

Display, Verfahren zum Projizieren eines Bildes und Verfahren zum Herstellen eines Displays

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Display zum Darstellen eines Bildes, auf ein System mit einem solchen Display, auf ein Verfahren zum Projizieren eines Bildes sowie auf ein Verfahren zum Herstellen eines Bildes. Die vorliegende Erfindung bezieht sich insbesondere auf eine Lichtfeldvorrichtung für 3D-Displays zur Direktansicht.

10

Lichtfelddisplays ermöglichen eine brillenlose und ermüdungsfreie 3D-Betrachtung. Verglichen mit holografischen Verfahren benötigen Lichtfelddisplays einen geringeren Berechnungsaufwand und ermöglichen größere Displaygrößen, siehe [1].

15

Für solche Displays wird das 3D-Bild durch die Rekonstruktion eines Lichtfeldes dargestellt. Eine typische Architektur eines solchen Lichtfelddisplays ist in Fig. 8a dargestellt. Ein Dia-Array 1002, welches die Lichtfeldinformation eines Motivs aufweist, wird beleuchtet. Die Einzelbilder 1004, die durch ein Linsenarray 1006 projiziert werden, überlappen im Raum vor oder hinter dem Display in einem Bereich 1008 und geben dem Betrachter einen 3D-Eindruck.

20

Fig. 8b zeigt eine schematische Frontansicht des Lichtfelddisplays 1000, bei dem die jeweilige Positionierung eines Dias 1004_{i,j} mit i bezeichnend die Zeile und j bezeichnend die Spalte des Arrays bezüglich der Projektionslinsen 1006_{i,j} angeordnet sind.

25

Beispiele von Lichtfelddisplays, die auf dieser Architektur aufbauen, sind in [2] beschrieben. Es bestehen jedoch Nachteile an dieser Architektur.

30

Für ein Lichtfelddisplay wird eine präzise Positionierung von ca. ± 1 Pixel der Dia-Maske bezüglich der Projektionslinsen benötigt und dies über das gesamte Array. In der Praxis wird die Diamaske einerseits und das Linsenarray andererseits unter Verwendung unterschiedlicher Verfahren hergestellt und dann besonders aufwendig aneinander ausgerichtet und zusammengefügt. Die strengen Anforderungen an die Montage benötigen spezialisierte Herstellungstechniken wie etwa eine Vervielfältigung in modifizierten Mask-Aligner

35

[3] oder fortgeschrittene Spritzgussverfahren [4].

Solche speziellen Herstellungstechniken limitieren die Größe des Displays und erhöhen gleichzeitig die Kosten, die mit der Größe des Displays skalieren.

- Wünschenswert wären demnach Displays, die auch eine große Größe ohne signifikanten Mehraufwand ermöglichen und eine hohe Betrachtungsqualität ermöglichen.

- Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein Display zum Darstellen eines Musters, ein Verfahren zum Projizieren eines Bildes und ein Verfahren zum Herstellen eines Displays zu schaffen, das es ermöglicht, eine hohe Qualität der Darstellung bereitzustellen, ohne dabei die Größe des Displays zu limitieren und die Kosten gleichzeitig gering zu halten.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

- Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst ein Display zum Darstellen eines Musters ein Kondensorlinienarray mit einer Mehrzahl von Kondensorlinien. Das Display umfasst ein Projektionslinienarray mit einer Mehrzahl von Projektionslinien und eine Mehrzahl von optischen Kanälen, die jeweils mindestens eine Kondensorlinse und eine Projektionslinse umfassen und zum Projizieren des mittels des Displays darzustellenden Bildes eingerichtet sind. Das Display umfasst eine Mehrzahl von zwischen Strahlengängen benachbarter Kondensorlinien angeordneten Sammellinsen. Eine jeweilige Sammellinse ist ausgebildet, um eintreffendes Licht zu sammeln und auf Bereiche abseits der Projektionslinien zu lenken. Durch ein derartiges Lenken abseits der Projektionslinien, was in Ausführungsformen ein Streuen oder Blockieren des Lichts mit umfassen kann, kann vermieden werden, dass dieses Licht die Qualität der Darstellung beeinträchtigt. Gleichzeitig können diese Sammellinsen gleichzeitig mit den Kondensor- und ggf. Projektionslinien hergestellt werden, was eine aufwendige Positionierung des Kondensorlinienarrays und des Projektionslinienarrays vermeidet. Durch den vermiedenen Aufwand zur Ausrichtung der beiden Linienarrays ist es möglich, auch große Displays ohne gesteigerte Kosten herzustellen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst ein Verfahren zum Projizieren eines Bildes ein Beleuchten eines Kondensorlinienarrays mit einer Mehrzahl von Kondensorlinien, bei dem mindestens eine jeweilige Kondensorlinse mit einer jeweiligen Projektionslinse eines Projektionslinienarrays einen Teil eines optischen Kanals bildet, und die Projektionslinien zum

Projizieren des mittels des Displays darzustellenden Bildes eingerichtet sind. Das Verfahren umfasst ein Lenken von Licht aus Zwischenräumen zwischen benachbarten Kondensorlinsen auf Bereiche abseits der optischen Kanäle.

- 5 Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst ein Verfahren zum Herstellen eines Displays ein Herstellen eines Kondensorlinsenarrays mit einer Mehrzahl von Kondensorlinsen und eines Projektionslinsenarrays mit einer Mehrzahl von Projektionslinsen. Das Verfahren wird so ausgeführt, dass eine Mehrzahl von optischen Kanälen jeweils mindestens eine Kondensorlinse und eine Projektionslinse umfassen und zum Projizieren des mittels des
- 10 Displays darzustellenden Bildes eingerichtet sind. Das Verfahren wird so ausgeführt, dass eine Mehrzahl von Sammellinsen zwischen Strahlengängen benachbarter Kondensorlinsen eingerichtet ist und eine jeweilige Sammellinse eintreffendes Licht sammelt und auf Bereiche abseits der Projektionslinsen lenkt.
- 15 Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Seitenschnittansicht eines Displays gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 20 Fig. 2a eine schematische Frontansicht zumindest eines Teils eines Displays gemäß einem Ausführungsbeispiel mit einer zweidimensionalen Anordnung von Linsen;
- 25 Fig. 2b eine schematische Seitenschnittansicht des Displays aus Fig. 2a;
- Fig. 3 eine schematische Seitenschnittansicht zumindest eines Teils eines Displays gemäß einem Ausführungsbeispiel mit zwischen gegenüberliegenden Linsenarrays angeordneten nichtabbildenden Bereichen und die nichtabbildenden Bereiche gegenüber Projektionslinsen vergraben sind;
- 30 Fig. 4a eine schematische Seitenschnittansicht eines Displays gemäß einem Ausführungsbeispiel, bei dem zumindest ein nichtabbildender Bereich an einem gegenüber einer Projektionslinse erhöhten Bereich angeordnet ist;
- 35 Fig. 4b eine schematische Frontansicht des Displays aus Fig. 4a;

