

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. Februar 2003 (13.02.2003)

PCT

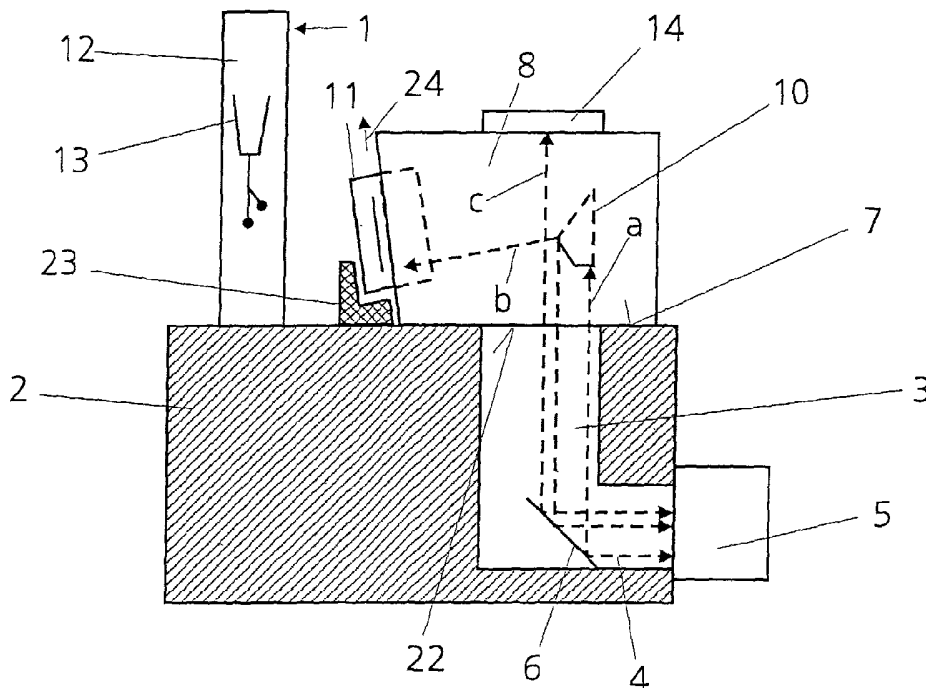
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/012548 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G03F 7/20**, (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SEMICONDUCTOR MANUFACTURING TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse, 73447 Oberkochen (DE).  
G02B 27/62
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/08111
- (22) Internationales Anmeldedatum: 20. Juli 2002 (20.07.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 101 36 388.5 26. Juli 2001 (26.07.2001) DE
- (72) **Erfinder; und**  
(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KOHL, Alexander** [DE/DE]; Zeppelinstrasse 1, 73430 Aalen (DE). **HOLDERER, Hubert** [DE/DE]; Gräfinstrasse 6, 89551 Königsbronn (DE). **LANG, Werner** [DE/DE]; Schwarzwiesenstrasse 63, 73312 Geislingen (DE). **BRANDENBURG, Hartmut** [DE/DE]; Aalener Strasse 7, 73463 Westhausen (DE). **RAU, Johannes** [DE/DE]; Rechbergweg 13, 89547 Gerstetten (DE). **GELLRICH, Bernhard** [DE/DE]; Schnaitbergstrasse 3, 73430 Aalen (DE). **SCHOEPPACH, Armin** [DE/DE]; Schlehenweg 50, 73430 Aalen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** SYSTEM FOR MEASURING AN OPTICAL SYSTEM, ESPECIALLY AN OBJECTIVE

(54) **Bezeichnung:** SYSTEM ZUM VERMESSEN EINES OPTISCHEN SYSTEMS, INSBESONDERE EINES OBJEKTIVES



(57) **Abstract:** A system for measuring an optical system, especially an objective, is provided with a measuring machine having at least one measuring element for determining positions and at least one measuring element for determining angles, whereby at least one common reference surface is provided for the position-determining measuring element and for the angle-determining measuring element.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/012548 A2



(74) **Anwalt: LORENZ, Werner;** LORENZ & KOLLEGEN,  
Alte Ulmer Strasse 2, 89522 Heidenheim (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für alle Bestimmungsstaaten*

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für alle Bestimmungsstaaten*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

(57) **Zusammenfassung:** Ein System zum Vermessen eines optischen Systems, insbesondere eines Objektivs, ist mit einer Messmaschine versehen, die wenigstens ein Messglied für Ortsbestimmungen und wenigstens ein Messglied für Winkelbestimmungen aufweist, wobei für das ortsbestimmende Messglied und das winkelbestimmende Messglied wenigstens eine gemeinsame Referenzfläche vorgesehen ist.

System zum Vermessen eines optischen Systems, insbesondere eines Objektivs

Die Erfindung betrifft ein System zum Vermessen eines optischen Systems, insbesondere eines Objektivs.

Insbesondere beim Zusammenbau des Objektivs, z.B. in der Halbleiter-Lithographie, müssen Objektivteile mit hoher absoluter Genauigkeit sowohl in den Ortskoordinaten als auch in den Winkelkoordinaten zueinander eingerichtet werden.

