

(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  
28. Juli 2016 (28.07.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/116387 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

C25D 7/08 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)  
G02B 7/18 (2006.01) G21K 1/06 (2006.01)  
G02B 5/08 (2006.01) G02B 5/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/050856

(22) Internationales Anmeldedatum:  
18. Januar 2016 (18.01.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 100 918.8  
22. Januar 2015 (22.01.2015) DE

(71) Anmelder: CARL ZEISS SMT GMBH [DE/DE];  
Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder: BAUER, Markus; Am Espenrain 7, 73447 Oberkochen (DE). BINGEL, Ulrich; Hauptstrasse 24, 74545 Michelfeld (DE). ANDERL, Willi; Posener Strasse 7, 73460 Huettingen (DE).

(74) Anwalt: WITTE, WELLER & PARTNERPATENTANWÄLTE MBB; Postfach 10 54 62, 70047 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:  
mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A REFLECTIVE OPTICAL ELEMENT, REFLECTIVE OPTICAL ELEMENT, AND USE OF A REFLECTIVE OPTICAL ELEMENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES REFLEKTIVEN OPTISCHEN ELEMENTS, REFLEKTIVES OPTISCHES ELEMENT UND VERWENDUNG EINES REFLEKTIVEN OPTISCHEN ELEMENTS

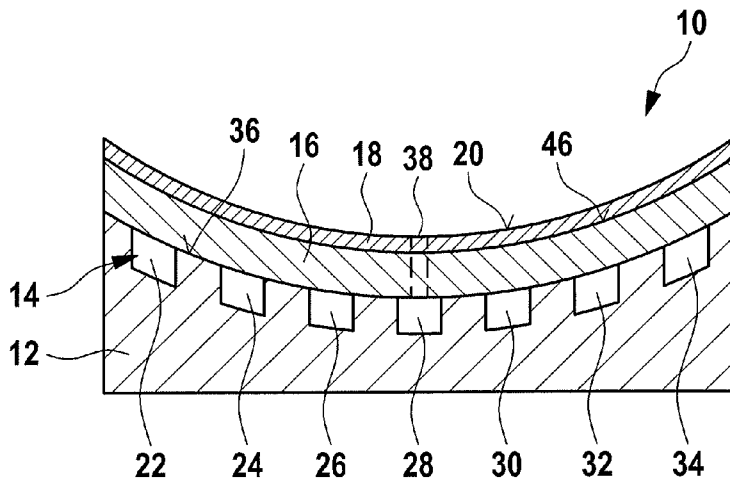


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a reflective optical element comprising a substrate (12), a coating (16) consisting of at least one electro-deposited or chemically deposited layer on a first surface (36) of the substrate (12), and at least one cavity (14) for receiving a fluid. The at least one cavity (14) is arranged adjacent to the first surface (36), wherein the coating (16) also extends over the at least one cavity (14). The at least one cavity (14) is free of material of the coating (16). At least one reflective layer (18) is arranged on the surface (46) of the coating (16) facing away from the substrate (12), wherein the at least one reflective layer (18) has an optically effective surface (20). The invention further relates to a method for producing the reflective optical element and to a use of the reflective optical element.

(57) Zusammenfassung:  
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/116387 A1



---

Ein reflektives optisches Element weist ein Substrat (12), eine Überbeschichtung (16) aus zumindest einer galvanisch oder chemisch abgeschiedenen Schicht auf einer ersten Oberfläche (36) des Substrates (12) und zumindest einen Hohlraum (14) zur Aufnahme eines Fluids auf. Der zumindest eine Hohlraum (14) ist der ersten Oberfläche (36) benachbart angeordnet, wobei die Überbeschichtung (16) sich auch über den zumindest einen Hohlraum (14) hinweg erstreckt. Der zumindest eine Hohlraum (14) ist frei von Material der Überbeschichtung (16). Zumindest eine reflektive Schicht (18) ist auf der dem Substrat (12) abgewandten Oberfläche (46) der Überbeschichtung (16) angeordnet, wobei die zumindest eine reflektive Schicht (18) eine optisch wirksame Oberfläche (20) aufweist. Ein Verfahren zum Herstellen und eine Verwendung des reflektiven optischen Elements werden ebenfalls beschrieben.

Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements, reflektives optisches Element und Verwendung eines reflektiven optischen Elements

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2015 100 918.8 mit Anmeldetag vom 22. Januar 2015, deren gesamter Inhalt durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung aufgenommen ist.

**[0002]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements, das eine optisch wirksame Oberfläche zur Wechselwirkung mit Licht und zumindest einen Hohlraum zur Aufnahme eines Fluids aufweist.

**[0003]** Die Erfindung betrifft des Weiteren ein solches reflektives optisches Element.

**[0004]** Die Erfindung betrifft schließlich eine Verwendung eines derartigen reflektiven optischen Elements.

**[0005]** Reflektive optische Elemente, die in optischen Systemen eingesetzt werden, die mit hohen Lichtintensitäten und/oder mit Licht im sehr kurzwelligen Spektralbereich wie VUV- oder EUV-Spektralbereich arbeiten, sind während des Betriebs hohen Wärmebelastungen ausgesetzt. Beispiele sind reflektive optische Elemente, die in optischen Systemen für die Materialbearbeitung mit Laserlicht sehr hoher Laserleistung eingesetzt werden, beispielsweise zum Schneiden, Bohren, Schweißen, Löten oder Aufschmelzen. Weitere Beispiele sind reflektive optische Elemente, die in optischen Systemen eingesetzt werden, die im sehr kurzwelligen Spektralbereich, insbesondere im EUV- oder sogar im Röntgenbereich eingesetzt werden. Ein spezielles Beispiel ist ein Kollektorspiegel, der in der EUV-Lichtquelle einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie verwendet wird.

**[0006]** Aufgrund der hohen Wärmebelastung, die die optischen Eigenschaften derartiger reflektiver optischer Elemente beeinträchtigen oder die Lebensdauer solcher reflektiver optischer Elemente verkürzen kann, ist es erforderlich, diese reflektiven optischen Elemente aktiv zu kühlen, beispielsweise mit einem gasförmigen oder flüssigen Fluid, wie beispielsweise Wasser. In dem betreffenden reflektiven optischen Element ist dazu zumindest ein Hohlraum, üblicherweise in der Form eines oder mehrerer Kanäle, ausgebildet, die von dem Fluid durchströmt wird, um Wärme von dem optischen Element weg abzuführen.

**[0007]** Bei dem erfindungsgemäßen reflektiven optischen Element ist der zumindest eine Hohlraum jedoch nicht auf den Zweck zum Durchleiten eines Kühlmediums beschränkt.

**[0008]** Es sind zahlreiche Herstellverfahren vorgeschlagen worden, mit denen reflektive optische Elemente mit zumindest einem in das optische Element integrierten Hohlraum hergestellt werden können.

**[0009]** In DE 10 2005 053 415 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen einzelner Spiegelschalen eines Kollektors für EUV-Anwendungen beschrieben. Bei diesem Verfahren wird zunächst die die optisch wirksame Oberfläche aufweisende optische Schicht

einer Spiegelschale galvanisch auf einen Kern aufgebracht, und anschließend wird auf diese Schicht ein Substrat galvanisch aufgebracht, bis das Substrat eine gewünschte Dicke besitzt. Nach dem Entfernen des Kerns wird in das Substrat ein Hohlraum von derjenigen Oberfläche des Substrats her eingearbeitet, die von der optischen Schicht abgewandt ist. Der Hohlraum wird dann mit einem elektrisch leitfähigen Material gefüllt, und im Anschluss hieran wird auf die freie Oberfläche des Substrats eine Deckschicht aufgebracht. Das Füllmaterial, das zuvor in den oder die Kanäle eingebracht wurden, wird anschließend beispielsweise mittels Lösungsmitteln oder durch Erhitzen wieder entfernt.

**[0010]** Nachteilig an diesem Herstellungsverfahren ist es, dass das anschließende Einbringen des zumindest einen Hohlraums in das Substrat, d.h. nachdem das Substrat auf die optisch wirksame Schicht aufgebracht worden ist, die optischen Eigenschaften der optischen Schicht beeinträchtigen kann. Beispielsweise kann die optische Schicht dabei unerwünscht verformt werden.

**[0011]** Bei weiteren Ausführungsformen des bekannten Herstellverfahrens wird vorgeschlagen, vorgefertigte Kühlleitungen in Form von Röhrchen rückseitig an die optische Schicht der Spiegelschale anzubringen, beispielsweise durch Löten, Angalvanisieren und dgl. Dieses Verfahren ist vergleichsweise aufwendig.

**[0012]** Weitere herkömmliche Verfahren zum Einbringen zumindest eines Hohlraums in ein reflektives optisches Element bestehen darin, das reflektive optische Element aus zwei Schalen, d.h. aus einem Boden und einem Deckel, zu fertigen, die durch Löten oder Kleben und dgl. miteinander verbunden werden, wie in DE 10 2010 034 476 A1 oder US 6,792,016 B2 beschrieben ist. Der zumindest eine Hohlraum wurde zur in eine der beiden Schalen eingebracht. Bei großflächigen optischen Elementen besteht dabei im Betrieb die Gefahr eines zumindest teilweise Ablösens der beiden Schalen voneinander, insbesondere wenn das Fluid in dem zumindest einen Hohlraum unter Druck steht und das optische Element im Vakuum betrieben wird.

**[0013]** In US 2006/0227826 A1 wird vorgeschlagen, Kühlkanäle in das Substrat des reflektiven optischen Elements als radial gerichtete Bohrungen nach Fertigung des optischen Elements einzubringen.

**[0014]** Alle im Stand der Technik bekannten Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements mit zumindest einem Hohlraum zur Aufnahme eines Fluids haben den Nachteil, dass sie aufwendig sind und mit den Anforderungen an hochpräzise optisch wirksame Oberflächen, seien es Sphären, Asphären, Freiformen nicht stets kompatibel sind oder den Einsatz von Materialien erfordern, die nur mit aufwendigen Verfahren und teuren Werkzeugen spanend bearbeitet werden können.

**[0015]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements der eingangs genannten Art bereitzustellen, das die vorstehend genannten Nachteile zumindest teilweise vermeidet, insbesondere weniger aufwendig ist und mit beliebig geformten, insbesondere asphärischen oder Freiform-Oberflächen als optisch wirksame Oberflächen gut vereinbar ist.

**[0016]** Gemäß einem ersten Aspekt wird erfindungsgemäß ein Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements bereitgestellt, das eine optisch wirksame Oberfläche zur Wechselwirkung mit Licht und zumindest einen Hohlraum zur Aufnahme eines Fluids aufweist, mit den Schritten:

- a) Bereitstellen eines Substrates aus einem ersten Material,
- b) Einbringen des zumindest einen Hohlraums in das Substrat von einer ersten Oberfläche des Substrates her,
- c) Füllen des zumindest einen Hohlraums mit einem zweiten Material,
- d) Aufbringen einer Überbeschichtung auf die erste Oberfläche auch im Bereich des zumindest einen Hohlraums durch galvanisches und/oder

chemisches Abscheiden zumindest einer Schicht aus zumindest einem dritten Material,

- e) Leeren des zweiten Materials aus dem zumindest einen Hohlraum,
- f) Aufbringen zumindest einer reflektiven Schicht auf die Überbeschichtung, wobei der Schritt f) vor Schritt e) oder nach Schritt e) durchgeführt wird.

