



(10) **DE 11 2008 001 648 B4** 2013.10.24

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2008 001 648.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2008/007933**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2009/002523**
(86) PCT-Anmeldetag: **25.06.2008**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **31.12.2008**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **06.05.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.10.2013**

(51) Int Cl.: **B81B 7/02 (2006.01)**
B81B 3/00 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
11/823,336 **26.06.2007** **US**

(73) Patentinhaber:
**Hewlett-Packard Development Company, L.P.,
Houston, Tex., US**

(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler &
Partner, 82049, Pullach, DE**

(72) Erfinder:
**Wang, Shih-Yuan, Palo Alto, Calif., US; Williams,
R. Stanley, Palo Alto, Calif., US; Morris, Terrel,
Richardson, Tex., US; Siglas, Mihail, Palo Alto,
Calif., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

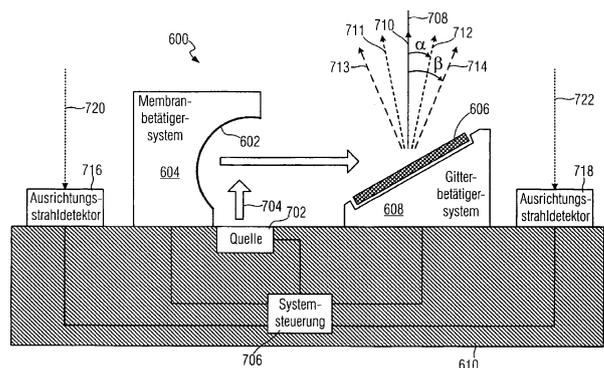
US **6 666 559** **B2**
US **2002 / 0 101 646** **A1**
US **2006 / 0 239 324** **A1**
WO **2006/ 009 514** **A1**

**Liu et al, Micro-opto-mechanical grating
switches, Sensors and Actuators 86, Oktober
2000, Seite 127-134**

**berger et al, Tunable MEMS Devices For
Optical Networks, Optics and Photonics News 14
(3), März 2003, S. 42-62**

(54) Bezeichnung: **Mikroelektromechanisches optisches System und verteilte Rechenplattform mit optischem Datenstrahl**

(57) Zusammenfassung: Verschiedene Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung achten sich auf mikroelektromechanische Systeme und photonische Zwischenverbindungen, die mikroelektromechanische Systeme einsetzen. Ein Ausführungsbeispiel eines mikroelektromechanischen Systems der vorliegenden Erfindung umfasst eine Linienstruktur (1704) und einen Betätiger. Die Linienstruktur umfasst eine im Wesentlichen transparente Membran (1710) mit einer flexiblen, gekrümmten Oberfläche und einem Reservoir (1708, 1710), das ein Fluid enthält, das fluidisch mit der Membran gekoppelt ist. Das Betätigersystem ist wirksam mit dem Reservoir gekoppelt, um einen Druck auf das Fluid auszuüben, um die Krümmung der Membran und den Brennpunkt der Linienstruktur zu ändern.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung richten sich auf mikroelektromechanische Systeme und photonische Zwischenverbindungen und insbesondere auf mikroelektromechanische Systeme und photonische Zwischenverbindungen, die mikroelektromechanische Systeme einsetzen, um datencodierte, elektromagnetische Strahlung dynamisch zu fokussieren und auszurichten.

HINTERGRUND

[0002] Eine nicht zentrale Verarbeitung ist ein Computerverarbeitungsverfahren, bei dem eine einzelne rechentechnische Aufgabe in eine Anzahl von rechentechnischen Aufgaben partitioniert wird, die gleichzeitig und separat auf Knoten einer verteilten Rechenplattform bzw. nicht zentralen Rechenplattform („CDP“; distributed computing platform) betrieben werden können. Ein Knoten kann ein Server, ein Computer, ein Speicher, ein Peripheriegerät oder eine andere Datenverarbeitungs- und/oder Speicherungs-Vorrichtung sein. Der Computer kann eine oder mehrere Speichervorrichtungen und einen oder mehrere Prozessoren umfassen. Um Daten zwischen Knoten zu verteilen, sind die Knoten üblicherweise über elektrische Hochgeschwindigkeits-, Niedriglatenz-Zwischenverbindungen mit einem Schalter verbunden, der verwendet wird, um Daten zwischen Knoten zu übertragen. **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer 8-Knoten-DCP **100**. Die DCP **100** weist Knoten **102–109** und einen Schalter **110** auf. Die Knoten **102–109** sind in zwei Spalten angeordnet und sind elektronisch mit dem Schalter **110** über Datenübertragungskabel verbunden, wie z. B. Ethernetkabel. Die Knoten **102–109** können in einem oder mehreren Gestellen oder Gehäusen (nicht gezeigt) gelagert sein und verwenden den Schalter **110**, um Datenpakete zwischen den Knoten **102–109** zur Verarbeitung weiterzuleiten. Zum Beispiel kann der Schalter **110** verwendet werden, um Daten, die durch den Knoten **104** erzeugt werden, zu den Knoten **103** und **107** zur weiteren Verarbeitung zu übertragen.

[0003] Im Allgemeinen sind DCPs effiziente Rechenplattformen für Parallelverarbeitungsanwendungen. Zyklische DCPs sind jedoch ineffiziente energieverbrauchende Vorrichtungen. Genauer gesagt werden häufig Metalldrähte verwendet, um Knoten und Knotenkomponenten miteinander zu verbinden und ein Großteil der Energie, die zum Übertragen von elektrischen Signalen über die Metalldrähte benötigt wird, wird als Wärme abgeleitet. Zum Beispiel wird über 80 bis 90% der elektrischen Energie, die zum Übertragen von Signalen über Cu-Drähte benötigt wird, als Wärme abgeleitet. Um zu verhindern, dass sich diese Wärme aufbaut und irreparablen Schaden an

Knotenkomponenten, Drähten und anderen elektrischen Zwischenverbindungen verursacht, sind DCPs üblicherweise in gekühlten Räumen angeordnet und jeder Knoten kann einen oder mehrere Lüfter umfassen, die Luft über den Knotenkomponenten und Schaltungsplatinendrähten zirkulieren. Die Energie jedoch, die zum Kühlen von DCPs benötigt wird, trägt nur zu der Gesamtenergiemenge bei, die zum Betreiben von DCPs benötigt wird. Hersteller, Entwickler und Benutzer von DCPs haben einen Bedarf nach Zwischenverbindungen erkannt, die Zwischenverbindungen mit hoher Bandbreite und hoher Geschwindigkeit zwischen Knoten und Knotenkomponenten liefern und weniger Energie verwenden und weniger Wärme erzeugen als herkömmliche, elektrische Zwischenverbindungen, die bei typischen DCPs verwendet werden.

[0004] Aus der US 2006 0 239 324 A1 ist ein Laser bekannt, der in der Lage ist, Laserstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge auszugeben. Ein Spiegel ist vorgesehen, der steuerbar ist, um einen Reflexionswinkel einzustellen.

[0005] In der WO 002006009514 A1 ist Mikrolinse mit variablem Fokus beschrieben, bei der ein Krümmungsradius durch Änderung eines Fluiddruckes in der Linse einstellbar ist.

[0006] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein mikroelektromechanisches System sowie eine verteilte Rechenplattform zu schaffen, die es ermöglichen, datencodierte, elektromagnetische Strahlung dynamisch zu fokussieren und auszurichten.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein mikroelektromechanisches System nach Anspruch 1 und eine verteilte Rechenplattform nach Anspruch 6 gelöst.

[0008] Verschiedene Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung richten sich auf mikroelektromechanische Systeme und photonische Zwischenverbindungen, die mikroelektromechanische Systeme einsetzen. Ein mikroelektromechanisches Systemausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst eine Linsenstruktur und einen Betätiger. Die Linsenstruktur umfasst eine im Wesentlichen transparente Membran mit einer flexiblen, gekrümmten Oberfläche, und ein Reservoir, das Fluid enthält, das fluidisch mit der Membran gekoppelt ist. Das Betätigersystem ist wirksam mit dem Reservoir gekoppelt, um Druck auf das Fluid auszuüben, um die Krümmung der Membran und den Brennpunkt der Linsenstruktur zu ändern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer verteilten 8-Knoten-Rechenplattform.

[0010] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung einer verteilten 10-Knoten-Rechenplattform, die photonische Zwischenverbindungen gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung umfasst.

[0011] **Fig. 3A–Fig. 3B** zeigen eine schematische Darstellung einer verteilten 4-Knoten-Rechenplattform, bei der ein Empfänger wirksam ist, um datentragende Strahlen aus elektromagnetischer Strahlung zu erfassen, die durch zwei unterschiedliche Knoten zu unterschiedlichen Zeiten erzeugt werden, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0012] **Fig. 4** zeigt einen Knoten mit photonischen Zwischenverbindungen, die auf Knotenkomponenten angeordnet sind, für eine platinenintegrierte, photonische Kommunikation gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0013] **Fig. 5A–Fig. 5B** zeigen zwei Arten von photonischen Zwischenverbindungen, wobei jede photonische Zwischenverbindung ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0014] **Fig. 6** zeigt eine isometrische Ansicht eines mikroelektromechanischen Systems gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0015] **Fig. 7** zeigt eine Querschnittsansicht des mikroelektromechanischen Systems entlang einer Linie 7-7, gezeigt in **Fig. 6**, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0016] **Fig. 8** ist eine Intensitätsskizze einer datencodierten, elektromagnetischen Strahlung über Zeit.

[0017] **Fig. 9** ist eine Skizze von periodischen Intensitäten über Brechungswinkeln für fünf gebeugte Strahlen, die aus einem Beugungsgitter ausgegeben werden.

[0018] **Fig. 10A–Fig. 10B** zeigen die dynamische Ausrichtung und Fokussierung eines datentragenden Strahls einer elektromagnetischen Strahlung unter Verwendung des mikroelektromechanischen Systems, das in **Fig. 7** gezeigt ist, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0019] **Fig. 11A–Fig. 11C** zeigen drei Membranbetätigersysteme, wobei jedes derselben ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0020] **Fig. 12** zeigt drei Drehachsen, um die sich das Beugungsgitter, das in **Fig. 6** gezeigt ist, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung drehen kann.

[0021] **Fig. 13A–Fig. 13B** zeigen im Wesentlichen periodische Elemente von zwei Beugungsgittern, wo-

bei jedes derselben ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0022] **Fig. 14A–Fig. 14C** zeigen Querschnittsansichten von drei Arten von Beugungselementen entlang einer Linie 14-14, die in **Fig. 13** gezeigt ist, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0023] **Fig. 15** zeigt eine isometrische Ansicht eines Gitterlichtventils gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0024] **Fig. 16A–Fig. 16B** zeigen Querschnittsansichten des Gitterlichtventils entlang einer Linie 16-16, die in **Fig. 15** gezeigt ist, und unter Verwendung des Gitterlichtventils als einen Reflektor und Beugungsgitter gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0025] **Fig. 17A–Fig. 17B** zeigen ein mikroelektromechanisches System einer photonischen Zwischenverbindung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0026] Verschiedene Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung richten sich auf mikroelektromechanische Systeme und photonische Zwischenverbindungen, die mikroelektromechanische Systeme einsetzen. Die photonischen Zwischenverbindungen können verwendet werden, um bestimmte elektrische Zwischenverbindungen zwischen den Knoten einer DCP zu ersetzen und bestimmte elektrische Zwischenverbindungen zwischen Komponenten eines Knotens zu ersetzen. Die photonischen Zwischenverbindungen können Zwischenverbindungen mit höherer Bandbreite und mit höherer Geschwindigkeit zwischen Knoten und Knotenkomponenten liefern und weniger Energie verwenden und weniger Wärme erzeugen als herkömmliche, elektrische Zwischenverbindungen.

[0027] Informationen, die durch einen Prozessor erzeugt werden oder aus einem Speicher eines Knotens extrahiert werden, werden in einen Strahl aus elektromagnetischer Strahlung codiert, der als ein „datentragender Strahl“ bezeichnet wird. Die photonischen Zwischenverbindungen der vorliegenden Erfindung verwenden mikroelektromechanische Systeme, um den datentragenden Strahl entweder zu einem Empfänger zu richten, der auf einem unterschiedlichen Knoten innerhalb einer DCP angeordnet ist, oder zu einem Empfänger, der auf einer Komponente innerhalb desselben Knotens angeordnet ist. Der Empfänger umfasst einen Photodetektor, der den datentragenden Strahl in elektrische oder elektromagnetische Strahlungssignale umwandelt, die durch den Knoten verarbeitet werden können. Die mikroelektromechanischen Systeme der vorliegenden Er-

findung können einen datentragenden Strahl dynamisch auf einen entsprechenden Photodetektor ausrichten und fokussieren.