Bekannt sind hierfür Meßgeräte bzw. Meßmaschinen mit einem Meßtisch und einem Meßkopf, der z.B. taktile Meßtaster aufweist. Diese Meßgeräte sind z.B. als Portal- oder Ständermeßmaschinen ausgeführt und können absolute Ortsbestimmungen bezüglich eines frei wählbaren Referenzpunktes mit hoher Genauigkeit vornehmen. Problematisch wird es jedoch, wenn zusätzlich zu einer exakten Ortsbestimmung auch noch genaue Winkellagen eingehalten werden müssen. Eine weitere Schwierigkeit tritt auf, wenn bei einem Objektiv mehrere optische Achsen vorhanden sind, wie dies z.B. bei einem Objektiv im H-Design der Fall ist. Objektive dieser Art werden aus mehreren Untergruppen mit jeweils einer "Unterachse" als optische Achse zusammengebaut, wobei die einzelnen Achsen sowohl im Winkel als auch bezüglich des Zentrums der einzelnen Untergruppen in einem bestimmten Abstand zueinander mit sehr hoher Genauigkeit gestellt werden müssen. Insbesondere die Zuordnung der einzelnen optischen Achsen muß sehr genau erfolgen.

Zum allgemeinen Stand der Technik wird auf die US 6,195,213 B1 verwiesen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System zum Vermessen von Bauteilen der eingangs erwähnten Art zu schaffen, bei der ein aus mehreren Teilen bzw. Untergruppen zusammengesetztes Bauteil hinsichtlich Orts- und Winkel-

bestimmung sehr genau eingerichtet ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

5

Einer der Kernpunkte der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß man nicht wie bisher entweder ein taktils Meßsystem oder optisches Meßsystem hat, um geometrische Werte zu vermessen, also Längen und Winkel, d.h. Positionen und Orientierungen, sondern erfindungsgemäß liegen zwei unabhängige Meßsysteme vor, die beide unabhängig voneinander agieren, jedoch auf eine gemeinsame Meßreferenz zugreifen.

Alternativ besteht jedoch auch die Möglichkeit, zwei unterschiedliche Meßreferenzen zu bilden und dann die beiden Teilreferenzen zu einer gemeinsamen rechnerischen Gesamtreferenz zusammenzufassen. Mit anderen Worten, man hat zwei Nullpositionen und kalibriert dann die beiden Nullpositionen gegenseitig, um daraus eine rechnerische Gesamtreferenz zu bilden. Dies kann z.B. durch zwei voneinander unabhängig operierende Meßtaster erfolgen, die jeweils ihren Koordinatenursprung von einer Kugel holen.

Insgesamt ist auf diese Weise eine 6-Freiheitsgrad-Referenz gegeben mit einem Koordinatensystem in x, y und z-Richtung und mit drei Raumwinkeln.

Durch die erfindungsgemäße Kombination eines Meßgerätes für eine exakte Ortsbestimmung mit einem optischen Meßsystem, z.B. einem Autokollimationsfernrohr oder einem Interferometer, wobei beide Meßsysteme die gleiche Bezugsebene haben, d.h. auf die gleiche Referenz bezogen werden, ist es möglich, Bauteile exakt sowohl bezüglich Orts- als auch Winkelbestimmung zu vermessen und dann entsprechend zu montieren.

35

Es wird damit insbesondere möglich, beide Meßsysteme gleich-

zeitig, nacheinander oder auch im Wechsel zu benützen und zwar ohne, daß das zu messende Bauteil in seiner Lage verändert werden muß.

5 Die beiden Meßverfahren ergänzen sich in einer optimalen Verknüpfung, da z.B. das Meßglied mit dem taktilen Meßtaster vorwiegend Längen, Ebenheiten und Formen mißt, hingegen das optische Meßsystem hauptsächlich Winkel und Winkelpositionen. Für das mechanische Meßsystem mit dem Meßglied und dem taktilen Meßtaster lassen sich bekannte Meßmaschinen verwenden.  
10

Da das optische Meßsystem wesentlich genauer als das taktile Meßsystem ist, kann auf diese Weise das gesamte Meßsystem genauer arbeiten. Winkelpositionen können bis 0,05-  
15 Winkelsekunden genau ermittelt werden. Die taktilen Meßgenauigkeiten können aus den entsprechenden Maschinendaten entnommen werden.

Der optische Meßaufbau kann in einer konstruktiven Ausgestaltung z.B. fest an einer Meßmaschine befestigt werden.  
20

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die gleiche bzw. gemeinsame Referenzfläche durch die Oberfläche des Meßtisches gebildet.  
25

Anstelle der Verwendung der Oberfläche des Meßtisches als gemeinsame Referenzfläche kann selbstverständlich auch ein separates Strukturteil hierfür verwendet werden, das z.B. auf den Meßtisch aufgesetzt ist, wobei man dann eine Fläche des Strukturteiles als Referenz verwendet. Hierfür ist z.B. eine  
30 Keramikstruktur geeignet, deren Oberfläche noch präziser ist als die Oberfläche eines Meßtisches, der im allgemeinen aus Granit besteht. In einem derartigen Fall ist die aufgesetzte Keramikstruktur die Referenz und bezüglich dieser Fläche wird  
35 ein Bauteil vermessen oder justiert, wozu dieses z.B. entsprechend angebaut wird.

