



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 15 860 T2** 2004.05.19

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 008 008 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 15 860.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/17295**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 944 470.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/010765**

(86) PCT-Anmeldetag: **21.08.1998**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **04.03.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.06.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.05.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G02B 27/09**

H01S 5/022, G02B 6/42, G11B 7/125

(30) Unionspriorität:

917865 27.08.1997 US

(73) Patentinhaber:

Digital Optics Corp., Charlotte, N.C., US

(74) Vertreter:

Eisenführ, Speiser & Partner, 80335 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**FELDMAN, R., Michael, Charlotte, US; KATHMAN,
D., Alan, Charlotte, US; WELCH, Hudson, W.,
Charlotte, US; TEKOLSTE, Robert, Charlotte, US**

(54) Bezeichnung: **INTEGRIERTER STRAHLFORMER UND SEINE VERWENDUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Verwendung optischer Elemente, die auf einem transparenten Substrat befestigt sind, um eingestrahlte Lichtstrahlen zu korrigieren, kreisförmig auszubilden, kollimieren oder den Strahl auf andere Weise zu formen. Im Speziellen bezieht sich die vorliegende Erfindung auf die Bereitstellung eines optischen Elementes so nah wie möglich zu einem zu formenden Strahl innerhalb eines passiv eingerichteten Massenproduktionssystems. Die vorliegende Erfindung bezieht sich ferner auf die Bereitstellung optischer Elemente, die auf voneinander abgewandten Seiten eines transparenten Substrats angeordnet sind, um getrennt einen nicht kreisförmigen, unkollimierten Eingangsstrahl kreisförmig auszubilden und zu kollimieren.

Beschreibung des verwandten Standes der Technik

[0002] Laserdioden sind kompakt, effizient, preiswert und massenproduzierbar. Dies hat zu einer steigenden Anzahl von Anwendungen geführt, für welche Laserdioden verwendet werden. Allerdings ist der aktive Bereich der Laserdioden ziemlich klein und asymmetrisch. Dies führt zu einer kleinen und asymmetrischen Strahlensilhouette. Folglich ist die Zerstreuung des Strahls ausgeprägt und asymmetrisch.

[0003] Das Versagen, die Elliptizität des Strahls zu reduzieren oder zu beseitigen, ist manchmal unwichtig, aber viele Anwendungen erfordern kollimierte Ausgaben mit niedriger optischer Abberation. Falls der Strahl mit einer gewöhnlichen Linse für eine spezielle Anwendung kollimiert werden soll, werden die Fernfelder der Strahlmuster in den zwei Richtungen unterschiedlich sein, was zu einem elliptischen Strahl führt. Deshalb muss die Elliptizität des Strahls durch ein nachfolgendes optisches System reduziert werden.

[0004] Astigmatismus ist eine weitere Eigenschaft der Laserdioden, welche einen weiteren möglichen Nachteil in vielen Anwendungen darstellt. Ein unkorrigierter astigmatischer Laserstrahl kann nicht durch eine einzelne radial symmetrische Linse kollimiert werden. Mit einem astigmatischen Laser scheint jede Achse von einem anderen Punkt auseinander zu laufen. Deshalb erfordert die gleichzeitige Kollimierung beider Achsen mit einem einzelnen Element ein anamorphes Element mit unterschiedlichen Brennweiten für jede Achse. Dieser Astigmatismus wird am vorteilhaftesten durch ein nachfolgendes optisches System korrigiert.

[0005] Es gab zahlreiche Konzeptionslösungen zum Kollimieren, kreisförmigen Ausbilden und Korrigieren der Wellenfronten von Diodenlasern. Eine solche Lösung beinhaltet die Verwendung gewöhnlicher

zylindrischer Linsen zum unabhängigen Kollimieren jeder Achse. Jedoch ist die Leistungsfähigkeit solcher zylindrischer Linsen für asymmetrischere Strahlen vermindert, da unsymmetrische Strahlen nicht korrigiert werden können, und die Ausrichtung wird schwierig. Versuche zum Lösen dieser Schwierigkeit des Ausrichtens sind z. B. offenbart in der US 5,581,414 mit dem Titel "Mikrolinsen-Baugruppen und -Koppler" von Snyder, welcher mechanisch eine feste Beziehung zwischen einem Paar von Mikrolinsen herstellt. Ein Abstandhalter, der zwischen dem Paar von Mikrolinsen angeordnet ist, enthält ein Loch, welches wie eine starke Blende wirkt, das es dem Licht erlaubt, sich zwischen den Linsen fortzubewegen. Der Abstandhalter stellt einen festgelegten Abstand zur Verfügung, der der Dicke des Abstandhalters entspricht.

[0006] Eine andere Lösung verwendet zylindrische Linsen in Verbindung mit einem asphärischen Kollimator, wie in der US 5,553,174 mit dem Titel "Monolythische zylindrische Optik" zu der US 5,581,414 offenbart ist. Dort werden Nachteile der Lösung des Patents US 5,581,414 darin angegeben, dass die Befestigung der Linsen in unmittelbarer Nähe zu der Oberfläche der Laserdiode eingeschlossen ist, wodurch es erforderlich ist, dass ein Behälter, der die Laserdiode enthält, geöffnet wird, oder die Laserdiode ohne den Behälter zur Verfügung gestellt wird. In der US 5,553,174 wird dieser Nachteil gelöst durch Anordnen eines asphärischen Kollimators vor einem Fenster des Behälters, der die Laserdiode enthält, um den Strahl in der schnellen Achse zu kollimieren. Eine nachfolgende Linse wird dann zum Kollimieren und Verstärken der langsamen Achse verwendet, um einen kollimierten Strahl, der nahezu kreisförmig ist, zur Verfügung zu stellen.

[0007] Die US 5,229,883 offenbart einen integrierten Strahlformer gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Wie in den **Fig. 2** und **3** der US 5,229,883 gezeigt, wird eine zylindrische Linse **22** in Verbindung mit einem optischen Doppelement **28** verwendet. Das optische Doppelement **28** ist derart aufgebaut, dass jeder Lichtstrahl von der Quelle des divergierenden Eingangslichts die gleiche optische Weglänge zurücklegt oder von der optischen Weglänge durch eine ganzzahlige Anzahl des Wellenlänge des Lichts, das von seiner Quelle zu seinem Ausgang von der Stirnfläche des optischen Doppelements wandert, abweicht. Während die geringe horizontale Zerstreuung typischerweise mit zylindrischen optischen Elementen mit wenigen sich ergebenden Abweichungen kollimiert werden kann, erfordert die Kollimation der schnellen vertikalen Zerstreuung optische Elemente mit erhöhter optischer Leistung mit einer viel geringeren Brennweite, was allgemein zu erhöhten optischen Abweichungen der kollimierten Ausgabe führt.

[0008] Die zylindrische Linse **22** wird zum Kollimieren der Ausgabe der Laserdiode in der schnellen Achse verwendet. Die Doppeloptik **28** enthält ein Substrat, auf dem ein doppeltes optisches Beu-

gungsmuster eingeätzt ist. Das doppelte optische Beugungsmuster ist typischerweise eine achtphasige Niveaustuktur, welche die optischen Wegunterschiede korrigiert, die dem divergierenden Licht innewohnen. Das optische Doppelement kollimiert die Zerstreuung der langsamen Achse und korrigiert die unsymmetrische Strahlabweichung von Strahlen, die weder in der schnellen noch der langsamen Achse sind. Diese zusätzlichen Korrekturen wohnen einem optischen Doppelement inne, dessen Beugungsmuster so gewählt ist, dass sich jeder optische Strahl in der gleichen optischen Weglänge oder einer optischen Weglänge fortpflanzt, die von der gleichen optischen Weglänge durch ein ganzzahliges Vielfaches der Weglänge des durchlaufenden Lichtes abweicht.

[0009] Um eine geeignete Korrektur der Strahlausgabe von der Laserdiode **10** zu erreichen, müssen die zylindrische Linse **22** und das optische Beugungselement **28** der Anordnung in der US 5,229,883 geeignet entlang der optischen Achse aufgestellt werden, aber außerdem umdrehungsgemäß miteinander ausgerichtet sein. Diese Drehausrichtung ist entscheidend, da die unterschiedlichen Achsen unterschiedlich behandelt werden. Die Drehausrichtung kann schwierig sein und empfindlich reagieren, was aufwändiges andauerndes Drehausrichten erforderlich macht.

[0010] Wenn zwei Elemente, die beide optische Leistung bereitstellen, eine Ausrichtung erfordern, ist oftmals eine aktive Ausrichtung erforderlich. Die aktive Ausrichtung wird durch Einschalten eines Strahls und andauerndes Einstellen der optischen Elemente, bis der erwünschte Strahl erreicht wird, erzielt. Solch ein aktives Ausrichten ist schwierig und teuer. Wenn die optische Energie durch beide Elemente bereitgestellt wird, kann die bestmögliche Ausrichtung eines einzelnen Elements alleine möglicherweise nicht die befriedigende Ausrichtung mit dem anderen optischen Element zur Verfügung stellen, um das bestmögliche Ergebnis für das System als Ganzes bereitzustellen.

[0011] In der Tat bereitet die Erzeugung eines gewünschten kreisförmigen Strahls solche Probleme, dass, wenn elliptische Strahlen verwendet werden, eine Lösung darin besteht, eher lediglich die Elliptizität auszugleichen als die Elliptizität zu verringern. Solch eine Lösung ist z. B. gezeigt in der US 5,204,516 mit dem Titel "Ebener optischer Lesekopf mit Fehler korrigierendem Gitter" von Opheij, in welcher ein Eingangsgitter **7** zum Einkoppeln eines elliptischen Eingangsstrahls **6** in einen Wellenleiter **9** verwendet wird, aber die Elliptizität des Strahls selbst vor dem Eintritt in den Wellenleiter nicht verringert wird.

[0012] Ferner wird auf die US-A-5,727,009 Bezug genommen, die eine optische Abtastvorrichtung offenbart, die eine Lichtquelle und ein Beugungsgitter als ein optisches Element zum Empfangen eines Lichtstrahls, der von der Lichtquelle ausgegeben wird, um ein vorbestimmtes Intensitätsmuster des

Lichtstrahls zu erzielen, umfasst.

[0013] Zusätzlich erläutert die US-A-5,638,469 einen integrierten Strahlformer mit einer Lichtquelle, die einen Lichtstrahl aussendet, einem transparenten Substrat, einem Hologramm, das auf einer Fläche des Substrats bereitgestellt ist und zum Empfangen des Lichtstrahls und zum Formen dieses dient, um ein vorbestimmtes Intensitätsmuster zu erzielen, wobei die Lichtquelle in dem Substrat zur Verfügung gestellt wird.

[0014] Ferner betrifft die US-A-5,465,265 einen Multipip-Baustein, welcher sowohl optische als auch elektrische Verbindungsschaltungen für parallele Kommunikationssysteme zur Verfügung stellt, und offenbart keinen Strahlformer.

[0015] Schließlich beschreibt die US-A-4,679,911 lediglich eine Vorrichtung mit weicher Apertur und bezieht sich nicht auf die Anordnung der entsprechenden Lichtquelle zum Erzeugen des zu formenden Lichtstrahls. Nichtsdestoweniger wird die Lichtquelle, wie der **Fig. 4** der US-A-4,679,911 entnommen werden kann, nicht auf der Oberfläche des transparenten Substrats befestigt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Die vorliegende Erfindung wird in den Ansprüchen 1 und 23 klar umrissen. Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, optische Elemente bereitzustellen, die auf einem transparenten Substrat befestigt sind, welches einen Eingangsstrahl formt, damit dieser sich einem gewünschten Strahlprofil näher annähert, während er bereits geeignet ausgerichtet ist.

[0017] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Mittel und ein Verfahren zum Verringern der Elliptizität der Form des Querschnitts eines Strahls und zur anderweitigen Strahlformung einer nicht kreisförmigen Form des Querschnitts eines Strahls unter Verwendung eines einzelnen optischen Elements bereitzustellen.

[0018] Noch eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, Strahlformen durch Verwenden optischer Elemente, für die ein aktives Ausrichten nicht erforderlich ist, bereitzustellen.

[0019] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Strahlformen in einem System bereitzustellen, welches kompakt, passiv ausgerichtet und massenproduziert ist.