[0028] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer 10-Knoten-DCP 200, die photonische Zwischenverbindungen gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung umfasst. Die DCP 200 weist Knoten 202–206 auf, die in einer ersten Spalte 208 angeordnet sind, und Knoten 210–214, die in einer zweiten Spalte 216 angeordnet sind. Knoten 202–206 und 210–214 können in einem oder mehreren Gehäusen gelagert sein (nicht gezeigt). Jeder Knoten innerhalb einer Säule kann in photonischer Kommunikation mit den anderen Knoten in derselben Säule und in photonischer Kommunikation mit bestimmten Knoten in einer benachbarten Säule über Ausführungsbeispiele photonischer Zwischenverbindungen der vorliegenden Erfindung sein. Ausführungsbeispiele photonischer Zwischenverbindungen der vorliegenden Erfindung umfassen ein mikroelektromechanisches System („MEMS“), das auf einem ersten Knoten angeordnet ist, und einen Empfänger, der auf einem zweiten Knoten angeordnet ist. Wie z. B. in Fig. 2 gezeigt ist, ist der Knoten 203 über fünf photonische Zwischenverbindungen in photonischer Kommunikation mit den Knoten 202 und 204–206 in der ersten Spalte 208 und in photonischer Kommunikation mit einem benachbarten Knoten 211 in der zweiten Säule 216. Die fünf photonischen Zwischenverbindungen weisen fünf MEMS 220–224 auf, die alle auf einem Knoten 203 angeordnet sind, und fünf entsprechende Empfänger 230–234, die auf Knoten 202 und 204–206 in der ersten Spalte und einem benachbarten Knoten 211 in der zweiten Spalte 216 angeordnet sind. Ausführungsbeispiele für MEMS 220–224 werden nachfolgend detaillierter Bezug nehmend auf Fig. 6 und Fig. 17 beschrieben. Knoten 203 erzeugt Daten in der Form von datentragenden Strahlen 240–244, die zu Knoten 202, 204–206 und 211 zur weiteren Verarbeitung übertragen werden. Das MEMS 220 ist konfiguriert, um den datentragenden Strahl 240 zu dem Empfänger 330 zu richten, der auf der Unterseite des Knotens 202 angeordnet ist, und das MEMS 221 ist konfiguriert, um den datentragenden Strahl 241 zu dem Empfänger 231 zu richten. Der Knoten 204 umfasst eine Apertur 250, so dass das MEMS 222 den datentragenden Strahl 242 ungehindert zu dem Empfänger 232 richten kann, der auf einem nicht benachbarten Knoten 205 angeordnet ist. Der Knoten 204 umfasst eine Apertur 252 und der Knoten 205 umfasst ebenfalls eine Apertur 253, so dass das MEMS 223 den datentragenden Strahl 243 ungehindert zu dem Empfänger 233 richten kann, der auf dem nicht benachbarten Knoten 206 angeordnet ist. Das MEMS 224 ist konfiguriert, um den datentragenden Strahl 244 horizontal zu dem Empfänger 234 zu richten.

[0029] Die Größe der Aperturen, die verwendet werden, um eine Übertragung des datentragenden Strahls zwischen nicht benachbarten Knoten zu erlauben, nimmt mit zunehmender Nähe zu dem Knoten zu, der den datentragenden Strahl erzeugt. Zum Beispiel ist die Apertur 252 größer als die Apertur 253. Die Aperturen können rund, elliptisch, quadratisch, rechteckig oder von jeder anderen Form sein, die für eine ungehinderte Übertragung eines datentragenden Strahls durch einen Knoten geeignet ist. Es wird darauf hingewiesen, dass die photonischen Zwischenverbindungen in der DCP nicht alle elektrischen Zwischenverbindungen zwischen Knoten ersetzen können. Anders ausgedrückt können photonische Zwischenverbindungen der vorliegenden Erfindung verwendet werden, um nur bestimmte, elektrische Zwischenverbindungen zu ersetzen. Wie z. B. in Fig. 2 gezeigt ist, kann die DCP 200 ferner einen Schalter (nicht gezeigt) umfassen, der die Übertragung von bestimmten, datentragenden, elektrischen Signalen über elektrische Zwischenverbindungen zwischen Knoten bereitstellt.

[0030] Bei anderen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung können die Empfänger elektronisch mit Motoren gekoppelt sein, wie z. B. piezoelektrische Motoren, die wirksam sind, um Empfänger neu zu positionieren, um datentragende Strahlen abzufangen, die durch unterschiedliche Knoten zu unterschiedlichen Zeiten erzeugt werden. Fig. 3A bis Fig. 3B zeigen eine schematische Darstellung einer 4-Knoten-DCP 300, bei der ein Empfänger neu positioniert werden kann, um datentragende Strahlen zu erfassen, die durch zwei unterschiedliche Knoten zu unterschiedlichen Zeiten gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung erzeugt werden. Wie in Fig. 3A gezeigt ist, umfasst die DCP 300 eine Säule aus vier Knoten 302–305. Knoten 302 umfasst ein MEMS 306 und ein MEMS 312. Das MEMS 306 richtet einen ersten, datentragenden Strahl 308 auf einen Empfänger 310, der auf Knoten 303 angeordnet ist, und das MEMS 312 richtet einen zweiten, datentragenden Strahl 314 auf einen Empfänger 316, der auf Knoten 305 angeordnet ist. Der Knoten 303 umfasst ein MEMS 318, das einen dritten, datentragenden Strahl 320 zu einem Empfänger 322 richtet, der in einer ersten Position auf Knoten 304 angeordnet ist. Anfänglich, wie in Fig. 3A gezeigt ist, leitet der zweite, datentragende Strahl 314 ungestört durch eine Apertur 324 in Knoten 303 und eine Apertur 326 in Knoten 304, um den Empfänger 316 zu erreichen. Zu einer späteren Zeit jedoch, wie in Fig. 3B gezeigt ist, wenn der Knoten 303 keine Daten mehr zu Knoten 304 überträgt und Knoten 302 Daten zu Knoten 304 anstelle von Knoten 305 übertragen möchte, kann der Empfänger 322 über einen Motor (nicht gezeigt) neu positioniert werden, der wirksam mit dem Empfänger 322 gekoppelt ist, um den datentragenden Strahl 314 abzufangen.

[0031] Bei anderen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung können photonische Zwischenverbindungen der vorliegenden Erfindung verwendet werden, um Informationen zwischen Komponenten eines einzelnen Knotens zu übertragen und keine elektrischen Signalleitungen eines elektronischen Busses zu verwenden. **Fig. 4** zeigt einen Knoten **400** mit photonischen Zwischenverbindungen, die auf Knotenkomponenten für eine platinenintegrierte, photonische Kommunikation gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung angeordnet sind. Knoten **400** umfasst eine zentrale Verarbeitungseinheit („CPU“) **402**, eine erste Speichervorrichtung **404** und eine zweite Speichervorrichtung **406**. Andere Komponenten des Knotens **400** sind für eine einfache Darstellung nicht gezeigt. Speichervorrichtungen **404** und **406** können einer von vielen unterschiedlichen Typen von Direktzugriffsspeichervorrichtungen sein, die in der Technik bekannt sind. Wie in **Fig. 4** gezeigt ist, ist die CPU **402** in photonischer Kommunikation mit den Speichervorrichtungen **404** und **406** über vier photonische Zwischenverbindungen. Die erste, photonische Zwischenverbindung weist das MEMS **410** und den Empfänger **420** auf, die zweite photonische Zwischenverbindung weist das MEMS **411** und den Empfänger **421** auf, die dritte photonische Zwischenverbindung weist das MEMS **412** und den Empfänger **422** auf und die vierte photonische Zwischenverbindung weist das MEMS **413** und den Empfänger **423** auf. Diese vier photonischen Zwischenverbindungen werden verwendet, um datentragende Strahlen zwischen der CPU **402** und der ersten Speichervorrichtung **404** und zwischen der CPU **402** und der zweiten Speichervorrichtung **406** zu übertragen, anstatt elektrische Signalleitungen eines elektronischen Busses zu verwenden.

[0032] In der nachfolgenden Erörterung bezieht sich der Ausdruck „Rechenvorrichtung“ auf Knoten und Knotenkomponenten. Wie oben Bezug nehmend auf **Fig. 2–Fig. 4** beschrieben wurde, weist eine photonische Zwischenverbindung, um einen datentragenden Strahl von einer ersten Rechenvorrichtung zu einer zweiten Rechenvorrichtung zu übertragen, ein MEMS auf, das auf der ersten Rechenvorrichtung angeordnet ist, und einen Empfänger, der auf der zweiten Rechenvorrichtung angeordnet ist. Bestimmte Rechenvorrichtungen können jedoch während der Operation gestört werden. Zum Beispiel kann bei bestimmten DCPs ein Knoten eine Vibration aufweisen, die während der Operation um ungefähr 100 Mikrometer versetzt ist. Diese Vibrationsverschiebungen können im Lauf der Zeit datentragende Strahlen außer Ausrichtung mit Photodetektoren versetzen, die auf entsprechenden Empfängern angeordnet sind, die ihrerseits die Übertragung von Daten zwischen Knoten unterbrechen können. Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung umfassen photonische Zwischenverbindungen Systeme, die datentragende Strahlen dynamisch ausrich-

ten und fokussieren, die aus einer ersten Rechenvorrichtung auf Photodetektoren ausgegeben werden, die auf einer zweiten Rechenvorrichtung angeordnet sind.

[0033] **Fig. 5A–Fig. 5B** zeigen zwei Arten von photonischen Zwischenverbindungen, wobei jede photonische Zwischenverbindung ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. In **Fig. 5A** umfasst eine erste, photonische Zwischenverbindung **500** ein MEMS **502** und einen Empfänger **504**. Das MEMS **502** kann auf einer ersten Rechenvorrichtung **506** angeordnet sein und ist in elektrischer Kommunikation mit einer Systemsteuerung **508**, die in der ersten Rechenvorrichtung **506** angeordnet sein kann. Zwei Photodetektoren **510** und **512** sind auf gegenüberliegenden Seiten des MEMS **502** positioniert und sind ferner in elektrischer Kommunikation mit der Systemsteuerung **508**. Das MEMS **502** richtet einen datentragenden Strahl **513**, der aus der ersten Rechenvorrichtung **506** ausgegeben wird, und zwei Ausrichtungsstrahlen **514** und **516** zu dem Empfänger **504**. Der Empfänger **504** umfasst einen Photodetektor **518** und zwei Reflektoren **520** und **522**, die auf gegenüberliegenden Seiten des Photodetektors **518** angeordnet sind. Der photodetektor **518** erfasst einen datentragenden Strahl **513** und wandelt die datencodierte, elektromagnetische Strahlung in ein datentragendes Signal um, das durch eine zweite Rechenvorrichtung (nicht gezeigt) verarbeitet werden kann. Reflektoren **520** und **522** sind positioniert, um Ausrichtungsstrahlen **514** und **516** zurück zu Photodetektoren **508** bzw. **510** zu reflektieren. Ausrichtungsstrahlen **514** und **516** werden verwendet, um zu bestimmen, ob Knotenvibrationen oder bestimmte andere Störungen den datentragenden Strahl **513** außer Ausrichtung mit dem Photodetektor **518** bewegt haben. Wenn einer oder beide Ausrichtungsstrahlen **514** und **516** nicht durch die Photodetektoren **508** bzw. **510** erfasst werden, kann die Systemsteuerung **508** Antworten durch Übertragen von Signalen zu dem MEMS **502**, die den datentragenden Strahl **513** und Ausrichtungsstrahlen **514–516** zurück in Ausrichtung mit den Photodetektoren **518**, **508** bzw. **510** bringen.

[0034] In **Fig. 5B** umfasst eine photonische Zwischenverbindung **550** ein MEMS **552** und einen Empfänger **554**. Das MEMS **552** ist auf einer ersten Rechenvorrichtung **556** angeordnet und ist in elektrischer Kommunikation mit einer Systemsteuerung **558**. Anstatt zwei Photodetektoren zu verwenden, um Fehlansichtungen zu erfassen, wie oben Bezug nehmend auf **Fig. 5A** beschrieben wurde, sind vier Photodetektoren **560–563** um das MEMS **552** positioniert und sind auch in elektrischer Kommunikation mit der Systemsteuerung **558**. Das MEMS **552** richtet einen datentragenden Strahl **564**, der aus der ersten Rechenvorrichtung **556** ausgegeben wird, und vier Ausrichtungsstrahlen **566–569**, zu dem Empfänger **554**.

Der Empfänger **554** umfasst den Photodetektor **570** und vier Reflektoren **572–575**, die um den Photodetektor **570** angeordnet sind. Der Photodetektor **570** erfasst einen datentragenden Strahl **564** und wandelt die elektromagnetische Strahlung in ein datentragendes Signal um, das durch eine zweite Rechenvorrichtung (nicht gezeigt) verarbeitet werden kann. Reflektoren **572–575** sind positioniert, um Ausrichtungsstrahlen **566–569** zurück zu den Photodetektoren **560-** bzw. **563** zu reflektieren. Wenn einer oder mehrere der Ausrichtungsstrahlen **566–569** nicht durch die Photodetektoren **560-** bzw. **563** erfasst werden, antwortet die Systemsteuerung **558** durch Übertragen von Signalen zu dem MEMS **552**, um den datentragenden Strahl **564** und die Ausrichtungsstrahlen **566–569** zurück in Ausrichtung mit den Photodetektoren **570** und **560-** bzw. **563** zu bringen.

[0035] **Fig. 6** zeigt eine isometrische Ansicht eines MEMS **600** gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Das MEMS **600** umfasst eine Membran **602**, ein Membranbetätigersystem **604**, ein Beugungsgitter **606** und ein Gitterbetätigersystem **608**. Das MEMS **600** wird durch eine Rechenvorrichtung **610** gestützt, die ein Knoten einer DCP oder eine Knotenkomponente sein kann. Das MEMS **600** kann elektronisch mit einer Systemsteuerung gekoppelt sein, die das MEMS **600** anweist, einen datentragenden Strahl, der aus der Rechenvorrichtung **610** ausgegeben wird, auf einen Photodetektor eines Empfängers (nicht gezeigt) auszurichten und zu fokussieren, der auf einer anderen Rechenvorrichtung (nicht gezeigt) angeordnet ist, wie oben Bezug nehmend auf **Fig. 5** beschrieben wurde.

