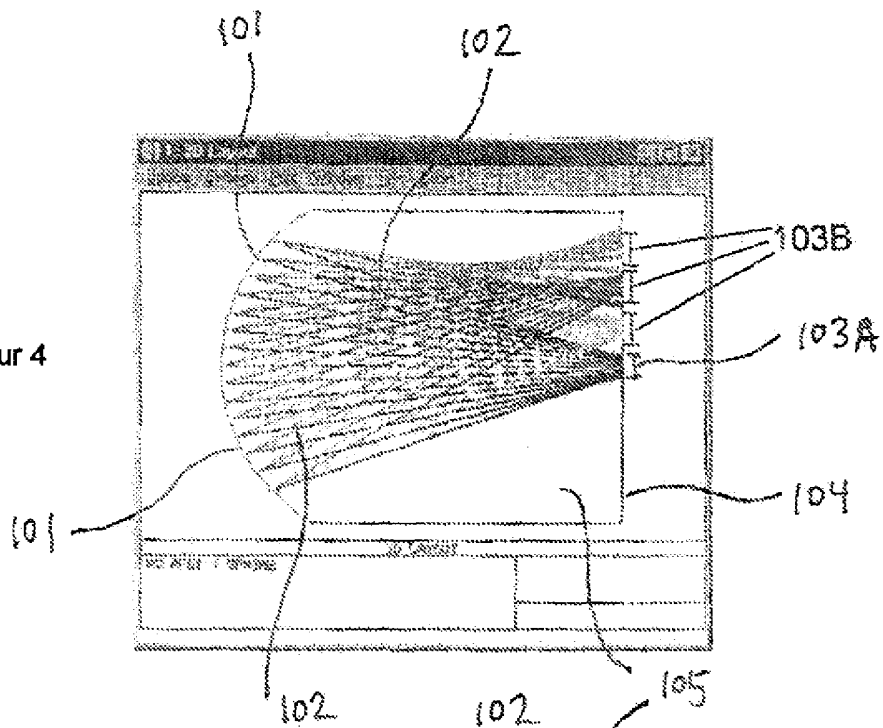
Figur 2



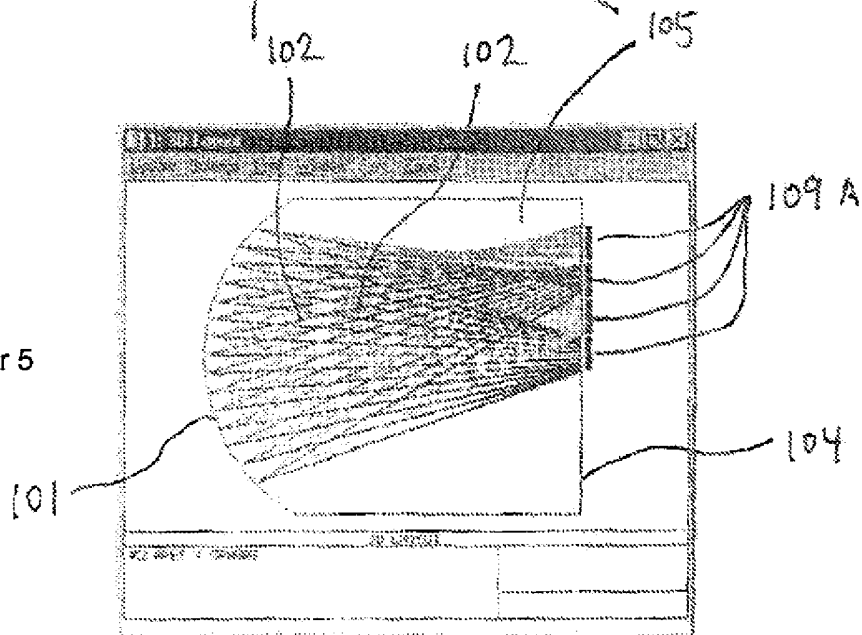