[0020] Diese und andere Ziele der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden detaillierten Beschreibung noch leichter ersichtlich. Jedoch sollte es sich von selbst verstehen, dass die detaillierte Beschreibung und die speziellen Beispiele, obwohl sie die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung angeben, nur dem Zweck der Erläuterung dienen, da zahlreiche Änderungen und Abwandlungen innerhalb des Anwendungsbereichs der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen 1 und 25 bestimmt ist, für den Fachmann anhand der detaillierten Beschrei-

bung ersichtlich werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0021] Die vorliegende Erfindung wird ausgehend von der nachfolgend angegebenen detaillierten Beschreibung anhand der begleitenden Zeichnungen, welche nur dem Zwecke der Erläuterung dienen und nicht auf die vorliegende Erfindung eingeschränkt sind, vollständiger verstanden werden und worin:

[0022] **Fig. 1 a** eine Strahlausgabe von einem Laser ohne eine Strahlformung dessen zeigt;

[0023] **Fig. 1 b** den Strahl zeigt, der sich aus der Anordnung in **Fig. 1 a** entlang der Linie B-B' ergibt;

[0024] **Fig. 1 c** den Strahl zeigt, der sich von der Anordnung in **Fig. 1 a** entlang der Linie C-C' ergibt;

[0025] **Fig. 2** eine schematische Darstellung eines optischen Beugungselements der vorliegenden Erfindung ist;

[0026] **Fig. 3a** eine schematische Darstellung des Lichts ist, das die schnelle Achse des die Zerstreuung ändernden optischen Beugungselements, das auf einem Substrat eingegliedert ist, durchquert;

[0027] **Fig. 3b** eine schematische Darstellung des Lichts ist, das die langsame Achse des die Zerstreuung ändernden optischen Beugungselements, das auf ein Substrat eingegliedert ist, durchquert;

[0028] **Fig. 4a** eine Seitenansicht der Anordnung der vorliegenden Erfindung ist;

[0029] **Fig. 4b** ein Beispiel der in **Fig. 4a** gezeigten Anordnung ist, das nicht in den Bereich der Erfindung fällt;

[0030] **Fig. 5** eine Seitenansicht einer weiteren Anordnung der vorliegenden Erfindung ist;

[0031] **Fig. 6** eine Seitenansicht einer Anordnung der vorliegenden Erfindung ist, die mehr als ein Substrat eines optischen Elements einsetzt;

[0032] **Fig. 7** eine Teilansicht eines integrierten Strahlformers in einem Behälter mit einer Lichtquelle ist;

[0033] **Fig. 8a** eine Draufsicht auf einen Wafer ist, der eine Vielzahl von optischen Elementen enthält;

[0034] **Fig. 8b** eine Ansicht einer allgemeinen Ausgestaltung der Erzeugung der Waferebenen des integrierten Strahlformers gemäß der vorliegenden Erfindung ist und

[0035] **Fig. 9** ein Flussdiagramm der Erzeugung der Waferebene des integrierten Strahlformers gemäß der vorliegenden Erfindung ist.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0036] Wie in **Fig. 1a** gezeigt, gibt eine Laserdiode **10** einen Strahl entlang einer optischen Achse **12** aus. Wie es in den **Fig. 1 b** und **1 c** gezeigt ist, bleibt ein Strahlprofil **16** elliptisch und wird größer, so dass der Unterschied zwischen der Strahlgröße entlang der Achsen sich vergrößert, wenn er sich von der Laserdiode **10** weg ausbreitet. Im Speziellen wird der

Strahl breiter oder zerstreuter entlang einer schnellen Achse **18** und schmaler oder weniger zerstreut entlang einer langsamen Achse **19**. Gewöhnliche Anordnungen, die verwendet werden, um sich mit dieser Elliptizität zu befassen, sind oben als Hintergrund beschrieben worden. Wie oben angemerkt, ist es oftmals erstrebenswert, diesen Strahl zu formen, um ein kreisförmigeres Profil zu erhalten. Ferner können andere gewünschte Profile erhalten werden.

Weiche Apertur

[0037] Wie in **Fig. 2** gezeigt, enthält die allgemeine Idee eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung die Bereitstellung eines optischen Elements **20**, welches die Leistungsdämpfung zu der äußeren Kante dieses hin vergrößert. Unter vergrößerter Leistungsdämpfung ist im Zusammenhang mit den Beugungs-Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung eine Verringerung der eine gewünschte Beugungsordnung abgelenkten Leistungsmenge zu verstehen. Typischerweise wird die gewünschte Beugungsordnung die erste Ordnung sein, aber die Elemente **20** können so gestaltet sein, dass jede Ordnung einschließlich der nullten und Ordnungen höher als der ersten verwendet werden.

[0038] In einem Beugungselement wird typischerweise die gesamte Leistung in dem Strahl durch dieses geleitet, wobei das Beugungselement den Strahl durch Führen von Teilen dieses in verschiedene Beugungsordnungen formt. Deshalb bedeutet der Begriff Leistungsdämpfung in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung Leistungsverringerung in einem gewünschten Ausgangsstrahl.

[0039] Der radial erhöhte Betrag der Dämpfung, wie in **Fig. 2** gezeigt, erzeugt eine "weiche Apertur". Dies ist im Gegensatz zu der harten Apertur, die typischerweise durch gewöhnliche optische Elemente bereitgestellt wird, welche eine scharfe Außengrenze haben, die das Licht nicht passieren kann. Solch eine harte Apertur führt zu Airyschen Spiralen oder Beugungsringen.

[0040] Die weiche Apertur, wie in **Fig. 2** gezeigt, dämpft die Leistung in der schnellen Achse mit einer schnelleren Rate als der Gauß'sche Strahl. Die Transmission in dieser weichen Apertur verringert sich allmählich von 1 in der Mitte bis 0 an den Kanten. Deshalb dient eine weiche Apertur im Gegensatz zu einer harten Alles-oder-nichts-Apertur dann als Leistungsdämpfung, wenn der Strahl von dem in der Mitte gelegenen Ort weg ausgedehnt wird.

[0041] Der Weg des Strahls durch das Element **20** wird durch die gestrichelte Ellipse in **Fig. 2** veranschaulicht. Die innere gestrichelte Ellipse **30** zeigt die Punkte halber Intensität der Ausgabe des Gauß'schen Strahls durch eine Laserdiode an, bei denen der Strahl das Halbfache der Intensität der Spitzenintensität in dem Mittelpunkt des Strahles hat. Die äußere gestrichelte Ellipse **32** veranschaulicht die 1/e²-Punkte der Ausgabe des Gauß'schen

Strahls durch die Laserdiode. Der 1/e²-Punkt definiert den Strahlradius und ist der Punkt, bei dem die Intensität des Strahls auf 13,5% der maximalen Intensität in dem Mittelpunkt gefallen ist.

[0042] Die gestrichelte Ellipse **30** veranschaulicht, dass für den Bereich, in dem die Intensität des Strahls größer als die Hälfte des Spitzenwerts ist, d. h. die Halbwertsbreite, der Strahl entlang der langsamen Achse **19** nur mit dem inneren Bereich **22** in Berührung kommen wird, während der Strahl entlang der schnellen Achse **18** sowohl mit dem inneren **22** als auch dem ersten **24** Zwischenbereich in Berührung kommen wird. Gleichermaßen veranschaulicht die gestrichelte Ellipse **32**, dass für den Bereich, in dem die Intensität des Strahls zwischen 13,5% der maximalen Intensität und der Hälfte der maximalen Intensität ist, der Strahl entlang der langsamen Achse nur mit dem ersten Zwischenbereich **24** in Berührung kommen wird, während der Strahl entlang der schnellen Achse **18** mit dem zweiten Zwischenbereich **26** und dem Außenbereich **28** in Berührung kommen wird. Deshalb ist die Leistung entlang der schnellen Achse **18** bedeutender gedämpft als die Leistung entlang der langsamen Achse **19**, während ein Bereich des Strahls, der die Spitzenintensität aufweist, nicht gedämpft wird.

[0043] Diese unterschiedlichen Grade der Leistungsdämpfung können auf mehrere Weise erreicht werden. Z. B. kann eine Erhöhung der Leistungsdämpfung außerhalb des Mittelpunkts der weichen Apertur erreicht werden durch Bereitstellen einer der folgenden Möglichkeiten: Eine abnehmende Anzahl von Phasenpegeln eine Anzahl von Phasenpegeln außerhalb des Mittelpunkts, eine zunehmende Anzahl von Phasenpegeln außerhalb des Mittelpunkts, einem Anwachsen einer Dichte der Beugungsteile, z. B. Metallstücke außerhalb des Mittelpunkts, und Ätzungen, die in Höhe und/oder Tastverhältnis außerhalb des Mittelpunkts variieren.

[0044] In der oben gezeigten Anordnung erreicht in der Richtung der langsamen Achse nahezu keine Leistung die weiteren Außenbereiche, so dass dort eine kleine oder keine Dämpfung in Richtung der langsamen Achse auftritt. Dagegen erreicht in Richtung der schnellen Achse viel Leistung die Außenbereiche des Elements. Die durch Auftreffen auf die Außenbereiche erfahrene Verringerung der Leistung wird die Ausgabe kreisförmig ausbilden.

Den Zerstreuungswinkel verändernde Elemente

[0045] Als Alternative zur Entfernung der Leistung aus dem System, wie es durch die weiche Apertur zum kreisförmigen Ausbilden des Strahls erreicht wird, kann ein optisches Beugungselement (DOE) **40** auf der ersten Oberfläche **42a** eines Substrats **42** angebracht sein, welches die Zerstreuung eines in dieses eingegebenen Strahls entlang unterschiedlicher Achsen unterschiedlich ändert. Das DOE **40**, das ein von einem Computer erzeugtes Hologramm enthält,

wird durch Verwendung der Computerberechnungen entworfen und durch Verwendung lithografischer Techniken hergestellt, die für einen speziellen Eingangs- und einen gewünschten Ausgangsstrahl in der US 5,161,059 erklärt sind.

[0046] Ein Eingangsstrahl, der auf ein Substrat **42** auftrifft, wird infolge der Brechung an dessen Grenzfläche gebeugt. Diese Brechung verändert den Winkel, unter dem der Lichtstrahl sich fortpflanzt. Wie in **Fig. 3a** gezeigt, verringert sich der Winkel θ_i des Lichtstrahls entlang der schnellen Achse auf θ_i' beim Eintreten in das Substrat **42**. Entsprechend, wie in **Fig. 3b** gezeigt, wird der Winkel θ_s des Lichtstrahls entlang der langsamen Achse beim Eintreten in das Substrat **42** auf θ_s' verringert.

[0047] Das DOE **40** auf einer Eingangsoberfläche **42a** des Substrats **42** wird eingesetzt, um den Zerstreuungswinkel des Eingangsstrahls entlang der schnellen Achse, wie in **Fig. 3a** gezeigt, weiter von θ_i' zu θ_i'' , zu verringern, wobei $\theta_i' > \theta_i''$ ist. Die gestrichelte Linie zeigt den Zerstreuungswinkel θ_i' des Eingangsstrahls entlang der schnellen Achse an, den er ohne das optische Beugungselement **40** einnehmen würde, während die durchgezogene Linie den Zerstreuungswinkel θ_i'' des Ausgangsstrahls des DOEs **40** anzeigt.

[0048] Das DOE **40** erhöht auch den Zerstreuungswinkel des Eingangsstrahls entlang der langsamen Achse, wie es in **Fig. 3b** gezeigt ist, von θ_s' auf θ_s'' , wobei $\theta_s' < \theta_s''$. Die gestrichelten Linien zeigen den Zerstreuungswinkel θ_s' des Eingangsstrahls entlang der langsamen Achse an, den er ohne das optische Beugungselement **40** einnehmen würde, während die durchgezogenen Linien den Zerstreuungswinkel θ_s'' des Ausgangsstrahls des DOEs **40** anzeigen.

