



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 015 295 A1** 2009.12.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 015 295.4**

(22) Anmeldetag: **01.04.2009**

(43) Offenlegungstag: **03.12.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 7/00 (2006.01)**

G02B 7/02 (2006.01)

G02B 13/00 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2008 025 819.9 29.05.2008

(71) Anmelder:

Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen, DE

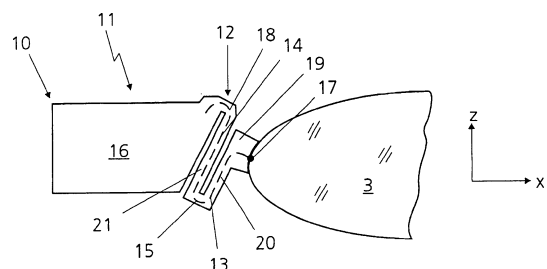
(72) Erfinder:

**Schöppach, Armin, 73431 Aalen, DE; Sorg, Franz,
73433 Aalen, DE; Frommeyer, Andreas, 73529
Schwäbisch Gmünd, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optische Baugruppe**

(57) Zusammenfassung: Eine optische Baugruppe weist wenigstens ein optisches Element und eine Haltevorrichtung für das optische Element auf, welche mehrere um den Umfang des optischen Elements verteilt angeordnete Halteelemente aufweist, mit denen das optische Element zumindest mittelbar in Kontakt ist. Die Halteelemente weisen jeweils zwei Abschnitte auf, die im Wesentlichen in Gegenrichtung zueinander ausgerichtet sind. Der thermische Widerstand der beiden Abschnitte ist derart gewählt, dass bei Auftreten eines Temperaturgradienten in dem Halteelement der Punkt, an dem das Halteelement mit dem optischen Element in Kontakt ist, im Wesentlichen an demselben Ort bleibt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine optische Baugruppe mit wenigstens einem optischen Element und mit einer Haltevorrichtung für das optische Element, welche mehrere um den Umfang des optischen Elements verteilt angeordnete Halteelemente aufweist, mit denen das optische Element zumindest mittelbar in Kontakt ist. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Lithographieobjektiv, eine Projektionsbelichtungsanlage und ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen.

[0002] Aus der US 6,552,862 B2 ist eine Vorrichtung zur Lagerung eines optischen Elements bekannt, bei der das optische Element mit Federbeinen gelagert ist, die bei einer relativen Ausdehnung des optischen Elements zu der Fassung das optische Element nur minimal verformen sollen.

[0003] In der US 7,193,794 B2 sind ähnliche Federbeine bei einer Vorrichtung zur Justage eines optischen Elements beschrieben.

[0004] Die zu der Fassung für das optische Element gehörenden Füßchen bzw. Federbeine können zum Beispiel durch Verlöten mit dem optischen Element verbunden werden, was zu einem teilweise erheblichen Wärmeeintrag in die Federbeine führt. Durch die insbesondere in Richtung der optischen Achse hohe Steifigkeit der Federbeine ergeben sich beim Abkühlen des Lotes aufgrund der thermoelastischen Deformation derselben verhältnismäßig große Bewegungen an der Lotfläche, die zu einer Deformation des optischen Elements führen können. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn das optische Element bereits mit drei Federbeinen verlötet wurde und damit an sich statisch bestimmt ist. Der Grund für diese thermoelastische Deformation der Federbeine ist darin zu sehen, dass sich das jeweilige Federbein durch die Erhitzung und Verflüssigung des Lots ausdehnt und nach der Erstarrung des Lots und der anschließenden Abkühlung des Federbeins wieder in seine Ausgangsposition zurückdrängt. Da dies aufgrund des erstarrten Lots nicht möglich ist, übt das Federbein über das Lot eine Kraft auf das optische Element aus, welches dadurch lokal verformt werden kann. Aufgrund der hohen Genauigkeit, die an die Positionierung von optischen Elementen, insbesondere in Lithographieobjektiven, gestellt wird, können bereits kleinste Verformungen des optischen Elements zu einer verschlechterten Abbildungsleistung des Lithographieobjektivs führen.