Alternativ dazu kann auch irgendein anderes Referenzteil vorgesehen werden, wie z.B. eine Würfecke oder eine Anordnung von Kugeln, die das Meßsystem anfährt, um für das zu vermessende Bauteil eine "0" zu holen. Auf diese Weise wird praktisch ein Koordinatensystem neben dem zu vermessenden Bauteil vorgegeben, gegenüber welchem dann relativ dazu das zu vermessende Bauteil gemessen wird.

10 In einer konstruktiv sehr vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist dabei vorgesehen, daß in dem Meßtisch im Bereich des oder der zu vermessenden Bauteile eine Meßbohrung vorgesehen ist, über die die Meßstrahlen direkt oder indirekt über Strahlumlenkglieder, z.B. über Spiegel oder Prismen, eingeleitet werden, damit sie zu den Referenz- und Meßflächen gelangen. Anstelle von Einfräsungen oder Bohrungen in der Meßmaschine, können selbstverständlich im Bedarfsfall auch optische Meßgeräte an die Maschine angeflanscht werden.

20 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß zum exakten Verbinden der beiden Rahmenstrukturen miteinander Referenzpunkte verwendet werden. Dabei kann ein Zentrierbund der unteren Rahmenstruktur mit einem Referenzpunkt versehen sein, während der zweite Referenzpunkt gegenüber dem der erste Referenzpunkt justiert werden soll, in der Rahmenstruktur angeordnet ist, vorzugsweise an der Spitze eines Prismas.

Zum exakten Verbinden der beiden Rahmenstrukturen miteinander können auf diese Weise Referenzpunkte verwendet werden. Dabei kann ein Zentrierbund der unteren Rahmenstruktur mit einem Referenzpunkt versehen sein, während der zweite Referenzpunkt gegenüber dem der erste Referenzpunkt justiert werden soll, in der Rahmenstruktur angeordnet ist, vorzugsweise an der Spitze eines Prismas.

Zur leichteren Verschiebung der oberen Rahmenstruktur auf der unteren Rahmenstruktur zu dessen präzisen Justierung kann ein Luftlager vorgesehen sein.

5 Für die Verschiebungen selbst können in vorteilhafter Weise piezokeramische Elemente vorgesehen sein. Selbstverständlich sind jedoch auch noch andere Einrichtungen zur Verschiebung der oberen Rahmenstruktur auf der unteren Rahmenstruktur möglich.

10

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind aus den übrigen Unteransprüchen ersichtlich.

Nachfolgend ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand  
15 der Zeichnung prinzipmäßig beschrieben.

Es zeigt:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Meß-  
20 maschine;

Figur 2 zwei Rahmenstrukturen für ein Objektiv im H-Design;

Figur 3 das obere Teil der Rahmenstruktur nach Figur 2 nach  
25 Einbau eines Prismas, einer Spiegelgruppe und von Linsen;

Figur 4 den unteren Teil der Rahmenstruktur nach der Figur  
30 2 nach Einbau des refraktiven Teiles eines Objektivs, und

Figur 5 den Zusammenbau des oberen Teiles und des unteren Teiles des Objektivs.

35 Die Meßmaschine besteht im wesentlichen aus einer Portalmeßmaschine 1 bekannter Bauart. Sie weist einen Meßtisch 2 als

Granitblock auf, der eine vertikale Meßbohrung 3 mit einer Querbohrung 4 im unteren Bereich aufweist. Am Ende der Querbohrung 4 ist ein Autokollimationsfernrohr 5 oder ein Interferometer angeflanscht. An der Stelle, an der sich die Meßbohrung 3 mit der Querbohrung 4 trifft, ist ein Umlenkspiegel 6 angeordnet. Mit Hilfe des Umlenkspiegels 6 und eines zusätzlichen Planspiegels (nicht dargestellt), der auf die Oberfläche des Meßtisches 2 über die Meßbohrung 3 gelegt werden kann, kann das Autokollimationsfernrohr 5 (oder das Interferometer) auf die Oberfläche des Meßtisches 2 als Referenzfläche 7 eingeeicht werden. Auf diese Weise ist man in der Lage mit dem Autokollimationsfernrohr 5 zu vermessende Flächen stets absolut zu der Meßfläche 7 zu referenzieren. Voraussetzung hierfür ist, daß die Ebenheit der Granitoberfläche des Meßtisches 2 an die geforderte Genauigkeit angepaßt ist.

Durch das Autokollimationsfernrohr 5 oder ein Interferometer wird die Abbildung in Verbindung mit einem optischen Meßkopf, z.B. einer CCD-Kamera durchgeführt. Anstelle eines optischen Meßkopfes kann gegebenenfalls auch ein optischer Sensor verwendet werden.

Wie aus der Figur 2 ersichtlich ist, wird das zusammensetzende Objektiv in eine obere Rahmenstruktur 8 und eine untere Rahmenstruktur 9 eingesetzt.

Zum Zusammenbau bzw. zum Einbau der optischen Teile des Objektives wird in einem ersten Schritt die obere Rahmenstruktur 8 auf den Meßtisch 2 aufgesetzt. Die Unterseite der Rahmenstruktur 8 dient ebenfalls als Referenzfläche 22 mit den gleichen Anforderungen an die Ebenheit wie die an die Referenzfläche 7 des Meßtisches 2. In die obere Rahmenstruktur 8 wird ein Prisma 10 eingesetzt und gleichzeitig wird ein Planspiegel 11 seitlich angeflanscht. Anschließend wird die Unterseite des Prismas 10 als Hilfsfläche mittels des Autokol-

limationsfernrohres 5 (oder eines Interferometers) ausgerichtet (siehe hierzu den Strahlengang a in Figur 1). Diese Hilfsfläche wird in der Optikfertigung mit einer entsprechenden Winkelgenauigkeit gegenüber den vorderen Flächen hergestellt. Auf diese Weise ist das Prisma 10 innerhalb der horizontalen Ebene mit einer entsprechenden Genauigkeit ausgerichtet.