- Fig. 5 ein schematisches Blockdiagramm eines Systems gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 5 Fig. 6 ein schematisches Flussdiagramm eines Verfahrens zum Projizieren eines Bildes gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 7 ein schematisches Flussdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen eines Displays gemäß einem Ausführungsbeispiel; und
- 10 Fig. 8a eine schematische Seitenschnittansicht eines bekannten Lichtfelddisplays; und
- Fig. 8b eine schematische Frontansicht des Lichtfelddisplays aus Fig. 8a.
- 15 Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung im Detail anhand der Zeichnungen näher erläutert werden, wird darauf hingewiesen, dass identische, funktionsgleiche oder gleichwirkende Elemente, Objekte und/oder Strukturen in den unterschiedlichen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellte Beschreibung dieser Elemente untereinander
- 20 austauschbar ist bzw. aufeinander angewendet werden kann.
- Nachfolgend beschriebene Ausführungsbeispiele werden im Zusammenhang mit einer Vielzahl von Details beschrieben. Ausführungsbeispiele können jedoch auch ohne diese detaillierten Merkmale implementiert werden. Des Weiteren werden Ausführungsbeispiele
- 25 der Verständlichkeit wegen unter Verwendung von Blockschaltbildern als Ersatz einer Detaildarstellung beschrieben. Ferner können Details und/oder Merkmale einzelner Ausführungsbeispiele ohne Weiteres mit einander kombiniert werden, solange es nicht explizit gegenteilig beschrieben ist.
- 30 Nachfolgende Ausführungsbeispiele beziehen sich auf Displays zum Darstellen eines Bildes, zumindest eines Symbols oder dergleichen, auf Verfahren zum Projizieren eines Bildes sowie auf Verfahren zum Herstellen eines Displays. Manche der hierzu verwendeten Displays oder hergestellten Displays können als Lichtfelddisplays bezeichnet werden. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind aber nicht darauf eingeschränkt, sondern ermöglichen auch eine andere Implementierung von Displays, beispielsweise als Projektionsdisplay unter Verwendung eines Projektionsschirms. Dies steht auch nicht im Widerspruch
- 35

mit manchen Ausführungsformen, die auf die Ausgestaltung des Displays dahingehend gerichtet sind, dass das Display ausgebildet ist, um zumindest Teile des Bildes mit einem dreidimensionalen Effekt darzustellen. Das bedeutet, zumindest Teile des Bildes werden so dargestellt, dass diese scheinbar in einem oder mehreren unterschiedlichen Abständen vor oder hinter dem Display befindlich sind. Bei einem dreidimensionalen Lichtfelddisplay zur direkten Betrachtung kann es dabei vorteilhaft sein, dass sämtliche Kanäle die an der entsprechenden Stelle des Displays sichtbaren Zeichen darstellen. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung kann dies auf kleine bis sehr kleine Kanalcluster von beispielsweise 5, 10, 15, 16 oder dergleichen optischen Kanäle verteilt werden. In vorteilhaften Ausgestaltungen wird eine Geometrie eines Kanalquerschnitts gewählt, der einen hohen Flächenfüllfaktor der Gesamtanordnung ermöglicht, bspw. eine viereckige oder hexagonale Geometrie. Entsprechend einer rechteckigen oder hexagonalen Arraysymmetrie können sich Kanalcluster mit einer Anzahl von 4, 9, 16, ... Kanälen (viereckig) oder 3, 7, ... Kanälen (hexagonal) als sinnvoll oder vorteilhaft erweisen.

Bei einer Schirmprojektion geht die 3D-Information nicht grundsätzlich verloren, sie kann nur beispielsweise als Unschärfe der Zeichen/des Musters oder Bildes in anderen Entfernungen dargestellter Zeichnungen sichtbar werden. Die vorteilhafte Ausgestaltung dahingehend, unerwünschtes Licht vermittels Sammellinsen auf andere Bereiche zu lenken, bleibt somit auch für Displays, die nicht als Lichtfelddisplay eingerichtet sind, bestehen.

Fig. 1 zeigt eine schematische Seitenschnittansicht eines Displays 10 gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Das Display 10 umfasst ein Kondensorlinsenarray 12 mit einer Mehrzahl von Kondensorlinsen 14₁-14₅, wobei die Anzahl von Kondensorlinsen 14 in zumindest einer Spalte, zumindest einer Zeile oder in einer beliebigen anderen eindimensionalen oder zweidimensionalen Anordnung erfolgen kann. Eine Anzahl von Kondensorlinsen ist dabei beliebig und beträgt beispielsweise zumindest 3, zumindest 4, zumindest 5, zumindest 10 oder mehr, etwa zumindest 20 oder mehr.

Das Display 10 umfasst ferner ein Projektionslinsenarray 16 mit einer Mehrzahl von Projektionslinsen 18₁-18₅. Eine Mehrzahl von optischen Kanälen 22₁-22₅ kann jeweils eine der Kondensorlinsen 14 und eine zugeordnete Projektionslinse 18 umfassen und zum Projizieren des vermittels des Displays 10 darzustellenden Bildes 24 eingerichtet sein. Das Bild 24 ist beispielsweise ein Pfeil, wobei beliebige andere Bilder, Muster oder Abbilder ebenfalls

projizierbar sind. Alternativ zur Anordnung einer einzelnen Kondensorlinse 14 in einem optischen Kanal kann auch eine höhere Anzahl von Kondensorlinsen angeordnet werden, es können also einer Projektionslinse eine einzelne aber auch eine höhere Anzahl von Kondensorlinsen zugeordnet sein. Diese Konfiguration kann für alle Kanäle gleich oder kanalindividuell verschieden sein. Im Falle mehrerer Kondensorlinsen, können diese bspw. unterschiedliche Formen zur Darstellung unterschiedlicher Bilder oder Zeichen aufweisen. Ausführungsbeispiele sind dabei auch nicht auf die Projektion eines einzelnen Bildes beschränkt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel können die optischen Kanäle in zumindest eine erste Teilmenge zum Darstellen eines ersten Bildes und zumindest eine zweite Teilmenge zum Darstellen eines zweiten Bildes gegliedert werden. Die Projektionsorte der Bilder können dabei überlappen, um überlagerte Bilder darzustellen oder können räumlich voneinander getrennt oder disjunkt sein. Unterschiedliche Bilder unterschiedlicher optischer Kanäle oder Gruppen hiervon können in unterschiedlichen Farben dargestellt werden. Die Verwendung unterschiedlicher Farben kann zur Farbmischung überlagerter Bilder verwendet werden. Alternativ ist es ohne weiteres möglich, das gleiche oder auch voneinander verschiedene Bilder oder Muster in unterschiedlichen Farben nebeneinander dazustellen.

Es ist für die Darstellung komplexerer Gesamtbilder mit zumindest zwei Einzelbildern möglich, optische Kanäle zur gemeinschaftlichen Darstellung eines jeweiligen Einzelbildes in einem dem jeweiligen Einzelbild zugehörigen Clustern zusammen anzuordnen, so dass bspw. Kondensorlinsen des Clusters gleich oder ähnlich gebildet sind. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein zumindest einen Teil des Gesamtarray bildendes Teilarray optischer Kanäle gebildet werden, welches benachbarte Kanäle mit entsprechend den unterschiedlichen Teilbildern ggf. voneinander verschieden geformten Kondensorlinsen aufweist.

Zur farbigen Darstellung bestehen im Rahmen herein beschriebener Ausführungsformen zwei voneinander verschiedene aber dennoch mit einander kombinierbare Konzepte. Wie gerade erläutert sehen Ausführungsbeispiele vor, gemischten Arrays unterschiedlicher Einzelkanäle vorzusehen. In diesem Fall kann eine kanalweise Anordnung von Farbfiltern pro Kanal als Bestandteil des Arrays vorteilhaft sein, etwa ähnlich einem Bayer-Muster (engl.: Bayer-Pattern). Diese Konfiguration ist insbesondere für Direct-View Displays vorteilhaft. Für die Anordnung von Kanalclustern ist auch eine örtliche Farbsegmentierung der kollimierten Lichtquelle mit entsprechenden Farbfiltern und/oder eine Nutzung individuell kollimierter Lichtquellen, etwa LEDs unterschiedlicher Farbe möglich.

