



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 014 778 A1** 2009.09.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 014 778.8**

(22) Anmeldetag: **18.03.2008**

(43) Offenlegungstag: **24.09.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 27/42** (2006.01)

G02B 27/44 (2006.01)

G02B 5/18 (2006.01)

G02B 5/32 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
 angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:

**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80339
 München**

(72) Erfinder:

**Kley, Ernst-Bernhard, Dr., 07743 Jena, DE; Zeitner,
 Uwe Detlef, Dr., 99423 Weimar, DE**

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

DE 10 2006 030865 A1

US 2005/02 60 349 A1

US 2005/02 31 806 A1

US 2003/00 16 447 A1

US 36 98 795 A

US 67 65 724 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Diffraktives Element mit hoher Wellenfrontebenheit**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Realisierung eines diffraktiven Elements mit hoher Wellenfrontebenheit. Das diffraktive Element besitzt ein flächiges Funktionssubstrat mit einer ersten Seite, wobei auf oder in der ersten Seite eine Feinstruktur angeordnet ist, und wobei das Funktionssubstrat mit seiner ersten Seite auf einem flächigen Trägersubstrat angeordnet ist, wobei das Trägersubstrat eine höhere Steifigkeit als das Funktionssubstrat aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Realisierung eines diffraktiven Elementes mit hoher Wellenfrontebenheit.

[0002] Einen wichtigen Bestandteil für eine Reihe von Anwendungen derartiger diffraktiver Elemente im Bereich der Optik bilden Hologramme, Beugungsgitter und/oder andere diffraktive Elemente. Die Herstellung von diffraktiven Elementen erfolgt nach dem Stand der Technik derart, dass typischerweise mittels lithographischer Prozesse, wie Elektronenstrahl-, Laser- oder Photolithographie eine Feinstruktur auf ein flächiges Substrat aufgebracht wird, wie von H. P. Herzig in „Micro-Optics-Elements, systems and applications“ (Taylor & Francis, 1997) beschrieben.

[0003] Eine wichtige Anforderung an das jeweilige diffraktive Element liegt darin, die vom diffraktiven Element zu erzeugende optische Funktion mit möglichst hoher Wellenfrontgenauigkeit zu realisieren. Dies ist ein wesentliches Merkmal für die Qualität des diffraktiven Elementes selbst und damit der Güte der Ergebnisse der durchgeführten Anwendungen.

[0004] Theoretisch lässt sich eine hohe Wellenfrontgenauigkeit laut U. D. Zeitner und E. B. Kley in „Advanced Lithography for Micro-Optics“ (2006) dadurch erreichen, dass eine sehr genaue laterale Positionierung der Feinstrukturen gewährleistet ist.

[0005] In der Praxis hängt die erreichbare Wellenfrontgenauigkeit jedoch nicht nur von der Bearbeitungsmethode, sondern auch von der Güte der verwendeten Substrate ab. Allgemein lässt sich sagen, dass die Wellenfront, die mit Hilfe eines diffraktiven Elementes erzeugt wird, umso besser ist, je ebener die Oberfläche des für das diffraktive Element verwendeten Substrates ist. Ein weiteres wichtiges Merkmal des Substrates besteht darin, dass das flächige Substrat nicht verformbar sein darf, sondern eine bestimmte Steifigkeit haben soll. Sowohl eine hohe Ebenheit als auch eine hohe Steifigkeit des flächigen Substrats ließe sich durch eine entsprechende Dicke verwirklichen. Die Verwendung dicker flächiger Substrate stellt jedoch bei der Herstellung diffraktiver Elemente ein Problem dar, da für herkömmliche Lithographieanlagen lediglich Dicken von wenigen Millimetern zulässig sind. Diese Einschränkung resultiert aus dem Handling der Substrate bei der Belackung und Entwicklung (die Substrate müssen für den häufig verwendeten Spin-Coating-Prozess mit hoher Drehgeschwindigkeit rotiert werden), aus der Substratmasse, die auf den hochpräzisen x-y-Tischen der Lithographieanlagen noch mit ausreichender Genauigkeit bewegt werden kann, sowie aus thermischen Verhältnissen, die bei der Strukturübertragung in das Substrat mittels Ionenätzen eine Rolle spielen. Bei zu dicken flächigen Substraten kann die

durch den Ionenbeschuss eingebrachte Wärme nicht ausreichend über das Substrat abgeführt werden, was zu einer Degeneration der Resistmaske führen kann.