**[0017]** Bei dem erfindungsgemäßen Herstellverfahren wird somit der zumindest eine Hohlraum in das Substrat eingebracht, beispielsweise durch eine spanende Bearbeitung des Substrats, und erst anschließend wird mit dem optischen Aufbau des reflektiven optischen Elements fortgefahren. Der optische Aufbau des reflektiven optischen Elements umfasst zumindest das Überbeschichten des Substrats auf der Seite, auf der der zumindest eine Hohlraum in das Substrat eingebracht wurde, und das Aufbringen der zumindest einen reflektiven Schicht auf die Überbeschichtung. Gegenüber dem aus DE 10 2005 053 415 A1 bekannten Verfahren ergibt sich hierbei als Vorteil, dass der optische Aufbau aus Überbeschichtung und der zumindest einen reflektiven Schicht nicht durch das Einbringen des zumindest einen Hohlraums in das Substrat negativ beeinträchtigt wird, da dieser bereits gefertigt ist. Das Leeren des zweiten Materials aus dem zumindest einen Hohlraum, das vor oder nach dem Aufbringen der zumindest einen reflektiven Schicht auf die Überbeschichtung erfolgen kann, beeinträchtigt den optischen Aufbau des optischen Elements nicht.

**[0018]** Des Weiteren wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren das reflektive optische Element auch nicht wie teilweise im Stand der Technik vorgeschlagen aus zwei Schalen aufgebaut, die miteinander durch Kleben, Löten und dgl. anschließend gefügt werden, hergestellt, sondern an das Substrat wird nach dem Einbringen des zumindest einen Hohlraums eine Überbeschichtung auf das Substrat aufgebaut, die sich zumindest auch über den zumindest einen Hohlraum hinweg erstreckt. Das Überbeschichten erfolgt dabei durch galvanisches Abscheiden und/oder durch chemisches Abscheiden einer oder mehrerer Schichten. Der Verbund aus Überbeschichtung und Substrat ist gegen ein

unerwünschtes Ablösen wesentlich beständiger als wenn wie im Stand der Technik zwei Schalen miteinander durch Kleben, Lötten oder dgl. verbunden werden. Das Überbeschichten durch galvanisches und/oder chemisches Abscheiden ist insbesondere gut vereinbar mit asphärischen oder Freiform-Optikoberflächen, da für die Überbeschichtung Materialien verwendet werden können, die sich sehr fein bearbeiten lassen, wie bspw. Kupfer. Das Überbeschichten ist auch mit großen Spiegeloptiken gut vereinbar, bei denen die Fertigung durch Ankleben oder Anlöten eines separaten Deckels schwierig oder unverhältnismäßig aufwendig ist. Demgegenüber lässt sich eine Überbeschichtung durch galvanisches und/oder chemisches Abscheiden in einem einfach zu beherrschenden Prozess und in vergleichsweise kurzer Zeit einfach durchführen. Ein Überbeschichten des Substrats durch galvanisches oder chemisches Abscheiden hat des Weiteren den Vorteil, dass die Überbeschichtung in der Regel spannungsfrei aufgebracht werden kann.

**[0019]** Mit dem erfindungsgemäßen Herstellverfahren lässt sich der zumindest eine Hohlraum in dem reflektiven optischen Element je nach Dicke der Überbeschichtung besonders nahe zur optisch wirksamen Oberfläche des Elements realisieren, und insbesondere lassen sich Hohlräume in Form von Kanälen mit sehr geringen Querabmessungen von weniger als 1 mm besonders leicht realisieren.

**[0020]** Im Fall einer galvanischen Überbeschichtung ist es vorteilhaft, wenn das Material des Substrates elektrisch leitfähig ist, so dass von einer elektrisch leitfähigen Beschichtung des Substrates vor dem galvanischen Überbeschichten abgesehen werden kann. Im Fall des chemischen Abscheidens kann das Material des Substrats auch nicht elektrisch leitfähig sein, und eine elektrisch leitfähige Schicht vor dem Aufbringen der Überbeschichtung ist ebenfalls nicht erforderlich.

**[0021]** In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens weist der Schritt a) weiterhin den Schritt auf: Vorformen der ersten Oberfläche des Substrats zu einer Oberflächenform, die der Grundform der optisch wirksamen Oberfläche entspricht.

**[0022]** Bei dieser Vorgehensweise wird das Substrat grob vorgeformt, indem Grundform der Optikfläche des reflektiven optischen Elements, beispielsweise konkav,



konvex und dgl, in die erste Oberfläche des Substrat eingearbeitet wird. Diese Grundform wird bei dem späteren Überbeschichten des Substrats im Wesentlichen beibehalten, so dass die Oberfläche der Überbeschichtung anschließend nur noch feingeformt bzw. feinbearbeitet werden muss, bspw. asphärisiert oder als Freiform geformt, um die präzise Feinform der optisch wirksamen Oberfläche herzustellen, die durch das Aufbringen der reflektiven Schicht nicht mehr verändert wird.

**[0023]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist das zweite Material ein durch Wärmezufuhr verflüssigbares und/oder ein in einem Lösungsmittel lösliches Material.

**[0024]** Das zweite Material, mit dem der zumindest eine Hohlraum vor dem Überbeschichten gefüllt wird, lässt sich in dieser Ausgestaltung besonders einfach durch Erwärmen und/oder durch Lösen des Materials in einem Lösungsmittel verflüssigen und dann aus dem zumindest einen Hohlraum entfernen, beispielsweise durch Ablaufenlassen oder durch Absaugen oder Ausspülen.

**[0025]** Vorzugsweise ist das zweite Material elektrisch leitfähig.

**[0026]** Insbesondere in Verbindung mit einem elektrisch leitfähigen Substrat hat diese Maßnahme den Vorteil, dass im Falle eines galvanischen Überbeschichtens des Substrates auch im Bereich des zumindest einen Hohlräume keine vorherige elektrisch leitfähige Beschichtung aufgebracht werden muss.

**[0027]** Bevorzugte Beispiele für das zweite Material sind Wachs, Polymere oder Salze. Diese können durch Beimischen von elektrisch leitfähigen Substanzen, beispielsweise Graphit, Metallpartikel oder dgl., auch leitfähig gemacht werden.

**[0028]** Wenn das Substrat und/oder das zweite Material zum Füllen des zumindest einen Hohlräume nicht elektrisch leitfähig ist bzw. sind, ist es bevorzugt, wenn nach dem Schritt c) und vor dem Schritt d) eine elektrisch leitfähige Schicht auf die erste Oberfläche des Substrats aufgebracht wird, wenn das Überbeschichten durch galvanische

sches Abscheiden erfolgen soll. Die zusätzliche elektrisch leitfähige Schicht kann dabei sehr dünn sein.

**[0029]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird an den Schritt d) oder e) anschließend die Oberfläche der Überbeschichtung entsprechend der zu erzielenden Feinform der optisch wirksamen Fläche feinbearbeitet, insbesondere spanabhebend feinbearbeitet.

**[0030]** Unter Feinbearbeitung ist hier insbesondere die Feinformung der Oberfläche der Überbeschichtung zu verstehen, die so präzise wie möglich der gewünschten Feinform der optisch wirksamen Fläche des herzustellenden optischen Elements entspricht. Das Material bzw. die Materialien der Überbeschichtung sind vorzugsweise so gewählt, dass sie eine spanabhebende Feinbearbeitung, insbesondere eine Ultrapräzisionsbearbeitung ohne vergrößerten Aufwand und ohne erhöhten Werkzeugverschleiß ermöglichen. Materialien für ein galvanisches Überbeschichten, die für eine spanabhebende Feinbearbeitung besonders vorteilhaft sind, sind Kupfer und (galvanisch) Nickel, und im Falle einer chemischen Überbeschichtung ist dies insbesondere Nickel mit Phosphor (NiP) (chemisch Nickel).

**[0031]** Bei der Feinbearbeitung bzw. Feinformung kann in die Überbeschichtung auch eine optisch wirksame Struktur, bspw. ein Beugungsgitter, oder eine Asphärisierung oder Freiformfläche, eingearbeitet werden, und dies in einem vergleichsweise einfachen Prozess.

**[0032]** Weiter vorzugsweise wird die so feinbearbeitete Oberfläche der Überbeschichtung anschließend geglättet, insbesondere poliert.

**[0033]** Außerdem kann, wie in einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen ist, die feinbearbeitete Oberfläche der Überbeschichtung anschließend noch formkorrigiert werden, insbesondere mittels Ionenstrahlformung.

**[0034]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der zumindest eine Hohlraum während der Feinbearbeitung der Oberfläche der Überbeschichtung mit Druck beaufschlagt.

**[0035]** Der Druck kann ein positiver (Über-) oder negativer (Unter-) Druck sein.

**[0036]** Durch diese Maßnahme werden bereits bei der Herstellung des reflektiven optischen Elementes im späteren Betrieb desselben auftretende Oberflächenverformungen der optisch wirksamen Fläche berücksichtigt. Solche im Betrieb des reflektiven optischen Elements auftretende Oberflächenverformungen können durch das durch den zumindest einen Hohlraum unter Druck hindurch geleitete Fluid verursacht sein, insbesondere wenn das reflektive optische Element im Vakuum betrieben wird. An den Stellen, an denen sich im Betrieb vorhersehbar beispielsweise Auswölbungen der optisch wirksamen Oberfläche einstellen (üblicherweise im Bereich des zumindest einen Hohlraums), kann durch die vorliegende Maßnahme die Oberfläche der Überbeschichtung so weit abgetragen werden, dass damit die im Betrieb des optischen Elements auftretenden Auswölbungen kompensiert werden. Umgekehrt, wenn sich im Betrieb vorhersehbar Einbuchtungen der optisch wirksamen Oberfläche einstellen, kann mit einem Unterdruck im Hohlraum bei der Feinbearbeitung auch dieser spätere Betriebszustand sozusagen simuliert und bei der Feinbearbeitung berücksichtigt werden. Mit anderen Worten wird mit der vorliegenden Maßnahme während der Feinbearbeitung der Oberfläche der Überbeschichtung der sich im Betrieb des Elements einstellende Betriebszustand vorgehalten.

**[0037]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der Schritt b) mittels Fräsen, Drehen, Bohren, Erodieren und/oder Laserabtragen durchgeführt.

**[0038]** Diese Techniken zum Einbringen des zumindest einen Hohlraums in das Substrat zeichnen sich durch ihre leichte Durchführbarkeit und gute Beherrschbarkeit aus.

**[0039]** Des Weiteren ist in einer bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, dass der Schritt d) derart ausgeführt wird, dass sich über die erste Oberfläche des Substrates verteilt eine gleichmäßige oder ungleichmäßige Dicke der Überbeschichtung ergibt.

**[0040]** Im Falle des galvanischen Überbeschichtens kann dies durch eine entsprechende Positionierung und Beabstandung der Elektroden relativ zueinander realisieren. Mittels einer variierenden Dicke der Überbeschichtung kann eine vorher gewählte langwellige Oberflächendeformation durch Variation des Drucks in dem zumindest einen Hohlraum zusätzlich vorteilhaft manipuliert bzw. eingestellt werden.

**[0041]** Des Weiteren ist bei dem Verfahren vorzugsweise vorgesehen, dass das dritte Material während des Überbeschichtens kontinuierlich oder stufenweise variiert wird.