Figur 3

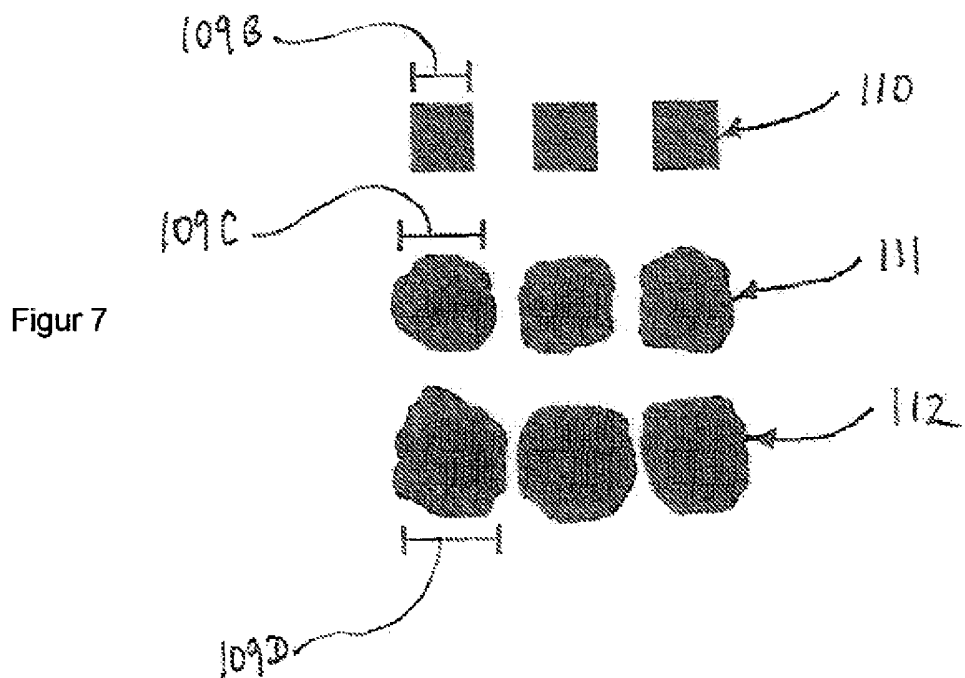
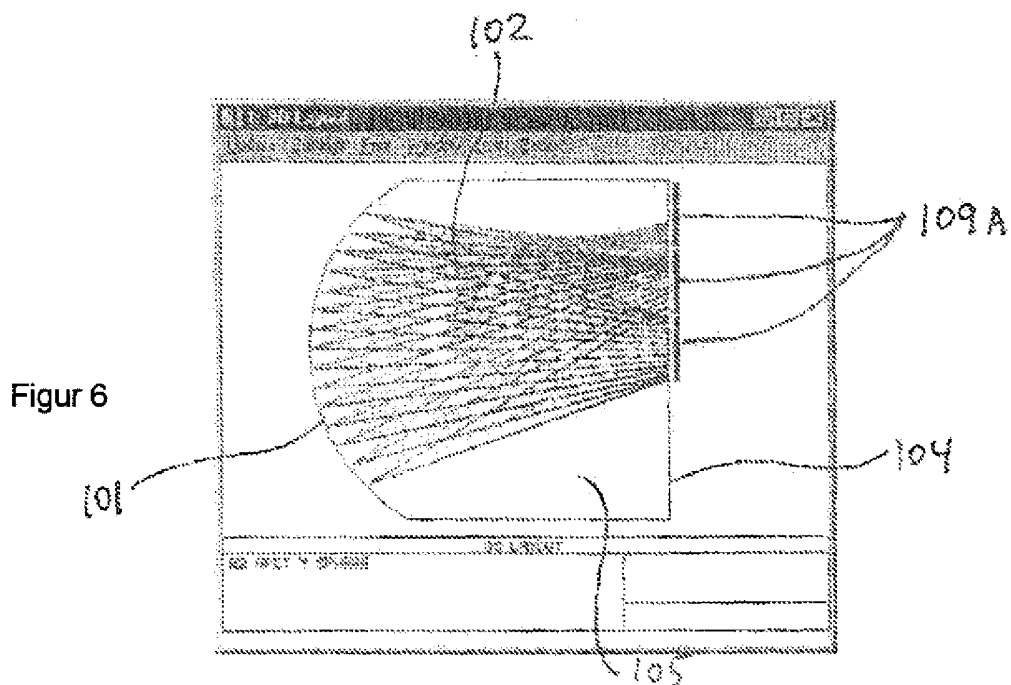