[0036] **Fig. 7** zeigt eine Querschnittsansicht eines MEMS **600** entlang einer Linie 7-7, die in **Fig. 6** gezeigt ist, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Membran **602** weist eine flexible, konkave Oberfläche auf, die wirksam mit dem Membranbetätigersystem **604** gekoppelt ist, das wirksam ist, um die Krümmung der Membran **602** zu ändern. Ausführungsbeispiele des Membranbetätigersystems **604** der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf **Fig. 11** beschrieben. Die Membran **602** kann eine Silberoberfläche aufweisen, die elektromagnetische Strahlung reflektiert, die aus einer Quelle **702** emittiert wird, oder die Oberfläche der Membran **602** kann als ein Bragg-Reflektor konfiguriert sein, der elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlängen herausfiltert und elektromagnetische Strahlen anderer Wellenlängen reflektiert, die aus der Quelle **702** emittiert werden. Die Quelle **702** kann eine Laserdiode oder ein Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser sein. Flexible, konkave, gespiegelte Membrane und Membrane, die als Bragg-Reflektoren arbeiten, sind in der Technik bekannt. Das Beugungsgitter **606** ist wirksam mit dem Gitterbetätigersystem **608** gekoppelt, das die Menge einer Beugung und/oder Orien-

tierung des Beugungsgitters **606** ändern kann. Ausführungsbeispiele der Operation von dem Gitterbetätigersystem **608** und dem Beugungsgitter **606** der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf **Fig. 12–Fig. 16** beschrieben. Das Membranbetätigersystem **604**, das Gitterbetätigersystem **608** und die Quelle **702** sind elektronisch mit der Systemsteuerung **706** gekoppelt, die die Operation dieser Vorrichtungen steuert.

[0037] Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann die Quelle **702** einen Strahl **704** aus elektromagnetischer Strahlung emittieren, der die Daten codiert, die durch die Rechenvorrichtung **610** erzeugt werden. Bei anderen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann die Quelle **702** einen Strahl einer elektromagnetischen Strahlung mit einer im Wesentlichen kontinuierlichen Intensität emittieren. Das Beugungsgitter **606** kann durch das Gitterbetätigersystem **608** eingestellt werden, unter der Steuerung einer Systemsteuerung **706**, auf codierte Daten in dem Strahl **704**, durch Ändern des Gitters oder der Orientierung des Beugungsgitters **606**. Das Einstellen des Beugungsgitters **606**, um Daten in einem Strahl **704** entweder zu fokussieren oder zu codieren, wird nachfolgend Bezug nehmend auf **Fig. 12** und **Fig. 16** beschrieben.

[0038] **Fig. 8** ist eine beispielhafte Intensitätsskizze einer datencodierten, elektromagnetischen Strahlung über Zeit. In **Fig. 8** stellt die horizontale Achse **802** Zeit dar und die vertikale Achse **804** stellt Intensität dar. Die Rechteckwelle **806** stellt Intensitätsabweichungen bei einem Strahl einer elektromagnetischen Strahlung dar, die einer binären Datenfolge „10101“ entspricht. Regionen **808** bis **810** mit relativ hoher Intensität stellen die binäre Zahl „1“ dar, und Regionen mit relativ niedriger Intensität **811** und **812** stellen die binäre Zahl „0“ dar. Die Rechteckwelle **806** stellt einen datentragenden Strahl dar, der durch ein MEMS emittiert wird, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

[0039] Zurück zu **Fig. 7** steuert das Membranbetätigersystem **604** die Krümmung der Membran **602**, so dass der Strahl **704** von der Oberfläche der Membran **602** hin zu dem Beugungsgitter **606** reflektiert wird. Das Beugungsgitter **606** ist konfiguriert, um den Strahl **704** in eine Anzahl aus periodischen, gebeugten Strahlen zu trennen, wobei jeder derselben aus dem Beugungsgitter **606** in einem unterschiedlichen Winkel zu einem Vektor **708** emittiert wird, der ungefähr normal zu der Oberfläche der Rechenvorrichtung **610** ist. Die Vektoren **710** bis **714** stellen Richtungen von fünf separaten und periodischen, gebeugten Strahlen einer elektromagnetischen Strahlung dar, die durch das Beugungsgitter **606** erzeugt wird. Der Strahl **710** entspricht einem Abschnitt des Strahls **704**, der im Wesentlichen parallel zu dem Vektor **708** gerichtet ist. Der Strahl **710** entspricht ferner den da-

tenträgenden Strahlen, die oben Bezug nehmend auf [Fig. 2–Fig. 5](#) beschrieben sind. Strahlen **711** und **712** sind Abschnitte des Strahls **704**, die in einem Winkel α zu dem Vektoren **708** gerichtet sind, und Strahlen **713** und **714** sind Abschnitte des Strahls **704**, die in einem relativ gesehenen größeren Beugungswinkel β zu dem Vektor **708** gerichtet sind. Es sei angenommen, dass der Vektor **708** auf einen Photodetektor gerichtet ist, der auf einer anderen Rechenvorrichtung angeordnet ist, oder er kann auf einen Spiegel gerichtet sein, der den datenträgenden Strahl zu dem Photodetektor richtet, der auf einer anderen Rechenvorrichtung angeordnet ist.

[0040] [Fig. 9](#) ist eine Skizze von periodischen Intensitäten über Beugungswinkeln für gebeugte Strahlen **710–714**. Die horizontale Linie **902** ist eine Beugungswinkelachse und die vertikale Linie **904** ist eine Intensitätsachse. Intensitätsspitzen **910–914** sind durch Niedrigintensitätsregionen getrennt. Die höchste Intensitätsspitze **910** entspricht dem datenträgenden Strahl **710** und relativ gesehen niedrigere Intensitätsspitzen **911–914** entsprechen den Strahlen **711–714**, die zum dynamischen Ausrichten und Fokussieren des datenträgenden Strahls **710** verwendet werden können, wie nachfolgend Bezug nehmend auf [Fig. 10](#) beschrieben ist.

[0041] Zwei oder mehr der Strahlen **711–714**, gezeigt in [Fig. 7](#), können als Ausrichtungsstrahlen verwendet werden, die zurück zu den Photodetektoren **716** und **718** reflektiert werden, die auf gegenüberliegenden Seiten des MEMS **600** angeordnet sind. Die Photodetektoren **716** und **718** sind relativ zu den Reflektoren positioniert, die auf einem Empfänger (nicht gezeigt) angeordnet sind, und erfassen reflektierte Ausrichtungsstrahlen **720** bzw. **722**. Die Photodetektoren **716** und **718** sind auch in elektrischer Kommunikation mit der Systemsteuerung **706**, die die Operation der Quelle **702**, des Membranbetätigersystems **604**, des Gitterbetätigersystems **608** basierend auf Erfassungsereignissen an den Photodetektoren **716** und **718** koordiniert.

[0042] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung umfassen eine dynamische Ausrichtung und Fokussierung eines datenträgenden Strahls auf einen Photodetektor, der auf einer unterschiedlichen Rechenvorrichtung angeordnet ist. Die dynamische Ausrichtung und Fokussierung kann ausgeführt werden, direkt bevor die Datenübertragung beginnt, oder kann periodisch während einer Datenübertragung bei einem Versuch ausgeführt werden, Datenübertragungsunterbrechungen aufgrund von Störungen zu reduzieren, wie z. B. Schwingungen. Zum Beispiel kann die Systemsteuerung **706** konfiguriert sein, um zu erkennen, dass der datenträgende Strahl **710** nicht mit einem Photodetektor ausgerichtet ist, wenn reflektierte Ausrichtungsstrahlen **720** und **722** nicht gleichzeitig durch die Photodetektoren **716** und **718**

erfasst werden. Die Systemsteuerung **706** kann dann die Datenübertragung unterbrechen und die Quelle **702** anweisen, einen nicht datencodierten Strahl **704** zu emittieren, um den datenträgenden Strahl **710** dynamisch auszurichten und zu fokussieren. Bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann die dynamische Ausrichtung und Fokussierung wie folgt erreicht werden. Wie in [Fig. 10A](#) gezeigt ist, weist die Systemsteuerung **706** die Quelle **702** an, den Strahl **704** zu emittieren. Das MEMS **600** erzeugt nachfolgend einen datenträgenden Strahl **710**, der nicht mit dem Vektor **708** ausgerichtet ist, um einen Beugungswinkel θ , und Ausrichtungsstrahlen **711–714**, die nicht mit Reflektoren ausgerichtet sind, die auf einem Empfänger (nicht gezeigt) angeordnet sind. Als ein Ergebnis organisieren sich reflektierte Ausrichtungsstrahlen **720** und **722**, die zurück zu der Rechenvorrichtung **610** übertragen werden, nicht in einer Reihe mit den Photodetektoren **716** und **718**. Als nächstes, wie in [Fig. 10B](#) gezeigt ist, da die Systemsteuerung **706** keine Signale empfängt, die die Erfassung von einem oder beiden Ausrichtungsstrahlen **720** und **722** anzeigen, weist die Systemsteuerung **706** das Membranbetätigersystem **604** und das Gitterbetätigersystem **608** an, die Krümmung der Membran **602** entsprechend zu ändern und die Orientierung des Beugungsgitters **606** zu ändern, wie durch die Richtungspfeile **1002**, **1004** und **1006** angezeigt ist, so dass der datenträgende Strahl **710** mit dem Vektor **708** ausgerichtet ist.

[0043] Eine Anzahl von unterschiedlichen Membranbetätigersystemen kann verwendet werden, um die Krümmung der Membran **602** dynamisch zu ändern. Die [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11C](#) zeigen drei unterschiedliche Membranbetätigersysteme, wobei jedes derselben ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. In [Fig. 11A](#) ist die Membran **602** mit einem Betätiger **1102** über Vorspannungs- oder Feder-Elemente **1104–1106** gekoppelt, wie z. B. Biegungen, die in der Technik bekannt sind. Der Betätiger **1102** steuert die Krümmung der Membran **602** durch Ausüben oder Reduzieren von Kräften auf die Vorspannungselemente **1104–1106**, die ihrerseits die Membran **602** in eine unterschiedliche Krümmung drücken oder ziehen, wie z. B. eine größere Krümmung **1108**. In [Fig. 11B](#) ist die Membran **602** fluidisch mit einem Fluid gekoppelt, das ein erstes Reservoir **1110** füllt. Wie in [Fig. 11B](#) gezeigt ist, ist das erste Reservoir **1110** fluidisch mit einem zweiten Reservoir **1112** gekoppelt, das dasselbe Fluid hält, das fluidisch mit einer Pumpe **1114** gekoppelt ist. Die Pumpe **1114** kann eine piezoelektrische Pumpe sein, die Druck auf das Fluid in dem zweiten Reservoir **1112** ausübt, das seinerseits die Membran **602** in eine unterschiedliche Konfiguration drückt oder zieht, wie z. B. eine Konfiguration **1116** mit größerer Krümmung. In [Fig. 11C](#) ist die Membran **602** elektronisch mit einer Spannungsquelle **1120** über Elektroden gekoppelt, wie z. B. die Elektrode **1122**, die auf der nicht reflektieren-

den Oberfläche der Membran **602** und auf der gegenüberliegenden Oberfläche der Kammer **1124** angeordnet ist. Die Spannungsquelle **1120** liefert eine Spannung, die elektrostatische abstoßende oder anziehende Kräfte zwischen gegenüberliegenden Elektroden erzeugt, die die Membran **602** in eine unterschiedliche Konfiguration mit einer unterschiedlichen Krümmung drückt oder zieht, wie z. B. eine Konfiguration **1126** mit größerer Krümmung. Bei anderen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung liefert die Spannungsquelle **1120** eine Spannung, die eine magnetostatische abstoßende oder anziehende Kraft zwischen den gegenüberliegenden Elektroden erzeugt.

[0044] Das Beugungsgitter **606** kann mit der Gitterbetätigerstruktur **608** unter Verwendung von Torsionsträgern gekoppelt sein, wie z. B. Torsionsfedern oder Torsionsstäben, die entlang der Oberseite, Unterseite und der Seiten des Beugungsgitters **606** angeordnet sind. Torsionsträger, die an die Vorrichtungen angebracht sind, sind in der Technik bekannt. Elektroden können auf gegenüberliegenden Oberflächen des Beugungsgitters **606** und des Gitterbetätigersystems **608** platziert sein, so dass, wenn entsprechende Spannungen an die Elektroden angelegt sind, elektrostatische oder magnetostatische abstoßende oder anziehende Kräfte verwendet werden können, um die Orientierung des Beugungsgitters **606** relativ zu der festen Position des Gitterbetätigersystems **608** zu ändern. **Fig. 12** zeigt drei unterschiedliche Rotationsachsen **1202–1204**, um die das Beugungsgitter **606** gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung gedreht werden kann. Zum Beispiel verursachen abstoßende, elektrostatische Kräfte, die an einen unteren Abschnitt des Beugungsgitters **606** angelegt sind, dass sich das Beugungsgitter **606** um die Achse **1204** dreht, abstoßende, elektrostatische Kräfte, die an den unteren linken Abschnitt des Beugungsgitters **606** angelegt sind verursachen, dass sich das Beugungsgitter **606** um die Achse **1203** dreht, und abstoßende elektrostatische Kräfte, die an dem rechten Abschnitt des Beugungsgitters **606** angelegt sind, verursachen, dass sich das Beugungsgitter **606** um die Achse **1202** dreht.

[0045] Eine Anzahl von unterschiedlichen Arten von Beugungselementen kann verwendet werden, um das Beugungsgitter **606** zu bilden, die in der Technik bekannt sind. Die Größe, Anordnung und Typ der Beugungselemente, die für ein Beugungsgitter **606** ausgewählt sind, hängt von der Anzahl und der Anordnung der Ausrichtungsstrahlen ab, die benötigt werden, und von der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung, die aus der Quelle emittiert wird. Verfahren zum Auswählen der Größe, der Anordnung und des Typs der Beugungselemente basierend auf der Wellenlänge und der Anzahl von gebeugten Strahlen, die aus einem Beugungsgitter emittiert werden, sind in der Technik bekannt. **Fig. 13A** zeigt

abwechselnde Strukturen von im Wesentlichen periodisch beabstandeten, linearen Beugungselementen gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. **Fig. 13B** zeigt ein Gitter aus im Wesentlichen regelmäßig beabstandeten, rechteckigen Beugungselementen gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. **Fig. 14A–Fig. 14C** zeigen drei Querschnittsansichten von unterschiedlichen Arten von Beugungselementen entlang der Linie 14-14, wie in **Fig. 13** gezeigt ist, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. **Fig. 14A** zeigt eine Querschnittsansicht von rechteckig geformten Beugungselementen. **Fig. 14B** zeigt eine Querschnittsansicht von abgerundeten Rillen, die Beabstandungen zwischen Beugungselementen bilden. **Fig. 14C** zeigt eine Querschnittsansicht von Blaze-Beugungselementen.