**[0042]** So kann beispielsweise bei einer Überbeschichtung mit einer Legierung in einem Galvanikprozess die Zusammensetzung der Legierung während des Überbeschichtens kontinuierlich oder stufenweise verändert werden. Damit kann beispielsweise zumindest die oberste Schicht der Überbeschichtung aus einem Material bestehen, das sich besonders gut spanabhebend bearbeiten lässt.

**[0043]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird erfindungsgemäß ein reflektives optisches Element bereitgestellt, mit einem Substrat, einer Überbeschichtung aus zumindest einer galvanisch oder chemisch abgeschiedenen Schicht auf einer ersten Oberfläche des Substrates, zumindest einem Hohlraum zur Aufnahme eines Fluids, wobei der zumindest eine Hohlraum der ersten Oberfläche benachbart angeordnet ist, wobei die Überbeschichtung sich auch über den zumindest einen Hohlraum hinweg erstreckt, und wobei der zumindest eine Hohlraum frei von Material der Überbeschichtung ist, und mit zumindest einer reflektiven Schicht auf der dem Substrat abgewandten Oberfläche der Überbeschichtung, wobei die zumindest eine reflektive Schicht eine optisch wirksame Oberfläche aufweist.

**[0044]** Ein erfindungsgemäßes reflektives optisches Element lässt sich im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten reflektiven optischen Elementen mit geringerem Aufwand herstellen, insbesondere mit beliebig geformten, insbesondere asphärischen oder Freiform-Oberflächen. Durch die oberflächennahe Anordnung des zumindest einen Hohlraums, vorzugsweise mehrerer Kanäle für ein Fluid, lässt sich das reflektive optische Element nicht nur besonders wirksam kühlen, sondern auch besonders gut als Manipulator oder Kompensator in einem optischen System einsetzen, indem die Kanäle mit Druck, worunter auch ein negativer bzw. Unterdruck zu verstehen ist, beaufschlagt werden, wodurch die Oberflächenform der optisch wirksamen Fläche gezielt verändert werden kann. Dadurch, dass der zumindest eine Hohlraum frei von Material der Überbeschichtung ist, kann der oder können die Hohlräume mit sehr kleinen Abmessungen realisiert sein, ohne dass die Gefahr besteht, dass der Hohlraum oder die Hohlräume mit Material der Überbeschichtung verstopft oder das Hohlraumvolumen verkleinert ist. Daher muss auch nicht ein vergrößertes Volumen des Hohlraums oder der Hohlräume bei der Herstellung vorgehalten werden.

**[0045]** Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße reflektive optische Element durch ein erfindungsgemäßes Herstellverfahren nach einer oder mehreren der oben genannten Ausgestaltungen hergestellt.

**[0046]** Vorzugsweise ist der zumindest eine Hohlraum in Form eines oder mehrerer Kanäle ausgebildet.

**[0047]** Insbesondere im Fall der Verwendung des reflektiven optischen Elements als Manipulator/Kompensator eignet sich eine Mehrzahl von Kanälen, durch die ein Fluid, beispielsweise ein Gas oder eine Flüssigkeit, durchgeleitet wird, wobei der Druck des Fluids in den einzelnen Kanälen vorzugsweise von Kanal zu Kanal unabhängig voneinander gesteuert werden kann.

**[0048]** Vorzugsweise weisen die Kanäle eine Breite auf, die in einem Bereich von wenigen Mikrometern bis etwa einen Millimeter oder auch darüber liegt.

**[0049]** Solche miniaturisierten Kanäle für den Durchtritt eines Fluides werden insbesondere dadurch ermöglicht, dass die Kanäle vor dem Überbeschichten mit der Galvanikschicht in das Substrat von einer seiner Oberflächen her eingebracht werden.

**[0050]** Weiter vorzugsweise weist der zumindest eine Hohlraum zumindest eine Öffnung auf, die in der optisch wirksamen Oberfläche der reflektiven Schicht mündet.

**[0051]** In dieser Ausgestaltung kann das durch den zumindest einen Hohlraum hindurchtretende Fluid zum Spülen der optisch wirksamen Oberfläche der reflektiven Schicht des optischen Elementes verwendet werden.

**[0052]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist das Substrat Stahl, insbesondere austenitischen oder martensitischen Stahl, Kupferlegierung und/oder Aluminium-Silizium, insbesondere mit einem Siliziumanteil von bis zu 35 % auf.

**[0053]** Die vorstehend genannten Materialien sind für das Substrat gut geeignete Materialien, da sie leicht bearbeitbar sind, insbesondere für die Einbringung des zumindest einen Hohlraums sowie für die Grobformung der Grundform der optisch wirksamen Oberfläche. Die vorstehend genannten Materialien lassen sich besonders gut zerspanend bearbeiten, ohne dass dabei das Zerspanungswerkzeug einem im Vergleich zu anderen Materialien erhöhten Verschleiß unterliegt.

**[0054]** Die Überbeschichtung weist vorzugsweise Kupfer, Nickel und/oder Nickel mit Phosphor (NiP) auf.

**[0055]** Auch diese Materialien sind in Bezug auf ihre leichte Zerspanbarkeit für die Überbeschichtung besonders gut geeignet, da sie eine hochpräzise Feinbearbeitung der Oberfläche der Überbeschichtung ermöglichen. Insbesondere sind diese Materialien ebenfalls werkzeugschonend bearbeitbar.

**[0056]** Vorzugsweise werden die Materialien des Substrats und der Überbeschichtung so ausgewählt, dass sie einen zumindest annähernd gleichen Wärmeausdeh-

nungskoeffizienten aufweisen, vorzugsweise mit einer Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten von weniger als 10 ppm/K, weiter vorzugsweise weniger als 5 ppm/K, weiter vorzugsweise weniger als 2 ppm/K.

**[0057]** Diese Maßnahme trägt vorteilhafterweise dazu bei, dass Wärmebelastungen des reflektiven optischen Elements im Betrieb nicht oder zumindest nur gering zu Beeinträchtigungen der optischen Qualität des optischen Elements durch unterschiedliches Ausdehnungsverhalten des Substrats und der Überbeschichtung führen.

**[0058]** Besonders bevorzugte Kombinationen von Materialien für das Substrat und für die Überbeschichtung sind: Aluminium-Silizium, austenitischer Stahl oder Kupferlegierung für das Substrat, und Kupfer für die Überbeschichtung. Eine weitere besonders bevorzugte Kombination von Materialien für das Substrat und die Überbeschichtung ist martensitischer Stahl für das Substrat und Nickel für die Überbeschichtung.

**[0059]** Die zumindest eine reflektive Schicht kann eine Beschichtung aus Molybdän- und Silizium-Schichten sein.

**[0060]** Weiter vorzugsweise weist das oder weisen die Materialien der Überbeschichtung einen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, der größer ist als ein Wärmeausdehnungskoeffizient des oder der Materialien des Substrats.

**[0061]** Hierdurch ist es möglich, die Überbeschichtung beim Aufbringen auf das Substrat auf dem Substrat unter Zugspannung zu bringen.

**[0062]** Weiter vorzugsweise weist die Überbeschichtung eine gleichmäßige Dicke auf, oder die Überbeschichtung weist eine über die erste Oberfläche des Substrates variierende Dicke auf, wie oben bereits im Zusammenhang mit dem Herstellverfahren beschrieben wurde

**[0063]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein reflektives optisches Element nach einer oder mehreren der vorstehend genannten Ausgestaltungen erfindungsgemäß

als Spiegel in einem optischen System für Anwendungen im VUV-, EUV- oder noch kurzwelligeren Spektralbereich oder für die Materialbearbeitung mit Licht hoher Intensität verwendet.

**[0064]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein reflektives optisches Element nach einer oder mehreren der vorstehend genannten Ausgestaltungen als Kollektorspiegel in einem optischen System, insbesondere für die EUV-Mikrolithographie verwendet.

**[0065]** Gemäß einem noch weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein reflektives optisches Element nach einer oder mehreren der vorstehend genannten Ausgestaltungen als optischer Kompensator und/oder Manipulator verwendet, wobei der zumindest eine Hohlraum mit variablem Druck beaufschlagt wird, um eine unerwünschte Deformation der optisch wirksamen Oberflächen zu kompensieren, oder um eine gewollte Deformation der optisch wirksamen Oberfläche zu erzeugen.

**[0066]** Das reflektive optische Element kann somit zur Wellenfrontmanipulation verwendet werden, um beispielsweise Abbildungsfehler des optischen Systems zu kompensieren oder allgemein die Wellenfront bewusst zu verändern.

**[0067]** Das reflektive optische Element kann in den vorstehend genannten Verwendungen ein makroskopischer großflächiger Spiegel oder ein Spiegelement eines ein- oder zweidimensionalen Spiegelarrays sein. Auch eine Verwendung als Lichtmischendes Element mit Honigwaben- oder Zylinderwabenform ist möglich. Schließlich kann das reflektive optische Element als dünne Membran, ggfls. mit rückseitig angebrachter Sensorik und/oder Aktuatorik ausgebildet sein und als Wellenfrontmanipulator verwendet werden.

**[0068]** Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

**[0069]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern



auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0070]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden mit Bezug auf diese hiernach näher beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 ein reflektives optisches Element in einer Schnittdarstellung;
- Fig. 2 einen anfänglichen Schritt eines Verfahrens zum Herstellen des reflektiven optischen Elements in Fig. 1;
- Fig. 3 einen weiteren Schritt des Verfahrens zum Herstellen des reflektiven optischen Elements in Fig. 1;
- Fig. 4 einen noch weiteren Schritt des Verfahrens zum Herstellen des reflektiven optischen Elements in Fig. 1;
- Fig. 5 einen noch weiteren Schritt des Verfahrens zum Herstellen des reflektiven optischen Elements in Fig. 1;
- Fig. 6 einen noch weiteren Schritt des Verfahrens zum Herstellen des reflektiven optischen Elements in Fig. 1;
- Fig. 7 einen noch weiteren Schritt des Verfahrens zum Herstellen des reflektiven optischen Elements in Fig. 1;
- Fig. 8 eine Einzelheit des Verfahrensschrittes in Fig. 6;
- Fig. 9 eine Abwandlung des Verfahrensschrittes in Fig. 8;
- Fig. 10 ein Ergebnis des Verfahrensschrittes in Fig. 9;

- Fig. 11  
bis 15 verschiedene Geometrien eines oder mehrerer Hohlräume, mit denen das reflektive optische Element in Fig. 1 ausgestaltet werden kann, in einer Draufsicht auf das Substrat des Elements ohne Überbeschichtung;
- Fig. 16 ein Ausführungsbeispiel eines Ergebnisses des Verfahrensschrittes in Fig. 7;
- Fig. 17 ein Ausführungsbeispiel, gemäß dem das reflektive optische Element in Fig. 1 als Manipulator/Kompensator verwendet wird; und
- Fig. 18 ein Ausführungsbeispiel eines optischen Systems, in dem das reflektive optische Element in Fig. 1 verwendet wird.

**[0071]** In Fig. 1 ist ein mit dem allgemeinen Bezugszeichen 10 versehenes reflektives optisches Element im Schnitt gezeigt. Das reflektive optische Element 10 kann in unterschiedlichen optischen Systemen und zu verschiedenen Zwecken verwendet werden, wie später noch beschrieben wird.

