



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 030 839 A1** 2007.01.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 030 839.2**

(22) Anmeldetag: **01.07.2005**

(43) Offenlegungstag: **11.01.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 7/20** (2006.01)

G02B 13/00 (2006.01)

G02B 17/08 (2006.01)

G09F 9/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen, DE

(74) Vertreter:

**Müller-Rißmann, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,
Pat.-Ass., 73447 Oberkochen**

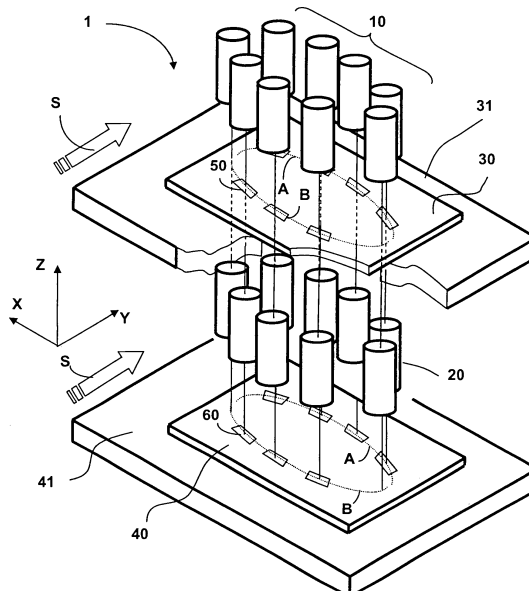
(72) Erfinder:

**Dodoc, Aurelian, Dr., 73447 Oberkochen, DE;
Ulrich, Wilhelm, 73434 Aalen, DE; Feldmann,
Heiko, Dr., 73525 Schwäbisch Gmünd, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven, von denen jedes ein Objektfeld in ein Bildfeld abbildet. Die Bildfelder sind in einem Substratbereich in einer Substratebene angeordnet, wobei der Substratbereich in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven bewegbar ist, wobei wenigstens eines dieser Projektionsobjektive einen Teilabschnitt seiner optischen Achse aufweist, welcher nicht senkrecht zu der Substratebene verläuft, und wobei die Projektion dieses Teilabschnitts in die Substratebene nicht parallel zur Scanrichtung verläuft.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Projektionsbelichtungsanlage, in welcher für die einzelnen Projektionsobjektive ein größerer Bauraum ermöglicht wird.

[0002] Es sind diverse Ansätze bekannt, um die bei der lithographischen Herstellung von z.B. LC („liquid crystal“) – oder FP (=“flat panel“)-Anzeigevorrichtungen erforderlichen großen Bildfelder (von z.B. mehr als 1 m Durchmesser) zu erzeugen. Insbesondere ist es bekannt, eine Vielzahl von Projektionsobjektiven zueinander auf zwei Reihen quer zur Scanrichtung derart anzuordnen, dass die Projektionsobjektive aus diesen beiden Reihen zueinander versetzte Feldabschnitte abbilden, welche sich dann im Belichtungsprozess überlappen, wie dies in [Fig. 27](#) und [Fig. 28](#) dargestellt ist. Die in [Fig. 27](#) dargestellte bekannte Projektionsbelichtungsanlage **1'** weist z.B. eine Mehrzahl von Beleuchtungssystemen **2** und eine Mehrzahl von Projektionsobjektiven **3** auf, zwischen denen ein Maskenhalter **4** eine in einer Masken- oder Retikelebene der Projektionsbelichtungsanlage **1'** angeordnete Maske **5** hält, deren Strukturen durch die Projektionsobjektive **3** auf ein in einer Substrat- oder Waferebene angeordnetes und durch einen Substrathalter **6** gehaltenes Substrat **7** abgebildet werden.

Stand der Technik

[0003] Im Stand der Technik werden Systeme mit in einer oder mehreren Reihen angeordneten Objektiven z.B. in US 5,579,147, US 5,581,075, US 5,602,620, US 5,614,988, US 5,617,181, US 5,617,211, US 5,623,343, US 5,625,436, US 5,668,624, US 5,912,726, US 6,795,169, WO 0019261, us 6,144,495 beschrieben.

[0004] Mit steigenden Aperturen nimmt der erforderliche Bauraum der Projektionsobjektive infolge der zunehmenden Durchmesser der optischen Elemente zu, wobei dann insbesondere katadioptrische Systeme große Hohlspiegel (mit Durchmessern von z.B. über 0.5 m) einsetzen.

Aufgabenstellung

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven bereitzustellen, in welcher für die einzelnen Projektionsobjektive ein größerer Bauraum ermöglicht wird.

[0006] Eine erfindungsgemäße Projektionsbelichtungsanlage weist gemäß einem Ansatz wenigstens zwei Projektionsobjektive auf von denen jedes ein

Objektfeld in ein Bildfeld abbildet, wobei diese Bildfelder in einem Substratbereich in einer Substratebene angeordnet sind, wobei der Substratbereich in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven bewegbar ist,

- wobei wenigstens eines dieser Projektionsobjektive einen Teilabschnitt seiner optischen Achse aufweist, welcher nicht senkrecht zu der Substratebene verläuft, und
- wobei die Projektion dieses Teilabschnitts in die Substratebene nicht parallel zur Scanrichtung verläuft.

[0007] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Winkel zwischen wenigstens einer dieser Projektionen und der Scanrichtung betragsmäßig größer als 2° , bevorzugt größer als 3° , und noch bevorzugter größer als 4° . In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Winkel zwischen zwei solcher Projektionen betragsmäßig größer als 2° , bevorzugt größer als 3° , und noch bevorzugter größer als 4° .

[0008] Erfindungsgemäß wird eine Anordnung der Projektionsobjektive gewählt, bei der insbesondere nicht sämtliche jeweils quer zur Scanrichtung aufeinanderfolgenden Projektionsobjektive geradlinig (d.h. wie herkömmlich auf einer zur Scanrichtung senkrecht verlaufenden Geraden) angeordnet sind, sondern vielmehr eine hiervon abweichende geeignete Anordnung der Projektionsobjektive zur Scanrichtung bzw. zueinander vorgenommen wird, die dazu führt, dass in den einzelnen Projektionsobjektiven ein vergrößerter Bauraum zur Verfügung steht. Insbesondere werden eines oder mehrere Projektionsobjektive mit gefaltetem Strahlengang, welche wenigstens einen nicht senkrecht zum Substratbereich verlaufenden Teilabschnitt der optischen Achse aufweisen, mit diesem Teilabschnitt der optischen Achse schräg zur Scanrichtung gestellt. Derartige Projektionsobjektive mit gefaltetem Strahlengang weisen häufig am Ende des gefalteten Abschnitts der optischen Achse einen Konkavspiegel auf, für den infolge der erfindungsgemäßen Anordnung dann ein vergrößerter Bauraum zur Verfügung steht. Demzufolge kann insbesondere der Konkavspiegel einen größeren Durchmesser aufweisen im Vergleich zu einer herkömmlichen geradlinigen Anordnung der Projektionsobjektive, bei der die gefalteten Abschnitte der optischen Achse jeweils parallel zur Scanrichtung verlaufen und bei der die Konkavspiegel benachbarter Projektionsobjektive bereits bei geringeren Durchmessern kollidieren würden.

[0009] Gemäß einem weiteren Ansatz weist eine erfindungsgemäße Projektionsbelichtungsanlage wenigstens zwei Projektionsobjektive auf, von denen jedes ein Objektfeld in ein Bildfeld abbildet, wobei diese Bildfelder in einem Substratbereich angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven be-

wegbar ist, wobei wenigstens eines dieser Bildfelder durch eine Mehrzahl von geradlinig verlaufenden Seitenlinien derart begrenzt ist, dass die Normale auf der längsten dieser Seitenlinien nicht parallel zur Scanrichtung verläuft.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Winkel zwischen mindestens einer dieser Normalen und der Scanrichtung betragsmäßig größer als 2° , bevorzugt größer als 3° , und noch bevorzugter größer als 4° . In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Winkel zwischen zwei solcher Normalen betragsmäßig größer als 2° , bevorzugt größer als 3° , und noch bevorzugter größer als 4° .

[0011] Gemäß einem weiteren Ansatz weist eine erfindungsgemäße Projektionsbelichtungsanlage wenigstens zwei Projektionsobjektive auf, von denen jedes ein Objektfeld in ein Bildfeld abbildet, wobei diese Bildfelder in einem Substratbereich angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven bewegbar ist, wobei jedes dieser Bildfelder eine Mehrzahl von Eckpunkten aufweist, und wobei die Bildfelder derart angeordnet sind, dass die längste auftretende Verbindungsgerade zwischen zwei Eckpunkten in einem dieser Bildfelder nicht parallel zur längsten auftretenden Verbindungsgeraden zwischen zwei Eckpunkten in dem anderen dieser Bildfelder ist.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Winkel zwischen diesen Verbindungsgeraden betragsmäßig größer als 2° , bevorzugt größer als 3° , und noch bevorzugter größer als 4° .

[0013] Gemäß einem weiteren Ansatz weist eine erfindungsgemäße Projektionsbelichtungsanlage eine Mehrzahl von Projektionsobjektiven auf, von denen jedes ein Objektfeld in ein Bildfeld abbildet, wobei diese Bildfelder in einem Substratbereich angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven bewegbar ist, und wobei wenigstens drei quer zur Scanrichtung aufeinanderfolgend angeordnete Bildfelder auf einer nichtlinearen Kurve liegen.

[0014] Gemäß einem weiteren Ansatz weist eine erfindungsgemäße Projektionsbelichtungsanlage eine Mehrzahl von Projektionsobjektiven auf, von denen jedes ein Objektfeld in ein Bildfeld abbildet, wobei diese Bildfelder in einem Substratbereich angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven während eines Scan-Prozesses bewegbar ist, wobei die Bildfelder in wenigstens zwei sich jeweils quer zur Scan-Richtung erstreckenden Gruppen derart angeordnet sind, dass Bildfelder der einen Gruppe in Bezug auf Bildfelder der anderen Gruppe quer zur Scan-Richtung versetzt sind, und wobei die Bildfelder wenigstens einer der Gruppen entlang einer nichtli-

near verlaufenden Kurven angeordnet sind.

[0015] Auch in den obigen, weiteren erfindungsgemäßen Ansätzen wird jeweils eine solche Anordnung der Projektionsobjektive gewählt, dass nicht sämtliche jeweils quer zur Scanrichtung aufeinanderfolgenden bzw. benachbarten Bildfelder entlang gerader Linien angeordnet sind, sondern insbesondere die Bildfelder auf wenigstens einer nichtlinearen Kurve angeordnet sind, wodurch für die die betreffenden Bildfelder erzeugenden Projektionsobjektive ein vergrößerter Bauraum zur Verfügung steht. Infolge des erzielten vergrößerten Bauraums können diese Projektionsobjektive optische Elemente (insbesondere Spiegel und Linsen) größeren Durchmessers verwenden und damit auch höhere Aperturen erreichen.

[0016] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Mehrzahl von Projektionsobjektiven ferner eine dritte Gruppe von Projektionsobjektiven auf, welche eine dritte Gruppe von Bildfeldern erzeugt, die in Bezug auf die Scanrichtung zwischen der ersten nichtlinearen Kurve und der zweiten nichtlinearen Kurve angeordnet sind. In einer solchen dreireihigen Anordnung können für eine bestimmte Gesamtgröße des während des Scan-Prozesses belichteten Feldes in der Substratebene die von den einzelnen Projektionsobjektiven erzeugten Bildfelder kleiner sein als etwa bei einer zweireihigen Anordnung, da mehr Bildfelder während des Scan-Prozesses aneinandergesetzt bzw. zur Überlappung gebracht werden. Demzufolge können die einzelnen Projektionsobjektive wiederum kleinere optische Elemente aufweisen, so dass sich eine noch bessere Raumausnutzung erreichen lässt.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weisen benachbarte Projektionsobjektive eine zueinander invertierte Anordnung ihrer optischen Elemente auf. Hierbei ergibt sich eine noch effektivere Raumausnutzung, wenn relativ größere Teilsysteme bzw. deren optische Elemente neben relativ kleineren Teilsystemen bzw. deren optischen Elementen angeordnet sind, was insgesamt zu einer platzsparenderen Anordnung führt im Vergleich zu einem Aufbau, in dem die jeweils größten optischen Elemente (z.B. Konkavspiegel) benachbarter Objektive nebeneinander angeordnet sind.

[0018] Um einen quer zur Scanrichtung positiven Abbildungsmaßstab und eine abbildungsgetreue Aneinanderfügung der in der Substratebene im Laufe des Scan-Prozesses erzeugten Bildfelder zu gewährleisten, können die Projektionsobjektive in bevorzugten Ausführungsformen z.B. eine ungerade Anzahl von Zwischenbildern erzeugen und/oder beispielsweise ein Dachkantprisma oder eine Dachkantspiegelanordnung zur Bildinvertierung ohne Zwischenbild aufweisen.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung auch eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven, von denen jedes ein Objektfeld in ein Bildfeld abbildet, wobei die Bildfelder in einem Substratbereich angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven bewegbar ist, und wobei wenigstens einige der Projektionsobjektive ein erstes Teilsystem und wenigstens ein zweites Teilsystem aufweisen, wobei das erste Teilsystem ein katadioptrisches Teilsystem ist und das zweite Teilsystem ein rein refraktives Teilsystem ist.

[0020] Hierdurch lässt sich ein kompakter Aufbau erreichen. Insbesondere können dabei die optischen Achsen der beiden Teilsysteme parallel zueinander versetzt sein. Vorzugsweise ist dann das vom ersten Teilsystem erzeugte Zwischenbild zur optischen Achse des zweiten Teilsystems zentrisch angeordnet. Eine derartige Anordnung ist hinsichtlich der Dimensionen des zweiten, rein refraktiven Teilsystems vorteilhaft, da die Linsengruppen des zweiten Teilsystems kleiner ausgelegt werden können und auch die Feldabhängigkeit von Aberrationen im zweiten Teilsystem reduziert wird.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird in den Objektfeldern ein durch die Projektionsobjektive abzubildendes Muster durch ein mikroelektronisch-mechanisches System (MEMS), insbesondere eine oder mehrere digitale Mikrospiegelvorrichtungen (DMD) erzeugt.

[0022] Da in diesem Falle die Orientierung der Bilder über den Einsatz des DMD's elektronisch in gewünschter Weise steuerbar ist, kann zum einen auf die Erzeugung von Zwischenbildern oder den Einsatz von Dachkantprismen zur Herstellung des positiven Abbildungsmaßstabes verzichtet werden. Des Weiteren kann hierbei auch auf eine Bewegung der erzeugten Objektfelder relativ zu den Projektionsobjektiven verzichtet werden, was eine erhebliche konstruktive Vereinfachung sowie auch einen verringerten Justageaufwand zur Folge hat. Ferner wird auch der aufwendige Prozess der Maskenherstellung vermieden.

[0023] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung daher auch eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven, von denen jedes jeweils ein Objektfeld in ein Bildfeld abbildet, wobei die Bildfelder in einem Substratbereich angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven bewegbar ist, und wobei die Objektfelder relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven an einer feststehenden Position angeordnet sind.

[0024] Die Erfindung betrifft ferner auch ein Verfahren zur mikrolithographischen Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente sowie ein mittels eines solchen Verfahrens hergestelltes mikrostrukturiertes Bauelement, insbesondere eine LCD-Vorrichtung oder ein Flat Panel Display.

[0025] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der Beschreibung sowie den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0026] Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Ausführungsbeispiel

[0027] Es zeigen:

[0028] [Fig. 1](#) eine schematische perspektivische Darstellung eines Aufbaus einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven;

[0029] [Fig. 2a-f](#) schematische Darstellungen von Anordnungen von jeweils mittels einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage erzeugten Bildfeldern in Draufsicht;

[0030] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung des für die Fassung der Projektionsobjektive einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage ([Fig. 3b](#)) zur Verfügung stehenden Bauraums im Vergleich zu dem bei einer herkömmlichen Projektionsbelichtungsanlage zur Verfügung stehenden Bauraum ([Fig. 3a](#));

[0031] [Fig. 4a-b](#) eine schematische Darstellung beispielhafter Anordnungen von Feldblenden zum Einsatz in einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage;

[0032] [Fig. 5-Fig. 14](#) diverse Ausführungsformen der jeweils einzelnen Projektionsobjektive einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage;

[0033] [Fig. 15-Fig. 16](#) vorteilhafte Anordnungen von benachbarten Projektionsobjektiven einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage;

[0034] [Fig. 17](#) eine schematische Darstellung der Anordnung von mittels einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage erzeugten Bildfeldern in Draufsicht gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

[0035] [Fig. 18](#) eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Projektionsbelichtungsanlage zur Erzeugung einer Anordnung von Bildfeldern gemäß [Fig. 17](#);

[0036] Fig. 19a–b eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Projektionsbelichtungsanlage gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0037] Fig. 20–Fig. 25 diverse Ausführungen von Projektionsbelichtungsanlagen gemäß weiterer bevorzugter Ausführungsformen;

[0038] Fig. 26 eine schematische perspektivische Darstellung eines Aufbaus einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0039] Fig. 27 eine schematische perspektivische Darstellung eines Aufbaus einer Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven gemäß dem Stand der Technik; und

[0040] Fig. 28 eine schematische Darstellung der Anordnung von mittels der Projektionsbelichtungsanlage von Fig. 27 erzeugten Bildfeldern in Draufsicht.

[0041] Fig. 1 zeigt eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven in einer schematischen perspektivischen Ansicht zur Erläuterung des Prinzips der vorliegenden Erfindung.

[0042] Die Projektionsbelichtungsanlage 1 weist eine Mehrzahl von Beleuchtungssystemen 10 und eine Mehrzahl von Projektionsobjektiven 20 auf, zwischen denen ein Maskenhalter 31 eine in einer Masken- oder Retikelebene der Projektionsbelichtungsanlage 1 angeordnete Maske 30 hält, deren Strukturen durch die Projektionsobjektive 20 auf ein in einer Substrat- oder Waferebene angeordnetes und durch einen Substrathalter 41 gehaltenes Substrat 40 abgebildet werden. Gestrichelt in Fig. 1 angedeutet ist die Anordnung einer Mehrzahl von Objektfeldern 50, welche durch die Mehrzahl von Projektionsobjektiven 20 auf eine Mehrzahl von Bildfeldern 60 abgebildet werden. Die optischen Achsen der Projektionsobjektive 20 verlaufen zueinander parallel. Die Projektionsobjektive 20 besitzen jeweils einen Abbildungsmaßstab $\beta \approx 1$, wobei außerdem auch der Abbildungsmaßstab in der zur Scanrichtung (in Fig. 1 also zur y-Richtung) senkrechten Richtung (in Fig. 1 also zur x-Richtung) geltende Abbildungsmaßstab $\beta_x = 1$ beträgt, so dass z.B. aus aufrechten Objektfeldern 50 auch aufrechte Bildfelder 60 erzeugt werden und dabei gewährleistet ist, dass die einzelnen während des Scan-Prozesses erzeugten Bildfelder 60 zueinander passen.