Anschließend werden der Planspiegel 11 und das Prisma 10 mit dem Autokollimationsfernrohr 5 ausgerichtet (siehe Strahlengang b). Dabei ist zu beachten, daß ein optischer Strahl vom Autokollimationsfernrohr 5 ausgehend vom Planspiegel 11 in sich zurückreflektiert wird. Auf diese Weise sind die optisch wirksamen Flächen des Prismas 10 bezüglich der Referenzfläche 7 und der Anflanschfläche bzw. zusätzlich noch die Anflanschfläche des Planspiegels 11 mit einer entsprechenden Genauigkeit ausgerichtet.

Ein Meßkopf 12 der Portalmeßmaschine wird nun benutzt, um den Abstand der Spitze des Prismas 10 zum Planspiegel 11 zu kontrollieren. Hierzu dient in bekannter Weise ein taktiles Meßglied 13 des Meßkopfes 12. Zur Messung mit dem Meßglied 13 wird der Meßkopf 12 entsprechend auf der Oberfläche des Meßtisches verschoben. Falls der Abstand nicht stimmt, wird dieser korrigiert, wobei die vorangegangenen Punkte entsprechend wiederholt werden. Zusätzlich wird der Abstand des Prismas 10 zur Referenzfläche 7 kontrolliert, und wenn nötig ebenfalls geändert, wobei sich ebenfalls die vorstehend genannten Punkte wiederholen.

30

Anschließend wird ein Planspiegel 14 auf die obere Rahmenstruktur 8 aufgelegt. Der Planspiegel 14 wird mit Hilfe des Autokollimationsfernrohres (oder einem Interferometer) auf die Referenzfläche 7 bezüglich des Winkels ausgerichtet (siehe Strahlengang c). Beim Zusammenbau des Objektivs kann der Planspiegel 14 durch eine Linse oder Linsengruppe 14' ersetzt

35

werden. Abschließend wird mit Hilfe des Meßkopfes 12 der Abstand des Planspiegels 14 zur Spitze des Prismas 10 nochmals kontrolliert. Falls der Abstand nicht stimmt, wird dieser korrigiert, wobei die zuletzt genannten Schritte wiederholt  
5 werden.

Nach diesen Meßschritten sind die Teile innerhalb der Rahmenstruktur, insbesondere der Planspiegel 11, der selbstverständlich später auch durch eine Spiegelgruppe mit Linsen ersetzt werden kann, von den Positionen her auf die Spitze des  
10 Prismas 10 und von den Winkeln her auf die Referenzfläche 7 absolut entsprechend der Genauigkeit ausgerichtet. Gleichzeitig ist auch die Höhe des Prismas 10 absolut bezüglich der Referenzfläche 7 eingestellt. Wie ersichtlich, ist es möglich, mit dem vorstehend beschriebenen Meßsystem die Teile  
15 des zu vermessenden Bauteils, nämlich in diesem Fall die obere Rahmenstruktur 8 eines Objektivs, sowohl im Ort als auch im Winkel absolut mit hoher Genauigkeit auf ein und derselben Meßmaschine gleichzeitig zu vermessen bzw. einzurichten.

20 In bekannter Weise haben die zu vermessenden Bauteile, in diesem Fall die obere Rahmenstruktur 8, entsprechende Referenzbünde (nicht dargestellt), die man mit ein oder mehreren taktilen Meßgliedern 13 entsprechend antasten kann.

25 Das neue Meßsystem, welches eine kombinierte Meßtechnik aus taktilem und optischem System ist, zeichnet sich durch die gemeinsame Referenzfläche 7 für beide Meßsysteme aus, wodurch die Meßergebnisse beider Verfahren direkt verglichen und miteinander kombiniert werden können. Auf diese Weise ist es  
30 nicht mehr erforderlich, wie beim Stand der Technik, für die vorgesehenen Messungen mit einem Werkstück zwischen zwei Meßplätzen zu wechseln, wodurch sich zwangsläufig Kalibrierfehler ergeben.

35 Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Systemes sind auch

Zeitgewinne durch das parallele Arbeiten der beiden Meßsysteme und durch Wegfall jeglicher Transport- und Umsetzungszeiten zwischen zwei Meßplätzen.

- 5 Durch die Benutzung der Oberfläche des Meßtisches 2 als Referenzfläche 7 für beide Meßsysteme können keine systematischen Kalibrierfehler auftreten.

Von Vorteil ist auch die Erweiterung der Meßmaschine 1 als  
10 Montage- und Justageplatz. Auf der Meßmaschine 1 können Korrekturen an dem zu vermessenden Bauteil oder den Teilen des Bauteiles vorgenommen werden und dann sofort die entsprechenden Änderungen im Ort und im Winkel der betroffenen Teile bestimmt bzw. vermessen werden, ohne daß die Kalibrierung und  
15 die Referenzierung bezüglich Referenzflächen oder Referenzpunkten bei beiden Meßsystemen verloren gehen. Der Montage- und Justageprozeß, inklusive der Anwendung beider Meßsysteme, kann iterativ erfolgen und zwar ohne daß die Meßmaschine neu kalibriert werden muß.