**[0072]** Das reflektive optische Element 10 weist allgemein ein Substrat 12, zumindest einen Hohlraum 14, eine Überbeschichtung 16 und eine reflektive Schicht 18 auf, wobei Letztere eine optisch wirksame Oberfläche 20 aufweist, die im Betrieb des reflektiven optischen Elements 10 mit Licht oder allgemein elektromagnetischer Strahlung beaufschlagt wird, die von der optisch wirksamen Oberfläche 20 reflektiert wird.

**[0073]** Der zumindest eine Hohlraum 14 dient der Aufnahme eines Fluids, wobei ein solches Fluid ein Kühlmedium, ein Spülmedium und/oder ein Medium zum Beaufschlagen des zumindest einen Hohlraums 14 mit Druck, worunter auch ein Unterdruck zu verstehen ist, sein kann, wobei letzteres für die Verwendung des Elements 10 als Manipulator/Kompensator nützlich ist. Es versteht sich, dass alle drei genannten Funktionen (Kühlen, Spülen, Manipulation/Kompensation) durch ein und dasselbe Fluid realisiert sein können.

**[0074]** In dem gezeigten Ausführungsbeispiel weist der Hohlraum 14 eine Mehrzahl an Hohlräumen in Form von Kanälen 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34 auf, wobei diese Kanäle 22 bis 34 voneinander fluiddicht getrennt sein können, oder es können zumindest einige der Kanäle oder alle miteinander kommunizieren.

**[0075]** Der zumindest eine Hohlraum 14 ist einer ersten Oberfläche 36 des Substrats 12, die der optisch wirksamen Oberfläche 20 zugewandt ist, benachbart angeordnet. Die Überbeschichtung 16 erstreckt sich dabei über den zumindest einen Hohlraum 14, hier die Kanäle 22 bis 34 hinweg.

**[0076]** Die Überbeschichtung 16 verschließt dabei die Kanäle 22 bis 34 an der Oberfläche 36 des Substrats 12 fluiddicht. In einem alternativen Ausführungsbeispiel kann der zumindest eine Hohlraum 14 jedoch zumindest eine Öffnung 38 aufweisen, wie beispielhaft für den Kanal 28 mit unterbrochenen Linien gezeigt ist. In diesem Fall kann mittels des durch den zumindest einen Hohlraum 14 zirkulierenden Fluids die optisch wirksame Oberfläche 20 gespült werden.

**[0077]** In Fig. 1 sind die Dicken des Substrats 12, der Überbeschichtung 16 und der reflektiven Schicht 18 sowie die Abmessungen der Kanäle 22 bis 34 nicht maßstabsgetreu dargestellt.

**[0078]** Die Kanäle 22 bis 34 können eine Breite und/oder Tiefe von weniger als 1 mm, beispielsweise wenige 10 µm, aufweisen.

**[0079]** Die Überbeschichtung 16 kann mehrere Millimeter dick sein.

**[0080]** Die Überbeschichtung 16 weist zumindest eine galvanisch oder chemisch auf die erste Oberfläche 36 abgeschiedene Schicht auf. Die Überbeschichtung 16 kann aus einer einzigen Schicht oder aus mehreren Schichten aufgebaut sein.

**[0081]** Die Überbeschichtung 16 kann unmittelbar auf die erste Oberfläche 36 des Substrats 12 aufgebracht sein, aber auch mittelbar, indem zwischen der Überbe-

schichtung 16 und dem Substrat 12 eine Zwischenschicht (nicht gezeigt) aufgebracht wurde.

**[0082]** Für das Substrat 12 sind folgende Materialien besonders geeignet: Aluminium-Silizium mit einem Siliziumanteil von bis zu 35 % (Handelsbezeichnung Dispal®), austenitischer oder martensitischer Stahl, insbesondere 1.4-Stahl, oder eine Kupferlegierung, beispielsweise eine Kupferlegierung, die unter dem Handelsnamen GlidCop® oder Elmedur® vertrieben wird.

**[0083]** Die Überbeschichtung 16 kann besonders aus folgenden Materialien gebildet sein: Kupfer, (galvanisch) Nickel im Falle der Ausbildung der Überbeschichtung 16 als galvanische Überbeschichtung, und/oder Nickel mit Phosphor (NiP) (chemisch Nickel) im Falle der Ausgestaltung der Überbeschichtung 16 als chemisch abgeschiedene Überbeschichtung.

**[0084]** Das oder die Materialien des Substrats 12 und das oder die Materialien der Überbeschichtung 16 sind dabei so gewählt, dass sie einen zumindest annähernd gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, so dass es zwischen Substrat 12 und Überbeschichtung 16 nicht zu Spannungen kommt, wenn das reflektive optische Element 10, beispielsweise aufgrund der Beaufschlagung mit Licht, sich erwärmt.

**[0085]** Die Wärmeausdehnungskoeffizienten des oder der Materialien des Substrats 12 weichen von den Wärmeausdehnungskoeffizienten des oder der Materialien der Überbeschichtung 16 vorzugsweise weniger als 10 ppm/K, weiter vorzugsweise weniger als 5 ppm/K, weiter vorzugsweise weniger als 2 ppm/K ab.

**[0086]** Das oder die Materialien der Überbeschichtung 16 können dabei einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, der geringfügig größer ist als der Wärmeausdehnungskoeffizient des oder der Materialien des Substrats 12.

**[0087]** In dem gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Überbeschichtung 16 über das Substrat 12 hinweg eine gleichmäßige Dicke auf, wobei jedoch auch eine

Ausgestaltung in Betracht gezogen werden kann, bei der die Überbeschichtung 16 über das Substrat 12 hinweg eine nicht gleichmäßige, sondern variierende Dicke aufweist, wie beispielhaft in Fig. 10 gezeigt ist und später noch beschrieben wird.

**[0088]** Mit Bezug auf Fig. 2 bis 7 wird nachfolgend ein Verfahren zum Herstellen des reflektiven optischen Elements 10 beschrieben.

**[0089]** In einem anfänglichen Verfahrensschritt wird das Substrat 12 in Rohform bereitgestellt. Das Substrat 12 kann dabei aus einem elektrisch leitfähigen Material bestehen, wie dies für die oben genannten Substratmaterialien gilt, wobei dies für das Verfahren jedoch nicht zwingend erforderlich ist. Das Substrat 12 kann auch aus einem nicht elektrisch leitfähigen Material bestehen.

**[0090]** In Fig. 2 ist die erste Oberfläche 36 des Substrats 12 plan. Sofern das herzustellende reflektive optische Element eine von einer planen Ausgestaltung abweichende gekrümmte, beispielsweise konkave, wie bei dem reflektiven optischen Element 10 in Fig. 1, oder konvexe optisch wirksame Oberfläche 20 aufweisen soll, wird in einem Verfahrensschritt gemäß Fig. 3 zunächst die erste Oberfläche 36 des Substrats 12 zu einer Oberflächenform geformt, die der Grundform der zu erzielenden optisch wirksamen Oberfläche 20 entspricht. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die erste Oberfläche 36 des Substrats 12 entsprechend konkav vorgeformt. Das Vorformen der ersten Oberfläche 36 kann dabei insbesondere spanabhebend erfolgen.

**[0091]** In einem Verfahrensschritt gemäß Fig. 4 werden in die gemäß Fig. 3 vorgeformte Oberfläche 36 der zumindest eine Hohlraum 14, hier die Kanäle 22 bis 34 in das Substrat 12 von der ersten Oberfläche 36 her eingebracht. Auch das Einbringen der Kanäle 22 bis 34 kann spanabhebend erfolgen, insbesondere mittels Fräsen, Drehen, Bohren, Erodieren und/oder Laserabtragen.

**[0092]** In einem weiteren Schritt gemäß Fig. 5 wird der zumindest eine Hohlraum 14 bzw. werden hier die Kanäle 22 bis 34 mit einem Material 40 gefüllt. Das Material 40 ist ein durch Wärmezufuhr verflüssigbares und/oder ein in einem Lösungsmittel

lösliches Material, insbesondere ein Wachs, ein Polymer oder ein Salz. Besonders einfach lässt sich das Material 40 in den zumindest einen Hohlraum 14 füllen, wenn es vor dem Füllen verflüssigt wurde und sich anschließend verfestigt.

**[0093]** Das Material 40 ist des Weiteren vorzugsweise elektrisch leitfähig, was im Falle der Verwendung von Wachs durch Beimischung von Graphit erreicht werden kann. Auch im Falle eines Polymers kann das Polymer durch Beimischung von elektrisch leitfähigen Partikeln elektrisch leitfähig gemacht werden, sofern das Polymer nicht selbst elektrisch leitfähig ist.

**[0094]** Optional kann nach dem Füllen des zumindest einen Hohlräume 14 mit dem Material 40 die erste Oberfläche 36 nochmals überarbeitet werden, beispielsweise spanabhebend mittels Drehen oder Fräsen, usw.

**[0095]** In einem weiteren Verfahrensschritt gemäß Fig. 6 wird nun das Substrat 12 überbeschichtet.

**[0096]** Im Fall, dass das Substrat 12 und das Material 40, mit dem der zumindest eine Hohlraum 14 gefüllt ist, elektrisch leitfähig sind, kann das Überbeschichten durch Abscheiden einer oder mehrerer Galvanikschichten unmittelbar auf die Oberfläche 36 erfolgen. Es versteht sich, dass auch das oder die Materialien für die Überbeschichtung elektrisch leitfähig sind.

**[0097]** Wenn das Substrat 12 und/oder das Material 40, mit dem der zumindest eine Hohlraum 14 gefüllt ist, nicht elektrisch leitfähig ist bzw. sind, kann zunächst auf die erste Oberfläche 36 des Substrats 12 eine elektrisch leitfähige Schicht (nicht gezeigt) aufgebracht werden, wenn das Überbeschichten galvanisch erfolgen soll.

**[0098]** Im Fall, dass das Überbeschichten durch chemisches Abscheiden einer oder mehrerer Schichten erfolgen soll, ist es weder für das Substrat 12 noch für das Material 40 erforderlich, elektrisch leitfähig zu sein, und auch eine etwaige elektrische Schicht auf der ersten Oberfläche 36 des Substrats 12 ist nicht erforderlich.

**[0099]** Materialien, die sich galvanisch mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit abscheiden lassen, sind vorzugsweise Kupfer oder galvanisch Nickel. Materialien, die sich für ein chemisches Abscheiden eignen, ist chemisch Nickel (NiP), d.h. eine Nickel-Phosphor-Zusammensetzung.

**[00100]** Das Überbeschichten der ersten Oberfläche 36 des Substrats 12 erfolgt dabei auch über den zumindest einen Hohlraum 14, hier die Kanäle 22 bis 34 hinweg. Das Material 40 in dem zumindest einen Hohlraum 14 verhindert dabei, dass Material der Überbeschichtung 16 in den zumindest einen Hohlraum 14 eindringt. Der Hohlraum 14 des fertigen optischen Elements 10 ist somit frei von Material der Überbeschichtung 16. Das Überbeschichten kann in einem einstufigen oder mehrstufigen Prozess erfolgen, d.h. es können eine oder mehrere Schichten galvanisch bzw. chemisch abgeschieden werden.

**[00101]** Gemäß Fig. 6 wird die Überbeschichtung 16 über das Substrat 12 hinweg mit gleichmäßiger Dicke abgeschieden. Im Falle eines galvanischen Aufbringens der Überbeschichtung 16 zeigt Fig. 8 hierzu eine Elektrodenanordnung aus einer Elektrode 42 und einer Gegenelektrode 44, wobei letztere durch das Substrat 12 selbst gebildet wird, mit der das Überbeschichten mit gleichmäßiger Dicke realisiert werden kann.