[0043] Die Darstellung insbesondere in Fig. 1 und Fig. 2 dient lediglich der Veranschaulichung, wobei etwa die Anzahl der Projektionsobjektive und der Objekt- bzw. Bildfelder beliebig und typischerweise wesentlich größer ist.

[0044] Gemäß Fig. 1 ist die Anordnung der Projektionsobjektive 20 so gewählt, dass die durch die Projektionsobjektive 20 abgebildeten Objektfelder 50 und die erzeugten Bildfelder 60 (genauer die jeweiligen Zentren der Objektfelder 50 bzw. der erzeugten Bildfelder 60) entlang zweier zueinander konkaver Kurven A und B angeordnet sind, wie aus Fig. 2a, welche eine schematische Draufsicht auf die erzeugten Bildfelder angibt, noch besser ersichtlich ist. In Fig. 2b und Fig. 2c sind jeweils entsprechende Anordnungen mit anderen Geometrien von Bildfeldern 60' (in Fig. 2b) bzw. 60'' (in Fig. 2c) gezeigt, wobei die Bildfelder 60' eine sechseckige Geometrie und die Bildfelder 60'' eine trapezförmige Geometrie aufweisen, und wobei die hier nicht dargestellten Objektfelder jeweils die entsprechende Geometrie aufweisen. Es ist erkennbar, dass auch hier die Bildfelder 60' bzw. 60'' entlang zweier zueinander konkaver Kurven A' und B' (in Fig. 2b) bzw. A'' und B'' (in Fig. 2c) angeordnet sind. Für den Verlauf dieser Kurven, welche die Anordnung der Objekt- bzw. Bildfelder 50, 60 beschreiben, kann jeweils ein geeignetes, für die einzelnen Objekt- bzw. Bildfelder 50, 60 einheitliches geometrisches Kriterium herangezogen werden, wobei beispielsweise diese Kurven jeweils durch die geometrische Mitte bzw. den Schwerpunkt der Objekt- bzw. Bildfelder 50, 60 verlaufen können.

[0045] In Fig. 2a–c sind ferner auch jeweils zu jedem Bildfeld 60, 60' bzw. 60'' zwei Richtungen x und y angedeutet, und zwar nummeriert als x1–x7 bzw. y1–y7 für die unterschiedlichen eingezeichneten Bildfelder. Die Richtungen x1–x7 bzw. y1–y7 sind jeweils den längsten (bzw., wie in Fig. 2a und 2b einer von mehreren gleich langen) geradlinig verlaufenden Seitenlinien zugeordnet, wobei die x-Richtung jeweils parallel zu dieser Seitenlinie und die y-Richtung senkrecht hierzu verläuft. Es ist erkennbar, dass für die jeweils entlang einer der gekrümmten Kurven A, B angeordneten Bildfelder auch die zugehörigen y-Richtungen (d.h. die Richtungen der Normalen auf der längsten Seitenlinie) nicht parallel zur Scanrichtung S sind. Die erfindungsgemäße Anordnung der die Bildfelder jeweils erzeugenden Projektionsobjektive kann somit auch über das Kriterium definiert werden, dass die Normale der auf der bzw. den längsten Seitenlinie(n) des jeweiligen Bildfeldes unter einem Winkel zur Scanrichtung S steht, wobei dieser Winkel vorzugsweise wenigstens 2°, bevorzugt wenigstens 3° und noch bevorzugter wenigstens 4° beträgt.

[0046] In Fig. 2d–f ist in einer weiteren Darstellung der entsprechenden Bildfelder 60, 60' und 60'' jeweils die längste auftretende Verbindungsgerade zwischen zwei Eckpunkten mit d1 bis d7 bezeichnet. Gemäß Fig. 2d (mit rechteckigen Bildfeldern 60) entspricht diese Verbindungsgerade jeweils der Diagonalen in dem rechteckigen Bildfeld 60. In Fig. 2e (mit sechseckigen Bildfeldern 60') entspricht diese Verbindungsgerade jeweils der Verbindung zwischen den beiden

äußersten, einander gegenüberliegenden Eckpunkten, und in **Fig. 2f** (mit trapezförmigen Bildfeldern **60**) entspricht diese Verbindungsgerade der längsten Seitenlinie des Trapezes. Es ist erkennbar, dass für die jeweils entlang einer der gekrümmten Kurven A, B angeordneten Bildfelder auch die zugehörigen Verbindungsgeraden d1–d7 nicht parallel zur Scanrichtung S sind. Die erfindungsgemäße Anordnung der die Bildfelder jeweils erzeugenden Projektionsobjektive kann somit auch über das Kriterium definiert werden, dass die längste auftretende Verbindungsgerade zwischen zwei Eckpunkten des jeweiligen Bildfeldes unter einem Winkel zur Scanrichtung S steht, wobei dieser Winkel vorzugsweise wenigstens 2°, bevorzugt wenigstens 3° und noch bevorzugter wenigstens 4° beträgt.

[0047] Die Objekt- bzw. Bildfelder **50** bzw. **60** werden durch (je nach Ausführung der Projektionsobjektive **20** in der Objekt- oder in einer Zwischenbildebene angeordnete) Feldblenden **70** bzw. **71** gemäß **Fig. 4** rechteckig wie in **Fig. 2a** und **Fig. 4a**, trapezförmig wie in **Fig. 4b** oder in beliebiger anderer geeigneter Form so ausgebildet, dass sich im Belichtungsprozess, bei welchem sowohl Maskenhalter **31** als auch Substrathalter **41** in der durch die breiten Pfeile „S“ dargestellten Scanrichtung bewegt werden, die Bildfelder **60** aus den beiden Kurven „A“ und „B“ überlappen, wie auch aus den jeweils in **Fig. 2a–c** eingezeichneten vertikalen gestrichelten Linien ersichtlich ist.

[0048] Wie aus **Fig. 3** ersichtlich, führt die erfindungsgemäße Anordnung dazu, dass für die einzelnen Projektionsobjektive **20** ein vergrößerter Bauraum zur Verfügung steht. Hierzu ist dem bei der erfindungsgemäßen Anordnung zur Verfügung stehenden Bauraum (gemäß der schraffierten Fläche in **Fig. 3b**) der bei einer herkömmlichen geradlinigen Anordnung der Objekt- bzw. Bildfelder gemäß **Fig. 27** und **Fig. 28** zur Verfügung stehende Bauraum (gemäß der schraffierten Fläche in **Fig. 3a**) gegenübergestellt. Es ist erkennbar, dass in den trapezförmigen schraffierten Flächen von **Fig. 3b** die gegenüber einem Rechteck (dessen kleinere Seitenlänge der kleineren Seitenlänge der trapezförmigen schraffierten Flächen entspricht) überstehenden Dreiecksflächen hinzugewonnen wurden, welche in zweidimensionaler Projektion z.B. auf die Substratebene den hinzugewonnenen Bauraum verdeutlichen.

[0049] Projektionsobjektive, welche den in **Fig. 3b** dargestellten Bauraum im Wesentlichen ausfüllen und bei denen die Bildfelder wie in **Fig. 3a** oder **3b** dargestellt angeordnet sind, sind jeweils Projektionsobjektive mit gefaltetem Strahlengang, wobei in **Fig. 3b** die längeren Mittelachsen der jeweiligen Trapezflächen in Richtung der gefalteten optischen Achse verlaufen, wobei diese Richtungen mit p1–p7 bezeichnet sind. Es ist erkennbar, dass infolge der erfin-

dungsgemäßen Anordnung der einzelnen Projektionsobjektive auch die Projektionen der jeweiligen Teilabschnitte der optischen Achse in die Substratebene, welche nicht senkrecht zur Substratebene (sondern gemäß **Fig. 3b** in Richtung der Pfeile p1–p7) verlaufen, nicht parallel zur Scanrichtung verlaufen, sondern unter einem Winkel hierzu stehen, wobei dieser Winkel bevorzugt wenigstens 2°, weiter bevorzugt wenigstens 3° und noch bevorzugter wenigstens 4° beträgt.

[0050] Infolge des erfindungsgemäß erzielten vergrößerten Bauraums können die Projektionsobjektive **20** der Projektionsbelichtungsanlage **1** optische Elemente (insbesondere Spiegel und Linsen) größeren Durchmessers verwenden und damit auch höhere Aperturen erreichen.

[0051] Die Anordnung der Projektionsobjektive **20** bzw. der durch diese erzeugten Bildfelder **60** ist nicht auf die konkrete in **Fig. 2** und **Fig. 3** veranschaulichte Anordnung beschränkt. So tritt der erfindungsgemäß angestrebte Zugewinn an Bauraum auch bei einer anderen geeigneten Anordnung auf gekrümmten Kurven ein. Vorzugsweise sind die Kurven A und B, entlang derer die Bildfelder **60** der Projektionsobjektive **20** angeordnet sind, zueinander konkave Kurven, die weiter bevorzugt spiegelsymmetrisch zu einer zwischen den Kurven A und B verlaufenden Mittellinie angeordnet sind. Die Kurven A und B können, ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre, insbesondere Kreissegmente sein, aber z.B. auch die Form anderer Kegelschnitte, etwa Parabeln oder Ellipsen, haben.

[0052] Beispielhafte Ausführungen der jeweils einzelnen Projektionsobjektive werden nachfolgend, ohne dass die Erfindung auf solche Ausgestaltungen beschränkt wäre, unter Bezugnahme auf **Fig. 5–Fig. 14** erläutert.

[0053] Gemäß **Fig. 5a** kann ein einzelnes Projektionsobjektiv **110** etwa einen rein refraktiven und ungefalteten Strahlengang aufweisen und aus zwei Teilsystemen **110a** und **110b** mit jeweils zwei positiven Linsengruppen **111**, **112** bzw. **113**, **114** aufgebaut sein, zwischen denen ein Zwischenbild erzeugt wird. Gemäß **Fig. 5b** ist ein Aufbau eines Projektionsobjektivs **120** mit zwei Teilsystemen **120a** und **120b** mit jeweils zwei positiven Linsengruppen **121**, **122** bzw. **123**, **124** und jeweils einem Faltspiegel **125** bzw. **126** mit in Zwischenbildnähe durchgeführter Faltung dargestellt. Gemäß **Fig. 5c** ist eine weitere Variante eines Projektionsobjektivs **130** mit gefaltetem Strahlengang mit zwei Doppelspiegeln **131**, **132** und einem Zwischenbild dargestellt, wobei zwischen den Doppelspiegeln **131**, **132** eine erste positive Linsengruppe **133**, eine zweite negative Linsengruppe **134**, eine dritte positive Linsengruppe **135** und eine vierte positive Linsengruppe **136** angeordnet ist.

[0054] Gemäß [Fig. 6](#) kann ein Projektionsobjektiv **140** auch ein Dachkantprisma **141** aufweisen, welches eine Invertierung des erzeugten Bildes und damit einen insgesamt positiven Abbildungsmaßstab in zur Scanrichtung senkrechter Richtung (d.h. in [Fig. 1](#) in x-Richtung) auch ohne Vorhandensein eines Zwischenbildes erzeugt. Das gezeigte Projektionsobjektiv **140** weist einen Faltspiegel **142**, eine positive Linsengruppe **143**, eine negative Linsengruppe **144** in Nähe eines Konkavspiegels **145** und das Dachkantprisma **141** auf.

[0055] Das gezeigte Projektionsobjektiv **140** ist vom Dyson-Typ, worunter in Sinne der vorliegenden Anmeldung Objektivteile verstanden werden, welche ein System mit einem Konkavspiegel (hier: „**145**“) und einer positiven Linsengruppe (hier: „**143**“) aufweisen. Unter der Bezeichnung „Dyson-Typ“ sollen auch Systeme verstanden werden, bei denen dieser Konkavspiegel und die positive Linsengruppe nicht notwendigerweise konzentrisch zueinander angeordnet sind und bei denen (wie hier dargestellt) ferner auch eine negative Linsengruppe **144** am Konkavspiegel **145** zur Korrektur von Farbfehlern angeordnet sein kann.

[0056] Gemäß [Fig. 7](#) kann ein Projektionsobjektiv **150** in Abwandlung des Projektionsobjektivs **140** auch statt des Konkavspiegels **145** einen Planspiegel **155** aufweisen, wobei im übrigen funktionsgleiche Teile mit um „10“ erhöhten Bezugsziffern dargestellt sind.

[0057] Gemäß [Fig. 8](#) kann ein Projektionsobjektiv **160** auch als katadioptrisches System vom Offner-Typ aufgebaut sein, worunter in Sinne der vorliegenden Anmeldung Objektivteile verstanden werden, welche ein System mit einer konzentrischen Folge im Strahlengang aus einem Konkavspiegel, einem Konvexspiegel und dem Konkavspiegel aufgebaut sind. Das gezeigte Projektionsobjektiv **160** weist einen Faltspiegel **161**, einen Konkavspiegel **162**, einen Konvexspiegel **163** (an welchem die Strahlen sowohl vor als auch nach dem Konkavspiegel **162** reflektiert werden) und ein Dachkantprisma **164** auf.

[0058] Gemäß [Fig. 9](#) kann das Dachkantprisma auch durch entsprechende Spiegelanordnungen ersetzt werden, bei denen im Unterschied zum Prisma die reflektierenden Flächen **171**, **172** (in [Fig. 9a](#)) bzw. **173**, **174** (in [Fig. 9b](#)) außen liegen, und wobei analog zum Dachkantprisma eine Bildumkehr in nur einer Raumrichtung (z.B. x-Richtung) erreicht wird, wobei anhand der dünneren, durchgehenden Linien jeweils der Verlauf zweier Strahlen s_1 , s_2 (in [Fig. 9a](#)) bzw. s_3 , s_4 (in [Fig. 9b](#)) angedeutet ist.

[0059] Gemäß [Fig. 10](#) können in einem Projektionsobjektiv **180** auch zwei Teilsysteme **180a** und **180b**, die jeweils vom Dyson-Typ sind, miteinander kombiniert bzw. aufeinanderfolgend angeordnet sein, zwi-

schen denen ein Zwischenbild ausgebildet wird. Jedes der Teilsysteme **180a**, **180b** weist einen Doppelfaltspiegel **181a** bzw. **181b**, eine positive Linsengruppe **182a** bzw. **182b**, eine negative Linsengruppe **183a** bzw. **183b** und einen Konkavspiegel **184a** bzw. **184b** auf.

[0060] Gemäß [Fig. 11](#) können in einem Projektionsobjektiv **190** auch zwei Teilsysteme **190a** und **190b**, von denen eines vom Offner-Typ und eines vom Dyson-Typ ist, miteinander kombiniert bzw. aufeinanderfolgend angeordnet sein, zwischen denen ein Zwischenbild IMI ausgebildet wird. Das Teilsystem **190a** vom Offner-Typ weist einen Faltspiegel **191**, einen Konkavspiegel **192**, einen Konvexspiegel **193** und einen Faltspiegel **194** auf. Das Teilsystem **190b** vom Dyson-Typ weist einen Faltspiegel **195**, eine positive Linsengruppe **196**, eine negative Linsengruppe **197**, einen Konkavspiegel **198** und einen zweiten Faltspiegel **199** auf. Hierbei müssen die optischen Achsen der beiden Teilsysteme **190a** und **190b** nicht übereinstimmen, was hinsichtlich der Dimensionen des Teilsystems S2 vom Dyson-Typ vorteilhaft ist.

[0061] Gemäß [Fig. 12](#) können in einem Projektionsobjektiv **200** auch zwei Teilsysteme **200a** und **200b**, die jeweils vom Offner-Typ sind, miteinander kombiniert bzw. aufeinanderfolgend angeordnet sein, zwischen denen ein Zwischenbild ausgebildet wird. Jedes der Teilsysteme **200a** und **200b** vom Offner-Typ weist jeweils einen Faltspiegel **201a** bzw. **201b**, einen Konkavspiegel **202a** bzw. **202b**, einen Konvexspiegel **203a** bzw. **203b** und einen Faltspiegel **204a** bzw. **204b** auf.

[0062] Gemäß [Fig. 13](#) können in einem Projektionsobjektiv **210** auch zwei Teilsysteme **210a** und **210b**, von denen eines vom Dyson-Typ ist und eines rein refraktiv ist, miteinander kombiniert bzw. aufeinanderfolgend angeordnet sein, zwischen denen ein Zwischenbild ausgebildet wird. Das Teilsystem **210a** vom Dyson-Typ weist einen Faltspiegel **211**, eine positive Linsengruppe **212**, eine negative Linsengruppe **213**, einen Konkavspiegel **214** und einen zweiten Faltspiegel **215** auf. Das rein refraktive Teilsystem **210b** weist zwei positive Linsengruppen **216** und **217** auf. Auch hier müssen die optischen Achsen der beiden Teilsysteme **210a** und **210b** nicht übereinstimmen, was hinsichtlich der Dimensionen des rein refraktiven Teilsystems **210b** vorteilhaft ist. Es ist somit vorteilhaft, wenn die optischen Achsen der beiden Teilsysteme zueinander einen parallelen Versatz aufweisen, wobei weiter bevorzugt gemäß [Fig. 13](#) das vom ersten Teilsystem **210a** erzeugte Zwischenbild zur optischen Achse des zweiten Teilsystems **210b** zentrisch angeordnet ist. Mit anderen Worten kann das zweite Teilsystem **210b** zum Zwischenbild zentriert werden. Ein Vorteil dieser Anordnung besteht darin, dass so die Linsengruppen **216** und **217** des zweiten Teilsystems **210b** kleiner ausgelegt werden

können und auch die Feldabhängigkeit von Aberrationen im zweiten Teilsystem **210b** reduziert wird.

[0063] Gemäß [Fig. 14](#) können in einem Projektionsobjektiv **220** auch zwei Teilsysteme S1 und S2, von denen eines vom Offner-Typ ist und eines rein refraktiv ist, miteinander kombiniert bzw. aufeinanderfolgend angeordnet sein, zwischen denen ein Zwischenbild IMI ausgebildet wird. Das Teilsystem S1 vom Offner-Typ weist einen Faltspiegel **221**, einen Konkavspiegel **222**, einen Konvexspiegel **223** und einen Faltspiegel **224** auf. Das rein refraktive Teilsystem S2 weist zwei positive Linsengruppen **225** und **226** auf. Auch hier müssen die optischen Achsen der beiden Teilsysteme S1 und S2 nicht übereinstimmen, was hinsichtlich der Dimensionen des rein refraktiven Teilsystems S2 vorteilhaft ist, wozu auf die Ausführungen zu [Fig. 13](#) verwiesen wird.