Figur 4

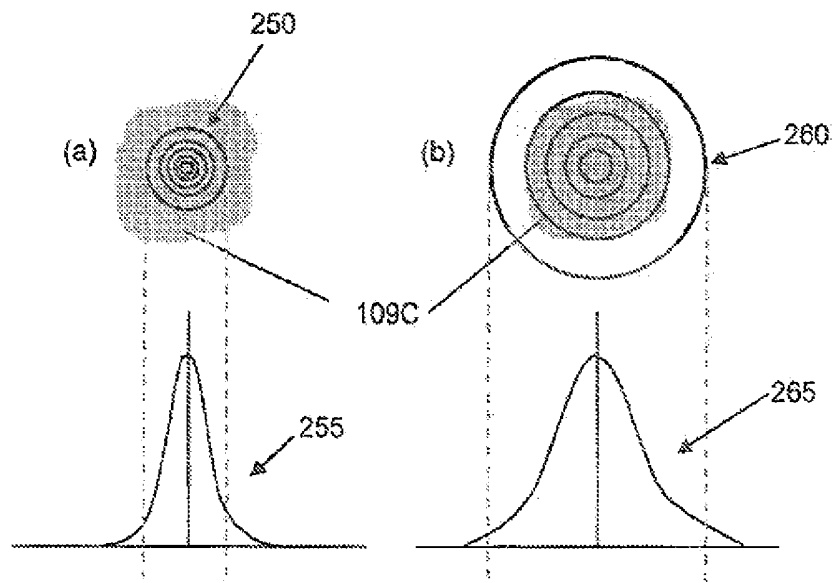


Figur 5

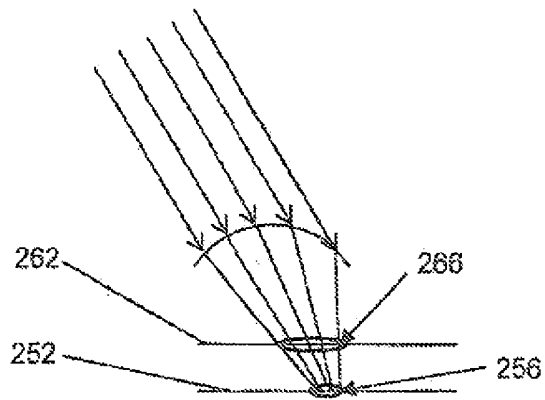




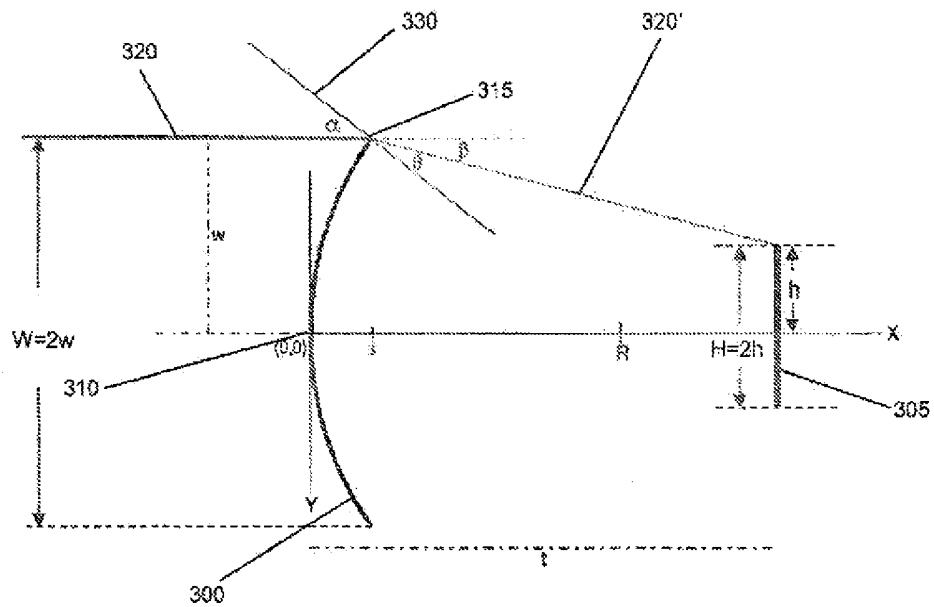