[0005] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine optische Baugruppe mit wenigstens einem optischen Element und mit einer Haltevorrichtung für das optische Element zu schaffen, bei welcher eine Verformung des optischen Elements während der Anbringung desselben an der Haltevorrich-

tung vermieden wird.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine optische Baugruppe mit wenigstens einem optischen Element und mit einer Haltevorrichtung für das optische Element, welche mehrere um den Umfang des optischen Elements verteilt angeordnete Halteelemente aufweist, mit denen das optische Element zumindest mittelbar in Kontakt ist, wobei die Halteelemente jeweils zwei Abschnitte aufweisen, die im Wesentlichen in Gegenrichtung zueinander ausgerichtet sind, und wobei der thermische Widerstand der beiden Abschnitte derart gewählt ist, dass bei Auftreten eines Temperaturgradienten in dem Halteelement der Punkt, an dem das Halteelement mit dem optischen Element in Kontakt ist, im Wesentlichen an demselben Ort bleibt.

[0007] Durch die erfindungsgemäße Konstruktion der Halteelemente ist sichergestellt, dass der Ort bzw. der Punkt, an dem das optische Element mit dem jeweiligen Halteelement und somit an einer Vielzahl von Orten mit der Haltevorrichtung verbunden ist, bei Vorherrschen eines Temperaturgradienten bis zu dessen Abklingen, also bis zur Einstellung eines Gleichgewichtszustands, im wesentlichen an seinem Ort und damit positionsstabil bleibt. Durch diese Positionsstabilität wird das Einbringen von Kräften durch die Halteelemente auf das optische Element verhindert und dasselbe kann weitgehend spannungsfrei mit der Haltevorrichtung verbunden werden.

[0008] Auf diese Weise ist es möglich, das optische Element durch Löten mit der Haltevorrichtung zu verbinden, wodurch die Nachteile des bei Lösungen gemäß dem Stand der Technik häufig eingesetzten Klebens, wie beispielsweise die fehlende Langzeitstabilität, das hygroskopische Verhalten und damit die fehlende Dichtigkeit, die insbesondere bei Immersionsobjektiven zu großen Problemen führen kann, umgangen werden.

[0009] Eine konstruktiv verhältnismäßig einfach zu beherrschende Ausführungsform der Erfindung ergibt sich, wenn die Längen der beiden Abschnitte der Halteelemente derart gewählt sind, dass sich bei Auftreten eines Temperaturgradienten in den Halteelementen die Längenänderungen der beiden Abschnitte kompensieren. Mit anderen Worten, die beiden Abschnitte dehnen sich stets gleich stark aus.

[0010] Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass die Querschnittsflächen der beiden Abschnitte der Halteelemente derart gewählt sind, dass sich bei Auftreten eines Temperaturgradienten in den Halteelementen die Längenänderungen der beiden Abschnitte kompensieren.

[0011] Besonders vorteilhaft kann es sein, wenn die

beiden Abschnitte der Halteelemente mäanderförmig zueinander angeordnet und mit einem Steg verbunden sind.

[0012] Um eine besonders flüssigkeitsbeständige Verbindung des optischen Elements mit der Haltevorrichtung zu erreichen, kann des weiteren vorgesehen sein, dass die Halteelemente mit dem optischen Element verlötet sind.

[0013] Vorzugsweise bestehen die Halteelemente aus Stahl.

[0014] Wenn in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen ist, dass die beiden Abschnitte der Halteelemente im wesentlichen in Richtung der optischen Achse des optischen Elements ausgerichtet sind, so führt dies ebenfalls zu einer fertigungstechnisch verhältnismäßig einfachen Lösung, da die Halteelemente beispielsweise durch Drahterodieren hergestellt werden können. Durch die beschriebene Ausrichtung der beiden Abschnitte der Halteelemente ergibt sich des weiteren eine erhöhte Steifigkeit derselben und damit der gesamten Konstruktion in Richtung der optischen Achse, also in z-Richtung, bei gleichzeitig hoher Flexibilität in x-Richtung, also in der Richtung der Ebene des optischen Elements. Dies führt zu einer steiferen Anbindung des optischen Elements an die Haltevorrichtung sowie zu höheren Eigenfrequenzen und einer besseren Entkopplung bei einer Temperaturerhöhung.