[0064] Während grundsätzlich sämtliche Projektionsobjektive in der erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage von jeweils identischem Aufbau, insbesondere gemäß einem der obigen vorteilhaften Ausführungen, sein können, existieren auch weitere bevorzugte Anordnungen, in denen die jeweilige relative Anordnung von zueinander benachbarten Projektionsobjektiven systematisch variiert: Hierauf basierende, im Folgenden erläuterte Ausführungsbeispiele beruhen darauf, dass in den obigen Ausführungsformen des einzelnen Projektionsobjektivs i.d.R. jeweils der von einem Teilsystem vom Offner-Typ benötigte Bauraum größer ist als der von einem Teilsystem vom Dyson-Typ benötigte Bauraum, welcher wiederum größer ist als der von einem rein refraktiven Teilsystem benötigte Bauraum ist. Diesem Umstand wird in den beiden folgenden Ausführungsbeispielen durch Wahl einer jeweils im Hinblick auf den Bauraum günstigen relativen Anordnung aufeinanderfolgender Projektionsobjektive Rechnung getragen.

[0065] Gemäß [Fig. 15](#) ist die Anordnung in aufeinanderfolgenden Projektionsobjektiven so gewählt, dass ein erstes Projektionsobjektiv **230** kombiniert bzw. aufeinanderfolgend ein erstes Teilsystem **230a** vom Offner-Typ und ein zweites Teilsystem **230b** vom Dyson-Typ aufweist, welches somit im Aufbau dem Projektionsobjektiv **190** aus [Fig. 11](#) entspricht. Benachbart zu dem ersten Projektionsobjektiv **230** folgt ein zweites Projektionsobjektiv **240**, welches kombiniert bzw. aufeinanderfolgend ein erstes Teilsystem **240a** vom Dyson-Typ und ein zweites Teilsystem **240b** vom Offner-Typ aufweist.

[0066] Gemäß [Fig. 16](#) ist die Anordnung in aufeinanderfolgenden Projektionsobjektiven so gewählt, dass ein erstes Projektionsobjektiv **250** kombiniert bzw. aufeinanderfolgend ein erstes Teilsystem **250a** vom rein refraktiven Typ und ein zweites Teilsystem **250b** vom Dyson-Typ aufweist. Benachbart zu dem

ersten Projektionsobjektiv **250** ist ein zweites Projektionsobjektiv **260**, welches miteinander kombiniert bzw. aufeinanderfolgend ein erstes Teilsystem **260a** vom Dyson-Typ und ein zweites rein refraktives Teilsystem **260b** aufweist, so dass das zweite Projektionssystem **260** im Aufbau dem Projektionsobjektiv **210** aus [Fig. 13](#) entspricht.

[0067] Die Anordnungen gemäß [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) können jeweils analog entlang jeweils einer Reihe von Projektionsobjektiven **20** gemäß [Fig. 1](#) fortgesetzt werden, so dass sich ein weitere Ersparnis an Bauraum dadurch ergibt, dass relativ größere Teilsysteme bzw. deren optische Elemente neben relativ kleineren Teilsystemen bzw. deren optischen Elementen angeordnet sind, was insgesamt zu einer platzsparenderen Anordnung bzw. einer größeren Raumausnutzung führt (etwa im Vergleich zu einem Aufbau, in dem beispielsweise die großen Konkavspiegel aus verschiedenen Offner-Systemen **230a**, **240b** in benachbarten Projektionsobjektiven nebeneinander angeordnet sind).

[0068] Gemäß einem weiteren, in [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) dargestellten Aspekt der Erfindung können die Projektionsobjektive in einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage auch in drei (statt in zwei) Reihen angeordnet sein, wobei wiederum die Projektionsobjektive in den beiden äußeren Reihen vorzugsweise so angeordnet sind, dass gemäß [Fig. 17](#) die erzeugten Bildfelder entlang zweier zueinander konkaver Kurven A und B angeordnet sind, zwischen denen dann die durch die Projektionsobjektive in der mittleren Reihe erzeugten Bildfelder liegen und zwar wiederum gemäß [Fig. 17](#) in einer solchermaßen versetzten Anordnung, dass die während des Scan-Prozesses erzeugten Bildfelder **60** zueinander passen und einander überlappen. Eine solche Ausführungsform hat den weiteren Vorteil, dass infolge der dreireihigen Anordnung für eine bestimmte Gesamtgröße des während des Scan-Prozesses belichteten Feldes in der Substratebene die von den einzelnen Projektionsobjektiven erzeugten Bildfelder kleiner als etwa bei einer zweireihigen Anordnung sein können, da mehr Bildfelder während des Scan-Prozesses aneinandergesetzt bzw. zur Überlappung gebracht werden. Infolgedessen können die einzelnen Projektionsobjektive wiederum kleinere optische Elemente aufweisen, so dass sich insbesondere im Zusammenhang mit den zuvor beschriebenen Anordnungen (z.B. gemäß [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#)) eine bessere Raumausnutzung erreichen lässt.

[0069] Ein (lediglich beispielhafter und nicht limitierender) Aufbau von drei (entlang der gestrichelten Linie bei Betrachtung aus Richtung „a-a“ von [Fig. 17](#) angeordneten) Projektionsobjektiven ist in [Fig. 18](#) dargestellt. Demnach kommen für die Projektionsobjektive **300** zur Erzeugung der Bildfelder auf der mittleren Kurve „C“ rein refraktive Systeme zum Einsatz,

welche gemäß [Fig. 18](#) z.B. ein erstes Teilsystem **300a** aus einer ersten positiven Gruppe **301** und einer zweiten positiven Gruppe **302**, und ein zweites Teilsystem **300bb** aus einer ersten positiven Gruppe **303** und einer zweiten positiven Gruppe **304** aufweist, zwischen denen ein Zwischenbild erzeugt wird. Für die Projektionsobjektive zur Erzeugung der Bildfelder auf den äußeren (gekrümmten) Kurven „A“ und „B“ kommen Projektionsobjektive mit dem Aufbau des in Zusammenhang mit [Fig. 10](#) erläuterten Projektionsobjektivs **180** zum Einsatz, in denen jeweils zwei Teilsysteme **180a** und **180b**, die jeweils vom Dyson-Typ sind, miteinander kombiniert bzw. aufeinanderfolgend angeordnet sein, zwischen denen ein Zwischenbild ausgebildet wird.

[0070] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann in Abwandlung des anhand von [Fig. 1](#) erläuterten Scan-Prozesses auch ein solcher Scan-Prozess bzw. eine solche Projektionsbelichtungsanlage verwendet werden, dass auf einen beweglichen Maskenhalter und überhaupt auf bewegliche Bauteile in der Masken- bzw. Retikelebene verzichtet werden kann. Gemäß diesem Aspekt der Erfindung werden anstelle herkömmlicher Masken sogenannte „DMD's“ (DMD= „digital micromirror device“= digitale Mikrospiegelvorrichtung, auch: deformierbare Mikrospiegelvorrichtung) verwendet, welche in für sich bekannter Weise eine matrixartige Anordnung aus einer Vielzahl jeweils von um eine Achse drehbaren Mikrospiegeln aufweisen, durch deren elektronische Ansteuerung Licht -je nach Reflexionsrichtung des jeweiligen Spiegels- gezielt in den Strahlengang des Objektivs ein- oder ausgekoppelt werden kann, so dass eine elektronisch gesteuerte Modulation des in das Objektiv eingekoppelten Lichtes (die sonst z.B. durch Chrombeschichtung auf einem herkömmlichen Retikel erreicht wird) erzielt wird.

[0071] Neben dem möglichen Verzicht auf eine bewegliche Retikelebene bzw. -plattform, dem damit einhergehenden verringerten Justageaufwand sowie der Vermeidung des aufwendigen Prozesses der Maskenherstellung hat der Einsatz von DMD's gerade in den erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlagen den weiteren Vorteil, dass zur Herstellung des positiven Abbildungsmaßstabes bzw. der aufrechten Bildorientierung auf die Erzeugung von Zwischenbildern verzichtet werden kann, da die korrekte Orientierung der Bilder über den Einsatz des DMD's elektronisch in gewünschter Weise steuerbar ist. Auch gemäß diesem Aspekt wird die Vielzahl von Projektionsobjektiven so angeordnet, dass die erzeugten Bildfelder entlang mehrerer Reihen angeordnet sind. Hierbei kann es sich insbesondere sowohl um zwei Reihen (analog zu [Fig. 2](#)) als auch um drei Reihen (analog zu [Fig. 17](#)) handeln, wobei diese zwei Reihen (bzw., im Falle von drei Reihen gemäß [Fig. 17](#), die beiden äußeren Reihen) wiederum bevorzugt die Form konkaver Kurven haben, um die

oben beschriebene vorteilhafte Vergrößerung des zur Verfügung stehenden Bauraums zu erzielen.

[0072] Die zuvor genannten Vorteile des Einsatzes der DMD's werden jedoch auch im Falle einer geradlinigen Anordnung der Projektionsobjektive erreicht. Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Anmeldung betrifft diese somit auch allgemein eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven, in welcher wenigstens ein MEMS (=„microelectromechanical system“), insbesondere ein DMD, zur Erzeugung eines durch die Projektionsobjektive abzubildenden Objektfeldes eingesetzt wird.

[0073] In [Fig. 19-Fig. 24](#) sind unterschiedliche Ausführungsformen von Abbildungssystemen mit Einsatz von DMD's dargestellt, die sich insbesondere hinsichtlich der Einkopplung des Beleuchtungslichtes unterscheiden.

[0074] Gemäß [Fig. 19a](#) erfolgt in einem Abbildungssystem **400** die Einkopplung des von einer Lichtquelle **401** mit Beleuchtungsoptik **402** erzeugten Beleuchtungslichtes über einen Strahlteilerwürfel **403**, welcher das an seiner teildurchlässigen Schicht **404** reflektierte Licht zum DMD **405** lenkt, von wo das an der DMD-Struktur gemäß der elektronischen Steuerung reflektierte Licht nach Durchlaufen der teildurchlässigen Schicht **404** in ein Objektiv **406** eintritt. Gemäß [Fig. 19b](#) kann das von der Lichtquelle **401** und der Beleuchtungsoptik **402** kommende Licht auch zunächst an einem Faltspiegel **407** umgelenkt werden.

[0075] Eine weitere mögliche Anordnung eines Abbildungssystems **410** mit Lichtquelle **411**, Beleuchtungsoptik **412**, Strahlteilerwürfel **413** mit teildurchlässiger Schicht **414** und DMD **415** ist in [Fig. 20](#) gezeigt, wobei hier das vom DMD **415** kommende Licht nach Durchtritt durch den Strahlteilerwürfel **413** eine refraktive Gruppe **416** sowie zwei Planspiegelflächen **417**, **418** passiert, zwischen denen ein Zwischenbild erzeugt wird. Ein Faltspiegel **419** faltet den Strahlengang zur Bildebene. Die Erzeugung eines Zwischenbildes ist nach den obigen Ausführungen nicht notwendig, da infolge des Einsatzes des DMD's die korrekte Orientierung der Bilder elektronisch in gewünschter Weise steuerbar ist.

[0076] Eine weitere mögliche Anordnung eines Abbildungssystems **420** mit Lichtquelle **421**, Beleuchtungsoptik **422**, Strahlteilerwürfel **423** mit teildurchlässiger Schicht **424** und DMD **425** ist in [Fig. 21](#) gezeigt, wobei der Strahlweg nach dem Strahlteilerwürfel **423** eine positive Linsengruppe **424**, eine negative Linsengruppe **425** und einen Konkavspiegel **426** sowie einen Faltspiegel **427** beinhaltet.

[0077] Eine weitere mögliche Anordnung eines Ab-

bildungssystems **430** mit Lichtquelle **431**, Beleuchtungsoptik **432**, Strahlteilerwürfel **433** mit teildurchlässiger Schicht **434** und DMD **435** ist in [Fig. 22](#) gezeigt, wobei eine positive Linsengruppe **436** zwischen Strahlteilerwürfel **433** und DMD **435** und eine weitere positive Linsengruppe **437** zwischen dem Strahlteilerwürfel **433** und der Bildebene angeordnet sind. In diesem Aufbau bildet die positive Linsengruppe **436** sowohl einen Teil des Beleuchtungssystems als auch einen Teil des Projektionsobjektivs, da sie sowohl von den zum DMD **435** hinführenden als auch den vom DMD **435** kommenden Strahlen durchlaufen wird. Die Beleuchtung wird hier pupillennah in das Objektiv eingekoppelt.

[0078] [Fig. 23](#) und [Fig. 24](#) zeigen Abbildungssysteme **440** und **450** ohne Strahlteilerwürfel, bei denen jeweils das Beleuchtungslicht schräg in das DMD (direkt gemäß [Fig. 23](#) oder über einen Faltspiegel **453** gemäß [Fig. 24](#)) eingekoppelt wird, bevor es nach Reflexion an dem DMD **443** bzw. **454** das jeweilige Projektionsobjektiv **444** bzw. **455** durchläuft.

[0079] In einer weiteren Ausführungsform kann das abzubildende Objekt auch aus mehreren DMD's zusammengesetzt werden. Um hier die Ränder der DMD's nicht in Erscheinung zu bringen erfolgt eine optische Zusammensetzung der Feldsegmente mittels zusätzlicher Systeme. In [Fig. 25](#) ist schematisch eine Anordnung **500** dargestellt, in der beispielsweise drei Segmente zusammengeführt werden können, welche drei verschiedenen DMD's **501**, **502** und **503** entsprechen. Die Beleuchtung der DMD's **501**, **502** und **503** geschieht von einer Lichtquelle **508** über eine gemeinsame Beleuchtungsoptik **504** und wird mittels eines Strahlteilerwürfels **505** in eine positive Linsengruppe **506** eingekoppelt, nach der die drei Segmente zusammengeführt werden, welche den drei verschiedenen DMD's **501**, **502** und **503** entsprechen. Die zusammengeführten Segmente werden entweder direkt oder wie in [Fig. 25](#) über ein Projektionsobjektiv **507** auf die Substratebene bzw. den Wafer abgebildet. Selbstverständlich ist auch die Anzahl von drei DMD's lediglich beispielhaft, so dass auch zwei oder mehr als drei DMD's in analoger Weise kombiniert werden können.

[0080] Auch gemäß diesem Aspekt wird die Vielzahl von Abbildungssystemen bzw. Projektionsobjektiven so angeordnet, dass die erzeugten Bildfelder entlang mehrerer Reihen angeordnet sind. Eine schematische perspektivische Darstellung des Aufbaus einer entsprechenden Projektionsbelichtungsanlage **600** ist in [Fig. 26](#) dargestellt, wobei die Beleuchtungsoptik **601** mit Lichtquellen **602**, sowie die DMD's **603** und die Projektionsobjektive **604** die in [Fig. 26](#) gezeigten relativen Anordnungen aufweisen.

[0081] Die Anordnung in Reihen kann wiederum insbesondere sowohl in zwei Reihen (analog zu

[Fig. 2](#)) als auch in drei Reihen (analog zu [Fig. 17](#)) erfolgen, wobei diese zwei Reihen (bzw., im Falle von drei Reihen gemäß [Fig. 17](#), die beiden äußeren Reihen) wiederum bevorzugt die Form konkaver Kurven haben, um die oben beschriebene vorteilhafte Vergrößerung des zur Verfügung stehenden Bauraums zu erzielen.

[0082] Wenn die Erfindung auch anhand spezieller Ausführungsformen beschrieben wurde, erschließen sich für den Fachmann zahlreiche Variationen und alternative Ausführungsformen, z.B. durch Kombination und/oder Austausch von Merkmalen einzelner Ausführungsformen. Dementsprechend versteht es sich für den Fachmann, dass derartige Variationen und alternative Ausführungsformen von der vorliegenden Erfindung mit umfasst sind, und die Reichweite der Erfindung nur im Sinne der beigefügten Patentansprüche und deren Äquivalente beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Projektionsbelichtungsanlage (1), mit
 - wenigstens zwei Projektionsobjektiven (20), von denen jedes ein Objektfeld (50) in ein Bildfeld (60, 60', 60'') abbildet;
 - wobei diese Bildfelder (60, 60', 60'') in einem Substratbereich (40) in einer Substratebene angeordnet sind, wobei der Substratbereich (40) in einer vorbestimmten Scanrichtung (S) relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (20) bewegbar ist;
 - wobei wenigstens eines dieser Projektionsobjektive (20) einen Teilabschnitt seiner optischen Achse aufweist, welcher nicht senkrecht zu der Substratebene verläuft; und
 - wobei die Projektion (p_1-p_7) dieses Teilabschnitts in die Substratebene nicht parallel zur Scanrichtung (S) verläuft.
2. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen dieser Projektion (p_1-p_7) und der Scanrichtung betragsmäßig größer als 2°, bevorzugt größer als 3°, und noch bevorzugter größer als 4° ist.
3. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Winkel zwischen zwei solcher Projektionen (p_1-p_7) von unterschiedlichen Projektionsobjektiven betragsmäßig größer als 2°, bevorzugt größer als 3°, und noch bevorzugter größer als 4° ist.
4. Projektionsbelichtungsanlage (1), mit
 - wenigstens zwei Projektionsobjektiven (20), von denen jedes ein Objektfeld (50) in ein Bildfeld (60, 60', 60'') abbildet;
 - wobei diese Bildfelder (60, 60', 60'') in einem Substratbereich (40) angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung (S) relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (20) bewegbar ist;

- wobei wenigstens eines dieser Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) durch eine Mehrzahl von geradlinig verlaufenden Seitenlinien derart begrenzt ist, dass die Normale (y_1 – y_7) auf der längsten dieser Seitenlinien nicht parallel zur Scanrichtung (S) verläuft.

5. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen dieser Normalen und der Scanrichtung (S) betragsmäßig größer als 2° , bevorzugt größer als 3° , und noch bevorzugter größer als 4° ist.

6. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen mindestens zwei solcher Normalen von unterschiedlichen Bildfeldern betragsmäßig größer als 2° , bevorzugt größer als 3° , und noch bevorzugter größer als 4° ist.

7. Projektionsbelichtungsanlage (**1**), mit

- wenigstens zwei Projektionsobjektiven (**20**), von denen jedes ein Objektfeld (**50**) in ein Bildfeld (**60**, **60'**, **60''**) abbildet;
- wobei diese Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) in einem Substratbereich (**40**) angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung (S) relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) bewegbar ist;
- wobei jedes dieser Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) eine Mehrzahl von Eckpunkten aufweist; und
- wobei die Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) derart angeordnet sind, dass die längste auftretende Verbindungsgerade (d_1 – d_7) zwischen zwei Eckpunkten in einem dieser Bildfelder nicht parallel zur längsten auftretenden Verbindungsgerade (d_1 – d_7) zwischen zwei Eckpunkten in dem anderen dieser Bildfelder ist.

8. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen diesen Verbindungsgeraden betragsmäßig größer als 2° , bevorzugt größer als 3° , und noch bevorzugter größer als 4° ist.