[0049] Die Zerstreuungswinkel entlang den jeweiligen Achsen können auf unterschiedliche Weise geändert werden. Anders als Brechungselemente, welche einen Eingangswinkel in eine Anzahl von Ausgangswinkeln mit geringer Einwirkung auf den diesbezüglichen Wirkungsgrad ändern können, geht in dem Beugungselement bei größerer Ablenkung eines Eingangswinkels mehr Leistung verloren. Z. B. wurden in den Lösungen, die im Abschnitt über den Hintergrund der Erfindung angemerkt sind, ein Brechungselement zum Kollimieren des Strahls entlang einer Achse, d.h. Verringern der Streuung auf null, verwendet. Jedoch ist solch eine Verringerung nicht die wirksamste Verwendung eines optischen Beugungselements. Deshalb schließt die Bestimmung des genauen Aufbaus des aus dem Beugungselement austretenden Strahls die Berücksichtigung des entlang jeder Achse gewünschten Betrags der optischen Leistung ein.

[0050] Es gibt zwei hauptsächliche nützliche Lösungen gemäß der vorliegenden Erfindung zum Erzielen des gewünschten Ergebnisses eines kreisförmigen Strahls durch Verwenden eines optischen Beugungselements gemäß der vorliegenden Erfindung. Die erste Lösung schließt die Gestaltung eines DOE **40**

ein, um den Strahl entlang jeder Achse mit gleichem Zerstreuungswinkel auszugeben, d.h. in der Ausgabe des DOEs **40** ist $\theta_s' \approx \theta_f'$. Diese annähernde Gleichheit wird am effektivsten erreicht durch Erhöhen des Zerstreuungswinkels der langsamen Achse um ungefähr den gleichen Betrag, um den der Zerstreuungswinkel der schnellen Achse verringert wird. In einer Näherung erster Ordnung sind diese Winkel gleich. Mit anderen Worten ist $\theta_s'' - \theta_s' = \theta_f' - \theta_f''$.

[0051] Da die Zerstreuungswinkel der schnellen und langsamen Achse beim Austreten aus dem DOE **40** die gleichen sind, ist es einleuchtend, dass die Abweichung in den Strahlausdehnungen entlang der schnellen und langsamen Achse, die beim Auftreffen des Strahls auf das optische Beugungselement **40** entsteht, nicht ausgeglichen wird, obwohl verhindert wird, dass sich die Abweichung vergrößert, während sich der Strahl von dem DOE **40** entfernt. Deshalb wird die kreisförmige Ausbildung in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel dadurch erreicht, dass der aus dem DOE **40** austretende Strahl sich weit genug fortzupflanzen kann, so dass die Strahlabmessungen, z. B. einige Größenordnungen, größer sind als die anfängliche Abweichung sind, derart, dass die anfängliche Verschiedenheit vernachlässigbar wird. Der Punkt, bei dem die Strahlabmessungen hinreichend groß sind, hängt vom Grad der erforderlichen kreisförmigen Ausbildung ab.

[0052] Falls z. B. am Eingang des DOEs **40** der Strahl entlang der schnellen Achse um 40 μm größer ist als der Strahl entlang der langsamen Achse, wird beim Aufweiten des -ganzen Strahls auf eine Lichtfleckgröße von 1 mm der noch immer zwischen dem Strahl entlang der langsamen Achse und dem Strahl entlang der schnellen Achse bestehende Unterschied von 40 μm vernachlässigbar sein, d.h. der Strahl ist im Wesentlichen kreisförmig.

[0053] Um den Unterschied zwischen den Ausdehnungen des Strahls in der langsamen und schnellen Achse des DOEs klein zu halten, muss das DOE sehr nahe an der Lichtquelle, typischerweise einem Laser, angeordnet sein. Falls z. B. die Zerstreuungswinkel des Lasers 11° und 33° der langsamen bzw. schnellen Achse sind, muss das DOE **40** innerhalb ungefähr 100 μm zu dem Laser angeordnet sein, um den Unterschied zwischen den Strahlausdehnungen im DOE **40** kleiner als 40 μm zu halten. Um den Unterschied in den Strahlausdehnungen kleiner als 200 μm zu halten, muss das DOE **40** innerhalb 500 μm zu dem Laser angeordnet sein.

[0054] Typischerweise wird eine Laserdiode in einem zylindrischen Gehäuse angebracht, das Behälter genannt wird. Der Behälter ist typischerweise etwa 2 mm lang. Deshalb muss auch das DOE **40** innerhalb des Behälters angeordnet sein, falls die Laserdiode innerhalb eines Behälters angeordnet sein soll.

[0055] Da die erste Lösung zu einer Strahlausgabe von dem DOE **40** führt, die gleiche Zerstreuungswinkel entlang jeder Achse hat, kann der Strahl durch ein

gewöhnliches optisches Element an beliebiger Stelle nach dem DOE **40** kollimiert werden. Wo solch ein gewöhnliches Element angeordnet wird, wird durch die gewünschte Strahlgröße bestimmt. Angenommen, die gewünschte Lichtfleckgröße beträgt 1 mm und die Zerstreuungswinkel des Strahls, der von dem DOE **40** austritt, betragen 22° in jeder Richtung, dann beträgt der Abstand zwischen dem DOE **40** und der Sammellinse ungefähr 2,5 mm. Indem der Behälter etwas länger als ein gewöhnlicher Behälter ausgebildet wird und die Sammellinse an der Ausgangsfläche **42b** des Substrats angeordnet wird, das eine Dicke des gewünschten Abstands von dem optischen Beugungselement **40** zu dem Kollimationselement, hier 2,5 mm, hat werden alle gewünschten optischen Elemente zum Formen des Strahls mit dem Laser selbst innerhalb des Behälters zusammengefasst.

[0056] Falls der zwischen dem DOE **40** und dem Kollimationselement benötigte Abstand größer sein soll, kann das Kollimationselement außerhalb des Behälters angeordnet werden. Falls z. B. der gewünschte Strahl einen Durchmesser von 1 cm haben soll, beträgt der Abstand von dem DOE **40** unter Annahme der gleichen Parameter des Lasers wie oben 25 mm. Für solch einen Abstand wird das Kollimationselement bevorzugt außerhalb des Behälters angeordnet. Ferner kann das Kollimationselement oben auf dem Behälter selbst angeordnet werden, falls der Abstand dies erfordert. Wenn das Kollimationselement nicht an der Ausgangsfläche **42b** des Substrats angeordnet ist, können die Zerstreuungswinkel, die von dem optischen Beugungselement ausgegeben werden, und/oder die Abstände zwischen einem Kollimationselement und dem Substrat in Übereinstimmung mit einem Brechungsindex des Substrats geändert werden, um den gewünschten Strahl zu erhalten.

[0057] Ferner kann das zum kreisförmigen Ausbilden verwendete DOE **40** auf einem Brechungselement ausgebildet sein, wodurch das Element auf der Eingangsfläche zu einem hybriden Element wird.

[0058] Falls der Platz besonders eingeschränkt ist, kann der Strahl entlang der langsamen Achse divergenter gemacht werden, um schneller die notwendige kreisförmige Ausbildung bereitzustellen, d.h. um die Wirkung des anfänglichen Ausdehnungsunterschieds des Eingangsstrahls zu minimieren, wodurch die Dicke d des Substrats **42** verringert wird. Da der Strahl für diese Anordnung nicht genau kreisförmig ist, kann die Verwendung einer weichen Apertur an einer der Flächen **42a**, **42b** mit einem darauf integrierten anderen Element, zur weiteren Unterstützung der kreisförmigen Ausbildung verwendet werden. Ferner kann eine weiche Apertur verwendet werden, um die Dicke d des Substrats **42** durch Fördern der kreisförmigen Ausbildung und Formung des Strahls zu verringern.

[0059] Die zweite Lösung umfasst die Veränderung der Zerstreuungswinkel der schnellen und langsamen Achsen derart, dass an dem Ausgang des opti-

schen Beugungselements **40** die langsame Achse eine Zerstreuung hat, die größer als der Zerstreuungswinkel der schnellen Achse ist. Mit anderen Worten ist $\theta_s' > \theta_f'$. Erneut, wie im ersten Verfahren, sind der absolute Wert der Differenz zwischen den Eingangswinkeln und den Ausgangswinkeln entlang jeder Achse vorzugsweise ungefähr gleich, d. h. $\theta_s'' - \theta_s' = \theta_f'' - \theta_f'$.

[0060] Solch eine Anordnung ermöglicht eine Angleichung der Ausdehnungen entlang beider Achsen an einem Fortpflanzungspunkt. Jedoch muss nun ein zweites Element zum Erhalten der gewünschten Strahlform, in diesem Beispiel ein Kollimationselement, genau angeordnet werden. Nach einer gewissen Entfernung erzeugen die zwei Zerstreuungswinkel im Wesentlichen die gleiche Strahlgröße entlang der jeweiligen Achse. Diese Entfernung bestimmt die Dicke d des Substrats **42**. Die Gestaltung dieser Anordnung stellt einen Kompromiss dar, wenn man bedenkt, dass das Substrat **42** bei größerer Änderung der Winkel dünner sein kann, wobei die Wirksamkeit des DOE **40** aber abnimmt.

[0061] Der Abstand d wird durch die folgenden Gleichungen bestimmt:

$$X_f = 2s \tan(\theta_f/2)$$

$$X_s = 2s \tan(\theta_s/2)$$

$$D_s = \Delta X_s + X_s$$

$$D_f = \Delta X_f + X_f$$

$$\Delta X_f = 2d \tan(\theta_f''/2)$$

$$\Delta X_s = 2d \tan(\theta_s''/2)$$

wo D der Durchmesser des Lichtflecks auf der Ausgangsoberfläche **42b** des Substrats **42** entlang der jeweiligen Achse ist, wenn das DOE **40** vorhanden ist, s der Abstand von dem Laser zu der Eingangsfläche **42a** ist, X der Durchmesser des Lichtflecks auf der Eingangsfläche ist und ΔX die Änderung der Größe des Strahls von der Eingangsfläche **42a** zu der Ausgangsoberfläche **42b** entlang der jeweiligen Achsen ist, wenn das DOE **40** vorhanden ist.

[0062] Für die meisten Laser sind die Zerstreuungswinkel θ_f und θ_s fest vorgegeben. Während der Wert s eingestellt werden kann, wird der Laser typischerweise so nah wie möglich an dem Substrat **42** angeordnet. Deshalb ist für die meisten Systeme der Wert X fest vorgegeben. Daher sind d , θ_f'' und θ_s'' beim Gestalten der in den Fig. 3a und 3b gezeigten Anordnung in Übereinstimmung mit der zweiten Lösung die Freiheitsgrade im Erlangen eines gewünschten Durchmessers D .

[0063] Je kleiner der Wert des Abstands d ist, desto einfacher ist die Anfertigung, die Trennung zwischen den Oberflächen kann genauer gesteuert werden und desto einfacher ist die Ausrichtung des Subst-

rats, da die Ausrichtung typischerweise anhand einer Betrachtung durch das Substrat erzielt wird. Jedoch vergrößert sich die erforderliche Änderung in den Zerstreuungswinkeln bei kleinerem Wert d , was zu weniger wirksamen optischen Beugungselementen führt. Ferner vergrößert sich der Strahl an der zweiten Oberfläche **42b** bei größerem Wert d , was den Betrieb von auf dieser Oberfläche angeordneten optischen Elementen vereinfacht.

[0064] Typischerweise wird der Wert D durch die Anwendung ausgewählt. Dann wird ein Wert d gewählt, der der größte Wert ist, welcher in Einklang mit dem Produktionsprozess gebracht werden kann. Dieser bestimmt dann die Werte der Änderung der Zerstreuungswinkel.

[0065] Z. B. sei angenommen, dass der Laser, der Zerstreuungswinkel von ungefähr 11° (θ_s) bis zu 33° (θ_f) hat, in einem Abstand von 200 μm (s) von dem DOE **40** angeordnet ist. Dann würde die Größe des Lichtflecks auf dem optischen Beugungselement **40** ungefähr 60 μm (X_s) bis zu 120 μm (X_f) sein. Falls die maximale Dicke (d), die bei dem Produktionsprozess toleriert werden kann, 1 mm ist und der gewünschte Durchmesser des Lichtflecks (D) der kollimierten Strahlen 400 μm entlang beider Achsen ist, dann sollten die Zerstreuungswinkel beim Verlassen des DOE **40** ungefähr 16° (θ_f''), bzw. eine Verringerung von 17° , entlang der schnellen Achse und 20° (θ_s''), bzw. eine Erhöhung um 9° , entlang der langsamen Achse sein. Dies führt zu einem kreisförmigen Strahl auf der Oberfläche **42b** von ungefähr 400 μm .