35

- Zwischen den Strahlengängen benachbarter Kondensorlinsen 14_1 und 14_2 ; 14_2 und 14_3 ; 14_3 und 14_4 und/oder 14_4 und 14_5 kann jeweils zumindest eine einer Mehrzahl von Sammellinsen 26_1 - 26_4 angeordnet sein. Dies gilt sowohl für benachbarte Kondensorlinsen unterschiedlicher optischer Kanäle als auch für Kondensorlinsen eines gleichen optischen Kanals. Diese sind ausgebildet, um eintreffendes Licht zu sammeln und auf Bereiche abseits der Projektionslinsen 18 zu lenken. Die Sammellinsen können die Aufgabe, das auf sie treffende Licht von dem Projektionsbereich des Bildes 24 fernzuhalten zumindest teilweise lösen und können als blockierende Linsen oder Blockerlinsen bezeichnet werden. Ein Sammeln von Licht kann beispielsweise eine zumindest teilweise Fokussierung oder Bündeln umfassen, wobei dies nicht notwendigerweise erforderlich ist. Ein zumindest teilweises Fokussieren oder Bündeln eintreffenden Lichts ermöglicht es jedoch, fehlertolerant gegenüber Positionsungenauigkeiten hinsichtlich des Ziels des von den Sammellinsen 26 eingefangenen und gesammelten Lichts zu sein.
- 15 Das Display 10 ist beispielsweise zum Empfang eines Lichts 28 eingerichtet, das möglicherweise aber nicht notwendigerweise kollimiert ist und von einer optionalen Lichtquelle 32 bereitgestellt werden kann. Die Lichtquelle 32 kann somit ausgebildet sein, um dem Kondensorlinsenarray 12 das Licht 28 als kollimiertes Licht bereitzustellen.
- 20 In einer bevorzugten Ausführungsform ist jede der Mehrzahl von Kondensorlinsen 14 des Kondensorlinsenarrays 12 ausgebildet, um eine die Kondensorlinse beleuchtende Lichtquelle, etwa die Lichtquelle 32, in die der Kondensorlinse zugeordnete Projektionslinse 18 abzubilden. Dies kann als Köhler-Beleuchtung verstanden werden, wofür ein kollimiertes Licht vorteilhaft verwendet werden kann, auch wenn dies für die Implementierung der Erfindung nicht notwendigerweise erforderlich ist.
- 25 Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist eine oder mehrere der Sammellinsen 26 ausgebildet, um das eintreffende Licht auf einen der jeweiligen Sammellinse zugeordneten nichtabbildenden Bereich 34_1 - 34_4 zu lenken. Jeder der nichtabbildenden Bereiche kann einzeln oder insgesamt als lichtabsorbierender Bereich und/oder lichtstreuender Bereich oder einer Kombination hieraus ausgebildet sein. Zumindest einer der nichtabbildenden Bereiche 34_1 - 34_4 kann einen lichtabsorbierenden Bereich umfassen oder bilden, der eine Metallschichtanordnung, insbesondere eine Chromschichtanordnung, aufweist.

Wie es in Fig. 1 beispielhaft dargestellt ist, sehen Ausführungsbeispiele vor, dass das Kondensorlinsearray 12 einerseits und das Projektionslinsearray 16 andererseits an gegenüberliegenden Seiten eines Linsensubstrats 38 angeordnet sind. Eine Fertigung, möglicherweise gleichzeitig, des Kondensorlinsearrays 12 und des Projektionslinsearrays 16 und optional der Sammellinsen 26, ermöglicht eine präzise und fehlerarme Positionierung der Linsen zueinander. Dies schließt aber nicht aus, dass gemäß Ausführungsbeispielen das Kondensorlinsearray 12 einerseits und das Projektionslinsearray 16 andererseits an einem individuellen separaten Substrat gefertigt werden, die anschließend aneinandergesetzt werden. Dies ermöglicht beispielsweise eine Anordnung nichtabbildender Bereiche in einer Ebene zwischen den Linsearrays 12 und 16.

Eine exakte Position der nichtabbildenden Bereiche 34 entlang einer Abbildungsrichtung 36, ausgehend von einer Lichtquelle 32 hin zu dem Bild 24, kann dabei unterschiedlich ausgestaltet sein. Beispielsweise könnte, wie es in der Fig. 1 dargestellt ist, eine Oberfläche des Projektionslinsearrays 16 als Grundfläche oder Aufbringungsfläche für die nichtabbildenden Bereiche 34 dienen. Alternativ oder zusätzlich können nichtabbildende Bereiche auch zwischen einer Ebene des Kondensorlinsearrays 12 und einer Ebene des Projektionslinsearrays 16 vorgesehen sein, etwa in Form einer Blendenstruktur oder dergleichen, die in dem Substrat 38, welches das Kondensorlinsearray 12 und/oder das Projektionslinsearray 16 trägt, angeordnet ist.

Alternativ oder zusätzlich können auch ein oder mehrere der nichtabbildenden Bereiche 34 gegenüber einer Ebene der Projektionslinsen 18 erhöht angeordnet sein, was später noch detailliert beschrieben wird. Im Weiteren ist die Verwendung von nichtabbildenden Bereichen eine Möglichkeit, die Abbildung des Bildes 24 in hoher Qualität auszugestalten. Es ist ebenso vorstellbar, das Licht, welches durch die Sammellinsen 26 eingefangen wird, auf Bereiche abseits des Bildes 24 zu lenken, wo es das Bild 24 ebenso wenig stört.

Fig. 2 zeigt eine schematische Frontansicht zumindest eines Teils eines Displays 20 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Dargestellt sind die Kondensorlinsen $14_{1,1}$ - $14_{3,3}$ in einer beispielhaften dreizeiligen und dreispaltigen Matrixanordnung. In Zwischenbereichen zwischen den Kondensorlinsen $14_{1,1}$ - $14_{3,3}$ sind die Sammellinsen $26_{1,1}$ - $26_{3,4}$ angeordnet. Deren Segmentierung in drei Spalten und vier Zeilen ist dabei lediglich exemplarisch und könnte beispielsweise in zusätzlichen Zeilen und die Kondensorlinsen $14_{3,1}$ - $14_{3,3}$ umschließend fortgeführt werden. Anhand der Fig. 2a wird verdeutlicht, dass es gemäß Ausführungsbeispielen möglich ist, die Kontur der Kondensorlinsen $14_{1,1}$ - $14_{3,3}$ so auszugestalten, dass

diese mit zumindest einem Teilbereich des mittels des Displays darzustellenden Bildes, etwa dem Bild 24, übereinstimmt. Die Kondensorlinsen 14_{1,1}-14_{3,3} können auch als Formgeberlinsen bezeichnet werden. Beispielsweise können die Kondensorlinsen 14_{1,1}-14_{3,4} jeweils als dezentriertes Linsensegment gebildet sein oder ein solches dezentriertes Linsensegment umfassen. Die Sammellinsen 26_{1,1}-26_{3,4} können genutzt werden, um Bereiche zwischen den Kondensorlinsen 14_{1,1}-14_{3,3} sowie zu einem Rand des Displays 20 hin aufzufüllen.