Figur 8



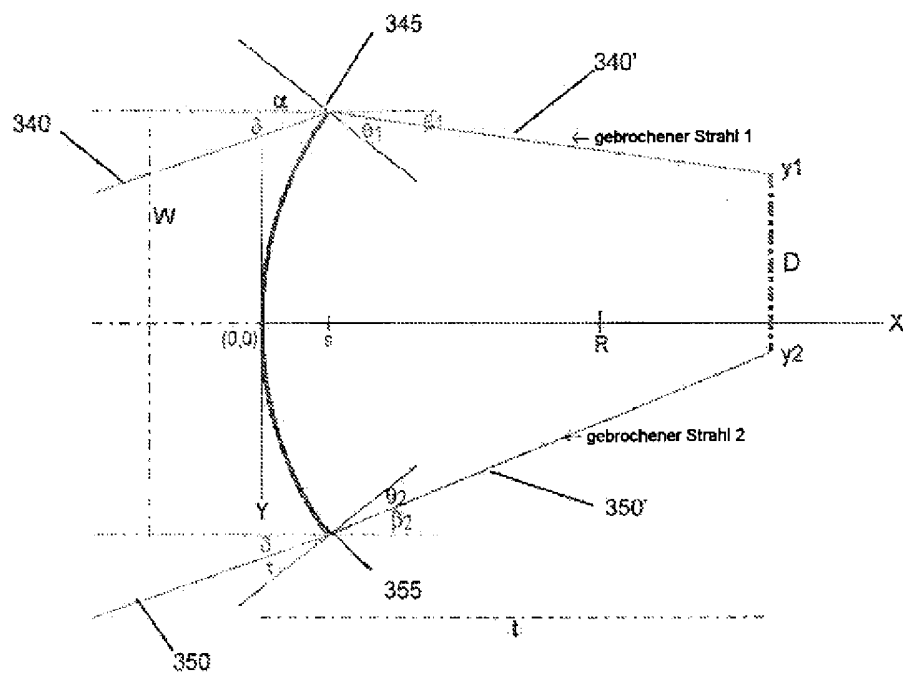
Figur 9



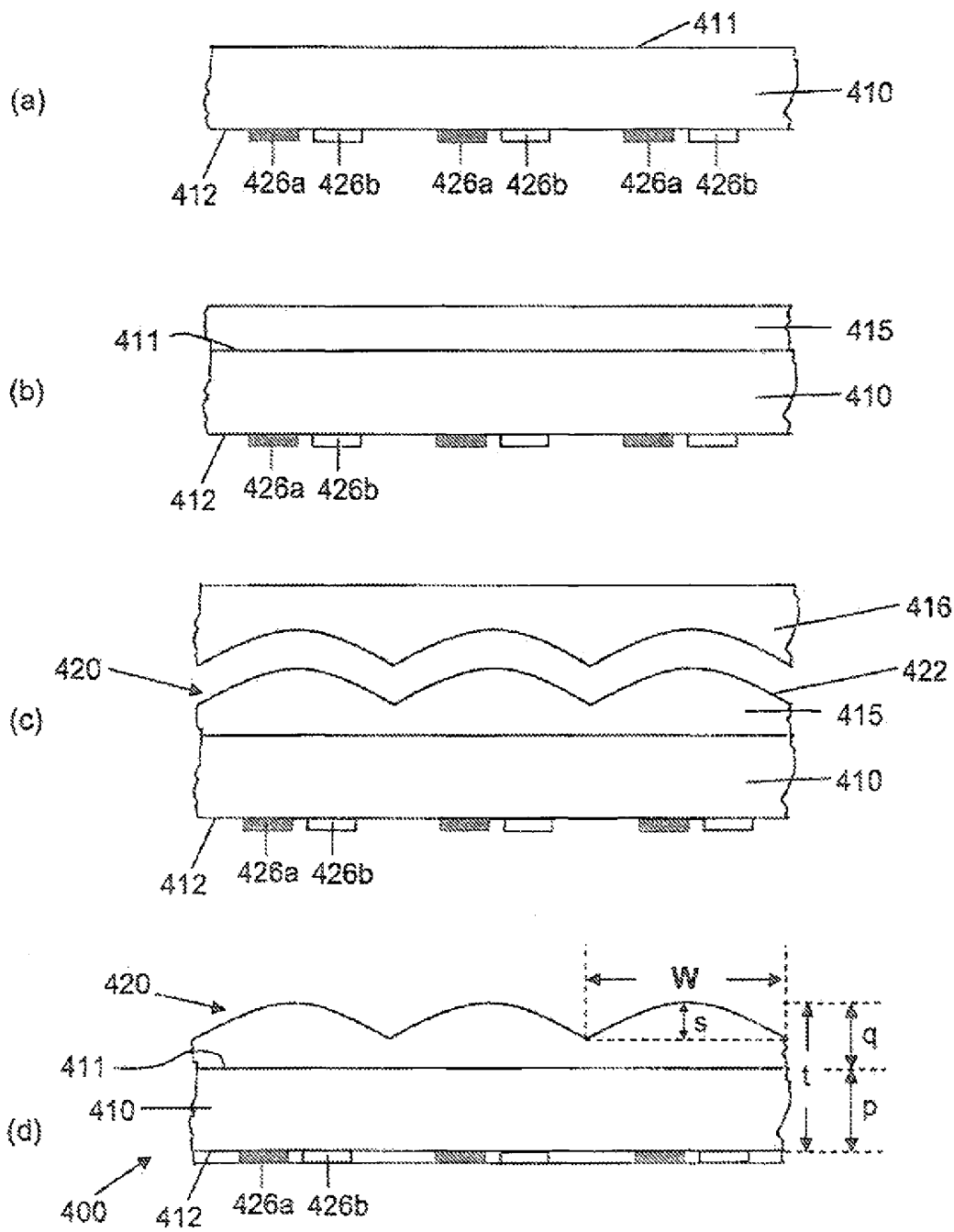
Figur 10(a)