[0006] Die geringe Dicke des flächigen Substrats von wenigen Millimetern ist für den Lithographieprozess unerheblich, da während des Lithographieprozesses das dünne flächige Substrat durch geeignete Halterungsmethoden, wie beispielsweise durch Vakuumansaugen oder elektrostatisches Ansaugen an einen hochebenen Substrathalter, auf ausreichende Ebenheit gebracht wird.

[0007] Beim Ablösen des flächigen Substrats von der Halterung der jeweiligen Lithographieanlage geht die erwünschte Ebenheit des flächigen Substrats jedoch verloren. Die Ebenheit des flächigen Substrats, welche die Feinstruktur trägt, ist jedoch Grundvoraussetzung für optische Anwendungen. Außerdem muss die Steifigkeit des flächigen Substrats so ausgelegt sein, dass es möglichst zu keiner Deformation des diffraktiven Elementes durch äußere Einflüsse, wie Gravitation, Vibration, Stöße u. a. kommt, die die optische Funktion verschlechtert.

[0008] Ziel der Erfindung ist es somit, ein diffraktives Element sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung zur Verfügung zu stellen, das eine hohe Wellenfrontgenauigkeit garantiert und somit für optische Anwendungen geeignet ist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch das in Anspruch 1 angegebene diffraktive Element gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen diffraktiven Elementes werden in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen gegeben. Die Herstellung des diffraktiven Elementes erfolgt erfindungsgemäß nach Anspruch 16 sowie in dessen vorteilhaften Ausführungsformen gemäß den zugehörigen abhängigen Ansprüchen.

[0010] Zunächst wird auf oder in eine erste Seite eines flächigen Funktionssubstrats eine Feinstruktur auf- oder eingebracht. Erfindungsgemäß wird anschließend das flächige Funktionssubstrat mit der ersten Seite auf ein steiferes, flächiges Trägersubstrat aufgebracht. Das flächige Trägersubstrat weist neben der höheren Steifigkeit eine höhere Oberflächenebenheit auf als das flächige Funktionssubstrat vor dem Auf- bzw. Einbringen der Feinstruktur. Das Aufbringen des flächigen Funktionssubstrats auf das flächige Trägersubstrat führt dazu, dass sich das flächige Trägersubstrat auf Grund seiner höheren Steifigkeit mit seiner Oberflächenebenheit gegenüber dem flächigen Funktionssubstrat durchsetzt und die Grenzfläche zwischen den beiden flächigen Substraten eben zieht. Vorteilhafterweise wird die höhere Steifigkeit des flächigen Trägersubstrats durch eine geeignete Materialwahl für das flächige Trägersubstrat und/oder durch eine entsprechende Dicke des flä-

chigen Trägersubstrats erzielt. Üblicherweise gilt also für die Dicken der beiden flächigen Substrate, dass das steifere flächige Trägersubstrat dicker als das die optische Funktion tragende flächige Funktionssubstrat sein soll. Für optische Anwendungen weist das flächige Funktionssubstrat vorteilhafterweise eine Dicke von wenigen Millimetern, vorzugsweise eine Dicke kleiner oder gleich 4 mm und/oder eine Dicke kleiner oder gleich 1/20 der flächigen Ausdehnung, insbesondere jedoch kleiner oder gleich 1/40 der flächigen Ausdehnung auf. Das flächige Trägersubstrat dagegen weist vorteilhafterweise eine Dicke größer oder gleich 1/15 der flächigen Ausdehnung, insbesondere größer oder gleich 1/8 der flächigen Ausdehnung, insbesondere größer oder gleich 5 mm, auf. Diese Dickenverhältnisse sind durch die Wahl der jeweiligen Materialien festgelegt und die genauen Dickenangaben variieren je nach verwendetem Material. Der Durchmesser des flächigen Funktionssubstrates sowie des flächigen Trägersubstrates liegt im Bereich von 100 mm bis 500 mm, insbesondere im Bereich von 200 mm bis 400 mm. Vorzugsweise beträgt der Durchmesser der beiden flächigen Substrate 300 mm.