**[00102]** Im Falle eines Überbeschichtens durch galvanisches Abscheiden von Kupfer auf das Substrat 12 kann das Überbeschichten mit einer hohen Aufwachs geschwindigkeit erfolgen, selbst wenn die Überbeschichtung 16 mehrere Millimeter dick abgeschieden wird.

**[00103]** Beim Überbeschichten gemäß Fig. 6 bleibt die grob vorgeformte Grundform der ersten Oberfläche 36 des Substrats 12 im Wesentlichen erhalten, d.h. eine Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 weist im Wesentlichen die Grundform der Oberfläche 36 des Substrates 12 auf, zumindest wenn die Überbeschichtung 16 eine zumindest im Wesentlichen gleichmäßige Dicke über das Substrat 12 hinweg aufweist.

**[00104]** Beim Überbeschichten des Substrates 12 kann das Material, das auf die Oberfläche 36 des Substrates 12 abgeschieden wird, kontinuierlich oder stufenweise

variiert werden. Beispielsweise wenn das Material, das auf dem Substrat 12 abgeschieden wird, eine Legierung ist, kann beispielsweise während des Abscheidens des Materials die Zusammensetzung der Legierung kontinuierlich oder stufenweise variiert werden.

**[00105]** In einem weiteren Verfahrensschritt gemäß Fig. 7 wird die Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 entsprechend der zu erzielenden finalen Form der optisch wirksamen Fläche 20 feinbearbeitet. Die Feinbearbeitung wird spanabhebend durchgeführt, beispielsweise mittels eines spanenden Werkzeugs 48, das beispielsweise eine Diamantfräse ist.

**[00106]** Sofern die Überbeschichtung 16 aus mehreren galvanisch oder chemisch abgeschiedenen Schichten aufgebaut ist, sollte zumindest die zuletzt aufgebraute Schicht aus einem gut spanbaren Material bestehen, das einer Ultrapräzisionsbearbeitung zugänglich ist.

**[00107]** Bei der Feinbearbeitung der Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 wird diese auch feingeformt, beispielsweise asphärisiert oder mit einer Freiform versehen.

**[00108]** Die feinbearbeitete Oberfläche 46 wird des Weiteren, falls erforderlich, noch geglättet, insbesondere poliert.

**[00109]** Die Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 kann anschließend noch formkorrigiert werden, insbesondere mittels Ionenstrahlformung, wie mit durch Linien angedeutete Ionenstrahlen 50 veranschaulicht ist.

**[00110]** Vor oder nach dem Feinbearbeiten der Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 wird das Material 40 aus dem zumindest einen Hohlraum 14, hier den Kanälen 22 bis 34, geleert. Im Falle eines durch Wärmezufuhr verflüssigbaren Materials 40 wird beispielsweise das Substrat 12 entsprechend erwärmt, und im Fall eines in einem Lösungsmittel löslichen Materials 40 wird ein Lösungsmittel in die Kanäle 22 bis 34 geleitet.



**[00111]** Eine weitere Maßnahme, die während der Feinbearbeitung der Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 vorgenommen werden kann, besteht darin, den zumindest einen Hohlraum 14, hier zumindest einzelne oder alle Kanäle 22 bis 34 mit einem Fluid unter einen Druck  $P$  zu setzen, wodurch die Oberfläche 46 im Bereich der Kanäle 22 bis 34, je nachdem welcher der Kanäle unter Druck gesetzt ist, eine Auswölbung nach außen zeigt, die bei der Feinbearbeitung jeweils entsprechend entfernt wird. Damit wird einem Oberflächendeformationsfehler bzw. Passefehler der optisch wirksamen Fläche 20 im Betrieb des reflektiven optischen Elements 10, in dem die Kanäle 22 bis 34 ebenfalls unter Druck gesetzt sind, und/oder wenn das reflektive optische Element im Vakuum betrieben wird, vorgebeugt.

**[00112]** Wenn die Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 fertig bearbeitet ist, wird die reflektive Schicht 18 auf die Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 aufgebracht, so dass das reflektive optische Element 10 gemäß Fig. 1 hergestellt ist.

**[00113]** Die zumindest eine reflektive Schicht 18 ist beispielsweise ein Stapel aus Molybdän- und Silizium(MoSi)-Schichten.

**[00114]** Fig. 9 zeigt eine Abwandlung der Ausgestaltung des Verfahrens gemäß Fig. 8, gemäß der die Überbeschichtung 16 mit einer über das Substrat 12 hinweg ungleichmäßigen Dicke auf das Substrat 12 aufgebracht wird, wie beispielhaft in Fig. 10 gezeigt ist. Fig. 9 zeigt hierzu eine Elektrodenanordnung, bei der die Elektrode 42 eben ist, so dass die Elektrode über das Substrat 12 hinweg gesehen einen variablen Abstand zur Oberfläche 36 des Substrates aufweist. Durch den größeren Abstand der Elektrode 42 von der Oberfläche 36 in der Mitte des Substrates 12 wird die Überbeschichtung 16 dort mit geringerer Dicke aufgebracht als an den Rändern des Substrates 12, an denen die Elektrode 42 einen entsprechend geringeren Abstand von der Oberfläche 36 des Substrates 12 aufweist.

**[00115]** Um andere Dickenverläufe der Überbeschichtung 16 als die in Fig. 10 gezeigte zu erreichen, kann die Geometrie der Elektrode 42 oder die Abstandspiegelung mehrerer Elektroden entsprechend gewählt werden, um die Überbeschichtung 16 mit

einem gewünschten Dickenverlauf auf das Substrat 12, beispielsweise einem wellenförmigen Dickenverlauf, aufzubringen.

**[00116]** Fig. 11 bis 15 zeigen verschiedene beispielhafte Geometrien für den zumindest einen Hohlraum 14, wobei Fig. 11 bis 14 Draufsichten auf das Substrat 12 nach dem Einbringen des zumindest einen Hohlraums 14 zeigen.

**[00117]** Fig. 11 zeigt einen zusammenhängenden spiralförmigen Hohlraum 14 mit einem Einlass 51 zum Einlassen von Fluid und einem Auslass 52 zum Auslassen des Fluids aus dem Hohlraum 14. Die Zirkulation des Fluids erfolgt dabei vom Zentrum spiralförmig zum Rand des Substrates 12 hin.

**[00118]** Fig. 12 zeigt eine Geometrie von Hohlräumen 14, die in diesem Ausführungsbeispiel aus zwei Kanälen 22 und 24 gebildet sind, die nicht miteinander kommunizieren. Der Kanal 22 weist einen Einlass 21a und zwei Auslässe 52a und 52b auf, und der Kanal 24 weist einen Einlass 51b sowie zwei Auslässe 52c und 52d auf.

**[00119]** Fig. 13 zeigt eine Geometrie eines einzelnen zusammenhängenden Hohlraums 14, der sich vom Einlass 51 zum Auslass 52 über das Substrat 12 hinweg mäanderförmig erstreckt.

**[00120]** Fig. 14 zeigt einen Hohlraum 14, der radial außenseitig einen kreisförmigen Kanal 22, im Zentrum einen kreisförmigen Kanal 24 und eine Vielzahl von radialen Kanälen 26, 28 usw. aufweist, die die Kanäle 22 und 24 miteinander verbinden. Vom Einlass 51 tritt das Fluid zunächst in den radial inneren Kanal 24 und über die speichenförmigen radialen Kanäle 26, 28 usw. in den äußeren Kanal 14 und von dort in den Auslass 52.

**[00121]** Fig. 15 zeigt eine perspektivische Ansicht des Substrates 12 mit den Kanälen gemäß Fig. 14.

**[00122]** Fig. 16 zeigt eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens zum Herstellen des reflektiven optischen Elements 10 in Fig. 1, bei dem bei der Feinbearbeitung der Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 gemäß Fig. 7 eine optisch wirksame Struktur 54 in die Oberfläche 46 der Überbeschichtung 16 eingearbeitet, insbesondere spanabhebend eingearbeitet wird. Die optisch wirksame Struktur 54 ist hier beispielhaft ein Beugungsgitter. Beim Aufbringen der reflektiven Schicht 18 bleibt die optisch wirksame Struktur 54 erhalten, d.h. die optisch wirksame Struktur 54 überträgt sich im Wesentlichen genau auf eine entsprechende optisch wirksame Struktur der optisch wirksamen Oberfläche 20.

**[00123]** In weiteren Abwandlungen des reflektiven optischen Elements 10 und des Verfahrens zur Herstellung desselben kann der zumindest eine Hohlraum 14, beispielsweise die Kanäle 22 bis 34, so in das Substrat 12 eingebracht werden, dass sich die Kanäle 22 bis 34 zur Oberfläche 36 des Substrates 12 hin verjüngen. Hierdurch wird es ermöglicht, die Überbeschichtung 16 mit einer geringeren Dicke auszuführen, da im Falle der Beaufschlagung der Kanäle 22 bis 34 mit Druck wegen der sich verjüngenden Form der Kanäle 22 bis 34 die Tendenz geringer ist, dass sich die optisch wirksame Oberfläche 20 auswölbt.

**[00124]** Andererseits kann die Auswölbung der optisch wirksamen Fläche 20 auch gewollt sein, nämlich dann, wenn das reflektive optische Element 10 als optischer Manipulator verwendet wird, wie in Fig. 17 gezeigt ist. In diesem Fall werden die Kanäle 22 bis 34 gezielt mit einem positiven Druck  $P$ , einzeln oder gemeinsam, beaufschlagt, wobei es auch vorgesehen sein kann, dass jeder der Kanäle 22 bis 34 mit einem unterschiedlichen Druck  $P$  beaufschlagbar ist. Hierdurch kann eine gewünschte Oberflächen deformation der optisch wirksamen Oberfläche 20 gezielt eingestellt und verändert werden, wie in Fig. 17 mit einzelnen Wellenbergen 60 veranschaulicht ist. Dies kann dazu dienen, die Wellenfront des optischen Systems, in dem das Element 10 verwendet wird, gezielt zu beeinflussen. Es ist auch denkbar, dass die Kanäle 22 bis 34 mit einem negativen Druck beaufschlagt werden, wodurch sich in der optisch wirksamen Fläche 20 auch Wellentäler einstellen lassen, und es können auch einzelne Kanäle mit positivem und andere mit negativem Druck beaufschlagt werden.

**[00125]** Die Verwendung des reflektiven optischen Elements 10 als Manipulator zum Beeinflussen einer optischen Wellenfront ist besonders dadurch möglich, dass die Hohlräume bzw. Kanäle 22 bis 34 nahe zur Oberfläche 20 des Elements 10 angeordnet sind, und dass die Überbeschichtung 16 dünn ausgeführt werden kann.

**[00126]** Das optische Element 10 kann auch als Kompensator verwendet werden, wobei hier die Hohlräume bzw. Kanäle 22 bis 34 mit einem variablen Druck beaufschlagt werden, um eine unerwünschte Deformation der optisch wirksamen Oberfläche 20 zu kompensieren.

**[00127]** Das reflektive optische Element 10 kann ein makroskopischer Spiegel sein oder auch ein miniaturisiertes Spiegelelement eines eindimensionalen oder zweidimensionalen Spiegelarrays. Des Weiteren kann das reflektive optische Element 10 auch als mischendes Element in Honigwaben- oder Zylinderwabenausführung ausgebildet sein.