20

Zum Einbau des refraktiven Teiles 17 in die untere Rahmenstruktur 9 wird diese auf den Meßtisch 2 mit der Referenzfläche 7 aufgesetzt. Der refraktive Teil 17 des zusammensetzenden Objektivs wird hierzu in eine Bohrung der unteren  
25 Rahmenstruktur 9 eingesetzt, wobei sich Teile des refraktiven Teiles 17 in die Meßbohrung 3 erstrecken (siehe Figur 4).

Nachfolgend wird der Zusammenbau eines Objektivs, das mit seinen Teilen in die obere Rahmenstruktur 8 und in die untere  
30 Rahmenstruktur 9 eingebaut worden ist, beschrieben. Voraussetzung ist dabei, daß die Positionen und Winkel der einzelnen Bauteile entsprechend exakt stimmen. Hierzu wird eine weitere Basis bzw. Referenzfläche 15 auf der Oberseite der unteren Rahmenstruktur 9 gebildet. Die Referenzfläche 15 befindet sich somit an der Stelle, an der die beiden Rahmenstrukturen 8 und 9 zusammengebaut werden. Der Zusammenbau  
35

kann dabei ebenfalls auf der Meßmaschine 1 erfolgen. Wie vorstehend erläutert, sind dabei die optischen Bauteile in der oberen Rahmenstruktur 8 auf die Referenzfläche 22 und vom Ort her auf die Spitze des Prismas 10 bezogen. Auf diese Weise ist es möglich durch Aufsetzen der oberen Rahmenstruktur 8 auf die untere Rahmenstruktur 9 und durch Verschieben der oberen Rahmenstruktur 8 Referenzpunkte der beiden Objektivteile zueinander in der erforderlichen Genauigkeit zu justieren. Für die in die obere Rahmenstruktur 8 eingebauten Bauteile dient die Spitze des Prismas als Referenzpunkt 16 und für das in die untere Rahmenstruktur 9 eingebauten refraktiven Teil 17 des Objektivs dient ein Referenzpunkt 18 an einem Hauptflansch bzw. Zentrierbund 19 des refraktiven Teiles 17.

15

Die beiden Rahmenstrukturen 8 und 9 können in vorteilhafter Weise aus Keramik bestehen. Gleiches gilt auch für den Hauptflansch bzw. Zentrierbund 19. Das Zentrum bzw. der Referenzpunkt 18 des Zentrierbundes 19 bildet das Zentrum der Baugruppe. Dieses Zentrum wird mit den taktilen Meßgliedern 13 bei einem entsprechenden Verschieben des Meßkopfes 12 auf den Meßtisch 2 ermittelt. Sobald auf diese Weise das Zentrum der Baugruppe gefunden worden ist, wird über das vorher zur Vermessung in der Meßbohrung 3 eingesetzte refraktive Teil 17, die obere Rahmenstruktur 8 gesetzt, in der bereits die anderen Objektivteile orts- und winkelgerecht eingebaut worden waren. Dabei wird auch die obere Rahmenstruktur 8 auf die untere Rahmenstruktur 9 aufgesetzt.

30

Zur genauen Justage wird die Referenzfläche 22 der oberen Rahmenstruktur 8 entsprechend auf der Referenzfläche 15 der unteren Rahmenstruktur solange verschoben, bis der Referenzpunkt 16 exakt an den vorausberechneten Ort (gegenüber bzw.) bezüglich dem Referenzpunkt 18 liegt.

35

Wichtig ist, daß bei beiden Bauteilen die optischen Achsen

senkrecht zu den Referenzflächen 7 und 22 referenziert wurden, so daß entlang der Referenzfläche 15 verschoben werden kann, ohne daß die Referenzierung der optischen Achse verloren geht.

5

Nach dem Aufsetzen der oberen Rahmenstruktur 8 auf die untere Rahmenstruktur 9 ist es lediglich noch erforderlich, die beiden Referenzpunkte 16 und 18 aufeinander auszurichten. Hierzu wird die obere Rahmenstruktur 8 entsprechend auf der unteren  
10 Rahmenstruktur 9 solange verschoben, bis der Toleranzbereich erreicht wird.

Entscheidend ist dabei, daß eine Referenzierung auf die Referenzfläche 7 des Meßtisches 2 erfolgt, womit sich die obere  
15 Rahmenstruktur 8 auf der Referenzfläche 15 der unteren Rahmenstruktur 9 verschieben läßt, ohne daß die vorangegangene Referenzierung bzw. Justierung verändert wird. Eine Voraussetzung hierfür ist dabei auch, daß die Winkel vorher eingestellt worden sind. Bei der Ortsverschiebung der oberen Rah-  
20 menstruktur 8 auf der unteren Rahmenstruktur 9, um die Referenzpunkte 16 und 18 zueinander einzurichten, werden die Winkel nicht mehr verändert. Dies bedeutet, daß damit auch die optischen Achsen exakt stimmen.