9. Projektionsbelichtungsanlage (**1**), mit

- einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**), von denen jedes ein Objektfeld (**50**) in ein Bildfeld (**60**) abbildet;
- wobei diese Bildfelder (**60**) in einem Substratbereich (**40**) angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung (S) relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) bewegbar ist; und
- wobei wenigstens drei quer zur Scanrichtung aufeinanderfolgend angeordnete Bildfelder (**60**) auf einer nichtlinearen Kurve (A, B) liegen.

10. Projektionsbelichtungsanlage (**1**), mit

- einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**), von denen jedes ein Objektfeld (**50**) in ein Bildfeld (**60**, **60'**, **60''**) abbildet;
- wobei diese Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) in einem Substratbereich (**40**) angeordnet sind, welcher in einer

vorbestimmten Scanrichtung (S) relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) während eines Scan-Prozesses bewegbar ist;

- wobei diese Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) in wenigstens zwei sich jeweils quer zur Scan-Richtung erstreckenden Gruppen derart angeordnet sind, dass Bildfelder der einen Gruppe in Bezug auf Bildfelder der anderen Gruppe quer zur Scan-Richtung versetzt sind; und
- wobei diese Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) wenigstens einer der Gruppen entlang einer nichtlinear verlaufenden Kurven (A, B) angeordnet sind.

11. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) beider Gruppen entlang nichtlinear verlaufender Kurven (A, B) angeordnet sind.

12. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste nichtlineare Kurve (A) und die zweite nichtlineare Kurve relativ zueinander konkav gekrümmt sind.

13. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) ferner aufweist:

- eine dritte Gruppe von Projektionsobjektiven (**20**), welche eine dritte Gruppe von Bildfeldern (**60**, **60'**, **60''**) erzeugt, die in Bezug auf die Scanrichtung zwischen der ersten nichtlinearen Kurve (A) und der zweiten nichtlinearen Kurve (B) angeordnet sind.

14. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) der dritten Gruppe von Bildfeldern entlang einer geraden Linie quer zur Scanrichtung angeordnet sind.

15. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die erste nichtlineare Kurve (A) und die zweite nichtlineare Kurve (B) zueinander spiegelsymmetrisch angeordnet sind.

16. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die erste nichtlineare Kurve (A) und die zweite nichtlineare Kurve (B) jeweils die Form eines Kreissegments haben.

17. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildfelder (**60**, **60'**, **60''**) der dritten Gruppe von Bildfeldern (**60**) jeweils durch ein Projektionsobjektiv (**300**) erzeugt werden, welches einen rein refraktiven Aufbau aufweist.

18. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einigen der Projektionsobjektive die optischen Achsen sämtlicher Teilsysteme

me des jeweiligen Projektionsobjektivs eine einheitliche optische Achse dieses Projektionsobjektivs bilden.

19. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einige der Projektionsobjektive ein erstes Teilsystem (**210a**, **220a**) und wenigstens ein zweites Teilsystem (**210b**, **220b**) aufweisen, wobei das erste Teilsystem (**210a**, **220a**) ein katadioptrisches Teilsystem ist und das zweite Teilsystem (**210b**, **220b**) ein rein refraktives Teilsystem ist.

20. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Achsen der beiden Teilsysteme parallel zueinander versetzt sind.

21. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das vom ersten Teilsystem (**210a**, **220a**) erzeugte Zwischenbild zur optischen Achse des zweiten Teilsystems (**210b**, **220b**) zentrisch angeordnet ist.

22. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektionsobjektive (**20**) jeweils den gleichen Aufbau aufweisen.

23. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Projektionsobjektive (**230**, **240**, **250**, **260**) eine zueinander invertierte Anordnung ihrer optischen Elemente aufweisen.

24. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektionsobjektive (**20**) einen Abbildungsmaßstab $\beta = 1$ aufweisen.

25. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive (**20**) keinen Faltspiegel aufweist.

26. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive (**20**) wenigstens ein Zwischenbild erzeugt.

27. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive (**20**) eine ungerade Anzahl von Zwischenbildern erzeugt.

28. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive wenigstens ein katadioptrisches Teilsystem mit wenigstens einem Konkavspiegel aufweist.

29. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive (**140**, **150**, **160**) wenigstens ein Dachkantprisma (**141**, **151**, **164**) oder eine Dachkantspiegelanordnung (**171–174**) aufweist.

30. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive wenigstens ein Teilsystem vom Offner-Typ aufweist.

31. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive wenigstens ein Teilsystem vom Dyson-Typ aufweist.

32. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive wenigstens ein Teilsystem vom Offner-Typ und wenigstens ein Teilsystem vom Dyson-Typ aufweist.

33. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Projektionsobjektiv (**230**) ein erstes Teilsystem (**230a**) vom Offner-Typ und ein zweites Teilsystem (**230b**) vom Dyson-Typ aufweist, und ein zum ersten Projektionsobjektiv benachbartes zweites Projektionsobjektiv (**240**) ein dem ersten Teilsystem (**230a**) des ersten Projektionsobjektivs (**230**) benachbartes erstes Teilsystem (**240a**) vom Dyson-Typ und ein dem zweiten Teilsystem (**230b**) des ersten Projektionsobjektivs (**230**) benachbartes zweites Teilsystem (**240b**) vom Offner-Typ aufweist.

34. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Projektionsobjektiv ein erstes Teilsystem vom Offner-Typ und ein zweites rein refraktives Teilsystem aufweist, und ein zum ersten Projektionsobjektiv benachbartes zweites Projektionsobjektiv ein dem ersten Teilsystem des ersten Projektionsobjektivs benachbartes erstes rein refraktives Teilsystem und ein dem zweiten Teilsystem des ersten Projektionsobjektivs benachbartes zweites Teilsystem vom Offner-Typ aufweist.

35. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Projektionsobjektiv (**260**) ein erstes Teilsystem (**260a**) vom Dyson-Typ und ein zweites rein refraktives Teilsystem (**260b**) aufweist, und ein zum ersten Projektionsobjektiv (**260**) benachbartes zweites Projektionsobjektiv (**250**) ein dem ersten Teilsystem (**260a**) des ersten Projektionsobjektivs (**260**) benachbartes erstes rein refraktives Teilsystem

(**250a**) und ein dem zweiten Teilsystem (**260b**) des ersten Projektionsobjektivs (**260**) benachbartes zweites Teilsystem (**250b**) vom Dyson-Typ aufweist.

36. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive zwei Teilsysteme von Offner-Typ aufweist, zwischen denen ein Zwischenbild erzeugt wird.

37. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Projektionsobjektive zwei Teilsysteme von Dyson-Typ aufweist, zwischen denen ein Zwischenbild erzeugt wird.

38. Projektionsbelichtungsanlage (**1**), mit

- einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**), von denen jedes ein Objektfeld (**50**) in ein Bildfeld (**60**) abbildet;
- wobei die Bildfelder (**60**) in einem Substratbereich (**40**) angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung (S) relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) bewegbar ist; und
- wobei wenigstens eines der Projektionsobjektive ein erstes Teilsystem (**210a**, **220a**) und wenigstens ein zweites Teilsystem (**210b**, **220b**) aufweist;
- wobei das erste Teilsystem (**210a**, **220a**) ein katadioptrisches Teilsystem ist und das zweite Teilsystem (**210b**, **220b**) ein rein refraktives Teilsystem ist.

39. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Achsen der beiden Teilsysteme parallel zueinander versetzt sind.

40. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass das vom ersten Teilsystem (**210a**, **220a**) erzeugte Zwischenbild zur optischen Achse des zweiten Teilsystems (**210b**, **220b**) zentrisch angeordnet ist.

41. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Objektfelder (**50**) in einem Retikelbereich (**30**) angeordnet sind, welcher in der vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) bewegbar ist.

42. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Objektfelder (**50**) relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) an einer feststehenden Position angeordnet sind.

43. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einem der Objektfelder ein durch ein Projektionsobjektiv abzubildendes Muster durch ein mikroelektronisch-mechanisches System (MEMS) erzeugt ist.

44. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 4.3, dadurch gekennzeichnet, dass das mikroelektronisch-mechanische System (MEMS) wenigstens eine digitale Mikrospiegelvorrichtung (DMD) aufweist.

45. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einem der Objektfelder ein jeweils durch ein Projektionsobjektiv abzubildendes Muster durch eine Mehrzahl von DMD's erzeugt wird.

46. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Mehrzahl von DMD's erzeugten Muster zu einem gemeinsamen Objektfeld zusammengefügt werden.

47. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 250 nm, bevorzugt weniger als 200 nm und noch bevorzugter weniger als 160 nm ausgelegt ist.

48. Projektionsbelichtungsanlage, mit

- einer Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**), von denen jedes jeweils ein Objektfeld (**50**) in ein Bildfeld (**60**) abbildet;
- wobei diese Bildfelder (**60**) in einem Substratbereich (**40**) angeordnet sind, welcher in einer vorbestimmten Scanrichtung relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) bewegbar ist; und
- wobei die Objektfelder (**50**) relativ zu der Mehrzahl von Projektionsobjektiven (**20**) an einer feststehenden Position angeordnet sind.

49. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, dass in den Objektfeldern (**50**) ein jeweils durch ein Projektionsobjektiv (**20**) abzubildendes Muster durch ein mikroelektronisch-mechanisches System (MEMS) erzeugt ist.

50. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass das mikroelektronisch-mechanische System (MEMS) wenigstens eine digitale Mikrospiegelvorrichtung (DMD) aufweist.

51. Verfahren zur mikrolithographischen Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Bereitstellen eines Substrats (**40**), auf das zumindest bereichsweise eine Schicht aus einem lichtempfindlichen Material aufgebracht ist;
- Bereitstellen eines Maskenbereichs (**30**), der abzubildende Strukturen aufweist;
- Bereitstellen einer Projektionsbelichtungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 50;
- Projizieren wenigstens eines Teils des Maskenbereichs (**30**) auf einen Bereich der Schicht mit Hilfe der

Projektionsbelichtungsanlage.

52. Verfahren zur mikrolithographischen Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Bereitstellen eines Substrats (**40**), auf das zumindest bereichsweise eine Schicht aus einem lichtempfindlichen Material aufgebracht ist;
- Erzeugen eines Objektfeldes mit Hilfe wenigstens einer digitalen Mikrospiegelvorrichtung (DMD);
- Bereitstellen einer Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche; und
- Projizieren wenigstens eines Teils des Objektfeldes auf einen Bereich der Schicht mit Hilfe der Projektionsbelichtungsanlage.

53. Mikrostrukturiertes Bauelement, das unter Anwendung eines Verfahrens nach Anspruch 51 oder 52 hergestellt ist.

54. LCD-Vorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass sie unter Anwendung eines Verfahrens nach Anspruch 51 oder 52 hergestellt ist.

55. Flat Panel Display, dadurch gekennzeichnet, dass es unter Anwendung eines Verfahrens nach Anspruch 51 oder 52 hergestellt ist.