[0015] Wenn in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen ist, dass die Halteelemente mit wenigstens einem Aktuator zum Manipulieren des optischen Elements verbunden sind, so kann das optische Element für die verschiedensten Zwecke relativ zu der Haltevorrichtung bewegt werden. Hierbei wirkt sich die oben beschriebene erhöhte Steifigkeit in Richtung der optischen Achse ebenfalls positiv aus.

[0016] Eine sehr steife Ausführungsform der Haltevorrichtung ergibt sich, wenn die Halteelemente einstückig mit einem sämtliche Halteelemente verbindenden Fassungsgehäuse verbunden sind.

[0017] Ein Lithographieobjektiv mit wenigstens einer erfindungsgemäßen optischen Baugruppe ist in Anspruch 11 angegeben.

[0018] Aus Anspruch 12 ergibt sich eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem Beleuchtungssystem und einem derartigen Lithographieobjektiv.

[0019] Anspruch 13 betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen unter Verwendung einer solchen Projektionsbelichtungsanlage.

[0020] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen. Nachfolgend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung prinzipmäßig dargestellt.

[0021] Es zeigt:

[0022] [Fig. 1](#) eine sehr schematische Darstellung einer Projektionsbelichtungsanlage mit einem erfindungsgemäßen Lithographieobjektiv;

[0023] [Fig. 2](#) eine perspektivische Ansicht der erfindungsgemäßen optischen Baugruppe;

[0024] [Fig. 3](#) eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Halteelemente;

[0025] [Fig. 4](#) eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Halteelemente; und

[0026] [Fig. 5](#) eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Halteelemente.

[0027] Ein in [Fig. 1](#) äußerst schematisch dargestelltes Lithographieobjektiv **1** weist ein Gehäuse **2** auf, in dem mehrere optische Elemente **3** angeordnet sind, die aus einem für den nachfolgend beschriebenen Zweck üblichen Material bestehen können. Das Lithographieobjektiv **1** ist Teil einer Projektionsbelichtungsanlage **4**, welche zur Herstellung von Halbleiterbauelementen dient und ein an der Oberseite des Lithographieobjektivs **1** angebrachtes Beleuchtungssystem **5** mit einer Lichtquelle **6** aufweist, die einen Strahlengang **7** durch das Lithographieobjektiv **1** sendet, mit welchem ein Reticle **8** in an sich bekannter Weise auf einen sich unterhalb des Lithographieobjektivs **1** befindlichen Wafer **9** abgebildet wird. Die optischen Elemente **3**, die im vorliegenden Fall allesamt als Linsen ausgeführt sind, sind mittels jeweiliger, auch als Fassungen bezeichneter Haltevorrichtungen **10** in dem Gehäuse **2** des Lithographieobjektivs **1** gehalten. Statt wie in sämtlichen Figuren der Einfachheit halber dargestellt als Linsen könnten die optischen Elemente **3** auch als Spiegel, als sogenannte Beamsplitter oder als andersartige optische Elemente **3** ausgebildet sein. Die optischen Elemente **3** bilden mit der jeweiligen Haltevorrichtung **10** eine optische Baugruppe **11**.

[0028] In [Fig. 2](#) ist die optische Baugruppe **11** mit der Haltevorrichtung **10** und dem optischen Element **3** detaillierter dargestellt. Hierbei ist erkennbar, dass die Haltevorrichtung **10** mehrere um den Umfang des optischen Elements **3** verteilt angeordnete Halteelemente **12** aufweist, auf denen das optische Element **3** aufliegt. Um den Umfang des optischen Elements **3** können je nach Durchmesser desselben beispielsweise 30 bis 50 der Halteelemente **12** vorgesehen sein, die in relativ geringem Abstand zueinander an-

geordnet sind. Vorzugsweise ist das optische Element **3** mit den Halteelementen **12** verlötet, wozu ein nicht dargestelltes Lot auf die Halteelemente **12** aufgelegt und dann mittels eines ebenfalls nicht dargestellten, vorzugsweise durch das optische Element **3** verlaufenden Laserstrahls aufgeschmolzen wird. Nach dem Aufschmelzen erstarrt das Lot und sorgt so für eine Verbindung zwischen dem optischen Element **3** und dem jeweiligen Halteelement **12**. Da die Verbindung des optischen Elements **3** mit den einzelnen, um den Umfang desselben verteilt angeordneten Halteelementen **12** nacheinander erfolgt, kann durch das Erstarren des Lots über eines der Halteelemente **12** eine Spannung auf das optische Element **3** aufgebracht werden. Um dies zu verhindern, sind die Halteelemente **12** wie unter Bezugnahme auf die [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) oder [Fig. 5](#) ausgebildet.