25 Anstelle eines Zusammenbaus eines Objektivs aus zwei Bauteilen, nämlich der oberen Rahmenstruktur 8 und der unteren Rahmenstruktur 9 ist selbstverständlich auch eine Aufteilung auf noch mehr Untergruppen im Rahmen der Erfindung möglich.

30 Grundsätzlich sind drei Referenzebenen bzw. Referenzflächen vorhanden, nämlich als Referenzfläche 7 die Oberfläche des Meßtisches 2, die Referenzfläche 22 an der Unterseite der oberen Rahmenstruktur 8 und die Referenzfläche 15 auf der Oberseite der unteren Rahmenstruktur 9. Die Referenzfläche 7  
35 des Meßtisches 2 dient dabei als Basisfläche.

Während mit der Meßmaschine 1 die Abstände  $b_1$  und  $b_2$  bestimmt werden, werden mit dem optischen Meßsystem über das Autokollimationsfernrohr 5 die Winkellagen kontrolliert und eingestellt.

5

Anstelle eines Zusammenbaus von Oberteil und Unterteil des Objektivs auf dem Meßtisch 2 kann selbstverständlich der Zusammenbau auch an einer anderen Stelle erfolgen.

10 Nach einer exakten Justage der beiden Referenzpunkte 16 und 18 zueinander werden die beiden Objektivteile bzw. wird die obere Rahmenstruktur 8 mit der unteren Rahmenstruktur 9 verbunden, womit das Objektiv zusammengebaut ist. Die Verbindung kann auf beliebige Weise, z.B. durch Verschraubungen erfolgen.  
15

Damit beim Zusammenfügen der oberen Rahmenstruktur 8 mit der unteren Rahmenstruktur 9 entsprechend der Figur 5 bei der Verschiebung auf der Referenzfläche 15 eine sehr exakte und reibungsarme Verschiebung durchgeführt werden kann, kann zwischen den beiden Teilen ein Luftpolster durch Luftlager 20 erzeugt werden. In der Figur 5 sind die Luftlager 20 nur prinzipmäßig eingezeichnet. Auf diese Weise läßt sich das Oberteil bzw. die Rahmenstruktur 8 sehr reibungsarm auf der unteren Rahmenstruktur 9 verschieben. Mit Sensoren und Aktuatoren, z.B. Piezomanipulatoren 21 ist es dann möglich, die obere Rahmenstruktur 8 exakt einzujustieren. Bei der Montage kann das Signal des Meßgliedes 13, der die Spitze des Prismas 10 mit dem Referenzpunkt 16 abtastet, als Eingangssignal für eine computerunterstützte Ansteuerung der Piezomanipulatoren 21 benutzt werden.  
20  
25  
30

Für eine sehr genaue Justierung und Positionierung des Objektivs ist es erforderlich, daß eine äußerst präzise Fertigung der Außenflächen der Rahmenstruktur, d.h. der oberen Rahmenstruktur 8 und der unteren Rahmenstruktur 9, erfolgt, um ex-  
35

akte Interface-Flächen für die Untergruppen des Objektivs zu schaffen. Dabei geht es auch um den Winkel  $\alpha$  zwischen den Außenflächen und der Ebenheit der Außenflächen, insbesondere der unteren Außenfläche bzw. Referenzfläche 22 der oberen Rahmenstruktur 8 und der oberen Fläche der Rahmenstruktur 9, die die Referenzfläche 15 bildet.

Durch z.B. Planlappen/Polieren lassen sich die Außenflächen der Rahmenstrukturen 8 und 9 relativ einfach sehr eben und mit sehr kleinen Winkeltoleranzen bearbeiten. Die auf diese Weise geschaffenen planen Interferenzflächen erlauben die Zentrierung der Komponenten, insbesondere der Justierung der oberen Struktur 8 gegenüber der unteren Struktur 9 durch ein entsprechend exaktes Verschieben. Eine zusätzliche radiale zentrierende Interface-Fläche ist im allgemeinen nicht mehr erforderlich.

Während der Montage des Objektivs muß auch die Spiegelgruppe 11' entlang der dazugehörigen Interface-Fläche der oberen Rahmenstruktur 8 äußerst genau positioniert werden. Hierzu dient ein Hubtisch 23 mit Piezoelementen, welche bei einer Elektrifizierung sehr feinfühlig Längenänderungen des Hubtisches 23 ergeben. Der Hubtisch 23 ist dabei so ausgelegt, daß bei Aktivierung von nicht dargestellten Piezo-Elementen eine Verfahrbarkeit in der Anschraubebene der Spiegelgruppe 11 an der Außenfläche bzw. Interface-Fläche der oberen Rahmenstruktur 8 gemäß der durch den Pfeil 24 dargestellten Wirkrichtung erzeugt wird.

Die Interface-Flächen sind besonders genau zu fertigen, insbesondere bezüglich ihrer Ebenheit und ihrer Winkelorientierung. Auf diese Weise wird erreicht, daß in zwei Winkeln nicht mehr gemessen werden muß bzw. diese Winkel nicht mehr eingestellt werden müssen, da sie bereits gefertigt sind.

Der Hubtisch 23 kann somit als eigenständige Einrichtung zu

der Meßmaschine 1 ausgebildet sein und sorgt für eine entsprechende Ausrichtung der Spiegelgruppe 11'.