[0011] Bevorzugt sind die beiden flächigen Substrate dauerhaft miteinander verbunden, insbesondere dann, wenn die zweite Seite des flächigen Funktionssubstrats nach dem Aufbringen der ersten Seite des flächigen Funktionssubstrats auf das flächige Träger-substrat glatt poliert wird. In besonderen Fällen können die beiden flächigen Substrate aber auch lösbar miteinander verbunden sein.

[0012] Die Herstellung der dauerhaften Verbindung der beiden flächigen Substrate erfolgt vorzugsweise durch Aufsprengen, Bonden und/oder geeignete Klebverfahren. Zusätzlich kann die Verbindung durch die Nutzung von Vakuum erfolgen bzw. unterstützt werden. In diesem Fall ist es zwingend erforderlich, dass die erste, strukturierte Seite des flächigen Funktionssubstrats zwischen den beiden flächigen Substraten liegt. Vorzugsweise besteht die diffraktive Struktur aus Vertiefungen in der Oberfläche des Funktionssubstrats. Das Volumen, welches durch diese Vertiefungen gebildet wird, wird evakuiert und der äußere Luftdruck presst die beiden flächigen Substrate zusammen. Solange das Vakuum zwischen den beiden flächigen Substraten erhalten bleibt, bleiben die beiden Substrate miteinander verbunden.

[0013] Andererseits kann das Vakuum während des Bond- und/oder Klebprozesses unterstützende Wirkung haben.

[0014] Vorteilhafterweise enthalten die beiden flächigen Substrate dieselben Materialien bzw. bestehen aus dem- oder denselben Materialien. Dies ist einerseits vorteilhaft, oder in bestimmten Fällen erfor-

derlich für die unterschiedlichen Verbindungsverfahren, andererseits für eine spätere Nutzung sinnvoll, um gleiche thermische Ausdehnungskoeffizienten zu garantieren.

[0015] Insbesondere für optische Anwendungen ist es notwendig, dass wenigstens das die Feinstruktur tragende flächige Funktionssubstrat, bevorzugt jedoch beide flächigen Substrate, ein Material enthält oder daraus besteht, das für den Wellenlängenbereich, für den das diffraktive Element verwendet werden soll, transparent ist. Für optische Anwendungen im sichtbaren Wellenlängenbereich eignet sich bevorzugt SiO₂ und/oder Silizium.

[0016] Die Feinstruktur, insbesondere die Mikro- und/oder Nanostruktur, auf oder in der ersten Seite des flächigen Funktionssubstrats wird vorzugsweise mittels lithographischer Prozesse, wie Elektronenstrahl-, Laser- oder Photolithographie hergestellt.

[0017] Aufgrund der Tatsache, dass die erste, die Feinstruktur tragende Seite des flächigen Funktionssubstrats zwischen den beiden flächigen Substraten liegt, ergeben sich die nachfolgenden Vorteile: Zum einen ist die innen liegende strukturierte erste Seite des flächigen Funktionssubstrats gegen äußere Einflüsse, wie beispielsweise Staub, Schmutz oder Berührungen bei der Handhabung des diffraktiven Elements geschützt und auch die Reinigung des diffraktiven Elementes wird erleichtert, da lediglich die unstrukturierte zweite Seite des flächigen Funktionssubstrats einer Reinigung bedarf.

[0018] Zum anderen besteht die Möglichkeit, die zweite Seite des flächigen Funktionssubstrats nachzubearbeiten. Dies ist insbesondere dann notwendig, wenn die beiden Oberflächen des flächigen Funktionssubstrats, also die erste und die zweite Seite, nicht ausreichend eben und/oder parallel sind und damit die optische Funktion des gesamten diffraktiven Elementes gestört ist. Ist die jeweilige Unebenheit durch interferometrische Messung bekannt, so kann dieser durch entsprechende Nachbearbeitung der unstrukturierten zweiten Seite des flächigen Funktionssubstrats gezielt reduziert werden. Mit Ebenheit der Substrate wird fachüblich die Abweichung der Oberflächenform von einer idealen Ebene im lateralen Maßstab größer 1 mm bezeichnet. Die Ebenheit kann dabei gemäß der DIN ISO 10110 Teil 5 als Passfehler eines ebenen Substrats definiert und bestimmt werden.