[0029] Aus der Darstellung von [Fig. 3](#), bei der das optische Element an den Halteelementen **12** "aufgehängt" ist, ist erkennbar, dass die Halteelemente **12** jeweils zwei Abschnitte **13** und **14** aufweisen, die im wesentlichen in Gegenrichtung zueinander ausgerichtet sind. Des Weiteren ist der thermische Widerstand der beiden Abschnitte **13** und **14** derart gewählt, dass bei Auftreten eines Temperaturgradienten in dem Halteelement **12**, insbesondere bei einer durch den Lötvorgang hervorgerufenen Temperaturerhöhung des Halteelements **12**, der Punkt, an dem das Halteelement **12** mit dem optischen Element **3** in Kontakt ist, im wesentlichen an demselben Ort bleibt. Die Formulierung "in Kontakt sein" im Bezug auf das optische Element **3** und die Halteelemente **12** wird so verstanden, dass das optische Element **3** mit den Halteelementen **12** auch dann in Kontakt ist, wenn sich das Lot dazwischen befindet.

[0030] Unabhängig von der Veränderung der Temperatur bleibt also der Ort der Verbindung zwischen dem optischen Element **3** und dem jeweiligen Halteelement **12** stets positionsstabil, wodurch keinerlei Spannungen in das optische Element **3** eingetragen werden können. Bei der Ausführungsform des Halteelements **12** gemäß [Fig. 3](#) wird diese Positionsstabilität dadurch erreicht, dass die Längen der beiden Abschnitte **13** und **14** des Halteelements **12** derart gewählt sind, dass sich bei Auftreten eines Temperaturgradienten in dem Halteelement **12** die Längenänderungen der beiden Abschnitte **13** und **14** kompensieren. Hierbei verlängert sich der kürzere Abschnitt **13** infolge seines höheren mittleren Temperaturniveaus trotz seiner geringeren Länge so wie der längere Abschnitt **14**. Alternativ wäre es auch möglich, dass die Querschnittsflächen der beiden Abschnitte **13** und **14** des Halteelements **12** derart gewählt werden, dass sich bei Auftreten eines Temperaturgradienten in dem Halteelement **12** die Längenänderungen der beiden Abschnitte **13** und **14** kompensieren, wobei beispielsweise bei einem dickeren Abschnitt **13** dieser infolge der verbesserten Wärmeleitung ein zum

vorherigen Fall zusätzlich erhöhtes mittleres Temperaturniveau aufweist. Selbstverständlich ist auch eine Mischung aus einer Anpassung der Längen und der Querschnittsflächen der beiden Abschnitte **13** und **14** möglich.

[0031] Die beiden Abschnitte **13** und **14** des Halteelements **12** sind im vorliegenden Fall mäanderförmig zueinander angeordnet und mit einem Steg **15** an ihrer Unterseite miteinander verbunden. Des Weiteren sind die beiden Abschnitte **13** und **14** des beispielsweise aus Stahl bestehenden Halteelements **12** im wesentlichen in Richtung der mit dem Bezugszeichen "z" bezeichneten optischen Achse des optischen Elements **3** ausgerichtet bzw. verlaufen in einem relativ spitzen Winkel dazu.

[0032] Die Halteelemente **12** können vorzugsweise durch Erodieren, z. B. durch Draht- oder Senkerodieren hergestellt werden und sind vorzugsweise einstückig mit einem sämtliche Halteelemente **12** verbindenden, einen Teil der Haltevorrichtung **10** bildenden Fassungsgehäuse **16** verbunden. In einer nicht dargestellten Ausführungsform könnten die Halteelemente **12** des Weiteren mit wenigstens einem Aktuator zum Manipulieren des optischen Elements **3** verbunden sein.