[0066] Ein kollimierendes Element ist auf der Oberfläche **42b** angeordnet, um die gewünschte kollimierte Strahlausgabe durch das Substrat **42** von 400 μm bereitzustellen. Beachte, dass dieses kollimierende Element anamorph sein muss, da die Zerstreuungswinkel der Strahlen entlang der beiden Achsen unterschiedlich sind. Mit anderen Worten hat das kollimierende Element unterschiedliche effektive Brennweiten entlang der beiden Achsen. Dieses kollimierende Element oder das DOE **40** kann auch benutzt werden, um den Astigmatismus anderer Abbildungsfehler zu korrigieren. Falls die Korrektur verwendet wird, muss das Element asphärisch sein. Die Herstellung eines anamorphen asphärischen Brechungselements ist schwierig, deshalb wird die Integration dieser Tätigkeit in das DOE **40**, die Verwendung eines Beugungselements für das kollimierende Element an der Oberfläche **42b** oder die Integration eines korrigierenden Beugungselements mit einem kollimierenden Brechungselement auf der Oberfläche **42b** bevorzugt.

[0067] Schließlich ist die Verwendung einer weichen Apertur in Verbindung mit beiden Arten der Zerstreuungswinkel-variiierenden DOE besonders nützlich. Die technischen Einzelheiten des Zerstreuungswinkels für Lichtquellen, selbst von dem gleichen Hersteller, können stark variieren. Die korrekte Betriebsfunktion der Zerstreuungswinkel-variiierenden DOE hängt von dem Wissen über die Zerstreuungs-

winkel eines zu formenden eintreffenden Strahls ab. Die getrennte Gestaltung und Produktion der DOE für jede individuelle Lichtquelle ist offensichtlich nicht möglich. Jedoch kann durch Integrieren einer weichen Apertur auf dem transparenten Substrat, vorzugsweise auf dessen Eingangsoberfläche **42a**, die Gleichförmigkeit der Zerstreuungswinkel erreicht werden. Im Besonderen kann für das oben erläuterte besondere Beispiel eine weiche Apertur, die Licht außerhalb der Zerstreuung von 11° bis zu 11° schnell dämpft, verwendet werden. Deshalb werden, selbst wenn die Zerstreuungswinkel von der Lichtquelle größer als diese Werte sind, die kreisförmige Strahlform und deren Zerstreuungswinkel, für die das zweite optische Element gestaltet ist, nach wie vor für das zweite optische Element bereitgestellt.

Integrierte Strahlformer

[0068] In den obigen Anordnungen wird ein erstes Element auf einer ersten Oberfläche **42a** des Substrats verwendet, um ein gewünschtes Intensitätsmuster auf einem zweiten Element auf einer zweiten Oberfläche **42b** zu bilden. In den oben behandelten Beispielen war dieses gewünschte Intensitätsmuster ein kreisförmiges Muster. Das zweite Element wird verwendet, um ein gewünschtes Phasenprofil, in dem obigen Beispiel einen kollimierten Strahl, zu bilden. Im Allgemeinen kann die vorliegende Erfindung verwendet werden, um beliebige Intensitäts- und Phasenprofile zu erzeugen, mit dem ersten Element, dem DOE **40**, die gewünschten Intensitätsmuster auf dem zweiten Element erzeugend und mit dem zweiten Element die gewünschten Phasenprofile erzeugend.

[0069] Z. B. muss für viele Anwendungen der kreisförmige Strahl eher bei einer bestimmten Entfernung fokussiert als kollimiert werden. Dies kann durch die Verwendung eines fokussierenden Elements als das zweite Element **48** anstelle des kollimierenden Elements erreicht werden. Ferner kann das DOE **40** verwendet werden, um eine Vielzahl von Intensitätsmustern oder Strahlformen, wie eine flache Oberseite, quadratisch, kreisförmig, rechteckig, elliptisch, axikonförmig, ein Fadenkreuz, ein Muster aus mehreren Lichtflecken, ein Graustufenbild, andere nicht Gauß'sche Intensitätsverteilungen usw., auf der zweiten Oberfläche **42b** zu erzeugen. Beliebige brechende, beugende oder hybride Elemente können verwendet werden, um die gewünschte Phasendurchlässigkeit zu erzeugen.

[0070] Die Formung des Lichtstrahls ist am effektivsten, wenn die Ausdehnungen des Strahls, der in die Eingangsoberfläche **42a** eintritt, klein sind, d.h. der Strahl hat sich nicht sehr weit von seiner Quelle fortgepflanzt, so dass die Abweichung der axialen Ausdehnungen minimiert wird. Ein Beispiel, um dies zu erzielen, ist in **Fig. 4a** gezeigt, in welcher eine Lichtquelle, typischerweise ein Laser, wie eine Laserdioden, **50**, die als ein stirnseitig aussendender Laser

gezeigt ist, neben einem Präzisionsspiegel **52** befestigt ist, von denen beide unterhalb des Substrats **42** befestigt sind. Zwischen dem Oberteil des Lasers **50** und der unteren oder Eingangsoberfläche **42a** ist genügend Raum für die erforderlichen Anschlüsse, die für eine gewöhnliche Schaltung bereitgestellt sind, was nicht gezeigt ist.

[0071] Der Präzisionsspiegel **52** empfängt die Lichtausgabe von dem Laser **50** und richtet diese aufwärts zu dem Substrat **42**. Falls der stirnseitig aussendende Laser **50** durch einen vertikal aussendenden Laser mit Resonanzfläche ersetzt wird, wird der Präzisionsspiegel **52** offensichtlich nicht länger benötigt. Der Laser **50** und der Spiegel **52** können durch zusätzliche leitende Unterlagen auf einem Substrat **56** befestigt werden, welche als eine Wärmesenke wirken. Das Verbinden und Ausrichten der aktiven Elemente **50**, **52** auf der Wärmesenke **56** ermöglicht es, die aktiven Elemente **50**, **52** zu testen, bevor die optischen Elemente damit integriert werden.

[0072] Wie es aus dieser Anordnung ersichtlich ist, wird aufgrund der hohen Divergenz der Strahlausgabe vom Laser **50**, besonders entlang der schnellen Achse, nicht der gesamte Strahl auf den Spiegel **52** eintreffen. Eher wird ein Teil des Strahls direkt auf das Substrat **42** eintreffen. Das Versagen des Reflektierens des gesamten Strahls durch den Spiegel **52** führt zum Abschneiden, so dass der zu dem optischen Beugungselement **40** eingegebene Strahl nicht Gaußförmig ist. Das Abschneiden führt dazu, dass diese Schnittstelle als eine harte Apertur wirkt, was zu Überschwingungen im Fernfeld führt.

[0073] Dieses Abschneiden kann durch Integration einer weichen Apertur **20** mit dem DOE **40** ausgeglichen werden. Wenn sie in dieser Eigenschaft verwendet wird, dient die weiche Apertur **20** nicht notwendigerweise zum kreisförmigen Ausbilden des Strahls, sondern formt den Strahl, damit dieser weicher abgeschwächt ist, wodurch das Überschwingen in dem Fernfeld verringert wird. Die weiche Apertur kann durch ein Beugungselement oder mit lithografisch geformten Metallunterlagen in gewünschter Weise bereitgestellt werden. Diese zwei Techniken zum Erzielen der weichen Apertur sind besonders nützlich, wenn der integrierte Strahlformer der vorliegenden Erfindung, die unten beschrieben ist, massenproduziert wird, da diese es erlauben, die weiche Apertur auf einer Waferebene effizient zu erzeugen.

[0074] **Fig. 4b** veranschaulicht ein alternatives Beispiel der in **Fig. 4a** gezeigten Anordnung, die nicht in den Bereich der vorliegenden Erfindung fällt. Wie in **Fig. 4b** gezeigt ist, kann, wenn der Laser **50** auf die Wärmesenke **56** montiert wird, der Spiegel **52** mit der Wärmesenke **56** zusammengefasst werden, wodurch ein Montageschritt wegfällt. Vorzugsweise ist die Wärmesenke **56** ein Siliziumwafer und der Spiegel kann durch Ätzen entlang einer kristallinen Fläche des Siliziums ausgebildet werden.

[0075] In **Fig. 4b** ist außerdem eine Überwachungsdiode **51** gezeigt, die hinter dem Laser **50** angeordnet

ist und die Lichtausgabe von dem hinteren Teil des Lasers **50** empfängt. Eine Fläche zum Richten der Lichtausgabe von dem hinteren Teil des Lasers **50** ist außerdem in die Wärmesenke **56** eingegliedert. Die Überwachungsdiode **51** wird zum Anzeigen verwendet, dass der Laser **50** innerhalb der normalen Parameter arbeitet. Alternativ kann die Überwachungsdiode **51** in die Wärmesenke **56** eingegliedert werden. [0076] Lötkegeln sind Ausrichtungsmittel, die zum Erleichtern der Ausrichtung zwischen dem Substrat **42** und der Wärmesenke **56** verwendet werden. Die Anordnung der Lötkegeln stellt sicher, dass das zu korrigierende Licht auf dem DOE **40** bereitgestellt wird. Die Lötkegeln **53** sorgen außerdem für einen Abstand zwischen dem Substrat **42** und der Wärmesenke **56**, um die erforderlichen elektrischen Verbindungen zu den aktiven Elementen, d.h. dem Laser **50** und der Überwachungsdiode **51**, zu ermöglichen.

[0077] Als Alternative braucht das die optischen Elemente tragende Substrat **42** in der Anordnung gemäß den **Fig. 4a** und **4b** zum Empfangen des Lichts von dem Laser **50** nur über dem Spiegel **52** bereitgestellt zu werden, wenn der Laser **50** auf der Wärmesenke **56** befestigt wird und das Substrat **42** vor dessen Anordnung auf der Wärmesenke **56** würfelförmig zerteilt wird. Solch eine Befestigung des Substrats erleichtert die Verbindungen zu dem Laser **50**, wie Wärmesenken und elektrische Anschlüsse.

[0078] Die Anordnung, die in den **Fig. 4a** und **4b** gezeigt ist, ermöglicht es dem Licht von dem Laser **50**, nachdem es sich nur eine kurze Entfernung, z. B. 100 µm, von der Laser aussendenden Fläche fortgepflanzt hat, bei dem DOE **40** oder der weichen Apertur **20** einzutreffen. Bisherige Anordnungen haben solch eine nahe Nachbarschaft des Lasers nicht erlaubt, da die darin verwendeten optischen Elemente nicht in ein Behältergehäuse des Lasers hineinpassen konnten. Das den Laser einschließende Gehäuse oder der Behälter passt in die Hinterseite einer Röhre und die optischen Elemente werden innerhalb dieser Röhre ausgerichtet. Die erforderlichen Toleranzen zum Ausrichten dieser makroskopischen optischen Elemente waren 1 bis 2 mm. Im Unterschied dazu hat der zusammenfassende Ansatz der vorliegenden Erfindung, wie z. B. in **Fig. 7** gezeigt, in welchem der Laser mit dem Substrat **42** zusammengefasst ist und dann dieses zusammengefasste Element in einem Behälter untergebracht wird, eine Toleranz von 1 bis 2 µm.

[0079] Je näher der Laser **50** zu dem Strahlformer der vorliegenden Erfindung angeordnet ist, desto geringer ist der Unterschied in der Größe des Lichtflecks des Lichts in der schnellen und langsamen Achse. Wenn in dem Strahlformer der vorliegenden Erfindung ein zerstreuvaryierendes DOE **40** verwendet wird, kann das Substrat **42** dünner sein. Deshalb gestattet diese nahe Nachbarschaft die unterschiedlichen Zerstreuungen zwischen der schnellen und langsamen Achse der Strahlausgabe durch den Laser **50** mit hoher Effektivität zu formen. Ferner

kann das Substrat **42** dünner sein und deshalb ist eine gesamte Einrichtung, in welcher der Strahlformer der vorliegenden Erfindung eingeschlossen ist, dünner.