**[00128]** Schließlich kann das reflektive optische Element 10 auch einfach als dünne Membran mit ggf. einer zugehörigen Sensorik oder Aktuatorik auf der der optisch wirksamen Oberfläche 20 abgewandten Seite des Substrats 12 ausgebildet sein.

**[00129]** Fig. 18 zeigt eine Verwendung des reflektiven optischen Elements 10 in einem optischen System 100 für EUV-Anwendungen.

**[00130]** In diesem Fall der Verwendung des reflektiven optischen Elements 10 wird es als Kollektorspiegel einer EUV-Lichtquelle S verwendet, wobei die EUV-Strahlung durch ein Target 102 erzeugt wird. Das optische System 100 ist insbesondere eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie und weist der Lichtquelle S nachgeordnet ein Beleuchtungssystem IL, ein Retikel R, ein Projektionsobjektiv PO und einen Wafer W auf.

**[00131]** Weitere Verwendungen des reflektiven optischen Elements 10 in optischen Systemen zur Materialbearbeitung mit Licht hoher Intensität, beispielsweise zum Bohren, Abtragen, Aufschmelzen mittels Laserlicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements (10), das eine optisch wirksame Oberfläche (20) zur Wechselwirkung mit Licht und zumindest einen Hohlraum (14) zur Aufnahme eines Fluids aufweist, mit den Schritten:
  - a) Bereitstellen eines Substrates (12) aus einem ersten Material,
  - b) Einbringen des zumindest einen Hohlraums (14) in das Substrat (12) von einer ersten Oberfläche (36) des Substrates (12) her,
  - c) Füllen des zumindest einen Hohlraums (14) mit einem zweiten Material (40),
  - d) Aufbringen einer Überbeschichtung (16) auf die erste Oberfläche (36) auch im Bereich des zumindest einen Hohlraums (14) durch galvanisches und/oder chemisches Abscheiden zumindest einer Schicht aus zumindest einem dritten Material,
  - e) Leeren des zweiten Materials (40) aus dem zumindest einen Hohlraum (14),
  - f) Aufbringen zumindest einer reflektiven Schicht (18) auf die Überbeschichtung (16), wobei Schritt f) vor Schritt e) oder nach Schritt e) durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt a) weiterhin den Schritt aufweist:

Vorformen der ersten Oberfläche (36) des Substrats (12) zu einer Oberflächenform, die der Grundform der optisch wirksamen Oberfläche (20) entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das zweite Material (40) ein durch Wärmezufuhr verflüssigbares und/oder ein in einem Lösungsmittel lösliches Material ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das zweite Material (40) elektrisch leitfähig ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei das zweite Material (40) ein Wachs, ein Polymer oder ein Salz ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei nach dem Schritt c) und vor dem Schritt d) eine elektrisch leitfähige Schicht auf die erste Oberfläche (36) des Substrats (12) aufgebracht wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei an den Schritt d) oder e) anschließend die Oberfläche (46) der Überbeschichtung (16) entsprechend der zu erzielenden Feinform der optisch wirksamen Fläche (20) feinbearbeitet, insbesondere spanabhebend feinbearbeitet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei weiterhin die feinbearbeitete Oberfläche (46) geglättet, insbesondere poliert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei die feinbearbeitete Oberfläche (46) der Überbeschichtung formkorrigiert wird, insbesondere mittels Ionenstrahlformung.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der zumindest eine Hohlraum (14) während der Feinbearbeitung der Oberfläche (46) der Überbeschichtung (16) mit Druck beaufschlagt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Schritt d) derart ausgeführt wird, dass sich über die erste Oberfläche (36) verteilt eine gleichmäßige oder ungleichmäßige Dicke der Überbeschichtung (16) ergibt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das dritte Material während des Überbeschichtens kontinuierlich oder stufenweise variiert wird.
13. Reflektives optisches Element, mit einem Substrat (12), einer Überbeschichtung (16) aus zumindest einer galvanisch oder chemisch abgeschiedenen Schicht auf einer ersten Oberfläche (36) des Substrates (12), zumindest einem Hohlraum (14)

zur Aufnahme eines Fluids, wobei der zumindest eine Hohlraum (14) der ersten Oberfläche (36) benachbart angeordnet ist, wobei die Überbeschichtung (16) sich auch über den zumindest einen Hohlraum (14) hinweg erstreckt, und wobei der zumindest eine Hohlraum (14) frei von Material der Überbeschichtung (16) ist, und mit zumindest einer reflektiven Schicht (18) auf der dem Substrat (12) abgewandten Oberfläche (46) der Überbeschichtung (16), wobei die zumindest eine reflektive Schicht (18) eine optisch wirksame Oberfläche (20) aufweist.

14. Reflektives optisches Element nach Anspruch 13, hergestellt durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12.
15. Reflektives optisches Element nach Anspruch 13 oder 14, wobei der zumindest eine Hohlraum (14) in Form eines oder mehrerer Kanäle (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34) ausgebildet ist.
16. Reflektives optisches Element nach Anspruch 15, wobei die Kanäle (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34) eine Breite aufweisen, die in einem Bereich von wenigen Mikrometern bis etwa einen Millimeter liegt.
17. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei der zumindest eine Hohlraum (14) zumindest eine Öffnung (38) aufweist, die in der optisch wirksamen Oberfläche (20) der reflektiven Schicht (18) mündet.
18. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 13 bis 17, wobei das Substrat (12) Stahl, insbesondere austenitischen oder martensitischen Stahl, Kupferlegierung und/oder Aluminium – Silizium, insbesondere mit einem Siliziumanteil von bis zu 35% aufweist.
19. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 13 bis 18, wobei die Überbeschichtung (16) Kupfer, Nickel und/oder Nickel mit Phosphor (NiP) aufweist.

20. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 13 bis 19, wobei die Materialien des Substrats (12) und der Überbeschichtung (16) einen zumindest annähernd gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, vorzugsweise mit einer Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten von weniger als 10 ppm/K, weiter vorzugsweise weniger als 5 ppm/K, weiter vorzugsweise weniger als 2 ppm/K.
21. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 13 bis 20, wobei das oder die Materialien der Überbeschichtung (16) einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, der größer ist als ein Wärmeausdehnungskoeffizient des oder der Materialien des Substrats (12).
22. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 13 bis 21, wobei die Überbeschichtung (16) eine gleichmäßige Dicke aufweist, oder wobei die Überbeschichtung (16) eine über die erste Oberfläche (36) des Substrates (12) variierende Dicke aufweist.
23. Verwendung eines reflektiven optischen Elements (10) nach einem der Ansprüche 13 bis 22 als Spiegel in einem optischen System (100) für Anwendungen im VUV, EUV- oder noch kurzwelligeren Spektralbereich oder für die Materialbearbeitung mit Licht hoher Intensität.
24. Verwendung eines reflektiven optischen Elements (10) nach einem der Ansprüche 13 bis 22 als Kollektorspiegel in einem optischen System (100), insbesondere für die EUV-Mikrolithographie.
25. Verwendung eines reflektiven optischen Elements (10) nach einem der Ansprüche 13 bis 22 als optischer Kompensator und/oder Manipulator in einem optischen System, wobei der zumindest eine Hohlraum (14) mit variablem Druck beaufschlagt wird, um eine unerwünschte Deformation der optisch wirksamen Oberfläche (20) zu kompensieren, oder um eine gewollte Deformation der optisch wirksamen Oberfläche (20) zu erzeugen.