Es folgen 22 Blatt Zeichnungen

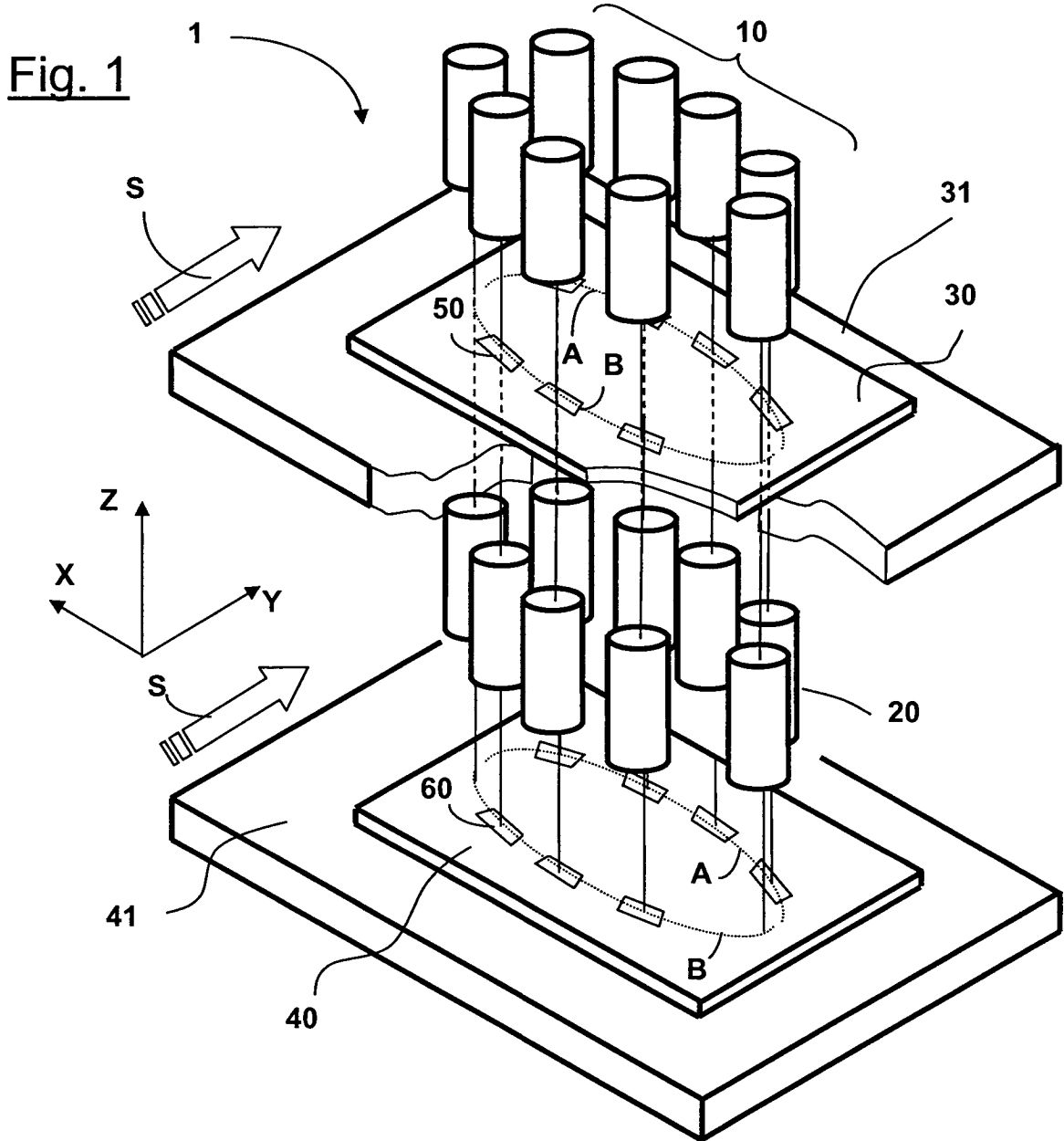


Fig. 2

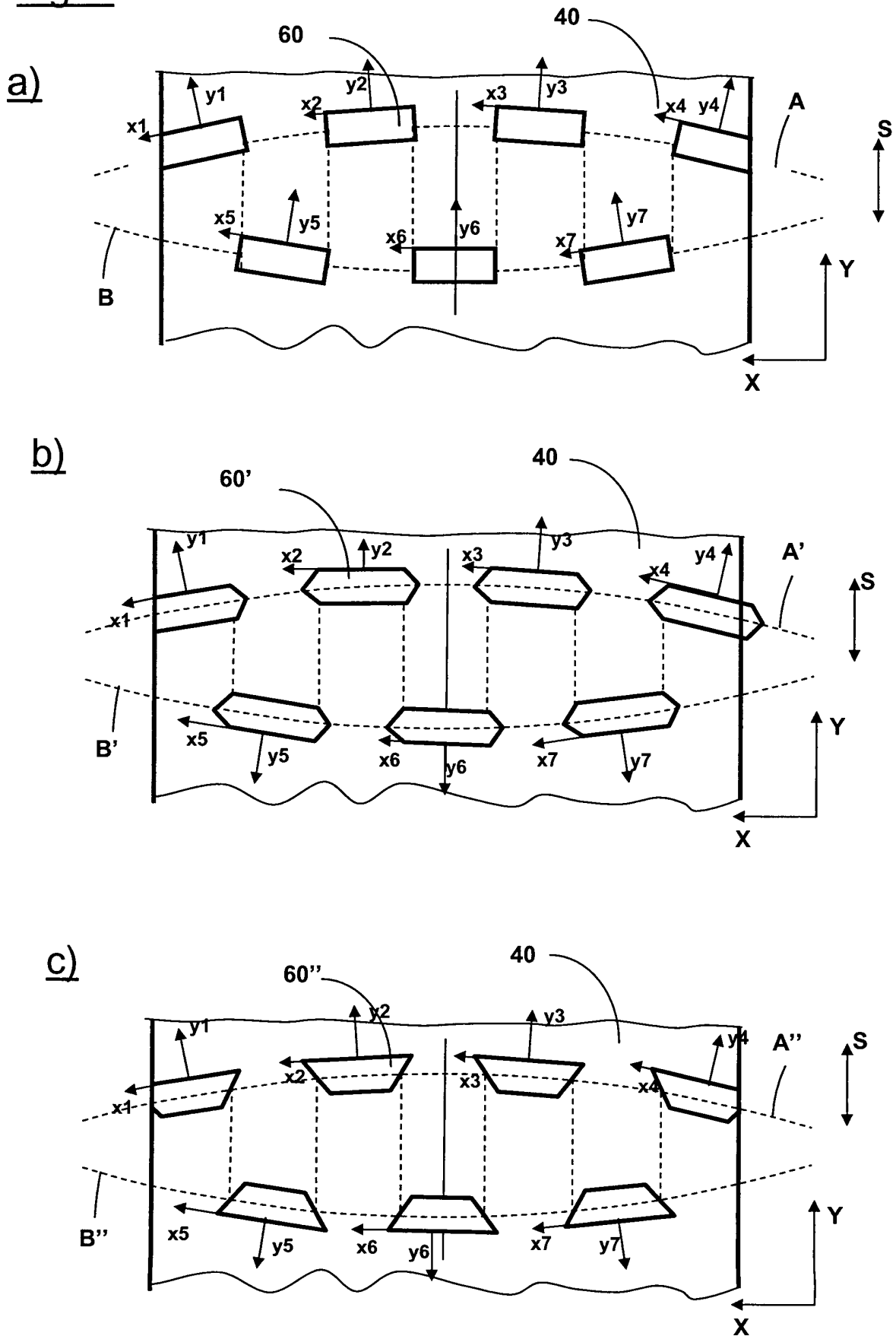


Fig. 2

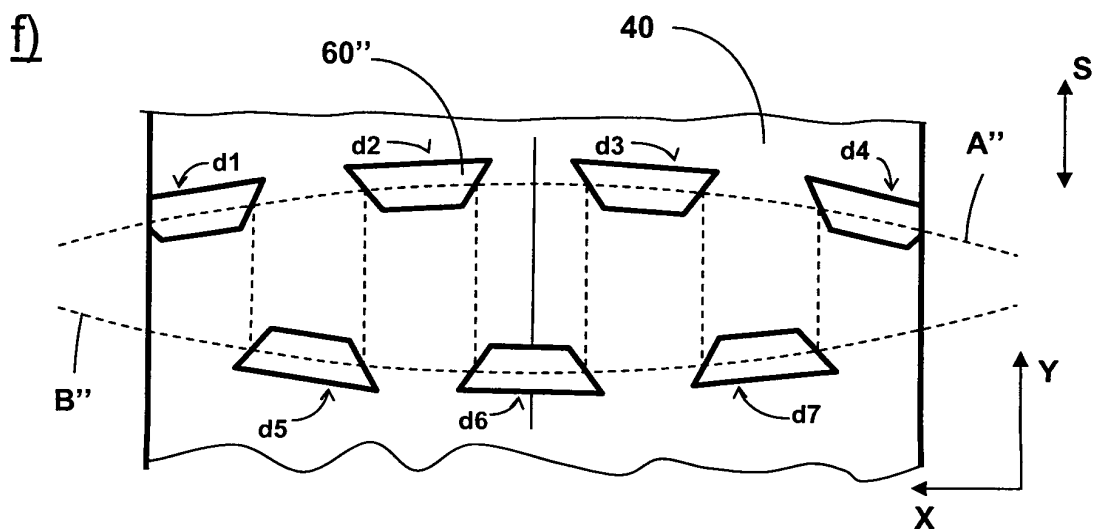
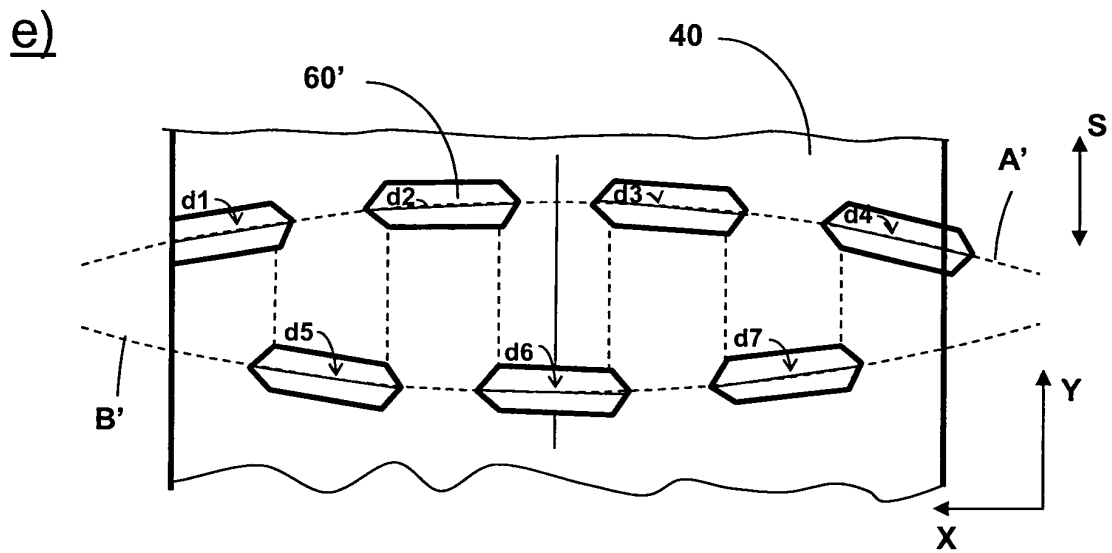
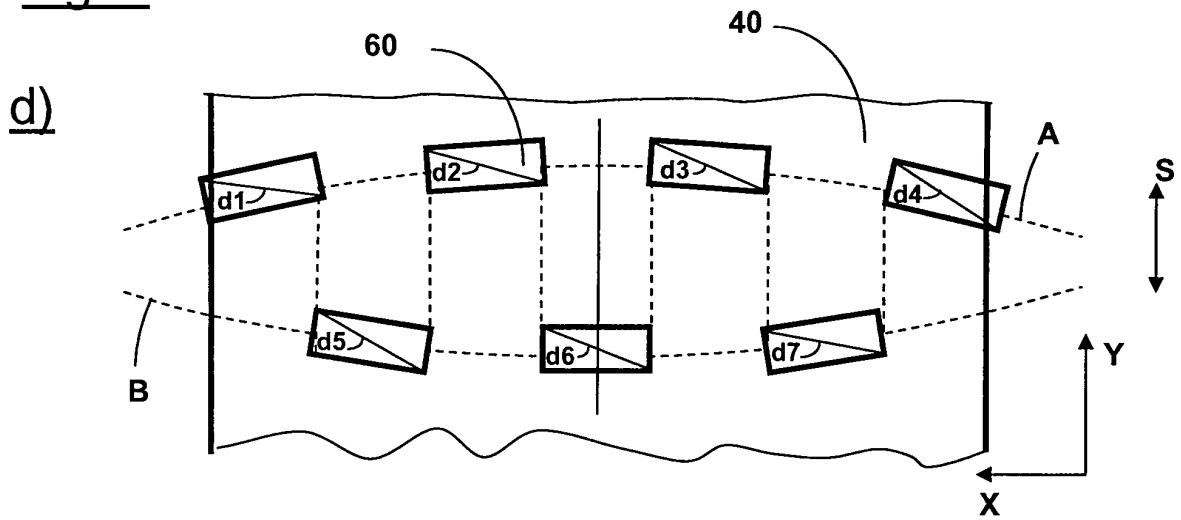
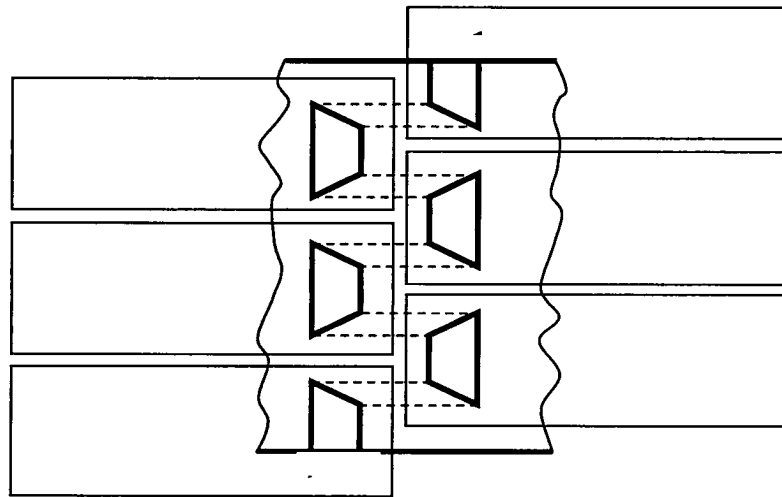


Fig. 3

a)

(Stand der Technik)



b)