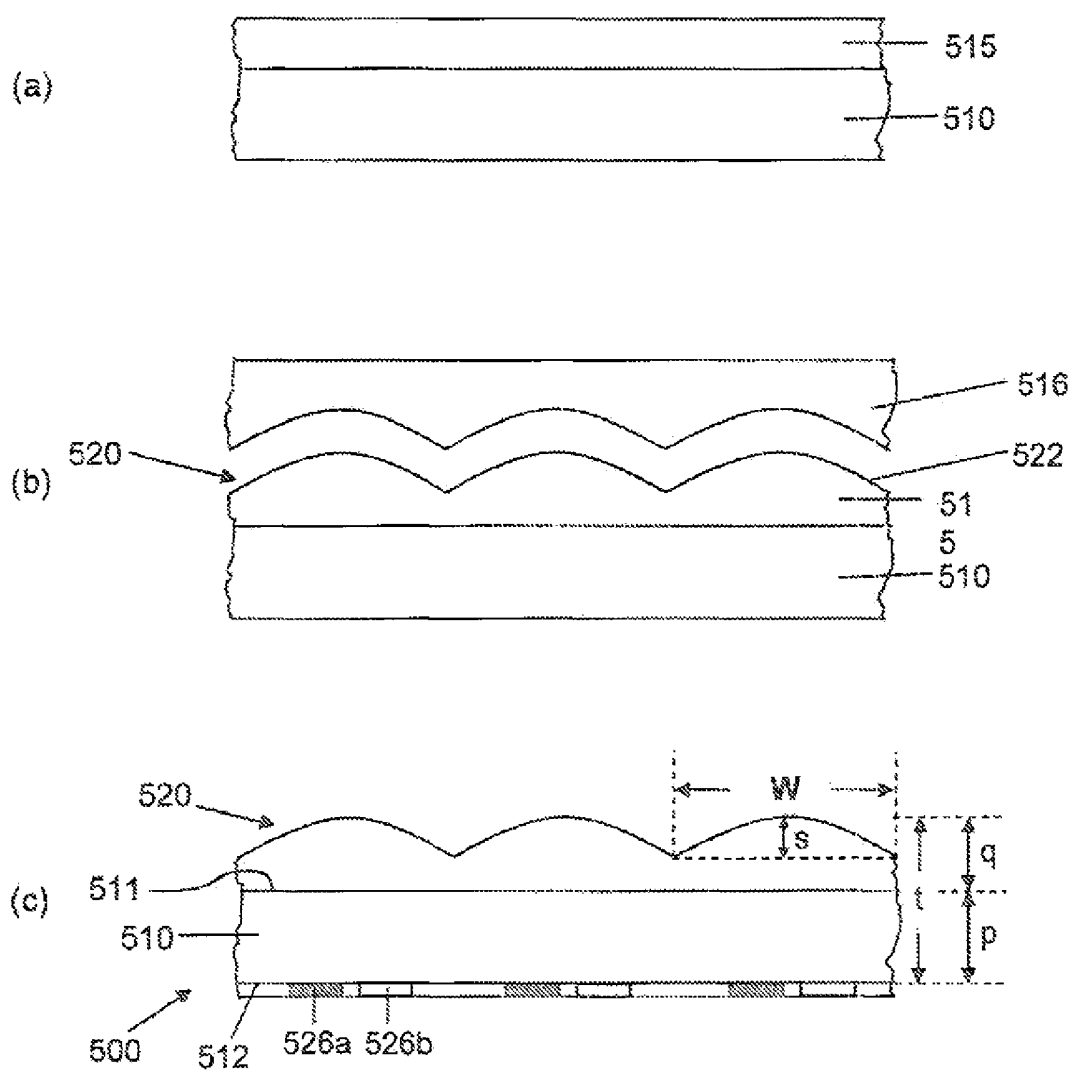
Figur 10(b)