Wie es anhand der übereinstimmenden Geometrien der Kondensorlinsen 14_{1,1}-14_{3,3} dargestellt ist, kann jeder der optischen Kanäle des Displays eingerichtet sein, um ein Elementarbild einer Mehrzahl von übereinstimmender Elementarbildern darzustellen. Die Mehrzahl optischer Kanäle ist ausgebildet, um die Mehrzahl von Elementarbildern in einer Projektionsebene, etwa einer Projektionsebene eines Lichtfelddisplays oder eines Zielbereichs eines Projektionsschirms, überlagernd abzubilden, also etwa in einem Bereich, in welchem das Bild 24 dargestellt ist und/oder vom Betrachter mit einem dreidimensionalen Effekt wahrgenommen wird, wie es sowohl für auf eine Projektionsfläche abbildende Displays als auch für Lichtfelddisplays möglich ist.

Wie es in Fig. 2a dargestellt ist, kann das Kondensorlinsenarray 12 ein Array irregulär borderter Linsen umfassen, die beispielsweise an den darzustellenden Teil des Bildes angepasst sein können.

Fig. 2b zeigt eine schematische Seitenschnittansicht des Displays 20. Anhand von Randstrahlen 42₁-42₆ sowie zentraler Strahlen 44₁-44₃ wird in der Fig. 2 verdeutlicht, dass die Kondensorlinsen 14_{1,1}-14_{3,1} ausgebildet sind, um das eintreffende Licht in eine Ebene 46 zu fokussieren, die einer Ebene der Projektionslinsen 18₁-18₃ entspricht.

In anderen Worten zeigen Fig. 2a-b die Anordnung des Eintrittslinsenarrays. Die Formgeber-Linsen 14a bestehen aus oder umfassen dezentrierte Linsensegmente, um das von einer kollimierten Lichtquelle einfallende Licht zu der Mitte der Öffnungen der Projektionslinsen zu lenken. Zwischen den Formgeber-Linsen sind beliebig große "blockierende" Linsen 26 vorgesehen, um Licht von den durchlässigen Regionen der Projektionslinsen wegzurichten, z. B. indem das Licht zu der Mitte der nicht abbildenden Totzonen des Projektionslinsenarrays gerichtet wird, die z. B. durch eine absorbierende Aperturschicht 34 abgedeckt sind.

Fig. 3 zeigt eine schematische Seitenschnittansicht zumindest eines Teils eines Displays 30 gemäß einem Ausführungsbeispiel, bei dem das Kondensorlinsenarray 12 zusammen mit den Sammellinsen 26₁-26₄ an einem ersten Linsensubstrat 38₁ angeordnet oder daran abgeformt ist. Das Projektionslinsenarray 16 ist beispielhaft an einem zweiten Linsensubstrat 38₂ gebildet oder abgeformt und die nichtabbildenden Bereiche 34₁-34₆, die auch in diesem Ausführungsbeispiel Aperturen für die optischen Kanäle des Displays 30 bilden können, können zwischen den Substraten 38₁ und 38₂ angeordnet sein. Die nichtabbildenden Bereiche können in einer Ebene zwischen dem Kondensorlinsenarray und dem Projektionslinsenarray 16 angeordnet sein. Hierdurch unterscheidet sich das Display 30 beispielsweise vom Display 10, denn dort können die nichtabbildenden Bereiche an oder in der Oberfläche des Projektionslinsensubstrats in einem Zwischenbereich zwischen den benachbarten Projektionslinsen angeordnet sein und somit an oder in der gleichen Oberfläche, an welcher die Projektionslinsen 14 angeordnet sind. In beiden Fällen können die nichtabbildenden Bereiche 34 Aperturen der Projektionslinsen 14 definieren.

Wenngleich die relative Positionierung der Substrate 38₁ und 38₂ dafür in Kauf genommen wird, kann in einfacher Art und Weise eine Ausgestaltung der Sammellinsen 26₁-26₄ erfolgen, dahingehend, dass eine Abbildungsebene dieser Linsen mit hohen Toleranzen eingestellt werden kann, solange die Kondensorlinsen 14₁-14₅ eine Abbildung außerhalb der nichtabbildenden Bereiche 34₁-34₆ ermöglichen und das Licht der Sammellinsen auf den nichtabbildenden Bereich trifft.

Eine, mehrere oder alle der Sammellinsen 26 hierin beschriebener Displays können so ausgebildet sein, um das eintreffende Licht 28 innerhalb eines Toleranzbereichs von 20 %, 15 %, besonders bevorzugt 10 % oder weniger bezogen auf die Brennweite der Sammellinse 26 auf den zugeordneten nichtabbildenden Bereich zu fokussieren. In der Ausgestaltung des Displays 30 kann eine Anforderung an diesen Toleranzbereich großzügiger ausfallen, da verhältnismäßig mehr Fläche zum Auffangen des gesammelten Lichts zur Verfügung steht.

Wie es in der Fig. 1 ebenso wie in der Fig. 3 dargestellt ist, können manche der hierin beschriebenen Displays so ausgestaltet sein, dass eine Kombination aus dem Kondensorlinsenarray 12 und den Sammellinsen eine optisch aktive Eingangsseite des Displays definieren. Diese kann die Eingangsseite des Displays in einem Umfang von zumindest 90 % bedecken, das bedeutet, zumindest 90 % oder mehr des auf das Display treffenden Lichts

28 werden entweder einer Kondensorlinse oder einer Sammellinse zugeführt. Dies ermöglicht eine besonders hohe Effizienz bzw. geringe optische Verluste. Gemäß manchen Ausführungsbeispielen kann die Mehrzahl von Sammellinsen 26 so eingerichtet sein, dass die auf die Mehrzahl von Sammellinsen eintreffende Lichtmenge innerhalb eines Toleranzbereichs von höchstens 10 %, höchstens 7 % oder höchstens 5 % bevorzugt weniger als 1% vollständig auf die nichtabbildenden Bereiche 34 gelenkt wird. In Ausführungsbeispielen hierin beschriebener Displays können das Kondensorlinsenarray 12 und/oder das Projektionslinsenarray 16 als Mikrolinsenarray gebildet sein. Dies ermöglicht eine besonders gute Reproduzierbarkeit der Displays.

10

Fig. 4a zeigt eine schematische Seitenschnittansicht eines Displays gemäß einem Ausführungsbeispiel. In der Ausführungsform des Displays 40 können die nichtabbildenden Bereiche 34 an erhöhten Bereichen 48₁-48₄ angeordnet sein, beispielsweise als Beschichtung. Die nichtabbildenden Bereiche 34 können beispielsweise als eine Farbschicht angeordnet sein. Die erhöhten Bereiche 48₁-48₄ können dabei zumindest bis zu einer Höhenebene 52 reichen. Die Höhenebene 52 kann durch Scheitelpunkte der Projektionslinsen 18 zumindest teilweise definiert sein und eine Höhe beschreiben, mit der sich die Projektionslinsen 18 gegenüber dem Substrat 38 entlang der Abbildungsrichtung 36 erheben. Bevorzugt überragen die erhöhten Bereiche 48₁-48₄ die Höhenebene 52 zumindest geringfügig, was den Auftrag der nichtabbildenden Bereiche 34 bzw. der Farbschicht oder Beschichtung bezüglich einer zu vermeidenden Verunreinigung der Projektionslinsen 18 vereinfachen kann.

Die Fig. 4b zeigt eine schematische Frontansicht des Displays 40. Aus der Fig. 4b wird deutlich, dass der nichtabbildende Bereich 34 ebenso wie die erhöhten Bereiche 48₁-48₄ der Fig. 4a als einstückiger Bereich ausgebildet sein kann, der durch die Aperturen bzw. die Projektionslinsen 18_{1,1}-18_{3,3} geöffnet oder durchbrochen ist.