[0046] **Fig. 15** zeigt eine isometrische Ansicht eines Gitterlichtventils **1500** gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Das Gitterlichtventil („GLV“; Grating Light Valve) **1500** ist ein mikromechanisches Phasengitter, das als ein Beugungsgitter **606** verwendet werden kann. Das GLV **1500** umfasst ein Substrat **1502**, eine untere Elektrode **1504** und zehn Streifen, wie z. B. Streifen **1506**. Wenn die Streifen ungestört sind, besteht ein Luftzwischenraum **1508** zwischen den Streifen und der Elektrode **1504**. Eine Spannungsquelle **1510** ist mit alternierenden Streifen **1512–1516** und mit der unteren Elektrode **1504** gekoppelt. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann das Substrat **1502** aus einer Zwischenschicht aus Oxid bestehen, die sandwichartig zwischen einer oberen Schicht aus Wolfram und einer unteren Schicht aus Silizium angeordnet ist. Die Streifen können aus einer reflektierenden oberen Schicht, wie z. B. Aluminium, die auf einer unteren Schicht aus Nitrid aufgebracht ist, oder einem anderen geeigneten Material bestehen. Die Aluminiumschicht dient als eine reflektierende Oberfläche. Für eine allgemeine Beschreibung von Gitterlichtventilen siehe „The Grating Light Valve: revolutionizing display technology“, von D. M. Bloom, Proc. SPIE Bd. 3013, Seiten 165–171, Projection Displays III, Mai 1997, Ming H. Wu; Ed. Bei anderen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann die Breite und die Anzahl von Streifen abhängig von der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung variiert werden, die durch eine Quelle **702** emittiert wird, und von der Anzahl von benötigten Ausrichtungsstrahlen.

[0047] Das GLV **1500** kann als ein Beugungsgitter **606** betrieben werden durch Herunterziehen an den alternierenden Streifen **1512–1516** unter Verwendung elektrostatischer Kräfte, die erzeugt werden durch Anlegen einer geeigneten Spannung an die alternierenden Streifen **1512–1516** und die Elektrode **1504**. **Fig. 16A–Fig. 16B** zeigen Querschnittsansichten eines GLV **1500** entlang der Linie 16-16, die in **Fig. 15** gezeigt ist, und unter Verwendung ei-

nes GLV **1500** als einen Reflektor und ein Beugungsgitter gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. In [Fig. 16A](#), wenn keine Spannung an alternierende Streifen **1512–1516** an die Elektrode **1504** angelegt ist, nehmen die Streifen eine natürliche „oben“ Position ein. Diese natürliche „oben“ Position wird durch die Zugspannung des Streifenmaterials beibehalten. Wenn alle der Streifen in derselben Ebene liegen, wird eine einfallende, elektromagnetische Strahlung **1602** von den Außenoberflächen der Streifen reflektiert **1604**. Wie jedoch in [Fig. 16B](#) gezeigt ist, wenn eine entsprechende Spannung an die alternierenden Streifen **1512–1516** und an die Elektrode **1504** angelegt ist, ziehen die elektrostatischen Kräfte die alternierenden Streifen **1512–1516** nach unten hin zu der Elektrode **1504**, um ein Beugungsgitter **606** zu bilden. Ein einfallender Strahl einer elektromagnetischen Strahlung **1606** wird gebeugt, um separate, periodische, gebeugte Strahlen einer elektromagnetischen Strahlung **1608** und **1610** zu erzeugen. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann durch schnelles Schalten einer entsprechenden Spannung „EIN“ und „AUS“ das GLV **1500** verwendet werden, um Daten in elektromagnetischer Strahlung mit im Wesentlichen kontinuierlicher Intensität zu codieren, wie oben Bezug nehmend auf [Fig. 7](#) beschrieben ist.

[0048] [Fig. 17A](#) zeigt eine isometrische Ansicht eines MEMS-Abschnitts **1700** einer photonischen Zwischenverbindung gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. In [Fig. 17A](#) ist das MEMS **1700** über einem Abschnitt eines Knotens **1702** aufgehängt. Das MEMS **1700** umfasst eine Linienstruktur **1704**, wie nachfolgend detaillierter Bezug nehmend auf [Fig. 17B](#) beschrieben ist, die einen Strahl, der aus einer Quelle **1706** emittiert wird, in den Knoten **1702** fokussiert. Die Quelle **1706** kann eine Laserdiode oder ein Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser sein. Das MEMS **1700** ist an einen Motor (nicht gezeigt) angebracht, der wirksam ist, um die Position des MEMS **1700** lateral einzustellen und um einen datenträgenden Strahl, der aus der Linienstruktur **1704** emittiert wird, auf einen Photodetektor zu richten, der auf einem zweiten Knoten (nicht gezeigt) angeordnet ist.

[0049] [Fig. 17B](#) zeigt eine Querschnittsansicht eines MEMS **1700** und eines Knotens **1702** entlang einer Linie 17B-17B, wie in [Fig. 17A](#) gezeigt ist, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Linienstruktur **1704** umfasst ein erstes Reservoir **1708**, das ein Fluid enthält, das fluidisch mit einer Membran **1710** gekoppelt ist. Das Fluid kann eine transparente Flüssigkeit sein und die Membran **1710** kann ein dünnes, transparentes, flexibles Material sein, wie z. B. Silizium, Si_3N_4 , SiO_2 oder ein anderes, geeignetes, flexibles, transparentes Material. Das erste Reservoir **1708** ist fluidisch mit einem zweiten Reservoir **1712** gekoppelt, das wirksam mit

einer Pumpe **1714** gekoppelt ist. Eine Systemsteuerung **1716** ist elektronisch mit einem Motor **1718** und einer Pumpe **1714** gekoppelt, um einen datenträgenden Strahl, der aus der Quelle **1706** emittiert wird und durch die Linienstruktur **1704** übertragen wird, dynamisch auszurichten und auf einen Photodetektor (nicht gezeigt) zu fokussieren, der auf einem zweiten Knoten angeordnet ist. Der Motor **1718** ist wirksam, um das MEMS **1700** lateral neu zu positionieren und den datenträgenden Strahl mit dem Photodetektor auszurichten. Die Pumpe **1714** übt Druck auf das zweite Reservoir **1712** aus oder reduziert diesen, das seinerseits Druck auf das Fluid in dem Reservoir **1708** ausübt oder reduziert, um die Krümmung der Membran **1710** zu ändern und den datenträgenden Strahl auf den Photodetektor zu fokussieren. Die Pumpe **1714** kann eine piezoelektrische Pumpe sein.

[0050] Die vorangehende Beschreibung hat zu Zwecken der Erklärung eine spezifische Nomenklatur verwendet, um ein tiefgreifendes Verständnis der Erfindung zu liefern. Für einen Fachmann auf dem Gebiet ist es jedoch offensichtlich, dass die spezifischen Details nicht erforderlich sind, um die Erfindung auszuführen. Die vorangehenden Beschreibungen von spezifischen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung sind zu Zwecken der Darstellung und der Beschreibung vorgelegt. Sie sollen nicht erschöpfend sein oder die Erfindung auf die präzisen, offenbaren Formen einschränken. Offensichtlich sind viele Modifikationen und Variationen im Hinblick auf die obigen Lehre möglich. Die Ausführungsbeispiele sind gezeigt und beschrieben, um die Prinzipien der Erfindung und ihre praktischen Anwendungen bestmöglich zu erklären, um es dadurch anderen Fachleuten auf dem Gebiet zu ermöglichen, die Erfindung und verschiedene Ausführungsbeispiele mit verschiedenen Modifikationen bestmöglich einzusetzen, wie sie für die bestimmte, gedachte Verwendung geeignet sind. Es ist beabsichtigt, dass der Schutzbereich der Erfindung durch die folgenden Ansprüche und deren Entsprechungen definiert ist:

Patentansprüche

1. Ein mikroelektromechanisches System (**600**), das folgende Merkmale aufweist:
 - eine Membran (**602**) mit einer flexiblen, konkaven Oberfläche, die konfiguriert ist, um einen Strahl (**704**) einer elektromagnetischen Strahlung zu reflektieren;
 - ein Beugungsgitter (**606**), das konfiguriert ist, um den Strahl (**704**) der elektromagnetischen Strahlung, der von der Membran (**602**) reflektiert wird, in einen oder mehrere Strahlen (**710–714**) einer elektromagnetischen Strahlung zu trennen;
 - ein elektrisch ansteuerbares Membranbetätigersystem (**604**), das wirksam mit der Membran (**602**) gekoppelt ist, wobei das Membranbetätigersystem (**604**) wirksam ist, um die Krümmung der Membran (**602**) zu ändern und den Strahl (**704**) einer elek-

tromagnetischen Strahlung auf das Beugungsgitter (606) zu richten; und
 ein elektrisch ansteuerbares Gitterbetätigersystem (608), das wirksam mit dem Beugungsgitter (606) gekoppelt ist, wobei das Gitterbetätigersystem (608) wirksam ist, um die Orientierung des Beugungsgitters (606) zu ändern und die Richtung des einen oder der mehreren separaten, alternierenden Strahlen (710–714) elektromagnetischer Strahlung zu steuern.

2. Ein mikroelektromechanisches System (600) gemäß Anspruch 1, bei dem das Beugungsgitter ferner Folgendes aufweist:
 eine Oberfläche mit einem eindimensionalen Array aus Beugungselementen; oder
 eine Oberfläche mit einem zweidimensionalen Array aus Beugungselementen; oder
 ein Gitterlichtventil.

3. Ein mikroelektromechanisches System (600) gemäß Anspruch 1, bei dem der Strahl (704) einer elektromagnetischen Strahlung aus einem Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser (702) emittiert wird.

4. Ein mikroelektromechanisches System (600) gemäß Anspruch 1, bei dem die Membran (602) ferner Folgendes aufweist:
 einen konkaven Bragg-Spiegel; oder
 eine konkave Silbermembran.

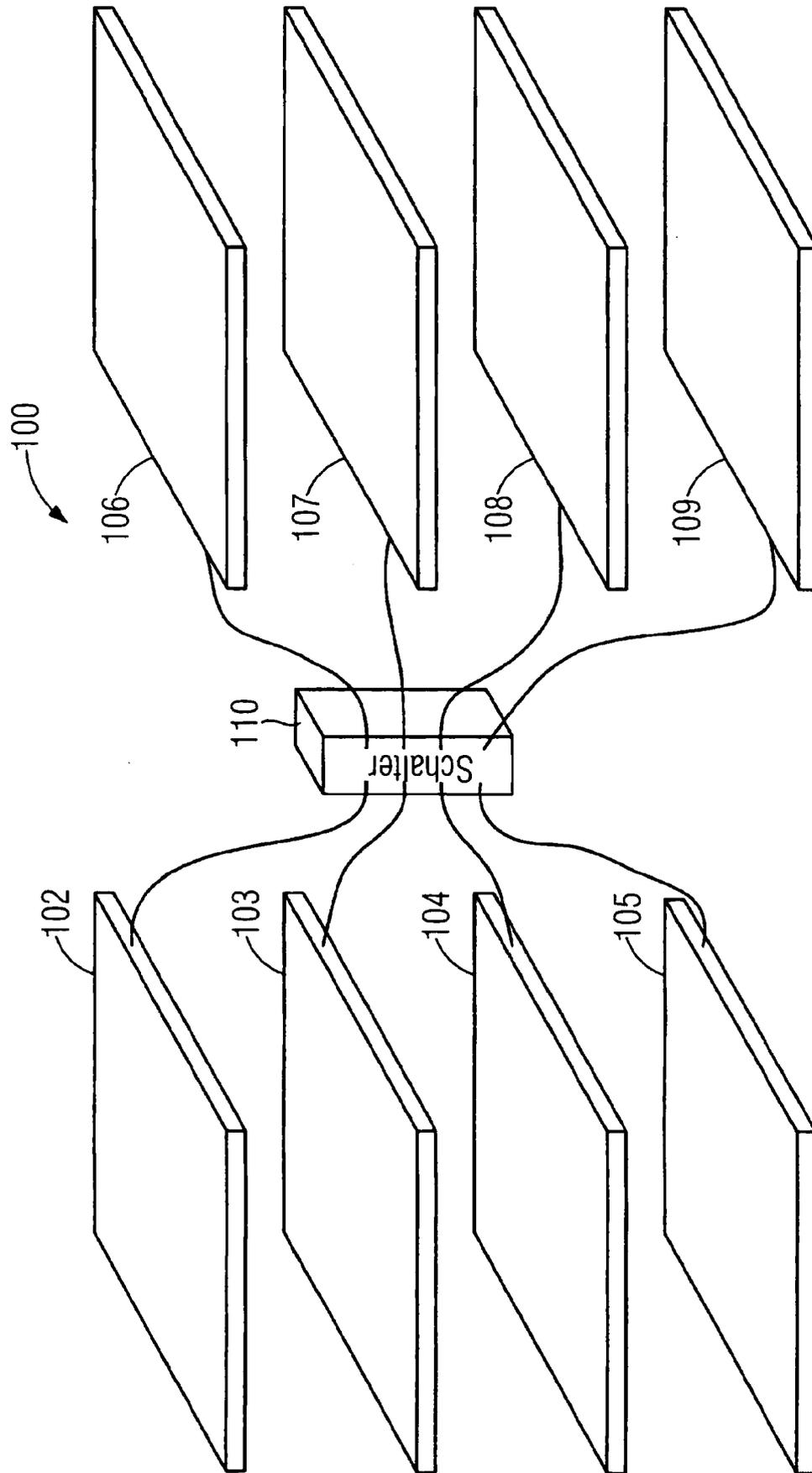
5. Ein mikroelektromechanisches System (600) gemäß Anspruch 1, bei dem das Membranbetätigersystem (604) ferner Folgendes aufweist:
 eine Pumpe (1114) und ein Reservoir (1110), das ein Fluid enthält und fluidisch mit der Membran (602) gekoppelt ist, wobei die Pumpe Druck auf das Fluid ausübt, um die Krümmung der Membran und die Richtung des Strahls einer elektromagnetischen Strahlung zu ändern; oder
 einen Betätiger (1102) und Vorspannungselemente (1104–1106), die mit der Membran (602) gekoppelt sind, wobei der Betätiger (1102) eine Kraft auf die Vorspannungselemente (1104–1106) ausübt, um die Krümmung der Membran (602) und die Richtung des Strahls (704) der elektromagnetischen Strahlung zu ändern; oder
 eine Spannungsquelle (1120) und Elektroden (1122), die auf einer Seite der Membran gegenüberliegend zu der reflektierenden Oberfläche der Membran angeordnet sind, wobei die Spannungsquelle eine Vorspannung zu den Elektroden liefert, um eine abstoßende, elektrostatische Kraft zu erzeugen, um die Krümmung der Membran und die Richtung des Strahls der elektromagnetischen Strahlung zu ändern.