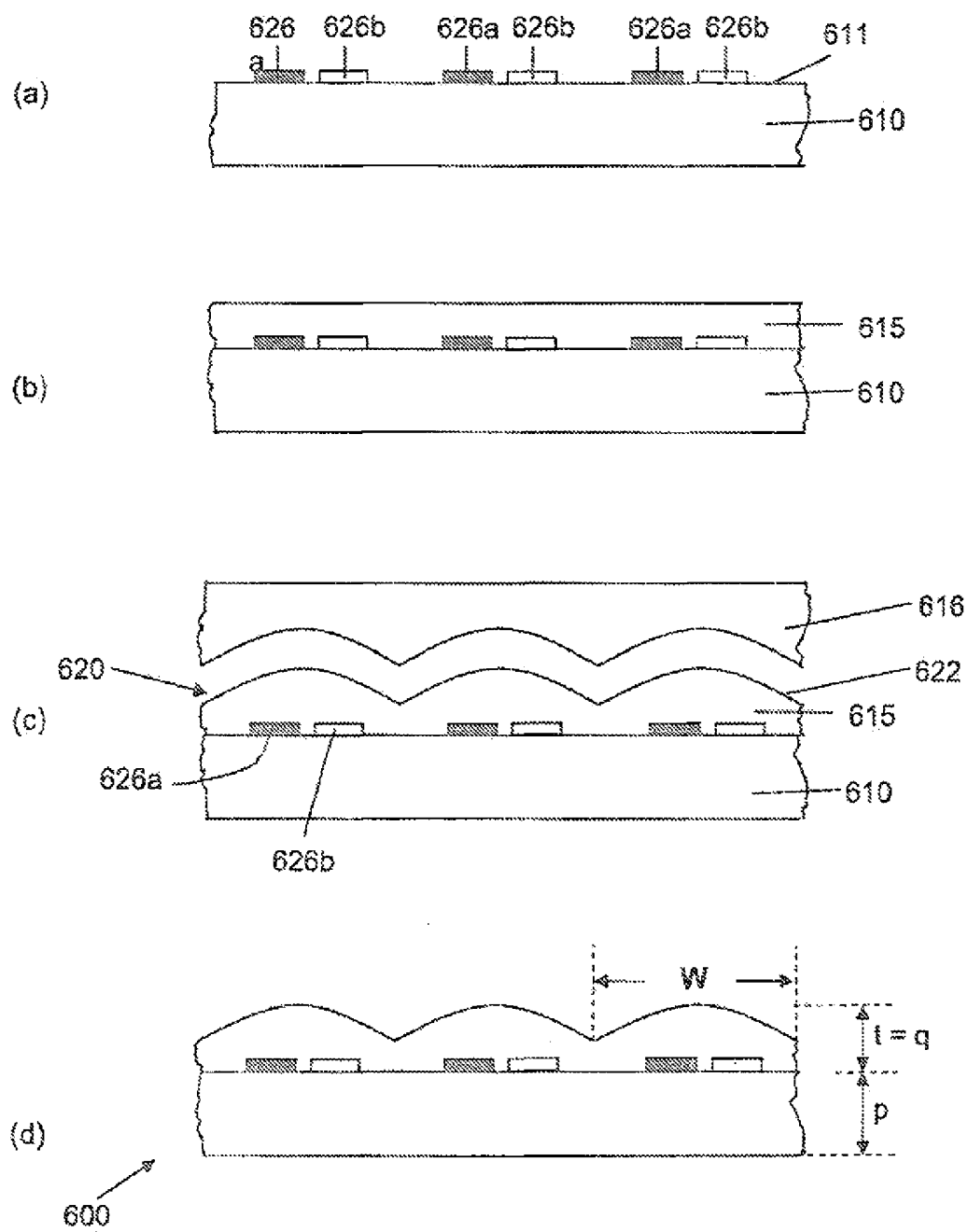
Figur 11



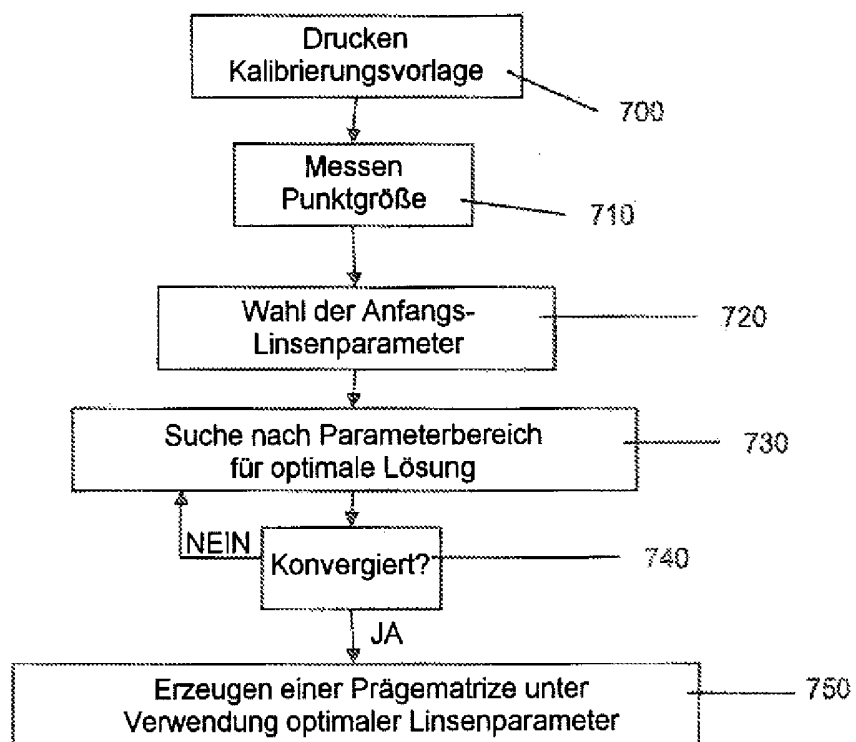
