



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 203 749.8**

(22) Anmeldetag: **08.03.2016**

(43) Offenlegungstag: **14.09.2017**

(51) Int Cl.: **G02B 27/14** (2006.01)

G02B 5/04 (2006.01)

G02B 1/00 (2006.01)

G02B 27/28 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

G02B 21/00 (2006.01)

G01N 21/956 (2006.01)

(71) Anmelder:
Carl Zeiss SMT GmbH, 73447 Oberkochen, DE

(72) Erfinder:
Forcht, Konstantin, 73430 Aalen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

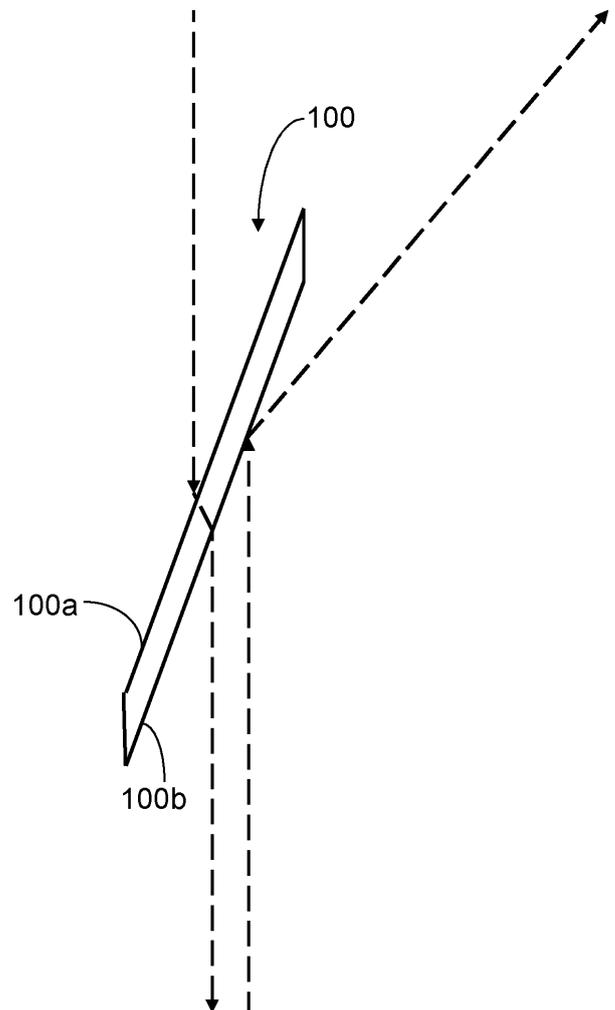
| | | |
|-----------|-------------------|-----------|
| DE | 102 33 074 | A1 |
| US | 6 693 745 | B1 |
| US | 2 403 731 | A |
| US | 4 411 492 | A |

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optisches System, insbesondere für die Mikroskopie**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein optisches System, insbesondere für die Mikroskopie, mit einem Strahlteiler (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900), welcher eine Lichteintrittsfläche und eine Lichtaustrittsfläche aufweist, wobei der Strahlteiler für einen vorgegebenen Arbeitswellenbereich des optischen Systems auf die Lichteintrittsfläche auftreffende elektromagnetische Strahlung zu weniger als 20% absorbiert, und wobei der Strahlteiler in dem optischen System derart angeordnet ist, dass die im Betrieb des optischen Systems an der Lichteintrittsfläche und/oder an der Lichtaustrittsfläche auftretenden, auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel wenigstens 70° betragen.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein optisches System, insbesondere für die Mikroskopie. Die Erfindung ist in einer großen Vielfalt von Anwendungsgebieten vorteilhaft einsetzbar, beispielsweise in Mikroskopie-Anwendungen im Bereich der Werkstoffkunde, der Biologie oder diverser anderer Grundlagenuntersuchungen. Eine weitere mögliche Anwendung der Erfindung stellt auch ein Maskeninspektionssystem zur Inspektion von Retikeln bzw. Masken zur Verwendung in einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage dar.

Stand der Technik

[0002] Bei der Hellfeld-Auflicht-Mikroskopie erfolgt die Beleuchtung des zu untersuchenden Objekts unter Verwendung eines relativ zu dem von einer Lichtquelle auftreffenden Beleuchtungslicht geneigten Strahlteilers, welcher das Licht auf das zu untersuchende Objekt umlenkt. Dabei ist zur Steigerung der erzielbaren Auflösung ein Übergang zu immer niedrigeren Arbeitswellenlängen wünschenswert.

[0003] In für den EUV-Bereich ausgelegten optischen Systemen, d.h. bei Wellenlängen von weniger als 30 nm (z.B. etwa 13 nm oder etwa 7 nm), werden mangels Verfügbarkeit geeigneter lichtdurchlässiger refraktiver Materialien Spiegel als optische Komponenten für den Abbildungsprozess verwendet. Dies gilt auch für Systeme, welche für kurzwellige VUV Strahlung (z.B. Wellenlängen unterhalb von 150 nm) ausgelegt sind, da auch solche Systeme bevorzugt als Spiegelsysteme ausgelegt werden.

[0004] In den vorstehend genannten Anwendungen werden Strahlteiler eingesetzt, welche das jeweilige Beleuchtungslicht anteilig transmittieren bzw. reflektieren, um die betreffende elektromagnetische Strahlung einerseits auf eine zu untersuchende (z.B. in der Objektebene eines Mikroskopobjektivs angeordnete) Probe zu richten und andererseits einem Detektor zuzuführen. Zu den hierbei in der Praxis bestehenden Anforderungen gehört – neben einer Minimierung auftretender Absorptions- und Streuverluste – in der Regel auch, dass die am Strahlteiler voneinander separierten Anteile (d.h. der transmittierte Anteil und der reflektierte Anteil der elektromagnetischen Strahlung) in der Intensität möglichst gleich groß sind (sogenannter „50:50-Strahlteiler“).

[0005] Zur Minimierung von Absorptionsverlusten bei der jeweiligen Arbeitswellenlänge ist insbesondere die Ausgestaltung von Strahlteilern mit dielektrischen Schichtsystemen bekannt, welche eine Ab-

folge von Einzelschichten aus Materialien mit unterschiedlichem Brechungsindex aufweisen.

[0006] Hierbei tritt jedoch in der Praxis das Problem auf, dass zur Abdeckung eines größeren Wellenlängenbereichs prinzipiell eine große Vielzahl unterschiedlicher dielektrischer Schichten benötigt wird, was wiederum aufgrund der Vielzahl vorhandener Grenzflächen mit wachsenden Streulichtanteilen sowie insbesondere bei niedrigen Wellenlängen von z.B. weniger als 150 nm mit zunehmenden Absorptionsverlusten einhergeht.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein optisches System, insbesondere für die Mikroskopie bereitzustellen, in welchem eine Strahlteilung über einen vergleichsweise großen Wellenlängenbereich und unter Vermeidung der vorstehend beschriebenen Probleme ermöglicht wird.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

[0009] Gemäß einem Aspekt der Erfindung weist ein optisches System, insbesondere für die Mikroskopie, auf:

- einen Strahlteiler, welcher eine Lichteintrittsfläche und eine Lichtaustrittsfläche aufweist;
- wobei der Strahlteiler für einen vorgegebenen Arbeitswellenbereich des optischen Systems auf die Lichteintrittsfläche auftreffende elektromagnetische Strahlung zu weniger als 20% absorbiert; und
- wobei der Strahlteiler in dem optischen System derart angeordnet ist, dass die im Betrieb des optischen Systems an der Lichteintrittsfläche und/oder an der Lichtaustrittsfläche auftretenden, auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel wenigstens 70° betragen.

[0010] Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, in einem optischen System wie z.B. einem Mikroskop wenigstens eine im optischen Strahlengang befindliche Grenzfläche eines Strahlteilers unter vergleichsweise hohen (auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen) Einfallswinkeln zu durchlaufen mit der Folge, dass auch ohne Verwendung einer Beschichtung wie z.B. eines dielektrischen Schichtsystems am Strahlteiler ein vergleichsweise hoher Reflexionsgrad realisiert wird und im Ergebnis ein hoher Durchsatz (welcher mit Strahlteilern im sichtbaren Spektralbereich vergleichbar und nahe dem theoretischen Idealwert von 25% liegen kann) erzielbar ist.