[0080] **Fig. 5** zeigt eine Seitenansicht einer weiteren Anordnung und erläutert besser die passive Ausrichtung, welche bei der Herstellung einer der Anordnungen verwendet werden kann. Bezugsmarkierungen sind auf der unteren Oberfläche **42a** des Substrats **42** angeordnet. Diese Bezugsmarkierungen werden zum Anordnen von Montageausrichtungs-Funktionsmitteln **54** an der unteren Oberfläche **42a** zum dortigen Montieren der elektrischen Bestandteile, z. B. des Lasers **50** und des Spiegels **52**, verwendet. Für aktive Bestandteile dienen metallisierte Unterlagen vorteilhaft als Ausrichte-Funktionsmittel.

[0081] Die optischen Elemente **42** und **48** werden in vorteilhafter Weise fotolithografisch erzeugt durch Verwendung der gleichen Bezugsmarkierungen, die zum Anordnen der Ausrichtungs-Funktionsmittel, z. B. metallisierter Unterlagen **54**, verwendet werden. Wechselweise können zusätzliche Bezugsmarkierungen, die mit den ersten Bezugsmarkierungen eingerichtet worden sind, verwendet werden, um die Maske zum Erzeugen der optischen Elemente auszurichten. Da die Wafer alle dünn und transparent sind, wird die Verwendung der Bezugsmarkierungen auf einfache Weise verwirklicht.

[0082] Auf diese Weise befinden sich die optischen Wege entlang der Vorrichtungen und durch die optischen Elemente in optischer Ausrichtung, wenn die Lichtquelle **50** und der Spiegel **52** auf ihren jeweiligen metallisierten Unterlagen **54** befestigt sind. Wenn die Lichtquelle und der Spiegel befestigt werden, wird das Lot auf den metallisierten Unterlagen geschmolzen und dann ausgehärtet, um die Lichtquelle und den Spiegel in der richtigen Stellung anzuordnen, wobei diese an dem Substrat **42** befestigt sind. Wie in **Fig. 5** gezeigt ist, wird der von dem den Strahlformer der vorliegenden Erfindung einschließenden Substrat **42** ausgegebene Lichtstrahl genau auf das gewünschte Objekt **58** fokussiert. In der in **Fig. 5** dargestellten bestimmten Anordnung ist das optische Element **48** ein Beugungselement, welches den geformten Strahl von dem DOE **40** in eine Vielzahl, z. B. drei, Strahlen aufteilt, die getrennt auf das gewünschte Objekt **58** zu fokussieren sind.

[0083] Wie durch Vergleichen der **Fig. 4a** und **4b** mit **Fig. 5** erkennbar ist, ist der Aufbau in **Fig. 5** einfacher, d. h. alle Elemente befinden sich auf dem gleichen Substrat. Jedoch ist die hinreichende Wärmeableitung der Anordnung in **Fig. 5** schwieriger zu erzielen als mit der Befestigung der Bestandteile **50**, **52** auf getrennten Wärmesenken **56**, wie in den **Fig. 4a** und **4b** gezeigt.

Massenproduktion der integrierten Strahlformer

[0084] Zusätzlich zum wirksamen Formen, z. B. Reduzieren einer Elliptizität, eines Ausgangsstrahls,

können alle der in den **Fig. 4a, 4b** und **5** gezeigten Anordnungen massenproduziert werden. Die optischen Beugungselemente **40** können durch Verwendung fotolithografischer Techniken, die z. B. in der US 5,161,059 beschrieben sind, oder durch Verwendung fotolithografischer Techniken zum Erzeugen eines Bezugsformstücks für die Verwendung zum Spritzgießen oder Prägen in einen Polymer direkt massenproduziert werden. Diese Produktionstechniken werden auf Waferebene angewandt, so dass eine Vielzahl von optischen Beugungselementen gleichzeitig hergestellt und eine entsprechende Vielzahl von Lichtquellen dazu benachbart befestigt werden kann. Auf Waferebene ist die Vielzahl der erzeugten Elemente in der Größenordnung von 10 bis zu 1000.

[0085] Eine Draufsicht auf einen Wafer **80**, der eine Vielzahl von darauf bereitgestellten Elementen **82** hat, ist in **Fig. 8a** gezeigt. Der Wafer **80** kann das transparente Substrat **42** sein und die Elemente **82** können optische Elemente sein, die auf jeder Seite davon bereitgestellt sind, oder der Wafer **80** kann die Wärmesenke sein und die Elemente **82** können die darauf bereitgestellten aktiven Elemente sein. Vorzugsweise ist der transparente Substratwafer aus Glas, d.h. geschmolzenem Siliziumdioxid, und der Wärmesenken-Wafer ist aus Silizium.

[0086] **Fig. 8b** zeigt eine Seitenansicht mehrerer integrierter Strahlformer, bevor diese in Chips zerteilt werden, um die einzelnen integrierten Strahlformer der vorliegenden Erfindung zu bilden. In der in **Fig. 8b** gezeigten bestimmten Anordnung ist das transparente Substrat, das die optischen Elemente enthält, in Chips zerteilt und dann an passenden Stellen neben den aktiven Elementen auf der Wärmesenke mit dazwischen angeordneten Distanzelementen oder Abstandselementen **84** befestigt. Das Plättchen **42** kann Kerben **85** zum Aufnehmen der Abstandselemente **84** umfassen, um die Ausrichtung mechanisch sicherzustellen. Die gestrichelte Linie **86** zeigt die Linien an, entlang derer die Wärmesenke würfelförmig zu zerteilen ist.

[0087] Bisher sind Laser auf einer Wärmesenke montiert worden und in einem Gehäuse mit einem optischen Element bereitgestellt worden, vgl. z. B. US 5,130,531 mit dem Titel "Reflexionsphotosensor und Licht emittierende Halbleitervorrichtung, die beide Fresnell'sche Mikrolinsen verwenden" und US 4,757,197 mit dem Titel "Halbleiterlaser und Abtastvorrichtung". Jedoch sind diese Patente nicht darauf gerichtet, einen integrierten Strahlformer bereitzustellen oder den Laser so nah wie möglich an dem optischen Element bereitzustellen. Solch ein naher Abstand zieht genaue Ausrichtungserfordernisse nach sich, welche nur mit den unten beschriebenen Produktionsverfahren erreicht werden können.

[0088] Eine allgemeine Übersicht über den Herstellungsprozess gemäß mit der vorliegenden Erfindung ist in **Fig. 9** gezeigt. Im Verfahrensschritt **90** werden optische Elemente auf Waferebene auf dem transparenten Substrat **42** ausgebildet. Im Verfahrensschritt

92 teilt sich der Prozess basierend darauf auf, ob eine Wärmesenke auf Waferebene verwendet wird, wie in den **Fig. 4a** und **4b** gezeigt, oder nicht verwendet wird, wie in **Fig. 5** gezeigt. Wenn keine Wärmesenke eingesetzt wird, werden die aktiven Elemente auf dem transparenten Substratwafer im Verfahrensschritt **94** befestigt. Der transparente Substratwafer wird dann in Chips zerteilt, um einzelne integrierte Strahlformer im Verfahrensschritt **96** auszubilden. Typischerweise werden diese dann auf einer Wärmesenke befestigt, um die Wärme von den aktiven Elementen im Verfahrensschritt **97** abzuleiten.

[0089] Falls eine Wärmesenke auf Waferebene eingesetzt wird, werden die aktiven Elemente auf einem Wärmesenken-Wafer im Verfahrensschritt **98** befestigt. Im Verfahrensschritt **100** werden entweder die transparenten Substratwafer oder die Wärmesenken in Chips zerteilt. Im Verfahrensschritt **102** werden die Plättchen aus dem Verfahrensschritt **100** mit dem verbleibenden unversehrten Wafer befestigt. Im Verfahrensschritt **104** wird dann der unversehrte Wafer in Chips zerteilt, um einzelne integrierte Strahlformer zu bilden.

[0090] Alternativ kann bei der Verwendung der Wärmesenke der transparente Substratwafer ein einem Vorgang mit dem Wärmesenken-Wafer befestigt werden, bevor einer der Wafer in Chips zerteilt wird. Jedoch ist es vorteilhaft für ein Plättchen der Wafer verglichen mit einem Plättchen des anderen Wafers, wie in **Fig. 8b** gezeigt, verlängert zu sein, um die elektrischen Verbindungen der aktiven Elemente mit dessen jeweiliger Schaltung zu erleichtern. Dieser Unterschied in dem Abmessungserfordernis macht die Verwendung einer Wafer-an-Wafer-Befestigung weniger attraktiv, mit Ausnahme einer Zerteilung, die nur auf einem Wafer des gebondeten Paares durchgeführt werden kann. Die Verwendung der unten beschriebenen Ausrichtungs-Funktionsmittel macht die Zerteilung vor der Befestigung auf dem anderen Wafer, die in dem Flussdiagramm der **Fig. 9** gezeigt ist, zu einer durchführbareren Alternative. Die Bereitstellung der Ausrichtungs-Funktionsmittel, die oben in Verbindung mit **Fig. 5** beschrieben ist, erleichtert die Bereitstellung der optischen Elemente auf beiden Seiten des Substrats und die Befestigung des Lasers und des Spiegels in allen der oben genannten verschiedenen Herstellungsverfahren sowie der Verbindung der Plättchen mit einem anderen Wafer. Die passive Ausrichtung beseitigt das Erfordernis, dass die Elemente mit eingeschalteten Laser auszurichten sind. Die Laser können in einfacher Weise vor der Zusammenfassung mit den optischen Elementen getestet werden. Die Verwendung der passiven Ausrichtungs-Funktionsmittel macht die Herstellung der Packungen auf Waferebene durchführbar. Nur durch Beseitigen des Erfordernisses nach aktiver Ausrichtung durch Verwenden der passiven Ausrichtungstechniken gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Herstellung der integrierten Strahlformer auf Waferebene verwirklicht werden.

[0091] Typischerweise ist die für den integrierten Strahlformer der vorliegenden Erfindung benötigte Einrichtungsgenauigkeit ungefähr 1/60 der Brennweite des optischen Beugungselements. Deshalb ergibt sich eine Einrichtungsgenauigkeit des Lasers zu dem optischen Beugungselement in der transversalen Richtung von ungefähr ± 3 um falls das optische Beugungselement ungefähr 200 um von dem Laser angeordnet wird. Mit der gewöhnlichen Befestigungstechnik ist es, selbst bei Verwendung der teuren und schwierigen aktiven Ausrichtung, die im Hintergrund der Erfindung vermerkt ist, sehr schwierig, eine Ausrichtungsgenauigkeit von mehr als 1/1000 eines Inch oder etwa 25 um zu erreichen. Eine Ausrichtungspräzision von 25 um oder weniger ist sehr schwierig und deshalb mit gewöhnlicher mechanischer Einstellung sehr teuer. Jedoch kann eine sehr gute Ausrichtungsgenauigkeit bis hinab zu ± 1 um sehr wirtschaftlich erreicht werden durch Verwenden der oben beschriebenen fotolithografischen chargenweisen Waferplattenherstellung mit Ausrichtungs-Funktionsmitteln.

[0092] Zuerst muss der Laser auf dem Wärmesenken-Wafer genau angeordnet werden. Diese Positionierung kann erreicht werden durch Aufbringen eines Metallmusters auf einen Wafer, der die Laser selbst in exakten Positionen enthält. Dann wird der Wärmesenken-Wafer mit einem Metallmuster an entsprechenden Orten versehen.

[0093] Lot wird an jeder der Metallunterlagen auf dem Wärmesenken-Wafer angeordnet. Der Laserwafer kann dann in Chips zerteilt werden und jeder Laserwürfel kann einzeln an jedem Ort auf dem Wärmesenken-Wafer angeordnet werden. Die Laser können auf dem Wafer sehr schnell mit geringer Ausrichtungsgenauigkeit angeordnet werden. Wenn dann das Lot verflüssigt wird, führt die Oberflächenspannung sehr schnell zur Selbstausrichtung aller Laser.

[0094] Wenn die Laser auf einem Wärmesenken-Wafer befestigt werden, welcher als unversehrter Wafer dienen soll, können die Plättchen der optischen Elemente direkt an den Wärmesenken-Wafer oder an auf dem Wärmesenken-Wafer angeordnete Abstandselemente angebracht werden.