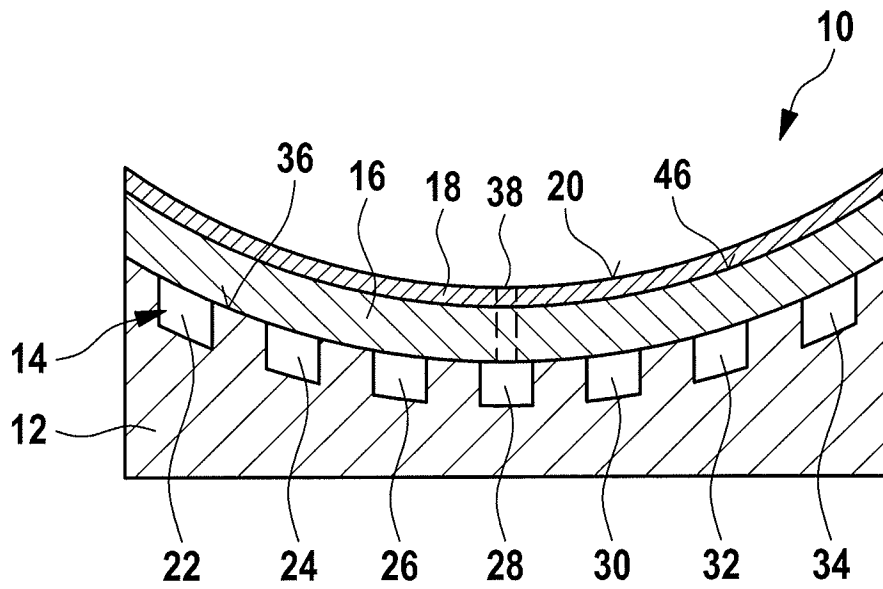


Fig. 1

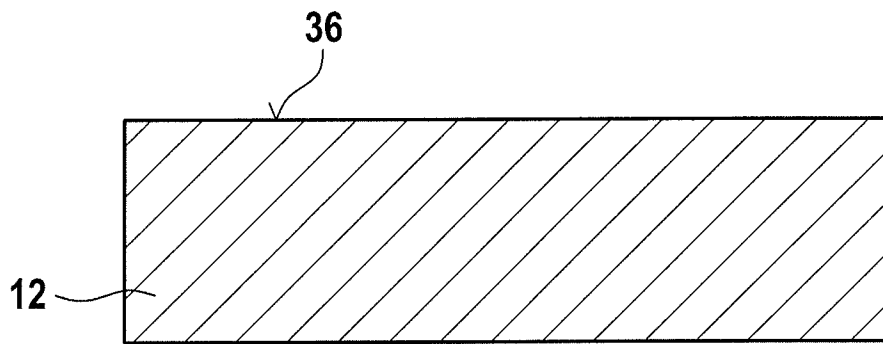


Fig. 2

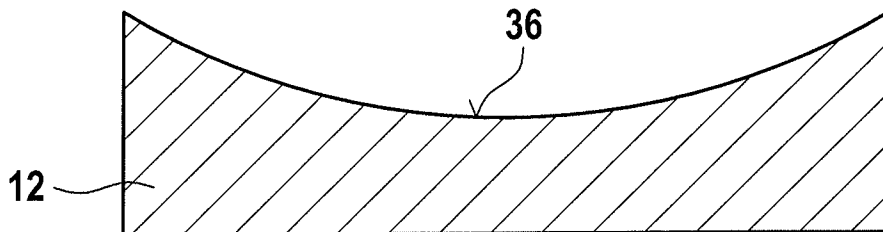


Fig. 3

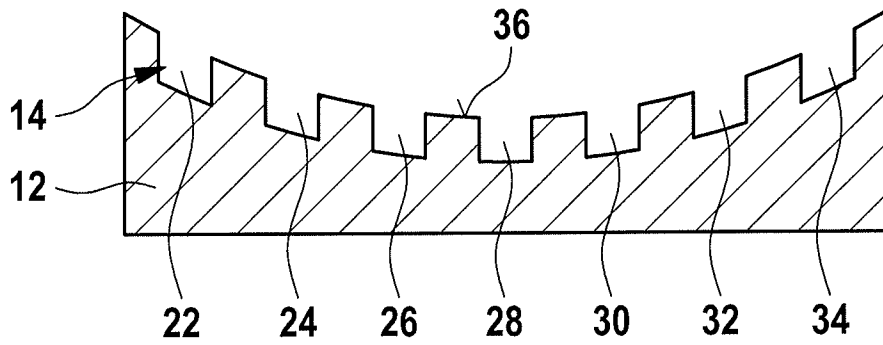


Fig. 4

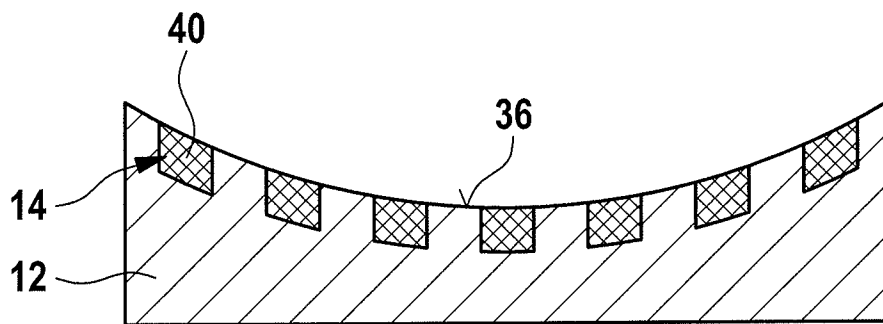


Fig. 5

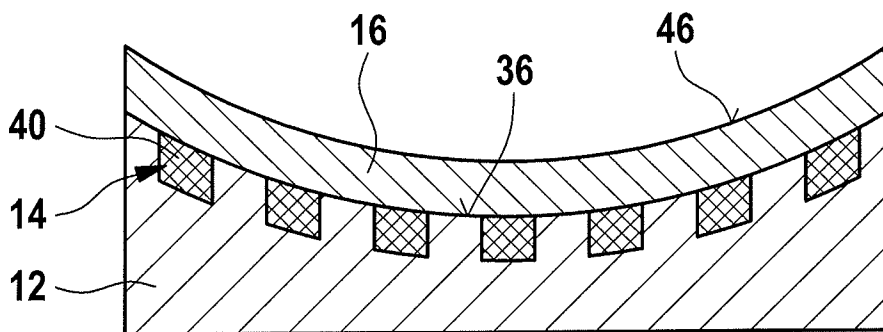


Fig. 6

3/7

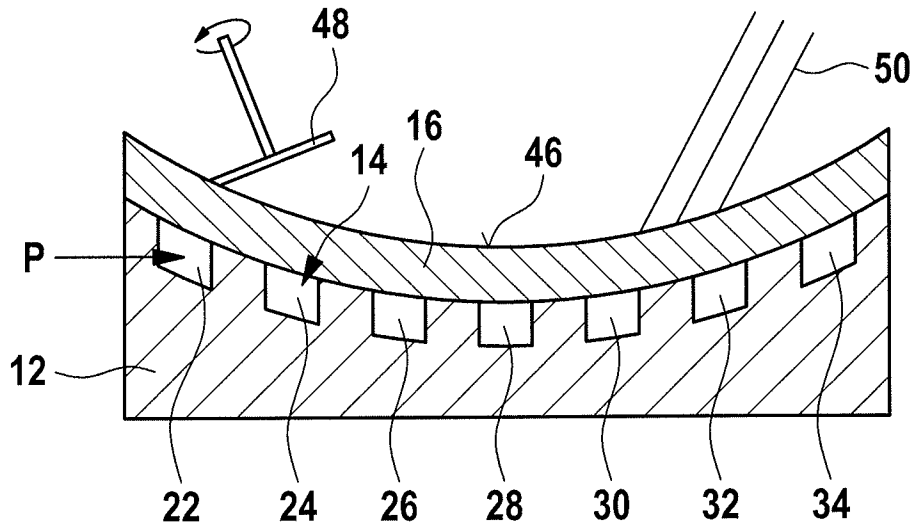


Fig. 7

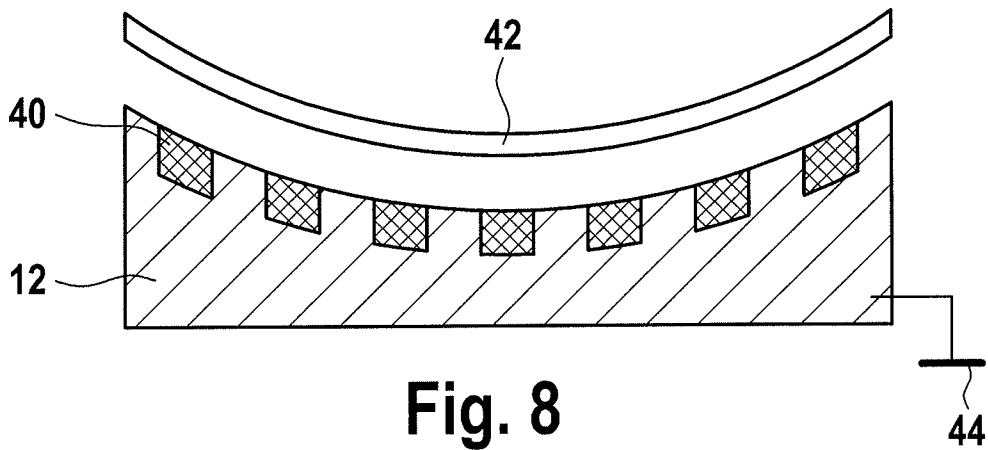


Fig. 8

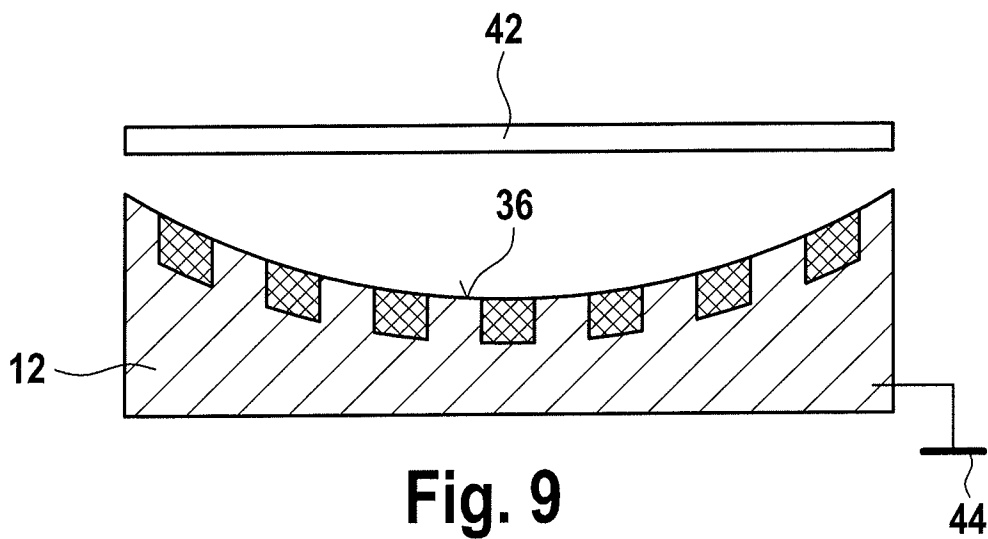


Fig. 9

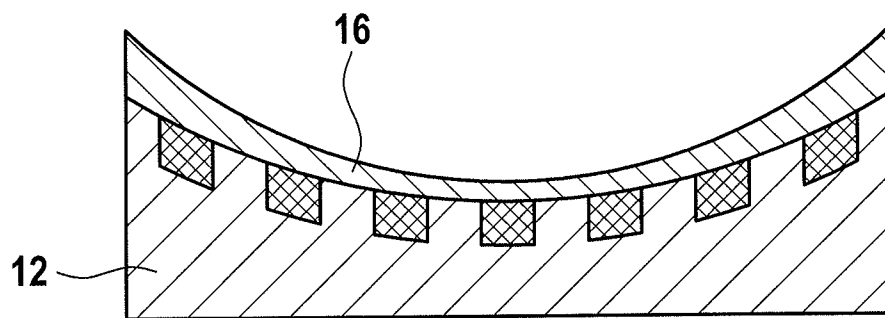


Fig. 10

5/7

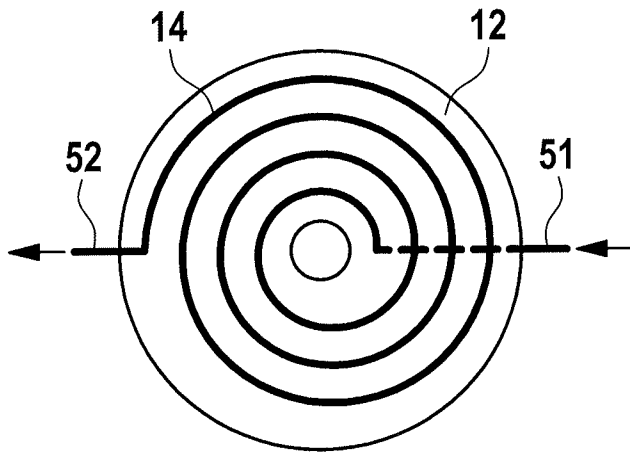


Fig. 11

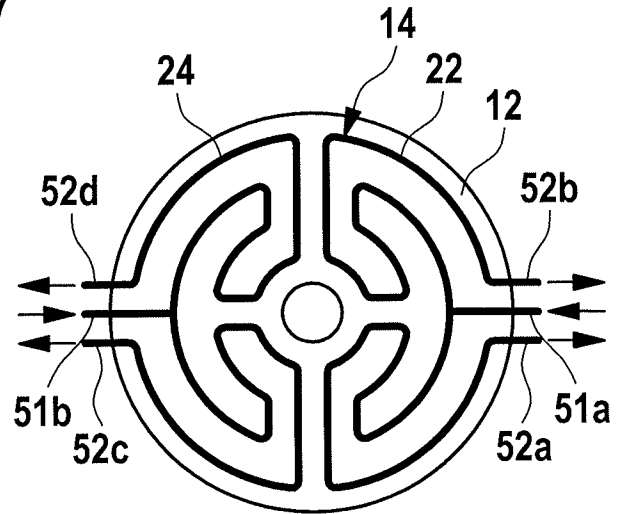


Fig. 12

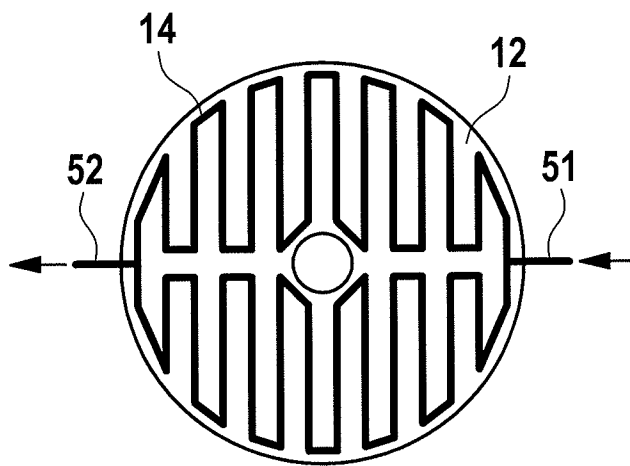


Fig. 13

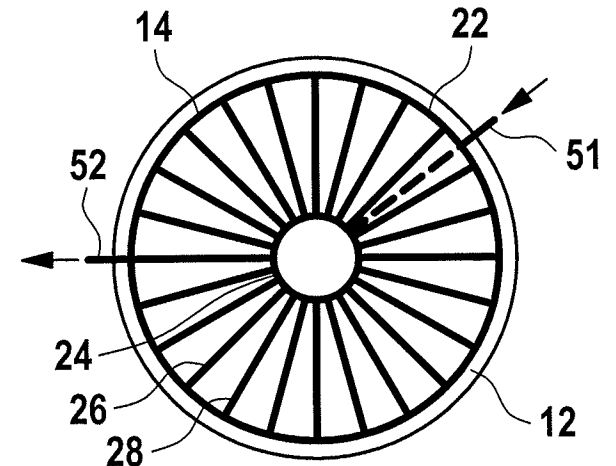


Fig. 14

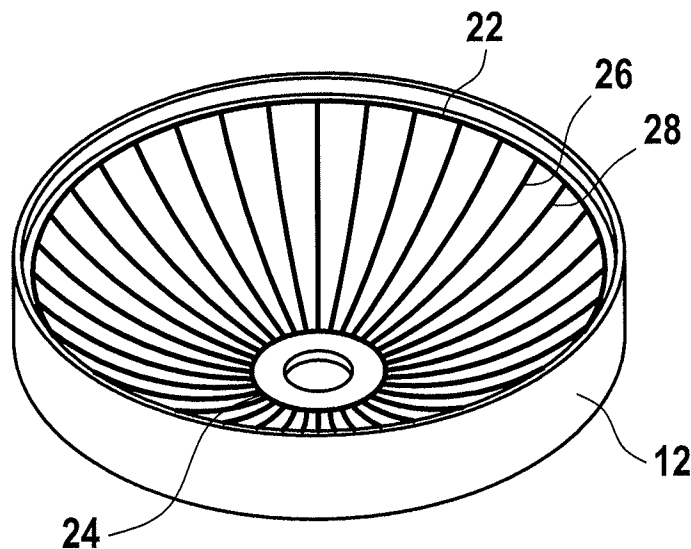


Fig. 15

6/7

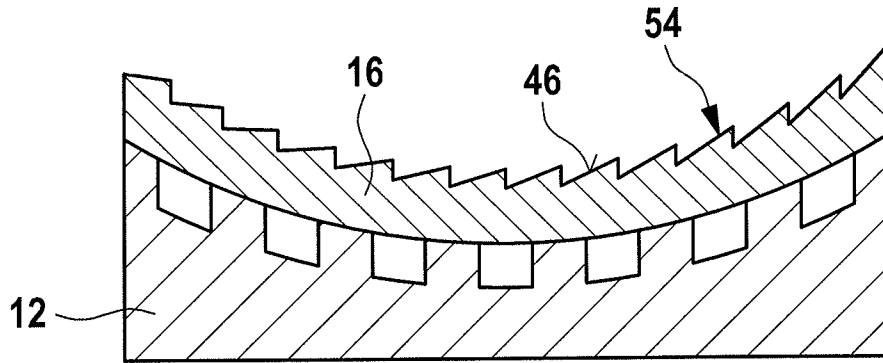


Fig. 16

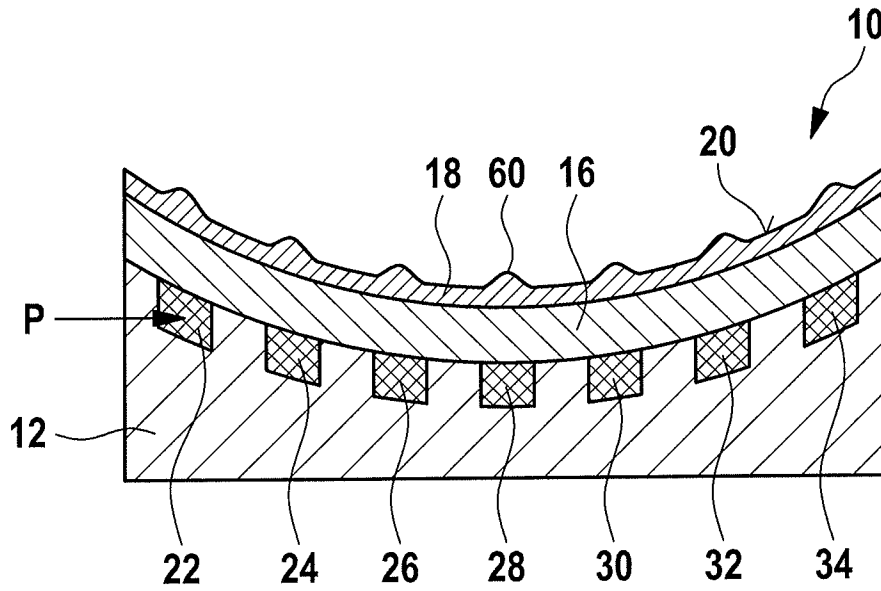


Fig. 17

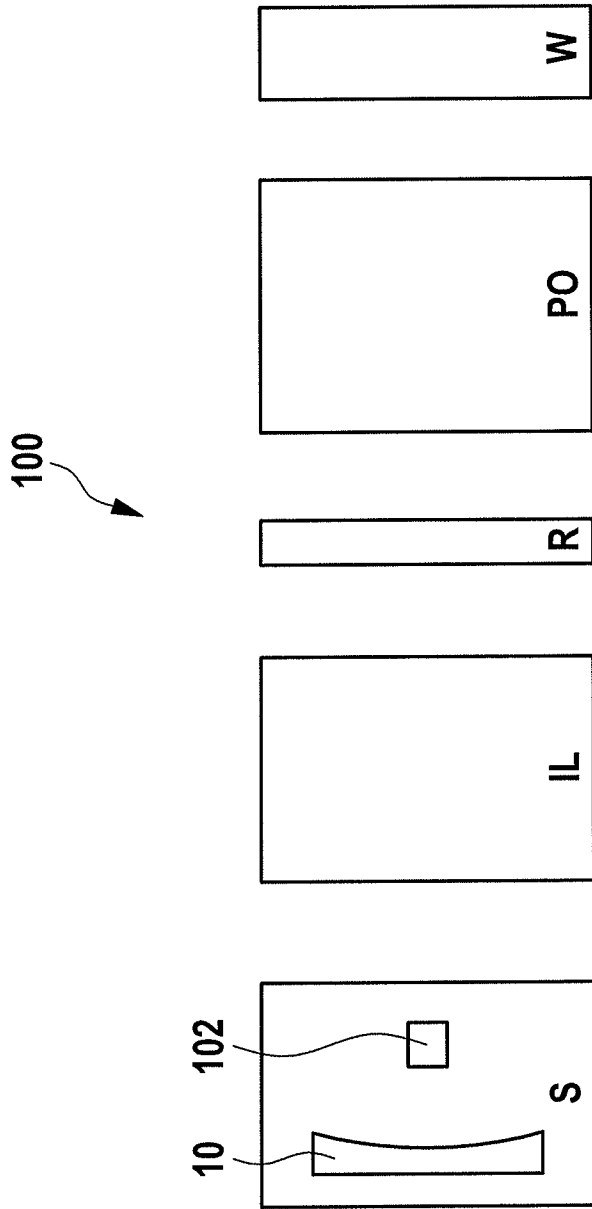


Fig. 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/050856

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. C25D7/08 G02B7/18 G02B5/08 G03F7/20 G21K1/06  
 G02B5/18  
 ADD.  
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 C25D G02B G03F G21K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2009 039400 A1 (ZEISS CARL LASER OPTICS GMBH [DE]) 3 March 2011 (2011-03-03) figure 1	13,15-25
Y	DE 100 52 249 A1 (LT ULTRA PREC TECHNOLOGY GMBH [DE]) 25 April 2002 (2002-04-25) figure 3	1-25
Y	JP 2010 159470 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 22 July 2010 (2010-07-22) figures 1,2	1-25
A	US 4 427 497 A (HEINZ THEODORE A [US]) 24 January 1984 (1984-01-24) figure 3	1-25
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  22 March 2016	Date of mailing of the international search report  01/04/2016
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Rödig, Christoph
--	--



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/050856

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>ANTHONY F M ED - DRIGGERS RONALD G: "HIGH HEAT LOAD OPTICS: AN HISTORICAL OVERVIEW", OPTICAL ENGINEERING, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS, BELLINGHAM, vol. 34, no. 2, 1 February 1995 (1995-02-01), pages 313-320, XP000490719, ISSN: 0091-3286, DOI: 10.1117/12.194032 the whole document -----</p>	1-25

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/050856