[0019] Typischerweise betragen die Abweichungen dünner flächiger Substrate, wie etwa dem Funktionssubstrat, von der idealen Ebene mehr als 5 µm. Da für optische Anwendungen bevorzugt Ebenheiten mit Abweichungen kleiner oder gleich 0,5 µm, insbesondere kleiner oder gleich 0,1 µm, erforderlich sind, muss in der vorliegenden Erfindung das flächige Trä-

gersubstrat entsprechende Ebenheit aufweisen.

[0020] Mögliche Verfahren zur Nachbearbeitung der unstrukturierten zweiten Seite des flächigen Funktionssubstrats sind das Polieren, vorzugsweise magneto-rheologisches Polieren und/oder das Ion-Beam-Figuring (IBF, Ionenstrahlbearbeitung) und/oder das Läppen.

[0021] Für die Herstellung eines diffraktiven Elementes mit hoher Wellenfrontgenauigkeit sowie den in den vorhergehenden Abschnitten erläuterten Merkmalen wird zunächst auf oder in eine erste Seite eines flächigen Funktionssubstrats eine Feinstruktur gebracht. Die erste Seite des flächigen Trägersubstrats wird dann erfindungsgemäß auf ein steiferes, und beispielsweise dickeres, flächiges Trägersubstrat aufgebracht und damit verbunden.

[0022] Das Ziel dieses Verfahrens liegt darin, dass die Oberfläche der ersten, die Feinstruktur tragenden Seite des flächigen Funktionssubstrats durch das Aufbringen auf ein flächiges Trägersubstrat mit hoher Oberflächenebenheit, eben gezogen wird. Eine Nachbearbeitung der zweiten Seite des flächigen Funktionssubstrats führt dann zu einer Verbesserung der Wellenfrontgenauigkeit des gesamten diffraktiven Elementes.

[0023] Vorzugsweise lässt sich dieses Verfahren zur Herstellung diffraktiver Elemente mit hoher Wellenfrontgenauigkeit nach einem der Ansprüche 1 bis 15, deren flächiges Funktionssubstrat eine Dicke von nur wenigen Mikrometern aufweist, anwenden. Dazu wird zunächst in oder auf eine Substratschicht mit einer Dicke kleiner oder gleich wenigen Millimetern eine Feinstruktur gebracht. Nach dem Aufbringen der ersten Seite des flächigen Funktionssubstrats auf das flächige Trägersubstrat kann nun von der zweiten Seite des flächigen Funktionssubstrats mit Hilfe geeigneter Verfahren ein Teil des ursprünglichen flächigen Funktionssubstrats abgetragen werden. Als geeignete Verfahren bieten sich magneto-rheologisches Polieren und/oder Ion-Beam-Figuring an. Eine solche Vorgehensweise bei der Herstellung von diffraktiven Elementen ist von Vorteil, da sich die Verarbeitung dicker und damit weniger zerbrechlicher Schichten als einfacher erweist, während dünne flächige Funktionssubstrate eine Voraussetzung für einige Herstellungsverfahren bilden. Außerdem kann durch diese Vorgehensweise die Ebenheit und die Parallelität der ersten und der zweiten Seite des flächigen Funktionssubstrats beeinflusst werden.

[0024] Eine weitere Möglichkeit ein diffraktives Element mit einer ersten Substratschicht, deren Dicke nur wenige Mikrometer beträgt, herzustellen, bietet die nachfolgende Variation des Herstellungsverfahrens: Zunächst wird ein flächiges Funktionssubstrat mit einer zweiten Seite auf ein zusätzliches flächiges

Substrat aufgebracht. Anschließend wird auf oder in eine erste Seite des flächigen Funktionssubstrats eine Feinstruktur auf- oder eingebracht. Danach wird das auf die zusätzliche Substratschicht aufgebrachte Funktionssubstrat mit seiner ersten die Feinstruktur tragenden Seite auf ein flächiges Trägersubstrat aufgebracht. Anschließend kann das zusätzliche flächige Substrat erfindungsgemäß chemisch selektiv entfernt werden. So ist es beispielsweise möglich, ein wenige Mikrometer dickes flächiges Funktionssubstrat aus SiO_2 , das sich auf einem dünnen Siliziumwafer befindet und eine optische Funktionsstruktur trägt, auf ein dickeres, flächiges Trägersubstrat aufzubringen. Anschließend kann der Siliziumwafer chemisch selektiv entfernt werden, so dass die nur wenige Mikrometer dünne SiO_2 -Schicht mit der innen liegenden Feinstruktur auf dem dicken flächigen Trägersubstrat zurückbleibt. Diese Vorgehensweise erweist sich als vorteilhaft, da die Schichtdickenverteilung der nur wenige Mikrometer dicken SiO_2 -Schicht sehr genau kontrollierbar ist und die beiden Oberflächen, also die erste und zweite Seite des flächigen Funktionssubstrats weitgehend parallel sind.