[0095] Als nächstes, wenn die optischen Plättchen abgelegt sind, müssen diese außerdem mit größerer Genauigkeit angeordnet werden. Da die Laser exakt zu dem Wärmesenken-Wafer ausgerichtet sind, können die optischen Plättchen auch zu dem Wärmesenken-Wafer ausgerichtet werden. Dies kann wie oben durch Lot und Schmelzen erfolgen, falls die metallisierten Unterlagen auf den optischen Plättchen und auf dem Wärmesenken-Wafer angeordnet sind. Um dies zu tun, müssen jedoch erneut die optischen Plättchen in einer ebenen Waferausbildung ausgebildet sein, so dass ein lithografischer Prozess für die Metallisierung verwendet werden kann, um die Aufbringung der Metallmaske gleichzeitig auf vielen Plättchen durchzuführen. Alternativ können für die Verbindung entweder der Laser oder des optischen Plättchens mechanische Funktionsmittel wie Dis-

tanzmittel und Kerben, wie in **Fig. 8b** gezeigt, und andere solche Ausrichtungs-Funktionsmittel verwendet werden.

[0096] Ferner kann der optische Würfel mit einem Adhäsiv oder Epoxid anstelle des Lots verbunden werden. Lot ist in vielen Anwendungen zu bevorzugen, da es gleichmäßiger und flacher als Epoxid ist, vor der Verbindung ein einfacheres Bewegen erlaubt und Selbstausrichtungseigenschaften verwendet werden können. Epoxid hat die Vorteile, dass es für eine Anzahl von Anwendungen kostengünstiger ist, mit oder ohne Erwärmung verbunden werden kann, nicht unter Oxidation leidet und transparent sein kann. Falls ein Adhäsiv, wie ein UV-aushärtender Epoxid, verwendet wird, ist es nützlich, Verstärkungsrippen auf dem optischen Plättchen anzuordnen, um das Epoxid zu halten, bevor es aushärtet (wenn es sich um eine Flüssigkeit handelt). Falls ein Epoxid verwendet wird, ist es nützlich, Ausrichtungsmarkierungen auf jedem optischen Plättchen und entsprechende Ausrichtungsmarkierungen auf dem Siliziumwafer anzubringen. Dann kann jedes optische Plättchen mit einer Aufgreif- und Ablege-Maschine abgelegt werden, die das Plättchen ablegt, um die Ausrichtungsmarkierungen auf dem Plättchen mit denen auf dem Wafer auszurichten. Erneut bedeutet die Maskenaufbringung dieser Ausrichtungsmarkierungen, dass solche Ausrichtungsmarkierungen nur praktikabel sind, einen großen Umfang und preiswerte Anwendungen ermöglichen, falls sowohl die optischen Elemente als auch die Wärmesenken-Wafer in ebener Waferausbildung hergestellt sind.

[0097] Die Ausrichtung wird mit den anderen oben beschriebenen Herstellungsverfahren entsprechend vollendet. Z. B. kann das Löt- und Schmelzverfahren verwendet werden, während die Metallunterlagen auf der Unterseite des Lasers und des Spiegels bereitgestellt sind, um diese Elemente auf entsprechenden Metallunterlagen auf dem transparenten Substrat, wie in **Fig. 5** gezeigt, zu befestigen.

[0098] Des Weiteren ist es, da die oben erwähnte Massenproduktion auf einer ebenen Fläche stattfindet, wichtig, dass der Laser einen flachen Querschnitt hat. Die Verwendung eines an einem Ende oder einer Oberfläche aussendenden Laserwürfels führt zu solch einer Gestaltung. Jedoch ist bei der Verwendung eines stirnseitig ausstrahlenden Lasers dieser üblicherweise so befestigt, dass seine aussendende Stirnseite dem optischen Element gegenüberliegt. Dies führt nicht zu dem gewünschten flachen Querschnitt. Deshalb wird, wie in den Anordnungen der **Fig. 4a, 4b** und **5** gezeigt, gemäß der vorliegenden Erfindung ein Spiegel mit einem stirnseitig aussendenden Laser bereitgestellt, um dessen Licht genau auf die optischen Elemente zu richten, während ein flacher Querschnitt zugelassen ist.

[0099] Wo die Divergenz des Ausgangsstrahls von dem Laser **50** schwerwiegender ist oder die gewünschte Strahlformung über eine angemessene durchquerte Entfernung nicht wirksam erreicht wer-

den kann, kann mehr als ein Substrat eingesetzt werden, das zusätzliche optische Beugungselemente zum Formen enthält. Ein Beispiel solch einer Anordnung ist in **Fig. 6** gezeigt, in welcher ein zusätzliches Substrat **42'** in den Strahlengang hinzugefügt ist. Das Substrat **42'** ist befestigt an und ausgerichtet mit dem Substrat **42** unter erneuter Verwendung metallisierter Unterlagen **54**. Alternativ dazu kann aufgrund der nicht erforderlichen elektrischen Verbindung mit dem auf diesen Substraten bereitgestellten Elementen ein UV-aushärtendes Epoxid sowohl als das Ausrichte-Funktionsmittel als auch zum Befestigen der Substrate **42** und **42'** aneinander verwendet werden. Ein optisches Beugungselement **40'** kann auf der Eingangsoberfläche **42a'** angeordnet werden und der Kollimator **48** ist nun auf der Ausgangsoberfläche des zusätzlichen Substrats **42b'** bereitgestellt. Ein weiteres optisches Element kann außerdem auf der Ausgangsoberfläche **42b** angeordnet werden, wo der Kollimator **48** in **Fig. 5** angeordnet war.

[0100] Durch Befestigen des Lasers auf einem Substrat unter Verwendung von Bezugsmarkierungen und/oder Ausrichtungs-Funktionsmitteln und Erzeugung der Markierungen, der Ausrichte-Funktionsmittel und der optischen Elemente, die zur Erzeugung eines geeignet geformten Strahls durch Fotolithografie verwendet werden, können alle Elemente des Systems in einem Behälter **60** angeordnet werden, um diese von Umweltfaktoren zu schützen, wie in **Fig. 7** gezeigt. In **Fig. 7** ist ein kollimierendes Element **62**, das als Beugungselement dargestellt ist, von dem Substrat **42** abgesetzt angeordnet, um die gewünschte Lichtfleckgröße der Ausgabe von dem Behälter **60** zu erzielen. Anschlüsse **64** dienen zum Anschließen des Lasers **52** in dem Behälter **60** an eine geeignete Elektronik. Die Verwendung solch eines Behälters ermöglicht außerdem eine einfache Ausrichtung mit anderen Systemen, in welche der Laser zu integrieren ist.

[0101] Ferner kann bei der Verwendung eines solchen Behälters **60** ein transparenter Deckel **66**, der an einem Ende davon angeordnet ist, zum Ausführen zusätzlicher Änderungen des Strahls verwendet werden. Z. B. kann das kollimierende Element darauf aufgenommen sein und andere Beugungselemente können darauf integriert werden. Der Deckel kann abnehmbar sein, um dessen Auswechselbarkeit zu ermöglichen. Da die Elemente in dem Behälter genau ausgerichtet worden sind, kann auf dem Deckel **66** auch einen Hinweis angebracht sein zur Unterstützung der Ausrichtung anderer Teile, welche sich außerhalb des Behälters **60** befinden.

[0102] Falls zusätzliche Substrate eingesetzt werden, z. B. ein Substrat **56** zum Tragen der Lichtquelle **50** und des Spiegels **52**, oder ein weiteres Substrat für zufriedenstellendes Strahlformen erforderlich ist, werden Befestigungsflächen zum gegenseitigen Befestigen der Substrate auf zumindest einer der benachbarten Stirnflächen der Substrate bereitgestellt.

Schlussfolgerung

[0103] Während mehrere der obigen Anordnungen derart beschrieben und dargestellt worden sind, dass alle Elemente darin unmittelbar nebeneinander angeordnet sind, ist es offensichtlich, dass alle Elemente, ob Substrate, Wärmesenken oder elektrische Elemente, mit Abstandsblöcken dazwischen angeordnet werden können.

[0104] Es ist anzumerken, dass dann, wenn die Verwendung eines Brechungselements als das kollimierende optische Element **48** gewünscht ist, dieses Brechungselement durch Fotolithografie erzeugt werden kann. Die Erzeugung von sphärischen Brechungselementen ist bekannt durch Schmelzen eines Fotolacks, wie in O. Wada, "Ionenstrahl-Ätzen von InP und seine Anwendung für die Erzeugung von hoch Licht ausstrahlenden InGaSP/InP Licht ausstrahlenden Dioden", Allgemein Elektrisch Chemische Gesellschaft, Festkörperwissenschaft und Technologie, Ausgabe **131**, Nr. 10, Oktober 1984, Seiten 2373–2380, beschrieben ist. Brechungselemente jeder Form können durch Einsetzen fotolithografischer Techniken, die zum Herstellen von optischen Beugungselementen verwendet werden, hergestellt werden, wenn die darin verwendeten Masken Graustufenmasken sind, derart, wie Hochenergie-Strahlempfindlichkeits- (HEBS-) oder Absorptionsgraustufen-Masken, offenbart in der vorläufigen US-Anmeldung mit der laufenden Nummer 60/041,042 mit dem Titel "Graumaske aus absorbierenden Materialien und zum Erzeugen optischer Elemente durch Verwendung eines Fotolacks, der von einem Kontaktdruck einer Graumaske ausgebildet ist", die am 11. April 1997 eingereicht worden ist.

[0105] Wie es für den angesprochenen Fachmann auf der Hand liegt, können die in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung gestalteten Beugungselemente außerdem tief beugende Elemente sein. Tief beugende Elemente sind Beugungselemente, in welchen die Phasentiefe größer als 2π ist.

[0106] Ferner kann, wie es für den angesprochenen Fachmann klar ist, die Beugungsoptik der vorliegenden Erfindung durch irgendwelche bekannten gewöhnlichen Verfahren, derart wie Fotolithografie, Diamantenabstimmung usw., hergestellt werden. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens hängt von dem Material des Substrats, den Einzelheiten der Gestaltung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung, der beabsichtigten Anwendung, dem Grad der erforderlichen Genauigkeit, Kosten- und Zeitzuweisung usw. ab.

Patentansprüche

1. Integrierter Strahlformer mit:

- a. einer Lichtquelle (**50**), die einen Lichtstrahl aussendet,
- b. einem transparenten Substrat (**42**), das der von der Lichtquelle emittierte Lichtstrahl passiert, wobei

das Substrat (42) eine erste Eingangsoberfläche (42a) und eine zweite Ausgangsoberfläche (42b), die der ersten Oberfläche (42a) gegenüberliegt, aufweist, und

c. einem ersten optischen Element (40), welches auf der ersten Eingangsoberfläche (42a) des transparenten Substrats (42) in einer Ebene bereitgestellt ist, die parallel zu der ersten Eingangsoberfläche angeordnet ist, und ausgebildet ist, den von der Lichtquelle ausgesendeten Lichtstrahl zu empfangen und den empfangenen Lichtstrahl derart zu formen, dass ein vorbestimmtes Intensitätsmuster an dessen Ausgang vorliegt, dadurch gekennzeichnet, dass

d. die Lichtquelle (50) an der ersten Eingangsoberfläche (42a) des transparenten Substrats (42) befestigt ist,

e. ein zweites optisches Element (48) derart angeordnet ist, dass ein vorbestimmtes Phasenmuster auf dem Lichtstrahl bereitgestellt wird, der das erste optische Element und das Substrat passiert hat, und

f. das zweite optische Element (48) auf dem transparenten Substrat (42) auf der zweiten, dem ersten optischen Element (40) gegenüberliegenden Oberfläche (42b) angeordnet ist.

2. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste optische Element (40) auf der ersten Oberfläche (42a) des transparenten Substrats (42) der Lichtquelle (50) am nächsten angeordnet ist.

3. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste optische Element (40) den Lichtstrahl mit dem gewünschten Intensitätsmuster auf der zweiten, der ersten Oberfläche (42a) gegenüberliegenden Oberfläche (42b) bereitstellt.

4. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (50) direkt auf dem transparenten Substrat (42) befestigt ist.

5. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (50) derart angeordnet ist, dass ein ausgegebener Lichtstrahl mit einer elliptisch geformten Querschnittsfläche bereitgestellt wird und das erste optische Element (40) derart angeordnet ist, dass die elliptische Form des Querschnitts des Lichtstrahls reduziert wird.

6. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (50) einen ausgegebenen Lichtstrahl mit einem elliptisch geformten Querschnitt bereitstellt und das erste optische Element (40) einen Lichtstrahl mit einer kreisförmigen Querschnittsfläche zu dem zweiten optischen Element (48) bereitstellt.

7. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (50) ein

Lichtquellenfarbstoff von einem Wafer ist, der eine Vielzahl von Lichtquellen enthält.

8. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (50) eine kantenemittierende Laser ist, der einen elliptischen Strahl erzeugt, und das erste optische Element (40) derart angeordnet ist, dass der elliptische Strahl kreisförmig gemacht wird.

9. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Spiegel (52), der den Lichtstrahl von der Lichtquelle (50) auf das erste optische Element (40) lenkt.

10. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1 oder 9, gekennzeichnet durch eine weiche Apertur auf dem transparenten Substrat (42).

11. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, die gewünschte Intensitätsverteilung eine fadenkreuzförmige, eine kreisförmige, eine rechteckige oder eine nicht-gauische Intensitätsverteilung ist.

12. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die gewünschte Intensitätsverteilung eine flache Oberfläche hat, ein Muster aus vielen Punkten aufweist oder ein Grauskalenbild ist.

13. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Abstandsblock (54), der auf dessen ersten Oberfläche zu dem transparenten Substrat (42) und auf dessen gegenüberliegenden Oberfläche zu der Lichtquelle (50) befestigt ist.

14. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle eine Wärmesenke (56) und einen Laserfarbstoff (50) aufweist, der auf der Wärmesenke angeordnet ist.

15. Integrierter Lichtstrahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmesenke (56) länger als das transparente Substrat (42) ist.

16. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein weiteres transparentes Substrat (42'), das mit dem transparenten Substrat (42) verbunden ist.

17. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Gehäuse (60), in dem das transparente Substrat (42) und die Lichtquelle (50) bereitgestellt sind.

18. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite vorbestimmte Phasenmuster, welches von dem zweiten optischen Element (48) bereitgestellt wird, dazu aus-

gebildet ist, die gewünschte vorbestimmte Intensitätsverteilung in einem bestimmten Abstand zu fokussieren.

fläche, die dem ersten optischen Element gegenüberliegt, angeordnet ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

19. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtquellenfarbstoff auf einem Wafer (80) befestigt ist, der als das transparente Substrat dient.

20. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl der Lichtquellen mit der Wärmesenke (56) verbunden sind und zerlegt sind, um vor dem Verbinden mit einem Wafer (80), der als das transparente Substrat dient, Lichtquellen-Wärmesenkenfarbstoffe auszubilden, wobei der Wafer (80) eine Vielzahl von ersten optischen Elementen (82) aufweist und der Wafer (80) mit den daran verbundenen Lichtquellen-Wärmesenkenfarbstoffen zerlegt ist, um den integrierten Strahlformer auszubilden.

21. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl der ersten optischen Elemente (82) auf dem transparenten Substrat angeordnet sind und zerlegt sind, um erste optische Element-Substratfarbstoffe vor dem Verbinden mit einem Wafer (80), der als Wärmesenke dient, auszubilden, wobei der Wafer (80) eine Vielzahl der daran befestigten Lichtquellen enthält und der Wafer (80) mit den ersten optischen Element-Substratfarbstoffen, die daran befestigt sind, zerlegt ist, um einen integrierten Strahlformer auszubilden.

22. Integrierter Strahlformer nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Vielzahl der Lichtquellen lithographisch ausgebildete Ausrichtungsmarkierungen aufweist, die Hitzesenke entsprechend lithographisch ausgebildete Ausrichtungsmarkierungen aufweist und der Wafer (80) lithographisch ausgebildete Ausrichtungsmarkierungen aufweist, wobei die Ausrichtungsmarkierungen ausgebildet sind, beim Verbinden Abschnitte auszurichten, die verbunden werden.

23. Strahlformungsverfahren, welches einen integrierten Strahlformer gemäß Anspruch 1 verwendet, mit den Schritten:

- a. Ausgeben eines Lichtstrahls mit einer Lichtquelle, die auf einem transparenten Substrat befestigt ist,
- b. Passieren lassen des Lichtstrahls durch das transparente Substrat,
- c. Formen des Lichtstrahls, um ein vorbestimmtes Intensitätsmuster mit einem ersten optischen Element zu erzielen, das auf einer Oberfläche des transparenten Substrats in einer Ebene parallel zu der Oberfläche bereitgestellt ist,
- d. Bereitstellen eines vorbestimmten Phasenmusters auf dem Lichtstrahl mittels eines zweiten optischen Elements, wobei das zweite optische Element auf dem zweiten transparenten Substrat auf einer Ober-