[0011] Aufgrund des Wegfalls des Erfordernisses einer (z.B. dielektrischen) Beschichtung oder Strukturierung des erfindungsgemäßen Strahlteilers kön-

nen die bei solchen Schichtsystemen typischerweise bestehenden Probleme einer Schichtdegradation vermieden werden, wobei auch Herstellungsaufwand und -kosten signifikant reduziert werden können. Des Weiteren können aufgrund des Wegfalls eines aus einer Vielzahl dielektrischer Einzelschichten gebildeten Schichtsystems Absorptions- und Streuverluste minimiert werden.

[0012] Aufgrund des Funktionsprinzips des erfindungsgemäßen Strahlteilers wird bereits „intrinsisch“ eine Strahlteilung mit hoher Breitbandigkeit hinsichtlich des möglichen Arbeitswellenbereichs erzielt, wobei je nach Ausführungsform Arbeitswellenlängen unterhalb von 120 nm (insbesondere auch im EUV-Bereich, d.h. kleiner als 30 nm, insbesondere kleiner als 15 nm) sowie bis in den infraroten Spektralbereich realisierbar sind.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform ist der Strahlteiler in dem optischen System derart angeordnet, dass die im Betrieb des optischen Systems an der Lichteintrittsfläche und/oder an der Lichtaustrittsfläche auftretenden, auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel wenigstens 75°, insbesondere wenigstens 80°, betragen.

[0014] Gemäß einer Ausführungsform weist der Strahlteiler eine planparallele Geometrie auf. Dabei kann er insbesondere eine Dicke von weniger als 1 mm, weiter insbesondere weniger als 0.5 mm, besitzen. Hierdurch kann ein vergleichsweise geringer bzw. minimaler Lichtweg innerhalb des jeweiligen Materials des Strahlteilers realisiert werden mit der Folge, dass Absorptionsverluste, ein unvermeidlicher Strahlversatz zwischen den an den beiden Grenzflächen des Strahlteilers reflektierten Lichtanteilen sowie auch chromatische Aberrationen minimiert werden können.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Strahlteiler wenigstens eine Komponente mit keilförmiger oder keilabschnittsförmiger Geometrie auf. Eine solche Ausgestaltung hat insbesondere den Vorteil, dass nach Mehrfachreflexionen innerhalb des Strahlteilers mit einem Strahlversatz austretende Lichtanteile aufgrund der vom austretenden „Nutzlicht“ verschiedenen Austrittswinkel verhältnismäßig einfach ausgeblendet werden können und somit ein störender Einfluss solcher Lichtanteile auf das Abbildungsergebnis vermieden werden kann.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Strahlteiler eine prismenförmige Geometrie auf. Eine solche Ausgestaltung hat insbesondere den Vorteil, dass eine bei Integration des Strahlteilers in das optische (Gesamt-)System in der Regel wünschenswerte Realisierung von 90°-Umlenkungen zwischen einfallendem und transmittiertem Strahl ohne zusätzlichen Falt- oder Umlenkspiegel und somit

unter Reduzierung der Gesamtzahl an erforderlichen optischen Komponenten bzw. Spiegeln realisierbar ist.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform ist der Strahlteiler aus einem Material hergestellt, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die Magnesiumfluorid (MgF_2), Lithiumfluorid (LiF), Aluminiumfluorid (AlF_3), Kalziumfluorid (CaF_2) und Bariumfluorid (BaF_2) enthält.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform besteht der Strahlteiler ausschließlich aus diesem Material.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform weist der Strahlteiler wenigstens eine, die Lichteintrittsfläche und/oder die Lichtaustrittsfläche aufweisende unbeschichtete Komponente auf. Mit anderen Worten weist der Strahlteiler vorzugsweise keinerlei (z.B. dielektrische) Beschichtung auf, so dass insbesondere auch keine Schichtdegradation stattfinden kann.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform ist das optische System für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 150 nm, insbesondere weniger als 120 nm ausgelegt.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform ist das optische System für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 30 nm, weiter insbesondere weniger als 15 nm, ausgelegt.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform ist das optische System ein Mikroskop.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform ist das optische System ein Maskeninspektionssystem zur Inspektion von Retikeln bzw. Masken zur Verwendung in einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage.

[0024] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der Beschreibung sowie den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0025] Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0026] Es zeigen:

[0027] Fig. 1–Fig. 9 schematische Darstellungen zur Erläuterung unterschiedlicher Ausführungsformen eines in einem erfindungsgemäßen optischen System eingesetzten Strahlteilers;

[0028] Fig. 10–Fig. 11 Diagramme zur Darstellung des möglichen Verlaufs der Wellenlängenabhängigkeit des mit einem erfindungsgemäßen Strahlteiler

erzielbaren Durchsatzes (**Fig. 10**) und des Reflexions- bzw. des Transmissionskoeffizienten für s-polarisiertes und ppolarisiertes Licht (**Fig. 11**); und

[0029] **Fig. 12** eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Aufbaus eines herkömmlichen Hellfeld-Auflichtmikroskops.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0030] **Fig. 12** zeigt eine lediglich schematische Darstellung zur Erläuterung des Aufbaus eines herkömmlichen Hellfeld-Auflichtmikroskops.

[0031] In dem in **Fig. 12** schematisch gezeigten Aufbau eines Hellfeld-Auflichtmikroskops trifft Beleuchtungslicht auf einen Strahlteiler **10**, wo es an dessen erster Grenzfläche **10a** anteilig reflektiert bzw. transmittiert wird. Der reflektierte Anteil gelangt durch ein Mikroskopobjektiv **15** zur Objektebene OP, wo er an einer in der Objektebene OP befindlichen, zu untersuchenden Probe reflektiert und nach wiederum anteiliger Transmission durch den Strahlteiler **10** über dessen zweite Grenzfläche **10b** zu einem Detektor **20** gelangt.

[0032] Die Erfindung ist nicht auf die Realisierung in einem solchen Mikroskop beschränkt. So kann die Erfindung bzw. ein erfindungsgemäß ausgestalteter Strahlteiler in weiteren Anwendungen auch z.B. in einem Maskeninspektionssystem zur Inspektion von Retikeln bzw. Masken zur Verwendung in einer Projektionsbelichtungsanlage einer Maskeninspektionanlage oder auch in einem anderen optischen System realisiert werden.

[0033] Im Weiteren werden unterschiedliche Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Strahlteilers unter Bezugnahme auf die schematischen Abbildungen von **Fig. 1** bis **Fig. 9** beschrieben.

[0034] **Fig. 1** zeigt in lediglich schematischer Darstellung einen Strahlteiler **100**, welcher als Planplatte mit zueinander parallelen Grenzflächen **100a**, **100b** ausgestaltet ist. Der Strahlteiler **100** ist derart im optischen Strahlengang angeordnet, dass der Einfallswinkel der auf die durch die erste Grenzfläche **100a** gebildete Lichteintrittsfläche auftreffenden elektromagnetischen Strahlung wenigstens 70° beträgt (wobei hier und im Folgenden der Einfallswinkel jeweils auf die Oberflächennormale bezogen ist).

[0035] Dabei trifft in **Fig. 1** ebenso wie in den weiteren **Fig. 2–Fig. 8** das von der (nicht dargestellten) Lichtquelle eintreffende Beleuchtungslicht jeweils in der Darstellung von oben auf den Strahlteiler, wobei in diesen Darstellungen jeweils die zu untersuchende Probe (auf welche das durch den Strahlteiler **100** transmittierte Licht auftrifft) und der Detektor (zu wel-

chem schließlich das von der zu untersuchenden Probe zurückgeworfene und dann an der zweiten Grenzfläche **100b** reflektierte Licht gelangt) nicht dargestellt sind.