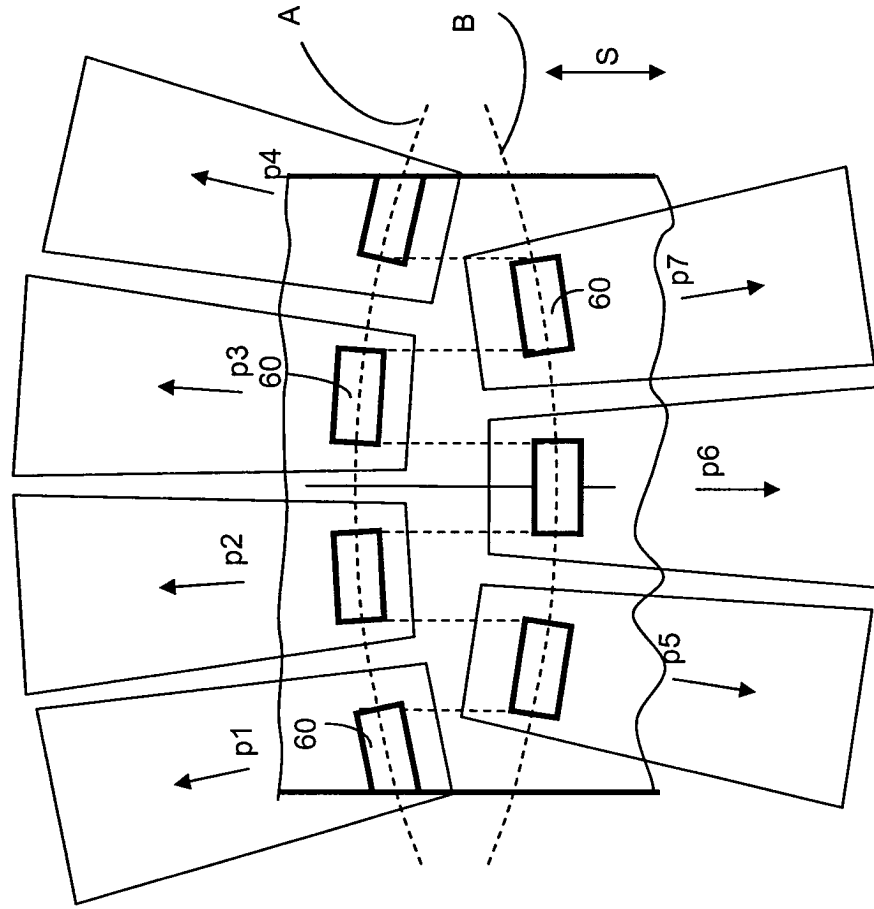


Fig. 4

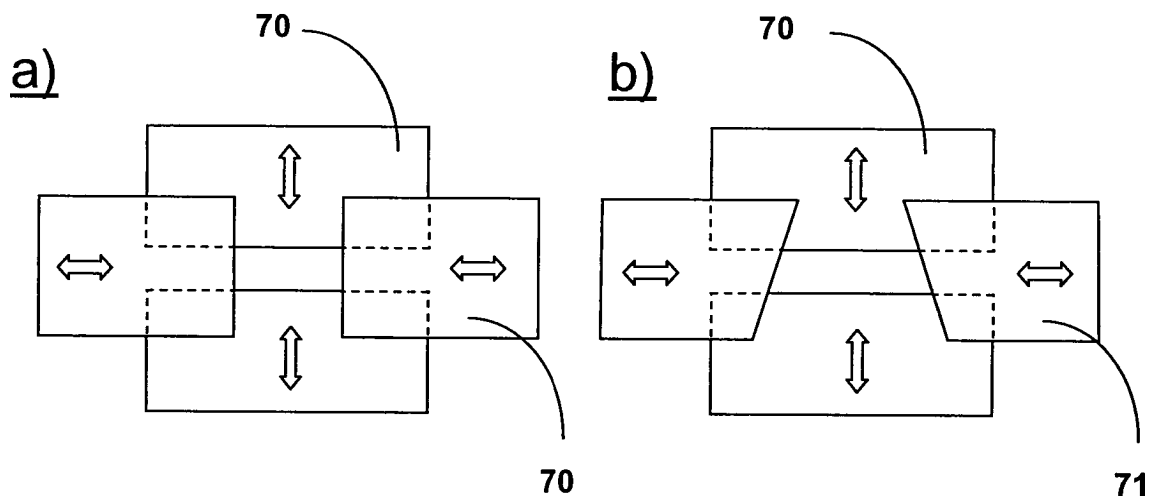


Fig. 5

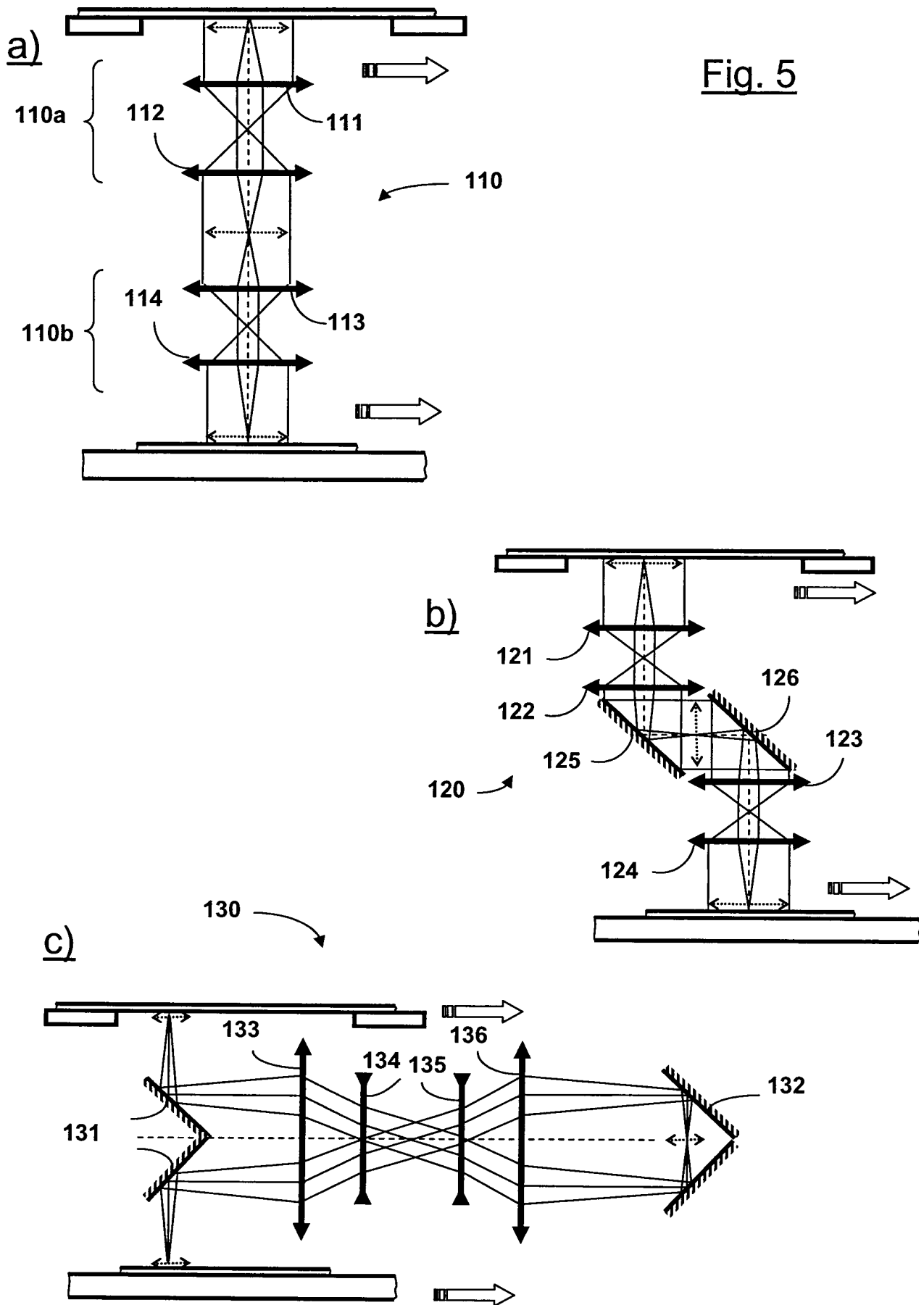


Fig. 6

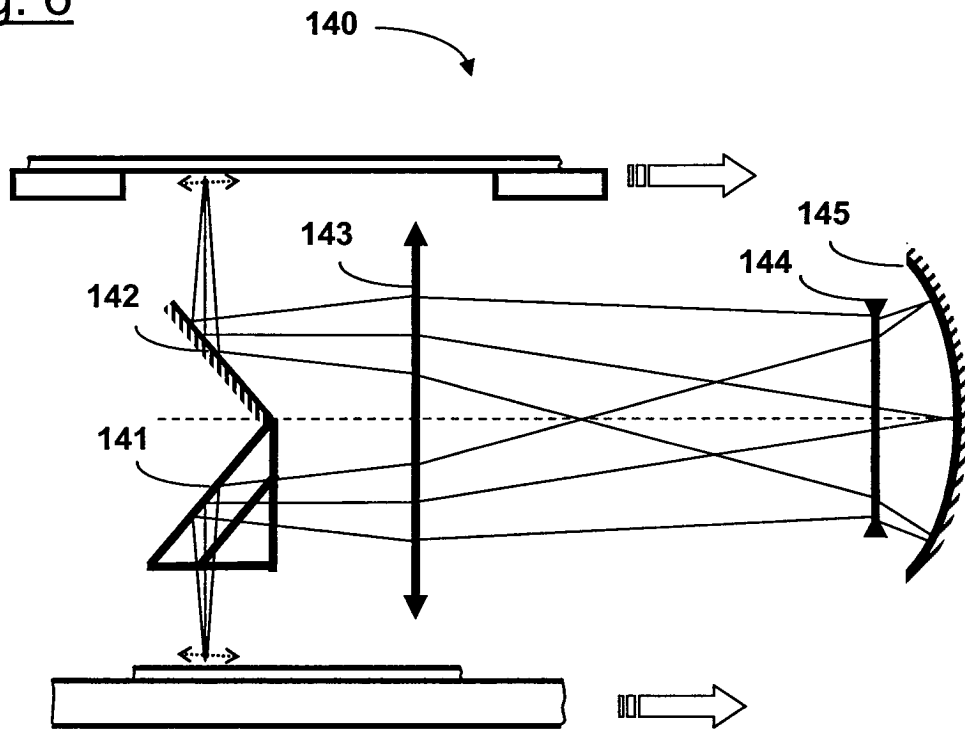


Fig. 7

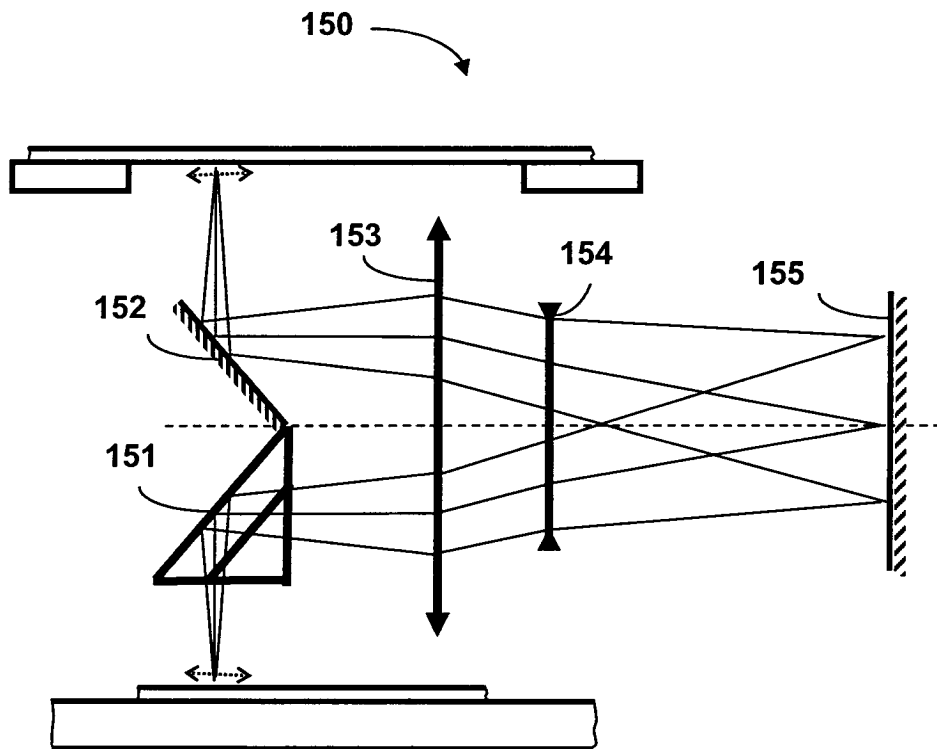


Fig. 8

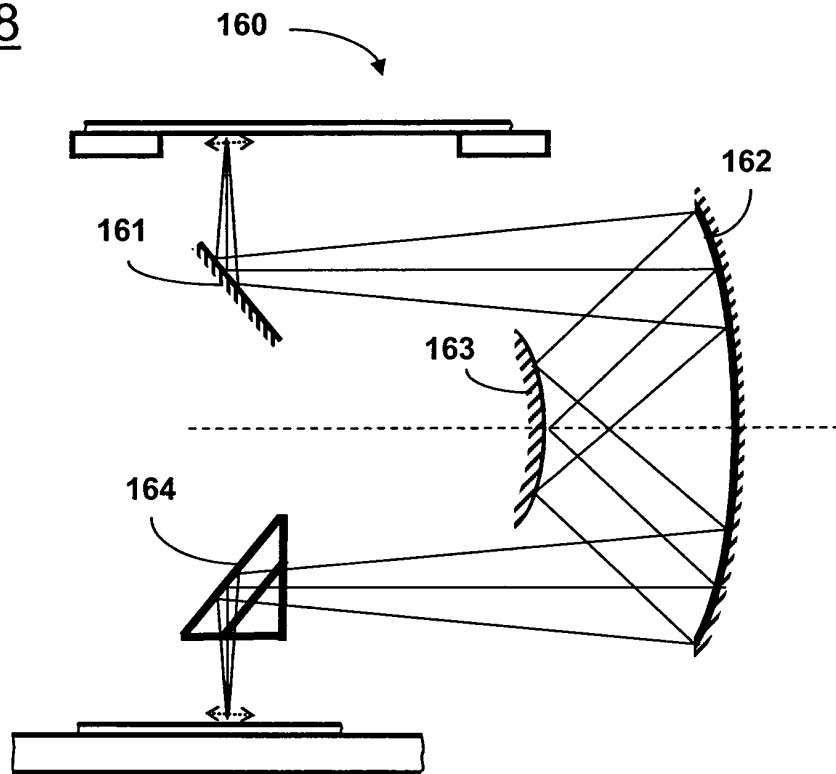


Fig. 9

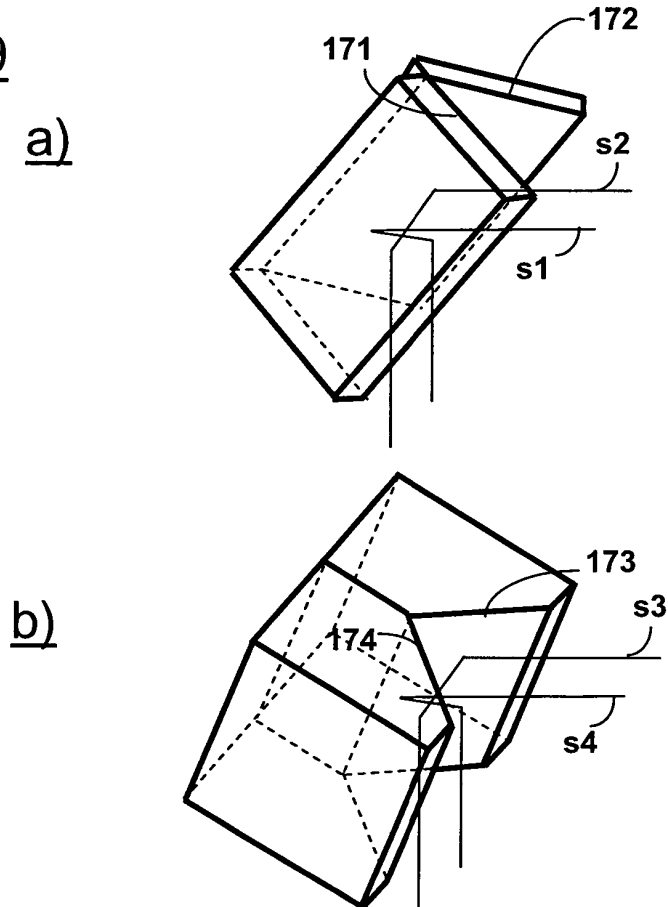


Fig. 10