6. Eine verteilte Rechenplattform mit folgenden Merkmalen:
 einer ersten Rechenvorrichtung (506; 556);

einer zweiten Rechenvorrichtung, auf der ein Empfänger (504; 554) angeordnet ist,
 wobei auf der ersten Rechenvorrichtung (506; 556) ein mikroelektromechanisches System (502; 552; 600; 1700), das konfiguriert ist, um einen datentragenden Strahl (513; 564), der aus der ersten Rechenvorrichtung ausgegeben wird, und zwei oder mehr Ausrichtungsstrahlen (514, 516; 566–569) zu dem Empfänger (504; 554) auszugeben, und zumindest zwei Photodetektoren (510, 512; 560, 561, 562, 563) angeordnet sind,
 wobei der Empfänger (504; 554) einen Photodetektor (518; 570) zum Erfassen des datentragenden Strahls und Reflektoren (520, 522; 572–575), um die zumindest zwei Ausrichtungsstrahlen (514, 516; 566–569) zu der ersten Rechenvorrichtung (506; 556) zurück zu reflektieren, aufweist; und
 einer Systemsteuerung (508) in elektrischer Kommunikation mit dem mikroelektromechanischen System (502; 552; 600; 1700), die konfiguriert ist, um basierend darauf, ob die von den Reflektoren (520, 522; 572–575) der zweiten Rechenvorrichtung zurück reflektierten zumindest zwei Ausrichtungsstrahlen (514, 516; 566–569) von den zumindest zwei Photodetektoren (510, 512; 560, 561, 562, 563) der ersten Rechenvorrichtung (506; 556) erfasst werden, den datentragenden Strahl dynamisch auszurichten und zu fokussieren.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



FIGUR 1

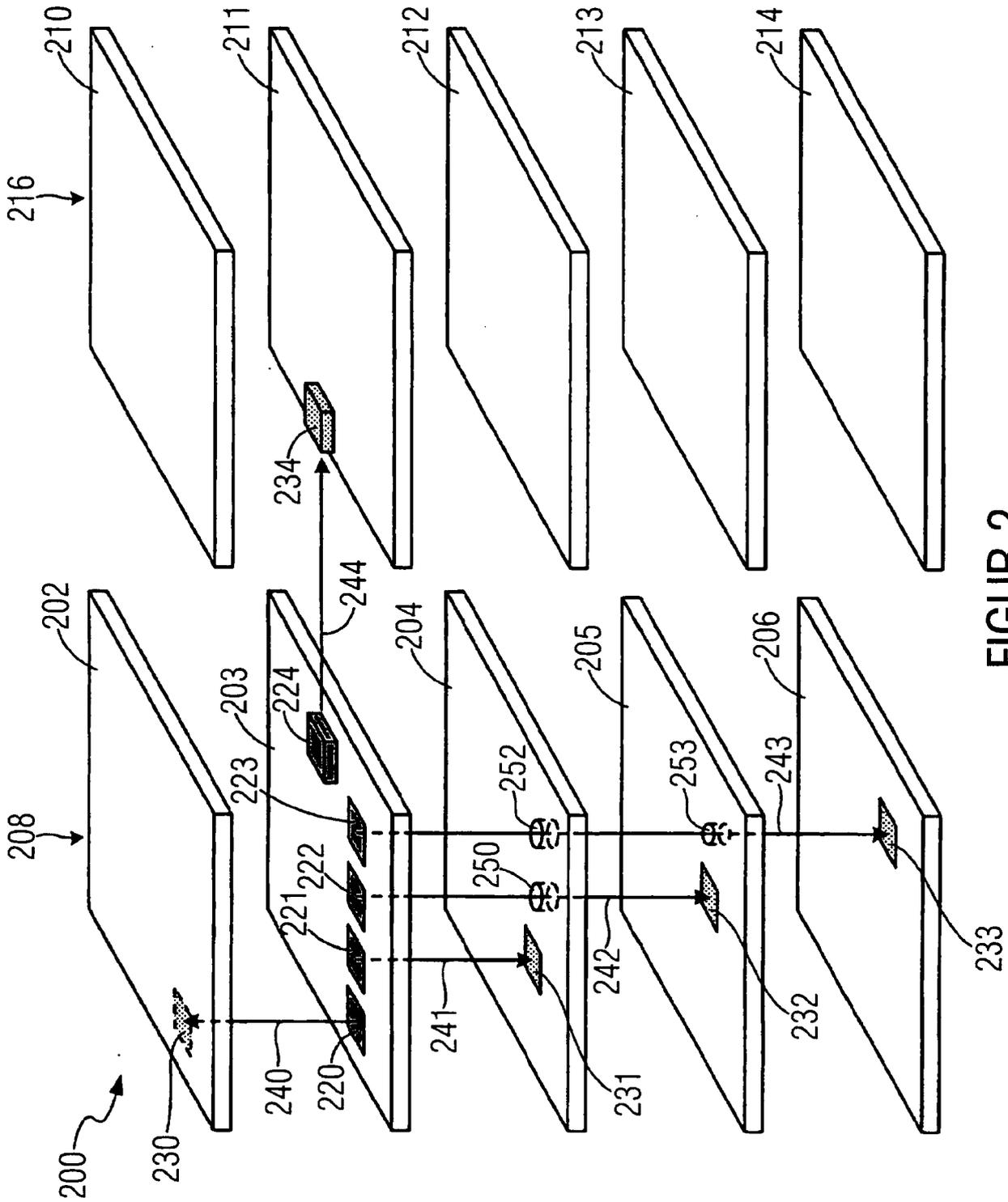
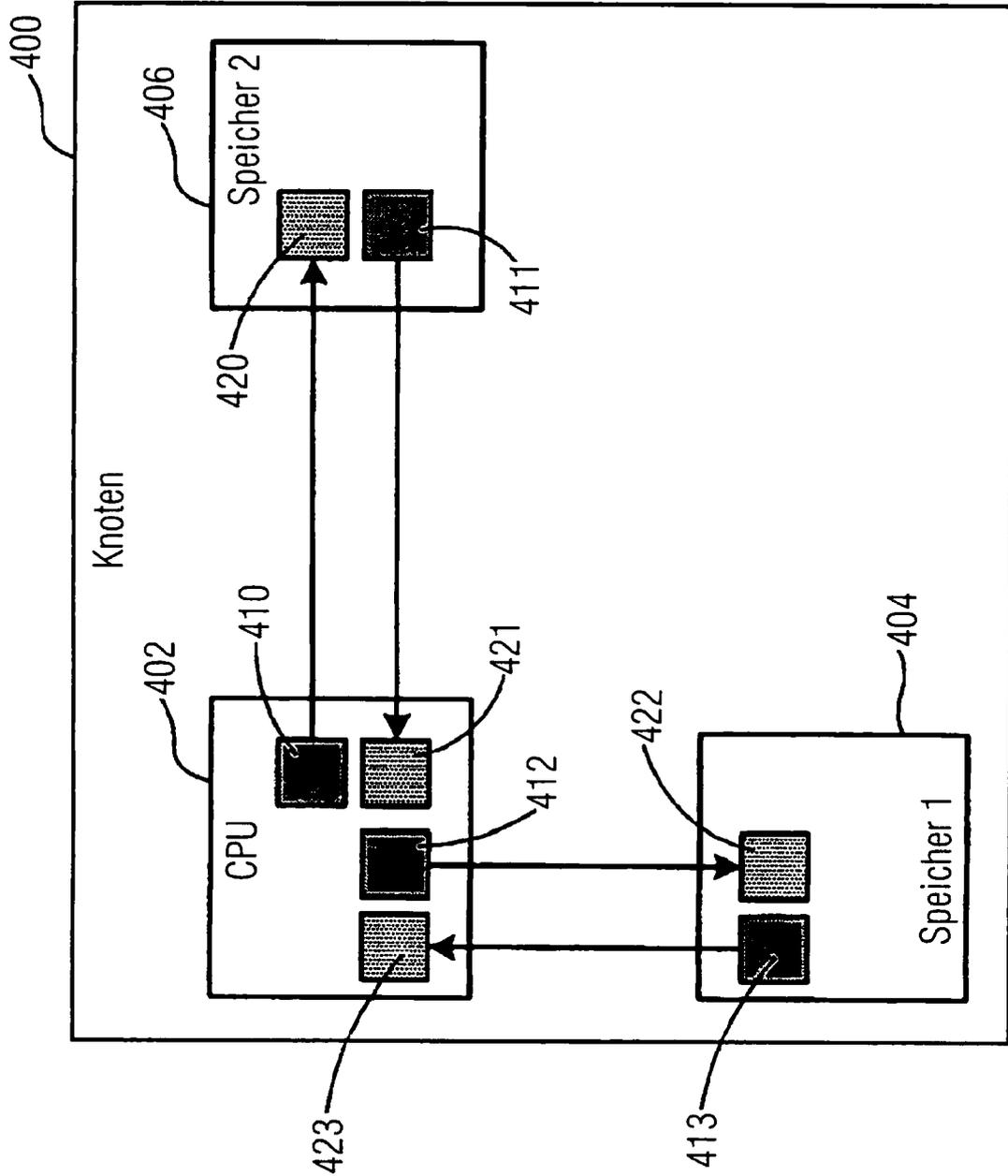
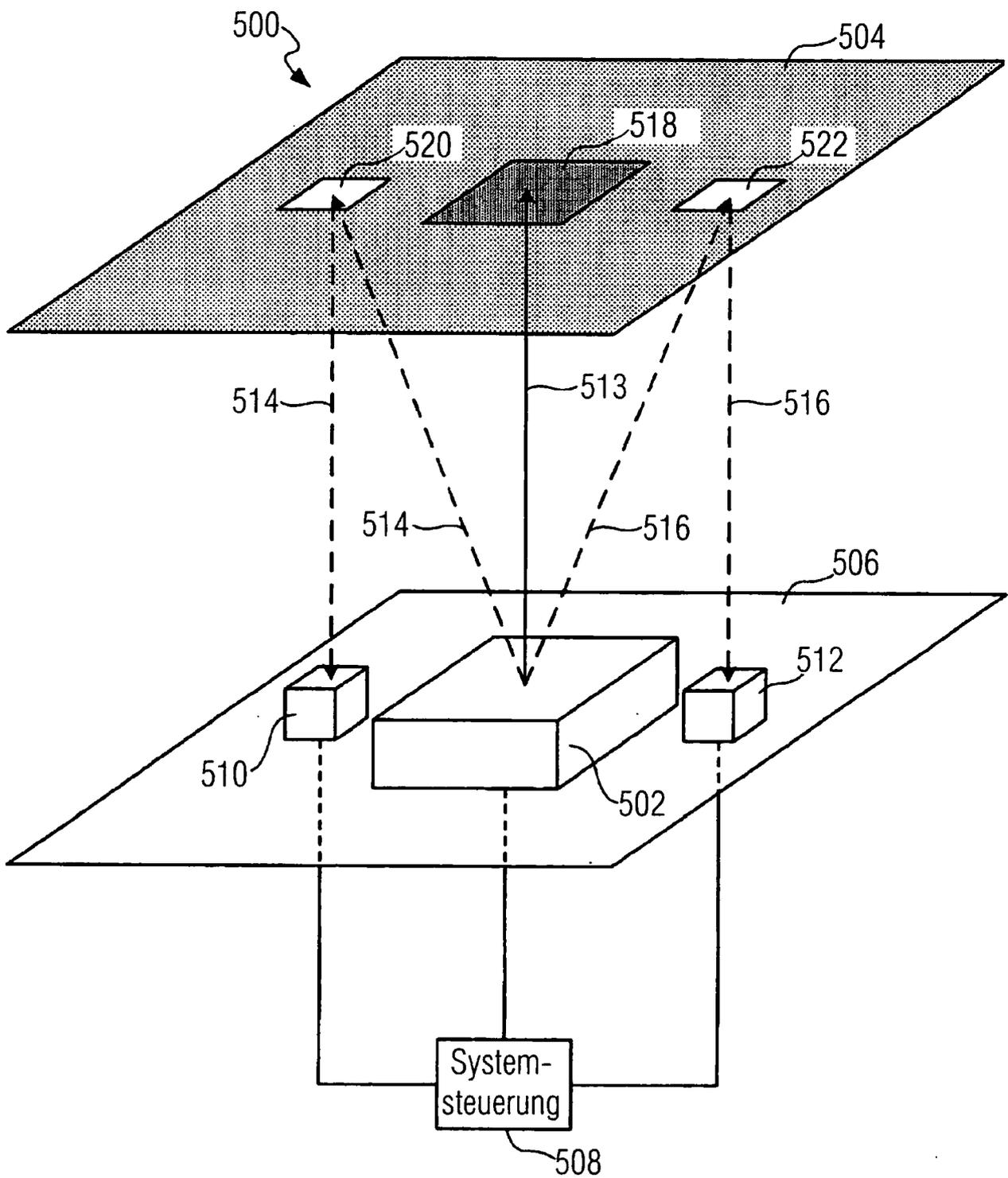