[0036] Zur Minimierung von Absorptionsverlusten weist der Strahlteiler **100** vorzugsweise eine Dicke von weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0.5 mm auf. Des Weiteren ist der Strahlteiler **100** aus einem im jeweiligen Arbeitswellenlängenbereich hinreichend transmissiven bzw. lichtdurchlässigen Material hergestellt. Vorzugsweise sind Material und Dicke des Strahlteilers derart gewählt, dass der Strahlteiler für einen vorgegebenen Arbeitswellenbereich des optischen Systems auf die Lichteintrittsfläche auftreffende elektromagnetische Strahlung zu weniger als 20% absorbiert. Bei Arbeitswellenlängen im Bereich um 120 nm oder darunter stellt z.B. Magnesiumfluorid (MgF_2) ein geeignetes Material dar.

[0037] **Fig. 10** und **Fig. 11** zeigen Diagramme zur Erläuterung des möglichen Verlaufs der Wellenlängenabhängigkeit des mit einem erfindungsgemäßen Strahlteiler erzielbaren Durchsatzes, wobei der Strahlteiler als Planplatte aus Magnesiumfluorid (MgF_2), auf dessen Lichteintrittsfläche im optischen System der auf die Oberflächennormale bezogene Einfallswinkel 79° beträgt, ausgestaltet ist. Gemäß **Fig. 10** liegt der im Mittel erzielbare Durchsatz D bei etwa 22° , wobei der Durchsatz D gegeben ist durch $D = (R_s \cdot T_s + R_p \cdot T_p)/2$. Dieser Wert ist mit den mit Strahlteilern im sichtbaren Spektralbereich erzielbaren Werten vergleichbar und liegt nahe dem theoretischen Idealwert von 25%.

[0038] **Fig. 11** zeigt den jeweiligen Verlauf des Reflexionskoeffizienten und des Transmissionskoeffizienten sowohl für den Anteil mit s-Polarisation auch für den Anteil mit p-Polarisation. Die Mittelwerte von Reflexionsanteil und der Transmissionsanteil über beide Polarisationsrichtungen liegen für beide Polarisationsanteile jeweils etwa bei dem gewünschten Wert von 50%, wobei das Polarisationsverhältnis $(R_p + T_p)/(R_s + T_s)$ nahe dem gewünschten Wert von Eins liegt.

[0039] In weiteren Ausführungsformen kann der Strahlteiler **100** auch mit noch geringerer Dicke (z.B. auch als dünne Folie aus Silizium (Si)) hergestellt sein. Von Vorteil ist eine wegen der Absorptionsverluste möglichst geringe Dicke von weniger als $1\mu\text{m}$, weiter vorzugsweise eine Dicke von weniger als 100 nm.

[0040] Eine Ausführungsform zur Gewährleistung einer hinreichenden Stabilität bzw. Vermeidung unerwünschter Beeinträchtigungen der Abbildungsqualität durch etwaige Oberflächendeformationen des Strahlteilers ist lediglich schematisch in **Fig. 4** dargestellt. Gemäß **Fig. 4** kann eine Verbesserung der mechanischen Stabilität eines Strahlteilers **400** durch

(z.B. angesprengte) Stützelemente z.B. in Form von Ringsegmenten oder Rahmensegmenten, welche insbesondere aus demselben Material wie der Strahlteiler **400** selbst bestehen können, erzielt werden. In **Fig. 4** sind solche Stützelemente lediglich schematisch angedeutet und mit „410“ bzw. „420“ bezeichnet. Die Erfindung ist hinsichtlich der konkreten Ausgestaltung solcher Stützelemente nicht eingeschränkt, wobei beispielsweise auch eine mittige Abstützung über Streben oder dergleichen vorgesehen sein kann.

[0041] Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist der eingezeichnete Strahlengang insofern stark vereinfacht, als innerhalb des Strahlteilers **100** unvermeidbare Mehrfachreflexionen auftreten, wobei die entsprechenden, mehrfach reflektierten Anteile nach Austritt aus dem Strahlteiler **100** einen Strahlversatz aufweisen.

[0042] Um eine Eliminierung solcher bei hochgenauer Abbildung störender Lichtanteile zu vereinfachen, kann der erfindungsgemäße Strahlteiler auch wie in **Fig. 2** dargestellt eine keilförmige bzw. keilabschnittsförmige Geometrie besitzen. Hierdurch wird eine Auskopplung der vorstehend beschriebenen, unerwünschten Lichtanteile aufgrund der vom Nutzlicht verschiedenen Austrittswinkel erleichtert.

[0043] Da bei der vorstehend beschriebenen Ausgestaltung des Strahlteilers **200** mit keilförmiger oder keilabschnittsförmiger Geometrie eine der Grenzflächen (nämlich die erste Grenzfläche **200a**) nicht zum Reflexionsanteil beiträgt, ist vorzugsweise der Transmissionsanteil an dieser Grenzfläche möglichst groß. Hierzu ist der Einfallswinkel an der betreffenden Grenzfläche vorzugsweise deutlich kleiner als an der anderen (reflektierenden) Grenzfläche, wobei der Einfallswinkel an der betreffenden, nicht zum Reflexionsanteil beitragenden Grenzfläche vorzugsweise kleiner als 65° gewählt werden kann. In weiteren Ausführungsformen kann, wie in **Fig. 6** angedeutet, auf die nicht zum Reflexionsanteil beitragende Grenzfläche eines Strahlteilers **600** auch eine die Reflexion vermindern Beschichtung **630** (in **Fig. 6** gestrichelt angedeutet) aufgebracht sein.

[0044] **Fig. 3** zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Strahlteilers **300**, welcher eine prismenförmige Geometrie besitzt. Eine derartige Ausgestaltung kann zum einen eine ausgeprägte Separierung zwischen transmittiertem und reflektiertem Lichtanteil unter Einstellung größerer Winkel zwischen diesen Lichtanteilen bewirken. Des Weiteren kann bei geeigneter Ausgestaltung des betreffenden Prismas aufgrund der innerhalb des Strahlteilers **300** stattfindenden Totalreflexion bereits eine im Gesamtsystem gegebenenfalls gewünschte Strahlumlenkung realisiert werden, um z.B. eine zueinander orthogonale Ausrichtung von Beleuchtungslicht

einerseits und auf die Objektebene auftreffendem Abbildungslicht andererseits ohne Erfordernis weiterer Umlenk- bzw. Faltspiegel zu erzielen.

[0045] Auch bei der vorstehend beschriebenen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Strahlteilers als Prisma gelten die obigen Ausführungen betreffend den möglichst hohen Transmissionsanteil der nicht zum Reflexionsanteil beitragenden Grenzfläche bzw. die vorzugsweise erfolgende Wahl entsprechend geringerer Einfallswinkel an der betreffenden Grenzfläche analog.

[0046] **Fig. 5** zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Strahlteilers **500**, welcher eine Mehrzahl von keilsegmentförmigen Abschnitten aufweist. Hierdurch können der Lichtweg innerhalb des Strahlteilers **500** und damit auftretende Absorptionsverluste minimiert werden, wobei des Weiteren auch der Einfallswinkel an der nicht zur Reflexion beitragenden Grenzfläche minimiert werden kann.

[0047] Gemäß **Fig. 7** kann auch ein zusätzlicher Spiegel **740** vorgesehen sein, um das an der zweiten Grenzfläche eines analog zu **Fig. 1** ausgestalteten Strahlteilers **700** reflektierte Licht in eine Richtung umzulenken, die parallel zur Aufstandsfläche des Gesamtsystems ist.

[0048] **Fig. 8** zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Strahlteilers **800**, welcher zwei keilabschnittsförmige Teilelemente **801** und **802** aufweist. Auf diese Weise kann eine Korrektur einer wellenlängenabhängigen Änderung im Ablenkwinkel des durch das erste Teilelement **801** transmittierten Strahls erzielt werden, indem das zweite Teilelement mit einer relativ zum ersten Teilelement **801** um 180° gedrehten Orientierung angeordnet wird.