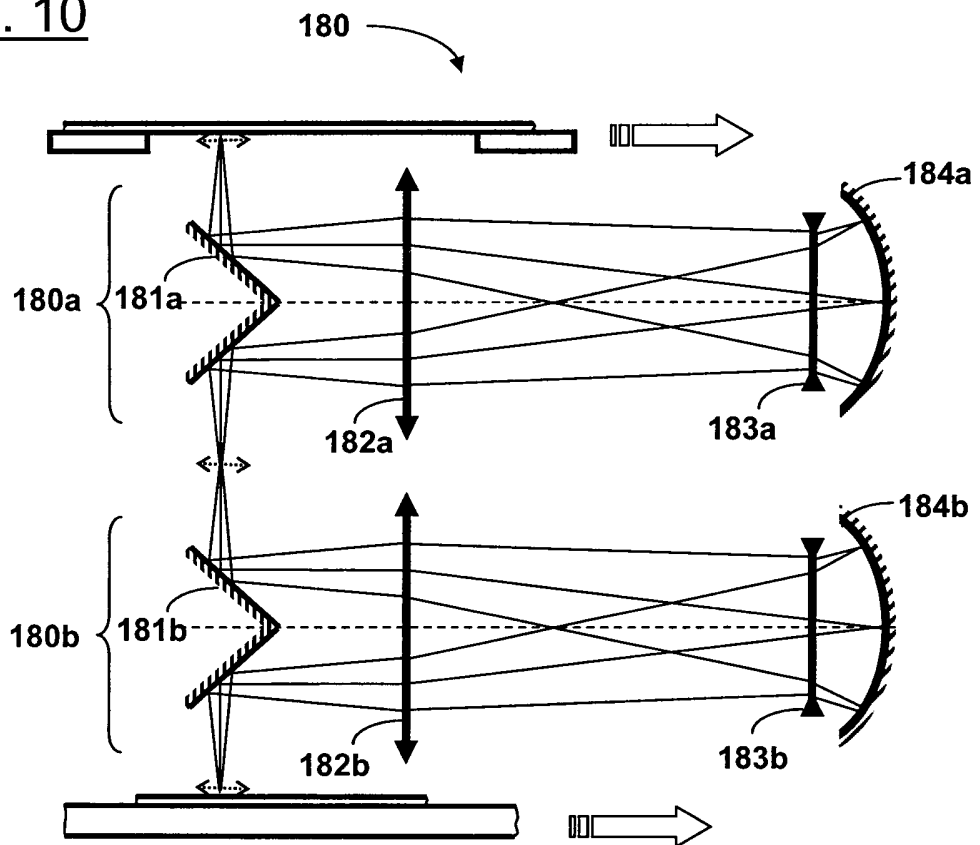


Fig. 11

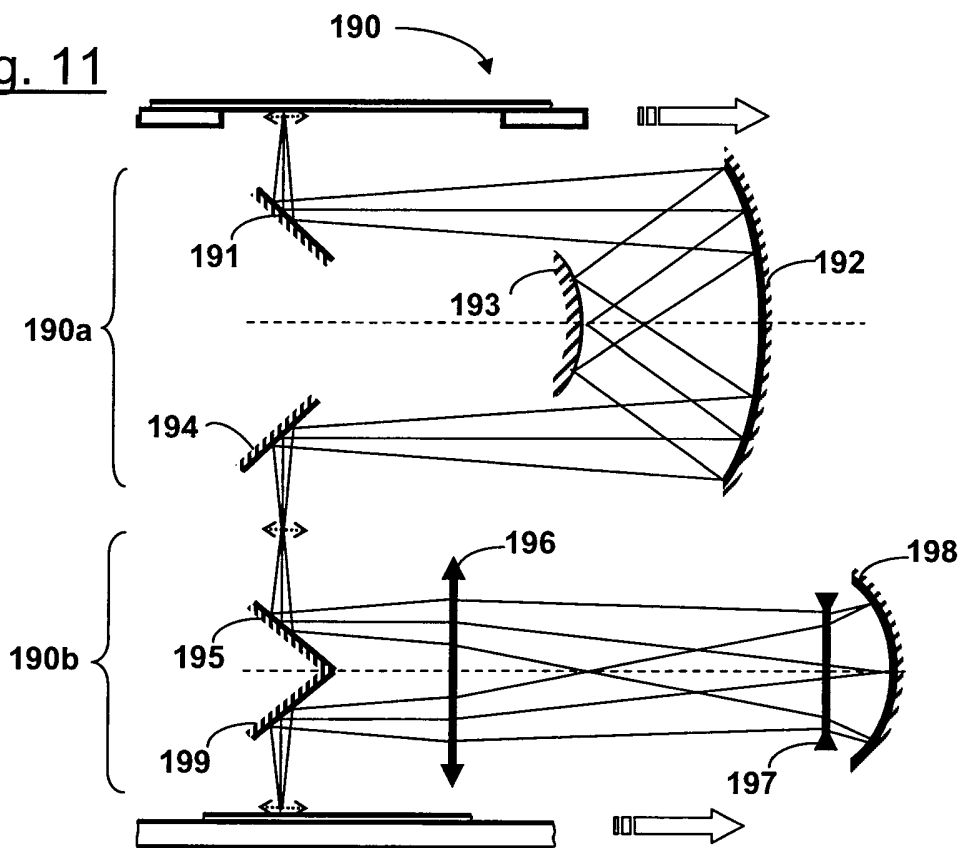


Fig. 12

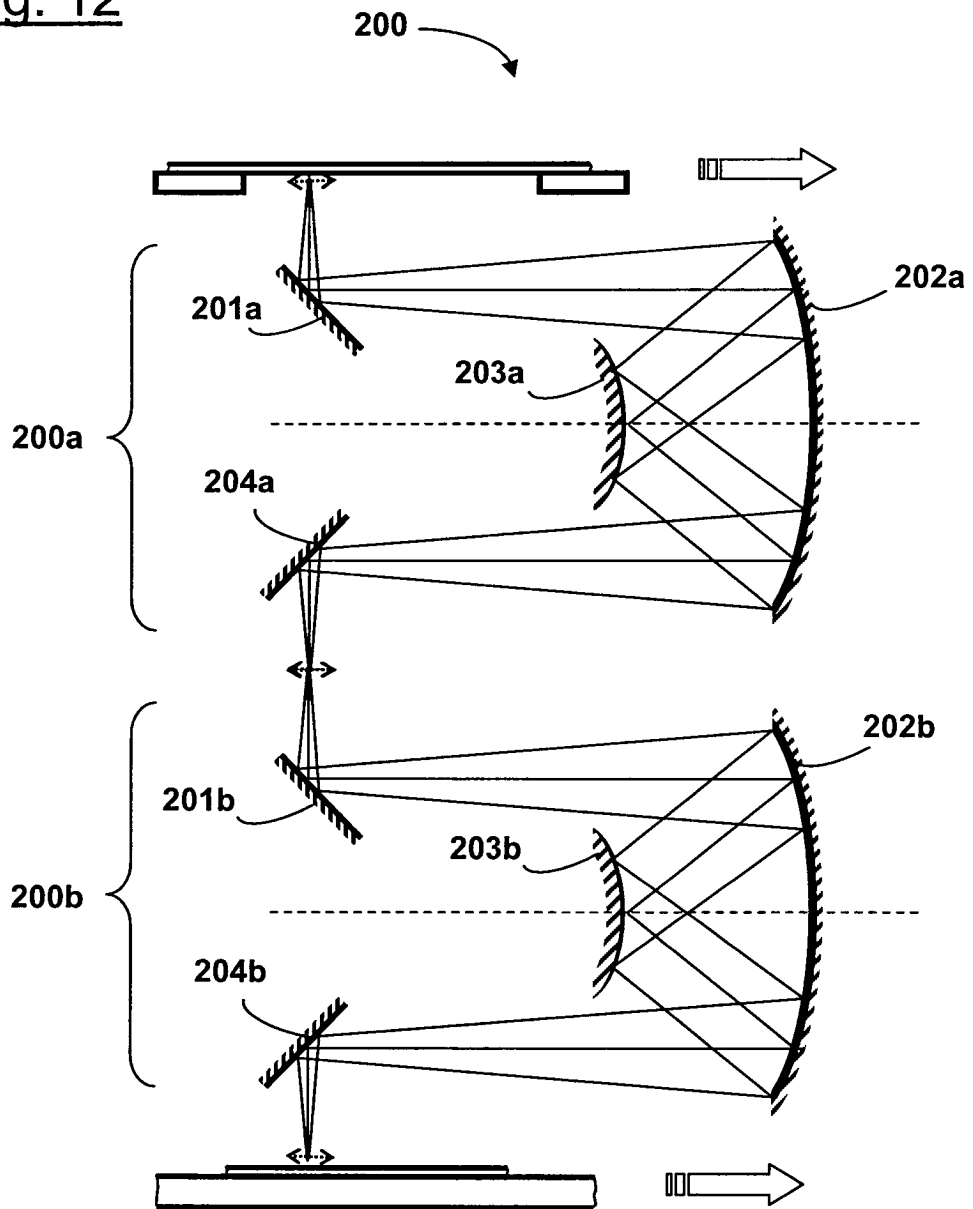


Fig. 13

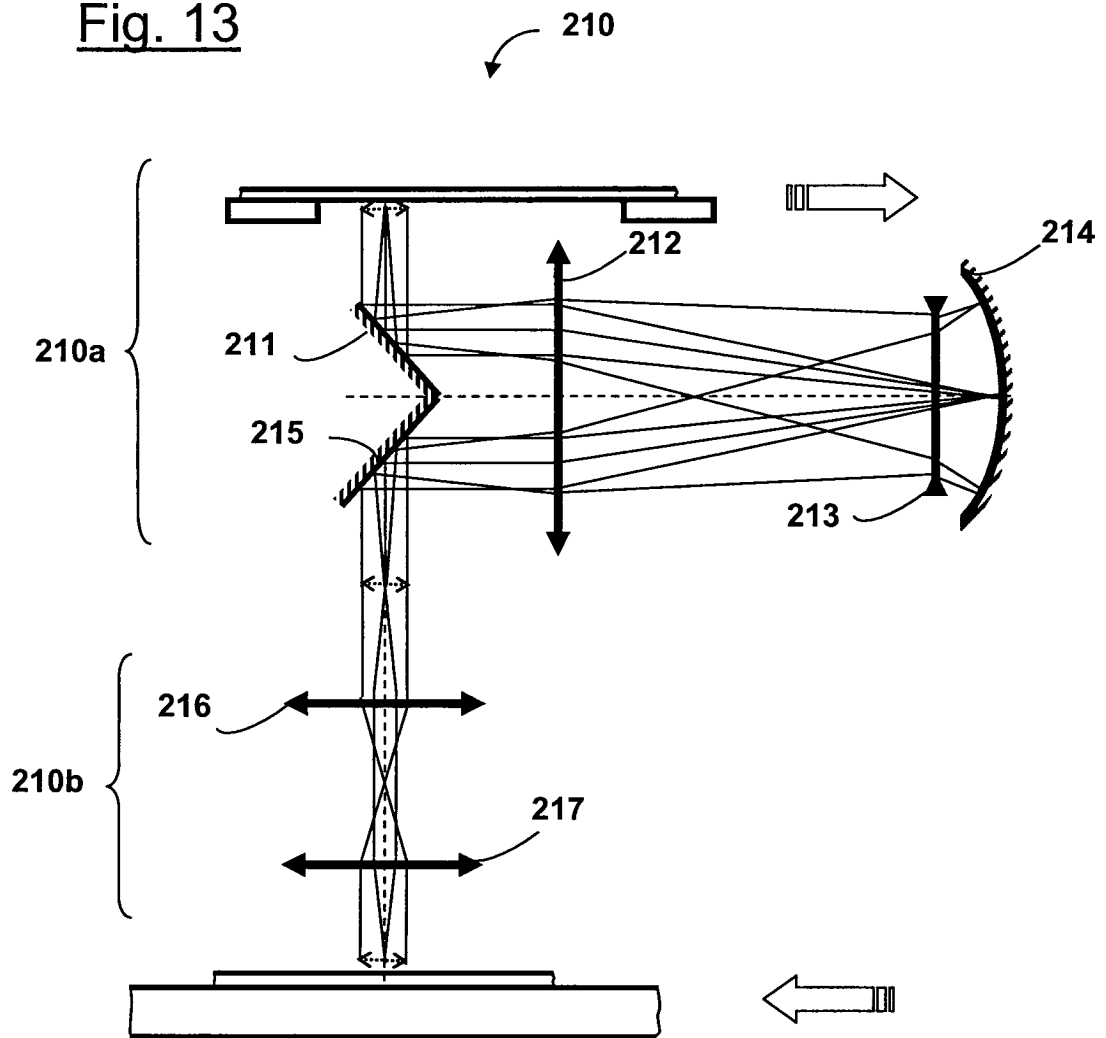


Fig. 14

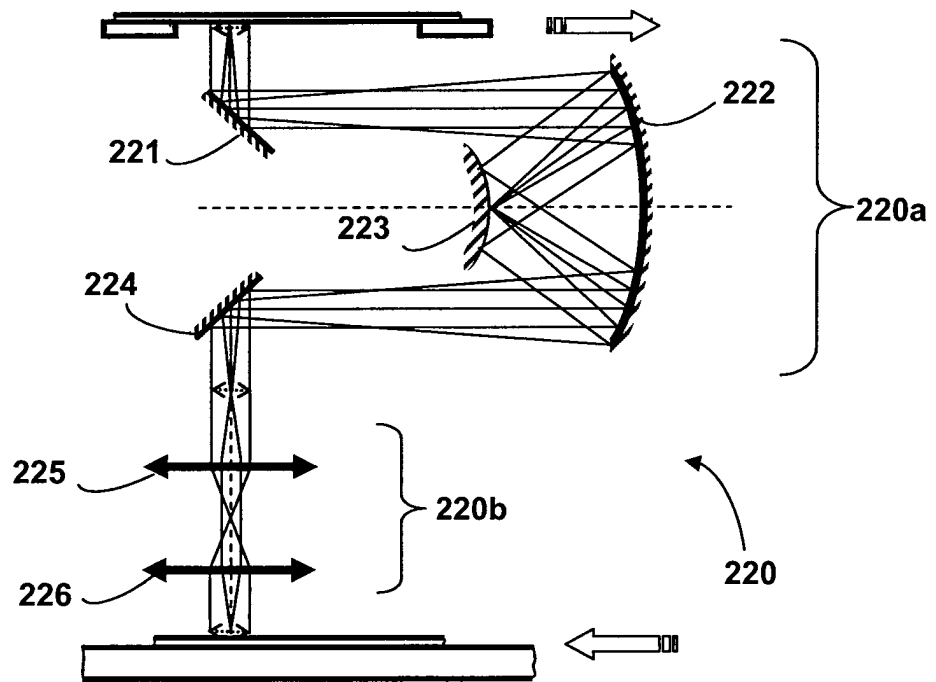


Fig. 15

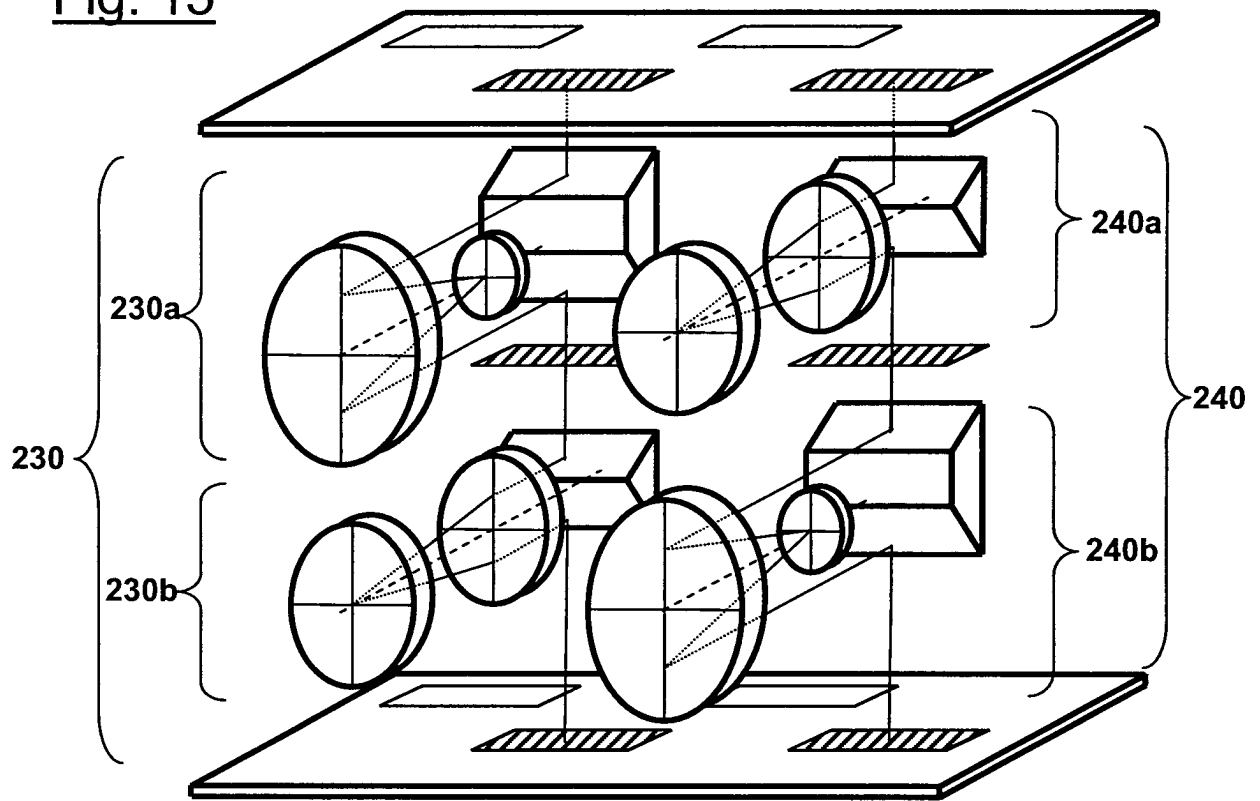


Fig. 16

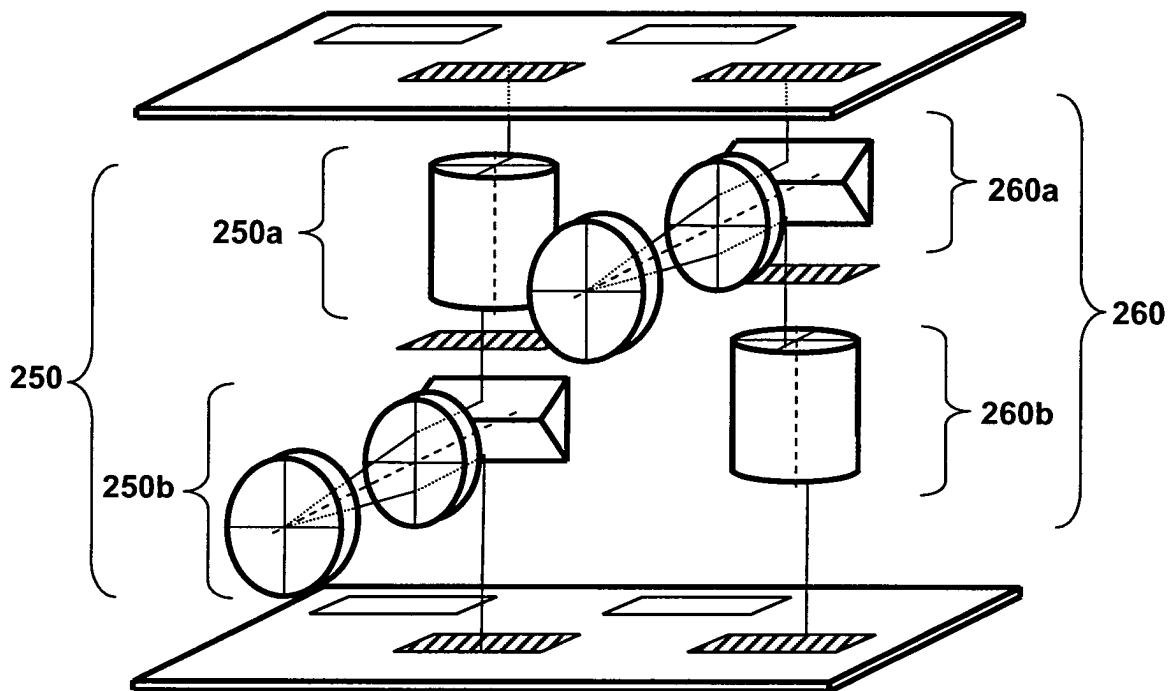
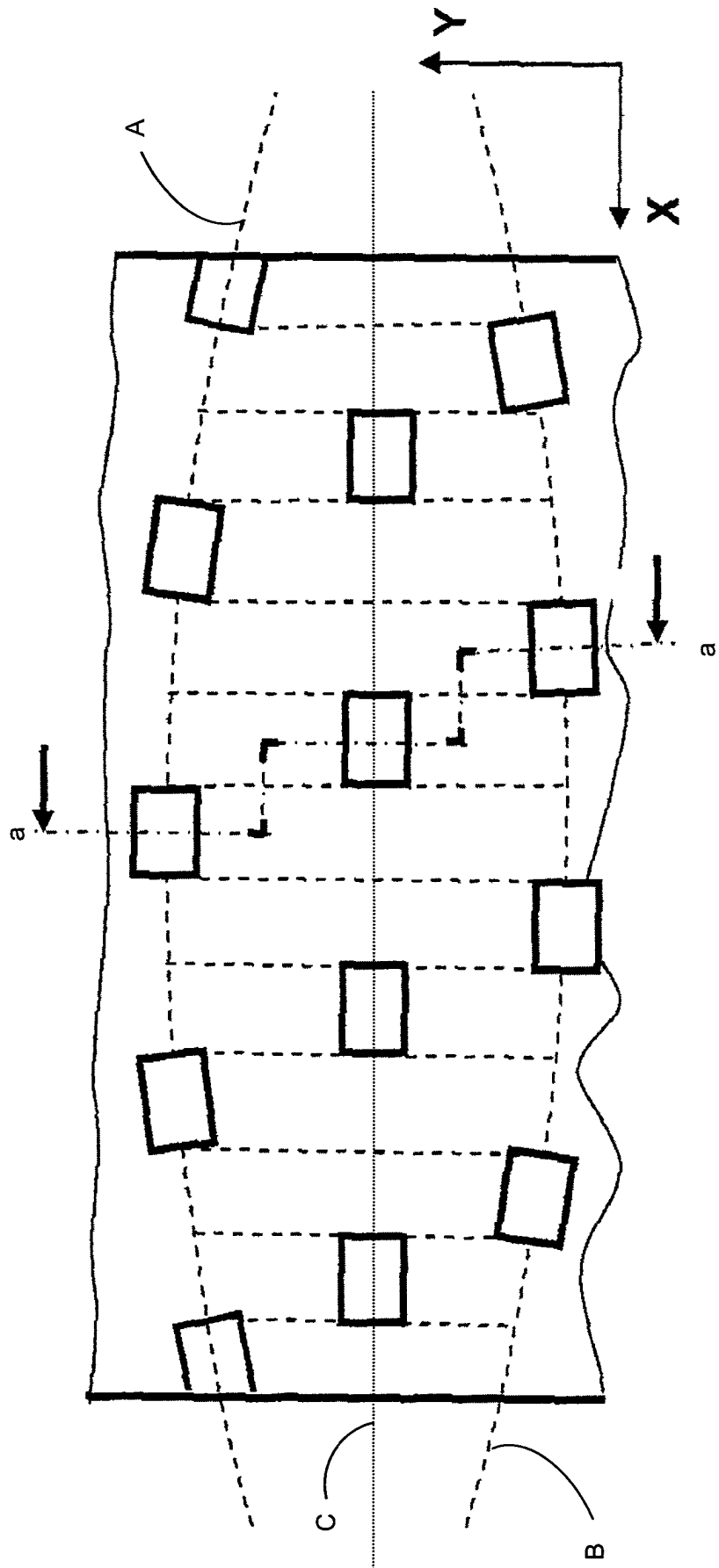