Anhängende Zeichnungen

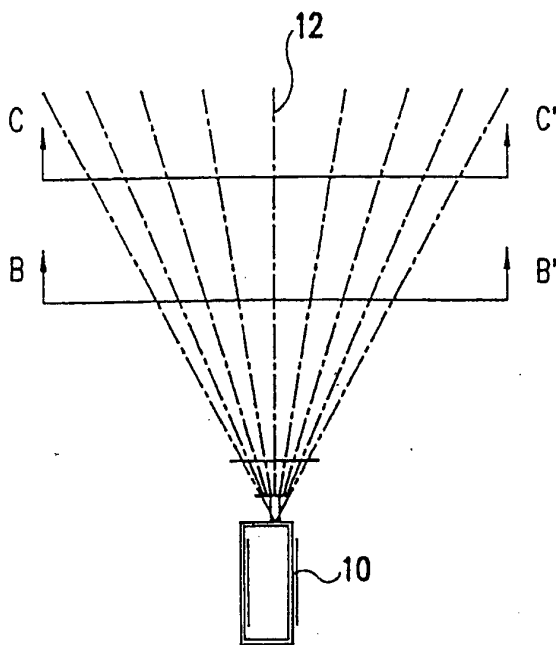


FIG. 1A

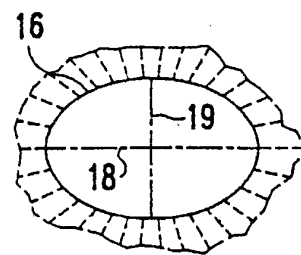


FIG. 1B

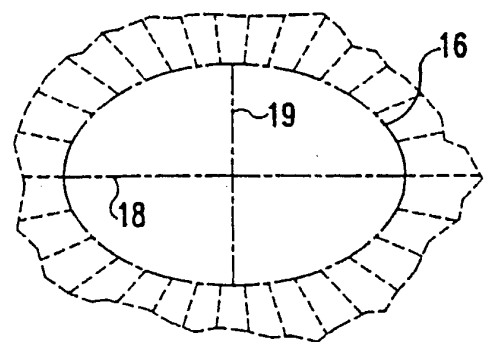


FIG. 1C

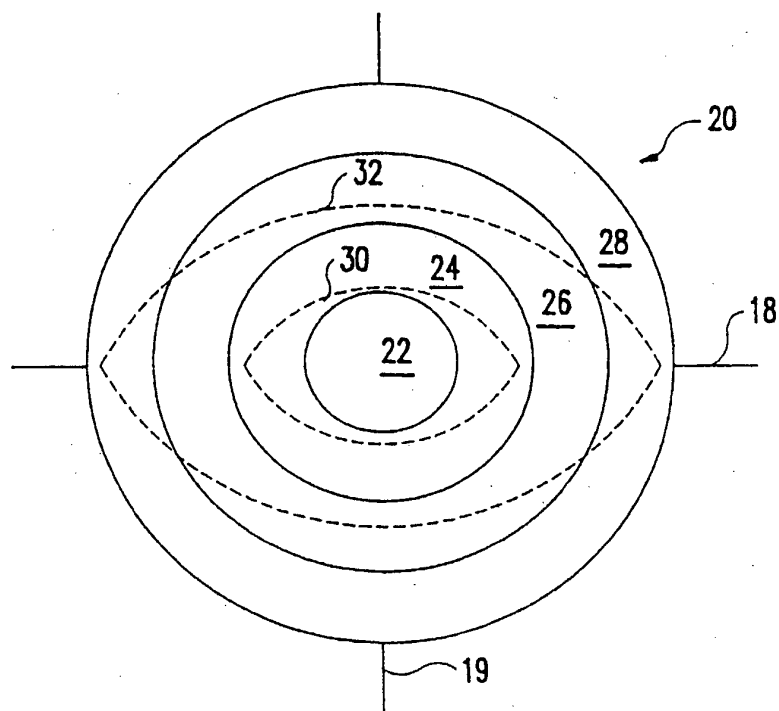


FIG. 2

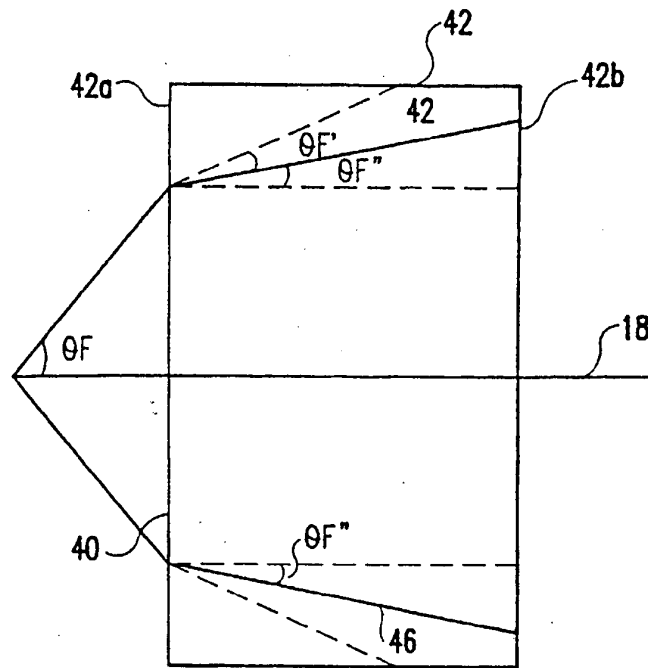


FIG. 3A

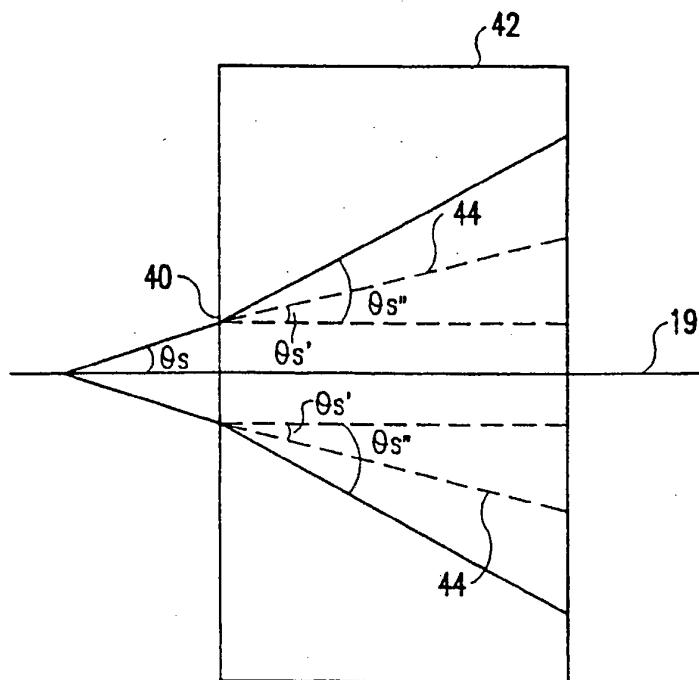


FIG. 3B

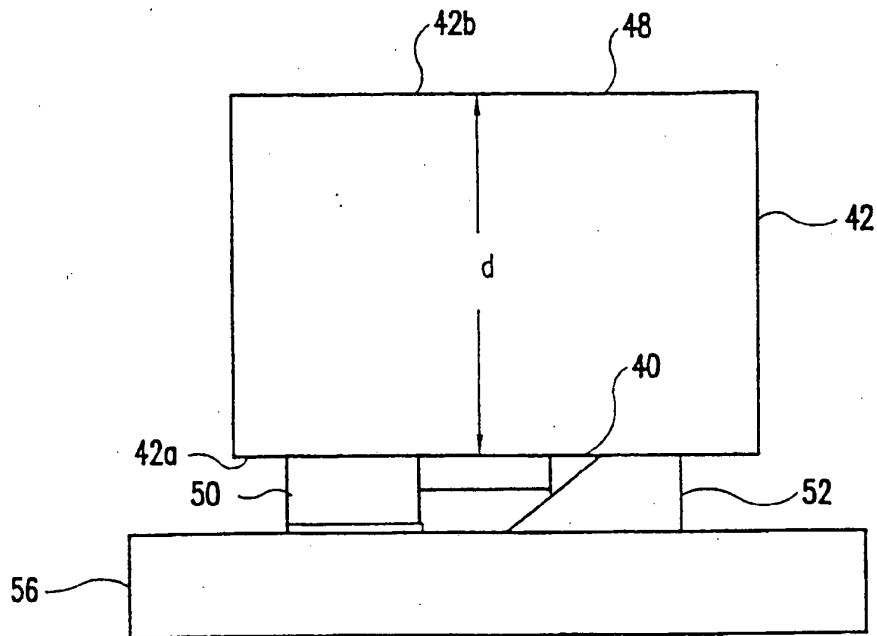


FIG. 4A

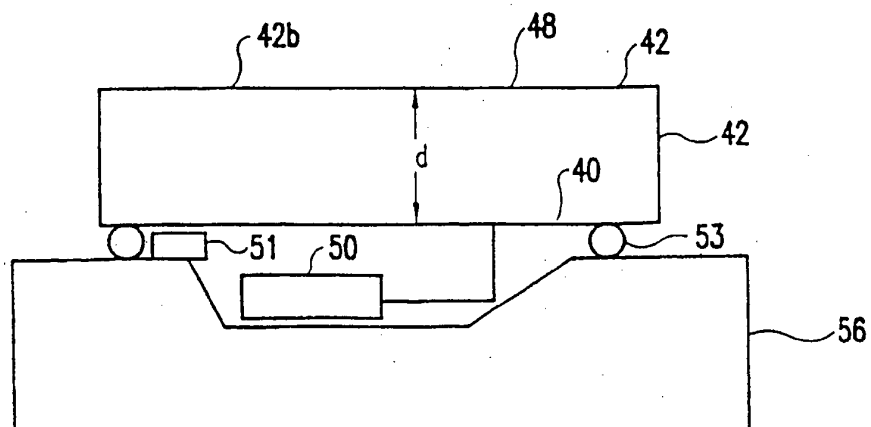


FIG. 4B

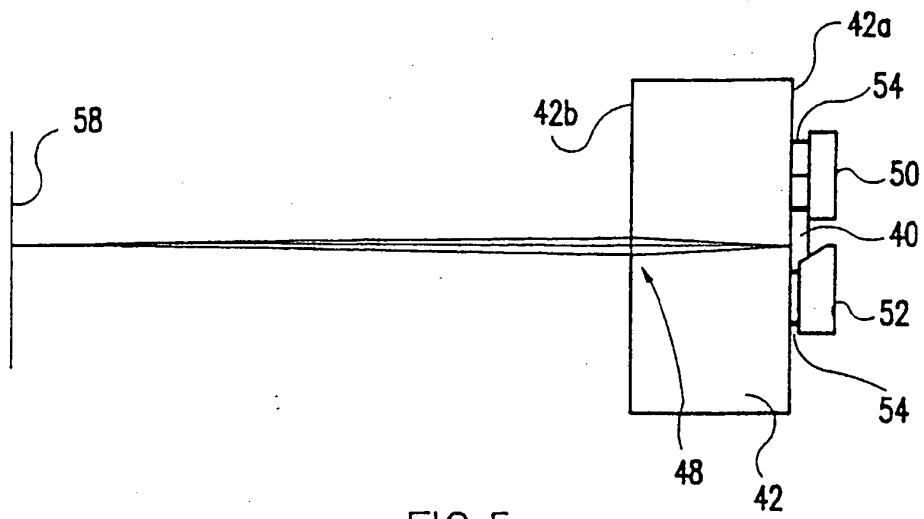


FIG. 5

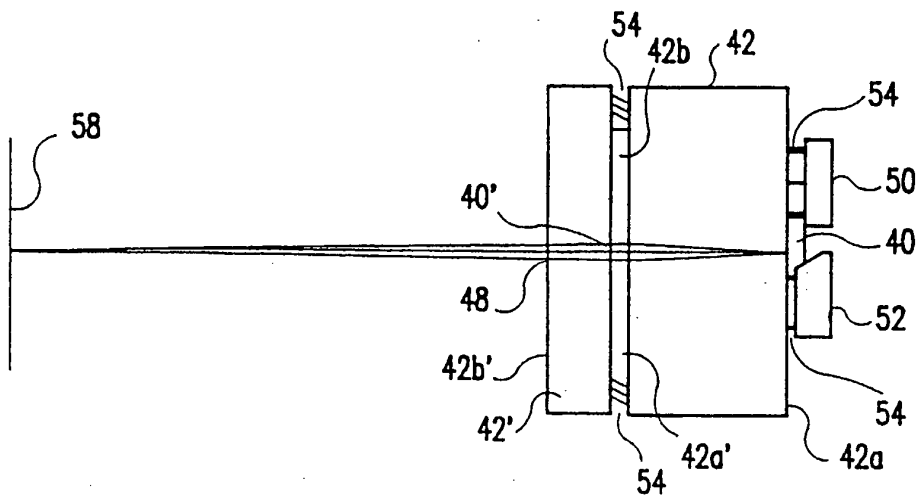


FIG. 6

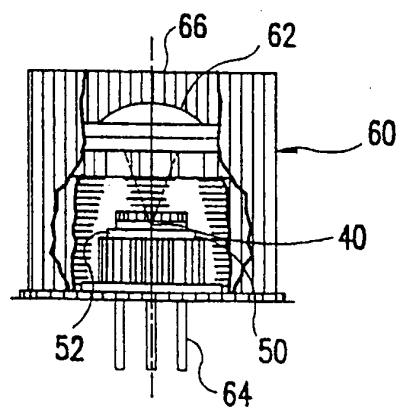


FIG. 7

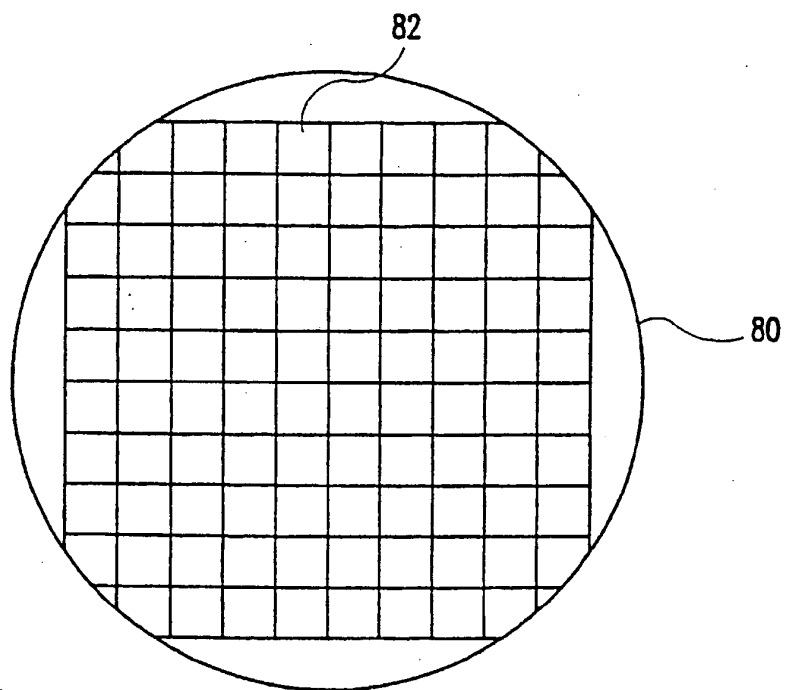


FIG. 8A

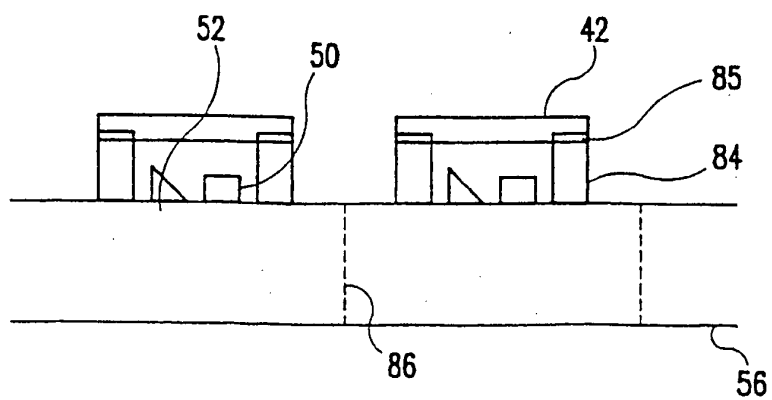


FIG. 8B

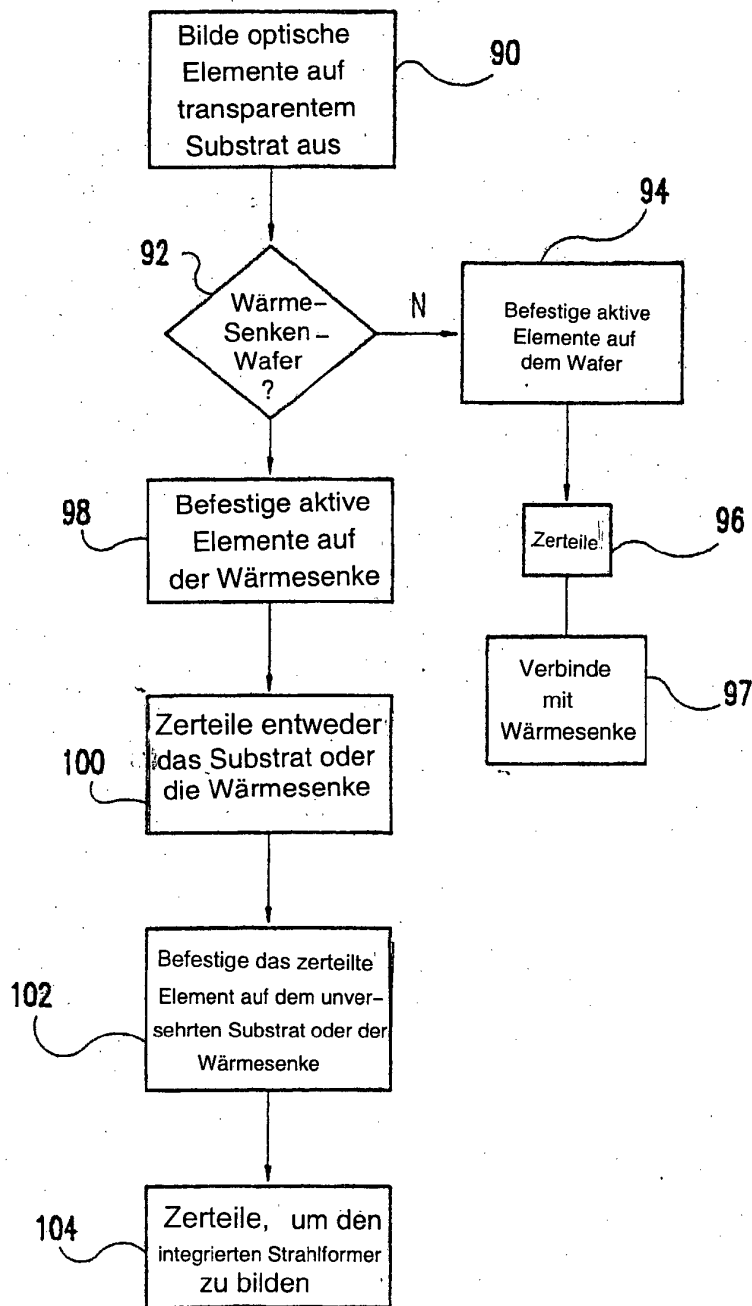


FIG.9