[0049] Des Weiteren kann durch Einsatz eines zweiten Teilelements in dem erfindungsgemäßen Strahlteiler oder auch durch eine auf einer Grenzfläche des Strahlteilers ausgebildete Asphäre auch ein astigmatischer Wellenfrontfehler korrigiert werden. In weiteren Ausführungsformen kann der erfindungsgemäße Strahlteiler im optischen System auch so angeordnet sein, dass der optische Strahlengang im Vergleich zu den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen jeweils umgekehrt ist. **Fig. 9** zeigt zur Veranschaulichung eine zu **Fig. 1** analoge Ausgestaltung mit umgekehrtem Strahlengang. Diese Ausgestaltung kann insoweit vorteilhaft sein, als die Anforderungen an die Abbildungsgüte im Beleuchtungsstrahlengang geringer sind, so dass etwaige, auf dem Strahlteiler **900** vorhandene Oberflächendeformationen (z.B. infolge einer Ausgestaltung des Strahlteilers **900** als dünne Folie), welche zu Wellenfrontfehlern im reflektierten Lichtanteil führen, keinen Einfluss auf die Abbildungsgüte haben.

[0050] Wenn die Erfindung auch anhand spezieller Ausführungsformen beschrieben wurde, erschließen sich für den Fachmann zahlreiche Variationen und alternative Ausführungsformen, z.B. durch Kombination und/oder Austausch von Merkmalen einzelner Ausführungsformen. Dementsprechend versteht es sich für den Fachmann, dass derartige Variationen und alternative Ausführungsformen von der vorliegenden Erfindung mit umfasst sind, und die Reichweite der Erfindung nur im Sinne der beigefügten Patentansprüche und deren Äquivalente beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Optisches System, insbesondere für die Mikroskopie, mit

- einem Strahlteiler (**100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900**), welcher eine Lichteintrittsfläche und eine Lichtaustrittsfläche aufweist;
- wobei der Strahlteiler für einen vorgegebenen Arbeitswellenbereich des optischen Systems auf die Lichteintrittsfläche auftreffende elektromagnetische Strahlung zu weniger als 20% absorbiert; und
- wobei der Strahlteiler in dem optischen System derart angeordnet ist, dass die im Betrieb des optischen Systems an der Lichteintrittsfläche und/oder an der Lichtaustrittsfläche auftretenden, auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel wenigstens 70° betragen.

2. Optisches System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, der Strahlteiler in dem optischen System derart angeordnet ist, dass die im Betrieb des optischen Systems an der Lichteintrittsfläche und/oder an der Lichtaustrittsfläche auftretenden, auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel wenigstens 75°, insbesondere wenigstens 80°, betragen.

3. Optisches System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, der Strahlteiler eine maximale Dicke von weniger als 1 Millimeter (mm), insbesondere weniger als 0.5 mm, besitzt.

4. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, der Strahlteiler (**100, 400, 600, 700, 900**) eine planparallele Geometrie besitzt.

5. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahlteiler (**200, 500, 800**) wenigstens eine Komponente mit keilförmiger oder keilabschnittsförmiger Geometrie aufweist.

6. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahlteiler (**300**) eine prismenförmige Geometrie besitzt.

7. Optisches System nach einem vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahlteiler (**100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900**) aus einem Material hergestellt ist, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die Magnesiumfluorid (MgF_2), Lithiumfluorid (LiF), Aluminiumfluorid (AlF_3), Kalziumfluorid (CaF_2) und Bariumfluorid (BaF_2) enthält.

8. Optisches System nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahlteiler (**100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900**) ausschließlich aus diesem Material besteht.

9. Optisches System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahlteiler (**100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900**) wenigstens eine, die Lichteintrittsfläche und/oder die Lichtaustrittsfläche aufweisende unbeschichtete Komponente aufweist.

10. Optisches System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 150 nm, insbesondere weniger als **120** nm ausgelegt ist.

11. Optisches System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 30 nm, weiter insbesondere weniger als 15 nm, ausgelegt ist.

12. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses ein Mikroskop ist.

13. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses ein Maskeninspektionssystem zur Inspektion von Masken zur Verwendung in einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage ist.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Fig. 1