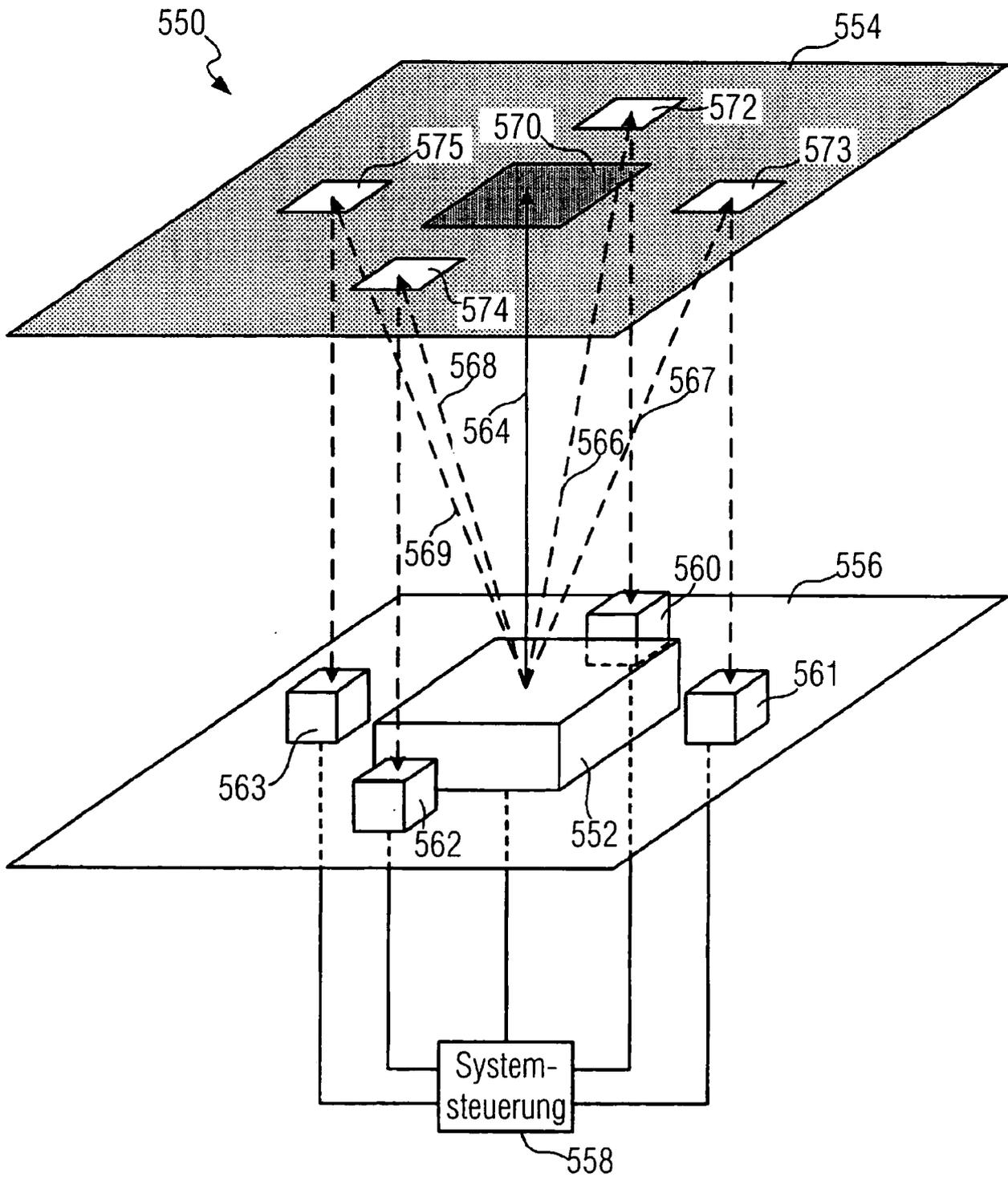
FIGURE 2



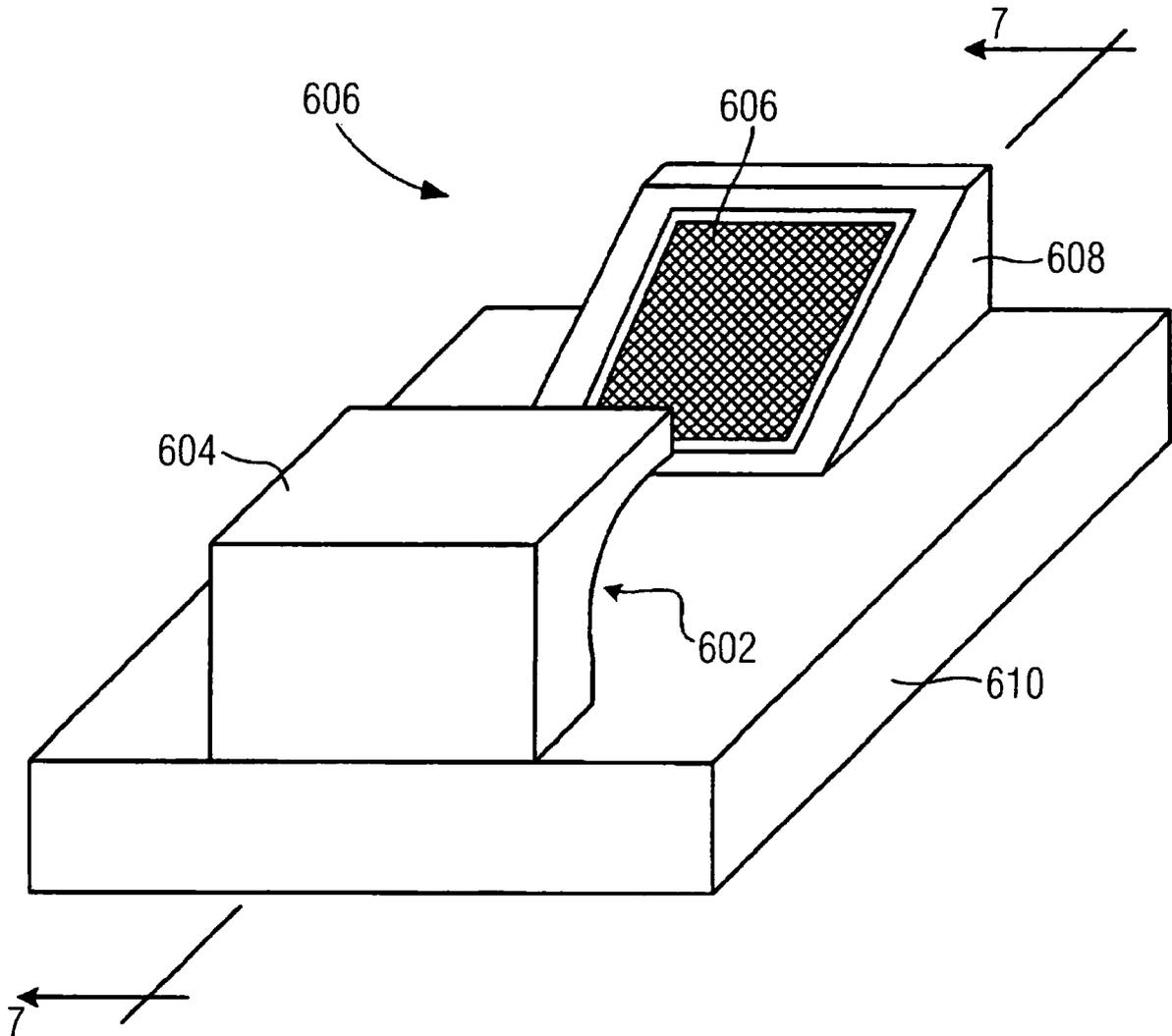
FIGUR 4



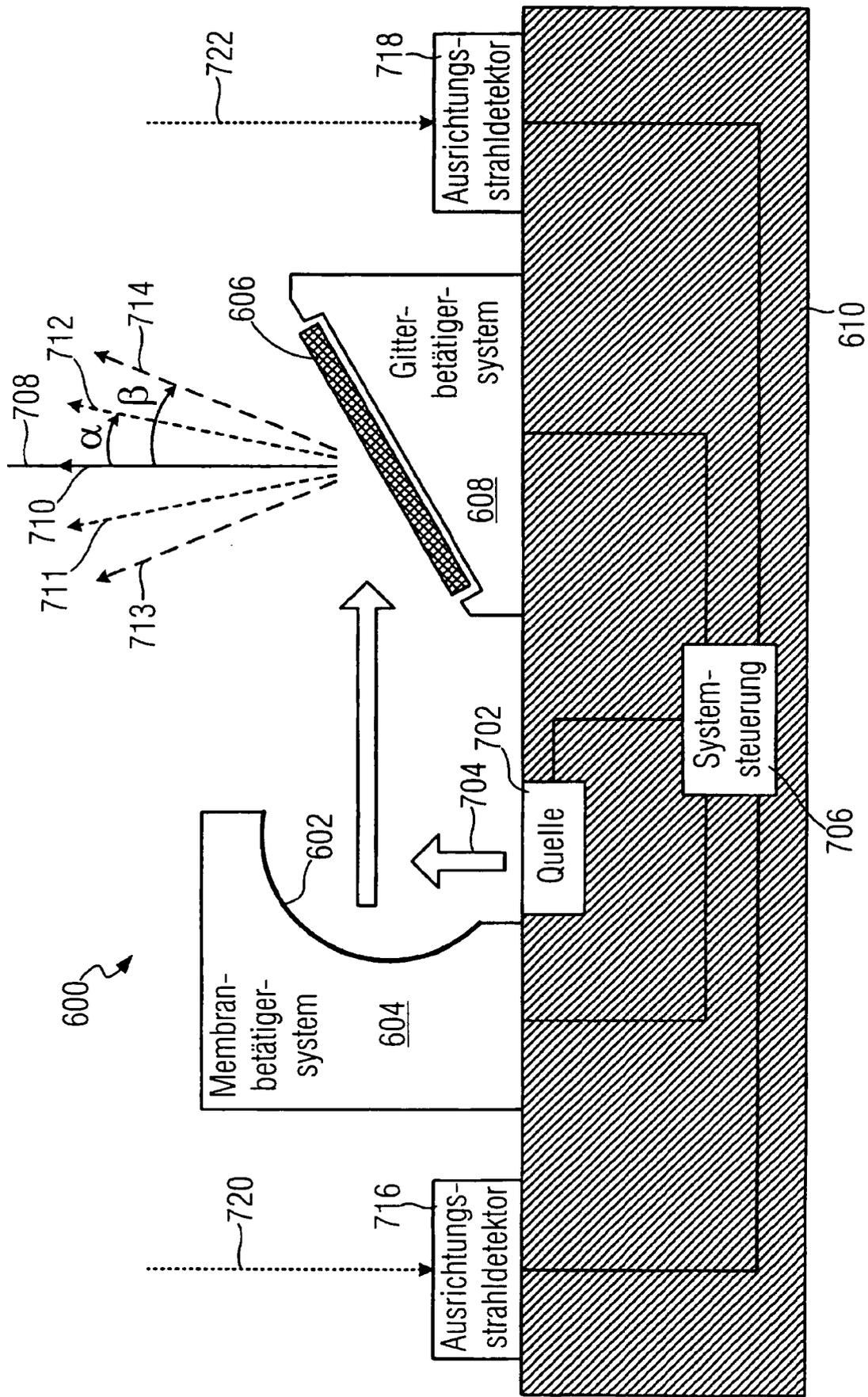
FIGUR 5A



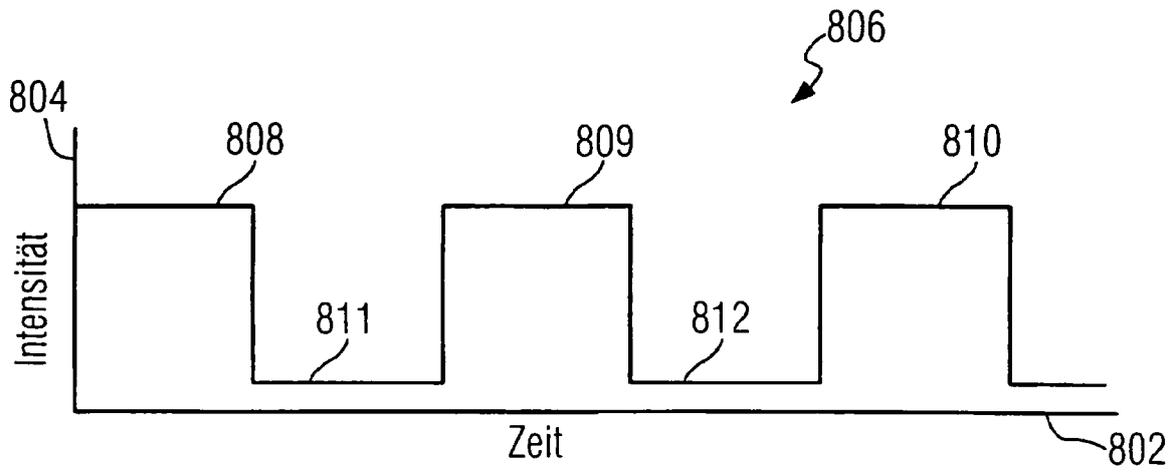
FIGUR 5B



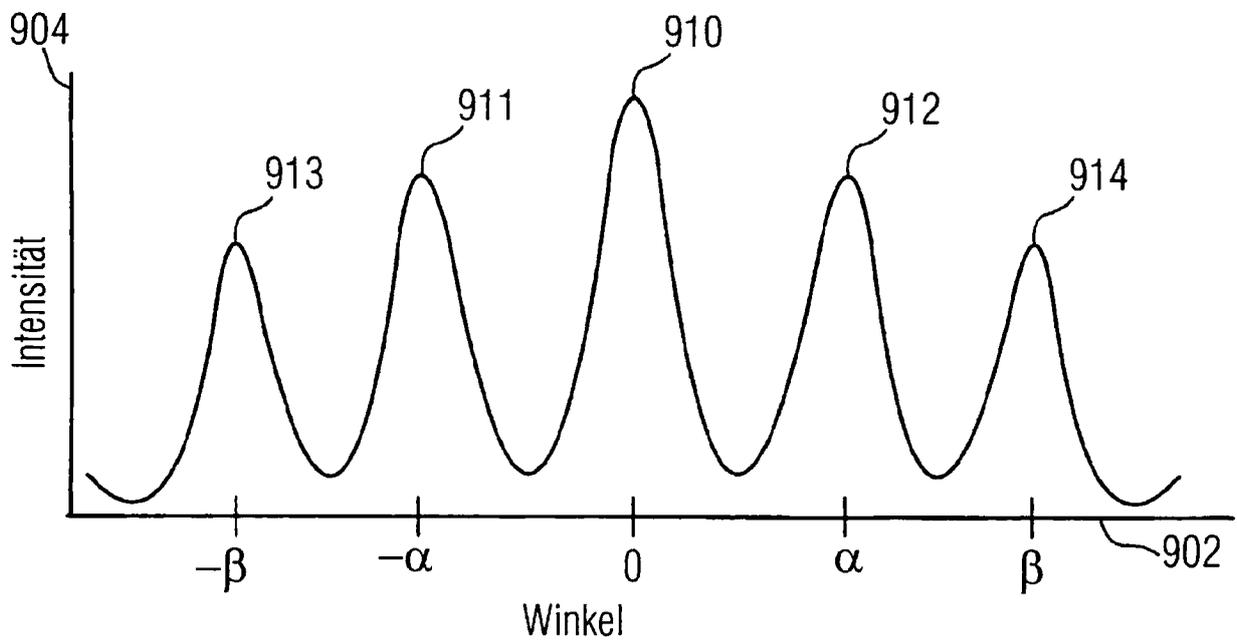
FIGUR 6



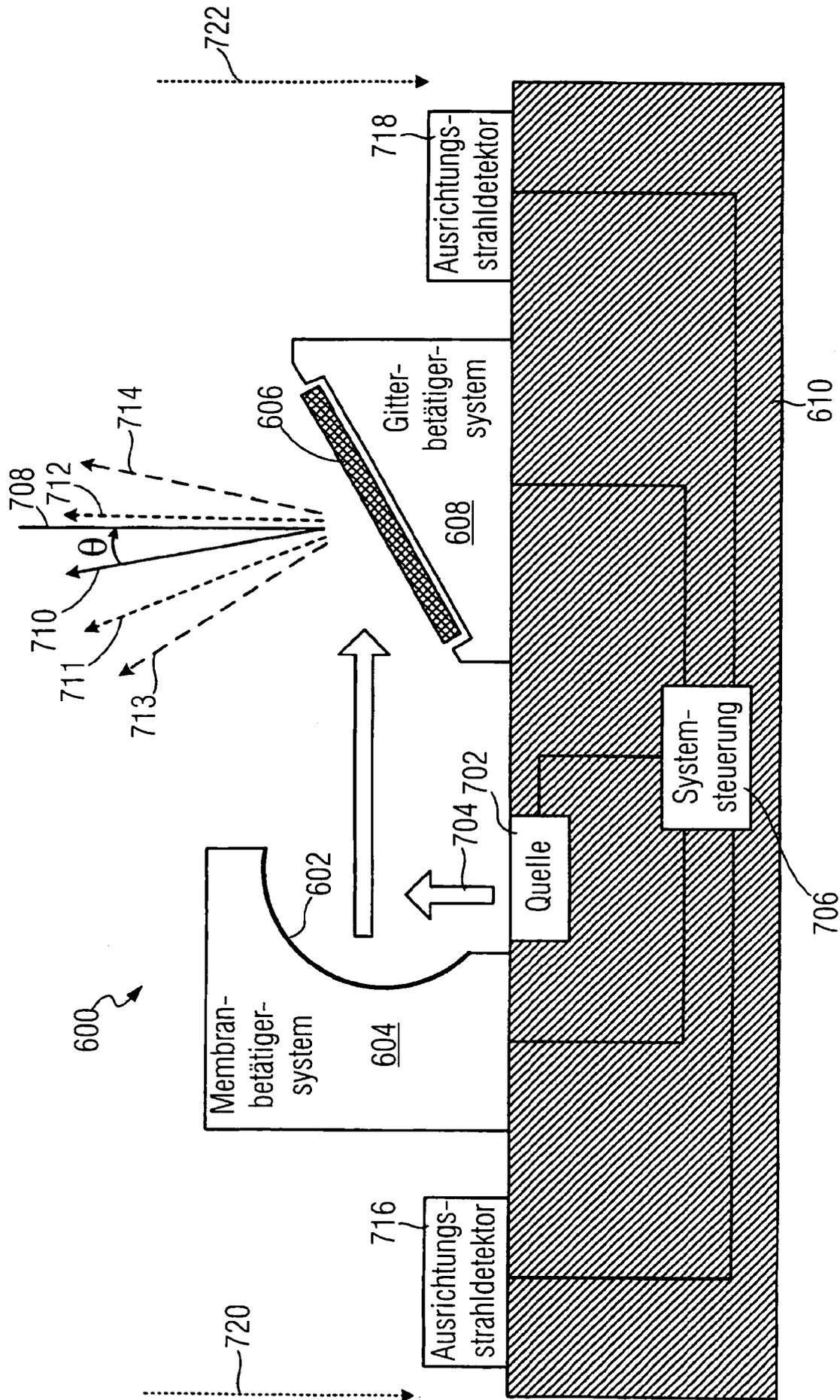
FIGUR 7



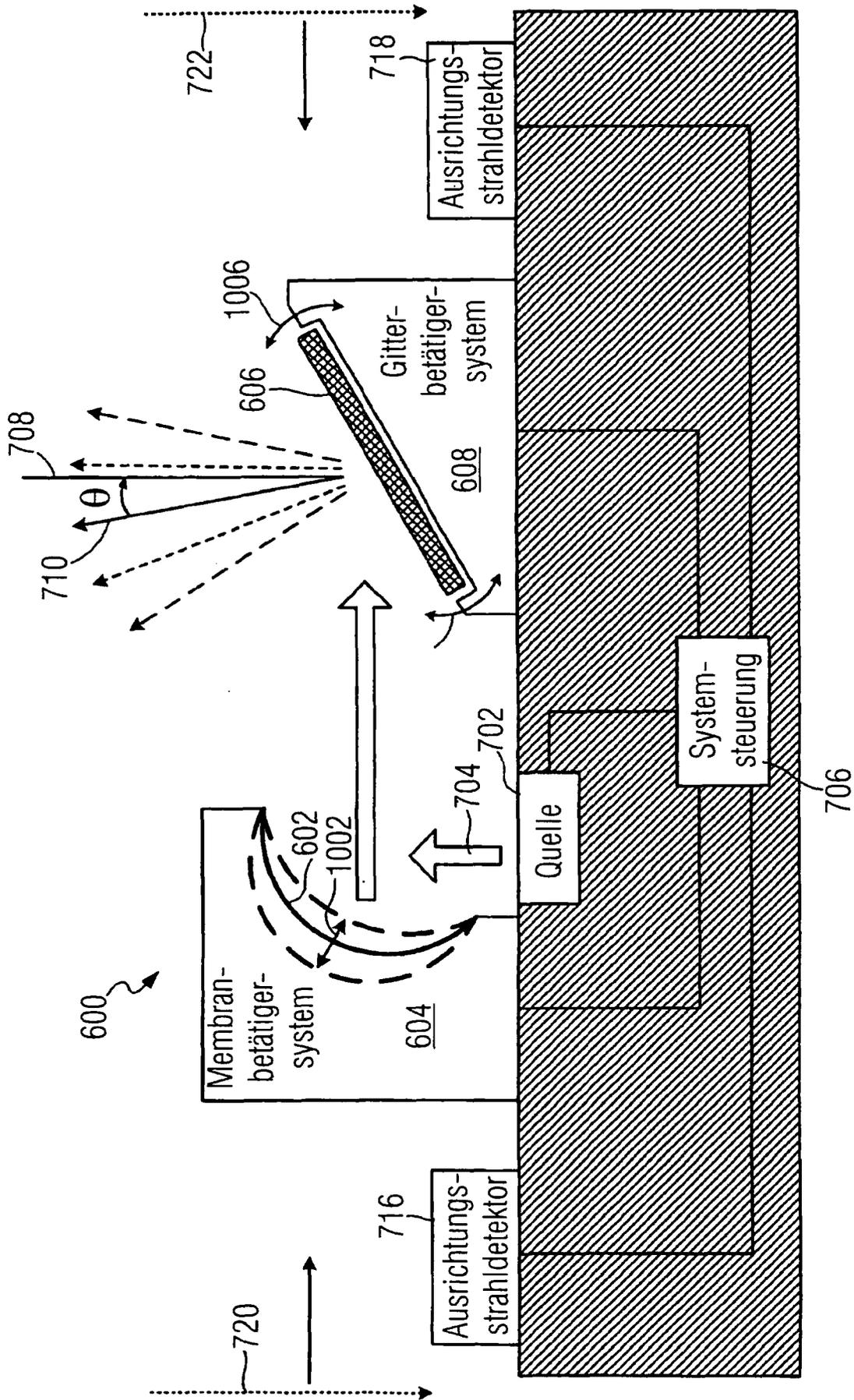