Der zumindest eine erhöhte Bereich 48 kann zusammen mit den Projektionslinsen 18_{1,1}-18_{3,3} gefertigt werden, beispielsweise innerhalb eines gleichen Fertigungsprozesses, etwa ein Spritzgussverfahren. Es ist zwar ebenfalls möglich, den zumindest einen erhöhten Bereich ggf. bereits mit dem nichtabbildenden Bereich 34 separat zu fertigen und anschließend an dem Substrat 38 anzuordnen, der benötigte Aufwand für eine präzise Ausrichtung kann allerdings vermieden werden.

In der Ausführungsform des Displays 40 kann unabhängig hiervon eine Fokussierung des auf die Sammellinsen 26_{1,1}-26_{3,4} fallenden Lichts auf den zumindest einen nichtabbildenden

Bereich 34 erfolgen, wie es beispielsweise für die Sammellinse 26_{1,1} dargestellt ist. Dies ist allerdings nicht erforderlich, wie es beispielsweise anhand der Sammellinse 26_{3,1} dargestellt ist, die auch ohne Fokussierung eine hinreichende Vermeidung von Streulicht ermöglicht.

- 5 Es ist möglich aber nicht notwendig, dass der nichtabbildende Bereich 34 Aperturen für die optischen Kanäle definiert. Sollte jedoch ein Öffnungswinkel der Kondensorlinsen 14 und/oder einer zugeordneten Projektionslinse 18 unnötig groß sein, kann eine Begrenzung des optischen Kanals durch den nichtabbildenden Bereich 34 erfolgen.

- 10 Die Projektionslinsen 18_{1,1}-18_{3,1} können als reguläre oder als dezentrierte Linsensegmente gebildet sein, wobei die Implementierung als dezentrierte Linsensegmente Vorteile bei der Lenkung der Abbildung bildet, siehe beispielsweise die Projektionslinse 18_{3,1}.

- Anhand der Fig. 4a und der Fig. 4b sollen noch weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erläutert werden, die auch in anderen hierin beschriebenen Displays ohne weiteres einsetzbar sind. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann zumindest eine Kondensorlinse des Kondensorlinsenarrays ausgebildet sein, um eine erste Teilmenge eines auf die Kondensorlinse eintreffenden Lichts auf die zugeordnete Projektionslinse zu projizieren und um eine zweite Teilmenge des eintreffenden Lichts auf zumindest einen der zugeordneten Projektionslinse benachbart angeordneten nichtabbildenden Bereich zu lenken. So könnte beispielsweise zumindest eine der Kondensorlinsen 14_{1,1}-14_{3,1} das eintreffende Licht nicht vollständig auf die zugeordnete Projektionslinse 18_{1,1}-18_{3,1} fokussieren, sondern zumindest einen Teil des eintreffenden Lichts auf den benachbart zur Projektionslinse 18_{1,1}-18_{3,1} angeordneten nichtabbildenden Bereich. Der sich daraus ergebende Verlust kann in dem dargestellten Bild als Graustufe wahrgenommen werden.

- Die jeweilige Kondensorlinse, die zur Darstellung einer Graustufe genutzt werden soll, kann alternativ oder zusätzlich zu einer Lenkung des Lichts auf den nichtabbildenden Bereich einen Diffusor aufweisen, der aus einer statistischen Rauigkeit oder einer deterministischen mikrooptischen Strukturierung der Kondensorlinsenoberfläche gebildet wird. Alternativ oder zusätzlich kann eine Kondensorlinse als Freiformlinse gebildet sein, um über die Linsengeometrie einen entsprechenden Anteil der Lichtleistung auszukoppeln. Es ist alternativ oder zusätzlich möglich, dass eine oder mehrere Kondensorlinsen zumindest zwei oder mehr Kondensorlinsenteilbereiche aufweisen, was die Fläche, auf die das eintreffende Licht trifft, funktional entsprechend unterteilen kann. Jede dieser Lösungen ist geeignet, um die erwähnte erste Teilmenge von der zweiten Teilmenge zu separieren.

Gemäß Ausführungsbeispielen hierin beschriebener Displays kann eine Anordnung der Kondensorlinsen und/oder eine Anordnung der Projektionslinsen zumindest 6, zumindest 8 oder mehr etwa zumindest 20 Linsen in einer Anordnung mit zumindest drei Spalten und
5 zumindest zwei Zeilen umfassen. Höhere Anzahlen an Linsen, eine höhere Anzahl an Spalten und/oder eine höhere Anzahl an Zeilen ist problemlos möglich, da auch größere Displays präzise gefertigt werden können.

Fig. 5 zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines Systems 50 gemäß einem Ausführungsbeispiel, das ein hierin beschriebenes Display 10' aufweisen kann. Das Display 10' kann im Wesentlichen in Übereinstimmung mit einem der Displays 10, 20, 30 und/oder 40 gebildet sein, wobei das Bild 24 beispielsweise aus einem oder mehreren Teilbildern 54₁-54_n gebildet sein kann mit $n \geq 1$. Eine Positionierung unterschiedlicher Teilbilder 54₁-54_n relativ zueinander ist dabei beliebig und durch die Optiken des Displays einstellbar. Gemäß
15 einem Ausführungsbeispiel kann hierzu eine Mehrzahl von Displays verwendet werden und/oder ein Display kann zur Projektion mehrerer Teilbereiche des darzustellenden Gesamtbildes 24 ausgebildet sein.

Beispielsweise kann das System 50 ausgebildet sein, um eine berührungslose Tastatur bereitzustellen oder um diese zu umfassen. Das darzustellende Bild 24 kann Tasten der Tastatur umfassen, die scheinbar vor dem Display schweben. So kann beispielsweise ein jeweiliger Teilbereich 54₁-54_n einer Taste zugeordnet sein. Über eine Sensoreinrichtung des Systems 50 kann erkannt werden, ob ein Benutzer eines der Teilbilder 54₁-54_n berührt oder anderweitig mit dem Teilbild 54 interagiert, woraus in dem System 50 abgeleitet werden kann, dass ein Tastendruck ausgelöst wurde.
25

Beispielsweise unter Verwendung des dreidimensionalen Effekts kann die berührungslose Tastatur als schwebende Struktur dargestellt werden, etwa als frei im Raum schwebend.

30 Eine alternative Ausgestaltung des Systems 50 kann sich beispielsweise auf ein Rücklicht oder ein Bremslicht oder eine andere Lichteinrichtung beziehen, die möglicherweise aber nicht notwendigerweise an einem Fahrzeug befestigt wird oder einen Teil eines solchen Fahrzeugs bilden kann. Derartige Lichtemissionseinrichtungen können genutzt werden, um eines oder mehrere dreidimensionale Zeichen in einem Bereich des beispielhaft automotiven Lichts darzustellen. So kann beispielsweise ein Logo, ein Warnhinweis oder ein sonstiges Informationselement zumindest einen Teil des darzustellenden Bildes bilden.
35

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das System 50 auch als Fahrzeuglicht ausgebildet sein und ausgebildet sein, um das Bild 24 zur Kommunikation mit einem anderen Verkehrsteilnehmer dynamisch darzustellen. Beispielsweise kann es sich hierbei um eine Richtungsanzeige, um eine Geschwindigkeitsveränderung oder eine sonstige Information handeln. Vorteilhaft wird diese vor einem diffus abstrahlenden Hintergrund, der durch streuende, nichtabbildende Bereiche erzeugt wird, dargestellt. So können einerseits die z.B. von Leuchtenstandards erforderlichen Fernfeldverteilungen und die 3D-Zeichendarstellung zusammen realisiert werden.