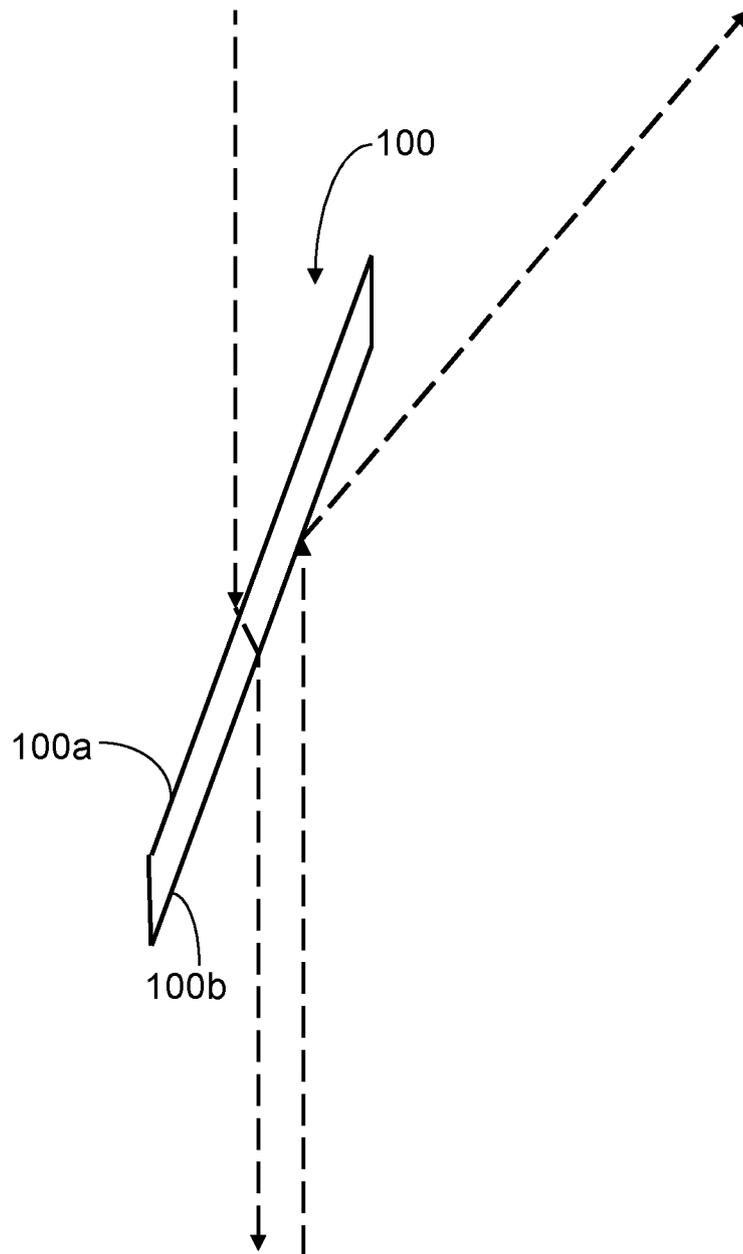


Fig. 2

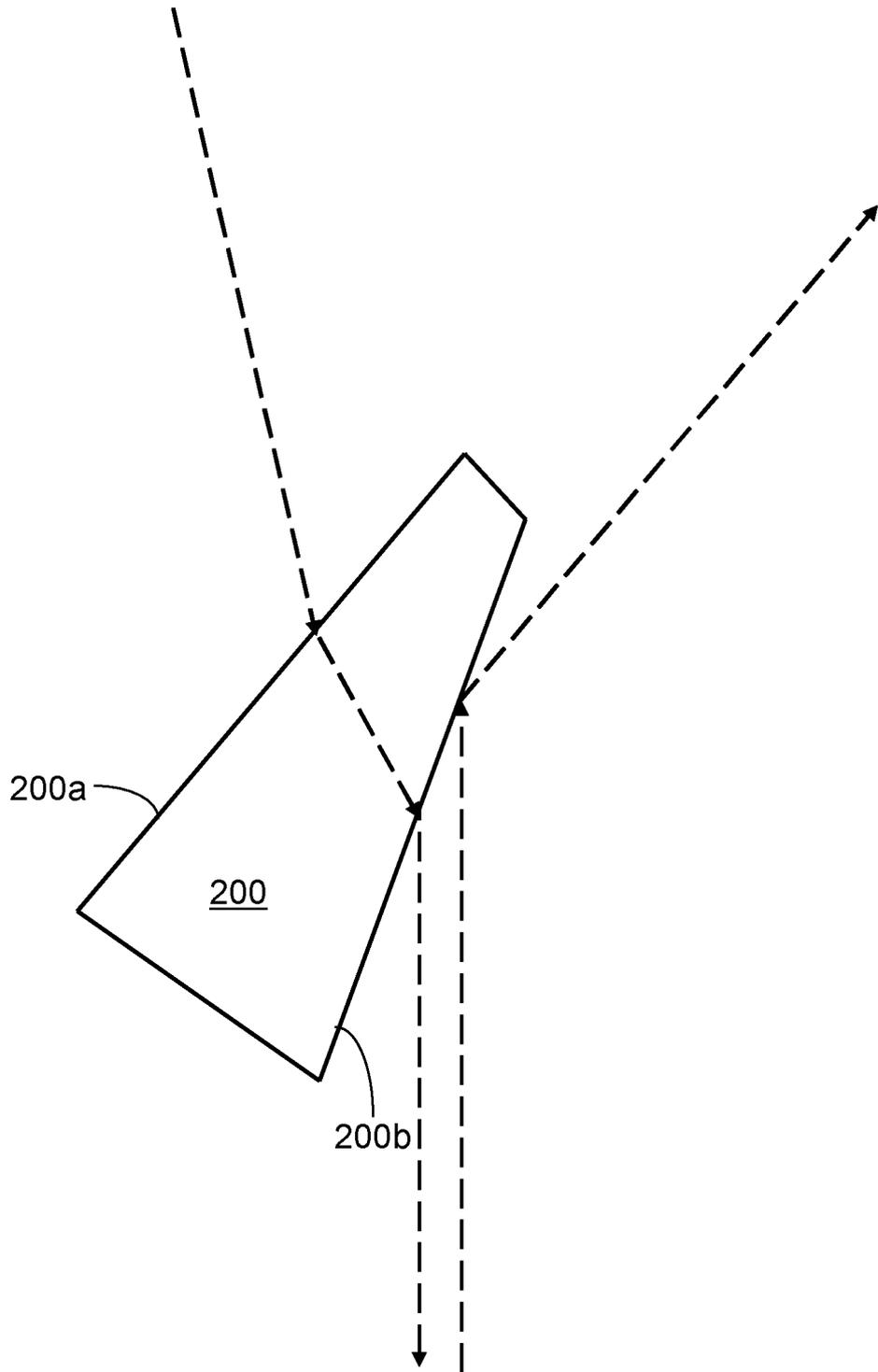


Fig. 3

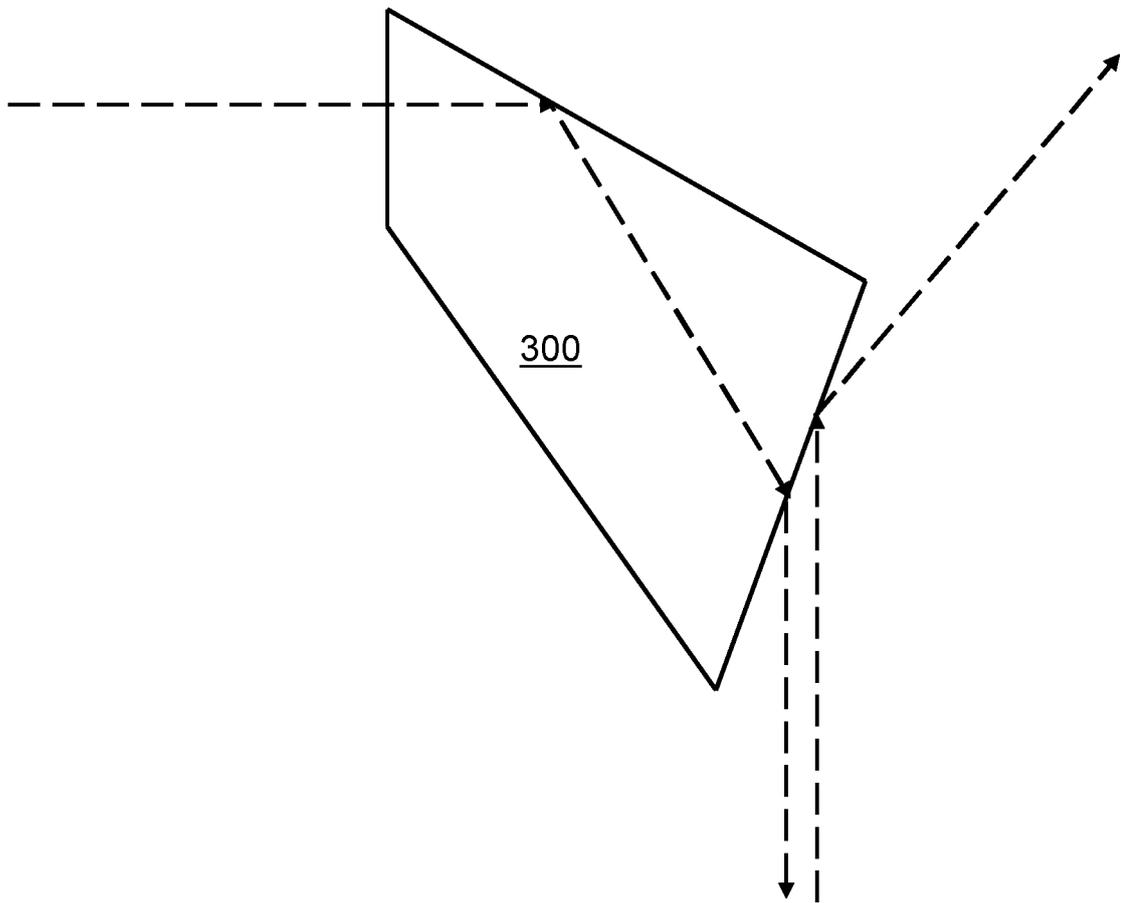