Patentansprüche

1. System zum Vermessen eines optischen Systems, insbesondere eines Objektivs, mit einer Meßmaschine (1), die wenigstens mit einem Meßglied (13) für Ortsbestimmungen und  
5 wenigstens mit einem Meßglied (5) für Winkelbestimmungen versehen ist, wobei für das ortsbestimmende Meßglied (13) und das winkelbestimmende Meßglied (5) wenigstens eine gemeinsame Referenzfläche vorgesehen ist.  
10
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das ortsbestimmende Meßglied (13) taktile Meßtaster aufweist.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
15 daß das winkelbestimmende Meßglied ein Autokollimationsfernrohr (5) oder ein Interferometer aufweist.
4. System nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das taktile Meßsystem mit einem Meßtisch (2) und einem Meßkopf (12), der wenigstens ein Meßglied (13) aufweist, versehen ist und daß das optische Meßsystem eine  
20 Lichtstrahlenquelle, ein System zur Strahlformung, ein System zur Abbildung und mindestens einen optischen Meßkopf aufweist.  
25
5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die gemeinsame Referenz durch die Oberfläche des Meßtisches (2), durch die zu vermessenden Bauteile oder Baugruppen selbst oder durch ein zusätzliches Referenzteil gebildet wird.  
30
6. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Meßtisch (2) im Bereich der zu vermessenden Bauteile (8,9) eine Meßbohrung (3) vorgesehen ist, über die die  
35 Meßstrahlen direkt oder indirekt über Strahlumlenkglieder (6) eingeleitet werden.

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Objektiv als Baugruppe dieses aus wenigstens zwei Rahmenstrukturen (8,9) gebildet werden.
- 5
8. System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine untere Rahmenstruktur (9) mit einer Referenzfläche (15) versehen ist, auf die ein optisches Teilsystem, z.B. der refraktive Teil (17) des Objektivs (19), welches mit
- 10 mindestens einer Referenzfläche, z.B. einem Zentrierbund (19), versehen ist, aufgesetzt ist.
9. System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzflächen des Teilsystems einen Referenzpunkt (18)
- 15 bilden, der gegenüber einem Referenzpunkt (16) in der oberen Rahmenstruktur (8) justiert wird.
10. System nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenzpunkt (16) in der oberen Rahmenstruktur (8) durch
- 20 die Spitze eines Prismas (10) gebildet wird.
11. System nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verschiebung der oberen Rahmenstruktur (8) auf der unteren Rahmenstruktur (9) Luftlager (20)
- 25 vorgesehen sind.
12. System nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verschiebung der oberen Rahmenstruktur (8) auf der unteren Rahmenstruktur (9) feinstellende Elemente, insbesondere piezokeramische Elemente, Lorenmotoren,
- 30 Stellschrauben o.ä. (21) vorgesehen sind.
13. System nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß Interfaceflächen der beiden Rahmenstrukturen (8,9) durch außenliegende Flächen gebildet werden.
- 35

14. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Interfaceflächen durch Planlappen/Polieren, Schleifen o.ä. für eine hohe Winkelgenauigkeit und Ebenheit geschaffen werden.

5

15. System nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßtisch (2) mit einem Hubtisch (23) versehen ist, durch den ein an die obere Rahmenstruktur (8) angeflanshtes Teilsystem (11'), z.B. einer Spiegelgruppe, entlang der Befestigungsebene des Teilsystems (11') an der oberen Rahmenstruktur (8) verschiebbar ist.

10

16. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Hubtisch (23) mit piezokeramischen Elementen (11), Lorenzmotoren, Stellschrauben o.ä. zur Verstellung des Hubtisches (23) versehen ist.

15

17. Objektiv, das gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 16 zusammengebaut ist zur Herstellung von Halbleiterchips in einem lithographischen Abbildungsprozeß.

20

18. Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie, dadurch gekennzeichnet, daß es mit einem System nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16 justiert ist.