10 Hierin beschriebene Displays können einzeln oder in Kombination mit anderen Displays ausgelegt sein, um mehrteilige Zeichen, Symbole oder Graphiken darzustellen. Hierzu sind unter anderem zwei Möglichkeiten vorstellbar. Mehrere Zeichen können dadurch dargestellt werden, dass in jedem Kanal ein individuelles Zeichen dargestellt wird oder dass die unterschiedlichen Zeichen auf mehrere Kanäle verteilt angeordnet sind. Für die Ausgestaltung als sogenanntes Direct-View (3D) -Display ist es vorteilhaft, die individuellen Zeichen darstellenden Kanäle eng benachbart zueinander anzuordnen, etwa in Analogie zu einem RGB Bayer-Muster, wie es im Zusammenhang mit der Fig. 1 ausgeführt ist. Bei einer Schirmprojektion ist das nicht erforderlich. Eine Steuerung der Helligkeit der einzelnen Zeichen kann 15 durch die Anzahl der jeweils verwendeten projizierenden Kanäle gesteuert werden. Das bedeutet, unterschiedliche Teilbereiche des Gesamtbildes oder unterschiedliche Teilmuster eines Gesamtmusters können mit einer gleichen oder, zur Steuerung der Helligkeit, unterschiedlichen Anzahl von optischen Kanälen eingestellt werden.

25 Fig. 6 zeigt ein schematisches Flussdiagramm eines Verfahrens 600 zum Projizieren eines Bildes gemäß einem Ausführungsbeispiel. Ein Schritt 610 umfasst ein Beleuchten eines Kondensorlinsenarrays mit einer Mehrzahl von Kondensorlinsen, bei dem eine jeweilige Kondensorlinse mit einer jeweiligen Projektionslinse eines Projektionslinsenarrays einen Teil eines optischen Kanals bildet, und die Projektionslinsen zum Projizieren des mittels des Displays darzustellenden Bildes eingerichtet sind. Ein Schritt 620 umfasst ein Lenken von Licht aus Zwischenräumen zwischen benachbarten Kondensorlinsen auf Bereiche abseits der optischen Kanäle.

35 Fig. 7 zeigt ein schematisches Flussdiagramm eines Verfahrens 700 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Ein Schritt 710 umfasst ein Herstellen eines Kondensorlinsenarrays mit einer Mehrzahl von Kondensorlinsen und eines Projektionslinsenarrays mit einer Mehrzahl von

Projektionslinsen, etwa in voneinander getrennten oder einem gemeinsamen Produktionsschritt. Das Verfahren wird so ausgeführt, dass eine Mehrzahl von optischen Kanälen jeweils eine Kondensorlinse und eine Projektionslinse umfassen und zum Projizieren des mittels des Displays darzustellenden Bildes eingerichtet sind. Das Verfahren wird ferner

5 so ausgeführt, dass eine Mehrzahl von Sammellinsen zwischen Strahlengängen benachbarter Kondensorlinsen angeordnet sind und so, dass eine jeweilige Sammellinse eintreffendes Licht sammelt und auf Bereiche abseits der Projektionslinsen lenkt.

Das Herstellen 710 kann insbesondere einen Spritzgussprozess umfassen. Das Verfahren

10 700 kann unabhängig hiervon als weiteren Schritt ein Herstellen nichtabbildender Bereiche, die getrennt voneinander oder zusammenhängend sein können, als Zielbereich der Sammellinsen durch Ausführen eines Beschichtungsprozesses oder Einfärbeprozesses auf gegenüber Projektionslinsen erhöhten Bereichen eines Projektionslinsensubstrats umfassen, wie es im Zusammenhang mit den Fig. 4a und 4b erläutert ist.

15 In anderen Worten schlagen Ausführungsbeispiele eine modifizierte Architektur von Lichtfelddisplays oder anderen Displays vor, bei dem das in den Fig. 8a-b gezeigte Dia-Array durch ein Array von irregulär geformten Eingangslinsen, d.h. Kondensorlinsen und Sammellinsen geformt ist, um die Einzelbilder oder Elementarbilder dazustellen. Dies kann zu

20 einer zweiseitigen MLA-Architektur (MLA = Mikrolinsenarray) führen, wie sie beispielsweise in der Fig. 1 dargestellt ist.

Ein hierin vorgeschlagenes Display, etwa ein Lichtfelddisplay hat ein Eintrittsarray von unregelmäßig geformten Linsen 14/26 und ein Array von Projektionslinsen 18 an der Austrittsseite. Das Elementarbild für jeden Kanal wird durch eine Kombination aus Kondensorlinsen oder Formgeberlinsen 14 und Blockierer-Regionen 26 erzeugt. Im einfachsten Fall bestehen diese Regionen aus nur einer Linse. Die Form der Apertur der Formgeber-Linsen ist identisch mit der Geometrie der Elementarbilder. Die Formgeber-Linsen wirken als Kondensorlinsen, die die Lichtquelle in die adressierte Projektions-Linse abbilden, wodurch eine

25 Köhler'sche Beleuchtung realisiert wird und eine Abbildung der Formgeber-Linse ermöglicht wird. Im Gegensatz dazu richten die Blockierer-Linsen das einfallende Licht so, dass dieselben von den adressierten Projektionslinsen nicht abgebildet werden. Dies kann z. B. erreicht werden durch Fokussieren des Bilds der Lichtquelle auf Blockier-Aperturen oder nichtabbildende Bereiche 34, die bspw. unter den Projektionslinsen vergraben sind oder bspw. gegenüber den Projektionslinsen erhöht sind; oder auf nicht abbildende Plano-Regionen zwischen benachbarten Projektionslinsen mit optionalem Streuverhalten, oder durch Richten von Licht

30

35

auf benachbarte Projektionslinsen. Diese letzte Möglichkeit wird allerdings nicht bevorzugt, da dieselbe zu Kanalübersprechen führt und unerwünschte geistartige Bilder erzeugt.

Im Allgemeinen ist es vorteilhaft oder in Ausführungsformen erforderlich, dass die Kontur
5 jeder Formgeber-Region mit der Kontur des zu projizierenden Bildes identisch ist. Diese
Kontur kann durch eine oder mehrere Formgeber-Linsen gefüllt werden. Dies gilt auch für
die blockierenden Regionen. Eine Unterteilung in mehrere Formgeber/Blockierer-Linsen
kann dazu beitragen, eine Linsendurchbiegung zu reduzieren, was die Herstellung erleich-
tert. Der Einfachheit halber wird im Folgenden davon ausgegangen, dass eine Region durch
10 nur eine einzige Linse dargestellt wird. Das ist vorteilhaft hinsichtlich der Homogenität der
Luminanz (Direct-View Display) bzw. Illuminanz (Projektionsdisplay) der Abbildung.

Analog zu Fig. 8a-b projizieren die Projektionslinsen die Aperturen der Formgeber-Linsen in
das Fernfeld, siehe Bild 24 in Fig. 1.

15 Zusätzlich können Graustufen in dem angezeigten Bild erzeugt werden, indem die Lichtver-
teilung der Formgeber-Linsen so manipuliert wird, dass nur ein Teil des einfallenden Lichts
zu der abbildenden Linse 18 gerichtet wird, während das verbleibende Licht an einen blo-
ckierenden Bereich 34 zwischen den Projektionslinsen 18 gesendet wird. Diese Unterteilung
20 in übertragenen und blockierten Teil kann z. B. erreicht werden durch Streuung von Diffuso-
ren auf den Formgeber-Linse, durch spezielle Freiform-Layouts, die das Licht kontrolliert
verteilen, oder durch Unterteilen der Linsen in mehrere Linsen, wobei einige derselben das
Licht in die blockierenden Totzonen leiten, wie bei einem Rasterhalbtonbild.