Fig. 4

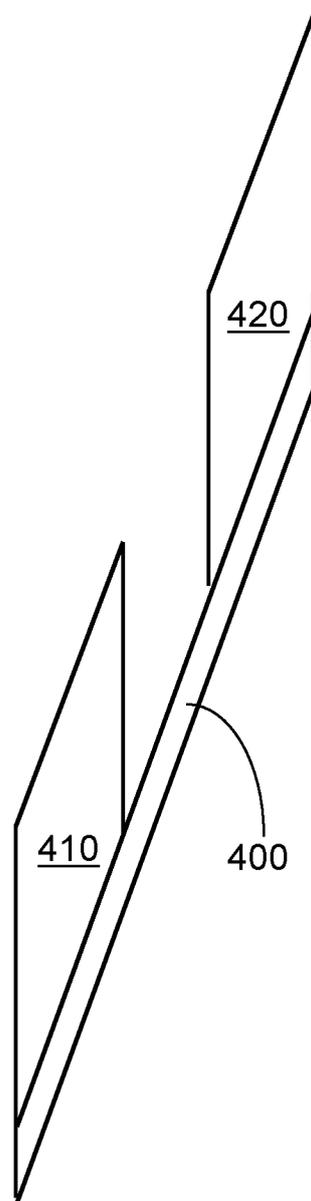


Fig. 5

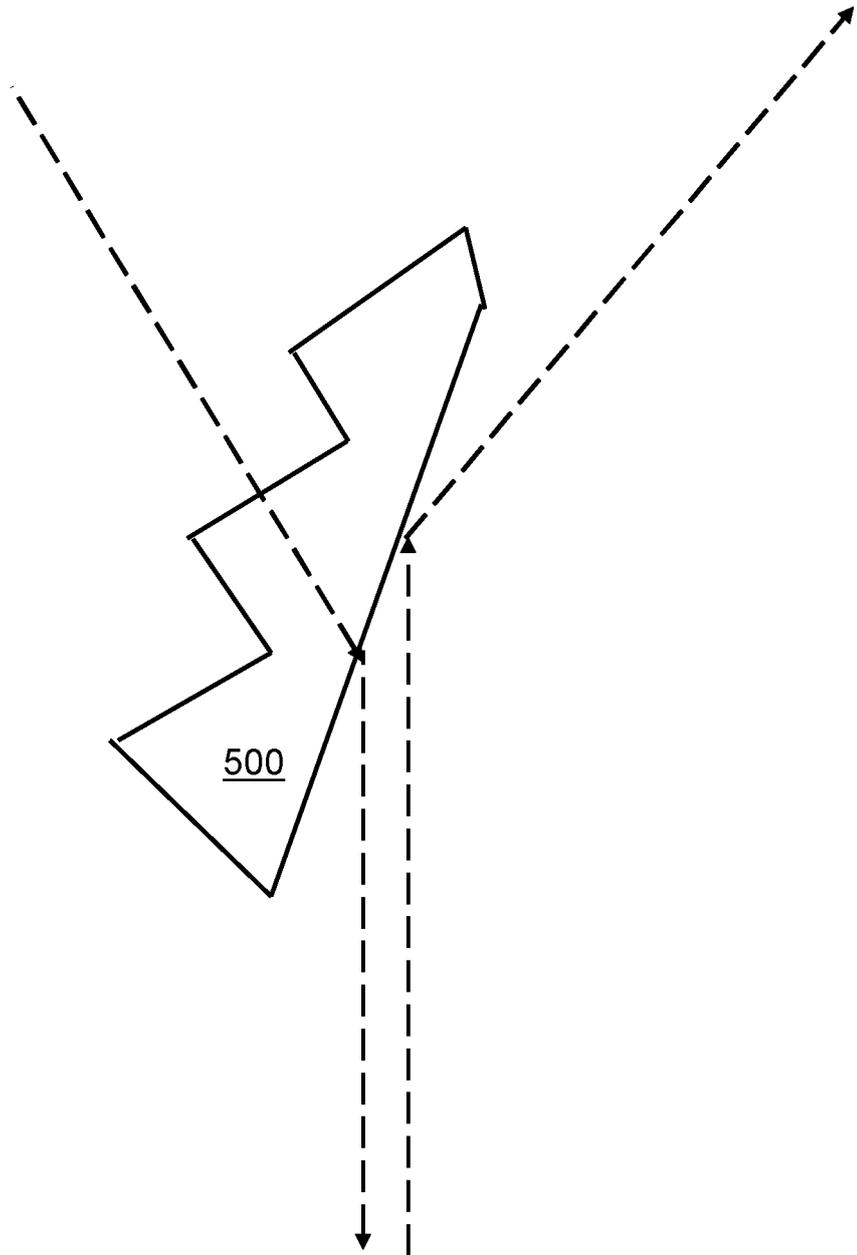


Fig. 6

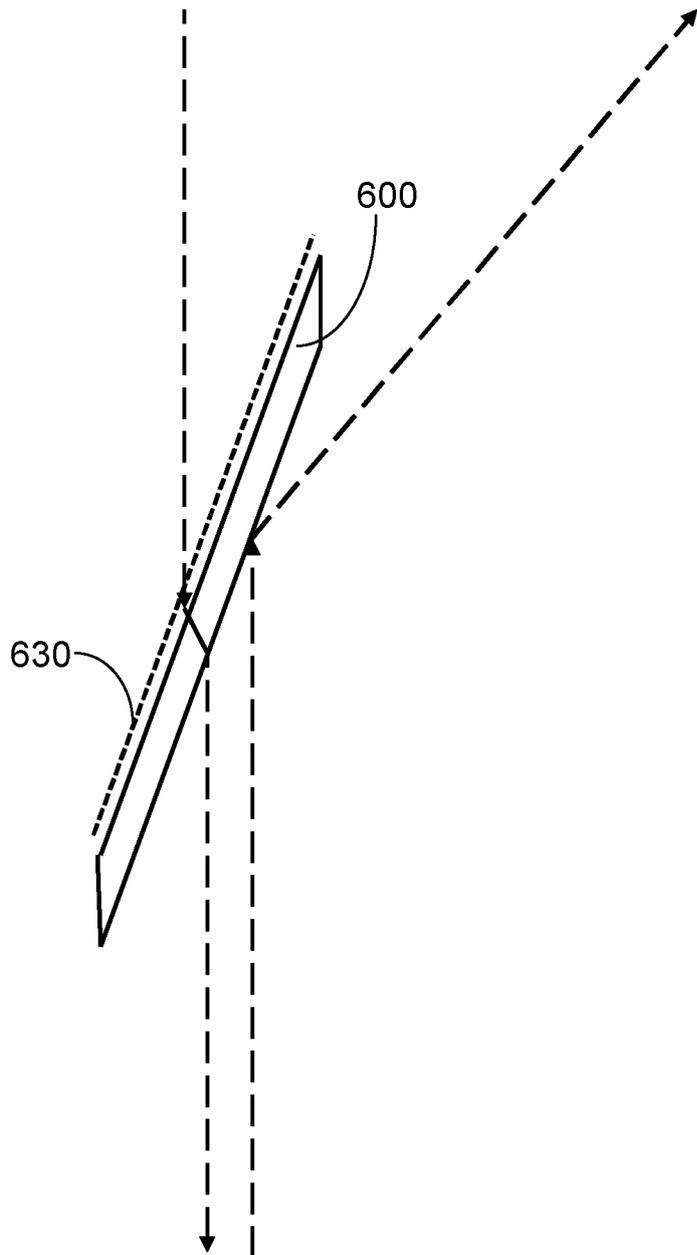