25

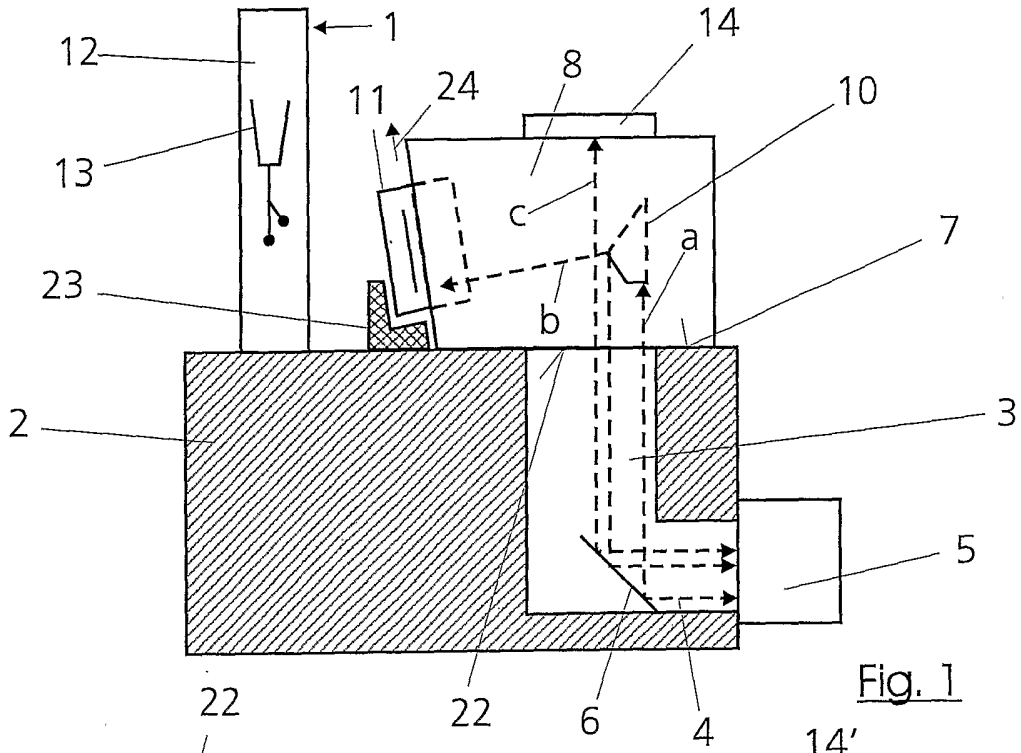


Fig. 1

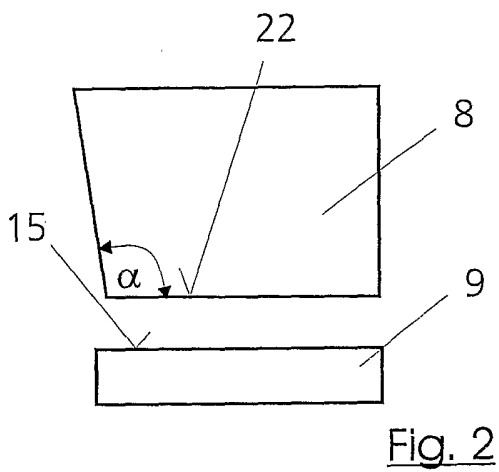


Fig. 2

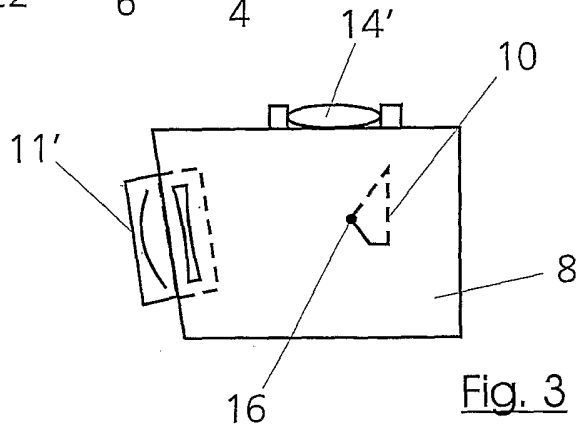


Fig. 3

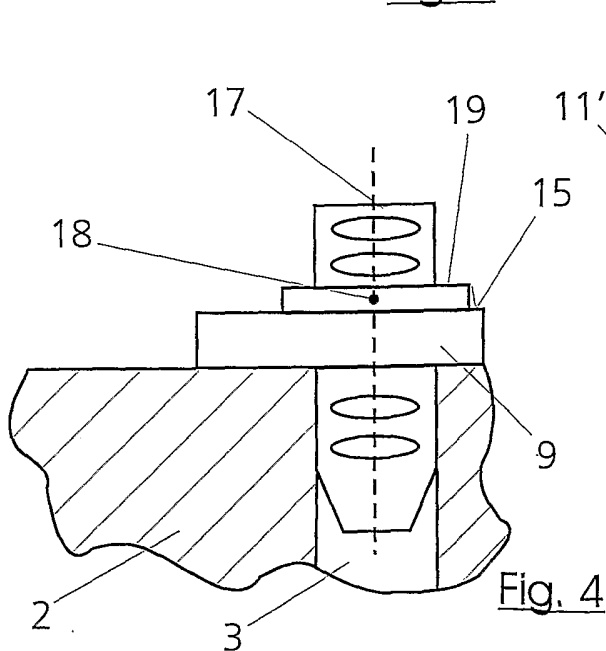


Fig. 4

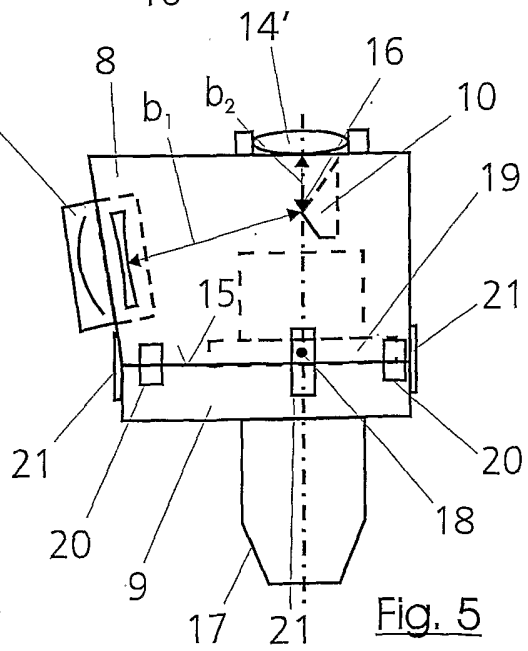


Fig. 5