Figur 12



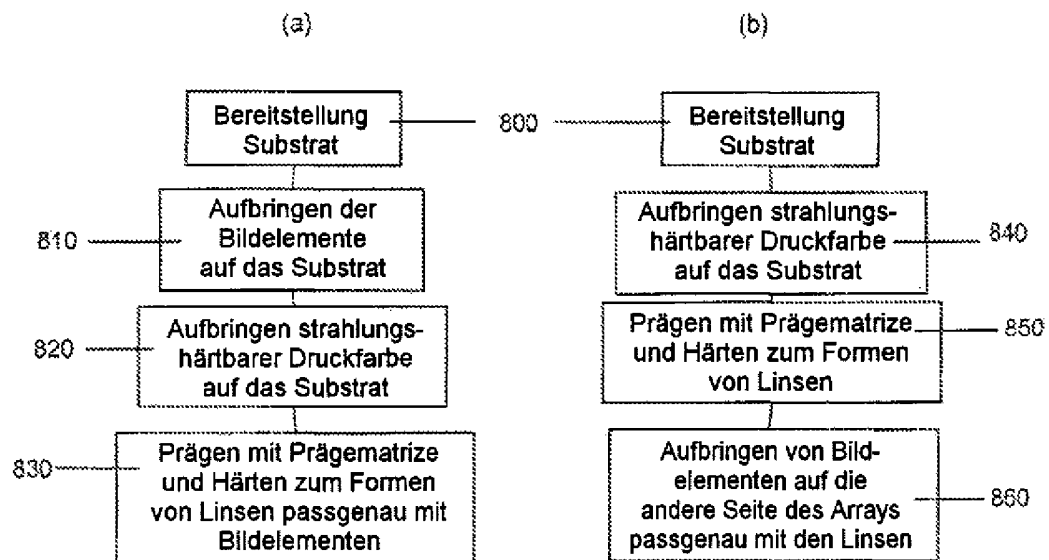
Figur 13



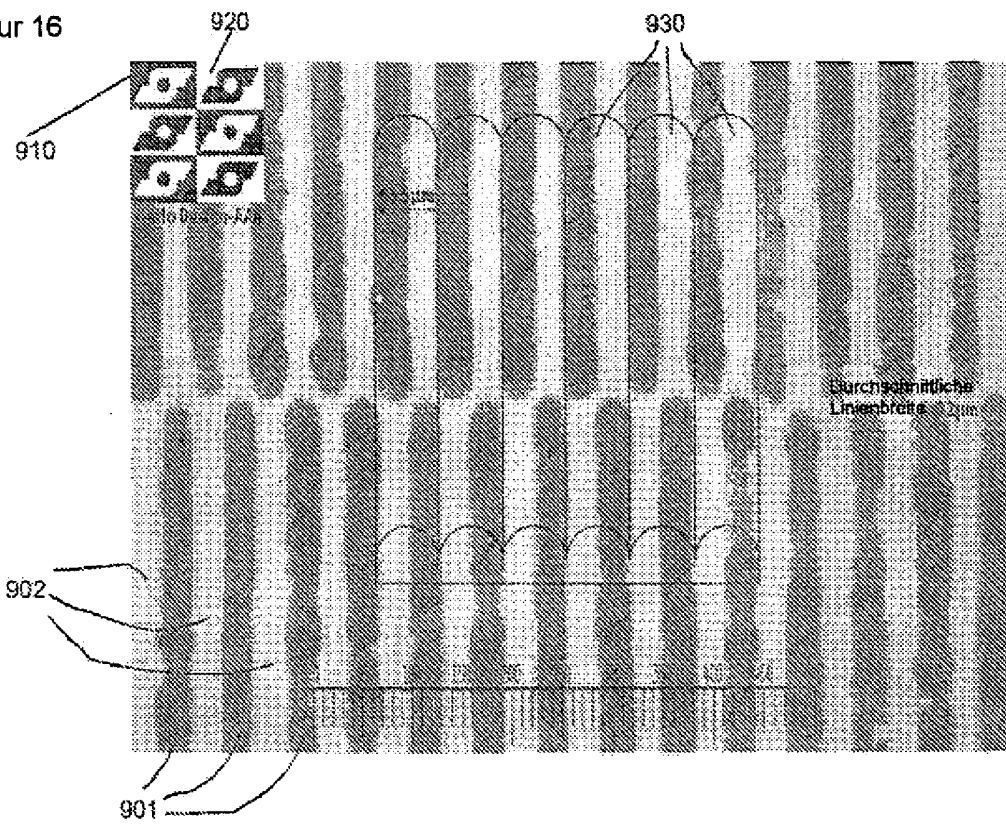
Figur 14



Figur 15

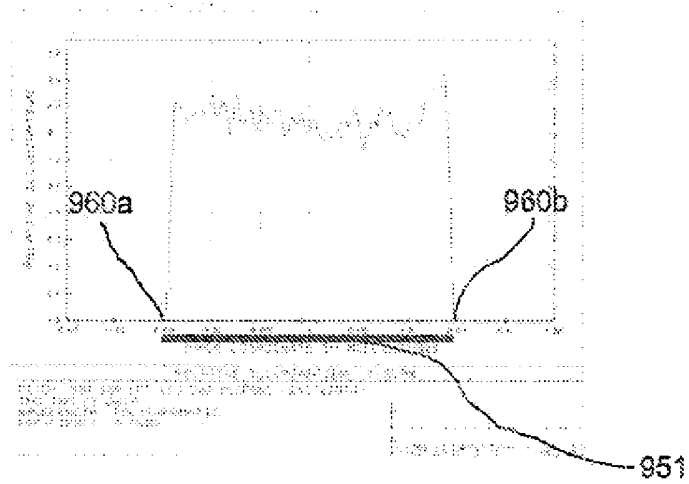


Figur 16



Figur 17

(a)



(b)