FIGUR 8



FIGUR 9



FIGUR 10A



FIGUR 10B

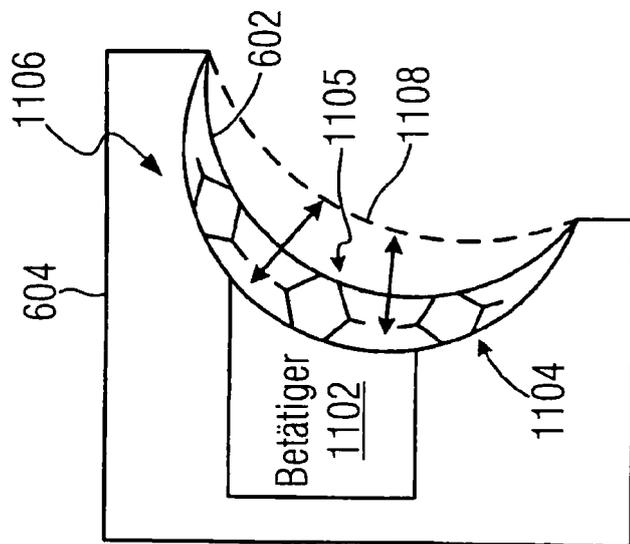


FIGURE 11A

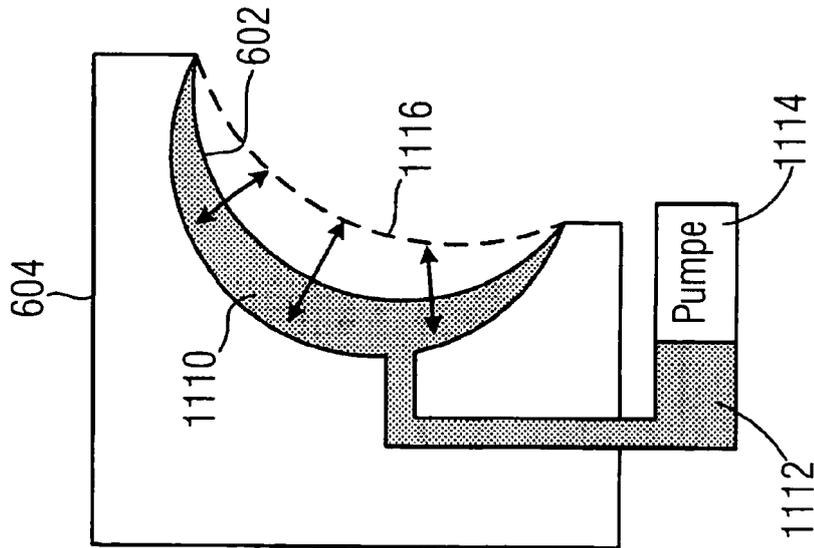


FIGURE 11B

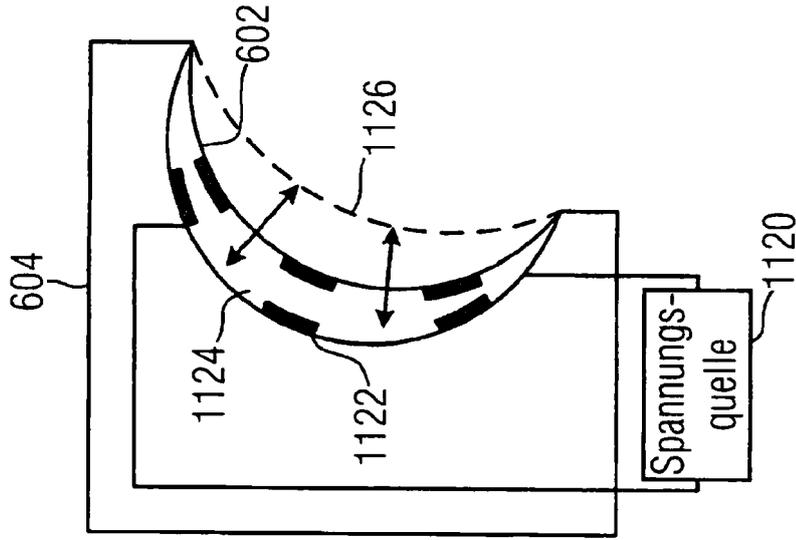


FIGURE 11C

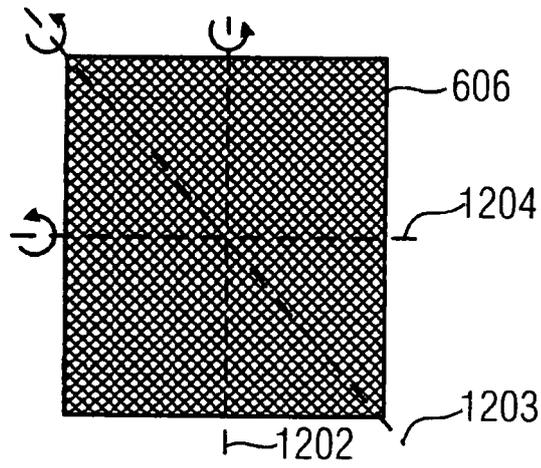


FIGURE 12

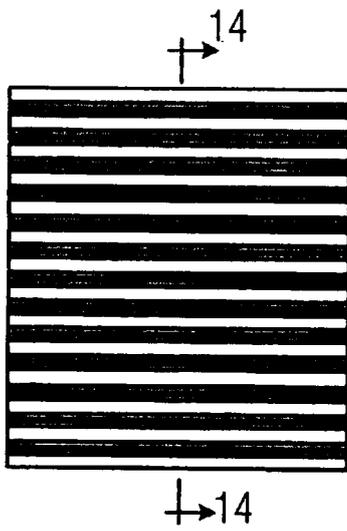


FIGURE 13A