[0025] Im Folgenden werden einige Ausführungsbeispiele und Figuren zur Erläuterung gegeben.

[0026] Es zeigen

[0027] [Fig. 1](#) ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen diffraktiven Elementes; und

[0028] [Fig. 2](#) ein weiteres Verfahren zur Herstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen diffraktiven Elementes.

[0029] [Fig. 1A](#) zeigt einen Querschnitt durch die Komponenten eines erfindungsgemäßen diffraktiven Elementes. Man erkennt eine dickere, hochebene Trägerschicht **1** mit einer Dicke von 30 mm und eine dünnere Funktionsschicht **2** mit einer Dicke von 0.8 mm. Der Durchmesser des Funktionssubstrates **2** sowie des Trägersubstrates **1** beläuft sich auf 300 mm. Auf oder in der ersten, der Trägerschicht **1** zugewandten Seite **3** der Funktionsschicht **2** ist eine Feinstruktur **5** angeordnet. Die Oberfläche der zweiten Seite **4** des Funktionssubstrates weist Abweichungen von der Ebenheit einer idealen Ebene in der Größenordnung von 20 bis 50 μm auf. Die Abweichungen der Trägerschicht **1** von einer idealen Ebene betragen weniger als 500 nm.

[0030] [Fig. 1B](#) zeigt den Querschnitt durch das diffraktive Element nach dem Verbinden der Trägerschicht **1** mit der ersten, die Feinstruktur **5** tragenden Seite **3** des Funktionssubstrates **2**. Es ist einerseits zu erkennen, dass sich beim Verbinden der beiden flächigen Substrate durch das Vakuumansaugen aufgrund der Feinstruktur **5** zwischen Trägersubstrat **1** und erster Seite **3** des Funktionssubstrates **2** evaku-

ierte Bereiche gebildet haben, andererseits, dass sich die Oberfläche der zweiten Seite 4 des Funktionssubstrates 2 durch das Verbinden der beiden flächigen Substrate eben gezogen hat. Die Abweichungen der Oberfläche der zweiten Seite 4 des Funktionssubstrates 2 von einer idealen Ebene reduzieren sich auf höchstens 500 nm.

[0031] [Fig. 2A](#) zeigt einen Querschnitt durch die Komponenten eines erfindungsgemäßen diffraktiven Elementes, welches durch ein sehr dünnes Funktionssubstrat 2 charakterisiert ist. Es ist ein dickeres Trägersubstrat 1 mit einer Dicke von 30 mm sowie ein wenige Mikrometer dünnes Funktionssubstrat 2 aus SiO₂, das mit seiner zweiten, unstrukturierten Seite 4 auf ein zusätzliches flächiges Substrat 7, beispielsweise auf einen Si-Wafer, aufgebracht ist. Das zusätzliche flächige Substrat 7 dient zur Stabilisierung des dünnen Funktionssubstrates 2 während des Auf- oder Einbringens der Feinstruktur 5 auf oder in die erste Seite 3 der Funktionsschicht 2 sowie beim Verbinden von Trägersubstrat 1 mit der ersten Seite 3 des Funktionssubstrates 2.

[0032] [Fig. 2B](#) zeigt den Querschnitt durch die Schichtfolge aus Trägersubstrat 1, Funktionssubstrat 2 und zusätzlicher Substratschicht 7 des diffraktiven Elementes aus [Fig. 2A](#) nach dem Verbinden der ersten, die Feinstruktur 5 tragenden Seite 3 des wenige Micrometer dicken Funktionssubstrates 2 mit dem Trägersubstrat 1. Zwischen Trägersubstrat 1 und Funktionssubstrat 2 erkennt man wieder aufgrund von Vakuumbenutzung beim Verbinden der flächigen Substrate evakuierte Bereiche 6.