[0033] In [Fig. 4](#) ist eine weitere Ausführungsform der Halteelemente **12** dargestellt, wobei im Gegensatz zu der Ausführungsform gemäß [Fig. 3](#) das optische Element **3** auf den Halteelementen **12** aufliegt. Auch mit einem derart ausgebildeten Halteelement **12** kann, wie bei allen hierin beschriebenen Ausführungsformen eine Reduktion der Biegespannung in dem mit der Linie A-A bezeichneten Schnitt bei einer Relativdehnung der Haltevorrichtung **10** in radialer Richtung relativ zu dem optischen Element **3** erreicht werden.

[0034] Eine Ausführungsform, bei der auch in x-Richtung, also in Richtung der Ebene des optischen Elements **3**, eine Kompensation erreicht wird, ist in [Fig. 5](#) dargestellt. Im Gegensatz zu den mit relativ geringem Fertigungsaufwand herstellbaren Halteelementen **12** der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) ist diese Ausführungsform jedoch verhältnismäßig aufwändig. Wie aus [Fig. 5](#) erkennbar ist, müssen die beiden Abschnitte **13** und **14** also nicht notwendigerweise parallel, sondern nur im wesentlichen in Gegenrichtung zueinander ausgerichtet sein.

[0035] Anhand der Ausführungsform des Halteelements **12** gemäß [Fig. 3](#) wird nun das Verhalten desselben beim Verlöten des optischen Elements **3** mit dem Halteelement **12** erläutert. Beim Lötvorgang wird an einem mit dem Bezugszeichen **17** bezeichneten Punkt Wärmeenergie in das Halteelement **12** eingebracht, um ein nicht dargestelltes, sich auf dem Halteelement **12** befindliches Lot aufzuschmelzen.

Diese Wärmeeinbringung hat eine im wesentlichen linear abfallende Temperatur entlang eines mittels einer gestrichelten Linie dargestellten, mit dem Bezugszeichen **18** bezeichneten Pfades zur Folge. Bei dem Punkt **17** handelt es sich um den Ort, an dem das optische Element **3** mit dem Halteelement **12** verbunden ist, wobei um den Umfang des optischen Elements **3** also eine Vielzahl solcher Punkte **17** vorgesehen ist. Folglich wird ein mit **19** bezeichneter Bereich des Halteelements **12** in der Nähe des Punktes **17** stärker erwärmt als ein mit **20** bezeichneter Bereich, der wiederum stärker erwärmt wird als ein mit **21** bezeichneter Bereich. Wenn sich das Halteelement **12** in Folge seiner Erwärmung ausdehnt, verschieben die Bereiche **19** und **20** den Punkt **17** in z-Richtung nach oben, während der Bereich **21** den Punkt **17** in z-Richtung nach unten verschiebt. Für den Fall, dass die mittlere Temperaturerhöhung in dem Bereich **19 + 20** doppelt so hoch ist wie in dem Bereich **21**, müsste der Bereich **21** entlang des gestrichelten Pfades **18** die doppelte Länge wie die Bereiche **19** und **20** aufweisen, um die oben beschriebene Verschiebung des Punktes **17** in z-Richtung zu kompensieren, so dass der Punkt **17** während des Lötvorgangs in z-Richtung keine Bewegung erfährt. Möglicherweise ergeben sich geringfügige Verschiebungen in x-Richtung, was jedoch wesentlich weniger kritisch ist, da die Längenausdehnung des Halteelements **12** in x-Richtung erheblich geringer ausfällt als in z-Richtung und das Halteelement **12** außerdem in x-Richtung eine erheblich größere Flexibilität aufweist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6552862 B2 [\[0002\]](#)
- US 7193794 B2 [\[0003\]](#)

Patentansprüche

1. Optische Baugruppe mit wenigstens einem optischen Element und mit einer Haltevorrichtung für das optische Element, welche mehrere um den Umfang des optischen Elements verteilt angeordnete Halteelemente aufweist, mit denen das optische Element zumindest mittelbar in Kontakt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halteelemente jeweils zwei Abschnitte aufweisen, die im Wesentlichen in Gegenrichtung zueinander ausgerichtet sind, und dass der thermische Widerstand der beiden Abschnitte derart gewählt ist, dass bei Auftreten eines Temperaturgradienten in dem Halteelement der Punkt, an dem das Halteelement mit dem optischen Element in Kontakt ist, im Wesentlichen an demselben Ort bleibt.