25 Durch Verwenden einer Anordnung speziell geformter Formgeber-Blockierer-Regionen,
etwa an dem Eintritts-MLA kann die Funktion einer Dia-Maske rein brechend unter Verwen-
dung der gleichen Herstellungstechnik wie bei den Projektionslinsen realisiert werden.

Um die Möglichkeit des Übersprechens zu unterdrücken und die Auflösung des Displays zu
30 verbessern, kann die Aperturschicht, die die Toträume direkt unter den Projektionslinsen
abdeckt, zu einem Zwischenabstand von der Projektionslinse und dem Eintrittslinsenarray
gebracht werden, um wie eine Aperturblende zu wirken. Eine solche entfernte Aperturblende
führt eine Vignettierung in das System ein durch Abschneiden schräger Strahlen und ver-
bessert die Auflösung des Projektionssystems auf Kosten der Transmission [5].

35 Das Schema eines Lichtfelddisplays mit einer solchen entfernten Aperturblende ist in Fig. 3

dargestellt. Da das Array von Aperturbünden 34 weiter von den Projektionslinsen entfernt ist, kann Streulicht, das aufgrund von Kanalübersprechen oder Fehlausrichtung erzeugt wird, wirksam blockiert werden, bevor das Streulicht die Projektionslinsen erreicht.

- 5 Die Genauigkeitsanforderungen für die Ausrichtung einer solchen vergrabenen Aperturbünde in Bezug auf das Linsenarray sind viel geringer (etwa eine Größenordnung) als die erforderliche seitliche Positionierungsgenauigkeit von Elementarbildern relativ zu der adressierten Projektionslinse. Die gelockerten Ausrichtungstoleranzen ermöglichen eine einfachere Herstellung, z. B. durch Zweikomponenten-Kunststoffspritzguss oder Spritzguss mit
10 eingelegter Metallaperturlage.

Ausführungsbeispiele der Erfindung bieten unter anderem folgende Vorteile:

- 15 • Einfacher einzuhaltende Toleranzen für eine Ausrichtung von zwei Linsenarrays mit einer optionalen Aperturmaskenschicht erleichtern die Ausrichtung und Montage.
- Erzeugung von 3D-Motiven durch Eliminieren von Diamasken und unter Verwendung rein brechender Elemente mit der Möglichkeit, Graustufen im angezeigten Bild zu erzeugen.
- 20 • Lichtfelddisplays können unter Verwendung einfacher Spritzgusstechniken hergestellt werden.
- Einfache, bewährte Herstellung und Montage von Mikrooptik-Elementen unter Verwendung von Graustufen- und Reflow-Mastering-Prozessen.

Ausführungsbeispiele können unter anderem Anwendung finden in:

- 25
- Dekorative Kunstinstallationen
 - 3D-Icons/Symbole für Werbung und Markenbildung, z. B. für die Außenbeschilderung von Kraftfahrzeugen
 - Allgemeine Lichtgestaltung
 - 30 • 3D-Effekte in Kraftfahrzeug-Blinkern/Rückleuchten-Clustern.
 - Berührungslose Schnittstellen für öffentliche Gebäude/Operationsräume.

Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein
35

entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

5

Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den

10 Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele herein präsentiert wurden, beschränkt sei.

Referenzen

- [1] Park, J. H., Hong, K., & Lee, B. (2009). Recent progress in three-dimensional information processing based on integral imaging. *Applied Optics*, 48(34), H77-H94.
- 5 [2] S. Jensch et.al., DE102017210762A1 – Lighting device for a motor vehicle, BMW AG, Realeyes GmbH.
- [3] P. Dannberg et al., "Wafer-Level Hybrid Integration of Complex Micro-Optical Modules", *Micromachines* 2014, 5, 325-40.
- [4] F. von Laffert et. al., DE102011000947A1 - Flat 3D display unit, Realeyes GmbH.
- 10 [5] W. S. Smith, *Modern Optical Engineering* 2. Ausgabe, 3.4 "The Effect of Lens Shape and Stop Position on the Aberrations".

Patentansprüche

1. Display zum Darstellen eines Bildes mit:
- 5 einem Kondensorlinsenarray (12) mit einer Mehrzahl von Kondensorlinsen (14);
- einem Projektionslinsenarray (16) mit einer Mehrzahl von Projektionslinsen (18);
- 10 einer Mehrzahl von optischen Kanälen (22), die jeweils mindestens eine Kondensorlinse (14) und eine Projektionslinse (18) umfassen und zum Projizieren des mittels des Displays dazustellenden Bildes (24) eingerichtet sind;
- einer Mehrzahl von zwischen Strahlengängen benachbarter Kondensorlinsen (14) angeordneten Sammellinsen (26);
- 15 wobei eine jeweilige Sammellinse (26) ausgebildet ist, um eintreffendes Licht zu sammeln und auf Bereiche abseits der Projektionslinsen (18) zu lenken.
- 20 2. Display gemäß Anspruch 1, bei dem zumindest eine Teilmenge der Mehrzahl von Sammellinsen (26) ausgebildet sind, um das eintreffende Licht auf einen der Sammellinse (26) zugeordneten nichtabbildenden Bereich (34) zwischen Projektionslinsen (18) oder zwischen optischen Kanälen (22) zu lenken.
- 25 3. Display gemäß Anspruch 2, bei dem der nichtabbildende Bereich (34) einen lichtabsorbierenden und/oder lichtstreuenden Bereich umfasst.
4. Display gemäß Anspruch 2 oder 3, bei dem zumindest ein nichtabbildender Bereich einen lichtabsorbierenden Bereich umfasst, der eine Metallschichtanordnung, insbesondere eine Chromschichtanordnung aufweist.
- 30 5. Display gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem der nichtabbildende Bereich (34) an bezogen auf eine Ebene (52) der Projektionslinsen (18) gegenüber der Mehrzahl von Projektionslinsen (18) erhöhten Bereichen (48) angeordnet sind.

6. Display gemäß einem der Anspruch 5, bei dem der nichtabbildende Bereich (34) an den erhöhten Bereichen (48) als Beschichtung, insbesondere umfassend eine Farbschicht, angeordnet ist.
- 5 7. Display gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem der nichtabbildende Bereich (34) in einer Ebene zwischen dem Projektionslinsenarray (16) und dem Kondensorlinsenarray (12) angeordnet ist.
- 10 8. Display gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem Projektionslinsen (18) des Projektionslinsenarrays (16) an oder in einer Oberfläche eines Projektionslinsensubstrats (38; 38₂) gebildet sind; und der nichtabbildende Bereich (34) an oder in der Oberfläche des Projektionslinsensubstrats (38; 38₂) in einem Zwischenbereich zwischen den benachbarten Projektionslinsen (18) angeordnet ist.
- 15 9. Display gemäß einem der Ansprüche 2 bis 8, bei dem der nichtabbildende Bereich (34) Aperturen der Projektionslinsen (18) definiert.
- 20 10. Display gemäß einem der Ansprüche 2 bis 9, bei dem zumindest eine Sammellinse (26) der Mehrzahl von Sammellinsen eingerichtet ist, um das eintreffende Licht innerhalb eines Toleranzbereichs von 20 % bezogen auf die Brennweite der Sammellinse (26) auf den nichtabbildenden Bereich (34) zu fokussieren.
- 25 11. Display gemäß einem der Ansprüche 2 bis 10, bei dem eine Kombination aus dem Kondensorlinsenarray (12) und der Mehrzahl von Sammellinsen (26) eine optisch aktive Eingangsseite des Display in einem Umfang von zumindest 90 % vorzugsweise vollständig bedeckt und die Mehrzahl von Sammellinsen (26) eingerichtet ist, um das auf die Mehrzahl von Sammellinsen (26) eintreffende Licht innerhalb eines Toleranzbereichs von höchstens 10 % vollständig auf den nichtabbildenden Bereich (34) zu lenken.
- 30 12. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem eine Kontur der Kondensorlinsen (14) des Kondensorlinsenarrays (12) mit zumindest einem Teilbereich des mittels des Displays dazustellenden Bildes übereinstimmt.

13. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem zumindest eine der Kondensorlinsen (14) des Kondensorlinsenarrays (12) ein dezentriertes Linsensegment umfasst.
- 5 14. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Kondensorlinsenarray (12) und die Sammellinsen einerseits und das Projektionslinsenarray (16) andererseits an gegenüberliegenden Seiten eines Linsensubstrats (38) angeordnet sind.
- 10 15. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Kondensorlinsenarray (12) ein Array irregulär brandeter Linsen umfasst.
- 15 16. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Mehrzahl von optischen Kanälen (22) eine erste Teilmenge zum Darstellen des Bildes als ein erstes Bild (54₁) und eine zweite Teilmenge zum Darstellen eines zweiten Bildes (54₂) umfasst.
17. Display gemäß Anspruch 16, das ausgebildet ist, um das erste Bild (54₁) mit einer ersten Farbe und das zweite Bild (54₂) in einer zweiten Farbe darzustellen.
- 20 18. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, das als Projektionsdisplay und/oder als Lichtfelddisplay gebildet ist.
19. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, das eingerichtet ist, um zumindest Teile des Bildes (24) mit einem dreidimensionalen Effekt darzustellen.
- 25 20. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Kondensorlinsenarray (12) als Mikrolinsenarray gebildet ist und das Projektionslinsenarray (16) als Mikrolinsenarray gebildet ist.
- 30 21. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jeder optischer Kanal (22) der Mehrzahl von optischen Kanälen eingerichtet ist, um ein Elementarbild einer Mehrzahl von übereinstimmenden Elementarbildern darzustellen; wobei die Mehrzahl optischer Kanäle (22) ausgebildet sind, um die Mehrzahl von Elementarbildern in einer Projektionsebene überlagernd abzubilden.
- 35

22. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei der jede der Mehrzahl von Kondensorlinsen (14) ausgebildet ist, um eine die Kondensorlinse (14) beleuchtende Lichtquelle (32) in die der Kondensorlinse (14) zugeordnete Projektionslinse (18) abzubilden.
- 5
23. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem zumindest eine Teilmenge der Projektionslinsen (18) als dezentriertes Linsensegment gebildet sind.
24. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem zumindest eine Kondensorlinse (14) des Kondensorlinsenarrays (12) ausgebildet ist, um eine erste Teilmenge eines auf die Kondensorlinse eintreffenden Lichts auf die zugeordnete Projektionslinse (18) zu projizieren und um eine zweite Teilmenge des eintreffenden Lichts auf zumindest einen der zugeordneten Projektionslinse benachbart angeordneten nichtabbildenden Bereich (34) zu lenken
- 10
25. Display gemäß Anspruch 24, bei dem die zumindest eine Kondensorlinse des Kondensorlinsenarrays (12) zumindest eines aus
- 15
- einen Diffusor;
 - einer Freiformlinse; und
 - einer Mehrzahl von Kondensorlinsenteilbereichen;
- 20
- umfasst, um die erste Teilmenge von der zweiten Teilmenge zu separieren.
- 25
26. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, mit einer Lichtquelle (32), die ausgebildet ist, um dem Kondensorlinsenarray (12) ein kollimiertes Licht als das eintreffende Licht (28) bereitzustellen.
27. Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem eine Anordnung der Kondensorlinsen (14) und/oder eine Anordnung der Projektionslinsen (18) zumindest 6 Linsen in einer Anordnung mit zumindest drei Spalten und zumindest zwei Zeilen umfasst.
- 30
28. System (50) mit einem Display gemäß einem der vorangehenden Ansprüche.
- 35

29. System gemäß Anspruch 28, das eine Mehrzahl von Displays oder ein Display mit einer Mehrzahl von Teilbereichen umfasst, die zum Projizieren unterschiedlicher Teilbereiche (54) eines dazustellenden Gesamtbildes (28) ausgebildet sind.
- 5 30. System gemäß Anspruch 28 oder 29, das eine berührungslose Tastatur umfasst, bei der das darzustellende Bild Tasten der Tastatur umfasst.
31. System gemäß Anspruch 30, das ausgebildet ist, um die berührungslose Tastatur als schwebende Struktur darzustellen.
- 10 32. System gemäß Anspruch 28 oder 29, das ein automotives Licht, insbesondere ein Rücklicht oder Bremslicht, umfasst und das Bild ein dreidimensionales Zeichen in einem Bereich des automotiven Lichts ist.
- 15 33. System gemäß Anspruch 28 oder 29, das als Fahrzeuglicht ausgebildet ist und ausgebildet ist, um das Bild zur Kommunikation mit einem anderen Verkehrsteilnehmer dynamisch darzustellen.
- 20 34. Verfahren (600) zum Projizieren eines Bildes mit folgenden Schritten:
- Beleuchten (610) eines Kondensorlinsenarrays mit einer Mehrzahl von Kondensorlin-
sen, bei dem zumindest eine jeweilige Kondensorlinse mit einer jeweiligen Projekti-
onslinse eines Projektionslinsenarrays einen Teil eines optischen Kanals bildet, und
die Projektionslinsen zum Projizieren des mittels des Displays dazustellenden Bil-
des eingerichtet sind;
- 25 Lenken (620) von Licht aus Zwischenräumen zwischen benachbarten Kondensorlin-
sen auf Bereiche abseits der optischen Kanäle.
- 30 35. Verfahren (700) zum Herstellen eines Display mit folgenden Schritten:
- Herstellen (710) eines Kondensorlinsenarrays mit einer Mehrzahl von Kondensorlin-
sen und eines Projektionslinsenarrays mit einer Mehrzahl von Projektionslinsen;

so dass eine Mehrzahl von optischen Kanälen jeweils zumindest eine Kondensorlinse und eine Projektionslinse umfassen und zum Projizieren des vermittels des Displays dazustellenden Bildes eingerichtet sind;

5 so dass eine Mehrzahl von Sammellinsen zwischen Strahlengängen benachbarter Kondensorlinsen angeordnet sind; und

so dass eine jeweilige Sammellinse eintreffendes Licht sammelt und auf Bereiche abseits der Projektionslinsen lenkt.

10

36. Verfahren gemäß Anspruch 35, bei dem das Herstellen einen Spritzgussprozess umfasst.

37. Verfahren gemäß Anspruch 35 oder 36, umfassend:

15

Herstellen zumindest eines nichtabbildenden Bereichs (34) als Zielbereich der Sammellinsen durch ausführen eines Beschichtungsprozesses auf einem gegenüber Projektionslinsen erhöhten Bereich (48) eines Projektionslinsensubstrats.