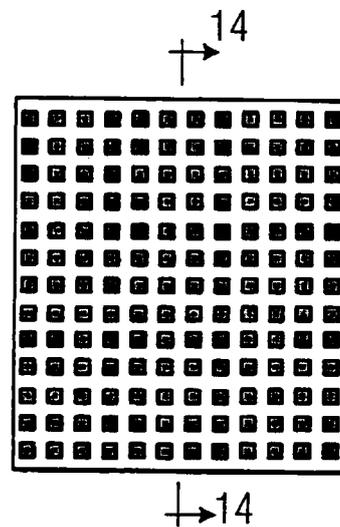


FIGURE 13B



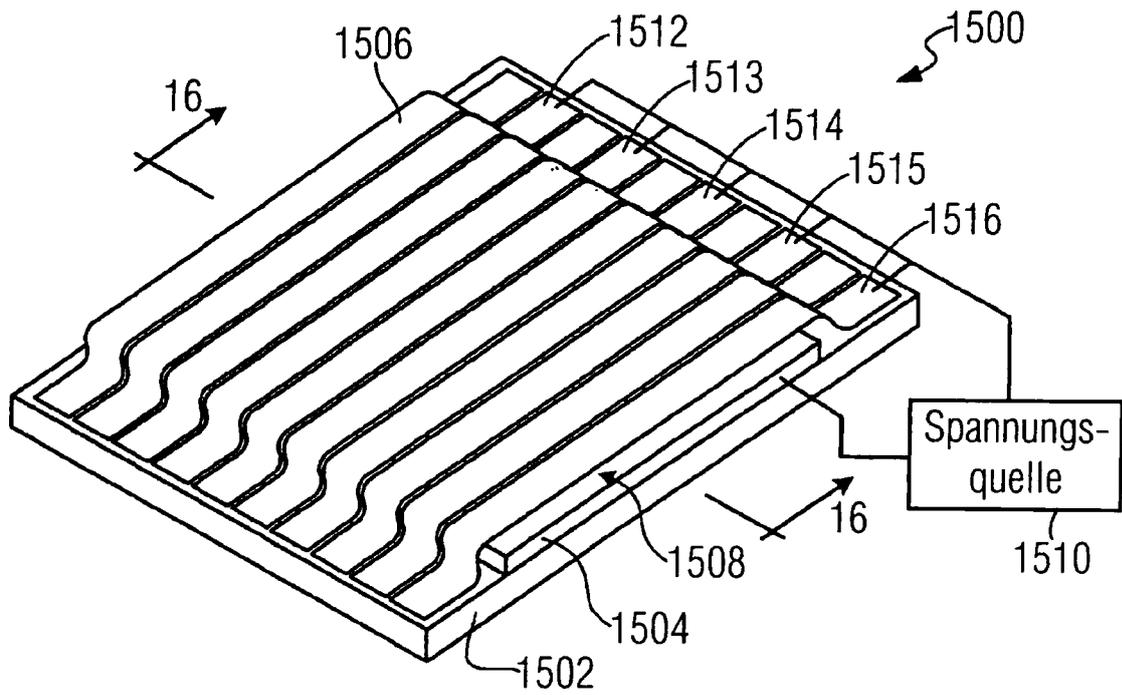
FIGURE 14A



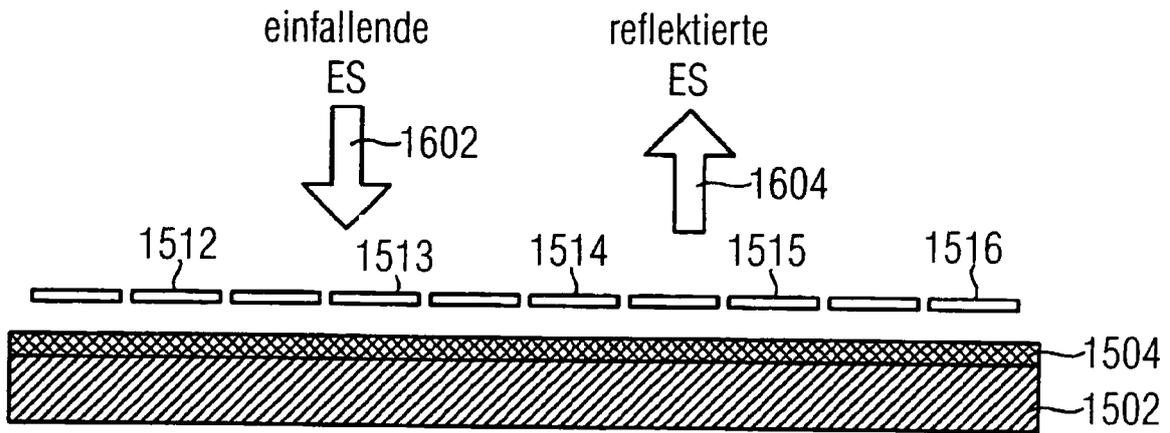
FIGURE 14B



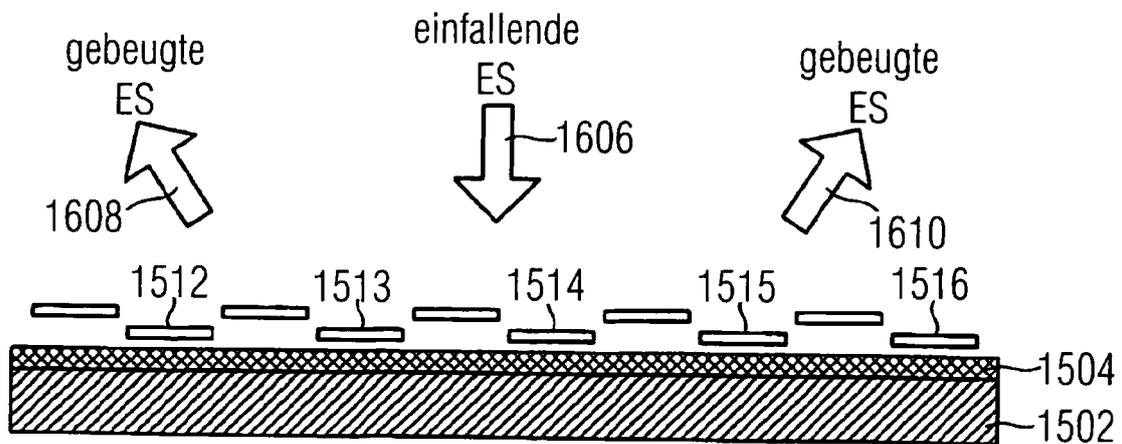
FIGURE 14C



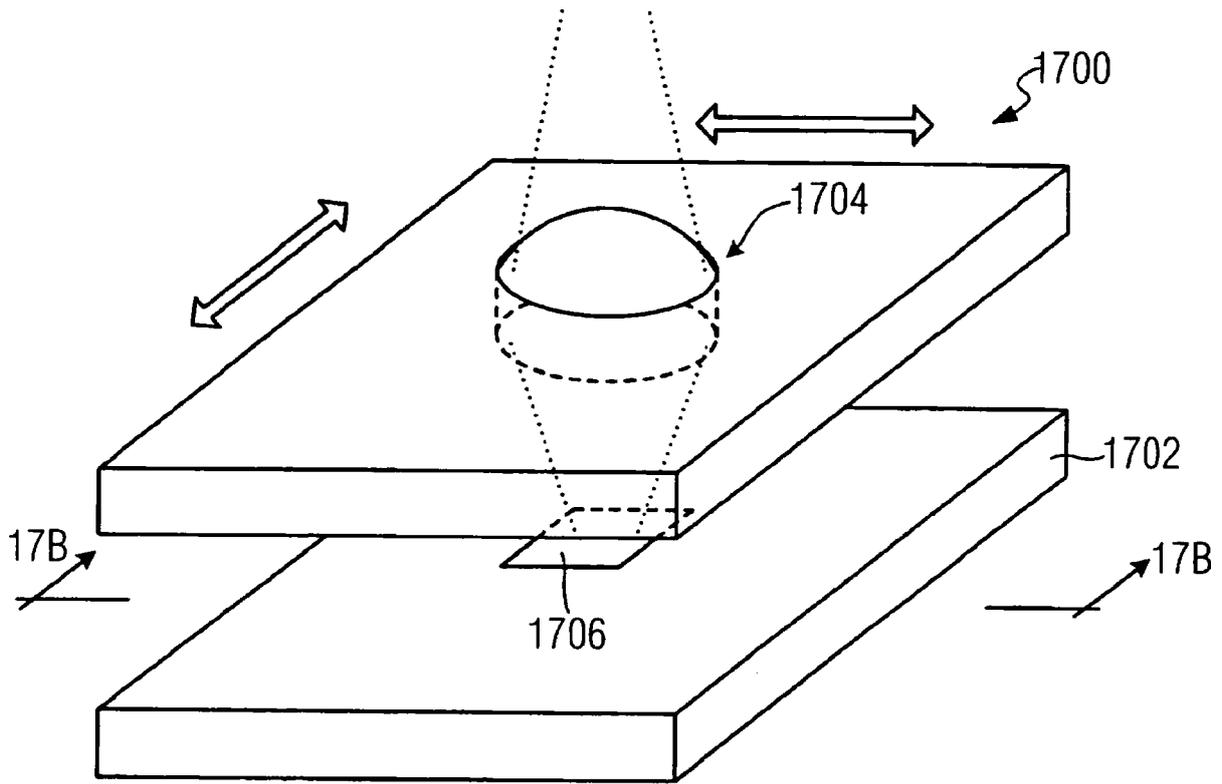
FIGUR 15



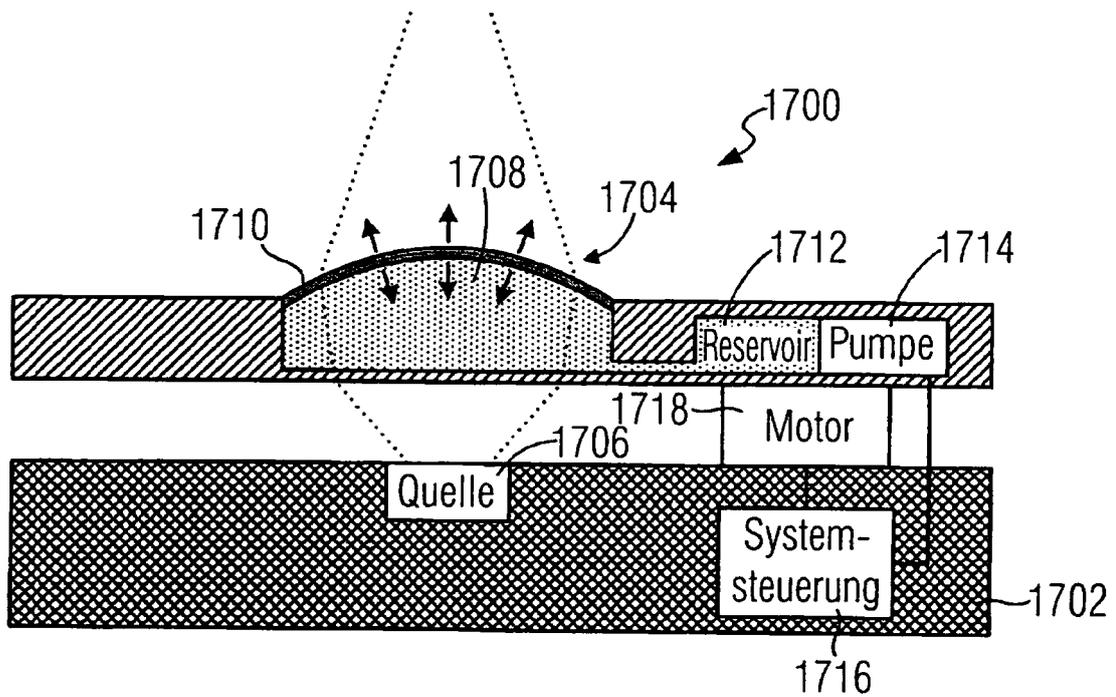
FIGUR 16A



FIGUR 16B



FIGUR 17A



FIGUR 17B