2. Optische Baugruppe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Längen der beiden Abschnitte der Halteelemente derart gewählt sind, dass sich bei Auftreten eines Temperaturgradienten in den Halteelementen die Längenänderungen der beiden Abschnitte kompensieren.

3. Optische Baugruppe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnittsflächen der beiden Abschnitte der Halteelemente derart gewählt sind, dass sich bei Auftreten eines Temperaturgradienten in den Halteelementen die Längenänderungen der beiden Abschnitte kompensieren.

4. Optische Baugruppe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Abschnitte der Halteelemente mäanderförmig zueinander angeordnet und mit einem Steg verbunden sind.

5. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteelemente mit dem optischen Element verlötet sind.

6. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteelemente aus Stahl bestehen.

7. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Abschnitte der Halteelemente im wesentlichen in Richtung der optischen Achse des optischen Elements ausgerichtet sind.

8. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteelemente durch Erodieren hergestellt sind.

9. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteelemente mit wenigstens einem Aktuator zum Manipulieren des optischen Elements verbunden sind.

10. Optische Baugruppe nach einem der Ansprü-

che 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteelemente einstückig mit einem sämtliche Halteelemente verbindenden Fassungsgehäuse verbunden sind.

11. Lithographieobjektiv mit wenigstens einer optischen Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

12. Projektionsbelichtungsanlage mit einem Beleuchtungssystem und mit einem Lithographieobjektiv nach Anspruch 11 zur Herstellung von Halbleiterbauelementen.

13. Verfahren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen unter Verwendung einer Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 12.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