Fig. 7

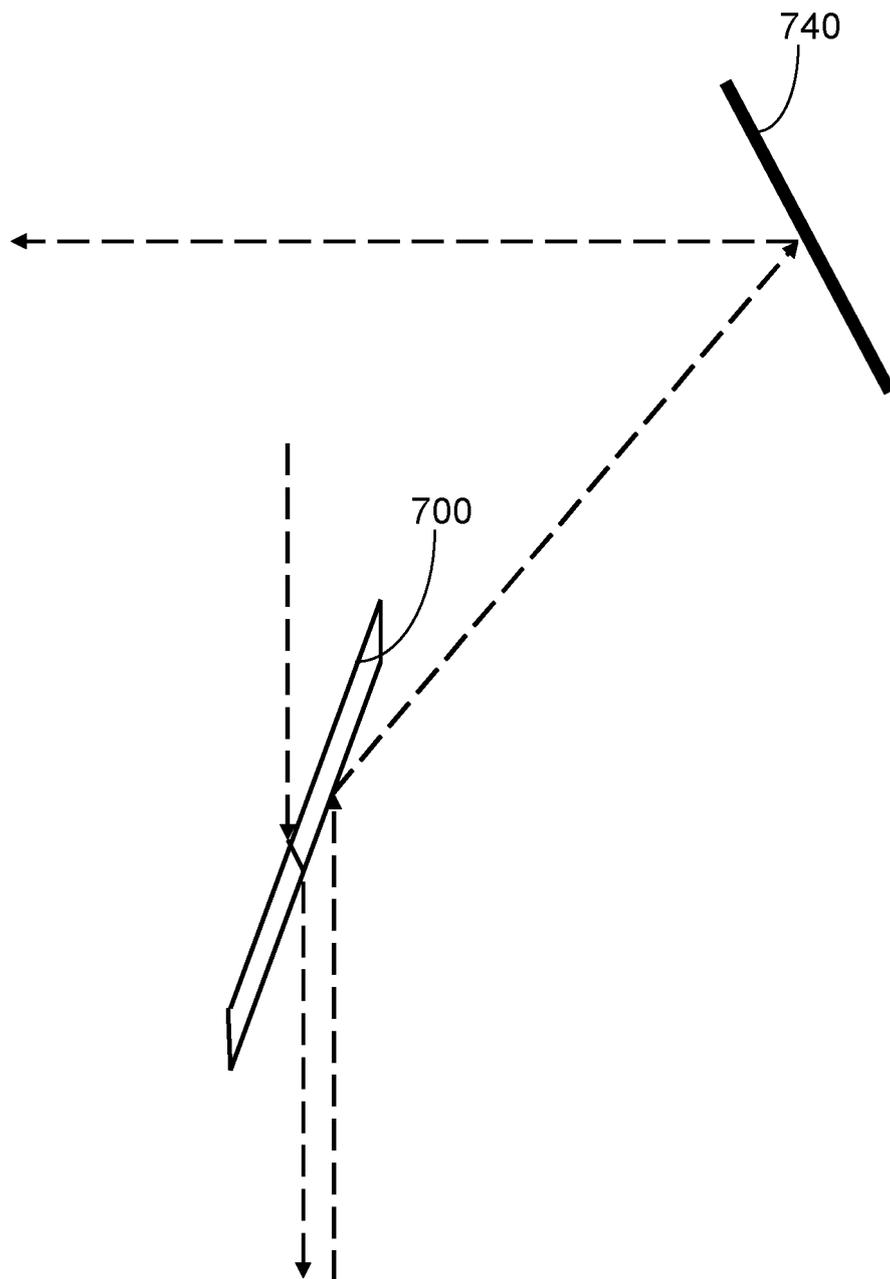


Fig. 8

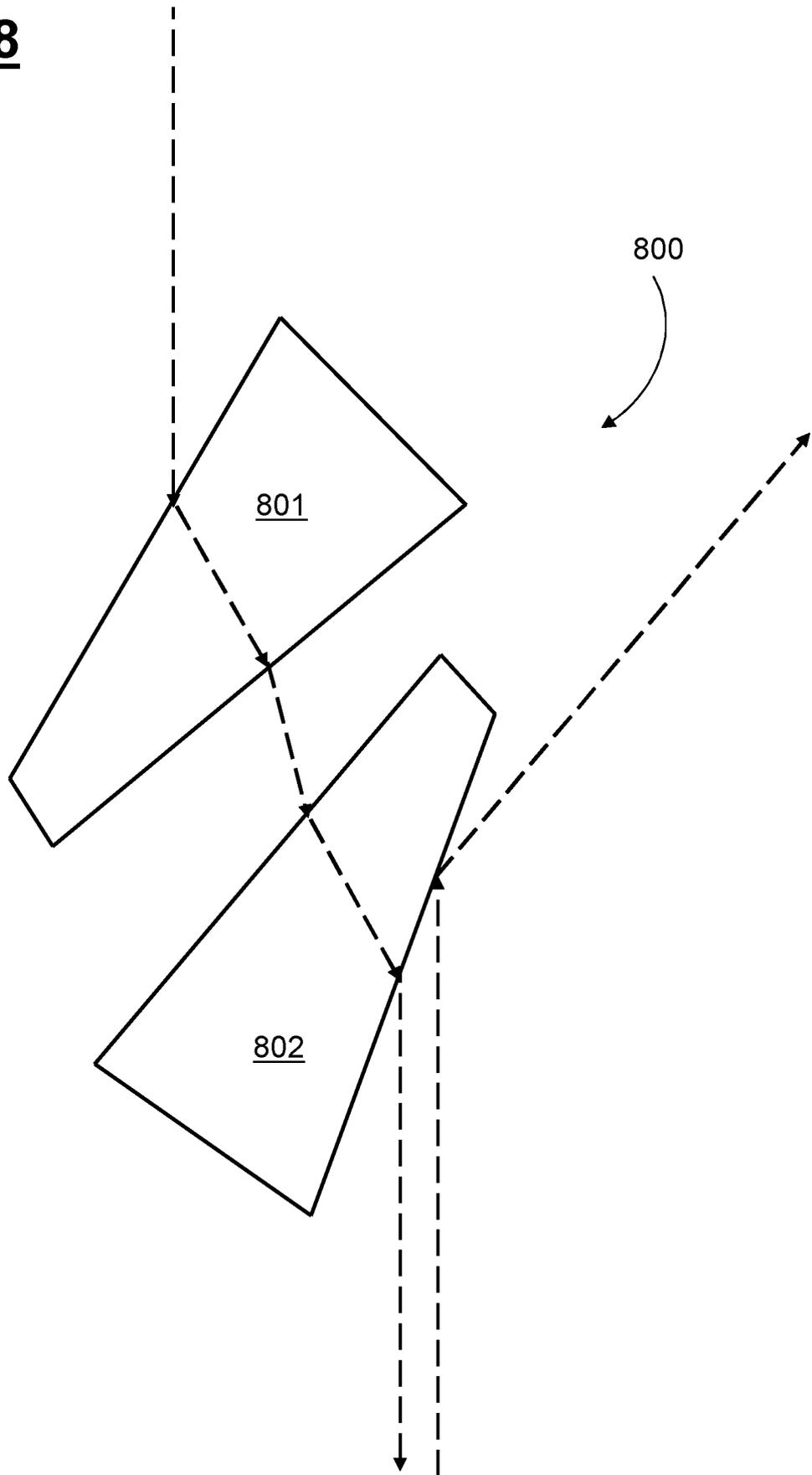


Fig. 9

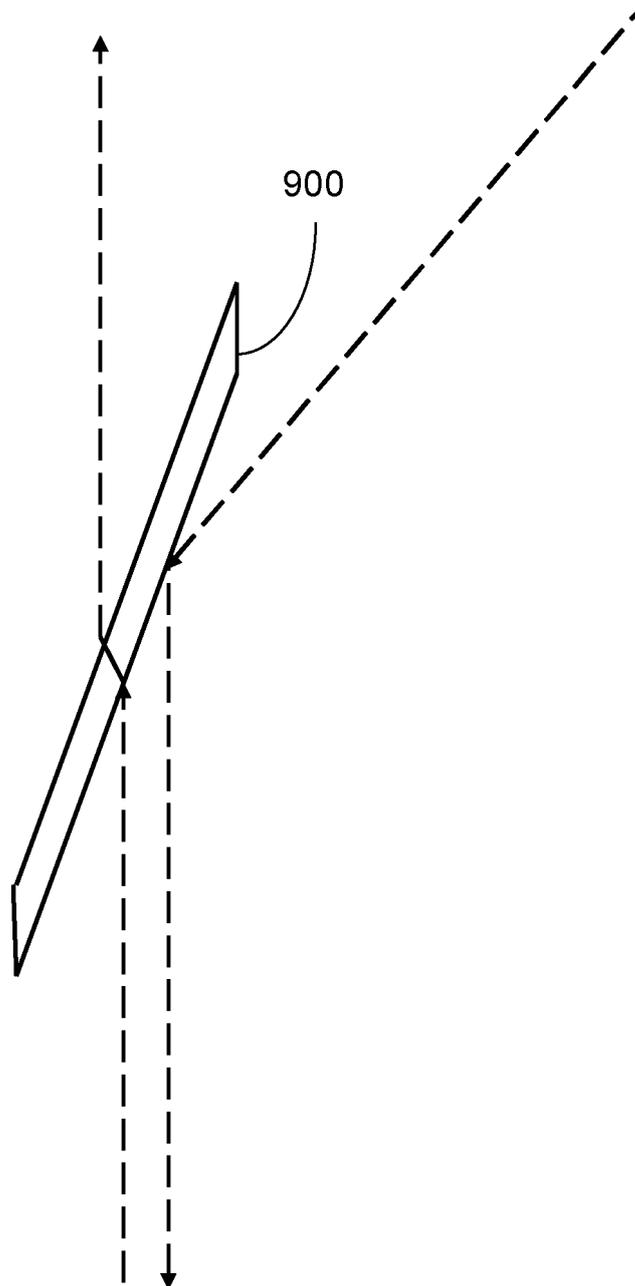