[0033] [Fig. 2C](#) zeigt abschließend das fertige diffraktive Element, bei dem die zusätzliche Substratschicht 7 aus [Fig. 2A](#) und B chemisch selektiv entfernt wurde. Das diffraktive Element besteht nunmehr aus einem dickeren Trägersubstrat 1 und einem wenige Mikrometer dünnen Funktionssubstrat 2, dessen erste Seite 3 die Feinstruktur 5 trägt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- H. P. Herzig in „Micro-Optics-Elements, systems and applications“ (Taylor & Francis, 1997) [\[0002\]](#)
- U. D. Zeitner und E. B. Kley in „Advanced Lithography for Micro-Optics“ (2006) [\[0004\]](#)
- DIN ISO 10110 Teil 5 [\[0018\]](#)

Patentansprüche

1. Diffraktives Element mit einem flächigen Funktionssubstrat mit einer ersten Seite, wobei auf oder in der ersten Seite eine Feinstruktur angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Funktionssubstrat mit seiner ersten Seite auf einem flächigen Trägersubstrat angeordnet ist, wobei das Trägersubstrat eine höhere Steifigkeit als das Funktionssubstrat aufweist.

2. Diffraktives Element nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägersubstrat dicker als das Funktionssubstrat ist.

3. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenebenheit des Trägersubstrats höher ist als die Oberflächenebenheit der ersten Seite des Funktionssubstrats vor dem Auf- oder Einbringen der Feinstruktur.

4. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionssubstrat eine Dicke kleiner oder gleich $1/20$ der flächigen Ausdehnung, insbesondere kleiner oder gleich $1/40$ der flächigen Ausdehnung, insbesondere kleiner oder gleich 4 mm , aufweist.

5. Diffraktives Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionssubstrat eine Dicke von $\leq 50 \text{ }\mu\text{m}$, vorteilhafterweise $\leq 10 \text{ }\mu\text{m}$, aufweist.

6. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägersubstrat eine Dicke größer oder gleich $1/15$ der flächigen Ausdehnung, insbesondere größer oder gleich $1/8$ der flächigen Ausdehnung, insbesondere größer oder gleich 5 mm , aufweist.

7. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem diffraktiven Element eine Welle mit einem Wellenfrontfehler

$$\leq \frac{\lambda}{4},$$

insbesondere

$$\leq \frac{\lambda}{10},$$

erzeugt wird.

8. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden flächigen Substrate dauerhaft miteinander verbunden sind.

9. Diffraktives Element nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die dauerhafte Verbindung der beiden flächigen Substrate durch Aufsprengen, Bonden, Klebverfahren und/oder Vakuumansaugen realisiert ist.

10. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionssubstrat und das Trägersubstrat dasselbe Material enthalten oder daraus bestehen.

11. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionssubstrat ein Material enthält oder daraus besteht, das für den Wellenlängenbereich, für den das diffraktive Element verwendet werden soll, transparent ist, insbesondere Si oder SiO_2 .

12. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Feinstruktur auf oder in der ersten Seite des Funktionssubstrats mit Hilfe lithographischer Prozesse realisiert ist.

13. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Feinstruktur auf oder in der ersten Seite des Funktionssubstrats um eine Mikro- und/oder Nanostruktur handelt.

14. Diffraktives Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der zweiten unstrukturierten Seite des Funktionssubstrats als hochebene Oberfläche nachbearbeitet ist.

15. Diffraktives Element nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenebenheit der zweiten, unstrukturierten Seite des Funktionssubstrats durch Ion-Beam-Figuring (Ionenstrahlbearbeitung) und/oder Polieren, insbesondere magneto-rheologisches Polieren, und/oder Lappen realisiert ist.

16. Verfahren zur Herstellung eines diffraktiven Elementes, wobei in oder auf eine erste Seite eines flächigen Funktionssubstrats eine Feinstruktur ein- oder aufgebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass das flächige Funktionssubstrat mit seiner ersten Seite auf ein steiferes flächiges Trägersubstrat aufgebracht wird.

17. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägersubstrat dicker ist als das Funktionssubstrat.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein diffraktives Element nach einem der Ansprüche 1 bis 15 hergestellt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Seite des Funktionssubstrats nach Aufbringen auf das Trägersubstrat auf eine vorbestimmte, gleichmäßige Dicke abgedünnt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionssubstrat zur Herstellung der Feinstruktur mit seiner zweiten Seite auf eine zusätzliche Substratschicht aufgebracht wird und dass nach dem Auf- oder Einbringen der Feinstruktur auf oder in die erste Seite des Funktionssubstrats beide Schichten mit der ersten Seite des Funktionssubstrats flächig auf ein Trägersubstrat aufgebracht werden und dass anschließend die zusätzliche Substratschicht chemisch selektiv entfernt wird.

21. Verwendung eines diffraktiven Elementes nach einem der Ansprüche 1 bis 15 als Hologramm oder Beugungsgitter.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

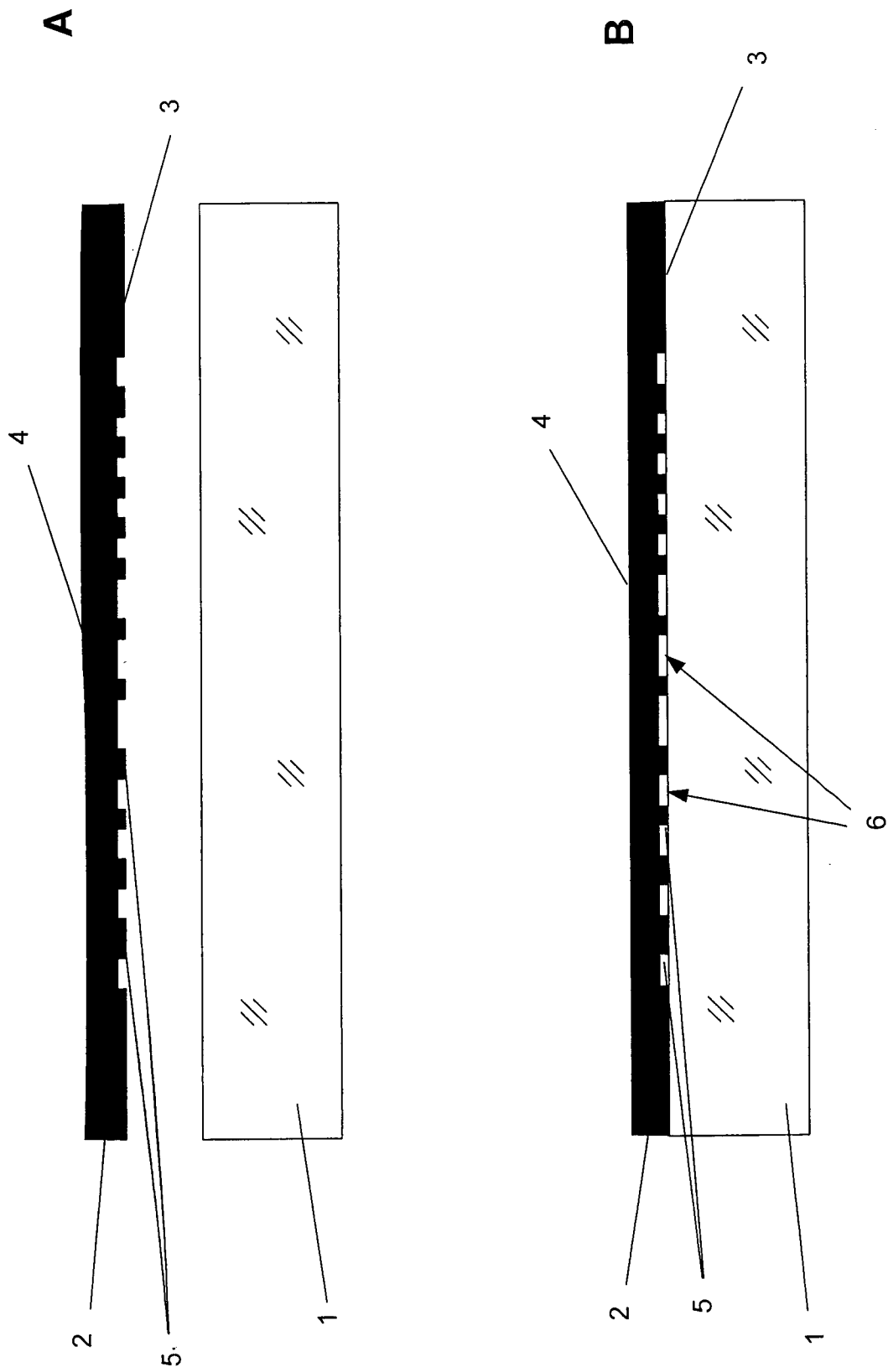


Fig. 1

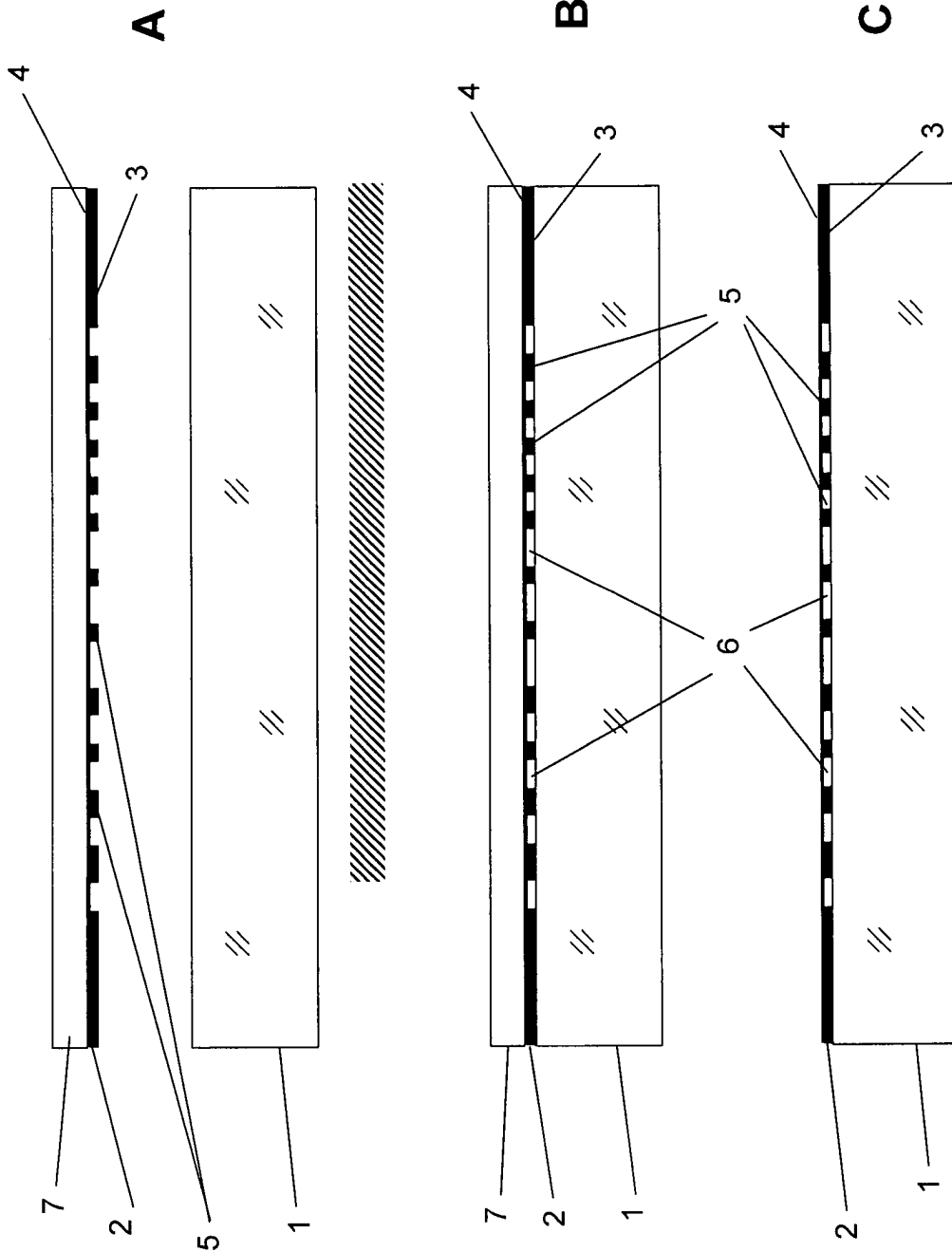


Fig. 2