Fig. 17



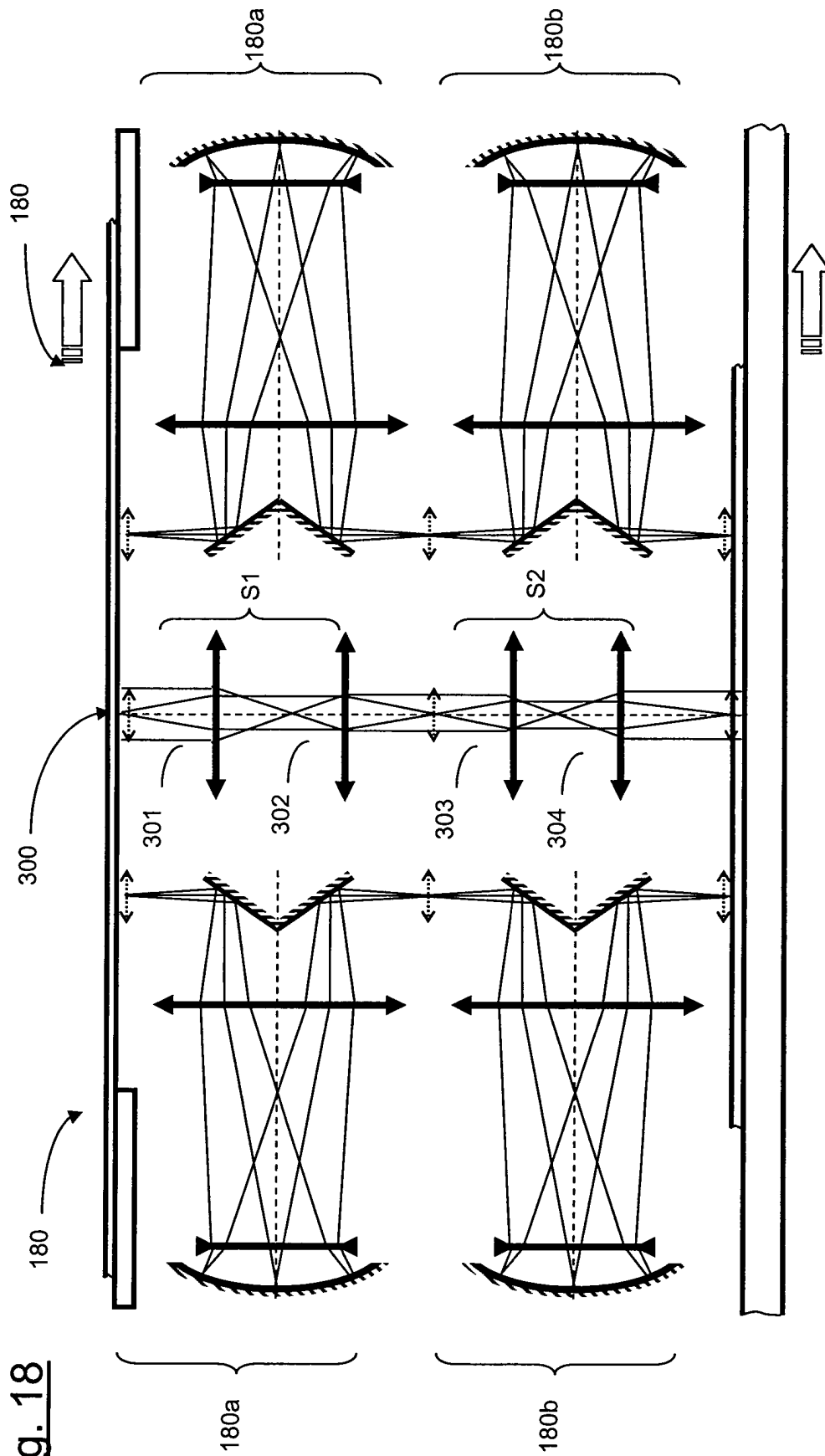


Fig. 18

Fig. 19

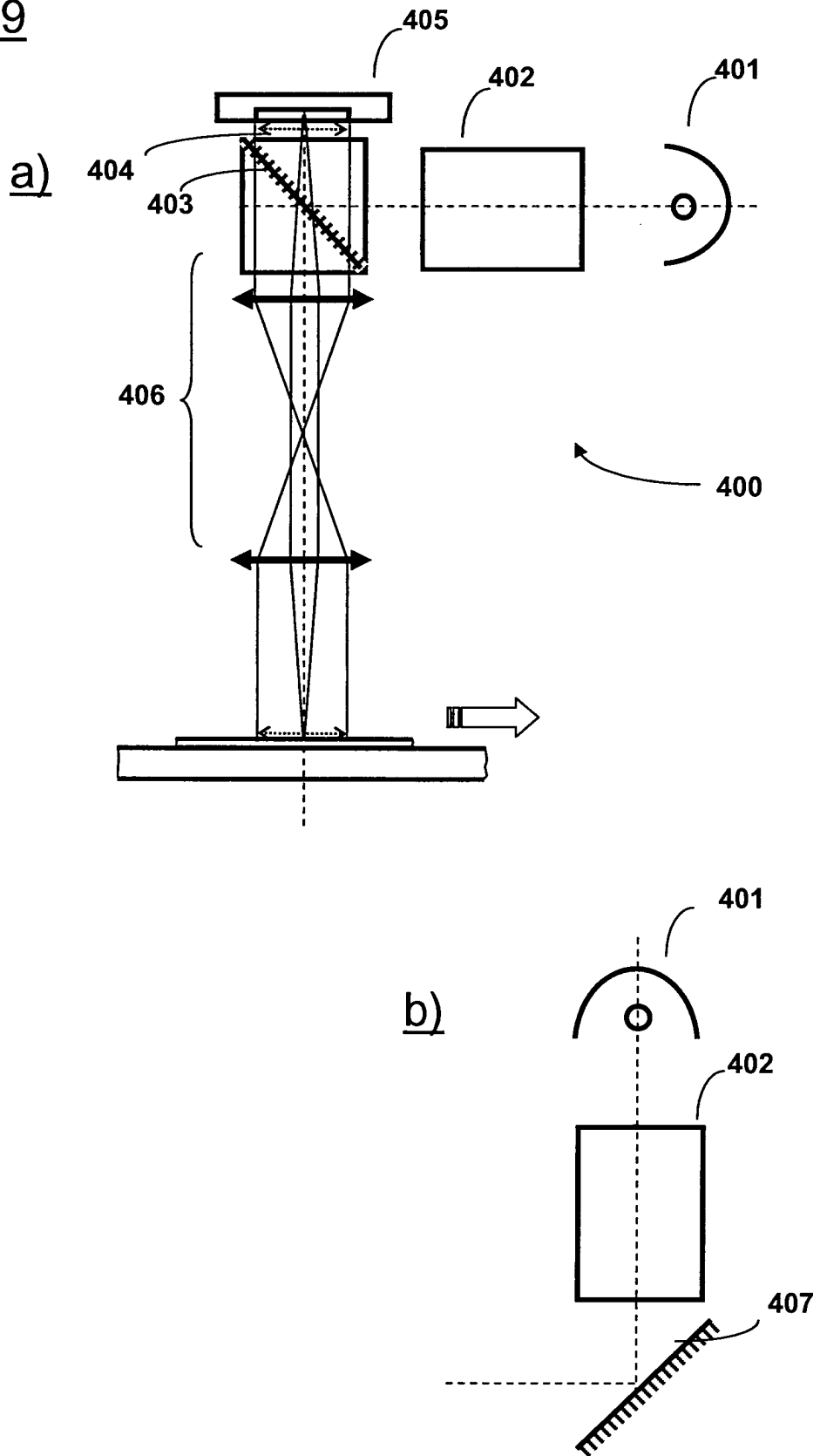


Fig. 21

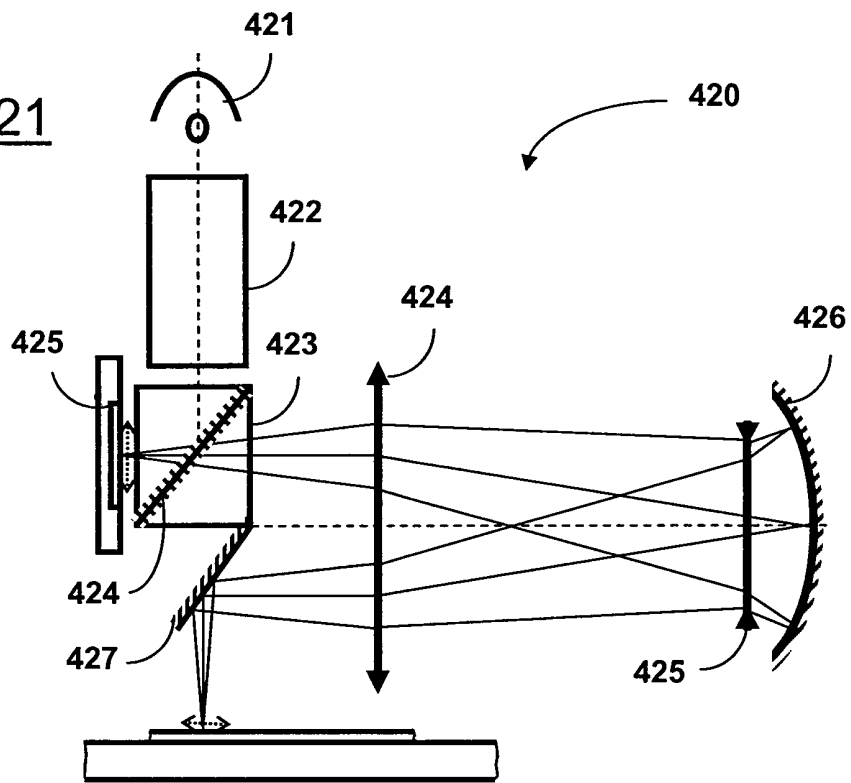
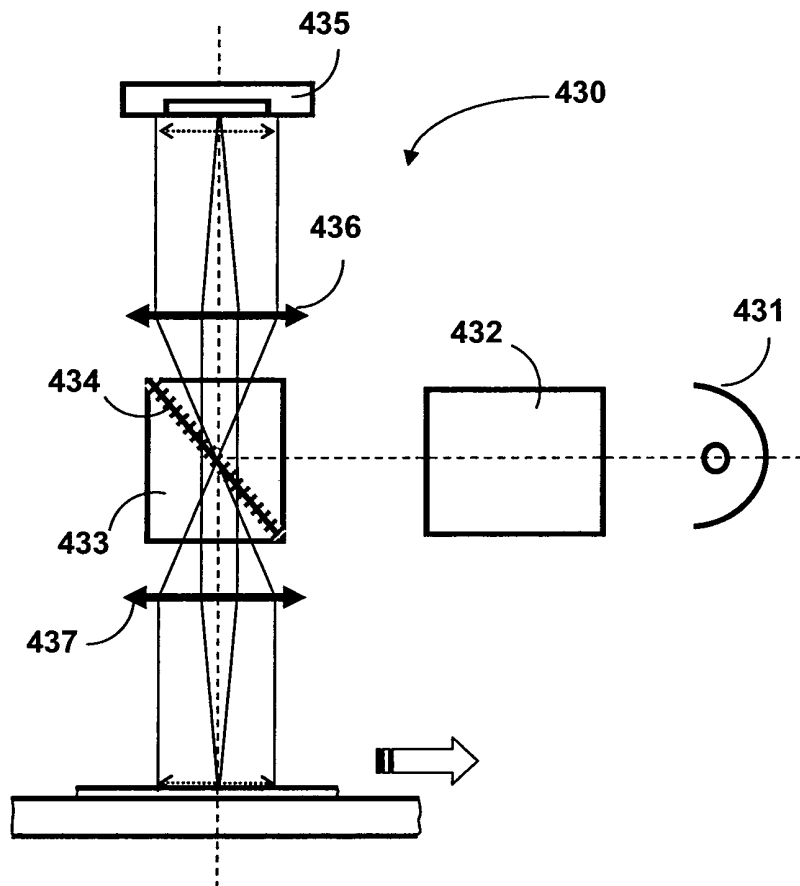


Fig. 22



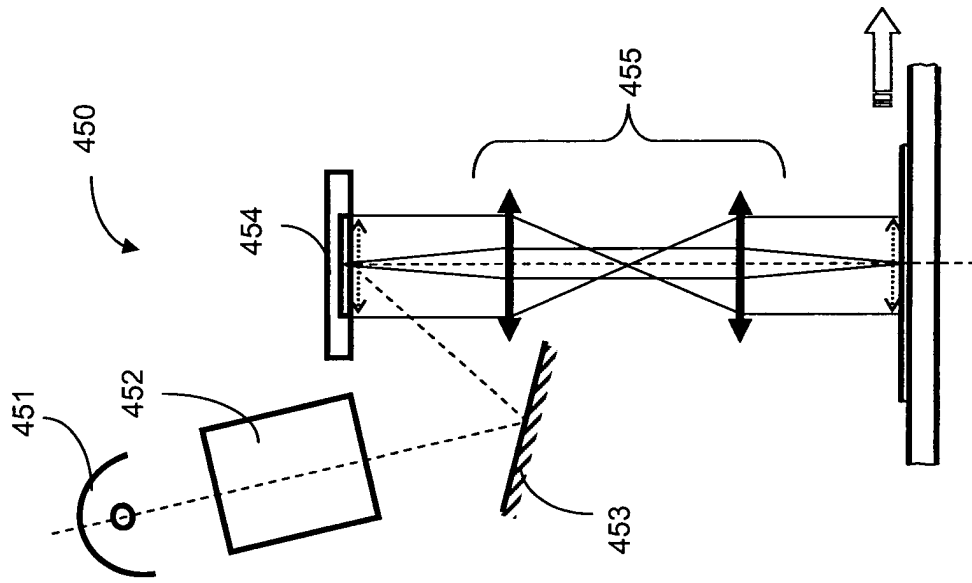


Fig. 24

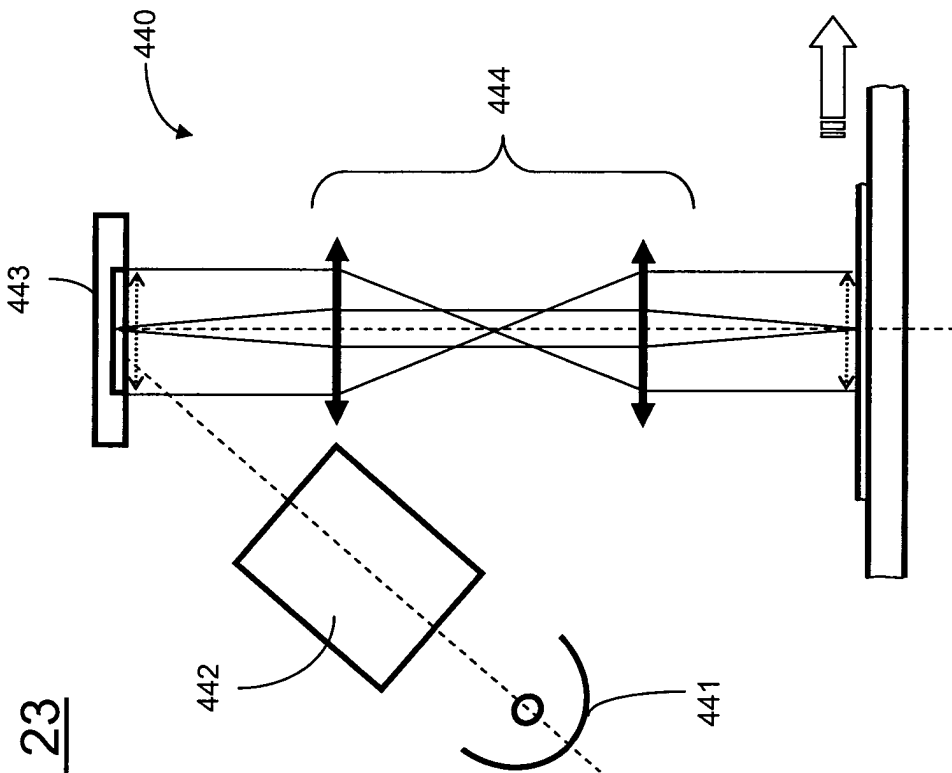


Fig. 23

Fig. 25

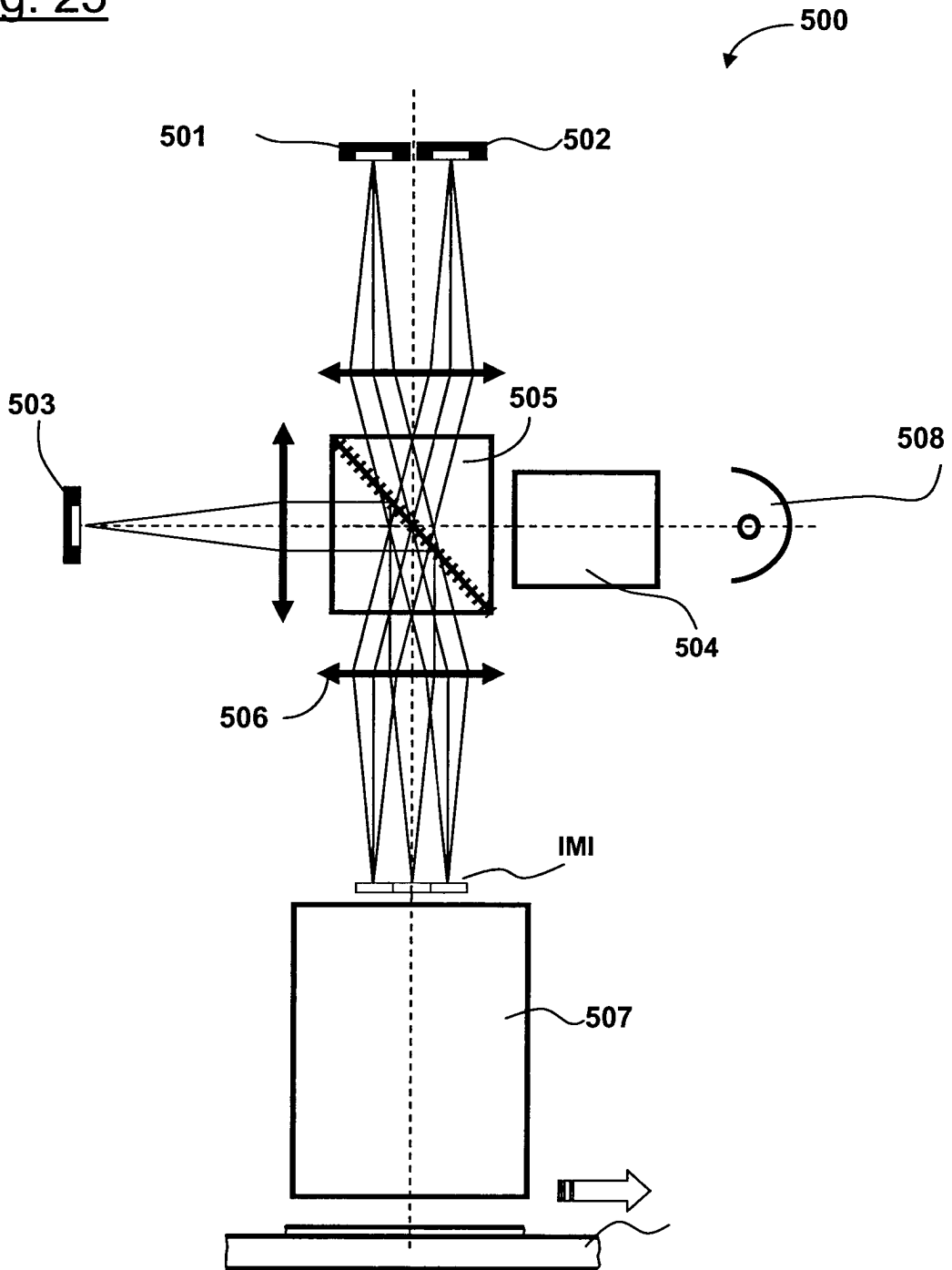


Fig. 26

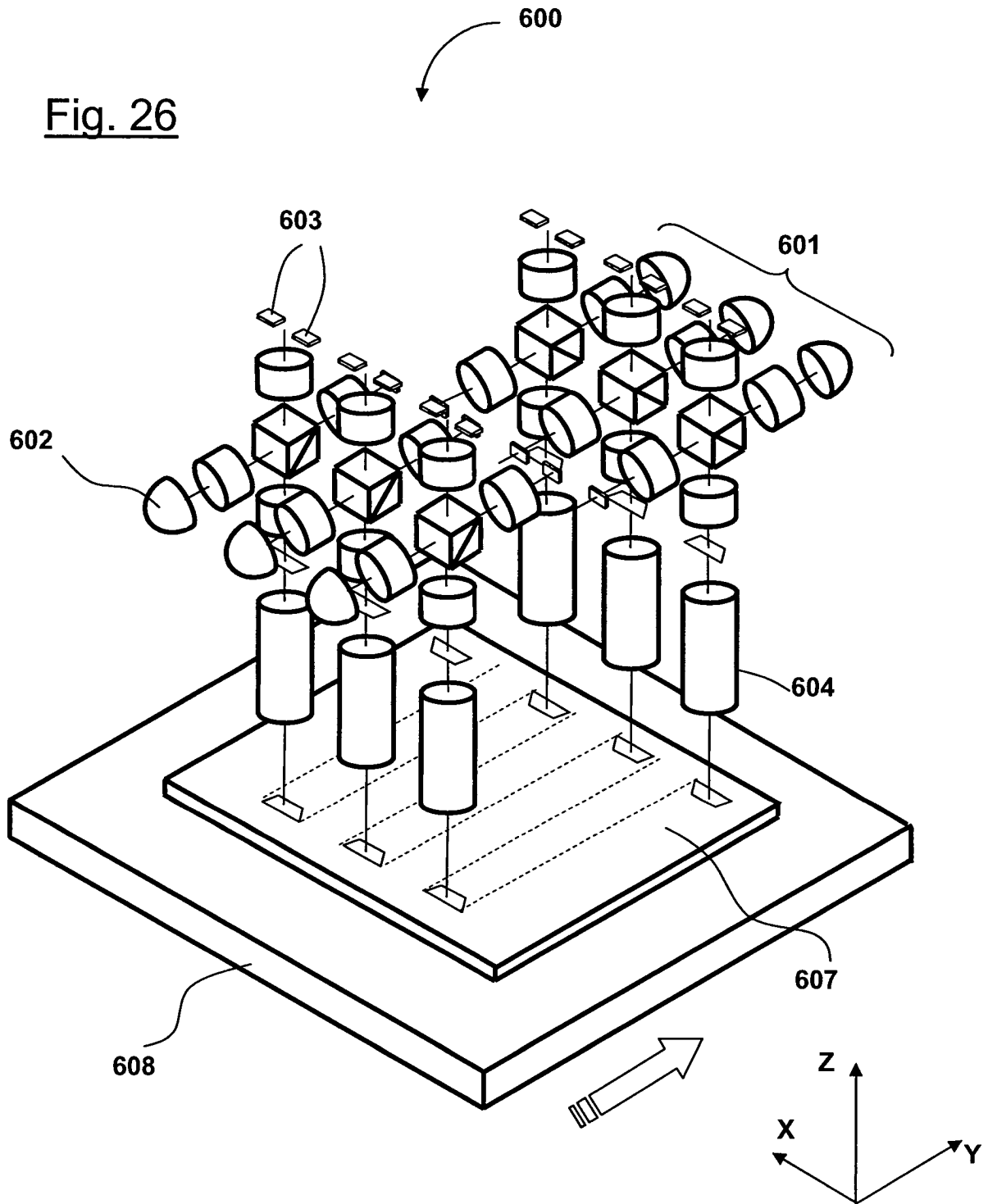


Fig. 27

Stand der Technik

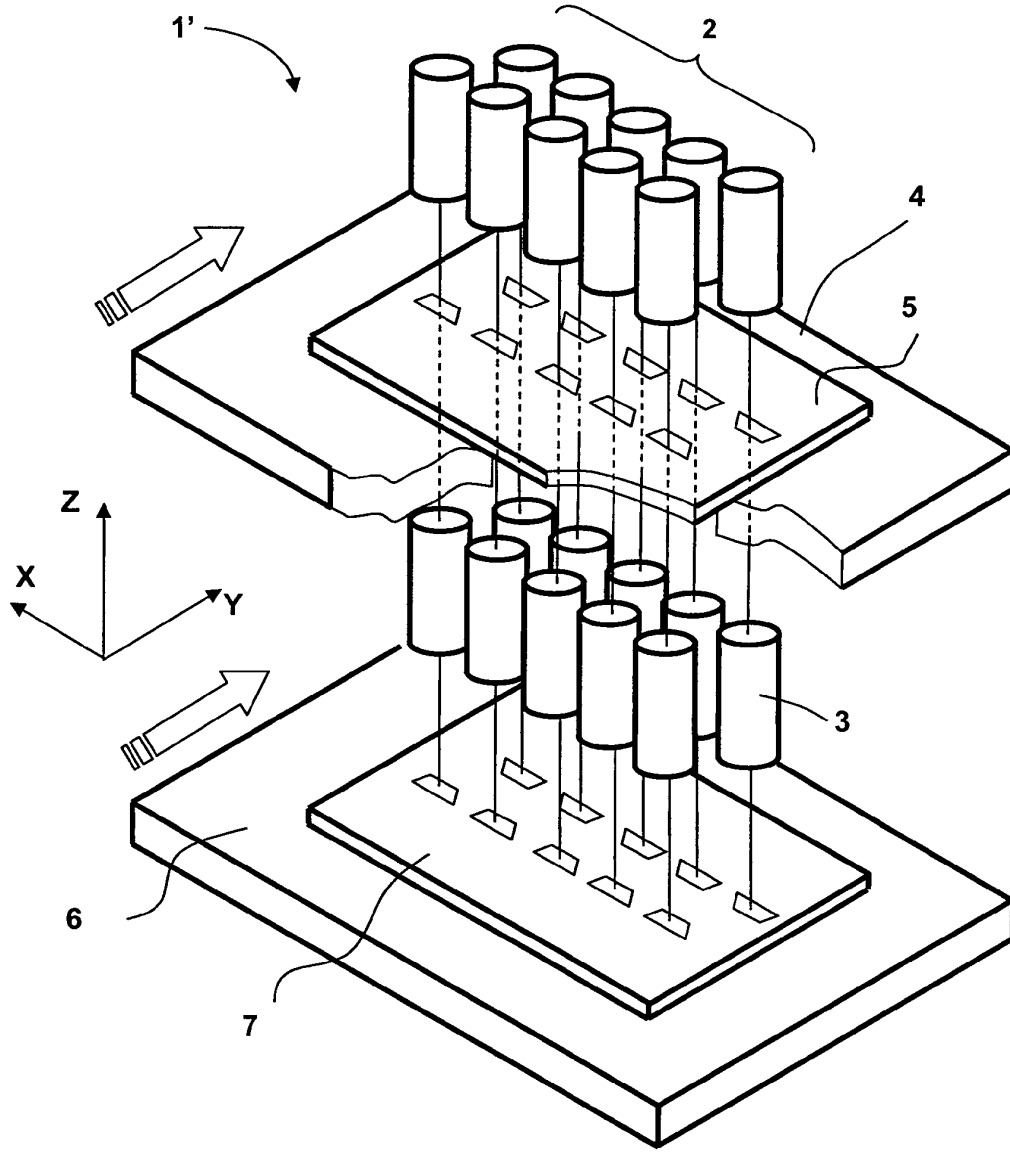


Fig. 28