Fig. 10

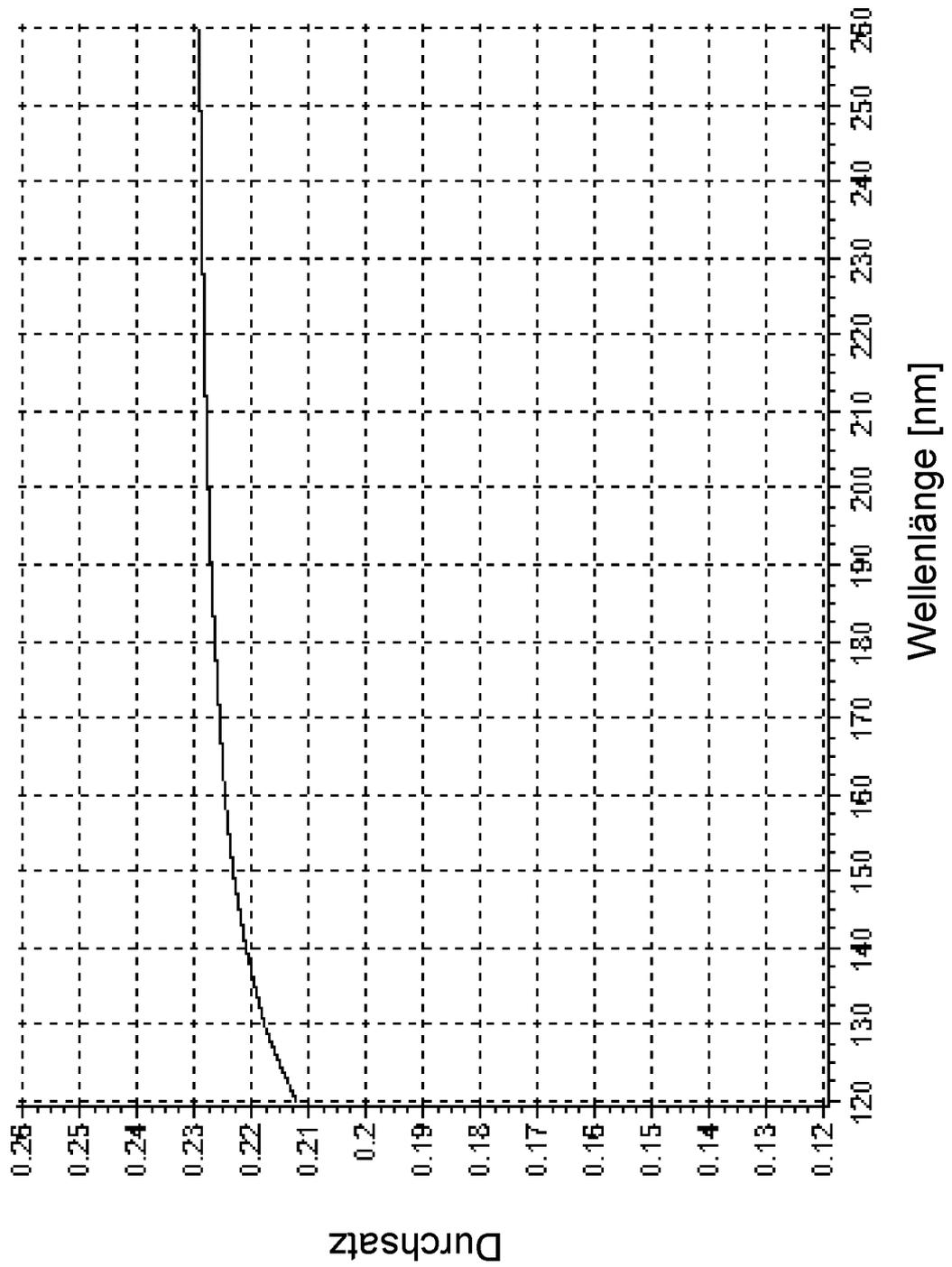


Fig. 11

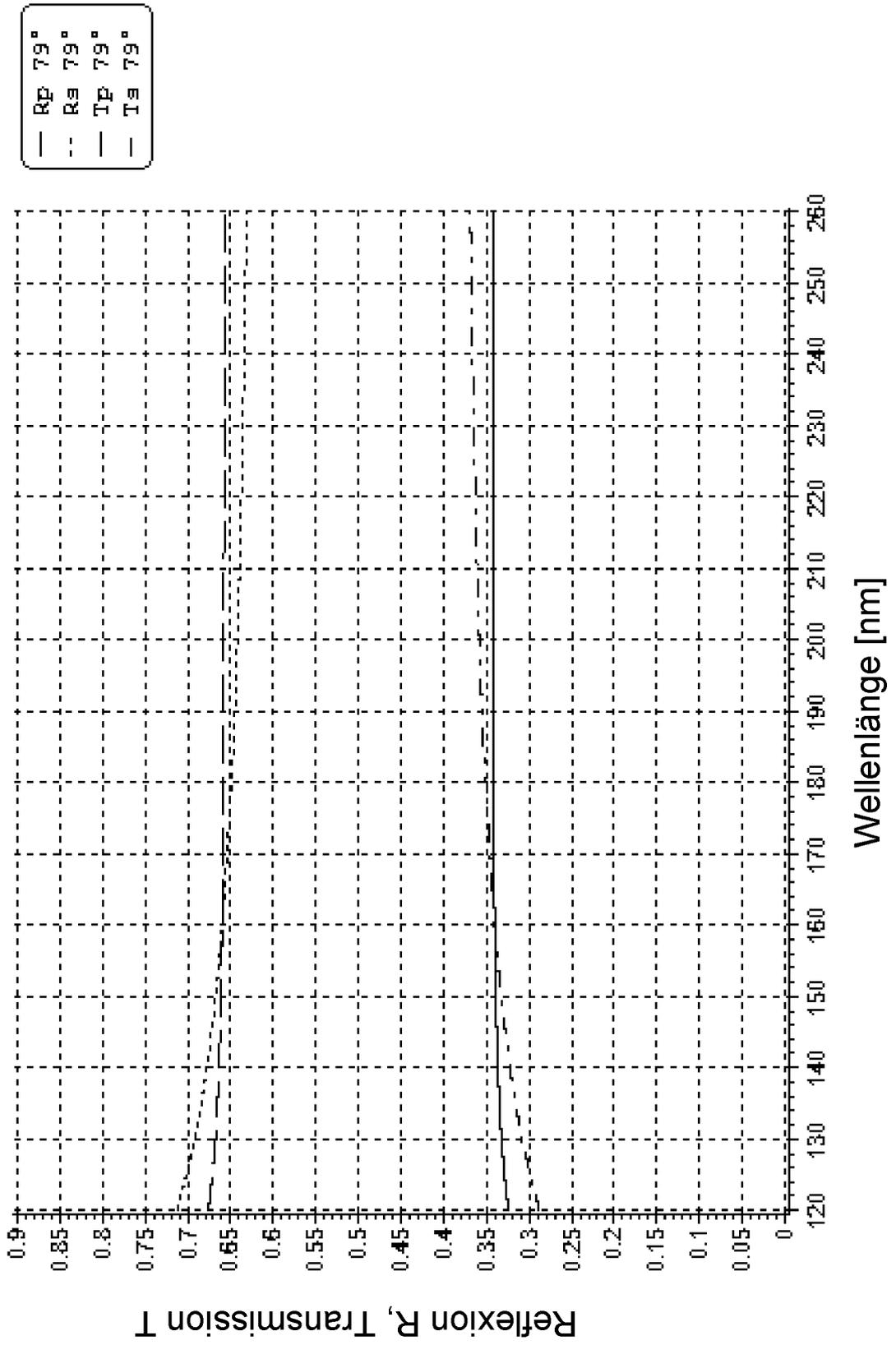


Fig. 12

Stand der Technik