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102009039400 A1	03-03-2011	DE 102009039400 A1	03-03-2011
		JP 5829389 B2	09-12-2015
		JP 2011053687 A	17-03-2011
		US 2011051267 A1	03-03-2011
-----			
DE 10052249 A1	25-04-2002	AU 2060202 A	06-05-2002
		DE 10052249 A1	25-04-2002
		WO 0235274 A1	02-05-2002
-----			
JP 2010159470 A	22-07-2010	NONE	
-----			
US 4427497 A	24-01-1984	FR 2498126 A1	23-07-1982
		JP H0233121 B2	25-07-1990
		JP S57146202 A	09-09-1982
		US 4427497 A	24-01-1984
-----			

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2016/050856

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. C25D7/08 G02B7/18 G02B5/08 G03F7/20 G21K1/06  
 G02B5/18  
 ADD.  
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 C25D G02B G03F G21K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2009 039400 A1 (ZEISS CARL LASER OPTICS GMBH [DE]) 3. März 2011 (2011-03-03) Abbildung 1 -----	13,15-25
Y	DE 100 52 249 A1 (LT ULTRA PREC TECHNOLOGY GMBH [DE]) 25. April 2002 (2002-04-25) Abbildung 3 -----	1-25
Y	JP 2010 159470 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 22. Juli 2010 (2010-07-22) Abbildungen 1,2 -----	1-25
A	US 4 427 497 A (HEINZ THEODORE A [US]) 24. Januar 1984 (1984-01-24) Abbildung 3 -----	1-25
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
22. März 2016	01/04/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Rödig, Christoph
--	---

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>ANTHONY F M ED - DRIGGERS RONALD G: "HIGH HEAT LOAD OPTICS: AN HISTORICAL OVERVIEW", OPTICAL ENGINEERING, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS, BELLINGHAM, Bd. 34, Nr. 2, 1. Februar 1995 (1995-02-01), Seiten 313-320, XP000490719, ISSN: 0091-3286, DOI: 10.1117/12.194032 das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-25

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/050856

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009039400 A1	03-03-2011	DE 102009039400 A1	03-03-2011
		JP 5829389 B2	09-12-2015
		JP 2011053687 A	17-03-2011
		US 2011051267 A1	03-03-2011
-----			
DE 10052249 A1	25-04-2002	AU 2060202 A	06-05-2002
		DE 10052249 A1	25-04-2002
		WO 0235274 A1	02-05-2002
-----			
JP 2010159470 A	22-07-2010	KEINE	
-----			
US 4427497 A	24-01-1984	FR 2498126 A1	23-07-1982
		JP H0233121 B2	25-07-1990
		JP S57146202 A	09-09-1982
		US 4427497 A	24-01-1984
-----			