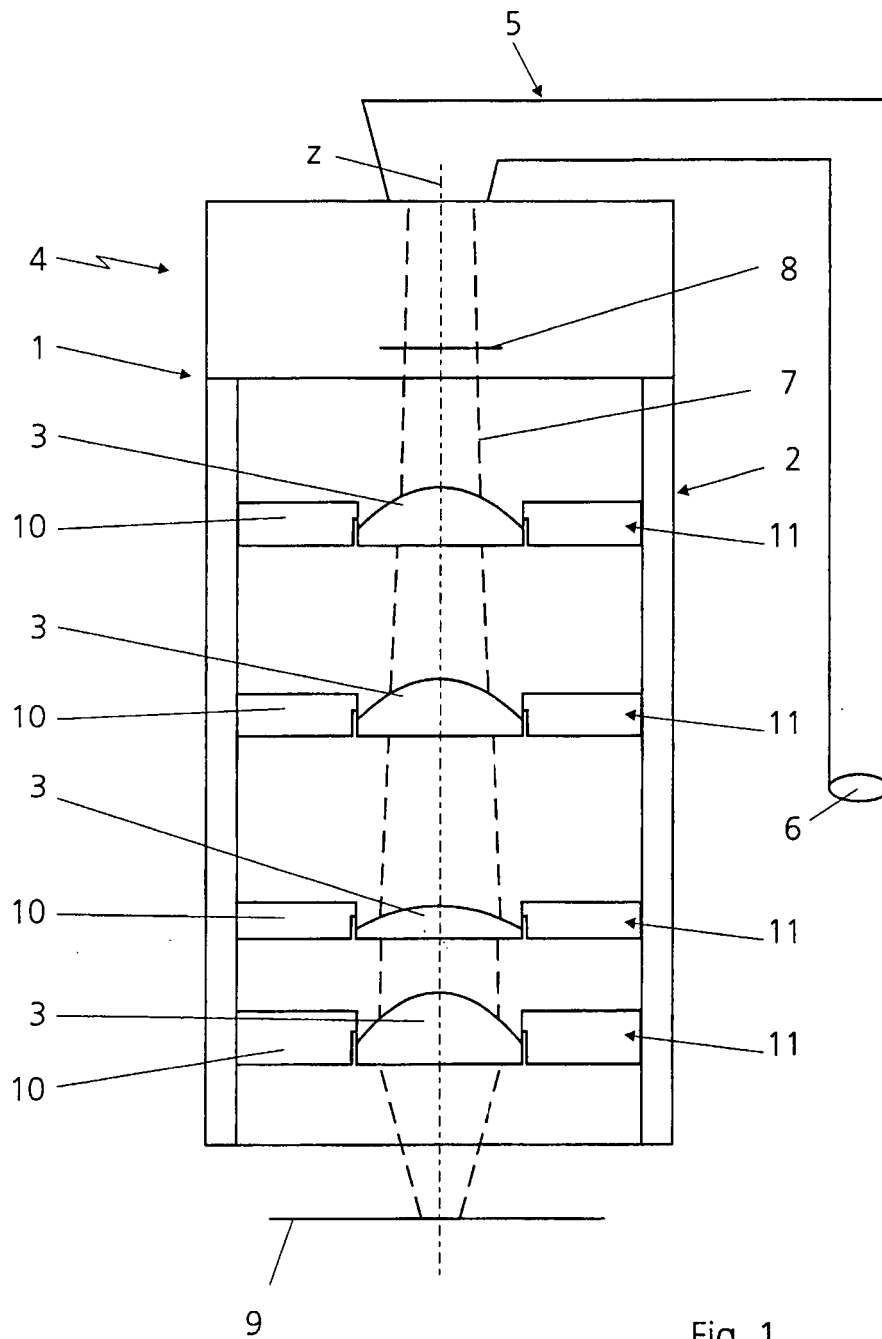


Fig. 1

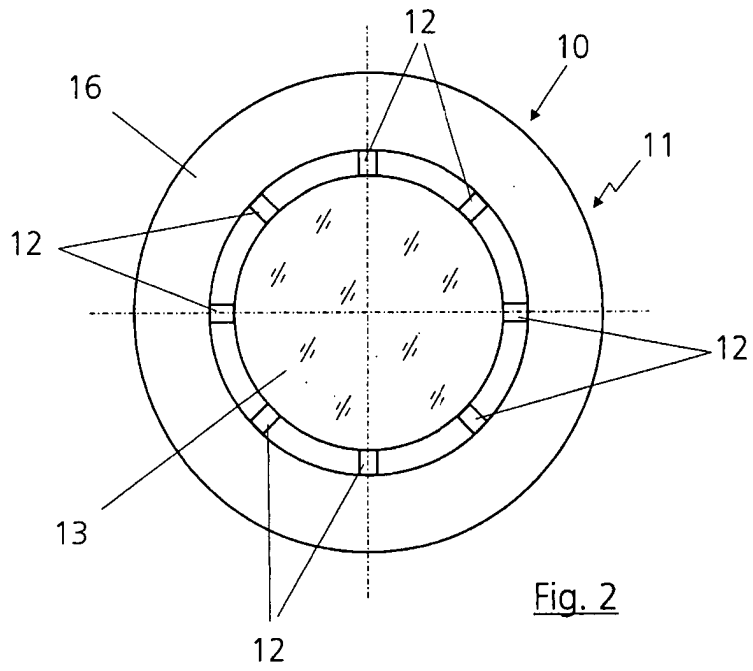


Fig. 2

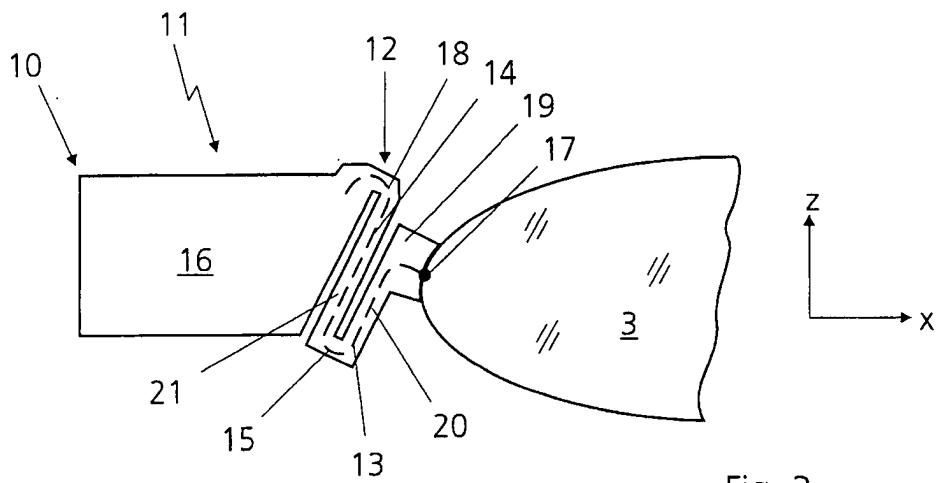


Fig. 3

